

## 서해안 문치가자미 삼중망의 망지 재료에 따른 망목선택성

김인옥\* · 박창두<sup>1</sup> · 조삼광<sup>1</sup> · 김현영<sup>2</sup> · 차봉진<sup>1</sup> · 이건호

국립수산과학원 서해수산연구소 해역산업과, <sup>1</sup>국립수산과학원 시스템공학과, <sup>2</sup>국립수산과학원 연구기획과

### Mesh selectivity of monofilament and multifilament nylon trammel net for marbled sole (*Pleuronectes yokohamae*) in the western sea of Korea

In-Ok KIM\*, Chang-Doo PARK<sup>1</sup>, Sam-Kwang CHO<sup>1</sup>, Hyun-Young KIM<sup>2</sup>, Bong-Jin CHA<sup>1</sup> and Gun-Ho LEE

Aquaculture Industry Division, West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Incheon 22383, Korea

<sup>1</sup>Fisheries System Engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 46083, Korea

<sup>2</sup>Research and Development Planning Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 46083, Korea

A series of field tests to estimate the size selectivity of monofilament and multifilament gill net for marbled sole, *Pleuronectes yokohamae*, were carried out 12 times with five different mesh sizes (86.6, 101.0, 121.2, 137.7 and 151.5mm) in the western sea of Korea from 2007 to 2009. The master selection curve was estimated by the extended Kitahara's method. The total number of catch species was 23 and that of catch was 1,688 in the field tests. Marbled sole of total catch was 1,150 with 68.1 percent. In the monofilament trammel net, the optimum value of total length ( $TL$ ) per mesh size ( $m$ ) for 1.0 of retention probability was estimated 0.280 and the values of  $TL/m$  were estimated to be 0.187, 0.201, 0.210, 0.218 and 0.226 when the retention probability were 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5, respectively. In the multifilament trammel net, the optimum value of  $TL/m$  for 1.0 of retention probability was estimated 0.307 and the values of  $TL/m$  were estimated to be 0.195, 0.211, 0.222, 0.232 and 0.241 when the retention probability were 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5, respectively.

Keywords: Selectivity, Monofilament, Multifilament, Trammel net, Marbled sole

#### 서론

수산자원은 무주물이라고 일반적으로 생각을 하고 있기 때문에, 먼저 어획하여 차지하려는 경향이 많아서 자원관리가 어려운 실정이다. 이러한 수산자원을 관리하기 위한 방안 중의 하나인 어획관리는 어업 규제를 통한 관리이다. 어구 규제의 한 방법으로 어업 종류별

로 사용 망목의 크기를 제한함으로써 미성어의 어획을 방지하고, 성어로 성장하여 산란에 참여할 수 있도록 하고 있다.

문치가자미는 수심 10-40 m인 곳에 12월부터 다음해 2월에 산란을 하며, 서해안에서는 수온이 내려가는 가을부터 북쪽에서 남쪽으로 이동하기 시작하여 남쪽에

\*Corresponding author: kr60@korea.kr, Tel: 82-32-745-0630, Fax: 82-32-745-0569

서 겨울을 보낸 후, 봄이 되면 다시 북쪽으로 이동한다 (NFRDI, 2004). 서해안에서는 자망을 이용하여 3월에 서 5월에 문치가자미를 어획하고 있어 산란 후 북쪽으로 이동하는 개체를 어획대상으로 하고 있다.

우리나라에서 문치가자미 생산량은 2008년도에 20,266톤으로, 이중 연안자망에서 5,308톤, 근해자망에서 2,039톤으로 자망어업에서 7,347톤이 생산되어 총 생산량의 약 36.3%를 점유하고 있으며, 서해안 지역에서만 2,809톤이 생산되어 총 생산량의 13.9%를 점유하고 있다 (NFRDI, 2009). 이러한 문치가자미의 자원을 보호하기 위하여 수산자원관리법시행령에서는 포획금지체장을 15 cm 이하로, 포획금지기간을 12월 1일부터 다음 해 1월 31일까지 (경상북도는 2월 1일부터 2월 28일까지)로 규정하고 있을 뿐 이를 이행할 수 있는 방안의 제시는 없는 실정이다. 또한 문치가자미는 지방에 따라 도다리라고 다르게 부르는 지역도 있어, 이런 지역에서는 어업인들이 법령상 수산자원보호품종에 포함되어 있지 않은 어류로 오해하여 법령상 규정된 제한 규정을 따르지 않을 가능성도 있으므로 이에 대한 홍보도 필요한 실정이다.

문치가자미에 관한 연구를 살펴보면, 우리나라에서는 동해 남부 해역 및 경상남도 해역에서의 연령과 성장에 관한 연구 (Kim et al., 1991; Moon and Lee, 1999), 백색광에 대한 반응 연구 (Yang, 1986), 그물실 종류에 따른 어획성능 연구 (Kim et al., 2011) 등이 있으며, 일본에서는 연령과 성장에 관한 연구 (Kooka et al., 2000; Tanda et al., 2008), 방류후의 생존에 관한 연구 (Ariyama et al., 2003), 청각에 관한 연구 (Zhang et al., 1998a, 1998b), 먹이 선택성에 관한 연구 (Honda, 1992) 등이 있다.

한편, 자망 어구를 이용한 어획선택성에 관한 연구는 서대 (Cho et al., 2000)와 가자미 (Kim and Lee, 2002)를 대상으로 자망과 삼중자망의 망목선택성 연구, 대게를 대상으로 수컷과 암컷의 자망 망목선택성 연구 (Park et al., 2003, 2009), 문치가자미를 대상으로 자망의 망지 재료에 따른 망목선택성 연구 (Kim et al., 2010), 콩치를 대상으로 자망 망지 재료에 따른 망목선택성 연구 (Jo et al., 2006) 등이 있다. 그러나 문치가자미를 대상으로 어구 측면에서의 자원관리 방법의 하나인 망목선택성에 관한 연구는 홀자망에 대해서만 연구 (Kim et al., 2010)된 바 있고 삼중망에 대해서는 연구된 바가 없다.

