

## 최근 한반도 여름철 강수특성의 변화

박창용\* · 문자연\*\* · 차은정\*\*\* · 윤원태\*\*\*\* · 최영은\*\*\*\*\*

### Recent Changes in Summer Precipitation Characteristics over South Korea

Changyong Park\* · JaYeon Moon\*\* · Eun-Jeong Cha\*\*\* · Won-Tae Yun\*\*\*\* · Youngeun Choi\*\*\*\*\*

**요약** : 본 연구에서는 최근의 한반도 여름철 강수특성을 파악하기 위해 장기간(1958~2007년) 관측을 수행하고 있는 기상관측소를 대상으로 강수량의 변화 경향을 시·공간적으로 분석하였다. 여름철(6~9월) 강수량의 연변화를 분석하고 여름철을 장마와 장마 후 강수기간으로 구분하여 그 특징을 살펴보았다. 장마기간에는 남서풍과 준정체전선의 영향으로 산악지역의 풍상측에서 최대 강수량이 발생하였으며 장마 후 강수기간에는 한반도 주변의 서쪽 및 남동쪽에서 유입되는 하층순환장과 함께 태풍, 대류불안정, 저기압성 강수에 의해 주로 남해안과 영동 산간 및 해안지방에서 최대 강수량이 나타났다. 여름철(6~9월) 강수량의 시계열 변화에서는 모든 지점에서 강수량이 증가하는 경향을 보여주었으며 이 중에서도 최근 10년이 가장 큰 증가 경향을 보였다. 일 강수량을 10년 단위로 평균하여 분석한 결과, 모든 지점에서 최근 10년에 장마 및 장마 후 강수기간의 강수량이 가장 크게 증가하는 것으로 나타났다. 지점별로 증가 경향은 차이를 보여주었는데, 강릉은 장마 후 강수기간의 강수량이 장마기간보다 더 많았으며 최근 들어 장마 후 강수기간의 강수량이 가장 크게 증가하였다. 서울과 부산의 경우는 최근 10년 동안 여름철 강수량의 두 개 최대값 사이의 강수량이 크게 증가하는 경향을 보여주었다.

**주요어** : 여름철 강수, 장마, 장마 후 강수, 최근 10년 변화

**Abstract** : This paper examines the recent changes of summer precipitation in the aspect of temporal and spatial features using long-term(1958~2007) observed station data over South Korea. Long-term mean summer precipitation has revealed two precipitation peaks during summer(June to September); one is the Changma as the first peak, and the other is the post-Changma as the second peak. During the Changma period, the spatial distribution of the maximum precipitation areas is determined by the prevailing southwesterlies and the quasi-stationary front, which results in large amount of precipitation at the windward side of mountain regions over South Korea. However during the post-Changma period, the spatial distribution of the maximum precipitation areas is determined by the lower tropospheric circulation flows from the west and the southeast around the Korean peninsula, and the weather phenomena such as Typhoons, convective instability, and cyclones which are originated from the Yangtze river. The larger amount of precipitation is founded on the southern coastal region and mountain and coastal areas in Korea during the second peak. Time series of total summer precipitation shows a steady increase and the increasing trend is more obvious during the recent 10 years. Decadal variation in summer precipitation indicates a large increase of precipitation,

\* 건국대학교 지리학과 박사과정(Doctoral Student, Department of Geography, Konkuk University), kpotato@konkuk.ac.kr

\*\* 기상청 기후예측과 기상연구원(Senior Research Scientist, Climate Prediction Division, Korea Meteorological Administration), mgy@kma.go.kr

\*\*\* 기상청 태풍황사과 기상연구원(Senior Research Scientist, Typhoon and Asian Dust Division, Korea Meteorological Administration), cha@kma.go.kr

\*\*\*\* 기상청 기후예측과장(Director, Climate Prediction Division, Korea Meteorological Administration), wtyun@kma.go.kr

\*\*\*\*\* 건국대학교 지리학과 부교수(Associate Professor, Department of Geography, Konkuk University), yechoi@konkuk.ac.kr

especially in the recent 10 years both in the Changma and the post-Changma period. However, the magnitude of change and the period of the maximum peak presents remarkable contrasts among stations. The most distinct decadal change occurs at Seoul, Busan, and Gangneung. The precipitation amount is increasing significantly during the post-Changma period at Gangneung, while the precipitation increases in the period between two maximum precipitation peaks during summer at Seoul and Busan.

Key Words : summer precipitation, Changma, post-Changma, recent change

## 1. 연구배경 및 목적

“강수”라는 기상요소는 많은 사람들이 관심을 가지고 있으며 그 유무에 따라 다양한 행동을 결정할 만큼 인간생활과 산업활동에 가장 크게 영향을 미치는 중요한 기후요소 중에 하나이다. 우리나라의 강수 현상은 계절적으로 여름철에 집중하며, 이 기간 중에서도 장마는 대표적인 강수발생 메커니즘 중 하나로 약 30일 동안의 지속기간을 가지며 연 강수량의 약 40%를 차지하고 있다. 본격적인 무더위 이전에 내리는 장마기간의 강수는 농업과 여러 산업분야에서 중요한 수자원이 되며, 아울러 짧은 기간 동안 내리는 많은 강수량으로 자연재해가 발생하여 인명과 재산피해 등이 발생하기도 한다(차은정, 2006; Oh *et al.*, 1997).

여름철 한국, 일본, 중국에 영향을 미치는 동아시아 몬순은 일반적으로 한대기단과 열대기단의 경계 지대에서 아열대 고기압의 북쪽 또는 북서쪽 외곽을 따라서 준정체전선(quasi-stationary front)을 동반한다. 한국에서는 이 전선을 “장마전선”이라 하고 이에 의한 강수기간을 “장마”라고 하며 일본과 중국에서는 각각 “바이우(Baiu)”와 “메이유(Meiyu)”라 부른다. 이 전선은 동서로 길게 형성되며 남쪽의 열대 해양기단과 북쪽의 대륙 및 해양의 한대기단 사이의 준정체성 수렴역에서 최대 강수역이 발생한다. 이 최대 강수역은 남쪽과 북쪽에 위치하는 고기압의 세력에 따라 남북을 오르내리며 진동하지만 일반적으로 시간이 경과하면서 북쪽으로 진행하였다가 다시 남하하는 양상을 보인다(기상청, 1995; Oh *et al.*, 1997). 장마전선은 우리나라 남부지역에 영향을 미치기 시작할 즈음 중국남부에서부터 일본남부까지 매우 광범위한 지역에 영향을 미

치며 장마 끝 무렵에는 양쯔강 지역에서 발원한 저기압이 동쪽으로 이동하면서 한반도에 강수 현상이 자주 발생한다(박순웅 외, 1988).

강수가 집중하는 여름철 강수발생 메커니즘은 태풍, 저기압성 강수, 대류성 강수 등이 있지만 일반적으로 장마가 대표적인 여름철 강수발생 메커니즘이라 할 수 있다. 여름철 강수가 집중되는 시기는 기후학적으로 두 개 기간으로 구분할 수 있는데, 첫 번째를 장마 또는 1차 장마, 두 번째가 가을 장마 또는 2차 장마 등으로 불린다(기상청, 1995). 본 연구에서는 여름철 강수를 장마기간과 장마 종료 후부터 9월까지 두 기간으로 분리하여 분석하였다. 우리나라 대부분의 지점에서 1차 여름철 강수기간인 장마기간에는 강수량이 가장 많이 집중하며 장마전선에 의한 영향으로 발생하게 된다. 1차 장마가 종료하게 되면 아열대 고기압의 세력이 확장하며 무덥고 습한 날씨가 이어지게 되어 육지에서는 일사의 가열로 인한 대류성 강수가 자주 발생하고 태풍과 같은 열대성 저기압이 종종 우리나라에 영향을 미치게 된다. 이와 같은 현상에 의한 강수기간이 장마 후 강수기간에 해당한다.

