망목형 탈출장치의 선택성과 정치망에 적용 가능성

김성훈** · 김태경* · 김형석[†] · 이주희*

(**국립수산과학원 · *부경대학교)

A Study on the Selectivity of the Mesh type Escape Device and the Applicability in a Set Net

Seong-Hun KIM** · Tae-Kyung KIM* · Hyung-Seok KIM[†] · Ju-Hee LEE*

(**National Fisheries Research & Development Institute · *Pukyong National University)

Abstract

This thesis is the fundamental study on the adaptation of escape device for reducing small fishes in set-net. The escape devices for experiments were made the mesh-type devices with three different mesh sizes (60.6, 75.8 and 120.0mm). The experiments of size selectivity on escape devices were conducted by using two kinds of species as black rockfish (*Sebastes schlegeli*) and sea perch (*Lateolabrax maculatus*) in the experimental tank. The size selectivity curve was fitted by using a logistic function and the parameters of selectivity curve were estimated by a maximum likelihood method.

In the results; 50% selection ranges for the mesh-type escape devices with three different mesh sizes were; a black rockfish was 18.99 in mesh size 60.6mm and 21.96 in mesh size 75.8mm (120mm could not estimate). A sea perch was 22.02 in mesh 60.6mm and 24.46 in mesh size 75.8mm (120mm could not estimate). The 50% selection range of a black rockfish was wider than a sea perch about 1.1~1.2 time. Therefore, the small fishes are able to reduce by using the mesh type escape device. However, the optimum mesh size should be decided to consider the size of target species and economics of catches.

Key words : Set net, Escape device, Escape window, Selectivity, Bycatch

I. 서론

우리나라 전 연안에 분포하고 있는 정치망어업은 수산업법상 면허어업에 속하는 어업으로 면허건수는 약 498여 건이며, 2012년도의 어획량은 약 29,748M/T, 어획금액은 81,007백만원으로 우리나라의 연안어업에 있어 중요한 어업중의 하나이다 (MIFAFF, 2012).

정치망어업은 일정한 해역에 정치성 어구를 부설하고 내유해 오는 어군을 길그물로 차단유도하

여 어군이 헛통으로 자연스럽게 들어가게 한 다음, 헛통에서 머물던 어군이 깔때기 모양의 비탈그물을 통해 원통으로 입망하도록 유도한 후, 원통의 그물을 들어 올려 쪽대로 어획물을 수납하는 대표적인 소극적 어법이다. 이는 유류의 소모가 많은 선망이나 저인망 어업 등과 같은 적극적 어업에 비해 어선에 대한 의존도가 낮고, 대부분의 어장이 육지와 가까운 연안에 부설되어 있기 때문에 어선운항 거리가 짧아 그만큼 유류소모량이 적다. 또한 정치망에서 어획되는 어획물은 대

[†] Corresponding author : 051-629-5894, pelamis@pknu.ac.kr

* 이 논문은 2010학년도 부경대학교 연구년 교수 지원사업(C-D-2010-0160)에 의해 연구되었음.

부분의 어획물이 활어로 유통되나 멸치 등은 선 어, 가공 (건조)의 상태로 유통되므로 부가가치가 높은 어업이다.

그러나 정치망어업은 어획기구 면에서, 내유어 군은 개체의 크기에 상관없이 길그물에 의해 차단 유도되므로 큰 개체뿐만 아니라 미성숙 개체나 치어의 입망도 함께 이루어지며, 어획된 치어들은 양식용 사료나 통발어업의 미끼로 다량으로 사용되고 있어, 정치망에 있어서의 치어 혼획은 심각한 수준에 이르고 있다. 정치망에 있어서 치어 혼획과 관련한 연구는 극히 드물며, 일본에서는 Akiyama (1997)에 의해 정치망에 있어서 혼획 투기 실태에 대한 연구가 수행된 바 있으며, Ikemori and Ohashi (1999)에 의해 참돔 치어의 보호를 위한 선택 어획에 관한 연구, Tamura (2011)에 의해 자원보호를 위해 원통의 망목 크기 확대에 관한 연구가 수행된 바가 있다. 우리나라에서는 Shin et al. (2010)에 의해 소형정치망의 혼획 투기 실태에 관한 연구가 수행된 정도이다.

