

선단축소를 위한 기선권현망 축소형 소형어구의 전개성능

안영수 · 백영수¹ · 진송한^{1*} · 장충식 · 강명희 · 차봉진² · 조윤희³ · 차주형⁴ · 김보연⁴

경상대학교 해양과학대학 해양산업연구소 교수, ¹중소조선연구원 연구원, ²남해수산연구소 자원환경과 연구원,
³경상대학교 실습선 교직원, ⁴경상대학교 대학원 해양생산공학과 학생

The opening efficiency of the miniaturized small-scale net for anchovy boat seine to reduce the fleet size

Young-Su AN, Young-su BACK¹, Song-han JIN^{1*}, Choong-Sik JANG, Myoung-hee KANG,
Bong-jin CHA², Youn-hyoung CHO³, Ju-hyeng CHA⁴ and Bo-Yeon KIM⁴

Professor, Department of Marine Production System / Institute of Marine Industry, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

¹*Researcher, Green-Ship Research Division, Research Institute of Medium & Small Shipbuilding, Busan 46757, Korea*

²*Researcher, Fisheries Resource and environment Division, South Sea Fisheries Research Institute, NIFS, Yeosu 59780, Korea*

³*Second Officer, Training Ship SAEBADA, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea*

⁴*Student, Department of Marine Production System, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea*

This study was conducted in order to improve opening efficiency of the miniaturized small-scale net for anchovy boat seine gear to reduce the fleet size. Field experiment was performed to observe geometry of nets by catcher boats. When the distance between the two ships was 150, 300 and 450 m and the speed of towing nets was 0.6, 0.9, and 1.2 kt, the vertical opening and actual opening of each part of the miniaturized small-scale net was as follows: the front part of the wing net, 6.8-9.5 m, 45-63%; the middle part of the wing net, 16.1-30.7 m, 34-65%; the entrance of the inside wing net, 21.6-41.2 m, 44-84%; the square and bosom, 17.4-34.0 m, 38-75%; the entrance of the body net, 16.5-29.4 m, 36-64%; the entrance of the bag net, 14.5-21.9 m, 70-106%; the flapper, 6.7-7.7 m, 81-83%, and the end of the bag net, 8.6-10.9 m, 64-81%. The tension of towing nets was measured to be 2,734-6,812 kg approximately, which indicates that the fleet can tow nets with 350 hp, the standard engine horse power. The fishing operation time was shortened comparing to existent net with the large-scale buoy attachment operation. It was also possible to operate the ship without fish detecting boat.

Keywords : Anchovy boat seine, Opening efficiency, Catcher boats, Wing net, Towing speed

*Corresponding author: shjin@rims.re.kr, Tel: +82-51-974-5524, Fax: +82-51-974-5577

서론

권현망어업은 멸치 단일 어종을 대상으로 연근해어업 총생산량의 10% 정도를 차지하는 매우 중요한 어업이다. 현재까지도 어구를 크게 하여 어획량을 증가시키겠다는 데에만 초점이 맞추어져 왔기 때문에 어구 규모의 축소를 위한 연구 및 개발이 필요한 어업이다.

권현망 어구에 대한 연구로는 재래식 권현망 어구와 파치망 어구 형태의 79형 개량식 어구에 대한 연구(Lee et al., 1970; Lee et al., 1978; Lee et al., 1979a)와 권현망 어구 개량 및 생력화 실험 연구(Lee et al., 1979b; Lee et al., 1980a; Lee et al., 1980b)가 있었다. 그리고 2000년 이후에는 실물 어구를 축소한 어구와 개량형 실험어구 제작을 통한 연구(Jang et al., 2000; Jang et al., 2001; An et al., 2005a; An et al., 2005b; Jang et al., 2005)가 있었다.

현재 권현망어업에서 사용 중인 어구의 기본 구조는 1970년대의 재래식 어구가 큰 변화 없이 크기만 증대되어 현재까지 사용되고 있으며, 어구가 대형화됨에 따라 예망작업에 많은 시간과 연료가 낭비되는 문제점이 있었다. 또한 수비와 자루그물도 어획량만을 충분히 확보할 목적으로 각각 50 m와 87 m 정도의 길이로 대형화되고, 자루그물을 어획물과 함께 양망하는 작업 자체만으로도 상당한 시간과 인력이 요구되었다. 이로 인해 매회 조업시마다 만선 수준의 어획량을 달성하지 못할 경우 연료비와 인건비의 부담으로 말미암아 수익을 내는 것이 사실상 어려운 문제점을 가지고 있는 어업이다.

현용의 권현망 어구의 예망 시 오비기의 선단 측 그물망 전체를 한 묶음이 되도록 접거나 말아서 이를 망선용 끌줄과 연결시키는 방식을 적용하고 있다. 오비기의 선단 측에서 발생한 그물망 주름이 오비기 전체 길이의 1/3 지점에 이르는 부분까지의 망고는 설계상의 망고에 비하여 10~17% 수준으로 매우 낮으며, 어군의 구집 역할을 실질적으로 수행하지 못하고 있는 실정이다. 또한 수비 구성 시, 여분이 많은 그물 살 구조로 인한 어구저항의 증대로 말미암아 예망방향과 반대되는 방향으로 수비의 그물 살이 자루 입구 후면까지 뒤로 쳐지는 포켓 현상, 즉 그물의 날림 현상이 자주 유발되었다. 멸치어군이 오비기를 따라 자루의 입구 전방까지 유도되지만 어군 중의 상당량이 수비의 포켓부에 의하여 자루그물 안으로 유도되지 못하고 수비와 자루그물 연결부에서 외

부로 빠져 나감에 따라 어군의 입망에도 가장 큰 장애요인이 되는 문제점이 있다. 따라서 수비의 포켓현상을 최소화시키고 해당 부위의 그물코를 통한 물 빠짐이 용이하도록 어구의 개발이 필요하다.

현행 어탐선은 투망과 동시에 자루 입구의 수심조정 로프를 잡고 예망 과정에서 어군탐지의 역할보다는 어구의 망고 조절의 역할을 수행하고 있어, 어탐선을 별도로 운용하지 않더라도 자루의 입구 위치를 확인하면서 조업이 가능한 연료절감형 권현망 어구 개발이 필요하다.

이 연구에서는 선단규모 축소와 얇은 수심에도 조업이 가능하도록 개발된 축소형 소형어구를 제작하여 실선실험에 의한 해상실험을 행하여 어구의 전개성능을 파악하고 어탐선 1척을 감척한 4척식 선단 조업으로 해상실험을 실시하여 4척식 선단 조업의 현장 실용화 가능성을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

어구

선단 축소를 위한 축소형 소형어구는 권현망 어구의 조업 과정 중 수중 형상에 관한 연구(An et al., 2005a), 3척식 자동화 양망 시스템 개발에 관한 연구(An et al., 2005b) 및 생력형 권현망 어구의 전개 성능에 관한 연구(Jang et al., 2005) 등의 결과를 적용하여 현용어구에 비해 어구의 크기를 28% 축소하여 어탐선 없이 4척 선단 조업이 가능하도록 설계하였다.

축소형 소형어구의 오비기 길이는 90코로 하였는데, 오비기 앞부분의 수직 전개가 양호하도록 하기 위하여 Fig. 1과 같이 오비기 앞쪽 끝을 ‘>’ 형태를 이루도록 사단하였다. 그리고 그물목줄은 Fig. 3과 같이 고강도 재질(TERAMAX PLUS rope)의 그물목줄(직경 20 mm)을 2가닥(50 m 및 52 m)과 10 m 4가닥을 연결하였다.

