

남해구 자원관리형 자망·통발 어구어법 기술개발* -붕장어 *Conger myriaster* 그물통발의 망목선택성-

이주희 · 권병국 · 이춘우 · 김형석 · 정순범* · 조영복^{†**} · 유제범 · 김성훈 · 김부영

부경대학교 · *여수대학교 · **서해어업지도사무소

Improvement of Gill Net and Trap Net Fishing for the Resource Management in the Southern Sea of Korea

-Mesh Selectivity of Spring Frame Trap for Conger eel, *Conger myriaster*-

Ju-Hee LEE, Byeong-Guk KWON, Chun-Woo LEE, Hyung-Seok KIM, Soon-Beom JEONG*,
Young-Bok CHO^{†**}, Jae-Bum YOO, Seong-Hun KIM and Bu-Yeung KIM

Pukyong National University, *Yosu National University,

**West Sea Fisheries Supervision Office

Abstract

This study was conducted to examine the mesh selectivity and optimum mesh size of spring frame trap for conger eel, *Conger myriaster*. It was carried out on 25th to 27th Sep. 2002 at the coastal sea of Nung-po, Geojedo.

The experimental fishing gear was used in five kinds of different mesh size spring frame trap that were 15mm, 20mm, 25mm, 30mm and 35mm, and one plastic pot as control fishing gear that was 6.7mm hole diameter. The mesh size 15mm, 20mm are the current gears, 25mm, 30mm are used in experiment, and 35mm is the legal mesh. These were made 50 traps, respectively.

The mesh selectivity curve was analysed by the Kitahara's method(1968) and the optimum mesh size was estimated by relationship between the total length and diameter of conger eel and by the mesh selectivity master curve.

The results obtained are summarized follows :

1. The total number of catch by the trap for conger eel was 835, it was consisted of 537 conger eel(64.4), 225 crabs(26.9%) and 73 others(8.7%).
2. The value of maximum l/m on the mesh selectivity curve was estimated at about 23.9.
3. The optimum mesh size of spring frame trap for conger eel was estimated 34.0mm in 50% selection range of the mesh selectivity master curve.

Key words : conger eel(붕장어), spring frame trap(스프링통발), mesh selectivity(망목선택성), optimum mesh size(적정망목)

* 본 연구는 해양수산부 2002년도 수산특정연구개발사업에 의해 수행되었음.

[†] Corresponding author : ybcho@maill.pknu.ac.kr

서론

우리나라 연근해어업의 총어획량은 1,252,098톤이며, 이 가운데 통발어업의 어획량은 53,899톤으로 약 4.3%를 차지하고 있다. 통발어업 중 봉장어의 어획 비율은 17,455톤으로 약 32.3%, 붉은대게가 19,136톤으로 약 35.5%를 차지하고 있다(어업생산량통계 2003). 이외에도 골뱅이, 문어 등이 통발어업의 주요 어획대상이 되고 있으며, 이들 어업 자원의 지속적 유효이용을 위해서는 이 어업에 대한 합리적인 관리 방안이 필요한 실정이다.

통발어업은 미끼를 사용하기 때문에 어획효율이 우수하고, 어획물의 대부분을 활어로 이용할 수 있는 장점 이외에도 어구의 구조적 특성상 남획의 가능성이 비교적 낮으므로 대상자원 관리가 용이하여 고효율 저에너지를 추구하는 미래 지향적 어업의 하나라고 할 수 있다.

우리나라의 통발에 관한 연구로는 金(1985)에 의한 민꽃게 행동습성을 이용한 통발의 개량에 관한 연구, 서 등(1977)의 봉장어 통발의 어획성능 및 개량에 관한 연구, 최근에는 신·박(2003)에 의해 원통형 통발에 대한 서해안 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)의 망목선택성에 관한 연구, 장 등(2004)의 피빨고둥 통발의 망목선택성에 관한 연구 등이 있다.

현재 미성숙어를 어구로부터 탈출하게 하여 자원을 보호하고, 성숙한 개체만을 선택적으로 어획할 수 있는 자원관리형 통발어구 개발 사업을 수행 중이다.

본 연구에서는 이러한 연구과정의 일환으로 우리나라 남해지역에서 봉장어를 어획하기 위해 사용하는 스프링형 그물통발의 어획성능과 현행 수산자원보호령에 규정된 망목에 의한 어획상태와 스프링형 그물통발의 망목선택성을 조사·분석하였다.

