

모형실험에 의한 트로울 어구의 성능

염 말 구
 통영수산 전문대학

Efficiency of Trawl Net by the Model Experiment

Mal-Gu YOUM

Tong-yeong Fisheries Junior College, Chungmu
603 Korea.

To study the correlation of the net drag force, net height, and towing speed, three kinds of similiar size model trawl nets were experimented in the still watertank (60m×4m×3m).

The scale ratios of model nets, 2 seam, 4 seam, and 6 seam net were 1/31.3, 1/20.0, and 1/44.4 respectively. The maximum stretched circumferences of the bag net were same length, i.e. 140cm.

Net drags were propotional to the 1.75~1.98th order of towing speed and showed similar result as Koyama's net drag equation.

Net heights were propotional to the -0.85~-0.72th order of towing speed.

It could observe that the towing nets showed normal shape in 3.0~3.5 knot full scale towing speed but bad shape below 1.0~1.5 knot. And it showed tendency to lift the bag net and codend with increasing speed.

서 론

트로울 어구의 설계 및 운용등에 있어 그물저항, 그물의 높이, 전개상태 혹은 장력의 분포등 역학적 특성에 관한 지식은 중요한 의미를 지니고 있다.

트로울 어구에 관한 연구는 다른 어구에 비해 폭 넓고 깊게 연구되고 있으나, 실제로 운용중인 어구는 복잡한 형상을 나타내므로 그 역학적 특성을 보편화된 수식으로 표현하기 어렵다. 또한, 그물저항식의 경우 田内(1963), 小山(1974) 및 Shu(1974)등이 발표한 바 있으나, 서로 상당한 차이는 나타내고 있어 실제에 적합한 수식을 선택하기 어렵다.

저자는 실제로 운용중인 트로울 어구에 가장 적합한 표현방식에 대한 기초자료를 제공하기 위하여, 1982년 모형어구를 제작하여 일본 수산공학연구소

내의 수조실에서 모형실험을 행하여, 트로울 어구의 성능에 대해 조사하고 이미 발표된 수식과 비교·검토 하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 모형어구의 전개도를 Fig. 1에, 그 제작에 필요한 요목을 Table 1에 나타내었다.

실제의 크기에 유사한 모형어구를 제작하기 위하여 모형어구의 축결비를 2매형, 4매형 및 6매형에서 각각 1/31.3, 1/20 및 1/44.4로 하고 자루그물의 둘레(a값)을 140cm로 하였다.

모형어구는 田内(1963) 및 川上(1981)의 어구 비교법칙을 원칙으로하여 제작하였다.

