

# 동해의 장구형 통발에 대한 빨간횃대 (*Alcichthys alcornis*)의 망목선택성

박해훈<sup>†</sup> · 정의철 · 안희춘 · 박창두 · 김현영 · 배재현 · 조삼광 · 백철인

국립수산과학원

## Mesh Selectivity of Drum Net Fish Trap for Elkhorn sculpin (*Alcichthys alcornis*) in the Eastern Sea of Korea

Hae-Hoon PARK<sup>†</sup>, Eui-Cheol JEONG, Heui-Chun AN, Chang-Doo PARK, Hyun-Young KIM, Jae-Hyun BAE, Sam-Kwang CHO and Chul-In BAIK  
National Fisheries Research & Development Institute

### Abstract

The mesh selectivity of the drum net fish trap for elkhorn sculpin (*Alcichthys alcornis*) in the eastern sea of Korea was described. The selection curve for the elkhorn sculpin caught from the experiments between June 2003 and December 2003 was fitted by SELECT (Share Each Length class's Catch Total) model and by Kitahara's method to a polynomial equation and two parameter logistic selection curve. The selection curve by SELECT model showed to be equal probability of entrance of the elkhorn sculpin in the large (55mm) and small (20mm) mesh traps by minimum AIC (Akaike Information Criteria). The equation of selectivity curve obtained by Kitahara's method using a logistic function with least square method was  $s(R) = \frac{1}{1 + \exp(-0.3545R + 2.1641)}$ , where  $R=l/m$ , and  $l$  and  $m$  are total length and mesh size, respectively. The mesh selectivity curve showed that the current regulated mesh size (35mm) for the trap was corresponded to 21.4cm in the  $L_{50}$  of the selection curve for the elkhorn sculpin.

Key words : selectivity(선택성), drum net fish trap(장구형 통발), SELECT model(SELECT 모델), Kitahara(北源), AIC(Akaike 정보기준), elkhorn sculpin(빨간횃대)

### 서 론

우리나라 연안에는 많은 어종들이 서식하고 있지만, 근래 수산자원의 심각한 감소 상태로 인하여 가능한 한 여러 어종에 대해 수산자원을 보호할 필요가 있으며, 이를 위해 망목 크기의 사용에 제한을 두는 질적 규제나 어종에 따라 어획량을 제한하는 양적 규제를 가하고 있는데, 그물통발의 망목 크기는 35mm 이상 사용하도록 제한하고 있다. 상당수

의 어민들도 이제는 자원 보호의 필요성을 느끼고 작은 물고기를 바다 속으로 되돌려 주기도 한다. 자원조사가 충분히 이루어지지 않은 어종에 대해서도 자원관리형 어업을 효과적으로 이루기 위해서는 어구에 대한 어획선택성 같은 기초자료를 구할 필요가 있다.

자원을 보호하기 위한 어구의 어획선택성에 대해서는 국내외에서 많은 연구가 행해지고 있다. 예를 들면, 트롤 등에서 끝자루의 그물코 크기나 형태를

<sup>†</sup> Corresponding author : hhpark@nfrdi.re.kr

조정 (사각망목을 사용)하거나 끝자루 앞에 연장망을 도입하여 grid를 설치한 연구 (Millar and Walsh, 1992; 정 등, 1993; Tokai et al., 1996; Wileman et al., 1996; Millar et al., 2004; 오 등, 2004), 자망, 통발에서 망목 크기에 관한 어획 선택성 연구 (Kitahara, 1968; 小池·小倉, 1977; Losanes et al., 1992; Xu and Millar, 1993; Fujimori et al., 1996; Treble et al., 1998; Jeong et al., 2000; Frusher and Hoenig, 2001; 조 등, 2000; 김·이, 2002; 신·박, 2002; 박 등, 2003; 신·박, 2003), 형망에서 갈퀴(씨레) 간격의 조정에 관한 연구 (梨本, 1983; 趙·金, 1999; 박·김, 2000) 등이 있다.

