Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety
Research Paper
Vol. 25, No. 5, pp. 581-588, August 31, 2019, ISSN 1229-3431(Print) / ISSN 2287-3341(Online) https://doi.org/10.7837/kosomes.2019.25.5.581

동해 냉수대 발생역의 장기 변동 분석

김주연* · 한인성**† · 안지숙** · 박명희**
*, ** 국립수산과학원 기후변화연구과

Long-term Trend Analysis of Cold Waters along the Eastern Coast of South Korea

Ju-Yeon Kim* · In-Seong Han**† · Ji-Suk Ahn** · Myung-Hee Park**
*, ** Ocean Climate of Ecology Research Division, National Institute and Fisheries Science, Busan

요 약 : 본 연구에서는 여름철 동해안 냉수대 해역의 바람의 세기 및 방향과 수온의 장기 변동성을 살펴보았다. 바람분석 결과, 과거 22년(1997년~2011년)과 최근 7년(2012년~2018년)을 비교해 보면 여름철 동안 과거에 비해 최근에 남풍계열 바람의 빈도가 줄었고, 풍속도 약해지는 경향을 보였다. 그러나 6월의 바람은 남풍계열 바람의 빈도와 풍속이 과거에 비해 증가하는 경향을 보였다. 이는 7월과 8월에 주로 나타난 냉수대 시기가 빨라졌다고 분석되었다. 최근 7년 사이 강릉(EN) 해역에서 0.5℃~1.8℃의 수온 상승을 보였으며, 영덕(EC)과 기장(ES)은 0.1℃~0.3℃의 수온 상승을 보였다. 평년(1990년~2011년, NOAA/AVHRR 위성수온자료) 대비 최근 7년의 냉수대 출현일은 영덕과 기장에서 줄어드는 경향을 보였고, 강릉은 상대적으로 냉수대 출현일이 증가하는 추세를 보였다. 또한 강릉, 영덕, 기장 해역에서 6월에 냉수대 출현이 증가하는 경향을 보여 냉수대 발생 해역과 시기에 변화가 발생 된 것으로 분석된다. 이러한 결과는 우리나라 주변의 여름철 동아시아 몬순의 약화가 냉수대의 발생원인인 풍향과 풍속에 영향을 미쳤기 때문으로 판단된다.

핵심용어 : 냉수대, 수온, 풍향, 풍속, 몬순

Abstract : *A long-term trend analysis of cold water masses along eastern coast of South Korea was performed during summer, based on wind speed, wind direction, and sea surface temperature (SST) data. Wind data collected over a 22-year period (1997-2011) were compared with another set of data collected over the successive 7-year (2012-2018), highlighting a general decrease in the frequency and speed of south winds. However, both the frequency and speed of these winds have been higher in June between 2012-2018, rather than between 1997-2011. The cold water season between July and August was faster during the 7-year period; moreover, the SSTs registered around Gangneung (EN) rose by 0.5℃- 1.8℃, while those around Yeongdeok (EC) and Gijang (ES) increased by only 0.1℃-0.3℃. The number of cold water days during the 7-year period, compared to those recorded during previous years (1990-2011, satellite SST data by NOAA/AVHRR), decreased in the proximity of Yeongdeok and Gijang, but increased in the proximity of Kangneung. Additionally, the number of cold water days around Kangneung, Yeongdeok, and Gijang increased in June highlighting a geographical and temporal change in the occurrence of cold waters. These observation can be explained by variations in the pressure distribution that should have weakened the East Asian monsoon, affecting the direction and speed of winds that regulate the flow of cold waters.*

Key Words : *Cold water, Sea surface temperature, Wind direction, Wind speed, Monsoon*

1. 서 론

용승에 따른 냉수대 출현 해역은 풍부한 영양염류를 가진 저온의 하층수가 상층으로 올라와 플랑크톤이 다량 번식하여 좋은 어장을 형성 시켜 수산업의 활동이 활발하다(Yang et al., 1998; Lee et al., 2004; Yoo and Park, 2009). 그러나 일반적으로 용승에 의해 발생된 냉수대 해역은 급격한 수온 하강으로 인해 양식생물의 대사 활동이 감소되고 면역력이 떨어지면서 질병 발생 가능성이 높아져 양식 어류의 집단 폐사를 유발시킨다. 실제로 냉수대가 강했던 2013년 여름은 남서풍이 지속적으로 불어 용승이 활발해지면서 동해 연안역 대부분 수온이 급격하게 하강하여 양식 어장의 피해가 발생하였다(Choi, 2015; Yoon and Yang, 2016).

일반적으로 우리나라 여름철 동해역에서의 냉수대는 남

* First Author : kjyeon3513@korea.kr, 051-720-2232
† Corresponding Author : hisjamstec@korea.kr, 051-720-2230

서풍이 7일 이상 평균풍속 3 m/sec 혹은 3일 이상 평균풍속 4 m/sec 일 때 발생하며 주로 봄~여름 시기에 주로 발생한다 (Seung, 1974; Lee, 1983; Byun 1989; Lee et al., 1998). 그러나 최근 한반도 기압배치의 변화로 동해역의 냉수대를 발생시키는 바람의 세기와 방향이 변동되는 양상을 보였다. Shin(2019)에 의하면, 과거 30년(1989~2018)간 7월의 평균해수면 기압분포와 2013년과 2018년 평균해수면 기압분포를 분석한 결과, 한반도 북서쪽과 남동쪽의 기압차가 과거 30년에 비해 커지고 북태평양 저기압도 과거 30년에 비해 높아져 기압배치가 동해 남부 연안에 평행한 성분인 남서풍보다는 남동풍이 불기에 적합한 구조를 가지고 있다고 보고하였다. 또한 여름철 기압배치의 변동은 우리나라의 기후에 영향을 미치고 있는 동아시아 몬순을 약화(Hori and Ueda, 2006; Li et al., 2010)시켜 여름철 계절풍을 변화시켰다. 그 결과 동해 연안역의 바람의 크기와 방향에 변화가 생겨 냉수대를 일으키는 용승의 강도도 약해지는 경향이 확인되었다(Kim et al., 2018; Shin, 2019).

