

통영 주변 해역에서 멸치 어군에 대한 지리 통계학적 및 음향학적 분포 밀도 추정치의 비교

오택윤 · 김주일 · 서영일 · 이선길 · 황두진^{1*} · 김은호 · 윤은아¹ · 정순범¹
국립수산과학원 남해수산연구소, ¹전남대학교 해양기술학부

Comparison of Geostatistic and Acoustic Estimates of Anchovy Biomass around the Tongyeong Inshore Area

Taeg Yun OH, Joo Il KIM, Young Il SEO, Sun Kil LEE, Doo Jin HWANG^{1*},
Eun Ho KIM¹, Eun A YOON¹ and Sun Beom JEONG¹
South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea
¹School of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

Acoustic technologies are commonly used to estimate biomass and distribution of fisheries resources in coastal areas and the open ocean. The pelagic species of *Engraulis japonica*, *Scomber japonicus* and *Sardinops melanosticta* spawn migrate to the southern part of the Sea of Korea and capture of these three species comprise 50% of the total abundance in Korean waters. Since 1970, anchovy landings have increased to 0.2 million tons in 1990, 0.27 million tons in 2001, and 0.25 million tons in 2003.

Acoustic surveys were conducted on 24-26, May and 20-21, June 2005 around the Tongyeong, Geojae, and Namhae anchovy fishing ground using a dual beam echosounder (DT-5000, 200 kHz Biosonics). Using this approach, information was obtained on the distribution (depth and position) of zooplankton, and adult and juvenile anchovy. We calculated and compared anchovy biomass using simple summation and geostatistic methods to assess the advantages and constraints of the two techniques.

Key words : Juvenile anchovy, Geostatistic method

서 론

최근 치어 등의 남획과 어로기술의 발달로 어업자원이 감소하는 경향이 있어 이를 보호하기 위해 어업별로 어선 어구의 규모나 수, 어장 및 어기의 제한, 어획물 또는 그물코 크기의 제한, 어획량의 제한 같은 규제를 실시하고 있다. 이와 같이 수산 자원을 적절하게 이용하고 적절한 수요 공급을 위해서는 자원량이나 어획량을 파악하고 예측할 필요가 있다 (Park and Yoon, 1996; Yoo and Zhang, 1993; Stergiou, 1990).

수산자원의 분포 및 자원을 평가하는 방법에는 1920년 이후부터 2차 세계대전을 걸쳐 1960년 이후에 다양하게 응용되어진 수중음향을 이용한 방법이 있다 (Kang et al., 2003). 이 방법은 매우 짧은 시간에 넓은 조사면적을 대상으로 많은 정보를 얻을 수 있는 장점을 가지고 있어 미국, 노르웨이, 일본 등 세계의 많은 연안국들이 수산 자원을 과학적인 방법으로 평가하는 도구로 사용되어 지고 있다.

한국 남해 연안은 대마난류수와 황해 난류수, 중국 대륙연안수 및 한국 남해 연안수와 같은 해수 특성이 서로 다른 수괴들이 접하는 해역으로서 유용 해양 생물이 서식하는데 최적의 해양 환경을 가진다. 따라서 멸치, 고등어, 전갱이, 다른 어업 활동도 매우 활발하다 (Choo and Kim, 1998).

멸치 (*Engraulis japonicus*)는 우리나라 전 해역에 분포하며, 삼치와 같은 상업적으로 중요한 수산 자원들이 풍부하고 이에 계절에 따라 남북으로 회유를 한다. 남해안의 외해측과 황해 남부해역에서는 연중 분포하고, 1~3월간 월동장을 이룬 후 4월부터 연안측으로 접안하며, 5~10월간에는 남해와 서해 연안역에서 출현한다 (Kim, 1983; Kim and Kang, 1992)

우리나라 남해안은 소형 표층어류인 멸치, 고등어, 정어리 등이 산란 회유하며, 우리나라 연안의 어획생산량의 50%를 차지하는 곳으로, 전남대학교와 남해수산연구소는 2005년부터 남해안 통영 연안의 멸치 자원에 대하여 공동으로 조사를 시작하였다. 멸치의 성어, 치어 및 먹이생물인 동물플랑크톤 등에 대한 분포수심과 지리통계적 수법을 이용한 자원량 추정을 시도하였다. 지리통계적 수법을 이용한 자원량 추정 방법은 국내에서 처음 시도한 방법으로서, 이들 음향자료를 이용하여 전통적인 자원 추정법과 지리통계적 수법을 이용한 자원 추정량을 비교 분석하여 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

