

## 위성영상에서 관측한 태풍 Nabi 통과시의 한반도 동부해역 수온의 단기변동

김상우\* · 야마다게이코 · 장이현 · 홍철훈<sup>1</sup> · 고우진 · 서영상 · 이 주<sup>2</sup> · 이규형<sup>3</sup>

국립수산과학원 해양연구팀, <sup>1</sup>부경대학교 해양생산관리학과  
<sup>2</sup>동해수산연구소 증식연구팀, <sup>3</sup>전남대학교 해양시스템보전전공

### Short-term Variation of Sea Surface Temperature Caused by Typhoon Nabi in the Eastern Sea of Korean Peninsula Derived from Satellite Data

Sang-Woo KIM\*, Keiko Yamada, Lee-Hyun JANG, Chul-Hoon HONG<sup>1</sup>, Woo-Jin GO, Young-Sang SUH, Chu LEE<sup>2</sup> and Gyu-Hyong LEE<sup>3</sup>

*Ocean Research Team, National Fisheries Research and Development Institute, Busan, 619-092, Korea*

<sup>1</sup>*Department of Marine Production Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

<sup>2</sup>*Aquaculture Research Team, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Kangnung, 210-861, Korea*

<sup>3</sup>*Ocean Environmental System Program, Chonnam National University, Yosu 550-749, Korea*

A remarkable sea surface cooling (SSC) event was observed in the eastern sea of Korean peninsula based on new generation sea surface temperature (NGSST) satellite images in September 2005, when typhoon Nabi passed over the East Sea. The degree of SSC ranged from 1°C to 4°C, and its maximum was observed in the southeastern sea area. Daily variations in sea surface temperature at a longitudinal line (35°-41°N, 132°E), derived from satellite data for September 1-13, 2005, showed that the SSC lasted about 3 days after the typhoon passed in the south of 39°N, whereas it was unclear in the north of 39°N. Water temperature measured by a mooring buoy suggested that the SSC was caused mainly by a vertical mixing of the water column driven by the typhoon, rather than by coastal upwelling.

Key words: East Sea, Sea surface cooling, Sea surface temperature, Typhoon, Nabi

#### 서 론

태풍 통과 후에 해양 표면온도가 하강하는 해수면 냉각현 (sea surface cooling, SSC)에 대해서는 현장관측과 수치실험 등의 많은 연구를 통해 광범위하게 연구되어 왔다 (Fedorov et al., 1979; Stramma et al., 1986; Sakaida et al., 1998; Senjyu et al., 1999; Hong, 2003; Hong and Sohn, 2004). Sakaida et al. (1998)은 NOAA/AVHRR (advanced very high resolution radiometer) 영상을 이용하여 T8914와 T8915 태풍이 1989년 8월 일본 동북지역에 통과했을 때 SSC가 최대 9°C 이었고, Cornillon et al. (1987)도 NOAA/AVHRR SST 영상을 이용하여 Gulf Stream 북부 해역에서 SSC가 5°C 이상 발생한다고 하였다. 이들은 표층에서 강한 성층이 형성되는 특정해역에서 큰 SSC가 나타날 수 있음을 제시하였다.

한반도 주변 해역에서는 Senjyu et al. (1999)이 일본 서부해역인 산인연안에서 현장관측 자료를 이용하여 태풍 Oliwa 통과시 SSC가 6-7°C 발생함을 관측하였고, Hong (2003)이 수치모델을 이용하여 이 현상이 연안용승과 관계가 있음을 밝혔다. Hong and Sohn (2004)은 수치모델을 이용하여 태풍 통과 후 해양표면수온의 급하강 현상, SSC 상태의 수일간

유지 등을 제시하였고, Nam et al. (2004)은 동해 실시간 해양관측 부이자료와 모델을 이용하여 태풍 매미가 에 대한 연안해역의 반응에 관해 보고한 바 있다. 특히, Lee and Niiler (2003)와 Suh et al. (2003)은 해양관측 및 위성 자료를 이용하여 태풍 통과 후에 해양표면수온이 급격하게 하강 된 것을 관측하였다.

