

BLRPM을 이용한 서울지점 시단위 강우의 월별 경년변화 연구

A Study on The Monthly Trend of Seoul Hourly Rainfall Using BLRPM

황석환*, 김종훈**, 유철상***, 정성원****, 유도근*****

Hwang, Seok Hwan, Kim, Joong Hoon, Yoo, Chulsang, Jung, Sung Won, Yoo Doguen

요 지

본 논문에서는 공간상의 한 점에 대한 연속시간 강우모델로 시간단위의 통계특성을 재현하는데 유용하다고 알려진 BLRPM(Bartlett-Lewis Rectangular Pulse Model)을 이용하여, 측우기 자료를 포함하는 서울지점의 일강우 자료를 분해하고 지속시간별로 집계하여 모의된 시단위 단기 강우의 정량적 장기변화 특성을 분석해 보았다. 모의자료의 전이확률과 발생빈도 분석결과, 측우기 관측계열(CWK)에 비해 근대 우량계 관측계열(MRG)의 무강우 지속기간은 길어지고 강우지속기간은 짧아졌음을 알 수 있다. 이는 과거에 비해 근래의 강우지속기간이 짧아졌음을 의미하고, 근래 강우량의 양적증가와 같이 고려해 보면 근래의 강우강도가 과거보다 매우 높아졌음을 증명해 준다. 1960년대 전후로 구분한 자료계열(BCC와 ACC)에 대하여 지속시간별 모의 강우량의 평균과 분산의 비(증감률)를 월별로 비교한 결과, 전반적으로 9월이 증가의 정도가 가장 컸고 8월도 비교적 큰 증가 경향을 보였다. 그러나 6월은 오히려 약간 감소한 경향을 나타냈다.

핵심용어 : BLRPM, Bartlett-Lewis, 기후변화, 측우기

1. 서론

본 연구에서는 측우기를 포함한 서울지점의 일단위 강우량 자료와 강우모형을 이용하여 그 보다 미소단위인 시간단위 자료를 모의한 후, 각 자료계열의 지속시간별 강우량의 비율을 비교하여 장기적 관점에서 단기 강우특성의 변화양상을 파악해 보고자 하였다. 본 연구의 최종 목적이 강우 모형의 성능에 대한 평가나 시간단위로 분해된 강우자료의 정확도를 평가하고자 하는 것이 아니기 때문에 일정시점에 있어서의 실측자료와의 정확한 일치여부는 중요한 관건이 아니다. 시단위 강우로 변환하기 위해 본 연구에서는 포아송 과정에 근거한 BLRPM 모형을 사용하였다. 포아송 과정에 근거한 강우모형은 강우의 발생은 포아송 과정을 따르고, 강우강도와 지속기간은 일반적으로 지수분포를 따른다고 가정하는 것이다. 포아송 과정이란 주어진 시간, 거리, 공간에서 발생확률이 아주 작은 사상이 발생하는 현상을 의미한다. 포아송 과정의 주요특성으로는 특정 단위구간에서의 사상의 발생은 다른 단위구간에서의 사상의 발생과 독립적이고 전체 구간 내에 같은 간격을 가진 단위구간에서 사상의 발생확률은 일정하다는 것이 있다. 더불어 특정 구간에서 사상의 발생확률은 그 구간의 크기에 비례하고 단위구간에서 사상이 2회 이상 발생할 확률은 0에 가깝다는 특성이 있다. 포아송 과정에 근거한 강우모형에 관련된 대표적인 연구로는 Rodriguez-Iturbe 등(1984), Rodriguez-Iturbe 등(1987; 1988), Entekhabi 등(1989), Islam 등(1990)이 있다. 이후 Wilks는(1998) 강우강도를 두 개의 지수분포를 혼합한 형태인 혼합지수분포(mixed exponential distribution)를 사용하여 나타내기도 하였다. 이와 같은 포아송 과정에 근거한 강우모형은 강우의 군집특성을 나타내기 위해 보통 Bartlett-Lewis 과정이나 Neyman-Scott 과정 등을 이용하였고(Rodriguez-Iturbe 등, 1987; Rodriguez-Iturbe 등, 1988) 이후에 강우의 군집효과를 조절한(평균 무강우 지속일수가 관측치에 비해 작게 나타나는 것과 같은 문제) 형태인 Modified Neyman-Scott 과정(Entekhabi 등, 1989)이나 Modified Bartlett-Lewis 과정(Islam 등, 1990) 등이 제시되었다(유철상과 이동률, 2000). 최근의 국내 연구동향은, 김기욱과 유철상(2008)이 관측강우의 시간적 군집특성을 적절하게 재현해 주는 강우모형을 선정하기 위해

