

트롤 끝자루에 대한 보구치(*Argyrosomus argentatus*)의 망목 선택성

김병관 · 박창두 · 이춘우^{1*} · 김형석¹

국립수산과학원 수산공학과 연구원, ¹부경대학교 해양생산시스템관리학부 교수

Retention probability of trawl codend for silver croaker (*Argyrosomus argentatus*)

Pyungkwan KIM, Chang-Doo PARK, Chun-Woo LEE^{1*} and Hyung-seok KIM¹

Researcher, Division of Fisheries Engineering Research, National Institute of Fisheries Science
Busan, 46083, Korea

Professor, ¹Division of Marine Production System Management
Pukyong National University, Busan, 48513, Korea

The annual production of silver croaker (*Argyrosomus argentatus*) in Korean towed fishing gears has been increased in recent five years. In 2017, the annual production of silver croaker in metric ton was increased 99.2% compared to 2013. However, the research for silver croaker has been focused on ecology in Korea. There has not been enough research in terms of fishing gears. Therefore, the research for retention probability for towed gears was conducted on covered codend method from June, 2016 to July, 2018. During the experiments, the total catch of silver croaker was 1,563. The geometry of the experimental trawl gear was controlled by trawl monitoring system; net height was 3.3 m, distance of trawldoors was 59.8 m and distance of wing net was 17.3 m. The selection curve for silver croaker was estimated by a logit model. The analysis was applied with the confidence interval to reduce uncertainty of the estimation. The l_{50} was 13.87 cm and its selection range was 2.71 cm. P-value was estimated at 0.99. The mesh size for silver croaker in towed gears needs to be adjusted by considering its minimum maturity length, stakeholder's interests and fisheries regulations.

Keywords : Retention probability, Confidence interval, Maximum likelihood method

서론

보구치(*Argyrosomus argentatus*)는 조기장 농어목 민어과의 해산어로 수심 20~140 m인 갯벌지역의 저층부에 서식하며 갑각류, 오징어류, 치자어 등을 먹고사는

것으로 알려져 있다. 형태적 특징은 아가미에 크고 검은 반점이 있다. 등은 회갈색이며 배는 은백색으로 우리나라 동해남부, 서해, 제주도를 포함한 남해에 서식한다(NFRDI, 2004). 보구치는 연근해 자망어업, 외끌이기선

*Corresponding author: cwlee@pknu.ac.kr Tel: +82-51-629-5891, Fax: +82-51-629-5886

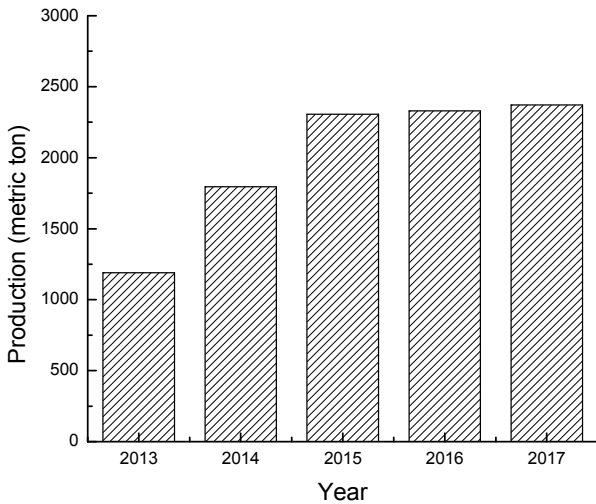


Fig. 1. The annual production of silver croaker from 2013 to 2017.

저인망어업, 쌍끌이기선저인망어업, 대형트롤어업 등에서 주로 어획된다.

2017년 통계청 국가통계포털 자료에 의하면 보구치 총생산량은 2,371톤이었다. 최근 5년간 우리나라 보구치 생산량은 Fig. 1과 같이 증가하였다. 2017년 보구치 어업생산량은 2013년 대비 99.2% 증가하였다. 연도별 보구치 생산량은 다음과 같다. 2013년 보구치 생산량은 1,190톤이었으며 2014년 생산량은 1,796톤, 2015년 생산량은 2,306톤, 2016년 생산량은 2,330톤 2017년 생산량은 2,371톤이었다.

