참조기 (*Larimichthys polyactis*) 유자망에 있어서 SELECT모델에 의한 적정 망목선택성 곡선 추정

김성훈* · 박성욱 · 이경훈 · 양용수

국립수산물과학원 시스템공학과

The estimation of the optimum mesh size selectivity of a drift net for yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) using by the SELECT model

Seonghun KIM*, Seong-Wook PARK, Kyounghoon LEE and Yong-Su YANG

Fisheries System Engineering Division, NFRDI, Busan 619-902, Korea

The mesh selectivity of a drift net for yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) was examined in field experiments with six different net mesh size (40, 45, 50, 55, 60 and 65mm) from April to December, 2008 in the coastal areas of Jeollanam-do in Korea. The total catch of 6,748 consisted of yellow croaker ($n=6,310$; 89.1% of total catch), common mackerel ($n=158$; 5.6%) and other species ($n=280$; 9.6%). The selectivity curve for yellow croaker was fit by the models of selectivity curve in SELECT method. The optimal mesh size for 50% retention for minimum landing size (191mm) of yellow croaker was estimated as 49.6mm – 51mm by selectivity curves. And the bi-normal model for the selectivity curve was found to fit the data best.

Keywords: Yellow croaker, Drift net, Gill net, Selectivity, SELECT

서 론

참조기는 우리나라에서 오래 전부터 고급으로 취급하고 있는 대표적인 어종 중의 하나로 우리나라 남서해 연안과 동중국해 등의 해역에서 주로 어획되고 있다. 최근 참조기 자원량은 증감을 반복하고 있으나 전반적으로 감소 추세에 있다. 이와 더불어 주요 어장인 동중국해에서는 어

획노력량이 과다하게 투입되고 있고 중국 어선들과 경쟁조업 등으로 유자망어업의 경우 어장 사고가 빈번히 발생하고 있다. 특히 생태적인 측면에서는 자원 감소로 인하여 개체의 성장과 성숙이 매우 빨라짐에 따라 성숙개체의 체장이 소형화되고 있다. 이러한 관점에서 우리나라에서는 남서해안 참조기를 자원 회복 대상어종으로

*Corresponding author: seba@nfrdi.go.kr, Tel: 82-51-720-2584, Fax: 82-51-720-2586

선정하고 자원 회복 방안에 대하여 관련 연구기관과 지자체가 연계하여 다각적인 자원회복사업이 진행 중이다.

참조기를 어획하는 어법은 유자망, 안강망, 기선저인망 등이 있으며, 연간 총생산량은 2009년도 34,033M/T, 2010년도 31,931M/T의 어획량을 나타내었다 (Statistics Korea, 2011). 이 가운데 유자망에 의한 어획량은 2010년도 기준, 18,343M/T으로 총생산량의 약 57.4%를 차지하고 있다.

참조기의 어획량이 가장 많은 유자망어업은 자원보호를 위하여 수산자원관리법상 50mm 이하의 망목은 사용하지 못하도록 규제하고 있다. 조업해역은 추자도와 가거도를 거점으로 하는 남서해안과 동중국해에서 조업을 행하고 있으며, 연안유자망의 경우 1폭의 길이 약 24m의 어구를 약 200폭을 사용하고 근해유자망의 경우는 대략 600폭 정도를 사용하고 있다. 참조기유자망은 일반적으로 세로코수는 250코로 성형울을 고려했을 때 그물의 높이를 약 10m 내외로 제작하여 사용하였으나, 최근 기후변동과 수온의 변화로 인해 서식수심이 변하고, 어군이 조금씩 부상하여 군을 형성함에 따라 어업인들은 유자망의 세로코수를 250코에서 300코까지 어구의 높이를 높게 제작하여 사용하고 있다.

