

# ENSO가 한반도의 확률강우량의 시공간 특성에 미치는 영향

## Impact of ENSO on Time-Spatial Characteristics of Probable Rainfall Frequency Analysis

김병식 \* , 김수전 \*\* , 김형수 \*\*\*

Byung Sik Kim, Soo Jun Kim, Hung Soo Kim

### 요 지

본 논문의 목적은 ENSO의 영향에 의한 우리나라 강우의 특성을 분석하는 것이다. 따라서 우리나라 기상관측소의 강우량 자료를 Warm(El Nino), Cold(La Nina), Normal 에피소드에 따라 기간별로 분류하였다. 또한 이렇게 분류한 자료는 Markov Chain 모형을 이용하여 100년의 자료로 모의 발생하였고 에피소드별로 빈도분석을 실시하였다. 빈도분석 결과 에피소드에 따라 각 기상관측소별로 강우의 크기에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 또한 군집분석을 실시하여 각 에피소드의 공간적인 영향에 대해서 분석하였다. 결과적으로 Warm(El Nino), Cold(La Nina) and Normal 에피소드로 대표되는 ENSO는 우리나라의 강우특성에 크게 영향을 미치는 것으로 파악되었다.

**핵심용어 : 기후변동, 엘니뇨, 라니냐, ENSO, 강우특성, 빈도분석**

## 1. 서 론

최근 전지구적으로 발생하고 있는 기후변화(Climate Change)와 함께 많은 연구자들에 의해서 주요하게 다루어지고 있는 이슈 중 하나는 기후변동성(Climate Variability)이다. 기후변화가 장기간에 걸쳐 지속적으로 서서히 변화하는 특성을 가지는 반면에 기후변동은 그 보다는 단기적으로 일종의 주기를 가지며 반복적으로 발생하는 특성이 있다. 그 대표적인 사례는 바로 El Nino와 La Nina로 대표되는 ENSO(El Nino Southern Oscillation)를 들 수가 있다. 특히 기후변동성을 유발하는 대표적인 원인인 El Nino와 La Nina 현상의 발생 증가는 전 세계적으로 가뭄과 홍수를 유발하고 있으며, 우리나라도 직간접적으로 영향을 받고 있다.

본 연구에서는 ENSO가 우리나라의 극한 강우에 어떠한 영향을 미치는지 분석하기 위하여 우리나라 기상관측소의 과거 강우량 자료를 Warm(El Nino), Cold(La Nina), Normal Episodes로 구분하고 확률빈도에 따른 강우의 변화와 공간적인 분포 특성을 분석하였다.

## 2. 기본 이론

### 2.1 Markov Chain Monte Carlo(MCMC) 기법

마코프 연쇄에 근거한 강수사상 모형은 일 단위의 강수와 무 강수 사이의 천이확률(transition

\* 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원 · E-mail : hydrokbs@kict.re.kr

\*\* 정희원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : soojuny@empal.com

\*\*\* 정희원 · 인하대학교 토목공학과 교수 · E-mail : sookim@inha.ac.kr

probability)에 근거하여 강수의 발생 유무를 결정하는 것을 기초로 하는 모형이다. 마코프 연쇄는 시간을 매개변수로 갖는 이산형 확률변수의 계열이며 과거에 관한 정보가 주어질 때 미래상태의 확률은 과거 상태에 의존하므로 다음과 같이 조건부 확률로써 표현할 수 있다.

$$Pr( X_t = j \mid X_{t-1} = i_{t-1}, X_{t-2} = i_{t-2}, \dots, X_{t-k} = i_{t-k}, X_{t-k-1} = i_{t-k-1}, \dots, X_1 = i_1, X_0 = i_0 ) \quad (1)$$

여기서,  $X_{t=j}$ 는 현재의 상태이고  $X_{t-1}=i_{t-1}, X_{t-2}=i_{t-2}, \dots, X_1=i_1, X_0=i_0$  는 과거의 상태를 표시한다. 먼저, t 번째 일에 발생하는 강수 또는 무 강수 사상을 나타내는  $X_t$ 를 정의해 보면 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned} X_t &= 0, & \text{if day } t \text{ is dry} \\ X_t &= 1, & \text{if day } t \text{ is wet} \end{aligned} \quad (2)$$

이 경우 강수량 계열  $Y_t$ 는 강수량을 나타내는  $R_t$ 를 곱하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y_t = R_t \cdot X_t \quad (3)$$

즉,  $Y_t$ 는  $X_t$ 가 0일 경우 0의 값(무 강수)을 갖고  $X_t$ 가 1일 경우  $R_t$ 의 값을 갖는다.

