



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이 학 석 사 학 위 논 문

넙치(*Paralichthys olivaceus*)
자원관리를 위한 동해안 자망의
망목선택성 연구



2023년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 물 리 학과

유 현 지

이 학 석 사 학 위 논 문

넙치(*Paralichthys olivaceus*)
자원관리를 위한 동해안 자망의
망목선택성 연구

지도교수 김 성 훈

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함.



2023년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 물 리 학과

유 현 지

유현지의 이학석사 학위논문을 인준함.

2023년 8월 18일



주 심 이 학 박 사 이성일



위 원 이 학 박 사 박수봉



위 원 수 산 학 박 사 김성훈



목 차

List of figures	i
List of tables	ii
Abstract	iii
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 어업실태조사	3
2. 해상 어획 시험	4
1) 시험어구	4
2) 시험방법	6
3. 성숙체장 추정	8
4. 망목 선택성 분석	9
III. 결과	11
1. 어업실태조사 결과	11
2. 해상 어획 시험조업 결과	15
3. 성숙체장	23
4. 망목선택성	25
IV. 고찰	32
V. 결론	34
감사의 글	36
참고문헌	37

List of figures

Fig. 1. A schematic presentation of (a) the construction of the experimental gillnet for olive flounder and (b) the layout of netting panels in the experimental fishing.	5
Fig. 2. Location of the experimental area for testing mesh selectivity of the gillnet for olive flounder.	7
Fig. 3. Monthly average catch of olive flounder in Korea waters(a) and in the East Sea(b) from 2018 to 2022.	13
Fig. 4. Fishing vessel and gillnet for olive flounder used in the coastal sea of Gajin-port.	14
Fig. 5. Monthly catch of olive flounder caught by the experiment in the East Sea.	19
Fig. 6. Relationship between total length and weight of olive flounder.	20
Fig. 7. Length distributions of the olive flounder caught by experimental fishing gear in the East Sea.	21
Fig. 8. Length distributions of olive flounder caught by four different mesh sizes of the experimental nets.	22
Fig. 9. Relationship between total length and group maturity of the olive flounder caught in the East Sea.	24
Fig. 10. Comparison with the master curve of the gillnet for olive flounder by four different methods.	28

List of tables

Table 1. Species composition of fishes caught by the experimental gillet net	17
Table 2. Length distributions of oliver flounder caught by four different mesh sizes of gillnet	26
Table 3. Parameter estimates and model deviance for each model	27
Table 4. The Mesh size(mm) of 25%, 50%, 75% selection for MLS of oliver flounder and the selection ranges in each selection curve model.	30
Table 5. The Mesh size(mm) of 25%, 50%, 75% selection for Minimum landing size (35 cm) of oliver flounder and the selection ranges in each selection curve model.	31

A Study on the Mesh Size Selectivity of Oliver flounder (*Paralichthys olivaceus*) Gillnet for Fisheries Resources Management in the East Sea

Hyun-Ji Yu

*Department of Fisheries Physics,
Pukyong National University*

Abstract

The aims of this study are to identify the current status of oliver flounder(*Paralichthys olivaceus*) gillnet fishing in the East Sea, and to investigate the net selectivity by mesh size, considering the ecological characteristics of oliver flounder for establishing the fisheries resources management plan. Survey was conducted on fishermen engaged in gillnet fishery at Gajin Port, Goseong-gun, Gangwon-do. The study on maturity of oliver flounder was carried out, and a mesh size selectivity test was conducted by chartering a coastal gillnet fishing vessel, Suwon-ho (2.97 tons). Gears used for the test were manufactured in mesh sizes of 90 mm, 105 mm, 135 mm, and 150 mm. For the network selectivity analysis, the normal function, log-normal function, and bi-normal function based on the SELECT model were compared and analyzed with the selectivity curve and the Kitahara method, which expressed the selectivity curve as one Master Curve. In addition, the optimal mesh was estimated using a value representing 50% selection based on the catch-free length of oliver flounder.

According to the survey, the mesh size of the gillnet used for catching olive flounder in the East Sea was different from 90 mm to 150 mm depending on the fishing season. The total length (TL) at % maturity of olive flounder was estimated to be 43.0 cm (50%), 51.8 cm (75%) and 72.2 cm (97.5%) for female, and 31.0 cm (50%), 39.8 cm (75%) and 60.2 cm (97.5%) for male, respectively. The mesh selectivity was analyzed using the distribution of Total length by mesh size, and the bimodal normal function had the best fit in estimating the mesh selectivity curve based on the SELECT model. Titration mesh is 25% of individuals from each mesh selectivity curve. 50% and 75% selectable mesh sizes were calculated and compared. The net size at which 50% of the Minimum landing size (35 cm in TL) of olive flounder was selected ranged from 102.0 to 133.6 mm, and was estimated to be 114.0 mm in the curve of the bi-normal function. In the future, these results will be used as basic data to establish plans for the efficient use and management of olive flounder resources.

I. 서론

넙치(*Paralichthys olivaceus*)는 가자미목(Pleuronectiformes), 넙치과(Paralichthyidae)에 속하는 저서성 어종으로 수심 10~200 m의 연안 모랫바닥에 주로 서식하며, 우리나라 전 연안과 쿠릴열도, 일본, 남중국해까지 분포하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2005). 넙치는 치어 시기에는 요각류(copepoda), 젓새우류(*Acetes japonicus*) 등의 소형 갑각류를 섭취하며, 성어 시기에는 소형어류, 갑각류를 주로 섭취한다(Kim et al., 2005).

동해안의 넙치는 주로 자망어업으로 어획한다. 자망어업은 저인망어업, 선망어업 등 적극적 어업과 달리 특별한 어로 장비를 필요로 하지 않으며, 조업 방법이 상대적으로 단순하기 때문에 연근해에서 폭넓게 행해지고 있다(Kim et al., 2016). 자망은 대상 개체가 그물코에 걸려서 어획되는 소극적 어업으로, 어류의 경우 주로 아마기가 걸리거나, 몸통이 망목에 꽂혀서 어획되는 비율이 높다(Holst et al., 2002; Wakayama et al., 2006; Yano et al., 2012). 이러한 자망의 어획 메커니즘을 이용하여 자원 관리적인 측면에서 망목크기에 따른 선택성 변화와 적정 망목크기 추정에 관한 연구가 지속적으로 수행되고 있다.

자망의 선택성 연구는 서대 3중자망의 망목선택성에 관한 연구(Cho et al., 2000), 가자미 삼중자망의 망목선택성(Kim et al., 2002), 병어 자망의 망목선택성(Chang et al., 2007) 등 이외에 다수의 연구 사례가 있다.

넙치는 자원관리를 목적으로 최근 관계 법령상 포획금지체장을 상향 조정하여 어린 개체 보호 노력을 강화하였다. 그러나 포획금지체장 상향조정에 따른 과학적인 근거가 되는 연구가 부족하며, 특히 산란생태 등 자원 생태적인 연구와 망목크기에 따른 어획 선택성에 관한 면밀한 연구가 절실히 필요한 실정이다.

따라서, 넙치 자원을 합리적으로 이용하고 관리하기 위하여 동해안 지역 넙치 자망어업을 대상으로 어업실태를 파악하고, 망목크기 변화에 따른 어획 선택성을 평가하여 적정 망목크기를 추정하고자 하였다. 또한, 넙치의 성숙도를 분석하여 자원의 생태적인 특성을 파악하고자 하였으며, 이러한 연구를 통하여 동해안 넙치 자원을 합리적으로 이용하기 위한 자원관리 방안 수립의 기초자료로 활용하고자 하였다.



Ⅱ. 재료 및 방법

1. 어업실태조사

동해안 넙치 자망어업은 강원도를 중심으로 포획금지체장 규제 완화를 지속적으로 요구하고 있다. 어업실태조사는 넙치자망의 어업 현실태를 파악하기 위하여 강원도 고성군 가진항의 자망어업인을 대상으로 수행하였다.

조사는 2022년 3월~11월 봄 어기와 가을 어기에 총 2회 어업인 청취조사를 수행하였다. 조사지역인 가진항은 도내에서 자망어업이 활발히 행해지는 곳으로, 조사는 어업인 면담을 통해 현용 자망어구의 설계와 구조, 어구의 사용량, 조업 방법, 조업 기간과 어선의 규모 등의 자료를 수집하였으며, 현장의 애로사항 등에 대해 청취하였다.

2. 해상 어획 시험

본 연구에서는 넙치 자원의 망목크기에 따른 어획선택성과 자원의 생태적인 특성을 알아보기 위하여 해상시험을 통해 자료를 수집하였다.

1) 시험어구

넙치 자망의 망목크기 변화에 따른 어획 선택성은 현재 동해안에서 넙치를 어획하기 위해 폭넓게 사용하고 있는 홀자망으로 망목크기 90 mm와 105 mm를 포함하여 135 mm 그리고 150 mm의 4가지 시험 어구를 제작하여 해상어획 시험을 수행하였다. 시험 어구의 설계도는 Fig. 1과 같다.

시험 어구는 1쪽은 대략 뜰줄 길이는 약 78.3 m, 발줄은 약 93.5 m로 사다리꼴의 형태였으며, 어구의 효율을 동일하게 하기 위하여 어구의 구조와 전개면적을 동일하게 제작하였다. 어구의 구성과 규격은 Fig. 2에 나타내었다.

