

트롤어업에서 어로기술개발에 따른 어획성능지수 변동

조현수 · 서영일¹ · 오택윤¹ · 안영수² · 김병엽³ · 임영경⁴ · 이유원^{5*}

군산대학교 해양산업 · 운송과학기술학부 교수, ¹국립수산과학원 연근해자원과 연구원, ²경상대학교 해양산업연구소 교수, ³제주대학교 실습선 교수, ⁴해양수산부 서해어업관리단 주무관, ⁵부경대학교 실습선 교수

Change of relative fishing power index from technological development in the otter trawl fishery

Hyun-Su JO, Young-Il SEO¹, Taeg-Yun OH¹, Young-Su AN², Byung-Yeob KIM³, Yeong-Gyeong IM⁴ and Yoo-Won LEE^{5*}

Professor, Division of Marine Industry-Transportation Science and Technology, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

¹Researcher, Fisheries Resources Management Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

²Professor, Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

³Professor, Training Ship, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

⁴Assistant, Ministry of Oceans and Fisheries, West Sea Fisheries Management Service, Mokpo 58754, Korea

⁵Professor, Training Ship, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

Thousands of pelagic and demersal fishes inhabit the waters around Korea and many of them are overexploited. One of the reasons is technological development, which increases the efficiency of the vessels continuously. The analysis was conducted to identify the change of fishing power index to develop the vessel and gear technology that may have improved the fishing efficiency of the otter trawl fishery from 1960s to 2010s. Gross tonnage was decreased stably, but horse power was increased annually. The perimeter of net mouth was somewhat longer, but little changed. Color fish finder was utilized from the mid-1960s. Hydraulic net drum were introduced in the early 1990s, and supply rate was gradually increased. Surveys on the supply and upgrading of fishing equipment utilized visiting research. Therefore, the relative fishing power index in the trawl fishery increased about two to three times in the 2010s compared to the 1980s. The results are expected to contribute to reasonable fisheries stock management.

Keywords: Fishing power index, Trawl fishery, Fishing vessel, Fishing gear, Fishing equipment

서론

우리나라 트롤어업은 1957년 주한 경제조정관실

(Office of the Economic Coordinator for Korea: OEC)

수산부에서 미국 멕시코만식의 새우트롤 어구를 도입하

*Corresponding author: yoowons@pknu.ac.kr, Tel: +82-51-629-5993, Fax: +82-51-629-5886

여 시험 조업한 것이 시초로 그 역사는 아주 짧다. 그 후 트롤어업은 1963년 수산업법 제11조(주무부장관의 허가어업과 지정원양어업) 제3호와 5호에 트롤어업과 새우트롤어업으로 나뉘어 규정되어 있고, 새우트롤어업은 조업구역이 북위 35도 30분 이북의 동해에서 새우를 어획하였다. 그러나 트롤어업은 법에는 규정되어 있었으나, 트롤어업에 대한 인식이 낮았고 생산성이 저인망에 미치지 못하였으므로 거의 이루어지지 않았다(Lee and Lee, 1993).

북태평양과 대서양 등에서 원양트롤어업이 발달하면서 근해트롤어업이 새롭게 인식되고, 1970년대 후반부터 본격적으로 조업이 시작되어 오늘에 이르고 있다. 최근 10년간(2008~2017년) 트롤어업의 우리나라 연도별 어업생산량은 49,692~119,578톤으로 일반해면어업 총생산량에서 5.4~11.1%를 차지하고 있다(MOF, 2018).

트롤어업에 대한 연구는 대부분 어획성능 향상을 위한 어구 및 전개판에 관한 것으로 국내에서는 Lee et al. (1986a; 1986b; 1986c; 1986d)과 Lee and Kim (1988)의 중층트롤의 수직수평전개도, 유체저항, 전개판의 동작상태 및 성능, Lee and Yae (1993)의 로프트롤 그물의 형상 및 유체저항, Kim and Lee (1999)의 중층트롤 망구 형상 해석, Lee et al. (1998; 2001)의 중층트롤 시스템의 동적특성 및 깊이 제어시스템 설계, Cho and Cho (2000)와 Cho and Go (2000)의 저층트롤의 저항 및 수중형상, Cha et al. (2002)의 중층트롤의 유체역학적 시뮬레이션, Park and Yoon (2001; 2002)의 중층트롤의 수중형상, 그물저항 및 전개판 간격, Kwon et al. (2001)의 동해구 트롤의 어법 및 어로시스템의 개량, Ko et al. (1990)의 전개판에 대한 수치해석, Lee et al. (1987)의 전개판 종류별 유체역학적 성능, Park et al. (2002)의 만곡형 전개판의 유동장 계측 등 1980년대부터 2000년대까지 다양한 연구가 이루어졌으나, 최근 트롤어업에 대한 연구는 시뮬레이션에 관한 일부 연구를 제외하면 거의 없다.

과거 어업 연구는 어획량을 증대시키기 위한 어구 및 시스템에 관한 연구이었다면, 최근에는 지속적이고 효율적인 자원관리를 위한 기초연구로 An et al. (2007)과 Kim et al. (2007)의 낙지통발어업, Kim et al. (2015)의 연안개량안강망어업, Lee et al. (2012)의 대계자망어업, Engelhard (2008)의 해외트롤어업, Jeong and Lee

(2019)의 외끌이저인망어업, Oh et al. (2017; 2018)의 붉은대계통발어업과 오징어채낚기어업, Seo et al. (2017; 2019)의 대형선망어업과 참조기유자망어업에서 어획성능의 정량화가 시도되었고, Fitzpatrick (1996), MOF (2003) 및 Pauly and Palomares (2010)의 어획노력량의 정량화 등이 보고되었다. 국내 트롤어업에서도 기관 마력의 증가 및 어구 개량 등으로 어획성능이 증가될 것으로 예상되므로, 중층 및 저층 어족자원을 관리하기 위해서는 트롤어업의 어획성능을 평가할 필요가 있다.