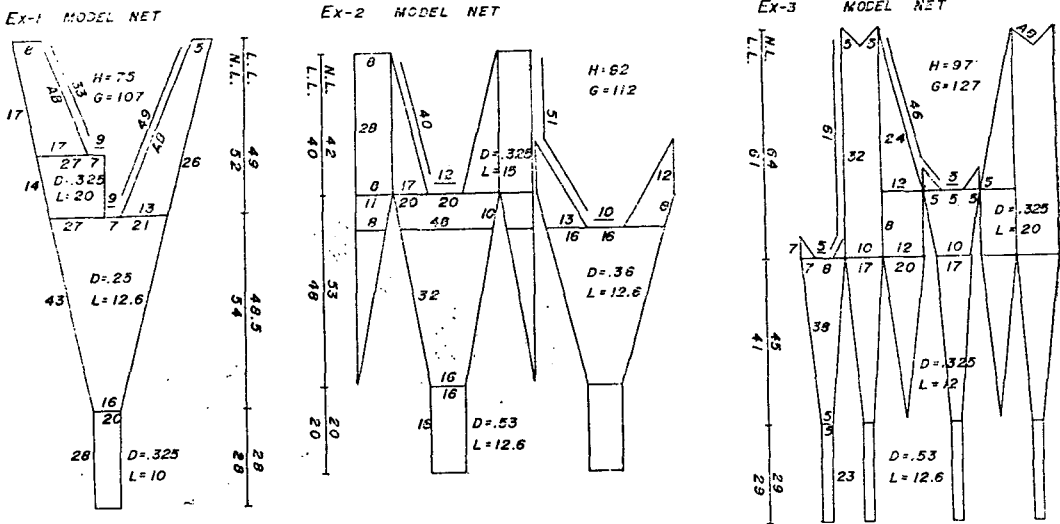


Fig. 1. Diagram of the model nets used in the experiment. Here H : the length of head rope (cm), G : the length of ground rope (cm), D : the diameter of net twine (mm), L : stretched mesh size (mm), AB : all bar cutting, L.L. : the length of line (cm), N.L. : the length of netting (cm).

Table 1. Some factors for making model nets

	Ex 1	Ex 2	Ex 3
Type:	2 seam	4 seam	6 seam
Material of netting:	Nylon	Nylon	Nylon
No. of float:	29	35	37
No. of sinker:	75	78	79
Total buoyancy(g):	8.1	9.8	10.4
Total weights(g):	26.3	27.3	31.0
$d/1(\text{mean value}):$	0.023	0.031	0.028
$\lambda'/\lambda'':$	1/31.3	2/20	1/44.4
$D'/D'':$	1/7.6	1/3	1/7.2
$V'/V''(\text{if } \rho' = \rho'', \rho^{wt} = \rho^{wt}):$	1/2.76	1/1.73	1/2.68
$R'/R''(\text{if } \rho' = \rho'', \rho^{wt} = \rho^{wt}):$	1/7,446	1/1,200	1/14,194
a(cm):	140	140	140
b(cm):	134	115	137
H(cm):	75	72	97
G(cm):	107	112	127

a: the maximum stretched circumference of the body net, b: the total stretched length of net, H: the length of head rope, G: the length of ground rope.

실험은 정지수조(길이 60m, 폭 4m, 수심 3m)에서 Photo.1과 같이 수면아래 50cm인 위치에 사각형 판(2m×2m)을 부착한 예인장치를 제작하여 설치하

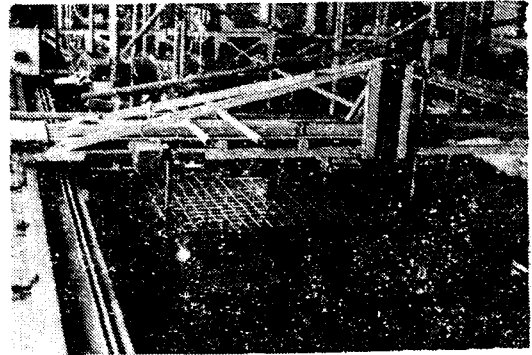


Photo. 1. Apparatus for towing model net.

고 그 판 위에 어구를 고정시켜 행하였다.

실험어구를 설치한 후 속도를 5~6 단계로 변화시키면서 예인속도, 그물높이 및 그물저항을 측정하고, 카메라로 그 전개상태 및 장력분포등을 관찰하였다.

결과 및 고찰

실험에서 측정된 예인속도, 그물저항 및 그물높이의 상관을 구명하기 위해 통계분석하고, 전개상태 및 장력분포등을 관찰한 결과는 다음과 같다.

