

황해에 분포하는 살오징어의 분포밀도 추정

이경훈·최정화·박성욱·김정년·장대수
국립수산과학원

서론

살오징어 (Japanese common squid, *Todarodes pacificus*)는 1991년부터 채낚기어업 및 트롤어업을 중심으로 연간 10만톤 이상의 어획량을 유지하고 있는 우리나라 주요 상업어종이며, 일본에서는 1998년부터 TAC (Total Allowable Catch) 어종으로 채택되어 관리하고 있으며, 우리나라에서도 2007년부터 TAC 관리대상어종으로 채택하여 주요 업종인 근해채낚기, 동해구트를, 대형선망, 대형트롤어업에 관한 기본 오징어 어획량을 배정하여 관리하고 있다 (해양수산부, 2006).

TAC에 의한 어족자원의 관리는 어업인의 어획실적이나 어선 규모에 따른 어선별 할당량과 관련된 과학적인 자원평가를 바탕으로 결정되는데, 오징어의 자원량을 추정하기 위하여 트롤조사나 채낚기어업 등의 CPUE (단위노력당어획량)에 의해 행해지고 있으나, 실질적인 자원관리방법으로 지표를 제시하기에는 문제가 있다. 따라서, 수중에 분포하는 대상어류를 생태계에 영향을 최소화하는 방법으로 모니터링이 가능한 음향기법에서는 현존 자원량을 추정하기 위하여 살오징어를 대상으로 개체별 음향산란특성에 관한 연구사례도 국내·외적으로 활발하게 연구가 진행되고 있다 (Goss C. et al., 2001; Kang DH et al., 2004; Kawabata A., 2005; Lee DJ, 2005).

본 연구는 음향기법을 이용한 살오징어 자원량을 추정하기 위한 기초적인 연구로서, 2006년도 한중 잠정조치수역 내 자원조사 기간동안 저장한 음향자료를 이용하여 자유 유영 상태의 살오징어에 대한 주파수별 음향산란강도 특성을 규명하고 조사기간에 분포하고 있는 대상어류의 분포밀도를 추정하였다.

재료 및 방법

본 조사는 한중 잠정조치수역 10해구에 대한 부어자원류의 음향자원조사 및 저서자원의 분포를 위한 저층트롤조사를 위한 목적으로 2006년 7월 25일부터 8월 3일까지 10일간 국립수산과학원 시험조사선 (탐구1호, 2,180톤)을 이용하여 실시하였으며, 선박에 설치되어 있는 과학

어군탐지시스템 (EK500 and BI500, SIMRAD co., Norway)에 의해 2 주파수 (38kHz, 120kHz)에 대한 음향자료를 수집하였으며, 후처리분석소프트웨어 (EchoView4.0, Myriax co., Australia)를 이용하여 살오징어 분포수층에 관한 자료를 분석하였다. 또한, 조사해역의 연직 수층별 해양환경정보를 파악하기 위하여 CTD 시스템 (SB-911, Sea-Bird co., USA)를 이용하여 수온 및 염분을 측정하였다.

여기서, 음향을 이용하여 어종을 확인하는 방법으로 트롤이나 채집어구에 의한 어획자료를 하는데, 채낚기를 이용하여 어획된 살오징어를 대상으로 분포하고 있는 체장조성을 파악하였으며 분포수층에 대한 다양한 어종으로부터 살오징어를 분리방법은 음향산란이론모델 (Distorted Wave Born Approximation model)을 이용하여 주파수별 특성을 고려한 주파수차에 의한 방법을 적용하여 분포밀도를 추정하였다.

결과 및 고찰

조사해역에 분포하고 있는 살오징어의 분포수층에 대한 수온·염분분포의 경우, 전형적인 수온약층이 수심 15m에서 25m까지 강하게 형성되어 있었으며, 음향자료와 어획수심을 고려한 결과, 오징어는 수심 20m까지 넓은 수온대 (10~25°C)에 분포하고 있는 것으로 나타났다. 또한, 채낚기에 의해 어획된 오징어의 체장구성 결과, 평균 외투장은 20.9 ± 1.6 cm, 체장체중관계식은 $W(g) = 0.0091 \times ML^{3.2472}$ 를 이용하였다.