최근 들어 여름철 강수특성이 과거와 많이 달라지고 있다는 연구들이 증가하고 있다. 이들 연구에서 주장하는 바는 1차 장마기간인 7월과 장마종료 이후인 8월의 강수특성이 변화하고 있다는 것이다. 관련 연구들을 살펴보면 박성규·하경자(2002)는 여름철 강수량의 최대값이 1979~1991년에는 7월 중순과 8월 하순에 나타났지만, 1991~2001년에는 7월 상순과 8월 상순에 나타났음을 밝혔고, 최영은(2002)은 우리나라 남부지방의 일 강수량을 분석한 결과, 호우사상에 주로 기인한 여름철 강수량의 증가가 연 강수량 및 강수강도 증가에 크게 기여하였음을 보였다. Ho *et al.*(2003)은 여



그림 1. 분석 지점

름철 강수의 두 번째 최대값이 나타나는 시기가 9월 초순에서 8월 중순 및 하순으로 이동했음을 밝혔고, 이는 8월 호우의 강화에 기인한 것으로 보았다. 이승호 · 권원태(2004)는 강수량이 8월에 증가하였고 9월에 감소하였는데 중서부지역의 8월 강수량 증가는 호우 빈도 증가와 관련이 있음을 밝혔고, 점차 8월의 소우기가 사라지면서 장마가 9월 초순까지 이어진다고 하였다. 고정웅 외(2005)는 장마가 끝난 후인 7월 하순부터 8월 초순의 강수량이 최근 들어 크게 증가하였으며 이러한 변화는 경기 북부지역에서 뚜렷하게 나타남을 보였다. 하경자 외(2005)는 최근 들어 지역 간 장마 시작일의 편차가 작아지고 있는 것은 장마의 북상 속도가 빨라지는 것과 연관되는 것으로 보았으며 유라시아 적설 면적과 장마의 세기와의 상관성이 높아짐에 따라 그 해 겨울과 봄에 적설량이 많으면 장마의 세기가 강할 가능성이 높다고 보았다. Cha *et al.*(2007)은 장기간 동안의 여름철 일 강수량 관측자료를 분석한 결과, 8월 강수량이 크게 증가하는 경향을 보이고 있음을 밝혔다. 이러한 8월 강수는 지난 50년간 지속적으로 증가하였는데 그 강수량의 많고 적음은 태풍의 수와 관련되어 있다는 분석 결과가 있다(송혜진 · 허창희, 2003; 이태영 · 조남산, 2007). 또한 8월 강수의 증가 경향은

북태평양 고기압의 위치가 서쪽으로 확장한 현상과 크게 관련되어 있으며(Ha *et al.*, 2007), 이는 우리나라 뿐 아니라 동아시아 전체적으로 나타나는 최근의 변화 특성으로 분석되었다(Jhun *et al.*, 2007).

여름철 강수특성 중 가장 대표적인 장마의 기작에 대한 연구가 많이 수행되었지만 모든 학자들이 공통적으로 사용할 수 있는 정의는 현실적으로 내려지기 힘든 상황이다. 또한 최근 들어 장마가 끝난 뒤 강수량이 증가하는 현상에 대한 연구 결과가 증가하면서 과연 이러한 현상이 앞으로 지속될 지, 아닐 지에 대한 의문도 함께 증가하고 있다. 이러한 요구에 맞춰 본 연구는 우선 장기간 관측을 수행하고 있는 기상관측소를 대상으로 여름철 강수의 특성을 기후학적인 관점에서 시·공간적으로 한반도 주변의 순환장과 함께 분석하였다. 그리고 여름철 강수특성이 어떻게 변화하고 있는지를 파악하기 위해 10년 단위의 변동성을 분석하였으며 우리나라의 전반적인 특성뿐만 아니라 지점별로 그 변동성을 상세하게 파악하였다.

## 2. 연구자료 및 방법

본 연구에서 사용한 자료는 기상청의 일 강수량 자료이다. 여름철 강수특성 변화에 대한 분석 이전에 1973년부터 2007년까지 60개 기상관측소를 대상으로 여름철 강수량과 장마기간 강수량, 장마 후 강수기간 강수량의 공간분포를 살펴보았다. 장마기간과 장마 후 강수기간의 강수량 분석 시, 장마기간은 기상청에서 제시한 각 해의 장마기간 자료를 이용하였고 장마 후 강수는 장마 종료일 이후부터 태풍의 활동이 포함되는 9월 30일까지로 정의하였다. 여름철 강수특성의 변화를 분석하기 위해 60개 기상관측소 중에서 장기간의 자료를 보유하고 있고 중부, 남부를 대표할 수 있는 7개 지점(강릉, 서울, 추풍령, 대구, 전주, 부산, 목포)을 선정하였으며 도서 지역은 제외하였다(그림 1). 결측이 많은 한국전쟁 기간을 포함하지 않고 10년 단위의 변동성을 분석하기 위해 연구 기간은 1958년부터 2007년까지로 하였다. 주변 종관장 자료는  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  간격

표 1. 장마의 평균 시작일, 종료일, 지속기간, 강수량(1971~2007년)

지역	평균 시작일	평균 종료일	평균 지속기간	평균 강수량(최소~최대)
중부	6월 23일~24일	7월 23일~24일	32일	238~398mm
남부	6월 22일~23일	7월 22일~23일	32일	199~443mm
제주	6월 19일	7월 20일~21일	33일	328~449mm

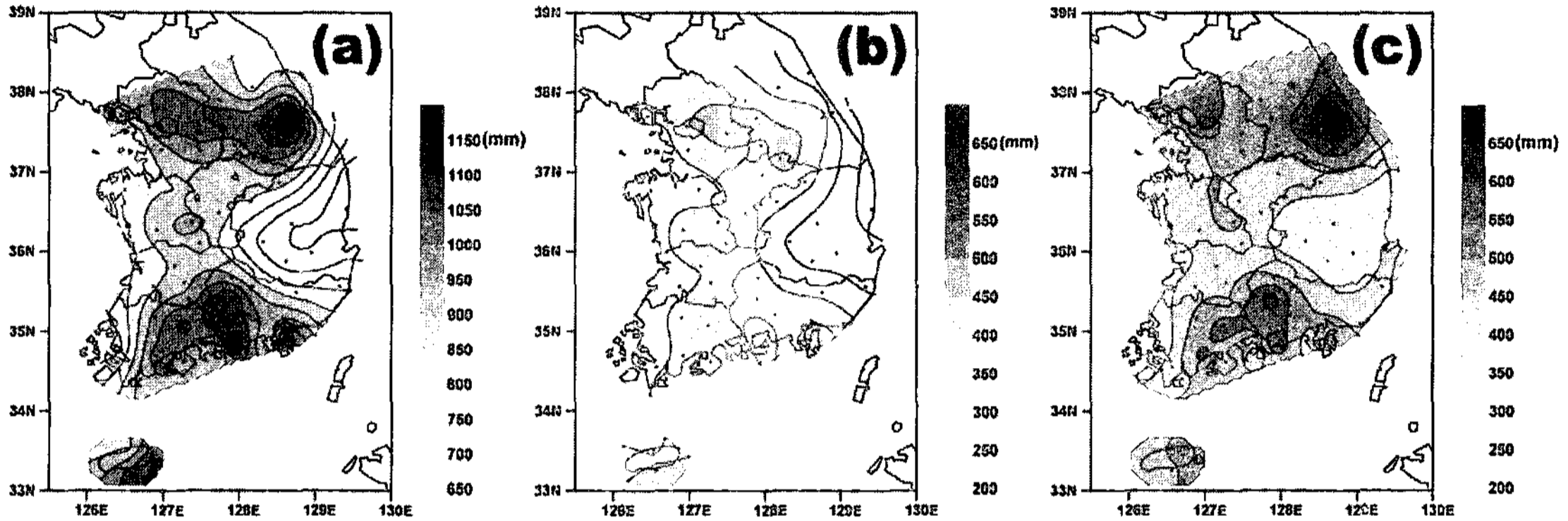


그림 2. 남한의 (a) 여름철 평균 강수량, (b)장마기간 평균 강수량, (c)장마 후 강수기간 평균 강수량(1973~2007년)  
(a)의 범례는 650~1150mm, (b)와 (c)는 200~650mm