본 연구에서는 중층 및 저층 어족자원을 주 대상으로 하는 트롤어업에 대하여 단위어획당노력량(Catch Per Unit Effort: CPUE)인 적당 어획량을 시대별로 표준화하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 트롤어업에서 어선, 어구, 어로설비 및 항해계기 발달에 따른 어획성능지수의 변화에 대하여 추정하고 고찰하였다.

재료 및 방법

트롤 어선의 어획성능에 영향을 미치는 조사항목은 크게 어선, 어구, 어로설비 및 항해계기로 분류하고, 어선에서는 어선의 총톤수와 기관 마력을, 어구에서는 망구 둘레와 끝자루 망목 크기를, 어로설비에서는 트롤원치, 네트레코더, 어군탐지기, 항해계기에서는 Loran (Long Range Navigation)과 GPS (Global Positioning System) 플로터 등의 측위장치로 선정하였다.

분석에 이용한 자료 중 어선 척수, 총톤수 및 기관마력은 수산청 수산통계연보(OFROK, 1963~2000), 한국경제개발연구소(KEDRI, 1966)의 어선어업현황 통계자료 및 해양수산부 등록어선통계(MOF, 2019) 자료를 이용하였다. 또한, 어구에 관한 자료는 국립수산물과학원에서 발행한 한국어구도감(NFRDA, 1967; NFRDA, 1989; NIFS, 2002; NIFS, 2008) 및 연근해어업 총조사(NIFS, 2004)를 분석하였다. 어로설비 및 항해계기에 관한 도입 시기 등에 관해서는 수산통계연보의 어업별 어로장비 현황과 같은 문헌조사를 실시하였다. 문헌조사가 불가능한 항목에 대해서는 대형트롤은 대형기선저인망수협 및 트롤어구 제작사의 협조를, 동해구 중형트롤은 동해구 트롤협회의 협조를 받아서 트롤어업에 종사한 경험 있는 선장들을 대상으로 청취조사 및 설문조사를 이용하여 분석하였다. 분석 시 어황 및 선장의 능력은 동일하다고 가정하고 분석을 진행하였다.

결과 및 고찰

어선의 변화

트롤어선의 총톤수와 기관마력의 변화는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 대형트롤의 적당 평균 총톤수는 1970년대 중반 90.3톤을 나타내었다가 점차 증가하여 1980년에 113.4톤, 1990년에 126.2톤, 2000년에 133.2톤을 나타낸 이후 현재까지 130톤 대를 안정적으로 유지되고 있다. 그러나 적당 평균 기관마력은 1970년대 중반 281.7마력을 나타내었다가 점차 증가하여 1990년에 642.9마력을 나타내었고, 중층트롤 도입에 따라 1990년 중반부터 급격히 증가하여 1995년에 1107.2마력, 2000년에 1333.2마력, 2010년에 1457.4마력으로 증가한 이후 안정적으로 유지되었다.

동해구 중형트롤은 적당 평균 총톤수는 1960년 33.6톤에서 1970년대 초까지 지속적으로 증가하여 83.2톤으로 증가한 이후 감소하여 1980년대에는 불안정적으로 증감하는 경향을 나타내었으나 장기적으로 살펴보면 1984년 72.0톤을 나타낸 이후 감소하여 1990년 66.4톤, 2000년 51.9톤, 2010년 52.9톤으로 안정적으로 유지되어 현재에 이르고 있다. 적당 평균 기관마력은 1960년에 73.0마력을 나타낸 이후 점차 증가하여 1975년 223.8마

력, 1990년 432.3마력, 2000년 516.8마력을 나타내었다. 그 후 크게 증가해 2005년 681.3마력, 2010년 970.7마력, 2015년 1193.5마력을 나타내었다. 이와 같이 2000년 이후 기관마력이 급격하게 증가한 것은 그 이전까지 분홍새우, 명태, 청어, 가자미류를 대상으로 한 저층트롤 위주에서 2000년 이후 오징어 등을 대상으로 한 중층트롤이 도입됨에 따라 상대적으로 저층트롤보다 큰 중층트롤 어구를 예망하기 위한 것으로 추정된다.

어선 척수, 총톤수 및 기관마력에 대한 자료 중 1960년대 동해구 중형트롤은 한국경제개발연구소(KEDRI, 1966)의 새우트롤어업의 통계자료를 이용하였으나, 수산청 수산통계자료(OFROK, 1963~2000) 중 1960년대 초에는 기선저인망(trawl)으로 분류하다가 1960년대 중 후반부터는 오타트롤(otter trawl)과 기타 트롤(other trawl)로 분류하였으나, 각 어업에 대한 정확한 통계를 확인할 수 없어서 사용하지 않았다. 그 후 1971년부터 오타트롤(otter trawl)과 새우트롤(shrimp trawl)로 분류하여 통계가 집계되었으나, 대형트롤은 1970년대 후반부터 본격적으로 조업이 시작되었기에 1976년부터의 자료를 활용하였고, 동해구 중형트롤은 새우트롤(shrimp trawl)로 분류된 1971년 자료부터 활용하였다.

