

음향 기법을 이용한 동계 독도 주변해역 매오징어(*Watasenia scintillans*) 및 기타어군의 분포 및 현존량 산정

이형빈* · 윤상철¹ · 임양재² · 김정년² · 김맹진 · 최광호

국립수산과학원 서해수산연구소, ¹국립수산과학원 독도연구센터, ²국립수산과학원 수산자원조사센터

Distribution and Biomass Using Acoustic Method of the Squid *Watasenia scintillans* Near Dok-do, East Sea of Korea

Hyungbeen Lee*, Sang Chul Yoon¹, Yang Jae Lim², Jung Nyun Kim², Maeng Jin Kim and Kwang Ho Choi

Fisheries Resources and Environment Division, West Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Incheon 22383, Korea

¹Dokdo Fisheries Research Center, National Institute of Fisheries Science, Pohang 37709, Korea

²Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Korea

The spatial distribution and abundance of fish species was estimate near Dok-do, East Sea of Korea by conducting midwater trawl survey with hydroacoustic method. Acoustic and midwater trawl data were collected onboard the R/V *Tamgu 21* during 7-8 March 2016. Acoustic data were collected at the frequencies of 38 and 120 kHz and converted to nautical area scattering strength ($m^2/nmile^2$). Species are distributed mainly over an extent of 30-55 m, generally around southwest of Dok-do; the squid *Watasenia scintillans* was the dominant species found. The length-weight function and target strength of squid and other fishes were used to estimate the *W. scintillans* stock at 2499.1 tons and other fish at 43.8 tons during the winter season. The hydroacoustic method offers an approach for the determination of the biomass and vertical and spatial distributions of species aggregating near Dok-do, East Sea of Korea.

Key words: *Watasenia scintillans*, Hydroacoustic survey, Mid-water trawl survey, Dok-do, Stock assessment

서 론

독도는 우리나라의 가장 동쪽에 위치한 섬으로, 울릉도를 포함한 독도 인근해역은 대마난류와 북한한류가 만나는 극전선(polar front)이 형성되어 영양염 유입을 통한 식물플랑크톤 생산력 증가와 이로 인한 높은 밀도의 동물플랑크톤이 존재한다(MOF, 1999; Kang et al., 2002). 이러한 높은 생산력으로 인하여 난류 및 아열대성 어종부터 한대성 어종까지 다양한 회유성 어종이 서식하여 수산 생태학 및 자원학적으로 중요한 해역이다(Myoung, 2002; Lee et al., 2010). 독도 주변해역은 지리적인 특성으로 인하여 독도의 해양생태계를 구성하는 식물 및 동물플랑크톤(Kang et al., 2002), 저서생물(Park et al., 2002), 해조상(Choi et al., 2009), 난자치어(Kim et al., 2004), 어류의 종조성(Lee et al., 2010) 등에 대한 다양한 연구가 불연속적으

로 진행되었다. 이에 국립수산과학원에서는 생물학적으로 큰 의미가 있는 독도 인근해역에서 2004년 이후로 어획과 음향조사가 동시에 가능한 조사선을 이용하여 매년 지속적으로 자원 조사를 진행하고 있다. 그 중 탐구 21호는 2015년 건조된 국립수산과학원의 수산자원 전용 조사선으로 차세대 음향장비는 EK80 어군탐지기(Simrad, Norway)와 ME70 멀티빔 어군탐지기(Simrad, Norway) 등이 국내 최초로 탑재되어 있어 고도화된 음향자료를 획득할 수 있다.

독도 인근해역 및 국내의 연근해 수산자원조사는 주로 자망, 트롤 등 직접적인 조사를 통해서 어종 별 종조성 및 현존량을 파악하고 있다(Kim et al., 2010; Choi et al., 2012; Seo et al., 2013). 이러한 직접적인 자원 조사 기법은 종조성을 명확히 구분 할 수 있는 장점이 있는 반면에 상대적으로 많은 시간과 비용, 노동력 등으로 인하여 시·공간적인 분포적인 특성을 나타내

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0421>



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.

Korean J Fish Aquat Sci 50(4) 421-428, August 2017

Received 29 May 2017; Revised 3 July 2017; Accepted 31 July 2017

*Corresponding author: Tel: +82. 32. 745. 0616 Fax: +82. 32. 745. 0569

E-mail address: hblee7777@gmail.com

는데 많은 기회비용이 필요하다. 반면 간접적인 기법 중 하나인 과학어군탐지기(이하 과학어탐)를 이용한 조사는 다양한 어종에 대한 종조성을 명확히 구분 할 수는 없지만 빠른 시간 내에 넓은 해역에 대한 어류의 시·공간적인 특성을 파악 할 수 있는 장점이 있다(Simmonds and McLennan, 2002). 따라서 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 어획 조사와 음향 조사를 병행하여 어류의 시·공간적인 분포 및 변동 그리고 우점하는 어종에 대한 현존량 파악에 대한 연구가 진행되고 있다(Von Szalay et al., 2007; Zwolinski et al., 2012; Kang et al., 2015).

본 연구에서는 독도 인근 해역에서 어획과 음향 기법을 이용한 수산자원 조사를 실시하였다. 음향 정선에 대해서 음향 자료를 획득하였고, 음향 조사 전, 후 어류가 분포하는 수중에 대해서 중층 트롤조사를 통해 어획자료를 획득하였다. 두 기법으로 획득한 자료를 비교하여 중층 어류 신호 분석 및 조사 해역의 주요 어종인 매퇴징어와 기타 어획된 어종의 현존량을 파악하였다.