망목선택성 분석의 신뢰를 확보하기 위하여 시험 어구의 망목 크기는 KS/IOS 1663-1 기준에 따라 망목크기를 나타내었다. 시험 어구의 망목크기는 버니어캘리퍼스(Mititoyo, IT-012U)를 사용하여 20개를 측정하고 평균하여 나타내었다. 90 mm의 망목은 최소 86.4mm, 최대 100.5 mm 가 측정되었으며, 평균 $96.6 \text{ mm} \pm 4.0 \text{ mm}$ 였다. 105 mm의 망목은 최소 100.4 mm, 최대 105.5 mm가 측정되었으며, 평균 $102.7 \text{ mm} \pm 1.3 \text{ mm}$ 였다. 135 mm의 망목은 최소 126.8 mm, 최대 134.0 mm가 측정되었으며, 평균 $139.2 \text{ mm} \pm 1.8 \text{ mm}$ 였으며, 150 mm의 망목은 최소 143.9 mm, 최대 152.3 mm 가 측정되었으며, 평균 $148.8 \text{ mm} \pm 2.4 \text{ mm}$ 으로 측정되었다.

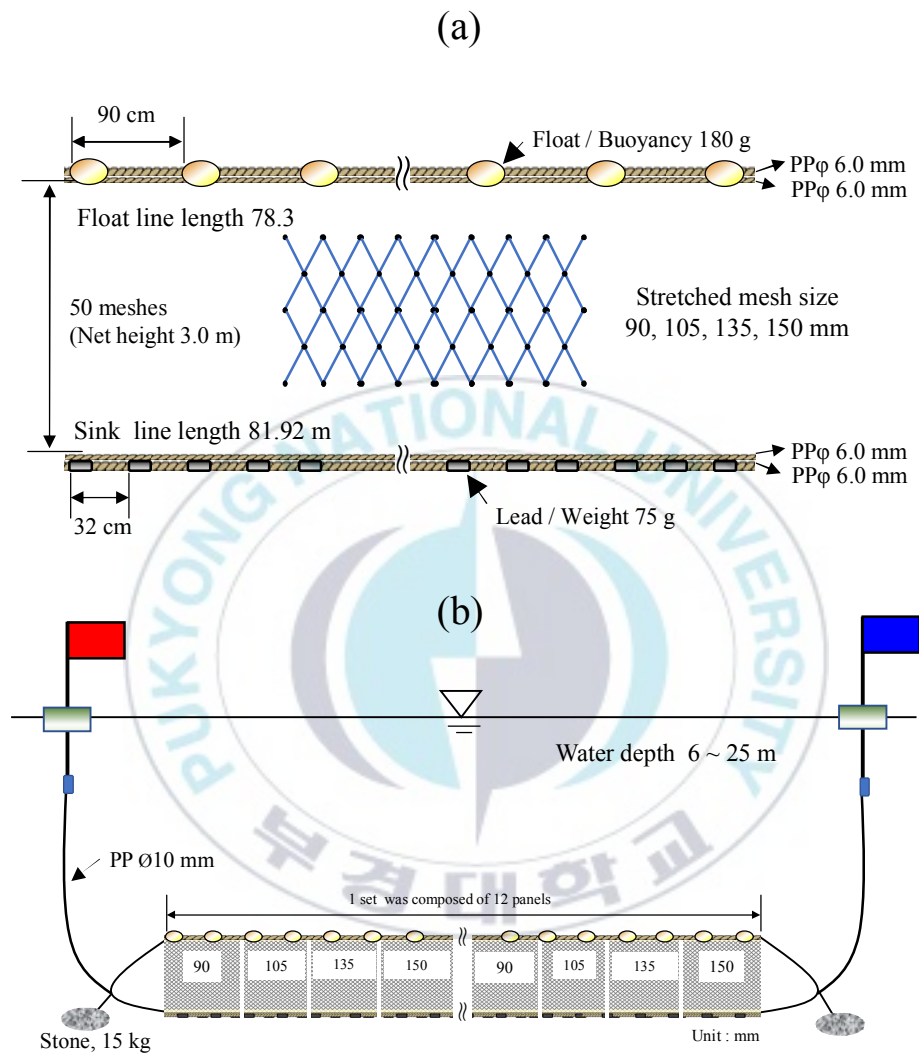


Fig. 1. A schematic presentation of (a) the construction of the experimental gillnet for olive flounder and (b) the layout of netting panels in the experimental fishing.

2) 시험방법

시험조업은 현재 넙치 자망에 있어 포획금지체장 조정과 관련하여 민원이 발생하고 있는 강원 고성군 가진항 인근 해역에서 수행하였다.

시험은 2022년 1월~12월에 연안자망어선 수원호(2.97톤)를 용선하여 수행하였다. 시험은 4가지 시험 어구를 순차적으로 1폭씩 배열하여 총 12폭을 1 틀로 구성하여 사용하였다. 조업 수심은 6~25 m로, 계절에 따라 달리하여 시험하였다. 해상시험조업 위치는 Fig. 3에 나타내었다.

시험조업은 오후 12시경 출항하여 투망하고, 2시간 침지 후, 양망기를 사용하여 양망 후 귀항하였다.

어획물은 귀항 후 육상에서 그물을 정리하면서 망목크기별로 구분한 후 전수조사를 수행하였다. 어획물 측정은 어종별로 분류 후 대표 체장은 0.1mm 단위까지 측정하고, 체중은 전자저울(Sartorius, QUINTIX 6102)을 사용하여 0.1g 단위까지 측정하였다.

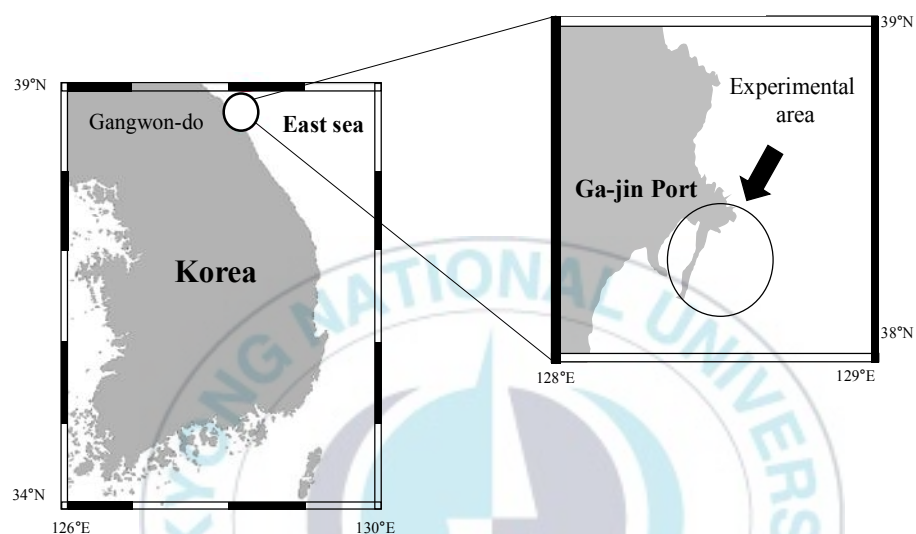


Fig. 2. Location of the experimental area for testing mesh selectivity of the gillnet for olive flounder.

3. 성숙체장 추정

넙치의 생태적인 특성을 파악하기 위하여 성숙도와 성숙체장을 추정하였다.

표본은 망목선택성 해상시험에서 어획된 개체 전수를 사용하였으며, 표본은 각각의 망목별로 분류하여 체장, 체중 및 생식소 중량 등에 대해 전수조사를 수행하였다. 전장은(Total Length, TL), 동주(Girth Length, GL), 0.1 mm 단위까지 측정하였고, 체중(Body Weight, BW)은 0.1 g 단위까지, 생식소 중량(Gonad Weight, GW)은 0.01 g 단위까지 전자저울(Sartorius, QUINTIX 6102) 사용하여 측정하였다.

생식소의 발달과정은 생식소의 크기와 색, 난립의 크기 등을 관찰하여 육안으로 판별하였고, 미숙(immature), 중숙(maturing), 완숙(mature), 방후(spent) 4단계로 구분하여 분석하였다.

넙치의 성숙체장 분석은 50% TL 은 산란기로 추정되는 시기에 중숙 이상의 개체를 당해 산란에 참여하는 것으로 추정(NIFS, 2017)하고 성숙 개체의 비율을 구하였으며, 산란기 동안 암컷과 수컷의 성숙 비율을 구한 후 Logistic curve를 이용하여 50%, 75%, 97.5%의 TL 을 다음 식(6)을 사용하여 추정하였다.

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{(b_1 - b_2 TL_i)}} \dots\dots\dots (6)$$

여기서 P_i 는 i 전장 계급에서의 성숙 비율, TL_i 는 i 전장 계급의 TL , b_1 와 b_2 는 각각 상수이다.

본 연구에서는 대상 어종의 효율적인 자원관리와 추후 그에 맞는 자원 수준에 적합한 자원관리 방안을 모색하기 위해 50%, 75%, 97.5%의 성숙체장을 추정하였다.

