

동해안 대게, *Chionoecetes opilio*의 크기조성 특징과 성숙

임영수 · 이종하 · 이종관 · 이복규* · 허성범**

국립수산진흥원 울진수산종묘시험장

*동의대학교 생물학과

**부경대학교 양식학과

Morphometric Characteristics and Gonad Maturity of Snow Crab, *Chionoecetes opilio* in the Eastern Coast of Korea

Young-Soo Lim, Jong-Ha Lee, Jong-Kwan Lee, Bok-Kyu Lee* and Sung-Bum Hur**

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

*Department of Biology, Donggeui University, Pusan 614-174, Korea

**Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Carapace width (CW) of main size class of the snow crab was 70~90 mm for females and 80~100 mm for males. The CW holds a stronger relation with body weight than that of carapace length (CL). The number of eggs attached to the pleopods was in the range of 35,000 and 114,000 eggs in crabs with 65 and 88 mm CW, respectively). The logistic maturity curve on morphometric measurements and gonad examination, defined by the presence of egg brooding in wide abdomen of the female and spermatophores inside the vasa deferentia of the male indicated that 50 % of crabs attained gonadal maturity at 54.2 mm and 58.8 mm CW for females and males, respectively. In the relationship between CW and body weight, a sharp break at 53~55 mm CW indicates that morphological changes associated with maturity have occurred.

Key words : Snow crab, Morphometry, Fecundity characteristics, Carapace width, Fifty percent, Maturity

서 론

대게, *Chionoecetes opilio*는 우리나라 동해를 비롯해 오호츠크해, 베링해, 알래스카해 및 일본 서남해 등지에서 수심 200~500 m해역에 주로 서식하며, 분포지역 전역에서 그 자원량이 많지 않아 산업적으로 매우 중요한 종으로 취급되고 있다 (Fukataki, 1965; Haynes et al., 1976; Bailey and Elner, 1989; Kobayashi, 1989; Yamasaki and Kuwabara, 1993). 따라서, 캐나다에서는 갑폭 (Carapace width : CW) 95 mm (Comeau and Conan, 1992), 우리나라 (法制處·수산자원보호령, 1995)와 일본 (Yamasaki, 1996)은 갑폭 90 mm 이하의 수컷에 대한 어획을 법으로 규제해두고 있으며, 암컷은 우리나라의 경우 년 중 어획이 금지되어 있다.

Watson (1970)에 의하면 대부분의 대게 수컷은 형태학적 성숙 (chela의 크기로 정의)과 생식선의 성숙 (정포,

spermatophore의 생산)이 동시에 이루어지며 51~72 mm CW에서 성숙에 도달한다고 지적하였다. 또, Conan 등 (1986)은 어획된 수컷의 40 % 이상이 완전히 성숙되지 않은 상태였으며, 60 mm CW 이상의 모든 수컷의 정관 (vasa deferentia)에서 정포가 관찰되었음을 보고했다. Ennis 등 (1988, 1990)은 형태학적으로 미성숙한 62 mm CW 이하의 수컷에서도 성숙한 암컷과의 교미행위를 관찰했다.

그러나, 대게의 성숙에 대한 연구들에서 암컷의 성숙크기에 대한 연구가 미미하고 성숙크기 등에 대한 구멍이 연구자나 지역적으로 차이가 있어, 우리나라 동해안에서 서식하는 대게의 생태학적 특징이나 성숙 등에 대한 기초연구가 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 동해안 대게 암수의 생태학적 특징을 밝히기 위해, 갑폭, 갑장 (carapace length : CL), 체중과 외포란수 등의 상호관계와 외포란된 암컷과 수컷의

vasa defrentia의 성숙확인에 의해 암수 갑폭 크기와 성숙과의 관계를 구명하였다.

재료 및 방법

재료로 사용된 대게는 1997년 12월부터 1998년 3월까지 경상북도 축산~죽변 인근해역 (36° 5' ~37° 0' N, 129° 5' ~130° 0' E)의 수심 170~250 m에서 자망으로 어획된 것을 사용했다. 월별로 암수 각각 20~40마리씩 채집하여, 암컷 376마리, 수컷 294마리, 총 670마리였다. 또, 어획된 대게는 5℃로 보온된 해수에 수용되어 실험실까지 수송하여, 측정 전까지 생존시켰다.

