서대 3중자망의 망목 선택성에 관한 연구

조영복 · 박창두* · 이주희
부경대학교, *국립수산진흥원
(2000년 4월 11일 접수)

A study on the selectivity of the mesh size in trammel net for *Cynoglossidae spp.*

Young-Bok Cho, Chang-Doo Park* and Ju-Hee Lee
Pukyoug National University, *National Fisheries R & D Institute
(Received April 11, 2000)

Abstract

Test fishing was carried out to examine the selectivity of the mesh size in trammel net for tonguefish (*Cynoglossidae spp.*) from May to August, 1999 and a total of 30 times of test fishing have been done in the coastal waters around Dolsando, Yosu, South Chunra province, Korea. A gill net and a trammel net which were composed of three different mesh sizes (70.5*mm*, 86.6*mm* and 101*mm*) were used for the experiment.The selectivity curve of mesh size was estimated by Kitahara' s method for Robust tonguefish (*Cynoglossus robustus*).

The results obtained are summarized as follows ;

1. Catching efficiency of the trammel net (70.5*mm*-sized-lint main net) was 39.0% and it was 2.5 times higher than 15.8% for the gill net.
2. The optimum *l/m* value of the trammel net was 3.51 and it was 0.13 higher than 3.38 for the gill net.
3. The selectivity of trammel net was similar to that of the gill net for low length-class. However, the selectivity of trammel net was not good compared with that of the gill net for high length-class. The 50% selectivity was 1.33 for the trammel net and 0.83 for the gill net.

According to the experimental results, fishing efficiency of the trammel net was better than that of the gill net for tonguefish (*Cynoglossidae spp.*) and it was known that catch length for targeted species could be selected by controlling the mesh size.

緖 論

3중자망은 어획기구상 크기가 고르지 않는 여러 가지 어류를 무차별적으로 어획하는 것으로 알려져 일부해역에서 특정어족을 대상으로 하는 경우를 제외하고는 자원보호차원에서 예로부터 금지어구의 하나로 지정되어 왔다.

그러나, 이 어구는 어획성능의 우수성으로 인해

동 · 서 · 남해 연안의 소규모 어선어업에서는 불법성에도 불구하고 관행적으로 사용되고 있으며, 특히 동해안 어민들은 가지미와 넙치에 대한 3중자망의 치자어 남획에 대한 의문을 제기하고, 거제 · 통영 · 고성 · 사천일대 어민들은 보리새우 어획을 위하여 특정시기에 한시적으로 3중자망의 합법적인 조업을 요구하는 등 전국적으로 많은 어민들이 3중자망의 사용을 요구하고 있다.

이처럼 3중자망은 불법성이라는 사실 때문에 학계에서는 어획성능에 대한 구체적인 연구나 망목선택성에 관한 연구가 그다지 없이 기피되어 오다가, 최근 일본에서는 2중 · 3중자망에 대한 연구가 시작되어 Fujimori *et al*(1996), Koike and Takeuchi(1985) 그리고 Tatsuro(1991) 등은 3중자망에서도 선택성이 있다는 발표를 한 바가 있다.

본 연구에서는 3중자망의 선택성을 규명함으로써 지금까지 일반적으로 알려진 온 3중자망의 치자어 남획의 문제점에 대한 구체적인 자료를 제시하고자 하였으며, 전남 여수시 돌산도 주변에서 이루어지는 3중자망을 대상으로 현장조사와 실험을 통해 이 어구의 망목 선택성을 연구 · 분석하였다.

대상해역인 돌산도 주변 어민들은 양식과 어선어업을 병행하고 있는데, 양식물 배양기와 출하기를 피해 주로 5월부터 8월까지는 3중자망을 사용하여 가자미, 서대류 등을 잡고 있다. 근래에는 단속이 강화되어 일부 어민만이 3중자망을 사용하고 있으나, 서대류의 어획을 위해서는 여전히 3중자망의 사용을 고집하고 있다.

따라서 본 연구에서는 서대 3중자망을 대상으로 현용 어구의 구조를 조사하고, 이와 같은 어구구조로서 내망의 크기를 달리한 3종의 자망과 3중자망의 실험어구를 제작하여, 어획실험을 통한 어획물의 분석으로 3중자망의 망목 선택성을 규명하고자 한다.

