

# 우리나라 강수량 추세분포 분석

## Analysis of Spatial Distribution of Precipitation Trends in Korean Peninsula

임창수\*, 이종태\*\*, 윤세의\*\*\*

Chang-Soo Rim, Jong Tae Lee, Sei Eui Yoon

---

### 요 지

본 연구에서는 도시화나 지리형태적 특성에 따른 강수량의 분포와 추세를 분석하였다. 이를 위하여 서울을 포함하여 전국 56개 기후관측지점에서 1973년부터 2006년까지의 강수량 자료를 수집하여 분석을 실시하였다. 분석을 위하여 계절적 영향을 고려하여 1월, 4월, 7월 그리고 10월의 월평균 일별과 연평균 일별 강수량 추세를 분석하였다. 그리고 이들 연구지역에 대해서 GIS 분석을 이용하여 지리형태적 특성을 파악하였고, 도시화 정도를 파악하기 위하여 토지피복자료를 분석하였다. 연구결과 연평균 일별 강수량 추세는 대부분의 연구지역에서 증가하고 있으며, 4월과 10월의 강수량은 감소추세에 있고, 1월과 7월의 경우 증가추세에 있는 것으로 나타났다. 도시화 영향을 고려할 때, 강수량 변화는 연별이나 7월의 경우 증가추세를 보이나 1, 4, 10월 강수량의 경우 감소추세를 보였다. 또한 도시화율이나 해안 근접성과 비교하여 연구지역의 평균고도는 연평균 및 월평균 강수량 추세에 가장 중요한 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

**핵심용어 : 강수량, 추세, 지형조건, 도시화**

---

### 1. 서론

지구온난화 현상이 강수량 변화에 영향을 미칠 수 있으나, 최근 연구에 의하면 도시화와 같은 지리형태적 특성 변화 역시 강수현상에 심각한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 이러한 도시화에 따른 지리형태적 특성변화는 특히 여름철 대류성 강수현상에 밀접한 영향을 미치고, 여름철 대류성 강수의 발생은 지표면의 토양수분이나 식생 조건, 지형상태 등의 공간적 분포와 밀접한 상호관계를 가지고 있다.

많은 연구자들은 도시화지역에서 현열유동과 잠열유동의 변화가 대류성 강수를 야기하는 구름형성에 영향을 미치고 있으며, 높은 빌딩에 기인한 도시지역의 상승기류 및 난류의 발생은 대류성 강수를 발생시키는 주요 원인이라고 보고한 바 있다(Vukovich and Dunn, 1978). 특히 잠열유동보다는 현열유동의 영향이 도시지역의 구름 형성에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보고하였다 (Orville et al., 1981). 도시화지역의 수분부족에 의한 현열유동의 증가는 열섬 현상을 초래하고 이러한 열섬현상은 중간규모(mesoscale)의 대기순환과정에 영향을 미치고, 대류성 강수를 발생시키는 것으로 보고된 바 있다 (Dixon and Mote, 2003). Stulov(1993)에 의하면 여름철 도시화지역에서 열섬현상

---

\* 정회원 · 경기대학교 토목공학과 부교수 · E-mail : csrim@kyonggi.ac.kr

\*\* 정회원 · 경기대학교 토목공학과 교수 · E-mail : jtleee@kyonggi.ac.kr

\*\*\* 정회원 · 경기대학교 토목공학과 교수 · E-mail : syyoon@kyonggi.ac.kr

에 의한 대기불안정이 대류성 강수발생에 가장 중요한 역할을 하고, 반면에 전선성 강수의 경우 계속되는 구름발생으로 인하여 열섬현상이 저해되어 오히려 고층건물 등에 의하여 발생하는 상승기류 및 난류현상과 같은 동력학적 요인이 매우 중요하다고 발표한 바 있다. 이정택 등(1995)이 우리나라에서 수행한 연구결과에 의하면 현열유동은 4월과 10월이 가장 크게 증가되었고, 7월이 가장 적었다. 이는 봄, 가을에 대기가 건조할 때는 현열유동의 증가율이 높고, 7월은 장마기로 대기가 습하여 보엔비가 낮으며, 복사된 에너지의 상당한 양이 잠열유동으로 쓰인다고 발표하였다.

