

## 동해 남부 연안 정치망어업의 수온에 따른 종조성 변동 특성 연구

송혜진 · 송영선 · 황강석 · 손동화<sup>1\*</sup>

국립수산과학원 독도수산연구센터, <sup>1</sup>부산대학교 수리과학연구소

## Characteristics of Changes in Species Composition with Water Temperature in Set Net Fishing on the Southern Coast of the East Sea

Hyejin Song, Young Sun Song, Kangseok Hwang and Dongwha Sohn<sup>1\*</sup>

Dokdo Fisheries Research Center, National Institute of Fisheries Science, Pohang 37709, Republic of Korea

<sup>1</sup>Institute of Mathematical Science, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea

The southern coast of the East Sea is an important area affected by large warm currents as it connects the coastal waters of Jeju Island, the South Sea, and Dokdo. From 2017 to 2021, the average catch per unit effort (CPUE; kg/day/ship) of set net fishery at six ports in the Gyeongbuk region off the southern coast of the East Sea was the highest in Gampo, Gyeongju, and the lowest in Hupo, Uljin. Although the seasonal variation in the CPUE differed by region and year, it was generally high in autumn. In the set net fishery in Pohang from 2019 to 2021, we identified 72 species, which decreased to 56 species in 2019, 46 in 2020, and 41 in 2021. The species diversity index slightly increased over the three-year periods. We found positive correlations between the total catch (kg) of subtropical species in autumn and the water temperature at 50 m. Among the most abundant species, we found substantially positive correlations between the CPUE of *Scomber japonicus*, *Scomberomous* spp. and Carangids. We also noted positive correlations between the CPUE of *Todarodes pacificus*, *Seriola* spp. and Carangids.

Keywords: East Sea, Set net fishery, CPUE, Water temperature, Subtropical fish

### 서론

우리나라 동해는 해안선이 완만하고 대륙붕에서 급격히 수심이 깊어지는 특성을 가지고 있으며, 북쪽에서는 저온저염의 북한한류가 남하하고 남쪽에서는 고온고염의 대마난류가 북상하여 만나는 조경수역으로 다양한 어족자원이 서식하는 중요한 어장이다(Chang et al., 2002; Kang et al., 2014). 특히 동해남부연안은 여름-가을에 빈번하게 발생하는 저층수의 용승현상에 따라 영양염이 풍부하게 공급되고 겨울에도 따뜻한 대마난류의 영향으로 다른 해역에 비해 기초생산력이 높다(Lee et al., 2003; Yoo and Park, 2009; Baeck et al., 2010). 반면에 국지적으로 연안을 따라 위치하는 많은 하천의 영향으로 담수 유입의 영향을 받기 쉬워 급격한 환경변화를 보이는 해역이기도 하다(Won and Lee, 2015). 동해의 수온은 전술한 다양한 물리해양 환경 특성으로 인해 계절에 따른 편차가 크지만 동해연안의 표층수온은 대마난류와 기온의 영향을 받아 높고 저층수온은 북

한한류의 영향을 받아 낮기 때문에 표층과 저층간에 강한 성층이 발생하여 안정된 수괴를 형성하고 있다(Lee et al., 2008). 하지만 종종 저층수의 용승과 표층수의 침강으로 인하여 단시간에 큰 수온변화가 발생하기도 하며, 지구 온난화와 같은 기후변화에 따라 해수온이 상승하고 있어 동해를 거점으로 하는 정착성 어종 및 회유성 어종의 자원변동에 지대한 영향을 미치고 있다(Seong et al., 2010; Kang et al., 2014; Ryu and Kim, 2020). 정치망 어업은 수심 50 m 내외의 연안에 설치하여 대상 지역을 내유하는 종을 어획하는 방법으로 그 지역을 서식 거점으로 하는 정착성 어종뿐만 아니라 이동성이 강한 회유성 어종들도 다양하게 어획할 수 있다(Kim et al., 2009). 한편 수심이 낮은 지역에 고정 부설하는 방법에 따라 해당 지역의 지형 특성 및 해양 변화에 크게 영향을 받아 어획된 종들의 계절적 이동 특성 및 발달단계에 따른 분포, 회유 특성을 파악하기에 용이하다(Kim et al., 2003). 이러한 이유로 우리나라의 여러 해역에서 정치망 어업을 대상으로 다양한 연구들이 수행되어져 왔는데, 동해 중

\*Corresponding author: Tel: +82. 51. 510. 3120 Fax: +82. 51. 581. 3120

E-mail address: sohndongwha@pusan.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0625>

Korean J Fish Aquat Sci 55(5), 625-637, October 2022

Received 12 August 2022; Revised 2 October 2022; Accepted 14 October 2022

저자 직위: 송혜진(연구사), 송영선(연구사), 황강석(연구관, 센터장), 손동화(연구교수)

부연안(Ryu et al., 2005; Lee et al., 2021), 남해(Hwang et al., 2006; Jung et al., 2014; Lee et al., 2014), 제주도(Go and Shin, 1990; Lee et al., 2021) 등에서 어획물에 대한 종조성 및 어획량 변동에 대한 연구가 보고되었다. 또한 이러한 정치망 군집구조에 대한 수온의 영향에 관한 연구로는 Cha et al. (2008, 2009), Kang et al. (2014), Ryu and Kim (2020) 등의 연구가 있다. 특히 동해는 전 지구적 규모로 진행되고 있는 기후변화가 지역적으로 반영되는 것과 더불어 제주연안, 남해와 독도 인근해역에서 난류수의 영향으로 열대 및 아열대 어종의 출현이 높게 나타나는 등의 보고가 있어(Lee et al., 2010; Go and Shin, 1990) 이들 해역의 중간 지점에서 대마 난류수의 영향을 받는 동해 남부 연안의 어류상 변동과 수온의 영향에 관한 지속적인 연구가 필요하다. 따라서 이 연구에서는 높은 기초생산력을 가진 동해연안에서 특히 남부연안에서 다양한 원인에 기인하는 수온 변화에 따라 정치망 어획물의 조성 및 변동 특성을 조사하여 급변하는 기후변동에 대응하기 위한 동해연안 어족자원의 자원관리방안 마련을 위한 기초자료로써 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

정치망어업의 어획동향을 파악하기 위해 우리나라 통계청에서 얻을 수 있는 최대 기간인 2006년부터 2021년까지의 업종별 지역별 품종별 어획량 자료를 이용하였고(KOSIS, 2022) 업종별 어획량의 정량적 분석을 위해 경상북도 울진(죽변, 후포), 영덕(축산, 강구), 포항(죽도), 경주(감포) 지역 수협이 최근 5년간(2017–2021년) 일일 위판실적 자료를 수집하여 업종별 일자별 총 위판량을 총 조업척수로 나누어 CPUE (catch per unit effort; kg/일/척)를 구하였다(Fig. 1). 또한 포항 수협 소속 정치망 어선 한척을 표본어선으로 선정하여 2019년부터 2021년까지 최근 3년간 매월 1회 조업 시 어획된 어획물을 Kim et al. (2005)와 Nakabo (2013)을 참고하여 종 동정하여 종조성을 조사하였다. 주요 어종의 월별 체장조성은 2018년부터 2021년까지 매월 1회 포항 수협에서 위판하는 정치망 어획물을 대상으로 어류는 전장(total length), 오징어류는 외투장(mantle length)를 측정하여 체장자료(전장과 외투장)를 이용하였다. 어종의 분포특성은 Froese and Pauly (2022)를 기준으로 아열대어종을 구분하였고, Shannon and Wiener (1963)를 인용하여 어획물의 월별 종다양성지수(H')를 도출하였다.

동해 남부 연안 정치망 어업의 어획량에 수온이 미치는 영향을 파악하기 위하여 국립수산물과학원 한국해양자료센터에서 제공하는 연안정지관측자료와 정선해양관측자료를 이용하였다(NIFS, 2022). 연안정지관측자료는 매일 관측자료가 수집되고 있으며, 정선관측자료는 일년에 총 6회 격월(2, 4, 6, 8, 10, 12월)로 관측자료가 수집되고 있다. 연안정지관측자료를 바탕으로 포항에서 2017년부터 2021년까지 월별 표층수온 변화를 파악하였으며, 정선해양관측자료를 이용하여 2017년부터 2021년까지 6개 항구 정치망어업 위치를 포함하는 동해남부 연안해

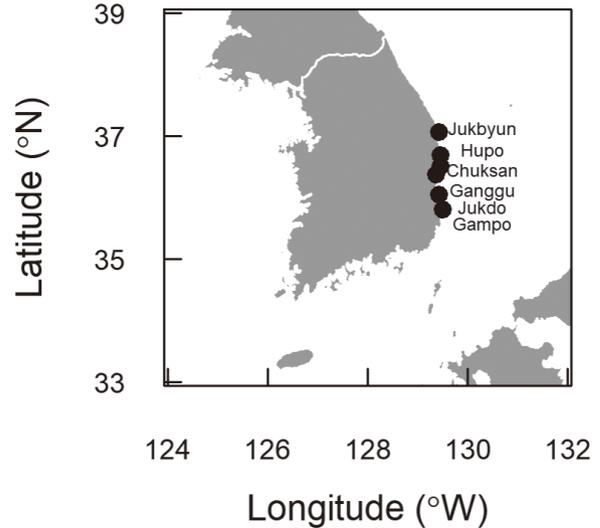


Fig. 1. A map for set net fishery in Gyeongbuk areas (North to South: Jukbyun, Hupo, Chuksan, Ganggu, Jukdo, Gampo).

