

## 음향을 이용한 통영 남해 연안 멸치 자원량 추정

김주일<sup>1</sup> · 양원석<sup>1</sup> · 오택윤<sup>1</sup> · 서영일<sup>1</sup> · 김성태<sup>1</sup> · 황두진\* · 김은호 · 정순범  
 전남대학교 수산해양대학, <sup>1</sup>국립수산과학원

## Acoustic Estimates of Anchovy Biomass along the Tongyoung-Namhae Coast

Joo Il KIM<sup>1</sup>, Won Seok YANG<sup>1</sup>, Taeg Yun OH<sup>1</sup>, Young Il SEO<sup>1</sup>, Sung Tae KIM<sup>1</sup>,  
 Doo Jin HWANG\*, Eun Ho KIM and Sun Beom JEONG  
 College of Fisheries and Ocean Science, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea  
<sup>1</sup>National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu 556-823, Korea

Acoustic technology is commonly used to estimate the biomass and distribution of fisheries resources in coastal areas and the open ocean. Acoustic surveys were conducted on 24-26 May and 20-21 June, 2005, and 15-18 June and 27-30 July, 2006, near the Tongyoung, Geojae, and Namhae anchovy fishing grounds using a dual beam echosounder. Information was obtained on the distributions of adult and juvenile anchovy (depth and position). We calculated and compared anchovy biomass using simple summation. In this study, all backscatter was attributed to anchovy. We assumed that the average target strength of anchovy was -70 dB and the average body weight was 3 g in May and June 2005, and that the target strength of anchovy was -65 dB and the average body weight was 5 g for pelagic individuals in July 2006. The anchovy biomass in May 2005 was estimated to be 0.147 million tons using the traditional method, while using the summation method, the estimated anchovy biomass was 0.062 million tons in June 2005, 0.21 million tons in June 2006, and in 0.43 million tons in July 2006.

Key words: Anchovy biomass, Acoustic estimates, Fisheries resources, Anchovy fishing grounds

### 서 론

최근 어탐기술의 비약적인 발전에 힘입어 수중음향을 이용하여 어업생물의 공간적인 분포나 행동생태 또한 어업자원의 분포상태 등과 같은 수산 자원의 분포 및 자원량을 추정하는 것이 가능하게 되었다 (Kang et al., 1996). 이 방법은 적은 비용과 짧은 시간동안에 많은 정보를 얻을 수 있는 장점을 가지고 있어 많은 수산 선진국에서 사용하고 있다 (John et al., 1992). 40-100 m의 수심을 가지는 우리나라 남해안은 황해, 동중국해, 동해와 연결되는 해역으로 대마난류수, 중국대륙 연안수, 한국 남해 연안수 등의 수괴가 공존하고 (Lim, 1971), 어장학적으로는 우리나라 연근해에 내유하는 여러 중요 어종 중 조기, 갈치, 멸치, 고등어, 전갱이, 오징어 등의 산란장 및 서식장이 되고 있어 국내 어느 해역보다도 자원생물학적 가치가 높은 해역이다 (Kim and Pang, 2005).

우리나라 남해안에서 가장 많이 어획되는 멸치는 연안성 난류성 부어류로 하계 대마난류 세력의 확장과 함께 남해 연안쪽으로 접안 회유하여 산란을 시작하고 남해 전역, 특히 여수-남해-거제도 남부 및 통영-육지도 주변에 주로 분포한다 (Choo, 2002). 주 분포 해역인 남해안에서는 연중 산란과 성숙이 이루어짐으로서 중심어장이 형성된다. 멸치는 연중 산란이 이루어지나 주 산란기는 5-7월로서 남해안에서는 빠

르고, 동해안에서는 늦게 이루어진다. 산란된 알은 부화 후 1개월이면 3 cm, 3개월에 6 cm, 6개월에 8 cm 가량 성장하며, 이때부터 산란이 가능하게 된다 (Jang et al., 1980; Kim and Kim, 1986). 우리나라 연안에서는 권현망, 자망, 정치망 등에 의해 어획되고, 그중에서 기선권현망에 의해 약 60-70%가 어획되고 있으며 (Kang et al., 1996) 남해안에서 어획이 가장 높다 (Park et al., 2004).

본 연구는 남해안의 통영 연안을 2005년부터 전남대학교와 남해수산연구소가 공동으로 과학어군탐지기를 이용하여 멸치자원조사를 실시하였다. 조사는 2005년 5월과 6월 두 차례 조사하였고, 2006년에는 5월과 6월 및 7월의 세 차례에 걸쳐 실시하였으며, 그 결과로 부터 멸치의 분포수심과 지리적 위치 등을 파악하였다. 또한 멸치의 생태학적 특성 즉 주로 표층층에 서식 분포한다는 특성과 음향학적 자원조사의 특성 즉 해저 데드존과 해표면의 데드존 이외의 층층에 어군이 서식할 경우 음향자원조사가 매우 용이하기 때문에 본 연구에서는 음향학적 수법을 이용하여 통영 근해의 멸치자원 추정을 시도 하였다.

