

우리나라 근해의 해수면 온도 및 기온과 강수량과의 상관성 분석

Correlation Analysis between Sea Surface Temperature in the near Korea and Rainfall/Temperature

권 현 한* / 오 태 석** / 안 재 현*** / 문 영 일****
Kwon, Hyun-Han / Oh, Tae Suk / Ahn, Jae Hyun / Moon, Young-Il

요 지

강수량의 특성 및 계절적인 양상은 지협적인 원인이기 보다는 해수면 온도(sea surface temperature)와 같은 기상 현상에 주로 영향을 받는다. 이러한 관점에서 강수량과 같은 수문변량의 장기적인 거동을 기상인자로부터 유추하고자 하는 연구는 무엇보다 중요하며 이러한 추론을 바탕으로 강수량의 장기예측 및 모의를 위한 기본적인 도구로 활용을 가능케 한다. 따라서 본 연구의 주요 목적은 해수면 온도를 기본으로 강수량과 기온의 변동성 및 상관성을 분석하고자 하며, 무엇보다 한반도 근해의 해수면 온도와 직·간접적인 개연성을 살펴봄으로서 보다 효과적인 강수량 예측을 위한 하나의 변수로서의 가능성을 평가하고자 한다. 이를 위해 다양한 분석 방법 즉, 연주기를 제거하지 않은 자료의 선형적인 지체 상관 분석, 연주기를 제거하기 위해 표준화 된 자료의 지체 상관 분석 및 비모수적 상관분석을 수행하였다. 연주기를 제거하지 않은 자료의 경우 매우 강한 상관관계를 나타내었지만 이는 주로 계절 특성으로 인한 것으로 사료된다. 그러나 연주기를 제거한 Anomaly는 상대적으로 매우 작은 상관성을 보이고 있으나 유의성 검토를 통해 통계적으로 유의한 관계가 존재함을 확인 할 수 있었다. 따라서 강수량의 예측을 하나의 변수로서 이용이 가능할 것으로 사료되나 근해뿐만 아니라 한반도 기상의 연관성을 갖는 타 지역기상인자와의 보다 통합적인 검토가 필요하다 하겠다.

핵심용어 : 해수면 온도, 강수량, 강수량 예측, 기상인자

1. 서론

도시의 성장과 인구의 증가 등으로 인하여 토지이용이 고도화 되는 경향 속에서 기상이변에 대한 대책마련은 우리가 넘어야 할 하나의 과제로 제시되고 있으며, 기상 이변을 예측하는 것은 매우 중요한 문제이다. 그 중에서, 심각한 피해를 야기할 수 있는 강수량의 예측이야말로 매우 중요하다. 강수량을 예측하기 위해서 기상 자료와 강수량과의 상관성에 대해 많은 연구가 이루어지고 있는 실정이다. 특히, 엘니뇨/라니냐 현상 등은 전 세계적인 기후 변화를 초래하는 큰 요인으로 전 세계적인 관심을 받고 있다. 이러한 분석 결과에서 우리나라의 강수량은 엘니뇨의 영향을 받는 것으로 분석되었다(신현석; 1999). 또한, 유철상 등(2000)은 한반도 근해의 해수면 온도와 우리나라

* 정회원· Columbia University Postdoctoral Research Associate · E-mail : hk2273@columbia.edu
** 정회원· 서울시립대학교 공과대학 토목공학과 박사과정 · E-mail : waterboy@uos.ac.kr
*** 정회원· 서경대학교 이공대학 토목공학과 조교수 · E-mail : wrr@skuniv.ac.kr
**** 정회원· 서울시립대학교 공과대학 토목공학과 부교수 · E-mail : ymoon@uos.ac.kr

의 기온 및 강수량과의 상관관계를 표본 교차 상관 함수와 교차 스펙트럼 기법 등을 통하여 상관성이 있음을 밝혔다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 강수량과 한반도 근해의 해수면 온도 및 기온과의 상관관계 분석을 통해서 어느 정도 상관성이 있는지에 대해 분석하고자 한다.

