

우리나라 근해 해수면 온도와 기온 및 강수량과의 상관관계에 관한 연구

유철상¹⁾, 정건희²⁾, 김종훈³⁾

1. 서 론

해양은 지구 표면적의 약 70%에 걸쳐 있는 해수면을 통하여 대기와 서로 열, 운동량, 수분을 교환하고 있다. 이 상호교환은 대기변동의 큰 요인으로 작용한다. 또한 이산화탄소나 유황화합물 등 미량 기체의 교환도 이루어져 대기의 조성이나 강수 입자의 형성과정에 관여하고 있다(오재호, 1999). 우리나라를 둘러싸고 있는 3면의 바다를 생각해보면, 또한 각각의 해역의 특징이 서해는 대체로 수온이 높고 수심이 얇은 반면 동해는 수온이 낮고 수심이 깊은 등 매우 큰 차이를 가지고 있다. 또한 내륙에도 태백산맥등이 동서를 가로막고 있어 서로 반대편에 위치한 해역과의 영향력의 영향이 적을 것으로 판단된다. 그러한 가정에 기초하여 해역을 동해, 서해, 남해로 분류하고, 각각의 해역별로 해수면 온도자료를 가지는 대표지점을 선정한 후, 한반도내 지역적인 분포를 고려하여 몇 개의 지점(강수량, 기온)을 선택하여 그 지역에 미치는 해수면 온도의 영향을 분석해보았다. 이러한 분석결과를 토대로 해역별 해수면 온도가 한반도의 기온과 강수량에 미치는 영향을 살펴보고, 각 해역의 영향범위 및 상대적인 영향 정도를 판단하였다.

2. 대상자료

해수면 온도의 자료는 각 해역별로 동해는 속초, 주문진, 포항, 장기갑, 울산, 서해는 소흘산도, 목포, 여청도, 소청도, 남해는 가덕도, 소리도, 거문도의 연안정지관측자료(등대)를 국립 수산진흥원의 website에서 받아 각 해역별로 평균을 구한 후에 해역의 대표값으로 사용하였다. 강수량 자료는 강릉, 대구, 서울, 여수, 인천, 추풍령, 광주, 목포의 자료를 사용하여 해안과 내륙에의 영향을 보고자 하였고, 마지막으로 기온자료는 서울과 대구를 선정하여 분석을 하였다. 세 종류의 자료 모두 1968년부터 1997년까지 30년 동안의 월자료(총자료수 360개)를 사용하였다.

1) 고려대학교 환경공학과 조교수

2) 고려대학교 토목환경공학과 석사과정

3) 고려대학교 토목환경공학과 부교수

3. 다변량 시계열 분석

3.1 표본교차상관함수

분석대상 자료의 수가 T 개인 입력시계열자료 $\{x_t | t=1, 2, \dots, T\}$ 와 출력시계열자료 $\{y_t | t=1, 2, \dots, T\}$ 가 주어졌을 때, 교차상관함수는 다음과 같은 표본교차상관함수로 추정한다.

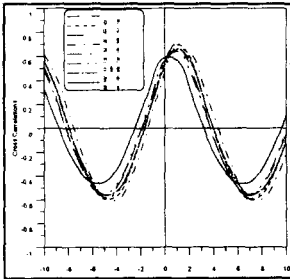
$$\hat{\rho}_{xy}(k) = \frac{\hat{\sigma}_{xy}(k)}{\sqrt{\hat{\sigma}_{xx}(0)\hat{\sigma}_{yy}(0)}} \quad (k=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

$$\rho_{ij}(h) = \rho_{ji}(-h) \quad (h=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

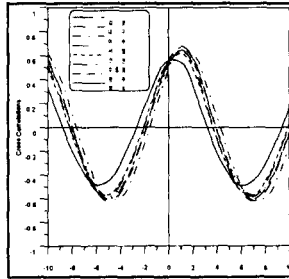
따라서 교차상관함수는 확률변수들 x_i 와 y_j 의 상관관계의 정도뿐만 아니라 방향도 나타내게 되므로 시계열 자료들 x_i 와 y_j 사이의 관계를 알기 위해서는 양의 시차($h>0$)뿐만 아니라 음의 시차($h<0$)에서도 교차상관함수 $\{\rho_{ij}(h)\}$ 를 조사해야 한다.

