

가거도 인근해역 참조기(*Larimichthys polyactis*) 유자망의 망목선택성

김성훈*·박성욱·배재현·김영혜

국립수산과학원 수산공학과, ¹국립수산과학원 연구기획과

Mesh Selectivity of Drift Gill Net for Yellow Croaker, *Larimichthys polyactis*, in the Coastal Sea of Gageo-do

Seong Hun Kim*, Seong Wook Park, Jae Hyun Bae and Yeong Hye Kim¹
Fisheries Engineering Division, ¹Research and Development Planning Division,
NFRDI, Busan 619-902, Korea

The mesh selectivity of drift gill net for yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) was examined in field experiments with six different net mesh size (40, 45, 50, 55, 60 and 65 mm) from April to December, 2008 in the northwestern coastal waters of Gageo-do, Korea. The total catch of 8,091 consisted of yellow croaker (n=7,574; 89.5% of total catch), common mackerel (n=162; 4.8%) and other species (n=355; 5.8%). The selectivity curve for the small size yellow croaker was fit by Kitahara's method to the polynomial equation $S(R)=\exp\{(-0.552R^3+4.927R^2-11.591R+9.320)-6.717\}$. The optimal mesh size for 50% retention for minimum landing size(191mm) of yellow croaker was estimated as 51.1mm. This is very similar to the current drift net mesh size used in Gageo-do.

Key words: Drift gill net, Optimal mesh size, Selectivity, Yellow croaker

서 론

참조기는 우리나라 남서해안의 대표적인 고가 어종으로 동중국해, 서해 등에서 주로 어획되고 있으며 오래 전부터 고급으로 취급하고 있는 대표적인 어종 중의 하나이다. 그러나 최근 남획으로 인하여 자원상태가 심각한 수준에 이르고 있다. 따라서 동중국해에서는 한국뿐만 아니라 중국 등의 여러나라에서는 어획노력량을 과다하게 투입하고 있다. 특히 생태적으로 자원감소로 인해 참조기 개체의 성장과 성숙이 매우 빨라지고 있고, 대신 어획물의 크기가 점차 소형화하고 있다. 이러한 관점에서 현재 국립수산과학원에서는 참조기를 자원 회복 대상어종으로 선정하고 자원 회복을 위하여 다각적인 연구를 진행하고 있다.

참조기는 유자망, 안강망 그리고 기선저인망으로 대부분 어획이 되고 있으며 이 가운데 유자망의 어획량은 2007년도 어업생산량통계에 따르면 전체 생산량 34,221M/T 중에서 17,595M/T으로 약 51.4%를 차지하고 있다. 현재 참조기의 어획량이 가장 많은 유자망어업은 자원보호의 측면에서 수산 자원보령으로 50mm 이하의 망목은 사용하지 못하도록 규제되어 있다. 주로 조업이 이루어지고 있는 해역은 제주도 인근의 추자도와 가거도를 거점으로 하는 서남해와 동중국해에서 조업을 행하고 있으며, 연안유자망의 경우 1쪽의 길이 약 24m의 어구를 약 200쪽 정도 사용하고 근해유자망의 경우는 대략 600쪽 정도를 사용하고 있다.

참조기 자원을 회복하기 위해서는 자원생태조사 뿐만 아

니라 참조기를 대상으로 하는 어업에 대해 망목의 크기 변화에 대한 망목선택성을 구명할 필요가 있다. 지금까지 자망의 망목선택성에 관해서는 많은 연구가 수행된 바 있다. 대표적으로 서대삼중자망에 대해서 Cho et al. (2000), 가자미삼중자망에 대하여 Kim and Lee (2002), 대계자망에 대해서 Park et al. (2003), 민어자망에 대하여 Chang et al. (2004), 병어자망에 대하여 Chang et al. (2007) 그리고 도루묵자망에 대하여 Park et al. (2007) 등의 연구가 수행된 바가 있다.

본 연구는 참조기 자원 회복을 실현하기 위하여 어획량이 가장 많은 유자망어업을 대상으로 망목 크기의 변화에 따른 망목선택성을 구명하고 적정망목의 크기를 산정하여 자원의 지속적 이용과 합리적인 자원관리에 대한 기초자료획득을 목적으로 하였다.

