

제주바다목장해역에서 수중음향과 어획데이터를 활용한 저층 어류의 현존량 추정

이재봉 · 오택윤 · 연인자 · 김병엽¹ · 신현옥² · 황보규² · 이경훈³ · 이유원^{4*}
국립수산과학원 자원연구과, ¹한국수산자원관리공단 제주지사 생태환경실,
²부경대학교 해양생산관리학부, ³국립수산과학원 시스템공학과,
⁴한국해양수산연수원 운항교육팀

Estimation of demersal fish biomass using hydroacoustic and catch data in the marine ranching area (MRA) of Jeju

Jae Bong LEE, Taeg-Yun OH, Inja YEON, Byung-Yeob KIM¹, Hyeon-Ok SHIN²,
Bo-Kyu HWANG², Kyung-Hoon LEE³ and Yoo-Won LEE^{4*}

*Fisheries Resources Management Division, National Fisheries Research & Development Institute,
Busan 619-705, Korea*

¹Ecology and Environment Division, Korea Fisheries Resource Agency, Jeju 695-929, Korea

²Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

*³Fisheries System Engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute,
Busan 619-705, Korea*

*⁴Ship Operating Education Team, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology,
Busan 606-773, Korea*

Hybrid surveys using hydroacoustic and fish sampling gears such as trammel net, trap were conducted to investigate total biomass, distribution and dominant fish species of the demersal fishes in the marine ranching area (MRA) of Jeju. Four surveys were carried out in June, August, October and November using 38kHz quantitative echo sounder. Catch data using trammel net and trap were used to calculate biomass and to examine dominant fish species. Fish schools were mainly detected in the waters of 20 meters below and around Chagwido waters. By the result of fishing experiments, fish species living in MRA of Jeju were about 40 species, dominant fish species of a detectable fish such as Family Sparidae and Family Monacanthidae etc. were identified 59.4~68.8% of total biomass. Based on the hydroacoustic data, fish length-weight function and target strength information, mean density of the demersal fish estimated were as

*Corresponding author: yoowons@seaman.or.kr, Tel: 82-51-620-5815, Fax: 82-51-620-5853

follows; 0.88g/m² on June, 1.12g/m² on August, 1.35g/m² on October and 1.18g/m² on November. An estimated average biomass in MRA of Jeju was founded 20.5 tons in 2007, 20.6 tons in 2008, 23.0 tons in 2009, 25.9 tons in 2010. The results showed that biomass of MRA is getting increased slowly. Therefore the hybrid survey method using hydroacoustic and fish sampling gears is assured an effective biomass survey in the waters of mixed species.

Keywords: Hydroacoustic survey, Fish sampling gear, Demersal fish biomass, Marine ranching area, Biomass estimation

서 론

바다목장화 사업은 어업생산구조를 잡는 어업에서 기르는 어업으로 전환하기 위하여 전국 연안 5개소에 시범 바다목장을 조성하고, 중·장기적으로는 전 연안을 바다목장화 하기 위하여 추진 중에 있다. 1998년 경남 통영시 산양면 해역에 어업형 바다목장을 시작으로, 2001년 전남 여수 금오도해역에 다도해형 바다목장, 2010년부터 동해 울진해역에 관광형 바다목장, 서해 태안해역에 갯벌형 바다목장, 제주도 차귀도해역에 체험형 바다목장으로 각 해역의 환경을 고려한 바다목장을 조성하고 있다 (MOMAF, 2004; NFRDI, 2011).

바다목장 해역을 포함하여 우리나라 연근해 수산자원의 조사에 있어 어업대상 어종의 현존량을 파악하기 위한 직접적인 조사법은 서식종의 다양성으로 인하여 대부분 트롤, 자망 등의 어구를 이용한 어획조사에 크게 의존하고 있는 실정이다. 그러나 어구를 이용한 직접적인 조사법은 수산자원의 종 조성을 명확하게 규명할 수 있다는 장점은 가지고 있으나, 조사에 소요되는 시간이 많아 조사정점을 많이 설정할 수 없는 제약 때문에 조사하고자 하는 해역 전체에 대한 수산자원의 분포특성을 보다 정량적으로 추정하는 데에는 그 한계를 나타내고 있다 (Kim, 1991). 이와 같은 문제점을 극복하기 위한 방법의 하나로 최근 수중음향을 이용하는 방법이 대두되고 있다 (Simmonds and MacLennan, 2005).

