

어군 탐지기를 이용한 남해연안의 어자원 분포현황과 해양환경구조

황두진 · 신형호 · 김동수

여수대학교

(1999년 3월 27일 접수)

Distribution of Fish by Echo Sounder and Environment of Oceanography in Southern Sea of Korea

Doo-Jin HWANG, Hyong-Ho SHIN and Dong-Soo KIM

Yosu National University

(Received March 27, 1999)

Abstract

In order to research the relationship between distribution of fish and the ocean environment in Southern Sea of Korea, echo survey and oceanographic observation were carried out from July 27 to 31 in 1998. The DSL(Depth Scattering Layer) and high density of fishes were appeared in northeastern Cheju Island and offshore of Kamak bay by color echo sounder.

The relative Sa(area backscattering coefficient) in offshore of Kamak bay was 5,500 at 28kHz, 12,500 at 200kHz and Northeastern Cheju Island was 6,000 at 28kHz, 20,000 at 200kHz.

During the acoustic survey period, Ocean environment of high density of fishes area were as the follows. The surface Northeastern Cheju Island were ranged 20~26.5°C, 31.5~32.5‰ and that bottom were ranged 16~20°C, 33.5~34‰. The shallow water area in offshore of Kamak bay were ranged 24~26.5°C, 30.0~31.5‰.

서 론

최근 컴퓨터·전자 기술의 발달에 의해 개발된 계량어군탐지기는 해양에 있어서 생물을 대상으로 정량적으로 평가할 수 있어, 이를 이용한 음향자원 조사를 미국¹⁾, 노르웨이, 프랑스, 캐나다, 일본 등 어업 선진국에서는 대대적으로 실시하고 있다. 이들 나라에서는 음향자원조사로부터 얻어진 데이터를 해양생태계의 관찰뿐만 아니라 수산자

원관리를 위한 기초자료²⁾³⁾로서 이용하고 있다.

최근 우리 나라에서도 이에 관심이 고조되어, 음향자원 평가기술과 그 실용화 방안에 대한 연구⁴⁾⁵⁾가 진행되고 있다.

본 연구는 수산 자원량 평가의 정도개선과 실용화를 위한 연구의 일환으로 계량어군탐지기에 의한 음향자원조사와 해양환경요소를 동시에 관측하고, GPS에 의한 지리 정보를 이용하여 남해연안에 자원분포와 해양환경 요소와의 관계를 파악

하였다.

재료 및 방법

칼라 어군탐지기를 이용한 자원량 조사는 1998년 7월 27일~31일 사이에 여수대학교 실습선 청경호(303ton)에 탑재되어 있는 칼라어군탐지기(JRC JFV-250)를 이용하여, Fig. 1에서와 같이 남해안의 중앙어장(육지도에서 제주도 북동쪽어장)

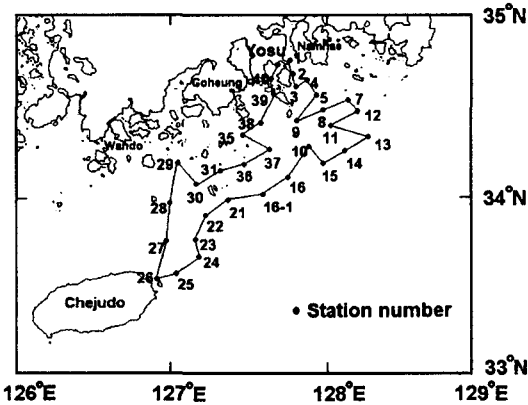


Fig. 1. Echo Survey transects and oceanographic observation stations in Southern Sea of Korea.

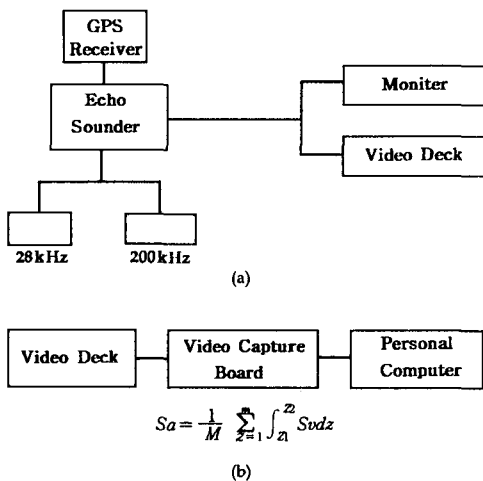


Fig. 2. Block-diagram of intergrator system using color echo sounder.

