

< 단 보 >

자망에 대한 대게 암컷의 망목 선택성

박창두\* · 안희춘<sup>1</sup> · 조삼광 · 배봉성<sup>2</sup> · 박해훈<sup>2</sup> · 배재현<sup>1</sup> · 김현영

국립수산과학원 서해수산연구소 자원환경과, <sup>1</sup>국립수산과학원 수산공학과,

<sup>2</sup>국립수산과학원 동해수산연구소 자원환경과

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

**Chang-Doo PARK\*, Heui-Chun AN<sup>1</sup>, Sam-Kwang CHO, Bong-Seong BAE<sup>2</sup>, Hae-Hoon PARK<sup>2</sup>,  
Jae-Hyun BAE<sup>1</sup> and Hyun-Young KIM**

*Fisheries Resources Division, West Sea Fisheries Institute, NFRDI, Incheon 400-420, Korea*

<sup>1</sup>*Fisheries Engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute,  
Busan 619-902, Korea*

<sup>2</sup>*Fisheries Resources Division, East Sea Fisheries Institute, NFRDI, Gangwon-do 210-861, Korea*

A series of fishing experiments was carried out in the eastern coastal waters 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 female snow crab, *Chionoecetes opilio*. The catch of experimental gears was mostly snow crab (97%), *Chionoecetes opilio*. The maximum carapace length ( $RL$ ) of each female snow crab caught in the fishing experiments was measured. The master selection curve was estimated by applying the extended Kitahara's method. The selection curve showed that the gill nets of larger mesh size allowed more female crabs of small carapace size to escape. The optimum values of  $RL/m$  for 1.0 of retention probability was 0.563 and  $RL/m$  was estimated to be 0.249, 0.290, 0.319, 0.344 and 0.367 when the retention probability were 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5, respectively.

Key words : *Chionoecetes opilio*, Snow crab, Gill net, Selectivity, Selection curve, Kitahara's method

서 론

대게(Snow crab, *Chionoecetes opilio*)는 우리나라 동해안을 비롯하여 일본의 서해안 및 동북해안, 베링해, 오호츠크해, 알래스카 연안 북대서

양 캐나다 연안 등에 분포하고 있으며, 서식 수심은 50 - 600m, 저질은 니질 또는 사니질, 서식 수온은 0 - 5 °C로 알려져 있다(Miyake, 1983; Lim, 2001). 그리고 대게는 탈피를 통하여 성장

\*Corresponding author: cdpark1@nfrdi.go.kr, Tel. +82-32-745-0570, Fax. +82-32-745-0569

하는 갑각류의 일종으로써 대게 암컷(이하 암계로 표현)이 수컷(이하 수계로 표현)에 비하여 개체 크기가 상대적으로 작은 생물학적 특징을 가지고 있다(Yamasaki, 1994).

대게는 고가로 유통되므로 산업적 측면에서 매우 중요한 어종이며 대게를 어획하는 각국에서는 자원의 지속적 유효이용을 위하여 어획량 규제(TAC 제도), 포획금지체장 설정, 금어기 설정 등의 조치를 취하고 있고, 일본의 일부 지역을 제외한 모든 국가에서는 암계의 포획을 금지하고 있다(Yamasaki, 1994; Xu and Millar, 1993). 우리나라에서도 대게 자원의 보호를 위하여 수산자원보호령으로 암계 포획금지, 금어기 설정, 포획금지체장(9cm 이하) 설정, 어구의 망목크기 제한(자망은 240mm, 통발은 150mm 이하 사용금지) 등의 규제를 두고 있다.

우리나라의 어업별 대게 어획량 비율을 보면 자망이 어획량의 87.3%를 점하고 있고, 통발이 11.6%를 차지하고 있다(2007년 어업생산통계). 이와 같은 어업별 어획비중은 주로 통발 또는 저인망을 사용하여 대게를 어획하는 외국의 어업과는 차이가 있다(Yamasaki, 1994; Xu and Millar, 1993; Conan and Comeau, 1986). 따라서 우리나라 연안에 서식하는 대게 자원의 지속적 이용을 위해서는 어획 비중이 높은 자망에 의한 어업관리가 매우 중요하다. 특히, 재생산에 기여하는 암계의 혼획을 감소시키고 상품성이 있는 적정량의 대형 수계만을 선택적으로 어획하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 자망에 대한 암계의 망목선택성을 구명하기 위하여 망목의 크기를 다르게 하여 제작한 대게자망으로 경북 죽변항 주변 수역에서 시험조업을 행하고 자망의 망목 크기에 따른 암계의 망목 선택성을 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 조업시험의 개요

