

북태평양 어장에서 명태 어획을 위한 소형 중층트롤 설계 및 성능 분석

이인현 · 이건호[†]

한국수산자원공단(조사원) · [†]경상국립대학교(교수)

A Study on the Design and Performance Analysis of Small Midwater Trawls for Pollock Fishing in North Pacific

Inhyun LEE · Gun-Ho LEE[†]

Korea Fisheries Resources Agency(researcher) · [†]Gyeongsang National University(professor)

Abstract

In the North Pacific, trawl fishing is mainly carried out for pollock. Fishing gear of a size suitable for these trawler specifications is important in the operation of fishing gear. In addition, large-scale Russian shipping companies with capital power in the North Pacific are currently introducing large trawlers. The fishing gear used here is mainly from Europe and is very expensive. Therefore, it is necessary to design trawlers and fishing gear suitable for small shipping companies. The purpose of this study is to calculate the predictive towing forces by using the main specifications of small trawler and to present a midwater trawl design. For the price competitiveness of the completed fishing gear, it was designed using polypropylene ropes and polyethylene nets. In addition, we propose a trawl design method suitable for the specifications of a fishing boat and present the utility of a kite.

Key words : North pacific, Trawler, Fishing gear design, Canvas kite

I. 서론

트롤 어구가 최적의 어획 성능을 발휘하기 위해서는 대상 어종과 어구를 운용하는 선박의 규모 및 예망 능력(출력)을 고려하여 설계 및 제작되어야 한다. 일반적으로 어구의 크기가 증가하면 소해 면적이 넓어져 어획 성능이 증가하지만 동시에 어구 예망에 따른 유수 저항도 함께 증가하므로 어구의 크기 증가에는 한계가 있다(Kim et al., 2017). 어구의 부적절한 설계로 인한 저항

증가는 어선의 연료 소모를 증가시켜 채산성을 떨어뜨리거나 어선의 전진 성능을 감소시켜 심한 경우 조업 자체가 불가능한 상황을 초래하기도 한다. 따라서 어선의 규모와 성능에 맞는 적정 어구의 설계는 조업의 성패를 좌우하는 매우 중요한 요인이다.

트롤 어구가 이용되는 어장은 매우 다양하지만 그 중에서도 북태평양 어장은 세계적으로 어획량이 가장 많으면서도 트롤 조업 규모도 매우 큰 어장으로(Zhang, 2012) 북태평양의 트롤선은 주로

[†] Corresponding author : 055-772-9181, gunho.lee@gnu.ac.kr

* 이 논문은 2019년도 산업통산자원부 중견조선소혁신성장개발사업 러시아 수출지원을 위한 극동해역 조업용 36m급 트롤어선 설계 및 건조공법 개발(20005856) 및 (주)케이티아이의 지원으로 수행된 연구입니다.

명태를 조업 대상으로 한다. 한편, 최근들어 북태평양 어장에 명태 어획을 위해 투입되는 트롤선들은 점차 대형화되고 있는데 신규로 진출한 트롤선들은 대부분이 총톤수 7,800톤(LOA 105 m)에 주기관의 출력이 5,900 kW 이상의 대형선이다(러시아선급협회, 2021). 이는 첨단화된 조업 및 공선식 시스템의 탑재나 선박의 감항성 향상 등에 기인한 것도 있지만 가능한 한 항차에 많은 어획량을 확보함으로써 항차별 이동에 따른 시간과 경비를 줄여 채산성을 높이기 위한 의도가 상당 부분 반영된 것으로 생각된다. 추세가 이렇다 보니 트롤 어구를 전문적으로 취급하는 유럽의 제작사에서는 대형 트롤선에 맞게 대형 트롤 어구를 주로 제작·공급하고 있고 상대적으로 규모가 작은 중소 규모의 트롤선에서 운용할 수 있는 트롤 어구의 개발과 공급은 줄이고 있는 실정이다. 따라서 북태평양 어장에서 규모가 작은 1,000톤급 이하의 트롤선으로 운용이 가능한 소형 트롤 어구의 개발이 필요하다. 지금까지 트롤 어구의 규모나 설계 특성에 따른 어구의 성능과 관련하여 수행된 연구를 살펴보면 실물어구 실험으로 어구저항 및 예망속도, 전기관관의 간격을 통하여 망구 형상을 분석한 연구(Kim and Lee, 1999), 해상실험을 통하여 중층트롤의 형상과 저항을 요소별로 수치화한 연구(Park and Lee, 1999), 모형실험과 수치해석을 이용하여 저저항형 중층트롤 성능을 해석한 연구(Kim et al., 2017), 트롤선의 유효마력과 적정 규모의 어구(Lee et al., 2021)등의 연구가 수행된 바 있다. 그러나 이러한 연구 중에 북태평양 어장에 대한 러시아연방 수산청의 망목 규제 조항(명태 조업 시 망목의 크기(내경)는 110 mm 이상, 트롤의 자루그물과 끝자루 사이에 사각 그물로 된 보호망 부착)과 1,000톤급 이하의 소형 트롤선의 규모와 출력을 만족하는 명태잡이용 트롤 어구의 설계 및 성능에 관한 연구는 수행된 바가 드물다. 따라서 본 연구에서는 36 m급 소형 트롤선(총톤수 467톤)의 규모와 성능, 그리고 북태평양의 망목 규제에 적합한 중층

