

# SELECT 모델을 이용한 트롤 비교 시험조업법에 의한 망목 선택성에 관한 연구

김성훈 · 김형석 · 백세나<sup>1</sup> · 김재형<sup>1</sup> · 김병관<sup>2\*</sup>

부경대학교 해양생산시스템관리학부 교수, <sup>1</sup>부경대학교 대학원 수산물리학과 대학원생, <sup>2</sup>국립수산과학원 수산공학과 연구원

## A study on the mesh size selectivity by alternate haul method of trawl using the SELECT model

Seonghun KIM, Hyungseok KIM, Sena BAEK<sup>1</sup>, Jaehyung KIM<sup>1</sup> and Pyungkwan KIM<sup>2\*</sup>

*Professor, Department of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 48513, Korea*

*<sup>1</sup>Graduate student, Department of Fisheries Physics, Pukyong National University, Busan 48513, Korea*

*<sup>2</sup>Researcher, Fisheries Engineering Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea*

In this study, a comparative test operation was conducted through the alternate haul method to examine the selectivity of the four mesh sizes (60 mm, 90 mm, 110 mm, and 130 mm) of the trawl codend. The selectivity was analyzed using the SELECT model considering the fishing efficiency (split parameter) of each fishing gear in the comparative test fishing operation in the trawl and the maximum likelihood method for parameter estimation. A selectivity master curve was estimated for several mesh sizes using the extended-SELECT model. As a result of analyzing the selectivity for silver croaker based on the results of three times hauls for each experimental gear, it was found that the size of the fish caught increased as the size of the mesh size increased. When the selectivity for each mesh size analyzed by the SELECT model considering the split ratio was evaluated based on the size of the AIC value, the estimated split model was superior to the equal split model. Based on the master curve, the 50% selection length value was 2.893, which was estimated to be 136 mm based on the mesh size of 60 mm. In some selectivity models, there was a large deviance between observed and theoretical values due to the non-uniformity of the distribution of fished length classes. As a result, it is considered that appropriate sea trials and selectivity evaluation methods with high reliability should be applied to present trawl fishery resource management methods.

Received 31 January 2023; Revised 20 March 2023; Accepted 25 April 2023

\*Corresponding author: trawl98@korea.kr, Tel: +82-51-720-2571, Fax: +82-51-720-2586

Copyright © 2023 The Korean Society of Fisheries and Ocean Technology

Keywords: Trawl, Codend, Mesh size, Selectivity, Alternate haul, SELECT, Master curve

## 서론

모든 어업은 목표로 하는 생물을 선택해서 잡을 수 있는 특성, 즉 선택성(Selectivity)을 가지고 있다. 특히, 종(species)이나 생물의 크기를 분리하여 어획하는 특성을 종 선택성, 후자를 크기 선택성(Size selectivity)이라고 일반적으로 부르며, 그 특성이 어구에 의해 선택성이 일어나는 것을 어구 선택성으로 일컬어진다.

선택성은 어구의 종류와 구조, 어구의 크기 및 어중에 따라 달라지며, 어업별로 어구어법에 따라 어느 정도 어종을 선별하여 잡고 있다(Wileman et al., 1996). 이러한 어구 중에서 능동적으로 어획이 가능한 트롤 어업은 끝자루의 망목 크기에 따라 잡히는 어종과 대상생물의 크기를 달리하여 어획하는 것이 가능하다.

트롤에서의 망목 선택성은 일반적으로 끝자루의 망목 크기를 작게 하거나 비선택성의 끝자루를 대조 어구로 사용하여 선택성을 조사하고자 하는 대상 트롤 어구와 함께 비교시험을 통해, 두 어구의 체장 조성을 비교함으로써 선택성을 평가할 수 있다. 그러나 이들 모두는 통상과는 다른 형태의 어구 조건이거나 특별한 예망 방법을 취하고 있고, 두 가지의 어구가 동일 조건 아래에서 조업이 이루어지는가 하는 의문을 가지고 있다(Aoyama, 1965). 이러한 시험 조건의 문제를 어느 정도 해소하기 위해 끝자루에 덮그물을 씌워 끝자루를 통해 빠져나간 개체를 효율적으로 채집할 수 있는 Cover net 방법을 사용하고 있다. 이 방법은 망목뿐만 아니라 특별한 선택장치를 평가하는데도 적용되고 있으며, 선택성 분석 정도를 높일 수 있는 방법으로 알려져 있다. 그러나 이 방법은 덮그물 내에 입망한 개체들이 그물을 막아 물빠짐을 어렵게 하는 이른바 Masking effect로 인해 선택 부위를 통과한 개체가 되돌아 나오는 문제가 있어 방법적인 개선이 필요한 것으로 알려져 있다(Pope et al., 1975; Nichiuchi, 1999; Uchida et al., 2000).

본 연구에서는 트롤어업에 있어서 끝자루의 망목 크기 변화에 따른 선택성을 평가하기 위하여 4가지 망목 크기의 끝자루에 대해 Alternate haul method를 사용하여 비교시험을 수행하였다. 선택성 시험 대상 어종은 망목 크기에 따른 변별력을 고려하여 형태적으로 방추

형이며, 트롤에 의해 일정하게 어획량을 확보할 수 있는 보구치(Argyrosomus argentatus)를 선정하여 선택성을 분석하였다. 선택성 분석은 Trouser trawl method와 같은 두 어구의 비교시험을 위해 개발된 SELECT (Share Each Length's Catch Total) 모델을 사용하여 선택성을 평가하였다(Millar and Walsh, 1992; Wileman et al., 1996; Millar and Fryer, 1999; Erzini et al., 2006). 또한, 확장된 SELECT 모델을 사용하여 마스터 곡선을 추정하여 시험 끝자루에 대해 선택성을 평가하였다(Xu and Millar, 1993).

