

트롤그물의 기본 성능에 관한 고찰

오택윤*, 김영승¹, 최석관¹, 배재현², 조삼광³, 박창두³, 안희춘², 신종근², 양원석, 문대연¹
국립수산과학원 남해수산연구소 자원관리조성팀, ¹국립수산과학원 해외자원팀
²국립수산과학원 수산공학팀, ³국립수산과학원 서해수산연구소 자원관리조성팀

Study on the basic efficiency of trawl net

Taeg-Yun OH*, **Young-Seuing KIM¹**, **Seuk-Kwan CHOI¹**, **Jae-hyun BAE²**,
Sam-Kwang CHO³, **Jong- Keun SHIN²**, **Chang-Doo PARK³**,
Heui-Chun AN², **Won-Seuk YANG** and **Dae-Yeon MOON¹**

*Fisheries Resources Management and Enhancement Team, South Sea Fisheries Research Institute,
NFRDI, Jeonnam 550-749, Korea*

¹*Distant-Water Fisheries Resources Team, National Fisheries Research and Development Institute,
Busan 619-902, Korea*

²*Fisheries Engineering Team, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea*

³*Fisheries Resources Management and Enhancement Team, West Sea Fisheries Research Institute,
NFRDI, Incheon 400-420, Korea*

A model experiment, simulation test using personal computer and real sea trial fishing were carried out to investigate the basic efficiency of bottom trawl net which can be used in the sea mount of North West Pacific, and experimental values were analyzed as the values of full-scale bottom trawl net. Hydrodynamic resistance for the full-scale trawl net according to the Koyama equation was 2.1 times higher than that of simulation and 2.4 times higher than that of model experiment at the average towing velocity. At the 3.5kt's of towing speed, net width of the full-scale trawl net was 2.5% smaller than that of simulation and 8.2% larger than that of model experiment. On the fishing experiment of the full-scale trawl net for the 3.5kt's of average towing speed, average net height of A group(same direction with external force) was 423.5% higher than that of model experiment and 457.1% higher than that of simulation and that of B group(opposite direction with external force) were 283.8% and 306.3% higher than in case of model experiment and Simulation respectively. Net mouth of the full-scale trawl net was 338.1 – 504.6% higher than those of model experiment and simulation in A group, and 525.2 – 745.3% higher in B group.

Key words: Model experiment, Simulation test, Full-scale trawl net

*Corresponding author: tyoh@nfrdi.re.kr Tel: 82-51-720-2324 Fax: 82-51-720-2337

서 론

최근 우리나라의 원양어업은 1982년 유엔해양법협약 채택과 1994년 유엔해양법의 발효에 따른 200해리 배타적경제수역의 설정, 공해상의 조업 규제강화, 어족 자원의 감소 등으로 원양어선의 어장이 축소되어, 원양어업생산량은 1992년 102만톤에서 2003년 53만톤으로 감소하였다(KFA, 2004). 이러한 어려운 현실을 타개하기 위하여 정부와 업계에서는 신어장 개척과 미이용 해양생물자원을 이용하기 위하여 대양의 공해어장과 미이용어장을 개발하기 위해 많은 노력을 하고 있다. 특히 대양의 해산 어장은 수심이 깊고, 해저면이 불규칙하여 트롤조업을 실시하기 위해서 숙련된 어로기술이 필요하며, 또한 이러한 어장에 적합하도록 트롤그물이 설계 제작되어야 한다.

아직 개발되지 않은 새로운 어장에 알맞은 트롤그물을 개발하기 위해서는 다양한 방법으로 트롤그물의 설계와 성능 평가 및 검토가 실시되어야 한다. 특히, 트롤그물의 성능 평가는 수조를 이용한 실험적 방법과 컴퓨터를 활용한 수치 해석 방법을 이용할 수 있고, 이 과정은 실물어구를 제작하여 현장에 투입하기 전에 반드시 거쳐야 하는 과정의 하나로 자리 잡고 있다.

수조를 이용한 트롤 어구의 모형그물 연구는 Fujiishi(1990), Yae and Lee (1993), Kwon(1995), Cho et al.(1995), Jang and Lee(1996a, b) 그리고 Kim and Kim(2000), Kwon(1995) 등이 있고, 컴퓨터를 활용한 수치 해석 연구는 Lee(1994), Tanaka et al.(1991) 등이 있다. 이와 같은 모형그물의 수조실험과 프로그램에 의한 시뮬레이션 그리고 조업 중에 얻어진 자료를 비교·검토한다면, 어구 개발 초기에 발생할 수 있는 시행착오를 감소시킬 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 새로운 어장인 북서태평양 해산어장에서 조업 중에 트롤감시 시스템으로 얻어진 자료와 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 얻어진 트롤그물의 수치와 모형 트롤그물의 수

조 실험에서 얻어진 수치를 서로 비교·분석하여 새로운 어장에 적합한 트롤그물을 설계 제작하는데 기여하고자 한다.

