

음향조사에 의한 황해 주요어족생물의 분포특성에 관한 연구

황두진 · 신형호 · *강돈혁

여수대학교 · *여수대학교 수산과학연구소

(2002년 4월 26일)

Studies on Fish Distribution Characteristics Using a Scientific Echo Sounder in the Yellow Sea

Doo-Jin HWANG, Hyong-HO SHIN and *Don-Hyug KANG

Yosu National University,

*Fisheries Science Institute, Yosu National University

(Received May 26, 2002)

Abstract

The primary goal of this study is to determine the distribution characteristics using a scientific echo sounder in the Yellow Sea west of South Korea.

The survey was carried out between 33°00'N~37°00'N latitude and 124°00'E~126°00'E longitude during the months of May and August, 1999 and April, 2000. The ships used in this survey were the R/V Chung-kyeong(G/T 300) and R/V Dong-baek(G/T 1,050) of Yeosu National University.

The results obtained are as follows :

1. From the oceanographic data the Yellow Sea were divided into three sea areas which were the western waters of Chejudo, Mokpo and Gunsan. The oceanographic conditions were different in each of these three areas and the western waters of Chejudo were higher about 1~5°C more than the western waters of Gunsan. Generally, thermoclines were presented clearly in all three areas, but more so in August than in May according to seasons.
2. The horizontal distribution of S_A (area backscattering coefficient per unit area) value is that the western sea waters of Chejudo area are higher than that of the western sea waters of Mokpo and Gunsan.
3. The vertical distribution of S_A value varies with thermocline that the harder thermocline is, the higher the S_A value is.
4. The S_A values on the types of biomass distribution are different with frequency. At the 38kHz, the demersal schools have higher values than the pelagic schools. At the 120kHz, the pelagic schools have higher values than the demersal schools.

* 이 논문은 '한국해양연구원의 황해광역해양생태계 연구'의 일부임.

서 론

세계 연안국들의 어업자원에 대한 관심은 자원의 고갈의 최소화와 지속적 이용을 위한 적극적인 자원보호와 관리에 집중되고 있는 실정이다.

어족자원에 대한 관리는 정확한 자원량에 관한 정보를 필요로 하고 있으며, 일반적인 추정방법으로는 어획정보와 통계를 이용한 자원량추정(Virtual Population Analysis, VPA)방법이 이용되고 있다. 그러나 이 방법은 간접적인 자원량 추정방법으로 그 신뢰성에서 문제가 되어 현재에는 직접적인 방법인 계량어군탐지기에 의한 조사, 저층트롤어획 및 어란치어조사 등이 이용되어지고 있는 실정이다. 특히 계량어군탐지기의 음향을 이용한 조사방법은 광범위한 해역의 현존자원량을 신속하게 추정할 수 있다는 특성으로 인하여 가장 효율적인 방법으로 평가되고 있다.

음향을 이용한 어족생물의 자원량 추정은 Cochran(1977), urczynski(1982), Ehrenberg(1983a), Johannson and Mitson(1983), MacLennan and Simmonds(1992) 등의 많은 연구자들에 의해 수행되어 왔으며, 그 조사 및 분석기법 또한 비약적인 발전을 이루어, MacLennan and MacKenzie(1988), Kirkegaard et al.(1989), Jolly and Hampton(1990), MacLennan(1990), March and Petitgas(1993), Porteiro et al.(1996), Thompson and Love(1996) 등의 세계 주요 어업국의 연구자들에 의하여 주로 단일 어종을 대상으로 활발한 연구가 행하여지고 있다.

한편 한국의 남해안이나 서해안에서와 같이 다수의 어종이 혼재하여 분포하고 있는 경우에 있어서는 지금까지 단일어종에 대한 자원량추정법에 적용되어왔던 계측기법의 개선이 요구된다. 이러한 관점에서 연구되어진 연구로 Masse et al.(1996), Zakharia et al.(1996), 윤 등(1993) 이 등(1998), 황 등(1999)이 다수의 어종이 서식하고 있는 해역을 대상으로 어족생물의 분포특성을 조사 분석한 바 있다. 그러나 한국의 서해안에 관련된 자원조사는 매우 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 한국 서해안에 서식 분포하는 어족생물의 현존자원량을 정량적으로 평가 분석하기 위한 연구의 일환으로 1999년과 2000년에 걸쳐 여수대학교 실습선 청경호와 동백호를 사용하여 저층트롤에 의한 시험조업과 계량어군탐지기에 의한 음향학적 조사를 병행 실시하였으며, 저층트롤어획물의 생물학적 기초자료를 바탕

으로 음향학적 및 어장환경정보를 종합적으로 비교 분석하여 황해의 어업자원에 대한 보존과 관리 및 향후 지속적인 이용에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

자료 및 방법

1. 조사해역

조사해역은 남북으로 33°00' ~ 37°00' N, 그리고 동서로 124°00' ~ 126°00' E에 이르는 해역, 즉 황해의 한국측 해역을 대상으로 설정하였다.

