

저층 트롤의 그물입구 형상과 소해 단면적

박해훈* · 조봉곤¹ · 고광수¹ · 장호영¹

국립수산과학원 동해수산연구소 어업자원과, ¹군산대학교 해양생산학전공

The gear shape and cross section of sweep at mouth of a bottom trawl

Hae-Hoon PARK*, Bong Kon CHO¹, Gwang Su KO¹ and Ho Young CHANG¹

Fisheries Resources Division, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI,
Gangwon-do 210-861, Korea

¹Marine Science & Production Major, Kunsan National University, Jeonbuk 573-701, Korea

Estimation of the gear shape and cross section of sweep at mouth of a bottom trawl net was described and applied to the field experiments obtained with the Scanmar system. The shape of the trawl net from wingend to the beginning of codend was assumed to be part of an elliptic cone of which the cross section was ellipse, and that of the float rope be of form $y_f = a_f x^{b_f}$. In case of a bottom trawl with warp 180m long, the radius of ellipse, the cross section of sweep at mouth, the eccentricity of the ellipse, the inclination angle of float rope and the contribution of the side panel to net height were estimated in accordance with towing speed. The horizontal radius of the upper ellipse increased with increasing towing speed, the eccentricity of it became slightly bigger as increasing the towing speed which meant the shape of it being flat. And the inclination angle of the float rope was about between 7 and 12 degrees in case of the above bottom trawl.

Key words : Gear shape, Elliptic cone, Cross section, Inclination angle, Bottom trawl

서 론

어구의 성능과 형상에 대해서는 모형실험이나 해상실험을 통해 정적으로나 동적 특성에 대해 많은 연구가 이루어졌다. 이러한 것은 최근 트롤과 자망, 연승 어구에 대해 활발하게 이루어졌다. 트롤은 능동적인 어구로 상업적으로 규모

가 큰 어업이며 자원조사에도 매우 중요한 역할을 한다. 트롤에서는 끌줄의 형상이나 끌줄 길이에 따른 망고나 망폭 등의 변화, 전개판의 종류에 따른 특성과 전개 성능, 트롤 어구에 미치는 정적인 힘의 평형과 동적인 어구 해석 등을 이용하여 그 성능을 파악하려는 연구가 활발하게 이

*Corresponding author: hhpark@nfrdi.re.kr, Tel: 82-33-660-8525, Fax: 82-33-661-8513

루어지고 있으나, 트롤 그물, 자망 및 선망 등과 관련한 동적인 연구에서는 그물코수가 너무 많아 처리하는 시간이 장시간 소요되어 현재로서는 실물에 그대로 적용할 수 없고 많은 그물코수를 적은 코수로 등가시킨 그룹화(mesh grouping)를 이용하여 처리하는데, 이것 또한 근사화시킨 방법의 하나이다. 저층 트롤의 경우 최근에는 발출 밑으로 빠져나가는 물고기나 후릿줄로 어군을 구집하는 성능, 그리고 중층 및 저층 트롤 어구의 형상을 파악하는 연구가 이루어지고 있다 (Fridman, 1986; Park, 1993, 2005, 2007; Engås, 1994; Sangster and Breen, 1998; Cho and Ko, 2000; Hu et. al, 2001; Lee et al., 2001, 2005, 2006; Matuda, 2001; Fujimori et al., 2005; Park et al., 2006a, 2006b; Shimizu et al., 2007; Somerton et al., 2007).

트롤 어구가 이루는 형상은 어획능률이나 자원량 추정시 소해 면적 계산에 매우 중요한 역할을 한다. 트롤 어구의 형상을 파악하기 위해 끌줄의 장력 등 여러 가지 요소를 측정하나, 그 중에서도 망고나 망폭은 어구에 관한 직접적인 형상을 나타내는 자료이다. 기존의 연구에서 전개판 사이의 거리나 날개그물 폭을 이용한 평면적인 면에서의 연구는 많이 이루어져 왔으나, 근래에 Fujimori et al. (2005)이 그물입구의 형상을 망고를 포함한 5개의 측정점을 이용하여 오각형으로 근사화시켜 2차원적으로 그물 입구 형상을 분석한 연구된 바가 있다. 또한 뜰줄, 발출의 형상을 현수곡선(catenary)으로 근사화시켜 분석한 연구도 있으나, 뜰줄, 발출에서의 그물 구성이나 배치에 따른 물의 저항 및 뜰, 칩자의 배치가 다르기에 이들에 미치는 장력이 다르므로 현수곡선으로 가정한 것은 다소 차이가 있을 것으로 판단된다. 그리고 이들의 형상은 포물선에 더 가깝다고도 하였다(Fridman, 1986). 한편 중층 트롤의 경우에 그물 형상을 타원추대의 일부로 가정하여 분석한 예도 있으며, 뜰(발)줄의 형상은 지수함수로 가정하기도 하였는데, 이것은 포

물선 형태를 포함하므로 더 포괄적인 것이라 할 수 있다(Park, 2007).