형태학적 측정

채집된 암수 각각의 개체에 대하여 갑장 (CL), 갑폭 (CW) 및 복부 (Abdomen)의 크기를 vernier caliper로 1 mm까지 측정하였고, 체중 (Body weight, BW)은 전자저울로 0.1 g까지 계량하였다. 또, 외포란한 암컷에서 0.05~0.1 g의 난피를 채취하여 알 수를 헤아린 후, 외포란된 총난의 무게에 비례해서 개체당 총포란수를 계산하였다.

성숙판별

암컷은 산란하여 외포란하고 있는 것을 기준으로 하고, 외포란하지 않은 개체중에서도 성숙 외포란 개체와 같은 비례 (CW에 대한)의 복부 크기를 나타내고 밝은 오렌지색의 성숙난소를 가진 개체는 산란직전의 성숙개체로 구분하였다.

또, 수컷은 정관 (vasa deferentia)에서 정포 (spermatophore)의 존재유무 (×100~250 현미경 관찰)를 기준으로, 성숙과 미성숙개체를 구분하였다.

갑폭 크기와 성숙

갑폭 크기에 따른 성숙도를 조사하기 위하여 갑폭 계급을 5 mm 간격으로 구분하여 갑폭 계급에 따른 대게의 성숙 여부를 조사한 자료를 이용하여 아래와 같은 방법으로 분석하였다 (김 등, 1992 ; 정 등, 1995).

즉, 조사된 갑폭 계급별 성숙개체 수 M_i 와 미성숙 개체 수 I_i 에서 갑폭 계급별 성숙률 $R(m)$ 은

$$R(m) = \frac{M_i}{M_i + I_i} \quad (1)$$

로 구할 수 있으며, 이러한 성숙률 $R(m)$ 을 이용하여 작성되는 성숙비 곡선식 R 는, 그래프 상에서 각 갑폭 계급에 대해 시그모이드 곡선을 나타내므로

$$R = \frac{1}{1 + \exp(a - bCW)} \quad (2)$$

의 로지스틱 함수로 나타내는 것이 일반적으로 되어 있다.

여기에서, 로지스틱 곡선식 (2)식을 선형화한 직선식은

$$\ln\left(\frac{1}{R} - 1\right) = a - bCW \quad (3)$$

로 나타낼 수 있으므로, 이 (3)식을 갑폭계급 CW_j 에 대응하는 성숙률 $R(m)$ 로 직선회귀화시켜 최소자승법으로 절편 a 와 기울기 b 를 구하여 (2)식에 대입하면 성숙비 곡선이 결정된다. 이때, 성숙률 0%($R=0$)와 100%($R=1$)는 $\ln\left(\frac{1}{R} - 1\right)$ 의 정의역에 포함되지 않으므로 선택범위에 포함시키지 않았다.

성숙비 곡선식인 (2)식을 이용하여 성숙갑폭을 추정하기 위하여 성숙률 25%, 50%, 75%의 R 값인 0.25, 0.5, 0.75를 (2)식에 대입하면, 이들 각 성숙갑폭 CW_{25} , CW_{50} , CW_{75} 는 다음식

$$CW_{25} = -\frac{(\ln 3 - a)}{b} \quad (4)$$

$$CW_{50} = \frac{a}{b} \quad (5)$$

$$CW_{75} = \frac{(\ln 3 + a)}{b} \quad (6)$$

으로 구할 수 있다.

결 과

크기 조성

갑폭 조성

채집 조사된 대게의 갑폭 조성은 Fig. 1에서와 같이, 암컷은 갑폭 범위가 36.1~97.9 mm였고, 수컷은 38.5~110.5 mm였다. 암컷의 주 출현개체군은 전체의 60.1%를 차지하고 있는 갑폭 70~80 mm의 체급군이었으며, 수컷은 전체의 64.2%인 갑폭 80~90 mm 체급군에 주로 분포하여 주 출현개체군이 암컷보다 약 10 mm이상 큰 것으로 나타났다.

