

## 제주도 주변해역의 해수면 온도의 변동성

장승민 · 김동진 · 최영찬\*

제주지방기상청

\*제주대학교 해양과학부

### A Study of Correlations between Air-Temperature of Jeju and SST around Jeju Island

Seung-min Jang, Seong-su Kim and Young-chan Choi\*

*Jeju Regional Meteorological Office, Jeju-Do 690-801, Korea*

*\*School of Ocean Science, Cheju National University, Jeju-Do 690-756, Korea*

Correlations between air-temperature variation and SST variation around Jeju Island have been studied with data JRMO(1924~2004) and NFRDI(1971~2000). SST has increased about 0.024°C/year for the period of 1971~2000 and relatively high 0.047°C/year in December. Air-temperature has increased about 0.02°C/year for the period of 1924~2004 but relatively high 0.035°C/year for the last 30 years.

According to the analysis of time series of the two kind of variation, the SST and air-temperature are positively correlated. They are generally in phase, and SST anomaly is similar to air-temperature anomaly as well. Consequently, SST variation has high correlation with air-temperature variation around Jeju Island.

**key words** : SST anomaly, air-temperature anomaly, air-temperature variation, SST variation

### 서 론

최근 전 지구적인 문제로 등장하고 있는 이상 기후현상에 대한 대기와 해양간 상호작용이 특히 주목받고 있다. 해표면을 경계로 인접해 있는 대기와 해양간에는 증발열, 현열(sensible heat) 등과 같은 열교환이 활발히 이루어지고 있으며, 이러한 상호작용의 결과는 기온과 해양의 해수면 온도(sea surface temperature : SST)에서 두드러지게 나타난다.

해수면온도는 대기의 바닥 경계로서 대기의 바람 응력의 영향을 받고 해수의 온도와 관련된 대기로의 열적 수송의 결합체로서 그의 아노말리 상태는 큰 열용량으로 대기의 아노말리 보다 오래 지속되며, 대기-해양의 상호작용은 대기의 아노말리를 결정하는 주요인자로 쓰여지고 있다.

또한 20세기의 100년 동안 지구 표면의 온도가 0.4~0.6°C 높아졌으며 남반구보다 북반구에 서 온도상승 현상이 뚜렷하고 세계 곳곳에서 이

상기후의 징후가 보고되었다(IPCC, 2001). 수리적 위치, 난류의 영향, 해양상의 섬 등 이유로 해양성기후를 나타내는 제주도의 에너지원은 대기과 해양사이의 열교환으로 해양순환을 유지시켜준다. 따라서 지구온난화 등의 이상기후현상을 조사하는데 제주도 주변해역의 해양자료를 이용하는 것은 필수적이다. 그러나 현재까지 이들에 대한 연구는 대부분 해양기상 자료의 제약성 등으로 인하여 한반도 연안해역에 대하여 제한적으로 이루어졌다.

따라서 본 조사에서는 지구온난화와 관련하여 국립수산과학원(National Fisheries Research & Development Institute ; NFRDI)의 정선관측자료를 사용하여 제주도 주변해역을 포함한 남해안 일대의 30년간 해수면 온도의 변화를 분석하여 변동성을 살펴보고 이를 다시 동일 기간의 제주도 기온과 비교하여 상호상관성을 파악하고자 한다.

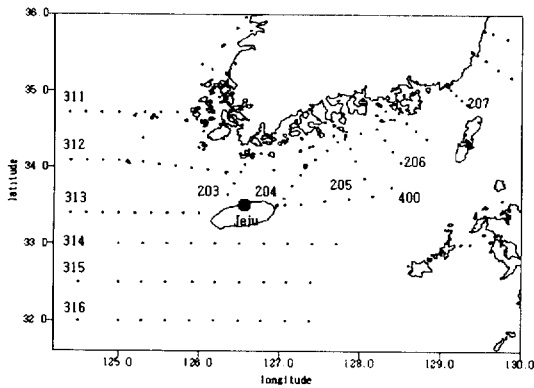


Fig. 1. Location of stations used in this study.

