

남한의 연중 극한강수현상의 시·공간적 발생 패턴

최광용* · 이승욱**

Spatio-Temporal Patterns of Intra-annual Extreme Precipitation Events in the Republic of Korea

Gwangyong Choi* · Seung-Wook Lee**

요약 : 본 연구에서는 최근 10년간(2002~2011년) 기상청 산하 전국 자동기상관측망과 종관기상관측망에서 관측한 일강수량 자료를 분석하여 우리나라 극한강수현상의 월별 분포 패턴의 특징을 밝히고자 하였다. 시계열 분석에 따르면, 일강수량 80mm 이상의 극한기후현상은 여름장마 시작과 더불어 증가하기 시작하여 7월 중순에 가장 많은 관측지점에서 발생하고, 기후학적 여름철이 종료되는 9월 중순에 뚜렷하게 감소한다. 공간패턴 분석에 따르면, 극한강수현상의 발생빈도는 이동성 저기압이 출몰하는 늦봄~초여름의 경우 제주도와 남부해안지역에만 높게 나타나지만, 여름장마가 시작되면서 전국 대부분의 관측지점에서 발생빈도가 급증한다. 특히, 한라산, 남부 산간지역 및 소백산맥의 지리산 남사면, 경기 북부 산간지역 및 태백산맥 주변지역 등 다우지를 중심으로 극한강수현상 발생빈도가 높게 나타난다. 대조적으로 장마기간 동안 누적 극한강수일 강수량이 전체 강수량에 차지하는 비율은 소우지를 중심으로 높게 나타난다. 이러한 결과들은 이동성 저기압, 장마전선, 태풍 등의 저기압에 의한 기류 유입과 우리나라 지형의 상호 작용이 우리나라 극한강수현상의 시·공간적 패턴에 영향을 미치는 중요한 기후인자임을 가리킨다.

주요어 : 자동기상관측망, 극한강수현상, 지형

Abstract : The purpose of this study is to examine the spatial patterns of monthly extreme precipitation events across the Republic of Korea based on daily precipitation data for the period of 2002~2011 observed at automatic weather systems (AWS) and Automated Synoptic Observation Systems (ASOS) under the supervision of the Korea Meteorological Administration. According to time series analyses, the number of stations with extreme precipitation events exceeding 80mm of daily total precipitation increases with the onset of summer Changma, forms its major peaks in mid-July and noticeably decreases with the offset of climatological summer in mid-September. Spatially, relatively high frequency of extreme precipitation events is observed in Jeju Island and southern coastal regions of the Korea Peninsula between late spring and early summer associated with migratory low pressure systems, while such patterns appear everywhere with the onset of summer Changma including central regions. In particular, noticeable high frequency of extreme precipitation events is observed in Mt. Halla, southern coastal mountain regions, southern flank of Mt. Jiri along the Sobaek mountain ridges, northern mountain regions in Gyeonggi province and along the Taebaek mountain ridge. In contrast, relatively high ratio of cumulative extreme precipitation to total precipitation appears in interior regions where annual total precipitation is relatively small. These results indicate that the interactions between topography and moisture advection by migratory lows, Changma front and typhoons are crucial to the spatio-temporal patterns of extreme precipitation events in the Republic of Korea.

Key Words : Automatic Weather System (AWS), Extreme precipitation events, Topography

*제주대학교 지리교육전공 조교수(Assistant Professor, Major of Geography Education, Jeju National University, tribute@hanmail.net)

**제주대학교 지리교육전공 박사과정(Ph.D. Student, Major of Geography Education, Jeju National University, antcraft@hanmail.net)

I. 서론

20세기 후반에 전 세계적으로 지구온난화가 가속됨에 따라 극한기후현상에도 기후변화 양상이 나타나고 있다(Alexander *et al.*, 2006; IPCC, 2012). 우리나라는 매년 여름철 집중호우와 태풍이 동반하는 극한강수현상으로 인해 많은 인명 및 재산피해가 반복적으로 발생하고 있고, 최근에는 그 강도가 증가하여 피해가 더 늘어나고 있다. 가령, 2011년 7월 27일 서울에서 발생한 극한강수현상(약 300mm)은 우면산 산사태를 초래하여 57명의 사람들이 사망하였고, 강남구 주요도로의 침수로 약 2천 5백 억 원의 재산피해가 발생하였다(기상청, 2012). 최근 10년(2002~2011년) 동안 우리나라 기상·기후관련 피해 통계를 살펴보면, 집중호우와 태풍은 전체 인명 피해의 약 96%, 재산 피해액의 약 91%를 초래하였음을 알 수 있다(소방방재청, 2012).

