봄철 강수량 및 강수효율의 지역적 특성별 변화분석

Analyzing the Variability of Spring Precipitation and Rainfall Effectiveness According to the Regional Characteristics

김광섭* · 김종필** · 이기춘***,†

Kim, GwangSeob · Kim, Jong Pil · Lee, GiChun

ABSTRACT

The temporal variability of spring (March, April, May) monthly precipitation, precipitation effectiveness, monthly maximum precipitation, monthly precipitation of different durations, and the precipitation days over several threshold (i.e. 0, 10, 20, 30, 40, and 50 mm/day) of 59 weather stations between 1973 and 2009 were analyzed. Also to analyze the regional characteristics of temporal variability, 59 weather stations were classified by elevations, latitudes, longitudes, river basins, inland or shore (east sea, south sea, west sea) area and the level of urbanization. Results demonstrated that trends of variables increase in April and decrease in May except precipitation day. Overall trend of precipitation amount and precipitation effectiveness is same but precipitation effectiveness of several sites decrease despite the trend of precipitation amount increases which may be caused by the air temperature increase. Therefore more effective water supply strategy is essential for Spring season. Regional characteristics of Spring precipitation variability can be summarized that increase trend during May become stronger with the increase of latitude and elevation which is similar to that of Summer season. The temporal variability of variables showed different behaviors according to river basins, inland or shore (east sea, south sea, west sea) area and the level of urbanization.

Keywords: Precipitation effectiveness; regional characteristics; spring precipitation; trend analysis

1. 서 론

우리나라의 강수의 경우, 지역별로 차이가 크게 나타날 뿐만 아니라 경년변동과 계절별로 큰 편차가 나타나고 있다. 여름철의 강수 집중률이 지역에 따라서 약 40~60 %에 달하며, 짧은 시간에 국지적으로 내리는 경우가 많이 나타난다 (Lee and Kwon, 2004). 또한 기후변화에 따른 지역적 영향에 따라 봄철 가뭄 발생확률이 증가하는 상황에서 계절 강수변동 특성의 분석과 효율적 수자원관리 방안에 대한 필요성이 점점 증가하고 있다. 이와 같이, 기후변화에 따라 봄철 강우량의 감소가 예상되는 상황에서 수자원관리와 계획의 중요성이 더욱 높아지고 있으며, 이와 관련된 연구가 많이 수행되고 있다.

Yue and Hashino (2003)는 일본 월 및 연강수량 자료에 대한 장기간 추세를 분석하기 위해 Mann-Kendall 검정을 사용함으로써 추세의 통계적 신뢰성을 평가하였다. Gemmer et al. (2004)은 중국의 기상관측소 160개 지점에서 1951년부터 2002년까지의 월별 강수량 자료를 이용하여 Mann-Kendall 검정을 통해 추세분석을 수행하였고, 나타난 결과를 역거리 가중 (Inverse Distance Weighted)을 통해 보간 해, 중국의 50년 동안의 기후변화를 공간적으로 표현하여 더욱 효과적인 분석을 수행하였다. 이렇게 아시아 지역뿐만 아니라 캐나다 (Burn and Elnur, 2002), 스위스 (Begert et. al., 2005), 터키 (Partal and Kahya, 2006), 그리스 (Karpouzou et. al., 2010) 등 세계 여러 나라에서 추세분석에 대한 많은 연구가 이뤄지고 있다.

국내에서도 이와 같은 연구로서 Kim et al. (2006)은 1924년부터 2004년까지 제주관측지점 자료를 이용하여 제주의 기온과 강수량의 변동 특성, 기온과 강수의 특이후발생빈도를 조사하였다. Kim et al. (2008)은 우리나라 기상청 산하 관측소 총 66개 지점의 과거 자료를 이용해 선형회귀 및 Kendall-Tau 방법을 적용하여 경향성을 분석하였고, 강수량이 점차 증가하는 반면에 강수일수는 감소하고 계절적으로 가을철 (9~11월)보

* 경북대학교 건축토목공학부 부교수
** 경북대학교 건축토목공학부 박사과정
*** 경북대학교 건축토목공학부 석사과정
† Corresponding author Tel.: +82-53-939-6859
Fax: +82-53-950-6564
E-mail: gichun@knu.ac.kr

2011년 3월 7일 투고
2011년 3월 29일 심사완료
2011년 3월 29일 게재확정

다 여름철 (6~8월)에 강우 발생률과 집중호우 한계 기준이 더 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 기온은 여름철에 비해 겨울철의 기온상승 경향성이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 Hwang et al. (2010)은 측우기 관측 자료 계열 (Chukwooki rainfall data set, CWK)과 근대우량계 관측 자료계열 (modern rain gage rainfall data set, MRG)의 경향성 여부를 검정하여 월별 장기 변화 특성을 파악하기 위해 통계적 경향성 검정방법 5가지 (Run test, Turning points test, Autocorrelation test, Mann-Kendall test, Linear regression test)를 사용하였다.

우리나라 강수 자료에 대하여 추세분석을 실시한 연구들 중 대부분 계절적으로 여름철 (Lee and Park, 1999; Park et al., 2008)과 겨울철 (Choi and Kwan, 2008)에 대한 추세분석은 많이 이뤄졌지만 강수량과 강수효율의 감소가 예상되는 봄철에 관한 변화특성분석은 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 봄철 강수량의 정량적인 변화와 강수의 빈도 변화특성을 파악하고 강수뿐만 아니라 기온상승으로 인하여 예상되는 강수효율의 변화 특성을 분석하기 위하여 전국 기상관측소 59개 지점의 1973년부터 2009년까지 시강수량 및 일강수량 자료를 수집해 3, 4, 5월 월강수량과 월최대강수량, 지속시간별 강수량의 각 월최대강수량, 일강수량 0 mm, 10 mm, 20 mm를 초과하는 강수일수, 강수효율을 산정하여 선형회귀분석 및 Mann-Kendall 검정을 수행하였다. 또한 관측지점의 위치적 특성에 따라 고도, 위도, 경도, 유역, 내륙 및 해안, 도시화 및 비도시화 정도에 따라 분류하여 그 지역특성에 따른 추세특성의 유의성과 정량적 변화 특성을 분석하였다.

