한국의 여름철 시간대별 강수량 장기간 추세

이경미¹ · 이승호²

¹국립기상과학원 연구기획운영과, ²건국대학교 지리학과
(2016년 3월 18일 접수, 2016년 6월 28일 수정, 2016년 7월 4일 게재 확정)

A Long-term Trend of Hourly Summer Precipitation in South Korea

Kyougmi Lee¹ · Seungho Lee²

¹Research Planning and Management Division, National Institute of Meteorological Sciences

²Department of Geography, Konkuk University

(Received 18 March 2016, Revised 28 June 2016, Accepted 4 July 2016)

Abstract : High temporal resolution precipitation data can provide information about rainfall intensity, and can better reveal the essential physical process of precipitation intensity than daily totals do. Using hourly precipitation data at 14 stations during 1961-2014, the changes in the characteristics of summer precipitation in South Korea analysed. Although the precipitation amount in summer has increased at all stations, hourly precipitation in summer shows different directions and magnitudes of changes at each station in South Korea. Results showed that the change pattern of hourly precipitation is mostly attributed to change in the frequency of hourly precipitation of 10mm or more.

Key Words : hourly precipitation, precipitation intensity, summer precipitation

주요어 : 시간 강수량, 강수 강도, 여름철 강수량

1. 서론

최근 전 지구적인 기온상승의 영향으로 이상기상이 빈번하게 발생하고 있으며, 극한 강수의 빈도가 중·고위도 지역에서 통계적으로 유의하게 2~4% 증가하였다(IPCC, 2013). 우리나라에서도 거의 매년 이상기상으로 인한 재해를 겪고 있으며, 그로 인한 피해 규모도 점차 증가하고 있다.

한국에서는 2015년의 경우, 충청남도를 중심으로 중부지방 전역에서 가뭄이 발생하여 최근의 이상기후의 심각성을 환기시켰다. 반면, 제주도 등지에서는 가을 수확기에 지속적인 강수의 발생으로 농작물에 적지 않은 피해를 발생시키기도 하였다. 이와 같이 강수와 관련된 재해가 거의 매년 곳곳에서 발생하고 있는 것이 현실이다.

우리나라에서도 시기별로 강수 분포 특성이 변

화하고 있으며, 1970년대 중반 이후 호우일수의 증가 경향이 뚜렷하다(Lee and Kwon, 2004; Lee *et al.*, 2011b). 최근 10년(2001~2010년) 동안 100 mm 이상 강수 발생 빈도가 1971~1980년의 기간에 비해 1.3배 증가하였다(Lee *et al.*, 2011b). 또한, Ho *et al.* (2003)과 Lee and Kwon(2004) 등의 연구에서는 여름철 강수량을 순별로 분석하여 1970년대 이전과 이후 강수량 분포에 차이가 있음을 밝혔다. 이에 따라 국내에서 극한 강수의 변화에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다(Choi, 2002; Choi, 2004; Choi *et al.*, 2008; Choi, 2015 등).

1980년대 이후 전지구적인 기온상승으로 이상 기상이 빈번하게 발생하고 있으며, 특히 국지적인 집중호우가 빈번하게 발생하면서 시간별 강수량 변화에 대한 관심이 높아지고 있다(Dai *et al.*, 1999; Dai, 2001; Liang *et al.*, 2004). 국내에서도 1990년대 이후 시간별 강수량 분포에 대한 연구가 이루어지기 시작하였다(Moon *et al.*, 1997; Lim and Kwon, 1998; Jung and Suh, 2005; Jung *et al.*, 2001). Lim and Kwon(1998)은 1980~1996년 동안의 남한에 분포하는 31개 기상관측지점을 대상으로 여름철의 시간별 강수량 분포를 분석하여 새벽과 오후 늦은 시각에 극값이 나타난다는 것을 밝혔다. 반면 Jung and Suh(2005)는 1973~2002년 동안 남한 60개 기상관측지점의 시간별 강수량을 분석하여 지역에 따라 시간대별 분포 특성의 차이가 있음을 확인하였다. 특히 새벽에 제1차 극대값이 나타나는 시간이 일러지고 진폭이 커진 반면, 제2차 극대는 점차 사라지고 있는 추세를 규명하여 Lim and Kwon(1998)의 연구와 차이가 있다. 이에 따라 관측기간이 오래된 기상관측지점을 대상으로 비교적 장기간에 걸쳐서 시간별 강수량 변화 특성을 분석할 필요가 있다. 즉, 1961년 이후 지속적으로 시간별 강수량 기록을 보유하고 있는 관측점을 대상으로 시간별 강수량의 변화 특성을 파악하여,

최근 규모가 커지고 있는 다양한 기상재해에 대비할 수 있는 기초를 마련할 필요가 있다.