본 연구에서는 정치망어업에 있어서 치어자원의 보호와 혼획저감을 목적으로 원통부분에 탈출 장치로서, 크기가 다른 3종류의 망목으로 탈출 장치를 만들어 선택성과 탈출 성능을 분석하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 실험대상어종

실험에 사용된 실험개체는 정치망에서 어획되는 어종 중에서 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*)과 점농어 (*Lateolabrax maculatus*)를 대상으로 하였다. 조피볼락과 점농어는 체장에 비해 최대 동주의 차이가 크므로 어체형이 다른 어종에 대한 탈출의 비교, 분석이 유리하다. 실험개체는 2013년 2월 전라남도 여수 돌산도 인근 양식장에서 구입한 개체를 사용하였으며, 조피볼락은 전장 범위가 6.5~25.5cm이었고, 총 605마리를 실험에 사용

하였다. 또한 점농어는 전장 범위가 6.5~38.5cm이었으며, 총 443마리를 실험에 사용하였다. 각 실험개체의 사진은 [Fig. 1]에 나타내었으며, 체장 계급별 마리수는 [Fig. 2]에 나타내었다.

(a) Black rockfish (*Sebastes schlegeli*)

(b) Sea perch (*Lateolabrax maculatus*)

[Fig. 1] The experimental fish for the size selectivity experiments with two types escape devices

[Fig. 2] Length distributions of black rockfish and sea perch by used experiments

실험은 국립수산물과학원 내의 4(L)×3(W)×1.4(D)m의 어군행동실험수조에서 실시하였으며, 실험개체는 분리하여 사육하기 위해 1(L)×1(W)×1(D)m 그물 가두리망을 제작하여 부설한 후 각각의 실험개체를 분리하여 사육 및 순응시켰다. 사육시 수조내의 수온은 10~12℃였으며, 해수순환장치와 여과장치를 사용하여 실험기간동안 일정한 사육 환경이 유지될 수 있도록 하였다. 실험은 1주일 정도 순응시켜 대상개체의 활동성이 완전히 회복된 것을 확인한 후 실험을 실시하였다.

2. 실험장치 및 방법

실험장치

탈출장치를 이용한 어획선택성 실험은 3가지 망목크기의 망지를 이용한 탈출장치를 제작하여 실험하였다.

[Fig. 3] Schematic diagram of the mesh-type escape device for size selectivity experiments.

실험에 사용한 망목형 탈출장치는, [Fig. 3]과 같이 75(L)×50(W)×30(H)cm의 스테인리스 재질의 사다리꼴 옆판을 제작하고 동일 재질의 직경 5mm 환봉을 사용하여 망지를 설치할 수 있는 프레임 제작하였다. 망목크기는 정치망에 어획되는 치어의 크기를 고려하여 망목크기를 60.6mm (6절), 75.8mm (5절), 120.0mm (3절5모)의 3종류를 사용하였다. 사용한 망지의 규격은 60.6mm, 75.8mm 망지는 PE 240Td 45합사, 120.0mm 망지

는 PE 340Td 90합사를 사용하였고, 성형률은 70,7%로 하여 움살이 생기지 않도록 하여 프레임에 부착하였다. 망지를 부착한 실험용 탈출장치는 [Fig. 4]에 나타내었으며, 망목내경은 각각 10 곳을 무작위로 선정하여 버니어캘리퍼스로 0.1mm 단위로 측정하고 그 결과를 <Table 1>에 나타내었다.

(a) mesh size : 60.6mm

(b) mesh size : 75.8mm

(c) mesh size : 120.0mm

[Fig. 4] The experiment devices of the mesh-type with three different mesh sizes

<Table 1> The mesh sizes of each escape device

No.	Mesh sizes* (mm)		
	60.6	75.8	120.0
1	59.7	71.4	114.8
2	58.9	70.0	112.2
3	58.6	70.4	113.6
4	59.4	70.2	110.3
5	59.8	70.4	110.9
6	59.8	71.6	113.6
7	58.1	72.0	110.6
8	58.4	70.2	113.5
9	59.2	70.5	110.9
10	60.1	70.1	112.7
Average	59.2	70.7	112.3
Standard deviation	±0.68	±0.71	±1.57

*Mesh size is a inner size between a knot and a knot in stretched mesh

실험방법

탈출 실험은 수조내에 탈출한 어류를 수집하기 위하여 망목크기 10mm의 무결절 망지를 사용하여 2(L)×1.5(W)×1.5(D)m의 간이 수집장치를 만들어 설치한 후, 수집부 내에 탈출장치가 수평을 맞추어 해수에 충분히 잠기도록 실험수조 내에 거치하여 실험하였다. 실험수조의 개략적인 모식도는 [Fig. 5]에 나타내었다. 실험은 실험개체가 갇히거나 개체와 개체 사이에 탈출 행동에 방해가 되지 않도록 탈출장치에 적정량을 투입하여 실험하였으며, 개체를 투입한 후 탈출행동이 완전히 이루어지도록 탈출장치를 약 3분정도 해수 중에 침지한 후 탈출장치 내에 남은 개체와 탈출한 개체를 각각 분리하여 수거하였다. 실험은 각각의 탈출장치별로 실험개체 전수를 대상으로 실시하였다.