## 2.2 군집분석

군집분석(Cluster Analysis)이란 각 객체(대상)의 유사성을 측정하여 유사성이 높은 대상집단을 분류하고, 군집에 속한 객체들의 유사성과 서로 다른 군집에 속한 객체간의 상이성을 규명하는 통계분석방법이다. 대상들을 분류하기 위한 명확한 기준이 존재하지 않거나 기준이 밝혀지지 않은 상태에서 다양한 특성을 지닌 대상자들을 집단으로 분류하는 데 사용되는 기법이다. 군집결합의 기준은 모든 대상자들의 거리를 계산한 후 이를 하나의 행렬로 나타내는데 이들 결함방법으로는 단일결합법(single linkage), 완전결합법(complete linkage), 평균결합법(average linkage), 워드법(ward's method) 및 센트로이드법(centroid method)이 있다.

## 3. 적용 및 분석

### 3.1 강우 자료 수집 및 분류

미국 해양대기 관리처(NOAA) 산하 NWS(National Weather Service)의 CPC(Climate Prediction Center)에서는 태평양에 대한 El Nino와 La Nina 정보를 지속적으로 제시하고 있는데 이의 결과를 이용하여 표 1과 같이 각 Episodes들을 연도별로 분류하였다.

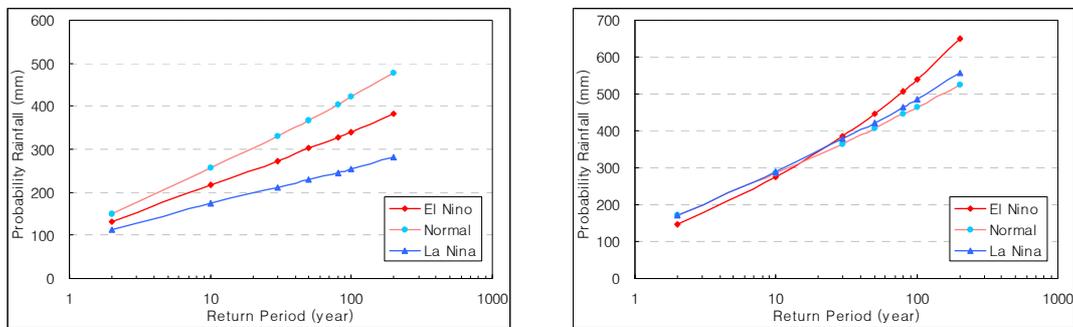
표 1. Warm, Cold & Normal episodes by year

Episode	Year
Warm (El Nino)	1957, 1958, 1963, 1965, 1969, 1972, 1977, 1982, 1983, 1987, 1991, 1992, 1994, 1997, 2002, 2004
Cold (La Nina)	1950, 1954 ~ 1956, 1964, 1970, 1971, 1973 ~ 1975, 1985, 1988, 1989, 1999, 2000
Normal	1951 ~ 1953, 1959 ~ 1962, 1966 ~ 1968, 1976, 1978 ~ 1981, 1984, 1986, 1990, 1993, 1995, 1996, 1998, 2001, 2003, 2005, 2006

우리나라의 경우 기상청, 건설교통부와 각 지자체에서 강우자료를 취득하고 있다. 하지만 본 연구에서는 그 자료연한과 자료의 질 면에서 비교적 양질의 자료를 지속적으로 축적하고 있는 기상청의 기상관측소 강우자료를 이용하여 분석에 이용하였다.