수중음향을 이용한 수산생물 조사는 북해에

서 청어 및 빙어자원량 조사, 북태평양에서 명태 자원량 조사, 칠레에서 정어리 및 멸치자원량 조사 등 표·중층어를 대상으로 정도 높은 수산자원의 분포 및 자원량 조사에 광범위하게 사용되고 있다 (Honkalehto et al., 2011; Robotham and Castillo, 2009; Røttingen and Tjelmeland, 2003). 한편, 우리나라에서도 90년대부터 주로 남, 서해를 중심으로 수중음향을 이용하여 자원의 분포 등에 대한 정성적인 조사는 다수 이루어졌으나 (Choi et al., 2001; Hwang et al., 1999; Hwang et al., 2002; Kang et al., 1996; Lee, 2002; Kee et al., 1998; Lee and Lee, 1996; Yoon et al., 1993), 여러 종이 혼재되어 있고 더욱이 저층 어류가 다수 포함된 우리나라 주변해역에서 수중음향을 이용하여 정량적인 자원량을 구하는 것은 거의 불가능하다고 인식되어 왔다. 그러나 Kang et al. (2008)에 의한 제주 바다목장 해역에서 수중음향을 이용한 저층어군의 시·공간 분포 및 현존량에 대한 연구로 우리나라 주변해역에서도 수중음향을 이용한 현존량 평가의 가능성이 제시하였다. 그런데 제시된 연구에서는 해저부근, 즉 데드존 (dead zone)에 서식하는 저층 어류에 대한 언급이 전혀 이루어지지 않아 수중음향을 이용하여 모든 어종에 대한 현존량 평가가 가능한 것처럼 인식될 우려가 있다.

본 연구에서는 Kang et al. (2008)과 동일 해역인 제주바다목장에서 저층 어류의 시기별 분포 특성 및 삼중자망 및 통발에 의한 어획자료를 이용하여 수중음향으로 탐지 가능한 어종과 그렇지

얇은 어종을 구분하여 저층 부근에 서식하는 어종에 대한 시기별 전체 현존량을 평가하고 고찰하였다.

장치 및 방법

음향조사는 2010년 6월 17일, 8월 2일, 10월 16일, 11월 18일, 4회 실시하였는데 조사가 이루어진 제주 바다목장해역은 Fig. 1과 같이 제주도 서쪽 연안의 신창, 용수, 수월봉에 이르는 약 9.3km로 조사 정선 (survey line)은 2007~2009년에 사용하였던 동서방향으로 수심 5~80m까지 평행 정선을 사용하였다. 바다목장해역 내의 정선수는 동서방향으로 11개로 조사 정선의 거리는 각각 약 1.4~2.0n.mile이었다.

바다목장해역 조사에 사용된 계량어군탐지기 (quantitative echosounder)는 수중에 설치되는 트랜듀서, 제어부, 표시부로 구성된 통합시스템을 사용하였다. 조사에 사용된 트랜듀서는 어류 조사시에 일반적으로 사용하는 38kHz와 120kHz 스프리트 빔 트랜듀서 (EK60, Simrad Co.)를 Fig. 2와 같이 우현 중앙부 수면으로부터 약 1.0m아

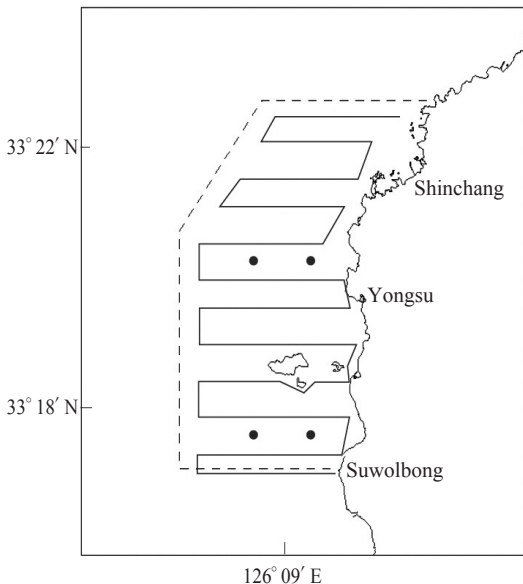


Fig. 1. Acoustic transect lines for hydroacoustic survey in MRA of Jeju (● indicate fish sampling points).

래에 설치하여 5.0~6.5knots로 선속을 조절하면서 조사하였다.

음향 자료 수신을 위한 펄스 주기는 3 ping/sec로 설정하고, 트랜듀서의 위치정보는 DGPS (differential global positioning system GP-36, Furuno Co.)를 사용하였다. 음향조사에 사용한 펄스 길이 (pulse length)는 수직 분해능을 고려하여 0.3ms로 설정하여, 거리 분해능은 22.5cm이었다.

