Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 23(3) 2020, pp.263-274 ISSN 1226-9719(Print)On
https://doi.org/10.11108/kagis.2020.23.3.263 ISSN 2287-6952(Online)

가중공간중심을 활용한 한국 남동해역의 표층수온 분포 패턴 분석*

김범규[1] · 윤홍주[2] · 김태훈[3] · 최현우[4※]

Pattern Analysis of Sea Surface Temperature Distribution in the Southeast Sea of Korea Using a Weighted Mean Center*

Bum-Kyu KIM[1] · Hong-Joo YOON[2] · Tae-Hoon KIM[3] · Hyun-Woo CHOI[4※]

요 약

한국 남동해역은 매년 하계에 집중적으로 냉수대가 형성되어 빈번한 이상해황이 발생한다. 본 연구에서는 이 해역에서 발생하는 표층수온 분포의 공간 변화를 분석하기 위해 2018년 6월에서 9월까지 고리와 정자 부이에서 관측한 해양현장 수온 데이터와 GHRSST Level 4 재분석 해수면 온도(sea surface temperature: SST) 자료를 이용하였다. 부이 자료는 두 지점의 시계열적 수온 변동 분석에, GHRSST 자료는 연구해역 전반에 걸친 일별 SST의 분산과 가중공간중심(weighted mean center: WMC)을 계산하는데 이용하였다. 부이의 수온이 낮아지면 연구해역 SST의 분산이 증가하는 경향을 보였으나, 전 기간 일치하게 나타나지는 않았다. 이는 GHRSST가 재분석 자료로 연안의 민감한 수온변화를 반영하지 못하기 때문이다. 이와 같이 전 해역의 SST 변화를 대표하는 통계적 분산만으로는 연안의 국지적인 소규모의 수온변화를 파악하거나, 냉수대 발생해역의 위치 및 범위를 탐지하기에는 한계가 있다. 따라서 차가운 수괴가 발생하는 공간적인 위치를 정량적으로 파악하기 위해 WMC를 활용하여 분석한 결과 냉수대가 발생했을 때, WMC가 연구해역의 공간중심(mean center: MC)으로부터 북서 해역 쪽에 위치하였다. 이는 SST의 WMC 위치 정보를 통해 차가운 표층수온의 분포가 어디에서 어느 정도 나타나는지를 정량적으로 파악할 수 있음을 의미하며, 향후 냉수대 규모 및 지역 확산 범위 탐지에 WMC의 활용 가능성을 알 수 있었다.

2020년 09월 02일 접수 Received on September 02, 2020 / 2020년 09월 21일 수정 Revised on September 21, 2020 / 2020년 09월 23일 심사완료 Accepted on September 23, 2020

* 본 연구는 해양수산부의 “전북 · 서해안 EEZ 해역 해양공간계획 수립(PG51730)” 사업의 지원을 받아 수행되었으며, 본 논문을 검토해 주신 심사위원님께 감사를 드립니다.

1 한국해양과학기술원, 연수연구원 Korea Institute of Ocean Science & Technology, Post Master
2 국립부경대학교, 교수 Pukyong National University, Professor
3 한국해양과학기술원, 기술원 Korea Institute of Ocean Science & Technology, Researcher
4 한국해양과학기술원, 책임기술원 Korea Institute of Ocean Science & Technology, Principal Researcher
※ Corresponding Author E-mail : hwchoi@kiost.ac.kr

주요어 : 가중공간중심, 냉수대, GHRSST Level 4, 부이 자료

ABSTRACT

In the Southeast Sea of Korea, a cold water mass is formed intensively in summer every year, causing frequent abnormal sea conditions. In order to analyze the spatial changes of sea surface temperature distribution in this area, ocean fields buoy data observed at Gori and Jeongja and reanalyzed sea surface temperature(SST) data from GHRSST Level 4 were used from June to September 2018. The buoy data were used to analyze the time-series water temperature changes at two stations, and the GHRSST data were used to calculate the daily SST variance and weighted mean center(WMC) across the study area. When the buoy's water temperature was lowered, the variance of SST in the study area trend to increase, but it did not appear consistently for the entire period. This is because GHRSST is a reanalysis data that does not reflect sensitive changes in water temperature along the coast. As such, there is a limit to grasping the local small-scale water temperature change in the coast or detecting the location and extent of the cold water zone only by the statistical variance representing the SST change in the entire sea area. Therefore, as a result of using WMC to quantitatively determine the spatial location of the cold water mass, when the cold water zone occurred, WMC was located in the northwest sea area from the mean center(MC) of the study area. This means that it is possible to quantitatively identify where and to what extent the distribution of cold surface water temperature appears through SST's WMC location information, and we could see the possibility of WMC's use in detecting the scale of cold water zones and the extent of regional spread in the future.

KEYWORDS : Weighted Mean Center, Cold water, GHRSST Level 4, Buoy data

서 론

한반도 연안에서 발생하는 냉수대는 수온이 주변해역에 비하여 상대적으로 5℃ 이상 급격하게 낮아지는 현상을 말하며 하계 6월에서 8월경에 동해안에서 주로 발생한다(Oh *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2019). 칠레, 페루 등의 북서아프리카 해역에서 발생하는 저층 냉수괴의 용승은 어장형성에 유리한 해양환경을 만들어 주는 반면 한반도 동해안에 발생하는 용승은 연안 양식장에 급격한 수온변화를 가져와 양식어류와 조류의 폐사를 유발시키기도 한다(Kim *et al.*, 2019).

연안에서 냉수대가 발생하는 원인으로는 바람에 의한 혼합 및 용승, 조류에 의한 해저마찰 및 혼합, 기온 하강, 담수유입에 의한 이류에 의해서 발생한다(Oh *et al.*, 2005). 이중 남동해역에서 발생하는 냉수대는 남풍계열의 바람의 지배적인 영향을 받게 되며, 바람이 불어올 때 전향력의 영향으로 바람이 불어가는 방향에서 오른쪽 90° 방향인 외해 쪽으로 해수를 이동시키는 에크만 수송의 영향을 받는다(Lee *et al.*, 2003; Kim, 2014; Kim, 2019). 연안의 표층수는 외해로 이동되며, 이로 인해 부족해진 표층수는 찬 저층수가 용승함에 따라 차갑고 영양염이 풍부한 해수로 채워지게 된다(Kim *et al.*, 2008). 동해안의 경우 남풍 또는 남서풍이 3㎧ 이상의 풍속으로 7일간 지속되거나 4㎧ 이상의 풍속으로 3일간 지속될 때 냉수대가 발생한다고

하였다(Lee *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2008; Kim, 2014; Yoon and Yang, 2016; Kim, 2019).