(a) data acquisition by echo sounder
(b) analysis system in laboratory

을 대상으로 음향조사 라인을 설정하고, 동시에 동해역에 있어서 40개의 정점을 설정하여, CTD(SeaBird, SBE-19)를 이용하여 수온과 염분을 측정하였다. 또한 ACL 100-D를 이용하여 식물색소량(Chlorophyll)도 측정하였다. 칼라어군탐지기에 의한 음향자원 데이터 수집은 Fig. 2(a)와 같이 먼저 28kHz와 200kHz의 2개의 주파수를 이용하여 칼라모니터에 Echogram을 생성하고, 이것을 RGB 영상 신호로 변환하여 비디오 레코드의 VHS 테이프에 수록하였다.

후일 실험실에서 Fig. 2(b)와 같이 비디오에 의한 어군탐지기의 영상신호를 재생하여, GPS에 의한 위치 데이터와 일치시켜 가면서 칼라 어군탐지기의 색깔을 이용하여 그 크기를 읽고, 수심 1m 단위로 S_v (체적 산란계수)를 산출한 후 어군의 상대자원량(S_a : 켈리브레이션을 행하지 않았으므로 상대량으로 표시)을 추정하였다.

어군량 추정법

최근 개발되어 실용화되어 있는 계량어군탐지기의 원리를 이용하여 기존 칼라 어군탐지기에 대한 자원량의 크기를 표시하는 방법을 고안하였다.

계량어군탐지기에서의 적분처리 원리는 다음과 같다. 먼저 빔내의 거리 r 에 평균후방체적산란단면적 $\overline{\sigma_{bs}}$, 밀도 ρ_V (마리/ m^3)의 어군으로부터 되돌아온 송파강도 I_e 는, 단위체적당 산란강도에 펄스각 체적 V 중의 개체수를 곱한 것으로 나타낸다. 즉,

$$I_e = I_o \frac{10^{-0.2\alpha r}}{r^4} \rho_V V \overline{\sigma_{bs}} \quad (1)$$

여기서 I_o 는 송파강도이며, V 를

$$V = \frac{c\tau}{2} r^2 \psi \quad (2)$$

이다. 또 c 는 음속, τ 는 펄스폭, ψ 는 동등빔각으로 (1)식은 다시

$$I_e = I_o \frac{10^{-0.2\alpha r}}{r^4} \frac{c\tau}{2} \psi \rho_V V \overline{\sigma_{bs}} \quad (3)$$

로 나타낼 수 있다. (3)식 중에서 $\rho_V \overline{\sigma_{bs}}$ 는 단위체

적당 후방산란단면적으로 제적후방산란계수 S_V 로 나타내어

$$S_V = \rho_V \overline{O_{bs}} \quad (4)$$

으로 쓸 수 있다. 결국 (3)식과 (4)식으로부터

$$S_V = \frac{I_c}{I_o} \frac{r^2}{10^{0.2\alpha r}} \frac{2}{c\tau} \frac{1}{\psi} \quad (5)$$

로 바꾸어 쓸 수 있다. 실제 계량어군탐지기에 있어서는 어군탐지기의 진동자로부터 거리 r 의 펄스 각체적으로부터 되돌아오는 에코전압 $V(t)$ 를 2승 적분하여 단위체적당의 제적후방산란계수 S_V 를 구하게 된다. 즉, (5)식은 다시

$$S_V(t) = K V^2(t) \frac{2}{c\tau\psi} \quad (6)$$

으로 바꿔 쓸 수 있다.

본 연구에서는 칼라비디오 영상의 칼라 값으로부터 다음식

$$V(t) = 10^{\frac{\tau + 11x + 2.5}{40}} \quad (7)$$

을 이용하여 전압으로 변환하였다. 여기서 x 는 칼라어군탐지기의 색상값(0부터 15까지 16색), 40은 칼라 디스플레이의 다이내믹 렌지(dB), 2.5는 칼라색상스텝(dB)이다. 그리고, k 는 시스템 상수항으로 본 연구에서는 1로 하고, c 는 $1500m/s$, τ 는

$1ms$, ψ 는 $0.08sr(28kHz)$, $0.02sr(200kHz)$ 로 하여, $S_V(t)$ 를 구하였다. 다음으로 심도 방향으로 적분한 다음, 단위면적당 후방산란단면적인 면적후방산란계수 S_a 를 구하였다.

$$S_a = \frac{1}{M} \sum_{z=0}^m \int_{z_1}^{z_2} S_V(z) dz \quad (8)$$

단, $z = \frac{ct}{2}$, z 는 수심이다.