장치 및 방법

실험 어구

실물어구

본 실험에서 사용한 트롤그물은 조사선 탐구1호(G.T. 2,550ton, H.P. 7,500ps)에서 수심 변동이 심한 해산어장의 지리적 특성과 어획물의 분포 특성을 고려하여 제작한 6매식 저층트롤그물이다(Fig. 1). 이 저층트롤그물은 총 길이 62.92m이고 몸통그물 52.92m, 끝자루 그물은 10.0m이며, 망목은 어획 목표종의 어체 크기를 고려하여 120mm-240mm의 크기로 Fig. 1과 같이 각부에 배치하였다. 몸통 그물은 망지 파손을 우려하여 인장강도가 PE 보다 1.8-2배 정도 강한 Super PE 2중 브레이드 로프로 편망하였다. 끝자루는 Super PE 2중 브레이드를 사용하였으며, 망사의 직경은 6mm, 망목은 120mm와 240mm의 망지를 두 겹으로 하여 제작하였다.

힘줄은 PP 50mm 로프를 사용하였으며, 뜰줄은 길이가 50.2m이고, 직경 270mm인 2,000m용 뜰 116개를 Fig. 2와 같이 배치하였고, 수중 부력은 690.2kg이다. 발줄은 Fig.3에 나타낸 것과 같이 길이가 42.3m이고, 재질은 700mm SARA형 보빈과 Tire disk를 조합하여 제작하였고, 수중 중량은 875.7kg이다. 그물목줄 부분은 그물목줄 70m, 핸드로프 50m, 오타 보드 팬던트 14m로 제작하였다.

전개 판은 WD형으로 크기가 2,620mm × 3,930mm 이고, 단위면적당 수중중량이 260kg/m² 이고, 예행점을 54%로 제작하였다.

모형어구

본 모형실험에 사용한 모형어구는 Tauti의 어구 상사법칙에 맞추어 제작하였다. 축소비 Λ 는 수조의 규모, Scale effect 등을 고려하여 1/30로 하였다.

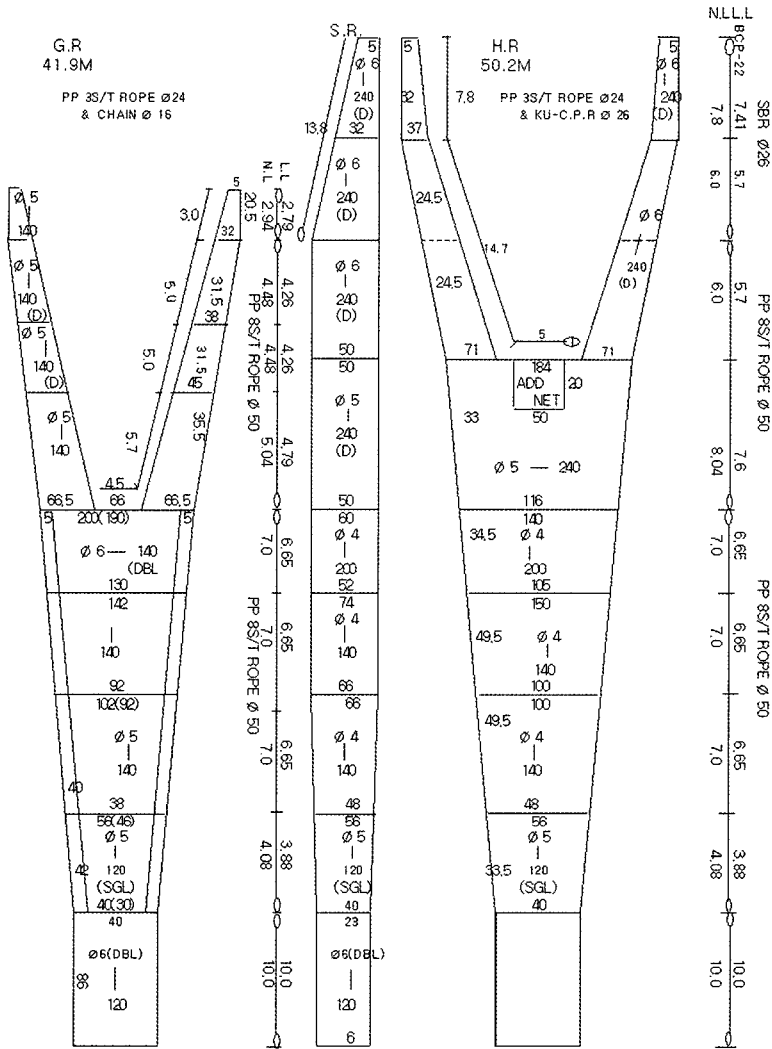


Fig. 1. General arrangement of the full - scale bottom trawl net.