실험 개체의 측정은 탈출한 개체와 탈출장치에 남은 개체로 분리 수거 후 각각에 대해 전장, 가랑이체장, 동주장 그리고 체중을 측정하였으며, 길이의 측정은 0.1mm 단위까지, 체중은 전자저울 (SW-1W, CAS, Korea)을 사용하여 1g 단위까지

측정하였다.

[Fig. 5] Illustration of the experimental tank and the experimental cages

3. 선택성 분석방법

본 연구에서는 각각의 탈출장치에 대한 탈출 실험을 크기 선택성 분석을 통해 탈출장치의 효과를 나타내고 각각에 대해 비교, 분석을 실시하였다.

본 연구에서는 식(1)에 나타낸, 실험수조에 투입한 총 실험 개체수에 대한 탈출한 실험 개체수의 비를 잔류률 (탈출장치에 잔류한 비율)로 정의하였다.

$$\phi = \frac{C_R - C_E}{C_R} \dots\dots\dots (1)$$

여기에서 ϕ 는 잔류률, C_R 는 탈출장치를 탈출하지 못한 개체수, C_E 는 탈출장치를 탈출한 개체수를 나타낸다. 선택성 분석에서는 식(2)에 나타낸 Logistic방정식 (Pope et al., 1975)을 이용하였다.

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

여기에서 $S(l)$ 는 선택률로써 본 연구에서는 잔류률을 나타낸다. a 와 b 는 곡선식의 파라미터, l 은 대상개체의 체장을 나타낸다. 곡선의 파라미터 추정은 최우추정법 (Maximum Likelihood)을

이용하였다 (Hiramatsu, 1992; Jeong et al., 2000; Fujimori and Tokai, 2001). 실험수조에 투입한 총 개체수를 N 으로 두고, 탈출장치에 잔류한 개체의 수를 n 이라고 하면 탈출장치의 선택작용에 의한 선택률은 n/N 로 나타내어진다. 탈출장치에 의한 잔류확률을 p , 탈출확률을 $1-p$ 라고 가정하면 p 를 파라미터로 하는 우도함수 $L(p)$ 은,

$$L(p) = {}_N C_n p^n (1-p)^{N-n} \dots\dots\dots (3)$$

으로 나타낼 수 있다. 여기에서 k 번째의 체장계급을 l_k 라 하면 잔류확률 P 는 식(3)을 기초로 식(4)와 같이 선택률로 나타낼 수 있다.

$$P(l_k) = \frac{\exp(\alpha + \beta l_k)}{1 + \exp(\alpha + \beta l_k)}, \quad 0 < P(l_k) < 1 \quad (4)$$

여기에서 $P(l_k)$ 는 k 번째의 체장 계급 l_k 에서의 선택률, α 와 β 는 곡선식의 파라미터이다.

따라서 식(3)에 나타난 각 체장 계급마다의 우도를 곱한 것이 체장계급 l_k 에서의 잔류가 일어날 수 있는 Logistic 방정식의 α 와 β 를 파라미터로 하는 우도함수가 되고, 식(5)와 같이 표현할 수 있다.

$$L(\alpha, \beta) = \prod_{k=1}^K {}_{N_k} C_{n_k} P(l_k)^{n_k} [1 - P(l_k)]^{N_k - n_k} \quad (5)$$

여기에서 식(5)의 값을 최대로 하는 파라미터를 찾아내는 것에 의해 선택성곡선식을 구하였다. 또한 추정된 선택성곡선으로부터 25% (l_{25}), 50% (l_{50}), 75% (l_{75}) 선택체장값을 산출하였으며, 각 탈출장치의 선택성 정도를 파악하기 위해 선택범위 (Selection Range, SR)를 식(6)을 사용하여 산출하였다.

$$SR = l_{75} - l_{25} = 2\ln(3)/\beta \dots\dots\dots (6)$$

III. 연구 결과 및 고찰

1. 탈출미수 및 체장분포

망목 크기 60.6mm, 75.8mm 그리고 120.0mm인 3종류의 망목형 탈출장치를 이용하여 조피볼락과 점농어를 대상으로 탈출실험을 실시한 결과, 망목 크기가 커질수록 탈출하는 개체의 체장 크기는 커지는 일반적인 결과를 나타내었다. 실험 개체가 망목을 통과하는 탈출과정은 [Fig. 6]에 나타내었다. 실험개체는 망목을 탈출하는 과정에서 몸을 좌우로 흔들며 탈출하였고, 탈출과정에서 망목보다 동주가 큰 개체 중에는 아가미 부분이 끼이거나 조피볼락의 경우 주세기골에 있는 극에 망사가 걸리는 개체가 있었으며, 무리하게 탈출한 개체 중에는 체표면에 상처를 입는 경우가 많았다. 실험장치별 어종별 탈출개체와 미탈출개체의 체장분포는 [Fig. 7]에 각각 나타내었다.