트롤 어구 설계안을 개발하고자 한다. 이를 위해서 트롤선의 출력과 예망 속력에 따른 적정 어구 저항을 계산하여 이 저항에 적합한 규모의 트롤 어구를 설계하고 수치 시뮬레이션과 모형 실험을 통해 설계 어구가 실제로 이 저항 범위에서 운용 가능한지를 평가하였다.

II. 재료 및 방법

1. 트롤 어구의 설계

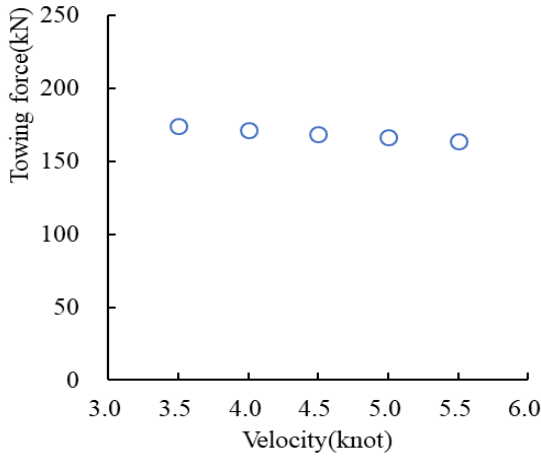
트롤 설계 시 고려 사항으로 어선의 크기, 주기관의 출력, 갑판의 형상 및 길이 등을 고려하여 설계를 진행하는데 본 연구에서는 총톤수 467톤에 주기관 출력 1,030 kW, 전장 36.3 m인 소형 트롤선 설계안을 바탕으로 진행하였다. 어구의 규모는 트롤선 주기관의 정격 출력에서 선체 저항을 극복하는데 필요한 출력을 제외한 범위 내에서 결정하였다, 선체저항을 제외한 트롤선의 출력을 예망력(T_G)이라 하면 예망력은 다음으로 나타낼 수 있다 (Lee, 1977).

$$T_G = P \cdot \eta_0 \cdot \frac{75}{v} - R_s \dots\dots\dots (1)$$

여기서 P 는 예망출력, η_0 는 추진기 효율, v 는 예망속도, R_s 는 선체 저항이다.

위 식을 바탕으로 36 m급 트롤선의 주기관 출력 및 선체 저항을 바탕으로 예망속도 3.5~ 5.5 kn에서의 예망력(T_G)을 산출한 결과는 다음 그래프와 같다([Fig. 1]).

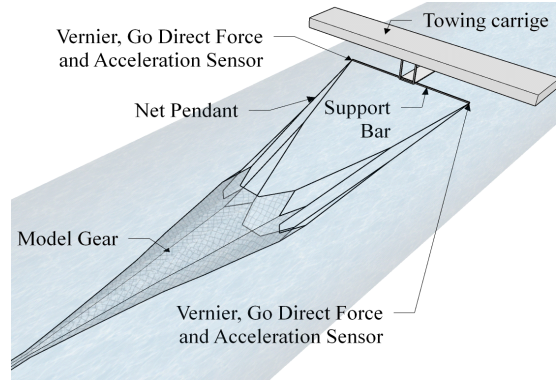
[Fig. 1]의 예망력 산출 결과를 기준으로 트롤의 로프 부분은 폴리프로필렌 재질(SUPERDAN 3S/T Rope)의 끈 로프를 사용하고, 그물 부분은 PE Braided Net으로 어구를 구성하였다. 설계 시 망고는 일반적으로 3.5 kn 예망 시 망둘레를 기준으로 추정하는데 목표 망고를 30 m로 하여 설계를 진행하였다. 실제 어구 제작 상황을 고려하



[Fig. 1] Characteristic curve of towing force.

여 일반적으로 사용이 많은 규격으로 망지의 연결에서 감목비가 최대한 정수비가 되도록 하였다. 또한 예망속도가 빠를 경우 어구의 형상이 망 입구에서 자루그물까지 변화 폭이 크면 물의 여과 상태가 나빠져 어군의 입망을 방해하므로 변화가 적도록 망폭을 배치하여 설계를 하였다 (Lee, 1977).

