

## 서해 남부와 남해 서부의 한 정점에서 수온 및 염분과 멸치 어군의 특징의 관련성 시각화

강명희 · 최석관<sup>1\*</sup> · 황보규<sup>2</sup>

경상대학교 해양경찰시스템학과, 해양산업연구소, <sup>1</sup>국립수산과학원 자원관리과,  
<sup>2</sup>군산대학교 해양생산학과

### Acoustic characteristics of Anchovy schools, and visualization of their connection with water temperature and salinity in the Southwestern Sea and the Westsouthern Sea of South Korea.

Myounghee KANG, Seok-Gwan CHOI<sup>1\*</sup>, and Bo-kyu HWANG<sup>2</sup>

*Department of Maritime Police and Production System, The institute of Maritime Industry,  
Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea*

<sup>1</sup>*Fisheries Resources Management Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea*

<sup>2</sup>*Department of Marine Science and Production, Kunsan National University, Kunsan, 573-701, Korea*

Morphological and positional characteristics of anchovy aggregations, confirmed by trawling, were examined in two locations of the southern part of the West Sea (T1) and the western side of South Sea (T11) of South Korea. Morphological characteristics (mean length, height and area) of the anchovy aggregations at T1 were smaller than those at T11, however the positional characteristics (distributional depth and bottom depth) of the aggregations at T1 were larger than those at T11. Diverse dataset such as the ship's cruise track, the cruise map, and interpolated three-dimensional-like water temperature were visualized in multiple dimensions. For a comprehensive understanding of the anchovy aggregations within their surrounding circumstances, the interpolated water temperature transferred to the location of anchovy aggregations at both stations were visualized based on geospatial information. Using quantitative investigation, the overall range of change in water temperature and salinity of anchovy aggregations at stations was considerably small. However, the water temperature and salinity of anchovy aggregations at T11 were somewhat higher than those at T1.

Keywords : Anchovy, Acoustic, Morphological, Positional, Visualization

#### 서 론

지난 수십년 동안 수산 음향학에 관련한 하드웨어와 소프트웨어의 개발과 발전은 효율적이면서 생태계에

큰 영향없이 수중 생물양을 평가할 수 있게 하였고, 어류 행동의 모니터링과 분포 패턴에 관한 보다 정교한 정보를 제공해주었다. 특히 과학어군탐지기를 이용하

\*Corresponding author: [sgchoi@korea.kr](mailto:sgchoi@korea.kr), Tel: 82-51-720-2323, Fax: 82-51-720-2337

는 수중 음향 기술은 해양뿐만이 아니라 담수환경에서도 고분해능의 데이터를 수집할 수 있어 다양한 수중 생물종의 밀도 분포와 행동 연구를 위한 중요한 수단으로 이용되고 있다 (Simmonds and Maclennan, 2005).

멸치는 극지방과 열대지역을 제외한 온대 기후를 가지는 나라에서 대부분의 연안역에 분포하고 있다. 또한 멸치는 플랑크톤을 섭취하면서 다른 어종의 먹이로서 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 멸치는 연안해역에서 생태계의 먹이 사슬을 유지하는데 매우 중요한 비중을 차지한다 (Shelton et al., 1993). 게다가 세계 여러 나라의 연안 해역에서 매년 많은 양의 멸치가 어획되고 있어 상업적으로도 중요한 어종이라 할 수 있다. 이러한 이유로 세계의 여러 해역에서 수중 음향 기술을 이용하여 멸치 어군의 공간적인 패턴, 분포 및 행동, 생물량의 추정과 관련한 조사가 활발히 이루어지고 있다. 예를 들면, 1983년부터 약 167 km에 달하는 페루 연안을 따라서 멸치 (*Engraulis ringens*) 음향 조사가 수행되어 왔고, 그 자원량은 1987년부터 2002까지는 2백만톤에서 천만톤으로 추정되었다 (Gutierrez et al., 2007). 또한 페루 Humboldt 해류에 의해 멸치 어군의 집합 패턴과 그 변동이 크게 좌우된다고 밝혔다. 남아메리카에서는 1984년 이후로 음향 조사를 이용하여 멸치 (*Engraulis encrasicolus*) 어군의 자원량과 공간적인 분포 특징을 조사해왔다 (De Moor et al., 2008). 중국의 황해에서는 1984년부터 2002년까지 멸치 (*Engraulis japonicus*)의 겨울철 자원량은 음향학적으로 추정하여 매년 어획되는 양과 비교 연구한 사례가 있다 (Zhang et al., 2011). 1990년 중반 이전까지 이 해역에서 멸치 자원량은 약 2~3백만톤으로 추정되었으며, 1996년에서 1998년 사이에는 자원량의 갑작스런 하락을 보였다. 또한 같은 해역을 대상으로 멸치의 *in situ* 표적 산란 강도 (target strength, TS) 를 측정하여 분포 수심과 체내 지방 함유량에 의한 TS변화를 조사하였다 (Zhao et al., 2003). 일본에서도 매우 다양한 멸치 (*Engraulis japonicus*) 연구가 수행되어 왔다. 구체적으로 보면, 멸치의 치어와 성어를 대상으로 한 *in situ*, *ex situ*, modeling TS를 구하여 보다 정확한 멸치 자원량 평가에 기여하였다 (Miyashita, 2003; Sawada et al., 2009; Amakasu et al., 2010). 1990년후반 이후로 남해안, 황해, 일본 주변의 태평양 서북해역을 대상으로 멸치의 공간적인 패턴과 생물량의 추정을 보고한 바가 있다 (Ohshimo, 1996; Ohshimo, 2004; Murase et al., 2009;

Murase et al., 2012). 우리나라에서도 멸치 (*Engraulis japonicus*)는 생태학적으로도 상업적으로도 매우 중요한 어종이다. 멸치는 우리나라 연안 주변, 특히 남해안에 많이 분포하며, 권현망, 자망, 선망으로 어획되고 있다 (Choo and Kim, 1998). 남해안은 황해난류, 쓰시마 난류, 중국 대륙의 연안수와 우리나라 남해의 연안수로 구성되어, 다양한 해양 생물이 서식할 수 있는 독특한 환경이다. 1996년에는 음향수법을 이용한 멸치 조사로 동해 남부해역에서의 멸치 어군의 분포 특성을 살펴본 바가 있다 (Kang, 1996). 1996년에는 우리나라에서 처음으로 38 kHz에서 멸치의 *in situ* TS를 측정하여 TS와 체장 (L)사이의 관계식을  $TS=20\log L-72.9$  으로 도출한 연구 사례가 있다 (Yoon et al., 1996). 1990년 후반에는 어군 특징의 기술어 (descriptor)를 이용하여 어종식별을 시도하고 분포 패턴을 조사한 연구가 있다 (Kim et al., 1998). 2000년과 2001년에는 보다 넓은 남해안 해역에 분포하는 멸치어군을 대상으로 자원량을 추정한 바가 있다 (Choi et al., 2001). 또한 120 kHz에서 멸치 측면의 *in situ* TS (Lee and Kang, 2010)와 38, 120, 200 kHz에서 *ex situ* TS를 측정한 바가 있다 (Kang et al., 2009). 2008년과 2009년에는 통영 주변의 멸치 현존량을 추정한 사례가 있다 (Kim et al., 2008; Oh et al., 2009).

