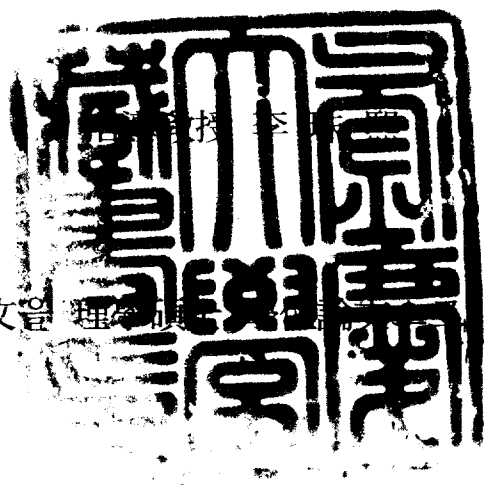


水 55
2006
2月

理學碩士 學位論文

붕장어 그물통발의 혼획 방지기구 개발에
관한 기초적 연구



이 論文을 理學碩士 學位論文 提出함

2006年 2月

釜慶大學校 産業大學院

漁業生産學科

金 旭 成

金旭成의 理學碩士 學位論文을 認准함

2005年 12月

主審 工學博士 姜日權



委員 水産學博士 權炳國



委員 水産學博士 李珠熙



목 차

Abstract	1
서 론	4
재료 및 방법	6
1. 실험어구	6
2. 실험방법	11
결과 및 고찰	14
1. 허그물 구조에 따른 그물통발의 어획미수 및 혼획률 ...	14
1) 경심 한 줄로 압착한 허그물	14
2) 경심 두 줄로 압착한 허그물	18
3) 면고무밴드 한 줄로 압착한 허그물	22
2. 봉장어의 특성치에 대한 상관관계 분석	27
1) 체장과 체중의 관계	27
2) 체장과 동주의 관계	27
3) 적정망목의 추정	28
3. 허그물 구조에 따른 봉장어 체장계급분포	30
4. 허그물 구조에 따른 그물통발의 어획성능 비교	37
요 약	41
감사의 글	44
참고문헌	45

Study on the By-catch Prevention Device of Spring Frame Net Trap for Conger eel, *Conger myriaster*

Wook Sung KIM

*Department of Fisheries Production Graduate School of Industry
Pukyong University*

Abstract

Present study was conducted to improve the spring frame net trap for conger eel, *Conger myriaster* which prevents by-catch and protects immature fish. A series of comparative fishing experiment was carried out in water off the south-east coast of Korea from Nov. 2004 to Jul. 2005. And analyzed the amount of catch, by-catch rate, and CPUE, etc.. Experimental traps were sorted four type of flapper, which were traditional type flapper and three type of compressed flapper bound by one, two nylon mono-filament and one flat cotton rubber band. And that with each type flapper was made by spring frame traps which covered netting of 15, 20,

25, 30 and 35mm of mesh size. And the compared gear was a plastic conger eel pot.

The conclusion can be summarized as follows:

1. By-catch rates of spring frame net trap was about 23~55%. And that of with the compressed flapper bound by nylon mono-filament was about 0~3%. It shows the high selectivity of species. And that of plastic pot was 0%.
2. The correlation among total length(L), weight(W) and maximum girth(D) of caught conger eel was $W=(3.00 \times 10^{-6})L^{2.86}$ ($R^2=0.91$), $D=0.15L+0.08$ ($R^2=0.87$). From this distinctive numeral value, escapable minimum mesh size for conger eel, that the total length is over 350mm, could be estimated to 26mm.
3. In case of traditional flapper and compressed flapper bound by cotton rubber band, as the mesh size of spring frame net trap got bigger in the hierarchical distribution to the fish length of each mesh size, average length of conger eel got longer. But, there were no distinctive changes in case of compressed flapper bound by nylon mono-filament.
4. CPUE of spring frame net trap with the compressed flapper

was about 50~60% lower than that of traditional and plastic pot. And in case of conger eel that the total length is over 350mm, CPUE was little different on each type of flapper of every mesh size.

In conclusion, the best efficiency for prevention of by-catch and over fishing of immature conger eel was the spring frame net trap with the compressed flapper bound by nylon mono-filament in experiments, but, this was not appropriate to use as the practical devices, because the catch efficiency was too low. Thus it needs to find the reasons of the decrease catch efficiency through the water tank observation experiments. And after continuous experiments are accomplished, like a changing the method or material of compressing or developing the soft, flexible conical pass way with solid final entrance instead of flapper, it is predicted that the catch efficiency and the prevention of by-catch and over fishing of immature would be better.

서 론

소극적 어구어법에 속하는 통발어업은 대표적인 에너지 절약형 어구이지만 미끼를 사용하기 때문에 어획효율이 매우 높고, 어획물의 대부분이 고가의 활어로 유통되며 어구비도 저렴하므로 다른 어업에 비하여 경쟁력이 높은 어업이다. 통발은 어장 및 어획대상물에 따라서 그 형상과 크기를 다르게 사용하고 있으며, 이 중에서 붕장어가 주 어획종인 통발은 플라스틱 통발과 스프링그물통발이 있다. 그런데, 4톤 미만의 연안 소형어선에서는 통발 적재량과 조업 안전성을 이유로 망목의 크기가 15~20mm인 스프링그물통발이 주로 사용되어 왔으나, 어자원의 보호를 위하여 수산자원보호령 상의 제한 망목 35mm미만의 그물통발에 대한 단속이 강화되어 붕장어의 생산량이 급감하고 경제성이 악화되어 망목규제에 대한 민원이 속출하고 있는 실정이다.

통발어업의 생산량은 일반해면어업 전체생산량의 약 5.1%인 54,411톤(생산금액; 2,590억원)이고 이중에서 붕장어통발어업의 생산량은 14,173톤으로 26%를 차지하고 있다(해양수산부 어업생산통계 2004).

우리나라의 붕장어통발에 관한 연구는 서 등(1977)의 붕장어 통발의 어획성능 및 개량에 관한 연구, 고 등(1987)의 붕장어 통발의 개량에 관한 연구, 정(2000)의 통발어구 어획선택성에 관한 연구, 이 등(2001-2004)의 자원관리형 자망, 통발 어구어법 기술개발에 관한 연구가

수행되어져 왔으며, 특히 이 등(2001-2004)의 연구 중에서 통영·거제 연안에서는 제한망목 35mm 그물통발에 의한 붕장어의 어획이 전혀 이루어지지 않고 있음이 확인된 바 있다. 현실 어업에서도 어민들은 제한망목 35mm 이상의 그물로 제작된 스프링그물통발의 사용을 기피하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 현재 어민들이 사용하고 있는 스프링그물통발에 대하여 깔대기 및 허그물의 구조를 변경하여 붕장어 이외의 부수어종의 어획이 제한되도록 어획기구를 개발하는 것을 목표로 하여 사용망목을 다르게 하고, 동시에 서로 다른 어장에서 현장실험을 실시하였으며, 어획된 어종의 혼획률과 어획성능을 파악하여 붕장어 그물통발의 어종 선택성 및 혼획방지기구의 개발에 대한 기초 자료를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험어구

실험어구는 우리나라 남해 연안어선어업에서 주로 사용하고 있는 현용 15mm, 20mm 망목의 스프링그물통발(Fig.2)과 수산자원보호령상의 제한망목인 35mm, 그리고 시험의 연속성을 위해 25mm, 30mm 망목의 5종의 스프링그물통발에 대하여 각 망목별로 현용 허그물이 부착된 것(Fig.3의 a)을 기준형으로 하여 한 줄의 나일론 경심 14호로 허그물의 중간부분을 입롱의 종방향으로 압착한 것(Fig.3의 b), 두 줄의 같은 경심으로 허그물의 중간부분과 끝단을 압착한 것(Fig.3의 c), 그리고 폭 10mm의 면고무밴드 한 줄로 허그물의 중간부분을 압착한 그물통발(Fig.3의 d)의 허그물 형태 4종에 대하여 각 5망목별 15개씩 총300개를 제작하여 실험하였다. 동시에, 대조어구로는 플라스틱 봉장어 통발(Fig.1) 15개를 사용하였다.

각각의 시험어구는 Fig. 1~3 및 Table 1과 같고, 어구 배열은 Fig. 4와 같다.



Fig. 1. Traditional plastic pot for conger eel.

