



기선권현망어업에서 어로기술개발에 따른 어획성능지수 변화

안영수 · 서영일* · 조현수** · 정태영*** · 이유원†

경상대학교 해양산업연구소(교수) · *국립수산과학원(연구사) ·

군산대학교(교수) · *부경대학교(교수)

Change of relative Fishing Power Index by technological Development in the Anchovy Dragnet Fishery

Young-Su An · Young-Il SEO* · Hyun-Su JO** · Tae-Young JEONG*** · Yoo-Won LEE†

Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University(professor) · *National Institute of Fisheries Science(researcher) · **Kunsan National University(professor) · ***Pukyong National University(professor)

Abstract

Anchovy (*Engraulis japonicus*) is the most caught species in the last three years of fish production statistics in Korea. The anchovy is caught by dragnet, set net and stow net, among which about 50~60% is caught by anchovy dragnet. For the sustainable use of anchovy, the fishing power of anchovy dragnet is very important. Therefore, the change of fishing power index were analyzed to identify the development of the vessel and gear technology that may have improved the fishing efficiency of the anchovy dragnet fishery from 1960s to 2010s. Engine output per net vessel was increased to 40 hp in 1960, to 150 hp in 1970s, to 220 hp in 1990s, to 350 hp in 2000s and to 650 hp in 2015. As the engine output of the net vessel increased, the length of the fishing net gradually increased. Fishing equipments started to be supplied with net hauler and side roller in the mid-1980s, and fish finders began to be supplied in the mid-1960s and gradually increased. Surveys on the supply and upgrading of fishing equipment utilized visiting research. Therefore the relative fishing power index in the anchovy dragnet fishery increased from 1.0 in 1980 to 1.3 in 1990, to 1.7 in 2000 and to 2.5 in 2015. The results are expected to contribute to reasonable fisheries stock management.

Key words : Relative fishing power index, Fishing efficiency, Anchovy dragnet, Fishing equipment, Fisheries stock management

I. 서론

우리나라 일반해면어업의 최근 3년간(2015~2017년) 어종별 통계에서 가장 많이 어획된 어종은 멸치(*Engraulis japonicus*)로 일반해면어업 생산량의 약 15.9~22.8%를 차지하고 있다(MOF, 2016; MOF, 2017; MOF 2018). 우리나라 전 연안에 분포하는 멸치는 청어목 멸치과로 기선권현망, 정

치망, 근해안강망, 연안선망, 낭장망, 연안들망 및 개량안강망 등에 의하여 어획되고 있으나, 어획량의 약 50~60%가 기선권현망어업에 의하여 어획되고 있다(NIFS, 2010). 멸치 자원을 지속적으로 이용하기 위해서는 기선권현망어업의 적절한 어획노력량을 유지할 필요가 있다.

† Corresponding author : 051-629-5993, yoowons@pknu.ac.kr/0000-00003-3298-6890

* 본 연구는 2019년도 국립수산과학원 수산과학연구사업(R2019020)의 일환으로 수행되었음

기선권현망어업의 대상 생물인 멸치 자원에 대한 연구는 Choi et al.(2001)의 계량어탐과 트롤조사를 이용한 봄철 남해안 멸치 현존량 연구, Choi and Kim(1988)의 남해안 멸치 재생산 연구, Jung(2008)의 모델을 이용한 자원량 변동 평가 연구, Jung et al.(2016)의 생물-물리 결합모델을 이용한 멸치 자원 분포 변동 예측 연구, Kim et al.(2015)의 어획자료와 수리 모델을 이용한 멸치 자원량 변동 평가 모델 연구 외 멸치는 해양생태계에서 대형 해양생물의 주요 먹이가 됨으로써 연령과 성장, 난-자치어의 분포 등 많은 연구가 보고되었다.