이러한 연구 결과를 통해 트롤 끝자루 선택성 평가 기법에 대해 고찰하고, 합리적인 자원관리 정책 수립을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시험어구 및 시험선

트롤 끝자루 망목 선택성 비교시험은 뜰줄 길이 37.5 m, 발줄 길이 43.12 m 저층트롤 어구에 4가지 망목 크기 60 mm(내경 47 mm), 90 mm(내경 78 mm), 110 mm(내경 96 mm), 130 mm(내경 114 mm)의 끝자루를 연결하여 시험하였다. 선택성 분석에 사용한 비선택성 어구(대조 어구, control)는 망목 크기 60 mm 끝자루에 망목 크기 27 mm 덮그물을 씌워 각각에 어획된 어획물을 합산하여 분석에 적용하였다. 상세 시험 끝자루의 사양은 Fig. 1에 나타내었다. 시험에 사용한 선박은 국립수산과학원 조사선 탐구 3호(선미식 트롤 R/V, 총톤수 369톤, 엔진출력 1176 kw)를 이용하였으며, 시험선의 제원은 Table 1에 나타내었다.

**Table 1. Specifications of the research vessel for selectivity tests**

Classification	Specifications
Length over all (m)	44.4
Breadth (m)	9.4
Draft (m)	4.2
Gross tonnage (ton)	369
Engine propulsion (kw)	1,176
Type of trawler	Stern

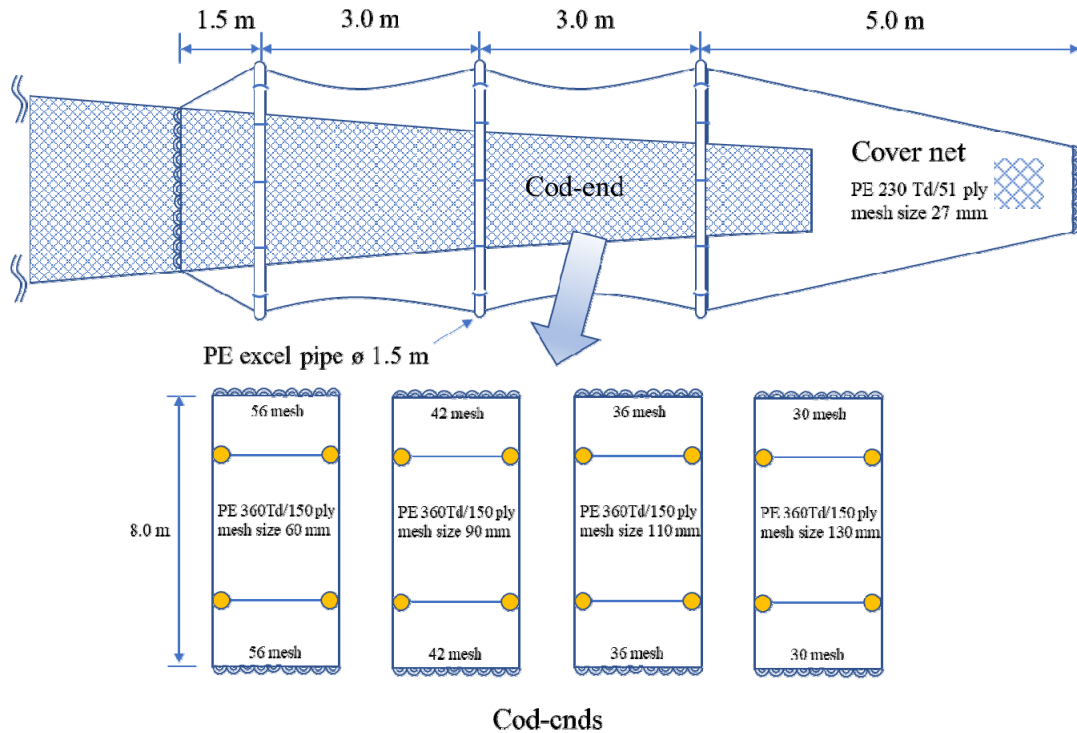


Fig. 1. Drawing of the experimental trawl gear for mesh size selectivity tests.

**시험방법**

끝자루 선택성 시험은 경남 통영 욕지도 인근 해역 수심 약 50~60 m에서 2014년 7~10월 사이에 수행하였다(Fig. 2). 시험방법은 비교시험조업의 형태로 Cover net method로 인하여 예망 시에 물빠짐이 원활하지 않아 선택작용에 방해를 주는 이른바 Masking effect를 배제하기 위하여 덮그물을 씌우지 않고 4가지 망목 크기의 끝자루를 교대로 번갈아 가며 연결하여 조업하는 Alternate haul method를 사용하여 시험하였다. 끝자루의 순서는 처음 60 mm 끝자루에 27 mm 망목의 덮그물을 씌우고 1회 조업하고, 덮그물 없이 순차적으로 60 mm에서 130 mm 망목 크기순으로 끝자루를 교체하여 1일에 모두를 1회씩 조업하고, 다음 날에 동일 순으로 재시험을 하였다. 시험횟수는 각 망목 크기별 각 3회씩 수행하였으며, 동일 어장 내에서 수행하였다.

각 시험별 예망 시간은 전개판과 트롤 발출이 완전히 해저 안착한 후 30분간 예망하였으며, 예망 속도는 약 3.0 노트로 동일하게 예망하였다. 예망 중 전개판의 간격은 64 m, 트롤 어구는 망폭 27 m, 망고 7 m이었으

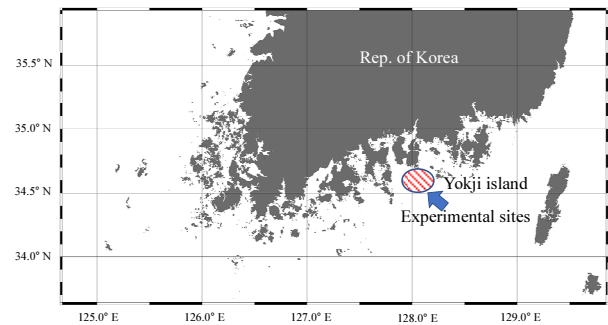


Fig. 2. Location area for the selectivity tests of trawl.

