

한국의 여름철 강수량 변동*

- 순별 강수량을 중심으로 -

이승호** · 권원태***

A Variation of Summer Rainfall in Korea*

Seungho Lee** and Won Tae Kwon***

요약 : 본 연구에서는 한국의 14개 지점의 여름철 강수량을 분석하여 1941-1970년과 1971-2000년 기간 사이의 변동을 파악하고, 순별 강수량의 경년 변동과 해양변동 및 전구평균기온 변동과의 관련성을 파악하고자 하였다.

두 기간의 순별 강수량 차이에 의하여 중서부지역, 호남지역, 영동 및 영남지역, 제주도지역으로 구분하였다. 강수량은 8월에 증가하였고 9월에 감소하였다. 중서부지역에서 8월 강수량의 증가 폭이 크며, 이는 호우 빈도의 증가와 관련이 있다. 순별 강수량의 제 2극대기가 9월 초순에서 8월 하순으로 바뀌거나 출현하지 않는다. 점차 8월의 소우기가 사라지면서 장마가 9월 초순까지 이어지는 경향이다.

8월 중순과 9월 중순(혹은 7월 중순)의 강수량 편차는 1971년을 경계로 음에서 양 혹은 양에서 음으로 바뀌는 경향이며, 그 변동은 서서히 진행되고 있다. 대부분 지역에서 강수량 변동은 해양변동 및 전구평균기온과 높은 상관관계가 있다.

주요어 : 여름철 강수량, 순별 강수량, 경년 변동, 해양변동, 전구평균기온 변동

Abstract : Daily rainfall data from 14 stations during 1941 to 2000 were analyzed in order to examine the characteristics of the variation of summer rainfall and the identify relationship between the variation of summer rainfall and the variation of SOI(Southern Oscillation Index) and NPI(North Pacific Index), global temperature. For further investigation, study period is divided into two 30 year intervals, 1941-1970 and 1971-2000. There are the trend of increase in August and decrease in September in the later period compared with the earlier one. It was Mid-west in August where there is the largest variation. It is related to the increase of the frequency of heavy rainfall. The second period of extreme rainfall by ten days is absent, or it change from early in September to late in August. According to the result, the dry spell in August disappears and *Changma* is continued to early in September. Gradually, there is change from negative (or positive) to positive (or negative) to the rainfall anomaly of the mid of August and the mid of September (or July). The correlation between the variation of rainfall and oceanic variation and global temperature is statistically significant.

Key Words : variation of summer rainfall, SO and NP indices, global temperature

1. 서론

우리나라의 강수는 지역별로 차이가 클 뿐만 아니라 경년 변동과 계절별 편차가 크다. 여름철의 강수 집중률은 지역에 따라 40~60%에 달하여, 주민 생활에 미치는 영향이 크다. 여름철의 강수는

짧은 시간에 국지적으로 내리는 경우가 많아 홍수와 산사태 등 자연 재해를 야기하는 주요 원인이 되기도 한다. 2002년 8월 31일 강릉을 포함한 영동 지방에서는 관측지점별로 900mm에 가까운 강수량을 기록하면서 저수지가 붕괴되고 도로와 하천, 농경지, 가옥 등이 유실되는 등 인명과 재산상의 피

* 이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2003-042-B00212).

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

*** 기상청 기상연구소 기후연구실(Climate Research Laboratory, METRI, KMA)

해가 극심하였다¹⁾. 이와 같은 집중호우는 전 지구적으로 온난화가 진행된 20세기 후반에 더욱 빈번하게 발생하는 경향이다(Houghton, et al., 2001).

순별로 여름철 강수량을 보면 장마가 최성기에 달하는 7월 중순과 늦장마기인 9월 초순에 극대값이 나타난다고 인식되었다. 그러나 1971-2000년 기간의 경우 그 경향이 크게 바뀌었음이 확인된다. 서울의 경우 최근 30년간(1971~2000년)의 평균을 보면 6월 중순 이후 꾸준히 증가하여 8월 상순에 극대값이 나타나고 그 후는 다시 서서히 감소한다. 즉 8월 상순에만 극대값이 나타난다. 이는 앞의 시기(1951~1980년)에 비하여 온난화가 진행된 이후 8월 상순의 강수 강도가 크게 강화되었음을 보여주는 것이다(Ho, et al., 2003). 이와 같은 강수량 패턴의 변화는 과거에 비교적 강수량이 적었던 한여름에 해당하는 8월 상순에 급격한 강수량의 증가로 나타나 커다란 기상재해의 원인이 되고 있다.²⁾