### 자료 및 분석방법

조사 지점으로써 제주도에서의 기온의 기후 변동성을 조사하기 위하여 기후관측값의 축적이 가장 많은 제주시의 자료를 사용하였으며 수온자료는 국립수산과학원(NFRDI) 정선관측자료(Fig. 1)를 사용하였다. 제주지방기상청

(Jeju Regional Meteorological Office; JRMO)은 1923년 제주측후소를 시작으로 관측을 시작하였으며 관측개시 이후 관측점의 이동은 없었고 기온의 경년변화를 보기 위해 1924년 이후 모든 자료를 사용하였다. 분석에 앞서 자료들은 13개월의 평균 계절변동이 제거되어 기온의 시계열분석에 사용하였으며 그 밖에는 평균자료를 그대로 사용하였다. 또 해수면 온도와 상관관계를 위해서는 1971년 이후 2000년까지 기온 자료를 사용하였다.

해수면 온도의 자료는 국립수산과학원의 정선관측 SST(Sea Surface Temperature)의 1971년부터 2000년까지 30년 동안의 자료이다. 제주도 주변해역과 남해일부해역인 312~314 line과 203~207 line의 관측 자료를 월평균하여 기본자료로 이용하였으며 조사 해역내의 line별 자료를 평균한 것이다. 본 연구의 자료 분석에서는 월평균 아노말리값이 사용되었는데 월평균 아노말리는 임의의 월평균 값에서 30년간의 평균된 월평균값을 뺀 것을 의미한다.

제주도를 대표하여 제주시의 기온과 제주도 주변해역인 남해안 해수면 온도로 한정하여 상관관계 분석을 하였다.

## 결 과

### 평균 해수면 온도 분포

1971년부터 2000년까지 30년간 제주도 주변해역의 월평균 수온분포는 Fig. 2와 같다. 2월과 4월에는 12~16℃선이 제주도 주변에 위치하고 있으며 6월에는 18~20℃, 8월에는 25~26℃로 다소 높은 수온이 분포한다. 10월은 수온이 다시 떨어져 20~22℃이며 12월에는 15~18℃의 분포를 보이고 있다. 따라서 12월에 완전한 동계형의 수온분포를 보이고 이듬해 4월까지 이러한 분포가 이어지다 6월부터 서서히 수온이 올라가서 10월까지 비교적 높은 수온을 유지하게 된다.

제주도 주변해역의 해수면 온도의 변동성

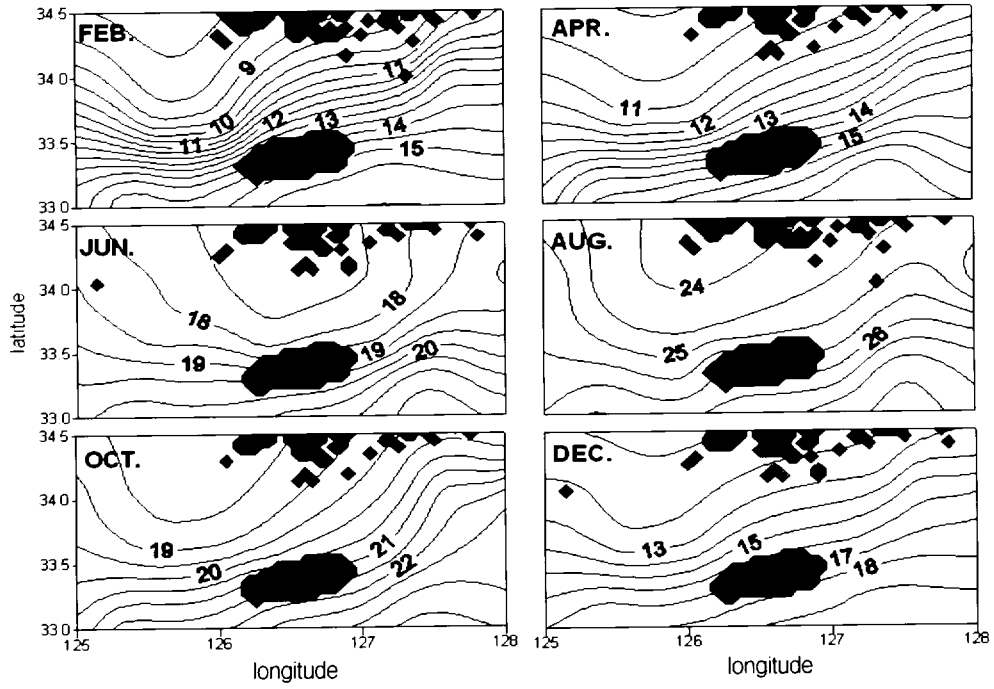


Fig. 2. Horizontal distribution of month mean SST for the period of 1971~2000.

