

## 유속에 따른 아르헨티나 저층트롤어구 혼획저감장치의 형상변화 모형실험

차봉진<sup>1\*</sup> · 로스 리카르도<sup>2</sup> · 조삼광<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립수산과학원 시스템공학과 · <sup>2</sup>아르헨티나 국립수산과학원

### Model test to understand shape change of BRD (Bycatch Reduction Device) for demersal trawl of Argentina

Bong-Jin CHA<sup>1\*</sup>, Ricardo ROTH<sup>2</sup>, Sam-Kang CHO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fisheries System Engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea

<sup>2</sup>Fishing Gear Development, Methods of Capture and Technology Transference Program, National Institute for Fishery Research and Development

The 1/5 scale-down model of the Bycatch Reduction Device (BRD) from an Argentinean demersal trawl was tested in a circulating water channel. The BRD is designed to help small Hake (*merluza, merluccius hubbsi*) to escape from a trawl. It is settled in front of a trawl codend, and is equipped with selection grids that help small fish to escape from the gear and guiding panels that help fish to meet with the grids. Bars of the grids are wires covered by the PVC and other parts of the BRD are made of net. When the velocity was less than 0.65 m/sec (2.81 Knot when translated to real towing speed) which is slow speed compared with real towing speed, position between an upper guiding panel and an upper selection grid were good to help small fish to escape. When the velocity was more than 0.8 m/sec (3.41 Knot when translated to real towing speed) which is similar to and faster than real towing speed, it was considered that small fish may have difficulties in escaping because the gap was not enough between an upper guiding panel and an upper selection grid. The lower selection grid was sat on the bottom of the tank without an angle due to the weight that it carries. Improvements were proposed to position the panels and the grids better.

Keywords : BRD (Bycatch Reduction Device), Trawl, Circulate Water channel. Model Test

#### 서론

세계적으로 끌어구에서 혼획저감장치를 개발한 예는 많은데 특히 새우트롤에서 혼획어를 탈출시키기 위해 BRD를 개발하는 경우가 많다. 새우트롤을 위한 혼획저감장치 개발은 고품의 재료를 이용한 연구 (Coreil, 1985; Isaksen et al, 1992; Madsen and Hansen, 2001)와

그물 등 유연한 재료를 이용한 연구 (Donna et al, 1997; Kendal, 1990) 등이 있다. 고품재료를 이용한 혼획저감장치와 유연재료를 이용한 혼획저감장치의 성능을 비교한 연구 (Robert and Stephen, 2007)도 있으며, 고품의 재료와 유연한 재료를 함께 사용하여 혼획저감장치를 개발한 연구 (Angel and Lilleng, 2001)도 찾을

\*Corresponding author: holdu@korea.kr, Tel: 82-51-720-2581, Fax: 82-51-720-2586

수 있다. 특히 호주의 해양대학에서는 호주 새우트롤어업에 적용 가능한 BRD에 대한 설명서 (Eayrs, 2007)를 발간하였다.

새우트롤외의 끌어구에서 BRD의 사용도 전 세계적으로 일반화 되고 있는데, 공동 연구를 진행하고 있는 아르헨티나의 경우는 메를루사와 새우를 어획할 때 트롤어구에 BRD의 사용을 의무화하고 있고 캐나다, 미국, 러시아, 프랑스, 우루과이, 페루 아일랜드 등도 어류를 예망어구로 어획할 때는 혼획저감장치 사용을 의무화하고 있다.

우리나라에서는 끌어구에서 혼획을 줄이기 위한 연구가 많지는 않지만, 새우조망어구에서 혼획을 줄이기 위한 연구로는 장 등 (2014)의 연구가 있고, 국립수산과학원에서 조사선을 이용한 연구 (Cho et al., 2005; Cho et al., 2008)가 있다. 국제적 관심과 우리나라의 수산업의 위상에 비해 우리나라에서 끌어구의 혼획저감장치 연구가 많지 않은 것은 연구를 수행하는데 따른 어려움 때문으로, 트롤어업은 대부분 대형어업으로 실선을 사용하게 되면 연구비가 많이 소요되는 문제가 있고, 어업인 스스로도 혼획에 대한 심각성을 자각하지 못하고 있다.

국립수산과학원 (이하 NFRDI, National Fisheries Research & Development Institute)과 아르헨티나 국립수산연구소 (이하 INIDEP, National Institute for Fishery Research and Development)는 아르헨티나의 어업의 주요 어종인 메를루사 (*merluccius hubbsi*)를 어획하는 저층트롤어구에 적용할 혼획저감장치 (BRD, Bycatch Reduction Devidce)를 연구하고 있다. 연구의 진행은 국립수산과학원에서 고안된 혼획저감장치에 대해 모형실험을 실시한 후 그 결과를 보완하여 아르헨티나의 해역에서 상업선을 이용하여 실물실험을 실시하는 방법으로 진행되고 있다. 본 논문은 공동 연구의 과정 중 국립수산과학원에서 수행한 모형실험의 결과이다.