뜸줄 쪽 그물목줄은 오비기 앞끝의 그물코 꼬임을 방지하기 위하여 오비기 뜸줄과 직접 연결하였으며, 예망 실험 시에는 끌줄(삼봉줄)의 길이를 75 m로 조정하여 해상실험을 실시하였다. 오비기 앞끝의 발줄에는 각각 25 kg의 체인을 부착하여 투망과 동시에 오비기 앞끝이 신속하게 가라앉도록 하였다. 오비기의 폭은 65코로 하였으며, 그물코 크기 및 그물 살의 굵기는 3,600 mm와 4.6 mm를 사용하였고, 수비의 발줄 입구에도 각각

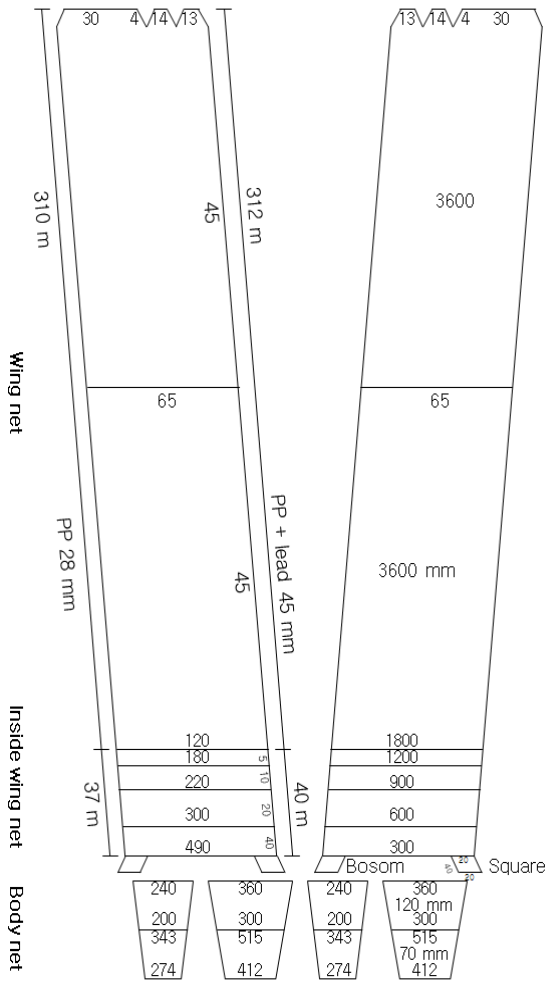


Fig. 1. Developed drawing of the miniaturized small-scale net.

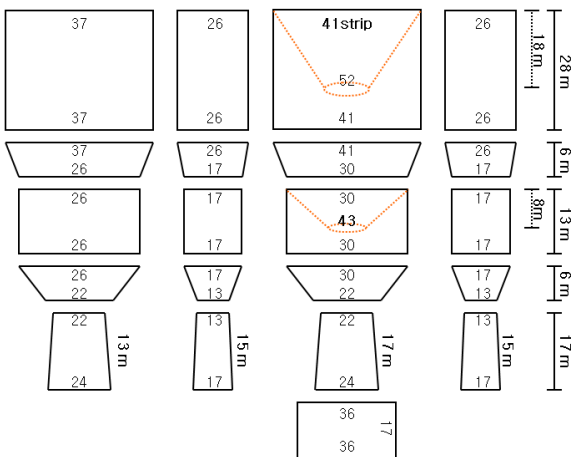


Fig. 2. Developed drawing of the miniaturized small-scale cod end.

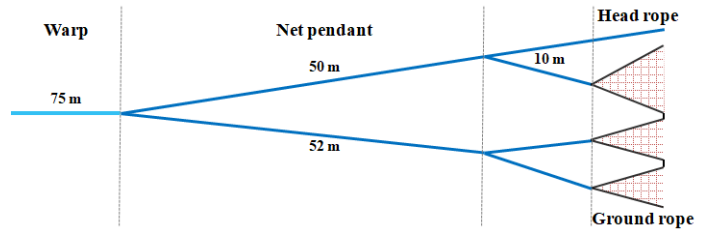


Fig. 3. Schematic drawing of the net pendants.

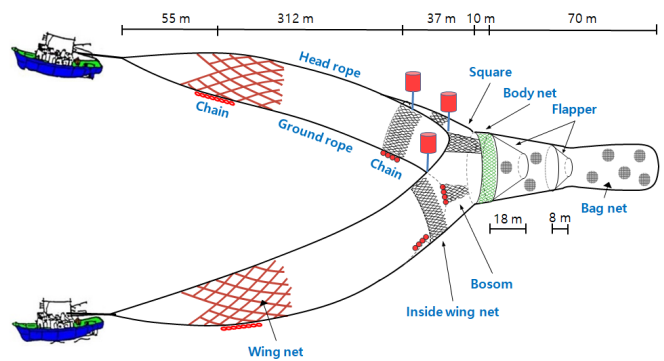


Fig. 4. Schematic diagram of the miniaturized small-scale net.



Fig. 5. Scene which is towing the net by the catcher boats.

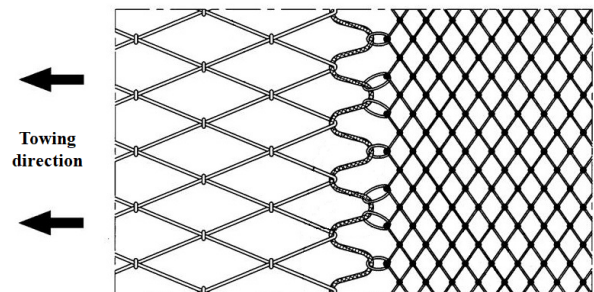


Fig. 6. Schematic drawing of the body net and inside wing net.

15 kg의 체인을 부착하였다.

어탐선을 배제한 4척 선단 조업을 위하여 Fig. 4와 같이 앞창에는 스티로폼 소형 뜰(1,000×600 mm, 부력 580 kg) 2개와 좌·우 수비 입구에 소형 뜰(750×450 mm, 부력 122 kg)을 각각 1개씩 부착하였다.

오비기는 m당 발줄의 중량을 2.20 kg, 수비에는 3.10 kg을 사용하여 수비의 m당 중량을 증대시켰으며, 전체 침강력은 1,575 kg(납 중량 799.6 kg)으로 구성하였다.

수비 길이는 4단계로 구성하였고, 그물코 크기는 1,200, 900, 600, 300 mm로 하였으며, 폭은 180, 220, 300, 490코로 제작하였다.

나발은 그물감은 고강도 재질(Prime net, PE/PES)의 그물 실 3.6 mm, 그물코 크기는 120 mm와 70 mm를 사용하였다. 그리고 길이는 100코, 폭은 밑판과 등판 앞부분은 360코, 뒷부분은 412코, 옆판 앞부분은 240코, 뒷부분은 274코로 하였다. 나발의 연결 및 부착 방식은 마름모 형태를 가지는 각 그물코의 장축 대각선이 권현망 어구의 예망방향과 90° 각도(Fig. 6)를 이루도록 배치된 그물망을 사용하였다. 그물 실 간의 연결부위는 그물매듭을 열 융착시킨 보강 매듭으로 제작하여, 앞창그물과 문턱이 포함된 수비의 후단부와 나발 앞쪽 부분의 그물코 비율을 1(수비) : 2~2.5(나발)로 연결하였다.

자루(Fig. 2)는 뒤끝으로 갈수록 좁아지는 트롤의 끝 자루와 같은 형태로 제작하였으며, 자루 입구는 130골(1골의 폭은 50 cm)로 구성하고, 자루 뒤끝은 82골로 하였다. 자루 내에 깔때기를 이중으로 부착하고, 5단계로 나누어 단계별로 좁아지도록 구성하였으며, 자루의 최종 단계에서는 입망된 어군의 안정적인 유영을 위해 뒤끝의 폭이 넓어지도록 제작하였다.

자루의 전체 길이는 70 m로 하였으며, 깔때기의 앞부분의 것은 앞뒤의 폭이 각각 65 m (130골) 및 26 m (52골), 길이는 18 m (12장대), 뒷부분은 앞뒤의 폭이 각각 45 m (90골) 및 21.5 m (43골), 길이는 8 m로 구성하였다. 자루 뒤판은 좌·우측 끝자루의 측판 그물보다 길게 하여 주름 결속 방식으로 연결시켜 예망 시 자루의 후단부가 어획물의 유영에 적합한 구형으로 펼쳐지게 하여, 포획된 멸치 어군의 활동 공간을 확보하고자 하였다.

