음향 자료를 이용한 하계 여수 바다목장 해역에서 어군의 시·공간 분포와 특징

윤은아 · 황두진* · 김호상¹ · 이경선¹

전남대학교 해양기술학부, ¹한국수산자원관리공단 자원조성실

The Characteristics and Spatio-temporal Distribution of Fish Schools during Summer in the Marine Ranching Area (MRA) of Yeosu using Acoustic Data

Eun-A Yoon, Doo-Jin Hwang*, Ho-Sang Kim¹ and Kyung-Seon Lee¹

Division of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

¹Resources Enhancement Division, Korea Fisheries Resources Agency, Busan 612-020, Korea

This study assessed dominant fish species, and the characteristics and spatio-temporal distribution of fish schools using acoustic and catch data in the marine ranching area (MRA) of Yeosu in July and August 2013. Acoustic data were collected using a 200-kHz dual beam transducer, and catch data were analyzed through auction data generated by a set net installed in the MRA. More fish schools were detected by acoustic methods in July than in August. The temporal distribution of fish schools differed between July and August, but, many schools demonstrated a high mean volume scattering strength (SV) around artificial reefs. Additionally, the characteristics of fish schools detected by echograms and the species caught by set nets differed between July and August. The dominant fish species were *Engraulis japonicus*, *Pampus argenteus*, *Scomberomorus niphonius*, and *Pampus echinogaster* in July, and approximately 85% of the catch in August consisted of *Scomberomorus niphonius*. Therefore, hydro-acoustic tools are useful for estimating fish school characteristics in large areas over a short period. To determine species, it is important to conduct net sampling surveys during the acoustic surveys. However, if a database of fish school characteristics organized by species is constructed through continuous study, it could be possible to identify fish species through acoustic methods alone.

Key words: Artificial reef, Acoustic, Fish school, Spatio-temporal distribution

서 론

바다목장은 인공어초 주변에 수산자원의 산란 및 서식장으로 제공하여 수산자원을 보존하고 육성 할뿐만 아니라 인위적인 가입을 유도하여 수산자원을 증대시키기 위한 목적을 가지고 있다. 우리나라는 1998년 통영의 어업형 바다목장을 시작으로 하여 2001년 이후 여수의 다도해형 바다목장, 울진의 관광형 바다목장, 태안의 갯벌형 바다목장, 제주의 체험관광형 바다목장으로 시범 바다목장을 5개 해역에 조성하였다. 이와 같이 조성된 바다목장을 효율적으로 이용하기 위해서는 바다목장에 인

공어초를 시설함으로써 나타나는 효과를 지속적으로 평가하여야 한다.

인공어초 주변에서 서식하는 수산자원의 평가는 어구, 잠수, 수중 카메라, CCTV 카메라, 수중 음향 등의 방법으로 이루어지고 있으며(Fabi and Sala, 2002; Hwang et al., 2004; Kang et al., 2008; Yoon et al., 2011; Kim et al., 2010; Oh et al., 2010; Kang et al., 2011a; 2011b; 2011c; Kim et al., 2011; Lee, 2011; Lee et al., 2012; Lee, 2013), 이 가운데 어구 조사는 어종을 명확하게 규명 할 수 있는 장점을 가지고 있으나, 여러 정점을 조사하기 위해서는 조사 시간이 많이 소요되기 때문에 전체 해역

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0283>

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.