망목크기 60.6mm 장치에서, 조피볼락은 전장 6.5~22.5cm 범위의 개체가 탈출하는 것을 알 수 있었으며, 15.5cm이하의 개체는 전수 탈출하였다. 망목형 탈출장치에서도 실험 개체의 체장이 커짐에 따라 탈출하는 개체도 줄어드는 것을 알 수 있었으며 체장 22.5cm보다 큰 개체들은 탈출하지 못하였다. 또한 점농어의 경우는 가랑이체장 6.5~23.5cm의 개체들이 탈출하였으며, 가랑이체장 24.5cm이상의 개체들은 탈출하지 못하였다.

망목 크기 75.8mm 장치에서는 조피볼락의 경우 최소 전장인 6.5~24.5cm의 거의 대부분의 개체들이 탈출하였으며, 망목 크기 60.6mm 장치에 비해 탈출하는 개체의 체장범위가 넓어진 것을 알 수 있었다. 점농어의 경우는 최소 가랑이체장의 개체에서 26.5cm까지의 개체가 탈출하는 것을 알 수 있었으며, 가랑이체장 27.5cm 이상의 개체는 탈출하지 못하였다. 한편 망목 크기 120.0mm 장치는 두 종류의 실험개체 전수가 탈출하였다.

본 실험에서 점농어는 조피볼락에 비해 가랑이체장 16.5~24.5cm 범위의 실험개체수가 적었기 때문에 이 체장계급구간에서의 절대비교는 다소 무리가 있을 것으로 판단되지만, 전체적으로 체

장에 비해 체폭이 좁은 점농어가 조피볼락에 비해 동일 망목 크기에 있어 탈출하는 개체의 크기가 큰 것을 알 수 있었다.

[Fig. 6] Escaping procedures of black rockfish through the mesh-type escape device

2. 망목형 탈출장치의 선택성 곡선 작성

망목형 탈출장치의 선택성 곡선은 [Fig. 7]에 나타낸 탈출개체와 미탈출 개체의 체장계급별 마리수를 토대로 logistic 함수를 사용하여 작성하였다.

선택성 곡선은 망목 크기가 커지면 커질수록 오른쪽 편으로 이동하는 것을 알 수 있었으며 망목 크기가 커질수록 탈출하는 개체의 크기도 커지는 것을 알 수 있었다. 한편 망목크기 120.0mm 탈출장치는 실험개체 전수가 탈출하여 선택성 곡선을 작성할 수 없었으며, 선택성 분석도 불가능하였다. 망목 크기 60.6mm와 75.8mm 탈출장치에 대한 각 실험개체별 선택성 곡선은 [Fig. 8]에

나타내었다. 선택성 분석 결과, 조피볼락의 경우, 망목크기별 50% 선택체장은 18.99cm와 21.96cm로 망목 75.8mm의 탈출구의 50% 선택체장이 약 3cm정도 크게 나타났다. 또한 점농어의 경우도 23.02cm와 24.46cm로 조피볼락과 비교한 결과, 50% 선택체장의 차이가 1.44cm로 차이는 크지 않았다. 따라서 두 어종에 대해서는 점농어가 조피볼락에 비해 동일 망목크기의 장치에 대해 50% 선택체장은 큰 것을 알 수 있었다. 각 실험 개체별 25%, 50%, 75% 선택체장 값은 [Fig. 8]의 선택성곡선에서 산출하여 <Table 2>과 <Table 3>에 나타내었다.

선택성의 정도를 평가하는 선택범위 (Selection rage, SR)은 조피볼락의 경우 2.13과 2.07이었으며, 점농어는 1.20과 1.27로 두 실험 개체에 대해서는 체폭이 좁은 점농어가 조피볼락에 비해 선택범위가 좁은 것으로 나타났다.