어구를 설계할 때는 기본적으로 물의 흐름에 의한 그물의 유수저항을 균일하게 받도록 하여 그물이 찌그러지지 않고 골고루 퍼져, 그물 속으로 들어온 물이 한 부분에 편중되지 않고 잘 빠져나가도록 설계하고 있다. 따라서 이러한 그물이 수중에서 물의 저항을 받게 되면 일정한 형상을 이루게 된다. 일반적으로 그물입구 형상은 끌줄이 길수록, 예망속도가 빠를수록 망고(수직 높이)는 낮아지고 망폭(수평 길이)은 넓어진다.

본 연구에서는 정상적으로 설계한 저층 트롤 어구를 예망할 때 수중에서 이루는 그물 형상에 관하여, 중층 트롤에서 그물의 형상을 타원추대의 한 부분(이것의 단면은 타원)으로 가정하여 구한 방법(Park, 2007)을 저층 트롤 어구에 확장시켜 그물입구에서의 형상을 상부 및 하부로 나누어 이에 따른 비선형 연립방정식을 구성하였고, 이것에 해상 시험에서 Scanmar 시스템으로 여러 가지 요소를 측정된 실측 자료(Cho and Ko, 2000)를 적용하여 예망속도에 따른 저층 트롤 어구의 그물 입구 형상에 따른 소해 단면적, 타원의 이심률, 뜰줄의 경사각, 뜰줄 형상의 합수 표현, 옆판이 망고에 기여한 양이 예망속도에 따라 변하는 것을 나타내었다. 이러한 것은 지금까지의 소해면적법에 의한 자원량 추정이나 과학어탐에서 현존량 추정시 저층트롤을 이용하여 얻은 주로 평면적인 조사결과에 대해 본 연구에서는 망고를 결부시킨 입체적인 결과를 구할 수 있는 새로운 방법을 나타내었다.

자료 및 방법

본 연구에서는 중층트롤의 그물 형상을 타원추대의 일부로써 가정하여 나타낸 Park (2007)의 방법을 저층 그물에 확장하여 천장망에서 자루 그물까지의 형상을 상부, 하부로 나눈 타원추대의 일부로 가정하여 비선형 연립방정식을 구성하였고, 이에 적용한 자료는 Cho and Ko(2000)가

군산대학교 실습선으로 저층 트롤어구의 형상을 파악하기 위한 해상시험으로부터 측정된 자료였으며, 이로부터 유속의 변화에 따른 트롤어구의 형상을 파악하고자 하였다. 이 해상시험에서 사용한 저층 트롤어구의 각부 요소를 측정한

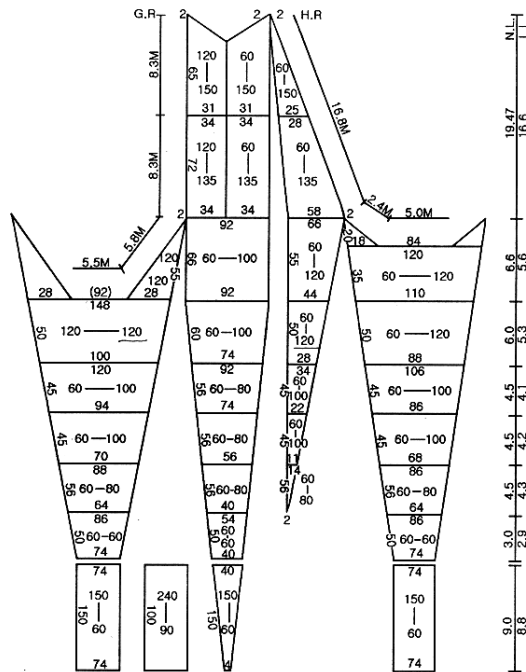


Fig. 1. Drawings of the bottom trawl gear used in the experiment.

