

# 2023년 태풍 카눈 통과에 따른 한국 남해 통영해역 수온 변동 연구

황재동\*† · 안지숙\*\* · 김주연\*\* · 주희태\*\*\* · 민병화\*\*\*\* · 남기호\*\*\* · 이시우\*\*\*

\*, \*\*\* 국립수산물과학원 기후변화연구과 해양수산연구사, \*\* 국립수산물과학원 기후변화연구과 연구원,  
\*\*\*\* 국립수산물과학원 기후변화연구과 해양수산연구관

## A Study on Sea Surface Temperature Changes in South Sea (Tongyeong coast), South Korea, Following the Passage of Typhoon KHANUN in 2023

Jae-Dong Hwang\*† · Ji-Suk Ahn\*\* · Ju-Yeon Kim\*\* · Hui-Tae Joo\*\*\* · Byung-Hwa Min\*\*\*\* ·  
Ki-Ho Nam\*\*\* · Si-Woo Lee\*\*\*

\*, \*\*\* Senior Researcher, Ocean Climate and Ecology Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan, Korea

\*\* Researcher, Ocean Climate and Ecology Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan, Korea

\*\*\*\* Principal Researcher, Ocean Climate and Ecology Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan, Korea

**요 약 :** 한국 남해 동부 해역인 통영해역에 설치된 연안 수온 분석 결과, 태풍이 남해안에 상륙하기 전에 수온이 급격하게 상승한 것으로 나타났다. 수온 상승은 표층(5m)은 물론 저층(15m)까지 같이 발생하였다. NOAA 위성에서 관측한 표면수온자료 분석 결과, 태풍이 상륙하기 전 한국 남해 동부 해역의 동쪽 해역에 30℃의 수온을 가지는 해수가 존재하였다. 한국 남동해역은 대마난류에 의해 서쪽에서 동쪽으로 해류가 우세한 지역이나 위성 자료 분석 결과, 30℃의 해수는 동쪽에서 서쪽으로 이동한 것으로 나타나 태풍 상륙 전에 태풍에 의한 에크만 수송의 영향을 받은 것으로 나타났다. 또한 남해 동부 해역은 한국 동해 해역과 달리 수심이 깊지 않기 때문에 바람에 의한 연직 혼합으로 인해 전 수층의 수온이 일정하게 나타날 수 있다. 수층별 수온 상승이 같은 날에 발생하였기 때문에 저층 수온 상승은 연직 혼합에 의한 결과라 볼 수 있다. 따라서 한국 남동해역은 태풍의 접근 방향과 고수온의 형성 위치에 따라 에크만 수송에 의해 수온이 급상승할 수 있는 해역임을 알 수 있다.

**핵심용어 :** 태풍, 수온, 에크만 수송, 위성 표면 수온, 실시간 수온정보 시스템

**Abstract :** An analysis of the coastal water temperature in the Tongyeong waters, the eastern sea of the South Sea of Korea, revealed that the water temperature rose sharply before the typhoon made landfall. The water temperature rise occurred throughout the entire water column. An analysis of the sea surface temperature data observed by NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) satellites, indicated that sea water with a temperature of 30℃ existed in the eastern waters of the eastern South Sea of Korea before the typhoon landed. The southeastern sea of Korea is an area where ocean currents prevail from west to east owing to the Tsushima Warm Current. However, an analysis of the satellite data showed that seawater at 30℃ moved from east to west, indicating that it was affected by the Ekman transport caused by the typhoon before landing. In addition, because the eastern waters of the South Sea are not as deep as those of the East Sea, the water temperature of the entire water layer may remain constant owing to vertical mixing caused by the wind. Because the rise in water temperature in each water layer occurred on the same day, the rise in the bottom water temperature can be considered as owing to vertical mixing. Indeed, the southeastern sea of Korea is a sea area where the water temperature can rise rapidly depending on the direction of approach of the typhoon and the location of high temperature formation.

**Key Words :** Typhoon, Sea water temperature, Ekman transport, Satellite SST(sea surface temperature), Real-time information system for Aquaculture environment

\* First Author : [jdhwang68@korea.kr](mailto:jdhwang68@korea.kr), 051-720-2751

† Corresponding Author : [jdhwang68@korea.kr](mailto:jdhwang68@korea.kr), 051-720-2751

## 1. 서론

한국의 동해, 서해 및 남해의 연안과 근해를 포함하는 연근해역의 수온은 계절변동성을 보여 겨울에 최저 수온을, 여름에 최고 수온을 나타낸다(NFRDI, 2001; NIFS, 2023). 또한 Hwang et al.(2012)이 국립수산물과학원 위성관측 수온자료에 조화분해 방법을 적용하여 분석한 결과에도 겨울철 수온이 낮고 여름철 수온이 높은 연 주기 변동을 뚜렷하게 보여주고 있다.