전구규모의 변동 혹은 대기대순환이 중위도의 지역적 규모의 기후에 미치는 영향에 대한 연구가 최근 활발하게 진행되고 있다(Hurrell, 1995; Kutiel, et al., 1996; Mayers, 1996; Corte-Real, et al., 1998; Brunetti, et al., 2002; Fowler and Kilsby, 2002; Malmgren, et al., 2003; Türkes and Erlat, 2003; Martín, et al., 2004 등). Malmgren, et al.(2003)과 Fowler and Kilsby(2002) 등은 해양변동이 지역적 규모의 강수량 변동에 미친 영향을 연구하였다. 국내에서도 이와 같은 연구로 Kang and Jeong (1996), 전중갑 외(2000), 변희룡 외(2001), 이승호 · 류상범(2003) 등이 있으며, 이들 대부분은 해양변동이 우리나라의 강수량에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 그 밖에 강수량과 관련된 기존의 연구에서는 주로 집중호우의 특성(박정규 외, 2001 등)을 파악하고자 한 연구가 활발한 편이다. 또한 Jung, et al.(2002)은 우리나라 강수의 극한 사상이 1950년대에 비하여 1990년대에 53% 증가하였음을 밝혔다. 한편 강만석(2000)은 1973~1997년(25년간)의 66개 지점의 월별 강수량을 군집분석하여 지역을 구분하고, 강수량 변동성을 설명하고자 시도하였다. 기존의 연구에서는 대부분 1990년까지의 강수량 자료를 사용하고 있으며, Ho, et al.(2003)을 제외하고는 최다우월이 8월로 바뀐 것에 대한 언급이 전혀 없는 실정이다. 그러므로 우리나라의 여

름철 강수량의 변동 특성을 파악하고 그 원인을 규명하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 최근 우리나라의 여름철 순별 강수량의 변화와 여름철 강수량의 경년 변동 특성을 파악하고, 해양변동 및 전구평균기온 변동과 순별 강수량 변동과의 관련성을 파악하고자 하였다.

2. 연구 자료 및 방법

본 연구에서 사용된 자료는 기상청의 일별 강수량 자료와 봄철의 해양변동과 관련된 자료 및 월별 전구평균기온 자료이다.³⁾ 분석 기간은 1941년부터 2000년까지의 60년간이다. 일반적으로 여름은 6, 7, 8월을 의미하는 경우가 많지만, 우리나라에서는 9월의 강수량도 여름의 우기와 이어지는 경우가 많으므로 9월도 여름철에 포함하였다. 분석 지점은 그림 1에 제시한 바와 같이 관측기간이 비교적 오래된 14개 지점⁴⁾이다. 해양변동 자료는 남방진동지수(SOI: Southern Oscillation Index), 북태평양지수(NPI: North Pacific Index)를 포함한다. 해양변동 자료는 NCAR(National Center for Atmospheric Research)가 Web 상(<http://www.cgd.ucar.edu/cas/>)

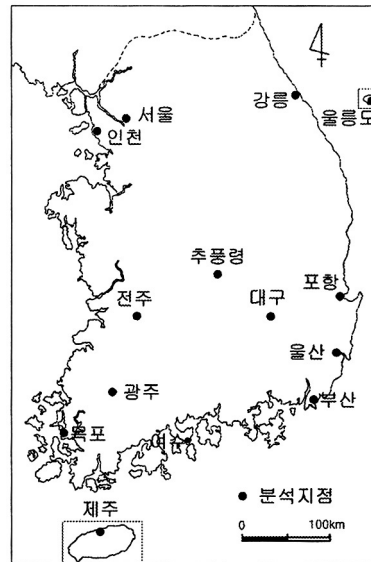


그림 1. 분석 지점의 위치

catalog/climind)에서 제공하는 분석 자료이다. 전구 평균기온은 University of East Anglia의 Climate Research Unit가 Web 상(<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature>)에서 제공하는 자료로써 평균에 대한 편차 값이다. 남방진동지수는 타이티(Tahiti)와 다윈(Darwin)의 기압 차이를 의미한다. 북태평양지수는 Trenberth and Hurrell(1994)에 의해서 정의된 것으로, 160°E-140°W와 30°N-65°N 사이의 월평균해면기압(hPa)에서 1000을 뺀 값이다.