의 NCEP/NCAR(National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research) 재분석 하층 바람장을 이용하였다. 여름철 강수량의 연 변화는 Cha *et al.*(2007)이 사용한 방법인 20일 보다 적은 규모의 영향을 배제하여 계절안 및 종관 규모의 변동성을 설명하기에 적합한 20일 이동평균법을 이용하였다. 10년 변화를 살펴보기 위해 1958년부터 2007년까지 10년 단위로 나누어서 지점별로 비교·분석하였다.

1995년에 기상청이 발간한 장마백서에 따르면, 장마의 시·종 시기를 결정함에 있어서 6~7월에 장마전선의 영향으로 비가 오기 시작한 날을 장마 시작일로, 장마전선이 일기도상 우리나라 부근에서 소멸하거나 그 영향에서 벗어난 날을 종료일로 정의하고 있다. 그리고 강수량을 기준으로 장마시작은 지역 내 관측소의 50% 이상에서 비가 오기 시작한 날로, 장마종료는 80% 이상에서 비가 그친 날로 정하였다. 또한, 전국을 3개 지역(34°N 이남의 제주, 36°N 이북의 중부, 중부

와 제주 사이의 남부)으로 나누어 장마의 시작일과 종료일을 설정하였다. 표 1은 1971년부터 2007년까지 제주, 남부, 중부지역의 장마 평균 시작일과 종료일, 지속기간, 강수량을 나타낸 것으로서 기상청(1995)의 정의 및 지역구분을 근거로 조사한 것이다.

### 3. 여름철 강수량의 공간분포

여름철 강수의 공간분포와 연 변화를 파악하기 위해 여름철을 장마기간 및 장마 후 강수기간으로 분리하여 각각의 기간에 대한 공간분포 특성을 주변 종관장과 함께 분석하였다. 그림 2는 1973년부터 2007년까지 남한의 60개 관측지점 자료를 이용하여 여름철(6, 7, 8, 9월) 평균 강수량과 장마기간 동안의 평균 강수량, 그리고 장마 후 강수기간의 평균 강수량을 나타낸 것이다. 그림 2-(a)는 여름철 평균 강수량 분포를 나타낸 것으로

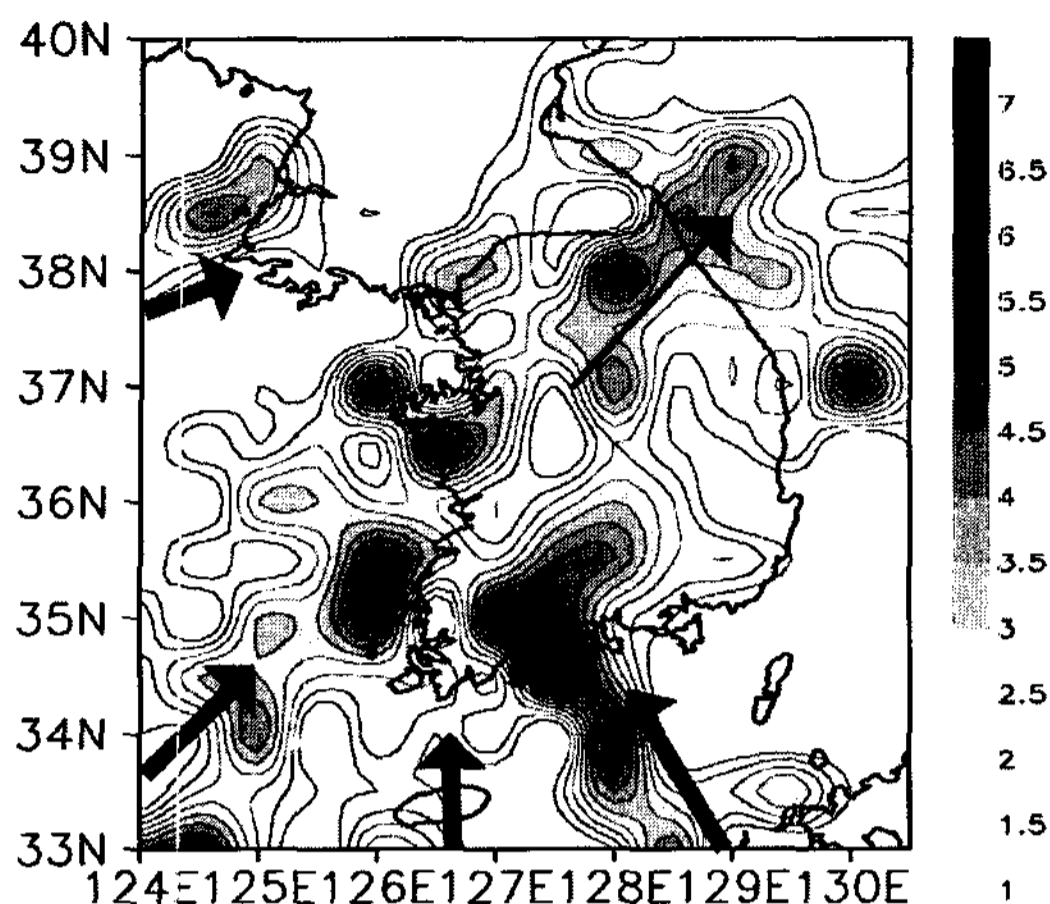


그림 3. 한반도에 상륙한 열대 저기압의 통과빈도  
(Choi and Kim, 2007)

로서 강수량은 가장 적은 경상북도 영덕의 670mm에서부터 가장 많은 강원도 대관령의 1158mm까지 분포한다. 그림 2-(b)와 2-(c)는 장마와 장마 후 강수기간 동안 강수량의 공간분포 차이를 보여준다. 이에 따르면, 영동지방은 장마 후 강수에 의한 영향이 많고 이고 중북부 내륙지역은 장마기간의 강수에 의한 영향이 크게 반영되었으며 남해안 지역은 장마기간과 장마 후 강수기간 모두의 영향이 반영되었지만, 특히, 장마 후 강수에 의한 영향이 큰 것으로 나타났다. 장마기간에는 북동~남서 방향으로 위치하는 장마전선이 시간에 따라 남북으로 이동하면서 강수 현상을 유발하며 지형효과에 의해 고도가 높은 지역의 서쪽에서 많은 강수량이 발생하게 된다. 이에 따라 장마기간 평균 강수량(그림 2-(b))이 400mm 이상 분포하는 지역은 제주 남부, 남해안의 남해, 통영, 경기 동부, 강원 영서지방에 나타나고 있다. 장마 후 강수기간의 평균 강수량이 많은 곳은 영동 산간 및 해안, 남해안 중부, 제주 동부, 경기 북부에서 나타났다.

