

無浮子 쌍끌이 中層網 어구어법의 개발(I)*

- 아래끝줄의 길이에 따른 모형어구의 전개성능 -

이주희 · 유제범[†] · 이춘우 · 권병국 · 김정문^{**}

부경대학교, ^{**}대어산업(주)

Development for Fishing Gear and Method of the Non-Float Midwater Pair Trawl Net(I)*

- Opening Efficiency of Model Net according to the Length of Lower Warp -

Ju-Hee LEE, Jae-Bum YOO[†], Chun-Woo LEE, Byeong-Guk KWON and Jeong-Mun KIM^{**}

Pukyong National University, ^{**}Dae Yeo Industry Co., Ltd

Abstract

The midwater pair trawl which is being used at present in Korea have several problems. Firstly, it is difficult to control the net height on high towing speed. Secondly, net breaking often occurs owing to floats and thirdly, the volume of net on the net drum is so large. This study is aiming for examining the possibility of application for the Korean midwater pair trawl through the model experiment of non-float midwater pair trawl.

The model of non-float midwater pair trawl was manufactured as 1/100 of the full scale net which is being used in bottom pair trawl for 850ps class considering the Tauti's Similarity law. The model experiment was carried out to analyze the opening efficiency according to the variation of lower warp length and the opening efficiency was investigated between the proto type and non-float type.

The results obtained can be summarized as follows ;

1. The hydrodynamic resistance of non-float type was about 10~20% smaller than that of the proto type and it increased about 1ton according to the increase of dL at the condition of the same flow speed. The resistance acting on the lower warp decreased about 5% but that of the upper warp increased according to the increase of lower warp length(dL) at the condition of the same flow speed.

2. The net height of the non-float type decreased almost linearly according as the increased of flow speed and it increased in a logarithmic functional form with the increase of the lower warp length at the condition of the same flow speed. On the decreasing rate of the net height, the non-float type was lower than the proto type and the difference of the decreasing rate was about 12% at 3.0 knot, 25% at 4.0 knot respectively when dL was 30m.

3. The net width of the non-float type was not varied so much as only 2m range and was larger than that of proto type.

* 이 논문은 2001학년도 부경대학교발전기금의 지원에 의하여 연구되었음.

[†] Corresponding author : yoojb@mail1.pknu.ac.kr

- The mouth area of non-float type decreased in an exponential functional form. On the decreasing rate of the mouth area, the non-float type was lower than the proto type. The filtering volume increased in a logarithmic functional form with increasing flow speed and the filtering volume of proto type decreased steeply over 3.0knot, but that of non-float type increased until 4.0knot.
- The optimal length of lower warp was when the value of dL was about 30m and the optimal position of front weight was at the connection point of four net pendants.

key words : Midwater pair trawl(쌍끌이 중층망), Non-float midwater pair trawl(무부자 쌍끌이 중층망), Front weight, Ower warp length(아래끌줄 길이), Opening efficiency(전개성능)

서 론

1992년에 덴마크로부터 도입된 쌍끌이 중층망은 1994년부터 보급되기 시작하여 최근에는 대형 쌍끌이 저인망어선의 대부분이 중층망으로 조업을 하고 있다. 그러나 중층망은 대형이므로 양망시 네트드럼으로 양망해야 하므로 드럼용량이 커야 하고, 드럼에 감긴 그물을 투망할 때에 뜬에 그물코가 얽혀서 파망이나 안전사고를 유발하기도 한다. 또한, 망구 깊이를 주로 끌줄길기와 예망속도로써 제어하고 있으나, 어구저항이 커서 속도의 조절에도 한계가 있다. 중층망의 이러한 결점을 보완하기 위하여 최근에는 뜬 대신에 카이트(Kite)를 사용하려는 연구(權, 1995)가 있고, 유럽에서는 뜬 없는 무부자(無浮子) 어구를 개발하여 어구저항의 획기적인 감소를 도모하고 있다.

무부자 어구의 경우에는 부력은 작용하지 않지만 유속과는 상관없이 뜬줄이 거의 일직선으로 유지되고 뜬줄의 깊이 변화가 거의 없으므로 발줄 쪽의 끌줄길이를 조절함으로써 추의 무게(Front weight)에 의한 침강력을 통해 망구를 전개시킬 수 있다. 따라서, 무부자 어구는 드럼의 용량을 줄일 수 있고, 뜬으로 인한 어구의 유체저항도 줄일 수 있으므로 어구규모를 좀더 크게 할 수 있을 뿐만 아니라, 예망속도의 조절도 보다 용이해진다.

본 연구에서는 무부자 쌍끌이 중층망의 아래끌줄의 길이에 따른 모형실험을 통하여 우리 나라 쌍끌이 중층망에 적용 가능성을 검토하고자 한다.

재료 및 방법

1. 모형어구

본 실험에서 사용한 모형어구의 실물망은 우리 나

라 쌍끌이 기선저인망어선(850ps)에서 사용가능하도록 덴마크의 동급어선에서 사용하는 어구를 개량한 그물로 뺀 길이 약 231m 그물목줄의 길이가 약 180m, 끌줄의 길이 및 조업시 어선의 간격은 저층망 조업에서와 같이 160m인 어구로서 설계도는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다. 모형망은 수조의 규모를 고려하여 다우치(Tauti)의 상사법칙에 따라 최대크기 1/100로 축소하여 제작하였으며, 설계도는 Fig.3 및 Fig.4와 같다³⁾.

