해양환경안전학회지 제16권 제4호 pp. 353-360, 2010. 12. 31. (ISSN 1229-3431)
Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety

한국 연근해 수온의 시공간적 장기변동 특성

성기탁* · 황재동**† · 한인성** · 고우진** · 서영상** · 이재영***
* 국립수산과학원 남서해수산연구소, ** 국립수산과학원, *** 국토해양부 해양환경정책과

Characteristic for Long-term Trends of Temperature in the Korean Waters

Ki-Tack Seong* · Jae-Dong Hwang**† · In-Seong Han** · Woo-Jin Go** · Young-Sang Suh** · Jae-Young Lee***
* Southwest Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu, 556-823, Korea
** National Fisheries Research and Development Institute, Busan, 619-902, Korea
*** Marine Environment Policy Division, The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Gyeonggi, 427-712, Korea

요 약 : 국립수산과학원에서 지난 41년간(1968-2008년) 정선해양관측점에서 관측한 수층별 수온자료를 분석한 결과, 우리나라 동해, 서해 및 남해 해역의 표층수온은 상승하는 것으로 나타났다. 그러나 100 m 수층의 경우 남해해역은 상승하지만 동해해역은 오히려 하강하는 것으로 나타났다. 남해 해역은 쿠로시오난류의 지류인 쓰시마난류의 강화로 인해 전 수층이 영향을 받으며, 따라서 전 수층에서 수온이 상승하는 경향을 만드는 원인이라 생각된다. 동해해역 100 m 수층에서 수온하강의 경향은 주로 연안역의 하강 정도가 근해역의 상승정도보다 크게 나타나기 때문에 동해해역을 평균하면, 동해해역 전체적으로는 수온이 하강하는 것으로 나타났다. 동해해역 100 m 수층에서 수온변동을 일으키는 요인으로 바람, 해류 등이 있으며, 본 연구에서 이 중 기상요소인 풍속의 변동과 수온변동에 대해서 분석하였다. 계절별로는 남해를 제외하고 동계의 상승률이 하계의 상승률보다 약 2배 이상 높게 나타나 장기적인 수온상승은 주로 동계의 수온 상승에 기인함을 알 수 있다. 남해의 경우 하계의 수온 상승률이 동계의 상승률보다 높게 나타나는데, 이는 쓰시마 난류의 세력 강화 및 중국대륙에서 유출되는 양자강수의 영향이라 생각된다. 우리나라 연안의 6개 관측점에서 관측한 기온과 풍속 자료 분석결과 점차적으로 기온이 상승하고 풍속이 약해지는 따뜻한 겨울이 되는 경향이 나타났다. 풍속의 약화는 해양에서 표면혼합층의 수심이 얕아지게 하는 원인이 되며, 표면혼합층의 두께가 얕아지게 되면 표층과 저층의 혼합 깊이가 얕아지게 되어 표층의 따뜻한 물이 저층으로 전달되는 양과 저층의 차가운 물이 표층으로 전달되는 양이 작아지게 된다. 따라서 표층의 수온은 점차 상승하게 되며, 예전 표면혼합층과 저층의 경계층 수온은 점차 낮아지게 된다.

핵심용어 : 수온, 장기수온변동, 표면혼합층, 기온, 풍속

Abstract : *The result of analysis of the observed temperature data by the Serial Oceanography Investigation of National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI) during last 41 years from 1969 to 2008 showed that sea surface temperatures in the East, West and South Sea of Korea were clearly increased. In case of 100 m depth, temperature was increased in the South Sea of Korea, but it was decreased in the East Sea. Especially, the temperature around the coastal area in the East Sea was significantly decreased by the spatial distribution of long-term change of temperature on 100 m depth. It should lead to the decreasing trend in the long-term change of temperature on 100 m depth in the entire East Sea. The increasing trend was clearly larger in wintertime than in summertime by a factor of about 2. It means that the long-term increasing trend of sea surface temperature in the Korean Waters is usually caused by the distinctive increasing trend in wintertime. As the results of the analysis of air temperature and wind speed on the 6 stations around the coastal area in the Korean Waters, air temperature was found to be continuously increased, but wind speed to be gradually decreased in winter. The weakness of vertical mixing by decreasing of wind speed caused to make the surface mixed layer shallow. It could be considered that the increasing trend of surface temperature was caused by weak mixing between surface and intermediate layers.*

Key Words : *Water temperature, Long-term trends of temperature, Surface mixed layer, Air temperature, Wind speed*

1. 서 론

산업혁명 이후 화석연료 사용의 증가로 인해 대기 중에 방출되는 이산화탄소의 양이 증가하였으며, 같은 기간 동안 관측된 지구의 온도를 보면 산업혁명 이후에 온도의 이상치가 음에서 양으로 바뀌어 지구가 온난화되고 있음을 나타내고 있다(Cox, 2000). 제3차 정부 간 기후변화협의체보고서(IPCC, 2001)에 의하면 지구표면온도가 지난 세기 동안 약 0.4~0.8 ℃ 상승하는 것으로 나타났으며, 특히 겨울철의 상승이 더 뚜렷하게 나타난다고 하였다.

지구 온난화는 해양생태계에도 영향을 미치는 것으로 나타

* 대표저자 : 정회원, ktsung@nfrdi.go.kr, 061-690-8951
† 교신저자 : 정회원, jdhwang@nfrdi.go.kr, 051-720-2221

나 Richardson and Schoeman(2004)에 의하면 지구 온난화로 인한 해양 상층수의 수온 상승은 식물플랑크톤의 감소를 유발하고 이는 다시 2차 생산체제에 영향을 주어 결국 해양생태계 내 1, 2차 생산체제의 변동을 발생시킬 것이라 하였다. 또한 Zhang et al.(2000)은 우리나라 주변해에서 기후체제변화가 해양생태계와 자원량에 주는 영향에 대해서 논했다.

