

대형해파리 분포밀도 추정을 위한 기초적 연구

황보영·이경훈·윤원득·박성욱·박창두
국립수산과학원

서론

최근 동중국해에서 발생하는 것으로 추정하고 있는 대형 해파리(노무라입깃해파리, *Nemopilema nomurai*)는 한·일 양국 어업에 피해를 입히는 해파리로서, 최근 동북아시아 해역에서 주요 관심의 대상이 되고 있다. 일본을 비롯한 우리나라에서도 트롤 및 목시관 측에 의한 대형해파리의 분포량 조사를 수행하고 있으며, 발생지 근원 및 주야이동패턴 등에 관한 생태학적인 연구 분야를 비롯한 어업에 피해를 줄일 수 있는 해파리분리배출 장치와 관련된 다양한 분야의 연구가 진행되고 있다(Uye et al., 2005; Matsushita et al., 2005; Kim et al., 2006).

현재까지 연구되고 있는 저층채집망 및 목시관측에 의한 대형 해파리의 밀도조사 방법은 대형해파리의 분포밀도를 측정하는 방법으로 효과적이지만, 해저면에 밀집된 해파리 계군을 대상으로 하거나 표층에 이동하고 있는 해파리 계군에 관한 정보를 제외하고는 전 수층에 대한 분포특성을 파악하는 것에 어려움이 있다. 이러한 탐지불가능 수층별에 분포상황에 대한 정보를 보다 단기간에 넓은 해역을 파악할 수 있는 수중음향 기법을 이용하여, 수층에 분포하고 있는 해파리의 수층별 분포밀도를 파악하는 것이 가능하다.

본 연구에서는 대형해파리가 분포하는 해역에서의 수층별 분포를 관찰하기 위한 시도로서 수중음향기법을 이용한 정량적 조사, 채집어구에 의한 정량적 조사, 예인식 광학시스템을 이용한 정량적 조사 및 목시에 의한 정량적 조사를 실시하여 측정된 정보를 이용하여 황해에 분포하는 대형해파리의 수층별 분포 및 음향산란 특성에 대한 기초적인 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구의 해상시험은 2006~2008년에 걸쳐 황해의 그림 1 정점들에서 수중음향기법을 이용한 정량적 조사, 채집어구에 의한 정량적 조사, 예인식 광학시스템을 이용한 정량적 조사 및 목시에 의한 정량적 조사기법을 이용하여 실시하였다.

먼저 수중음향기법을 이용한 정량적 조사는 대상유용생물의 자원량을 추정하는 기법으로 음향자료의 수집에 따른 분석이 중요하다. 음향자료의 분석기법으로는 크게 계수방식(echo counting method)과 적분방식(echo integration method)이 많이 활용되고 있다. 계수방식은 대상생물이 서로 흩어져 분포하는 경우에 널리 사용되는 방식으로, 각각의 개체어로부터 반사되는 초음파 신호가 서로 분리되어 수신되는 음향신호의 수를 계수하고 그

계수값을 어체가 분포하는 공간체적으로 나누어 단위체적당 대상생물의 분포밀도를 구하는 방식이며, 적분방식은 단위체적당 분포하는 대상생물의 군집도가 높은 경우, 각 개체어로부터 산란된 초음파신호가 서로 합성되어 어군신호가 수신된다고 가정하기 때문에 수중의 단위체적공간에 존재하는 어군에 의한 후방산란강도(volume backscattering strength, SV)를 한 마리의 평균 초음파 산란강도(Target Strength, TS)로 나누면 간단히 단위 체적당 개체수를 구할 수 있다.