## 재료 및 방법

### 시험어구 및 탈출 장치

모형실험에 사용된 혼획저감장치 (Fig. 1 (b))는 아르헨티나 연안에서 메를루사를 어획하기 위한 저층트롤어구 (Fig. 2)의 끌자루 앞에 장치하기 위한 것으로 Fig. 1의 (a)와 같은 원형을 Tauti의 법칙 (Kim et al., 2015;

장지원, 서두옥, 1982)을 따라 1/5로 축소한 것이다. 모형어구를 제작한 재료는 모두 원형어구와 같은 것으로 그물은 모두 나일론이며 선별용 그리드들은 PVC관에 강철와이어를 삽입하였다. 그물 각 부위의 그물 등의 원형 장치와 모델 장치의 비를 모두 동일하게 제작하였고 그 상사법칙에 따른 상사비의 값은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. The model net of the Tauti's similarity ratio

Item of similarity ratio	Value	
Scale down ratio	$\lambda$	1/5
Net	$d/l$	Prototype 0.091
Twine diameter / 1 bar length		Model 0.0091
Gide & Separator Panel	$d/l$	Prototype 0.09
Twine diameter / 1 bar length		Model 0.09
Selection Grid	$d/l$	Prototype 0.02
Diameter / 1 bar length		Model 0.02
Current speed ratio	$V$	0.45 ( $\sqrt{d_m/d_s}$ )

$d_m$  : bar diameter of model BRD,  $d_s$  : bar diameter of prototype BRD

실험은 국립수산과학원의 회류수조 (관측창 : 8.0 m×2.8 m×1.4 m (L×W×H), 280ton, 유속 : 0 ~3.0 m/s)에서 실시되었다. 모형으로 제작된 혼획저감장치를 수조 속에 고정하고 유속에 따른 혼획저감장치 내부의 유도그물들과 선별용 그리드들의 형상변화를 디지털저 (Razer, 0.1mm, DongHyun ST, Korea)로 계측하였다.

유속은 회류수조의 유속을 조절하는 임펠라의 속력을 90에서 80, 70, 60, 50, 40, 30 RPM (각각 유속 1.15, 1.00, 0.90, 0.80, 0.65, 0.50, 0.39 m/s, 유속계 : VOT-101A, 0.03 ~ 2.0m/s, Kenek Co, Japan) 순으로 줄이면서 혼획저감장치의 형상변화를 측정하고 다시 속도를 RPM 30에서 90으로 높이면서 같은 위치를 계측하였다. 이때, 각 위치는 수면으로부터의 깊이를 X축으로 하고 BRD의 측의 길이 방향을 Y축으로 설정하여, 각 유속에 도달한 후 20초를 기다려 정속이 되었을 때 측정되었다. 이와 같이 높은 유속에서 낮은 유속으로 그리고 다시 높은 유속으로 변화시키면서 실험한 특별한 이유는 없으며 실험의 편의를 위한 방법이었을 뿐이다.

모형실험에 사용된 유속을 Tauti의 법칙에 의해 실제 해상에서의 예망속력으로 환산하면 Table 2와 같다. 표에서 볼드체로 표시된 곳은 메를루사 트롤의 실제 예망속력 범위로서 평균 4 knot의 속력으로 예망한다.

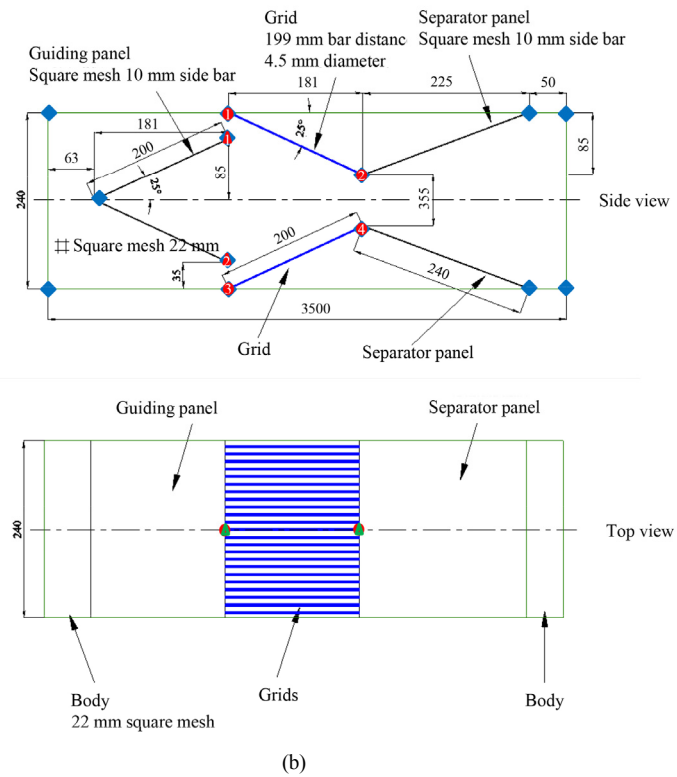
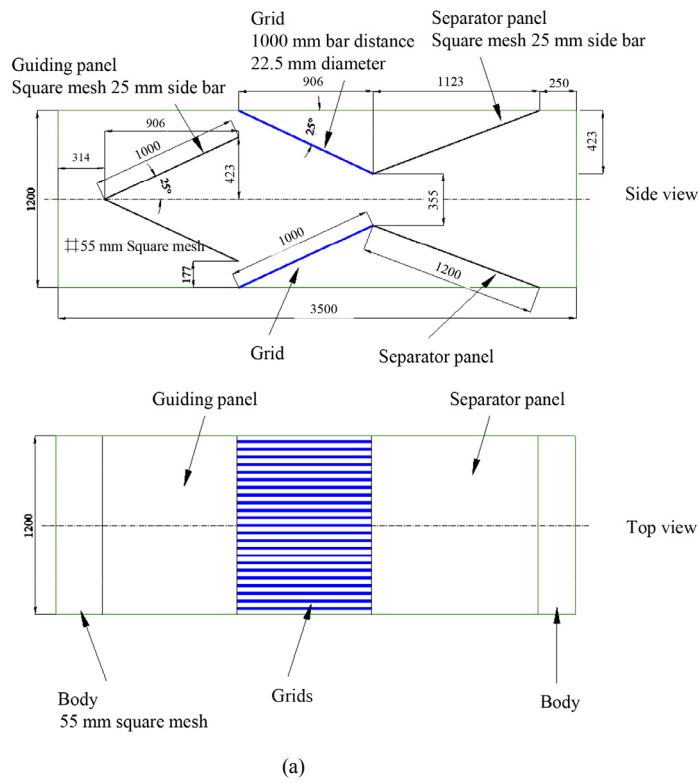


