ISSN 1225-827X (Print)
ISSN 2287-4623 (Online)
J. Kor. Soc. Fish. Tech., 50 (2), 124 – 130, 2014
http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2014.50.2.124

FISHERIES TECHNOLOGY
www.fishtech.or.kr
<Original Article>

수중 음향 기법을 이용한 인공어초에 서식하는 어류의 행동 특성

윤은아 · 황두진* · 김호상[1] · 이승주[1] · 이경선[1]
전남대학교 해양기술학부, [1]한국수산자원관리공단 자원조성실

Acoustic observation of the behavior of fish in an artificial reef

Eun-A YOON, Doo-Jin HWANG*, Ho-Sang KIM[1], Seung-Joo LEE[1] and Kyung-Seon LEE[1]
Division of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea
[1]*Resources Enhancement Division, Korea Fisheries Resources Agency, Busan 612-020, Korea*

We aimed to assess the behavior characteristics of fish on an artificial reef using hydroacoustic techniques. The acoustical survey was conducted with a 200 kHz dual beam transducer while fishing on the stone combination reef of Uljin. A school of fish were detected on the artificial reef before sunset and floated on the artificial reef at 30 minutes after sunset. The density (Nautical Area Scattering Coefficient, NASC) of fish that floated on the artificial reef after sunset was about 600 m^2/nmi^2; similar observations (about 50 m^2/nmi^2 or less) were noted after 19:00 hours. Fish caught by fishing on the artificial reef were Sebastes schlegeli, Hexagrammos otakii, Sebastes thompsoni, and Conger myriaster. Resultantly, we demonstrated that hydroacoustic techniques are useful for detecting behavior characteristics of fish in the artificial reef. Such results can be used for basic data to estimate the install effect of the artificial reefs.

Keywords : Acoustic, Artificial reef, Fish density, Behavior, Echogram

서 론

우리나라는 200해리 배타적 경제수역 설정, 연안 해역의 환경오염, 어민들의 남획 등으로 인하여 연근해 수산자원을 효율적으로 이용하고 관리하기 위하여 생태기반 조성을 위한 인공어초 시설과 직접적인 자원 조성을 위해 종묘 방류를 기본으로 하는 바다목장 사업을 적극적으로 수행하여 왔다. 이와 같이 자연적인 서식지에 인공어초를 투하하여 인공적인 서식지를 제공해 줌으로써 변화하는 수산자원의 현존량 평가가 필요하다 (Godoy et al., 2002; Carr and Hixon, 1997; Kang et al., 2011a; 2011b; 2011c).

우리나라에서는 인공어초 설치 효과에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. Lee and Kang (1994), Kim et al. (2010), Yoon et al. (2011), Park et al. (2013)는 어구를 이용하여 인공어초 주변에 서식하는 어종 및 현존량을 평가하였고, Lee (2011; 2013), Oh et al. (2010)는 잠수 및 카메라 조사를 통하여 인공어초 내부나 주변에 서식하는 어종을 확인하였다. 뿐만 아니라 Hwang et al. (2004), Kang et al. (2008), Kim et al. (2011), Lee et al. (2012), Lee (2013)은 계량어군탐지기를 이용하여 인공어초 주변에 서식하는 어류의 시 · 공간 분포 및 위집 효과에 관한 연구를 수행하였다. 어구 조사는 어종을 명확하게 파악할 수 있으나 인공어초와 같은 구조물에 의해 어구 설치에 관한 문제점이 발생하고, 잠수 조사와 수중 CCTV 및 카

*Corresponding author: djhwang@jnu.ac.kr, Tel: 82-61-659-7126, Fax: 82-61-659-7129

메라 조사는 수심이 깊어짐에 따라 탁도가 흐려지며, 야간에는 조사가 어렵다. 수중 음향 조사는 시간과 탁도 등의 해양환경에 상관없이 조사가 가능하고, 짧은 시간 동안 많은 정보를 얻을 수가 있다 (Hwang et al., 2004; Kang et al., 2008; Lee et al., 2012). 우리나라에서 수중 음향을 이용한 인공어초에서의 조사는 대부분 평행 정선과 불규칙한 스타 정선을 따라 인공어초 주변에 서식하는 어류를 탐지하는 조사에 초점을 맞추었다.