음향 자료수집 및 조사 정선

조사기간은 2005년 5월 24일-26일과 6월 20일-21일에 걸쳐 주로 주간에 조사가 이루어졌다. 조사해역은 멸치 서식해역을 대상으로 통영, 거제, 남해에서 이루어 졌으며, 연구조사선은 국립수산과학원의 탐구 10호 (25톤)를 이용하여 음향조사를

*Corresponding author: djhwang@chonnam.ac.kr

실시하였다. 계측시스템은 체적후방산란강도 (volume backscattering strength : SV)를 계측하기 위해 Fig. 1과 같이 선박의 현측에 200 kHz 듀얼 빔 방식 진동자 (DT4-200-06-01, Biosonics), 송수신기 및 지시기 (DT 5000, 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. 수록한 데이터는 오프라인으로 실험실에서 재생하여 에코데이터 분석 소프트웨어 (Echoview 3.0, Sonardata)를 이용하여 처리하였다. 어군탐지기의 진동자는 조사선박의 중앙 현측에 지지대를 이용하여 수심 1m되는 곳에 고정하였다. 조사선박의 선속은 약 6-8 knot로 하였다. 또한, 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 나타난 바와 같이 남북과 동서 방향으로 7개의 조사선 (grid line)을 설정하여 각 네트 채집 정점에서 CTD, Ring net, Norpac을 이용하여 수온, 염분, 멸치 난과 자치어의 개체수 등을 조사하였다.

음향자료를 이용한 전통적 자원량 추정법

조사 정선 (grid line)별로 구한 면적산란계수와 조사 선박 수, 조사 정선 간의 간격을 곱한 것은 음향을 이용한 일반적인 자원량 추정 방법이다. 자원량 추정을 용이하게 하기 위해서는 먼저 경위도로 표기된 지리상의 위치를 평면상의 거리 단위 (m)로 변환하는 작업을 수행하여야 한다. Fig. 3은 지리상의 위치를 평면상의 거리로 변환 한 것으로 총 조사면적을 실선으로 나타내었다. 또한 어군의 면적산란계수 Sa (Area backscattering coefficient: m²/nm²)를 구하기 위하여 분석소프트웨어 (Echoview 3.0, Sonardata)를 이용하여 조사해역에서 조사선박의 진행 방향으로 거리간격을 1,000m로 설정하여 Fig. 3에서 보는 바와 같이 흰색 점으로 나타내었다. Fig. 3에 나타난 점선은 조사면적을 계산하는데 있어 용이하도록 하기 위해 임의로 조사해역을 9개 구간으로 나누어 (1) 식을 이용하여 자원량을 추정하였다.

$$S_i = \int_{z_1}^{z_2} S_V dz \dots\dots\dots(1)$$

(1) 식에서 Sa는 면적산란계수 (Area backscattering coefficient: m²/nm²), Sv는 체적산란계수 (Volume backscattering coefficient: m²)이며, z1은 음향적분층의 상한수심(m), z2는 하한수심(m)이다.

또한, Sa는 (2)식에서와 같이 개체당의 초음파산란단면적으로 나누어 밀도를 구하고, 여기에 대상어종의 어획구성비와 조사면적을 곱하여 자원 미수를 추정하였다.

$$N = S_i \times area \times \frac{1}{\sigma_{bs}} \times f \dots\dots\dots(2)$$

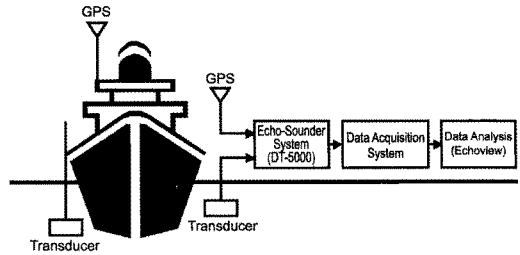


Fig. 1. A block diagram of data acquisition system.

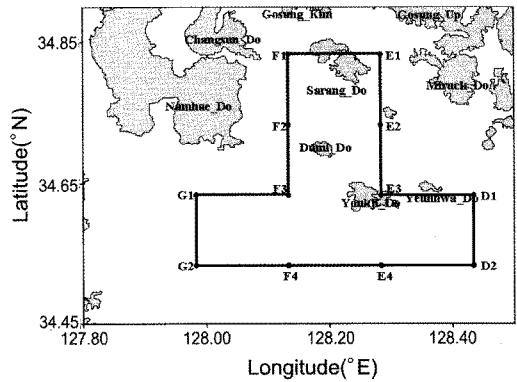


Fig. 2. Investigation area for anchovy biomass estimation. Grid lines (—) and oceanographic stations (●).