II. 자료수집 및 추세분석방법

1. 자료구축

1973년부터 2009년까지 59개 기상관측소를 선정하여 시강수량 자료를 통해 지속시간 1, 6, 12, 24시간에 대한 지속강수를 계산하여, 각 지속시간별 강수량의 3, 4, 5월에 대한 월최고치를 산정하였고, 일강수량자료를 통해 0, 10, 20 mm/day를 초과하는 강수일수를 3월부터 5월까지 모두 합하여 자료를 구축하였으며, 각 월에 대한 월강수량과 월최대강수량, 강수효율 자료를 본 연구 자료로 사용하여 추세분석을 수행하였다. 강수효율은 매월의 월강수량을 월증발량으로 나눈 것으로서, 월강수량 (P)과 월평균기온 (T)으로 나타낸 식은 다음과 같다. (Shahid and Khairulmaini, 2009)

$$\frac{P}{E} = 115 \left(\frac{P}{T - 10} \right)^{10/9} \quad (1)$$

2. 지역특성별 분류

본 연구에서는 전국 59개 기상관측소에 대한 위치적 특성을 반영해 분류하여 지역특성별 추세변화분석을 실시하였다. 고도별로는 100 m 단위를 기준으로 하여 100 m 미만 지점에서 300 m 이상 지점까지 4개의 그룹으로 나누어 분류하였고, 위도별 분류에서는 1도 단위를 기준으로 34도 미만 지점에서 38도 이상 지점까지 총 6개 그룹, 경도별로는 127도 미만 지점부터 130도 이상 지점까지 총 5개 그룹, 유역별로 6개 그룹, 내륙 및 해안 분류에서는 해안경계선으로부터 20 km 이내에 위치한 지점들을 해안 지역으로, 나머지 지점들을 내륙 지역으로 정의하였고, 해안 지역은 다시 동해, 남해, 서해 지역으로 나누어 총 4개 그룹으로 분류하였다. 마지막으로 도시화 분류는 특별시와 광역시를 도시화 지역, 나머지 지점들은 비도시화 지역으로 분류하였다 (Table 1, Fig. 1).

3. 추세분석방법

본 연구에서는 선형회귀분석 및 Mann-Kendall 검정을 사용하여 봄철 강수량과 강수효율 자료에 대하여 추세분석을 수행하였다. 관측된 매월의 자료를 시간에 대하여 선형회귀분석에 대한 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$Y_T = \alpha + \beta T \quad (2)$$

여기서, Y_T 는 3, 4, 5월의 월강수량 및 지속시간별 월최대강수량, 강수효율, 한계치별 강수일수 자료를 나타내며, T 는 연도, α 와 β 는 각각 절편과 기울기 계수의 최소제곱 추정값을 나타낸다.

Mann-Kendall 검정은 표본자료의 특성에 민감하지 않고 간단하면서도 강력한 기능을 발휘하며, 결측이나 한계치를 벗어나는 자료에 대해서도 적용 가능한 검정기법이다. Mann-Kendall 검정은 분석대상 시계열에 경향성이 존재하지 않는다는 것을 귀무가설로 세워 통계량 S 를 정의하면 다음 식과 같다 (Kim et al., 2009).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i), \quad \text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x > 0 \\ 0, & \text{if } x = 0 \\ -1, & \text{if } x < 0 \end{cases} \quad (3)$$

여기서 n 은 관측 자료의 수, X_i 는 i 번째 값을 나타내며, $n \geq 8$ 일 때, 통계량 S 는 다음 식과 같은 평균과 분산을 가진 정상적인 분포로 가까워진다.

Table 1 Classification of 59 weather stations

Station	AL	LA	LO	BA	IS	UR	Station	AL	LA	LO	BA	IS	UR
Sokcho	AL1	LA6	LO3	BA1	IS2	UR2	Ganghwa	AL1	LA5	LO1	BA1	IS4	UR2
Daegwallyeong	AL4	LA5	LO3	BA1	IS1	UR2	Yangpyeong	AL1	LA5	LO2	BA1	IS1	UR2
Chuncheon	AL1	LA5	LO2	BA1	IS1	UR2	Icheon	AL1	LA5	LO2	BA1	IS1	UR2
Gangneung	AL1	LA5	LO3	BA1	IS2	UR2	Inje	AL2	LA6	LO3	BA1	IS1	UR2
Seoul	AL1	LA5	LO1	BA1	IS1	UR1	Jecheon	AL3	LA5	LO3	BA1	IS1	UR2
Incheon	AL1	LA5	LO1	BA1	IS4	UR1	Boeun	AL2	LA4	LO2	BA3	IS1	UR2
Wonju	AL2	LA5	LO2	BA1	IS1	UR2	Cheonan	AL1	LA4	LO2	BA3	IS1	UR2
Ulleung-do	AL3	LA5	LO5	BA2	IS2	UR2	Boryeong	AL1	LA4	LO1	BA3	IS4	UR2
Suwon	AL1	LA5	LO1	BA1	IS1	UR2	Buyeo	AL1	LA4	LO1	BA3	IS1	UR2
Chungju	AL2	LA4	LO2	BA1	IS1	UR2	Geumsan	AL2	LA4	LO2	BA3	IS1	UR2
Seosan	AL1	LA4	LO1	BA3	IS4	UR2	Buan	AL1	LA3	LO1	BA3	IS4	UR2
Ulsin	AL1	LA4	LO4	BA2	IS2	UR2	Imsil	AL3	LA3	LO2	BA4	IS1	UR2
Cheongju	AL1	LA4	LO2	BA3	IS1	UR2	Jeongeup	AL1	LA3	LO1	BA3	IS4	UR2
Daejeon	AL1	LA4	LO2	BA3	IS1	UR1	Suncheon	AL1	LA3	LO2	BA4	IS1	UR2
Chupungryeong	AL3	LA4	LO2	BA3	IS1	UR2	Jangheung	AL1	LA2	LO1	BA5	IS3	UR2
Pohang	AL1	LA4	LO4	BA2	IS2	UR2	Haenam	AL1	LA2	LO1	BA5	IS3	UR2
Gunsan	AL1	LA4	LO1	BA3	IS4	UR2	Goheung	AL1	LA2	LO2	BA4	IS3	UR2
Daegu	AL1	LA3	LO3	BA2	IS1	UR1	Yeongju	AL3	LA4	LO3	BA2	IS1	UR2
Jeonju	AL1	LA3	LO2	BA3	IS1	UR2	Mungyeong	AL2	LA4	LO3	BA2	IS1	UR2
Ulsan	AL1	LA3	LO4	BA2	IS2	UR1	Yeongdeok	AL1	LA4	LO4	BA2	IS2	UR2
Gwangju	AL1	LA3	LO1	BA5	IS1	UR1	Uiseong	AL1	LA4	LO3	BA2	IS1	UR2
Busan	AL1	LA3	LO4	BA2	IS2	UR1	Gumi	AL1	LA4	LO3	BA2	IS1	UR2
Tongyeong	AL1	LA2	LO3	BA2	IS3	UR2	Yeongcheon	AL1	LA3	LO3	BA2	IS1	UR2
Mokpo	AL1	LA2	LO1	BA5	IS4	UR2	Geochang	AL3	LA3	LO2	BA2	IS1	UR2
Yeosu	AL1	LA2	LO2	BA4	IS3	UR2	Hapcheon	AL1	LA3	LO3	BA2	IS1	UR2
Wan-do	AL1	LA2	LO1	BA4	IS3	UR2	Miryang	AL1	LA3	LO3	BA2	IS1	UR2
Jeju	AL1	LA1	LO1	BA6	IS3	UR2	Sancheong	AL2	LA3	LO2	BA2	IS1	UR2
Seongsan	AL1	LA1	LO1	BA6	IS3	UR2	Geoje	AL1	LA2	LO3	BA2	IS3	UR2
Seogwipo	AL1	LA1	LO1	BA6	IS3	UR2	Namhae	AL1	LA2	LO2	BA2	IS3	UR2
Jinju	AL1	LA3	LO3	BA2	IS3	UR2							
Classification		Standard			Number		Classification		Standard			Number	
Altitude	AL1	less than 100 m			45		Basin	BA1	Han River			14	
	AL2	100 m - 200 m			7			BA2	Nakdong River			20	
	AL3	200 m - 300 m			6			BA3	Guem River			13	
	AL4	greater than 300 m			1			BA4	Sumjin River			5	
Latitude	LA1	less than 34 °			3			BA5	Youngsan River			4	
	LA2	34 ° - 35 °			9			BA6	Jeju			3	
	LA3	35 ° - 36 °			15		Inland / Shore	IS1	Inland			31	
	LA4	36 ° - 37 °			18			IS2	Shore	East	28	8	
	LA5	37 ° - 38 °			12			IS3		South		11	
	LA6	greater than 38 °			2			IS4		West		9	
Longitude	LO1	less than 127 °			18		Urbanization	UR1	Urbanization			7	
	LO2	127 ° - 128 °			19			UR2	non-Urbanization			52	
	LO3	128 ° - 129 °			16								
	LO4	129 ° - 130 °			6								
	LO5	greater than 130 °			1

