

Note

어군탐지기를 활용한 청평호 어업 구간의 어류 분포 연구

백승호 · 박상현 · 송미영¹ · 김정희*

주식회사 에코리서치, ¹국립수산과학원 중앙내수면연구소

Fish Distribution Research Using Fishfinder at Fishery Area in the Cheongpyeong Reservoir. *Seung-Ho Baek* (0000-0002-8280-8665), *Sang-Hyeon Park* (0000-0001-6036-8489), *Mi-Young Song*¹ (0000-0003-4404-9941) and *Jeong-Hui Kim** (0000-0003-2331-4232) (*EcoResearch incorporated, Gongju 32588, Republic of Korea; ¹Inland Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Gapyeong 12453, Republic of Korea*)

Abstract This study was conducted on October 23, 2020 at the Cheongpyeong Reservoir located in Seorak-myeon, Gapyeong-gun, Gyeonggi-do, and analyzed the horizontal and vertical distribution patterns of fish based on data obtained using fishfinder. The total surface area of fishfinder survey conducted was 782,853 m², and where the water depth (WD) ranges from 10 m to 12 m is widest which 31.7% of total surface area. As a result of the heat map analysis, fish density was highest at right bank under the Gapyeong-bridge, but there was no specific pattern in horizontal distribution of fish. As a result of vertical distribution of fish analysis, 86.6% of fishes are observed at below 6 m of the fish depth (FD, distance from water surface to fish). As a result of the relative height (RH, water depth-distance from bottom to fish ratio) analysis, there was a tendency that fishes are distributed in near surface area more as the WD increased. This tendency could have various reasons such as water temperature gradient along the water depth, and further studies are required for detailed explanation.

Key words: acoustic, echo-sounder, fish density, inland fishery, sonar

서 론

어군탐지기 (fishfinder)는 표층에서 수면 아래로 초음파를 발사하고 어군에 반사되어 돌아오는 음파를 송신하여, 어군의 위치를 확인하는 장치이다. 이는 어업, 레저스포츠 뿐만 아니라 어류 군집 및 분포, 자원량 산정 등 다양한 연구에 활용된다. 채집을 기반으로 한 전통적인 어류 연구 방법과 비교하여, 어군탐지기는 종 조성을 확인하는데 한계가 있다는 단점이 있지만, 어군의 수평적 위치뿐만 아니라

수직 분포에 대한 정확한 정보를 얻을 수 있다는 점에서 큰 강점이 있다 (Reid *et al.*, 2000; Sabol *et al.*, 2002).

어군탐지기를 활용한 연구는 과거부터 최근까지도 국내·외에서 활발하게 수행되고 있다. Hwang *et al.* (2002)은 어군탐지기를 활용하여 서해 해역에서 주요어족생물의 분포 특성을 연구하였고, Hwang *et al.* (2004)은 통영 미륵도 일대에 조성된 인공어초 지역에서 어군탐지기를 활용하여 어군량을 추정하는 연구를 수행하였다. 이러한 어류의 분포나 자원량에 관한 연구뿐만 아니라, 방법론에 관한 연구 (Shin *et al.*, 2009), 어도 모니터링 (Yang *et al.*, 2010), 어류 행동 특성 (Yoon *et al.*, 2014; Choi *et al.*, 2017) 등 다양한 연구분야에서 어군탐지기가 활용되었다. 최근에는 어군탐지 데이터를 지리정보시스템을 활용하여 서식처와 어류

Manuscript received 6 December 2021, revised 15 December 2021, revision accepted 17 December 2021
* Corresponding author: Tel: +82-41-853-3018, Fax: +82-41-853-3019
E-mail: ragman-k@hanmail.net

분포와의 관계를 분석하는 연구가 수행된 바 있다(Kang *et al.*, 2019). 해외에서는 1980년대부터 2000년대 초반까지 방법론(Foote *et al.*, 1986; Churnside *et al.*, 2003; Frouzova *et al.*, 2005), 어류 행동(Soria *et al.*, 1996; Kubecka and Duncan, 1998; Krumme, 2004), 자원량 및 분포에 관한 연구(Misund *et al.*, 1995; Brosse *et al.*, 1999)가 주로 수행되었으며, 비교적 최근에는 머신러닝(machine learning)과 같은 모델링 기법을 활용하여 어군탐지 데이터를 분석하는 연구가 수행되었다(Lopez *et al.*, 2016; Baidai *et al.*, 2020).

