水産學碩士 學位論文

모형 선망 어구의
투망 및 조임 과정중의 형상

2002年 2月

釜慶大學校 大學院

水産物理學科

元 聖 載

水産學碩士 學位論文

모형 선망 어구의
투망 및 조임 과정중의 형상

指導敎授 李 春 雨

이 論文을 水産學碩士 學位論文으로 提出함

2002年 2月

釜慶大學校 大學院

水産物理學科

元 聖 載

元聖載의 水産學碩士 學位論文을 認准함

2001年　12月 26日

主　　審　理 學 博 士　梁 龍 林　㊞

委　　員　水産學 博士　李 珠 熙　㊞

委　　員　水産學 博士　李 春 雨　㊞

목 차

Shape of the Model Purse Seine during the Shooting and Pursing

Sung - Jae Won

Department of Fisheries Physics, Graduate school,

Pukyong National University

Abstract

Purse seine involves the setting to form a wall of webbing around the school of fish being taken, and then gradually made smaller enclosed volume for the catching. In this fishing method, shooting speed of vessel, sinking speed and hauling speed of nets is the principal parameter to determine the dynamic shape of fishing gear and catching performance.

The purpose of model experiments for a purse seine is to measure the geometry of net shape and to estimate an enclosed

volume by various shooting speed, total weight, pursing speed and hauling speed of nets. Model experiments carried out in static water tank with shooting and hauling equipment by using 1/77 scale model purse seine of 12.62m float line from an offshore mackerel purse seine.

A model purse seine was set from a net box of shooting equipment and then pursing and hauling net by hauling equipment. The 3-D geometry shape of the purse seine was measured by video image processing and tension of purse line was measured by load cell.

The 3-D geometry of the model purse seine could be represented with variables such as a ratio of diameter of float and lead line or maximum net depth and a ratio of hauling operation time. We obtained relevant equation and formulated geometry of the model purse seine due to change of shooting speed, weight, pursing and hauling speed.

서 론

선망 어구는 어군을 그물로 둘러싸서 포위한 후 그물 하부의 죔줄을 조여서 어군을 가둔 후 양망 과정을 통해 어획하는 어구이다. 이러한 선망 어구의 그물 구조는 전체적으로 가로가 세로보다 매우 긴 직사각형에 가까운 형태이며 다른 어구에 비해 비교적 단순하나 규모가 매우 큰 어구로서 조업 중에는 어군을 둘러싸는 3차원적 어구 형상을 갖추어 어획하게 되므로 조업 과정 또한 투망에서부터 조임 과정, 죔줄 분리, 양망 과정 등의 복잡한 작업 단계를 가진다.

이러한 조업 과정에서 어구의 형상을 알맞게 유지하고 어군의 행동에 대응하여 어군을 포위하고 그물 안에 가두어 놓는 것이 중요한 관건이므로 선망의 어구 설계 시스템은 어군의 유영속도, 그물의 인식거리 등과 같은 어군의 행동을 전제로 배의 투망 속도와 그물의 침강속도, 죔줄의 조임 속도, 양망 속도 등이 적절하게 고려되어야 한다. 또한 이러한 파라미터들에 의해 조정되는 선망 어구의 어획 성능은 어군의 개체 밀도가 동일하다고 할 경우 기본적으로는 어구의 포위용적에 의존되므로 어구 설계 단계에서 이를 충분히 예측할 수 있다면 합리적인 조업 방법의 적용을 통해 효과적인 어구의 성능 향상을 가져올 수 있다.

최근까지의 선망 어구에 관한 연구로서는 Misund *et al.*(1992), Ben-Yami(1994) 등의 실물에 대하여 수행된 사례가 있으나 어구의

규모가 대형이고 계측의 어려움 등으로 그다지 많은 사례가 없고 모형실험에 의한 연구로서 Iitaka(1956), liu *et al.*(1984), Park *et al.*(1999), Kim(2000) 등이 있다. 그러나 어구의 포위 용적에 관하여 어구의 수중 중량 등 어구 물리적인 관점에서의 연구는 그다지 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 침강력을 달리한 3종류의 선망 모형 어구를 제작하여 수조 실험을 통해서 침강력이 달라질 경우의 발줄의 침강 특성을 구명하고 어구의 수중 형상을 지배하는 뜸줄 및 발줄의 형상을 해석함으로써 선망 어구의 포위 용적이 죔줄의 감는 시간과 속도에 따라 어떻게 변화하는가를 분석하였다.

재료 및 방법

1. 모형 어구 제작

선망 모형 어구는 뜸줄 길이가 972*m*인 연근해 고등어 선망에 사용하는 그물을 Tauti 모형법칙에 의해 1/77로 축소하여 뜸줄 길이 12.62*m*로 제작하였고 실물과 모형 어구의 관계는 다음과 같다.

$$\Lambda = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1}{77} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{1}{2.108} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

$$V = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{1.287} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

$$F = \Lambda^2 V^2 = \frac{1}{9821} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

$$T = \frac{t_2}{t_1} = \frac{1}{60} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

여기서 Λ는 축척비, λ_1과 λ_2는 실물과 모형 그물의 각부 치수, d_1과 d_2는 실물과 모형 그물실의 직경, V는 유속비, v_1과 v_2는 실물과 모형 어구에 대한 유속, F는 실물과 모형 어구의 부력, 침강력, 유수 저항비, 그리고 T는 실물과 모형 실험의 시간비이다.

선망 모형 어구의 설계도는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 직경 2*cm*, 부력 4.85*g*인 모형 뜸 168개를 뜸줄에 매달고 그물의 발줄 부분을 Table 1과 같이 구성하여 침강력을 달리한 3종류의 모형 어구를 제작하였다.

모형 어구의 측정점은 Fig. 2와 같은데 뜸줄과 발줄 길이를 4등분한 A, B, C, D, E와 F, G, H, I, J로 정하고, AC는 뜸줄의 장경, BD는 뜸줄의 단경, FH는 발줄의 장경 그리고 GI는 발줄의 단경이다.