그러므로 이 연구에서는 문치가자미를 대상으로 삼중망을 이용한 망지 재료별 망목선택성을 추정하고 망지 재료별 망목선택특성을 비교 분석하여 문치가자미의 자원관리 방안을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시험 어구

시험에 사용된 삼중망 망지의 재료는 2종으로 단일섬유 (경심)와 복합섬유이며, 망목의 크기는 재료별로 5종 (86.6, 101, 121.2, 137.7 및 151.5 mm)으로 하였다. Table 1은 망목크기별로 단일섬유와 복합섬유로 제작된 시험 삼중망 어구의 제작 내용을 나타낸 것이다. 시험 삼중망의 종류 및 망목 크기별 어구의 높이는 1.3 m 정도로 동일하게 하였으며, 길이는 폭당 뜰줄부에서 46.7±1.3 m이고 발줄부에서 54.8±1.6 m이며, 성형률은 길이방향으로 뜰줄부에서는 30.8±0.9%, 발줄부에서는 36.2±1.0%였다.

Table 1. General specification of experimental monofilament and multifilament trammel net

Mesh opening size (mm)	Mono-filament (No.)	Multi-filament (Ply)	Height (No. of mesh)	No. of float	No. of sinker	No. of mesh between floats	No. of mesh between sinkers	Length of float line (m)	Length of sinker line (m)
86.6	1.5	3	31	81	160	22	11	46.1	54.1
101.0	2	3	26	84	168	18	9	48.3	56.7
121.2	3	4	22	79	157	16	8	45.3	53.1
137.7	3	6	19	80	158	14	7	45.6	53.4
151.5	3	6	17	84	168	12	6	48.3	56.7

\* Outer net : Ny. Td210 15ply 660 mm × 2 meshes (H)

Fig. 1은 시험 삼중망의 부분 모식도이다. 뜰줄부의 뜰 사이 간격은 580 mm이고, 발줄부의 침자 사이의 간격은 340 mm로, 발줄 길이가 뜰줄 길이보다 약 17% 정도 길어 1폭의 전체적인 모양은 사다리꼴 모양이다.

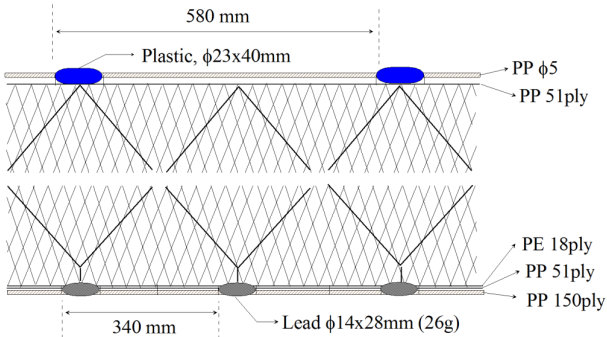


Fig. 1. Schematic diagram of experimental trammel net.

시험 조업 및 해역

Fig. 2는 시험 조업 수역을 나타낸 것이다. 시험 조업은 충청남도 태안군 안면도 연안에서 2007~2009년까지 3년에 걸쳐 수행되었으며, 시험어선은 자망어선인 경순호 (3.17톤, 2007년 조사)와 은성호 (4.99톤, 2008~2009년 조사)를 용선하여 사용하였다. 시험 조업어장의 수심은 약 7~14 m였고, 시험 조업 시기는 해마다 봄철이며, 시험횟수는 2007년에는 3~5월에 걸쳐 4회, 2008년에는 4~5월에 걸쳐 4회, 2009년에는 3~4월에 걸쳐 4회로 총 12회이다. 시험 어구의 사용량은 시험 조업 1회당 어구 종류별로 2폭씩을 사용하여 총 20폭 (망사재료 2종×망목크기 5종×2폭)이었으며, 3년간 시험 어구의 종류별 총 어구 사용량은 각각 24폭 (2폭×12회)이었다. 시험용 삼중망의 침지일수는 3~4일을 기준으로 하였으나, 해상 상태에 따라 최대 8일인 경우도 있었다. 이때 시험용 삼중망의 배열 방법은 망지 재료가 같은 것끼리 배열하여, 단일섬유 삼중망을 배열한 후 복합섬유 삼중망을 연이어 배열하였다. 또한 망지 재료가 같은 삼중망 내에서 망목 크기에 따른 배열은 시험에 사용된 5가지 크기의 삼중망을 망목 크기 순으로 순차적으로 배열하였다. 이와 같이 단일섬유 삼중망 5종과 복합섬유 삼중망 5종이 연속적으로 연결된 시험 삼중망을 1조로 하였으며, 시험 조업 시에는 1회 시험에 시험 삼중망 2조를 사용하였다.

시험 어구의 조업 모식도를 Fig. 3에 나타내었다. 시험 조업할 때 연속되는 시험용 삼중망의 종류별 연결은

발줄에서만 하고 뜰줄에서는 하지 않았다. 시험 조업에서 취득한 어획물의 조사는 조업 현장에서 시험 어구의 종류 및 망목 크기별로 구분하여 수집망에 넣어 표시해 놓고, 시험 조업 종료 후 귀항하여 시험 대상종인 문치가자미의 전장과 체고는 어체 측정판을 이용하여 0.1 cm 단위로, 체중은 디지털 전자저울 (CAS SW-1, 1/2000)을 이용하여 1 g 단위로 전량 측정하였고, 기타 어종의 경우에는 기준 체장 (전장 또는 가랑이 체장)과 체중을 전량 측정하였다.

