

시간스케일에 따른 해양표면수온과 기온의 변동 및 상관연구

장 이 현·강 용 균·서 영 상
국립수산진흥원 해양연구과·부경대학교 해양학과
(2000년 5월 31일 접수)

Relationship between Sea Surface Temperature and Air Temperature Variation Depend on Time Scale at Coastal Stations in Korea

Lee-Hyun Jang, Yong-Quin Kang^{*} and Young-Sang Suh
Oceanography Division, National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea
^{*}Dept. of Oceanography, Pukyung National University, Pusan 608-737, Korea
(Manuscript received 31 May, 2000)

The relationship between air temperature and sea surface temperature are studied using the daily air temperature and sea surface temperature data for 25 years (1970~1994) at 9 coastal stations in Korea. Seasonal variations of air temperature have larger amplitudes than those of sea surface temperature. The seasonal variations of air temperature leads those of sea surface temperature by 2 to 3 weeks.

The anomalies of sea surface temperature and air temperature are positively correlated. The long term anomalies of sea surface temperature and air temperature with time scales more than 1 month are more highly correlated than those of short term, with time scales less than 1 month. Accumulated monthly anomalies of sea surface temperature and air temperature for 6 months showed higher correlation than the anomalies of each month.

The magnitudes of sea surface temperature and air temperature anomalies are related with the duration of anomalies. Their magnitudes are large when the durations of anomalies are long.

Key words : Relationship, Seasonal variation, Sea surface temperature, Air temperature

1. 서 론

최근 전 지구적인 문제로 등장하고 있는 이상 기후 현상에 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 표면수온에서 두드러지게 나타난다.

국외에서는 대규모 공간스케일에서의 해양 표면수온과 기후와의 관련성에 대한 연구¹⁰⁾ 등과 같은 대기해양 상호작용에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 국내에서도 해양의 표면수온과 기후와의 관련성에 대한 연구²⁾, 수온의 계절변동에 관한 연구³⁾, 기온의 계절변동에 관한 연구⁴⁾ 및 수온과 기온의 장기적인 변동에 관한 연구⁵⁾ 등이 지속적으로 진행되고 있다.

강과 서⁹⁾는 월별 자료를 이용한 해석에서 수개월 정도의 스케일로 한반도 이상기온과 주변 해양의 이상표면수온 간에 밀접한 상관이 있음을 밝힌 바 있다. 이러한 연구들은 주로 수개월에서 수십년 정도의 장기적인 시간 스

케일에서의 표면수온과 기온의 계절변동 또는 장기변동에 대해 다루고 있어 수일 정도의 보다 단기적인 시간스케일에서의 표면수온과 기온의 변동양상을 파악하기는 어렵다.

본 연구에서는 일별 표면수온과 기온 자료를 이용해 이들의 변동양상 및 상호상관을 시간스케일에 따라 일별, 월별 및 계절별로 나누어 분석함으로써 수개월 이상의 장기적인 시간스케일에서 밝히기 어려웠던 수일 정도의 보다 단기적인 시간스케일에서 표면수온과 기온간 상호상관성을 파악하고자 한다.

2. 자료 및 방법

대기와 해양간의 상호상관성을 알아보기 위해 국립수산진흥원의 한국 연안 정지 관측점¹¹⁾ 중 지역적으로 동·남·서해안을 대표할 수 있는 연안 9개 관측점 (속초, 울릉도, 포항, 부산, 여수, 마라도, 목포, 군산, 격렬비도)을 선정하여 (Fig. 1), 각 관측점에서 매일의 실측 표면수온 및 기온 자료를 분석하였다.

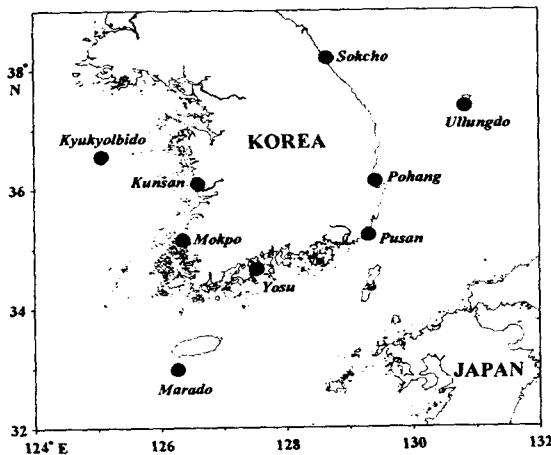


Fig. 1. Locations of 9 coastal stations in Korea.