모형실험에 의한 트로울 어구의 성능

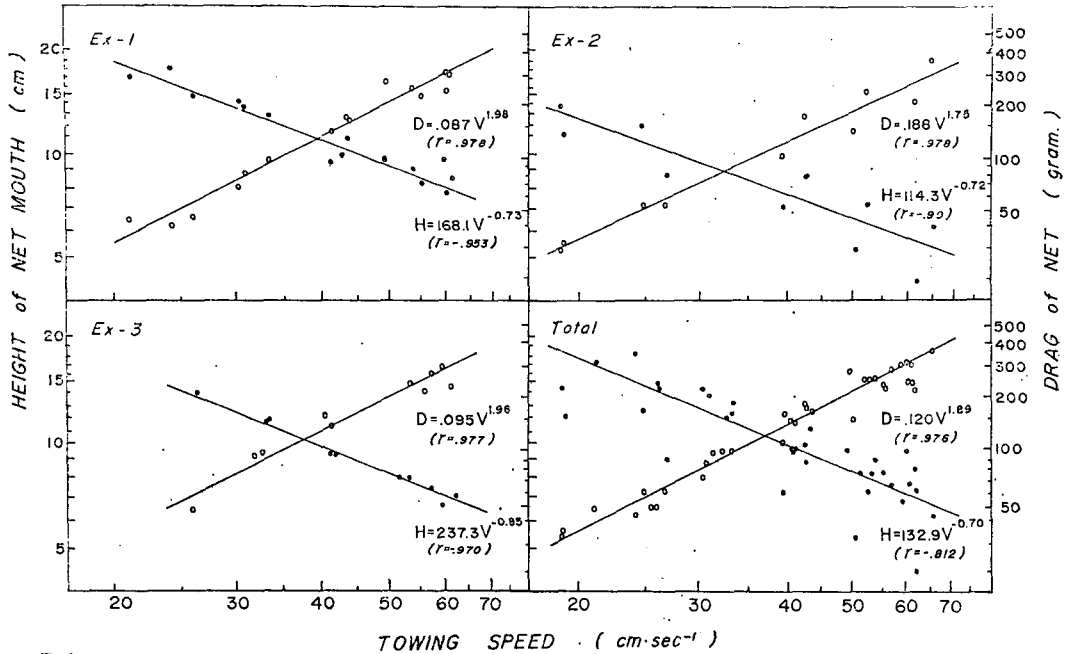


Fig. 2. Relation between net drag, net height and towing speed. Here, D: drag force of net, r: correlation coefficient, H: the height of net mouth, V: towing speed.

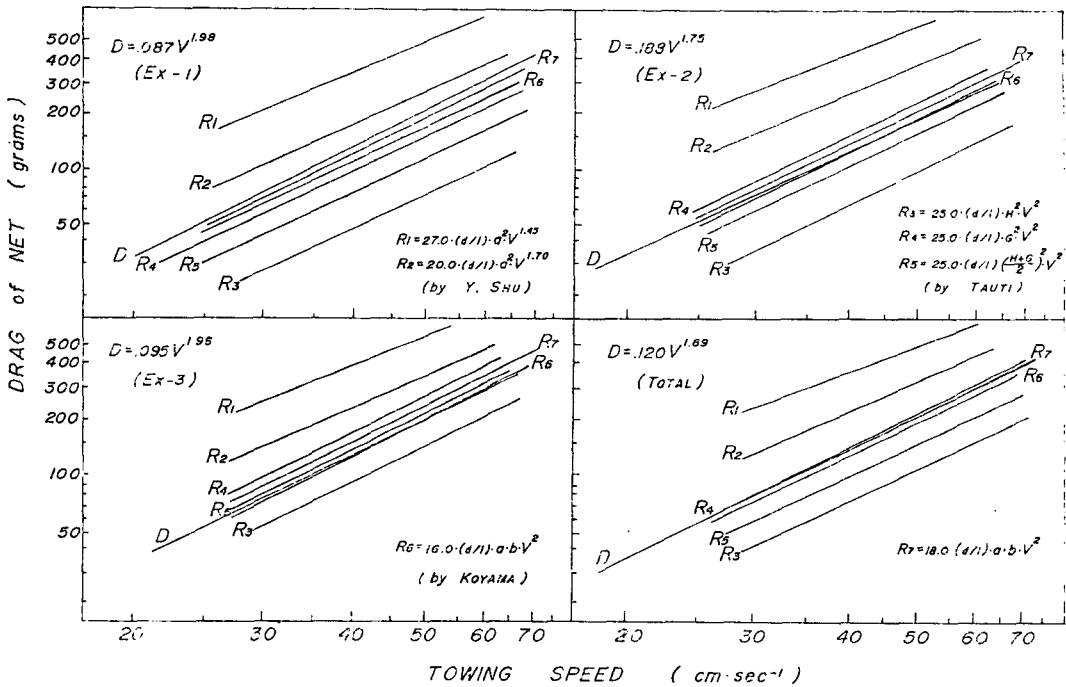


Fig. 3. Comparison of net drag equation of this experiment and other authors' (Shu 1974, Tauti 1963, Koyama 1974).