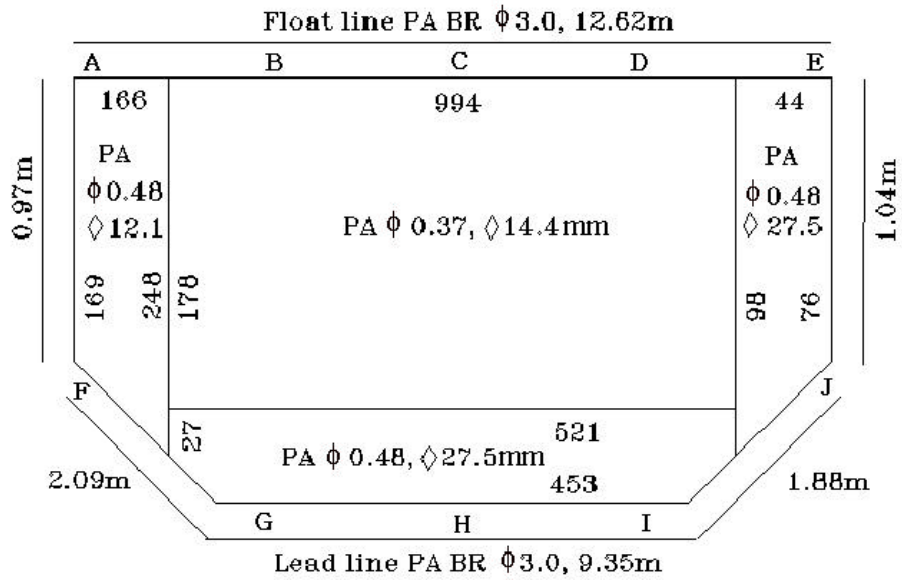


Fig. 1. Model purse seine net.

Table 1. Sinking forces of the model purse seine net

Type	Lead line	Pursing ring			Total weight (*g*)
		Diameter (*cm*)	Weight (*g*)	EA	
Ⅰ	Aluminum chain 13.32*m* 240.2*g* ×2	2.3	4.40	48	789
		1.3	1.88	52	
Ⅱ	Aluminum chain 13.32*m* 240.2*g* ×1	2.3	4.40	44	526
		1.3	1.88	49	
Ⅲ	-	2.3	4.40	40	263
		1.3	1.88	46	

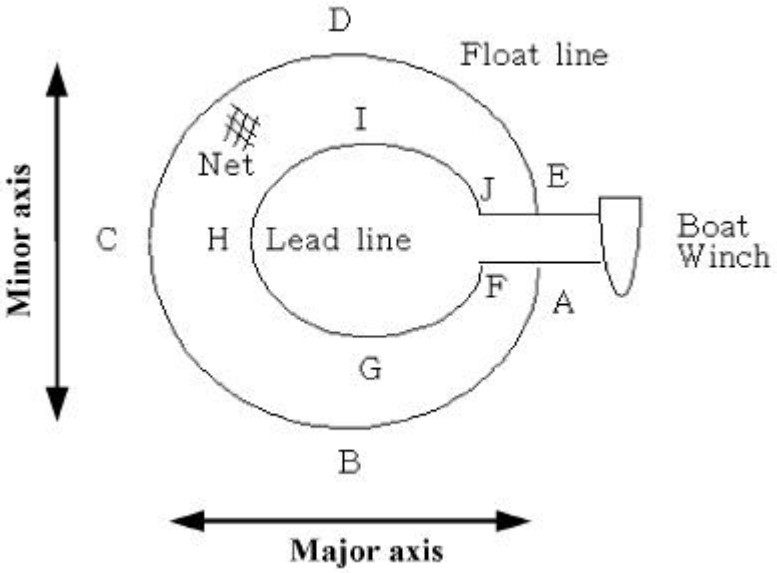


Fig. 2. Measure points of model purse seine net.

2. 실험장치 및 방법

1) 실험 장치

실험은 2001년 1월 8일부터 2001년 1월 13일까지 경상대학교 통영 캠퍼스 실험용 수조 (L 5*m* × B 5*m* × D 5*m*)에서 수행되었다. 수조 상부에 실제의 조업 과정을 재현하기 위해서 자동 투망 장치와 모형 죔줄 윈치 그리고 양망 장치로 구성된 모형 조업 시스템을 설치하였고 실험 장치 및 계측 시스템은 Fig. 3과 같다.

그물을 자동 투망하기 위해서 그물을 적재해 놓는 그물 박스(L 37*cm* × B 36*cm* × D 21*cm*)가 부착된 길이 1.95*m*의 빔과 이를 구동하기 위한 전기 모터(M1, AC 220*V*, 90*W*, 1550*rpm*)를 수조 상부 중앙에 설치하여 자동 투망 장치를 구성하였다. 양망시 망선의 이동을 구현하기 위해서 수조 상부에 레일을 만들어 그 위를 움직일 수 있는 1*m* × 1*m*의 판을 제작하였고 그 위에 모형 죔줄 윈치 PD(내경 ∅ 7*cm* × 13.5*cm*) 및 양망기 ND(내경 ∅7.5*cm* × 6.5*cm*)를 장치하였다. 이러한 장치들은 디지털 컨트롤 박스와 연결되어 투망속도, 죔줄 조임 속도 및 양망 속도를 제어할 수 있다. 또한 죔줄에 걸리는 장력을 측정하기 위해 장력계를 설치하고 AD변환기를 이용하여 얻어진 데이터를 PC에 저장하였다.

모두 4대의 카메라를 장치하여 어구의 형상을 관측하였는데, 수면으로부터 4*m* 높이에 C1 카메라(SAMSUNG, BW 360 ED)를, 수중에는 C2 카메라(KONGSBERG SIMRAD, OE 1324), C3 카메라

(Deepsea Power and Light Inc., M1050)와 C4 카메라(KOWA CORP.)를 장치하였다. 카메라로부터 수신되는 화상은 4개의 비디오 레코더로 동시 녹화하였고 화상 처리 장치(SONY, DVBK - W2000 ver2.10)로 기록된 영상을 이미지 파일로 변화시켜 저장하였다. C1과 C2 카메라에서 녹화된 모형 선망 어구의 투망 모습은 Fig. 4와 같다.