조사선(grid line)은 어획조사와 음향조사를 병행하기 위하여 Fig. 1과 같이 동서방향으로 평행하게 설계하였으며, Aglen(1983b)의 방법에 따라 (1)식에 의한 DOC(degree of coverage)가 DOC ≥ 3이 되도록 하였다.

$$DOC = \frac{\sum_{i=1}^t n_i}{\sqrt{AREA}} \dots\dots\dots(1)$$

여기서 n_i 는 line transect i 의 길이, AREA는 조사해역의 면적, t 는 line transect의 수이다.

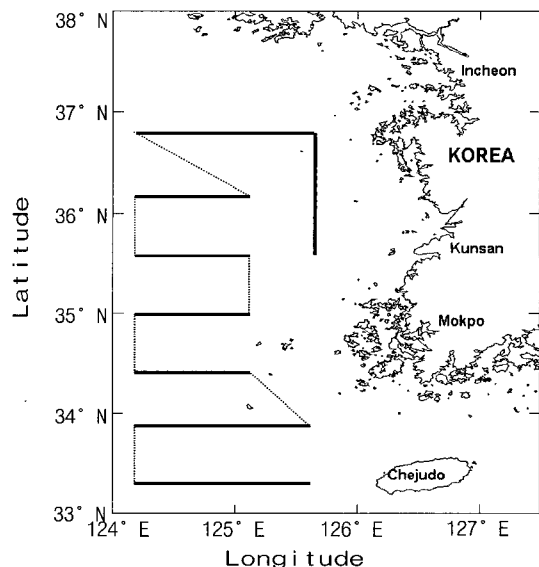


Fig. 1. Design of line transects by the Aglen method during the 1999 and 2000 surveys in the Yellow Sea.

2. 어장환경 관측

황해는 남쪽으로부터 유입되는 난류와 저층의 냉괴수가 혼합하는 해황특성을 갖고 있으며, 이들의 해황특성은 황해 어족생물의 분포에 영향을 미친다. 따라서 황해의 어장환경특성을 조사분석하기 위하여 조사선(line transect)상에 일정(30마일)간격으로 관측지점을 설정하고, CTD(SBE911)를 이용하여 수온, 염분 등의 해양관측을 실시하였다.

3. 계량어군탐지기에 의한 어군의 분포조사

1) 음향적분 이론

계량어군탐지기에서는 Fig. 2와 같이 Johanneson and Mitson(1983)의 음향 적분이론을 바탕으로 면적산란계수(S_A , area backscattering coefficient)를 도출하고, 이것을 이용하여 어족생물의 분포밀도를 추정한다.

Fig. 2에서 어족생물이 균일하게 분포하고 어군 감쇠와 다중산란을 무시할 수 있는 경우, 어군의 체적후방산란계수 S_V 는 식 (2)에 의해 구할 수 있다.

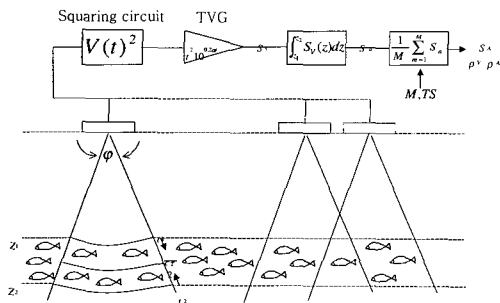


Fig. 2. Principle of scientific echo integration.

$$S_V = \rho_V \overline{\sigma_{bs}} \dots\dots\dots(2)$$

여기서 ρ_V 는 어류의 평균밀도(fish/ m^3), σ_{bs} 는 단체어의 평균후방산란 단면적(m^2)이고, (2)식으로부터 체적산란강도 $S_V(dB)$ 는 (3)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_V = TS + 10 \log \rho_V \dots\dots\dots(3)$$

따라서 어족생물의 echo lever로부터 S_V 와 대상어군의 평균반사강도 TS(target strength)를 구하면 (3)식에 의해 대상어군의 분포밀도를 구할 수 있다.