앞서 언급한 많은 연구사례를 통해 멸치는 해양 환경에 따른 어군의 공간적 분포와 형태가 변화함을 알 수 있다. 따라서 멸치 어군의 다양한 특징, 예를 들어 형태학 및 위치학적인 특징을 파악하는 것과, 해양 환경을 고려한 이들의 특징을 이해하는 것은 매우 중요하다. 제주도 해역에서 해양 환경 (수온, 염분, 용존산소, 클로로필a, 부유물질 등)에 따른 멸치 치자어의 분포와 수온 전선에 따른 남해 및 서해 연안역에서 멸치난치어의 분포를 연구한 사례가 있다 (Kim, 1983; Ko et al., 2007). 이외에도 해양 환경과 멸치 어군에 관한 연구 사례의 결과를 다차원으로 가시화할 수 있다면, 해양 환경에 근거한 멸치 어군에 관한 보다 포괄적인 생태 및 분포 특징을 이해하는데 유용하게 쓰일 수 있다고 생각한다. 따라서 본 연구의 목적은 서해 남부와 남해 서부에 분포하고 있는 멸치 어군의 형태학 및 위치학적인 특징을 살펴봄과, 이 어군과 해양환경 즉, 수온과 염분과의 관계를 알아보고 시각화하고자 한다. 중장기적으로 이 연구는 멸치 어군의 밀도와 다양한 특징과 해양 환경과의 관계를 시각화하고 정량적으로 조사하기 위한 기초 연구라고 할 수 있다.

### 재료 및 방법

수중 음향 조사, 보다 구체적으로 트랜젝트 라인 음향 조사는 트롤 조사와 함께 2003년 3월 19일에서 4월 10일 까지 남해안과 서해 남부 해역에서 실시되었다 (Fig. 1). 조사선은 국립수산물학원 탐구 1호 (2150톤)를 이용하였고, 38과 120kHz가 설치된 EK500과학어군탐지기 (Simrad)를 사용하였다. 조사 첫날에는 표준 교정 절차에 따라서 과학어군탐지기를 교정하였다 (Foote et al., 1987). 조사선의 속도는 조사 기간 동안 약 10knots를 유지하였다. 생물학적인 샘플링을 위해서 층중 트롤네트를 사용하였고, 트롤네트의 길이는 70m이고, 평균 예망 속도는 3.6 knots, 평균 예망 시간은 32.4분이었다. 트롤 조업은 낮 동안만 16회 수행하였다. 트롤의 위치는 어군 탐지기의 에코그램에서 어군같은 신호가 출현한 것을 토대로 결정하였다. 각 트롤 정점에서 얻은 표본은 우선적으로 어종을 식별하고 체중과 체장을 선상에서 측정하였다. 해양 환경 데이터를 수집하기 위해서 수온염분 수심기록계 (Conductivity Temperature Depth, CTD이하,

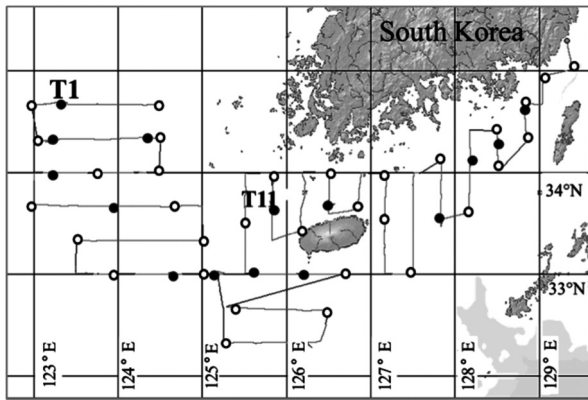


Fig. 1. Map of the study area. The line indicates the ship's cruise track, the closed circle refers to the trawl station, and the open circle represents the CTD probe station. T1 refers to the trawl station 1 and T11 means trawl station 11.

Table 1. The parameter settings for detecting fish schools at 38 kHz

Setting parameter	Value
Minimum data threshold	-70 dB
Minimum total school length	3 m
Minimum total school height	1 m
Minimum candidate length	3 m
Minimum candidate height	1 m
Maximum vertical linking distance	3 m
Maximum horizontal linking distance	7 m

SBE 911, Sea-Bird)를 사용하였고, CTD인양속도는 1m/s 이었다. CTD 정점은 총36개이며, 가능하면 음향조사의 한 개의 트랜젝트 라인 양쪽 끝과 중앙에 정점을 선정하여 라인별 3정점에서 해양 환경 데이터를 수집하려고 하였다.

과학어군탐지기의 음향데이터는 에코뷰 (Echoview ver. 5.3, Myriax)에 직접 입력하여 분석하였다. 멸치 어군의 형태학 및 위치학적인 특징을 이해하기 위해서, SHAPES 어군 탐지 알고리즘 (Barange, 1994)을 이용하여 어군을 다각형으로 정의하고 그 다각형의 형태학 및 위치학적인 특징, 즉 형태학적 및 위치학적인 정보를 추출하였다. 어군 탐지 알고리즘은 38 kHz 에코그램에서 적용하고 이때 사용한 파라미터는 Table 1과 같다.

일반적으로 멸치 어군은 낮 동안에는 작은 사이즈로 분포한다고 알려져 있으므로 (Fujino et al., 2010), 작은 사이즈의 어군이라 할지라도 탐지될 수 있도록 파라미터를 선정하였다. 트롤 조사로 어획된 어종 중에 멸치로 확인된 트롤 정점에서만 이 어군탐지를 실시하였다. 이 어군 탐지 알고리즘을 적용하기 전에, 트롤 정점 1 주변에 약 5~10m의 불연속적인 얇은 띠가 발견되어 이것은 데이터 분석에서 제외시켰다. 탐지된 어군의 형태학 및 위치학적인 특징을 설명하는 기술어는 콤마분류저장방식 (Comma Separated Values, CSV)형식으로 변환하였다. 어군탐지기는 GPS의 신호를 받아서 위치 정보 (위도와 경도)를 파악하므로 음향 데이터는 GPS 신호를 포함하고 있다. 음향 데이터에 내재되어 있는 GPS 데이터를 이용하여 항적선을 작성할 수 있으며, 이 데이터를 조사 해역에서 멸치 어군과 주변 환경과의 관계를 가시화하는데 사용하기 위해서 CSV형식으로 변환하였다. 마지막으로 에코뷰에서 자동적으로 생성되는 항적도는 포트블 네트워크 그래픽스 (Portable Network Graphics, PNG)형식으로 변환하였다.