갑폭, 갑장 및 체중의 상관관계

암컷과 수컷의 형태학적 특징을 파악하기 위한, 갑폭 (CW)과 갑장 (CL)의 관계는 Fig. 2과 같다. 그 상대비가

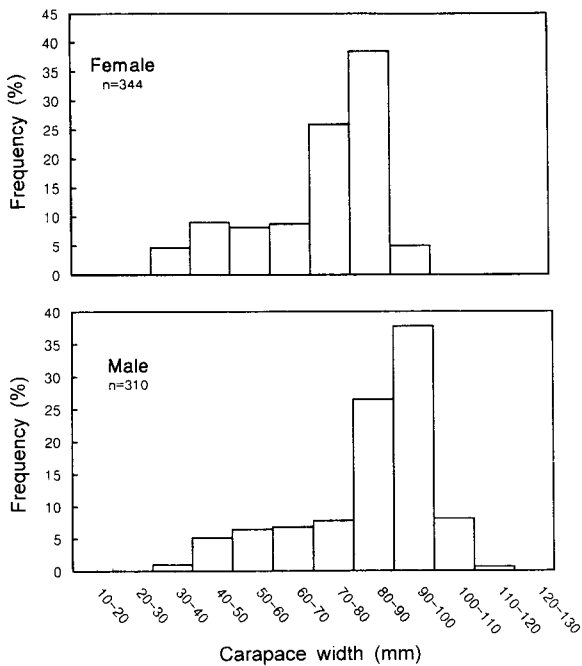


Fig. 1. Size frequency distribution of female and male snow crab, *Chionoecetes opilio* collected in the eastern coast of Korea in 1997. Total number of individuals (n) collected is indicated.

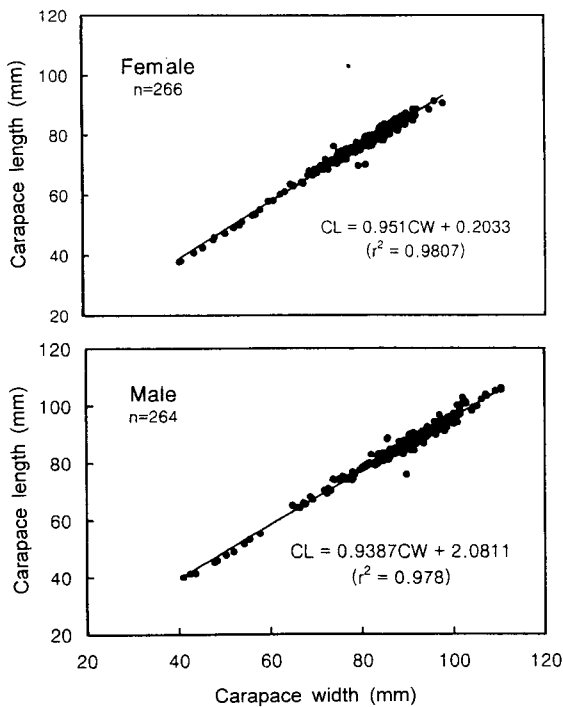


Fig. 2. Relationship between carapace width and length for female and male snow crab.

암컷의 경우 $CL=0.951 CW+0.2033(r^2=0.9807)$, 수컷의 경우 $CL=0.9387 CW+2.0811(r^2=0.978)$ 의 관계식으로 나타낼 수 있었으며, 암수 모두 갑폭이 갑장에 비해 더 큰 것으로 나타났다.

또, 갑폭과 체중 (BW)의 관계는 Fig. 3와 같이, 암컷 $BW=0.123 CW^{2.1693}(r^2=0.8434)$, 수컷 $BW=0.0056 CW^{2.3694}(r^2=0.8913)$ 의 지수곡선식으로 나타났으며, 갑폭의 동일체급군에서 체중의 변화는 수컷이 암컷보다 더 무겁게 나타났다.

갑폭과 포란량의 상관관계

개체군의 번식력을 알아보기 위한 갑폭에 대한 암컷의 포란수는 35,000 (64.9 mmCW)~114,000개 (87.7 mm CW)였으며, 최대 갑폭 97.9 mm에서는 약 102,000개였다. 또, 갑폭에 대한 포란수 (Fecundity)와의 관계식은 Fig. 4에서와 같이 $F=8.5285 CW^{2.0498}(r^2=0.4934)$ 로 나타낼 수 있었으나, 그 상관관계는 낮게 나타났다.

