

강원 연안 겨울 도루묵 (*Arctoscopus japonicus*) 수컷의 자망에 대한 어획선택성

정의철 · 박해훈* · 배봉성 · 장대수¹ · 김찬섭 · 최수하² · 차형기¹
 국립수산물과학원 동해수산연구소 어업자원과, ¹국립수산물과학원 자원연구과,
²강릉대학교 해양생명공학부

Size Selectivity of Gill Net for Male Japanese Sandfish (*Arctoscopus japonicus*) off Gangwon in winter

Eui-Cheol JEONG, Hae-Hoon PARK*, Bong-Seong BAE, Dae Soo CHANG¹,
 Chan Seob KIM, Soo Ha CHOI², and Hyung Kee CHA¹
 Fisheries Resources Research Division, East Sea Fisheries Research Institute
 NFRDI, Gangwon-do 210-861, Korea
¹Fisheries Resources Research Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea
²Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University,
 Gangwon-do 210-702, Korea

We describe a catch experiment and the size selectivity of gill nets for male Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) caught near Gosung, Korea. The experiment, which was conducted between October and December 2007, examined six different mesh sizes: 36.4, 39.4, 45.5, 51.5, 53.0, and 57.6 mm. The catch was mostly Japanese sandfish (91.3%) and some others (8.7%). More male Japanese sandfish were caught with smaller mesh sizes and more females with larger mesh sizes. Relationships between the weight and fork length of the male and female Japanese sandfish were obtained. The relationship between the catch (Y) and mesh size of the gill net (X) was $Y=0.1773X^3-5.3753X^2+40.042X+26.846$ ($R^2=0.99$). The selection curve for male Japanese sandfish caught in the experiment was fit, via Kitahara's method, to a polynomial equation, which was $s(R)=\exp\{-(-2.1391 R^3+24.294 R^2-88.289 R+105.5)-5.180\}$, where $R=l/m$, and l and m are the fork length and mesh size, respectively.

Key words: Selectivity, Kitahara's method, ANCOVA, Gill net, Japanese sandfish

서 론

근래 수산자원의 심각한 감소 상태로 인하여 해역별로 수산 자원 회복을 위해 여러 가지 방안이 수행되고 있다. 동해안에서는 2006년부터 도루묵을 시범 회복 대상 어종으로 정하여 조사, 연구하고 있다. 도루묵에 관한 일반적인 상황 및 자망에 의한 도루묵의 어획에 대해서는 Park et al. (2007b)의 논문에서 나타난 바와 같다. 도루묵 암수의 어체 크기는 차이가 있고, 산란기 때는 포란한 암컷과 수컷은 단순히 체장만의 차이가 아니기에 성별에 따라 선택성도 다를 것으로 추정되며 또한 수컷만을 위한 조업도 행해지고 있기 때문에, 도루묵의 망목 선택성 연구는 암컷뿐만 아니라 수컷에 대해서도 따로 규명할 필요가 있다.

자원 보호를 위한 적정 어구 개발의 한 방법으로 자망이나 통발 어구의 선택성에 대해서는 국내외에서 많은 연구가 이루어졌다. 삼중자망에 대해서 Losanes et al. (1992)와 Fujimori et al. (1996)가 연구한 것이 있고, Tokai et al. (1996)는 grid의 선택성을 연구하였으며, 국내에서는 삼중자망에 대한 선택성 연구로서 Cho et al. (2000)와 Kim and Lee (2002)가 있고,

자망에 대한 선택성 연구로는 Park et al. (2003, 2004a), Jo et al. (2006)와 Park et al. (2007a)이 있다. 통발에 대한 선택성 연구로는 Park et al. (2004b; 2007a)이 있으며, 끌그물의 선택성에 대한 연구로는 Wileman et al. (1996)이 있다.

본 논문에서는 동해안에서 연안자망으로 겨울철 도루묵을 대상으로 망목 크기가 다른 6종류의 경심으로 만든 자망을 사용하여 실시한 2007년 어획실험 결과에 대해 망목크기별 어획량, 망목크기별 암수의 어획비율과 체장조성, 체장과 중량과의 관계 및 도루묵 수컷의 자망에 대한 망목선택성을 Kitahara의 방법으로 구하여 합리적인 자원관리와 회복을 위한 도루묵 자망 어구의 기초 자료를 구하고자 하였다.