장비는 Scanmar 시스템(RX - 400, HC - 4 TS150, HC - 4 A144 등)을 사용하였고, 트롤그물의 설계 사양은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 길이 방향으로 뻗친 길이는 57.51m였고, 자루그물 입구에서의 둘레 방향의 뻗친 길이는 59.92m였다. Fig. 2는 전개판과 그물목줄사이의 연결부를 나타내고 있다. 수중에서 어구를 예망했을 때 저항을 받아 형성되는 어구 형상은 Fig. 3과 같이 나타낼 수 있다. 본 실험에서 사용된 어구는 뜰줄길

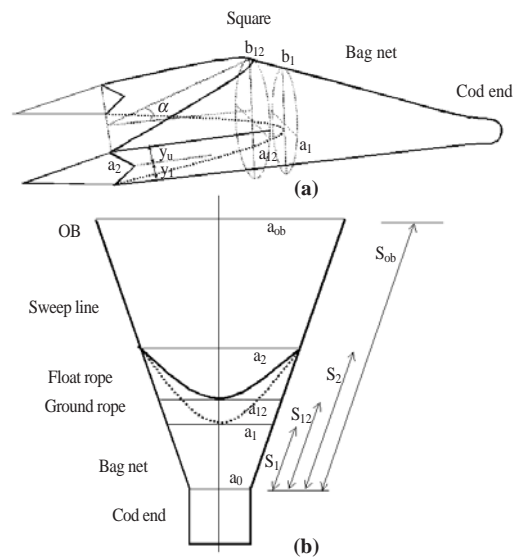


Fig. 3. An approximation of the shape of a bottom trawl net to an elliptic cone.

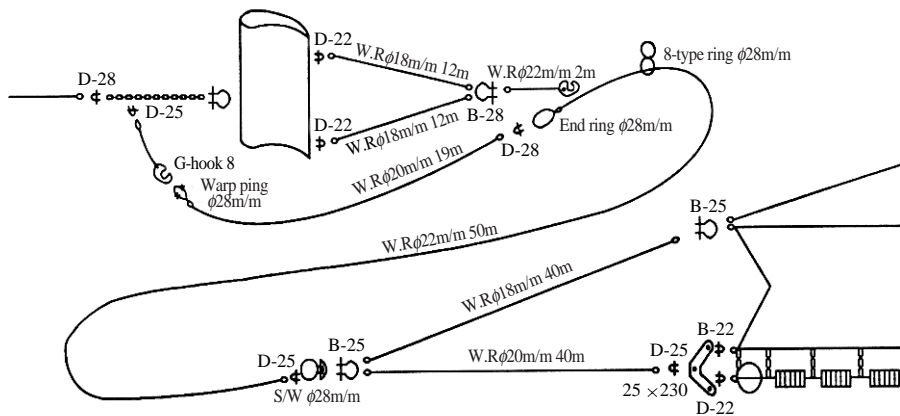


Fig. 2. Diagram showing the connection of the otter board, hand rope and net pendant.

이가 발출 보다 짧아 뜯줄부가 앞으로 나온 일반적인 저층 트롤 형태이고, Fig. 3(a)에서 점선은 타원추대의 단면인 타원을 나타내고 있다.

트롤 어구의 형상을 함수 형태로 표현하는 것은 다른 방법에 의존하지 않고도 개념적으로 쉽게 인식할 수 있는 잇점을 준다. 뜯줄이 이루는 형상을 이전의 연구에선 종종 catenary(현수선) 형태로 가정하였으나(Sangster and Breen, 1998; Fujimori et al., 2005) 포물선에 더 가깝다고도 하였다(Fridman, 1986). 본 논문에서는 뜯줄의 형

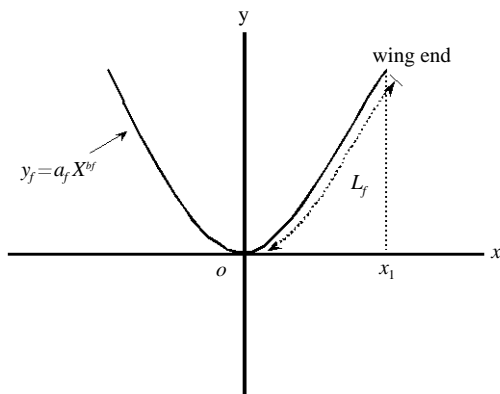


Fig. 4. A coordinate describing the shape of the float rope.

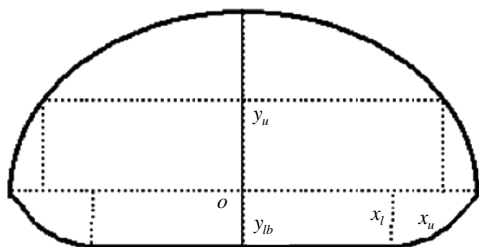


Fig. 5. A front view at the mouth of the trawl net and its change according to the towing speed.