한국근해 수온의 장기변동과 관련하여 Hahn(1997), Kang(2000) 및 정 등(2003)의 연구가 있다. Hahn(1997)과 Kang(2000)은 우리나라 연안에서 관측한 연안정지관측 수온자료를 이용하여 표층수온의 상승하고 있음을 밝혔다. 정 등(2003)은 연안정지관측 수온자료와 국립수산과학원에서 정기적으로 측정하고 있는 정선해양관측조사의 수온과 염분자료를 이용하여 우리나라 주변해역의 수온과 염분의 장기변동 경향을 분석하였다. 정 등(2003)의 분석결과 표층수온은 상승하는 것으로 나타나지만 100 m층은 동해의 경우 하강하는 것으로 나타났다.

한국기후표(기상청, 2001)에 의하면 1971년부터 2000년까지 30년간 기온 평균값이 1961년부터 1990년까지 30년간 기온 평균값보다 지역별로 0.1~0.5 ℃ 더 상승한 것으로 나타나 최근의 기온 상승률이 더 높은 것을 알 수 있다. 따라서 한국 주변해역에 대해서도 가장 최근이라 할 수 있는 2008년까지 관측한 자료를 사용하여 상승정도를 분석할 필요가 있다. 특히 남해해역은 하계에 쓰시마 난류와 양자강의 영향을 받는 해역으로 쓰시마 난류의 장기변동 및 양자강의 장기변동에 의해 영향을 받을 수 있다. 1980년대 후반부터 쓰시마 난류의 세기는 강화되었으며, 현재까지 지속적으로 강한 세기를 유지하고 있다(Han et al., 2008). 양자강은 중국연안에서 동중국해로 흘러들어가며, 해류를 따라 우리나라 남해해역에 유입되며 영향을 준다(황 등, 2003). 따라서 정선해양관측조사의 정점별 장기변동 분석을 통해 공간적인 변동양상을 파악할 필요가 있다.

본 연구의 목적은 최근(2008년)까지 관측한 정선해양조사 수온자료를 사용하여 과거와 비교한 최근 수온상승의 경향을 파악하고 해역별 상승정도는 물론 관측정점별 수온상승의 정도를 파악하여 연안역과 근해역의 변동 차이와 같은 공간적인 변동양상을 파악하고자 하였다. 또한 기온 및 풍속과 같은 기상요소의 장기변동 분석을 통해 기상요소의 변동이 수온변동에 주는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 자료 및 방법

국립수산과학원에서는 1961년부터 현재까지 매년 연 6회(주로 짝수 달) 시험조사선과 현장관측장비를 사용하여 우리나라 연근해역(Fig. 1)에 대해 해양환경을 조사하고 있다. 연근해역은 해역별로 동해, 남해 및 서해해역으로 나누었으며, 동해해역에서 58개 정점, 남해해역에서 54개 정점 그리고 서해해역에서 52개 정점에 대해 각 정점에서 14개 표준 수층별 수온, 염분, 용존산소 등을 관측하고 있다. 이렇게 관측한 자료 중 결측이 거의 없는 1968년부터 2008년까지 관측한 수심별 수온자료를 분석에 사용하였다. 수온은 겨울에 낮고 여름에 높게 나타나는 주기성을 가지고 있으며, 매년 관측이 이루어진 날이 일정하지 않기 때문에 관측한 수온에 대해 산술평균을 사용하지 않고 식(1)과 같은 조화분석을 사용하여 구한 조화평균을 연 평균 수온 값으로 사용하였다. 관측을 실시한 짝수 달이라 하더라도 그 달의 중간에 해당하는 15일이 아니기 때문에 조화 분해 시 시간을 격월 단위에서 일 단위로 변경하여 사용하였으며, 시간의 변경은 짝수 달에 관측한 날짜를 Julian day로 환산한 일단위의 시간을 사용하였다. 단 윤년의 경우 12월 30일까지의 자료만 사용하였다.

$$T(t) = T_0 + A_1\cos(\omega_1 t - \phi_1) + A_2\cos(\omega_2 t - \phi_2) \quad (1)$$

여기서 T(t)는 시간 t일 때의 수온을, T_0는 연평균 수온을, A_1는 수온의 연진폭을, A_2는 수온의 반년진폭을, ω_1는 연주기($2\times\pi/365$)를, ω_2는 반년주기를, ϕ_1는 연위상을, ϕ_2는 반년위상을 나타낸다.

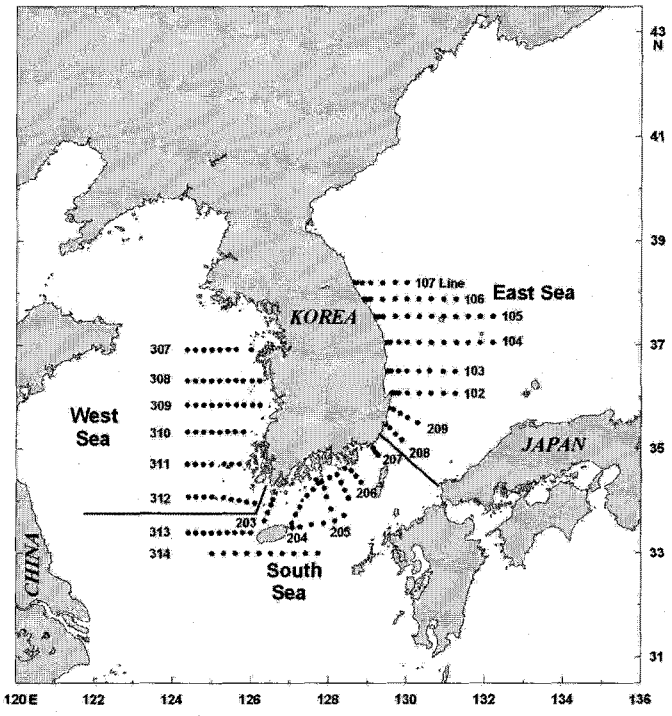

Fig. 1. NFRDI(National Fisheries Research and Development Institute)'s serial oceanographic observation stations.