또한, 실물망은 자루입구에서는 PA망지로 자루중간 이후에는 PE망지로 구성되나, PE망지는 경도가 커서 뻗뻗하고 복합섬유는 제작하지 않기 때문에 모형망은 유연하고 가는 복합섬유 PA계통의 Nylon 210D의 2합사와 3합사를 사용하였다. 실물망과 모형망의 섬유비율은 각각 PE이 0.94~0.96이고 Nylon이 1.14이므로 비중차이는 무시하였다

따라서, 실물망과 모형망 사이에는 다음과 같은 관계를 가진다³⁾.

$$\Lambda = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1}{100}$$

$$\frac{d}{l} = 0.0169$$

$$\frac{d_2}{d_1} = 0.0973$$

$$V = \frac{V_2}{V_1} = 0.312$$

$$F = \Lambda^2 V^2 = 9.7 \times 10^{-6}$$

여기서, Λ 는 축척비, λ_1 와 λ_2 는 각각 실물과 모형의 각부치수이며, l_1 , d_1 와 l_2 , d_2 는 각각 실물과 모형의 망목의 한다리의 길이와 직경, V 는 유속비, V_1 , V_2 는 각각 실물과 모형의 유속이고, F 는 부력, 침강력, 유체저항의 비이다.

실물 및 모형어구의 각부치수는 각각 Fig. 2와 Fig. 4에 나타내었으며, 이 모형어구를 기준형으로 하였다.

2. 실험수조 및 장치

실험에 사용한 수조는 부경대학교의 수직순환형 회류수조로서 Fig. 5에 나타난 바와 같이 수조의 규격은 $10,200L \times 3,200H \times 2,800W$ (mm)이고, 관측부는 $6,000L \times 1,400H \times 2,200W$ (mm)이다. 수조의 유속은 컴퓨터로 제어가 가능하며, 유속범위는 $0.02 \sim 1.2m/s$ 이고, 유속편차는 $1.0m/s$ 에서 $\pm 4\%$ 이다. 실험장치는 Fig. 6에 나타난 바와 같이 유속계는 프로펠러식 (KENEK, VOT 2-200-20)이며, 장력은 로드셀 (東京測器研究所, TCLZ-10KA, 용량 : $10kgf$, 정격출력 : $-1498.3, +1497.5 \mu V/V$)로, 망고 및 망폭은 Digitizer로 측정하였다.

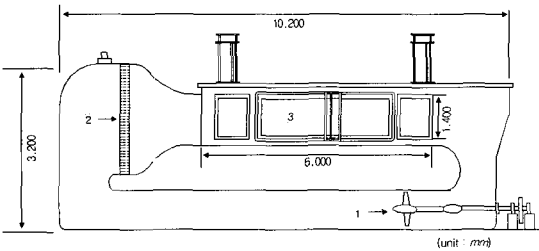


Fig. 5. Schematic drawing of the circulation water channel.

① impeller ② honey comb ③ observation windows

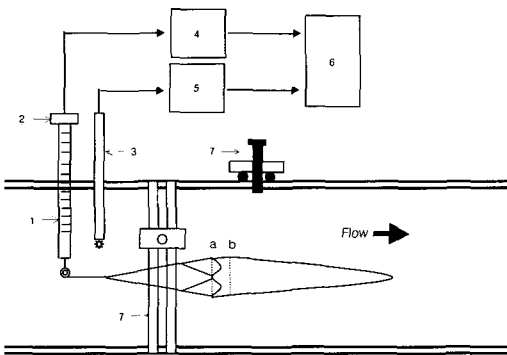


Fig. 6. Schematic drawing of the experimental equipments.

① sward ② load-cell ③ current meter
④ dynamic strain amplifier
⑤ current indicator ⑥ personal computer
⑦ digitizer

3. 아래끌줄에 의한 망고전개의 원리

뜸의 부력은 유속에 관계없이 일정하기 때문에 유속이 빨라지면 뜸 자체의 유체저항의 증가로 망고가 급격하게 작아진다. 그러나 뜸이 없는 경우는 유속에 관계없이 부력은 작용하지 않지만 뜸줄과 윗 끌줄이 거의 일직선으로 유지되므로 뜸줄의 깊이변화가 거의 일정하다. 따라서, 부력은 작용하지 않지만 아래 끌줄의 길이를 조절함으로써 추에 의한 하방으로의 전개력이 작용하므로 망구를 상하방향으로 전개시킬 수 있다.

즉, Fig. 7에서 나타난 바와 같이 최초의 끌줄길이 L_0 일 때, 망고는 H_0 이며, 아래끌줄의 길이가 dL 만큼 증가하여 아래끌줄의 길이가 $L_0 + dL$ 일 때 망고는 dH 만큼 증가하여 $H_0 + dH$ 가 된다. 따라서, dL 에 대한 dH 의 관계를 알 수 있다면, 예망 중 아래 끌줄의 길이로써 망고조절이 가능하다. 여기서, L_{np} 은 그물목줄의 길이이다.

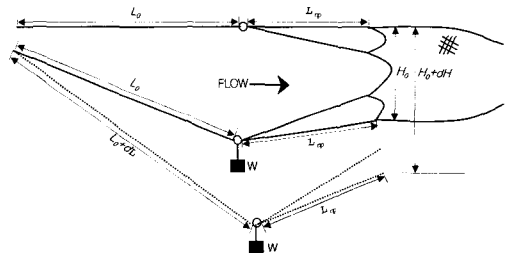


Fig. 7. Schematic diagram for opening effect of height in the non-float pair trawl.