2.1. 시간 영역별 시계열의 구성

표면수온과 기온 시계열간의 상호상관성을 조사하는 데는 이상변동 시계열(anomalies series)간의 상관성을 조사하는 것이 일반적이다. 이상변동 시계열간 상호상관성을 조사하기 위해 우선 각 관측점에서의 표면수온 및 기온을 동일한 날짜에 대해 누년 평균하여 일별 평균치를 구하였다. 그러나 이러한 일별 평균치에는 수일 정도의 단주기 변동도 포함되어 있어 예년을 대표할 수 있는 값들이라고 하기는 곤란하다. 따라서 누년 일평균 자료를 전·후로 덧붙인 다음 누년 일평균에서 원하는 주기 성분만을 추출할 수 있는 digital filter 방법⁶⁾의 low pass filter를 통해 30일 이하의 단기변동 부분이 제거된 보다 매끄러운 일별 예년치(smoothed daily normals)를 만들었다. 일별 이상변동 시계열은 실측된 일별 표면수온 및 기온 시계열에서 위와 같은 일별 예년치를 제거해 줌으로써 구하였다.

이상 변동치들의 지속기간에 대한 변동진폭 관계를 알아보기 위해 일별 이상 변동치에 대해 양(+)의 부호를 가지면 양(+)의 지속기간으로, 음(-)의 부호를 가지면 음(-)의 지속기간으로 취급하여 양(+) 또는 음(-)으로의 지속기간에 따른 변동진폭의 변화를 조사하였다.

수개월 정도의 시간스케일에서 표면수온과 기온의 상호상관성 및 계절변동을 조사하기 위해 이상변동 시계열 중 결측치를 선형보간하여 내삽(interpolation)하였다. 이와 같이 구해진 이상변동 시계열에 예년치를 더하여 연속된 일별 시계열을 만들었고 이로부터 월평균 자료를 얻었으며, 월별 예년치를 제거한 월별 이상변동 시계열로 월별 표면수온과 기온간, 월별 이상 변동치간 상호상관성을 조사하였다. 또한 이상변동 시계열의 시간에 대한 누적 효과를 알아보기 위해 월별 이상변동치를 6개월 누적시킨 누적시계열간의 상관에 대해서도 조사하였다.

표면수온 및 기온의 계절변동은 조화분석(Harmonic analysis) 방법을 이용하였으며, 매년 표면수온 및 기온은 다음과 같은 조화함수로 표현될 수 있다.

$$Y(t) = Y_0 + A_1 \cos(\omega_1 t - \phi_1) + A_2 \cos(\omega_2 t - \phi_2) \quad (1)$$

여기서 Y_0 는 연평균, A_1, A_2 는 연진폭, 반년진폭, ψ_1, ψ_2 는 연위상, 반년위상, ω_1, ω_2 는 연주파수, 반년주파수, t 는 시간이며, 5개 조화상수($Y_0, A_1, A_2, \phi_1, \phi_2$)는 실측치와 조화함수간 차의 제곱을 최소화함으로써 구하였다.⁸⁾

또한 본 연구에서는 이상변동 시계열이 수일 정도 시간스케일과 1개월 이상의 시간 스케일에 따라 어떠한 상관을 보이는지 알아보기 위해 장주기(주기 1개월 이상) 이상변동 시계열과 단주기(주기 1개월 이하) 이상변동 시계열로 나누어 시간스케일에 따른 상호상관성을 조사하였다.

2.2. 상호상관 및 변동분석

일별, 월별 그리고 시간스케일에 따른 시계열간의 상관과 양자간의 시간적인 정보(time lead or lag)를 조사하기 위해 상호상관함수(cross correlation function) $R_{xy}(k)$ 를

$$R_{xy}(k) = \left(\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(y_{t+k} - \bar{y}) \right) / \sqrt{\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2 \sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y})^2} \quad (2)$$

에 의해 계산하였다. 여기서 x_t 와 y_t 는 각각 동일 시점의 기온과 표면수온 시계열이며, y_{t+k} 는 시차 k 일 때 표면수온, \bar{x} 와 \bar{y} 는 각각의 평균값, 그리고 N 은 시계열의 총 길이이다.