어획선택성 곡선을 구하는 기법은 주로 트롤의 cover net 방식 등에서 로지스틱 곡선을 이용한 SELECT 방법 (Millar and Walsh, 1992), 삼중자망에서 石田의 방법에 마스터 곡선을 도입한 Kitahara 방법 (Fujimori et al., 1996)이 많이 쓰이고 있고, 통발의 경우에는 石田의 방법 (小池·小倉, 1977) 또는 Kitahara의 방법 (신·박, 2003)을 이용하거나 SELECT 방법 (Treble et al., 1998; Jeong et al., 2000)을 이용하여 선택성 곡선을 구한 예가 있으며, 형망의 경우에는 梨本에 의한 방법 (박·김, 2000)이 쓰인 예가 있다.

한국 동해안에서는 장구형 통발로 문어, 빨간횃대, 고등 등을 어획하고 있다. 이 중 빨간횃대는 우리나라 동해, 일본, 오후츠크해 등에 분포하는 어종으로 몸은 가늘고 길며, 뒤쪽으로 갈수록 측면되어 있고 머리는 큰 편이다. 비교적 찬물을 좋아하는 냉수성 어류로 수심 50m 전후되는 바다 밑에 주로 서식한다. 9월 하순부터 다음해 5월까지의 약간 연안으로 나오며, 여름에는 수심 200m 이상되는 깊은 바다로 이동한다.

본 논문에서는 동해안에서 통발에 주로 어획되는 빨간횃대를 대상으로 망목 크기가 다르거나 탈출구가 있는 몇 종류의 통발을 사용한 어획실험으로부터 SELECT 방법 및 Kitahara의 방법을 적용하여 통발의 망목 크기에 대한 빨간횃대의 입망률의 차이와 망목선택성을 구하여 지속적인 어업과 합리적인 자원관리에 대한 기초자료를 구하고자 하였다.

## 자료 및 방법

### 1. 실험방법

한국 동해안의 포항 대보의 인근 해역에서 연안

성 어족인 빨간횃대를 대상으로 현지 어민들이 사용하고 있는 장구형 통발(Slack-Smith, 1992)을 이용하여 망목선택성 실험을 실시하였다. 현장 실험은 2003년 6월부터 12월까지 총 6차례에 걸쳐 현지 어선 2척 (대해호, 5.8톤; 대우호, 7.3톤)을 용선하여 실시하였고, 조업한 해역은 Fig. 1과 같다.

사용한 장구형 통발의 형태와 구조는 현지 사용 중인 통발과 망목 크기만 다르게 한 것으로, Fig. 2에 나타난 바와 같이 직경 43cm, 길이 76cm의 테두리에 Nylon 210Td 20mm(9ply), 35mm(18ply), 55mm(18ply), 75mm(18ply)의 4종류 망목의 그물감을 씌웠으며, 또, 망목 20mm(9합사) 망지에 탈출구로서 링(2종: 직경 3cm, 5cm)이나 바깥 테(2종)를 부착시킨 통발을 사용하였다. 사용한 통발수는 한 척당 2틀이었으며 1틀은 184개로 구성하였다. 투망시 이들 8종류의 통발을 순차적으로 배열하여 투망하였고 미끼로는 정어리를 사용하였으며, 1주 내지 3주 정도 침적시킨 후 기상 상태 등 상황에 따라 양망하였다. 통발 양망시 타 어구와 얽히거나 해저에 걸려 어구가 파손된 경우도 가끔

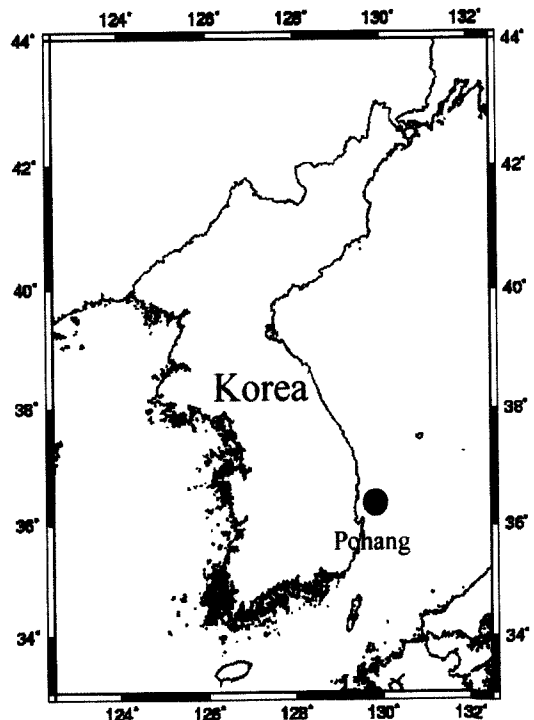


Fig. 1. Map showing the area of fishing experiments.