재료 및 방법

도루묵 조업 실험은 한국 동해안의 고성군 공현진의 인근 해역에서 2007년 10월부터 12월 사이에 총 10차례에 걸쳐 Park et al. (2007b)이 썼던 조업시험 시기 (2006년)와 유사하게 실시되었다. 주요한 차이점은 조업 해역이 약 10 km 남쪽이었으며, 수컷 조사를 위해 36.4 mm인 망목을 추가하여 총 6종 (36.4, 39.4, 45.5, 51.5, 53.0, 57.6 mm)으로 구성된 자망어

*Corresponding author: hhpark@nfrdi.go.kr

구를 사용하였고, 1조를 12쪽으로 구성하여 어획시험시 두 척의 선박(삼해호 (4.98톤, 232 kw), 신평호 (3.85톤, 232 kw)을 1일 간격으로 동시에 사용하였다. 어획물 측정은 1회부터 6회까지는 전수조사를 하였고, 7회부터 10회 시험에서는 샘플조사를 하였으며, 샘플 조사 후 남은 어획물은 이것의 총중량을 측정하고 전체 마리수를 세었다. 어획된 도루묵은 망목 크기별로 가랑이체장을 0.1 cm 단위로 측정하였고, 중량은 접시저울로 5 g 단위로 측정하였다. 침지일수는 현지 어민들의 조업선과 같이 모두 1일로 전날 오후에 투망하여 당일 아침에 양망하였다. 망목선택성 곡선을 구하는 데 사용한 자료는 1회부터 6회까지 전수 측정한 자료만을 이용하였고, 그 외 분석에는 10회 전체의 어획자료를 이용하였다.

망목선택성 곡선을 추정하는 데는 Baranov가 가정한 기하학적인 상사를 이용하여 구한 Kitahara에 의한 방법을 사용하였다. 이 방법으로 마스터 곡선 $s(R)$ 를 정할 때 객관성을 주기 위하여 Fujimori et al. (1996)가 적용한 다음과 같은 다항식을 이용하였다.

$$\ln s(R) = a_n R^n + a_{n-1} R^{n-1} + a_{n-2} R^{n-2} + \dots + a_0 \dots \dots \dots (1)$$

단, $R = l/m_i$ 이다. 여기서 l_i 는 체장 계급을 뜻하고, m_i 는 망목 크기를 나타낸다. 그리고 상대효율의 최대값을 1로 둘 때 선택성 곡선 $s(R)$ 은 다음 식으로 나타내어진다.

$$s(R) = \exp\{(a_n R^n + a_{n-1} R^{n-1} + a_{n-2} R^{n-2} + \dots + a_0) - F_{\max}\} \dots \dots \dots (2)$$

여기서, F_{\max} 는 식 (1)의 최대값이다.

결과 및 고찰

2007년 10월부터 12월 사이에 강원도 고성군 공현진 연안에서 두 척의 어선으로 망목 크기가 6종류인 경심으로 만든 자망을 이용하여 1회 12쪽씩 총 10회 (각 어선 5회씩)의 어획 시험을 실시한 결과는 다음과 같았다. 총어획량 415 kg 중 도루묵이 379 kg (91.3%), 기타 어종 36 kg (8.7%)로 대부분이 도루묵이었다. 기타 어종으로는 대게 (2.1%), 황볼락 (1.6%), 농어 (1.6%), 대구 (0.8%), 쥐노래미 (0.3%), 팔각줄고기 (0.3%), 갈고리흰물오징어 (0.3%), 줄가시heed, 삼치, 기름가자미, 살오징어, 고무꺼정어, 대구헛대 등 총 38종 어획되었다.

도루묵의 가랑이체장에 따른 어획마리수의 암수별 분포는 Fig. 1에서와 같이 수컷편이 암컷보다 체장이 작은 범위에 분포하였는데, 도루묵의 암수별로 가랑이체장의 차이 여부를 파악하기 위하여 t-test로 검정한 결과, 5% 유의수준에서 암컷과 수컷의 크기에 차이가 있었다 ($P < 0.05$). 수컷의 가랑이체장 범위는 14.1-28.1 cm, 암컷의 범위는 15.0-27.0 cm였으며, 그 평균값은 각각 16.82 cm, 19.05 cm였다. 도루묵의 50% 최소 성숙체장은 암컷의 경우는 16.7 cm로 알려져 있고, 수컷의 경우는 13 cm로 나타나 있다 (NFRDI, 2007). 따라서 겨울철에 어획된 도루묵의 수컷이나 암컷은 거의 성어였다. Fig. 2는 망목크기에 따른 도루묵의 가랑이체장별 어획마리수를 나타