상호상관함수의 variance는

$$Var[R_{xy}(k)] = 1/(N-k) \sum_{\tau} R_{xx}(\tau) R_{yy}(\tau) \quad (3)$$

에 의해 계산하였다.³⁾ 여기서 합은 τ 가 -30부터 30까지 범위에서 수행되었다. 상호상관함수의 해석에 있어 상호상관함수 값이 위의 식에 의해 계산된 variance의 제곱근보다 큰 경우에만 유의적(significant)인 값으로 취급하였다.

또한 시간스케일별 이상변동치의 변동경향은 선형회귀식으로 조사하였다. 각각의 이상변동 시계열간 선형회귀식 $y = ax + b$ 는

$$E = \sum_{i=1}^N (y_i - ax_i - b)^2 / (a^2 + 1) \quad (4)$$

로 정의된 함수 E 를 최소화함으로써 관측치와 선형회귀식선 사이의 y방향 거리 대신에 관측치 (x_i, y_i) 와 선형회귀직선 사이의 직교거리(orthogonal distance)를 최소화하는 상수 a, b 를 결정하여, 관측치에 가장 잘 부합하는 선형회귀식을 구하였다.⁹⁾

3. 결과

3.1. 수온과 기온의 변동 및 위상관계

연안 9개 정지 관측점 중, 속초에서의 일별 표면수온 및 기온 시계열(1980년)과 각각의 누년 일별 평균치(daily means) 및 low-pass filter를 통해 수일 정도의 단기변동이 제거된 매끄러운 일별 예년치(smoothed daily normals)를 Fig. 2에 나타내었다.

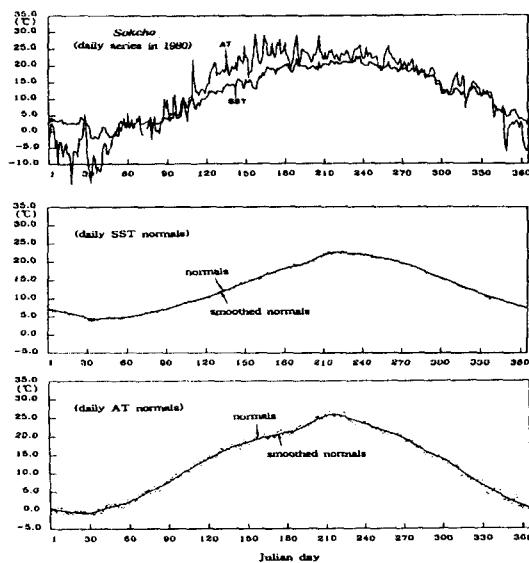


Fig. 2. Daily series of SST and AT in 1980 and their normals in 1967-1993 at Sokcho.

표면수온과 기온 모두 뚜렷한 계절변동을 보이며, 수온과 기온간에는 상승 또는 하강의 크기는 차이가 있지만 매우 유사한 변동양상을 보이며 양자간에는 시간적인 지연이 있다.

표면수온과 기온의 계절변동은 월별 자료를 조화분석하여 조사하였으며, 각 관측점에서의 연평균(annual mean), 연진폭 (annual amplitude) 그리고 연위상(annual phase)을 Table 1에 나타내었다. 수온과 기온의 연평균, 연진폭 그리고 연위상은 수온이 높은 값을 가지는 곳에서 기온도 높은 값을 가진다.

수온과 기온의 계절변동에서 양자간 관계를 알아보기 위해 이들의 연평균차, 연진폭비 그리고 연위상차를 조사하였다 (Fig. 3).

모든 지역에서 수온의 연평균 값은 기온보다 높으며, 육지의 영향이 큰 천해역(목포, 여수)에서는 연평균차가

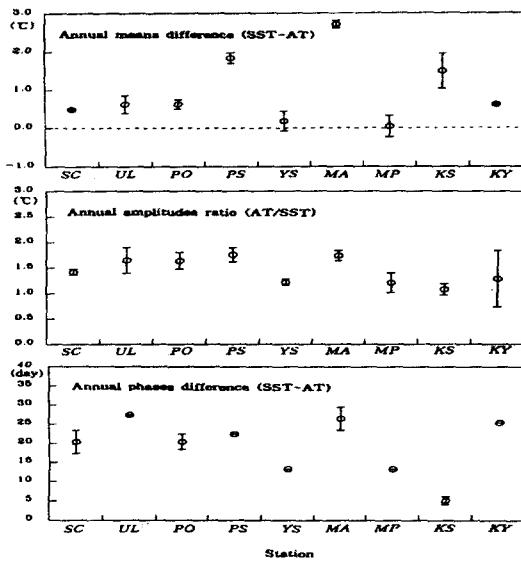


Fig. 3. Comparison of the harmonic constants between SST and AT at 9 coastal stations in Korea. The difference in the annual means, the ratio between annual amplitudes and the difference in the annual phase.