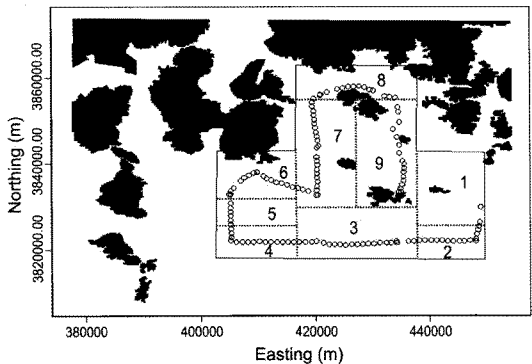


Fig. 3. Acoustic survey area in Tongyeong inshore area (2005).

여기서, N은 자원미수, area는 조사면적 (m²), σ_{bs}는 초음파 산란단면적 (m²), f는 어획비의 구성비이다. 또, 자원의 현존량 (B)는 자원 미수 N에 대상어종의 체중을 곱하여 추정하였다.

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

여기서 a와 b는 대상어종의 체장과 체중의 관계를 나타내는 계수이며, L은 체장이다.

지리통계학을 이용한 자원량 추정법

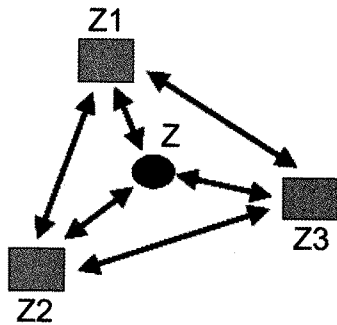
음향을 이용한 전통적 자원량 추정 방법은 자료 값 간의 상관관계를 고려하지 않고, 단순히 자료를 합산하는 방법에 지나지 않는다. 본 연구에서는 어군과 같이 생물의 분포위치와 분포면적 등이 자원량 계산에 중요한 요소임을 감안하여 자료간의 거리를 고려한 지리통계적 수법(Geostatistic)을 이용하여 자원량을 추정하여 보았다. 일반적으로 Fig. 4의 (a)에 나타낸 바와 같이 세 정점 Z₁, Z₂, Z₃이 각각의 값을 가지고 있을 때, 이 세 정점의 가운데 위치한 Z의 값은 세 정점이 가지는 값의 중요도 또는 상관도를 고려하여 가중 평균, 즉 (4)식을 이용하여 구하였다.

$$Z = \sum_{i=1}^3 W_i \times Z_i \dots\dots\dots(4)$$

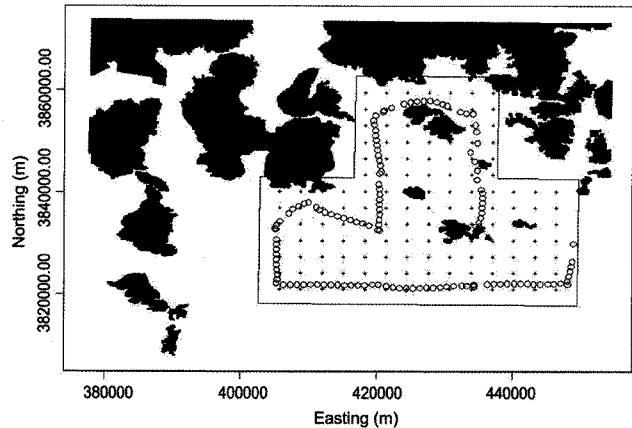
단, 여기에서 Z는 정점의 위치, W는 각 정점에서의 데이터 값을 이용하면, 미지의 정점 Z에서의 데이터 값을 구할 수 있다.

Fig. 4의 (a)의 방법의 결과로 조사해역에 대하여 조사되지 않은 위치의 어군 분포량을 지리통계학적 수법을 이용하여 적정 거리구간을 정한 결과를 Fig. 4의 (b)에 나타내었다. 지리통계학적 수법을 이용한 자원량 추정법은 먼저 음향자료 분석 소프트웨어(Echoview 3.0)를 이용하여 거리 간격을 10m로 설정하여 1단계 면적 적분 값을 계산한다. 1단계 면적 적분 값과 거리를 합수로 한 후, 통계 프로그램(SPSS)을 이용하여 바리오그램을 작성한다. Fig. 5는 음향자료의 적분값과 거리를 합수로 하여 구한 바리오그램의 예를 나타낸 것으로 여기에서 거리구간(range)은 어군과 어군간의 거리상관 관계를 나타내는 것이고, nugget effect는 그때의 표본오차의 크기를 나타낸 것이다. 바리오그램의 결과로부터 얻은 거리구간(range)과 표본오차(nugget)중에서 거리구간(range)의 결과를 이용하여 2단계 면적 적분을 실시한다. 이때 면적 적분간의 구간 거리간격은 거리구간(range)의 1/2로 한다.