지금까지의 연구는 동해 연안의 냉수대나 용승에 관한 사례분석(Hwang et al., 2008; Lee et al., 2017)이 대부분으로 특정 지역에서 냉수대 구조나 변동의 특성 분석(Choo, 2016; Lee, 2011), 한반도 냉수대가 강하게 발생했던 시기의 용승 발달 메커니즘(Choi, 2015) 등 단기 분석에 국한되어 있어 동해 전역의 냉수대 장기 변동 연구가 필요한 실정이다.

이러한 냉수대의 장기변동을 파악하기 위해서는 냉수대 발생의 주원인으로 알려진 바람과 수온의 장기 변화를 이해하는 것이 중요하다.

따라서 본 연구에서는 냉수대의 장기변동을 파악하기 위해 여름철 동해안 냉수대 해역에서 발생된 바람의 세기 및 방향과 수온의 변화를 살펴보고자 한다.

2. 자 료

냉수대의 장기변동을 파악하기 위해서는 먼저 동해안 냉수대 해역의 수온과 바람(풍향, 풍속) 자료가 필요하다. 기상청 해양기상관측은 2001년 동해연안을 시작으로 5개의 해양기상부이를 설치하여 현재까지 자료가 수집되고 있으나, 관측기간이 짧아 장기변동을 파악하는데 어려움이 있다. 그러나 지상관측의 경우 1900년대 초부터 현재까지 자동기상관측장비(Automatic weather system, AWS)와 종관기상관측장비(Automated synoptic observing system, ASOS)를 우리나라 전역에 설치하여 기상을 관측하고 있어 동해 연안 근처의 바람자료를 이용하여 냉수대의 장기변동을 분석할 수 있다. 냉수대 발생 시기(5월~8월)의 여름철 동해 연안에 가까운 기상청 AWS/ASOS 관측자료를 이용하여 남풍계열 바람을 분석하였다. 또한 장기분석에 따른 냉수대 발생 시기 동안의 수온자료는 국립수산과학원 위성 해양 정보실에서 수신된 NOAA/AVHRR(National oceanic and atmospheric administration/Advanced very high resolution radiometer) 위성에서 얻어진 일평균 수온자료(해상도 1 km × 1 km)와 국립수산과학원에서 운용중인 실시간 수온 관측 시스템(Real-time information system for aquaculture environment, RISA)을 이용하여 수온의 변동 경향을 분석하여 동해 북부~남부의 해역별 냉수대 출현빈도 및 시기를 연구하였다.

2.1 분석자료

바람과 수온 자료에 따른 분석기간은 관측 시작 시기나 품질관리(Quality Control) 및 자료의 신뢰성 등을 고려하여 분석기간을 산정하였다. 바람자료는 과거 22년(1997년~2018년)의 냉수대 발생 시기동안 실시간 수온 관측 부이에 가장 근접하게 위치한 기상청 AWS의 주문진(523), 기장(923)와 ASOS의 영덕(277) 지점에서 관측된 시간당 바람자료 중 냉수대를 일으키는 남풍계열 바람자료를 이용하여 분석하였다. 냉수대의 발생 기작인 바람은 해안선의 평행한 바람이 불 때 용승을 일으켜 물의 순환이 일어나는데 동해안의 경우 동해 중부와 동해 남부의 해안선의 방향이 다르기 때문에 분석 영역에 따른 풍향각을 넓게 지정 하였다. 주 풍향에 대한 분류는 기상청에서 제공하는 16방위각의 기준에 맞추었으며 지상풍의 마찰로 인한 오차 및 AWS/ASOS의 위치를 고려하여 범위를 크게 지정하였다. 동해역에 영향을 주는 남동풍, 남풍, 남서풍을 기준으로 16방위각에 맞춰 101.25°~258.75°로 정하였다.

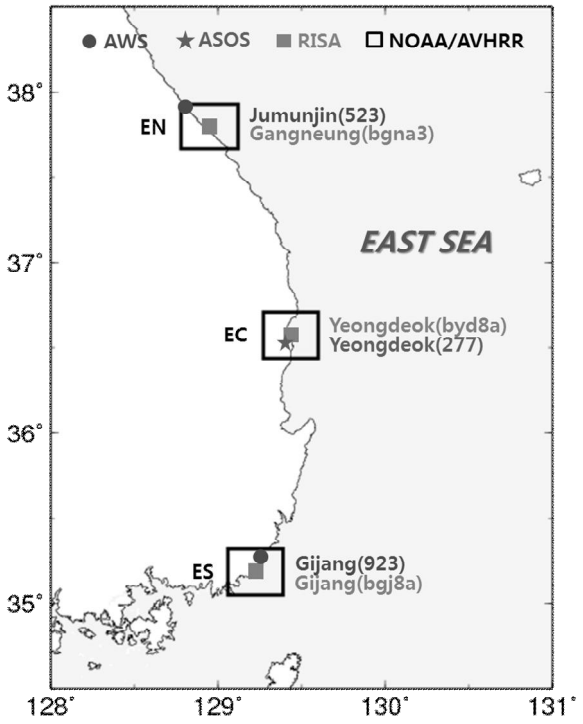

Fig. 1. Location of AWS, ASOS, RISA and NOAA/AVHRR data area of 30 km × 30 km.