3.1.1 해수면 온도와 강수량의 상관관계

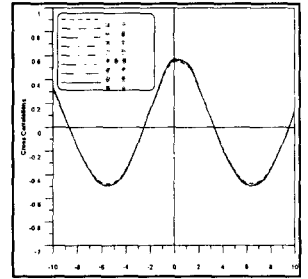
각 시계열 자료를 사용하여 해수면 온도를 입력시계열자료로 하고, 강수량과 기온을 출력시계열자료로 설정하여 표본교차상관함수를 시차 -10에서 10까지 구하여 본 결과는 그림 1과 같다. 그림 1에서 보이는 것처럼 각 해역의 해수면 온도가 도시의 강수량에 미치는 영향은 시차 1일 때가 대체로 가장 큰 것으로 나타났다. 즉, 1달 정도 전의 각 해역별 해수면 온도가 각 도시의 강수량에 미치는 영향이 가장 크다는 것을 의미한다. 각 해역별의 영향을 살펴보면, 각 도시에 따라 남해와 동해의 영향을 받는 정도는 매우 다르지만 서해의 영향을 받는 정도는 거의 모든 도시에서 비슷한 것으로 나타났다. 이것은 우리나라가 편서풍 지대에 위치해 있으므로 기류이동에 따른 영향이라 볼 수 있다. 즉, 건조한 기류가 서해를 건너오면서 해양의 영향을 받아 습도가 높아지고 강수량도 많아지는데, 이는 해양의 온도가 높을수록 대기와의 상호작용이 활발하고 대기의 습도도 더욱 높아지기 때문이다.



(a) 남해



(b) 동해



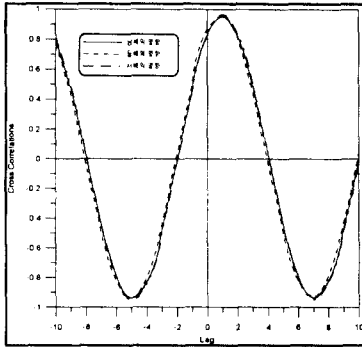
(c) 서해

그림 1 각 도시의 강수량과 해역별 해수면 온도와 상관계수

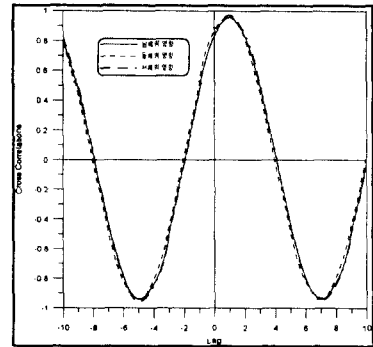
(입력자료계열:해수면온도, 출력자료계열:각 도시별 강수량)

3.1.2 해수면 온도와 기온과의 상관관계

대기와 해양의 활발상 상호작용에 힘입어 한반도의 기온은 해수면 온도에 훨씬 더 민감하게 반응하게 된다. 각 해역의 해수면 온도를 입력자료로, 서울과 대구 지방의 기온을 출력자료로 하여 교차상관계수를 그려보면 그림 2와 같다.



(a) 서울



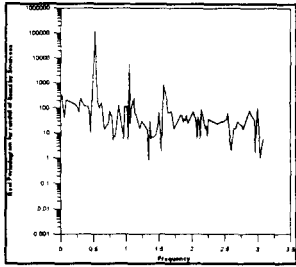
(b) 대구

그림 2 각 도시의 기온과 해역별 해수면 온도의 상관관계
(입력자료계열:해양수온, 출력자료계열:각 도시별 기온)

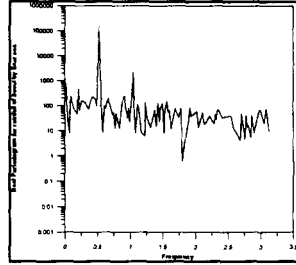
그림 2에서 보이는 것처럼 강수량보다는 훨씬 큰 상관성을 보이고, 아주 미소한 차이는 하지만 해역별 영향의 크기는 서해, 동해, 남해의 순으로 나타나고, 도시별 영향은 대구가 서울보다 조금 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 서울이 열섬현상등으로 인해 외부의 영향을 대구보다 작게 받아 나타난 결과라 생각된다. 또한, 강수량과 마찬가지로 모두 최대교차상관계수가 시차 1에서 발생하는 것으로 보아 해수면에서 도시의 기온에 영향을 미치는 데에는 어느 정도 시간이 걸리는 것으로 나타났다.