재료 및 방법

시험방법

참조기 유자망에 대한 망목선택성 시험은 전라남도 신안군 가거도 인근해역에서 망목의 크기를 달리한 6종류의 시험어구를 제작하여 시험조업을 실시하였다.

시험어구는 추자도와 목포 등지에서 현재 어업인이 사용하고 있는 망목51mm, 250코×1000코의 조기유자망을 기준으로 전개면적과 어구구성을 동일형태로 제작하였으며, 망목의 크기는 40mm, 45mm, 50mm, 55mm, 60mm, 65mm로 6종류를 제작하였다. 시험조업 위치, 조업기간, 조업 수심 및 시험어구의 구성은 Table 1에 나타내었다.

*Corresponding author: seba@nfrdi.go.kr

Table 1. Composition of experiment nets used in coastal sea of Gageo-do

Mesh size(mm)	40, 45, 50, 55, 60, 65
Float line(m)	24.5
Sink line(m)	28.5
Material	Knot NY No.3 (Monofilament)
Number of panel	30 panels (5 panels / mesh size)
A period of experiments	September 2008, December 2008
Depth of experiment sites(m)	75~95
Time of experiments(time)	9

1쪽의 뜰줄길이는 약 24.5m로 PP제질의 $\phi 12\text{mm}$, $\phi 5\text{mm}$ 두 줄을 사용하고 뜰줄을 구성하고 뜰 (길이 95mm, 외경 63mm)을 36코 간격으로 설치하였다. 발줄길이는 약 28.5m, PP제질의 연심복합의 $\phi 10\text{mm}$, PP제질의 연심복합 $\phi 5\text{mm}$ 두 줄을 사용하여 구성하였으며 납발돌 (길이30mm, 외경 12mm)을 13코 간격으로 설치하였다. 시험어구의 설계도는 Fig. 1에 나타내었다.

PP ϕ 12.0 24,500
PP ϕ 5.0
1 mesh Monofilament No. 3 mesh size 51mm
250 mesh Monofilament No. 3 mesh size 51mm
1 mesh Monofilament No. 3 mesh size 51mm
PP ϕ 5.0
PP ϕ 10.0 28,500

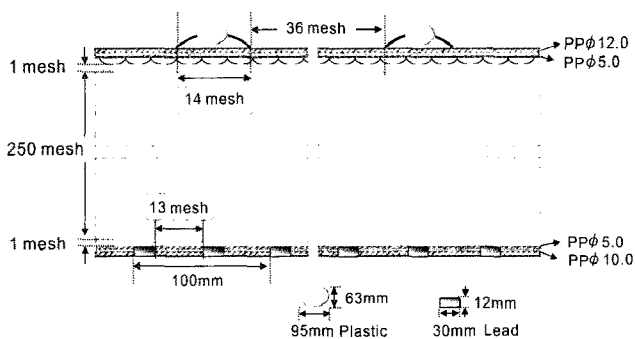


Fig. 1. Construction of the drift gill net for yellow croaker.

또한 시험어구의 가로성형률은 51%로 하고 각 망목 크기별로 5쪽씩을 제작하여 총 30쪽을 시험에 사용하였다. 시험어구는 현용어구 160쪽의 가운데 부분에 연결하여 어구를 구성하였으며 어구의 배치는 Fig. 2에 나타내었다.

망목선택성 시험은 가거도 선적 유자망 어선 (대양호, 9.77톤)을 이용하여 가거도 북서쪽 10~20마일 해상에서 수행하였다. 조업수심은 수심 75m~95m이었으며, 조업위치는 Fig. 3에 나타내었다.