材料 및 方法

1. 실험어구의 제작 및 실험방법

대상해역인 돌산도 주변에서 사용되고 있는 서대 3중자망은 Fig. 1과 같이 1폭을 기준으로 뜸줄의 길이는 75*m*, 설은 1*m*로서 내망이 70.5*mm* 40코, 외망이 303*mm* 4.5코가 들어감으로 내망의 주름은 약 1.5로 주어진다. 뜸의 간격은 50*cm*이고, 발돌의 간격은 20*cm*이다. 조업은 소형 어선 1척에 2인 정도가 승선하여, 1회당 20～40폭의 그물을 사용한다. 실험어구는 서로 다른 망목으로 자망과 3중자망을 구분 제작하였는데, 자망은 망목이 70.5*mm*, 86.6*mm*, 101*mm*의 세가지로, 3중자망은 내망 망목이 70.5*mm*, 86.6*mm*, 101*mm*의 세가지로, 외망의 망목이 303*mm*로 각각 제작하였다.

실험어구의 배치는 Fig. 2와 같이 11폭씩 2개조로 설치하였다.

실험조업은 전라남도 여수시청에서 연구(교습)어업승인서(전남 여수시 연구(교습)승인 제 99－1호)를 발급 받아 1.41톤 양창호를 이용하여 1999년 6월부터 8월까지 돌산도 연안 (Fig. 3)에서 투

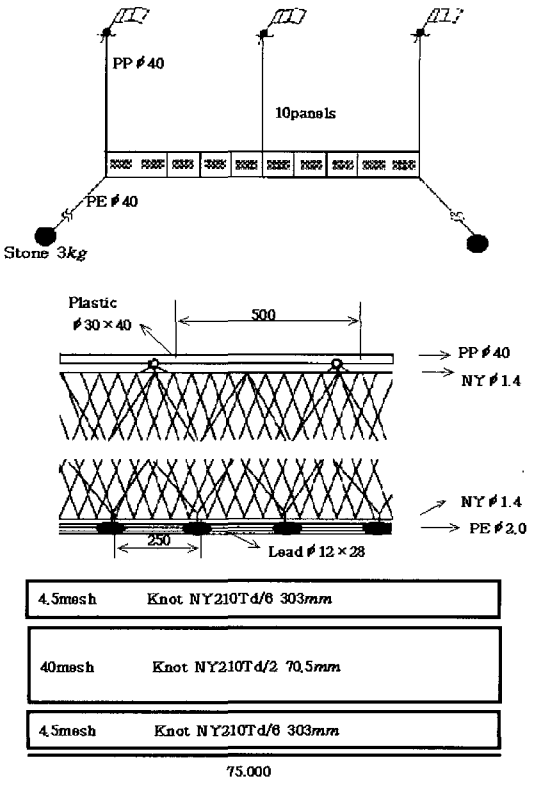

Fig. 1. Construction of trammel net for *Cynoglossidae Spp.*

T_A	T_A	T_B	T_C	G_A	G_B	G_C	T_A	T_B	T_C	T_A
T_A	G_A	G_B	G_C	T_A	T_B	T_C	G_A	G_B	G_C	T_A

Fig. 2. Arrangement of fishing gear - T is the trammel net and G is the gill net ; A, B and C indicate (inner) mesh size of 70.5*mm*, 86.6*mm* and 101*mm* for both trammel net and gill net.

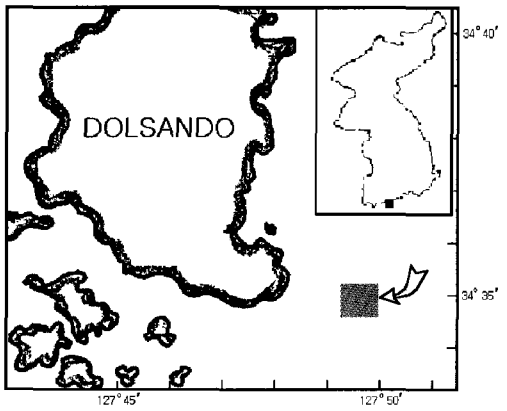

Fig. 3. Position of Test fishing at DOLSANDO in YOSU.