월별 해수면 온도 변동성

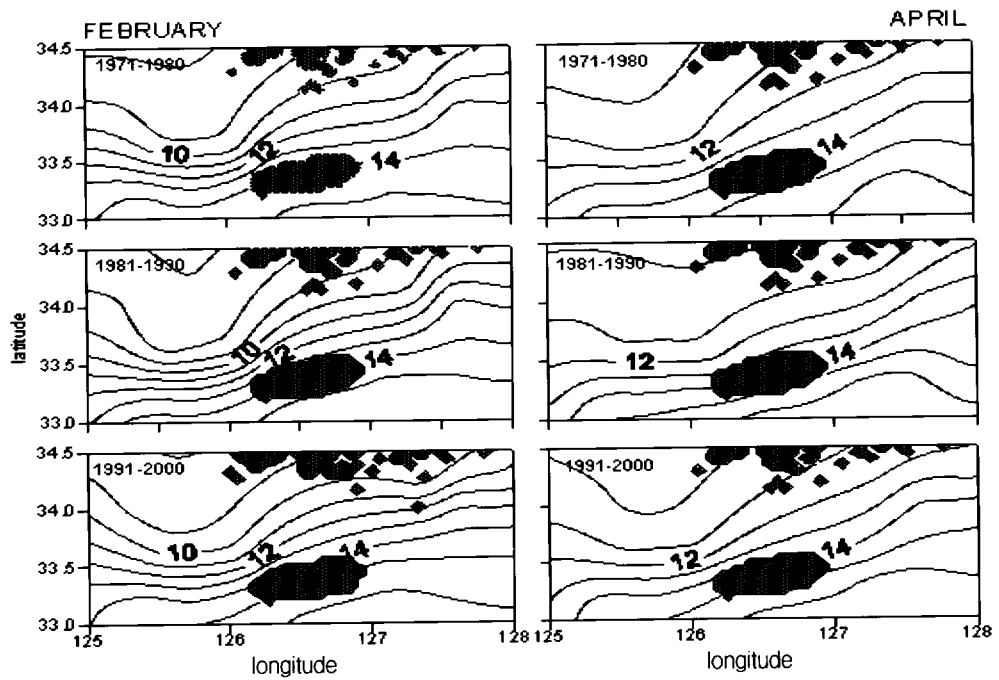


Fig. 8. Horizontal distribution of decadal month mean SST for the period of 1971~2000(FEB., APR.).

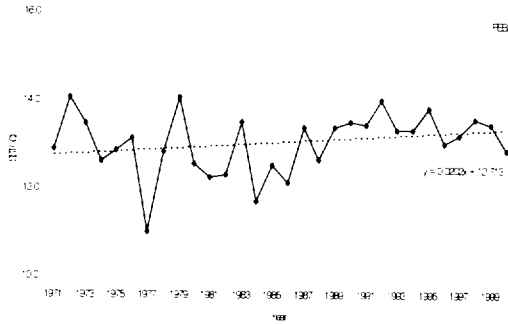


Fig. 4. Time series of month mean temperature in sea of Jeju around for the period of 1971~2000(FEB.).

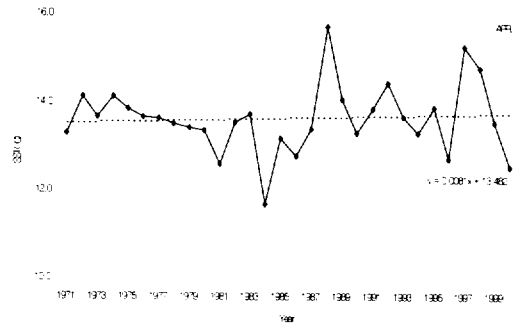


Fig. 5. Time series of month mean temperature in sea of Jeju around for the period of 1971~2000.