다음은 새로 구해진 정점에 있어서 음향자료 값을 지리통계



(a) Interpolation



(b) Result of interpolation

Fig. 4. Interpolation of estimated results using geostatistic method.

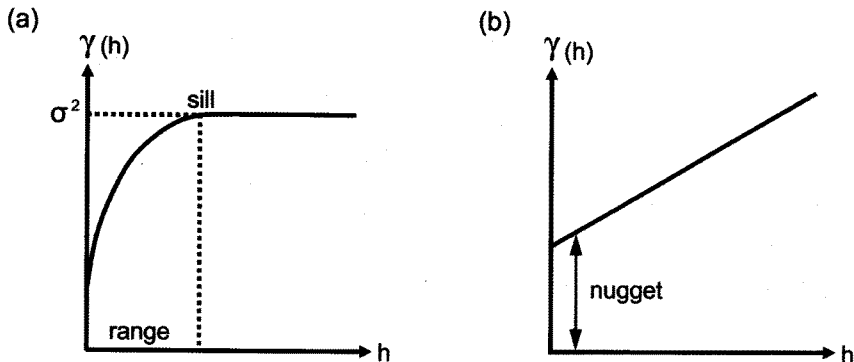


Fig. 5. Variogram example for obtain range and nugget.

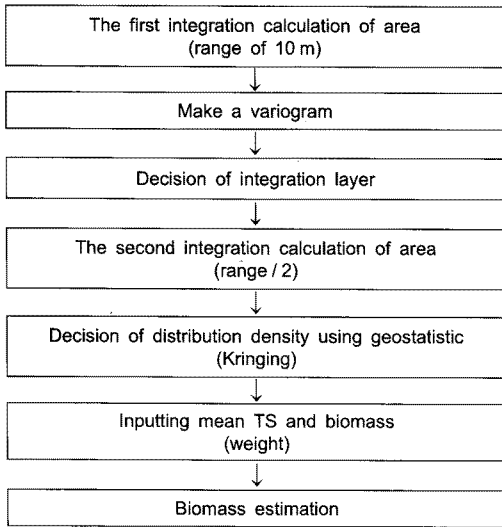


Fig. 6. Flow chart of acoustic biomass estimation using geostatistic.

수법 (Block kriging)을 실시하여 각각의 위치에 있어서의 새로운 밀도 분포도를 작성한 후 평균 Target Strength, 생체량 자료 입력을 거쳐 자원량을 추정하였다 (Fig. 6).

결 과

전통적 자원 추정법에 의한 멸치 자원량

음향자료를 이용한 멸치자원의 수직, 수평 분포에 대하여 알아보았다. 현장에서 기록한 어탐자료를 실험실로 가져와 오프라인 상태에서 에코데이터 분석 소프트웨어 (Echoview 3.0, Sonardata)를 이용하여 분석하였다. 본 데이터 분석 시 수평 적분구간을 10분 간격으로 설정하였고, 조사해역의 수심이 70 m인 것을 고려하여 데이터 분석 최대 수심을 70 m로 설정하였다. 네트채집결과 본 조사해역의 멸치자원은 산란 직후인 미성숙 단계이었으며, SV가 나타난 점과 음향 산란층이 한 개로 균집을 이룬 것으로, 적분 구간을 한 층으로 하여 분석하였다.

Fig. 7은 본 조사해역인 통영해역에 분포한 멸치 어군 및 자치어의 분포위치, 수심을 나타낸 수직분포이다. 수직방향은 조사해역의 지형에 따른 수심을 나타낸 것이고, 왼쪽에서 오른쪽으로 진행되는 수평방향은 시간과 거리의 결과에 따른 조사방향을 나타낸 것이다. 해저면과 해저면 이하는 회색으로 나타내었으며, 그림에 나타난 컬러 바 (Scale Bar)는 어군탐지기로부터 얻은 어군의 크기를 컬러로 나타낸 것이다. SV의 표시단위는 dB이며, 어군의 크기가 클수록 붉은 쪽에 가까워진다.

Fig. 7에서 보는 바와 같이 전 조사해역에 걸쳐 어군이 분포하고 있었고, 특히 해저부근에 어군이 밀집하여 있었다. 그때 5월의 SV는 -63~-74dB이었고, 6월에는 -68~-75dB이었다. 5월과 6월의 어군 분포량을 살펴보면 Fig. 7에 나타난 에코그램과 같이 5월이 6월에 비하여 어군량이 높게 분포하고 있었다.