며, 소해면적은 81 km<sup>2</sup>로 가능한 한 예망마다 조건인 일정하게 유지하여 시험하였다. 어획물은 각 어구별로 전수 조사를 수행하였으며, 본 연구의 대상어는 조업 기간 중 우점하였던 보구치(*Argyrosomus argentatus*)를 선정하였으며, 체장과 체중, 체동주를 각각 개체별로 측정하였다.

보구치는 조기강 농어목 민어과의 해산어로 수심 20~140 m인 갯벌지역의 저층부에 서식하며 갑각류, 오

징어류, 치자어 등을 먹고 사는 것으로 알려져 있다. 형태적 특징은 아가미에 크고 검은 반점이 있다. 등은 회갈색이며 배는 은백색으로 우리나라 동해남부, 서해, 제주도를 포함한 남해에 서식하는 것으로 알려져 있다 (NFRDI, 2004).

### 망목 선택성 추정 방법

선택성 곡선의 추정 방법은 Millar and Walsh (1992)가 개발한 SELECT 모델을 이용해서 최우법에 의해 선택성 곡선을 추정하였다.

본 연구에서는 망목 60 mm 끝자루에 망목 27 mm 덮그물을 씌운 끝자루를 비선택성 어구로 가정하고 대조 어구로 하여 4가지 망목의 시험 끝자루에 대해 선택성을 분석하였다.

이 방법은 2종류의 어구에 조우하는 보구치에 대해, 체장  $l$ 이 큰 망목 크기의 시험 끝자루에 어획된 마리수를  $N_L$ 이라고 하고, 비선택성 어구인 대조 어구에 어획된 마리수를  $N_{sl}$ 이라고 하면, 두 어구에 어획된 마리수 중에서 시험 끝자루에 어획되는 비율  $\Phi_l$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Phi_l = \frac{n_{LL}}{n_{sl} + n_{LL}} \quad (1)$$

여기에서 체장  $l$ 을 변수로 하여 시험 끝자루의 선택성  $r(l)$ 을 logistic 함수를 사용하여 나타내면 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$r(l) = \frac{\exp(a+bl)}{1 + \exp(a+bl)} \quad 0 < r(l) < 1 \quad (2)$$

여기에서,  $a$ 와  $b$ 는 logistic 함수의 파라미터이다.

Millar and Walsh (1992)는 Trouser haul method의 경우 두 어구에 대상 개체가 입망하는 어획 능률이 다르다는 것에 착안하여 분할률( $p$ , split)을 고려하여 2가지 모델로 나누어 선택성을 분석하였다.

이때 비교 대상이 되는 두 어구의 분할률이 동일하다 ( $p = 0.5$ )라고 가정하는 equal split model ( $p$ -fixed)은 식 (1)의  $\Phi_l$ 를 체장  $l$ 의 함수  $\Phi(l)$ 로 보면 식 (2)의 logistic 식  $r(l)$ 을 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \Phi(l) &= \frac{r(l)}{1+r(l)} \\ &= \frac{\exp(a+bl)}{1+2\exp(a+bl)} \end{aligned} \quad (3)$$

여기에서  $0 < r(l) < 1$ 이기 때문에,  $0 < \Phi(l) < 1/2$ 이다.

또한 분할률이 같지 않다고 가정하는 estimated split model ( $p$ -estimated)은 비교 시험대상의 두 어구의 분할률을  $p$ 와  $1-p$ 라고 할 때, 체장  $l$ 의 함수  $\Phi(l)$ 는 logistic식과 그 파라미터에 의해 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \Phi(l) &= \frac{p \cdot r(l)}{1-p+p \cdot r(l)} \\ &= \frac{p \cdot \exp(a+bl)}{1-p+\exp(a+bl)} \end{aligned} \quad (4)$$

여기에서  $0 < r(l) < 1$ 이기 때문에,  $0 < \Phi(l) < p$ 이다.

선택성을 나타내는 logistic 함수식의 파라미터  $a$ 와  $b$ 는 식 (3), 또는 식 (4)에서 분할률 파라미터와 함께 결정할 수 있다. 식 (3)이나 (4)의 파라미터 추정에는, 대상 개체가 망목에 의해 유지되는가 빠져나가는가에 따르는 이항 분포를 나타내고, 최우법으로 추정하는 것이 가능하다(Hiramatsu, 1992; Tokai, 1997).

본 연구에서는 파라미터 추정은 식 (5)의 대수 우도함수가 최대가 되도록  $a$ 와  $b$  그리고  $p$ 를 구하였다(Hiramatsu, 1992; Millar and Walsh, 1992; Wileman et al., 1996; Kwon and Kim, 2021).

$$\ln L = \sum_l \{C_L \ln \Phi(L) + (N_L - C_L) \ln (1 - \Phi(L))\} \quad (5)$$

이들의 모델에 대해서 적합도의 판정은 식 (6)과 같이 AIC (Akaike's Information Criterion) 값의 비교(Akaike, 1974; Fujimori and Tokai, 2001)와 우도비 검정(Millar and Walsh, 1992; Hiramatsu, 1992; Kim et al., 2010; Kim et al., 2020; 2022)에 의해 모델을 선택하였다.

$$AIC = -2 \ln L_{\max} + 2k \quad (6)$$

여기에서  $\ln L_{\max}$ 는 식 (5)에서 얻어진 최대 대수 우도,  $k$ 는 파라미터 수이다.