국내의 보구치 관련 연구는 성장, 연령, 산란생태, 먹이섭이 등 어류 생태학적 연구들이 주를 이루고 있다 (Koh et al., 2014). 그러나 보구치 자원을 관리하기 위한 어구·어법적 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 우리나라 예망어업에서 보구치의 망목 선택성 적정성 여부를 조사하기 위하여 2016년 6월부터 2018년 7월까지 시험 조사선을 이용하여 저층 트롤 어구의 끝자루 망목 선택성 해상시험을 실시하였다. 망목 선택성은 해상시험 결과를 바탕으로 통계적 불확실성을 최소화하기 위하여 신뢰구간(Confidence interval)의 개념을 적용하여 추정하였다.

재료 및 방법

시험어구 및 조사선

트롤 끝자루 망목 선택성 시험은 국립수산물과학원 시

험조사선 탐구20호(선미식, 총톤수 885톤, 엔진출력 2600 마력)를 이용하였다. 조사선의 제원은 Table 1과 같다. 시험어구는 뜰줄 길이 38.9 m, 발줄 길이 50.5 m의 저층 트롤 어구를 사용하였고 어구 설계도는 Fig. 2와 같다. 시험어구 끝자루의 망목은 내경 55 mm이었다. 끝자루는 결절 다이아몬드 망지를 이용하여 제작하였다.

시험어구는 끝자루 탈출 개체를 폴리에틸렌(PE) 150 합사로 제작된 덮그물(Cover net)을 이용하여 포집하였

Table 1. Technical specifications of the research vessel

Classification	Specifications
Length over all (m)	56.5
Breadth (m)	11.8
Draft (m)	4.5
Gross tonnage (ton)	885
Engine propulsion (Horse power)	2,600
Type of trawler	Stern

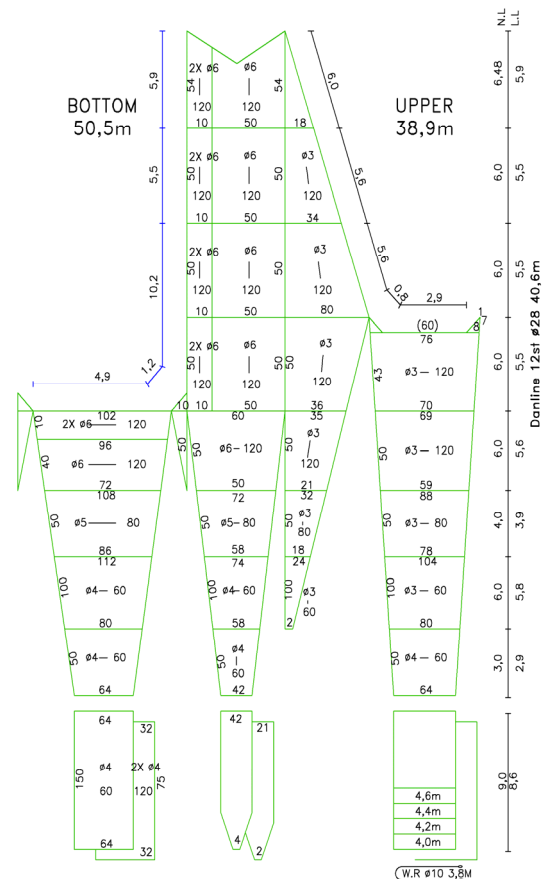


Fig. 2. Drawings of the experimental trawl gear for the research.

다. 시험어구에 부착된 덮그물(Cover net)은 끝자루 길이 및 직경의 1.5배로 설계·제작하였다(Wileman et. al., 1996). 덮그물은 직경 60 mm 고밀도폴리에틸렌(HDPE) 파이프를 사용하여 끝자루 형상 유지를 위한 테두리(2개)를 제작하여 6 m 간격으로 설치하였다.

