

우리나라 강수량과 태평양 해수면 온도의 원격상관관계 분석

Teleconnection Analysis between Precipitation in Korea and Pacific Sea Surface Temperature

추현재*, 김태웅**, 이정규***

Hyun Jae Chu, Tae Woong Kim, Jong Kyu Lee

요 지

전 세계적으로 지구 온난화 등의 영향으로 인해 이상기후의 발생이 증가하고 있는 추세에 있다. 특히 엘니뇨 현상은 세계적으로 발생하는 홍수, 가뭄 등과 같은 재해와 많은 관련이 있음이 연구를 통해 확인되었다. 이러한 엘니뇨 현상을 판단하기 위해서는 다양한 자료들이 사용되고 있으며, 그 중 관측 인자의 하나로서 태평양 해수면 온도 자료 (Pacific sea surface temperature)를 많이 사용하고 있다.

본 연구에서는 우리나라 강수량 자료와 태평양 해수면 온도의 원격상관 (Teleconnection) 관계를 분석하였다. 강수량 자료로는 우리나라 20개 기상관측소의 월강수량 자료를 사용하였으며, 태평양 해수면 온도 자료로는 Nino1+2 ($0\text{--}10^{\circ}\text{S}$, $90^{\circ}\text{W}\text{--}80^{\circ}\text{W}$), Nino3 ($5^{\circ}\text{N}\text{--}5^{\circ}\text{S}$, $150^{\circ}\text{W}\text{--}90^{\circ}\text{W}$), Nino4 ($5^{\circ}\text{N}\text{--}5^{\circ}\text{S}$, $160^{\circ}\text{E}\text{--}150^{\circ}\text{W}$) 그리고 Nino3.4 ($5^{\circ}\text{N}\text{--}5^{\circ}\text{S}$, $170^{\circ}\text{W}\text{--}120^{\circ}\text{W}$) 관측 지역의 해수면 온도 자료를 사용하였다. 우리나라 강수량의 경우 계절에 따라 큰 변동성을 보이고 있다. 따라서 자료의 계절적 영향을 파악하기 위해 봄 (3월, 4월, 5월), 여름 (6월, 7월, 8월), 가을 (9월, 10월, 11월) 그리고 겨울 (12월, 1월, 2월)의 4계절로 구분하여, 초과학률 등을 이용한 분석을 실시하였다. 분석 결과 Warm ENSO episode의 경우 강수량 증가와 유의한 상관관계를 나타냈으며, Cold ENSO episode의 경우 강수량 감소와 유의한 상관관계를 나타내었다. 이러한 분석 결과는 최근 들어 우리나라에 발생하고 있는 이상기후 발생과 관련된 연구에 유용한 정보를 제공해 줄 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 온난화 현상, 엘니뇨 현상, 이상기후, 태평양 해수면 온도, 원격상관관계

1. 서 론

최근 들어 지구 온난화 등의 영향으로 인해 전 세계적으로 이상기후 현상이 매우 잣아졌다. 특히 엘니뇨 현상은 세계적으로 발생하는 홍수, 가뭄 등과 같은 자연재해와 많은 관련이 있음이 지금까지의 많은 연구를 통해 확인되었다. 이러한 엘니뇨 현상을 판단하기 위해서는 다양한 자료들이 사용되고 있으며, 그 중 관측 인자의 하나로서 태평양 해수면 온도 자료 (Pacific sea surface temperature)를 많이 사용하고 있다. 본 연구에서는 엘니뇨 관측 지수의 하나인 태평양 해수면 온도 자료를 이용하여 우리나라 강수량과의 원격상관관계에 대해 분석하였다. 엘니뇨 지수로써 태평양 해수면 온도를 사용하였고, 월강수량 자료는 표준정규분포를 가지는 표준정규지수로 변환한 강우 자료를 사용하였다. 태평양 해수면 온도와 강수량 자료는 봄 (3월, 4월, 5월), 여름 (6월, 7월, 8월), 가을 (9월, 10월, 11월) 그리고 겨울 (12월, 1월, 2월)로 분류하여 분석하였다.