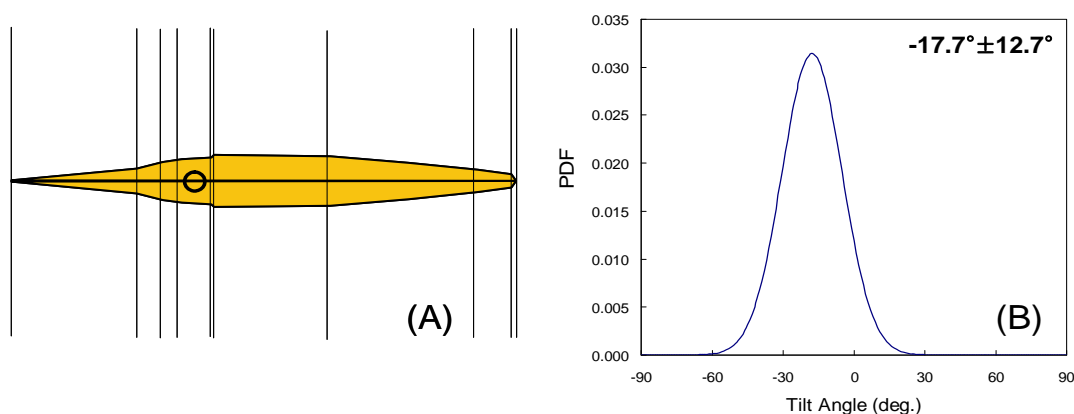


그림 1. 음향산란이론모델에 적용한 오징어형태(A)와 자유유영자세각분포(B).

다양한 회유성어족들이 분포하는 수층별 음향자료로부터 오징어에 대한 음향신호를 분석하기 위해 DWBA모델을 이용하여 외투장 (ML)에 대한 2 주파수 특성을 비교하고, 주파수차에 의한 방법으로 조사해역의 살오징어로 추정되는 적분층을 추출하였다. 이론값을 계산하기 위하여 필요한 유영자세각의 확률밀도함수는 $-17.7^\circ \pm 12.7^\circ$ 를 적용하였으며, 체내 음속비 (h)와 밀도비 (g)는 각각 1.041 및 1.029의 값을 계산하여 각 주파수별 체장에 대한 평균 TS를 추정하

였다(Kang DH et al., 2005; Kang DH et al., 2006). 그 결과, 각 주파수별 체장에 대한 평균 TS_{120kHz} (-54.7dB)를 추정 한 결과, $-1.12dB < \Delta SV_{120kHz-38kHz} < 0.74dB$ 로 설정하였다.

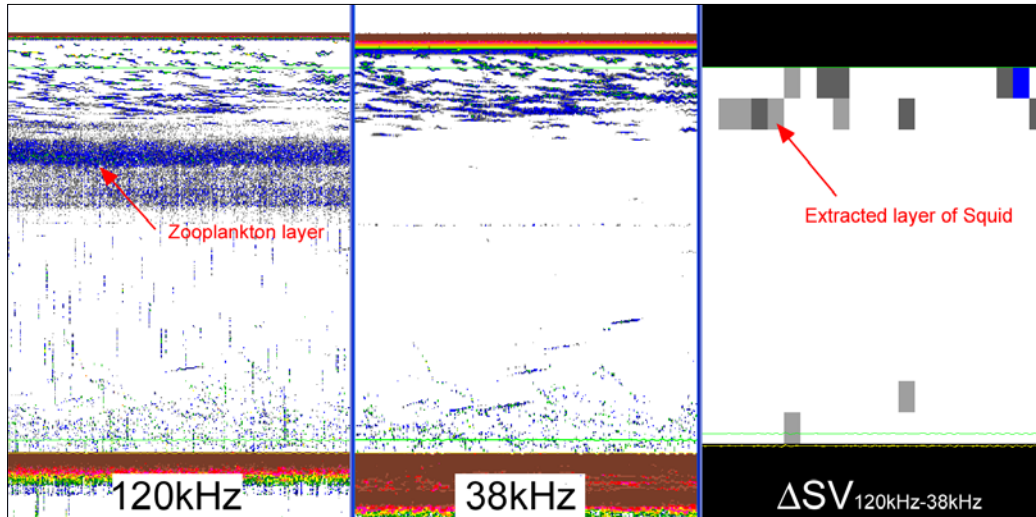


그림 2. 주파수차에 의한 오징어 적분층 추출 예시.

조사해역의 살오징어의 적분층은 주간에는 저층주변에 분포하고 야간에는 해수면 상층부까지 분포하는 뚜렷한 이동특성을 나타내고 있었으며, 각 이동조사라인에 대한 살오징어 분포량은 10nmile당 평균 110.4 (M/T)로 분포하고 있었다.