이 연구의 목적은 한국의 14개 기상관측지점을 대상으로 연중 강수량이 집중되는 여름철의 시간대별 강수량을 분석하여 증가한 시간대와 감소한 시간대의 변화를 파악하는 것이다. 연구의 결과는 전구적인 기온상승으로 불규칙하게 발생하는 호우에 의한 피해를 최소화할 수 있는 방재 대비를 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

2. 연구 자료 및 방법

이 연구에서 사용된 자료는 기상청에서 관측하여 제공하고 있는 관측지점별 시간별 강수량 자료이며, 분석기간은 1961~2014년(54년간)이다. 분석지점은 1961년 이후 지속적으로 강수량 관측이 행하여지고 있는 남한의 14개 기상관측지점(서울, 강릉, 인천, 울릉도, 추풍령, 포항, 대구, 전주, 울산, 광주, 부산, 목포, 여수, 제주)을 대상으로 하였다(Figure 1).

분석기간을 각각 27년씩 전반기(1961~1987년)와 후반기(1988~2014년)로 구분하고 각 시기별로 시간별 강수량의 평균을 구하였다. 구분의 기준이 되는 1987년과 1988년은 Lee *et al.*(2011a)에서 연평균기온, 연평균 최고기온, 연평균 최저기온, 한랭야일수, 한랭일일수 등의 변화하는 시점과 일치한다. 최근의 전구적인 기온상승과 관련하여 강수량 변화 특성을 파악하기 위하여 이와 같이 1987년과 1988년을 시점으로 시기를 구분하는 것이 적절하다고 판단된다. 일반적으로 여름철 기간은 6월부터 8월까지로 하지만, 이 연구에서는 9월을 여름철 기간에 포함하였다. 9월은 8월 하순경부터 시작된 늦장마가 이어지는 시기로 전국적으로 강수량이 많은 시기이다.

Figure 1. The location of the 14 weather stations used in this study.

전반기와 후반기의 각 분석지점의 매 시간별 6~9월 강수량 평균을 구하고, 두 기간의 강수량 차이를 분석하였다. 또한 하루를 크게 4개 즉, 심야(00~06시), 오전(06~12시), 오후(12~18시), 저녁(18~24시)으로 구분하고, 선형 회귀분석 방법을 이용하여 각 시간대별로 강수량의 변화 추이를 분석하였으며 t검정을 통해 유의성을 검정하였다. 또한 6~9월 동안 비교적 호우에 해당하는 시간 당 10mm 이상의 시간별 빈도 변화를 분석하였다. 전반기와 후반기에 대해 매 시간별 10mm 이상 강수의 빈도를 구하고 그 차이를 구하였다. 각 분석지점의 4개 시간대별 10mm 이상 출현빈도의 변화 경향도 분석하였다.

3. 시간대별 강수량의 변화

이 연구에서 분석된 14개 관측지점의 전반기(1961~1987년)와 후반기(1988~2014년)의 시간별 연평균 6~9월 강수량과 두 기간의 강수량 차이를 Figure 2에 나타내었다. 각 지점별로 시간별 강수량과 시기별 시간 강수량의 차이가 다른 분포 패턴이 보인다는 것을 확인할 수 있다. 강릉의 전반기와 후반기 평균 시간강수량은 각각 32.6mm, 37.9mm로 두 기간 동안 5.3mm 증가하였으며, 최소값은 28.4mm에서 32.2mm, 최대값은 37.1mm에서 43.4mm로 각각 3.8mm, 6.2mm 증가하였다. 전반기에는 06~09시에 많은 시간강수량 분포를 보이는 반면에 후반기에는 18~21시의 강수량이 큰 폭으로 증가하여 18~21시, 06~09시의 두 시간대에 시간강수량이 많다. 18시에 13mm 이상의 가장 많은 시간강수 증가를 보였다.