조사해역에서 어군의 지리적 분포 위치를 파악하기 위한 수평적 분포를 Fig. 8에 나타내었다. 2005년 5월의 수평분포는 사랑도 북쪽이 약 -60~-64dB, 연화도 남동쪽이 약 -63dB로 다른 조사해역보다 SV값이 높게 분포하고 있었다. 2005년 6월의 수평분포를 살펴보면 사랑도 북서쪽과 남해도 남쪽에 약간의 어군이 분포하는 것을 보여주나 2005년 5월에 비하여 거의 어군이 분포하고 있지 않았다.

본 조사기간 중 조사해역의 음향 산란층에 대하여 수차례의 네트채집을 실시하였다. 네트채집결과 대부분 멸치의 난, 자치어로 이루어졌으며, 기타 젤라틴성 동물플랑크톤이 확인되었다. 이때 채집한 멸치는 자어기 및 치어기였고, 체장은 3-10 mm이었으며, 체중은 2-3 g 이었다. 또한 자원량을 추정하는 것에 있어서 Fukuda et al. (2006)가 구한 주파수 198kHz에서의 멸치의 자치어당 초음파 산란강도 TS (Target strength)값을 인용하여 멸치의 TS를 -70dB로 설정하였으며, 평균중량은

Table 1. Acoustic results of estimated anchovy biomass (2005)

	Target Strength (dB)	Body weight (g)	Biomass (kg)	Standard Deviation (kg)
May 2005	-70 dB	3 g	146,860	± 1,278
June 2005	-70 dB	3 g	62,331	± 720

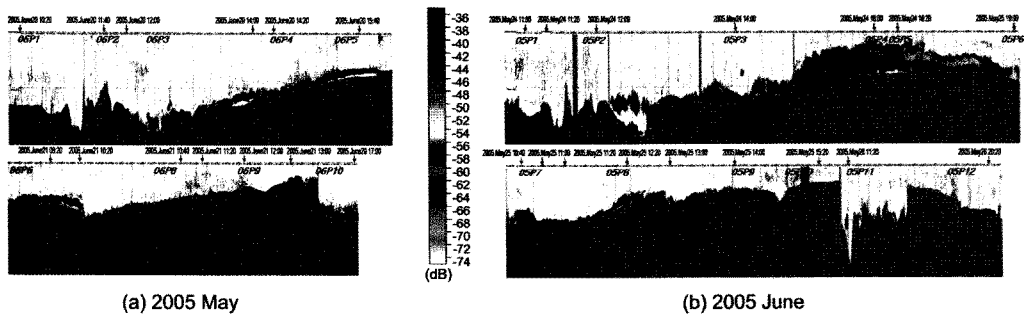


Fig. 7. Vertical distribution of anchovy in tongyeong fishing grounds (2005).

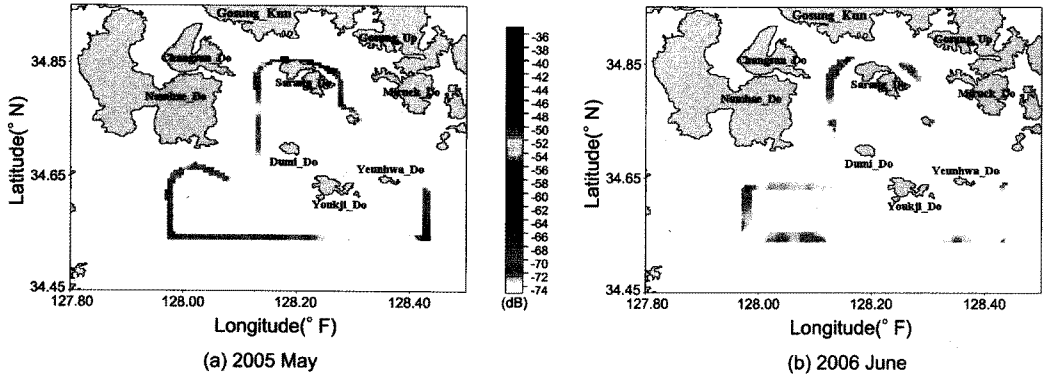


Fig. 8. Horizontal distribution of anchovy fish schools in Tongyeong inshore area (2005).

