

일강우자료를 이용한 강우사상의 변동 특성 분석

Characteristic Change Analysis of Rainfall Events using Daily Rainfall Data

오 태 석* / 문 영 일**
Oh, Tae Suk / Moon, Young-II

Abstract

Climate change of global warming may affect the water circulation in Korea. Rainfall is occurred with complex of multiple climatic indices. Therefore, the rainfall is one of the most significant index due to climate change in the process of water circulation. In this research, multiple time series data of rainfall events were extracted to represent the rainfall characteristics. In addition, the occurrence of rainfall time series analyzed by annual, seasonal and monthly data. Analysis method used change analysis of mean and standard deviation and trend analysis. Also, changes in rainfall characteristics and the relative error was calculated during the last 10 years for comparison with past data. At the results, significant statistical results weren't showed by randomness of rainfall data. However, amount of rainfall generally increased last 10 years, and number of raining days had trend of decrease. In addition, seasonal and monthly changes in the rainfall characteristics can be found to appear differently.

keywords : rainfall events, maximum precipitation, rainfall occurrence frequency, change analysis, trend analysis

요 지

지구온난화에 따른 기후변화가 우리나라의 물순환 과정에 영향을 미칠 수 있다. 강우는 여러 기상인자들과 복잡한 영향을 주고 받으며 발생한다. 따라서 강우는 물순환 과정에서 기후변화에 따른 영향을 크게 받는 인자 중의 하나이다. 본 연구에서는 강우특성을 나타낼 수 있는 여러 시계열 자료를 구축하였다. 또한 강우의 발생 시계열을 연별, 계절별 및 월별로 구성하여 분석하였다. 분석 방법은 시계열 자료의 평균과 표준편차의 변동성 분석과 경향성 분석을 수행하였다. 또한, 최근 10년 동안에 강우특성의 변화에 대한 상대오차를 계산하여 과거 자료들과 비교하였다. 분석 결과에서 강우자료의 고유 특성인 무작위성에 의하여 뚜렷한 통계적 결과는 나타나지 않았다. 그러나 일반적으로 최근 10년간 강우량은 증가하였으며, 강우일수는 감소하는 추세를 보였다. 또한, 계절별과 월별에 따른 강우특성의 변화가 다르게 나타나고 있음을 확인할 수 있다.

핵심용어 : 강우사상, 최대강우량, 강우발생빈도, 변동성 분석, 경향성 분석

* 서울시립대학교 공과대학 토목공학과 박사후과정

The University of Seoul, Siripdae-gil 13(Jeonong-dong 90), Dongdaemun-gu, Seoul 130-743 Korea

** 교신저자·서울시립대학교 공과대학 토목공학과 교수

Corresponding Author, The University of Seoul, Siripdae-gil 13(Jeonong-dong 90), Dongdaemun-gu, Seoul 130-743 Korea
(e-mail: ymoon@uos.ac.kr)

1. 서론

최근의 전 세계적인 기후변화와 기상이변으로 인하여 우리나라의 수문환경이 변화하고 있음은 자명한 일이다. 기후변화로 인한 수문환경의 변화 중에서 가장 큰 영향을 받는 인자 중의 하나는 바로 강우이다. 강우사상은 여러 수문기상인자들과 복잡한 연관을 가지며 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서 기후변화와 같은 수문환경의 변화는 강우사상의 발생특성을 변화시킬 수 있는 가능성을 충분히 내포하고 있다. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)의 4차 평가보고서에 따르면 온실가스의 증가로 인해 1900년 이후에 지구의 평균 온도는 0.76°C가 증가하였으며, 최근 12년(1995~2006) 중에서 11년의 기온이 최고기록을 나타내었다. 또한 지난 50년간이 과거 1300년 중에서 가장 온난한 기간일 수 있는 가능성을 제시하였다. 그리고 호우의 빈도가 증가하고 대서양의 허리케인 강도가 증가하는 경향이 있는 것으로 기술하였다. 이와 같이 지구온난화는 물 순환에 있어 많은 영향을 끼치고 있다. 서규우(2003)는 중국 내륙의 온도 상승이 우리나라의 강우 특성 변화의 원인일 수 있음을 제시하였다. 따라서 강우의 발생과 강우강도는 여러 수문기상학적 인자들과 복합적인 영향을 주고받으며 발생하므로 지금까지 관측된 강우의 특성에 대한 분석이 필요하다. 그러므로 강우특성의 변화는 홍수나 가뭄과 같은 자연재해의 유발원인이 되므로 우리나라의 강우특성변화에 대한 분석을 수행할 필요성이 있다.

물순환과 관련된 수문자료에 대한 시계열 분석은 많이 이루어져 왔다. 오세정과 유철상(2007)은 도시지역에서 발생한 강우사상은 도시화보다 기후변화의 영향이 보다 많음을 제시하였다. Burn and Hag (2002)은 기후변화와 관련된 수문학적 경향성을 파악하였으며, Zhang *et al.* (2001)은 유출량에 대한 경향성 분석을 수행하였다. 오제승 등(2006)은 수문 및 기후 시계열 자료를 대상으로 평균에 대한 변동성 및 경향성 분석을 수행하여 몇몇 수문자료에 변동 및 경향성이 있음을 제시하였다. Karl *et al.* (1996)은 매우 더운 날씨가 증가하고 있음을 밝혔다. 김보경 등(2008)은 기상청의 66개 지점의 과거 자료를 활용하여 강우와 온도자료의 극한지수를 설정하고 선형회귀 및 Kendall-Tau 방법을 적용하여 경향성 분석을 수행하였다. 분석결과에서 여름철 강우 발생률과 집중호우 한계 기준이 더 크게 증가하고, 겨울철의 온도상승이 큰 것으로 나타났다. 권원태 등(2007)은 최근 10년(1996-2005)의 우리나라의 평균 기온은 0.6도 상승하고 연강수량은 11 % 증가한

것으로 나타났으며 이중에서 여름철은 18 % 증가하고 호우일수도 증가한 것으로 분석하였다. Yue and Hashino (2003)은 일본의 월 및 연강수량의 장기경향성 분석을 수행하였다. 안재현 등(2000)은 50 mm 이상의 강우량 발생 일수가 10 % 정도 증가하였음을 밝혔으며, 오제승 등(2007)은 대규모 강우의 발생 횟수와 단기간 강우량은 98년을 시점으로 변동성을 지니고 있는 것으로 발표하였다. 이와 같이 많은 연구에서 지구 온난화 등에 대한 영향으로 인하여 여러 수문인자인 온도와 강우가 변화하고 있음을 밝혔다. 그러나 김광섭과 임태경(2005)은 한반도 강우특성의 장기추세로 총강수량의 증가, 총 강우일수 감소 및 80 mm 이상 강우일수가 증가하고 있을지라도 Mann-Kendall 검정 결과에서 통계적인 유의성이 있는 결과는 확인할 수 없는 것으로 발표하였으며, 이상복 등(2004)은 30년 이상 관측된 자료를 이용하여 연 최대 강우량과 연강수량에 대한 변동성 및 경향성 분석을 수행한 결과에서 통계적으로 유의한 결과는 계산되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 강우와 같이 변동성이 큰 수문시계열 자료에 대한 변화특성 분석은 통계적 방법과 유의수준 등에 따라 분석 결과에 많은 차이를 보일 수 있다.

그러므로 본 연구에서는 일 강우자료를 활용하여 추출한 여러 시계열 자료를 이용하여 우리나라에서 발생하고 있는 강우사상의 변동특성에 대한 여러 통계적 분석을 통해 강우발생 특성의 변화에 대한 분석을 수행하였다.

2. 분석대상지점의 선정 및 자료의 추출

우리나라에서 강수량 측정을 위한 우량관측소는 676 개소로 기상청, 건설교통부, 한국수자원공사 및 한국농촌공사 등에서 운영하고 있으며, 지자체에서도 우량관측소를 운영하고 있으나 현재까지는 공식적인 자료로는 인정받지 못한 실정이다(윤용남, 2007). 이 중에서 기상청은 총 76개 지점에서 기상자료를 관측하고 있다. 기상청에서 관측하여 발표하고 있는 강우관측소 중에서 관측연수가 50년 이상이고 우리나라에 고르게 분포할 수 있도록 14개 지점을 선정하여 분석에 적용하였다. 분석 대상 지점은 강릉, 서울, 인천, 울릉도, 추풍령, 포항, 대구, 전주, 울산, 광주, 부산, 목포, 여수 및 제주 지점이다. Table 1은 분석 대상 지점의 관측소 위치 등에 대하여 정리한 결과이다.

Table 1에 나타난 바와 같이 14개 지점은 대부분 1950년 이전부터 관측을 시작한 지점으로 분석 대상 지점을 구성하였다. 그러나 한국전쟁 등으로 인한 강우

Table 1. Location of Analysis Stations

Station Number	Station Name	The North Latitude	The East Longitude	Altitude (m)	Height above Ground (m)	The First Year for Observation
105	Gangneung	37°45'	128°54'	25.9	0.5	1912
108	Seoul	37°34'	126°58'	86.0	0.5	1908
112	Incheon	37°28'	126°38'	68.9	0.5	1905
115	Ullung Island	37°29'	130°54'	220.9	0.5	1939
135	Chupungryung	36°13'	128°00'	242.5	0.5	1949
138	Pohang	36°02'	129°23'	1.9	2.3	1949
143	Daegu	35°53'	128°37'	57.6	0.6	1909
146	Jeonju	35°49'	127°09'	53.5	0.6	1919
152	Ulsan	35°33'	129°19'	34.7	0.6	1946
156	Gwangju	35°10'	126°54'	70.5	0.6	1940
159	Busan	35°06'	129°02'	69.2	0.6	1905
165	Mokpo	34°49'	126°23'	37.9	0.6	1906
168	Yeosu	34°44'	127°45'	66.1	0.6	1943
184	Jeju Island	33°31'	126°32'	20.0	0.5	1924

관측자료가 1951~1953년까지 누락된 지점이 다수 있으므로 분석대상 기간을 최근 50년간인 1958년부터 2007년까지로 선정하였다. 따라서 위의 기간 동안에 관측된 일강수량 자료를 이용하여 여러 시계열 자료를 추출하여 강우사상의 특성에 대한 분석을 수행하였다.

강우자료는 강우관측소의 위치와 고도 등의 지리적 여건에 따라 많은 영향을 받게 되므로 분석 대상 지점에서 동일한 기준을 이용하여 강우사상을 추출하는 것 보다는 분석 대상 지점의 특성에 따라서 분석대상자료를 선정하였다. 따라서 분석대상자료는 각각의 강우관측소에서 관측된 기간별 총강수량, 지속시간 1, 2, 3, 4, 5, 7일 최대강수량 자료를 추출하였다. 일최대강수량 자료는 임의시간환산계수를 적용하지 않았다. 이는 동일한 기준에 의해 선정된 강우시계열 자료에 대한 분석을 수행하므로 환산계수의 적용이 불필요한 것으로 판단되었기 때문이다. 또한, 분석대상기간별로 강우발생일수와 강우가 발생한 날의 강우강도를 내림차순으로 정렬하여 강우크기가 10%, 30%, 50%, 70%, 80%, 90%, 95%, 99%에 해당하는 강우량을 산정하였다. 이를 통해 각각의 강우관측소에서 이보다 큰 강우가 발생한 일수를 분석에 적용하였다. 또한, 최광용 등(2006)은 우리나라의 온도자료를 이용하여 사계절의 개시일과 지속시간을 분석한 결과에서 여름철은 길어지고, 겨울철이 짧아지고 있음을 제시하였으며, 수문학적

분석을 위한 일반적인 계절구분기간과 온도를 이용한 계절구분은 차이를 보이고 있다. 김광섭과 황보정도(2006)은 1907년부터 2004년까지의 자료를 SSA 분석을 통해 선형추세에 대한 강우변화량 중에서 65%가 8월의 변화량임을 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 연도별 및 계절별 강우특성 분석 이외에 월별의 강우 특성에 대한 분석을 수행하였다.