우리나라 대게 자망어업은 주로 동해안 연안

수역에서 행해지고 있으며, 이들 어선들의 조업 수심은 약 150 - 400m이다. 자망 어구는 지역에 따라 구성을 다소다르게 하여 사용하기도 하나, 대부분은 나일론 단일섬유(monofilament)로 제작된 길이 200장대(1 필, 300m)의 망지로 뜰줄 약 80m, 발줄 약 90 - 100m의 규모로 완성어구 1쪽을 제작하는데, 이때 재질이 폴리프로필렌인 뜰줄에는 뜰을 달지 않으며 발줄은 납침자로 침강력을 준다. 어선 1척은 대게 자망 그물 15 - 30쪽을 1조(틀)로 하여 5 - 6조의 어구를 분산투망하는 방법으로 조업하며, 어구의 침지 일수는 기상 상태 등의 여건에 따라 7 - 30일 정도이다.

본 연구에서 사용한 대게 자망의 망목크기  $m$ (mm)은 5종류(각각 180, 210, 240, 270, 300mm)를 사용하였다. 망사직경  $d$ (mm)는 본 시험을 위하여 별도로 제작하는 것 없이 상업용으로 제작 판매되는 망지를 그대로 활용하였으며 망목크기 증가에 따른 망사 직경은 각각 경심 4호( $\phi=0.331$ ), 5호( $\phi=0.370$ ), 6호( $\phi=0.405$ ), 7호( $\phi=0.438$ ), 8호( $\phi=0.468$ ) 이었다. 시험 어구 1틀은 각 망목크기별로 4쪽씩 총 20쪽을 망목크기 순으로 반복 배치하여 구성하였다. 시험 조업은 죽변항 소속의 제3광용호(7.93톤)와 제99성광호(6.33톤)를 용선하여 사용하였다. 시험 조업은 2002년 1월부터 2003년 3월 사이에 각 선박별 6회, 총 12회 수행하였으며, 침지 일수는 10 - 25일이었다.

시험어구에 어획된 대게는 망목 크기별로 분류하여 갑폭  $CW$ (mm), 최대갑장  $RL$ (mm), 갑장  $CL$ (mm), 집게발(chela) 높이  $Ch$ (mm) 등을 디지털 캘리퍼스를 이용하여 0.1mm 단위로 측정하였다(Park et al., 2003). 대게의 경우, 갑장의 정의(Jadamec et al., 1999)는 다양하나, 본 연구에서는 갑(甲)의 중앙 후부를 기점으로 안와 후부까지의 수평 거리를 갑장  $CL$ , 중앙 전면의 돌출부 끝부분까지의 수평거리를 최대갑장  $RL$ 으로 표현하였다(Park et al., 2003). 대게의 경우, 생물학적 대표 체장으로 갑폭이 많이 사용되고 있으나, 본 연

구에서는 수산자원보호령의 갑장기준을 고려하여 대표 체장을 최대갑장으로 나타내었다.

### 망목 선택성 곡선 추정법

자망의 망목선택성 추정방법에는 Ishida 방법 (Ishida, 1962), Holt 방법 (FAO, 1992), Kitahara 방법 (Kitahara, 1968), SELECT 모델을 적용하는 방법 (Park et al., 2004 ; Millar and Walsh, 1992) 등이 사용되고 있다. 본 연구에서는 망목선택성 곡선을 하나의 Master Curve로 나타낼 수 있는 Kitahara 방법 (Fujimori et al., 1996; Cho et al., 2000; Park et al., 2003)을 적용하여 자망에 대한 암게의 망목선택성을 해석하였다.

### 결과 및 고찰

시험조업 결과, 대게가 전체 어획 개체수의 97%를 차지하였고 고무격정어, 고동류 등이 일부 혼획되는 것으로 나타났다. 대게의 어획 개체수 중에서 수계와 암게의 비율은 각각 2,351마리 (56.7%), 1,795마리 (43.3%)였다.