또한, 매개변수  $p$  추정치에 데이터에 적합한지를 검정하기 위해 우도비 통계를 사용하여 귀무가설  $H_0: p=0.5$ 를 검정하였으며, 우도비 검정은 자유도(d.f.)가 1인  $\chi^2$  분포에 따르며 이것은  $p$ -estimated와  $p$ -fixed 간의 모델 일탈도(model deviance)의 차이를 나타낸다.

또한, 일반적으로 선택률은 망목 선택성의 경우 망목 내경에서 표준화한 체장의 함수로써 나타내어 추정하며, 본 연구에서는 Xu and Millar (1993)가 제시한 확장된 SELECT 모델을 사용하여 망목 내경과 체장의 비를 함수의 변수로 Logistic 곡선 형태의 Master curve를 추정하였다.

## 결과 및 고찰

### 시험조업 결과

트롤 끝자루에 있어서 4가지 망목 크기에 따른 선택성 시험은 2014년 7월과 10월 사이에 총 15회 시험조업을 수행하였으며, 대조 어구를 포함하여 각각 3회씩 수

행하였다. 트롤 비교시험은 조업 기간에 어획 노력(예망 시간), 동일 어장에서 작업하여 자료를 합산할 수 있도록 조건을 갖추어 수행되었으며, 분석 대상이 되는 보구치에 대한 합산한 결과는 Table 2와 Fig. 3에 나타내었다.

보구치는 대조 어구에는 총 445 마리가 어획되었으며, 60 mm 끝자루에는 324 마리, 90 mm 끝자루에는 269 마리로 대조 어구의 어획량 대비 약 77%와 60%를 나타내었으며, 110 mm 끝자루와 130 mm 끝자루에는 어획량이 급격히 감소하여 각각 61 마리, 44 마리로 대조 어구 대비 약 14%와 9.9%로 저조한 어획량을 나타내었다. 비교시험 결과, 끝자루의 망목 크기가 커짐에 따라 어획되는 보구치의 체장 계급이 다소 커지는 것으로 나타났다(Table 2). 어획된 개체의 체장 계급별로 20 cm 이상~26 cm 미만의 개체가 790 마리로 전체의 69%를 차지하였다.

뿔그물을 사용한 대조 어구는 전체적으로 시험 어구에 비해 어획되는 체장 계급의 폭이 넓게 나타났으며, 모드(mode)를 나타내는 체장 계급은 17~29 cm로 시험 어구의 결과에 비해 상당히 넓게 나타났다(Fig. 3). 또한

Table 2. Length class composition of silver croaker caught in the experimental nets

Total length (TL, cm)	Mesh size (mm)					Total (individuals)
	27 (control) (individuals)	60 (individuals)	90 (individuals)	110 (individuals)	130 (individuals)	
~15	1	0	0	0		1
15~16	0	0	0	0	0	0
16~17	5	0	0	0	0	5
17~18	10	1	0	0	0	11
18~19	11	15	2	0	0	28
19~20	29	50	2	0	0	81
20~21	64	70	2	1	0	137
21~22	53	56	11	0	0	120
22~23	36	49	26	6	5	122
23~24	46	15	59	12	4	136
24~25	58	12	58	12	5	145
25~26	50	14	47	10	9	130
26~27	39	15	22	6	5	87
27~28	23	14	13	5	4	59
28~29	10	7	14	3	3	37
29~30	4	3	8	5	2	22
30~31	3	2	4	1	2	12
31~32	0	0	1	0	1	2
32~33	1	0	0	0	2	3
33~34	0	0	0	0	1	1
34~35	1	0	0	0	0	1
35~36	1	1	0	0	1	3
Total	445	324	269	61	44	1,143

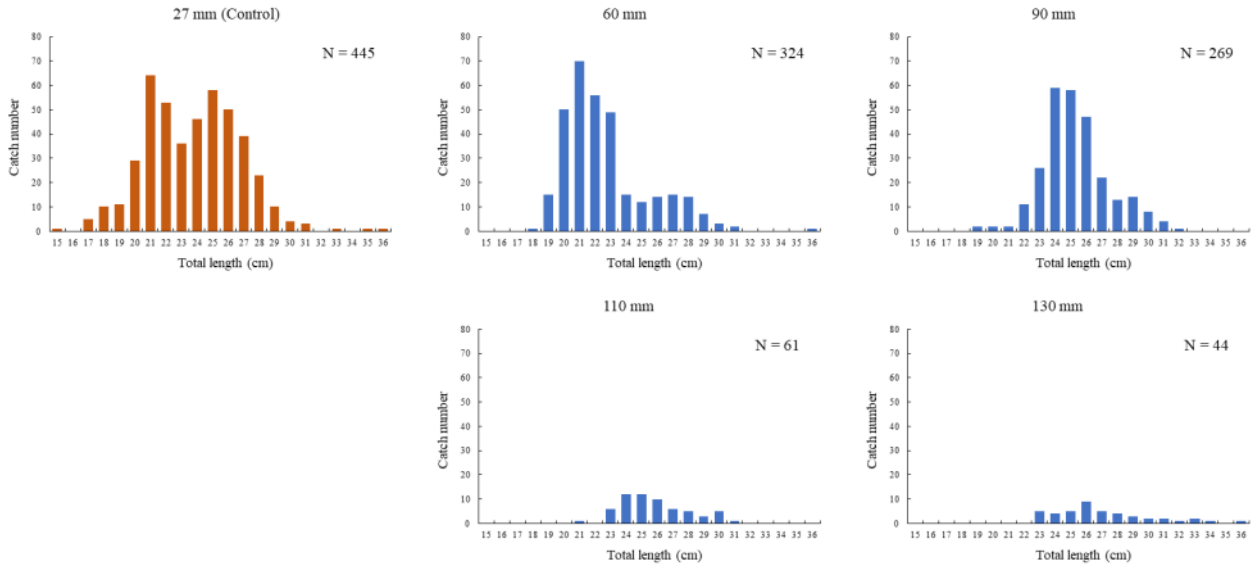


Fig. 3. Length distributions of silver croaker caught by each experimental codend.