멸치 어군과 해양 환경과의 관계를 이해하고 가시화하기 위해서 이온퓨전 (Eonfusion ver. 2.5, Myriax)을 이용하여 작성한 데이터 플로는 Fig. 2에 표시하였다. 데이터 플로에서 정렬각형으로 표시된 오브젝트의 상세한 설명은 Table 2에 기재하였다. 이 데이터 플로에서 탐지된 어군의 공간 위치와 보간된 해양 환경 데이터의 위치가 같을 경우, 해양 환경 데이터의 속성 (수온과 염분)은 어군의 데이터로 옮겨진다. 즉, 이들 데이터가 공간적으로 동일한 위치일때 해양 환경 데이터의 속성과 어군의

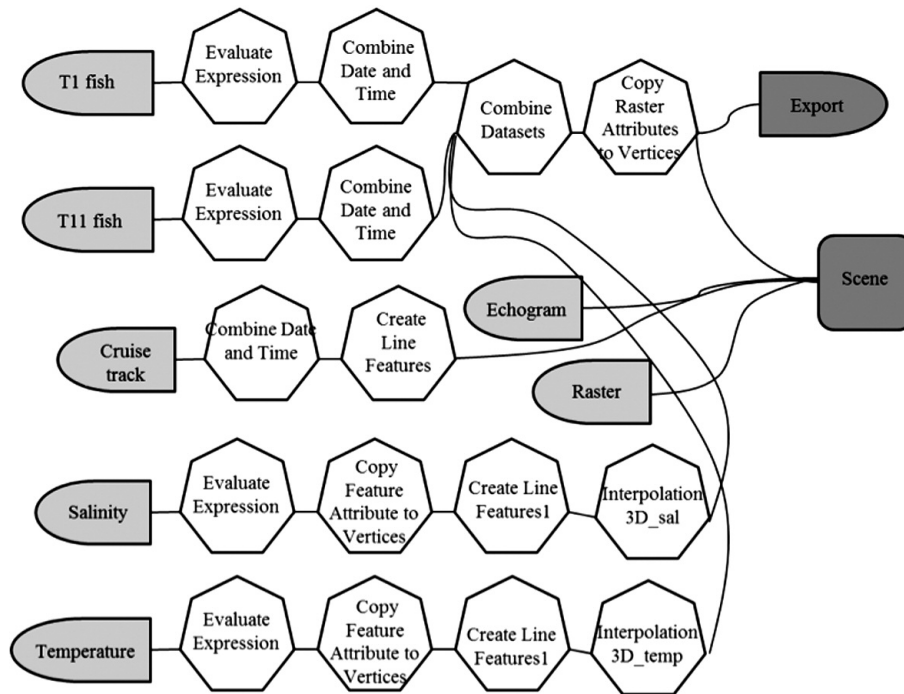


Fig. 2. Dataflow of geospatial analysis. Objects in light gray color are data sources, and objects in dark gray are final results which are "scene" for visualization and "export" for exporting analyzed results. Dataflow reflects the logical flow and transformation of information from data sources (light gray) via a series of operator objects (white color) to the scene and to export (dark gray). A set of objects can be connected though pipes. Each object has its property which controls its functionality. A description of each object is described with precision in Table 2.

Table 2. Description of each object in dataflow which is displayed in Fig. 2

Name	Data object	Description
T1 fish	Data source	To input characteristics of the anchovy fish aggregations at trawl station 1 in CSV format
T11 fish	Data source	To input characteristics of the anchovy fish aggregations at trawl station 11 in CSV format
Evaluate Expression	Operator	To convert from the minus sign to the plus sign of the depth. In the original data, distances below the water surface are positive. However, Eonfusion deems distance above the water surface as positive. This operator enables customized operations to be performed on data attributes. In this case the conversion of the sign for depth.
Combine Date and Time	Operator	To combine date with time. Originally, date and time information were created separately.
Combine Date Sets	Operator	To integrate data sets such as T1 fish, T11 fish, and interpolated salinity and water temperature.
Copy Raster Attributes to Vertices	Operator	To copy the interpolated water temperature and salinity from a raster to the fish aggregations at trawl station 1 and 11 that intersect the raster.
Export	Data writer	To export the processed data in CSV format
Cruise track	Data source	To input the cruise track in CSV format
Create Line Features	Operator	To linearize the GPS fixes displaying the cruise track based on time.
Echogram	Data source	To input the echogram resampled by 10 pings in horizontal and 0.8 m in vertical in EVE format
Raster	Data source	To input the cruise track map in PNG format
Salinity	Data source	To input salinity from CTD in CSV format
Copy Feature Attributes to Vertices	Operator	To put an index to each CTD station number.
Create Line Features1	Operator	To linearize the CTD attributes (temperature and salinity) based on water depth.
Interpolation 3D_temp	Add-in	To interpolate the water temperature using inverse distance weighted (IDW) interpolation method
Interpolation 3D_sal	Add-in	To interpolate the salinity using inverse distance weighted (IDW) interpolation method
Scene	View	To visualize the analyzed result

특징 (속성이라고 할 수 있음)은 서로 이동될 수 있으므로 이들 데이터간의 관계를 비교, 조사할 수 있다. 그리고 역거리가중법 이용하여 해양 환경 데이터를 보간하여 여러 층으로 만들어 3차원적으로 가시화하였다. 여기서, 역거리가중법은 가까이 있는 실측값에 더 큰 가중치를 주어 보간하는 방법 (Tomczak, 1998)으로, Kang et al. (2011)에 상세하게 서술하였다. 마지막으로 동일한 위치 정보를 근거로 탐지된 어군과 보간된 해양환경 데이터를 짝으로 하여 CSV형식으로 변환하였다.

중, 두번째와 세번째로 많이 어획된 어종을 Table 3에 나타내었다. 트롤 정점 1에서 멸치가 어획된 비율은 91%, 정점 11에서 어획된 멸치 어군의 비율은 94%이었다. 즉 이 두 트롤 정점에서 멸치 어군이 거의 단일 어종으로 분포한다고 간주할 수 있다. 따라서 이 두 트롤 정점에서의 멸치 어군을 대상으로 어군의 특징과 해양 환경과의 관계를 시각화한다. 이 두 정점에서 어획된 멸치의 평균 체장은 정점 1에서는  $10.7 \pm 1.3\text{cm}$ , 정점 11에서는  $9.9 \pm 1.5\text{cm}$ 이었다.