한편 체적산란계수와 면적산란계수 사이에는 (4)식과 같이

$$S_A = \int_{z_1}^{z_2} S_V(z) dz \dots\dots\dots(4)$$

의 관계가 성립하고, 여기서 $[z_1, z_2]$ 는 음향적분수심구간이다. 이렇게 하여 산출된 값으로부터 임의의 해역에 대한 평균면적산란계수 $\langle S_A \rangle$ 는 (5)식에 의해 구할 수 있다.

$$\langle S_A \rangle = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \int_{z_1}^{z_2} S_V(z) dz \dots\dots\dots(5)$$

여기서 M은 송신펄스의 수이다. 이 값은 $1mm^2$ 의 해역에 대한 평균면적산란계수로 환산한 $\langle S_A \rangle$ 와 평균체적산란계수 $\langle S_V \rangle$ 사이에는

$$\langle S_V \rangle = \frac{\langle S_A \rangle}{4\pi r_0^2 (1852m/nm)^2 (r_2 - r_1)} \dots\dots(6)$$

의 관계가 성립하고, 여기서 r_0 는 단위거리(1m), r_1, r_2 는 음향적분의 수심구간이다.

2) 계량어군탐지기의 구성

계량어군탐지기의 시스템구성은 Fig. 3과 같이 송수신부(EK500), 송수파기(ES38-B/D, ES120-7), 지시기(CF140), 프린터(HP850), 신호처리 장치(IBM Computer), Echo Processing Software(BI500), GPS(GP50 mark-3)로 구성하였다. Fig. 3에서 송수파기는 1999년도의 경우 예인형을 사용하였고, 2000년도의 경우는 선저부착형을 사용하였다.

한편 현장에서 수록된 echo신호는 후일 실험실에서 BI500소프트웨어를 이용한 후처리과정을 거쳐, 그 결과를 프린터와 하드디스크에 출력하였다.

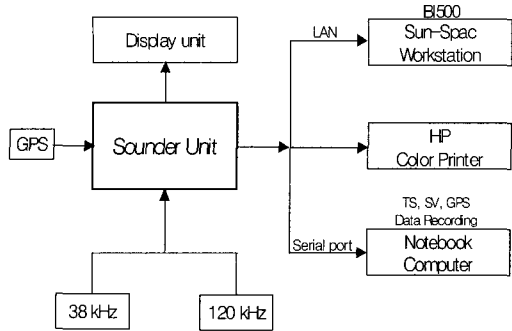


Fig. 3. Block diagram of the data acquisition system.

3) 음향에 의한 어군의 분포조사

음향조사는 계량어군탐지기를 이용하여 38kHz와 120kHz의 주파수에 대하여 전 해역을 대상으로 설정된 조사선(grid line)상을 연속적으로 항해하면서 실시하였고, 동시에 어족생물의 샘플링은 조사선(grid line)상을 중심으로 설정된 임의의 정점에서 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 황해의 어장환경특성

황해의 조사대상해역에 대한 수온의 수직구조는 Fig. 4~Fig. 6과 같다. 이들 그림에서 황해 저층 수괴의 남북(위도)방향에 대한 수온분포는 크게 3개의 서로 다른 권역으로 나눌 수 있었다.

먼저 제1권역은 제주도 서부해역으로 조사해역의 위도 33° 45'를 중심위도로 한 주변해역으로 이 해역에서의 수온에 대한 수직구조는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 수온의 수직 분포는 저층 수온이 10~13°C의 분포를 보였다.

제2권역은 목포 서부해역으로 위도 35° 30'를 중심위도로 한 주변해역으로서 수온의 수직구조는 Fig. 5와 같다. Fig. 5에서 수온의 수직 분포는 제1권역에서 유입되는 난류성의 수괴와 황해 중앙부의 냉수괴가 혼합하여 저층 수온이 제1권역보다 약 1~2°C 낮은 9~11°C였다.

제3권역은 군산 서부해역으로 위도 36° 30' 선을 중심으로 한 주변해역으로서 수온의 수직구조는 Fig. 6과 같다. Fig. 6에서 이 권역의 저층 수온분포는 8°C로서 가장 낮았다.

이와 같은 결과는 Chen(1993)이 황해해역은 3개의 수괴가 존재한다는 보고와 일치한다.

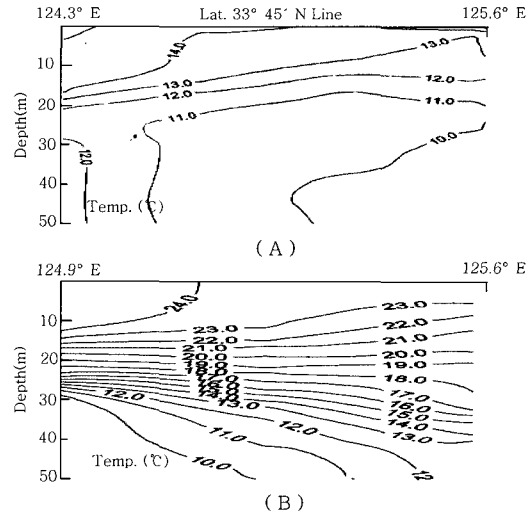


Fig. 4. Comparison between vertical distribution of temperature(°C) in the western waters of Chejudo(Lat. 33° 45' N Line). (A) : May, 1999 (B) : August, 1999

