

## 2007년 하계 및 추계 경상북도 후포연안역 물리적 해황특성

황재동\* · 이용화 · 심정민 · 윤석현 · 진현국 · 김영숙 · 권기영 · 윤상철  
국립수산과학원 동해수산연구소 환경연구과

### Physical Oceanographic Characteristics in Hupo Coastal area during Summer and Autumn, 2007

Jae-Dong HWANG\*, Yong-Hwa LEE, Jeong-Min SHIM, Seok-Hyun YOUN,  
Hyun-Gook JIN, Young-Suk KIM, Kee-Young KWON and Sang-Chol YOON  
Division of Ocean Environment, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI,  
Gangneung 210-861, Korea

To understand the oceanographic characteristics of Hupo coastal waters as regards the East Korean Warm Current and the North Korean Cold Current, current direction and velocity were investigated by deploying a current meter in Hupo coastal waters during the summer and fall of 2007. Wind data were obtained from the homepage of the Korea Meteorological Administration. Water temperature was measured using a temperature meter attached to the current meter and a mini log. During summer, a south wind prevailed, while during the fall the wind blew from the north. Cold surface waters occurred on a large scale in summer, while in the fall, warm bottom water occurred frequently. After mid-November, when the surface water was cooler than 15°C, there was no difference in water temperature between the surface and bottom layers.

Key words: Current speed and direction, Wind speed and direction, Water temperature, Cold water

#### 서 론

한국 동해중남부연안은 표층의 경우 북상하는 난류수인 동한난류의 영향을 받으며, 저층의 경우 남하하는 한류수인 북한한류의 영향을 받는다(NFRDI, 2000; Kim and Kim, 1983). 저층의 경우 연중 수온의 변화가 거의 보이지 않는 반면, 표층의 경우 여름철 수온이 높고, 겨울철 수온이 낮은 계절적인 수온의 변화를 보인다(ESFRI, 2007a; 2007b; 2007c; 2007d; 2007e; 2007f).

표층과 저층의 수온차이로 인해 한국 동해중남부연안에서는 지역에 따라 수온이 낮은 저층수가 용승하여 하계 표층 수온이 낮아지는 냉수역이 형성되기도 한다. 한국 동해남부연안역에서 냉수역 형성의 주된 요인으로 남서풍 계열의 바람에 의한 연안용승을 들고 있는 연구가 많으며, 평균 3 m/sec의 남서풍이 7일간 지속하거나(Seung, 1974) 또는 4 m/sec의 남서풍이 3일 이상 지속될 때 냉수역이 출현한다고 보고되었다(Lee, 1983).

국립수산과학원은 최근 들어 강원도 연안역(양양, 강릉 및 삼척)에 관측부이를 설치하여 수층별 수온관측을 실시하고 있으며, 홈페이지 및 핸드폰을 통해 실시간으로 자료를 제공하고 있다(Lee et al., 2005). 관측부이에서 측정된 수층별 수온 자료에 의하면 연안역 표층에서의 냉수 발생은 물론, 저층에서 수온이 높아지는 온수 현상도 나타남을 알 수 있다. 관측부이에서 얻어진 수온자료 분석결과 저층에서 온수 발생시 저층

수온이 5°C에서 10°C로 상승하여, 하루 동안 약 5°C 정도 수온 상승을 보여, 단기간 수온의 변화폭이 매우 크게 나타나는 경우도 있었다(Lee et al., 2005).

표층에 형성된 냉수역뿐만 아니라, 급격한 저층 수온상승은 연안 양식장에 영향을 주기도 한다. 2006년 8월에 발생한 제 10호 태풍 우콩의 영향으로 인해 경북 연안에서 저층 수온이 상승하였으며, 저층 수온상승은 경북 연안의 우렁챙이 양식장에 영향을 주어 우렁챙이의 집단 폐사가 발생하였다(Lee et al., 2007).

