J. Kor. Soc. Fish. Tech. 41(4), 279 – 288, 2005 韓國漁業技術學會誌, 41(4), 279 – 288, 2005

# 비균등한 어획노력량 및 샘플량인 경우의 SELECT 모델을 이용한 세고리물레고둥(*Buccinum opisoplectum Dall*)의 장구형 통발에 대한 망목선택성 : 예비분석

박해훈* · Russell B. Millar[1] · 안희춘[2] · 김현영[3] · 정의철 · 신종근[2] · 차봉진[2] · 김인옥[2]

국립수산과학원 동해수산연구소 자원관리조성팀, [1]오클랜드대학교 통계학과,
[2]국립수산과학원 수산공학팀, [3]국립수산과학원 서해수산연구소 자원관리조성팀

# Mesh selectivity of drum net traps for *Buccinum opisoplectum Dall* using SELECT model with unequal fishing and sampling efforts: A preliminary analysis

**Hae-Hoon PARK* · Russell B. MILLAR[1] · Heui-Chun AN[2] · Hyun-Young KIM[3]**

**Eui-Cheol JEONG · Jong Keun SHIN[2] · Bong-Jin CHA[2] · In Ok KIM[2]**

*Fisheries Resources Management and Enhancement Team, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangwon 210-861, Korea*

*[1]Department of Statistics, University of Auckland, Auckland 1020, New Zealand*

*[2]Fisheries Engineering Team, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea*

*[3]Fisheries Resources Management and Enhancement Team, West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Inchon 400-420, Korea*

The mesh selectivity of drum net traps for Buccinum opisoplectum Dall caught in the eastern sea of Korea was described. Several experiments were conducted between July 2003 and March 2004 and the data obtained from the experiment was fitted by SELECT (Share Each LEngth class' s Catch Total) model with unequal fishing and sampling efforts. The selection curve was determined to be 'estimated fishing efficiency' by model deviance rather than AIC. However the fishing efficiency between 20mm and 35mm mesh size did not seem to be different. The $L_{50}$ lengths of the selectivity for the 55mm and 75mm mesh size were 65.4mm and 96.0mm, respectively.

Key words : SELECT model, Unequal efforts, Maximum likelihood, Drum net trap, *Buccinum opisoplectum Dall*

## 서 론

우리나라 연안에 많이 서식했던 여러 가지 어종의 수산자원이 근래 심각한 상태로 감소되었기에 여러 분야에서 수산자원회복 계획을 세워 노력하

*Corresponding author :hhpark@nfrdi.re.kr Tel: +82-33-660-8525 Fax: +82- 33-661-8513

고 있다. 어업적인 측면에서는 자원을 보호하기 위해 어구에 일정 망목 크기 이상을 사용하도록 하거나 어기의 제한을 두거나 어종에 따라 어획량을 제한하는 규제를 가하고 있다. 우리나라에서 일반적인 그물통발의 망목 크기는 35mm 이상 사용하도록 제한하고 있다. 또한, 지속적인 어업을 위해서는 자원량 산정이나 사망계수 및 어획량의 예측 등도 필요하며, 어류뿐만 아니라 연체류, 패류 중 자원조사가 충분히 이루어지지 않은 대상물이라도 자원관리형 어업을 위해서는 어구에 대한 어획선택성 같은 기초 자료를 구할 필요가 있다.

어구의 어획선택성에 대해서는 국내외에서 트롤, 자망, 통발, 형망 등에 있어서 그물코의 크기나 형태, 성형률, 탈출용 grid 등에 관하여 많은 연구가 행해지고 있다 (Kitahara, 1968; Nashimoto et al., 1983; Losanes et al., 1992; Millar, 1992; Millar and Walsh, 1992; Jeong et al., 1993; Xu and Millar, 1993; Newman and Williams, 1995; Fujimori et al., 1996; Tokai et al., 1996; Wileman et al., 1996; Tokai and Mitsuhashi, 1998; Treble et al., 1998; Cho and Kim, 1999; Cho et al., 2000; Jeong, 2000; Jeong et al., 2000; Uchida et al., 2000; Frusher and Hoenig, 2001; Kim and Lee, 2002; Shin and Park, 2002, 2003; Millar et al., 2004; Oh et al., 2004; Park et al., 2004a; Park et al., 2004b; Lee et al., 2005).

어획선택성 곡선을 구하는 기법은 주로 트롤의 cover net 방식 등에서 로지스틱 곡선을 이용한 SELECT 방법(Millar and Walsh, 1992), 자망이나 삼중자망에서 石田의 방법에 마스터 곡선을 도입한 Kitahara 방법(Fujimori et al., 1996)이나 SELECT 방법(Fujimori and Tokai, 2001; Park et al., 2004a), 통발의 경우에는 石田의 방법 또는 Kitahara의 방법(Shin and park, 2003)을 이용하거나 SELECT 방법(Treble et al., 1998; Jeong et al., 2000; Park et al., 2004b)이 이용되고 있으며, 형망의 경우에는 梨本에 의한 방법(Nashimoto et al., 1983; Park and Kim, 2000)이나 SELECT 방법(Kim et al., 2005)이 쓰인 예가 있다.