Kor J Fish Aquat Sci 47(3) 283-291, June 2014

Received 3 February 2014; Revised 4 March 2014; Accepted 21 March 2014

*Corresponding author: Tel: +82. 61. 659. 7126 Fax: +82. 61. 659. 7129

E-mail address: djhwang@jnu.ac.kr

에 대한 어류의 분포 특성을 파악하여 현존량을 추정하는 것은 한계점이 뒤따른다. 잠수와 수중 카메라 및 CCTV 카메라 조사는 수심의 한계와 탁도 등의 환경 요소뿐만 아니라 어류 가까이 접근하면 회피본능을 자극시키기 때문에 정량적인 데이터를 얻기 어려운 상황이 된다(Hwang et al., 2004; Kang et al., 2008; Lee et al., 2012). 이러한 어려움을 해결하기 위한 방안 중 하나로 수중 음향을 이용한 방법은 짧은 시간동안 넓은 해역의 전 수층에 대한 정보를 알 수 있기 때문에 해양환경 등의 영향으로 단 시간에 이동하는 어류의 시·공간 분포를 파악하는데 유용하다.

우리나라에서 수중 음향을 이용한 바다목장의 조성 효과 조사는 Hwang et al. (2004), Kang et al. (2008), Kim et al. (2011), Lee et al. (2012), Lee (2013)에 의해 일부 해역에서만 이루어졌다. Hwang et al. (2004)은 우리나라에서 처음으로 통영 바다목장 해역에서 음향을 이용한 어류의 분포 조사 기법에 관한 연구를 수행하였고, Kang et al. (2008)과 Lee et al. (2012)는 제주 바다목장 해역에서 계절별 정착성 어류에 대한 현존량을 추정하였으며, Kim et al. (2011)과 Lee (2013)는 각각 보령과 부산의 소규모 바다목장에 투하된 인공어초를 집중적으로 어류의 유집 효과에 관한 연구가 이루어졌다. 위의 연구들은 어류의 시·공간 분포만을 조사하였는데 인공어초 주변에 서식하는 어류는 해양 환경과 인공어초의 환경 정보 등에 따라 공간적 분포가 변화한다. 또한, Kang et al. (2008)과 Lee et al. (2012)는 저층에 서식하는 어류만을 대상으로 어류의 현존량을 파악하였다. 인공어

초에 유집하는 어류는 인공어초 내부에 서식하는 어류, 인공어초 주위를 유영하는 어류, 인공어초로부터 떨어진 곳에서 회유하는 어류로 나뉘며, 저층 부근에 서식하는 어류뿐만 아니라 주변을 회유하는 어류도 인공어초 설치 효과를 평가하는데 중요하고, 이러한 어류는 단시간에 공간적 이동하는 특성을 가진다.

따라서, 본 연구에서는 5개의 시범 바다목장 해역 중 여수 바다목장 해역에서 하계인 7월과 8월의 해양환경과 음향 자료로부터 전 수층(표층~저층)에 출현하는 어군을 추출하여 어군의 공간적 분포 및 특징을 알아보고, 정치망 어구의 어획 자료를 이용하여 서식하는 어종을 파악하여 하계 여수 바다목장 해역에서의 해양 특성과 어군의 분포 및 특징을 이해하고자 하였다.

재료 및 방법

조사 해역

음향 조사는 2013년 7월 9-10일, 8월 27-28일에 인공어초가 시설된 곳인 금오도, 안도, 연도 주변에서 이루어졌고, 설정된 조사 정선은 동서방향으로 평행한 평행 정선을 사용하였으며, 총 조사 정선의 거리는 약 64 mile이었다(Fig. 1).

음향 시스템의 구성

조사에 사용된 음향 시스템은 주파수 200 kHz 듀얼빔 방식의 계량어군탐지기(DT-5000, BioSonics, USA)를 이용하였고,

Fig. 1. Map of the survey area. The transect line is the acoustic survey for detecting fish schools in the marine ranching area (MRA) of Yeosu. The points indicate CTD stations and the open squares represent catch data collection stations. The crosses indicate the locations of artificial reef installations.

GPS 수신기(GP-50 Mark3, Furuno, Japan)로부터 연속적으로 위치정보를 수신하여 계량어군탐지기에 입력하였다. 입력된 음향 자료와 위치 자료는 PCMCIA와 RS-232C 인터페이스를 통하여 연속적으로 컴퓨터 하드디스크에 수록하였다. 진동자는 선박의 현측에 지지대를 이용하여 수심 1 m에 오도록 고정하였고, 선속은 5-7 knots로 유지하였으며, 음향 자료를 수집 시에는 음향 시스템을 펄스폭 0.4 ms, 펄스반복주기 1 pps로 설정하였다.