끝자루의 망목 크기가 커질수록 20 cm 이하의 개체의 어획량이 현저히 줄어드는 것을 알 수 있었다.

**망목 선택성 곡선의 추정**

4가지 망목 크기에 대한 트롤 끝자루의 망목 선택성은 각 망목별 보구치의 어획량 자료를 기초로 분할률을 고려한 SELECT 모델을 사용하여 추정하였다. 각 망목별 끝자루의 선택성 곡선과 관측치와 이론치의 잔차분포 및 어획비를 equal split model (*p*-fixed)과 estimated split model (*p*-estimated)로 Fig. 4에 각각 나타내었다. 또한 추정된 모델별 파라미터값은 Table 3에 나타내었다. 각 망목별 체장 계급별 실제 관측치와 이론치에 대해 equal split model (*p*-fixed)보다는 estimated split model의 경우가 적합도가 높은 것으로 나타났다. 특히, equal split model에서는 망목 크기와 관계없이 체장 계급 20~28 cm 범위에서 잔차의 편차가 크게 나타났다. 두 모델에 대해서 AIC 값의 크기 비교를 통해서는 estimated split model이 현저하게 적합도가 높은 것으로 나타났다. 한편, 50% 선택 체장은 60 mm 끝자루가 18.4 cm, 90 mm 끝자루 22.7 cm, 110 mm 끝자루 22.9 cm 그리고, 망목 크기가 가장 큰 130 mm 또한 22.9 cm로 나타났다. 끝자루 110 mm와 130 mm의 경우 다른 시험 끝자루에 비해 상대적으로 어획 마리수가 상당히 적게

나타나 전반적으로 선택성 평가가 과대평가 된 것으로 나타났으며, 이는 모델 이탈도에 대한  $\chi^2$ 의 적합도 검정에서도 다른 시험 끝자루에 비해 *p*-value가 상대적으로 낮게 추정되었다(Table 3).

선택성 분석 결과, 시험 끝자루 중에서는 망목 크기 90 mm 끝자루의 경우 분할률을 고려하였을 때 상대적으로 관측치와 이론치 사이의 잔차의 편차가 적은 것으로 나타났다.

각 어구별 체장 계급별 어획 마리수를 바탕으로 확장 SELECT 모델을 사용하여 추정된 망목 선택성 Master curve와 선택성 파라미터는 각각 Fig. 5와 Table 4에 나타내었다.

망목 선택성 Master curve에서 선택성이 최대가 되는 체장/망목크기(Total length / Mesh size)의 값은 4.855, 25% 선택 체장은 2.716, 50% 선택 체장 2.893, 75% 선택 체장 3.026으로 나타났으며, 선택성 범위(SR, Seleciton Range)는 0.31로 상당히 좁게 나타났다. Master Curve의 결과로부터 망목 크기별 50% 선택 체장 값은 분할률을 고려한 SELECT 모델의 결과와 비교하였을 때는 요인별로는 다소 차이를 보였으며, Master curve의 특성으로 전체 망목 크기에 대해 통계적으로 대표하는 곡선임을 알 수 있었다.