참조기의 자원 회복을 위해서는 자원조사 뿐만 아니라 어구 성능의 측면에서 대상어구의 망목의 크기 변화에 대한 어획선택성을 구명할 필요가 있다. 우리나라에서 자망의 망목선택성에 관한 연구는 서대 삼중자망에 대해서 Cho et al. (2000), 가자미 삼중자망에 대하여 Kim and Lee (2002), 대게 자망에 대하여 Park et al. (2003), 민어 자망에 대하여 Chang et al. (2004), 병어 자망에 대하여 Chang et al. (2007) 그리고 도루묵 자망에 대하여 Park et al. (2007) 등의 연구에서 자망에 있어서 각 대상어종에 대한 적정 망목의 추정과 망목크기에 따른 어획성능 연구가 수행된 바가 있다. 참조기 유자망의 망목선택성에 관한 연구로써는 Kim et al. (2009)이 연구를

수행한 바가 있다. 그러나, 기존의 망목선택성에 관한 연구들은 대부분 단일 망목선택성 모델을 사용하여 망목선택성을 분석한 결과이며, 다양한 모델을 적용하여 적정 망목을 추정한 사례는 없다. 따라서, 망목선택성 결과의 신뢰도를 높이기 위해 다양한 모델에 의한 분석이 필요하다.

본 연구에서는 참조기 유자망에 있어서 망목 크기의 변화에 따른 어획선택성을 구명하고, 적정 망목의 크기를 산정하기 위해 여러 가지 망목선택성 모델을 적용하여 분석하였으며, 이러한 결과를 기반으로 자원의 지속적 이용과 합리적인 자원관리에 대한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

시험방법

참조기 유자망에 대한 망목선택성 실험은 전라남도 신안군 가거도 인근 해역에서 망목의 크기를 달리한 6종류의 시험어구를 제작하여 시험조업을 실시하였다. 시험어구는 추자도와 목포 등지의 현지 어업인이 사용하고 있는 망목 51mm, 250코×1000코의 조기 유자망을 기준으로 전개면적과 어구 구성을 동일한 형태로 제작하였으며, 각 어구의 구성은 Table 1에 나타내었다.

1폭의 뜰줄 길이는 약 24.5m로 PP재질의 $\phi 12\text{mm}$, $\phi 5\text{mm}$ 두 줄을 사용하여 뜰줄을 구성하고, 뜰 (95mm×63mm, L×D)을 36코 간격으로 설치하였다. 발줄 길이는 약 28.5m, PP재질의 연

Table 1. Composition of the experiment fishing gears for mesh size selectivity experiments

Mesh size (mm)	Composition	Material
	Horizontal×Vertical*	
40	313×1,250	Knot NY No.3 (Monofilament) Diameter : 0.284mm
45	278×1,100	
50	250×1,000	
55	227×910	
60	208×833	
65	192×770	

*Number of mesh for horizontal direction and vertical direction, respectively.

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

C*	40	45	50	55	60	65	...	40	45	50	55	60	65	C
	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	

Fig. 2. Arrangement of experimental nets for selectivity experiments; C*: Commercial gears.

Fig. 3. Location of the sites of selectivity experiments.

심복합의 $\phi 10\text{mm}$, PP 재질의 연심복합 $\phi 5\text{mm}$ 두 줄을 사용하여 구성하였으며, 납발돌 ($30\text{mm} \times 12\text{mm}$, $L \times D$)을 13코 간격으로 설치하였다. 시험어구 및 현용어구의 설계도는 Fig. 1에 나타내었다. 또한, 시험어구의 가로성형률은 51%로 하였으며, 각 망목 크기별로 5폭씩 제작하여 Fig. 2와 같이 배치하여 총 30폭을 사용하였다.

시험조업은 가거도 선적 연안자망 어선 대양호 (9.77톤)를 이용하여 가거도 북서쪽 10–20마일 해상에서 수행하였으며, 조업수심은 75–95m였다. 조업위치는 Fig. 3에 나타내었다. 시험조업 방법은 일출 전 출항하여 조류를 따라 4–5knot 정도로 전진하며 투망하고, 약 5–6 시간 침지 후 양망하였으며, 시험어구는 분리하여 입항 후 어획물에 대하여 전수조사를 실시하였으며, 각 어종별로 분리하여 체장 및 체중을 측정하였다. 시험 조업은 어장이 형성되지 않거나 황천으로 참조기 어획이 없었거나 파망사고로 데이터의 불균형을 보였던 것을 제외하고 4회 (2008년 9월 24일, 9월25일, 10월 9일 및 12월10일)의 어획물 데이터를 이용하여 망목선택성을 분석하였다.