Fig 10~15 까지는 1971년부터 30년 동안 제주도 주변해역의 월별 평균 시계열이다. 2월의 경우 연 0.020℃의 연간 상승률을 보이고 있고 4월은 0.008℃의 연간 상승률, 6월은 0.014℃의 상승률을 나타내고 있다.

2월에는 상승률이 비교적 높은 편이나 4월과 6월에는 상승률이 다소 둔화하고 있다.

제주도 주변해역의 수괴 분포는 2월과 4월 제주 주변해역에는 쿠로시오해류의 지류인 대마난류수가 제주도 동·서 해역에 넓게 분포하는 시기이며 6월에는 대마난류수는 좁게 분포하고 쿠로시오해류의 지류인 중간난류수가 점차 넓게 분포하게 된다(고 등, 1998).

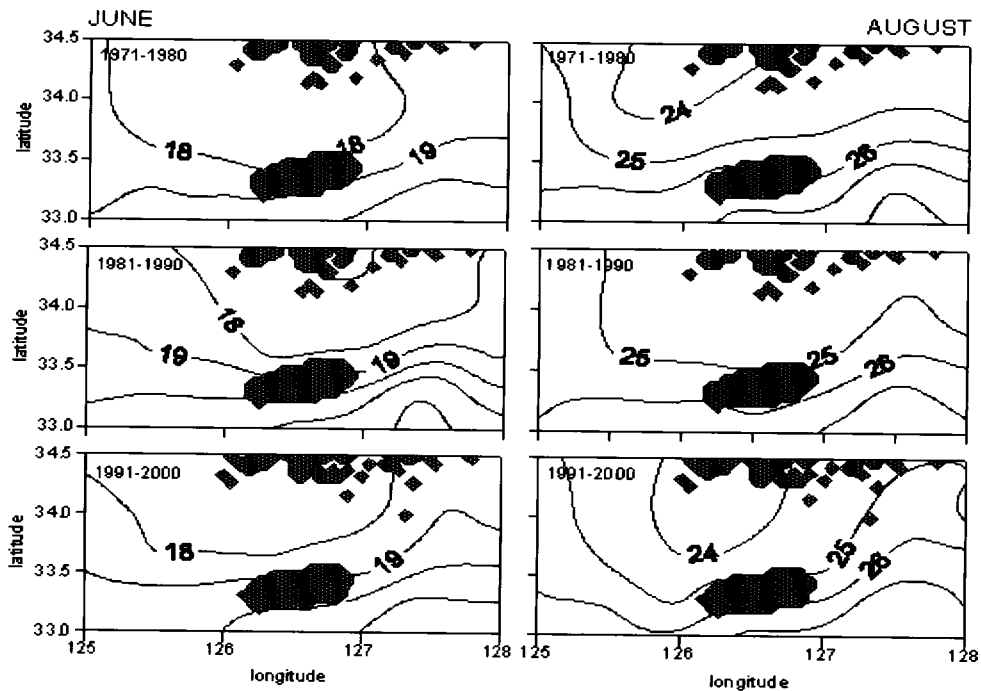


Fig. 6. Horizontal distribution of decadal month mean SST for the period of 1971~2000(JUN., AUG.).

제주도 주변해역의 해수면 온도의 변동성

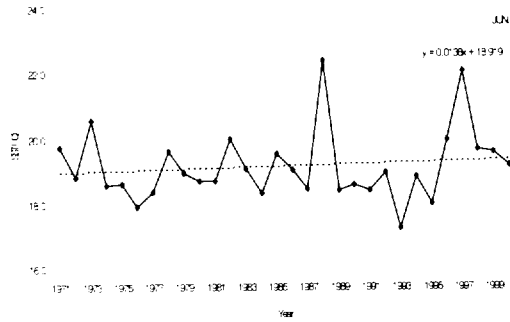


Fig. 7. Time series of month mean temperature in sea of Jeju around for the period of 1971~2000(JUN.).