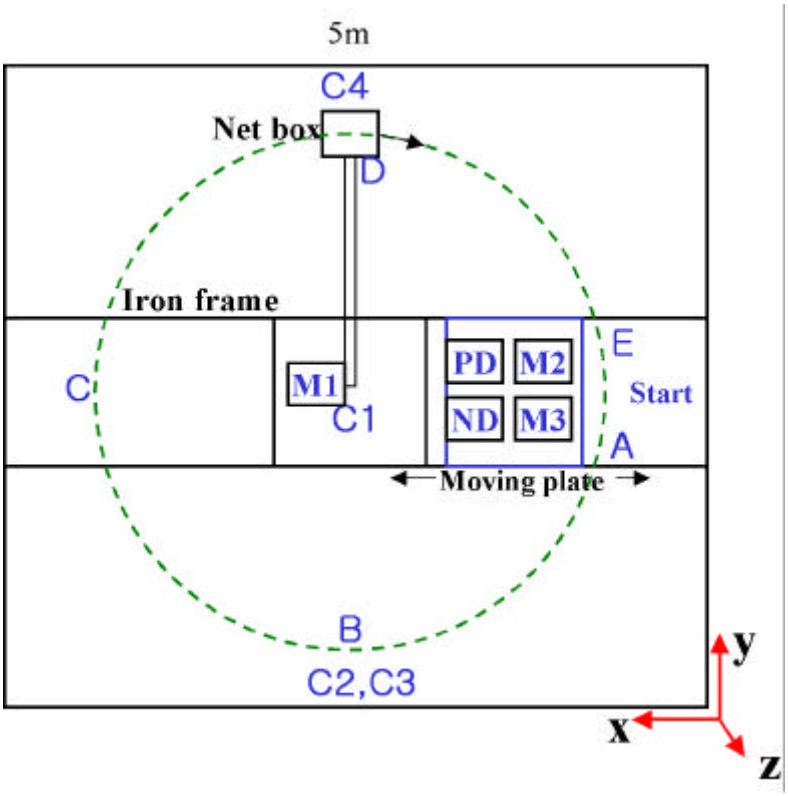


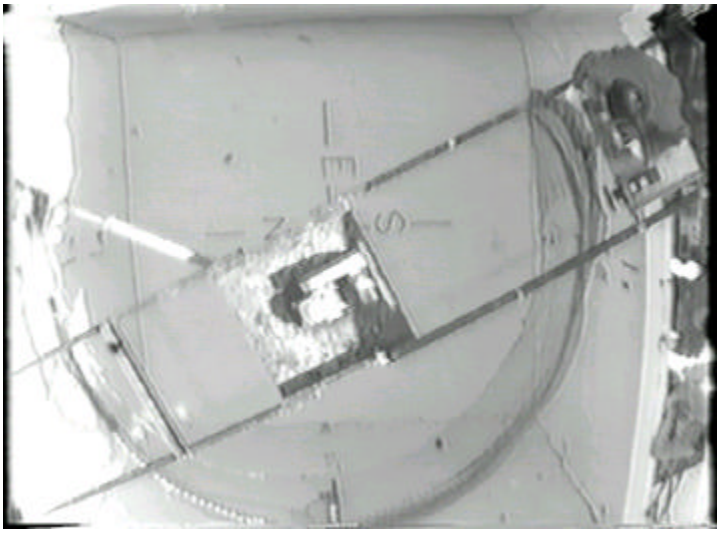
Fig. 3. Experimental setup for the model purse seine operation.

M1～M3 : Motors for shooting, pursing and hauling

PD and ND : Model pursing and hauling winch

C1～C4 : Cameras, A～E : Check points (refer to Fig.1)

(a)



(b)

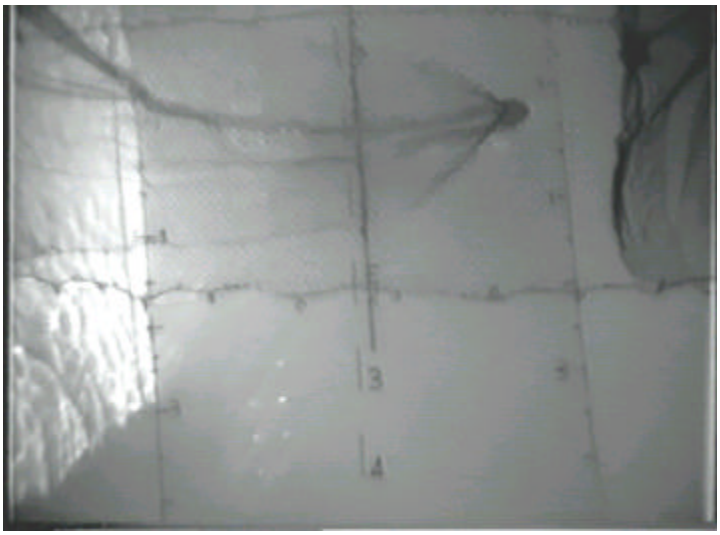


Fig. 4. Model purse seine during the shooting.

(a) : Plan view (b) : Side view

2) 실험 방법

실험은 3종류의 모형 어구의 투망 과정, 죔줄의 조임 과정 그리고 양망 과정에 대해서 행했는데, 투망은 Fig. 3의 A지점부터 투망을 시작하여 원을 그리며 E지점까지 도달했을 때를 1회 투망으로 하였고, 죔줄의 조임 과정과 양망하는 과정에서는 실제 어선이 어구 중심으로 끌려가는 경우와 어선이 어구 저항을 지탱하면서 어구를 양망하는 것이 모두 가능하도록 하였다. 실험 조건은 Table 2와 같이 투망, 조임 및 양망 속도를 달리하였다.