과거 수행된 연구들에 대해서 검토한 결과 대부분의 경우 일부 한정된 지역의 관측자료를 이용하여 도시화에 따른 국지적인 강수량변화를 분석하거나, 혹은 구체적인 도시화나 지역특성 자료를 고려하지 않고 여러 지역에서의 기후변화에 따른 강수량 변화에 대하여 연구를 수행하였다. 하지만 도시화에 따른 강수량 변화는 지리 및 지형적 특성까지도 밀접한 연관성을 가지고 있으며, 도시화가 강수량에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 다양하고 구체적인 지리 및 지형적 특성자료를 동시에 고려하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 다양한 지리 및 지형적 특성이 도시화과정과 함께 강수량 변화에 미치는 영향을 분석하였다.

## 2. 연구방법

연구 지역을 선정하기 위하여 강수량 자료의 가용성을 검증하고, 검증된 결과를 바탕으로 기후관측지점을 중심으로 반경 10 km 범위에서 56곳의 연구 지역을 선정하였다. 선정된 56개의 연구지역은 우리나라 한반도 전역에 걸쳐서 해안지역 및 내륙지역에 고르게 위치하고 있으며, 또한 연구지역의 지형특성이 평야, 산악, 호소 등에 고르게 분포하여 도시화에 따른 강수량 변화를 분석하는데 적절하리라 판단된다. 강수량자료의 경우 서울을 포함하여 전국 56개 기후관측지점에서 1973년부터 2006년까지의 강수량 자료를 수집하여 분석을 실시하였다. 또한 도시화 영향을 분석하기 위하여 6개 도시지역(서울, 대구, 광주, 부산, 목포, 제주)을 선정하여 1940년부터 2006년까지의 강수량 자료를 이용하여 분석하였다. 연구 지역의 도시화정도를 판단하기 위하여 토지이용현황을 분석하였고, 56개 지역에 대해서 GIS분석을 이용하여 토지이용조건과 지역 평균고도자료 등을 분석한 결과를 바탕으로 연구지역을 분류하였고, Mann-Kendall 추세분석과 Sen분석을 실시하여 강수량 추세분포와 지리 및 지형적 특성과의 상관성을 분석하였다 (임창수 2009).

## 3. 분석결과

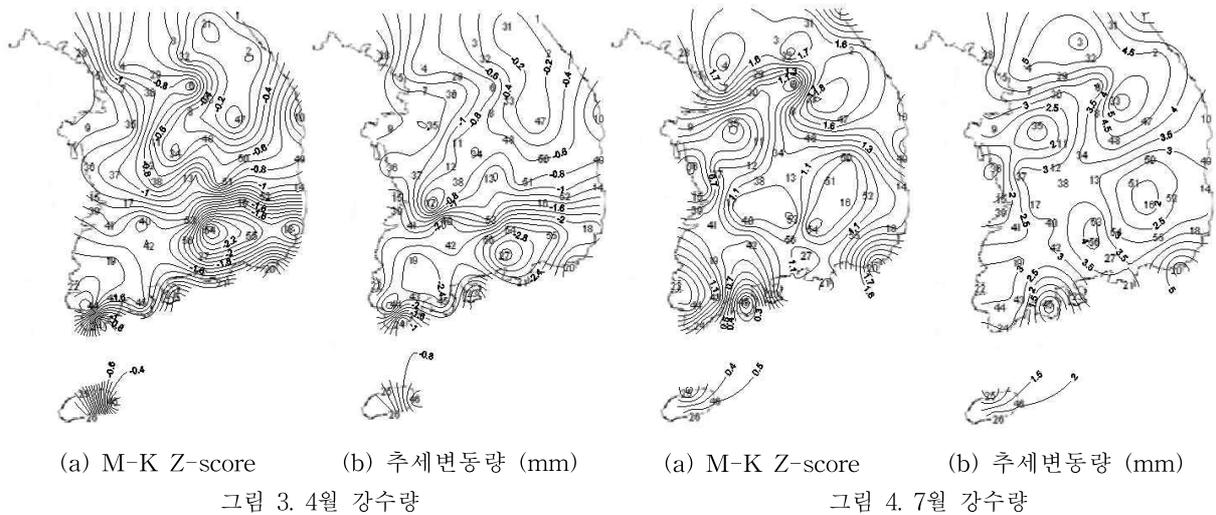
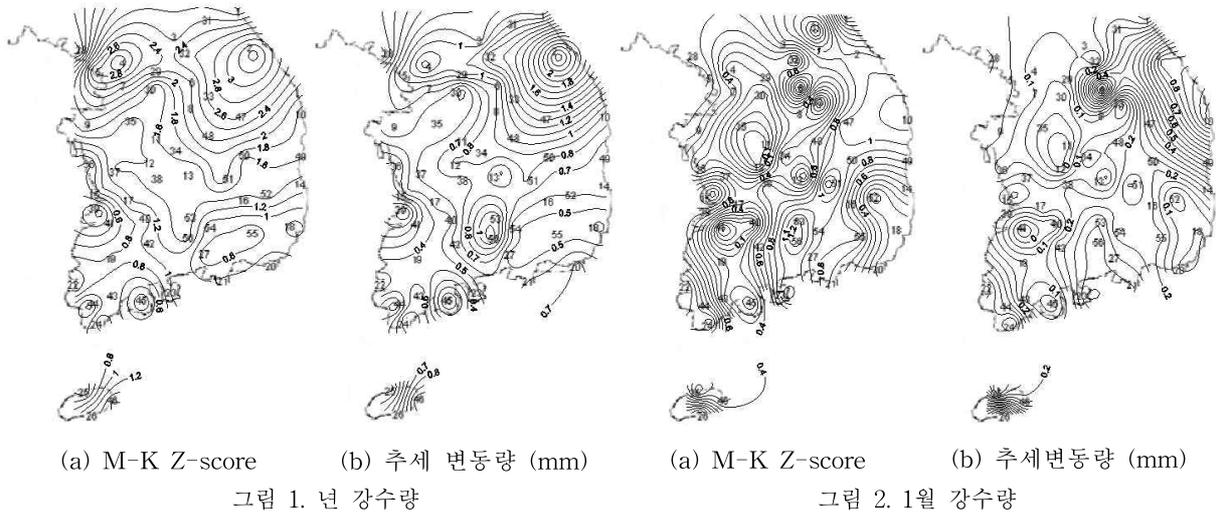
### 3.1 지역특성별 강수량 추세분석