하지만, 인공어초를 설치함에 따라 인공어초 주변뿐만 아니라 내부에도 많은 어류들의 산란장 및 성육장이 되고 있음을 잠수와 카메라 조사를 통하여 확인하였다 (Oh et al., 2010). 인공어초는 단순한 형태로 제작되는 것이 아니라 대상 어종 마다의 특성에 적합하게 복잡하고 다양한 구조물의 형태 및 크기로 제작되어 진동자가 가지는 근거리 음장과 빔 폭의 특성 때문에 어군탐지기를 내부에 설치하기는 무리가 따른다. 그래서, Fabi and Sala (2002), Sala et al. (2007)는 분산된 인공어초 사이와 인공어초로부터 떨어진 해역의 바닥에 고정형 어군탐지기를 설치하여 어류의 행동 및 밀도에 관한 연구를 수행하였고, Thorne et al. (1989)는 인공어초 주변에 선박을 묘박하여 에코그램에 나타난 시간대별 어류의 특징을 조사하였다. Stanley and Wilson (2000)은 인공어초와 같은 구조물에 진동자면이 해수면에 향하는 진동자 (upward), 진동자면이 해저에 향하는 진동자 (downward), 진동자면이 수평으로 향하는 진동자 (horizontal)를 설치하여 구조물의 거리에 따른 어류의 밀도 변화를 관측하였다. 이와 같이 인공어초 주변 및 내부에 있는 어류를 탐지하기 위하여 기초적으로 인공어초에서 서식하는 어류의 행동 특성에 관한 연구가 수행되어져야 한다. 최근까지 우리나라에서는 수중 음향을 이용하여 인공어초에 서식하는 어류의 행동 특성에 관한 연구는 미비하며, 인공어초에 서식하는 어류의 행동 특성이 파악된다면 인공어초 주변뿐만 아니라 내부에 서식하는 어류의 현존량을 평가하는 기술 개발이 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 수중 음향을 이용하여 인공어초에 서식하는 어류의 현존량을 평가하기 위한 기초 연구로 조사 선박의 현측에 진동자면이 해저를 향하게 진동자를 부착하고, 진동자의 빔 폭 내에 인공어초가 탐지되도록 조사 선박을 묘박하여 인공어초 상부에서 인공어초에 서식하는 어류의 행동 특성을 파악하는 것을 시도하여 보았다.