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

$$\frac{d_1}{l_1} = \frac{d_2}{l_2} \quad (2)$$

$$V^2 = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \frac{d_2(\rho_2 - 1)}{d_1(\rho_1 - 1)} \quad (3)$$

$$F = \Lambda^2 V^2 \quad (4)$$

여기서, λ_1 과 λ_2 는 각각 실물과 모형의 각부 치수이며, l_1 , d_1 과 l_2 , d_2 는 각각 실물과 모형 망지에서 그물코의 한발의 길이와 그물실의 직경이고, F

는 유속비, v_1 과 v_2 는 각각 실물과 모형에서의 유속이고, 는 부력, 침강력 및 유체저항의 비이다.

본 실험에서 재질의 밀도(ρ)는 동일한 것으로 간주하였다. 또한, 그물실의 굵기는 그물 각부의 $\frac{d_2}{d_1}$ 를 계산하여 그 평균값을 취하였다. 실험에 사용된 모형어구의 Tauti 상사법칙에 따른 상사비 $\Lambda = 1/30$, 실물어구 $\frac{d_1}{l_1} = 0.067$, 모형그물

$\frac{d_2}{l_2} = 0.065$, 유속비 $V = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} = 0.256$, $F = \Lambda^2 V^2 =$

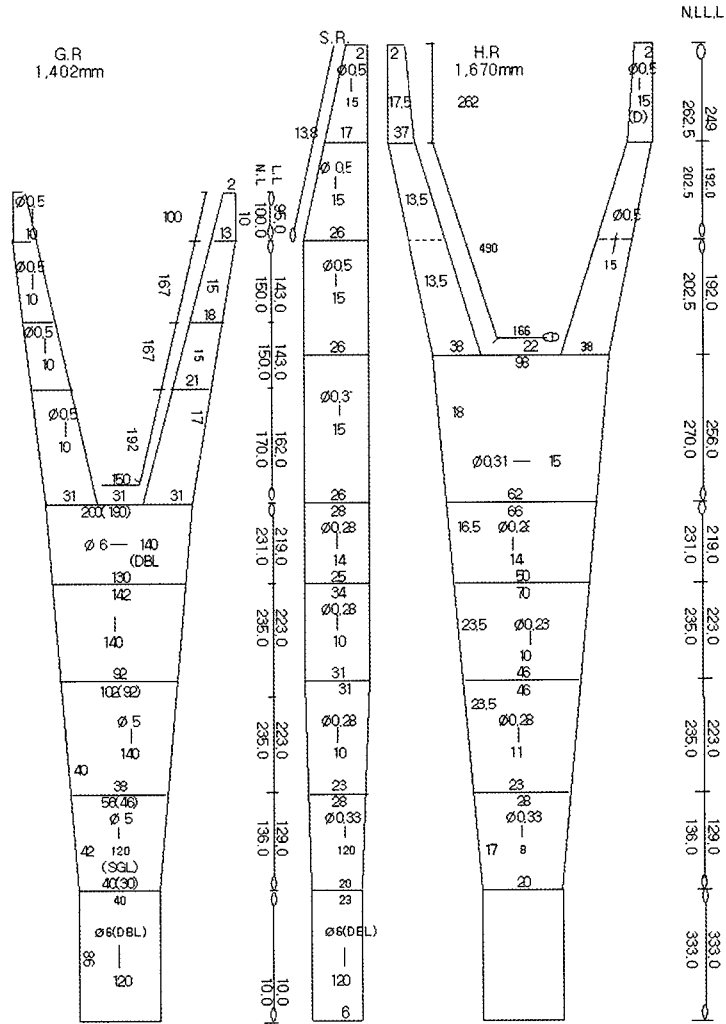


Fig. 2. General arrangement of the model trawl net.

7.28×10^{-5} 와 같다.

본 수조실험에 사용할 모형그물은 Fig. 2에 나타낸 것과 같이 전체길이가 2,097mm이고, 뜬의 부력은 50g, 발들의 침강력은 64g이며, 뜬과 발들의 배치는 실물어구의 배치와 유사하도록 제작하였다.