Fig. 1. BRD (Bycatch Reduction Device) for the hake trawl (a) : real size, (b) : down scaled model as 1/5 by Tauti's law.

유속에 따른 아르헨티나 저층트롤어구 혼획저감장치의 형상변화 모형실험

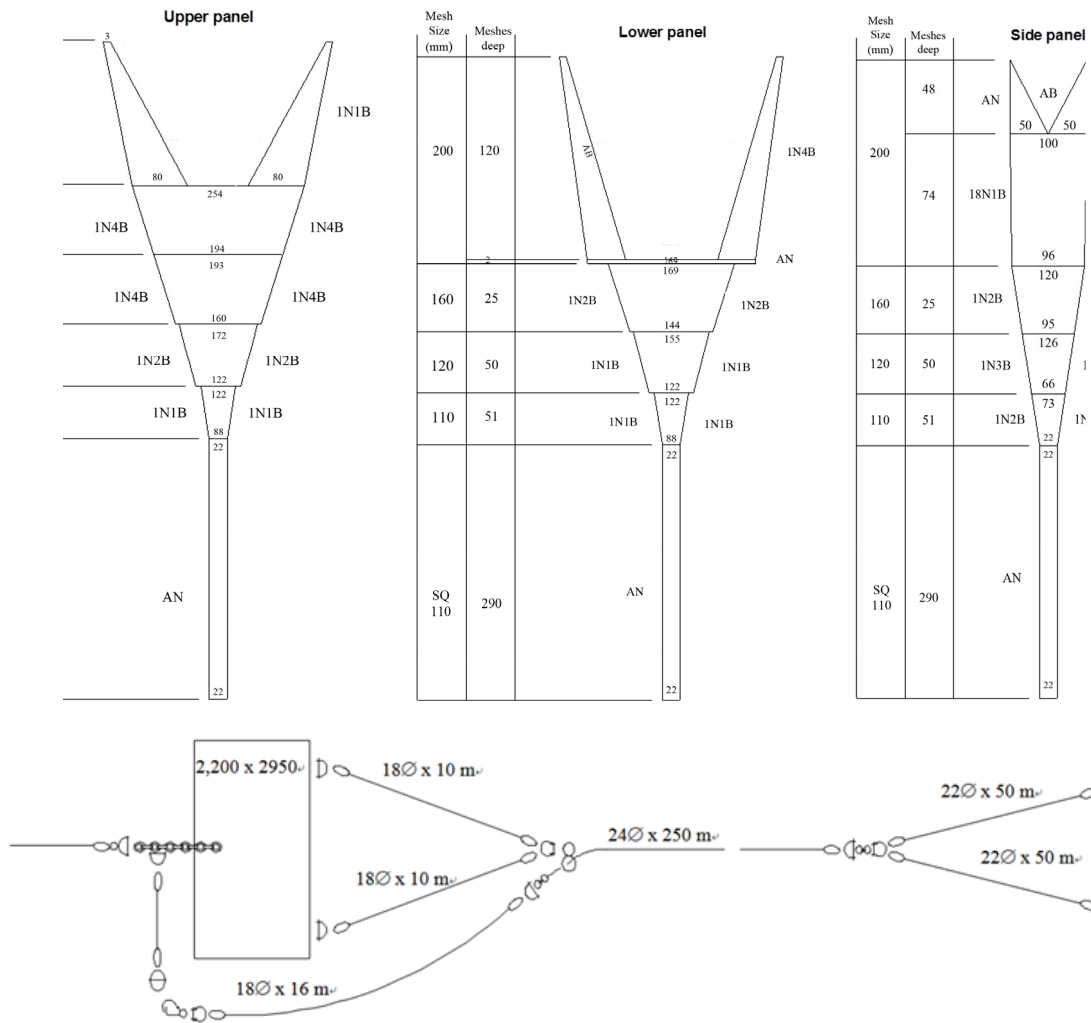


Fig. 2. Trawl gear for the hake in Argentina (Floats 200 mm of diameter, total 267 kg of lifting force; Weight foot on rope, 298.6 kg).

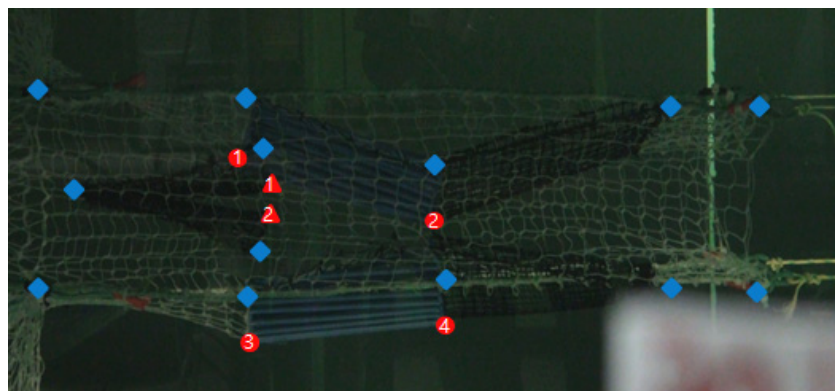


Fig. 3. The points to observe qualitatively change of the BRD depend on water velocity.