작지만, 해양의 영향이 지배적인 외해역(마라도)에서 양자간의 차는 천해역에 비해 훨씬 크다. 수온과 기온의 연진폭비는 지역에 따라 다르며, 기온의 연진폭이 표면수온에 비해 평균 약 1.5배 더 크고, 연위상으로 볼 때 수온은 기온에 비해 평균 약 2~3주 정도 시간적인 지연을 갖는다.

일별 표면수온과 기온 자료간의 시간지연은 상호상관함수에 의해 조사하였으며, 모든 관측점에서 표면수온의 위상은 기온에 비해 지연되어 나타난다. 수온과 기온간의 지연 정도는 지역에 따라 차이가 있으며, 해양의 영향이 우세한 도서지역(울릉도, 마라도, 격열비도)에서는 수온의 기온에 대한 시간지연이 길고, 내륙의 영향이 훨씬 크게 작용하는 지역(군산, 목포)에서는 시간지연의 정

Table 1. Harmonic constants and their standard deviation of annual variations of SST and AT at 9 coastal stations in Korea

Station	SST			AT		
	Mean (°C)	Amp. (°C)	Phs. (deg.)	Mean (°C)	Amp. (°C)	Phs. (deg.)
Sokcho	13.05±1.04	8.60±0.97	227±7	12.56±1.01	12.22±0.91	207±4
Ullungdo	15.72±0.93	6.72±0.46	237±4	15.10±0.70	11.09±0.71	210±4
Pohang	14.99±0.66	7.12±0.85	225±5	14.37±0.78	11.66±0.69	205±3
Pusan	16.28±0.49	6.15±0.62	229±2	14.44±0.63	10.80±0.76	207±2
Yosu	15.39±0.53	9.28±0.62	221±3	15.21±0.79	11.33±0.68	208±3
Marado	18.84±0.52	5.58±0.60	240±6	16.13±0.62	9.70±0.70	214±3
Mokpo	14.92±0.46	9.95±0.50	221±3	14.88±0.74	12.03±0.69	208±3
Kunsan	14.55±0.43	12.09±0.61	210±2	13.06±0.89	13.08±0.72	205±3
Kyukyolbido	12.82±0.58	9.39±0.55	238±3	12.21±0.60	12.09±1.10	213±3

Table 2. Cross correlation and their standard deviations between AT and SST series at each coastal stations. Numbers in the parenthesis are the time lag days of the maximum cross correlation

Station	Cross correlation coefficients			
	Daily series	Daily anomalies	Low-pass anomalies	High-pass anomalies
Sokcho	0.90±0.07 (17)	0.40±0.03 (0)	0.53±0.06 (3)	0.30±0.02 (0)
Ullungdo	0.89±0.10 (25)	0.27±0.04 (0)	0.45±0.08 (6)	0.21±0.02 (0)
Pohang	0.88±0.07 (17)	0.24±0.02 (0)	0.31±0.05 (2)	0.21±0.02 (0)
Pusan	0.89±0.08 (14)	0.40±0.04 (0)	0.50±0.07 (4)	0.32±0.02 (0)
Yosu	0.94±0.07 (11)	0.35±0.03 (1)	0.49±0.05 (6)	0.29±0.01 (0)
Marado	0.89±0.08 (21)	0.37±0.03 (0)	0.47±0.06 (4)	0.32±0.02 (0)
Mokpo	0.95±0.07 (10)	0.42±0.03 (0)	0.58±0.05 (6)	0.37±0.01 (0)
Kunsan	0.96±0.07 (2)	0.49±0.03 (1)	0.69±0.05 (4)	0.34±0.02 (0)
Kyukyolbido	0.93±0.10 (23)	0.30±0.04 (1)	0.47±0.07 (7)	0.18±0.02 (1)
Avg.	0.92±0.08 (16)	0.36±0.03 (0)	0.50±0.06 (5)	0.28±0.02 (0)

도가 도서지역에 비해 다소 짧다 (Table 2).