Fig. 1 Map of the classified weather stations for different regional characteristics

$$E[S]=0, \quad V(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (4)$$

III. 분석결과

1. 선형회귀분석

전국 기상관측소 59개 지점에서 봄철에 속하는 3, 4, 5월의 월강수량과 월최대강수량, 지속시간별 (1, 6, 12, 24시간) 강수량의 월최대치, 한계치별 강수일수 자료를 이용하여 선형회귀분석을 실시하였다. 또한 각 관측지점에 대한 분석결과를 위치적 특성에 따라 분류하고, 각 그룹별로 평균하여 지역특성별 변화 추세를 분석하였다.

Table 2는 3, 4, 5월에 대한 월강수량과 월최대강수량, 그리

고 한계치별 3, 4, 5월의 합계 강수일수 자료를 이용해 선형회귀분석을 실시한 결과를 보여주고 있다. 월강수량은 3월과 5월에 대부분 지역특성별로 증가하는 지점이 많이 나타났으나, 4월의 경우에는 경도별 분류에서 130도 이상 지역을 제외한 모든 지역특성에서 감소하는 것으로 나타났다. 고도별로 3월과 5월은 각각 300 m 이상 지점과 200~300 m 지점에서 가장 큰 증가량을 보였으며, 고도가 낮을수록 선형증가량이 커지는 것으로 나타났다. 또한 4월은 100 m 미만 지점에서 가장 큰 감소량을 보였고, 고도가 커질수록 선형감소량이 작아지는 것이 나타남을 통하여 고도와 기간의 변화가 강수의 변화에 영향을 미친다고 판단된다. 이에 4월의 경우 대부분의 농업지역에 대한 강수량 감소가 예상되는 바 용수확보를 위한 대비가 필요할 것이다. 고도별과 마찬가지로 위도와 경도가 높아짐에 따라 4월에는 선형

Table 2 Linear changes according to the linear regression analysis

	Monthly Precipitation (mm)			Precipitation Effectiveness			Monthly Maximum Precipitation (mm)			Threshold (days)		
	March	April	May	March	April	May	March	April	May	00 mm	10 mm	20 mm
AL1	5.3	-52.5	13.6	0.1	-5.0	0.6	0.8	-17.2	10.0	-3.8	0.5	0.2
AL2	-1.3	-50.0	14.1	-0.6	-4.8	0.8	-3.3	-19.4	9.6	-2.8	1.5	1.7
AL3	3.6	-34.4	32.4	0.1	-3.3	2.3	-2.0	-12.0	16.2	-2.7	1.1	1.5
AL4	31.1	-28.6	24.3	4.6	-4.0	2.1	1.2	-5.3	7.9	-5.2	0.8	0.8
LA1	14.0	-54.8	-5.7	0.9	-5.1	-0.9	1.0	-16.5	7.5	-4.4	0.1	-0.5
LA2	21.4	-58.6	9.9	2.0	-5.5	0.3	13.3	-15.4	5.0	-4.1	1.2	0.7
LA3	1.9	-65.5	16.5	-0.2	-6.0	0.8	-0.5	-25.6	11.3	-2.5	1.1	1.5
LA4	-3.9	-43.0	16.5	-0.9	-4.1	0.9	-4.1	-13.5	9.6	-4.5	0.0	-0.4
LA5	7.1	-37.4	21.9	0.5	-4.0	1.4	-3.0	-12.7	14.7	-2.8	1.1	1.0
LA6	2.0	-25.2	25.2	0.1	-2.8	1.8	-1.2	-8.9	18.0	-4.6	-0.5	-0.4
LO1	10.0	-58.1	6.0	0.7	-5.5	0.0	2.4	-19.8	9.0	-3.6	0.4	0.2
LO2	2.5	-51.5	6.4	-0.2	-4.9	0.1	-0.8	-18.4	7.1	-2.9	0.9	0.8
LO3	3.8	-43.5	27.8	0.2	-4.2	1.8	-0.5	-14.4	14.2	-3.5	0.6	0.8
LO4	-6.4	-47.1	32.4	-1.1	-4.4	2.1	-5.0	-10.6	10.1	-7.0	0.6	-0.3
LO5	23.3	9.8	93.7	2.3	0.9	7.3	6.3	4.0	47.2	-0.7	1.1	1.9
BA1	4.6	-39.0	15.8	0.2	-4.1	0.9	-3.5	-13.3	11.7	-3.0	1.2	1.1
BA2	2.6	-49.4	33.8	-0.1	-4.6	2.2	0.0	-16.0	15.9	-3.5	1.1	1.2
BA3	-2.4	-53.0	5.3	-0.8	-5.0	0.1	-3.4	-19.7	7.0	-3.8	-0.2	-0.5
BA4	17.1	-49.7	3.3	1.6	-4.7	-0.2	10.6	-13.2	5.9	-5.0	0.0	-0.5
BA5	17.2	-77.9	-8.5	1.6	-6.9	-1.0	9.7	-27.0	-0.7	-3.4	1.0	0.9
BA6	14.0	-54.8	-5.7	0.9	-5.1	-0.9	1.0	-16.5	7.5	-4.4	0.1	-0.5
IS1	1.7	-50.1	14.6	-0.2	-4.8	0.8	-2.5	-18.3	10.1	-2.8	0.8	0.8
IS2	-2.5	-34.3	35.4	-0.7	-3.3	2.5	-3.3	-7.4	15.2	-5.7	0.4	0.0
IS3	18.9	-56.4	6.3	1.5	-5.2	0.0	9.7	-15.9	6.8	-4.6	0.7	0.3
IS4	2.9	-55.2	14.7	0.2	-5.5	0.7	-1.3	-21.1	12.9	-2.8	0.6	0.4
UR1	1.1	-57.2	22.2	-0.3	-5.4	1.2	-2.6	-18.7	11.8	-2.2	0.9	0.9
UR2	5.3	-49.0	14.9	0.2	-4.7	0.8	0.4	-16.4	10.4	-3.8	0.6	0.5