### 갑장과 갑폭과의 관계

어획시험 결과로부터 얻어진 암게의 갑폭  $CW$ (mm), 최대갑장  $RL$ (mm), 갑장  $CL$ (mm), 체고  $BH$ (mm) 사이의 관계식을 최소자승법으로 추정하면 이하와 같다.

$$\begin{aligned}
 CW &= 1.0771RL - 2.99 & (R^2 &= 0.9692) \\
 RL &= 0.8998CW + 5.12 & (R^2 &= 0.9692) \\
 CL &= 0.9345RL - 5.61 & (R^2 &= 0.9657) \\
 RL &= 1.0334CL + 8.50 & (R^2 &= 0.9657) \\
 CL &= 0.8517CW - 1.71 & (R^2 &= 0.9602) \\
 CW &= 1.1274CL + 5.20 & (R^2 &= 0.9602) \\
 BH &= 0.6209RL - 14.38 & (R^2 &= 0.8559)
 \end{aligned}$$

회귀식의 경우, 반드시 역함수의 관계가 성립하는 것은 아니므로 회귀의 역추정을 피하기 위하여 체장 각각에 대한 회귀식을 구하여 나타내었다. 본 연구에서 얻어진 암게의 체고와 Park et

al.(2003)이 구한 수계의 체고( $BH = 0.3959RL + 0.62$ )를 비교하면 최대갑장이 큰 범위에서 암게의 체고가 높다는 것을 알 수 있다. 공분산분석으로 암수의 최대갑장 - 갑고의 관계식을 비교하여 보면 암수 사이에 차이가 있다는 결과를 나타낸다. 이것은 암게의 경우, 갑폭 80mm 정도에서 성숙하면 복지 포란하므로 성숙한 암게는 수계에 비하여 체고가 높아지는 영향으로 생각된다.

대게의 경우, 수계는 탈피를 반복하여 갑폭 15cm의 대형 개체로 성장하나, 최근 연구에 의하면 최종탈피가 존재하며 최종 탈피한 수계의 집게발(chela) 굵기는 최종 탈피하지 않은 개체에 비하여 상대적으로 크다고 알려져 있다 (Conan and Comeau, 1986; Yamasaki, 1994; Park et al., 2003). 또한, 수계 집게발의 상대적 성장 차이는 성숙을 나타내는 지표가 된다. 반면에 암게의 경우에는 갑폭 8cm 전후에서 성숙하여 생애의 최종탈피를 행하고 그 이상 성장하지 않는다 (Lim, 2001). 본 연구에서 얻어진 암게의 갑폭( $CW$ ) 및

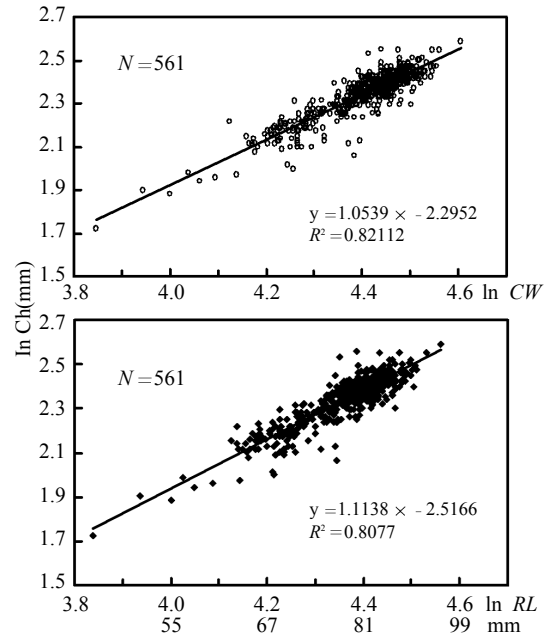


Fig. 1. Relationship between the carapace size and the chela height in the natural logarithm for the female snow crab.  $CW$  : carapace width,  $RL$  : maximum carapace length (rostral horn),  $Ch$  : chela height

최대갑장( $RL$ )에 대한 집계발 높이( $Ch$ )를 Fig. 1에 나타내었다. 암계의 경우, 수계의 경우와는 달리 성장하여 집계발 높이( $Ch$ )가 상대적인 성장 차이를 보이는 그룹이 나타나지 않는다는 것을 알 수 있다.