재료 및 방법

1. 시험어구

본 시험은 경남연안통발협회 소속의 어민들이 사용하고 있는 현용 그물통발어구인 망목 15mm와 20mm 그리고 수산자원보호령상의 망목규정인 35mm, 각각 시험의 연속성을 위해 25mm, 30mm 망목의 통발을 제작하여 그 어획성능 및 망목선택성을 시험하였다. 그리고, 현재 연안통발의 경우 봉장어를 어획하기 위해 일반적인 플라스틱 통발보다는

스프링형 그물통발을 더 선호하고 있는 실태이므로 스프링형 그물통발에 대한 대조어구로써 플라스틱 통발도 함께 실험하여 어획량 비교를 하였다. 시험어구의 형태 및 규격은 Fig. 1 및 Table 1과 같았다.

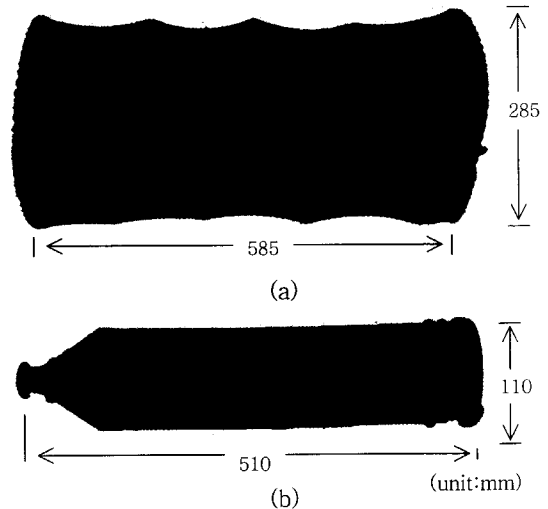


Fig. 1. Constructure of spring frame trap and plastic pot using in Tong-young.
(a) Spring frame trap (b) Plastic pot

Table 1. Specification of Spring frame trap and Plastic pot used for experiments

Item	Dimension			Number
	Length (mm)	Diameter (mm)	Volume (cm ³)	
Spring frame trap 15mm	585	285	1,667	50
Spring frame trap 20mm	585	285	1,667	50
Spring frame trap 25mm	585	285	1,667	50
Spring frame trap 30mm	585	285	1,667	50
Spring frame trap 35mm	585	285	1,667	50
Plastic pot 6.7mm*	510	110	561	50

* indicates diameter of hole in plastic pot.

시험어구는 각각의 통발을 50개씩 사용하여 구성하였으며, 어획량 비교를 위하여 각각의 통발을 Fig. 2와 같이 배열하였다.

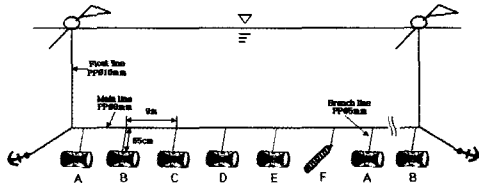


Fig. 2. Arrangement of experiments fishing gears.

A, B, C, D, E is mesh size of 15, 20, 25, 30, 35mm in spring frame traps;
F is 6.7mm of diameter of hole in plastic pot.

2. 시험방법

시험조업은 조업 여건과 기상상태 등을 고려하여 경남 거제도 능포 부근 해역에서 많은 자료를 확보하기 위해 자원이 다소 많이 존재할 것으로 판단되는 정치망 어장 인근에서 실시하였다.

조업상황 및 조업위치는 Table 2와 Fig. 3과 같았다.

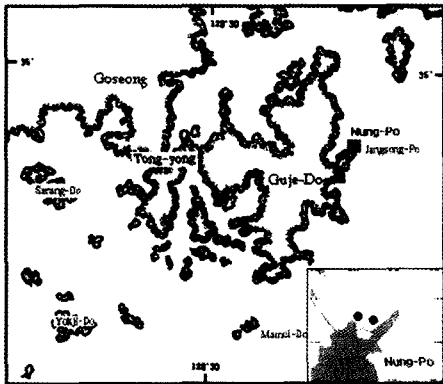


Fig. 3. Location of fishing experiments.