4. 실험방법

본 연구는 현용 쌍끌이 중층망을 운용함에 있어서 뜸으로 인해 야기되는 문제점을 해결하고자 뜸을 사용하지 않는 중층망과 그 운용법을 개발함에 있다.

먼저, 기준형에 대하여 부력에 따른 어구전개성을 규명하고자, 기준형에서 뜸의 부력을 약 $1/2$ 씩 감소시켜 $10.30g, 5.58g, 2.98g, 1.30g, 0g$ (실물환산: $1.06ton, 0.57ton, 0.31ton, 0.13ton$)의 5단계로 걸쳐서 망고, 망폭, 유체저항을 측정하였다.

최종적으로 뜸을 제거한 무부자망에 대하여 Fig. 4에서 나타난 바와 같이 ①번 ②번 그물목줄을 상하

두가닥으로 분리하면 ①번 ②번 그물목줄은 무부자망에서는 끌줄이 된다. 따라서, 기존의 아래끌줄의 길이 90cm(L_0 , 실물환산; 90m)에 아래끌줄의 길이를 10cm(실물환산; 10m)씩 단계적으로 더하여 5단계(0cm, 10cm, 20cm, 30cm, 40cm)로 길이(dL)를 증가시키면서 망고, 망폭, 유체저항을 측정하고 망구면적과 여과량을 구하였다.

모든 실험은 각 단계마다 4회씩 반복 실시하여 그 평균값을 실험치로 하였다.

유속은 상사법칙에 따라 실제속력 2.0knot, 3.0knot, 4.0knot, 5.0knot에 해당되는 0.34m/s, 0.50m/s, 0.67m/s, 0.84m/s로 변화시키면서 실험을 하였다. 유체저항은 끌줄의 끝에 연결한 줄이 스위드 하단에 부착된 소형 도르레를 통과하여 스위드 상부에 고정된 로드셀을 통하여 측정하였으며, 로드셀에서 측정된 저항은 증폭기를 거쳐 A/D변환기를 통해 컴퓨터에 입력된다. 그리고 각 유속별로 정상속도에 도달한 직후부터, 샘플링 속도는 10Hz로 하고 60초간을 측정하여 데이터를 얻었으며, 그 평균치를 어구의 유체저항으로 하였다.

망고의 측정은 Fig. 6에 나타난 바와 같이 그물의 날개 앞쪽 끝단 a과 뜰줄과 발줄의 중앙부 b의 두 관측점 중 b의 위치를 망고로 하고, 수조의 관측창에 설치된 디지털이저로 측정하였고, 망폭은 수조상부에 설치된 디지털이저로써 두 관측점 b의 수직 또는 좌우상단 위치를 확인하여 그 사이의 직선거리를 측정하였다.

망구면적은 일반적으로 그물을 수직으로 잘랐을 때 그 단면의 테두리가 그물로 완전히 둘러싸이되 망고가 가장 큰 부위에서의 면적을 말하는데, 여기서는 망구모양이 타원형을 이룬다고 보고, 망구면적을 망고가 가장 큰 단면의 망고와 망폭을 타원의 장축과 단축으로 하여 구하였다^{8),9)}.

여과량은 망구면적과 예망거리의 적을 의미하는데, 본 연구에서는 그물의 성능을 비교하기 위한 것이므로 단위시간당 여과량에 해당되는 망구면적과 유속의 적으로 여과량을 구하였다^{8),9)}.

이 어구는 중층에서 예망되는 어구이기 때문에 수조의 수심 중간에 그물이 위치하도록 스위드 끝단의 깊이를 조정하였으며, 양쪽 끌줄이 연결되는 스위드의 간격은 실물어구와 모형어구의 상사비에 의해서 160cm로 하였다. 이때, 유속의 측정은 실험시 그물에 의하여 유속이 영향받지 않는 그물바깥쪽에 위치시켰으며, 자료의 분석은 상사법칙에 의해서 실제유속 및 실제치로 환산하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 기준형의 부력에 따른 전개성능

기준형의 부력에 따른 전개성능을 규명하고자 모형망의 뜰의 부력을 약 1/2씩 줄여가며 10.30g, 5.56g, 2.98g, 1.30g, 0g(실물환산; 1.06ton, 0.57ton, 0.31ton, 0.13ton, 0ton)의 5단계로 실험하였다.

가. 유체저항

실험유속 0.34m/s, 0.50m/s, 0.67m/s, 0.84m/s에서 얻어진 유체저항의 실험치를 실제유속 및 실제저항으로 환산한 값들로 나타내면 Fig. 8과 같다. 유체저항은 유속이 빨라짐에 따라 저항의 증가폭은 커지며, 전체적으로 부력 즉 뜰이 감소함에 따라 유체저항도 각 유속단계에서 작게 나타나고 있어 뜰이 없는 즉 뜰의 부력이 0ton인 기준형의 저항은 뜰의 부력이 1.06ton인 기준형일 때보다 약 25~35% 정도 작게 나타났다.

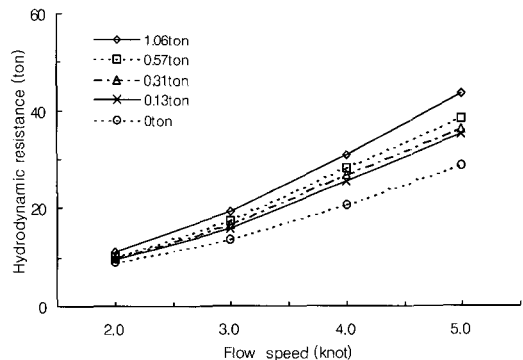


Fig. 8. Relationship between hydrodynamic resistance and flow speed according to buoyance in the midwater pair trawl net.