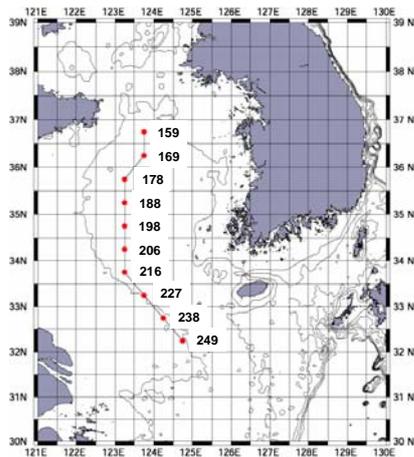


그림 1. 조사정점(2006~2008).

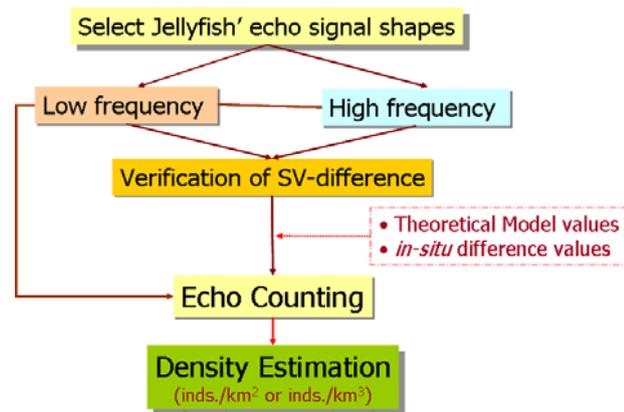


그림 2. 대형해파리의 밀도추정 알고리즘.

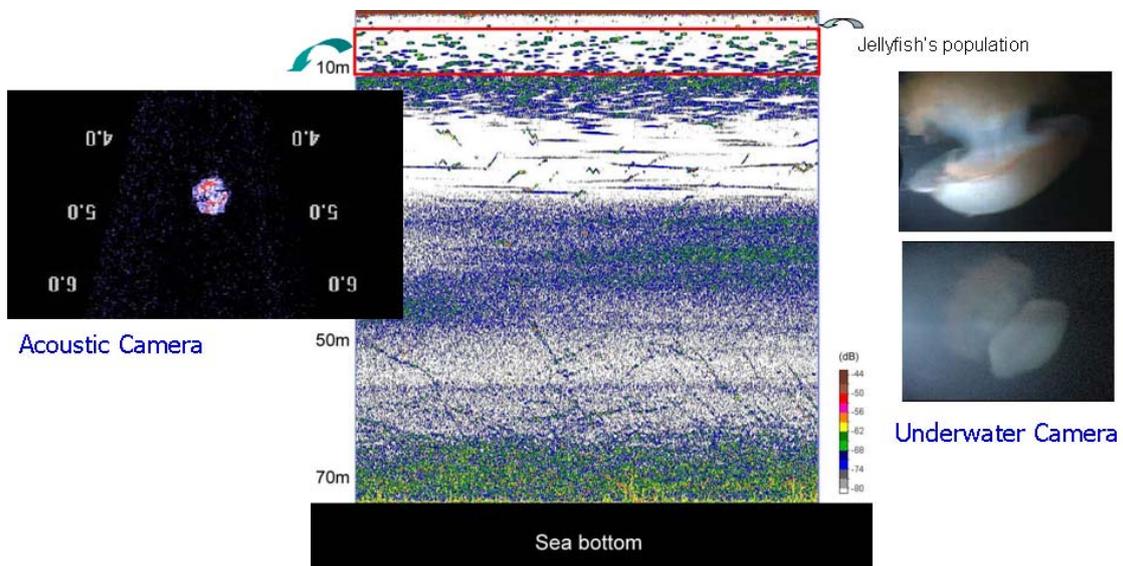


그림 3. 음향산란층과 혼재된 대형해파리의 신호 추출 및 유영행동관측.