위성원격탐사는 광범위한 해역을 동시에 관측하기에 탁월하지만, 태풍 통과 당시의 해양표면수온 관측은 구름에 의한 영향 때문에 NOAA 위성과 같은 수동형 위성으로는 관측이 불가능하다. Suh et al. (2002; 2003)은 태풍통과의 영향으로 한국 연근해역의 표층수에서 SSC 현상이 잘 나타난 NOAA/AVHRR 위성자료를 선별하여 태풍통과 전과 후의 변화를 일부 볼 수 있었지만 태풍 통과 당시의 해양 상태는 관측할 수 없었다. 최근 광역해역에서 열적외선 영상과 마이크로파 영상 자료를 이용하여 구름의 영향을 제거한 깨끗한 새로운 해양표면수온 자료 생산을 위한 시도로 태풍과 같은 악기상 상태에도 해양표면수온의 관측이 가능하게 되었다 (Guan and Kawamura, 2003; Hosoda and Kawamura, 2004). 현재까지 연구된 대부분의 결과는 거의 태풍이 통과하기 이전과 이후에 관한 것이며, 태풍 통과 당시의 수온관측에 대한 연구는 최근에 활발한 연구가 진행 중이다.

본 연구에서는 전통적인 해양관측 위성에 의해 조사가 거의

\*Corresponding author: swkim26@nfrdi.re.kr

되지 않았던 태풍통과 당시 및 태풍통과 전후의 해양표면수온 변동을 위성관측 해양표면수온과 현장관측 수온 자료를 이용하여 태풍 NABI 통과에 따른 한반도 동부해역 연근해의 해양표면수온의 단기변동을 파악하였다.

### 재료 및 방법

본 연구는 14호 태풍 NABI가 동해를 통과하기 전인 2005년 9월 1일에서 통과 후인 9월 13일까지 동경 127-134°E와 북위 34-42°N 영역에서 수일간 해양표면수온의 시공간적 변동 특성을 분석하였다 (Fig. 1).

위성관측 해양표면수온 자료는 일본 동북대학교에서 열적외선 NOAA/AVHRR, MODIS (moderate resolution imaging spectroradiometer) 및 개량형고성능 마이크로파 복사계 (advanced microwave scanning radiometer, AMSR-E) 영상을 합성하여 새롭게 개발한 차세대 위성관측 해양표면수온 (new generation sea surface temperature, NGSST)을 이용하였다 (Guan and Kawamura, 2003; Hosoda and Kawamura, 2004).

NGSST 자료는 공간해상도가 25 km×25 km인 마이크로파 AMSR-E의 자료와 해상도가 약 1 km×1 km인 MODIS 및 NOAA 열적외선 자료로부터 알고리즘을 개발하여 해상도를 약 5.5 km로 향상시킨 것으로 구름 없는 맑은 상태의 해양표면수온 정보를 추출할 수 있는 장점이 있다. 이 들 자료의 합성 과정 전에 위성관측 SST의 품질 관리를 위하여 구름에 의해 대부분 영향을 받은 0.01도 공간격자 간격의 이상 값은 10일 동안 합성된 구름 없는 AMSR-E 영상과의 비교를 통해 제거하였다. AMSR-E 관측이 유효하지 못한 연안해역 부분은 공간적으로 보간된 연안해역의 SST와 전날에 합성된 SST로부터 생성되었다.

태풍 진로에 따른 바람의 세기를 파악하기 위하여 Remote Sensing System (<http://www.ssmi.com>)에서 제공되는 QuikScat 위성자료를 이용하여 태풍이 동해를 통과하기 이전인 2005년 9월 1일과 태풍이 동해 남부해역에서 동해를 벗어나기까지인 9월 5-9일간의 해상풍을 조사하였다. 한반도 동부해역의 동서 및 남북 해양표면수온의 시공간적 분포는 북위 36°N 및 40°N에서 동경 130-133°E와 동경 132°E에서 북위 35-41°N의 수온 영상을 분석하였다 (Fig. 1).

태풍 통과에 따른 연안 수온의 연직분포는 국립수산과학원 동해수산연구소에서 관리하고 있는 강릉 연안에서 3 km 떨어진 수심 약 35 m인 지점에 수심 2 m, 15 m 및 30 m에 30분 간격으로 자료를 얻을 수 있도록 설치한 부이자료를 분석하였다.