21세기에 접어들면서 기후변화 양상 중 극한강수현상에 나타난 변화에 초점을 두고 해외 여러 지역에서 다양한 연구들이 활발하게 수행되어 왔다(Aguilar *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2005; Alexander *et al.*, 2006; Vincent and Mēkis, 2006). 이러한 연구들을 종합해보면 극한강수현상의 강도와 빈도에 나타난 기후변화 양상과 규모는 지역 및 계절마다 상이하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 특히, 산지가 많은 한반도에서의 극한강수현상은 저기압의 이동경로 뿐만 아니라 국지적인 지형인자들의 영향에 의해서 민감하게 달라질 것이기 때문에 이전 많은 연구들에서도 고해상도 관측망의 필요성을 지적하였다(Choi, 2002; 김보경 등, 2008; 최의수·문일주, 2008; Jung *et al.*, 2011). 그러나 지금까지 우리나라 대부분의 극한강수현상에 관한 연구들(김광섭·김종필, 2011; 이경미 등, 2012; Choi, 2004; Choi *et al.*, 2008)은 1970년대 초반 이후 종관기상관측망(Automated Synoptic Observation System: ASOS)의 약 60여개 관측지점 자료를 바탕으로 이루어졌다. 1980년대 중반까지도 유인 종관기상관측망보다 더 상세한 고해상도 관측망이 갖춰지지 못하여 이보다 고해상도 규모에서 다양한 패턴을 보이는 극한강수현상의 국지적 특성을 밝히는 연구는 거의 이루어지지 못하였다.

우리나라 기상청에서는 1980년대 말부터 고해상도 방재용 자동기상관측망(Automatic Weather System: AWS)을 구축하기 시작하였다. 초기에는 주로 인구가 많은 지

역을 중심으로 우선적으로 자동기상관측시스템이 설치되었으나, 1990년대 중반 이후에는 그 수가 빠르게 증가하여 1990년대 말에는 전국적으로 약 420여개 지점에 달하였다(기상청, 1999). 2000년대 초반부터는 자동기상관측시스템이 도서 및 산악지역까지 확대 설치되어 오늘날에는 종관기상관측시스템을 포함한 관측지점 수가 전국 약 550여개로 증가하여 10년 이상의 기후자료가 축적되게 되었다(기상청, 2013). 그러나, 이러한 자동기상관측시스템에서 습득한 기후 자료들에는 천재지변에 의한 기기고장, 관측 장소 변경에 의한 자료 누락이 포함되어 있다. 따라서 지금까지 자료 품질 평가를 체계적으로 하여 고해상도 기후도를 제작하는 데에는 많은 어려움이 있어왔다(김맹기 등, 2012).

본 연구의 목적은 최근 10년간(2002~2011년) 기상청 산하 종관기상관측망(ASOS)과 자동기상관측망(AWS)의 일강수량 자료를 종합적으로 분석하여, 연중 극한강수현상의 시·공간적 발생 패턴을 밝히는 것이다.

II. 연구자료 및 연구방법

본 연구에서는 최근 10년간(2002~2011년) 기상청 산하 종관기상관측망(ASOS) 76개 및 자동기상관측망(AWS) 422개 기상 관측 지점에서 관측한 일강수량 자료에서 극한강수현상일을 추출하여 분석하였다. 우리나라 기상청에서는 극한강수일을 다양한 기준으로 정의하고 있으나, 기존 연구들과 상호 비교를 위해서 본 연구에서는 태풍을 포함한 저기압 이동에 의해 일강수량이 80mm 이상 발생한 경우를 극한강수일로 간주하였다. 최광용·권원태(2008)의 연구 결과를 참고로 하여 연중 강우 형태로 극한강수현상이 발생하는 5~10월의 일강수량 자료를 분석하여 80mm 이상 극한강수현상의 발생빈도를 각 월별로 산출하여 시계열화 하거나 지도화 하였다.

전체 498개 관측 지점 중 자료의 품질과 관련하여 극한강수 발생 분포도 제작에 왜곡을 유발할 수 있는 자료를 포함한 관측지점들은 분석에서 제외하였다. 품질 평가 과정을 통해 지형과 관련성이 적은 도서지역에 위치한 경우, 관측소 이동 기록이 관측망 전체 평균 수평 공간해상도(10km)를 넘어서거나 강수 패턴이 달라지는 수직해상도를 넘어서는 경우, 누락일의 강수가 인접 지점들을 참고해 보았을 때 극한강수일에 해당하는 일강수

량 80mm 이상이 1회 라도 포함된 관측지점의 경우 등은 분석에서 제외하였다. 이러한 자료 품질 검정 과정을 통하여 3개의 종관기상관측지점(ASOS)과 151개의 자동기상관측지점(AWS) 자료는 제외되었고, 나머지 344개 관측지점이 최종 분석에 포함되었다(그림 1). 상세한 품질 점검 및 관측지점 선정 절차에 관한 세부 내용은 이승욱·최광용(2013)을 참고하기 바란다.