Table 2. Operation speed of model purse seines experiment

Operation type	Shooting speed (m/s)	Pursing speed (m/s)	Hauling speed (m/s)
A	0.82	0.26	0.16
B	1.43	0.44	0.27

3) 분석 방법

CCD 카메라로부터 수신된 어구의 수중 형상을 비디오 레코더로 녹화하고 화상 처리 장치를 통해서 연속 촬영한 화상을 이미지 파일로 만들어 해석하였다. 시간에 따른 어구 각 부분의 위치를 얻기 위하여 수조 상부(C1)와 수중(C2, C3, C4)에 설치한 카메라에서 녹화된 화상을 동일한 시간대에 위치시킨 후 컴퓨터 모니터의 픽셀 단위로 인

식시켜 좌표를 획득하였다. 여기서 3차원의 물체가 2차원의 XY 평면, YZ 평면에 투영될 때 같은 크기의 물체라도 거리에 따라 화상 크기가 다르게 나타나므로 원근 투영법(Fig. 5)으로 보정하였다. Fig. 5에서 물체의 임의의 위치점 P(x,y,z)가 Z=d의 거리의 XY 평면에 투영된 점을 Pp(xp, yp, zp)라고 한다면 x, y의 좌표를 획득하기 위한 식은 (6)과 (7)로 나타낼 수 있다.

$$xp = \frac{d \cdot x}{z + d} = \frac{x}{(z/d) + 1} \quad \cdots\cdots\cdots (6)$$

$$yp = \frac{d \cdot y}{z + d} = \frac{y}{(z/d) + 1} \quad \cdots\cdots\cdots (7)$$

수조 각 부분별 물체의 절대 크기는 선망 모형실험 전에 10*cm*의 흑백선으로 눈금을 표시한 3*m* 막대를 수조에 수평, 수직으로 1*m* 간격으로 위치시켜 측정한 화상을 이용하여 구하였다.

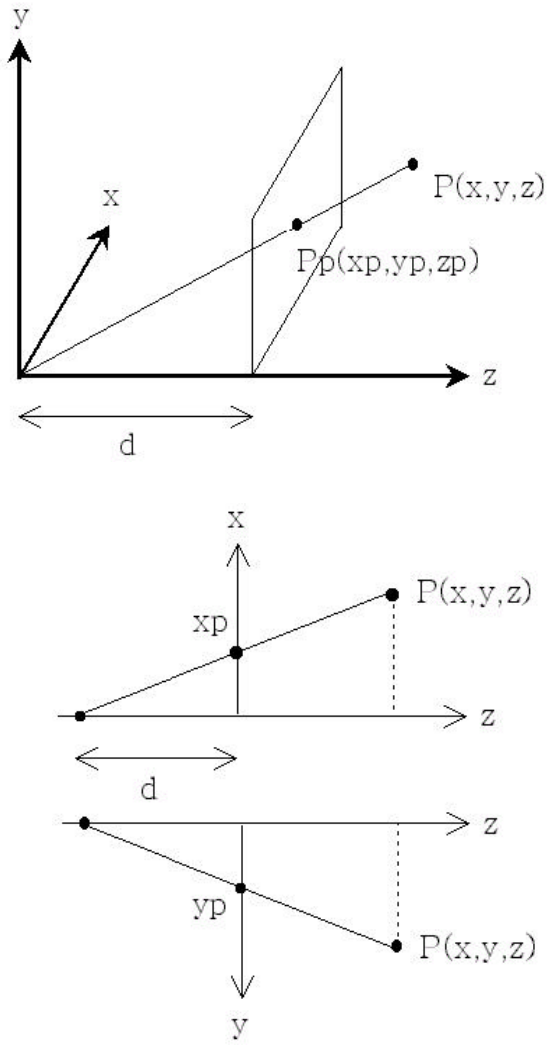


Fig. 5. Perspective Projections.

결과 및 고찰

본 연구에서는 어구의 침강력이 달라졌을 때 발줄의 침강특성을 구명하고 그에 따라 어구의 포위 용적이 죔줄의 감는 시간과 감는 속도에 따라 어떻게 변화하는가를 분석하였다.

1. 뜸줄의 형상

선망 그물의 투망 후 어군의 포위권역은 뜸줄의 선회권으로 나타낼 수 있으며 시간이 경과함에 따라서 경과 시간 t 에 따른 뜸줄의 장경과 단경의 비는 Fig. 6과 같다.

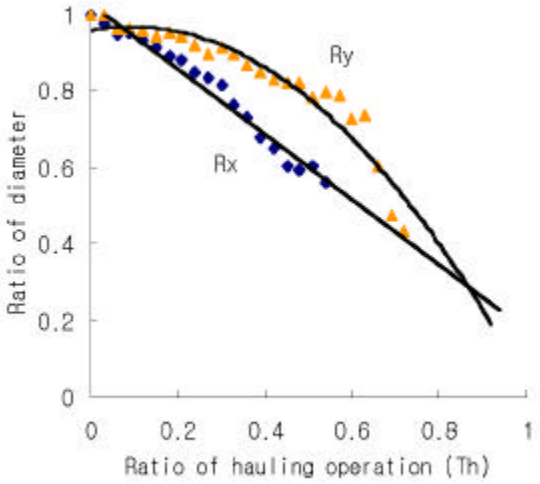


Fig. 6. Ratios of diameters in accordance with ratios of total hauling operation.

Fig. 6에서 Th는 모형 그물의 죔줄을 감기 시작할 때부터 양망 종료까지 걸린 총 시간을 1로 할 때 그에 대한 경과 시간 t 의 비를 나타낸다. 또한 Rx는 뜸줄의 최대 직경을 1로 하였을 때 경과 시간 t 에서 뜸줄의 장경의 비를, Ry는 뜸줄의 단경의 비를 나타낸다.