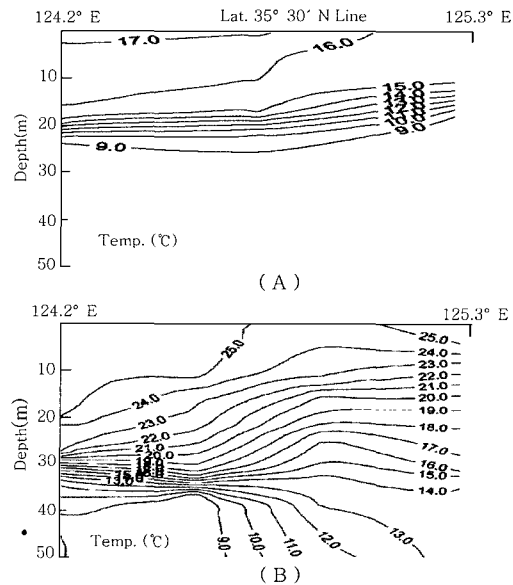


Fig. 5. Comparison between vertical distribution of temperature(°C) in the western waters of Mokpo(Lat. 35° 30' N Line). (A) : May, 1999 (B) : August, 1999

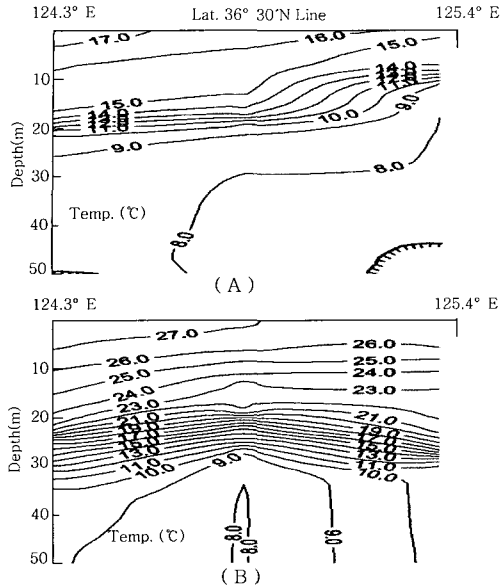


Fig. 6. Comparison between vertical distribution of temperature(°C) in the western waters of Kunsan(Lat. 36° 30' N Line)
(A) : May, 1999 (B) : August, 1999

한편 동서방향에 대한 수온 분포 특성은 Fig. 5와 Fig. 6의 제2권역과 제3권역에 있어 모두 내해보다 외해에서 수온이 낮았다.

또한 수온약층(thermocline)은 Fig. 4의 저위도에서보다 Fig. 6의 고위도에서, 또한 5월(A)보다 8월(B)에 잘 발달하는 경향을 나타냈다.

2. 황해 어족생물의 분포특성

1) 면적 산란계수의 수평분포특성

황해의 조사해역에서 계량어군탐지기(EK-500)를 이용하여 측정된 면적산란계수(SA)의 수평분포도는 Fig. 7 및 Fig. 8과 같다.

Fig. 7은 2000년 4월 황해 조사해역의 전 수층을 대상으로 설정된 grid line상을 7~8knot로 항주하면서 38kHz에 대한 면적산란계수를 1nm 간격으로 구한 결과이다. Fig. 7에서, 38kHz에 대한 면적산란계수는 제주도 서부해역에서 동서방향으로 비교적 높은 값을 나타내었고, 특히, 제주도 연안쪽에서는 면적산란계수가 조사해역 중 가장 높은 50~400(m^2/nm^2)을 나타내었다. 반면, 위도가 높아질수록 면적산란계수는 점점 낮아져 군산 서부해역에 있어서는 거의 0에 가까운 값을 나타

내어 면적산란계수의 수평분포는 남고 북저의 특성을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

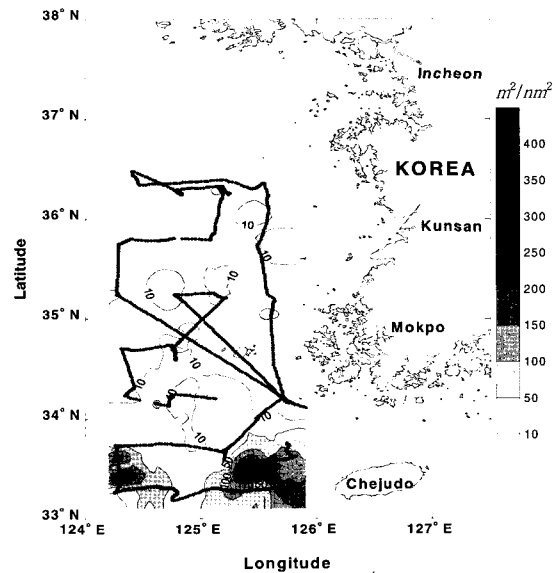


Fig. 7. The SA map for 38kHz on April, 2000 in the Yellow Sea.