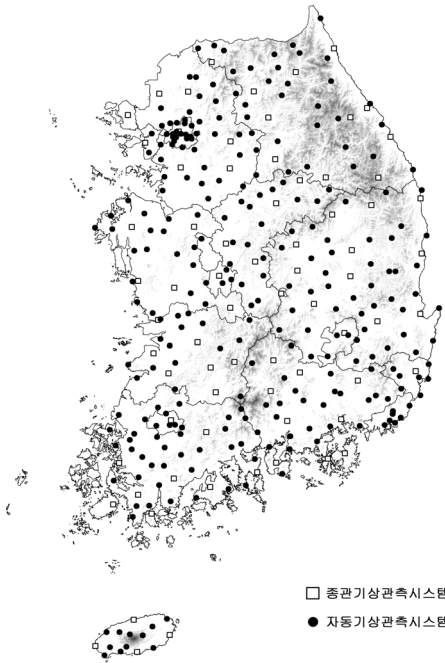


그림 1. 연구에 포함된 344개 기상관측지점 분포(2002~2011)

본 연구의 극한강수일 분석에 사용된 관측지점 수는 기존 다른 연구에서 장기간 기후분석에 흔히 사용되었던 60여개의 종관기상관측망(ASOS)에 비하여 약 6배 이상 늘어난 것으로, 관측소 간 평균 거리를 나타내는 공간 해상도가 약 12km까지 향상되었다. 또한 최종 분석 자료의 수직 해상도면에서도 해발고도 300~1,000m에 위치한 21개 관측지점도 포함하고 있다. 그 결과, 기존 종관기상관측망에서는 대관령(773m)이 유일한 고산관측지점인 데 비하여, 훨씬 더 상세한 관측망 자료를 기반으로 지형과 같은 국지적인 기후인자가 극한강수현상 발생에 미치는 영향을 살펴볼 수 있을 것으로 판단되었다. 극한강수현상과 지형 및 지리적 요소와의 관계를 분석하기 위해서는 30m×30m 수치지표고모형(Digital Elevation Model; DEM) 자료를 해발고도 100m간격으로 재분류하여 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1) 연중 극한강수현상 발생빈도의 시·공간적 패턴

최근 10년간(2002~2011년) 전국 344개 관측지점 평균 5~10월 동안 일강수량 80mm 이상 극한강수현상 발생빈도의 시계열을 살펴보면, 대체로 여름장마의 절정기에 해당하는 7월 중순경에 가장 많은 관측지점에서 극한강수현상이 발생함을 알 수 있다(그림 2). 10년 누적 월별 단위 극한강수현상 전체 관측지점의 발생빈도를 살펴보면, 6월까지의 118회이었다가 7월에 접어들면서 373회로 3배 이상 증가한다(그림 2a). 8월에도 전국 평균 일강

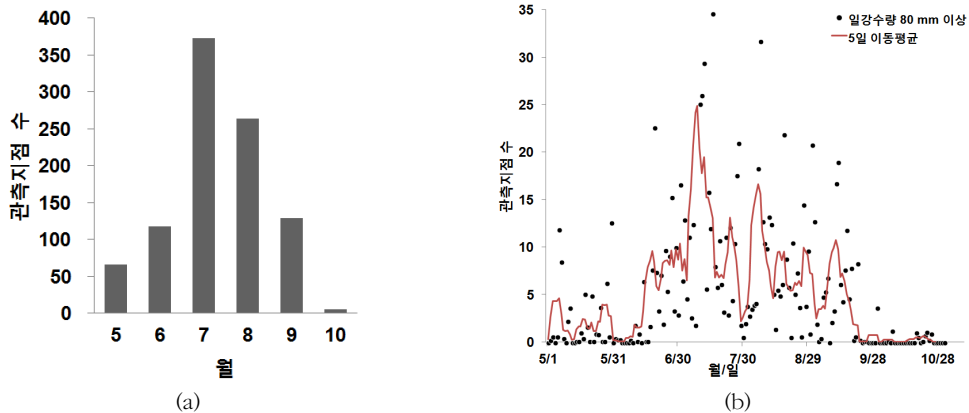


그림 2. 최근 10년간(2002~2011) 남한 344개 기상관측지점의 (a) 월별 및 (b) 일별 일강수량 80mm 이상 극한강수현상 누적 발생빈도

수량 80mm 이상 극한강수현상 발생빈도는 264회로 높게 나타나지만, 9월에는 6월 수준으로 발생빈도가 뚜렷하게 줄어든다.

일별 극한강수현상 발생빈도의 시계열을 살펴보면, 인접한 날짜 간에도 큰 변동성이 나타남을 알 수 있다(그림 2b). 6월의 일강수량 80mm 이상 극한강수현상이 발생한 관측지점 수는 평균 3개 지점 내외이다가 6월 19일경에 급증하는데, 이 시기는 대체로 우리나라 여름장마가 시작하는 때와 일치한다. 여름장마기 초반에는 극한강수현상 발생빈도가 일평균 약 8개 관측지점으로 유지되다가 7월 9일과 17일에 각각 38개와 35개의 관측지점에서 일강수량 80mm 이상 극한강수현상이 발생함을 알 수 있다. 그 결과, 7월 8일~7월 16일까지 5일 이동평균 값을 살펴보면 극한강수현상 관측 지점수가 15개 이상으로 높게 나타난다. 이와 같은 여름장마기 동안 일별 발생빈도 시계열에서 관찰되는 극심한 강수 증감 패턴은 장마전선이 한반도에 형성되는 날짜와 위치가 매년 달라지기 때문일 것으로 추정된다. 여름 장마전선이 북상하고 우리나라가 성하기로 접어들게 되는 7월 31일~8월 3일에는 극한강수현상 발생지점의 수가 5개 이하로 급감한다. 이후, 8월 5일~8월 11일에 10개로 다소 증가하고, 8월 중하순 이후에는 20개 정도로 일부 증가하는 날짜도 나타난다. 그러나 5일 이동평균 시계열에 따르면 늦장마 시기의 극한강수현상 발생빈도는 여름장마 초반 수준으로 감소함을 알 수 있다. 우리나라 중부지방 저지대의 기후학적 여름철이 끝나는 시기인 9월 19일에는 발생 관측지점 수가 1개 이하로 급감한다.

