

## Rainfall Trend Analysis by Mann-Kendall Test: A Case Study of Andong Dam Basin

Sha Chul Shin<sup>+</sup>

Department of Civil Engineering, Andong National University, 1375 Gyeongdong-ro, Andong, Gyeongbuk, Korea

### Abstract

Rainfall has become a primary concern for flood control and effective water resources management. It is predicted that the reduction of available water resources due to climate change will exert a severe influence on human life. This study conducted a trend analysis on the annual rainfall, monthly rainfall, and monthly maximum rainfall at Andong Dam basin for 42 years from 1977 to 2018. Statistical hypothesis tests were performed by a nonparametric test because the rainfall data do not follow a particular probability distribution. This study utilized the Mann-Kendall test, one of the commonly used nonparametric testing methods, in order to analyze the rainfall trend variations. It is confirmed that the October rainfall and July maximum rainfall show an increasing trend according to the 5% confidence level. In addition, the August maximum rainfall reveals a decreasing trend according to the 10% confidence level.

**Key words:** trend analysis, Mann-Kendall test, rainfall, Andong dam basin

### 1. 서론

강우량은 홍수 예방 및 가뭄 관리를 비롯한 수자원의 효과적인 관리를 위해 무엇보다 중요하다. 더욱이 기후변화의 영향으로 장래 수자원 변동은 인간 생활에 매우 심각한 영향을 미칠 것으로 예측되고 있다. 기후변화로 인해 이용 가능한 담수의 감소가 예상되기 때문이다.

IPCC(2007)에 의하면 21세기 중반까지 연평균 유출량과 이용가능한 수자원의 감소는 10~30% 이상으로 예측되고 있다. 이와 같은 결과는 장기간 자료를 이용

한 여러 연구자들(Dessens & Bucher, 1995; Serra, *et al.*, 2001; Marengo, 2004)의 기후변화 연구로부터 도출되었다.

우리나라 기상청 자료(KMA, 2014)에 따르면 한반도의 연평균 기온은 꾸준히 상승하고 있다. 1954년~1999년에는 0.23℃/10년, 1981년~2010년에는 0.41℃/10년, 2001년~2010년에는 0.5℃/10년의 비율로 증가하여 온난화가 더 심화되고 있다. 또한 여름철 강수량의 증가로 인해 우리나라 2001년~2010년의 연평균 강수량은 1,412mm로 지난 30년 평균보다 약 7.4%가 증가된 것으로 보고되었다.

<sup>+</sup> Corresponding author: Sha Chul Shin, Tel. +82-54-820-5595, Fax. +82-54-820-6255, e-mail. [seshin@anu.ac.kr](mailto:seshin@anu.ac.kr)

지난 20세기 동안에 지구 지표 강수량은 북반구 고위도의 많은 지역에서 지난 10년 동안 0.5~1% 증가를 보인 것으로 나타났다(IPCC, 2001). 비록 많은 지역이 강수량이 증가추세를 보이고 있으나 지역에 따라 감소추세를 보여주기도 한다. 또한 여러 연구자들(Ho & Kang, 1988; Jung, *et. al.*, 2002; Choi & Kwon, 2008)에 의해 우리나라 강수량의 변동 특성을 파악하기 위한 연구가 진행되었다.

Mann-Kendall 검정(USGS, 2006)은 강우량, 기온 및 증발산량의 경향성을 판단하기 위해 널리 사용되어 왔다. Arun, *et. al.*(2012)은 인도의 월강우량에 대한 분석을 실시하였으며, Ozgur, *et. al.*(2018)은 터키지방의 월 유출량 자료에 대한 경향분석을 실시하기도 하였다. Kim, *et. al.*(2009)은 우리나라 월 및 연강수량의 경년변동을 분석하였다.

본 연구에서는 안동댐 유역에 대한 42년간(1977년~2018년)의 연강우량을 비롯하여 월강우량 및 월 최대강우량에 대한 경향분석을 실시하였다. 연강우량과 월강우량은 기후변화를 비롯한 물 수요관리에 유용하며, 월 최대강우량의 경향성은 홍수관리를 위한 기초자료를 제공할 것이다.

