

반구형 통발에 대한 세고리물레고동의 망목 선택성 연구

박창두* · 배재현¹ · 조삼광 · 차봉진 · 김현영²

국립수산과학원 시스템공학과, ¹국립수산과학원 동해수산연구소 해역산업과,
²국립수산과학원 연구기획과

Size selectivity of the dome-shaped pot for whelk *Buccinum opisthoplectum* in the eastern coastal waters of Korea

**Chang-Doo PARK*, Jae-Hyun BAE¹, Sam-Kwang CHO,
Bong-Jin CHA and Hyun-Young KIM²**

Fisheries system engineering Division, NFRDI, Busan 619-902, Korea

¹*Aquaculture Industry Division, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI,
Gangwon-do 210-861, Korea*

²*Research and Development Planning Division, NFRDI, Busan 619-902, Korea*

Fishing experiments were carried out in the adjacent sea of Yeongil Bay, the eastern coast of Korea from 2003 to 2004 using the dome-shaped pots with different five mesh sizes (17.1, 24.8, 35.3, 39.8, and 48.3mm) in order to determine the size selectivity of pots for the whelk, *Buccinum opisthoplectum*. The catch species were composed of *Buccinum opisthoplectum* (45.4%), *Buccinum striatissimum* (30.1%), *Pandalopsis japonica* (9.3%), *Chionoecetes opilio* (8.9%), and so on. The shell height (l) of *Buccinum opisthoplectum* caught in the experimental fishing pots was measured. The SELECT (Share Each Length's Catch Total) analysis method was applied with fishing data to obtain master selection curve. The model with the estimated split parameter was found to fit the catch data best. The master selection curve was estimated to be $s(R) = \exp(7.833R - 10.871) / [1 + \exp(7.833R - 10.871)]$, where R is the ratio of shell height to mesh size. The relative shell length for 50% retention was 1.388, and the selection range was 0.281. It means that the pots of larger mesh size allow more whelks of small size to escape.

Keywords: Whelk, *Buccinum opisthoplectum*, Pot, Selectivity, Selection curve, SELECT method

*Corresponding author: cdpark1@korea.kr, Tel: 82-51-720-2590, Fax: 82-51-720-2586

서 론

우리나라 동해안에 서식하고 있는 세고리물레고등 (*Buccinum opisthoplectum*)은 수심 50~200m의 니질 어장에 분포하고 있다 (NFRDI, 2000; Okutani, 2000; Hong, 2006; Park et al., 2007). 본 종은 주로 연안 통발 어선에 의하여 새우 등과 함께 어획되고 있으며 어선들이 사용하는 통발 어구의 형태는 반구형 또는 원통형이다 (NFRDI, 2008 ; Park et al., 2007).

최근, 어업 자원의 지속적 이용과 합리적 관리를 위하여 어구의 망목 선택성에 관한 연구가 수행되고 있다 (Mituhashi et al., 2000; Jeong et al., 2000; Kim et al., 2005; Harada et al., 2007; Millar and Fryer, 1999). 통발에 들어간 생물 중에서 미성숙 소형 개체는 선상에 올라오기 전에 망목을 통하여 빠져 나가게 하고 상품성이 있는 큰 개체만을 선택적으로 어획하는 것은 자원의 남획을 방지하는데 도움이 되고, 선상의 어획물 선별 작업에 소요되는 노동력을 감소시키는 효과가 있다.

지금까지 연안 수역에 서식하는 세고리물레고등의 자원생물학적 연구는 거의 없는 실정이다. 통발에 대한 고등의 망목 선택성에 대한 연구로는 망목 크기와 정20면체에 투영된 고등의 크기와 의 관계에 기초한 관절매물고등 (*Neptunea arthritica*)의 선택성 연구 (Nashimoto et al., 1995), 원통형 통발의 망목 크기 및 탈출구에 대한 세고리물레고등의 선택성 연구 등이 있다 (Park et al., 2007). 일반적으로 어구에 대한 생물의 망목 선택성은 어획 시험을 수행하고 어획 자료를 사용하여 추정하는 방법이 널리 활용되고 있다. 또한, 동일한 어종일지라도 어구 형태가 다르면 망목 선택성 결과가 달라지므로 원통형 통발의 결과를 반구형 통발에 그대로 적용하는 것은 곤란하다 (Uchida et al., 1998).