3. 어획물의 측정

각각의 통발에 어획된 어획물은 통발의 종류별로 분류하여 전수 측정하였다. 각 종류별 어획물은 분류한 후 어류는 전장, 표준체장, 갑각류는 갑장, 갑폭 등을 측정하였다. 그리고 시험대상 어종인 붕장어는 전장, 체고 및 체폭을 측정하였으며, 어획된 모든 붕장어에 대하여 동주 및 체중을 정밀측정하였다.

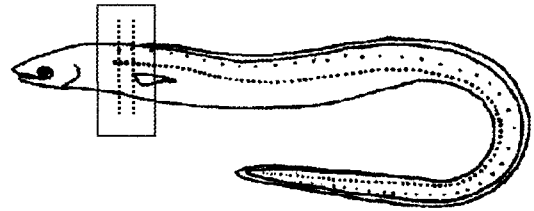


Fig. 4. Measurement part of body height, body width, body girth on conger eel.

4. 망목선택성곡선 및 적정망목의 추정

현재까지 알려진 선택성 곡선 추정법은 대부분 망목 m_i 인 자망에 체장 l_i 인 어류가 어획될 확률은 망목 $k \cdot m_i$ 인 그물에 체장 $k \cdot l_i$ 인 어류가 어획될 확률이 같다는 Baranov의 가정과 망목의 크기가 k 배 증가하면, 어류의 선택 범위가 k 배 증가한다는 것에 기초하고 있다.

망목 선택성 곡선은 Kitahara(1968) 방법으로 분석하였으며, 이 방법은 기본적으로 Ishida(1962) 방법과 동일하나, 식 (1)과 같이 선택성 곡선을 l/m 의 함수로 표현함으로써 여러 종류의 망목 크기에 대한 선택성을 하나의 Master Curve인 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$s(m_i, l_i) = s(km_i, kl_i) = s(l_i, m_i) \dots\dots(1)$$

Table 2. The method and condition of field experiments

Item	1st time	2nd time	3rd time
Date	2002. 9. 25	2002. 9. 26	2002. 9. 27
Location	34° 53'55" N 128° 44'09" E	34° 53'45" N 128° 44'53" E	34° 53'45" N 128° 44'53" E
Depth	27m	23m	23m
Quality of seabed	Mud & Sand	Mud & Sand	Mud & Sand
Shooting time	15:10~16:10	15:10~16:10	15:10~16:10
Hauling time	06:00~08:10	06:00~08:20	06:00~08:10
Soak time	about 14 hours	about 14 hours	about 14 hours

$$C_{ij} = s(l_i, m_j) \cdot q \cdot d_j \dots\dots\dots(2)$$

여기서 $s(l_i, m_j)$ 는 선택률, C_{ij} 는 어획미수, q 는 어구의 어획효율, d_j 는 체장 l_j 의 자원밀도를 나타낸다.

어획효율 q 는 어구의 구성, 색, 조도, 침지시간 등의 조업 조건에 영향을 받는 요서로서 체장과는 무관하므로 어구의 구조 및 조업조건이 동일한 경우에는 일정하다고 가정하였다.

식 (2)의 양변에 대수를 취하고 정리하면 식 (3)과 같이 된다.

$$\ln(l_j/m_j) = \ln C_{ij} - \ln(q \cdot d_j) \dots\dots\dots(3)$$

식 (3)으로부터 대수 선택률은 “어획미수의 대수 값 + 보정치 $\{\ln(q \cdot d_j)\}$ ”로 나타난다. 식 (3)의 보정치는 최적화법 중 경사법에 의해서 구해지며, 이때 q 의 값이 일정하므로 y 축 방향으로 체장별 자원 밀도만큼 상하 이동하면 되므로 보정치를 곱하여 계산하는 Ishida 방법에 비하여 매우 간단하다. 그러나 Kitahara 방법에도 선택성 곡선을 표현하는 함수가 주어지지 않았으므로 Ishida 방법에서와 같이 선택성 곡선의 객관성이 결여되어 있다. Fujimori 등 (1996)은 Kitahara 방법의 선택성 곡선 (Master Curve)에 적용할 함수형으로서 다음식과 같은 다항식으로 표현하였다.

$$F(R) [= \ln s(R)] = a_n R^n + a_{n-1} R^{n-1} + a_{n-2} R^{n-2} + \dots + a_0 \dots\dots\dots(4)$$

식 (4)에서 $n=2$ 이면 곡선은 좌우대칭이고, $n \geq 3$ 이면 비대칭이 되며, 경험상 4차식 이상이 적합한 경우는 적다.

