

刺網에 대한 대게 수컷의 網目 選擇性*

朴倉斗[†] · 安熙瑋 · 趙三光 · 白哲仁

국립수산과학원

Size selectivity of gill net for male snow crab, *Chionoecetes opilio**

Chang-Doo PARK[†], Heui-Chun AN, Sam-Kwang CHO and Chul-In BAIK

National Fisheries Research & Development Institute

Abstract

A series of fishing experiments was carried out in the waters off the east coast of Korea from January, 2002 to March, 2003, using gill nets of different mesh sizes ($m = 180, 210, 240, 270,$ and 300 mm) to determine the size selectivity of gill net for male snow crab *Chionoecetes opilio*. The maximum carapace length (RL) of each male snow crab caught in the fishing experiment was measured. The master curve of mesh selectivity was estimated by applying the extended Kitahara's method. Two kinds of functional models, quadratic function and cubic function were used to express logarithmic selectivity curve and were fitted to the data using the method of least squares. The obtained results were summarized as follows ;

1. The cubic function of asymmetry was chosen to determine the selectivity curve of gill net for male snow crab from the model deviance comparison.
2. The result of size selectivity showed that the catch number of small male crab was getting decreased according to the increase of mesh size.
3. The optimum value (RL/m) was 0.549 and the RL/m was estimated to be 0.281, 0.296, and 0.356 when the retention probability were 0.2, 0.25 and 0.5, respectively.

Key word : *Chionoecetes opilio*, Snow crab(대게), Gill net(자망), Size selectivity(망목 선택성), Kitahara's method

서론

대게(Snow crab, *Chionoecetes opilio*)는 우리 나라 동해안을 비롯하여 일본의 서해안 및 동북해안, 베링해, 오호츠크해, 알래스카 연안, 북대서양 캐나다 연안, 그린란드 서해안 등에 분포하고 있으며, 서식 수심은 50~600m, 저질은 泥質 또는 砂泥質, 서식 수온은 0~5°C로 알려져 있다(三宅, 1983 ; 山崎·桑原, 1991). 또한, 탈피를 통하여 성장하는 갑각류로서 대게 수컷

(이하 수컷으로 표현)이 대게 암컷(이하 암컷으로 표현)에 비하여 개체 크기가 상대적으로 큰 생물학적 특징을 갖고 있다(山崎, 1994).

대게는 고가로 판매되어 어업인들의 중요한 소득원이 되고 있으므로 대게를 포획하는 각국에서는 자원의 효율적인 관리 및 지속적 유효이용을 위하여 어획량 규제(TAC 제도), 포획금지체장 설정, 포획시기의 제한 등의 조치를 취하고 있으며, 일본의 일부 지역을 제외한 모든 국가에서는 암컷의 포획을 금지하고 있다

* 본 논문의 내용은 2002년도 수산특정과정 연구결과의 일부임.

[†] Corresponding author : cdpark@nfrdi.re.kr

(山崎, 1994 ; Xu and Millar, 1993). 대게의 포획 방법은 우리 나라와 일본을 제외한 각국에서는 통발을 사용하고 있고, 일본에서는 시마네현(鳥根縣)의 일부에서 통발을 사용하는 것 이외에는 대부분 저인망을 사용하여 조업하고 있다(山崎, 1994 ; 山崎·桑原, 1991a ; Xu and Millar, 1993 ; Conan and Comeau, 1986 ; Sinoda *et al.*, 1987).

우리 나라의 어업별 대게 어획량의 비율을 보면, 어획량의 90% 이상을 자망이 접하고 있고, 통발 9%, 트롤 및 기타 어구에서 일부가 어획된다(해양수산부, 2002). 이와 같은 현황으로부터 우리 나라 연안의 대게 자원 관리를 위해서는 자망에 의한 어업관리가 매우 중요하다는 것을 알 수 있다.

현재, 우리나라에서는 동해 연안의 대게 자원 보호를 위하여 수산자원보호령으로 대게의 어획시기를 11월 1일부터 익년 5월 31일까지로 제한하고 있고, 암게의 포획을 금지하고 있으며, 갑장 9cm 이상의 수계만을 포획하도록 규정하고 있다. 그러나 어획 비중이 가장 높은 자망 어구에 대한 망목 규제가 없으므로 어업인들은 자의적으로 망목 크기를 선정하여 조업에 사용하고 있으며, 이들 자망에 어획된 많은 수의 암게 및 갑장 9cm 이하의 수계가 해상에 투기되고 있다(대구지방검찰청영덕지청, 1998). 또한, 어업인들의 생계를 위하여 1996. 12. 31부터 수계의 포획 갑장이 12cm에서 9cm로 낮추어짐에 따라 성숙한 갑장 9~12cm의 수계가 많이 감소하였으므로 재생산에 필요한 성숙한 수계의 보호가 절실한 실정에 있다(대구지방검찰청영덕지청, 1998). 따라서 대게 자원의 지속적 유효이용을 위해서는 어획 비중이 가장 높은 자망 어업에 있어서 포획이 금지된 대게(암게 및 갑장 9cm 이하의 수계)의 혼획을 감소시키고 상품성이 있는 대형의 수계만을 선택적으로 어획하는 것이 중요하다.