갑폭크기와 성숙

암컷

갑폭에 대한 성숙개체의 비율을 로지스틱 곡선에 의해 나타낸 결과는 Fig. 5와 같다. 갑폭 54.2 mm에서 약 50 %의

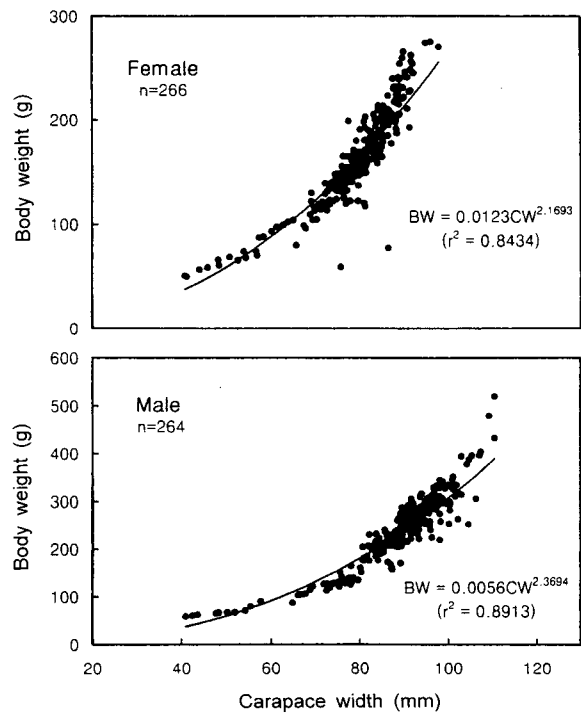


Fig. 3. Relationship between carapace width and body weight for female and male snow crab.

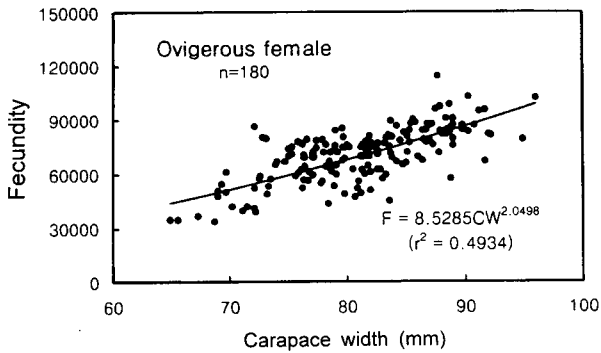


Fig. 4. Relationship between carapace width and fecundity for female and male snow crab.

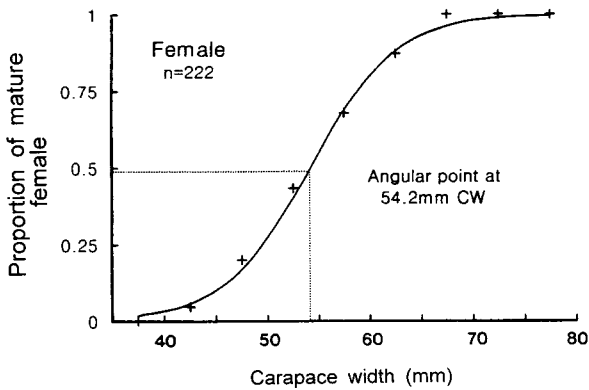


Fig. 5. Relationship between the proportion of females reaching gonad maturity (as defined by the presence of egg brooding with wide abdomen and mature ovary) and carapace width of snow crab.