감소량이 줄어들고, 5월에는 선형 증가량이 커지는 것으로 나타났다. 특히 영산강유역은 3월에는 영산강 유역에서 가장 큰 증가량을 보였지만, 4월에는 오히려 가장 큰 감소량을 보여, 강수의 변화폭이 가장 심한 것을 알 수 있었으며, 5월에는 낙동강 유역에서 가장 큰 증가량을 보였다. 또한 남해안 지역이 3월에는 가장 증가량을 보였지만, 4월에는 가장 큰 감소량을 나타내었고, 도시화 지역은 4월에 가장 큰 감소량을 보였으며, 5월에는 가장 큰 증가량을 나타내어, 각 지역특성과 기간에 따라 많은 차이가 있음을 보였다. 강수효율의 경우에는 월강수량과 많은 차이가 없었으나, 몇몇 지역에서는 월강수량이 증가하였지만, 강수효율은 감소하는 것으로 나타났다. 위도별 34-35도에 해당하는 지점과 경도별 127-128도 지점, 유역별 낙동강 유역, 내륙 지역, 도시화 지역에서 월강수량은 증가하나, 강수효율은 각각 감소하는 것으로 나타났다. 4월에는 경도별 130도 이상 지

점을 제외한 모든 분류에서 감소하는 것으로 나타났고, 5월은 대부분 증가하는 것으로 나타났다. 이처럼 강수량은 증가하였지만 기온의 증가가 강수효율에 더 큰 영향을 미쳐 감소한 것으로 나타났다고 판단된다. 그러므로 수자원 관리에 있어 강수량의 변동특성만을 고려하기보다 대상 지역의 강수효율 변동특성 분석에 따른 대처가 필요하다. 월최대강수량에 대한 분석결과에서는 4월과 5월의 결과가 월강수량과 비슷하게 나타났으나, 3월은 월강수량에 비해 감소하는 지역이 더 많이 나타났다. 특히 4월은 경도별 130도 이상 지점을 제외한 나머지 지역들에서 모두 감소하는 것으로, 5월은 영산강 유역을 제외한 나머지 지점들에서 모두 증가하는 것으로 나타났다. 경도별 분류에서 4월에는 경도가 낮아질수록 선형 감소량이 큰 것으로 나타나는 반면, 5월은 경도가 높아질수록 선형 증가량이 대체적으로 커지는 것으로 나타나, 4월과 5월의 결과가 오히려 반대의 경향을 보였다.

Table 3 Changes of the monthly precipitation and the number of precipitation days

	1 hour			6 hour			12 hour			24 hour		
	March	April	May	March	April	May	March	April	May	March	April	May
AL1	9.8	- 1.7	2.0	15.8	- 8.5	7.3	20.2	- 14.0	11.0	21.5	- 17.7	9.4
AL2	6.7	- 1.1	0.6	12.4	- 6.8	3.2	14.5	- 10.5	5.0	15.3	- 12.7	5.4
AL3	8.3	- 1.0	2.5	13.9	- 7.0	11.7	17.5	- 11.3	17.0	19.2	- 13.8	17.7
AL4	9.5	1.9	- 4.7	14.9	8.9	- 4.6	20.1	12.9	- 3.2	26.6	18.0	- 1.6
LA1	14.1	- 2.1	5.9	18.2	5.8	12.0	27.5	7.1	16.0	30.6	4.4	18.0
LA2	15.2	- 2.3	1.8	24.9	- 8.9	10.3	32.5	- 17.1	14.4	33.8	- 22.5	8.2
LA3	9.1	- 2.4	1.0	14.0	- 14.8	6.6	17.3	- 23.9	12.9	18.6	- 29.1	10.6
LA4	7.6	- 0.9	2.3	13.1	- 5.7	6.2	16.3	- 8.5	8.2	16.9	- 11.1	7.7
LA5	6.9	- 0.8	1.5	12.5	- 5.8	6.7	14.7	- 8.8	8.9	16.6	- 10.0	11.4
LA6	6.1	0.2	- 0.5	11.4	- 2.8	- 0.7	16.1	- 3.7	0.7	19.6	- 2.5	1.9
LO1	10.8	- 2.1	2.5	17.3	- 7.2	7.5	22.4	- 11.9	11.2	23.6	- 16.7	10.8
LO2	9.0	- 1.5	1.8	15.3	- 9.4	5.7	18.5	- 15.4	7.3	19.9	- 20.2	5.7
LO3	8.5	- 1.1	1.2	13.7	- 7.5	6.5	18.0	- 12.6	11.4	20.0	- 13.9	10.0
LO4	6.7	- 0.9	0.7	10.9	- 6.3	8.1	13.4	- 10.3	13.2	13.5	- 11.0	10.0
LO5	12.0	0.5	5.3	21.2	- 2.0	31.8	24.4	2.6	40.8	28.8	12.0	52.1
BA1	6.4	- 0.8	0.8	11.7	- 5.7	3.4	14.2	- 8.7	4.6	16.2	- 10.2	6.1
BA2	9.5	- 1.3	2.1	15.0	- 9.5	11.3	18.8	- 16.0	17.6	19.9	- 18.2	15.4
BA3	8.5	- 1.3	1.6	14.5	- 7.8	3.3	18.0	- 11.7	4.8	19.2	- 16.0	3.8
BA4	12.2	- 2.0	2.0	21.9	- 9.8	8.6	26.4	- 17.4	11.9	27.2	- 23.6	8.4
BA5	13.8	- 4.5	1.4	20.4	- 15.3	6.0	28.0	- 24.5	10.3	29.6	- 32.6	6.6
BA6	14.1	- 2.1	5.9	18.2	5.8	12.0	27.5	7.1	16.0	30.6	4.4	18.0
IS1	7.7	- 1.4	1.7	12.9	- 8.6	6.2	15.8	- 13.7	8.8	17.1	- 17.1	8.4
IS2	7.5	- 0.4	0.9	12.6	- 4.7	8.4	16.0	- 6.8	13.1	17.6	- 5.9	13.0
IS3	15.0	- 2.5	2.2	22.4	- 6.5	10.0	30.7	- 13.0	13.5	32.5	- 18.0	9.3
IS4	8.8	- 1.6	2.8	16.7	- 9.5	5.5	18.7	- 15.2	11.1	19.6	- 19.6	11.2
UR1	9.1	- 1.3	0.7	13.0	- 8.4	8.3	15.8	- 14.0	14.3	16.7	- 18.6	11.3
UR2	9.3	- 1.5	2.0	15.5	- 7.8	6.9	19.7	- 12.7	10.2	21.2	- 15.8	9.4