연구의 첫 단계는 각 지점별로 순별 및 월별 강수량 특성을 파악하기 위하여, 일별 기상자료를 재구성하여 순별 값과 월별 값을 산출하는 것이다. 여기서 순(旬)의 구분은 6월 1일부터 10일까지는 제 1순, 6월 11일부터 20일까지를 제 2순으로 하였다. 그 이후 같은 방법으로 연속적으로 10일씩 순을 구분하였다. 그러므로 본 연구에서 8월 초순은 통상적으로 의미하는 8월 1일부터 10일까지가 아니라, 7월 31일부터 8월 9일까지를 의미한다. 연구기간의 마지막 순은 9월 20일부터 28일까지이며, 9월 29일과 30일은 순별 구분에서 제외되었다.

강수량의 순별 변화 특성과 경년 변동을 14개 분석 지점별로 파악하기에는 무리가 있을 뿐만 아니라 개별 지점의 특징보다 비슷한 특성을 갖는 지역별로 분석하는 것이 더 의미 있다고 판단하여, 강수량의 순별 분포가 비슷한 특성을 갖는 지점끼리 군집화를 시도하였다. 군집화를 위해서는 14개 지점별로 순별 강수량의 후반기 30년(1971~2000년) 강수량과 전반기 30년(1941~1970년)의 차이 값을 변수로 하여 군집분석을 실시하였다. 군집분석에서는 기후학적 연구에 널리 사용되고 있고, 우리나라의 지형 특성을 잘 반영하는 것으로 알려진 Ward법을 이용하였다.

군집분석에서 나누어진 지역별로 1941~1970년, 1971~2000년의 월별 평균 강수량을 구하여 그 변화 경향을 파악하였다. 여기에서 평균 강수량은 각 지역에 포함된 지점의 평균을 의미한다. 본 연구목표의 하나인 순별 강수량의 변화 특성을 파악하기 위하여, 각 지역 내에 포함되는 지점의 강수량을 전반기 30년과 후반기 30년으로 구분하여 각각의 평균과 그 차이를 구하여 도표화 하고 순별로 강수량이 증가하거나 감소한 정도를 파악하였다. 또한 같은 방법으로 강수일수와 일별 강수량

30mm 이상일수, 일별 강수량 80mm 이상일수의 차이를 구하였다.⁵⁾

여름철 강수량의 경년 변동은 앞에 기술한 14개 지점 중 1941~2000년까지 관측이 이루어진 10개 지점⁶⁾을 대상으로 하였다. 경년 변동은 강수량 값 대신에 증·감이 명확하게 표시되는 편차값을 사용하였다. 여기서 편차값은 1941~2000년의 평균값에 대한 편차를 의미한다. 즉, 음의 편차는 60년 평균보다 강수량이 적다는 것을 의미하며, 그 반대의 경우는 많다는 것을 의미한다.

앞에서 구분된 지역별로 강수량이 가장 큰 폭으로 증가한 순과 감소한 순을 선정하여, 그 편차를 분석하고, 봄철의 해양변동 및 전구평균기온 변동과의 상관관계를 분석하였다. 이 때 각 순의 강수량을 종속변수, 해양변동(남방진동지수, 북태평양지수)과 전구평균기온을 독립변수로 취하였다. 해양변동을 나타내는 각 지수와 전구평균기온은 3월, 4월, 5월의 값을 평균한 것을 봄철 값으로 사용하였다. 상관분석 결과 얻어진 상관계수(r) 값이 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 유의한 것만 채택하였으며, 유의수준이 언급되지 않은 것은 $\alpha=0.01$ 에서 유의한 경우이다. 상관분석 결과 통계적으로 유의한 상관관계가 있는 변수를 선정하여 각 순별 강수량과의 관계식을 구하였다. 관계식은 회귀분석에 의한 것이며, 예측을 위한 것이 아니므로 F^* 통계량 값의 변화와 관계없이 모든 독립변수가 포함된 관계식을 제시하였다. 즉, 제시한 관계식이 반드시 종속변수와 독립변수 사이에 최적의 관계식을 의미하는 것은 아니다.

3. 여름철의 순별 강수량의 변동

한국의 여름철 순별 강수량의 변동 특성을 파악하기 위하여 군집분석을 행하고 지역을 구분하였다. 그림 2는 군집분석 결과로 얻어진 덴드로그램(dendrogram)을 나타낸 것으로 정보 손실량의 차이가 갑자기 커지는 단계 10과 11 사이에서 지역을 나누면, 순별 강수량 차이에 의하여 4개의 군집으로 구분된다. 각 군집은 관측지점을 포함하고 있는 곳의 지리적 위치에 따라서 중서부지역(A), 호남지역(B), 영동 및 영남지역(C), 제주도지역(D)으

로 명칭을 부여할 수 있다(그림 2)⁷⁾. 그러나 이는 단순히 각 지역의 특성을 설명하기 위한 것에 불과하다.