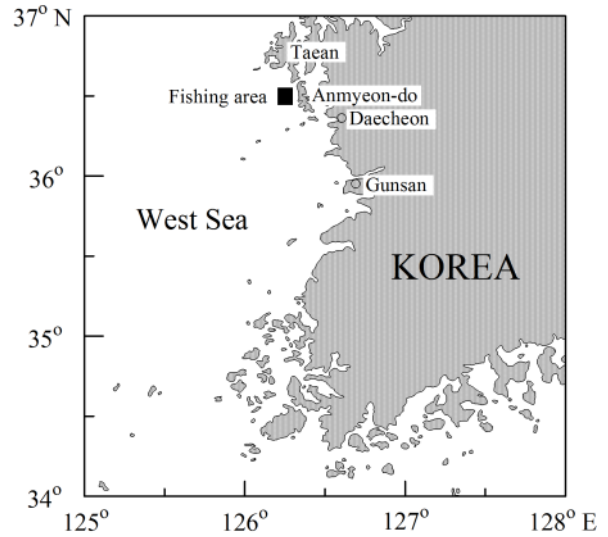


Fig. 2. Experimental fishing area in the West Sea of Korea.

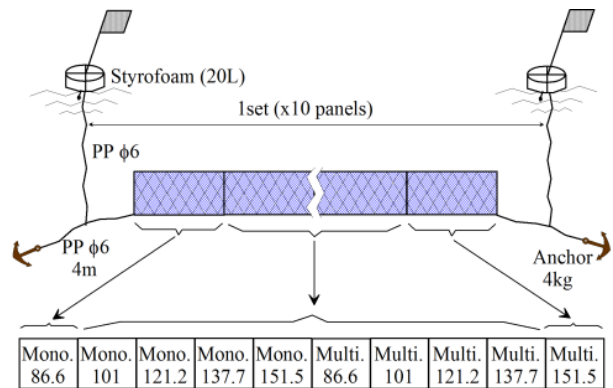


Fig. 3. Construction of experimental fishing gear and arrangement of trammel net panels.

망목선택성곡선의 추정

문치가자미 삼중망의 망목선택성곡선을 추정하는 데 사용한 방법은 앞선 연구 (Kim et al., 2010)에서 제시

한 방법을 사용하여 망목선택성곡선을 하나의 기준 곡선으로 나타낼 수 있는 Kitahara 방법 (Fujimori et al., 1996)을 이용하였다.

Fujimori et al. (1996)은 망목선택성곡선을 하나의 기준 곡선으로 나타내는 방식으로 다항식을 제시하였는데, 그 기준 곡선은 2차 함수식인 경우에는 좌우 대칭형이 되고, 3차 함수식인 경우에는 좌우 비대칭형이 된다. 이 함수식 중 어느 함수 곡선식이 선택성곡선으로 적합한 지는 오차분산의 불편추정량의 값이 적을수록 적합한 모델식이라 할 수 있으므로, 이 연구에서는 2차와 3차 함수식의 불편추정량 값을 계산하여 그 값이 적은 3차함수식을 적용하였다 (Cho et al., 2000; Park et al., 2003).

## 결과 및 고찰

### 어획종

시험 조업 기간 중에 어획된 어종은 Table 2에 삼중망의 재료별로 개체수와 중량을 나타내었다. 어획종은 총 23종으로, 이 중 어류 14종, 두족류 3종, 패류 1종, 복족류 2종, 갑각류 3종이었다. 어획 개체수는 총 1,688마리였으며. 이 중 문치가자미가 1,150마리로 68.1%를 차지하였고, 기타 혼획종은 31.9%로 홍어 125마리 (7.4%), 민꽃게 108마리 (6.4%), 삼세기 66마리 (3.9%), 넙치 49마리 (2.9%) 순으로 나타나, 문치가자미 삼중망의 혼획률은 31.9%였다.

문치가자미의 어획 상황을 개체수 기준으로 살펴보면, 단일섬유 삼중망에서는 총 어획 개체수 823마리 중

Table 2. Composition of catch species, number(N) and weight(W) by materials of trammel net

Species	Materials of trammel net				Total	
	Monofilament		Multifilament		N	W(g)
	N	W(g)	N	W(g)		
<b>Fishes</b>						
<i>Paralichthys olivaceus</i>	19	6,379	30	17,044	49	23,423
<i>Zebrias fasciatus</i>	2	282	0	0	2	282
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	0	0	1	336	1	336
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	612	237,641	538	203,853	1,150	441,494
<i>Verasper variegatus</i>	2	900	1	358	3	1,258
<i>Pholis nebulosa</i>	1	365	1	103	2	468
<i>Hemitripterus villosus</i>	33	12,796	33	12,454	66	25,250
<i>Cynoglossus robustus</i>	1	228	0	0	1	228
<i>Platycephalus indicus</i>	3	1,289	3	1,760	6	3,049
<i>Lateolabrax maculatus</i>	1	398	0	0	1	398
<i>Sebastes schlegeli</i>	3	1,768	5	3,578	8	5,346
<i>Hexagrammos otakii</i>	3	825	4	1,045	7	1,870
<i>Raja kenoei</i>	36	16,865	89	39,731	125	56,596
<i>Lophius litulon</i>	3	848	4	2,252	7	3,100
<b>Cephalopod</b>						
<i>Octopus minor</i>	1	175	0	0	1	175
<i>Paroctopus dofleini</i>	1	290	1	284	2	574
<i>Octopus membranaceus</i>	1	122	0	0	1	122
<b>Shellfishes</b>						
<i>Patinopecten yessoensis</i>	1	74	0	0	1	74
<b>Gastropoda</b>						
<i>Neptunea cumingi</i>	6	453	10	1,044	16	1,497
<i>Rapana venosa</i>	20	4,801	18	4,441	38	9,242
<b>Crustacea</b>						
<i>Oratosquilla oratoria</i>	13	591	33	1,375	46	1,966
<i>Portunus trituberculatus</i>	29	7,190	18	3,863	47	11,053
<i>Charybdis japonica</i>	32	2,729	76	5,984	108	8,713
Total	823	297,009	865	299,505	1,688	596,514

612마리로 74.4%를 차지하고, 복합섬유 삼중망에서는 총 어획 개체수 865마리 중 538마리로 62.2%를 차지하여, 단일섬유 삼중망이 복합섬유 삼중망보다 어획 마리수는 약 1.1배 많았고 혼획률은 약 12.2% 포인트 적게 나타났다. 이 결과는 Kim et al. (2010)의 문치가자미 자망 시험에서 단일섬유 자망이 복합섬유 자망보다 어획 마리수는 약 1.4배 많고 혼획률은 약 11.7% 포인트 적었다는 결과와 잘 일치하고 있어, 문치가자미 자망의 단일섬유 재료는 복합섬유 재료보다 혼획률은 낮추면서 어획량은 높일 수 있는 재료인 것으로 판단된다.