시험 방법

실물 트롤그물의 시뮬레이션 실험

실물 트롤 그물의 시뮬레이션은 프랑스

Ifremer 연구소가 개발한 Software인 Dynamic TV2.1을 사용하여 실시하였으며, 그물은 Fig. 1에 나타낸 것을, O.B는 WD형, 2,620mm × 3,930mm를 이용하였고, 위치는 북태평양 중부 해산 트롤어장인 Lat. 27° - 45°N, Long. 170° - 180°E에서 평균 수심 360m, 평균 끌줄 길이 756m 사용 하였다. 이들의 수치를 입력하여 시뮬레이션에 의해 예망속도별로 트롤그물의 유체저항, 망고 및 망폭을 산출하였다.

모형트롤그물의 실험

실험 수조는 국립수산과학원의 수직 순환형 회류수조로서, 수조의 크기는 25.1×4.5×8.3m 이고, 설정 가능한 유속은 0.1-3.0 m/s이며, 단면 유속분포는 1.04 m/s에서 ±2.0%, 2.05 m/s에서 ±1.0%이내이다.

모형실험에서는 모형그물의 크기가 클수록 모형그물의 역학적 특성 파악에 유리하다는 점을 고려하여 모형트롤그물과 그물목줄 만으로 실험하였다.

유속의 설정은 Tauti의 상사법칙에 따라 속도비를 0.256으로 하였으며, 실험 수조에서의 유속은 그물의 실제 평균 예망속도 구간인 3.5kt's를 환산하여 측정하였다. 해상에서의 예망 속도의 상사비에 의한 실험유속은 0.48m/s로 하였고, 모형 그물의 전개각은 실물그물의 조업 중 평균 전개각인 33.3°로 설정하였으며, 이 때 스트럿 바의 간격은 2,174mm이다.

모형그물의 저항측정에는 수중장력계(DHS-5K, D.H. Systech)를 이용하였고, 망고 및 망폭은 회류수조용 디지털저(DHSM-A, D.H. Systech)를 사용하여 측정하였다. 망구면적은 그물입구에서 망고를 단축으로, 망폭을 장축으로 타원면적으로 계산하였다.

트롤그물의 어획실험

어획시험조사는 2004년 7월부터 9월까지 북태평양 중부 공해어장 Lat. 27°-45°N, Long. 170°-180°E에서 40회 실시되었다. 수심은 260-884m 범위이었고, 끌줄길이는 어획수심의 2.0-2.5배(평균 2.1배)를 사용하였다. 이때 측심을 위한 깊이 센서(HA4-21/D1500, Scanmar Co.)와 전개판 간격을 측정하기 위한 거리센서(HA4-A144, Scanmar Co.), 망고를 측정하기 위한 Trawl eye (TE40-1, Scanmar Co.)를 어구에 부착하여 매 조업시 마다 전개판 간격과 망고 등을 트롤어획감시 장치(SRU-M401, Scanmar Co.)로 다운 받아 컴퓨터에 저장하였다(Fig. 3).

그리고 실험실에서 다운 받은 자료를 컴퓨터로 재생하여 전개판의 전개간격과 트롤그물 입구의 망고가 안정되었을 때, 매 조업시 마다 풍향과 예망방향을 무시하고 5회씩 예망속도, 전개판의 전개간격, 망고를 조사하였다. 예망속도는 20초 동안의 예망속도를 평균하였으며, 트롤그물 입구의 망폭은 전개판 간격에서 환산하여 사용하였다.

결과 및 고찰

실물트롤그물의 시뮬레이션 실험

유체저항

북서태평양 해산어장에 사용할 트롤그물을 예망속도에 대하여 시뮬레이션한 유체저항은 Fig. 3과 같다. 유체저항은 예망속도 2kt's에서 3,862kgf, 2.5kt's에서 5,641kgf, 3.0kt's에서 7,806kgf, 3.5kt's에서 10,605kgf, 4kt's에서 13,509kgf, 4.5kt's에서 17,076kgf, 5kt's에서 20,911kgf로 예망속도가 증가함에 지수적으로 증가하는 경향을 보였다. 이와 같이 예망속도가 빨라지면 저항이 증가하는 경향을 Jang and Lee(1996a), Yae and Lee(1993) 그리고 Fujiishi (1990)의 모형 실험에서도 보고하고, Cho and Cho(2000)의 실물실험에서도 보고하고 있다.

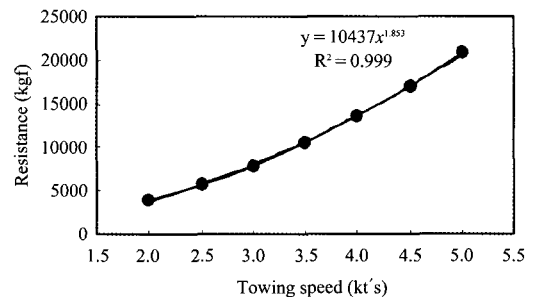


Fig. 3. Relationship between resistance and speed by computer simulation.