### 재료 및 방법

#### 음향 자료수집 및 조사 정선

본 조사는 2005년 5월 24-26일과 6월 20-21일, 2006년 5월 23-26일, 6월 15-18일, 7월 27-30일에 통영, 거제, 남해를 잇는

\*Corresponding author: djhwang@chonnam.ac.kr

멸치 서식해역을 대상으로 국립수산물과학원 연구조사선 탐구 10호 (25톤)를 이용하여 음향조사를 실시하였다. 계측시스템은 체적후방산란강도 (volume backscattering strength: SV)를 계측하기 위해 Fig. 1과 같이 선박의 현측에 200 kHz 진동자 (DT4-200-06-01, Biosonics), 송수신기 및 지시기 (DT 5,000, Biosonics), 신호처리기 (Notebook computer, IBM), GPS (GP50, mark-3)로 구성하였으며, 송수신부에서 GPS 데이터 및 SV 등의 데이터를 RS-232C 인터페이스를 통하여 연속적으로 컴퓨터 하드디스크에 수록하였다. 어탐자료 수집 시 설정한 파라메타는 Table 1에 나타내었으며, 거리분해능을 높이기 위하여 펄스폭은 0.40 ms로 설정하였다. 수록한 데이터는 오프라인으로 실험실에서 재생하여 에코데이터 분석 소프트웨어 (Echoview 3.0, Sonardata)를 이용하여 처리하였다. 어군탐지기의 진동자는 조사선박의 중앙 현측에 지지대를 이용하여 수심 1 m되는 곳에 고정하였고, 조사선박의 선속은 약 7 knot로 일정하게 유지하였으며, 조사선박에 의한 진동 및 전원잡음을 제거하기 위하여 조사선박과 분리된 자체 전원 (배터리)을 이용하여 데이터를 수집하였다. 수신된 음향자료는 표층 부근에서 발생하는 캐비테이션 잡음, 항주 중에 발생하는 잡음 등 모든 잡음을 에코그램에서 제거하여 어류에 의한 신호만을 추출하였다.

또한 어탐자료는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 2005년에는 남북과 동서 방향으로 8개의 조사선을 이동하면서 수집하였고, 12개의 해양관측 및 네트 채집 정점에 있어서 CTD, Ring Net, Norpac에 의한 수온, 염분, 멸치난과 자치어의 개체수 조사 등을 실시하였으며, 2006년에는 조사의 정도를 개선하기 위하여 조사선의 간격을 좁혀 11개의 조사선을 설정하여 조사하였다. 또한 각 네트 채집 정점에서 2005년과 같이 CTD,

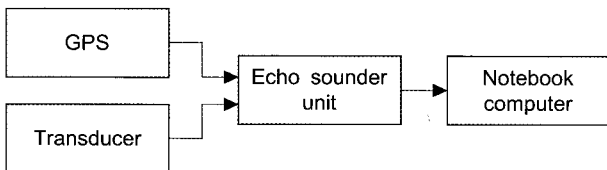
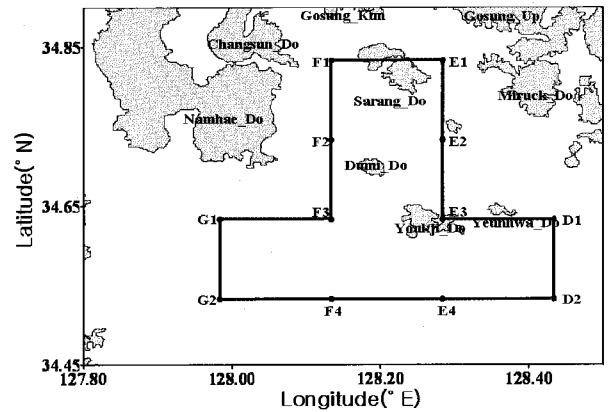


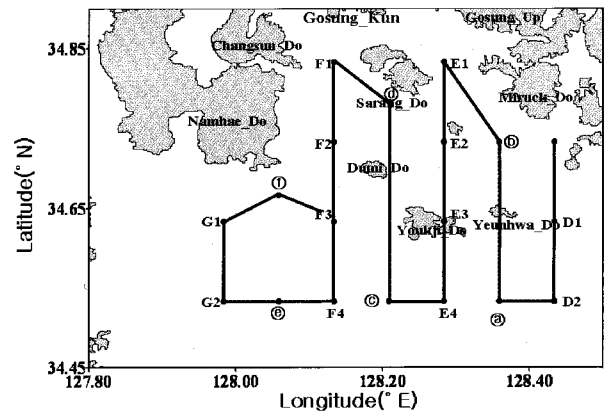
Fig. 1. Data acquisition system.