망목선택성 곡선 추정법

망목선택성 곡선의 추정법은 SELECT 모델에 기초한 Fujimori and Tokai (2001)의 방법과 Baranov (1914)의 기하학적인 상사를 이용한 Kitahara (1968)의 방법에 Master Curve를 표현한 Fujimori et al. (1996)의 방법을 사용하였다.

Fujimori and Tokai의 방법

SELECT 모델에서는 망목 m_i ($i=1-k$)의 그물에 의한 체장 l_j ($j=1-n$)의 고기의 어획마리수 C_{ij} 는 다음 식으로 표현 할 수 있으며 Possion 분포에 따르는 것으로 생각한다.

$$C_{ij} = P_i \cdot \lambda_j \cdot s(R_{ij}) \quad (1)$$

여기서, $p_i = (\sum_{i=1}^k p_i = 1)$ 은 상대어획강도이고, λ_j 는 그물에 조우한 모집단 중에서 체장 l_j 의 고기의 마리수를 나타낸다. 그리고 $s(R_{ij})$ 는 망목 상대체장 $R_{ij} (l_j / m_i)$ 에 대한 망목선택성 곡선이다.

본 연구에서는 망목선택성 곡선 $s(R_{ij})$ 에 정규함수 (Normal), 대수정규함수 (Lognormal) 그리고 이봉성 정규함수 (Bi-normal)의 3가지 함수를 적용하여 비교하였다. 정규 및 대수정규함수는

이하의 식으로 표현할 수 있다.

$$s(R_{ij}) = \exp\left(-\frac{(R_{ij}-R_0)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

$$s(R_{ij}) = \exp\left(-\frac{(\ln R_{ij} - \ln R_0)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

여기서, R_0 는 망목선택성 곡선의 최대 효율로 주어지는 망목상대체장이고, σ 는 곡선의 폭을 결정하는 파라미터이다. 또한, 이봉성 정규함수는 이하의 식으로 나타낼 수 있다.

$$s(R_{ij}) = \frac{1}{\delta} \left[\exp\left(-\frac{(R_{ij}-R_\alpha)^2}{2\sigma_\alpha^2}\right) + \omega \exp\left(-\frac{(R_{ij}-R_\beta)^2}{2\sigma_\beta^2}\right) \right] \quad (4)$$

R_α 와 R_β 는 각각 제1곡선 (우변 제1항)과 제2곡선 (우변 제2항)에 있어서 곡선의 최대 효율을 결정하는 망목상대체장이고, σ_α 와 σ_β 는 각 곡선의 폭을 결정하는 파라미터이다. 또한, ω 는 제2곡선에 대한 상대최대값을 결정하는 파라미터이고, δ 는 망목선택성 곡선의 최대값을 1로 하기 위한 보정계수이다.

각 함수의 파라미터와 상대어획강도의 추정치는 정수항을 제외한 이하의 대수우도함수를 최대화하는 값으로 얻을 수 있다.

$$\ln L = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^k (C_{ij} \ln \phi(R_{ij})) \quad (5)$$

또한, 파라미터의 추정은 상용 소프트웨어인 MS-EXCEL의 SOLVER 기능을 이용하여 산출하였다. 모델의 적합도는 어획 비율의 관측값과 모델에 의한 기대값의 잔차에 의해 평가되어진다. 여기서, 다음 식의 체장별, 망목별의 표준화 잔차 d_{ij} (deviance residual)에 의해 모델 일탈도 (model deviance)를 평가하여 모델의 적합도를 판단할 수 있다. 또한, 적정 모델의 선정은 AIC (Akaike Information Criterion) 및 데이터수의 중요도를 고려한 CAIC (Consistent AIC)를 이용하고, AIC와 CAIC 값이 최소인 모델을 최적한 모델로 선택하였다. 각각의 값은 이하의 식으로 계산할 수 있다 (Akaike, 1974).

$$AIC = -2MLL + 2(k-1) \quad (6)$$

$$CAIC = -2MLL + (2(k-1)N/(N-(k-1)-2)) \quad (7)$$

여기서, MLL 는 최대대수우도를 나타내며, k 는 파라미터 수, N 은 데이터의 수이다.

