

음향을 이용한 해파리(*Stomolophus nomurai*)의 자원추정에 관한 기초 연구

황두진 · 向井徹* · 廣瀬美由紀* · 飯田浩二* · 정순범 · 손용욱 · 김응주
여수대학교 · *북해도대학교

서론

최근 남해안 및 동중국해역에 있어서 다량의 해파리가 발생하여 정치망과 같은 연안어업에 막대한 피해를 입히는가 하면, 동물플랑크톤, 자어, 치어 등을 주로 포식하기 때문에 해파리의 증감은 어류자원의 증감에도 영향을 미칠 것으로 사료되어 해양생태계에도 막대한 영향을 미치고 있다는 보고가 있다. 해파리는 전세계적으로 3000여종이상이 존재하고 있으며, 우리나라 주변해역에는 300여종이 서식하고 있는 것으로 파악하고 있다. 특히 연안에 대량으로 내습하여 연안어업에 영향을 주는 해파리는 노무라입깃해파리로 알려져 있으며, 이것은 외산의 직경이 1m를 넘고, 무게가 200kg이나 되는 대형 해파리로 동중국에서 발생하여 우리나라와 일본에 자주 출몰하는 것으로 알려져 있다. 이밖에도 보름달물해파리, 빛해파리, 무희나선꼬리해파리 등이 우리나라 연안에 자주 출몰하여 어업을 비롯하여 원자력발전소의 취수구를 막는 등의 피해가 발생하고 있다. 해파리의 생태나 생활습성과 더불어 분포해역 및 이동경로의 파악은 물론이거니와 현존량 파악 등과 같은 자료가 절실히 요구되고 있는 실정이지만, 육상에 올라오면 몸통이 부서져 버리는 생물적인 특성을 가지고 있기에 어구와 같은 채집방법으로 이들에 대한 각종 데이터를 획득하기에는 어려운 점이 많다.

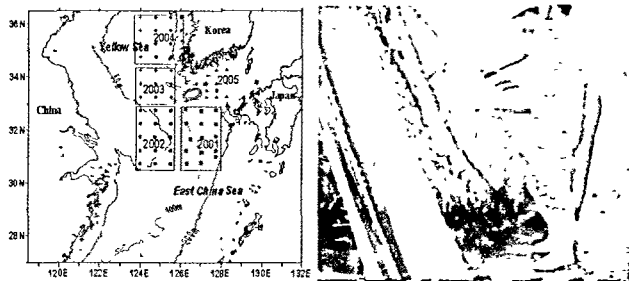


그림 1. 동중국해에 있어서 저층트롤에 의한
해파리 어획조사.

본 연구에서는 계량어군탐지기를 이용하여 해파리의 자원분포조사 및 자원량을 추정하기 위한 연구의 일환으로 우리나라의 주변에서 자주 출현하는 해파리 (*Stomolophus nomurai*)를 대상으로 개체별 초음파산란강도를 측정과 또 동중국해에 있어서 해파리가 자주 출현하는 곳에서의 어군탐지기 신호와 저층트롤의 결과를 이용한 자원추정을 시도하여 보았다.

재료 및 방법

TS실험은 2003년 8월 6일~9일과 2004년 8월 8일~12일에 2회에 걸쳐 여수대학교 수산증양식센터내의 해수음향수조(5m×5m×5m)에서 행하였다. 측정에 사용된 계량어군탐지기는 EK-500(Simrad, Split빔방식)의 38, 120kHz와 DT-4000(Biosonics, dual-beam방식)의 200kHz를 사용하였다. 또, 수중카메라를 횡방향과 상방향으로 2개 설치하여 TS를 측정하면서, TS측정 중에 해파리의 유영상황을 모니터로 관찰하면서 그 영상을 비디오 테잎에 녹화하였다(그림2).

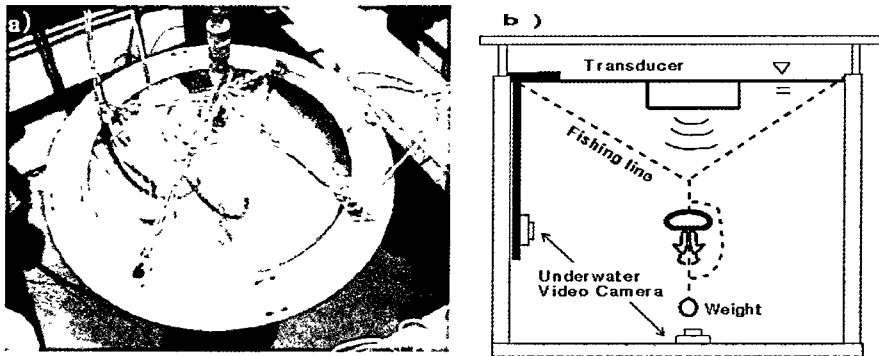


그림 2. 해파리의 TS측정에 사용한 음향수조.