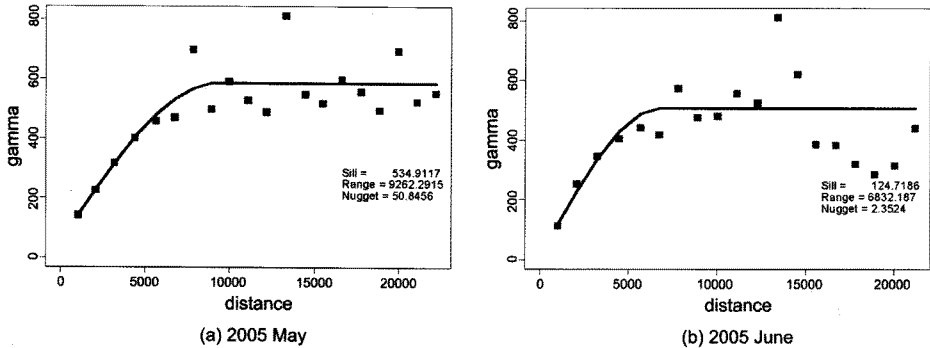


Fig. 9. Empirical (dots) and theoretical (line) variogram models in Tomyoung inshore area.

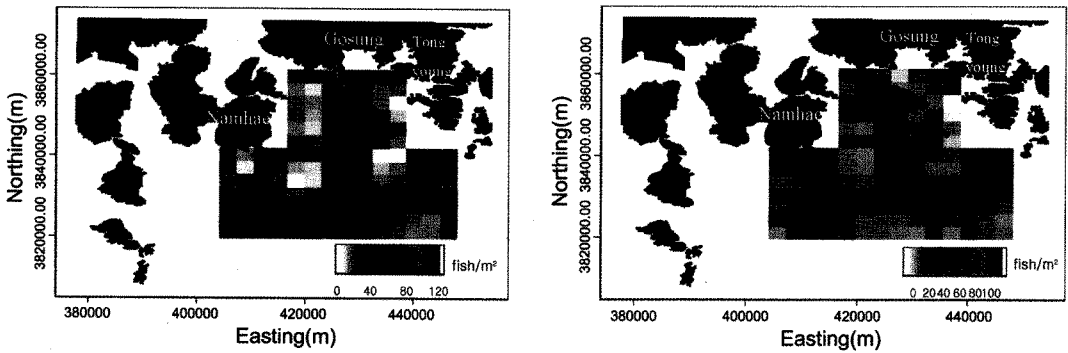


Fig. 10. Density distribution of anchovy obtained by geostatistic estimation (The size of sector is 3,000 m×3,000 m, and the color means fish density).

3 g으로 하여 자원량을 추정하였다.

2005년 5월과 6월에 실시한 음향조사와 네트채집의 결과 조사해역에서 분포하고 있는 멸치 난, 자치어의 자원량을 Table 1에 나타내었다. Table 1에 나타난 바와 같이 5월의 자원량은 약 14.7만 톤으로 표준편차는 ±1,278 kg이었고, 6월의 자원량은 약 6.2만 톤이었으며, 표준편차는 ±720 kg이었다.

지리통계학을 이용한 멸치 자원량 비교

Fig. 6의 과정을 바탕으로 지리통계학을 이용하여 자원량을 추정하였다. 먼저 바리오그램의 결과로부터 지리통계적 수법(kriging)의 거리구간(range)을 결정하는데 거리간격을 10 m와 20 m로 설정하여 바리오그램을 작성하고, 이것으로부터 에코자료의 적분간격을 1,000 m로 정한다. 적분간격을 1,000

m로 설정한 것을 이용하여 다시 작성한 바리오그램을 Fig. 9에 나타내었다. Fig. 9에 나타난 바와 같이 이상적 접근 곡선 모델은 5월의 경우 거리구간 (range)이 9,262.3 m, 6월의 경우 6,832.2 m 이었다. 거리구간 (range)의 범위가 6,000-9,000 m로 나타나 Range/2인 3,000 m로 지리통계 수법 (kriging)을 실시하였다.

이상적 접근 모델 (Empirical)을 이용하여 지리통계 수법 (kriging)을 실시하여 자료가 없는 구간의 어군자료를 구하는 지리통계적 수법을 이용하여 어군의 지리적 분포 위치와 크기 (Sa)를 어군의 분포밀도로 환산하여 Fig. 10에 나타내었다. Fig. 10에서 한 격자의 크기는 3,000 m×3,000 m 이며 한 격자내의 어군 분포 밀도를 컬러로 나타내었다. 지리통계학을 이용하여 자원량을 추정하는데 있어서 멸치난과 멸치자치어의 TS를 -70 dB, 평균 중량을 3 g인 임의의 값으로 하여 자원량을 추정하였다. Table 2에 나타난 바와 같이 지리통계학 수법으로 구한 2005년 5월의 자원량은 약 13.9만 톤 이었고, 6월의 자원량은 약 6.3만 톤 이었다. 이 때 표준편차는 각각 ±619 kg, ±403 kg 이었고, 조사해역에 분포한 멸치난 및 자치어의 평균 밀도는 10-200 fish/m²로 나타났으며, 전통적 자원량 추정법의 결과와 같은 5월이 6월에 비하여 어군량이 많게 나타났다.