수온자료는 29년(1990년~2018년)동안 냉수대 발생 시기에 NOAA/AVHRR 위성에서 얻어진 일평균 수온 자료(이하 위성 수온자료)와 최근 7년(2012년~2018년) 사이 실시간 수온 관측 부이인 강릉(bgna3), 영덕(byd8a), 기장(bgj8a)에서 관측된 일평균 수온자료(이하 RISA 수온자료)를 이용하였다. 위성 수온자료의 경우 RISA 부이를 중심으로 30 km × 30 km의 위성 수온 영역에 대한 일평균 수온 자료이다. 냉수대 장기변동 분석을 위해 바람과 수온자료는 RISA 수온관측이 시작된 2012년을 기준으로 과거(~2011년)와 최근(2012년~2018년)으로 각각 분류하여 분석하였다. 각 지점별로의 code는 국립수산과학원과 기상청에서 부여한 명칭으로 쓰여 졌다. Fig. 1에서는 지도상의 관측지점들을 지점별로 표시하였으며, □ 영역은 RISA 부이를 중심으로 30 km × 30 km의 위성 수온 영역을 의미한다. RISA 수온자료는 해양환경 특성상 통신망 불량, 수온센서 고장, 기상재해 등의 파손으로 수온 자료의 결측이 있어 내삽(interpolation)으로 자료를 보완(filling) 하였다.

3. 연구 결과

3.1 바람 변동성

동해 연안에서 냉수대를 일으키는 원인인 바람의 장기 변동을 살펴보고자 22년(1997년~2018년)간 냉수대 발생 시기(5월~8월)에 AWS/ASOS에서 관측된 주문진(523), 영덕(277), 기장(923) 지점에서의 풍향(남풍계열) 빈도를 2012년을 기준(검은 점선)으로 비교 분석하였다(Fig. 2). 동해 북부 지역인 주문진(523)은 냉수대 발생 시기에 약 40 %~60 % 남풍계열 바람이 불었으며, 최근 7년 풍향 빈도 경향을 보면 6월을 제외하고 냉수대 발생 시기에 남풍계열 바람 빈도가 줄어들었다. 동해 중부 지역인 영덕(277) 지점은 약 30 %~70 %의 남풍계열바람의 빈도가 나타났고 과거 15년 동안의 바람 빈도는 상승추세를 보이고 있으나 최근 7년의 풍향 빈도에서는 주문진(523)과 유사하게 6월을 제외하고 5월~8월까지 남풍계열 바람의 빈도가 줄어들었다. 동해 남부 지역인 기장(923) 지점의 경우, 과거 15년 동안 주로 7월에 남풍계열 바람 빈도가 많이 나타났고 증가 추세를 보였으나, 최근 7년에 대한 그래프에서는 5월과 6월을 제외하고 7월과 8월의 남풍계열 바람 빈도가 낮아지는 경향을 보였다.

Fig. 3은 Fig. 2에서 분석했던 남풍계열 바람 빈도에 관측된 평균 풍속(이하 평균 풍속) 그래프이다. 주문진(523) 지점은 1997년~2002년 5월~8월 평균 풍속이 감소 추세를 보였으며 이후 2008년까지 평균 풍속이 강해지다가 다시 약해지는 경향을 보였다. 주로 5월과 6월의 평균 풍속이 강하였으며 2012년 이후 평균풍속이 5월은 일정한 반면, 6월은 강해지는 추세를 보였다. 영덕(277)은 냉수대 발생 시기 중 상대적으로 5월의 평균 풍속이 가장 강하게 나타났으며, 7월의 평균 풍속은 미미하지만 약화되는 추세를 보였다. 최근 7년간의 평균 풍속 그래프를 보면, 7월과 8월은 약화되었고, 6월이 강해지고 있음을 확인 하였다. 기장(923)은 주문진(523)과 영덕(277)에 비해 평균 풍속이 약하였고 과거 15년의 냉수대 발생 시기에는 월별 평균 풍속이 비교적 유사하였으나 최근 7년 동안에는 5월과 6월은 증가하였고 7월과 8월의 평균 풍속이 약화되었음을 확인 하였다.