### 결 과

#### 트롤 어획 결과

트롤 정점별로 어획된 어종에서 가장 많이 어획된 어

#### 멸치 어군의 형태학 및 위치학적인 특징

멸치 어군의 형태학 및 위치학적인 특징을 Fig. 3에 나타내었다. 트롤 정점 1과 11에서 멸치 어군의 75% 는 어

**Table 3. The most caught species and its percentage, the second most caught species and its percentage, and the third caught species and its percentage by each trawl station**

Trawl St.	The most occupied species	Percent (%)	The second most occupied species	Percent (%)	The third most occupied species	Percent (%)
1	Anchovy ( <i>Engraulis japonicus</i> )	91	Leptocephalus ( <i>Congridae</i> )	3.7	Korean pomfret ( <i>Pampus echinogaster</i> )	2.7
2	Anchovy ( <i>Engraulis japonicus</i> )	51	Hairtail ( <i>Trichiurus lepturus</i> )	23	common hairfin anchovy ( <i>Setipinna tenuifilis</i> )	7.4
3	Anchovy ( <i>Engraulis japonicus</i> )	69	Hairtail ( <i>Trichiurus lepturus</i> )	24	Korean pomfret ( <i>Pampus echinogaster</i> )	6.3
4	Anchovy ( <i>Engraulis japonicus</i> )	16	Hairtail ( <i>Trichiurus lepturus</i> )	33	Yellow goosfish ( <i>Lophius litulon</i> )	13
5	Yellow croaker ( <i>Larimichthys polyactis</i> )	30	Hairtail ( <i>Trichiurus lepturus</i> )	27	Yellow croaker ( <i>Larimichthys polyactis</i> )	8.5
6	Hairtail ( <i>Trichiurus lepturus</i> )	24	Yellow croaker ( <i>Larimichthys polyactis</i> )	22	Conger eel ( <i>Conger myriaster</i> )	19
7	Yellow croaker ( <i>Larimichthys polyactis</i> )	35	Korean pomfret ( <i>Pampus echinogaster</i> )	25	Brown croaker ( <i>Müchthys miiuy</i> )	10.2
8	Yellow goosfish ( <i>Lophius litulon</i> )	24	Crustacean ( <i>Lophiomus setigerus</i> )	18.6	Anger fish ( <i>Champsodon snyderi</i> )	10.8
9	Hairtail ( <i>Trichiurus lepturus</i> )	48	Yellow goosfish ( <i>Lophius litulon</i> )	27	Japanese spanish marckerel ( <i>Scomberomorus niphrius</i> )	10.3
10	Lantern fish ( <i>Benthoosema pterotum</i> )	56	Yellow croaker ( <i>Larimichthys polyactis</i> )	10.5	Anger fish ( <i>Lophiomus setigerus</i> )	9
11	Anchovy ( <i>Engraulis japonicus</i> )	94	Japanese mackerel ( <i>Scomber japonicas</i> )	2.4	Rock fish ( <i>Sebastes schlegeli</i> )	1.4
12	Blackmouth angler ( <i>Lophiomus setigerus</i> )	22	Japanese spanish mackerel ( <i>Scomberomorus niphrius</i> )	14	White croaker ( <i>Argyrosomus argentatus</i> )	9.2
13	Japanese flying squid ( <i>Loligo japonicas</i> )	20	Surinam Squid ( <i>Todarodes pacificus</i> )	20	Japanese spanish mackerel ( <i>Scomberomorus niphrius</i> )	8.1
14	Korean pomfret ( <i>Pampus echinogaster</i> )	30	Yellow goosfish ( <i>Lophius litulon</i> )	27	Crab ( <i>Portunus trituberculatus</i> )	4
15	Hairtail ( <i>Trichiurus lepturus</i> )	62	Korean pomfret ( <i>Pampus echinogaster</i> )	22	Anger fish ( <i>Lophiomus setigerus</i> )	5.9
16	Korean pomfret ( <i>Pampus echinogaster</i> )	56	Hairtail ( <i>Trichiurus lepturus</i> )	15.3	Yellow goosfish ( <i>Lophius litulon</i> )	9.8

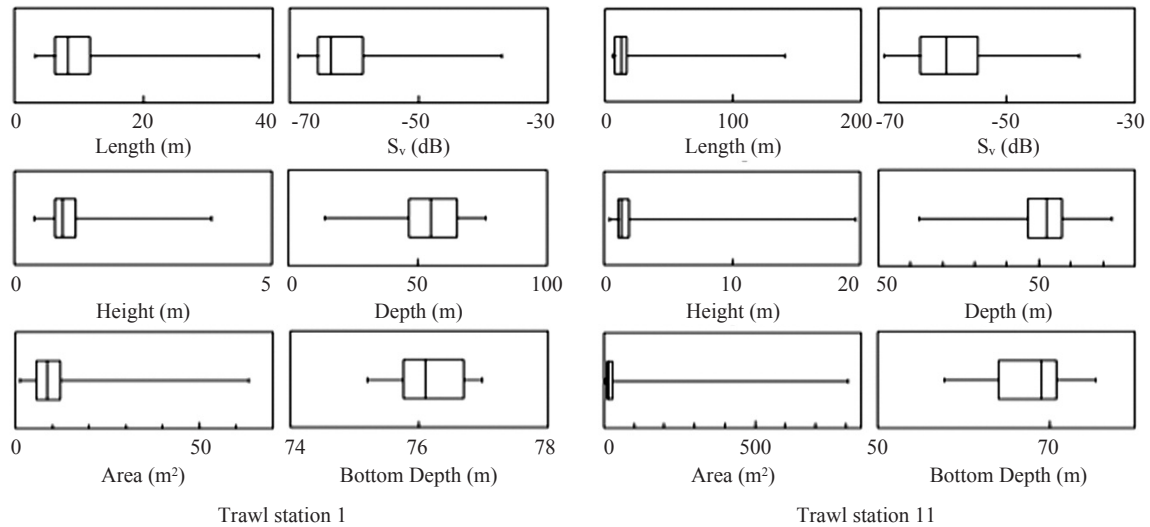


Fig. 3. Boxplot of various characteristics of anchovy aggregations in trawl station 1 and 11. Half samples (boxes) and the first and third quartiles (bars) are shown. A logarithmic scale is used for Sv. Note that different scales were used in each trawl station.

군의 길이, 높이와 면적이 작은 사이즈로 구성되어 있음을 알 수 있다. 그러나, 트롤 정점 1에서 멸치 어군의 평균 길이, 높이, 면적은 각각 9.7m, 1m, 10.3m<sup>2</sup>이었고, 트롤 정점 11에서의 멸치 사이즈는 정점 1보다 약간 큰 15.1m, 1.8m, 31.9 m<sup>2</sup>이었다. 트롤 정점 1에서의 멸치 어군의 50% (일사분위수~삼사분위수)는 -65.6~ -58.7dB의 Sv 범위를 가지고, 분포 수심의 범위는 46.5~65.3m, 해저 수심은 75.7~76.7m의 범위를 보였다. 특히 트롤 정점 1에서 멸치 어군의 해저 수심은 75~77m로 거의 일정함을 보였다. 트롤 11에서 멸치 어군의 50%는 Sv (-63.5~ -54.5dB), 분포 수심 (46.7~57.2 m), 해저 수심 (64.1~70.9m)을 보였다. 따라서 트롤 정점 1에서의 멸치 어군의 형태학적인 특징은 트롤 정점 11보다는 작다고 할 수 있다. 그러나 위치학적인 특징을 살펴보면, 정점 1에서의 멸치 어군의 분포 수심과 해저 수심은 정점 11의 것보다 더 크다고 할 수 있다.