Kitahara의 방법

Kitahara의 망목선택성 곡선 추정법은 Baranov가 가정한 기하학적인 상상을 바탕으로 구하였다. 즉, 식 (8)에 표현한 것과 같이 망목의 크기가 k 배 증가하면 어획되는 어체장 또한 k 배가 된다는 가정이다. Kitahara는 이러한 가정을 기본을 하여 체장 l 을 망목 크기 m 으로 표준화한 상대체장 l/m 을 변수로 하여 선택성 곡선 $S(l_j/m_i)$ 을 다음과 같이 구하였다 (Kitahara, 1968).

$$\begin{aligned} S(m, l) &= s(l_j/m_i) \\ S(km, kl) &= s(kl_j/km_i) = s(l_j/m_i) \end{aligned} \quad (8)$$

여기서, k 는 비례상수이며, 단위노력당 어획마리수 c_{ij} 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$c_{ij} = C_{ij} / X_i = s(l_j/m_i) \cdot q_i \cdot d_j \quad (9)$$

여기서, C_{ij} 는 망목 크기가 m_i 인 그물에 체장 l_j 인 고기가 어획된 마리수, X_i 는 어구의 어획노력량이다. q_i 는 어구 구조의 차이나 침지시간 등 조업 조건의 영향을 나타내는 어획효율을 나타내며, d_j 는 체장 l_j 의 상대적인 자원밀도를 나타낸다. 여기서, 식 (9)는 양변에 대수를 취하여 식 (10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln s(l_j/m_i) = \ln C_{ij} - \ln(q \cdot d_j) \quad (10)$$

식 (1) 우변의 두 번째 항은 어획효율이나 자원밀도와 관련된 보정치이다. Kitahara의 방법에 있어서 각각의 망목에 대한 선택성 곡선을 하나의 Master Curve로 표현하기 위해 Fujimori et al. (1996)는 식 (11)과 같은 다항식의 Master Curve 함수식을 Kitahara의 방법에 적용하였다.

$$\ln s(R) = a_n R^n + a_{n-1} R^{n-1} + a_{n-2} R^{n-2} + \cdots + a_0 \quad (11)$$

여기서, $R = l_j / m_i$ 이다. 상대 효율의 최대값을 1로 둘 때, 망목선택성 곡선 $s(R)$ 은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$s(R) = \exp(a_n R^n + a_{n-1} R^{n-1} + a_{n-2} R^{n-2} + \cdots + a_0) - F_{max} \quad (12)$$

여기서, F_{max} 는 식 (11)의 최대값이다. 함수의 각각의 파라미터들은 최소자승법을 이용하여 구하였으며, 오차의 불편추정량 (ρ)을 구하여 모델의 적합도를 판단하였다.

결 과

시험조업 결과

2008년 4월에서 10월 사이에 8회 시험조업 결과 중에서, 황천으로 참조기 어획이 없었거나 파망사고로 데이터의 불균형을 보였던 4회를 제외한 나머지 4회를 분석한 결과, 총 어획종수는 19

종, 총어획마리수 6,748마리 (465,904g)가 어획이 되었다. 이 중에서 참조기의 어획량은 89.1%로 가장 많은 어획량을 나타내었으며, 다음으로 고등어 5.6%, 눈볼대 1.6%, 갈치 1.2% 등의 순으로 나타났다. 단위노력당 어획량 CPUE (g/net)는 참조기 17,289g, 고등어 1,085g, 눈볼대 306g의 순으로 나타났다. 시험조업에 의해 어획된 어종에 대한 어획률 및 CPUE는 Table 2에 나타내었다.

본 연구의 주대상 어종인 참조기에 대한 망목별 시험조업 결과는 망목의 크기가 커짐에 따라 어획되는 개체의 크기도 커지는 것을 알 수 있었으며, 망목이 커질수록 어획량은 줄어드는 것을 알 수 있었다. 5가지의 망목의 어구 중에서 망목 45mm 어구가 2,522마리로 가장 많은 어획마리수를 보였으며, 망목 50mm 어구가 1,705마리로 그 다음이었다. 반면 60mm와 65mm 어구는 상대적으로 어획마리수가 적었다. 어획된 참조기에 대해 체장과 체중의 상관관계는 Fig. 4에 나타내었으며, 참조기에 대한 각 망목별 어획된 개체의 체장별 마리수 및 분포는 Table 3과 Fig. 5