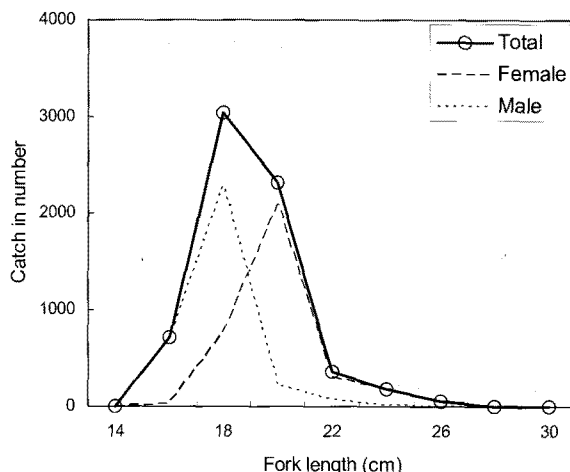


Fig. 1. Length frequency by sex for Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) caught by gill net with six different mesh sizes near Gosung, Korea from October to December 2007.

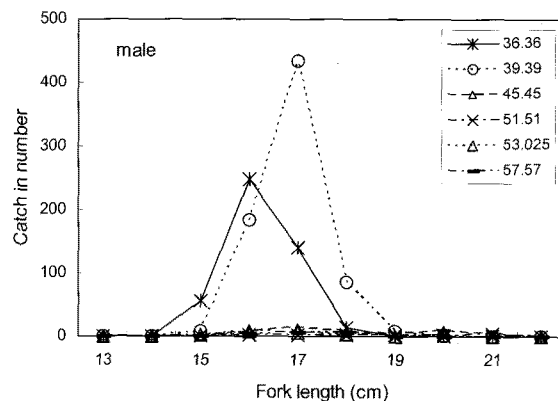


Fig. 2. Size frequency distribution using fork length of the male Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) caught by gill net with six different mesh sizes near Gosung, Korea from October to December 2007.

내고 있다. 망목크기가 작은 망목에서 어획마리수가 많았는데, Fig. 3에서 보는 바와 같이 망목크기에 따른 도루묵의 암수별 어획은 수컷이 작은 망목인 3.64 cm에서 많이 어획되었고, 3.94 cm의 망목에서는 암수 어획비율이 거의 같았으며, 4.55 cm 이상의 망목에서는 암컷의 어획비율이 많았다. 이것은 도루묵의 암컷이 수컷보다 크기 때문에 큰 망목에서 많이 어획된 것이다, 도루묵의 망목크기 (X)에 따른 어획량 (Y)의 관계식은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 식(3)으로 나타났다.

$$Y = 0.1773X^3 - 5.3753X^2 + 40.042X + 26.846 \quad (R^2 = 0.99) \dots \dots \dots (3)$$

도루묵의 성별에 따른 가랑이체장 분포는 Fig. 1에서와 같이 차이가 있기에 가랑이체장 (L)에 따른 체중 (W)의 관계를 성별로 수컷과 암컷에 대해 Fig. 5(a)와 (b)에 나타내었고 그 관계식은 각각 다음과 같았다.

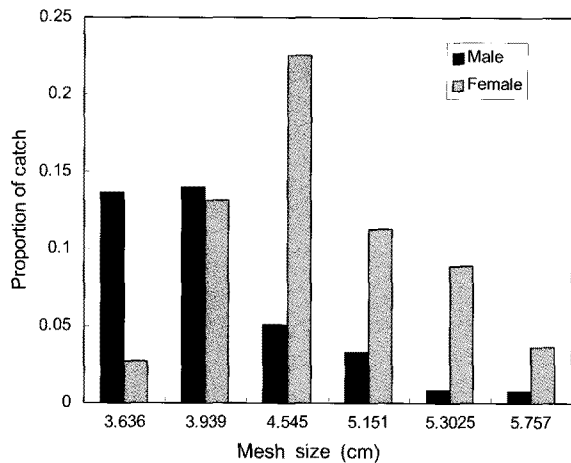


Fig. 3. Proportion of catch of the Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) caught by gill net with six different mesh sizes near Gosung, Korea from October to December 2007.

