

無浮子 쌍끌이 中層網 어구어법의 개발(III)* - 카이트를 부착한 모형어구의 전개성능 -

유제범[†] · 이주희 · 이춘우 · 권병국 · 김정문^{**}

부경대학교, ^{**} 대어산업(주)

Development for Fishing Gear and Method of the Non-Float Midwater Pair Trawl Net(III) - Opening Efficiency of the Model Net attaching the Kite -

Jae-Bum YOO[†], Ju-Hee LEE, Chun-Woo LEE, Byeong-Guk KWON and Jeong-Mun KIM^{**}
Pukyong National University, ^{**}Dae Yeo Industry Co., Ltd

Abstract

The non-float midwater pair trawl was effective in the mouth opening and control of the working depth in midwater and bottom. In contrast, we confirmed that it was difficult to keep the net at surface above 30 m of the depth by means of the full scale experiment in the field and the model test in the circulation water channel.

To solve this problem, the kites were attached to the head rope of the non-float midwater pair trawl. In this study, four kinds of the model experiments were carried out with the purpose of applying the kite to the Korean midwater pair trawl.

The results obtained can be summarized as follows :

1. The working depth of the non-float midwater pair trawl with the kite was shallower than that of the proto type and non-float type. The working depth of the kite type was approximately 20 m with 2 kites and about 5 m with 4 kites under 4.0 knot. The working depth was almost constant but the depth of the head rope sank approximately 15 m and 10 m according to the increase in the front weight and the wing-end weight, respectively.
The changing aspect of the working depth was constant, but the depth of the head rope sank approximately 22 m according to the increase in the lower warp length(*dL*).
2. The hydrodynamic resistance of the kite type was almost increased in a linear form in accordance with the flow speed increase from 2.0 to 5.0 knot. The increasing rate of the hydrodynamic resistance tended to increase in accordance with the increase in flow speed. The hydrodynamic resistance of the kite type was larger approximately 5~10 ton larger than that of the non-float type and the proto type. The hydrodynamic resistance of the kite type increased approximately 3 ton with the changing of the front weight from 1.40 to 3.50 ton and approximately 4 ton with the changing of the wing-end weight from 0 to 1.11 ton and approximately 5.5 ton with the changing lower warp length(*dL*) from 0 to 40 m, respectively.

* 이 논문은 2001학년도 부경대학교발전기금재단의 지원에 의하여 연구되었음.

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

3. The net height of the kite type was increased approximately 10 m with the change in the kite area from 2,270 mm² to 4,540 mm². The net height of the kite type was approximately 50 m and 30 m larger than that of the proto type and the non-float type, respectively.
The changed aspect of the net width was approximately 5 m with the variation of the flow speed from 2.0 to 5.0 knot.
4. The filtering volume of the kite type was larger than that of the proto type and the non-float type by 28%, 34% at 2.0 knot of the flow speed and 42%, 41% at 3.0 knot, and 62%, 45% at 4.0 knot, and 74%, 54% at 5.0 knot, respectively.
The optimal towing speed was approximately 3.0 knot for the proto type and was over 4.0 knot for the non-float type, and the optimal towing speed reached 5.0 knot for the kite type.
5. The opening efficiency of the kite type was approximately 50% and 25% larger than that of the proto type and the non-float type, respectively.

key word : kite(카이트), midwater pair trawl(쌍끌이 중층 트롤), working depth(예망수심), front weight(추), wing-end weight(날개끝 추), lower warp length(아래끌줄길이), opening efficiency(전개성능), non-float midwater pair trawl(무부자 쌍끌이 중층 트롤)

서 론

무부자 쌍끌이 중층망은 前報(이 등, 2003)에서 보여주듯이 아래끌줄의 길이를 윗끌줄길이 보다 길게 함으로써 그 망구면적을 뜬이 있는 쌍끌이 중층망 보다 더욱 크게 할 수 있었고, 아래끌줄의 길이를 조절함에 따라 예망수심의 조절도 가능하였다. 즉, 아래끌줄의 길이를 조절함으로써 발출을 해저까지 닿게 하여 저층조업도 가능할 것으로 판단되므로, 해저면이 매우 거칠어 예망하기 어려운 어장에서의 저층조업시 예망속도는 일정하게 하고 아래끌줄의 길이로 어구의 예망수심을 조절할 수 있을 것이다. 또한, 뜬이 없기 때문에 드림에 감기는 어구의 용적이 상당히 작아지고, 뜬에 그물코가 얽히는 경우가 없어지므로 투양망 작업이 간편하게 이루어질 것이다.

그러나, 무부자망은 모형실험 및 실제조업의 결과, 망구의 전개 및 중저층에서의 예망수층 조절이 용이하게 이루어지는 것이 확인되었으나, 예망시 뜬줄의 깊이가 표층~30m이전까지는 상승하지 않아 표층에서의 예망이 어렵다는 것이 확인되었다. 즉, 무부자망은 뜬이 없기 때문에 망구의 상하전개력은 발출의 침자와 추(Front weight)의 침강력에 전적으로 의존되므로 어구의 예망수심의 조절에 한계가 있었다. 따라서, 이러한 문제점을 극복하기 위하여 카이트(Kite)를 도입하기로 하고 본 연구를 실시하였다.

쌍끌이 중층트롤에 카이트를 적용한 연구는 유럽

(David Wileman *et al.*, 1998)과 일본에서 약간의 연구보고 및 인용사례가 있고, 국내에는 권(1995)이 있을 뿐이다.

카이트는 양력이 유속의 제곱에 비례하여 커지기 때문에 예망속도가 빨라지면 그물의 유체저항이 증가하는 동시에 양력도 증가하므로 망고가 줄어드는 것을 억제 할 수 있으며, 또한 어구 전체 양력도 증가되므로 예망수심을 표층까지 조절할 수 있을 것이다. 또한, 카이트를 이용한 무부자 쌍끌이 중층망은 양쪽 끌줄을 각각 두가닥으로 분리하여 아래끌줄의 길이를 조절함으로써 망고의 제어도 가능할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 회류수조에서의 모형실험을 통하여 기존의 뜬이 있는 쌍끌이 중층망과 무부자 쌍끌이 중층망의 예망수심을 정확히 알고, 목표로 하는 수심까지 예망수심을 조절할 수 있도록 무부자 쌍끌이 중층망의 뜬줄부의 대형망목부에 부분적으로 카이트를 부착하여 모형어구의 전개성능을 알아보고자 한다.

재료 및 방법

1. 모형어구

본 실험에서 사용한 모형어구의 실물어구는 前報(이 등, 2001)에서와 동일하며, 모형망의 설계도는 Fig. 1 및 Fig. 2에 나타내었다.

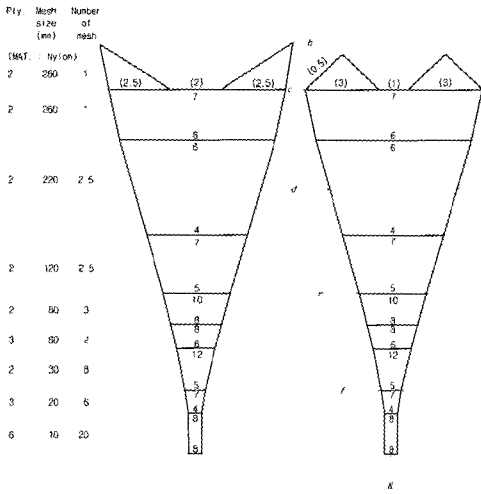


Fig. 1. Developed drawing of the model mid-water pair trawl net for the experiment (\therefore b-g : observation points in the net side plan).

