

강우 자료의 변동 특성 분석

Analysis on the shift characteristic of the rainfall

오제승*, 김치영**, 김원***
Je Seung Oh, Chi Young Kim, Won Kim

요 지

본 연구에서는 국내 61개 지점의 강우자료를 사용하여 계릴라성 호우 및 국지성 호우가 빈번하게 발생하기 시작한 1998년을 기준으로 강우의 변동 특성을 분석하고자 하였다. 분석은 두 가지 방법으로 수행하였으며 우선, 지속시간별 초과 강우의 발생 횟수를 산정하여 분석하였다. 또한, 각 지점의 연도별 10분, 1시간, 1일 최대 강우량을 산정하여 변동성 분석을 수행하였다. 분석 기법으로는 WMO에서 2000년도에 제시한 경향성 및 변동성 분석 기법을 사용하였다. 분석 결과 지속시간별 초과 횟수의 분석에서는 임의의 초과 시간 기준에 대해 모든 지속시간에서의 변동성이 통계적으로 유의성을 나타내었으며, 이는 각각의 지속시간에 대해 일정 규모이상의 강우가 발생하는 횟수가 과거에 비해 증가하였음을 의미한다. 최대 강우량을 사용한 분석에서도 이러한 변동성이 확인 되었다. 기간이 짧은 10분 최대 강우량에서만 변동성을 가진 지점은 3개 지점이었지만, 1시간 및 일 최대 강우량 값은 61개 지점 중 30개 지점에서의 변동성이 유의한 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 대규모 강우의 발생 횟수 및 단기간 강우량이 98년을 시점으로 한 변동성을 가지고 있음을 알 수 있었다.

핵심용어 : 변동성, 경향성, 강우분석, 국지성 호우

1. 서 론

수문 자료를 통계 분석하는 것의 기본적인 목적은 관측된 과거의 자료로부터 미래에 예측되어지는 현상에 대한 정보를 이끌어 내는 것이다(Yevjevich, 1972). 최근 몇 년간 과거에 비해 막대한 홍수 피해로 이어지는 대규모 강우가 자주 발생하고 있으며, 앞으로의 강우 발생 특성을 예측하기 위하여 이러한 현상이 나타내고 있는 통계적 의미에 대한 분석이 선행 되어야 한다. 또한, 지구 온난화, 기후변화 및 도시화 등으로 인한 강우 특성의 변화는 홍수나 가뭄 등의 크기에 증가 또는 감소의 변화를 가져올 수 있는 가능성을 가지고 있다. 이러한 변화의 여부는 시계열 자료를 도시함으로써 쉽게 파악할 수 있지만, 변동성이 뚜렷하게 나타나지 않는 경우에는 통계적 방법을 이용하여 변동성 분석을 실시하여야 한다. 따라서, 본 논문에서는 강우의 특성이 과거에 비해 어떻게 변화하고 있는지를 알아보기 위해 기상청 보유 지점 중 30년 이상의 자료를 확보 할 수 있는 국내 61개 지점의 자료를 사용하여 두 가지 방법으로 분석을 수행하였다.

첫째, 시 강우 자료를 사용하여 지속기간별 강우를 산정한 후, 어느 특정 값을 초과하는 강우의 발생 횟수를 산정하여 전 지점에 대해 지속기간별로 연도별 평균 발생 횟수를 산정하고 발생 횟수에 대한 변동성 분석을 실시 하였다.