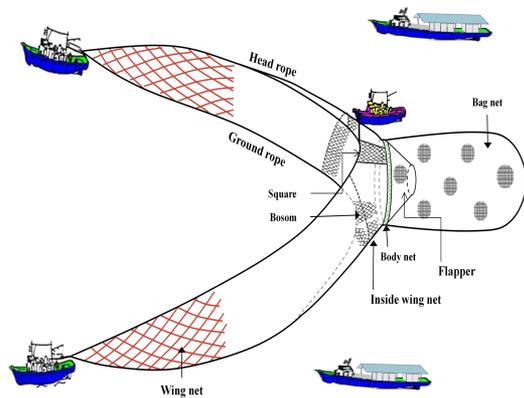
한편, 멸치를 어획하는 어구에 관한 연구는 Lee et al.(1971, 1978, 1979a, 1979b)의 재래식 어구의 어획 성능을 향상시키기 위한 일본식 권현망인 파치망과 79형 개량식 어구에 대한 연구 및 생력화 연구가 있었고, An et al.(1997, 2005, 2018)과 Jang et al.(2000, 2001, 2005)의 어구 개량과 자동화 조업시스템 연구, Yang et al.(2012)의 에너지 저소비형 어구개발 연구 등이 이루어졌다.

이와 같은 다양한 연구에도 불구하고 기선권현망어업의 적절한 어획노력량에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 자원관리를 위한 어획노력량의 기초자료가 되는 기술발달에 따른 어획성능 변동에 관한 국내외 연구는 Engelhard(2008), Fitzpatrick(1996), Oh et al.(2017, 2018), Pauly and Palomares(2010)와 Seo et al.(2017, 2019)에 의해 트롤, 대형선망, 붉은대게통발, 오징어채낚기 및 참조기유자망어업에서 진행되었다. 기선권현망어업에서도 어구 개량과 자동화 조업시스템으로 어획성능이 점차 증가된 것으로 예상되므로 멸치 자원을 관리하기 위해서는 적절한 어획성능을 유지, 관리할 필요가 있다.

본 연구에서는 멸치를 주 대상으로 하고 있는 기선권현망어업의 적절한 어획노력량 산출을 위한 기초자료를 확보하기 위하여 해당 어업에서 어선, 어구 및 어로설비 발달에 따른 어획성능지수의 변화에 대하여 추정하고 고찰하였다.

II. 재료 및 방법

기선권현망어업은 주 대상어종은 멸치이며, [Fig. 1]과 같이 그물배 2척, 어탐선 1척, 가공선 및 운반선이 각 1척이 하나의 선단을 구성하여 조업한다. 기선권현망어업의 어획성능에 영향을 미치는 조사항목은 크게 어선, 어구, 어로설비, 항해계기로 분류하고, 어선에서는 기관마력을, 어구에서는 그물의 길이를, 어로설비에서는 양망기, 파워블럭, 피시펌프, 현측롤러, 어군탐지기와 소나를, 항해계기에서는 측위장치로 선정하였다.



[Fig. 1] Schematic diagram of fishing boat fleet and net in the anchovy dragnet fishery.

분석에 이용한 자료 중 기관마력은 수산청 수산통계연보, 농수산부 수산통계연보 및 통계청 국가통계포털(Statistics, 2018)을 이용하였고, 어구 관련 자료는 국립수산물품질관리원(국립수산물진흥원)에서 발행한 한국어구도감(NFRDI, 1967; NFRDI, 1989; NIFS, 2002; NIFS, 2008), 연근해어업 총조사(NIFS, 2004) 및 이미 보고된 기선권현망관련 연구결과(An et al., 2018; Lee et al., 1971; Jang et al., 2000; Yang et al., 2012)를 이용하여 분석하였으며, 양망기, 파워블럭, 피시펌프, 현측롤러, 어군탐지기와 소나 및 측위장치와 같이 어구도감 및 연근해어업 총 조사에 기술되어 있지 않은 조사 내용에 관해서는 기선권현망수협 및 전남선인

망협회의 협조를 받아서 권현망어업에 종사중인 경험 있는 어로장과 선장들을 대상으로 한 청취 및 설문조사를 이용하여 분석하였다. 이때 멸치 자원량, 어황 및 어로장의 능력은 동일하다고 가정하고 분석에서 제외하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 어선의 변화

기선권현망어업에서 각 어선별 기관마력과 총톤수 변화를 어구도감을 이용하여 조사한 결과는 <Table 1>과 같고, 통계연보 및 국가통계포털을 이용한 결과는 [Fig. 2]와 같다. <Table 1>과 [Fig. 2]에서 기관마력과 총톤수는 시대가 지남에 따라 점차 증가하는 것을 확인할 수 있었고, [Fig. 2]의 척당 기관마력과 총톤수는 전체 기관마력과 총톤수를 어선척수로 나눈 값을 이용하였다. [Fig. 2]에서 척당 기관마력은 1964년 12.1마력, 1975년 54.1마력, 1980년 79.1마력, 1990년 186.9마력, 2000년 326.8마력, 2010년 424.5마력으로 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다.