3. 카이트의 제작

카이트는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 내부에 초기 부력을 줄 수 있는 부력체를 넣고, 바깥쪽에 나일론으로 된 천을 둘러싼 것으로 카이트의 앞쪽 중앙부는 만곡을 주었으며, 실험시 유체흐름의 방향과 이루는 영각이 약 20° 가 되도록 뜰줄쪽의 대형 망목부의 중앙부분에 부착할 수 있도록 제작하였다. 그 크기는 다음식과 같이 저항과 양력을 계산하여 결정하였으며, 본 연구에서는 이 모형어구에 카이트를 부착한 것을 카이트망이라고 하였다.

$$D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot A \cdot V^2 \dots\dots\dots(2-1)$$

$$L = \frac{1}{2} \cdot C_L \cdot \rho \cdot A \cdot V^2 \dots\dots\dots(2-2)$$

여기서, C_D 는 항력계수, C_L 은 양력계수이며, ρ 는 유체의 밀도($105kg \cdot sec^2/m^3$), A 는 단면적(m^2), V 는 유속(m/sec)이다.

우선, 기준이 되는 모형망의 뜰은 모두 2종류로 직경이 $\phi 12$ 인 뜰이 16개, $\phi 15$ 인 뜰이 4개이며, 총 부력은 유속에 관계없이 10.3g이고, 실제유속 4knot에 해당하는 실험유속 0.67m/sec에서 뜰의 저항(D)은 구형(球型) 뜰의 저항계수 C_D 가 약 0.5 (Fridman, 1986), 뜰의 투영면적 A 는 2종류의 뜰이 각각 $0.0001131m^2$ ($\phi 12$)와 $0.0001767m^2$ ($\phi 15$)이므로 다음과 같다.

$$D_t = D_{\phi 12t} + D_{\phi 15t} \approx 21.32 + 8.33 = 29.65(g)$$

카이트의 경우 영각 $15 \sim 20^\circ$ 에서 C_D 가 약 0.3, C_L 이 1.2~1.5(Fridman, 1986)이고, 초기부력을 약 0.1g 주었을 때, 뜰의 항력과 같은 항력을 갖는 카이트의 크기를 A_k 라고 하면 약 $1,375(mm^2)$ 이지만, 카이트를 뜰줄의 대형 망목부에 부착시 작업의 편리성을 위하여 카이트의 크기를 Fig. 3(a)와 같이 하면, 카이트 1개의 항력(D_k)와 양력(L_k)는 다음과 같다.

$$D_k = \frac{1}{2} \cdot 0.3 \cdot 105 \cdot 0.001135 \cdot 0.67^2 \cdot 1000 \approx 8.03(g)$$

$$L_k = \frac{1}{2} \cdot 1.2 \cdot 105 \cdot 0.001135 \cdot 0.67^2 \cdot 1000 + 0.1 \approx 32.2(g)$$

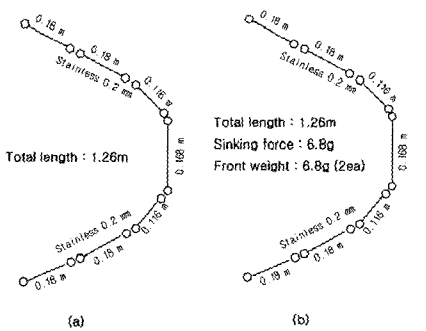


Fig. 2. Schematic arrangement of drawing H.R, G.R and net pendant of the model non-float midwater pair trawl net.

- (a) : head rope arrangement(H.R)
- (b) : ground rope arrangement(G.R)
- (c) : net pendant arrangement

(F.W: Front weight, W.W: Wing-end weight)

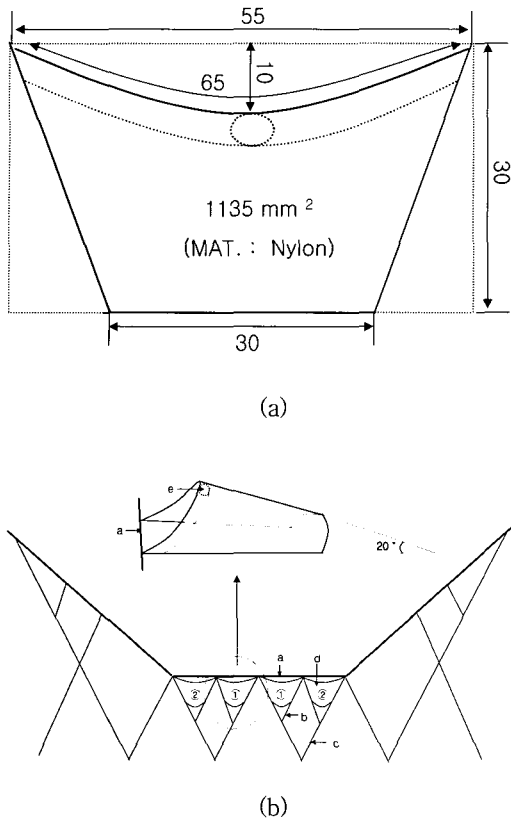


Fig. 3. Structure of the kite(a) and its suspension in the head rope(b)
 a : head rope, b : connection line,
 c : netting, d : kite, e : float
 (①~②) : attached order of the kite in model experiment)

4. 실험수조 및 장치

실험에 사용한 수조는 前報(이 등, 2003)에서와 동일하며, 실험장치는 Fig. 4에 나타낸 바와 같고, 실험시의 유속은 프로펠러식 유속계(VOT 2-200-20)로, 장력은 로드셀(TCLZ-10KA, 용량 : 10kgf, 정격출력 : -1498.3, +1497.5 μ V/V)로, 망고 및 망폭은 Digitizer로 측정하였다.

5. 실험방법

모형실험은 기준형, 무부자망, 카이트망의 순서로 하였으며, 다시 카이트망은 카이트의 면적, 추와 날개 끝 추의 무게, 아래끝줄의 길이의 변화에 따라 실험

을 하였다.

먼저, 뜰을 사용하고 양쪽 끝줄을 두가닥으로 분리하지 않은 기준형에 대하여 망고, 망폭, 유체저항, 망구면적 및 예망수심을 계측하였고, 다음으로 前報(이 등, 2003)의 결과에서 적정치로 나타난 아래끝줄의 길이 90cm($dL=30$ cm), 추(F.W) 및 날개끝 추(W.W)의 무게가 각각 13.60g과 10.88g인 무부자망을 기준으로 망고, 망폭, 유체저항, 망구면적 및 예망수심을 계측하였다. 그리고, Fig. 3에 나타낸 바와 같이 무부자망에 ①에서 ②의 순서로 카이트를 2개 ($2,270\text{mm}^2$), 4개 ($4,540\text{mm}^2$)씩 증가시켜가며 총 2회 실험하였다. 본 연구에서는 카이트를 2개와 4개씩 부착한 카이트망을 각각 2kite와 4kite라고 규정하였다. 카이트 Fig. 1과 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 모형망을 끝줄 상의 추(F.W)를 포함한 a~g의 7부분으로 나누어 각 부분마다 그물의 상하 2개지점에 대해서 모두 13개점의 좌표를 측정하여 모형어구의 측면 형상을 나타내었다.

카이트망의 날개끝 추의 무게에 따른 실험을 위해 추의 무게는 13.60g으로 고정시키고, 날개끝 추의 무게를 2.72g(실물환산 0.28ton)씩 감소시켜 10.88, 8.16, 5.44, 2.72, 0g(실물환산 1.11, 0.84, 0.56, 0.28, 0ton)의 5단계로 변화시키면서 실험하였다.

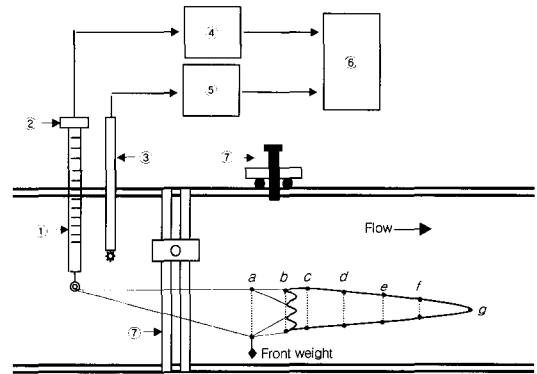


Fig. 4. Schematic drawing of the experimental equipments.