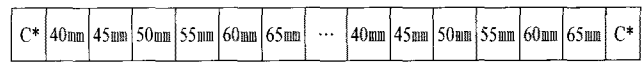


Fig.2. Arrangement of experiments fishing gear. C* : Commercial gears

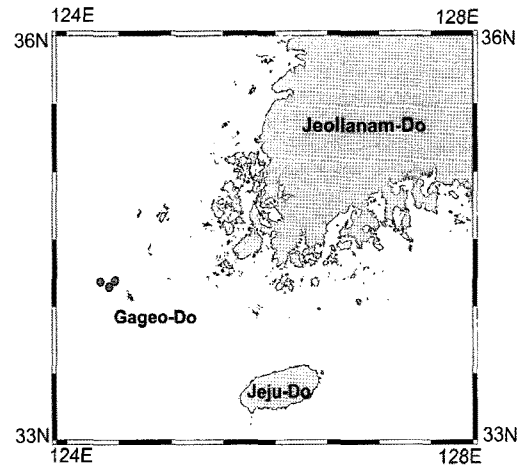


Fig. 3. Location of the field experiments for yellow croaker drift net.

시험조업방법은 일출 전 출항하여 조류를 따라 4~5knot 정도로 전진하며 투망하고 약 5~6 시간 침지 후 양망하였으며, 시험어구는 분리하여 입항 후 어획물에 대하여 전수조사를 실시하고 각 어종별로 분리하여 체장 및 체중을 측정하였다. 시험 조업은 어장이 형성되지 않거나 황천으로 참조기 어획이 없었거나 파망사고로 데이터의 불균형을 보였던 것을 제외하고 2008년 9월 24일, 9월25일, 10월 9일 그리고 12월10일의 4회의 어획물 데이터를 이용하여 선택성분석을 실시하였다.

망목선택성 곡선 추정법

일반적인 자망의 망목선택성 추정에는 다양한 방법들이 있으나 본 연구에서는 Kitahara 방법을 이용하였으며, Kitahara 방법에 Fujimori et al.(1996)에 의해 Master Curve 함수식을 적용한 방법을 이용하여 망목선택성분석을 하였다.

결 과

시험조업결과

일반적으로 참조기의 산란기는 3월~6월사이로 알려져 있다. 총 어획종수는 24종, 총어획머수 8,092마리가 어획이 되었다. 이 중에서 참조기가 7,574마리, 89.5%로 가장 많은 어획량을 나타내었으며, 다음으로 고등어 4.8%, 눈볼대 1.4%, 갈치 1.0%의 순이었다. 단위노력당어획량 CPUE(g/net)는 참조기 4,202g, 고등어 224g, 눈볼대 66g의 순으로 나타났다. 시험조업에서 어획된 어종에 대한 어획률 및 CPUE는 Table 2에 나타내었다.

본 연구의 주대상 어종인 참조기에 대한 망목별 시험조업 결과, 망목의 크기가 커짐에 따라 어획되는 개체의 크기도 커지는 것을 알 수 있었으며 망목이 커질수록 어획량은 줄어드는 경향을 보였다. 6가지 망목의 어구 중에서 망목 45mm

어구가 3,068마리로 가장 많은 어획마리수를 보였으며 망목 50mm 어구가 2,116마리로 그 다음을 나타내었다. 반면 60mm 와 65mm 어구는 상대적으로 어획마리수가 적었다. 어획된 참조기의 체장과 체중의 상관관계는 Fig. 4에 나타내었으며, 참조기에 대한 각 망목별 어획된 개체의 체장별 마리수는 Table 3에 나타내었다.

Table 2. Catch ratio in accordance with the species of fish caught by experimental net for yellow croaker in coastal sea of Gageo-do. Catch rate = weight of species / total weight, CPUE = weight of species / (30 panels × 4 times)