재료 및 방법

본 연구는 독도 주변해역에서 2016년 3월7일부터 8일까지 국립수산과학원 수산자원조사선인 탐구 21호(R/V *Tamgu 21*)를 이용하여 트롤 어획 및 생물음향 조사를 병행하여 실시하였다(Fig. 1, Table 1). 음향 조사는 조사선에 설치된 선저형 과학어탐(EK80; Simrad, Norway)을 이용하였다. 조사에 사용한 음향 센서는 분할빔(split-beam) 방식의 38 kHz와 120 kHz 주파수로, 펄스 폭(pulse length)과 송파 간격(transmission interval)을 각각 1.024 ms와 0.25 pings/s로 설정하여 음향 자료를 획득하였다(Table 2). EK80은 장비의 특성상 Narrow-Band Continuous wave 모드(NB CW)와 Wide-Band Frequency Modulation 모드(WB FM)로 운영이 가능하다. NB CW모드는 기존의 EK60과 동일한 단일 주파수에 대하여 음향 신호를 송·수신하는 기법이고, WB FM모드는 단일 펄스 내에 광대역의 주파수를 송·수신하여 음향 자료 처리시 어종 식별을 용이하게 하는 기법이다. 본 조사시에는 EK80을 NB CW모드로 운영하였고, NB CW모드에 대하여 음향 조사 전 교정구(calibration

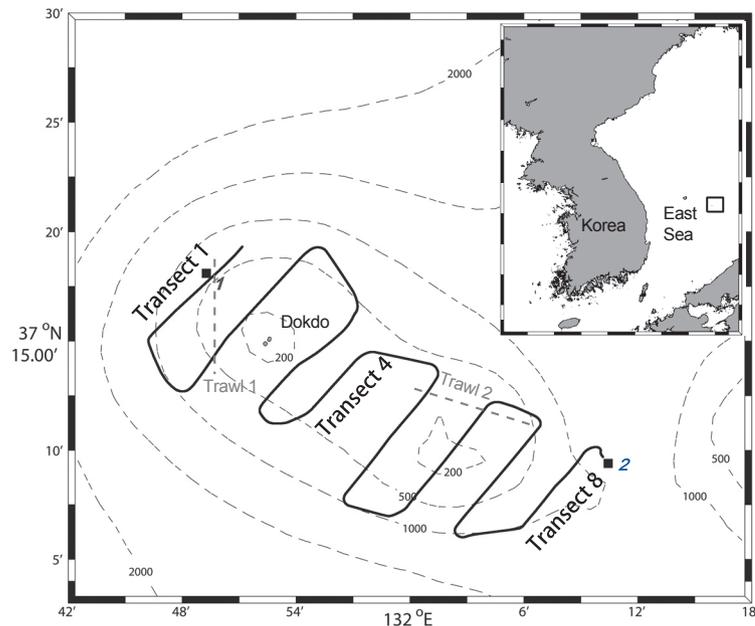


Fig. 1. Location of the hydroacoustic and mid-water trawl survey area around Dok-do, East Sea of Korea during winter season, 2016. Study area showing the acoustic transects (black line), trawl transects (gray dot line), and CTD station (black squares).

Table 1. Detail on mid-water trawl surveys

Transect	Trawl location		Fishing depth (m)	Distance (nmile)
	Start	End		
1	37° 12.6'N, 131° 49.2'E	37° 17.8'N, 131° 49.3'E	100	1.99
2	37° 11.6'N, 132° 6.3'E	37° 13.0'N, 131° 59.5'E	207	1.61

sphere)를 이용하여 교정을 실시하였다. 자세한 음향 시스템 변수는 Table 2에 정리하였다. 과학어탐 조사는 8개의 음향 정선에 대하여 야간시기에 진행하였고, 음향 정선 간 이동을 위한 거리는 어류의 분포 및 현존량 계산시 제외하였다.

어획 조사는 중층 트롤 어구(net height, 3.6 m; net pendant, 97 m; cod-end mesh size, 60 mm)를 이용하여 음향조사 후 조사 정선 내 2개의 정점에서 주간과 야간 각각 1회씩 중층 트롤 어획조사를 진행하였다(Table 1). 어획조사는 정점 별로 약 4 노트의 선속으로 유지하며 30분 동안 예망하였다. 예망 수심은 과학어탐에서 확인되는 어류가 분포하는 수층에 대해서 어획하였다. 야간시기에 어획한 정선 1과 주간시기에 어획한 정선 2의 예망 수심은 각각 100 m와 207 m였다. 이는 어류의 주-야 수직 이동에 따라서 수직적인 분포 수심이 변경을 고려하였기 때문이다. 어획된 어류는 조사선 내에서 Kim et al. (2005)를 기준으로 종 수준까지 동정하였고, 동정 된 어류는 어종 별로 개체수, 중량(1 g), 길이(0.1 cm)를 측정하였다. 환경조사는 CTD (conductivity-temperature-depth; Sea-Bird, SBE 911plus; Seabird electronics, Bellevue, WA, USA)를 이용하여 음향 조사 전과 후 2개의 정점(St.1: 37° 20.0' N, 131° 54.7' E, St.2: 37° 18.1' N, 131° 49.3' E)에 대해서 수온, 염분, 형광강도(fluorescence)의 변동을 측정하였다(Fig. 1). 여기서 형광강도는 염록소-a (Chlorophyll-a)의 상대적인 값을 나타낸다. CTD는 수심200 m까지만 운영하였고, 획득한 자료는 1 m간격으로 변환하여, 어류의 시-공간적인 분포와 비교하였다.