따라서 본 연구의 분석을 위하여 일강수량 자료를 이용하여 추출한 분석대상 자료는 다음과 같다. 연도별, 계절별, 월별 ①총강수량, ②1일, ③2일, ④3일, ⑤4일, ⑥5일, ⑦7일 최대강수량, ⑧강우일수, ⑨10%, ⑩30%, ⑪50%, ⑫70%, ⑬80%, ⑭90%, ⑮95%, ⑯99%에 해당하는 강우량보다 큰 강우강도를 갖는 강우발생일수이다. 단, 월별 자료의 분석은 ⑯99% 이상의 강우강도를 갖는 강우일수는 분석에서 제외하였다. 이는 99% 이상인 경우는 통계적 분석이 가능할 만큼의 추출자료가 구성되지 않기 때문이다. 또한, 계절강우량은 봄은 3~5월, 여름은 6~8월, 가을은 9~11월, 겨울은 12~익년 2월이다. 따라서 겨울강우량의 분석은 2006년까지 이용하였다. Table 2는 서울지점을 대상으로 1958년부터 2007까지 50년 동안 관측된 강우일수와 강우량 및 강우일수의 기준치를 나타낸 결과이다. Table 2에서 ①은 관측기간의 전체 날수이며, ②는 강우가 발생한 일수이고 ③은 총 강우량을 의미한다.

Table 2. Extraction Standard Data of Rainfalls

Classification	Annual Rainfall	Seasonal Rainfall				Monthly Rainfall			
		Spring	Summer	Fall	Winter	January	February	March	
①	18262	4600	4600	4550	4422	1550	1412	1550	
②	5476	1189	2036	1255	969	340	297	353	
③	69811.2	11635.9	41716.8	13068.3	3314.6	1056.2	1237.5	2363.4	
③/①	3.8	2.5	9.1	2.9	0.7	0.7	0.9	1.5	
③/②	12.7	9.8	20.5	10.4	3.4	3.1	4.2	6.7	
②/① %	30.0	25.8	44.3	27.6	21.9	21.9	21.0	22.8	
10 %	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.3	
30 %	1.2	1.1	2.0	1.3	0.5	0.5	0.5	0.8	
50 %	3.7	3.5	7.7	3.5	1.4	1.3	1.6	2.4	
70 %	10.4	9.5	20.5	8.6	3.5	3.0	4.3	6.3	
80 %	17.9	16.3	33.7	13.4	5.1	4.3	5.9	10.5	
90 %	35.7	27.5	56.3	27.0	9.1	9.0	11.3	18.5	
95 %	55.6	38.8	83.2	46.5	14.5	12.8	20.4	30.8	
99 %	116.6	84.5	163.5	103.1	23.7	-	-	-	
Classification	Monthly Rainfall								
	April	May	June	July	August	September	October	November	December
①	1500	1550	1500	1550	1550	1500	1550	1500	1550
②	415	421	518	812	706	474	323	458	359
③	4320.5	4952.0	6654.7	18777.1	16285.0	7978.4	2544.3	2545.6	1096.3
③/①	2.9	3.2	4.4	12.1	10.5	5.3	1.6	1.7	0.7
③/②	10.4	11.8	12.8	23.1	23.1	16.8	7.9	5.6	3.1
②/① %	27.7	27.2	34.5	52.4	45.5	31.6	20.8	30.5	23.2
10 %	0.3	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2
30 %	1.3	1.5	1.3	2.3	2.8	1.6	1.2	1.1	0.6
50 %	3.9	4.4	4.8	10.3	8.9	5.7	3.5	2.8	1.4
70 %	11.5	12.3	11.5	24.6	24.1	15.5	7.6	5.9	3.3
80 %	19.1	19.0	19.7	39.0	36.8	25.5	12.0	9.0	4.7
90 %	29.9	33.2	37.3	59.8	68.0	46.6	20.5	13.3	8.8
95 %	37.9	47.4	54.2	88.2	88.5	70.3	30.4	20.9	13.4

Fig. 1은 분석 대상 지점 중에서 서울지점의 분석대상자료를 도시한 결과이다. 변동성 및 경향성 분석은 표준화하지 않은 원자료를 이용하여 분석하였으나, Fig. 1은 16개 시계열 자료의 평균과 표준편차를 계산하여 자료를 표준화하여 도시하였다. 또한, 표준화를 수행한 자료들 간의 상관계수를 산정하여 Table 3에 나타내었다. 분석 결과에서 연강우량은 모든 자료와 고르게 상

관관계를 갖는 것으로 나타났다. 또한, 연최대강우량이 크게 나타난 해의 95 %, 99 % 이상의 강우발생빈도와 상대적으로 큰 상관성을 보였으나, 90 %이하의 강우발생빈도와는 큰 상관성을 보이지 않았다. 50 % 이하의 강우강도를 갖는 강우일수끼리와 50~80 % 사이의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

Fig. 1에 나타낸 것과 같은 도시분석 결과에서 대부

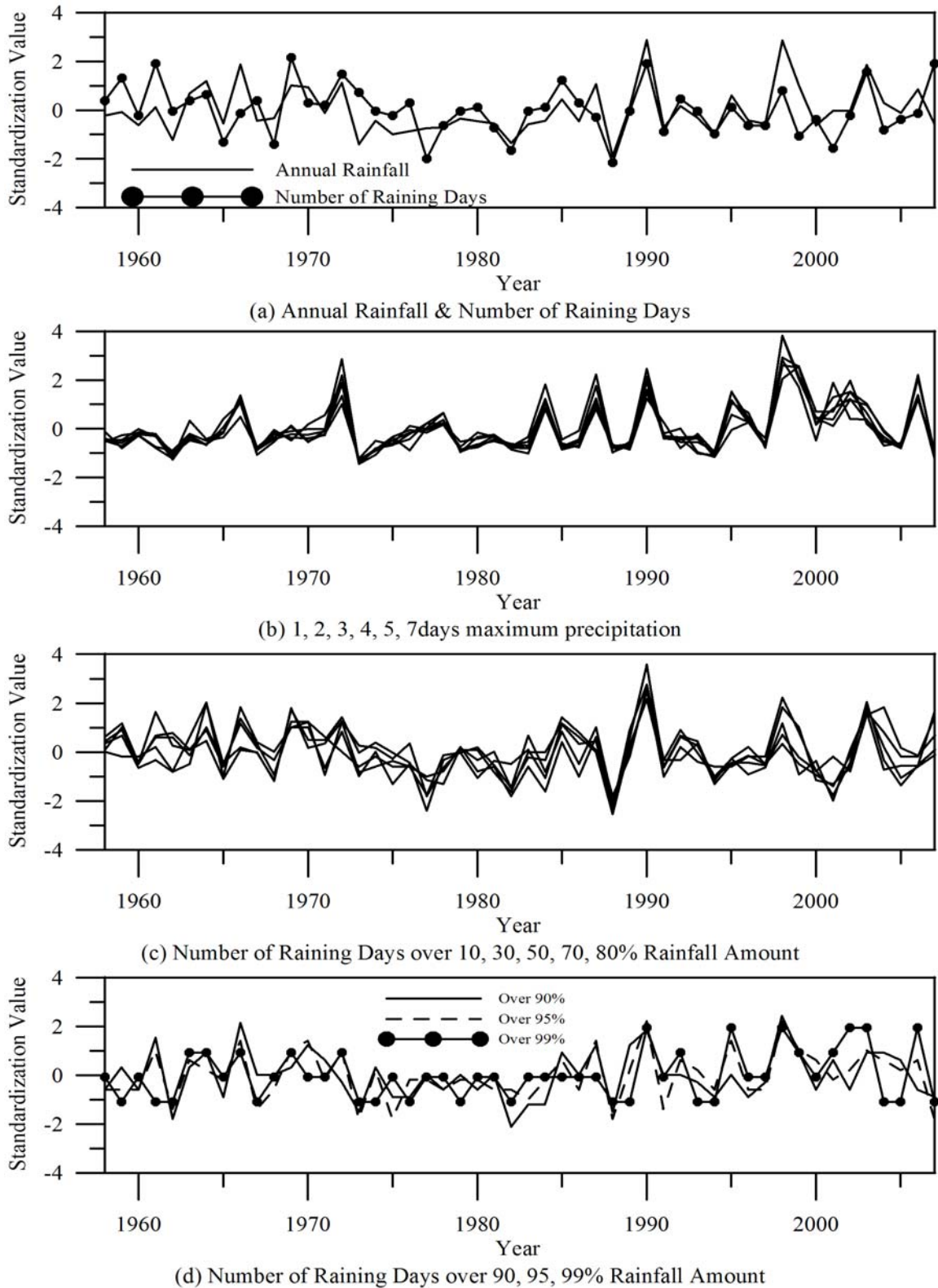


Fig. 1. The Analysis Time Series Data of Seoul Station based on the Annual Rainfall Event

분의 시계열 자료는 서로 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 각각의 분석 대상 시계열 간의 상관계수를 산정하여 비교 분석하였다. Table 3에서 제시한 항목은 다음 내용과 같다. ①총강우량, ②1일, ③2일, ④3

일, ⑤4일, ⑥5일, ⑦7일 최대강우량, ⑧강우일수, ⑨10%, ⑩30%, ⑪50%, ⑫70%, ⑬80%, ⑭90%, ⑮95%, ⑯99%에 해당하는 강우량보다 큰 강우강도를 갖는 강우발생일수이다.

Table 3. The Coefficient of Correlation of the based on the Annual Rainfall Events of the Seoul Station

항목	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯
①	1.00	0.65	0.64	0.69	0.65	0.70	0.68	0.50	0.54	0.62	0.69	0.81	0.84	0.81	0.86	0.71
②		1.00	0.91	0.88	0.83	0.84	0.80	0.01	0.04	0.12	0.17	0.29	0.33	0.43	0.57	0.70
③			1.00	0.96	0.93	0.89	0.84	0.08	0.10	0.18	0.23	0.32	0.30	0.36	0.61	0.72
④				1.00	0.98	0.93	0.90	0.10	0.14	0.20	0.29	0.37	0.36	0.42	0.67	0.72
⑤					1.00	0.95	0.92	0.07	0.11	0.14	0.22	0.31	0.32	0.39	0.65	0.74
⑥						1.00	0.98	0.10	0.13	0.16	0.19	0.34	0.36	0.42	0.66	0.77
⑦							1.00	0.06	0.10	0.13	0.15	0.35	0.33	0.43	0.66	0.73
⑧								1.00	0.97	0.85	0.71	0.56	0.57	0.33	0.34	0.21
⑨									1.00	0.90	0.76	0.61	0.59	0.39	0.39	0.21
⑩										1.00	0.87	0.67	0.62	0.45	0.44	0.31
⑪											1.00	0.75	0.68	0.50	0.52	0.34
⑫												1.00	0.84	0.68	0.60	0.34
⑬													1.00	0.76	0.59	0.42
⑭														1.00	0.74	0.37
⑮															1.00	0.60
⑯																1.00

3. 강우 시계열자료에 대한 변동성 및 경향성 분석

본 연구에서는 14개 분석대상지점에서 추출한 시계열자료에 대한 평균과 표준편차의 변동성 분석과 경향성 분석을 수행하였다. 지점별로 추출한 자료는 연, 계절 및 월별로 17개의 분석자료가 있으며, 분석자료별로 각각의 강우시계열 자료에 대한 16개의 시계열 자료가 구성되게 된다. 따라서 한 지점에 272개의 시계열 자료에 대한 변동성과 경향성이 대한 분석을 수행하였다.