망은 오후 4시경에, 양망은 새벽 4시경에 실시하는데 총 30회 행하였다.

어획물은 자료의 정확성을 위해서 어구 각 조의 양 끝 두 폭을 제외한 9폭의 어획물을 어구별 망목별 어종에 따른 어획미수로 조사하였고, 그 중 주대상 어종인 개서대에 대해서는 전장(Total length)을 기준으로 측정하였다.

본 연구에서는 어획의 대부분을 차지하는 개서대를 대상으로 Kitahara(1968) 방법을 이용하여 망목 선택성 곡선을 작성하였다.

2. 망목 선택성 곡선 추정 이론

현재까지 알려진 자망의 선택성 곡선 추정법은 대부분 망목 m_i인 자망에 체장 l_j인 어류가 어획될 확률은 망목 $k \cdot m_i$인 자망에 체장 $k \cdot l_j$인 어류가 어획될 확률이 같다는 Baranov의 가정과 망목의 크기가 k배 증가하면, 어류의 선택 범위가 k배 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/m의 함수로 표현함으로서 여러 종류의 망목 크기에 대한 선택성을 하나의 Master Curve인 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$s(m_i,l_j)=s(km_i, kl_j)=s(m_i,l_j/m_i) \quad (1)$$

$$C_{ij}=s(l_j/m_i) \cdot q \cdot d_j \quad (2)$$

여기서 $s(m_i,l_j/m_i)$는 선택률, C_{ij}는 어획미수, q는 어구의 어획효율, d_j는 체장 l_j의 자원밀도를 나타낸다.

어획효율 q는 어구의 구성, 색, 조도, 침지시간 등의 조업 조건에 영향을 받는 요소로서 체장과는 무관하므로 어구의 구조 및 조업조건이 동일할 경우에는 일정하다고 가정하였다.

식 (2)의 양변에 대수를 취하고 정리하면 식 (3)과 같이 된다.

$$\ln s(l_j/m_i)=\ln C_{ij}-\ln(q \cdot d_j) \quad (3)$$

식 (3)으로부터 대수 선택률은 "어획미수의 대수값+보정치 $\ln(q \cdot d_j)$"로 나타난다. 식 (3)의 보정치는 최적화법 중 경사법에 의해서 구해지며, 이 때 q의 값이 일정하므로 y축 방향으로 체장별 자원밀도만큼 상하 이동하면 되므로 보정치를 곱하여 계산하는 Ishida 방법에 비하여 매우 간단하다. 그러나 Kitahara 방법에서도 선택성 곡선을 표현하는 함수가 주어지지 않았으므로 Ishida 방법에서와 같이 선택성 곡선의 객관성이 결여되어 있다. Fujimori *et al* (1996)은 Kitahara 방법의 선택성 곡선 (Master Curve)에 적용할 함수형으로서 다음식과 같은 다항식으로 표현하였다.

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

식 (4)에서 $n=2$이면 곡선은 좌우대칭이고, $n \geq 3$이면 비대칭이 되며, 경험상 4차식 이상이 적합한 경우는 적다. 따라서 본 연구에서는 이하에 나타낸 좌우 대칭형인 식 (5)와 좌우 비대칭인 식 (6)을 대수 선택성 곡선으로 적용하기로 한다.

$$\ln s(l_j/m_i)=a_2 x^2+a_1 x+a_0 \quad (5)$$

$$\ln s(l_j/m_i)=a_3 x^3+a_2 x^2+a_1 x+a_0 \quad (6)$$

한 망목 선택률 $s(R)$의 최대치는 1이므로

$$s(R)=\exp(a_nR^n+a_{n-1}R_{n-1}+a_{n-2}R_{n-2}+a_0-F_{max}) \quad (7)$$

이 된다. 식 (7)의 F_{max}는 식 (4)의 최대치이며, 식 4)을 미분하여 간단히 구할 수 있다. 이 때 각각의 상수값은 최소자승법을 이용하여 구하였다.

2차식(식 (5))과 3차식(식 (6))의 망목 선택성 곡선 중에서 어느 곡선이 더 적합한 Model인가를 판별하기 위하여 오차분산의 불편추정량 ρ^2의 값을 식 (8)과 같이 산출하여 비교하였다. 이 때 불편추정량 ρ^2의 값이 적을수록 적절한 Model이다.

$$\rho^2=\frac{\theta}{(\pi-p)} \quad (8)$$

여기서 π는 데이터의 수, θ는 잔차 제곱의 합, p는 미지의 파라메타의 수이다.