Kang et al.(1994)의 연구에 따르면 한국 주변 해역에서 순열속은 1월과 10월에 각각  $200\text{--}400\text{Wm}^{-2}$ 와  $100\text{Wm}^{-2}$ 로 해양이 냉각되고, 4월과 7월에는 약  $100\text{Wm}^{-2}$ 로 가열되고 있다고 밝혔다. 따라서 순열속의 계절 변화가 수온의 계절변동을 발생시키는 원인 중의 하나라 볼 수 있다.

한국 연근해역의 해류 모식도를 보면 한국 연근해역은 따뜻한 해류인 쿠로시오 해류의 영향을 받는 것을 알 수 있다. 쿠로시오 해류는 계절변동을 하며, 이로 인해 쿠로시오 해류의 영향을 받는 한국 연근해 해역에서 수온이 변동하는 것을 알 수 있다. 따라서 대기를 통한 열속 변화와 이류를 통한 열 수송의 변화는 수온의 계절변동을 발생시키는 주요 원인이라 볼 수 있다.

기상청에서 제공하는 태풍 자료를 보면 여름철 한국은 태풍의 영향을 받는 경우가 많으며 특히 한국 남해 해역은 대체로 매년 태풍의 영향을 받는 것을 알 수 있다. 열대 저기압이 발달해 생성되는 태풍은 반시계 방향의 바람이 주변에서 태풍의 눈 안으로 불어 들어오게 되며, 북반구에서는 바람 방향의 오른쪽  $90^\circ$ 로 전향력이 작용해 결과적으로 태풍의 눈에서 바깥으로의 에크만 수송(Ekman Transport)이 발생하게 된다. 에크만 수송에 따라 수심이 깊은 해양에서는 에크만 용승(Ekman pumping)이 발생하여 해수면에 차가운 물이 나타나게 된다(Gill, 1982.; Suzuki et al., 2011).

Stewart(2008)의 연구에 따르면 에크만 수심(Ekman Depth)는 풍속과 위도에 따라 다르며,  $35^\circ\text{N}$ 에서  $10\text{m/s}$ 의 풍속이 불면 에크만 수심은  $140\text{m}$ 가 되며, 에크만 수심 내 수평 유속은 깊이에 따라 지수함수적으로 감소 된다고 하였다. 또한 Niiler(1982)는 표면혼합층(Mixed Layer Depth)는 수심별 수평 유속의 차이에 의해 발생한다고 하였다. 따라서 태풍이 에크만 수심보다 깊은 수심을 가지는 원양에서는 에크만 용승에 의해 표층에 차가운 물이 나타나게 된다. 이후 태풍이 연안으로 이동하면, 연안 수심은 에크만 수심보다 얇기 때문에 전 수층이 혼합된다.

태풍과 관련된 연구 결과를 보면, Suh et al.(2002)은 한국 연근해역을 통과하는 태풍을 경로에 따라 한국 서편을 통과하는 태풍, 한국 동해 연안을 따라 북상하는 태풍 및 한국

동해 연안에서 훨씬 더 멀리 떨어진 동해 중앙으로 북상하는 태풍 등 3개로 분류하여 태풍 통과에 따른 수온 변동을 분석하였는데 대체로 태풍 통과 시 수온이 하강하는 경향을 보였다. Park et al.(2015)은 태풍 이동 경로에 따른 동해 연안 수온 변화 특성을 분석하였는데 태풍의 이동 경로에 따라 풍향이 남풍 계열이면 동해 연안에서 용승이 발생해 수온이 낮아지고, 북풍 계열이면 에크만 효과로 인해 외측 수온이 높은 물이 연안으로 이동하고 침강하여  $15\text{m}$ 와  $25\text{m}$  수층의 수온이  $5\text{m}$ 의 표층수와 비슷하게 된다고 하였다. Lee et al.(2007)은 경북 연안의 수온 변화와 우렁쟁이 폐사를 분석하였는데, 태풍 전 동해 연안에 냉수대가 형성되었으나 태풍 이후 북풍에 따른 에크만 효과로 수온이 높은 외해수 연안으로 이동하여 표층과 저층 사이의 수온차가 없이 단시간에 저층 수온이  $24^\circ\text{C}$  이상으로 급상승하였다고 밝혔다. 따라서 한국 동해 해역에서 수온은 태풍 경로에 의한 풍향 변화에 영향을 많이 받는 것을 알 수 있다.

Kim et al.(2016)은 위성자료를 사용하여 서해, 동해 및 일본 동부해역을 통과 시 수온변동을 분석하였는데, 일본 동부 해역을 통과한 경우에 수온이 상승한 것을 제외하고 대체로 수온이 하강하는 경향을 보였다.

