

위성추적 표류부이를 이용한 동해 표면수온의 주야간 온도차에 대한 중규모 시공간 변동

서영상 · 장이현 · 이동규*

국립수산진흥원 원격탐사실, 부산대학교 해양과학과*

Temporal and Spatial Variation of the Sea Surface Temperature Differences Derived from Argos Drifter Between Daytime and Nighttime in the Whole East Sea

Young-Sang Suh, Lee-Hyun Jang and Dong-Kyu Lee*

Marine Remote Sensing Laboratory, National Fisheries Research and Development Institute

Dept. of Marine Science, Busan National University*

Abstract : The daytime and nighttime sea surface temperature (SST) differences and their seasonal variabilities in the East Sea were studied using Argos drifters data during 1996~1999. The SST differences for 1,438 data set were derived from 30 Argos drifters related to the NOAA satellite-based location and data collection system.

The horizontal variation of SST differences in summer in the East Sea were higher than those in winter. The relationship between the SST differences and the half day moving distances of Argos drifters was studied. Monthly SST difference in the northern and southern part of 38°N in the East Sea was considered. The SST differences derived from NOAA-14 satellite were compared with those from Argos drifter between daytime and nighttime in the turbulent eddy off Wonsan coast of Korea.

Key Words : Argos Drifter, Daily SST (sea surface temperature) Variation, Satellite Remote Sensing, the East Sea (Sea of Japan).

요약 : 최근 4년간(1996~1999) 동해 연근해역에 투하된 30개의 Argos 표류부이로 관측한 주야간 해표면 온도차의 1,438개 data set 값에 대한 계절별 시공간적 변동양상을 분석하였다. 표류부이에 의해 매일 관측된 수온이 정확히 같은 장소의 것이 아니더라도 하루동안의 공간 이동은 중규모(mesoscale) 공간분석의 관점에서 볼 때, 동일 해역의 수온 변동을 값으로 활용할 수 있다는 결론을 얻었다.

동해 전 해역에서 주야간 온도차의 계절 변화에 대한 변동범위와 RMS (root mean square) 진폭을 구한 결과, 겨울보다 여름에 2~6배 정도 큰 계절 변동을 보였고, 년중 늦봄과 초가을에 가장 큰 일 변화를 나타냈다. 주야간 온도차의 공간변동의 경우, 동해의 아극전선대(subpolar front)를 중심으로,

2001년 4월 20일 접수 : 2001년 7월 27일 수리.

북쪽의 한류권이 남쪽의 난류권 해역보다 월별 이상변동폭이 컸으나 계절 변동폭은 난류권역이 상대적으로 큰 변동양상을 나타내었다. 운동성이 심한 와동류(eddy)가 형성되어있는 원산근해에서 위성 및 표류부이로 현장 측정된 동시 공간적 표면수온과 주야간 온도차 값을 비교함으로써 위성 추정 표면수온의 주야간 온도차 값에 대한 신뢰성 문제를 검토하고 향후 연구방향을 제시하였다.

1. 서론

최근 동해 해류조사 연구를 위해 수많은 표류부이가 투하되었으며, 해류 측정의 부수적으로 표류부이에 부착된 수온 감지기로부터 수온이 관측되어 왔다. 국립수산진흥원, 서울대학교, 부산대학교에서 표면 해류흐름을 보고자 1996~1999년까지 동해 연근해역에 30개의 Argos 표류부이가 투하되었으며 (국립수산진흥원, 1997, 1998, 1999, 2000; Lee *et al.*, 1997; Suh *et al.*, 1999, 2000), 이러한 부이로부터 관측된 표면수온 값으로 낮과 밤의 온도차 값에 대한 변동량을 조사 연구하였다.

통상 일별 온도차 관측에 대한 고정 관념은 계류부이나 고정 시설물을 이용해야 한다고 생각했으며 전통적인 해양관측기법으로 일일 수온변동을 이해하려 하였다 (Cornillon and Stramma, 1985; Dalu and Purini, 1982; Deschamps and Frouim, 1984; Halpern and Reed, 1976; Kaiser, 1978). 그러나, 일별 표면수온의 변동을 고려할 때, 비록 표류부이에 의해 관측된 수온이 정확히 같은 장소의 것이 아닐지라도 동해 전체라는 중규모의 (mesoscale) 수평공간에 대한 분석의 입장에서 보면, 하루동안의 공간이동에 따른 수온변동 값은 동해라는 큰 해양에서 같은 장소해역의 수온이라 간주할 수 있겠다. 고정부이를 동해에 많이 설치하여 일일수온 변동양상을 파악하는 것이 가장 바람직하나 여러 가지 여건에서 불가능한 일이므로 이와 같은 해류조사용 표류부이에서 부수적으로 획득할 수 있는 수온 관측자료의 적극 활용차원에서 본 연구를 수행하게 되었다. 위성관측 수온은 수 μm 의 skin temperature를 대표하나 Argos 표류부이에 장착된 수온감지기는 수심 20 cm의 수온을 측정한다. 이들 관계 규명과 위성자료의 주야

간 온도차의 보정 연구 차원에서 표류부이 관측 수온의 활용은 흥미로운 결과를 가져줄 것이다.

2. 자료 및 방법

동해에서의 중규모적 해양현상과 관련된 유속, 수온 등의 원격현장 측정 자료를 본 연구에 활용하고자 국립수산진흥원, 부산대학교, 서울대학교 등에서 1996년부터 1999년까지 동해에 투하한 30개의 Argos 표류부이로 관측한 해표면 아래 20 cm 수심의 수온 값들에서 대략 한 낮과 한 밤을 대표하는 12시와 24시경의 값을 각각 추출한 후 주야간 온도차 값(1,438 data set)을 이용하였다.