국내 내수면에서 수행된 어류 분포에 관한 연구는 수평 분포(horizontal distribution)에 관한 내용이 대부분이며(Choi and An, 2008; Park *et al.*, 2013; Ko *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2018; Park *et al.*, 2020), 수직 분포 연구(vertical distribution)는 매우 제한적으로 수행되었다(Han *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2014). 어류의 수직 분포 정보는 중요한 생태학적 기초자료로써 다양한 생태학적 현상들을 해석하는데 활용될 수 있을 뿐만 아니라(Munk *et al.*, 2015; Klevjer *et al.*, 2016), 어업 효율성을 증진시킬 수 있는 직접적인 자료로 활용될 수 있기 때문에 생태학적으로, 경제적으로 매우 중요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 청평호 내수면어업 구간에서 어류의 수평 및 수직분포에 대한 자료를 제시함으로써, 어업의 효율성을 증진시킬 수 있는 자료를 제공하는 데 목적이 있다.

재료 및 방법

어군탐지기를 이용한 어류 분포 조사는 2020년 10월 23일에 경기도 가평군 설악면에 위치한 청평호의 가평대교를 중심으로 약 1 km 구간에서 수행되었다(Fig. 1). 어군탐지기는 HDS-7 (Lowrance) 지시기에 액티브이미지 송수파기(83/200kHz Compressed High-Intensity Radiated Pulse 어탐기, 455/800 kHz 다운/사이드 이미지 통합 송수파기)를 결합하여 사용하였다. 조사 구간 내에 동일한 간격으로 21개의 정선(survey line)을 설정하였으며, 정선을 따라 3 노트 이하의 속도로 선박을 운항하며 어군을 탐지하였다. 확보한 어군탐지 데이터는 Reefmaster (v2.1.50.0) 프로그램을 사용하여 어군의 수직 및 수평 분포, 청평호의 수심 데이터를 추출하여 분석에 사용하였다(Fig. 2). 어군의 수평분포는 GPS 좌표 데이터를 사용하여 GIS 기법을 이용해 셀 기반의 영상 데이터로 변환한 뒤 Heat map 분석을 수행하였다. 이를 위해 QGIS (Quantum GIS)를 이용하여 커널밀도(Kernel density) 분석을 수행하였다. 어군의 수직 분포는 수표면으로부터의 거리(Fish depth, FD)와 바닥면

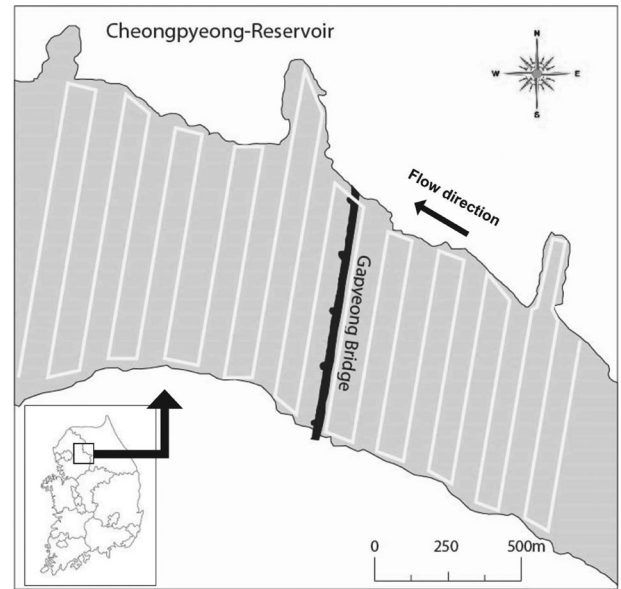


Fig. 1. Map showing the study area (white line means survey line).