또한, 자루 뒤판의 그물코 재질은 라셀망지를 사용하

여 강도 증가와 함께 물 빠짐이 개선되도록 하였으며, 자루 뒤끝 상단에는 소형 뜰 13개(부력 15 kg)를 가로 방향으로 전체 길이에 균등하게 부착하였으며, 하단에는 소형의 납(13 kg)을 균등하게 부착하였다.

어구는 오비기 312 m, 수비 37 m, 나발 10 m, 자루 70 m로 전체 길이를 429 m로 구성하였다.

실험방법

해상실험은 축소형 소형어구를 사용하여 2017년 6월 1일부터 6월 30일까지 통영 인근 해역에서(Fig. 7)에서 금정수산 소속 조업선 71금정호 및 72금정호(Table 1)를 이용하여 실시하였으며, 6월 1~3일에 각각 5~6회 예망 실험을 행하였다. 해상실험 시 71금정호를 주선으로 하고, 72금정호를 종선으로 하여 축소형 소형어구(Fig. 1)에 자루(Fig. 2)를 결합시켜 실험하였다.

어구 망고는 수중용 수심수온측정기(Star:ODDI, DST Centi-TD, Iceland)를 Fig. 8과 같이 오비기 앞끝, 오비기 중간(156 m), 수비 입구(313 m), 앞창 및 문턱(349 m), 나발 앞끝(355 m), 자루 입구(365 m), 깔때기(383 m), 자루 뒤끝(432 m)의 상·하단에 각각 부착하여 계측하였다.

어구 형상은 양선 간격을 각각 150, 300, 450 m로 하였을 때와 예망속도를 각각 0.6, 0.9, 1.2 k't로 하였을 때 어떻게 변화하는 가를 조사하였다. 이때 양선 간격은 선간거리계측기(RF Modem, DGPS, Korea), 레이다, GPS와 노트북 컴퓨터를 이용하였으며, 예망속도는 유속계와 기관의 회전수(RPM)로 조정하였다.

양선 간격은 Fig. 9와 같이 거리 측정의 정밀도가 매우 높은 선간 거리계측기로 조절하였으며, 하나는 기준국(MCS)으로 하여 주선에 설치하고 실시간으로 위치 정보를 전송하였다. 또 다른 하나는 두 선박간의 거리와 상대방위를 지시할 수 있도록 노트북 컴퓨터를 종선에 설치하여 이동국(MS)으로 하여 실시간 조업위치, 양선의 간격, 예망침로 등을 1초 간격으로 측정하였다.

또한, 망선의 예망마력과 어구의 적정 크기, 어구의 유체저항을 계측하기 위하여 끝명예와 끝줄 사이에 장력계(CAS, CASTON-Ⅲ, Korea, 허용용량 30 ton)를 달고, 양선의 간격과 예망속도를 각각 3단계로 조정하면서 측정하였다.

Table 1. Principal particulars of the M.S Guemjung 71 and Guemjung 72

Item	Fishing vessel	
	Guemjung 71	Guemjung 72
L.O.A. (m)	27.05	27.05
Molded breadth (m)	5.10	5.10
Draft (m)	2.30	2.30
G/T (ton)	35.00	35.00
Main engine		
Horse power (ps)	608	608
RPM	1,800	1,800

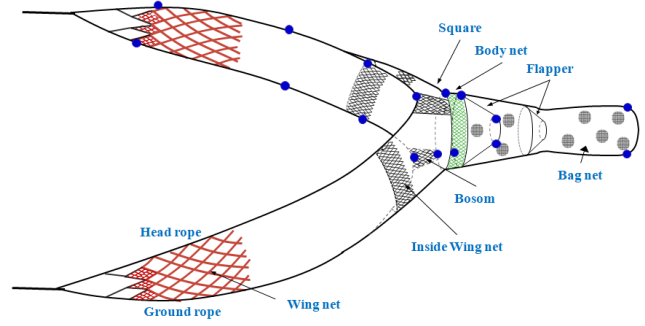


Fig. 8. Setting position of minilog (●).

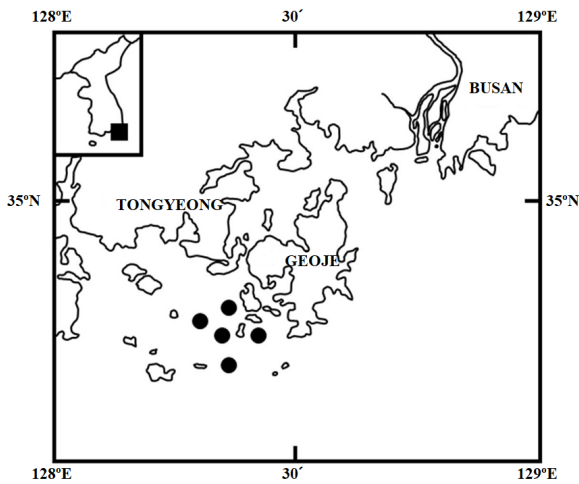


Fig. 7. Experimental fishing positions (●).

결과 및 고찰

양선의 간격에 따른 망고 변화

Fig. 1과 같은 축소형 소형어구와 Fig. 2의 자루를 결합하여 제작한 어구에 대하여 예망속도를 각각 0.6, 0.9, 1.2 k't로 일정하게 유지하면서 양선의 간격을 각각 150, 300, 450 m로 변화시켰을 때 각 부분의 망고를 나타낸 것은 Fig. 10과 같다.

예망속도를 0.6 k't로 유지하였을 때 양선의 간격에 따른 각 부분의 망고 변화는 Fig. 10(a)와 같이 오비기 앞끝, 오비기 중간, 수비 입구, 앞창 및 문턱, 나발입구, 자루입구, 전위갈대기, 자루 뒤끝의 망고를 측정하였다. 양선간격을 150 m로 변화시켰을 때, 6.95, 18.61, 21.57, 17.36, 16.53, 14.53, 6.83, 9.57 m, 양선간격을 300 m로 변화시켰을 때, 8.96, 19.13, 31.05, 25.16, 22.81, 18.88, 7.70, 10.86 m, 양선간격을 450 m로 변화시켰을 때 9.49,

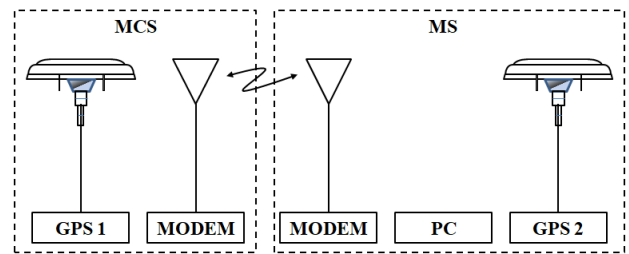


Fig. 9. Schematic of set-up for ship's distance measuring system.

30.74, 41.21, 34.00, 29.44, 21.87, 7.12, 9.55 m로 나타났다.

예망속도를 0.6 k't로 유지하였을 때 전체적으로 양선 간격이 넓어질수록 망고가 높아지는 경향을 보였고, 갈 때기와 자루 뒤끝에서는 거의 균일하나 다소 높아지는 경향을 보였다. 어구 각 부분별로는 오비기 앞끝, 갈때기 및 자루 뒤끝에서는 양선 간격의 변동에도 불구하고 망고의 변동 폭이 크지 않고 안정된 망고 변화를 보였다. 오비기 중간, 수비 입구, 앞창, 나발 입구 및 자루 입구에서는 양선 간격의 증가에 따라 망고의 증가가 뚜렷하게 높아지는 경향을 보였으며, 이 중 수비 입구에서의 망고 변화 폭이 가장 크게 나타났다. 망고가 높은 곳부터 순서대로 나열하면 수비 입구, 앞창, 오비기 중간, 나발 입구, 자루 입구, 자루 뒤끝, 오비기 앞끝 및 갈때기의 순으로 나타났다.