Circle 1 : middle of the upper selection grid toward the mouse  
 Circle 3 : middle of the lower selection grid toward the mouse  
 Triangle 1 : middle of the upper guiding panel

Circle 2 : middle of the upper selection grid toward the codend  
 Circle 4 : middle of the lower selection grid toward the codend  
 Triangle 2 : middle of the lower guiding panel

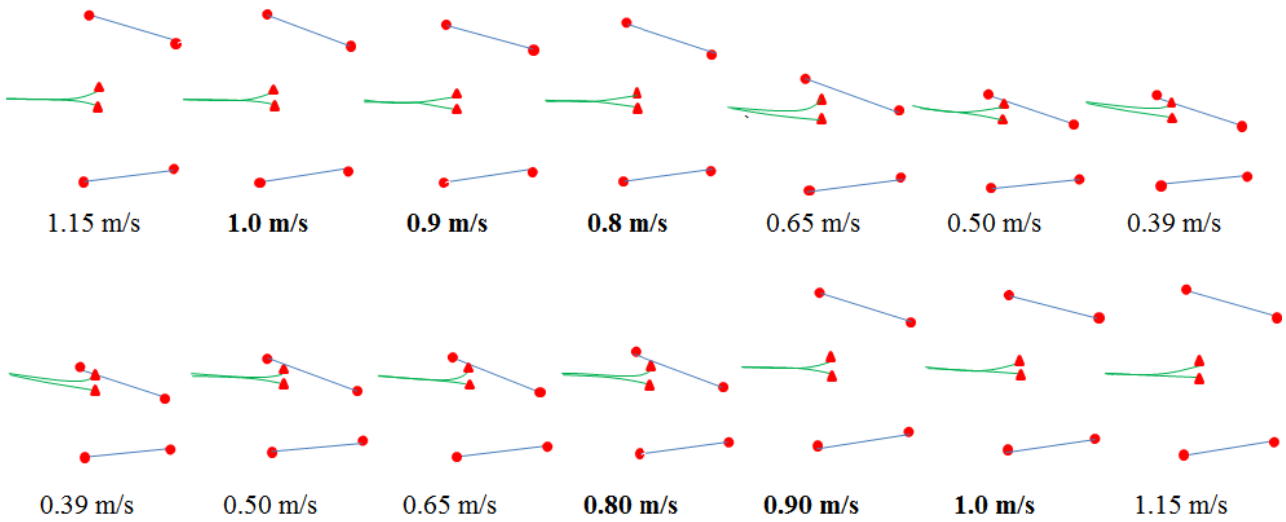


Fig. 4. The movement of the selection grids and guiding panels depend on water velocity of the tank.