Table 2. Catch ratio in accordance with the species of fish caught by the experimental net

Species	Scientific name	Number of catch	Weight (g)	Catch rate ¹⁾ (%)	CPUE ²⁾ (g/net)
Yellow croaker	<i>Larimichthys polyactis</i>	6,310	414,945	89.1	17,289
Common mackerel	<i>Scomber japonicus</i>	158	26,040	5.59	1,085
Big head croaker	<i>Collichthys lucidus</i>	142	4,460	0.96	186
Black throat sea perch	<i>Doederleinia berycoides</i>	68	7,355	1.58	306
Largehead hairtail	<i>Trichiurus lepturus</i>	26	5,740	1.23	239
Bullet tunna	<i>Auxis rochei rochei</i>	14	3,435	0.74	143
Japanese scad	<i>Decapterus tabl</i>	9	390	0.08	16
Japanese flying squid	<i>Todarodes pacificus</i>	3	865	0.19	36
White flower croaker	<i>Nibea albriflora</i>	3	565	0.12	24
Blackmouth angler	<i>Lophiomus setigerus</i>	2	390	0.08	16
Goldeye rockfish	<i>Sebastes thompsoni</i>	2	255	0.05	11
Swimming crab	<i>Portunus trituberculatus</i>	2	245	0.05	10
Japanese sardinella	<i>Sardinella zunasi</i>	2	190	0.04	8
Melon seed	<i>Psenopsis anomala</i>	2	160	0.03	7
Horn fish	<i>Hyporhamphus sajori</i>	1	280	0.06	12
Daggertooth pike conger	<i>Muraenesox cinereus</i>	1	235	0.05	10
Pea pebble crab	<i>Philyra pisum</i>	1	150	0.03	6
Shotted halibut	<i>Eopsetta grigorjewi</i>	1	124	0.03	5
Bluefin searobin	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	1	80	0.02	3
Total		6,748	465,904	100	

1) Catch rate = weight of species / total weight

2) CPUE = weight of species / (30 panels × 4 times)

에 나타내었다.

어획된 참조기의 체장분포에서 전장 18.0 –

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

Table 3. Length frequency distribution of yellow croaker caught by experimental net

Range of TL* (cm)	Mesh size (mm)						Total number
	40	45	50	55	60	65	
13<	47	0	0	0	1	0	48
13-14	186	1	1	2	0	1	191
14-15	204	6	0	1	0	0	211
15-16	235	130	8	1	0	0	374
16-17	358	450	39	2	2	0	851
17-18	341	898	293	28	5	8	1,573
18-19	140	739	628	52	7	6	1,572
19-20	52	267	529	124	9	15	996
20-21	6	26	159	127	13	6	337
21-22	2	4	42	52	8	1	109
22-23	0	1	5	8	8	1	23
<24	0	0	1	7	12	5	25
Total	1,571	2,522	1,705	404	65	43	6,310

*TL : Total length

Fig. 5. Length distributions of yellow croaker caught by five different mesh size of experimental nets.

19.0cm 개체의 어획이 가장 많은 것을 알 수 있었다. NFRDI (2005)의 보고에 의하면, 참조기의 최소성숙체장은 19.1cm로 알려져 있으며, 시험 조업의 결과에서는 19.1cm 미만의 미성숙 개체의 어획 비율은 전체 어획량의 약 49.8%를 차지하는 것을 알 수 있었다.

망목선택성 곡선의 추정

SELECT 모델에 기초한 3가지 망목선택성 곡선과 Kitahara의 방법에 의한 망목선택성 곡선의 추정은 Table 3의 체장계급별 어획마리수 데이터를 이용하였다. 또한, SOLVER에 의해 추정된 각 모델의 망목선택성 곡선식의 파라미터, 상대어획효율 그리고 AIC 값은 Table 4에 나타내었다.

정규함수와 대수정규함수에 있어서는 모델의 일탈도가 크게 나타났으며 이봉성 정규함수의 일탈도가 가장 작게 나타났다. 또한 AIC와 CAIC의 추정값에 대해서도 이봉성 정규함수가 가장 작은 값을 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 SELECT 모델에 기초한 망목선택성 곡선의 추정에 있어서는 AIC와 CAIC의 값이 가장 작은 이봉성 정규함수가 가장 적합한 모델로 판단된다. 반면, Kitahara의 방법에 있어서는 오차의 불편 추정량을 고려하여 3차식의 망목선택성 곡선 함수를 취하였으며 곡선식의 파라미터는 Table 4

에 나타내었다. 그리고, 각각의 모델에 의해 추정된 망목선택성 곡선은 Fig. 6에 비교하여 나타내었다.