### 결과 및 고찰

태풍 NABI 진로에 따른 바람의 방향과 세기를 보기 위하여 태풍이 동해를 통과하기 전인 9월 1일과 동해상을 통과하는 시기인 9월 5-7일 및 동해상을 완전히 빠져나간 9월 8-9일의 QuikScat 위성영상을 Fig. 2에 나타내었다.

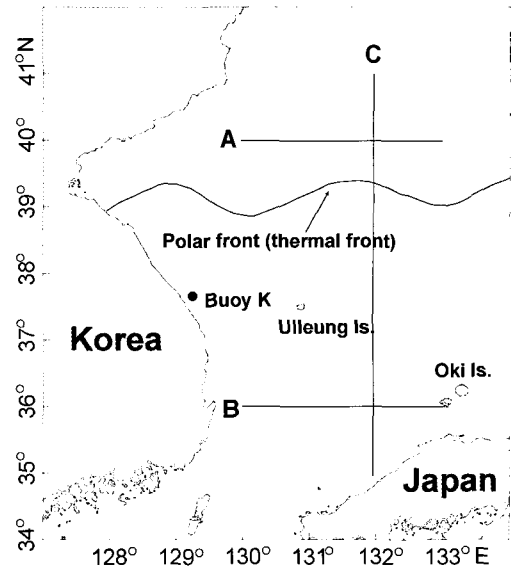


Fig. 1. Study area and location of a mooring buoy K off Kangnung, Korea. A and B lines show the east-west transect in 36°N and 40°N latitudes. C line shows the north-south transect line in 132°E longitude.

태풍이 동해상에 근접하기 이전인 9월 1일의 경우 동해의 바람 방향은 거의 남풍계열이고, 바람의 세기도 동해 북부 일부 해역을 제외하고 동해 전 해역에서 평균 5 m/sec 이하로 약하게 나타났다. 태풍이 일본 류슈 남단에 위치하기 시작한 9월 5일부터 바람 방향은 동해 중심부해역에서는 대부분 동풍이고, 태풍 중심의 왼쪽에 위치한 대한해협을 중심으로 한 남부해역에서는 북풍계열의 바람이 우세하였다. 바람의 세기도 북위 38도 주변의 극전선을 중심으로 한 동해 북부해역은 5 m/sec 이하인 반면에 남부해역에서는 10-20 m/sec로 강하게 나타나기 시작했다. 태풍의 중심이 거의 한국 동해안과 일본 혼슈열도에 위치한 6일의 경우, 동해 전해역에서는 거의 동풍이고, 바람의 세기는 동해남부해역에서 20-30 m/sec로 가장 강하였다. 태풍의 중심이 동해 북동부해역에 위치한 7일은 동해의 서부해역에서는 거의 북풍계열이고, 동부해역인 일본의 북해도 주변은 동풍, 일본 연안부근은 남풍계열을 보였다. 이때 바람의 세기는 동해 서부해역인 한국연근해 부근이 약 13 m/sec 정도이고, 일본 연근해인 동부해역은 15 m/sec에서 최대 30 m/sec 부근까지 강하게 나타났다. 태풍이 북태평양으로 빠져나가기 시작한 8일은 동해 전해역이 서풍계열이고, 태풍이 완전히 동해상을 벗어난 9일에는 3 m/sec 이하의 비교적 약한 남풍계열의 바람만이 동해 전해역에 분포하였다.

태풍 통과에 따른 9월 1일, 5일, 7일 및 9일의 해양표면수온의 공간적 분포를 Fig. 3에 나타내었다. 태풍 통과 직전인 9월 1일 수온의 분포범위는 22-28°C이고, 동경 132°E 동부의 북위 39-41°N 부근에 수온의 남북 경사가 강한 극전선역이 형성되어 있다. 태풍 중심이 일본 류슈 남단에 위치한 9월 5일의 경우, 태풍이 동해에 근접하기 직전인 9월 1일에 비해 수온의 분포범위는 21-27°C로 동해 전해역의 공간적인 수온분포가