일강수량 한계치별 강수일수에 대한 선형회귀분석을 실시한 결과, 0 mm를 초과하는 강수일수는 모든 군집별 분류에서 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 고도별 300 m 이상, 위도별 38도 이상, 경도별 129-130도, 유역별 섬진강 유역, 내륙 및 해안 분류에서는 동해안 지역, 도시화 분류에서는 비도시화 지역에 해당하는 지점에서 가장 큰 감소량을 보였다. 10 mm를 초과하는 강수일수부터는 대부분 증가하는 것으로 나타났으나, 그 증가량이 대체적으로 1.5일 내외로 변화의 폭이 작아, 변화가 거의 없었다고 판단된다. 유역별로는 한강유역이, 도시화 분류에서는 도시화 지역에서 대체적으로 가장 큰 증가량 또는 가장 적은 감소량이 나타났다.

각 지속시간별 월최대강수량에 대한 선형회귀분석을 실시하여 각 기상관측 지점의 위치적 특성에 따라 분류하여 분석한 결과로 3월과 5월은 대부분 증가하는 것으로 나타났으나, 4월은 감

소하는 것으로 나타났다. 고도별 분류에서는 전반적으로 고도별 300 m 이상 지점에서 가장 큰 증가량을 보였고, 위도별 분류에서는 대체적으로 34도 미만 지점, 경도별 130도 이상 지점, 유역별 제주도 유역에서 가장 큰 선형 증가량 또는 가장 작은 선형 감소량을 보였다. 또한 내륙 및 해안 분류에서도 해안 지역에서 선형 증가량이 가장 크거나 감소량이 가장 작게 나타났다.

2. Mann-Kendall 검정

Table 4와 Table 5는 3, 4, 5월에 대하여 각 월의 월강수량, 강수효율, 월최대강수량, 일강수량의 한계치별 강수일수, 그리고 지속시간별 월최대강수량 자료를 이용하여 Mann-Kendall 검정을 실시하고, 각 지점에 대한 위치적 특성에 따라 분류하여 가장 높은 빈도를 보이는 추세에 음영으로 표시한 것을 보

Table 4 The number of weather stations according to the trend types of monthly precipitation and rainfall effectiveness

	Monthly Precipitation												Rainfall Effectiveness											
	March				April				May				March				April				May			
	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼
AL1	1	15	29	0	0	0	21	24	3	37	5	0	1	12	32	0	0	0	16	29	1	38	6	0
AL2	0	1	6	0	0	0	3	4	0	7	0	0	0	2	5	0	0	0	3	4	0	7	0	0
AL3	0	1	5	0	0	0	3	3	1	5	0	0	0	1	5	0	0	0	3	3	1	5	0	0
AL4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
LA1	0	3	0	0	0	0	2	1	0	2	1	0	0	2	1	0	0	0	1	2	0	2	1	0
LA2	1	7	1	0	0	0	6	3	0	7	2	0	1	7	1	0	0	0	4	5	0	7	2	0
LA3	0	5	10	0	0	0	1	14	0	14	1	0	0	3	12	0	0	0	1	14	0	13	2	0
LA4	0	0	18	0	0	0	8	10	2	15	1	0	0	0	18	0	0	0	7	11	1	16	1	0
LA5	0	3	9	0	0	0	9	3	2	10	0	0	0	3	9	0	0	0	8	4	1	11	0	0
LA6	0	1	1	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	2	0	0
LO1	1	8	9	0	0	0	6	12	1	13	4	0	1	6	11	0	0	0	5	13	0	14	4	0
LO2	0	6	13	0	0	0	8	11	0	18	1	0	0	6	13	0	0	0	6	13	0	17	2	0
LO3	0	4	12	0	0	0	11	5	1	15	0	0	0	3	13	0	0	0	10	6	0	16	0	0
LO4	0	0	5	0	0	0	2	3	1	4	0	0	0	0	5	0	0	0	1	4	1	4	0	0
LO5	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
BA1	0	3	11	0	0	0	11	3	1	13	0	0	0	3	11	0	0	0	10	4	0	14	0	0
BA2	0	5	15	0	0	0	10	10	3	17	0	0	0	4	16	0	0	0	8	12	2	18	0	0
BA3	0	1	12	0	0	0	2	11	0	12	1	0	0	1	12	0	0	0	2	11	0	11	2	0
BA4	1	3	1	0	0	0	3	2	0	4	1	0	1	3	1	0	0	0	2	3	0	4	1	0
BA5	0	4	0	0	0	0	0	4	0	2	2	0	0	3	1	0	0	0	0	4	0	2	2	0
BA6	0	3	0	0	0	0	2	1	0	2	1	0	0	2	1	0	0	0	1	2	0	2	1	0
IS1	0	6	25	0	0	0	13	18	1	29	1	0	0	5	26	0	0	0	12	19	0	29	2	0
IS2	0	1	7	0	0	0	5	3	2	6	0	0	0	1	7	0	0	0	4	4	2	6	0	0
IS3	1	10	1	0	0	0	9	3	0	9	3	0	1	8	3	0	0	0	6	6	0	9	3	0
IS4	0	2	6	0	0	0	1	7	1	6	1	0	0	2	6	0	0	0	1	7	0	7	1	0
UR1	0	1	6	0	0	0	1	6	1	6	0	0	0	0	7	0	0	0	1	6	0	7	0	0
UR2	1	18	33	0	0	0	27	25	3	44	5	0	1	16	35	0	0	0	22	30	2	44	6	0