Table 2 Translated towing speed of the real trawling from experiments in the tank by Tauti's law

Current Speed in the tank (m/s)	Impeller speed (RPM)	Translated towing speed for real trawl (Knot)
0.39	30	1.69
0.50	40	2.16
0.65	50	2.81
<b>0.80</b>	<b>60</b>	<b>3.46</b>
<b>0.90</b>	<b>70</b>	<b>3.89</b>
<b>1.00</b>	<b>80</b>	<b>4.32</b>
1.15	90	4.97

계측 위치는 Fig. 1의 (b)에 나타난 다이아몬드, 삼각형, 원으로 나타난 곳으로 실제 실험 시에 Fig. 3과 같았다. 다이아몬드 표시가 된 곳은 장치의 힘줄과 연결되어 있거나 옆그물에 붙어 있어 유속이 달라져도 위치의 변화가 없는 곳이고, 원과 삼각형은 각각 선별용 그리드와 유도그물 끝단의 중앙부분을 나타낸 것으로 유속의 변화에 따라 높이의 변화가 나타나는 부위이다.

### 결 과

Fig. 4는 회류소조의 유속의 증감에 따른 모형 혼획저감장치의 선별용 그리드와 유도그물의 움직임을 표시한 것이다. 모든 유속에서 모형 혼획저감장치는 설계시의 형상을 유지 하지 못했으며 유속의 변화에 따라

침하부상을 하는 부위가 있었다. 모형 혼획저감장치에서 고정되지 않은 부위인 상부 선별용 그리드 (Fig. 3의 원 1과 2), 하부 선별용 그리드 (Fig. 3의 원 3, 4), 유도그물 (Fig. 3의 삼각형 1과 2)은 유속이 빨라지면 수표면으로 상승하고 유속이 느려지면 수조 바닥으로 침하하는 일반적인 움직임을 보였다. 특히 상부의 선별용 그리드가 유속변화에 따라 부상과 침하의 폭이 가장 컸다.

Fig. 5는 유속의 변화에 따른 상부 선별용 그리드의 위치 변화를 나타낸 것이다. 그래프에서 ‘upper grid 1’과 ‘upper grid 2’는 상부 선별용 그리드의 중앙 양끝단으로 Fig. 3의 원형 1과 2이다. 본 그래프를 보면 상부의 선별용 그리드는 그물 옆면에 고정되어 있기 때문에 유속이 증가하거나 감소하게 되면 그리드의 중앙 부위만 부상과 침하 운동을 하게 된다. 즉 그리드의 중앙부위가 유속이 감소하면 천천히 수조의 바닥 쪽으로 가라앉다가 유속 0.65 m/s에서 급격히 아래로 떨어지는 것을 알 수 있고 유속이 증가하면 다시 천천히 수표면으로 부상하다가 유속이 0.90 m/s이 되면 급격히 상승하는 것을 보여준다. 유속을 감소시키는 경우에는 0.80 m/s에서 상부의 선별용 그리드가 -30 cm 부근에 위치했는데, 낮은 유속에서 유속을 높이는 경우에는 0.9 m/s가 되어야 그리드가 수심 -30 cm 부근까지 상승하였다.

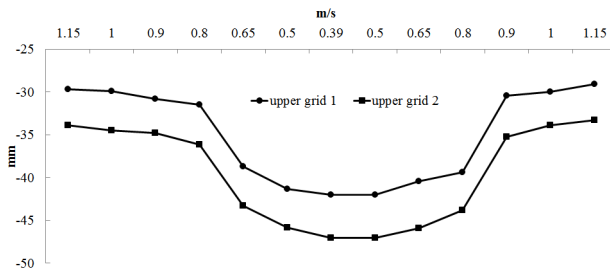


Fig. 5. The movement of the upper grid depend on the water velocity.

circle 1 : middle of the upper selection grid toward the mouse  
circle 2 : middle of the upper selection grid toward the codend

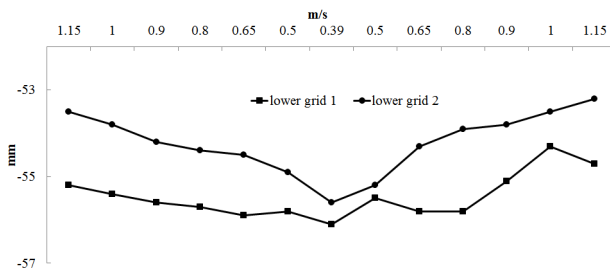


Fig. 6. The movement of the upper grid depend on the water velocity.

Triangle 1 : middle of the upper guiding panel  
Triangle 2 : middle of the lower guiding panel

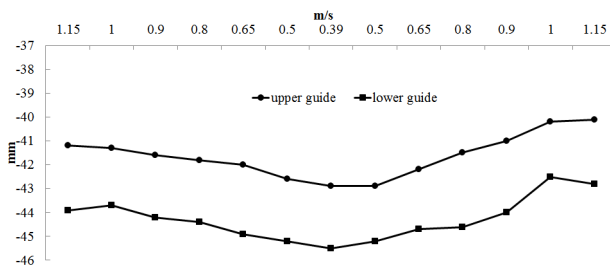


Fig. 7. The movement of the guiding panels depend on the water velocity.