Lee and Moon(2006)은 한국 남해에 있는 가막만에 대해 태풍 전후 수온 변동 특성을 분석하였다. 수온 분석 결과를 보면 태풍의 영향을 받을 때 표층의 수온이 하강하였으며, 태풍 통과 후 다시 수온이 상승한 것으로 나타났다.

2023년 발생한 제6호 태풍(카눈)은 북태평양에서 발생하여 북서진으로 동중국해까지 이동하였다가 다시 동진하여 일본까지 이동 후 다시 북서진하여 한국 남해안에 상륙하는 매우 특이한 이동 경로를 보였다. 따라서 한국 근처에서 제6호 태풍(카눈)의 이동에 따른 한국 남해 동부 연안 수온 변동 특성을 분석하고자 하였다.

## 2. 연구자료 및 방법

태풍에 의한 남해 동부 연안 수온 변동은 연안 수온자료, 기상자료 및 위성관측 자료를 사용하여 분석하였다. 연안 수온은 국립수산물과학원은 실시간 해양환경 어장정보시스템(Real-time Information System for Aquaculture Environment, 이하 RISA)을 운영하고 있으며, RISA에서 관측한 자료 중 남해 동부 연안(Fig. 1)에 있는 통영 풍화, 통영 사랑, 통영 학림, 통영 영운 통영 비사도 관측점에서 8월 3일부터 8월 18일까지 30분 간격으로 관측한 수온 자료를 분석에 사용하였다. 관측점에서 30분 간격으로 관측한 수온자료에 대해 조석이나 수온의 일 변동과 같은 단기 성분을 제거하기 위해 산술평균을 사용하여 일평균 수온자료로 재산출하였다.

## 2023년 태풍 카눈 통과에 따른 한국 남해 통영해역 수온 변동 연구

연구 해역에 대해 기온분석은 기상청에서 관측하고 있는 통영(사량)에서 자동기상관측(Automatic Weather System, 이하 AWS)(Fig. 1) 자료 중 8월 3일부터 8월 18일까지 기온자료를 사용하였다. 수온과 마찬가지로 관측자료에 대해 산술평 균을 적용하여 일평균 자료로 재산출하였다.

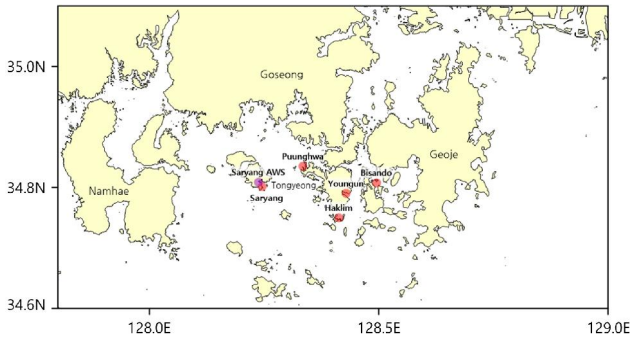


Fig. 1. Location of coastal oceanographic observation and AWS site.

관측점(RISA)에서 관측하고 있는 수온은 수평 공간적인 변동을 파악하기 어려운 점이 있다. 따라서 위성에서 관측한 수온을 사용하여 수평 공간적인 변동을 파악하고자 하였다. 본 연구에서 미국 국립해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)에서 운용하고 있으며, 국립수산과학원에서 직접 수신하여 분석 제공하고 있는 NOAA 위성에서 관측한 표면 수온(Sea Surface Temperature, 이하 SST) 값을 사용하였다. 국립수산과학원에서는 위도 25~45°N, 경도 118~142°E의 해역에 대해 1.1km × 1.1km의 높은 공간해상도를 가지고 있는 LAC(Local Average Coverage) 수온 자료(NOAA, 2009)를 제공하고 있다. 국립수산과학원에서 제공하고 있는 NOAA 위성자료를 사용하여 위도 31~36°N, 경도 127~130°E의 해역에 대해 8월 3일부터 8월 18일까지 관측한 일 수온 자료를 사용하였다.

### 3. 연구 결과 및 고찰

#### 3.1 태풍의 발생 및 이동

제6호 태풍 카눈은 2023년 7월 26일 북태평양 해역(9.4°N, 140.8°E)에서 발달한 제10호 열대저압부였으며, 이후 북서진하면서 2023년 7월 28일 북태평양 해역(12.4°N, 138.2°E)에 도달 후 열대저압부에서 태풍으로 발달하였다. 태풍으로 발달한 이후 지속적으로 북서 및 북북서진을 하면서 2023년 8월 2일 일본 류구열도를 통과하여 동중국해 해역까지 진출하였다. 2023년 8월 4일까지 북서진하여 동중국해 중앙 해역

(26.9°N, 124.2°E)까지 도달한 후, 동진하기 시작하여 2023년 8월 7일 일본 규수 남쪽 해상(27.8°N, 131.2°N)에 도달하였다. 이후 북서 및 북진을 하면서 일본 규수 서쪽 해역을 지나 2023년 8월 10일 9시에 한국 남해 거제도 연안에 상륙(34.7°N, 128.6°E)한 뒤 한국 내륙을 따라 북진하면서 2023년 8월 11일 6시에 한국 중부 내륙(38.6°N, 126.4°E)에서 소멸하였다(Fig. 2).