3.2 교차스펙트럼

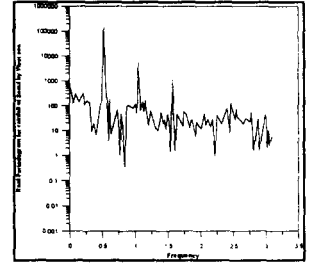
두 시계열의 상관성을 보다 확실하게 알아보기 위해 시간의 영역에서 두시계열의 상관관계를 알아보는 가장 쉬운 방법인 교차스펙트럼을 구하여 보았다(그림 3). 그림에서 알 수 있듯이 주기 12(빈도 $\pi/6$)에서 무척 큰 상관관계를 가지는 것으로 나타났고, 그 다음으로 주기 6(빈도 $\pi/3$)에서 다소 큰 상관관계를 보인다. 이것은 월자료를 그대로 사용하였으므로 계절성을 제거하지 않은 자료에서 당연한 결과라 할 수 있다. 즉, 강수량과 기온 모두 12개월 주기를 가지는 해수면 온도의 영향을 가장 크게 받는다는 결론을 내릴 수 있다.



(a) 남해



(b) 동해



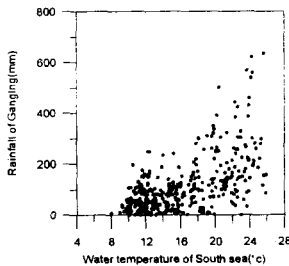
(d) 서해

그림 3 각 해역의 해수면온도와 서울지역기온의 교차스펙트럼

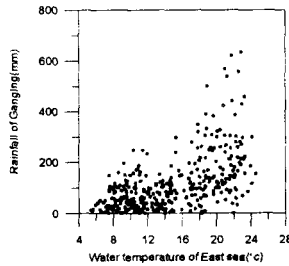
4. 결 론

앞의 분석결과에 비추어 결론은 내리기에 앞서 자료의 경향을 파악하기 위해 각 해역의 해수면온도와 강수량과의 시도표를 그리고, 각 해역별 해수면 온도자료를 사용하여 주기분석을 하였다. 그 결과는 그림 4, 그림 5에 도시되어 있다. 무엇보다 강수량과 기온의 상관도 형태가 매우 다른 것을 알 수 있다. 강수량과의 상관도는 수온이 0에 가까워 질수록 작은 값을 가지고 점들이 몰려있는 것을 볼 수 있다. 이것은 겨울철 강수량이 작고 대체로 비슷하다는 것을 나타내고, 반면 수온이 상승하는 여름철에는 매우 큰 값들이 많이 흩어져 있는 것으로 보아 강수량이 많은 여름철에는 장마철과 집중호우 등의 영향으로 상관성이 더 떨어지고 있음을 볼 수 있다. 또한 10℃ 정도에서 또 산포도가 큰 것을 관찰할 수 있는데 이것은 봄비 등이 갑자기 내리는 등 겨우내 건조한 기후가 봄에 바뀌면서 상관성을 떨어뜨리는 것으로 보인다.

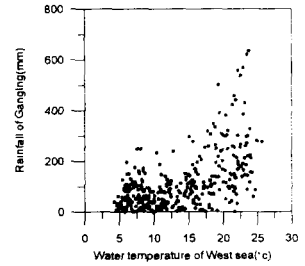
기온과 해수면 온도와의 그래프를 살펴보면 타원형을 그리고 있음을 볼 수 있는데, 이것은 봄과 가을철에 기온 상승, 하강의 형태가 다르기 때문에 발생하는 현상으로 볼 수 있다. 그러나 대체적인 형태는 직선에 거의 근접하고 있으므로, 상관성이 매우 높음을 알 수 있다.