그러나, 조사해역에서 표본으로 채집한 살오징어가 분포하는 평균체장의 변동가능성이 있고, 이에 따른 후방산란단면적의 변동가능성을 고려할 수 있다. 따라서, 살오징어의 평균체장 및 후방산란단면적의 불확실성을 고려하여 몬테카를로 시뮬레이션을 실시한 결과, 최소 76.6 (M/T)에서 최대 157.0(M/T)까지 범위를 나타내었다. 또한, 조사해역에 대한 살오징어의 분포 자원량은 3,311.6(M/T)으로 추정되었다. 추가적인 분석방법으로는 살오징어의 적분층 신뢰도 수준을 높이기 위하여 다양한 주파수 분석의 비교를 통해 정도 높은 살오징어의 적분층을 추출하고, 다년간의 음향자료 처리를 바탕으로 황해 한·중잠정조치수역에 분포하는 살오징어의 자원량의 변동을 검토할 예정이다.

이러한 분석방법은 향후 우리나라 넓은 해역에 분포하고 있는 살오징어의 분포밀도를 파악할 수 있을 것으로 판단되며, 실제 음향자원평가에 있어서 해역특성에 맞는 주야이동패턴 등과 같은 생태학적인 특성을 고려한 정도 높은 자원량추정기법으로 발전되어야 할 것이다. 또한, 주파수 특성에 대한 다양한 분포 어종에 대한 정보를 바탕으로 어종 식별의 분석이 필요하므로 과거 주요 어족자원에 대한 음향산란특성에 관한 연구 자료를 바탕으로 데이터베이스화하여 대상어족자원의 직접자원량 기법의 확립이 필요하다고 판단된다.

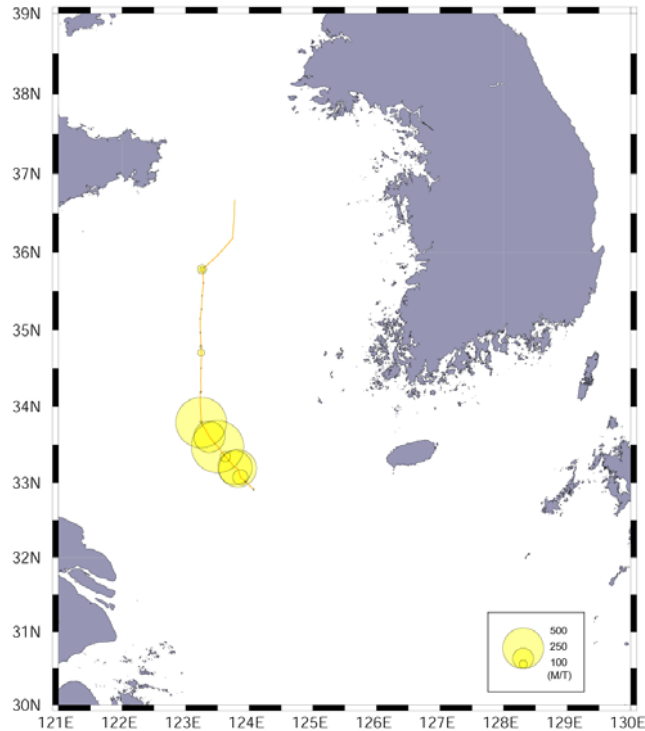


그림 3. 조사해역의 살오징어 자원량 분포.

참고문헌

- Goss C., Middleton D., Rodhouse P. 2001. Investigations of squid stocks using acoustic survey methods. *Fish. Res.*, 54: 111-121.
- 강돈혁, 황두진, Mukai T., Iida K., 이경훈. 2004. 살오징어(*Todarodes pacifica*)의 음향 반사강도 측정. *한국수산학회지* 37(4): 345-353.
- Kawabata, A. 2005. Target strength measurements of suspended live ommastrephid squid, *Todarodes pacifica*, and its application in density estimations. *Fisheries Science* 71: 63-72.
- Kang DH, Mukai T., Iida K., Hwang DJ, Myoung JG. 2005. The influence of tilt angle on the acoustic target strength of the Japanese common squid (*Todarodes pacifica*). *ICES J. of Mar. Sci.* 62: 779-789.
- Kang DH, Iida K., Mukai T., Kim JM. 2006. Density and sound speed contrasts of the Japanese common squid (*Todarodes pacifica*) and their influence on acoustic target strength. *Fish. Sci.* 72: 728-736.
- 이대재. 2005. 한국 연근해에서 어획된 주요 12어종의 75kHz에 대한 음향반사강도의 체장의존성. *한국어업기술학회지* 41(4): 296-305.