

지난 130년 간 한반도 근해의 표층 수온 변화 경향

김성중¹, 우성호², 김백민¹, 허순도¹
¹극지연구소 극지기후연구부, ²한국해양연구원

1. 서론

한반도의 기후는 동해, 황해 그리고 남해에 의해 둘러 싸여 있어서 해양의 수온 분포에 지대한 영향을 받는다. 한반도의 연중 기온변화가 다른 지역에 비해 뚜렷하고 위도에 따른 수온 변화가 크게 나타나는 이유도 한반도가 남쪽의 해양과 북쪽의 대륙 사이에 위치해 있어 아시아몬순의 영향을 지배적으로 받기 때문이다. 한반도 유역을 흐르는 해류는 대부분 적도 태평양에서 발원한 비교적 온난한 쿠로시오 해류로서 동중국해를 지나 북태평양으로 진입 하는 중에 한반도의 남해를 통과하면서 한반도의 남부를 연중 대체로 온난한 상태로 유지시켜 주는 역할을 한다. 반면에 한반도의 북부는 겨울의 대륙성 찬 기단의 영향을 받고 수온도 남부에 비해 낮기 때문에 연중 큰 기온차이를 유발하고 있다.

동해는 태평양의 북서쪽에 위치한 반쯤 닫혀진 바다로서 쿠로시오 난류의 많은 양이 대 한 해협을 통해 유입되어 동해의 남부를 따라 흐른다. 따라서 동해의 남부는 대체로 온난한 수온을 보이는데 반해 북부는 낮은 수온이 나타난다. 동해의 수온 변동은 연변화, 격년변동, 그리고 그 이상의 변동 등 다양한 주기를 가지고 변동하는 것으로 보고되고 있고 최근의 연구에 의하면 동해 남부의 온난화 경향이 두드러지며 특히 겨울철의 온난화 경향이 여름에 비해 더 뚜렷한 것으로 보고되고 있다 (Yeh et al. 2010). 최근의 다른 연구에 의하면 지난 37년 동안 한반도의 기온은 약 1.3℃ 상승했으며 이에 반응하여 표층 수온은 0.97℃ 상승한 것으로 나타났다 (Jung 2008). 동해의 수온 변화는 1890년부터, 그리고 황해와 동중국 해는 1950년도 이후의 한반도 주변 해양 수온 변화를 다루었는데, 한반도 주변 전체에 대한 장기 수온 변동의 경향과 수온 변동의 원인에 대한 연구는 다소 부족한 실정이다. 본 연구에서는 산업혁명이후 현재까지 한반도 주변의 표층 수온 변화를 살펴보고 장기 수온 변동에 영향을 미친 요인들을 기술하고자 한다.

2. 자료 및 방법

본 연구에는 Met Office Hadley Centre와 뉴욕의 Goddard Institute for Space Studies (GISS) 그리고 National Climate Data Center (NCDC)에서 제공하는 수온 자료를 이용하였다. 세 자료 모두 월평균 자료이고 HadISST와 GISS SST는 1°×1° 그리고 ERSST 자료는 2°×2° 의 공간 해상도를 가진다. 자료의 분석 기간은 두 자료의 기간을 맞추기 위해 1880년부터 2009년까지 총 130년 자료가 사용 되었다. 한반도 주변 표층 수온 변화의 원인을 분석하기 위하여 여러 자료가 사용 되었다. 해양 순환장 변화와의 상관관계를 조사하기위해 NCEP Global Ocean Data Assimilation System (GODAS)의 남북방향 해류 속도 자료가 사용되었다. 한반도 주변 수온의 시계열과 대규모 기후지수 (Climate index)들 사이의 상관관계를 조사하기 위해 엘니뇨 남방 진동 (El Niño-Southern Oscillation, ENSO)과 Pacific Decadal Oscillation (PDO) 지수가 사용되었다. PDO는 20°N 이상 북쪽 태평양의 월별 수온 편차의 경험직교함수(Empirical Orthogonal Function)의 주성분 시계열(principal component time series)로 정의 된다. ENSO 지수는 NINO 3.4 지역(남위 5도~북위 5도, 서경 170도~서경 120도)의 평균된 수온 편차 시계열을 5개

월 이동 평균한 것으로 정의하였다.