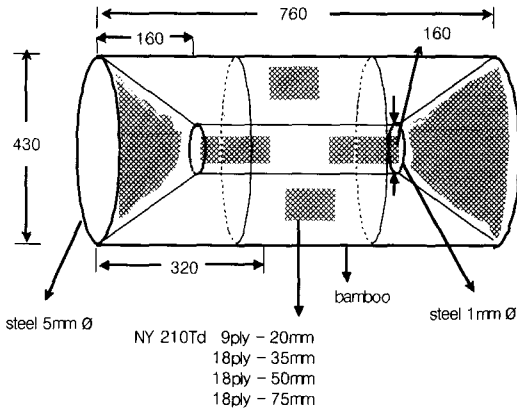


Fig. 2. Specification of drum net fish trap for elkhorn sculpin.

있었다. 어획된 빨간횃대는 망목 크기별로 전장은 어체측정판을 이용하여 cm 단위로 측정하였고, 중량은 접시저울로 5g 단위로 측정하였다.

## 2. 망목선택성 곡선 추정법

일반적으로 망목선택성 곡선을 추정하는 데는 Poisson 분포와 조건부 확률을 이용하여 구한 SE-LECT 모델(Millar, 1992; Millar and Walsh, 1992)과 Baranov의 기하학적인 상사를 이용하여 구한 Kitahara에 의한 방법(Kitahara, 1968; Fujimori et al., 1996)이 많이 쓰이고 있다.

### 가. SELECT 모델

큰 망목에 의한 어획마리수를  $n_{LI}$ , 작은 망목(control mesh)에 의한 어획마리수를  $n_{SI}$  라 하면, 전체 어획마리수 중 큰 망목에 의한 어획 비율  $\phi$  은 식(1)과 같이 된다.

$$\phi = \frac{n_{LI}}{n_{LI} + n_{SI}} \quad (1)$$

물고기가 두 망목의 통발 중 큰 망목의 통발에 들어갈 확률을  $p$ 라고 하면, 작은 망목의 통발에 들어갈 확률은  $1-p$ 가 된다. 체장  $l$ 인 물고기가 들어간 큰 망목의 통발에서 잔류할 확률을  $r(l)$ 이라 하고, 작은 망목의 통발에서는 모두 어획된다고 하자.  $r(l)$ 을 체장( $l$ )을 변수로 하여 일반적으로 쓰이는 logistic 함수로 표현하면 식(2)와 같고,

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

이 logistic 함수를 이용하여 물고기가 어느 쪽에나 동일하게 들어가서( $p=0.5$ ) 어획될 확률인 Equal split model과 임의의  $p$ 값으로 큰 망목에서 어획될 확률인 Estimated split model에 대한  $\phi(l)$ 은 각각 식(3) 및 (4)와 같이 된다.

#### • Equal split model

$$\begin{aligned} \Phi(l) &= \frac{P[\text{caught in large mesh}]}{P[\text{caught}]} \\ &= \frac{r(l)}{1+r(l)} = \frac{\exp(a+bl)}{1+2\exp(a+bl)} \end{aligned} \quad (3)$$

#### • Estimated split model

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

위 식에서 선택성곡선을 나타내는 logistic 함수의 변수(parameter)인  $a$ 와  $b$ 를 구할 때, 최대우도(最大尤度, maximum likelihood)을 이용하는데, 이때의 대수 우도함수(尤度函數)는 식(5)와 같이 된다.

$$\begin{aligned} \text{Log}_e(L) &= \sum [n_{LI} \text{Log}_e \Phi(l) \\ &\quad + n_{SI} \text{Log}_e (1-\Phi(l))] \end{aligned} \quad (5)$$

그리고, 대수 우도(尤度)를 이용하여 변수를 추정함에 있어서, 추정된 여러 가지 모델 중 적정 모델을 선정할 때, 최소 AIC(Akaike 정보 기준)에 의한 방법을 적용할 수 있다(Akaike, 1974; Park, 1998). 이 AIC는 식(6)과 같이 표현된다.

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

단, MLL은 식(5)에서의 최대 대수우도값이고,  $M$ 은 변수의 개수이다. AIC의 값이 작을수록 더 적절한 모델을 뜻한다.