으로부터의 거리(Fish height, FH) 데이터를 기반으로 빈도 분석을 수행하였으며, 어류가 관측된 지점의 수심(Water depth, WD)과, 해당 어류의 바닥면으로부터의 거리(FH)의 상대적인 비율(Relative height, $RH = FH/WD * 100$)을 계산하여 수심대별로 어군의 수직 분포 패턴을 분석하였다.

결과 및 고찰

조사 구간의 수심 분포 분석 결과 조사 구간의 총 수면적은 782,853 m^2 로 나타났다. 최대 WD는 19.84 m였으며, WD가 10~12 m 구간의 수면적이 248,460 m^2 로 전체 수면적 대비 31.7%를 차지하는 것으로 나타났다(Fig. 3, Table 1). 어군탐지 조사를 통해 식별된 어류 개체수를 다양한 WD 구간별로 구분하여 비교시, WD가 10~12 m인 구간에서 총 1,070개체의 어류가 식별되어 가장 개체수가 많았으나, 수면적 대비 어류 개체수는 WD 4~6 m 구간에서 0.98 개체/100 m^2 로 가장 높았다. WD 0~2 m 구간에서 식별된 어류의 개체수가 총 14개체로 가장 적었으며, 수면적 대비 개체수 또한 0.03 개체/100 m^2 로 가장 적었는데, 이는 수심이 얇은 구간에서 선박 운항시 표층에서 발생하는 음파 교란이 원인일 것으로 판단된다. Heat map 분석 결과 어류의 개체 밀도가 가장 높은 구간은 가평대교의 우안측인 것으로 확인되었다(Fig. 4). 가평대교를 기준으로 동쪽 구간은 수변부에서 어류의 밀도가 비교적 높게 나타나는 경향

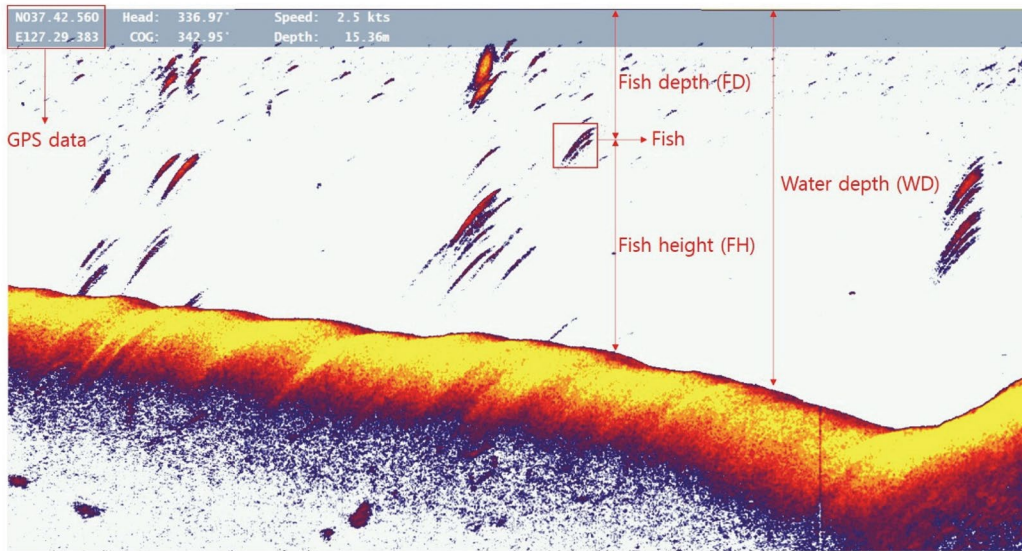


Fig. 2. Original image data presenting fish distribution from the fishfinder.

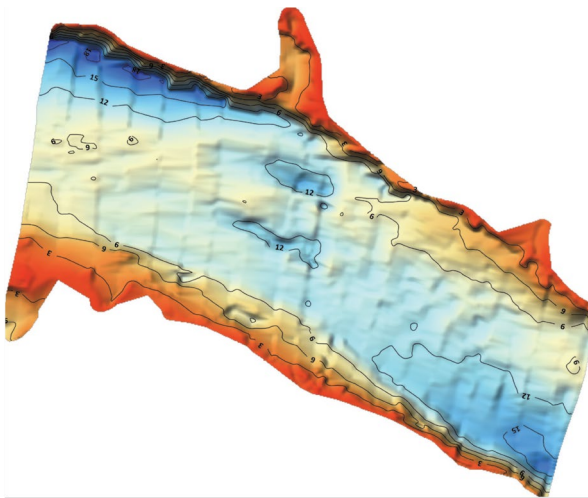


Fig. 3. Bathymetric map of study area (water depth, m).