이렇게 한국 동해중남부연안은 매년 표층 냉수역과 저층 온수가 형성되고 소멸되는 현상이 반복되는 곳이다. 한국 동해 중부연안에 위치하며, 바다목장조성 예정해역인 경상북도 후포해역도 동한난류와 북한한류의 영향을 직접적으로 받는다. 따라서 유향과 유속관측, 풍향과 풍속관측 및 수온관측을 통해 후포해역에서 해류특성과 바람특성을 이해하고자 하며, 이에 더해 바람과 해류, 바람과 수온의 관계를 통해 에크만수송을 연구해 보고자 하였다.

#### 자료 및 방법

후포해역내 C1 정점의 수심 20 m 지점에 유속계 계류한 후 유속계로부터 유향과 유속을 측정하여 해류의 특성을 분석하였다(Fig. 1). 관측기간은 2007년 7월 26일부터 9월 27일까지, 2007년 10월 2일부터 11월 27일까지 약 2개월씩 2번 관측하였으며, 관측간격은 매 30분 간격이었다. 관측에 사용된 유속계는 도플러 방식을 이용하여 계류수심에서의 유향과

\*Corresponding author: jdhwang@nfrdi.go.kr

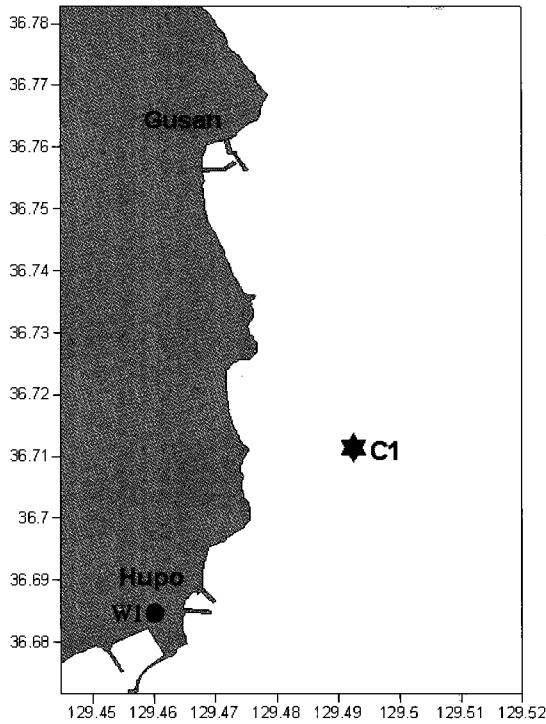


Fig. 1. Current meter (C1) and AWS (W1) stations in Hupo coastal area.

유속을 측정하는 2차원 도플러 유속계인 RCM-9 Mk II (Aanderaa instruments)를 사용하였다.

또한 바람자료는 기상청 홈페이지 (www.kma.go.kr)를 통해 제공되는 경상북도 후포 측정소의 AWS (Automatic Weather Station) 관측자료를 사용하였다. 후포해역에서의 바람은 AWS를 통해 연중 계속 관측하지만, 해류 관측기간인 2007년 7월 26일부터 9월 27일까지 그리고 2007년 10월 2일부터 11월 27일까지의 자료를 이용하였으며, 관측간격은 매 30분 간격이었다.

후포해역에서 유속계로 관측한 해류자료 및 AWS로 관측한 바람자료에 대해 동방성분과 북방성분으로 분해한 후 북방성분에 대해 FFT (Fast Fourier Transform) 분석법을 이용하여 탁월주기를 구하였다 (Yu et al., 2006; Emery and Thomson, 1997).

바람과 수온변화의 관계를 알아보기 위해 후포해역에서 표층과 20 m 수층에 대해 매 30분 간격으로 수온을 관측하였다. 수온관측은 표층에서는 미니수온기록계 (HOBI)를 사용하였으며, 20 m 수층에서는 RCM-9 Mk II 유속계에 부착된 수온계를 사용하였다. 관측기간은 2007년 7월 26일부터 9월 27일까지 그리고 2007년 10월 2일부터 11월 27일까지였다.