해양환경

조사 해역의 해양환경을 파악하기 위하여 Fig. 1에 원으로 표시한 정점에서 표층 수온과 염분을 측정하였다(30M-100 FT, YSI Incorporated, USA). 해양환경 관측은 7월의 경우 조사 정선의 양쪽 끝에만, 8월의 경우 조사 정선의 양쪽 끝뿐만 아니라 중심에도 이루어졌다.

음향 자료 분석

수집된 음향 자료는 음향데이터 분석 소프트웨어(Echoview ver. 3.0, Myriax)를 이용하여 분석하였고, 자료 처리시 표층에서 발생하는 모든 잡음을 제거하였으며, 라인선별 기능을 이용하여 해저와 인공어초로부터 어군의 에코를 분리하였다. 어군은 생태나 행태적으로 동일한 어종으로 구성된 집합체로 어류가 군을 이루는 것을 말한다. 뿐만 아니라 탐지된 에코 가운데 어군만을 추출하기 위하여 음향데이터 분석 소프트웨어의 detect schools 기능을 이용하였고, Table 1의 파라미터를 입력하여 이 파라미터에 적합한 어군을 추출하였다. 여기서, Table 1의 파라미터는 Kang et al. (2011b)의 연구 방법을 고려하여 설정하였다. 추출된 어군은 형태학, 음향 강도학, 위치학적인 특징을 파악할 수 있다(Fig. 2).

먼저, 형태학적 특징으로는 어군의 길이, 높이, 둘레, 넓이를 알 수 있고, 음향 강도학적 특징은 추출된 어군에 대한 평균 체적산란강도(Volume backscattering strength, SV)를 말하며, 위치학적 특징은 어군이 위치한 수심 및 해저 수심, 해저로부터 얼마나 떨어져 있는지에 대한 고도를 파악할 수 있다(Haralabous and Georgakarakos, 1996; Reid et al., 2000; Kang et al.,

Fig. 2. Description of the morphological and bathymetric patterns of fish schools as seen by echogram.

2011a; 2011b; 2011c). 어군의 고도(Altitude, A)는 다음 식 (1)로 구할 수 있다(Kang et al., 2011a; 2011b; 2011c).

$$A = D - d - h / 2 \quad (1)$$

여기서, D (m)는 해저 수심, d (m)는 어군이 위치한 평균 수심, h (m)는 어군의 평균 수직 높이를 말한다.

정치망 어구에 의한 어획물 조사

음향 조사가 이루어진 해역에 서식하는 어종을 파악하기 위하여 음향 조사가 이루어진 해역에 부설되어 있는 정치망의 어획 자료를 이용하였다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 정치망은 본 조사 해역의 4정점에 부설되어 있었고, 정치망에서 어획된 어획물이 위판되는 여수정치망수협(의 일일매매기록장을 이용하여 음향 조사가 이루어진 첫날로부터 7일 전, 조사가 끝나는 날로부터 7일 후까지를 분석하였다. 따라서, 7월의 경우 7월 2-17일, 8월의 경우 8월 20일-9월 4일까지인 약 15일간의 일일매매기록장 자료를 분석하여 어종별 비율로 나타내었다.