음향자료의 분석은 음향자료처리 전용 프로그램(Echoview ver. 7.0; Myriax software Pty Ltd, Australia)을 이용한 가상 에코그램 방식으로 진행하였다. 음향자료처리는 조사 정선에서 획득한 음향신호 중 38 kHz와 120 kHz 주파수에 대해서 수평적과 수직적으로 각각 69.7 nmile과 250 m의 범위에 대해서 분석을 실시하였다. Fig. 2는 38 kHz를 이용하여 정선 1부근에서 획득한 음향 자료의 예이다. 음향자료처리는 음향 정선 내에서 획득한 38 kHz와 120 kHz의 후방체적산란강도(Volume backscattering strength, SV) 자료에 대해서(Fig. 2a), 해상상태

와 버블 등에 의한 표층부근 신호와 해저면 신호, 그리고 CTD와 어획 장비 운영 등에 의해서 발생한 잡음 제거 후, 수평과 수직적으로 각각 0.1 nmile과 1 m 간격으로 압축하였다. 압축된 신호에 대하여 TVT (time-varied threshold) 기법을 통하여 거리에 따른 잡음을 제거하였고(Fig. 2b), 이후 불연속적인 기타 잡음은 잡음 필터 기법(3×3 filter)을 이용하여 제거하였다(Fig. 2c-d). 생물에 의한 신호의 잡음을 제거한 음향 신호 중 우점종과 기타 생물 산란체인 동물플랑크톤 또는 비우점 어종 등의 신호 분리를 위해 평균적인 후방체적산란강도 차이법(Mean Volume Backscattering Strength, MVBS)을 이용하였다(Kang

Table 2. System parameters calibrated for the acoustic survey

System parameters	Simrad EK80	
Frequency (kHz)	38	120
Transmitted power (W)	2000	300
Ping duration (ms)	1.024	1.024
2-way beam angle (dB)	-20.6	-20.6
Received bandwidth (kHz)	2.43	3.03
Transducer gain (dB)	24.69	26.48
3-dB beam angle (°)(along/athwart)	7.06/6.93	6.46/6.31
Absorption coefficient (dB m ⁻¹)	0.009	0.059
s _A Correction	-0.57	-0.28

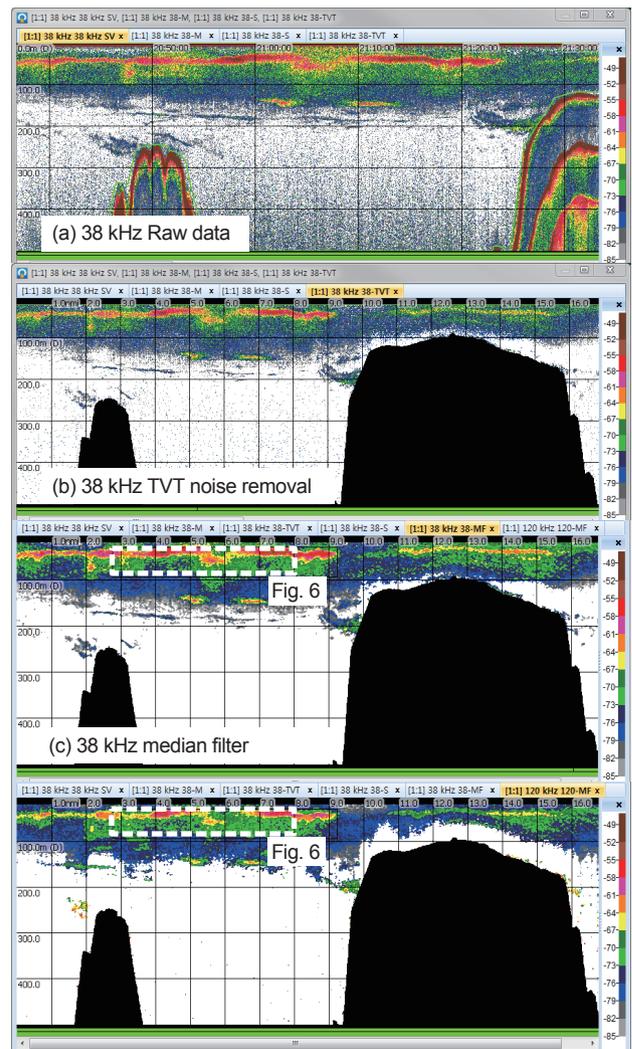


Fig. 2. Example of echograms from volume backscattering strength (SV, dB) at 38 and 120 kHz around Dok-do, East Sea of Korea during winter season, 2016. (a) raw data with general background noise at 38 kHz, (b) echogram after removing using TVT compensation at 38 kHz. Echogram after median filter at 38 kHz(c) and 120 kHz(d).