Table 1. System parameters of the quantitative echosounder (DT 5000)

Items	Parameters
Frequency	200 kHz
Beam type	Dual beam
Absorption coeff.	0.002672 dB/m
Ping rate	2.00 pps
Pulse width	0.40 ms
Beam width	6.50 degrees, 14.50 degrees
Nand width	20 kHz
Transmit source level	224.30 dB//uPa
Receive sensitivity	-54.40 dB//uPa
Salinity	32.79 ppt
Water temperature	22.6 °C
Sound velocity	1528.92 m/s



(a) Survey line of 2005



(b) Survey line of 2006

Fig 2. Investigation area for anchovy. Grid lines (—) and Oceanographic station (●).

Ring net을 이용하여 조사하였다.

음향을 이용한 자원량 추정법

일반적으로 음향을 이용한 자원량 추정방법은, 조사정선상 별로 구한 면적산란계수에 조사 선 수, 조사 선의 폭 (간격)을 곱하여 자원량을 추정한다. Fig. 3은 자원량 추정을 용이하게

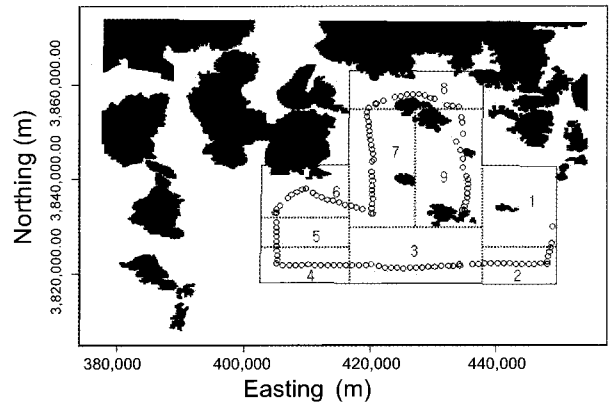


Fig 3. The resources presumed method which uses an acoustic (2005).

하기 위하여 경위도로 표기된 지리상의 위치를 평면상의 거리 단위 (m)로 변환하여 나타낸 것이며, 실선으로 나타낸 구역이 조사해역의 총 조사면적이다. 또 조사정선을 따라 획득한 어탐자료를 분석소프트웨어 (Echoview 3.0, Sonardata)을 이용하여, 진행방향으로 거리간격을 1,000 m로 설정하여 대상 어군의 면적산란계수  $S_a$ 를 구하고 Fig. 3의 흰색 점과 같이 나타내었다. 또한 조사 선 수와 조사 폭을 수치계산 (조사면적계산)이 용이하도록 하기 위해 조사해역을 임의로 9개의 구간으로 나누어 자원량을 추정하였다 (Fig. 3의 일점채선).

위의 과정을 수식으로 표시하면, 식 (1)과 같이 대상어종이 분포하는 수심구간을 정하여 면적산란계수를 구하고,

$$S_a = \int_{z_1}^{z_2} S_v \quad (1)$$

여기서  $S_a$ 는 면적산란계수 (Area backscattering coefficient:  $m^2/m^2$ ),  $S_v$ 는 체적산란계수 (Volume backscattering coefficient:  $m^{-1}$ )이며,  $z_1$ 은 표층,  $z_2$ 는 저층으로서 이 둘 수심구간의 적분값을 이용하였다.

또, 식 (2)와 같이 면적산란계수  $S_a$ 를 개체당의 초음파산란 단면적으로 나누어 밀도를 구하고, 여기에 대상어종의 어획구성비와 조사면적을 곱하면 자원 미수가 추정된다.

$$N = S_a \times \text{area} \times \frac{1}{\sigma_{bs}} \times f \quad (2)$$

여기서  $N$ 는 자원미수,  $\text{area}$ 는 조사면적 (m),  $\sigma_{bs}$ 는 초음파산란 단면적,  $f$ 는 어획구성비이다.

또, 식 (3)과 같이 자원미수  $N$ 에 대상어종의 체중을 곱하면, 자원중량이 추정된다.

$$B = N \times a(L)^b \quad (3)$$

여기서  $a, b$ 는 대상어종의 체장체중관계를 나타내는 계수이며,  $L$ 은 체장이다.

또, 멸치의 초음파산란단면적  $\sigma_{bs}$ 는 Fukuda et al. (2006)가 구한 주파수 198 kHz에서의 멸치의 TS (Target strength)값을 인용하였으며, 현장에서 구한 멸치의 체장, 체중 조성과 실제

유영자세각, 유영수심, 현장에서의 TS값 등을 고려하여 정하였다.