바다목장해역에서 어군 분포의 시·공간 분포 특성은 계량어군탐지기의 38kHz로부터 출력되는 체적산란강도 (volume scattering strength, Sv) 자료를 이용하여 분석하였다. Sv 자료는 비선형 형태로 인한 이해의 어려움 때문에 선형 개념인 면적으로 표시되는 면적산란계수 (nautical area scattering coefficient, NASC, $m^2/n.mile^3$)로 변환하여 사용하였다.

본 조사의 목적인 해저면 부근의 어군의 분포를 파악하기 위하여, 모든 음향 자료에서 잡음을 제거하고, Fig. 3과 같이 에코그램에서 해저면과 해저면 위 5m까지의 음향 자료를 추출하여 분석에 이용하였다. 분리된 저층 에코그램에서 0.1n.mile의 EDSU (elementary distance sampling unit)간격으로 추출된 NASC 값을 이용하여 어군의 시·공간

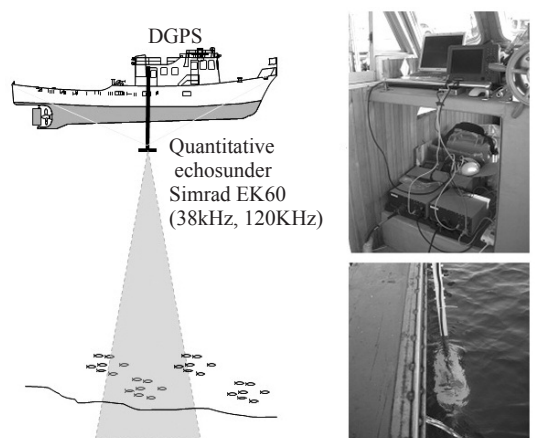


Fig. 2. Schematic configuration of hydroacoustic system in MRA of Jeju .

분포 특성에 파악하는데 활용하였다.

현장에서 얻어지는 음향자료는 음향 빔 내에서 탐지되는 개개 어종에 대한 음향반사강도 함수 ($TS=20\log_{10}L(\text{fish length, cm})+TS_{cm}$)를 이용하여 분포밀도로 변환할 수 있다. (Simmonds and MacLennan, 2005). 그러나 조사 해역에 존재하는 다양한 어종에 대한 TS_{cm} 값을 적용하는 것은 현실적으로 불가능하고, 각 어종에 대한 자원량 추정이 아닌 저층부근에 존재하는 어류의 총량을 추정하고자 하였기 때문에 38kHz 스프리트 빔 트랜듀서의 부레가 있는 경골어류에 대한 TS_{cm} 범위는 $-66\sim-69\text{dB}$ 임으로 본 연구에서는 TS_{cm}

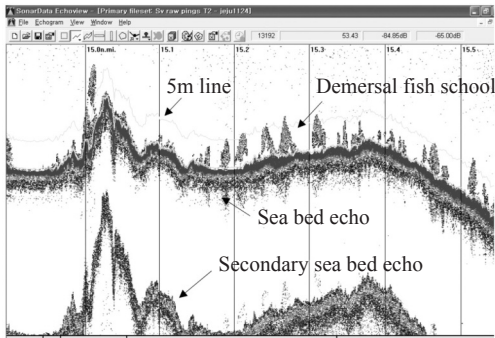


Fig. 3. The example of acoustic echogram for extracting acoustic signal of demersal fishes.

값으로 -68dB 를 사용하여 Kang et al. (2008)과 동일한 방법으로 저층부근의 현존량을 계산하였다 (Furusawa et al., 1988; Simmonds and MacLennan, 2005).

한편, 바다목장해역 내에서 수중음향으로 탐지된 어류의 종조성을 파악하기 위하여 수중음향 조사일을 전후하여 실시한 국립수산물과학원 아열대수산연구센터에서 실시한 어획실험 자료를 활용하였는데, 사용한 어구는 폭 70m, 망고 2m인 삼중자망 (내망 Knot NY Td 210 6합사 망목 65mm, 외망 Knot NY Td210 15합사 망목 360mm) 10폭을 투승하여 1일 후 양망하였고, $\phi 32\text{cm}$ 길이 60cm의 스프링 통발을 각 조사지역에 20개씩 일정한 간격으로 투승하여 3일 후 양승하여 어종별 채장 및 체중을 조사를 조사하였다. 종조성 분석에서 10미 이하의 어종은 기타로 분류하였다.