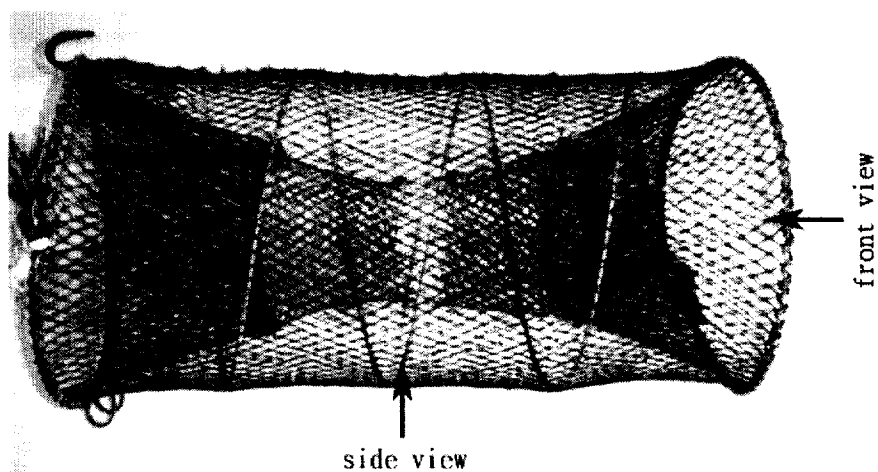


Fig. 2. Traditional spring net trap for conger eel.

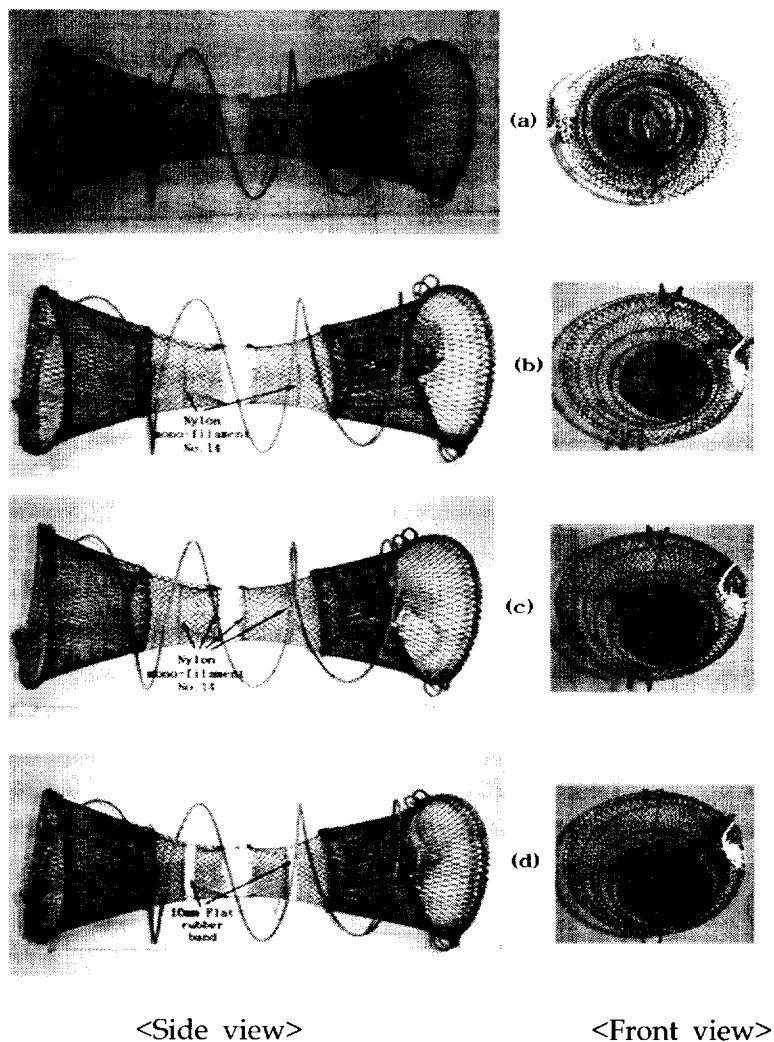


Fig. 2. Shape of flapper for the experimental traps.

- (a) Traditional flapper
- (b) Compressible flapper bound by one mono-filament
- (c) Compressible flapper bound by two mono-filament
- (d) Compressible flapper bound by one cotton rubber band

Table 1. Specification of the experimental trap and pots for conger eel

Item		Dimension			Number of trap
Mesh size (mm)	Flapper type	Length (mm)	Diameter (mm)	Volume (cm ³)	
15	a, b, c, d	585	285	1,667	each 15
20	a, b, c, d	585	285	1,667	each 15
25	a, b, c, d	585	285	1,667	each 15
30	a, b, c, d	585	285	1,667	each 15
35	a, b, c, d	585	285	1,667	each 15
Plastic pot		510	110	561	15

a means the spring net trap with traditional flapper.

b means the spring net trap with compressible flapper bound by one mono-filament.

c means the spring net trap with compressible flapper bound by two mono-filament.

d means the spring net trap with compressible flapper bound by one cotton rubber band.

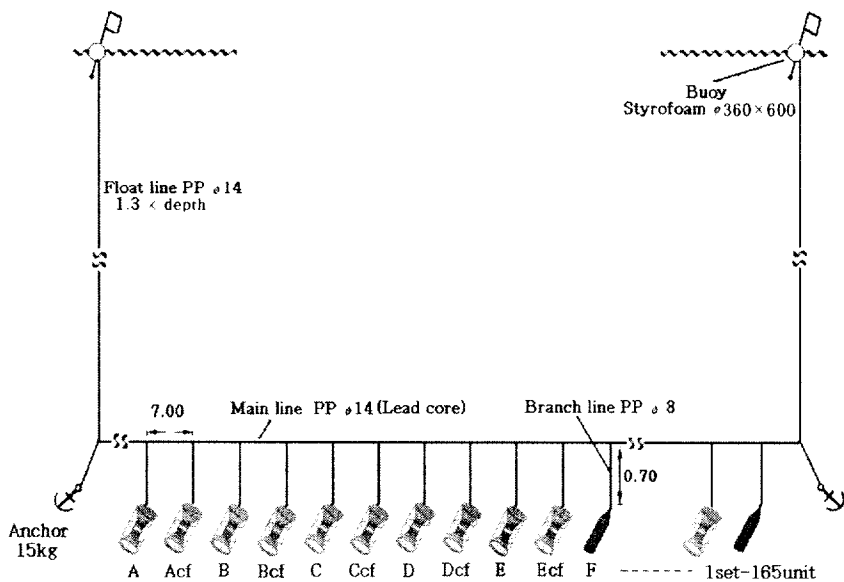


Fig. 4. Arrangement of the experimental traps and pots.

A, B, C, D and E are the traditional spring net traps with mesh size of 15, 20, 25, 30 and 35mm, respectively. cf is the spring net trap with compressible flapper bound by mono-filament or cotton rubber band on the each mesh size, and F is plastic pot.

시험어구는 망목별로 일반 허그물과 압착한 허그물의 스프링 그물통 발 각 15개씩과 플라스틱 통발 15개로 구성하여 총 165개를 무작위로 배열한 1조를 기본단위로 하였으며, 각 실험에서 얻어진 어획물 자료의 신뢰성을 높이기 위하여 시험어구 2조를 동시에 사용하였다.

2. 실험방법

실험은 한국해양수산연수원 소속 실습선인 제2갈매기호(350ton)를 사용하여 2004년 11월 4일부터 2005년 7월 14일까지 실시하였다. 시험장소는 Fig. 5와 같이 우리나라 남해안의 거문도⑨, 소리도②, 좌사리도①③⑧, 국도④⑤, 진해만⑥ 그리고 가덕도⑦ 연안이며 각 1회씩, 총 9회의 실험을 실시하였다. 이때, 위치①~③에서는 경심 두 줄로 압착한 허그물에 대하여, ④~⑥에서는 경심 한 줄로 압착한 허그물에 대하여, 그리고 ⑦~⑨에서는 면고무밴드 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발에 대하여 실험을 실시하였다. 실험시 어장의 조건은 Table 2에 나타난 것과 같이 수심 30~70m, 저질 mud, 표면수온 16~21℃이었으며, 투승은 일몰 무렵에, 양승은 일출 무렵에 행하였고, 미끼는 각 통발별로 정어리 2미를 넣어 사용하였다.

어획물은 각각의 어구별로 분류하여 전수 조사를 행하였는데, 양승시 어획물의 종류별로 분류하여 어류는 어종에 따라 전장, 체고, 체폭, 체중을, 갑각류는 갑장, 갑폭, 체중 등을 측정하였으며, 시험의 대상 어종인 붕장어에 대해서는 전장(total length, mm)과 체중(weight, g) 및 최대동주(maximum girth, mm)를 측정하였다(Fig.6).