망목선택성 곡선의 추정 결과, 체장 계급이 작은 쪽에서는 SELECT 모델에 의한 추정법과 Kitahara의 방법과 유사한 결과를 보였으나, 체장 계급이 클수록 값의 차이를 보였다. 또한, 선택성이 최대가 되는 1/m의 값은 Kitahara의 방법이 가장 큰 것을 알 수 있었다. 이것은 망목이 큰 60mm와 65mm 망목 어구의 어획마리수가 충분히 많지 않았으며, 어획된 개체의 크기가 크기 때문에 체장 계급이 큰 부분에 있어서 과대 평가된 것으로 판단된다.

Fig. 6. Comparison with the master curves of the drift net for small yellow croaker by four different methods.

Table 4. Parameter estimates and model deviance for each model

Models	Parameters											
	$R_0 (R_\alpha)$	R_α	$\sigma (\sigma_\alpha)$	σ_β	ω	δ_δ	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6
Normal	4.151		0.319				0.011	0.017	0.030	0.051	0.089	0.863
Lognormal	4.108		0.083				0.004	0.005	0.008	0.014	0.037	0.871
Bi-normal	4.030	4.628	0.247	0.445	0.375	1.181	0.004	0.008	0.013	0.033	0.102	0.863
	$MLL^{(1)}$		D		d, f		$AIC^{(2)}$			$CAIC^{(3)}$		
Normal	-6922.8		1463.8		50		13867			13863		
Lognormal	-6910.8		1394.0		50		13844			13839		
Bi-normal	-6840.9		1230.2		55		13704			13710		
Kitahara	a_3	a_2	a_1	a_0	R	ρ	F_{max}					
	-0.597	4.861	-8.338	-0.280	4.3603	0.803	6.2873					

1) Maximum log-likelihood

2) Akaike Information Criterion

3) Consistent Akaike Information Criterion

적정 망목의 추정

참조기에 대한 유자망의 적정 망목을 추정하기 위하여 Fig. 6에서 각각의 망목선택성 곡선에 대해 최소성숙체장 19.1cm의 개체가 25%, 50%, 75% 선택이 되는 망목 크기를 산출하여 비교하였다. 최소성숙체장의 개체가 25% (L_{25}), 50% (L_{50}), 75% (L_{75}) 선택이 되는 망목 크기와 각 망목선택성 곡선에 있어서 선택성 범위 ($S.R$, Selection Range)는 Table 5에 나타내었다.

Table 5. The Mesh size of 25%, 50%, 75% selection for MLS^a of yellow croaker and the selection ranges in each selection curve model

Model	$L_{25}^{2)}$	L_{50}	L_{75}	$S.R^{3)}$
Kitahara	52.8	49.6	47.3	5.5
Bi-normal	52.6	50.9	49.4	3.2
Normal	52.8	50.6	48.9	3.9
Log-normal	53.2	51.3	49.5	3.7

1) Minimum landing size

2) L_{25} , L_{50} , L_{75} : 25%, 50%, 75% Selection length

3) $S.R$: Selection Range

각 망목선택성 추정 모델에 의해 최소성숙체장 (19.1cm)의 참조기가 50% 선택이 되는 망목의 크기는 49.6–51.3mm의 범위로 Kitahara 모델의 곡선에서 가장 작은 49.6mm로 산출되었으며, 가장 적합한 모델로 판단된 이봉성 정규함수의 곡선에서는 50.9mm로 산출되었다. 현재 가거도 인근 해역에서 사용하고 있는 유자망의 경우 50–51mm를 사용하고 있으며, 망목선택성 추정에서 이론적으로 망목 크기를 51mm 이상 사용하면 미성숙 개체의 어획을 보다 더 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 각 망목선택성 곡선 상에서의 선택성 범위는 Kitahara의 방법이 가장 넓었으며, 이봉성 정규함수가 가장 좁게 나타났다.