따라서 본 연구에서는 반구형 통발에 대한 세고리물레고등의 망목 선택성을 조사하기 위하여 망목 크기가 다른 반구형 통발을 제작하여 시험조업을 수행하고 그 결과로부터 망목 선택성

을 추정하였다. 또한, 기존 연구 내용과의 비교 분석을 통하여 우리나라 연안에서 조업하는 반구형 통발에 대한 세고리물레고등의 망목 선택성을 명확히 하였다.

재료 및 방법

시험 어구 및 조업 방법

본 연구에 사용한 반구형 통발 (밀면 직경 58cm, 높이 37cm, 중량 700g)은 철봉 (직경 5mm)으로 구성된 틀에 PE 230Td 9~12합사 망지를 덮어서 완성된다 (NFRDI, 2008). 이 통발에는 직경 약 12cm의 입구가 통발 중간 높이의 좌우 2곳에 부착되어 있다. 또한, 고동류 등을 유인하기 위하여 통발 좌우에 있는 입구 중간에 미끼를 부착하며 어획물을 수거하기 위하여 통발 밀면 중심에 조임줄이 연결되어 있다. 본 연구에서는 정어리 1~3마리를 미끼로 사용하였으며 통발의 침지시간은 약 3일이었다.

본 연구에 사용한 통발의 망목 크기 (본 연구에서는 망목 내경을 의미한다)는 5종류 (17.1, 24.8, 35.3, 39.8, 48.3mm)로 하였다. 시험조업에 사용한 망목 크기별 통발의 갯수는 30~40개를 사용하였으며 망목 크기별 통발 수량은 동일하게 설정하였다. 통발은 모릿줄에 10m 간격으로 하여 망목 크기 순으로 반복 배치하였다 (Jeong et al, 2000). 시험조업은 2003년과 2004년 의 8월과 9월 사이에 동해안 영일만 (Park et al, 2004) 외측에서 상업선 (5.8톤)을 용선하여 6회 수행하였다. 어장의 수심은 120~220m의 범위였다. 시험조업에서 어획된 세고리물레고등은 망목크기별로 구분하여 어항에 운반한 다음, 모든 개체의 각장 (Shell height, l)을 디지털 캘리퍼스를 이용하여 0.1mm 단위로 측정하였다.

망목 선택성 곡선 추정법

통발의 망목 선택성은 SELECT (Share Each Length's Catch Total) 모델을 적용하여 최우법 (Maximum Likelihood Method)으로 추정하였다

(Millar and Walsh, 1992; Fujimori and Tokai, 2001; Park et al., 2004; Wileman et al., 1996; Yamashita et al., 2009; Park et al., 2011). 통발의 망목 선택성 곡선을 $s(R_{ij})$ 이라고 하면 t 회째의 시험조업에서 망목 크기 m_i ($i=1,2,3,\dots,k$)인 통발에 체장 계급 l_j ($j=1,2,3,\dots,n$)인 고둥의 어획 개체수 c_{ijt} 는 이하의 수식으로 표현된다.

$$c_{ijt} = N_{jt} s(R_{ij}) q_i X_{it} \quad (1)$$

여기서 R_{ij} 는 상대 체장으로서 l_j/m_i 로 표현된다. 그리고 q_i 및 N_{jt} 는 t 회째의 시험 조업에서 망목 크기 m_i 인 통발의 어구 효율과 어획 노력량을 나타내며 N_{jt} 는 통발 어구와 접촉한 체장 l_j 인 고둥의 개체수이다.

본 연구에서는 통발의 망목 선택성 곡선을 나타내는 수식 $s(R_{ij})$ 을 이하의 Logistic 함수로 표현하였다. 여기서 a 와 b 는 선택성 곡선을 결정하는 파라미터이다.

$$s(R_{ij}) = \exp(a + bR_{ij}) / [1 + \exp(a + bR_{ij})] \quad (2)$$

통발 어구를 사용한 t 회째의 시험 조업에서 체장 계급 l_j 인 고둥이 망목 크기 m_i 인 통발에 어획될 비율 ψ_{ijt} 은 이하와 같이 표현된다.

$$\psi_{ijt} = c_{ijt} / \sum_{i=1}^k c_{ijit} = c_{ijt} / C_{ijt} \quad (3)$$

수식 (3)의 C_{ijt} 는 t 회째의 시험 조업에서 망목 크기가 다른 각각의 통발에 어획된 체장 계급 l_j 의 고둥 개체수를 나타낸다. 각 시험 조업에 있어서 망목 크기별 어구 수의 비율이 동일한 경우 ($X_{it} = \delta_i X_i$), SELECT 모델에 있어서 각고 l_j 인 고둥이 망목 크기 m_i 인 통발에 어획될 비율은 수식 (1)과 (3)으로부터 아래와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \psi(R_{ij}) &= s(R_{ij}) q_i X_i \sum_T \delta_i N_{ijT} / \sum_{i=1}^k [s(R_{ij}) q_i X_i \sum_T \delta_i N_{ijT}] \\ &= p_i s(R_{ij}) / \sum_{i=1}^k p_i s(R_{ij}) \end{aligned} \quad (4)$$