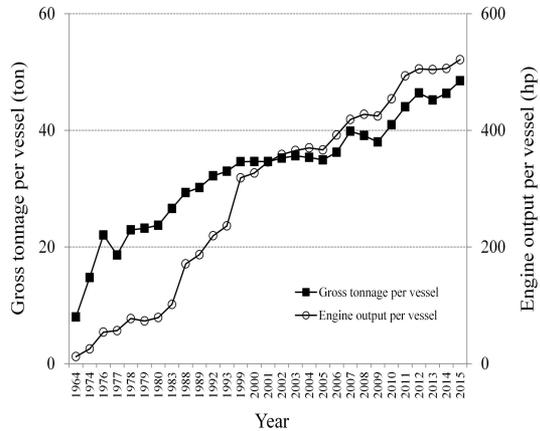
<Table 1> Summary of gross tonnage and engine output in the anchovy dragnet fishery

Item	1966	1989	2002	
Net vessels	GT(ton)	25	30~40	50~70
	EO(hp)	79	150~220	500~800
Fish finding vessel	GT(ton)	4	10~20	15~25
	EO(hp)	-	50~120	250~300
Fish processing vessel	GT(ton)	-	80~100	60~100
	EO(hp)	-	220~350	350~500
Fish carrier	GT(ton)	10~20	30~40	30~50
	EO(hp)	-	120~200	200~350

* GT : Gross tonnage(ton), EO : Engine output(hp)

2. 어구 및 사용량의 변화

어구는 [Fig. 1]과 같이 크게 오비기, 수비, 자루그물로 구성되어 있으며, 시대별 어구의 각 주요 부분의 변화는 <Table 2>와 같다.



[Fig. 2] Change of gross tonnage and engine output per vessel in the anchovy dragnet fishery from 1960s to 2010s.

<Table 2> Change by the net component at interval of ten years in the anchovy dragnet fishery

Item	1960	1970 ~1980	1990	2000	2010
Wing net head rope(m)	294	432	535	535	540
Inside wing net head rope(m)	30	32	44	44	50
Bag net(m)	36	38	48	56	85
Total length(m)	360	502	627	635	675

어구의 총길이는 1960년대에 360m로 오비기와 수비의 그물실은 벗짚으로 새끼를 꼬아 제작하여 그물실의 광택을 이용한 어군 구집으로 조업을 하였으며, 1969년경부터는 뜰줄에는 로프, 오비기는 나일론, 밧줄은 새끼줄을 사용하여 어구를 구성하였다. 1970년부터 어구의 규모가 다소 커져서 502m가 사용되었다. 기선권현망 어구 형태의 변화는 1979년에 일본식 과치망을 도입한 현용어구와 차별화된 어구 도입이 있었으나, 어업현장에 보급은 이루어지지 않았다. 그래서 채래식 어구의 기본 형태가 유지되며 1990년 어구 길이가

627m로, 2000년에는 635m로 커졌으며, 2005년부터는 기관마력 증대, 파워블록 및 크레인 도입 등으로 어구 규모가 675m까지 증대되어 사용되고 있다.

한편, 일반적으로 예망어업에서 어획량은 소해면적에 영향을 주는 망구둘레가 어획성능에 가장 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있지만, 기선권현망어업은 다른 예망어업과 같이 어구를 끌어서 어군을 강제로 입망시키는 것이 아니라 오비기와 수비에 포위된 어군에 위협을 주어 자루그물로 유도하여 어획하는 것이 특징이며, <Table 2>에 나타낸 것과 같이 시대 변화에 따라 어구 규모의 증대에 따라 오비기와 수비의 길이도 점차 증대하는 것을 확인할 수 있었다.