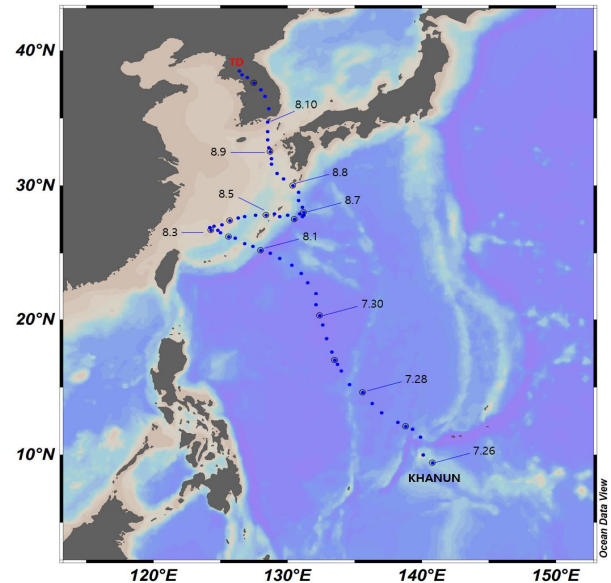


Fig. 2. The pathway of typhoons Khanun.

태풍 카눈이 한국 남해 거제도 연안에 상륙할 때 기압은 976hPa이었으며, 최대 풍속은 32m/s로 중형 태풍의 강도를 유지하였다. 따라서 태풍 카눈이 북상하면서 바람에 의해 남해 연안에 에크만 수송과 표면혼합층을 형성시켰다고 볼 수 있다.

#### 3.2 연안 수온 변동

태풍이 동중국해 해역에 있었던 8월 3일부터 8월 5일까지 통영해역의 연안 관측점에서 관측한 연안 표층 수온의 변동을 보면 통영 사랑은 21.5°C, 21.4°C에서 21.2°C로 낮아졌으며, 통영 풍화는 22.4°C, 22.3°C에서 22.2°C로, 통영 학림은 21.7°C, 21.2°C에서 21.0°C로, 통영 영운은 20.6°C, 20.1°C에서 19.9°C로, 통영 비산도는 21.5°C, 21.2°C에서 21.0°C로 낮아지는 경향을 보여 이 기간 중에 통영 해역의 표층 수온은 하강한 것을 알 수 있다(Fig. 3).

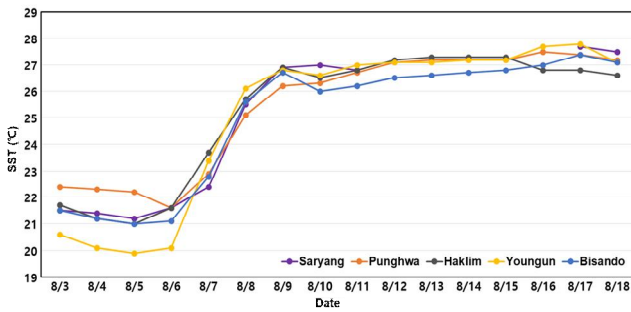


Fig. 3. Daily variations in Sea surface temperature(SST) at Coastal oceanographic observation site in Tongyeong.

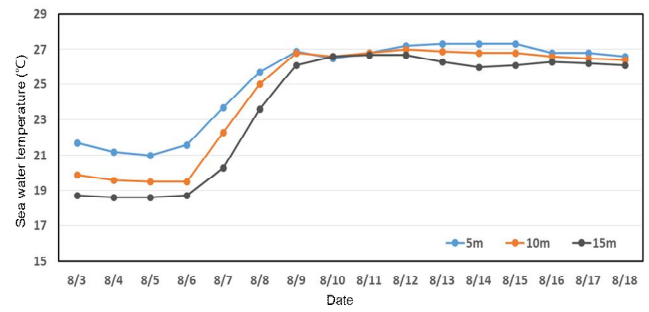


Fig. 4. Daily variations in in sea water temperature by water layer (5m, 10m, 15m) at Haklim site in Tongyeong.

Suh et al.(2003)은 바람에 의한 연직 혼합으로 표층의 수온이 하강한다는 연구 결과를 제시하였으며, 통영해역의 수온이 하강한 것은 바람에 의한 연직 혼합으로 인해 표층과 저층의 물이 혼합된 결과로 생각된다.