Master Curve를 기반으로 산출한 25%, 50%, 75% 선

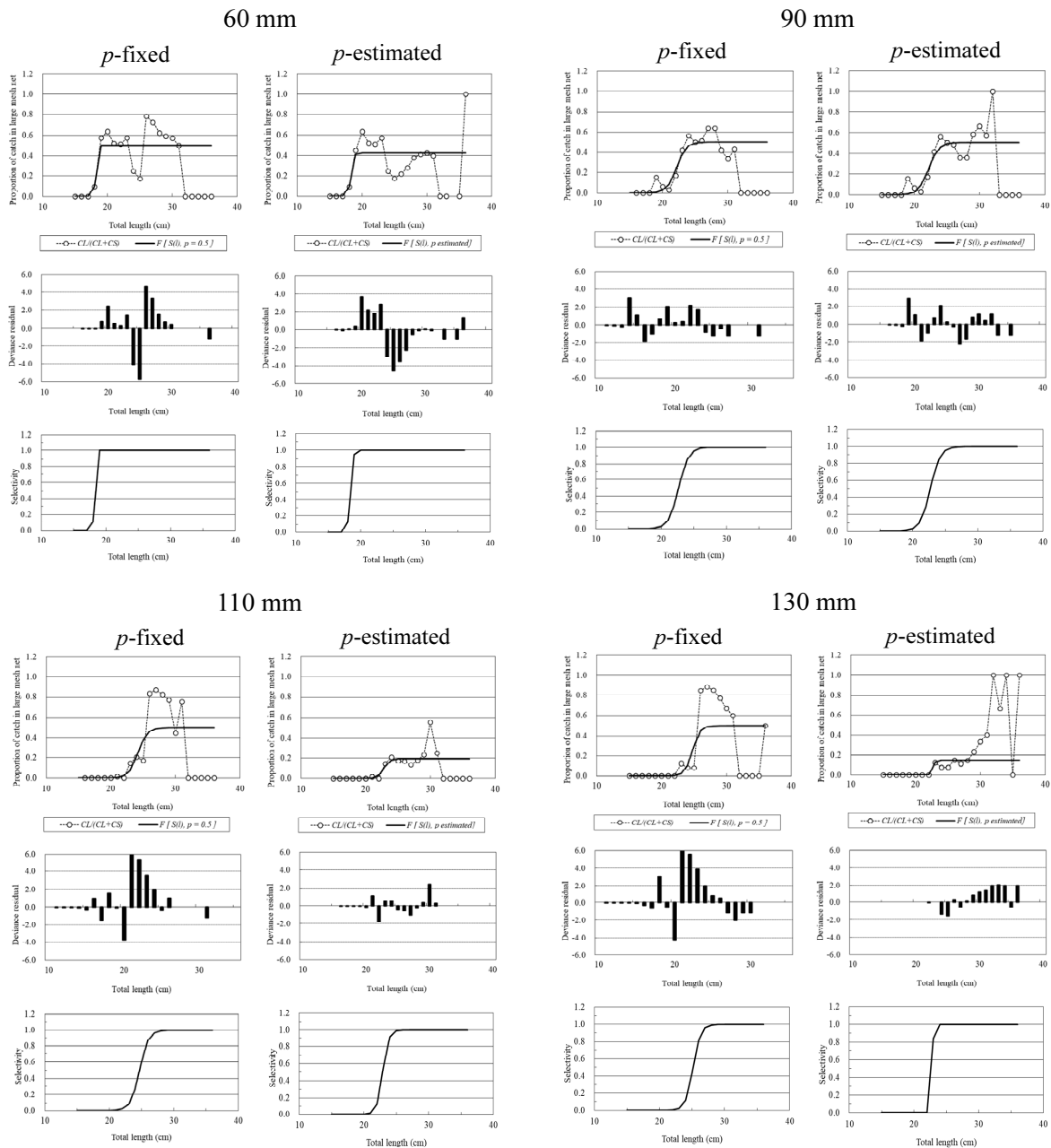


Fig. 4. Selectivity curve of each experimental codend for by SELECT model considering the relative catch efficiency.

택 체장 값과 선택성 범위는 Table 5에 나타내었으며, 각각에 대한 상관관계는 Fig. 6에 나타내었다. 각 선택 체장에 대한 상관관계에서는 망목 크기가 커짐에 따라 어획되는 개체의 크기도 선형적으로 커지는 것으로 나타났다.

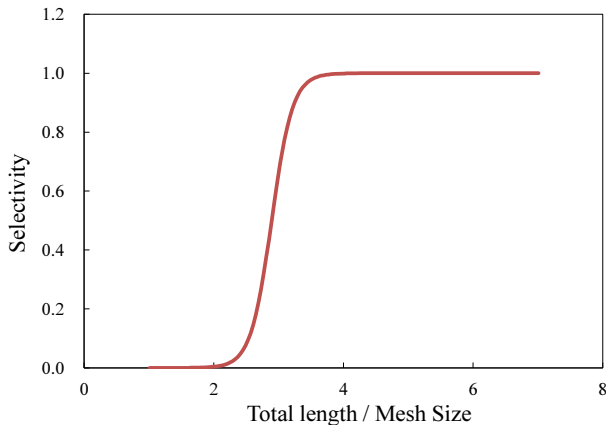
최근 트롤 어구에 있어서 선택성 연구는 다양한 방법으로 수행되어왔다. 일반적으로 트롤의 망목 선택성은 대조 어구와 시험대상이 되는 어구의 비교시험조업을

통해 선택성을 평가하는 방법으로 Trouser haul method, Twin trawl method, Parallel haul method, Alternate haul method 등의 방법이 사용되고 있다. Pope et al. (1975)는 비교 시험조업에서 두 어구의 어구 능력 차이로 인해 평가에 오류를 가져올 수 있음을 지적하고 있으며, 특히 두 어구 사이에 끝자루를 통과하는 물의 흐름의 차이로 인해 어획되는 개체의 체장 분포가 달라질 수 있음을

**Table 3. Selectivity parameters estimated by SELECT model for the experimental trawl codends**

parameters	Mesh mesh (mm)							
	60		90		110		130	
	<i>p</i> -fixed	<i>p</i> -estimated	<i>p</i> -fixed	<i>p</i> -estimated	<i>p</i> -fixed	<i>p</i> -estimated	<i>p</i> -fixed	<i>p</i> -estimated
<i>a</i> <sup>1)</sup>	-262.71	-87.44	-30.39	-29.86	-35.40	-49.61	-43.76	-473.18
<i>b</i> <sup>1)</sup>	14.47	4.75	1.34	1.32	1.43	2.17	1.74	20.64
<i>p</i> <sup>2)</sup>	0.5	0.43	0.5	0.50	0.5	0.19	0.5	0.14
<i>l</i> <sub>50</sub> (mm) <sup>3)</sup>	181.52	184.00	226.80	227.00	246.98	229.00	251.68	229.21
<i>SR</i> (mm) <sup>4)</sup>	1.52	4.62	16.40	16.70	15.33	10.14	12.64	1.06
<i>MLL</i> <sup>5)</sup>	-74.78	-1.58	-40.57	24.84	-67.00	43.87	-77.62	39.01
<i>AIC</i> <sup>6)</sup>	153.55	9.17	85.13	-43.68	138.00	-81.75	159.23	-72.02
<i>H</i> <sub>0</sub> : Model fit								
Model deviance	94.83	80.89	32.19	33.38	102.33	12.58	128.67	24.99
d.f. <sup>7)</sup>	20	19	20	19	20	19	20	19
<i>p</i> -value	0.001	0.001	0.041	0.022	0.001	0.859	0.001	0.161

- 1) The parameters of logistic equation:  $r(l) = \exp(a+bl) / [1 + \exp(a+bl)]$ , where  $r(l)$  is the retention probability, and  $l$  is the total length.
- 2) Relative fishing efficiency.
- 3) Length of 50% retention probability
- 4) Selection range defined as  $l_{75}$  (Length of 75% retention) -  $l_{25}$  (Length of 25% retention).
- 5) Maximum log-likelihood.
- 6) Akaike's information criterion.
- 7) Degrees of freedom.



