

한국 연안에 분포하는 중요 해파리의 음향 반사강도

°강 돈 혁

한국해양연구원 해양생물자원연구부

서론

최근 전 세계에 걸쳐 해파리 대발생 현상은 북서태평양 인접 해양에서도 나타나고 있으며, 2000년 이후 우리나라 연안 해역뿐만 아니라 일본, 중국 등에 대량의 해파리가 유입되어 생태계에 직접적으로 영향을 주고 있어 해양과 관련된 산업 전반에 직·간접적으로 큰 피해를 발생시키고 있다(국토해양부, 2009).

최근 해파리 대발생에 대한 다양한 연구 가운데 연안 어업 및 산업에 미치는 피해 증가로 인해 해파리의 분포 특성에 대한 연구가 진행되고 있으며, 이러한 방법 가운데 하나로 음향을 이용한 탐지 방법이 제시되고 있다(Brierley et al., 2001). 해파리 음향 탐지를 위한 가장 중요한 요소는 개체의 음향 반사 특성 파악이나 일반적으로 해파리의 음향 반사강도는 젤 형태의 물리적 특성에 의한 해수와의 낮은 밀도비와 음속비 때문에 매우 낮게 인식되어 왔다. 그러나 1990년 중반 이후에 현장 혹은 대형 그물망 내에서 진행된 여러 실험을 통해 음향 탐지 가능성이 제기되었다(Mutlu, 1996; Hirose et al., 2009).

본 연구에서는 최근 우리나라 연안에 대량 유입되거나 혹은 향후에 유입 가능성이 있는 해파리의 음향 탐지를 위한 핵심 자료로 활용될 음향 반사강도(acoustic target strength, TS) 측정 상황 및 예비 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

해파리 음향 TS 측정은 최근 우리나라 연안에 유입되는 해파리 가운데 피해를 유발하는 보름달물해파리(*A. aurita*), 노무라입깃해파리(*N. numurai*), 유령해파리(*C. nozakii*), 커튼원양해파리(*D. quinquecirrha*)를 대상으로 38, 120, 200, 420 kHz의 송수파기(BioSonics)를 이용하였다(Fig. 1). 실험은 2008 ~ 2009년 2년에 걸쳐 미세 그물망으로 이루어진 대형 해상 가두리(가로×세로×높이, 각각 6 m) 내에서 실시하였으며, 특정 수심에 해파리를 고정시키기 위하여 음향 TS에 영향을 주지 않는 미세줄을 이용하여 해파리 산 중앙부를 관통

시켰다. TS 측정은 해파리 및 실험 조건에 따라 등 방향과 측면 방향으로 분리하였으며, 실험 후 습중량과 산직경(bell diameter)를 측정하였다. TS 측정은 개개 해파리와 군체 해파리에 대해 각각 실시하였으며, 본 보고에서는 개체 해파리 음향 TS를 요약하였다. 표 1에 해파리 TS 측정 대상 종과 실험 방법 등을 정리하였다.

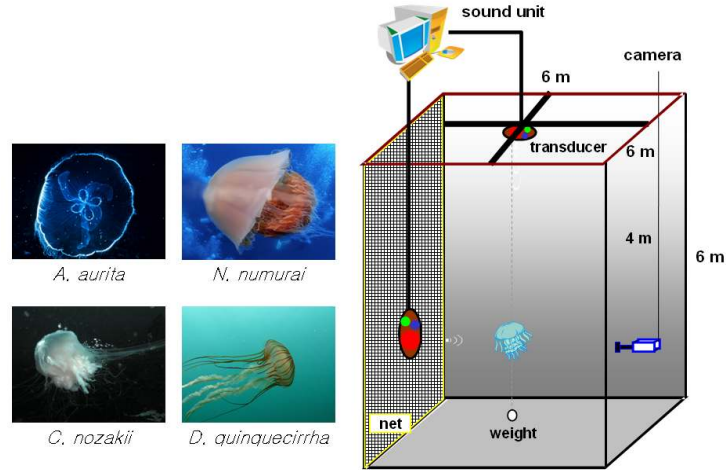


Fig. 1. Target species and experimental setup for jellyfish TS measurement.