일강수량 80mm 이상 극한강수현상의 10년 평균 5~10월 누적 발생일수 공간분포를 살펴보면, 산악 지역이 포함된 Dauzi를 중심으로 극한강수현상 발생빈도가 높게 나타남을 알 수 있다(자료 미제시). 우리나라 Dauzi에 해당하는 서울 및 경기도 일대, 남해안 지역, 제주도 지역과 태백산맥 및 소백산맥의 바람받이 사면에 위치한 지역들을 중심으로 극한강수현상 발생빈도가 높게 나타난다. 특히, 한라산, 지리산, 설악산 등 산간지대의 바람받이 사면에서는 해발고도가 상승함에 따라 극한강수현상 발생빈도가 상대적으로 더 높게 나타나는 패턴이 관찰된다. 반면, 해발고도 약 200m 이하의 저지대에서는 극한강수현상의 발생빈도가 상대적으로 낮게 나타난다. 특히, 소우지에 해당하는 경상북도 내륙지역의 경우 남부 해안산지와 지리산을 포함한 소백산맥 산맥이 여름

철 남서 기류 유입을 저지시키기 때문에 공기가 상대적으로 건조한 상태로 넘어가기 때문일 것으로 추정된다. 이와는 상이하게 남쪽으로 길게 뻗은 태백산맥 주변지역에서는 편서풍의 바람받이에 해당하는 영서지역보다는 바람그늘에 해당하는 영동지역 동사면에서 극한강수현상 발생빈도가 상대적으로 높게 나타났다. 영동지역의 경우에는 이동성 저기압 보다는 태풍의 한반도 통과 시 반시계 방향의 거대한 흐름이 경사가 급한 태백산맥 동사면을 따라 기류가 급상승하면서 지형효과가 반영되어 극한호우현상 발생빈도가 높게 나타날 수 있기 때문이다(이승욱 · 최광용, 2013). 이러한 결과들에 따르면 극한강수현상의 시·공간적 패턴은 해발고도뿐만이 아닌 주변의 지형적 영향과 종관적인 바람특성, 해양과의 거리 등 다양한 요인들의 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

사계절 10년 평균 월별 극한강수현상 발생빈도의 공간분포도를 살펴보면 계절마다 발생빈도가 높은 공간분포 패턴이 달라짐을 알 수 있다(그림 3). 봄철에 해당하는 5월에는 중부지방 대부분에서 대체로 극한강수현상 발생빈도가 0.4일 이하로 낮지만, 일부 제주도 및 남부 해안 지역에서는 0.4~0.8일로 상대적으로 높게 나타난다. 특히, 제주도 한라산 산간지역의 일부 지점에서는 발생빈도가 2일 이상으로 상대적으로 더 높게 나타난다. 남부해안 산간지역의 경우에는 5월에 비하여 6월에는 0.4일 이상 발생빈도를 나타내는 관측지점 수가 증가하고 발생 지역의 범위가 더 넓어진다. 그 결과, 6월에는 극한강수현상 0.4일 이상 발생빈도는 남부지방뿐만 아니라 경기도 서부, 충청 내륙지역, 남부해안 산간지역, 태백산맥 및 소백산맥 산간 지역에서도 나타난다. 유사하게 한라산 산간지역에도 극한강수현상 발생빈도가 3일 이상으로 더 증가한다. 여름장마 기간이 포함된 7월로 접어들면 전국 대부분의 관측지점에 걸쳐 극한강수현상 발생빈도가 훨씬 더 뚜렷하게 증가한다. 특히, 경기북부 산간지역과, 태백산맥 및 소백산맥의 바람받이 사면을 따라서는 극한강수일 발생빈도가 2일 이상으로 높게 나타난다. 이러한 패턴은 장마전선을 따라 유입하는 남서기류가 경우에 따라서는 중부지방까지 북상하기 때문에 나타나는 것으로 추정된다.

8월에 접어들면서 극한강수현상 발생빈도는 7월보다 전체적으로 감소하는 패턴을 보인다. 특히, 중부지방의 태백산맥 서사면을 따라 극한강수현상 발생빈도가 0.8일 이하로 줄어들게 되고, 경기 북부지방에서도 발생빈