그러나 남동해역의 냉수대가 북한한류의 용승에 의해 발생하며, 용승을 유발시키는 요인으로는 한국 동해 남부 해역에서 대마난류의 저기압성 순환에 의한 영향도 있는 것으로 분석하였다(Suh and Hwang, 2005; Yoon and Yang, 2016). 하계의 풍향, 풍속 등이 중층 냉수의 용승을 일으키는 가장 주된 요인이지만 전체 해양수괴가 평년에 비해 저 수온 현상을 보이는 해황조건 또한 중요한 요인이라 분석되고 있다(Suh *et al.*, 2001). 국립수산과학원에서는 연안 수온의 급격한 변화가 발생할 때 냉수대 속보를 발령하고 있으며 냉수대의 발생은 해무의 발생에 영향을 주어 선박사고의 원인이 된다고 알려져 있다(Han *et al.*, 1995).

냉수대의 공간적인 분포에 관한 연구로는 Yoon and Yang(2016)의 SST와 Chl-a, 해류의 흐름을 활용하여 남동해역 냉수대의 시공간적 변화를 분석하여 해역별 SST의 변화와 냉수대의 영향에 대해 분석하였다. Kim *et al.* 2019)의 연구에서는 냉수대의 공간적인 확산의 범위와 이동패턴에 대한 연구를 수행하였으며, Suh *et al.*(2001)은 냉수대의 발생이 외해에 미치는 영향과 연안역간 수온변동의 상관성에 대한 연구를 수행하였다. 또한 GIS 공간분석 기법을 이용한 공간적인 변화패턴 연구는 Kim *et al.*(2012)의 가중공간중심과 표준편차타원체를 활용하여 계절별 시공간적 변동패턴을 분석한 연구가 있으며, Yoon and Choi(2011)은 한국 남부해역의 수온을 회귀분석과 GIS 공간분석 기법을 이용하여 해양에서 지역규모에 따른 수온의 시공간적 변동패턴을 분석하였다.

그러나 한국 남동해역에서 SST를 활용한 표층수온의 변화 및 냉수대의 공간분포 패턴분석은 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 남동해역의 수온 관측 부이 자료, NASA Jet Propulsion Laboratory에서 제공하는 GHRSST(Group for High Resolution Sea Surface Temperature) Level 4의 분산과 WMC(weighted mean center)를 활용하여 냉수대의 분포패턴을 정량적으로 분석하고자 한다.

연구지역 및 자료

1. 연구의 범위와 방법

본 연구의 대상지역은 위도 35.20° ~35.90° , 경도 129.10° ~129.90° 의 한국 남동해역으로 수집기간은 2018년 6월에서 9월까지이다(그림 1). 한국 남동해역은 연안을 따라 남쪽에서는 동한 난류가 흐르며 연안 용승이 주기적으로 발생하는 것으로 알려져 있으며 6월말부터 8월까지 불규칙하게 기장, 울산, 감포 지역에서 발생빈도가 높게 나타나는 특성을 보인다(Ji *et al.*, 2014). 실제 냉수대의 발생을 확인하기 위하여 한국수력원자력에서 제공하는 고리, 정자의 현장 관측 부이의 수온자료를 활용하였다. 또한 냉수대의 공간적인 분포를 파악하기 위해 연구대상 해역의 기하학적인 MC(mean center)인 35.37° N, 129.57° E을 중심좌표(0, 0)로 설정하여 NOAA에서 제공하는 GHRSST Level 4 자료를 활용하였다. GHRSST는 다양한 위성센서를 활용해 준 실시간으로 제공해 주는 고해상도 SST 데이터이다. 이는 L2, L3, L4로 제공되고 있으며 L2 자료는 보정이 없는 SST 데이터만 제공한다. L3 데이터는 분석 또는 보간이 이루어지지 않은 영상자료로서 관측되지 않은 영역을 처리하기 위해 사용된다. L4 자료는 관측되지 않은 지역을 보간하여 격자형태의 데이터로 제공한다. 본 연구에서 활용한 자료는 2010년 6월부터 1㎞×1㎞ 격자에서 매일 생산되고 있다. 또한 정확도는 절대 값 0.4k 미만의 오차를 가진다(GHRSST Science Team(2010), 2011).