어획된 문치가자미의 전장 체급별 개체수 빈도는 Fig. 4에 나타내었다. 전장 범위는 17.4~50.5 cm로 수산자원관리법 시행령상의 문치가자미 포획금지체장인 15 cm 이하의 개체는 어획되지 않았다. 또한 문치가자미의 최소성숙체장인 19.5 cm (Kang et al., 1985) 이하인 개체는 5마리로 총 어획 개체수의 약 0.4%였다. 체급별 어획 개체수 분포에서 최빈값은 27~30 cm에서 나타나고 있고, 이를 기준으로 그 이하의 체장을 갖는 개체수는 28.6%, 그 이상의 체장을 갖는 개체수는 71.4%의 분포를 보였다. 어획된 문치가자미의 체중 범위는 65~1,654 g이었다.

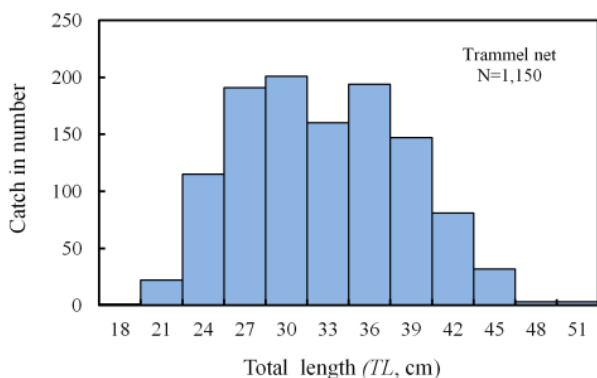


Fig. 4. Total length distribution of marbled sole caught in the experiment.

#### 단일섬유 삼중망

망목 크기별 어획 상태

단일섬유 삼중망에서 망목 크기별 문치가자미의 어획 개체수를 체급별로는 Table 3에, 빈도 분포는 Fig. 5

에 나타내었다. Table 3에서 망목 크기에 따른 어획 개체수 변화는 망목 86.6, 101, 121.2, 137.7 및 151.5 mm에서 각각 143, 175, 121, 100 및 73마리로 망목 101 mm에서 가장 많이 어획되었으나, 전체적인 경향은 망목 크기의 증가에 따라 어획 개체수는 적어지고 있고, 최빈값은 망목 크기별로 전장이 각각 21~24, 24~27, 30~33, 33~36 및 36~39 cm로 망목 크기가 증가함에 따라 전장의 최빈값도 커지는 경향을 보였다. 이와 같은 경향은 Fig. 5에서도 확인할 수 있으며, 망목 크기가 증가할수록 문치가자미의 전체적인 체급 분포도 체급이 큰 쪽인 오른쪽으로 이동하는 경향을 나타냈다. 문치가자미의 경우에는 체형이 편평형이기 때문에, 자망의 그물코에 꽂혀서 어획되기도 하지만 얽혀서 어획될 확률도 높다고 생각한다. 그러므로 Table 3과 Fig. 5에서 보여준 바와 같이 망목 크기의 증가에 따라 소형 개체의 어획은 적고 큰 개체의 어획은 많아지는 것으로 보아, 편평형의 어류도 망목 크기를 달리하면 소형 개체의 어획을 줄이면서 상품성 있는 큰 개체만 어획할 수 있음을 알 수 있었다. 삼중망은 어구의 구성 특성상 그물코에 꽂혀서 어획되기 보다는 얽혀서 어획될 확률이 높은 어구이므로, 개체의 크기가 작은 것부터 큰 것까지 다양하게 어획되어 수산자원의 보호 관리상 사용이 통제되고 있는 어구이다. 그러나 이 시험 결과, 삼중망의 경우에도 망목 크기의 적절한 조절을 통해 조업과정에서 어린 개체의 어획을 방지하여 생존율을 높여 어린 개체 자원을 보호할 수 있을 것으로 생각된다.

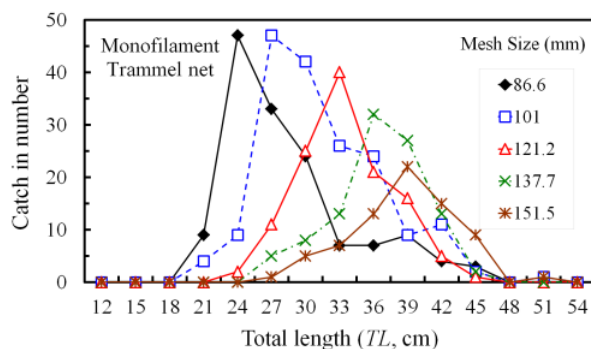


Fig. 5. Total length distribution of marbled sole caught in the monofilament trammel net by mesh sizes.

