

어류 체장의 자동 식별을 위한 어종별, 체장별 및 주파수별 음향 반사 강도의 데이터뱅크 구축 -V

- 조피볼락 및 불볼락 활어의 음향반사강도 -

이대재 · °문재호 · 정봉규 · *이원섭 · 이경훈 · 황보영
부경대학교·°국립수산과학원*부산광역시 강서구청

서론

조피볼락(*Sebastes schlegeli*)은 우리나라 서해안 및 남해안의 수심 10-100m의 암초역에 분포하는 어종으로서 야간에는 표층이나 중층으로 부상하여 분산, 분포하나 활동성은 거의 없고, 주간에는 군을 이루어 저층으로 침하하여 활발한 활동성을 나타내는 데, 특히,朝夕의 움직임이 매우 활발한 어종이다. 또한, 불볼락(*Sebastes thompsoni*)은 황해 중앙부 및 제주도 주변해역에 걸쳐 수심 80-150m의 암초대에 분포하는 어종이다¹⁾. 이들 두 어종은 우리나라 연근해에서 어획되는 어종 가운데 활어상태로서 널리 이용되고 있는데, 특히, 조피볼락은 바다목장화 사업의 주요대상 어종중의 하나이다.

2004년도의 경우, 조피볼락의 총 생산량은 23,350M/T으로서 양식생산이 주를 이루고 있으나, 이 중에서 16.2%인 3,774M/T은 해면어업에 의해 어획되었다. 이 중에서 연안복합어업, 연안자망, 쌍끌이기선저인망, 근해연승에서 접하는 생산량은 각각 1,533M/T, 553M/T, 344M/T, 251M/T으로서 해면어업생산량의 71.0%를 점하고 있다.

이들 어종은 활어 상태로서의 이용도가 매우 높은 관계로 보다 고부가가치화의 창출과 지속적인 유효이용을 위해서는 생물자원의 과학적인 평가, 관리 및 보호를 위한 각종의 연구 조사가 시급하게 요구된다.

본 연구에서는 우리나라 남해안에서 주로 연안복합어업 등에 의해 어획된 조피볼락 및 불볼락을 대상으로 투명 아크릴의 해수수조에서 유영상태에 대한 행동패턴을 관찰하면서 체장별 및 주파수별에 대한 음향반사강도를 측정하였다. 또한, 이들 정보를 토대로 조피볼락과 불볼락에 대한 음향반사강도의 체장 의존성에 대한 data bank를 구축하고자 하였다.

재료 및 방법

음향반사강도는 투명 아크릴 해수수조(L1.2m×W1.2m×H1.5m)에서 70 kHz(ES60, SIMRAD)와 120 kHz(EY500, SIMRAD)의 주파수에 대한 split beam

echo sounder를 이용하여 자유유영상태에서 측정하였다. 공시어로서는 우리나라 남해안에서 연안 채낚기, 연안복합어업 등에 의해 어획된 조피볼락 및 볼볼락을 활어 운송하여 사용하였다. 실험은 순치수조에 수용되어 있는 공시어를 한 마리씩 기포가 혼입되지 않도록 해수 속에 넣어 실험수조로 옮기고, 약 120cm 부근의 깊이에서 유영하도록 위치를 제어한 후, DVR 시스템을 이용하여 2개의 CCTV 카메라를 이용하여 어류의 유영행동을 관찰하면서 행하였다. 각각의 주파수에 대한 echogram과 TS 정보는 실시간으로 Ethernet Data Network를 이용하여 PC의 harddisk에 CCTV 영상과 함께 수록한 후, 목적에 따른 분석을 행하였다.