한반도의 장마 후 강수기간 동안 강수량은 태풍의 영향이 지배적이며(Cha *et al.*, 2007), 중국 양쯔강 유역에서 발생한 저기압이 우리나라로 주기적으로 이동해 오면서 발생하는 강수 현상, 여름철 강한 일사에 의해 지역적으로 발생하는 강수 현상 등이 영향을 미치게 된다. Choi and Kim(2007)은 그림 3과 같이 한반도

에 상륙하는 열대 저기압의 통과빈도를 공간적으로 제시하였고, 열대 저기압이 서해안 북부, 서해안 남부, 남해안 서부, 남해안 중부의 다양한 경로로부터 상륙하지만(4개의 굵은 화살표), 육지에 상륙하는 경우에는 강원도 해안 쪽 한 방향으로 이동하는 패턴을 보여주었다. 본 연구에서는 장마 후 강수기간의 강수량 분포(그림 2-(c))와 열대 저기압 통과빈도의 공간분포를 비교해 본 결과, 충남 서해안을 제외하고 남해안 중부, 경기 북부, 영동 산간 및 해안지방에서 열대저기압의 통과빈도가 많고 이와 일치하게 장마 후 강수기간의 평균 강수량이 많음을 알 수 있다. 또한 경북, 충북에서는 열대 저기압의 통과빈도가 낮고 장마 후 강수기간의 평균 강수량도 적게 나타난다. 따라서, 장마 후 강수기간 강수량의 지역분포는 열대 저기압의 통과빈도에 크게 영향을 받고 있음을 확인할 수 있다.

여름철 강수량의 공간분포 영역을 보다 확장하여 동아시아 전체지역에 대해 NCEP/NCAR 재분석 850hPa 고도 동서방향(U 방향)과 남북방향(V 방향) 바람자료를 이용한 평년분포를 벡터장으로 그림 4에 제시하였다. 장마기간에는 아시아 남쪽에서부터 시작되는 몬순의 영향으로 한반도의 남서방향에서 따뜻하고 습한 기류가 유입되고 있다. 즉, 남서에서부터 북동방향으로의 탁월풍이 존재하며 이것이 한반도로 유입되면서 산맥의 지형효과에 의한 강수량의 공간분포 특성을 그림 2-(b)에서 살펴볼 수 있으며, 이러한 특성은 경기 동부, 강원 영서지방이 내륙지방임에도 불구하고 장마기간에 강수량이 많은 것을 통해 확인할 수 있다. 장마기간 후에는 한반도로 유입하는 기류가 두 가지로 나뉘며 서쪽방향과 남동쪽방향에서 유입되고 있다. 앞에서 언급하였듯이 중국에서부터 발생한 저기압의 이동은 서풍을 타고 한반도에 영향을 주는 것이며 태풍의 경우 발생구역에 따라 차이를 보이겠지만 두 가지 탁월풍의 영향을 받게 되어 그 이동경로가 결정되게 되며, 태풍이 이동할 당시 이 주변 바람장이 어떠한 편차를 보이느냐에 따라 우리나라에 미치는 영향이 달라질 수 있다.

그림 5는 지점별 일 강수량의 특성을 살펴보고자 평균 일 강수량을 20일 이동평균하여 울리우스일(1~365일)로 표현한 것이다. 서울을 제외한 모든 지점에서 여

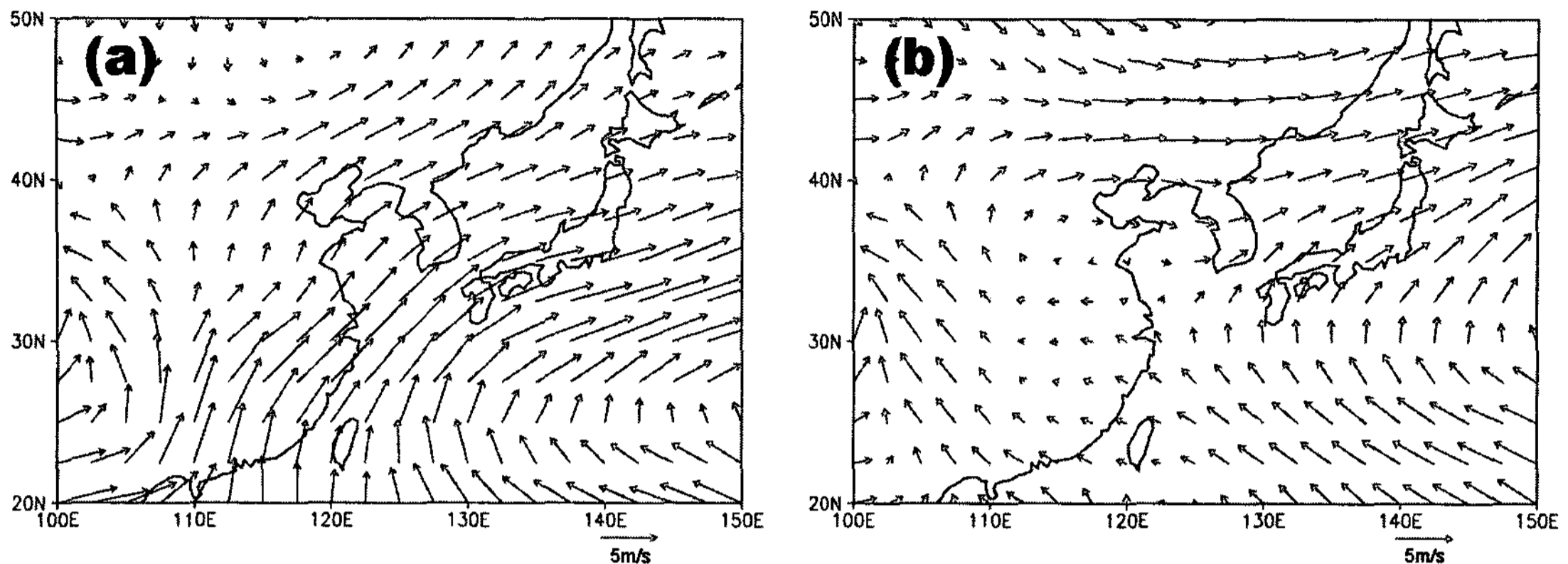


그림 4. 한반도 주변 850hPa 고도 U·V 합성 바람의 평년 벡터장  
(a) 장마기간, (b) 장마 후 강수기간(1971~2000년)

름철인 152일부터 273일 사이에 두 개의 최대값이 나타나고 있다. 단, 부산의 경우 봄철 우기(4월 4일부터 5월 16일 사이에 강수량이 증가하는 시기)가 뚜렷하게 나타난다(한상은·변희룡, 2001). 서울을 제외한 모든 지점들은 약 160일 이후부터 강수량이 급격히 증가하기 시작하여 180일부터 200일 사이에 최대값에 도달한 후 감소하다가 약 220일 이후에 강수량이 다시 증가하기 시작하여 240일 정도에 다시 최대값에 도달한 후 감소하는 패턴을 보여준다. 강릉과 서울을 제외한 나머지 5개 지점의 일 강수량은 서로 유사한 변화 패턴이 나타났다. 강릉은 서울을 제외한 나머지 5개 지점처럼 여름철에 두 개의 최대값이 나타났지만 두 번째 최대값이 첫 번째 최대값보다 크게 나타났는데 이는 앞절에서 언급하였듯이 태풍이 빈번하게 통과하는 지역으로서 장마 후 강수기간의 영향이 다른 지역 보다 훨씬 크게 나타나기 때문이다. 서울은 두 개의 최대값이 나타나지 않고 한 개의 최대값만 나타나는 특성을 보였다. 이러한 특징은 이전의 연구에서 밝혀지지 않았던 결과로 앞으로 그 원인을 분석하기 위한 연구가 필요하다. 단, 앞의 그림 2의 수평분포에서 알 수 있듯이, 서울을 포함한 경기 북부는 장마기간, 그리고 장마 후 강수기간에 모두 많은 강수량이 나타난다. 이것은 장마전선의 영향과 함께 장마 후 강수기간에도 중국 서쪽으로부터 이동해 온 저기압의 영향이 직접적으로 미치는 지역이기 때문이다. 또한 지표 거칠기 증가에 의

한 기계적 난류의 증가, 난기류에 의한 현열의 증가, 인공적으로 생성되어 구름응결핵으로 작용하는 에어로솔의 증가와 같은 도시화의 영향을 배제할 수 없을 것으로 보인다(김연희 외, 2005).