	Monthly Maximum Pre.												Threshold											
	March				April				May				00 mm				10 mm				20 mm			
	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼
AL1	2	10	32	1	0	1	29	15	6	34	5	0	0	10	21	14	7	16	19	3	1	27	14	3
AL2	0	1	5	1	0	0	4	3	0	7	0	0	0	1	6	0	1	5	1	0	2	3	2	0
AL3	0	1	3	2	0	0	4	2	1	5	0	0	0	0	6	0	0	5	1	0	1	4	1	0
AL4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
LA1	0	2	1	0	0	0	2	1	0	2	1	0	0	0	2	1	0	1	2	0	0	2	1	0
LA2	2	6	1	0	0	1	6	2	0	8	1	0	0	1	5	3	2	5	1	1	0	6	2	1
LA3	0	2	12	1	0	0	3	12	2	12	1	0	0	4	8	3	3	7	5	0	2	10	3	0
LA4	0	0	15	3	0	0	15	3	3	14	1	0	0	3	10	5	1	6	9	2	2	6	8	2
LA5	0	2	10	0	0	0	10	2	2	8	2	0	0	3	7	2	2	7	3	0	0	10	2	0
LA6	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	1	1	0
LO1	2	4	12	0	0	1	10	7	1	14	3	0	0	3	10	5	1	9	7	1	1	11	5	1
LO2	0	4	12	3	0	0	10	9	0	18	1	0	0	4	11	4	5	7	5	2	3	8	6	2
LO3	0	3	13	0	0	0	12	4	3	11	2	0	0	3	12	1	1	9	6	0	0	14	2	0
LO4	0	0	4	1	0	0	5	0	2	3	0	0	0	1	0	4	1	1	3	0	0	1	4	0
LO5	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
BA1	0	1	13	0	0	0	12	2	1	11	2	0	0	4	8	2	3	7	4	0	1	10	3	0
BA2	0	4	14	2	0	0	14	6	6	14	0	0	0	4	11	5	3	9	8	0	2	13	5	0
BA3	0	0	11	2	0	0	7	6	0	12	1	0	0	3	7	3	1	5	5	2	1	4	6	2
BA4	1	3	1	0	0	1	2	2	0	4	1	0	0	0	3	2	1	3	0	1	0	3	1	1
BA5	1	2	1	0	0	0	1	3	0	3	1	0	0	0	3	1	0	2	2	0	0	3	1	0
BA6	0	2	1	0	0	0	2	1	0	2	1	0	0	0	2	1	0	1	2	0	0	2	1	0
IS1	0	3	25	3	0	0	17	14	3	26	2	0	0	6	21	4	4	14	12	1	3	20	7	1
IS2	0	1	6	1	0	0	8	0	3	4	1	0	0	1	3	4	1	3	4	0	0	3	5	0
IS3	2	7	3	0	0	1	8	3	1	9	2	0	0	1	7	4	2	5	4	1	0	8	3	1
IS4	0	1	7	0	0	0	5	3	0	7	1	0	0	3	3	2	1	5	1	1	1	4	2	1
UR1	0	0	7	0	0	0	5	2	2	5	0	0	0	3	3	1	2	2	3	0	0	5	2	0
UR2	2	12	34	4	0	1	33	18	5	41	6	0	0	8	31	13	6	25	18	3	4	30	15	3

Table 5 The number of weather stations according to the trend types of maximum precipitation of 1, 6, 12, and 24 hour

	1 hour												6 hour											
	March				April				May				March				April				May			
	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼
AL1	39	6	0	0	0	6	30	9	8	30	7	0	42	3	0	0	0	4	32	9	5	32	8	0
AL2	6	0	1	0	0	1	4	2	0	6	1	0	6	1	0	0	0	0	5	2	0	6	1	0
AL3	5	1	0	0	0	0	4	2	1	5	0	0	6	0	0	0	0	0	4	2	2	4	0	0
AL4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
LA1	2	1	0	0	0	2	1	0	0	3	0	0	2	1	0	0	0	2	1	0	0	2	1	0
LA2	8	1	0	0	0	1	8	0	0	7	2	0	9	0	0	0	0	1	7	1	0	6	3	0
LA3	12	3	0	0	0	0	7	8	3	11	1	0	14	1	0	0	0	0	4	11	2	13	0	0
LA4	16	2	0	0	0	2	13	3	5	11	2	0	17	1	0	0	0	0	17	1	4	11	3	0
LA5	11	0	1	0	0	2	9	1	1	8	3	0	11	1	0	0	0	2	10	0	1	9	2	0
LA6	2	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0
LO1	16	2	0	0	0	3	11	4	1	14	3	0	16	2	0	0	0	3	11	4	0	13	5	0
LO2	17	1	1	0	0	0	15	4	3	13	3	0	18	1	0	0	0	1	13	5	1	16	2	0
LO3	14	2	0	0	0	5	7	4	4	9	3	0	16	0	0	0	0	1	11	4	3	10	3	0
LO4	3	2	0	0	0	0	5	0	1	4	0	0	4	1	0	0	0	0	5	0	2	3	0	0
LO5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
BA1	13	0	1	0	0	3	10	1	1	8	5	0	13	1	0	0	0	2	12	0	0	10	4	0
BA2	15	5	0	0	0	3	12	5	6	14	0	0	19	1	0	0	0	0	14	6	7	13	0	0
BA3	13	0	0	0	0	0	8	5	2	9	2	0	13	0	0	0	0	0	9	4	0	11	2	0
BA4	4	1	0	0	0	0	4	1	0	4	1	0	5	0	0	0	0	1	3	1	0	4	1	0
BA5	4	0	0	0	0	0	4	0	0	3	1	0	3	1	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0
BA6	2	1	0	0	0	2	1	0	0	3	0	0	2	1	0	0	0	2	1	0	0	2	1	0
IS1	27	3	1	0	0	5	18	8	8	19	4	0	29	2	0	0	0	2	20	9	4	24	3	0
IS2	6	2	0	0	0	0	8	0	1	5	2	0	7	1	0	0	0	0	8	0	3	3	2	0
IS3	10	2	0	0	0	3	8	1	0	10	2	0	11	1	0	0	0	3	7	2	0	8	4	0
IS4	8	0	0	0	0	0	5	3	0	7	1	0	8	0	0	0	0	0	6	2	0	7	1	0
UR1	7	0	0	0	0	1	5	1	1	6	0	0	6	1	0	0	0	0	5	2	0	7	0	0
UR2	44	7	1	0	0	7	34	11	8	35	9	0	49	3	0	0	0	5	36	11	7	35	10	0