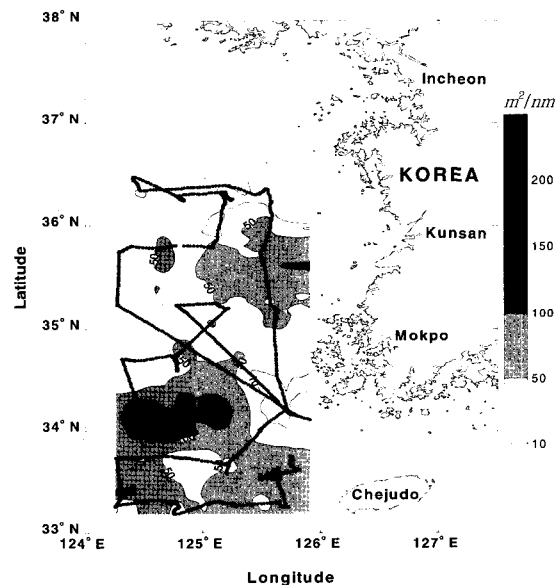


Fig. 8. The SA map for 120kHz on April, 2000 in the Yellow Sea.

Fig. 8은 2000년 4월의 120kHz에 대한 면적산란계수의 수평분포도이다. Fig. 8에서, 120kHz에 대한 면적산란계수는 목포 및 군산 서부해역의 조사선(grid line, Lat. 33° 30' N Line)을 중심으로 가장 높아, 100~200(m²/nm²)을 기록하였다.

Fig. 7과 Fig. 8의 결과를 비교해 볼 때, 제주 서부해역에서는 38kHz의 경우가 120kHz의 경우보다 높았고, 목포 및 군산 서부해역에서는 그 반대의 경향을 나타내었다.

2) 면적산란계수의 수직분포 특성

1999년 5월 계량어군탐지기를 이용하여 측정된 수층별 면적산란계수와 수온의 수직 분포특성과의 관계를 비교 분석한 결과는 Fig. 9~Fig. 11과 같다.

Fig. 9는 제주도 서부 해역의 조사선(grid line, Lat. 33° 45' N Line)에 대한 수온 및 면적산란계수의 수직구조를, Fig. 10과 Fig. 11은 각각 목포 서부해역의 조사선(grid line, Lat. 35° 35' N Line)과 군산 서부해역의 조사선(grid line, Lat. 36° 30' N Line)에 대한 수온 및 면적산란계수를 비교한 결과로서, (A)는 수온의 수직구조이며, (B)는 면적산란계수의 수직구조이다.

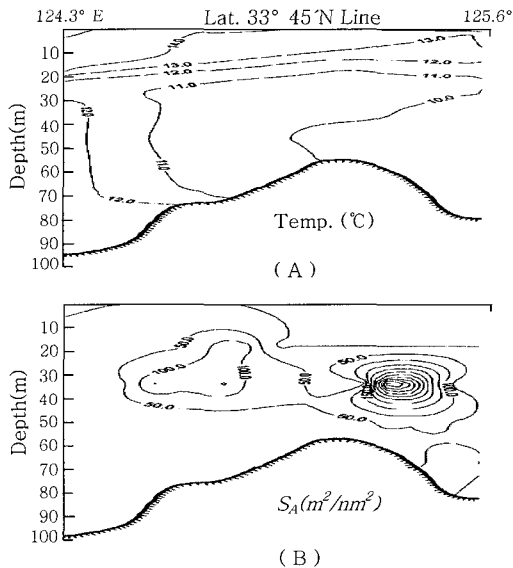


Fig. 9. Comparison between vertical distribution of temperature of and the S_A in the western waters of Chejudo on May, 1999. (A) : temperature(°C) (B) : $S_A(m^2/nm^2)$