Lee et al.(2012)을 참고하여 설계된 트롤의 어구 저항 및 형상, 장력의 분포 등을 어구 거동 해석 시스템 (SimuTrawl, MPSL, Korea)을 사용하여 분석하였다. 설계 시 사용된 전개판의 사양은 면적 5.32 m², 중량 1,590 kgf 이었으며 예망속도는 3.5~ 5.5 kn 범위에서 0.5 kn 단위로 적용하였다. 어구의 저항은 양 끝줄의 장력을 측정하여 합산하였고, 망고는 망 입구 중앙 부분의 뜰줄과 발줄 사이의 간격 즉, Z축의 위치 값 차이를 이용하여 측정하였다. 어구의 형상 및 장력 분포는 해석 시스템 내부의 장력 계산 기능을 사용하여 확인하였다. 또한 본 연구에서는 어구의 부력재료로 유지보수가 용이한 내압용 플라스틱 뜰과 부피가 작은 카이트 두 종류를 설계하여 시뮬레이션한 후 성능을 비교하였다(Bae et al., 2004).



[Fig.2] Towing test scene of the offshore midwater trawl in the towing tank.

2. 모형실험

모형실험은 국립수산과학원 3차원 조파수조 (85.0 m(L)× 10.0 m(W)× 4.0 m(H))에서 수행되었다. 모형어구의 상사비는 전개판의 좌우 전개폭을 고려하여 1/20 이며, 예망 속도는 0.60 m/s, 0.75 m/s, 0.90 m/s 이었다. 예인전차 아래에 전개장치를 부착하고 그물 목줄에 작용하는 장력을 어구의 저항으로 측정하였다. 저항 측정에 사용된 장력계는 Vernier Go Direct Force and Acceleration Sensor(GDX-FOR, Vernier, USA)를 사용(장력 측정범위 ±50 N)하였으며, 측정은 1,000 Hz의 빈도로 측정하였다. 모형 실험과 시뮬레이션 결과 값을 비교하기 위해 모형 실험의 결과 값을 식 (2)에 나타낸 Tauti 모형 수칙에 따라 실물 어구에 대한 값으로 변환하였다 (Kim et al., 2011).

$$\frac{R_m}{R_f} = \left(\frac{\lambda_m}{\lambda_f} \right)^2 \left(\frac{v_m}{v_f} \right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

여기서, $\frac{R_m}{R_f}$ 은 모형 어구와 실물 어구의 저항

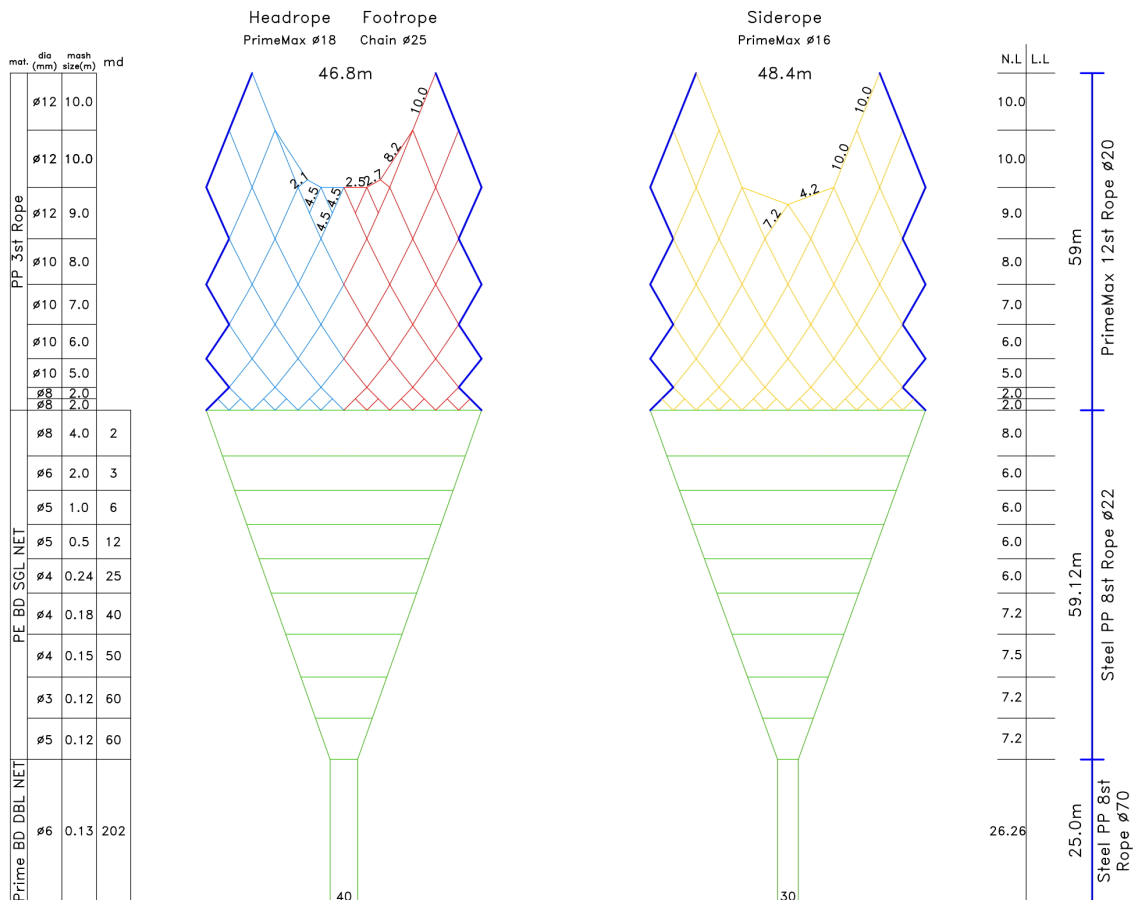
비, $\frac{\lambda_m}{\lambda_f}$ 은 상사비, $\frac{v_m}{v_f}$ 는 속도비이다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 트롤 어구 설계 결과