2. 대상 자료

강수량과 한반도 근해의 해수면 온도 및 기온과 상관관계를 분석하기 위해서 다음과 같은 자료를 이용하였다. 기상청에서 측정한 일강수 자료 중, 30년 이상 관측된 지점 중에서, 한반도 내에 균일하게 위치하도록 서울, 속초, 인천, 원주, 영주, 대전, 군산, 영덕, 대구, 광주, 목포, 여수, 부산, 제주로 총 14개 지점을 선택하여 분석하였다. 한반도 근해의 해수면 온도는 국립수산과학원에서 자료를 제공하며, 본 연구에서 이용한 해수면 온도 및 기온 자료는 다음과 같다. 동해와 서해, 그리고 남해에 위치한 40여개의 관측 지점 중에서 결측 구간이 비교적 적으며, 각 해안선에 균일하게 분포되도록 소청도, 부도, 어청도, 군산, 홍도, 소흑산도, 당사도, 제주, 소리도, 서이말, 여수, 감포, 죽변, 속초, 울기를 대상 지점으로 선정하였다.

3. 분석 결과

기상청에서 발표한 1973년부터 2002년까지의 일강수량 자료를 이용하여 1년을 15일, 10일, 5일 (24, 36, 72개)로 구분하여 강수량을 합산하여 강수량 시계열 자료를 구성하였다. 또한 해수면 온도 및 기온은 강수량 자료의 분리 구간과 일치하게 구분하여 평균 해수면 온도 및 기온 시계열 자료를 구성하였다.

3.1 연주기를 제거하지 않은 자료의 상관성 분석

1973년부터 2002년까지의 자료들을 이용하여 상관분석을 실시하였다. 상관분석 방법은 선형적인 지체상관 계수를 산정하는 기법을 이용하였다. 지체 상관 계수를 구하는 방법은 해수면 온도 또는 기온 자료를 고정 시켜 놓고, 강수량 자료를 1 단위 기간씩 지체시키면서 지체 상관계수를 산정하였다. 또한, t 분포를 이용하여 유의수준 1%에서의 기각역을 산정하여 상관계수를 검정하였다. 산정된 기각역은 자료를 연 24개, 연 36개, 연 72개로 구분된 자료들의 상관계수가 통계적으로 유의성을 갖는 경우에만 분석되었다. 따라서 검정 결과는 따로 본 논문에서 수록하지 않았으며, 아래 Table 1~4에서 기각역보다 상관계수가 작은 경우에는 산정된 상관계수를 기재하지 않았다.

해수면 온도 및 기온 자료와 한반도 강수량과의 지체 상관 분석 결과에서 살펴보면 해수면 온도 및 기온과 한반도 강수량은 양의 상관 계수가 음의 상관계수보다 크게 산정되었다. 이는 해수면 온도 및 기온과 한반도 강수량의 변화 경향이 비슷한 것으로 분석할 수 있다. 다음 Table 1은 우리나라 강수량과 해수면 온도와의 지체 상관 분석 결과이며, Table 2는 한반도 강수량과 해수면 기온과의 지체 상관 분석 결과이다. 상관성 분석을 해수면 온도 및 기온 관측 지점과 강수량 관측 지점 모두를 대상으로 분석하였으며, 다음의 Table 1 and 2에서의 결과는 상관계수가 가장 크게 분석된 지점, 상관 계수와 지체 시간을 기술하였다.

대부분의 강수량은 소리도와 서이말 지점 즉, 남해안 중부 해역의 해수면 온도와 315~345일의 지체를 보이며 가장 큰 양의 상관성이 있으며, 소흑산도, 홍도, 제주 등의 지점 즉, 남서해 해역의 대기 온도와 -30~10일의 지체를 보이며 가장 큰 양의 상관성이 있는 것으로 분석되었다.

Table 1. Maximum Correlation Coefficient between precipitation and sea surface temperature

Period	15 days(n=24/year)			10 days(n=36/year)			5 days(n=72/year)		
	Station	Location	Corr. Coe.	Lag Time	Location	Corr. Coe.	Lag Time	Location	Corr. Coe.
Busan	Sorido	0.526	21	Sorido	0.459	32	Sorido	0.353	63
Daegu	Seoimal	0.569	22	Seoimal	0.500	33	Sorido	0.380	66
Daejeon	Seoimal	0.551	21	Seoimal	0.505	33	Seoimal	0.402	65
Gunsan	Seoimal	0.530	22	Socheongdo	0.473	33	Seoimal	0.379	65
Gwangju	Seoimal	0.553	22	Seoimal	0.502	33	Seoimal	0.393	65
Incheon	Seoimal	0.578	22	Seoimal	0.500	33	Seoimal	0.395	66
Jeju	Seoimal	0.453	22	Seoimal	0.393	33	Seoimal	0.299	66
Mokpo	Seoimal	0.477	22	Seoimal	0.427	33	Seoimal	0.327	65
Seoul	Seoimal	0.553	21	Seoimal	0.514	33	Seoimal	0.424	66
Sokcho	Seoimal	0.493	22	Seoimal	0.432	34	Seoimal	0.323	66
Wonju	Seoimal	0.587	23	Seoimal	0.533	33	Seoimal	0.424	65
Yeongdeok	Seoimal	0.501	22	Seoimal	0.432	33	Seoimal	0.324	66
Yeongju	Seoimal	0.560	22	Seoimal	0.537	33	Seoimal	0.324	66
Yeosu	Sorido	0.562	21	Sorido	0.488	32	Sorido	0.377	64