역[동해 정선103 (정점00, 정점04, 정점05, 정점06, 정점07), 정선102 (정점00, 정점04, 정점05, 정점06, 정점07), 정선209 (정점00, 정점04, 정점05, 정점06, 정점07), 정선208 (정점01, 정점02)]에서 격월 평균수온을 수심 0 m와 50 m에서 각각 계산하였다. 경북 정치망어업에서 어획된 주요어종과 수온과의 관계를 확인하기 위하여 선형회귀(linear regression)분석을 R 프로그램을 이용하여 실시하였다.

## 결 과

### 어획 동향

우리나라 전체 정치망어업의 어획량은 2006년부터 2021년까지 평균 4만톤으로, 2006–2010년 동안 증감을 반복하다가 2011–2016년 동안 약 3만톤을 유지하였다. 이후 2017년부터 어획량이 증가하여 2019년에는 최대 어획량 7.3만톤을 기록한 이후 2021년에 1.2만 톤으로 최저 어획량을 보였다. 동해 남부 연안을 대상으로 하는 경북지역의 정치망어업은 2006년과 2010년을 제외하고는 전체 정치망어업의 어획량 증감 경향과 유사하게 나타났고, 2008년 1.7만톤과 2019년 2.3만톤으로 두 번의 높은 어획량 값을 보였다(Fig. 2).

경북 지역 정치망어업의 2006–2021년간 총 어획량을 기준으로 상위 12종인 살오징어(*Todarodes pacificus*), 고등어(*Scomber japonicus*), 삼치류(*Scomberomous spp.*), 방어류(*Seriola spp.*), 청어(*Clupea pallasii*), 전갱어류(Carangids), 아귀류(Lophiids), 정어리(*Sardionps melanosticta*), 다랑어류(*Thunnus spp.*), 쥐치류(Monacanthids), 성대류(Triglids), 멸치(*Engraulis japonicus*)의 연간 어획비율 변동을 살펴보면, 2006–2007년에는 살오징어와 삼치류, 청어가 우점하였으나,

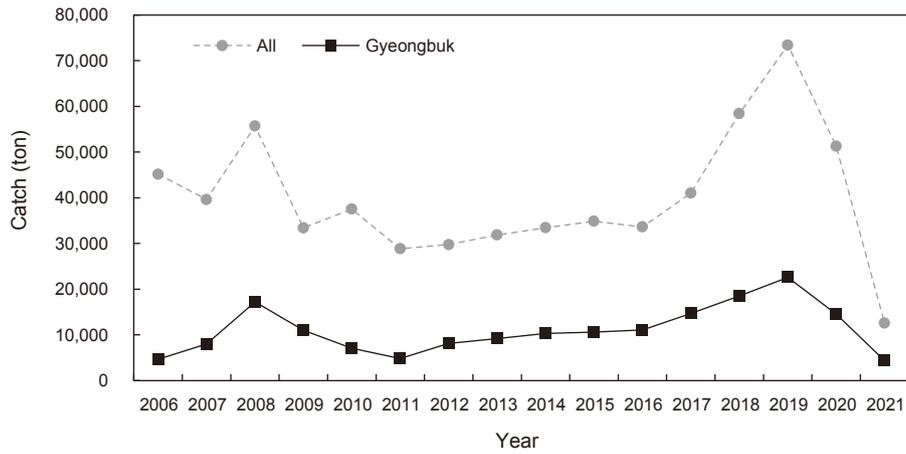


Fig. 2. Annual catches (ton) of set net fishery in all (dotted line) and Gyeongbuk (solid line).

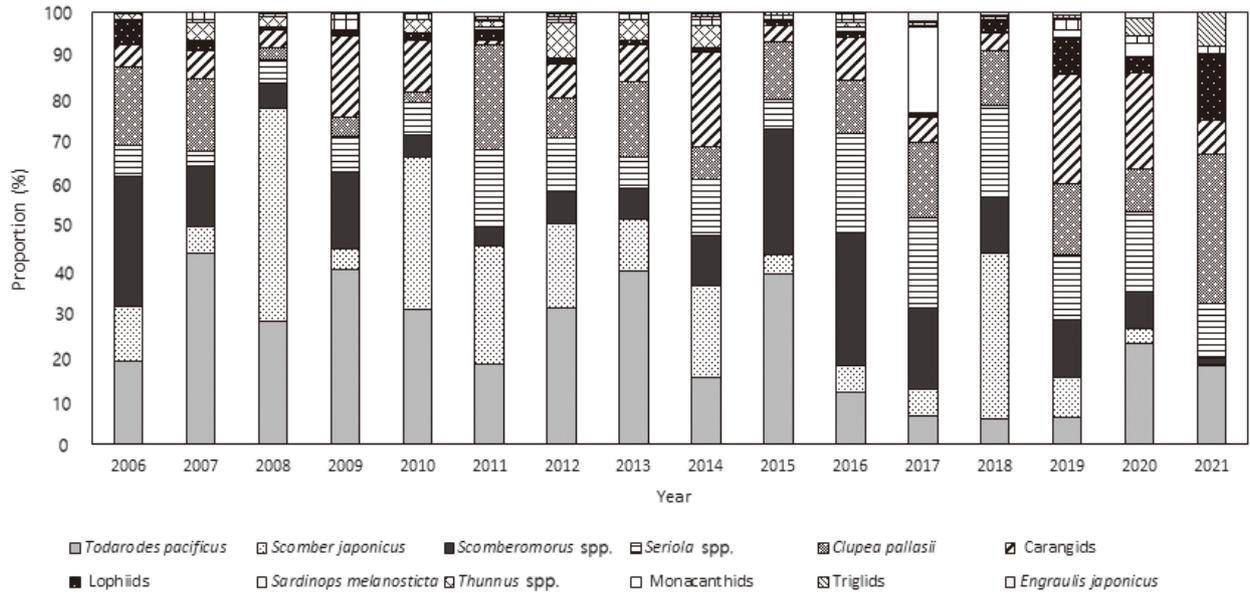


Fig. 3. Annual changes in proportions of catches for top 12 species caught by set net from 2006 to 2021 in Gyeongbuk.

기간 내 첫번째 어획량 최고값을 보인 2008년에는 고등어 어획량이 급증하여 가장 높은 비율을 차지하였다. 이후 살오징어, 고등어, 삼치류, 방어류, 청어, 전갱이류가 증감을 반복하였고, 방어류는 2016년을 기준으로 과거에 비해 어획비율이 높아졌으며, 상대적으로 살오징어의 어획비율은 낮아지는 경향을 보였다. 이에 반해 2017년에는 정어리의 어획비율이 다른 해에 비해 특히 높았고, 정치망 어획량이 가장 많았던 2019년에는 전갱이류가 최우점하였다. 또한 아귀류의 어획량은 2016년부터 증가하여 2019와 2021년에 상대적으로 높은 어획비율을 보였고, 다랑어류는 2012년부터 2014년에 걸쳐 비교적 높은 우점율을 보였다. 성대 어획량은 2019년부터 과거에 비해 크게 증가하였

고 멸치 어획량은 2017년부터 급증하였다가 2021년에 크게 감소하였다(Fig. 3).

2017년부터 2021년까지 지역별 CPUE (kg/day/ship)는 경주 감포항에서 평균 164 kg로 가장 높았고, 울진 후포항에서 67 kg로 가장 낮은 값을 보였으며, 지역에 따른 연도별 증감은 특별한 경향이 나타나지 않았다(Fig. 4). 지역별 평균 CPUE의 계절적 변동을 살펴보면, 죽변항과 후포항, 축산항과 죽도항에서 다른 해에 비해 2018년 여름과 가을의 CPUE가 다른 해에 비해 크게 높은 값을 보였고, 2020년에 상대적으로 낮은 CPUE 값을 보였다. 강구항의 경우 가을의 CPUE가 전체적으로 높은 것에 비해 2020년에만 특히 낮은 값을 나타내었으며, 감포항에서는 2017

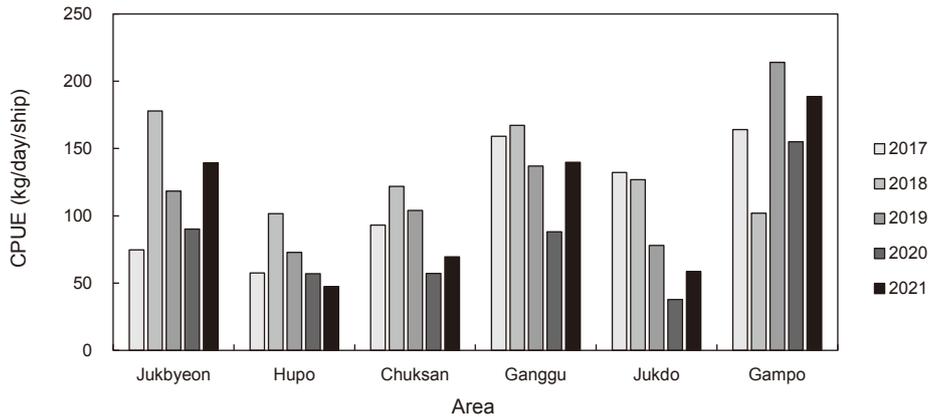


Fig. 4. Annual variations of CPUE (kg/day/ship) from 2017 to 2021 set net fishery in Gyeongbuk areas (Jukbyeon, Hupo, Chuksan, Ganggu, Jukdo, Gampo).