### 결 과

본 조사에서는 멸치 자원량의 추정을 위하여 우선 조사해역 내의 멸치 자원의 수평분포와 수직분포에 대하여 알아보았다. 음향자료를 이용한 멸치자원의 수직, 수평 분포의 자료는 현장에서 어탐자료를 수록한 데이터를 실험실로 가져와 에코데이터 분석 소프트웨어 (Echoview 3.00, Sonardata)를 이용하여 처리하였다. 본 조사 해역의 최대 수심이 약 70 m 미만인 것을 고려하여 데이터의 분석 최대 수심을 70 m로 설정하였고, 수평 적분구간은 10분 간격으로 설정하여 적분하였다. 또 2005년의 경우 조사해역에서의 멸치자원은 네트채집결과 산란 직후의 아직 미성숙 단계였고, SV가 낮게 나타난 점과 음향산란층이 1개로 균질을 이루고 있어, 적분 구간을 한 층으로 하여 분석하였다. 2006년 7월의 데이터는 에코그램상에서 음향산란층이 표층과 저층 2개로 나누어 분포하고 있어, 표층과 저층에 분포하는 어군을 구분하기 위해 두 층으로 구분하여 표층에 분포하는 어군과 저층에 분포하는 어군의 양을 따로 계산하였다. 또 Fig. 5와 Fig. 7에 나타난 수평분포는 조사해역에서의 어군의 지리적 분포 위치를 파악하기 위한 것으로, 가로축에 경도, 세로축에 위도로 표시하였다.

#### 2005년 5월, 6월 멸치어군의 분포

2005년 5월과 6월에 걸쳐 조사한 통영해역에 분포한 멸치 자치어의 분포위치, 수심을 파악한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 그림의 왼쪽에서 오른쪽으로 진행되는 수평방향은 시간과 거리의 경과에 따른 조사 방향을 나타낸 것이고, 수직방향은 수심을 나타낸 것이다. 해저면과 해저면 이하는 회색으로 나타내었고, 그림에 나타난 칼러 바 (Scale bar)는 어군탐지기로부터 얻은 어군의 크기를 칼러로 나타내었고, 표시단위는 SV (dB)이며, 칼러의 색이 붉은 쪽으로 갈수록 어군의 크기가 크다는 것을 의미한다.

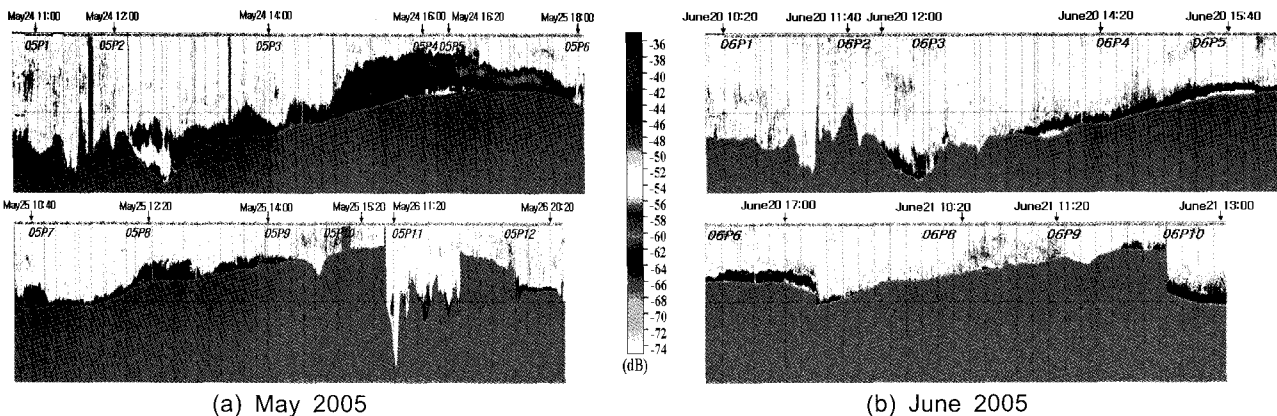


Fig. 4. Vertical distribution of anchovy in Tongyoung fishing grounds (2005).