**Fig. 5. Master curve of the mesh size selectivity of the trawl codend for silver croaker by using the extended-SELECT model.**

지적하고 있다. 또한 Wileman et al. (1996)는 Trouser haul method의 경우 망구가 예망 방향과 수직이 되지 않기 때문에 각각 그물에 입망하는 고기의 수에 차이가 생길 가능성을 지적하고 있으며, Parallel haul method와 Alternate haul method도 시험선의 톤수나 마력 등 선박의 능력 차이나 해역에 있어서 물고기 분포의 불균일성 등에 의해 동일 조건이라는 가정의 성립이 어렵다고 지적하고 있다. 이러한 점을 고려할 때 덮그물을 이용한 Cover net method가 비교 시험조업법으로는 우수한 것

으로 판단할 수 있으나, 여전히 덮그물로 인한 Masking effect에 대한 고려를 충분히 고려해야 하는 문제가 남아 있다. 본 연구에서는 Cover net method의 문제점을 고려하여 이 시험조업 어장을 가능한 동일 위치에서 시험조업 조건을 동일시 하여 Alternate haul method에 의해 비교시험을 하고 선택성을 분석하였다(Nabeshima et al., 1995; O'Neill and Kyonoch, 1996; Reeve et al., 1992). 그러나 동일 어장 내에 대상 개체의 어군 분포 균일성에 대해서는 시험조업마다 차이를 나타내고 있었으며, 자료 합산 조건에 의해 합산 후 선택성을 분석하였으나 다소 선택성 모델에 수렴하지 않는 결과를 나타내기도 하였다. 이러한 문제를 일부 해결하기 위해서, 본 연구에서 선택성 분석에 적용한 분할률을 고려한 SELECT 모델을 사용하였으며 일부 결과의 과대평가를 보이기는 하였으나 전반적으로 자료분석에 정도가 높은 결과를 나타내었다.

비교 시험조업은 트롤뿐만 아니라, 자망, 통발, 연승 등 다양한 어업에 적용하여 선택성 평가가 가능하다. 비교 시험조업을 통한 선택성 평가는 통계 모델마다 접근하는 방식이 다르고, 또한 시험조업이 일 회에 끝나지 않고 일정 기간 내에 반복 시험이 이루어지기 때문에 자료의 합산 방법에 충분한 검토가 필요하다.

또한, 본 연구에서는 남해안에서 폭넓게 분포하고 있



**Table 4. Parameters of the selectivity master curve on experimental trawl codend estimated by the extended-SELECT model**

parameters	Parameters of extended SELECT model										
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>p</i> <sub>1</sub>	<i>p</i> <sub>2</sub>	<i>p</i> <sub>3</sub>	<i>p</i> <sub>4</sub>	<i>MLL</i>	<i>AIC</i>	model deviance	d.f.	<i>p</i> -value
value	17.99 1	-6.220	0.112	0.725	0.165	0.111	-643.9 83	1309.9 65	303.812	10	0.0001

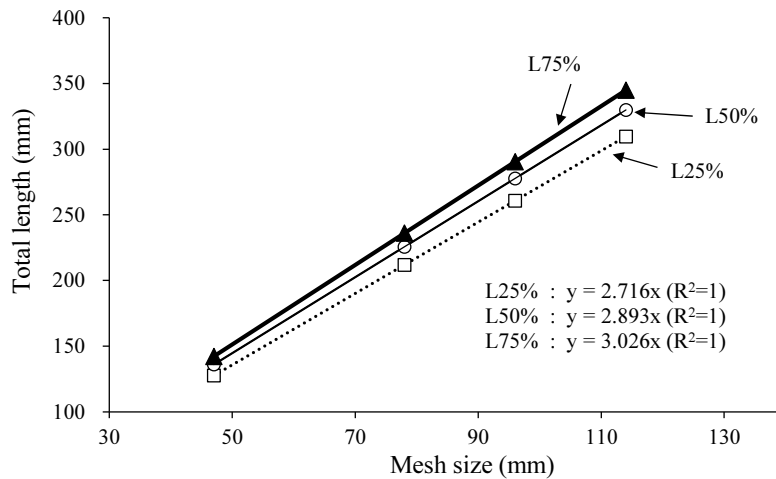
**Table 5. The mesh size of 25%, 50%, 75% selection length and the selection ranges for silver croaker in master curve (unit: mm)**

Mesh size (mm)	<i>L</i> <sub>25</sub> <sup>1)</sup>	<i>L</i> <sub>50</sub>	<i>L</i> <sub>75</sub>	<i>SR</i> <sup>2)</sup>
60 (47)3)	127.65	135.97	142.22	14.57
90 (78)	211.85	225.65	236.03	24.18
110 (96)	260.74	277.73	290.50	29.76
130 (114)	309.62	329.80	344.96	35.34

<sup>1)</sup> *L*<sub>25</sub>, *L*<sub>50</sub>, *L*<sub>75</sub> : 25%, 50%, 75% Selection length

<sup>2)</sup> *SR* : Selection Range

<sup>3)</sup> ( ) : Inner size of mesh.



**Fig. 6. Relationship between mesh size and total length in each selection length.**

는 보구치를 대상으로 선택성 평가를 수행하였으며, 분석을 통해 끝자루의 적정 망목 크기의 산정할 수 있는 기초자료를 획득할 수 있었다. 본 연구는 보구치 뿐만 아니라 트롤어업의 대상이 되는 어종에 대해 자원의 효율적 이용과 관리를 위한 방안을 모색하고, 관리 제도 수립을 하는데 기여할 것으로 판단한다.