#### 멸치 어군과 해양 환경 데이터간의 관련성과 시각화

멸치 어군과 주변 해양 환경 데이터를 다차원적으로 시각화하여, 중장기적으로 해양 환경을 근거로 하는 멸치 어군에 관한 포괄적인 생태 및 분포적 특징과 밀도 평가를 수행하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있다. 다차원적 가시화의 의미는 3차원 즉 위도, 경도, 수심뿐만 아니라 시간 혹은 어떤 다른 데이터의 속성을 포함시키는 것을 말한다. 예를 들어 수심 정보를 중심으로 변

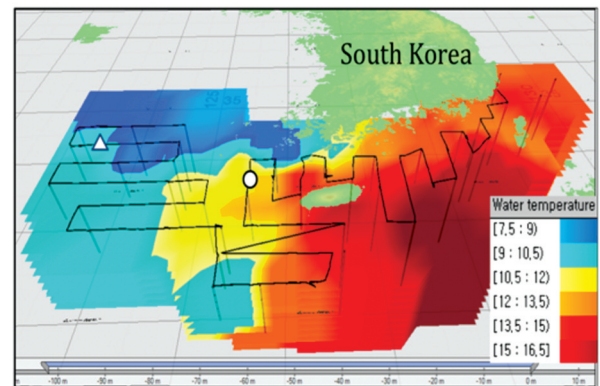


Fig. 4. Multi-dimensional visualization of diverse dataset such as the ship's cruise track, the cruise map, interpolated three-dimensional water temperature, and CTD stations. The white triangle shows the location of trawl station 1, and the white circle indicates the trawl station 11. The cruise track is displayed in black transect line. Many layers of the interpolated water temperature look like three dimensions. The slide bar on the bottom shows the water depth. While the slider is moving from side to side, only the interpolated water temperature relevant to the slide of water depth will be shown. The multiple vertical lines inside interpolated water temperature are CTD stations.

환한 조사선의 항적선, 항적도, 보간한 3차원적인 수온, CTD정점의 위치 데이터를 이용하여 Fig. 4과 같이 시각화하였다. 남해 서부의 수온 범위는 12~16.5°C인데 비해 서해 남부의 수온은 7.5~9°C의 범위를 가진다. 개략적으로 말하면, 남해 서부의 남서쪽 해역을 중심으로 좌우로 두 개의 다른 수온을 가진 수괴가 존재하는 것으로

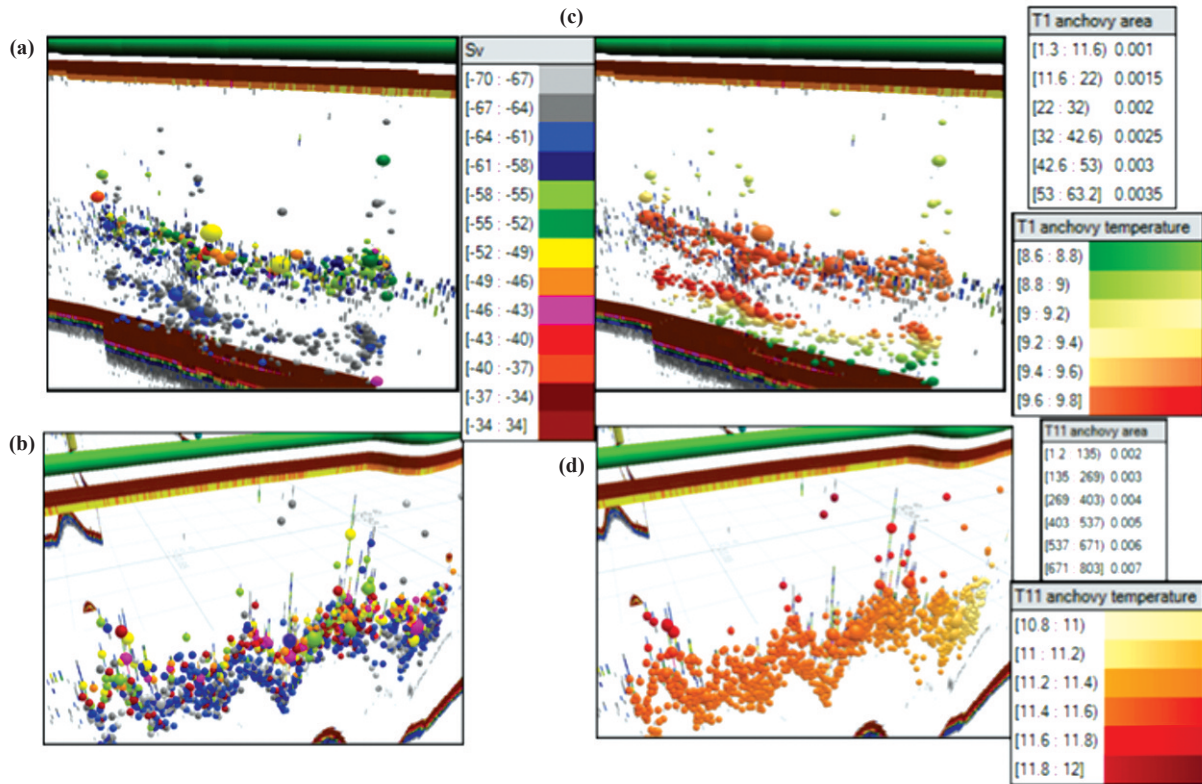


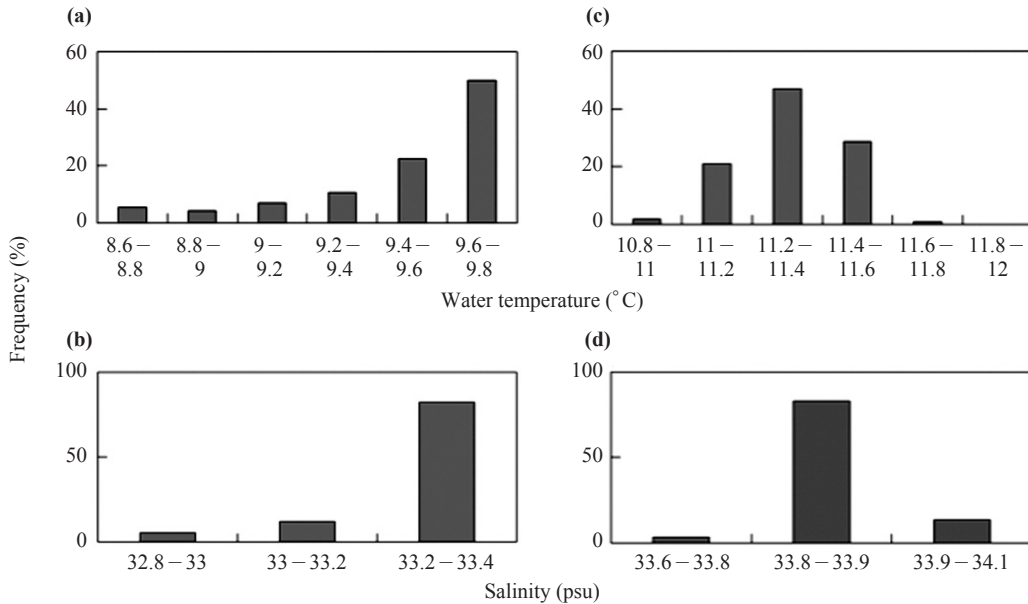
Fig. 5. Mean SV (dB re 1/m) of every anchovy aggregation in trawl station 1(a) and 11(b), and interpolated water temperature (°C) transferred to the location of all anchovy aggregations in trawl station 1(c) and 11(d). The green line above each panel represents the cruise track. The band in dark brown under the green line represents the ring down noise from the transducer. The dark brown near bottom shows the sea bottom. The SV color legend is used in (a) and (c). A sphere represents an anchovy aggregation detected. The size of a sphere is directly relates to the area (m<sup>3</sup>) of an anchovy aggregation. Note that the range of the area legends and temperature legends at trawl station 1 and 11 are different.