한국 동해안에서는 장구형 통발로 고둥류, 빨간횟대, 문어 등을 어획하고 있다. 이 중에서 고둥류인 세고리물레고둥은 한국, 일본, 러시아의 사할린 등에 분포하고 있으며, 패각 표면의 주연부에는 각각 3개씩의 굵은 나륵이 있고, 패각의 봉합은 깊고 뚜렷하며, 50 – 200m 정도의 수심에 서식한다.

본 논문에서는 통발에 주로 어획되는 동해안의 세고리물레고둥을 대상으로 망목 크기가 다르거나 탈출구가 있는 몇 종류의 장구형 통발을 사용한 어획실험 중, 탈출구를 제외한 망목크기 차이에 대한 어획시험 자료를 이용하여 세고리물레고둥의 선택성을 구하여 합리적인 자원관리를 위한 기초자료를 구하고자 하였다. 여기선 조업 중 통발이 해저에 걸리거나 타 어구와 얽히거나 양망 도중 조류가 너무 강하여 전부 양망하지 못하여 어획노력량이 동일하지 않은 경우와 양망 중 어획물이 깨져 전수 측정하지 못해 샘플량이 달랐으므로 비균등 어획노력량 및 샘플량인 경우에 대한 SELECT 모델(Xu and Millar, 1993)을 적용하였다.

## 자료 및 방법

### 실험방법

한국 동해안의 연안성 어족인 세고리물레고둥를 대상으로 포항 대보의 인근 해역에서 현지 어민들이 사용하고 있는 장구형 통발로 망목크기 등을 달리하여 어획선택성 실험을 실시하였다. 현장 실험은 2003년 7월부터 2004년 3월까지 총 6차례에 걸쳐 실시하였고, 2003년에는 현지 어선 2척 (대해호, 5.8톤; 대우호, 7.3톤)을, 2004년에는 1척(대해호)만을 용선하여 어획시험을 행하였으며, 조업한 해역은 한국 동해안의 포항 근처 해역이었다(Park

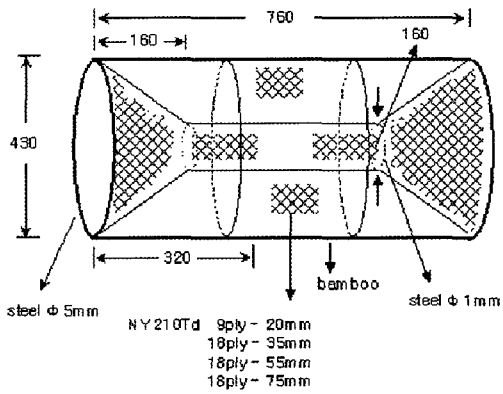


**Fig. 1. Specification of drum net trap for *Buccinum opisoplectum Dall.***

et al., 2004b).

사용한 장구형 통발(Slack－Smith, 1992)의 형태와 구조는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 직경 43cm, 길이 76cm의 테두리에 Nylon 210Td 20mm(9ply), 35mm(18ply), 55mm(18ply), 75mm(18ply)인 4종류의 그물감을 씌웠으며, 또, 망목 20mm(9합사) 망지에 탈출구로서 링(2종 : 직경 3cm, 5cm)이나 바깥테(2종 : 테 간격 2cm, 4cm)를 부착시킨 통발을 사용하였다. 사용한 통발수는 한 척당 1일 2틀이었으며, 1틀에 사용된 통발의 종류와 갯수는 2003년에는 8종류 184개, 2004년에는 바깥 테를 부착한 통발은 투양망 작업과 어구수리가 불편하였으므로, 테가 있는 것을 제외한 6종류의 통발로 1틀을 180개씩으로 구성하였다. 투망시 통발을 종류별로 하나씩 순차적으로 배열하여 투망하였고 미끼는 정어리를 사용하였으며, 기상 상태 등 상황에 따라 1주 내지 3주 정도 침적시킨 후 양망하였다. 세고리물레고둥은 2003년 7월부터 2004년 3월까지의 어획시험에서 연도로는 2년에 걸쳐 어획되었으나, 월별로 겹치지 않았기에 모두 합하여 작업이 행해진 조사기간 전체 자료에 대한 평균적인 어획선택성을 구하고자 하였다. 통발 양망시는 어구가 해저에 걸리거나 타 어구와 얽혀 파손되거나 올리지 못한 경우도 있었고, 양망 중 조류가 너무 강하여 양망작업을 중단해야 하는 경우도 있었다. 또, 어획한 개체는 전수 측정하였으나 깨진 것도 있어 모두 각고를 측정하지는 못하였기에, 비균등한 어획노력량 및 샘플량인 경우에 있어서의 장구형 통발에 대한 망목선택성을 구하고자 하였다. 분석에 사용한 자료는 당일에 동시에 양망한 것만을 사용하였는데, 어획물의 측정은 망목 크기별로 버니어 캘리퍼스를 이용하여 각고와 각폭을 0.1mm 단위까지 측정하였고, 중량은 접시저울로 5g 단위까지 측정하였다.

