

## 해양환경-2      1996년 6월 동해 남서 해역에서의 음속 극소층의 분포 특성

이충일\*, 조규대

부경대학교 해양학과

### 1. 서론

동해는 지리적으로 태평양의 북서쪽에 위치하고 있는 연해로서, 그 평균 수심은 1600m로 수심이 200m보다 얕은 대한해협(Korea strait), 쓰가루 해협(Tsugaru strait) 그리고 소야 해협(Soya strait)을 통해 외양과 연결되어있다. 동해는 특히 극전선을 중심으로 북쪽의 냉수역과 남쪽의 난류수역의 두 부분으로 크게 나누어지며, 동해 전체 용적의 80% 정도를 차지하는 동해고유수가 넓은 해역에 걸쳐 분포하며 그리고 남쪽 해역의 상층부에는 상대적으로 고온, 고염분수인 쓰시마난류가 분포한다.

해양에서 평균 음속은 약1500m/sec로서 대기중의 평균 음속인 약340m/sec보다 그 전달 속도가 4배정도 빠른 것으로 알려져 있다. 음속은 수온과 염분 압력의 영향을 받으며, 그 중 수온의 영향을 가장 크게 받는다. 그리고 수온약층 부근의 급속한 수온 하강에 의해 형성되는 음속 극소층은 음파 에너지의 원거리 이동을 가능하게 한다. 해양에서 음파는 플랑크톤과 같은 입자 물질뿐만 아니라 해저 지층 구조, 수온의 변화 및 해수의 소용돌이(eddy)등에 대한 정보를 제공한다. 특히 음속 극소층을 중심으로 형성되는 음파 통로(sound channel)는 저주파(low frequency)의 음파를 상당히 먼거리 까지 전파시킬 수 있으며, 해양에서 잠수함 및 선박의 위치 추적 등에 유용하게 활용된다. 동해 남부 해역에서와 같이 고온, 고염분수인 쓰시마난류수가 시·공간적으로 그 분포 특성이 다르게 나타나는 경우, 음속의 분포 또한 영향을 받게 될 것이다.

본 연구에서는 1996년 6월 동해 남서 해역의 쓰시마난류와 음속 극소층의 분포 특성을 조사 하였다. 그리고 본 연구를 기초 자료로 하여 동해에서 수온약층의 변동과 음속 극소층의 관계를 밝히는 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 생각된다.

### 2. 자료 및 방법

1996년 6월 9일부터 6월 20일까지 동해 남서 해역에서 관측선 Kakuyo-maru (Nagasaki Univ.)에 의한 CREAMS(Circulations Research of the East Asian Marginal Seas)관측 항해시의 CTD(conductivity, temperature, depth; Mark III B type, Neil Brown)측정 자료를 이용하였다. 염분 자료는 Rosette water sampler로 해수를 채수하여 CTD로 측정된 것을 보정하였다.

연구해역의 수형(water type) 및 수온과 염분의 연직 분포 상태를 파악하기 위하여

T-S도와 수온과 염분의 연직 분포도를 나타내었다. 본 연구에서는 UNESCO에서 채택된 국제표준 알고리즘(식 1)을 이용하여 음속을 계산하였다. 수온과 염분 및 압력의 함수로 표현되는 음속 계산은 다음과 같다.

$$C(S, T, P) = Cw(T, P) + A(T, P)S + B(T, P)^{2/3} + D(P)S^2 \dots \dots \dots (1)$$

여기서  $Cw(T, P)$ ,  $A(T, P)$ ,  $B(T, P)$ 은 압력과 수온의 함수이며,  $D(P)$ 는 압력의 함수이다. 그리고  $T, P, S$ 는 각각 수온(°C), 압력(dbar), 염분(psu)을 나타낸다.

### 3. 결 과

1996년 6월 9일~6월 20일 사이에 동해 남서 해역에서 이루어진 CREAMS 관측 결과는 다음과 같다. T-S도와 각 정선별 수온과 염분의 연직 분포도를 보면 일본 연안역의 수심 200m 이천의 대륙붕과 외양역에 중심수층의 염분 농도가 34.6psu 이상이 쓰시마난류수가 분포한다. 그리고 대륙붕의 외양역 수심 200m 이심에서는 동해 고유수(수온 $\leq$ 1°C, 34.0psu $\leq$ 염분 $\leq$ 34.1psu)가 분포하고 있다.

CTD 관측 결과를 바탕으로 한 연구해역의 음속 분포를 보면, 최고 음속과 최저 음속은 각각 1520m/sec와 1456m/sec 이다. 동일 수심에 있어서 고온( $\geq$ 13°C), 고염( $\geq$  34.6psu)의 쓰시마난류수가 분포하는 층은 그렇지 않은 층에 비해 약 30m/sec정도 음속이 빠르게 나타나는데 이것은 대부분인 수온의 영향에 의한 것이다. 수온 약층의 하부에 나타나는 음속이 1456-1459m/sec인 극소층을 중심으로 형성되는 음파 통로의 중심 수심은 약 350m이다. 음파통로의 상층 한계수심은 약 190m(상층부에 쓰시마난류가 분포하지 않는 해역)에서 250m(상층부에 쓰시마난류수가 분포하는 해역)정도로 나타나는 반면 하층부의 한계 수심은 약 580m로 거의 균일하다. 쓰시마난류수가 분포하는 해역에서는 음파 통로의 상부 한계 수심이 깊어지며 그 두께가 얇아진다.

### 참 고 문 헌

B. D. Dushaw, P. F. Worcester and B. D. Cornuelle. 1993. On equation for the speed of sound in seawater. *Journal of the Acoustical Society of America*. 93(1). 255-275.

C. I. Lee and K. D. Cho. 2000. The fluctuation characteristics of the water mass and the current structure of the southeastern region of the East Sea. *Journal of the Korean Fisheries Society*. 3(2). 97-110.

C. S. Meinen and D. R. Watts. 1997. Further evidence that the sound-speed algorithm of Del Grosso is more accurate than that of Chen and Millero. *Journal of the Acoustical Society of America*. 102(4). 2058-2062

C. T. Chen and F. J. Millero. 1977. Speed of sound in seawater at high pressures. *Journal of the Acoustical Society of America*. 62(5). 1129-1135.

- M. G. Joseph, K. V. Kumar, M. X. Joseph and V. V. James. 1993. Short term variability of hydrography and currents in relation to stability, sound speed and mixing characteristics off Bombay, west coast of India. *Continental shelf research*. 13(10). 1065-1082.
- Y. K. Choi, K. D. Cho and S. K. Yang. 1995. Oceanographic characteristics of the Japan Sea Proper water-II. The Japan Sea Proper Water and Chimney. *Journal of the Korean Environmental Sciences Society*. 4(2). 121-138.