예망속도를 0.9 k't로 유지하였을 때 양선 간격에 따른 각 부분의 망고 변화는 Fig. 10(b)와 같이 오비기 앞 끝, 오비기 중간, 수비 입구, 앞창 및 문턱, 나발입구, 자루입구, 전위갈대기, 자루 뒤끝의 망고를 측정하였다. 양선간격을 150 m로 변화시켰을 때, 7.63, 18.79, 24.71, 18.20, 17.03, 15.07, 6.71, 10.03 m, 양선간격을 300 m로

변화시켰을 때, 8.10, 23.29, 34.77, 24.80, 22.32, 18.21, 7.45, 9.45 m, 양선간격을 450 m로 변화시켰을 때 8.87, 30.72, 38.62, 28.24, 25.11, 19.78, 7.16, 9.28 m로 나타났다.

예망속도를 0.9 k't로 유지하였을 때 양선 간격이 넓어질수록 오비기 중간과 수비 입구에는 망고가 높아지는 경향을 뚜렷하였다. 그러나 오비기 앞끝, 앞창, 나발 입구 및 자루 입구에서는 망고의 변화 폭이 크지 않고 안정된 망고 변화를 보였으며, 자루 뒤끝에서는 양선 간격이 넓어질수록 낮아졌다. 망고가 높은 순서는 수비 입구, 오비기 중간, 앞창, 나발 입구, 자루 입구, 자루 뒤끝, 오비기 앞끝, 및 깔때기의 순으로 나타났다.

예망속도를 1.2 k't로 유지하였을 때 양선 간격에 따른 각 부분의 망고 변화는 Fig. 10(c)와 같이 오비기 앞끝, 오비기 중간, 수비 입구, 앞창 및 문턱, 나발 입구, 자루 입구, 전위깔대기, 자루 뒤끝의 망고를 측정하였다. 양선 간격을 150 m로 변화시켰을 때, 6.77, 16.06, 23.40, 18.59, 17.27, 15.08, 7.11, 9.59 m, 양선간격을 300 m로 변화시켰을 때, 6.94, 20.85, 31.07, 22.32, 20.40, 17.22, 7.50, 9.27 m, 양선간격을 450 m로 변화시켰을 때 7.34, 23.99, 32.01, 23.55, 21.50, 18.15, 7.09, 8.60 m로 나타났다.

예망속도를 1.2 k't로 유지하였을 때 양선 간격이 넓어질수록 오비기 중간과 수비 입구에는 망고가 높아지는 경향을 보였다. 그러나 예망속도 0.6 k't 및 0.9 k't에 비해서는 망고의 증가 폭이 매우 크지 않았으며, 자루 뒤끝에서는 양선 간격이 넓어질수록 전체적으로 다소 완만하게 낮아지는 경향을 보였다. 망고가 높은 순서는 0.9 k't일 때와 같았다.

한편, 축소형 소형어구를 양선 간격을 각각 150, 300 및 450 m, 예망속도를 0.6, 0.9 및 1.2 k't로 변화시켰을 때의 오비기 앞끝, 오비기 중간, 수비 입구, 앞창, 나발 입구, 자루 입구, 깔때기, 자루 뒤끝에서의 망고는 각각 6.8~9.5, 16.1~30.7, 21.6~41.2, 17.4~34.0, 16.5~29.4, 14.5~21.9, 6.7~7.7, 8.6~10.9 m였고, 어구 설계도상의 망고는 각각 15.0, 47.0, 48.9, 45.3, 45.9, 20.7, 8.3, 13.5 m이므로, 이를 고려한 각 부분의 실제 전개율은 각각 45~63, 34~65, 44~84, 38~75, 36~64, 70~106, 81~83, 64~81%로 나타났다. 전개 성능은 자루 입구, 깔때기, 수비 입구, 자루 뒤끝, 앞창, 오비기 중간, 나발 입구, 오비기 앞끝의 순이었다.

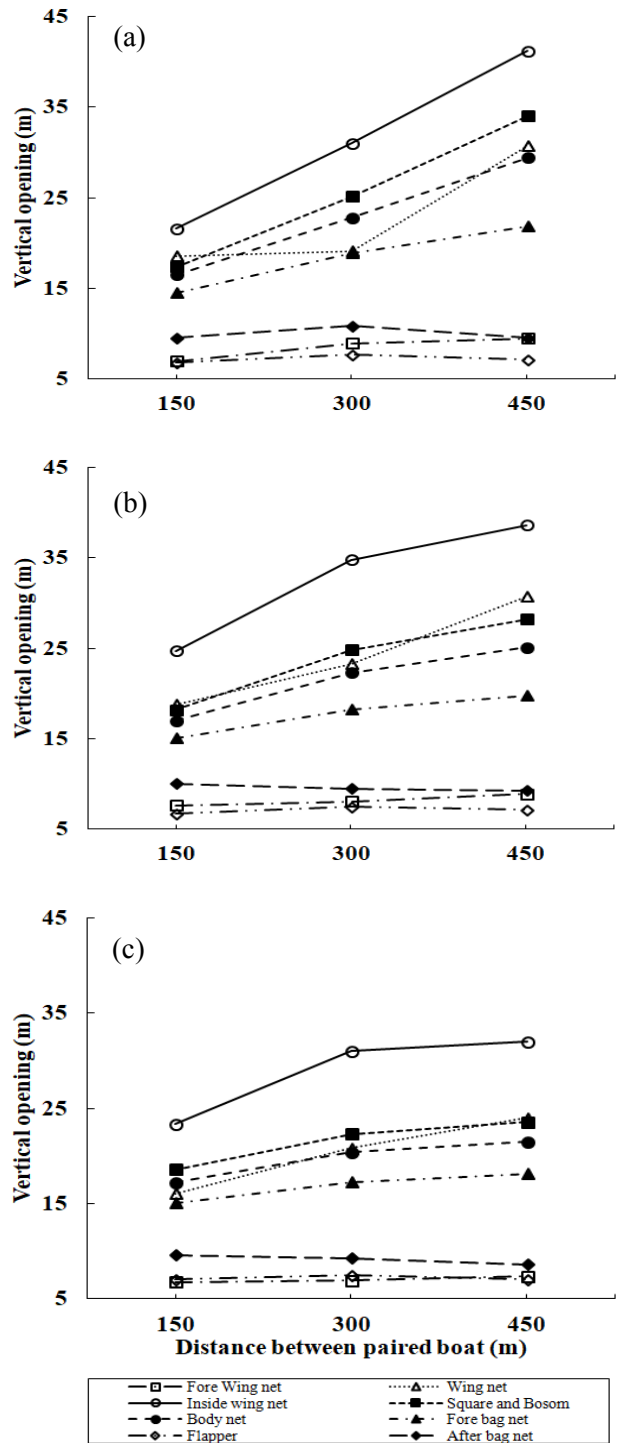


Fig. 10. Vertical opening of the miniaturized small-scale net as function of the distance between boats. (a) 0.6 k't of towing speed, (b) 0.9 k't, (c) 1.2 k't.

예망속도에 따른 망고 변화

Fig. 1과 같은 축소형 소형어구와 Fig. 2의 자루를 결합하여 제작한 어구에 대하여 양선의 간격을 각각 150, 300, 450 m로 일정하게 유지하면서 예망속도를 각각 0.6, 0.9, 1.2 k't로 변화시켰을 때 각 부분의 망고 변화는 Fig. 11과 같다.

양선의 간격을 150 m로 유지하였을 때 예망속도에 따른 각 부분의 망고 변화는 Fig. 11(a)와 같이 오비기 앞끝, 오비기 중간, 수비 입구, 앞창 및 문턱, 나발입구, 자루입구, 전위깔대기, 자루 뒤끝의 망고를 측정하였다. 예망속도를 0.6 k't로 변화시켰을 때, 9.49, 30.74, 41.21, 34.00, 29.44, 21.87, 7.12, 9.55 m, 예망속도를 0.9 k't로 변화시켰을 때, 8.87, 30.72, 38.62, 28.24, 25.11, 19.78, 7.16, 9.28 m, 예망속도를 1.2 k't로 변화시켰을 때 7.34, 23.99, 32.01, 23.55, 21.50, 18.15, 7.09, 8.60 m로 나타났다.