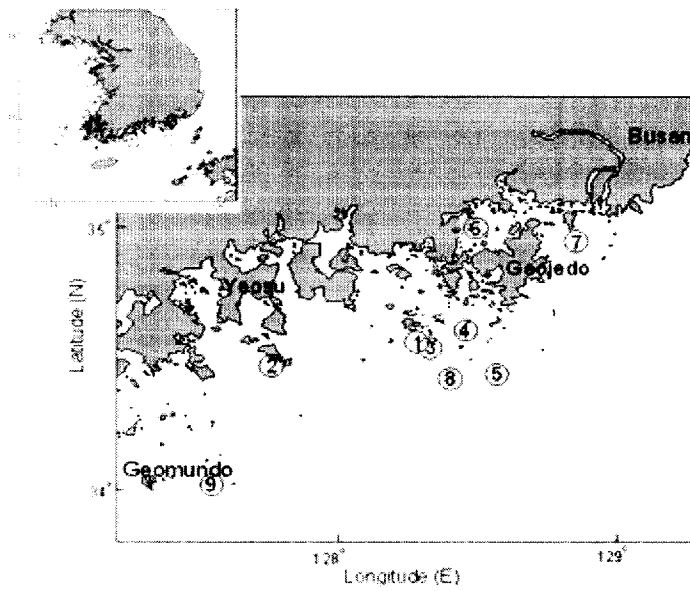


Fig. 5. Location of the field experiments

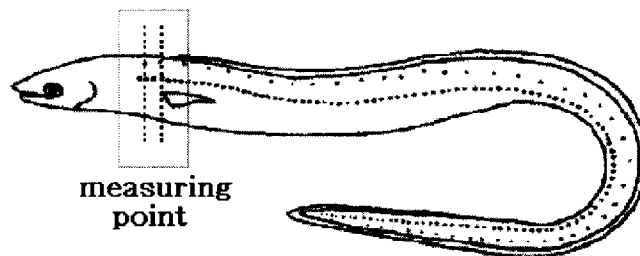


Fig. 6. Part of girth measurement for conger eel.

Table 2. Specification of the field experiments

Location	Date	Position	Depth (m)	Quality of seabed	Operating time		Soak time (hour)	Surface temperature (℃)
					Shooting time	Hauling time		
①	2004.11.4	34°27'07 " N, 128°17'00 " E	49	Mud	17:27	07:27	14	18.8
②	2004.11.5	34°28'00 " N, 127°45'00 " E	34	Mud	17:00	07:00	14	18.0
③	2004.12.2	34°31'06 " N, 128°20'04 " E	60	Mud	16:45	06:45	14	16.0
④	2005.5.27	34°36'04 " N, 128°26'08 " E	55	Mud	17:20	07:20	14	18.5
⑤	2005.5.28	34°26'01 " N, 128°33'08 " E	72	Mud	16:40	06:40	14	18.1
⑥	2005.5.30	35°01'05 " N, 128°33'00 " E	28	Mud	16:40	06:40	14	17.9
⑦	2005.6.26	34°56'01 " N, 128°50'07 " E	33	Mud	16:30	06:30	14	18.4
⑧	2005.6.30	34°25'00 " N, 128°24'00 " E	65	Mud	17:00	07:00	14	21.3
⑨	2005.7.14	34°01'00 " N, 127°32'00 " E	65	Mud & Sand	16:00	06:00	14	21.0

결과 및 고찰

1. 허그물의 구조에 따른 그물통발의 어획미수 및 혼획률

1) 경심 한 줄로 압착한 허그물

경심 한 줄로 압착한 허그물과 일반 허그물의 어종선택성을 규명하기 위하여 허그물의 형태별로 망목 15, 20, 25, 30 및 35mm의 5종의 그물통발 그리고 플라스틱통발 각 15개의 총 165개의 통발 2조에 대하여 3회의 해상실험을 실시한 결과는 Table 3 및 Fig. 7과 같다.

일반 허그물의 그물통발에서는 어획물이 총 6종, 252미가 어획되었으며, 이 중 주대상어종인 붕장어는 156미로 약 61.9%, 먹장어가 12미로 4.7%를 차지하였고, 붉은메기 및 사자코망둑 등 어류가 54미로 21.5%, 게류가 12미로 4.7%, 기타 어획물이 18미로 7.2%를 차지하였다.

그리고, 경심 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발에서는 총 2종, 81미의 어획물 중에서 붕장어가 78미로 약 96.3%, 기타 어획물이 3미로 3.7%를 차지하였다. 또한, 플라스틱통발에서는 총 2종 78미의 어획물 중에서 붕장어가 72미로 약 92.3%, 먹장어가 6미로 7.6%를 차지하였다.

이상의 결과에서 붕장어와 기타 어종의 혼획률을 비교하여 보면, 일반 허그물의 그물통발은 주대상어종인 붕장어 및 먹장어가 약 66.6%, 기타 어종이 약 33.4% 어획되어, 혼획률이 약 35%로 크게 나타난 반면

에, 경심 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발은 붕장어가 약96.3%, 기타 어종이 약 3.7%로 어획되어 혼획률이 크게 줄어들었다. 또한, 플라스틱 통발은 붕장어 등 장어류만 어획되는 것을 알 수 있다.

따라서, 경심 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발은 혼획률이 현저히 감소하여 붕장어 이외의 어종은 거의 어획되지 않아 어종선택성이 크게 높아졌다.

그리고, 일반 허그물 그물통발의 어획량은 망목크기 15mm의 통발에서 가장 많았으며, 20, 25, 30mm로 증가함에 따라 감소하다가, 35mm의 그물통발에서는 붕장어의 어획이 없었다.

혼획율에 대한 통계적 방법으로 t-검정을 실시한 결과, 현용 일반 허그물 그물통발의 $t=2.90$, 경심 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발의 $t=-46.50$ 의 값으로 나타나서 두 경우의 혼획률의 차이가 통계학적으로 검정되어 유의한 결과를 얻었다.

**Table 3. Number of catch by the experimental trap and pots with
a and b of flapper type**

Item		Species					Total
Mesh Size (mm)	Flapper type	conger	eel	other eel	crap	fishes	others
15	a	54	-	6	18	6	54
20	a	42	-	6	12	-	42
25	a	24	12	-	24	-	36
30	a	30	-	-	-	-	30
35	a	6	-	-	-	12	6
15	b	18	-	-	-	-	18
20	b	24	-	-	2	-	24
25	b	18	1	-	-	-	19
30	b	18	-	-	-	-	18
35	b	-	-	-	-	-	0
Plastic pot		72	6	-	-	-	78
Total		306	19	12	56	18	325

a and b are same as Table 1.

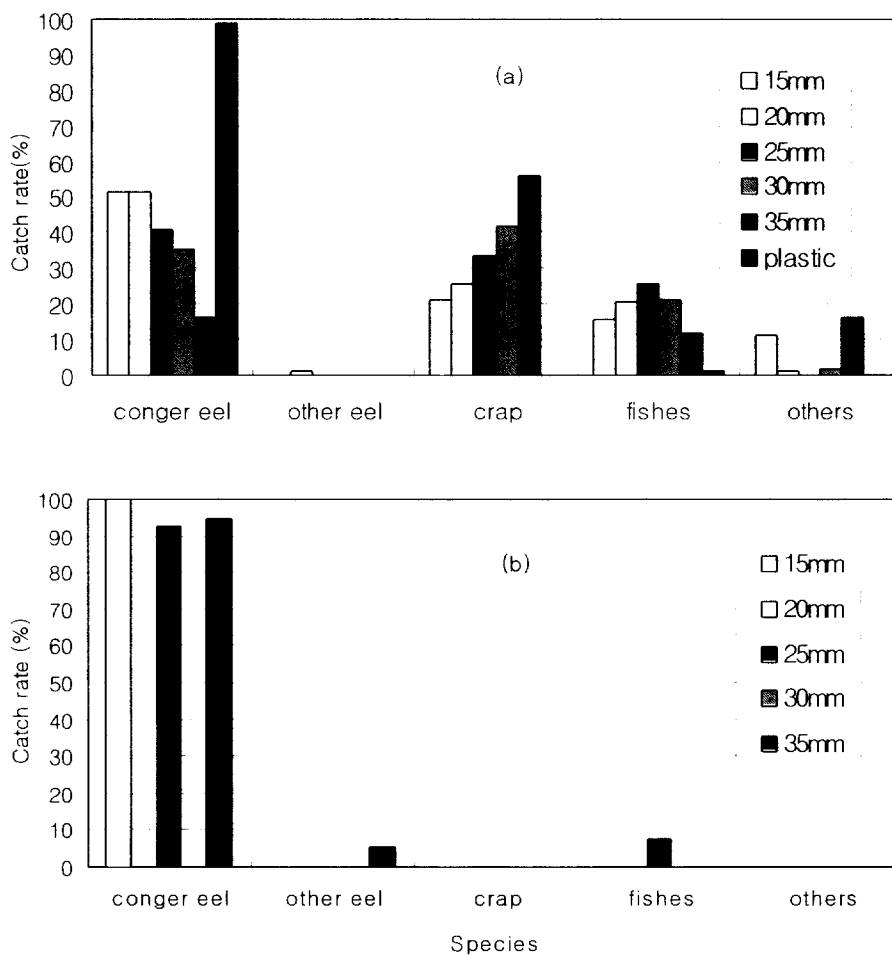


Fig. 7. Catch rate of the traditional trap, plastic pot and trap with compressible flapper bound by one mono-filament.