설계 트롤의 목표 망고가 30 m이므로 망 입구 둘레를 기준으로 그물발의 길이가 9 m에 망 둘레가 432 m가 되도록 상하 및 옆판을 구성하여 설계를 하였다. 로프부분의 힘줄은 초고분자량 폴리에틸렌(Ultra High Molecular Weight Polyethylene, UHMWPE) 12S/T Rope 20 mm를 사용하고, 그물부분은 폴리프로필렌(SUPERDAN) 8S/T Rope 22 mm를 사용하여 적정 어구 저항 및 강도를 확보하고 발줄은 Anchor chain 26 mm 및 30 mm를 적용함으로써 Bolchline 없이 구조

를 단순화하여 제조 공정 및 제작 인건비를 낮추었다. Front Weight를 양쪽에 200.0 kg씩 배치하여 총 침강력이 1,143.7 kg이 되도록 하였다. 부력재료는 360 mm 내압용 플라스틱 띄움 42개 배치하여 침강력 대비 부력이 약 60%가 되도록 하였다. 로프 부분의 구성은 인장강도가 비교적 높고 취급이 용이하며 저렴한 폴리프로필렌(SUPERDAN) 3S/T Rope를 사용하여 설계를 하고 그물부분은 내마모성이 높고 가격이 비교적 저렴한 PE Braided Net을 적용하였다. Fig. 3은 본 연구에서 제안한 설계기준을 통하여 완성한 트롤 어구 설계안을 나타낸다.

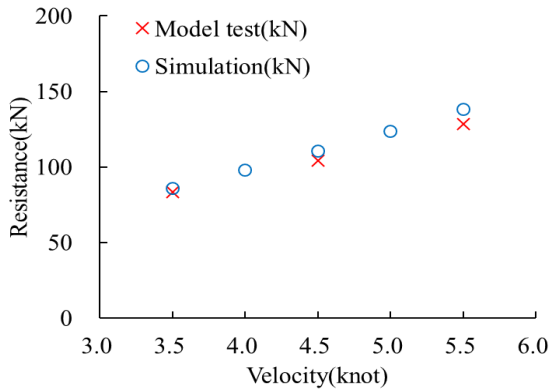


[Fig. 3] Schematic drawing of the offshore midwater trawl for 36m class trawler.

<Table 1> Specification of a midwater trawl

Item	Specification
Mainline	
Rope part	UHMWPE 12S/T 20 mm
Net part	SUPERDAN 8S/T 22 mm
Codend	SUPERDAN 8S/T 70 mm
Head rope	UHMWPE 12S/T 18 mm
Float	
Type	Center Hole Type
Size, arrangement	∅360 mm for 800 m
Number of float	42 EA
Total buoyancy	672.0 kgf
Foot rope	
Type	Anchor Chain
Length	36.4 m (26 mm), 10.4 m (30 mm)
Sinking force	743.7 kgf
Front weight	200 kgf for each side

2. 모형실험을 통한 시뮬레이션의 정확성 검증



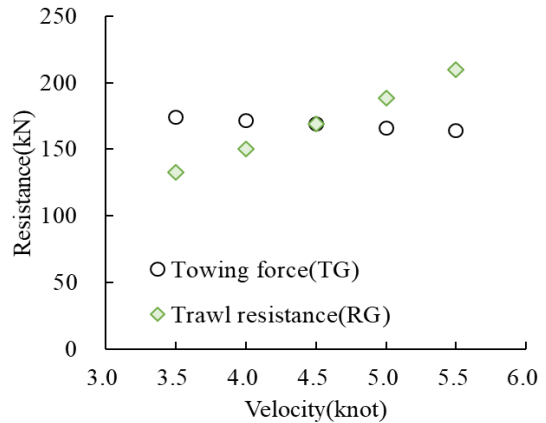
[Fig. 4] The resistance of model test and simulation result.

[Fig. 4]는 모형 실험에서 측정된 그물 목줄의 장력을 실물 크기로 환산한 값과 시뮬레이션에서 계산된 그물 목줄의 장력 값을 예망 속도에 따라 비교한 그래프이다. 시뮬레이션과 모형실험의 장력 모두 예망속력이 증가할수록 선형적으로 증가

하는 경향을 보였고 예망속력 5.5 kn에서 시뮬레이션의 결과가 모형 실험의 결과보다 약간 큰 것을 제외하면 두 결과가 비교적 잘 일치하는 것을 확인하였다. 따라서 어구 거동 해석 시스템을 통해 끝줄을 포함한 어구 전체의 저항 및 전개 성능을 해석하는 데 무리가 없는 것으로 판단하였다.