분석방법은 평균에 대한 변동성을 검정하는 기법으로 Mann-Whitney U 검정(Mann and Whitney, 1947), Sign 검정(Hollander and Wolfe, 1973), T 검정, Modified T 검정(Kite, 1977)을 이용하였다. 분산의 변동성 검정을 위해 F 검정과 Modified F 검정(Haan, 2002)을 이용하였고, 자료의 경향성 검정을 위해서 Hotelling-Pabst 검정(Conover, 1971), Mann-Kendall 검정(Haan, 2002), Sen 검정(Haan, 2002)을 수행하였다. 따라서 평균에 대한 변동성 분석은 4가지 기법을 이용하였으며, 표준편차에 대한 변동성 분석은 2가지 기법을 적용하고 경향성 분석은 4가지 방법을 이용하였다. 또한 유의수준은 모든 방법에서 5%로 적용하였다. 따라서 분석결과는 통계적으로 유의한 것으로 계산된 결과를 중심으로 기술하였다.

분석결과는 통계적으로 유의수준 5% 내에서 변동성

과 경향성이 있는 것으로 나타난 지점에 대하여 증가 및 감소 경향에 대하여 나타내고, 최근 10년간의 변화량에 대하여 정량적으로 평가하였다. 이는 IPCC 4차 보고서에서 제시된 결과에서 최근의 온도가 과거에 비하여 급격하게 증가하고 있기 때문에 최근 10년의 변화량에 대하여 비율로 제시하였다.

따라서 본 연구의 분석 결과는 강우의 특성을 나타내는 여러 시계열 자료에 대하여 평균과 표준편차의 변동성과 경향성 분석결과가 통계적 유의수준 내에서 유의미한 결과를 나타내는지에 대하여 검토하고 최근 10년간(1998~2007)년까지 변화한 비율을 검토하였다.

3.1 연도별 강우 특성 분석

14개 분석 지점에서 연도별로 추출한 대상자료에 대한 분석을 수행하였다. Fig. 2는 서울지점을 대상으로 분석대상자료를 관측기간별로 구분하여 일평균강수량, 강우시의 평균강수량 및 기간별로 강우일의 순위(%)에 해당하는 강우량을 추출하여 도시한 결과이다. 도시 분석에서 강우량은 최근 10년 동안에 많은 증가를 보이고 있음을 알 수 있다.

다양한 강우 시계열 자료에 대한 변동성과 경향성 분석을 수행하였으므로 분석 결과는 다음과 같이 요약하여 제시하였다. 평균에 대한 4가지 변동성 분석 결과에서 통계적으로 유의한 분석 결과가 1개 이하인 경우에는 변동성이 없는 것으로 판단하였으며, 2개인 경우

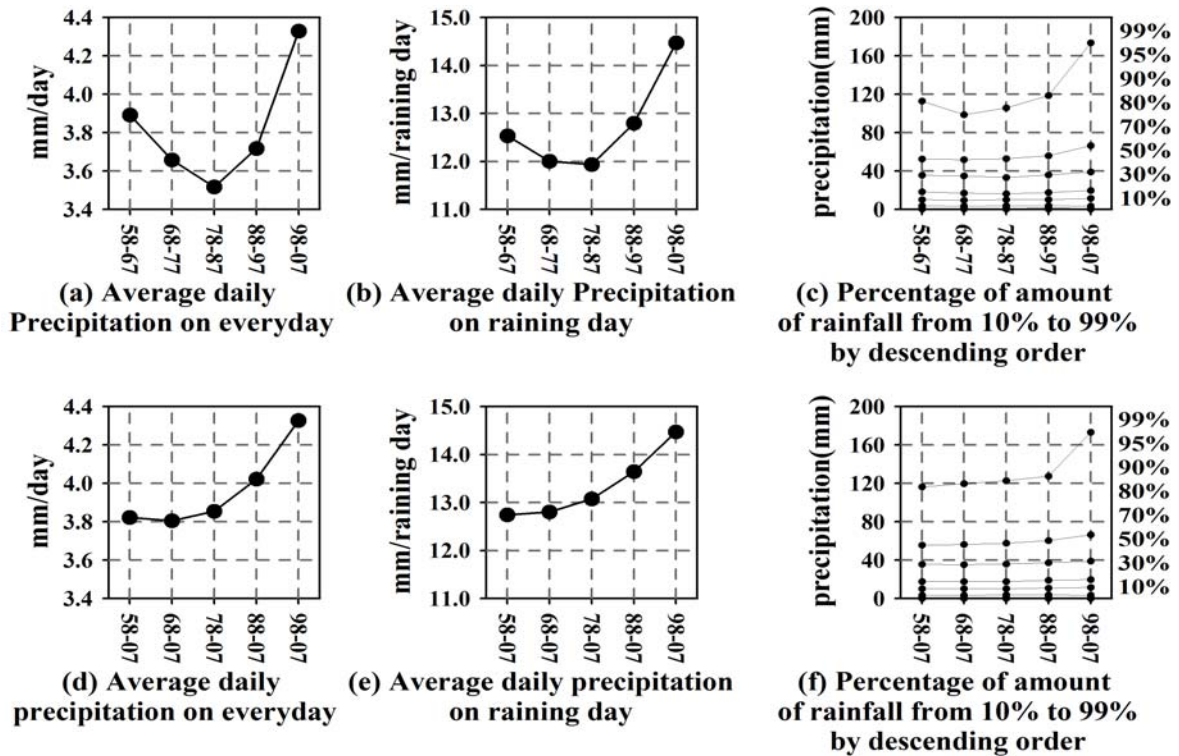


Fig. 2. The Secular Graphic Analysis of Annual Rainfall Characteristic Data of the Seoul Station

는 변동 가능성이 있는 지점으로 판단하였다. 또한, 3 가지 이상 분석 방법에서 통계적으로 유의한 경우에는 변동성이 존재하는 것으로 판단하였다. 따라서 Table 4 에 연강수량의 분석결과를 요약하여 제시하였다. Table 4에서 통계적으로 유의한 결과가 계산된 기법의 개수를 숫자 옆에 위첨자로 표기하였다. 위첨자를 2개 이상의 기법에서 통계적 유의성이 나타난 경우만을 표시하였으며, 1개 이하인 경우에는 표시하지 아니하였다. 또한 Table 4에 제시된 숫자는 분석대상 지점별로 1958년부터 1997년까지와 1998년부터 2007년까지 평균과 표준편차를 각각 산정하여 계산한 상대오차를 백분율(%)로 나타낸 것이다. Table 5는 동일한 기간의 표준편차의 변동성에 대한 분석 결과이며, 유의 수준 내에서 통계적 유의성이 있는 것으로 분석된 결과에 위첨자로 표기하였다.

평균에 대한 변동성 분석 결과는 분석 대상 지점별로 약간씩의 차이를 보이고 있다. 그러나 지속시간별 연최대강우량의 평균의 증가량이 통계적으로 유의한 지점이 많으며 울산과 부산의 1일 최대강우량 자료를 제외하고 모두 증가하고 있다. 또한 통계적으로 유의한 결과를 보인 지점들의 평균은 그렇지 못한 지점에 비하여 더 크게 증가하고 있음을 Table 4에서 확인할 수 있다. 또한, 최근 10년 동안에 14개 지점의 연강수량은 17.7%의 증가를 보였으며, 2개 이상의 통계적 검정에서

유의성을 나타낸 지점은 강릉, 울릉도, 포항, 광주이다. 그러나 강우발생 일수와 10~80%에 해당하는 강우량을 초과하는 강우일수는 통계적으로 증가하는 결과를 크게 확인할 수 없었으며, 증가하는 양도 연최대강우량에 비해 작게 나타났다. 그러나 90%를 초과하는 강우발생 일수는 통계적으로 증가하는 지점이 늘어나고 있으며, 증가폭도 커지고 있음을 확인할 수 있다.

Table 5에 나타낸 연강우사상을 기준으로 추출한 시계열 자료들의 표준편차에 대한 변동성 분석 결과는 평균의 변동성 분석 결과와 크게 다르지 않은 것으로 나타났다. 그러나 최근 10년간의 연최대강우량의 표준편차는 감소하는 지점도 상당부분 있으나, 몇몇 지점에서의 표준편차의 증가폭이 매우 크므로 평균적인 표준편차는 증가한 것으로 나타났다. 분석 기간을 최근 10년으로 설정한 이유는 최근 10년 동안이 지구온난화로 인하여 평균기온의 상승이 가장 두드러진 기간이었기 때문이다. 따라서 이 기간 동안에 기후변화의 영향이 가장 많이 발생하였을 가능성이 매우 크기 때문이다. 또한 표준편차의 변화폭도 연최대강우량이 강우일수에 비하여 훨씬 큰 변동폭을 가지고 있는 것으로 보인다. Table 4와 Table 5의 내용을 종합하여 판단하면 연최대강우량의 평균과 표준편차는 증가하고 있으며, 중호우 사상에서 보다 뚜렷한 결과를 보이고 있는 것으로 판단할 수 있다.

Table 4. Change Analysis Results of Average about Annual Rainfall Events

Station	Annual Rainfall	Annual Maximum Rainfall						Raining Days								
		1day	2day	3day	4day	5day	7day	0%	10%	30%	50%	70%	80%	90%	95%	99%
Gangneung	21.22	68.7	54.6	53.02	58.24	57.63	56.53	7.3	8.0	5.9	6.3	2.0	0.3	18.1	47.8	89.5
Seoul	17.1	31.3	47.73	45.33	55.73	69.23	59.43	-0.43	-0.7	-3.9	-4.53	9.1	14.1	14.8	27.5	83.83
Incheon	12.6	14.0	28.82	28.92	34.72	40.73	36.82	1.8	-2.02	-6.33	-3.23	3.92	10.1	14.1	34.73	88.2
Ullung	33.22	27.5	49.03	53.83	64.03	71.23	69.53	4.03	3.13	5.02	7.5	14.5	20.7	36.02	78.53	278.43
Chunggyung	16.1	29.64	20.31	16.74	22.73	20.53	17.03	7.1	5.0	3.2	4.5	6.1	6.1	20.0	31.53	52.44
Pohang	29.32	61.83	54.42	55.83	56.73	55.32	54.13	7.7	5.0	4.8	3.5	11.1	13.0	40.82	106.04	189.73
Daegu	16.9	39.03	37.38	38.43	34.33	37.7	38.13	6.3	5.5	1.4	4.0	4.6	5.3	22.3	52.1	148.33
Jeonju	9.3	25.52	9.9	10.4	10.0	9.1	15.2	4.8	4.3	1.2	-1.9	1.0	4.6	15.1	23.5	58.13
Ulsan	9.5	-0.2	2.5	3.2	5.0	6.5	9.7	6.1	5.2	5.5	2.5	6.3	8.3	26.3	19.4	-10.0
Gwangju	18.62	14.93	11.23	13.33	9.33	14.3	20.1	2.8	1.72	2.3	2.2	8.6	16.3	27.73	41.43	72.73
Busan	16.1	-7.6	5.8	8.9	10.0	8.9	17.8	9.0	8.4	6.5	0.3	12.4	16.2	25.7	49.53	26.3
Mokpo	20.6	8.6	6.72	5.9	6.72	8.92	16.6	7.2	4.7	3.2	3.9	12.5	20.1	26.6	50.03	36.4
Yeosu	11.7	5.7	2.6	4.5	7.1	6.6	10.3	1.6	-0.2	0.5	2.4	13.0	17.8	26.93	17.8	-14.3
Jeju	15.5	44.93	34.13	33.52	29.93	31.34	23.84	0.83	-1.03	-7.83	0.0	7.3	7.4	12.4	20.0	61.72
Mean	17.7	26.0	26.1	26.5	28.9	31.3	31.8	4.7	3.4	1.5	2.0	8.0	11.5	23.3	42.8	82.9