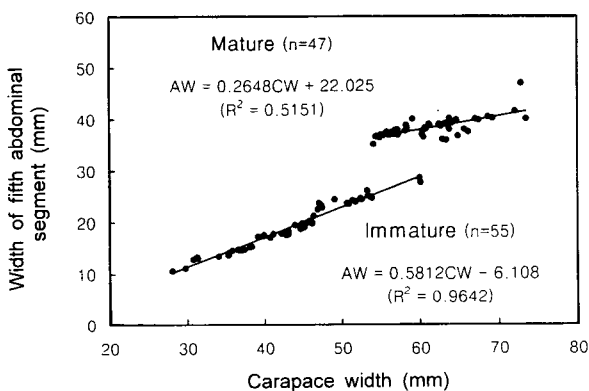


Fig. 6. Relationship between carapace and abdomen width for mature and immature females snow crab.

성숙개체가 나타났으며, 갑폭 60.1~64.0 mm 이상에서는 100 % 성숙개체가 나타났다. 총 조사개체 중 최소성숙개체의 갑폭은 42.3 mm였으며, 그 이하에서는 성숙개체가 관찰되지 않았다.

또, 갑폭과 abdomen width의 상관관계는 Fig. 6과 같다.

그래프 상에서 위쪽에 표시된 직선은 성숙개체, 아래쪽 직선은 미성숙개체를 나타내고 있는데, 갑폭 약 54 mm 전후에서 두 직선 기울기의 변화가 나타나서 이 시점부터 형태학적으로 변화가 일어남을 알 수 있었다.

수컷

갑폭 58.8 mm에서 약 50 %의 성숙개체가 나타나서 (Fig. 7), 50 %성숙시점이 암컷의 경우보다 약간 큰 것으로 나타났다. 또, 조사개체 중 최소성숙개체의 갑폭은 48.4 mm였으며, 갑폭 약 72 mm 이상에서는 100 % 성숙개체였다.

고찰

일반적으로 갑각류와 같은 무척추동물들은 간단한 환경 변화에 대해서는 형태학적인 변화가 거의 없는 것으로 알려져 있어, 형태학적인 비교나 특징은 그 군집의 특성을 설명하는 데 있어서 유용한 자료가 될 수 있다 (Davidson et al., 1985).

대게는 서식 수심이 200~500 m로 극히 안정된 저수온 (년 중 2~5 °C)에서 서식하며 긴 성장기간 때문에, 실내에서 그 성장특성이나 성숙에 대한 연구에 어려움이 따른다. 따라서, 종묘생산 기술의 개발을 위해서는 자연에서의 생태학적인 연구가 먼저 선행되어야 할 것으로 생각된다.

대게, *C. opilio*와 더불어 우리 나라 동해안의 특산종인 털게, *Erimacrus isenbeckii*에 대한 川上 (1934)의 연구에 의하면, 털게는 갑장이 갑폭 보다 크며, 숫컷은 $CL=1.0204 CW+0.153$, 암컷은 $CL=1.0526 CW+0.1052$ 의 직선관계식

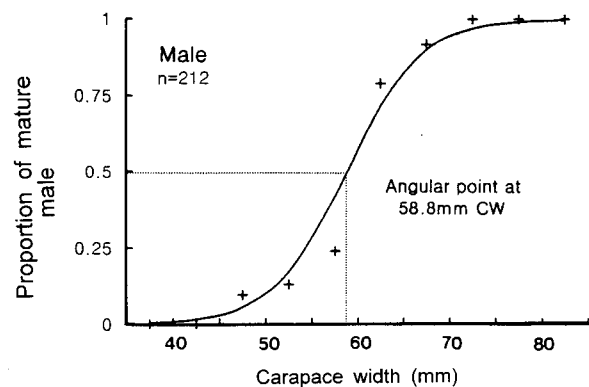


Fig. 7. Relationship between the proportion of males reaching gonad maturity (as defined by the presence of spermatophore in the vasa deferentia) and carapace width of snow crab.

이 성립한다고 보고했다. 또, Fukataki (1965)에 의하면 홍게, *Chionoecetes japonicus*의 경우는, 갑폭에 대한 갑장의 비가 0.95~1.02로 거의 차이가 없는 것으로 나타났으며 대게의 경우는 그 비가 암수 모두 0.94~0.99로 갑폭이 다소 큰 것으로 보고되었다. 본 연구에서도 수컷 $CL=0.9387 CW+2.0811(r^2=0.978)$, 암컷 $CL=0.951 CW+0.2033(r^2=0.9807)$ 의 관계식으로 나타나서, 암수 모두 갑폭이 갑장 보다 다소 큰 것으로 나타났다.