따라서 본 연구에서는 식 (5)을 대수 선택성 곡선으로 적용하였다.

$$\ln s(l_j/m_j) = a_3 x^3 + a_2 x^2 + a_1 x + a_0 \dots\dots\dots(5)$$

또한 망목 선택률 $s(R)$ 의 최대치는 1이므로

$$s(R) = \exp(a_n R^n + a_{n-1} R^{n-1} + a_{n-2} R^{n-2} + \dots + a_0 - F_{\max}) \dots\dots\dots(6)$$

이 된다. 식 (6)의 F_{\max} 는 식 (4)의 최대치이며, 식 (4)를 미분하여 간단히 구할 수 있다. 이 때 각각의 상수값은 최소자승법을 이용하여 구하였다.

그물통발의 망목규정은 수산자원보호령 제 6조 10항에 35mm 이하는 금지한다라는 조항이 있으나, 본 연구에서는 봉장어의 최소성숙체장(국립수산진흥원, 2000)인 500mm에 대해 50%의 선택률을 가지는 망목을 적정망목(OMS : Optimum Mesh Size)으로 하고, 적정망목에 대한 산출은 선택성 곡선의 50% 선택점에 최소성숙체장을 대입하여 구하였다.

결과 및 고찰

1. 시험조업 결과

1) 어획미수 및 체장분포

경남 거제시 능포 인근해역에서 조업한 결과, 어획물은 모두 7종 835미 이었다. 어획물의 조성은 시험대상어종인 봉장어가 총 537미로 전체 어획량 중 약 64.4%를 차지하였고, 계류는 225미로 약 26.9%, 그 외 갯가재, 게, 문어 등이 73미로 약 8.7%를 차지하였다.

봉장어의 체장계급별 어획미수 및 체장분포는 Table 4 및 Fig. 5와 같았다.

Table 4. The number of conger eel caught by different fishing gear, respectively

Rank (TL, mm)	Mid size (TL, mm)	Number of catch						Total
		15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	35 mm	Plastic	
240	230	4	0	0	0	0	0	4
270	260	2	0	0	0	0	0	2
300	290	4	3	1	0	0	2	8
330	320	20	15	10	2	0	12	47
360	350	86	44	39	23	0	25	192
390	380	79	37	35	25	0	19	176
420	410	16	10	7	10	0	3	43
450	440	1	0	1	1	0	0	3
480	470	1	0	0	0	0	0	1
510	500	0	0	0	0	0	0	0
≤ Total		213	109	93	61	0	61	537

※ TL : Total Length
15mm, 20mm, 25mm, 30mm, 35mm : Mesh size of spring frame trap, respectively.