재료 및 방법

인공어초 내부에 서식하는 어류의 행동 특성을 파악

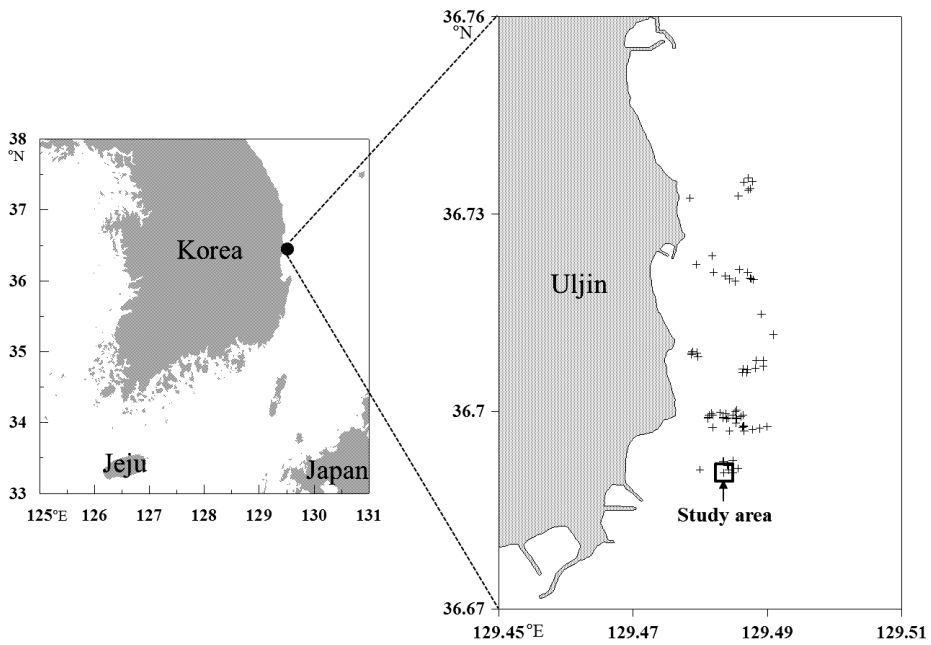

Fig. 1. Map of the study area. The crosses are station installed artificial reefs; the open square indicates the collection station for acoustic and catch data.

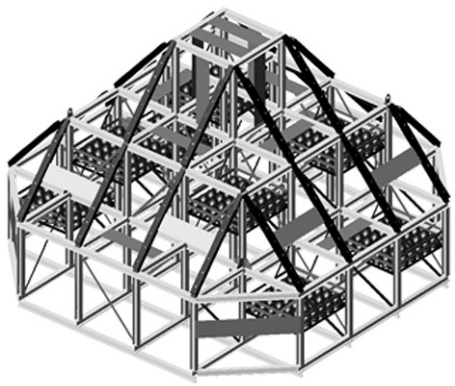

Fig. 2. The shape of the stone combination reef used in the survey. The stone combination reef was 13.2 m (L)×13.2 m (W)×8.2 m (H) and constructed of material of stone and H beam.

하기 위한 조사는 2012년 11월 2일 울진 바다목장 해역에 부설되어 있는 석재조합어초 (36°41.46′N, 129°29.05′E)를 대상으로 이루어졌다 (Fig. 1). 석재조합어초의 크기는 13.2 m (L) × 13.2 m (W) × 8.2 m (H), 부피는 838.4 m³, 재질은 돌과 H 빔으로 만들어졌고, 2010년도에 시설되었다 (Fig. 2). 수중 음향 조사에는 주파수 200 kHz 듀얼빔의 진동자를 사용하였고, 200 kHz 진동자의 광대역 3 dB 빔 폭은 14.5°, 협대역 3 dB 빔 폭은 6.5° 이었다. 진동자는 선박의 현측에 지지대를 이용하여 수심 1 m에 오도록 부착하고, 진동자 빔 폭 내에 인공어초가 탐지되도록 한 후 조사 선박이 조류에 떠밀리지 않도록 닻으로 고정하였다. 수중 음향 자료 수집시에 음향 시스템은 펄스폭 0.4 ms, 펄스반복주기 1 pps로 설정하였으며, 수중 음향 자료는 15시 54분부터 21시 00분까지 약 5시간 동안 수집하였다. 수집된 수중 음향 자료는 음향데이터 분석소프트웨어 (Echoview ver. 3.0, Myriax)를 사용하여 분석하였다. 분석시에 표층에서 발생하는 모든 잡음을 제거하였으며, 라인선별 기능을 이용하여 인공어초와 어류의 에코를 분리하였다. 뿐만 아니라 인공어초에 서식하는 어종을 파악하기 위하여 낚시 조사를 수행하였다.

결과 및 고찰

Fig. 3은 수집된 수중 음향 자료인 에코그램을 나타낸 것이다. Fig. 3의 에코그램에서 16시 28분부터 17시 54분까지 회색으로 나타난 곳은 인공어초의 탐지가 벗어난 부분이다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 조사 해역의 수심은 약 28 m이고, 수중 음향으로 탐지된 인공어초의 높이는 약 9 m로 설치된 석재조합어초의 높이 (8.2 m)와 비슷하였다. Kim et al. (2011)은 주파수 120 kHz의 에코그램에 나타난 인공어초 층상과 높이를 이용하여 인공어초의 종류와 높이를 평가하였고, Park et al. (2003)은 어군탐지기에 탐지된 인공어초의 높이로 시설 상태를 확인하였다. 인공어초의 종류 및 시설 상태를 확인하기 위해서 사이드 스캔 소나 (Side Scanning Sonar)를 이용한 조사가 많이 수행되어지고 있다 (Park et al., 2003; Shin et al., 2009; Cho et al., 2010). 어군탐지기는 진동자의 빔 폭에 따라 인공어초의 형태를 관측하는 것이 달라지지만, 본 연구와 Park et al. (2003), Kim et al. (2011)의 연구 결과 에코그램으로 인공어초의 설치 수심, 높이 및 종류를 유추할 수 있는 것으로 판단된다.