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

(∴ a~g : observation point in net side plan)

카이트망의 추의 무게에 따른 실험은 날개끝 추를 제거하고, 추의 무게를 6.80g(실물환산 0.7ton)씩 증가시켜 13.60, 20.40, 27.20, 34.00g(실물환산 1.40, 2.10, 2.80, 3.50ton)의 4단계로 변화시키면서 실험하였으며, 아래끌줄 길이의 변화에 따른 실험은 실제 조업시의 예망속도인 4knot에 해당하는 실험유속 0.67m/s에서 아래끌줄 길이(dL)를 0, 10, 20, 30, 40cm씩 단계적으로 증가시키며 실험하였다.

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

실험유속의 적용, 유체저항, 망고, 망폭, 망구면적, 여과망의 측정방법 및 그 외 실험조건은 前報(이 등, 2003)에서와 동일하게 하였으며, 예망수심은 망고의 측정점이 되는 뜰줄 중앙부의 깊이로 하였다. 측정자료는 상사법칙에 의해서 실제유속 및 실제치로 환산하여 분석하였다.

結果 및 考察

1. 카이트의 면적에 따른 전개성능

가. 예망수심

어구의 측면형상을 측정하기 위하여 양 끌줄이 고정되어 있는 스위드 끝단을 수조의 수표면으로부터 깊이 30cm에 위치하도록 고정하고, 측정점 a~g의 좌표를 디지털이저로 측정하여 기준형, 무부자망 및 카이트망의 유속별 측면형상을 Fig. 5에 나타내었다. 예망수심은 망고의 측정점이 되는 뜰줄 중앙부의 깊이로 하였다.

Fig. 5에서 기준형, 무부자망 및 카이트망의 유속별 예망수심을 비교해 보면, 기준형은 유속이 2.0knot에서 5.0knot로 증가함에 따라 예망수심이 표층에서 약 25m까지 급격히 침강하였으며, 동시에 발줄은 상승하였다. 이것으로 보아 뜰은 예망속도가 빠를 때에는 망고전개에 효과적이지 못하며 오히려 저항을 증가시켜 망고가 급격히 작아지게 한다는 것을 알 수 있었다.

그러나, 무부자망의 경우에는 유속이 증가함에 따라 어구전체가 부상하면서 예망수심도 상승하였는데 이것은 뜰이 없기 때문에 뜰에 작용하는 유체저항이 없으며 뜰에 의한 부력도 작용하지 않지만, 유체의 흐름에 의한 어구에 양력이 발생하였기 때문으로 판단된다. 그러나, 유속이 2.0knot에서 5.0knot로 증가함에 따라 80m에서 40m까지만 상승한 것으로 볼 때 표층에서부터 약 40m사이의 수층으로는 예망수심 조절이 어려울 것으로 판단된다. 또한, 실제 조업시 끌줄을 상당히 감아들었을 때 예망수심의 변화를 알아보기 위해 양쪽

끌줄이 연결되어 있는 스위드 끝단의 깊이를 수면까지 올려서 어구깊이를 조절하여 실험한 결과, 예망수심이 15m 이천까지는 상승하지 않았다.

그러나, 카이트망은 유속에 따른 예망수심이 상충하여, 실제 조업시의 예망속도 4.0knot일 때를 기준으로 2개의 카이트를 부착했을 경우(c)의 예망수심은 약 20m였고, 4개의 카이트를 부착했을 경우(d)의 예망수심은 약 5m이었으며, 어구전체가 부상하였다. 이는 카이트의 양력은 유속의 제곱에 비례(권, 1995)하므로 유속이 증가하여도 어구의 예망수심이 뜰이 있는 기준형과 무부자망에 비해 예망수심이 증가한 것으로 판단된다. 따라서, 이 결과로 볼 때 카이트망은 조업시 끌줄깊이를 적절히 제어한다면, 표층 및 중저층에서도 조업이 가능할 것으로 판단된다.

나. 유체저항

카이트망의 유속에 따른 유체저항은 Fig. 6(a)에 나타낸 바와 같이 유속이 2.0~5.0knot로 증가함에 따라 거의 직선적으로 증가하며 유속이 느릴 때는 증가폭이 작지만, 유속이 빠를 때는 증가폭이 커지는 경향을 보였다. 카이트망의 유체저항은 무부자망과 뜰을 사용한 기준형에 비해 약 5~10ton 더 크게 나타났는데, 이는 뜰의 유체저항보다 카이트의 유체저항이 일반적으로 작지만, 카이트망의 망구면적이 월등히 커진 것으로 인한 유체저항의 증가로 판단된다. 즉, 망구면적이 증가하면 유체흐름에 대한 영각도 동시에 커지므로 이에 따라 어구의 유체저항이 증가한 것이다.

카이트망은 카이트의 면적이 2,270mm²(2kite)일 때 보다 4,540mm²(4kite)일 때가 유속의 증가에 따른 유체저항의 증가율이 크지만, 그 차이는 그다지 크지 않았고, 카이트의 면적이 2,270mm²(2kite)에서 4,540mm²(4kite)로 증가할 때 유체저항은 약 5ton 증가하였다.

다. 망고 및 망폭

카이트망의 유속에 따른 망고 및 망폭을 실제치로 환산하여 각각 Fig. 6(b)과 Fig. 6(c)에 나타내었다.

망고는 Fig. 6(b)에 나타낸 바와 같이 전체적으로 거의 직선적으로 감소하는 경향을 보이고 있으나, 유속의 증가에 따른 망고 감소율은 2.0knot에서 5.0knot로 증가할 때 기준형은 약 78% 카이트망(4kite)은 약 20%로 카이트망의 망고 감소율이 58% 더 작았다. 카이트망의 망고는 카이트의 면적이 4,540mm²(4kite)일 때를 기준으로 실제 조업시의 예망속도인 4.0knot에서는 기준형보다 약 50m 더 컸으며, 무부자망에 비해서는 약 30m 더 큰 것으로