### 나. Kitahara(比源)에 의한 곡선 추정법

망목선택성 곡선을 추정하는데 있어서, Baranov

는 일정한 크기의 어체가 어떤 망목에 대해 어획될 확률은, 망목 크기가 k배 커지고 어체의 체장도 k배 커진 경우 어획확률은 동일하다고 가정하였다. 즉, 망목 크기만 다른 동일한 어구로 어획효율을 구할 때 기하학적인 상사를 이용하여 식(7)이 성립한다고 가정하였다.

$$S(m, l) = S(km, kl) \quad (7)$$

여기서, k는 비례상수이다. Kitahara는 체장 l을 망목 크기 m으로 표준화시켜, 망목 크기에 대한 상대 체장 l/m을 변수로 하는 선택률 S(l/m)를 사용하여 식(7)을 다음과 같이 나타내었다.

$$S(m, l) = s(l/m_i) \\ S(km, kl) = s(kl/km) = s(l/m_i) \quad (8)$$

망목 크기가 m<sub>i</sub>인 그물에 체장 l<sub>i</sub>인 고기가 어획된 마리수를 C<sub>ij</sub>, 어구의 노력량으로 망목 m<sub>i</sub>의 반복 수를 X<sub>i</sub>라 하면, 단위노력당 어획마리수 c<sub>ij</sub>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, q<sub>i</sub>는 체장과는 무관한 것으로 어구 구조의 차이나 침지시간 등 조업 조건의 영향을 나타내는 망목 크기 m<sub>i</sub>인 어구의 어획효율이고, d<sub>j</sub>는 체장계급 j의 자원밀도이다. 위 식의 양변에 대수를 취하면 식(10)이 성립한다.

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

식(10)의 두 번째항은 어획효율이나 자원밀도와 관련된 보정치이다. Kitahara의 마스터 곡선에 객관성을 주기 위하여 Fujimori et al.(1996)은 삼중자망의 경우에 식(11)과 같은 다항식을 적용하였다.

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

단, R=l<sub>j</sub>/m<sub>i</sub>이다. 상대효율의 최대치를 1로 둘 때, 구하려는 선택성 곡선 s(R)은 식(12)와 같이 나타낼 수 있다.

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

여기서, F<sub>max</sub>는 식(11)의 최대값으로 식(11)를 미분하여 구할 수 있다 (김·이, 2002).

또한, 통발의 경우에 Kitahara 방법의 마스터 곡선에 적용할 함수를 삼중자망에서와 같은 다항식 외에 로지스틱(logistic) 함수를 선택성곡선에 적용하고자 한다. 로지스틱 함수는 다음과 같이 표현된다.

$$s(R) = 1 / [1 + \exp(aR+\beta)] \quad (13)$$

단, a, β는 로지스틱 함수의 변수로 비선형 최소 제곱법으로 구할 수 있고, 이것과 50% 선택체장 (R<sub>50</sub>) 및 75%와 25% 사이의 선택역 SR과는 식(14)와 같은 관계가 있다.

$$R_{50} = -\beta/a \\ SR = -2 \ln(3) / a \quad (14)$$

## 결과 및 고찰

2003년 6월부터 12월까지 8종류의 통발로 6회의 어획시험을 실시한 결과, 여러 어종들이 어획되었는데 주 어획종은 빨간횃대 등의 어류가 15%, 세고리 물레고동 등의 패류가 69%, 기타 문어, 새우 등이 어획되었다(국립수산과학원, 2004). 이 중에서 빨간횃대는 410마리가 어획되어 어류 중 78%를 차지하였고, 세고리 물레고동 등은 7월의 어획시험에서 대량 어획되었다. 통발의 명목상 망목 크기 20mm, 35mm, 55mm, 75mm를 디지털 버니어 캘리퍼스로 내망의 망목 크기를 측정된 결과, 각각 20.70mm, 34.17mm, 54.42mm, 73.66mm이었다. 통발 종류 중에서 빨간횃대 등 어획물은 주로 망목 크기 20mm, 35mm, 55mm인 통발과 망목 20mm에 탈출구로서 작은 링(직경 3cm)을 부착시킨 통발에서 많이 어획되었다. 따라서, 여기서 망목 크기에 대한 빨간횃대의 망목선택성을 살펴보고 있다.