결 과

해양환경

Fig. 3은 여수 바다목장 해역에서 (a) 7월과 (b) 8월에 계측한 표층 수온과 염분을 나타낸 것이다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 7월의 표층 수온은 18.4-24.2℃, 염분은 32.0-32.7 psu 범위를 나타내었다. 표층 수온은 금오도, 안도, 연도의 서쪽이 동쪽보다 고수온을 보였으며, 연안보다는 외해 부근에서 높은 수온이 나타났다. 표층 염분의 분포 범위는 정점마다 큰 차이를 나타내지

Table 1. The parameter to detect fish schools from the 200-kHz echosounder

Parameter	July	August
Minimum data threshold (dB)	-65	-65
Minimum total school length (m)	5	5
Minimum total school height (m)	3	3
Minimum candidate length (m)	4	4
Minimum candidate height (m)	3	3
Maximum vertical linking distance (m)	1	3
Maximum horizontal linking distance (m)	15	7

Fig. 3. The surface temperatures ($^{\circ}\text{C}$) and salinity (psu) in July (a) and August (b) in the survey area.

는 않았으나, 금오도, 안도, 연도의 동쪽이 서쪽보다는 약간 높은 염분을 보였으며, 연안보다는 외해에서 상대적으로 고염분을 나타내었다. 8월의 경우 표층 수온은 $21.6\text{--}25.2^{\circ}\text{C}$ 의 범위로 7월에 비하여 약 $1\text{--}3^{\circ}\text{C}$ 높게 나타났으며, 특히, 금오도와 연도의 서쪽과 안도의 동쪽이 다른 해역에 비하여 상대적으로 높았다. 표층 염분은 $31.2\text{--}32.5$ psu로 7월에 비하여 낮았고, 특히, 안도의 동쪽, 안도와 연도 사이 및 연도의 서쪽에서 상대적으로 저염분을 나타내었다.

어군의 시·공간 분포

Table 1의 파라미터로 추출된 어군의 시·공간 분포를 Fig. 4에 나타내었다. 여기서, 어군의 강도는 평균 SV로 나타내었고, 평

균 SV가 높을수록 어군의 강도가 커지는 것을 의미하며, 평균 SV에 따라 원의 크기와 색깔을 다르게 표현하였다. (a) 7월에는 277 어군, (b) 8월에는 244 어군이 탐지되어 7월이 8월에 비하여 어군이 많이 출현하였으나, 8월에 강한 평균 SV를 보이는 어군이 많았다. 여수 바다목장 해역에 인공어초는 수심 약 30 m 이내의 금오도, 안도, 연도 부근에 투하되었고, 특히 금오도, 안도 부근이 연도 부근보다 집중 시설되었다. 어군은 7월에 금오도, 안도, 연도의 동쪽보다는 서쪽에서 많이 탐지되었으며, 이 해역은 표층 수온이 약 $22\text{--}24^{\circ}\text{C}$ 로 동쪽에 비하여 높게 나타났다. 또한, 인공어초가 투하된 해역이 주변 해역보다 어군이 밀집하였고, 평균 SV가 높은 어군이 많이 보였다. 8월은 7월과 반대로 어군은 금오도, 안도, 연도의 서쪽보다는 동쪽에서 많

Fig. 4. The spatio-temporal distribution of fish schools, as detected at a frequency of 200 kHz in July (a) and August (b) in the MRA.

이 출현하였고, 강한 평균 SV를 보이는 어군은 섬의 서쪽인 표층 수온이 약 23-24.5℃인 해역에서 많이 발견되었다. 뿐만 아니라 어군은 연도 주변보다는 상대적으로 금오도, 안도 주변에서 많이 나타났다.

어군의 특징

Fig. 5는 (a) 7월과 (b) 8월에 탐지된 어군의 형태학(길이, 높이, 둘레, 면적), 음향 강도학(평균 SV), 위치학적(분포 수심, 해저 수심, 고도)인 특징을 나타낸 것이다. 어군의 형태학적 특징은 7월과 8월에 큰 차이를 나타내었다. 어군의 길이(25-75%)는 7월의 경우 20.5-147.8 m, 8월의 경우 11.5-36.5 m 범위이고, 중간값은 7월과 8월 각각 60.8 m, 20.0 m로 7월이 8월에 비하여 어군의 길이가 길었다. 어군의 높이는 중간값이 7월에는 4.4 m, 8월에는 4.7 m로 큰 차이를 나타내지 않았다. 어군의 둘레와 면적은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 25-75% 사이가 7월이 8월에 비하여 약 2배 이상 높게 나타난 것을 알 수 있다.