그러나 태풍이 통영 남쪽 500km 해상에서 북진하고 있었던 8월 6일부터 8월 9일에는 통영 해역의 표층 수온이 급격하게 상승하기 시작한 경향을 나타내었다. 통영 사랑의 표층 수온은 21.6°C, 22.4°C, 25.5°C에서 26.9°C로 높아졌으며, 통영 풍화는 21.6°C, 22.9°C, 25.1°C에서 26.2°C로, 통영 학림은 21.6°C, 23.7°C, 25.7°C에서 26.9°C로, 통영 영운은 20.1°C, 23.4°C, 26.1°C에서 26.8°C로, 통영 비산도는 21.1°C, 22.8°C, 25.6°C에서 26.7°C로 높아지는 경향을 보여 이 기간 중에 통영 해역의 표층 수온은 상승한 것을 알 수 있으며, 특히 8월 7일에서 8월 8일 하루 사이에 수온이 약 2.7°C로 급격한 상승을 보였다.

이후 태풍이 상륙하여 소멸하였던 8월 10일부터 8월 11일에는 통영해역 표층 수온이 대체로 완만하게 상승하는 경향을 나타내었다. 통영 사랑은 27.0°C에서 26.8°C로, 통영 풍화는 26.3°C에서 26.7°C로, 통영 학림은 26.5°C에서 26.8°C로, 통영 영운은 26.6°C에서 27.0°C로, 통영 비산도는 26.0에서 26.2°C로 높아지는 경향을 보여, 태풍이 상륙하여 소멸할 때까지도 통영 수온은 완만하게 상승하였다.

통영 학림은 표층뿐만 아니라 10m 수층, 15m 수층에도 수온을 관측하고 있으며, 관측 결과를 제공하고 있어 8월 3일부터 8월 18일까지 수층별 수온 변동을 분석하였다. 8월 3일부터 8월 5일까지 통영 학림의 표층(5m) 수온은 21.7°C에서 21.2°C, 21.0°C로 하강하는 경향을 보였으며, 10m 수층의 수온은 19.9°C에서 19.6°C, 19.5°C로 하강하는 경향을 보였으며, 15m 수층의 수온은 18.7°C, 18.6°C에서 18.6°C로 거의 변화가 없었다(Fig. 4).

8월 6일부터 8월 9일까지 10m 수층의 수온은 19.5°C, 22.3°C, 25.0°C, 26.8°C로 상승하는 경향을 보였으며, 15m 수층의 수온은 18.7°C, 20.3°C, 23.6°C, 26.1°C로 상승하는 경향을 보였다. 따라서 이 기간 중에는 표층(5m) 뿐만 아니라 중층(10m) 및 저층(15m)의 수온이 모두 상승하는 경향을 보였다.

태풍에 의한 연직 혼합이 발생하면 표층의 따뜻한 물과 저층의 차가운 물이 혼합되면서 표층 수온은 하강하고 저층 수온은 증가하게 된다(Suh et al., 2003). 통영 학림의 수층별 수온 자료 분석 결과 8월 6일부터 8월 9일까지는 표층(5m), 중층(10m) 및 저층(15m) 모두 수온이 상승하는 것으로 나타났다. 표층의 수온이 하강하지 않고 상승한 것은 연직 혼합에 의해 전 수층이 혼합된 것뿐만 아니라 에크만 수송에 의해 주변의 고온의 해수가 유입된 것으로 볼 수 있다(Gill, 1982; Suzuki et al., 2011; Stewart, 2008).

또한 Pond and Pickard(1983)에 의하면 바람에 의한 에크만 수심은 10°N에서 풍속이 10m/s일 경우 100m, 풍속이 20m/s일 경우 200m가 되며, 45°N에서 10m/s일 경우 50m, 풍속이 20m/s일 경우 100m가 된다고 하였다. 태풍 카눈이 한국 남해 거제도 연안에 상륙했을 때, 최대 풍속은 32m/s를 보였기 때문에 에크만 깊이는 100m 이상이 된다고 볼 수 있다. 따라서 한국 남해 거제도 해역에서 태풍이 상륙한 8월 10일에도 전 수층의 수온이 일정하게 나타난 것은 태풍에 의한 에크만 수송과 연직 혼합에 의해 전 수층에서 높은 수온이 발생한 현상이 지속적으로 유지되었다고 볼 수 있다.

### 3.3 한국 남동해역 수온 변동

NOAA 위성에서 관측한 SST 산출하여 연구해역인 31~36°N, 127~130°E 해역에 대해 8월 3일부터 8월 18일까지 매일의 수온 자료를 분석하였다(Fig. 5).