설명할 수 있다. 이 시각화 기능을 통하여, 조사 해역 전체와 각 데이터 간의 관계를 이해하는데 도움을 줄 수 있다.

멸치 어군과 해양 환경데이터 사이의 관계를 가시화하기 위해서, 환경 데이터 속성 즉 보간한 수온과 염분을 지리 공간적으로 중첩하는 어군 데이터로 이동 변환한 것을 이용하였다. 트롤 정점 1과 11에 탐지된 멸치 어군의 평균 Sv와 어군과 동일한 위치에서의 수온을 멸치 어군의 색깔로 표시하였다 (Fig. 5). 여기서 어군의 면적은 구의 크기와 비례하므로 구가 클수록 어군의 면적이 클 수 있다. 트롤 정점 1과 11에서 수심 중간쯤에 상대적으로 다소 높은 Sv값 (-55 ~ -43 dB)을 가진 어군이 보이지만, 이 보다 높은 Sv범위 (-46 ~ -43 dB)를 가진 어군은 트롤 정점 11에서만 존재함을 알 수 있다. 두 정점에서 다소 큰 사이즈의 어군은 보다 수심이 얇은 쪽에 위치하고 있다. 트롤 정점 1에서 멸치 어군의 수온

범위는 9.4~9.8 °C이고, 트롤 정점 11에서 멸치 어군의 수온 범위는 11.2~11.6 °C이다. 따라서, 트롤 11에서의 멸치 어군은 정점 1에서의 어군보다 약 2 °C 높은 수온에서 분포하는 것을 알 수 있다. 이와 같이 다차원의 시각화는 수온과 같은 환경 데이터와 어군사이의 관계를 직접적으로 이해하기 위해서 유용하게 사용될 수 있다고 생각한다. 또한 데이터간 상호 관계의 가시화뿐만 아니라 그 관계를 직접적으로 표시할 수 있다.

앞서 설명한 동일한 위치 정보를 근거로 멸치 어군과 해양 환경 데이터를 한 쪽으로 하고 CSV형식으로 변환한 데이터를 이용하여, 트롤 정점 1과 11에서 멸치 어군이 분포하는 정확한 수온과 염분을 빈도분포로 표시하였다 (Fig. 6). 트롤 정점 1에서 멸치 어군의 수온 범위는 8.6~9.8 °C이고, 평균 수온은 9.5 ± 0.3 °C이다. 즉 멸치 어군의 대부분 (90%)은 9 °C이상의 수온에서 분포한다. 트롤 정점 11에서 멸치 어군의 수온범위는 10.8~12 °C



**Fig. 6.** Frequency distribution of interpolated water temperature and salinity transferred to the location of all anchovy aggregations when they were overlapping. Water temperature and salinity of all anchovy aggregations at trawl station 1 are (a) and (b) respectively, and those at trawl station 11 are (c) and (d).

이며, 그 평균 수온은  $11.3 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 이다. 즉 트롤 정점 11에서 대부분의 어군은  $11^\circ\text{C}$  이상의 수온에 분포하였으며, 특히 멸치 어군의 47%는 수온 범위  $11.2\sim 11.4^\circ\text{C}$ 에 분포하였다. 한편, 트롤 정점 1에서 평균 염분은  $33.3 \pm 0.1$  psu이고, 대부분의 멸치 어군 (83%)은  $33.2\sim 33.4$  psu의 범위에 분포한다. 트롤 정점 11에서 멸치 어군의 평균 염분은  $33.9 \pm 0.1$  psu이고 대다수의 멸치 어군 (83%)은  $33.8\sim 33.9$  psu 범위에 분포한다. 결론적으로 두 정점에서 멸치 어군의 수온과 염분의 변화는 매우 적지만, 트롤 정점 11에서 멸치 어군의 수온과 염분은 정점 1보다 다소 높다는 것을 알 수 있다.

### 고 찰

우리나라 동해안 남부해역에서 멸치 어군의 형태 및 분포 특징을 1996년에 조사한 사례가 있다 (Kang, 1996). 이 해역에서 분포하는 멸치의 평균 길이, 높이, 면적은 각각 26m, 8m,  $52\text{m}^2$  이었고, 멸치 어군의 평균  $S_v$ 는  $-37.2$  dB이었다. 본 연구에서의 멸치 어군의 크기와 비교해보면, 동해안의 멸치 어군이 두 배가량 큰 것을 알 수 있다. 1994년 3월에 동중국해에서, 1995년 3월말과 4월초에는 남해안의 동부해역에서 멸치의 형태학적인 특징을 계측한 연구가 있다 (Kim et al., 1998). 동중국해에서 멸치 어군의 평균 길이, 높이, 면적은 각각 13.8m, 3.4m,

$29.5\text{m}^2$ 이었고, 남해안 동부 해역에서는 각각 22.7m, 4.4m,  $69.4\text{m}^2$ 으로 조사되었다. 지리학적으로 동중국해는 본 연구에서 트롤 정점 1보다 정점 11에 더 가깝다. 이 연구의 동중국해에서 멸치 어군의 형태학적인 특징은 본 연구의 트롤 정점 11에서의 어군 특징과 근사함을 알 수 있다. 두 연구에서의 분포 수심은 거의 동일하였고, 이때 수심은 52m이었다. 그러나 이 연구에서 남해안에서의 평균  $S_v$ 는  $-53.4$  dB으로 트롤 정점 11 ( $-58.4$  dB)보다는 다소 높은 것으로 보인다. Ohshimo et al. (1996)는 본 연구와 거의 유사한 해역에서 멸치 어군 형태의 유사성을 보여주었다. 이 연구에서 어군탐지기 FQ70 (50kHz, Furuno)을 이용하여 조사한 어군의 평균 길이와 높이는 각각 16.3m와 3.3m이었다. 한편 우리나라 주변에서의 멸치는 일반적으로 계절에 따라 동중국해로부터 남해안의 서쪽 해역에서 동쪽 해역으로 그리고 동해안으로 이동하는 것으로 알려져 있다. 예를 들면, 봄에는 동중국해에서 멸치는 쓰시마 난류를 따라 여수, 남해, 통영으로 이동하는 것으로 알려져 있다. 6월이 되면 멸치는 동해안의 강원도 연안까지 이동하는 것으로 보인다 (Park et al., 1996). 동중국해로부터 남해안과 동해안으로 이동하면서 멸치어류의 체장은 성장하며 이에 따라 멸치 어군을 이루는 분포 패턴은 변화할 것으로 생각한다. 따라서 이러한 추론으로 말미암아 동해안



의 멸치어군의 크기 (Kang, 1996)는 본 연구의 멸치 어군보다 크다고 생각한다.