3.2. 시간 영역별 이상변동 시계열

일별 이상수온과 기온의 시간스케일에 따른 상관을 알아보기 위해 1개월 이상의 주기 성분만을 포함한 장주기 이상변동 시계열(low-pass anomalies)과 1개월 이하 주기의 단주기 이상변동 시계열(high-pass anomalies)로 나누었으며 군산의 예를 Fig. 4에 나타내었다.

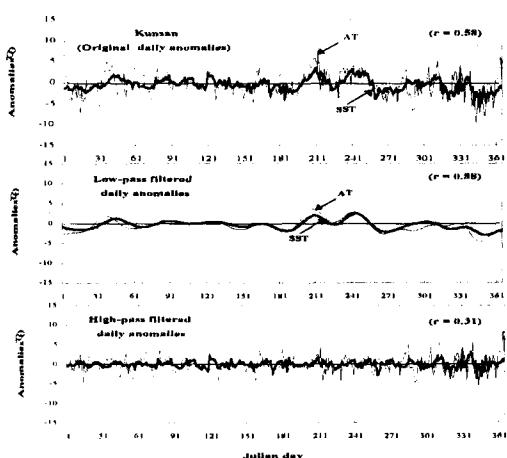


Fig. 4. Original daily anomalies, low-pass and high-pass anomalies of SST and AT at Kunsan in 1985.

이상변동 시계열간에는 수온이 높을 때 기온도 높은 양자간 매우 유사한 변화 양상을 나타내었고, 장주기 및 단주기 이상 수온과 기온간의 상관 및 시차를 상호상관 함수를 이용해 알아본 결과 (Table 2), 장주기 시계열간 상관계수는 평균 0.50이었고, 단주기 이상변동 시계열간에는 0.28로 장주기에 비해 낮은 상관을 보이고 있어, 이상 수온과 기온간에는 1개월보다 긴 시간스케일에서의 상관이 1개월보다 짧은 시간스케일에서의 상관보다 높음을 알 수 있다. 또한 단주기 이상변동 시계열간에는 시

간지연이 없으며, 장주기 이상변동 시계열간에는 수온이 기온에 비해 약 5일 정도 시간적인 지연을 나타내었다.

이상변동치들의 양(+) 또는 음(-)으로 지속되는 기간에 따른 변동진폭(RMS amplitude)을 조사하여 속초의 예를 Fig. 5에 나타내었다. 수온과 기온 이상변동치들의 변동진폭은 양(+) 또는 음(-)으로 지속되는 기간이 길어 질수록 커짐을 알 수 있다.

각 관측점 중 속초에서의 일별 이상 수온과 기온간 그리고 시간스케일에 따라 구분한 장주기 및 단주기 이

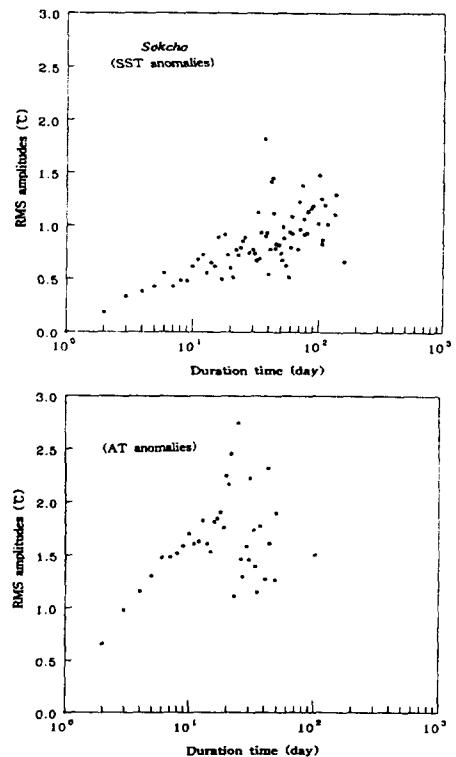


Fig. 5. Durations of persistent positive or negative anomalies of SST and AT and associated RMS amplitudes at Sokcho in 1967-1993.

