

음향을 이용한 통영바다목장 해역에 있어서의 수산자원조사

황두진 · 정순범 · 손용욱 · 김은호 · 강돈혁*

여수대학교*한국해양연구원

서론

수중음향을 이용한 방법은 수산 자원 조사는 1920년대에 제시된 이후, 1970년대부터 일본, 노르웨이, 미국 등 수산 선진국들이 본격적으로 사용하기 시작하여 최근에는 원양 및 연근해 수산자원량 추정 방법의 필수 방법으로 받아들여지고 있다(MacLennan and Simmonds, 1992). 이 방법 또한 어종 식별 및 자원량 계산에 많은 어려움이 있지만 짧은 시간에 넓은 해역을 조사할 수 있는 시간대 비용 측면의 효율성과 표층 부근에서 해저면에 이르는 모든 수심에 대해 어류 분포 형태를 파악할 수 있는 장점이 있다. 따라서 다수를 차지하고 있는 어종의 음향 반사 특성 파악이 가능하다면 공간 내의 자원량 예측 및 수직적인 분포 특성을 파악하는데 효율적인 방법으로 받아들여지고 있다(Nakken and Ulltang, 1983).

1998년에 처음으로 통영 바다 목장에 방류를 시작한 이후 2000년까지 조피볼락(150만 마리), 볼락(5만 5천 5백 마리), 참돔(8만 마리), 감성돔(7만 마리) 등 어류 전체에 걸쳐 약 170만 마리를 방류하였다(해양수산부, 1999; 해양수산부, 2000). 이들 가운데 일부 개체는 3년이 지나 이미 성어기에 도달하였으므로 방류 효과 및 자원관리 측면에서 방류한 어종에 대한 어군 밀도 및 위치에 대한 조사가 필요한 시점이다. 본 연구는 수중음향을 이용한 방법을 이용하여 계절별 어군의 분포 위치 및 분포 강도(strength) 추정을 시도하였다. 한편, 인공어초와 같이 인위적으로 조성한 해양 구조물 내부 및 아래에 서식하는 어종은 주간에 실시하는 음향 조사에 탐지될 가능성이 매우 적다. 이러한 생태학적 분포 특성은 분포 위치의 불확실성 및 낮은 분포 강도를 나타내 자원량 추정시 낮게 평가(under-estimation)될 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 일몰 직전에 인공 구조물 근처에서 연속적인 자료로부터 음향 산란체의 분산 특성을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 음향 정선 조사

통영바다목장 해역에 있어서 동계와 춘계의 특성을 파악하기 위하여 각각 2005년 2월 3일과 2005년 2월 24일에 걸쳐 2회 실시하였다(그림 1). 이 시기는 작년 가을에 우리나라 남해안 외해로 이동해 버린 회유성 어종이 아직 가입되지 않은 상태에서의 통영 바다목장 인근 해역에 머무는 어류에 대한 분포 조사에 해당한다.

음향을 이용한 어탐 조사를 위해 사용한 음향 센서는 200kHz 듀얼빔(dual

beam)센서로써, 송·수신 단계에서 협대역(narrow) 빔과 광대역(wide) 빔을 사용함으로써 어류에 대한 음향 신호 정보에서 개개 대상 어류의 위치정보 및 반사강도(volume backscattering strength, S_v)에 대한 정확한 정보를 산출 할 수 있다. 수산자원 분포는 그림 2와 같이 소형어선(5톤급)의 현측에 소형예인체를 설치하고 예인체에 음향센서를 설치한 다음 음향센서를 예인체에 고정시켰다. 음향센서로부터 수신된 음향신호는 계량어군탐지기(DT-5000)시스템을 거쳐 데이터 수록 장치에 저장하였다. 조사선의 선속은 사용 주파수가 고주파이고 센서 수심이 얕아 해수와 센서면의 마찰에 의해 발생하는 공기방울의 영향이 있을 수 있으므로 이를 최소화하기 위하여 6~7노트로 일정하게 유지하였다. 수신된 음향 자료에서 표층 부근에서 발생하는 cavitation 잡음, 공기방울 잡음과 중층에서의 전원 잡음, 저층에 설치된 구조물에 신호등을 모든 에코그램에서 제거하여 어류에 의한 신호만을 추출하였다. 이때 추출된 에코그램으로부터 표층 1.5m에서 저층까지 자료로부터 전 층의 음향 특성을 분리하였다.