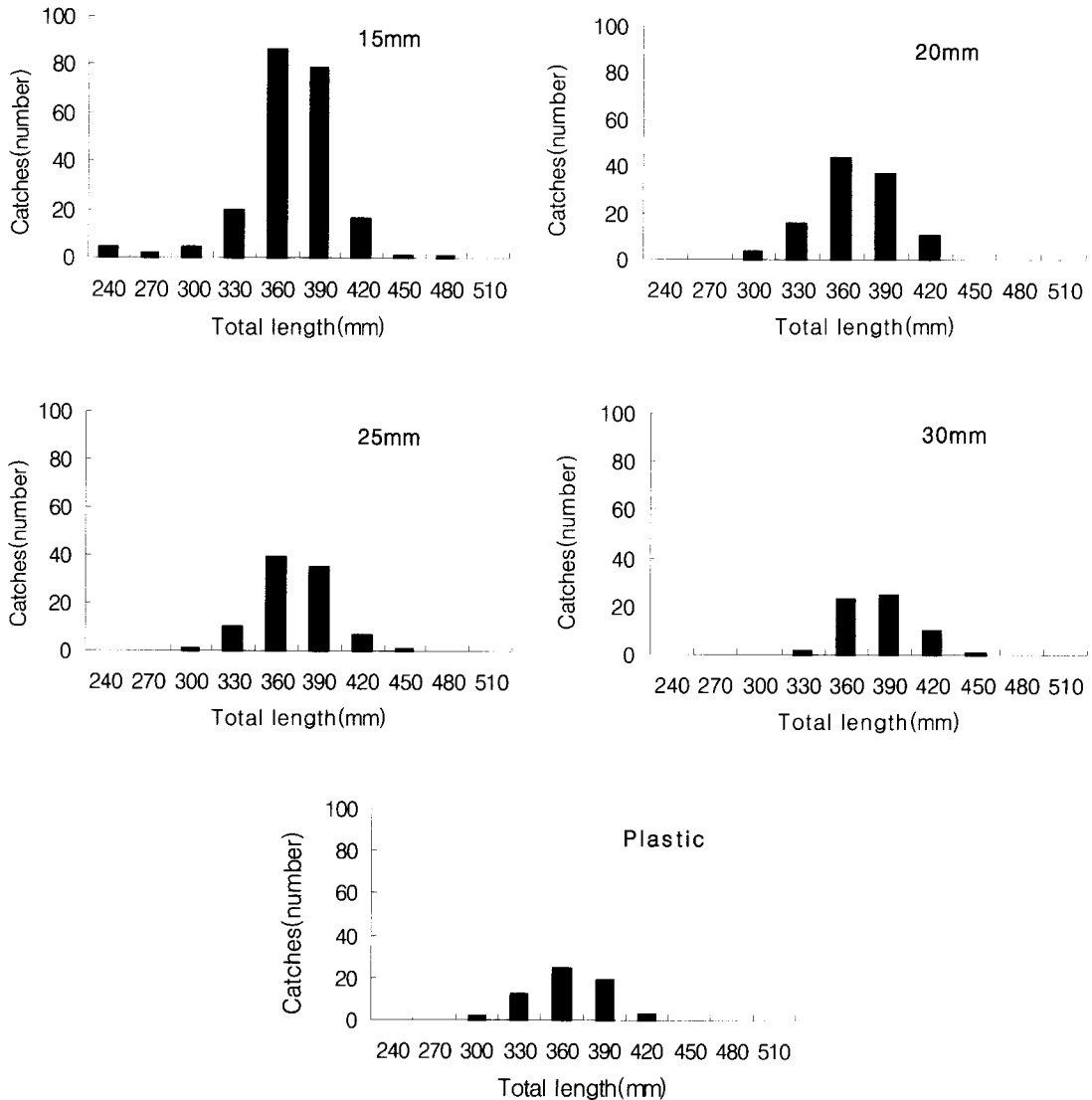


Fig. 5. Length distribution of conger eel caught by spring frame trap and plastic pot.
 * 15mm, 20mm, 25mm, 30mm : Mesh size of spring frame trap, respectively.

어획된 봉장어의 체장범위는 320~410mm이었고, 체장계급 360mm의 봉장어가 192마리 가장 많았다. 그리고 망목 15mm의 통발에서는 다른 통발에서는 어획되지 않은 전장 290mm 이하의 작은 개체가 어획되었으며, 전체적으로 볼 때 망목이 작은 통발일수록 어획미수가 많았다.

그리고, 어획된 봉장어 가운데 44.5%가 포획금지체장인 350mm보다 작은 어체가 어획되었다. 그러나 현재의 수산자원보호령상의 망목 규정인 35

mm 망목의 통발에서는 어획이 전혀 이루어지지 않았다. 그리고, 본 연구에서는 35mm 망목의 통발의 경우 투승 당시 미끼의 손실이 발생할 것으로 판단되므로, 25, 30, 35mm 망목의 통발 50개 중 25개에 대해 비누각 형태의 미끼통을 사용하여 시험조업을 1회 행하였으나, 25mm에는 7마, 30mm에는 6마, 35mm에는 어획이 이루어지지 않았다. 그러나, 통발에 있어서 미끼통의 사용은 미끼의 효율 문제가 있으므로, 이에 대한 연구도 차후 진행되어야

할 것으로 판단된다.

또한, 대조어구로써 사용한 플라스틱 통발의 경우 어획된 붕장어의 어획미수는 총 61미로 스프링형 그물통발에 비해 어획량이 현저히 작았다. 이와 같이 현재 연안통발어업에서는 플라스틱 장어통발이 스프링형 그물통발에 비해 어획성능이 떨어지며, 아울러 조업어선의 규모가 소형이기 때문에 통발 적재량의 한계 등의 이유로 실제 플라스틱 장어통발은 거의 사용하지 않고 있는 실정이다.