본 조사 해역의 일몰시는 17시 24분이었고, 일몰 전인 16시 01분에 인공어초 상부에서 약 4 m의 높이를 가지는 어군이 탐지되었다. 일몰 후 약 30분이 지난 18시 01분에 인공어초에서 상부로 어류가 부상한 후에 표층으로 분산되었으며, 19시 이후에는 개체어로 인공어초의 상부에서 해수면까지 흩어져 분포하는 것을 알 수 있었다 (Fig. 3). Hwang et al. (2004)은 현장에서 조사 선박이 조류에 떠밀려서 인공어초 위에서의 조사는 수행하지 못하였으나, 인공어초의 주변에서 어류가 일몰 전에 표층으로 부상하는 것을 확인하였다. 본 연구 결과보다는 어류의 움직임이 빠르게 나타난 것으로 인공어초 주변에 서식하는 어류와 인공어초에 서식하는 어류의 행동 습성이 약간 차이가 나타남을 보여준다. Thorne et al. (1989)의 연구에서 인공어초 주변에서 시간대별 어류의 형태는 일몰 전에는 군을 이루다가 일몰 후에는 개체로 흩어졌다. Gauthier and Rose (2002)의 연구 결과도 주간에는 어류가 군을 이루고 일몰 때는 이 군이 부상하다가 밤이 되면 개체어로 분산되었다. 본 연구 역시 일몰 전 인공어초 상부에서는 군을 이루는 어류가 탐지되었고, 야간에는 개체어로 분산되는 특징을 보이는 동일한 결과가 나타났다. 어류가 이러한 습성을 보이는 이유는 조도와 먹이 생물의 영향이 크다 (Cerri, 1983; Neilson and Perry, 1990).

시간대별 인공어초의 상부에서 나타난 어류의 밀도는 에코그램을 시간의 경과인 10분 간격으로 적분하고, 면적산란계수 (Nautical Area Scattering Coefficient, NASC, m²/nmi²)로 Fig. 4에 나타내었다. 여기서, NASC는 계량어군탐지기로부터 출력된 체적산란강도 (Vol-

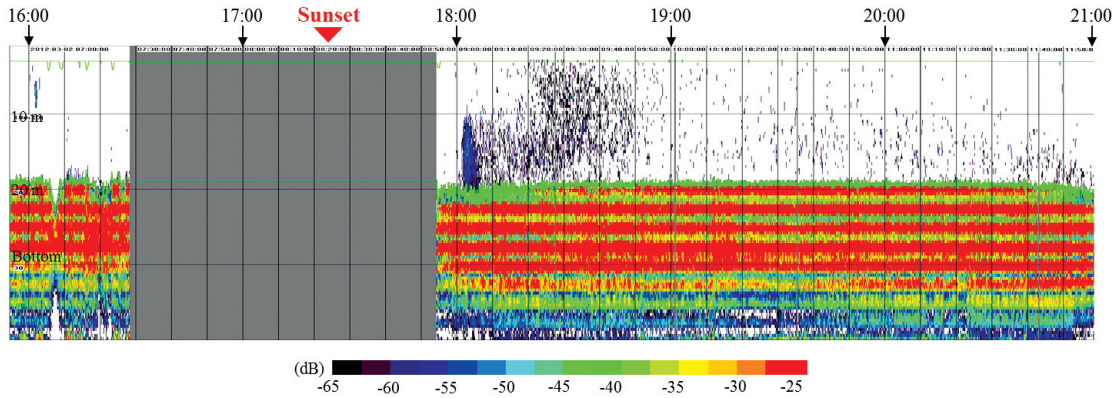

Fig. 3. The echogram of acoustic data collected between 15:54 and 21:00 hours on the artificial reef. The size of the artificial reef used in the acoustic survey is 13.2 m (L)×13.2 m (W)×8.2 m (H).