상을 지수함수의 형태로 두어 포물선 형태 보다 더 일반화시켰다. 즉 지수가 2이면 포물선이 되어 그 형태를 포함하고 있다. 따라서 저층 트롤의 뜯줄이 이루는 형상은 Fig. 4에서 처럼 식(1)과 같이 나타내었다.

$$y_f = a_f x^{b_f} \tag{1}$$

그리고 자루그물 입구에서 보는 형상은 Fig. 5에서 보는 바와 같이, 옆판의 중심을 중심축으로 각각 상부와 하부로 나누어 타원추대의 일부분으로 적용시켰다. 이 그림에서 전개폭 방향인 수평을 a축, 어구의 높이 방향인 수직을 b축, 어구가 진행되는 방향을 c축으로 하였다. 날개그물에서부터 끝자루 앞까지의 형상에 대해 타원추대의 각부 i에서의 수평 방향(망폭)의 반경을 a_i, 수직 방향(그물높이)의 반경을 b_i라고 하면, 타원의 방정식은 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{x^2}{a_i^2} + \frac{y^2}{b_i^2} = 1 \tag{2}$$

Cho and Ko(2000)는 예망속도에 따라 수직 방향으로는 망고를 천장망의 뜯줄부에서 측정하였고, 수평 방향으로는 전개판의 간격을 측정하였다. 끌줄 길이, 예망 속력, 망고, 전개판의 간격 등 측정값들의 일부를 Table 1에 나타내었다. 일반적으로 트롤어구는 좌우대칭으로 구성한다. 전개판에서 그물까지의 후릿줄을 직선으로 간주하였고, 뜯줄의 형태를 지수함수로 두었으며, 자루그물의 어구 형상을 타원(상부와 하부 타원으로 나눔)으로 가정하였을 때, 그물을 나타낸 타원추대 및 뜯줄의 형상, 타원둘레들로부터 다음과 같은 비선형 연립방정식을 구성시킬 수 있다.

Table 1. Some recorded values of a bottom trawl test (From Cho and Ko, 2000)

Length of warp (m)	Towing Speed (m/s)	Depth of bottom (m)	Warp Depth	Distance of O.B (m)	Height at net mouth(m)	Width of wing net (m)	Width Height
180	1.23	62.5	2.88	64.3	3.8	18.81	4.95
180	1.44	62.5	2.88	67.5	3.6	19.75	5.49
180	1.70	62.5	2.88	70.9	3.4	20.74	6.10
180	1.85	62.5	2.88	71.5	3.3	20.91	6.34

$$F_1 = (s_{ob} - s_1)(a_{ob} - a_{12}) - (s_{ob} - s_{12})(a_{ob} - a_1) = 0 \quad (3)$$

$$F_2 = (s_2 - s_1)(a_{ob} - a_1) - (s_{ob} - s_1)(a_2 - a_1) = 0 \quad (4)$$

$$F_3 = (a_{ob} - a_{12})(s_2 - s_{12}) - (a_2 - a_{12})(s_{ob} - s_{12}) = 0 \quad (5)$$

$$F_4 = L_u - \int_{x_u}^{a_1} \sqrt{1 + y'^2} dx = 0 \quad (6)$$

$$F_5 = L_{cu} - 2a_1 \int_0^{x^2} \sqrt{1 - e_u^2 \sin^2 t} dt \quad (7)$$

$$F_6 = L_{lb} - \int_{x_l}^{a_1} \sqrt{1 + y'^2} dx = 0 \quad (8)$$

$$F_7 = \frac{L_{cl}}{2} - (L_{lb} + x_l) = 0 \quad (9)$$

$$F_8 = h_{12} - (y_{lb} + b_{12}) = 0 \quad (10)$$

$$F_9 = L_f - \int_0^{a_2} \sqrt{1 + y_f'^2} dx = 0 \quad (11)$$

$$F_{10} = \sin \alpha - \frac{b_{12} - y_u}{y_f(a_2)} = 0 \quad (12)$$

$$F_{11} = a_f x_l^{b_f} \cos \alpha - (s_2 - s_{12}) \cos \phi = 0 \quad (13)$$

위 식에서 나타낸 저층 트롤 어구의 형상을 나타내는 식에서 중층 트롤 어구와 기본적인 차이는 저층 트롤의 경우 발출부분은 바닥에 닿고 어구 형상은 먼저 자루그물의 발출부에서 타원과 관련된 식을 구한 후, 천장망 앞끝 쪽에서의 치수로 환산하여 나타내었다. 또한 타원추대 형상으로부터 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$b_i = a_i \sqrt{1 - e^2} \quad (14)$$

$$y = b_i \sqrt{1 - x^2/a_i^2} \quad (15)$$

$$\sin \phi = \frac{a_{ob} - a_1}{s_{ob} - s_1} \quad (16)$$

위 식에서 s_i 는 Fig. 3에서 나타낸 것처럼 자루그물 끝부분에서 i 까지의 길이이고, 자루그물 입구에서 상부 둘레는 L_{cu} 이며 옆판의 둘레는 L_u 이고 하부 둘레는 L_{cl} 인데, 어구설계도로부터 구할 수 있다. a_{ob} 는 전개판 간격의 1/2이고, 나머지 a_i 는 미지수로서 i 부분의 수평거리의 1/2이며, e_u 는 상부 타원의 이심률이고, α 는 뜰줄의 경사각이며, ϕ 는 그물의 측면 휨줄이 어구의 진행방향과