**결 과**

후포해역에서 관측한 유향과 유속결과를 Fig. 2, 3 및 4에 나타내었으며, 탁월주기 분석결과를 Fig. 5와 6에 나타내었다.

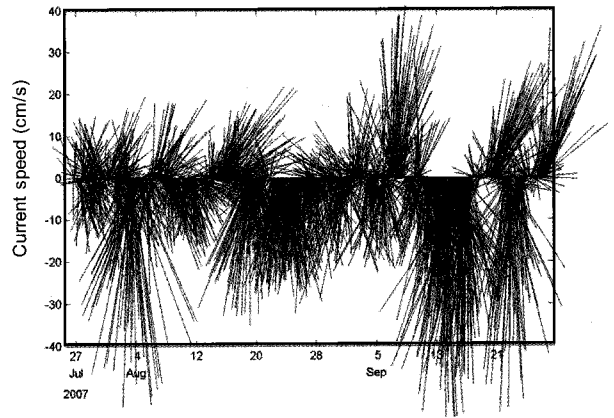


Fig. 2. Stick diagram of Current at station C1 (26, July - 26, Sep., 2007).

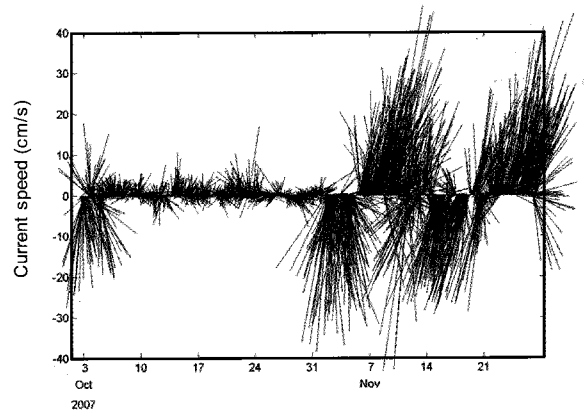


Fig. 3. Stick diagram of Current at station C1 (2, Oct. - 27, Nov., 2007).

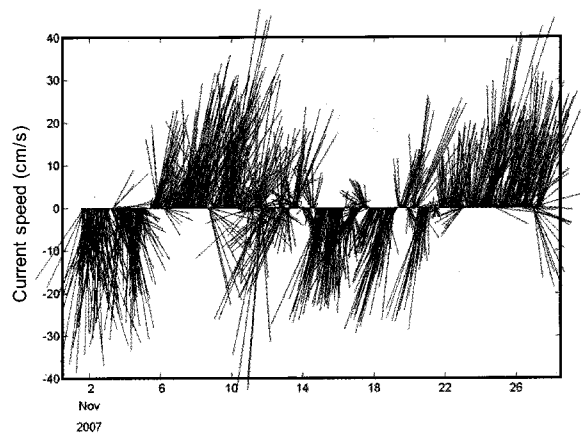


Fig. 4. Stick diagram of Current at station C1 (1, Nov. - 27, Nov., 2007).

후포해역 유속관측정점 (C1)의 수심 20 m 지점에서 2007년 7월 26일부터 9월 27일까지 약 2개월 동안 관측한 유향·유속 자료의 분석결과 해류의 주축방향은 남-북북동방향으로 형성되었으며, 최대 유속은 남향류가 60 cm/s, 북향류가 40 cm/s로 남향류가 북향류보다 크게 나타났다 (Fig. 2). 2007년 10월