### 3.3 기후변동성이 확률강우량 산정에 미치는 영향 분석

본 연구에서는 최근 극치계열의 분포형 선택시 많이 채택되고 있는 3변수의 GEV 분포형을 선택하고 PWM에 의해 매개변수를 추정하여 Episodes별로 빈도분석을 실시하였다. 각 관측소별 Episodes별로 확률강우량의 편차가 비교적 크게 나타나는 관측소가 다수 확인되었으며, 고빈도와 저빈도에 따라서 확률강우량을 비교한 결과 저빈도에서는 Normal 기간에서 확률강우량이 크게 나타났으며, 고빈도에서는 El Nino 기간 중에 확률강우량이 크게 산정되는 것으로 나타났다(표 2 참조). 그림 2는 60개의 대상 관측소 중 서울과 대관령의 빈도해석 결과를 보여준다.



(a) Seoul station (b) Daeguanryung station

그림 2. Rainfall-Frequency of gauge stations(Seoul, Daeguanryung)

표 2. Gauge station recorded maximum rainfall quantile

	El Nino		Normal		La Nina		Total	
	Num	Rate (%)	Num	Rate (%)	Num	Rate (%)	Num	Rate (%)
Low Probability	15	25	28	47	17	28	60	100
High Probability	25	42	19	32	16	27	60	100

### 3.4 기후변동성이 확률강우의 공간적 분포에 미치는 영향

본 논문에서는 기후변동이 우리나라 확률강우의 공간적 분포에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하였다. 각 관측소의 빈도별 확률강우량을 크리깅(Kriging) 기법에 의하여 공간분포 하여 확률강우량도를 작성한 결과 각 Episodes별 확률강우량의 공간적 특성이 다름을 확인할 수 있었다. El Nino 기간에는 중북부 지역 중 강원도와 충청도 지역에 주로 집중하여 강우가 발생하였으며, Normal 기간에는 전라남도 해안 지방을 중심으로 강우가 크게 발생하였고, La Nina 기간에는 강원도 지방과 남해안을 중심으로 강우가 크게 발생하는 양상이 나타났다.

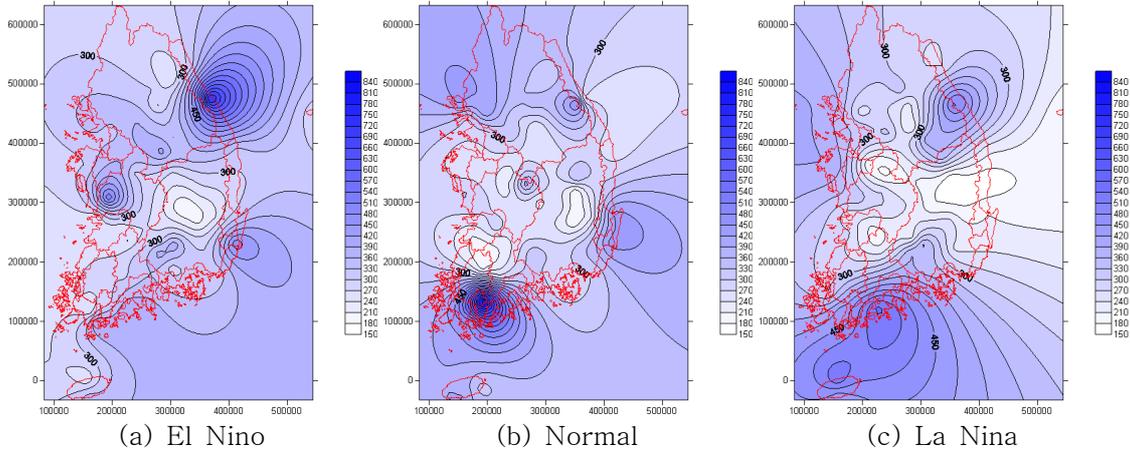


그림 3. Probable isohyetal chart by episodes(Return period : 100 year)

### 3.5 군집분석에 의한 Episodes별 영향 구역 설정

본 논문에서는 병합적 군집분석을 실시하였으며 군집분석의 결과 60개의 관측소에 대한 군집을 형성할 수 있었다. 그림 4는 각 Episodes별로 우리나라에 영향을 미치는 유역을 나타낸 것이다.