(a) traditional spring net trap and plastic pot

(b) spring net trap with compressible flapper bound by one mono-filament

2) 경심 두 줄로 압착한 허그물

경심 두 줄로 압착한 허그물과 일반 허그물의 어종선택성을 규명하기 위하여 허그물의 형태별로 망목 15, 20, 25, 30 및 35mm의 5종의 그물통발 그리고 플라스틱통발 각 15개의 총 165개의 통발 2조에 대하여 3회의 해상실험을 실시한 결과는 Table 4 및 Fig. 8과 같다.

일반 허그물의 그물통발에서는 어획물이 총 11종, 210미가 어획되었으며, 이 중 붕장어는 150미로 약 71.4%, 먹장어는 12미로 5.7%를 차지하였고, 붉은메기, 사자코망둑, 개서대, 보구치 등 어류가 30미로 14.3%, 게류가 12미로 5.7%, 기타 어획물이 6미로 2.9%를 차지하였다.

그리고, 경심 두 줄로 압착한 허그물의 그물통발에서는 총 2종, 74미의 어획물 중에서 붕장어가 72미로 약 97.3%, 기타 장어가 2미로 2.7%를 차지하였고, 플라스틱통발에서는 총 2종 60미의 어획물 중에서 붕장어가 57미로 95%, 먹장어가 3미로 5%를 차지하였다.

이상의 결과에서, 붕장어와 기타 어종의 혼획률을 비교하여 보면, 일반 허그물의 그물통발은 주대상어종인 붕장어 및 먹장어가 약 77.1%, 기타 어종이 약 22.9% 어획되어 혼획률이 약 23%로 높게 나타난 반면에, 경심 두 줄로 압착한 허그물의 그물통발은 붕장어와 먹장어 등 장어류를 제외한 기타 어종의 혼획률이 0%로 크게 개선되었다.

따라서, 일반 허그물의 그물통발에 비하여 경심 두 줄로 압착한 허그물의 그물통발에서 혼획률이 현저히 감소하여 붕장어와 장어류 이외에는 어획이 되지 않아 어종선택성이 크게 높아졌고, 그리고, 플라스틱

통발의 경우도 붕장어 및 기타 장어류 이외에는 혼획이 없었다.

그리고, 일반 허그물 그물통발의 어획량은 망목크기 15mm의 통발에서 가장 많았으며, 20, 25 및 30mm로 증가함에 따라 감소하였고, 35mm의 그물통발에서는 붕장어의 어획은 없었다. 이러한 경향은 경심 두 줄로 압착한 허그물의 그물통발에서도 동일하게 나타났다.

혼획율에 대한 통계적 방법으로 t-검정을 실시한 결과, 일반 허그물 그물통발은 $t=19.33$, 경심 두 줄로 압착한 허그물의 그물통발은 $t=-29.00$ 의 값으로 나타나서 두 경우의 혼획률의 차이가 통계학적으로 검정되어 유의한 결과를 얻었다.

**Table 4. Number of catch by the experimental trap and pots with
a and c of flapper type**

Item		Species					Total
Mesh Size (mm)	Flapper type	conger	eel	other eel	crap	fishes	
15	a	72	-	3	6	-	72
20	a	21	9	-	6	-	30
25	a	39	3	-	9	6	42
30	a	18	-	9	3	-	18
35	a	-	-	-	6	-	0
15	c	21	-	-	-	-	21
20	c	27	-	-	-	-	27
25	c	21	2	-	-	-	23
30	c	-	-	-	-	-	0
35	c	3	-	-	-	-	3
Plastic pot		57	3	-	-	-	60
Total		279	17	12	30	6	296

a and c are same as Table 1.

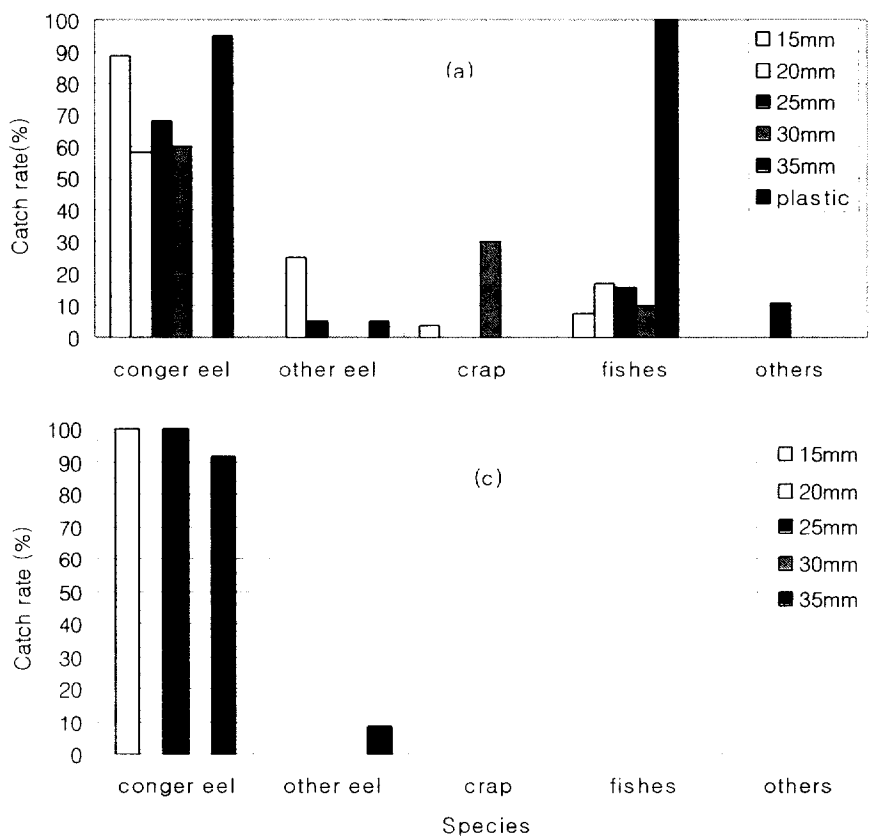


Fig. 8. Catch rate of the traditional spring net trap, plastic pot and trap with compressible flapper bound by two mono-filament.

(a) traditional spring net trap and plastic pot

(c) spring net trap with compressible flapper bound by two mono-filament

3) 면고무밴드 한 줄로 압착한 허그물

앞 장의 경심으로 허그물을 압착한 그물통발에 대한 해상실험의 결과, 목적어인 붕장어의 어종선택성이 크게 개선되어 기타 어종의 혼획은 거의 없었지만, 붕장어의 어획효율이 기존의 일반 그물통발 또는 플라스틱 통발에 비하여 거의 절반 정도로 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 통발과 같은 함정어구는 입롱이 용이할수록 어획성능이 우수하다는 어구의 일반적인 개념에서 어느 정도는 예상하였지만 그 정도가 너무 큰 관계로 붕장어의 입망이 보다 용이하게 할 수 있도록 압착력을 최소화하는 방안을 강구해야 된다고 판단되었다. 그리고, 붕장어의 입롱을 어렵게 만드는 또 다른 원인은 허그물을 압착하는 경심 주위에 생기는 망지의 주름이 붕장어의 원활한 입롱에 지장을 주는 등 압착부의 구조적 요인으로 판단되었다.

따라서, 본 장에서는 이러한 문제점을 개선하고자 면으로 된 납작한 고무밴드를 허그물의 중간에 부착하여 허그물의 주름을 억제토록 압착소재가 다른 시험어구에 대하여 tm 어획 성능을 규명하고자 하였다.

한 줄의로 면 고무밴드로 압착한 허그물과 일반 허그물의 어종선택성을 규명하기 위하여 허그물의 형태별로 망목 15, 20, 25, 30 및 35mm의 5종의 그물통발 그리고 플라스틱통발 각 15개, 총 165개의 통발 2조에 대하여 3회의 해상실험을 실시한 결과는 Table 5 및 Fig. 9와 같다.

일반 허그물 그물통발에서는 총 17종, 383마가 어획되었으며, 이 중

주대상어종인 붕장어는 171미로 약 44.6%, 먹장어가 1미로 약 0.2%를 차지하였고, 붉은메기, 두툽상어, 솜뱅이, 베도라치, 매통이, 문절망둑, 홍서대, 황아귀, 곰치, 쥐노래미, 조피볼락 등 어류가 75미로 약 19.7%, 꽃게, 원숭이게 등 게류가 116미로 약 30.3%, 문어, 갯가재 등 기타 어획물이 20미로 약 5.2%,를 차지하였다.

그리고, 면고무밴드 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발은 총 9종, 78미가 어획되었으며, 이 중 주대상어종인 붕장어는 54미로 약 69.2%, 두툽상어, 문절망둑, 매통이, 베도라치 등 어류가 15미로 약 19.2%, 게류가 6미로 약 7.7%, 기타 어획물이 3미로 3.9%를 차지하였다. 또한, 플라스틱통발은 총 2종 73미가 어획되었으며, 이 중 붕장어는 72미로 약 98.6%, 기타 어류가 1미로 약 1.4%를 차지하였다.