Circle 3 : middle of the lower selection grid toward the mouse  
Circle 4 : middle of the lower selection grid toward the codend

Fig. 6은 하부 쪽을 향해 있는 유도그물을 따라 해저 방향으로 지나가는 작은 어류의 탈출을 돕기 위해 만들어진 선별용 그리드의 움직임을 측정한 데이터이다. 본 결과도 상부의 선별용 그리드와 같은 움직임을 보이지만, 최고로 상승했을 때와 가장 가라앉았을 때의 차이가 2 cm로 실제 해상에서 원형의 장치로 환산하면 10 cm가 되었다.

Fig. 7은 두 유도그물의 유속에 따른 움직임을 측정한 것으로 앞의 두 그리드와 같이 빠른 유속에서는 상승하고 느린 유속에서는 상대적으로 가라앉았으며, 유

속이 느려질 때보다 유속이 증가할 때 두 유도그물 모두 상승폭이 컸다.

## 고찰

그리드의 중앙부위가 유속을 감속시키는 경우에는 0.65 m/s 인 경우에 급격히 침강하고, 유속을 증속시키는 경우에는 0.9 m/s에서 급격히 상승하여 그 유속차가 크게 나타나는데 이것은 그리드가 침강력을 가지기 때문에 상승하는 것보다 침강하기 쉽기 때문이다.

Fig. 8은 회류수조의 유속이 각각 0.39 m/s 와 1.15 m/s 인 경우의 사진이다. 두 사진 모두 그리드들과 유도그물들이 모두 면으로 보이는데, 설계도와 같이 전개 되었다면 이들 모두가 선으로 보여야 한다. 그러나 이렇게 면으로 보이는 이유는 이전 연구 (Isaksen et al., 1992; Lossius, 1997; Mitchell et al., 1995; Matsushita et al., 2005)에서는 선별용 그리드가 가로 방향으로도 변형이 없는 일체형의 고정 구조물을 사용하였지만, 본 연구에 사용된 혼획저감장치의 선별용 그리드들과 유도그물들은 장치의 가로 방향으로 형상이 고정되어 있지 않기 때문이다. 장치 내부의 그리드들과 유도그물들은 저항을 받으면 가로로 구배가 발생하게 되고 이에 따라 장치의 가로 폭이 줄어들게 되는 것이다. 특히 하부의 선별용 그리드는 와이어를 포함하고 있어 무겁고 유체와 만날 때 힘이 아래로 가도록 설계 되어 있어 장치의 폭을 줄이는 현상을 가중하게 되는 것으로 판단된다. 이러한 현상은 혼획저감장치가 장치의 앞부분인 몸통그물과 뒷부분인 자루그물보다 폭이 좁아지게 된다는 것을 의미한다.

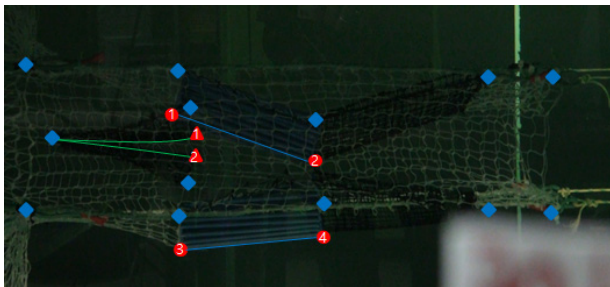
이러한 구배의 발생에 따른 가장 큰 문제점은 하부의 선별용 그리드가 Fig. 4와 같이 유속과 관계없이 해저와 일직선상에 놓이게 된다는 점이다. 앞선 연구들 (Isaksen et al., 1992; Kim et al., 2008; Lossius, 1997; Matsushita et al., 2005)에 의하면 선별용 그리드의 각도가 혼획어 등의 탈출에 중요한 역할을 한다. 본 연구에서 제시한 장치와 같이 유도그물이 있는 경우는 선별용 그리드와 유도그물의 각도가 중요하다. 본 장치는 이 각도를 65°가 되도록 설계되었다. 그러나 모형실험에서의 결과에 따라 이들 관계는 벡터의 관계 정의에 의해 아래의 식에 의해 구할 수 있는데, 하부의 선별용 그리드와 유도그물의 각도는 2° 내외로 거의 나란하다.

$$\theta = \text{Cos}^{-1}\left(\frac{\vec{\mu} \cdot \vec{\nu}}{|\mu||\nu|}\right)$$

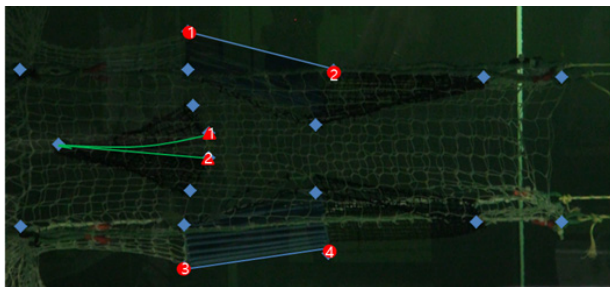
하부의 선별용 그리드와 유도그물의 위치 관계에 비해 큰 각도를 가지는 상부의 선별용 그리드와 유도그물의 각도도 앞의 벡터의 정의에 의하면 14 ~ 15°사이 밖에 되지 않아 앞선 연구들 (Kim et al., 2008)에서 제시하는 30 ~ 60°에 미치지 못한다. 유속이 느린 경우에는 선별용 그리드가 밑으로 쳐져서 유도그물과 교차하기 때문에 유속이 빠른 경우에 비해 어류가 선별용 그리드를 만날 확률이 커지기는 하지만 아르헨티나의 메를루사 트롤어구의 평균 선속이 4k't을 모형실험으로 환산하면 0.9 m/s가 되기 때문에 상부의 선별용 그리드는 과도하게 부상하여 거의 직선으로 통과한 어류와 만날 확률이 낮아진다.