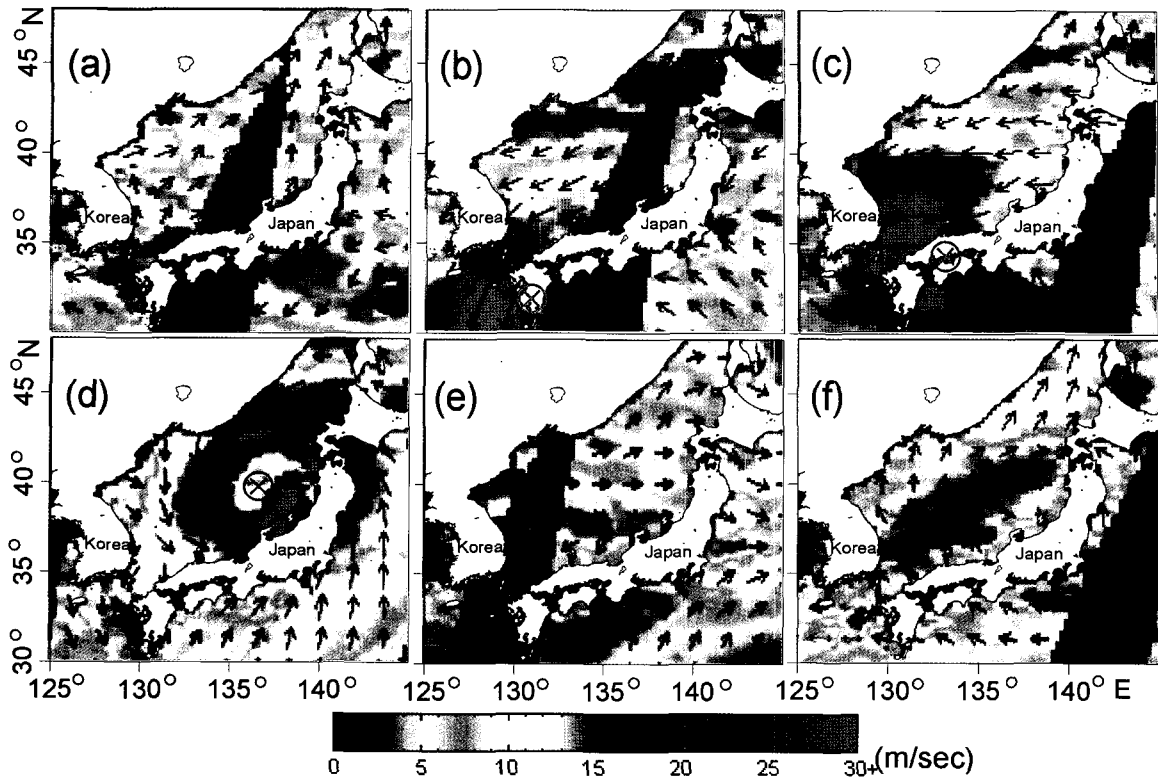


Fig. 2. QuikScat wind images obtained on Sept. 1 (a), Sept. 5 (b), Sept. 6 (c), Sept. 7 (d), Sept. 8 (e) and Sept. 9 (f). X symbol represents the center of Typhoon Nabi. The color scale of wind speed (m/sec) is shown at the bottom. Black part has no data.

1-2°C 정도 낮아졌다. 태풍의 중심이 동해 중부해역에 위치한 9월 7일은 수온의 분포범위가 동해 전해역에서 20-27°C로 북위 38도 남쪽 해역에서 SSC가 9월 5일보다 약 2°C 정도 뚜렷하였고, 대한해협 부근에는 강한 수온경사가 형성되었다. 이 시기에 동해 표면수온의 공간적 분포는 Fig. 2(d)에 나타낸 바와 같이 태풍 중심의 서쪽에 위치한 한국 근해는 강한 북풍 계열의 바람에 의해 표층과 하층의 혼합에 의한 SSC와 동해 중부해역에서 남부해역 방향으로 혀모양의 이류에 의한 표면해수의 수송으로 대한해협 부근에서 약 0.04°C/km의 강한 수온구배가 형성된 것으로 생각된다. 태풍이 동해상을 완전히 벗어난 9월 9일 수온의 공간분포 범위는 21-26°C로 대한해협 부근에서 형성된 강한 수온구배는 사라지고 수온은 태풍통과 당시보다 오히려 낮았으나, 북위 39도 이북은 표면수온이 서서히 상승되는 것을 알 수 있다. 특히, 동해남부 해역에서 태풍통과 후 수온의 감소는 Hong (2003)과 Hong and Sohn (2004)이 태풍통과 후 관성진동이 탁월하다고 제시한 바와 같이, 태풍은 동해상을 벗어났지만 관성진동에 의한 표층과 하부층과의 수온 혼합이 계속 이루어지고 있음을 시사하고 있다.