Fig. 6은 7월과 8월에 나타난 어군의 형태를 비교한 에코그램의 예이고, 에코그램에서 보는 바와 같이 7월에는 어군의 형태가 가로로 긴 형태의 긴 띠로 이루어진 어군이 많이 출현하였으며, 8월에는 세로로 긴 타원형으로 보이는 어군이 많이 나타났다. 이것으로 7월과 8월에 출현한 어군은 형태학적으로 큰 차이를 나타낼 수 있었다. 7월이 8월에 비하여 어군의 둘레나 면적은 크게 나타났음에도 불구하고, 어군의 평균 SV는 7월의 경우 -62.3~-37.8 dB, 8월의 경우 -61.1~-33.3 dB 사이였고, 중간값은 7월과 8월 각각 -49.5 dB과 -48.8 dB으로 8월이 7월에 비하여 높은 강도를 보였다. 또한, 어군이 출현한 평균 해저 수

심, 분포 수심, 고도는 7월에 각각 29.5 m, 19.9 m, 8.4 m, 8월에 각각 34.0 m, 23.8 m, 8.7 m로 큰 차이는 나타나지 않았으나, 어군은 8월이 7월에 비하여 상대적으로 해저 수심과 분포 수심이 더 깊은 곳에 출현하였다.

어획물 조성

7월 2-17일과 8월 20일-9월 4일 정치망에서 어획되어 여수정 치매수협에 위판된 어종별 비율을 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 어종별 비율은 7월에 멸치가 33.5%로 우점하였고, 다음에 병어가 22.6%, 삼치가 16.5%, 덕대가 11.8%를 차지하였으며, 기타 아구류, 부시리, 넙치 등 총 19여종이 어획되었다. 8월에는 삼치가 약 85% 어획되었고, 기타 종으로는 병어, 고등어, 주꾸미 등 총 10여종이 어획되었다. 정치망에서는 대부분 회유성 어종이 우점하였으며, 7월이 8월에 비하여 어획된 어종이 다양하였다. 또한, 7월에는 멸치가 많이 어획되었으나, 8월에는 멸치 어획량은 없었고, 삼치의 어획량이 크게 증가하였다.

고찰

본 연구 해역인 여수 바다목장은 다도해형으로 크고 작은 여러 섬들로 둘러 싸여진 개방된 만이며, 외해로부터 고수온, 고염분이 내만으로 공급되고, 내만의 연안수와 혼합되어 외해로부터 회유성 어류가 많이 내유하여 어류의 좋은 산란장 및 색이장이 되고 있다(Kim, 1993; Kim and Rho, 1996; Kim et al., 2003; Jeong et al., 2010). 음향을 이용하여 인공어초 주변에서

Fig. 5. The characteristics of fish schools, as detected by the parameters of Table 1, in July (a) and August (b). The box plot indicates values in the 25th - 75th percentile, while the central line is the median, and the vertical line extends to the minimum and maximum values.

식하는 어군의 공간 분포는 정착성 어류에 한정되었으나(Kang et al., 2008; Lee et al., 2012), 본 연구 해역은 지형적 특성상 정착성 어류뿐만 아니라 회유성 어류에도 초점을 맞출 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 7월과 8월 시간의 변화에 따라 표층에서 저층까지 분포하고 있는 어군의 공간 분포를 파악하였고, 그 결과 7월과 8월은 어군의 공간 분포와 특징뿐만 아니라 어종도 차이를 나타내었다.