## 2023년 태풍 카눈 통과에 따른 한국 남해 통영해역 수온 변동 연구

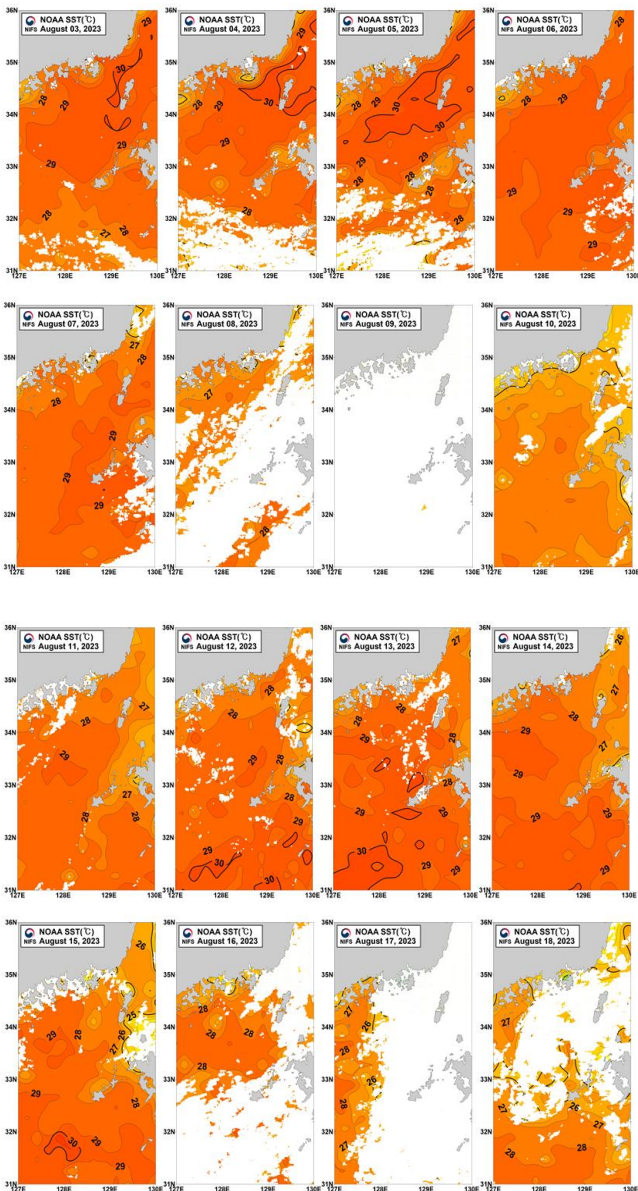


Fig. 5. Distribution of sea surface temperature(SST) derived from NOAA satellite from August 3 to August 18, 2023.

분석 결과에서 흰색 부분은 구름으로 인해 관측이 어려운 부분이라 볼 수 있다. 태풍이 동중국해 해역(26.7°N, 124.8°E)에 있었던 8월 3일의 경우 연구 해역의 수온은 26~30°C의 분포를 보이고 있으며, 부산 남쪽 해역의 수온이 대체로 30°C 내외를 유지하고 있어 상대적으로 높은 수온을 나타내었다. 8월 4일부터 8월 5일까지 30°C 내외의 수온을 나타내는 해역이 점차 서쪽에서 나타난 것을 보면 30°C 내외의 물이 서쪽으로 이동하였음을 알 수 있다. 이후 8월 6일부터 태풍이 남해 거제도 연안에 상륙하기 전인 8월 7일까지 연구해역은 대체로 28~29°C 수온을 유지하였다. 8월 8일과 8월 9일의

경우 연구 해역의 반 이상이 구름의 영향을 받아 전체적인 수온 분포 경향을 파악하기 어려웠다. 8월 10일의 경우 태풍의 영향으로 연구 해역 내 수온이 25~27°C로 가장 낮게 나타났다. 8월 11일 이후부터 수온이 태풍 전으로 서서히 회복되었다.

남해 동부 연안역 수온 분포를 보면 8월 3일 경우 한국 거제도 해역에 27~29°C의 분포를 보여 상대적으로 낮은 수온 분포를 보였으며, 8월 4일 거제도 해역의 수온은 25°C 이상을 보였지만 3일에 비해 더 낮아진 것을 알 수 있다. 이후 8월 5일부터 높아지기 시작하여 28~29°C의 수온 분포를 보였으며, 8월 6일에서 8월 7일까지 주변 해역과 비슷하게 28~29°C의 수온 분포를 보였다. 따라서 위성에서 관측한 남해 동부 해역의 수온 분포를 보면 8월 5일부터 8월 7일까지 수온이 상승한 것을 알 수 있다.