3.2 수온 변동성

Fig. 4는 NOAA/AVHRR 위성에서 관측된 과거 22년(1990년~2011년)과 최근 7년(2012년~2018년)까지의 5월에서 8월의 위성 수온 분포이다. 5월의 위성 수온분포는 과거 22년(이하 평년) 자료와 최근 7년 자료가 거의 유사한 평균 수온분포를 나타냈다. 6월은 평년 위성수온분포에서 남해 연안까지 20℃ 선을 보였으나 최근 7년의 위성수온자료를 보면 20℃선이 울릉도 근처까지 올라가 평년에 비해 약 1℃ 정도 상승되었음이 확인 되었다. 7월 역시 평년 위성수온이 동해연안 근처가 22℃를 보인 반면 최근 7년 동안 23℃ 정도로 약 1℃ 상승되었다. 8월의 위성수온도 최근 7년의 수온분포가 평년과 유사하였으나 25℃선이 동해 연안역을 따라 분포하고 있어 약 1℃ 수온의 상승을 보였다. 평년 대비 최근 7년 위성수온의 편차에서도 5월과 6월은 0.5℃ 미만의 차이를 보였으나 7월과 8월은 1℃ 정도의 수온 상승을 보였다. Fig. 5는 RISA 관측 부이 정점을 중심으로 30 km × 30 km 영역의 NOAA/AVHRR 위성에서 얻어진 수온 영역(Fig. 1)에서의 수온자료이며 막대그래프는 평년 대비 최근 7년간의 수온 차를 나타낸다. 일평균 수온 변화를 보면, 전 해역에서 평년 대비 최근 7년의 수온이 대체로 상승되었음을 확인 하였다. 평년 대비 최근 7년 동안 EN 해역에서 7월 중순~8월말 사이 평균 약 1℃ 정도 수온 상승을 보였고, EC 해역에서도 5월 중순~6월 중순까지는 평균 약 1℃ 정도의 수온이 상승되어 해역마다 수온 상승에 대한 시기적인 차이가 있었다. 동해 남부 해역인 ES은 동해역에서 수온이 높은 해역으로 평년과 최근 7년의 수온차가 다른 해역에 비해 크지는 않았으나 수온은 지속적으로 상승되었다. Table 1은 Fig. 5에 대한 월평균 위성수온 자료이다. 평년에 비해 최근 7년의 월평균 위성수온이 전 해역에서 0.1℃~1.8℃ 정도 상승됨을 확인 하였다. 해역별로 보면 평년에 비해 최근 7년의 수온상승은 동해 북부 해역인 EN이 높은 것에 반해 EC와 ES은 평년 대비 0.1℃~0.3℃ 정도의 낮은 수온 상승을 보였다. 월별로 보면 5월>8월>6월>7월 순으로 평년에 비해 5월의 수온 상승이 강하게 나타나고 있다.

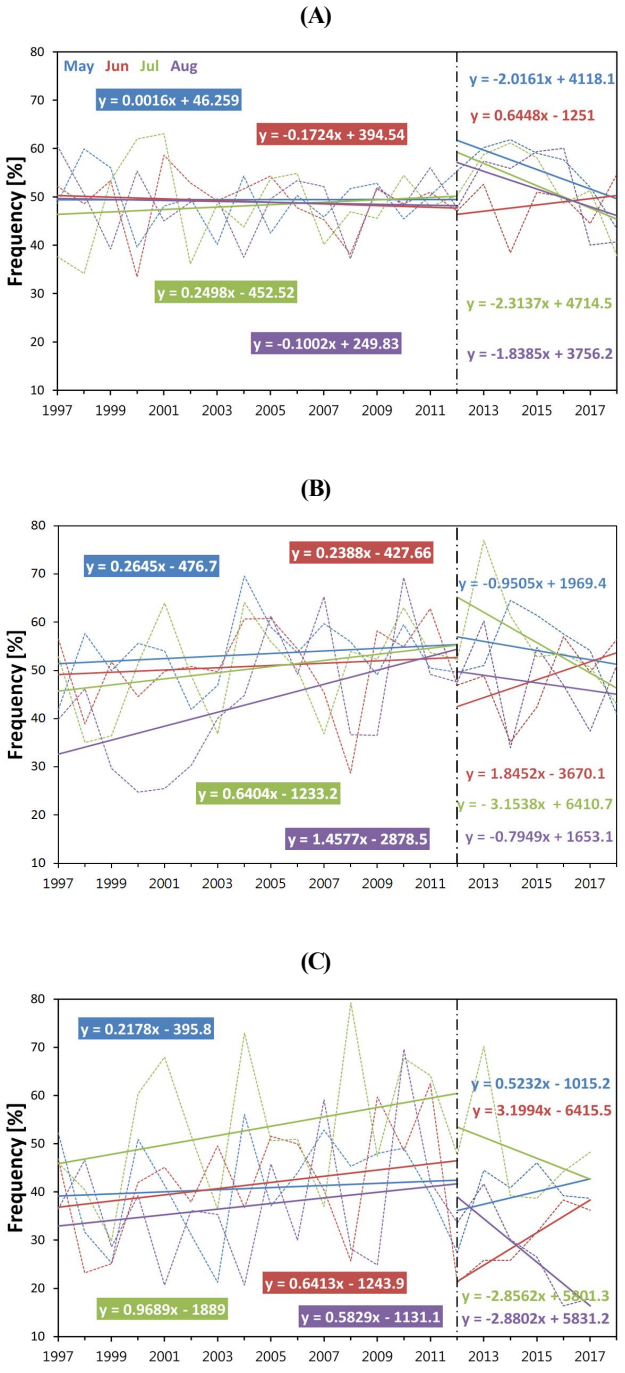

Fig. 2. The frequency of wind direction (dotted line) and its trend analysis (solid line). (A) Jumunjin (523), (B) Yeongdeok (277) and (C) Gijang (923). The color of blue, red, green and purple indicate May, June, July and August, respectively.