나. 망고 및 망폭

기준형의 뜰의 양에 따른 각 모형망에 대하여 유속에 따른 망고를 실제치로 환산하여 Fig. 9에 나타내었다.

망고는 Fig. 9에 나타난 바와 같이 거의 직선적인 경향으로 감소하고 있고, 유속이 증가함에 따라 뜰의

부력이 감소함으로써 대한 망고의 차는 점점 작아지고 있다. 그리고 뜬이 감소함에 따라 각 유속단계에서 망고가 작게 나타나고 있으며, 뜬의 양을 기준형(1.06ton)에서 약 1/2씩 1.06ton에서 0ton으로 감소함에 따라 유속에 대한 망고 감소율이 현저히 작게 나타났다. 이것은 뜬의 부력은 유속에 관계없이 일정하지만, 유속이 증가함에 따라 뜬의 유체저항이 증가하여 망고가 급격히 작아지기 때문이다. 또, 모든 모형망에서 유속이 변함에 따라 망고의 변화는 ④번 ⑤번 그물목줄 사이의 높이가 상대적으로 다른 그물목줄 사이에 비해서 많은 변화를 보였다.

망폭은 유속이 증가함에 따라 그 변화폭이 2m 정도로 완만히 증가하거나 거의 같게 나타났다.

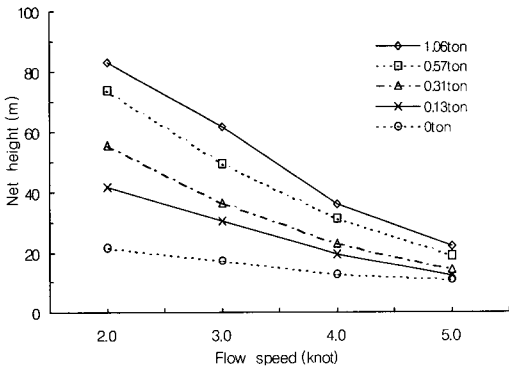


Fig. 9. Relationship between net height and flow speed according to buoyance in the midwater pair trawl net.

2. 무부자(無浮子)망의 아래끝줄의 길이에 따른 전개성능

앞서 기준형의 뜬의 양에 따른 실험에서 뜬을 모두 제거한 무부자 모형망은 유속이 증가함에 따라 망고가 감소하는 현상이 ④번 ⑤번 그물목줄 사이에서 변화가 가장 심하게 나타났기 때문에 이를 억제해준다면 전개성능이 향상될 것으로 판단됨에 따라 Fig. 4(c)에서와 같이 추(무게 6.80g)의 위치를 ③에서 ⑥로 옮겨 이것을 무부자망으로 하고, 아래끝줄의 길이(dL)를 0cm, 10cm, 20cm, 30cm, 40cm(실물환산; 0m, 10m, 20m, 30m, 40m)의 5단계로 증가시키면서 전개성능을 분석하였다.

가. 유체저항

무부자망의 아래끝줄의 길이에 따른 유속별 유체저항은 Fig. 10에 나타났다. 또한, 각 단계별로 어구전체 저항 중 아래끝줄에만 부가되는 저항을 구하고자 윗 끝줄 한가닥을 스위드 끝단에 고정시키고 유속별 아래끝줄에 걸리는 저항을 측정하였는데, 이것은 Fig. 11에 나타났다.

Fig. 10에 나타난 바와 같이 아래끝줄의 길이에 따른 유속별 어구전체의 유체저항은 유속이 증가함에 따라 직선에 가깝게 증가하였으며, dL을 0~40m 만큼 증가시켜도 저항은 약 1.0~2.0ton 정도 증가하여 dL에 따라서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 또, 무부자망에서 dL이 40m인 모형망을 기준으로 기준형과 비교했을 때 2.0knot에서는 거의 같고 3.0knot일 때 약 0.2ton, 4.0knot일 때 2.0ton, 5.0knot일 때 5.0ton 정도 무부자망이 작았다.

Fig. 11에 나타난 바와 같이 아래끝줄에 걸리는 저항은 유속이 증가함에 따라 전체적으로 직선에 가까운 형태로 증가하며 아래끝줄이 길어짐에 따라서는 감소하고 있다. 또, 아래끝줄이 길어짐에 따라 어구전체 저항은 약간씩 증가하는데 비해 아래끝줄에 걸리는 저항이 감소하여 유속이 2.0knot에서 5.0knot로 증가할 때에 어구 전체저항에 대한 아래끝줄의 저항의 비율은 dL이 0m일때는 약 57~40%, 10m는 약 52~37%, 20m는 약 47~34%, 30m는 약 42~34%, 40m는 약 31~25%로 감소하여 동일유속에서 dL이 증가함에 따라 저항의 비율은 각 단계마다 약 5%씩 감소하고 있다. 이것은 추가 dL이 길어짐에 따라 아래로 처지게 되어 아래끝줄에 작용하는 유체저항이 추의 무게에 의한 하방분력으로 상쇄되어, 그 만큼 윗 끝줄로 저항이 증가된 것으로 판단된다.