Fig. 3에 제시된 태풍 통과에 따른 수온의 공간적인 분포 차이는 태풍이 동해 중부해역 중심부에 위치한 9월 7일과 태풍 통과 전인 9월 1일 사이의 위성영상 수온 차와 태풍이 동해상을 벗어난 9월 9일에서 9월 7일의 수온 차를 분석하였

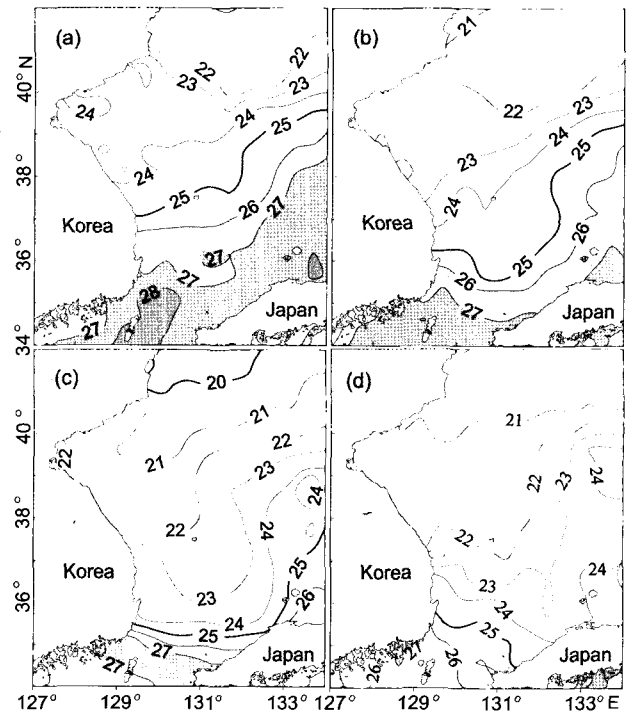


Fig. 3. Horizontal distribution of sea surface temperature (SST, °C) between before and after Typhoon Nabi derived from NGSST images on Sept. 1 (a), Sept. 5 (b), Sept. 7 (c) and Sept. 9 (d).

다 (Fig. 4). 태풍 통과 당시 (9월 7일)에서 통과 이전 (9월 1일)의 수온 차이에 대한 공간적 분포는 동해 전해역에서 1-4°C 낮아지는 SSC를 보였고, 특히, 북위 38도 이남해역에서 3°C 이상으로 가장 낮았다 (Fig. 4a). 태풍 통과 이후 (9월 9일)에서 태풍 통과 당시 (9월 7일)의 수온 차에 대한 공간적 분포는 대한해협 부근, 일본 연안 및 동해 강릉주변에서 1-2°C로 수온이 낮았지만, 북위 38도 이북해역 대부분은 수온변동이 없거나 1°C 정도 높았다. 태풍 통과에 따른 SSC는 Senjyu et al. (1999)이 일본 산인연안에서 태풍 Oliwa 통과시 SSC가 6-7°C 발생함을 관측하였고, Suh et al. (2003)은 1994년 8월 DANAS 태풍통과 후 한국 동해연안 부근에서 3-5°C SSC가 나타남을 발견한 바 있다. 이러한 태풍 통과에 따른 큰 SSC는 Sakaida et al. (1998)와 Suh et al. (2003)이 제시한 바와 같이 태풍의 크기뿐만 아니라, 수온의 연직구조와 관계가 깊을 것으로 생각된다. 즉, 여름철 태양복사에 의해 형성된 상부층의 성층두께에 따른 저층 냉수가 어느 정도 존재하는가에 따라서 태풍에 의한 심한 교란이 표면수온의 냉각 정도에 영향을 미칠 것이다.