망고와 망폭

트롤그물의 망고와 망폭의 변동을 시뮬레이션한 결과는 Fig. 4와 같다. 망고는 예망속도

2.0kt's에서 11.7m, 2.5kt's에서 9.8m, 3.0kt's에서 7.8m, 3.5kt's에서 6.3m로 예망속도가 높아짐에 따라 점차 낮아지는 경향을 보였으나, 그 보다 더 빠른 예망속도에서는 더 이상 낮아지지 않고, 7.0-8.1m 범위를 나타내었다. 이것은 Fig. 5와 같이 전개판과 트롤그물이 부상하면서 오히려 망고가 높아진 것으로 보이며, 일단 그물이 부상하게 되면, 예망속도가 빨라져도 망고의 감소는 둔화되는 것으로 판단된다.

망폭은 예망속도 2.0kt's에서 22.9m, 2.5kt's에서 23.7m, 3.0kt's에서 24.7m, 3.5kt's에서 25.5m, 4.0kt's에서 26.3m, 4.5kt's에서 26.7m, 5.0kt's에서 27.0m로 나타났다. 이것으로 망폭은 예망속도가 증가함에 따라 비례하여 증가하는 것을 알 수 있다. 이와 같이 망고의 크기는 예망속도에 반비례하고, 망폭의 크기는 예망속도에 비례하는 경향은 여러 연구자들이 이 행한 트롤어구의 연구결과와 거의 일치한다(Yae and Lee, 1993; Cho et

el., 1995; Jang and Lee, 1996b; Kim and Kim, 2000; Cho and Go, 2000; Okonoski, 1964).

모형트롤그물의 실험

유체저항

북서태평양 해산어장에 사용할 모형트롤그물의 유체저항을 예망속도에 따라서 측정한 결과는 Fig. 6과 같다. 유체저항은 예망속도 2kt's에서 4,450kgf, 2.5kt's에서 6,689kgf, 3.0kt's에서 8,929kgf, 3.5kt's에서 11,614kgf, 4.0kt's에서 14,299kgf, 4.5kt's에서 17,624kgf, 5.0kt's에서 20,947kgf로 예망속도가 증가함에 지수적으로 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 Yae and Lee(1993), Cho et al.(1995), Jang and Lee(1993), Fujiishi(1990)와 Cho and Cho(2000) 등이 보고한 것과 동일한 경향을 보였다.

망고와 망폭

모형트롤그물의 전개각 33.3°에서의 예망속도에 따른 모형트롤그물 입구의 망고와 망폭의 변동값을 실물 트롤그물로 환산하면 Fig. 7과 같다. 망고는 예망속도 2.0kt's에서 8.8m, 2.5kt's에서 8.1m, 3.0kt's에서 7.3m, 3.5kt's에서 6.8m, 4.0kt's에서 6.4m, 4.5kt's에서 6.4m, 5.0kt's에서 5.6m로 예망속도가 빠를수록 망고는 점차 작아지는 경향을 보였으며, 예망속도가 특정한 값을 초과하면 망고의 감소 폭은 작아지는 경향을 나타내었다. 여기서는 전개판을 사용하지 않았기 때문에 예망

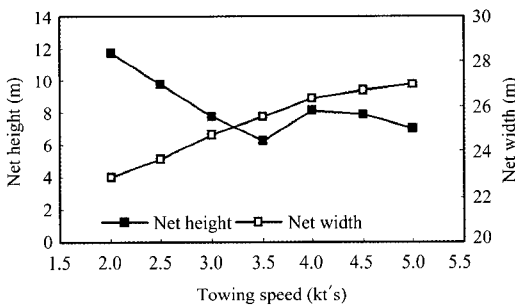


Fig. 4. Relationship of trawl net width, net height and speed by computer simulation.

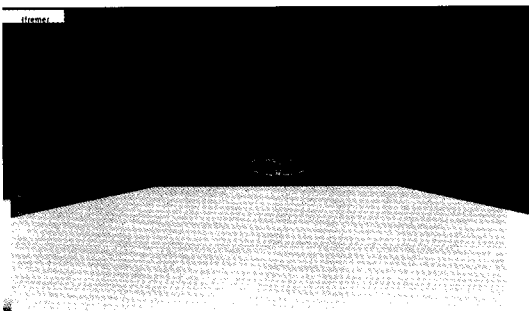


Fig. 5. A view of trawl net simulation at towing speed 4.5kt's.