이상의 결과에서 붕장어와 그 외 어종의 혼획률을 비교하여 보면, 일반 허그물의 그물통발은 주대상어종인 붕장어가 44.8%, 기타 어종이 55.2% 어획되어, 기타 어종의 혼획률이 약 55%로 상대적으로 높게 나타났다. 그러나 면고무밴드 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발은 붕장어가 69.2% 어획되어, 혼획률이 약 31%로 어종선택성이 그리 높지 않았다. 또한, 플라스틱통발의 경우는 붕장어 이외 기타 어종의 혼획은 잡어 1미를 제외하면 전혀 없었다. 이것은 면으로 된 고무밴드를 사용함으로써 허그물에 주름이 제거되어 붕장어를 제외한 기타 어종들이 입롱하기가 용이하였기 때문으로 생각된다.

따라서, 면 고무밴드 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발은 일반 허그

물의 그물통발에 비하여 혼획률이 크게 개선되었지만, 기존의 플라스틱 통발이나 경심으로 압착한 허그물의 통발에 비하여 혼획률이 상당히 크게 나타났고, 붕장어의 어획성능도 경심을 사용하는 것보다 오히려 감소하는 것으로 나타나서 실용화에 문제가 있다고 판단되었다.

혼획율에 대한 통계적 방법으로 t-검정을 실시한 결과, 일반 허그물 그물통발의 $t=6.40$, 면고무밴드 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발의 $t=-47.00$ 의 값으로 나타나서 두 경우의 혼획률의 차이가 통계학적으로 검정되어 유의한 결과를 얻었다.

**Table 5. Number of catch by the experimental trap and pots with
a and d of flapper type**

Item		Species					Total
Mesh Size (mm)	Flapper type	conger eel	other eel	crap	fishes	others	
15	a	65	-	27	20	14	65
20	a	52	1	26	21	1	53
25	a	30	-	25	19	-	30
30	a	20	-	24	12	1	20
35	a	4	-	14	3	4	4
15	d	27	-	1	4	1	27
20	d	12	-	1	5	-	12
25	d	9	1	3	2	-	10
30	d	6	1	1	2	-	7
35	d	-	-	-	2	-	0
Plastic pot		72	-	-	1	-	72
Total		297	3	122	91	21	300

a and d are same as Table 1.

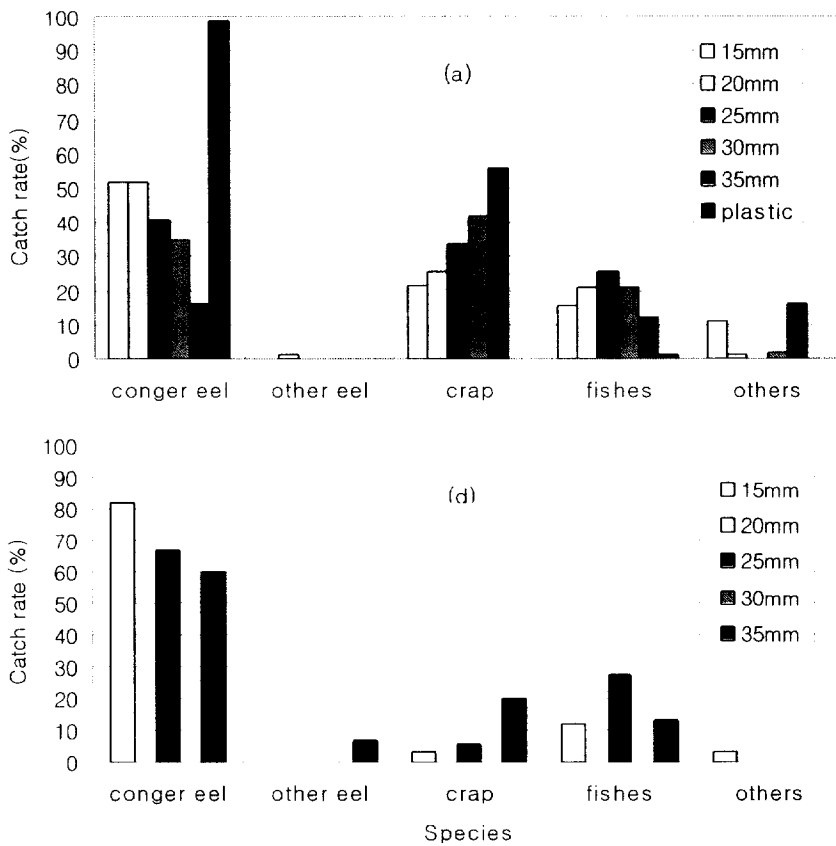


Fig. 9. Catch rate of the traditional net spring trap, plastic pot and spring net trap with compressible flapper bound by cotton rubber band.

(a) traditional spring net trap and plastic pot.

(d) spring net trap with compressible flapper bound by one cotton rubber band.

2. 붕장어의 특성치에 대한 상관관계 분석

1) 체장과 체중의 관계

어획된 붕장어의 체장(L)과 체중(W)의 관계는 다음의 주어진 식으로 나타내며, 그 상관관계는 Fig. 10과 같다.

$$W = aL^b$$

여기서, 상수 a 는 3.00×10^{-6} 이고, 지수 b 는 2.86이며, 상관계수 R^2 은 0.91이었다.

그런데, 장(1987)의 연구에 의하면 이 상수와 지수의 값이 각각 $a = 3.58 \times 10^{-4}$, $b = 3.38$ 로 나타나서 본 연구의 결과와는 체장에 비해 체중이 큰 값을 보였다. 이것은 장(1987)의 연구에서는 본 연구에서와 달리 플라스틱통발만을 사용하여 실험하였으며, 이때 플라스틱통발 내의 어획된 장어의 섭이 활동이 그물통발의 것에 비하여 활발하여 체중이 증가하였기 때문으로 판단되었다.

2) 체장과 동주의 관계

어획된 붕장어의 체장(L)과 동주(D)의 관계는 다음의 주어진 식으로 나타내며, 그 상관관계는 Fig. 11과 같다.

$$D = aL + b$$

여기서, 상수 a 와 b 는 각 0.15 및 0.08이며, 상관계수 R^2 은 0.87이다.

그런데, 장(1987)의 연구에서는 본 연구에서와 달리 최대 동주의 측

정이 아닌 어체 직경을 측정하였기 때문에 직접적인 비교는 곤란하나, 체장에 비해 동주가 다소 큰 값을 나타내었는데 이것은 체장과 체중의 관계에서와 같은 이유로 생각된다.

3) 적정망목의 추정

수산자원보호령상 붕장어의 어획금지 체장은 350mm이고, 그물통 발에서 붕장어가 그물코를 통하여 탈출한다고 가정하면, 체장 350mm의 붕장어가 탈출할 수 있는 최소한의 크기의 그물코, 즉 내경을 그물통발의 적정망목이라고 할 수 있다.

수산자원보호령상 붕장어의 포획 금지체장 350mm를 앞에서 얻은 $W=(3.00 \times 10^{-6}) L^{2.86}$ 와 $D=0.15L+0.08$ 의 식에 대입하면, 체중(W)은 56.0g, 최대 동주(D)는 52.2mm가 된다.

그런데, 그물코의 내경(N)은 $N=\frac{1}{2}D$ 가 되므로 적정망목을 26mm로 추정할 수 있다. 이 값은 수산자원보호령 상의 그물코 제한 값인 35mm에 비하여 상당히 작게 나타났지만, 이 등(2001-2004)이 수행한 연구 중에서 망목선택성 곡선을 이용한 적정망목의 추정값인 약 24mm 보다는 다소 큰 값으로 나타났다.

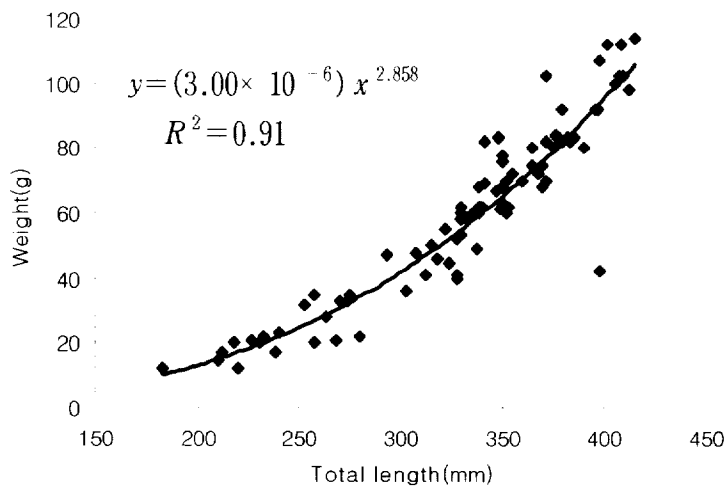


Fig. 10. Relationship between total length and body weight of conger eels.