et al., 2002). 시험 어획조사를 통해서 조사시기 조사해역에 우점종은 매퇴징어(*Watasenia scintillans*)로 파악되어, 매퇴징어에 대한 음향신호 분리 및 자원량을 산정하였다. 음향 자원량 산정시 중요 요소인 우점종인 매퇴징어에 대한 음향 특성 연구가 진행되지 않았기 때문에, 본 연구에서는 음향학적 특성이 유사한 살오징어(*Todarodes pacificus*)에 대한 음향 특성을 활용하여 계산하였다(Kang et al., 2005). 매퇴징어와 기타 어종의 신호를 분리 후 38 kHz 주파수에 대하여 각각의 면적산란계수(Nautical Area Scattering Coefficient, NASC, $m^2/nmile^2$)를 추출하였다. 수집된 음향자료를 0.1 nmile의 EDSU (elementary distance sampling unit) 간격으로 추출된 NASC 값을 이용하여 어군의 공간분포 특성을 파악하는데 사용하였다. 추출된 음향 자료에 대해서 MABLAB 프로그램(R2009a, The MathWorks, Inc., USA)을 이용하여 분석을 진행하였다.

결 과

본 조사지역에서 중층 트롤 조사는 주간과 야간시기 총 2회에 걸쳐 진행되었다. 어획 결과 매퇴징어(*W. scintillans*)의 개체수와 중량은 각각 2,299개체와 23,456 g으로 전체 어획된 어종의 90% 이상인 최우점을 취하였고(Table 3). 차우점종으로 얼퉁이(*Maurolicus japonicus*, 1,518개체, 979 g), 도루묵(*Arctoscopus japonicus*, 71개체, 840 g) 순으로 어획되었고, 갈고리흰오징어와 살오징어가 각각 1개체씩 어획되었다. 조사시기 해양환경은 표층의 경우 10.7°C 이상의 수온 분포를 나타냈고, 약 100 m부터 수온이 감소하여 수심 200 m에서 약 3°C 이하의 낮은 수온 분포를 보였다(Fig. 3a). 반면 염분은 표층에서 수심 200 m까지 33.95-34.16로 수직적으로 큰 차이가 없었다(Fig.

Table 3. Weighted ratio with dominant fish species by mid-water trawl fishing data around Dok-do, East Sea of Korea during winter season, 2016

Species	Weighted ratio (%)	Weight (g)	Length (cm)
<i>Watasenia scintillans</i>	92.70	23,456	4.4 (ML)
<i>Maurolicus japonicus</i>	3.87	978	4.3 (ML)
<i>Arctoscopus japonicus</i>	3.32	840	9.3 (BL)
Other species	0.13	34	
Total	100.00	25,302	

ML, Mantle length; BL, Body length.

3b). 수평적인 수온 분포는 조사 구역 내 동쪽 지역인 St.1은 서쪽 지역인 St.2에 비해서 상대적으로 높은 수온 분포를 보였다(Fig. 3a) 식물플랑크톤의 상대적인 양인 Fluorescence의 수직적인 분포는 2개의 조사정점에서 큰 차이를 보였다(Fig. 3c). 정점 1에서는 수심 49 m 이하로 큰 폭으로 감소하였고, 정점 2에서는 30 m 이하로 크게 감소하였다.

2016년 동계시기 동해 독도 인근해역에서 음향 조사 결과 음향 산란신호는 주로 수심 30-55 m 부근에서 분포하였고, 수심 약 40 m 부근에서 최대로 존재하였다(Fig. 4a). 음향산란층이 분포하는 수심의 평균 음향 신호는 38 kHz와 120 kHz의 범위는 -76.21~-68.74 dB와 -74.62~-67.67 dB 범위에서 나타났고, 그 외 음향 산란층의 수심에서는 -75 dB 이하의 음향신호가 수신되었다. 이는 조사시기가 야간이기 때문에 생물의 주야 수직 이동(diel vertical migration)으로 인하여 수심 대비 상층부에 분포하는 것으로 판단된다. 또한 수심 147 m에서 특정 생물이 분포했던 것으로 판단된다(Fig. 4a). 어군의 상대적인 양을 나타

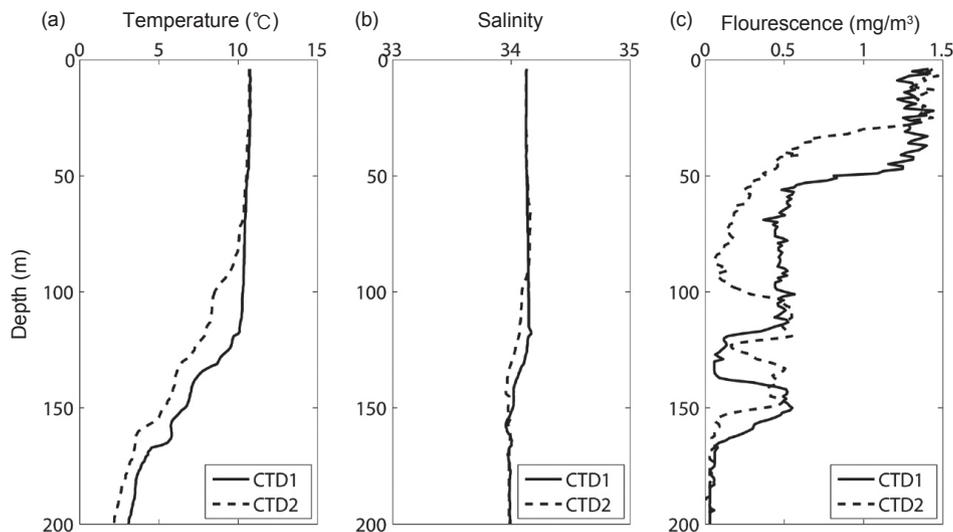


Fig. 3. Vertical temperature and salinity profile of the water column measured by conductivity-temperature-depth casts.