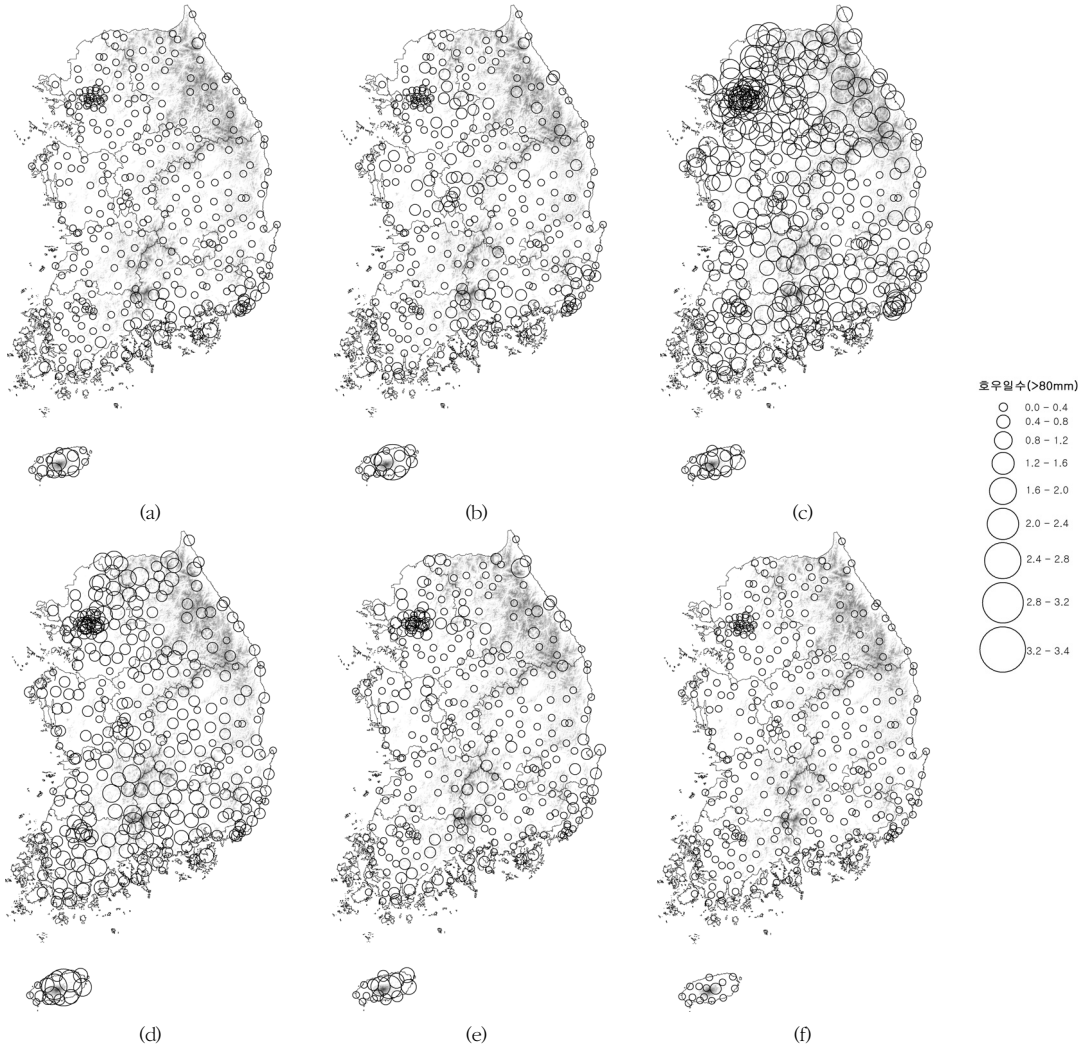


그림 3. 최근 10년(2002~2011) 평균 전국 344개 관측지점의 월별 일강수량 80mm 이상 극한강수현상 발생빈도: (a) 5월, (b) 6월, (c) 7월, (d) 8월, (e) 9월, (f) 10월

도가 1.6일 이하로 감소하는 패턴을 보인다(그림 3). 9월에는 8월보다 극한강수현상 발생빈도가 더욱 현격하게 감소하여 우리나라 대부분 관측지점에서 0.4일 이하의 발생빈도가 나타난다. 제주도 남동부 지역, 지리산 남사면, 영동해안지역에서는 상대적으로 발생빈도가 0.4일 이상을 나타내는데, 이는 태풍 북상 시 동풍계열의 기류가 유입되면서 나타나는 현상과 관련성이 있을 것으로 사료된다(이승욱·최광용, 2013). 10월에는 거의 대부분의 관측지점의 극한강수현상 발생빈도가 0.4일로 낮게 나타난다. 이러한 결과들은 늦봄-초여름에는 제주도와 남부해안지역에 이동성 저기압의 영향, 여름장마와 늦

장마 기간에는 장마전선의 남북 이동에 따른 남서기류 유입, 늦여름-초가을에는 태풍의 통과가 우리나라 극한강수현상 발생과 관련되어 있음을 가리킨다.