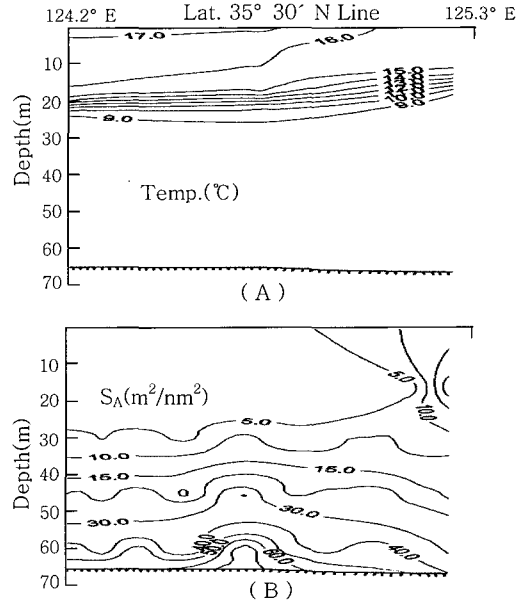


Fig. 10. Comparison between vertical distribution of temperature of and the S_A in the western waters of Mokpo on May, 1999. (A) : temperature(°C) (B) : $S_A(m^2/nm^2)$

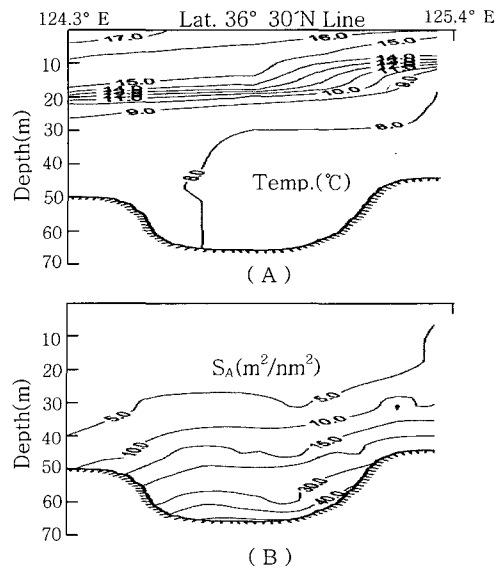


Fig. 11. Comparison between vertical distribution of temperature of and the S_A in the western waters of Kunsan on May, 1999. (A) : temperature(°C) (B) : $S_A(m^2/nm^2)$

Fig. 9의 제주도 서부해역의 조사선에 대한 수온의 수직구조에서는 수온약층이 잘 발달되지 않았고, 그 때의 면적산란계수는 중층의 수심 30~40m에서 비교적 높은 값을 나타내었다.

Fig. 10과 Fig. 11에 대한 수온의 수직구조에서는 두 해역 모두 수심 20~30m층에서 수온약층이 나타났으며, 그 때의 면적산란계수는 표층이나 중층보다 저층에서 높게 나타났다.

3) 트롤어획자료와 음향조사결과와의 비교분석

Fig. 12와 Fig. 13은 2000년 4월의 저층트롤조사에 의해 구한 어군의 분포밀도와 계량어군탐지기기를 이용하여 측정된 면적산란계수를 각 조사점별로 비교 분석한 결과이다. 여기서 면적산란계수는 저층트롤결과와의 비교를 위해 저층으로부터 5m까지의 평균치를 나타내었다. 또한, 음향조사에 대한 주파수 특성을 고려하여 Fig. 12에서는 38kHz에 대한 면적산란계수를, Fig. 13에서는 120kHz에 대한 면적산란계수를 비교대상으로 하였다.

이들 그림에서 막대그래프의 좌측은 개체수 (fish/m³), 중앙은 중량(kg/m³), 우측은 면적산란계수(m²/nm³)이다. 막대그래프의 높이는 각 트롤 조사정점에서 얻어진 개체수, 중량 및 면적산란계수를 조사해역 전체에서 대한 평균개체수, 평균중량 및 평균 면적산란계수로 나누어 기준화한 후, 그 변화량을 표시한 것이다.

이론적으로 면적산란계수(S_A)는 어획량(개체수, 중량)에 비례한다. Fig. 12의 38kHz에 대한 면적산란계수는 전 해역에 걸쳐 어획량이 많을수록 높게 나타나는 경향을 보였다. 그러나 제주도 서부의 연안해역에서는 어획량이 적은 데에도 면적산란계수는 상대적으로 크게 나타났고, 반면 군산 서부해역에서는 어획량이 많은 데에도 면적산란계수가 상대적으로 낮게 나타나는 경향을 보였다. 이들 두 해역에 있어서 어획량과 면적산란계수가 서로 상이한 것은 前報(신 등, 2002)의 2000년 4월에 어획된 트롤어획물의 종조성으로부터 그 원인을 파악할 수 있다. 즉 제주도 서부해역에서는 어획된 어종이 얼동가리돔, 갑오징어, 갈치,