재료 및 방법

1. 조업시험의 개요

대게 자망어업은 주로 경상북도 연안에서 수행되고 있으며, 이들 어선들의 조업 수심은 약 150~400m이다. 사용하는 자망 1폭의 구성은 지역에 따라 다소 차이는 있으나, 대부분 나일론 단일섬유(mono-filament)로 만들어진 200장대(300m)의 홑그물을 사용하며, 망목의 크기는 180~240mm 이고, 어구의 완성길이는 약 90m이며, 뜬이 없는 것이 특징이다. 자망 어구의 1틀은 15~30폭으로 구성되며, 침지 시간은 7~30일 정도이고, 어선 1척당 약 6틀의 어구를 어장에 분산 투망하여 조업하고 있다(국립수산과학원, 2002).

본 연구서 사용한 대게 자망의 망목 크기 $m(mm)$ 은 5종류로서 각각 180mm, 210mm, 240mm, 270mm, 300mm로 하였으며, 망사직경 $d(mm)$ 는 각각 경심 4호($\phi=0.331$), 5호($\phi=0.370$), 6호($\phi=0.405$), 7호($\phi=0.438$), 8호(0.468)를 사용하였다. 시험 어구 1틀은 각 망목별 4폭씩 총 20폭을 사용하여 망목 크기 순으로 반복 배치하였다. 시험 선박은 죽변항 소속의 제3광용호(7.93톤)와 제99성광호(6.33톤)를 용선하였으며, 각 선박은 동일한 시험 어구 1틀씩을 사용하여 연안의 대게 자망 어장에서 동시 조업을 수행하였다. 시험 조업은 2002년 1월부터 2003년 3월 사이에 각 선박별 6회, 총 12회 수행하였으며, 침지 시간은 10~25일이었다.

시험조업에서 어획된 대게는 망목 크기별로 분류하여 갑폭 $CW(mm)$, 최대갑장 $RL(mm)$, 갑장 $CL(mm)$, 집게발(chela)의 높이 $Ch(mm)$ 와 폭 $Cw(mm)$ 등을 디지털 캘리퍼스를 이용하여 0.1mm 단위로 측정하고, 체중 BW 는 g단위로 측정하였다(Fig. 1). 대게의 경우, 갑장의 정의(Luke *et al.*, 1999 ; Yoshio and Hayashi, 1994)는 다양하나, 본 연구에서는 Fig. 1에 나타낸 것과 같이甲의 중앙 후부부를 기점으로 안와 후부까지의 수평 거리를 갑장 CL , 중앙 전면의 돌출 부분까지의 수평거리를 최대갑장 RL 으로 표현하였다. 대게의 경우, 생물학적 대표 체장으로 갑폭이 많이 사용되고 있으나, 우리 나라 동해안의 어업 현장에서 규제하고 있는 체장은 Fig. 1의 최대갑장 RL 이 통용되고 있으므로 본 연구에서는 대표 체장을 최대갑장으로 표현하였다.

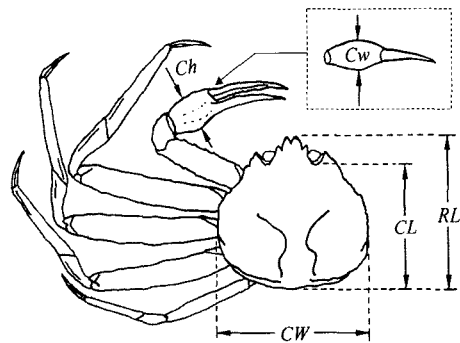


Fig. 1. Measurements of snow crab used in the study.

CW : carapace width, CL : carapace length (eye orbit), RL : maximum carapace length (rostral horn), Ch : chela height, Cw : Chela width.

2. 망목 선택성 곡선 추정법

자망의 망목선택성 추정방법에는 Ishida 방법 (Ishida, 1962), Holt 방법 (Holt, 1957 ; FAO, 1992), Kitahara 방법(Kitahara, 1968) 등이 개발되어 있으며, 어획 특성 등을 고려하여 연구자가 적절한 방법을 선택한다.

본 연구에서는 망목선택성 곡선을 하나의 Master Curve로 나타낼 수 있는 Kitahara 방법(Fujimori *et al.*, 1996 ; 조영복 등, 2000 ; 김성훈·이주희, 2002)을 적용하여 자망에 대한 대게 수컷의 망목 선택성을 해석하였으며, 본 방법을 간단히 설명하면 이하와 같다.

망목 m_i 인 자망의 망목선택성은 체장계급(이하 "체장"으로 표현) l_j 의 변화에 대하여 0에서 1사이의 값을 가지는 상대효율 $S(m_i, l_j)$ 로서 나타낸다. 또, 망목 m_i 인 자망에서 체장 l_j 인 어류의 어획 개체 수 C_{ij} 는 이하의 식으로 나타낼 수 있다.

$$C_{ij} = S(m_i, l_j) \cdot q_i \cdot X_i \cdot d_j \dots\dots\dots (1)$$

여기에서 q_i 는 망목 m_i 의 어획효율, X_i 는 망목 m_i 의 노력량(어구포수), d_j 는 체장 l_j 의 자원밀도를 나타낸다. 식(1)의 어획효율 q_i 는 어구의 구성, 조도, 침지 시간 등의 조업 조건에 따라 영향을 받는 요소이나, 일반적으로 어구의 구조, 조업조건 등이 동일할 경우에는 망목의 크기에 관계없이 일정하다고 가정하므로 단위 노력당의 어획 개체 수 c_{ij} 는 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{ij} = c_{ij} \cdot X_i = S(m_i, l_j) \cdot q \cdot d_j \dots\dots\dots (2)$$