남해 동부 연안의 경우 부산 남쪽에 있던 30°C 내외의 고온의 해수가 서쪽으로 이동하였으며, 이동하던 고온의 해수로 인해 거제도 해역의 낮은 수온이 점차 사라지면서 수온이 상승한 결과임을 알 수 있다. 따라서 남해 동부 연안인 거제도 해역의 수온 상승은 거제도 남동쪽 해역에서 상대적으로 높은 수온을 가지고 있던 해수가 서쪽으로 이동하면서 열을 전달한 결과라 볼 수 있다.

### 3.4 연안 기온 변동

통영 사랑도에 설치된 기상청 AWS 관측소 관측 자료 중 기온 자료를 분석하였다(Fig. 6). 분석 기간은 8월 3일부터 8월 18일까지로 수온 분석 기간과 동일하게 사용하였다.

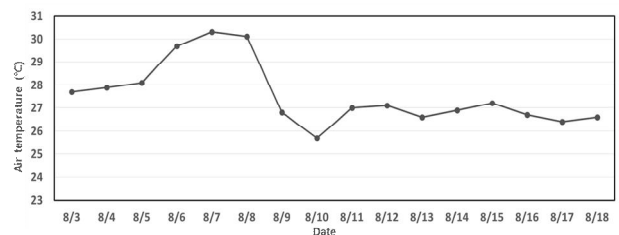


Fig. 6. Daily variation in air temperature observed by AWS at Saryangdo site in Tongyeong.

기온 분석 결과 8월 3일부터 8월 5일까지 27.7°C, 27.9°C에서 28.1°C로 서서히 상승하였음을 알 수 있다. 8월 6일부터 8월 8일까지 각각 29.7°C, 30.3°C, 30.1°C로 상승하여, 8월 7일의 기온은 8월 3일에 비해 2.6°C 상승한 것으로 알 수 있다. 이후 직접적인 태풍의 영향을 받으면서 기온은 30.1°C에서 26.8°C를 보이다 25.7°C까지 하강하였다. 이후 8월 18일까지 27°C 내외의 기온을 유지하였다.

8월 6일부터 8월 8일까지 수온의 변화는 약 5°C 정도 상승한 것으로 나타났지만, 기온의 상승은 2.6°C 상승한 것으로 나타나 기온 상승이 수온 상승보다 작은 것을 알 수 있다. 따라서 기온의 상승이 수온을 상승시켰다고 보기에는 어려움이 있다.

#### 4. 결론

2023년 제6호 태풍 카눈이 한국 남해안에 상륙하여 한국을 따라 북상하다가 소멸하였으며, 태풍이 남해안 상륙 전에 한국 남동해역인 통영해역은 수온이 급격하게 상승하는 것으로 나타났다. 통영해역의 수온 상승은 표층(5m)은 물론, 중층(10m)과 저층(15m)에서도 동일하게 나타났다.

대체로 태풍 통과에 따른 수온 변화와 관련해서 한국 동해 해역에서는 많은 연구가 되어 있으며, 한국 동해의 경우 태풍의 경로에 따라 수온이 하강하는 현상과 상승하는 현상이 나타난다고 알려져 있다. 한국 동해 해역은 표층에는 동한난류에 의한 따뜻한 해수가, 저층에는 북한한류에 의한 차가운 해수가 존재하며, 태풍 경로에 따른 바람 방향의 차이로 에크만 수송의 방향에 의해 연안 용승이 발생할 경우는 표층의 수온이 하강하며, 연안 침강이 발생할 때 표층의 수온이 상승하는 것으로 나타났다.

2023년 8월 태풍 카눈이 남해안으로 진입해서 북상할 때까지 위성에서 관측한 남해 동부 해역의 수온 분포를 보면 8월 3일 한국 부산 남쪽 해역의 수온이 30°C 내외의 높은 수온을 유지하고 있었으며, 이후 30°C 내외의 높은 수온을 가지는 해수가 점차 서쪽으로 이동한 것으로 나타났다. 동해 남부 해역은 서쪽에서 동쪽으로 이동하는 대마난류수의 영향을 받는 해역이기 때문에 대마난류와 반대 방향으로 해수의 이동은 태풍에 의한 에크만 수송의 결과로 볼 수 있다.

에크만 수송의 결과로 한국 남동쪽에 위치한 거제도의 연안역에서는 27~29°C의 수온대가 사라지면서 주변 해역과 비슷한 28~29°C의 수온대를 나타내어 통영해역의 수온 상승을 발생시켰다고 볼 수 있다. 또한 한국 남동해역은 동해 해역과 달리 수심이 깊지 않기 때문에 연안 침강이 발생하지 않더라도 연직혼합에 의해 저층(15m 수심)까지는 수온이 일정하게 나타날 수 있다.