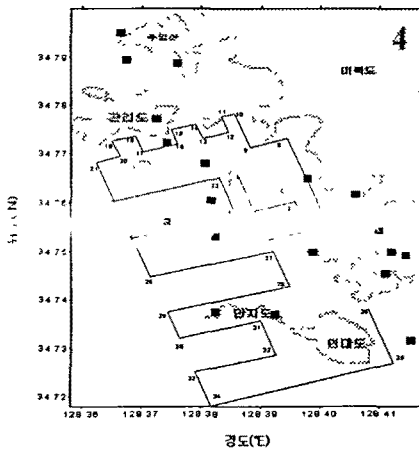


그림 1. 음향 자원 조사 정선.

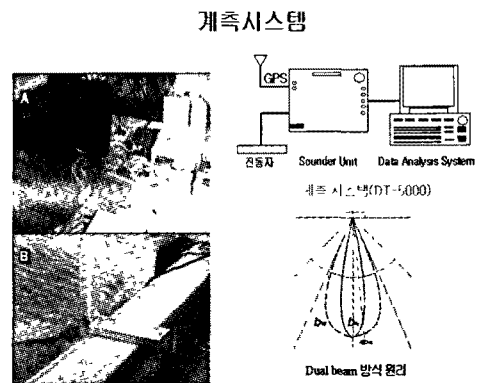


그림 2. 계량어군탐지기 설치 모식도.

2. 인공어초 주변에서의 수직 이동 조사

방류한 어종의 주요 서식처가 인공어초라는 가정 아래 인공어초 주변에 서식하는 어류의 분산 특성을 파악하기 위하여 어류가 부상하는 해질 무렵부터 어두워질 때까지 음향 자료를 수신하였다. 이를 위하여 조사선을 소장두도와 죽도 사이에 설치된 인공어초 주변에 정지시킨 후 연속적인 관측을 실시하였다. 이 지역의 수심은 23 m 이고, 음향 조사 결과 인공어초를 위한 구조물은 수심 13 ~ 23m 사이에 있는 것으로 나타났다(그림. 3). 2월초와 2월말 두 조사에서 각각 2 ~ 3시간 정도 자료를 수신하여 30 ~ 60분 간격으로 전 층의 음향 특성을 비교하였다.

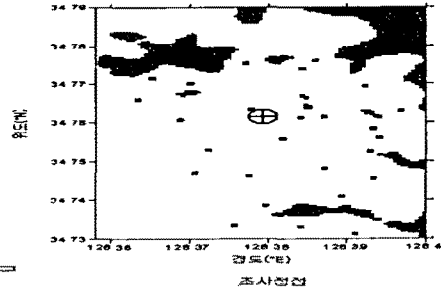
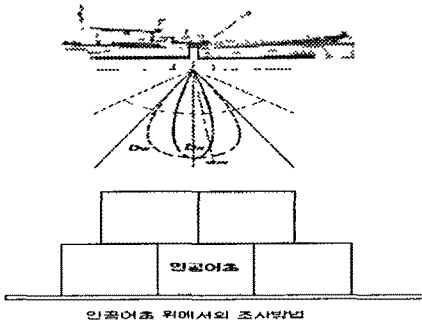


그림 3. 인공어초 주변에 있어서 계량어군탐지기를 이용한 자원조사.