시험 방법

시험 조업은 Fig. 3과 같이 경남 통영시 옥지도 부근의 남해동부 해역에서 덮그물 방식(Covered-codend method)으로 2016년 6월부터 2018년 7월까지 수행하였다(Table 2). 동 조사는 다양한 경우의 수 확보를 위하여 년도 별 조사 시기를 다르게 하였다. 시험 어구는 트롤 모니터링

시스템(Scanmar Scanbas, Norway)을 이용하여 망고, 전개판 간격, 날개그물 폭 등을 관측하였다. 시험기간 중 계측된 어구 각부의 평균값은 Table 3과 같이 망고 3.3 m, 날개그물의 폭 17.3 m, 전개판 간격 59.8 m로 나타났다. 예망 속도는 3.5~4.0노트(Nautical mile per hour)였다. 1회 예망시간은 트롤아이(Trawleye) 센서(Scanmar TE-40, Norway)를 이용하여 시험어구의 착저를 확인 후 30분으로 하였다. 어획물은 양망 후 끝자루와 덮그물 포획 개체로 분리하였다. 어획된 보구치 개체수는 1,563마리였으며, 보구치의 체장과 체중을 전수 조사하였다.

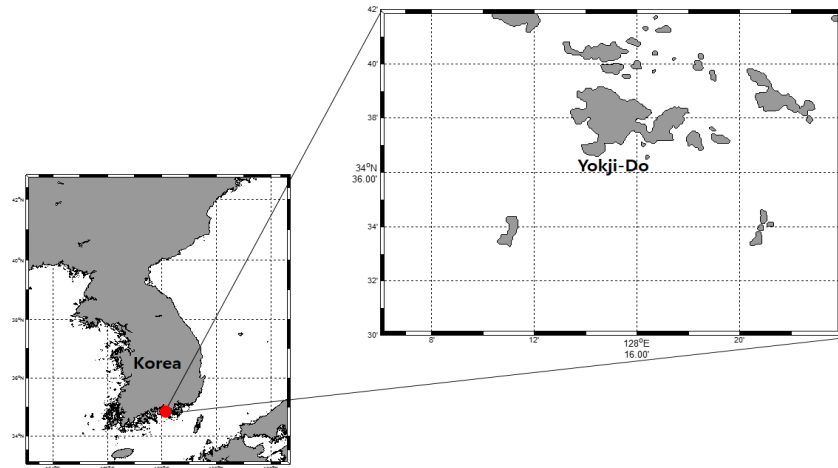


Fig. 3. Survey area for the experiment.

Table 2. Experimental period by year

Year	Period for the experiment			Number of haul
2016	From	June 29	To July 9	21
	From	September 22	To October 2	18
2017	From	July 4	To July 14	24
	From	August 3	To August 13	27
2018	From	March 28	To April 3	14
	From	June 30	To July 11	21

Table 3. Geometric measurement from the trawl monitoring system

Classifications	Average value	Standard deviation
Distance of trawldoors	59.8 m	7.1
Distance of wings	17.3 m	4.6
Net height	3.3 m	0.9

망목 선택성 및 선택률 추정 방법

트롤어구 망목 선택성 곡선은 로지스틱(Logistic) 모델, Richard 모델, Probit 모델 등을 이용하여 추정할 수 있으며, 본 논문에서는 로지스틱 모델을 이용하였다. 로지스틱 모델은 선택성을 $r(l)$ 로 표현할 때 망목 선택성

은 다음과 같이 나타낼 수 있다(Wileman et al., 1996; Harada and Tokai, 2007; Wienbeck et al., 2011).

$$r(l) = \frac{\exp(a+bl)}{1 + \exp(a+bl)}, \quad 0 < r(l) < 1 \quad (1)$$

수식 (1)의 a, b를 추정해야할 파라미터(Parameter)로 이들 파라미터로부터 50% 선택체장(l_{50})과 선택범위 (Selection Range, SR) 등을 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$l_{50} = -\frac{a}{b} \quad (2)$$

$$SR = l_{75} - l_{25} = \frac{2 \log_e(3)}{b} \quad (3)$$

신뢰구간(Confidence Interval; C.I.)은 표본 집단의 통계치를 이용하여 모집단의 모수치를 추정하기 위하여 모수치가 포함될 것이라고 자신하는 값의 범위를 말한다. 95% 신뢰구간은 예측된 구간 내에 실제 모평균이 있을 가능성이 95%라는 의미로 구간의 시작과 끝의 형식으로 표현된다. 모평균의 95% 신뢰구간은 표본평균 \bar{X} , 표본 표준편차 s, 표본의 크기를 n이라고 할 때, 다음과 같이 추정할 수 있다(Fryer, 1991; Wileman et

al., 1996; Ahn and Han, 2012).