Table 5. Change Analysis Results of Standard Deviation about Annual Rainfall Events

Station	Annual Rainfall	Annual Maximum Rainfall						Raining Days								
		1day	2day	3day	4day	5day	7day	0%	10%	30%	50%	70%	80%	90%	95%	99%
Gangneung	56.82	266.52	154.32	131.42	118.32	118.02	127.52	30.92	39.72	35.42	38.52	-1.4	-15.0	-10.91	17.9	40.4
Seoul	18.41	54.12	38.12	45.92	71.02	110.92	112.52	13.6	23.6	8.12	-10.61	25.7	10.8	5.7	4.5	61.42
Incheon	-8.6	-6.82	19.42	42.02	45.52	43.32	58.02	6.8	29.3	23.7	3.2	48.52	49.62	5.7	4.1	50.72
Ullung	48.81	-18.02	39.0	52.11	104.52	102.22	91.72	-40.7	-40.5	-22.61	-36.12	-20.41	9.71	28.2	37.02	206.02
Chunggyung	28.8	72.12	50.22	42.21	53.92	42.41	18.9	-35.51	-36.1	-9.8	13.9	-7.0	-8.3	21.9	3.6	19.12
Pohang	62.72	190.22	144.42	131.72	115.12	93.02	82.22	-15.21	-3.2	-6.7	-18.1	12.01	47.02	64.52	84.62	67.32
Daegu	26.71	25.12	15.2	-9.5	-0.71	10.11	9.8	-7.6	9.8	20.9	-6.5	1.1	-16.0	-2.31	43.62	-17.91
Jeonju	-9.61	19.1	19.0	6.4	1.2	2.0	-3.61	-43.81	-25.01	6.7	11.6	17.8	-21.1	-5.7	28.3	-21.4
Ulsan	11.9	6.52	-13.72	-13.81	-17.11	-17.81	-17.01	-27.8	-23.41	-28.71	-27.51	16.6	47.6	39.11	20.62	-27.11
Gwangju	-17.2	31.32	-4.42	-9.92	-9.22	26.82	13.6	-45.91	-42.42	-43.82	-16.4	-6.4	-5.41	-21.31	6.91	40.3
Busan	24.9	-50.42	-32.12	-24.01	-16.8	-16.3	14.8	-16.91	-9.22	-17.61	-6.2	6.5	14.9	22.3	9.9	23.6
Mokpo	-15.01	-34.22	-41.62	-54.22	-60.22	-46.62	-50.92	-46.51	-43.61	-25.11	-2.3	10.3	17.6	-2.9	14.2	-0.1
Yeosu	14.1	-7.12	-24.32	-23.71	-20.91	-35.22	-16.5	-39.61	-42.01	-23.5	-3.6	19.7	21.1	24.1	0.2	-25.52
Jeju	52.52	76.22	37.82	56.32	35.72	26.92	20.12	-9.0	-4.5	-14.0	-3.3	2.9	21.8	19.61	69.32	18.9
Mean	21.1	44.6	28.7	26.6	30.0	32.8	32.9	-19.8	-12.0	-6.9	-4.5	9.0	12.4	13.4	24.6	31.1

경향성 분석 결과는 대부분의 지점에서 유의수준 내에서 유의성이 있는 지점과 자료가 많지 않은 것으로 나타났다. Table 6은 통계적 기법에 따라 유의수준 내에서 유의미한 결과를 보이는 기법의 수를 정리한 결과이다. Table 6에서 나타난 것과 같이 강릉 지점의 4, 5, 7일 최대 강우량은 2.50 mm/year, 2.90 mm/year, 3.00 mm/year의 증가경향을 갖는 것으로 나타났다. 인천 지

점의 30 % 이상의 강우일수는 -0.16day/year의 감소경향을 보였으며, 울릉도는 99 % 이상의 강우일수가 0.06 day/year의 증가를 보였다. 추풍령 지점은 가장 많은 경향성을 보여주었는데, 1, 2, 4, 5, 7일 최대강우량은 1.03 mm/year, 1.06 mm/year, 1.20 mm/year, 1.12 mm/year, 1.05 mm/year의 증가경향을 보였으며 99 % 이상의 강우일수도 0.03 day/year의 증가경향이 통계적

Table 6. Trend Analysis Results about Annual Rainfall Events

Station	Annual Rainfall	Annual Maximum Rainfall						Raining Days									
		1day	2day	3day	4day	5day	7day	0%	10%	30%	50%	70%	80%	90%	95%	99%	
Gangneung	1	0	0	1	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seoul	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Incheon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Ullung	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	2	
Chungyug	0	4	3	1	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	3	
Pohang	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	2	
Daegu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jeonju	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulsan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gwangju	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Busan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Mokpo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeosu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jeju	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0

으로 유의한 것으로 나타났다. 광주지점은 2일 최대강우량이 1.21 mm/year의 증가경향을 보였으며, 제주지점은 30 % 이상 강우일수가 -0.30 day/year의 감소 경향을 보여주었다. 경향성 분석 결과는 평균과 표준편차의 변동성 분석 결과에 비해 통계적으로 유의한 지점의 수가 더 적은 것으로 나타났다.

연강우사상에 대한 평균과 표준편차의 변동성 분석 결과가 경향성 분석 결과에 비하여 통계적으로 유의한 경우가 훨씬 많은 것으로 나타났다. 또한, 최근 10년 동안의 연최대강우량의 평균은 대체적으로 증가하고 있는 것으로 판단되며, 표준편차는 제주도를 제외한 남부지역에서는 감소하고 중부지역은 증가하는 것으로 보인다. 그리고 연최대강우량에 비하여 강우일수는 상대적으로 변화량이 크지 않으며, 통계적인 유의성을 보이는 지점도 많지 않은 것으로 나타났다. 그러나 95 % 이상의 강우발생일수는 최근 10년 동안에 많이 증가한 것으로 분석되었다. 이는 지구온난화 등에 따른 기후변화의 영향으로 인한 강우특성이 변화할 수 있음을 의미하는 것으로 판단된다.

3.2 계절별 강우 특성 분석

14개 분석 대상지점의 강우자료를 계절별로 구분하여 각각의 강우특성자료를 추출하였다. 추출된 강우시계열 자료에 대하여 평균과 표준편차에 대한 변동성 분석과 경향성 분석을 수행하였다. Fig. 3은 서울지점에 관측된 여름철의 일평균강수량과 강수일의 평균강

수량 및 기간별로 강우일 중에서 각각의 백분율(%)에 해당하는 강우량을 산정하여 도시한 결과이다. 도시 분석에서 여름 강우량은 최근에 많이 증가한 것으로 나타났다.

14개 분석 대상 지점을 각 계절별로 봄(3~5월), 여름(6~8월), 가을(9~11월) 및 겨울(12~익년 2월)로 구분하여 계절별 강우량과 계절에 따른 지속시간별 최대강우량 및 강우일수 자료를 연강우사상과 동일하게 추출하였다. 추출한 분석 자료에 대하여 통계적인 변동성과 경향성 분석을 수행하였다.

분석 결과를 대상 지점과 계절별로 나타내기에는 분량이 과대하므로 다음과 같이 정리하였다. 평균에 대한 변동성 분석 결과는 4가지의 분석 방법 중에서 2개 이상 유의한 경우에는 변동성 검정 결과가 의미를 갖는 것으로 판단하고, 표준편차는 1가지 분석 방법 이상 유의수준 내에서 기각되지 않는 경우에 통계적인 변동성이 존재할 수 있다고 판단하였다. 따라서 14개 분석 대상 지점 중에서 유의미한 분석 결과를 보이는 지점의 개수와 14개 지점에서 최근 10년간의 변화량을 백분율(%)로 계산하여 분석 대상 지점 중의 최댓값, 최소값 및 평균을 계절별로 제시하였다. 경향성 분석 결과는 전체 분석 대상 자료 중에서 유의수준 내에서 기각되는 경우가 많으므로 통계적 유의성을 보이는 자료에 대하여 기술하였다. 또한, 7개 지점 이상에서 통계적으로 유의한 결과가 나온 지점은 음영을 주어 표기하였다.

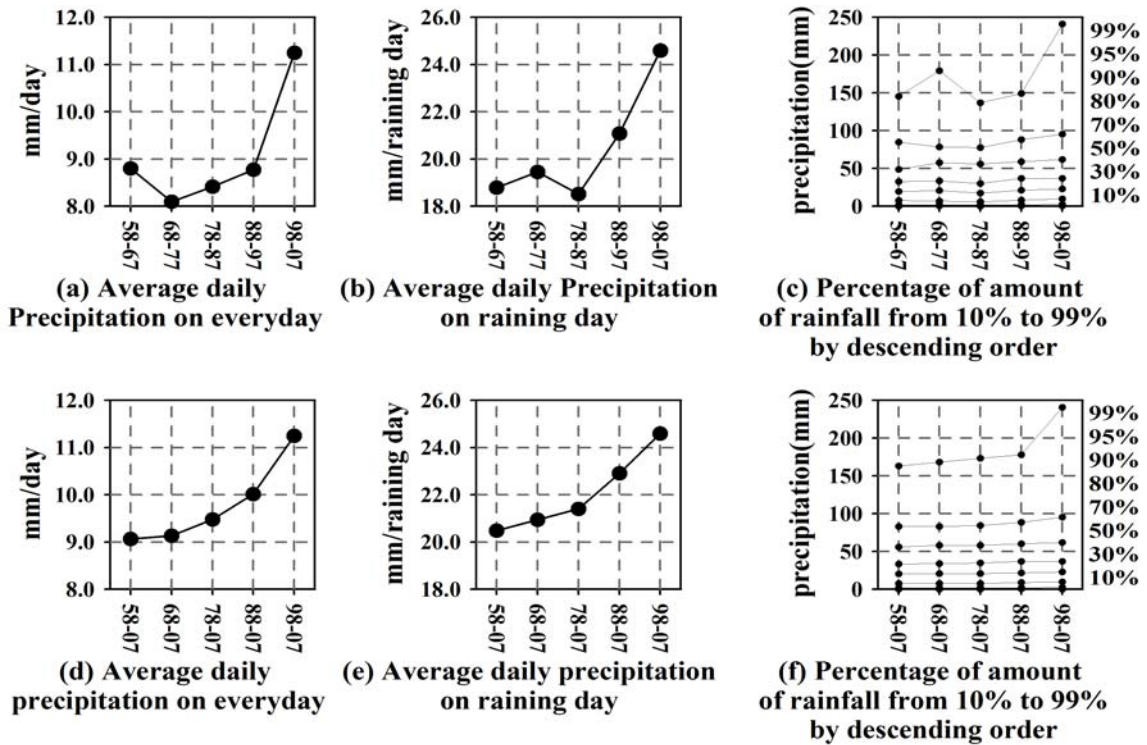


Fig. 3. The Secular Graphic Analysis of Summer Rainfall Characteristic Data of the Seoul Station