結　果

1. 어획미수 및 체장분포

실험조업에서의 총 어획미수는 2969마리로서 어종별 어획비율은 Fig. 4와 같은데, 서대류가 약 78%로 가장 많았으며, 다음으로 양태가 13%, 꽃게가 5%, 도다리가 2% 등의 순으로 나타났다. 서대류 중에서는 개서대가 97%(2314마리)로 가장 많고, 참서대가 2%, 용서대가 1%를 차지함으로 여기에서는 개서대를 대상으로 조사하였다.

개서대의 어구별 망목별 체장계급에 따른 어획미수는 Fig. 5 및 Table 1과 같다. 어구별 어획비

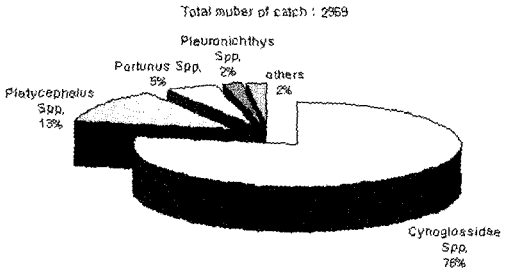

Fig. 4. Catch ratio of species.

Table 1. The number of *Cynoglossus robustus* caught of for three differint mesh sizes of gill nt and trammel net

Rank (TL,*mm*)	Mid size (TL,mm)	Number of catch					
		Gill net			Trammel net		
		70.5	86.6	101	70.5	86.6	101
160	145	1	0	0	10	0	0
190	175	49	0	0	118	0	0
220	205	115	0	0	166	8	0
250	235	106	17	0	207	36	15
280	265	80	57	7	288	55	9
310	295	14	89	14	66	108	43
340	325	1	56	58	14	47	118
370	355	0	20	81	21	39	58
400	385	0	4	40	12	6	18
430	415	0	2	7	0	5	12
460	445	0	0	1	0	7	9
≤	Total	366	245	208	902	311	282

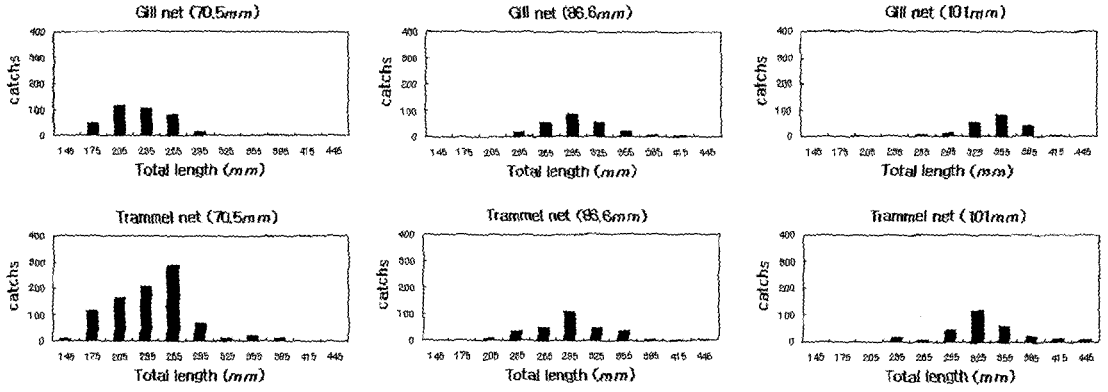

Fig. 5. Length distribution of *Cynoglossus robustus* caught.

율 및 어획미수는 자망이 약 35.4% (819마리), 3중자망이 약 64.6%(1495마리)로서, 자망의 망목별 어획은 70.5*mm* 망이 15.8%(366마리), 86.6*mm* 망이 10.6%(245마리), 101*mm* 망이 9.0%(208마리)로 망목이 커짐에 따라 어획비율이 적어졌다. 3중자망의 경우는 내망 망목 70.5*mm* 망이 39.0%(902마리)로 가장 많았고, 86.6*mm* 망이 13.4%(311마리), 101*mm* 망이 12.2%(282마리)로 자망과 같이 망목이 커짐에 따라 어획미수가 적어졌다. 이에 현용 어구인 70.5*mm* 망의 어획성능이 월등하였으며, 이 어구에서의 어획미수는 3중자망이 자망에 비해 약 2.5배 높게 나타났다.