Argos는 환경모니터링을 위해 위성을 활용해서 위치와 해당요소 자료를 수집하는 시스템(satellite-based location and data collection system)으로서, NOAA 위성 통과궤도를 중심으로 지상 5,000 km 범위 내에 있는 Argos drifter가 자기위치 발신기인 PTT(Platform Transmitter Terminal)로 401,646 ~ 60,645 MHz의 주파수를 발신하면, NOAA 위성에 탑재된 DCLS(Data Collection and Location System)으로 잡아낼 수 있다. 북위 30~45°의 경우 24시간내에 NOAA/AVHRR 관측 자료와 동시에 8~10회 자료를 획득할 수 있다 (Argos, 1989; Argos, 1996). 극지방에서는 하루에 최대 28번까지 자료 획득이 가능하다.

이러한 Argos 표류부이 자료는 NOAA 위성에 탑재된 TIP(Tiros Information Processor)에 의해 처리되어 위성 통과시 HRPT(High Resolution Picture Transmission)를 통해 S-band로 8.32 kb/s의 정보를 지상에 송신하게 된다. 지상에서는 HRPT 수신기로 TIP 정보를 받아 분석할 수 있

다. 그러나 Argos 표류부이의 고유 ID number를 알아야만 자료를 활용할 수 있게 되어있다. 그 외 real time은 아니지만 S-band로 보내오는 TIP을 지상국 특히, 프랑스 본부와 미국 2곳 등에서 전세계자료를 수신하여 해석한 후 분석된 정보를 서비스하고 있다.

본 연구에 사용된 대부분의 Argos 표류부이의 자료는 WOCE/SVP (World Ocean Circulation Experiment/Surface Velocity Program)의 일환으로 투하된 Argos-tracked drifter 자료이다 (Lee *et al.*, 1997; Sybrandy and Niiler, 1991).

공간변동에 따른 주야간 온도차 변화를 보기 위해 동해에 형성되고 있는 아극전선대를 중심으로 한류권과 난류권으로 나눈 후 표류부이가 관측한 수온의 일별 주야간 온도차에 대해 두 지역의 계절별 변동을 RMS 진폭으로 나타내었으며, 격자 위도×경도 ($1^{\circ} \times 1^{\circ}$)에 대한 평균 주야간 온도차를 이용해 동해의 공간별 변동 양상을 조사하였다.

또한 표류부이의 공간 이동에 따른 수온차와

한 낮과 한 밤을 대표하는 주야간 시간차에 따른 수온차를 파악하기 위해 표류부이가 12시간 간격으로 관측한 주야간 온도차와 그 12시간동안 수평 공간 이동거리와의 관계성을 조사 분석하였다.

한편 위성자료의 주야간 온도차의 보정 자료 차원에서 위성에 의해 관측된 수온과 표류부이가 관측한 수온의 주야간 온도차간의 관계성도 비교해 보았다.

NOAA 위성자료에서의 표면수온은 MCSST (multi channel sea surface temperature) 기법으로 처리하여 계산하였다 (Suh *et al.*, 2000).

3. 결과

1) 주야간 표면수온 차의 시·공간 변동 특성

동해에 투하된 총 30개의 일별 Argos 표류부이 자료로부터 일별 주야간 온도차(1,438 data set)를

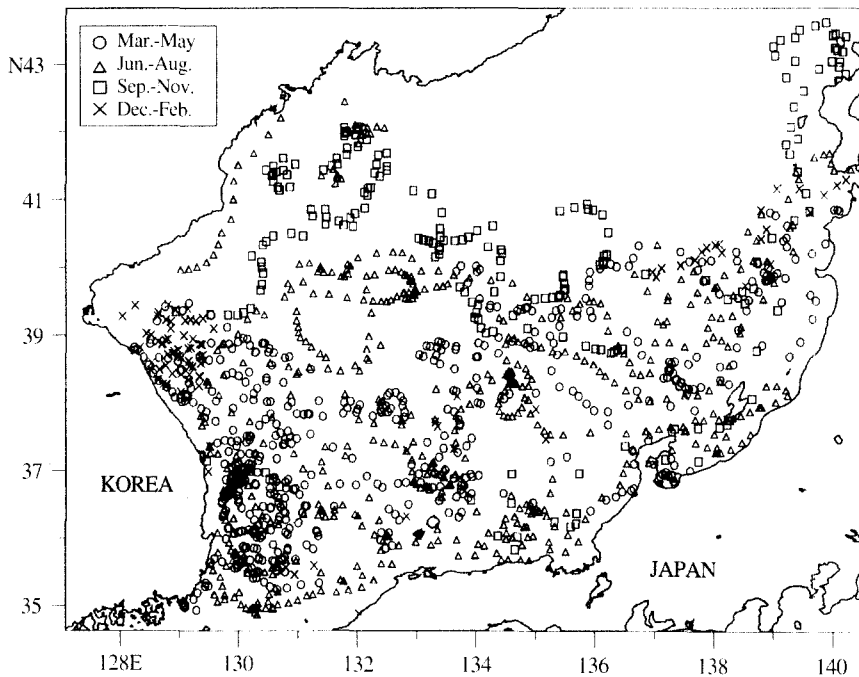


Fig. 1. Positions of Argos drifter buoys in the East Sea during 1996-1999.

계절별로 나타내었으며 (Fig. 1), 추출된 주야간 온도차 값들의 분포도(histogram)도 나타내었다 (Fig. 2). 주야간 온도차는 비교적 정규분포(normal distribution)를 보이며, 분포의 약 86%가 $\pm 0.5\text{C}$ 내에 분포하였다 (Table 1).