년 가을에 가장 높은 값을 보인 반면 2021년에는 반대로 가장 낮은 값을 보였다(Fig. 5).

#### 주요어종의 CPUE 및 체장조성

2017년부터 2021년까지 어획량 상위 12종의 지역에 따른 월별 평균 CPUE를 살펴보면, 살오징어는 전 기간동안 2020년 11월에 죽변항에서 1,042 kg로 가장 높은 어획량을 보였고 감포항에서는 97 kg으로 낮은 어획량을 보였다. 기간별로는 강구항에서 2017년과 2018년 1월에 각각 443 kg과 169 kg로 CPUE 값이 가장 높았고, 2018년 11월부터 다음해 1월에 감포항을 제외한 전 지역에서 가장 높은 CPUE값을 보였다. 이후 2019년 8월 역시 감포항을 제외한 지역에서 소복의 증감을 보였고 죽변항에서는 417 kg으로 가장 높은 CPUE값을 나타냈다. 이후 2019년 12월부터 다음해 1월에 높은 어획량을 보였으며, 이후 2020년 9월부터 익년 1월까지 최근 5년동안 가장 높은 어획량을 나타내었다. 고등어는 감포항에서 2018년 9월과 12월에 CPUE값이 높았고, 죽변항, 후포항, चु산항, 강구항에서는 9월, 죽도항에서는 6월과 7월에 최대값을 보였다. 삼치는 해마다 전 지역에서 8-10월에 높은 값을 보였고 강구항에서 전 해에 걸쳐 가장 큰 CPUE 값을 보였다. 방어류는 소복의 증감을 반복하였으나 2018년 8월에 죽도항에서 7,358 kg으로 가장 높은 CPUE 값을 보였다. 청어는 월별로 큰 폭의 변동을 보였고 특히 2021년 4월과 7월에 각각 3,387 kg, 3,400 kg로 가장 높았다. 전갱이는 가을과 겨울이 주어기로 감포항에서 주로 많이 어획되고 나머지 지역에서는 거의 어획이 되지 않았다. 전갱이 CPUE 값은 2021년 2월과 6월에 최대 2,407 kg를 기록하였다. 아귀류는 2017년, 2019년, 2021년에는 봄에 2018년과 2020년에는 여름에 어획량이 높았으며, 지역별로는 강구항에서 전체적으로 높은 CPUE 값을 보였지만 2019년에는 죽도항에서 6월에 CPUE 값이 가장 높았다. 정어리는 봄에 상대적으로 높은 CPUE값을 보였고, 다랑어류는 강구항에서 2018년 11

월에 1,934 kg로 최대값을 기록하였다. 쥐치류는 가을과 겨울에 상대적으로 CPUE 값이 높았고, 특히 2019년 12월 후포항과 2020년 1월 감포항에서 각각 181 kg과 171 kg로 가장 높았다. 성대 CPUE 값은 2020년 4월에서 6월까지 강구항에서 가장 높은 값을 보였고, 멸치는 2017년 9월 चु산항에서 높은 CPUE 값을 보였고 2018년과 2019년 1월과 12월에 감포항에서 높은 CPUE값을 보였다(Fig. 6).

2018년부터 2021년까지 포항 정치망에서 어획된 주요어종의 월별 체장조성을 분석한 결과를 보면, 살오징어는 봄과 여름에는 외투장 20 cm 미만의 작은 개체가 어획되었고, 가을과 겨울에는 상대적으로 큰 개체가 출현하였다. 또한 2020년 4월에서 6월까지 8-20 cm의 넓은 범위의 체장조성을 보였고, 2021년에는 3, 4월과 7-9월에는 위판 개체수 부족으로 자료가 없었으나, 5, 6월 체장범위는 16-25 cm로 비교적 좁았다(Fig. 7a). 고등어 체장은 연중 유의한 차이가 없었으나, 2019년 5월과 2020년 7월에 각각 평균체장 11 cm와 13 cm로 작은 개체가 출현하였다(Fig. 7b). 삼치는 연도별로 유의한 차이 없이 월별로 넓은 체장 범위를 가지며 2020년 9월에는 최소 25 cm에서 최대 100 cm의 대삼치가 함께 출현하였고, 같은 해 12월에는 최대체장 103 cm개체를 포함하며 유의하게 높은 값을 보였다(Fig. 7c). 방어류는 전체적으로 봄에 최대 100 cm의 큰 개체가 출현하고 점점 체장이 감소하다가 가을과 겨울에 체장범위가 넓어지며 소형개체와 대형개체가 함께 출현하는 경향을 보였다. 기간 내 최대체장은 2020년 12월 106 cm였고, 최소체장은 2019년 8월 21 cm였다(Fig. 7d). 전갱이는 연중 큰 차이를 보이지 않았고, 기간 내 최대체장은 2019년 6월 24 cm였고, 최소체장은 2020년 7월 5 cm였다(Fig. 7e).

#### 어획물 종 조성

2019년부터 2021년까지 3년간 포항 연안에 위치한 정치망 어장에서 조업하는 표본어선 1척에 대한 어획물을 분석한 결과, 총

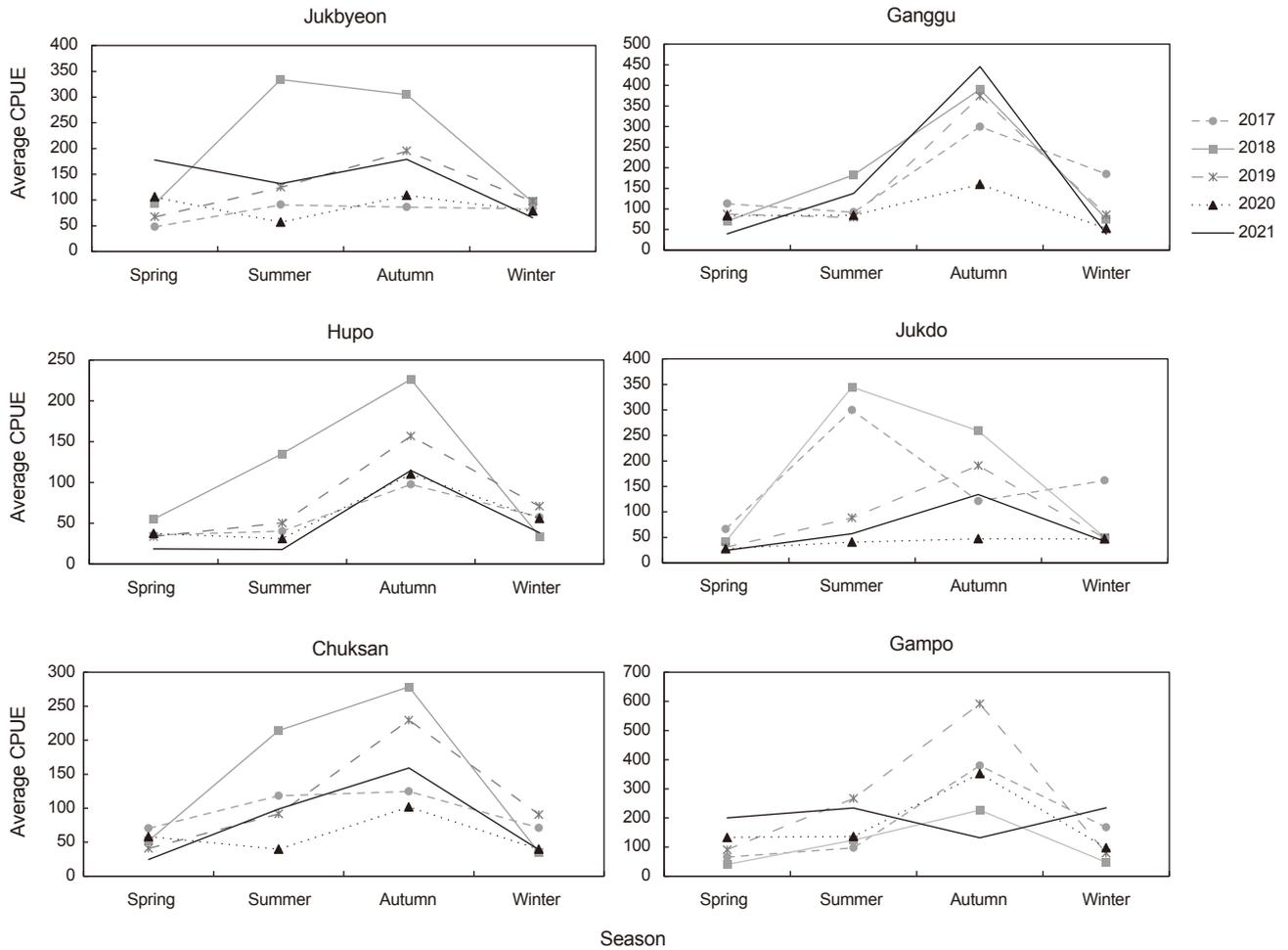


Fig. 5. Seasonal variations of average CPUE (kg/day/ship) during 2017-2021 set net fishery in Gyeongbuk areas (Jukbyun, Hupo, Chuksan, Ganggu, Jukdo, Gampo). CPUE, Catch per unit effort.