Table 7에서 나타낸 바와 같이, 평균에 대한 변동성의 통계적 분석 결과에서 봄철은 유의성을 보이지 못하였다. 그러나 여름철은 총강우량과 최대강우량이 증가

하는 특성을 보였으며, 가을철은 많은 지점에서 강우일수의 50% 이내의 강우량을 초과하는 강우일수가 감소하고 있는 것이 통계적으로 유의함을 보였다. 겨울철의

Table 7. Change Analysis Results of Average about Seasonal Rainfall Events

Station	Seasonal Rainfall	Seasonal Maximum Rainfall							Raining Days								
		1day	2day	3day	4day	5day	7day	0%	10%	30%	50%	70%	80%	90%	95%	99%	
S p r.	Sig.	2	2	2	2	2	2	2	0	2	1	1	2	5	3	4	1
	Max.	39.0	48.6	46.7	44.2	39.1	52.4	50.2	7.0	6.0	6.1	6.4	14.6	24.3	22.5	87.8	300.0
	Min.	-10.8	-12.0	-20.9	-19.1	-20.9	-19.0	-19.5	-4.9	-8.7	-10.9	-12.4	-15.1	-18.9	-23.5	-14.3	-33.3
	Mean	2.8	11.0	4.0	0.8	-1.6	2.4	2.2	1.4	-0.2	-3.0	-5.7	-2.9	-1.7	-0.4	14.0	52.7
S u m.	Sig.	11	4	6	6	7	7	4	7	5	4	4	8	12	7	7	3
	Max.	57.8	68.9	61.0	60.3	70.5	80.5	68.4	18.9	18.2	18.4	36.0	44.6	50.4	87.2	161.2	388.9
	Min.	10.0	-11.4	-5.6	-5.4	-6.4	-4.2	-3.2	4.3	4.1	5.7	10.0	-4.6	-1.7	-3.5	21.2	-14.3
	Mean	28.4	15.9	18.8	20.1	22.2	23.8	27.0	13.5	13.1	13.3	17.2	22.7	27.8	38.9	58.7	91.2
F a l l	Sig.	2	1	1	2	3	2	3	9	12	12	12	5	2	1	2	2
	Max.	47.5	160.1	136.2	134.8	138.2	135.2	126.0	11.3	11.2	12.7	23.8	24.5	36.0	61.7	110.0	833.3
	Min.	-6.1	-9.0	0.0	-1.1	-0.3	0.8	-2.8	-3.4	-5.1	-13.2	-12.8	-6.2	-10.3	2.0	-9.4	-20.0
	Mean	18.6	40.7	42.1	43.1	44.5	45.9	45.2	2.6	0.6	-3.4	-2.2	2.9	9.2	21.8	50.3	183.4
W i n.	Sig.	0	0	1	0	1	1	0	5	6	6	2	0	0	0	0	1
	Max.	-6.8	13.4	17.6	16.0	9.0	6.3	7.2	-11.0	-12.5	-9.3	-3.2	-5.3	0.3	9.7	20.0	200.0
	Min.	-41.8	-29.2	-29.1	-28.8	-30.9	-31.1	-35.7	-22.8	-25.8	-30.1	-31.5	-51.3	-50.3	-53.3	-59.0	-100.0
	Mean	-21.5	-7.3	-6.1	-8.1	-12.5	-12.4	-12.4	-16.7	-18.6	-19.0	-20.6	-24.7	-21.8	-22.5	-20.4	2.4

Table 8. Change Analysis Results of Standard Deviation about Seasonal Rainfall Events

Station	Seasonal Rainfall	Seasonal Maximum Rainfall							Raining Days								
		1day	2day	3day	4day	5day	7day	0%	10%	30%	50%	70%	80%	90%	95%	99%	
S p r.	Sig.	13	10	9	9	9	12	12	8	4	8	7	7	7	5	11	11
	Max.	163.9	255.0	150.4	165.2	157.2	245.5	232.6	16.4	15.4	23.9	35.2	56.9	71.5	38.1	87.6	307.2
	Min.	-23.5	-31.4	-42.1	-49.0	-47.9	-36.6	-32.0	-30.3	-34.3	-29.7	-23.7	-7.0	-3.3	-31.5	-44.3	-25.2
	Mean	43.0	58.9	32.4	27.4	22.9	39.0	54.7	-14.7	-8.6	-4.0	8.6	25.6	24.8	8.6	19.8	45.0
S u m.	Sig.	9	12	13	13	11	10	9	6	8	7	6	7	6	8	8	12
	Max.	142.3	275.3	190.7	170.2	198.3	205.4	224.3	24.4	27.5	25.7	35.5	73.9	54.7	127.7	114.7	155.0
	Min.	-24.9	-50.8	-34.8	-46.4	-51.9	-31.6	-34.5	-49.8	-37.1	-36.5	-26.6	-22.6	-22.1	-24.1	-15.7	-34.3
	Mean	23.7	26.2	23.3	28.0	37.1	46.7	51.7	-14.6	-4.7	-4.0	4.2	10.0	15.7	25.3	28.4	37.1
F a l l	Sig.	7	12	13	13	13	13	13	10	8	5	5	3	3	6	5	13
	Max.	50.2	355.0	245.2	221.8	204.5	194.3	176.8	8.5	4.6	5.9	-6.4	31.9	50.7	53.1	97.4	255.7
	Min.	-37.8	-47.8	-36.2	-37.8	-40.4	-42.3	-46.7	-55.1	-61.5	-49.2	-43.2	-23.3	-22.3	-33.6	-12.3	-33.1
	Mean	6.2	58.5	39.2	31.1	33.1	36.2	34.7	-28.5	-27.2	-19.8	-21.5	-5.1	0.7	2.3	24.3	46.0
W i n.	Sig.	8	8	6	9	11	9	7	3	5	6	9	10	10	7	10	12
	Max.	9.8	78.4	74.4	62.4	50.2	46.9	36.6	125.5	98.8	59.6	22.7	17.8	21.4	3.2	19.8	59.0
	Min.	-45.5	-45.2	-41.0	-43.5	-43.6	-35.2	-41.5	-8.6	-14.7	-35.1	-32.8	-41.8	-49.7	-50.0	-61.2	-100.0
	Mean	-15.3	15.0	13.6	4.9	-5.0	-3.5	-6.4	40.0	32.7	17.4	-2.9	-12.8	-16.8	-20.8	-24.8	-20.4

강우는 모든 자료에서 최근 10년간 감소하였으나 통계적으로 유의한 지점이 많지는 않았다. 평균에 대한 변동성 분석 결과에서 최근 10년간 강우량은 증가하였으며 여름철에 그러한 특성이 두드러지고 겨울철은 반대로 감소하였다.

Table 8에서 나타난 표준편차의 변동성 분석 결과에서 대부분의 지점의 표준편차가 변화하는 결과를 보여주었다. 봄철에 발생한 총강우량의 표준편차는 43 %가 최근 10년간 증가하였으며, 최대강우량도 많은 증가를 보였다. 그러나 강우일수는 30 %강우량을 초과하는 경우는 감소하고 그 이후는 증가하였다. 여름철의 총강우량과 최대강우량의 표준편차는 증가하였으며 30 %이내의 강우일수의 표준편차는 감소하고 그 이후로는 증가하였다. 가을철도 봄 및 여름철의 강우특성과 비슷한 표준편차의 변화를 보였다. 또한, 봄, 여름 및 가을철의 강우사상은 총강우량과 최대강우량의 표준편차는 증가하고 상대적으로 적은 강우량이 발생하는 날수는 감소하였으나 상대적으로 큰 강우가 발생한 강우일수의 표준편차는 크게 증가한 것으로 나타나고 있다. 겨울철의 강우사상은 이와는 반대의 특성을 보이는 것으로 분석되었다.

평균과 표준편차에 의한 분석 결과에서 우리나라의 강우특성은 계절별로 상이한 변화특성을 보이고 있으

며, 특히 표준편차가 갖는 변화가 지배적임을 확인할 수 있다. 이는 강우의 발생형태가 파우와 다우사상의 간격이 보다 커지고 있으며 최근 10년간의 강우량은 증가한 것으로 파악 할 수 있다.

경향성 분석 결과는 통계적인 검정 기법 4가지 가운데서 2가지 이상의 기법에서 유의수준을 만족하는 통계량이 계산된 경우만을 아래와 같이 기술하였다. 봄강우량은 전주지점의 90 % 이상 강우일수가 -0.04 day/year로 감소하는 경향이 통계적 유의성을 보이고 나머지 모든 자료는 통계적으로 유의한 경향을 갖지 못하는 것으로 나타났다.

여름강우량은 봄강우량에 비하여 많은 지점과 자료에서 통계적으로 유의한 경향성 분석 결과를 보여주었다. 강릉지점은 여름철의 총강우량이 4.91 mm/year 증가하였으며, 서울은 4, 5, 7일 최대강우량이 2.82 mm/year, 3.38 mm/year, 3.40 mm/year의 증가, 인천은 2일 최대강우량이 1.65mm/year 증가, 울릉도는 총강우량, 70, 90, 95 % 강우일수가 4.79 mm/year, 0.10 day/year, 0.07 day/year, 0.05 day/year 증가, 추풍령은 총강우량, 90, 95 % 강우일수가 3.78 mm/year, 0.04 day/year, 0.05 day/year의 증가, 포항은 총강우량, 2, 3, 7일 최대강우량, 80, 90, 95 % 강우일수가 4.91 mm/year, 1.02 mm/year, 1.02 mm/year, 1.35 mm/year,

0.07 day/year, 0.06 day/year, 0.04 day/year의 증가, 전주는 80 % 이상 강우일수가 0.06 day/year 증가, 광주 는 총강우량, 2일최대강우량, 70, 80, 95 % 강우일수에서 6.17 mm/year, 1.28 mm/year, 0.10 day/year, 0.072 day/year, 0.036 day/year의 증가, 부산은 70, 80 %의 강우일수가 0.09 day/year, 0.06 day/year의 증가, 목포 는 총강우량, 강우일수, 50, 70, 80, 90 % 강우일수에서 4.59 mm/year, 0.14 day/year, 0.13 day/year, 0.10 day/year, 0.07 day/year, 0.05 day/year의 증가, 여수는 70, 80, 90 % 강우일수에서 0.09 day/year, 0.09 day/year, 0.04 day/year의 증가 경향성이 있는 것으로 나타났다. 여름 강우량은 총강우량에서 14개 지점 중에서 6개 지점이 증가경향이 있는 것으로 나타났다. 또한 70~90 % 사이의 강우량을 초과하는 강우일수가 증가 하는 경향성이 통계적으로 유의한 경우가 많이 나타났다. 따라서 모든 지점에서 뚜렷하게 나타나지는 않지만, 여름철 강우량의 총량은 증가하는 경향이 있으며 특히 70~90 %의 강우량에 해당하는 강우일수가 증가경향을 갖을 수 있는 가능성이 매우 큰 것으로 판단된다.