채집어구에 의한 정량적 조사는 현재, 세계적으로 음향산란정보를 이용한 종식별의 방법으로서, 조사해역의 채집표본을 확인하여 주요 우점종에 대한 음향산란모델을 검증함으로써 산란체에 대한 데이터베이스를 구축하고 있는 실정이므로, 각종 채집어구(Bongo net, Norpac net, Framed Midwater Trawl net, LC net)를 이용하여 조사해역에 분포하는

해파리에 대한 음향산란특성은 표본채집을 기본으로 음향산란이론모델의 다중주파수에 대한 단일개체강도를 비교 및 밀집분포시 체적후방산란강도를 비교함으로써 가능하다.

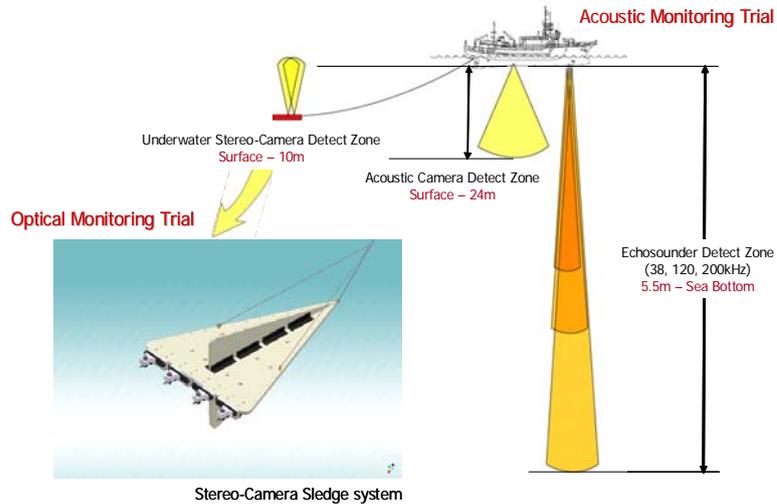


그림 4. 예인식 광학시스템을 이용한 정량적 조사 방법 모식도.

예인식 광학시스템을 이용한 정량적 조사는 음향기법과 광학기법을 상호 보완하는 방식으로 조사를 수행한다. 과학어군탐지기는 일반적으로 3개의 주파수로 구성되어 있으며, 조사선박의 흘수부분(draft line)과 탐지불가영역을 포함하여 해수면으로부터 약 5m부터 해저까지 탐지가 가능하고, 선박 흘수부분까지의 탐지불가영역과 목시 조사와의 정량적인 분포량을 검증하기 위해 수중카메라가 부착되어 있는 예인시스템을 구성하여 수심 10m에 안정시키면서 예인하는 방식으로, 예인체에 설치되어 있는 수중카메라에 의한 해파리의 분포량을 측정하고, 추가적으로 스테레오카메라 기법을 이용한 해류에 이동하는 해파리의 크기를 측정하는 방식으로 모니터링 조사를 실시한다.

목시에 의한 조사는 조사의 객관성을 유지하기 위하여 모든 조사시 시야는 선체로부터 5m를 기준으로 하여 관측하였으며, 종 명, 개체 수를 기록하였다. 선박 운항 중 관측 시에는 이동시 1시간에 한 번씩, 5~10분간 목시조사를 실시하며, 이 때 가능한 동일 속도로 운항하여 속도와 관측시간을 기재하고, 운항 중 선두에 서서 시야 5m에 있는 해파리를 counter기를 이용하여 계수하고, 시간은 timer로 최대한 정도를 높였다. 본 조사에 사용한 자료는 트롤조사를 수행한 기간동안 관측된 목시자료를 분석하여 비교하였다.

결과 및 고찰

황해에서 2006년과 2007년에 목시관측과 트롤 샘플링 및 음향을 이용한 3가지 방법에 의해 조사된 대형해파리의 자원밀도분포는 그림 5.와 같았다. 또한, 2006년~2008년까지의 조사 중 각각의 4가지 방법에 의한 평균밀도는 표 1.과 같이 나타났다. 조사정점별 3가지 방법의 밀도분포의 분석결과, 높은 상관관계를 나타내지 않았으나, 2006년에는 음향기법과 목시관측 결과가 유사하게 나타났으며, 3년동안 음향자료 분석결과에는 2008년도가 과거 2년도에 비해 약 1/4정도 분포한 것으로 나타났다.