Fig. 6에서 뜸줄의 장경의 변화가 단경보다 크게 나타나는데 이것은 실조업시 어선이 어구에 끌려 Fig. 2의 C 지점 쪽으로 양망을 하게 됨으로써 나타나는 결과이다. 투망 후 그물의 직경은 3.8m였고 죔줄을 죄기 전 단계까지 뜸줄의 포위권은 약 83%로 축소되었는데, 이것은 투망 후 그물 자락이 펴짐에 따라 아래쪽으로의 전개력이 커져서 그물 중심으로 줄어드는 것으로 판단된다. 뜸줄의 장경과 단경의 비(Rx, Ry)를 관계식으로 나타내면 다음과 같다.

$$Rx = 1.0296 - 0.8529 \cdot Th \quad (R^2 = 0.9709) \qquad \cdots (8)$$

$$Ry = 0.9583 + 0.219 \cdot Th - 1.1461 \cdot Th^2 \quad (R^2 = 0.9195) \cdots (9)$$

2. 발줄의 형상

죔줄을 조이기 시작하면서부터 발줄의 형상은 점차 타원형의 형태로 감소되었고 죔줄의 조임 과정에 소요된 총 시간을 1로 할 때 발줄의 장경과 단경의 변화율은 Fig. 7과 같다. Fig. 7에서 Tp는 조임 과정에 소요된 총 시간에 대한 경과 시간 t 의 비를 나타내고, Rxp는 발줄의 최대 직경을 1로 하였을 때 경과시간 t 에서의 장경의 비를,

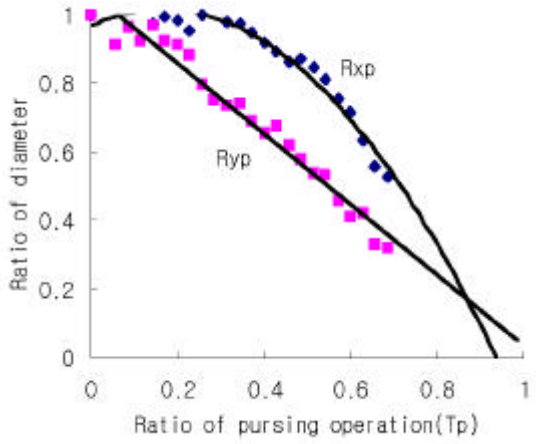
Ryp는 단경의 비를 나타낸다.

죔줄의 조임 속도가 0.26m/s인 경우에는 단경의 변화가 장경의 변화율 보다 크게 나타나는데 반해 죔줄의 조임 속도가 0.44m/s인 경우는 발줄의 직경이 일정한 비율로 줄어듦을 알 수 있다. 이것은 조임 속도를 천천히 함으로써 발줄 하부가 아래로 내려가면서 어구의 균형을 유지하는 동안 단경 부분은 계속적으로 좁아져서 얻어진 결과이다. 발줄의 직경이 일정하게 감소할 때의 조임 시간에 따른 Rxp와 Ryp의 관계는 식 (10), (11)과 같다.

$$Rxp = 1.066 - 0.5868 \cdot Tp \quad (R^2 = 0.9577) \quad \cdots\cdots (10)$$

$$Ryp = 0.9144 - 0.7502 \cdot Tp \quad (R^2 = 0.9599) \quad \cdots\cdots (11)$$

(a)



(b)

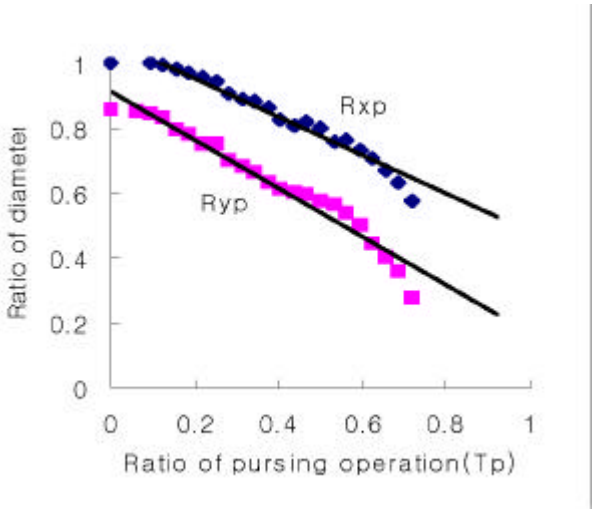


Fig. 7. Ratios of diameters in accordance with ratios of pursing time.

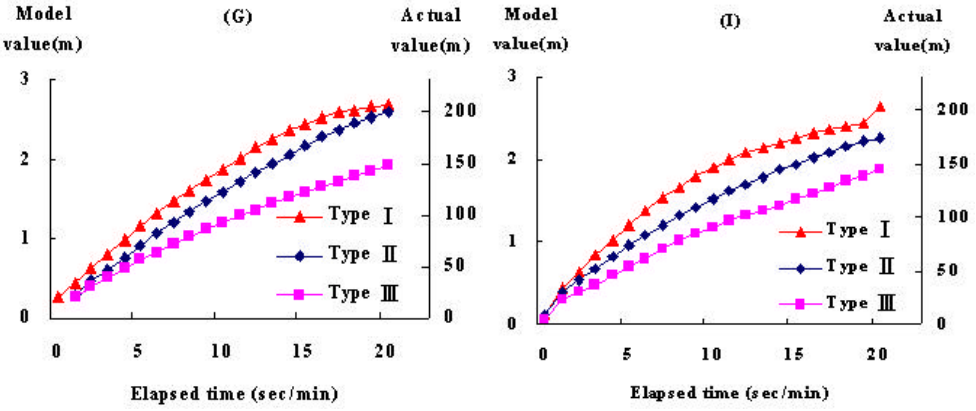
(a) : Pusing speed 0.26*m/s*

(b) : Pursing speed 0.44*m/s*

3. 침강 속도

발줄의 침강력이 다른 3종류의 그물 하부 끝자락, 측정점 (G), (I) 부분에서 경과시간 1초 간격으로 측정한 도달 수심은 Fig. 8과 같다. 이때 실험 조건은 투망 속도를 0.82m/s와 1.43m/s로 달리하였다.