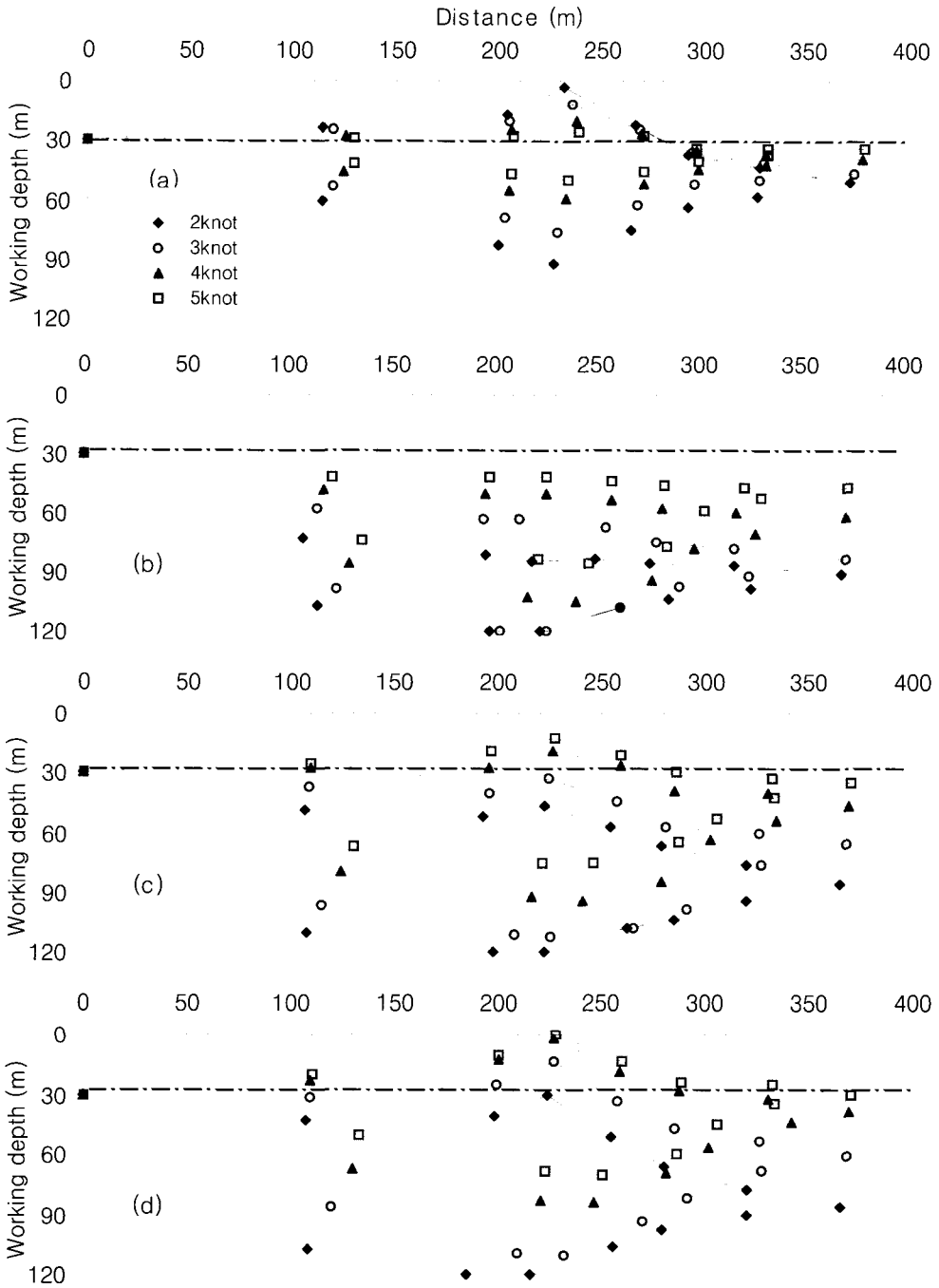


Fig. 5. Working depth of the model midwater pair trawl net.
 (a) Proto type (b) Non-float type
 (c) Kite type with 2 kites (d) Kite type with 4 kites
 (--- : part of warp and pendent , — : net part, — : setting depth of sward)

나타났다. 이러한 이유는 기준형의 침강력과 부력은 정력학적으로 유속에 관계없이 일정하기 때문에 유속이 빨라지면, 그물의 유체저항이 커져서 망고가 급격히 감소하지만, 카이트의 양력은 유속의 제곱에 비례(권, 1995)하므로 뜰줄부가 상승하게 되고, 동시에 아래끝줄의 길이를 윗끝줄의 길이보다 30cm(dL) 더 길게 함으로써 발줄부가 하방으로 전개되었기 때문이다. 그리고, 카이트의 면적이 증가함에 따라 망고도 커져서 4.0knot를 기준으로 카이트의 면적이 2,270mm²(2kite)에서 4,540mm²(4kite)로 증가할 때, 망고는 약 10m 증가하였다.

망폭은 Fig. 6(c)에 나타난 바와 같이 전체적으로 유속이 2.0~5.0knot로 변화할 때 그 변화폭이 2m 내외로 거의 일정하였고, 카이트망의 망폭은 기준형보다 약 5m 증가하였으며, 무부자망과는 거의 차이가 없었다.

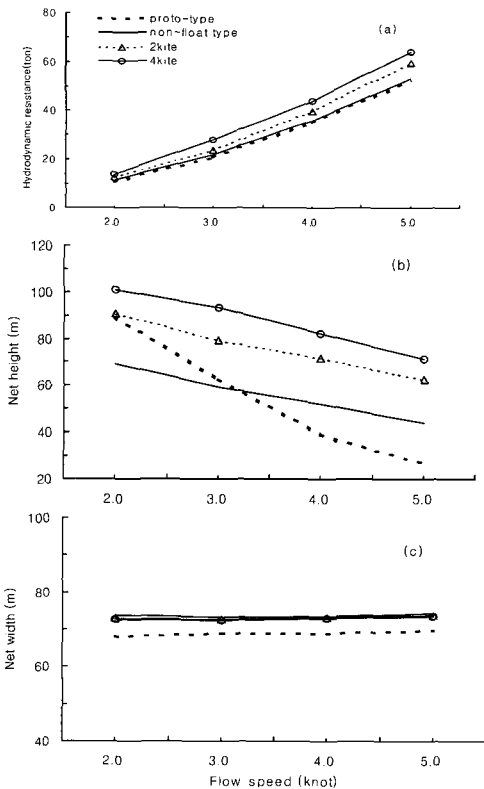


Fig. 6. Opening efficiency according to kite area in non-float midwater pair trawl net with the kite when front weight is 1.40 ton, wing-end weight is 1.11 ton and dL is 30 m.

(a) Hydrodynamic resistance
(b) Net height (c) Net width

2. 날개끝 추의 무게에 따른 전개성능

가. 예망수심

카이트망의 날개끝 추의 무게별 예망수심의 변화는 Fig. 7에 나타난 바와 같이 유속이 증가함에 따라 어구전체가 상승하여 4.0~5.0knot에서는 거의 표층까지 뜰줄이 상승하였다. 날개끝 추의 무게가 감소함에 따라 예망수심은 거의 변화가 없었고, 발줄 및 어구의 밑판이 상승하여 전체적인 어구의 망고만 감소하는 경향을 보였다. 즉, 실제 조업시 주 예망속도인 4.0knot에서는 추의 무게가 1.11~0ton으로 감소함에 따라 발줄부는 약 83~68m로 약 15m 상승하였으나, 뜰줄부는 2.0~0.5m로 거의 변화가 없었다.

따라서, 무부자망은 예망속도 및 끝줄의 길이는 일정하게 하고 아래끝줄의 길이를 조절함으로써 예망수심을 제어할 수 있기 때문에 실제 해저면이 매우 거칠어 예망하기 어려운 어장에서도 조업이 가능할 것으로 판단된다. 그러나, 이러한 어장에서의 예망시 어구의 파망사고를 줄이면서 효과적으로 예망하기 위해서는 아래끝줄에 부착된 추의 깊이가 발줄의 깊이보다 최소한 같거나 추의 깊이가 더 깊어야 하므로 부가되는 추와 날개끝 추의 무게의 비율은 날개끝 추의 무게는 감소시키고 상대적으로 추의 무게를 증가시킬 필요가 있다고 판단된다.

나. 유체저항

카이트망의 날개끝 추의 무게별 유체저항은 Fig. 8(a)에 나타난 바와 같이 유속이 2.0~5.0knot로 증가함에 따라 거의 직선적으로 증가하였으며, 느린 유속일 때는 증가폭이 작지만 빠른 유속일 때는 증가폭이 커지는 경향을 보였다. 카이트망의 날개끝 추의 무게가 0~1.11ton 증가할 때 유체저항은 4.0knot를 기준으로 약 4ton 증가하였다. 전체적으로 카이트망이 기준형과 무부자망보다 유체저항이 더 크게 나타났는데, 날개끝 추의 무게가 1.11ton인 카이트망을 기준으로 기준형과 무부자망을 비교하면 2.0knot일 때 카이트망은 기준형보다 약 3.25ton, 무부자망보다는 약 2.43ton 더 크게 나타났고, 유속이 증가함에 따라 그 차이는 더 컸다. 이것은 카이트망의 망구면적이 상대적으로 월등히 커진 것으로 인한 유체저항의 증가로 판단된다. 즉, 망구면적이 증가하면 유체흐름에 대한 영각도 동시에 커지므로 이에 따라 어구의 유체저항이 증가한 것이다.