둘째, 연 최대 일 강우량, 연 최대 시간강우량 및 연 최대 10분 강우량을 사용하여 강우자료의

* 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 · E-mail : ojs1801@hanmail.net

** 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 · E-mail : cy_kim@kict.re.kr

*** 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 · E-mail : wonkim@kict.re.kr

변동성에 대하여 분석 하였다. 변동시점 및 변동성에 대한 통계적인 유의성을 검정하기 위한 분석 방법으로는 세계기상기구(WMO)에서 2000년도에 발행한 WCDMP-Vol.45에 기술된 비모수 Cusum 검정, Cumulative Deviation 검정, Worsley Likelihood Ratio 검정, Rank Sum 검정, Student's t 검정 등을 적용하였다. 변동시점은 1998년을 기준으로 하였으며, 이는 1998년 이전 대부분의 홍수는 장마선선의 영향으로 인한 장기적인 강우가 원인이었던 반면, 이 시점을 기준으로 하여 계릴라성 호우 및 국지성 호우로 인한 단기간의 많은 강우량으로 인한 홍수가 빈번하게 발생하기 시작하였기 때문이다.

본 연구를 통하여, 다양한 자료를 사용한 강우의 변동성 분석을 수행하여, 1998년 이후로 빈번하게 발생하고 있는 대 규모 강우의 통계적인 의미를 파악하고자 하였다.

2. 초과 횟수의 변동성 분석

본 연구에서는 61개 지점의 1973년부터 2005년까지 33년 동안의 기상청 강우자료를 사용하였다. 우선 각 지점별로 지속기간별 강우량을 산정한 후 연도별로 특정값을 초과하는 강우량의 횟수를 계산한 후, 전체 지점에 대한 초과 횟수를 평균하여 지점별 연도별 평균 발생횟수를 사용하여 변동성을 분석 하였다.

2.1 강우 강도의 변화

연 강수량이나 사상별 총강우량은 과거와 비교하여 크게 다르지 않다 하더라도 단기 강우의 강우강도 증가가 뚜렷하게 나타나고 있다. 최근 들어 홍수피해를 유발하는 것은 강우의 총량이기 보다 단기 강우 강도라 할 수 있으며, 강우강도 증가는 빈번한 홍수피해와 직결된다.

본 연구에서 기상청 산하 61개 관측소의 1973년부터 2006년 8월 31일까지 시강우량을 이용하여 시간당 50mm 이상의 호우가 발생한 횟수를 분석한 결과 과거에 비해 발생횟수가 현저히 증가한 것을 확인할 수 있었다. 분석에 있어 시간당 50mm를 선정한 이유는 시간당 50mm 이상의 강우량이 발생하면 홍수 피해를 유발할 가능성이 있다고 가정하였기 때문이다(그림 1).

1973년부터 2006년까지 50mm 이상의 강우량이 발생한 전체지점의 발생 평균은 10회로 나타났으며, 1973년에서 1997년까지 발생횟수는 7.4회, 1998년에서 2006년까지 발생횟수는 17.2회로 나타났다. 이와 같이 1998년 이후 시간당 50mm 이상의 강우량 발생횟수가 1998년 이전에 비해 약 2.37배 증가한 것으로 나타났다.

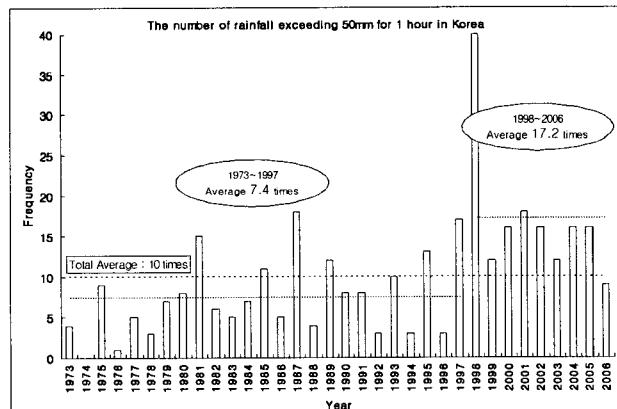


Figure 1. The number of rainfall exceeding 50mm for 1 hour

2.2 초과 횟수의 산정

초과 횟수는 7개 지속시간의 강우량을 대상으로 산정하였으며 1시간-50mm, 2시간-80mm, 3시간-100mm, 6시간-150mm, 12시간-200mm, 24시간-250mm, 48시간-400mm를 초과하는 강우가 발생한 횟수를 산정하여 전 지점의 값을 평균 하였다. 산정 결과는 그림 3과 같으며, y축이 나타내는 값은 61개 지점에서 각 그래프의 지속시간별 초과값 이상의 강우가 발생하는 평균 횟수이다.