식(2)로부터 알 수 있는 바와 같이 자망의 어획물 체장조성은 망목 선택률 $S(m_i, l_j)$ 뿐만 아니라 어획 대상자원의 체장조성 d 에도 의존하는 것을 알 수 있다. 실제 어장에 있어서 자원의 체장조성 d 를 파악하는 것은 매우 어렵고, 체장간의 d 가 균등분포를 이루는 경우는 극히 드물다. 따라서 조업시행으로부터 자망의 망목선택성을 추정할 경우, 망목 m_i 인 자망에 체장 l_j 인 어류가 어획될 확률은 기하학적 상사법칙에 의하여 망목과 체장이 각각 k 배 증가한 망목 $k \cdot m_i$ 인 자망에 체장 $k \cdot l_j$ 인 어류가 어획될 확률과 동일하다는 Baranov의 가정을 적용하여 선택률을 이하의 식으로 표현한다(東海, 1990).

$$S(m_i, l_j) = S(km_i, kl_j) \dots\dots\dots (3)$$

Kitahara는 식(3)의 2개의 변수 대신에 체장 l_j 를 망목 m_i 로 표준화하여 다음과 같이 표현하였다.

$$S(m_i, l_j) = S(km_i, kl_j) = S(l_j / m_i) \dots\dots\dots (4)$$

따라서 단위노력당 어획 개체 수는 식(2)로부터

$$C_{ij} = S(l_j / m_i) \cdot q \cdot d_j \dots\dots\dots (5)$$

가 되며, 식(5)의 양변에 대수를 취하고 정리하면 식 (6)과 같이 된다.

$$\ln S(l_j / m_i) = \ln c_{ij} - \ln(q \cdot d_j) \dots\dots\dots (6)$$

식(6)으로부터 대수 선택률은 "단위 노력당 어획 개체 수의 대수값 + 보정치{ $\ln(q \cdot d_j)$ }"로 나타낼 수 있다는 것을 알 수 있다. 식 (6)의 보정치는 q 가 일정하므로 평면좌표에서 y 축 방향으로 체장별 자원밀도만큼 상하 이동하면 되므로 보정치를 곱하여 계산하는 Ishida 방법에 비하여 매우 간단하다.

Fujimori *et al.*(1996)은 Kitahara 방법에 망목 선택성 곡선(Master Curve)을 나타내는 함수로써 이하의 다항식을 적용하였다.

$$F(R) = F(l_j / m_i) = a_n R^n + a_{n-1} R^{n-1} + a_{n-2} R^{n-2} + \dots + a_0 \dots\dots\dots (7)$$

식(7)에서 $n=2$ 이면 좌우대칭형이 되고, $n=3$ 이면 좌우비대칭형이 된다. 선택률의 최대값은 1이므로 선택성 곡선을 나타내는 함수는 식(7)의 최대값 F_{max} 을 구하여 적용하면 이하와 같이 표현된다.

$$S(l_j / m_i) = S(R) = \exp(F(R) - F_{max}) \dots\dots (8)$$

본 연구에서는 각각 좌우대칭형과 좌우비대칭형의 선택성곡선의 파라미터를 최소자승법으로 구하고 나타내었다. 또한 이들 두 선택성곡선 중에서 어느 쪽이 보다 적절한 Model인지를 판단하기 위하여 오차분산의 불편추정량을 비교하였다.

최소자승법을 적용할 경우, 오차분산의 불편추정량 σ^2 은 잔차의 제곱합 θ 를 사용하여 다음과 같이 표현된다.

$$\sigma^2 = \theta / \{\pi - (\mu + \lambda - 1)\} \dots\dots\dots (9)$$

여기서 π 는 계산에 사용한 관측 데이터의 수, μ 는 함수의 파라미터 수, λ 는 체장계급의 수를 나타낸다. 식(9)에 나타난 오차분산의 불편추정량이 작을수록 보다 적절한 Model로 평가된다.

결과 및 고찰

시험조업에서 어획된 어종별 어획 개체 수는 대게 4325마리, 고무걱정어(*Dasycttus setiger*) 36마리, 대구(*Gadus macrocephalus*) 8마리, 조각매물고둥(*Neptunea intersculpta*) 58마리, 고운띠물레고둥(*Buccinum bayani*) 22마리, 별레문치(*Lycodes tanakae*) 3마리, 기름가자미(*Glyptocephalus stelleri*) 1마리였다. 이와 같은 결과로부터 대게 자망에는 대

체가 97% 이상 어획되므로 타어종의 혼획률이 매우 낮다는 것을 알 수 있다.

1. 체장조성

시험조업으로부터 어획된 수계 2,531마리 중에서 갑폭 $CW(mm)$, 최대갑장 $RL(mm)$, 갑장 $CL(mm)$, 집게발(chela)의 높이 $Ch(mm)$ 와 폭 $Cw(mm)$, 체중 $BW(g)$, 체고 $BH(mm)$ 등이 측정된 개체로부터 체장, 체중 등의 관계식을 최소자승법을 사용하여 추정하였다.