측정에 사용한 해파리는 해파리 10개체였으며, 2개체는 여수 돌산도 개동의 정치망에서, 다른 8개체는 안도의 항내와 돌산도 신기에서 스쿠버다이빙을 행하여 채집하였다. 측정에 사용한 해파리는 TS측정전에 기포의 유무를 육안으로 확인하였으며, 기포가 있는 경우에는 가능한한 기포를 제거하여 측정하였다. TS측정시에는 해파리의 외산(外傘)중심과 내산(內傘)중심을 낚시줄로 관통하여 고정하였으며, 낚시줄로

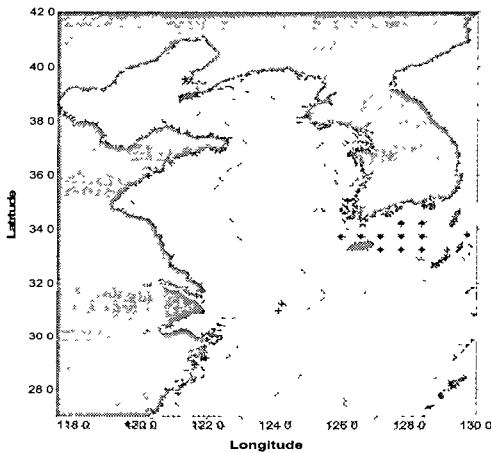


그림 3. 음향을 이용한 해파리의 자원량 추정(2004년 6월).

측정수심을 조정하도록 하였다. 해파리는 실험중에 살아있는 상태로 외산이 활발하게 박동하고 있는 상태에서 측정이 행하여졌다.

TS측정이 끝난 후에 해파리를 수조 밖으로 내어서, 공기중에서 산(傘)을 펼쳐진 상태로 하여 직경을 측정하였다. 계량어군탐지기로부터 얻어진 EK-500(38,120kHz)의 데이터는 SonarData의 Echoview를, DT-4000(200kHz)의 데이터는 Biosoincs의 VisualAnalyzer를 이용하여 분석을 행하였다. 또, 38kHz와 120kHz의 2주파수에서 해파리의 TS특성을 파악하기 위하여 불락과 고등어의

TS를 측정하여 비교하여 보았다.

또, 2001년부터 2004년까지 동중국해에 있어서 노무라입깃해파리가 자주 출몰하는 해역(그림3의 +해역)에 있어서, 현장 TS측정과 동시에 해파리의 에코데이터를 수집하고, 저층트롤에 의한 종과 생체량조사를 실시하였다.

결과 및 요약

음향수조에 있어서의 해파리의 TS

TS측정을 행한 해파리의 산(傘)의 직경과 각 주파수에 의한 TS의 최소값, 평균값, 최대값을 표1에 나타내었다. 주파수 120kHz에 있어서는 S/N비가 낮아, 에코그램상에서 해파리를 판별한다는 것은 매우 곤란하였으며, 판독하기 어려웠던 데이터에 대해서는 표에“-”로 나타내었다. TS측정결과 정치망에서 채집한 해파리의 평균TS는 -54dB~ -46dB, 안도의 항내에서 스쿠버다이빙에 의해서 채집한 해파리의 평균TS는 -80dB~ -65dB였으며, 양자간에 약 20dB의 차가 나타났다. 이와 같이 TS가 크게 차이가 나는 이유로서는 먼저 채집방법에 있어서, 스쿠버다이빙에 의한 채집은 해중에 다이버가 직접 비닐을 가지고 들어가서, 해수와 함께 해파리를 채집하여 해중에서 비닐을 밀폐하여, 공기가 해파리의 몸통에 들어가거나 부착되어 있지 않았기 때문인 것으로 생각된다. 반면에 정치망에서의 채집은 정치망의 원통그물운양망한 후, 플라스틱용기를 이용하여 뜬 다음, 선상에서 비닐에 넣어서 밀폐하여 운반하였기 때문에 이과정에서 육안으로는 확인 할 수 없었던 아주 작은 기포가 축수 등에 부착되어 있었기 때문인 것으로 생각된다. 또, 해파리 1개체당 TS의

변동은 최대 약 39dB(No.5, 200kHz), 최소 약 2.8dB(No.7, 200kHz)였으며, 평균 15dB정도의 차가 있었다.