따라서 태풍 카눈 시기 동안 한국 남해 거제도 연안역 수온이 상승한 것은 저층의 경우에는 연직 혼합에 의해 표층의 따뜻한 해수가 저층에 영향을 주었기 때문이며, 연직 혼합에 의해 표층 수온이 하강하지 않고 오히려 상승한 것은 에크만 수송에 의해 주변 고온의 해수가 거제도 방향으로 이동했기 때문이라 볼 수 있다.

이는 한국 남해 동부 해역에서도 동쪽 지역의 수온이 높

게 나타나 있을 때, 북진하는 태풍이 발생할 경우, 태풍에 의한 에크만 수송과 연직 혼합의 영향을 받아 전 수층의 수온이 급격하게 상승할 수 있음을 알 수 있다. 해당 해역에서는 양식장이 많이 있으며, 전체 수층의 수온이 갑자기 상승할 경우 고수온으로 인해 양식 생물들의 피해를 유발할 수 있기 때문에 태풍과 수온과의 관계를 연구하는 것은 매우 중요하다고 볼 수 있다.

#### 사 사

본 연구는 국립수산물과학원 연구사업인 수산분야 기후변화 영향 평가 및 예측기술 개발(R2024045)의 지원으로 수행되었습니다.

#### References

- [1] National Fishery Research and Development Institute (NFRDI)(2001), OCEANOGRAPHIC HANDBOOK OF THE NEIGHBOURING SEAS OF KOREA, NFRDI, 4<sup>th</sup> edition, pp. 1-436.
- [2] National Institute of Fisheries Science(NIFS)(2023), Annual Report of Oceanographic Observations, NIFS, SP-2023-ME-044, pp. 1-257.
- [3] Gill, A. E.(1982) Atmosphere-Ocean dynamics 30.Academic Press, London, pp317-370. [https://doi.org/10.1016/S0074-6142\(08\)60034-0](https://doi.org/10.1016/S0074-6142(08)60034-0).
- [4] Hwang, J. D., Y. S. Suh, and J. S. Ahn(2012), Properties of Sea Surface Temperature variations derived from NOAA satellite in Northeastern Asian Waters from 1990 to 2008, Korean Journal of Nature Conservation, Vol. 6, No. 2, pp. 130-136.
- [5] Kang, I. S., M. K. Kim, and T. B. Shim(1994), Seasonal Variation of Surface heat buget and Wind Stress Over the Seas Around the Korean Peninsula, Journal of the Korean Society of Oceanography, Vol. 29, No. 4, pp. 325-337.
- [6] Kim, S. W., J. W. Lim, Y. Lee and K. Yamada(2016), Response of Water Temperature in Korean Waters Caused by the Passage of Typhoons, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 22, No. ,5 pp. 508-520.
- [7] Lee, Y. H., J. M. Shim, Y. S. Kim, J. D. Hwang, S. H. Yoon, C. Lee and H. G. Jin(2007), Abnormal Oceanic Conditions Caused by Thphoons Around the Korean Peninsula, Journal of Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 13, No. 4, pp. 15-19.

- [8] Lee, Y. S. and S. Y. Moon(2006), The Water Quality in the Soho Coastal Seawaters of Gamak Bay Before and After a Typhoon, 「The Sea」 Journal of the Korean Society of Oceanography, Vol. 11, No. 3, pp. 117-123.
- [9] Niiler, P. P.(1982), FRONTS-80: A study of the North Pacific subtropical front, Nav. Res. Rev., Vol. 34, No. 3, pp. 41-52.
- [10] NOAA(2009) NOAA KLM USER'S GUIDE with NOAA-N-PSUPPLEMENT, <http://www.noaa.gov/oa/podguide/ncdc/docs/klm/index.htm>.
- [11] Park, M. H., J. S. Lee, Y. S. Suh, H. D. Kim and H. K. Bae(2015), Characteristics of Variation of Sea Surface Temperature in the East Sea with the Passage of Typhoons, Journal of Environmental Science International, Vol. 24, No. 12, pp. 1657-1671.
- [12] Pond, S. and G. L. Pickard(1983), Introductory Dynamical Oceanography(Second Edition), Butterworth - Heinemann, pp 106-118. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-057054-9.50015-8>.
- [13] Stewart, R. H.(2008) Introduction to physical oceanography. Texas A & M: Texas A & M University press, pp. 133-149.
- [14] 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, Journal of Environmental Science, Vol. 11, No. 7, pp. 627-636.
- [15] 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, Journal of Korean Fishery, Vol. 36, No. 4, pp. 417-429.
- [16] Suzuki, S. I., H. Niino and R. Kimura(2011), The mechanism of upper-oceanic vertical motions forced by a moving typhoon. Fluid Dynamics Research, Vol. 43, No. 2, p. 24.

---

Received : 2024. 01. 17.

Revised : 2024. 02. 21.

Accepted : 2024. 02. 23.