실험 당시 대부분의 어류는 수조의 저면이나 벽면 부근에 정체하려는 경향이 강하게 나타나 완전한 자유유영상태에서의 실험이 매우 어려웠다. 따라서, 공시어의背部 중앙부에 소형의 낚시를 꿰어 두 가닥의 줄로써 어류의 위치를 진동자의 음측 부근으로 유도하여 실험을 행하였다. 이 때, 공시어의 위치는 EY500 및 ES60 어탐시스템의 모니터상에 실시간으로 나타나는 어류의 순간적인 평면위치의 변동을 관찰하면서 공시어를 가능한한 sound beam 내부에서 유영하도록 위치를 인위적으로 제어하면서 실험을 행하였다. 이 때 공시어의 순간적인 자세 변동에 기인하여 Echo가 돌발적으로 강하게 나타나는 경우, 어체 echo를 수조면 echo 신호로써 판독하는 경우가 나타나, 이를 미연에 방지하기 위해 EY500에 대해서는 수조면의 최소탐지레벨을 -40dB로써 설정하였고, ES60에 대해서는 수조면의 깊이를 1.4m 이상의 신호를 대상으로 식별토록 강제적으로 설정함으로써 bottom detection의 안정화를 기하였다. 본 실험에 사용한 split beam 송수파기의 근거리 음장의 한계 Z는 송수파기의 직경과 사용주파수의 파장을 각각 D, λ 라 할 때, $Z = \frac{D^2}{4\lambda} [1 - (\frac{\lambda}{D})^2]$ 에서 70kHz 송수파기(ES70-11, SIMRAD)와 120kHz 송수파기(ES120-7F, SIMRAD)에 대해 각각 약 22cm, 약 33cm이었다. 본 실험에서는 반사강도 측정시 공시어의 평균적인 유영공간을 가능한한 110~120cm 가 되도록 유지하였으므로 근거리 음장에 기인하는 문제는 없다고 판단된다.

한편, 실험에 사용한 70kHz와 120kHz 송수파기의 sound beam내에서의 공시어에 대한 유효유영공간을 산출하여 실험가능한 어체의 체장범위를 산출하기 위해, 70kHz에 대해서는 직경 32.1mm의 표준구(copper sphere, -39.1dB)를, 120kHz에 대해서는 직경 23.0mm의 표준구(copper sphere, -40.4dB)를 사용하여 탐지영역을 측정된 결과, 70kHz와 120kHz에서 sound beam의 유효폭은 각각 38cm, 26cm였다. 따라서, 실험에 사용할 공시어는 되도록 이들 한계치에 상당하는 체장을 초과하지 않는 활어를 공급받아 실험에 사용하였다.

또한, 120 kHz의 경우에 대해서는 TS 전용해석 software(EP500, SIMRAD)를 이용하여 공시어류의 유영행동의 변화에 기인하는 음향반사강도를 측정하고,

이들 순간적인 반사강도의 빈도분포로부터 평균반사강도를 산출하여 공시어별에 대한 반사강도의 체장 의존성을 분석하였다.

실험에 이용한 각 공시어의 평균반사강도는 체장(L)의 2승에 비례한다는 가정하에서 $\langle TS \rangle = 20 \log L + b_{20}$ 의 회귀직선식으로부터 체장변환계수 b_{20} 을 산출하였다.

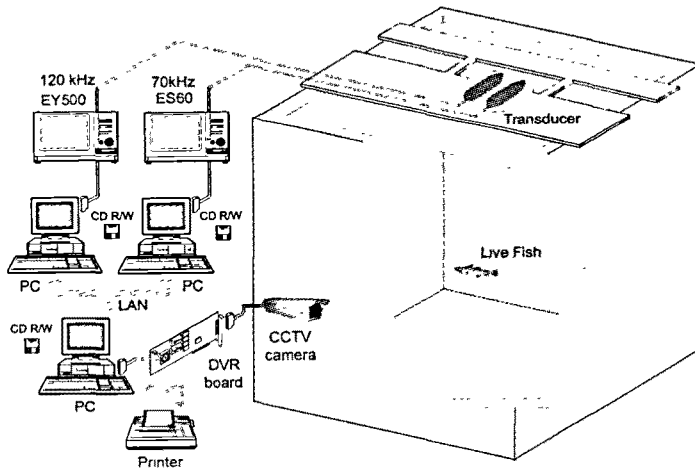


Fig. 1. Block diagram of experimental setup used in this study.