양선의 간격을 150 m로 유지하였을 때 예망속도의 변화에 따른 망고의 변화 폭은 크지 않고 안정된 변화 경향을 보였으나, 오비기 중간에서는 완만하게 낮아지는 경향을 보였다. 망고가 높은 곳부터 순서대로 나열하면 수비 입구, 앞창, 나발 입구, 오비기 중간, 자루 입구, 자루 뒤끝, 깔대기 및 오비기 앞끝의 순으로 나타났다.

양선의 간격을 300 m로 유지하였을 때 예망속도에 따른 각 부분의 망고 변화는 Fig. 11(b)와 같이 오비기 앞끝, 오비기 중간, 수비 입구, 앞창 및 문턱, 나발입구, 자루입구, 전위깔대기, 자루 뒤끝의 망고를 측정하였다. 예망속도를 0.6 k't로 변화시켰을 때, 8.96, 19.13, 31.05, 25.16, 22.81, 18.88, 7.70, 10.86 m, 예망속도를 0.9 k't로 변화시켰을 때, 8.10, 23.29, 34.77, 24.80, 22.32, 18.21, 7.45, 9.45 m, 예망속도를 1.2 k't로 변화시켰을 때 6.94, 20.85, 31.07, 22.32, 20.40, 17.22, 7.50, 9.27 m로 나타났다.

양선의 간격을 300 m로 유지하였을 때 예망속도가 빨라질수록 망고가 낮아지는 경향을 보였고, 각 부분별로는 앞창, 나발 입구, 자루 입구 그리고 오비기 앞끝에서는 다소 뚜렷한 경향을 보였으나, 자루 뒤끝에서는 완만하게 낮아졌다.

양선의 간격을 450 m로 유지하였을 때 예망속도에 따른 각 부분의 망고 변화는 Fig. 11(c)와 같이 오비기 앞끝, 오비기 중간, 수비 입구, 앞창 및 문턱, 나발입구, 자루입구, 전위깔대기, 자루 뒤끝의 망고를 측정하였다.

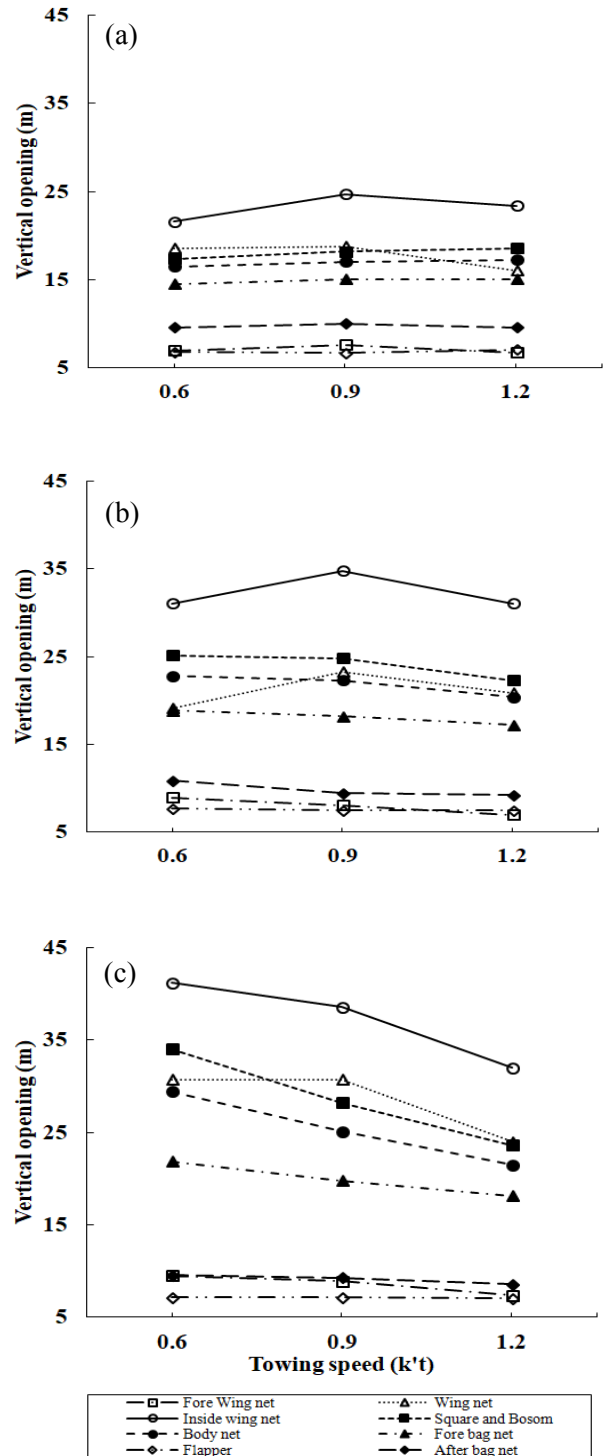


Fig. 11. Vertical opening of the miniaturized small-scale net as function of the towing speed. (a) 150 m of distance between boats, (b) 300 m, (c) 450 m.

예망속도를 0.6 k't로 변화시켰을 때, 9.49, 30.74, 41.21, 34.00, 29.44, 21.87, 7.12, 9.55 m, 예망속도를 0.9 k't로 변화시켰을 때, 8.87, 30.72, 38.62, 28.24, 25.11, 19.78, 7.16, 9.28 m, 예망속도를 1.2 k't로 변화시켰을 때 7.34, 23.99, 32.01, 23.55, 21.50, 18.15, 7.09, 8.60 m로 나타났다.

양선의 간격을 300 m로 유지하였을 때 예망속도가 빨라질수록 낮아지는 경향을 보였고, 그 변화 폭은 양선의 간격이 150 m와 300 m인 경우보다 크게 나타났다.

양선의 간격에 따른 어구 형상의 변화

Fig. 1과 같은 축소형 소형어구와 Fig. 2의 자루를 결합하여 제작한 어구에 대하여 예망속도를 일정하게 유지하면서 양선 간격을 각각 150, 300, 450 m로 변화시켰을 때의 형상 변화는 Fig. 12와 같다.

예망속도를 0.6 k't로 유지하였을 때 양선의 간격에 따른 형상의 변화는 Fig. 12(a)와 같이 양선 간격이 넓어질수록 어구의 예망 수층이 뚜렷하게 구분되게 형성되었고, 뜰줄 쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 매우 크게 나타났다. 전체적으로 오비기 앞끝에 그물목줄을 연결함으로써 오비기 앞끝부터 수비까지 망고의 수중 형상이 어군의 구집이 원활할 수 있도록 충분한 전개가 이루어졌다. 수중 형상은 양선의 간격이 150 m와 300 m일 때는 오비기 앞끝에서 수비까지는 다소 얇은 망고를 형성하고 있으나, 450 m일 때는 예망 수층이 안정되어 있다.

예망속도를 0.9 k't로 유지하였을 때 양선의 간격에 따른 형상의 변화는 Fig. 12(b)와 같이 양선 간격이 좁아질수록 어구가 뜨는 현상을 보였고, 이러한 경향은 0.6 k't와 같이 뜰줄 쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸다. 어구의 전체적인 수중 형상은 0.6 k't일 때보다는 어군의 구집이 이루어지도록 안정적인 형상을 나타내었다. 양선 간격의 변화에 따라 오비기에서 수비에 이르기까지는 완만하게 가라앉다가 수비에서 앞창에 이르기까지는 들리는데, 발줄 쪽은 다소 급격히 들리는 경향을 보였다.

예망속도를 1.2 k't로 유지하였을 때 양선의 간격에 따른 형상의 변화는 Fig. 12(c)와 같이 양선 간격이 좁아질수록 어구가 들리는 경향을 보였다. 그리고 이러한 경향은 0.6 k't 및 0.9 k't에서와 같이 뜰줄 쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으나, 예망 수층의 변화 폭이 가장 적고 안정적인 어구 형상으로 나타났다. 또한, 오비기 중간에서 앞창에 이르기까지 뜰줄과 발줄의 예망 수

층이 0.6 k't 및 0.9 k't에 비하여 완만한 전개로 어군의 구집 및 입망에 가장 효율적인 형상으로 전개되었다.