결 과

1. GHRSST의 분산 및 현장 수온 부이 자료를 활용한 표층 수온 분석

현재 SST를 활용한 냉수대의 분석은 수온의

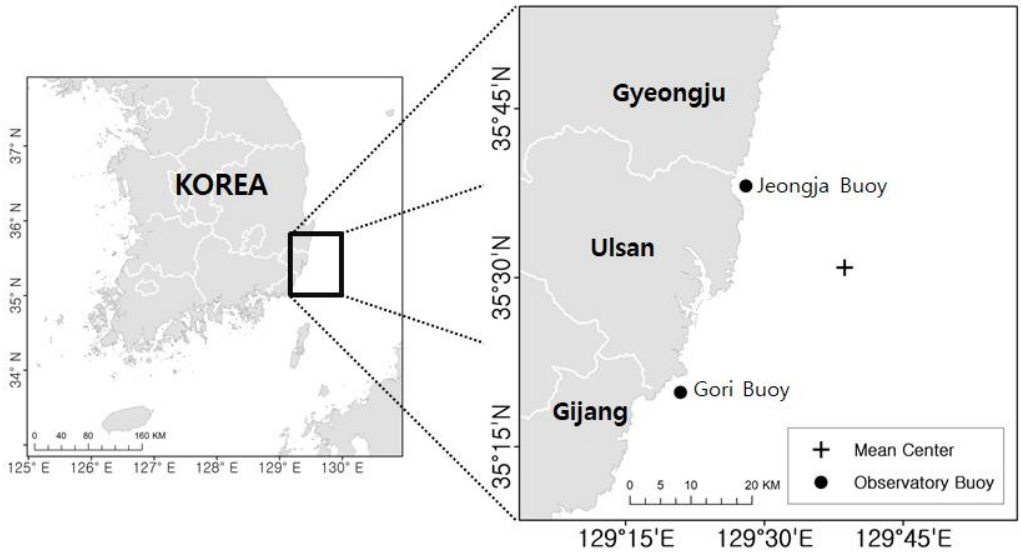

FIGURE 1. Observatory buoy and mean center in study area

변화를 시각적으로 파악하여 확산 및 분포를 설명하였으므로 정량적인 분석이 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 연안에서 용승한 차가운 해수가 해역의 수온변화에 미치는 영향을 분석하기 위해 분산을 활용하였다. 그림 2는 SST를 활용하여 2018년 6월~2018년 9월 동안 위도 35.20° ~35.90° , 경도 129.10° ~129.90° 범위에서 산출한 분산을 나타낸 것이다. 균일한 수온이 분포한 해역에서 분산의 증가는 기존과 다른 수온의 해수가 유입된 것으로 판단할 수 있으며, 유입된 수온이 기존의 수온과의 차이가 클수록 높은 분산의 값을 나타낸다. 7월 22일의 분산은 3.33으로 가장 높은 값을 나타내었다. 또한 6월과 9월에 0.5 이상의 값을 나타내었다. 이에 분산이 0.5이상으로 지속될 때 해역의 수온이 유의미한 변화가 있는 기간으로 판단되었다. 해역의 수온에 변화가 있다는 것은 분산을 통해 확인 할 수 있다. 하지만 분산 값으로는 난류수의 유입 및 냉수대와 같은 수온에 영향을 주는 요인에 대한 파악에 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 SST의 분산을 수온 관측 부이의 수온 및 SST에서 추출한 수온과 비교 · 분석하였다.

그림 3은 6월에서 9월까지의 고리, 정자의 수온 관측 부이의 수온 및 연구지역에 해당되는 전체 SST의 일평균 수온을 나타낸 것이다. SST의 수온분포는 수온 관측 부이 자료에 비하여 변동성이 적고 계절성을 반영하고 있다. 먼저 고리와 정자의 수온 변화의 추세를 비교한 결과 동일한 경향성을 보이는 것으로 나타났으며 연구기간동안 고리의 수온이 정자에 비하여 평균 0.85℃이상 높게 형성되는 특성을 보였다. 이후 해역전체의 수온에 비해 연안 수온이 급격하게 변화한 기간을 파악하여 분석하였다. 수온 관측 부이와 SST의 수온을 분석한 결과 6월에서 8월까지 상승하다 8월 이후 하강하는 패턴을 보이는데 이는 계절적인 영향으로 판단되며, 6월에서 9월까지 동일한 추세를 보이는 것으로 나타났다. 이에 SST의 수온에 비해 수온 관측 부이의 수온이 급격하게 낮아진 기간을 파악하여 보았는데 변화가 있는 기간은 6월 1일~6월 9일, 6월 23일~7월 3일, 7월 14일~7월 27일, 8월 25일~9월 10일로 나타났다.

이에 그림 2의 분산과 그림 3의 수온 관측 부이의 수온을 비교한 결과 분산이 0.5이상 되는 구간과 수온의 낮아진 시점이 비교적 일치하는 것으로 나타났다. 이는 분산을 이용하여 남

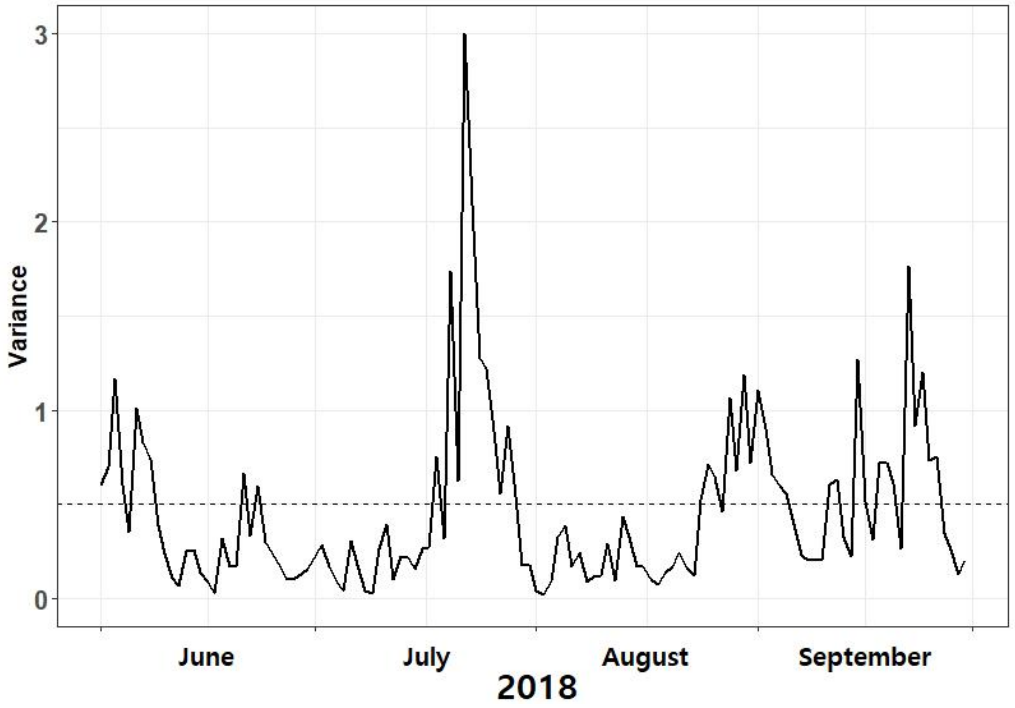

FIGURE 2. Variance of GHRSST Level 4 in study area

동해역 연안의 수온이 낮아지는 현상을 파악할 수 있다. 그러나 수온 관측 부이수온의 경우 고리와 정자의 수온변화가 비교적 동일한 패턴으로 나타나지만 정자의 수온이 고리에 비하여 낮게 나타나는 특성을 보였다. 하지만 분산의 영향으로만 고리와 정자의 수온에 대한 영향을 파악하기에는 무리가 있다. 또한 하나의 지점에 대한 수온정보만을 제공하고 있어 연안 전체의 수온을 대변하는 것에는 한계가 있다고 판단되었다. 이에 해역 전체의 수온 변화를 파악하기 위해 WMC를 활용하였다.