내는 평균 NASC 결과 또는 수심 30-55 m 부근에서 집중적으로 높게 측정되었다(Fig. 4b). 조사시기 어류의 공간적인 분포는 음향 정선 1과 2 부근인 주로 독도 북서측에서 강한 음향 신호가 탐지되었고, 독도 동측 부근에서도 음향 신호가 탐지되었다(Fig. 5). 반면 심흥택 해산 부근인 정선 4-8에서는 어류의 신호가 거의 탐지되지 않았다.

과학어탐 조사를 통하여 획득한 정선 별 NASC 값과 주요 어

회종인 매표징어, 엘퉁이, 도루묵의 체장(L , cm)-체중(w , g)-관계식($w=aL^b$), 체장 분포, 평균 음향 반사강도(Target strength, TS ; $TS=20 \cdot \log_{10}(L) - b_{20}$; $\sigma=4\pi 10^{TS/10}$), 그리고 체장 함수를 이용한 음향 변환계수(conversion factor, CF)를 활용하여 어종 별 평균 밀도($\bar{\rho}$)를 환산한 후, 조사 면적 내 어류의 음향 현존량을 산정하였다. 주요 어종인 매표징어, 엘퉁이 도루묵에 대한 음향반사강도는 기존 연구 결과를 사용하여 계산된 어종 별 예코

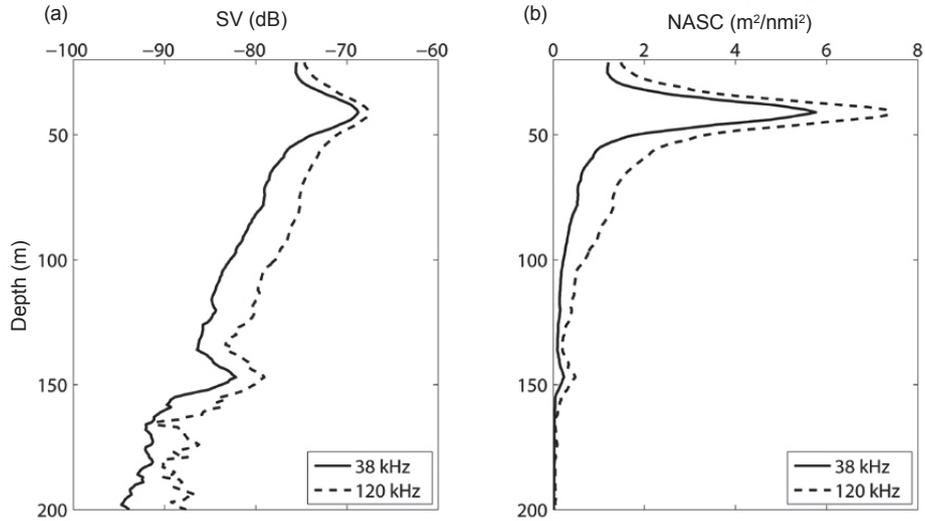


Fig. 4. Vertical distribution of acoustic backscatter into different frequencies from mean of all transects. Black line show average 38 kHz, and black dot lines are average 120 kHz. Vertical axis is depth in meters, x-axis are acoustic backscatter measured as SV (dB) (a) and nautical area scattering coefficient (NASC) per 1 m depth channel (m^2/nmi^2) (b), respectively.

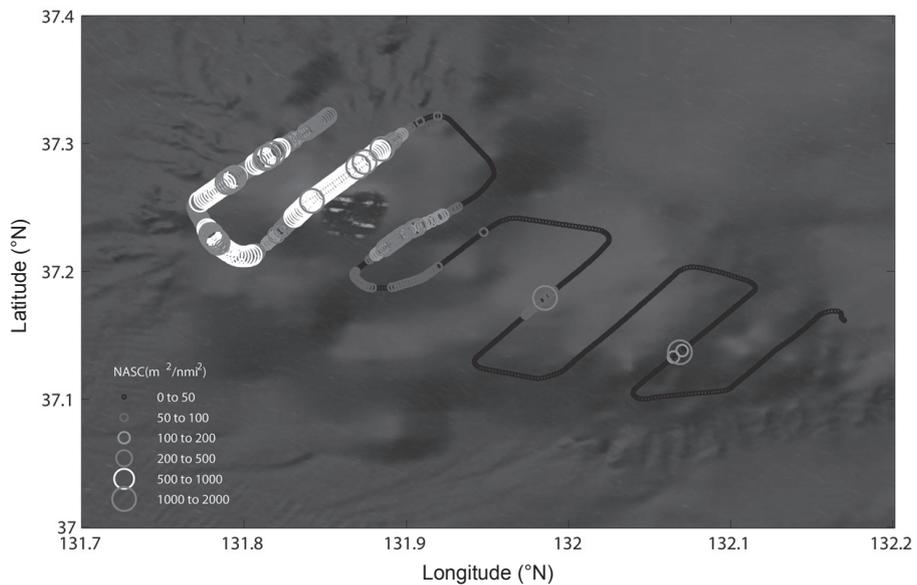


Fig. 5. Spatial variation of trawl catch per unit area (kg^2/km^2) and nautical area scattering coefficient (NASC, m^2/nmi^2) of demersal fish around Dok-do, East Sea of Korea during winter season, 2016.