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : hjchu@kict.re.kr

** 정회원 · 한양대학교 건설교통공학부 교수 · E-mail : twkim72@hanyang.ac.kr

*** 정회원 · 한양대학교 토목공학과 교수 · E-mail : leejk@hanyang.ac.kr

2. 자료의 수집

본 연구에서는 엘니뇨 영향 분석을 위해 관측되고 있는 태평양 해수면 온도 자료를 사용하여 우리나라 강수량과의 원격상관관계 분석을 실시하였다. 태평양 해수면 온도는 관측 지역 Nino1+2 ($0\text{--}10^{\circ}\text{S}$, $90^{\circ}\text{W}\text{--}80^{\circ}\text{W}$), Nino3 ($5^{\circ}\text{N}\text{--}5^{\circ}\text{S}$, $150^{\circ}\text{W}\text{--}90^{\circ}\text{W}$), Nino4 ($5^{\circ}\text{N}\text{--}5^{\circ}\text{S}$, $160^{\circ}\text{E}\text{--}150^{\circ}\text{W}$), 그리고 Nino3.4 ($5^{\circ}\text{N}\text{--}5^{\circ}\text{S}$, $170^{\circ}\text{W}\text{--}120^{\circ}\text{W}$)에서 수집된 자료를 이용하였다. Nino1+2, Nino3, Nino4 관측 지점의 위치는 그림 1과 같으며, 우리나라 강수량 자료로는 20개 지점의 월강수량 자료를 이용하였으며 관측지점의 위치는 표 1과 같다.

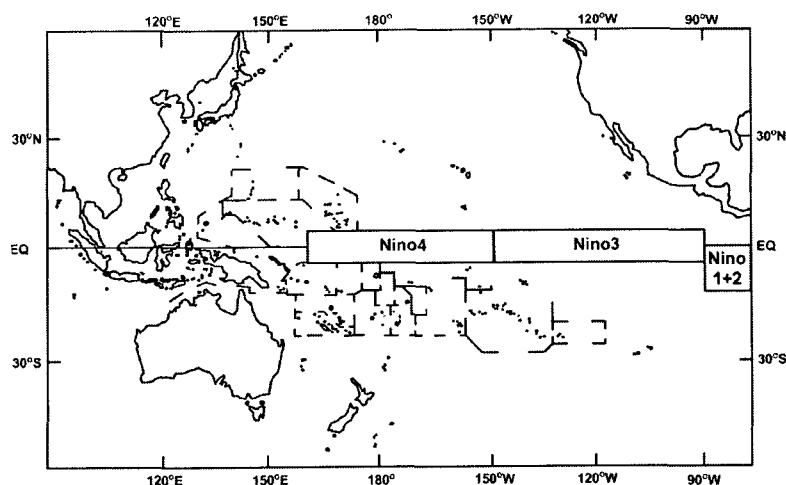


그림 1. 태평양 해수면 온도 관측지점

표 1. 강수량 관측지점

관측 번호	도시	위도	경도	자료수집 기간	관측 번호	도시	위도	경도	자료수집 기간
101	춘천	37° 54'	127° 44'	1966-2006	140	군산	35° 59'	126° 42'	1968-2006
105	강릉	37° 45'	128° 54'	1951-2006	143	대구	35° 53'	128° 37'	1951-2006
108	서울	37° 34'	126° 58'	1951-2006	146	전주	35° 49'	127° 09'	1951-2006
112	인천	37° 28'	126° 38'	1951-2006	152	울산	35° 33'	129° 19'	1951-2006
115	울릉도	37° 29'	130° 54'	1951-2006	156	광주	35° 10'	126° 54'	1951-2006
119	수원	37° 16'	126° 59'	1964-2006	159	부산	35° 06'	129° 02'	1951-2006
129	서산	36° 46'	126° 30'	1968-2006	165	목포	34° 49'	126° 23'	1951-2006
133	대전	36° 22'	127° 22'	1969-2006	168	여수	34° 44'	127° 45'	1951-2006
135	추풍령	36° 13'	128° 00'	1953-2006	184	제주	33° 31'	126° 32'	1951-2006
138	포항	36° 02'	129° 23'	1951-2006	192	진주	35° 12'	128° 07'	1970-2006

3. 자료 분석

3.1 태평양 해수면 온도

태평양 해수면 온도 자료 분석을 위해 관측지점 Nino1+2, Nino3, Nino4 그리고 Nino3.4 지역의 자료를 사용하였다. 태평양 해수면 온도 자료는 월자료를 표준화하여 사용하였다. 변환된 태평양