가을(9~11월)의 강우량의 경향성 분석 결과에서 총 강우량과 지속시간별 최대강우량은 통계적으로 유의한 경향분석 결과가 나타나지는 아니하였다. 그러나 강우 일수에서는 몇몇 지점에서 강우일수가 감소하는 경향이

있는 것으로 분석 되었다. 특히 50 % 이내의 강우일수 가 감소하는 경향이 많은 것으로 나타났다. 울릉도, 추 풍령, 포항, 진주, 울산, 광주, 부산, 목포, 여수 및 제주 지점에서 통계적으로 유의하게 강우일수의 감소 경향을 확인할 수 있다.

겨울(12~익년 2월)의 강우사상은 경향성 분석 결과 에서 울릉도의 10 % 강우일수가 -0.16 day/year의 감소경향과 제주 지점의 강우일수와 10, 30 % 강우일수 가 -0.21 day/year, -0.20 day/year, -0.18 day/year의 감소경향을 확인할 수 있었으며, 나머지 지점과 자료는 경향성이 통계적으로 유의하지 아니하였다.

3.3 월별 강우 특성 분석

지구온난화에 따른 기후변화에 의하여 우리나라의 여름철은 길어지고, 겨울철은 짧아지고 있다(최광용 등, 2006). 따라서 월별 강우특성에 대한 분석을 수행하였 다. 분석 대상 자료는 월별로 구분된 자료를 연 및 계절별 강우특성 분석과 동일한 자료를 추출하였다. Fig. 4는 서울지점에서 8월에 발생한 강우사상을 대상으로 기간별로 산정한 일평균강우량, 강우일 평균강우량 및 백분율(%)별로 산정한 강우량의 크기를 도시한 결과이다. 최근 10년 동안의 강우 크기가 증가하였음을 확인할 수 있다.

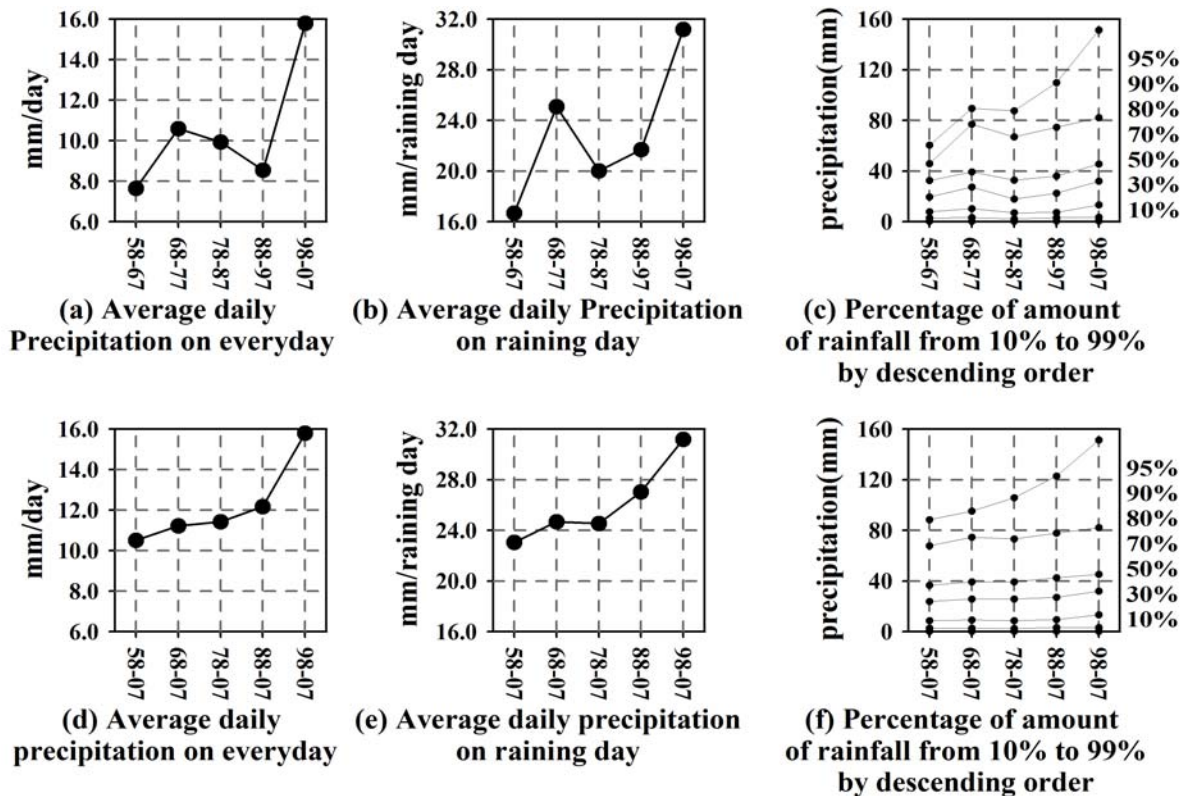


Fig. 4. The Secular Graphic Analysis of August Rainfall Characteristic Data of the Seoul Station

Tables 9~11은 14개 분석대상지점에서 월별로 추출한 강우 시계열 자료에 대하여 평균과 표준편차에 대한 변동성 분석과 경향성 분석 결과를 요약한 내용이다. 분석 결과의 요약 방법은 계절강우량과 동일하게 하였으며, 경향성 분석 결과는 통계적으로 유의한 분석 결과가 2가지 이상일 때의 결과를 표로 정리하여 나타내었다.

월별로 추출한 강우 시계열 자료에 대한 평균의 변동성 분석 결과에서 14개 관측소 중에서 절반 이상이 통계적으로 유의한 지점은 음영으로 표시하였다. 자료 계열별로 몇몇 지점에서는 통계적으로 유의한 변동성이 있는 것으로 나타났으며 4월 강우특성자료에서 많은 자료에서 변동성을 보여주었다. 최근 10년간의 강우특성은 2, 3, 4, 11 및 12월의 강우일수는 감소하였으며, 5,

6, 7, 8, 9월의 강우일수는 증가하였다. 또한, 월별 최대강우량과 총강우량은 1, 5, 6, 7, 8, 9월은 증가하였으며, 3, 10, 11, 12월은 감소하였다. 따라서 강우특성은 월별로 많은 변화를 보이고 있음을 알 수 있다. 또한, 뚜렷하게 우기와 건기로 구분되는 강우특성으로 변화하고 있음을 확인할 수 있다.

표준편차에 대한 변동성 분석 결과를 Table 10에 나타내었다. Table 10에서 통계적 기법에 의한 분석 결과가 유의한 지점개수와 최근 10년의 표준편차의 상대오차를 함께 나타내었다. 많은 강우 시계열 자료에서 통계적으로 유의한 결과를 보이고 있다. 총강우량의 표준편차는 1, 2, 3, 6, 10, 11, 12월에서 감소하였으며, 월별 최대강우량은 3, 6, 10, 11, 12월이 감소하였다. 4~9월

Table 9. Change Analysis Results of Average about Monthly Rainfall Events

Station	Monthly Rainfall	Monthly Maximum Rainfall							Raining Days							
		1day	2day	3day	4day	5day	7day	0%	10%	30%	50%	70%	80%	90%	95%	
1	Sig.	2	2	1	2	2	2	2	6	4	3	2	2	4	3	0
	Mean	3.2	10.9	11.4	9.8	9.0	11.5	14.8	8.3	6.8	7.2	5.4	-1.9	-2.3	-2.7	9.8
2	Sig.	0	1	1	1	2	1	1	3	4	3	2	0	0	0	1
	Mean	-6.9	6.9	5.6	1.8	-3.0	-2.4	-3.3	-8.1	-9.9	-12.1	-12.5	-12.6	-5.3	-1.6	-6.8
3	Sig.	1	5	4	2	2	2	2	4	4	3	2	1	1	1	4
	Mean	-14.8	-13.3	-18.6	-17.8	-19.5	-19.1	-15.4	-2.7	-3.6	-4.3	-9.3	-17.5	-15.6	-16.5	-23.2
4	Sig.	8	3	3	3	4	3	3	10	11	10	11	7	10	7	2
	Mean	-2.0	0.4	-1.8	-0.9	-0.7	4.0	1.0	-5.0	-7.8	-8.4	-7.2	-3.4	-6.4	-6.7	16.5
5	Sig.	2	1	3	2	2	3	3	5	5	5	1	1	1	0	2
	Mean	21.1	29.6	27.7	24.3	22.5	26.4	28.0	12.1	11.2	7.2	5.7	6.6	12.0	20.0	77.7
6	Sig.	1	3	4	3	3	3	2	1	0	1	0	1	3	3	3
	Mean	11.6	9.4	12.0	14.8	13.9	14.1	16.4	4.2	3.4	4.1	9.5	12.3	15.2	25.3	15.5
7	Sig.	5	5	9	5	2	1	5	0	1	1	1	3	8	8	5
	Mean	29.1	15.3	15.7	12.9	14.4	13.7	10.2	13.1	11.8	10.1	13.6	21.2	30.1	49.6	84.6
8	Sig.	5	5	4	6	6	6	5	8	9	7	6	6	4	4	4
	Mean	40.5	23.6	28.0	35.0	37.6	41.1	42.3	22.3	23.1	24.6	28.8	35.4	39.7	52.1	79.4
9	Sig.	2	1	2	2	2	2	2	3	5	3	4	1	2	0	2
	Mean	49.4	56.9	59.9	60.9	62.6	65.6	64.7	16.2	14.2	11.2	15.1	31.2	44.5	78.1	102.7
10	Sig.	2	2	1	1	2	2	2	2	2	5	4	1	0	0	0
	Mean	-4.9	-0.2	-2.8	-0.8	-1.3	-3.9	-4.6	5.0	3.2	-1.9	-3.1	1.6	-1.9	-12.2	0.8
11	Sig.	1	1	4	5	6	2	4	6	9	5	2	4	3	1	1
	Mean	-33.4	-28.6	-34.1	-36.8	-35.9	-33.6	-34.1	-15.9	-18.5	-19.9	-22.5	-28.1	-34.7	-40.6	-45.5
12	Sig.	0	1	2	0	0	0	0	2	2	1	3	1	0	1	0
	Mean	-18.2	-14.9	-11.8	-15.1	-17.2	-18.0	-18.7	-7.7	-9.6	-11.3	-16.1	-16.6	-17.2	-28.6	-17.3

Table 10. Change Analysis Results of Standard Deviation about Seasonal Rainfall Events