고 찰

우리나라 연근해 어업자원에 대한 직접적인 자원조사는 1990년대 초반부터 과학 장비의 투자에 힘입어 계량어군탐지기 및 트롤조사 등의 시험선에 의한 직접자원조사가 시작되어, 최근에는 생태계 기반의 자원관리를 위한 기본적인 수행과정으로 인식되고 있다 (Kim et al., 1999). 본 조사는 음향을 이용하여 통영 남해 연안의 멸치 자원을 추정하기 위한 것으로 2005년 5월과 6월 두 차례에 걸쳐 실시되었다. Kim and Lo (2001)은 멸치의 자원량이 봄철과 여름철의 수온변동 및 동물플랑크톤 밀도 변동의 영향을 주로 받는 것으로 분석하였고, Cha and Sim (1988)은 멸치 난과 자치어의 출현양은 수온차가 크게 나는 계절변동에 의해 영향을 받는다고 하였다. 본 조사에서 Ring net를 이용하여 음향산란층에 서식하는 생물을 확인한 결과 대부분 멸치와 멸치 자치어 및 젤라틴성 동물플랑크톤이었으며, Lim at al. (1970) 역시 우리나라 남해 연안에 대부분이 멸치의 난과 자치어가 분포하고 있다고 하였다. 특히나 본 조사를 수행하는 중에는 젤라틴성 동물플랑크톤인 살파류가 대부분을 차지하고 있었는데 음향의 기술적, 물리적 제약으로 멸치와 살파류를 구분하여 자원량을 추정하지 못

Table 2. Results of anchovy biomass estimated by geostatistic method for Tongyeong inshore area in May and June, 2005

	Target Strength (dB)	Body weight (g)	Biomass (kg)	Standard Deviation (kg)
May 2005	-70 dB	3 g	139,192	± 619
June 2005	-70 dB	3 g	63,270	± 403

Table 3. Comparison of geostatistic and acoustic estimates of anchovy biomass in tongyeong inshore area

Method	Time	Biomass (kg)
Acoustic	May 2005	146,860
	June 2005	62,331
Geostatistic	May 2005	139,192
	June 2005	63,270

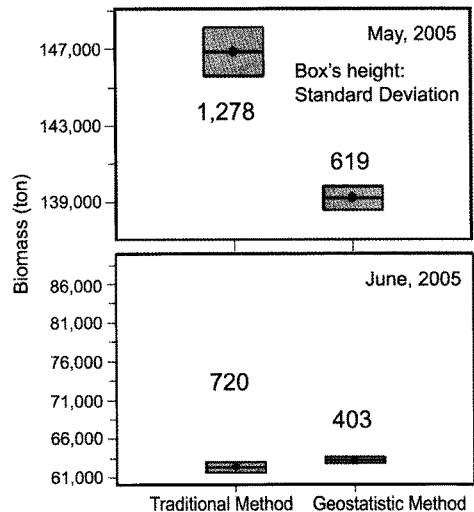


Fig. 11. Comparison of standard deviation for geostatistic and acoustic estimates of anchovy in Tongyeong inshore area.

하였다. 이에 대해서는 향후 다주파수를 이용함으로써 각 종의 식별이 이루어져야 할 것으로 생각되어진다 (Yoon at al., 1996).

2005년 5월과 6월의 멸치 자원량을 추정한 결과를 Table 3에 나타내었다. Table 3은 전통적인 자원추정법과 지리통계학 수법을 이용하여 구한 멸치난과 멸치 자치어의 자원량과 표준편차를 비교하여 나타낸 것으로 이 두 방법으로 구한 자원량은 거의 유사하게 나타났다. 하지만, 두 방법에 의하여 구해진 표준편차는 매우 다르게 나타났다. Fig. 11을 보면 전통적인 자원 추정법으로 구한 2005년 5월의 표준편차는 ±1,278 kg이었으나 지리통계학적 수법을 이용하여 구한 자원량의 표준편차는 ±619 kg이었다. 2005년 6월은 전통적 자원 추정법으로 구한 자원량의 표준편차는 ±720 kg이었으나, 지리통계학적 수법을 이용하여 구한 경우의 표준편차는 ±403 kg으로 지리통계학적 수법을 이용하여 구한 자원량의 표준편차가 적게 나타났다. 이처럼 전통적인 자원량 추정법과 지리통계학적 수법을 이용하여 구한 구간별 밀도의 표준편차가 나는 이유는 전통적인 자원 추정법의 경우 구간별로 구한 Sa에 조사면적을 곱하여 자원량을 구하였으나 지리통계학적 수법에 의하여 구한 자원량 추정법의 경우는 자료와 자료사이의

자기상관을 구한 것을 이용하여 자료가 미지 공간에 있어서 내삽을 통하여 구하기 때문인 것으로 판단된다.