Table 3. The number of marbled soles caught by five different mesh sizes of monofilament trammel net

Total length (cm)	Number of catch by mesh sizes					Total
	86.6 mm	101.0 mm	121.2 mm	137.7 mm	151.5 mm	
~18	0	0	0	0	0	0
18~21	9	4	0	0	0	13
21~24	47	9	2	0	0	58
24~27	33	47	11	5	1	97
27~30	24	42	25	8	5	104
30~33	7	26	40	13	7	93
33~36	7	24	21	32	13	97
36~39	9	9	16	27	22	83
39~42	4	11	5	13	15	48
42~45	3	2	1	2	9	17
45~48	0	0	0	0	0	0
48~51	0	1	0	0	1	2
Total	143	175	121	100	73	612

망목선택곡선의 추정

Table 3을 이용하여 Kitahara 방법 (Fujimori et al., 1996)으로 망목선택곡선을 2차식과 3차식으로 추정하고, 적합 모델을 선정하기 위해 오차분산의 불편추정량 값을 계산한 결과 2차식에서는 0.6517이고, 3차식에서는 0.1961로 나타나 3차식에서 적은 값을 나타내어 적합 모델로 선택하였고, 이렇게 추정된 망목선택곡선식은 식 (1)과 같으며, 이를 기준 곡선으로 나타낸 것이 Fig. 6이다. 여기서  $TL$ 은 전장,  $m$ 은 망목크기,  $R$ 은 망목 크기에 따른 전장비,  $s(R)$ 은 망목크기에 따른 전장비의 기준곡선식을 나타낸다.

$$s(R) = s(TL/m) = \exp\{(834.01R^3 - 887.72R^2 + 301.09R - 29.36) - 3.656\} \dots\dots\dots (1)$$

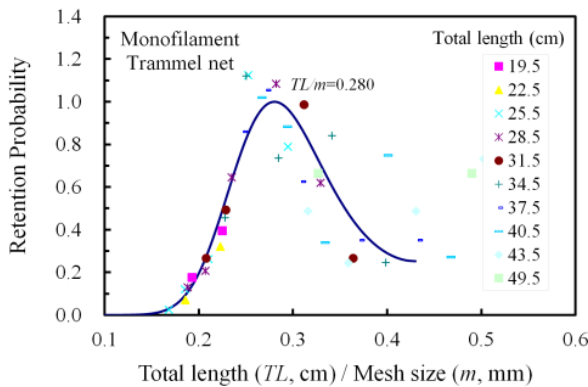


Fig. 6. Master curve of size selectivity of monofilament trammel net for marbled sole by Kitahara's method.

Fig. 6의 기준 곡선에서 선택률이 1이 되는 최적의 전장/망목크기 ( $TL/m$ )의 값은 0.280이고, 선택률이 0.5가 되는 값은 0.226과 0.355로 그 간격은 0.129로 추정되었다. 선택률이 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5를 나타내는  $TL/m$ 의 값은 각각 0.187, 0.201, 0.210, 0.218 및 0.226으로 추정되었다.

복합섬유 삼중망

망목 크기별 어획 상태

복합섬유 삼중망에서 망목 크기별 문치가자미의 어획 개체수를 체급별로는 Table 4에, 빈도 분포는 Fig. 7에 나타내었다. Table 4에서 망목크기에 따른 어획 개체수는 망목 86.6, 101, 121.2, 137.7 및 151.5 mm에서 각각 169, 152, 96, 76 및 45마리로 망목 크기의 증가에 따라 어획 개체수는 적어지는 경향을 보였고, 최빈값은 각각 전장이 21~24, 27~30, 30~33, 33~36 및 36~39 cm로 망목 크기의 증가에 따라 커지는 경향을 보였다. 이와 같은 경향은 Fig. 7에서도 확인할 수 있으며, 망목 크기가 증가할수록 문치가자미의 전체적인 체급 분포도 체급이 큰 쪽인 오른쪽으로 이동하는 경향을 보이나, 단일섬유 삼중망보다는 명확성이 다소 떨어지는 것을 볼 수 있다. Table 4와 Fig. 7에서 망목 크기에 따른 어획 개체수의 변화 경향은 단일섬유 삼중망과 유사한 경향을 보여, 복합섬유 삼중망에서도 망목 크기를 적절히 조절하면 조업 과정에서 어린 개체의 어획을 줄

Table 4. The number of marbled soles caught by five different mesh sizes of multifilament trammel net

Total length (cm)	Number of catch by mesh sizes					Total
	86.6 mm	101.0 mm	121.2 mm	137.7 mm	151.5 mm	
~18	1	0	0	0	0	1
18~21	8	1	0	0	0	9
21~24	<b>48</b>	8	0	1	0	57
24~27	43	44	4	3	0	94
27~30	28	<b>46</b>	20	3	0	97
30~33	15	19	<b>23</b>	6	4	67
33~36	9	19	22	<b>37</b>	10	97
36~39	9	8	13	17	<b>17</b>	64
39~42	7	4	7	6	9	33
42~45	0	3	5	2	5	15
45~48	1	0	1	1	0	3
48~51	0	0	1	0	0	1
Total	169	152	96	76	45	538

이고 일정 크기 이상의 큰 개체만 어획할 수 있어 어린 개체 자원을 보호할 수 있을 것으로 생각되나, 단일섬유 삼중망보다는 그 기능이 떨어질 것으로 생각된다.

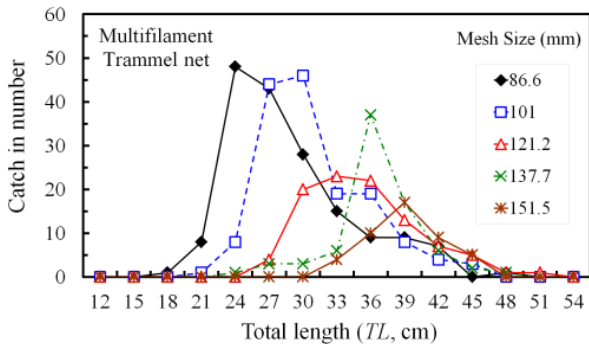


Fig. 7. Total length distribution of marbled sole caught in the multifilament trammel net by mesh sizes.