수식 (4)에서 $\sum_T \delta_i N_{ijT}$ 는 분자, 분모에 공통항이므로 소거되고 $p_i (= q_i X_i)$ 는 망목 크기별 조우 확률 (split parameter)이며 $\sum_{i=1}^k p_i = 1$ 이다.

본 연구에서는 p_i 를 어획 노력량 (통발 수)의 비율로 나타내는 경우 (p -fixed model)와 추정하는 경우 (p -estimated model)로 구분하여 각각 해석하였다. 또한, 시험 조업에 사용한 망목 크기별 어구의 수는 동일하였으므로 합산하여 망목 선택성 곡선을 추정하였다.

위에서 나타낸 수식의 파라미터는 이하의 대수 함수를 최대화함으로써 추정할 수 있다.

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

여기서 L 은 우도를 나타낸다. 본 연구에서는 어구와의 조우 확률이 일정하다고 가정한 모델 (p -fixed model)과 조우 확률을 추정한 모델 (p -estimated model) 중에서 어느 쪽 모델이 보다 적절한가를 검토하기 위하여 AIC 값을 비교하였다 (Akaike, 1974). AIC 값은 최대대수우도를 MLL, 파라미터 수를 Q 라고 하면 $AIC = -MLL + 2Q$ 로 주어지며 AIC 값이 작은 모델이 양호한 모델로 판정된다. 또한, 어구의 망목 선택성을 평가하는 지표로서 아래의 수식으로 표현되는 50%상대선택각과 R_{50} 과 선택범위 $SR (=R_{75} - R_{25})$ 을 나타내었다 (Wileman et al., 1996; Miyajima et al., 2012).

$$R_{50} = -a/b, SR = (2 \ln 3)/b \quad (6)$$

결과 및 고찰

어획물의 종조성

총 6회의 시험 조업을 수행하였으며 일부 통발은 유실되어 양망된 통발의 수는 모두 1,245개였다 (Table 1). 또한, 어획물 중의 유용 생물은

Table 1. Number of successful pot hauls obtained in the fishing experiments

Mesh size (mm)	Successful hauls	Relative fishing efficiency
17.1	241	0.1936
24.8	258	0.2072
35.3	250	0.2008
39.8	248	0.1992
48.3	248	0.1992
Total	1,245	1.0000

세고리물레고등 (*Constricted whelk, Buccinum opisthoplectum*) 4,540마리 (45.4%), 물레고등 (*Finely-striate buccinum, Buccinum striatissimum*) 3,012마리 (30.1%), 물렁가시붉은새우 (*Morotoge shrimp, Pandalopsis japonica*) 925마리 (9.3%), 대게 (*Snow crab, Chionoecetes opilio*) 893마리 (8.9%), 기타 127마리 (1.3%)이었다 (Table 2). 망목 크기가 가장 작은 통발(망목 크기 17.1mm)에 비유용 생물로서 거미불가사리가 다소 어획되었으나, 측정은 생략하였다.

망목 선택성 곡선

시험 조업으로부터 확보된 망목 크기별 세고리물레고등의 어획 개체수를 Fig. 1에 나타내었다. 망목 크기의 증가에 따라 소형 개체의 어획이 감소하는 것을 나타낸다. 본 연구에서는 망목 크기별 어획 개체수를 사용하여 선택성 곡선 파라미터를 추정하였다.

시험 조업에서 얻어진 각고 l_j 인 세고리물레고등이 망목 크기 m_i 인 통발에 어획되는 비율을 계산하고 두 모델 (p -estimated, p -fixed)로부터 추정된 $\psi(R_{ij})$ 을 그림으로 나타내었다 (Fig. 2). 두 모델 (p -estimated, p -fixed)의 결과 (Fig. 2)로부터 추정치와 관측치를 비교하면 망목 크기 17.1, 24.8mm 통발에서는 어획 개체수가 적은 각고 40mm 이하의 범위에서 관측치와 추정치 사이에 다소 일치하지 않는 부분이 보인다. 또한, 각고 100mm 이상의 범위에서도 관측치와 추정치가 다소 일치하지 않는 부분이 있다. 이것은 어획 개체수가 적은 영향으로 생각된다. 그러나 어