#### 4. 여름철 강수특성의 변화

여름철 강수특성의 시계열 변화에 중점을 두어 분석하였다. 그림 6은 7개 분석지점에 대해 1958~2007년 간 연도별 여름철 강수량과 전 지점 평균 여름철 강수량을 시계열로 나타낸 것이다. 전 기간 동안의 변화 경향을 살펴보면, 강릉은 유의수준  $\alpha=0.01$ 에서, 추풍령과 목포는 유의수준  $\alpha=0.05$ 에서 통계적으로 유의하게 강수량이 증가하고 있으며, 나머지 지점들인 서울, 대구, 전주, 부산은 통계적으로 유의한 수준은 아니지만 마찬가지로 강수량이 증가하는 경향을 보이고 있다. 따라서 7개 모든 지점에서 여름철 강수량이 증가하는 경향을 보이며 서울의 증가 경향이 가장 크고 강수량도 993.9mm로 가장 많았다. 반면, 대구는 여름철 강수량의 증가 경향이 가장 작았고 강수량도 714.0mm로 가장 많은 서울의 71%에 불과했다. 여름철 강수량이 가장 적은 곳은 목포로서 689.8mm를 기록하였다. 그리고 위도별로 분류하면 중북부에 위치한 강릉과 서

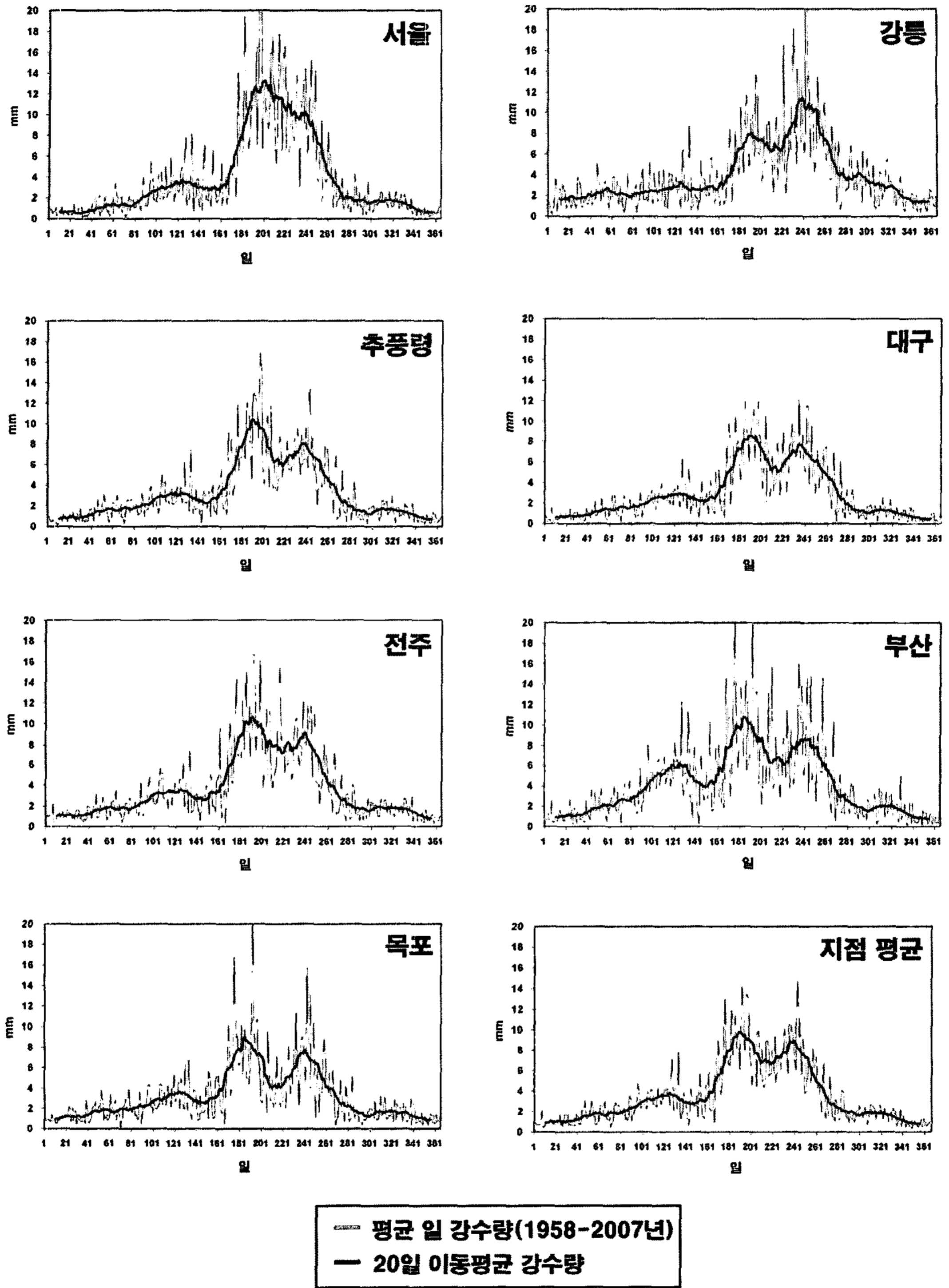


그림 5. 주요지점의 평균 일 강수량, 20일 이동평균 강수량과 지점 평균(1958~2007년)

울의 여름철 강수량의 증가 경향이 중남부 및 남부에 위치한 지점보다 더 커져서 최근 들어 여름철 강수량이 많아졌음을 알 수 있다.

시간에 따른 여름철 강수량의 변화특성을 10년 단위로 구분하여 자세히 살펴보았다(1958~1967년, 1968~1977년, 1978~1987년, 1988~1997년, 1998~2007년). 최근 10년(1998~2007년)의 강수량이 가장 많았으며 그 이전 10년(1988~1997년)보다 최소 230.3mm에서 최대 312.3mm까지 현저하게 증가한 것으로 나타났다. 강릉은 전 기간에 걸쳐 강수량이 지속적으로 증가하고 있었으며 최근 10년에는 그 이전 10년의 강수량보다 300mm 이상 크게 증가하여 여름철 강수량이 1100mm 이상을 기록하였다. 또한 강릉의 최근 10년과 그 이전 10년은 모든 지점의 전 기간에서 두 기간간의 강수량 차이가 가장 큰 기간이었다. 서울은 초기 40년(1958~1997년) 동안 강수량의 큰 차이를 보이지 않다가, 최근 10년에는 그 이전 10년보다 300mm 가까이 증가하여 여름철 강수량이 1200mm를 넘어섰다. 이는 모든 지점의 최근 10년 중 가장 많았으며 전 기간에 대해서도 가장 많았다. 특히, 서울의 1998년은 여름철 4개월 동안 1961mm가 내려 기록적인 강수량이 나타난 해였다. 중북부에 위치한 서울과 강릉을 제외하고 전 기간 동안 여름철 강수량의 변화는 추풍령, 대구, 전주와 부산, 목포가 각각 비슷한 패턴을 보이고 있다. 또한 비슷한 패턴을 보이는 지점들의 위치가 각각 중남부 내륙지방과 남부 해안지방이라는 공통점을 보이고 있다. 추풍령, 대구, 전주는 전 기간 동안 여름철 강수량의 변화가 순차적으로 교차하여 나타나는 특징을 보여준다. 또한 최근 10년의 강수량이 가장 많았고 그 이전 10년과 강수량의 차이가 가장 컸다. 부산, 목포의 여름철 강수량 변화 특징은 초기 10년(1958~1967년)이 그 이후 10년(1968~1977년)보다 적은 패턴을 보였다. 강릉과 서울의 1988~1997년 여름철 평균 강수량은 1978~1987년보다 많았지만 나머지 지점들인 추풍령, 대구, 전주, 부산, 목포는 1978~1987년이 1988~1997년보다 적은 특징도 보였다.