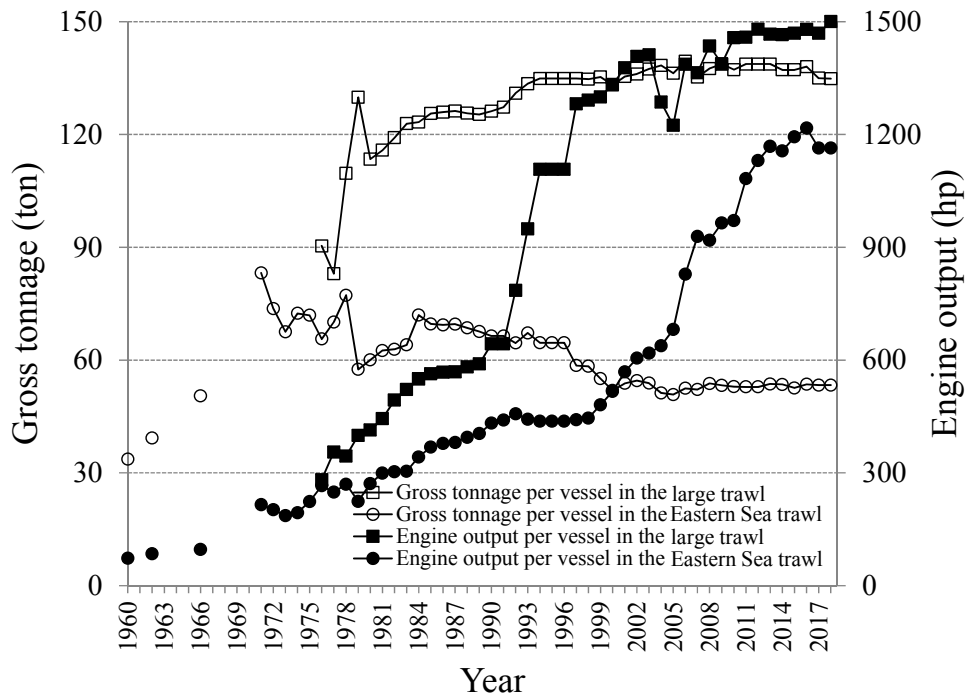


Fig. 1. Relationship between gross tonnage and engine output per vessel with the changes of the times in the trawl fishery.

이들 어업의 총톤수와 기관마력의 변화는 수산업법 및 수산업법 시행령의 어선에 관한 제한의 개정에 따라 변동되는 것을 확인할 수 있었는데, 대형트롤은 1963년 100톤 이상, 1971년 500톤 미만, 1976년 100~550톤, 1981년 100~170톤(신톤수 70~140톤), 2013년 60~140톤으로 변경되었다. 동해구 중형트롤(새우트롤)어선은 1963년 총톤수 30~60톤 미만 이면서 기관마력은 70~150마력, 1967년 기관마력 상한을 폐지하여 총톤수는 30~60톤 미만 이면서 기관마력은 70마력 이상, 1976년 20~80톤, 1982년 20~80톤(신톤수 20~60톤)으로 변경되었다.

어구의 변화

트롤 어구의 망구 둘레와 끝자루 망목 크기의 변화는 Table 1과 같다. Table 1에서 어구는 대형트롤과 동해구 중형트롤로 분류하고, 더욱이 1980년대 중반 이후 중층 어류를 포획하기 위하여 출현한 중층트롤로 인하여 중층트롤과 저층트롤로 나누어서 나타내었다.

1967년 대형 저층트롤 어구는 트롤(경남, 삼천포) 50톤, 130마력 어선의 어구로 천장망 뒤끝의 코 수를 나타내지 않아서 약산식으로 계산한 망구 둘레는 약 37.0m이었다(NFRDA, 1967). 총톤수와 기관마력으로 대형트롤로 판단하기에는 어선의 규모가 작았으나, 트롤 어구로 우리나라 어구도감에 최초로 나타난 자료이어서 대형트롤 어구자료로 활용하였다. 그 후 국립수산과학원이 발행한 한국어구도감 1989년, 2002년, 2008년 대형 저층트롤 어구는 대부분 6매식으로 이전의 4매식에 비하여 망고가 다소 커진 것 이외에 망구 둘레는 43.1~48.9 m로 일정하였다(NFRDA, 1989; NIFS, 2002;

NIFS, 2008).

1980년대 중반부터 중층 어류를 어획하기 위하여 대형 중층트롤 어구는 130톤 800마력, 130톤 1,000마력, 140톤 1,300마력의 3종류로 망구 둘레는 408.0~604.8 m를 나타내어 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 기관마력의 증대에 따라 더 큰 어구를 예망하였을 것으로 판단하였으나, 어구의 규모는 거의 일정하였으므로 예망속도를 증가시켜 유영속도가 빠른 중층 어류를 어획하였을 것으로 추측된다.

동해구 중형 저층트롤 어구는 새우트롤(경북 영덕) 49톤, 120마력 어선의 어구로 천장망 뒤끝의 코 수를 나타내지 않아서 약산식으로 계산한 망구 둘레는 약 45.0 m이었다(NFRDA, 1967). 그 후 발행된 1989년, 2002년, 2008년 한국어구도감의 동해구 중형 저층트롤 어구의 망구 둘레는 46.0~49.4 m로 일정하였다(NFRDA, 1989; NIFS, 2002; NIFS, 2008).

동해구 중형트롤에서도 대형트롤과 비슷하게 1980년대 중반부터 중층트롤 어구가 출현하였는데, 동해구 중형 중층트롤의 설계 망구 둘레는 244.8 m이었다. 1989년 한국어구도감 이후 2002년과 2008년 한국어구도감에서도 그물입구에 1,200 mm 그물코가 큰 망지를 사용한 것만 나타나 있으나, 어업 현장에서는 그물코가 큰 망지대신에 로프 그물로 대체하여 사용하기도 하였다고 조사되었으나, 그물 도면을 확보하지 못하여 공인된 국립수산과학원 자료만 활용하였다.

한편, 저층트롤의 어획성능을 계산할 때는 발줄의 길이를 사용하지만, 본 연구에서는 중층트롤과 혼용되어 있어서 자루 입구(천장망 뒤 끝)의 둘레를 주름없이 뻗친 길이를 구하여 어획성능의 지표로 사용하였다.

Table 1. Summary of perimeter of net mouth and codend mesh size used in the trawl fishery

Item			1967	1989	2002	2008
Large trawl net	Perimeter of net mouth (m)	MT	-	408.0~604.8	408.0~604.8	408.0~604.8
		BT	37.0	43.1~48.9	43.1~48.9	43.1~48.9
	Codend mesh size (mm)	MT	-	40.0~60.0	40.0~60.0	40.0~60.0
		BT	33.0	40.0~60.0	40.0~60.0	40.0~60.0
Eastern Sea trawl net	Perimeter of net mouth (m)	MT	-	244.8	244.8	244.8
		BT	45.0	46.0~49.4	46.0~49.4	46.0~49.4
	Codend mesh size (mm)	MT	-	60.0	60.0	60.0
		BT	50.0	40.0~60.0	40.0~60.0	40.0~60.0

*MT: midwater trawl, BT: bottom trawl.