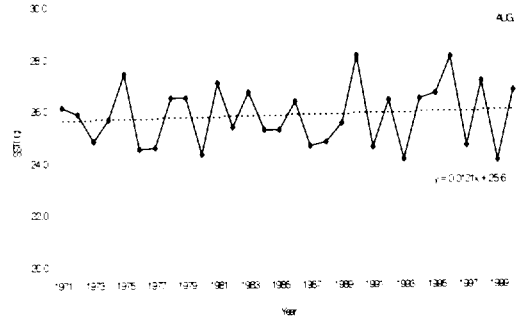


Fig. 8. Time series of month mean temperature in sea of Jeju around for the period of 1971~2000(AUG.).

8월과 10월은 각각 0.012°C와 0.024°C 연간 상승률을 보이고 있다. 12월은 0.047°C의 연간 상승률을 보이고 있어 12월이 일년 중 가장 높은 상승률을 보이고 있었다.

제주 주변해역의 수괴분포는 8월에 접어들면서 대마난류수의 출현이 제주도 동·서로 넓어지며 중간난류수가 제주도 주변해역에 전체적으로 영향을 미친다. 10월은 8월과 비슷하며 대마

난류수가 좀더 넓게 분포하게 되며 12월에는 동계형의 수괴분포의 형태를 이루며 대마난류수가 전체적으로 영향을 준다(고 등, 1998).

따라서 가을철인 10월과 겨울철인 2월과 12월의 30년간 수온이 각각 0.72°C, 0.60°C와 1.40°C의 상승을 보이고 있어 평균상승률과 비슷하거나 높았다.

박 등(2000)은 동해와 남해안은 겨울철을 중

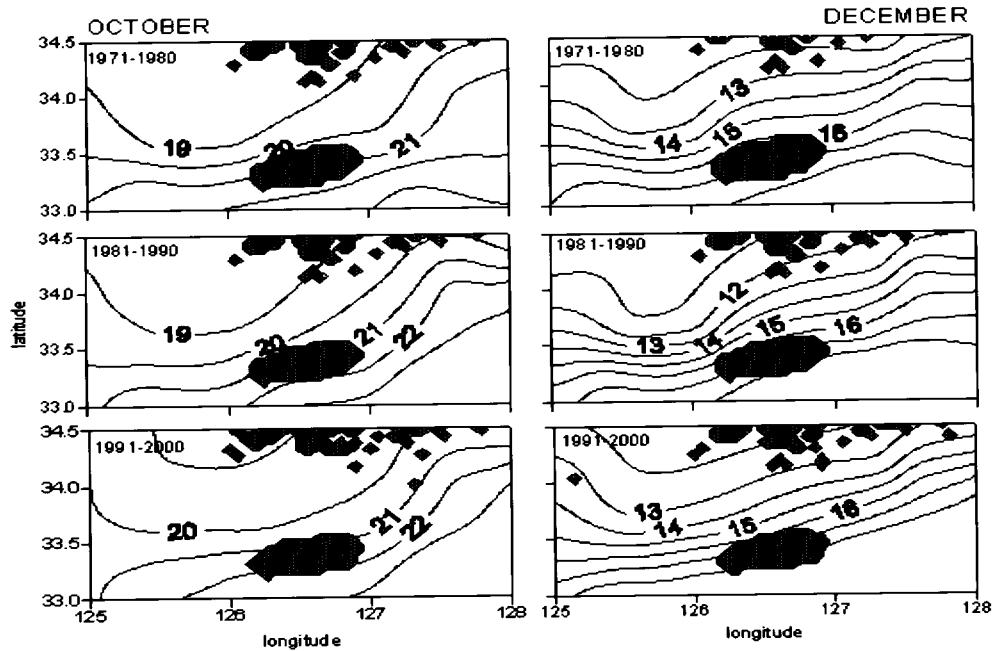


Fig. 9. Horizontal distribution of decadal month mean SST for the period of 1971~2000(OCT., DEC.).

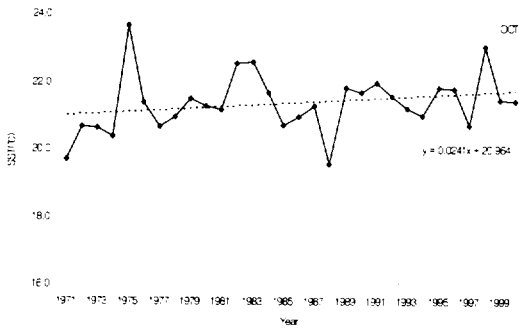


Fig. 10. Time series of month mean temperature in sea of Jeju around for the period of 1971~2000(OCT.).