Olmi III and Bishop (1983)의 갑폭과 체중의 관계에 대한 연구에서 성, 성숙도, 탈피관계, 두흉갑의 형태 등이 갑폭과 체중의 관계변화에 큰 영향을 미친다고 설명했다. 본 연구에서 동일 갑폭인 암수의 체중은 수컷이 더 무겁게 나타났다. 암컷은 외포란한 상태의 측정체중이기 때문에, 외란의 무게를 제외하면 수컷과의 차이는 더 클 것으로 생각된다. 또, 암컷의 포란수는 최소 갑폭 64.9 mm에서 약 35,000개, 최대 갑폭 96.0 mm에서 약 102,000개였으며, 최다 포란수(114,000개)를 나타낸 개체의 갑폭은 87.7 mm였다. 이 결과는 대게 암컷의 포란수에 대한 Haynes and Karinen (1976)의 조사 결과, 베링해에서 갑폭 80 mm 이상은 포란수 약 120,000개 이상이었으며 갑폭 60 mm에서는 약 50,000개($y=0.0012W^{4.200}$)와 비교하면 약간 낮은 경향을 나타냈다. 그러나, 캐나다의 St. Lawrence만에서의 조사결과($y=0.4905W^{2.7206}$)는 갑폭 70~74 mm에서 포란수가 50,000~60,000개로, 본 연구결과와 큰 차이를 보이지 않았다.

캐나다 연안에서 대게의 성숙은, Powles (1968)에 의하면 암컷 갑폭 약 45 mm에서 조사개체 중 약 50%의 암컷이 성숙한 것으로 나타났으며, Watson (1970)은 갑폭 약 50 mm의 크기에서 50% 이상의 암컷이 성숙한 것으로 보고했다. 그러나, Powles (1968)의 경우는 조사암컷의 갑폭이 62 mm 이하의 개체에서 추정하였기 때문에, 다른 연구결과와 약간의 차이가 있을 것으로 생각된다. 또, Kato et al. (1956)와 Ito (1967)에 의하면, 일본 근해에서 대게 암컷은 갑폭 50~55 mm에서 성숙이 이루어진다고 추정했다. 반면에, Yoshida (1941)에 의하면 한국 연안에서 대게 암컷의 성숙시점은 갑폭 약 63 mm로 보고했다. 본 연구에서도 갑폭 54.2 mm에서 50%의 성숙암컷의 출현율을 나타냈으며, 갑폭에 대한 abdomen width (AW)의 관계에서도, 성숙과 미성숙개체 AW의 변화가 갑폭 54 mm 전후에서 형태적 변화가 일어났다. 따라서, 우리나라 동해안 울진 근해에서, 대게 암컷은 갑폭 54 mm 전후의 크기가 산란성숙의 전환점일 것으로 생각된다.

Conan et al. (1988)은 대게 수컷의 vasa deferentia 관찰에서 성숙정도를 Stage I (Immature; 형태학적으로 미분화), Stage II (Immature; 형태학적으로 분화되어 있으나 투명한 직선관의 형태), Stage III (Juvenile; 직선과 꼬인 형태의 관으로 불투명)의 3단계로 구분했다. 본 연구에서는 어획의 어려움 등으로 갑폭 38 mm 이하의 개체는 채집하지 못했기 때문에 Stage I의 상태를 관찰할 수 없었다. 또, Conan et al. (1988)에 의하면 갑폭 37 mm 이상의 모든 개체가 Stage III의 성숙한 상태였다고 보고했으나, 본 연구에서는 갑폭 48~50 mm 이하에서는 Stage III 상태의 개체를 관찰할 수 없었다. Yoshida (1941)에 의하면, 일본 연안에서 대게 수컷은 갑폭 약 66 mm에서 조사개체 중 50%가 성숙하였다고 보고했으나, 캐나다 연안에서 Watson (1970)과 Comeau and Conan (1992)의 연구결과는 갑폭 약 57 mm와 34 mm로 각각 나타났다. 또, 본 연구에서의 경우는 갑폭 58.8 mm로 나타나서, 암컷과 달리 수컷은 지역적으로나 연구자들 간에 다소 차이를 보였다. 이것은, 암컷은 산란 후 외포란을 하기 때문에 성숙탈피를 할 수 있는 크기나 시기에 어느 정도 제한을 받지만, 수컷은 더 큰 크기에 이르기까지 탈피를 계속하기 때문에 지역적인 환경변이에 따라 개체차이가 더 큰 것으로 생각된다. 그러나, 수컷의 최종탈피 유무에 대해서는 아직 이견이 많기 때문에 (Miller and O'Keefe, 1981; Conan and Comeau, 1986; Donaldson and Johnson, 1988; Conan et al., 1988a; Conan et al., 1988b; Dawe et al., 1991; Saint-Marie and Hazel, 1992), 탈피와 성숙과의 관계를 결론짓기는 어렵다. 또, 수컷의 형태학적인 성숙이 암컷과의 정상적인 교미나 수정을 이룰 수 있는 기능적 성숙이 될지는 앞으로 실내사육 등에 의해 확인되어야 할 것이다.