2) 연중 극한강수 기여율 공간 분포 변화

최근 10년(2002~2011년) 평균 연중 5~10월 전체 강수량에서 80mm 이상의 극한강수현상 발생 시 누적 강수량이 차지하는 비율(극한강수 기여율)의 공간분포도를 살펴보면, 대체로 극한강수가 차지하는 비율은 우리나라 다우지로 알려진 지역을 중심으로 높게 나타난다(자료 미제시). 경기 북부지역, 남부해안지역, 제주도 지역에서

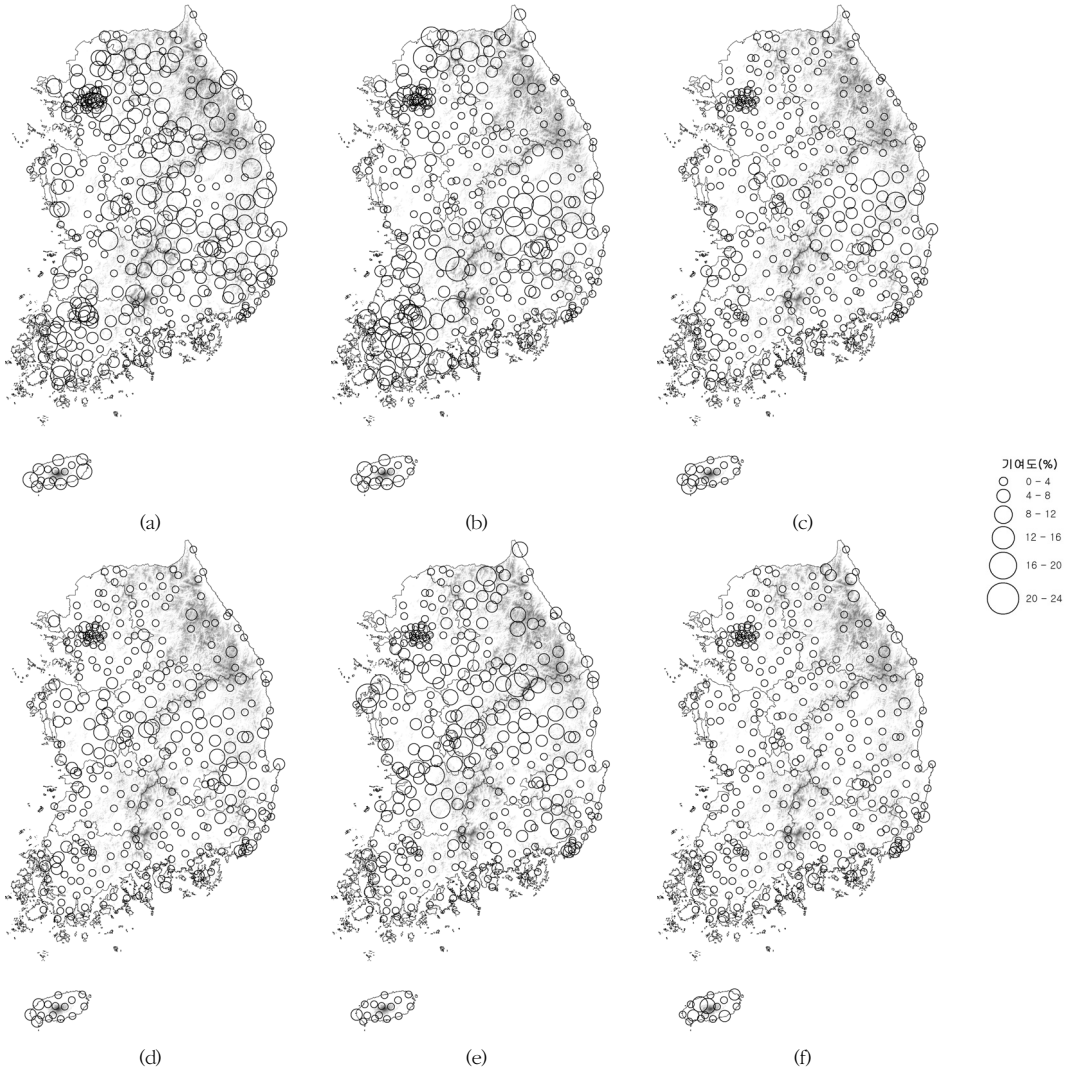


그림 4. 최근 10년(2002~2011) 평균 전국 344개 관측지점의 월별 극한강수 기여율(전체 강수량에서 일강수량 80mm 이상 극한강수가 차지하는 비율): (a) 5월, (b) 6월, (c) 7월, (d) 8월, (e) 9월, (f) 10월

는 5~10월 극한강수 기여율이 30% 이상을 차지하는 지점이 상대적으로 많다. 특히, 한라산, 지리산 지역에서는 극한강수 기여율이 40% 이상으로 매우 높다. 태백산맥을 기준으로 동해안 지역에서도 극한강수 기여율이 35% 이상으로 높게 나타나는데, 이는 대부분 태풍 북상시 형성되는 반시계 방향의 기류가 급경사면을 활승하면서 나타나는 지형성 강우와 관련성이 있을 것으로 추정된다(이승욱·최광용, 2013).