## II. 대상유역

본 연구의 대상유역은 안동댐 유역이다. 국가하천 낙동강 본류에 위치한 안동댐은 1976년 준공된 높이 83m, 길이 612m의 다목적댐으로 유역면적은 1,584km<sup>2</sup>이고 계획홍수위는 EL.162.5m이며 총저수용량은 1,248×106m<sup>3</sup>이다.

1977년~2018년까지 42년간에 걸친 안동댐 유역의 연평균강우량은 1134.26mm로 관측되었다. <Figure 1>은 안동댐 유역에서 관측된 42년간(1977년~2018년)의 연강우량을 도시한 것이다. 42년 동안의 연 최대 강우량은 2003년에 발생한 1,798.8mm이다. 2002년(1,641.39mm)과 2003년(1,798.8mm)에는 비교적 많은 강우가 발생하였으나, 2015년에는 이 기간 중 최소인 649.48mm에

불과할 정도로 시간적 편차가 크게 나타났다.

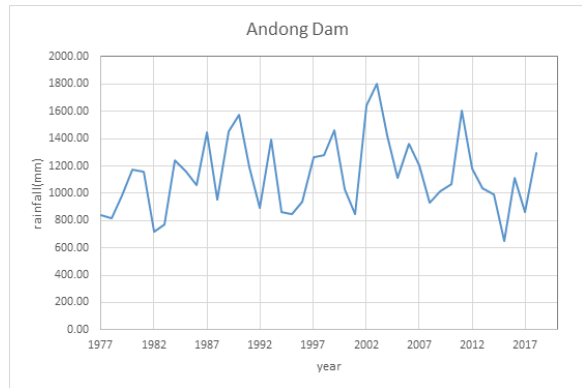


Figure 1. Annual rainfall of 42 years

## III. 자료 및 방법

### 1. 정규성 분석

통계적 검정방법에는 모수적 검정(parametric test)과 비모수적 검정(nonparametric test)이 있다. 모수적 검정은 측정값이 어느 특정한 확률분포(정규분포, 이항분포 등)를 따른다고 전제된 후 그 분포의 모수에 대한 검정을 실시하는 방법으로 자료에 대한 잔차의 정규성, 독립성, 등분산성 등의 가정이 필요하며 이상치 및 결측치에 대하여 민감하다. 모수적 방법으로는 회귀방법(regression method)이 많이 사용되고 있다.

비모수적 검정(nonparametric test)은 어느 특정한 확률분포를 따른다고 전제할 수 없는 경우에 사용하는 방법으로 강우량의 추세분석에 주로 사용하고 있다. 관측값의 서열이나 변동을 이용하며 선형관계 및 정규성 가정이 불필요하며 이상치, 결측치에 덜 민감하다. 강우자료는 분포에 왜곡도(skewness)를 가지며, 이상점(outlier)이 자주 발생한다. 또한, 계절성과 항목 간 상관성을 가지며, 자료가 누락되거나 측정 수가 적어져서 분석이 불가능하거나 검출한계 이하로 존재하거나 분석이 불가능한 경우가 발생하기 때문에 비모수적 방법을 사용한다.

본 연구에서는 정규성의 만족여부에 따라 정규성이 만족되는 경우 모수적 검정으로 회귀방법을 사용

하고, 그렇지 않을 경우 비모수적 검정으로 Mann-Kendall 방법을 사용하였다.

정규성 여부의 판단은 Quantile-Quantile (Q-Q) plot 을 이용하여 시각적으로 확인한 후, 주관적인 개입을 배제하기 위해 Shapiro-Wilk test를 실시하였다.

2. 경향성 분석

Shapiro-Wilk 검정을 통해 유의수준 0.05에서 정규성 만족 여부를 판단하였으며 이를 만족하지 못할 경우 비모수적 방법을 사용하고, 정규성을 만족하는 경우 모수적 방법을 이용하였다. 본 연구에서 사용한 비모수적 방법으로는 수문자료의 경향성 분석을 위해 널리 사용되는 Mann-Kendall 검정을 사용하였다. 이 방법은 수문기상 자료의 공간 및 시간적 경향을 파악하기 위해 널리 사용되는 통계적 방법이다. 비모수적 검정방법은 자료의 왜곡(skew)으로 인해 발생하는 문제를 피할 수 있기 때문에 많이 사용된다(Smith, 2000).