(1) 동해 전 해역에서의 주야간 표면 온도차의 계절 변화

동해 전 해역에 대한 1,438개 data set의 표류부 이 수온 값을 계절별로 나누어 분석한 결과, 늦봄

(4월 중순~5월 하순)과 초가을(8월 하순~9월 하순)의 주야간 표면온도차는 $-0.5\text{C} \sim 2.0\text{C}$ 범위로 큰 일변화 폭을 나타낸 반면, 초여름(6월~7월) 및 늦가을~겨울(11월~3월) 동안에는 $-0.3\text{C} \sim 1.0\text{C}$ 범위의 비교적 작은 일변화 폭을 나타내었다 (Fig. 3). 이와 같은 주야간 온도차의 계절변동 양상에 대한 뚜렷한 이유는 찾기 힘들다, 늦봄(4월 중순~5월 하순)과 초가을(8월 하순~9월 중순)은 계절이행시기이며 (문, 1997), 늦여름과 초가을의 경우는 한반도 근해로 저기압이 많이 통과하는 시

Table 1. Seasonal variation of the difference in sea surface temperature between daytime and nighttime in the East Sea. (Unit : %)

Range (°C)	Season	Spring (Mar.-May)	Summer (Jun.-Aug.)	Autumn (Sep.-Nov.)	Winter (Dec.-Feb.)
$-2.0 \leq \Delta t < -1.5$		0.19	0.18	0.00	1.46
$-1.5 \leq \Delta t < -1.0$		0.19	0.18	0.42	0.00
$-1.0 \leq \Delta t < -0.5$		0.58	0.36	0.00	2.19
$-0.5 \leq \Delta t < 0.0$		12.45	19.71	8.37	13.14
$0.0 \leq \Delta t < 0.5$		70.82	64.60	76.99	77.37
$0.5 \leq \Delta t < 1.0$		9.53	11.68	10.46	3.65
$1.0 \leq \Delta t < 1.5$		3.50	2.55	2.93	0.73
$1.5 \leq \Delta t \leq 2.0$		2.72	0.73	0.84	1.46

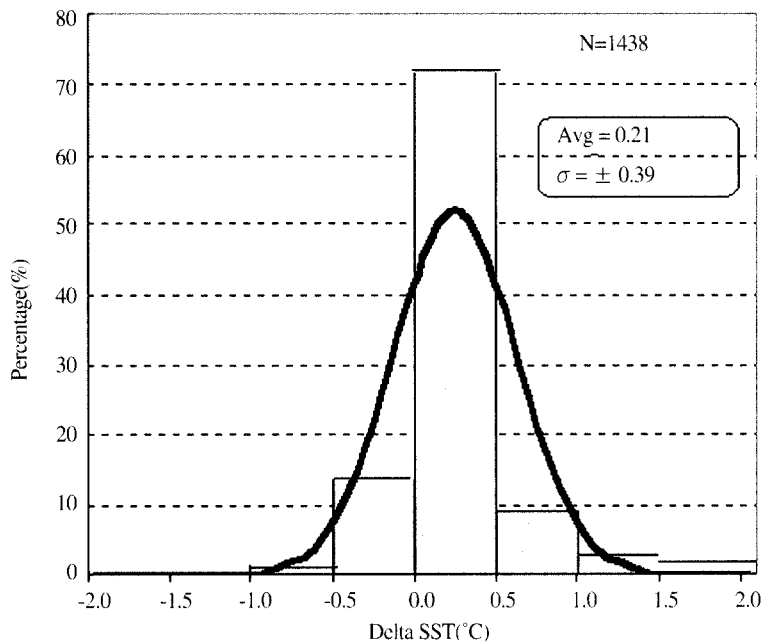


Fig. 2. Frequency distribution of the daily sea surface temperature differences between nighttime from Argos drifter in the East Sea during 1996-1999.

기와 일치함 (기상청, 1997; 1998; 1999; 2000)으로 이와 같은 현상에 대한 하나의 이유가 될 수 있을 것으로 추정된다.

Table 1에는 동해 전 해역에서의 계절별 표면수온의 주야간 온도차(Δt) 변동 범위를 정량화하여

나타내었다.

(2) 동해 표면수온 주야간 온도차의 공간 변화에 따른 변동

아극전선(subpolar front)을 중심으로한 북쪽의

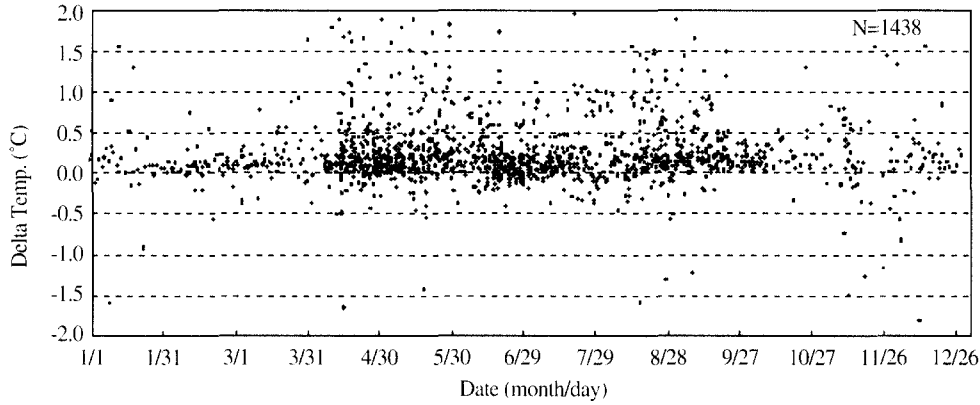


Fig. 3. Seasonal variation of the sea surface temperature differences between daytime and nighttime from Argos drifter in the East Sea during 1996 - 1999.