## 망목선택성 곡선 추정법

망목선택성 곡선을 추정하는 데는 노력량이 다른 경우의 SELECT 모델(Millar, 1992; Millar and Walsh, 1992; Xu and Millar, 1993)을 적용하였다. 이것에 대해 간단히 언급하면, 시험 어구(experimental gear)에 의한 어획마리수를 $nL_i$, 대조 어구(control gear)에 의한 어획마리수를 $n_{Si}$ 라 할 때, 전체 어획마리수 ($nl+$) 중 큰 망목에 의한 어획 비율을 $\Phi_l$ 이라 하자.

물고기가 망목크기가 다른 두가지 통발 중 시험통발에 들어갈 확률을 p라고 두면, 대조 통발에 들어갈 확률은 1－p가 된다. 체장 $l$인 물고기가 들어간 시험 어구의 통발에서 잔류할 확률을 $r(l)$이라 하고, 대조 어구의 통발에서는 모두 어획된다고 하면, 일반적으로 $r(l)$은 체장($l$)을 변수로 하는 logistic 함수로 표현하면 식(1)과 같다.

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

동일한 노력량이 아닌 경우에 어획에 영향을 미치는 요소로는 상대적 어획노력량(f), 상대적 어획효율(c), 상대적 샘플노력량(s) 등이 있으며, 두 어구에 있어서 시험 어구를 1, 대조 어구를 2라고 하면, 이들은 각각 $f_1, f_2$, $c_1, f_2$ 및 $s_1, s_2$로 표현된다. 어체 크기 $l$인 물고기가 어구를 만났을 때 측정될 확률은 식(2)와 같이 된다.

$$\begin{aligned}&\text{P(measured from gear i | encounter)}\\&=P(\text{measured from gear i | caught in gear i})\times P(\text{caught in gear i | enter gear i})\times P(\text{enter gear i | encounter gear i})\times P(\text{encounter gear i | encounter})\\&=ks_ir_i(l)c_if_i\end{aligned} \tag{2}$$

여기서 $r_i$(l)은 어구 i의 선택성 곡선이다. 비례상수 $k$는 상대적 확률인 $c_1$과 $c_2$에 기인한다. 시험어구와 대조어구에 있어서 상대 어획노력량은 f, 1－f로, 어구 효율은 c, 1－c로 나타낼 수 있다. 대조(control)어구는 어획물을 모두 어획한다고 가정하고($r_2(l)=1$), 시험어구의 선택성곡선을 $r(l)$로 나타내자. 전체 어획물 중에서 시험어구로부터 어체크기 $l$인 물고기가 측정될 확률은 식(3)과 같이 된다.

$$\Phi(l)=\text{P(measured from experimental gear | encounter)} / P(\text{measured | encounter})$$

즉,

$$\Phi(l)=\frac{s_1r(l)cf}{s_1r(l)cf+s_2(1-c)(1-f)}=\frac{\frac{qcr(l)}{1-c}}{\frac{qcr(l)}{1-c}+1} \tag{3}$$

단, $q = s_1 f / s_2(1-f)$는 알고 있는 값이고, 구해야 할 변수는 $c$와 선택성 곡선인 $r(l)$이다. 또, 기존의 SELECT 모델에서는 어획될 확률이 다음과 같이 표현되었다.

$$\Phi(l) = \frac{p \cdot r(l)}{(1-p)+p \cdot r(l)} = \frac{\frac{pr(l)}{1-p}}{\frac{pr(l)}{1-p}+1} \quad (4)$$

식(3)과 식(4)는 다음과 같은 조건에서 동일하게 된다.

$$\frac{qc}{1-c} = \frac{p}{1-p} \quad (5)$$

따라서, $c$와 $p$ 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$c = \frac{p}{q+(1-q)p}, \quad \frac{qc}{1+(q-1)c}$$

위에서 변수인 c와 선택성 곡선으로 logistic 함수 $r(l)$을 구할 때, 최대우도(最大尤度, maximum likelihood)를 이용하는데, 이때의 대수 우도함수는 다음 식과 같이 된다.

$$Log_e(L) = \sum_l [n_{Ll} Log_e \Phi(l) + n_{Sl} Log_e(1-\Phi(l))] \quad (6)$$

그리고, 대수 우도(尤度)를 이용하여 변수를 추정함에 있어서, 추정된 여러 가지 모델 중 적정 모델을 선정할 때, 모델편차(model deviance) D 또는 최소 AIC(Akaike 정보 기준)에 의한 방법을 적용할 수 있다(Wileman et. al., 1996; Akaike, 1974; Park, 1998). 이것들은 각각 식(7) 및 (8)과 같이 표현된다.

$$D_l = [2_{nl+}\{\phi_l \times ln(\frac{\phi_l}{\phi_l}) + (1-\phi_l) \times ln(\frac{1-\phi_l}{1-\phi_l})\}]^{1/2}$$

$$D = \sum_l D_l^2 \quad (7)$$

$$AIC = -2MLL + 2M \quad (8)$$

여기서, MLL은 최대 대수우도값(maximum likely hood value)이고, M은 변수의 갯수이다. 모델편차나 AIC의 값이 작을수록 더 적절한 모델을 뜻한다.