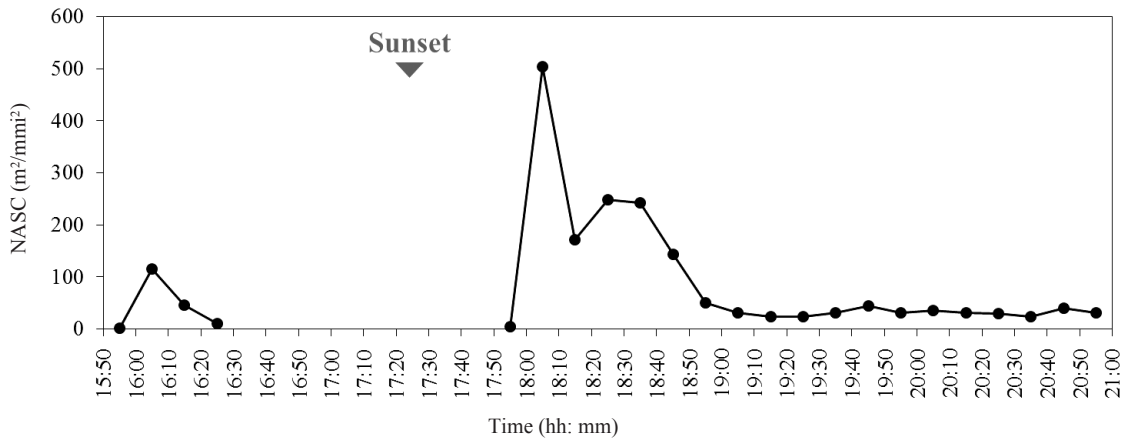

Fig. 4. NASC (Nautical Area Scattering Coefficient, m²/nmi²) of mean fish density by time, using acoustics on the artificial reef.

ume backscattering strength, SV)를 면적으로 적분하여 나타낸 음향학적 밀도를 말한다. 16시에서 16시 10분 사이의 밀도는 Fig. 3의 에코그램에 나타난 인공어초의 상부를 회유하는 어군의 밀도로 약 100 m²/nmi²이었고, 일몰 후 30분이 지난 18시에서 18시 10분 사이 어류의 밀도는 약 600m²/nmi²로 가장 높게 나타났으며, 이 값은 인공어초에서 부상한 어류로 인공어초 내부에 서식하고 있는 어류일 것으로 판단된다. 그 후 시간이 지남에 따라 어류의 밀도가 감소하는 경향을 보였고, 19시 이후에는 약 50 m²/nmi²이하로 비슷한 밀도가 나타났다. Fabi and Sala (2002)와 Sala et al. (2007)가 분산된 인공어초 사이에서 관측한 어류의 밀도는 이른 아침과 야간에서 최대를 보였고, 인공어초와 떨어진 해역에서는 이른 아침과 오후에 최대 밀도를 보이는 것으로 분산된 인공어초 사이와 인공어초 주변에서 시간대별 어류의 밀도는 차이를 나타내었다. 또한, 인공어초에 서식하는 어류는 해양환경 변화와 인공어초 크기, 종류 등에 따라 어종 및 밀도가 달라진다 (Fabi and Sala, 2002; Boswell et al., 2010; Oh et al., 2010). 한편, Boswell et al. (2010)은 인공어초로부터 떨어진 거리에 따라 어류의 밀도 변화를 관측하였고, 그 결과 인공어초로부터 거리가 떨어질수록 어류의 밀도가 감소하는 경향을 보여 인공어초 부근에 어류가 집중되는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서는 조사 선박을 묘박하여 타 연구에 비하여 단시간 동안 인공어초 상부에서 어류의 행동 특성을 파악하였다. 조사 선박을 묘박하여 수중 음향 자료를 수집하게 되면 조류나 바다의 상태에 따라 선박이 떠밀리기 때문에 인공어초 탐지가 벗어나 장시간 조사를 수행하기는 어렵다. 또한, 어류의 밀도는 해양환경과 인공어초 환경 정보에 따라서 달라지므로 추후에는 조류에 따

Fig. 5. Fish species caught by fishing during the acoustic survey.