어획결과로부터 얻어진 수계의 갑폭 $CW(mm)$ 과 최대갑장 $RL(mm)$, 갑장 $CL(mm)$, 체고 $BH(mm)$ 의 관계식은 이하와 같다(Fig. 2). 체고는 甲의 상면과 복부 하면까지의 높이를 나타낸다.

$$CW = 1.0426 RL - 1.3269 \quad (R^2=0.9804) \quad (10)$$

$$CL = 0.8489 RL - 0.2365 \quad (R^2=0.9741) \quad (11)$$

$$BH = 0.3959 RL + 0.6158 \quad (R^2=0.9158) \quad (12)$$

식(10)으로부터 기울기가 1보다 크므로 갑폭은 32mm 이상의 범위에서 최대갑장보다 다소 크게 나타난다. 회귀의 역추정을 피하기 위하여 갑폭을 변수로 한 최대갑장을 구하면, ($R^2=0.9804$)이 되고, 갑폭은 52mm 이상에서 최대갑장보다 큰 값을 나타낸다. 두 경우를 종합하면, 적어도 갑폭 52mm 이상에서는 갑폭이 최대갑장보다 다소 큰 값을 나타낸다는 것을 알 수 있다.

본 연구결과에서 얻어진 수계의 최대갑장 $RL(mm)$ 과 체중 $BW(g)$ 사이의 관계식은 이하와 같다(Fig. 3). 생물학적 대표길이인 갑폭 $CW(mm)$ 과 체중 $BW(g)$ 사이의 관계식은 $BW = 0.0003 CW^{2.999}$ ($R^2 = 0.931$)이며, 체중은 갑폭 또는 최대갑장의 약 3제곱에 비례하는 것을 알 수 있다.

$$BW = 0.0002 RL^{3.0807} \quad (R^2 = 0.925) \quad \dots (13)$$

암계의 경우에는 갑폭 8cm 정도에서 성숙하면 생애의 최종탈피를 행하고 그 이상 성장하지 않는다(吉田, 1951 ; 伊藤·小林, 1967 ; 山崎·桑原, 1992a). 그러나 수계는 사망할 때까지 탈피를 반복하여 갑폭 15cm의 대형 개체로 성장한다(Sinoda, 1968 ; 伊藤, 1970 ; 菅野, 1975 ; 今, 1980)고 보고되었으나, 최근 수계도 최종 탈피가 존재하며, 갑폭과 집게발(chela)의 상대적 크기로부터 구별할 수 있다고 알려져 있다(Conan and Comeau, 1986 ; 山崎, 1994 ; 山崎·桑原, 1992a ; 山崎·桑原, 1991b). 최종탈피를 끝낸 개체는 집게발(chela)이 상대적으로 크고, 최종탈피가 끝나지 않은 개체는 집

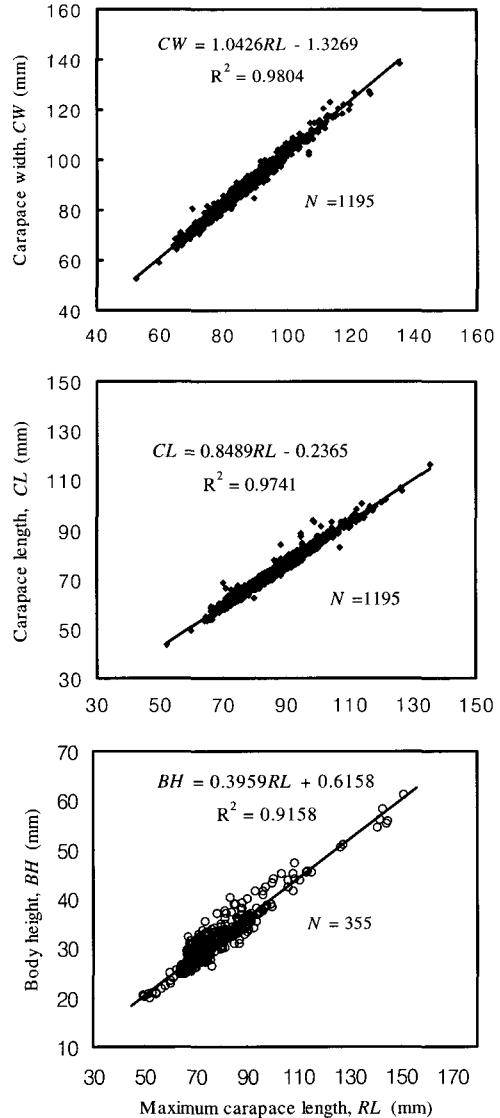


Fig. 2. Relationship between the maximum carapace length (RL) and the other body sizes of male snow crab caught in the experiment.

게발이 상대적으로 작다(山崎·桑原, 1991b ; 山崎·桑原, 1992a). 수계 의 최소 성숙 갑폭(山崎, 1994 ; 임 2001)은 해역에 따라 50~70mm를 나타내나, 집게발의 상대적 성장에 차이가 있는 두 그룹 사이에는 교미능력이 다르다고 보고하고 있다(Conan and Comeau, 1986 ; 山崎·桑原, 1992a). 즉 최종탈피를 끝낸 개체는 성숙한 硬甲의 암계와 교미할 수 있으나, 최종탈피를 끝내지 못한 개체는 이와 같은 암계

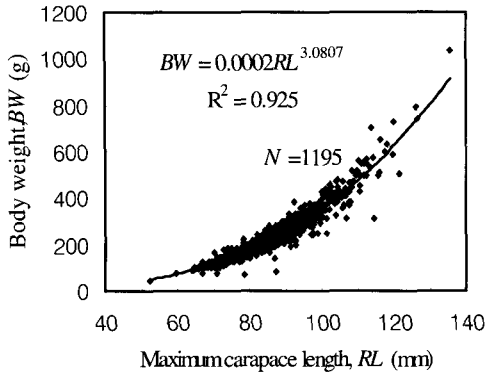


Fig. 3. Relationship between the maximum carapace length (RL) and the body weight (BW) of male snow crab caught in the experiment.