다. 망고 및 망폭

카이트망의 날개끝 추의 무게에 따른 망고 및 망폭

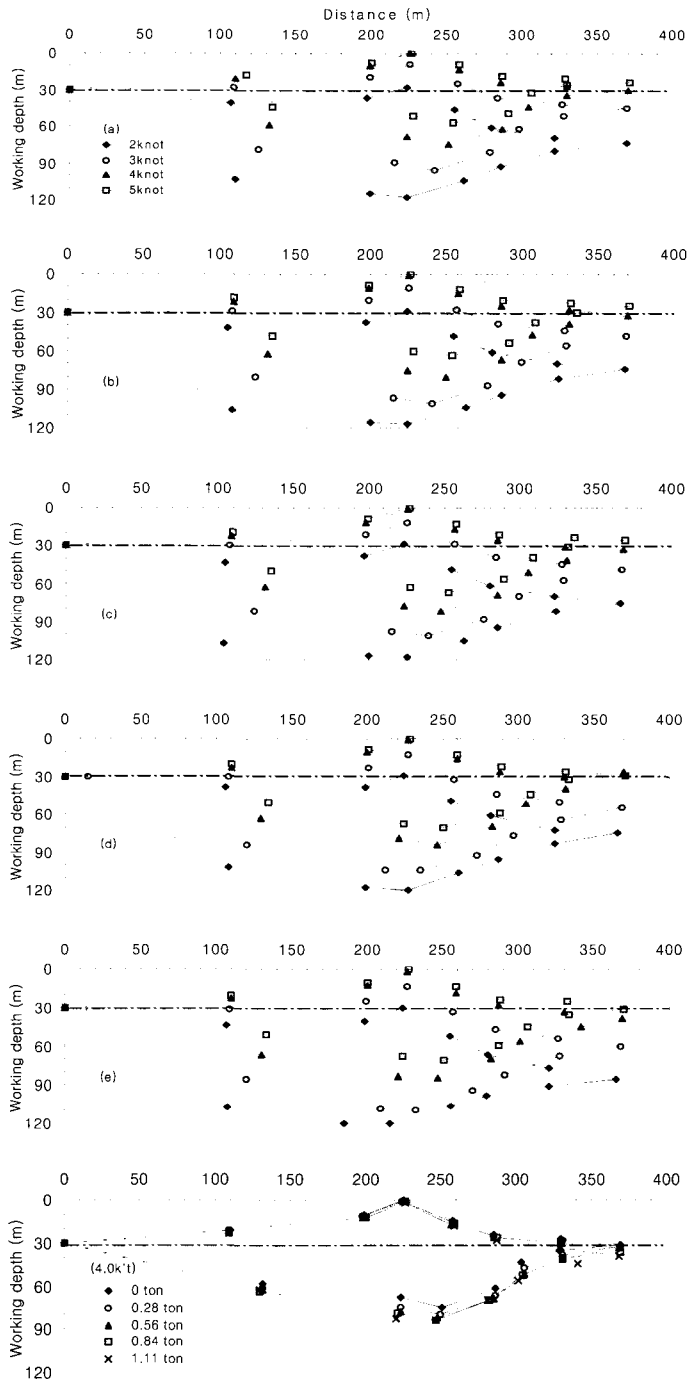


Fig. 7. Working depth of the non-float midwater pair trawl net with the 4 kites according to wing-end weight when front weight is 1.40 ton and dL is 30 m.
 (a) 0 ton (b) 0.28 ton (c) 0.56 ton (d) 0.84 ton (e) 1.11 ton
 (--- : part of warp and pendent , — : net part, - - - : setting depth of sward)

의 변화를 실제치로 환산하여 각각 Fig. 8(b)과 Fig. 8(c)에 나타내었다.

망고는 Fig. 8(b)에 나타낸 바와 같이 전체적으로 거의 직선적으로 감소하였으며, 각 유속별로 추의 무게가 증가함에 따라 망고도 증가하였다. 즉, 4.0knot를 기준으로 추의 무게가 0~1.11ton으로 증가할 때에 망고는 74~82m로 약 8m 증가하였으며 유속이 증가함에 따라 그 증가율은 더 커졌다.

망폭은 Fig. 8(c)에 나타낸 바와 같이 전체적으로 유속에 변화에 따라 그 변화폭이 2m 내외로 거의 일정하였으며, 추의 무게가 증가함에 따라 망폭은 약간씩 증가하였다.

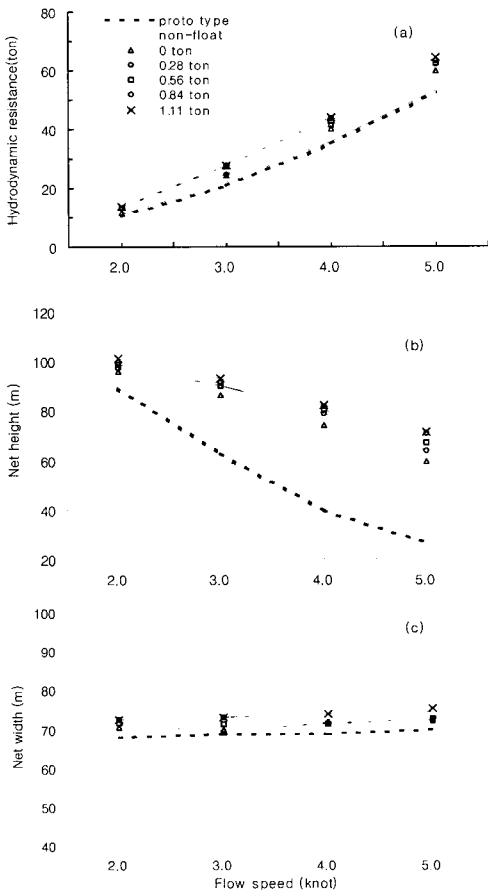


Fig. 8. Opening efficiency according to wing-end weight in non-float midwater pair trawl net with the 4 kites when front weight is 1.40 ton and dL is 30 m
(a) Hydrodynamic resistance
(b) Net height (c) Net width

3. 추의 무게에 따른 전개성능

가. 예망수심

카이트망의 추의 무게별 예망수심의 변화는 Fig. 9에 나타낸 바와 같이 유속이 증가함에 따라 어구전체가 상승하여 4.0~5.0knot에서는 거의 표층까지 뜰줄이 상승하였다.

추의 무게가 증가함에 따라 예망수심은 거의 변화가 없었고, 발줄 및 어구의 밑판부분이 침강하여 전체적인 어구의 망고만 증가하는 경향을 보였다. 즉, 추의 무게가 1.40~3.50ton으로 증가함에 따라 발줄부는 약 75.0~86.5m로 약 10m 침강하였으나, 뜰줄부는 0.5~3.3m로 거의 변화가 없었다.

그리고 무부자망과 카이트망에서는 아래뜰줄을 윗뜰줄보다 상대적으로 길게 하였기 때문에 어구의 밑판이 후방으로 밀리는 현상도 추의 무게가 증가함에 따라 다소 억제되어 추의 무게가 1.40~3.50ton으로 증가하였을 때에는 발줄 및 그물의 밑판의 위치가 약 10m 전방으로 이동하였다.

그러나, 추의 무게가 증가함에 따라 추와 발줄의 깊이가 점차 같게 되지만, 추의 무게를 증가함에 따른 아래뜰줄에 걸리는 장력 또한 증가하므로 이러한 점을 고려하여 추의 무게를 결정하여야 할 것이다.

나. 유체저항

카이트망의 추의 무게별 유체저항은 Fig. 10(a)에 나타낸 바와 같이 유속이 2.0~5.0knot로 증가함에 따라 거의 직선적으로 증가하였으며, 느린 유속일 때는 증가폭이 작았지만 빠른 유속일 때는 증가폭이 커졌다. 그리고, 4.0knot를 기준으로 추의 무게가 1.40~3.50ton으로 증가할 때 카이트망의 유체저항은 약 3ton 증가하였다. 전체적으로 카이트망이 기준형과 무부자망보다 유체저항이 더 크게 나타났는데, 추의 무게가 1.40ton인 카이트망을 기준으로 기준형과 무부자망을 비교하면 2.0knot일 때 카이트망은 기준형보다 약 0.1ton, 무부자망보다 약 0.92ton 더 크게 나타났고, 유속이 증가함에 따라 이 차이는 더 컸다. 이것은 카이트망의 망구면적이 상대적으로 월등히 큰 것으로 인한 유체저항의 증가로 판단된다. 즉, 망구면적이 증가하면 유체흐름에 대한 영각도 동시에 커지므로 이에 따라 어구의 유체저항이 증가한 것이다.