2) 상관관계 분석

본 연구에서 어획한 붕장어의 체장과 체중과의 관계는 체장을 L(mm), 체중을 W(g)라고 하면,

$$W = aL^b \dots\dots\dots(7)$$

인 형태로 나타내어지며, 식(7)에서 a 는 3×10^{-6} , b 는 2.902이며, 상관계수 R^2 은 약 0.66이었다(Fig. 6). 이것은 장(1987)이 산출한 붕장어의 값은 $a=3.58 \times 10^{-4}$, $b=3.38$ 과는 다소 차이가 나고 있는데, 이러한 차이는 어획물의 서식환경과 섭이정도의 차이와 현장에서의 측정오차 때문으로 판단된다.

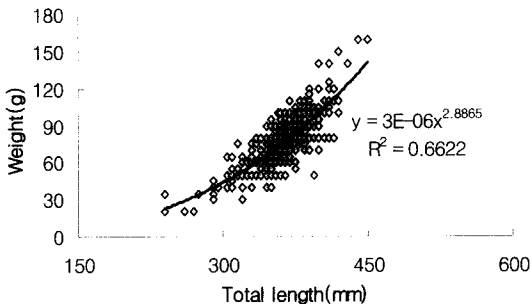


Fig. 6. Relationship between total length and body weight of sea eels.

붕장어의 체장과 동주와의 관계는 동주를 D(mm)라 할 때,

$$D = aL + b \dots\dots\dots(8)$$

인 직선식의 형태로 나타내어지며, 식(8)에서 a 는 0.1733, b 는 4.232이며, 상관계수 R^2 은 약 0.55이었다(Fig. 7).

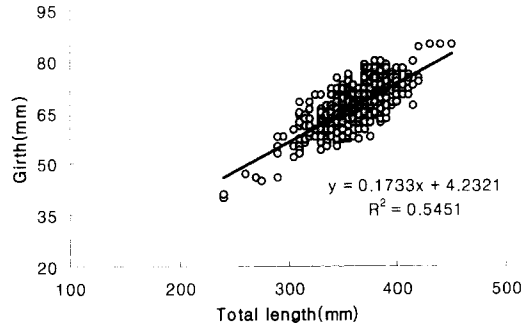


Fig. 7. Relationship between total length and diameter of conger eels.

3) 망목선택성 곡선 작성

식(5)의 Master curve 다항식의 파라미터들은 Table 4의 자료를 이용하여 최소자승법에 의해 Table 5와 같이 추정되었으며, 식(9)으로 구해졌다.

Table 5. The parameter of master curve in the mesh selectivity

a_3	a_2	a_1	a_0	$(l/m)_{25}$	$(l/m)_{50}$	$(l/m)_{75}$
0.0004	0.031	-0.865	-3.533	6.0	14.7	17.5

$$s(R) = \exp\{(0.0004R^3 + 0.031R^2 - 0.865R - 3.533) + 4.3042\} \dots\dots\dots(9)$$

망목별 망목 선택성은 Fig. 8과 같았고, 식(9)를 이용하여 망목 선택성 Master curve는 Fig. 9와 같았다. 최적의 전장/망목의 크기(l/m)의 값은 선택률이 1일 때는 23.9이었고, 선택률이 0.25, 0.5 그리고 0.75가 되는 선택점은 각각 6.0, 14.7 그리고 17.5로 나타났다.

4) Master curve에 의한 적정망목의 추정

붕장어에 대한 스프링 그물통발의 적정망목은 Kitahara(1968) 및 Fujimori(1996)의 방법에서와 같이 일반적으로 적용되는 선택성곡선 50% 선택점을 이용하여 최소성숙체장 500mm(국립수산진흥원, 2000)를 대입하여 추정하였는데, 그 결과 적정망목은 약 34.0mm로 나타났다(Fig. 9). 이러한 망목의 크기는 현재 경남 통영지역이나 기타 지역에서 붕장어를 잡기 위해 사용되고 있는 그물통발의 망목의 크기 16~20mm와는 큰 차이가 있었으며,

수산자원보호령에서 규정하고 있는 망목크기 35mm와는 거의 비슷하였다.