3. 시뮬레이션 결과

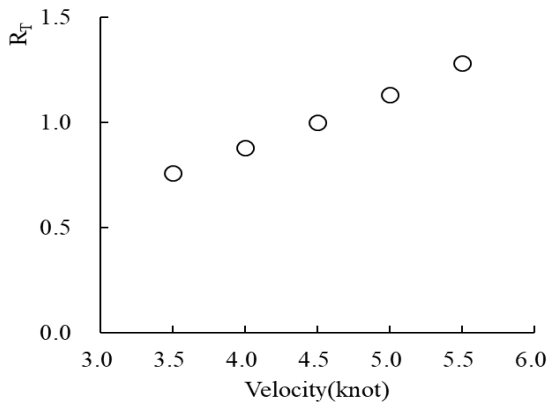
시뮬레이션 결과에 따른 예망속도별 예망력과 어구저항을 [Fig. 5]에 나타냈다.



[Fig. 5] Comparison of towing force and trawl resistance by flow velocity.

예망속도가 증가할수록 트롤선의 예망력은 선형적으로 감소하는 반면 어구저항은 증가하는 것으로 나타났다. 트롤선의 예망력과 저항력은 트롤선의 예망 가능 여부를 나타내는 지표로서 예망력이 저항력보다 클수록 예망 성능은 좋아지며, 반대의 경우 예망 성능이 나빠진다. 반면 예망력이 저항력보다 지나치게 클 경우 오히려 조업 효율성과 선박 운영의 경제성을 저하시키는 요인이 되기도 한다. 즉, 트롤선의 출력에 비해 어구 규모가 작으면 트롤선의 성능 대비 최대 조업 성능을 끌어낼 수 없다. 따라서 트롤선의 출력에 맞는 적정 규모의 어구를 설계하는 것이 필

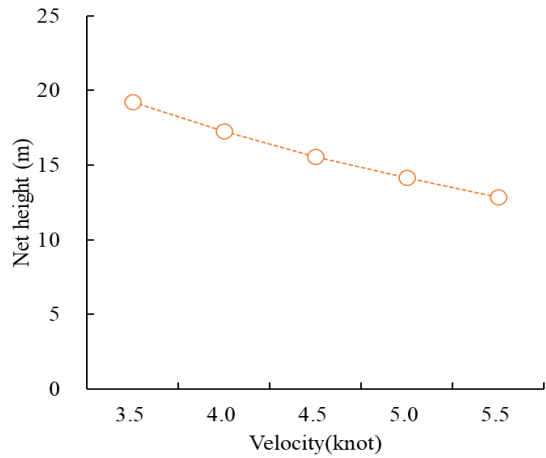
요하다. 이를 파악하기 위해 [Fig. 5]의 결과를 예망력에 대한 저항력의 비(이하 계수 R_T 로 표현)로 무차원화하여 [Fig. 6]에 나타냈다. 그 결과, 예망속력이 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 kn일 때 R_T 값은 각각 0.76, 0.88, 1.00, 1.13, 1.28으로 나타났다. 즉, R_T 이 1.0일 때 어구의 저항력이 트롤선의 예망력과 같아지며, 그 이상의 속도에서는 저항력이 예망력을 초과하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 어구의 저항력이 예망력의 약 88%에 해당하는 4.0 kn를 적정 예망 가능 속력으로 판단하였다. 이는 북태평양 어장에서 명태 조업 시의 일반적인 예망 속력인 3.5~ 4.0 kn 범위를 만족하는 결과다. 따라서 본 연구에서 설계한 트롤 어구의 예망 저항이 해당 트롤선의 운용에 적합한 것을 알 수 있다.



[Fig. 6] The resistance coefficient to towing force.

다음으로 트롤 어구의 예망속력에 따른 망고의 적정성을 확인하였다. 시뮬레이션 결과, 망고는 예망속력이 증가할수록 선형적으로 감소하는 것으로 나타났다[Fig. 7].

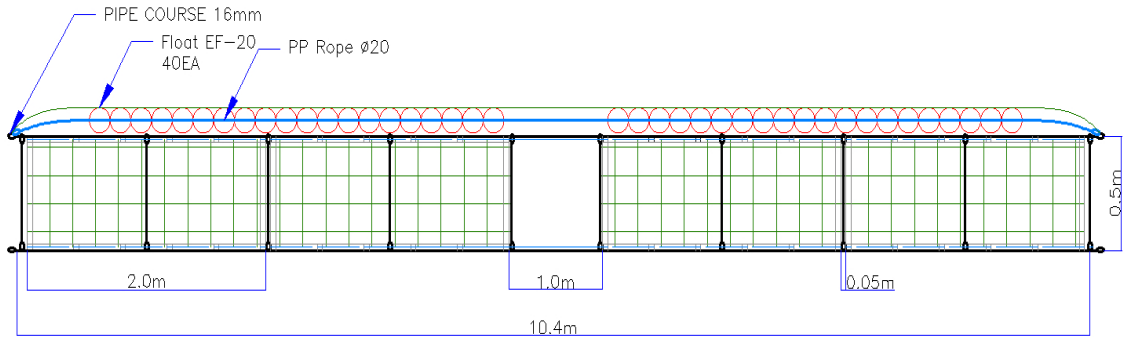
구체적으로는 예망속력이 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 kn 일 때 망고는 각각 19.2, 17.3, 15.6, 14.1, 12.8 m로 나타났다. 본 연구에서 목표로 한 값은 예망속력이 3.5 kn 일 때 30 m였고 시뮬레이션 결과에서는 19.2 m로 나타났기 때문에 설계안에 따른