### 1. SELECT 모델에 의한 선택성

어획시험에서 양망한 통발의 갯수는 Table 1과 같았고, 망목 크기에 따른 빨간횃대의 체장계급별 어획마리수는 Table 2 및 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에 의하면 망목 55mm인 통발은 어획마리수

Table 1. The number of hauling traps in different mesh size

mesh size (mm)	20	35	55	75
trap in number	386	387	386	389

Table 2. Length frequency distribution of elkhorn sculpin caught by drum net fish trap

Length group (cm)	Mesh size (mm)			
	20	35	55	75
13	0	1	0	0
14	0	1	0	0
15	0	0	0	0
16	2	6	1	0
17	6	4	0	0
18	8	6	1	0
19	11	12	0	0
20	13	6	1	0
21	14	8	3	0
22	14	10	4	0
23	12	12	3	0
24	9	6	6	0
25	3	4	1	0
26	0	2	1	0
27	3	1	0	1
28	1	1	1	0
total	96	80	21	1

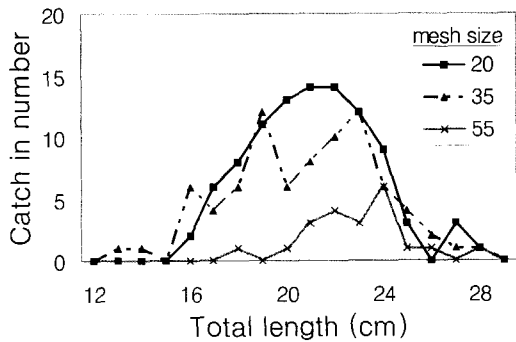


Fig. 3. Size frequency distribution using total length of elkhorn sculpin caught by drum net fish trap.

는 적으나 상대적으로 큰 어체가 어획된 것을 알 수 있고, 망목 20mm와 35mm의 통발 사이에는 뚜렷

한 차이를 식별하기 힘들다. 또, Fig. 4 (a)와 (b)는 망목 20mm와 35mm, 및 20mm와 55mm 통발에서 각각 큰 망목에 의해 어획된 비율을 나타내고 있다. 전자(a)인 망목 20mm와 35mm 사이에는 특별한 경향을 발견하기 어렵고, 후자(b)인 20mm와 55mm 사이에는 어체가 커질수록 어획률이 증가하는 경향을 보인다. 따라서, 후자의 경우에 대해 SELECT 모델을 적용하여 equal split model과 estimated split model을 적용한 것을 Fig. 5의 (a)와 (b)에 나타내었고, 추정된 변수와 두 모델에 대한 AIC 값은 Table 3과 같았다. 이에 의하면 AIC 값이 적은 equal split model이 더욱 적절하므로, 빨간횃대는 이 장구형 통발에 대해 대개(Jeong et. al., 2000) 등과는 달리 망목 크기가 다른 두 통발(20mm, 55mm)에 대한 입망률의 차이는 없다는 것을 의미하였다.

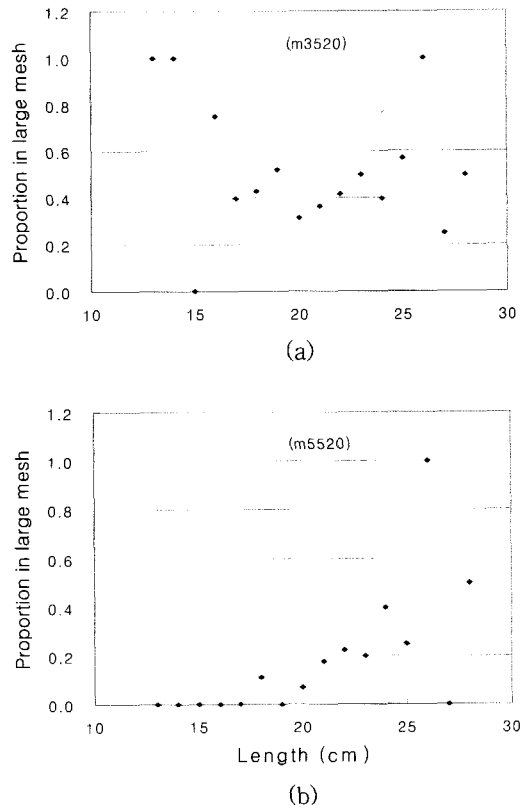


Fig. 4. Plot of the proportion taken in the large mesh trap to the total catch : (a) between 20mm and 35mm, (b) between 20mm and 55mm.