## 결과 및 고찰

2003년 7월부터 2004년 3월까지 총 6회의 어획시험을 실시한 결과, 주 어획종은 세고리물레고둥 등의 패류가 2480마리(68%), 빨간횟대 등의 어류가 564마리(15%), 그외 문어 등의 연체류(5%)와 새우, 게 등의 갑각류(12%)가 어획되었다. 세고리물레고둥은 7월의 어획시험에서 대량 어획되었다. 망목 크기가 20mm, 35mm, 55mm, 75mm인 통발 중에서 세고리물레고둥 등의 어획물은 주로 20mm, 35mm, 55mm인 통발과 망목 20mm 망지에 탈출구로서 링(직경 3cm)을 부착시킨 통발에서 많이 어획되었는데, 여기선 망목 크기에 따른 세고리물레고둥의 어획선택성을 살펴보았다.

어획시험에서 월별로 어획된 세고리물레고둥의 평균 각고는 Table 1과 같았다. Anova 분석에 의하면 월별 평균 각고 차이는 유의한 것으로 나타났다. 그러나 어획한 자료가 월별로 겹치지 않았기에 전체적인 관계를 보기 위하여 조사기간 동안의 자료

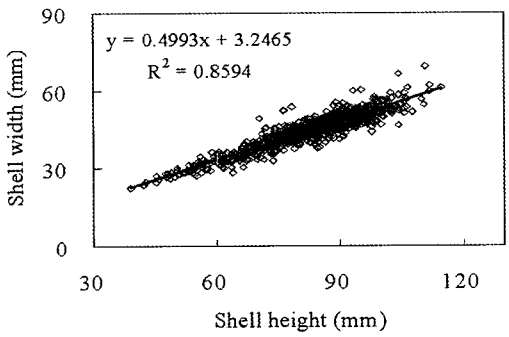


**Fig. 2. Relationship between shell height and shell width of *Buccinum opisoplectum Dall.***

**Table 1. Mean shell height of *Buccinum opisoplectum Dall* caught in traps in month**

| | 2003 | | | 2004 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | July | August | September | October | March |
| Mean shell height ± SD(mm) | 82.3±12.4 | 90.2±9.6 | 88.7±9.4 | 81.6±10.9 | 92.5±8.1 |
| No. shell caught | 917 | 60 | 13 | 113 | 25 |

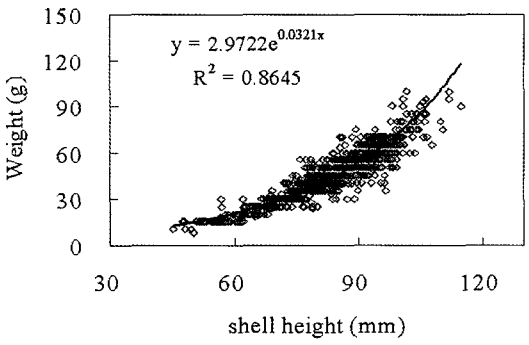


**Fig. 3. Relationship between shell height and shell weight of *Buccinum opisoplectum Dall.***

**Table 2. The number of *Buccinum opisoplectum Dall* measured and unmeasured (or broken) in different sized meshes**

| | mesh size (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20 | 35 | 55 | 75 |
| measured | 259 | 220 | 105 | 10 |
| unmeasured (or broken) | 62 | 80 | 34 | 3 |
| total | 321 | 300 | 139 | 13 |

**Table 3. Shell height distribution of *Buccinum opisoplectum Dall* caught by traps with different sized meshes and the number of hauling traps in the eastern sea of Korea**

| Shell height class (mm) | Mesh size (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20 | 35 | 55 | 75 |
| 38 – 42 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 42 – 46 | 2 | 3 | 0 | 0 |
| 46 – 50 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| 50 – 54 | 4 | 3 | 0 | 0 |
| 54 – 58 | 7 | 5 | 1 | 0 |
| 58 – 62 | 7 | 9 | 0 | 0 |
| 62 – 66 | 8 | 6 | 1 | 1 |
| 66 – 70 | 11 | 17 | 6 | 0 |
| 70 – 74 | 15 | 16 | 5 | 0 |
| 74 – 78 | 23 | 20 | 8 | 0 |
| 78 – 82 | 36 | 30 | 13 | 0 |
| 82 – 86 | 37 | 25 | 21 | 1 |
| 86 – 90 | 41 | 33 | 19 | 2 |
| 90 – 94 | 28 | 29 | 13 | 2 |
| 94 – 98 | 21 | 12 | 8 | 1 |
| 98 – 102 | 9 | 7 | 3 | 3 |
| 102 – 106 | 2 | 3 | 6 | 0 |
| 106 – 110 | 3 | 0 | 1 | 1 |
| 110 – 114 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| total | 259 | 220 | 105 | 11 |
| No. traps hauled | 458 | 457 | 456 | 458 |

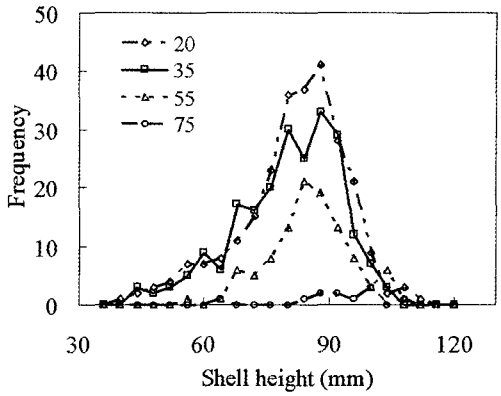


**Fig. 4. Size frequency distribution in accordance with shell hight of *Buccinum opisoplectum Dall* caught by drum net traps.**