56개 연구지역에서 1973년부터 2006년까지 Mann-Kendall 추세분석 결과 연별 강수량은 대부분의 연구지역에서 증가추세를 보이고 있으며, 서울과 경기지역 그리고 강원도지역을 중심으로 큰 증가추세를 보이고 있다. 반면에 전북지역을 중심으로 가장 미미한 증가추세를 보이고 있다. Sen 경사를 이용한 34년간의 강수 증가량도 강원도 지역을 중심으로 가장 큰 증가를 보이고 있으며, 대관령지역의 경우 34년간의 강수 증가량이 2.396 mm로 가장 큰 값을 보이고 있다. 대도시인 서울, 인천, 대전, 대구, 광주, 부산 등과 같은 대도시의 경우 각각 1.263, 0.917, 0.821, 0.580, 0.438, 0.719 mm의 강수 증가량을 보이고 있다.

권역별로 56개 연구지역에서 1973년부터 2006년까지 34년간의 평균 강수 변화량을 Sen 방법을 이용하여 산정한 결과 연별 강수량과 1월, 7월 강수량의 경우 대부분의 권역에서 증가한 반면에 4월과 10월에는 감소한 것을 알 수 있다. 연별 강수량의 경우 한강권역이 가장 큰 증가량(1.176mm)을 보이고 있으며, 1월의 경우 낙동강 동부권역이

가장 큰 증가량(0.629mm)을 보였다. 4월의 경우 영산강 남부권역이 가장 큰 강수 감소량(-2.827mm)을 보였고, 7월의 경우 회야, 수영권역이 가장 큰 강수증가량(5.887mm)을 보였으며, 10월의 경우 영산강권역이 가장 큰 강수감소량(-1.596mm)을 보였다.

도시화지역 중에서 장기간의 기후자료를 보유하고 있는 지역(서울, 대구, 광주, 부산, 목포, 제주)을 선정하여



1973년을 중심으로 1940년부터 1973년까지 그리고 1973년부터 2006년까지 각각 34년간 도시화에 따른 강수량 변화 추세를 분석하였다. 연별 강수량 변화추세를 분석한 결과에 의하면 도시화가 진행됨에 따라서 제주를 제외한 모든 지역에서 강수량 증가추세를 보였고, 광주를 제외한 서울, 대구, 부산, 목포, 제주지역에서 1973년 이후 기간이 이전 기간보다 더 큰 강수량 증가추세를 보였다. 특히 서울과 대구지역의 경우 1973년부터 2006년까지 유의수준  $\alpha=0.1$ 에서 유의한 증가추세를 보인 반면, 1940년부터 2006년까지는 대구, 광주, 부산지역에서 유의수준  $\alpha=0.1$ 에서 유의한

증가추세를 보이고 있다.