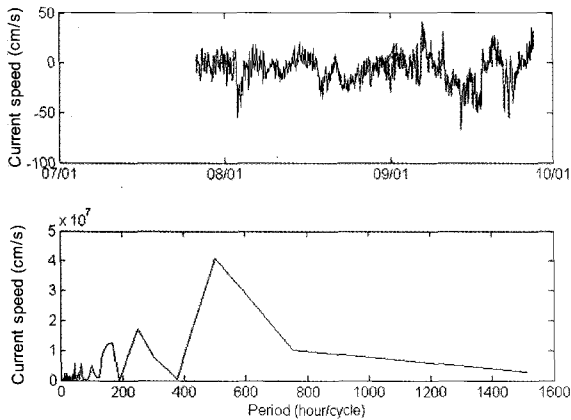


Fig. 5. Plots for time series of Current V-component (upper) and result of FFT analysis (lower) at Hupo station (C1) (26, July - 26, Sep., 2007).

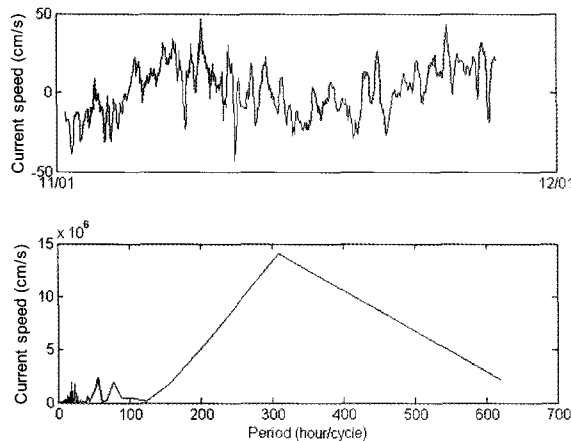


Fig. 6. Plots for time series of Current V-component (upper) and result of FFT analysis (lower) at Hupo station (C1) (2, Oct. - 27, Nov., 2007).

1일부터 11월 27일까지 약 2개월 동안 관측한 유향·유속 자료 중 10월 3일부터 10월 31일까지의 관측 자료는 소형선박 충돌에 의한 관측부이 손상으로 인해 자료의 신뢰성이 낮아 분석에는 사용하지 않았다(Fig. 3). 따라서 분석에는 2007년 11월 1일부터 11월 27일까지의 유향·유속자료를 이용하였다. 관측 기간 동안 해류의 주축방향은 남남서-북북동방향으로 형성되었으며, 최대유속은 남향류와 북향류가 45 cm/s로 최대유속에서는 차이가 거의 나타나지 않았다(Fig. 4).

후포해역 관측정점 (C1)에서 2007년 7월 26일부터 9월 27일까지 관측한 유속의 북방성분에 대한 탁월주기 분석결과와 약 1일 주기의 일주조 조석성분이 나타났으며, 약 2.5일, 3.8일, 6.7일, 10.8일 및 20.4일의 주기성분이 나타났다. 하계 관측기간 동안 후포해역은 조석에 의한 일주조의 영향보다도 주로 6일 이상의 주기성분의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다(Fig. 5). 2007년 11월 1일부터 11월 27일까지 관측한 유속자료의 탁월주기 분석결과 1일 주기의 일주조 조석성분이 나타났

으며, 2.5일, 3.4일 및 12.5일의 주기성분이 나타났다(Fig. 6). 추계 관측기간 동안에도 조석에 의한 일주조의 영향보다도 주로 12.5일의 주기성분에 대한 영향을 많이 받았다.

후포해역에서 바람 분석결과를 Fig. 7과 8에 나타내었다. 2007년 7월 26일부터 9월 27일까지 관측한 바람자료를 보면 주로 남남서풍과 북북서풍이 우세하게 나타났다. 최대 풍속은 80 cm/s로 남남서풍 및 북북서풍계열 바람에 차이가 거의 나타나지 않았다. 그러나 8월은 대체로 남남서풍의 바람이 우세하게 나타난 반면 9월은 북북서풍 및 남남서풍 계열의 바람이 번갈아 나타났다. 2007년 10월 2일부터 11월 27일까지 관측한 바람자료를 보면 북서풍과 남서풍이 번갈아 나타남을 알 수 있다. 그러나 지속기간은 북서풍이 남서풍보다 길게 나타났다. 따라서 후포해역은 하계에는 남남서풍의 영향을 우세하게 받지만 추계로 갈수록 북서풍의 영향을 우세하게 받는 계절적인 변동성을 보였다.