중서부지역의 여름철 강수량은 1941~1970년 기간에 평균 864.5mm에서 1971~2000년 기간의 평균은 867.3mm로 거의 변하지 않았다(표 1). 그러나 월별로는 6월, 7월, 9월이 감소한 반면 8월의 강수량은 100mm 이상 증가하였다. 이에 따라 최다우일이 7월에서 8월로 바뀌었다. 호남지역에는 광주, 목포, 여수, 전주가 포함되지만, 앞의 세 지점(광주, 목포, 여수)간의 공통성이 전주와의 경우보다 더 강하다. 호남지역 전체의 평균은 앞의 기간 761.1mm에서 뒤의 기간 818.8mm로 57.7mm가 증가하였지만, 전주에서는 강수량이 감소하였다. 영동 및 영남지역의 여름철 강수량도 앞의 기간 705.8mm에서 최근 30년 기간에 734.2mm로

28.4mm 증가하였다. 월별로는 8월과 6월 강수량이 늘고, 7, 9월은 감소하였다. 제주도지역은 9월을 제외하고 전반적으로 강수량이 증가하였다.

중서부지역의 여름철 순별 강수량 분포는 8월 증가 경향과, 6월 하순과 7월 중순의 감소 경향이 뚜렷함을 보여준다(그림 3). 또한 9월 초순과 중순의 감소도 확인된다. 과거에 한국의 다우기에 해당하는 장마와 늦장마 시기에 강수량이 감소하였고, 비교적 강수량이 적은 시기였던 8월 강수량이 증가하였다. 즉, 8월 중순의 강수량은 47.9mm 증가한 반면, 7월 중순의 강수량은 37.7mm 감소하였다. 이에 따라서 1941~1970년 기간에 7월 중순과 9월 초순에 나타나던 극대기가 사라지고, 뚜렷한 극대기 없이 7월 초순부터 9월 초순까지 매 순마다 90mm에 가까운 강수량을 기록하고 있다. 이는 이 지역의 강수 체계가 바뀌었음을 보여주는 것으로, 과거의 장마기와 늦장마기로 뚜렷하게 설명되던 우기 대신에 7월 초순부터 9월 초순까지를 우기라고 할 수 있다.

같은 방법으로 비교할 경우, 중서부지역의 0.1mm/day 이상 강수일수는 감소하였지만 비교적

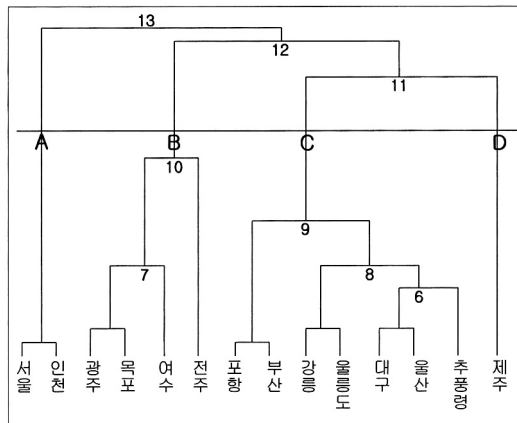


그림 2. 순별 강수량 변동 지역 구분을 위한 덴드로그램
(그림의 숫자는 각 지역 구분 단계를 의미함)

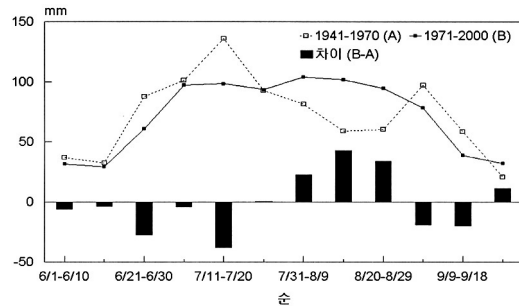


그림 3. 중서부지역의 순별 강수량과 그 증감

표 1. 순별 강수량에 의하여 구별된 지역별 30년 기간의 월별 평균 강수량(mm)

지역 기간 월	중서부지역			호남지역			영동 및 영남지역			제주도지역		
	41-70	71-00	증감*	41-70	71-00	증감*	41-70	71-00	증감*	41-70	71-00	증감*
6	156.9	122.1	-34.8	161.0	189.8	+28.8	142.3	152.7	+10.4	162.3	189.8	+27.5
7	333.4	294.7	-38.7	236.9	255.0	+18.1	222.5	202.4	-20.1	216.0	232.3	+16.3
8	211.5	318.5	+107.0	191.3	238.5	+47.2	166.6	221.5	+54.9	223.1	258.0	+34.9
9	162.7	132.1	-30.6	171.8	135.5	-36.3	174.4	157.6	-16.8	228.0	188.2	-39.8
합 계	864.5	867.3	+2.8	761.1	818.8	+57.7	705.8	734.2	+28.4	829.4	868.3	+38.9

* 증감의 '+'는 1941-1970년 기간보다 1971-2000년 기간에 증가, '-'는 감소를 의미함.