그림 3에서 나타나듯이 전 지점의 1998년을 기준으로 한 지속시간별 초과 강우의 평균 발생 횟수는 과거에 비해 작게는 1.84배부터 크게는 2.37배까지 증가한 것을 알 수 있다. 이러한 도시적인 결과의 통계적 유의성을 검정하기 위한 자료에 대한 변동성 검정 결과는 표1과 같다.

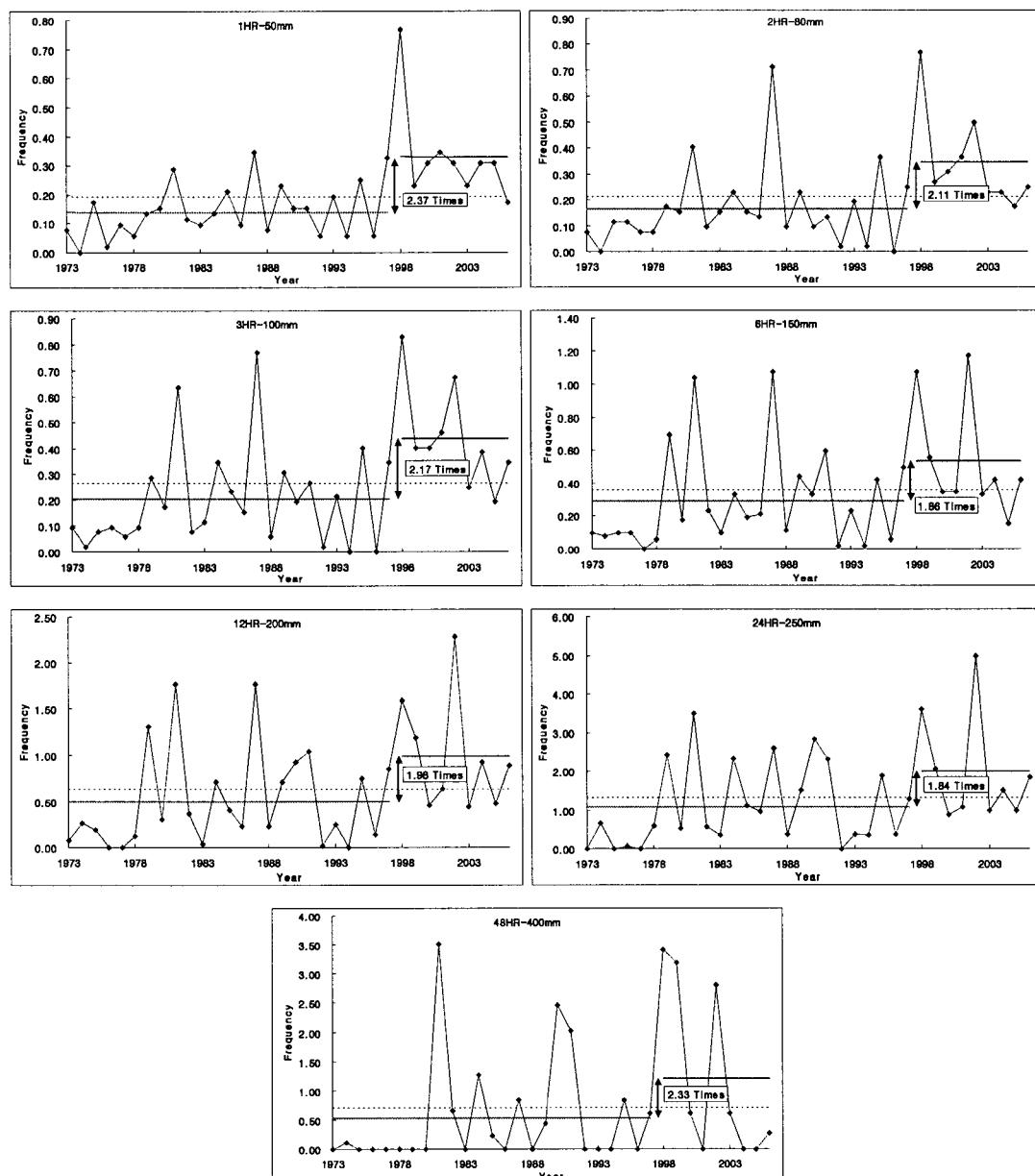


Figure 3. The Number of Excess Rainfall according to Duration

Table 1. The Result from Change Test about Excess Number

Test Method \ Duration	1 HR		2 HR		3 HR		6 HR		12 HR		24 HR		48 HR	
	Change point	Significance												
① Cusum	1996	S		NS		NS								
② Cumulative deviation	1996	S	1996	S	1996	S		NS		NS		NS		NS
③ Worsley likelihood	1996	S	1997	S	1996	S		NS		NS		NS		NS
④ Rank Sum	1998	S	S	S										
⑤ Student's t		S		S		S		S		NS		S		S

S: Significant / NS: Not Significant

3. 강우 자료의 변동성 분석

연도별 최대 강우량 값의 변동성 여부를 알아보기 위하여 61개 지점의 연 최대 일 강우량, 연 최대 시간강우량 및 연 최대 10분 강우량에 대한 변동성을 분석 하였다. 분석 기법은 초과 발생 횟수에서 사용한 방법과 같으며 각 자료별로 61개 지점을 분석 한 결과는 다음과 같다.

3.1 연도별 일 최대 강우량