72개 분류군이 출현하였으며 어류가 64종으로 전체 88.9%, 두족류가 8종으로 11.1%를 차지했다(Table 1). 문어류(Octopodidae sp.)와 꼴뚜기류(Loliginidae sp.)를 제외하고 70개 분류군은 모두 종 수준까지 동정되었다. 연도별로 2019년에는 15목 29과 56종, 2020년에는 12목 30과 46종, 2021년에는 13목 26과 41종이 출현하였으며 매년 종 수가 줄어드는 양상을 나타냈고, 3년간 모두 출현한 분류군은 11목 18과 30종으로 나타났다. 전체 출현종 중 농어목(Order Perciformes) 어류가 30.6%로 가장 많이 차지하였으며 복어목(Order Tetraodontiformes) 어류가 18.1%, 가자미목(Order Pleuronectiformes) 어류가 13.9%, 쏨뱅이목(Order Scorpaeniformes) 어류가 9.7% 순으로 나타났다(Table 2). 과별로 참복과(Tetraodontidae)가 10종으로 가장 많은 종 수를 나타냈고, 다음으로 가자미과(Pleuronectidae)가 7종, 전갱이과(Carangidae) 4종, 볼락과(Sebastidae)와 청어과(Clupeidae)가 각각 3종, 달고기과(Zeidae), 셋돔과(Centrolophidae), 돌돔과(Oplegnathidae), 고등어과(Scombridae), 병어

과(Stromateidae), 참서대과(Cynoglossidae)가 각각 2종, 나머지는 각 1종씩 출현하였으며, 두족류는 꼴뚜기류가 4종으로 가장 많이 출현하였고 문어류, 살오징어류(Ommastrephidae), 지느러미오징어류(Thysanoteuthidae), 갑오징어류(Sepiidae)는 각각 1종씩 출현하였다.

2019년부터 2021년까지 월별 출현종수는 2019년 5월에 21종으로 가장 많았고, 2020년 1월에 6종으로 가장 적었다. 2019년에는 2-6월에 상대적으로 많은 종이 출현하였고, 2020년에는 큰 차이는 없었지만 4-7월과 11-12월에 비교적 높았다. 2021년에는 1-5월에 많은 종수가 출현하였으며 특히 4월에는 19종으로 가장 큰 값을 보였다(Fig. 8a). 개체수를 고려한 종다양성지수는 2019년부터 2021년까지 연도별 평균은 각각 0.61, 0.71, 0.77로 다소 증가하는 경향을 보였다. 2019년과 2021년에는 2-4월에 비교적 높았으나 2020년에는 3-6월에 상대적으로 높은 값을 보였다. 8월에는 2019년과 2020년에는 0.1이하의 낮은 값을 보였으나 2021년에는 높은 값(1.00)을 보였다(Fig. 8b).

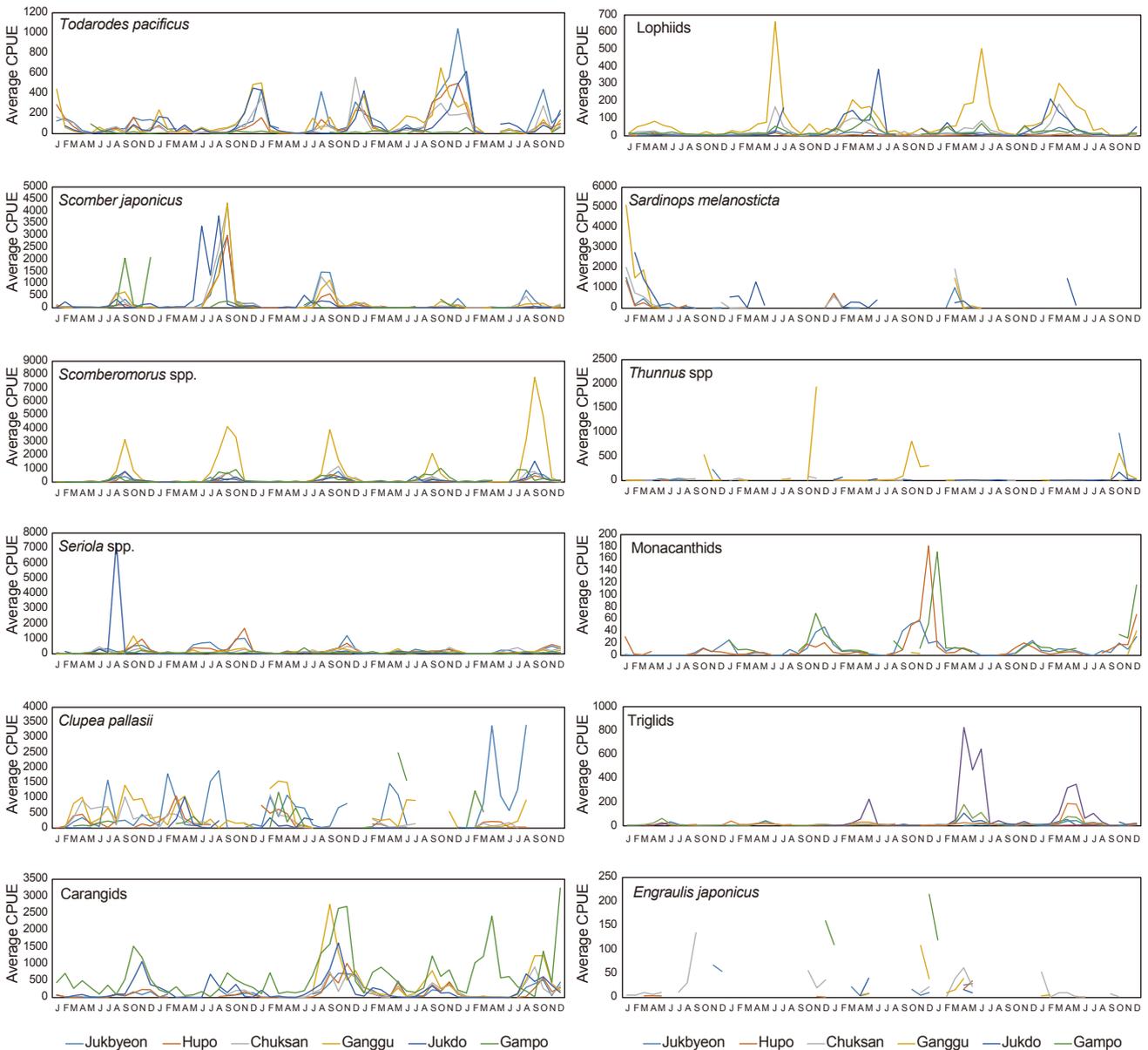


Fig. 6. Monthly variations of average CPUE (kg/day/ship) for top 12 species from 2017 to 2021 set net fishery in Gyeongbuk areas (Jukbyeon, Hupo, Chuksan, Ganggu, Jukdo, Gampo). CPUE, Catch per unit effort.

수온 경향

2017년 2월부터 2021년 12월까지 포항에서 측정된 표층수온과 동해 남부 연안해역 수심 0 m와 50 m에서의 연도별, 월별 평균 수온변화를 나타내었다(Fig. 9). 2017년에서 2021년까지 수심 0 m에서 월별 평균 수온은 2월에 제일 낮았으며 (11.4–14.0°C), 8월에 가장 높게 나타났다(23.2–26.2°C) (Fig. 9a). 2019년과 2021년에 동해 남부 연안해역 수심 0 m에서 평균수온은 다른 년도에 비하여 상대적으로 높았다(Fig. 9b). 수

심 50 m에서 평균 수온 범위는 2월에 10.6–12.7°C 였고, 8월에는 10.9–16.0°C 로 나타났다. 특히, 8월에 2017년부터 2020년까지 수심 50 m에서 평균 수온은 점점 증가하였으며, 2021년에는 15°C 이상으로 수온이 급격히 상승하였다. 또한 2017년, 2019년, 그리고 2021년에 10월 수온이 15°C 이상으로 상대적으로 높았다(Fig. 9C).