3. 어로설비 및 항해계기의 변화

기선권현망어업에서 어로설비의 첨단화 없이 어구의 대형화 및 어획성능의 향상은 불가능하였을 것이다. 기선권현망어선에 설치된 어로설비는 양망기(네트드럼), 현측롤러, 볼롤러, 파워블럭, 피시펌프, 어군탐지기와 소나가 있다.

기선권현망어업은 20세기 초 멸치 등의 연안성 어류를 어획하기 위하여 지인망, 선인망에서 시작되었는데, 이 때 사용된 어로설비는 인력으로 롤러를 감아서 양망하는 수동 캡스틴이 대부분이었다. 또한, 도입 초기에는 그물배를 육안에 계류시킨 후 그물을 그물배까지 끌어당기는 인기망어법이었으나, 해방 후 두 척의 예선을 사용하여 그물배를 육안에 계류시키지 않고, 바다 가운데서 바로 끌어서 어획하는 인회망식의 어법을 쓰기 시작하였다(Lee et al., 1983).

1950년대 중반 이후 나타나는 권현망어업의 동력화 및 어법의 전환은 1960년대 초에 이미 상당수준 진행되어 있었고, 이러한 현실이 1963년 수산업법 개정을 통해 제도화됨으로써 한층 가속화되었다.

양망기(네트드럼)는 1980년대 이후부터 도입되

어 사용되기 시작하였으며, 1980년대 이전까지는 약 300~450m 정도의 오비기와 수비의 그물 길이를 초기에는 [Fig. 3]의 (a)와 같이 전적으로 인력에 의해서 양망을 하다가 선미에 역압로올러 도입 이후부터, (b)와 같이 역압로올러와 데력으로 양망작업을 하였다. 1985년 이후 (c1)과 같이 네트드럼 도입으로 큰 폭의 조업인력 및 양망시간 단축이 이루어졌다. 자루그물 양망은 1985년 이전까지는 (c2)와 같이 현측롤러와 인력에 의해 양망이 이루어졌으며, 1985년 이후부터 1990년 초반까지는 (d1)과 같이 볼롤러와 인력으로 양망을 하여 어획물은 운반용 그물로써 가공선으로 운반하여 자속하였으나, 1995년부터 피시펌프의 도입으로 (d2)와 같이 어획물을 그물배(망선)와 가공선으로 바로 이송할 수 있도록 연결하여 자루그물의 활 멸치를 가공선으로 신속하게 이송함으로써 어획물의 신선도 향상, 어획물 이송시간 단축 및 인력 절감을 이룰 수 있었다. 자루그물 양망에 현재까지도 사용되고 있는 현측롤러는 1985년부터 사용되기 시작하여 자루그물 양망 시에 양망작업과 어획물을 밀집시키는 보조 역할을 하고 있다.

2000년부터는 (e1) 및 (e2)와 같이 크레인에 부착된 파워블록에 의한 자루그물을 양망법 도입으로 자루그물 양망시간의 대폭적인 단축, 조업 인력 및 어선원의 노동력 절감, 자속시간의 단축으로 어획물 신선도 향상이 이루어졌다.

한편, 기선권현망어선에서 사용하는 어군탐지기와 소나는 1960년대 중반에 흑백 어군탐지기가 일부 선박에 도입되기 시작하여 1980년대부터는 컬러 어군탐지기와 표층어군을 탐지하기 위하여 소나가 도입되어 이용되고 있다.

위치를 측정하는 측위장치는 기선권현망어업의 조업 특성 상 연안 해역에서 어로장의 경험에 의하여 조업이 이루어지므로 측위시스템의 중요성이 다른 어업에 비하여 다소 떨어져 1980년 초에 LORAN(long range navigation) C가 도입되어 사용되었고, 1990년까지 보급률이 점차 높아졌다.

1990년에 GPS(global positioning system)가 보급되면서 GPS가 LORAN C를 점차 대체하기 시작하

였고, 2000년부터는 GPS에 플로터 기능이 강화된 GPS플로터가 보급되어 현재까지 사용되고 있다.



[Fig. 3] Change of fishing equipments in the anchovy dragnet fishery from 1960s to 2010s.

(a) : 1960s, (b) : 1970s, (c1) and (c2) : 1980s, (d1) and (d2) : 1990s, (e1) and (e2) : 2000s.