Fig. 3과 Fig. 4에 제시한 태풍 통과에 따른 해양 표면수온의 수평적인 분포에 따른 수온의 연직분포는 강릉 부이자료에서 관측한 표면 아래 2 m, 15 m 및 30 m 층에서 9월 1일부터 11일까지의 자료를 분석하였다 (Fig. 5). 해양표면 아래 2 m의 수온은 1일부터 지속적으로 감소 경향을 보이고, 그 하부층인 15 m와 30 m 수심의 수온은 서서히 증가하면서 태풍 중심이 일본 류슈 남단에 위치한 9월 5일 (Fig. 2b)에 일시적으로 수온이 감소하였으나, 그 이후 태풍의 중심이 동해상의 북동부해역에 위치한 7일 (Fig. 2d)까지 급격한 증가를 나타내었다. 특히, 30 m 층 수온은 9월 5-7일의 3일 동안 수온이 3.4°C/day로 급격한 증가를 보였다. 이와 같이 태풍이 동해 주변해역을 통과함에 따라 표면수온의 하강과 달리 그 하부층의 수온이 상승하는 것은 상층의 고온수와 하층의 저온수 사이의 혼합에 의해 발생한 것으로 생각된다. 이 과정에서 해표면 수온의 최소화는 태풍 통과 후인 9월 8일부터 약 3일 동안 지속되다가 시간이 경과할수록 점점 표면혼합층의 두께가 얇아지면

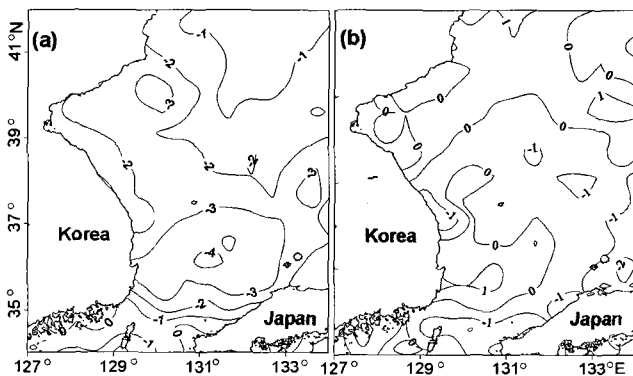


Fig. 4. Difference in SST (°C) caused by Typhoon Nabi between Sept. 7 and Sept. 1 (a), between Sept. 9 and Sept. 7 (b).

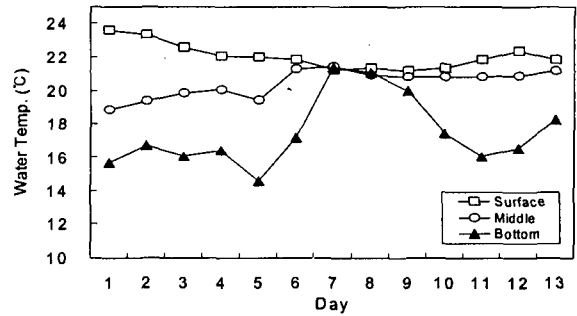


Fig. 5. Variations of water temperature measured by buoy K at surface (2 m), middle (15 m) and bottom layer (30 m) off Gangneung, Korea from Sept. 1 to Sept. 13, 2005.

서 본래의 수온으로 회복되는 것을 알 수 있다.

Senjyu and Watanabe (1999)는 태풍 Oliwa 통과시 일본 북부연안을 따른 SSC 발생을 관측하였고, Hong (2003)은 3차원 수치 모델을 이용하여 이 현상이 연안용승에 의한 것임을 밝혔다. 또한, Price (1981)도 태풍통과시의 SSC는 주로 entrainment와 용승 효과에 의해 발생한다고 하였다. 그러나 태풍 NABI의 경우는 태풍 Oliwa처럼 연안을 따른 통과보다는 Fig. 2와 같이 동해상을 주로 통과하며 일본 연안처럼 연안용승 효과보다는 오히려 Fig. 5와 같이 상하층간의 혼합에 의해 SSC가 나타난 것을 알 수 있다. 이것은 Sakaida et al. (1998)이 제시한 바와 같이 태풍 통과에 따른 큰 SSC는 여름철 태양복사에 의해 형성된 상부층 성층이 태풍에 의한 심한 교란으로 파괴되고, 보다 깊은 층의 냉수가 나타난다는 것과 대응한다. 또한, Senjyu and Watanabe (1999)와 Su et al. (2001)이 보고한 바와 같이, 가장 큰 강풍이 관측된 시각의 수온 감소는 용승보다는 오히려 강풍에 의한 기계적인 혼합이나 해양 표면을 통한 열교환에 의한 영향으로 기인된 것으로 생각된다.