따라서 41년간(1968-2008년)의 관측 수온자료에 대한 매년 조화분석을 수행하여 41개의 연평균 수온을 구하였으며, 이들 41개의 연평균 수온자료를 식(2)와 같은 1차 선형회귀식을 사용하여 장기변동을 구하였다.

$$Y=aT+b \quad (2)$$

여기서 T는 시간이며, Y는 시간 T에서 1차 선형회귀식에 의해 구한 값이며, a는 기울기를, b는 절편을 나타낸다.

기상요소 중 기온과 풍속에 대해 장기적으로 관측한 자료분석을 통해 기압의 변화를 간접적으로 파악하고자 하였다. 따라서 기상청에서 관측하고 있는 우리나라 연안관측소 중 연안 6개 지점(속초, 울릉도, 부산, 제주, 목포 및 인천)에서 장기 관측한 기온과 풍속 자료를 사용하였다. 관측자료 중 기후변화에 따른 변화를 파악하기 위하여 동계 대표치인 2월의 월평균 자료를 사용하였으며, 분석기간은 수온분석기간과 동일한 1968년부터 2008년까지의 41년간 이었다. 41개의 2월 기온과 풍속 시계열자료에 대해 식(2)와 같은 1차 선형회귀식을 사용하여 장기변동을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 해역별 수온의 장기변동 경향

지난 41년간의 우리나라 연근해역 수온 장기변동을 분석한 결과를 Fig. 2, 3, 4 및 5에 나타내었다. Fig. 2는 표층 수온의 장기변동을 나타낸 것으로, 우리나라 동해, 남해 및 서해해역의 수온 상승률은 각각의 해역에서 0.034 ℃/year, 0.031 ℃/year 및 0.030℃/year로 나타났다. 따라서 41년 동안 동해, 남해 및 서해해역은 각각 1.39 ℃, 1.27 ℃ 및 1.23 ℃ 상승한 것을 알 수 있다. 이는 정 등(2003)의 동해, 남해 및 서해 표층수온 분석결과인 0.0226 ℃/year, 0.0267 ℃/year 및 0.0232 ℃/year의 상승보다 높게 나타났다. 따라서 표층 수온의 상승은 기온의 상승과 마찬가지로 최근의 상승 정도가 더 높게 나타남을 알 수 있다.

Fig. 3은 30 m 수심의 수온 장기변동을 나타낸 것으로 우리나라 동해, 남해 및 서해해역의 수온 상승률은 각각 0.021 ℃/year, 0.014 ℃/year 및 -0.003 ℃/year로 나타났다. 30 m 수층은 표층과는 달리 서해해역에서 장기적으로 수온이 오히려 하강하는 경향을 보였다.

Fig. 4는 50 m 수심의 수온 장기변동을 나타낸 것으로 우리나라 동해, 남해 및 서해해역의 수온 상승률은 각각 0.005 ℃/year, 0.009 ℃/year 및 -0.010 ℃/year로 나타났다. 50 m 수층은 30 m 수층과 비슷한 경향을 보여, 동해 및 남해는 수온이 상승하고 서해해역은 수온이 하강하는 경향을 보였다. 그러나 30 m 수층에 비해 동해 및 남해해역에서 수온 상승률은 낮게 나타났지만 서해해역에서 수온 하강율은 높게 나타났다. 또한 정 등(2003)의 동해, 남해 및 서해해역 상승율 분석 결과인 0.0073 ℃/year, 0.0117 ℃/year 및 -0.0103 ℃/year과 비교해 볼 때, 동해 및 남해해역의 상승률은 약해지는 것으로 나타났으며, 서해는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다.

Fig. 5는 100 m 수심의 수온 장기변동을 나타낸 것으로, 우리나라 동해 및 남해해역의 수온 상승률은 각각 -0.013 ℃/year 및 0.008 ℃/year로 나타났다. 동해의 경우 100 m 수층은 표층에서 50 m 수층의 수온의 상승경향과는 달리 수온이

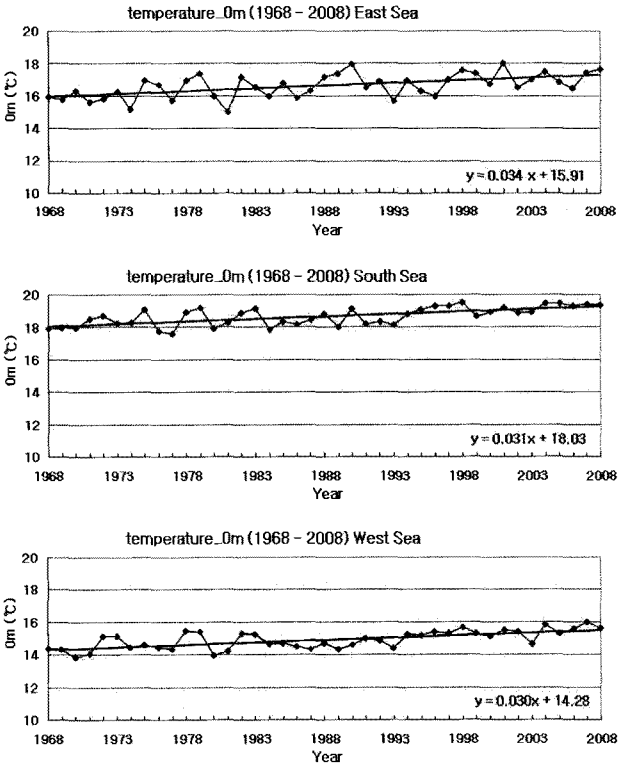

Fig. 2. Long-term trends of sea surface temperature in each sea.