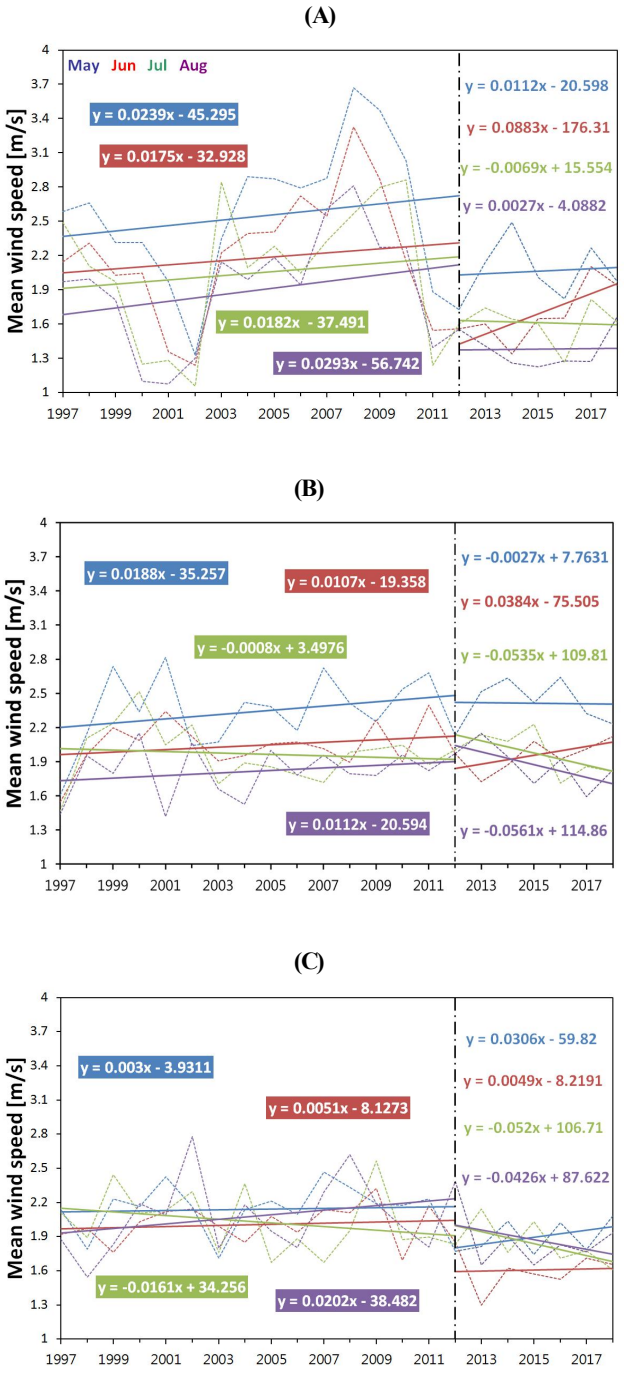

Fig. 3. The same as Fig. 2. but for the mean wind speed.

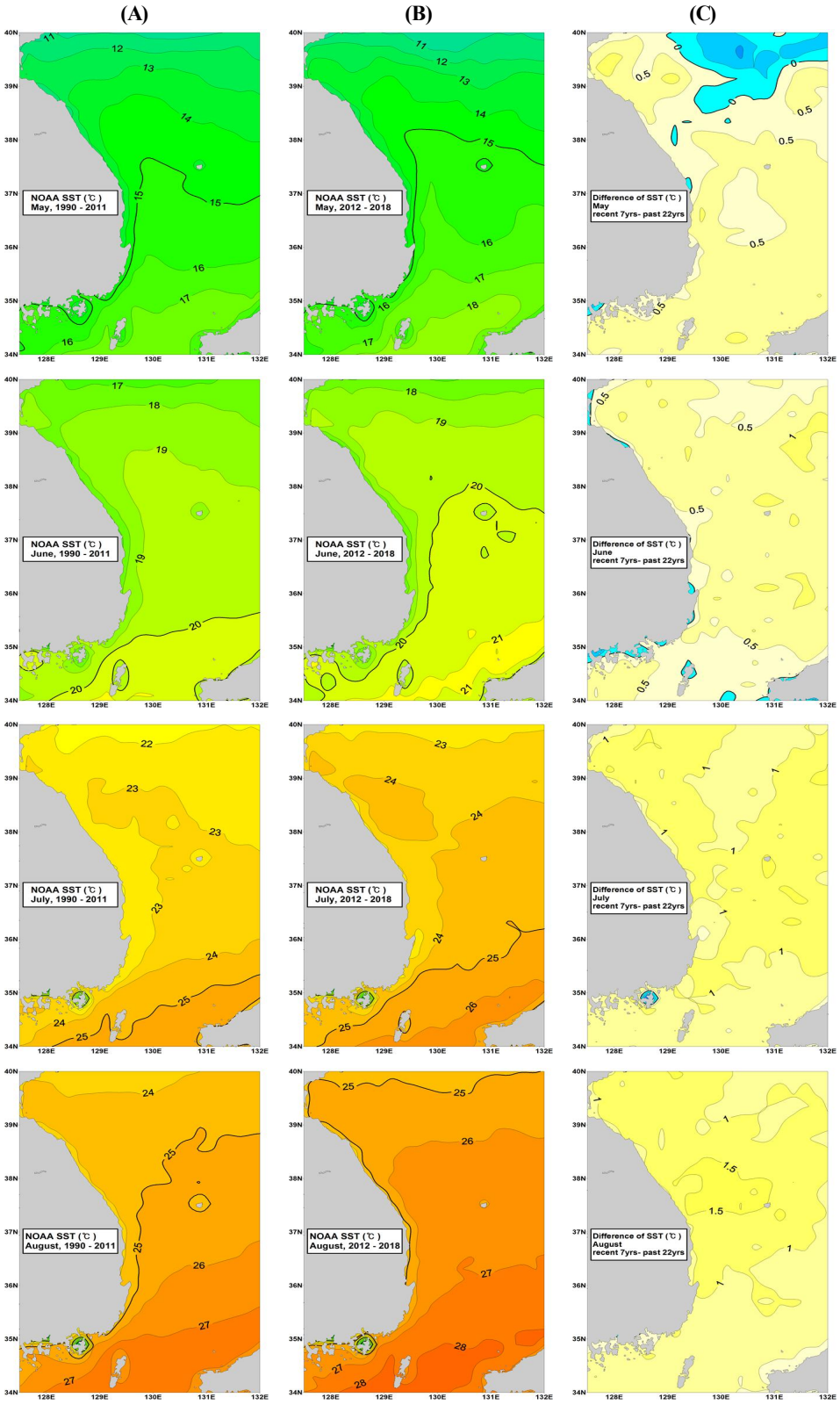

Fig. 4. The monthly mean sea surface temperature (SST) by satellite data from May to August. (A) 22 years (1990 ~ 2011), (B) 7 years (2012 ~ 2018) and (C) difference between (B) and (A).