분석 결과 21개 지점의 일 최대 강우량 자료에서 1998년을 시점으로한 평균의 변화가 통계적인 유의성을 나타내었으며, 1998년에는 변화의 유의성을 나타내지 않았지만 1985년부터 1994년 사이의 시점에서 변동성을 나타낸 자료는 6개 지점으로 61개의 지점 중에서 44%에 해당하는 27개 지점에서 과거에 비해 강우량이 증가했을 것이라는 가정이 통계적으로 유의함을 나타내고 있다.

Table 2. Change of Daily Maximum Rainfall before and after 1998

Site	Mean value			Site	Mean value			Site	Mean value		
	Before	After	Ratio		Before	After	Ratio		Before	After	Ratio
Gangneung	138.8	239.3	72%	Daegu	93.9	134.3	43%	Yeongdeok	98.7	153.3	55%
Seoul	140.7	201.1	43%	Jinju	139.8	177.2	27%	Uiseong	90.2	125.2	39%
Wonjoo	123.6	162.9	32%	Yangpyeong	129.2	201.9	56%	Gumi	89.8	137.8	53%
Ulleungdo	87.6	122.3	40%	Hongcheon	125.6	166.8	33%	Geochang	111.5	160.7	44%
Seosan	116.2	153.4	32%	Imshil	103.8	143.1	38%	Hapcheon	116.7	164.8	41%
Uljin	98.6	139.6	42%	Suncheon	145.4	179.6	24%	Sancheong	148.8	223.9	50%
Pohang	109.2	177.3	62%	Mungyeong	98.7	128.7	20%	Namhae	172.1	233.8	36%