많은 비가 내리는 경우의 강수일수는 증가하였다. 이 지역의 30mm/day 이상 강수일수의 변동은 강수량의 경우와 비슷하다. 즉, 1941~1970년 기간에는 7월 중순과 9월 초순에 극대값이 나타났으나, 1971~2000년 기간에는 7월 중순과 9월 초순의 값이 감소하는 반면 8월 초, 중, 하순에는 증가하였다. 그러므로 30mm/day 이상 일수가 강수량의 경우와 같이 장마가 시작되는 6월 하순부터 9월 초순까지의 값이 30일 내외로 비교적 고른 분포이다. 80mm/day 이상 강수일수의 경우도 8월의 증가가 두드러져 집중호우가 8월 중순과 하순에 집중되고 있음을 보여준다.

호남지역에서는 7월 초순을 제외하면 6월부터 8월까지 매 순별 강수량이 증가하였고, 9월에는 감소하였다(그림 4). 그러나 그 변화 폭은 크지 않다. 1941~1970년 기간에 비교적 강수량이 적었던 시기인 8월 중순의 강수량 증가가 두드러지며, 그 외에도 7월 중순과 하순, 그리고 8월 하순에도 비교적 증가 폭이 크다. 반면 9월 중순에는 강수량의 감소가 뚜렷하다. 이에 따라 순별 강수량을 보면 1941~1970년 기간에 장마기인 7월 초순과 늦장마기인 9월 초순에 뚜렷한 극대값이 나타났었으나, 1971~2000년 기간의 장마기에는 뚜렷한 극대기 없이 비교적 고른 분포이며, 늦장마기의 극대기는 8월 하순으로 이동하였다. 우리나라의 대부분 지역에서 7월 중순의 강수량이 감소하였는데 반하여 이 지역에서는 그 시기의 강수량이 증가하였다. 전주는 다른 호남지역과 거의 비슷한 양상이지만, 7월 초순과 8월 초순에 강수량이 비교적 크게 감소한 것이 다른 점이다. 특히 8월 초순에는 1971~

2000년 기간의 강수량이 전 기간에 비하여 비교적 큰 폭인 24.4mm가 감소하였다. 강수량의 순별 패턴은 1941~1970년 기간과 같이 뚜렷한 극소기(8월 중순)가 사라지고 6월 중순부터 9월 초순까지의 강수량이 70~100mm로 비교적 많다.

호남지역의 강수일수도 전반적으로 감소하였으며, 순별로는 호남의 두 지역 모두 7월 초순과 8월 초순, 9월 초·중순의 감소 폭이 비교적 크다. 30mm/day 이상 강수일수의 순별 변화를 보면, 6월 초순부터 8월 하순까지는 증가하였으며, 9월에는 감소한 경향이다(그림 5). 8월 중순의 증가가 두드러지고, 7월 중순과 하순에도 비교적 크게 증가한 반면, 9월 초순과 중순에 감소 폭이 크다. 이에 따라 장마기간 동안 뚜렷한 극대기 없이 30mm/day 이상 강수일수가 크게 늘었다. 또한 제2차 극대기가 8월 하순으로 앞당겨졌다. 앞의 기간에 8월 중순에 나타났던 극소기는 8월 초순으로 바뀌었다. 이 지역의 80mm/day 이상 강수일수는 30mm/day 이상 강수일수와 조금 차이가 있어서, 6월 초순부터 8월 하순까지 증가하였고, 9월 초순과 중순에 감소하였다. 8월 중순(6.0일)과 하순(4.3일)의 증가가 뚜렷하여 호우가 이 시기로 집중되고 있음을 보여준다. 그러나 전주의 경우는 7월 각순과 8월 초순에 감소하고 9월 하순에 비교적 큰 폭으로 증가한 것이 다른 지점과 구별된다. 즉, 전주의 경우는 특정 시기에 집중되지 않고, 6월 하순부터 8월 하순까지 4~6일의 고른 분포이다.