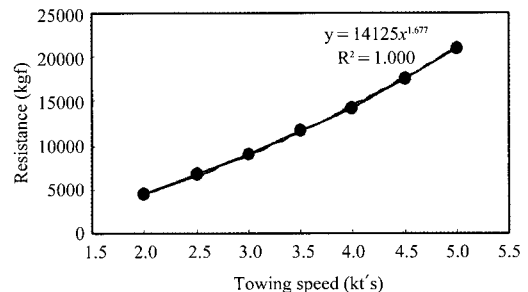


Fig. 6. Relationship between resistance and speed by model net experiment.

속도가 증가함에 따라 O.B가 부상하고, 그에 따라 그물도 부상하는 실물어구의 시뮬레이션과 다른 현상이 생긴 것으로 판단되지만, 이 때에도 예망속도가 증가함에 따라 망고는 감소한다. 그것은 예망속도에 따라 뜰줄의 부력과 발줄의 침강력이 영향을 받기 때문이다.

망폭은 예망속도 2.0kt's에서 28.2m, 2.5kt's에서 28.2m, 3.0kt's에서 28.3m, 3.5kt's에서 28.3m, 4kt's에서 28.4m, 4.5kt's에서 28.4m, 5kt's에서 28.5m로 예망속도가 증가함에 따라 28.2m에서 28.5m로 미미하게 증가하였다(Fig. 7). 예망속도를 2.0kt's에서 5kt's까지 증가하여도 망폭의 차이는 0.3m 인 것은 전개판의 간격이 고정된 상태에서 실험을 실시하였기 때문에 발생한 것으로 생각된다.

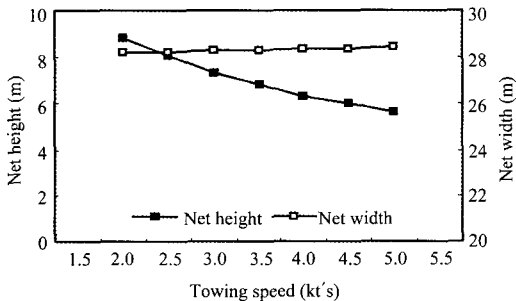


Fig 7. Relationship between net height and speed by model experiment.

이와 같은 예망속도에 따른 망폭의 변화는 본 실험과 비슷한 조건으로 실험한 Yea and Lee (1993), Cho et al.(1995), Jang and Lee(1996b) 그리고 Kim and Kim(2000)의 모형실험 보고와 일치한다. 그리고 망폭의 변화는 CHO at el.(1995) 등이 보고한 것과 같이 예망속도보다는 전개판 간격이 더 많은 영향을 미치는 것으로 추정된다.

트롤그물의 어획시험

전개판 간격과 트롤그물 입구의 망폭

시험조업 중에 조사된 예망속도 2.6kt's - 4.3kt's(평균 3.5kt's) 범위에서의 전개판 간격과 전개판 간격으로 추정된 트롤그물 입구의 망폭은 Fig 9와 같다. 전개판 간격은 최소 90.1m에서 최대 128.0m 이었으며, 평균 전개판간격은 108.4m로 나타났다. 그리고 시험조업 중 얻어진 전개판의 평균 전개판간격인 108.4m에서의 트롤그물의 전개각은 33.3°로 추정되었다. 또한 트롤그물의 망폭은 최소 24.8m에서 최대 35.2m 이었으며, 평균 전개판간격은 29.8m로 나타났다. 예망속도에 따라서 O.B 전개판간격에 대한 그물의 전개폭의 변화가 약간씩 다른긴 하지만, 이들의 관계는 대체적으로 선형적인 변화를 하는 것으로 사료된다.

트롤그물 입구의 망고

시험 조업 중에 조사된 예망속도에 따른 망고

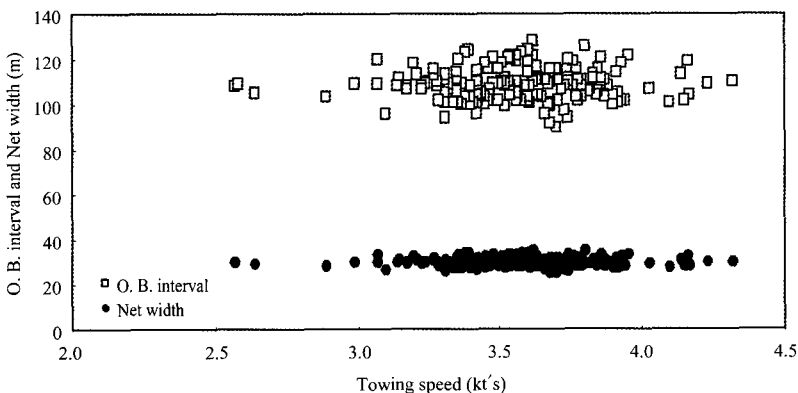


Fig. 8. Relationship between the O. B. interval and the net width according to the speed by trawl fishing experiment.