3. 음향자료를 이용한 수산자원분포의 연간 변화

통영바다목장 해역에 있어서 1998년에 처음으로 방류를 시작하여, 지속적으로 조피볼락, 볼락, 참돔, 감성돔 등의 어류를 방류하고 있다. 또한 해중림의 조성이나 인공어초의 설치 등으로 서식환경이 개선 되게 되고, 이들이 효과적으로 작용했을 경우, 바다목장해역내 뿐만 아니라 주변해역에 있어서 생물이 다양해지고, 서식량이 증가하는 추세에 있을 것으로 추정할 수 있다. 본 연구에서는 1999년부터 최근까지 통영바다 목장해역에 있어서 음향을 이용하여 매년 수산자원의 분포 조사를 실시하였다. 1999년부터 2002년까지는 그림 4와 같이 곤리도와 소장두도, 대장두도를 중심으로 한 비교적 좁은 해역을 대상으로 수산자원 분포조사를 실시하였으며, 2003년부터는 그림 5와 같이 남쪽으로 더 확대하여 음향자원 조사를 실시하였다.

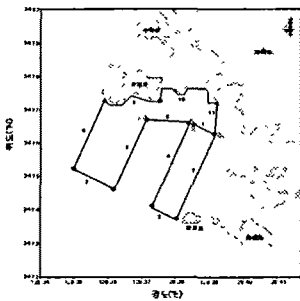


그림 4. 계량어군탐지기를 이용한 자원조사 정선(1999~2002).

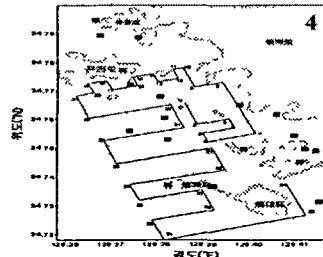


그림 5. 계량어군탐지기를 이용한 자원조사 정선(2003~2005).

결과 및 요약

1. 동계 음향 정선 조사

계량어군탐지기(DT-5000)를 이용하여 얻은 음향 자료를 Echoview(Sona-data)를 이용하여 분석하였다. 그림 6은 2005년 2월 3일 동해역에 있어서 음향조사 정선을 따라 얻은 음향자료로부터 분석하여 나타난 수산자원의 수직 분포이며, 또

이것을 GPS의 지리적 위치와 연계하여 수평 분포를 그림 7에 나타내었다. 그림에서와 같이 조사시기에 어군 또는 생물에 의한 음향신호는 거의 출현하지 않았다. 이것은 동시기에는 외해의 회유성 어종이 아직 바다목장 해역 내로 가입되지 않았으며, 조피볼락과 같은 정착성 어류는 해저부근이나 바위사이, 어초 내부에 정착한 상태인 것으로 생각되어, 어군탐지기로 탐지할 수 없는 영역 내에 존재할 가능성이 높은 것으로 생각된다.

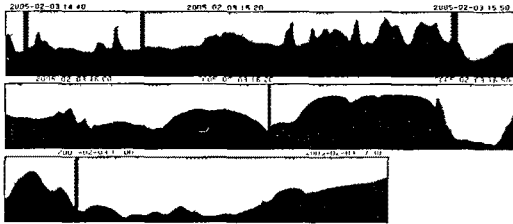


그림 6. 수산 자원의 수직 분포도(2005.2.3).

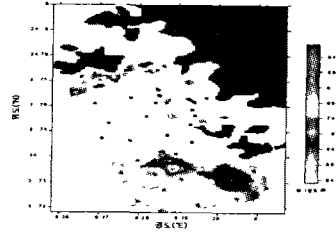


그림 7. 수산 자원의 수평 분포도(2005.2.3).

2. 인공어초 위에서의 어군 분포 조사

음향을 이용하여 인공어초 수면의 어군량 평가 기술 개발을 위하여 시도한 결과를 그림 8과 그림 9에 나타내었다. 그림 8은 동계에 있어서 조사한 결과로 인공어초 내에 서식하는 어군이 거의 어초 밖으로 나오지 않음을 알 수 있었다. 반면에 그림 9에서 보는 바와 같이 2003년 6월 16일과 2003년 8월 30일의 경우는 대량의 어군 또는 개체가 어초 밖으로 나와 분포하고 있는 것을 알 수 있었다.