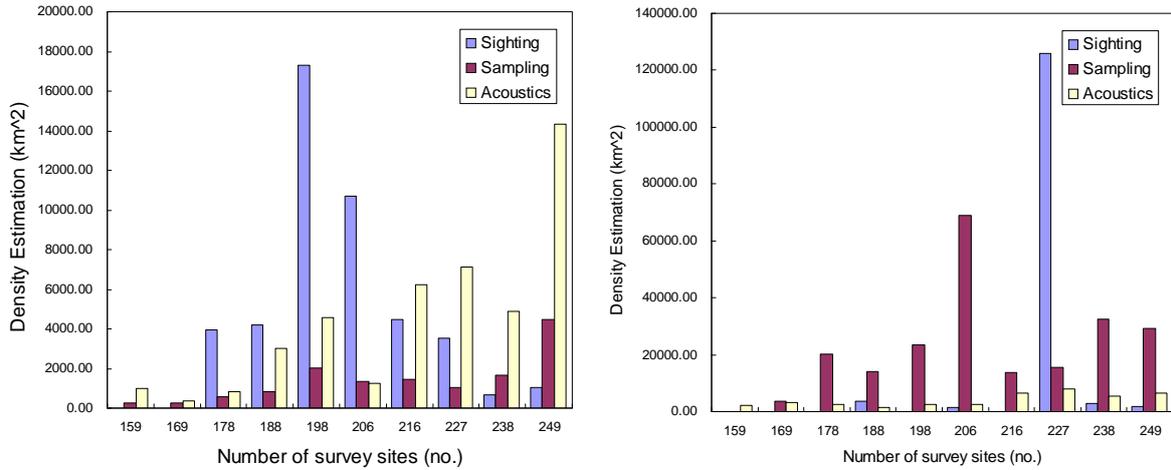


그림 5. 2006년과 2007년에 조사된 대형해파리의 분포밀도 비교.

해수 중에 분포하고 있는 노무라입깃해파리의 식별에 대한 음향산란신호는 다른 산란체에 비해 에코형상의 차이에 의해 구별이 가능하나, 신뢰도 향상을 위해 크기 및 유영자세 각에 대한 주파수별 음향산란특성을 규명하는 것이 필요하다. 또한, 채집어구의 정량화 및 광학기법에 의한 모니터링 방법을 정립하여 일정 시점의 대형해파리의 수층별 분포에 대한 규명을 위해 지속적으로 모니터링조사를 수행할 예정이다.

표 1. 2006~2008년까지 조사된 해파리의 밀도 분포

Methods	Average of Density		
	2006	2007	2008
Sighting (inds./km ²)	4586.7	13573.7	0.0
Trawl Sampling (inds./km ²)	1398.8	22148.7	-
Acoustics (inds./km ²)	4364.7	4090.8	769.5
Acoustics (inds./km ³)	0.85	0.87	0.20

참고문헌

Kim, I.O., J.K. Shin, B.J. Cha, K.H. Lee, H.C. An and S.W. Park, 2006. Development of the jellyfish separation and jellyfish crusher in Korea. 3th Nomurai Jellyfish international workshop Oct. 2006 in Yokohama, Japan. pp. 24.

Matsushita, Y. and K. Honda, 2005. Method of designing and manufacturing JET(Jellyfish Excluder for Towed fishing gear) for various towed fishing gears. Nippon Suisan Gakkaishi, 71(6), 965-967.

Uye, S., S. Ueno, J. Hiromi and K. Shiomi, 2005. Jellyfish blooms-ecology, biochemistry and food science for utilization. Nippon Suisan Gakkaishi, 71(6), 968-994.