주요 어획종과 수온과의 상관관계

2017년에서 2021년까지 동해 남부 연안해역 항구별 정치망

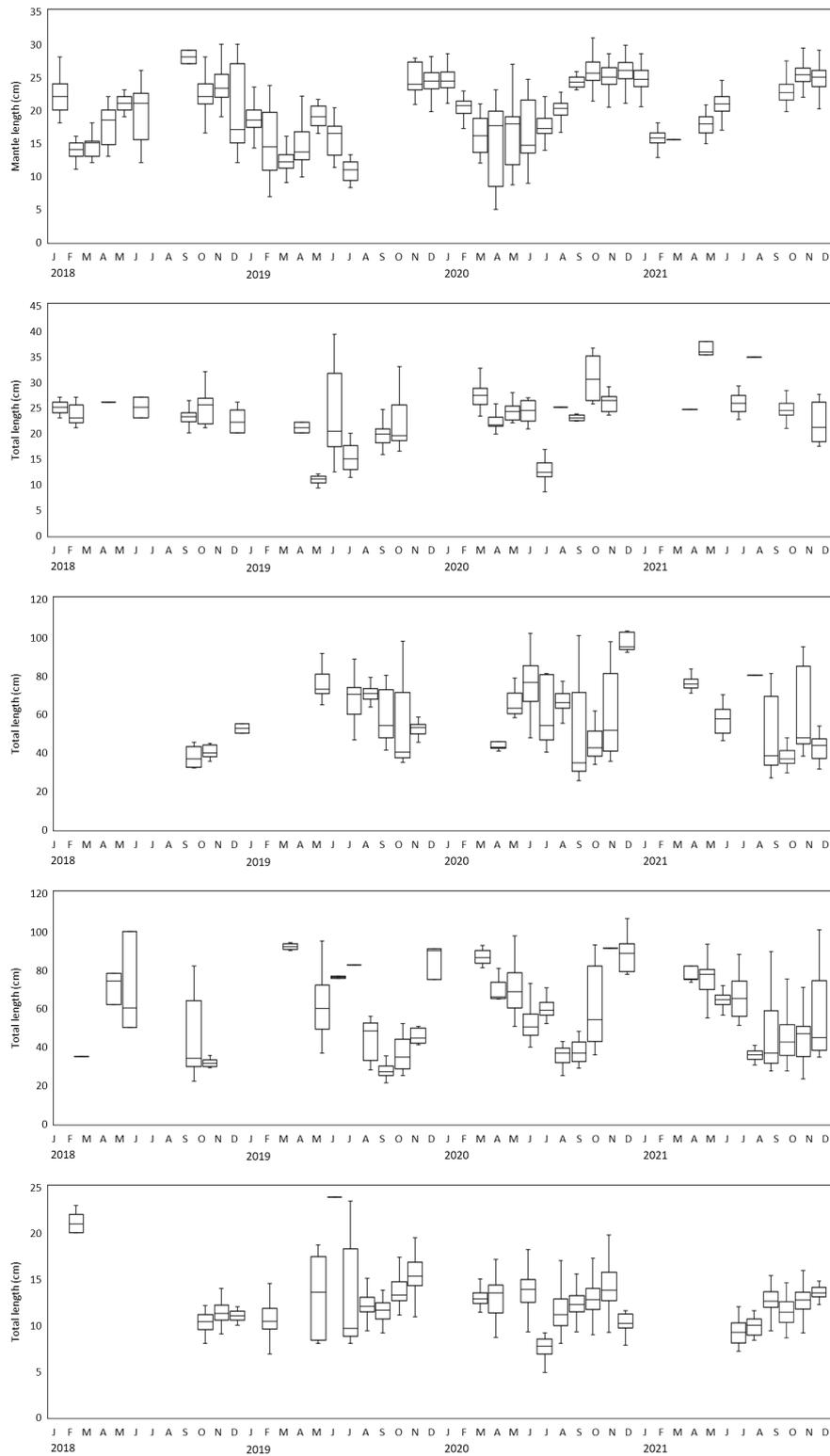


Fig. 7. Monthly changes in lengths of (A) *Todarodes pacificus*, (B) *Scomber japonicus*, (C) *Scomberomous* spp., (D) *Seriola* spp. and (E) Carangids in a set net fishery from 2018-2021 in Pohang. Boxes represent the median, 25th and 75th percentiles with maximum (upper) and minimum (lower) values in each month.

Table 1. Species composition collected by a set net in Pohang from 2019 to 2021

	2019	2020	2021		2019	2020	2021		2019	2020	2021
Fish				Perciformes				<i>Paralichthys olivaceus*</i>	+	+	+
Rajiformes				Carangidae				Pleuronectidae			
Dasyatidae				<i>Seriola aureovittata*</i>	+			<i>Clidoderma asperrimum</i>	+	+	+
<i>Hemirhynchus akajei*</i>	+			<i>Seriola dumeril*</i>	+	+		<i>Eopsetta grigorjewi*</i>		+	
Rajidae				<i>Seriola quinqueradiata*</i>	+	+	+	<i>Cleisthenes pinetorum</i>	+	+	+
<i>Okamejei kenojei</i>	+			<i>Trachurus japonicus</i>	+	+	+	<i>Platichthys bicoloratus</i>	+	+	+
Anguilliformes				Centrolophidae				<i>Platichthys stellatus</i>	+	+	+
Congridae				<i>Hyperoglyphe japonica</i>		+		<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	+	+	+
<i>Conger myriaster</i>	+	+	+	<i>Psenopsis anomala</i>			+	<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	+	+	+
Clupeiformes				Coryphaenidae				Tetraodontiformes			
Clupeidae				<i>Coryphaena hippurus*</i>		+	+	Monacanthidae			
<i>Clupea pallasii</i>	+	+	+	Echeneidae				<i>Aluterus monoceros</i>	+	+	+
<i>Konosirus punctatus*</i>	+	+	+	<i>Echeneis naucrates*</i>	+			<i>Stephanolepis cirrifer</i>	+	+	+
<i>Sardinops melanostictus*</i>	+			Lobotidae				<i>Thamnaconus modestus</i>	+	+	+
Cypriniformes				<i>Lobotes surinamensis*</i>		+	+	Tetraodontidae			
Cyprinidae				Lutjanidae				<i>Lagocephalus cheesemanii</i>			+
<i>Tribolodon hakonensis</i>	+			<i>Lutjanus ophuysenii</i>		+		<i>Sphoeroides pachygaster</i>	+		
Gadiformes				Lateolabridae				<i>Takifugu chinensis</i>	+		
Gadidae				<i>Lateolabrax japonicus*</i>		+	+	<i>Takifugu niphobles</i>	+		
<i>Gadus macrocephalus</i>	+		+	Oplegnathidae				<i>Takifugu pardalis</i>	+		
Lophiiformes				<i>Oplegnathus fasciatus</i>	+	+		<i>Takifugu porphyreus</i>	+	+	
Lophiidae				<i>Oplegnathus punctatus</i>	+	+		<i>Takifugu rubripes</i>	+	+	+
<i>Lophius litulon</i>	+	+	+	Sciaenidae				<i>Takifugu snyderi</i>			+
Mugiliformes				<i>Pennahia argentata</i>	+			<i>Takifugu vermicularis</i>	+		
Mugilidae				Scombridae				<i>Takifugu xanthopterus</i>	+	+	+
<i>Mugil cephalus*</i>	+	+	+	<i>Scomber japonicus*</i>	+	+	+	Cephalopoda			
Zeiformes				<i>Scomberomorus niphonius</i>	+	+	+	Myopsida			
Zeidae				Sparidae				Loliginidae			
<i>Zenopsis nebulosa</i>			+	<i>Pagrus major*</i>	+	+	+	<i>Loliolus japonica</i>	+	+	
<i>Zeus faber</i>		+		Stichaeidae				<i>Sepioteuthis lessoniana</i>	+	+	+
Scorpaeniformes				<i>Stichaeus grigorjewi</i>			+	<i>Uroteuthis edulis</i>	+	+	+
Cottidae				Stromateidae				Loliginidae sp.	+		
<i>Alcichthys elongatus</i>		+		<i>Pampus argenteus</i>	+	+	+	Octopoda			
Hemirhamphidae				<i>Pampus punctatissimus</i>	+			Octopodidae			
<i>Hemirhamphus villosus</i>	+	+		Trichiuridae				Octopodidae sp.	+		
Hexagrammidae				<i>Trichiurus japonicus</i>	+	+	+	Oegopsida			
<i>Hexagrammos otakii</i>			+	Zoaridae				Ommastrephidae			
Sebastidae				<i>Zoarcis gillii</i>	+	+		<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	+	+	+
<i>Sebastes schlegelii</i>	+			Pleuronectiformes				Thysanoteuthidae			
<i>Sebastes steindachneri</i>	+			Cynoglossidae				<i>Thysanoteuthis rhombus</i>		+	
<i>Sebastes thompsoni</i>	+	+	+	<i>Cynoglossus interruptus</i>	+			Sepiida			
Triglidae				<i>Cynoglossus robustus</i>		+		Sepiidae			
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	+	+	+	Paralichthyidae				<i>Sepia esculenta</i>	+	+	+
Total number of species									56	46	41

\*Subtropical species classified by Froese and Pauly (2021).