Station	Monthly Rainfall	Monthly Maximum Rainfall							Raining days							
		1day	2day	3day	4day	5day	7day	0%	10%	30%	50%	70%	80%	90%	95%	
1	Sig.	9	7	12	10	10	9	9	6	7	7	11	9	12	11	12
	Mean	-11.9	18.3	19.2	11.6	9.6	8.1	7.3	-8.4	-12.8	-11.9	-18.1	-21.6	-17.6	-3.3	-4.0
2	Sig.	8	9	7	11	12	11	5	5	4	2	5	10	8	8	11
	Mean	-22.0	5.6	2.4	-4.1	-13.1	-9.5	-10.5	-5.0	-3.7	-9.5	-15.2	-28.0	-23.3	-17.9	-15.0
3	Sig.	11	13	13	12	12	12	9	4	8	7	3	5	10	11	7
	Mean	-8.5	-7.3	-17.8	-17.7	-17.2	-9.9	-2.2	-3.7	-2.2	-9.0	-5.3	1.5	3.6	-8.8	-25.5
4	Sig.	8	12	11	12	12	11	9	9	8	8	4	10	10	7	10
	Mean	21.6	24.7	20.1	25.5	18.5	31.5	39.3	-8.5	-9.2	-2.1	10.0	22.3	5.6	3.5	3.6
5	Sig.	12	10	10	10	11	11	11	8	9	7	8	8	6	9	11
	Mean	22.8	53.5	30.1	24.4	19.4	23.4	34.8	-7.5	-5.3	-15.0	-19.0	-9.8	-11.0	5.5	24.1
6	Sig.	10	8	10	9	11	10	12	6	9	6	5	7	8	10	13
	Mean	-17.9	0.2	-8.5	-4.4	-5.8	-7.4	-5.9	-18.7	-19.2	-18.9	-12.2	-2.2	-13.3	1.4	-5.5
7	Sig.	11	11	12	12	9	10	8	10	9	9	8	9	10	10	11
	Mean	49.5	6.5	21.0	17.8	18.7	21.8	20.2	15.9	21.8	22.2	27.3	21.0	28.8	49.1	58.6
8	Sig.	10	11	11	11	11	11	11	6	6	5	8	7	10	9	11
	Mean	47.5	47.3	41.2	42.5	48.3	62.2	66.1	-5.4	2.6	10.7	17.2	34.7	40.5	34.2	38.0
9	Sig.	10	11	13	13	13	13	13	7	5	5	4	7	5	8	11
	Mean	19.0	43.8	30.9	25.2	26.2	28.3	27.7	-10.6	-7.7	-7.2	-4.6	6.7	9.9	34.6	43.2
10	Sig.	10	10	11	10	11	11	11	5	4	0	4	5	11	9	11
	Mean	-17.3	-1.5	-9.6	-7.6	-9.0	-13.0	-18.0	-18.3	-13.1	-5.4	-9.2	-12.4	-7.6	-11.8	-11.9
11	Sig.	8	7	13	13	13	10	12	4	2	4	5	7	8	7	7
	Mean	-32.4	-32.1	-41.4	-44.4	-42.9	-38.8	-38.9	-8.2	-10.7	-12.2	-17.8	-13.0	-17.8	-25.0	-35.7
12	Sig.	9	9	11	11	9	9	10	5	3	5	4	7	10	9	7
	Mean	-15.5	-13.0	-12.8	-17.5	-19.6	-21.5	-23.8	13.0	12.9	12.4	4.3	-1.7	-6.0	-23.3	-17.9

의 총강우량의 표준편차는 증가하였으며, 최대강우량은 6월만 약간 감소하고 4, 5, 7, 8, 9월은 증가하였다. 강우일수의 표준편차는 전반적으로 감소하고 있으나, 7월과 8월의 편차는 증가하였다.

Table 11은 월별 강우자료의 평균과 표준편차를 이용하여 산정한 변동계수를 나타낸 결과이다. 변동계수는 2개의 구분된 시계열 자료에서 각각 평균과 표준편차를 산정하여 표준편차를 평균으로 나누어서 계산하였다. 따라서 첫 번째 시계열 성분(First time Series)과 두 번째 시계열 성분(Second time Series)의 변동계수를 계산하여 비교하였다. 분석 결과는 Table 9와 Table 10에서 산정한 결과와 비교하면, 평균과 표준편차를 함께 고려하였기 때문에 평균적 변화의 절대량이 표준편차 변화의 절대량보다 더 크게 나타나고 있는 경향을 확인할 수 있다.

Table 12은 월별 자료에 대하여 경향성 분석을 수행

한 결과 중에서 유의수준 5 % 내에서 통계적 유의성이 있는 자료에 대해서 결과를 정리한 것이다. Table 12에서 제시한 기울기는 T-test 결과에서 나타나는 기울기를 도시한 결과이다. 기울기의 단위는 강우량은 총강우량과 최대강우량은 mm/year이며, 강우일수는 day/year이다. 월별로 4, 7 및 8월 자료가 상대적으로 유의한 결과를 갖는 지점이 많은 것으로 나타났다. 분석 결과는 평균에 대한 변동성 분석에서 나타난 것과 비슷한 결과를 보이는 것으로 나타났으며, 지점별로 상이한 특성을 갖는 것으로 분석되었다. 4월과 11월에서 계산된 강우자료의 기울기는 모두 음(-)의 값을 갖으며, 8월은 강우량과 강우일수가 양(+)의 기울기는 갖는 경향성이 분석되었다. 7월은 지점에 따라 증가 또는 감소가 다르게 나타났다. 총 분석 대상 자료 중에서 유의한 결과를 보이는 지점은 많지 않은 것으로 나타났다.

이는 강우자료가 갖는 불규칙성이 매우 강하여 통계

Table 11. Coefficient of Variation about Rainfall Time Series

Station	Monthly Rainfall	Monthly Maximum Rainfall							Raining Days							
		1day	2day	3day	4day	5day	7day	0%	10%	30%	50%	70%	80%	90%	95%	
1	F. S.	0.81	0.68	0.72	0.74	0.74	0.75	0.78	0.46	0.48	0.56	0.66	0.80	0.97	1.28	1.94
	S. S.	0.68	0.72	0.77	0.76	0.75	0.73	0.73	0.38	0.39	0.45	0.50	0.65	0.82	1.32	1.68
2	F. S.	0.75	0.73	0.74	0.73	0.76	0.76	0.78	0.43	0.44	0.50	0.61	0.79	0.93	1.30	1.74
	S. S.	0.64	0.70	0.71	0.69	0.68	0.71	0.73	0.44	0.47	0.53	0.61	0.67	0.78	1.13	1.71
3	F. S.	0.61	0.61	0.65	0.65	0.66	0.65	0.63	0.31	0.32	0.41	0.49	0.65	0.78	1.15	1.60
	S. S.	0.68	0.64	0.66	0.66	0.68	0.73	0.74	0.31	0.33	0.39	0.53	0.83	1.02	1.31	1.73
4	F. S.	0.59	0.57	0.56	0.56	0.56	0.56	0.54	0.33	0.35	0.39	0.48	0.59	0.73	1.06	1.59
	S. S.	0.69	0.65	0.64	0.65	0.61	0.64	0.69	0.32	0.34	0.41	0.56	0.73	0.81	1.18	1.57
5	F. S.	0.57	0.59	0.63	0.63	0.63	0.63	0.65	0.32	0.32	0.37	0.44	0.60	0.76	1.10	1.65
	S. S.	0.55	0.66	0.60	0.59	0.57	0.58	0.63	0.26	0.28	0.29	0.33	0.52	0.60	0.98	1.23
6	F. S.	0.71	0.65	0.72	0.74	0.74	0.76	0.76	0.33	0.36	0.41	0.50	0.63	0.78	1.11	1.63
	S. S.	0.51	0.58	0.58	0.59	0.59	0.59	0.59	0.26	0.27	0.32	0.40	0.55	0.59	0.91	1.34
7	F. S.	0.52	0.54	0.56	0.55	0.55	0.55	0.53	0.28	0.28	0.33	0.39	0.54	0.65	0.92	1.31
	S. S.	0.59	0.49	0.56	0.56	0.55	0.57	0.57	0.28	0.31	0.36	0.43	0.54	0.64	0.93	1.23
8	F. S.	0.57	0.65	0.65	0.65	0.63	0.62	0.61	0.31	0.32	0.35	0.40	0.54	0.70	0.98	1.43
	S. S.	0.59	0.68	0.66	0.64	0.64	0.67	0.68	0.24	0.26	0.31	0.36	0.53	0.69	0.86	1.13
9	F. S.	0.76	0.81	0.86	0.87	0.85	0.84	0.81	0.40	0.42	0.48	0.57	0.72	0.85	1.13	1.57
	S. S.	0.59	0.67	0.67	0.64	0.63	0.62	0.60	0.31	0.34	0.41	0.48	0.57	0.65	0.86	1.17
10	F. S.	0.88	0.86	0.90	0.90	0.90	0.91	0.93	0.46	0.47	0.53	0.63	0.84	1.02	1.34	1.86
	S. S.	0.75	0.78	0.78	0.79	0.78	0.77	0.76	0.35	0.39	0.51	0.59	0.72	0.96	1.41	1.95
11	F. S.	0.71	0.70	0.74	0.74	0.74	0.72	0.73	0.38	0.41	0.47	0.56	0.70	0.83	1.12	1.53
	S. S.	0.72	0.66	0.66	0.67	0.67	0.68	0.68	0.43	0.46	0.52	0.60	0.87	1.12	1.62	2.27
12	F. S.	0.75	0.78	0.77	0.79	0.78	0.79	0.79	0.41	0.42	0.48	0.56	0.76	0.93	1.28	1.74
	S. S.	0.79	0.81	0.79	0.79	0.78	0.79	0.77	0.51	0.54	0.63	0.74	0.93	1.12	1.57	1.97

적으로 뚜렷한 결론을 내리는 것은 어렵기 때문이지만, 분석 대상 지점에 따라서 최근 10년 동안의 강우특성이 과거와는 다르게 변화하고 있음을 유추해 볼 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 우리나라의 14개 지점에서 관측된 일 강수량 자료를 활용하여 추출한 여러 시계열자료의 특성을 분석하였다. 분석대상지점별로 연, 계절 및 월별로 강우시계열 자료를 추출하여 평균과 표준편차에 대한 변동성 분석과 경향성 분석을 수행하였다. 분석 결과는 대상 지점에 따라서 상이한 특성을 보이고 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구의 결과는 어느 정도 분석 결과를 일반화하여 제시하였다.

1. 연강우사상을 기준으로 추출한 시계열 자료의 분석 결과에서 지속시간 1, 2, 3, 4, 5, 7일의 최대 강우량과 95 % 이상에 해당하는 강우일수에 대한

평균의 변동성이 통계적으로 유의한 지점이 다수 발생하였다. 또한 최근 10년 동안에 연강수량은 평균적으로 17.7 % 증가한데 반하여 지속시간별 최대강우량은 모두 25 % 이상의 증가를 보이고 있는 것으로 나타났다. 그러나 강우일수는 0~80 %에 해당하는 경우에 12 % 이내의 증가를 보이나 90 % 이상을 기준으로 발생한 강우일수는 매우 많이 증가하였음을 확인할 수 있다. 표준편차의 변화도 지속시간별 최대강우량과 90 % 이상의 강우일수는 증가하였으나 80 % 이내의 강우일수는 감소하거나 약간 증가하고 있다. 따라서 연강우사상을 기준으로 수행한 분석 결과에서 지속시간별 최대강우량과 증후우사상의 평균과 표준편차는 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 경향성 분석 결과는 대부분의 자료에서 통계적으로 유의한 결과를 나타내지는 못하였다.