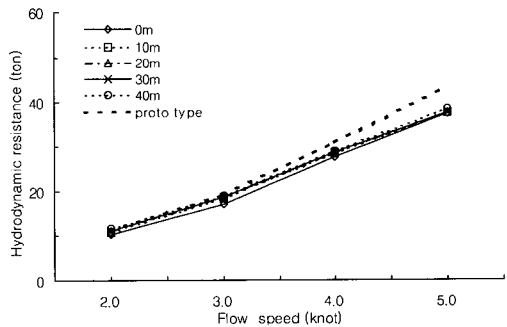


Fig. 10. Relationship between hydrodynamic resistance and flow speed according to dL in the non-float midwater pair trawl net.

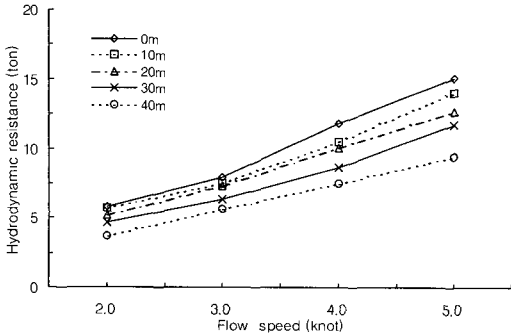


Fig. 11. Relationship between hydrodynamic resistance acting on lower warp and flow speed according to dL in the non-float midwater pair trawl net.

나. 망고 및 망폭

무부자망의 아래끝줄의 길이에 따른 유속별 망고 및 망폭을 실제치로 환산하여 망고는 Fig. 12와 Fig. 13, 망폭은 Fig. 14와 Fig. 15에 각각 나타내었다.

망고는 Fig. 12에 나타난 바와 같이 전체적으로 직선에 가까운 지수함수적으로 감소하는 경향을 보이고 있다. 그리고 dL 이 0m에서 40m로 증가할 때 망고는 2.0knot일 때 약 25m, 3.0~4.0knot일 때 약 20m, 5.0knot일 때 약 15m정도 증가하여 아래끝줄의 길이가 망고의 증가율에 미치는 영향이 큰 것으로 판단된다. 특히, dL 이 0m에서 10m로 증가할 때 망고의 증가율이 가장 크며, dL 이 40m일 때 가장 망고가 크지만, 아래끝줄의 길이 만큼 그물의 밑판이 후방으로 밀려서 끝자루 입구가 유속이 4.0~5.0knot에서는 좁아지는 현상이 관찰되었다. 따라서, dL 이 30m일 때가 망구전개도 좋으며, 그물형상도 대체로 안정적으로 유지된다고 판단된다. 그리고 전체적으로 기준형의 망고가 무부자망들에 비해 현저히 크나, 유속증가에 따라 망고 감소율은 2.0knot를 기준으로 기준형이 3.0knot일 때 0.77배, 4.0knot일 때 0.49배이고, dL 이 30m인 무부자망은 3.0knot일 때 0.89배, 4.0knot일 때 0.74배로 무부자망이 작아서, 무부자망의 망고가 4.0~5.0knot에서는 거의 기준형과 근접하였다.

그리고 동일 유속에서 아래끝줄의 길이에 따른 망고의 변화는 Fig. 13에 나타난 바와 같이 로그함수곡선의 경향을 보이고 있기 때문에, 식(2-1)과 같이 망고 $H(m)$ 와 아래끝줄의 길이 $L(m)$ 과의 로그함수식으로 나타낼 수 있다.

$$H = x \ln(L) + y \dots\dots\dots (2-1)$$

여기서, 아래끝줄의 길이가 초기치 L_0 에서 dL 만큼 증가할 때 망고는 $H_0 + dH$ 만큼 증가하는 것으로 볼 때 식(2-1)은 식(2-2)로 나타낼 수 있다.

$$H_0 + dH = x \ln(L_0 + dL) + y \dots\dots\dots (2-2)$$

식(2-1)과 식(2-2)에서 dH 를 구하면 식(2-3)으로 나타낼 수 있다.

$$dH = x \ln\left(\frac{L_0 + dL}{L_0}\right) \dots\dots\dots (2-3)$$

여기서, L_0 은 아래끝줄길이의 초기치로 90m이며, 계수 x 와 절편 y 는 식(2-1)에서 최소자승법으로 구하였다(Table 1). 그리고 식(2-3)은 동일 유속에서 아래끝줄의 길이의 변화(dL)에 대한 망고의 변화(dH)을 나타내고 있다. 또한, Table 1에서 최소자승법에 의해 구한 각 유속별 로그함수식과 실측치 사이의 결정계수는 0.97~0.99이므로, 망고 $H(m)$ 와 아래끝줄의 길이 $L(m)$ 과의 관계를 로그함수로 나타낸 것은 유효하다고 판단된다.

Table 1. Value of x and y of the experimental formula (2-1) in case of Fig. 13

Item	Flow speed(knot)			
	2.0	3.0	4.0	5.0
x	15.28	12.90	9.92	7.55
y	-4.97	-4.70	-4.56	-4.22
r^2	0.99	0.98	0.97	0.97

* r^2 : coefficient of determination

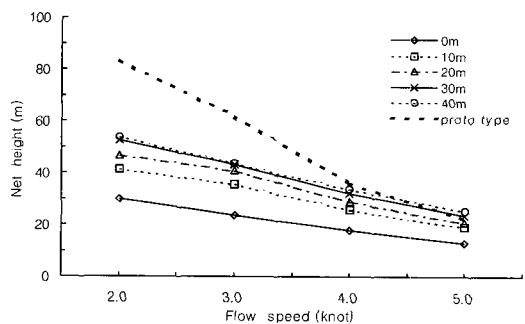


Fig. 12. Relationship between net height and flow speed according to lowerwarp length in the non-float midwater pair trawl net.