서울은 14개 지점 중 6~9월 강수량이 가장 많은 지점이다. 전반기와 후반기 각 시간별 강수량의 평균은 각각 39.5mm, 46.2mm로, 전반기에 비하여 후반기에 평균 6.7mm 증가하였다. 전반기에는 02~12시의 넓은 시간대에 걸쳐서 40mm 이상의 많은 시간별 강수량 분포를 보였으며, 이 중에서도 05~06시와 09~10시에 특히 높은 분포를 보였다. 반면에 후반기에는 14~15시의 시간강수량이 19mm 이상 큰 폭으로 증가하여 03~11시와 14~15시의 두 시간대에 시간강수량이 많다. 14시의 시간강수량이 가장 큰 폭인 23.8mm 증가하였으며, 이는 분석된 14개 지점 중 가장 많이 증가한 시간강수량 값이다.

인천의 전반기와 후반기 평균 시간강수량은 각각 32.6mm, 37.9mm로 두 기간 동안 5.3mm 증가하였다. 전반기에는 06~07시에 각각 46mm 이상으로 많은 강수량 분포를 보였으며, 01~10시 강수량이 다른 시간대에 비해 비교적 많은 편이다. 반

Figure 2. The precipitation and the difference of precipitation for the first half period (1961~1987) and the second half period (1988~2014) at 14 weather stations.

Figure 2. Continued.

면에 후반기에는 02~14시에 40mm 이상의 높은 시간강수량 분포를 보인다. 10~15시 사이의 시간강수량의 증가폭이 두드러지며, 그중 13시에 가장 큰 폭인 22.8mm의 증가를 보였다.

울릉도의 평균 시간강수량은 전반기 20.4mm, 후반기 27.0mm로 두 기간 동안 6.6mm 증가하였다. 전반기에는 01시에 30.4mm의 가장 높은 시간

강수량 분포를 보였으며, 12~18시의 오후 시간대의 적은 값을 제외하고는 비교적 고른 강수량 분포를 보였다. 반면에 후반기에는 03~12시에 비교적 많은 강수량 분포를 보였다. 06시에 가장 큰 폭인 12.9mm의 강수량 증가를 기록하였고, 03~15시에 비교적 많은 시간별 강수량 증가를 보였다.

추풍령의 전반기와 후반기 평균 시간강수량은

30.5mm, 33.8mm로 두 기간 동안 3.3mm 증가하였다. 전반기에는 15~20시의 강수량이 상대적으로 많았던 반면, 후반기에는 03~11시의 시간강수량이 큰 폭으로 증가하여 06시에 40.1mm로 가장 높은 값을 높이며, 그 전후 시간대에도 시간별 강수량이 비교적 많다.

포항의 전반기와 후반기 평균 시간강수량은 각각 27.0mm, 31.4mm로 두 기간 동안 4.4mm 증가하였다. 전반기에는 08시에 34.2mm로 가장 많은 시간강수량을 보였고, 그 전후 시간에 비교적 강수량이 많았다. 반면, 후반기에도 역시 07~08시에 41mm가 넘는 높은 시간강수량을 기록하였으나, 12~17시의 시간강수량 증가로 이 시간대에도 비교적 강수량이 많다. 07~09시와 12~17시에 각각 시간별 6mm 이상의 많은 시간강수량 증가를 보였다.

대구의 평균 시간강수량은 전반기 28.2mm, 후반기 30.9mm로 두 기간 동안 2.7mm 증가하였다. 전반기에는 09시에 37.1mm로 가장 많은 강수량 분포를 보였으며, 그 전후 시간에 비교적 많은 시간강수량 분포를 보였다. 반면, 후반기에는 07시에 38.1mm로 가장 많은 시간강수량을 보였으며, 그 전후 시간대에 비교적 강수량이 많고, 또한 17시에 가장 큰 폭인 11.8mm의 시간강수량 증가로 두 번째 최대값이 출현하였다.

전주의 전반기와 후반기 평균 시간강수량은 각각 34.2mm, 37.0mm로 두 기간 동안 2.8mm 증가하였다. 전반기에는 16~17시에 44mm 이상의 많은 시간강수량 분포를 보였으며, 08시에도 40.5mm의 많은 강수량 분포를 보였다. 반면에 후반기에는 18~19시의 강수량 증가로 이 시간대에 높은 시간강수량 분포를 보이며 06시를 중심으로 그 전후 시간대에 그 다음 많은 강수량 분포를 보였다. 19시에 가장 큰 폭인 15.1mm의 시간강수량 증가를 기록하였다.