Table 2. Maximum Correlation Coefficient between precipitation and atmospheric temperature

Period	15 days(n=24/year)			10 days(n=36/year)			5 days(n=72/year)		
	Station	Location	Corr. Coe.	Lag Time	Location	Corr. Coe.	Lag Time	Location	Corr. Coe.
Busan	Soheuksando	0.522	22	Gunsan	0.488	34	Jeju	0.345	67
Daegu	Soheuksando	0.541	23	Jeju	0.469	35	Jeju	0.365	69
Daejeon	Soheuksando	0.527	23	Soheuksando	0.477	34	Soheuksando	0.375	70
Gunsan	Soheuksando	0.499	23	Soheuksando	0.430	35	Soheuksando	0.350	70
Gwangju	Soheuksando	0.516	23	Soheuksando	0.460	34	Jeju	0.364	69
Incheon	Soheuksando	0.501	23	Jeju	0.463	0	Soheuksando	0.371	0
Jeju	Hongdo	0.432	23	Sorido	0.372	35	Sorido	0.280	69
Mokpo	Sorido	0.459	22	Jeju	0.401	35	Jeju	0.310	69
Seoul	Soheuksando	0.514	23	Jeju	0.475	0	Jeju	0.398	0
Sokcho	Soheuksando	0.458	0	Soheuksando	0.408	1	Soheuksando	0.314	1
Wonju	Soheuksando	0.556	23	Jeju	0.500	0	Soheuksando	0.401	0
Yeongdeok	Hongdo	0.464	23	Gunsan	0.399	1	Hongdo	0.300	1
Yeongju	Soheuksando	0.573	23	Soheuksando	0.509	35	Hongdo	0.300	1
Yeosu	Soheuksando	0.558	22	Soheuksando	0.483	34	Soheuksando	0.370	67

연주기를 제거하지 않은 강수량과 해양 성분을 이용한 상관성 분석 결과에서 한반도의 강수량은 서해안 중부와 남해안 중부 해역의 해수면 온도 및 기온과의 상관성이 큰 것으로 분석 되었다.

3.2 연주기를 제거한 자료의 상관성 분석

위의 상관성 분석 결과에서 구분된 기간이 길게 정한 것일수록 상관계수가 크게 산정되었는데, 이는 한반도의 해양 성분 자료와 강수량 자료의 연주기성에 기인한 것으로 판단된다. 따라서 자료를 표준화하여 연주기성을 제거한 후 상관계수를 산정하였다. 자료의 연주기성을 제거하기 위해서 매년마다의 동일한 기간의 자료를 평균과 표준편차를 이용한 Z-score를 통해 표준화 하였다. 다음 Table 5~8은 표준화한 자료의 지체 상관 계수를 산정하여 가장 큰 상관 계수를 제시한 결과이다.

표준화한 자료의 상관 계수를 산정한 결과 대부분의 지역에서 약 10일 정도의 지체를 가지며 가장 큰 양의 상관 계수를 갖는 것으로 분석되었다. 그러나 가장 작은 음의 상관 계수는 많은 지역에서 유의 수준 1% 내에서 기각 되는 것으로 분석 되었다. 또한 강수량과의 상관 계수가 유의 수준 내에서 통계적 의미를 갖는 해수면 온도 자료는 대부분 서해안과 남서해안 해역에 위치하는

것으로 분석되었다.

해수면 기온과 강수량과의 상관성 분석 결과에서 우리나라의 강수량은 남해와 서해의 해수면 기온의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 약 10일의 지체를 갖으며 양의 상관을 보였으며, 또한 약 -10일 정도의 지체를 갖으며 음의 상관을 보이고 있다.