끝자루의 망목 크기는 Table 1과 같이 1967년 대형 저층트롤에서 33.0 mm를 사용한 이후, 대형 트롤과 동해구 중형 트롤에서 40.0~60.0 mm로 자율적으로 사용하다가, 2006년 수산자원보호령 제6조에 의하여 대형 트롤이 54 mm, 2008년 동해구 트롤이 43 mm 이상으로 끝자루 망목 크기를 제한하여 사용하기 시작하였다.

어로설비 및 항해계기의 변화

트롤어선의 어획성능에 영향을 미치는 어로설비 및 항해계기를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 대형트롤의 어로설비는 대형트롤이 본격적으로 시작된 1970년대 중반 이후 끝줄을 감아올리는 유압식 트롤윈치, 어망을 감시하는 네트레코더와 어군 및 해저 상태를 파악하기 위한 어군탐지기가 사용되었고, 1990년대부터 중층트롤이 보급되면서 네트드럼이 사용된 것으로 조사되었다. 또한 측위시스템은 1970년대 중반 로란(Loran C)이 사용되다가 1990년대 중반부터 GPS가 보급되기 시작하였다.

동해구 중형트롤의 대표적인 어로설비인 트롤윈치는 현재와 같이 선미에 설치되어 있지 않고, 1960년에서 1990년대 중반까지는 대부분 현측식 트롤이었으므로 상갑판 선수부분에 설치되어 사이드롤러를 거쳐서 끝줄을 감아 들이는 수동 트롤윈치를 사용하다가(KEDRI, 1966), 1980년대 중반이후 유압식 트롤윈치를 사용하기 시작하였다. 네트드럼은 1998년부터 시작된 동해구 중

형트롤 조업시스템의 개량을 통하여 2000년부터 사용된 것으로 조사되었다(MOMAF, 2001). 그 외 어로설비 및 항해계기에 대한 청취조사 및 문헌조사(OFROK, 1965~2000, 어업별 어로장비 수)를 통하여 네트레코더는 2000년부터, 어군탐지기는 1965년부터, 측위장치는 1980년부터 사용하기 시작한 것으로 조사되었다.

한편, 트롤어선에서 투·양망법은 어선원과 어선의 안전뿐만 아니라 어획성능과도 밀접한 관계가 있는데, 대형트롤이 우리나라에서 본격적으로 시작된 1970년대 중반 이후 어선은 초기 현측식(side trawler)에서 1980년대 들어서면서 대부분 선미식(stern trawler) 투·양망법으로 바뀌면서 발전하였다(Lee and Lee, 1993). 그러나 동해구 중형트롤은 1966년에는 현측식과 선미식이 88.0%와 12.0% 비율로 현측식이 많았고(KEDRI, 1966), 1998년부터 시작된 동해구 중형트롤 조업시스템의 개량을 통하여 현측식을 선미식으로 투·양망법 및 어로설비 등의 개선 과정에 오징어자원을 둘러싼 근해채낚기어업과 동해구 중형트롤어업간의 갈등으로 선미식이 35.9%로 증가되는 도중에 중단됨으로서 현재 동해구 중형트롤의 투·양망법은 선미식과 현측식이 혼용되고 있는 실정이다.

최근 동해구 중형트롤어선의 선교에는 Fig. 2와 같이 레이더, GPS 플로터, AIS (Automatic Identification System, 선박자동식별장치), 어군탐지기, 무선통신기기(VHF, SSB), 기상팩스 수신기 등이 설치되어 있고, 갑판

Table 2. Summary of survey items with fishing equipments and positioning system at interval of five years in the trawl fishery

Items		1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Large trawl vessel	Trawl winch (Net drum)	-	-	-	TW	TW	TW	TW (ND)	TW (ND)	TW (ND)	TW (ND)	TW (ND)	TW (ND)
	Net recorder	-	-	-	b/w	b/w	b/w, colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour
	Fish finder	-	-	-	b/w	b/w, colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour
	Positioning system	-	-	-	Loran C	Loran C	Loran C	Loran C	GPS	GPS plotter	GPS plotter	GPS plotter	GPS plotter
Eastern Sea trawl vessel	Trawl winch (Net drum)	TW	TW	TW	TW	TW	TW	TW	TW	TW (ND)	TW (ND)	TW (ND)	TW (ND)
	Net recorder	-	-	-	-	-	-	-	-	Colour	Colour	Colour	Colour
	Fish finder	-	b/w	b/w	b/w	b/w	b/w, colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour
	Positioning system	-	-	-	-	Loran C	Loran C	Loran C	GPS	GPS plotter	GPS plotter	GPS plotter	GPS plotter

*TW: trawl winch, ND: net drum.



Fig. 2. Navigation systems (a) and winch controller (b) in the bridge of Eastern Sea trawl vessel.



Fig. 3. Net drum, trawl winch (a), otter board (b) and net recorder receiver (c) etc. fishing equipments on the deck of Eastern Sea trawl vessel.

상에는 Fig. 3과 같이 트롤윈치와 네트드럼, 전개판, 네트레코더 수신부 등의 어로설비가 설치되어 있는데, 이들 어로설비 보급률의 증가와 첨단화는 어획성능 증가로 이어졌을 것으로 판단된다.

어획성능지수의 변화

트롤어선의 어획성능에 영향을 미치는 어선, 어구, 어로설비 및 항해계기의 변화를 5년 간격으로 요약하면 Table 3과 같다. Table 3에서 총톤수와 기관마력은 수산통계연보(OFROK, 1963~2000) 및 해양수산부 등록어선통계(MOF, 2019) 자료로부터 전체 총톤수 및 기관마력을 어선 척수로 나눈 값을 해당 총톤수와 기관마력을 구하여 각 어업별로 5년간의 평균값을 그 기간의 대푯값으로 이용하였다.