축소형 소형어구를 사용하여 양선의 간격에 따른 어구 형상은 오비기 앞끝에 그물목줄과 체인 부착으로 설계시의 망고에 비해 실제 전개율이 51~78%로 나타나, 망고 전개율이 기존의 어구(Jang et al., 2001) 전개율 12~17%에 비하여 대폭 개선되었음을 확인할 수 있었다. 오비기와 수비의 망고가 신속하고 안정적으로 전개되는 것을 볼 때, 오비기와 수비의 길이를 현용어구 530 m, 50 m에 비해 각각 360~380 m와 35~38 m 정도로 줄이더라도 어군의 구집 기능이 이루어지고 어구의 저항 감소 및 이에 따른 연료 소비량을 절감시킬 수 있는 효과가 있다고 판단된다.

또한, 그물목줄 앞끝에 끌줄의 길이를 5 m, 75 m, 200~300 m로 교대로 부착하여 예망실험을 행하였는데, 끌줄 5 m 연결 시에는 자루 입구의 망고가 15~20 m, 끌줄 75 m 연결 시에는 자루 입구의 망고가 20~40 m, 끌줄 200~300 m 연결 시에는 자루 입구의 망고가 30~50 m가 형성됨을 확인하였다. 따라서 축소형 소형어구는 연안 해역의 얇은 수심 층 및 근해 해역의 깊은 수심 층에서도 끌줄 길이 및 체인 부착 중량 조절 시 조업이 가능할 것으로 판단된다.

나발 부착과 나발의 그물코 개선으로 설계 시의 망고에 비해 실제 전개율이 72~89%로 나타나 기존의 어구(Jang et al., 2001) 전개율 15~17%에 비하여 전개율이 대폭 개선되었다. 어구의 예망 시 나발의 그물코가 전, 후 방향으로 당겨지면서 그물코의 직경이 축소되는 현상을 억제시킴에 따라 나발을 통한 물 빠짐을 원활하게 하며, 수비로부터 자루에 이르기까지의 어구 연결이 완만한 곡선을 이루도록 함에 따라 해당 부위에서의 어구 저항을 최소화시킬 수 있는 효과를 확인하였다. 이를 통하여 어구의 예망과 어군의 입망에 가장 큰 장애 요인이 되었던 수비의 포켓현상을 개선함으로써 연료의 절감과 어군의 도피 방지에 따른 어획량의 증대를 이룰 수 있는 효과가 있다고 생각된다.

또한, 해상실험에서 고강도 재질의 나발을 자루 앞끝에 부착한 실험 결과, 현용어구에서 나발을 여자망지 105경으로 사용함에 따라 조업 과정에서 해저의 펄이나 폐어구 등이 예망 중 나발에 접촉되어 나발 및 자루그물의 파망사고가 빈번하게 발생하였다. 그러나 축소형 소

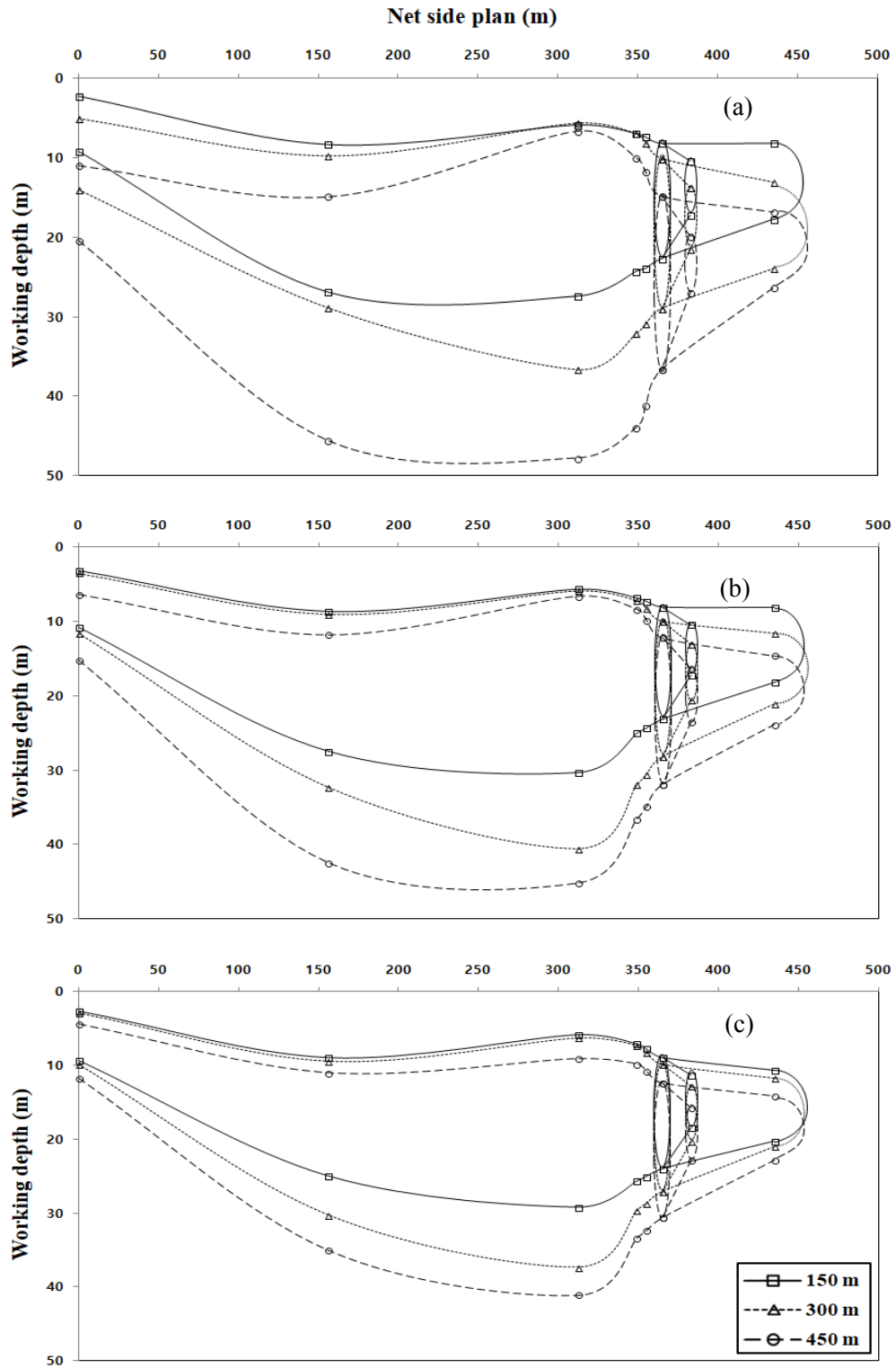


Fig. 12. Working depth of the miniaturized small-scale net as function of the distance between boats. (a) 0.6 k't of towing speed, (b) 0.9 k't, (c) 1.2 k't.

형어구는 자루의 파망 사고율이 현저하게 감소하는 것을 확인하였으며, 어구의 사용연수도 현용어구에 비하여 1~2년 정도 길어질 것으로 판단된다.

예망속도에 따른 어구의 형상 변화

Fig. 1과 같은 축소형 소형어구와 Fig. 2의 자루를 결합하여 제작한 어구에 대하여 양선의 간격을 일정하게 유지하면서 예망속도를 각각 0.6, 0.9, 1.2 k't로 변화시켰을 때 어구의 형상 변화는 Fig. 13과 같다.

양선 간격을 150 m로 유지하였을 때 예망속도에 따른 어구의 형상 변화는 Fig. 13(a)와 같이 예망속도가 1.2 k't 일 때 뜰줄 쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으나, 양선 간격의 변화에 따른 것보다는 작았다. 오비기에서 수비에 이르기까지는 완만하게 가라앉다가 수비에서 앞창에 이르기까지는 전반적으로 들리는데 발줄 쪽은 들리고, 그 뒤부터 자루 끝부분에 이르기까지는 다소 떠오르는 경향을 보였다.