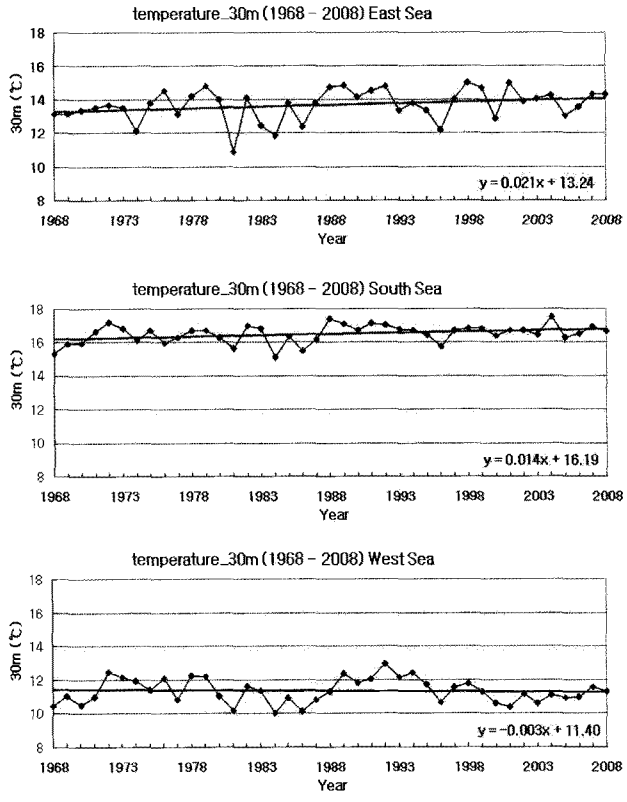

Fig. 3. Long-term trends of water temperature at 30 m water depth in each sea.

하강하고 있음을 나타내었다. 반면 남해의 경우 표층에서 수심 100 m 까지 거의 전 수층에서 수온이 상승하고 있음을 알 수 있다. 정 등(2003)의 상승율 분석결과인 동해 -0.0221 ℃/year 및 남해 0.0055 ℃/year과 비교해 볼 때, 동해는 하강 정도가 약해지는 것으로 나타났지만 남해는 상승 정도가 강해지는 것으로 나타났다.

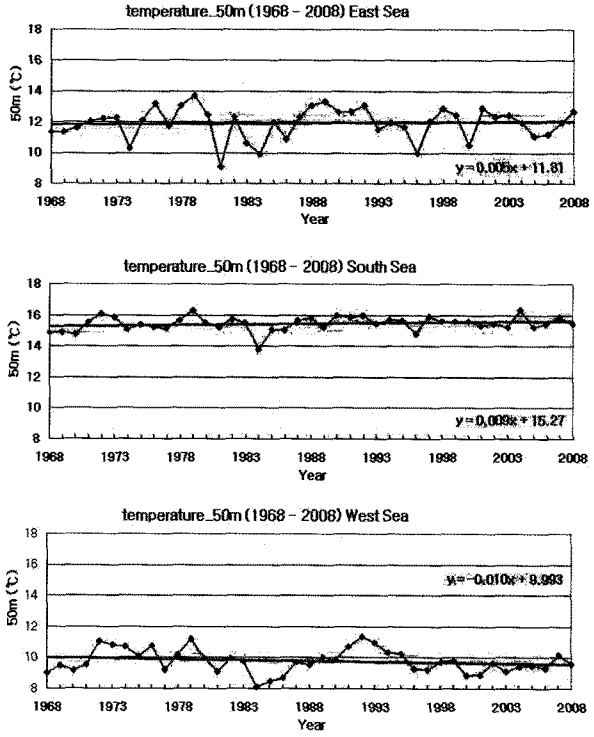

Fig. 4. Long-term trends of water temperature at 50m water depth in each sea.

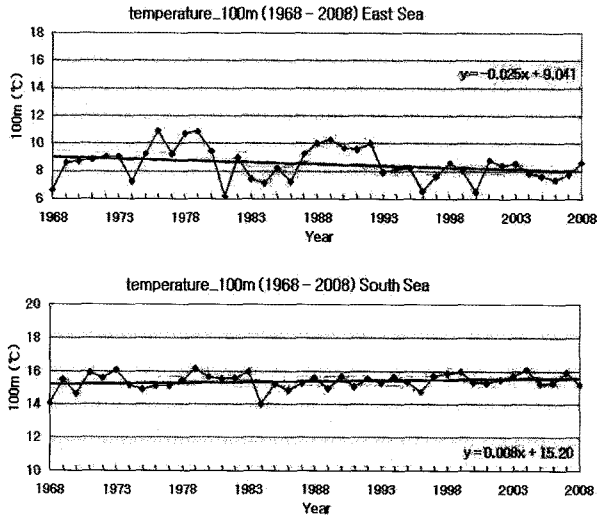

Fig. 5. Long-term trends of water temperature at 100m water depth in each sea.

3.2 수온장기변동의 수평분포특성

국립수산과학원에서 관측을 수행하고 있는 정선해양관측정점(Fig. 1)에서 지난 41년간(1968-2008년) 수온 변동에 대한 수층별 수평분포특성을 Fig. 6, 7 및 8에 나타내었다. Fig. 6은 표층에서의 수온 장기변동을 나타낸 것으로 지난 41년간 우리나라 연근해역의 수온은 상승하였음을 알 수 있다. 그러나 수온의 상승 정도는 연안역과 근해역이 차이를 보여, 연안역은 1 ℃ 내외의 수온 상승을 보인 반면, 근해역에서는 1.5 ℃ 내외의 수온 상승을 보여 수온상승이 연안보다 근해에서 더 높은 것을 알 수 있다. 연안역에서의 수온 상승이 낮은 것은 서해 연안역에서부터 남해 중서부연안역까지는 조류에 의한 연직혼합으로 그리고 동해 남부연안역에서는 여름철 바람에 의한 용승으로 인해 표층에서 형성된 냉수대의 영향이라 생각된다.