(a)



(b)

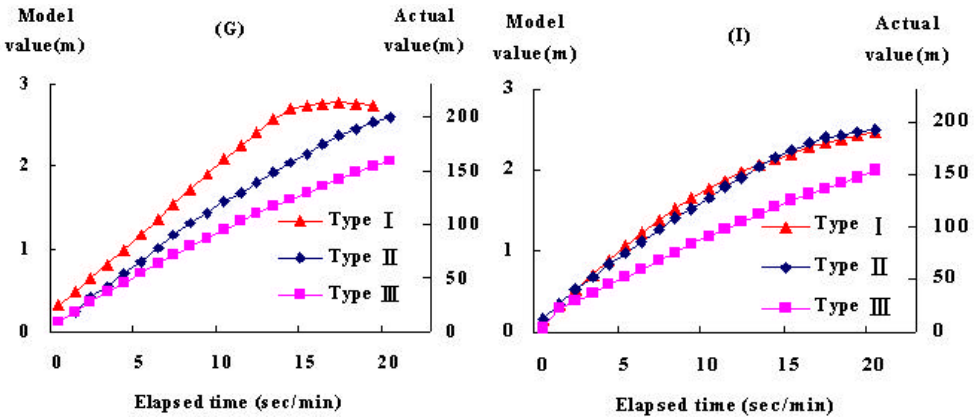


Fig. 8. Depth in accordance with varied weight.

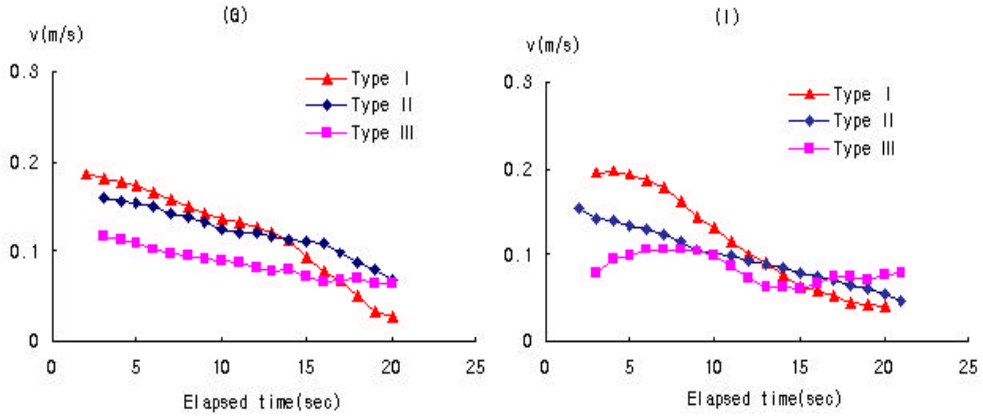
(a) : Shooting speed 0.82m/s

(b) : Shooting speed 1.43m/s

Fig. 8에서 어구의 망심을 최대로 하기 위해선 침강력을 크게 하는 것이 당연시 되며 그물을 빨리 가라앉혀 어군을 빨리 차단할 수 있으면 그만큼 어구 규모도 줄일 수 있고 어군 탈출의 기회를 감소시킬 수 있어 어획 성능을 향상시킬 수 있으므로 그물감의 비중이나 발돌의 침강력을 적절히 선택하여 일정시간에 요구하는 망심으로 빨리 전개시킬 필요가 있다고 생각된다.

그물 아랫자락의 침강속도는 투망 직후 크게 나타나다가 일정하게 감소하는 경향을 나타냈는데 침강력을 달리했을 때의 어구의 침강속도는 Fig. 9와 같다. 투망 초기에는 침강속도는 어구가 가지는 침강력의 크기에 크게 의존되나 일정시간 이후 침강 속도는 일정하게 감소하는 경향을 나타냈다.

(a)



(b)

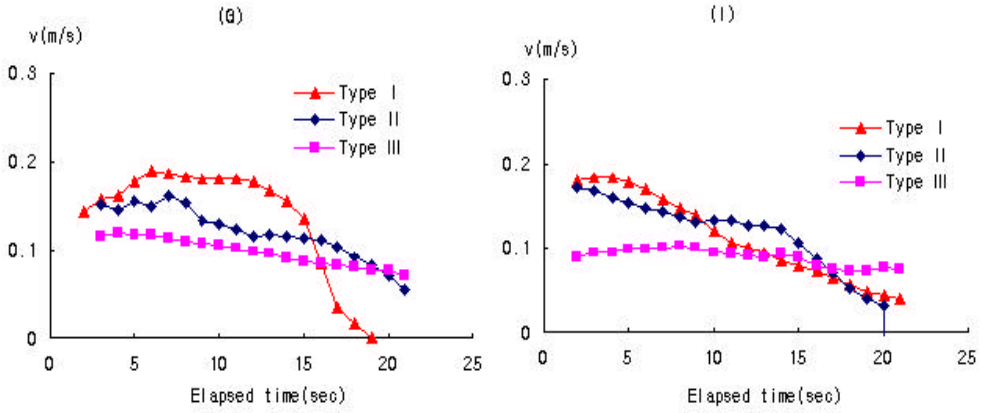


Fig. 9. Sinking speed in accordance with varied weight.

(a) : Shooting speed 0.82*m/s*

(b) : Shooting speed 1.43*m/s*

4. 포위 용적

선망 어구의 어획은 죔줄의 조임 과정을 통한 점차적인 포위 용적의 감소를 통해서 이루어진다고 할 수 있으므로 이를 나타내기 위하여 어구의 형상을 Fig. 10과 같이 타원의 뿔대로 가정하였다. 여기서 Sf 와 Sp는 뜸줄과 죔줄의 선회권의 면적을 나타내고 h는 경과 시간 t 에 있어서 뜸줄과 죔줄 사이의 거리이다.