Here, D: net drag equations of this experiment (kg), R₁–R₆: net drag equations of other authors (Kg), d: mean diameter of netting twine (mm), l: mean length of mesh (mm), a: maximum stretched circumference of the bag net (m), b: total stretched length of net (m), H: length of Head rope (m), G: length of Ground rope (m), V: towing speed(m/sec).

1. 그물저항과 예인속도와의 상관관계

Fig. 2는 예인속도와 그물저항에 대한 양대수 회귀식과 그 상관계수를 최소자승법으로 구하여 양대수 방안에 나타낸 것이다.

Fig. 2에서 2매형과 6매형은 예인속도의 제곱에 비례한다고 볼 수 있었으나, 4매형의 경우는 이와 달리 비교적 자료의 분산이 심하고 예인속도의 1.75승에 비례한다고 볼 수 있었다.

실험에서 얻은 저항식을 이미 발표되어 있는 田内(1963), 小山(1974) 및 Shu(1974)등의 저항식과 비교하기 위해 각각의 단위를 통일하여 계산한 것을 Fig. 3에 나타내었다. 여기서 田内(1963) 저항식에서 λ (트로울러구의 대표치)의 의미가 분명하지 않으므로 저자 나름으로 그 대표치를 각각 뜰 혹은 발출인 경우와 뜰과 발출의 평균치로 계산하여 나타내었다.

실험에서 얻은 저항식의 기대치의 99% 신뢰구간을 계산(脇本, 1981)해 본 결과 小山의 저항식이 가장 잘 부합하는 것을 알 수 있었으며, 본 실험의 결과 그물저항과 예인속도 간에는 $R_7 = 18.0(d/l) \cdot a \cdot b \cdot V^2$ 의 관계가 있음을 알 수 있었다.

2. 그물높이와 예인속도와의 상관관계

그물높이가 예인속도의 N승에 비례할 것으로 가정하여 양대수 회귀식과 그 상관계수를 최소자승법으로 구한 것을 Fig. 2에 나타내었다.

예인속도에 대한 그물높이는, Table. 1에서 뜰의 부력 및 뜰출의 길이가 유사하여 비슷한 경향을 보일 것으로 예상하였으나, 6매형은 2매형 및 4매형과는 다른 경향을 나타내었다. 또 그물 저항의 경우와는 상반되는 경향을 나타내었다.

정지상태에서 망고를 측정된 결과 2매형이 33.0cm, 4매형이 27.5cm 이었고 6매형이 30cm 이었다.

3. 그물높이와 그물저항과의 상관관계

Fig. 4는 그물높이와 그물저항에 대한 양대수 회귀식과 그 상관계수를 최소자승법으로 구하여 양대수 방안에 나타낸 것이며, 이들 상호간에는 다음과 같은 관계가 있음을 알 수 있었다.

2매형 $H = 63.0 D^{-0.35}$

4매형 $H = 44.6 D^{-0.36}$

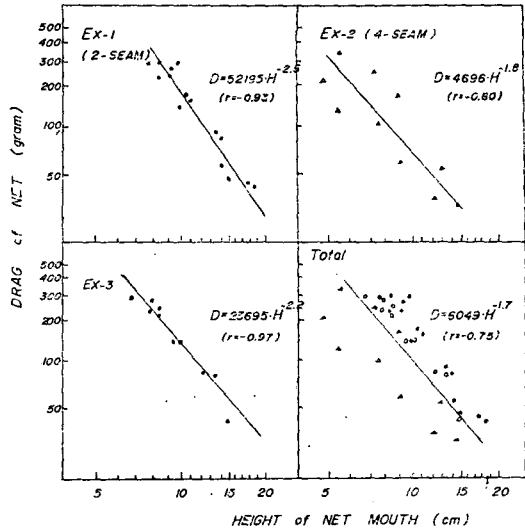


Fig. 4. Relation between net height and net drag.