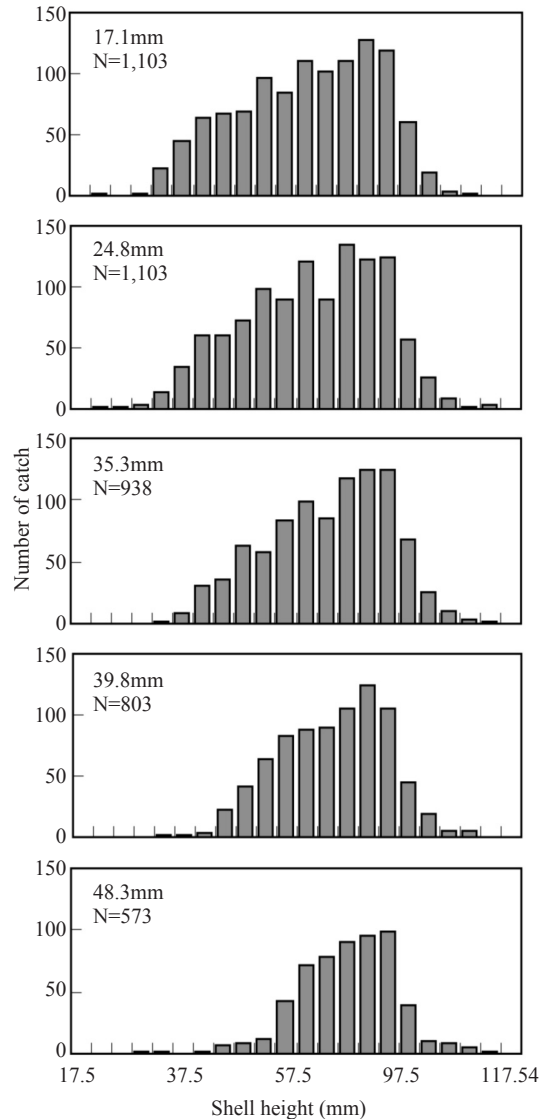


Fig. 1. Shell height distributions of whelk (*Buccinum opisthoplectum*) caught in the experimental pots.

Table 2. Catch number of species caught in the pot of each mesh size

Species	Mesh size (mm)					Sum	%
	17.1	24.8	35.3	39.8	48.3		
<i>Buccinum striatissimum</i>	600	680	651	549	532	3,012	30
<i>Neptunea constricta</i>	108	131	83	91	83	496	5
<i>Buccinum opisthoplectum</i>	1,103	1,123	938	803	573	4,540	45
<i>Pandalopsis japonica</i>	311	339	176	84	15	925	9
<i>Chionoecetes opilio</i>	70	144	198	230	251	893	9
Others	27	20	36	26	18	127	1
Total	2,219	2,437	2,082	1,783	1,472	9,993	100