또한, 카이트망은 무부자망과 마찬가지로 조업시 아래뜰줄의 길이를 조절하면서 운용하기 위해서는 아래뜰줄에 부가되는 어구의 유체저항을 파악할 필요가 있다. 따라서, 추의 무게를 증가함에 따른 아래뜰줄에 걸리는 장력을 측정하여 Fig. 10(b)에 나타내었다.

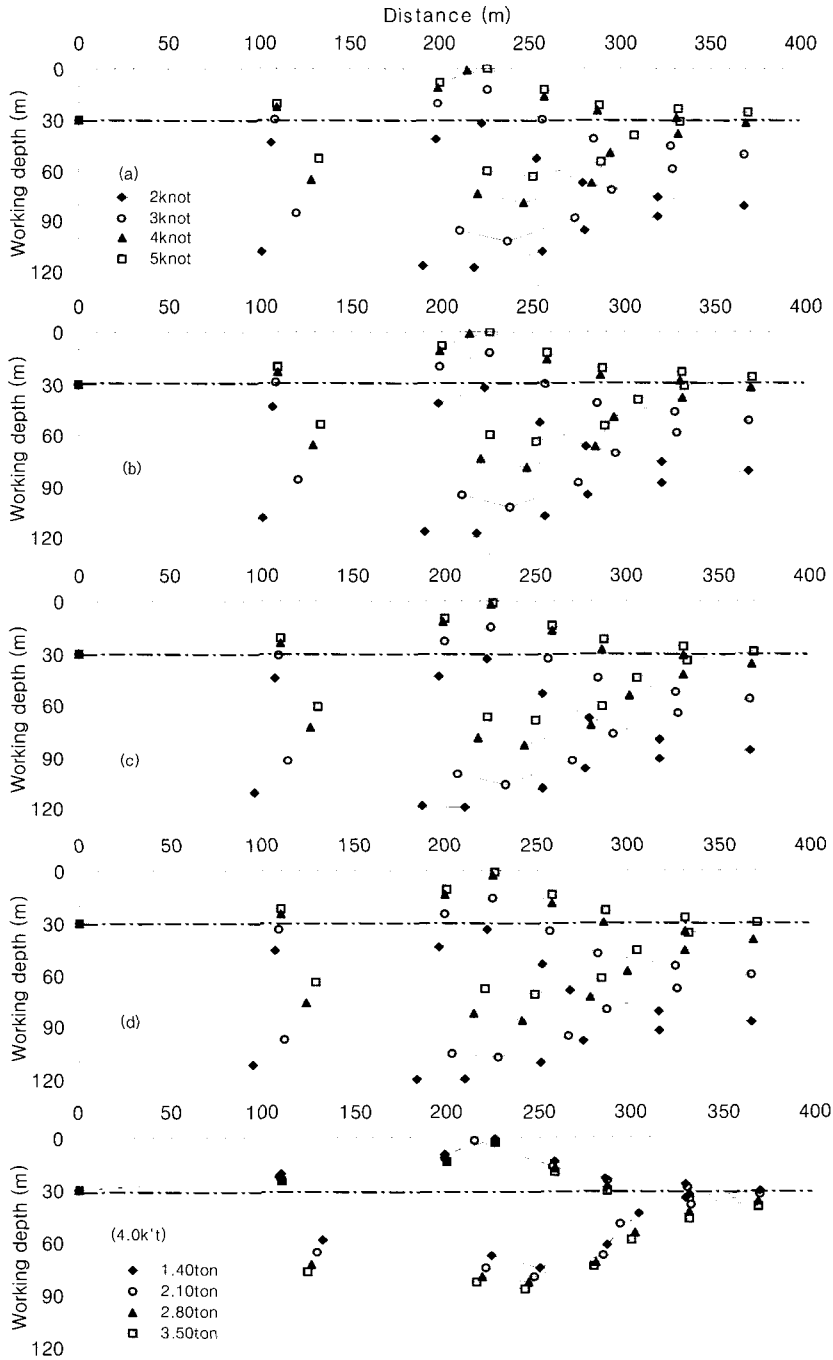


Fig. 9. Working depth of the non-float midwater pair trawl net with the 4 kites according to front weight when wing-end weight is 0 ton and dL is 30 m.
 (a) 1.40 ton (b) 2.10 ton (c) 2.80 ton (d) 3.50 ton
 (--- : part of warp and pendent , — : net part, — : setting depth of sward)

아래끝줄에 걸리는 장력은 유속이 증가함에 따라 전체적으로 거의 직선형으로 증가하였으며, 추의 무게가 증가함에 따라라도 증가하였다. 또, 추의 무게가 1.40~3.50ton으로 증가함에 따라 어구전체의 저항에 대한 아래끝줄에 부가되는 어구의 저항의 비율은 유속이 2.0knot일때는 약 51~65%, 3.0knot는 약 32~42%, 4.0knot는 약 24~33%, 5.0knot는 약 20~25%로 증가하였으며, 유속이 2.0~5.0knot로 증가함에 따라 어구전체의 저항에 대한 아래끝줄에 부가되는 어구저항의 비율은 1.40ton일 때 51~20%, 2.10ton는 54~22%, 2.80ton는 61~23%, 3.50ton는 65~25%로 감소하였다. 이것은 유속이 증가하면 아래끝줄 보다 윗끝줄에 부가되는 어구저항이 상대적으로 커진다는 것을 나타낸다.

따라서, 앞서 기술한 바와 같이 추의 무게는 무거울 수록 밑판이 후방으로 이동하는 현상도 감소되고, 실제 해저면이 매우 거칠어 예상하기 어려운 어장에서의 조업에도 유리할 것으로 판단되지만, 추의 무게가 증가함에 따라 아래끝줄에 작용하는 장력도 증가하므로 추의 무게를 결정할 때 이러한 점을 고려해야 할 것이다.

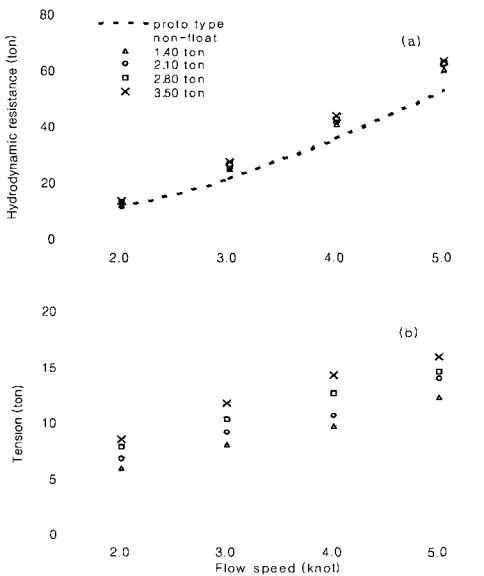


Fig. 10. Relationship between hydrodynamic resistance and flow speed according to front weight in non-float midwater pair trawl net with the 4 kites when wing-end weight is 0 ton and dL is 30 m.
(a) Total hydrodynamic resistance of net
(b) Tension acting in lower warp

다. 망고 및 망폭

카이트망의 추의 무게에 따른 망고 및 망폭의 변화를 실제치로 환산하여 각각 Fig. 11(a)와 Fig. 11(b)에 나타내었다.