Fig. 7은 50 m 수층에서의 수온 장기변동을 나타낸 것으로 표층과는 달리 지난 41년간 해역에 따라 수온의 장기변동 경향이 다르게 나타났다. 동해해역에서의 수온변동은 연안역에서 하강을, 근해역에서 상승을 나타내었으며, 상승 및 하강 정도는 1 ℃ 내외로 나타났다. 동해연안역은 동한난류와 북한한류의 영향을 받는 해역(국립수산진흥원, 2001)이기 때문에 연안역에서 강한 수온약층이 형성되어 있으며, 50 m 수층에서의 수온하강은 표면혼합층의 깊이가 얕아지는 원인이 된다. 남해해역에서 수온변동은 연안역에서 하강을 쿠로시오 난류의 영향을 받는 근해역 및 제주도 동부해역에서 1 ℃ 내외의 수온상승이 나타났다. 서해해역에서의 수온변동은 연안에서는 상승을 근해에서는 하강을 나타내었으며, 상승 및 하강 정도는 1 ℃ 이내로 나타났다.

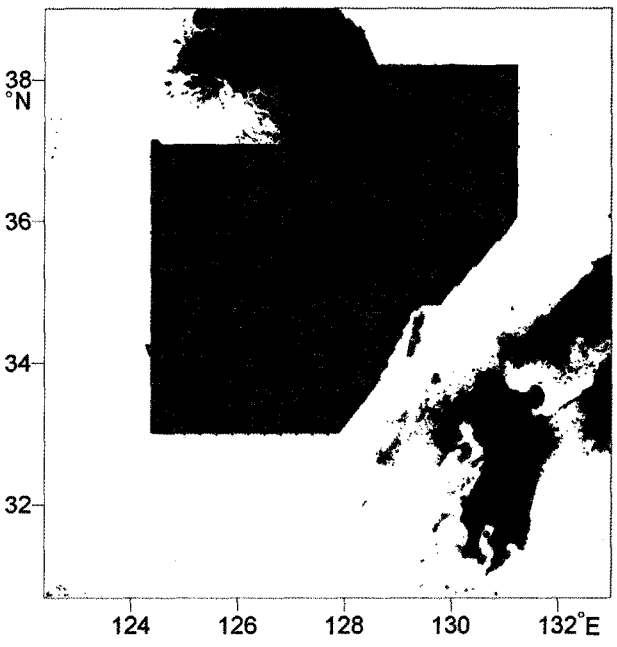

Fig. 6. Horizontal distribution of long-term trends of sea surface temperature.

Fig. 8은 100 m 수층에서의 수온 장기변동을 나타낸 것으로 동해해역에서의 수온변동은 동해 중북부 해역 및 울릉분지해역에서 상승을, 연안역에서 하강을 나타내었다. 수온 상승 해역에서의 수온 상승은 1 ℃ 내외를 보였으나, 동해 중남부 연안역에서의 수온 하강은 3 ℃ 정도로 강하게 나타났다.

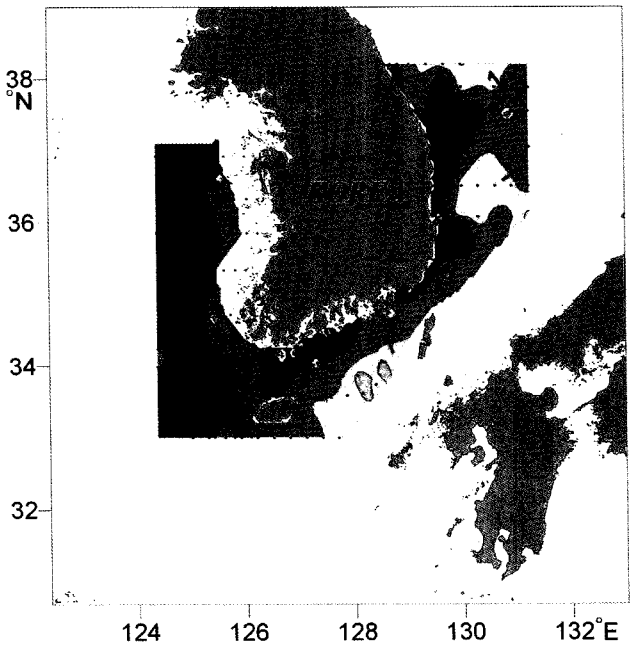

Fig. 7. Horizontal distribution of long-term trends of temperature at 50 m water depth.

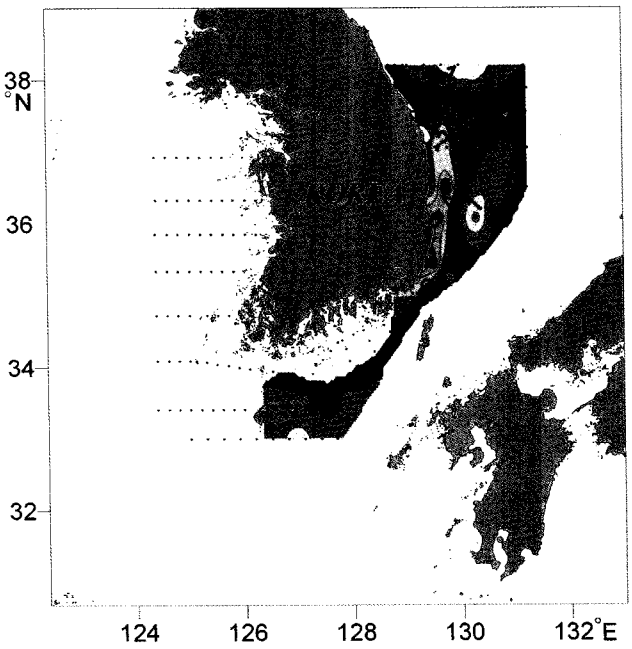

Fig. 8. Horizontal distribution of long-term trends of temperature at 100 m water depth.