울산의 전반기와 후반기 평균 시간강수량은 각각 32.2mm, 33.3mm로 두 기간 동안 1.1mm 증가하여 14개 지점 중 가장 적은 강수량 증가를 보였다. 전반기에는 04~05시에 40mm 이상의 많은 시간강수량 분포를 보였다. 반면에 후반기에는 07~12시에 큰 폭의 강수량 증가로 09~10시에 각각 44.6mm로 많은 강수량을 기록하였으며, 그 이전 06~08시에도 많은 시간강수량 분포를 보여 전반기의 최대값이 나타난 04~05시 이후 시간에 많은 시간강수량 분포를 나타내었다. 가장 큰 폭의 강수량 증가를 보인 시간은 10시로 13.9mm 증가하였으며, 16~05시에는 대체로 강수량 변화가 없거나 오히려 감소하였다.

광주의 전반기와 후반기 평균 시간강수량은 각각 34.8mm, 39.4mm로 두 기간 동안 4.6mm 증가하였다. 전반기에는 08~10시에 각각 44mm 이상의 많은 강수량 분포를 보이며, 21~01시를 제외하고 비교적 고른 강수량 분포를 보였다. 후반기에는 07시에 47.3mm로 가장 많은 강수량 분포를 보이고 18시에도 47.1mm로 두 번째로 높은 값을 나타냈다. 이는 18시에 15.0mm의 가장 큰 시간강수량 증가로 인한 것이다.

부산의 전반기와 후반기 평균 시간강수량은 각각 36.7mm, 38.3mm로 두 기간 동안 1.6mm 증가하였다. 전반기에는 06~07시에 각각 47.4mm로 많은 강수량 분포를 보였으며, 이를 중심으로 그 전후 시간대에도 비교적 높은 강수량 분포를 나타냈다. 후반기에는 08시에 58.4mm로 가장 많은 강수량 분포를 보이며, 이를 중심으로 전후 시간대에 비교적 많은 강수량 분포를 보여 전반기와 시간대별 강수량 분포가 유사하다. 강수량이 가장 크게 증가한 시간은 08시로 11.8mm 증가하였다. 반면, 15~24시에는 대체로 강수량이 감소하였다.

목포의 평균 시간강수량은 전반기 27.4mm, 후반기 30.1mm로 두 기간 동안 2.7mm 증가하였다.

전반기에는 09시에 42.4mm로 가장 많은 강수량 분포를 보인 반면, 후반기에는 06~07시에 40mm 이상의 많은 강수량 분포를 보였다. 01~10시 동안 02시와 06~07시를 제외하고는 대체로 시간강수량이 감소하였다. 두 기간 동안 많은 시간강수량 증가를 보인 시간은 15~16시이며, 21~22시에도 비교적 많은 강수량 증가를 보였다.

여수의 전반기와 후반기 평균 시간강수량은 각각 36.0mm, 37.5mm로 두 기간 동안 1.5mm 증가하였다. 전반기에는 08시에 45.9mm로 가장 많은 값을 보였고 이 시간을 중심으로 전후 시간대에 대체로 강수량이 많다. 후반기 역시 08시에 48.8mm로 가장 많은 강수량 분포를 보이며 전반기와 시간별 강수량 분포가 유사하다. 반면 강수량이 크게 증가한 시간대는 22~24시이며, 22시에 10mm 이상으로 가장 크게 증가하였다.

제주의 전반기와 후반기 평균 시간강수량은 각각 35.1mm, 36.5mm로 두 기간 동안 1.4mm 증가하였다. 전반기에는 03시와 09시에 각각 44.3mm,

43.9mm로 강수량이 많았으며, 이 두 시간 사이에 비교적 강수량이 많았다. 반면, 후반기에는 05시에 49.9mm로 강수량이 가장 많았으며 이후 10시까지 비교적 많은 강수량 분포를 보였다. 이는 05시에 10.6mm의 가장 큰 시간강수량 증가에 의한 것이다.