결과 및 고찰

저층 어류의 지리적 공간분포 특성

수집한 수중음향 자료로부터 음향주파수 38kHz를 이용하여 해저로부터 5m까지의 저층 어류의 공간분포 특성을 분석한 결과는 Fig. 5와 같다. 모든 조사에서 어군은 주로 연안쪽 20m 이천의 얕은 수심과 차귀도 주변지역에서 상대적으로 어

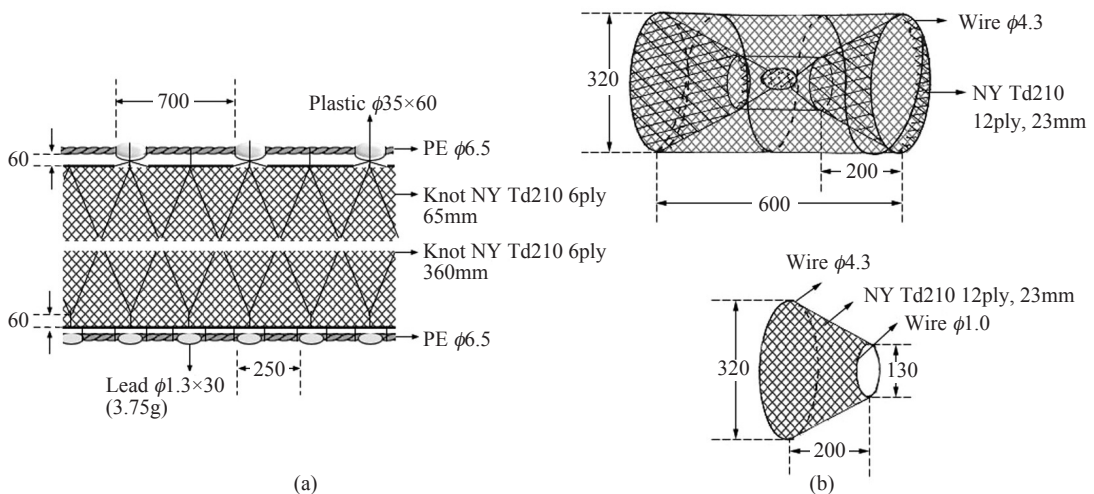


Fig. 4. Schematic diagram of experimental trammel net (a) and trap (b).

군신호가 높게 탐지되었는데, $50\text{m}^2/\text{n.mile}^2$ 이하의 낮은 값이 73.8%이었고, $500\text{m}^2/\text{n.mile}^2$ 이상의 고밀도 어군이 약 7.7% 정도를 차지하였다.

6월과 8월 어군의 공간분포는 비교적 유사한 특성을 나타내었다. 신창-용수간의 약 10m 이천의 얕은 수심에서 강한 어군신호가 탐지되었으며, 수심이 깊어짐에 따라 어군 신호 반응이 나타나지 않았다. $50\text{m}^2/\text{n.mile}^2$ 이하가 각각

73.8% 이었고, $500\text{m}^2/\text{n.mile}^2$ 의 높은 음향신호가 11.7%를 차지하여, 6월 조사보다는 다소 높게 나타났다. 10월의 어군의 공간분포는 신창→용수→수월봉에 이르는 조사 정선 전체에 대하여, 수심 10m 이천의 아주 얕은 수심에서 강한 어군신호가 지속적으로 탐지되었으며, 차귀도 북동쪽과 남서쪽 주변에서 어군신호의 반응이 강하게 나타났다. 10월의 어군의 분포의 특징은 $50\text{m}^2/\text{n.mile}^2$