를 통합하여 분석하였다. 이들 전체 자료에 대하여 각고(H)에 대한 각폭(B) 및 중량(G)과의 관계식은 Fig. 2 및 Fig. 3과 같이 식(9)로 나타낼 수 있었다.

$$B = 0.4993H + 3.2465 \quad (R^2 = 0.859) \quad (9-1)$$

$$G = 2.9722\exp(0.0321H) \quad (R^2 = 0.865) \quad (9-2)$$

망목크기별로 양망한 통발에서 어획된 마리수와 측정된 마리수는 Table 2에 나타나 있다. 망목크기에 따른 세고리물레고둥의 각고 계급별 어획마리수와 양망한 통발의 갯수는 Table 3 및 Fig. 4에 나타나 있다. 망목 75mm의 각고 64mm 계급에 있는 특이점 1 개체는 곡선 적합에 포함시키지 않았다. 망목 20mm와 35mm의 통발 사이에 상대 어획률의 차이에는 빨간횟대(Park et al., 2004b)의 경우처럼 특별한 경향을 발견하지 못했으나, 망목 20mm와 55mm 사이 및 망목 20mm와 75mm 사이에는 Fig. 5(a) 및 Fig. 6(a)에서 보는 바와 같이 각고가 커질수록 상대 어획률이 증가하는 경향을 보였기에 SELECT 방법을 사용하여 각각 estimated split model과 equal split model를 적용시킨 결과를 (a)에 나타내었고, 이에 대한 잔차(deviance residuals)를 (b)에 나타내었다. Table 4에는 선택성 곡선으로 logistic 곡선의 추정된 변수와 모델 편차(model deviance) 및 AIC 값이 나타나 있다. 모델 편차는 estimated split model이 더 좋다는 것을 나타내고 있으나, AIC값은 equal split model이 더 좋다는 상반된 결과를 나타내고 있는데, 여기서는 Fig. 5와 6의

잔차 편차(residual deviance)인 (b)에 의해 estimated split model을 선택하였다. 왜냐면 AIC도 절대적인 기준이 아니고 시계열 분석에서는 AIC에도 결점이 있는 것이 알려져 있다. Fig. 5와 6의 (c)에 나타낸 선택성곡선에 의하면 망목 20mm와 55mm의 경우에 대해 equal split model 곡선과 estimated split model 곡선의 차이는 적으나, 망목 20mm와 75mm 사이의 경우 두 선택성 곡선의 차이는 크다.