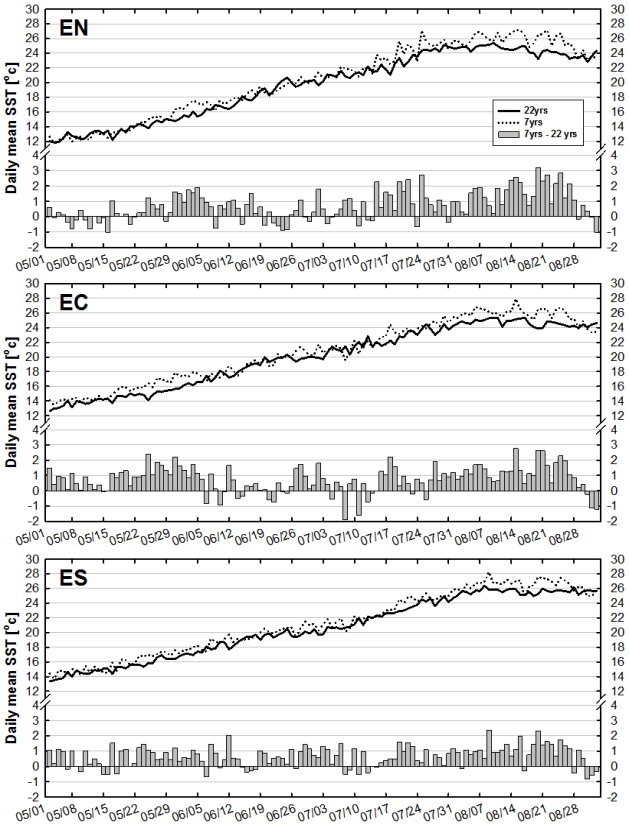

Fig. 5. Time series of the daily mean SST and difference SST on May to August for 22 years and 7 years by satellite data.

Table 1. The monthly mean SST on May to August for 22 years and 7 years by satellite data

[℃]

		5	6	7	8
EN	22 yrs	13.6	17.9	22.6	24.3
	7 yrs	15.4	18.9	23.1	25.9
EC	22 yrs	14.4	18.4	22.5	24.6
	7 yrs	14.7	18.6	22.7	24.9
ES	22 yrs	15.2	18.8	22.9	25.6
	7 yrs	15.4	18.9	23.1	25.9

3.3 냉수대 출현 경향 분석

일반적으로 냉수대는 여름철 연안역에 주변 해역보다 수온이 5℃ 이상 차가운 해수가 출현하는 경우를 말한다. 본 연구에서는 냉수대 출현 경향을 살펴보기 위해 평년 위성 수온자료 대비 최근 7년(2012년~2018년)간 5월에서 8월 사이 RISA 수온자료가 5℃ 이상 낮아진 시기(이하 냉수대 출현일)를 파악하여 분석하였다(Table 2). 월별로 보면, 7월에 219일로 가장 많았고 다음이 8월(118일) > 6월(42일) > 5월(11일)순이었다. 해역별로 냉수대 누적 출현일 살펴보면, 최근 7년간 기장과 영덕에서 각각 170일과 162일로 유사하게 냉수대가 출현하였고 강릉은 58일로 냉수대 출현이 적었다. 지역별로는 강릉은 최근 7년간 냉수대 발생 시기 냉수대 출현 누적 일수가 2014년 18일로 가장 많았으며 2017년과 2018년에도 10일 이상의 냉수대 출현 누적 일수를 보였다. 또한 6월의 냉수대 출현일이 동해 남부 해역인 기장의 출현일보다 5일 더 많이 나타났다. 영덕은 동해 중부 지역으로 2016년을 제외한 분석 기간에서 다른 해역에 비해 냉수대 출현 빈도가 높게 나타났으며 강한 냉수대가 거의 매년 지속적으로 발생하였다. 기장은 동해 남부 지역으로 최근 7년 동안 매년 평균 약 24일 정도의 냉수대가 출현하였으며 영덕과 비슷한 빈도로 매년 발생 하고 있다. 2013년 7월~8월을 보면 영덕 32일, 기장 45일로 동해 중부와 남부 해역 주변에 기록적인 강한 냉수대가 출현하였음을 보여준다.