와 교미할 수 없으며, 전자를 형태적 성숙개체, 후자를 형태적 미성숙개체로 분류하였다. 따라서 집게발의 상대적 성장 차이는 성숙을 나타내는 중요한 지표가 된다.

Fig. 4에 갑폭(CW), 최대갑장(RL)에 대한 집게발의 높이(Ch) 및 폭(Cw)의 관계를 나타내었다.

본 연구에서는 탈피의 단계를 별도의 생물학적 방법(山崎·桑原, 1992a)을 사용하여 구분하지 않았으므로, 최종탈피를 구분하는 山崎(1994)의 판별식($Y = -16.5221 \ln CW + 14.5003 \ln CH + 33.8949$)을 적용하였다. 이들 결과를 보면, 동해안의 수계에 있어서도 집게발의 상대적 성장에 차이가 있는 2개의 그룹으로 나누어진다는 것을 알 수 있다. 또한, 山崎(1994)의 결과와 같이 갑폭 70~120mm(최대갑장 약 69~116mm)의 범위에서 상대적으로 집게발이 큰 것과 작은 것이 겹치고 있고, 갑폭 120mm 이상에서는 상대적으로 큰 것만이 나타나며, 갑폭 70mm 이하에서는 상대적으로 작은 것이 분포한다는 것을 알 수 있다.

2. 망목 크기별 어획량

망목 크기별 어획된 수계의 최대갑장(RL) 조성을 체장계급 5mm 단위로 구분하여 Fig. 5에 나타내었다. 수계의 최대갑장 범위는 45~155mm이었으며, Mode는 87.5mm를 나타내었고, 최대갑장 60~115mm 사이의 개체가 98%에 달하였다. 또한, 망목이 180, 210, 240, 270, 300mm에서 어획된 개체 수는 각각 834, 663, 461, 386, 187마리로서

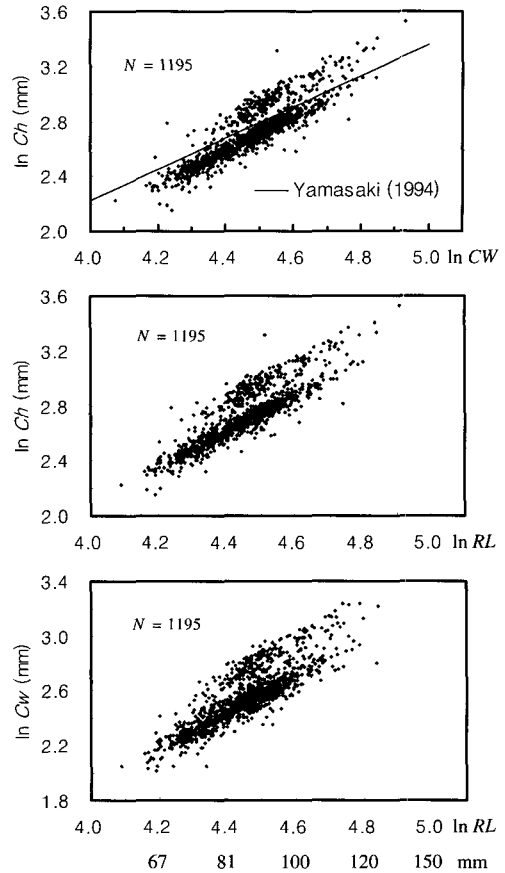


Fig. 4. Relationship between the carapace size and the chela size in the natural logarithm for the male snow crab. CW : carapace width, RL : maximum carapace length (rostral horn), Ch : chela height, Cw : Chela width. Ymasaki(1994) indicates the equation represented in his paper.

망목이 증가함에 따라 어획량이 감소하는 것을 알 수 있다. 특히, 망목 크기의 증가에 따른 소형 개체의 어획 감소가 두드러지는 것을 망목별 체장조성으로부터 알 수 있다. 이와 같은 결과는 자망의 망목 크기를 증가시킴으로써 소형 개체의 어획을 감소시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

저인망 또는 통발로 어획한 일본의 연구결과를 보면, 체장 Mode가 2개 이상을 나타내고, 갑폭 130mm 이상의 큰 수계도 많이 어획되고 있다(Sinoda, 1968; 今, 1968; 山崎, 1992b). 본 연구 결과에서 최대갑장 115mm 이상의 수계 어획이 매우