Mann-Kendall 검정은 추세 추정을 위한 비모수 검정으로서 Mann(1945)에 의해 공식화되었으며, Kendall(1975)에 의해 검정통계 분포 방법이 제안되었다.

Mann-Kendall 통계량 S는 다음과 같이 구해진다.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \tag{1}$$

경향성 분석의 적용은 서열화된 시계열  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n-1$ )와  $x_j$  ( $j = i+1, 2, \dots, n$ )를 대상으로 수행된다.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & \text{if } x_j - x_i > 0 \\ 0 & \text{if } x_j - x_i = 0 \\ -1 & \text{if } x_j - x_i < 0 \end{cases} \tag{2}$$

$n \geq 8$ 일 때 통계치 S는 대략 다음과 같이 주어진다.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(i-1)(2i+5)}{18} \tag{3}$$

$t_i$ 는  $i$ 에 해당되는 관측치의 수(number of data points in the  $i^{\text{th}}$  group)이다.

Mann-Kendall 검정의 통계량 Z는 다음과 같은 표준 정규분포를 따른다.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \tag{4}$$

통계량 Z 값은 양수 혹은 음수인가에 따라 증가경향과 감소경향을 나타낸다. 위 식을 통해 Z통계량을 계산한 다음 p-value를 구하여 그 Z의 유의성을 검증하여 경향을 판단한다. 만일  $p \leq \alpha$ (유의수준)이면 귀무가설은 기각되고 대립가설을 채택하여 경향이 있는 것으로 판단한다. 따라서 Mann-Kendall의 식에서 Z값의 부호는 경향성의 증가 또는 감소 특성을 나타내며, 유의수준 0.05일 경우  $p \leq 0.05$ 이면 통계적으로 의미 있는 값으로 고려된다.

IV. 결과 및 토론

본 연구에서 대상으로 한 강우량 형태는 크게 두가지이다. 하나는 월강우량과 연강우량과 같은 일정기간 누적된 강우량이며 다른 하나는 월별 최고치 강우량이다. 전자는 가뭄관리 및 장기간에 대한 수자원관리를 위해 필요한 통계치를 제공할 것이며 후자는 홍수관리를 위한 통계치를 제공할 것이다.

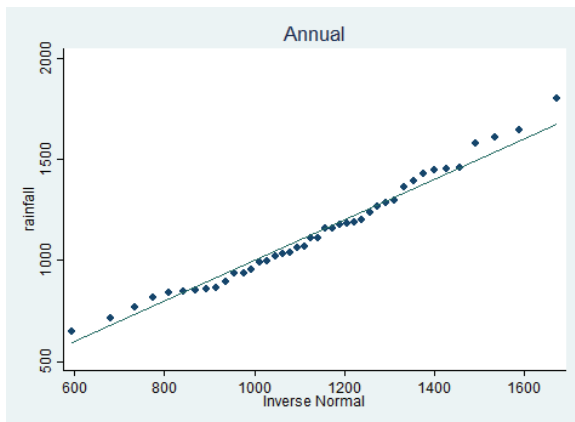
경향성 검정을 수행하기 전에 정규성 만족 여부를 판단하여야 한다. 유의수준 0.05에서 정규성을 만족하지 못할 경우 비모수적 방법을 사용하고, 만족할 모수적 방법을 이용하였다.