4. 망목선택성 곡선 추정

본 연구에서는 망목 선택성 곡선 추정법은 SELECT(Share Each Length's Catch Total) 모델을 사용하였으며, 정규함수(normal function), 대수 정규함수(log-normal function), 이봉성 함수(bi-normal function)의 방법을 이용하여 망목 선택성 곡선을 추정하였다(Fujimori and Tokai, 2001; Akiyama et al., 2004; Park et al., 2004; Yano et al., 2012).

또한, 여러 가지 망목 선택성 곡선을 하나의 Master Curve로 나타내어 평가한 Kitahara(1968) 방법으로 선택성을 분석하였다.

본 연구에서는 망목 선택성을 $s(R_{ij})$ 로 표현할 때 정규함수, 대수 정규함수, 이봉성 정규함수는 각각 식(1)~식(3)로 표현할 수 있다.

$$\text{normal function : } s(R_{ij}) = \exp\left(-\frac{(R_{ij}-R_0)^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{log-normal function : } s(R_{ij}) = \exp\left(-\frac{(\ln R_{ij}-\ln R_0)^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (2)$$

여기서, R_0 는 망목선택성 곡선의 최대 효율로 주어지는 망목상대체장이고, σ 는 곡선의 폭을 결정하는 파라미터이다(Fujimori and Tokai, 2001; Akiyama et al., 2004; Wakayama et al., 2006).

bi-normal function :

$$s(R_{ij}) = \frac{1}{\delta} \left[\exp\left(-\frac{(R_{ij}-R_\alpha)^2}{2\sigma_\alpha^2}\right) + w \exp\left(-\frac{(R_{ij}-R_\beta)^2}{2\sigma_\beta^2}\right) \right] \dots\dots\dots (3)$$

이봉성 정규함수식(3)에서, R_α 와 R_β 는 각각 제 1곡선(우변 제1항)과 제 2곡선(우변 제2항)에 있어 곡선의 최대 효율을 결정하는 망목상대체장이며, σ_α 와 σ_β 는 각 곡선의 폭을 결정하는 파라미터이다. 또한, ω 는 제 2곡선에 대한 상대 최대값을 결정하는 파라미터이며, δ 는 망목선택성 곡선의 최대 값을 1로 하기 위한 보정계수이다. 각 함수의 파라미터와 상대 어획 강도의 추정치는 정수항을 제외한 식(4)과 같이 대수 우도함수를 최대화하는 값으로 얻을 수 있으며, 파라미터의 추정은 상용 소프트웨어인 EXCEL의 SOLVER(Microsoft, USA)기능을 이용하여 추정하였다.

$$\ln L = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^k (C_{ij} \ln \phi / (R_{ij})) \dots\dots\dots (4)$$

각 모델의 적합도는 모델의 일탈도(model deviance, D_m)를 통해 평가하였으며, 적합한 모델의 선정은 AIC(Akaike Information Criterion)를 이용하고, AIC 값이 최소인 모델을 최적의 모델로 선택하였다 (Akaike, 1974; Fujimori and Tokai, 2001; Harada et al., 2007).

Kitahara 방법은 체장 l 을 망목크기 m 으로 표준화한 상대체장 l/m 을 변수로 하여, 각각의 망목에 대한 선택성 곡선을 하나의 Master Curve로 표현하기 위해 Fujimori et al.(1996)가 식(5)과 같은 다항식의 선택성 곡선식을 적용한 방법을 사용하였다(Fukimori et al., 1996, Cho et al., 2000; Park et al., 2003).

$$s(R) = \exp[(a_n R^n + a_{n-1} R^{n-1} + a_{n-2} R^{n-2} + \dots + a_0) - F_{\max}] \dots\dots\dots (5)$$

여기서, R 은 l_j/m_i 를 나타내며, $F_{\max}$ 는 식 (5)의 최대값을 나타낸다. 함수의 파라미터는 최소제곱법으로 추정하였으며, 오차의 불편추정량을 구하여 모델의 적합도를 판단하였다(Kim et al., 2002).

Ⅲ. 결과

1. 어업 실태조사 결과

동해안의 넙치 자망어업의 실태를 파악하기 위하여 넙치 자망 관련 민원이 빈번한 강원도 고성군 가진항 자망어업을 대상으로 청취조사를 하였다.

또한 넙치의 생산량 변동은 통계청 국가통계포털(KOSIS)의 통계자료를 분석하였으며 그 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 동해안 지역의 넙치의 총생산량은 2018년~2022년 최근 5년간 3,714톤이었으며, 또한, 월별 어획량 중, 5월은 1,064톤으로 전체의 29.2%로 가장 높은 생산량을 보였다. 그리고, 6월부터 생산량이 줄어드는 경향을 나타내었으며 534톤으로 전체 생산량의 14.9%를 차지하였다. 통계 조사 결과 내에서는 9월에 94톤으로 전체 생산량의 2.5%를 차지하며 가장 적은 어획량을 보였다. 동해안 지역만을 별도로 보았을 때, 4~5월에 높은 어획 비율을 보여 전국 월별 어획량과 유사한 경향을 보였다(Fig. 4). 동해안 지역 넙치의 어획량은 2022년에 총 자망어업에서 약 17%로 나타났으며, 매년 자망어업에 의한 넙치의 어획량은 점차 증가하는 추세를 나타내었다.

강원 고성 지역의 자망 어업인들은 1월~5월에는 넙치와 대구를 주요 대상으로 어업을 행하고 있으며, 5월 이후부터는 물가자미, 참가자미, 베도라치, 쥐노래미 순으로 계절별로 대상 어종을 달리하여 어업활동을 하고 있다.

어업인들은 넙치를 대상으로 조업할 때는 조사 대상 어업인 10명 중 8명이 지지줄 자망을 사용하고 있으며, 부분적으로 홀자망을 사용하는 어업인들도 조사되었으나, 어업인들은 어획된 개체가 양망 시에 탈락이 적은 지지줄 자망을 선호하고 있었다.

넙치 자망은, 망목크기는 90 mm~150 mm까지 조업 시기에 따라 다르게 사용하고 있으며, 계절에 따라 6월~8월에는 주로 129 mm를 사용하며, 시기에 따라서는 105 mm까지 줄여서 사용하고 있다. 보편적으로 가장 많이 사용하는 망목크기는 90 mm, 135 mm를 사용하며, 가장 크게는 150 mm를 많이 사용한다. 조업은 오후 12시에 출항하여 어구를 투망하고, 2~3시간 침지하고 16시경에 양망하여 18시경 귀항하며, 어구는 1 틀을 10~16폭으로 구성하여 사용하고 있었으며, 조업 수심은 6 m~25 m로 어기에 따라 달리하여 조업하고 있다.

1일 어획량은 평균 12 kg 정도를 어획하며, 어선은 3~5톤급 내외로 일반적인 항해 장비와 유압식 양망기를 탑재하고 있다(Fig. 5).

또한, 가진항 지역의 어업인들은 홑자망보다 지지줄자망을 더 선호하지만, 현재 강원도 지역에서는 수산업법 제64조의2제1항 및 같은 법 시행령 제45조의3제4항의 규정에 의하여 지지줄 자망어구의 사용 제한이 있어 실질적으로 어업활동 많은 제약이 있는 것으로 조사되었다.

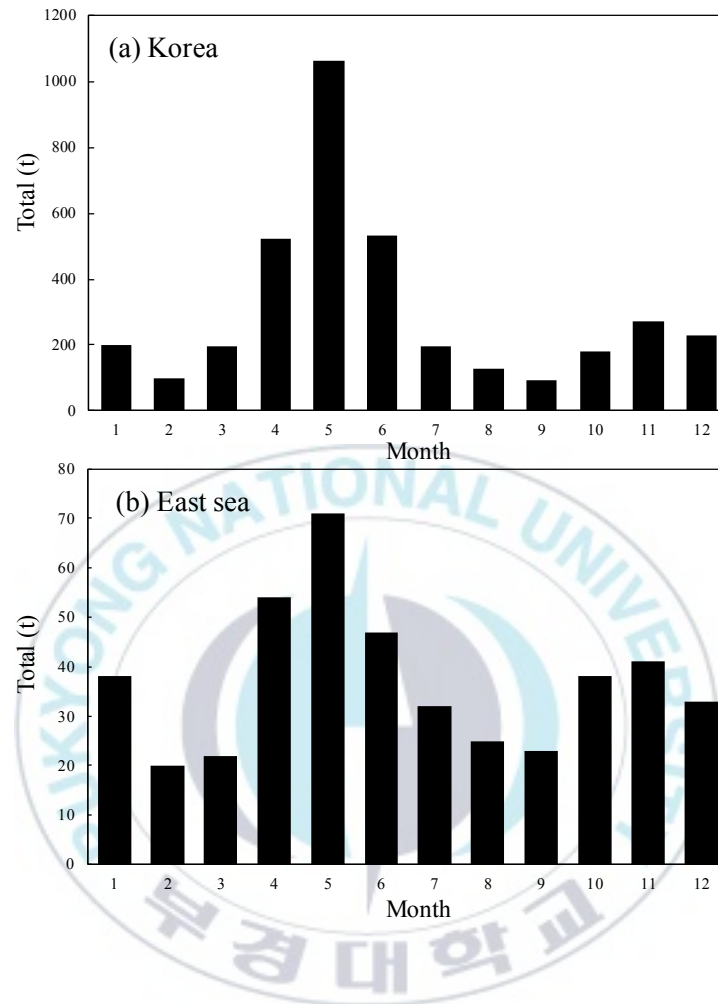


Fig. 3. Monthly average catch of olive flounder in Korea waters(a) and in the East Sea(b) from 2018 to 2022.