Table 3에서 어구의 망구 둘레는 Table 1에서 각 시대별 평균값을 구하였는데, Lee (1988)와 청취조사를 통하여 1985년부터 1990년대 말까지 중층과 저층그물을 혼용하였을 때는 11월부터 익년 4월까지의 6매식 저층그물을, 5월부터 10월까지의 중층그물을 사용한 것으로 조사되었다. 한편, 청취조사를 통하여 2000년부터 현재까지는 계절에 관계없이 중층그물을 80%정도 사용하는 것으로 조사되어 저층그물과 중층그물 사용 비율로 가중평균을 구하여 대푯값으로 활용하였다. 한국어구도감 등 문헌조사에서 어구 변화를 파악하지 못한 경우에는 어구에 특별한 변화가 없는 것으로 판단하고, 시대별로 동일한 값을 이용하였다. 트롤어선의 어구에서 망구 둘레 이외에 끝자루의 망목 크기가 어획성능에 영향을 미칠 것으로 조사하였으나, 2006년과 2008년 수산자원보

Table 3. Summary of survey items at interval of five years in the trawl fishery

Items	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	
Large trawl vessel	Gross tonnage (ton)	-	-	-	49.3	105.3	121.4	125.9	132.3	134.6	136.7	137.6	138.1
	Engine output (hp)	-	-	-	140.6	359.1	514.6	590.3	918.3	1262.6	1341.3	1406.4	1467.9
	Perimeter of net mouth (m)	-	-	-	46.0	46.0	276.2	276.2	276.2	414.3	414.3	414.3	414.3
	Side or stern trawl	-	-	-	Side or stern trawl	Stern trawl	Stern trawl	Stern trawl	Stern trawl	Stern trawl	Stern trawl	Stern trawl	Stern trawl
	Trawl winch (Net drum)	-	-	-	TW	TW	TW	TW (ND)	TW (ND)	TW (ND)	TW (ND)	TW (ND)	TW (ND)
	Net recorder	-	-	-	b/w	b/w	b/w, colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour
	Fish finder	-	-	-	b/w	b/w, colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour
Eastern Sea trawl vessel	Positioning system	-	-	-	Loran C	Loran C	Loran C	Loran C	GPS	GPS plotter	GPS plotter	GPS plotter	GPS plotter
	Gross tonnage (ton)	33.64	36.4	50.5	73.8	66.1	66.2	68.2	65.5	57.7	52.9	52.9	53.1
	Engine output (hp)	73.0	78.8	96.0	204.5	255.9	323.5	398.1	442.9	464.4	622.4	922.2	1146.4
	Perimeter of net mouth (m)	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	47.7	47.7	47.7	204.7	204.7	204.7	204.7
	Side or stern trawl	Side trawl	Side trawl	Side trawl	Side trawl	Side trawl	Side trawl	Side trawl	Side trawl	Side or stern trawl	Side or stern trawl	Side or stern trawl	Side or stern trawl
	Trawl winch (Net drum)	TW	TW	TW	TW	TW	TW	TW	TW	TW (ND)	TW (ND)	TW (ND)	TW (ND)
	Net recorder	-	-	-	-	-	-	-	-	Colour	Colour	Colour	Colour
Eastern Sea trawl vessel	Fish finder	-	b/w	b/w	b/w	b/w	b/w, colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour	Colour
	Positioning system	-	-	-	-	Loran C	Loran C	Loran C	GPS	GPS plotter	GPS plotter	GPS plotter	GPS plotter

Table 4. Relative conversion of survey items at interval of five years by 1980 standard

Items	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	Influence rate (%)	
Large trawl vessel	Gross tonnage (ton)	-	-	-	0.5	1.0	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	7.0	
	Engine output (hp)	-	-	-	0.4	1.0	1.4	1.6	2.6	3.5	3.7	3.9	4.1	28.0
	Side or stern trawl	-	-	-	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	14.0
	Perimeter of net mouth (m)	-	-	-	1.0	1.0	6.0	6.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	14.5
	Trawl winch (Net drum)	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	4.5
	Net recorder	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	12.0
	Fish finder	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	15.0
Eastern Sea trawl vessel	Positioning system	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.6	1.6	1.6	1.6	5.0	
	Gross tonnage (ton)	0.5	0.6	0.8	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	7.0	
	Engine output (hp)	0.3	0.3	0.4	0.8	1.0	1.3	1.6	1.7	1.8	2.4	3.6	4.5	28.0
	Side or stern trawl	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	14.0
	Perimeter of net mouth (m)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	4.5	4.5	4.5	4.5	14.5
	Trawl winch (Net drum)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	4.5
	Net recorder	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	12.0
Eastern Sea trawl vessel	Fish finder	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	15.0	
	Positioning system	0.4	0.4	0.4	0.4	1.0	1.0	1.0	1.6	1.6	1.6	1.6	5.0	

호령 제6조에 의하여 망목 제한하기 이전에 어업별로 40~60 mm를 자율적으로 사용하여 변별력이 보이지 않아서 조사항목에서 제외하였다.

Table 3에서 어로설비와 측위장치는 Table 2에 나타난 것과 같이 네트드럼은 대형트롤에서는 1990년부터, 동해구 중형트롤에서는 2000년부터 도입되었고, 네트레코더는 대형트롤에서는 1975년부터, 동해구 중형트롤에서는 중충그물이 도입되기 시작한 2000년부터이었다. 어군탐지기는 트롤어업 도입 초기 흑백어군탐지기가 일부 사용된 것으로 조사되었고, 측위장치는 Loran이 대형트롤에서 1975년부터, 동해구 중형트롤에서는 약 5년 정도 늦은 1980년부터 사용된 것으로 파악되었다.

Table 3의 연도별 조사항목별 변화를 1980년을 1.0이라고 하였을 때, 그 상대적인 값은 Table 4와 같다.