따라서, estimated split 모델을 선택하였을 때, 망목 20mm에 대해 망목 55mm 및 75mm의 상대어획

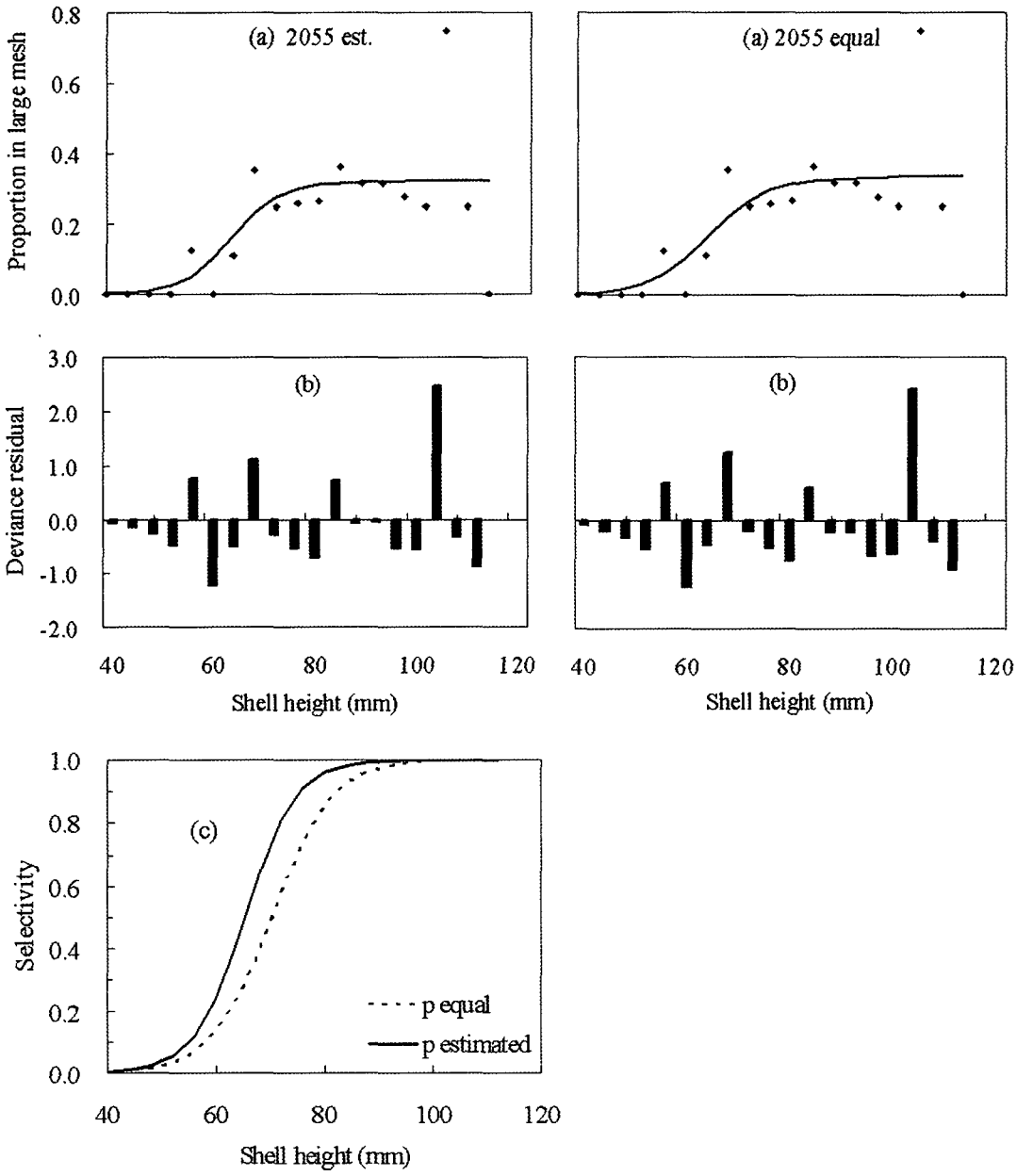


**Fig. 5. (a) Fits of curves to the proportion taken in the large mesh trap (55mm) to the total catch and (b) the deviance residuals of the estimated (est.) split model and equal split model and (c) the selection curve.**

효율(relative fishing efficiency)은 다음과 같이 각각 0.48 및 0.25로서, 망목 75mm의 경우는 망목 20mm에 비해 어획효율이 상당히 낮았다.

망목 55mm의 경우,

$$\frac{0.322/(456/914)}{0.678/(458/914)}=0.48$$

망목 75mm의 경우,

$$\frac{0.197/0.5}{0.803/0.5}=0.25$$

Table 4의 estimated split model에 의하면, 망목 55mm 및 75mm 장구형 통발에서 50% 어획될 세고리물레고둥의 각고는 각각 65.4mm와 96.0mm였다.