정치망은 타 어구에 비해 내유해 온 모든 어군의 입망이 용이함으로 어종의 선택이나 대상 종의 크기 선택성이 다소 민감하지 않는 어구이다. 이 때문에 치어의 혼획이 높고, 인근 주변 해역에 방류한 종묘들이 입망하는 문제점이 발생하기도 한다. 또한 대부분의 혼획된 치어의 경우 양식장의 사료나 어업의 미끼 등으로 이용되고 있으므로 양륙 후, 방류하는 경우는 극히 드문 것이 현실이다. 따라서 자원의 효율적 이용과 지속적인 어업 수행을 위하여 상업적으로 가치가 높은 어종만을 대상으로 조업이 수행되어야 할 것으로 판단한다. 본 연구에서 정치망에 입망한 치어의 혼획저감 방안으로 원통의 망목크기보다 상대적으로 큰 탈출장치에 대하여 크기선택성 실험을 실시하였다. 그러나 정치망에서는 다양한 체형을 가진 어종이 어획되기 때문에 적정 크기만으로 모든 어종의 치어어 감소를 기대하기는 다소 무리가 있으나, 상업적으로 가치가 있고 식용으로 이용이 가능한 수준의 크기만을 어획할 수 있는 충분한 역할을 할 수 있을 것으로 판단되었다. 뿐만 아니라 멸치를 대상으로 하는 어기

와 일반 대형어종을 대상으로 하는 조업시기를 고려하여 시기별로 탈출장치를 적용하는 방안으

로 치어의 혼획을 어느 정도 저감할 수 있을 것으로 사료된다.

[Fig. 7] Comparison numbers of escaped individuals with number of unescaped individuals for black rockfish and sea perch on the mesh-type devices with three different mesh sizes

<Table 2> Comparison of the escape characteristics of three mesh-type devices for black rockfish

Type of device	Total length of retention ration (cm)			Selection range (cm)
	25%	50%	75%	
Mesh 60.6mm	17.93	18.99	20.05	2.13
Mesh 75.8mm	20.93	21.96	22.99	2.07
Mesh 120.0mm*	-	-	-	-

* Mesh size 120mm device could not estimate selectivity as a result of all individuals escaped

<Table 3> Comparison of the escape characteristics of three mesh-type devices for sea perch

Type of device	Total length of retention ration (cm)			Selection range (cm)
	25%	50%	75%	
Mesh 60.6mm	22.42	23.02	23.61	1.20
Mesh 75.8mm	23.82	24.46	25.09	1.27
Mesh 120.0mm*	-	-	-	-

* Mesh size 120mm device could not estimate selectivity as a result of all individuals escaped

망목형 탈출장치의 선택성과 정치망에 적용 가능성

[Fig. 8] Selectivity curve of each mesh size for each experimental fish.

* circle point is observed proportion of the retention for each slit device

Reference

- MIFFA(2012). Food, Agriculture, Forestry and Fisheries statistical yearbook, MIFFA, 298~335.
- Akiyama S.(1997). Discarded catch of set-net fisheries in Tateyama Bay. Journal of the Tokyo University of Fisheries 84, 53~64.
- Tamura R.(2011). Development of turtle releasing system for midwater and bottom layer set net fisheries, Master degree Thesis, Tokyo university of marine Science and technology, Japan, 91.
- Ikemori T. and Ohashi Y.(1998). Selection of Bycatch of Juvenile fish in set-net with selector. Bull Ishikawa Pref Fish Res Cent 1, 15~22.
- Shin H. H. · Jeong S. B. · Oh T.Y. · Shin J. K. · Cho Y. B. and Kim H. S.(2010). Investigation of bycatch and discards of funnel net in the coastal waters of Yeosu. J Kor Soc Fish Tech 46, 324~334.
- Pope J. A. · Margetts A. R. · Hamley J. M. and Akyuz E. F.(1975). Manual of methods for fish stock assessment PartIII Selectivity of fishing gear, FAO Fisheries Technical Paper, 41(1), 46~46.
- Hiramatsu K.(1992). A statistical study of fish population dynamics using maximum likelihood method - parameter estimation and model selection. Bull. Nat'l. Inst. Far Seas Fish. 29, 57~114.
- Jeong E. C. · Park C. D. · Park S. W. · Lee J. H. and Toaki T.(2000). Size selectivity of trap for male red queen crab *Chionoecetes japonicus* with the extended SELECT model, Fish. Sci. 66, 494~501.
- Fujimori Y. and Tokai T.(2001). Estimation of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method, Fish. sci. 67, 644~654.

-
- 논문접수일 : 2013년 05월 21일
 - 심사완료일 : 1차 - 2013년 07월 30일
 - 게재확정일 : 2013년 08월 14일