수온의 공간적 분포에 따른 남북 표면수온의 시계열 분포는 동경 132°E의 북위 35-41°N 선상 (C line)의 9월 1일부터 13일의 자료를 분석하였다 (Fig. 6). 전체적인 수온변동의 경향은 Fig. 2(c)에 나타난 바와 같이, 태풍이 동해 남부해역에 위치하기 시작한 9월 6일과 7일 동안 북위 39도 이남에서 위도 분포에 따른 수온분포의 차가 심하게 나타났다. 여기서, 23°C와 24°C의 등온선 분포는 북위 39°N에서 북위 35°N 주변까지 약 2-3도 남쪽에 위치하여 분포하였다. 이들 수온 분포는 태풍이 동해상을 완전히 벗어난 10일에 가장 남쪽에 위치하였고, 그 이후 다시 남에서 북으로 위도의 증가에 따른 수온의 증가를 보였다. 이와 같이 급격한 수온분포의 공간변화는 태풍의 이동에 따른 태풍의 왼쪽 방향에 위치한 한국 동해 연안에 평행한 남쪽 방향으로의 바람 성분이 크게 작용하였고, 그 결과 표층수와 그 하부층수와의 혼합에 의해 SSC가 나타난 것으로 생각된다. 특히, 북위 39도 이남해역에서 표면수온의 최소화는 태풍이 동해상을 통과한 9월 7일 이후인 8-10일 사이에 나타났으며, 이것은 Hong and Shon (2004)이 1983-2000년 동안 동해의 일본 연안에 설치된 일본 기상청 부이자료를 해석한 결과처럼

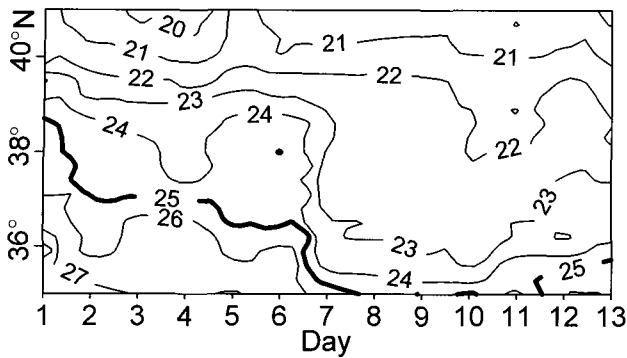


Fig. 6. Daily SST (°C) variations derived from NGSST images in 132°E longitude and the latitude distribution (35-41°N) along C line from Sept. 1 to Sept. 13, 2005.

태풍 통과 후 표면수온의 최소가 반나절-1일 사이에 발생했다는 것과 시간적 차이는 다소 있지만 경향은 잘 일치한다. 또한 Hong and Shon (2004)이 제시한 바와 같이, 표면수온의 최소가 발생하는 것은 태풍통과 후 발생하는 SSC의 유지가 대기온도와의 상호작용 또는 주변해수의 이류혼합작용 등에 의해 기인한다는 것을 시사하고 있다. 한편, 북위 40도 이북에 위치한 22°C 이하의 수온은 남북간에 큰 변동 폭이 없었다.

동경 130-133°E 선상의 9월 1일부터 13일까지 동해 북부해역 (A line) 및 남부해역 (B line)에 대한 동서방향 수온의 시계열 분포는 수온변동이 태풍 통과 당시의 9월 6일부터 시간이 지남에 따라 수온이 하강하기 시작하고, 9월 10일 이후에 다시 수온이 회복되는 양상을 보였다 (Fig. 7). 남북수온 변동에 비해 동서간의 수온의 차이는 6일과 7일 사이에 1-2°C 수온 차이를 제외하고 수온의 큰 변동은 보이지 않았다.

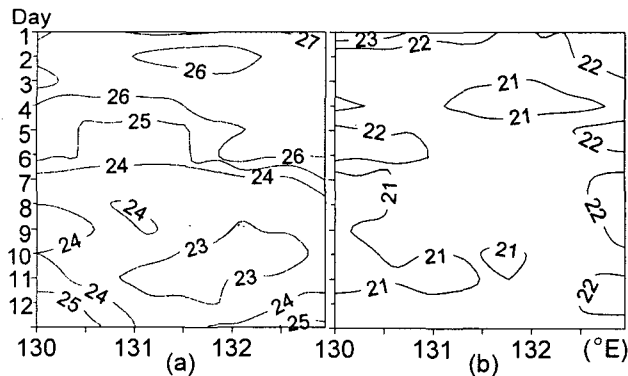


Fig. 7. Daily SST (°C) variations derived from NGSST images in 36°N (a), 40°N (b) latitude and the longitude (130-133°E) along B and A lines from Sept. 1 to Sept. 13, 2005.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 (첨단위성 해양정보활용시스템 운영, RP-2007-ME-005)의 연구비 지원 및 한국해양연구원 위탁과제 어장지수정보 추정기술개발 (II) 과제에 의하여 수행되었습니다.