* 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원

Researcher, Korea Institute of Construction Technology, GyeongGi-Do 411-712, Korea
(e-mail: sukany@kict.re.kr)

** 고려대학교 공과대학 건축·사회환경공학부 교수

Prof., School of Architecture, Civil & Environmental Eng., Korea University, Seoul, 136-713, Korea
(e-mail: jaykim@korea.ac.kr)

*** 고려대학교 공과대학 건축·사회환경공학부 교수

Prof., School of Architecture, Civil & Environmental Eng., Korea University, Seoul, 136-713, Korea
(e-mail: envchul@korea.ac.kr)

**** 한국건설기술연구원 수자원연구실 책임연구원

Chief Researcher, Korea Institute of Construction Technology, GyeongGi-Do 411-712, Korea
(e-mail: swjung@kict.re.kr)

***** 고려대학교 공과대학 건축·사회환경공학부 박사과정

Doctoral Student, School of Architecture, Civil, and Environmental Eng., Korea University, Seoul, 136-713, Korea
(e-mail: godqhr425@korea.ac.kr)

포아송 과정에 근거한 RPPM과 NS-RPPM 계열 점과정 모형을 비교하였고, 이중 Modified NS-RPPM이 가장 좋은 결과를 보였다고 하였다. 그리고 경민수 등(2008)은 카오스 이론을 적용해 일강우 자료를 시간 단위 자료로 분해하였으며, 이 자료는 실측 관측치와 유사한 값을 보이거나 극값의 경우 과소 추정된다고 보고한 바 있다. 그러나 이러한 강우모형을 이용한 다양한 연구들은 대부분이 강우 관측자료의 부족함을 보완하기 위한 강우 모의 방법에 대한 유도나 성능 검증에 국한되어 있었다.

2. 자료특성

2.1 자료계열의 구성

본 연구에서는 1778년에서 2006년까지의 일강우 자료계열을 사용하였다. 1778년에서 1907년까지는 측우기 관측자료이고 1908년에서 2006년까지는 근대우량계 자료이다. 본 연구에서는 강설 등의 영향을 고려하지 못한 측우기 자료와 이를 고려한 근대 우량계의 차이를 고려하여 4월에서 10월까지의 자료만을 이용하였고 총 4개의 자료계열을 만들었다. 본 논문에서는, 4월에서 10월까지의 자료에 대해 분석을 실시하였지만, 여름철 월별로 일강우 이하자료의 단기강우특성의 변화양상을 파악해 보고자 하는데 목적을 두었으므로 주요결과 및 결론은 6월에서 9월사이의 자료에 대해서만 제시하였다.

3. 기본이론

3.1 Bartlett-Lewis Rectangular Pulse Model

본 논문에서 사용된 강우모형은 Bartlett-Lewis Rectangular Pulse Model(BLRPM)이다. 이모형은 공간상의 한점에 대한 연속시간 강우모형이다. 이 모형은 U.K. (Onof and Wheater, 1993, 1994)를 포함한 기후의 광범위한 변동에 대해 상당한 만족스럽게 적용된 바 있다. 이 모형은 일단위와 그이하 시간단위의 통계특성을 재현하는데 유용하다(Rodriguez-Iturbe et al., 1987, 1988)고 알려져 있다. BLRPM은 전지역의 강우를 모의하는 공간 전지구 순환 모델 (GCM; General Circulation Models)과 대조적으로, 지점에서의 강우를 모의하는 지점강우 시계열을 위한 모델로 포아송 군집 과정(Poisson cluster processes)을 따른다. 호우는 포아송 분포에 따라 도달하고 셀의 군집들(clusters) 또는 일정깊이를 가진 구형펄스에 의해 표현된다. 각각의 셀은 지수분포 혹은 감마분포를 가지는 셀 길이와 지수분포를 가지는 셀 깊이로 표현되고 호우는 그런 셀들의 군집이다. 각각의 호우안의 군집과정들(cluster processes)은 여러 가지 방법으로 나타낼 수 있다. Neyman-Scott 과정(process)은 무작위 분포로부터 각 호우에 있는 셀의 수가 얻어지고 셀 도착시간을 얻기위해 지수분포를 이용한다(Rodriguez-Iturbe et al., 1987). 그러나, Bartlett-Lewis 과정은, 지수분포로부터 전체호우의 지속시간을 얻고, 셀과 호우의 도달시간은 포아송 분포가 된다.