Table 1은 하루를 오전, 오후, 저녁, 심야 시간대로 구분하여 1961~2014년 동안 각 시간대의 6~9월 강수량 변화를 분석한 결과이다. 즉, 표의 값은 매 10년 당 강수량의 증가한 양(mm/10년)을 의미한다. 각 지점별로 보면, 대부분 시간대별로 강수량이 증가하는 경향을 보인다. 또한, 대체로 서울, 인천 등 경기지방과 전주, 광주, 목포 등 호남지방 그리고 울릉도 등에서 통계적으로 유의한 강수량 변화가 나타났으며, 유의한 시간대는 위도에 따라 다르게 나타났다. 통계적으로 유의한 변화를 나타내는 각 지점별 시간대를 보면 서울과 인천에서는 오후 시간대에 각각 24.2mm/10년, 18.7mm/10년의 변화율로 분석기간 동안 다른 시간대에 비해 강

Table 1. The rate of precipitation change by times from June to September (1961~2014, mm/decade).

Stations	Times	Mid night (00~06h)	Morning (06~12h)	Afternoon (12~18h)	Evening (18~24h)	Total (00~24h)
Gangneung		7.4	7.7	13.6	6.3	35.0
Seoul		9.3	1.6	24.2*	9.5	44.6
Incheon		7.0	6.3	18.7*	5.0	36.9
Ulleungdo		13.1*	18.8*	11.1*	9.3	52.4*
Chupungyeong		8.4	16.0*	1.7	4.9	31.1
Pohang		5.3	10.8	9.7	2.0	27.7
Daejeon		7.9	5.9	8.2	5.7	27.7
Jeonju		2.7	13.7*	1.6	12.2	30.2
Ulsan		-4.4	15.1	0.0	-5.0	5.7
Gwangju		5.8	9.3	11.3	15.3*	41.6
Busan		6.5	12.8	-0.7	-7.3	11.3
Mokpo		5.3	6.4	12.9	11.4*	35.9
Yeosu		8.9	10.0	-1.9	12.1	29.1
Jeju		4.4	8.0	7.7	9.0	29.1

* $p < 0.05$

수량이 뚜렷하게 증가한 경향이다. 울릉도의 경우 저녁 시간대를 제외한 전 시간대에 강수량이 증가하는 추세이며, 특히 오전 시간대에 18.8mm/10년의 가장 큰 증가율을 보였다. 추풍령과 전주는 오전 시간대에 통계적으로 유의한 강수량 증가를 보였으며, 각각 16.0mm/10년, 13.7mm/10년의 변화율로 강수량이 증가하는 추세이다. 반면에 광주와 목포는 저녁 시간대 강수량의 증가가 통계적으로 유의하게 나타나고 있으며, 각각 15.3mm/10년, 11.4mm/10년의 변화율로 강수량이 증가하는 경향이다.

4. 하루 중 시간대별 10mm 이상 강수 발생빈도 변화

여름철 6~9월 동안 10mm 이상 기록된 시간강수의 빈도를 주요 14개 관측지점에 대하여 각각 전반기(1961~1987년)와 후반기(1988~2014년)의 연평균 값을 구한 뒤 그 차이와 함께 Figure 3에 나타내었다. 대부분 관측지점에서 10mm 이상 시간강수량 빈도가 가장 많이 증가한 시간대가 시간강수량이 큰 폭으로 증가한 시간대와 일치한다. 즉, 여름철 동안 각 지점별 시간강수량이 크게 증가한 것은 각 시간별 10mm 이상 강한 강수의 빈도 증가로 인한 것임을 알 수 있다.

강릉은 대체로 시간별 10mm 이상 강수 빈도가 비교적 고른 분포를 보인다. 전반기에는 06시, 08시, 12~13시, 20시 등의 시간에서 높은 빈도를 보였으나 후반기에는 10mm 이상 강수 빈도의 증가가 가장 큰 18시에 빈도가 가장 높다. 서울의 경우 대체로 저녁 시간대에 10mm 이상 강수 빈도가 낮은 편이다. 전반기에는 05~06시에 높은 빈도를 보이며, 그 다음으로 09~10시에도 비교적 높은 빈도이다. 반면, 후반기에는 10시에 가장 높은 빈

도를 보였고 그 다음으로 15시에 높은 빈도이다. 10mm 이상 시간강수 빈도가 크게 증가한 시간대는 13~15시이며, 이는 시간강수량 증가가 크게 나타나는 시간대와 일치한다.