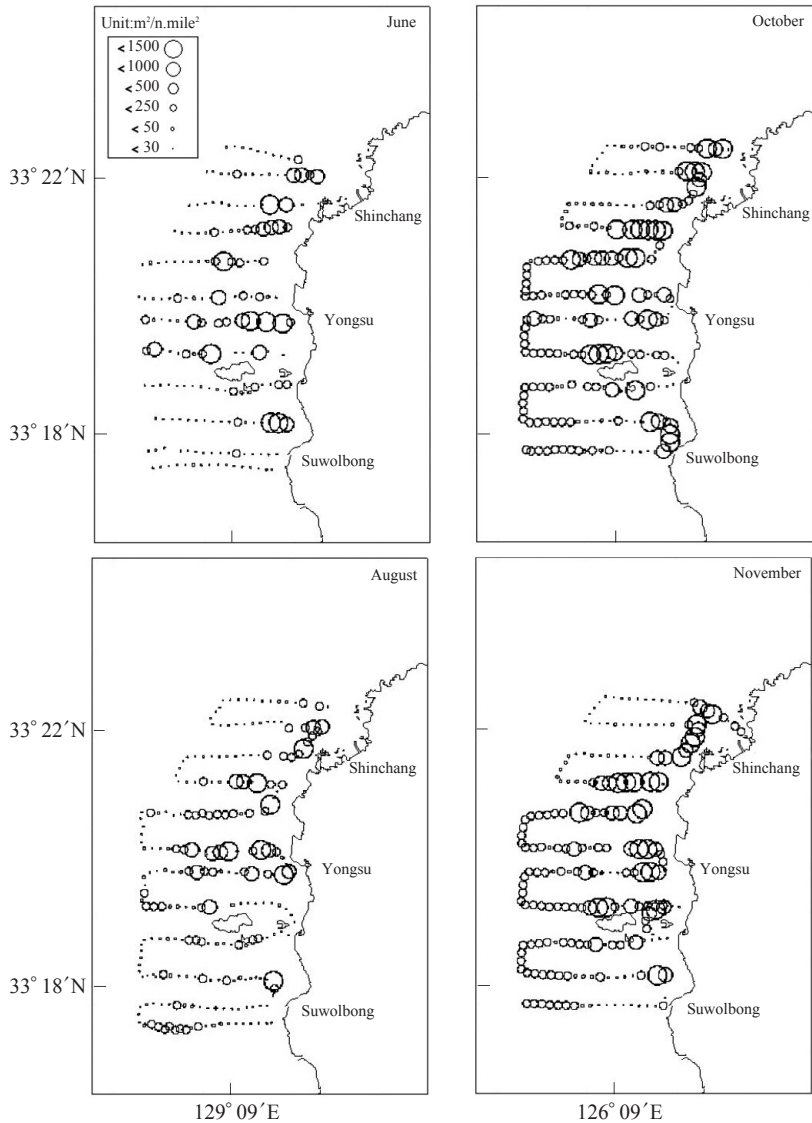


Fig. 5. Spatial distribution of demersal fish using hydroacoustic survey in MRA of Jeju.

이하가 39.0%로 약한 음향신호를 나타낸 지역이 6월과 8월에 비해 적었고, 500m²/n.mile² 이상의 강한 신호를 나타낸 지역은 14.4%로 증가하였다. 어군이 출현하는 아주 얇은 수심과 차귀도 주변해역에서는 고밀도 어군이 집중적으로 나타났다. 또한 조사해역의 위쪽으로부터 약 1/3 해역부터는 수심 20m 이심의 깊은 해역에서도 어군신호가 포착되었으며, 수월봉에 이르기까지 지속적으로 신호가 탐지되었다.

11월의 어군의 공간분포는 10월과 유사한 특성을 보였다. 신창에서 출발하여 아래쪽으로 조사해역 약 1/3 해역에 이르기까지는 깊은 수심쪽에는 어군신호가 약하였고, 수심 약 10m 이천의

얇은 해역에서만 강한 어군신호가 탐지되었다. 그러나, 그 이후부터는 수심이 깊은 해역에서도 어군신호가 지속적으로 탐지되었으며, 차귀도 부근에서는 9월보다 더 높은 음향신호가 탐지되었는데, 50m²/n.mile² 이하가 40.1%, 500m²/n.mile² 의 강한 음향신호가 15.7%를 나타내었다. 전체적으로 6월과 8월 조사 시는 어군이 주로 20m 이천의 얇은 수심에서 분포하였으나, 10월과 11월 조사에서는 조사해역 중·하부해역에서 어군신호가 지속적으로 탐지되었고, 6월 10월 조사에 비해, 더 높은 어군신호가 지속적으로 탐지되었다.