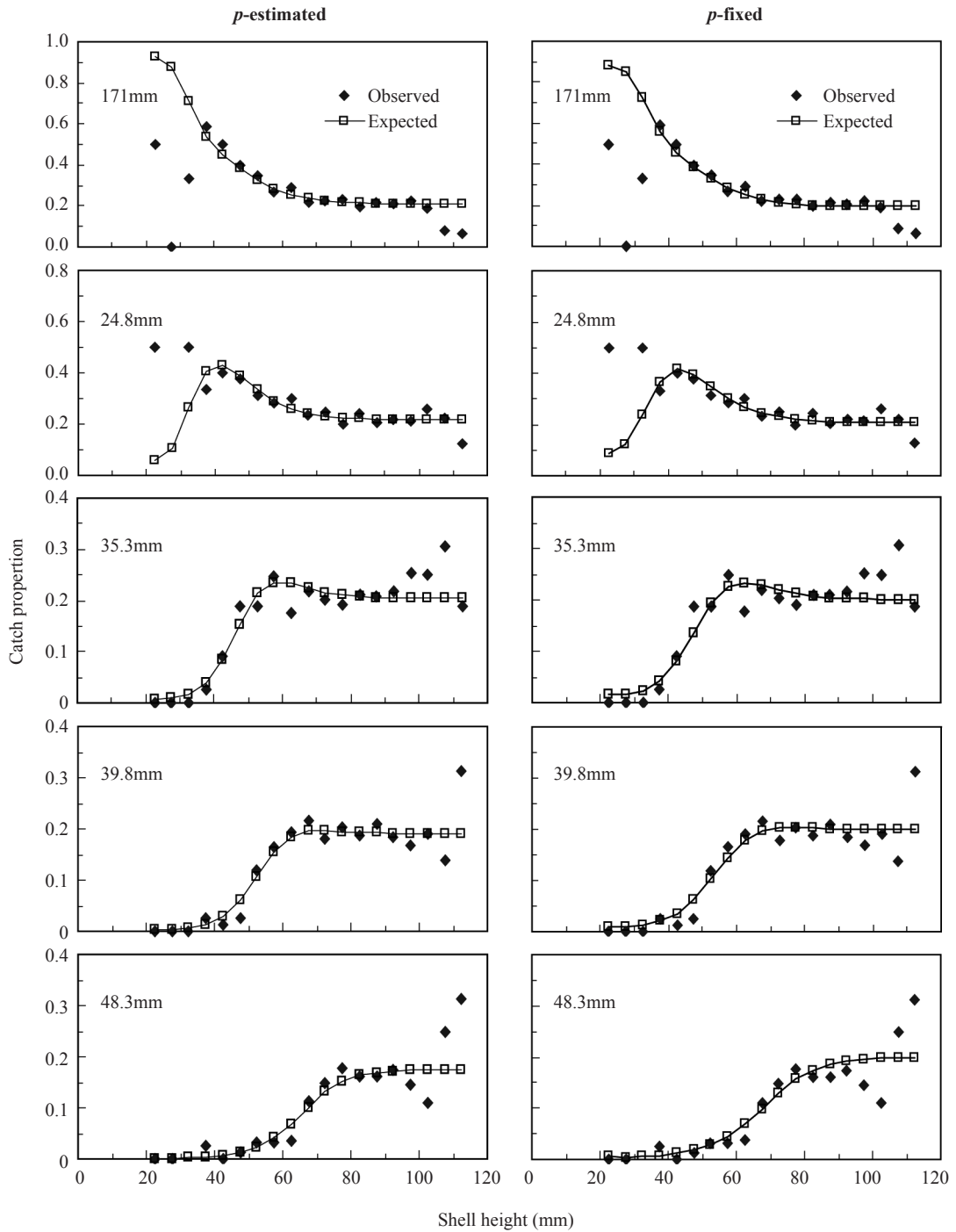


Fig. 2. Plots of the proportion taken in each mesh pot to the total catch and fitted curves for the two models with *p*-estimated (left) and *p*-fixed (right).

획 개체수가 비교적 많은 각각 40~100mm의 범위에서는 두 모델 모두 관측치와 추정치가 잘 일치하는 것으로 나타났다.

각 모델에서 계산된 Logistic 함수의 파라미터 a , b 와 조우 확률 p , 그리고 선택률 50%를 나타내는 50%상대선택각고 R_{50} , 선택범위 $SR (=R_{75} - R_{25})$ 을 Table 3에 나타내었다. 또한, 두 모델로부터 추정된 파라미터를 사용하여 선택성 곡선 Master curve와 망목 크기별 선택성 곡선을 각각 Fig. 3 및 Fig. 4에 나타내었다. 두 모델의 Master curve로부터 50%상대선택각고 R_{50} 를 계산하면 조우 확률이 일정하다고 가정한 모델 (p -fixed)은 1.448이고 조우 확률을 추정한 모델 (p -estimated)은 1.388을 나타낸다 (Table 3). 그리고 망목 크기가 25, 35, 50, 60mm로 증가함에 따른 50%선택각고 (l_{50})를 추정하면 조우 확률 일정 모델은 각각 36.2, 50.7, 72.4, 86.9mm를 나타내

고 조우 확률 추정 모델은 각각 34.7, 48.6, 69.4, 83.3mm를 나타낸다 (Figs. 3, 4). 이와 같은 망목 선택성 결과는 통발의 망목 크기가 증가할수록 소형 개체의 세고리물레고둥이 통발의 망목을 통하여 빠져나간다는 것을 나타낸다.

본 연구에서 추정된 두 이론 모델 (p -estimated, p -fixed)의 망목 선택성 결과 중에서 어느 모델이

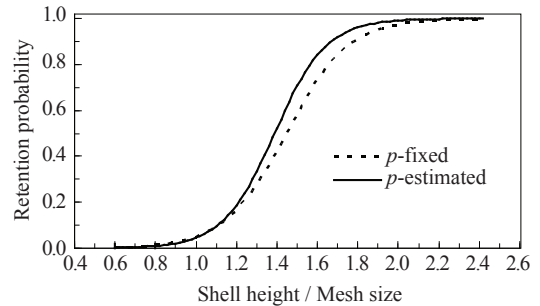


Fig. 3. Estimated master selection curves of the pots for whelks (*Buccinum opisthoplectum*).