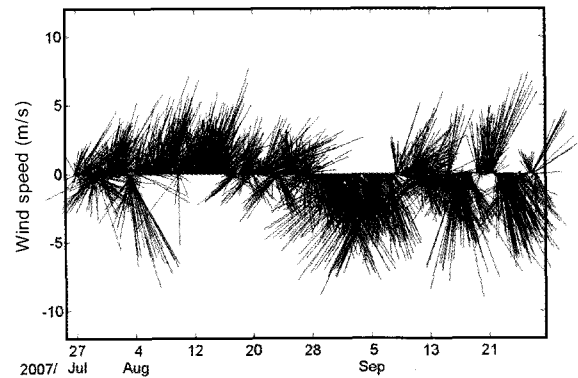


Fig. 7. Stick diagram of Wind at Hupo weather station (W1) (26, July - 26, Sep., 2007).

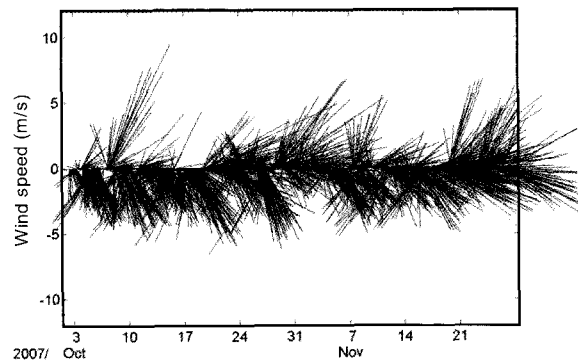


Fig. 8. Stick diagram of Wind at Hupo weather station (W1) (2, Oct. - 27, Nov., 2007).

후포해역 AWS 관측정점 (W1)에서 2007년 7월 26일부터 9월 27일까지 관측한 바람자료의 북방성분에 대한 탁월주기 분석결과와 약 6.2일, 8.7일 및 15.8일의 주기성분이 나타났으며, 약 6.2일 주기성분이 상대적으로 크게 나타났다. 따라서 관측기간 동안 남풍계열의 바람이 우세하게 나타나지만 약 6일

주기로 남풍의 세기가 변화하였다 (Fig. 9). 2007년 11월 1일부터 11월 27일까지 관측한 바람자료의 탁월주기 분석결과 약 3.3일, 4.6일, 11.0일 및 27.0일의 주기성분이 나타났으며, 4.6일 주기성분이 비교적 강하게 나타났다. 추계 후포해역은 약 4.6 일 주기로 바람의 방향이 남북으로 바뀌는 것을 알 수 있다 (Fig. 10).

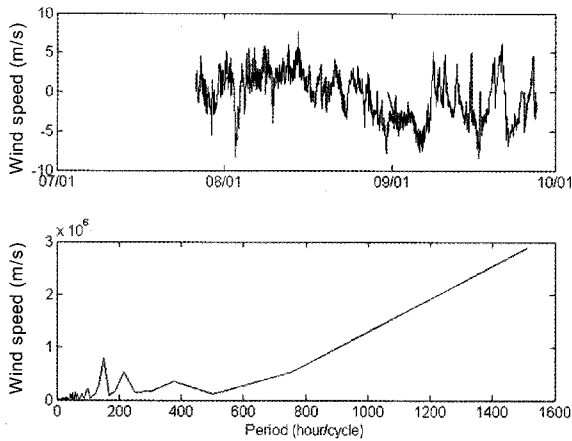


Fig. 9. Plots for time series of Wind V-component (upper) and result of FFT analysis (lower) at Hupo weather station (W1) (26, July - 26, Sep., 2007).