어획물 조성

Table 1. Weight ratio with season and dominant fish species by the catch data

Scientific name	June		August		October		November	
	Abundance (g)	%	Abundance (g)	%	Abundance (g)	%	Abundance (g)	%
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	6231.9	5.94	10349	5.67	3907.4	3.75	3334.2	3.53
<i>Navodon modestus</i>	3968.5	3.78					3552.4	3.69
<i>Goniistius zonatus</i>	7127.9	6.80	15348	8.41	11311.3	10.86	5651.8	5.87
<i>Choerodon azurio</i>	17670.8	16.85	21028.7	11.52	10640.43	10.22	17583.5	18.26
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	1463.1	1.40	3743.8	2.05	4375.5	4.20	2344.9	2.44
<i>Microcanthus strigatus</i>			1171.2	0.64	2380.8	2.29		
<i>Ostracion immaulatus</i>			6936.4	3.80	1328	1.27		
<i>Diodon holocanthus</i>			6766.2	3.71	7631.4	7.33	5872.8	6.10
<i>Sebastes inermis</i>	4545.2	4.33	5575.93	3.05	2598.8	2.49	3132.2	3.25
<i>Sebastes pachycephalus pachycephalus</i>	1464	1.40						
<i>Halichoeres tenuispinnis</i>					171.6	0.16	145	0.15
<i>Pseudolabrus japonicus</i>	4411.33	4.21	2224.3	1.22	2661.1	2.55	2045.5	2.12
<i>Pteragogus flagellifera</i>	906	0.86	529.4	0.29	553.6	0.53	1050.5	1.09
<i>Pseudolabrus eoethinus</i>	464.3	0.44					412.4	0.43
<i>Pempheris japonica</i>			1674.8	0.92				
<i>Cociella crocodila</i>			7991.6	4.38				
<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i>	3056.7	2.92	4201.3	2.30				
<i>Engraulis japonica</i>	334.3	0.32						
etc	10610	10.12	25038.8	13.72	23945.9	22.99	21033.2	21.84
Sub total	62254.03	59.37	112579.43	61.67	71505.83	68.65	66158.4	68.77
<i>Sebastes marmoratus</i>	10985.9	10.48	11884	6.51	5055.3	4.85	4687	4.87
<i>Plotosus lineatus</i>			1609.2	0.88	3334.3	3.20	2000.6	2.08
<i>Octopus vulgaris</i>	5990.2	5.71	6444.8	3.53	1843.3	1.77	2406.7	2.50
<i>Urolophus aurantiacus</i>	6411.6	6.11	21161.5	11.59	9463.8	9.09		
<i>Batillus cornutus</i>	6212.3	5.92	4416.6	2.42	3155.5	3.03	4352	4.52
<i>Kelletia lischkei</i>	4714.6	4.50	1901.4	1.04	1577.4	1.51	2335.1	2.43
<i>Hemifujii ternatanus</i>					639.9	0.61	152.5	0.16
<i>Pagurus japonicus</i>	680	0.65	823.7	0.45	258.1	0.25	504.7	0.52
<i>Pagurus ochotensis</i>			149	0.08				
<i>Thalmitasima</i>	715.2	0.68	1069.9	0.59	797.4	0.77	494.4	0.51
<i>Charybdis acuta</i>	3747.8	3.57	2984.2	1.63	3761.33	3.61	3756.1	3.90
etc	3146.6	3.00	17531.7	9.60	2768.3	2.66	9378.3	9.74
Sub total	42604.20	40.63	69976.00	38.33	32654.63	31.35	30067.4	31.23

2010년 시기별 수중음향 조사와 어획 자료를 이용하여 시기별 주요 우점 어종의 현존량을 전체 면적에 대하여 계산하였다. 제주바다목장해역에 서식하는 어류의 종은 약 40여종에 이르고, 어획 시험에서도 많은 어종이 어획되었다. 저층 우점 어종은 Table 1과 같이 먼저 수중 음향으로 탐지 가능한 어종과 그렇지 않은 어종을 구분하였다. Table 1에 나타난 바와 같이 돔류 (Family Sparidae), 쥐치류 (Family Monacanthidae) 등 우점 어류를 비롯하여 수중음향으로 탐지 가능한 어종은 59.4~68.8%로 나타났다.

저층어 현존량 추정

어류의 TS와 체장 관계식, 어획된 주요 우점 어류의 체장-체중 함수, 체장분포를 이용한 음향변환계수와 음향주파수 38kHz의 수중음향 자료를 분석하여 얻은 NASC 값으로부터 해저면으로부터 해저면 위 5m까지에 대해 계절별 어류 밀도를 계산한 후, 조사 면적 (2,291ha)을 이용하

여 제주바다목장해역에 존재하는 저층 부근 어류의 현존량을 추정된 결과는 Table 2와 같다.

평균 어군 밀도는 6월 0.88g/m², 8월 1.12g/m², 10월 1.35g/m², 11월 1.18g/m²으로 6월, 8월, 10월 까지 서서히 높아졌으나, 11월에 다소 감소하는 특성을 나타내었다. 시기적으로는 10월이 가장 높았고, 시기별 조사의 편차는 크지 않았다. 이러한 평균 밀도로부터 조사 월별 저층 어류의 현존량은 6월이 20.05톤 (CV 32.9%), 8월이 25.74톤 (CV 19.6%), 10월이 30.91 (16.3%), 11월이 27.02톤 (CV 16.7%)으로 현존량이 가장 많은 10월 조사와 가장 적은 6월 조사 사이의 현존량은 약 1.54배의 차이를 나타내었다.