총톤수, 기관 마력, 그물 둘레는 1980년의 값에 대한 상대적인 비로 구하였다. 그리고 정성적인 조사항목에 대한 청취조사 시 어업별로 의견이 상이한 경우는 각 어업별로 조사한 값을 활용하는데, 대형트롤에서 현측식에서 선미식으로 변경함에 따라 어획성능이 49.0% 증가한 것으로 조사되었으나, 1970년대 중반에는 대형트롤어선들이 일부 선미식으로 개조 중에 있었으므로 1980년에 비하여 어획성능이 약 30.0% 감소한 것으로

추정하였다. 네트드럼 사용에 따른 어획성능 향상은 53.3%, 측위장치는 Loran에서 GPS 사용에 따른 어획성능 향상은 62.9%로 조사되었다.

한편, 동해구 중형트롤에서는 현측식에서 선미식으로 변경 과정에 근해채낚기어업과의 갈등으로 선미식이 35.9%로 증가되는 도중에 중단됨으로서 현재 현측식과 선미식이 혼용하고 있어서 17.8% 증가한 것으로 추정하였고, 유압식 트롤원치 및 네트드럼 사용에 따른 어획성능 향상은 대형트롤과 동일하게 53.3%, 네트레코더 사용에 따른 어획성능은 대형트롤 조사를 준용하여 47.1%, 측위장치는 사용하지 않았을 때, Loran, GPS 사용하였을 때로 각 기간별로 나누어 대형트롤과 동일한 어획성능 향상률 62.9%를 적용하였다.

각 항목이 어획성능에 미치는 영향력(반영비율)은 10척의 대형트롤어선 선장과, 39척의 동해구 중형트롤어선 선장을 대상으로 한 설문조사를 통하여 Table 4와 같이 총톤수, 기관 마력, 선형(현측식 또는 선미식), 그물 둘레, 트롤원치(네트드럼), 네트레코더, 어군탐지기, 측위장치에 대하여 트롤어선은 7.0%, 28.0%, 14.0%, 14.5%, 4.5%, 12.0%, 15.0%, 5.0%로 조사되었다.

Table 4를 이용하여 트롤어선의 어획성능지수의 변화는 Fig. 4와 같다. 1980년대를 1.0에 대하여 대형트롤어

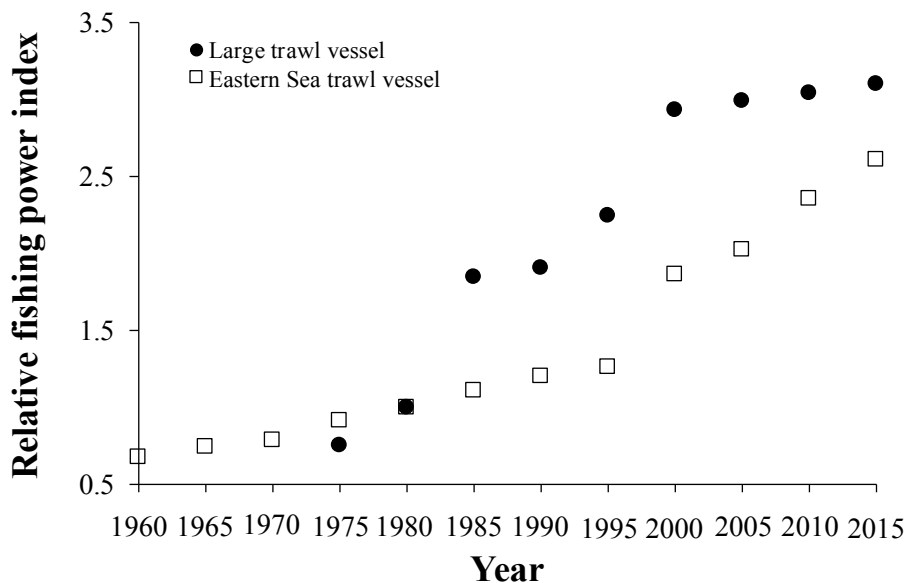


Fig. 4. Change of relative fishing power index in the trawl fishery.

선은 1990년 1.9, 2000년 2.9, 2010년 3.1로 2000년까지 증가하였다가 안정적으로 유지되었고, 동해구 중형트롤어선은 1960년 0.7, 1970년 0.8, 1990년 1.2로 점진적으로 증가하다가, 2000년 1.9, 2010년 2.4로 2000년 이후 크게 증가하는 경향을 나타내었다.

본 연구에서는 1980년대를 1.0이라고 한 경우, 대형트롤에서는 2010년에 3.1, 동해구 중형트롤에서는 2.4를 나타내었으나, 대형선망어업, 붉은대게통발어업, 오징어채낚기어업 및 참조기유자망어업에서는 각각 1.6, 2.2, 2.5, 1.9를 나타내어 대형트롤은 다른 어업에 비하여 어획성능이 크게 증가하였고, 동해구 중형트롤은 붉은대게통발어업과 오징어채낚기어업과 비슷한 수준을 나타내었다. Fitzpatrick (1996)의 보고에 의하면 전장 35 m 선미트롤선(stern trawler)의 어획성능지수(technology co-efficient)는 1980년을 1.0이라 하였을 때, 1965년 0.6, 1995년 1.9를 나타내었고, 전장 25 m 새우트롤선(shrimp trawler)은 1965년 0.5, 1995년 2.2이었다. 본 연구결과와 1995년 Fitzpatrick (1996)의 결과를 비교하면 대형트롤은 0.4 높았고, 새우트롤인 동해구 중형트롤은 0.9 낮은 것을 확인할 수 있었다. 우리나라 동해구 중형트롤은 2000년 이전에는 모두 현측식 투·양망법을 활용하는 등 어획성능 부분에서 외국보다 늦게 발전한 것이 이와 같은 차이가 나타난 것으로 추측되었다. 향후, 추정된 시대별 어획성능지수를 반영하여 CPUE인 적당 어획량을 재산정하는 연구가 수행되어야 할 것이다. 또한 재산정된 CPUE를 바탕으로 수산자원량도 재추정하여 수산자원관리 정책에 반영할 필요가 있을 것이다.