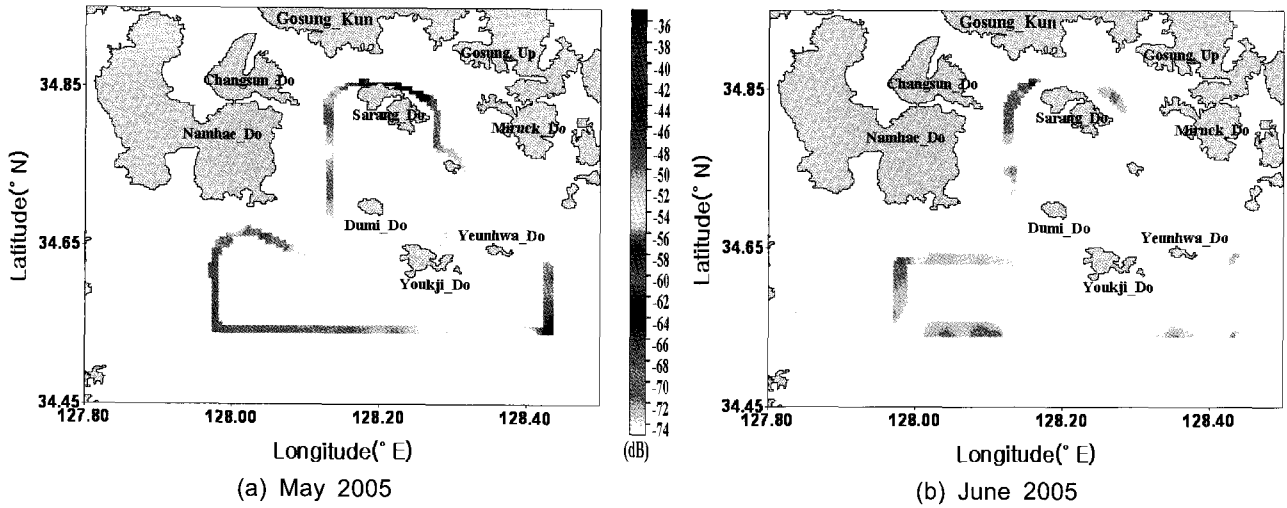


Fig 5. Horizontal distribution of anchovy in Tongyoung fishing grounds (2005).

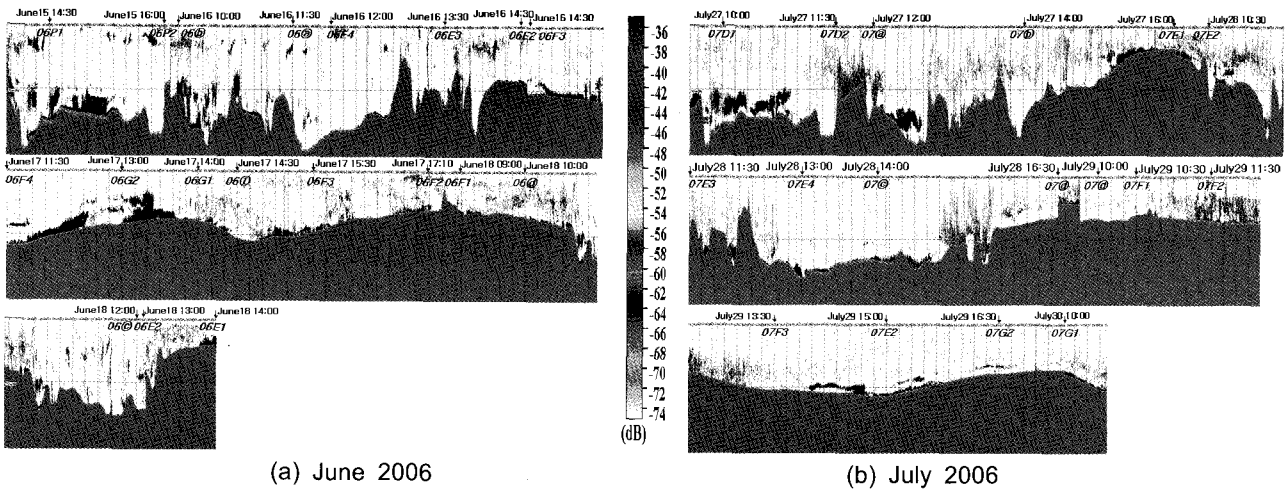


Fig 6. Vertical distribution of anchovy in Tongyoung fishing grounds (2006).