라 움직이는 않는 구조물이나 인공어초와 근접한 거리에 고정형 어군탐지기를 설치하여 장시간 동안 해양환경 조사뿐만 아니라 인공어초 종류나 크기에 따른 어류의 행동 특성을 파악하는 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

수중 음향 자료 수집과 동시에 실시한 낚시 조사에 의해 어류가 어획된 시간, 어종, 체장을 Table 1에 나타내었고, Fig. 5는 어획된 어류의 사진이다. 낚시로 불볼락 (*Sebastes thompsoni*) 2마리, 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*) 4마리, 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*) 1마리, 붕장어 (*Conger myriaster*) 1마리를 어획하였다 (Table 1). Yoon et al. (2011)은 오터트롤을 이용하여 울진 바다목장 해역에 서식하는 어류를 파악한 결과 어획된 어종은 76종으로 꽃돛양태, 용가자미, 황아귀, 참가지, 민달고기가 우점하여 본 연구와 Yoon et al. (2011)의 연구는 어획된 어종이 차이를 보였다. 오터트롤은 인공어초와 가까운 해역에서는 조사를 수행할 수 없기 때문에 인공어초에서 떨어진 해역에 서식하는 어종이 많이 어획되었을 것으로 생각되고, 본 연구는 인공어초 상부에서 어획조사를 수행한 것으로 인공어초에서 근접한 해역과 인공어초에서 떨어진 해역의 어종은 차이가 있는 것으로 사료된다. 낚시 조사는 일부 채집 샘플으로만 어종을 파악한 것이 때문에 추후에는 수중 음향 조사와 함께 잠수 및 카메라 조사가 병행된다면 더 많은 어종의 자료를 수집할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1. Summary of length, species and time caught by fishing

No.	Time	Species	Length (cm)
1	15:59	*Sebastes thompsoni*	19*
2	16:01	*Sebastes thompsoni*	20*
3	16:02	*Hexagrammos otakii*	27
4	16:15	*Hexagrammos otakii*	30
5	18:02	*Sebastes schlegeli*	26
6	18:10	*Conger myriaster*	51
7	18:57	*Hexagrammos otakii*	29
8	18:59	*Hexagrammos otakii*	36

*fork length

본 연구에서는 단시간 동안 수중 음향을 이용하여 인공어초 상부에서 인공어초에 서식하는 어류의 행동 특성과 낚시 조사로 서식하는 어종을 파악하였다. 이전의 잠수나 카메라 조사에서는 서식하는 어종만 명확하게 파악할 수 있었으나, 수중 음향 조사는 어류의 밀도뿐만 아니라 행동까지 직접적으로 보여 줄 수 있는 유용한 방법임을 알 수 있었다. 하지만, 본 연구에서는 석재조합어초의 한 인공어초에 대한 조사만 수행되어졌기 때문에 다양한 인공어초의 종류와 크기 및 해양환경까지 고려하여 수중 음향 조사뿐만 아니라 잠수나 카메라 조사까지 병행된다면 인공어초 정보에 따라 서식하는 어종과 어종별 행동 특성을 파악하여 인공어초의 설치 효과 평가하는 기술 개발에 일조할 수 있을 것으로 판단된다.