또한 보다 정확하게 자원량을 추정하기 위해서는 멸치 및 멸치 치자어의 개체 크기의 변화에 따라 초음파산란강도를 측정하여야 하며 (Yoon et al., 1996), 조사해역에서의 대상 생물의 채집방법과 채집한 대상 생물의 생체자료 즉, 크기와 중량 등에 관한 정밀 자료의 수집이 요구되어진다 (Traynor et al., 1990). 또 어탐자료를 수집하는데 있어 대상 생물의 연직운동이나 유영 각 (Nakken and Olsen, 1997)뿐만 아니라 수온, 염분 등에 의한 서식 환경에 대한 생태학적, 물리학적 연관성 등을 검토하여야 할 것이다 (Ko et al., 2007).

한편, 이 연구의 결과로부터 음향을 이용한 수산자원 평가법은 멸치와 같이 표층층에서 산란 회유하는 어종인 경우, 매우 유효한 자원조사방법인 것으로 생각된다 (Choi et al., 2001).

사 사

본 연구는 국립수산과학원 남해수산연구소 경상과제 「남해 연안어업 자원조사」 사업으로 수행되었으며, 간행물 등록번호는 RP-2009-FR-007입니다.

참 고 문 헌

- Choi, S.G., 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 Korean waters. J. Korean So. Fish. Res., 4, 20-29.
- Choo, H.S. and D.S. Kim. 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(2), 226-244.
- 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, D.H., H.C. Shin, S.A. Kim, Y.H. Lee and D.J. Hwang, 2003. Species identification and noise cancellation using volume backscattering strength difference of Multi-Frequency. J. Kor. Fish. Soc., 36(5), 541-548.
- Kim, J.Y. 1983. Distribution of anchovy eggs and larvae off the western and southern coasts of Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 16, 401-409.
- Kim, J.Y. and Nancy. CH. Lo. 2001. Temporal variation of seasonality of egg production and the spawnig biomass of Pacific anchovy. *Engraulis japonica*. in the southern waters of Korea in 1983-1994. Fish. Oceanogr., 10, 297-310.
- Kim, J.Y. and Y.J. Kang. 1992. Spawning ecology of anchovy, *Engraulis japonicus*. in the southern waters of Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 25, 331-340.
- Ko, J.C., J.T. Yoo and H.K. Rho. 2007. Environmental Factors and the Distribution of Eggs and larvae of The anchovy (*Engraulis Japonica*) in the coastal waters of jeju Island. J. Kor. Fish. Soc. 40(6), 394-410.
- Lim, J.Y., M.K. Jo and M.J. Lee. 1970. The occurrence and distribution of the fish eggs and larvae in the Korean adjacent sea. Reports of Fisheries Resources. 8, 7-29.
- Nakken, O and K. Olsen. 1977. Target strength measurements of fish. Rapp. P.-v. Reun. cons. perm. int. Explor. Mer., 170, 52-69.
- Park, H.H. and G.D. Yoon. 1996. Analysis and prediction of anchovy fisheries in Korea ARIMA model and spectrum analysis. j. Korean Fish. Soc., 29(2), 143-149.
- Stergiou, K.I. 1990. Prediction of the Mullidae fishery in the eastern Mediterranean 24 months in advance. Fisheries Research, 9, 67-74.
- Traynor, J. J., N.J. Williamson and W. A. Karp. 1990. A consideration of the accuracy and recision of fish-abundance estimates derived from echo integration surveys. Rapp. p.v. Reun. Cons. int. Explor. Mer., 189, 101-111.
- Yoo, S. and C.I. Zhang. 1993. Forecasting of hairtail (*Trichiurus lepturus*) landings in Korean Waters by time series analysis. Bull. Korean Fish. Soc., 26(4), 363-368.
- Yoon, G.D., Z.G. Kim and Y.M. Choi. 1996. Acoustic target strength of the pelagic fish in the southern waters of Korea. I. In situ urement of target strength of anchovy (*Engraulis Japonica*). J. Korean Fish. Soc. 29(1), 107-114.

2009년 3월 18일 접수

2009년 5월 13일 수정

2009년 6월 8일 수리