Table 4. Value of conversion factor (CF) and nautical area scattering coefficient (NASC) partitioning by fish species around Dok-do, East Sea of Korea during winter season, 2016

Species	w_i^1	$\langle\sigma_i\rangle^2$	Conversion Factor (CF)	NASC partitioning
<i>Watasenia scintillans</i>	0.93	$4\pi 10^{(-7.54)} L^{2.0}$	0.1917	0.94
<i>Maurolicus japonicus</i>	0.04	$4\pi 10^{(-7.14)} L^{2.0}$	0.0646	0.03
<i>Arctoscopus japonicus</i>	0.03	$4\pi 10^{(-7.40)} L^{2.0}$	0.0405	0.03

¹ w_i , Weighted proportion of species *i* in fish samples; ² $\langle\sigma_i\rangle$, Mean backscattering cross-section of specie *i*.

적분 배분값은 매퇴징어의 에코 적분 배분값은 0.94로, 엘퉁이와 도루묵은 각각 0.03씩으로 설정되었다(Table 4; Yoon et al., 1999; Saito, 2004; Kang et al., 2005). 2016년 3월 음향자원조사로부터 독도 주변해역의 매퇴징어의 밀도는 6.13 g/m², 엘퉁이와 도루묵은 각각 0.04와 0.07 g/m²로 산정되었다. 총 면적 40,742.3 ha에 대한 어류의 현존량은 2542.8톤이고, 매퇴징어는 2499.1톤, 엘퉁이와 도루묵은 각각 26.9 톤과 16.9톤으로 산정되었다(Table 5).

Table 5. Standing stock estimation of squid *Watasenia scintillans* using acoustic survey around Dok-do, Korea in March, 2016. The n_i is the number of 0.1 EDSU (elementary distance sampling unit) and NASC is mean value of the nautical area scattering coefficient (m²/nmile²) along *i*-th transects

Transect No.	7-8 Mar 2016	
	$n_i^{1)}$	20-300 m NASC ²⁾ per 0.1 EDSU
Transect 1	59	538.9
Transect 2	107	793.2
Transect 3	65	126.5
Transect 4	51	42.0
Transect 5	73	186.0
Transect 6	68	10.0
Transect 7	62	72.7
Transect 8	51	3.9
$\sum n_i$		536
Weighted mean NASC		34.04
Survey Area (ha)		40742.3
Species	$\bar{p}^{3)}$ (g/m ²)	Biomass (ton)
<i>Watasenia scintillans</i>	6.13	2499.1
<i>Maurolicus japonicus</i>	0.04	26.9
<i>Arctoscopus japonicus</i>	0.07	16.9
Total		2542.8

¹⁾ n_i , Number of 0.1 nmile averaging intervals on *i*-th transect; ²⁾ NASC, Nautical area scattering coefficient per 0.1 EDSU (0.1 nmile); ³⁾ \bar{p} , Mean biomass density.

고 찰

조사시기 독도 인근해역의 어획된 매퇴징어(*Watasenia scintillans*)의 생체량은 92.7%를 차지하는 최우점종이다(Table 3). 매퇴징어는 일본 북동 해역에서 분포하는 종으로, 주·야 이동을 하는 어종으로 주간시기 300-500 m, 야간시기 20-60 m에 분포하는 것으로 알려져 있다(Watanabe et al., 2006). 또한 분포하는 수심의 수온은 주간시기 3-6°C이고, 야간시기 5-15°C 분포한다. 조사해역에서 야간시기 매퇴징어가 분포하는 수심은 40 m 부근으로 기존의 연구에서 분포하는 수온에 포함된다(Fig. 2c). 매퇴징어는 발광물질을 갖고 있는 냉수성 소형종으로, 심해 산란층(Depth scattering layer, DSL)을 이루며 우리나라 동해안에 널리 분포하고 있는 종으로 알려져 있다. 또한, 매퇴징어는 국내에서 직접적인 식용으로 이용되지 않으나 오징어, 갈치, 고등어 등의 먹이생물로서 중요한 어류이다. 이러한 먹이생물 자원의 분포 및 현존량의 변동은 이들을 먹이생물로 하는 수산 자원의 어획변동에 직접적인 영향이 있을 것으로 여겨진다. 따라서 본 조사 해역의 지속적인 매퇴징어의 시·공간적인 분포 및 현존량의 산정은 동해 수산자원 변동의 기초 자료로 활용이 가능 할 것으로 판단된다.