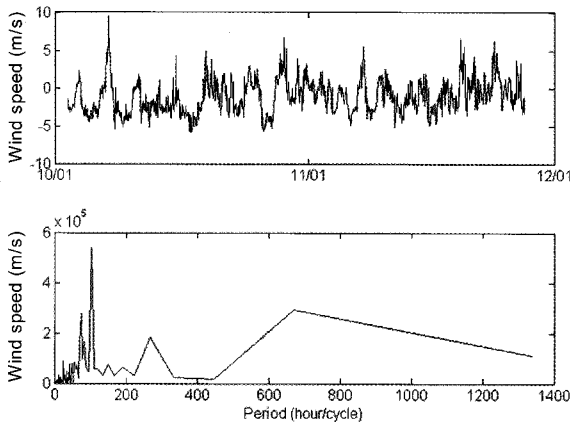


Fig. 10. Plots for time series of Wind V-component (upper) and result of FFT analysis (lower) at Hupo weather station (W1) (2, Oct. - 27, Nov., 2007).

2007년 7월부터 11월까지 후포지역의 표층과 유속계에 부착된 수온계를 이용한 수심 20 m층의 수온을 연속 관측한 결과를 Fig. 11에 나타내었다. 표층의 경우 8월 중순을 제외하고 7월 말에서 10월 중순까지 22°C 내외의 수온을 유지하다 10월 중순부터 내려가기 시작하여 11월 말에는 15°C를 나타내었다. 20 m층의 경우 7월 말에는 13°C 내외의 수온을 유지하였다. 그러나 8월 3일에 22°C까지 상승하였던 수온이 8월 중순까지 지속된 남남서풍 (Fig. 11)으로 인하여 8일에는 10°C 이하로 급 하강하였고 이후 1주일간 서서히 하강하여 8월 중순에는

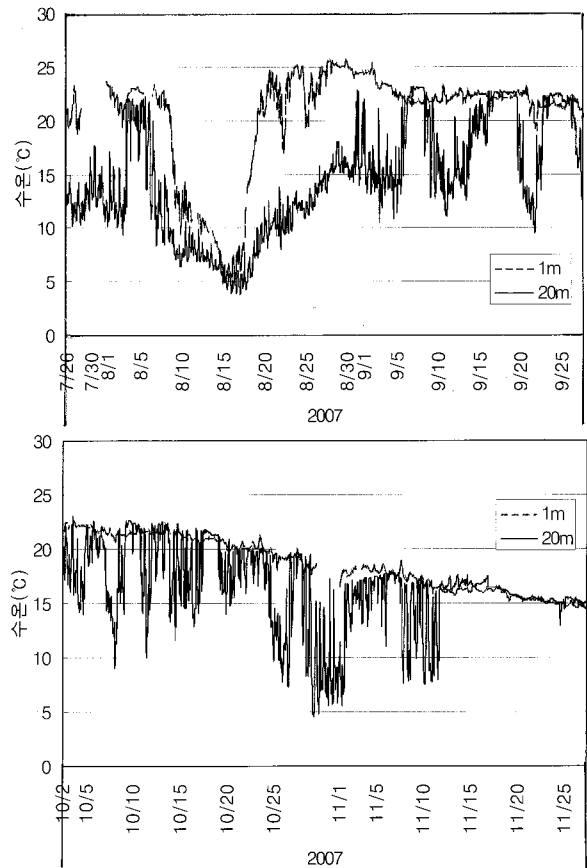


Fig. 11. Plots for time series of surface and 20 m layer temperature (26, July - 25, Nov., 2007).