과거 동일 해역에서 수중음향을 이용한 저층 어류의 현존량 추정치와 비교한 결과는 Fig. 6과 같다. 연도별로 조사 시기는 다소 차이가 있으나, 2007년부터 2009년까지는 여름 또는 가을철 조사에서 현존량이 낮게 나타나 계절에 따른 편차가 컸으나, 2010년에는 계절에 따른 편차가 보

Table 2. Total biomass of demersal fish estimated by hydroacoustic survey in MRA of Jeju

Transect	June		August		October		November	
	n _i ¹⁾	NASC ²⁾	n _i ¹⁾	NASC ²⁾	n _i ¹⁾	NASC ²⁾	n _i ¹⁾	NASC ²⁾
Transect 1	10	8.9	13	28.6	17	151.1	14	92.4
Transect 2	15	95.0	15	302.6	15	175.2	15	236
Transect 3	15	59.7	14	128.8	16	86.3	15	199.6
Transect 4	15	114.1	15	206.8	14	413.2	14	474
Transect 5	16	108.8	17	139.3	17	346.9	15	425.4
Transect 6	18	142.1	19	217.8	17	330.1	17	388.4
Transect 7	19	467.1	18	345.8	18	150.5	18	171.1
Transect 8	18	430.4	18	215.3	19	180.6	20	162.6
Transect 9	19	38.3	20	44.5	20	346.6	19	202.3
Transect 10	17	115.6	21	46.6	19	133.1	18	171.2
Transect 11	16	9.4	18	133.3	20	78.7	18	67
Transect 12	16	9.9	20	44.2				
$\sum n_i$		178		208		192		183
Weighted mean NASC		15.67		14.75		21.38		22.90
Conversion factor		0.28		0.76		0.32		0.23
$\bar{\rho}$ (g/m ²) ³⁾		0.88		1.12		1.35		1.18
Survey area (ha)		2291		2291		2291		2291
Biomass (ton)		20.05		25.74		30.91		27.02
Coefficient of variation (%)		32.9		19.6		16.3		16.7

¹⁾ number of 0.1 n.mile averaging intervals on the i_{th} transect

²⁾ mean backscattering area per 0.1 n.mile²

³⁾ mean biomass

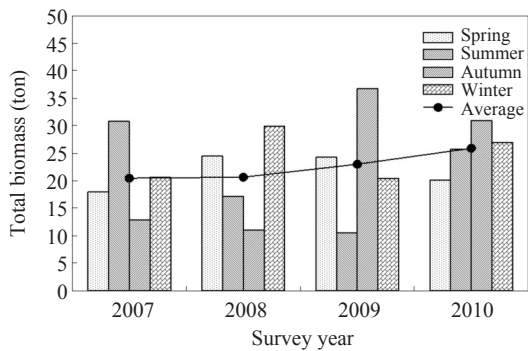


Fig. 6. Comparison seasonal variations of demersal fish biomass from 2007 to 2010.

이지 않았다. 그리고 년 4회 실시한 저층어류의 현존량 추정치를 평균하여 비교해 보면, 2007년 20.5톤, 2008년 20.6톤, 2009년 23.0톤, 2010년에는 25.9톤으로 소폭 상승하고 있는 결과를 나타내어 제주바다목장해역의 자원이 조금씩 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 수중음향과 어구를 사용한 직접 조사의 장점을 활용한 것으로서, 향후 우점종에 대한 지속적인 음향 특성이 보완된다면 보다 정도 높은 현존량 추정이 가능할 것으로 판단된다.

결 론

본 연구는 제주바다목장에서 계량어군탐지기와 시험어구인 삼중자망 및 통발을 상호보완적으로 활용하여 바다목장해역 저층에 서식하는 어류의 종조성 및 시기별 현존량을 평가, 고찰하였다. 계량어군탐지기에 의한 시기별 조사에서 어군은 주로 연안쪽 20m 이천의 얕은 수심과 차귀도 주변지역에서 상대적으로 높은 어군신호가 탐지되었는데, 50m²/n.mile² 이하의 낮은 값이 73.8%이었고, 500m²/n.mile² 이상의 고밀도 어군신호가 약 7.7% 정도를 차지하였다. 시험어구에 의한 어획시험 결과, 바다목장해역에 서식하는 어류의 종은 약 40여종에 이르고, 돔류 (Family Sparidae), 쥐치류 (Family Monacanthidae) 등 우점 어류를 비롯하여 음향으로 탐지 가능한 어종