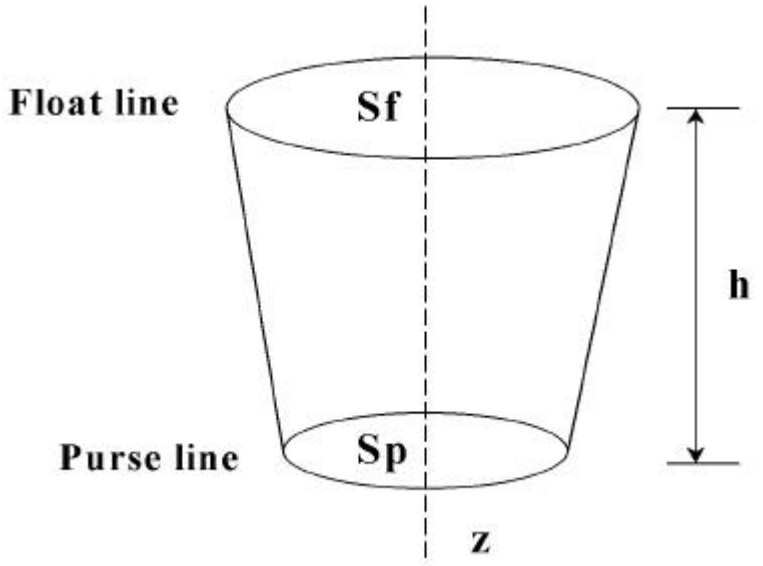


Fig. 10. Schematic of purse seine volume.

뜸줄과 죔줄의 선회권의 면적은 Fig. 6 및 Fig. 7과 같이 타원형의 형태로 점점 감소됨으로 식 (12)와 (13)으로 나타낼 수 있다.

$$Sf = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot Rx \cdot Ry \cdot Df^2 \quad \cdots\cdots\cdots \quad (12)$$

$$Sp = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot Rxp \cdot Ryp \cdot Dp^2 \quad \cdots\cdots\cdots \quad (13)$$

여기서 Df는 뜸줄의 최대 직경을 나타내고 Rx, Ry는 시간 경과에 따른 뜸줄의 장경과 단경의 변화율이다. 또한 Dp는 죔줄의 최대 직경을 나타내고 Rxp, Ryp는 시간 경과에 따른 죔줄의 장경과 단경의 변화율이다. 식 (12)와 (13)을 이용해서 경과 시간 t에서의 포위 용적 $V(t)$를 나타내면 식 (14)와 같고 이를 이용해서 선망 어구의 침강력을 달리하였을 때의 시간 경과에 따른 포위 용적의 변화는 Fig. 11과 같다.

$$V(t) = \int_0^h \frac{1}{2}(Sf + Sp)\, dz \quad \cdots\cdots\cdots \quad (14)$$

죔줄의 조임 과정이 50% 완료되었을 때의 포위 용적은 죔줄을 조이기 전의 포위 용적에 대해서 Type Ⅰ은 40%, Type Ⅱ는 48%, Type Ⅲ는 51% 각각 감소하였다.

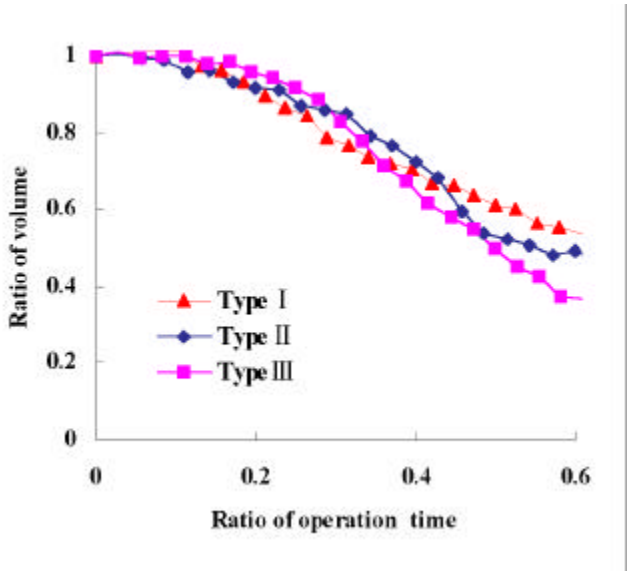


Fig. 11. Enclosed volume according to ratios of pursing time.

죔줄의 죄는 속도에 따른 포위 용적의 변화는 Fig. 12와 같다. 죔줄을 죄기 시작해서부터 일정 시간 동안은 포위 용적의 변화율이 일정하게 나타나지만 이후 죔줄을 죄는 속도가 큰 경우 포위 용적이 크게 줄어듦을 알 수 있다. 이것은 죔줄을 죄기 시작해서 일정 시간 동안 그물의 저항이 죔줄에 작용하지 않다가 죔줄이 당겨져 어구가 어선쪽으로 움직이기 시작하면 죔줄에 어구의 저항이 작용하게 되어 죔줄이 끌려 올라가게 되고 그에 따라 포위 용적이 감소하기 때문이다.

죔줄의 조임 과정에서의 장력의 변화는 Fig. 13과 같은데 이는 Fig. 12에서 설명한 내용과 잘 일치함을 알 수 있다. Fig. 13에서 급격한 장력의 증가는 조업시 죔줄 윈치에 걸리는 하중의 증가로 이어져 안전 상에 영향을 미칠 수 있으므로 적정한 선택이 요구된다.

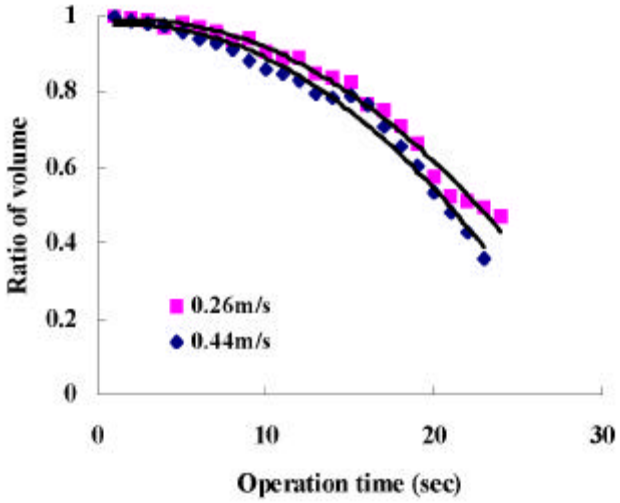


Fig. 12. Enclosed volume in accordance with pursing speed.