해수면 온도 자료의 경우 단주기 변동성을 포함하고 있다. 온도 자료와 같은 자료의 변동성을 우리나라 강수량과의 원격상관계분석 해석에 어려움을 초래할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 5개월 이동평균 (5-month running mean)을 이용하여 태평양 해수면 온도 자료의 변동성을 제거하였다 (Ropelewski and Jones, 1987). 5개월 이동평균 태평양 해수면 온도는 우리나라 강수량과의 원격 상관계 분석을 위해 봄 (3~5월), 여름 (6~8월), 가을 (9~11월) 그리고 겨울 (12~2월)의 계절평균값 (Seasonal averaged SST, S-SST)으로 환산하였다. 태평양 해수면 온도의 구분에 대한 기준은 표 2에 나타내었다. 따라서 지속적인 Warm ENSO episode는 엘니뇨 현상을, Normal condition은 보통의 상태를 그리고 지속적인 Cold ENSO episode는 라니냐 현상을 나타낸다고 할 수 있다 (Trenberth, 1997).

표 2. ENSO Episode의 구분

Episode	Seasonal SST
Warm ENSO episode	$0.5 > S\text{-SST}$
Normal condition	$-0.5 \leq S\text{-SST} \leq 0.5$
Cold ENSO episode	$S\text{-SST} < -0.5$

3.2 강수량

월강수량 자료는 자료의 특성상 강한 양의 왜곡도를 가지고 있다. 이러한 자료를 그대로 사용할 경우 원자료의 왜곡도 때문에 변환된 자료도 여전히 편향된 변동성을 포함하고 있다. 이러한 자료로 인해 원격상관관계 분석에서 왜곡된 결과를 불러올 수 있다. 따라서 이러한 원자료의 왜곡도 문제를 없애기 위해 확률분포를 이용한 표준정규지수 변환방법을 이용하여 강수량을 표준지수로 변환하였다 (Kim, 2006). 본 연구에서는 강수량 자료에 대한 적정 확률분포모형으로 Gamma 분포형을 사용하였다. 2변수 Gamma 분포 (two-parameter Gamma distribution)는 2개의 매개변수를 가지고 있다. Gamma 분포의 확률밀도함수는 식 (1)과 같고 누가확률분포함수는 식 (2)와 같다.

$$f(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{x}{\alpha}\right) \quad (1)$$

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{x}{\alpha}\right) dx \quad (2)$$

여기서 α 는 축척 매개변수, β 는 형상 매개변수, $\Gamma(\beta)$ 는 Gamma 함수이다. $\alpha > 0$ 이면 $0 \leq x < \infty$ 이며, $\alpha < 0$ 이면 $-\infty < x \leq 0$, $\beta > 0$ 이다.

4. 분석 결과

Nino1+2, Nino3, Nino4 그리고 Nino3.4 지역의 태평양 해수면 온도와 20개 기상관측소의 월강

수량 자료를 이용하여 원격상관관계 분석을 실시한 결과 중 유의한 상관관계를 나타낸 서귀포, 춘천, 목포 그리고 대전 지역의 결과를 그림 2~5에 나타내었다. 그림 2~5에서 횡축은 ENSO episode의 구분에 따른 표준강수지수 (standardized precipitation index)를 나타내고 있으며, 종축은 초과 확률 (exceedance probability)을 나타내고 있다. 각 그림의 제목은 ENSO와 강수량의 계절적 지체관계를 나타내주고 있다.