어획미수가 최대가 되는 체장계급은 자망의 경우 70.5*mm* 망이 205*mm*, 86.6*mm* 망이 295*mm*, 101*mm* 망이 355*mm*이고, 3중자망의 경우는 망목이 커짐에 따라 265*mm*, 295*mm*, 325*mm*로 나타났다. 이는 자망과 3중자망 모두가 망목이 커짐에 따라 어획미수가 최대가 되는 체장계급이 커졌고, 이 최대 계급을 중심으로 어획미수가 집중되었으며, 3중자망의 어획 체장분포가 자망에 비해서 넓었다.

2. 망목 선택성 곡선의 작성 및 비교

2. 1. 자망의 망목 선택성 곡선의 작성

망목 선택성 곡선은 Table 1을 이용하여 작성하였는데, 이 작성함수는 Kitahara 방법에서 식 (7)에 대입하여 2차식(식 (5))과 3차식(식 (6))으로 각각 나타내었다.

$$s(R)=\exp\{(-2.70R^2+19.04R-105.50)-4.90 \quad (9)$$

$$s(R)=\exp=\{(1.57R^3-20.00R^2+81.50R-102.58)-4.90\} \quad (10)$$

식 (9)와 (10)을 이용하여 망목 선택성 Master curve는 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에서 선택률이 1이 되는 최적 *l/m*의 값은 2차식에서는 3.52이고, 3차식에서는 3.38로 나타남으로 2차식이 더 컸다.

50% 선택구간의 *l/m*값은 2차식이 3.03~4.04로 1.01이고, 3차식은 3.00~3.83로 0.83으로서, 3차식의 선택성이 더 좋게 나타난다. 불편추정량

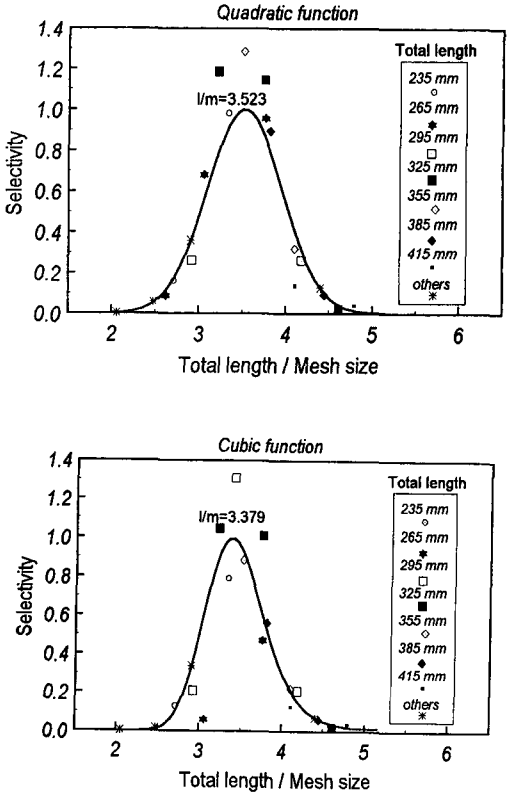

Fig. 6. Master curve of mesh selectivity of the gill net for *Cynoglossus robustus* used Kitahara's Method.

$\rho 2$의 값은 3차식인 경우에는 0.276, 2차식인 경우에는 0.358으로 나타남으로 3차식의 신뢰도가 더 높았다.