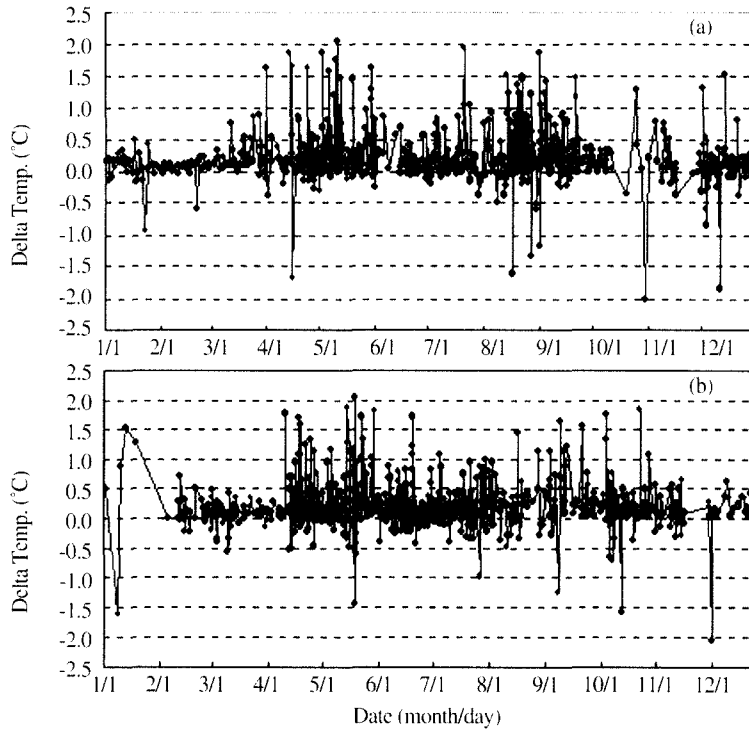


Fig. 4. Seasonal variation of the daytime and nighttime SST differences ($\Delta t = T_d - T_n$) from Argos drifter in the East Sea. (a) North of 38 N. (b) South of 38 N.

한류권과 남쪽의 난류권에서의 일일 변동폭은 양 쪽해역 모두에서 평균 0.5°C 정도의 값을 보였다 (Fig. 4). 표준편차는 난류권 역에서 크게 나타났다. 난류권 역에서의 월별 변동 값은 1월에 0.5°C, 9월에 0.4°C로 비교적 큰 값을 보였으며, 한류권 역에서는 1월과 2월에 최소 값(0.1°C)을 5월과 9월

에 최대 값(0.3°C)을 보였다 (Fig. 5).

주야간 온도차의 이상 변동 값은 1월을 제외한 대부분의 월별 변동양상이 난류권 역보다 한류권 역에서 약 0.8°C로 RMS 진폭이 더 크게 나타났다 (Fig. 6).

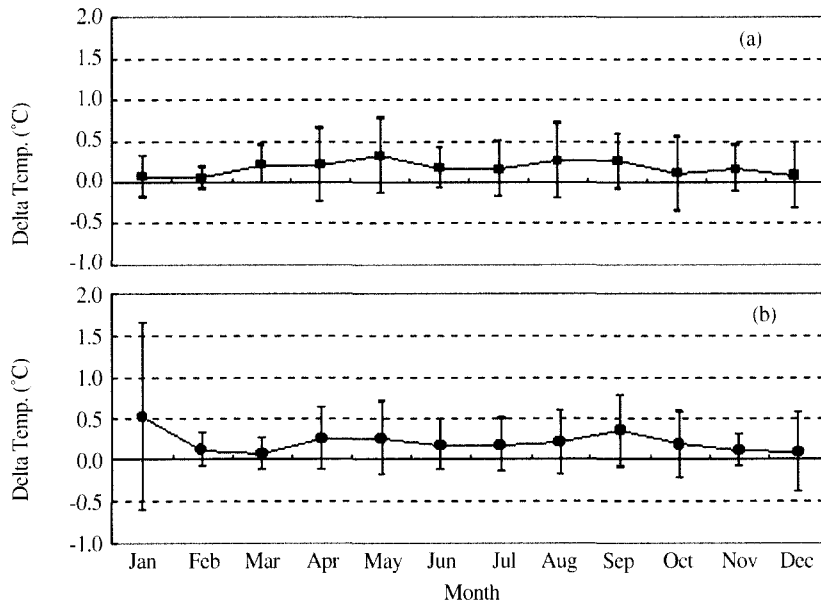


Fig. 5. Monthly changes of the average and standard deviations of the SST differences ($\Delta t = T_d - T_n$) from Argos drifter in the East Sea. (a) north of 38 N. (b) South of 38 N.

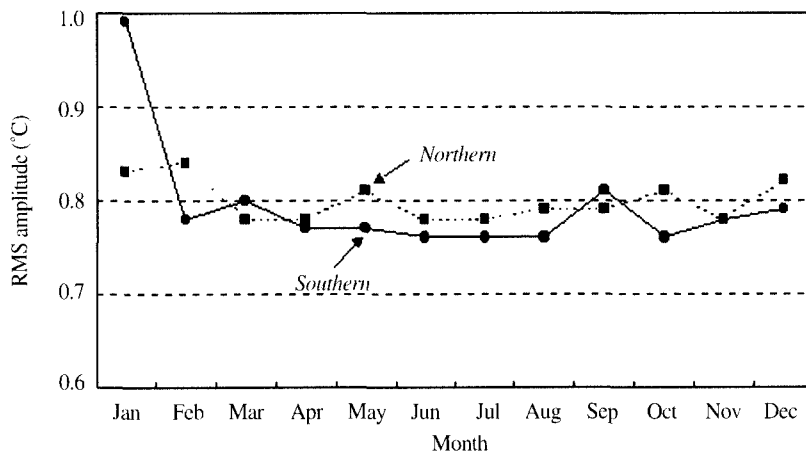


Fig. 6. Monthly distribution of RMS amplitudes of the sea surface temperature difference from Argos drifter in the northern and southern part of 38N in the East Sea.