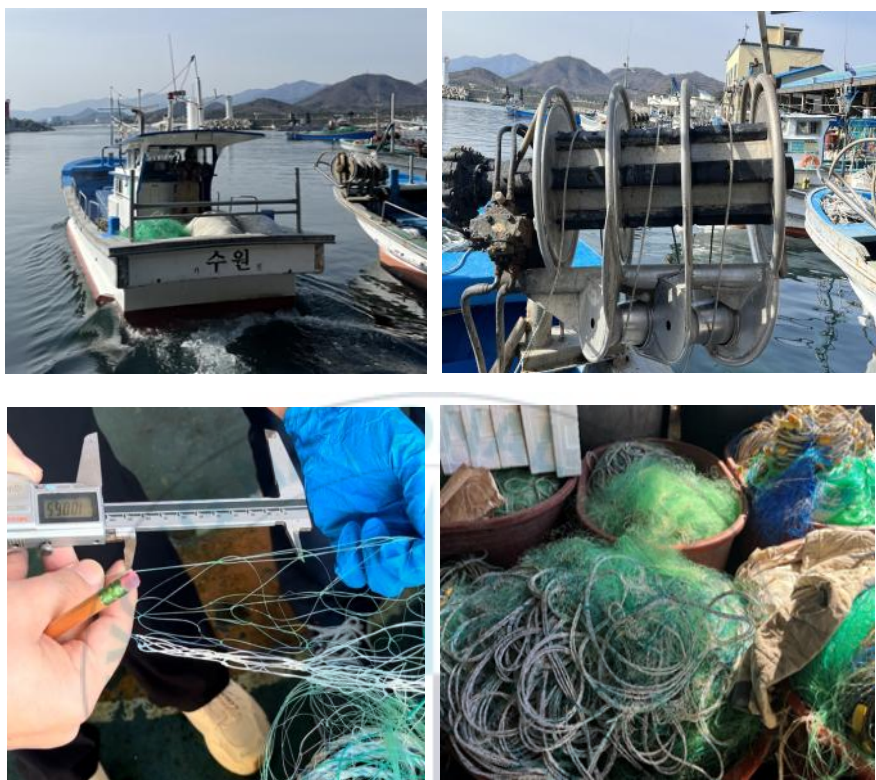


Fig. 4. Fishing vessel and gillnet for olive flounder used in the coastal sea of Gajin-port.

2. 해상 어획시험 조업 결과

시험조업은 2022년 1월에서 12월에 총 26회 수행하였으며, 시험조업 결과, 총 어획된 어종수는 44종, 총 520마리가 어획되었으며, 총 어획 중량은 348,851 g이었다. 시험조업에 어획된 개체별 마릿수와 중량은 Table 1에 나타내었다. 본 연구의 대상 어종인 넙치의 어획량은 전체 어획량중 182마리, 총중량 167,009 g으로 47.87%를 차지하였다. 다음으로 성대 118마리, 44,900 g(12.87%)이 어획되었으며, 돌가자미 53마리, 37,872 g(10.86%), 참가자미 46마리, 23,000 g(6.64%), 쥐노래미 27마리, 16,715 g(4.83%) 등의 순으로 나타났다. 단위노력당 어획량 CPUE(g/net)는 넙치 527 g/net로 가장 높았으며, 다음으로 성대 144 g/net, 돌가자미 121 g/net, 참가자미 74 g/net, 쥐노래미 54 g/net 등의 순으로 나타났다.

시험 대상인 넙치의 체장 조성을 파악하기 위해 총 182개체에 대해 체장 계급별 조성 비율을 분석하였다. 월별 전체 어획 마릿수는 12월에 가장 많은 개체가 어획되었으며, 두 번째로 5월에 많은 개체가 어획되었으며, 세 번째로 1월에 많은 개체가 어획되었다. 또한 11월에 가장 적은 개체가 어획되었으며, 두 번째로 2월에 적은 개체가 어획되었으며, 세 번째로 10월에 적은 개체가 어획되었다. 해상시험 기간 월별 넙치 어획 마릿수 분포는 Fig. 6에 나타내었다. 어획된 넙치에 대해 체장과 체중의 상관관계는 총 182마리로 체장과 체중의 관계를 분석하였으며, 넙치의 전장(TL)과 체중(BW) 사이의 관계식은 $BW = 0.0056 TL^{3.1758}$ ($R^2 = 0.9314, n = 182$)로 추정되었다. 넙치의 체장과 체중의 관계는 Fig. 7에 나타내었다.

분석에 사용한 넙치의 평균 체장은 42.8 cm(TL)로 나타났으며, 최대 어획량을 보인 체장 계급은 38~48 cm 였다. 암컷의 평균 체장은 41.6 cm(TL)이며, 최대 어획량을 보인 체장 계급은 38~48 cm이며, 수컷의 평균 체장은

42.2 cm(*TL*), 최대 어획량을 보인 체장 계급은 41~44 cm로 나타났으며, 체장 범위별 어획 그래프는 Fig. 8에 나타내었다.

망목별 선택성은 망목크기에 따른 어획개체수 자료를 사용하여 분석하였으며, 망목크기 별 어획량은 Fig. 9에 나타내었다.

망목별 시험조업 결과, 망목의 크기에 따라 어획되는 전장의 범위가 달랐으며 4가지 망목크기에 따른 선택성 시험 결과는 90 mm 망목에서는 총 46마리, 18,003 g이 어획되었으며, 24~28 cm 범위의 넙치가 가장 많이 어획되었다. 105 mm 망목은 총 50마리, 31,004 g이 어획되었으며, 24~28 cm 범위의 넙치가 가장 많이 어획되었고, 135 mm 망목 총 47마리, 33,002 g이 어획되었으며, 24~28 cm 범위의 넙치가 가장 많이 어획되었다. 150 mm 망목은 총 39마리, 85,000 g이 어획되었으며, 전체적으로 어획량이 가장 적었다.

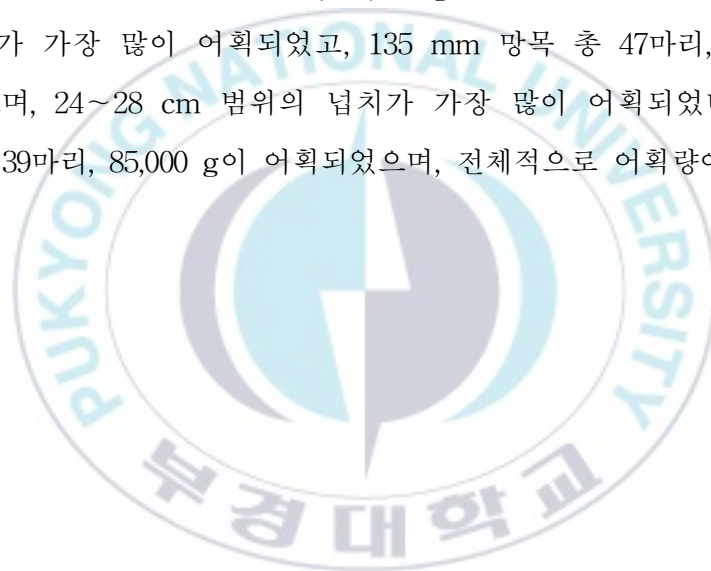


Table 1. Species composition of fishes caught by the experimental gillnet

English name	Scientific name	Catch in number inds.	ratio(%)	Catch in weight g	ratio(%)	CPUE* ¹ (g/net)
Fishes						
Oliver flounder	<i>Paralichthys olivaceus</i>	182	33.09	167,009	47.87	526.7
Bluefin sea robin	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	118	21.45	44,900	12.87	143.9
Stone flounder	<i>Kareius bicoloratus</i>	53	9.64	37,872	10.86	121.4
Brown sole	<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	46	8.36	23,000	6.59	73.7
Greenling	<i>Hexagrammos otakii</i>	27	4.91	16,715	4.79	53.6
Chub mackerel	<i>Scomber japonicus</i>	14	2.55	1,904	0.55	6.1
Round nose flounder	<i>Eopsetta grigorjewi</i>	12	2.18	2,145	0.61	6.9
Marbled sole	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	11	2.00	12,545	3.60	40.2
Shaggy sea raven	<i>Hemitripterus villosus</i>	11	2.00	2,269	0.65	7.3
Yellow tail	<i>Seriola quinqueradiata</i>	9	1.64	7,768	2.23	24.9
Arabesque greenling	<i>Pleurogrammus azonus</i>	7	1.27	3,518	1.01	11.3
Jacopever	<i>Sebastes schlegelii</i>	6	1.09	2,840	0.81	9.1
Rough scale sole	<i>Clidoderma asperrimum</i>	4	0.73	783	0.22	2.5
Black progy	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	3	0.55	3,008	0.86	9.6
Pacific cod	<i>Gadus macrocephalus</i>	3	0.55	2,292	0.66	7.3
Elknorn Sculpin	<i>Alcichthys elongatus</i>	3	0.55	385	0.11	1.2
Crest head flounder	<i>Pseudopleuronectes schrenki</i>	3	0.55	764	0.22	2.5

Table 1. Continued.