Species	Scientific name	Number of catch	Weight (g)	Catch rate (%)	CPUE (g/net)
Yellow croaker	<i>Larimichthys polyactis</i>	7,574	504,234	89.48	4,202.0
Chub mackerel	<i>Scomber japonicus</i>	162	26,835	4.76	223.6
Big head croaker	<i>Collichthys lucidus</i>	157	4,450	0.79	37.1
Black throat sea perch	<i>Doederleinia benycooides</i>	69	7,879	1.40	65.7
Largehead hairtail	<i>Trichiurus lepturus</i>	26	5,810	1.03	48.4
Red gumard	<i>Chelidonichthys spinosun</i>	16	2,996	0.53	25.0
Common hairfin Anchovy	<i>Setipinna tenuifilis</i>	15	525	0.09	4.4
Bullet tunna	<i>Auxis rochei rochei</i>	14	3,435	0.61	28.6
Japanese anchovy	<i>Engraulis japonicus</i>	12	263	0.05	2.2
Silver croaker	<i>Pennahia argentata</i>	8	1,014	0.18	8.5
Goldeye rockfish	<i>Sebastes thompsoni</i>	8	1,116	0.20	9.3
Japanese scad	<i>Decapterus tabl</i>	6	310	0.05	2.6
Blotched eelpout	<i>Zoarces gillii</i>	3	690	0.12	5.8
Japanese flying squid	<i>Todarodes pacificus</i>	3	865	0.15	7.2
White flower croaker	<i>Nibea albrillora</i>	3	278	0.05	2.3
Swimming crab	<i>Portunus trituberculatus</i>	2	385	0.07	3.2
Japanese sardinella	<i>Sardinella zunasi</i>	2	190	0.03	1.6
Japanese sillago	<i>Sillago japonica</i>	2	128	0.02	1.1
Japanese Spanish mackerel	<i>Scomberomorus niphonius</i>	2	939	0.17	7.8
Melon seed	<i>Psenopsis anomala</i>	2	160	0.03	1.3
Blackmouth angler	<i>Lophiomus setigerus</i>	2	390	0.07	3.3
Daggertooth pike conger	<i>Muraenesox cinereus</i>	1	235	0.04	2.0
Japanese seaperch	<i>Lateolabrax japonicus</i>	1	269	0.05	2.2
Longfin kob	<i>Atrubucca nibe</i>	1	275	0.05	2.3
Total		8,091	465,904	100	

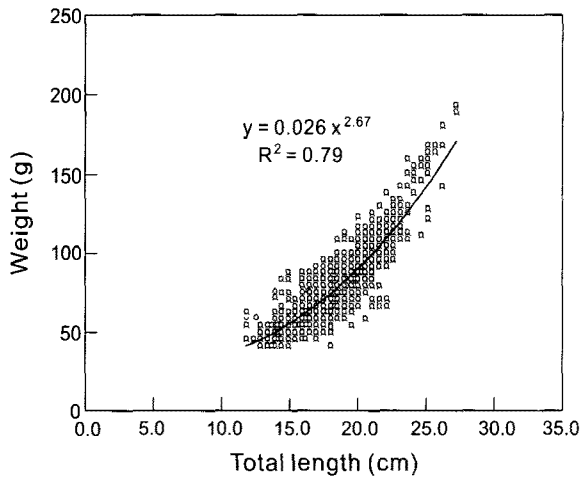


Fig. 4. Relationship between total length and weight of yellow croaker.

어획된 참조기의 체장분포에서 전장 180~190mm인 개체의 어획이 가장 많은 것을 알 수 있었다. 국립수산과학원 보고

(NFRDI 2005)에 의하면 참조기의 최소성숙체장은 191mm로 알려져 있으며 시험조업 결과에서는 191mm 미만의 미성숙개체의 어획비율은 전체 어획량의 약 49.8%를 차지하는 것을 알 수 있었다.

Table 3. Length frequency distribution of yellow croaker caught by drift gill net in coastal sea of Gageo-do

Length class(cm)	Mesh size(mm)						Total
	40	45	50	55	60	65	
~15	157	8	3	3	1	2	174
15~16	180	38	16	3	1	7	245
16~17	271	172	81	1	4	7	536
17~18	482	637	177	13	7	22	1,338
18~19	358	1,059	433	18	9	44	1,921
19~20	171	848	727	58	18	54	1,876
20~21	54	252	467	80	19	49	921
21~22	19	48	161	93	19	16	356
22~23	3	4	40	46	14	9	116
23~24	2	1	6	9	11	3	32
24~25	0	1	5	6	8	2	22
25~	0	0	0	22	6	9	37
Total	1,697	3,068	2,116	352	117	224	7,574