망고는 Fig. 11(a)에 나타낸 바와 같이 유속이 증가함에 따라 전체적으로 거의 직선적으로 감소하는 경향을 보였다. 그리고 망고는 추의 무게가 증가함에 따라 증가하였는데, 2.0knot를 기준으로 추의 무게가 1.40~3.50ton으로 증가할 때 95.6~98.7m로 약 2m 증가하였으며, 유속이 증가함에 따라 그 증가폭은 3.0knot일 때 약 6m, 4.0knot일 때 약 9m, 5.0knot일 때 약 11m로 점점 커졌다. 그러나, 이러한 추의 무게의 증가에 따라 망고가 커지는 것은 앞서 예망수심에서 기술한 바와 같이 카이트 양력은 변화가 없기 때문에 뜰줄 깊이의 변화는 거의 없고, 상대적으로 추의 무게가 증가함에 따라 발줄이 침강하여 망고가 커진 것이다.

망폭은 Fig. 11(b)에 나타낸 바와 같이 전체적으로 유속에 변화에 따라 그 변화폭이 2m 내외로 거의 일정하였으며, 추의 무게가 증가함에 따라 약간씩 증가하였지만 그 증가폭은 작았다.

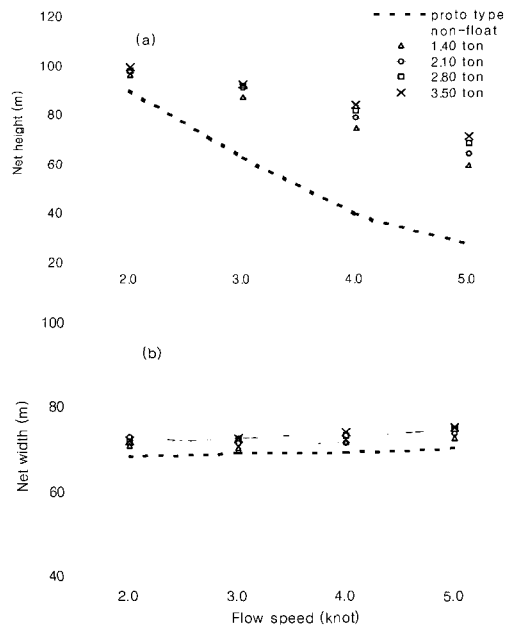


Fig. 11. Opening efficiency according to front weight in non-float midwater pair trawl net with the 4 kites when wing-end weight is 0 ton and dL is 30 m.
(a) Net height (b) Net width

4. 아래끌줄의 길이(dL)에 따른 전개성능

가. 예망수심

카이트망의 아래끌줄의 길이(dL)에 따른 예망수심의 변화는 Fig. 12에 나타내었다. Fig. 12은 추의 무게를 1.40ton, 날개끝 추의 무게를 0ton으로 한 모형어구를 기준으로 실험한 결과로서, 아래끌줄의 길이(dL)가 증가함에 따라 발줄 및 어구의 밑판부분이 침강하여 망고가 커지는 경향을 보였을 뿐, 전체적인 어구의 예망수심에는 거의 변화가 없었다. 즉, 아래끌줄의 길이(dL)가 0~40m로 증가함에 따라 발줄의 깊이 변화는 약 62~84m로 약 22m 침강하였으나, 뜰줄은 약 0~2.8m로 약간 침강하였을 뿐이었다.

그러나, 아래끌줄길이(dL)가 증가함에 따라 망구면적도 증가하였지만, 동시에 어구의 밑판이 후방으로 밀리는 정도가 심해졌다. 그 정도는 dL이 0m일 때는 약 6m 뜰줄부가 발줄부보다 앞쪽에 위치하였고,

10m일 때는 거의 같으며, 20m일 때는 발줄부가 9m 후방, 30m일 때는 18m 후방, 40m일 때는 28m 후방으로 dL이 증가함에 따라 어구의 밑판이 점점 뒤로 밀렸다. 이러한 현상은 끝자루 입구쪽이 좁아지는 현상을 야기하였으므로 조업시 고려되어야 할 점으로 판단된다.

나. 유체저항과 망고 및 망폭

아래끌줄의 길이(dL)에 따른 유체저항과 망고 및 망폭은 Fig.13에 나타낸 바와 같다. 유체저항과 망고는 dL이 증가함에 따라 증가율이 둔화되는 로그함수적으로 변화하는 경향을 나타내었다. 즉, 유체저항은 dL이 0~40m로 증가할 때 약 5.5ton 증가하였으며, 망고의 변화는 dL이 30m 이상에서는 그 증가율이 둔화되어 더 이상 증가하지 않았다. 그리고, 망폭은 dL이 0~40m로 증가할 때 약 5m 감소하여 그 변화폭은 작았다. 따라서, dL의 최대 적정길이는 망고와 최대치로 되는 약 30m로 판단된다.

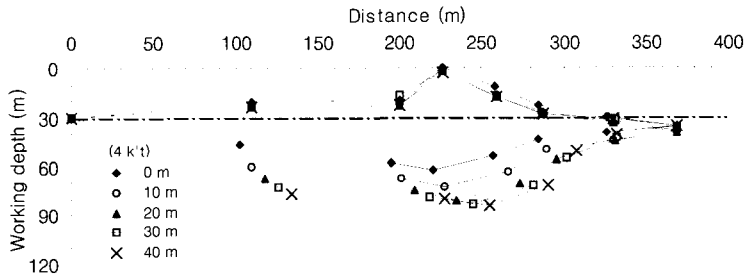


Fig. 12. Working depth of the non-float midwater pair trawl net with the 4 kites according to dL when front weight is 2.80 ton and wing-end weight is 0 ton at the 4.0 knot. (--- : part of warp and pendent, — : net part, — : setting depth of sward)

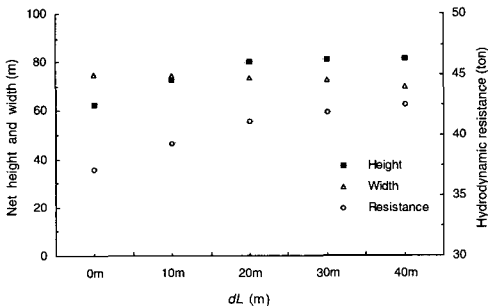


Fig. 13. Opening efficiency according to dL in non-float midwater pair trawl net with the 4 kites when front weight is 1.40 ton and wing-end weight is 0 ton at the 4.0 knot.

다. 여과량 및 어구의 전개효율

아래끌줄의 길이(dL)가 30m, 추의 무게가 1.40 ton, 날개끝 추의 무게가 1.11ton인 무부자망과 카이트망, 뜰이 있는 기준형의 여과량은 Fig. 14에 나타낸 바와 같이 유속이 2.0~5.0knot로 증가함에 따라 전체적으로 증가율이 둔화되는 로그함수적으로 변화하는 경향을 보였다. 이와 같이 여과량이 유속이 증가함에 따라 점차 증가하다가 감소하거나 그 증가율이 둔화되는 것은 유속은 일정하게 증가하지만 망구면적이 지수함수적으로 감소하기 때문이다.

이 3종류의 실험어구에 대해서 여과량이 최대가 되는 유속을 비교해보면, 기준형이 3.0knot, 무부자망이 4.0knot인데 비해서 카이트망은 유속이 증가함에 따라 계속 증가하여 5.0knot에서 최대가 되었다.

전체적으로 각 유속별 카이트망의 여과량은 무부자망과 기준형보다 더 큰 것으로 나타났다. 그리고, 그 차이는 유속이 증가함에 따라 더 커졌는데, 2.0knot일 때는 카이트망이 기준형과 무부자망에 비해 각각 약 28% 34% 더 컸으며, 3.0knot일 때는 약 42% 41%였고, 4.0knot일 때는 약 62% 45%였으며, 5.0knot일 때는 약 74% 54% 정도 카이트망이 기준형과 무부자망에 비해 여과량이 더 컸다. 따라서, 각 어구별 적정 예상속도는 뜬이 있는 기준형은 약 3.0knot, 무부자망은 4.0knot이상으로 판단되며 카이트망은 5.0knot이상도 가능할 것으로 판단된다.