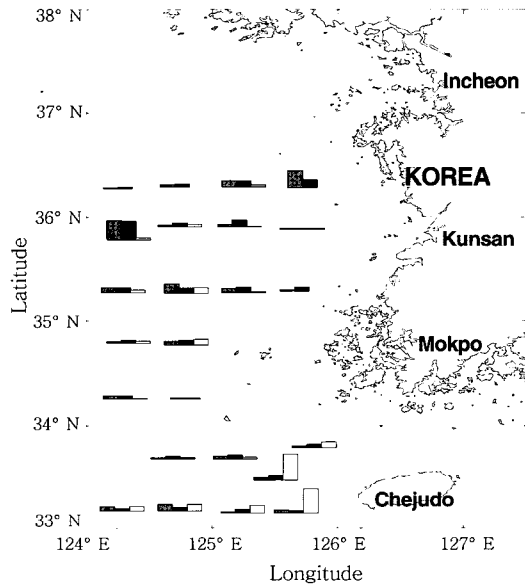


Fig. 12. Comparison of number and weight densities derived from the trawl survey and the S_A at 38kHz in April, 2000.

□ : number density (fish/m³)
 ■ : weight density (kg/m³)
 ▨ : area backscattering coefficient (S_A, m²/nm²)

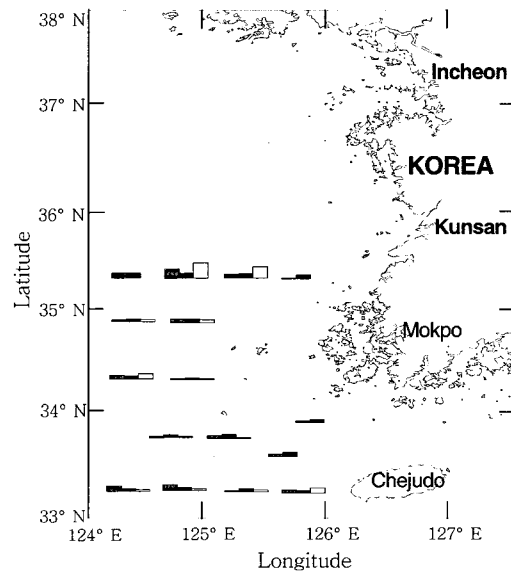


Fig. 13. Comparison of number and weight densities derived from the trawl survey and the S_A at 120kHz in April, 2000.

▨ : number density (fish/m³)
 ■ : weight density (kg/m³)
 □ : area backscattering coefficient (S_A, m²/nm²)

참조기, 플미역치 등으로 유영속도가 빨라 어군이 탐지된 후 이들 일부가 도피하여 어탐 반응이 크게 나타난 것으로 생각된다. 반면 군산 서부해역에서는 베도라치, 용가자미, 등가시치 꼼치와 같이 해저에 부착하여 서식하는 어종이 많이 어획되어 어탐반응과 어획결과가 일치하지 않는 현상이 초래되는 것으로 판단된다.

한편, Fig. 13의 120kHz의 경우에 있어서도 전해역에 걸쳐 면적산란계수는 어획량이 많을수록 높게 나타났다. 다만, 어획량에 비하여 면적산란계수가 상대적으로 높았던 목포 서부의 조사선(grid line, Lat. 35° 30' Line)의 수역에 있어서는 조사기간 중 중층성 어종인 카나리와 멸치가 많이 어획되었는데, 이들 어군의 영향으로 면적산란계수도 높았던 것으로 판단된다.

Fig. 12와 Fig. 13의 결과를 비교해 볼 때, Fig. 12의 38kHz 계량어군탐지기를 이용하여 구한 면적산란계수는 제주도 서부해역에서 높게 나타난 반면, Fig. 13의 120kHz의 경우에 있어서는 목포 서부와 군산 서부해역에서 면적산란계수가 높게 나타났다. 이들 두 해역에 있어서의 면적산란계수의 차이는 서식어종의 차이에 따른 주파수 특성에 기인하는 현상으로 판단된다.

요 약

황해 주요어족생물의 분포 특성을 파악하기 위한 연구의 일환으로 황해의 위도 33°00'~36°30' N, 경도 124°00'~126°00' E를 대상 해역으로 설정하여, 1999년 5월, 1999년 8월, 2000년 4월의 3회에 걸쳐 여수대학교 실습선 청경호와 동백호를 사용하여 실시한 해양학적 및 음향학적조사에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 조사당시 황해 저층수온의 지리적인 분포는 제주도 서부해역, 목포 서부해역, 군산 서부해역의 3권역으로 크게 구분되었고, 수온차는 제주도 서부해역이 군산 서부해역보다 2~5℃ 정도 높았다. 또한 어족생물자원의 분포와 관련이 깊은 수온 약층(thermocline)은 5월보다는 8월에 뚜렷하게 형성되었다.