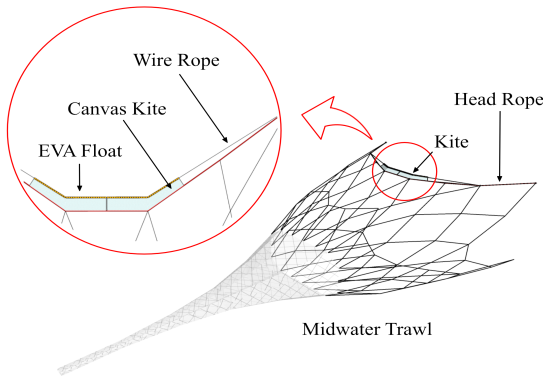
[Fig. 7] The net height change according to flow velocity.

망고가 목표 값에 크게 미달하는 것으로 파악되었다. 또한 예망속력이 증가할수록 망고가 감소하여 주 예망속력인 4.0 kn에서는 망고가 목표로 한 망고의 약 50%까지 감소하는 등 만족스럽지 못한 결과를 나타냈다. 이러한 문제를 해결하기 위해 상대적으로 항력 대비 양력 성능이 좋은 카이트를 부이 대신 적용하는 방안을 고려하였다. 망고 개선을 위해 적용할 카이트는 뜬줄 중앙부에 부착되는 네트 레코더에 방해 되지 않도록 1 m 공간을 띄우고 좌우로 가로 2.0 m, 세로 0.5 m 캔버스 2장씩, 총 4장을 배치하였다(Fig. 7). 카이트의 전단부에는 양력을 형성할 수 있게 전단부 가로 방향으로 에틸렌초산비닐 재질의 뜬 40개를 부착하였다(EVA Float, EF-20, 180 mm(L) × 30 mm(Hole), Buoyancy 2.0 kgf/ EA). 이같이 뜬줄에 카이트를 적용한 설계안과 플라스틱 뜬(360 mm for 800 m, Center hole type, Buoyancy 16.0 kgf/ EA)을 적용한 설계안에 대해 시뮬레이션을 실시하고 각각의 저항 및 망고를 비교하였다. 카이트의 설계도와 카이트가 부착된 어구의 모식도를 [Fig. 8]과 [Fig. 9]에 나타냈다.

북태평양 어장에서 명태 어획을 위한 소형 중층트를 설계 및 성능 분석



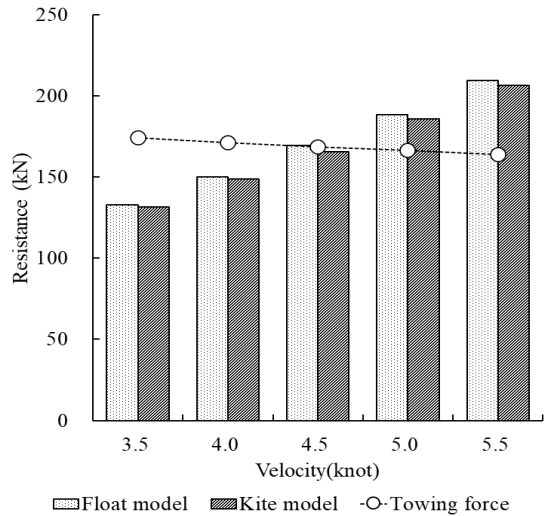
[Fig. 8] Schematic drawing of the canvas kite for offshore midwater trawl.



[Fig. 9] Schematic diagram of canvas kite on midwater trawl.