체장조성

시험 어구에 어획된 암계의 최대갑장( $RL$ ) 조

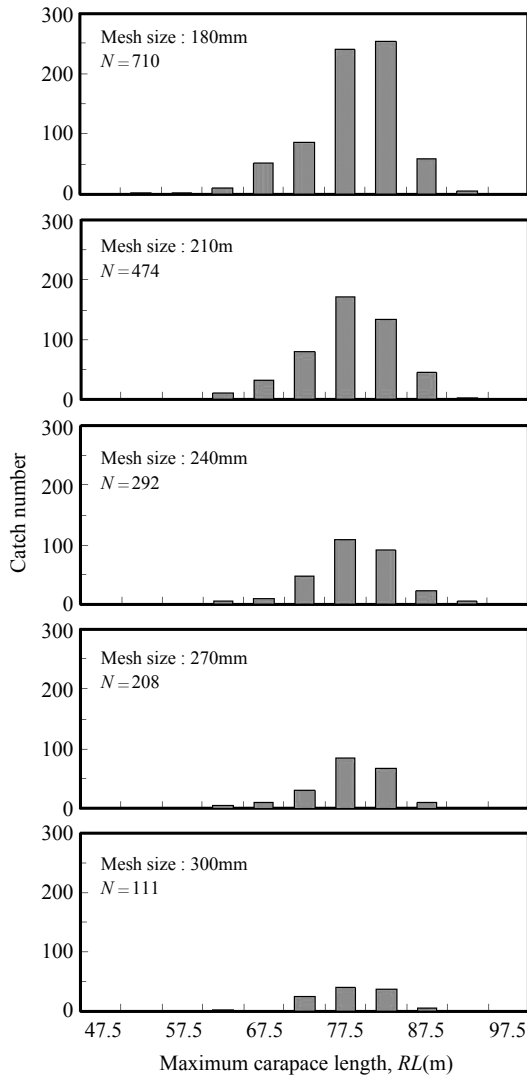


Fig. 2. Maximum carapace length ( $RL$ ) distributions of female snow crab caught in the experiment.

성을 체장계급 5mm 단위로 구분하여 Fig. 2에 나타내었다. 암계의 최대갑장 범위는 45 - 100mm이며 주로 60 - 90mm 사이에 분포하는 것으로 나타났다. 또한, Fig. 2로부터 자망의 망목크기가 증가하면 체장이 작은 암계의 어획이 감소한다. 동일한 망목크기의 자망에 어획된 수계(Park et al., 2003)의 체장조성(최대갑장 범위가 45 - 155mm, 대다수는 60 - 115mm 사이에 분포)과 비교하면 암계는 수계에 비하여 상대적으로 작다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 자망의 망목크기가 증가하면 체장이 작은 암계의 혼획이 감소하고 선상에서 암계를 선별하여 재망류하는데 소요되는 노동력을 절감시킬 수 있다는 것을 의미한다.

시험조업으로부터 얻어진 어획 자료 중에서 어획이 거의 없었던 1회(수집 420m)의 시험조업 자료를 제외하고 11회의 어획자료를 활용하여 망목크기별 자망 1폭당 암계의 평균 어획 개체수  $c$ 를 계산하면 망목크기가 180, 210, 240, 270, 300mm의 경우, 각각 16.1, 10.8, 6.6, 4.7, 2.5마리로 나타났으며 이하의 지수함수로 표현된다 (Fig. 3).

$$c = 253.88 \exp(-0.0151m) \quad (R^2 = 0.9922)$$

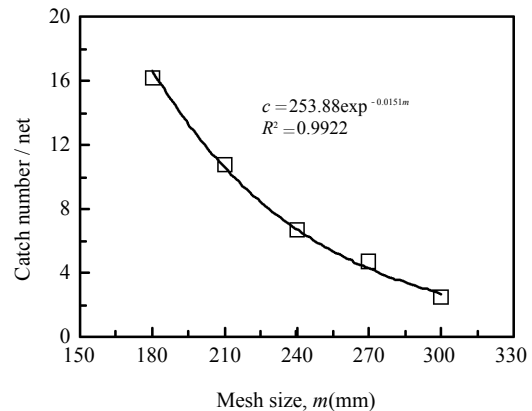


Fig. 3. Relationship between the mesh size ( $m$ ) and the catch number per unit net of female snow crab ( $c$ ) caught in the experiment.