$$95\% \text{ C.I.} = \bar{X} \pm 1.96 \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

각 변수는 최우추정법(Maximum likelihood method)을 이용하여 오픈소스 통계패키지 R Ver. 3.4.3 Selnet (Millar, 1993; Wienbeck, 2011)을 이용하여 추정하였고 각 계산 값을 교차 검증하였다.

선택률은 시험어구에 어획된 전체 개체 수에 대한 끝자루 개체 수의 비율로 0~1의 범위에서 표현하였다 (Wileman et al., 1996). 끝자루와 덮그물에 어획된 체장 l인 개체 수를 각각 $c_{cod l}$, $c_{cov l}$ 라 하면 $c_l = c_{cod l} + c_{cov l}$ 로 나타낼 수 있다. 본 논문은 선택률(θ_l)은 다음과 같이 정의하여 계산하였다.

$$\theta_l = \frac{c_{cod l}}{(c_{cod l} + c_{cov l})} = \frac{c_{cod l}}{c_l} \quad (5)$$

결과 및 고찰

체장 조성 및 선택률

본 논문은 시험조업의 어획물 중 상업적으로 중요한 보구치(*Argyrosomus argentatus*)를 대상으로 끝자루와 덮

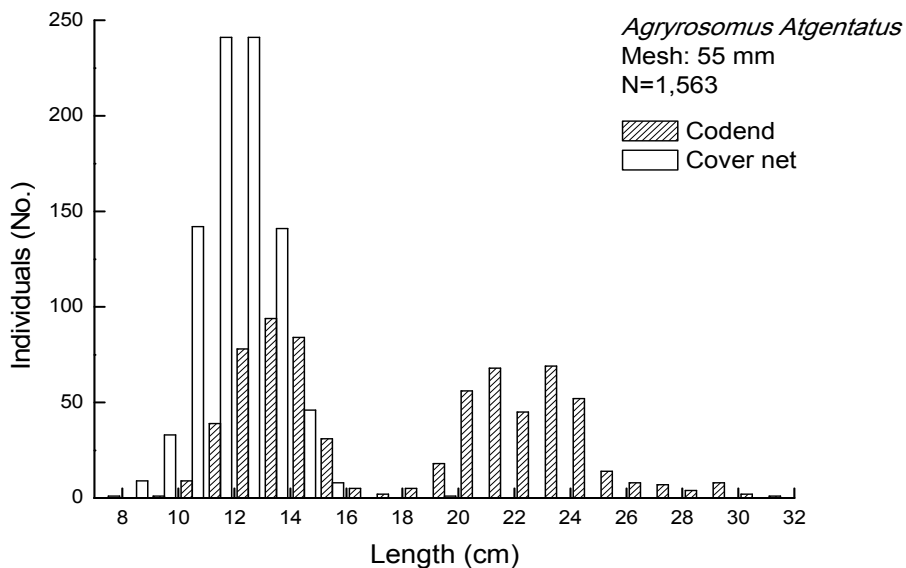


Fig. 4. Length frequency of silver croaker in the codend and its cover net.