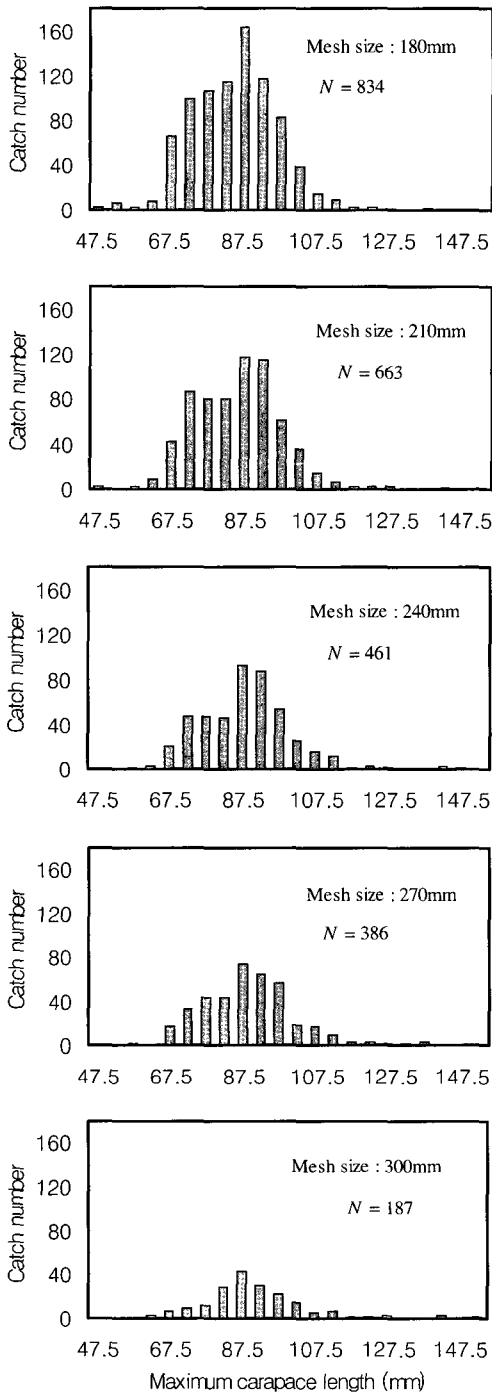


Fig. 5. Maximum carapace length (*RL*) distributions of male snow crab caught in the experiment.

적은 것은 2가지로 해석할 수 있다. 첫 번째는 사용한 어구의 차이에 의한 영향이다. 즉, 통발이나 저인망의 어획선택성 곡선은 일정 체장 이상의 개체는 망목을 빠져나갈 수 없는 Sigmoid형을 나타내므로 망목이 작을 경우에는 소형 개체부터 대형 개체까지 포획된다. 그러나, 자망은 일반적으로 鐘形(Bell type)의 선택성 곡선을 가지므로 망목 크기에 대응하는 특정 크기의 개체를 중심으로 하여 더 크거나 작은 개체의 포획은 감소한다.

따라서 이와 같은 자망의 망목 선택성의 영향으로 대형 개체가 어획되지 않을 수 있다. 두 번째는 남획에 의한 자원량의 감소로 인하여 어장에 대형 개체가 거의 존재하지 않을 경우에 일어날 수 있다.

금후, 통발 또는 트롤 등을 사용한 어획 시험의 결과와의 비교를 통하여 이러한 결과가 어구의 어획선택성에 의한 영향인지, 아니면 자원량 감소의 영향인지에 관한 연구가 필요하다고 생각된다.

본 시험조업 결과로부터 얻어진 어획 데이터 중에서 어획이 거의 없었던 1회(수심 420m)의 조업결과를 제외한 11회의 조업결과로부터 망목 크기 m 에 따른 어구 1폭당 수계의 어획 개체 수를 구하였다 (Fig. 6). 포획이 허용된 최대갑장 90mm를 초과하는 수계의 개체 수를 c_l , 포획이 금지된 최대갑장 90mm 이하인 수계의 개체 수를 c_d 로 표현하면 각각은 이하의 회귀식으로 표현된다.

$$c_l = -0.0862m - 27.75 \quad (R^2=0.9692) \dots (14)$$

$$c_d = -0.0327m + 12.218 \quad (R^2=0.9350) \dots (15)$$

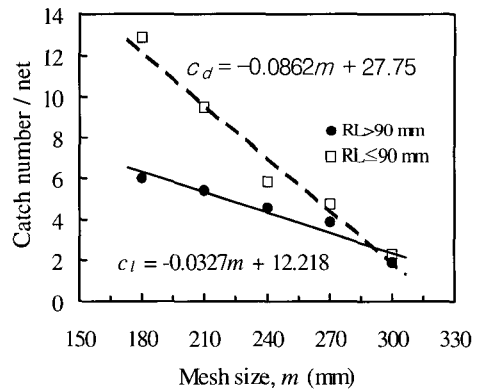


Fig. 6. Relationship between the mesh size and the catch number per unit net of male snow crab caught in the experiment. Landing size is more than 90 mm of the maximum carapace length, *RL*.

Fig. 6에서 알 수 있는 바와 같이 포획이 금지된 수계 및 포획이 허용된 수계의 어획 개체 수는 망목이 증가함에 따라 감소한다. 그러나 포획 금지된 수계의 어획 개체 수 감소율이 포획이 허용된 수계의 어획 개체 수 감소율보다 크다는 것을 알 수 있다.

이와 같은 결과는 망목을 어느 정도 증가함에 따라 포획이 금지된 최대갑장 90mm 이하의 수계의 혼획을 대폭 감소시킬 수 있으며, 이에 따른 선상 선별작업의 경감과 자원의 보호가 가능하다는 것을 알 수 있다.