	12 hour												24 hour											
	March				April				May				March				April				May			
	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼	▲	△	▽	▼
AL1	41	4	0	0	0	3	32	10	4	34	7	0	38	6	1	0	0	1	31	13	2	36	7	0
AL2	6	1	0	0	0	0	6	1	0	7	0	0	6	1	0	0	0	0	6	1	0	7	0	0
AL3	6	0	0	0	0	1	3	2	2	4	0	0	5	1	0	0	0	1	3	2	1	5	0	0
AL4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
LA1	2	1	0	0	0	2	1	0	0	2	1	0	2	1	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0
LA2	8	1	0	0	0	1	7	1	0	6	3	0	8	1	0	0	0	1	5	3	0	7	2	0
LA3	14	1	0	0	0	0	3	12	2	13	0	0	11	4	0	0	0	0	3	12	1	14	0	0
LA4	17	1	0	0	0	0	18	0	3	14	1	0	16	1	1	0	0	0	17	1	1	14	3	0
LA5	11	1	0	0	0	2	10	0	1	9	2	0	11	1	0	0	0	2	10	0	1	9	2	0
LA6	2	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0
LO1	16	2	0	0	0	3	11	4	0	14	4	0	16	2	0	0	0	1	12	5	0	15	3	0
LO2	18	1	0	0	0	0	15	4	1	17	1	0	17	2	0	0	0	0	13	6	0	17	2	0
LO3	15	1	0	0	0	1	10	5	3	10	3	0	15	1	0	0	0	1	11	4	1	12	3	0
LO4	4	1	0	0	0	0	5	0	1	4	0	0	1	3	1	0	0	0	4	1	1	4	0	0
LO5	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
BA1	13	1	0	0	0	1	13	0	0	11	3	0	13	1	0	0	0	1	13	0	0	11	3	0
BA2	18	2	0	0	0	1	12	7	6	14	0	0	14	5	1	0	0	1	11	8	3	17	0	0
BA3	13	0	0	0	0	0	10	3	0	12	1	0	13	0	0	0	0	0	9	4	0	10	3	0
BA4	5	0	0	0	0	1	3	1	0	4	1	0	5	0	0	0	0	1	2	2	0	4	1	0
BA5	3	1	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0	3	1	0	0	0	0	2	2	0	3	1	0
BA6	2	1	0	0	0	2	1	0	0	2	1	0	2	1	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0
IS1	29	2	0	0	0	1	21	9	4	25	2	0	28	3	0	0	0	1	22	8	1	27	3	0
IS2	7	1	0	0	0	1	7	0	2	4	2	0	4	3	1	0	0	1	6	1	2	4	2	0
IS3	10	2	0	0	0	3	7	2	0	8	4	0	10	2	0	0	0	1	7	4	0	10	2	0
IS4	8	0	0	0	0	0	6	2	0	8	0	0	8	0	0	0	0	0	5	3	0	7	1	0
UR1	6	1	0	0	0	0	5	2	0	7	0	0	4	3	0	0	0	0	4	3	0	7	0	0
UR2	48	4	0	0	0	5	36	11	6	38	8	0	46	5	1	0	0	3	36	13	3	41	8	0

Fig. 2 Map of the results of Mann-Kendall test

여주고 있다. 전체적으로 강수량이 3월에는 뚜렷한 추세가 나타나지 않았지만, 4월에는 감소하는 추세, 5월에는 증가하는

추세가 뚜렷하게 나타남을 알 수 있다. 3, 4, 5월의 월강수량에 대한 검정결과, 4월에는 모든 군집별 분류에서 감소하는 추세

Fig. 2 Continued

만이 나타났으며, 고도별로는 100 m 미만, 100-200 m 지점, 위도별 35-36도, 36-37도 지점, 경도별 127도 미만, 127-128도 지점에서, 유역별 분류에서는 금강, 영산강 지역, 내륙 및 해안 분류에서는 내륙 지역과 서해안 지역, 도시화별 분류에서는 도시화 지역에서 통계적으로 유의한 감소추세의 빈도가 가장 높게 나타났다. 또한 5월은 대체적으로 통계적으로 유의성을 가지지 않는 증가추세가 많이 나타났다. 강수효율에 대한 검정결과에서도 대체적으로 월강수량의 결과와 비슷한 결과를 나타냈으며 특히 3월은 강수량은 증가추세를 보이는 반면에, 강수효율은 감소하는 지점이 나타났는데, 이는 기온 증가로 인하여 발생한 것으로 판단된다. 4월에는 대부분 통계적으로 유의한 감소추세의 비율이, 5월에는 통계적으로 유의하진 않지만 증가추세의 비율이 높게 나타났다. 또한 월강수량은 증가하나 강수효율은 감소하는 지점이 나타났다.

월최대강수량은 4월에 대체적으로 감소하는 추세의 빈도가 높게 나타났지만, 대부분 통계적으로 유의하지 않는 감소추세가 많이 나타났다. 5월에도 유의성을 가지지 않는 증가추세의 빈도가 뚜렷하게 나타남을 보였다. 고도별 분류에서 300 m 이상 지점을 제외하고 3월과 4월에는 감소추세가, 5월에는 증가추세가 나타났으며, 경도별 분류에서는 130도 이상 지점을 제외한 모든 지점에서 3월과 4월에는 감소추세, 5월에는 증가추세를 보였다. 이 외에도 한강, 낙동강, 금강 지역, 내륙, 동해안, 서해안 지역에서 3월과 4월에는 감소추세를, 5월에는 증가추세를 보였으나 모두 통계적 유의성을 가지지 않는 추세의 빈도가 높게 나타났다.

강수일수의 경우, 일강수량 0 mm를 초과하는 강수일수를 제외한 모든 한계치별 강수일수에 대한 Mann-Kendall 검정결과에서 대체적으로 증가하는 경향성이 뚜렷하게 나타남을 보였다. 0 mm를 초과하는 강수일수에 대한 추세분석 결과는 대부분

감소추세가 나타났으며, 경도별 129-130도 지점과 내륙 및 해안별 동해안 지역에서는 통계적으로 유의한 감소추세가 많이 나타났다.