망목선택성 곡선의 추정

Kitahara(1968)의 방법에 의한 망목선택성곡선의 추정은 Table 3의 체장계급별 어획마리수 자료를 이용하여 최소자승법으로 2차식과 3차식의 선택성곡선으로 가정하였을 경우의 곡선식의 파라미터를 각각 추정하였다. 각각의 선택성곡선 Master Curve의 함수식은 식(1)에 나타내었다.

$$s(R) = \exp\{(-0.552R^3 + 4.927R^2 - 11.591R + 9.320) - 6.717\} \quad (1)$$

$$s(R) = \exp\{(-1.655R^2 + 9.855R - 11.591) - 4.340\}$$

여기서, $s(R)$ 은 선택률을 나타내며, R 은 l/m 의 값이다. 또한 두 곡선식 중에서 적합한 모델을 선정하기 위하여 오차분산의 불편추정량 σ^2 을 산출한 결과, 2차식의 경우 $\sigma^2 = 0.0472$, 3차식의 경우 $\sigma^2 = 0.0434$ 으로 3차식의 오차분산의 불편추정량이 2차식보다 적은 것을 알 수 있었으며, 본 연구에서는 3차식의 선택성 곡선을 선정하였다. 3차의 Master Curve 함수식을 이용하여 망목크기별 망목선택곡선을 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 5에서 망목의 크기가 커짐에 따라 선택성곡선이 우측으로 이동하는 것을 알 수 있었으며 이러한 결과로 망목의 크기가 커질수록 어획되는 개체의 체장도 커지는 것을 알 수 있었다.

또한, 60mm와 65mm 망목에 대해서는 어획마리수의 부족으로 선택성곡선을 작성할 수 없었으며 각각의 망목크기별 망목선택성곡선을 대표하는 Master Curve는 Fig. 6에 나타내었다.

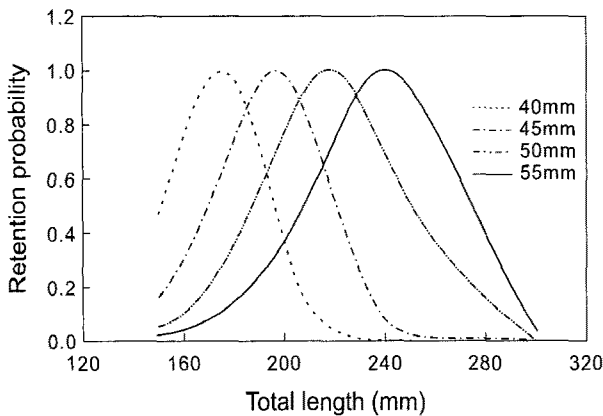


Fig. 5 The mesh selectivity of drift gill net for yellow croaker in each mesh size(40mm, 45mm, 50mm, 55mm : mesh size of experimental drift net, respectively).

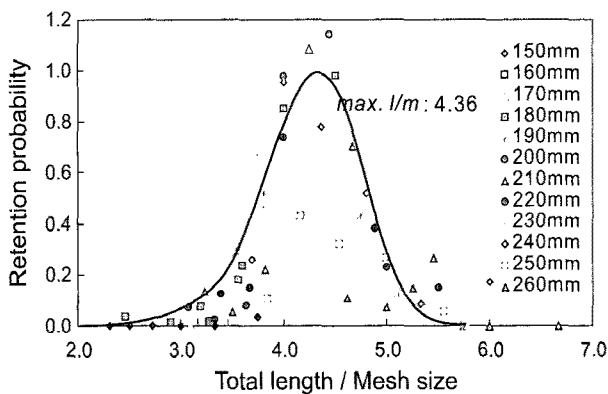


Fig. 6. Master curve of mesh selectivity of the drift net for yellow croaker by Kitahara's method(150mm~260mm :Total length class of yellow croaker, respectively).

Master Curve의 결과로부터 망목이 커질수록 동일한 선택률을 나타내는 체장이 커지므로, 망목의 크기가 증가하면 소형 개체의 어획률이 상대적으로 감소한다는 것을 알 수 있었다. 또한 전장 220mm 이상의 대형개체의 어획마리수가 적은 영향으로 전장 220mm 이상에서는 관측값의 변동이 큰 것을 알 수 있었다.