은 59.4-68.8%로 나타났다. 한편, 해저면으로부터 해저면 위 5m까지에 분포하는 어류 밀도를 계산한 결과, 평균 어군 밀도는 6월 0.88g/m², 8월 1.12g/m², 10월 1.35g/m², 11월 1.18g/m²으로 6월, 8월, 10월까지 서서히 높아졌으나, 11월에 다소 감소하는 특성을 나타내었다. 동일 해역이라 하더라도 시기별 변동은 있을 수 있겠으나, 현존량 추정치를 평균하여 비교한 결과, 2007년 20.5톤, 2008년 20.6톤, 2009년 23.0톤, 2010년에는 25.9톤으로 소폭 상승하고 있는 결과를 나타내어 제주바다목장해역의 자원이 조금씩 증가되는 것을 확인할 수 있었다. 우리나라와 같이 여러 종이 혼재된 해역에서 현존량 변동을 파악하기 위해서는 수중음향기법과 어구를 활용한 직접 조사의 장점을 상호보완적으로 활용하여 장기적인 계획을 가지고 지속적이고 반복적인 조사가 유효할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 연근해 어업자원 평가 및 관리 연구 (RP-2012-FR-016)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Choi, S.K., J.Y. Kim, S.S. Kim, Y.M. Choi and K.H. Choi, 2001. Biomass estimation of anchovy (*Engraulis japonicus*) by acoustic and trawl surveys during spring season in the southern Korea waters. J. Kor. Soc. Fish. Res., 4 (1), 20 – 29.
- Furusawa, M., H. Susuki, Y. Miyanoohana, 1988. A multipurpose quantitative echo sounding system. J. Mar. Acoust. Soc. Jp., 16 (2), 82 – 93.
- Honkalehto, T., P.H. Ressler, R.H. Towler and C.D. Wilson, 2011. Using acoustic data from fishing vessels to estimate walleye pollack (*Theragra chalcogramma*) abundance in the eastern Bering Sea. Can. J. Fish. Aqua. Sci., 68 (7), 1231 – 1242.
- Hwang, D.J., H.H. Shin and D.S. Kim, 1999. Distribution of fish by echo sounder and environment of

- oceanography in southern sea of Korea. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 35 (2), 170 – 177.
- 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. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 38 (2), 140 – 148.
- Kang, D.H., Y.J. Im, C.W. Lee, J.T. Yoo and J.G. Myoung, 2008. Hydroacoustic survey of spatio-temporal distribution of demersal fish aggregation near the west coast of Jeju island, Kore. Ocean and Polar Res., 30 (2), 181 – 191.
- Kang, M.H., G.D. Yoon, Y.M. Choi and J.K. Kim, 1996. Hydroacoustic investigations on the distribution characteristics of the anchovy at the south region of East Sea. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 32 (1), 16 – 23.
- Kim, S.A., 1991. Evaluation of fisheries resource by marine survey. Woo-Sung Pub. Ltd., Seoul. pp. 123 – 136.
- Lee, D.J., 2002. Distribution characteristics of fish schools in the Yellow Sea and the East China Sea in the spring of 1997. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 38 (3), 241 – 248.
- Lee, D.J., J.K. Kim and H.H. Shin, 1998. Investigations of the potential fisheries resources in the southern waters of Korea. -Hydroacoustic investigation of abundance and distribution of fish-. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 34 (3), 259 – 273.
- Lee, D.J. and W.W. Lee, 1996. Hydroacoustic investigation of demersal fisheries resources in the southeastern area of the Cheju island, Korea, -acoustical estimation of fish density and distribution-. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 32 (3), 266 – 272.
- MOMAF, 2004. Feasibility studies on the marine ranching program of East, West and Jeju coastal areas in Korea. Ministry of Ministry of Maritime Affairs & Fisheries. pp. 1 – 3.
- NFRDI, 2011. Marine ranching information system. Retrieved from <http://www.fira.or.kr/mariner/> on September 26.
- Robotham, H. and J. Castillo, 2009. Selecting the number of transects in multispecies acoustic surveys in northern Chile using a surface occupation index. Aquat. Living Resour., 22 (3), 265 – 272.
- Røttingen, I. and S. Tjelmeland, 2003. Evaluation of the absolute levels of acoustic estimates of the 1983 years class of Norwegian spring-spawning herring. ICES J. Mar. Sci., 60 (3), 480 – 485.
- Simmonds, E.J. and D.N. MacLennan, 2005. Fisheries acoustics, 2nd ed. Balckwell Sci. Ltd., Oxford. pp. 437.
- 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. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 29 (3), 183 – 190.
-
- 2012년 5월 2일 접수
2012년 5월 24일 1차 수정
2012년 5월 25일 수리