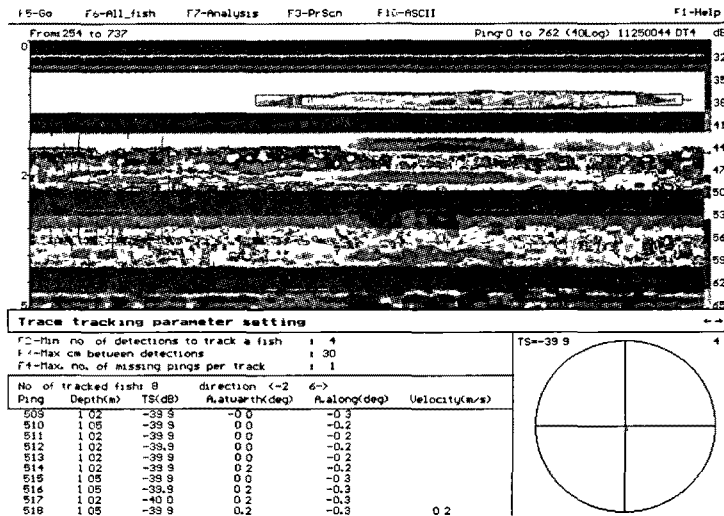


Fig. 2. Measurement of beam divergence width for wimming layer of fish to be tested using a calibration ball(23mm, copper sphere, -40.4dB) at 120kHz.

결과 및 고찰

1) 조피볼락 30 마리와 볼볼락 20 마리를 대상으로 음향반사강도의 체장 의존성을 검토한 결과, 70 kHz와 120 kHz의 주파수에서 반사강도를 체장의 2승에 근사시킨 체장변환계수는 평균 체장이 25.3cm인 조피볼락의 경우, 각각 -71.7dB, -66.83B이었고, 평균체장 21.2cm인 볼볼락의 경우에는 각각 -72.2dB, -67.3dB로써, 이들 어종에서 120kHz의 경우가 70kHz의 경우 보다 높은 값을 나타내었다.

2) 음향수조에서 유평하는 조피볼락과 볼볼락의 순간적인 자세 변화에 기인하는 음향반사강도의 빈도분포로부터 평균반사강도를 산출하고, 이 값과 각 어종의 평균체장과의 관계로부터 체장변환계수를 구한 결과, 70 kHz와 120 kHz에서 조피볼락의 경우는 각각 -75.4dB, -66.8dB이었고, 볼볼락의 경우에는 각각 -72.5dB, -67.6dB로써, 여기서도 역시 120kHz의 경우가 70kHz의 경우 보다 높은 값을 나타내었다.

또한, 회귀직선과 빈도분포도에 의한 값 사이에 큰 차이가 없어 본 실험의 결과는 충분한 신뢰도를 갖는 것으로 판단된다.

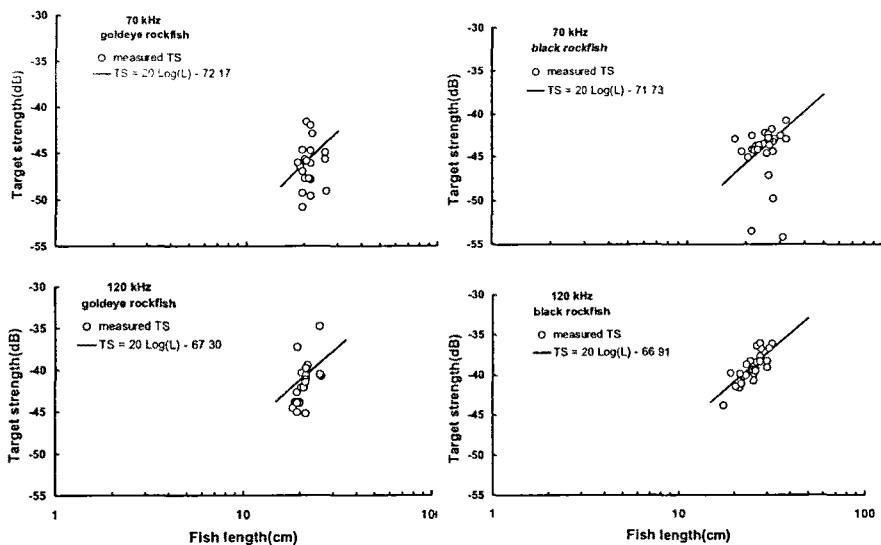


Fig. 3. Length dependence of mean target strength for free-swimming goldeye rockfish and black rockfish shad at 70 and 120 kHz

참고문헌

- 1) 水産廳西海區水産研究所(1986), 東シナ 海黃海のさかな, 308~312.