

## 음향 및 광학기법을 이용한 대형해파리 분포밀도 추정

°이경훈<sup>1</sup>·윤원득<sup>2</sup>·박창두<sup>1</sup>·김성훈<sup>1</sup>·박성욱<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립수산과학원 시스템공학과, <sup>2</sup>국립수산과학원 수산해양정보과

### 서 론

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).

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

### 재료 및 방법

본 연구의 해상시험은 2009년 8월, 10월에 국립수산과학원 시험조사선 탐구8호(R/V, 282G/T)를 이용하여 전라남도 흑산도 인근해역에서 수중음향기법을 이용한 정량적 조사, 예인식 광학시스템을 이용한 정량적 조사 및 목시에 의한 정량적 조사기법을 이용하여 실시하였다.

#### 1) 목시조사

목시조사는 조사선의 선수부근 선교로부터 5m의 폭으로 10분간격으로 해파리의 출현량을 카운팅하여, 조사선박의 속도를 기준으로 이동거리에 따른 조사면적당 출현량을 파악할 수 있다. 한편, 예인식 수중카메라와 음향자료의 3차원 체적에 대한 분포밀도를 비교하기 위하여 탁도에 따라 수심에 따른 발견오차가 발생할 수 있으나, 일반적으로 2~3m 정도의 수심에서 카운팅이 가능하므로, 수심 2.5m까지의 체적에 대한 밀도를 추정할 수 있으나, 본 연구에서는 수층별 대형해파리의 분포밀도를 비교하기 위하여 이동거리에 따른 출현량을 기준으로 분석하였다.

$$\frac{\text{Count of Jellyfish's individuals}}{\text{Vessel log (m)} \times \text{Detected width (m)}} \quad (\text{inds./m}^2 \text{ or /m}^3) \quad (1)$$

## 2) 음향조사

황해에 내유하는 대형해파리의 경우, 일반적인 분포형태가 일정거리를 두고 수층별로 분포하므로, 에코계수법에 의한 방법으로 간단히 빔 폭(7deg.)에 대한 전 수층의 밀도를 파악할 수 있다. 그러나, 수중에는 동물플랑크톤이나 넵톤과 같은 많은 부유산란체가 존재하므로, 특정주파수에 대한 정보만으로는 음향신호를 표시하는 수층별 에코그램에서 대형해파리에 대한 에코신호의 추출이 어렵다. 따라서, 고주파수에 강한 산란특성을 나타내는 소형산란체와 고·저주파수에서 동시에 강한 특성을 나타내는 어군을 제외하기 위한 분석기법이 필요하다.

저장된 에코그램은 후처리소프트웨어프로그램(EchoView4.0, SonaData co., Australia)을 이용하여 각 해파리의 에코신호를 추출하였으며, 조사해역의 탐지범위내 수층별 분포밀도를 파악하였다. 조사선에 설치된 음향센서로부터 탐지불가능영역을 포함한 수심 8m부터 해저면까지의 전 수층을 대상으로 해파리의 음향신호에 의한 출현량을 모니터링 하였다. 에코그램에 나타난 에코신호를 10분 간격으로 나누어 목시조사와 동일한 시점의 해파리의 출현량을 비교하였다. 이러한 음향에 의한 방법은 채집어구를 사용하지 않고, 수층별 분포밀도를 파악할 수 있다는 장점이 있다.

$$\frac{\text{Count of Jellyfish's individuals}}{\text{Log distance} \times \text{Beam Area}} \quad (\text{inds./m}^3) \quad (2)$$

## 3) 예인식광학시스템조사

목시조사에 따른 탐지불가영역 (2.5m이심) 및 음향조사에 따른 탐지불가영역 (해수면 ~ 8m)까지의 밀도분포를 파악하기 위하여, 예인체에 수중카메라를 윗방향으로 향하도록 설치하여 수심 10m를 유지하면서 일정속도 3노트를 예인하면서 모니터링을 실시하였으며, 조사 시간별 탐지개체수를 기준으로 분포밀도를 추정하였다.

$$\frac{\text{Count of Jellyfish's individuals}}{\text{Log distance} \times \text{Detected Angle Area}} \quad (\text{inds./m}^3) \quad (3)$$



그림 1. 수중카메라가 부착된 예인식 광학시스템.

## 결과 및 고찰

현재 해파리의 분포밀도를 추정하는 방법에서 많이 사용하는 목시조사의 분포밀도를 기준으로 수층별 분포에 따른정량적인 자료를 비교하기 위하여, 2009년 8월과 10월 동일 시기에 해파리의 밀집분포가 높은 서해안 흑산도 인근해역에서 실시하였다.

조사 방법은 일정선속으로 유지하면서 예인식 수중카메라시스템에 의한 분포밀도와 과학어군탐지기를 이용한 수층별 분포밀도를 분석하였다.