Table 3. Maximum Correlation Coefficient between precipitation and sea surface temperature

Period	15 days			10 days			5 days		
	Location	Corr. Coe.	Lag Time	Location	Corr. Coe.	Lag Time	Location	Corr. Coe.	Lag Time
Busan	Dangsado	0.164	0	Dangsado	0.141	0	Dangsado	0.100	0
Daegu	Dangsado	0.100	0	Dangsado	0.102	0	Dangsado	0.073	0
Daejeon	Soheuksando	0.105	0	Gunsan	0.085	1	Gunsan	0.078	1
Gunsan	-	-	-	Gunsan	0.089	1	Gunsan	0.071	1
Gwangju	-	-	-	Gunsan	0.083	1	Gunsan	0.077	1
Incheon	Dangsado	0.119	0	Dangsado	0.108	0	Dangsado	0.077	0
Jeju	Dangsado	0.122	0	Socheongdo	0.115	20	Dangsado	0.078	0
Mokpo	-	-	-	-	-	-	Gunsan	0.063	1
Seoul	Dangsado	0.114	0	Dangsado	0.101	0	Yeosu	0.085	0
Sokcho	Dangsado	0.136	0	Sorido	0.122	0	Gunsan	0.098	1
Wonju	Gunsan	0.125	17	Sorido	0.101	0	Jeju	0.084	0
Yeongdeok	Dangsado	0.166	0	Dangsado	0.139	0	Dangsado	0.097	0
Yeongju	Eocheongdo	0.121	11	Seoimal	0.114	32	Dangsado	0.097	0
Yeosu	Dangsado	0.142	0	Dangsado	0.123	0	Dangsado	0.095	0

Table 4. Maximum Correlation Coefficient between precipitation and atmospheric temperature

Period	15 days			10 days			5 days		
	Location	Corr. Coe.	Lag Time	Location	Corr. Coe.	Lag Time	Location	Corr. Coe.	Lag Time
Busan	Eocheongdo	0.113	10	Jukbyeon	0.108	20	Budo	0.089	0
Daegu	Sorido	0.115	1	Sorido	0.114	1	Sorido	0.095	1
Daejeon	Dangsado	0.148	0	Dangsado	0.137	0	Dangsado	0.130	0
Gunsan	Dangsado	0.132	1	Dangsado	0.136	1	Dangsado	0.103	1
Gwangju	Dangsado	0.139	1	Dangsado	0.134	1	Dangsado	0.100	1
Incheon	Gampo	0.119	1	Soheuksando	0.133	0	Soheuksando	0.152	0
Jeju	Eocheongdo	0.137	13	Eocheongdo	0.110	19	Eocheongdo	0.079	40
Mokpo	Sorido	0.106	1	Sorido	0.090	1	Sorido	0.073	1
Seoul	Dangsado	0.141	0	Dangsado	0.152	0	Soheuksando	0.155	0
Sokcho	Seoimal	0.137	1	Soheuksando	0.116	0	Dangsado	0.124	1
Wonju	Dangsado	0.164	0	Soheuksando	0.174	0	Soheuksando	0.167	0
Yeongdeok	Ulki	0.128	1	Ulki	0.113	24	Dangsado	0.103	1
Yeongju	Dangsado	0.134	0	Soheuksando	0.143	0	Dangsado	0.103	1
Yeosu	Gampo	0.118	22	Gampo	0.097	32	Bodo	0.091	0

3.3 비모수적 상관분석

Table 3 and 4에서 가장 큰 상관계수를 갖는 지점을 대상으로 비모수적인 상관분석을 수행하였다. 분석 방법은 앞에서 산정된 시간만큼 강수량 자료에 지체를 주어 상관계수를 산정하였다. 분석 자료는 동일 기간의 자료를 표준화하여 연주기를 제거한 시계열 자료를 이용하였다. 다음 Table 5에서의 지체시간은 해수면 온도와 해수면 기온의 지체시간이 동일한 경우에는 같이 표기하였으며, 다른 경우에는 앞의 숫자가 해수면 온도와 강수량 사이의 지체 시간이며, 뒤의 숫자는 해수면 기온과 강수량 사이의 지체시간이다. 산정 결과에서 가장 큰 상관계수를 보이는 자료간의 상관 분석 결과에서 유의수준은 아주 작게 산정 되었다.