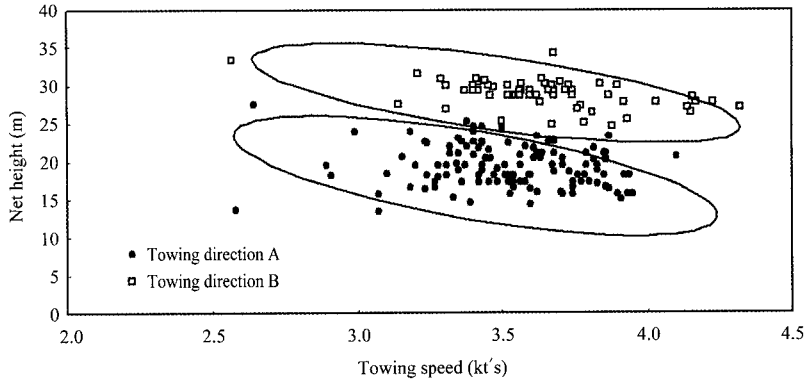


Fig. 9. Relationship between net height and speed by trawl net experiment.

의 변화를 Fig. 9에 나타내었다. 여기서 A그룹은 평균 망고 19.3m로 해류나 바람을 순방향으로 받고, B그룹은 평균 망고 28.8m로 해류나 바람을 역 방향으로 받고 예망한 것이다. 그물 입구 망고의 크기는 최소 13.5m에서 최대 34.2m 이었으며, 평균 망고는 22.m로 나타났다. 이와 같이 같은 예망속도에서도 망고의 차이가 약 2배가 되는 것은 수조 모형실험이나 시뮬레이션에서 발생하지 않는 해류와 바람과 같은 외력의 영향 때문에 발생한 것으로 추정된다. Hamuro(1959)는 트롤그물 예망 중 받는 바람의 방향에 따라 망고가 다르다고 보고하였다. 그리고 A그룹과 B그룹은 각각은 Jang and Lee(1996b), Cho et al.(1995) 그리고 Okonoski(1964) 등이 보고한 것과 같이 예망속도가 커질수록 망고는 낮아지는 경향을 보인다.

트롤그물의 비교

유체저항

트롤그물의 예망속도별 유체저항은 시뮬레이션에서는 3,862kgf - 20,948kgf 이고, 모형실험에서는 4,450 - 20,948kgf이었다. 그리고 Koyama 저항식(1971), $R = 8 \frac{d}{l} a b v^2$ 으로 구한 유체저항은 8,123 - 50,774kgf 범위로 계산되었다. 모형실험의 유체저항 값이 시뮬레이션에 의한 유체저항 값 보다 0.2% - 18.6% 높게 나타났고, 평균 예

망속도(3.5kt's)에서의 Koyama 저항식에 따른 유체저항은 시뮬레이션의 2.1배, 모형실험의 2.4 배 높게 나타났다.

평균 예망속도에서 그물의 특성

평균 예망속도(3.5kt's)에서의 트롤그물 망폭은 시뮬레이션에서 28.3m, 모형실험 25.5m, 그리고 어획실험에서 27.6m로 어획실험시 망폭이 시뮬레이션 보다는 2.5% 작았고 모형실험 8.2% 크게 나타났다.

트롤그물의 예망속도별 시뮬레이션에서는 3.5kt's 이상에서는 전개판과 트롤그물이 해저에서 부상하는 것으로 나타났다. 이와 같은 부상한 것은 끌줄의 길이가 수심의 2.1배로 짧게 사용함으로써 빠른 예망속도에서는 트롤그물이 부상한 것으로 추정된다. 그리고 트롤그물 어획실험에서 평균 예망속도인 3.5kt's에서 A 그룹의 평균 망고는 28.8m로 모형실험 보다 423.5%, 시뮬레이션 보다 457.1% 크게 나타났으며, B 그룹은 평균 망고가 19.3m로 모형실험 보다 283.8%, 시뮬레이션 보다는 306.3% 크게 나타났다. 이와 같이 어획실험의 망고가 모형실험이나 시뮬레이션 보다 크게 나타난 것은 첫째, 전개판에서 발생된 양쪽 날개 그물에 집중적으로 작용하는데 반하여, 부자줄의 부력은 뜰줄 중앙에 집중되고, 발줄의 중량도 발줄 중앙에 집중됨으로서 나

타날 수 있고, 둘째는 짧은 끌줄을 사용함으로써 낮은 속도에서도 트롤그물이 해저 바닥에서 부상하면서 트롤그물의 주름줄이 커짐에 따라서 망고가 커지는 것으로 추정된다.