망목 선택성곡선

시험조업에서 얻어진 망목크기별 암게의 체장조성 자료를 사용하여 Kitahara 방법(Kitahara, 1968)에 의한 망목선택성 곡선 파라미터를 추정하였다. 선택성 곡선을 나타내는 지수 함수는 자망에서 많이 사용하는 좌우비대칭형(3 차식)으로 가정하였다. 추정된 망목선택성 Master 곡선은 Fig. 4와 같으며 이하의 수식으로 표현된다.

$$S(R) = S(RL/m) \\ = \exp\{(44.121R^3 - 83.965R^2 + 52.591R - 5.000) - 5.868\}$$

망목선택성 곡선(Fig. 4)으로부터  $RL/m$ 이 증가함에 따라 선택률은 0에서 1까지 변화하며 선택률 1을 나타내는  $RL/m = 0.563$  이상의 범위에서는 관측치가 없어 선택률의 추정이 어렵다. 어류를 대상으로 하는 자망(Cho et al., 2000; Park et al., 2004)의 경우, 일반적으로 종형(Bell Type)의 망목선택성 곡선을 나타내는데 비하여 본 연구에서 얻어진 암게의 망목선택성 곡선은 Sigmoid 형태에 가까운 망목선택성 곡선을 나타내고 있다. 이와 같은 결과는 갑각류인 대게의 경우, 그물에 꽂혀서 어획되는 어류와는 달리 얽혀서 어획되는 영향으로 생각된다(Fujimori et al. 1996; Park et al., 2003). 금후, 얽혀서 어획되는 갑각류의 망목선택성에 대하여 보다 많은 연구가 필요하다.

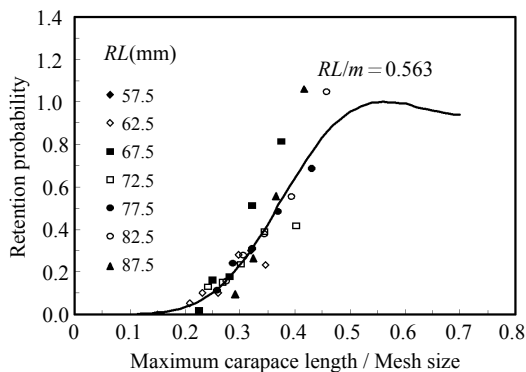


Fig. 4. Master selection curve of gill net for female snow crab.

자망에 대한 암게의 망목선택성 곡선(Fig. 4)으로부터 선택률 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5를 나타내는  $RL/m$ 의 값은 각각 0.249, 0.290, 0.319, 0.344, 0.367이다. 본 연구에서 추정된 암게의 망목선택성 곡선과 Park et al.(2003)이 추정한 수게의 망목선택성 곡선을 비교하여 보면 암게의 망목선택성 곡선이 약간 오른쪽에 위치하는 것을 알 수 있다. 망목크기 240mm인 자망을 가정하여 선택률 0.5인 수게와 암게의 최대잡장을 계산하여 보면 각각 85 및 88mm이며 선택률 1.0에 해당하는 수게와 암게의 최대잡장은 각각 132 및 135mm를 나타낸다. 이와 같은 결과로부터 동일한 선택률을 나타내는 수게의 최대잡장이 암게에 비하여 다소 작다는 것을 알 수 있다. 이것은 최대잡장이 동일할 경우, 수게가 암게보다 자망 어구에 어획될 확률이 높다는 것을 의미한다.

생물의 암수에 따른 망목선택성의 차이는 자망에 어획되는 암수의 체장 조성에 차이가 있는 도루묵 자망에서도 나타나 있다(Jeong et al., 2009). 금후, 암수의 체장 차이 또는 행동 특성과 망목선택성과의 관련성에 대한 보다 많은 연구를 통하여 이와 같은 현상에 대한 구명이 필요하다.