3.3 동계 및 하계 표층수온의 장기변동

국립수산과학원에서 관측하고 있는 정선해양관측점(Fig. 1)에서 지난 41년간(1968-2008년) 관측한 수온자료 중 동계(2월) 및 하계(8월) 표층 수온자료를 이용하여 장기변동의 분석을 수행한 후 해역별 표층수온의 장기변동의 경향을 Fig. 9에 나타내었다. 동해해역에서 동계 및 하계 표층수온의 상승율은 동계(2월)의 경우 0.047 ℃/year로, 하계(8월)의 경우 0.010 ℃/year로 나타났으며, 동계의 연간 상승율이 하계의 연간 상승률보다 약 4배 정도 더 높게 나타났다. 따라서 동해해역에서 수온 상승은 주로 동계의 수온 상승이 많은 영향을 주는 것으로 나타났다.

남해해역에서 동계 및 하계 표층수온의 상승률은 동계의 경우 0.026 ℃/year로, 하계의 경우 0.038 ℃/year로 나타났으며, 동해나 서해해역과 달리 하계의 상승률이 동계의 상승률보다 높게 나타났다.

서해해역에서 동계 및 하계 표층수온의 상승률은 동계의 경우 0.030 ℃/year로, 하계의 경우 0.015 ℃/year로 나타났으며, 동계의 연간 상승률이 하계의 연간 상승률보다 약 2배 정도 더 높게 나타났다. 따라서 동해해역과 마찬가지로 서해해역에서 수온 상승도 주로 동계의 수온 상승이 많은 영향을 주는 것으로 나타났다.

3.4 우리나라 연안 동계 기온과 풍속의 장기변동

우리나라 연안 중 속초, 울릉도, 부산, 제주도, 목포 및 인천에서 지난 41년간(1968년-2008년) 겨울철(2월)에 관측한 기온(푸른 실선)과 풍속(붉은 실선)의 장기변동 결과를 Fig. 10에 나타내었다. 속초의 경우 지난 41년간 기온은 2.60 ℃ 상승한 반면 풍속은 0.76 m/s 약하게 나타났다. 울릉도의 경우 기온은 2.85 ℃ 상승하였으나 풍속은 1.52 m/s 약하게 나타났다. 부산의 경우 기온은 2.72 ℃ 상승하였으나, 풍속은 1.75 m/s 약하게 나타났다. 제주도의 경우 기온은 1.99 ℃ 상승하였으나, 풍속은 2.00 m/s 약하게 나타났다. 목포의 경우 기온은 1.54 ℃ 상승하였으나, 풍속은 1.31 m/s 약하게 나타났다. 인천의 경우 기온은 3.50 ℃ 상승하였으나, 풍속은 1.96 m/s 약하게 나타났다. 따라서 지난 41년간의 자료의 분석을 통해 우리나라 연안의 겨울철 기온은 상승하는 것으로 나타났으며, 풍속은 약해지는 것으로 나타났다. 따라서 점차 따뜻한 겨울철이 되며, 바람도 약해지는 것으로 나타났다. 해양에서 표면 혼합층의 깊이는 주로 바람에 의해 결정되기 때문에 (Pond and Pickard, 1983) 바람의 세기가 약해지게 되면 표면 혼합층의 깊이도 얕아지게 된다.

장기적으로 우리나라가 따뜻한 겨울이 되고 바람이 약해지는 것은 Panagiotopoulos et al.(2005)의 결과에서처럼 겨울철 시베리아 고기압의 약화와 관련 있는 것으로 추정된다. 실제로 상기 연구 결과, 최근 십 수년 간 시베리아 고기압 중심부의 기압은 2~3 hPa 감소하였으며, 우리나라를 포함한 주변부의 기압 변동은 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 시베리아 고기압에 의한 등압선의 구배가 약해지는 결과를 초래