English name	Scientific name	Catch in number inds.	ratio(%)	Catch in weight g	ratio(%)	CPUE (g/net)
Yellow goosfish	<i>Lophius litulon</i>	3	0.55	4,837	1.39	15.5
Whip sculpin	<i>Gymnocanthus intermedius</i>	2	0.36	378	0.11	1.2
Goggle eye	<i>Cookeolus japonicus</i>	2	0.36	590	0.17	1.9
Elf sculpin	<i>Enophrys diceraus</i>	2	0.36	220	0.06	0.7
NEI*2		18	3.09	11,087	3.18	35.5
Crustanea						
Sand crab	<i>Ovalipes punctatus</i>	3	0.55	611	0.18	2.0
Swimming crab	<i>Portunus trituberculatus</i>	2	0.36	560	0.16	1.8
Portunidae sp.	<i>Trituberculatus</i> sp.	1	0.18	318	0.09	1.0
Japanese swimming crab	<i>Charybdis japonica</i>	1	0.18	160	0.05	0.5
Gastropoda						
Conch sp.	<i>Buccinidae</i> sp.	2	0.36	137	0.04	0.4
Sea cucumber	<i>Stichopus japonicus</i>	1	0.18	141	0.04	0.5
Cephalopod						
webfoot octopus	<i>Amphioctopus fangsiao</i>	1	0.18	99	0.03	0.3
Total		550	100	348,851	100	

*1 CPUE : weight of species / (12 panels × 26 times)

*2 NEI : not elsewhere included

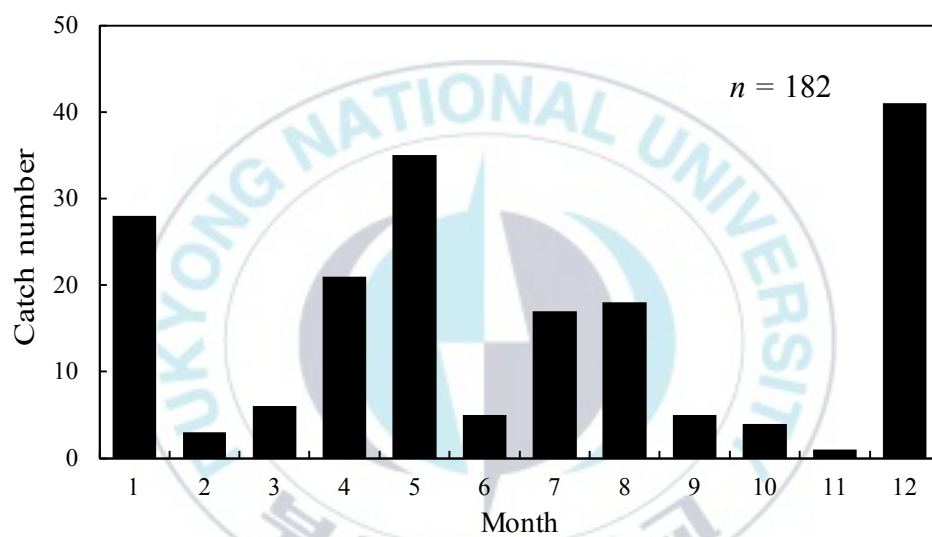


Fig. 5. Monthly catch of olive flounder caught by the experiment in the East Sea.

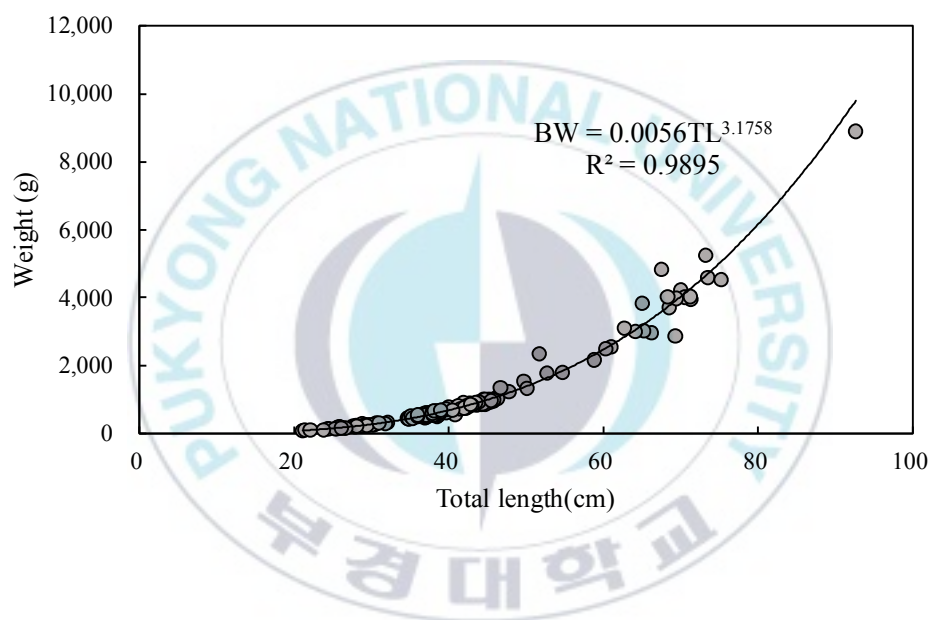


Fig. 6. Relationship between total length and weight of olive flounder.

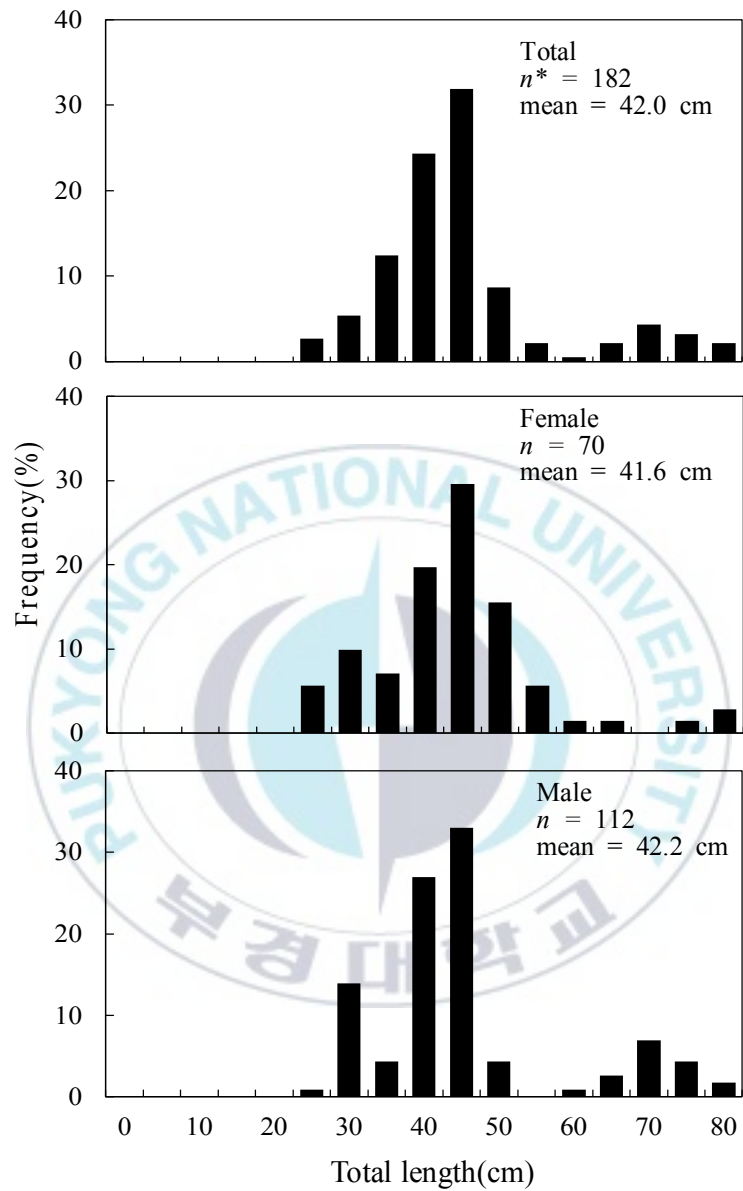


Fig. 7. Length distributions of the olive flounder caught by experimental fishing gear in the East Sea.