2. 가중공간중심을 활용한 표층수온의 변화 분석

분산과 수온으로 연안 해역에서 남쪽의 수온과 중간의 수온차이가 분산의 변화와 비슷하게 나타나는 것을 알 수 있지만, 해역전체의 변화를 한눈에 파악하기는 어려운 문제점이 있었다. 이에 SST를 활용하여 추출한 WMC을 이용하여 해역의 수온분포를 파악하였다. 그림 4는 6월에서 9월까지의 일별 WMC의 분포이다. MC란 기하학적 객체의 공간상의 중심이며, WMC는 객체의 기하학적 위치에 더하여 객체가 가지는 속성 값의 가중치를 이용하여 나타낸 공간상의 중심을 의미한다(Smith *et al.*, 2007; Yoon and Choi, 2011; Kim et al., 2012). MC의 계산식은 식 1과 같으며, 여기서 $\overline{Xmc}$, $\overline{Ymc}$ 는 공간중심의 x, y 좌표이며 n은 전체 자료 수, x_i, y_i는 전체 자료 중 i 번째 x, y 좌표를 나타낸다. SST의 경우 각각의 위경도 좌표를 이용하여 MC를 구하게 된다.

$$MC=(\sum_i \frac{x_i}{n},\sum_i \frac{y_i}{n})=(\overline{Xmc},\overline{Ymc}) \quad (1)$$

WMC는 단순히 자료에 대한 기하학적 위치뿐만 아니라, 자료의 변수에 따른 가중치가 적용된 평균중심을 계산하는 방법으로 계산식은 식 2와 같다. x, y 좌표와 가중치의 곱을 전체

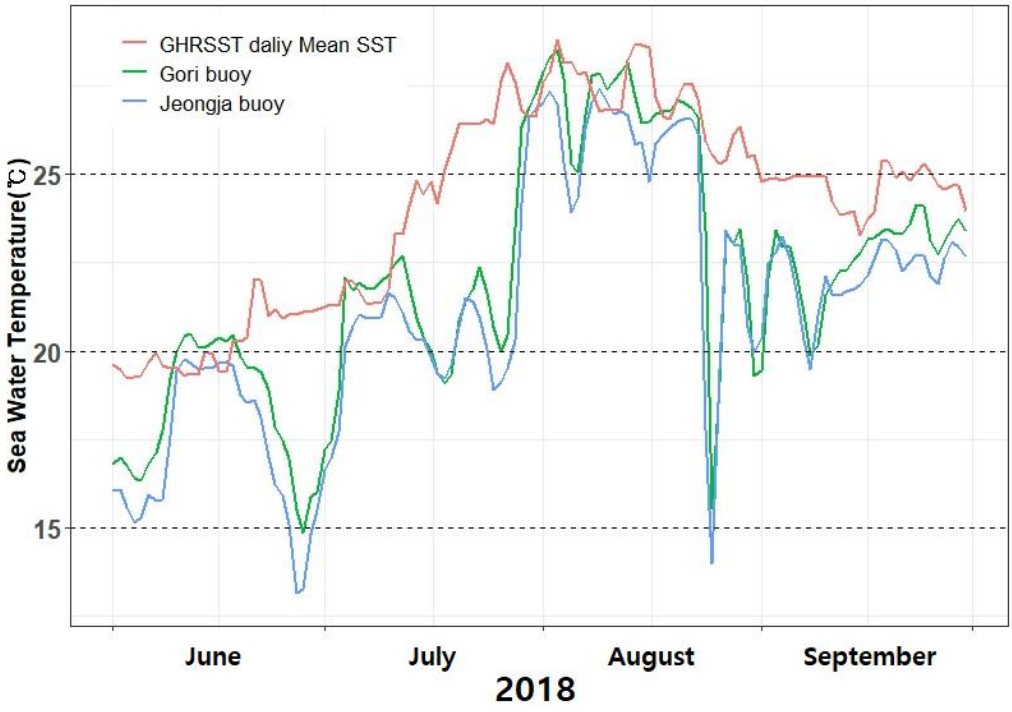

FIGURE 3. Sea water temperature observatory buoy in Gori and Jeongja, average SST in the study area

가중치의 합으로 나눈 값의 평균이며, $\overline{Xwmc}$, $\overline{Ywmc}$ 는 공간가중중심의 x, y 좌표이다. w는 가중치로서 좌표에 해당하는 속성값을 가지게 된다.

$$WMC=(\frac{\sum_i w_i x_i}{\sum_i w_i},\frac{\sum_i w_i x_i}{\sum_i w_i})=(\overline{Xwmc},\overline{Ywmc}) \quad (2)$$

기하학적인 공간중심인 MC를 기준으로 하여 구한 WMC는 수온에 역수를 취하여 가중치를 부여하였다. 일반적인 SST를 WMC에 가중치로 부여하게 되면 연안에 낮은 수온의 수괴가 나타났을 때 WMC는 상대적으로 높은 수온이 형성되어 있는 외해로 이동하게 된다. 이에 수온에 역수를 취하여 높은 수온은 낮은 가중치, 낮은 수온은 높은 가중치를 부여하였는데 이는 낮은 수온의 수괴가 형성되는 곳으로 WMC가 이동한다는 것을 의미하며 낮은 수온의 발생하는 해역을 파악하기 용이하다. 또한 전체적인 해역의 수온분포에 대한 변화를 한눈에 알 수 있는 장점이 있다. 또한 기하학적 객체의 중심인 MC를 (0, 0)으로 MC에서 WMC의 거리를 나타내었다. 이를 통해 WMC 각각의 이동한 거리를 나타냄으로써 수온에 의한 상대적인 영향을 파악하였다.