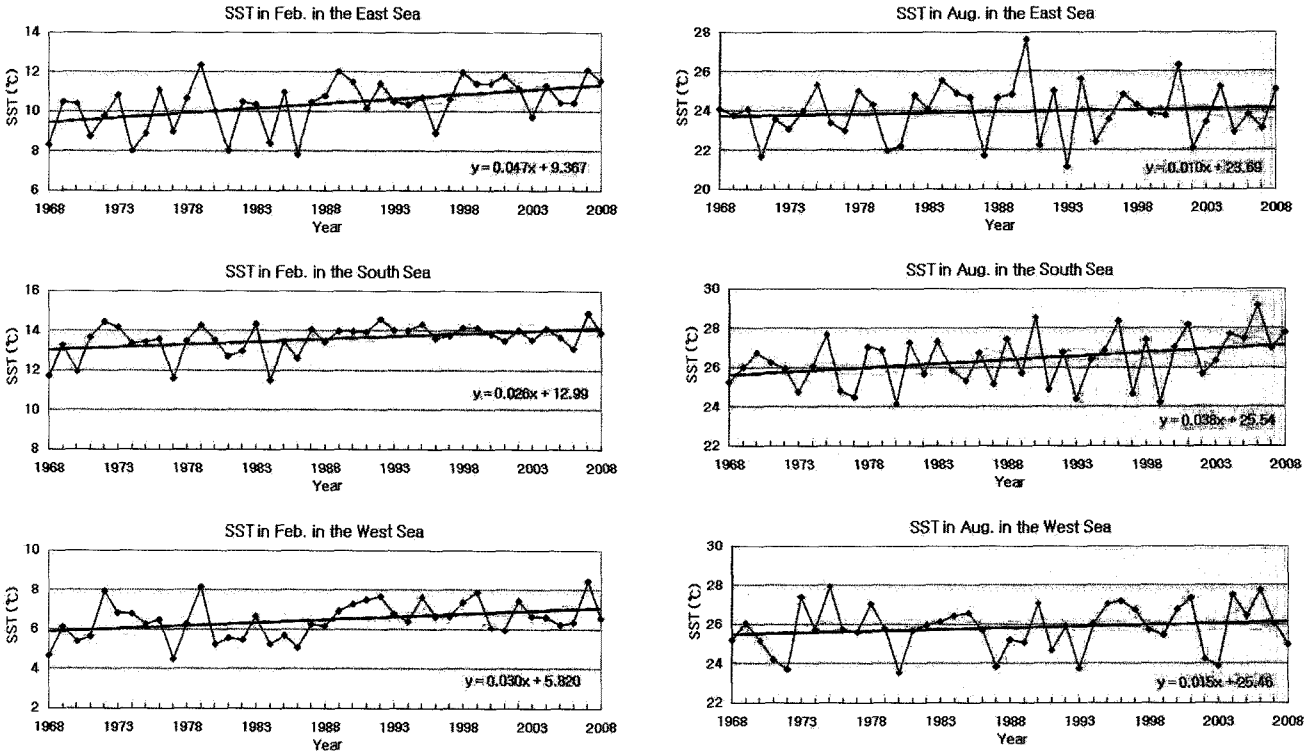

Fig. 9. Long-term trends of sea surface temperature in each sea.

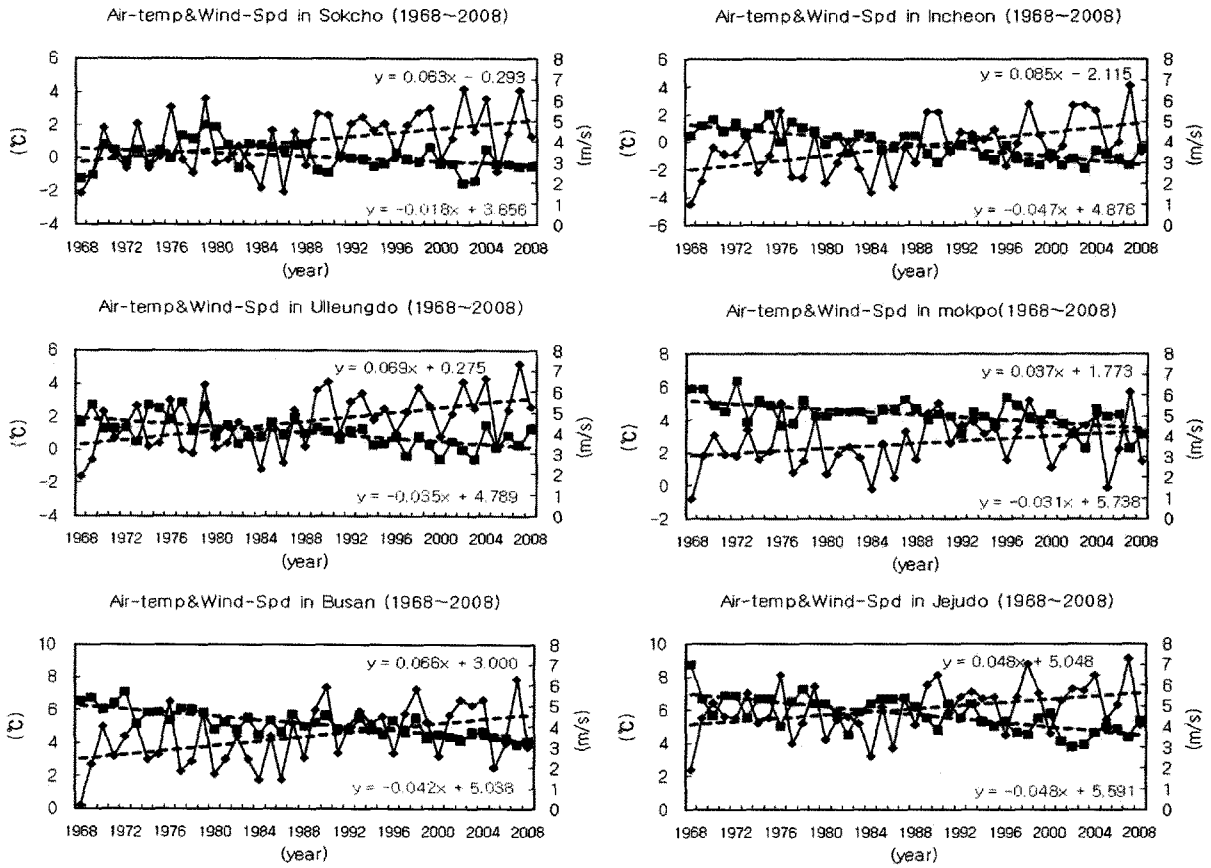

Fig. 10. Long-term trend of air temperature(blue) and wind speed(red) in Feb. and Aug.

하며 풍속의 약화로 이어진 것으로 판단된다.