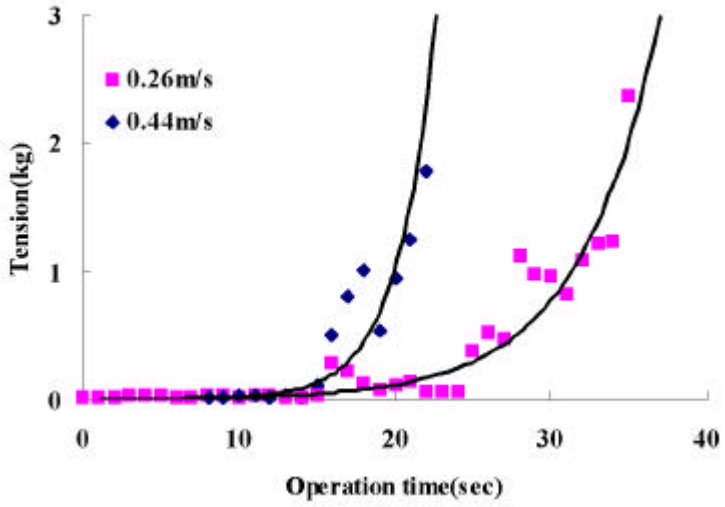


Fig. 13. Tension according to pursing time.

요 약

침강력을 달리한 3종류의 모형 선망 어구를 제작하여 수조 실험을 통해서 어구의 침강력을 달리하였을 때의 발줄의 침강 특성을 구명하고 어구의 수중 형상을 지배하는 뜸줄 및 발줄의 형상을 해석함으로써 선망 어구의 포위 용적이 죔줄의 감는 시간과 속도에 따라 어떻게 달라지는가를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 선망의 포위권역은 뜸줄의 선회권으로 나타낼 수 있는데 죔줄의 조임 과정에서부터 양망 종료까지의 선회권은 시간의 경과에 따라 타원의 형태로 감소하였다. 이때의 뜸줄의 장경과 단경비의 관계식은 다음과 같다.

$$Rx = 1.0296 - 0.8529 \cdot Th \quad (R^2 = 0.9709)$$

$$Ry = 0.9583 + 0.219 \cdot Th - 1.1461 \cdot Th^2 \quad (R^2 = 0.9195)$$

2. 조임 과정에서의 발줄의 형상은 시간의 경과에 따라 타원의 형태로 감소하였는데 죔줄의 조임 속도가 0.26m/s인 경우 단경의 변화율이 장경의 변화율보다 크게 나타났고, 조임 속도가 0.44m/s인 경우는 일정한 비율로 감소하는 경향을 나타내었다.

3. 그물 아랫자락의 침강속도는 투망 초기에는 어구가 가지는 침강

력의 크기에 크게 의존되나 일정시간 경과 후 침강 속도는 일정하게 감소하는 경향을 나타냈다.

4. 쵬줄의 조임 과정이 50% 완료 되었을 때의 포위 용적은 쵬줄을 조이기 전의 포위 용적에 대해서 Type Ⅰ은 40%, Type Ⅱ는 48%, Type Ⅲ는 51% 각각 감소하였다.

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 세심한 지도를 해주신 이춘우 교수님과 바쁘신 와중에도 많은 조언을 해주신 양용림 교수님, 이주희 교수님께 진심으로 감사 드립니다. 아울러 실험에 많은 도움과 조언을 주신 김용해 교수님과 김형석 교수님께도 감사의 마음을 전합니다.

그리고 실험에 참여하고 도움을 준 해양생산시스템 연구실 선후배님들에게 감사 드리며 언제나 힘이 되어 주며 격려와 사랑을 아끼지 않으신 부모님께 이 논문을 바칩니다.

참고 문헌

김대안, 1999, 어구설계학, 평화인쇄출판공사, 266-291.

김대안 · 고관서, 1985, 어구학, 교문출판사, 383-390.

김석종 · 박정식, 1998, 선망의 침강 저항 해석- d/l이 다른 모형망의 경우, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 34(3), 274-282.

박정식, 1986, 제주도 주변해역 고등어 건착망의 연구-Ⅰ. 정수에 있어서 망형변화에 관한 모형실험, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 22(2), 7-15.

박정식 · 손태준, 1980, 건착망의 연구 - 결절망과 라셀망의 침강력과 장력의 비교, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 16(2), 55-59.

박정식 · 菊川 浩行 · 김석종, 1999, 선망어법의 어획과정에 있어서 죔줄의 장력-Ⅰ-망형별 죔줄의 장력에 관한 모형실험, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 35(1), 1-10.

박정식 · 青山恒雄 · 鈴木誠, 1986, 제주도 주변해역 고등어 건착망의 연구 - 2. 이중조에 있어서 망의 변형에 관한 모형실험, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 22(4), 32-40.

近藤仁 · 浜田悦之, 1960, 計測による巾着網の研究-Ⅰ, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 26(3), 264-268.

長谷川英一 · 添田秀男, 1984, 2台の力メうによる水中内物本の 3次元座標の求め方, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 50(3), 1685-1691.

BEN-YAMI, M., 1994, Purse seining manual, Fishing News Books, 1-406.

Fridman, 1986, Calculations for fishing gear designs, FAO Fishing Manuals, 185-208.

Iitaka, Y., 1956, Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada-4, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 22(7), 389-392.

Kim, Y. H., 2000, Geometry of the Model Purse Seine in Relation to Enclosed Volume during Hauling Operation, J. Fish. Sci. Tech. 3(2), 156-162.

Liu, D. C.·Sato, O.·Nashimoto, K.·Yamamoto, K., 1984, Configuration of lead line of purse seine during pursing, Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 35(4), 234-242.

Misund, O. A.·Dickson, W.·Beltestad, A. K., 1992, Optimization of purse seine by large-meshed section and low lead weight. Theoretical considerations, sinking speed measurements and fishing trials, Fisheries Research. 14, 305-317.

Tauti, M., 1934, A relation between experiments on model and on full scale of fishing net, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 3(4), 171-177.