수온 관측 부이는 MC를 기준으로 정자는 제 2사분면에 고리는 제 3사분면에 위치하고 있으며 이는 제 2사분면과 제 3사분면에 위치하면 연안의 수온이 외해에 비하여 상대적으로 낮아진 것으로 판단할 수 있다. WMC는 상대적으로 북쪽으로 넓게 확산되어 분포하며 제 2사분면에 밀집되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 일평균 자료 기준 전체 122개 중 68개의 지점이 2사분면에 위치하였으며 제 3사분면에는 33개의

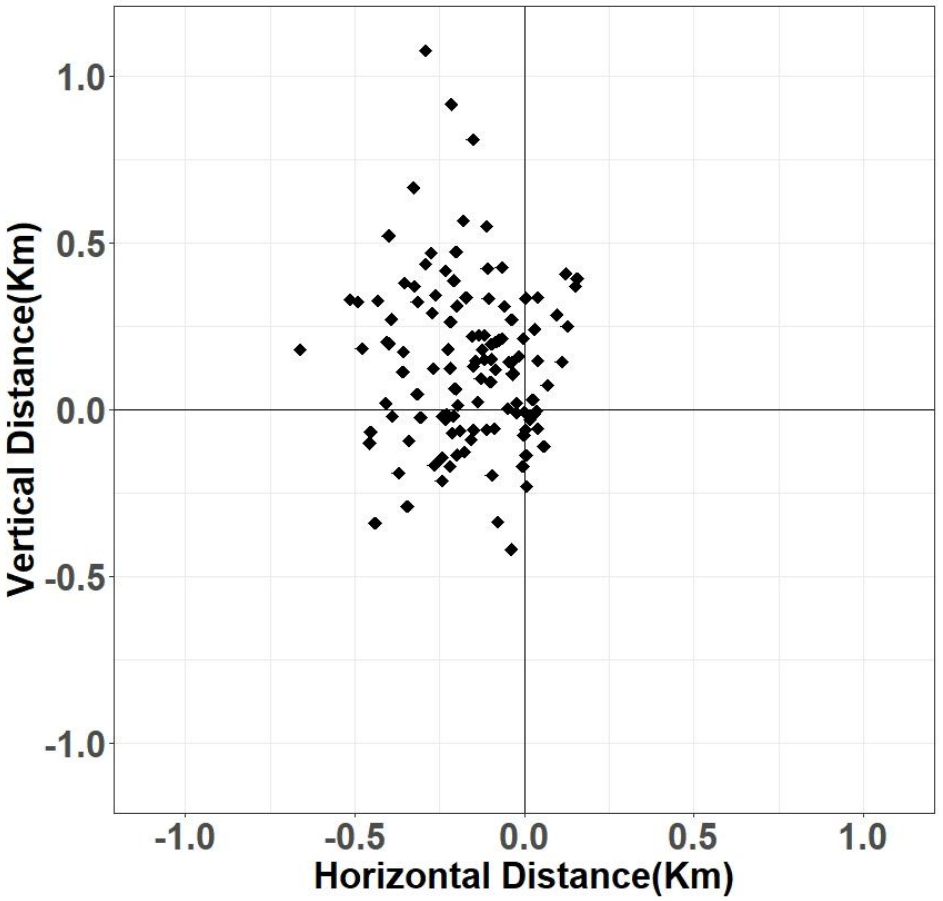

FIGURE 4. Distance of mean center to weighted mean center

WMC가 존재하였다. WMC가 제 3사분면에 비하여 제 2사분면에 많이 분포하는 것은 앞서 분석한 고리의 수온 관측 부이수온이 정자에 비해 평균 0.85℃ 높게 나타난 결과에서 확인한 것처럼 연구지역내에서 남쪽연안의 수온이 북쪽연안에 비해 높게 형성되어 나타난 결과로 사료된다. 그러나 WMC의 산포도만으로는 일별로 생산된 WMC의 전체적인 분포만 파악할 수 있기에 일별 변화를 파악하기 위해 MC와 WMC의 거리를 시간에 따라 나타내고 제 2사분면의 위치한 WMC를 분석하여 보았다.

그림 5는 MC와 WMC의 거리와 제 3사분면에 위치하는 고리의 부이 수온을 나타낸 것이다. 그림 6은 MC와 WMC의 거리 및 제 2사분면에 위치한 정자의 부이 수온을 나타낸 것이며 그림 5와 그림 6의 해당 사분면에 위치하는 WMC는 회색박스로 표시하였다. 연속되는 기간이 2일 이하인 구간은 WMC의 연속성을 보기 어려운 관계로 분석에서 제외하였다. MC와 WMC의 거리는 동서성분(u)과 남북성분(v)에서 방향에 대한 속성은 제외하고 단순 거리만을 이용하였다. 이는 다른 사분면에 위치한 포인트를 제외하고 제 2사분면 및 제 3사분면에 위치한 WMC의 분석에 용이하다.

그림 5의 제 3사분면에 존재하는 WMC와 정자의 수온을 비교한 결과 고리 부이의 수온이 낮아질 때 제 3사분면에 존재하는 것을 알 수 있었다. 수온이 낮아지는 시점에 WMC는 제 2

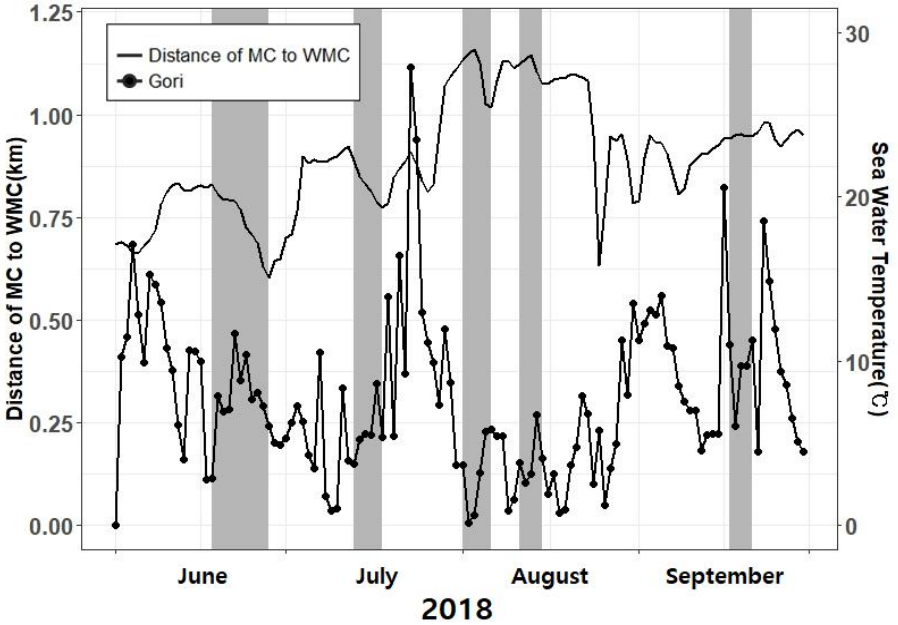

FIGURE 5. Distance of MC to WMC and Gori temperature
(gray box : WMC in the third quadrant)