결론

본 연구는 트롤어업에서 적절한 어획노력량 산출을 위한 기초자료를 얻기 위하여 어선, 어구, 어로설비 및 항해계기 발달에 따른 어획성능지수의 변화에 대하여 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

대형트롤어선은 1970년대 후반부터 본격적으로 조업하기 시작하였는데, 총톤수는 1980년 105.3톤에서 2015년 138.1톤까지 점진적으로 증가하였다. 기관마력은 1975년 140.6마력을 나타내었다가, 어장이동 및 더 큰 어구를 예망하기 위하여 2015년 1467.9마력으로 증가하였다. 동해구 중형트롤어선은 1965년 총톤수 36.4톤에서 증가하여 1990년에는 68.3톤을 나타내었다가, 다시

감소하여 2015년 53.1톤을 나타내었다. 기관마력은 1965년 78.8마력에서 2000년 464.4마력으로 증가하였으나, 2000년 이후 조업시스템 개선을 통하여 선미식 및 중층트롤이 도입됨에 따라 기관마력은 급격히 증가하여 2015년 1146.4마력을 나타내었다. 대형트롤의 망구 둘레는 저층트롤에서는 43.1~48.9 m이었고, 중층트롤에서는 408.0~604.8 m이었으며, 동해구 중형트롤어선의 저층트롤에서는 46.0~49.4 m이었고, 중층트롤에서는 244.8 m를 나타내어 저층트롤에서 중층트롤 사용에 따른 망구 둘레 변화는 있었으나, 시대변화에 따른 망구 둘레의 증감은 확인되지 않았다. 어로설비 중 네트드럼은 중층트롤 도입 이후 대형트롤어선에서는 1990년부터, 동해구 중형트롤어선에서는 2000년부터 사용하기 시작하였다.

각 항목이 어획성능에 미치는 영향력을 대형트롤어선 10명의 선장, 동해구 중형트롤어선 39명의 선장에 대한 설문조사를 통하여 얻은 결과를 반영한 결과, 대형트롤어업에서 어획성능지수는 1980년을 1.0이라 하였을 경우, 대형트롤어선은 1990년 1.9, 2000년 2.9, 2010년 3.1을 나타내었고, 동해구 중형트롤어선은 1960년 0.7, 1970년 0.8, 1990년 1.2, 2000년 1.9, 2010년 2.4로 안정적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 이와 같은 연구 자료를 바탕으로 어획성능을 적절히 관리한다면 보다 합리적으로 수산자원을 관리할 수 있을 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 2020년도 국립수산물과학원 수산과학연구소(R2020022)의 일환으로 수행되었습니다.

Reference

- An HC, Lee KH, Park SW, Park CD and Shin JK. 2007. Assessment of fishing power of common octopus(*Octopus minor*) trap fishery. J Korean Soc Fish Technol 43, 176-182. <https://doi.org/10.3796/ksft.2007.43.3.176>.
- Cha BJ, Lee CW, Lee JH and Kim HY. 2002. Hydrodynamic simulation of midwater trawl system behaviour. Bull Korean Soc Fish Technol 38, 164-171.
- Cho BK and Cho SO. 2000. A study on the bottom trawl gear by the trial of a stern trawler-I, On the resistance of bottom trawl gear. Bull Korean Soc Fish Technol 36,

- 274-280.
- Cho BK and Go GS. 2000. A study on the bottom trawl gear by the trial of a stern trawler-II, On the net shape of a bottom trawl gear. *J Korean Soc Fish Technol* 36, 281-286.
- Englhard GH. 2008. One hundred and twenty years of change in fishing power of English North Sea trawlers. In: *Advances in fisheries science: 50 years on from Beverton and Holt* (eds. Payne A, Cotter J and Potter T), Blackwell Publishing, Oxford, 1-25.
- Fitzpatrick J. 1996. Technology and fisheries legislation. In: *Precautionary approach to fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper No. 350, Part 2, FAO, Rome, 191-199.
- Jeong TY and Lee YW. 2019. Change of relative fishing power index from technological development in the Danish seine fishery. *J Korean Soc Fish Technol* 55, 363-371. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2019.55.4.363>.
- Kim DH, An HC, Lee KH and Hwang JW. 2007. Fishing capacity assessment of the octopus coastal trap fishery using data envelopment analysis (DEA). *J Korean Soc Fish Technol* 43, 339-346. <https://doi.org/10.3796/ksft.2007.43.4.339>.
- Kim IJ and Lee CW. 1999. Analysis of the net mouth shape for a midwater trawl gear. *J Korean Soc Fish Technol* 35, 118-128.
- Kim PK, Lee KH, Kim DH, Lee GH, An HC, Kim SH and Yang YS. 2015. Estimation of fishing power and fishing capacity on coastal stow net fishery in the Korean waters. *J Korean Soc Fish Technol* 51, 583-591. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.4.583>.
- Ko KS, Kwon BG and Ro KD. 1990. Computational fluid analysis for the otter boards. 1. pattern of fluid flow besides otter board. *Bull Korean Fish Technol* 26, 333-340.
- Korea Economic Development Research Institute (KEDRI). 1966. Current status of Korea fishery. Yelimsa, Korea, 334-345.
- Kwon BG, Lee JH, Lee CW, Kim HS, Kim YS, An YI and Kim JM. 2001. Improvement of the fishing gear and fishing method of the East-Sea trawl fishery. *J Kor Soc Fish Technol* 37, 106-116.
- Lee BG, Choe JH, Park SG and Chang HY. 1986a. Study on the midwater trawl available in the Korean Water (I), Attitude and opening efficiency of the otter board. *J Korean Soc Fish Technol* 22, 41-48.
- Lee BG, Kim JK, Choe JH and Chang HY. 1986b. Study on the midwater trawl available in the Korean Water (II), Horizontal opening of the gear. *Bull Korean Fish Technol* 22, 49-55.
- Lee BG, Kim JK, Choe JH and Chang HY. 1986c. Study on the midwater trawl available in the Korean Water (III), Vertical opening of the gear. *Bull Korean Fish Technol* 23, 1-5.
- Lee BG, Kim JK, Choe JH and Chang HY. 1986d. Study on the midwater trawl available in the Korean Water (IV), Hydrodynamic resistance of the gear and efficiency of the otter board. *Bull Korean Fish Technol* 23, 6-10.
- Lee BG and Kim MS. 1988. Study on the midwater trawl available in the Korean Water (V), Opening efficiency of the otter board with a large float on the top. *J Korean Soc Fish Technol* 24, 78-82.
- Lee BG, Ko KS, Kim YH and Park KH. 1987. A model experiment on the hydrodynamic characteristics of the simple camber and the super -V otter board. *J Korean Fish Soc* 20, 114-118.
- Lee BG and Lee DJ. 1993. Offshore trawl fishing method. Taehwa Publishing Company. Busan, Korea, 9-17.
- Lee BG and Yae YH. 1993. A model experiment on the basic efficiency of midwater rope trawl net. *J Korean Soc Fish Technol* 29, 200-213.
- Lee CW, Jang CS, Kim MS, Shin HO and Kim IJ. 1998. Measurements of midwater trawl system and dynamic characteristics. *J Korean Soc Fish Technol* 34, 294-301.
- Lee CW, Zhang CI and Shin HO. 2001. Simplified trawl system modeling and design of a depth control system using fuzzy login. *Fisheries Research* 53, 83-94.
- Lee KH, Kim PK, Kim DH, An HC and Lee CW. 2012. Assessment of fishing power and fishing capacity of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) gillnet fishery in the East Sea. *J Korean Soc Fish Technol* 48, 29-39. <https://doi.org/10.3796/ksft.2012.48.1.029>.
- Lee SM. 1988. Development process for offshore midwater trawl fishery. Master Thesis, National Fisheries University of Pusan, Korea, 1-8.
- Ministry of Maritime Affairs and Fisheries (MOMAF). 2001. Development for the operating system and fishing gear of the Eastern sea trawls and seine nets. MOMAF