연구 해역에서 7월의 표층 수온은 18.4-24.2℃, 표층 염분은 32.0-32.7 psu, 8월의 표층 수온은 21.6-25.2℃, 표층 염분은 31.2-32.5 psu로 염분의 변화보다는 수온의 변화가 컸다. Jeong et al. (2010)은 본 연구 해역과 인접한 해역에서 표층 수온을 측정한 결과 7월은 22.7-23.8℃, 8월은 24.3-24.4℃로 본 연구와 동일하게 7월보다는 8월에 높은 수온을 나타내었다.

Kim et al. (2003)의 연구에서는 여수 연안 정치망에서 어획된 어종이 7월보다 8월에 다양해졌으나, 본 연구에서는 7월에 총 19여종, 8월에 총 10여종으로 감소하는 결과가 나타났다. 이러한 원인은 최근 2003년 이후 우리나라에 대형 해파리인 노무라

입깃해파리가 대량으로 출현하였고(Yoon et al., 2008), 이 종은 본 연구 해역에 많이 출현하였으며, 출현양이 8월 이후 급격히 증가하였다(Fig. 8). 뿐만 아니라 7월 하순부터 일사량과 수온 상승으로 인하여 연구 해역 부근인 돌산에서 적조 경보가 많이 발생하였다(NFRDI, 2013b). 8월에는 이와 같이 해파리의 출현 및 이상해양현상으로 인하여 어군과 어종이 감소하였고, 정치망 어장의 위판 일수도 급격히 감소한 것으로 판단된다.

7월에 어획된 우점종은 멸치, 병어, 삼치, 덕대 순이었으며, 8월에는 전체 어획량의 약 85%를 삼치가 차지하였다. Kim and Rho (1995)는 1996년 여수 연안 정치망 어장에서 7월과 8월에 삼치, 전갱이, 갈치, 고등어, 방어가 어획되었고, 이 중 삼치가 우점하였다. Jeong et al. (2010)의 연구에서는 2007-2008년 여수 돌산에서 연도까지의 정치망에서 많이 어획된 어종은 고등어, 삼치, 병어라고 보고하였으며, Kim et al. (2013)은 돌산 정치망에는 삼치, 멸치, 덕대가 많이 어획되어 본 연구와 우점종이 비슷하였다. 본 연구에서 많이 어획된 멸치와 삼치는 온대성, 회유성 어종으로 서식 수온이 10-30℃이고, 병어는 온대

Fig. 6. Examples of an echogram used to compare characteristics of fish schools in July (a) and August (b).

성 저층에 분포하는 회유성 어종으로 서식 수온은 9-25℃이다 (NFRDI, 2005). 본 연구 해역에서 표층 수온은 8월이 7월에 비하여 높게 나타났고, 8월에는 서식 수온의 범위가 타 어종에 비하여 높은 삼치가 우점하였다. 우점 어획종은 회유성 어종으로 수온 및 먹이생물 등의 요인에 따라 이동하며 어종에 적합한 산란장과 성육장을 찾는다. 어군의 이동이나 분포는 수온에 큰 영향을 받지만(Cho et al., 1989) 먹이 생물, 탁도, Chl-a 양, 바람, 해류 등의 해양환경 요소에 영향을 받는다. 본 연구에서는 여러 가지 해양환경 요소 중 표층 수온과 염분 측정만 이루어졌는데 여수 바다목장 해역은 하계에 표층에는 고수온, 저층에는 저수온이 분포하여 표층과 저층의 수온 변화가 크게 일어나고, 연안수와 외양수 사이에 수온약층을 형성하여 연직혼합이 잘 이루어지지 않는다(Kim et al., 1989). 따라서, 추후에는 표층에서 저층까지의 수온과 염분을 계속하고, 이외의 다른 해양환경 요소도 측정하여 해양환경과 어군의 공간 분포와의 관계를 파악할 필요가 있을 것으로 사료된다.

인공어초가 설치된 해역은 인공어초에 의해 용승이 발생함으로써 저층의 풍부한 영양염류를 표층으로 공급하여 먹이 생물이 풍부해져 인공어초 주변에 어군이 모이게 된다(Lee and Kang, 1994). 연구 해역에서 인공어초는 금오도, 안도, 연도에 시설되었고, 이 중 연도 보다는 금오도, 안도 부근에서 많았다.