요 약

1997년 12월부터 1998년 3월까지 경상북도 영덕~울진 인근 해역의 수심 170~250 m에서 채집된 대게, *Chionoecetes opilio*의 크기조성에 따른 생태학적인 특징과 성숙에 대해 연구하였다. 갑폭 조성에서, 암컷과 수컷의 주 출현개체군은 각각 70~80 mm (60.1%), 80~90 mm (64.2%) 체급군이었다. 갑장 및 갑폭의 관계 (암컷 $CL=0.951 CW+0.2033$, 수컷 $CL=0.9387 CW+2.0811$)는 암수 모두 갑장에 비해 갑폭이 약간 큰 것으로 나타났으며, 갑폭과 체중의 관계 (암컷 $BW=0.0123 CW^{2.1693}$, 수컷 $BW=0.0056 CW^{2.3694}$)에서 체중

의 변화는 동일 체급군에서 수컷이 암컷보다 무겁게 나타났다. 또, 갑폭 64.9~96.0 mm에서 암컷의 평균 포란수 ($F=8.5285 CW^{2.0498}$)는 35,000~114,000개로 조사되었다. 갑폭에 대한 성숙개체(암컷 : 외포란 및 난소 발달, 수컷 : vasa deferentia 관찰)의 비율은, 암컷의 경우 갑폭 54.2 mm에서 약 50%, 갑폭 60.1 mm 이상에서는 100%였으며, 갑폭 42.3 mm 이하에서는 성숙개체가 관찰되지 않았다. 수컷의 경우는 갑폭 58.8 mm, 72.0 mm 이상에서 각각 50%, 100%의 성숙개체 출현율을 나타냈으며, 갑폭 48.4 mm 이하에서는 성숙개체가 관찰되지 않았다.