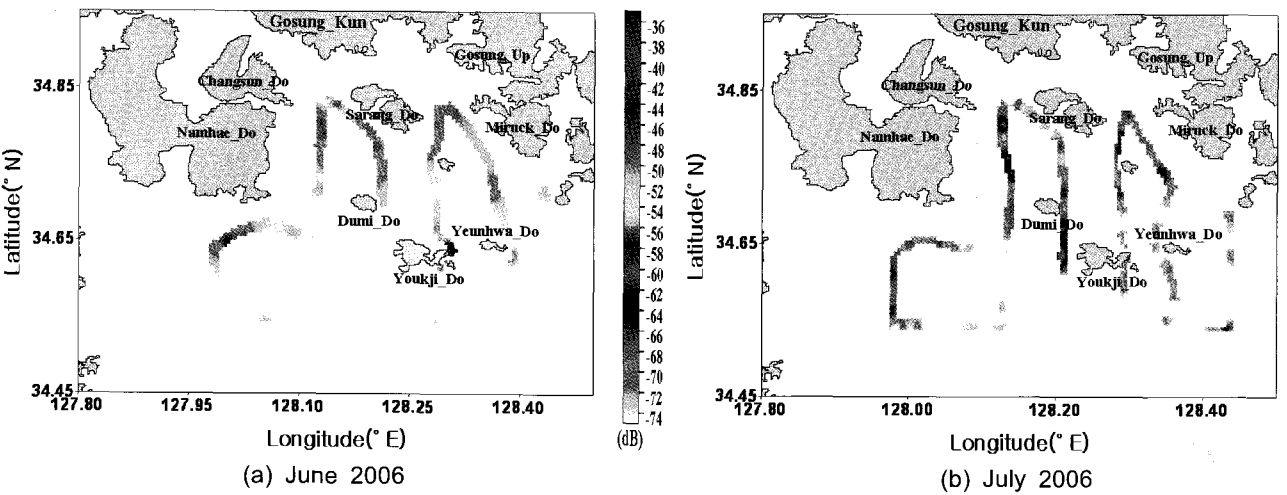


Fig 7. Horizontal distribution of anchovy in Tongyoung fishing grounds (2006).

Fig 4를 보면 조사해역 전 해역의 해저부근에 밀집하여 있는 어군이 분포하고 있고, 그때 체적산란강도 (SV)는 5월에는 -63에서 -74 dB, 6월에는 -68에서 -75 dB이었으며, 어군의 분포량은 6월보다는 5월이 상대적으로 더 높게 분포하고 있었다.

선박 조사의 위치정보를 이용하여 멸치어군의 수평적 분포를 Fig. 5에 나타내었다. 2005년 5월에는 사랑도 위쪽으로 해서 약 -60에서 -64 dB로 다른 조사지역보다 높은 SV값을 나타내었고, 연화도 남동쪽으로 정점 D2지역에도 -63 dB 정도로 다른 조사지역보다 SV값이 높게 나타남을 알 수 있었다. 2005년 6월은 사랑도 왼쪽 해역에 약간의 어군의 있음을 보여 주고, 5월에 비하여 어군이 거의 분포하지 않음을 알 수가 있었다.

2005년 5월과 6월 조사해역에 있어서 조사기간 중 수회에 걸친 음향 산란층에 대한 네트채집을 실시한 결과 멸치의 난, 지치어가 대부분을 점하고 있었으며 기타 젤라틴성 동물 플랑크톤이 분포하고 있었다. 이때, 멸치의 체장 체중 조성은 미성숙 단계의 전기 자어로 체장이 3-10 mm, 체중 2-3 g 정도인 것으로 파악되었다. 2005년 5월과 6월의 멸치 자치어는 개체당 초음파산란강도를 -70 dB, 평균중량을 3 g으로 하여 자원량을 추정하였다.

음향조사와 네트채집의 결과로부터 얻은 자료를 분석하여, 2005년 5월과 6월에 조사해역에서 분포하고 있는 멸치 난치자의 자원량은 Table 2에 나타난 바와 같이 5월에 약 14.7만톤, 6월에 6.2만톤으로 추정 되었으며 그때의 표준편차는 각각  $\pm 1,278$ 톤과  $\pm 720$ 톤 이었다.

### 2006년 6월, 7월 멸치어군의 분포

2006년 6월과 7월에 걸쳐 조사한 결과를 Fig. 6과 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 6월에는 조사해역 전 해역에 걸쳐 어군이 분포하고 있었으며, 분포층의 높이가 많게는 20 m층으로, 적게는 5 m층을 이루고 있는 곳도 있었다. 어군의 크기가 큰 해역에서는 SV가 -60에서 -63 dB까지 나타났고, 적은 해역에서는 -70에서 -72 dB로 나타났다. 7월에는 음향산란층의 분포가 크게 표중층과 해저 부근의 저층으로 나뉘어 분포하고 있었다. 음향산란층은 표중층에서 -58에서 -64 dB 전후의 어군의 넓게 분포하고 있는 것이 파악되었으며, 해저부근의 저층에서는 -62에서 -70 dB 전후의 음향산란층이

출현하고 있는 것을 알 수 있었다.

한편 2006년 6월과 7월의 조사해역에 따른 수평분포를 Fig 7에 나타내었다. 6월에는 사랑도 남동해역과 욱지도 남쪽해역에서 높은 밀도의 어군이 분포하고 있는 것으로 나타났고 그때의 체적산란강도 SV는 -60 dB 전후로 높게 나타났다. 전 조사해역에 어군이 고루 분포하고 있는 7월에는 사랑도 남서쪽에서 -58 dB 전후로 어군이 표중층에 넓게 분포하고 있었으며, 남해도 남쪽과 욱지도 남서쪽 해역에서는 -62에서 -65 dB 전후로 사랑도 남서쪽해역보다 상대적으로 낮은 음향산란층이 해저부근에 분포하고 있었다. 2006년 7월의 경우 멸치 자원 조사 중에 사랑도 남쪽해역에서 다수의 멸치권현망 선단이 조업을 하고 있었다.