### 결론

본 연구에서는 트롤 끝자루의 4가지 망목 크기(60

mm, 90 mm, 110 mm, 130 mm)에 대한 선택성을 알아보기 위하여 Alternate haul method를 통하여 비교 시험조업을 하였다. 선택성 분석은 트롤에서 비교 시험조업에 각 어구의 어획 능률(분할률)을 고려한 SELECT 모델과 파라미터의 추정은 최우추정법을 사용하여 분석하였으며, 확장된 SELECT 모델을 사용하여 여러 가지 망목 크기에 대해 하나의 선택성 Master curve를 추정하였다. 망목 크기별 각각 3회씩 시험한 결과를 바탕으로 보구치를 대상으로 선택성을 분석한 결과, 망목 크기가 커짐에

따라 어획되는 개체의 크기도 커지는 것을 알 수 있었다. 분할률을 고려한 SELECT 모델로 분석한 각 망목별 선택성은 AIC 값의 크기를 기준으로 평가하였을 때 estimated split model이 equal split model 우수하였다. Master curve를 바탕으로 50% 선택 체장 값은 2.893으로 망목 60 mm를 기준으로 하였을 경우 136 mm로 추정되었다. 본 연구는 비교 시험방법 중 Cover net method의 덮그물에 의한 masking effect를 고려하여 Alternate haul method를 사용하였으나, 어획되는 체장 계급의 분포가 균일하지 않았으며, 선택비의 관측치와 이론치의 편차가 크게 나타났다. 비교시험조업을 통한 선택성 평가는 시험조업이 일 회에 끝나지 않고 일정 기간 내에 반복 시험이 이루어지기 때문에 자료의 합산 방법과 분석 모델의 조건에 충분히 검토가 필요하며, 합리적인 자원관리 방안 제시를 위하여 신뢰도가 높은 선택성 평가 방법을 적용해야 할 필요가 있다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물과학원 수산시험연구사업(R2023008)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## References

- Akaike H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Trans Autom Contr AC-19, 716-723.
- Aoyama T. 1965. Selective action of trawl nets on fish. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 31, 10.
- Erzini K, Goncalves JMS, Bentes L, Moutopoulos DK, Casal JAH, Soriguer MC, Puente E, Errazkin LA and Stergiou K. 2006. Size selectivity of trammel nets in southern European small-scale fisheries. Fish Res 79, 183-201. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.03.004>.
- Fujimori Y and Tokai T. 2001. Estimation of gill net selectivity curves by maximum likelihood method. Fish Sci 67, 644-654. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2001.00301.x>.
- Hiramatsu K. 1992. A statistical study of fish population dynamics using maximum likelihood method -parameter estimation and model selection. Bull Natl Inst Far Seas Fish 29, 57-114.
- Kim S, Lee JH, Kim HS and Park SW. 2010. Optimal design of escape vent for the dome type coonstrip shrimp (*Pandalus hypsinotus*) pot. J Korean Soc Fish Ocean Technol 46, 115-125. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2010.46.2.115>.
- Kim S, Jeong SJ, Park CD and Kim P. 2020. Study on the mesh selectivity of a drum shaped pot for finely-striate buccinum (*Buccinum striatissimum*) in the eastern coastal waters of Korea. J Korean Soc Fish Ocean Technol 56, 193-201. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2020.56.3.193>.
- Kim S, Jung JJ and Baek S. 2022. An experimental study on the mesh size selectivity for whelk (*Buccinum opisthoplectum*). Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology 58, 1-9. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2022.58.1.001>.
- Kwon IY and Kim TH. 2021. Entering behavior and fishing capacity on pot for *Octopus minor* by mesh size. J Korean Soc Fish Ocean Technol 57, 185-193. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2021.57.3.185>.
- Millar RB and Walsh DJ. 1992. Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. Fish Res 13, 205-220. [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(92\)90077-7](https://doi.org/10.1016/0165-7836(92)90077-7).
- Millar RB and Fryer RJ. 1999. Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets and hooks. Rev Fish Biol Fish 9, 89-116.
- Nabeshima Y, Abe T, Yamamoto S, Omoto S and Tokai T. 1995. Establishment of minimum permissible capture length and selection of its appropriate mesh sizes of basket trap targeting white-spotted conger eel *Conger myriaster* (Brevoort) for fisheries oriented resource management, and its estimated effect. Bull Osaka Pref Fish Exp Stn 9, 41-55.
- Nishiuchi S. 1999. Mesh selectivity of hair crab pots for male hair crabs (*Erimacrus isenbeckii*). Sci Rep Hokkaido Fish Exp Stn 55, 131-139.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. Nati Fish Res Dev Inst, Busan, Korea, 333.
- O'Neill FG and Kynoch RJ. 1996. The effect of cover mesh size and cod-end catch size on cod-end selectivity. Fish Res 28, 291-303. [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(96\)00501-2](https://doi.org/10.1016/0165-7836(96)00501-2).
- Pope JA, Margetts AR, Hamley JM and Akyuz EF. 1975. Manual of methods for fish stock assessment part III. Selectivity of fishing gear. FAO Fish Techn Paper 41,

3-6.

- Reeves SA, Armstrong DW, Fryer RJ and Coull KA. 1992. The effects of mesh size, cod-end extension length and cod-end diameter on the selectivity of Scottish trawls and seines. *ICES J of Mar Sci* 49, 279-288. <https://doi.org/10.1093/icesjms/49.3.279>.
- Tokai T. 1997. Maximum likelihood parameter estimates of a mesh selectivity logistic model through SOLVER on MS-Excel. *Bull Jpn Soc Fish Oceanogr* 61, 288-298.
- Uchida K, Tokai T, Mituhashi T, Fuxiang H and Matuda K. 2000. Size selectivity of net-pot for white-spotted conger eel estimated from paired-gear tests with change in sampling effort. *Nippon Suisan Gakkaishi* 66, 228-235.
- Wileman DA, Ferro RST, Fonteyne R and Millar RB (Eds.). 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. ICES Cooperative Research report 215, 132. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.4628>.
- Xu X and Millar RB. 1993. Estimation of trap selectivity for male snow crab (*Chionoecetes opilio*) and using the SELECT modeling approach with unequal sampling effort. *Can J Fish Aquat Sci* 50, 2485-2490. <https://doi.org/10.1139/f93-273>.