3. 망목 선택성곡선

시험조업에서 얻어진 어획결과에 Kitahara 방법을 적용하여 자망에 대한 망목선택성 곡선의 파라미터를 계산하였다. 망목선택성 곡선의 지수 함수를 2차식으로 가정한 경우와 3차식으로 가정한 경우의 각각에 대한 선택성 곡선은 이하와 같이 표현된다.

$$S(R) = S(RL/m) = \exp((-24.25R^2 + 26.58R - 1.97) - 5.32) \dots\dots\dots (16)$$

$$S(R) = S(RL/m) = \exp((44.06R^3 - 84.16R^2 - 52.30R - 5.46) - 5.17) \dots\dots\dots (17)$$

이들 두 함수를 사용한 망목선택성 곡선을 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7로부터 망목선택성 곡선은 RL/m 의 값이 증가함에 따라 선택률이 0에서 1까지 증가하고 그 이후 감소하는 경향을 나타낸다. 본 결과로부터 망목 m 이 커질수록 동일한 선택률을 나타내는 최대갑장 RL 은 커지므로 망목 크기가 증가하면 소형 개체의 어획률이 상대적으로 감소한다는 것을 나타낸다. 실험에서 얻어진 최대갑장 112.5mm 이상에서는 관측치가 회귀 곡선에 따르지 않고 크게 변동하는 것을 알 수 있다. 이것은 시험조업에서 얻어진 데이터 중에서 최대갑장 112.5mm 이상의 대형 개체의 어획량이 적은 영향이다.

이들 두 망목선택성 곡선 중에서 Model로써 보다 적합한 선택성 곡선을 선택하기 위하여 오차분산의 불편추정량 σ^2 의 값을 계산하였다. 그 결과, 2차식과 3차식의 오차분산의 불편추정량은 각각 0.1307 및 0.1225를 나타내었다. 즉 자망에 대한 수계의 망목선택성 곡선은 서대의 경우(조 등, 2000)와 마찬가지로 좌우대칭형보다는 좌우비대칭형이 Model로써 적합하다는 결과를 나타내었으므로 본 연구에서는 수계의 망목선택성 곡선으로써 좌우비대칭형을 선택한다.

본 연구에 선택된 수계의 망목선택성 곡선(좌우비

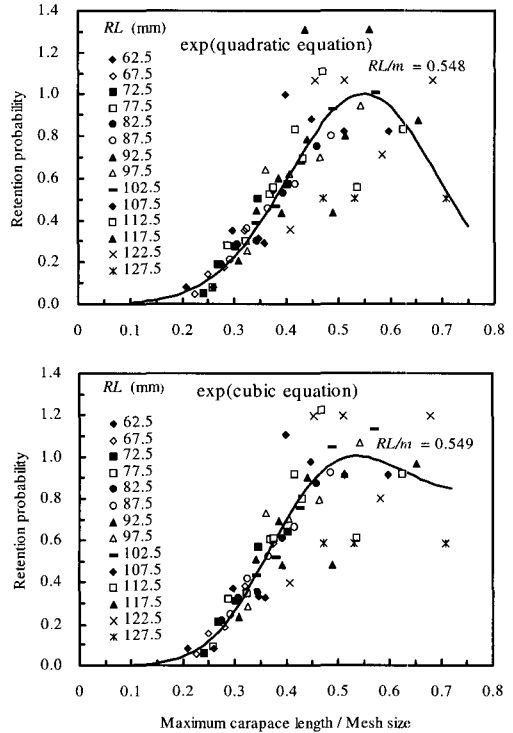


Fig. 7. Master curve of size selectivity of gill net for male snow crab using Kitahara's method.

대칭형)으로부터 선택률 1을 나타내는 최적 RL/m 의 값은 0.549이며, 선택률 0.5, 0.25, 0.2, 0.1을 나타내는 RL/m 은 각각 0.356, 0.296, 0.281, 0.241이라는 것을 알 수 있다. 선택률 1을 나타내는 $RL/m = 0.549$ 보다 큰 범위에서는 RL/m 의 변화에 따른 선택률의 변화가 작고, 선택률이 0.85 이하로 낮아지지 않는다. 이와 같은 현상은 서대(조 등, 2000)나 가자미(김성훈·이주희, 2002)와 같은 어류의 망목선택성곡선이 鐘型(Bell type)을 나타내는 것과는 상당한 차이가 있으며, 갑각류인 대게의 경우, 그물에 낚히는 어류와는 달리 얽히어 어획되는 영향으로 생각된다(Fujimori *et al.* 1996). 금후, 자망에 얽히어 어획되는 갑각류의 망목 선택성과 어획 메커니즘의 관계에 대한 보다 많은 연구가 필요하다.

요약

본 연구에서는 자망에 대한 대게 수컷의 망목선택성을 구명하기 위하여 5종류의 망목($m = 180, 210,$

240, 270, 300mm)으로 구성된 자망을 제작하고, 2002년 1월부터 2003년 3월까지 경북 죽변항 주변 수역에서 총 12회의 시험조업을 행하였다. 망목선택성 곡선의 계산에 사용될 데이터 확보를 위하여 어획된 대게 수컷의 전수에 대한 최대갑장 RL 을 디지털 캘리퍼스를 사용하여 0.1mm 단위로 측정하였다. 망목선택성 곡선의 추정에는 Kitahara의 방법을 사용하였다. 대수 망목선택성 곡선의 함수로써 좌우대칭형인 2차식과 좌우비대칭형인 3차식을 적용하였으며, 최소자승법을 사용하여 각 모델의 파라미터를 추정하였다.