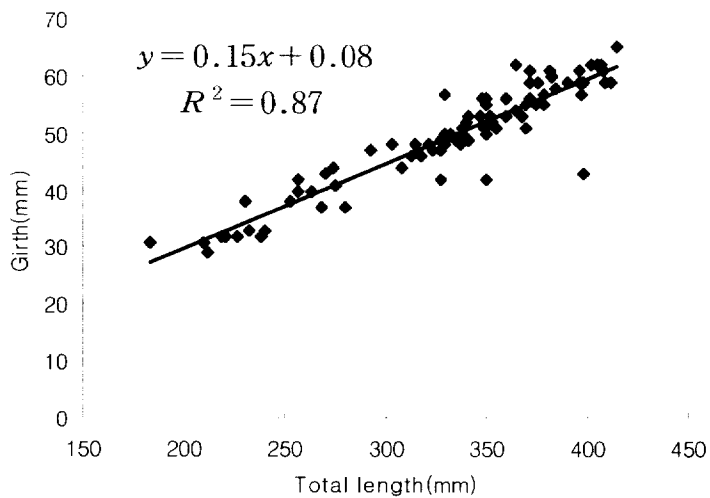


Fig. 11. Relationship between total length and maximum girth of conger eels.

3. 허그물의 구조에 따른 붕장어의 체장계급분포

4 종류의 각기 다른 허그물의 구조에 따른 붕장어의 체장계급의 분포는 각각 Fig. 12, 13, 14, 15과 같다.

Fig.12는 망목크기가 15, 20, 25, 30, 35mm로 각기 다른 현용 일반 허그물의 그물통발에 대하여 해상시험을 실시하여 어획된 붕장어의 체장계급분포를 나타낸 것으로 망목크기가 커짐에 따라 체장계급분포는 오른쪽으로 이동하여 어획된 붕장어의 평균 체장이 커지는 것으로 나타났다고 어획량은 감소하고 있음을 알 수 있다.

그리고, 수산자원보호령상의 체포금지체장 350mm를 기준으로 어획된 붕장어의 체장계급분포를 비교해보면, 망목의 크기가 15mm인 통발에서는 체포금지체장보다 작은 체장의 붕장어의 어획률은 총 어획량에 대하여 약 52.9%, 20mm에서는 약 37.4%, 25mm에서는 약 31.2%, 30mm에서는 약 5.9%, 35mm(수산자원보호령상의 규정망목크기)에서는 0%로서 망목의 크기가 커짐에 따라 체포금지체장 350mm이하의 붕장어의 어획률은 큰폭으로 감소하는 것으로 나타났다.

플라스틱 통발의 경우에는 체포금지체장 350mm이하의 붕장어의 어획률이 약 69.2%로, 그물통발에 비하여 2배 이상으로 크게 나타나서 미성숙어의 어획을 방지하고 대상자원의 효율적인 관리를 위해서는 그물통발이 플라스틱통발에 비하여 성능이 탁월함을 알 수 있다.

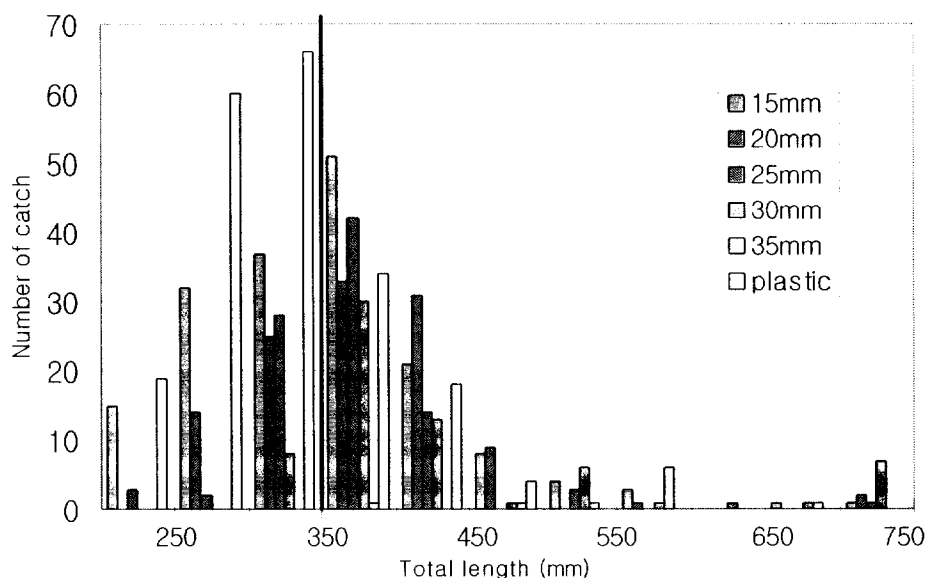


Fig. 12. Length distribution of conger eel caught by traditional spring net trap and plastic pots

Fig. 13은 망목크기가 15, 20, 25, 30, 35mm로 각기 다른 경심 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발에 대하여 해상시험을 실시하여 어획된 붕장어의 체장계급분포를 나타낸 것으로 망목크기가 커짐에 따라 어획된 붕장어의 계급분포의 이동 경향이 나타나지 않았으며 약간의 어획량의 변동만 있었고, 망목크기 35mm인 그물통발에서는 어획이 되지 않았다.

그리고, 수산자원보호령상의 체포금지체장 350mm를 기준으로 어획된 붕장어의 체장계급분포를 비교해보면, 망목크기가 15mm인 것은 체

포금지체장보다 작은 체장의 붕장어의 어획률은 총 어획량에 대하여 0%, 20mm에서는 약 25%, 25mm에서는 약 16.7%, 30mm에서는 0%로 나타났다.

따라서, 경심 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발은 현용 일반 허그물 그물통발 및 플라스틱 통발에 비하여 체포금지체장 이하의 붕장어의 어획률이 현격히 감소하는 것으로 나타났다.

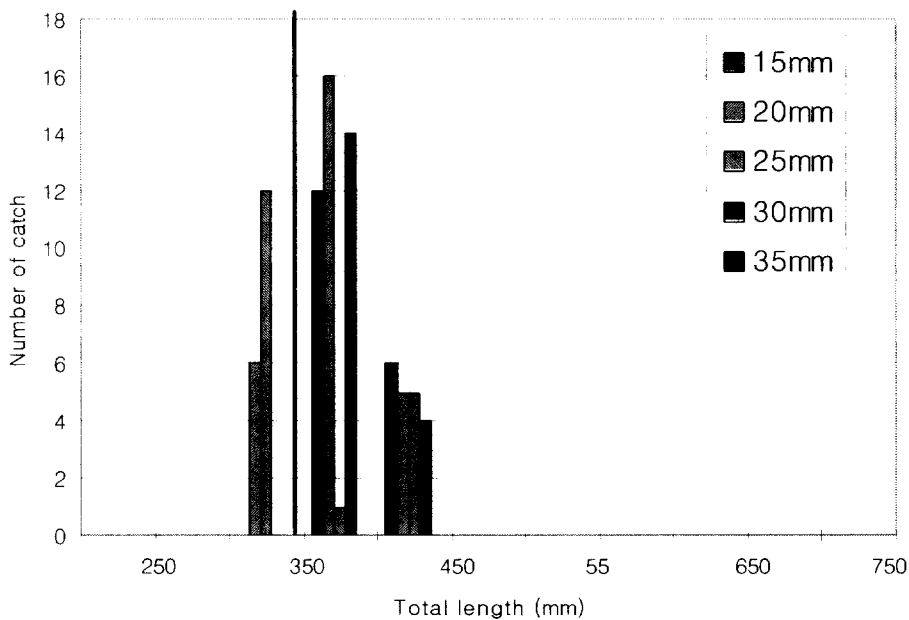


Fig. 13. Length distribution of conger eel caught by spring net traps with compressible flapper bound by one mono-filament.

Fig. 14는 망목크기가 15, 20, 25, 30 및 35mm로 각기 다른 경심 두 줄로 압착한 허그물의 그물통발에 대하여 해상시험을 실시하여 어획된 붕장어의 체장계급분포를 나타낸 것으로 망목크기가 커짐에 따라 경심 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발에서와 같이 체장계급분포가 오른쪽으로 이동하는 경향은 거의 없으며 약간의 어획량의 변동만 있었고, 망목크기가 30mm인 그물통발에서는 거의 어획이 되지 않았다.

그리고, 수산자원보호령상의 체포금지체장 350mm를 기준으로 어획된 붕장어의 체장계급분포를 비교해보면, 망목크기가 15mm인 것은 체포금지체장보다 작은 체장의 붕장어 어획률은 총 어획량에 대하여 약 28.6%, 20mm의 경우는 약 14.8%, 25mm의 경우는 약 19%, 35mm의 경우는 0%로 나타나, 경심 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발보다는 체포금지체장 350mm이하의 붕장어의 어획률이 다소 높았지만, 일반 허그물의 그물통발 및 플라스틱 통발에 비하여 체포금지체장 350mm이하의 붕장어의 어획률이 현저히 감소하는 것으로 나타났다.