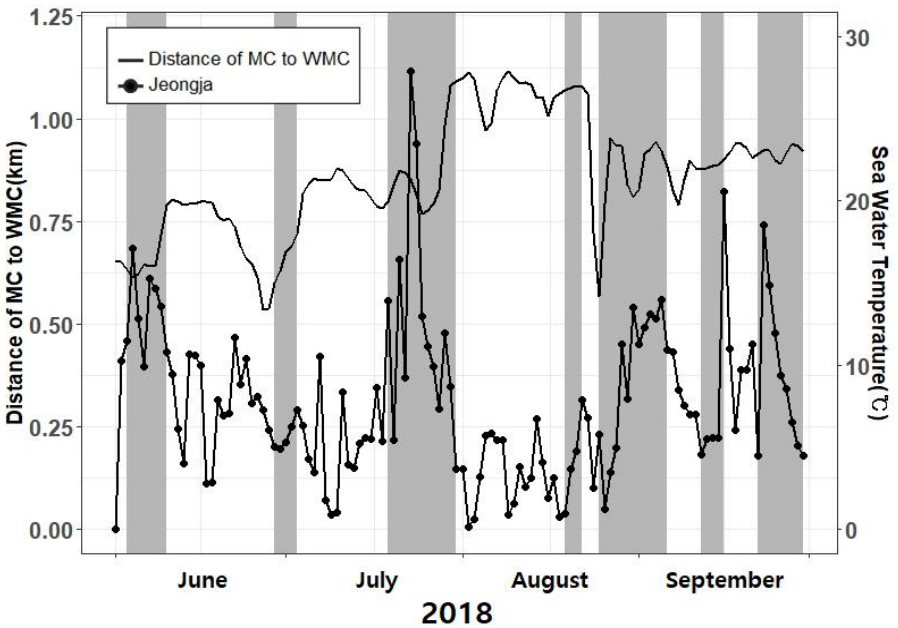

FIGURE 6. Distance of MC to WMC and Jeongja temperature
(gray box : WMC in the second quadrant)

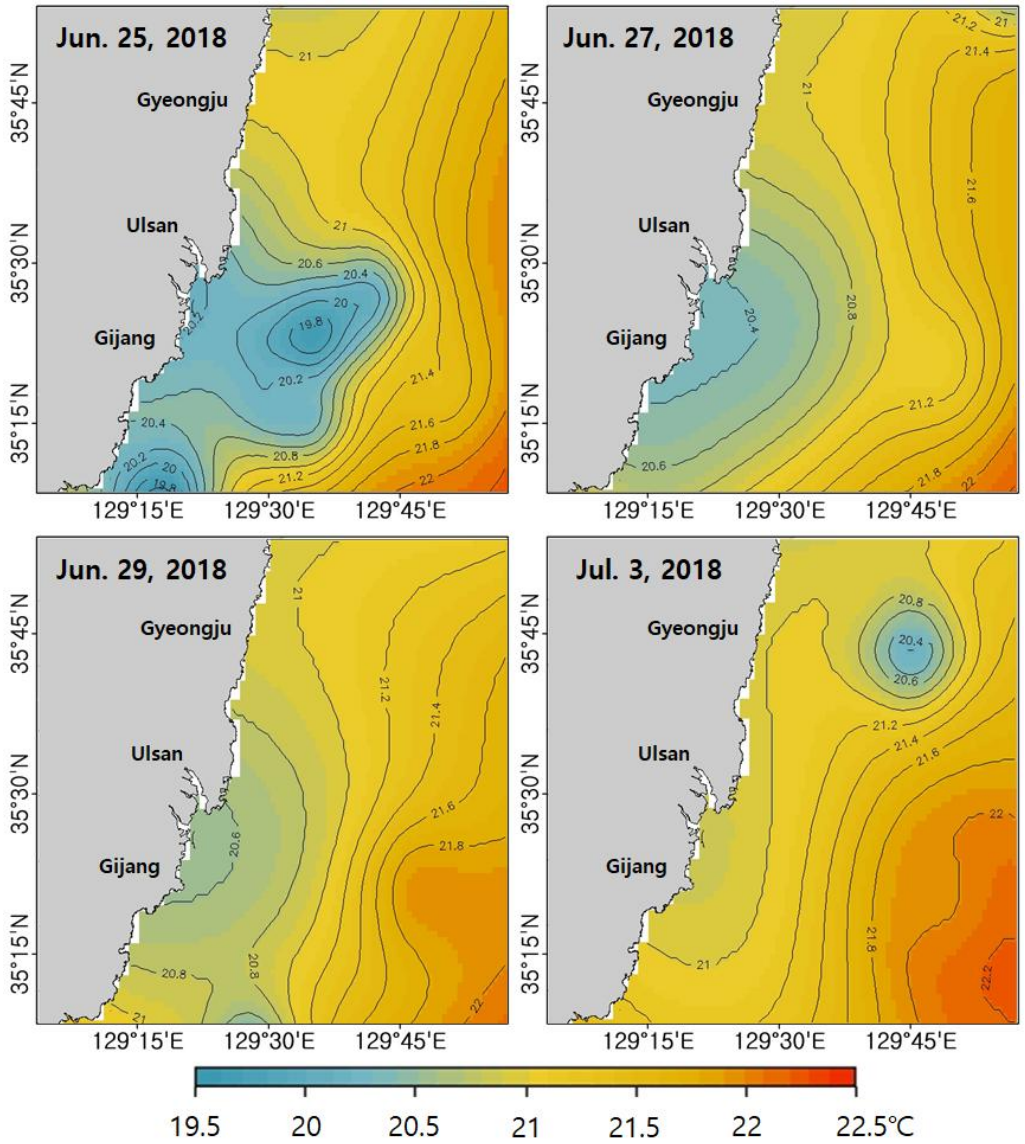

FIGURE 7. GHRSST saptial distribution of cold water

사분면에 존재하였지만 MC와의 거리는 0.5㎞ 이하로 큰 변동을 보이지 않은 것으로 나타났다. 그림 6의 제 3사분면의 WMC와 정자의 수온을 비교하였을 때 제 3사분면과는 반대로 수온이 낮아지다가 증가하는 시점에 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 MC와의 거리도 7월 23일에 1.11 이상의 높은 값을 나타내었다. WMC는 수온이 낮아지는 시점에는 MC와의 거리가 0.5㎞ 이하에서 제 3사분면에 존재하고 수온이 다시 상승하는 시점에는 MC와의 거리가 0.5㎞ 이상에서 제 2사분면에 위치하는 것을 알 수 있다. 이러한 WMC의 변화를 통해 냉수대 발생을 분석하기 위하여 국립수산과학원의 냉수