Table 2. The number of families, genera, species and abundance (%) in Pohang set net during 2019-2021

	Family	Genus	Species	Abundance (%)
Rajiformes	2	2	2	2.8
Anguilliformes	1	1	1	1.4
Clupeiformes	1	3	3	4.2
Cypriniformes	1	1	1	1.4
Gadiformes	1	1	1	1.4
Lophiiformes	1	1	1	1.4
Mugiliformes	1	1	1	1.4
Zeiformes	1	2	2	2.8
Scorpaeniformes	5	5	7	9.7
Perciformes	15	18	22	30.6
Pleuronectiformes	3	8	10	13.9
Tetraodontiformes	2	6	13	18.1
Myopsida	1	3	4	5.6
Octopoda	1	1	1	1.4
Oegopsida	2	2	2	2.8
Sepiida	1	1	1	1.4
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>56</b>	<b>72</b>	<b>100.0</b>

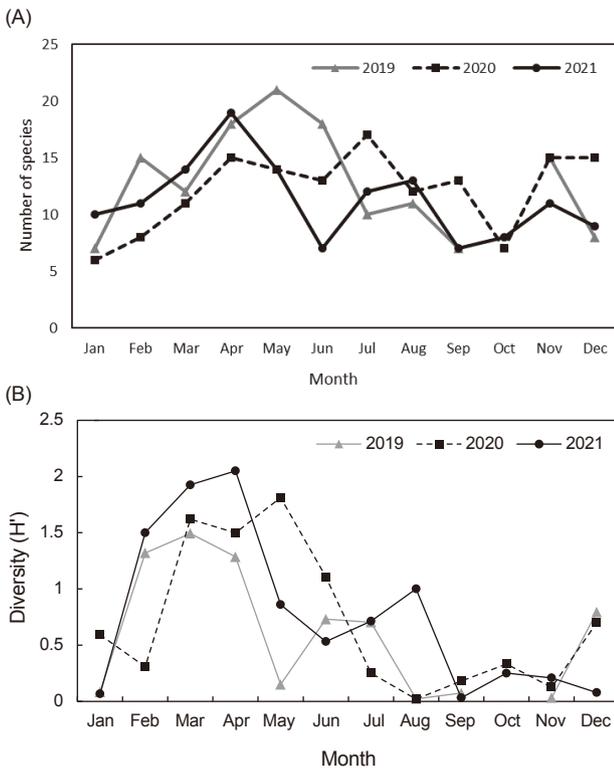


Fig. 8. Monthly variations of (A) number of species and (B) species diversity ( $H'$ ) in a set net fishery from 2019-2021 in Pohang.

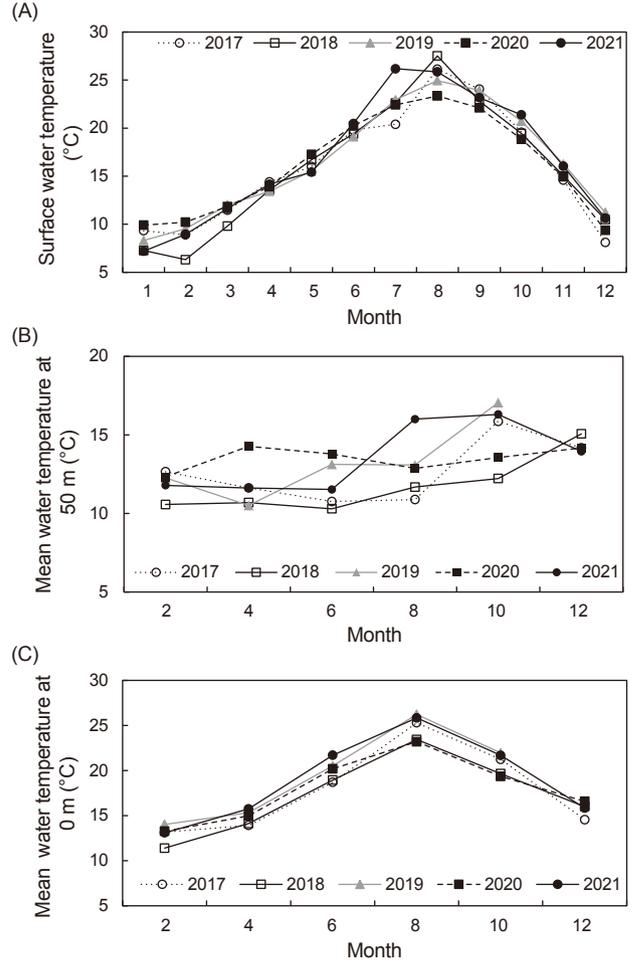


Fig. 9. (A) Monthly sea surface water temperature at Pohang from data of the coastal oceanographic observation stations (B) Bi-monthly mean water temperature at 0 m and (C) Bi-monthly mean water temperature at 50 m from the National Institute of Fisheries Science (NIFS) serial oceanographic observation data from 2017 to 2021.

어업에서 어획된 주요 어획종(고등어, 방어류, 삼치류, 살오징어, 전갱이류)과 동해 남부 연안해역 0 m수심에서 평균수온과의 상관관계 분석결과에 따르면(Table 3), 죽변항과 죽산항에서 어획된 고등어, 방어류, 삼치류의 CPUE값이 0 m수심 평균수온이 증가할수록 유의하게 증가하였지만, 살오징어와 전갱이의 CPUE값은 0 m수심 평균수온의 증감과 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 후포항에서는 고등어, 삼치의 CPUE값만 0m수심 평균수온과 유의한 양의 상관관계를 보였다. 강구항에서 어획된 고등어, 삼치, 전갱이 CPUE값은 0 m수심 평균수온이 증가할수록 유의하게 증가하였다. 죽도항에서는 0 m수심 평균수온이 증가할수록 방어류, 삼치, 전갱이 CPUE값이 증가하였고, 감포항에서는 삼치 CPUE값만 유의하게 0 m수심 평균수온이

상승할수록 증가하였다. 살오징어 CPUE값은 전 6개 항구에서 0 m수심 평균수온과 유의미한 상관관계를 보이지 않았다.

동해 남부 연안해역 50 m수심 평균수온과 주요 어획종 CPUE 값의 상관관계 분석결과에 따르면(Table 4), 죽변항에서 삼치와 전갱이 CPUE값이 50 m수심 평균수온이 상승할수록 유의하게 증가하였다. 후포항에서는 방어류, 삼치, 살오징어, 전갱이 CPUE값이 50 m수심 평균수온과 유의한 양의 상관관계를 나타냈다. 축산항에서는 방어류와 삼치 CPUE값이 50 m수심 평균수온이 증가할수록 유의하게 증가하였다. 강구항에서는 방어류, 살오징어, 전갱이 CPUE값이 50 m수심 평균수온과 유의한 양의 상관관계를 나타냈다. 죽도항에서는 전갱이 CPUE값이 50 m수심 평균수온이 증가할수록 증가하였고, 감포항에서는 방어류와 전갱이 CPUE값이 50 m수심 평균수온과 유의한 양의 상관관계를 보였다

아열대어종과 수온과의 상관관계

동해 남부연안 정치망에서 어획된 어종 내 아열대어종의 년

Table 3. R-squared from a linear relationships between monthly CPUE (kg/day/ship) of major five species and monthly mean water temperature at 0 m depth in the southern coast of East Sea set during 2017-2021

Area	Major species				
	<i>Scomber japonicus</i>	<i>Seriola spp.</i>	<i>Scomberomous spp.</i>	<i>Todarodes pacificus</i>	Carangids
Jukbyun	0.46*	0.33+	0.48*	-0.009	0.19
Hupo	0.37+	0.26	0.46*	0.035	0.19
Chuksan	0.45*	0.31+	0.5*	0.021	0.42+
Ganggu	0.47*	0.29	0.56*	0.004	0.62*
Jukdo	0.27	0.33+	0.66*	-0.17	0.46*
Gampo	-0.3	-0.17	0.5*	-0.24	0.046

\*P<0.05; +P<0.1. CPUE, Catch per unit effort.

Table 4. R-squared from a linear relationships between monthly CPUE (kg/day/ship) of major five species and monthly mean water temperature at 50 m depth in the southern coast of East Sea set during 2017-2021

Area	Major species				
	<i>Scomber japonicus</i>	<i>Seriola spp.</i>	<i>Scomberomous spp.</i>	<i>Todarodes pacificus</i>	Carangids
Jukbyun	-0.10	0.17	0.52*	0.3	0.62*
Hupo	-0.18	0.35+	0.42*	0.4*	0.65*
Chuksan	-0.12	0.39*	0.46*	0.28	0.33
Ganggu	-0.23	0.64*	0.23	0.32+	0.47+
Jukdo	-0.15	-0.21	0.3	0.31+	0.63*
Gampo	0.09	0.34+	0.07	-0.04	0.34+

\*P<0.05; +P<0.1. CPUE, Catch per unit effort.

도별, 계절별 어획량과 수온과의 상관관계를 보았을 때, 죽변항(봄), 후포항(가을), 강구항(가을), 축산항(가을), 죽도항(가을)의 아열대어종 어획량은 수심 50 m에서 평균수온이 증가할 때 유의하게 증가하는 것으로 나타났다(Table 5). 하지만 후포항(겨울)과 죽도항(겨울)의 아열대어종 어획량은 동해 남부연안 표층수온과 유의한 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다 (Table 6).