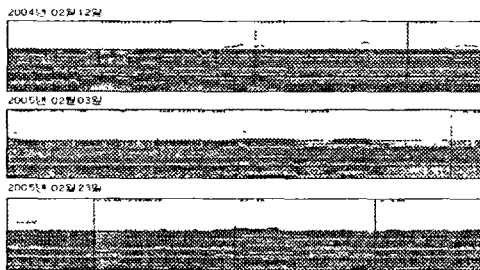


그림 8. 인공어초 주변 해역에서의 어군행동 조사(동계).

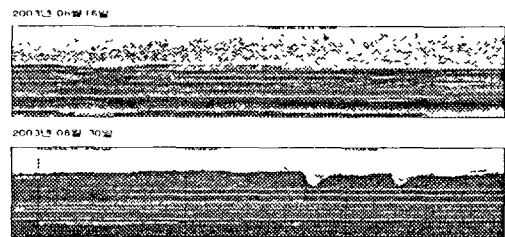


그림 9. 인공어초 주변 해역에서의 어군행동 조사(하계).

3. 하계(6월~8월)의 수산자원 분포 변화

조사기간중에 수집한 음향 자료를 계절별로 정리한 결과 여름철(하계)에 해당하는 음향 자료는 1999년 8월 13일, 2003년 6월 16일, 그리고 2003년 8월 30일에 수집된 것들이다. 그림 10은 어군의 분포를 수직으로 나타낸 단면도이며, 그림 11은 음향자료를 전수층에 걸쳐 적분한 다음 지리정보와 연계하여 나타낸 것으로 반사강도(Sv)로 나타낸 것이다. 그림 10에서 보는 바와 같이 여름철에는 통영 바다목장 전 해역에서 부유생물 음향산란층 또는 어군으로 보이는 에코신호가 많이 출현 하였으며, 특히 2003년 6월 16일의 경우는 어군으로 보이는 에코신호의 출

현이 탁월하였다. 또 지리정보와 연계하여 나타난 수평분포(그림 11)에서는 2003년 6월의 경우 곤리도 주변 해역에서 Sv가 -60dB, 연대도 해역에서 -65dB로 나타나, 어군 및 생물의 분포가 가장 탁월하게 나타난 반면, 1999년 8월과 2003년 8월에는 곤리도주변의 내해보다는 만지도 남쪽의 바깥해역에서 Sv가 -75dB로 나타났다.

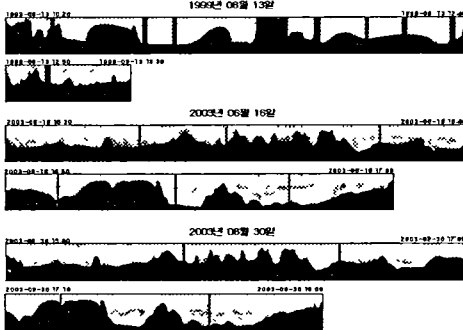


그림 10. 음향자료를 이용한 하계 수산자원 수직 분포의 연간 변화(1999~2003).

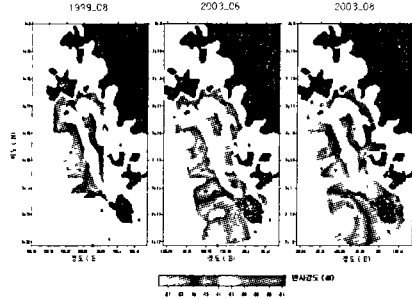


그림 11. 음향자료를 이용한 하계 수산자원 수평 분포의 연간 변화(2004~2005)

참고문헌

- 해양수산부, 1999. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역 사업 보고서. BSPM99021-00-1203-3. pp 902.
- 해양수산부, 2000. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역 사업 보고서 (II) (1 단계 최종 보고서). BSPM00065-00-1284-3. pp 829.
- MacLennan, D.N., and E.J. Simmonds. 1992. Fisheries Acoustics. Chapman & Hall. Fish and Fisheries Series 5.
- Nakkenn, O., and O.A. Ulltang. 1983. Comparison of the reliability of acoustic estimates of fish stock abundance and estimates obtained by other assessment methods in the northeast Atlantic. *FAO Fish. Rep.*, 300, 249-261.