4. 모형의 구성

4.1 분석 모형의 구성 및 분석 절차

BLRPM을 이용한 지점강우를 모의하기 위한 BLRPM의 구성 및 강우자료의 생성과정은 다음과 같다. 모형의 구성에 앞서 목적에 따라 자료계열을 분리하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 동일수준의 비교를 위해 측우기 관측정도와 유사하게 근대 우량계 자료 중 2mm이하 자료를 제외한 자료계열(M20)을 대상으로 분석을 실시하였다. 그리고 관측 종류별로 2개의 자료계열(CWK와 MRG)로 나누고, 기후변화가 예상되는 정도에 따라 2개의 자료계열(BCC와 ACC)로 나누었다. 이러한 자료구성을 통해 측우기 자료와 근대우량계 자료의 경향과 근대 기후 변화 특성 등을 비교 분석해 보고자 하였다. 다음은 BLRPM 모형을 구성하기 위한 절차들이다. 첫째로 선행 분석을 통한 BLRPM 매개변수 추정을 위한 최적의 기본 통계치들을 선정한 후 각각의 자료계열에 따른 기본 통계치들을 추출하였다. 다음으로 기본 통계치들로부터 최적의 매개변수를 추출하기 위해 BLRPM 매개변수 추정 목적함수를 적절히 구성하는 것이다. 본 논문에서는 상대 잔차 제곱을 최소화하도록 목적함수를 구성하였다. 이러한 과정을 통해 BLRPM 매개변수 추정 목적함수가 구성이 되고 이를 사용하여 BLRPM 매개변수 최적화 과정을 수행하게 된다. 목적함수 수렴 한계값을 기준으로 이과정을 반복하여 최적의 BLRPM 매개변수를 선정한다. BLRPM 매개변수가 선정이 되면 시간단위 자료가 존재하는 실측자료를 대상으로 BLRPM의 모의 성능을 평가하게 된다. 선정된 BLRPM으로 시간단위 강우량을 산정하고 이를 지속시간별로 중첩하여 지속시간별 강우자료를 생성하게 된다. 이를 실측 지속시간별 강우자료와 통계특성이나 강우발생빈도 등을 비교하여 모형의 매개변수 설정이 적절한지 판단한다. 만약 통계특성이나 강우발생빈도 등이 적절하지 않다면 적정수준에 이를 때까지 BLRPM 매개변수 추정, 목적함수 구성 및 최적화 과정을 조정 반복한다. 이를 통해 적합한 수준의 강우자료가 생성되면 각 자료계열별로 해당 매개변수를 적용하여 각 지속시간별 강우자료를 생성한다. 그러나 여기서 주지할 점으로, 적절한 매개변수를 추정하기 위한 과정에서 지속시간별 강우자료를 검증할 수 있는 자료계열이 한정되어 있는 관계로 모든 계열에 대해 실측 검증이 불가능하다는 한계가 있다. 따라서 각 자료계열 간에 존재할 수 있는 경년변화(trend)와 같은 장기변화 요인에 의한 차이를 명확히 고

려하기는 어렵다. 그러나 특정시점의 정량적 강우를 파악하는데 목적이 있지 않고 장기간 월별 단기강우 특성의 양상을 비교하는데 목적이 있고, 더불어 각 자료계열간의 단기적 특성들은 크게 차이를 보이지 않으므로 분석가능한 수준의 매개변수 추정의 신뢰도는 충분히 확보가능하다고 판단된다.