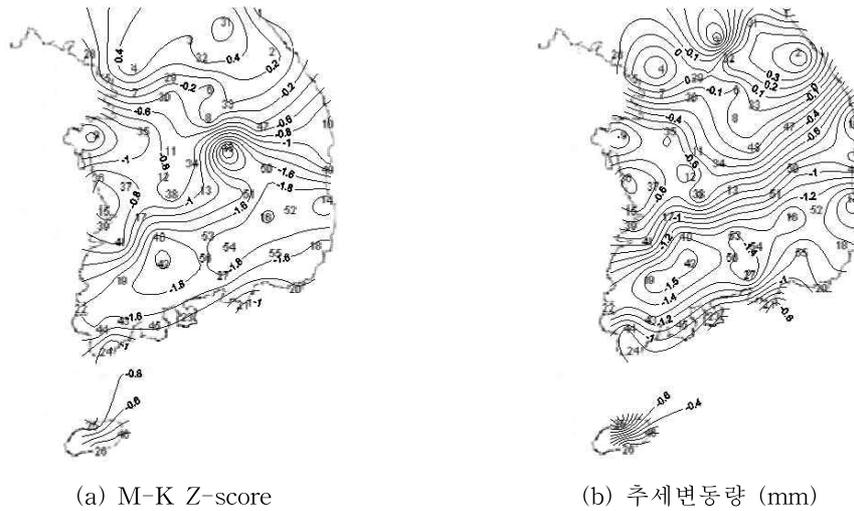


그림 5. 10월 강수량

1월 강수량추세 분석결과에 의하면 모든 지역에서 도시화가 진행됨에 따라서 강수량은 증가추세를 보이고, 목포를 제외하고 1940년부터 1973년까지의 강수량 증가추세가 더 큰 것으로 나타났다. 4월 강수량 변화추세 분석결과에 의하면 1973년 이전 강수량 변화는 증가추세를 보였고, 서울을 제외하고 유의한 증가추세를 보이고 있다. 반면에 1973년 이후부터는 강수량 감소추세를 보였고, 서울과 부산을 제외하고 유의한 감소추세를 보이고 있다. 7월 강수량 변화추세 분석결과에 의하면 1973년 이전 강수량 변화는 제주를 제외하고 증가추세에 보였지만 유의성은 보이지 않았고, 1973년 이후에는 서울, 부산, 목포에서 유의한 증가추세를 보였다. 10월의 강수량 변화추세 분석결과에 의하면 서울을 제외하고 1973년 이전보다 1973년 이후 강수량 감소추세가 더 크게 나타났다.

1973년을 중심으로 1940년부터 1973년까지 그리고 1973년부터 2006년까지 각각 34년간의 강수량 변화를 분석하였다. 6개 도시지역의 34년간 연 강수량 변화의 평균을 분석한 결과 1973년 이전의 경우 0.289mm의 강수량 증가를 보인 반면 1973년 이후에는 0.627mm의 강수량 증가를 보여서 1973년을 전후로 하여 강수량이 증가한 것으로 나타났다. 도시화에 따른 강수량 변화는 연별이나 7월의 경우 증가추세를 보이나 1, 4, 10월의 경우 감소추세를 보였다. 지역별로는 광주를 제외하고 1973년을 전후로 연별 강수량 증가를 보이고, 1월의 경우 목포를 제외하고 강수량 감소를 보였다. 4월의 경우 모든 지역에서 강수량 감소를 보였다. 7월의 경우 대구를 제외한 다른 모든 지역들에서 강수량 증가를 보였고, 10월의 경우 서울을 제외한 다른 모든 지역들에서 강수량 감소를 보였다.