이루는 각도이다. 뜰줄의 길이는 L_f 이고, $x_l (= a_2)$ 은 뜰줄의 중앙부에서 날개그물의 끝까지의 x 축상의 수평거리이고, 상부 옆판이 망고에 기여한 높이는 y_u 이다. 또 위 식에서 y_i' 은 y_i 의 미분을 나타낸다. x_l 은 트롤 어구의 하부가 바닥에 닿고 있는 부분의 x 축에서의 1/2 길이이며, L_{lb} 는 수평축 하부의 그물이 바닥까지 타원을 이루는 둘레이고, y_{lb} 은 자루입구의 수평축 아래쪽 부분과 바닥까지의 거리이다. 따라서 그물 입구에서 날개부분을 제외한 소해 단면적(A_{elp})은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$A_{elp} = \pi a_{12} b_{12} / 2 + 2 \int_0^{y_b} x dy \quad (17)$$

결과 및 고찰

저층 트롤과 중층 트롤의 그물입구 형상의 근본적인 차이는 발출부의 접촉여부이다. 또한 중층 트롤의 형상 해석에서는 바로 천장망에서의 망고를 적용시킬 수 있으나, 저층 트롤의 경우에는 자루그물을 기준으로 타원둘레 방정식을 적용하여 천장망에서의 망고 측정값과 결합시킨 것이 주된 차이점이다. 앞에 나열한 비선형연립 방정식($F_1 - F_{11}$)은 타원추대 형상과 타원둘레 및 뜰줄의 형상으로부터 구성시킬 수 있었으며, 이 비선형연립방정식을 풀어 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

타원으로 간주한 그물 입구에서의 장축, 단축의 길이를 Fig. 6에 나타내었다. 유속 범위 1.23 - 1.85m/s 범위에서 망폭(수평길이)은 처음에 증가하다가 거의 일정하였고, 망고(수직높이)은 유속이 증가할수록 조금씩 감소하는 경향이었으며, 어느 정도 이상의 속도에서는 망폭은 감소된 상태에서 거의 일정하나 망고는 뒤쪽으로 쏠리면서 높이가 조금씩 계속 감소하는 것으로 추정된다. Fig. 7은 예망속도에 따른 상부 타원의 이심률의 변화를 나타내고 있는데, 속도가 증가할수록 이심률 값은 약간 증가하여, 수평이 넓고 수직축이 낮은 형태가 되어 수평으로 커져

가는 타원형이 됨을 나타내었다.

뜸줄의 경사각(α)이 Fig. 8에 나타나 있는데, 경사각은 약 7-12°사이에서 처음 예망속도가 증가할 때 크게 감소하다가 점차 약하게 감소하는 경향을 나타내었다. Fig. 9는 뜸줄의 형상을 지수함수식으로 표현하였을 때의 그 계수와 지수의 값이 나타나 있다. 이 경우 지수의 값은 약 1.35 전후로 포물선 값인 2와는 차이가 있었다.

옆판의 상부 그물이 망고에 기여한 양(y_u)이 Fig. 10에 나타나 있다. 예망속도가 증가함에 따라 기여한 높이는 점차 적어지는 경향을 나타내었는데 전체 높이에 대한 그 비율은 약 50% 정도였고 속도가 빠를수록 높이에 기여한 상대적 비율은 다소 증가하였다. 그물입구의 옆판의 수평축 아래 부분의 그물이 망고에 기여한 양이 Fig. 11에 나타나 있다. 수심이 62.5m이고 끌줄

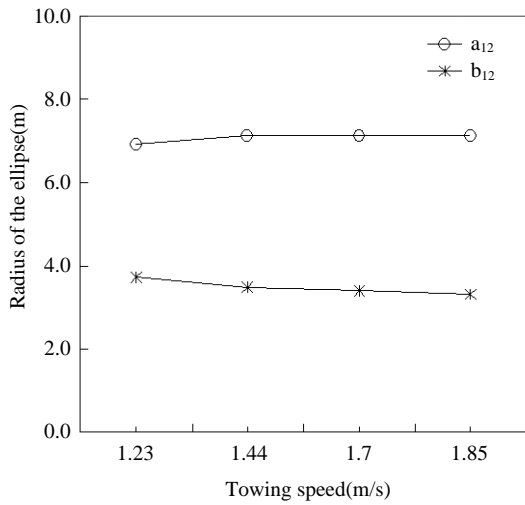


Fig. 6. The radius of the upper ellipse being equivalent to the trawl net.