조사당일 사랑도 부근에서 조업선에 의해 어획된 멸치를 샘플링 하여 멸치의 체장과 체중을 측정하였다. 총 측정 마리수는 127마리였고, 체장과 체중의 측정 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 측정된 멸치의 체장은 5-10 cm였고, 평균체장은 8 cm였다. 그리고 멸치의 체중은 1.5-11.0 g이었으며, 평균체중은 5 g이었다.

2006년 6월과 7월의 자원량 역시 2005년과 같은 방법을 이용하여 추정하였다. 2006년 6월은 저층을 중심으로 높게 분포하고 있는 어군의 음향산란층을 대부분 멸치 자치어로 간주하여 자원량을 평가하였고, 7월은 표중층의 멸치어군과 저층의 자치어로 구분하여 자원량을 추정하였으며, 2006년 조사해역의 멸치 자원량은 Table 3에 나타난 바와 같다. Table 3에서 보는 바와 같이 6월의 자원량은 약 20.6만톤으로 추정되었고, 7월은 저층에 분포하는 자치어는 6월과 같은 동일한 체중과 TS를 입력하여 구하였으며 표중층에 분포하는 자치어의 자원량은 성어를 기준으로 평균중량을 5 g, TS는 -65 dB로 입력하여 추정하였으며, 그 결과 표중층에 분포하는 자치어의 자원량은 약 41.3만톤으로 추정되었고, 저층에 분포하는 자치어의 자원량은 약 2.1만톤으로 추정되어, 2006년 7월의 자원량은 총 43.4만톤으로 추정되었다. 그때의 표준편차는 각각  $\pm 4,457$ 톤과  $\pm 6,323$ 톤 및  $\pm 589$ 톤이었다.

## 고 찰

2005년의 멸치 자원량을 추정한 결과 2005년 5월에는 14.7만톤, 2005년 6월에는 6.2만톤이었고, 2006년의 멸치 자원량

Table 2. The anchovy presumed result of resources quantity (2005)

	Biomass $\pm$ SD (ton)	Target strength (dB)	Body weight (g)
May 2005	146,860 $\pm$ 1,278	-70 dB	3 g
June 2005	62,331 $\pm$ 720	-70 dB	3 g

Table 3. The anchovy presumed result of resources quantity (2006)

	Target School	Biomass $\pm$ SD (ton)	Target strength (dB)	Body weight (g)
June	Bottom	206,756 $\pm$ 4,457	-70 dB	3 g
July	Pelagic	413,478 $\pm$ 6,323	-65 dB	5 g
	Bottom	21,196 $\pm$ 589	-70 dB	3 g

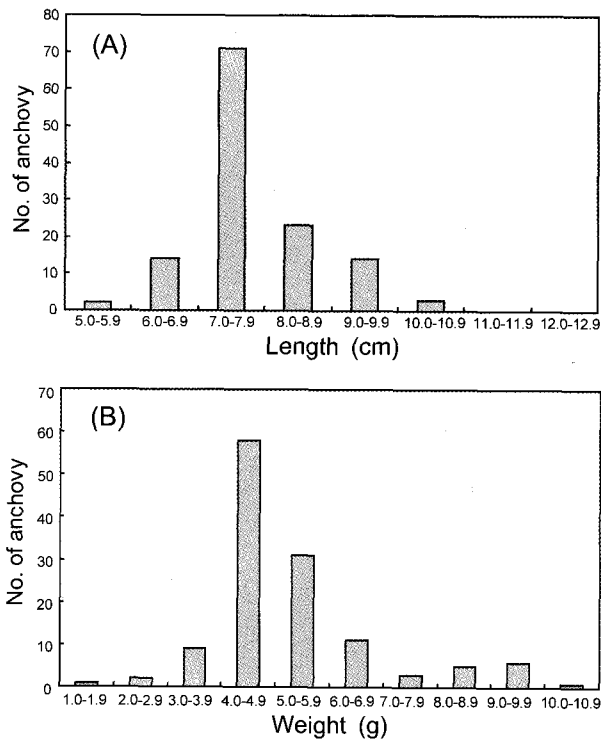


Fig 8. Length (A) and weight (B) distribution of anchovy in Tongyoung fishing grounds (July 2006).