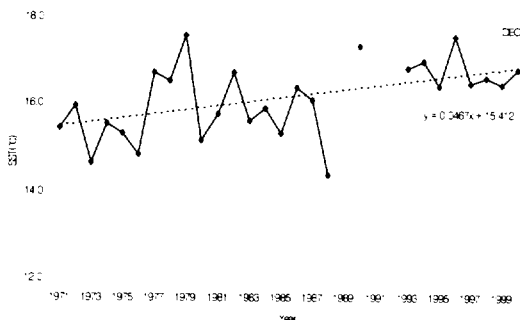


Fig. 11. Time series of month mean temperature in sea of Jeju around for the period of 1971~2000(DEC.).

심으로 온난화 경향이 나타나고 있다고 하였으며 그 원인으로서는 엘니뇨와 같이 적도 태평양해역의 기압배치가 달라져 대규모 기상현상이 발생하는 것을 원인 중 하나로 꼽았다.

#### 연평균 해수면 온도 및 기온의 상관관계

Fig. 8은 1971년부터 2000년까지 제주도 주변의 연평균 수온분포를 나타낸 도표이다. 연간  $0.024^{\circ}\text{C}$ 의 분포로 상승하는 추세를 보이고 있으며 30년 동안  $0.72^{\circ}\text{C}$ 의 수온의 상승이 있었다.

또한 제주도 주변해역과 남해안에서는 3년 내지 5년 정도의 수년 주기의 변동 구조가 나타나고 있어 1950년대 이후의 크고 작은 엘니뇨의 발생주기인 2~5년과 유사하게 나타나고 있어 이 부분에 대한 연구가 필요하나 본 조사에서는 언급하지 않도록 하겠다.

Fig. 16은 1971년부터 2000년까지 30년간 제주도 기온 연평균을 나타낸 도표이다. 이 기간 동안 기온은 연간  $0.035^{\circ}\text{C}$ 의 상승률을 보이고 있으며 30년 동안  $1.05^{\circ}\text{C}$ 의 상승을 보였다. 최근 30년 동안이 1924년 이후 연간  $0.02^{\circ}\text{C}$ 의 기온 상승률보다 다소 높은 상승률로 최근 30년 동안 평균기온의 상승이 높았음을 보이고 있다.

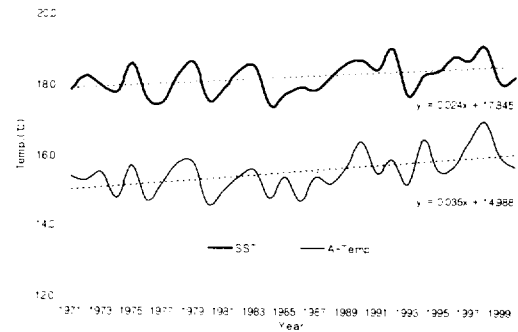


Fig. 12. Time series of annual mean temperature and SST for the period of 1971~2000.

Fig. 3과 16의 수온과 기온의 경년변동성을 살펴보면 수온과 기온이 유사한 패턴을 보이고 있음 알 수 있으며 앞에서 수온의 주기변동성을 언급한 바 있지만 기온의 주기 변동성의 경우 하(1998)는 5~6년 주기와 2~3년 주기가 서울 지역에서 뚜렷하다고 하였으며 본 조사에서 수온의 변동 주기는 3~5년 이며 기온은 기존 연구와 유사한 2~3년 주기가 우세하였다.

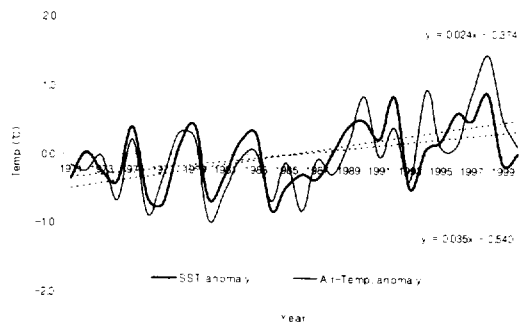


Fig. 13. Time series of annual mean temperature anomalies and SST anomalies for the period of 1971~2000.