참 고 문 헌

- Bailey, R. F. J. and R. W. Elner, 1989. Northwest Atlantic snow crab fisheries : lessons in research and management. p.261-280. In J. F. Caddy [ed.] Scientific approaches to management of shellfish resources. John Wiley and Sons, New York, NY.
- Conan, G. and M. Comeau, 1986, Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43 : 1710-1719.
- Conan, G., M. Comeau, M. Moryasu and R. Cormier, 1988a. Reply to Donaldson and Johnson. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 45 : 1501-1503.
- Conan, G., M. Moriyasu, M. Comeau, P. Mallet, R. Cormier, Y. Chiasson and H. Chiasson, 1988b. Growth and maturation of snow crab (*Chionoecetes opilio*). In G. S. Jamieson and W. D. Mckone [ed. Proceedings of the International Workshop on Snow Crab Biology] December 8~10, 1987, Montreal, Quebec. Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci., 2005 : 45-66.
- Comeau, M. and G. Y. Conan, 1992. Morphometry and gonad maturity of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49 : 2460-2468.
- Davidson, K., J. C. Roff and R. W. Elner, 1985. Morphological, electrophoretic and fecundity characteristics of Atlantic snow crab, *Chionoecetes opilio* and implications for fisheries management. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42 : 474-482.
- Dawe, E. G., D. M. Taylor, J. M. Hoenig, W. E. Warren, G. P. Ennis, R. G. Hooper, W. E. Donaldson, A. J. Paul and J. M. Paul, 1991. A critical look at the idea of terminal molt in male snow crab (*Chionoecetes opilio*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48 : 2266-2275.
- Donaldson, W. and B. A. Johnson, 1988. Some remarks on "Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio*" by Conan and Comeau. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 45 : 1499-1501.
- Ennis, G. P., R. G. Hooper and D. M. Taylor, 1988. Functional maturity in small male snow crabs (*Chionoecetes opilio*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 45 : 2106-2109.
- Ennis, G. P., R. G. Hooper and D. M. Taylor, 1990. Changes in the composition of snow crabs (*Chionoecetes opilio*) participating in the annual breeding migration in Bonne Bay, Newfoundland. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 47 : 2242-2249.
- Fukataki, H., 1965. Comparative studies on the external features of female specimens of the edible crabs belonging to the genus *Chionoecetes* obtained from the Japan Sea. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., 15 : 1-11.
- Haynes, E., J. F. Karinen, J. Watson and D. J. Hopson, 1976. Relation of number of eggs and egg length to carapace width in the brachyuran crabs *Chionoecetes bairdi* and *C. opilio* from the southeastern Bering Sea and *C. opilio* from the Gulf of St. Lawrence. J. Fish. Res. Bd. Can., 33 : 2592-2595.
- Ito, K., 1967. A female specimen of the edible crab *Chionoecetes opilio* O. Fabricius with the unusual symptom of additional ecdysis. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., 18 : 127-128.
- Kato, G., I. Yamanaka, A. Ochi and T. Ogata, 1956. General aspects on trawl fisheries in the Japan Sea. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., 4 : 293-305.
- Kobayashi, K., 1989. Temperature influence on growth of the Zuwai crab *Chionoecetes opilio*. Suisan Zoshoku, 37 : 35-41.
- Miller, R. J. and P. G. O'Keefe, 1981. Seasonal and depth distribution, size and molt cycle of the spider crab, *Chionoecetes opilio*, *Hyas araneus* and *Hyas coarctatus* in a Newfoundland Bay. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., 1003 : 18p.
- Olmi III, E. J. and J. M. Bishop, 1983. Variation in total width-weight relationships of blue crabs, *Callinectes sapidus*, in relation to sex, maturity, molt stage and carapace form. J. Crust. Biol., 3 : 575-581.
- Powles, H., 1968. Distribution and biology of the spider crab, *Chionoecetes opilio* in the Magdalen Shallows, Gulf of St. Lawrence. Fish. Res. Bd. Can. MS Rept., 997 : 106p.
- Saint-Marie, B. and F. Hazel, 1992. Moulting and mating of snow crabs, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius), in shallow waters of the Northwestern Gulf of Saint Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49 : 1282-1293.
- Watson, J., 1970. Maturity, mating and egg laying in the spider crab, *Chionoecetes opilio*. J. Fish. Res. Board. Can., 27 : 1607-1616.
- Yamasaki, A., 1996. Legal minimum size of male snow crab *Chionoecetes opilio* in the Sea of Japan. Bull.

- Jpn. Soc. Sci. Fish., 62 : 623-630.
- Yamasaki, A. and A. Kuwabara, 1993. Distribution pattern and terminal molt size of snow crab *Chionoecetes opilio* in Yamato-tai. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 59 : 1977-1983.
- Yoshida, H., 1941. On the reproduction of useful crabs in North Korea (II). Suisan Kenkyushi, 36 : 116-121.
- 김상곤, 이주희, 김진건, 1992. 동지나해 저서 어자원에 대한 트롤어구의 어획선택성에 관한 연구-II. 漁業技術, 28 : 371-379.
- 法制處, 1995. 대한민국현대법령집. 제29권, 수산자원보호령. 한국법제연구원, 서울, 461-462.
- 정의철, 신종근, 양용수, 1995. 자원관리형 트롤망에 관한 연구. 1994년 국립수산진흥원 사업보고서, 541-555.
- 川上四郎, 1934. ケガニ調査. 北水試旬報, 258 : 1-4.