결과 및 고찰

칼라어군탐지기를 이용하여 조사한 어군의 분포는 Fig. 3과 같다. 그림의 왼쪽은 $28kHz$, 오른쪽은 $200kHz$ 로, 어군의 크기는 어군탐지기의 Echogram으로부터 얻은 상대면적적분계수(S_a)로 표시하였다. 그리고 편의상 $5mile$ 간격으로 S_a 를 표시하였으며, 막대의 높이가 어군의 크기를 나타낸다. 그림에서 주파수별로 비교해보면 전해역에 걸쳐 저주파인 $28kHz$ 보다 $200kHz$ 에서 상대적으로 S_a 가 높게 나타났으며, 특별히 어군이 밀집하여 S_a 값이 크게 나타난 곳은 $28kHz$ 에서는 제주도 북동쪽(a)과 가막만 외해(b)였으며, 그때의 S_a 값은 각각 6,000과 5,500이었다.

한편, $200kHz$ 의 주파수에서는 제주도 북동쪽(a), 금오도 남쪽(b), 가막만 외해(c), 남해도 남쪽(d) 등에서 S_a 값이 높게 나타났으며, 그때의 S_a 값

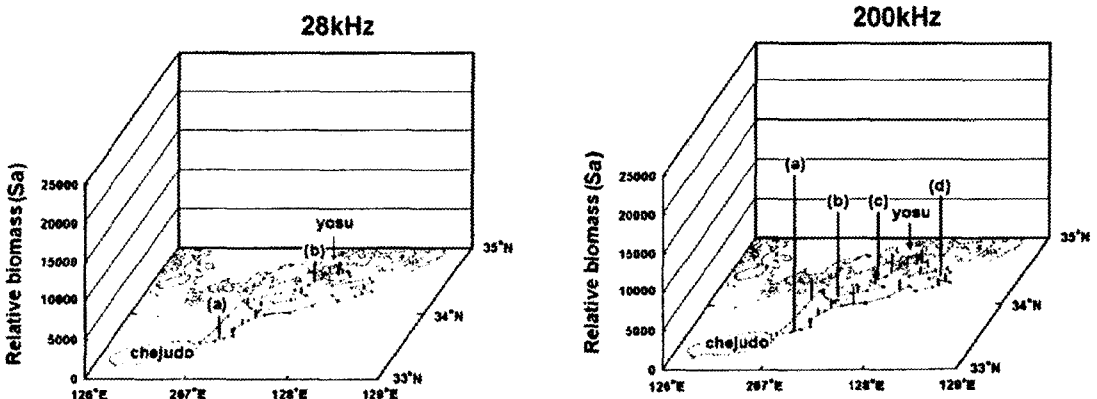


Fig. 3. Distribution of relative area backscattering coefficient(S_a).