아노말리의 분석에서도 수온에서 다소 차이는 있으나 비교적 유사한 상승률을 보이고 있다.

따라서 두 변수간의 위상은 모두 유사함을 볼 수 있어 제주도 주변해역의 수온 변동이 기온 변동과 크게 연관이 있음을 직접적으로 보여주는 결과라 하겠다.

한반도 기온과 같은 기후변수와 적도 태평양의 해면 온도와 상관관계에 관한 연구에서는 안 등(1997a)은 6개월이나 3개월 전의 적도 태평양의 해수면 온도 아노말리와 가장 높은 상관관계를 갖는다고 하였으며 한반도 주변해역의 해면 온도의 변동이 한반도 기후 변동과도 연관이 깊은 것으로 연구보고 하고 있다(안 등, 1997b)

### 요약 및 결론

본 연구에서는 국립수산과학원의 정선관측된 1971년부터 2000년까지의 해수면 온도 자료와 제주지방기상청의 1924년부터 2004년까지 기온 자료를 월평균하여 제주도 주변 해역 수온과 제주도 기후, 특히 기온과 수온과의 상관관계를 살펴보고자 하였다.

결론적으로 제주도 주변 해역의 해수면 온도 변동은 제주도 기온변동에 0.77의 높은 양의 상관성이 있으며 연평균적으로 볼 때 해양에서 대기로 현열(sensible heat)이 공급되고 있음을 의미한다. 제주도 주변 해역 해수면 온도와 제주시의 기온의 연평균자료를 비교할 때 일반적으로 두 변수의 위상이 일치하고 있었으며 이러한 위상의 일치는 해수면 온도와 기온 아노말리에서도 나타나고 있었다. 이는 제주도 주변에서 해양과 대기 사이의 활발한 상호교환이 이루어지고 있음을 의미하며 지구 온난화와 관련하여 해양과 대기 사이의 영향에 대한 연구가 지속적으로 수행되어야 함을 시사한다.

그러나 해상자료를 이용한 연구에 있어 가장 문제가 되는 것은 충분한 자료의 부족이다. 따

라서 한반도 해역과 같이 작은 영역의 해역에서의 해수면 온도의 변동을 다루는 연구에서 위도·경도 방향으로 2° 간격의 격자망보다 더 조밀한 격자망을 갖는 자료를 생산하는 것은 이 지역에서의 대기-해양간의 상호작용을 연구하는데 필수적인 작업이라고 본다.

한반도 근해에서의 정선된 자료들의 수집과 한반도 주변에서의 기상 및 해양 변수들 간의 상호관계에 관한 이러한 연구는 해양-대기 상호작용에 따른 두계(system)의 반응과 해수면을 통한 열·수증기, 운동량 등의 공간적 분포와 시간적 변화 연구에 도움이 될 것으로 기대하며, 더불어 한반도 해역 순환 모형의 실험과 검증에도 유용하게 쓰일 것으로 본다.

### 참 고 문 헌

- 박종화·황강석·강영실. 2000. 한국 근해 겨울철 온난화와 주요 어종의 어획 변화. 한국수산자원학회지, 3: 77-87.
- 안중배·류정희·조익현·박주영. 1997a. 한반도 기온 및 강수량과 적도 태평양 해면 온도와 상관관계에 관한 연구. 한국기상학회지, 33(3): 488-495.
- 안중배·류정희·조익현·박주영. 1997b. 한반도 기온 및 강수량과 주변 해역 해수면 온도와 상관관계에 관한 연구. 한국기상학회지, 33(2): 327-336.
- 하주영. 1998. 한반도의 기후변동성에 관한 연구. 서울대학교 석사학위 청구논문.
- IPCC. 2001. 기후변화 2001. 기상청, 991 pp.
- Gong, Y. and Y. Q. Kang. 1986. Sea surface temperature anomalies off the southeastern coast of Korea. *Bull. Fish Res. Agency*, 37: 1-9.