을 보였지만, 서쪽 구간에서는 특정한 패턴을 보이지 않았다. 이러한 분포는 서식처 특성, 먹이원, 교란요인의 유무 등 다양한 원인이 있을 수 있으며, 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

FD값의 빈도분석을 수행한 결과 2~3m에서 총 1,189개의 어류가 식별되어, 빈도가 가장 높게 나타났다. FD가 증가할수록 빈도가 낮아지는 경향을 보였으며, 전체 식별된 어류 중 86.6%가 6m 이하의 FD에서 관측된 것으로 나타났다(Fig. 5). RH 분석 결과 수심이 깊어질수록 상대적으로 표층에서 관측 빈도가 높아지는 경향성이 확인되었

Table 1. Surface area and fish density according to water depth.

Water depth range (WD, m)	Surface area		Fish	
	Area (m ²)	Percent (%)	Number of individuals	Fish density (Individuals/100 m ²)
0~2	56,291	5.9	14	0.03
2~4	57,641	7.4	337	0.58
4~6	54,630	7.0	538	0.98
6~8	52,924	6.8	281	0.53
8~10	191,681	24.5	938	0.49
10~12	248,460	31.7	1,070	0.43
12~14	79,247	10.1	273	0.34
14~16	35,991	4.6	185	0.51
16~18	12,916	1.6	88	0.68
18~20	3,072	0.4	19	0.62
Total	782,853	100.0	3,743	0.48

다(Fig. 6). 특히 18 m 이상의 WD에서는 RH의 중위값이 80.0% 이상으로 나타났는데, WD가 18 m 이상인 지역에서 관측된 어류의 절반이 약 4 m 이내의 FD에서 관측된 것을 의미한다. 이러한 결과는 수심(WD)이 깊은 구간일수록 어류가 수체의 저층 및 중층보다는 표층에 분포하는 경향을 보인다는 것으로 해석할 수 있다. 과거 용담호에서 수행된 연구에 따르면(Lee et al., 2014), 5월과 7월 조사 시기에 어류가 상대적으로 얕은 수심에 주로 분포하는 것으로 나타나, 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과에 대해서 Lee et al. (2014)은 수체의 수직 수온 차이에 따라 표층

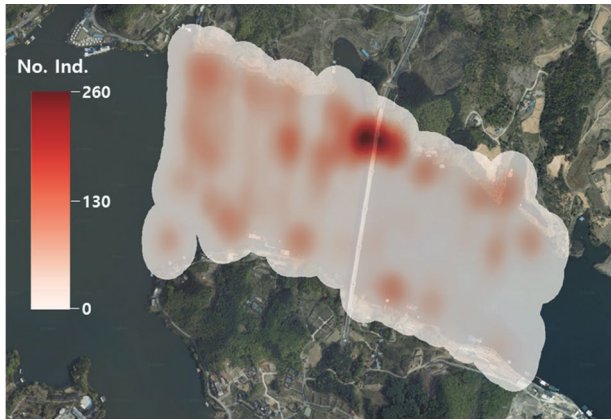


Fig. 4. Horizontal distribution of fish by heat map analysis.

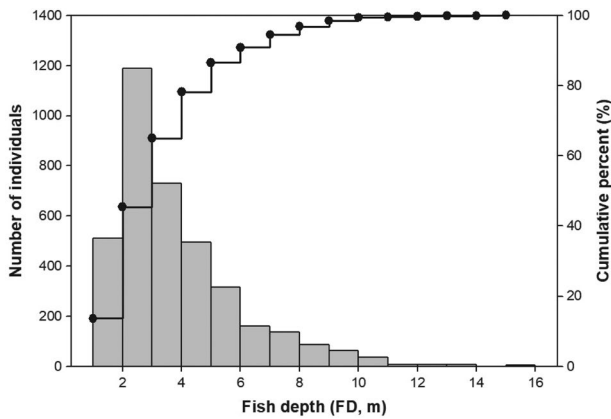


Fig. 5. Number of individuals according to the Fish depth (FD, distance from water surface to fish).