고 찰

지역별 CPUE 및 종조성 변화

우리나라 정치망 어업의 어획량은 과거 2006년 이후 2019년 최대 어획량과 2021년 최저 어획량을 기록하면서 최근 5년간 급변하는 경향을 보이고 있다. 2006년 이후 경북의 정치망 어업의 연도별 어획량은 2008년과 2019년에 가장 높았으며 시기 어획된 어종의 종조성을 파악해보면 2008년에는 살오징어와 고등어가 가장 우점하였고, 2019년에는 전갱이, 청어, 방어류, 삼치류가 우점하는 현상을 보였다. 또한 2017년부터 2021년까지 경북 지역별 항구에 따른 연도별 계절별 CPUE 분석결과, 경주 감포항에서 평균CPUE값이 가장 높았고 울진 후포항에서 가장 낮았다. 계절적 변동은 전체적으로 가을의 CPUE값이 높았고, 2021년 감포항에서만 가을에 가장 낮은 CPUE 값을 보였다. 1980년대 중반 경북연안 정치망에서 CPUE값은 변동 폭이 매우 크고 대체적으로 감소하는 경향을 보였으며, 지역별로는 죽변항에서 CPUE 값이 높고 나머지 항구에서 CPUE값은 낮아 2010년 중반 이후 CPUE 경향을 분석한 이번 연구 결과와는 상이하였으나, 계절별로 8-12월인 주로 가을에 높은 CPUE 값을 보이는 것은 변함이 없었다(Hong and Lee, 1995). 또한, 1990년대와 제주 연안에서 가을이 높다는 보고가 있고(Kim et al., 1999), 2000년대 중반 동해 중부 연안에서는 겨울철에 생체량이 가장 많은 것으로 나타나는 등(Ryu et al., 2005) 여러 연구를 종합해보면 정치망 어획량은 시기별, 계절별, 그리고 지역별 연안에 따라 차이가 나타날 것으로 보인다.

포항연안의 정치망에서 2019년부터 2021년까지 3년간 매일

Table 5. Correlation coefficients from correlation analysis between total catch of subtropical species and water temperature at 50 m depth in the southern coast of East Sea set during 2017-2021.

Area	Spring	Summer	Autumn	Winter
Jukbyun	0.89*	0.03	0.11	0.66
Hupo	0.07	-0.56	0.96*	0.55
Chuksan	0.60	-0.61	0.95*	0.57
Ganggu	0.60	-0.71	0.97*	0.76
Jukdo	0.18	-0.68	0.95*	0.43
Gampo	0.70	0.37	-0.21	0.58

\*P<0.05.

Table 6. Correlation coefficients from correlation analysis between total catch of subtropical species and water temperature at 0 m depth in the southern coast of East Sea set during 2017-2021

Area	Spring	Summer	Autumn	Winter
Jukbyun	-0.08	-0.10	-0.34	-0.92
Hupo	-0.56	-0.56	-0.55	-0.96*
Chuksan	-0.55	-0.56	-0.08	0.57
Ganggu	-0.65	-0.51	0.22	0.76
Jukdo	-0.70	-0.83+	-0.40	-0.96*
Gampo	-0.20	-0.09	-0.77	-0.90+

\*P<0.05; +P<0.1.

1회 표본조사 결과 총 72개 분류군이 출현하였고, 연도별로는 2019년 56종, 2020년 46종, 2021년 41종으로 감소하는 경향을 보였다. 경북 울진연안 정치망에서 75종(Chun et al., 2009)과 포항연안의 전체 출현종을 비교하였을 때 큰 차이는 없었다. 하지만, 강원 고성연안 정치망의 2년간 조사에서 75종(Lee et al., 2021), 부산 기장 동암 연안에서 78종(Lee et al., 2014) 출현하였고, 제주도 신산연안 정치망에서는 55종이 출현하는 등(Lee et al., 2021) 해역별 출현 종수에 차이가 있었다. 이번 연구에서 출현종수가 감소한 것은 북어류 등에서 기인하였는데, 개체군을 고려한 종 다양도와 균등도가 모두 다소 증가한 결과를 보아 종 다양성 감소에 대해서는 지속적 모니터링을 통한 종합적인 분석이 필요한 것으로 판단된다.

출현 종 내 아열대어종의 년도별, 계절별 어획량과 수온과의 상관관계를 살펴본 결과, 동해 남부연안 죽변항(봄), 후포항(가을), 강구항(가을), 축산항(가을), 죽도항(가을)의 아열대어종 어획량은 수심 50 m에서 평균수온과 유의한 양의 상관관계를 보였다. 하지만, 후포항(겨울)과 죽도항(겨울)의 아열대어종 어획량은 동해 남부연안 표층수온과는 유의한 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 동해 남부연안에서 아열대성어종의 증가는 동해 남부 연안해역에서 수심 50 m 이하의 평균수온의 증가가 유의하게 영향을 끼치는 것으로 생각된다.

주요 어종 어획량과 체장분포

2017년부터 2021년 까지 주요어종의 평균 CPUE 값의 변화를 살펴보면, 살오징어의 경우 주어기는 12-1월이지만 2019년에는 이례적으로 8월에 높은 값을 보였다. 체장은 봄과 여름에는 비교적 작은 개체가, 가을과 겨울에는 큰 개체가 어획되었다. 고등어는 2018년 6-9월에 최근 5년간 가장 큰 어획량을 보였고, 지역별로는 감포에서 다른 어기 패턴은 보이고 나머지 지역은 비슷한 경향을 나타내었다. 2019년과 2020년에는 비교적 작은 개체가 정치망에 어획되는 결과를 보였다. 삼치의 주어기는 8-10월로 여름부터 초가을까지였고, 강구항에서 가장 높은 CPUE값을 보였다. 특히 최근 주어기에는 체장범위가 25-103

cm로 대삼치와 소삼치가 함께 출현하였다. 방어류는 2008년 8월에 죽도에서 가장 큰 개체가 출현하였고, 여름에는 작은 개체가 출현하다 가을과 겨울에 대형개체와 소형개체가 함께 출현하는 것을 알 수 있었다. 전갱이의 주어기는 가을과 겨울로 경북에서 가장 남쪽에 위치한 감포항에서 주어기가 늦겨울에서 초여름으로 비교적 늦고 긴 것을 알 수 있었으며 체장에 유의한 차이는 없었다.

어종별 수온과의 관계

고등어 서식수온은 13-23°C로 알려져 있으며(Kim et al., 2019), 2017년부터 2021년까지 동해 남부 연안 포항에서 표층수온이 4월에서 11월까지 고등어 서식수온인 13°C 이상으로 지속되었고 동해 남부연안 정치망에서 어획된 고등어 CPUE는 표층수온과 유의한 양의 상관관계를 보였으나 수심 50 m 평균수온과는 유의한 상관관계를 보이지 않아 고등어의 CPUE 값 변화는 동해 남부연안 표층수온의 증가가 큰 영향을 미쳤다고 생각된다. 또한, 삼치 CPUE값도 표층수온이 증가할수록 유의하게 증가하였다. 하지만, 죽변항, 후포항, 축산항에서 어획된 전갱이 CPUE값은 수심 50 m 평균수온이 증가할수록 증가하였으며, 살오징어 CPUE값도 표층수온 보다는 수심 50 m 평균수온의 변화와 양의 상관관계(후포항: P<0.05, 강구항, 감포항: 0.05<P<0.1)를 보였다. 방어의 적정서식수온은 18-23°C으로 알려져 있으며(Kim et al., 2017), 2017년부터 2021년까지 동해 남부 연안의 표층수온이 5월에서 11월까지 방어 적정서식수온인 18°C 이상으로 지속되어 방어의 CPUE값이 증가하였다고 추정된다. 하지만 동해 남부 연안해역 6개 항구 정치망에서 어획된 방어류 CPUE값과 수온과의 상관관계에 결과를 따르면, 방어류 CPUE값은 표층수온이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나, P값은 유의하지 않게 나타났다(0.05<P<0.1). 반면, 50 m 수심 평균수온과 P 값이 0.05이하로 유의한 양의 상관관계를 나타냈다. 전갱이는 강구항과 죽도항에서 표층수온이 상승할수록 전갱이 CPUE값이 유의하게 증가하였으며, 죽변항, 후포항, 죽도항에서 수심 50 m 평균수온이 증가할수록 CPUE값이 유의하게 상승하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 동해 남부연안의 방어와 전갱이 어획량 변동에 있어서 동해 남부연안의 표층수온의 변화를 모니터링하는 것도 중요하나 서식수심인 50 m 이하의 수온 변화를 모니터링 하는 것도 중요하다는 것을 의미한다. 또한 어종특이성을 고려하여 어종별 생태와 생활사 정보를 기반으로 한 동해 남부연안 정치망 어획종들의 종조성변화와 CPUE변화를 수심별 수온과 같은 해양환경 인자와의 관계를 파악하는 것이 중요하다는 것을 나타낸다. 최근 선행연구를 통해서 동해 연안해역에서 표층수온 증가로 동해 북부 연안해역에서 어획되는 어종의 종조성이 동해 남부 연안해역에서 어획되는 종조성과의 유사성이 높아지고 있으며, 특히 방어류, 삼치류, 전갱이류 등을 포함하는 난류성 어종의 분포 범위가 북쪽으로 확장되고 있다고 보고되고 있으나

(Kim et al., 2017, Ryu and Kim, 2020), 수심별 온도 변화와 연관된 연구는 제한적이다.