그 결과, 예망속력에 따른 예망력과 저항은 [Fig. 10]와 같이 나타났다. 어구의 저항은 카이트와 플라스틱 뜬을 적용한 두 경우 모두 예망속력에 따라 선형적으로 증가하였으나 카이트를 적용했을 때의 값이 기존의 플라스틱 뜬을 적용했을 때와 비교해 모든 예망속력에서 조금 낮은 값을 나타냈다. 그러나 [Fig. 11]에 나타난 바와 같이 예망속력에 따른 망고의 변화는 차이가 컸다. 플라스틱 뜬 적용 시 예망속력의 증가에 따라 망고는 기울기가 비교적 큰 1차 함수 형태로 감소하였으나 카이트를 적용한 경우에는 망고가 약 22 m로 거의 일정한 값을 유지하였다. 따라서 카이트를 사용할 경우 목표 망고에는 못 미치지만 예망속력 증가에 따른 급격한 망고의 감소 및 어획 성능 저하의 문제는 해소할 수 있을 것으로 판단

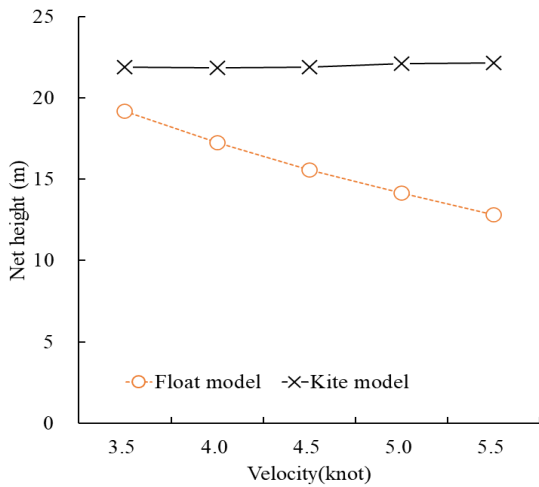
하였다.



[Fig. 10] Comparison of resistance of float model and canvas kite model according to flow velocity.

또한 플라스틱 뜬 적용 시에는 예망속력 4.5 kn에서 예망력과 어구 저항이 거의 같게 되어 4.5 kn의 예망속력을 요구하는 정어리나 고등어 조업은 불가능한 상황이었으나 카이트를 적용할 경우 어구 저항이 플라스틱 뜬 적용 시보다 2.3% 감소하면서 예망력에 약간의 여유가 생기므로 저항 성능을 조금 더 개선한다면 해당 조업도 가능할 것으로 판단되었다.

북태평양 조업을 위한 소형 트롤어구는 중대형



[Fig. 11] Comparison of net height of float model and canvas kite model according to flow velocity.

어구에 비해 자재 비용이 40~ 50% 가량 낮으며 7,800톤 규모의 대형트롤선과 비교하면 80~90%까지 저렴하다. 이처럼 트롤 어구의 크기가 작아지면 어구 자재 비용 절감에 따른 영향도 커지게 된다. 트롤 어구에 사용되는 여러 어구 자재 중에서 내압용 플라스틱 뜬은 파손이나 망실 시 쉽게 교체가 가능하여 트롤의 부력재료로 많이 사용하지만 부피도 크고 사용량도 많아 어선 내 적재공간을 많이 차지하는 단점이 있다. 그뿐만 아니라 지름 360 mm를 초과하는 내압용 플라스틱 뜬은 현재 국내에서 생산조차 되지 않아 수입에 의존해야 하기에 비용 부담이 크다. 이러한 단점을 보완하기 위한 카이트는 플라스틱 뜬의 파손에 따른 교체 주기를 감안하면 비교적 값이 저렴하면서 전개각을 조정하여 부력을 조절할 수 있으며 부피가 작아 소형 트롤선과 같이 적재공간이 부족하거나 여러 개의 트롤 어구를 동시에 운용하는 어선에서 공간을 효율적으로 사용할 수 있기에 플라스틱 뜬보다 경제적이고 효과적인 부력재료로 판단된다. 이같이 카이트는 플라스틱 부이에 비해 장점이 많으나 소형 트롤 어구의 어획

성능과 관련하여서는 아직까지도 확인되지 다양한 특성들이 존재한다. 따라서 향후 연구에서는 카이트의 크기와 적용 범위, 그리고 전개 각도 차이 등에 따른 어구 저항 및 망고의 변화를 연구할 필요가 있다. 아울러 본 연구에서 제시한 명태 조업용 소형 트롤 어구는 전체적으로 어구 저항에 비해 망고가 낮고 조업 가능한 어종이 제한적이라 실용성이 다소 부족하다. 따라서 향후 연구에서는 카이트를 비롯한 다양한 조건들을 개선하여 4.5 kn 이상의 예망속력에서도 안정적으로 조업이 가능한 소형 트롤 어구 설계안을 개발해야 할 것이다.

IV. 결론

본 연구에서는 36 m급 소형 트롤선의 출력 (1,030 kW) 및 북태평양의 망목 규제에 적합한 중층트롤 어구 설계안을 개발하고자 트롤선의 출력과 예망 속력에 따른 어구 설계안의 적합성을 시뮬레이션과 모형 실험을 통해 분석하였고 그 결과는 다음과 같았다.

예망 속력 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 kn에 대한 소형 트롤선의 예망력은 각각 174.1, 171.4, 168.8, 166.2, 163.8 kN이었으며, 트롤 어구의 저항은 각각 132.7, 150.1, 169.2, 188.5, 209.6 kN 이었다. 예망력과 저항력 비교를 통해 확인한 최대 예망 가능 속력은 어구의 저항력이 예망력의 약 87%에 해당하는 4.0 kn였다.