부에 용존산소량이 비교적 높게 나타나며, 어류의 먹이생물 또한 주로 표층에 분포하기 때문에 나타나는 결과로 해석하고 있다. 본 연구와 Lee *et al.* (2014)의 조사 구간이 유사한 수심 특성을 가진다는 점을 고려할 때, 본 연구에서도 수체의 수직 온도 차이에 따른 결과로 해석하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

국내에서 이루어진 어획량 증가와 관련된 연구는 대표적으로 자원 분포 (Yoon *et al.*, 1993; Kim *et al.*, 2018), 도구 개발 (Ha *et al.*, 1990; Kim *et al.*, 2001; Jeong *et al.*, 2002; Chang *et al.*, 2003) 등이 있으며, 이는 대부분 해양 환경에서 이루어졌다. 내수면에서 이루어지는 연구는 대부분 어류군집, 생태에 대한 연구로 (Kim *et al.*, 2018; Yoon *et al.*, 2018; Park *et al.*, 2020; Kwak *et al.*, 2021; Park *et al.*, 2021), 내수면 어업의 효율 증가에 활용하기에는 한계가 있다. 따라서 내수면 어업은 대부분 어부의 다년간의 경험

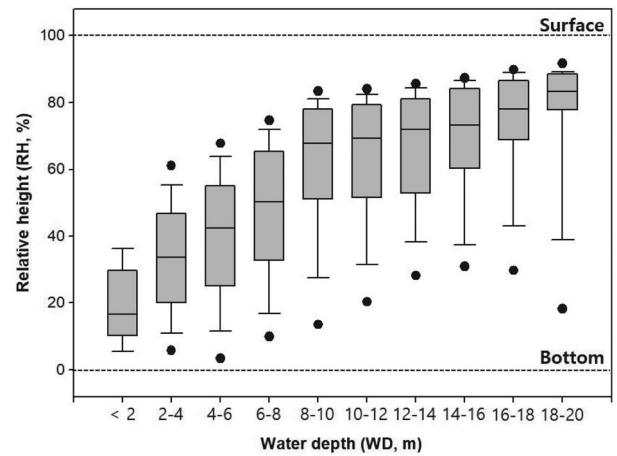


Fig. 6. Box plot describing vertical distribution of fish according to water depth (RH, water depth-distance from bottom to fish ratio).

을 통한 지점 및 방법 선정이 이루어졌다. 내수면에서 어획의 효율을 높일 수 있는 연구가 이루어질 경우 내수면 어획량 증대에 대한 긍정적인 결과를 기대할 수 있다. 본 연구가 이루어진 청평호는 각망, 자망 어업 등 다수의 내수면어업이 이루어지고 있으며, 본 연구 구간 또한 어업범위 내에 포함된다. 본 연구 결과에 따르면, 조사가 이루어진 청평호 어업구간 중 가평대교 우안측에서 어류의 밀도가 가장 높게 나타났으며, 전체 구간을 종합하여 분석하였을 때, WD가 4~6m인 구간에서 어류의 개체 밀도가 가장 높게 나타났다. 따라서 가평대교의 우안측이나, WD가 약 6m 내외인 구간(가평대교 동쪽 구간 우안측, 가평대교 서쪽 구간 좌안측)에서 어업을 하는 것이 가장 효과적일 것으로 판단된다. 또한 수심(WD)이 깊은 구간에서는 어류가 상대적으로 표층에 분포하는 경향을 보였다. 일반적으로 어업시 사용되는 자망은 중·저층 자망이기 때문에, 비교적 수심이 깊은 중앙부 보다는 수변부에서 효율이 좋을 것으로 판단된다.