5. 지속시간별 시강우자료의 생성 및 분석 결과

5.1 분해법에 의한 지속시간별 시자료 생성 결과

일반적으로 일단위 이하 강우자료의 부족으로 시간강우 자료를 모의생성하여 사용하고자 하는 경우, 분해 기법 적용으로 인해 실측치와 모의치 간에 정량적인 차이를 보일 수 있어 이를 보완하고자 각 지속시간별 실측치와 비교하여 모의치를 보정하게 된다. 그러나 본 논문에서는 분해법(disaggregation)을 이용하여 생성된 각 지속시간별 모의 강우자료계열을 각 지속시간별 실측 강우자료 계열에 근사시키기 위해 사용하는 비율보정법(proportional adjustment), 선형보정법(linear adjustment), 혹은 거듭제곱보정법(power adjustment) 등의 보정방법을 적용하지 않았다. 왜냐하면 본 논문의 목적이 각 자료계열별로 월별 변화 특성을 비교하는 것이기 때문에 자료계열별로 동일한 비율의 보정은 의미가 없기 때문이다. 더불어, 각 자료계열별로 통계특성이나 경년변화 특성이 다를 수 있기 때문에 검증 가능한 최근의 실측자료 계열의 비율에 일괄적으로 맞추는 것은 합당하지 않다고 판단된다. 이는 각 자료계열별로 일강우자료(24시간자료)는 존재하나 각 지속시간별로 실측계열에 대한 모의계열의 비율이 일정하지 않기 때문이다. 다음 표1은 앞서 자료계열 별로 산정된 매개변수를 사용하여 생성된 지속시간별 시자료의 기본 통계 특성이다.

Table 1. Statistics of generated data using BLRPM (M20)

Groups	Data sets	Month	Statistics	Aggregation time(hours)					
				1	3	6	12	18	24
G1	CWK 1778-1907	JUN	mean	0.1496	0.4529	0.8979	1.7935	2.8297	3.6555
			var	0.5935	4.9961	15.9080	48.2869	92.2745	134.4117
			skew	7.5828	7.6195	7.0488	6.2692	5.5137	5.2928
		JUL	mean	0.3884	1.1752	2.2856	4.6953	7.1529	9.0869
			var	2.0802	16.2735	52.2880	173.7129	305.7658	430.6116
			skew	5.6666	5.3407	5.0209	4.6313	3.9310	3.7086
		AUG	mean	0.2877	0.9289	1.7726	3.5571	5.2540	7.3074
			var	1.4218	12.2924	39.2696	118.6245	214.5485	344.7502
			skew	6.3253	5.8123	5.6525	4.9229	4.6729	4.2656
		SEP	mean	0.1410	0.4434	0.8456	1.8206	2.4753	3.6364
			var	0.6365	5.3114	16.9793	55.5657	89.9381	154.8391
			skew	8.4638	8.0191	8.2538	6.8264	6.9832	5.9449
	MRG 1908-2006	JUN	mean	0.1661	0.5030	1.0235	2.0108	3.0472	4.1460
			var	0.8094	6.2381	20.9869	61.0447	109.5316	166.5322
			skew	8.5481	8.0033	7.5271	6.7969	5.8235	5.1786
		JUL	mean	0.4143	1.2700	2.6338	5.0475	7.6647	10.4312
			var	2.7444	22.2569	77.1986	209.9852	377.9142	565.6551
			skew	6.1895	5.8394	5.4102	4.9409	4.2493	3.9807
		AUG	mean	0.3311	0.9464	2.0071	3.8722	5.7762	8.0421
			var	2.1636	15.1472	54.3817	161.7761	292.3805	453.2297
			skew	6.8137	6.2894	5.7606	5.6404	4.9775	4.9451
		SEP	mean	0.1638	0.5111	1.0663	1.9765	3.1346	4.1663
			var	1.0246	8.2137	27.7968	71.9049	138.1167	200.3424
			skew	9.0639	9.0705	7.9444	7.0650	6.2852	5.8746
G2	BCC 1778-1960	JUN	mean	0.1607	0.4907	0.9110	2.0072	2.8503	3.9385
			var	0.7388	5.8180	17.4417	59.4393	92.5600	158.0912
			skew	7.9287	7.9946	7.6807	6.5728	5.5877	5.7442
		JUL	mean	0.3917	1.1617	2.3253	4.6527	7.0029	9.3668
			var	2.0001	15.8766	53.1699	170.3566	309.9928	463.2777
			skew	5.4362	5.1402	4.9577	4.5800	4.0421	3.8585
	AUG	mean	0.3096	0.8813	1.7893	3.5145	5.1883	7.1225	
		var	1.8365	13.0992	45.4309	127.2303	224.7295	352.5438	
		skew	6.6509	6.3500	6.2044	5.4054	4.9681	4.4945	
	ACC 1961-2006	JUN	mean	0.1454	0.4525	0.8015	1.7436	2.5662	3.4480
			var	0.6847	5.7955	16.1730	53.2435	94.3005	137.5123
			skew	8.3328	8.4208	7.8554	7.2016	6.1566	6.0179
JUL		mean	0.1587	0.4721	0.9467	1.8035	2.7026	3.8065	
		var	0.7918	6.0894	20.0362	51.9904	93.4865	140.9952	
		skew	8.5226	8.6451	7.8423	6.7239	6.6009	5.0849	
AUG	mean	0.4281	1.3110	2.5382	5.1499	7.5892	10.3246		
	var	3.6849	30.5342	87.2556	253.7689	397.9085	576.1822		
	skew	6.9568	7.0245	6.2442	5.6814	4.7331	4.2197		
SEP	mean	0.3939	1.2010	2.4173	4.7165	7.0157	9.2571		
	var	2.5855	20.9696	70.4912	217.9291	384.2952	591.4784		
	skew	6.2016	5.9434	5.4274	5.3343	4.7282	4.4385		
SEP	mean	0.1935	0.5595	1.1293	2.0895	3.3975	4.8418		
	var	1.3207	9.7818	32.9799	85.8802	172.3026	273.4473		
	skew	9.0609	8.9805	8.3305	7.5375	6.8023	6.1605		