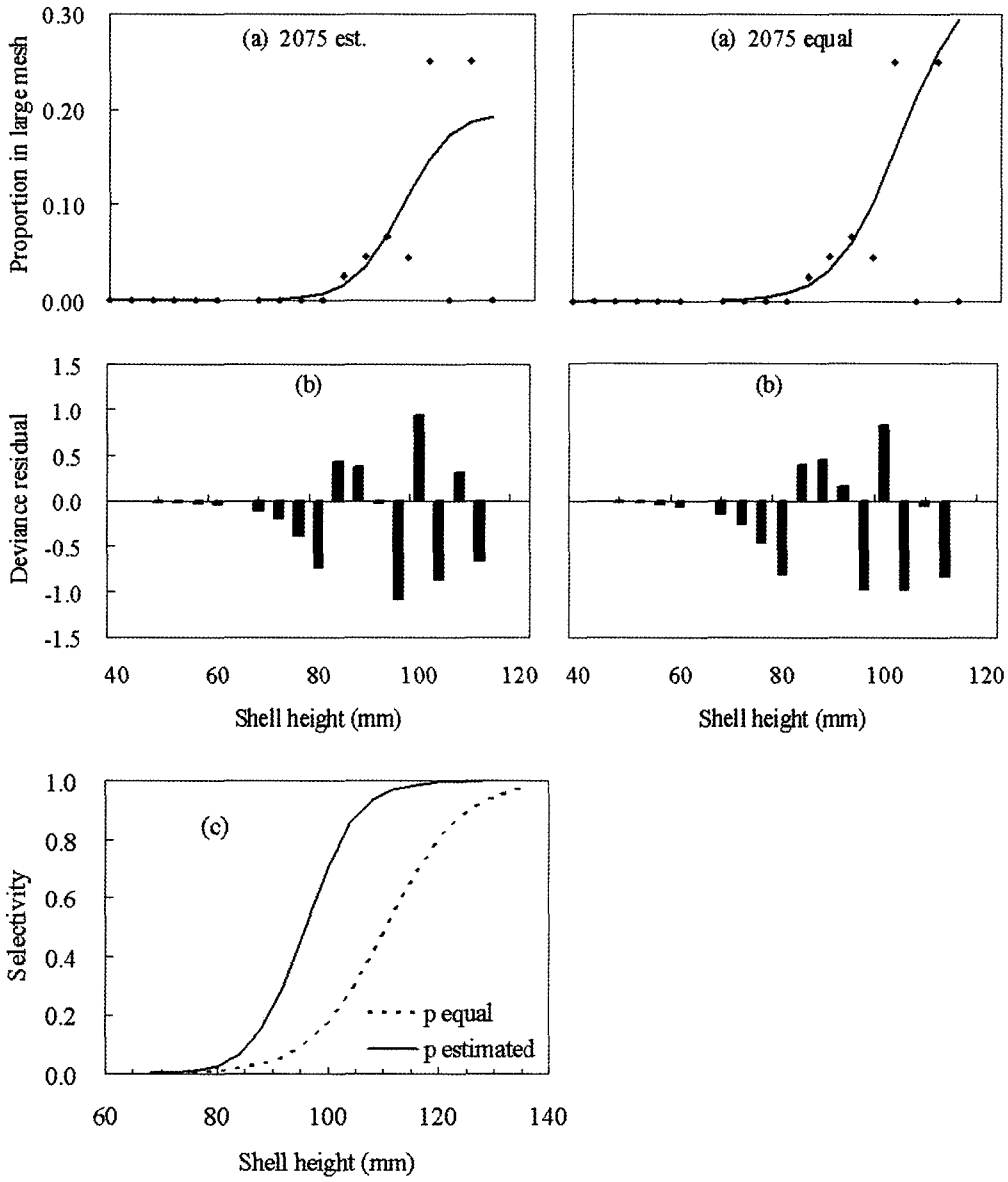


**Fig. 6. (a) Fits of curves to the proportion taken in the large mesh trap (75mm) to the total catch and (b) the deviance residuals of the estimated (est.) split model and equal split model and (c) the selection curve.**

**Table 4. Estimates of the parameters from fits of the logistic curves for the equal fishing efficiency and estimated relative fishing efficiency cases and the values of model deviances**

| | 55mm mesh | | 75mm mesh | |
|---|---|---|---|---|
| | Fixed p = 456/914 | Estimated p | Fixed p=0.5 | Estimated p |
| a | − 13.091 | − 14.017 | − 16.326 | − 20.892 |
| b | 0.187 | 0.214 | 0.147 | 0.218 |
| p | 456/914 | 0.321 | 0.5 | 0.197 |
| $l_{50}$ | 70.10 | 65.37 | 110.60 | 95.99 |
| SR | 11.8 | 10.2 | 14.9 | 10.1 |
| Model deviance | 13.00 | 12.92 | 5.04 | 4.36 |
| AIC | 58.20 | 60.12 | 22.52 | 23.83 |
| Degrees of freedom | 17 | 16 | 17 | 16 |

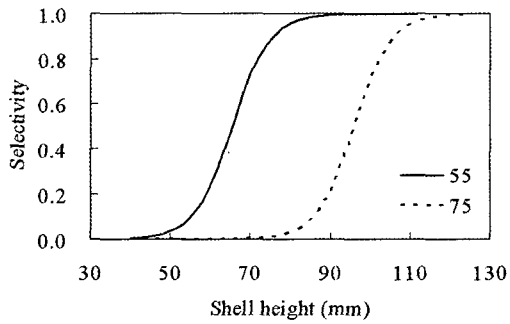


**Fig. 7. Selection curves in mesh size (55mm and 75mm) of the drum net trap for *Buccinum opisoplectum Dall.***

우리나라 연안에는 많은 어종들이 서식하고 있으므로, 충분한 자원조사가 이루어지지 않은 어종에 대해서 자원관리형 어업이 보다 효과적으로 이루어지도록 하기 위해서는, 통발의 망목 크기 같은 규제 이외에 (양적인 규제나) 어획금지 체장을 한시적으로 정해 놓고 차후 자원학적인 조사 연구 후에 수정 보완하는 것도 고려해 봐야 할 것이다. 왜냐하면, 한번 자원이 감소되면 다시 회복하는 데 소요되는 시간은, 자원감소에 소요된 시간보다 더 오랜 시간이 필요하기 때문이다.

## 결 론

동해안의 연안성 어족인 세고리물레고둥에 대해 망목 크기를 20mm, 35mm, 55mm, 75mm의 장구형 통발을 사용하여, 2003년 7월부터 2004년 3월까지 총 6차례에 걸쳐 포항 근처 해역에서 어선을 용선하여 행한 어획실험으로부터 어획노력량 및 샘플량이 다른 경우에 대해 SELECT 방법을 적용하여 망목선택성을 구한 결과는 다음과 같았다.

망목 20mm와 35mm 사이의 통발에서 어획 비율의 차이에 대해 특별한 경향은 발견할 수 없었다. 망목 크기가 20mm와 55mm 및 20mm와 75mm 사이의 통발에 대해 SELECT 방법을 적용한 결과, estimated split model이 equal split model 보다 모델 편차(model deviance)가 적어 더 적절하다고 나타났다. 따라서, 이 estimated split model에 의해 망목 55mm와 75mm의 경우의 50% 어획될 세고리물레고둥의 각고는 각각 65.4mm, 96.0mm였고, 망목 20mm에 대한 상대어획효율은 각각 0.48 및 0.25이었다.

## 사 사

세고리물레고둥의 동정과 통발 실험에 대해 도움주신 국립수산과학원 박창두 박사님과 자세하게 문장과 그림을 다듬어주신 익명의 심사위원님들과 이유원 박사님께 감사드립니다. 이 연구는 국립수산과학원(통발어구의 어획선택성에 관한 연구, RP − 2005 − SG − 003)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Trans. Automat. Control AC − , 19(6), 716 − 723.