대 속보자료를 활용하였다. 국립수산과학원에서 발표한 냉수대 발생 기간은 6월 26일~7월 4일, 8월 24일~9월 3일이며 제 2사분면에 위치한 WMC가 총 20일중 6월 29일~7월 3일, 8월 25일~9월 3일의 기간 동안 15일만큼 일치하고 제 3사분면에 위치한 WMC는 20일중 6월 26일~6월 28일 동안 3일만큼 일치하게 나타났다. 냉수대 발생기간에 WMC가 제 2사분면과 제 3사분면에 나타나는 특성을 보였다. WMC를 활용하여 연안에 발생하는 냉수대 및 수온변화를 분석한 결과 수온이 낮아지는 시점에는 제 3사분면에 위치하고 다시 증가되는 시점에는 제 2사분면에 위치함으로써 수온의 변화가 있을 때 WMC가 제 3사분면에서 제 2사분면으로 이동하는 것으로 나타났다. 이를 GHRSST의 분포로 확인하여 보았다. 그림 7은 6월 25일~7월 3일의 SST 분포이다. 6월 25일에 기장, 울산 해역에 냉수대가 발생하여 6월 27일~7월 3일까지 경주, 포항 해역으로 확산되는 모습을 확인할 수 있었다. 이를 통해 연안의 발생하는 냉수대는 남쪽에서 북쪽으로 확산되는 특성을 WMC로 분석이 가능한 것을 확인하였다. 또한 WMC가 연안에 위치할 때 수온변화가 있는 구간과 동일하게 나타나는 것을 알 수 있으며, 이를 통해 연안에서 발생하는 수온 변화 및 냉수대를 파악할 수 있을 것이다.

결 론

본 연구에서는 2018년 6월~9월의 위도 35.20° ~35.90° , 경도 129.10° ~129.90° 한국남동해역의 수온변화를 수온 관측 부이, SST의 분산, WMC를 활용하여 분석하였으며 이를 활용하여 남동해역의 수온변화를 분석한 결과는 다음과 같다.

두 지점의 부이 자료를 통해서는 수온의 시계열적 변동을 파악하였고, GHRSST 자료를 통해서는 연구지역 전체의 일별 표층 수온 분산을 도출하였다. GHRSST의 분산은 7월 22일에 3.33으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 해역에서 분산이 0.5이상 되는 구간을 유의미한 변화가 있는 구간으로 판단하여 수온 관측 부이의 수온과 비교 분석하였다. 수온 관측 부이의 수온은 6월 1일~6월 9일, 6월 23일~7월 3일, 7월 14일~7월 27일, 8월 25일~9월 10일에 급격하게 낮아지는 것으로 나타났는데 이는 분산이 0.5 이상으로 증가된 기간과 비교적 일치하는 특성을 보였다. 또한 고리와 정자의 수온은 동일한 경향성을 보이며 증가 및 감소를 하는 것으로 나타났지만 고리가 정자에 비해 평균 0.85℃이상 높게 나타났다. 이는 연구지역에서 북쪽연안의 수온이 남쪽연안에 비해 상대적으로 낮다는 것을 의미한다.

부이의 수온이 낮아지면 연구해역 수온의 분산이 증가하는 경향을 보였으나, 전 기간 일치하게 나타나지는 않았다. 이에 차가운 수괴가 발생하는 공간적인 위치를 정량적으로 파악하기 위해 GHRSST를 활용하여 추출한 WMC을 이용하여 해역의 수온분포를 파악하였다. 수온에 역수를 취하여 산포도로 분석한 WMC는 제 2사분면에 밀집되어 분포하는 특성을 보였다. 이는 수온 관측 부이 자료에서 확인하였듯이 북쪽연안의 수온이 남쪽연안에 비해 낮게 형성되며 연안의 차가운 수괴가 해류의 영향을 받아 북쪽으로 확산되는 영향으로 판단된다. 제 2사분면 및 제 3사분면에 위치한 WMC의 기간을 파악하고 수온 관측 부이 자료와 비교하기 위해 MC와 WMC의 거리를 시계열로 분석하였다. WMC는 수온이 낮아지는 시점에는 MC와의 거리가 0.5㎞ 이하에서 제 3사분면에 존재하고 수온이 다시 상승하는 시점에는 MC와의 거리가 0.5㎞ 이상에서 제 2사분면에 위치하였다. 또한 WMC의 변화는 수온변화가 있는 구간과 동일하게 나타나는 것을 알 수 있으며 총 20일의 냉수대 발생기간 중 18일이 일치하는 것으로 나타났다. 위성영상을 통해 검증한 결과 6월 26일~7월 4일의 냉수대는 기장, 울산해역에서 발생하여 경주, 포항해역으로 확산되는 것을 확인할 수 있었다. 이에 WMC를 연안에서 발생하는 수온 변화 및 냉수대를 파악하는데 활용할 수 있을 것이라 사료된다.