월별로 극한강수 기여율 분포를 비교해보면, 상대적으로 높게 나타나는 지역이 연중 시기별로 달라짐을 알

수 있다(그림 4). 5월에는 내륙지역을 중심으로 극한강수 기여율이 모두 10% 이상으로 높게 나타나지만, 6월에는 경기 북동부 지역과 강원 북서부 지역, 전라남도 지역, 경상북도 지역을 중심으로 극한강수 기여율이 20% 이상으로 높게 나타난다. 7월로 접어들면서 전국 대부분 지역에서 극한강수 기여율이 5% 이하로 낮아지지만, 경상북도 내륙지역에서는 5~10%로 상대적으로 높게 나타난다. 8월에도 7월과 유사하게 극한강수 기여율은 경상북도와 충청남도 및 충청북도 지역에만 5~10%정도이고, 대부분의 다른 지역에서는 5% 이하로 낮게 나타난다. 이

러한 결과들을 종합해 보면, 여름장마기(6월하순-7월하순)와 늦장마기(8월중순-9월초순)에는 극한강수 기여율이 소우지에서 상대적으로 높게, 다우지에서 상대적으로 낮게 나타남을 알 수 있다. 반면, 이동성 저기압의 영향이 탁월한 늦봄-초여름 또는 늦여름-초가을 기간에는 다우지-소우지 간의 차이점이 뚜렷하지 않고 전국에 대부분에 걸쳐 극한강수 기여율이 고르게 분포한다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 우리나라 전국 약 340여개의 종관기상 관측시스템(AWS) 및 자동기상관측시스템(ASOS)에서 최근 10년간(2002~2011년) 관측한 5~10월 일강수량 자료를 바탕으로 80mm 이상의 고해상도 극한강수현상의 시·공간적 패턴을 분석하였다. 주요한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 우리나라 극한강수현상의 계절성은 주로 여름장마의 시작 및 종료와 관련성이 뚜렷하게 나타난다. 늦봄-초여름에 드물게 발생하던 극한강수현상은 6월 하순 장마전선 북상과 함께 발생빈도가 급증하기 시작한다. 여름장마 기간에 극한강수현상 발생빈도는 더욱 증가하여 7월 중순에 가장 높은 발생빈도를 보인다. 이후 7월 하순경에 성하기에 접어들면서 그 발생빈도는 감소하다가, 기후학적 여름철이 종료되는 9월 중순경에 발생빈도가 뚜렷하게 감소한다.

둘째, 극한강수현상은 대체로 제주도, 남부해안 및 경기 북부 지역 등 우리나라 다우지뿐만 아니라 한라산, 지리산 등의 산악지역에서도 발생빈도가 높게 나타난다. 그러나 같은 계절 내에서도 시기별로는 주요 발생지역이 상이하여, 늦봄-초여름에는 남부해안 및 제주도 지역, 여름장마 및 늦장마 기간에는 전국 대부분 지역, 늦여름-초가을에는 태백산맥 동사면에서도 발생빈도가 높게 나타난다.

셋째, 극한강수현상 발생빈도는 해안 저지대에 비하여 우리나라 산지지역(예, 경기북부 산지지역, 남부해안 산지지역)이나 해발고도가 높은 산을 포함한 주요 산맥(한라산, 태백산맥, 소백산맥 등)을 따라 더 높게 나타난다. 이러한 공간 패턴은 우리나라 여름철 종관기후상태뿐만 아니라 국지적인 지형효과도 극한강수현상 발생빈도를 증가시키는 중요한 기후인자임을 가리킨다.

넷째, 극한강수일 강수량이 전체 강수량에 차지하는 비율(극한강수 기여율)도 경기북부 산지 지역, 남부 해

안 산지 지역, 한라산 주변 지역, 지리산 주변 지역, 태백산맥 주변 지역 등 다우지에서 높게 나타난다. 그러나 시기별로 세분해 보면 극한강수 기여율은 늦봄-초여름 및 늦여름-초가을에는 다우지-소우지 간의 차이점이 뚜렷하지 않지만, 여름장마 및 늦장마 기간에는 경상북도, 충청북도, 충청남도 등 소우지를 중심으로 더 높게 나타난다. 즉, 이러한 소우지에서는 잠재적인 극한강수현상 발생을 더욱 대비할 필요성이 제기된다.

본 연구에서는 약 60여개의 종관기상관측망 자료만을 바탕으로 분석한 기존의 우리나라 강수분포도에 비하여 280여개의 자동기상관측망 자료를 함께 포함시켜 분석함으로써 약 6배 이상 상세한 우리나라 극한강수현상 발생 패턴을 잘 보여주고 있다. 그럼에도 불구하고 현재까지도 관리상의 어려움으로 산악지역에서는 자동기상관측시스템이 저지대에 비하여 상대적으로 적기 때문에 이 연구에서도 세부적인 지형요소(예, 해발고도)와 극한강수현상과의 정량적인 분석은 수행되지 못하였다. 최근에는 인구고령화와 웰빙 열풍에 의해 전국적으로 산악지대의 레포츠활동이 증가하여 산악지역의 극한기후현상 발생에 대한 정확한 예보력과 기후학적 연구결과들이 필요한 실정이다. 따라서 국가적으로는 기상 및 기후예보력 향상을 위해 장기간 계획을 세워 고해상도 산악 기상관측망을 늘려나갈 필요성이 있다고 판단된다. 또한, 개별 연구자들도 직접 고해상도 관측망을 구축해 국지적 규모의 상세한 산악기후에 관한 사례 연구들을 지속적으로 수행하여 산악기후 기초정보들을 축적해 나갈 필요성이 있다. 또한, 이 연구에서는 극한강수현상 분포패턴에 영향을 주는 기후인자에 대하여 일부 언급하였으나(예, 기류의 방향과 지형과의 상호작용), 이외의 다른 기후인자가 극한강수현상의 시공간패턴에 미치는 연구를 후속연구로 진행할 필요성이 있다. 특히, 지형성 극한강수현상의 시·공간적 패턴을 결정하는 여름철 시기별 종관기후장(예, 장마전선의 위치와 기류의 유입 정도)에 대한 상세한 연구들이 이루어질 필요성이 있다고 판단된다.