을 추정 한 결과 2006년 6월에는 20.6만톤, 2006년 7월에는 약 43.4만톤으로 2005년과 2006년 조사해역의 멸치 자원량이 크게 차이를 보였다. 이는 조사해역에서 멸치의 산란시기, 이동, 가림시기 등에 의해 크게 영향이 있는 것으로 추정되나 조사결과만으로 본다면, 2005년의 경우 조사시기가 일러 주로 난·자치어 만이 조사해역에 분포하였고, 2006년에는 자치어 및 성어가 동시에 분포하고 있는 상황임을 알 수 있었다. 또한, 통영해역의 멸치와 같이 주어획 어장, 산란 회유장, 이동경로 등과 같은 생태학적 특성에 대해 다년간 조사, 연구가 되어있고, 표층층에서 서식, 분포, 이동하고 있는 경우는 음향을 이용한 자원조사가 매우 효과적임을 알 수 있었다.

그러나 멸치의 자원량을 실용적 단계 즉 보다 더 정도 높은 자원량 평가를 위해서는 몇 가지 선결해야 할 과제가 있다. 음향학적인 측면에서는 멸치의 체장별 초음파 산란강도, 자세 변화에 따른 초음파 산란강도 등에 관한 기초 자료와 음향자료 분석에 있어서 조사 정선 이외의 조사해역에 대한 지리통계학의 도입 등이 필요하다.

한편, 본 연구에서는 음향 산란층에 분포하는 생물이 대부분 멸치의 난·자치어와 성어로 추정하여 자원량을 계산하였다. 그러나 조사해역에서는 멸치 이외에도 정어리, 고등어, 기타 생물의 어란, 자치어 등이 포함 되어 있을 것으로 생각되며, 멸치를 포함한 기타 생물의 구성비를 추정할 필요도 있다. 이와 같이 복수의 어군이 존재할 경우에 있어서 음향의 물리적인 제약으로 인해 어종구별이 어려운 것이 현실이며, 이는

수심, 예인속도의 변경이 가능한 샘플링 기어 등을 활용하여 간접적으로 구성비를 구하여 이용할 수 있을 것이다. 또한, 멸치의 주 먹이 생물인 동물플랑크톤에 대한 기초 자료의 수집과 아울러 이들의 일일 연직 운동 등의 파악과 함께 조사해역의 빛의 환경 등에 관한 자료도 필요로 하며, 조사해역의 지형과 수온, 염분, 수심 등과 같은 물리적 해양환경 특성을 파악하여 이동경로, 산란의 위치 등을 파악할 필요도 있다.

## 사 사

본 연구는 남해수산연구소(남해 연안어업 자원관리 연구, RP2007FR036)의 지원에 의해 수행되었다.

## 참 고 문 헌

- Chang, S.D., S.Y. Hong, C.K. Park, P. Chin, B.G. Lee, Y.J. Kang and Y. Gong. 1980. Studies on the migration of anchovy *Engraulis japonica* in Korea water. Publ. Inst. Mar. Sci., N.F.U.B., 12, 1-38.
- Choo, H.S. 2002. The variations of oceanic conditions and the distribution of eggs and larvae of anchovy in the southern sea of Korea in summer. J. Kor. Fish. Soc., 35, 77-85.
- Fukuda, Y., T. Mukai and K. Iida. 2006. Dorsal aspect target strength of anchovy (*Engraulis japonica*) at five frequencies using a tethered method and theoretical model. Proceedings of the 6th Japan-Korea Joint Seminar on Fisheries Sciences, 6, 104-107.
- Kang, M.H., G.B. 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. J. Kor. Fish. Soc., 32, 16-23.
- Kim, J.Y. 1983. Distribution of anchovy eggs and larvae off the western and southern coasts of Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 16, 401-409.
- Kim, J.Y. and Y.J. Kang. 1992. Spawning ecology of anchovy, *Engraulis japonica*, in the southern waters of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 25, 331-340.
- Kim, J.Y., J.I. Kim and G.H. Choi. 1994. Comparisons of egg distribution and mortality rate between anchovy and sardine during spring in the southern waters of Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 27, 299-305.
- Kim, S.H. and I.C. Pang. 2005. Distribution and characteristic of transport mechanism of eggs and larvae of anchovy, *Engraulis japonica*, in the southwestern sea of Korea in July and November, 2001. J. Kor. Fish. Soc., 38, 331-341.
- Lim, D.B. 1971. On the origin of the Tsushima current water. J. Oceanogr. Soc. Kor., 6, 85-91.
- Park, J.H., Y.J. Im., K.K. Cha and Y.S. Suh. 2004. The

relationship between oceanographic and fishing conditions for anchovy, *Engraulis japonica*, in the southern sea of Korea. J. Kor. Soc. Fish. Res., 6, 46-53.

Simmonds, E.J., N.J. Williamson, F. Gerlotto and A. Aglen. 1992. Acoustic survey design and analysis procedure:

A comprehensive review of current practice. ICES Cooperative Research Report, 187, 1-112.

---

2007년 10월 10일 접수

2008년 2월 1일 수리