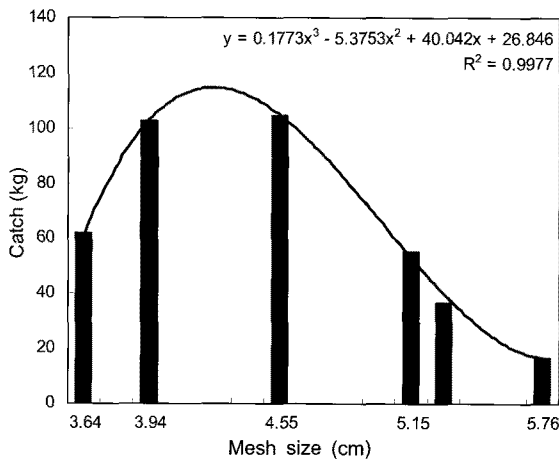


Fig. 4. Catch of the Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) in mesh size caught by gill net near Gosung, Korea from October to December 2007.

수컷: $W=0.0083 L^{3.0113}$, ($R^2=0.7942$) (4)

암컷: $W=0.0083 L^{3.0453}$, ($R^2=0.8072$) (5)

위의 두 식 (4, 5)에 의하면, 수컷과 암컷의 회귀식의 계수는 같고 지수값은 암컷의 경우가 약간 커서, 도루묵의 가랑이체장 증가에 따른 체중 증가는 암컷 쪽이 수컷보다 높은 편이었다.

망목크기별 도루묵 수컷의 가랑이체장 분포가 Table 1에 나타나 있고, 이 자료를 기초로 하여 Kitahara 방법에 의해 선택성 마스터 곡선식 $s(R)$ 을 구할 때 Fig. 6에서 보는 바와 같이 2차식 보다는 3차식이 더 적합한 것을 알 수 있으며 이것에 적합시킨 결과는 다음 식으로 추정되었다 (Fig. 6).

$s(R)=\exp\{-2.1391 R^3+24.294 R^2-88.289 R+105.5\}$
 $-5.180\}$ (6)

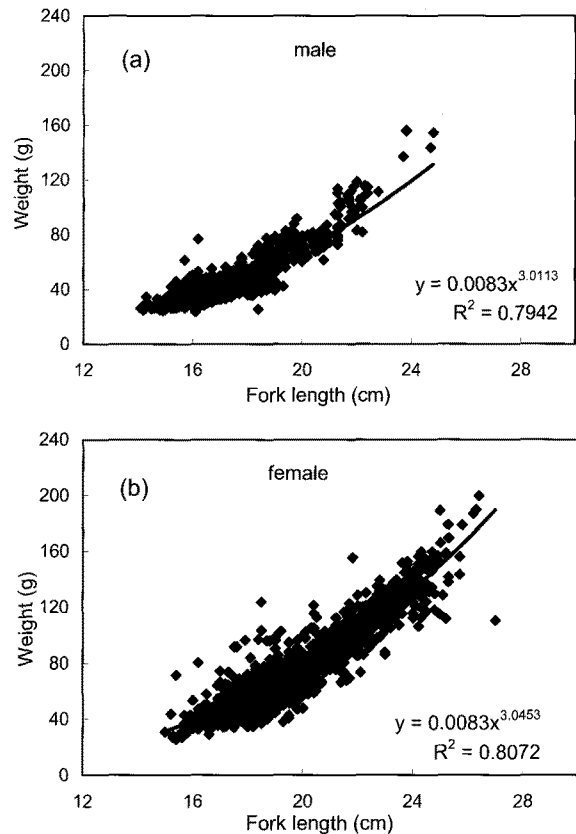


Fig. 5. Relationship between fork length and weight of male (a) and female (b) Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) caught by gill net near Gosung, Korea from October to December 2007.

Table 1. Length frequency of male Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) caught by gill net with six different mesh sizes near Gosung, Korea from October to December 2007

Length group (cm in fork length)	Mesh size (mm)					
	36.4	39.4	45.5	51.5	53.0	57.6
13 (12.5-13.5)	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	1	0	0
15	57	9	0	1	3	0
16	248	185	8	3	8	5
17	140	435	14	3	7	6
18	15	86	9	3	4	6
19	1	9	4	2	1	1
20	0	0	10	2	2	0
21	0	0	5	4	1	0
22 (21.5-22.5)	0	0	0	0	1	0
Total	461	724	50	19	27	18