그림 7은 앞에서 제시한 그림 5의 장기간 일 강수량의 연 변화에서 여름철 강수특성이 시계열적으로 변화하고 있는지를 파악하기 위해 10년 단위로 나누어 그

변화를 살펴보고자 나타낸 것이다. 50년(1958~2007년)을 5개 기간으로 나누었고 각 지점들의 특성을 제시하였다. 강릉은 1988~1997년을 제외한 기간들에서 장마 후 강수기간의 최대값이 더 크고 강수량이 더 많은 특성을 보였다. 1988~1997년은 한 개의 최대값만 나타났으며 최근 10년에는 장마기간 및 장마 후 강수기간의 강수량이 모두 증가했다. 특히, 장마 후 강수기간의 강수량이 크게 증가한 것을 볼 수 있으며, 최근 10년의 장마 후 강수기간의 곡선이 다른 시기보다 오른쪽으로 연장되어 이 시기의 강수기간도 더 길어진 것으로 나타났다.

서울은 최근 10년, 여름철 두 개의 최대값이 나타나는 시기 사이의 강수량이 가장 크게 증가한 곳으로 나타났다. 초기 10년에는 강릉을 제외한 다른 지점들처럼 여름철 강수량은 두 개의 최대값이 나타나고 있으며 장마기간의 최대값이 더 크고 강수량이 더 많은 특성을 보였다. 하지만 1968~1977년과 1978~1987년에는 이러한 패턴이 아닌, 여름철 강수량 분포에서 최대값이 한 개만 나타났다. 즉, 일 강수량이 최대값에 도달한 뒤 장마가 종료하여도 바로 강수량이 감소하지 않고 일정 기간 동안 그러한 패턴이 유지된 것으로 나타났다. 따라서 이미 1960년대 후반기부터 서울에서는 여름철 강수패턴의 변화가 발생하고 있었던 것으로 추정된다. 특히, 최근 10년, 최대값이 나타난 시기가 장마기간 이후인 8월에 나타나고 있으며 최대 강수량은 전 지점과 전 기간에서 가장 큰 값인 20mm/일에 이르렀다. 그리고 여름철 강수기간 역시 강릉과 유사하게 길어지는 특성을 보였다.

추풍령은 전반적으로 전 기간에서 두 개의 최대값이 존재하는 것으로 구분되었으며 장마기간 강수량의 최대값이 더 크게 나타났다. 기간별 강수특성의 변화는 강릉이나 서울보다는 작지만 이들 지점과 마찬가지로 최근 들어 장마 후 강수기간이 더 길어진 특징을 보였다. 대구도 두 개의 최대값이 존재하는 것으로 나타났으며 1958~1967년과 1988~1997년은 장마기간의 강수량이 많았지만 1978~1987년은 장마 후 강수기간의 강수량이 많았고 최근 10년은 장마기간과 장마 후 강수기간의 최대값이 거의 비슷한 분포를 보였으나 장마 후 강수기간이 길어진 것으로 나타났다. 전주는 장마와



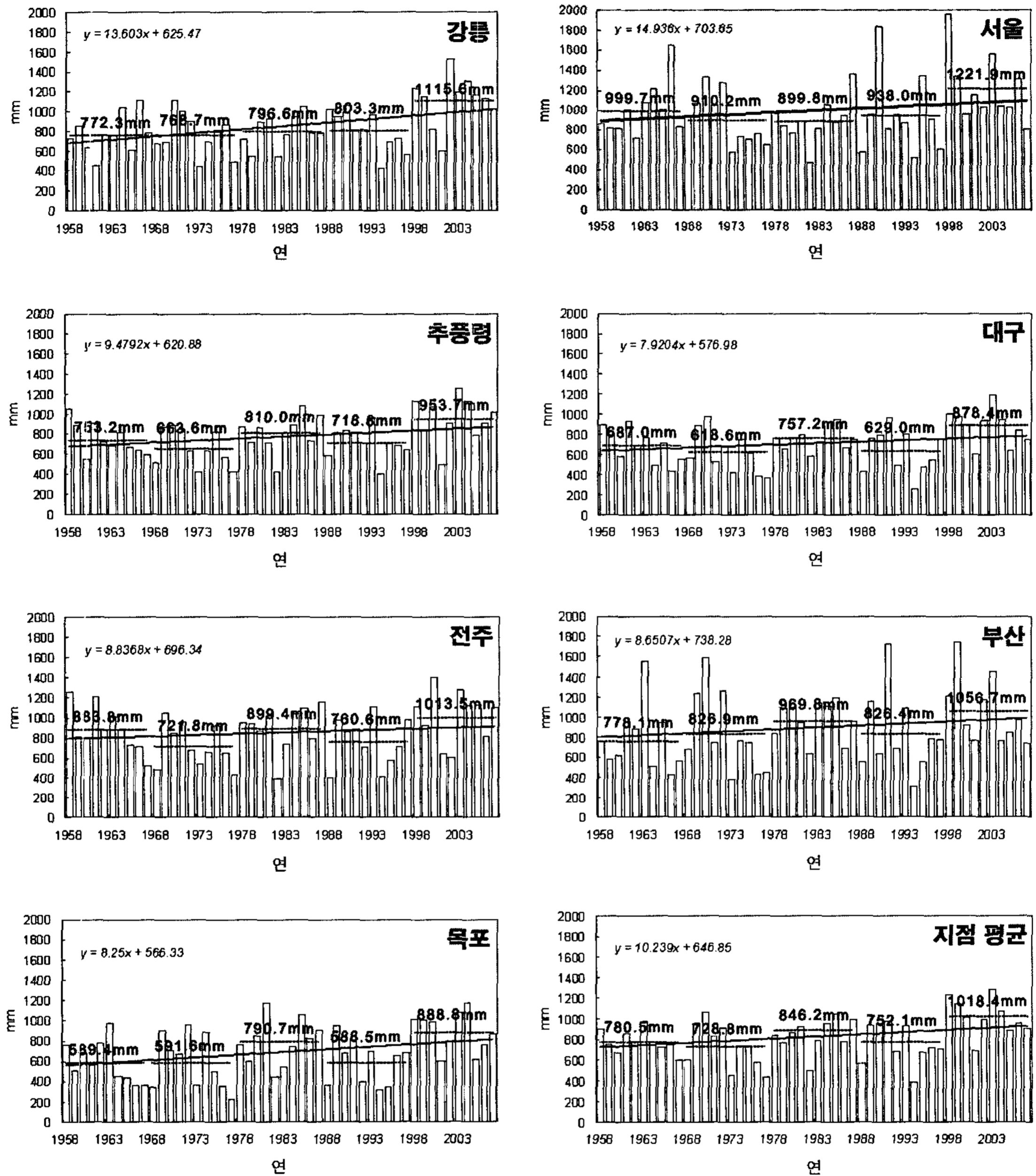


그림 6. 주요지점의 여름철 강수량 시계열과 지점 평균(1958~2007년)

장마 후 강수기간의 최대값이 비슷한 분포를 보였다.