M20으로부터 모의된 지속시간별 시강우자료의 자료계열별 평균값에 대하여, 6월은 MRG가 가장 크고 CWK가 가장 작은 값을 보였다. 그러나 관측계열간의 차이는 미소하여 시간에 따른 자료계열간의 변화는 크지 않음을 알 수 있다. 다만, 기후변화가 발생하고 있다고 본 ACC의 평균강우량이 MRG보다 미소한 차이지만 작다는 점은 6월 시간단위 강우량의 경우 1960년 이후가 이전(1908년-1960년)에 비해 미소하게 감소하였다고 보여진다. 7월 평균강우량은 근대우량계 관측계열만을 이용한 경우(MRG와 ACC)와 측우기 관측자료가 포함된 경우(CWK와 BCC)가 비교적 뚜렷한 차이를 보이고 있다. 물론 강우량의 양적 증가로 인해 6월에 비해 7월이 보다 뚜렷한 차이를 보이는 점을 감안해야 한다. 7월의 경우 ACC와 MRG가 CWK와 BCC보다 상대적으로 컸다. 단, ACC와 MRG는 거의 일치하였고 CWK와 BCC도 거의 같은 값을 보여주고 있다. 이는 2mm이하 강우의 영향을 제외하면 CWK와 BCC는 크게 차이가 없다고 보여진다. 8월과 9월의 경우도 7월과 유사하게 ACC가 가장크고 CWK가 가장 작았다. 그러나 8월과 9월은 7월과는 다르게 ACC와 MRG 사이에 비교적 큰 차이를 보이고 있다. 이는 1960년 이후 8월과 9월의 강우량 증가추세가 뚜렷했음을 보여준다. 더불어 CWK와 BCC의 평균값이 유사한 것으로 판단할 때 1778년에서 1960년까지는 강우량의 큰 양적 변화가 없었음을 보여준다. 그러나 이러한 모의 결과는 각 자료계열간 일자료 실측치의 평균적인 차이가 반영된 결과이기 때문에 각 모의 시자료 계열의 상대적인 양적차이로 자료계열의 절대적인 증감량을 단정지을 순 없다.

6.2 지속시간별 강우량의 월별 상대 증감률

강우량의 월별 정량적 상대 증감률을 분석하기 위해 CWK와 MRG 그리고 BCC와 ACC의 4가지 자료기간에 대하여 평균과 분산의 비를 월별로 비교하여 그림1과 같이 상대증감률을 산정하여 보았다. 본 분석의 목적은 과거의 강우특성(CWK와 BCC)과 근래의 강우특성(MRG와 ACC)의 비교를 통해, 월별 강우특성의 정량적 변화의 정도를 파악해 보고자 하는데 있다. 따라서 기간별로 구분한 4가지 자료특성을 2개의 상대비율, 즉 CWK 대비 MRG의 통계특성 비와 BCC 대비 ACC의 통계특성 비를 산정하여 비교하였다. 자료계열의 구분 편의를 위해 CWK 대비 MRG의 평균의 비는 MRGT(Mean classified by Rain Gage Type)로 분산의 비는 VRGT(Variance classified by Rain Gage Type)로 명명하고, BCC 대비 ACC의 평균의 비는 MCCT(Mean classified by Climate Change Time)로 분산의 비는 VCCT(Variance classified by Climate Change Time)로 명명하였고 그 표현 형식은 백분율(percentage)로 통일하였다.