여기서 선택률이 최대로 되는 R (=가랑이체장/망목크기)의 값은 4.542였다. 이 수컷에 대한 선택성 곡선과 기존의 암컷에 대한 선택성 곡선 (Park et al., 2007b) 사이에 대해 암컷과 수컷의 평균 크기의 차이가 있었지만 두 선택성 곡선에 관해 공분산분석을 실시한 결과, 암수 두 곡선식에 대한 회귀직선의 동일성이 인정되지 않았다 ($p=0.011$). 따라서 도루묵

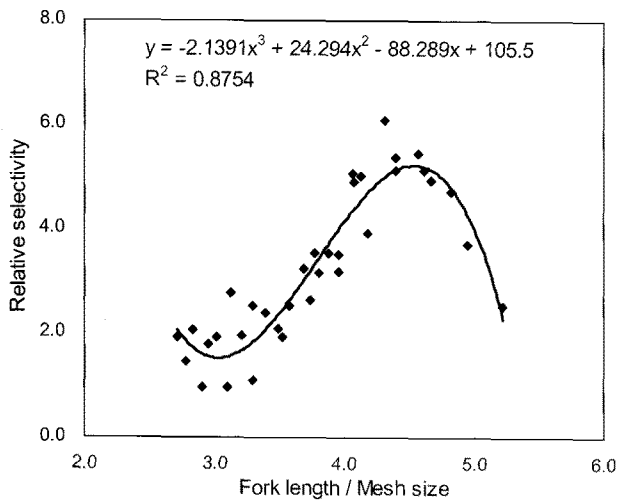


Fig. 6. Master curve (in logarithm) and data points of mesh selectivity of gill net for male Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) caught near Gosung, Korea from October to December 2007.

의 수컷과 암컷에 대한 망목선택성은 따로 실시해야 할 필요가 있다. 이 수컷에 대한 마스터 곡선식을 망목크기별 및 도루묵의 가랑이체장별로 나타낸 선택성 곡선이 Fig. 7에 나타나 있으며, 기존의 암컷에 대한 선택성 곡선과 비교하면 작은 상대체장 계급에서 수컷의 선택성 곡선형태가 특히 달랐다.

한편, 기존의 도루묵 암컷에 대한 시험은 2006년 겨울 강원도 거진 해역에서 행해졌고, 2007년도 겨울에는 이보다 남쪽 (약 10 km)인 공현진 해역에서 실시되었다. 도루묵 암컷의 2007년도 어획량은 2006년 보다 매우 많았고 선택성곡선에 사용한 마리수만으로도 1,427마리나 되었는데 이것을 본 논문에서와 같은 방법으로 구한 암컷의 선택성 곡선은 $y=0.9673X^3-14.423X^2+69.795X-105.22$, ($R^2=0.677$)로 나타났다. 이때 (2007년의 경우) 3.94 cm의 작은 망목에서 가랑

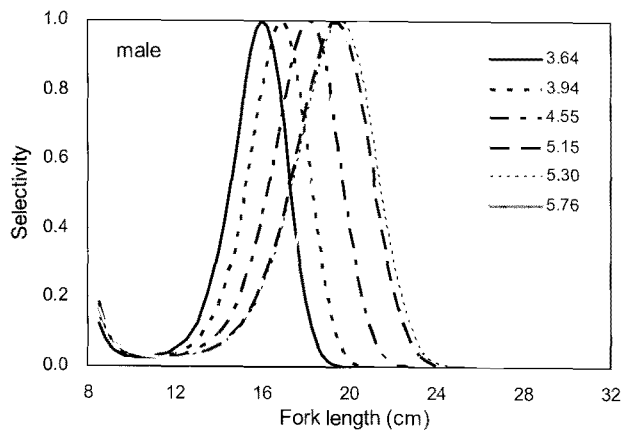


Fig. 7. The selectivity of gill net for male Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) in mesh size caught near Gosung, Korea from October to December 2007.

이체장이 23.2 cm, 23.6 cm 되는 큰 어체가 두 마리 잡혀 선택성 곡선이 오른쪽 끝에서 약간 올려진 형태 (본 논문에선 생략)가 되었다. 이러한 영향이 반영된 탓인지 2006년과 2007년의 어획시험을 바탕으로 망목크기에 대해 가랑이체장을 무차원화시켜 구한, 선택률이 50%되는 상대 체장길이 (R)는 각각 3.88과 3.68로 나왔다. 이것이 어획된 도루묵의 연도나 해역에 의한 차이였는지 또는 어획량, 어획상태와 분석방법에 의한 차이였는지는 차후 더 고려해 봐야 할 것이다.