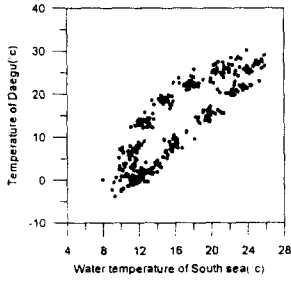
(a) 강수량_남해



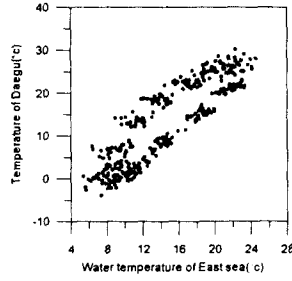
(b) 강수량_동해



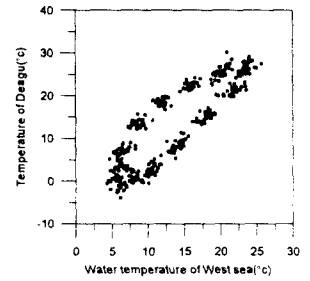
(c) 강수량_서해



(c) 기온_남해

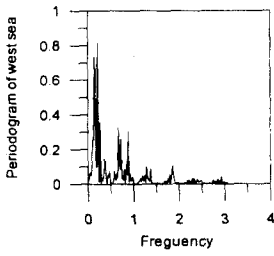


(d) 기온_동해

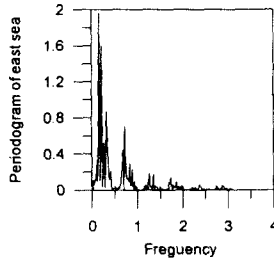


(e) 기온_서해

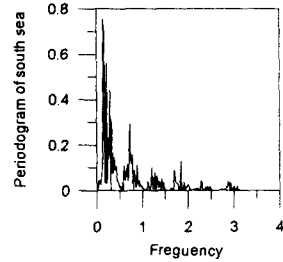
그림 4 계열상관도



(a) 남 해



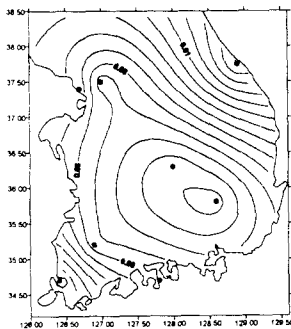
(b) 동 해



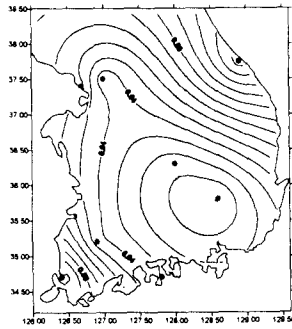
(c) 서 해

그림 5 각 해역별 해수면 온도의 주기도

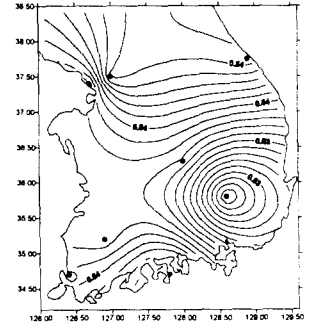
마지막으로 본 연구의 결과 산출된 상관계수를 이용하여 등선도를 그려보았다. 그림의 순서는 강수량에 미치는 남해, 동해, 서해의 영향 시차 1일 때의 상관계수를 이용하여 순서대로 나타낸 것이다. 남해와 동해의 등선도가 비슷하나, 서해의 등선도는 조금 독특하다. 남해와 동해는 내륙의 추풍령 지역이 가장 큰 상관계수를 가지는데 이는 이 지역이 산맥으로 막혀있어, 기류의



(a) 남 해



(b) 동 해



(c) 서 해

그림 6 등선도

진행을 방해 지체시킴으로서 결과적으로 이 지역의 상관성을 가장 크게 만드는 것으로 판단된다. 반면에 서해의 영향을 살펴보면, 전라도 지역의 상관계수가 가장 큰 것으로 나타난다. 이 경우는 서쪽에서 동쪽으로 이동하는 기단이 서해를 지날 때 해수면과 열, 에너지 교환을 한 후에 산맥이 막혀있지 않은 곳까지는 직접적인 영향을 미친다는 것으로 판단할 수 있다. 그러나 산맥을 넘어가면 역시 기단이 변질되어 산맥의 서쪽보다는 작은 영향정도를 나타낸다.

5. 참고문헌

- 윤용남, 1994. 공업수문학, 청문각
- 최병선, 1992. 단변량시계열분석 1, 세경사
- 최병선, 1995. 다변량시계열분석, 세경사
- 박유성, 허명희, 1996. 시계열자료분석, 자유아카데미
- 김우철, 김재주, 박병옥, 박성현, 송문섭, 이영조, 전종우, 조신섭, 1996. 일반통계학, 영지문화사
- 류상범, 안중배, 류정희, 조익현, 박주영, 1997. “한반도 기온 및 강수량과 주변 해역 해면온도와 상관관계에 관한 연구”, 한국기상학회지, 33(2). pp. 327-336.
- 류상범, 안중배, 류정희, 조익현, 박주영, 1997. “한반도 기온 및 강수량과 적도 태평양 해면온도와 상관관계에 관한 연구”, 한국기상학회지, 33(3). pp. 487-495.
- 오재호, 1999, “기후학 I”, 아르케