부산은 비교적 강수특성의 변화가 추풍령, 대구, 전주보다 크게 나타났다. 1958~1967년은 두 개의 최대값이 존재하며 장마기간의 최대값이 더 크고 강수량도 더 많은 분포를 보였다. 그리고 기간별 강수량의 최대

값에는 차이가 있으나 1968~1977년, 1978~1987년, 1988~1997년의 장마기간과 장마 후 강수기간의 최대값이 서로 비슷한 분포를 보였다. 그러나 최근 10년에서는 장마기간의 강수량도 증가했지만 이전과는 다르게 장마가 끝나고 강수량이 현저하게 증가하는 특징을

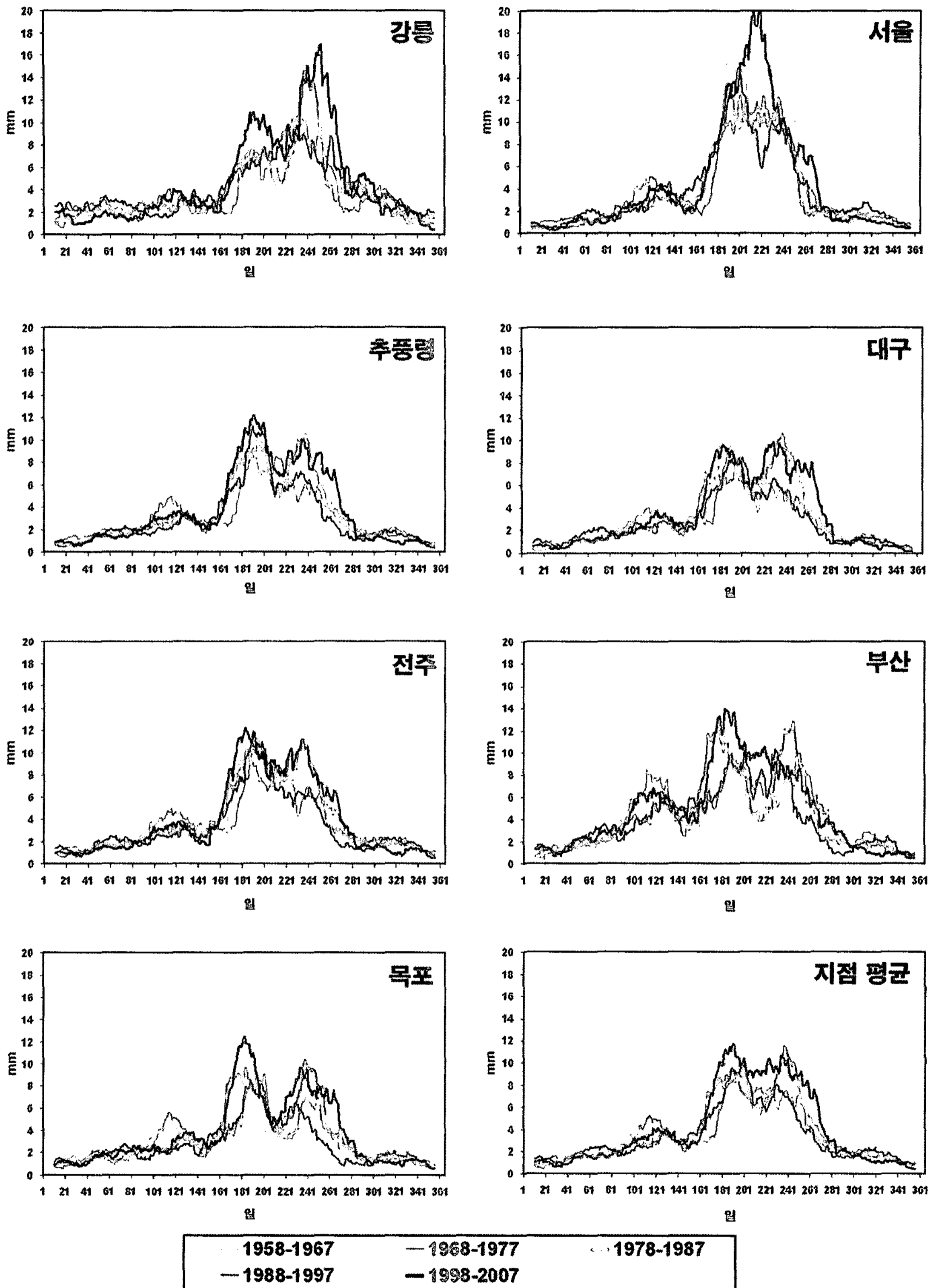


그림 7. 주요지점의 10년별 평균 일 강수량과 지점 평균

보여주고 있다. 목표는 모든 기간에서 두 개의 최대값이 존재하는 특징이 뚜렷하게 나타났으며 1978~1987년을 제외하면 장마기간에 최대값이 더 크게 나타났다. 최근 10년에서는 장마기간의 최대값이 모든 기간에서 가장 크게 나타나고 장마 후 강수기간이 길어진 특징을 볼 수 있다.

남한의 전반적인 강수특성의 변화 경향을 살펴보기 위해 전체 7개 분석 지점의 10년별 일 강수량 분포를 평균하였다. 초기 10년에는 여름철 강수특성이 장마와 장마 후 강수로 두 개의 최대값이 잘 나타났지만 1968~1977년을 제외하고 장마 및 장마 후 강수가 구분되는 시점의 강수량이 전반적으로 증가하면서 최근 10년(1998~2007년)에 이르러서는 두 기간의 구분이 사라지는 특성을 보여주고 있다. 즉, 장마기간에 최대값을 보였던 강수량이 크게 감소하지 않고 장마 후 강수기간에도 지속되는 패턴을 보인다. 또한 여름철의 강수기간이 이전보다 더 연장된 것으로 나타났다.

## 5. 요약 및 결론

본 연구는 최근의 여름철 강수량 변화 경향을 시·공간적으로 분석하였다. 먼저 여름철 강수량을 장마기간과 장마 후 강수기간으로 나누어 각각의 공간적인 분포 특성을 분석하였다. 장마기간의 강수는 장마전선이 남북으로 이동함에 따라 남한에서는 위도별로 그 특성이 나타나며 탁월한 남서 기류의 영향으로 태백산맥의 풍상측인 경기 동부, 강원 영서지방 등의 내륙지방과 제주도, 남해 및 통영에서 최대값이 나타났다. 장마 후 강수기간의 강수는 대류불안정, 태풍, 중국 대륙으로부터 발생한 저기압의 영향에 의해 주로 강수 현상이 발생하며 영동 산간 및 해안, 남해안 중부, 제주 동부, 경기 북부에서 강수량이 많았다. 특히, 영동 산간 및 해안지방은 태풍이 상륙하여 빠져나가는 경로에 위치하여 태풍에 의한 강수량의 영향이 지배적인 지방으로 나타났다.

분석기간(1958~2007년) 일 강수량 자료를 이용하여 각 대표 지점별 20일 이동평균한 변화를 분석하였다.