Table 12. Trend Analysis Results about Monthly Rainfall Events

Month	Station	Rain Events	Slope	Month	Station	Rain Events	Slope	
1	Ullung	10 %	-0.08	4	Mokpo	7day Max.	-0.87	
		30 %	-0.09			Raining Day	-0.08	
	Busan	Raining Day	0.04			10 %	-0.09	
	Jeju	30 %	-0.10			30 %	-0.07	
1day Max.		-0.41	50 %			-0.06		
Gangneung	2day Max.	-0.57	70 %			-0.05		
	3day Max.	-0.58	80 %			-0.03		
	Chupungryung	1day Max.	-0.22			Monthly Rainfall	-1.42	
Jeonju	1day Max.	-0.28	Yeosu		5day Max.	-0.62		
	Raining Day	0.05			7day Max.	-0.93		
Gwangju	30 %	0.04			Raining Day	-0.08		
Mokpo	Raining Day	0.05			10 %	-0.08		
Jeju	90 %	0.03		30 %	-0.06			
4	Seoul	90 %		-0.02	50 %	-0.05		
	Incheon	80 %		-0.03	Jeju	Monthly Rainfall	-0.86	
	Ullung	50 %		0.05		Raining Day	-0.10	
	Chupungryung	Raining Day	-0.06	10 %		-0.09		
		10 %	-0.06	30 %		-0.07		
	Pohang	Raining Day	-0.07	90 %	-0.02			
		10 %	-0.09	Gangneung	Raining Day	0.08		
		30 %	-0.06		10 %	0.07		
	Daegu	50 %	-0.05	Daegu	Raining Day	0.05		
		10 %	-0.07		95 %	0.01		
		30 %	-0.05	Busan	1day Max.	0.32		
	50 %	-0.04	2day Max.		0.59			
95 %	0.001	Yeosu	80 %		0.02			
4	Jeonju	30 %	-0.05	6	Gangneung	2day Max.	0.42	
		80 %	-0.03			Seoul	1day Max.	0.49
	Ulsan	Monthly Rainfall	-1.19	7	Ullung	Monthly Rainfall	1.44	
		Raining Day	-0.08			2day Max.	0.13	
		10 %	-0.06			3day Max.	0.16	
		30 %	-0.07			4day Max.	0.27	
		50 %	-0.06			5day Max.	0.17	
	70 %	-0.04	7day Max.			0.32		
	Gwangju	Monthly Rainfall	-1.21			Chupungryung	70 %	0.03
		2day Max.	-0.34				80 %	0.02
		7day Max.	-0.65		90 %		0.03	
		Raining Day	-0.67		Pohang		80 %	0.01
10 %		-0.74	90 %				0.01	
70 %		-0.05	2day Max.		-0.26			
80 %	-0.04	3day Max.		-0.32				
Busan	30 %	-0.05	4day Max.	-0.24				
	50 %	-0.05		7day Max.	-0.35			
Mokpo	Monthly Rainfall	-1.37		Jeonju	90 %	-0.003		
	1day Max.	-0.32	Ulsan	2day Max.	0.10			
	2day Max.	-0.51		3day Max.	-0.01			
	3day Max.	-0.60		4day Max.	-0.07			
	4day Max.	-0.61						
	5day Max.	-0.68						

Table 12. Trend Analysis Results about Monthly Rainfall Events (Continued)

Month	Station	Rain Events	Slope	Month	Station	Rain Events	Slope	
7	Mokpo	Monthly Rainfall	1.66	8	Mokpo	10 %	0.08	
		7day Max.	1.72			30 %	0.06	
Raining Day	0.07	50 %	0.07					
Ullung	10 %	0.07	Jeju		10 %	0.08		
	30 %	0.06			50 %	0.05		
	Chupungryung	3day Max.	1.07		9	Busan	50 %	-0.06
		4day Max.	1.30			Jeju	95 %	0.02
Pohang	Monthly Rainfall	2.86	11		Ullung	10 %	-0.05	
	2day Max.	1.22			Chupungryung	Monthly Rainfall	-0.43	
	3day Max.	1.39			Chupungryung	2day Max.	-0.33	
	4day Max.	1.47		3day Max.		-0.41		
	5day Max.	1.55		4day Max.		-0.41		
	7day Max.	2.12		5day Max.		-0.37		
	50 %	0.05		7day Max.		-0.43		
	90 %	0.03		10 %	-0.06			
Daegu	Raining Day	0.08		Pohang	2day Max.	-0.51		
Jeonju	Raining Day	0.07			3day Max.	-0.55		
	10 %	0.08	4day Max.		-0.56			
Gwangju	Monthly Rainfall	3.97	Ulsan	5day Max.	-0.52			
	1day Max.	1.09		3day Max.	-0.56			
	3day Max.	1.80	Ulsan	Raining Day	-0.07			
	4day Max.	1.81		10 %	-0.07			
	5day Max.	1.94	Busan	1day Max.	-0.41			
	7day Max.	2.54		2day Max.	-0.67			
	Raining Day	0.09		3day Max.	-0.72			
	10 %	0.10		4day Max.	-0.71			
	30 %	0.09		5day Max.	-0.67			
	50 %	0.06	7day Max.	-0.73				
70 %	0.05	Jeju	50 %	-0.05				
95 %	0.03		12	Gangneung	1day Max.	-0.42		
Mokpo	Raining Day	0.09		Jeju	Raining Day	-0.07		

2. 강우사상에 대한 계절별 특성은 평균과 표준편차가 다소 변화하는 양상을 보이고 있다. 여름철에 발생한 강우사상은 14개 분석 지점 중에서 11개 지점의 총강우량이 최근 10년 동안에 28.4 %가 증가하였으며 4, 5일의 최대강우량의 평균도 증가하였다. 또한 70~95 % 강우량보다 큰 강우가 발생한 강우일수도 최근 10년간 많이 증가하였음을 확인할 수 있었다. 표준편차의 변동은 총강우량과 최대강우량은 겨울철을 제외하고 모두 증가하고 있으며, 강우일수는 봄철과 여름철은 증가하고 겨울철은 감소하는 것으로 나타났다. 경향성 분석 결과

에서는 많은 지점과 자료에서 통계적으로 유의한 결과를 보이지는 아니하였으나, 여름철은 다른 계절에 비해 경향성을 갖는 자료가 상대적으로 많은 것으로 분석되었다.

3. 강우사상에 대한 월별 특성은 평균과 표준편차가 변화하는 것으로 나타났다. 평균에 대한 변동성 분석 결과가 통계적으로 유의한 지점은 그리 많지 않으나 최근 10년 동안에 강우량은 우기에 증가하고 건기에는 감소하는 특성을 보였다. 표준편차는 많은 자료에서 통계적으로 유의한 변화를 보여주었다. 강우일수의 표준편차는 대부분 감소하였으

나 7, 8월은 증가하였으며, 총강우량과 최대강우량도 증가하였다. 평균에 대한 변동성 분석 결과와 연관하여 볼 때에 7, 8월의 강우량은 커지고 편차도 증가함으로써 강우량의 발생 특성에 대한 양극화가 과거에 비해 심화되고 있음을 확인할 수 있다. 또한, 경향성 분석 결과에서는 4, 7, 8, 11월의 강우특성 자료가 다른 자료에 비하여 많은 변화를 하고 있음을 알 수 있다.

본 연구의 분석 결과에서는 분석 대상 지점에 따라 통계적 유의성이 모두 일관되게 나타나지는 아니하였다. 그러나 지구온난화에 따른 기후변화로 인하여 강우의 발생형태는 과거에 비하여 호우 사상에 의한 강우량과 발생빈도가 과거에 비하여 증가하고 있음을 통계적으로 어느 정도 확인할 수 있다. 또한 강우사상의 변동폭이 과거에 비하여 증가하고 있음을 통계적으로 자명하다. 따라서 안전한 수공구조물의 설계와 이용을 위하여 강우사상의 변화에 대한 대비가 필요한 것으로 판단된다. 또한, 강우의 발생형태가 변화하고 있을 수 있는 가능성이 매우 큰 것으로 보이므로 기후변화 등에 따라 한반도의 물순환 과정이 변화할 수 있으므로 이에 대한 계속된 연구가 필요하다.

감사의 글

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

참고 문헌

권원태, 부경은, 허인혜 (2007). “한반도 최근 10년 기후 특성.” **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 278-285.

김보경, 김병식, 김형수 (2008). “극한지수를 이용한 극한 기상사상의 변화 분석.” **대한토목학회 논문집**, 대한토목학회, 제28권, 제1B호, pp. 41-53.

김광섭, 임태경 (2005). “한반도 강수량과 유량의 장기 추세 분석.” **한국수자원학회 2005년도 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 1-4.

김광섭, 황보정도 (2006). “Singular Spectrum Analysis를 이용한 우리나라 강수량기자료의 시간변화도 분석.” **한국수자원학회 학술발표회**, 한국수자원학회, pp. 1479-1482.

서규우 (2003). “2003년 여름 강우패턴과 기상변화.” **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, 제36권, 제5호, pp.

39-43.

안재현, 김태웅, 유철상, 윤용남 (2000). “자료기간 증가에 따른 확률강우량의 거동특성 분석.” **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제33권, 제5호, pp. 16-21.

오세정, 유철상 (2007). “기후변화 및 도시화의 영향을 고려한 강우특성의 변화 추정: 1. 평균적 변화.” **대한토목학회 2007년도 정기학술대회 논문집**, 대한토목학회, pp. 1978-1981.

오제승, 김형수, 서병하 (2006). “수문 및 기후 자료에 대한 선형 경향성 및 평균이동 분석.” **대한토목학회 논문집**, 대한토목학회, 제26권, 제4B호, pp. 355-362.

오제승, 김치영, 김원 (2007). “강우 자료의 변동 특성 분석.” **한국수자원학회 2007년도 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 1602-1607.

윤용남 (2007). 수문학, 청문각.

이상복, 김정덕, 허준행 (2004). “강수량자료에 대한 변동성 및 경향성 해석.” **한국수자원학회 학술발표회**, 한국수자원학회, pp. 1-5.

최광용, 권원태, David A. Robinson (2006). “우리나라 사계절 개시일과 지속기간.” **대한지리학회지**, 대한지리학회, 제41권, 제4호, pp. 435-456.

Burn, D.H. and Hag Elnur, M.A. (2002). “Detection of hydrologic trends and variability.” *Journal of hydrology*, Vol. 255, pp. 107-122.

Conover, W.J. (1971). *Practical nonparametric statistics*, John Wiley and Sons, New York, pp. 462.

Fowler, H.J. (2005). “Are extremes increasing? Changing rainfall patterns in Yorkshire.” *The Yorkshire and Humberside Regional Review*, Vol. 15, No. 1, pp. 21-24.

Hann, C.T. (2002). *Statistical Methods in HYDROLOGY*. Iowa State Press, Iowa.

Haylock, M. and Nicholls, N. (2000). “Trends in Extreme Rainfall Indices for an Updated High Quality data set for Australia, 1910-1988.”, *International Journal of Climatology*, Vol. 20, pp. 1533-1541.

Hollander, Myles, and Douglas, Wolfe. (1973). *Nonparametric Statistical Methods*, John Wiley & Sons, New York, USA.

Karl, T.R., Mason, E.H., Hughes, P.Y., and Bowman, D.P. (1996). “United States Historical Climatology Network (U.S. HCN): Monthly Temperature and

- Precipitation Data.” ORNL/CDIAC-87, NDP-019/R3, *Envir. Sciences Div.* Pub. No.4500, Oak ridge National Lab, pp. 83.
- Kite, G.W. (1977). *Frequency and Risk Analysis in Hydrology*, Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, USA.
- Mann, H.B. and Whitney, D.R. (1947). “On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other.” *Ann. Math. Statist.*, Vol. 18, pp. 50-60.
- Yue, Sheng and Hashino, M. (2003). “Long term trends of annual and monthly precipitation in Japan.” *Water Resources Association*, Vol. 39, No. 3, pp. 587-596.
- Zhang, X., Harvey, K.D., Hogg, W.D., and Uzyk, R. (2001). “Trends in Canadian streamflow”, *Water Resources Research*, Vol. 37, No. 4, pp. 987-998.

논문번호: 09-044	접수: 2009.04.14
수정일자: 2009.07.02/09.09	심사완료: 2009.09.09