Table 3. Parameter estimates and AIC for both models

parameters	Equal split model		Estimated split model	
	p=0.5		p=estimated	
	estimates	S.E.	estimates	S.E.
a	-12.240	2.76	-14.717	7.87
b	0.506	0.12	0.660	0.42
p	0.5		0.375	0.17
parameter number	2		3	
AIC	31.90		33.53	

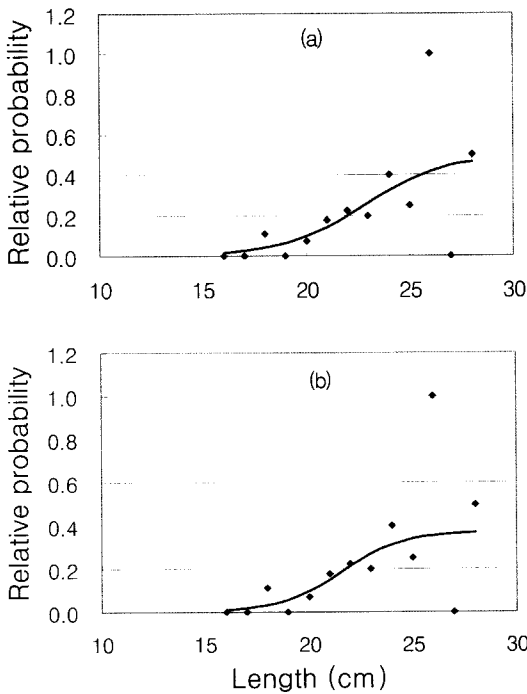


Fig. 5. Fits of equal split model (a) and estimated split model (b) curves to the proportion taken in the large mesh trap to the total catch.

Table 3의 equal split model의 변수값으로부터 망목 55mm의 통발에서 50% 어획될 빨간횃대의 전장은 22.0cm였다.

## 2. Kitahara(比源) 방법에 의한 선택성

Table 2의 자료를 기초로 하여 Kitahara의 방법

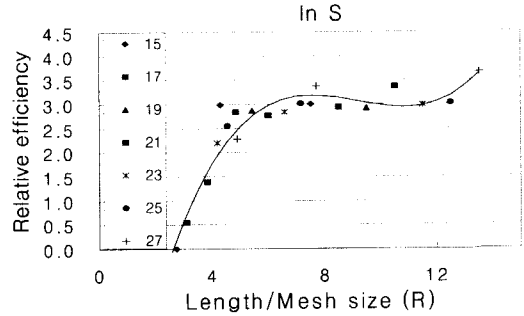


Fig. 6. Master curve (in logarithm) of mesh selectivity of drum net fish trap for elkhorn sculpin in the eastern sea of Korea. Solid line was fitted to the third order of polynomial.

으로 최소제곱법을 이용하여 식(11)에서 3차식을 적용하여 어획선택성 곡선을 구한 것은 Fig. 6과 같았으며, 추정된 다항식은 식(15)와 같았다.

$$s(R) = \exp[(0.0143 R^3 - 0.3855 R^2 + 3.3793 R - 6.5384) - 3.140] \quad (15)$$

여러 가지의 초기값을 사용하였으나 자망의 경우와는 달리, 장구형 통발에 대한 빨간횃대의 경우에도 어체가 큰 부분에서 어획효율이 계속 위로 증가하는, 그다지 좋은 결과가 나타나지 않았다(신·박, 2003). 이것은 어획자료의 특성에 기인하는 것으로 여겨진다. 이들 자료에 logistic 식을 적용한 것을 Fig. 7에 나타내었으며, 추정된 식은 식(16)과 같았다.

$$s(R) = \frac{1}{1 + \exp(-0.3545R + 2.1641)} \quad (16)$$

Fig. 7은 빨간횃대의 장구형 통발에 대한 어획선택성 곡선이 상당히 완만한 것을 보여준다. 식(16)에 의하면 현재 규정되어 있는 망목 35mm에 대해 50% 어획될 빨간횃대의 전장(L<sub>50</sub>)은 21.4cm 이었다.