그물에 어획된 개체에 대하여 전장(TL, total length)과 체중량을 조사하였다. 시험어구의 끝자루에 어획된 보구치 1,563마리를 전수 조사한 결과, 보구치 체장분포와 체장 계급분포는 각각 Fig. 4, Table 4와 같이 나타났다. 보구치의 개체 수를 기준으로 한 끝자루 선택률은 Table 5와 같이 0.45로 조사되었으며 탈출률은 0.55로 조사되었다. 조사된 보구치 체장 데이터는 시험어구 끝자루에 대

Table 4. Length class composition of silver croaker caught in the excremental gear

Total length (cm)	Codend (individuals)	Cover (individuals)	Total
7.1 - 8.0	0	1	1
8.1 - 9.0	0	9	9
9.1 - 10.0	1	33	34
10.1 - 11	9	142	151
11.1 - 12	39	241	280
12.1 - 13	78	241	319
13.1 - 14	94	141	235
14.1 - 15	84	46	130
15.1 - 16	31	8	39
16.1 - 17	5	0	5
17.1 - 18	2	0	2
18.1 - 19	5	0	5
19.1 - 20	18	1	19
20.1 - 21	56	0	56
21.1 - 22	68	0	68
22.1 - 23	45	0	45
23.1 - 24	69	0	69
24.1 - 25	52	0	52
25.1 - 26	14	0	14
26.1 - 27	8	0	8
27.1 - 28	7	0	7
28.1 - 29	4	0	4
29.1 - 30	8	0	8
30.1 - 31	2	0	2
31.1 - 32	1	0	1
Total	700	863	1,563

Table 5. Retention rate based on codend by catch individuals

Codend description	Retention rate (θ_l)	
	Codend (c_{cod})	Cover net (c_{cov})
Diamond meshed with 55 mm	0.45	0.55

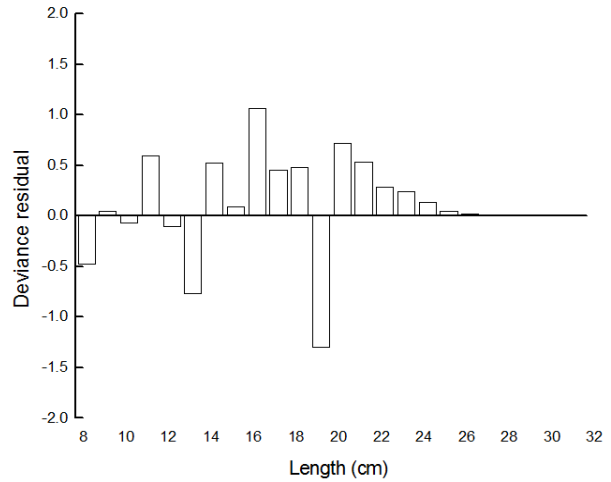


Fig. 5. Residual plot of silver croaker in the experimental codend.

한 체장별 Residual plot으로 Fig. 5와 같이 나타내었다. 보구치 어획 데이터는 모델의 적합도 및 잔차 유의수준을 고려할 때 선택성 추정에 적합한 것으로 나타났다.

망목 선택성

로지스틱 모델을 이용한 55 mm 망목 선택성 곡선은 Fig. 6과 같이 추정하였다. 최우추정법에 의한 선택성 파라미터는 Table 6과 같다. 50% 선택체장은 13.87 cm로 추정되었으며 선택역은 2.71 cm로 추정되었다. 95% 신뢰구간은 추정된 선택곡선의 상·하한 값으로 Fig. 6과 같이 나타내었다.

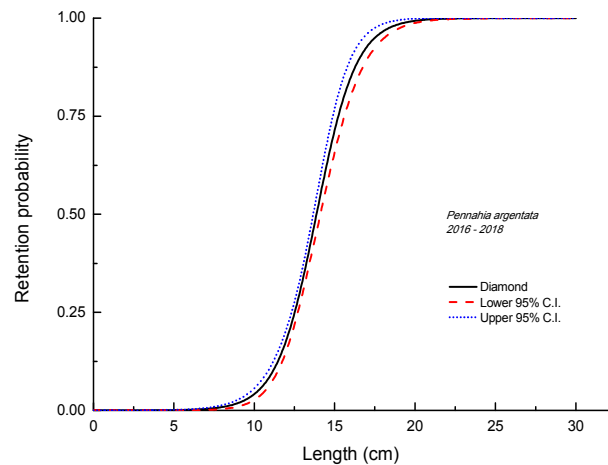


Fig. 6. Retention probability for silver croaker in the experimental codend.