양선 간격을 300 m로 유지하였을 때 예망속도에 따른 어구의 형상 변화는 Fig. 13(b)와 같이 예망속도가 빠를수록 어구가 균일한 폭으로 다소 들리는 경향을 보였고, 뜰줄 쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으나 양선 간격의 변화에 따른 것보다는 작았다. 오비기에서 수비에 이르기까지 예망수층이 안정되어 있으며, 어구의 깊이는 0.9 k't일 때 0.6, 1.2 k't보다 더 가라앉고 망고의 전개율도 양호하게 나타났다.

양선 간격을 450 m로 유지하였을 때 예망속도에 따른 어구의 형상 변화는 Fig. 13(c)와 같이 예망속도의 변화에 어구가 들리는 정도의 차이는 0.6, 0.9 k't에 비해 1.2 k't일 때 변화 폭이 크게 나타났으며, 어구의 깊이도 더 가라앉고 망고의 전개율이 개선되었다. 또한, 오비기에서 수비에 이르기까지의 뜰줄과 발줄의 예망 수층은 0.6 k't 및 0.9 k't에 비하여 어군의 구집 및 입망에 가장 효율적인 형상으로 전개되었다.

축소형 소형어구를 사용하여 예망속도 변화에 따른 어구의 형상 변화 실험에서 수비와 앞창 입구에 어탐선이 없이 뜰줄에는 소형 및 대형 뜰을 연결하고, 문턱 발줄에는 체인을 부착하여 자루 입구의 망고를 조절하였다. 해상실험 결과 어탐선을 별도로 운용하지 않더라도 자루의 입구를 충분히 전개시킴과 동시에 예망 중 어구의 전체적인 위치 및 앞창 뜰줄 위치까지도 확인하

면서 조업이 가능함을 확인하였다. 이를 통하여 권현망 조업에 사용되는 선박을 5척에서 4척으로 줄여 연료비와 인건비를 보다 더 절감시킬 수 있고, 별도로 어탐선을 운용할 시에는 어탐선이 예망 중인 망선의 전방에서 어군의 규모와 이동 방향 등 조업 정보를 망선으로 전달하는 조업시스템으로의 개선이 가능함을 확인하였다.

자루 구조의 개선으로 어구의 저항 및 이에 따른 연료 소비량을 절감시킬 수 있으며, 자루 뒤끝을 구형으로 구성하고 2중의 깔때기 부착으로, 포획된 멸치 어군의 유영 공간 확보 및 어획물의 신선도를 유지시킬 수 있음을 확인하였다. 또한, 어획물이 포획된 자루의 양망 시에는 작업인원 감축, 조업 안전성 향상 및 노동력 경감을 이룰 수 있었다. 다만, 자루 후면부의 깔때기 부분이 예망 중 다소 들리는 경향에 대하여는 추가적인 연구가 필요한 것으로 생각된다.

어구저항

Fig. 1의 축소형 소형어구와 Fig. 2의 자루를 결합한 어구에 대하여 양선의 간격을 각각 150, 300, 450 m로, 예망속도를 각각 0.6, 0.9, 1.2 k't로 변화시켰을 때 어구의 저항을 추정하기 위하여 끌줄의 장력을 측정한 결과는 Fig. 14와 같다.

축소형 소형어구의 전 저항은 Fig. 14에서와 같이 예망속도가 증가할수록 직선적으로 증가하였다. 양선 간격이 150 m일 경우에는 각각 2.5, 4.2, 5.9 ton, 300 m일 경우에는 각각 2.5, 4.4, 6.3 ton, 450 m일 경우에는 각각 2.7, 4.4, 6.8 ton으로 나타나 예망속도가 빠를수록 증가 폭이 크게 나타났다. 즉, 예망 중 어구의 저항은 양선 간격의 변화에 따른 저항의 변화 폭은 크지 않았으나, 예망속도의 변화에 따른 저항의 변화 폭은 직선적으로 크게 증가하고 있음을 알 수 있다. 축소형 소형어구는 현용의 어구에 비해 오비기와 자루의 축소(어구의 전체 규모는 약 220 m)되어 어구의 최대 저항이 7.1 ton으로 현재의 망선에서 사용 중인 실마력보다 적은 마력(250 HP)으로도 충분한 예망이 가능한 것으로 판단된다. 이는 축소형 소형어구에서 자루 뒤끝이 52 m (104골)로 현용어구의 자루 약 80 m (160골)에 비해 65% 정도로 축소하여 제작되었기 때문이라 판단된다. 권현망 어구의 예망 중 저항은 자루의 크기에 따라 대부분 좌우되며, 오비기, 수비에 비해 자루는 크기를 조금만 크게 해도

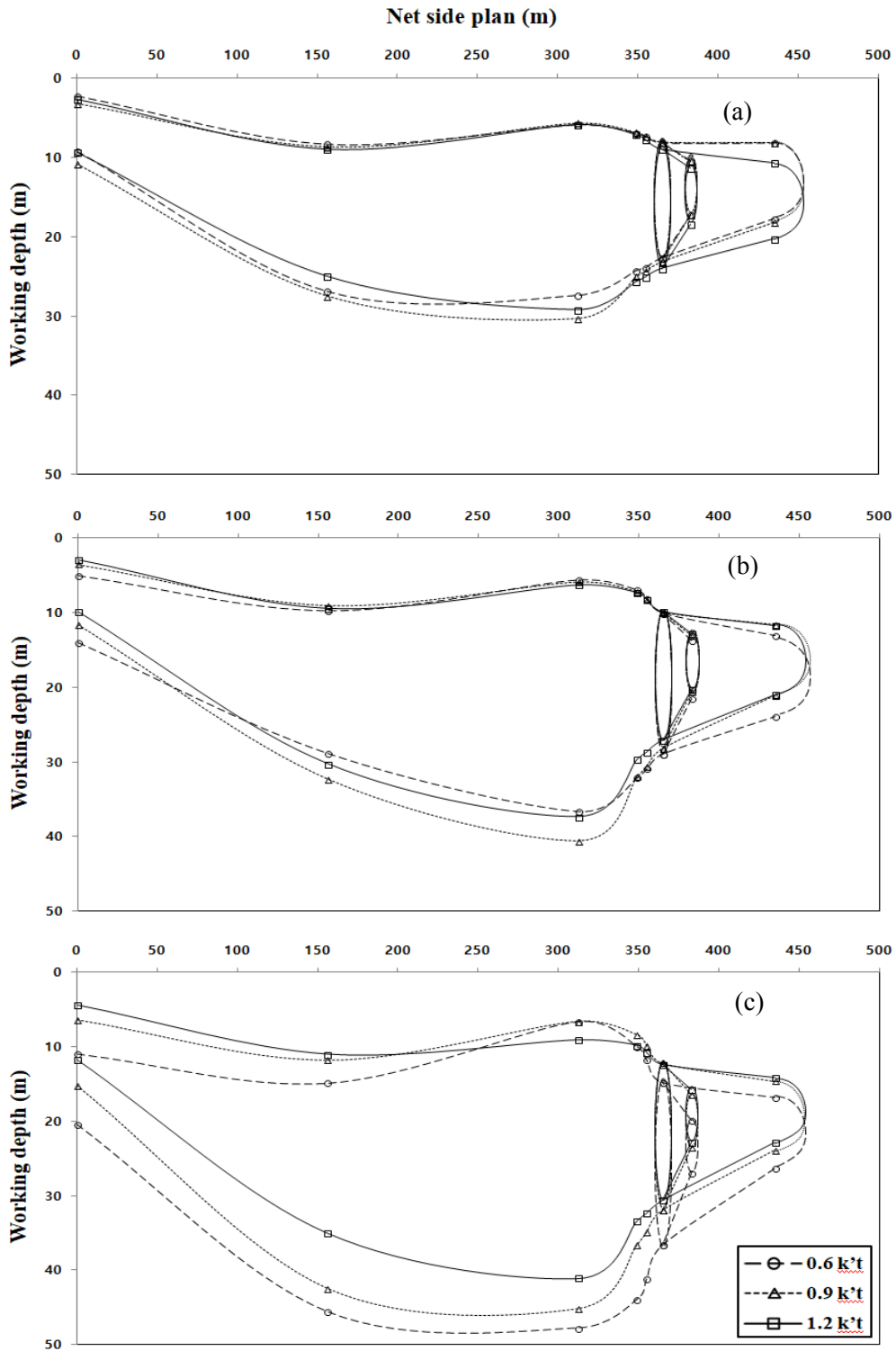


Fig. 13. Working depth of the miniaturized small-scale net as function of the towing speed. (a) 150 m of distance between boats, (b) 300 m, (c) 450 m.