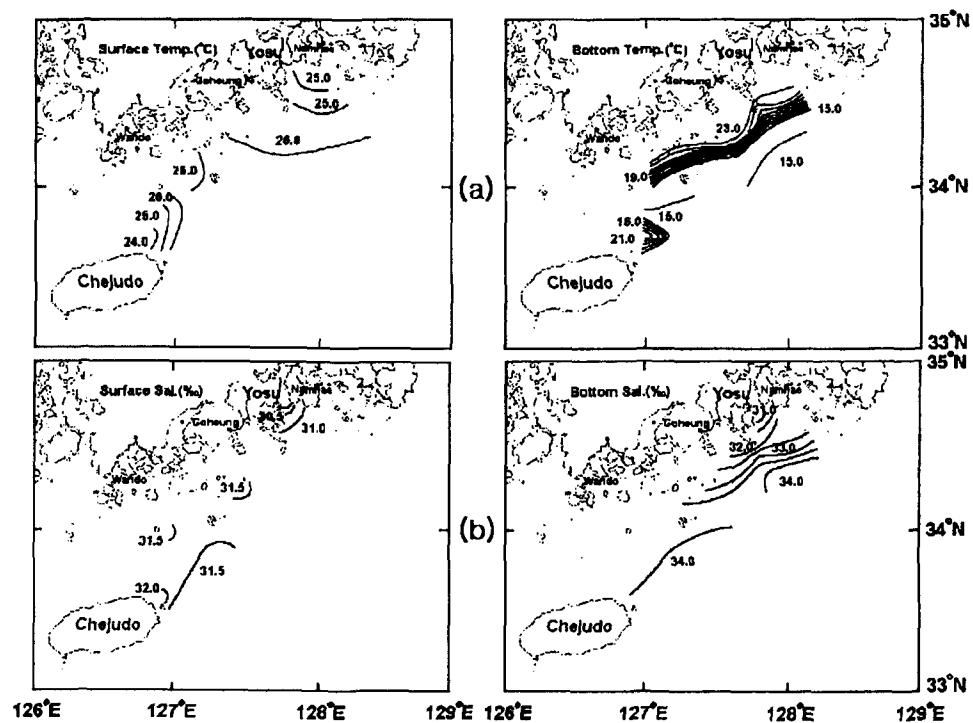


Fig. 4. Horizontal distribution of water temperature(a) and salinity(b) in Southern Sea of Korea.

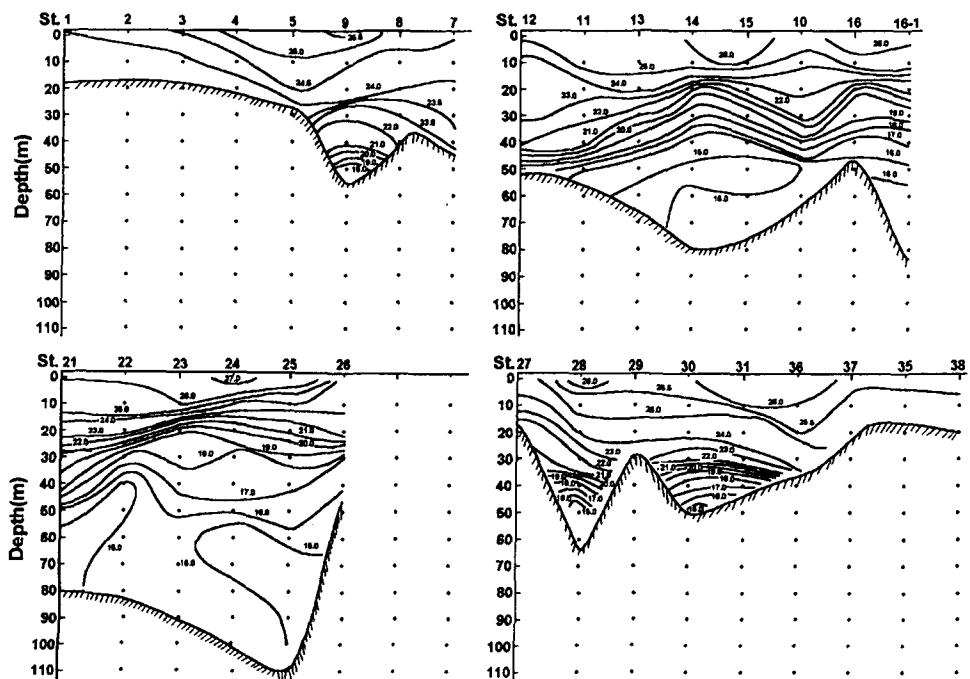


Fig. 5. Vertical distribution of water temperature in Southern Sea of Korea(98. 7. 27~31).