Choi et al. (2001)는 2000년과 2001년에 남해안의 멸치를 대상으로 수중 음향 조사를 실시하면서 해양 환경 데이터를 수집하였다. 두 해 동안 멸치 어군이 우세한 해역은 남해안 동부해역이었으며, 이 해역에서의 수온 범위는 12~15°C이고, 염분 범위는 33.6~34.5 psu이었다. 남해안 동부해역의 수온 (12~15°C)과 본 연구의 남해 서부 해역의 수온 (8.6~12°C)과 비교해 보면, 전자가 조금 더 따뜻함을 알 수 있다. 하지만, 두 연구에서의 염분은 유사한 것으로 보인다. 일반적으로 남해안 동부해역의 수온은 서부해역보다 약간 따뜻한 것을 알 수 있다.

다양한 데이터 형식과 샘플링 크기를 가지는 데이터 상호간의 관계를 직접적으로 비교 파악하고 데이터를 종합적으로 가시화하는 방법은 수집한 데이터를 보다 포괄적으로 이해하면서 데이터간의 상호작용도 알 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서 사용된 데이터간의 관계를 다차원적으로 가시화하는 연구는 아직도 새로운 분야이지만, Kang et al (2011)는 인공 어초 환경에 있어서 어군과 인공 어초 및 해양 환경 데이터를 다차원적으로 표현하며 그 관계를 설명한 바가 있다. 이 방법은 수산 해양 관련의 많은 분야에 적용할 수 있으며 지금까지 발견되지 않은 데이터간의 정보와 수많은 데이터로부터 종합적인 정보를 얻을 수 있으리라 기대된다.

마지막으로 본 연구에 사용한 데이터는 2003년, 즉 10년전에 수집한 것이다. 수산 해양 분야에서 직접적인 조사는 많은 비용과 노력이 수반되므로 조사로부터 얻은 데이터를 충분히 활용하는 것은 대단히 중요하다고 생각한다. 매년 일정한 계절 혹은 시기를 두고 직접적인 조사를 수행하여 그 해역의 해양 및 수중 생물의 상황을 모니터링하는 것은 귀중한 정보를 제공할 수 있다. 하지만 여러가지 여건으로 말미암아 지속적이고 정기적인 조사가 진행할 수 없다할 지라도, 단편적이고 국소적인 해역에서라도 데이터 수집과 분석은 중요한 결과를 도출할 수 있다. 따라서, 과거 한 계절과 한 해역의 데이터 일지라도 분석하여 어떤 결과를 이끌어 낸다면 그때 그 장소에서 수중 생물의 상태를 파악할 수 있으므로 충분한 가치가 있다고 생각한다. 또한 이런 단편적인 연구가 축적된다면 해양과 수중 생물의 연대기적인 정보로 이어질 수 있다. 그리고, 데이터를 수집할 때 어떤 방식으로 데이터를 처리하고 해석할 것인지를 염두에 두고 수

행하는 것은 중요하며, 조사를 계획하는 시점부터 데이터 수집과 데이터 분석이 한 쌍으로 사전에 논의하는 것이 바람직하다고 생각한다.

## 결론

트롤 조사를 통해서 대부분 멸치만 분포한다고 확인된 트롤 정점1과 정점 11에서 멸치 어군의 형태학 및 위치학적인 특징을 조사하였다. 서해 남부에 위치한 트롤 정점 1에서 멸치 어군의 형태학적인 특징 (길이, 높이, 면적)은 남해 서부에 위치한 정점 11보다 작았지만, 위치학적인 특징 (분포 수심과 해저수심)은 정점 1에서의 어군이 정점 11보다 크음을 알 수 있었다. 다양한 데이터 즉 향적도, 향적선, 역거리가중법으로 보간한 3차원적인 수온, CTD 정점 위치를 이용하여 데이터 정보를 종합적이면서 다차원적으로 가시화하였다. 보간한 수온 데이터와 두 정점에서의 멸치 어군이 지리 공간적으로 중첩되는 경우, 수온 데이터는 멸치 어군 데이터로 옮겨 멸치 어군의 색깔로 표현하여, 수온과의 관계를 가시화하였다. 멸치 어군쪽으로 이동된 수온 데이터를 이용하여 이들 관계를 살펴보면 두 정점에서 어군의 수온과 염분의 변화는 크지 않았다. 그러나, 정점 11에서 멸치 어군의 수온과 염분이 정점 1보다 다소 높음을 알 수 있었다. 복수 데이터의 다차원적인 가시화와 데이터간의 상호 관계를 분석하는 방법은 수산 해양 관련의 여러 연구 분야에 유용하게 적용될 수 있으리라 생각한다.

## 사사

본 연구는 국립수산물학원 (NFRDI, RP-2013-FR-078)의 지원에 의해 수행되었습니다. 음향조사에 도움을 주신 탐구 1호 선원에게 감사를 드립니다. 시각화 분석을 위해 도움을 주신 Myriax Software사의 Warwick Gillespie에게도 감사를 표합니다. 본 논문을 사려 깊게 검토하여 주신 심사위원님들과 편집위원님께 감사드립니다.