6매형 $H = 80.6 D^{-0.42}$

총 합 $H = 50.3 D^{-0.33}$

4. 예인속도와 그물의 전개상태

사진 또는 VTR로 관찰한 그물의 전개상태의 예는 Photo. 2와 같다.

예인속도가 25~30cm/sec(실물어구의 예인속도 1.0~1.5kts) 이하에선 그물의 전개 상태가 나쁘고, 모형의 예인 속도 50~60cm/sec(실물어구의 예인속도 3kts이상)에서 가장 좋았으며, 천장망의 정 중앙부보다는 그 주위에 장력이 많이 미치는 것을 알 수 있었다.

또, 예인속도가 증가할수록 자루그물의 뒷 부분과 codend 부분이 윗 쪽으로 상승하는 경향이 심하게 나타났다.

비중이 작은 PE 등을 사용하는 실물망의 경우 이 현상이 더 심할 것으로 예상되었다. 이와 같이 자루그물의 뒷부분과 codend 부분이 윗쪽으로 상승할 경우, 물의 여과 작용에 상당한 영향을 미쳐 그물의 전개 형상이 다르게 되므로 그 저항 및 망고도 달라지며, 어류의 입망에도 큰 영향을 미칠 것으로 생각되나 이에 관해서 더욱 상세히 구명되어야 할 것이다.