인천은 전반기에 06~08시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 높고 11시 이후 그 빈도가 낮다. 반면에 후반기에는 02시, 06시, 10시에 높은 빈도를 보이며, 전반기와 다르게 11~15시에 10mm 이상 강수 빈도가 크게 증가하여 이 시간대의 빈도도 비교적 높다. 시간강수량 10mm 이상 빈도가 가장 크게 증가한 시간은 13시이며, 이는 시간강수량도 큰 폭으로 증가한 시간이다. 울릉도는 전반기에 전 시간대에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 1일 미만으로 낮다. 반면, 후반기에는 03~08시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 다른 시간대에 비해 크게 증가하여 04~08시에 1일 이상으로 상대적으로 빈도가 높다.

추풍령의 경우 전반기에는 18시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 가장 높고, 15~16시, 20시에도 빈도가 높다. 반면에 후반기에는 16시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 가장 높으나 05~08시의 빈도도 전반기와 달리 높다. 포항은 전반기에 09시와 19시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 높으며, 그 외의 시간에는 빈도가 1일 미만으로 유사한 분포를 보인다. 후반기에는 시간강수량 10mm 이상 빈도의 증가로 07~08시와 14~15시에 비교적 높은 빈도이다.

대구는 전반기에 09~10시와 19시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 높게 나타나는 반면, 후반기에는 17시와 07시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 크게 증가하면서 이 두 시간에 높은 분포를 보인다. 19시에는 시간강수량 10mm 이상 빈도가 가장 크게 감소하였다. 대구의 시간강수량이 가장 크게 증가한 시간은 17시로 10mm 이상 빈도의 증가가 가장 큰 시간이다. 전주의 경우 전반기에는 16~17

Figure 3. Frequency and differences (B minus A) of extreme precipitation exceeding 10mm/hour between the former (1961~1987, A) and latter period (1988~2014, B).

Figure 3. Continued.

시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 매우 높았으나, 후반기에는 18~19시에 빈도가 높다. 대체로 전반기에는 시간강수량 10mm 이상 빈도가 시간대별로 큰 차이를 보이지 않았으나 후반기에는 14~19시, 04~07시에 다른 시간대에 비해 빈도가 높은 편이다.

울산은 04~06시에 다른 시간대에 비해 시간강

수량 10mm 이상 빈도가 높으며, 그 외에는 비교적 고른 빈도이다. 반면에 후반기에는 07~15시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 높다. 10mm 이상 강수 빈도가 가장 많이 증가한 시간은 12시이며, 그밖에 07~11시에도 많이 증가하였다. 광주와 제주 전반기에는 10시에 10mm 이상 강수 빈도가 가장 높았으나 후반기에는 06시에 가장 높다. 시간

강수량 10mm 이상 빈도가 가장 많이 증가한 시간은 18시이다.

부산은 전반기에 07시의 시간강수량 10mm 이상 빈도가 가장 높고 04~07시에 다른 시간대에 비해 높은 편이나 후반기에는 08시에 10mm 이상 빈도가 가장 높고 15~25시에 상대적으로 빈도가 낮다. 08시를 비롯하여 10~14시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 전반기에 비해 크게 증가한 반면, 15~16시의 빈도는 크게 감소하였다. 목포의 경우 전반기에는 09시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 가장 높으며 01~10시에 다른 시간대에 비해 빈도가 높다. 반면에 후반기에는 06~07시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 높지만 전반기에 빈도가 높았던 01~10시 중 많은 시간대에서 빈도가 감소하였다. 시간강수량 10mm 이상 강도의 증가가 대체로 06~07시와 12~22시에 나타난다.

여수는 전반기와 후반기의 시간강수량 10mm 이상 빈도 분포가 대체로 유사하지만, 전반기에 비해 후반기에 22~24시의 빈도가 상대적으로 크

게 증가하였다. 제주의 경우 전반기에는 03시에 시간강수량 10mm 이상 빈도가 가장 높았으나 후반기에는 05시에 가장 높다. 전반기에 비해 후반기에 05~08시, 19~21시의 시간강수량 10mm 이상 빈도의 증가가 크며, 22~24시에는 감소하였다.