우리나라 연안에는 많은 어종들이 서식하고 있다. 자원관리형 어업을 시행함에 있어서는 자원량 파악과 어획량 예측이 필요하다(김, 1997; Park, 1998). 그러나, 충분한 자원조사가 이루어지지 않은 어종에 대해서 자원관리형 어업이 보다 효과적

으로 이뤄질 수 있기 위해서는, 통발의 망목 크기 같은 규제 이외에 (양적인 규제나) 어획금지 체장을 한시적이라도 정해 놓고, 차후 자원확적인 조사 연구 후에 보완하는 것도 고려해 봐야 할 것이다. 왜냐하면, 한번 자원이 감소된 어류가 다시 회복하는 데 소요되는 시간은, 자원감소에 소요된 시간보다 더 오랜 시간이 필요하기 때문이다.

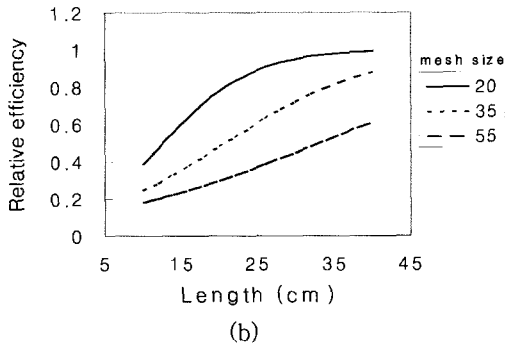
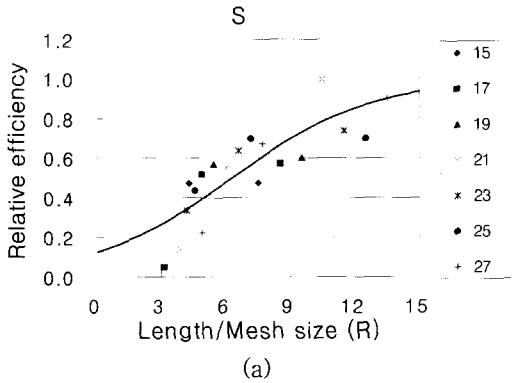


Fig. 7. Master curve and data points (a) and curves in mesh size (b) of the selectivity of drum net fish trap for elkhorn sculpin.

### 요 약

동해안의 연안성 어족인 빨간횃대에 대해 망목 크기 등을 달리한 8종류의 장구형 통발을 사용하여, 2003년 6월부터 12월까지 총 6차례에 걸쳐 어선 2척을 용선하여 조업한 어획실험으로부터 망목선택성 곡선을 구하여 합리적인 자원관리에 대한 기초 자료를 구하고자 하였다.

망목 크기가 20mm와 35mm인 두 통발의 빨간

횃대 어획물로부터 체장에 따른 어획비율의 차이에 대해 특별한 경향을 발견할 수 없었다. 망목 크기가 20mm와 55mm인 두 통발의 경우에 대해 SE-LECT 방법을 이용하여 equal split model과 estimated split model을 적용한 결과, AIC 값이 적은 전자가 더 적절한 모델이므로, 빨간횃대의 경우는 이들 두 통발에 대한 입망률의 차이는 없는 것으로 나타났다. 망목 55mm의 통발에서 SELECT 모델로 구한 50% 어획될 빨간횃대의 전장은 22.0cm였다. 망목 크기가 20mm, 35mm, 55mm인 통발의 어획 자료에 Kitahara의 방법으로 logistic 식을 적용하여 추정된 선택성 곡선식은  $s(R) = \frac{1}{1 + \exp(-0.3545R + 2.1641)}$  와 같았고, 현재 규정 망목 크기인 35mm 장구형 통발에 대해 50% 어획될 빨간횃대의 전장은 21.4cm이었다.

### 감 사

본 논문에 대해 자세하게 검토하여 주시고 개선된 방향으로 지적하여 주신 심사위원들님께 감사드립니다.