결론적으로, 경상북도 울진(죽변항, 후포항), 영덕(축산항, 강구항), 포항(죽도항), 경주(감포항)를 포함하는 동해 남부 연안 해역에서 정치망어업을 통해 어획된 어종의 종조성 변화가 발생했음을 이번 연구를 통해 확인하였으며, 아열대어종들의 어획량 증가는 동해 남부 연안해역의 표층수온의 증가보다는 수심50 m 평균수온의 증가가 유의미한 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 동해 남부 연안해역에서 수심별 수온변화는 대마난류의 확장 등 복합적인 요소의 영향을 받을 수 있으므로 동해 해양환경 변화에 영향을 주는 요인을 고려하여 향후 연구를 진행하고자 한다. 또한 수온 이외에 다른 해양환경인자들이 종조성 변화와 어획량 변화에 어떠한 영향을 미치는지 고려하여 지속적인 연구를 진행하고자 한다. 특히, 정치망에서 어획되는 중간생태학적 연관성(먹이사슬 등)에 대해 고려하여 특정종의 어획량의 증가와 감소가 다른 어종의 어획량 변화에 영향을 미쳤는지에 대한 검토가 필요하다. 또한, 동해 전 해역에서 정치망어업으로 어획한 어종의 종조성변화와 어획량변화를 파악하고 동해 남부 연안해역과 동해 북부 연안해역에서 어획되는 종조성의 시기별, 계절별 차이점과 유사점을 파악하기 위해 동해 남부 연안해역 뿐만 아니라 강원 연안 정치망 어업 등을 포함하는 동해 북부 연안해역에서 이루어지는 정치망어업 자료를 이용하여 통합적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 사 사

이 연구는 해양수산부 국립수산물품질관리원 독도수산연구센터(독도 및 심해 생태계 수산자원 조사 R2022034)의 지원에 의해 수행되었으며, 다년간 현장조사에 힘써주신 황태숙 연구원님께 감사드립니다.

## References

- Beack GW, Huh SH, Huh, Park SC, Kim JH and Park JM. 2010. Seasonal variation in species composition and abundance of fish assemblages collected by a three-side fyke net in the coastal waters off Gori, Korea. *Korean J Ichthyol* 22, 186-194.
- Chang KI, Hogg N, Suk MS, Byun SK, Kim YG and Kim K. 2002. Mean flow and variability in the southwestern East Sea. *Deep-Sea Res I Oceanogr Res Pap* 49, 2261-2279. [https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(02\)00120-6](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(02)00120-6).
- Cha BY, Kim DK, Yoon JT and Kim BY. 2008. Composition and catch variation of fishes by a set net in the coastal waters off Gwideuk, Jeju Island. *Korean J Ichthyol* 20, 28-35.
- Cha HK, Lee JB, Kang SK, Chang DS and Choi JH. 2009. Reproduction of the jack mackerel, *Trachurus japonicus* Temminck et Schlegel in the coastal waters around Jeju Island, Korea: Maturation and spawning. *J Kor Soc Fish Tech* 45, 243-250. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2009.45.4.243>.
- Chun YY, Lee SI, Kim JB, Yoon SC and Yang JH. 2009. Species composition of the catch by set net and quantitative changes in the East coast, Korea. *Abstr Annu Meet Korean Fish Technol* 135-138.
- Froese D and Pauly D. 2022. FishBase. World Wide Web Electronic Publication. Retrieved from [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) on Jul 15, 2022.
- Go YB and Shin HS. 1990. Species composition and diversity of fisheries resources, nekton, off the coast of Hwasun, Southern part of Cheju Island. *Kor J Ichthyol* 2, 36-46.
- Hong JP and Lee JH. 1995. The fluctuations of catches in set nets around Kyeongbuk province. *J Kor Soc Fish Tech* 31, 153-165.
- Hwang JW, Kim HY and Lee SH. 2006. A study on methods of the use of coastal station for the analysis of marine contamination-focusing on Busan coastal sea area. *J Korean Assoc Geographic Inform Stud* 9, 71-80.
- Jung KM, Lee DJ, Kang S and Choi KH. 2014. Species composition and distribution of set-net catches on the coast of Dapo, Geoje Island. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 997-1005. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0997>.
- Kang JH, Kim YG, Park JY, Kim JK, Ryu JH, Kang CB and Park JH. 2014. Comparison of fish species composition collected by set net at Hupo in Gyeong-Sang-Buk-Do, and Jangho in Gang-Won-Do. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 424-430. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0424>.
- Kim JT, Jeong DG and Rho HK. 1999. Environmental character and catch fluctuation of set net ground in the coastal water of Hanlim in Cheju Island 3. Environmental character and catch fluctuation. *Korean J Fish Aquat Sci* 32, 105-111.
- Kim YH, Kim JB and Chang DS. 2003. Seasonal variation of abundance and species composition of fishes caught by a set net in the coastal waters off Yosu, Korea. *J Kor Fish Soc* 36, 120-128. <https://doi.org/10.5657/kfas.2003.36.2.120>.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. *Illustrated Book of Korean Fishes*. Kyohak Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, 615.
- Kim BY, Seo DO and Lee CH. 2009. Catch fluctuation of the pound set net according to tide age in the coastal waters of Jeju. *J Kor Fish Soc* 42, 83-88.
- Kim SW, Ahn JS and Lee Y. 2017. The effect of interannual variations in water temperature on the yellowtail catch, *Seriola quinqueradiata*, in the Eastern Part of the Korean peninsula. *J Kor Soc Mar Environ Saf* 23, 909-917. <https://doi.org/10.7837/kosomes.2017.23.7.909>.
- Kim SR, Kim JJ, Stockhausen WT, Kim CS, Kang S, Cha HK, Ji HS, Jang SH and Baek HJ. 2019. Characteristics of the eggs and larval distribution and transport process in the early life stage of the chub mackerel *Scomber japonicus* near Korean waters. *Korean J Fish Aquat Sci* 52, 666-684. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0666>.

- KOSIS (Korean Statistical Information Services). 2022. Statistics by Fishing Method by Variety of Fishery. Retrieved from <http://kosis.kr> on Mar 1, 2022.
- Lee JC, Kim DH and Kim JC. 2003. Observation of coastal upwelling at Ulsan in summer 1997. *J Kor Soc Oceanogr* 38, 122-134.
- Lee SJ, Han SH and Kim MJ. 2021. Species composition and variation of catches by a set net in the coastal waters of Sin-san, Jeju Island. *J Kor Soc Fish Tech* 57, 25-33. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2021.57.1.025>.
- Lee SI, Hwang SJ, Yang JH and Sim JM. 2008. Seasonal variation in species composition of gill net and trammel net catches in the coastal waters off Wangdol-cho, Korea. *Korean J Ichthyol* 20, 291-302.
- Lee DJ, Kang S, Choi JH and Jung KM. 2014. Species composition and seasonal variations of fishes collected by set net in coastal waters of Gijang, Korea. *J Kor Fish Soc* 47, 983-996. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0983>.
- Lee HW, Ryu JH, Hong BK, Sohn MH, Chun YY and Kim JK. 2010. Seasonal variation of ichthyoplankton off Dok-do in the East Sea. *J Kor Fish Soc* 43, 751-755. <https://doi.org/10.5657/kfas.2010.43.6.751>.
- Lee SJ, Yang JH, Seo YI and Kim JK. 2021. Species composition and assemblage structure of fish collected by set net at the coastal waters of Goseong in Gangwon-do, Korea. *Kor J Ichthyol* 33, 95-106. <https://doi.org/10.35399/ISK.33.2.6>.
- Nakabo T. 2013. *Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species*, 3rd ed. Tokai University Press, Kanagawa, Japan, 1747.
- NIFS (National Institute of Fisheries Sciences). 2022. Sea Water Property Data from the Coastal Oceanographic Observation Stations and from the Serial Oceanographic Observation Stations. Retrieved from [https://www.nifs.go.kr/kodc/soo\\_st\\_list.ko](https://www.nifs.go.kr/kodc/soo_st_list.ko) on Mar 1, 2022.
- Ryu JH, Kim PK, Kim JK and Kim HJ. 2005. Seasonal variation of species composition of fishes collected by gill net and set net in the middle East Sea of Korea. *Korean J Ichthyol* 17, 279-286.
- Ryu JH and Kim JK. 2020. Diversity and assemblage structure of marine fish species collected by set net in Korean peninsula during 2009-2013. *Ocean Sci J* 55, 581-591. <https://doi.org/10.1007/s12601-020-0041-7>.
- Shannon CE and Weaver W. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois University Press, Urbana, IL, U.S.A., 125.
- Seong KT, Hwang JD, Han IS, Go WJ, Suh YS and Lee JY. 2010. Characteristic for long-term trends of temperature in the Korean waters. *Korean Soc Mar Environ Saf* 16, 353-360.
- Yoo S and Park J. 2009. Why is the southwest the most productive region of the East Sea/Sea of Japan. *J Mar Syst* 78, 301-315. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2009.02.014>.
- Won JH and Lee YW. 2015. Spatiotemporal variations of marine environmental parameters in the South-western region of the East Sea. *The Sea J Oceanogr Soc Korea* 20, 16-28. <https://doi.org/10.7850/jkso.2015.20.1.16>.