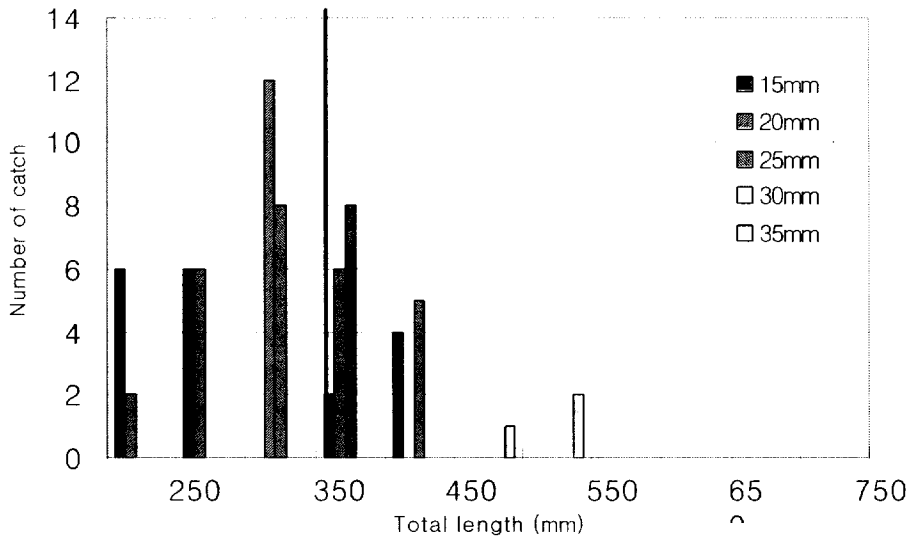


Fig. 14. Length distribution of conger eel caught by spring net traps with compressible flapper bound by two mono-filament.

Fig. 15는 망목크기가 15, 20, 25, 30 및 35mm로 각기 다른 면고무 밴드 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발에 대하여 해상시험을 실시하여 어획된 붕장어의 체장계급분포를 나타낸 것으로 망목크기가 커짐에 따라 어획된 붕장어의 체장계급분포는 일반 허그물의 그물통발과 비슷하게 오른쪽으로 이동하여 망목의 크기가 커질수록 어획된 붕장어의 평균 체장이 커지는 것으로 나타났고 어획량은 감소하고 있음을 알 수 있다.

그리고, 수산자원보호령상의 체포금지체장 350mm를 기준으로 어획

된 붕장어의 체장계급분포를 비교해보면, 15mm인 것은 체포금지체장보다 작은 체장의 붕장어의 어획률은 총 어획량에 대하여 약 74.1%, 20mm의 경우는 약 51%, 25mm의 경우는 약 22.2%, 30mm의 경우는 약 16.6%로 망목의 크기가 커짐에 따라 체포금지체장 350mm 이하의 붕장어의 어획률은 점차 감소하였다.

따라서, 면고무밴드 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발의 체장분포이동 경향은 일반 허그물 그물통발과는 큰 차이가 없었고, 체포금지체장 350mm 이하의 붕장어의 어획률은 경심으로 압착한 허그물의 그물통발에 비하여 상대적으로 높게 나타났다. 그러나, 앞장의 허그물의 구조에 따른 그물통발의 혼획율 조사 실험에서 나타난 바와 같이 붕장어 이외의 어종의 혼획률은 현용 일반 허그물의 그물통발에 비하여 현저히 낮게 나타났으므로 혼획방지의 효과는 있는 것으로 판단되었다.

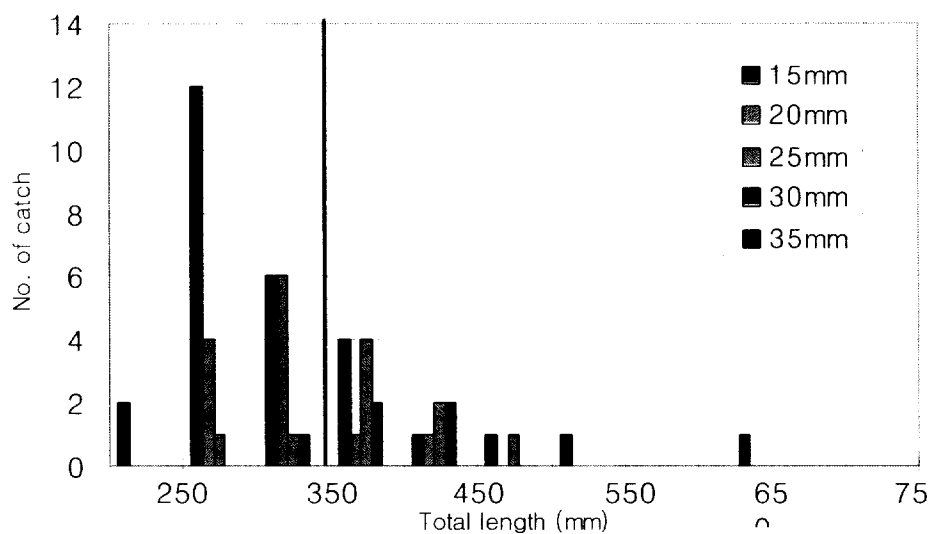


Fig. 15. Length distribution of conger eel caught by spring net traps with compressible flapper bound by rubber band.

4. 허그물 구조에 따른 그물통발의 어획성능 비교

실험에 사용된 각 허그물별, 망목별 그물통발과 플라스틱 통발의 봉장어에 대한 어획성능을 단위노력당 어획량(Catch per unit effort, CPUE)으로 비교하였다. 여기서 단위노력당 어획량(CPUE)은 침지시간(Soak time, H), 통발의 수(Number of traps, Nt) 및 어획량(Number of catch, Nc)를 사용하여 다음과 같은 관계식으로 나타낼 수 있다.

$$CPUE = \frac{Nc}{H \times Nt}$$

본 실험에서는 단위시간인 침지시간은 14시간으로 동일하고, 1조에 사용된 각 허그물 별, 망목별 통발의 개수는 15개로 조업 조건이 모두 동일하였으므로, CPUE는 실험 어구 I조의 어획 개체수로 산정하였으며, 어획된 전체 봉장어에 대한 CPUE와 체포금지체장 350mm 이상의 봉장어에 대한 CPUE를 비교하여 Table 6에 나타내었다.

일반 허그물 그물통발의 CPUE는 망목의 크기가 15, 20, 25, 30, 35mm로 커짐에 따라 10.6, 6.4, 5.2, 3.8, 0.6미로 나타났고, 경심 한 줄로 압착한 허그물에서는 3.0, 4.0, 3.0, 3.0, 0.0미로, 경심 두 줄로 압착한 허그물에서는 3.5, 4.5, 3.5, 0.0, 0.5미로, 면고무밴드 한 줄로 압착한 허그물에서는 4.5, 2.0, 1.5, 1.0, 0.0미로 각각 나타났다. 그리고, 대조어구인 플라스틱 통발은 약 9.1미로 나타났다. 일반 허그물의 그물통발은 망목의 크기가 15, 20, 25, 30, 35mm로 커짐에 따라 CPUE는 점차 감소하는 경향을 나타내었으나, 경심과 면고무밴드로 압착한 허그물의 그

물통발의 CPUE는 망목의 변화에 따른 불규칙한 변화를 보였는데, 우리나라 남해안의 붕장어 연안어선어업에서 주로 사용되었던 망목인 15mm, 20mm 그물통발의 CPUE는 10.61, 6.39미이며, 동일한 망목의 압착된 허그물 그물통발의 CPUE는 경심 한 줄로 압착한 허그물의 경우는 3.0, 4.0미, 경심 두 줄로 압착한 허그물의 경우는 3.5, 4.5미, 면고 무밴드 한 줄로 압착한 허그물의 것은 4.5, 2.0미로 허그물을 압착한 그물통발이 일반 허그물 그물통발보다 CPUE는 약 50 ~ 60% 감소하였으며 플라스틱 통발의 CPUE에 비해서도 약 60% 감소하였다. 또한, 수산자원보호령상의 망목크기 35mm인 그물통발의 CPUE는 모든 허그물에서 거의 0으로 나타났다.

체장 350mm이상의 붕장어에 대한 일반 허그물 그물통발의 CPUE는 망목에 따라 4.9~0.6로 나타났으며 플라스틱 통발은 3.1 이었고, 허그물을 압착한 그물통발의 CPUE는 망목에 따라 3.0~0.5로 나타나서, 이 경우에는 압착한 허그물의 CPUE가 일반 허그물의 그물통발에 비하여 크게 차이가 나지는 않았다.