망목선택곡선의 추정

Table 4를 이용하여 Kitahara 방법 (Fujimori et al., 1996)으로 망목선택곡선을 2차식과 3차식으로 추정한 두 모델의 오차분산의 불편추정량 값은 2차식에서는 0.5538이고 3차식에서는 0.2221로 계산되어, 3차식을 적합 모델로 선정하여 추정된 망목선택곡선식은 식 (2)와 같으며, 이를 기준 곡선으로 나타낸 것이 Fig. 8이다.

$$s(R) = s(TL/m) = \exp\{(546.03R^3 - 624.95R^2 + 229.24R - 23.78) - 3.494\} \dots (2)$$

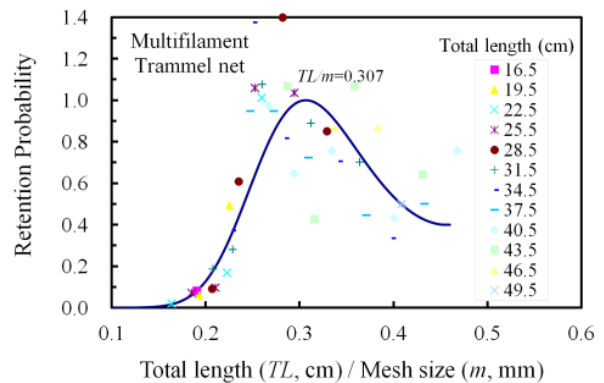


Fig. 8. Master curve of size selectivity of multifilament trammel net for marbled sole by Kitahara's method.

Fig. 8의 기준 곡선에서 선택률이 1이 되는 최적의 전장/망목크기 (TL/m)의 값은 0.307이고, 선택률이 0.5가 되는 값은 0.241과 0.408으로 그 간격은 0.167로 추정되었다. 선택률이 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5를 나타내는 TL/m의 값은 각각 0.195, 0.211, 0.222, 0.232 및 0.241로 추정되었다. 이렇게 복합섬유 삼중망에서 추정된 값은 단일섬유 삼중망에서 추정된 값보다 모두 크게 나타났다.

단일섬유와 복합섬유 삼중망의 망목선택성 비교  
망목선택성 비교

문치가자미에 대한 단일섬유와 복합섬유 삼중망의 망목선택의 기준 곡선을 Fig. 9에 나타내었다. 두 재료

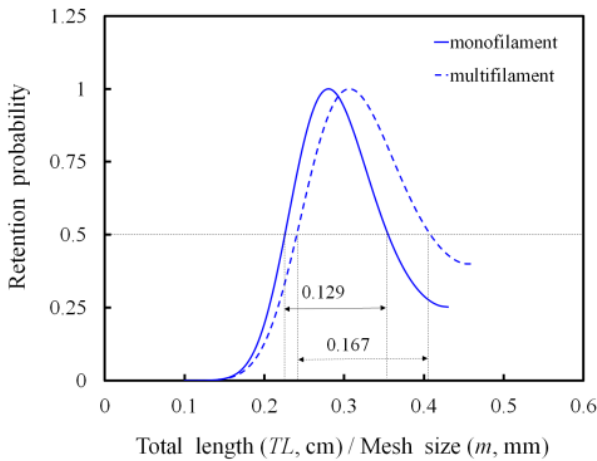


Fig. 9. Comparison of master curve of mesh selectivity of the monofilament and multifilament trammel net for marbled sole by Kitahara's method.

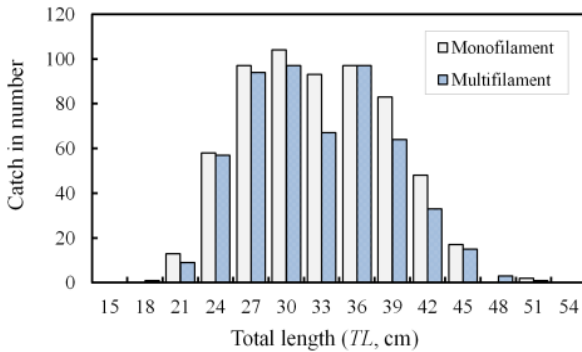


Fig. 10. Comparison of total length distribution of marbled sole caught in the monofilament and multifilament trammel net.

의 망목선택 기준 곡선을 비교해 보면, 복합섬유 삼중망의 기준 곡선이 단일섬유 삼중망의 기준 곡선보다 곡선의 폭이 더 넓은 것을 알 수 있다. 이것은 대상어종의 크기 선택 폭이 넓다는 것을 의미하는 데, 선택 폭이 좁게 나타나는 어구가 선택성이 좋은 어구로 평가된다. 선택률이 0.5가 되는 선택구간은 단일섬유 삼중망에서 0.129, 복합섬유 삼중망에서 0.167로서 복합섬유 삼중망이 단일섬유 삼중망보다 약 1.3배 넓으므로, 복합섬유 삼중망이 단일섬유 삼중망에 비해 망목선택성이 떨어지는 것으로 나타났다. 문치가자미 삼중망에 있어 망지 재료에 따른 망목선택성은 단일섬유와 복합섬유 간에 확연한 차이를 나타내며 단일섬유 삼중망이 복합섬유 삼중망보다 우수하게 나타났다. 그러므로 문치가자미 자원을 보호하기 위해서는 망지 재료를 복합섬유보

다 단일섬유를 사용하는 것이 효과적이라고 판단된다.