2. 2. 3중자망의 망목 선택성 곡선의 작성

망목 선택성 곡선 함수는 Kitahara 방법에서 식 (7)에 대입하여 식 (11)과 (12)와 같이 구하였다.

$$s(R)=\exp\{(-0.89R^2+7.31R-9.44)-5.58\} \quad (11)$$

$$s(R)=\exp\{(0.83R^3-10.45R^2+42.80R-51.56)-5.67\} \quad (12)$$

식 (11)과 (12)를 이용하여 망목 선택성 Master curve를 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7에서 선택률이 1일 되는 최적 *l/m*의 값은 좌우 대칭형인 식 (11)에서는 4.08이고, 좌우비대칭형인 식 (12)에서

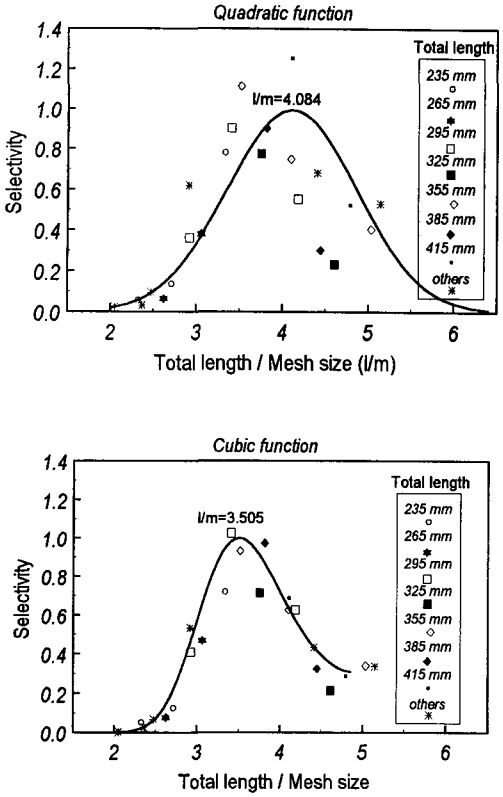

Fig. 7. Master curve of mesh selectivity of the trammel net for *Cynoglossus robustus* used Kitahara's Method.

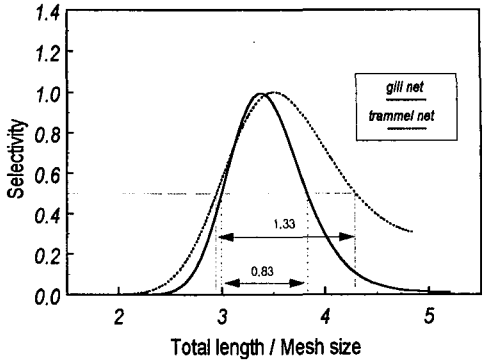

Fig. 8. Master curve of mesh selectivity of the gill net and the trammel net for *Cynoglossus robustus* used Kitrhara's Method.

는 3.51로 나타났다.

다음으로 50% 선택구간의 l/m값은 2차식이 3.22~4.95로 1.73이고, 3차식은 2.97 ~ 4.30으로 1.33으로 나타남으로 자망의 경우와 같이 3차식의 선택성이 좋다. 3차식의 불편추정량 ρ^2 값은 0.336으로 2차식의 0.682보다 적음으로서 3차식의 신뢰도가 더 높았다.

2. 3. 자망과 3중자망의 선택성 곡선 비교

2차식에 의한 선택성 곡선보다는 3차식에 의한 선택성 곡선이 신뢰도가 높게 나타났다. 이에 선택성 비교를 위해 3차식에 의한 자망과 3중자망의 선택성 곡선은 Fig. 8에 나타내었다. 먼저 선택률이 1이 되는 최적 l/m의 값은 3중자망이 자망에 비해서 0.13이 큼으로서 3중자망의 어획체장이 같은 망목을 사용한 자망보다 큼을 알 수 있다. 그리고 50% 선택구간은 3중자망이 자망에 비해서 1.5배 넓으나, 그 선택성은 적은 체장계급에서는 비슷하고 큰 체장계급에서 선택성이 떨어짐을 보였다.

이상의 결과로서 서대 3중자망은 자망에 비해 어획성능이 우수하고, 낮은 체장계급에서의 선택성은 자망과 비슷하나, 큰 체장계급에서의 선택성은 자망에 비해서 떨어짐으로, 망목의 크기를 조절함으로서 대상 어종의 어획 체장을 제어할 수 있음을 알 수 있었다.

考　察

지금까지 자망의 선택성에 관해서는 세계 각국에서 많은 연구가 수행되었으며, 자망의 망목 선택성의 해석방법에 관해서도 Holt(1963), Ishida(1962), Kitahara(1968) 등에 의하여 여러 가지 방법들이 제시되어 있다. 이들 방법들을 살펴보면, 선택성곡선의 자유도 및 객관성 측면에서 나름대로의 특징들이 있다.