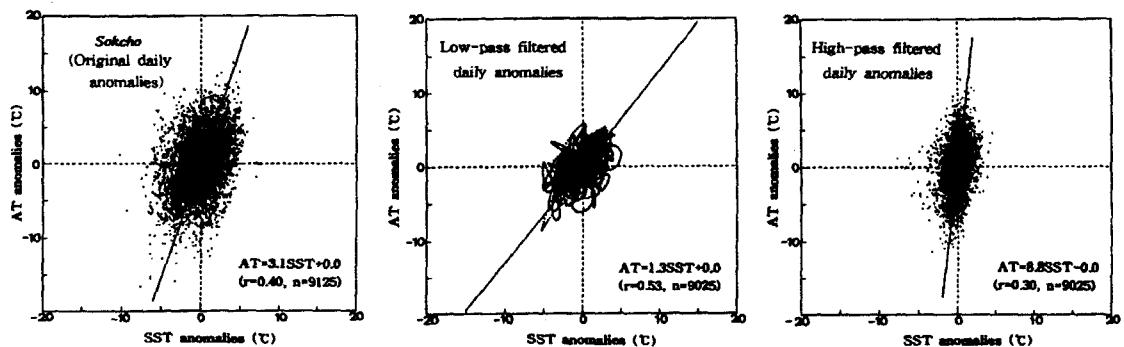


Fig. 6. Scatter diagrams of original daily anomalies between SST and AT, low-pass anomalies and high-pass anomalies at Sokcho (1967-1993). Solid lines are the linear regressions.

상변동 시계열간의 변동양상을 알아보기 위해 각각의 경우에 대한 선형회귀식(linear regression)을 구하였다. 속초에서의 일별 그리고 시간스케일에 따른 이상 수온과 기온간의 분포도는 Fig. 6과 같으며, 모든 관측점에서 양자간 평균한 정량적인 관계는

$$\begin{aligned}y &= 4.7x + 0.1 \quad (r=0.37) : (a) \\y &= 2.1x + 0.1 \quad (r=0.50) : (b) \\y &= 12.9x - 0.0 \quad (r=0.28) : (c)\end{aligned}$$

였고, (a)는 일별 이상시계열, (b)는 장주기 시계열, (c)는 단주기 시계열이며, y는 기온, x는 표면수온을 나타낸다. 선형회귀분석 결과에 의하면 장주기 변동의 경우 이상 수온이 양(+)의 값을 가질 때 기온도 양(+)인 경향이 있지만, 단주기 변동의 경우 이상 수온의 양(+) 또는 음(−)에 대한 기온의 경향이 분명치 않다.

월별 표면수온과 기온, 이상변동 시계열간의 상관 및 이상변동치들의 시간에 대한 누적 효과를 고려한 6개월 누적 이상 시계열간의 상관을 알아보았으며, 속초의 예

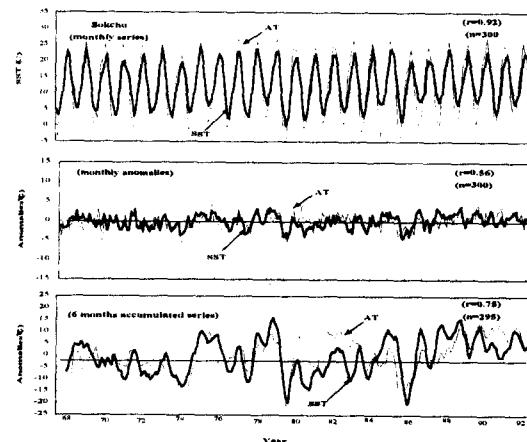


Fig. 7. Monthly series of SST, AT and their anomalies and 6 months accumulated anomalies at Sokcho.

를 Fig. 7에 나타내었다. 모든 지역에서 월별 수온과 기온간에는 매우 밀접한 상관이 있으며($r=0.95$), 6개월 누적된 이상변동 시계열간의 상관($r=0.80$)은 각 월별 이상변동 시계열간의 상관($r=0.50$)보다 높다.

모든 관측점에서 표면수온과 기온의 월별 변동진폭(RMS amplitude)과 각 관측점별 평균 변동진폭을 이용해 계절별, 지역별 변동양상을 알아보았다 (Fig. 8, 9). 월별 이상표면수온과 기온의 변동진폭은 $1\sim2^{\circ}\text{C}$ 이며, 계절변동폭은 봄과 가을에 비해 여름과 겨울에 크고, 이상기온의 변동진폭은 수온에 비해 매월 크다. 모든 지역에서 이상기온의 변동진폭은 수온에 비해 크고, 지역간 변동진폭은 전선역(front)에 속하는 속초에서 가장 크다.