Fig. 10은 망지 재료에 따른 문치가자미 삼중망에서 어획된 체급별 어획 개체수를 나타낸 것이다. 법령상 채포금지체장인 15 cm 이하의 개체는 어획되지 않았으나 최소성숙체장인 19.5 cm (Kang et al., 1985) 이하의 개체는 총 5마리가 어획되어 총 어획 개체수의 약 0.4%로 극히 적었다. 망지 재료에 따라서는 단일섬유 삼중망이 복합섬유 삼중망보다 모든 체급에서 어획량이 많게 나타나고 있다. 문치가자미의 체형은 편평형으로 그물에 꽂혀서 어획되기도 하지만 얽혀서 어획될 확률도 높다고 할 수 있으므로 문치가자미가 그물에 얽히기에는 유연성이 좋은 복합섬유가 유리할 것으로 판단되었으나 실제적으로는 단일섬유에서 많이 어획되었다. 이것은 자망 어구의 어획 메커니즘 측면에서 보면, 대상어종이 어구를 인식할 수 없어야 그물에 접근하여 꽂히거나 얽혀서 어획되므로, 단일섬유 망지는 투명하여 하얀 색상의 복합섬유 망지보다 수중에서 인식이 잘 되지 않기 때문으로 생각된다 (Kim et al., 2011; Steinberg, 1964). 그러므로 망지 재료에 따른 어획 성능의 차이에 대해서는 망지의 색상뿐만 아니라 유연도, 성형률, 망사의 굵기 등도 영향을 미칠 수 있기 때문에 이에 대한 연구도 앞으로 수행하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

#### 적정 망목의 추정

시험 조업에서 어획된 문치가자미의 최소 전장은 단일섬유 삼중망에서는 19.2 cm, 복합섬유 삼중망에서는 17.4 cm로서 수산자원관리법시행령상 포획금지체장인 15 cm 이상의 개체만 어획되었다. Kang et al. (1985)의 연구에 의한 최소성숙체장인 19.5 cm 이하의 개체는 단일섬유 삼중망에서 2마리, 복합섬유 삼중망에서 3마리로 총 5마리가 어획되어, 어획된 개체의 대부분은 최소성숙체장 이상의 큰 개체들이었다. 그러므로 적정 망목을 추정하는 데 기준이 되는 체장은 최소성숙체장보다 작은 개체의 어획량도 적으므로 포획금지체장보다는 최소성숙체장을 기준으로 하였다.

문치가자미의 최소성숙체장인 19.5 cm를 기준으로, 선택률이 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5되는 적정 망목은 단일섬유 삼중망에서는 104.2, 97.0, 92.9, 89.4 및 86.3 mm로 추정되었으며, 복합섬유 삼중망에서는 100.0, 92.4, 87.8, 84.1 및 80.9 mm로 추정되어, 단일섬유 삼중망이 복합섬유 삼중망보다 적정 망목이 다소 크게 추



정되었다. 즉, 같은 선택률일 경우 같은 망목의 삼중망으로 문치가자미를 어획할 때에는 단일섬유 삼중망에서 어획되는 개체는 복합섬유 삼중망에서 어획되는 개체보다 크기가 작다는 것을 의미한다. 그러므로 같은 크기의 개체를 어획한다고 하면 단일섬유 삼중망이 복합섬유 삼중망보다 큰 망목을 사용해야 한다. 두 망지 재료간의 망목의 차이는 최소성숙체장인 19.5 cm를 기준으로 선택률 0.1~0.5 범위에서 약 4.3~5.4 mm의 차이를 보였다.

문치가자미를 어획하기 위해 삼중망을 사용하는 것이 제도상으로 허용되어 있지 않으나, 현재 어업인들은 홀자망을 사용하고 있으며, 망목은 101 mm와 121.2 mm이다. 어업인들이 사용하고 있는 망목은 수년간 조업 경험에 의해서 나온 크기라 할 수 있다.

그러므로 적정 망목의 추정에 있어서 선택률을 50%로 하여 추정하는 것이 일반적으로 사용되고 있으나 (Kim and Lee, 2002), 문치가자미 삼중망에 이를 적용할 경우에는 단일섬유 삼중망에서는 86.3 mm, 복합섬유 삼중망에서는 80.9 mm로 추정되어, 현재 어업인들이 사용하고 있는 망목보다 적게 추정되었다. 그리고 시험 조업 기간 중에 어획된 문치가자미 중 이 연구에서 적정 망목 추정의 기준 체장으로 설정한 19.5 cm 이하의 개체 비율도 총 어획량의 약 0.4% (5마리)로 적으므로, 문치가자미 삼중망에서는 선택률을 10%로 낮추어 적정망목크기를 추정하여도 어업 현실에 비추어 크게 어긋나지 않는다고 생각한다. 따라서 문치가자미 삼중망의 적정 망목은 최소성숙체장인 19.5 cm를 기준 체장으로 하여 선택률을 10%로 하면 단일섬유 삼중망에서는 104.2 mm, 복합섬유 삼중망에서는 100.0 mm로 추정되었다.

## 결론

문치가자미 삼중망의 망지 재료별 선택성을 구명하기 위하여, 망지 재료별로 망목을 5종 (86.6, 101.0, 121.2, 137.7 및 151.5mm) 제작하여 2007년부터 2009년까지 3년간 충청남도 태안군 안면도 연안에서 총 12회 시험 조업을 수행하였다. 망목선택성 곡선 추정은 Kitahara 방법을 적용하여 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

시험 조업 기간 중 어획된 어획종 및 개체수는 23종,

1,688마리였으며, 이 중 문치가자미의 어획 개체수는 1,150마리로 총 어획 개체수의 68.1%를 차지하였다. 단일섬유 삼중망과 복합섬유 삼중망에서의 총 어획종 및 개체수는 각각 22종과 17종, 823마리와 865마리로 이 중 문치가자미의 어획 개체수는 각각 612마리와 538마리로 총 어획 개체수의 74.4%와 62.2%를 차지하였다.