본 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 자망에 대한 대게 수컷의 망목선택성 곡선은 Model의 적합도 비교를 통하여 좌우비대칭형인 3차식이 선택되었다.
2. 망목선택성의 결과는 망목이 커질수록 소형 수계의 혼획이 감소한다는 것을 나타낸다.
3. 망목선택성 곡선은 이하의 수식으로 표현된다.

$$S(R) = S(RL/m) = \exp((44.06R^3 - 84.16R^2 + 52.30R - 5.46) - 5.17)$$

4. 선택률 1을 나타내는 최적 RL/m 의 값은 0.549이며, 선택률 0.5, 0.25, 0.2를 나타내는 RL/m 은 각각 0.356, 0.296, 0.281로 추정되었다.

참고문헌

국립수산과학원 (2002) : 한국어구도감, 한글그래픽스, 516-518.

김성훈·이주희 (2002) : 가자미 삼중자망의 망목선택성, 한국어업기술학회지, 38(2), 91-100.

대구지방검찰청영덕지청 (1998) : 왕돌잠가꾸기운동, 새암출판사, 1-157.

임영수 (2001) : 대게, *Chionoecetes opilio*의 성숙과 유생의 성장, 부경대학교 박사학위논문, 1-114.

조영복·박창두·이주희 (2000) : 서대 3중자망의 망목선택성에 관한 연구, 한국어업기술학회지, 36 (2), 89-95.

해양수산부 (2002) : 2002년 12월 어업생산통계, 삼성엘리트(주), 153.

Conan, G. Y. and Comeau, M. (1986) : Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio*, Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43, 1710-1719.

FAO (1992) : Introduction to tropical fish stock

assessment, FAO Fisheries Technical Paper, 306/1, 172-199.

Fujimori, Y., Tokai, T., Hiyama, S. and Matuda, K. (1996) : Selectivity and gear efficiency of trammel nets for kuruma prawn (*Penaeus japonicus*), Fisheries Research, 26, 113-124.

Holt, S. J. (1957) : A method of determining gear selectivity and its application, ICNAF-ICES -FAO Joint Set, Meeting Paper, S15, 21.

Kitahara, T. (1968) : Mesh selectivity curve of sweeping trammel net for *branquillos*, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 34(9), 759-763.

Jadamec, L. S., W. E. Donaldson, and Cullenberg, P. (1999) : Biological field techniques for Chionoecetes Crabs, University of Alaska Sea Grant College Program, 29-31.

Sinoda, M. (1968) : Studies on fishery of zuwai crab in the Japan sea - I. The growth. Bull. Japanese society of scientific fisheries (Nippon Suisan Gakkaishi), 34(3), 185-190.

Sinoda, M., Ikuda, T. and Yamazaki, A. (1987) : On changing the size selectivity of fishing gear for *Chionoecetes opilio* in the Japan Sea, Nippon Suisan Gakkaishi, 53(7), 1173-1179.

Xu, X. and Millar, R. B. (1993) : Estimation of trap selectivity for male snow crab (*Chionoecetes opilio*) using the SELECT modeling approach with unequal sampling effort, Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50(11), 2458-2490.

石田昭夫 (1962) : 刺網の日選擇性曲線について, 北水研報告, 25, 20-25.

伊藤勝千代·小林敏男 (1967) : ズワイガニの成體雌がさらに脱皮すると 思われる特異な標本について, 日本水産研報, 22, 81-116.

今 攸·丹羽正 ·山川文男 (1968) : ズワイガニに關する漁業生物學的研究-II, 甲幅組成 から推定した脱皮回数, 日本水産學會誌, 34(2), 138-142.

今 攸 (1980) : ズワイガニの生活史に關する研究, 新潟大學理學部附屬佐渡臨海實驗所特別報告, 2, 1-64.

三宅貞祥 (1983) : 原色日本大型甲殼類圖鑑(II), 保育社, 東京, 31-32.

東海 正 (1990) : 低びき網における網日選擇性曲線

- 推定法の考え方について, 南西水研 ニュース, No. 44, 8-12.
- 山崎 淳 (1994): ズワイガニの生態特性にもとづく資源管理に関する研究, 京都府立センター 研究論文集, 第4号, 1-53.
- 山崎 淳・桑原 昭彦 (1991a): 底曳網によるズワイガニ漁業の實態と問題點について—I, 水産の研究, 10卷6号 (55), 109-114.
- 山崎 淳・桑原 昭彦 (1991b): 日本海における雄ズワイガニの最終脱皮について, 日本水産學會誌, 57 (10), 1839-1844.
- 山崎 淳・桑原 昭彦 (1992a): 底曳網によるズワイ

- ガニ漁業の實態と問題點について—II(雄ガニの最終脱皮), 水産の研究, 11卷1号 (56), 109-115.
- 山崎 淳・桑原 昭彦 (1992b): 底曳網によるズワイガニ漁業の實態と問題點について—III(雄ガニの生殘率と漁獲サイズ), 水産の研究, 11卷2号(57), 102-108.
- 吉田 裕 (1951): 有用カニ類の雌雄の間に見られる大きさの相違と其の原因に就いて, 日本水産學會誌, 16(12), 90-92.

2003년 4월 28일 접수

2003년 5월 9일 수리