참 고 문 헌

Cornillon, P., L. Stramma and J.F. Price. 1987. Satellite measurements of sea surface cooling during hurricane Gloria. *Nature*, 326, 373-375.

Fedorov, K.N., A.A. Varfolomeev, A.I. Ginzburg, A.G. Zatsepin, A.Y. Krasnopevtsev and A.E. Skylarov. 1979. Thermal reaction of the ocean on the passage of the Hurricane Ella. *Okeanologiya*, 19, 992-1001.

Guan, K. and H. Kawamura. 2003. SST availabilities of satellite infrared and microwave measurements. *J. Oceanogr.*, 59, 201-209.

Hong, C.H. 2003. A three-dimensional numerical study of coastal upwelling in the northern Japanese coastal region with the passage of typhoon Oliwa. *J. Kor. Fish. Soc.*, 36, 723-734.

Hong, C.H. and I.K. Sohn. 2004. Sea surface cooling in the East Sea with the passage of typhoons. *J. Kor. Fish. Soc.*, 37, 137-147.

Hosoda, K. and H. Kawamura. 2004. Examination of the merged sea surface temperature using wavelet analysis. *J. Oceanogr.*, 60, 843-852.

Kim, S.W., S. Saitoh, J. Ishizaka, Y. Isoda and M. Kishino. 2000. Temporal and spatial variability of phytoplankton pigment concentrations in the Japan Sea derived from CZCS images. *J. Oceanogr.*, 56, 527-538.

Kim, S.W., Y. Isoda and T. Azumaya. 2003. Seasonal variation of phytoplankton in the East Sea using a surface mixed layer ecosystem model. *J. Kor. Fish. Soc.*, 36, 178-186.

Nam, S., J.Y. Yun and K. Kim. 2004. Observations on the coastal ocean response to typhoon Maemi at the East Sea real-time ocean buoy. *J. Kor. Oceanogr.*, 38, 111-118.

Lee, D.K. and P. Niiler. 2003. Ocean response to typhoon Rusa in the south sea of Korea and in the East China Sea. *J. Kor. Oceanogr.*, 38, 60-67.

Price, J.F. 1981. Upper ocean response to hurricane. *J. Phys. Oceanogr.*, 11, 153-175.

Stramma, L., P. Cornillon and J.F. Price. 1986. Satellite observations of sea surface cooling by hurricanes. *J. Geophys. Res.*, 91, 5031-5035.

Sakaida, F., H. Kawamura and Y. Toba. 1998. Sea surface cooling caused by typhoons in the Tohoku area in August 1989. *J. Geophys. Res.*, 103(C1), 1053-1065.

Senjyu, T. and T. Watanabe. 1999. A sudden temperature decrease along the Sanin coast induced by a typhoon. *Umi to Sora*, 75, 1-8.

Su, J., L. Li, X. Bao and G. Gao. 2001. Numerical

experiment of SST response to typhoon process in Yellow Sea and Bohai Sea. *J. Ocean Univ. Qingdao*, 31, 165-172.

Suh, Y.S., J.Y. Gu, J.D. Hwang, N.K. Lee, B.K. Kim, L.H. Jang, Y.Q. Kang and D.I. Lee. 2003. Abnormal oceanic conditions caused by typhoons around the Korean peninsula. *J. Kor. Fish. Soc.*, 36, 417-429.

Suh, Y.S., D.S. Kim, B.K. Kim, D.I. Lee, Y.S. Kim and I.K. Kim. 2002. Temporal and spatial variation of SST related to the path of typhoons around the Korean Waters in summer. *J. Environ. Sci.*, 11, 627-636.

---

2007년 2월 21일 접수

2007년 4월 30일 수리