### 3.2 강수량과 지역특성 상관성 분석

연 및 월별 강수량의 변화추세와 연구지역의 지리 지형적 특성(평균고도, 도시화 정도, 해안근접성)과의 상관성을 분석하였고, 또한 1973년부터 2006년까지 34년간의 강수량 변화와 이들 지리 지형적 특성과의 상관성을 분석하였다. 이를 위하여 연 및 월별 강수량 변화추세를 종속변수로 하고 연구지역의 평균고도, 도시화율 그리고 해안근접성을 독립변수로 하여 회귀분석을 실시하였다. 분석결과에 의하면 연별 강수량의 경우 평균고도가 표준화 계수  $\beta=0.656$ 을 보여서 도시화율( $\beta=0.462$ )이나, 해안근접성( $\beta=0.086$ )과 비교하여 강수량 추세에 더 중요한 영향을 미치는

것으로 나타났다. 1월의 경우 평균고도( $\beta=0.288$ )가 강수량 추세에 가장 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났고, 해안근접성의 경우  $\beta=-0.284$ , 도시화율의 경우  $\beta=-0.113$ 을 보였다. 4월의 경우 평균고도, 도시화율, 해안근접성은 각각 0.476, 0.077, -0.145를 보여서 평균고도가 가장 중요한 변수인 것으로 나타났다. 7월의 경우 평균고도, 도시화율, 해안근접성은 각각 0.389, 0.154, 0.075를 보여서 평균고도가 가장 중요한 변수임을 알 수 있다. 10월의 경우 평균고도, 도시화율, 해안근접성은 각각 0.429, 0.306, -0.142를 보여서 평균고도가 가장 중요한 변수임을 알 수 있다. 따라서 평균고도가 도시화율이나 해안 근접성과 비교하여 연 및 월별 강수량 추세에 가장 중요한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 지리형태적 특성에 따른 강수의 분포와 추세를 분석하였다. 이를 위하여 전국 56개 기후관측지점에서 1973년부터 2006년까지의 강수량 자료를 수집하여 분석을 실시하였고, GIS 분석을 통한 지리형태적 특성을 파악하였다. 분석을 위하여 계절적 영향을 고려하여 1, 4, 7 그리고 10월과 연별 강수량 추세를 분석하였다. 연구결과 연평균 일별 강수량 추세는 대부분의 연구지역에서 증가하고 있으며, 4월과 10월의 강수량은 감소추세에 있고, 1월과 7월의 경우 증가추세에 있는 것으로 나타났다. 권역별로 56개 연구지역에서 1973년부터 2006년까지 34년간의 평균 강수량 변화를 Sen 방법을 이용하여 산정한 결과 연별 강수량과 1월, 7월 강수량의 경우 대부분의 권역에서 증가한 반면에 4월과 10월에는 감소한 것을 알 수 있다. 연별 강수량의 경우 한강권역이 가장 큰 증가량(1.176mm)을 보이고 있으며, 1월의 경우 낙동강 동부권역이 가장 큰 증가량(0.629mm)을 보였다. 4월의 경우 영산강 남부권역이 가장 큰 강수량 감소량(-2.827mm)을 보였고, 7월의 경우 회야, 수영권역이 가장 큰 강수량 증가량(5.887mm)을 보였으며, 10월의 경우 영산강권역이 가장 큰 강수량 감소량(-1.596mm)을 보였다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국수자원학회에서 위탁시행한 2009년도 IHP 연구지원사업의 연구성과이며 연구비 지원에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 이정택, 윤성호, 박무언 (1995). 우리나라 계절별 일조시간과 기온의 상관관계 및 분포에 관한 연구, 한국환경농학회지, 제14권, 제2호, pp. 155-162.
2. 임창수 (2009). 지리형태적 조건에 따른 강수량 추세 분포, 한국수자원학회논문집, 제42권, 제5호, pp. 385-396.
3. Dixon, P.G. and Mote, T.L. (2003). Patterns and causes of Atlanta's urban heat island-initiated precipitation, *J. Appl. Meteorol.*, Vol. 42, pp. 1273-1284.
4. Orville, H.D., Eckhoff, P.A., Peak, J.E., Hirsch, J.H., and Kopp, F.J. (1981). Numerical simulation of the effects of cooling tower complexes on clouds and severe storms, *Atmos. Environ.*, Vol. 15, pp. 823-835
5. Stulov, E.A. (1993). Urban effects on summer precipitation in Moscow, *Russian Meteorology and Hydrology*. Vol. 11, pp. 34-41.
6. Vukovich, F.M. and Dunn, J.W. (1978). A theoretical study of the St. Louis heat island: some parameter variations, *J. Appl. Meteorol.*, Vol. 17, pp. 1585-1594.