2. 황해의 조사대상해역에 대한 면적산란계수는 38kHz의 경우, 제주도 서부해역에서 가장 높게 나타났고, 위도가 높을수록 낮은 경향을 나

타내었다. 그러나 120kHz의 경우에 있어서는 38kHz와 다른 양상을 보여 제주도 서부해역에서 보다는 목포 및 군산 서부해역에서 상대적으로 높은 값을 나타내었다.

3. 면적산란계수의 연직분포는 수온약층(thermocline)을 경계로 그 값이 뚜렷하게 구분되었는데, 수온약층이 발달된 해역일수록 표층부 저층부에서의 면적산란계수가 높았고, 동서방향에 대해서는 연안이나 근해쪽보다는 그 중심부근에서 면적산란계수가 높은 경향을 나타내었다.

4. 트롤망고에 해당되는 저층 5m에 대한 면적산란계수의 값은 대체적으로 어획량에 비례하는 경향을 나타내었고, 서식 어종의 차이에 따라 저층성 어종은 38kHz에서, 중층성 어종은 120kHz에서 면적산란계수가 높게 나타나는 경향을 보였다.

참고문헌

1. Aglen, A.(1983b) : Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. FAO Fish. Rep., 300 : 293~298.
2. Burczynski, J.(1982) : Introduction to the use of sonar systems for estimating fish biomass. FAO. Fish. Tech. Pap., 191 Rev.1, 31~48.
3. Chen, Dagang(1993) : The Status Quo and Trends of the Fishery Resources in Huanghai and Bohai Seas. International Symposium on the Investigation of Demersal Fish Resources Hokkaido University, Sept. 21~22, 14~21.
4. Ehrenberg, J. E.(1983a) : A review of in situ target strength estimation techniques. FAO Fish. Rep. (300) : 85~90.
5. Foote, K. G., Knudsen, Hans Petter and Korneliussen, Rolf, J. (1991) : Postprocessing system for echo sounder data. J. Acoust. Soc. Am. 90(1), 37~47.
6. Johannson, K. A. and Mitson, R. B.(1983) : Fisheries acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation, FAO Fish. Tech. PAP., 240, 1~249.
7. Jolly, G. M. and Hampton, I. (1990) : A

- Stratified Random Transect Design for Acoustic Surveys of Fish Stocks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47 : 1282~1291.
8. Kirkegaard, K., Aglen, A., Degnbol, P. and Hagstrom, O.(1989) : Report on the Herring acoustic surveys in the North Sea, Skagerrak, and Kattegat during summer 1988. ICES CM 1989/H:37.
 9. MacLennan, D. N. and MacKenzie, I. G. (1988) : Precision of Acoustic Fish Stock Estimates. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45 : 605~616.
 10. MacLennan, D. N. (1990) : Acoustical measurement of fish abundance. *J. Acoust. Soc. Am.* 87(1):1~15.
 11. MacLennan, D. N. and Simmonds, E. J.(1992) : Fisheries Acoustics. Chapman & Hall. 164~200.
 12. March, E. and Petitgas, P.(1993) : Precision of acoustic fish abundance estimates : separating the number of schools from the biomass in schools. *Aquatic Living Resources*, 6 : 211~219.
 13. Masse, J., Koutsikopoulos, C. and Patty, W. (1996) : The structure and spatial distribution of pelagic fish schools in multispecies clusters : an acoustic study. *ICES Journal of Marine Science*, 53 : 155~160.
 14. Porteiro, C., Carrera, P. and Miquel, J.(1996) : Analysis of Spanish acoustic surveys for sardine, 1991-1993: abundance estimates and inter-annual variability. *ICES Journal of Marine Science*, 53 : 429~433.
 15. Simrad EK500, Scientific Echo sounder. (1998) : Operator manual, Base version. A Kongsberg Company.
 16. Thompson, Charles H. and Love, Richard H.(1996) : Determination of fish size distribution and areal densities using broadband low-frequency measurements. *ICES Journal of Marine Science*, 53 : 197~201.
 17. Zakharia, M. E., Magand, F., Hetroit, F. and Diner, N. (1996) : Wideband sounder for fish species identification at sea. *ICES Journal of Marine Science*, 53 : 203~208.
 18. 신형호 · 황두진 · 김용주(2002) : 트롤조사에 의한 황해 주요어족생물의 분포특성에 관한 연구
 19. 윤갑동 · 양용립 · 신형일 · 이주희 · 조규대 · 이대재(1993) : 동지나해 저서어업자원의 조사연구, *어업기술* 29(3), 183~190.
 20. 이대재 · 김진건 · 신형호(1998) : 한국남해안의 잠재어업자원 조사연구, *어업기술* 34(3), 259~273.
 21. 황두진 · 신형호 · 김동수(1999) : 어군탐지기를 이용한 남해연안의 어자원 분포현황과 해양환경구조, *어업기술* 35(2), 170~177.