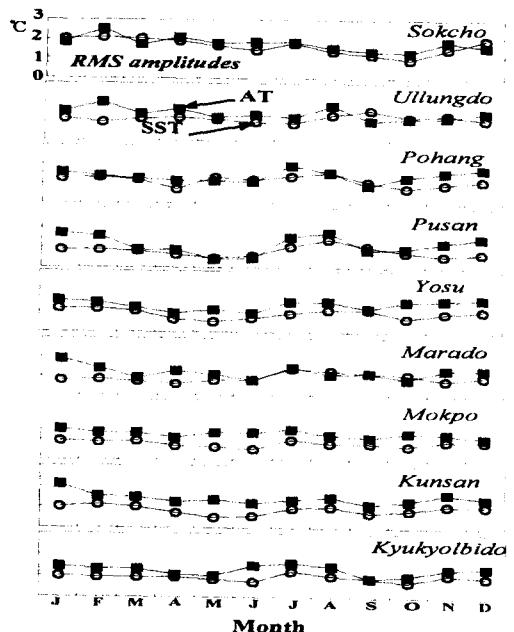


Fig. 8. Monthly distributions of RMS amplitudes of SST and AT anomalies at 9 coastal stations in Korea.

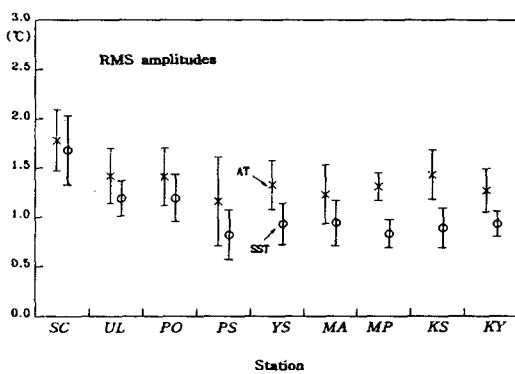


Fig. 9. Regional distributions of RMS amplitudes of SST anomalies and AT anomalies at 9 coastal stations in Korea.

속초에서 월별 표면수온과 기온, 이상변동 시계열 그리고 6개월 누적 이상변동 시계열의 scatter diagram 및 각각에 대한 선형회귀식을 구해 양자간 변동양상을 알아보았으며 (Fig. 10), 모든 관측점에서 평균한 변동 관계는 아래와 같고, (a)는 월별시계열, (b)는 월별 이상시계열, (c)는 6개월 누적 이상시계열이고, y는 기온, x는 표면수온을 나타낸다.

$$y = 1.5x - 8.4 \quad (r=0.95) : (a)$$

$$y = 1.8x + 0.0 \quad (r=0.50) : (b)$$

$$y = 1.7x + 0.0 \quad (r=0.80) : (c)$$

표면수온(x)과 기온(y)간 변동폭은 지역에 따라 차이가 있으나 변동크기는 비슷하게 나타났다.

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 한국 연안의 매일 표면수온과 기온 자료를 분석하여 양자간의 관계를 일별, 월별로 나누고, 시간스케일에 따른 상관성을 정량적으로 조사하였다.

일별 표면수온과 기온간에는 수온이 높을 때 기온도 높은 매우 밀접한 상관이 있으며 ($r=0.92 \pm 0.08$), 시간적

인 지역은 지역에 따라 차이가 있으나 평균적으로 표면수온은 기온에 비해 약 2~3주정도 지연되는데 이는 해양의 열 수용량이 대기에 비해 크기 때문이다. 일별 수온과 기온 이상변동치들의 변동진폭은 이상변동치가 양(+) 또는 음(-)으로 지속되는 기간이 길어질수록 커진다.

이상 수온과 기온의 상관은 시간스케일에 따라 차이가 있으며, 모든 지역에서 단주기(주기 1개월 이하)보다 장주기(주기 1개월 이상)에서의 상관이 높다.

이상 수온과 기온의 변동폭은 지역에 따라 다르며, 장주기 시계열간에는 수온이 양(+)의 값을 가질 때 기온도 양(+)인 경향이 크지만, 단주기 시계열의 경우 양자간 변동관계가 뚜렷하지 않다.

월별 수온과 기온간에는 모든 지역에서 상호상관계수가 0.92 이상으로 매우 높은 상관이 있다. 표면수온과 기온의 연평균, 연진폭, 연위상은 수온이 높은 값을 가지는 곳에서 기온도 높으며, 수온의 연평균 값은 모든 지역에서 기온에 비해 큰데 이는 연평균적으로 볼 때 해양에서 대기로 혼열(sensible heat)이 공급되고 있음을 의미한다.