정규성 만족여부를 확인하기 위한 Q-Q plot은 확률누적분포함수의 역함수를 이용하여 두 분포가 선형적으로 얼마나 일치하는지 확인하는 방법이다. Q-Q Plot

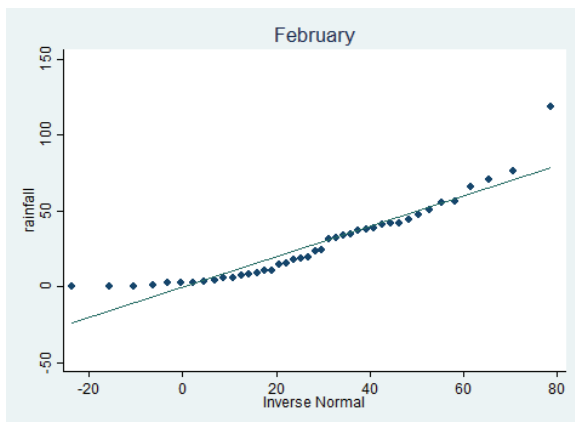
은 관측치의 분포 분위수(점)들이 정규분포의 분위수(직선) 주위에 집중되어있을 경우 정규분포를 따른다고 판단한다.

작성한 Q-Q Plot 중 정규분포를 따른 경우와 그렇지 않은 대표적인 강우량의 일부를 <Figure 2>에 나타내었다. 연강우량과 5월강우량은 <Figure 2> (a)와 같이 정규분포의 직선상에 위치했으나, 다른 월강우량은 <Figure 2> (b)와 같이 정규분포 선에 위치하지 않음을 확인할 수 있었다. 따라서 Q-Q Plot을 통해 연강우량과 5월 강우량을 제외하고는 정규성을 만족하지 않을 것임을 예상할 수 있다.

다음은 통계치를 통한 검정을 위해 Shapiro-Wilk 검정을 수행하였다. 가설검정(귀무가설  $H_0$ : 주어진 자료는 정규성 분포를 따른다)을 통해 유의수준 0.05에서 정규성을 확인하였다. Q-Q Plot에서 예상한 바와 같이



(a) normal



(b) skewed

Figure 2. Quantile(Normal) - Quantile plot

Shapiro-Wilk 검정(<Table 1>)에서도 연강우량과 5월 강우량만이 정규성을 만족함을 확인할 수 있었다.

정규성을 만족한 연강우량과 5월강우량의 경우 회귀방법에 의해 경향성을 추정하였다. 이를 위해 기율( $\beta$ )를 이용한 가설검정을 다음과 같이 설정한다.

귀무가설  $H_0: \beta = 0$

대립가설  $H_1: \beta \neq 0$

<Table 2>는 모수적 방법인 회귀방법에 의한 검정 결과이다. 귀무가설을 기각할만한 충분한 근거가 존재하지 않으므로 경향성은 존재하지 않는다고 결론내릴 수 있다.

정규성을 만족하지 못한 그 외 강우량에 대해서는 Mann-Kendall 검정방법에 의해 경향성을 판단하였다. 이를 위해 다음과 같은 가설을 설정한다.

귀무가설  $H_0$ : 경향성이 없다

대립가설  $H_1$ : 경향성이 있다.

연강우량과 월강우량에 대한 가설검정 결과는 <Table 3>과 같다. 유의수준 5% (0.05)에서 유일하게 경향이 있다고 판단할 수 있는 월강우량은 10월 강우량이며 증가 경향이 있는 것으로 판단할 수 있다. 그 이외의 월강우량과 연강우량은 귀무가설을 기각할만한 충분한 근거가 존재하지 않으므로 경향성이 없다고 결론내릴 수 있다.

월 최대강우량에 대한 가설검정 결과는 <Table 4>와 같다. 7월 최대 강우량은 유의수준 5% (0.05)에서 증가경향을 보이고 있다. 반면 8월 최대강우량은 감소 경향을 보이며 유의수준 10% (0.1)에서 귀무가설을 기각할 수 있는 유의성을 확보하고 있다.

<Figure 3>은 Mann-Kendall 검정의 Z 통계량의 변화를 나타낸 것이다. Z 통계량의 부호는 관측치의 증가 및 감소를 나타낸다. 연강우량과 월강우량 관측치 중에서 1월, 2월, 3월, 4월, 5월, 7월, 10월, 12월 강우량은 증가경향을 보인다. 반면 감소경향은 6월, 8월, 9월, 11월 강우량이다. 1년 중 8개월은 증가경향을 보이며 4개

월은 감소경향을 보이고 있다.