어군탐지기 적용 어류 분포 연구는 얕은 수심에서 선외기 작동으로 인한 음향 신호의 교란이 발생할 수 있으며, 선박 운행이 어류의 분포에 교란요인으로 작용할 수 있는 한계점을 가지고 있다. 반면, 어군탐지기 적용을 통해 획득되는 어류의 수평분포와 수직분포의 경향성은 어업 효율 증가에 분명한 도움을 줄 수 있다. 본 연구에서 계량어군탐지기 (scientific fish echosounder)가 아닌 보편적인 어군탐지기의 활용을 통해서 내수면어업에 충분히 활용 가능한 자료를 생성하였으며, 이러한 시도는 내수면어업에서의 어군탐지기 활용 증가에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 2020년 10월 23일에 경기도 가평군 설악면에 위치한 청평호에서 수행되었으며, 어군탐지기를 이용해 획득한 자료를 기반으로 어류의 수평 및 수직 분포 패턴을 분석하였다. 어군탐지 조사가 수행된 구간의 총 수면적은 782,853 m²였으며, 수심(water depth, WD)이 10~12 m 인 구간이 전체 수면적의 31.7%로 가장 넓게 분포하는 것으로 나타났다. 다양한 WD 구간별로 어류의 개체 밀도 산출 결과, 4~6 m 구간에서 0.98 개체/100 m²로 가장 높게 나타나, 수면적 대비 가장 많은 어류가 분포하는 것으로 확인되었다. Heat map 분석 결과 청평호 구간에서는 가평대교의 우안측에서 어류의 밀도가 가장 높게 나타났으며, 이러한 수평 분포 특성에서 특별한 경향성은 확인할 수 없었다. 어류의 수직분포 분석 결과, 어류가 관측된 수심(Fish depth, FD)이 6 m 이하인 경우가 전체 관측 대비 86.6%로 나타났다. 수심 대비 어류의 관측 수심(Relative height, RH) 분석 결과, 수심이 깊어질수록 어류가 상대적으로 표층에 분포하는 경향성을 확인할 수 있었다. 이와 관련해서는 수체의 수심별 수온 차이 등 다양한 원인이 있을 것으로 예상되며 추가적인 연구가 필요하다.

저자정보 백승호(주식회사 에코리서치 선임연구원), 박상현(주식회사 에코리서치 선임연구원), 송미영(중앙내수면연구소 연구사), 김정희(주식회사 에코리서치 대표이사).

저자기여도 개념설정: 김정희, 백승호, 송미영 현장 조사: 백승호, 박상현, 김정희, 자료분석: 백승호, 박상현, 송미영, 김정희, 원고작성: 백승호.

이해관계 본 논문에는 이해관계 충돌의 여지가 없음.