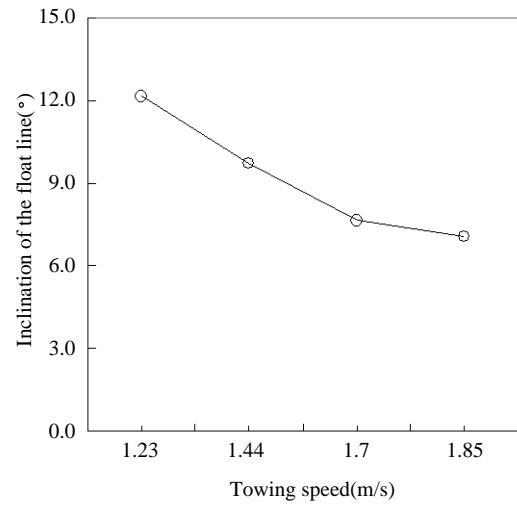


Fig. 8. The inclination angle of float rope according to the towing speed.

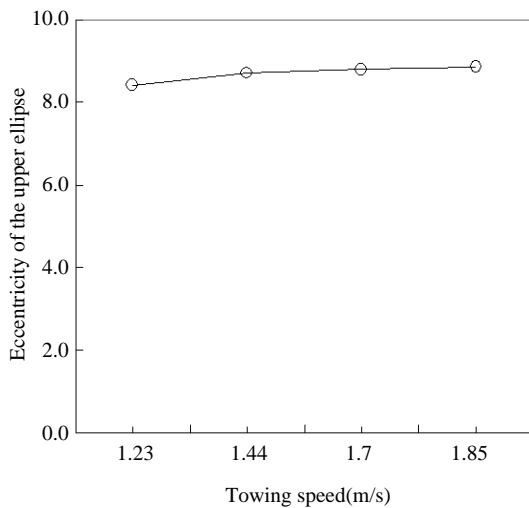


Fig. 7. The eccentricity of the upper ellipse according to the towing speed.

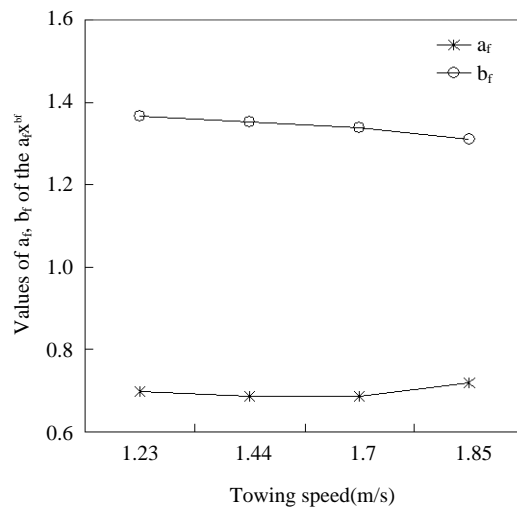


Fig. 9. The values of a_f and b_f of the $y_f = a_f x^{b_f}$, the functional shape of the float rope.

길이 180m이며 예망속도가 1.23m/s인 느린 유속에서는 약 17cm 정도로 높이에 기여했으나, 유속이 증가함에 따라 급격히 감소하였다.

트롤 그물 입구에서 날개그물을 제외(Fig. 5 참조)한 소해 단면적을 Fig. 12에 나타내었다. 그물 입구의 형상은 예망속도가 변함에 따라 일정하지 않았고, 소해 단면적은 예망속도가 빠를수록 점차 감소하였다. 이것은 Fig. 4와 5를 참조하

면 유속이 증가함에 따라 수평축의 길이는 증가하다가 일정하게 되는데 비해, 수직축은 유속의 증가에 계속적으로 조금씩 감소하는 것에서도 알 수 있다. Fujimori et al. (2005)의 방법에서는 그물입구 형상을 다섯 군데의 측정값으로부터 오각형으로 근사화시켰으나 본 논문에서와 같은 단면적에 대한 언급은 없는 것 같았다.