### 참고문헌

- Akaike, H. (1974) : A new look at the statistical model identification. IEEE Trans. Automat. Control AC-, 19(6), 716-723.
- Frusher, S.D. and Hoenig, J.M. (2001) : Impact of lobster size on selectivity of traps for southern rock lobster (*Jasus edwardsii*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58, 2482-2489.
- Fujimori, Y., Tokai, T., Hiyama S., and Matuda, K. (1996) : Selectivity and gear efficiency of trammel nets for kuruma prawn (*Penaeus japonicus*). Fisheries Research 26, 113-124.
- Jeong, E.C., Park, C.D., Park, S.W., Lee J.H. and Tokai, T. (2000) : Size selectivity of trap for male red queen crab *Chionoecetes japonicus* with the extended SELECT model. Fisheries Science 66, 494-501.

- Kitahara, T. (1968) : On sweeping trammel net (Kogisiamami) fishery along coast of the San'in district - III. Mesh selectivity curve of sweeping trammel net for Branquillos. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 34, 759-763.
- Losanes, L.P., Matuda, K. and Fujimori, Y. (1992) : Estimating the entangling effect of trammel and semi-trammel net selectivity on rainbow trout. Fisheries Research 15, 229-242.
- Millar, R.B. (1992) : Estimating the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. J. Am. Stat. Assoc. 87, 962-968.
- Millar, R.B. and Walsh, S.J. (1992) : Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. Fisheries Research 13, 205-220.
- Millar, R.B., Broadhurst, M.K., Macbeth, W.G. (2004) : Modelling between-haul variability in the size selectivity of trawls. Fisheries Research 67, 171-181.
- Park, H.H. (1998) : Analysis and prediction of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) landings in Korea by time series analysis. Fisheries Research 38(1), 1-7.
- Slack-Smith, R.J. (1992) : Fishing with traps and pots. FAO training series 26, Rome.
- Tokai, T., Omoto, S., Sato, R. and Matuda, K. (1996) : A method of determining selectivity curve of separator grid. Fisheries Research 27, 51-60.
- Treble, R.J., Millar, R.B. and Walker, T.I. (1998) : Size-selectivity of lobster pots with escape-gaps: Application of the SELECT method to the southern rock lobster (*Jasus edwardsii*) fishery in Victoria, Australia. Fisheries Research 34, 289-305.
- Wileman, D.A., Ferro, R.S.T., Fonteyne, R. and Millar, R.B. (1996) : Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. ICES Cooperative Research Report, No. 215, pp126.
- Xu, X. and Millar, R.B. (1993) : Estimation of trap selectivity for male snow crab (*Chionoecetes opilio*) using the SELECT modeling approach with unequal sampling effort. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50, 2485-2490.
- 국립수산과학원(2004). 2003년도 수산시험연구 사업보고서 (인쇄중).
- 김성훈·이주희(2002) : 가자미 삼중자망의 망목 선택성. 한국어업기술학회지 38, 91-100.
- 김용술(1997) : 수산자원학. 신흥출판사, pp291.
- 박창두·안희춘·조삼광·백철인(2003) : 자망에 대한 대게 수컷의 망목선택성. 한국어업기술학회지 39(2), 143-151.
- 박해훈·김승환(2000) : 민들조개 (*Gomphina melanaegis*) 형망의 갈퀴에 의한 어획선택성. 한국어업기술학회지 36(4), 267-273.
- 小池 篤·小倉 通南(1977) : エビ籠,カに籠における網目,入口の選擇作用について. 東水大研報 64, 1-11.
- 신종근·박해훈(2002) : 서해연안 꽃게통발 어구 개량 연구. 2001 서해수산연구소 사업보고서. 43-64
- 신종근·박해훈(2003) : 원통형 통발에 의한 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*)의 어획선택성. 한국어업기술학회지, 39(3), 174-180.
- 오택윤·조영복·박광재·정순범·김민석·김형석·이주희(2004) : 새우조망의 망목선택성. 한국어업기술학회지 40(1), 86-94.
- 梨本勝昭·宮 晴彦·平石智徳(1983) : ウバガイ網のつめによる漁獲選擇性について. 日水誌 49(3), 379-385.
- 정순범·이주희·김삼곤(1993) : 측편형 어류에 대한 트롤 끝자루의 망목선택성. 어업기술 29(4), 254-259.
- 조영복·박창두·이주희(2000). 서대 3중자망의 망목선택성에 관한 연구. 한국어업기술학회지 36, 89-95.
- 조봉곤·김영곤(1999) : 피조개 형망의 어획선택성에 관한 연구. 한국어업기술학회지 35, 366-376.

2004년 6월 14일 접수

2004년 10월 5일 수리