연구비 본 연구는 2021년도 국립수산물과학원 수산시험연구사업(R2021036)의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Baidai, Y., L. Dagorn, M.J. Amande, D. Gaertner and M. Cappello. 2020. Machine learning for characterizing tropical tuna aggregations under Drifting Fish Aggregating Devices (DFADs) from commercial echosounder buoys data. *Fisheries Research* **229**: 105613.
- Brosse, S., S. Lek and F. Dauba. 1999. Predicting fish distribution in a mesotrophic lake by hydroacoustic survey and artificial neural networks. *Limnology and Oceanography* **44**: 1293-1303.
- Chang, H.Y., B.K. Cho, J.S. Park and S.K. Doo. 2003. Study on the improvement of gill nets and trap nets fishing for the resource management at the coastal area of Yellow sea - On the present states of gill nets and trap nets fishing and body length distribution of main catch at the coastal area of Yellow sea. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* **39**: 50-55. (in Korean)
- Choi, J.H., J.S. Park, J.S. Park and M.H. Kang. 2017. The behavioral properties of fish near Yokji Island in the South Sea of South Korea obtained using fish track technique. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* **53**: 132-141. (in Korean)
- Choi, J.W. and K.G. An. 2008. Characteristics of fish compositions and longitudinal distribution in Yeongsan River watershed. *Korean Journal of Ecology and Environment* **41**: 301-310. (in Korean)
- Churnside, J.H., D.A. Demer and B. Mahmoudi. 2003. A comparison of lidar and echosounder measurements of fish schools in the Gulf of Mexico. *ICES Journal of Marine Science* **60**: 147-154.
- Foote, K.G., A. Aglen and O. Nakken. 1986. Measurement of fish target strength with a split-beam echo sounder. *The Journal of the Acoustical Society of America* **80**: 612-621.
- Frouzova, J., J. Kubecka, H. Balk and J. Frouz. 2005. Target strength of some European fish species and its dependence on fish body parameters. *Fisheries Research* **75**: 86-96.
- Ha, J.S., Y.H. Kim and C.S. Jang. 1990. Mechanization of fishing operation on the Sea eel pots 1. Improvements of the pots and its operating time. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* **26**: 45-50.
- Han, J.H., J.H. Lee, J.W. Choi, B.J. Lim, J.H. Park and K.G. An. 2012. Application of Echo-Sounder monitoring technique as ecological impact assessments of fish on artificial weir construction. *Journal of Environmental Impact Assessment* **21**: 859-877. (in Korean)
- Hwang, D.J., H.H. Shin and D.H. Kang. 2002. Studies on fish distribution characteristics using a scientific echo sounder in the Yellow sea. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* **38**: 140-148. (in Korean)
- Hwang, D.J., J.S. Park and Y.W. Lee. 2004. Estimation of fish school abundance by using an echo sounder in an artificial reef area. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **37**: 249-254. (in Korean)
- Jeong, S.B., J.H. Lee, H.S. Kim, B.G. Kwon, D.K. Ah and Y.B. Cho. 2002. Relationship between soak time and catch numbers of plastic pot for sea-eel, Conger myriaster. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* **38**: 202-208. (in Korean)
- Kang, M.H., R. Fajaryanti, B.K. Jung, E.A., Yoon, E.B. Min, K.H. Lee, W.S. Oh, G.C. Park, Y.J. Shin, Y.S. Choi, B.H. Yi and D.J. Hwang. 2019. Fishes distribution and their connection to artificial reefs off Bukchon, Jeju Island using geographic information system. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* **55**: 121-128.