어군 또한 연도보다는 금오도, 안도 쪽에 많았으며, 이 해역에 높은 강도를 가진 어군도 많이 탐지되어 인공어초 설치 효과가 있는 것으로 생각된다. 인공어초 주변에 서식하는 어군은 크게 회유성 어군과 정착성 어군으로 나눌 수 있는데, 회유성 어군과 정착성 어군의 시·공간 분포는 차이가 나타난다(Kang et al., 2008). 또한, 어군의 분포는 인공어초 환경 정보인 인공어초 시설된 수심, 저질뿐만 아니라 인공어초의 설치년도, 종류, 공용적, 재질에 따라서도 차이를 나타낸다(Kang et al., 2011a; 2011b; 2011c). 따라서, 인공어초와 어군과의 상호 관련성을 면밀하게 파악하기 위해서는 회유성 어군과 정착성 어군의 공간적 분포와 위에서 언급한 인공어초 환경 정보와의 관계에 관한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

음향 자료인 에코그램에서 나타난 어군의 형태학, 음향 강도학, 위치학적 특징을 이용하여 어종을 추정할 수 있을 것이라고 보고하였다(Petitgas and Levenez, 1996; Kang et al., 2011a; 2011b; 2011c). Lee (2013)는 에코그램에 나타난 어군의 특징과 주변의 조업 자료를 통하여 어군의 종류 및 체장을 파악하였다. 본 연구에서 7월과 8월 에코그램에 나타난 어군의 형태학, 음향 강도학적 특징이 차이를 보였고, 정치망에서 어획되어 위판된 위판 자료를 분석한 결과 7월과 8월에 어획된 어종 및 우점한 어종이 차이가 나타났다. Lu and Lee (1995), Petitgas and

Fig. 7. The ratio of auctioned fish caught at the set net from July 2 - 17 (a) and from August 20 to September 4 (b).

Fig. 8. Frequency in appearance of the species *Nemopilema nomurai* (*N. nomurai*) in Korea in 2013 by National Fisheries Research Development Institute (NFRDI, 2013a).

Levenez (1996), Fujino et al. (2010)의 연구에서는 어군의 종류에 따라 에코그램의 특징이 다르게 나타난다고 하였다. 본 연구에서는 음향 조사와 함께 직접적인 네트 샘플링 조사가 아닌 간접적 자료를 이용하였기 때문에 에코그램으로 명확한 어종별

어군의 특징을 판단하기에는 다소 무리가 따르지만, 7월과 8월에 나타난 어군의 에코그램 특징과 어종이 다르게 나타나 어군의 종류에 따라서 에코그램의 특징이 다를 것으로 판단된다. 일본에서는 음향 조사와 함께 직접적인 네트 샘플링을 통하여 어군의 종류별로 에코그램의 특징을 데이터 베이스화하는 작업이 활발하게 이루어지고 있다(Fujino et al., 2010). 하지만, 우리나라에서는 아직까지 어군의 종류별 에코그램의 특성을 파악하는 연구는 많이 진행되지 않고 있다. 지속적인 연구를 통하여 어종마다의 어군의 에코그램의 특성에 관한 기초 자료가 수집된다면 직접적인 샘플링 없이도 음향학적 방법만으로 어종 및 생태학적 특성까지 파악 할 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 한국수산자원관리공단(음향조사법을 이용한 수산 자원 현존량 추정 -동, 서, 남해, 제주-)의 지원에 의해 수행되었으며, 연구에 필요한 자료를 제공해 주신 정치망 어업의 선주님들과 여수정치망수협 직원분들께 깊은 감사를 드립니다.