38 kHz와 120 kHz의 다중주파수를 이용하여 주요 어획물인 매퇴징어와 타 생물체와의 분리를 진행하였다. 매퇴징어와 타 생물체와의 분리시 두 주파수 파이의 범위는 -1 dB < $SV_{120kHz-38kHz} < 3$ dB로 설정하였다(Goss et al., 1996). EK60으로 획득한 음향신호 중 매퇴징어가 분포 할 것이라고 판단되는 상부 주요 산란층 30-55 m와 타생물체가 분포 할 것으로 판단되는 하부 산란층 56-95 m 둘로 분리하여 추출하였다(Fig. 6). 그 결과 상부 산란층의 추출신호는 -1~3 dB 범위 안에 전체의 신호 중 90.94%가 포함되고, 38 kHz와 120 kHz의 평균 SV는 각각 -62.89 dB (standard deviation, (SD)=5.07)와 -62.61 dB (SD=4.42) 였다(Fig. 6a). 반면 하부 음향산란층의 평균 SV는 38 kHz와 120 kHz 각각 -73.00 dB (SD=2.70)와 -70.18 dB (SD=2.12)로 상부층에 비하여 약 10.10 dB와 7.57 dB씩 약하게 측정되었고, 매퇴징어로 판단되는 범위에 내에는 약 43.44%가 나타났다(Fig. 6b). 하부 산란층 신호 중 -1~3 dB의 범위를 벗어난 대부분의 신호는 120 kHz가 38 kHz에 비하여 상대적으로 음향 신호가 강하였고, 이는 매퇴징어에 비하여 소형 어류 또는

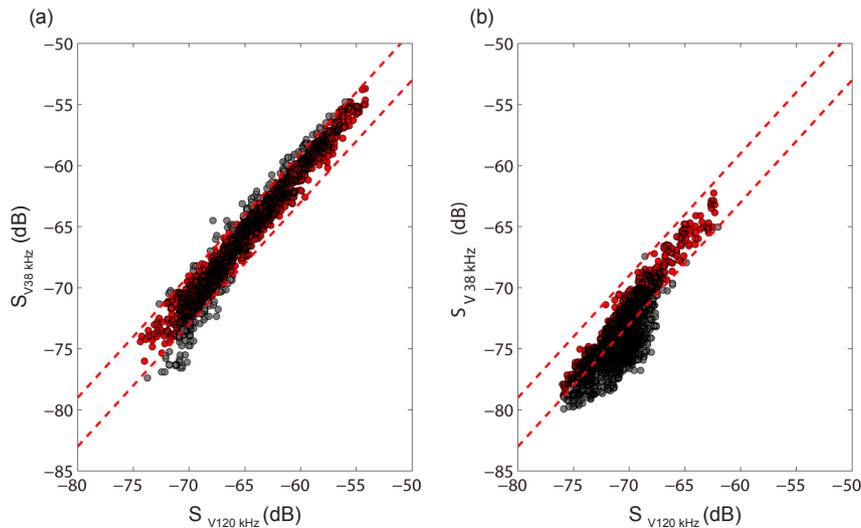


Fig. 6. Compare acoustic signals of squid *Watasenia scintillans* and other scatterer identified on a 38 kHz (Fig. 2c) and 120 kHz (Fig. 2d) echogram in the acoustic transects (T1). Scatter plot of volume backscattering strength (SV) at 120 kHz against 38 kHz from 30 to 50 m (a) and from 51 m to 95 m. The gray and red dots indicate the wholes SV and SV classified with dB difference windows of $-1\sim 3$ dB for squid *Watasenia scintillans*.

동물플랑크톤으로 판단된다. 다중주파수를 이용한 신호처리방법 중 하나인 MVBS 기법을 활용하여 현존량을 계산시 수층 내 존재하는 동물플랑크톤 및 연체동물에 의한 오류가 일부 포함될 수 있다. 따라서 차후 동물플랑크톤의 종류 및 길이 분포를 파악하여, 다중주파수를 이용한 어류와의 분리 및 제거에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

음향기법을 통한 어류 자원량 산정을 위해서는 조사 정선 내 우점 어종을 파악하여야 한다. 중층 트롤 조사는 음향 자료 분석을 통한 어류의 주요 분포 수심과 차이가 있는 수심인 100 m와 207 m에서 실시하였다. 본 어획시 주요 어종은 매오징어로 어류에 비해 낮은 회피율로 인하여 트롤의 입망 또는 양망시 음향 산란층에 대한 사선 채집된 것으로 판단된다. 따라서 차후 정확한 음향 산란층에 대한 어획 또는 층별 어획을 진행해야 좀 더 신빙성 있는 음향 자원량 결과를 얻을 수 있을 것이다. 음향기법을 이용한 자원량 산정시 본 연구는 야간시기에 실시되어 매오징어의 어군에 동물플랑크톤과 앨통이 등이 공존하여, 음향 자료처리를 통해서 매오징어의 신호를 제거하는 방법으로 진행하였다. 따라서 현존량 추정시에는 음향 조사와 수행되는 트롤 조사는 주간시기 수행되어야 할 것으로 판단된다. 또한 같은 해역을 대상으로 반복적인 조사를 진행하여 음향신호의 검증 및 분석기법에 대한 연구가 병행되어야 할 것이다.