Table 1. Summary of jellyfish species and TS measurement

Jellyfish species	# of sample	Bell diameter (cm)	wet weight (g)	TS method	Frequency (kHz)	Comment
<i>A. aurita</i>	39	8 ~ 20	75 ~ 416	dorsal	38/120 200/420	<i>g, h*</i> measurement
<i>N. numurai</i>	31 / 21	12 ~ 68 / 18 ~ 79	138 ~ 19800 / 500 ~ 24000	dorsal/side	38/120 200/420	symbiotic shrimp TS (model)
<i>C. nozakii</i>	20	19 ~ 46	690 ~ 8765	dorsal	38/120 200/420	symbiotic fish TS (<i>ex situ</i>)
<i>D. quinquecirrha</i>	3	10 ~ 13	229 ~ 477	dorsal	38/120 200/420	

* *g* and *h* : density contrast and sound speed contrast

결과 및 고찰

우리나라 연안에 유입되는 해파리 4 종에 대해 개체별, 크기별, 주파수별로 음향 TS 특성을 측정하였다. Fig. 2는 200 kHz에 대한 우산 직경 19.5 cm 보름달물해파리의 TS 측정 예이다. 평균 TS는 약 -67 dB로 실험 기간 내내 약 3.8 m 수심에서 안정된 값을 보여

주고 있다. 물성이 해수와 유사하여 보름달물해파리의 TS가 낮을 것으로 예측되었으나 살아있는 조건에서의 TS는 120, 200, 420 kHz에서 전체적으로 -72 ~ -63 dB 범위 내에 있어 음향탐지의 가능성이 있었으나, 38 kHz에서는 매우 낮게 나타나 유의성이 없었다.

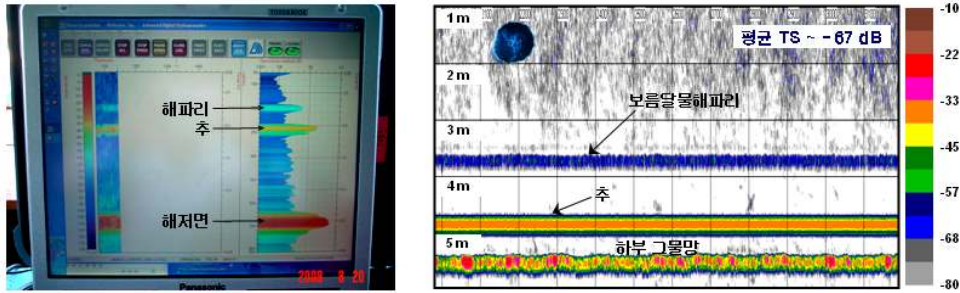


Fig. 2. Example of acoustic TS of *A. aurita* at 200 kHz.

대형 개체에 속하는 노무라입깃해파리의 TS는 보름달물해파리에 비해 상대적으로 단단한 물성과 공생하는 작은 새우 등에 의해 매우 높은 값을 가지고 있었다. 주파수 특성은 38 kHz에서 가장 강하게 나타나 평균 TS는 -40 dB까지 증가하고, 고주파로 갈수록 TS 값이 약해지는 특성을 가지고 있었다. Fig. 4는 우산 직경 46 cm의 노무라입깃 해파리에 대한 38, 200 kHz의 예를 보여주고 있다.

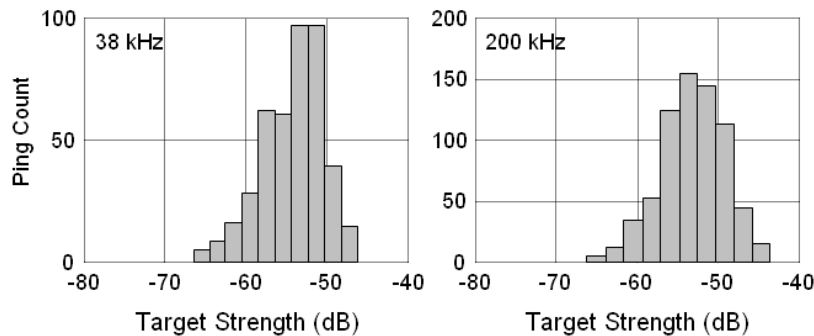


Fig. 3. TS example of *N. nomurai* (bell diameter 46 cm) at 38 and 200 kHz.