적정망목의 추정

참조기에 대한 유자망의 적정망목을 추정하기 위하여 Fig. 6에서 최소성숙체장 191mm의 개체가 25%, 50%, 75% 선택이 되는 망목 크기를 산출하여 비교하였다. Master Curve로부터 구한 25% (L_{25}), 50% (L_{50}), 75% (L_{75}) 선택값과 각각 값에 대한 망목크기, 선택성 범위 ($S.R$, Selection Range)는 Table 4에 나타내었다.

Kitahara 방법의 Master Curve에 의해 최소성숙체장 (191mm)의 참조기가 50% 선택이 되는 망목의 크기는 51.1mm로 산출되었다. 현재 가거도 인근해역에서 사용하고 있는 유자망의 경우 50mm~51mm를 사용하고 있으며, 이론적으로 추정된 망목의 크기와 거의 유사한 값을 나타내었다.

Table 4. The values of 25%, 50%, 75% selection and the mesh sizes for Minimum landing size (MLS) of small yellow croaker in Master Curve by Kitahara's method. MLS :191mm

Item	L_{25}	L_{50}	L_{75}	$S.R$
Value	3.46	3.74	3.97	0.51
Mesh size(mm)	55.2	51.1	48.1	

고 찰

우리나라에서 참조기는 황해 및 동중국 해역에서 주로 근해 안강망, 기선저인망, 유자망, 선망 등에 의해 어획되고 있다. 점차 감소되는 참조기 자원을 회복시키기 위한 자원관리 방안의 하나로 어획연령을 증가시키고, 소형어의 어획비율을 감소시키며, 동시에 어획노력량을 감소시키는 등의 방법이 제시되고 있다.

본 연구에서는 참조기 자원 회복 사업의 일환으로 어구공학적인 측면에서 참조기를 어획하는 유자망에 대해 망목선택성 연구를 실시하였다. 유자망은 수산자원보호령상 자원의 관리와 미성숙개체의 남획을 방지하기 위해 망목50mm 이하는 사용을 금지하고 있으며, 현재 가거도 인근해역에서 사용하는 유자망의 망목은 51mm를 주로 사용하고 있다. 본 연구의 시험 조업결과 최소성숙체장을 기준으로 50% 선택을 나타내는 망목은 51.1mm로 추정되었으나, 현재 참조기는 자원감소로 인하여 개체의 성장과 성숙이 매우 빨라지는 대신 어획물이 소형화되고 있다. 선택성 평가에서는 50% 선택을 나타내는 이론적인 망목의 크기와 현용의 망목의 크기와 크게 차이가 없었으나, 참조기의 경우는 크기에 따라 출하금액에 상당히 차이를 보이고 있기 때문에 최소성숙체장을 기준으로 하는 적정망목보다는 경제성을 가지고 있는 개체의 어획이 가능한 망목의 크기를 산출할 필요가 있다. 이러한 관점에서 현재 추정된 망목 약 50mm보다 더 커져야 할 것으로 판단되지만 망목이 커질수록 어획량이 급감하고, 최근 참조기의 성숙체장이 17.6cm로 소형화 되어가고 있기 때문에 무단히 망목의 크기를 확대하는 것보다 경제성을 고려하여 합리적인 망목크기를 산정해야 할 것으로 사료된다.

선택성곡선의 추정은 자망어업에 있어서 SELECT 모델을 이용해서 가지미류의 선택성곡선을 추정한 해외의 연구사례에 따르면 이봉성정규함수 (二峰性正規函數, Bio-normal)가 가장 적합하다는 보고가 있었다 (Wakayama et al., 2006). 그러나 이들 연구의 추정에서는 대상어종이 망목에 꽂히는 것뿐만 아니라 얽힘에 의한 어획도 포함되어져 있다. 방추형의 어종에 관해서도 복수의 모드를 가지는 선택성곡선의 연구사례는 많지만, 종래의 연구에서는 다봉성의 선택성곡선은 얽힘에 의한 어획의 영향을 표현하기 위하여 주로 사용되어졌다. Hovgard (2000)는 선택성곡선이 이봉성의 형상을 나타내는 이유는 얽힘 이외에 어체의 각각 다른 부위에서 어획이 이루어지기 때문인 것으로 설명하고 있다. 또한 Fujimori and Tokai (2001)는 자망에서 꽂힘에 의한 어획은 반드시 어체의 동일 부위에 일어나는 것이라고는 할 수 없고 얽히기 쉬운 부위에 의해 어획이 일어난다고 보고하고 있다. 참조기의 경우는 대부분의