영동 및 영남지역의 순별 강수량은 두 비교 기간 간의 차이가 크지 않다. 대체로 장마가 끝나기 시작하는 7월 하순부터 8월 하순까지 증가한 경향

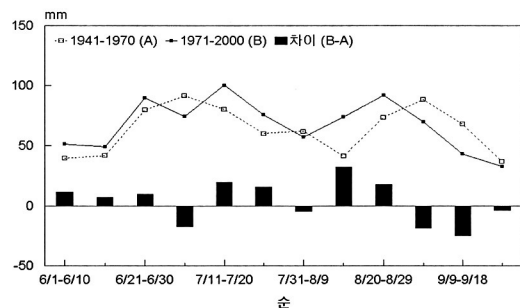


그림 4. 호남-남부지역의 순별 강수량과 그 증감

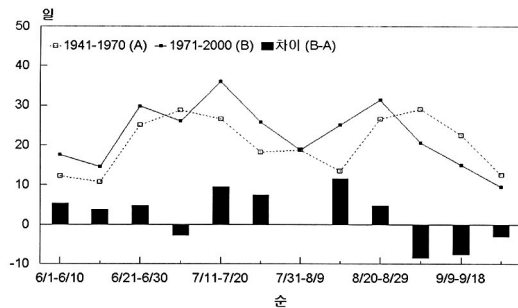


그림 5. 호남지역의 순별 30mm/day 이상 강수일수와 그 증감

이며, 장마가 시작되는 6월 하순부터 7월 중순 사이와 늦장마기인 9월 초순과 중순의 강수량이 감소하였다(그림 6). 7월 초순에는 감소 폭이 31.2mm에 이르며, 9월 중순에도 17.7mm가 감소하였다. 반면, 8월 중순에는 21.9mm가 증가하였다. 강수량의 순별 패턴을 보면, 1941-1970년 기간에는 뚜렷하게 장마기와 늦장마기 그리고 그 사이의 비교적 강수량이 적은 시기로 구별되었지만, 1971-2000년 기간에는 장마기에서 늦장마기까지 비교적 고른 분포로 뚜렷한 극소기가 없다.

영동 및 영남지역의 강수일수도 전반적으로 감소하는 경향이며, 강수량이 많은 날의 일수는 대체로 증가하였다. 이 지역의 30mm/day 이상 강수일수의 순별 변화를 보면 7월 초순과 9월 초순을 제외하고 증가한 것이 나타난다. 7월 초순의 감소와 8월 중순과 7월 하순의 증가가 두드러진다. 대체로 그 값이 적었던 7월 하순부터 8월 중순 사이에 크게 늘었다. 이에 따라, 순별 30mm/day 이상 강수

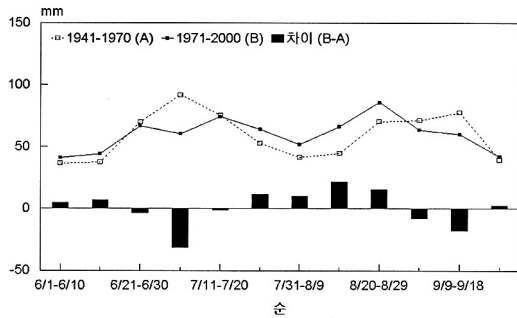


그림 6. 영동 및 영남지역의 순별 강수량과 그 증감

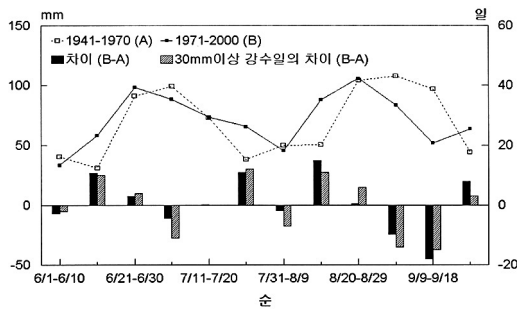


그림 7. 제주도지역의 순별 강수량과 그 증감 및 30mm/day 이상 강수일수의 증감(30mm 이상 강수일의 차이도 B기간에서 A기간의 차이임)

일수도 강수량의 경우와 같이 장마기에서부터 늦장마기까지 뚜렷한 극대기 없이 20일 내외의 고른 분포이다. 강수량 80mm/day 이상 일수도 증가하였다. 순별로는 6, 7월에는 거의 변하지 않았으며, 9월 중순을 제외하고 8월 이후 증가한 추세이다.