결 론

본 연구는 수중 음향을 이용하여 인공어초 상부에서 인공어초에 서식하는 어류의 행동 특성을 파악하였다. 인공어초 상부에서 일몰 전에는 어군이 탐지되었으며, 일몰 약 30분 후에는 인공어초에서 어류가 부상하였고, 야간에는 개체어로 인공어초 상부에서 해수면으로 흩어져 분포하였다. 일몰 후 부상한 어류의 밀도는 약 600 m^2/nmi^2이었고, 19시 이후에는 어류의 밀도가 약 50 m^2/nmi^2이하로 큰 변동 없이 일정하게 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한, 인공어초에 서식하는 어류는 쥐노래

미, 조피볼락, 불볼락, 붕장어로 확인되었다. 따라서, 본 자료는 수중 음향을 이용하여 인공어초에 서식하는 어류의 행동 특성을 파악 할 수 있음을 보여 주었고, 이것은 인공어초의 설치 효과를 평가하기 위한 기초 자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 한국수산자원공단 (음향조사법을 이용한 수산자원 현존량 추정)의 지원을 받아 수행되어졌고, 조사에 협조해주신 정계원 선장님뿐만 아니라 본 논문을 검토하여 주신 심사위원님들과 편집위원님께 깊은 감사드립니다.

REFERENCES

Boswell KM, Wells RJD, Cowan Jr JH and Wilson CA. 2010. Biomass, density, and size distributions of fishes associated with a large-scale artificial reef complex in the Gulf of Mexico. Bull Mar Sci 86, 879－889. (doi: http://dx.doi.org/10.5343/bms.2010.1026)

Carr MH and Hixon MA. 1997. Artificial reefs: the importance of comparisons with natural reefs. Fisheries 22, 28－33. (doi: 10.1577/1548－8446 (1997)022<0028:ARTIOC>2.0.CO;2)

Cerri RD. 1983. The effect of light intensity on predator and prey behaviour in cyprinid fish: factors that influence prey risk. Anim Behav 31, 736－742. (doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0003－3472 (83)80230－9)

Cho YC, Kim WK, Lee CS and Kim NI. 2010. Investigation of dice artificial reef stability installed (1981－2004 years) on Pohang coast of the east sea. J Kor Soc Mar Eng 34, 177－182.

Fabi G and Sala A. 2002. An assessment of biomass and diel activity of fish at an artificial reef (Adriatic sea) using a stationary hydroacoustic technique. ICES J Mar Sci 59, 411－420. (doi: 10.1006/jmsc.2001.1173)

Gauthier S and Rose GA. 2002. Acoustic observation of diel vertical migration and shoaling behaviour in Atlantic redfishes. J Fish Biol 61, 1135－1153. (doi: 10.1111/j.1095－8649.2002.tb02461.x)

Godoy EAS, Almeida TCM and Zalmon IR. 2002. Fish assemblages and environmental variables on an artificial reef north of Rio de Janeiro, Brazil. ICES J Mar Sci 59, S138－S143. (doi: 10.1006/jmsc.2002.1190)

Hwang DJ, Park JS and Lee YW. 2004. Estimation of fish school abundance by using an echo sounder in an artificial reef area. J Kor Fish Soc 37, 249－254.

Kang DH, Im YJ, Lee CW, Yoo JT and Myoung JG. 2008. Hydroacoustic survey of Spatio-temporal stability and distribution of demersal fish aggregations near the west coast of Jeju island, Korea. Ocean and Polar Res 30, 181－191.

Kang MH, Nakamura T and Hamano A. 2011a. The application of GIS in analyzing acoustical and multidimensional data related to artificial reefs ground. J Kor Soc Fish Tech 47, 222－233. (doi: 10.3796/KSFT.2011.47.3.222)

Kang MH, Nakamura T and Hamano A. 2011b. A methodology for acoustic and geospatial analysis of diverse artificial-reef datasets. ICES J Mar Sci 68, 2210－2221. (doi: 10.1093/icesjms/fsr141)

Kang MH, Nakamura T and Hamano A. 2011c. A new tool for visualising multi-dimensional datasets: an example of fish schools around artificial reefs. N Z J Mar Freshwater Res 46, 179－190. (doi: 10.1080/00288330.2011.624525)