한 어구로부터 얻은 결과를 다른 어구에 그대로 적용할 수는 없다. 어구마다 설계 차이가 있어, 각 부분의 크기나 중량 등이 다르기에 결과도 다를 수밖에 없다. 그리하여 동역학 해석에 있어서도 이들의 설계값에 따른 측정값을 기본으로 입력시켜 해당 그물에 따른 특성이나 경향을 구하고 있다. 마찬가지로 본 논문에서 제시한 방법도 여러 가지의 설계로부터 여러 가지 상태에 따라 구한 측정값을 바탕으로 위에서 언급한 방식으로 어구형상을 구하면, 복잡한 많은 분량의 계산을 하지 않고도 저층트롤 어구의 입구형상을 쉽게 파악할 수 있고 또한 소해 단면적을 구할 수 있으며, 예망속도를 결합시키면 어구가 이동하였을 때의 여과체적을 구할 수 있기에 저층트롤에 대해 지금까지 잘 적용되지 않았던 새로운 분석을 하는데 매우 유용할 것으로 사료된다.

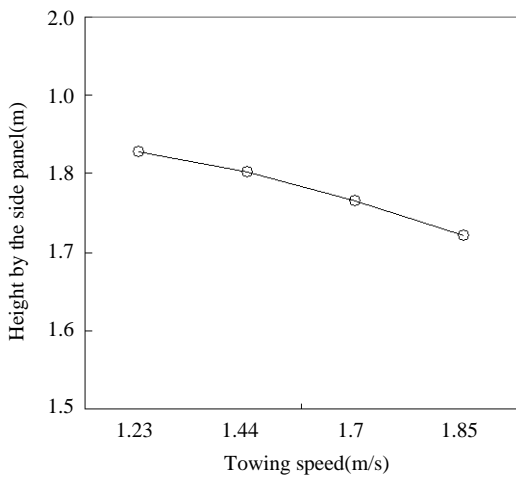


Fig. 10. The contribution of the upper side panel to net height according to the towing speed.

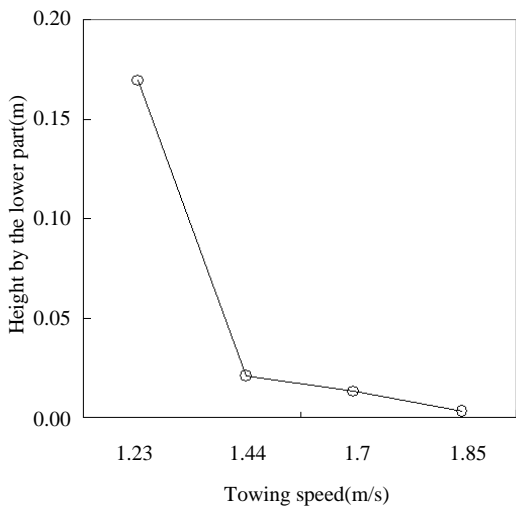


Fig. 11. The distance from the horizontal center line to the bottom.

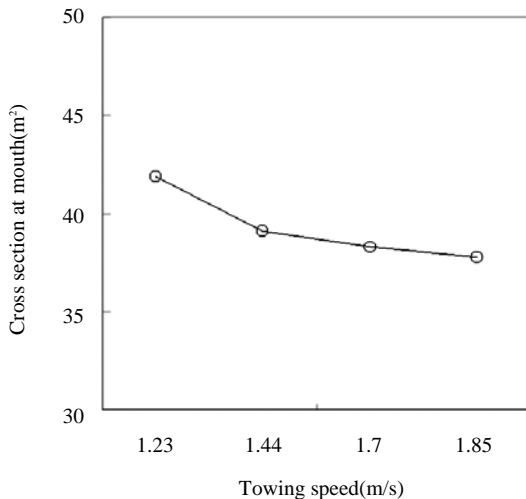


Fig. 12. The cross section of sweep (except wing net) at mouth of the bottom trawl.

결 론

저층 트롤 어구가 수중에서 이루는 그물 형상을 함수로 표현하는 것은, 개념적으로 누구나 쉽게 인식할 수 있는 잇점이 있다. 이전에는 망폭만의 정보가 많이 사용되었으나, 여기서는 그물 폭(망폭)과 그물 높이(망고)의 정보를 이용한 방법을 나타내었다. 트롤어구가 수중에서 전개되었을 때, 그물 형상을 타원추대의 부분으로 가정하여 저층 트롤 어구의 그물입구 형상에 관한 비선형 연립방정식을 구성하였으며, 해상 실험에서 Scanmar 시스템으로 측정된 여러 가지 실측 자료를 사용하여 예망속도에 따른 저층 트롤 어구의 그물 입구에서 형상과 날개그물을 제외한 소해 단면적을 구하였다. 수심이 62.5m이고 끌줄의 길이가 180m인 경우, 그물 입구에서의 타원 형상은 예망속도가 1.23 - 1.85m/s인 범위에서 망폭(수평축)은 처음에 증가하다가 거의 일정하였고, 망고(수직축)는 유속이 증가할수록 감소하는 경향이 약해졌다. 뜰줄이 수평과 이룬 경사각(α)은 이 경우 약 7 - 12° 사이였으며, 예망속도가 빨라질수록 경사각이 작아졌다. 옆판의 상부 그물이 망고에 기여한 양(y_u)은 유속이 증가함에 따라 점차 적어지는 경향을 나타내었고, 그물 입구의 옆판의 가로축(수평) 아래 부분의 그물이 망고에 기여한 양은 유속이 1.23m/s인 느린 유속에서는 약 17cm 정도였으나, 유속이 증가함에 따라 크게 감소하였다. 날개그물을 제외한 그물입구에서의 소해 단면적은 예망속도가 증가함에 따라 감소하였다. 본 논문에서 제시한 방법으로 어구형상을 구하면, 저층 트롤 어구의 입구형상을 쉽게 파악할 수 있고 또한 소해 단면적뿐만 아니라 예망속도에 따른 여과체적을 구할 수 있어 지금까지의 소해면적법에 의한 자원량 추정이나 과학어탐에서 현존량 추정시 저층 트롤을 이용하여 얻은 주로 평면적인 조사 결과에 대해 망고를 결부시킨 입체적인 결과를 구할 수 있는 새로운 방법을 제시하였다.