실험에 사용한 트롤그물은 해산어장에서 일반적인 저층트롤그물처럼 장기간 해저 바닥을 인망하지 않고, 해산에 붙어 있는 어군을 찾아 떼 올리는 중층트롤 형태의 조업을 함으로 시험 결과를 고려하여 트롤그물의 성형을 등을 검토하여야 할 것으로 판단되었다.

결 론

북태평양 해산어장에서 트롤감시 시스템으로 얻어진 자료와 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 얻어진 트롤그물의 수치, 그리고 모형 트롤그물의 수조 실험에서 얻어진 수치를 서로 비교·분석하여 새로운 어장에 적합한 트롤그물을 설계 제작하는데 기여하고자 실험을 실시하였다. 트롤그물의 예망속도별 유체저항은 예망속도가 빨라지면 저항이 증가하는 경향을 보였고, 평균 예망속도에서의 트롤그물 입구 망폭은 시뮬레이션 보다는 2.5% 작았고 모형실험보다 8.2% 크게 나타났으며, 평균 예망속도에서 망고는 외력(해류나 바람)이 순방향 일 때는 모형실험 보다 4.2배, 시뮬레이션 보다 4.5배 크게 나타났으며, 외력의 역방향일 때는 모형실험 보다 2.8배, 시뮬레이션 보다는 3.0배 크게 나타났다. 이와 같이 망고에서 실험 방법, 외력의 방향에 따라 큰 차이가 보이는 것은 어구를 운용하는 조업선의 특성에 따라 발생될 수 있지만, 그것 보다는 어구를 운용하는 어로기술에 의한 차이로 판단된다. 따라서 새로운 어장에 적합한 트롤그물을 설계 제작하는데 어획대상 종의 어군행동 특성, 어장의 해황, 어장의 저질 상태뿐만 아니라 그 어구 운용하는 선장의 어로기술을 고려하여 제작하여야 할 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원(해외어장 개발 및

이용연구, RP-2006-SG-002)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Cho, B.K. and S.O. Cho, 2000a. A study on the bottom trawl gear by the trial of a stern trawler - I, - On the resistance of bottom trawl gear - . Bull. Kor.Soc. Fish. Tech., 36(4), 274 - 280.
- Cho, B.K. and G.S. Go, 2000b. A study on the bottom trawl gear by the trial of a stern trawler - II, - On the net shape of a of bottom trawl gear - . Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 36(4), 281 - 287.
- Cho, S.K., J.H. Lee and C.S. Jang, 1995. The model experiment on the pair midwater trawl. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 31(3), 228 - 239.
- Fujiishi, A., 1990. Model tests of high speed midwater trawls with large meshes. Nippon Suisan Gakkaishi, 56(5), pp. 743 - 747.
- Hamuro, C., 1959. Fishing gear measurement argument. Denshoten, pp. 352 - 358.
- Jang, C.S. and B.G. Lee, 1996a. A study on the midwater pair trawling - III. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 32(1), 1 - 6.
- Jang, C.S. and B.G. Lee, 1996b. A study on the midwater pair trawling - IV. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 32(1), 7 - 15.
- KFA, 2004. Korea fisheries yearbook. Report of KFA, pp. 476.
- Kim, J.M. and J.K. Kim, 2000. Model test on the open efficiency of the midwater pair trawl net. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 36(2), 73 - 84.
- Koyama, T., 1971. A calculation method for matching trawl gear to towing power of trawlers. Modern fishing gear of the world 3, pp. 352 - 358.
- Kwon, B.G., 1995. Model test on the high performance of the midwater pair trawl net. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 31(4), 340 - 349.
- Lee, C.W., 1994. Fuzzy logic control for a simplified trawl system. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 30(3), 189 - 198.
- Okonoski, S., 1964. Universal one - boat midwater and

bottom trawl. Modern fishing gear of the world 2, pp. 229 – 234.

Tanaka, E., M. Ko and N. Hirayama, 1991. A simulation model of gear efficiencies of trawlers for flatfish. Nippon Suisan Gakkaishi, 57(6), 1019 – 1028.

Yae, Y.H. and B.G. Lee, 1993. A model experiment on the basic efficiency of midwater rope trawl net. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech. 29(3), 200 – 213.

2006년 4월 1일 접수

2006년 7월 28일 수리