Table 5. Correlation Coefficient

Station	Lag Time (day)	Sea Surface Temperature				Sea Temperature			
		Spearman Rank		Kendall`s tau		Spearman Rank		Kendall`s tau	
		Coefficient	Significance level	Coefficient	Significance level	Coefficient	Significance level	Coefficient	Significance level
Busan	0,0	0.07110	0.0009	0.04801	0.0008	0.07277	0.0007	0.04901	0.0006
Daegu	0,10	0.09819	0.0012	0.06606	0.0012	0.12542	<0.0001	0.08297	<0.0001
Daejeon	0,0	0.10909	0.0034	0.07266	0.0035	0.13259	0.0004	0.08883	0.0004
Gunsan	10,10	0.10274	0.0007	0.06834	0.0008	0.14944	<0.0001	0.10076	<0.0001
Gwangju	10,10	0.10868	0.0003	0.07202	0.0004	0.14253	<0.0001	0.09545	<0.0001
Incheon	0,0	0.08002	0.0085	0.05269	0.0095	0.11572	0.0001	0.07639	0.0002
Jeju	200,190	0.09769	0.0015	0.06539	0.0014	0.09950	0.0012	0.06833	0.0009
Mokpo	5,5	0.06654	0.0020	0.04414	0.0021	0.08138	0.0002	0.05436	0.0002
Seoul	0,0	0.07541	0.0431	0.04997	0.0448	0.14685	<0.0001	0.09857	<0.0001
Sokcho	0,15	0.09321	0.0124	0.06215	0.0127	0.11940	0.0013	0.07963	0.0014
Wonju	0,0	0.12064	<0.0001	0.08056	<0.0001	0.14077	<0.0001	0.09259	<0.0001
Yeongdeok	0,15	0.12485	0.0008	0.08421	0.0007	0.12712	0.0006	0.08466	0.0007
Yeongju	320,0	0.10949	0.0004	0.07493	0.0003	0.13504	<0.0001	0.08916	<0.0001
Yeosu	0,330	0.13327	0.0004	0.09035	0.0004	0.11161	0.0032	0.07486	0.0031

4. 결론

선형적인 상관 분석 결과에서 연주기를 제거하지 않은 경우에 상관 계수는 크게 산정 되었으나, 가장 큰 상관계수의 지체시간이 6개월 이상으로 계산 되어 상관성 분석에 연주기가 큰 영향을 끼치는 것으로 생각 된다. 따라서 동일 기간에 대해 Z-score를 이용하여 자료를 표준화 하여 상관성을 분석하였다. 분석 결과에서 해수면 온도 및 기온 자료와 한반도의 강수량은 양의 상관성이 더 큰 것으로 계산 되었으며, 당사도, 소리도, 군산, 소흑산도, 어청도 지점에서 관측한 해수면 온도 및 기온 자료가 한반도 강수량과의 상관성이 가장 크게 계산 되었다. 이는 우리나라의 강수량과의 상관성 분석에서 서남해안의 해수면 온도 및 기온 성분의 변화가 강수량에 미치는 영향이 타 지점에 비해 상관성이 큰 지점인 것으로 사료 된다. 또한, 선형적인 상관성 분석 결과가 유의수준 1%에서 통계적으로 유의성이 있는 것으로 분석 되었으나, 계산 된 상관 계수가 작아 비매개변수적인 기법을 이용하여 상관 계수를 산정하였다. 산정 결과에서 상관 계수는 선형적인 상관계수와 크게 다르지 않았다. 본 연구에서는 우리나라의 강수량과 한반도 근해의 해수면 온도 및 기온과의 상관성에 대하여 분석하였다. 분석 결과에서 통계적인 유의수준 이내에서 강수량과 해수면 온도 및 기온 사이에 양의 상관성이 존재하는 것으로 분석 되었다. 그러나 본 연구에서 산정된 상관계수가 작게 산정 되었으므로 추후 이에 대한 연구를 발전시켜 한반도의 강수량을 정량적으로 예측하는데에는 더 많은 분석이 필요할 것으로 생각 되어 진다.

감 사 의 글

본 연구의 일부는 건설교통부 한국건설교통기술평가원의 이상기후대비시설기준강화 연구단에 의해 수행되는 2005 건설기술기반구축사업(05-기반구축-D03-01)에 의해 지원되었습니다.

참 고 문 헌

- 신현석, 안재현, 윤용남 (1999). “엘니뇨와 우리나라 강수량의 시·공간적 상관관계 분석.” 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제19권, 제II-1호, pp. 1-12.
- 안중배, 류정희, 조익현, 박주영 (1997). “한반도 기온 및 강수량과 주변 해역 해면 온도와와의 상관관계에 관한 연구.”, 한국기상학회지, 한국기상학회, 33권 2호, pp. 327-336.
- 유철상, 정건희, 김중훈 (2000). “우리나라 근해 해수면 온도와 기온 및 강수량과의 상관관계에 관한 연구.” 2000년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 145-150.