본 혼획저감장치를 설계시의 모양으로 유지하기 위해서 하부의 선별용 그리드의 처짐을 감소시키기 위해서 실험에 사용한 메탈소재보다 가벼운 재료를 사용하는 방법으로 일부 개선 할 수 있을 것으로 판단된다.

앞선 연구들에서 보면 선별용 그리드를 그물을 이용하거나 (Cho. et al., 2008; Kim et al., 2008), 고무재질을 이용하는 경우가 (Angel and Lilleng, 2001) 있어 이를



(a)



(b)

Fig. 8. Pictures of the BRD at the RPM of the impeller were 30 (a) and 90 (b).

응용할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 소재를 가벼운 것을 사용하더라도 선속이 빠르면 선별용 그리드와 유도그물은 구배를 만들 수밖에 없는데 설계시의 모양을 유지하거나 이들 간의 일정한 각도를 유지시키기 위해 서로를 연결할 필요가 있다. Fig. 9는 그 방법을 나타낸 것이다. 먼저 정상 예망 중에 상부의 선별용 그리드와 하부의 선별용 그리드는 각각 해표면과 해저로 반대방향으로 밀려나가기 때문에 서로를 355mm의 줄로 연결하면 힘의 균형을 찾을 수 있을 것이다. 이때 구배가 생기는 것을 감안하여 줄의 길이를 177mm 로 하여 세 부분을 잡을 필요가 있다. 어류가 두 선별용 그리드를 만나지 못하고 그 사이로 통과하는 것을 최소화하기 위해 유도그물을 배치할 필요가 있는데, 현재의 방식으로는 유도그물이 어구의 길이방향과 수평을 이루기 때문에 각각의 유도그물의 끝 부분이 선별용 그리드의 시작 부위를 향하도록 조정이 필요한데, 두 선별용 그리드를 서로 연결한 것과 같이 각 유도그물의 끝 부분에서 줄을 내어 선별용 그리드와 연결하는 방법을 사용할 수 있다.

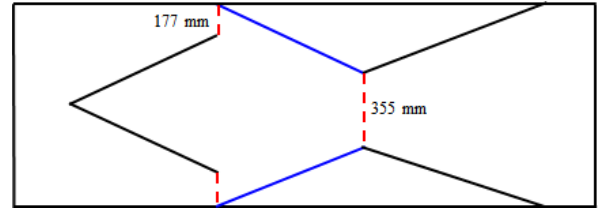


Fig. 9. Method to maintain the degree between the grids and panels (side view of the BRD). Connect the grids and panels by ropes like red dot line in the figure.

모형실험을 통해 개발된 혼획저감장치의 구조적 결함이 도출되었다. 도출된 구조적 결함을 수정하여 추후에 아르헨티나에서 해상시험을 실시할 계획이며, 해상시험 시 수중카메라를 설치하여 본 논문에서 제시한 방법들이 해결책으로 작용할 수 있는지를 검증할 계획이다. 비록 본 연구에서 실험된 혼획저감장치가 아르헨티나의 상업선에서 사용될 장치라고 할지라도 우리나라에서는 상업선을 연구에 활용하는 것이 힘들기 때문에 상업선을 이용한 실험을 통해 연구자는 혼획저감장치 개발에 대한 경험을 쌓을 수 있고, 기본적으로 끌어구는 그 운용이 크게 다르지 않으므로 본 연구의 결과를 우리 어업에도 필요시 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

## 결론

본 연구는 아르헨티나 연안에서의 메를루사 치어의 혼획을 저감하기 위한 BRD (Bycatch Reduction device)의 수중 형상을 예측하기 위한 것으로 실물어구의 1/5모형을 실험을 회류수조에서 실시하였다. 유속을 감속시키는 경우와 증속시키는 경우에 따라 상부의 그리드가 부상하는 유속이 달랐는데 유속을 감속시키는 경우는 0.8 m/s (실제 환산유속 3.46 m/s) 까지 그리드가 부상한 상태를 유지하였고, 유속을 증속시키는 경우는 0.9 m/s (실제 환산유속 3.89 m/s)에서부터 그리드가 부상하였다. 유속의 증감과 관계없이 실제 해상의 예망 속력에 해당되는 유속보다 느린 경우에는 상부의 유도망과 상부의 그리드가 만나기 때문에 그리드를 통해 어류가 탈출할 수 있을 것으로 판단되었지만, 유속이 실제 해상의 예망속력에 이르면 상부의 그리드가 유도망과 이격이 많이 생겨 탈출 성능이 낮을 것으로 판단되었다. 하부의 그리드는 자체의 하중으로 유속과 상관없이 항상 바닥에 가라앉아 있어 작은 어류의 탈출이 어려울 것으로 판단되었다.