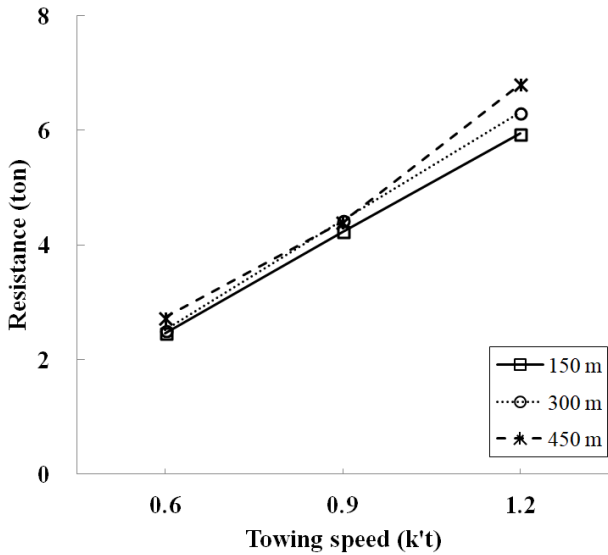


Fig. 14. Resistance of the miniaturized small-scale net as function of the of towing speed.

저항은 상당히 증가한다는 연구(Lee et al., 1970; Lee et al., 1978; Lee et al., 1979a; Lee et al., 1979b) 및 자루의 저항은 대부분이 뒤판의 저항이라 볼 수 있다는 연구(Lee et al., 1970) 결과와 일치하며, 자루의 뒤끝 및 뒤판의 축소에 따라 어구의 저항이 대폭 감소한 것으로 판단된다.

또한 축소형 소형어구의 어구저항은 현재 조업 중인 망선의 실마력보다 적은 마력으로도 조업의 가능하다는 An et al. (1997)의 연구 결과와 일치하며, 어구 규모의 축소에 따라 예망 중 망선의 기관 회전수의 증가 및 감소 시에는 예망 수층의 상하조절도 가능하였다.

따라서 어구저항의 측면에서 볼 때, 망선의 예망마력 증대에 중점을 두는 것 보다는 축소형 소형어구를 채택하여 조업 중 멸치 어군의 분포, 수층의 변화에 따라 어구의 예망 수층 조절을 가능하게 하고, 현재의 조업시스템을 5척 선단에서 4척 조업시스템으로 구축하는 것 (An et al., 2005)이 바람직한 것으로 생각된다.

결론

권현망어업의 선단규모를 현재 5척에서 4척으로 축소하는 데에 목적을 두고 선단축소형 대형어구를 제작하여 해상실험을 행하였으며, 그 결과는 다음과 같았다.

선단축소형 소형어구로서 어구의 형상을 측정된 결과, 오비기 앞끝, 오비기 중간, 수비 입구, 앞창, 나발그물 입구, 자루그물 입구, 깔때기, 자루그물 뒤끝의 망고 변화폭과 실제 전개율은 각각 6.8~9.5, 16.1~30.7, 21.6~41.2, 17.4~34.0, 16.5~29.4, 14.5~21.9, 6.7~7.7, 8.6~10.9 m와, 45~63, 34~65, 44~84, 38~75, 36~64, 70~106, 81~83, 64~81%로 나타났다.

오비기 앞끝의 그물목줄 연결로 현용어구에 비하여 오비기 앞끝의 전개율이 대폭 개선되어 오비기, 수비그물까지의 정상적인 망고 형성으로 어군의 구집효과가 매우 양호하게 나타났다. 또한 나발 및 자루그물의 망고도 현용어구에 비하여 높게 형성되었다. 특히 나발그물 부착으로 포켓형상이 대폭 개선되었고 자루그물에서 입망된 어군의 도피가 저감되어 어획효율이 높게 나타났다.

오비기 및 자루그물의 축소에 따라 어구의 예망장력은 2,461~6,812 kg에 불과하여 법정 기관마력인 350마력으로도 충분한 예망이 가능하였으며, 양망 및 투망시간도 현용어구에 비하여 단축되었고 대형 뜰 부착 조업으로 어탐선 없이도 선단조업이 가능하였다.

사사

이 논문은 2017년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 차세대 한국형 어선개발 사업(20170255)의 지원을 받아 수행된 연구입니다. 해상실선 시험조업의 전 과정에 참여해 주신 금정수산의 공인찬선주님, 어로장님, 선장님과 참여하신 모든 선원님들께 진심으로 깊은 감사를 드립니다.

References

An YS, Jang CS and Lee JH. 1997. The opening efficiency of anchovy boat seine. J Korean Soc Fish Technol 33(2), 118-131.

An YS, Jang CS and Lee MK. 2005a. Underwater geometry of the anchovy boat seine in process of the fishing operation. J Korean Soc Fish Technol 41(2), 101-106. (DOI:10.3796/KSFT.2005.41.2.101)

An YS, Jang CS and Lee MK. 2005b. Development of the automatic hauling operation system by three boats for anchovy boat seine. J Korean Soc Fish Technol 41(2), 147-155. (DOI:10.3796/KSFT.2005.41.2.147)

- Jang CS, An YS and Kim KH 2005. The opening efficiency of labor saving net for the anchovy boat seine. *J Korean Soc Fish Technol* 41(1), 9-16. (DOI:10.3796/KSFT.2005.41.1.009)
- Jang CS, Kim YH and An YS. 2000. Improving of the fishing gear and development of the automatic operation system in the anchovy boat seine- I -Underwater geometry of the Model Net-. *J Korean Soc Fish Technol* 36(4), 299-308.
- Jang CS, Kim YH and An YS. 2001. Improving of the fishing gear and development of the automatic operation system in the anchovy boat seine-Ⅲ -Underwater geometry of the prototype net-. *J Korean Soc Fish Technol* 37(4), 267-274.
- Lee BK, Yong YR, SU YT and Son BI. 1970. Study on the anchovy boat seine- I -On the hydrodynamic resistance and performance of the conventional gear-. *Korean J Fish Aquat sci.* 4(3), 79-91.
- Lee BK, SU YT and Han HS. 1978. Study on the anchovy boat seine-Ⅱ -On the hydrodynamic resistance and performance of patti-net-. *J Korean Soc Fish Technol* 14(2), 63-68.
- Lee BK, SU YT, Yum MG and Han HS. 1979a. Study on the anchovy boat seine-Ⅲ -Experimental operation of the improved gear, Model 79-. *J Korean Soc Fish Technol* 15(2), 83-94.
- Lee BK, Han HS, Yoon CA and Kim KH 1979b. Study on the anchovy boat seine-Ⅳ -An experiment to mechanize the hauling operation of bag net-. *J Korean Soc Fish Technol* 15(2), 95-100.
- Lee BK, SU YT and Lee JM. 1980a. Study on the anchovy boat seine-Ⅴ -The physical properties of the improved netting twines to be used in the wing net-. *J Korean Soc Fish Technol* 16(1), 17-22.
- Lee BK, Sohn TJ and Roh GC. 1980b. Study on the anchovy boat seine-Ⅵ -The physical properties of the improved head rope and ground rope-. *J Korean Soc Fish Technol* 16(1), 23-26.
-
2019. 01. 17 Received
 2019. 02. 14 Revised
 2019. 02. 22 Accepted