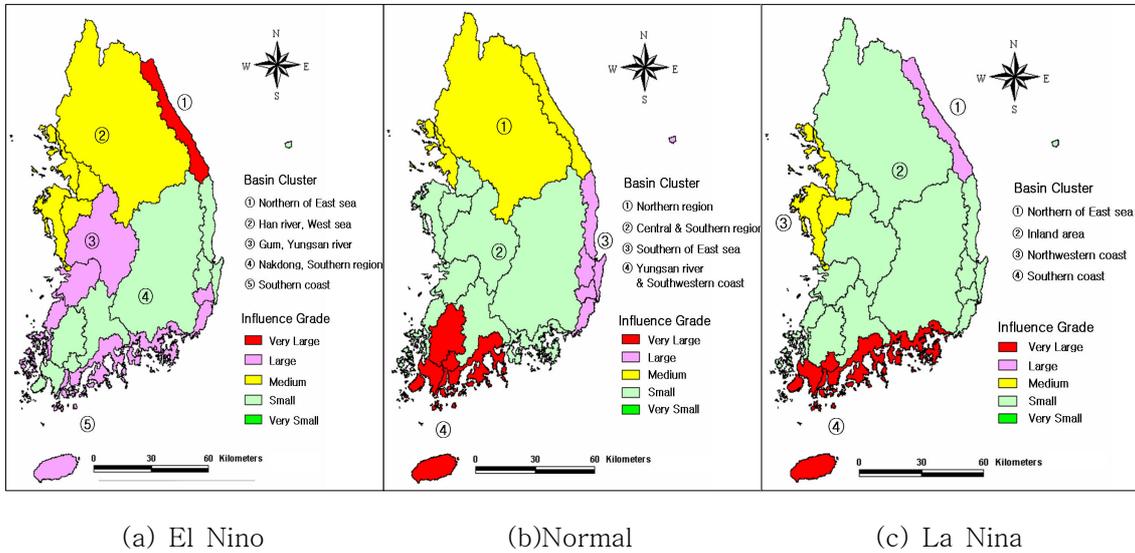


그림 4. Effected basin by each episodes

## 4. 요약 및 결론

본 논문에서는 대표적인 기후변동 현상인 El Nino와 La Nina 현상이 우리나라의 강우 특성에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 분석하고자 하였다. 본 논문의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 전국 60개 각 관측소에 대하여 Episodes별로 확률강우량을 산정한 결과 각 Episodes에 따라

확률강우량의 편차가 비교적 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었으며 El Nino 기간 중에 많은 관측소에서 확률강우량이 크게 산정되는 것으로 분석되었다. 이를 통해 우리나라의 경우 El Nino와 La Nina에 의한 기후변동이 극한 강우의 특성에 영향을 미칠 수 있음을 확인할 수 있었다.

- (2) 기후변동성이 한반도의 빈도별 확률강우량의 공간적 분포에 미치는 영향을 분석하기 위하여 크리깅 기법을 이용하여 확률강우량도를 작성해 비교한 결과 El Nino와 La Nina에 따른 기후의 변동성이 우리나라의 극한 강우특성의 공간적 특성에 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다.
- El Nino 기간에는 강우가 강원도와 충청도를 중심으로 크게 발생하였다.
  - Normal 기간에는 전라남도의 해안을 중심으로 강우가 발생하였다.
  - La Nina 기간에는 강원도와 남부 연안을 중심으로 강우가 발생하였다.
- (3) Episodes별로 군집 분석을 실시해 본 결과 각 관측소별로 기후변동에 의해서 영향을 받는 관측소를 군집화 할 수 있었다.

### 감사의 글

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

### 참 고 문 헌

1. 추현재, 김태웅, 이정규, 이재홍 (2007). "ENSO와 한국의 수문변량들간의 계절적 관계 분석." 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제40권, 제4호, pp. 299-311.
2. Hanush. (2006). "The Effects of Climate Change and Variability on IDF Curve", the thesis for a degree of Bachelor, School of Environmental Engineering (Centre for Water Research), Department of Engineering and Mathematical Sciences, University of Western Australia.
3. Peel, M.C., McMahon, T.A., and Finlayson, B.L. (2002). "Variability of Annual Precipitation and Its Relationship to the Nino-Southern Oscillation.", Journal of Climate, Vol. 15, pp.545-551.