(3) 동해 전 해역 (위도 1°×경도 1°격자)을 공간 평균한 주야간의 온도차 분포 특성 (1996~1999)

동해 전 해역에 대한 주야간 온도차의 분포 특성을 파악하기 위해 위도×경도 (1°×1°) 격자로 공간 평균한 결과, 여름철의 주야간 일일 온도차 변동폭이 0.1~0.6°C의 범위로 겨울철의 0.1~0.2°C 온도차에 비해 약 2~6배 커 계절에 따른 변화가 큰 것으로 나타났다 (Fig. 7).

일본 노도반도와 사도섬 간 해역에서 여름의 경우 0.3~0.4°C의 높은 값을 나타내는 것을 제외

하고는 위도 40° 이남 해역에서의 여름과 겨울철의 주야간 평균 수온차는 0.1~0.2°C 정도로 대체로 계절 변동 없이 이 해역에서 매우 안정된 양상을 나타내었는데, 이는 대마난류의 주된 흐름이 일정하게 유지됨과 관련 있을 것으로 추정된다.

여름의 경우 북위 40°이북에서 주야간 온도차는 0.3~0.6°C로 비교적 큰 폭의 변동을 보였다. 한편, 여름과 겨울 모두 동한난류의 영향권에서는 0.2°C의 주야간 온도차 변동 값을 나타내었다. 또한 일본 쓰가루해협 남서쪽 300 km 해상(137~138°E, 39~41°N)에서도 계절에 관계없이 0.1°C 이

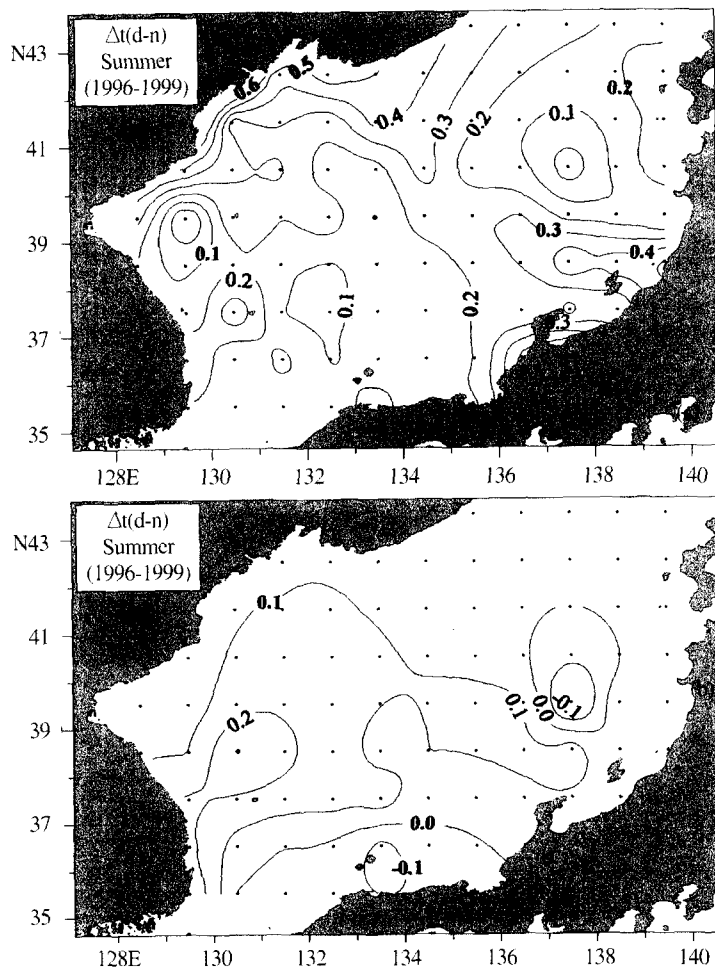


Fig. 7. Horizontal distribution of SST differences ($\Delta t = T_d - T_n$) from Argos drifter (a) in summer and (b) in winter in the East Sea during 1996 - 1999.

하의 안정된 진폭 값을 보였는데, 이는 이 해역이 동해를 통과한 대마난류가 태평양으로 벗어나기 위한 유일한 출구에 해당하는 쓰가루해협을 통과하기 직전에 집결지가 되는 해역으로 년중 온도 변화가 작을 것으로 추정된다.

(4) 표류부이의 주야간 온도차 값과 공간 이동 거리 간의 관계

동해에서 한 낮과 한 밤의 표면수온 온도차를 파악하기 위해 이동하는 표류부이를 통해 관측한 주야간 온도차와 관련된 12시간 정도 시간 흐름에 대한 수평 공간이동 변화로 수괴 특성이 변하는 것은 아닌가하는 의문점에서 표류부이가 이동하면서 관측한 12시간 간격의 주야간 온도차와 그 12시간의 공간 이동거리와의 관계 결과를 scatter diagram으로 알아보았다 (Fig. 8).

표류부이가 더운물과 찬물이 만나는 수온전선대와 같이 서로 다른 성질의 수괴가 인접해 있는 해역에 위치해 있을 때는 공간이동에 따른 수온변화가 컸으나, 일정 시간에 매우 큰 공간을 이동하는 더운물 주축과 같은 균질 수괴를 따라간 경우에는 수온변화가 매우 작았다. 즉, 12시간 간격의 공간이동거리(유속)가 증가함에 따라 scatter의 정도(주야간 온도차)가 줄어드는 것으로 나타났다.