유령해파리는 최근 중국 연안에서 개체수가 증가하는 종으로 우리나라 연안에서도 개체수가 증가하고 있는 종이다. 유령 해파리의 TS는 전체적으로 -49 ~ -54 dB의 범위 내에 존재하는 것으로 나타났으며, 평균 음향 반사강도는 38 kHz의 경우 -49 dB, 120, 200 kHz는 -53 dB, 420 kHz는 -54 dB로 상대적으로 낮은 주파수 대역에서 강하게 나타나 공생하는 새우 치어에 의한 영향을 받는 것으로 나타났다. 전체적으로 노무라입깃 해파리에 비해 낮고 보름달물해파리 보다는 높은 중간 부분의 TS 분포를 가지고 있었다(Fig. 4).

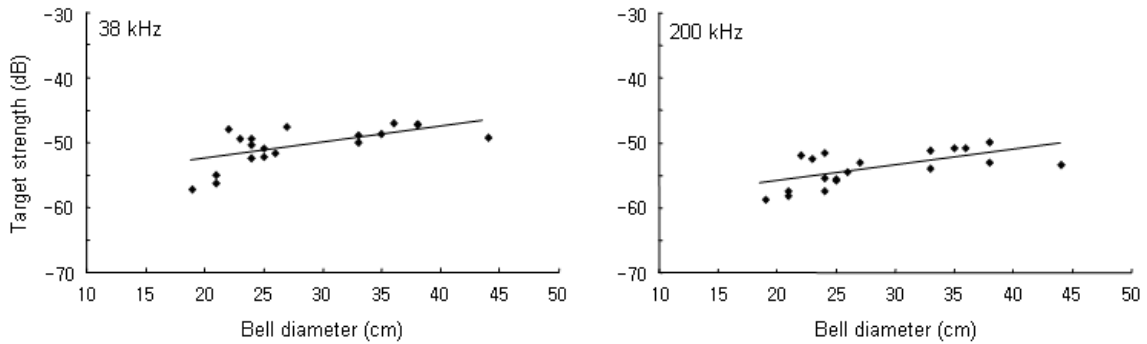


Fig. 4. TS value vs. bell diameter of *C. nozakii* at 38 and 200 kHz.

한편, 커튼원양 해파리(*D. quinquecirrha*)의 TS는 -63 ~ -66 dB 범위에 분포하는 것으로 나타났으나 개체수가 작아 전체적인 경향으로 판단을 위해서는 개체수 증가가 필요하다. 참고로 유령해파리에 공생하는 어류에 대한 실측 TS와 노무라입깃 해파리에 공생하는 새우에 대한 음향 모델 특성은 추가 분석 후에 보고할 예정이다.

우리나라 연안에 분포하는 대표적인 해파리에 대한 음향 특성 실험 상황 및 음향 특성을 간략히 기술하였다. 이러한 자료는 향후 해파리 음향 탐지를 위한 다양한 자료로 활용 가능하며, 지속적인 음향 자료 구축이 뒤따라야 할 것이다.

사사

본 연구는 한국해양연구원의 “유비쿼터스 해양 유용/유해생물 관리기술 개발(PE98 474)”와 “통영 MRC를 기반으로 한 남해연안 해양생물자원 종보존 및 활용 연구(PK07 780)”의 지원으로 수행됨.

참고문헌

- 국토해양부, 2009. 유해해양생물 해파리 피해예방 기획연구보고서, pp. 225.
- Brierley, A.S., B.E. Axelsen, E. Buecher, C.A.J. Sparks, H. Boyer, and M.J. Gibbons, 2001. Acoustic observations of jellyfish in the Namibian Benguela. *Mar. Eco. Prog. Ser.*, 210, 55-66.
- Mutlu, E., 1996. Target strength of the common jellyfish (*Aurelia aurita*): a preliminary experimental study with a dual-beam acoustic system. *ICES J. Mar. Sci.*, 53, 309-311.
- Hirose, M., T. Mukai, D. Hwang, and K. Iida, 2009. The acoustic characteristics of three jellyfish species: *Nemopilema nomurai*, *Cyanea nozakii*, and *Aurelia aurita*. *ICES J. Mar. Sci.*, 66, 1233-1237.