월 최고치의 경우 1월, 2월, 3월, 7월, 10월, 12월은 증가경향을 보인다. 우리나라의 우기를 6월~9월로 볼 때 7월만 증가경향을 보일뿐 나머지 6월, 8월, 9월은

감소경향을 보이고 있다. 특히 4월과 5월은 월강우량은 증가하나 최고치는 감소하는 경향을 보인다.

그러나 개별 월강우량에서는 유일하게 10월 강우량만이 통계적으로 유의한 수준을 보이며, 최대치의

Table 1. Shapiro-Wilk test results for normality

Month	Calculated z	p value	$H_0$ Hypothesis $\alpha = 5\%(0.05)$	Normality
Annual	0.058	0.47647	Accept	Yes
Jan.	4.501	0.00000	Reject	No
Feb.	3.343	0.00041	Reject	No
Mar.	2.709	0.00337	Reject	No
Apr.	1.995	0.02301	Reject	No
May	0.568	0.28486	Accept	Yes
Jun.	1.682	0.04627	Reject	No
Jul.	1.668	0.04769	Reject	No
Aug.	4.001	0.00003	Reject	No
Sep.	1.807	0.03537	Reject	No
Oct.	3.544	0.00020	Reject	No
Nov.	3.787	0.00008	Reject	No
Dec.	2.420	0.00775	Reject	No

Table 2. t-test results for regression

Rainfall type	Slope	Standard Error	t Stat.	p-value	$H_0$ Hypothesis $\alpha = 5\% (0.05)$	Trend
annual	0.00055	0.0071	0.77	0.447	Accept	No
May	0.0349	0.0395	0.88	0.386	Accept	No

Table 3. Mann-Kendall test results of monthly rainfall (1977-2018)

Month	Calculated Z	p value	$H_0$ Hypothesis			Trend		
			$\alpha = 10\%$ (0.1)	$\alpha = 5\%$ (0.05)	$\alpha = 1\%$ (0.01)	$\alpha = 10\%$ (0.1)	$\alpha = 5\%$ (0.05)	$\alpha = 1\%$ (0.01)
Annual	0.867	0.3859	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Jan.	0.119	0.9051	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Feb.	0.715	0.4744	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Mar.	0.553	0.5803	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Apr.	0.986	0.3239	Accept	Accept	Accept	No	No	No
May	0.813	0.4163	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Jun.	-1.366	0.1721	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Jul.	1.051	0.2931	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Aug.	-0.173	0.8623	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Sep.	-0.022	0.9827	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Oct.	2.005	0.0449	Reject	Reject	Accept	Yes(+)	Yes(+)	No
Nov.	-0.26	0.7947	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Dec.	1.062	0.288	Accept	Accept	Accept	No	No	No

Table 4. Mann-Kendall test results of monthly maximum rainfall (1977-2018)

Month	Calculated Z	p value	$H_0$ Hypothesis			Trend		
			$\alpha = 10\%$ (0.1)	$\alpha = 5\%$ (0.05)	$\alpha = 1\%$ (0.01)	$\alpha = 10\%$ (0.1)	$\alpha = 5\%$ (0.05)	$\alpha = 1\%$ (0.01)
Jan.	0.304	0.7615	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Feb.	1.225	0.2206	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Mar.	0.910	0.3626	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Apr.	-0.217	0.8284	Accept	Accept	Accept	No	No	No
May	-0.282	0.7781	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Jun.	-0.618	0.5367	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Jul.	1.962	0.0498	Reject	Reject	Accept	Yes(+)	Yes(+)	No
Aug.	-1.658	0.0973	Reject	Accept	Accept	Yes(-)	No	No
Sep.	-0.108	0.9137	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Oct.	1.507	0.1319	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Nov.	-0.683	0.4947	Accept	Accept	Accept	No	No	No
Dec.	1.615	0.1062	Accept	Accept	Accept	No	No	No

경우 7월과 8월에서만 유의성을 만족한다는 점을 기억하여야 한다.