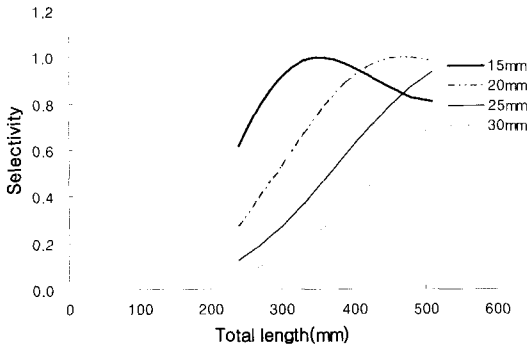


Fig. 8. Mesh selectivity for different mesh sizes of spring frame trap for conger eel.

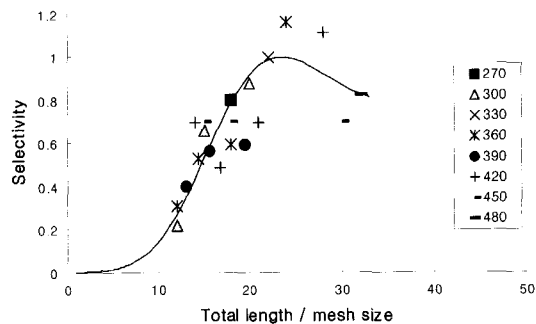


Fig. 9. Master curve of mesh selectivity of the spring frame trap for conger eel, by Kitahara's method.

요 약

붕장어에 대한 스프링형 그물통발의 망목선택성 및 적정망목을 추정하기 위한 시험조업은 경남 거제시 능포 인근해역에서 2002년 9월25일~9월27일에 실시되었다.

시험어구는 현용어구인 15mm, 20mm 및 시험을 위해 제작한 25mm, 30mm 그리고 수산자원보호령에서 규정하고 있는 35mm와 대조어구로써 통수공 6.7mm의 플라스틱 통발을 각각 50개씩 제작하여 사용하였다. 망목선택성은 Kitahara(1968)와 Fujimori(1996)의 방법을 사용하여 분석하였고, 적정망목은 어체 동주와 체장과의 관계 그리고 망목선택성 Master Curve를 사용하여 추정하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 시험조업 결과 총어획미수는 835미로, 붕장어 537미(64.4%), 개류 225미(26.9%), 기타 73미(8.7%)였다.
2. 망목선택성 곡선의 Master Curve에서 최대 전장/망목(max. l/m)의 값은 23.9로 추정되었다.
3. 붕장어 스프링 통발의 적정망목은 34.0mm로 추정되었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단(KOSEF) 및 일본학술진흥회(JSPS)의 지원에 의해서 수행되는 「수산학 분야 Core Univ. Program(FISCUP)」의 한국 및 일본측 연구자들과 연구방법 및 결과에 대한 협의와 토론의 과정을 거쳐 이루어 졌으며, 이에 FiSCUP 관계자들에게 감사드립니다.

참고문헌

- 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, 113-114.
- Kitahara T.(1968) : Mesh selectivity curve of sweeping trammel net for *Branguillos*, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 34(9), 759-763.
- Ishida T.(1962) : On the gill net mesh selectivity, Bull. Hokkaido Reg. Lab., 25, 20-25.
- 국립수산진흥원(2000) : 배타적경제수역(EEZ)내 주요 어업자원의 생태와 어장, 127-128.
- 서영태·김광홍·이주희(1977) : 장어통발漁具의 漁獲性能 比較, 漁獲技術 13(2), 15-20.
- 김대안·고관서(1987) : 통발漁具의 漁獲機構 및 改良에 관한 捐軀, 2. 그물통발流에 대한 민꽃게의 行動, 韓水誌 20(4), 348-354.
- 신종근·박해훈(2003) : 원통형 통발에 대한 서해안 쥐노래미(*Hexagrammos otaki*)의 망목선택성, 韓國漁業技術學會誌 39(3), 174-180.
- 장호영·조봉곤·박중수·신종근(2004) : 서해구 자원관리형 자망·통발 어구어법 기술개발에

관한 연구 - 피빨고둥 *Rapane venosa* 통발
의 망목선택성 - 韓國漁業技術學會誌 40(3),
176-181.

2004년 12월 22일 접수
2005년 2월 3일 수리