* n : catch number

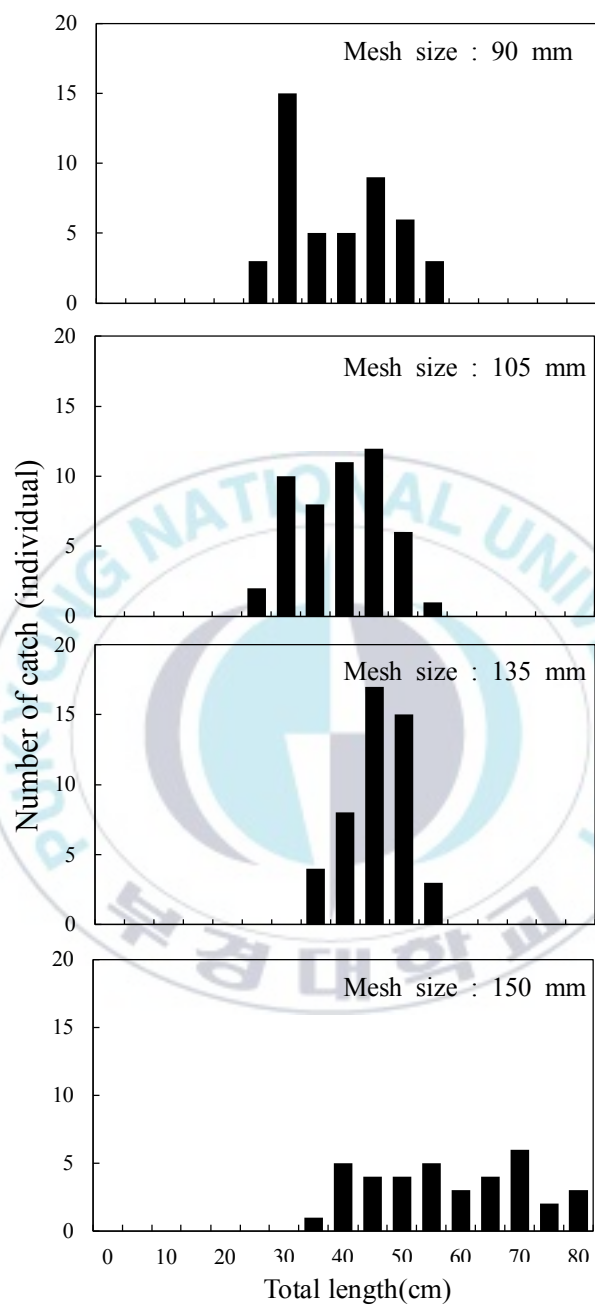


Fig. 8. Length distributions of olive flounder caught by four different mesh sizes of the experimental nets.

3. 성숙체장

넙치 산란기 추정은 월별 속도 단계를 암컷과 수컷을 구별하여 미숙, 중숙, 완숙, 방후 4단계로 구분하여 육안으로 관찰하여 분석한 결과, 암컷은 4월부터 중숙 이상 단계의 개체들이 출현하였으며, 5월부터 완숙 개체가 나타났다. 수컷은 3월부터 중숙 단계의 개체들이 출현하였으며, 4월부터 5월까지 중숙 단계의 개체들의 비율이 높아졌다. 6월부터는 완숙 단계의 개체들이 출현하였으며, 7월에 완숙 개체 비율이 전체의 38%로 가장 높았다. 또한, 넙치는 7월부터 방란을 시작하여 8월부터 방후 단계의 개체가 출현하였다. 따라서 동해안 해역에 서식하는 넙치의 산란기는 월별 속도 단계 조사를 통해 5월~9월까지로 추정되었다.

넙치의 성숙체장은 어획된 182개체에 대한 체장(TL)과 육안으로 판별한 성숙 개체 비율 자료를 이용하여 성숙 개체의 출현 비율을 분석하였으며, 암컷은 전장(TL)이 35 cm 이하에서는 성숙한 개체가 출현하지 않았고, 50 cm 이상인 개체에서는 전 개체가 산란에 참여하는 것으로 나타났다. 수컷은 전장이 27 cm 이하에서는 성숙한 개체가 출현하지 않았으며, 36 cm 이상인 개체에서는 전 개체가 산란에 참여하는 것으로 나타났다. 성숙체장은 Logistic 함수식을 통해 추정하였으며, 동해안 암컷 넙치의 50% 성숙체장(TL)은 43.0 cm, 75% 성숙체장은 51.8 cm, 97.5% 성숙체장은 72.2 cm으로 나타났다. 또한, 수컷 넙치의 50% 성숙체장은 31.0 cm, 75% 성숙체장은 39.8 cm, 97.5% 성숙체장은 60.2 cm으로 나타났다. 넙치의 Logistic 성장곡선은 Fig. 10에 나타내었다.

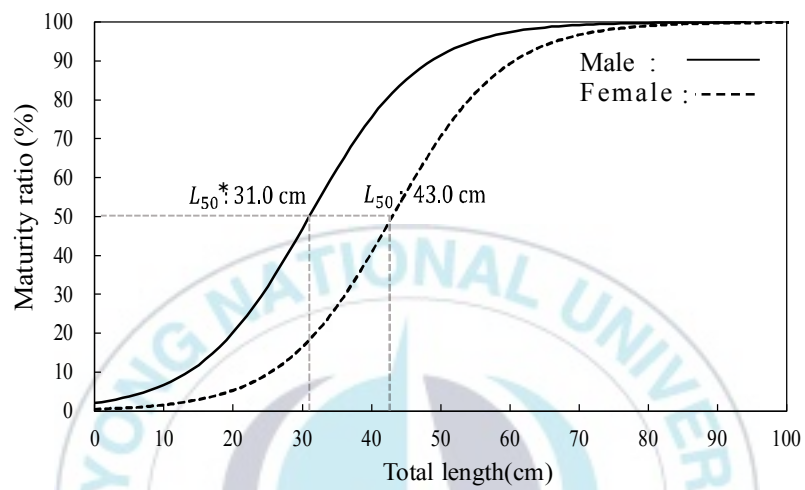


Fig. 9. Relationship between total length and group maturity of the olive flounder caught in the East Sea.

* L_{50} : Total Length at 50% maturity

4. 망목크기선택성

망목선택성 곡선은 망목크기별 넙치의 체장 분포를 이용하여 SELECT 모델에 기초한 3가지 망목선택성 곡선과 Kitahara의 방법에 의해 추정하였다 추정된 망목선택성 곡선은 Table 2에 나타내었다. 또한, 모델별 망목선택성 곡선식의 파라미터, 상대 어획효율 그리고 AIC 값은 Table 3에 나타내었다. 정규함수에서 모델 일탈도(MD)는 71.5, 대수정규함수 59.4, 이봉성정규함수 42.7로 이봉성정규함수의 MD 값이 가장 작게 나타났다. 이봉성정규함수에 비해 정규함수와 대수정규함수의 모델 일탈도가 크게 나타났다. 또한 AIC 의 추정값은 정규함수 231.8, 대수정규함수 223.6, 이봉성정규함수 214.5로 나타났으며 이봉성정규함수가 가장 작은 값을 나타내었다. 따라서 SELECT 모델에 기초한 망목선택성 곡선의 추정에 있어서 AIC 값이 가장 작게 나타난 이봉성정규함수가 가장 적합한 모델로 판단하였다.

Kitahara 방법에 의한 망목선택성 곡선은 오차의 불편추정량을 고려하여 3차식의 망목선택성 곡선함수로 나타내었으며 곡선식의 파라미터는 Table 3에 나타내었다. 각 모델별 추정된 망목선택성 곡선은 Fig. 11에 비교하여 나타내었다. Kitahara의 Master curve는 모델에 비해 상대적으로 오른쪽으로 많이 치우쳤으며, 선택성이 최대가 되는 l/m 값이 가장 크게 나타났으며, 선택폭 또한 상대적으로 좁게 나타났다. 이것은 모든 망목크기에서 어획 개체 수가 부족으로 다소 과대평가 된 것으로 판단된다.

Table 2. Length distributions of olive flounder caught by four different mesh sizes of gillnet

Mesh size (mm)	Total length(cm)														Total
	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	
90	3	15	5	5	9	6	3	0	0	0	0	0	0	0	46
105	1	1	10	8	11	12	6	1	0	0	0	0	0	0	50
135	0	0	0	4	8	17	15	3	0	0	0	0	0	0	47
150	0	0	0	0	5	4	4	5	2	1	2	5	8	3	39
Total	4	16	15	17	33	39	28	9	2	1	2	5	8	3	182

Table 3. Parameter estimates and model deviance for each model

Models	Parameters											
	$R_0(R_\alpha)$	R_α	$\sigma(\sigma_\alpha)$	σ_β	ω	δ_δ	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6
Normal	3.555		0.561				0.300	0.332	0.255	0.114	0.025	0.604
Log-normal	3.852		0.151				0.065	0.175	0.429	0.331	0.025	0.604
Bi-normal		3.400	0.281	0.657	0.336	1.124	0.129	0.326	0.319	0.226		
	MLL^{*1}				D^{*2}			$d.f^{*3}$			AIC^{*4}	
Normal		-104.9			71.5			36.0			231.8	
Log-normal		-100.8			59.4			36.0			223.6	
Bi-normal		-96.3			42.7			36.0			214.5	
Kitahara	α_3		α_2		α_1	α_0	R		ρ^{*5}		$F_{\max}$	
	-1.550		12.161		-16.744	-17.523	4.4178		0.345		12.202	

*1 Maximum log-likelihood (MLL)

*2 Model deviance (D)

*3 Degree of freedom ($d.f$)

*4 Akaike Information Criterion (AIC)

*5 Unbiased estimator (ρ)

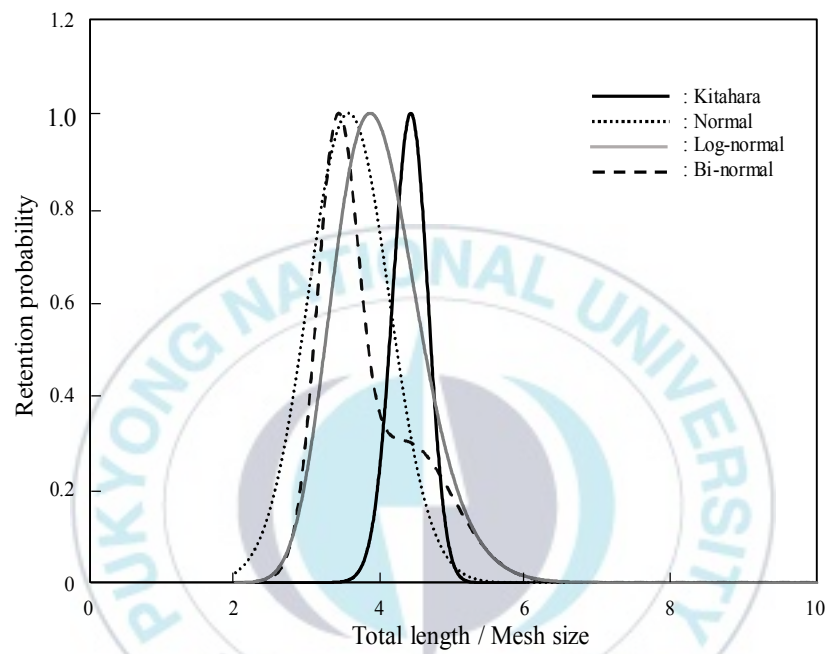


Fig. 10. Comparison with the master curve of the gillnet for oliver flounder by four different methods.