그런데, 3톤급의 연안통발어선 1척에 적재된 그물통발은 약 700~800개 인데 비하여, 플라스틱통발은 약 250~300개로 동급 어선의 경우 그 적재량이 2배 이상의 큰 차이를 보인다. 그리고, 플라스틱통발을 적재한 어선은 통발을 수직 방향으로 적재하는 관계로 어선의 무게 중심이 높아지고 이에 따라 복원성 저하로 인한 운항중의 안전성이 크게 나빠지는데 비하여 스프링 그물통발의 경우는 접어서 적재를 하므로 복원

성의 저하가 문제 되지 않는다.

또한, 수산자원의 효율적인 관리를 위해서는 미성숙어의 어획과 특정 어구에 대한 혼획이 철저히 규제되어야한다.

따라서, 붕장어의 미성숙어의 남획, 혼획의 방지 및 조업의 안전성 등을 종합적으로 고려하여 검토하면, CPUE가 다소 나쁘더라도 압착한 허그물의 그물통발로서 혼획을 방지하고 미성숙어의 남획을 억제하는 쪽으로 어업규제 조치가 이루어지는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

Table 6. CPUE of the experimental trap and pots

Item		Number of catch					CPUE	
Mesh Size (mm)	Flapper type	total	over 350mm	Nt*	H*	Nc*	total	over 350mm
15	a	191	89	15	14	18	10.6	4.9
20	a	115	63	15	14	18	6.4	3.5
25	a	93	59	15	14	18	5.2	3.3
30	a	68	59	15	14	18	3.8	3.3
35	a	10	10	15	14	18	0.6	0.6
15	b	18	18	15	14	6	3.0	3.0
20	b	24	21	15	14	6	4.0	3.5
25	b	18	6	15	14	6	3.0	1.0
30	b	18	18	15	14	6	3.0	3.0
35	b	-	-	15	14	6	0.0	0.0
15	c	21	6	15	14	6	3.5	1.0
20	c	27	6	15	14	6	4.5	1.0
25	c	21	13	15	14	6	3.5	2.2
30	c	-	-	15	14	6	0.0	0.0
35	c	3	3	15	14	6	0.5	0.5
15	d	27	7	15	14	6	4.5	1.2
20	d	12	2	15	14	6	2.0	0.3
25	d	9	7	15	14	6	1.5	1.2
30	d	6	3	15	14	6	1.0	0.5
35	d	-	-	15	14	6	0.0	0.0
Plastic pot		201	56	15	14	18	11.2	3.1

a, b, c and d are same as Table 1.

Nt* means Number of traps, H* means Soak time
and Nc* means Number of catch

요 약

붕장어를 주 어획 대상으로 하는 우리나라 남해 연안의 스프링 그물통발 어민들은 관습적으로 15~20mm인 망지로 제작한 통발을 사용해 왔으나, 수산자원보호령상 제한망목 35mm의 단속에 대하여 어민들의 집단 민원이 발생되고 있다. 또한 통발어업은 미끼를 사용하는 관계로 어획강도가 크기 때문에 부수어종과 미성숙어의 남획이 방지되어야만 자원의 효율적인 관리가 이루어 질 것이다.

이런 관점에서, 본 연구에서는 현재 어민들이 사용하고 있는 붕장어 스프링 그물통발에 대하여 깔대기 및 허그물의 구조를 변경하여 붕장어 이외의 혼획과 미성숙어의 어획이 제한되도록 어획기구를 개량하는 것을 목적으로 하였다.

이를 위한 연구방법으로는 그물통발의 허그물을 현용 일반의 허그물과 경심 한 줄과 두 줄, 그리고 면고무밴드 한 줄로 압착시킨 4가지 형태로 나누고, 각 허그물별로 그물통발의 망목을 15, 20, 25, 30, 35mm의 5종으로 각각 제작하여 우리나라 남동해안의 좌사리도 연안 등 9개 지점에서 현장 실험을 실시하고 각각의 통발에 대한 어획량과, 혼획률 그리고 CPUE 등을 분석하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 스프링 그물통발의 혼획률은 23~55% 정도이고, 경심 한 줄 및

두 줄로 압착한 허그물의 그물통발의 혼획률은 약 0~3%로 혼획률이 크게 개선되었다. 그리고 플라스틱 통발의 혼획률은 0% 이다.

2. 어획된 붕장어의 체장(L), 체중(W) 및 최대동주(D)의 관계는

$$W = (3.00 \times 10^{-6}) L^{2.86} \quad (R^2=0.91)$$

$$D = 0.15L + 0.08 \quad (R^2=0.87)$$

이었으며, 이 특성치를 이용하여 체포금지체장 350mm인 붕장어의 탈출이 가능한 최소망목인 적정망목은 26mm로 추정되었다.

3. 일반 허그물과 면고무밴드 한 줄로 압착한 허그물의 그물통발의 망목별 체장계급분포에서 망목이 커짐에 따라 붕장어의 평균 체장도 커지는 경향이 경심으로 압착한 것에 비하여 뚜렷하게 나타났다. 체포 금지체장 350mm이하의 붕장어 어획률은 플라스틱 통발에서 높게 나타났다.

4. 압착한 허그물의 그물통발에서 어획된 붕장어 전체의 CPUE는 일반 허그물에 비하여 약 50~40%로 낮으나, 체장 350mm 이상에서는 비슷하게 나타났다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 붕장어의 미성숙어의 남획, 혼획의 방지 및 조업의 안전성 등의 종합적 관점에서는 경심으로 압착한 허그물의 그물통발이 매우 우수한 것으로 생각된다. 반면, 어획효율이 낮아서 실용어구로 사용하기에는 다소 부적합한 것으로 판단되므로 추후에 수조실험 등으로 어획이 떨어지는 원인을 규명하고, 허그물을 압착하는

형태와 압착재의 재질 등의 변화를 주거나, 허그물을 없애는 대신에 유연하고 부드러운 깔대기 형의 유도로를 설치하고 입룡구를 정형화 하는 등의 실험을 통하여 꾸준히 개선해 나간다면, 붕장어의 어획효율이 높고, 부수어종의 혼획 및 미성어의 남획이 방지되는 어획기구를 개발할 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

바다의 왕자가 되겠다는 포부로 바다에 뛰어든 지 사반세기가 훌쩍 지나가 버린 이 시점에 또 하나의 결실을 맺게 되었습니다.

처음 씨앗을 뿌릴 때에 만학의 두려움과 망설임, 그리고 나태함 등등.... 꽃을 피우고 결실을 맺을 때까지 이 수많았던 어려움과 몽매함을 가르쳐 주시고 밝혀 길을 인도해주신 이주희 지도교수님께 진심으로 감사드립니다.

그리고, 본 논문의 완성을 위해 많은 조언과 교정을 하여 주신 강일권 교수님, 권병국 교수님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

또한 본 연구를 진행하는 동안 수차의 실험과 분석을 하는데 도움을 아끼지 않았던 제2갈매기호의 직원 여러분과 한진석 선장, 어장어구학 실험실의 조영복 조교, 유제범 조교, 이해욱 양, 김병수 군에게 고마운 마음을 전합니다.

아울러 수학 중에 많은 격려와 조언을 해주신 신형일 교수님, 홍철훈 교수님, 이대제 교수님, 신현옥 교수님, 장창익 교수님, 이춘우 교수님, 김형석 교수님, 이유원 박사님께도 감사를 드립니다.

마지막으로 언제나 사랑으로 격려와 도움을 아끼지 않으시는 권병국 선배님께 다시 한번 깊이 감사드리며, 사랑하는 아내 손영수 님에게 이 모든 영광을 돌립니다.

참고문헌

- 서영태 · 김광홍 · 이주희(1977) : 장어통발 어구의 어획성능 비교, 한국수산학회지, 13(2), 15-20.
- 김광홍 · 이주희(1976) : 붕장어 통발 어구의 해저 부착 상태에 따른 어획효과에 대하여. 수산연구논문집, 12, 12-23
- 고관서 · 권병국(1987) : 붕장어 통발의 개량, 한국수산학회지, 20(2), 95-105.
- 정의철(2000) : 통발어구의 어획선택성에 관한 연구. 부산수산대학교 박사학위논문, 4-63.
- 조영복 · 박창두 · 이주희(2000) : 서대 3중자망의 망목선택성에 관한 연구, 한국어업기수학회지, 36(2), 89-95.
- 장충식(1987) : 붕장어의 어체제원과 어구망목과의 관계, 한국어업기술학회지 23(4), 184-188.
- 국립수산진흥원 (2000) : 배타적 경제수역(EEZ) 주요 어업자원의 생태와 어장, 127-128.
- 해양수산부 (2004) : 어업생산통계.
- John Stewart, Douglas J. Ferrell(2002) : Mesh selectivity in the New South Wales demersal trap fishery. Fisheries Research 59(2003), 379-392.

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

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

FAO : Manual on estimation of selectivity for gill net and longline gear in abundance surveys. FAO fisheries technical paper 397 chp.3-5.