먼저 Ishida 방법은 자원밀도를 구하는 방법과 곡선의 함수가 주어지지 않으므로, 연구자의 주관에 따라 선택성 곡성을 시행착오적으로 작성함으로서 자유도는 높은 반면, 객관성이 부족하다는 결점이 있다. 그리고, Holt 방법은 망목 선택성 곡선을 함수로 나타내었으므로 객관성은 확보하였으나, 망목 선택성 곡선이 좌우대칭형이고 선택범

위가 고정되어 있다는 문제점이 있다. 때문에 본 연구에서는 가장 최근에 발표된 Kitahara 방법에 함수형을 결합한 방법을 사용하였다.

본 연구는 한 어종에 대한 망목 선택성 곡선을 작성함으로서 얻은 결과이므로 모든 어종에 대해 3중자망의 망목 선택성이 있다고 한다는 것은 무리가 따르리라 생각한다. 이에 많은 관심을 가지고 각 어종별 3중자망의 선택성에 관한 포괄적인 연구가 수행되어져야 하겠다.

要　約

서대 3중자망의 망목 선택성을 규명하기 위하여 각각 3가지 종류의 망목(70.5*mm*, 86.6*mm*, 101*mm*)으로 구성된 자망 및 3중자망을 사용하여 1999년 5월부터 8월까지 전남 여수시 돌산도 연안에서 총 30회의 실험조업을 하고, 그 결과를 분석하였다. 망목 선택성 곡선은 개서대를 대상으로 Kitahara 방법으로 작성되었다.

본 연구에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다 ;

1. 현용어구 규격인 3중자망(내망 망목 70.5mm 망)의 어획비율은 39.0%로, 자망 15.8%에 비해서 약 2.5배 높았다.
2. 3중자망의 선택률이 1이 되는 최적 *l/m*값은 3.51로 자망 3.38에 비해서 약 0.13 높게 나타났다.
3. 3중자망의 낮은 체장계급에서의 선택성은 자망과 비슷하였으나, 높은 체장계급에서의 선택성은 자망에 비해서 떨어졌다. 이 때 3중자망의 50% 선택구간은 1.33으로 자망 0.83에 비해 1.5배 넓게 나타났다.

이상의 결과에서 볼 때, 서대의 경우 3중자망은 자망에 비해 어획성능이 우수하고, 망목 크기를 조절함으로서 대상 어종의 어획 체장을 제어할 수 있음을 알 수 있었다.

參考文獻

FAO (1992) : Intoduction to tropical fish stock assessment (Part 1－Manual), FAO Fisheries Technical Paper 306(1), 175－181.

Fujimori, Y., Tokai, T., Hiyama, S. and Matuda, K. (1996) : Selectivity and gear dfficiency of trammel nets for kuruma prawn (*Penaeus japonicus*), Fisheries Research, 26, 113－114.

Ishida, T. (1962) : On the Gill net Mesh Selectivity, Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 25, 20－25.

Kitahara, T. (1968) : Mesh selectivity curve of sweeping trammel net for *branquillos*, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 34(9), 759－763.

Koike, A. and Takeuchi, S. (1985) : Effect of trammel net with Different Sizes of Mesh of Inside net on catching efficiency, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 34(9), 895－901.

Koike, A. and Matuda, K.(1988) : Catching efficiency of trammel net with different slacknesses and mesh sizes of inner net, Nippin Suisan Gakkaishi, 54(2), 221－227.

Tatsuro, M. (1991) : A tank experiment on selectivity components of a trammel net for *Tilapia mossambica*, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 57(7), 1331－1338.

國立水產振興院 (1989) : 現代韓國漁具圖鑑, 國立水產振興院.

近藤次郎 (1984) : 最適化法, 壯光舍印刷株式會社, 243－254.

李棟錡, 朴丞源, 金鎭乾 (1989) : 沿近海漁業概論, 太和出版社, 28－29.

日本水產學會編 (1979) : 漁具の漁獲選擇性, 水產學シリーズ 28, 恒星社原生閣, 66－81.