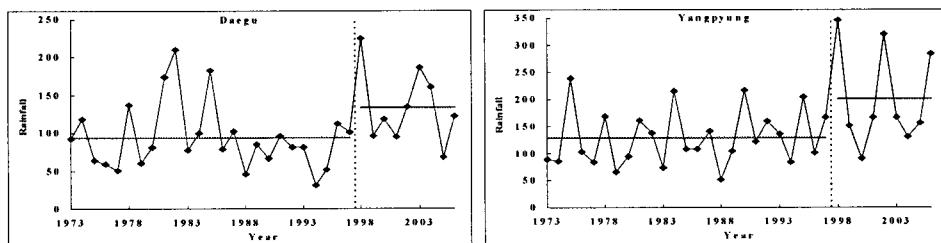


Figure 4. The Data and Change Characteristic of Maximum series of Daily Rainfall

4.2 연도별 시간 최대 강우량

일 최대 강우량의 분석에서 변동성을 나타낸 지점과 10개의 동일한 지점에서 변동의 유의성이 검정되었으며 그 외 10개의 다른 지점에서도 시간 최대 강우량이 1998년을 기준으로 변동성을 나타내었다. 또한, 그 외 지점 중 4개 지점은 1998년이 아닌 다른 시점에서 변동한 것으로 나타났다. 시간 최대 강우량의 경우 약 40%의 지점에서 강우의 변동성이 존재 하였으며, 이는 과거에 비해 단시간의 강우량이 증가하고 있음을 나타내는 것이다.

Table 3. Change of Hourly Maximum Rainfall before and after 1998

Site	Mean value			Site	Mean value			Site	Mean value		
	Before	After	Ratio		Before	After	Ratio		Before	After	Ratio
Daegwanryeong	30.76	38.74	26%	Hongcheon	38.19	49.94	31%	Sungsanpo	51.27	70.5	38%
Gangneung	31.86	43.9	38%	Boeun	37.38	51.63	38%	Yeongdeok	27.77	39.81	43%
Seoul	44.62	61.8	39%	Buyeo	45.16	64.0	42%	Geochang	33.8	41.69	23%
Seosan	38.36	50.24	32%	Suncheon	38.32	61.94	62%	Hapcheon	38.28	48.19	26%
Pohang	28.44	47.3	66%	Jangheung	39.7	51.94	31%	Sancheong	38.69	53.94	39%
Tongyung	35.04	57.81	65%	Haenam	38.42	49.81	30%	Geoje	42.10	64.94	54%
Inje	30.32	45.38	50%	Goheung	44.51	61.38	38%				

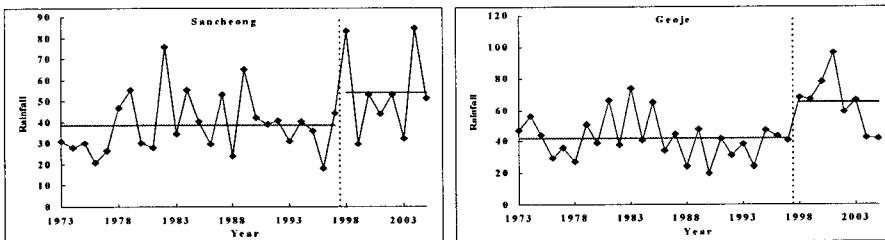


Figure 5. The Data and Change Characteristic of Maximum series of Hourly Rainfall

4.3 연도별 10분 최대 강우량

1998년에 변동성을 나타낸 11개 지점 가운데, 8개 지점은 일 최대 또는 시간최대 강우량의 분석 결과에서 변동성을 나타낸 지점으로, 1998년이 아닌 다른 시점에서 변동성을 나타낸 지점은 6개 지점이었으나, 그 중 4개 지점은 일 최대 또는 시간최대 지점의 분석 결과에서 변동성을 나타낸 지점과 동일한 지점이었다. 즉, 10분 최대 강우량의 분석 결과, 변동성을 나타낸 총 17개 지점 중 12개 지점에서 일 최대 강우량 또는 시간 최대 강우량에서도 그 특성이 나타나고 있었다.