4. 어획성능지수의 변화

기선권현망어업의 어획성능에 영향을 줄 조사항목별 결과는 <Table 3>과 같다. 기선권현망어업에서도 다른 예망어법에서와 같이 더 큰 어구를 예망하기 위하여 [Fig. 2]에서와 같이 척당 기관마력은 지속적으로 증가하였다. 그러나 기선권현망 선단 내에서 어선의 크기는 <Table 1>과 같이 역할에 따라 상이하므로 어획성능에 직접적으로 영향을 미치는 그물배(망선)의 기관마력을 활용하였는데, 그물배의 마력은 1960년 40마력이었던 것이 1965년 79마력, 1970~1985년에는 150마력, 1990년 220마력, 1995~2010년 350마력, 2015년에는 650마력으로 크게 증대되었다.

어구 길이는 1960~1965년에 360m가 사용되었으나, 1970년에는 450m로, 1975~1985년까지는 502m로 증가되었고, 1990년부터는 627m로, 2000년부터는 635m로 길어졌으며, 2005년부터는 더욱

길어져서 675m까지 증대되어 사용되고 있다.

양망기(네트드럼)는 1980년부터, 피시펌프는 1995년부터, 파워블럭은 2000년부터, 현측롤러는 1985년부터, 어군탐지기는 1960년대 중반부터, 측위장치인 Loran C는 1980년 초에 도입되어 사용되었다.

<Table 3>의 연도별 조사항목별 변화를 1980년을 1.0이라고 하였을 때, 그 상대적인 값은 <Table 4>와 같다. 척당 기관마력과 어구의 길이는 1980년의 값에 대한 상대적인 비로 구하였다.

한편, 양망기(네트드럼), 파워블럭과 피시펌프, 현측롤러, 어군탐지기와 소나, 측위장치 보급에 따른 어획성능 향상은 기선권현망수협 및 전남선인망협회의 협조를 받아서 권현망어업에 중사중인 경험 있는 어로장과 선장 42명을 대상으로 설문조사를 통하여 각각 68.1%, 55.0%, 50.6%, 76.5%, 28.8%로 조사되었다.

<Table 3> Summary of survey items at interval of five years in the anchovy dragnet

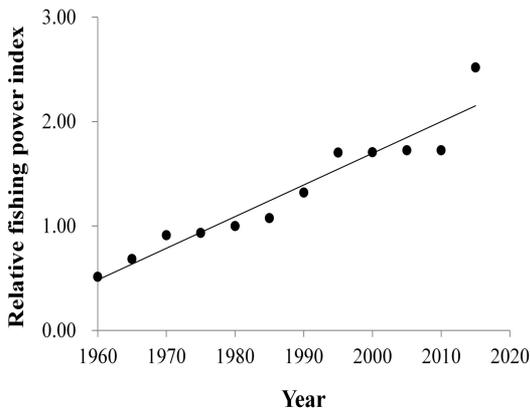
Item	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Engine output of net vessel(hp)	40	79	150	150	150	150	220	350	350	350	350	650
Length of fishing gear	360	360	450	502	502	502	627	627	635	675	675	675
Net hauler(net drum)						net drum						
Power block / fish pump								FP	PB/FP	PB/FP	PB/FP	PB/FP
Side roller						side roller						
Fish finder / sonar		b/w FF	b/w FF	b/w FF	b/w, color FF/SO	color FF/SO						
Positioning system					Loran C	Loran C	Loran C/GPS	Loran C/GPS	GPS plotter	GPS plotter	GPS plotter	GPS plotter

<Table 4> Relative ratio of survey items in five years interval by 1980 standard

Item	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	Influence rate (%)
Engine output of net boat (hp)	0.3	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	2.3	2.3	2.3	2.3	4.3	39.7
Length of fishing gear	0.7	0.7	0.9	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	22.3
Net hauler (net drum)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	9.1
Power block / fish pump	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	6.4
Side roller	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.7
Fish finder / sonar	0.2	0.6	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	17.2
Positioning system	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	2.6

또한, 각 항목이 어획성능에 미치는 영향력(반영비율)은 권현망어업에 종사 중인 어로장과 선장의 설문조사를 통하여 <Table 4>와 같이 적당기관마력, 어구 길이, 양망기(네트드럼), 파워블럭과 피시펌프, 현측롤러, 어군탐지기와 소나, 측위장치에 대하여 각각 39.7%, 22.3%, 9.1%, 6.4%, 2.7%, 17.2%, 2.6%로 조사되었다.