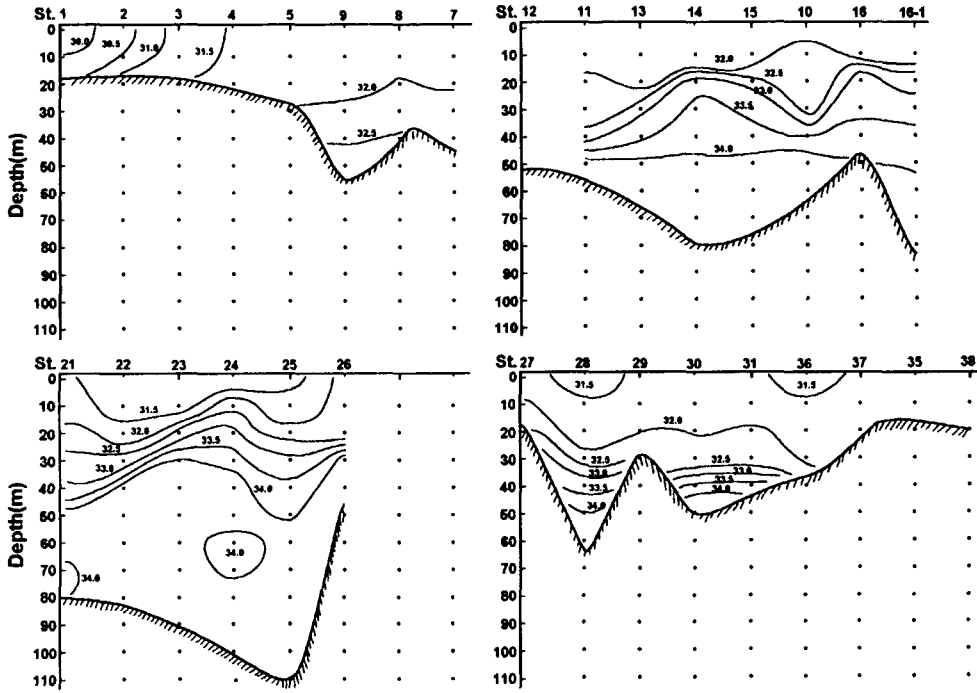


Fig. 6. Vertical distribution of salinity in Southern Sea of Korea(98. 7. 27~31).

은 각각 20,000, 12,000, 6,000, 11,000이었다.

Fig. 4는 수온 및 염분의 수평분포를 나타낸 것으로, 그림의 윗쪽(a)은 수온, 아래쪽(b)은 염분의 수평 분포이다. 먼저 동기간 중 전 해역의 표층수온의 분포범위는 $23.2\sim 27.3^{\circ}C$ 로서 외해역이 연안역보다 높은 경향을 보였는데, 이것은 외해역에서 진입한 난류수의 영향으로 생각된다. 또한, 저층의 경우는 $14.4\sim 25.0^{\circ}C$ 로서 표층 보다 수온분포범위가 넓게 나타났으며, 수심이 깊은 외해역에서 저온수가 확장되어 있는 것을 볼 수 있다. 한편, 동기간 중의 염분의 분포는, 표층에서 $30.0\sim 32.0\text{‰}$ 로 저염수가 넓게 확장되어 있었고, 저층에서는 $30.3\sim 34.8\text{‰}$ 로서 염분의 변화가 크게 나타났으며, 수심이 낮은 연안역에서는 저염분수가, 수심이 깊은 외해역에서는 고염분수가 넓게 분포하고 있는 것을 볼 수 있다.

다음은 동기간중 수온의 연직분포를 Fig. 5에 나타내었다. 그림의 수직축은 수심을 나타내고, 그림의 St. 뒤의 숫자는 Fig. 1의 조사점점과 일치한다. 그림에서 보는 바와 같이 수심이 얕은 연안

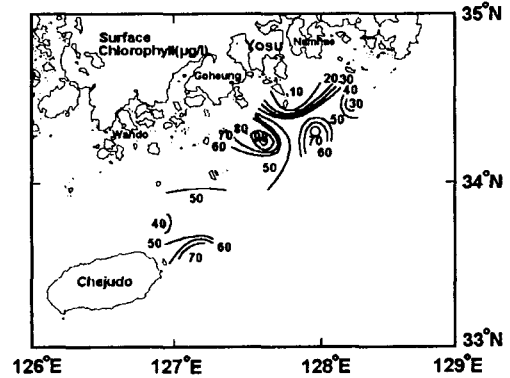


Fig. 7. Contour map of chlorophyll in Southern Sea of Korea(98. 7. 27~31).

역에 속하는 정점 1~5와 36~38 구간의 해역에서는 상하층간의 혼합에 의한 균질한 해수가 분포하는 경향을 보였으며, 그 이외의 수심이 깊은 외해역에서는 수심에 따라 수온이 점차 낮아져 수심 40~50m 근처에서 수온약층이 형성되어 있음을 볼 수 있다.

다음으로, 염분의 연직분포를 Fig. 6에 나타내

었다. Fig. 6의 그림의 배치는 Fig. 5와 동일하였으며, 그림에서 보는 바와 같이 수심이 낮은 연안역에서는 전 수심에 걸쳐 염분도가 일정하게, 30.0~32.0%의 저염분수가 분포하였으며, 수심이 깊은 외해역에서는 표층에서 31.5~32.0%의 저염분수가 분포하고 수심이 깊어 질수록 32.5~34.0%의 고염분수가 넓게 분포하는 것을 볼 수 있었다.