Table 4. Change of 10 minutes Maximum Rainfall before and after 1998

Site	Mean value			Site	Mean value			Site	Mean value		
	Before	After	Ratio		Before	After	Ratio		Before	After	Ratio
Daejeon	15.88	19.38	22%	Geumsan	12.74	18.0	41%	Hapcheon	11.9	17.06	43%
Tongyung	12.36	17.34	40%	Suncheon	13.38	20.69	55%	Sancheong	12.98	17.5	35%
Inje	12.32	15.94	29%	Jangheung	14.08	17.19	22%	Geoje	14.42	17.56	22%
Boryung	15.64	19.94	27%	Haenam	13.72	16.94	23%				

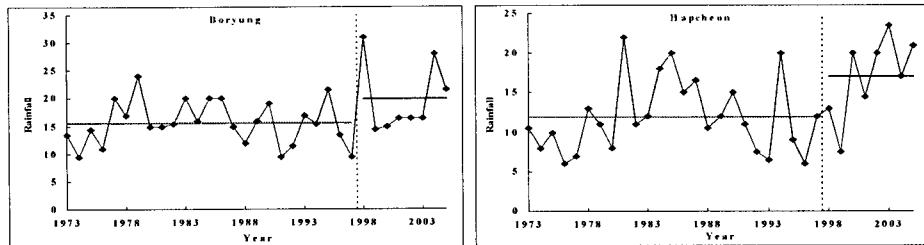


Figure 6. The Data and Change Characteristic of Maximum series of 10 minutes Rainfall

4. 결 론

본 연구는 단시간에 많은 강수량을 가지는 계절라성 집중 호우의 발생으로 인해 1998년을 시점으로 특정 값을 초과하는 강우의 발생 횟수 및 강수량에 변동성이 존재할 것이라는 가정하에 분석을 수행하였다. 다양한 자료의 분석을 수행하기 위하여 각각의 지속시간별로 61개 지점 강우의 초과 횟수를 산정하였으며 동일한 지점의 연도별 일 최대, 시간 최대, 10분 최대 강우량을 사용하여 분석을 수행한 결론은 다음과 같다.

1. 1998년을 시점으로 지속시간별 초과 강우의 발생 빈도의 증가는 통계적인 유의성을 나타내었으며, 이는 과거에 비해 동일한 지속시간 동안 내리는 강우의 양이 증가하고 있음을 의미한다.
2. 초과 강우의 발생횟수 증가는 통계적인 유의성을 나타낸 반면, 서로 다른 지속시간에서 발생 빈도의 증가를 비교하기 위해서는 지속시간별 초과 횟수 산정 시 초과량의 기준에 대한 연구가 수행되어져야 할 것으로 생각된다.
3. 61개 지점 중 30개 지점에서 일 최대 또는 시간 최대 강우량에 변동성이 있는 것으로 나타났으며, 이는 단시간 동안의 최대 강우량이 증가하고 있는 것으로 치수계획 수립 시 돌발홍수 등의 고려가 이루어져야 한다.
4. 강우자료에는 변동성 및 경향성이 존재할 가능성이 있으므로, 수문 시계열 자료의 정확한 분석을 위하여 자료의 통계적 처리 전에 자료에 대한 정상성, 독립성의 여부를 확인해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Buishand T.A. (1982), Some methods for testing the homogeneity of rainfall records, *Journal of Hydrology*, Vol. 58, pp. 11-27
- Chiew F.H.S., McMahon T.A. (1993), Assessing the adequacy of catchment streamflow yield estimates, *Aust. J. Soil Res.*, Vol. 31 pp. 665-680
- Francesco Lisi, Vigilio Villi (1997), Statistical considerations on the randomness of annual maximum daily rainfall, *Journal of the American Water Resources Association*, 33(2), pp. 431-441
- Hollander M., Wolfe D.A. (1999), Nonparametric statistical methods, New York; Chichester : John Wiley
- Lindsey J.K. (1996), Parametric statistical inference, Oxford, Clarendon Press.
- Siegel S., Castellan N.J. (1988), Nonparametric statistics for the behavioral science, New York: McGraw-Hill
- Yue S., Hashino M. (2003), Long term trends of annual and monthly precipitation in Japan, *Water Resources Association*, Vol. 39, pp. 587-596