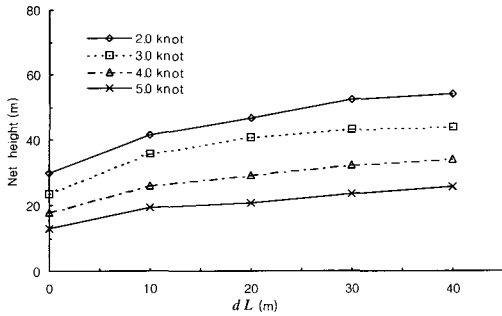


Fig. 13. Relationship between net height and dL according to flow speed in the non-float midwater pair trawl net.

망폭은 Fig. 14와 Fig. 15에 나타난 바와 같이 전체적으로 유속이 증가함에 따라 망폭의 변화가 약 2m 내로 거의 일정하며, 각 유속별 아래끝줄의 길이에 대한 망폭변화는 dL 이 20m까지는 완만히 증가하였다가 40m까지 완만히 감소하고 있다. 이것은 dL 이 40m일 때는 그물 밀판이 후방으로 밀려서 망 형상이 오히려 나빠져서 망고의 증가는 약간 있었으나 망폭은 상대적으로 감소한 것으로 보며, 따라서 dL 을 40m 이상으로 하는 것은 좋지 않다고 판단된다. 그리고, 기준형보다 모든 무부자망들이 크게 나타나고 있는데 dL 을 30m로 기준으로 하여 약 8~10m 정도 무부자망이 크게 나타나고 있다. 또, dL 이 0m일 때는 유속이 증가함에 따라 망폭은 약간씩 감소하고 다른 무부자망보다 현저히 작으나, dL 이 10~40m에서는 유속이 증가함에 따라 망폭은 약간 증가하는 경향을 보이고 있다. 따라서, 이것은 아래끝줄이 길어짐으로써 추의 무게에 의해 망고뿐만 아니라 망폭에도 영향을 주는 것으로 판단된다.

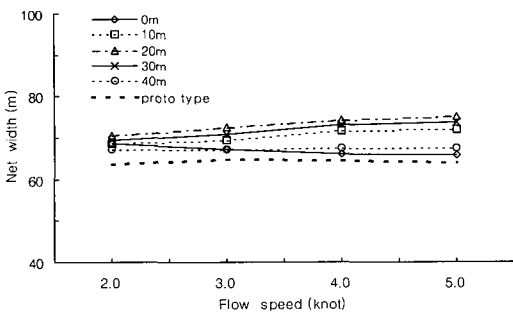


Fig. 14. Relationship between net width and the flow speed according to dL in the non-float midwater pair trawl net.

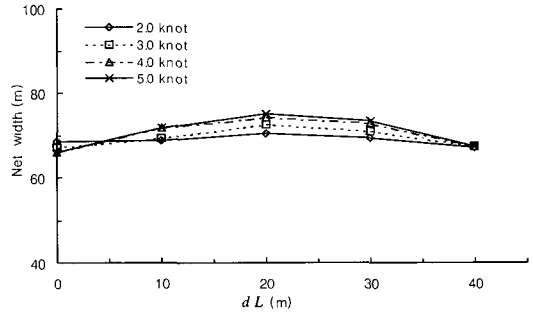


Fig. 15. Relationship between net width and dL according to flow speed in the non-float midwater pair trawl net.

한편, 아래끝줄의 길이 따른 무부자망의 관측점 a에서 망폭은 Fig. 16에 나타난 바와 같이 dL 이 0m에서 10m로 증가할 때 급격히 증가하며, 그 후로는 완만히 감소하거나 일정하다. 일반적으로 망입구의 전개성능을 관측점 b점에서의 망고와 망폭으로 판단하고 있으나, 관측점 a점에 있어서의 망 입구의 면적도 어군의 구집에 영향을 미친다고 판단할 수 있으므로, 관측점 a점에서의 망폭이 증가한다는 것은 무부자망이 기준형에 비해서 어군의 구집효과가 우수하다고 볼 수 있다.

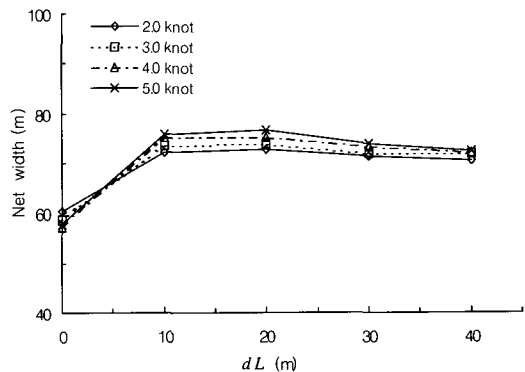


Fig. 16. Relationship between net width and dL according to flow speed in the non-float pair trawl net at the observation point a.

다. 망구면적 및 여과량

무부자망의 아래끝줄의 길이에 대한 망구면적과 여과량은 망고가 최대가 되는 관측점 b를 기준으로 하

여 각각 Fig. 17과 Fig. 18에 나타내었다. 망구면적은 Fig. 17에 나타난 바와 같이 유속이 커짐에 따라 모든 무부자망은 지수 함수적으로 감소하고 있으며, 기준형에 비해 전반적으로 작지만, 유속이 증가함에 따라 망구면적의 감소율이 기준형에 비해 작기 때문에 유속이 약 4.0knot부터 기준형에 근접하고 있다. 또, 아래끌줄의 길이에 따른 망구면적은 모든 유속에서 dL 이 30m일 때 최대로 나타났다.