조사해역에서 10분간 모니터링한 자료를 분석한 결과, 1차시기에서는 목시관측에서의 출현량(135마리)에 비해, 예인식 수중카메라는 74.8%(101마리), 음향기법은 85.2%(115마리)로 낮게 나타났다. 또한, 2차시기에서는 해파리의 출현량이 그다지 많지 않았는데, 목시관측에서의 출현량(69마리)에 비해, 예인식 수중카메라는 23.2%(16마리), 음향기법은 34.8%(24마리)로 낮게 나타났다. 여기서 목시관측자료에 순간적으로 높은 출현량(52마리)로 인하여 비교적 높게 나타났다.

종합적으로 1차시기와 2차시기를 분석한 결과, 예인식 수중카메라에 의한 분포밀도는 목시조사에 의한 결과 및 음향조사에 의한 분포밀도의 시공간분포의 상관성(R)은 각각 0.73 및 0.71로서, 높게 나타났으나, 목시조사와 음향조사에 의한 분포밀도의 상관관계는 비교적 낮게 나타났다(R=0.55).

표 14. 목시, 음향 및 예인식 수중카메라에 의한 노무라입깃해파리 분포밀도 비교 (1차)

No.	Elapsed Time (10min.)	Visual Counting			Underwater Acoustics			Towed Underwater Camera		
		inds.	Detected Volume (m <sup>3</sup> )	Density (inds./1000m <sup>3</sup> )	inds.	Detected Volume (m <sup>3</sup> )	Density (inds./1000m <sup>3</sup> )	inds.	Detected Volume (m <sup>3</sup> )	Density (inds./1000m <sup>3</sup> )
1	00-10	0	4630.00	0.00	6	69857.44	0.09	13	16001.28	0.81
2	10-20	9	4630.00	1.94	9	69857.44	0.13	6	16001.28	0.37
3	20-30	2	4630.00	0.43	1	69857.44	0.01	7	16001.28	0.44
4	30-40	10	7330.83	1.36	3	110607.61	0.03	7	25335.36	0.28
5	40-50	24	6559.17	3.66	20	98964.71	0.20	23	24204.90	0.95
6	50-60	0	6945.00	0.00	26	104786.16	0.25	10	29929.06	0.33
7	60-70	66	6559.17	10.06	8	98964.71	0.08	19	27428.86	0.69
8	70-80	13	6559.17	1.98	31	98964.71	0.31	5	44430.22	0.11
9	80-90	11	6945.00	1.58	11	104786.16	0.10	11	72112.44	0.15
Sum	01:20	135			115			101		
Avg.			6087.59	2.38		91849.60	0.13		30160.52	0.46

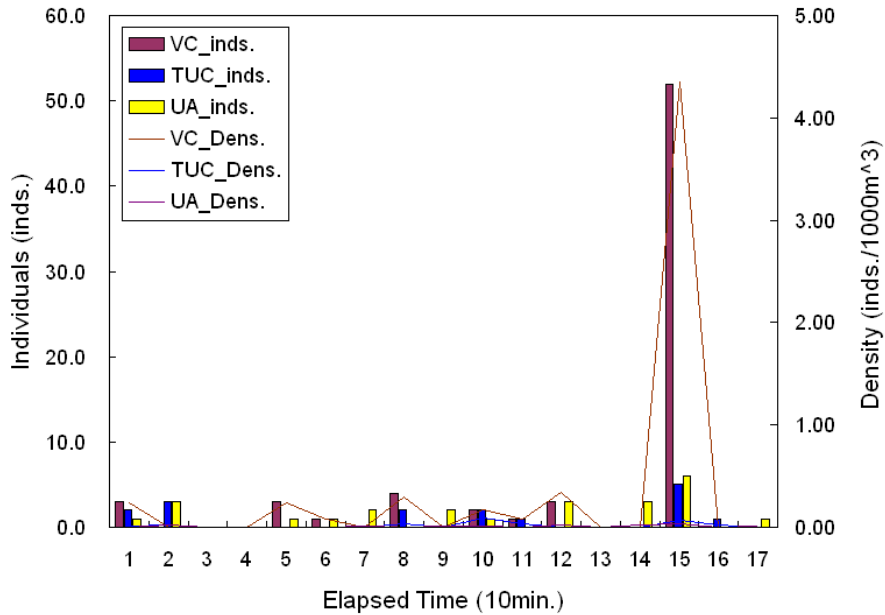


그림 2. 목시, 음향 및 예인수중카메라에 의한 해파리 분포밀도 비교 (2차).

본 조사에 적용된 3가지 방식을 이용한 노무라입깃해파리 분포밀도의 정도를 향상시키기 위해서는, 해수 중에 분포하고 있는 노무라입깃해파리의 식별에 대한 음향산란신호는 다른 산란체에 비해 에코형상의 차이에 의해 구별이 가능하지만, 음향해석기법의 신뢰도 향상을 위해서 크기 및 유평자세각에 대한 주파수별 음향산란특성을 규명하여 음향기법에 정량적인 방법으로 적용되고 있는 에코적분법의 검증이 필요하며, 채집어구의 정량화 및 광학기법에 의한 모니터링 방법을 정립하여 일정시점의 대형해파리의 수층별 분포에 대한 규명을 위해 지속적으로 모니터링 정량기술에 대한 검증이 필요할 것이다.

### 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.