Table 2는 1961~2014년 동안 4개 시간대별 6~9월의 10mm 이상 시간강수일 변화를 분석한 결과이다. Table 1의 시간대별 6~9월 강수량 변화가 일부 관측지점에서 유의하게 나타난 것과 달리 10mm 이상 시간강수일은 대부분 지점에서 특정 시간대에 유의한 변화를 보인다. 서울과 인천의 경우 오후 시간대에 각각 0.8일/10년, 0.6일/10년의 변화율로 분석기간 동안 다른 시간대에 비해 10mm 이상 강한 강수일이 뚜렷하게 증가하는 경향을 보였다. 이는 6~9월 오후 시간대의 유의한 강수량 증가와 일치한다. 울릉도의 경우 심야와 오전에 각각 0.4일/10년, 0.7일/10년의 유의한 증가 경향을 보인다. 추풍령은 오전 시간대에 0.5

Table 2. The change rate of day over 10mm pre hour from June to September (1961~2014, day/decade).

Stations	Times	Mid night (00~06h)	Morning (06~12h)	Afternoon (12~18h)	Evening (18~24h)	Total (00~24h)
Gangneung		0.1	0.0	0.5	-0.1	0.4
Seoul		0.1	0.0	0.8*	0.3	1.2
Incheon		0.0	0.1	0.6*	0.2	0.8
Ulleungdo		0.4*	0.7*	0.3	0.2	1.6*
Chupungyeong		0.2	0.5*	0.2	0.2	1.2*
Pohang		0.1	0.3	0.5*	-0.1	0.7
Daegu		0.1	0.3	0.6*	0.1	1.0
Jeonju		0.1	0.4	0.5	0.4	1.4*
Ulsan		-0.4	0.7*	0.0	9.7	0.1
Gwangju		0.3	0.5	0.5	0.5*	1.7*
Busan		0.4	0.7	-0.1	-0.2	0.8
Mokpo		0.1	0.3	0.6*	0.5*	1.4*
Yeosu		0.2	0.1	0.0	0.7*	1.0
Jeju		0.3	0.2	0.2	0.2*	0.9

* $p < 0.05$

일/10년의 통계적으로 유의한 강수일 증가를 보이며, 역시 6~9월 강수량이 유의하게 증가한 시간대와 일치한다. 포항과 대구는 오후 시간대에 10mm 이상 시간강수일이 유의하게 증가하는 경향이고 각각 0.5일/10년, 0.6일/10년의 변화율로 강한 시간강수가 증가하는 추세이며, 울산은 오전 시간대에 0.7일/10년의 변화율로 증가하는 경향이다. 광주와 여수, 제주는 저녁 시간대의 10mm 이상 시간강수가 통계적으로 유의한 증가 경향을 보이며, 각각 0.5일/10년, 0.7일/10년, 0.2일/10년의 변화율로 증가하는 추세이다. 목포의 경우에는 오후와 저녁 시간대에 각각 0.6일/10년, 0.5일/10년의 변화율로 10mm 이상 시간강수가 증가하는 경향을 보인다.

5. 결론

이 연구에서는 한국의 여름철 시간대별 강수량 변화 특성을 파악하고자 하였다. 이를 위해 14개 기상관측지점의 54년간(1961~2014년) 여름철(6~9월) 시간 강수량 자료를 이용하여 전반기(1961~1987년)와 후반기(1988~2014년) 시간대별 강수량 분포 변화를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

여름철 강수량은 전 지점에서 증가하였으나 시간대별 강수량 분포는 지점별로 그 변화 특성이 다르다. 서울과 인천은 전반기와 후반기 모두 새벽에서 오전에 최대값이 나타나고 강수량도 많았지만, 후반기에 늦은 오전부터 오후 시간대의 강수량이 크게 증가한 것이 특징이다. 광주와 목포의 경우에도 오후에서 심야 시간대의 강수량이 다른 시간대에 비해 크게 증가하였다. 반면에 울산과 부산은 오전 시간대의 강수량 증가가 뚜렷하였고 오후에서 심야 시간대의 강수량은 대체로 감소하

였다. 추풍령과 전주의 경우 전반기와 후반기 모두 오전과 오후 두 번의 시간강수량 최대값이 나타나며, 다른 시간대에 비해 오전의 강수량 증가가 뚜렷하였다. 강릉과 울릉도는 대체로 오전 시간대에서 강수량이 증가하였다.