다음은 표층의 식물 색소량을 Fig. 7에 나타내었다. 그림에서와 같이 여수해만에서 소리도 근해까지의 연안역에서는 0.5~10 $\mu\text{g/l}$ 로 낮게 나타났으며, 그 이외의 해역에서는 20 $\mu\text{g/l}$ 이상의 비교적 고밀도 분포를 하고 있었다. 특히, 제주도 북동쪽에서는 40~70 $\mu\text{g/l}$, 금오도 남쪽에서는 60~90 $\mu\text{g/l}$ 로 높게 나타났다.

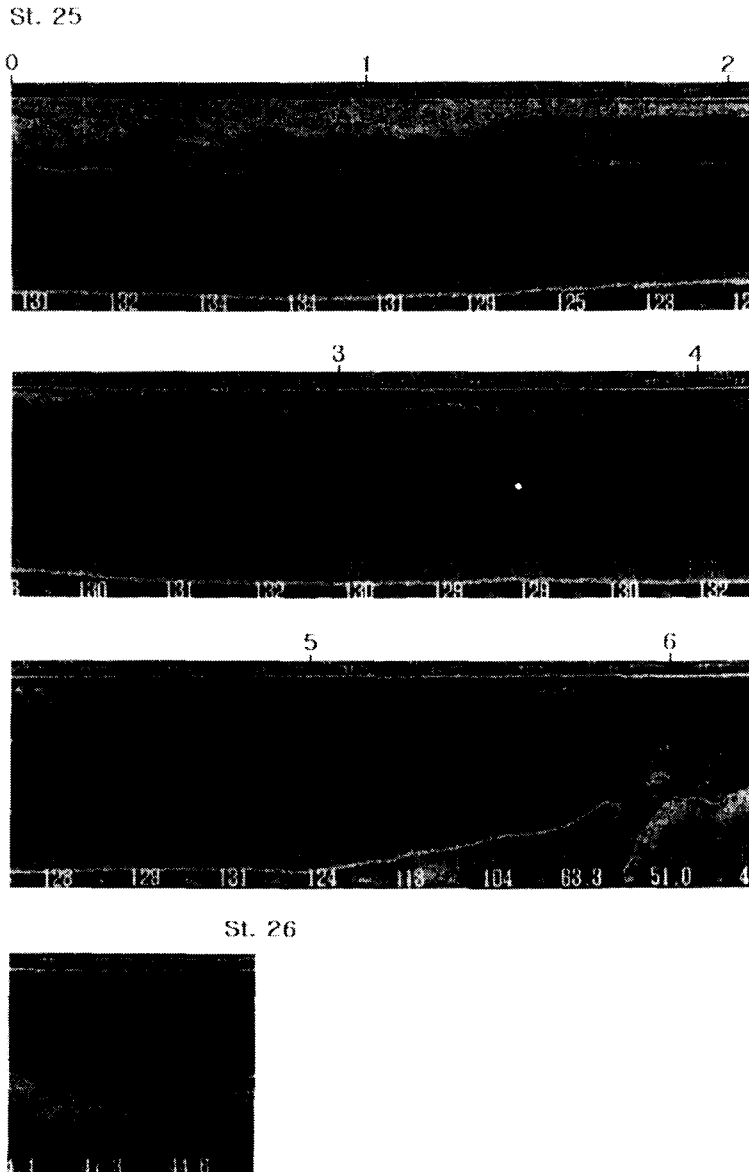


Fig. 8. Color echogram in eastern of cheju-do (28kHz).