표 1. 해파리 TS측정 결과

| Sampling Method | No. | Diameter (cm) | 38kHz TS(dB) | | | 120kHz TS(dB) | | | 200kHz TS(dB) | | |
|-----------------|-----|---------------|--------------|--------|--------|---------------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| | | | Min | Mean | Max | Min | Mean | Max | Min | Mean | Max. |
| Set Net | 1 | 27.0 | -58.05 | -52.07 | -47.21 | -58.77 | -50.87 | -45.23 | -69.38 | -53.49 | -48.22 |
| | 2 | 45.0 | -59.99 | -47.52 | -43.77 | -60.46 | -48.21 | -42.29 | -71.78 | -46.01 | -39.78 |
| Scuba Diving | 3 | 28.5 | -83.78 | -79.04 | -75.55 | -83.78 | -79.05 | -75.55 | -79.33 | -68.47 | -61.20 |
| | 4 | 38.0 | -80.95 | -65.41 | -57.27 | - | - | - | -74.19 | -72.20 | -66.62 |
| | 5 | 34.0 | -76.90 | -72.10 | -67.20 | - | - | - | -96.21 | -64.43 | -58.83 |
| | 6 | 37.0 | -79.24 | -67.90 | -62.19 | - | - | - | -78.96 | -66.25 | -61.74 |
| | 7 | 25.0 | -81.92 | -73.14 | -65.90 | - | - | - | -69.92 | -68.18 | -67.08 |
| | 8 | | -72.47 | -68.97 | -63.62 | -60.92 | -51.24 | -47.09 | | | |
| | 9 | | -75.69 | -69.66 | -64.97 | -56.82 | -51.14 | -47.55 | | | |
| | 10 | | -74.05 | -70.44 | -63.97 | -56.17 | -50.80 | -48.62 | | | |

이와 같은 변동은 해파리의 拍動(외산과 내산이 움직였다 폼다하는 동작)에 의한 것이 아닌가 한다. 다만 이에 대해서는 추가적인 실험이나 분석이 필요로 하다고 생각되어 진다.

해파리와 어류(고등어, 볼락)와의 TS비교

해파리의 TS를 측정하여 그 특성을 파악함과 동시에 어류의 TS를 측정하여 비교해 보았다. 실험은 2004년 8월에 음향수조에 있어서 해파리 3개체와 어류(볼락과 고등어)를 대상으로 38kHz와 120kHz 2주파수에 대하여 측정하였다. 그림 4는 해파리와 볼락을 비교한 것으로, Echoview(Sonardata, 3.10)을 이용하여 수심5m, 표시역치(Threshold)를 -70dB로 설정하여 TSdata를 에코그램상으로 나타내었으며, 해파리와 볼락은 각각 수심 3.5m부근에 현수한상태에서 자유롭게 움직이고 있게 하여 TSdata를 얻었다. 그림4에서 보는 바와 같이 38kHz에서는 해파리에 비해 볼락의 TS가 훨씬 높게 나타남을 알 수 있으며, 120kHz에서는 비슷하거나 오히려 해파리의 TS가 높게 나타나는 경향을 보였다. 또 대상생물이 존재하는 수심에서 TS빈도를 구한 결과를 그림 5에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 38kHz에서는 어류(볼락, 고등어)가 해파리에 비해 TS가 높은 것으로 나타났으나, 120kHz에서는 해파리와 어류(볼락,고등어)와의 TS차가 거의 없는 것으로 나타났다. 다만 어류의 경우는 움직임이 해파리에 비해 다소 많기 때문에 빈도분포가 넓게 나타난 반면, 해파리는 좁게 나타나 TS의 변동폭이 적음을 알 수 있었다.

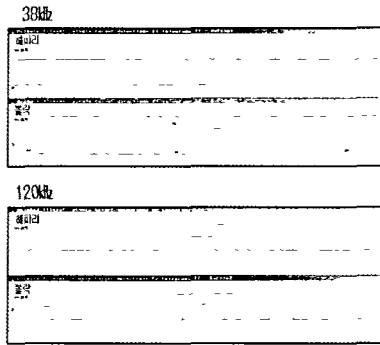


그림 4. 해파리와 해파리 유생의 T-S에코그램.

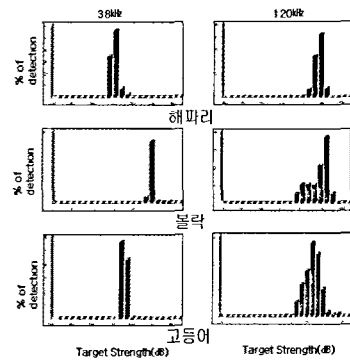


그림 5. 해파리와 어류 (해파리 유생, 고등어) 와의 TS비교.

향후에는 해파리의 종류 및 크기에 따른 TS특성이 이루어져야 할 것으로 생각되며, 이와 같은 기초실험과 실제 해상에 있어서 계량어군탐지기를 이용한 해파리의 현존량 및 분포와 관련한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- Wiebe, P.H., Greene, C. H., Stanton, T.K., and Burczynski, J. 1990. Sound scattering by live zooplankton and micronekton: empirical studies with a dual-beam acoustical system. *Journal of the Acoustical Society of America*, 88: 2346-2360.
- Mutlu, E. 1996. Target strength of the common jellyfish (*Aurelia aurita*): a preliminary experiment study with a dual-beam acoustic system. *ICES of Marine Science*, 53: 309-311.