넙치 자망의 적정 망목은 각 망목선택성 곡선에 대해 최소성숙체장 값을 대입하여 25%, 50%, 75% 선택되는 망목크기와 선택범위를 추정하여 Table. 4에 나타내었다.

각 추정된 망목선택성 곡선에서 암컷 넙치의 50% 성숙체장(43.0 cm)에 대해 넙치가 50% 선택이 되는 망목크기는 133.5~153.6 mm의 범위로 대수 정규함수에서는 140.1 mm로 가장 작은 크기를 나타내었다. 모델 적합도가 가장 우수였던 이봉성 정규함수 곡선에서는 133.5 mm로 추정되었다. 수컷 넙치의 50% 성숙체장(31.0 cm)의 넙치가 50% 선택되는 망목크기는 96.3~110.7 mm의 범위로 대수 정규함수에서 96.3 mm로 가장 작게 추정되었으며, 이봉성 정규함수 곡선에서는 101.0 mm로 추정되었다. 동해안에서 넙치 연안자망어업에서 사용하고 있는 망목크기는 135~150 mm이며, 현재 사용되고 있는 망목크기보다 다소 작게 나타났다. 망목선택성 추정에서 이론적으로 암컷에서 망목크기를 133.5 mm 이상, 수컷에서 망목크기를 101.0 mm 이상 사용하면 미성숙 개체의 어획을 보다 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 각 망목선택성 곡선에서 선택성 범위(SR)는 암컷은 정규함수에서 26.7 mm로 가장 넓었으며, 이봉성 정규함수에서 12.4 mm로 가장 좁게 나타났다. 또한, 수컷에서는 정규함수에서 19.3 mm로 가장 넓었으며, 이봉성 정규함수에서 8.9 mm로 가장 좁게 나타났다.

그러나 어획 부분에 있어 암컷과 수컷을 분리해서 어획하는 것은 불가능하므로, 통합하여 적정망목을 추정하였다. 기준은 현재 시행 중인 포획금지 체장인 35 cm를 기준으로 25%, 50%, 75% 선택되는 망목크기와 선택범위를 추정하여 Table. 5에 나타내었다. 추정한 결과, 망목의 크기는 102.0~133.6 mm의 범위로 대수 정규함수에서 101.0 mm로 가장 작게 추정되었으며, 가장 적합한 모델로 판단되었던 이봉성 정규함수의 곡선에서는 114.0 mm로 추정되었다. 현재 동해안에서 넙치 연안자망어업에서 사용하고 있는 망목크기는 135~150 mm이며, 현재 사용되고 있는 망목크기보다 다소 작게 나타났다.

Table 4. The Mesh size(mm) of 25%, 50%, 75% selection for MLS*¹ of
 oliver flounder and the selection ranges in each selection curve
 model.

Model	L_{25}^{*2}		L_{50}		L_{75}		$S.R^{*3}$	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Kitahara	106.2	147.3	110.7	153.6	116.5	161.7	10.4	14.4
Normal	118.3	164.1	107.3	148.8	99.0	137.4	19.3	26.7
Log-normal	103.7	143.8	96.3	133.5	90.4	125.4	13.3	18.4
Bi-normal	105.8	146.8	101.0	140.1	96.9	134.4	8.9	12.4

*1 Minimum landing size

*2 L_{25} , L_{50} , L_{75} : 25%, 50%, 75% Selection length

*3 Selection Range

Table 5. The Mesh size(mm) of 25%, 50%, 75% selection for Minimum landing size(35 cm) of olive flounder and the selection ranges in each selection curve model.

Model	L_{25}	L_{50}	L_{75}	$S.R$
Kitahara	119.9	125.0	131.6	11.7
Normal	133.6	121.1	111.8	21.8
Log-normal	117.1	108.7	102.0	15.0
Bi-normal	119.5	114.0	109.4	10.1

IV. 고찰

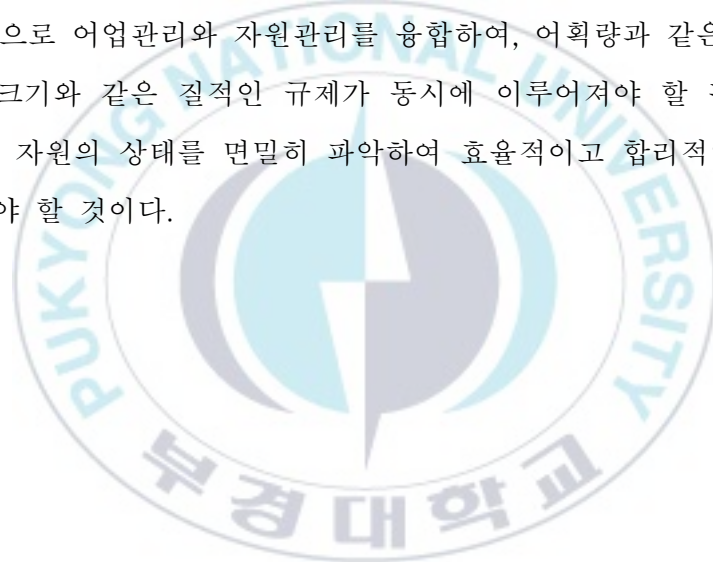
넙치는 우리나라의 주요 수산자원 중의 하나로 동·서·남해 전 해역에 걸쳐 어획된다. 넙치는 자원 관리적인 측면에서 수산 관련 법령으로 35 cm 이하 개체의 포획을 금지하고 있다(수산자원관리법 시행령 제6조). 넙치자망이 폭넓게 행해지고 있는 강원도를 비롯한 동해안에서는 최근 포획금지 체장이 21 cm에서 35 cm 로 상향 조정됨에 따라 재조정을 지속적으로 요구하고 있다. 또한, 넙치는 주로 자망어업으로 어획하며 어류가 망목에 꽂혀서 어획이 이루어지지만, 홀자망의 경우 양망 과정에서 어획된 개체가 망목에서 탈락하는 경우가 많으며, 이러한 이유로 어업인들은 양망 시 탈락률이 적은 지지줄 자망이나 많은 제약조건을 바탕으로 한시적으로 허용되는 삼중자망을 선호하고 있다. 이러한 관점에서 자망의 형태에 따른 어획의 차이에 대한 심도 있는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 동해안 지역의 현지 사향을 고려하여 조업 실태를 파악하고 생태학적인 측면과 어구적인 측면에서 넙치를 어획하는 자망에 대해 성숙체장의 추정과 4가지 망목크기에 대한 선택성 연구를 수행하였다.

다양한 선택성 모델을 사용하여 적정망목을 추정한 결과 101.0~133.5 mm으로, 현재 어업인들이 사용하는 망목과 다소 차이는 있으나, 어업인들은 넙치와 동시에 대구와 같은 다양한 어종을 시기에 맞게 사용하고 있으므로, 넙치 단일 어종으로 분석하였을 경우는 다소 망목크기에 차이가 있을 것으로 나타났다. 또한, 본 연구에서는 어획된 넙치의 체장 계급별 마릿수가 선택성 분석에 있어서 어획량의 전반적인 부족으로 모델의 신뢰도가 다소 낮았으며, 특히 Kitahara 방법에서는 체장 계급별 어획 마릿수의 부족으로 과대 평가된 결과를 보였다.

넙치의 성숙체장은 암컷의 50% 성숙체장(TL)은 43.0 cm, 수컷의 50% 성숙체장은 31.0 cm로 나타났으나, 선행 연구 결과는 암컷 40~45 cm, 수컷 35 cm로 보고된 바가 있으며, 본 연구 결과와 암컷은 일치하였으며, 수컷은 4 cm정도 차이를 나타내었다(NIFS, 2017). 향후 성숙체장 분석의 신뢰성 확보를 위해서는 지속적인 조사와 산란 기간 개체 수 확보가 더욱 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 넙치 자원을 효율적으로 이용하기 위해서 어구적인 측면에서 망목선택성에 관한 측면과 자원의 생태적인 측면을 복합적으로 고려하였다. 앞으로 어업관리와 자원관리를 융합하여, 어획량과 같은 양적인 규제와 망목크기와 같은 질적인 규제가 동시에 이루어져야 할 필요가 있으며, 현재의 자원의 상태를 면밀히 파악하여 효율적이고 합리적인 자원관리를 해나가야 할 것이다.