4. 결 론

지난 41년간 우리나라 주변해역에서 관측한 정선해양관측 자료와 연안에서 관측한 기상자료를 분석해본 결과, 연근해 표층수온과 기온은 상승하며, 풍속은 약해지는 것으로 나타났다. 또한 표층수온의 경우 과거에 비해 최근 상승률이 더 높은 것으로 나타났다. 상승하고 있는 것으로 나타났다. 동해와 서해에서는 특히 겨울철 수온 상승이 여름철 수온상승보다 높게 나타나 장기수온상승에 겨울철 수온상승이 많은 영향을 주었다고 볼 수 있다. 남해의 경우 겨울철 수온 상승이 동해나 서해에 비해 낮은 것은 아니지만 여름철 상승이 강하게 나타나기 때문에 장기수온상승에 겨울철 보다는 여름철 수온 상승이 더 많은 영향을 주었다고 볼 수 있다.

동해와 서해에서 겨울철 수온상승이 높게 나타난 것과 관련하여 여러 가지 원인이 있으며, 그 중 겨울철 풍속의 감소도 한 가지 원인이 된다. 우리나라 겨울철 장기 바람자료 분석 결과 바람이 약해지고 있는 것으로 나타났으며, 약해진 바람에 의해 표면 혼합층의 깊이도 얕아지게 된다. 표면 혼합층의 깊이가 얕아지게 되면 표층의 따뜻한 물이 저층으로 이동하지 못하며, 또한 저층의 차운 물이 표층으로 이동하지 못하기 때문에 표층의 수온은 점차 상승하게 되며, 저층의 수온은 점차 하강하게 된다. 본 연구결과를 보면 우리나라 연근해역의 표층수온은 상승하는 것으로 나타났으며, 동해에서 100m 수층과 서해의 50m 수층에서 수온이 하강하는 것으로 나타났다. 따라서 이 결과는 우리나라 연근해의 표면 혼합층의 깊이도 낮아지고 있음을 알 수 있다.

남해에서 여름철 수온 상승이 높은 것은 크게 두 가지 원인의 가능성이 있을 것으로 보인다. 남해를 중심으로 동해 남부 해역까지 영향을 주는 쓰시마 난류의 영향과 양자강에서 유출되는 담수의 영향이다. 1980년대 후반부터 강화된 쓰시마 난류는 남해 표층의 수온 상승뿐 아니라 중층까지 수온 상승 경향을 이끄는 원인으로 판단된다. 양자강 유출수는 염분 농도가 매우 낮기 때문에 낮은 밀도를 가지고 있으며, 표층에 존재하면서 해류를 따라 우리나라 남해안으로 유입된다. 밀도가 매우 낮으므로 상하혼합이 되기 어렵고, 지구온난화 영향으로 중국대륙의 지표 온도가 장기적으로 상승하는 경향을 보이기 때문에 양자강 유출수의 수온도 장기적으로 상승하는 경향을 보인다.

우리나라 연근해역은 쿠로시오난류의 지류인 대마난류와 동한난류 그리고 한류수인 북한한류의 영향을 받기 때문에 수온의 장기변동과 관련하여 바람의 영향뿐 만아니라 해류 등과 같은 요인에 의한 순환등도 고려할 필요가 있다.

감사의 말

본 논문은 국립수산과학원에서 수행하고 있는 '첨단 해양탐사 시스템을 활용한 한반도 주변 해황변동 연구(RP-2010-ME-039)'의 일부 결과이며, 열악한 조건에서도 묵묵히 해양조사를 수행하고 있는 연구원들에게 지면을 빌려 감사를 표하고자 합니다.

참 고 문 헌

[1] 국립수산진흥원(2001), 한국해양편람 제4판, pp. 53-80.

[2] 기상청(2001), 한국의 기후표, p. 623.

[3] 정희동, 황재동, 정규귀, 허승, 성기탁, 고우진, 양준용, 김상우(2003), 한반도 근해 수온 및 염분의 장기변화 추이, 해양환경안전학회지, 제9권 2호, pp. 59-64.

[4] 황재동, 조규대, 정희동, 박성은(2003), 동중국해에서 양자강 유출량 변화에 따른 저염확산 수치실험, 해양환경안전학회지, 제9권 2호, pp. 53-57.

[5] Cox, J. D.(2000), Weather for Dummies,. IDG Books Worldwide, Inc., pp. 268-271.

[6] Hahn, S. D.(1997), Role of SST warming for living resources in Korean coastal waters. KODC Newsletter, 30, pp. 19-28.

[7] Han, I. S., Y. S. Suh, K. T. Seong and W. J. Go(2008), Long-term change if temperature in relation to climate-induced conditions in the Korean Waters, Proc. 4th PEACE Ocean Science Workshop, pp. 24-25.

[8] IPCC(2001), Climate Change 2001: The Scientific Bases, Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. p. 881.

[9] Kang, Y. Q.(2000), Warming trend of coastal waters of Korea during recent 60 years (1936-1995). J. Fish. Sci. Tech. 제3권 제3호, pp. 173-179.

[10] Panagiotopoulos, F., M. Shahgedanova, A. Hannachi and D. B. Stephenson(2005), Observed Trends and Teleconnections of the Siberian High: A Recently Declining Center of Action, J. Climate 18, pp. 1411-1422.

[11] Pond, S. and G. L. Pickard(1983) Introductory Dynamical Oceanography(2nd Ed), Pergamon Press Ltd., Headington Hill Hall, Oxford OX3 OBW, England, p. 329.

[12] Richardson, A. J. and D. S. Schoeman(2004), Climate impact on plankton ecosystems in the Northeast Atlantic, Science 305(5690) pp. 1609-1612.

[13] Zhang, C. I., J. B. Lee, S. Kim and J. H. Lee(2000), Climatic regime shifts and their impacts on marine

ecosystem and fisheries resource in Korean water. Progress in Oceanography, 44: pp. 171-190.

원고접수일 : 2010년 09월 14일
원고수정일 : 2010년 10월 20일 (1차)
: 2010년 11월 29일 (2차)
게재확정일 : 2010년 12월 23일