Table 3. Parameter estimates of the extended SELECT model

Parameter and MLL* ¹	model	
	p -estimated	p -fixed
Logistic parameters of master curve		
$s(R) = \exp(a + bR) / [1 + \exp(a + bR)]$, where $R = l/m$		
a	- 10.871	- 9.507
b	7.833	6.567
R_{50} (mm)* ²	1.388	1.448
SR (mm)* ³	0.281	0.335
Split parameter p for each mesh opening		
17.1 mm	0.2122	0.1936
24.8 mm	0.2186	0.2072
35.3 mm	0.2043	0.2008
39.8 mm	0.1910	0.1992
48.3 mm	0.1738	0.1992
MLL	- 7019.3	- 7025.7
MLL (full)	- 6976.1	
AIC* ⁴	14050.5	14055.4
H_0 : Model fitted		
deviance	86.39	99.3
degree of freedom	79	83
P value	0.267	0.107
H_0 : No difference between the two models		
deviance	12.92	
degree of freedom	4	
P value	0.0117	

*¹: Maximum log-likelihood, *²: Relative shell height of 50% retention,

*³: Selection range defined as $R_{75} - R_{25}$, *⁴: Akaike information criterion.

보다 타당한지를 검토하기 위하여 어획 자료에 기초한 완전 모델 (Full model)과 각 모델의 추정치를 사용하여 일탈도 검정 (Jeong et al., 2000; Harada et al., 2007; Yamashita et al., 2009)을 수행하였다 (Table 3). 완전 모델은 얻어진 관측치와 일치하는 모델로 정의되며 수식 (3)으로부터 계산된다. 일반적으로 일탈도 검정에 있어서 확률 P 가 낮은 값을 나타내는 경우, 이론 모델은 적절하나 모델에 적합한 어획 자료가 얻어지지 못한 경우이거나 이론 모델이 관측 자료를 설명하기에 부적절한 경우이다. 본 연구에서 얻어진 결과를 보면 두 모델의 적합도는 다소 높은 값을 나타내나, 조우 확률을 추정된 모델의 적합도가 조우 확률 일정 모델에 비하여 높은 값을 나타낸다. 또한, 두 이론 모델 사이의 우도비 검정 결과를 보면 확률 $P (<0.05)$ 가 낮은 값을 나타내므로 두 모델 사이에 차이가 있다는 것을 나타낸다. 각 모델의 AIC 값을 비교하면 조우 확률을 추정된 모델이 조우 확률 일정 모델에 비하여 작은 값을 나타낸다. 이들 결과로부터 본 연구에서는 조우 확률 p 를 추정된 모델의 선택성 결과를 채택한다. 조우 확률 추정 모델의 선택성 결과로부터 Logistic 함수의 파라미터는 $a = -10.871$, $b = 7.833$ 이라는 것을 알 수 있다.

Park et al. (2007)이 추정된 원통형 통발에 대한 세고리물레고등의 선택성 결과는 Master curve가 추정되지 않아 다양한 망목 크기에 대한

선택성 결과는 알 수 없으나, 망목크기 34.2mm의 선택성은 없고, 망목 크기 54.4mm와 73.7mm의 50%선택각고는 각각 64.2mm 및 91.6mm를 나타내었다. 본 연구에서 얻어진 결과에 기초하여 망목 크기 34.2, 54.4, 73.7mm인 반구형 통발의 50%선택각고를 계산하면 각각 47.5, 75.5, 102.3mm를 나타낸다. 본 연구에서 얻어진 결과와 Park et al. (2007)이 추정된 결과 사이에 차이가 있는 것은 통발 어구의 형상 등에 기인한 것으로 생각된다.

금후 본 연구에서 얻어진 반구형 통발에 대한 세고리물레고등의 선택성 결과를 자원 관리 등에 활용하는 방안 검토가 필요하다. 또한, 탈출구 (Escape gap 또는 Escape vent)를 부착한 통발의 선택성 곡선을 해석하고 자원의 합리적 이용에 적용하는 연구가 필요하다 (Boutson et al., 2009; Jirapunpipat et al., 2008; Treble et al., 1998; Watanabe and Yamasaki, 2006).