망목선택성 추정 곡선에서 선택률이 1이 되는  $TL/m$ 의 값은 단일섬유 삼중망에서 0.280, 복합섬유 삼중망에서 0.307로 추정되었으며, 선택률이 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5되는  $TL/m$ 의 값은 단일섬유 삼중망에서는 각각 0.187, 0.201, 0.210, 0.218 및 0.226, 복합섬유 삼중망에서는 각각 0.195, 0.211, 0.222, 0.232 및 0.241로 추정되었다. 그리고 선택률이 0.5가 되는 선택구간은 단일섬유 삼중망에서 0.129, 복합섬유 삼중망에서 0.167로 추정되어 복합섬유 삼중망이 단일섬유 삼중망보다 약 1.3배 넓어 단일섬유 삼중망보다 선택성이 떨어지는 것으로 나타났다.

문치가자미 삼중망의 적정 망목의 추정은 선택률 적용에 있어 0.5보다 0.1이 현재의 상황에 합당하다고 생각되며, 선택률 0.1을 적용하여 문치가자미의 최소성숙체장인 19.5 cm에 대한 적정 망목은 단일섬유 삼중망에서는 104.2 mm, 복합섬유 삼중망에서는 100.0 mm로 추정되었다.

## 사사

이 논문은 2015년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업 (R2015045)의 지원으로 수행된 연구이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## References

- Ariyama H, Kusakabe T, Omi H and Tsujimura T. 2003. Survival after release of small Marbled sole *Pleuronectes yokohamae* caught by Ishigeta dredge. Bull Osaka Pref Fish Exp Stn 11, 17-21.
- Cho YB, Park CD and Lee JH. 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.
- Fujimori Y, Tokai T, Hiyama S and Matuda K. 1996. Selectivity and gear efficiency of trammel nets for kuruma prawn(*Penaeus japonicus*). Fish Res 26, 113-124. (DOI: 10.1016/0165-7836(95)00392-4)
- Honda H. 1992. Feeding selection in the marbled sole, *Limanda*

- yokohamae*. Tohoku J Agr Res 43(1-2), 33-42.
- Jo HS, An DH, Koh JR, Kim YS and Park CD. 2006. Relative efficiency and mesh selectivity of monofilament and twisted multifilament nylon gill net for Pacific saury, *Cololabis saira*, in the Northwest Pacific Ocean. J Kor Soc Fish Technol 42(4), 195-202.
- Kang YJ, Lee TY and Lee BD. 1985. Reproduction and population dynamics of Marbled Sole *Limanda yokohamae* 2. Population dynamics. Bull Korean Fish Soc 18(3), 261-265.
- Kim IO, Park CD, Cho SK, Kim HY and Cha BJ. 2010. Mesh selectivity of monofilament and multifilament nylon gill net for Marbled sole(*Pleuronectes yokohamae*) in the western sea of Korea. J Kor Soc Fish Technol 46(4), 281-291. (DOI: 10.3796/KSFT.2010.46.4.281)
- Kim IO, Park CD, Cho SK, Kim HY and Cha BJ. 2011. Relative efficiency of monofilament and multifilament nylon gill net for Marbled sole(*Pleuronectes yokohamae*) in the western sea of Korea. J Kor Soc Fish Technol 47(4), 290-299. (DOI: 10.3796/KSFT.2011.47.4.290)
- Kim SH and Lee JH. 2002. Mesh selectivity in trammel net for flat fish. Bull Korean Soc Fish Tech 38(2), 91-100.
- Kim YH, Kang YJ and Bae IJ. 1991. Age and growth of Marbled Sole *Limanda yokohamae*(GÜNTHER). Korean J Ichthyol 3(2), 130-139.
- Kooka K, Takatsu T, Naga T, Hayakawa Y, Kamiharako T and Takahashi T. 2000. Age and Growth of Marbled Sole(*Pleuronectes yokohamae*) in the Coastal Waters of Western Aomori Prefecture, Japan. Bull Fac Fish Hokkaido Univ 51(2), 121-126.
- Moon HT and Lee TW. 1999. Age and growth of juvenile *Limanda yokohamae* in the shallow water off Gaduk-do as indicated from microstructure in otoliths. Korean J Ichthyol 11(1), 46-51.
- National Fisheries Research & Development Institute(NFRDI). 2004. An illustrated book of commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea(Second Edition). 246-262. National Fisheries Research & Development Institute(NFRDI).
2009. Investigation report for prohibition regulations of fishes & plants by species in 2009. 138-143.
- Park CD, An HC, Cho SK and Baik CI. 2003. Size selectivity of gill net for male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Bull Korean Soc Fish Tech 39(2), 143-151.
- Park CD, An HC, Cho SK, Bae BS, Park HH, Bae JH and Kim HY. 2009. Size selectivity of gill net for female snow crab, *Chionoecetes opilio*. J Kor Soc Fish Technol 45(2), 122-127. (DOI: 10.3796/KSFT.2009.45.2.122)
- Steinberg R. 1964. Monofilament gillnets in freshwater experiment and practice. Modern fishing gear of the world 2, Fishing News (Books) Ltd., London, 111-115.
- Tanda M, Gorie S, Nakamura Y and Okamoto S. 2008. Age and growth of Marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in Harima Nada and Osaka Bay, the Seto Inland Sea, Japan. Nippon Suisan Gakk 74(1), 1-7. (DOI: 10.2331/suisan.74.1)
- Yang YR. 1986. Response of Marbled Sole to the white lights. Bull Korean Fish Soc 19(6), 558-562.
- Zhang G, Hiraishi T, Motomatsu K, Katsutaro K and Nashimoto K. 1998a. Auditory threshold of Marbled sole *Pleuronectes yokohamae*. Nippon Suisan Gakk 64(2), 211-215. (DOI: 10.2331/suisan.64.211)
- Zhang G, Hiraishi T, Yamamoto K and Nashimoto K. 1998b. Auditory masking by ambient noise in Marbled sole *Pleuronectes yokohamae*. Nippon Suisan Gakk 64(6), 987-992. (DOI: 10.2331/suisan.64.987)
- 
2015. 5.20 Received
2015. 8.10 Revised
2015. 8.12 Accepted