결 론

대게 자원의 지속적 이용을 위해서는 재생산에 기여하는 암게의 혼획을 감소시키고 상품성 있는 수게를 선택적으로 어획하는 것이 중요하다. 자망에 대한 대게 암컷의 망목선택성을 구명하기 위하여 망목크기가 180, 210, 240, 270 및 300mm인 5종의 대게 자망을 제작하여 2002년 1월부터 2003년 3월까지 동해안 죽변 연안에서 시험 조업을 수행하고 망목크기별 어획물 종류 및 개체수를 조사하였으며 대게의 갑폭  $CW$ , 최대잡장  $RL$ , 체중  $BW$  등을 측정하였다. 시험조업에서 얻어진 어획물의 97%가 대게로 나타났으므로 대게 자망의 어종선택성은 매우 높은 것으로 판단되었다. 자망에 대한 암게의 망목선택성 곡선 추정은 Kitahara 방법을 적용하여 해석하였으며 망

목크기가 증가할수록 소형 개체의 어획이 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 선택률 1을 나타내는  $RL/m$ 의 값은 0.563이었으며 선택률이 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5를 나타내는  $RL/m$ 의 값은 각각 0.249, 0.290, 0.319, 0.344, 0.367으로 추정되었다. 본 연구 결과를 Park et al.(2003)이 추정 한 수계의 망목선택성 곡선과 비교하여 보면 동일한 선택률을 나타내는 수계의 최대갑장이 암계에 비하여 다소 작다는 것을 알 수 있다. 또한, 암수의 최대갑장이 동일할 경우에는 수계가 암계보다 자망 어구에 어획될 확률이 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 대게 암수의 체장조성 또는 형태적 차이 등에 의한 영향으로 생각되며 금후 이들 영향에 대한 추가적인 연구 수행이 필요하다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물학원(자원관리형 자망통발 어구어벌 기술개발, RP - 2008 - FE - 005)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- Cho, Y.B., C.D. Park and J.H. Lee, 2000. A study on the selectivity of the mesh size in trammel net for *Cynoglossidae* Spp. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 36(2), 89 - 95.
- Conan, G.Y. and M. Comeau, 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 assesment. FAO Fisheries Technical Paper, 306/1, 172 - 199.
- Fujimori, Y., T. Tokai, S. Hiyama and K. Matuda, 1996. Selectivity and gear efficiency of trammel nets for kuruma prawn (*Penaeus japonicus*). Fisheries Research, 26, 113 - 124.
- Ishida, T., 1962. On the gill net mesh selectivity curve. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 25, 20 - 25.
- Jadamec, L.S., W.E. Donaldson and P. Cullenberg, 1999. Biological field techniques for *Chionoecetes* Crabs. University of Alaska Sea Grant College Program, pp 29 - 31.
- Jeong, E.C, H.H. Park, B.S. Bae, D.S. Chang, C.S. Kim, S.H. Choi and H.K. Cha, 2009. Size selectivity of gill net for male Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) off Gangwon in winter. J. Kor. Fish. Soc., 42(1), 78 - 82.
- Kitahara, T., 1968. Mesh selectivity curve of sweeping trammel net for *branquillos*. Bulletin of the Japan. Soc. of Scientific Fisheries, 34(9), 759 - 763.
- Lim, Y.S., 2001. Sexual maturation and larval growth of the snow crab, *Chionoecetes opilio*. Pukyong National University, Doctoral Thesis, pp 1 - 114.
- Millar, R.B and S.J. Walsh, 1992. Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. Fisheries Research, 13, 205 - 220.
- Miyake, S., 1983. Japanese Crustacean Decapods and Stomatopods in Color. Vol. II. Hoikusha, Tokyo. pp 31 - 32.
- Park, C.D., H.C. An, S.K. Cho and C.I. Baik, 2003. Size selectivity of gill net for male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 39(2), 143 - 151.
- Park, C.D., E.C. Jeong, J.K. Shin, H.C. An and Y. Fujimori, 2004. Mesh selectivity of encircling gill net for gizzard shad *Konosirus punctatus* in the coastal sea of Korea. Fish. Sci., 70, 553 - 560.
- Xu, X. and R.B. Millar, 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.
- Yamasaki, A., 1994. Studies on stock management of snow crab based on biology. Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Special Report, No.4, pp 1 - 53.

2008년 10월 10일 접수

2009년 3월 30일 1차 수정

2009년 5월 19일 수리