5°C까지 하강하였다. 이때 표층 수온도 20 m층과 비슷한 경향을 보여 8월 중순에는 표층 수온도 7°C까지 하강하였다. 이후 표층 수온은 급상승하였으나 20 m층 수온은 완만한 상승을 보였다. 9월에도 북풍계열의 바람이 불면 20 m층 수온이 15°C에서 23°C로 급상승 후 13°C로 급 하강하는 등 10°C 이상의 수온 상승 및 하강을 반복하였다. 10월에는 대체로 북풍계열의 바람이 주를 이루어 (Fig. 8) 20 m층의 수온은 최고 23°C에서 최저 10°C 범위로 수시로 수온 변동을 보였으나 하순으로 가면서 수온 변동폭은 줄어들었다. 10월 말과 11월 초순까지는 수온 변동폭이 컸으나, 중순 이후에는 표저층간 혼합으로 인하여 수온변화가 보이지 않았다.

**고 찰**

Kang et al. (1991)의 수치모델 결과에 의하면 반일주조 조석 성분인 M<sub>2</sub> 분조의 진폭은 동해해역 전체에서 10 cm 내외로 수평적인 변화 매우 작아서 반일주조 조류성분은 매우 약하게 나타났다. 또한 유속의 FFT분석 결과를 일주조 조석 성분의 크기가 다른 주기성분보다 약하게 나타났다. 따라서 후포해역에서 관측한 유속에서 조류성분이 차지하는 부분은 매우 작다고 볼 수 있다.

Lyu and Kim (2002)은 대한해협을 통해 동해로 유입되는 수송량의 변동이 대기압 변동 영향에 의해 3-5일 주기를 가지고 2-3 Sv의 변동을 발생시킨다고 하였으며, 따라서 후포해역 유속에서 나타난 2-6일 사이의 주기는 대한해협을 통해 동해로 유입되는 수송량의 변동의 결과라 볼 수 있다.

후포해역에서 바람에 대한 FFT 분석결과 하계 및 추계 관측 시기에 나타난 탁월 주기가 동일하지 않았다. 이는 하계에는 Yun et al. (1998)의 결과처럼 4-6일 주기파동, 13-21일 주기파동, 30-60일 주기파동을 가지는 북태평양고기압의 영향을 받았기 때문이며, Lee (1985)의 결과처럼 추계에는 5일 주기의 시베리아고기압의 영향을 받아 비교적 단주기성분이 우세하게 나타났기 때문이다.

후포해역에서 표층에 냉수가 발생했을 때 저층수온이 상승하지 않았으며, 저층에서 온수가 발생했을 때 표층의 수온이 하강하지 않았다. 또한 9월에서 10월말까지 저층온수현상이 발생 후 다시 정상 수온이 되었을 때 풍향만 바뀌었지 풍속의 세기는 차이를 보이지 않았다. 따라서 표층 냉수현상이나 저층온수현상은 바람에 의한 연직혼합보다는 바람에 의한 에크만 수송 (Pond and Pickard, 1983; Knauss, 1997)의 결과로 볼 수 있다. 따라서 후포해역에서는 에크만 수송에 의해 남풍계열이 우세한 하계에는 연안용승에 의해 표층에 냉수역이 형성되며, 북풍계열이 우세한 추계에는 연안침강에 의해 저층에 온수가 형성되었다. 특히 후포해역에서의 저층에 온수현상의 발생은 표층과 저층에서 동시에 관측한 수온 시계열자료로부터 나타난 결과로써 이전까지는 저층수온 관측결과가 거의 없었기 때문에 잘 밝혀지지 않았던 현상이다.

그러나 에크만 수송을 직접적으로 나타내기 위해서는 관측수심에 대해 연직적분한 동서방향의 유속성분이 필요하나, 본 연구에서는 2차원 유속계를 저층에서 계류하였기 때문에 계류된 수심에서의 유속만 관측할 뿐, 전체 수심의 유속을 구하지 못하였고, 따라서 관측 정점에 대해 유속의 연직적분값을 알 수 없었다. 따라서 앞으로 3차원 유속계를 통한 수층별 유속자료를 관측하면 에크만 수송을 구할 수 있으리라 생각된다.