<Table 4>의 결과를 이용하여 기선권현망어선의 어획성능지수의 변화는 [Fig. 4]와 같이 조사되었다. 1980년 1.0에 대하여 1960년대에는 0.5~0.7 1970년대에는 0.9로 추정되었고, 1990년에는 1.3, 2000년대에는 1.7로 완만하게 증가하였으나, 2015년부터는 그물배의 마력 증대에 따라 2.5로 크게 증가한 것을 확인할 수 있었다.



[Fig. 4] Change of relative fishing power index in the anchovy dragnet fishery.

Fitzpatrick(1996)은 선박 길이 13m 트롤 어선에서 어획성능지수(technology co-efficient)를 1980년을 1.0이라 하였을 때, 1965년 0.5, 1995년 1.8로 보고하였는데, [Fig. 4]에서는 1965년 0.7 1995년 1.7로 조사되어 Fitzpatrick(1996)의 결과와 유사하다는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 어획성능의 변화를 적절히 관리한다면 합리적인 어업자원 관리에 기여할 것으로 생각된다.

IV. 결론

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

어선의 기관마력은 그물배(망선)의 기관마력을 활용하였는데, 그물배의 기관마력은 1960년 40마력이었던 것이 1965년 79마력, 1970~1985년에는 150마력, 1990년 220마력, 1995~2010년 350마력, 2015년에는 650마력으로 크게 증대하였다. 어구 길이는 1960~1965년에 360m를 사용하였으나, 1970년에는 450m, 1975~1985년까지는 502m, 1990년부터는 627m, 2000년부터는 635m, 2005년부터는 675m까지 증대되어 사용되었다. 어로설비는 1980년 중반부터 양망기(네트드럼)와 현측롤러가 보급되었고, 1995년부터 피시펌프, 2000년부터 파워블럭이 보급되어 조업인력과 양망시간을 단축하는데 기여하였다. 어군탐지기는 1960년대 중반부터 흑백 어군탐지기가 사용되었으며, 1980년대부터 칼라 어군탐지기와 표층어군을 탐지하기 위하여 소나가 이용되고 있다. 측위장치는 1980년 초에 Loran C가 사용되었고, 1990년에 GPS가 보급되기 시작하여 Loran C와 함께 사용되었으며, 2000년부터는 GPS plotter가 사용되었다.

각 항목이 어획성능에 미치는 영향력은 기선권현망수협 및 전남선인망협회의 협조를 받아서 권현망어업에 종사중인 경험 있는 어로장과 선장 42명에 대한 설문조사를 대입한 결과, 기선권현망어업에서 어획성능지수는 1980년을 1.0이라 하였을 경우, 1970년은 0.9, 1990년은 1.3, 2000년은 1.7로 완만하게 증가하였으나, 그물배의 기관마력 증대로 2015년에는 2.5로 크게 증가하였다.