- technical paper. 1-178.
- Ministry of Ocean and Fisheries (MOF). 2003. Research on the standardization of fishing effort and the appropriate scale of fishing gear. MOF technical paper. 1-347.
- Ministry of Oceans and Fisheries (MOF). 2018. Statistical yearbook of oceans and fisheries. Summary table of fishery and fishing method. Information management team, ed. Uno design, Seoul, Korea, 184-185.
- Ministry of Oceans and Fisheries (MOF). 2019. Fisheries statistics in fisheries information service. <http://www.mof.go.kr/statPortal/cate/statView.do>. Accessed 7 Sep 2019.
- National Fisheries Research and Development Agency (NFRDA). 1967. Fishing gear of Korea (No. 2). Asung Printing co., Seoul, Korea, 163-170.
- National Fisheries Research and Development Agency (NFRDA). 1989. Modern fishing gear of Korea. Yemoonsa, 1-624.
- National Institute of Fisheries Science (NIFS). 2002. Fishing gear of Korea. Hangul Graphics, 1-579.
- National Institute of Fisheries Science (NIFS). 2004. Korean coastal and offshore fishery census (Busan). Hangul Graphics, 1-223.
- National Institute of Fisheries Science (NIFS). 2008. Fishing gear of Korea (revised edition). Hangul Graphics, 1-580.
- Office of Fisheries Republic of Korea (OFROK). 1963-2000. Yearbook of fisheries statistics. Kong Hwa Printing Company. Seoul, Korea, 244-245, 253-254, 419-420, 7-8, 14-15, 15-16, 3-4, 17-18, 25-26, 29-30, 25-26, 37-38, 41-42, 246-247, 234-235, 260-261, 258-259, 266-267, 264-265, 276-277, 256-257, 1166-1167, 1176-1177, 1184-1185, 1294-1295.
- Oh TY, Seo YI, Hwang KS, Cha HK, Jo HS, Hwang BK, Kim BY, Kim SJ and Lee YW. 2017. Change of relative fishing power index by technological development in the offshore red snow crab trap fishery. *J Fish Mar Sci Edu* 29, 1640-1647. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2017.29.4.1640>.
- Oh TY, Seo YI, Hwang KS, Cha HK, Jo HS, Ahn YS and Lee YW. 2018. Change of fishing power index by technological development in the offshore squid jigging fishery. *J Korean Soc Fish Technol* 54, 224-230. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2018.54.3.224>.
- Pauly D and Palomares MLD. 2010. An empirical equation to predict annual increases in fishing efficiency. Fisheries Centre Working Paper #2010-07, UBC, Vancouver. 1-12.
- Park KH, Lee JH, Hyun BS, Ro YH and Bae JH. 2002. Study on the measurements of flow field around cambered otter board using particle image velocimetry. *Bull Korean Soc Fish Technol* 38, 43-57.
- Park HH and Yoon GD. 2001. Fluid drag of a trawl net and otter board spread in a midwater trawl. *J Korean Fish Soc* 34, 238-244.
- Park HH and Yoon GD. 2002. A gear shape of a midwater trawl and its change. *Bull Korean Soc Technol* 38, 209-216.
- Seo YI, Hwang KS, Cha HK, Oh TY, Jo HS, Kim BY, Ryu KJ and Lee YW. 2017. Change of relative fishing power index from technological development in the offshore large powered purse seine fishery. *J Korean Soc Fish Technol* 53, 12-18. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2017.53.1.012>.
- Seo YI, Oh TY, Cha HK, Kim BY, Cho HS, Jeong TY and Lee YW. 2019. Change of relative fishing power index from technological development in the small yellow croaker drift gillnet fishery. *J Korean Soc Fish Technol* 55, 198-205. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2019.55.3.198>.
-
2019. 12. 24 Received
 2020. 02. 05 Revised
 2020. 02. 07 Accepted