## 사사

The Authors gratefully acknowledge the contribution of Mr. Luis Salvini, Alfonso Izzo, Sebastian Pisano who dedicated themselves tirelessly making the model net and Mr. Young Dal Oh, Song Ryong Cho and Jae Hyun Koo who tirelessly dedicated during the tank test, which is a particularly difficult procedure. This study was carried out by grant of NFRDI(RP-2015-FE-014) and INIDEP.

## References

장지원, 서두옥. 1982. 어구공학. 신한출판사, 61-72

Angel S and Lilleng D. 2001. New type of size selective system made of plastic and rubber: The flexigrid. Technical regulations and by-catch criteria in the Barents Sea fisheries, 108-113.

Cho SK, An HC, Shin JK, Yang YS and Park CD. 2005. Study on the development of trawl escapement device. J Kor Soc Fish Technol 41(4), 241-247. (doi:10.3796/ksft.2005.41.4.241)

Cho SK, Shin JK, Cha BJ and Yang YS. 2008. Development of a trawl escapement net using net material. J Kor Soc Fish

Technol 44(3), 165-173. (doi:10.3796/ksft.2008.44.3.165)

Coreil PD. 1985. Trawling efficiency device acceptance and use by Louisiana commercial shrimpers. Int Symp on kemp s Ridley Sea Turtle Biology, Conservation and Management, Galveston, TX(USA), 1-4.N.

Rogers DR, Rogers BD, de Silva JA, Wright VL and Watson JW. 1997. Evaluation of shrimp trawls equipped with bycatch reduction devices in inshore waters of Louisiana. Fish Res 33, 55-72. (doi:10.1016/s0165-7836(97)00060-x)

Eayrs S. 2007. A guide to bycatch reduction in Tropical shrimp-trawl fisheries. FAO, p124.

Isaksen B, Vademarsen JW, Larsen RB and Karlsen L. 1992. Reduction of fish by-catch in shrimp trawl using a rigid separator grid in the aft belly. Fish Res 13, 335-352. (doi:10.1016/0165-7836(92)90086-9)

Jang CS, Cho YH and An YS. 2014. Opening efficiency and selectivity of Double-level type and Grid type in the shrimp beam trawl net. J Kor Soc Fish Technol 50(3), 241-247. (doi:10.3796/ksft.2014.50.3.351)

Kim IO, An HC, Shin JK and Cha BJ. 2008. The development of basic structure of jellyfish separator system for a trawl net. J Kor Soc Fish Technol 44(2), 1-8. (doi:10.3796/ksft.2008.44.2.099)

Kim SH, Lee DG, Lim JH and Park SW. 2015. Model test on the net mouth shape of a gape net according to current seeds in Jindo area, Korea. J Kor Soc Fish Technol 51(1), 1-8. (doi:10.3796/ksft.2008.44.2.099)

Kendall D. 1990. Shrimp retention characteristics of the Morrison Soft TED: a selective webbing exclusion panel inserted in a shrimp trawl net. Fish Res 9, 13-21. (doi:10.1016/0165-7836(90)90037-v)

Lossius LL. 1997. Size selection of Northern shrimp(*Pandalus borealis*) by metal sorting grids in the shrimp trawls. Cand Scient theis in Fisheries biology, University of Bergen, p82.

Madsen N and Hansen KE. 2001. Danish experiments with a grid system tested in the North Sea shrimp fishery. Fish Res 52, 203-216. (doi:10.1016/s0165-7836(00)00234-4)

Matsushita Y, Honda N and Kawamura S. 2005. Design and tow trial of JET(Jellyfish Excluder for Towed fishing gear). Nippon Suisan Gakkaishi 71(6), 965-967. (doi:10.2331/suisan.71.965)

Mitchell JF, Watson JW, Foster DG and Caylor RE. 1995. The turtle excluder device(TED): A guide to better performance. NOAA Tech Memo NMFS-SEFSC-336, NMFS Mississippi Laboratory, Pascagoula: 35.

Polet H, Coenjaerts J and Varschoore R. 2004. Evaluation of the sieve net as a selectivity -improving device in the Belgian brown shrimp (Crangon crangon) fishery. Fish Res 69(1), 35-48. (doi:10.1016/j.fishres.2004.04.007)



Robert WH and Stephen AJ. 2007. Effectiveness of bycatch reduction devices (BRDs) in the ocean shrimp (*Pandalus jordani*) trawl fishery. Fish Res 85(1-2), 217-225. (doi:10.1016/j.fishres.2006.12.010)

---

2015. 8.09 Received  
2015. 8.19 Revised  
2015. 8.25 Accepted