제주도지역에서는 9월 강수량이 크게 감소하였다. 다른 지역과 달리 9월 중순과 초순의 강수량 감소가 두드러지며, 8월 중순과 7월 하순, 6월 중순의 강수량 증가 폭이 큰 편이다(그림 7). 9월 중순에는 강수량이 45.3mm 감소하였고, 8월 중순에는 37.3mm 증가하였다. 그러므로 제주도지역의 순별 강수량은 장마기의 첫 극대기와 늦장마기의 두 번째 극대기, 그리고 8월 초순의 극소기가 존재한다. 이와 같은 경향은 강수일수에서도 잘 나타난다. 0.1mm/day 이상 강수일수는 두 기간 사이에 큰 차이가 없으나, 30mm/day 이상 강수일수는 강수량과 같이 9월 중순과 초순, 7월 초순의 감소와 7월 하순과 8월 중순, 6월 중순의 증가폭이 크다. 또한 8월 초순에는 역시 감소하였다. 그러므로 순별 30mm/day 이상 강수일수도 두 번의 극대기와 그 사이의 극소기를 분명하게 보여주는 강수량의 경우와 같은 패턴이다.

4. 여름철의 강수량의 경년 변동

여름철 순별 강수량의 경년 변동은 여름철 전체 강수량과 각 지역별로 증가 폭이 가장 큰 순과 가장 작은 순을 정하여 그것을 대상으로 분석하였다. 분석 지점은 1941년 이후의 관측 자료가 존재하는 10개의 관측 지점(강릉, 서울, 인천, 대구, 전주, 광주, 부산, 목포, 울릉도, 제주)이다.

중서부지역에서 강수량 증가폭이 가장 큰 순은 8월 중순이며, 7월 중순에는 감소 폭이 가장 컸다. 그림 8은 중서부지역의 7월 중순과 8월 중순의 강수량 편차의 변동을 나타낸 것으로, 7월 중순의 경우, 1971년을 시점으로 그 이전에 양(+의 편차가 우세한 시기와 그 이후의 음(-)의 편차가 우세한 것이 구별되는 것을 보여준다. 8월 중순의 경우는 1971년 이후 음의 편차도 출현하지만, 상대적으로 양의 편차가 우세하며 그 폭도 크다. 반면 1970년 이전에는 음의 편차가 뚜렷하다. 1941~1970년 사

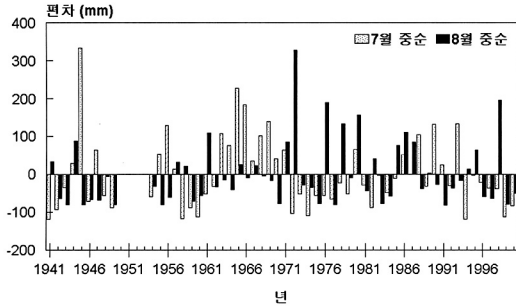


그림 8. 중서부지역의 7월 중순과 8월 중순의 강수량 편차

이의 7월 중순의 편차값 평균은 23.3mm이고, 8월 중순의 그 값은 -23.6mm이다. 반면 1971-2000년 사이의 7월 중순의 편차값 평균은 -20.2mm이고, 8월 중순의 그 값은 20.5mm이다.

그림 9는 중서부지역의 7월 중순 강수량과 봄철 북태평양 지수 사이의 관계를 나타낸 것이다. 두 변수 사이의 상관계수는 $r=0.487$ 로 정적인 관계가 있다. 그러므로 봄철 북태평양의 기압이 높아질수록 이 지역의 7월 중순 강수량이 많아진다고 할 수 있다. 즉, 이 지역의 7월 강수량의 감소가 봄철의 북태평양 지역의 기압 하강과 관련이 있다고 할 수 있다. 그러나 이 시기의 강수량과 봄철 남방진동지수와의 $r=-0.019$, 봄철의 전구평균기온 편차와는 $r=-0.170$ 로 각각 통계적으로 유의한 관계가 나타나지 않는다. 따라서 이 시기의 강수량과 해양변동 사이의 관계는 다음의 식으로 표현할 수 있다.

$$PPC_7 = 0.488NP + 229.8$$

여기서 PPC_7 는 7월 중순의 강수량, NP 는 봄철의 북태평양지수이고, 이 식은 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서

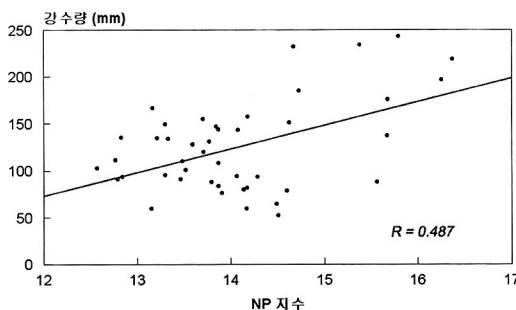


그림 9. 중서부지역의 7월 중순 강수량과 봄철 북태평양지수의 관계

유의하다. 이 지역의 8월 중순의 강수량과 봄철의 남방진동지수, 북태평양지수, 전구평균기온 사이의 상관계수는 각각 $r=0.223$, $r=0.005$, $r=-0.113$ 으로 통계적으로 유의하지 않다.