여름철 강수량은 두 개의 최대값이 나타났고 첫 번째의 경우가 장마기간에 해당하며 두 번째의 경우가 장마 종료 후부터 9월까지 장마 후 강수기간에 해당하는 것으로, 이는 서울을 제외한 우리나라 6개 지점에서 모두 공통적으로 나타났다. 단, 서울의 경우 첫 번째와 두 번째 최대값 사이에 강수량이 감소하는 시기가 나타나지 않았다. 그리고 두 개의 최대값이 나타난 지점들 중에서 강릉은 장마기간의 강수량이 많은 나머지 5개 지점들과는 다르게 두 번째 최대값이 첫 번째 최대값보다 크게 나타나는 특성을 보였다. 연도별 여름철 강수량의 시계열 변화를 분석한 결과, 각 지점별 여름철 강수량은 강도의 차이는 있지만 점차적으로 증가하는 경향을 보여주었다. 전체 시계열에서 10년 단위로 평균하여 최근까지 여름철 강수량의 변화를 분석한 결과, 모든 지점에서 공통적으로 과거에 비해 최근 10년(1998~2007년)이 가장 큰 증가 경향을 보였다.

또한 모든 지점에서 장마 및 장마 후 강수기간 모두 최근 10년의 강수량이 크게 증가하였다. 그러나 변화 경향의 지점별 특성은 서로 차이를 보여주었는데 특히, 강릉은 최근 10년에 장마 후 강수기간의 강수량이 가장 크게 증가하였으며 서울은 최근 10년, 여름철 두 개의 최대값이 나타나는 시기 사이의 강수량 증가가 가장 뚜렷하게 증가하며 여름철 전체 강수기간이 길어졌다. 추풍령, 대구, 전주는 전반적으로 10년 단위 강수특성의 변화가 나머지 4개 지점보다는 작게 나타났지만 최근 10년에 여름철 강수기간이 길어졌으며, 부산은 최근 10년에 장마기간 강수량이 늘어남과 동시에 장마 후 강수기간의 강수량은 줄어들고 두 최대값 사이의 강수량이 증가하는 분포를 보였다.

본 연구에서는 이전 연구에서 제시되었던 장마 후 강수(8월 강수)의 최근 증가 경향이 우리나라 대표 지점에서 공통적으로 나타나는 현상임을 보였다. 특히, 여름철 강수기간은 강수량의 최대값이 나타나는 두 개의 기간인 장마 및 장마 후 강수기간으로 분리되어 각 기간 모두 최근 10년에 강수량이 가장 뚜렷하게 증가하는 특성을 보였으며 최근 10년에 여름철 강수기간도 이전보다 늘어난 것으로 나타났다. 이러한 여름철 강수량의 증가 특성은 지역별로 차이를 보여주었고, 특히, 강릉과 서울, 그리고 부산이 장마 후 강수기간의

강수량의 변화가 뚜렷하게 나타나는 곳으로 나타났다.

최근 들어 여름철 강수특성의 변화는 기후변화와 함께 사회에서 최대 이슈가 되고 있다(기상청 2008). 앞으로 여름철 강수특성의 변화가 계속 이어질지는 정확하게 예측하기 어렵지만 분명한 사실은 최근에 여름철 강수량의 증가로 인한 재해의 규모도 이전보다는 커졌고 재산 피해도 증가하였다는 것이다. 특히, 재해는 장기간 동안 유지되었던 생태계 서식 환경을 단시간에 변화시킬 수 있는데, 최근의 여름철 강수특성 변화와 이로 인한 재해 규모의 증가는 생태계 변화에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 강수가 집중하는 여름철 강수량의 변동성 및 변화를 정확히 파악하고 예측하는 일은 사회 및 경제·산업 분야에서 여름철 대응책 마련과 함께 강수로 인해 발생하는 자연 재해를 줄일 수 있는 최선의 방법이며 생태 관련 연구에서도 반드시 고려되어야 할 과정이다. 본 연구에서 분석했던 여름철 강수량의 증가가 앞으로도 이어진다면 기존의 재해 대응 체계에 대한 보완이 필요할 것으로 생각한다. 특히, 강릉의 경우 태풍에 의한 장마 후 강수기간의 강수량이 최근에 크게 증가한 것처럼 각 지점별로 여름철 강수량의 증가 특성이 다르므로 각 지방의 방재 기관에서는 해당 지방의 여름철 강수특성을 고려하여 적합한 재해 대응 체계를 구성해야 할 것이다.

謝辭

본 연구는 2008년도 환경부 “국가장기생태연구” 사업의 지원으로 수행되었습니다.

文獻

고정용·백희정·권원태, 2005, “한반도 우기의 강수 특성과 지역 구분,” 한국기상학회지, 41(1), 101-114.  
 기상청, 1995, 장마백서, 345pp.  
 기상청, 2008, 여름철 강수특성의 변동성 및 변화 연구, 63pp.  
 김연희·구해정·남재철, 2005, “서울지역 강우 특성 분석을 통한 도시화 영향 평가 -도시화에 의한 강우 평

가-,” 서울도시연구, 6(2), 165-183.  
 박성규·하경자, 2002, “장마의 종관 특성과 장마 형태 변화에 관한 고찰,” 대기, 12(3), 348-351.  
 박순용·안현주·전영신, 1988, “1985년 장마기간에 동부 아세아 지역의 대기순환의 시간적 변화,” 한국기상학회지, 24(3), 22-43.  
 송혜진·허창희, 2003, “태풍이 한반도 여름철 2차 우기 발생에 끼치는 영향에 관한 연구,” 대기, 13(1), 362-365.  
 이태영·조남산, 2007, “한반도 8월 강수의 변동성과 특징,” 2007 한국기상학회 가을 학술대회 논문집, 488-489.  
 이승호·권원태, 2004, “한국의 여름철 강수량 변동 -순별 강수량을 중심으로-,” 대한지리학회지, 39(6), 819-832.  
 차은정, 2006, “장마의 의미, 물과미래,” 한국수자원학회지, 39(7), 69-72.  
 최영은, 2002, “남부지방의 강수강도와 극값의 변화경향에 관한 연구,” 환경영향평가, 11(3), 189-203.  
 하경자·윤경숙·전종갑·박정규, 2005, “하계 몬순 기간 중의 장마의 시작, 종료 및 세기의 정의,” 한국기상학회지, 41(6), 927-942.  
 한상은·변희룡, 2001, “한반도 봄우기의 존재와 형성원인,” 대기, 11(1), 255-258.  
 Cha, E.J., Kimoto, M., Lee, E.J., and Jhun, J.G., 2007, The recent increase in the heavy rainfall events in august over the Korean peninsula, *Journal of the Korean Earth Science Society*, 28(5), 585-597.  
 Choi, K.S. and Kim, B.J., 2007, Climatological characteristics of tropical cyclones making landfall over the Korean peninsula, *Journal of the Korean Meteorological Society*, 43(2), 97-109.  
 Ha, K.J., Yun, K.S., and Lee, S.S., 2007, August mode in precipitation and its association with circulations, *Proceedings of the Autumn Meeting of KMS 2007*, 478-479.  
 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.  
 Jhun, J.G., Moon, B.K., and Kwon, M., 2007, Variability of the east asian summer precipitation,

박창용 · 문자연 · 차은정 · 윤원태 · 최영은

*Proceedings of the Autumn Meeting of KMS*  
2007, 474-475.

Oh, J.H., Kwon, W.T., and Ryoo, S.B., 1997, Review of the researches on changma and future observational study(KORMEX), *Advances in Atmospheric Sciences*, 14(2), 207-222.

교신: 문자연, 156-720, 서울시 동작구 신대방2동 460-18, 기상청 기후예측과(이메일: m jy@kma.go.kr, 전화: 02-

2181-0475, 팩스: 02-2181-0479)

Correspondence: JaYeon Moon, Climate Prediction Division, Korea Meteorological Administration, 460-18, Sindaebang2-dong, Dongjak-gu, Seoul, 156-720, Korea(e-mail: m jy@kma.go.kr, phone: +82-2-2181-0475, fax: +82-2-2181-0479)

최초투고일 08. 05. 16

최종접수일 08. 06. 19