개체가 꽃힘에 의해 어획이 되고 있지만, 배지느러미 부근에 극이 있어서 망목의 크기가 동주장(胴周長)보다 큼에도 불구하고 어획되어지는 경우가 있다. 일반적인 측편형의 어류의 경우보다는 빈도가 높지 않으나, 이런 경우 어획이 되고 있지만 의해 선택성 곡선을 추정할 경우 오차를 발생시키는 요인이 되기도 한다. 따라서 선택성곡선의 적합도를 높이기 위해 다양한 모델을 사용하여 적합한 모델을 선정하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

자원회복을 효율적으로 실현하기 위해서는 자원량 파악과 어획량의 예측도 필요하며, 더불어 어획량 같은 양적인 규제 뿐만 아니라 망목크기와 같은 질적인 규제를 동시에 실시할 필요가 있다. 한번 감소한 자원을 회복하는 데는 수많은 시간과 노력이 요구되어지기 때문에 현재의 자원의 상태를 면밀히 파악하여 합리적인 자원관리를 해나가야 할 것이다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 생분해 수산자재 응용기술 개발 및 수산자원 회복사업 (RP-2009-FE-010)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Chang YH, Cho BK, Park JS and Doo SK. 2004. Study on the improvement of gill nets and trap nets fishing for the resource management at the coastal area of Yellow Sea-Mesh selectivity of gill nets for croaker, *Miichthys miiuy*. Bull Korean Soc Fish Tech 40, 169-175.
- Chang YH, Cho BK, Park JS and Lee WL. 2007. Mesh selectivity of gill nets for silver pomfret, *Pampus argenteus*. Bull Korean Soc Fish Tech 43, 169-175.
- Cho YB Park CD and Lee JH. 2000. A study on the selectivity of the mesh size in trammel net for Cynoglossidae spp. Bull Korean Soc Fish Tech 36, 89-95.
- Fujimori YZ, Tokai T, Hiyama S and Matuda K. 1996. Selectivity and gear efficiency of trammel nets for kuruma prawn (*Penaeus japonicus*). Fish Res 26, 113-124.
- Fujimori YZ and Tokai T. 2001. Estimating of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method. Fish Sci 67, 644-654.
- Hovgard, H and Lassen H. 2000. Manual on estimation of selectivity for gillnet and longline gears in abundance surveys. FAO Fisheries technical paper. No. 397.
- Kim SH and Lee JH. 2002. Mesh selectivity in trammel net for flat fish. Bull Korean Soc Fish Tech 38, 91-100.
- Kitahara T. 1968. On sweeping trammel net(Kogisasiami) fishery along coast of the San in distric-III. Mesh selectivity curve of sweeping trammel net for Branquillos. Bull Japan Soc Fish Tech 34, 759-763.
- National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI). 2005. Ecology and fishing ground of main fisheries resource in exclusive economic zone. Yemun-sa, Busan, pp 232.
- Park CD, An HC, Cho SK and Baik CI. 2003. Size selectivity of gill net for male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Bull Korean Soc Fish Tech 39, 143-151.
- Park HH, Jeong EC, Bae BS, Yang JH, Choi SH and Lee SI. 2007. Mesh selectivity of gill net for female Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) in spawning season. Bull Korean Soc Fish Tech 43, 274-280.
- Wakayama KI, Fujimori YZ, Itaya KH, Murakami O and Miura TS. 2006. Mesh selectivity of gillnet for pointhead flounder *Cleisthenes pinetorum*. Nippon suisan gakaishi 72, 174-181.

2009년 7월 13일 접수

2009년 9월 12일 수정

2009년 10월 1일 수리