Table 2. The number of days of cold water events on May to August from 2012 to 2018

[day]

Station	Kangneung				Yeongdeok				Gijang			
Month	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
2012	0	0	1	3	0	4	3	8	0	0	6	5
2013	0	0	1	0	3	3	21	11	0	0	21	24
2014	1	4	9	4	0	3	17	10	0	0	27	4
2015	1	3	3	0	5	1	14	9	0	0	6	12
2016	0	0	0	1	0	0	1	2	0	3	16	4
2017	0	0	16	0	1	7	23	1	0	0	19	5
2018	0	6	1	4	0	4	6	5	0	4	8	6
Total	2	13	31	12	9	22	85	46	0	7	103	60

Fig. 6은 냉수대 누적 출현에 따른 월별 그래프이고 점선은 분석 지역을 나타내고 실선은 분석 지역의 냉수대 누적 출현 추세를 나타낸다. 7월과 8월의 영덕과 기장의 냉수대 누적 출현일은 최근 7년 동안 일정하거나 감소되는 추세를 보인 반면, 6월은 3 분석 해역에서 증가되는 추세를 보였다. 특히 강릉은 7월에도 냉수대 누적 출현일의 증가되는 경향을 보였다.

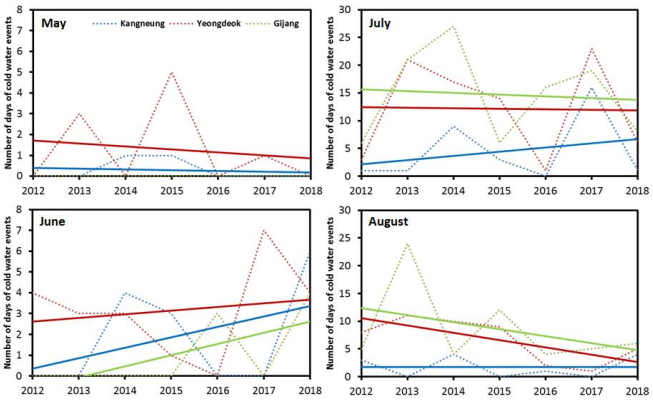

Fig. 6. The Monthly total number of days of cold water events.

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 동해 냉수대를 일으키는 남풍계열 바람의 장기 변동 경향을 분석하고 냉수대 발생역의 수온변화를 연구하였다. AWS/ASOS에서 관측된 22년(1997년~2018년)간 냉수대 발생 시기(5월~8월)의 바람의 변화는 과거 15년(1997년~2011년)은 지점별, 월별의 차이는 있었으나 대체로 약 50 % 내외의 남풍계열 바람이 불었으며 바람의 빈도는 증가 추세를 보였다. 그러나 최근 7년(2012년~2018년) 사이 분석 지점에서 6월을 제외하고 남풍계열 바람 빈도가 감소 추세를 보여 7월과 8월에 주로 발생하였던 남풍계열 바람 빈도가 6월에 높아지고 있음을 확인 하였다. 남풍계열 바람에 따른 풍속 변화도 역시 전 분석 지점에서 과거 15년 동안 냉수대 발생 시기에 평균 풍속이 상승하고 있었으나, 2012년 이후로 최근 7년간의 평균 풍속은 6월을 제외한 여름철 남풍계열에 따른 풍속이 감소 추세를 보였다. 냉수대 발생 시기 NOAA/AVHRR 위성 수온자료를 월별로 분석한 결과 평년에 비해 최근 7년(2012년~2018년)의 동해 연안역의 수온이 7월과 8월에 약 1℃ 상승되었음을 확인 하였다. 대체로 동해 북부 해역인 EN의 수온 상승이 높았으며, 동해 중부 해역인 EC은 5월 중순~6월 중순까지 수온 상승이 강하였다. 해역별로 냉수대 출현일을 보면, 주로 영덕과 기장에서 냉수대 출현일이 많았으며 월별로는 7월>8월>6월>5월 순으로 분석되었다. 그러나 최근 7년에 따른 냉수대 누적 출현일 경향 분석에서는 영덕과 기장의 냉수대 출현일이 줄어들었으며 상대적으로 강릉의 냉수대 출현일이 증가되는 패턴을 보여 냉수대 출현 해역에 변화가 발생 되었다. 또한 시기적으로 냉수대가 주로 발생되는 7월과 8월의 출현 빈도가 낮아지고 6월의 냉수대 출현 일수가 증가되는 추세를 보였다. 이는 Shin(2019)이 언급한대로 기압배치의 변화에 따라 남서풍에서 EN의 해안선과 평행한 남동풍이 불기 시작하여 동해 북부 해역의 냉수대 출현일이 증가되고 있다는 결과와 일치했다. 실제로 풍향의 변화는 기압배치의 변동에 따른 동아시아 몬순의 약화와도 관련이 있었다. Fig. 7은 1948년~2017년 동안 6월~8월의 동아시아 몬순 지수를 나타낸 것이다. 1948년부터 동아시아 몬순지수가 상승과 하강이 주기적으로 반복되고 있으나 전반적으로 지수가 낮아지는 경향을 보였다. 특히 2010년 이후로는 가우시안 필터 분석에서도 지속적으로 몬순 지수가 음(-)의 수치를 나타내 최근 동아시아 몬순의 약화를 보여주고 있다.

결론적으로 동해 냉수대를 일으키는 바람의 방향이 기압배치의 변화와 몬순의 약화로 인해 패턴이 변하였고, 남풍계열 바람이 주로 불었던 7월과 8월보다는 6월에 빈도가 증가되는 추세를 나타내며 풍속 또한 강해지는 경향을 보였다. 바람의 변화는 최근 7년 동안 동해 연안역의 냉수대 출현 해역에도 영향을 미쳐 영덕과 기장의 냉수대 출현일수가 줄어드는 반면, 상대적으로 냉수대 출현일수가 적은 강릉이 상승추세를 나타내고 있었다.