호우에 해당하는 시간강수량 10mm 이상의 시간대별 빈도의 변화가 시간대별 강수량 변화에 크게 영향을 미치고 있다. 여름철 동안 시간강수량 10mm 이상 빈도가 증가한 시간대와 강수량이 증가한 시간대가 대체로 일치하였다. 서울, 인천, 포항, 대구는 오후 시간대, 추풍령과 울산은 오전 시간대, 광주, 여수, 제주는 저녁 시간대의 시간강수량 10mm 이상 빈도가 유의한 증가 추세를 보였으며, 울릉도는 심야와 오전, 목포는 오후와 저녁 시간대에 유의한 증가 경향을 보였다.

이 연구에서는 왜 각 지점별로 시간대별 강수량 변화가 다르게 나타나는지 그 이유에 대해서는 명확하게 밝히지 못하였다. 향후 기온이나 바람 등 시간대별 강수량 변화에 영향을 미칠 수 있는 요인에 대한 분석을 통하여 그 원인을 확인하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

사사

이 논문은 2014년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임.

참고문헌

- Choi, G., 2015, Spatio-temporal changes in seasonal multi-day cumulative extreme precipitation events in the Republic of Korea, *Journal of the Korean Association of Regional Geographers*,

- 21(1), 98-113 (in Korean).
- Choi, G., Kwon, W. T., Cha, Y. M., and Boo, K. O., 2008, Recent spatial and temporal changes in means and extreme events of temperature and precipitation across the Republic of Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 43(5), 681-700.
- Choi, Y. E., 2002, Trends in daily precipitation events and their extremes in the southern region of Korea, *Journal of Environmental Impact Assessment*, 11(3), 189-203.
- Choi, Y. E., 2004, Trends on temperature and precipitation extreme events in Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 39(5), 711-721.
- Dai, A., 2001, Global precipitation and Thunderstorm frequencies. Part II. Diurnal variations, *Journal of Climate*, 14, 6377-6402.
- Dai, A., Giorgi, F., and Trenberth, K. E., 1999, Observed and model-simulated diurnal cycles of precipitation over the contiguous United States, *Journal of Geophysical Research*, 104, 6377-6402.
- Ho, C. H., Lee, J. Y., Ahn, M. H., and Lee, H. S., 2003, A sudden change in summer rainfall characteristics in Korea during the late 1970s, *International Journal of Climatology*, 23(1), 117-128.
- IPCC, 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. -K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., and Midgley, P. M., (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535pp.
- Jung, H. S., Lim, G. H., and Oh, J. H., 2001, Interpretation of the Transient Variations in the Time Series of Precipitation Amounts in Seoul, Korea. Part I: Diurnal Variation, *Journal of climate*, 14(13), 2989-3005.
- Jung, J. H. and Suh, M. S., 2005, Characteristics and types of diurnal variation of hourly precipitation during rainy season over South Korea, *Journal of the Korean Meteorological Society*, 41(4), 533-546 (in Korean).
- Lee, K., Sung, J. H., Kim, Y.-O., and Lee, S., 2011a, Change-point analysis of mean temperature and extreme temperature in the Republic of Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 46(5), 583-596 (in Korean).
- Lee, S. and Kwon, W., 2004, A variation of summer rainfall in Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 39(6), 819-832 (in Korean).
- Lee, S., Kim, E. K., and Heo, I. H., 2011b, A study on variability of extreme precipitation by basin in South Korea, *Journal of the Korean Association of Regional Geographers*, 17(5), 505-520 (in Korean).
- Liang, X. Z., Li, L., Dai, A., and Kunkel, K. E., 2004, Regional climate model simulation of summer precipitation diurnal cycle over the United States, *Geophysical Research Letters*, 31(24), L24208, doi:10.1029/2004GL021054.
- Lim, G. H. and Kwon, H. J., 1998, Diurnal Variation of Precipitation over south Korea and its Implication, *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 34(2), 222-237.
- Moon, S. -E., Kim, B. -J., and Ha, C. -H., 1997, On the characteristics of probability and periodicity for the daily precipitation occurrence in Korea, *Journal of the Korean Environmental Science Society*, 6(2), 95-106 (in Korean).

책임편집: 허인혜

영문교열: 조창현