모형실험에 의한 트로울 어구의 성능

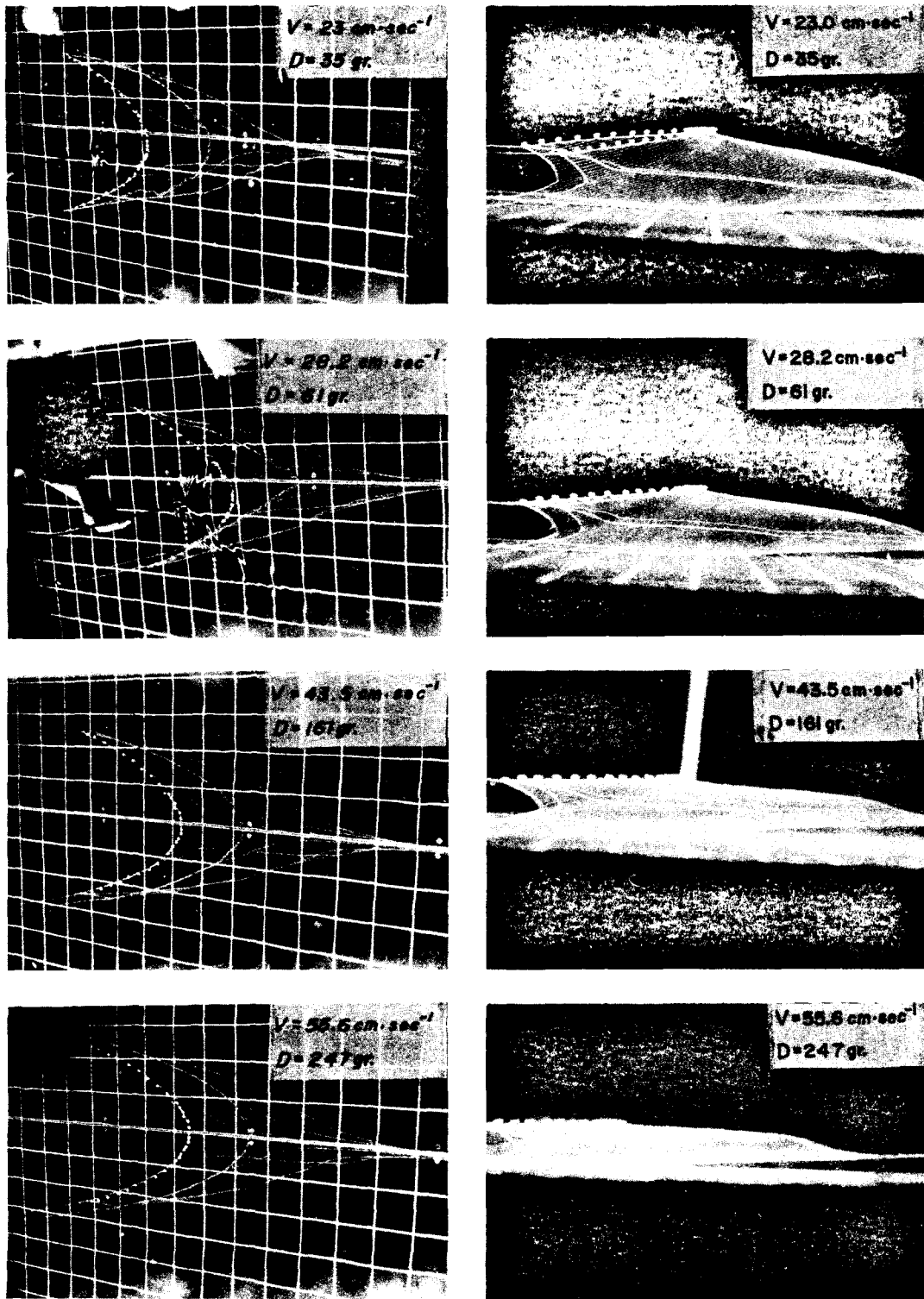


Photo. 2. One example of top and side view of towing net.
 (6 seam net, $\lambda'/\lambda''=1/44.4$, $D'/D''=1/7.2$)

요 약 문 헌

트로울어구의 예인속도와 그물의 저항 및 그물높이의 상관관계를 구명하기 위해, 모형의 크기가 유사한 2매형, 4매형 및 6매형 모형 트로울 어구를 제작하여 정지수조(길이 60m, 폭 4m, 깊이 3m)에서 예인장치를 이용하여 모형실험한 결과는 다음과 같다.

1. 그물저항은 4매형의 경우 예인속도의 1.75승에, 나머지의 경우 1.96~1.98승에 비례하였다.

2. 그물높이는 6매형의 경우 예인속도의 -0.85승에, 2~4매형의 경우 -0.72~-0.73승에 비례하였다.

3. 예인중 전개상태는 예인속도가 1.0~1.5kts(실물어구의 예인속도)이하에선 그 상태가 나쁘고 3~3.5kts 부근에서 가장 좋았다. 또 속도가 증가함에 따라 자루그물 뒷 부분과 codend 부분의 상승이 증가하는 것으로 나타났다.

川上太左英. 1981. 漁業解析入門. 恒星社, 日本, 127-138.

小山武夫. 1974. 船尾トロールについての實驗的考察. 東海水産研究報, 77回, 1-6.

脇本和昌・田中豊. 1981. 回歸分析. BASIC 數學 2 月號, 現代數學社, 日本, 26-34.

松田 俊・鈴木誠. 1982. 比重 1以下の網糸からなる漁具の模型實驗法の檢討. 日本水産學會誌, 48 (8), 1065-1071.

田内森三郎. 1963. 演習漁業物理學. 恒星社, 日本, 62-63.

唐 逸民・神田猷二. 1982. 離底オツターロールの研究 I. 離底曳網の實物網と模型網實驗の比較. 東水大研報, 69(1), 49-55.

Shu, Y. 1974. Studies on the mechanical characteristics of otter trawls. Jonr. Taiwan Pro. College. Mar. Oce. Tech., No. 9, 19-22.