(5) 위성과 표류부이 관측 표면수온의 주야간 온도차 값의 비교

위성에 의해 관측된 수온은 skin temperature를

대표하나 Argos 표류부이에 장착된 수온감지기는 수심 20 cm의 수온을 측정한다. 그러나 위성자료와 관측 자료간의 비교는 위성자료 보정 차원에서 중요하다고 사료된다.

표류부이가 북한의 원산 연근해에서 시계방향으로 빠르게 회전하는 와동류에 포획되었던 1998년 12월 9일~1999년 3월 30일까지의 표류부이 (ID : 17779) 궤적을 나타내었으며 (Fig. 9), 표류부이 관측 수온과 동일한 날짜의 NOAA-14호 위성이 주야간 관측한 영상 수온자료를 비교한 결과 낮과 밤끼리의 위성과 표류부이 자료간의 상관은 $r=0.8$ 이상으로 매우 높은 상관을 보였다 (Fig. 10).

그러나 NOAA 위성의 주야간 관측 표면수온간의 온도차는 2C 정도로 큰 폭의 값을 보였으나, 표류부이 관측 값간 온도차의 변동 진폭은 낮아, 위성 값간 주야간 온도차와 표류부이 값간 주야간 온도차의 관계성($r \leq 0.2$)은 적은 것으로 나타났다 (Fig. 11). 이와 같은 이유는 NOAA 위성과 Argos 표류부이의 수온관측 시각이 5분 이내로 거의 동일 시각에 관측할지라도 위성추정수온의 오차범위가 낮과 밤에 따라, 대기조건에 따라 민감하고도 불규칙적으로 발생하기 때문이라 추정된다. Argos 표류부이가 관측한 수온은 현장관측자료를 다만 NOAA 위성을 중계한 실시간 자료이므로 자료의 오차정도는 $\pm 0.1C$ 로서 그 정확성이 상당히 높다 (Wick and Emery, 1992).

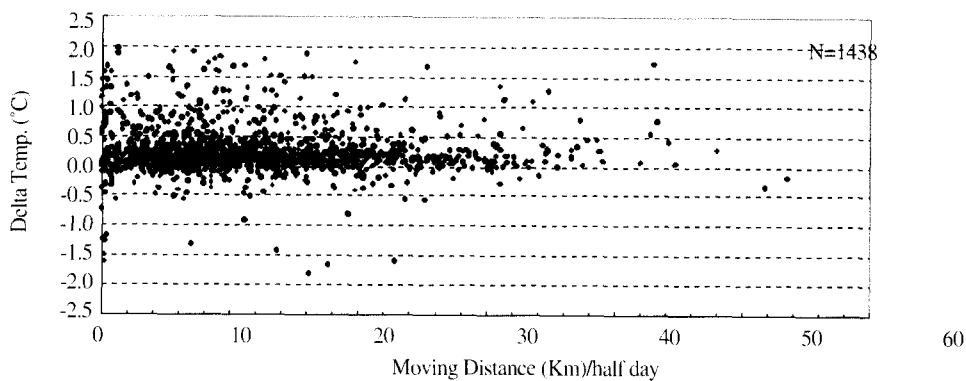


Fig. 8. Relationship between the SST differences ($\Delta t = T_d - T_n$) and the half day moving distance of Argos drifter buoy.