Table 6. Retention probability parameters for the experimental codend

Model	Parameters for retention probability				
	l_{50}	SR	P-value	Deviance	Degree of freedom
Logistic	13.87	2.71	0.99	5.69	23

결론

트롤 끝자루에 대한 보구치의 망목 선택성은 저층 트롤 어구를 이용하여 2016년 6월부터 2018년 7월까지 남해동부 해역에서 덮그물 끝자루 방법(Covered codend method)을 이용하여 수행하였다. 시험조업 중 트롤모니터링시스템으로 측정한 어구 각 부의 평균값은 망고 3.3 m, 날개그물의 폭 17.3 m, 전개판 간격 59.8 m로 나타났다. 어획물된 보구치 개체 수 1,563마리를 끝자루와 덮그물 어획 개체로 구분하여 체장, 체중을 전수 조사하였다. 망목 선택성 곡선의 불확도(Uncertainty)를 줄이기 위하여 신뢰구간을 적용하여 50% 선택체장을 추정된 결과, 로지스틱 모델을 이용한 보구치의 50% 선택체장은 13.87 cm로 추정되었다. P-value는 0.99이었으며, 선택범위는 2.71 cm이었다 끝자루에 대한 선택률은 0.45, 탈출률은 0.55로 나타났다. 표준화 잔차는 유의수준 내에서 분포하였다. 트롤 끝자루에 대한 보구치의 망목은 50% 선택체장의 신뢰구간, 최소성숙체장, 어업자간 이해관계 등을 고려하여 적정 망목으로 조정이 필요할 것으로 사료된다.

사사

본 논문은 국립수산물품질관리원 수산과학시험 연구사업(R2019036)의 지원에 의해 수행된 연구의 결과이며, 해상시험 수행에 도움을 주신 국립수산물품질관리원 탐구 20호 김용준 선생님 이하 시험 조사선 공무원분들과 본 논문의 높은 완성도를 위해 사려 깊게 검토하여 주신 심사위원분들께 감사드립니다.

References

Ahn SH and Han DH. 2012. Understanding of statistics, Biz press, Seoul, Korea, 200-222.
 Alverson DL, Freeberg MH, Pope JG and Murawski SA. 1996. A global assessment of fisheries bycatch and discards. FAO Fisheries technical paper 339, Rome, FAO. 233.
 Korean Statistical Information Service. 2013-2017. Fishery

production statistics. Retrieved from http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1EW0005&conn_path=I3, Accessed Jan 2019.
 Fryer RJ. 1991. A model of between-haul variation in selectivity. ICES J Mar Sci 48(3), 281-290. (DOI:10.1093/icesjms/48.3.281)
 Harada M and Tokai T. 2007. Size selectivity of escape holes in conger tube traps for inshore hagfish *Eptatretus burgeri* and white-spotted conger *Conger myriaster* in Tokyo Bay. Fish Sci 73(3), 477-488. (DOI:10.1111/j.1444-2906.2007.01360.x)
 Koh EH, An YS, Baeck GW and Jang CS. 2014. Feeding habitats of white croaker, *Pennahia argentata* in the coastal waters off Sejon island, Korea. Bull. Korean Fish Tech Soc 50(2), 139-146. (DOI:10.3796/KSFT.2014.50.2.139)
 Millar R. 1993. Incorporation of between-haul variation using bootstrapping and nonparametric estimation of selection curves. Fish Bull 91(3), 564-572.
 NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. Nati. Fish Res Dev Inst, Busan, Korea.
 Wienbeck H, Herrmann B, Moderhak W and Stepputtis D. 2011. Effect of netting direction and number of meshes around on size selection in the codend for Baltic cod (*Gadus morhua*). Fisheries Research 109(1), 80-88. (DOI:10.1016/j.fishres.2011.01.019)
 Wileman DA et. al. 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. ICES Cooperative Research report 215, International council for the exploration of the sea, Copenhagen, Denmark. 16-56.
 2019. 01. 23 Received
 2019. 02. 13 Revised
 2019. 02. 21 Accepted