## References

- Amakasu K, Sadayasu K, Abe K, Takao Y, Sawada K, Ishii K and Marine J. 2010. Swimbladder shape and relationship between target strength and body length of Japanese Anchovy (*Engraulis japonicus*). J Marine Acoust Soc Jpn 37, 1 - 14. (DOI : 10.3135/jmasj.37.46)
- Barange M. 1994. Acoustic identification, classification and structure of biological patchiness on the edge of the Agulhas Bank

- and its relation to frontal features. *S Afr J Mar Sci* 14, 333 – 347. (DOI:10.2989/025776194784286969)
- Choi SG, Kim JY, Kim SS, Choi YM, and Choi KH. 2001. Biomass estimation of anchovy (*Engraulis japonicus*) by acoustic and trawl surveys during spring season in the southern Korean waters. *J Korean Soc Fish Res* 4, 20 – 29.
- Choo H and Kim D. 1998. The effect of variations in the Tsushima warm currents on the egg and larval transport of anchovy in the southern sea of Korea. *J Korean Fish Soc* 31, 226 – 244.
- Demoor C, Butterworth D and Coetzee J. 2008. Revised estimates of abundance of South African sardine and anchovy from acoustic surveys adjusting for enchosounder saturation in earlier surveys and attenuation effects for sardine. *Afr J Mar Sci* 30, 219 – 232.
- Foote KG, Knudsen HP, Vestnes G, MacLennan DN and Simmonds EJ. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. *ICES Coop Res Rep* 44.
- Fujino T, Kawabata A and Kidokoro H. 2010. Echograms of aquatic organisms observed by a quantitative echosounder around Japan. Japan Sea National Fisheries Research Institute, Niigata.
- Gutierrez M, Swartzman G, Bertrand A and Bertrand S. 2007. Anchovy (*Engraulis ingens*) and sardine (*Sardinops sagax*) spatial dynamics and aggregation patterns in the Humboldt Current ecosystem, Peru, from 1983-2003. *Fish Oceanogr* 16, 155 – 168. (DOI: 10.1111/j.1365-2419.2006.00422.x)
- Kang D, Cho S, Lee C, Myoung JG and Na J. 2009. Ex situ target-strength measurements of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) in the coastal Northwest Pacific. *ICES J Mar Sci* 66, 1219 – 1224. (DOI : 10.1093/icesjms/fsp042)
- Kang M. 1996. Hydroacoustic Investigations on the distribution characteristics of the anchovy at the south region of East Sea. *J Kor Soc Fish Tech* 32, 16 – 23.
- Kang M, Nakamura T and Hamano A. 2011. A methodology for acoustic and geospatial analysis of diverse artificial-reef datasets. *ICES J Mar Sci* 68, 2210 – 2221. (DOI : 10.1093/icesjms/fsr141)
- Kim J, Yang W, Oh T, Seo Y, Kim S, Hwang D, Kim E and Jeong S. 2008. Acoustic estimates of anchovy biomass along the Tongyoung-Namhae coast. *J Kor Soc Fish Tech* 41, 61 – 67. (DOI : 10.5657/kfas.2008.41.1.061)
- Kim JY. 1983. Distribution of anchovy eggs and larvae off the Western and Southern coasts of Korea. *J Kor Fish Sci* 16, 401 – 410.
- Kim Z, Choi Y, Hwang K and Yoon G. 1998. Study on the acoustic behavior pattern of fish school and species identification. 1. Shoal behavior pattern of anchovy (*Engraulis japonicas*) in Korean waters and species identification test. *J Kor Soc Fish Tech* 34, 52 – 61.
- Ko JC, Yoo JT and Rho HK. 2007. Environmental Factors and the Distribution of Eggs and Larvae of the Anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Coastal Waters of Jeju Island. *J Kor Fish Sci* 40, 394 – 410. (DOI : 10.5657/kfas.2007.40.6.394)
- Lee H and Kang D. 2010. In situ side-aspect target strength of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) in northwestern Pacific Ocean. *J Korean Soc Fish Res* 46, 248 – 256. (DOI : 10.3796/KSFT.2010.46.3.248)
- Miyashita K. 2003. Diurnal changes in the acoustic – frequency characteristics of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) post-larvae “shirasu” inferred from theoretical scattering models. *ICES J Mar Sci* 60, 532 – 537. (DOI : 10.1016/S1054-3139(03)00066-3)
- Murase H, Ichihara M, Yasuma H, Watanabe H, Yonezaki S, Nagashima H, Kawahara S and Miyashita M. 2009. Acoustic characterization of biological backscatterings in the Kuroshio-Oyashio inter-frontal zone and subarctic waters of the western North Pacific in spring. *Fish Oceanogr* 18, 386 – 401. (DOI: 10.1111/j.1365-2419.2009.00519.x)
- Murase H, Kawabata A, Kubota H, Nakagami M, Amakasu K, Abe K, Miyashita K and Oozeki Y. 2012. Basin-scale distribution pattern and biomass estimation of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the western North Pacific. *Fish Sci* 78, 761 – 773. (DOI : 10.1007/s12562-012-0508-2)
- Oh T, Kim J, Seo Y, Lee S, Hwang D, Kim U, Yoon E and Jeong B. 2009. Comparison of geostatistic and acoustic estimates of anchovy biomass around the Tongyeong inshore area. *Kor J Fish Aquat Sci* 42, 290 – 296. (DOI : 10.5657/kfas.2009.42.3.290)
- Ohshimo S. 1996. Acoustic estimation of biomass and school character of anchovy *Engraulis japonicus* in the East China Sea and the Yellow Sea. *Fish Sci* 62, 344 – 349.
- Ohshimo S. 2004. Spatial distribution and biomass of pelagic fish in the East China Sea in summer, based on acoustic surveys from 1997 to 2001. *Fish Sci* 70, 389 – 400. (DOI : 10.1111/j.1444-2906.2004.00818.x)
- Park JH, Choi SH, Kim JY and Lee JH. 1996. Distribution of Anchovy, *Engraulis japonicus* (Houttuyn), in the Coastal Waters of Kangwon Province in Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 32, 223–234.
- Sawada K, Takahashi H, Abe K, Ichii T, Watanabe K and Takao Y. 2009. Target-strength, length, and tilt-angle measurements of

- Pacific saury (*Cololabis saira*) and Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) using an acoustic-optical system. ICES J Mar Sci 66, 1212 – 1218. (DOI : 10.1093/icesjms/fsp079)
- Shelton PA, Armstrong MJ and Roel BA. 1993. An overview of the application of the daily egg production method in the assessment and management of anchovy in the Southeast Atlantic. Bull Mar Sci 53, 778 – 794.
- Simmonds J and Maclellan D. 2005. Fisheries acoustics: theory and practice, 2nd edn. Blackwell, Oxford
- Tomczak M. 1998. Spatial Interpolation and its uncertainty using automated anisotropic inverse distance weighting (IDW)-cross-validation/jackknife approach. J Geogr Inform Decis Anal 2, 18 – 30.
- Yoon G, Kim Z and Choi Y. 1996. Acoustic target strength of the pelagic fish in the Southern waters of Korea. I. *In situ* measurement of target strength of Anchovy (*Engraulis japonicus*). J Kor Soc Fish Tech 29, 107 – 114.
- Zhang B, Zhao X and Fangque D. 2011. Monthly variation in the fat content of anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Yellow Sea: implications for acoustic abundance estimation. Chin J Oceanol Limnol 29, 556 – 563. (DOI : 10.1007/s00343-011-0187-3)
- Zhao X, Hamre J, Li F, Jin X and Tang Q. 2003. Recruitment, sustainable yield and possible ecological consequences of the sharp decline of the anchovy (*Engraulis japonicus*) stock in the Yellow Sea in the 1990s. Fish Oceanogr 12, 495 – 501. (DOI : 10.1046/j.1365-2419.2003.00262.)
- 
2014. 1.16 Received  
2014. 2.17 Revised  
2014. 2.20 Accepted