결론

연안에 서식하는 어업 자원의 지속적 유효 이용을 위해서는 미성숙한 소형 개체의 혼획을 감소시키고 상품성 있는 개체만을 선택적으로 어획하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 반구형 통발 (밑면 직경 58cm, 높이 37cm, 중량 700g)에 대한 세고리물레고등의 망목 선택성을 추정하기 위하여 망목 크기가 다른 반구형 통발을 제작하

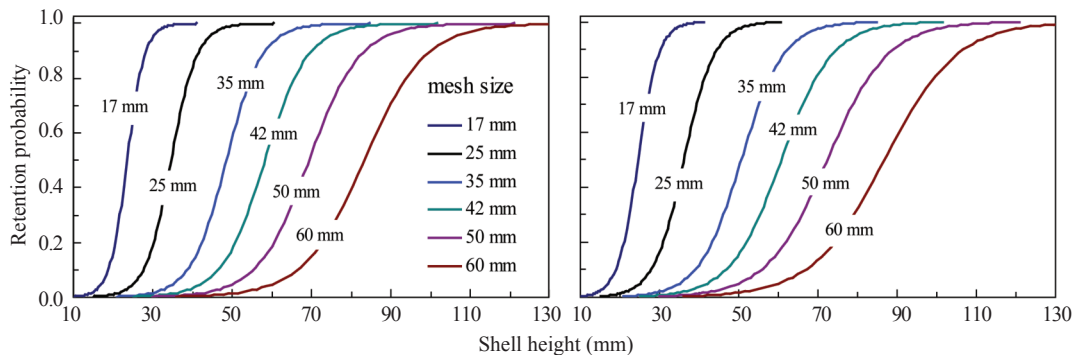


Fig. 4. Selection curves of the pots for whelks (*Buccinum opisthoplectum*) using the two models with p -estimated and p -fixed.

여 2003년과 2004년의 8월과 9월 사이에 동해안 영일만 외측에서 시험 조업을 수행하였다. 통발의 망목 크기는 5종류 ($m=17.1, 24.8, 35.3, 39.8, 48.3\text{mm}$)를 사용하였다. 시험어구에 어획된 어종별 개체수 조성을 보면 세고리물레고둥 (*Buccinum opisthoplectum*)은 4,540마리 (45.4%) 이었고, 물레고둥 (*Buccinum striatissimum*) 3,012마리 (30.1%), 물렁가시붉은새우 (*Pandalopsis japonica*) 925마리 (9.3%), 대게 (*Chionoecetes opilio*) 893마리 (8.9%), 기타 127마리 (1.3%)로 나타났다. 반구형 통발에 대한 세고리물레고둥의 망목 선택성 곡선 추정에는 SELECT 모델을 적용하여 분석하였다. 시험조업 결과로부터 추정된 반구형 통발에 대한 세고리물레고둥의 망목 선택성 Master curve는 $s(R) = \exp(7.833R - 10.871) / [1 + \exp(7.833R - 10.871)]$ 로 추정되었으며 망목 크기가 증가할수록 소형 개체의 어획이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 50%상대선택각고 R_{50} 은 1.388이고 선택범위 SR 은 0.281이었다. 여기서 상대각고 $R (=l/m)$ 은 망목 크기 (m)에 대한 각고 (l)의 비율을 나타낸다. 망목 선택성 결과로부터 반구형 통발의 망목 크기가 25, 35, 50, 60mm로 증가함에 따른 세고리물레고둥의 50%선택각고 (l_{50})는 각각 34.7, 48.6, 69.4, 83.3mm를 나타내었다. 금후, 세고리물레고둥의 지속적 이용과 관련하여 통발의 망목 선택성을 활용한 소형 개체 혼획 감소에 본 연구 결과가 활용되기를 기대한다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 (예망어구 보강망 연구, RP-2013-FE-035)의 지원에 의해 수행되었습니다. 해상에서 시험 조업에 협력하여 주신 어선의 선장님 및 승무원들에게 깊이 감사드립니다. 또한, 본 논문의 작성에 많은 조언을 하여 주신 심사위원님께서도 감사의 뜻을 전합니다.