MRGT와 MCCT는 전반적으로 9월이 변화가 두드러졌다. M20 각각에 대하여 MRGT의 경우 지속시간 평균 117.9%이고, MCCT의 경우 지속시간 평균 131.7%이었다. 그리고 8월의 경우에는 MRGT에 비해 MCCT가 상당히 증가한 것을 볼 수 있다. M20에 대하여 MRGT의 경우 지속시간 평균 109.8%이고, MCCT의 경우 지속시간 평균 133.0%이었다. 그리고 지속시간 전반에 걸쳐 비교적 일정한 비를 나타내고 있다. 이 또한 1960년대 이후 8월의 강우량 증가가 지속시간 전반에 걸쳐 매우 컸음을 보여준다. 7월의 경우는 자료계열별로 큰 차이를 보이지 않았고 지속시간별로도 거의 일정한 비율을 보였다. M20에 대하여 MRGT의 경우 지속시간 평균 109.9%이고, MCCT의 경우 지속시간 평균 110.1%이었다. 6월의 경우는 MRGT보다 MCCT의 비율이 오히려 감소하였다. M20에 대하여 MRGT의 경우 지속시간 평균 111.6%이고, MCCT의 경우 지속시간 평균 96.7%이었다. 이는 1960년대 이후 6월의 지속시간별 강우량이 이전에 비해 약간 감소 경향이 있음을 의미한다. VRGT와 VCCT도 MRGT와 MCCT와 마찬가지로 9월이 가장 컸다. M20에 대하여 VRGT의 경우 지속시간 평균 148.6%이고, VCCT의 경우 지속시간 평균 184.8%이었다. 이는 근대이후의 9월의 시간단위 강우량의 변동폭의 증가가 뚜렷했음을 의미한다. 특히, 상대적으로 VRGT에 비해 VCCT의 증가가 커서 1960년대 이후에 평균의 증가와 더불어 9월의 강우량 변동의 폭이 증가했음을 알 수 있다. 그리고 8월의 경우에도 VRGT 비해 VCCT가 소폭 증가한 것을 볼 수 있다. M20에 대하여 VRGT의

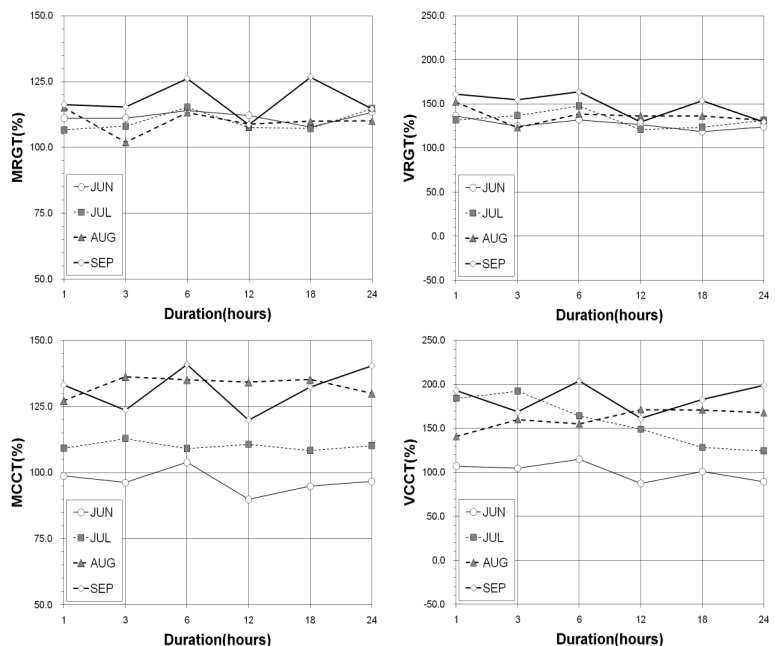


Fig. 1. Characteristics of rainfall variation of each duration for each month (M20)