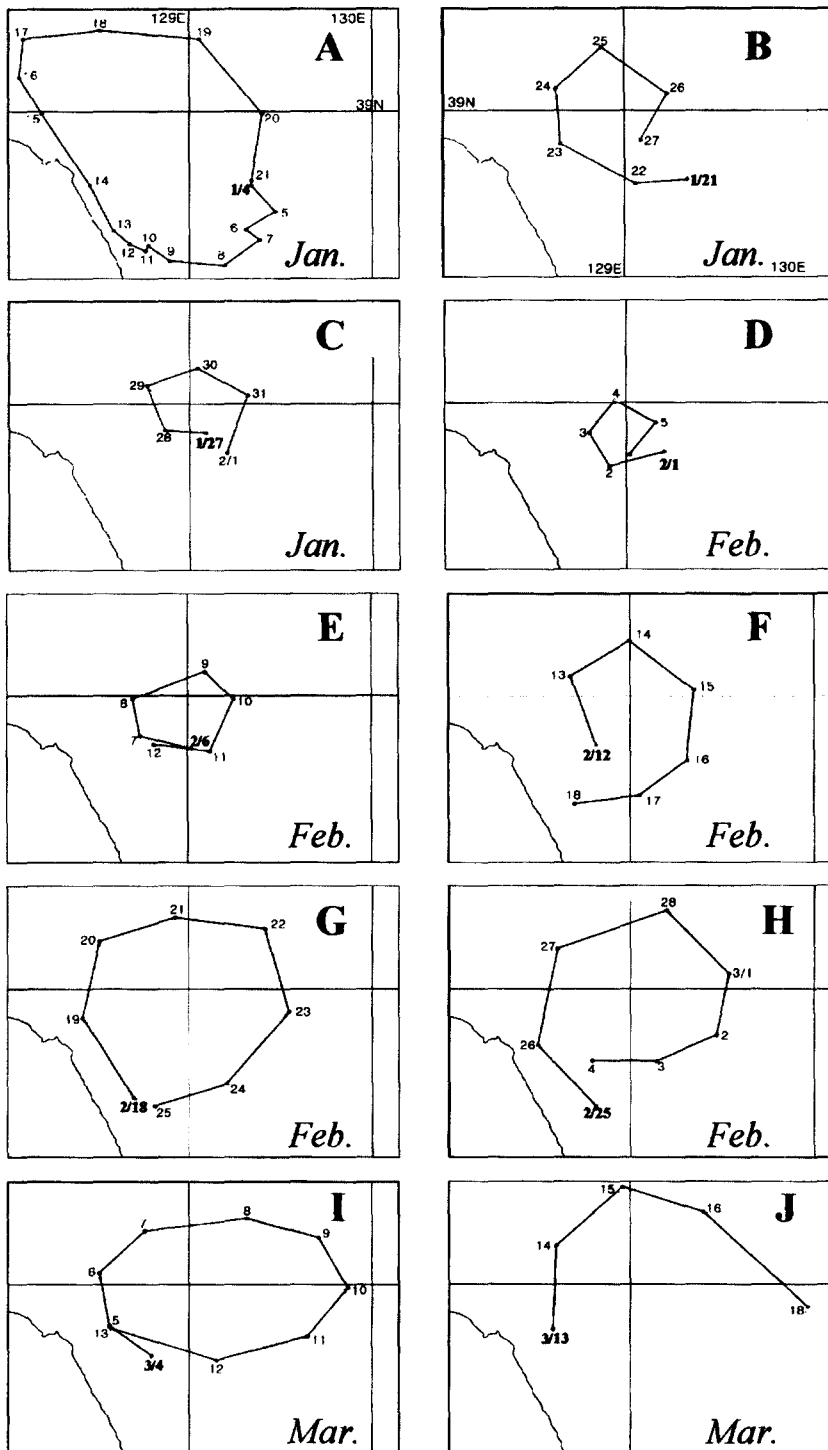


Fig. 9. Tracks of Argos drifter during the January 4, 1999 - March 18, 1999 revealed how the buoy follows the recurring eddy (Suh, *et al.*, 2000).

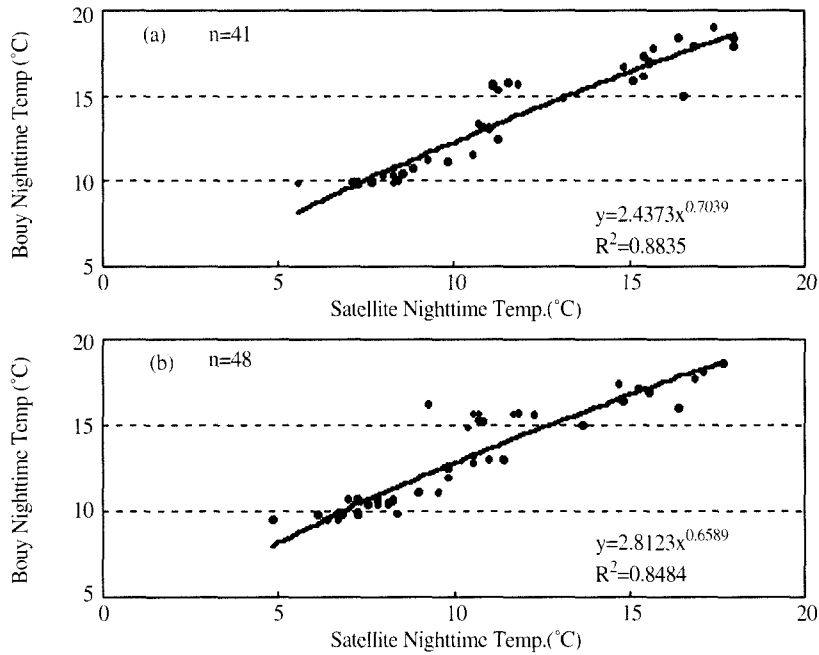


Fig. 10. Relationship between the SST by Argos drifter (ID 17779) and that by NOAA-14 satellite during December 9, 1998 March 30, 1999. (a) Daytime. (b) Nighttime.

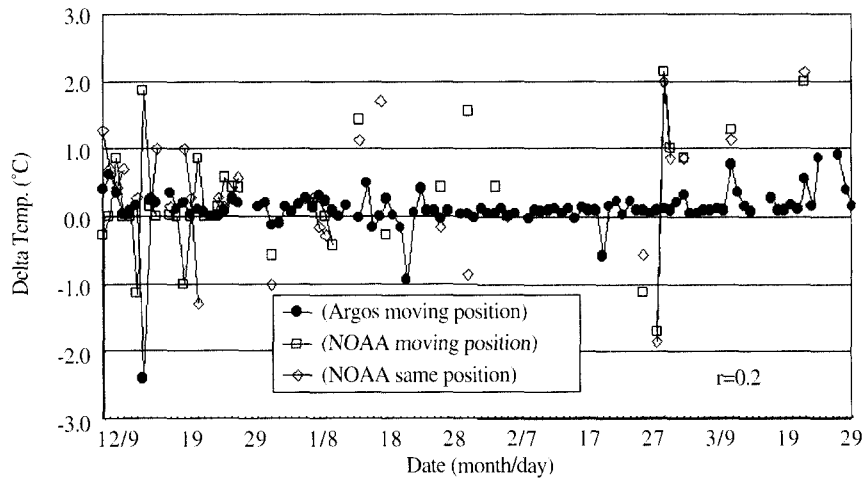


Fig. 11. Distribution of the SST differences ($\Delta t = T_d - T_n$) derived from NOAA-14 satellite and those from Argos drifter (ID : 17779) for December 9, 1998 - March 30, 1999.

4. 고찰

동해 전 해역에서 계절변화에 따른 표면수온의 주야간 온도차는 겨울보다는 여름에 2~6배정도

크게 변동하였고 일년 중 늦봄(4월 중순~5월 하순)과 초가을(8월 하순~9월 중순)에 가장 큰 일변화 폭을 나타내었는데, 이는 계절 이행시기의 원인과 특히, 늦여름과 초가을의 경우는 빈도수가 큰

저기압 통과에 영향을 기인되는 것으로 추정된다.