REFERENCES

- Akaike H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans Autom Contr AC-19*, 716 – 723.
- Boutson A, Mahasawasde C, Mahasawasde S, Tunkijjanukij S and Aromoto T. 2009. Use of escape vents to improve size and species selectivity of collapsible pot for blue swimming crab *Portunus pelagicus* in Thailand. *Fish Sci* 75, 25 – 33.
- Fujimori Y and Tokai T. 2001. Estimation of gill net selectivity curves by maximum likelihood method. *Fish Sci* 2001 67, 644 – 654.
- Harada M, Tokai T, Kimura M, Hu F and Shimizu K. 2007. Size selectivity of escape holes in conger tube traps for inshore hagfish *Eptatretus burgeri* and white-spotted conger *Conger myriaster* in Tokyo bay. *Fish Sci* 73, 477 – 488.
- Hong SY. 2006. Marine Invertebrates in Korean Coasts. Academy Publishing Company, Inc., Seoul, 1 – 340.
- Jeong EC, Park CD, Park SW, Lee JH and Tokai T. 2000. Size selectivity of trap for male red queen crab *Chionoecetes japonicus* with the extended SELECT model. *Fish Sci* 66, 494 – 501.
- Jirapunpipat K, Phomikong P, Yokota M and Watanabe S. 2008. The effect of escape vents in collapsible pots on catch and size of the mud crab *Scylla*. *Fish Res* 94, 73 – 78
- Kim IO, Mituhasi T, Jo TH, Park CD and Tokai T. 2005. Effect of tooth spacing on the contact selection and available selection of a dredge for the equilateral Venus clam *Gomphina melanaegis*. *Fish Sci* 71, 713 – 720.
- Kim IO, Jo TH, Park CD and Tokai T. 2005. Mesh selectivity of dredge bag net for a clam, equilateral Venus clam *Gomphina melanaegis*. 2005. *Nippon Suisan Gakkaishi* 71, 54 – 59.
- 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.
- Millar RB and Walsh DJ. 1992. Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser

- trawls. Fish Res 13, 205 – 220.
- Mituhasi T, Tokai T, Ercoli R, Garcia JC, Salvini L, Bartozzetti J and Roth R. 2000. Estimating codend selectivity and fish escapement from a cover net of an insufficiently small mesh size. Fish Sci 66, 327 – 333.
- Miyajima T, Yagishita N, Yamasaki A and Tokai T. 2012. Mesh selectivity of Danish seine for Japanese sand fish *Arctoscopus japonicus*. Nippon Suisan Gakkaishi 78, 27 – 36.
- Nashimoto K, Suzuki K, Takagi T, Motomatsu K and Hiraishi T. 1995. Selectivity of traps for whelks *Neptunea arthritica*. Nippon Suisan Gakkaishi 61, 525 – 530.
- National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI). 2000. Commercial Molluscs from the Freshwater and Continental Shelf in Korea. Kudeok Print Publishing Co, Busan, Korea, 86 – 87.
- National Fisheries Research & Development Institute. 2008. Fishing Gear of Korea. Hangul Graphics, Busan, Korea, 104 – 130.
- Okutani T. 2000. Marine Mollusks in Japan. Tokai Univ Press, Tokyo, Japan, 488 – 489.
- Park CD, Jeong EC, Shin JK, An HC and Fujimori Y. 2004. Mesh selectivity of encircling gill net for gizzard shad *Konosirus punctatus* in the coastal sea of Korea. Fish Sci 70, 553 – 560.
- Park CD, Park HH and Kim JN. 2011. Size selectivity of a shrimp beam trawl for the Southern rough shrimp *Trachysalambria curvirostris* with the Extended SELECT Method. Kor J Fish Aquat Sci 44, 390 – 396.
- Park HH, Millar RB, An HC and Kim. HY. 2007. 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.
- Treble RJ, Millar RB and Walker TI. 1998. Size selectivity of lobster pots with escape-gaps : application of SELECT method to the southern rock lobster (*Jasusedwardsii*) fishery in Victoria, Australia. Fish Res 34, 289 – 305.
- Uchida K, Tokai T, Hu F and Matuda K. 1998. Mesh selectivity of net pot for white-spotted conger eel estimated from a cover-net fishing experiment. Nippon Suisan Gakkaishi 64, 815 – 821.
- Watanabe T and Yamasaki S. 2006. Size selectivity of the red queen crab trap estimated with pocket cages. Tech Rept Nat Res Inst Fish Eng 28, 1 – 11.
- Wileman DA, Ferro RST, Fonteyne R and Millar RB. 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. ICES Cooperative research report 215, 1 – 126.
- Yamashita H, Shiode D and Tokai T. 2009. Longline hook selectivity for red tilefish *Branchiostegus japonicus* in the East China Sea. Fish Sci 75, 863 – 874.

2013년 10월 16일 접수

2013년 11월 12일 1차 수정

2013년 11월 12일 수리