감 사

본 논문에 관해 적절하게 잘 지적하여 주어 보 다 짜임새 있고 깔끔하게 해주신 심사위원님들께 감사드립니다.

참고문헌

- Cho, B.K. and G.S. Ko, 2000. A study on the bottom trawl gear by the trial of a stern trawler II-On the net shape of a bottom trawler gear. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 36(4), 281 - 286.
- Engas, A., 1994. The effects of trawl performance and fish behaviour on the catching efficiency of demersal sampling trawls. In: A. Fernö and S. Olsen, editors. Marine fish behaviour in capture and abundance estimation. Fishing News Books, Blackwall Science Ltd, 45 - 68.
- Fridman, A.L. (revised by P.J.G. Carrothers), 1986. Calculations for fishing gear designs. FAO Fishing Manuals, Fishing News Books Ltd., 153 - 184.
- Fujimori, Y., K. Chiba, Y. Oshima, K. Miyashita and S. Honda, 2005. The influence of warp length on trawl dimension and catch of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in a bottom trawl survey. Fisheries Science, 71, 738 - 747.
- Hu, F., Y. Oozeki, T. Tokai and K. Matuda, 2001. Scale model of a new midwater trawl system for sampling pelagic larval and juvenile fish. Fisheries Science, 67, 254 - 259.
- Lee, C.W., C.I. Zhang and H.O. Shin, 2001. Simplified trawl system modeling and design of a depth control system using fuzzy logic. Fisheries Research, 53, 83 - 94.
- Lee, C.W., J.W. Lee, B.J. CHA, H.Y. Kim and J.H. Lee, 2005. Physical modeling for underwater flexible systems dynamic simulation. Ocean engineering, 32, 331 - 347.
- Matuda, K., 2001. Fishing gear physics. Seizando, Tokyo, pp. 226.
- Park, G.J., J.H. Lee, H.S. Kim, S.B. Jeong, T.Y. Oh and J.H. Bae, 2006a. A model experiment on the underwater bottom trawl net. J. Korean Soc. Fish.

- Tech., 42(3), 134 – 147.
- Park, H.H., 1993. A tension measurement method of a towing cable or a buoy cable. *Ocean Engineering*, 20(2), 163 – 170.
- Park, H.H., 2005. An estimating method of the angle of attack of a vertical V-type otter board. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 41, 113 – 121.
- Park, H.H., S.J. Won, J.Y. Yang, J.H. Bae and H.K. Yoon, 2006b. Numerical analysis on the headline heights of a trammel net in a flume tank experiment. *J. Korean Soc. Fish. Tech.*, 42(3), 127 – 133.
- Park, H.H., 2007. A method for estimating the gear shape of a mid-water trawl. *Ocean Engineering*, 34, 470 – 478.
- Sangster, G.I. and M. Breen, 1998. Gear performance and catch comparison trials between a single trawl and a twin rigged gear. *Fisheries Research*, 36, 15 – 26.
- Shimizu, T., T. Tagaki, H. Korte, T. Hiraishi and K. Yamamoto, 2007. Application of NaLA, a fishing net configuration and loading analysis system, to bottom gill nets. *Fisheries Science*, 73, 489 – 499.
- Somerton, D.A., P.T. Munro and K.L. Weinberg, 2007. Whole-gear efficiency of a benthic survey trawl for flatfish. *Fishery Bulletin*, 105, 278 – 291.
-
- 2007년 11월 11일 접수
2008년 1월 9일 1차 수정
2008년 3월 5일 2차 수정
2008년 3월 20일 수리