본 연구결과 WMC는 남동해역에 발생하는

연안의 표층 수온 변화 및 냉수대 발생 시 수온 변화를 정량적으로 파악 할 수 있는 장점이 있으며, SST의 변화패턴을 시계열적으로 분석하기 용이하다. 그러나 재분석 자료의 한계를 지닌 GHRSST의 특성으로 국지적으로 급격하게 변하는 수온을 충분히 탐지하기에 문제점이 있었다. 이에 향후 연구에서는 남동해역의 표층 수온 변화 및 냉수대의 변화와 WMC의 관계를 명확히 제시하기 위해서는 장기적인 데이터 분석이 필요한 것으로 보인다. KAGIS

REFERENCES

Ji, H.E., Lee, S.H., Park, C.H. and Lee, H.W. 2014. A case study on sea breeze circulation and ozone concentration due to the effect of Cold Water in the Southeastern Coastal Area. Journal of Environmental Science International of Korea. 23(2):261-274 (지효은, 이순환, 박창현, 이화운. 2014. 한국 남동연안의 냉수대 영향에 의한 해풍순환과 오존농도의 사례연구. 한국환경과학회지 23(2):261-274).

Kim, A.R. 2014. The influences of coastal upwelling on phytoplankton community in the southern of East Sea, Korea. Master's Thesis, Pukyong National University. 85pp (김아람. 2014. 동해 남부해역에서 냉수대 발생이 식물플랑크톤 군집에 미치는 영향. 부경대학교 석사학위논문. 85쪽).

Kim, B.K. 2019. Analysis on the correlation between the Upwelling Cold Waters and the Red Tide in the Southeast Sea. Master's Thesis, Pukyong National University. 61pp (김범규. 2019. 한국 남동해역의 냉수대 발생 변화와 적조와의 상관성 분석. 부경대학교 석사학위논문. 61쪽).

Kim, B.K., Hwang, D.H., Bak, S.H., Kim, H.M., Unuzaya, E., Kim, D.H. and Yoon, H.J. 2019. Study on the correlation between the Upwelling Cold Waters and Cochlodinium polykrikoides Red Tide in the Southeast Sea of Korea. Journal of the Korean Institute of Electronics Communication Science. 14(3):559-572 (김범규, 황도현, 박수호, 김흥민, 엥흐자리갈 운자야, 김대현, 윤홍주. 2019. 한국 남동해역의 냉수대 발생 변화와 Cochlodinium polykrikoides 적조와의 상관성 연구. 한국전자통신학회지 14(3):559-572).

Kim, S.W., Go, W.J., Jang, L.H., Lim J.W. and Yamada, K. 2008. Short-Term variability of a Summer Cold Water Mass in the Southeast Coast of Korea using satellite and shipboard data. The 2008 Spring Conference of the Korean Society of Marine Environment & Safety. :169-171 (김상우, 고우진, 장이현, 임진욱, 야마다게이꼬. 2008. 위성 및 현장 자료를 이용한 동해 남동부 연안해역의 하계 냉수대의 단기변동. 2008년도 해양환경안전학회 춘계학술발표대회 :169-171).

Kim, T.H., Choi, H.W., Kim, M.K. and Shim, W.J. 2012. A Spatio-Temporal variation pattern of oiling status using spatial analysis in Mallipo Beach of Korea. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 15(4):90-103 (김태훈, 최현우, 김문구, 심원준. 2012. 공간분석 기법을 이용한 만리포 유분의 시·공간 변동 패턴 분석. 한국지리정보학회지 15(4):90-103).

Lee, J.C., Kim, D.H. and Kim, J.C. 2003. Observations of Coastal Upwelling at Ulsan in summer 1997. Journal of the Korean Society of Oceanography. 38(3):122-134.

Oh, H.J., Kim, S.H. and Moon, S.Y. 2005. The characteristics of phytoplankton

community of Cold Water in the around Sea of Wando in Summer, 2005. Journal of the Environmental Sciences. 17(9): 949-956 (오현주, 김승한, 문성용. 2005. 2005년 하계 완도 연안 냉수대 발생시 식물플랑크톤의 분포 특성. 한국환경과학회지 17(9): 949-956).

Oh, H.J., Suh Y.S. and Heo, S. 2004. The relationship between phytoplankton distribution and environmental conditions of the upwelling cold water in the eastern coast of the Korean peninsula. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies. 7(4):166-173 (오현주, 서영상, 허승. 2004. 동해남부연안 냉수대 변동과 관련된 해양환경 및 식물플랑크톤의 변동 특성. 한국지리정보학회지 7(4):166-173).

Smith, M., Goodchild, M. and Longley, P. 2007. Geospatial Analysis. Matador. :79-80.

Suh, Y.S., Jang, L.H. and Hwang, J.D. 2001. Temporal and spatial variations of the Cold Waters occurring in the Eastern Coast of the Korean Peninsula in Summer Season. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 34(5):435-444 (서영상, 장이현, 황재동. 2001. 하계 동해연안역에서 발생하는 냉수역의 시공간적 변동 특성. 한국수산학회지 34(5):435-444).

Suh, Y.S. and Hwang, J.D. 2005. Study on the Cold Mass occurrence in the Eastern Coast of the Korean Peninsula in Summer. Journal of the Korean Environmental Sciences Society. 14(10):945-953 (서영상, 황재동. 2005. 하계 한국동해안 냉수대 발생의 시공간적 분포특성. 한국환경과학회지 14(10):945-953).

Suh, Y.S., Jang, L.H. and Hwang, J.D. 2001. Temporal and spatial variations of the Cold Waters occurring in the Eastern Coast of the Korean Peninsula in Summer Season. Journal Korean Fish Society. 34(5):435-444 (서영상, 장이현, 황재동. 2001. 하계 동해연안역에서 발생하는 냉수역의 시공간적 변동 특성. 한국수산과학회지 34(5):435-444).

The recommended GHRSST data specification (GDS) 2.0 document revision 5, 2011. GHRSST International Project Office. https://www.ghrsst.org/about-ghrsst/governance-documents. (Accessed October 9, 2012).

Yoon, D.Y. and Choi, H.W. 2011. A Comparison of Spatio-Temporal variation pattern of sea surface temperature according to the regional scale in the South Sea of Korea. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies. 14(4): 182-193 (윤동영, 최현우. 2011. 지역 규모에 따른 한국 남부해역 표층수온의 시·공간적 변동 패턴 비교. 한국지리정보학회지 14(4): 182-193).

Yoon, S. and Yang, H. 2016. Study on the temporal and spatial variation in Cold Water Zone in the East Sea using satellite data. Korean Journal of Remote Sensing. 32(6):703-719 (윤석, 양현. 2016. 위성자료를 이용한 동해안 냉수대의 시공간적 변화 분석 연구. 대한원격탐사학회지 32(6):703-719). KAGIS