지속시간별 최대강수량에 대한 검정결과, 지속시간 1시간에서 3월에는 모든 군집별로 통계적으로 유의한 증가추세를 나타냈으며, 4월에는 대부분 감소추세가 나타났다. 위도별 35-36도 지점에서 통계적으로 유의한 감소추세가 나타났다. 5월에는 대부분의 군집별 분류에서 통계적으로 유의하진 않으나, 모두 증가추세를 보였다.

IV. 결 론

본 연구는 1973년부터 2009년까지 전국 59개 기상관측소의 봄철에 해당하는 3, 4, 5월의 일강수량과 시강수량 자료를 통해 선형회귀분석 및 Mann-Kendall 검정을 수행하고, 각 기상관측소별 위치적 특성에 따라 분류하여 지역특성에 따른 우리나라 봄철 강수의 정량적 변화와 추세변화 특성을 분석하였다. 위치적 특성은 고도, 위도, 경도, 유역, 내륙/해안(동해, 남해, 서해), 도시화 정도별로 구분하여 각 지역특성에 따른 분석을 실시하였다. 선형회귀분석 및 Mann-Kendall 검정을 실시한 결과, 월강수량 및 강수효율, 월최대강수량의 경우에는 전반적으로 3월에 감소와 증가가 비슷한 비율로 나타났으며, 4월은 감소하고, 5월은 증가하는 지점이 많이 나타났다. 또한 강수효율에 대한 회귀분석에서, 3월에 월강수량은 증가하지만, 강수효율이 감소하는 결과가 나타난 지점도 보였다. 이는 기후변화에 따른 기온상승으로 인하여 강수량이 증가하여도 기온에 의하여 강수효율의 감소가 나타난 것으로 보인다. 또한 고도와 경도, 위도가 높아짐에 따라 대체적으로 강수량의 증가폭이 커지거나, 감소폭이 줄어드는 것으로 나타났으며, 해안 지역과 도시화 지역에서

변화량이 큰 것으로 나타났다. 한계치별 (Threshold) 강수일수 중, 0 mm를 초과하는 강수일수에 대한 선형회귀분석에서는 모두 감소하는 것으로 나타났으며, 10 mm 및 20 mm를 초과하는 강수일수에 대한 분석에서는 대체적으로 증가하는 것으로 나타났다. 그 증가량이 전체적으로 1.5일을 넘지 않는 적은 증가량을 보였다. 지속시간별 월최대강수량에 대한 분석에서는, 3월과 5월에 증가하는 것으로 나타났으며, 4월에 감소하는 것으로 나타났다. 고도별 300 m 이상 지점과 경도별 130도 이상 지점, 제주도 유역, 해안 지역, 비도시화 지역에서 대체적으로 가장 큰 증가량을 보이거나 가장 적은 감소량을 보였으며, 위도와 경도가 낮아질수록 증가량과 감소량이 커지는 것으로 나타났다. 4월에는 전국적으로 강수량과 강수효율의 감소추세가 뚜렷하게 나타난 점을 통하여 가뭄의 발생에 심각하게 영향을 미칠 것으로 판단된다. 또한 3월의 경우 강수량은 증가하지만 강수효율은 떨어지는 지점이 나타나고 5월에는 대체적으로 증가하는 것으로 나타나는 것을 통하여 기간별로 다른 수자원 관리 및 확보가 이뤄져야 하며, 특히 4월의 경우 대부분 농촌 지역에서 강수량 감소가 예상되므로 농업용수의 확보방안도 필요할 것이라 생각된다. 또한 위치적 특성에 따라 비슷한 경향성이 많이 나타나는 것을 통하여, 지역특성별로 차별화된 수자원 확보 및 관리방안이 필요하다 판단된다.

이 논문은 국토해양부 한국건설교통기술평가원의 2009 건설기술혁신사업인 ‘기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망’ 과제에 의해 지원되었습니다.

REFERENCES

- Begert, M., T. Schlegel, and W. Kirchhofer, 2005. Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. *International Journal of Climatology* 25: 65-80.
- Burn, D. H., and M. A. H. Elnur, 2002. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology* 255: 107-122.
- Choi, G. Y., and W. T. Kwon, 2008. Current and future changes in the type of wintertime precipitation in south Korea. *Journal of the Korean Geographical Society* 43(3): 1-19 (in Korean).
- Shahid, S., and O. S. Khairulmaini, 2009. Spatio-temporal variability of rainfall over Bangladesh during the time period 1969-2003. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* 45(3): 375-389.
- Gemmer, M., S. Becker, and T. Jiang, 2004. Observed monthly precipitation trends in China 1951-2002. *Theor. Appl. Climatol* 77: 39-45.
- Hwang, S. H., J. H. Kim, C. S. Yoo, and J. H. Lee, 2010. Characteristics of inter-monthly climatic change appeared in long-term Seoul rainfall. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers* 30(1B): 1-11 (in Korean).
- Karpouzou, D. K., S. Kavalieratou, and C. Babajimopoulos, 2010. Trend analysis of precipitation data in Pieria region (Greece). *European Water* 30: 31-40.
- Kim, B. K., B. S. Kim, and H. S. Kim, 2008. On the change of extreme weather event using extreme indices. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers* 28(1B): 41-53 (in Korean).
- Kim, G., T. K. Yim, and C. H. 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 (in Korean).
- Kim, S. S., S. M. Jang, and H. J. Baek, 2006. Climatological variability of temperature and Precipitation in Jeju. *Jour. Korean Earth Science Society* 27(2): 188-197 (in Korean).
- Lee, D. K., and J. G. Park, 1999. Regionalization of summer rainfall in south Korea using cluster analysis. *Journal of the Korean Meteorological Society* 35(4): 511-518 (in Korean).
- Lee, S. H., and W. T. Kwon, 2004. A variation of summer rainfall in Korea. *Journal of the Korean Geographical Society* 39(6): 819-832 (in Korean).
- Park, C. Y., J. Y. Moon, E. J. Cha, W. T. Won, and Y. E. Choi, 2008. Recent change in summer precipitation characteristics over south Korea. *Journal of the Korean Geographical Society* 43(3): 324-336 (in Korean).
- Partal, T., and E. Kahya, 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes* 20: 2011-2026.
- Yue, S., and M. Hashino, 2003. Long term trends of annual and monthly precipitation in Japan. *Journal of the American Water Resources Association* 39(3): 587-596.