참고문헌

기상청, 1999, 「기상연감」.
기상청, 2012, 「기상연감」.

- 기상청, 2013, 「기상연감」.
- 김광섭·김종필, 2011, “지역특성에 따른 여름철 극한강수 변
화특성 분석,” 대한토목학회논문집, 31(2), 129-146.
- 김병기·한명수·장동호·백승균·이우섭·김연희·김성, 2012,
“1km 해상도의 관측 격자자료 생산 기술,” 기후연구,
7(1), 55-68.
- 김보경·김병식·김형수, 2008, “극한지수를 이용한 극한 기상
사상의 변화 분석,” 대한토목학회논문집, 28(1), 41-53.
- 소방방재청, 2012, 「재해연보」.
- 이경마·백희정·조천호, 2012, “분위회귀분석방법을 이용한
서울의 극한강수 변화 분석,” 기후연구, 7(3), 199-209.
- 이승욱·최광용, 2013, “태풍 내습 시 남한의 극한강수현상의
시·공간적 패턴,” 한국지역지리학회지, 19(3), 384-400.
- 이승호·김은경·허인혜, 2011, “한국의 유역별 호우변화에 관
한 연구,” 한국지역지리학회지, 17(5), 505-520.
- 최광용·권원태, 2008, “현재와 미래 우리나라 겨울철 강수형
태 변화,” 대한지리학회지, 43(1), 1-19.
- 최의수·문일주, 2008, “56년간 한반도 강수 및 풍속의 극값
변화,” 대기, 18(4), 397-416.
- Aguilar, E., Peterson, T.C., Obando, P.R., Frutos, R.,
Retana, J.A., Solera, M., Soley, J., García, I.G.,
Araujo, R.M., Santos, A.R., Valle, V.E., Brunet, M.,
Aguilar, L., Álvarez, L., Bautista, M., Castañón, C.,
Herrera, L., Ruano, E., Sinay, J.J., Sánchez, E.,
Oviedo, G.I.H., Obed, F., Salgado, J.E., Vázquez,
J.L., Baca, M., Gutiérrez, M., Centella, C., Espinosa,
J., Martínez, D., Olmedo, B., Espinoza, C.E.O.,
Núñez, R., Haylock, M., Benavides, H., and Mayorga,
R., 2005, Changes in precipitation and temperature
extremes in Central America and northern South
America, 1961-2003, *Journal of Geophysical Research:
Atmospheres*, 110(D23), - D23107.
- Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C., Caesar, J.,
Gleason, B., Klein Tank, A.M.G., Haylock, M.,
Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour,
A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G.,
Vincent, L., Stephenson, D.B., Burn, J., Aguilar, E.,
Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci,
M., and Vazquez-Aguirre, J.L., 2006, Global observed
changes in daily climate extremes of temperature and
precipitation, *Journal of Geophysical Research*, 111,
D05109, doi:10.1029/2005JD006290.
- Choi, G., Kwon, W.T., Boo, K.O., and Cha, Y.M., 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.
- IPCC, 2012, *Managing the Risks of Extreme Events and
Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A
Special Report of Working Groups I and II of the
Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field,
C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken,
K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K.
Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley
eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, UK,
and New York, NY, USA, pp. 582.
- Jung, I., Bae, D., and Kim, G., 2011, Recent trends of mean
and extreme precipitation in Korea, *International
Journal of Climatology*, 31(3), 359-370.
- Vincent, L. A. and Mekis, É., 2006, Changes in daily and
extreme temperature and precipitation indices for
Canada over the twentieth century, *Atmosphere-Ocean*,
44(2), 177-193.
- Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., Tagiyeva,
U., Ahmed, N., Kutsaladze, N., Rahimzadeh, F.,
Taghipour, A., Hantosh, T.H., Albert, P., Semawi,
M., Ali, M.K., Al-Shabibi, M.H.S, Al-Oulan, Z.,
Zatari, T., Khelet, I.A.D., Hamoud, S., Sagir, M.,
Demircan, M., Eken, M., Adiguze, M., Alexander,
L., Peterson, T.C., and Wallis, T., 2005, Trends in
Middle East climate extreme indices from 1950 to
2003, *Journal of Geophysical Research*, 110(D22).

교신 : 최광용, 690-756, 제주특별자치도 제주시 아라일동 제
주대학교 지리교육전공 (이메일: tribute@hanmail.net)

Correspondence : Gwangyong Choi, 690-756, Ara 1-dong,
Jeju-si, Jeju Special Self-Governing Province, Korea,
Major of Geography Education, Jeju National University
(Email: tribute@hanmail.net)

투 고 일: 2013년 11월 20일

심사완료일: 2013년 12월 7일

투고확정일: 2013년 12월 13일