3. 결과

한반도 주변의 수온 변화 경향을 자세히 조사하기 위하여 한반도 주변을 4개 해역으로 구분하였다. 황해는 동경 122.5도에서 126.5도까지, 북위 34.5도에서 북위 38.5도, 동해는 동경 128.5도~132.5도, 북위 35.5도~39.5도, 남해는 동경 125.5도~129.5도, 북위 31.5도~34.5도, 그리고 동중국해는 동경 121.5도~125.5도, 북위 28.5도~33.5도의 해역으로 대표했다. Fig. 1은 HadISST로 부터 얻어진 해역별, 기간별, 그리고 계절별로 한반도 주변과 전지구 평균 수온 변화 경향을 요약해서 보여주고 있다. 1880년에서 2009년까지 전체 기간 동안 모든 해역에서 온난화가 나타나는데, 가장 큰 온난화는 겨울철 남해에서(약 1.7℃/130년) 나타나고 여름철의 수온 상승이 가장 작게 나타난다. 특히 한반도 주변의 수온 상승은 전지구 평균 수온 변화 경향(약 0.5℃/130년)에 비해 약 3배정도 빠르게 수온이 증가하는 것으로 나타난다.

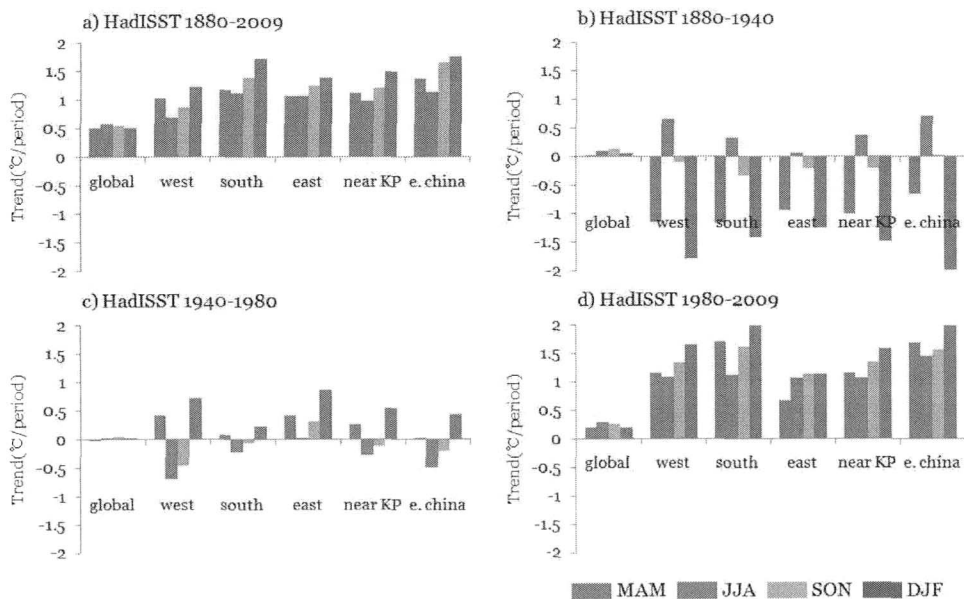


Fig. 1. Comparison of regional SST anomaly trend (Hadley center SST) for a) 1880 to 2009, b) 1880 to 1940, c) 1940 to 1980 and d) 1980 to 2009. (그림 출처: Kim et al. (OPR, 2011))

기간별로 나누어 수온 변화 경향을 분석해본 결과, 1880년에서 1940년까지는 여름을 제외하고 모든 계절의 모든 해역에서 수온 하강이 나타났으며, 특히 겨울의 수온이 황해에서 60년간 약 1.7℃ 하강했고, 남해에서도 60년간 약 1.5℃의 수온 하강이 관측 되었다. 두 번째로 큰 수온 하강은 봄철에 모든 해역에서 나타났으며, 가을에는 수온 변화가 거의 없는 것으로 나타난다. 여름철에는 황해에서 60년간 약 0.6℃정도 수온이 상승하는 것으로 나타난다. 1940년에서 1980년 동안은 겨울철 수온이 동해와 황해에서 40년간 약 0.5℃ 정도 상승하는 것으로 나타나는데 반해 여름철 수온은 황해에서 약 0.5℃정도 하강하는 것으로

나타난다. 이 기간 동안 전지구 평균 수온은 큰 변화가 없는 것으로 나타난다. 앞의 수온 변화 경향의 공간분포에서 살펴본 바와 같이 1980년에서 2009년까지 마지막 30년 동안 한반도 주변의 수온 변동이 가장 크게 나타나는데, 겨울철 남해에서 2℃ 정도로 가장 크게 상승하는 것으로 나타났다.