여과량은 Fig. 18에 나타난 바와 같이 그 변화가 전체적으로 로그함수적인 형상을 보이고 있는데, 이 같이 유속이 증가함에 따라 점차 증가하다가 감소하는 것은 유속은 일정하게 증가하나 망구면적이 지수 함수적으로 감소하기 때문이다. 그리고 기준형보다 전체적으로 여과량이 작지만, 유속의 증가에 따른 그 감소율이 작기 때문에 기준형은 약 3knot에서는 급격히 감소하나 무부자망들은 4.0knot까지도 완만히 증가하다 감소하여 5.0knot에서는 dL 이 30m 이상인 무부자망이 오히려 기준형보다 크다. 즉, 여과량이 가장 많은 dL 이 30m일 때를 기준으로 유속이 2.0knot일 때는 약 69%, 3.0knot일 때 약 76%, 4.0knot일 때 약 95% 정도로 기준형에 근접하고 유속이 5.0knot일 때는 약 23% 정도 무부자망이 더 크다. 또, 무부자망에서 여과량이 최대가 되는 유속은 4.0knot이며, dL 이 40m일 때보다 30m에서 최대로 나타나고 있어, dL 은 30m까지가 적절하다고 판단된다.

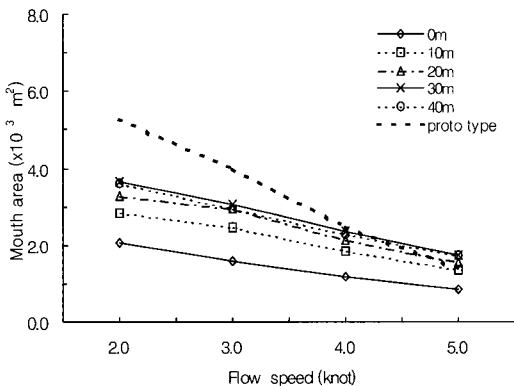


Fig. 17. Relationship between mouth area and dL according to flow speed in the non-float midwater pair trawl net.

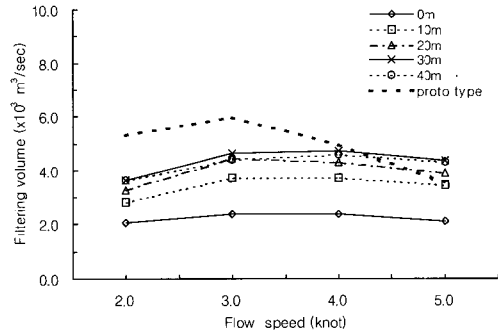


Fig. 18. Relationship between filtering volume and dL according to flow speed in the non-float midwater pair trawl net.

고 찰

최근 우리 나라 쌍끌이 기선저인망 업계에서는 거의 대부분이 중층망으로 조업하고 있다. 그러나 국내 쌍끌이 중층망조업은 조업특성상 어군의 분포수층에 어구의 예망수심을 맞추어야 하며, 중층어족은 유영속도가 빠르고 회유성과 군집성이 강한 어족이기 때문에 예망속도가 빨라야 하는데, 예망어구는 예망속도가 빨라지면 망고가 급격히 낮아진다. 특히, 뜸의 저항으로 망고는 더욱 급격히 감소하여 예망속도의 제한을 받는데, 본 연구의 결과에서도 기준형은 3.0knot 이상에서 망고가 급격히 감소하였다.

그리고 기준형의 실물어구의 빨친길이는 231m의 대형이며, 갑판 상의 네트드럼으로 각종 로프와 그물의 한꺼번에 드럼에 감아들이는 양망 방법이기 때문에 뜸은 네트드럼의 과부하의 원인이 되며, 투망시는 그물코에 얽혀서 작업의 지연, 파망 및 안전사고의 원인이 된다.

뜸 없는 무부자 쌍끌이 중층망은 아래끌줄의 길이를 조절하므로써 그 망구면적을 기준형보다 더욱 크게 할 수 있고, 이때 아래끌줄의 길이는 윗 끌줄 보다 긴 dL 이 약 30m 일 때 적정길이였다. 어획능은 망구면적만으로 비교하는 것은 곤란하며, 여과량에도 크게 좌우된다고 볼 수 있으므로 여과량을 비교하면 3.0knot 이상에서 여과량이 기준형보다 현저히 그 성능이 향상되어 여과량이 4.0knot에서 최대가 되었으며, 5.0knot에서도 기준형에 비해 크기 때문에 필요시 5.0knot까지도 예망속도를 증가시켜 조업도

가능하다고 판단된다.

또한, 무부자 쌍끌이 중층망은 아래끌줄의 길이를 조절함에 따라 예망수심도 조절이 가능하였다. 즉, 아래끌줄이 길어짐으로써 추의 무게에 의해 발줄이 저질까지 닿을 수 있으므로 저층조업도 가능할 것으로 판단된다. 또한, 아래끌줄을 드림으로 감아서 줄여주면 발줄부가 상승하여 저질(底質) 불량 어장에서의 저층조업시, 예망속도는 일정하게 하고 아래끌줄의 길이 조절만으로 어구의 예망수심을 조절할 수 있을 것이다. 따라서, 어구의 망구면적과 예망수심의 조절은 종래 방법처럼 양선간격 및 예망속력, 끌줄길이 등으로 조절 외에도 아래끌줄에 의한 조절도 가능한 것으로 판단된다. 아울러 뜬이 없기 때문에 어구의 용적이 상당히 작아지고, 뜬에 그물코가 얽히는 경우가 없어지므로 투양망 작업이 간편하게 이루어질 것이다.