Kim HY, Hwang BK, Lee YW, Shin HO, Kwon JN and Lee KH. 2011. Hydro-acoustic survey on fish distribution and aggregated fish at artificial reefs in marine ranching area. J Kor Soc Fish Tech 47, 139－145. (doi: 10.3796/KSFT.2011.47.2.139)

Kim YS, Choi JH, Kim JN, Oh TY, Chol KH, Lee DW and Cha HK. 2010. Seasonal variation of fish assemblage in Sacheon marine ranching, the southern coast of Korea. J Kor Soc Fish Tech 46, 335－345. (doi: 10.3796/KSFT.2010.46.4.335)

Lee DJ. 2011. Performance characteristics of a multi－directional underwater CCTV camera system to use in the artificial reef survey. J Kor Soc Fish Tech 47, 146－152. (doi: 10.3796/KSFT.2011.47.2.146)

Lee DJ. 2013. Monitoring of fish aggregations responding to artificial reefs using a split-beam echo sounder, side-scan sonar, and an underwater CCTV camera system at Suyeong Man, Busan, Korea. Kor J Fish Aquat Sci 46, 266－272. (doi: http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0266)

Lee JB, Oh TY, Yeon IJ, Kim BY, Shin HO, Hwang BK, Lee KH and Lee YW. 2012. Estimation of demersal fish biomass using hydroacoustic and catch data in the marine ranching area (MRA) of Jeju. J Kor Soc Fish Tech 48, 128－136. (doi: http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2012.48.2.128)

Lee JW and Kang YS. 1994. Variations of fish community and fish density on artificial reefs. Bull Korean Fish Soc 27, 535－548.

Neilson JD and Perry RI. 1990. Diel vertical migrations of marine fishes: an obligate or facultative process? Adv Mar Biol 26, 115－168.

Oh TY, Cha HK, Chang DS, Hwang CH, Nam YJ, Kwak SN and

Son MH. 2010. Seasonal variation and species composition of fishes communities in artificial reef unit at marine ranching area in the coastal waters off Jeju island, Korea. J Kor Soc Fish Tech 46, 139－147. (doi: 10.3796/KSFT.2010.46.2.139)

Park HH, Shin JK, Kim JO, Park SY, Kim HS, Lim DH, Park YC, Cho SH, Hong SH, Lee JW and Ahn BG. 2003. An effect on fisheries resources enhancement of hollow jumbo structure and a search for artificial reefs by side scan sonar in the western sea of Korea. Bull Korean Soc Fish Tech 39, 230－238.

Park J, Jo HS, Im YJ, Cha BY, Kwon DH, Ryu DK and Hwang HJ. 2013. Species composition and community structure caught by shrimp beam trawl in the marine ranching ground of Taean, Korea. J Kor Soc Fish Tech 49, 238－249. (doi: http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2012.49.3.238)

Sala A, Fabi G and Manoukian S. 2007. Vertical diel dynamic of fish assemblage associated with an artificial reef (Norther Adriatic Sea). Sci Mar 71, 355－364. (doi:10.3989/scimar.2007.71n2355)

Shin SR, Lim MH, Jang WI, Lim JS, Yoon JH and Lee SM. 2009. Processing of side scan sonar and SBP data for the artificial reef area. Jigu-Mulli-wa-Mullia Tamsa 12, 192－198.

Stanley DR and Wilson CA. 2000. Variation in the density and species composition of fishes associated with three petroleum platforms using dual beam hydroacoustics. Fish Res 47, 161－172. (doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0165－7836 (00)00167－3)

Thorne RE, Hedgepeth JB and Campos J. 1989. Hydroacoustic observations of fish abundance and behavior around an artificial reef in Costa Rica. Bull Mar Sci 44, 1058－1064.

Yoon BS, Yoon SC, Lee SI, Kim JB, Yang JH, Park JH, Choi YM and Park JH. 2011. Community structure of demersal organisms caught by otter trawl survey in the Uljin marine ranching area, Korea. Kor J Fish Aquat Sci 44, 506－515. (doi: http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2011.0506)

2013. 12. 8 Received
2014. 2. 20 Revised
2014. 2. 21 Accepted