한반도 주변 표층 수온 변동에 있어 단기적으로는 PDO나 ENSO 같은 내부 피드백이 중요한 역할을 하지만, 장기적 (예로 100년 이상)으로는 외부 강제력 변화가 지역규모의 수온 변동에 중요한 역할을 할 수 있다. 한반도 주변의 장기적 수온 변화에 영향을 미칠 수 있는 외부 강제력 요인으로는 대기 온실가스 농도 변화, 태양 활동에 의한 에너지 변동, 화산 폭발에 의한 대기의 광학적 깊이 변화 등을 들 수 있다. 지난 130년간 온실가스의 농도가 증가 경향을 보이는 것은 같은 기간의 한반도 주변 표층 수온의 전체적인 증가 경향과 연관되어 있을 수 있지만 수십년 변동에서는 온실가스 변동과는 일치하지 않았다. 태양활동의 변화에 의한 에너지 변동폭은 0.2 W/m^2 이내 이기 때문에 태양활동의 변화가 수온변화에 직접적인 영향을 미치기는 어려울 것으로 판단되고 큰 화산폭발에 의한 복사 강제력의 변화도 한반도 주변 수온 변동과 연관성은 약해 보인다. 하지만 외부 강제력 변화는 내부 피드백을 변화시키기 때문에 한반도 주변의 장기간 수온 변동에 대한 정확한 이해를 위해서는 proxy 자료의 활용과 같은 장기간의 표층 수온과 외부 강제력 자료의 확보가 중요하다. 또한 이를 이용한 장기 변동성에 대한 연구와 수치 모형을 활용한 외부 강제력 효과를 조사하는 등의 노력이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

지난 130년 간 한반도 주변의 수온 변화 경향을 파악하기 위하여 HadISST, GISS SST 그리고 ERSST를 분석하였다. 130년 동안 전지구 연평균 수온은 약 0.6℃ 상승했으며, 여름철 수온 상승이 겨울에 비해 약간 더 크게 나타나고 있다. 1900년도 초까지는 수온 하강이 있었기 때문에, IPCC AR4에서 산출한 1906년에서 2005년까지의 전지구 평균 수온 변화 경향은 약 0.7℃로 IPCC 보고서의 값과 유사함을 밝혀 둔다. 한반도 근해의 표층 수온은 산업혁명 이후 약 1℃ 이상의 증가를 보였고, 겨울철 남해의 수온증가는 1.5℃ 정도로 전지구 평균 수온 증가보다 약 3배 정도 빨리 진행되고 있으며 황해의 경우 약 2배정도 온난화가 빠르게 진행되고 있다. 하지만 전지구 평균 수온은 대체로 지속적으로 상승하는데 반해, 한반도 주변의 수온변화 경향은 단순하지 않고 다양한 주기의 변동성을 보였으며, 특히 겨울의 경우 완만한 수온 하강과 급격한 수온 상승을 반복하는 톱니형태의 수온변화 경향을 보였다. 한반도 주변의 장기 수온 변동과 기후 지수들 사이의 연관성을 살펴본 결과, 1970년대 중반까지는 PDO의 역할이 지배적이었고 PDO는 일부 해양 순환과 연관이 있기 때문에 최근의 급격한 수온 증가는 한반도 주변으로 유입되는 쿠로시오 난류의 강화와도 연관이 있는 것으로 여겨지며 특히 여름과 가을에 쿠로시오 해류의 세기 변화가 수온 증가에 영향을 준 것으로 나타난다.

사사 본 연구는 2011년 10월 Ocean and Polar Research 33권 3호 페이지 281-290에 게재 되었다.

참고문헌

Yeh S-W, Kim C-H (2010) Recent warming in the Yellow/East China Sea during

winter and the associated atmospheric circulation. *Continental Shelf Res* 30:1428-1434

Jung S (2008) Spatial variability in long-term changes of climate and oceanographic conditions in Korea. *Journal of Environmental Biology* 29:519-529