지리적 및 생태학적으로 의미가 있는 독도 인근 해역에서 동계시기 어류의 공간적인 분포 및 자원량을 산정하기 위해서 어획 및 음향 조사를 실시하였다. 중층 트롤을 이용한 어획 조사 결과 2차 생산자 영양단계에 있는 매오징어가 90% 이상이었으며, 어획된 매오징어의 전장 조성의 범위는 2.8-5.2 cm 였다. 그

외에 앨통이, 도루묵 등이 어획되었다. 과학어탐으로 조사한 결과는 수직적으로는 야간시기 30-55 m 수층에 분포하였고, 공간적으로는 독도 주변해역, 특히 독도 북서쪽 부근에 강한 음향신호가 나타났고, 독도의 동쪽 지역으로 갈수록 음향신호가 약하게 탐지 되었다. 음향 자료와 환경 자료 비교시, 독도의 서쪽 해역이 동쪽지역에 비하여 식물플랑크톤 수층이 깊게 분포하여 영향상태가 좋은 것으로 판단되었다. 조사 지역의 음향 자원량은 매오징어가 2499.1톤, 앨통이와 도루묵은 각각 26.9톤과 16.9톤으로 산정되었다.

사 사

이 논문은 2017년 국립수산과학원 수산시험연구사업 과제명 (R2017031)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- Choi CG, Lee HW and Hong BK. 2009. Marine algal flora and community structure in Dokdo, East sea, Korea. *Korea J Fish Aquat Sci* 42, 329-334.
- Choi KH, Han MH, Kang CK, Park JM, Choi JH, Park JH, Sohn MH, Baek GW, Choi EJ and Lee CI. 2012. Seasonal variations in species composition of fish assemblage collected by trammel net in coastal waters of the East Sea. *J Kor Soc Fish Tech* 48, 415-427. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2012.48.4.415>.
- Goss C, Rodhouse P, Watkins JL and Brierley AS. 1998. Attribution of acoustic echoes to squid in the South Atlantic.

- CCAMLR Sci 5, 259-271.
- Kang JH, Kim WS and Shim JH. 2002. Species composition and abundance of zooplankton community in spring and autumn around Dokdo. *Ocean Polar Res* 24, 449-455.
- Kang D, Mukai T, Iida K, Hwang D and Myoung JG. 2005. The influence of tilt angle on the acoustic target strength of the Japanese common squid (*Todarodes pacificus*). *ICES J Mar Sci: J du Conseil* 62, 779-789. <http://dx.org/10.1016/j.icesjms.2005.02.002>.
- Kang MH, Furusawa M and Miyashita K. 2002. Effective and accurate use of difference in mean volume backscattering strength to identify fish and plankton. *ICES J Mar Sci: Journal du Conseil* 59, 794-804.
- Kang MH, Seo YI, Oh TY, Lee KH and Jang CS. 2015. Estimating the biomass of anchovy species off the coast of Tongyeong and Yeosu in South Korea in the spring and winter of 2013 and 2014. *J Kor Soc Fish Tech* 51, 86-93. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.1.086>.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo-hak Pub. Ltd., Seoul, Korea, 1-615.
- Kim MK, Shin JK and Cha JH. 2004. Variation of species composition of benthic algae and whitening in the coast of Dokdo island during summer. *Algae* 19, 69-78.
- 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. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2010.46.4.335>.
- Lee HW, Hong BK, Shon MH, Chun YY, Lee DW, Choi YM and Hwang GS. 2010. Seasonal Variation in Species Composition of fish.
- MOF. 1999. Basic study for sustainment of marine environment and fishery resources of the Dokdo area. Ministry of Oceans and Fisheries, Sejong, Korea, 1-544.
- Myoung JG. 2002. The Fish Fauna around Dokdo in the East Sea, Korea. *Ocean Polar Res*, 24, 449-455.
- Park HS, Kang RS and Myoung JG. 2002. Vertical distribution of mega-invertebrate and calculation of the stock assessment of commercial species inhabiting shallow hard-bottom in Dokdo, Korea. *Ocean Polar Res* 24, 457-464.
- Saito I. 2004. Development of fishery resources assessment technology using a scientific echosounder, 2002 Annual report of Fisheries Promotion Center, Akita Prefecture Public Relations Division, 4-1-1 sanno, Akita City, Japan, 95-101.
- Seo YI, Lee JH, Oh TY, Lee JB, Choi YM and Lee DW. 2013. Distribution and seasonal variations of fisheries resources captured by the beam trawl in Namhae island, Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 49, 419-431. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2013.49.4.419>.
- Simmonds J and MacLennan D. 2005. Fisheries acoustics: Theory and practice, second edition. Blackwell, Oxford, UK, 217-261.
- Watanabe H and Kubodera T, Moku M and Kawaguchi K. 2006. Diel vertical migration of squid in the warm core ring and cold water masses in the transition region of the western North Pacific. *Marine Ecology Progress Series* 315, 187-197.
- Yoon G, Shin H and Hwang K. 1999. Target strength of fishes for estimating biomass - Distribution characteristics and target strength measurement of micronektonic fish, *Maurolicus muelleri* in the East Sea. *J Kor Soc Fish Tech* 35, 404-409.
- Von Szalay PG, Somerton DA and Kotwicki S. 2007. Correlating trawl and acoustic data in the eastern Bering Sea: A first step toward improving biomass estimates of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) and Pacific cod (*Gadus macrocephalus*). *Fish Res* 86, 77-83. <http://10.1016/j.fishres.2007.05.005>.
- Zwolinski JP, Demer DA, Byers KA, Cutter GR, Renfree JS, Sessions TS and Macewicz BJ. 2012. Distributions and abundances of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) and other pelagic fishes in the California Current Ecosystem during spring 2006, 2008, and 2010, estimated from acoustic-trawl surveys. *Fish Bull* 110, 110-122.