## 사 사

본 연구는 국립수산과학원 동해수산연구소에서 수행 중인 사업과제 (동해해양환경연구, RP-2008-ME-067)의 일부 결과입니다. 힘든 출장을 마다하지 않고 열심히 연구하는 동해수산연구소 환경연구과의 모든 연구원에 지면을 빌려 감사하는 마음을 밝힙니다.

## 참 고 문 헌

- Emery, W.J. and R.E. Thomson. 1997. Data analysis methods in physical oceanography. Pergamon Press, New York, U.S.A.
- ESFRI. 2007a. Oceanographic Environment in the East Sea. Newsletter of the Oceanographic Environment, No. 86.
- ESFRI. 2007b. Oceanographic Environment in the East Sea. Newsletter of the Oceanographic Environment, No. 88.
- ESFRI. 2007c. Oceanographic Environment in the East Sea. Newsletter of the Oceanographic Environment, No. 90.
- ESFRI. 2007d. Oceanographic Environment in the East Sea. Newsletter of the Oceanographic Environment, No. 91.
- ESFRI. 2007e. Oceanographic Environment in the East Sea. Newsletter of the Oceanographic Environment, No. 92.
- ESFRI. 2007f. Oceanographic Environment in the East Sea. Newsletter of the Oceanographic Environment, No. 94.
- Kang, S.K., S.R. Lee and K.D. Yum. 1991. Tidal computation of the East China Sea, the Yellow sea and the East Sea. In: Oceanography of asian marginal seas. Takano, K., ed. Elsevier Science Publishing Co. Inc., New York, U.S.A.
- Kim, C.H. and K. Kim. 1983. Characteristics and Origin of the Cold Water mass along the East Coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 18, 73-83.
- Knauss, J.A. 1997. Introduction to Physical Oceanography 2nd edition. Prentice-Hall, Inc., London, U.K.
- Lee, B.S. 1985. Regular Temperature Fluctuations and the singularity in Winter Seoul, Korea. J. Kor. Meteor. Soc., 21, 34-45.
- Lee, C., Y.S. Suh and J.D. Hwang. 2005. Development on Real Time Application System for Fisheries Oceanography Information. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 8, 142-149.
- Lee, J.C. 1983. Variations of sea level and sea surface temperature associated with wind induced upwelling in the southeast coast of korea in summer. J. Oceanol. Soc. Korea, 18, 149-160.
- Lee, Y.H., J.M. Shim, Y.S. Kim, J.D. Hwang, S.H. Youn, C. Lee and H.K. Jin. 2007. The Variation of Water Temperature and the Mass Mortalities of Sea Squirt, *Halocynthia roretzi* along Gyeongbuk Coasts of the East Sea in Summer, 2006. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 13, 15-19.
- Lyu, S.J. and K. Kim. 2002. Atmospheric pressure-forced subinertial variations in the transport through the Korean strait. Geophys. Res. Lett., 29: doi: 10.1029/2001GL014366.

- NFRDI. 2001. Oceanographic Handbook of the Neighbouring Seas of Korea (4th Edition).
- Pond, S. and G.L. Pickard. 1983. Introductory dynamical oceanography 2nd edition. Pergamon Press, New York, U.S.A.
- Seung, Y.H. 1974. A dynamic consideration on the temperature distribution in the east coast of Korea in August. J. Oceanol. Soc. Korea, 9, 52-58.
- Yu, H.R., D.H. Kim and C.J. Park. 2006. Data Analysis in Oceanography using MATLAB. A-Jin, Seoul, Korea.
- Yun, W.T., K.O. Boo, R.S. Kim and H.M. Cho. 1998. A Study of East Asian Wave Character and Variability of North-West Pacific High in Northern Summer. J. Kor. Meteor. Soc., 34, 365-374.

---

2008년 9월 22일 접수

2008년 12월 15일 수리