즉, 카이트망은 무부자망과 뜬이 있는 기준형보다 고속에서도 그 전개성능이 우수하므로 중층의 유영속도가 빠른 어종을 대상으로 조업시 유리할 것으로 판단된다.

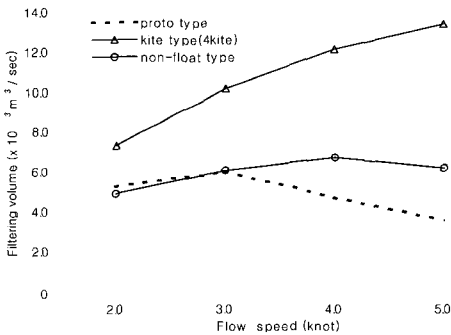


Fig. 14. Relationship between filtering volume and flow speed in non-float mid-water pair trawl net with the 4 kites when dL is 30 m and wing-end weight is 0 ton.

망구면적당 유체저항은 어구의 전개효율을 나타내는 것으로 Fig. 15에 나타난 바와 같이 기준형이 모든 유속단계에서 가장 큰 값을 나타내었고, 다음으로 무부자망이며, 카이트형이 가장 작은 값을 나타내었다. 특히, 유속이 커짐에 따라 그 차이가 더욱 증가하는 것으로 나타나 예상속도가 빠를수록 카이트망의 전개효율이 기준형이나 무부자망에 비하여 더욱 우수하다고 사료된다. 즉, 4.0knot를 기준으로 카이트망은 기준형에 비해서는 약 50%, 무부자망에 비해서는 약 25%로 더 효율적인 것으로 나타났다. 그리고, 4.0knot이상에서는 그 차이가 더욱 크게 나타난다는 것을 알 수 있었다.

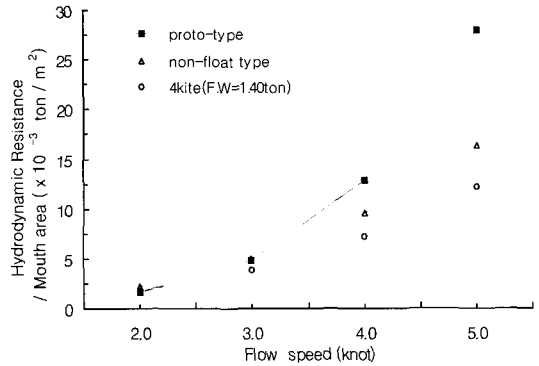


Fig. 15. Relationship between hydrodynamic resistance per mouth area and flow speed in non-float midwater pair trawl net with the 4 kites when dL is 30 m and wing-end weight is 0 ton.

요 약

무부자망은 망구의 전개 및 예상시 중저층에서의 예상수심 조절이 효과적이었지만, 표층~30m에서는 예망이 어렵다는 것이 확인되었다. 따라서 본 연구는 이것을 극복하기 위하여 카이트(Kite)의 적용을 검토한 것으로 무부자 쌍끌이 중층망의 뜬줄에 연결된 대형망목부에 부분적으로 카이트를 부착하여 회류수조에서 모형실험으로 그 전개성능을 비교 조사하고 우리나라 쌍끌이 중층망에 적용 가능성을 검토하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 예상수심은 카이트망이 기준형과 무부자망보다 유속별 예상수심이 모두 상승하였으며, 실제 조업시의 예상속도 4.0knot일 때를 기준으로 2개의 카이트를 부착했을 때는 약 20m였고, 4개의 카이트를 부착했을 때는 약 5m였다. 또한, 카이트망의 추와 날개 끝 추의 무게가 증가함에 따른 예상수심의 변화는 거의 없었으며, 발줄의 깊이만 각각 약 15m와 10m 침강하였다. 그리고, 아래발줄의 길이(dL)의 증가에 따른 예상수심의 변화는 없었고, 발줄의 깊이만 약 22m 침강하였다.

2. 유체저항은 유속이 2.0~5.0knot로 증가함에 따라 거의 직선적으로 증가하였으며, 그 증가율은 유속이 증가함에 따라 커지는 경향을 보였다. 또, 카이트망의 유체저항은 무부자망과 기준형에 비해 약

5~10ton 더 컸다. 그리고, 카이트망의 유체저항은 4.0knot를 기준으로 추의 무게가 1.40~3.50ton으로 증가할 때 약 3ton, 날개끝 추의 무게가 0~1.11ton으로 증가할 때 약 4ton 증가하였으며, 아래끝줄의 길이(dL)가 0~40m로 증가할 때 유체저항은 약 5.5ton 증가하였다.

3. 망고는 4.0knot를 기준으로 카이트의 면적이 2,270mm²(2kite)에서 4,540mm²(4kite)로 증가할 때 약 10m 증가하였으며, 카이트의 면적이 4,540mm²(4kite)일 때 기준망보다는 약 50m, 무부자망보다는 약 30m 증가하였다. 망폭의 변화는 모든 경우에서 유속의 변화에 따라 5m 내외로 거의 일정하였다.

4. 여과량은 카이트망이 기준형과 무부자망에 비해 유속이 2.0knot일 때는 각각 약 28% 34% 더 컸으며, 3.0knot일 때는 약 42% 41%이었고, 4.0knot일 때는 약 62% 45%이었으며, 5.0knot일 때는 약 74% 54%로 더 컸다.

각 어구별 적정 예망속도는 뜬이 있는 기준형은 약 3.0knot, 무부자망은 4.0knot이상 이었으며, 카이트망은 5.0knot 이상에서도 가능한 것으로 판단된다.

5. 망구면적당 유체저항의 비는 기준형, 무부자형, 카이트망의 순으로 전개효율은 카이트망이 가장 우수하였으며 다음으로 무부자망, 기준형의 순이었다. 실제 예망속도인 4.0knot를 기준으로 카이트망은 기준형에 비해서는 약 50%, 무부자형에 비해서는 약 25%로 더 효율적인 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Wileman, David · Yngvesson, Stig Rune and Hansend, Kurt(1988) : DANISH MID-WATER TRAWL DESIGN TECHIQUES, PROCEED- INGS WORLD SYMPOSIUM ON FISHING GEAR AND FISHG VESSEL DESIGN, 306-313.
- Fridman (1986) : Calcuations for fishing gear desings, FAO Fishing Manuals, 66-69.
- Fujiishi, Akio(1990) : Model Test of a High-Speed Midwater Rope Trawl for estimating the Optimum Buoyance-Weight Ratio, Nippon Suisan Gakkaishi, 56(12), 2011-2018.
- 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.
- 高冠瑞 · 金大安(1985) : 漁具學, 敎文出版社, 204-213, 225-239.
- 권병국(1995) : 쌍끌이 중층망의 전개성능 향상을 위한 모형실험, 韓國漁業技術學會誌, 31(4), 340-349.
- 김정문 · 김진건(2000) : 쌍끌이 중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.
- 柳濟凡(2001) : 無浮子 쌍끌이 中層網의 展開性能에 관한 模型實驗, 釜慶大學校大學院水産物理 學科 碩士論文, 19-30.
- 예영희(1993) : 로프 트롤 그물의 基本性能에 관한 模型實驗, 釜山水産大學校大學院碩士論文, 7-12.
- 李秉錡(1985) : 現代 트로울 漁法, 太和出版社, 184-202.
- 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 자루 그물의 斷面形狀에 關해서, 漁業技術, 20(2), 65-71.
- 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.
- 이주희 · 유제범 · 이춘우 · 권병국 · 김정문(2003) : 無浮子 쌍끌이 中層網 어구어법 기술개발(1), 韓國漁業技術學會誌, 39(1), 33-43.
- 張志元 · 徐斗玉(1981) : 漁具工學, 新韓出版社, 126-142.
- 張忠植(1996) : 쌍끌이 中層트롤의 展開性能과 漁業特性에 關한 研究, 釜山水産大學校大學院博士學位論文, 12-27.

2003년 6월 11일 접수
2003년 7월 21일 수리