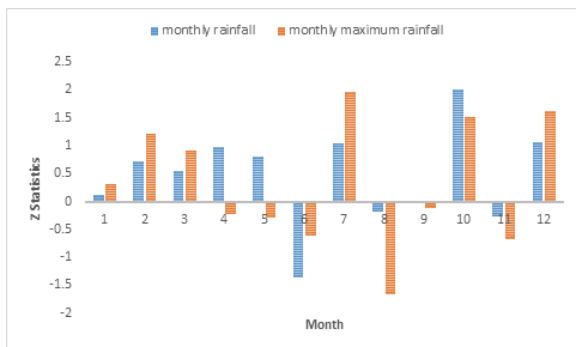


Figure 3. Trend of Z for individual months for 42 years

### V. 결론

강우량은 홍수 예방 및 가뭄 관리를 비롯한 수자원의 효과적인 관리를 위해 무엇보다 중요하다. 더욱이 기후변화의 영향으로 장래 수자원의 변동은 인간 생활에 매우 심각한 영향을 미칠 것으로 예측되고 있다. 기후변화로 인해 이용가능한 담수의 감소가 예상되기 때문이다.

본 연구에서는 안동댐 유역 강우량의 장기 경향을 추정하기 위해 1977년~2018년 동안 42년간의 강우량 자료를 분석하였다. 안동댐 유역의 유역면적은 1,584

km<sup>2</sup>로써 산림지역과 경작지역, 주거지 등 다양한 지역 특성을 포함하고 있다.

Mann-Kendall 검정 결과 유의수준 5% (0.05)를 만족하는 경향성은 10월 강우량으로 증가경향을 나타내는 충분한 근거를 확보하고 있다고 말할 수 있다. 또한 최대강우량으로는 7월 최대강우량이 증가경향이 있는 것으로 확인되었다. 유의수준을 10%(0.1)로 하는 경우 추가적으로 8월 최대강우량은 감소하는 것으로 추정된다.

그러나 귀무가설을 기각할 수 있는 만큼의 충분한 근거가 존재하지 않는 경우(유의성을 확보할 수 없는 경우)라 하더라도 관측치의 증가 및 감소경향을 유추할 수 있다. Mann-Kendall 검정의 통계량인 Z는 관측치의 양과 음의 경향을 의미하기 때문이다. 월강우량의 경우 1년 중 8개월은 증가경향을 나타내고 3개월은 감소경향을 보인다. 월 최대강우량에서는 6개월씩 증가 및 감소 경향을 보이고 있다. 특히 여름철 강우량이 증가경향을 보일 것이라는 일반의 예상과는 달리 7월 강우량만 증가경향을 보일 뿐 8월 강우량은 감소경향을 나타내었다.

본 연구의 결과는 특정 유역에서 발생하는 물부족과 홍수관리를 비롯한 수자원관리의 장기적 계획을 수립하고 자 할 때 매우 유용할 것으로 생각된다. 향후

우리나라 전역에 대한 강우량을 분석한다면 유역별, 지역별 특성을 파악하는 데 매우 유용할 것으로 생각된다.

## 감사의 글

이 논문은 2017학년도 안동대학교 학술연구조성비(연구교수)에 의하여 연구되었음.