겨울에 어획되는 대부분의 도루묵 수컷도 성어이기에 도루묵 자원회복을 위해서는 최소성숙체장 기준 보다는 망목크기에 따른 선택성곡선을 이용하여 목표 자원량에 따라 적절한 망목크기를 선정해야 할 것이다. 자원회복을 효과적으로 실현하기 위해서는 자원량 파악과 어획량의 예측도 필요하며, 어획량 같은 양적인 규제뿐만 아니라 망목 크기, 어획노력량 같은 질적인 규제를 동시에 실시할 필요가 있다 (Park, 1998). 그리고 자원이 한번 감소된 어류가 다시 회복하는 데 필요한 시간은, 감소하는데 소요된 시간보다 더 오랜 시간이 필요하기 때문에 미리 감소되지 않도록 주의를 기울여야 할 것이다.

사 사

본 논문에 대해 여러 가지 자세하고 예리한 지적으로 더욱 짜임새 있게 보완시켜 주신 심사위원님들께 깊은 감사드립니다. 이 연구는 국립수산물과학원 (수산자원회복사업, RP-2009-FE-001)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

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. Kor. Soc. Fish. Technol., 36, 89-95.

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

Jo, H.S., D.H. An, J.R. Koh, Y.S. Kim and C.D. Park. 2006. Relative efficiency and mesh selectivity of monofilament and twisted multifilament nylon gill net for Pacific saury, *Cololabis saira*. in the Northwest Pacific Ocean. J. Kor. Soc. Fish. Technol., 42, 195-202.

Kim, S.H. and J.H. Lee. 2002. Mesh selectivity in trammel net for flat fish. Bull. Kor. Soc. Fish. Technol., 38, 91-100.

Kitahara. T. 1968. On sweeping trammel net (*Kogisasiami*) fishery along coast of the San'in district - III. Mesh selectivity curve of sweeping trammel net for Branquillos. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 34, 759-763.

- Losanes, L.P., K. Matuda and Y. Fujimori. 1992. Estimating the entangling effect of trammel and semi-trammel net selectivity on rainbow trout. *Fish. Res.*, 15, 229-242.
- NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute). 2007. The report for examination of regulation of catch prohibition by fisheries resources. Busan, Korea, 1-327.
- Park, C.D., C.H. An, S.K. Cho and C.I. Baik. 2003. Size selectivity of gill net for male snow crab, *Chionoecetes opilio*. *Bull. Kor. Soc. Fish. Technol.*, 39, 143-151.
- Park, C.D., E.C. Jeong, J.K. Shin, H.C. An and Y. Fujimori. 2004a. Mesh selectivity of encircling gill net for gizzard shad *Konosirus punctatus* in the coastal sea of Korea. *Fish. Sci.*, 70, 553-560.
- Park, H.H. 1998. Analysis and prediction of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) landings in Korea by time series analysis. *Fish. Res.*, 38, 1-7.
- Park, H.H., E.C. Jeong, H.C. An, C.D. Park, H.Y. Kim, J.H. Bae, S.K. Cho and C.H. Baik. 2004b. Mesh Selectivity of Drum Net Fish Trap for Elkhorn sculpin (*Alicichthys alcicornis*) in the Eastern Sea of Korea. *Bull. Kor. Soc. Fish. Technol.*, 40, 247-254.
- Park, H.H., R.B. Millar, H.C. An and H.Y. Kim, 2007a. Size selectivity of drum-net traps for whelk (*Buccinum opisoplectum dall*) in the Korean coastal waters of the East Sea. *Fish. Res.*, 86, 113-119.
- Park, H.H., E.C. Jeong, B.S. Bae, J.H. Yang, S.H. Choi and S.I. Lee. 2007b. Mesh selectivity of gill net for female Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) in spawning season. *J. Kor. Soc. Fish. Technol.*, 43, 274-280.
- Tokai, T., S. Omoto, R. Sato and K. Matuda. 1996. A method of determining selectivity curve of separator grid. *Fish. Res.*, 27, 51-60.
- Wileman, D.A., R.S.T. Ferro, R. Fonteyne and R.B. Millar. 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. ICES Cooperative Research Report, No. 215, 126.

2008년 5월 14일 접수

2009년 2월 20일 수리