Cho, B.K. and Y.K. Kim, 1999. A study on the catching selectivity of the ark shell (*Scapharca Broughtonii*) dredge. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 35(4), 366 − 376.

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. Korean Soc. Fish. Tech., 36(2), 89 – 95.

Frusher, S.D. and J.M. Hoenig, 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. and T. Tokai, 2001. Estimation of gillnet selectivity curve by maximum likelyhood method. Fisheries Science, 67, 644 – 654.

Fujimori, Y., T. Tokai, S. Hiyama and K. Matuda, 1996. Selectivity and gear efficiency of trammel nets for kuruma prawn (*Penaeus japonicus*). Fisheries Research, 26, 113 – 124.

Jeong, E.C., 2000. Size selectivity of tubular pot and trap with the extended SELECT model. Ph..D. thesis, Pukyong National University, Korea. pp. 72.

Jeong, E.C., C.D. Park, S.W. Park, J.H. Lee and T. Tokai, 2000. Size selectivity of trap for male red queen crab *Chionoecetes japonicus* with the extended SELECT model. Fisheries Science, 66, 494 – 501.

Jeong, S.B., J.H. Lee and S.G. Kim, 1993. The mesh selectivity of trawl cod – end for the compressed form fishes. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 29(4), 254 – 259.

Kim, I.O., T.H. Jo, C.D. Park and T. Tokai, 2005. Mesh selectivity of dredge bagnet for Venus clam *Gomphina melanaegis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 71, 54 – 59.

Kim, S.H. and J.H. Lee, 2002. Mesh selectivity in trammel net for flat fish. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 38(2), 91 – 100.

Kitahara, T., 1968. On sweeping trammel net (Kogisasiami) 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.

Lee, J.H., B.G. Kwon, C.W. Lee, H.S. Kim, S.B. Jeong, Y.B. Cho, J.B. Yoo, S.H. Kim and B.Y. Kim, 2005. Improvement of gill net and trap net fishing for the resource management in the southern sea of Korea. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 41(1), 27 – 34.

Losanes, L.P., K. Matuda and Y. Fujimori, 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 S.J. Walsh, 1992. Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. Fisheries Research, 13, 205 – 220.

Millar, R.B., M.K. Broadhurst, and W.G. Macbeth, 2004. Modelling between – haul variability in the size selectivity of trawls. Fisheries Research, 67, 171 – 181.

Nashimoto, T.H. Miyazawa and T. Hiraishi, 1983. The tooth selectivity of Japanese surf clam dredge. Nippon Suisan Gakkaishi, 49, 379 – 385.

Newman, S.J. and D.M. Williams, 1995. Mesh size selection and diel variability in catch of fish traps on the central Great Barrier Reef, Australia : a preliminary investigation. Fisheries Research, 23, 237 – 253.

Oh, T.Y., Y.B. Cho, K.J. Park, S.B. Jeong, M.S. Kim, H.S. Kim and J.H. Lee, 2004. Mesh selectivity of beam trawl for shrimps. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 40(1), 86 – 94.

Park, C.D., C.H. An, S.K. Cho and C.I. Baik, 2003. Size selectivity of gill net for male snow crab, Chionoecetes opilio. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 39, 143 – 151.

Park, C.D., E.C. Jeong, J.K. Shin, H.C. An and Y. Fujimori, 2004a. Mesh selectivity of encircling gill net for gizzard shad *Konosirus punctatus* in the coastal sea of Korea. Fisheries Science, 70, 553 – 560.

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.

Park, H.H., and S.H. Kim, 2000. Tooth selectivity on venus clam (*Gomphina melanaegis*) dredge. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 36(4), 267 – 273.

Park, H.H., E.C. Jeong, H.C. An, C.D. Park, H.Y. Kim, J.H. Bae, S.K. Cho and C.I. Baik, 2004b. Mesh selectivity of drum net fish trap for elkhorn sculpin (*Alcichthys alcicornis*) in the eastern sea of Korea. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 40(4), 247 – 254.

Shin, J.K. and H.H. Park, 2002. Study on the improvement of coastal trap for blue crab in the western sea of Korea. In : 2001 Report of West Sea Fisheries Research Institute (NFRDI), Inchon, pp. 43 – 64.

Shin, J.K. and H.H. Park, 2003. Size selectivity of round traps for greenling (*Hexagrammos otakii*) in the western sea of Korea. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 39(3),

174 – 180.

Slack – Smith, R.J., 1992. Fishing with traps and pots. FAO training series 26, Rome. pp.

Tokai, T., S. Omoto, R. Sato and K. Matuda, 1996 : A method of determining selectivity curve of separator grid. Fisheries Research, 27, 51 – 60.

Tokai, T. and T. Mitsuhashi, 1998. SELECT model for estimating selectivity curve from comparative fishing experiments. Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr., 62, 235 – 247.

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.

Uchida, K., T. Tokai, T. Mituhashj, F. Hu and K. Matuda, 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, D.A., R.S.T. Ferro, R. Fonteyne and R.B. Millar, 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. ICES Cooperative Research Report, No. 215, pp126.

Xu, X. and R.B. Millar, 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.

2005년 7월 25일 접수
2005년 10월 5일 수리