## References

- Choi, G. and W. Kwon. 2008. Current and Future Changes in the Type of Wintertime Precipitation in South Korea. *Journal of the Korean Geographical Society*. 43(1): 1-19.
- Derra, C., A. Burgueno, and X. Lana. 2001. Analysis of Maximum and Minimum Daily Temperatures Recorded at Fabra Observatory in the Period 1917-1998. *International Journal of Climatology*. 21(6): 46-56.
- Dessens, J. and A. Bucher. 1995. Changes in Minimum and Maximum Temperatures at the Pic du Midi Relation with Humidity and Cloudiness, 1882-1984. *Atmospheric Research*. 37(1-3): 147-162.
- Ho, C. and I. Kang. 1988. The Variability of Precipitation in Korea. *Journal of Korean Meteorological Society*. 24(1): 38-48.
- IPCC. 2001. *Climate Change 2001*. Intergovernmental Panel on Climate Change Third Assessment Report.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report.
- Jung, H., Y. Choi, J. Oh, and G. Lim. 2002. Recent Trends in Temperature and Precipitation over South Korea. *International Journal of Climatology*. 22(11): 1327-1337.
- Kim, G., T. Yim, and C. Park. 2009. Analysis of the Secular Trend of the Annual and Monthly Precipitation Amount of South Korea. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*. 9(6): 17-30.
- Kisi, Ozgur, Celso A. G. Santos, Richard M. Silva, and Mohammad Z. Kermani. 2018. Trend Analysis of Monthly Streamflows Using Sen's Innovative Trend Method. *Geofizika*. 35(1): 53-68.
- KMA. 2014. *Korean Climate Change Assessment Report 2014*. Korea Meteorological Administration.
- Marengo, J. A. 2004. Interdecadal Variability and Trends of Rainfall across the Amazon Basin. *Theoretical and applied Climatology*. 78(1-3): 79-96.
- Mondal, Arun, Sananda Kundu, and Anirban Mukhopadhyay. 2012. Rainfall Trend Analysis by Mann-Kendall Test: A Case Study of North-eastern Part of Cuttack District, Orissa. *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*. 2(1): 70-78.
- USGS. 2006. Computer program for the Kendall Family of Trend Tests. Scientific Investigations Report 2005-5275.
- Korean References Translated from the English*
- 기상청. 2014. 한국 기후변화 평가보고서 2014: 기후변화 과학적 근거.
- 김광섭, 임태경, 박찬희. 2009. 우리나라 월 및 연강수량의 경년 변동 분석. *한국방재학회논문집*. 9(6): 17-30.
- 최광용, 권원태. 2008. 현재와 미래 우리나라 겨울철 강수형태 변화. *대한지리학회지*. 43(1): 1-19.
- 허창희, 강인식. 1988. 한국 지역 강수의 변동성에 대한 연구. *한국기상학회지*. 24(1): 38-48.

Received: Feb. 13, 2020 / Revised: Feb. 24, 2020 / Accepted: Feb. 24, 2020

## Mann-Kendall 검정을 이용한 안동댐 유역 강우량의 경향 분석

국문초록 강우량은 홍수 예방 및 가뭄 관리를 비롯한 수자원의 효과적인 관리를 위해 무엇보다 중요하다. 더욱이 기후변화의 영향으로 장래 수자원의 변동은 인간 생활에 매우 심각한 영향을 미칠 것으로 예측되고 있다. 본 연구에서는 안동댐 유역에 대한 42년간(1977~2018년)의 연강우량, 월강우량 및 월 최대강우량에 대한 경향분석을 실시하였다. 통계방법에는 모수적 검정과 비모수적 검정이 있다. 강우량과 같이 특정 확률분포를 따른다고 전제할 수 없는 경우 비모수적 검정을 사용한다. 따라서 본 연구에서는 비모수적 방법 중 강우량 추세분석을 위해 널리 사용되는 Mann-Kendall 검정 방법을 사용하였다. Mann-Kendall 검정 결과 유의수준 5%(0.05) 이내로 10월강우량과 7월 최대강우량은 증가경향이 확인되었다. 또한 유의수준 10% 이내에서 8월 최대강우량은 감소하는 것으로 분석되었다. 본 연구의 결과는 특정 유역에서 발생하는 물부족과 홍수관리를 비롯한 수자원관리의 장기적 계획을 수립하고자 할 때 매우 유용할 것으로 생각된다.

주제어 : 경향분석, Mann-Kendall 검정, 강우량, 안동댐유역

---

Profiles **Sha Chul Shin** : He received his Ph.D. from Tohoku University, Japan in 1996. He is a Professor of the Department of Civil Engineering at Andong National University, in which he has taught since 1998. His interesting subject and area of research and education is disaster prevention, Hydrology, and Water Resources Engineering(scshin@anu.ac.kr).