동해에서 공간 변화에 따른 표면수온 주야간 온도차의 변동은 아극전선대를 중심으로 볼 때 난류권의 일일변동폭의 표준편차가 한류권보다 크다는 것을 통해 난류권의 계절변동이 한류권보다 크다는 결과는 얻었으나, 년별 변화에 따른 주야간 온도차의 월별 이상 수온변동의 경우 난류권보다 오히려 한류권에서 다소 크게 변동하였다. 이는 동해의 대부분 남부 해역이 대만난류의 계절변동과 연별 변동에 큰 영향을 받는 것이 원인인 것으로 사료된다.

또한 본 연구에서는 표류부이 관측수온으로 주야간 온도차 변동을 보았으므로 표류부이의 공간 이동에서 비롯되는 온도 오차 등을 고려해야만 했다. 난류의 주축처럼 유속이 빠른 곳에서는 일정 시간 내 비록 공간 이동 스케일은 크나, 반대로 주야간 온도차는 작아지는 안정된 값을 보였다. 그러나 부이의 수평이동이 거의 없는 잔잔한 해역과 서로 다른 수괴가 만나는 수온전선역에서는 일일 변동폭이 비교적 크게 나타났다.

위성 및 원격추적부이 관측 수온자료를 이용하여 주야간 표면 온도차의 시공간 변동 특성 분석 시 비록 하루범위 내에 이동하는 표류부이가 관측한 수온이 정확히 같은 장소의 것이 아니더라도 동해 전체의 해양변동을 중규모 스케일 관점에서 보면 하루동안의 공간 이동 범위 내에서의 수온은 한 고정점에서의 주야간 표면수온 값으로 간주하여 그 변동 값을 정량화 할 수 있다는 결과를 얻었다. 이러한 개념의 적용은 이미 전세계 대양을 대상으로 해류조사를 하면서 관측되어있는 수온 자료를 처리하여 주야간 온도차 변동을 파악할 수 있는 연구 접근 방법이라 사료된다.

향후 위성 추정 수온 값의 정밀도가 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 이내 범위로 정확해지면 표면 20cm 이내의 미세(microscale) 혼합층 수심변동과 관련된 바람의 영향, 일사량, 난류와 한류의 이류(advection) 변동량 등과 표류부이 관측 온도차 변동 현상간의 관계성 연구는 흥미로운 연구결과를 도출할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 국립수산진흥원, 1997. 1996년도 한국근해 수온분포도, 277.
- 국립수산진흥원, 1998. 1997년도 한국근해 수온분포도, 283.
- 국립수산진흥원, 1999. 1998년도 한국근해 해양정보, 336.
- 국립수산진흥원, 2000. 1999년도 한국근해 해양정보, 173.
- 기상청, 1997. 기상연보 1996, 241.
- 기상청, 1998. 기상연보 1997, 244.
- 기상청, 1999. 기상연보 1998, 247.
- 기상청, 2000. 기상연보 1999, 248.
- 문승의, 1997. 기상환경의 이해. 지구문화사, 162.
- Argos, 1989. *Guide to the Argos system*, 206.
- Argos, 1996. *User's manual 1.0*, 176.
- Cornillon P. and L. Stramma, 1985. The distribution of diurnal sea surface warming events in the western Sargasso Sea, *J. Geophys. Res.*, 90: 11811-11816.
- Dalu, G. A. and R. Purini, 1982. The diurnal thermocline due to buoyant convection, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 108: 929-935.
- Deschamps P. Y. and R. Frouin, 1984. Large diurnal heating of the sea surface observed by the HCMR experiment, *J. Phys. Oceanogr.*, 14: 177-184.
- Halpern D. and R. K. Reed, 1976. Heat budget of the upper ocean under light winds, *J. Phys. Oceanogr.*, 6: 972-975.
- Kaiser J. A. C., 1978. Heat balance of the upper ocean under light winds, *J. Phys. Oceanogr.*, 8: 1-12.
- Lauritson, L. and G. Nelson, 1979. Techniques for Data Extraction and Calibration of TIROS_N/NOAA Series Satellite Radiometers for Direct Readout Users., *NOAA-NESS Publication*, 107.

- Lee D. K., J. C. Lee, S. R. Lee and H. J. Lee, 1997. A circulation study of the East Sea using satellite-tracked drifters 1: Tsushima current, *J. Korean Fish. Soc.*, 30(6): 1021-1032.
- Suh, Y. S., B. G. Mitchell and K. S. Lim, 1999. A recurring eddy off the Korean northeast coast captured on satellite ocean color and sea surface temperature imagery, *J. of the Korean Society of Remote Sensing*, 15(2): 175-181.
- Suh, Y. S., J. H. Kim and H. G. Kim, 2000. Relationship between sea surface temperature derived from NOAA satellite and *Cochlodinium polykrikoides* red tide occurrence in Korean coastal water, *J. of the Korean Environmental Sciences Society*, 9(3): 215-221(in Korean).
- Suh, Y. S., L. H. Jang, J. H. Kim, Y. Q. Kang and K. S. Lim, 2000. Study of a recurring anticyclonic eddy off Wonsan coast in northern Korea using satellite tracking drifter, satellite ocean color and sea surface temperature imagery, *J. of the Korean Society of Remote Sensing*, 16(3): 211-220(in Korean).
- Sybrandy A. L and P. P. Niiler, 1991. WOCE/TOGA lagrangian drifter construction manual, *SIO ref. 91/6. WOCE Rep.* 63, 58., Scripps Inst. of Oceanogr., La Jolla, Calif
- Wick, G. A. and W. J. Emery, 1992. A comprehensive comparison between satellite-measured skin and multichannel sea surface temperature, *J. of Geophys., Res.*, 97(C4): 5569-5595.