고 찰

우리나라에서 참조기는 지리적 분포와 해양학적 입지조건을 갖추고 있는 황해 및 동중국해역에서 주로 근해안망, 기선저인망, 유자망, 선망 등에 의해 어획되고 있다. 점차 감소되는

참조기 자원을 회복시키기 위한 자원관리 방안의 하나로 어획 연령을 증가시키고, 소형어의 어획 비율을 감소시키는 동시에 어획노력량을 감소시키는 등의 방법이 제시되고 있다.

본 연구에서는 참조기 자원회복사업의 일환으로 어구적인 측면에서 참조기를 어획하는 유자망에 대해 망목선택성 연구를 실시하고 조업 실태를 파악하였다. 유자망은 수산자원보호령상 자원의 관리와 미성숙 개체의 남획을 방지하기 위해 망목 50mm 이하는 사용을 금지하고 있으며, 현재 가거도 인근 해역에서 사용하는 유자망의 망목은 51mm를 주로 사용하고 있다. 본 연구의 시험조업 결과, 최소성숙체장을 기준으로 50% 선택을 나타내는 망목은 49.6–50.9mm로 추정되었으나, 현재 참조기는 자원 감소로 인하여 개체의 성장과 성숙이 매우 빨라지는 대신 어획물이 소형화하고 있다 (Kim et al., 2009). 망목선택성 평가에서는 50% 선택을 나타내는 이론적인 망목의 크기와 현용의 망목의 크기와 크게 차이가 없었다. 그러나, 참조기의 경우는 크기에 따라 출하금액에 상당히 차이를 보고 있기 때문에 최소성숙체장을 기준으로 하는 적정 망목보다는 경제성을 가지고 있는 개체의 어획이 가능한 망목의 크기를 산출할 필요 있다. 이러한 관점에서는 현재 추정된 망목 약 51mm보다 커질 것으로 판단되며, 출하금액 등을 고려하여 합리적인 망목 크기를 산정할 필요가 있을 것이며, 성숙한 개체라 하더라도 보다 경제성을 가진 개체를 어획함으로써 미성숙 개체와 경제성이 없는 개체의 어획을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

망목선택성 곡선의 추정에 있어서, SELECT 모델을 이용해서 가자미류의 망목선택성 곡선을 추정한 해외의 연구 사례에 따르면 이봉성 정규함수가 가장 적합하다는 보고 있었다. 그러나, 이들 연구의 추정에서는 대상어종에 망목에 꽂히는 것뿐만 아니라 얽힘에 의한 어획도 포함되어 있다. 방추형의 어종에 관해서도 복수의 모드를 가지는 망목선택성 곡선의 연구 사례는 많지

만, 종래의 연구에서는 다봉성의 망목선택성 곡선은 얽힘에 의한 어획의 영향을 표현하기 위하여 주로 사용되어졌다.

Hovgård (2000)는 망목선택성 곡선이 이봉성의 형상을 나타내는 얽힘 이외의 이유로서 다른 부위에서의 어획에 의한 것으로 설명하고 있다. 또한 Fujimori and Tokai (2001)는 자망에 의한 꽃힘에 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 동주장보다 크에도 불구하고 어획되는 경우가 있다. 일반적인 측편형의 어류의 경우보다는 빈도가 높지 않으나, 이런 경우 Kitahara의 방법에 의해 망목선택성 곡선을 추정할 경우 오차를 발생시키는 요인이 되기도 한다. 따라서, 망목선택성 곡선의 적합도를 높이기 위해 다양한 모델을 사용하여 적합한 모델을 선정하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

자원 회복을 효율적으로 실현하기 위해서는 자원량의 파악과 어획량의 예측도 필요하며, 어획량 같은 양적인 규제뿐만 아니라 망목 크기와 같은 질적인 규제를 동시에 실시할 필요하다. 한번 감소한 자원을 회복하는 데는 수많은 시간과 노력이 요구되어지기 때문에 현재의 자원의 상태를 면밀히 파악하여 합리적인 자원관리를 해나가야 할 것이다.

결 론

본 연구에서는 참조기를 대상으로 하는 유자망어업에 대해 5가지 (40, 45, 50, 55, 60, 65mm) 망목의 시험어구를 제작하여 현장실험을 통해 망목 크기의 선택성을 파악하였다.