트롤 어구의 망고를 개선하기 위해 뜬줄에 플라스틱 뜬을 사용한 경우와 카이트를 사용한 경우에 대해 서로 비교한 결과, 예망속력이 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 kn일 때 플라스틱 뜬을 사용했을 때의 망고는 각각 19.2, 17.3, 15.6, 14.1, 12.8 m, 어구저항은 132.7, 150.1, 169.2, 188.5, 209.6 kN이었고, 카이트를 사용했을 때는 각각 21.9, 21.9, 22.1, 22.2 m, 어구저항은 131.4, 148.9, 165.4, 186.0, 206.6 kN로 모든 예망속력에서 카이

트를 부착했을 때의 망고가 플라스틱 뜰을 사용했을 때보다 높았고 어구저항은 낮았다. 따라서 카이트를 사용할 경우 예망속력 증가에 따른 망고 감소를 개선할 수 있을 것으로 판단한다.

끝으로 이같은 분석을 통하여 출력이 1,030 kW급 소형 트롤 어선에 적합한 어구의 대략적인 규격은 P.E Braided 4매식 그물 기반에 입구 망둘레 432 m, 망고 약 22 m, 망 길이 118.12 m, 어구 저항 148.9 kN(예망속력 4.0 kn 기준), 발출침강력은 743.7 kgf, 뜰줄 부력은 1,236.4 kgf인 것으로 확인되었다. 본 연구 결과는 향후 북태평양에서 명태를 대상으로 조업하는 소형 트롤 어선에 적합한 트롤 어구의 설계안을 마련하는데 기여할 것으로 생각된다.

References

- Bae BS, Bae JH, An HC, Lee JH and Shin JW(2004). The hydrodynamic characteristics of the canvas kite- 1. The characteristics of the rectangular, trapezoid canvas kite. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology*, 40(3), 196~205.
<https://doi.org/10.3796/KSFT.2004.40.3.196>
- Jo HS(2016). Analysis on the national catch, CPUE and monthly fishing grounds of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* by the trawl fishery in the high seas of the Bering Sea. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology*, 52(2), 141~148.
<https://doi.org/10.3796/KSFT.2016.52.2.141>
- Kim DJ, Kim DA, Kim TH, Shin HH, Jang DJ and Cha BJ(2011). Flow resistance of bottom trawl nets and scale effect in their model experiments. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology*, 47(4), 281~289.
<https://doi.org/10.3796/ksft.2011.47.4.281>
- Kim IJ and Lee CW(1999). Analysis of the Net Mouth Shape for a Midwater Trawl Gear. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology*, 35(2), 118~128.
- Kim JE, Lee JH, Park SH, Lee CW and Park SB(2017). Performance analysis of a low drag generated midwater trawl using the model experiments and the numerical analysis. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology*, 53(2), 115~125.
<https://doi.org/10.3796/KSFT.2017.53.2.115>
- Kwon BG and Jang HY(1994). The development of midwater trawl net in North Pacific Ocean. *The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 6(1), 11~19.
- Lee BG(1977). *Modern Trawl Fisheries*. Tae Hwa Publishing Co., Busan, KOREA, 78~82.
- Lee CW, Choi KS and Jang YS(2021). A study on towing power of trawlers and a proper scale of trawl gears. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology*, 57(1), 1~9.
<https://doi.org/10.3796/ksfot.2021.57.1.001>
- Lee KH, Lee CW, Yang YS and Lee JH(2012). Development of a low-energy used large midwater trawl using a numerical method. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology*, 48(3), 195~207.
<https://doi.org/10.3796/ksft.2012.48.3.195>
- Lee KN(2011). Case Study on Fisheries Governance of IUU Agreement between Korea and Russia. *The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 23(4), 596~606.
- Lee KN and Seo BK(2007). Korea-China-Japan Fisheries Resources Management through Case Study. *The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 19(1), 53~73.
- Maeda K and Kim YU(2013). The Study on Reduction Method of Emission from Ships. *The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 25(3), 705~715.
<http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2013.25.3.705>
- Park BH(1971). International Fisheries Agreements and Demersal Fish Population in the North Pacific Ocean. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology*, 7, 28~38.
- Park JY and Lee CW(1999). Analysis of Resistance Distribution of the Midwater Trawl Net. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology*, 35(3), 250~266.
- Park SW, Lee KH, Kang MJ and Park SK(2012). Economic analysis of development of low-carbon trawl gear. *Journal of the Korean Society of*

Fisheries Technology, 48(4), 360~369.
<https://doi.org/10.3796/KSFT.2012.48.4.360>
Russian Maritime Register of Shipping(2021). Register
of ships. Retrieved from
lk.rs-class.org/regbook/regbookVessel?ln=en on
December 3.
Zhang CI(2012). Marine Fisheries Resource Ecology.

Pukyong National University Press, Busan,
KOREA, 99~100.

-
- Received : 20 March, 2023
 - Revised : 10 April, 2023
 - Accepted : 14 April, 2023