최근 7년 동안 본 연구를 통해 냉수대 장기 변동 분석을 바람과 수온자료를 통해 해석할 수 있었고, 기후변화에 따른 동아시아 몬순의 약화가 동해 연안역에서의 냉수대에 미치는 영향을 효과적으로 분석할 수 있었다. 그러나 바람의 자료가 해상풍이 아니기 때문에 실제 냉수대를 발생 시킨 바람과 AWS/ASOS 바람과의 유사 정도를 추후 분석할 예정이다. 또한 세부적으로 바람의 방향을 남서와 남동으로 재분류하여 그에 따른 빈도분포와 냉수대 출현일에 대한 지속기간도 추가 연구할 계획이다.

본 연구는 중·장기적인 동해 냉수대 발생역의 바람 변동 및 수온의 변화를 파악함으로써, 여름철 냉수대 출현에 따른 양식 어장의 피해를 최소화 하는데 기여할 것으로 사료된다.

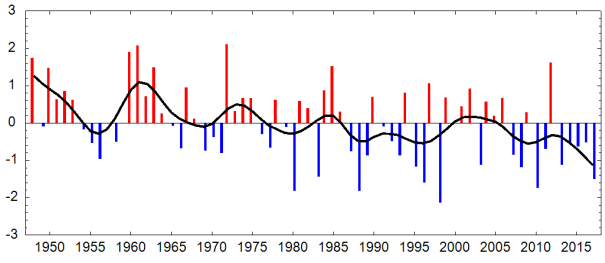

Fig. 7. The normalized time series of the East Asian Summer Monsoon Index (EASMI) for the period of 1948~2017 (ljp.gcess.cn/dct/page/65577). The solid line indicate 9-year Gaussian-type filtered values.

사 사

본 연구는 2019년도 수산시험연구사업(R2019042)으로 수행되었습니다.

References

[1] Byun, S. K.(1989), Sea surface cold water near the southeastern coast of Korea: Wind effect, Journal of Oceanological Society of Korea, Vol. 24, No. 3, pp. 121-131.

[2] Choi, Y. K.(2015), Upwelling in the southwest region of the East Sea in July, 2013. Journal of the Korean Society of Fisheries Technology, Vol. 51, No. 2, pp. 212-220.

[3] Choo, H. S.(2016), Variation and Structure of the Cold Water Around Ganjeol Point Off the Southeast Coast of Korea. Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety, Vol. 22, No. 7, pp.836-845.

[4] Hori, M. E. and H. Ueda(2006), Impact of global warming on the East Asian winter monsoon as revealed by nine coupled atmosphere-ocean GCMs, Geophysical Research Letters, Vol. 33, pp. 2-5.

[5] Hwang, J. D., Y. H. Lee, J. M. Shim, S. H. Youn, H. G. Jin, Y. S. Kim, K. Y. Kwon and S. C. Yoon(2008), Physical Oceanographic Characteristics in Hupo Coastal area during Summer and Autumn, 2007, Journal of the Korean Fisheries Society, Vol. 41, No. 6, pp. 505-510.

[6] Kim, J. Y., I. S. Han and J. S. Ahn(2018), Correlation Analysis of UA Using Wind Data of AWS/ASOS and SST in Summer in the East Sea, Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety, Vol. 24, No. 6, pp. 773-784.

[7] Lee, D. K., J. I. Kwon and S. B. Hahn(1998), The Wind Effect on the Cold Water Formation Near Gampo-Ulgi Coast. Journal of the Korean Fisheries Society, Vol. 31, No. 3, pp. 359-371.

[8] Lee, J. C.(1983), Variations of sea level and sea surface temperature associated wind-induced upwelling in the southeast coast of Korea in summer. Journal of Oceanological Society of Korea, Vol. 18, pp. 149-160.

[9] Lee, J. C.(2011), Upwelling-Response of the Cold Water off Haeundae in Summer. Journal of the Korea Society of Oceanography, Vol. 16, No. 4, pp. 206-211.

[10] Lee, Y. H., J. H. Shim, S. W. Kim and J. M. Shim(2017), Intensity of Water Temperature Fluctuation and its Effects on Marine Culturing Farms Along the Southeast Coast of Korea, the Korean Society for Marine Environment and Energy, pp. 188-189.

[11] Li, H., A. Dai, T. Zhou and J. Lu(2010), Responses of East Asian summer monsoon to historical SST and atmospheric forcing during 1950-2000, Climate Dynamics, Vol. 34, pp. 501-514.

[12] Seung, Y. H.(1974), A dynamic consideration on the temperature distribution in the east coast of Korea in August. Journal of Oceanological Society of Korea, Vol. 9, pp. 52-58.

[13] Shin, C. W.(2019). Change of Coastal Upwelling Index along the Southeastern Coast of Korea, Journal of the Korean Society of Oceanography, Vol. 24, No. 1, pp. 79-97.

[14] Yang, H. S., S. J. Oh, H. P. Lee and C. H. Moon(1998), Distribution of Particulate Organic Matter in the Gampo Upwelling Area of the Southwestern East Sea. Journal of Oceanological Society of Korea, Vol. 33, No. 4, pp. 157-167.

[15] Yoo, S. and J. Park(2009), Why is the southwest the most productive region of the East Sea/Sea of Japan. Journal of Marine Systems, Vol. 78. pp. 301-315.

[16] Yoon, S. and H. Yang(2016), Study on the Temporal and Spatial Variation in Cold Water Zone in the East Sea Using Satellite Data, Korean Journal of Remote Sensing, Vol. 32, No. 6, pp. 703-719.

Received : 2019. 06. 25.
Revised : 2019. 08. 05.
Accepted : 2019. 08. 28.