VRGT의 경우 지속시간 평균 148.6%이고, VCCT의 경우 지속시간 평균 184.8%이었다. 이는 근대이후의 9월의 시간단위 강우량의 변동폭의 증가가 뚜렷했음을 의미한다. 특히, 상대적으로 VRGT에 비해 VCCT의 증가가 커서 1960년대 이후에 평균의 증가와 더불어 9월의 강우량 변동의 폭이 증가했음을 알 수 있다. 그리고 8월의 경우에도 VRGT 비해 VCCT가 소폭 증가한 것을 볼 수 있다. M20에 대하여 VRGT의

경우 지속시간 평균 136.3%이고, VCCT의 경우 지속시간 평균 161.0%이었다. 이는 1960년대 이후에 8월의 강우량의 변동폭이 지속시간 전반에 걸쳐 이전에 비해 소폭 증가했음을 의미한다. 7월의 경우, VRGT는 비교적 지속시간별로 일정한 값을 보이고 있다. 그러나 VCCT의 경우는 지속시간별로 일정하게 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이는 7월의 경우 1960년대 이후 지속시간이 긴 강우에 비해 지속시간의 짧은 강우가 증가추세를 의미한다. 7월의 M20에 대하여 VRGT의 경우 지속시간 평균 132.0%이고, VCCT의 경우 지속시간 평균 157.1%이었다. VCCT의 경우 M20은 지속시간 1시간일 때 184.2%에서 24시간일 때 124.4%로 감소하고 있다 (지속시간 3시간이 192.3%로 가장 큼). 6월의 경우는 VRGT보다 VCCT가 오히려 감소하였다. M20에 대하여 VRGT의 경우 지속시간 평균 127.0%이고, VCCT의 경우 지속시간 평균 100.8%이었다. 이는 1960년대 이후가 이전에 비해 6월 강우량의 변동폭이 감소하였음을 의미한다.

7. 결론

본 논문에서는 공간상의 한 점에 대한 연속시간 강우모델로 시간단위의 통계특성을 재현하는데 유용하다고 알려진 BLRPM을 이용하여, 측우기 자료를 포함하는 서울지점의 일강우 자료를 분해하고 지속시간별로 집성하여 모의된 시간단위 단기 강우의 정량적 장기특성 변화를 분석해 보았다. 그 결과를 정리하면,

- 1) 분해법에 의한 지속시간별 강우량 생성결과, M20의 경우에 대해 월별 평균강우량을 기준으로, 6월은 ACC가 MRG보다 약간 작았고, 이를 통해 1960년 이후가 이전에 비해 강우량이 약간 감소한 것으로 판단된다. 7월의 경우 ACC와 MRG가 CWK와 BCC보다 상대적으로 크게 나타났고, ACC와 MRG는 M00과 M20 모두에서 매우 유사하게 나타났다. 8월과 9월은 ACC가 MRG보다 비교적 컸고, 이는 1960년 이후 8월과 9월의 강우량 증가추세가 뚜렷해 졌음을 보여준다. 그러나 6월에서 9월까지 CWK와 BCC가 비슷한 것으로 볼 때, 1778년에서 1960년까지는 강우량의 큰 양적 변화는 없었던 것으로 추정된다.
- 2) 지속시간별 강우량의 월별 상대 증감률을 비교하면, 평균과 분산의 비는 지속시간 전반적으로 9월의 증가가 두드러졌고, 이는 9월 강우량 및 강우량의 변동폭이 뚜렷이 증가했음을 의미한다. 8월과 9월의 경우 MRGT와 VRGT에 비해 MCCT와 VCCT의 증가가 커서 1960년대 이후 8월과 9월의 강우량 및 강우량의 변동폭이 증가추세가 지속시간 전반에 걸쳐 뚜렷하게 나타났다. 7월의 경우 MRGT와 MCCT는 큰 차이를 보이지 않았고 지속시간별로도 일정하였다. 그러나 VRGT와 VCCT는 일정하게 감소하는 경향을 보였다. 이는 7월의 경우 1960년대 이후 지속시간이 긴 강우에 비해 지속시간이 짧은 강우가 증가추세를 의미한다. 6월의 경우는 1960년 이전(MRGT, VRGT)에 비해 이후(MCCT, VCCT)의 평균과 분산 모두 소폭 감소하였다. 이는 6월의 경우 1960년대 이후 강우량 및 강우량의 변동폭이 감소하였음을 의미한다.