해양의 환경요소는 어장의 형성과 밀접한 관계가 있는 것으로 점차 밝혀지고 있으며, 최근 해양 환경요소(수온, 수색)의 모니터링을 통하여 어장의 형성을 파악하고자 하는 연구가 세계도처에서 진행되고 있다. 본 연구에서는 칼라 어군탐지기를 이용하여 어군의 분포를 파악하고, 동시에 어장의 환경요소와의 관계에 대하여 비교 고찰해 보았다. Fig. 8은 칼라어군탐지기를 이용하여 어군의 분포 상황을 파악한 예(28kHz)로서, Fig. 1의 st. 25~26 사이의 어군분포를 1마일당 간격으로 표시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 표층에서 30m 사이에 농밀한 음향산란층이, 또한 st. 25로부터 6마일 근처의 해저부근에는 농밀한 어군이 분포하고 있다. 그 때의 해양환경구조는 표층에서 20~26.5°C, 저층에서는 16~20°C의 수온 분포를 하고, 염분은 표층에서 31.5~32.5%, 저층에서 33.5~34.0%의 분포를 하고 있었다. 이는 표층의 고온, 저염분수인 연안수와 저층의 저온, 고염분수가 교차하는 전선대가 형성되어 있는 것으로 생각되며, 같은 시기에 이 해역에서는 갈치어장이 형성되었는데, 동해역에서 7~8월 경에 갈치어장이 형성된다는 김상현 등의 연구보고와 일치하였으며*, 실제 동 해역의 조사중에 갈치채낚기 어선의 선단을 발견할 수 있었다. 또, 고온(24.0~26.5°C) 저염분수(30.0~31.5%)로 수심이 얇고, 표층과 저층이 혼합되어 있는 가막만외해에서는 전 수심에 걸쳐 어군이 분포하였으며, 또한, 동 시기에 이 어장에서는 멸치어장이 형성*되어 있었다. 본 연구에서는 실제 어종의 확인을 위한 조업실험과 계량어군탐지기를 이용한 자원의 절대량을 파악할 수는 없었지만, 동 해역에 있어서의 어업자원은 우리나라 연근해 자원량의 상당한 부분을 차지하고 있음을 감안하여 지속적으로 어종별 자원량 추정이 필요로 하다고 생각하며, 어군량을 정량적으로 추정할 수 있는 방법의 정착을 위한 노력이 필요하다고 생각한다.

요 약

1998년 7월 27일부터 7월 31일까지 남해안 연안어장을 대상으로 칼라어군탐지기를 이용한 어

군 분포의 파악과 동시에 해양환경 계측장비를 이용한 환경요소와의 관계를 고찰한 결과는 다음과 같다.

동 기간에 칼라어군탐지기의 28kHz의 경우에 가막만외해와 제주도 동북쪽 해역에서, 200kHz의 경우에는 제주도 북동쪽, 금오도 남쪽, 남해도 남쪽, 가막만 외해에서 고밀도 어군이 발견되었으며, 28kHz보다 200kHz에서 상대적 Sa값이 높게 나타났다.

동 시기의 제주도 북동쪽 해역의 해양환경은 표층의 고온(20~26.5°C), 저염분수(31.5~32.5%)와 저층의 저온(16~20°C), 고염분수(33.5~34%)가 교차하는 전선대가 형성되어 있었으며, 갈치어장이 형성되어 있었다. 또, 고온(24~26.5°C), 저염분(30.0~31.5%)이 균일하게 분포하고 있는 수심이 얇은 가막만 외해에서는 멸치어장이 형성되어 있었다.

참고문헌

- (1) Honkalehto T. and Neal Williamson(1996) : Walleye Pollock *Theragra chalcogramma* abundance in the Southeastern Aleutian Basin near Bogosl of Island during February-March, US. Dep. Commer, NOAA. Tech. Memo.
- (2) Johannesson K. A., R. B. Mitson(1983) : Fisheries Acoustics(A practical manual for aquatic biomass estimation, FAO, Fisheries Technical Paper, 240.
- (3) Acoustic Survey Design and Analysis Procedures(1992) : A Comprehensive Review of Current Practice, ICES / Cooperative Research Report, No. 187.
- (4) Scientific Program(1995) : ICES International Symposium on Fisheries and Plankton Acoustics.
- (5) 이대재, 김진건, 신형호(1998) : 韓國 南海岸의 潛在漁業資源 調査研究, 한국어업기술학회지, 34(3) 259~273.
- (6) 윤갑동, 하강렬(1998) : 한국 근해의 음향적분 대상 부어류의 음향반사강도에 관한 연구, 한국어업기술학회지 34(4), 372~377.
- (7) 김동수, 노홍길(1995) : 麗水沿岸 定置網漁場의 環

- 境要因과 漁況變動에 關한 研究 3, 한국어업기술학회지, 31(1), 15~23.
- (8) 김상현, 노홍길(1998) : 제주해협 갈치(Hairtail, *Trichiurus lepturus*) 자원의 어장형성기구에 관한 연구, 한국어업기술학회지, 34(2), 117~134.
- (9) 박종화, 이주희(1991) : 멸치 기선권현망의 漁場形成과 漁況變動에 關하여, 한국어업기술학회지, 27(4), 238~254.