References

- An YS, Back YS, Jin SH, Jang CS, Kang MH, Cha BJ, Kim BY, Cha JH and Cho YH(2018). The opening efficiency of the existent net of the anchovy boat seine. J Korean Soc Fish Ocean Technol, 54, 1~11.
<http://dx.doi.org/10.3796/KSFOT.2018.54.1.001>.
- An YS, Jang CS and Lee JH(1997). The opening efficiency of anchovy boat seine. J Korean Soc Fish Technol 33, 118~131.
- An YS, Jang CS and Lee MK(2005). Underwater geometry of the anchovy boat seine in process of the fishing operation. J Korean Soc Fish Technol 41, 101~106.
- Choi SG, Kim JY, Kim SS, Choi YM and Choi KH(2001). Biomass estimation of anchovy (*Engraulis japonicus*) by acoustics and trawl surveys during spring season in the Southern Korean waters. J Korean Soc Fish Res 4, 20~29.
- Choi YM and Kim JY(1988). Reproduction of anchovy, *Engraulis japonicus* (Houttuyn) in the Southern coastal waters of Korea. Bull Natl Fish Res Dev Agency 41, 27~34.
- 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.
- 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, 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, 267~274.
- 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, 9~16.
- Jung S(2008). Simulation-based daily cohort analysis of Pacific anchovy (*Engraulis japonicus*) in Southern Korean coastal waters. Fish Res 93, 280~288. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2008.05.005>.
- Jung S, Pang IC, Lee JH and Lee K(2016). Climate-change driven range shifts of anchovy biomass projected by bio-physical coupling individual based model in the marginal seas of East Asia. Ocean Sci J 51, 563~580.
<http://dx.doi.org/10.1007/s12601-016-0055-3>.
- Kim JY, Jeong HC, Kim H and Kang S(2015). Forecasting the monthly abundance of anchovies in the South sea of Korea using a univariate approach. Fish Res 161, 293~302.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2014.08.017>.
- Lee BG, Han H, Yoon CA and Kim KH(1979a). Study on the anchovy boat seine-IV, An experiment to mechanize the hauling operation of bag net. Bull Korean Fish Tech Soc 15, 95~100.
- Lee BG, Park SW and Kim JK(1983). Introduction to coastal and offshore fishery. Taewha Printing, Busan, Korea, 161~180.
- Lee BG, Su YT and Hans H(1978). Study on the anchovy boat seine-II, On the hydrodynamic resistance and performance of Patti-net. Bull Korean Fish Tech Soc 14, 63~68.
- Lee BG, Su YT, Yum M and Han H(1979b). Study on the anchovy boat seine-III, Experimental operation of the improved gear, model 79. Bull Korean Fish Tech Soc 15, 83~94.
- Lee BG, Yang YR, Su YT and Son BI(1971). Study on the anchovy boat seine, 1. On the hydrodynamic resistance and performance of the conventional gear. Bull Korean Fish Soc 4, 79~91.
- Ministry of Oceans and Fisheries(MOF)(2017). Statistical Yearbook of Oceans & Fisheries 2016. <http://www.mof.go.kr/article/list.do?menuKey=396&boardKey=32> on September 3.
- Ministry of Oceans and Fisheries (MOF)(2018). Statistical Yearbook of Oceans & Fisheries 2017. <http://www.mof.go.kr/article/list.do?menuKey=396&boardKey=32> on September 3.
- Ministry of Oceans and Fisheries (MOF)(2018).

- Statistical yearbook of oceans & fisheries. Statistics by type of fishery and species(Marine fisheries). 180~200.
- National Fisheries Research and Development Agency(NFRDA)(1967). Fishing gear of Korea (No. 2). Asung Printing co., Busan, Korea, 389~391.
- National Fisheries Research and Development Agency(NFRDA)(1989). Modern fishing gear of Korea. Yemoonsa, Busan, Korea, 89~96.
- National Institute of Fisheries Science(NIFS)(2002). Fishing gear of Korea. Hangul Graphics, Busan, Korea, 82~86.
- National Institute of Fisheries Science(NIFS)(2004). Korean coastal and offshore fishery census (Busan). Hangul Graphics, Busan, Korea, 158~159.
- National Institute of Fisheries Science(NIFS)(2008). Fishing gear of Korea (revised edition). Hangul Graphics, Busan, Korea, 82~86.
- National Institute of Fisheries Science(NIFS)(2010). Korean coastal and offshore fishery census. Daeilprintech, Busan, Korea, 252~254.
- 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.
<http://dx.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.
<http://dx.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.
- 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.
<http://dx.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.
<http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2019.55.3.198>.
- Statistics(2018). Fishing fleet statistics in Korean statistical information service. Retrieved from http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=146&tblId=DT_ERT9030&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=F34&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE on September 3.
- Yang YS, Lee CW, Lee K, Park S, Park SK, Kang MJ and Lee J(2012). Development of a low energy used anchovy dragnet using a numerical method. J Korean Soc Fish Ocean Technol, 49, 175~187.
<http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2012.49.3.175>.

-
- Received : 27 August, 2019
 - Revised : 18 September, 2019
 - Accepted : 27 September, 2019