그러나 무부자망은 뜬이 없기 때문에 인한 초기 부력이 약한 단점도 있어 투망초기에 뜬줄을 잡아주는 별도의 중간줄(center line) 및 대형뜬을 사용하는 방법도 고려되어야 할 것이다. 또, 어선에 아래끌줄의 길이를 조절할 수 있는 별도의 드림이 필요하며, 뜬이 없기 때문에 어구형상의 안정성을 위해 어구개량도 필요하다고 본다.

요 약

본 연구는 현재 국내에서 사용되는 쌍끌이 중층망 어구어법에서 문제점으로 지적되고 있는 고속예망에서 망고의 제어가 어렵다는 점, 망목에 뜬이 걸려서 파망이 자주 일어나는 점, 네트드림에 감기는 어구부피가 너무 크다는 점 등의 해결방법으로 무부자 쌍끌이 중층망의 모형실험을 통하여 우리 나라 쌍끌이 중층망에 대한 적용 가능성을 검토하는데 있다.

이를 위하여 850ps급 쌍끌이 기선저인망어선에서 현재 사용되는 실물망을 1/100로 축소 제작한 모형망에서 뜬을 모두 제거하고 끌줄을 양쪽으로 각각 두 가닥으로 분리한 후 추를 부착하여 아래끌줄의 길이를 조절함으로써 망고를 제어할 수 있는 무부자 쌍끌이 중층망의 모형어구를 제작하여 회류수조에서 유속에 대한 아래끌줄의 길이에 따른 어구의 전개성능 등을 규명하고 기준형과 비교 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 유체저항은 무부자망이 기준형보다 약 10~20% 정도 작았으며, 무부자망의 유체저항은 동일유속에서 아래끌줄이 길어짐에 따라 약 1ton씩 증가하였다. 또, 동일유속에서 dL 이 10m씩 증가함에

따라 아래끌줄에 작용하는 저항은 약 5%씩 감소하고, 그 반면에 윗 끌줄에 작용하는 저항이 증가하였다.

2. 망고는 직선에 가까운 지수함수적으로 감소하는 경향을 보였으며, 동일유속에서 아래끌줄이 길어짐에 따라 증가하여 로그함수적인 경향을 보였다. 또한, 망고감소율은 무부자망의 경우가 기준형보다 작게 나타났으며, 그 차이는 유속이 증가함에 따라 더욱 커져 dL 이 30m인 무부자망을 기준으로 3.0knot일 때 12%, 4.0knot일 때 25%로 나타났다.
3. 망목은 유속이 증가함에 따라 약 2m 내외로 거의 일정하였으며 무부자망이 기준형보다 크게 나타났다.
4. 망구면적은 유속이 증가함에 따라 지수함수적으로 감소하는 경향을 보였으며, 망구면적의 감소율은 기준형보다 무부자망이 더 작게 나타났다. 여과량은 유속이 증가함에 따라 로그함수적인 경향을 보였으며 기준형이 3.0knot 이상에서 급격히 감소하였지만, 무부자망은 4.0knot까지 증가하였다가 완만하게 감소하였다.
5. dL 의 최대적정길이는 망구면적 및 여과량이 최대인 30m일 때이며, 추의 최적위치는 4개의 그물목줄이 연결되는 지점이었다.

참고문헌

- 1) David, W. and Stig, R. Y. and Kurt, H.(1988) : Danish Midwater Trawl Design Techniques, Proceedings World symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design, 306-313.
- 2) 藤石昭生(1990) : 高速曳網用超大目中層トロール網の模型實驗, 日本水産學會誌, 56(5), 743-747.
- 3) 張志元 · 徐斗玉(1981) : 漁具工學, 新韓出版社, 126-142.
- 4) 李珠熙(1984) : 底曳網의 漁具形狀에 關한 基礎的 研究 - II, 單純化 模型에 의한 4폭자리 자루그물의 斷面形狀에 關해서, 漁業技術 20(2), 65-71.
- 5) 이병기(1985) : 現代 트로울 漁法, 太和出版社, 184-202.
- 6) 고관서 · 김대안(1985) : 漁具學, 敎文出版社, 204-213, 225-239.
- 7) 李珠熙(1985) : 底曳網의 漁具形狀에 關한 基礎的 研究 - III, 構成網地의 多空率과 자루그물의 斷面形狀에 關해서, 漁業技術 20(2), 65-71.

- 8) 예영희(1993) : 로프 트롤 그물의 基本性能에 관한 模型實驗, 釜山水產大學校大 學院碩士論文, 7-12. 漁業特性에 관한 研究, 釜山水產 大學校大 學院博 士學位論文, 12-27.
- 9) 권병국(1995) : 쌍끌이 중층망의 전개성능 향상을 위한 모형실험, 韓國漁業技術學會誌, 31(4), 340-349.
- 10) 장충식(1996) : 쌍끌이 中層트롤의 展開性能과 11) 김정문 · 김진건(2000) : 쌍끌이 中層網의 展開性能에 대한 模型實驗, 韓國漁業技術學會誌, 36(2), 73-84.
-

2002년 12월 4일 접수

2003년 1월 22일 수리