- (in Korean)
- Kim, H.Y., I.W. Han, W.S. Oh, J.H. Choi and K.H. Lee. 2018. Distribution and seasonal changes of fisheries resources in the Gwangyang bay. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education* **30**: 2163-2175. (in Korean)
- Kim, J.H., J.D. Yoon, R.Y. Im, G.Y. Kim and H. Jo. 2018. The analysis of the fish assemblage characteristics by wetland type (river and lake) of National Wetland Classification System of wetlands in Gyeongsangnam-do. *Korean Journal of Ecology and Environment* **51**: 149-159. (in Korean)
- Kim, Y.H., C.S. Jang, Y.S. An and H.S. Kim. 2001. Improving of the fishing gear and development of the automatic operation system in the anchovy boat seine-II analysis of escaping behaviour of anchovy in relation to underwater light and towing flow velocity. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* **37**: 78-84. (in Korean)
- Klevjer, T.A., X. Irigoien, A. Røstad, E. Fraile-Nuez, V.M. Benítez-Barrios and S. Kaartvedt. 2016. Large scale patterns in vertical distribution and behaviour of mesopelagic scattering layers. *Scientific Reports* **6**: 1-11.
- Ko, M.H., S.L. Jang and Y.J. Won. 2018. Fish distribution characteristics of Mudeungsan national park. *Korean Journal of Environment and Ecology* **32**: 154-164. (in Korean)
- Krumme, U. 2004. Patterns in tidal migration of fish in a Brazilian mangrove channel as revealed by a split-beam echosounder. *Fisheries Research* **70**: 1-15.
- Kubecka, J. and A. Duncan. 1998. Diurnal changes of fish behaviour in a lowland river monitored by a dual-beam echosounder. *Fisheries Research* **35**: 55-63.
- Kwak, Y.H., S.Y. Kim, H.Y. Song, H.J. Jeon and M.Y. Song. 2021. Characteristics of Fish Communities in Namyang Lake and its Tributaries in the Estuary of Han River Watershed, South Korea. *Korean Journal of Ecology and Environment* **54**: 1-11. (in Korean)
- Lee, H.B., K.H. Lee, S.H. Kim, I.O. Kim and D.H. Kang. 2014. Hydroacoustic survey of fish distribution and aggregation characteristics in the Yongdam reservoir, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **47**: 1055-1062. (in Korean)
- Lee, S.H., H.G. Jeong, H.S. Shin, J.Y. Kim, S.S. Pak, Y.N. Shin, J.S. Moon, S.W. Lee and J.K. Lee. 2018. Spatial and temporal distribution of fish communities with rainfall in Jungrang stream. *Korean Journal of Ecology and Environment* **51**: 354-364. (in Korean)
- Lopez, J., G. Moreno, G. Boyra and L. Dagorn. 2016. A model based on data from echosounder buoys to estimate biomass of fish species associated with fish aggregating devices. *Fishery Bulletin* **114**: 166-178.
- Misund, O.A., A. Aglen and E. Frønæs. 1995. Mapping the shape, size, and density of fish schools by echo integration and a high-resolution sonar. *ICES Journal of Marine Science* **52**: 11-20.
- Munk, P., T.G. Nielsen and B.W. Hansen. 2015. Horizontal and vertical dynamics of zooplankton and larval fish communities during mid-summer in Disko Bay, West Greenland. *Journal of Plankton Research* **37**: 554-570.
- Park, C.W., S.H. Yoo, Y.J. Cho, J.W. Kim, J.G. Kim and S.H. Kim. 2021. Effect of Invasive Species on Reservoir Fish Communities: For Joongchosan and Bukchosan. *Korean Journal of Ecology and Environment* **54**: 96-101. (in Korean)
- Park, S.H., J.H. Kim, S.H. Baek, H.S. Choi, D.W. Kim, E.J. Ko and H.W. Kim. 2020. Characteristics of Fish Assemblage by Reservoir Size in Yeongsan · Seomjin River Watershed in Korea. *Korean Journal of Ecology and Environment* **53**: 229-240. (in Korean)
- Park, S.H., J.W. Lee, J.H. Kim, S.H. Baek, J.D. Yoon, K.R. Choi and M.H. Jang. 2013. Fish distribution and salinity in the Saemangeum Reservoir. *Korean Journal of Environmental Biology* **31**: 411-418. (in Korean)
- Reid, D., C. Scalabrin, P. Petitgas, J. Masse, R. Aukland, P. Carreira and S. Georgakarakos. 2000. Standard protocols for the analysis of school based data from echo sounder surveys. *Fisheries Research* **47**: 125-136.
- Sabol, B.M., R.E. Melton, R. Chamberlain, P. Doering and K. Haunert. 2002. Evaluation of a digital echo sounder system for detection of submersed aquatic vegetation. *Estuaries* **25**: 133-141.
- Shin, S.R., M.H. Lim, W.I. Jang, J.S. Lim, J.H. Yoon and S.M. Lee. 2009. Processing of side scan sonar and SBP data for the artificial reef area. *Geophysics and Geophysical Exploration* **12**: 192-198. (in Korean)
- Soria, M., P. Fréon and F. Gerlotto. 1996. Analysis of vessel influence on spatial behaviour of fish schools using a multi-beam sonar and consequences for biomass estimates by echo-sounder. *ICES Journal of Marine Science* **53**: 453-458.
- Yang, Y.S., J.H. Bae, K.H. Lee, J.S. Park and B.K. Sohn. 2010. Fish monitoring through a fish run on the Nakdong River using an acoustic camera system. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **43**: 735-739. (in Korean)
- Yoon, E.A., D.J. Hwang, H.S. Kim, S.J. Lee and K.S. Lee. 2014. Acoustic observation of the behavior of fish in an artificial reef. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* **50**: 124-130. (in Korean)
- Yoon, G.D., Y.R. Yang, H.I. Shin, J.H. Lee, K.D. Cho and D.J. Lee. 1993. Acoustic-trawl surveys for demersal fisheries resources in the East China Sea. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* **29**: 183-190. (in Korean)
- Yoon, J.D., J.H. Kim, S.H. Park and M.H. Jang. 2018. The distribution and diversity of freshwater fishes in Korean Peninsula. *Korean Journal of Ecology and Environment* **51**: 71-85. (in Korean)