References

- Cho KD, Kim JC and Choe YK. 1989. Studies on the fishery biology of pomfrets, *Pampus* spp. in the Korean waters 5. distribution and fishing condition. Bull Korean Fish Soc 22, 294-305.
- 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. <http://dx.doi.org/10.1006/jmsc.2001.1173>.
- Fujino T, Kawabata A and Kidokoro H. 2010. Echograms of aquatic organism observed by a quantitative echosounder around JAPAN. Japan Sea Fisheries Research Institute, 3-138.
- Haralabous J and Georgakarakos S. 1996. Artificial neural networks as a tool for species identification of fish schools. ICES J Mar Sci 53, 173-180. <http://dx.doi.org/10.1006/jmsc.1996.0019>.
- 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.
- Jeong SB, Hwang DJ, Shin HH, Oh TY and Kim HS. 2010. Abstract, 2010 Spring Meeting of the Korean Society of Fisheries Technology, 223-226.
- 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.
- 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. <http://dx.doi.org/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. <http://dx.doi.org/10.1080/00288330.2011.624525>.
- Kim DS and Rho HK. 1995. Environmental factors and catch fluctuation of set net grounds in the coastal waters of Yeosu 3. the quantity of phytoplankton and catch fluctuation. *Bull Korean Soc Fish Tech* 31, 15-23.
- Kim DS and Rho HK. 1996. Environmental factors and catch fluctuation of set net grounds in the coastal waters of Yeosu 4. water temperature and salinity and fluctuation of catch. *Bull Korean Soc Fish Tech* 32, 125-131.
- Kim DS, Lee CC, Kim DA and Park YS. 1989. The characteristics of a fishing ground at Yeosu Bay -pound net fishing ground -. *Bull Korean Fish Tech Soc* 25, 44-53.
- Kim DS. 1993. Environmental factors and catch fluctuation of set net grounds in the coastal waters of Yeosu. *Bull Korean Soc Fish Tech* 29, 94-108.
- 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.
- Kim HY, Song SH, Lee SK, Kim JB, Yoo JT and Jang DS. 2013. Dominant causes on the catch fluctuation of a set net fishery in the mid-south sea of Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 49, 250-260.
- 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 Yeosu, Korea. *J Kor Fish Soc* 36, 120-128.
- Kim YS, Choi JH, Kim JN, Oh TY, Choi 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Lee JW and Kang YS. 1994. Variations of fish community and fish density on artificial reefs. *Bull Korean Fish Soc* 27, 535-548.
- Lu HJ and Lee KT. 1995. Species identification of fish shoals from echograms by an echo-signal image processing system. *Fish Res* 24, 99-111. [http://dx.doi.org/10.1016/0165-7836\(94\)00368-7](http://dx.doi.org/10.1016/0165-7836(94)00368-7).
- NFRDI. 2005. Report of ecology and fishing ground of major fishery resource in Korean waters. NFRDI Report, 112-200.
- NFRDI. 2013a. Weekly report of jellyfish appearance. Retrieved from <http://www.nfrdi.re.kr/bbs?id=jellynews> on December 12.
- NFRDI. 2013b. Red tide information. Retrieved from http://portal.nfrdi.re.kr/redtide/mapattr/outiddrtf001.jsp?srcode=2013072301&_type=flash on July 23.
- 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.
- Petitgas P and Leveze JJ. 1996. Spatial organization of pelagic fish: echogram structure, spatio-temporal condition, and biomass in Senegalese waters. *ICES J Mar Sci* 53, 147-153. <http://dx.doi.org/10.1006/jmsc.1996.0015>.
- Reid D, Scalabrin C, Petitgas P, Masse J, Aukland R, Carrera P and Georgakarakos S. 2000. Standard protocols for the analysis of school based data from echo sounder surveys. *Fish Res* 47, 125-136. [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00164-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00164-8).
- 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.
- Yoon WD, Yang JY, Shim MB and Kang HK. 2008. Physical processes influencing the occurrence of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa: Rhizostomeae) around Jeju Island, Korea. *J Plankton Res* 30, 251-260. <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/fbm102>.