8. 참고문헌

- 경민수, 벨리 시바쿠마르, 김형수, 김병식 (2008). "카오스를 이용한 일 강우자료의 시간적 분해.", *한국수자원학회논문집*, 제41권, 제9호, pp. 959-967.
- 김기욱, 유철상, 박민규, 김현준 (2007). "강우빈도해석에서의 측우기자료의 유용성 평가." *한국수자원학회논문집*, 제40권, 제11호, pp. 851-859.
- 김기욱, 유철상 (2008). "시간적 군집특성을 고려한 강우모의모형의 선정." *한국수자원학회논문집*, 제41권, 제7호, pp. 747-759.
- 유철상, 김보윤, 노재경 (2000). "서울지점 연강수량 자료에 나타난 다우해 및 과우해의 재현 특성에 관한 연구." *한국수자원학회논문집*, 제33권, 제3호, pp. 307-314.
- 유철상 (2000). "서울지점 연강수량 자료에 나타난 장기 건조기의 재현 가능성에 관한 고찰." *한국수자원학회논문집*, 제33권, 제5호, pp. 519-526.
- 유철상, 류소라 (2003). "서울지점 가뭄의 재현 및 지속특성 분석." *한국수자원학회논문집*, 제36권, 제4호, pp. 561-573.
- 유철상, 이동률 (2000). "일강우자료의 다지점 모의 발생을 위한 간단한 방법 제안." *한국수자원학회논문집*, 제33권, 제1호, pp. 99-110.
- 이병설 (1970). "서울의 연강수량 및 하기강수량의 Normality에 관한 연구." *한국기상학회지*, 제5권, pp. 11-14
- 전종갑, 문병권 (1997). "서울 지역 강수량과 강수일의 관계, 1770-1907." *한국기상학회지*, 제30권, 제4호, pp. 487-505.
- 전종갑, 문병권 (1997). "측우기 강수량 자료의 복원과 분석." *한국기상학회지*, 제33권, 제4호, pp. 691-707.
- 정현숙 (1999). "서울 지역 강수량 시계열에 나타난 시간 변동성 해석." 박사학위논문, 서울대학교, pp. 9-118.
- 정현숙, 임규호, 오재호 (1999). "서울 지역 강수량의 시계열에 나타난 시간 변동성 해석.", *한국기상학회지*, 제35권, 제3호, pp. 354-371.
- Entekhabi, D., Rodriguez-Iturbe, I., and Eagleson, P.S. (1989). "Probabilistic Representation of the Temporal Rainfall by a modified Neyman-Scott Rectangular Pulse Model: Parameter Estimation and Validation." *Water Resources Research*, Vol. 25, No. 2, pp. 295-302.
- Islam, S., Entekhabi, D., and Bras, R.L. (1990). "Parameter Estimation and Sensitivity Analysis for the Modified Bartlett-Lewis Rectangular Pulses Model of Rainfall." *Journal of Geophysical Research*, Vol. 95, No. D3, pp. 2093-2100.
- Kim, J.W., and Ha, K J. (1987). "Climate changes and international fluctuations in the monthly amounts of precipitation at Seoul." *Journal of the Korean Meteorological Society*, Vol 23, pp. 54-69.
- Lim, G.H., and Jung, H.S. (1992). "Interannual variation of the annual precipitations at Seoul, 1771-1990." *Journal of the Korean Meteorological Society*, Vol. 28, pp. 125-132.
- Rodriguez-Iturbe, I., Gupta, V.K., and Waymire, E. (1984). "Scale Consideration in the Modeling of Temporal Rainfall." *Water Resources Research*, Vol. 20, No. 11, pp. 1611-1619.
- Rodriguez-Iturbe, I., Cox, D.R., and Isham, V. (1987). "Some Models for Rainfall Based on Stochastic Point Process." *Proceedings of the Royal Society of London*, Vol. A410, No. 1839, pp. 269-288.
- Rodriguez-Iturbe, I., Cox, D.R., and Isham, V. (1988). "A Point Process Model for Rainfall: Further Developments." *Proceedings of the Royal Society of London*, Vol. A417, No. 1853, pp. 283-298.
- Wilks D.S. (1998). "Multisite generalization of daily stochastic precipitation generation model." *Journal of Hydrology*, Vol. 210, pp. 178-191.