이상변동치들의 시간에 대한 누적 효과를 알아보기 위한 6개월 누적 시계열간의 상관은 각 월별 이상변동 시계열간의 상관보다 높다. 이는 이상 수온과 기온 모두 6개월 이내의 각 월별 이상변동치 사이에 밀접한 관계가 있음을 의미한다.

이상 수온과 기온의 계절에 따른 변동진폭(RMS amplitude)은 기온의 변동폭이 수온보다 크고, 여름과 겨울의 변동진폭이 봄과 가을에 비해 큰 것은 여름과 겨울에 발생하는 아시아 몬순계절풍의 잦은 변동과 관련이 있는 것으로 생각된다. 유사한 계절변동 경향이 한국 남동해역에서 이상표면수온의 변동 연구⁴⁾와 한반도 기온의 계절변동에 관한 연구⁷⁾에서 보고된 바 있다.

본 연구에서는 한국 연안 9개 관측점에서의 25년간 (1970~1994) 매일 표면수온 및 기온자료를 이용해 양자간 상관성을 시간적인 측면에서 조사하였으나 내륙지방의 기온과 연안지역의 표면수온간 관계와 같은 공간적인 측면에서의 상관을 동시에 조사하여 그 결과를 종합, 비교하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

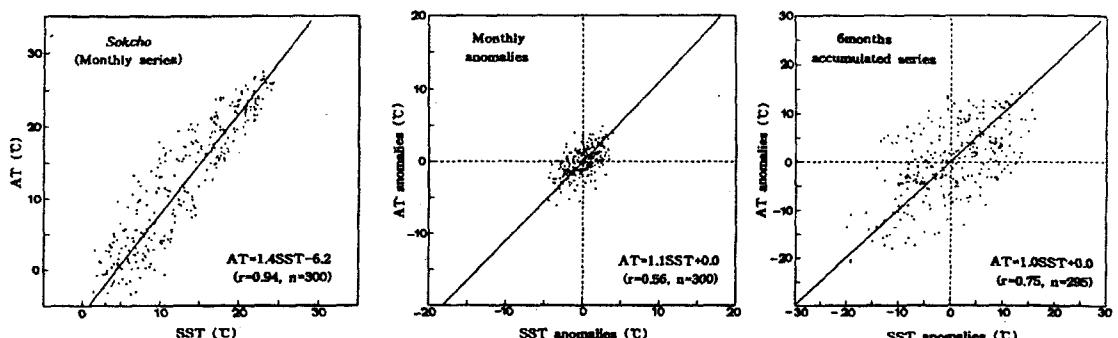


Fig. 10. Scatter diagrams of monthly series between SST and AT anomalies and 6 months accumulated anomalies at Sokcho (1968-1992). Solid lines are the linear regressions.

참 고 문 헌

- 1) 국립수산진흥원, 1998. 해양조사연보. 47: 327 pp.
- 2) Ahn, Y. S., Y. H. Han and Y. S. Kim, 1984. Relation between the sea surface temperature and the coastal climate in Korea. *Bull. Korean Fish Soc.*, 17(6):566-574.
- 3) Bennett, R. J, 1979. *Spatial Time Series : Analysis, Forecasting and Control*. Pion Ltd, London, 674pp.
- 4) Gong, Y. and Y. Q. Kang, 1986. Sea surface temperature anomalies off the southeastern coast of Korea. *Bull. Fish Res. Agency*, 37:1-9.
- 5) Hahn, S. D, 1994. SST warming of Korean coastal waters during 1881-1990. *KODC Newsletter* No. 24., pp29-38.
- 6) Hamming, R. W., 1977. *Digital Filters* (2nd Ed.). Prentice-Hall, 257 pp.
- 7) Kang Y. Q. and C. S. Rho, 1985. Annual and interannual fluctuations of air temperature in Korea during the past 30 years(1954-1983). *J. Korean Meteorol. Soc.*, 21(3), 1-10.
- 8) Kang, Y. Q. and M. S. Jin, 1984. Seasonal variation of surface temperature in the neighbouring seas of Korea. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 19(1):31-35.
- 9) Kang, Y. Q. and Y. S. Suh, 1986. Relationships between air temperature and sea surface temperature anomalies in Korea. *J. Korean Meteorol. Soc.*, 22(3):7-13.
- 10) Schumann, E. H., A. L. Cohen and M. R. Jury, 1995. Coastal sea surface temperature variability along the south coast of South Africa and the relationship to regional and global climate. *Journal of Mar. Res.*, 52:231-248.