망목선택성 곡선은 SELECT 모델에 기초한 정규함수, 대수정규함수, 이봉성 정규함수를 사용한 방법과 자망의 망목선택성 분석에 범용으로 사용하는 Kitahara의 방법을 사용하여 망목선

택성을 평가하고, 비교 분석을 통해 적정 모델과 적정 망목을 산정하여 자원 회복을 위한 기초적인 자료를 획득하였다.

시험조업에서는 총 19종의 개체가 어획되었고, 참조기의 어획량은 전체의 89.1%를 차지하였으며, 다음으로 고등어 5.6%, 눈볼대 1.6% 순이었다. 단위노력당 어획량 CPUE (g/net)는 참조기 17,289g, 고등어 1,085g, 눈볼대 306g로 나타났다. 망목의 크기가 커질수록 어획되는 개체의 크기 또한 커지는 것을 알 수 있었다. 참조기를 대상으로 유자망의 망목선택성 분석에 있어서는 이봉성 정규함수를 이용한 망목선택성 곡선이 가장 적합한 것으로 나타났으며, 각 모델에서 최소성숙체장을 기준으로 50% 선택을 나타내는 망목의 크기를 산출한 결과 49.6 – 50.9mm로 나타났다.

따라서, 유자망에서 망목의 크기를 약 51mm 이상 사용하면 미성숙 개체의 어획을 감소시킬 수 있을 것으로 판단한다. 그러나, 참조기의 경우 어체의 크기에 따라 출하되는 어가의 차가 크기 때문에, 경제성을 고려하여 합리적인 망목 크기를 산정할 필요가 있으며, 상대적으로 큰 개체를 어획하도록 하여 경제성을 높이고 자원 회복을 위한 기반을 조성할 수 있을 것으로 판단한다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 수산시험연구사업 (RP-2011-FE-011)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Akaike H., 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Trans. autom. Contr. 19, 716 – 723.
- Baranov, F.I., 1914. The capture of fish by gillnets. Mater. Poznoniyu Russ. Rybolov. 3, 56 – 99.
- Kitahara T., 1968. On sweeping trammel net (Kogisasiyami) fishery along coast of the San in distric – III. Mesh selectivity curve of sweeping

- trammel net for Branquillos. Bull. Japan Soc. Fish. Tech., 34 (9), 759–763.
- Chang, Y.H., B.K. Cho, J.S. Park and S.K. Doo, 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. Kor. Soc. Fish. Tech., 40 (3), 169–175.
- Chang, Y.H., B.K. Cho, J.S. Park and W.L. Lee, 2007. Mesh selectivity of gill nets for silver pomfret, *Pampus argenteus*. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 43 (3), 169–175.
- 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. Tech., 36 (2), 89–95.
- Fujimori, Y. and T. Tokai, 2001. Estimating of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method. Fish. Sci., 67 (4), 644–654.
- 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 (1), 113–124.
- Hovgård, H. and H. Lassen, 2000. Manual on estimation of selectivity for gillnet and longline gears in abundance surveys. FAO Fisheries technical paper. No. 397, pp. 84.
- Kim, S.H. and J.H. Lee, 2002. Mesh selectivity in trammel net for flat fish. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 38 (2), 91–100.
- Kim, S.H., S.W. Park, J.H. Bae and Y.H. Kim, 2009. Mesh selectivity of Drift gill net for yellow croaker, *Larimichthys polyactis*, in the coastal sea of gageodo. Kor. J. Fish. Aquat. Sci. 42 (5), 518–522.
- NFRDI, 2000. Ecology and fishing ground of main fisheries resource in exclusive economic zone. pp. 232.
- 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. Kor. Soc. Fish. Tech., 39 (2), 143–151.
- Park, H.H., E.C. Jeong, B.S. Bae, J.H. Yang, S.H. Choi and S.I. Lee, 2007. Mesh selectivity of gill net for female Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) in spawning season. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 43 (4), 274–280.
- Statistics Korea, 2010. Fisheries production survey. Retrieved from <http://fs.fips.go.kr> on 5 October 2011.

2011년 10월 7일 접수

2012년 1월 17일 1차 수정

2012년 1월 18일 수리