V. 결론

본 연구는 동해안의 넙치 자망어업실태를 파악하고, 망목크기 변화에 따른 망목선택성과 넙치의 생태적인 특성을 구명하여 자원관리를 위한 방안 수립의 기초자료로 활용하고자 하였다. 어업실태조사는 강원도 고성군 가진항을 대상으로 수행하였으며, 이 지역 연안자망어선 수원호(2.97톤)를 용선하여 망목선택성시험을 수행하였다. 해상시험에 사용한 시험 어구는 90 mm, 105 mm, 135 mm, 150 mm로 제작하였으며, 어획된 넙치의 생식소 발달과정을 관찰하고, 생식소 성숙도와 생식소 중량지수의 월변화를 분석하였다. 망목선택성 분석은 SELECT 모델에 기초한 정규함수, 대수 정규함수, 이봉성 정규함수를 선택성 곡선과 선택성 곡선을 하나의 Master Curve로 나타낸 Kitahara 방법을 비교·분석하였다. 또한, 넙치의 최소성숙체장을 기준으로 50% 선택을 나타내는 값을 이용하여 적정망목을 추정하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 동해안 넙치 자망어업 망목크기는 90 mm~150 mm까지 조업 시기에 따라 다르게 사용하고 있었으며, 보편적으로 가장 많이 사용하는 망목크기는 90 mm, 135 mm를 사용한다. 어구의 형태는 양망 시 탈락이 적은 지지줄 자망의 선호도가 높았다.

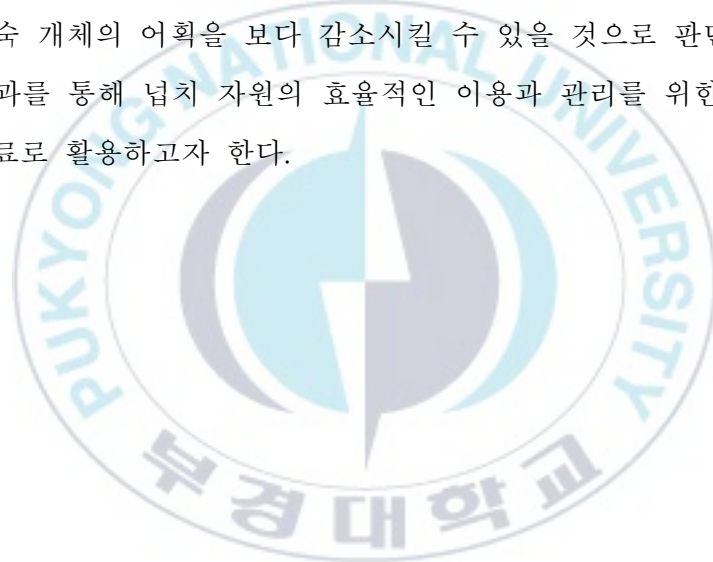
2. 넙치의 성숙체장은 산란 기간으로 추정되는 5~9월에 어획된 79개체에 대해 성숙 비율을 분석한 결과, 동해안 지역 암컷 넙치의 성숙체장(TL)은 43.0 cm(50%), 51.8 cm(75%), 72.2 cm(97.5%)로 조사되었으며, 수컷 넙치의 성숙체장(TL)은 31.0 cm(50%), 39.8 cm(75%), 60.2 cm(97.5%)로 조사되었다.

3. 넙치자망의 망목선택성은 망목 크기별 넙치의 체장 분포를 사용하여 분석하였으며, 망목크기가 커질수록 넙치의 전장 범위도 점차 커짐을 알

수 있었으며, SELECT 모델에 기초한 망목선택성 곡선의 추정에 있어서 이봉성 정규함수가 적합도가 가장 우수하였다.

4. 넙치 자망의 적정 망목은 각각의 망목선택성 곡선으로부터 최소성숙 체장의 개체가 25%, 50%, 75% 선택이 되는 망목크기를 산출하여 비교하였으며, 포획금지체장(35 cm) 넙치가 50% 선택이 되는 망목크기는 102.0~133.6 mm의 범위로 이봉성 정규함수의 곡선에서는 114.0 mm로 추정되었다.

망목선택성 추정에서 이론적으로 망목크기를 추정된 망목크기 이상 사용하면 미성숙 개체의 어획을 보다 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 추후 이러한 결과를 통해 넙치 자원의 효율적인 이용과 관리를 위한 방안 수립에 기초자료로 활용하고자 한다.



감사의 글

본 논문이 완성되기까지 항상 따뜻한 마음으로 미흡하고 부족한 저에게 가르침을 주신 김성훈 교수님께 존경과 감사의 마음을 드립니다. 학문적인 가르침과 여러 경험을 통해 저를 성장할 수 있게 해주셔서 진심으로 감사드립니다.

바쁘신 중에도 항상 저의 논문에 세심한 관심과 많은 가르침으로 논문의 결실을 맺도록 이끌어 주시며 마지막까지 꼼꼼하게 지도해주신 이성일 교수님, 항상 정성껏 논문을 봐주신 박수봉 교수님께 진심으로 감사드립니다.

많은 격려와 관심으로 지켜봐 주시며 옆에서 힘이 되어주신 양재형 연구관님, 백정익 박사님과 동해수산연구소 자원환경과 분들에게 감사 인사드립니다. 논문을 마무리할 수 있도록 버팀목이 되어주신 국립수산물과학원 연근해자원과와 특히 많은 힘이 되어주신 최정화 연구관님, 송세현 박사님께 가장 고맙다고 말씀드리고 싶습니다.

실험실에서, 많은 위로가 되어주고 많은 힘이 되어주었던 재형 오빠, 세나와 많은 시간을 함께하고 옆에서 모든 것을 지켜봐 주고 응원해준 연근해자원과 연구원분들께 고맙다고 말씀드리며, 항상 옆에 있어 주었던 친구들에게도 감사드립니다.

마지막으로 항상 뒤에서 믿고 기다려주신 부모님과 묵묵히 응원해주는 언니에게 진심으로 감사의 마음을 전하며, 학위 과정이 무사히 마칠 수 있도록 많은 도움을 주신 모든 분 들께 감사와 더불어 이 논문을 바칩니다.

참고문헌

- Baranov, F.I., 1914. The capture of fish by gillnets. Mater. Poznoniyu Russ. Rybolov. 3, 56–99.
- Cho, Y.B., C.D. Park and J.H. Lee, 2000. A study on the selectivity of the mesh size in trammel net for *Cynoglossidae* spp. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 36(2), 89–95.
- Cha HK, Lee SI, Yoon YS, Chun YY, Chang DS and Yang JH. 2007. Maturation and spawning of the Pacific cod, *Gadus microcephalus* tilesius in East Sea of Korea. J Korean Soc Fish Technol 43, 320-328
- Chang, Y.H., B.K. Cho, J.S. Park and W.L. Lee, 2007. Mesh selectivity of gill nets for silver pomfret, *Pampus argenteus*. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 43(3), 169–175.
- Choi DH, Youn BI, Kim MG, Lee SH and Lee SJ. 2021a. Maturation and spawning of the Pacific cod *Gadus microcephalus* in the West coast of Yellow Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 54, 46-52. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0046>.
- Fujimori, Y., T. Tokai, S. Hiyama and K. Matuda, 1996. Selectivity and gear efficiency of trammel nets for kuruma prawn (*Penaeus japonicus*). Fish. Res., 26, 113–124.
- Fujimori, Y. and T. Tokai, 2001. Estimation of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method. Fisheries Science, 67, 644–654.
- Hovgård, H. and H. Lassen, 2000. Manual on estimation of selectivity for gillnet and longline gears in abundance surveys. FAO Fisheries technical paper. No. 397, pp. 84

- Kitahara, T., 1968. On sweeping trammel net (Kogisiasiami) fishery along coast of the San in district III. Mesh selectivity curve of sweeping trammel net for Branquillos. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 34, 759-763.
- Kim, S.H. and J.H. Lee, 2002. Mesh selectivity in trammel net for flat fish. Bull. Kor. Soc. Fish. Technol., 38, 91-100.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2023. Fishery Production Survey. Retrieved from <http://kosis.kr>
- Park, C.D., E.C. Jeong, J.K. Shin, H.C. An and Y. Fujimori, 2004. Mesh selectivity of encircling gill net for gizzard shad *Konosirus punctatus* in the coastal sea of Korea. Fish. Sci., 70, 553-560.
- Park, H.H., R.B. Millar, H.C. An and H.Y. Kim, 2007. Size selectivity of drum-net traps for whelk (*Buccinum opisoplectum dall*) in the Korean coastal waters of the East Sea. Fish. Res., 86, 113-119.
- Yang JH, Cho JH, Kim JB, Park JH, Lee SJ and Yoon BS. 2018. Maturity and spawning of the pothead flounder, *Hippoglossoides pinetorum* in the coastal waters off Gangwon-do, East Sea. J Korean Soc Fish Ocean Technol 54, 296-305 <http://dx.doi.org/10.3796/KSFOT.2018.54.4.296>