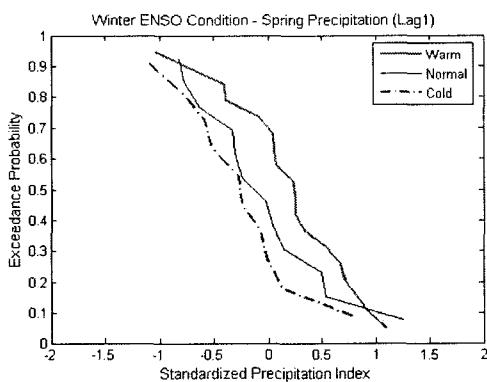


그림 2. Nino1+2와 서귀포 강수량

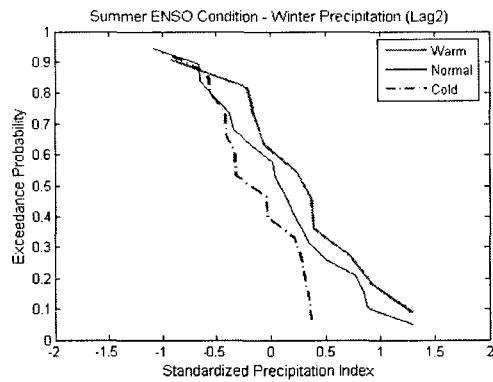


그림 3. Nino3와 춘천 강수량

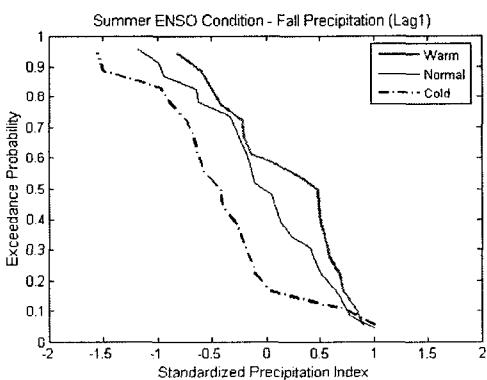


그림 4. Nino3.4와 목포 강수량

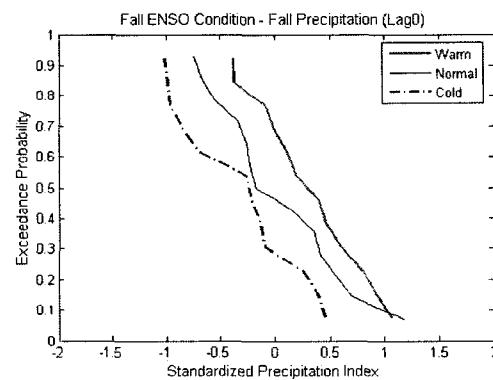


그림 5. Nino3.4와 대전 강수량

그림 2~5를 통해 서귀포, 춘천, 목포, 대전과 같은 일부 지역의 경우 표준강수지수가 Warm episode, Normal condition 그리고 Cold episode와 서로 뚜렷한 구분을 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 이와 같은 사실을 통해 태평양 해수면 온도와 이들 지역의 표준강수지수간에 서로 유의한 상관관계가 있음을 알 수 있다. 또한 그림 2~5에 나타나듯이 Warm ENSO episode는 Normal condition의 우측에 위치하여 동일한 초과확률에 대해 다른 ENSO episode 보다 강한 양(+)의 값을 나타내고 있으며, Cold ENSO episode는 Normal condition의 좌측에 위치하여 동일한 초과확률에 대해 다른 ENSO episode 보다 강한 음(-)의 값을 나타내고 있다. 즉 이들 지역 모두 Warm ENSO episode는 많은 강수량의 발생과 유의한 관계가 있으며 반면에 Cold ENSO episode는 작은 강수량의 발생과 유의한 관계가 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 엘니뇨 현상의 관측 지수로 사용되는 태평양 해수면 온도와 우리나라 강수량과의 관계에 대하여 원격상관관계 분석을 실시하였다. 계절적 관계 분석을 위해 봄, 여름, 가을 그리고 겨울의 4계절로 구분하여 분석을 실시하였으며, 태평양 해수면 온도 자료를 그 상태에 따라 Warm ENSO episode, Normal condition 그리고 Cold ENSO episode로 구분하였다. 강수량 자료로는 20개 관측지점의 월강수량 자료를 사용하였다. 강수량 자료는 변동성을 제거하기 위해 확률분포를 고려하여 표준화된 정규지수로 변환하여 사용하였다. 분석 결과 일부 지역에서 태평양 해수면 온도와 우리나라 강수량간에 유의한 상관관계를 나타내었다. 목포, 대전, 춘천, 서귀포 그리고 군산 지역에서 태평양 해수면 온도와 유의한 상관관계에 있는 것으로 원격상관관계 분석 결과 나타났다. Warm ENSO episode의 경우 강수량 증가와 유의한 상관관계를 나타냈으며, Cold ENSO episode의 경우 강수량 감소와 유의한 상관관계를 나타내었다. 이러한 분석 결과는 최근 들어 우리나라에 발생하고 있는 이상기후발생과 관련된 연구에 유용한 정보를 제공해 줄 수 있을 것으로 판단된다.

감 사 의 글

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

참 고 문 헌

1. Kim, T.-W., Valdes, J.B., Nijssen, B., and Roncayolo, D. (2006). "Quantification of linkages between large-scale climatic patterns and precipitation in the Colorado River Basin.", *Journal of Hydrology*, Vol. 321, pp. 173-186.
2. Ropelewski, C.F., and Halpert, M.S. (1987) "Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation", *Monthly Weather Review*, Vol. 115, pp. 606-1626.
3. Trenberth, K.E. (1997). "The Definition of El Niño.", *Bulletin of the American Meteorological Society*.