호남지역에서는 8월 중순에 강수량 증가 폭이 가장 크고, 9월 중순에 감소 폭이 가장 크다. 그림 10은 호남지역의 8월 중순과 9월 중순의 강수량의 편차를 나타낸 것이다. 중서부지역과 같이 1971년을 시점으로 양과 음의 편차가 바뀌는 경향을 볼 수 있다. 즉, 1971년 이후 8월 중순의 강수량 편차는 양의 값이 우세하며, 그 이전은 음의 값이 우세하다. 8월 중순의 양의 강수량 편차는 1978년 이후부터 더욱 명확하다. 9월 중순의 강수량 편차는 1970년까지는 양의 편차가 우세하고 1971년부터 음의 편차가 우세하다. 1941~1970년 사이의 8월 중순의 편차값 평균은 -16.3mm이고, 9월 중순의 그 값은 11.4mm이다. 반면 1971~2000년 사이의 8월 중순의 편차값 평균은 12.5mm이고, 9월 중순의 그 값은 -18.7mm이다. 1977년 이전과 그 이후의 평균을 비교하면 그 차이가 더욱 커진다. 8월 중순은 -18.2mm에서 24.3mm로 9월 중순은 5.9mm에서 -19.0mm으로 차이가 커진다. 즉, 1978년 이후 8월 중순에는 강수량 증가가, 9월 중순에는 감소가 더욱 뚜렷하다고 할 수 있다.

그림 11은 호남지역의 8월 중순 강수량과 봄철의 남방진동지수와의 관계를 나타낸 것이다. 두 변수 간에는 $r=-0.694$ 의 비교적 높은 부적인 관계가 있다. 남방진동지수는 타이티에서 다윈의 기압 값을 뺀 것이므로 두 지점 중 타이티의 기압이 다윈보다 높을수록 이 시기의 강수량이 적어진다는 것을 의미한다. 즉, 서태평양 쪽의 봄철 기압이 높아

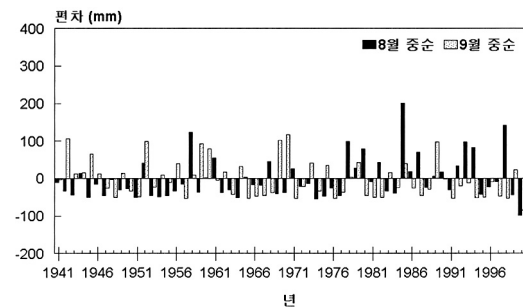


그림 10. 호남지역의 8월 중순과 9월 중순의 강수량 편차

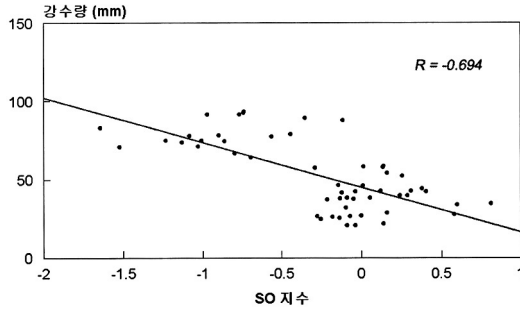


그림 11. 호남지역의 8월 중순 강수량과 봄철 남방진동 지수의 관계

지면서 이 시기의 강수량이 증가한 것이라고 할 수 있다. 또한 이 시기의 강수량은 봄철의 북태평양지수와도 $r = -0.449$ 의 높은 부적 상관관계가 있다. 즉, 봄철의 동태평양지역의 해수면 온도가 상승할수록, 봄철 북태평양의 기압이 낮아질수록 이 시기의 강수량이 증가한다고 할 수 있다. 또한 봄철의 전구평균기온과 이 시기의 강수량 사이에도 $r = 0.785$ 의 높은 상관관계가 있어서 봄철 전구평균기온이 높을수록 강수량이 많아진다. 따라서 호남지역의 8월 중순 강수량(PPC_8)과 세 변수(SO: 남방진동지수, NP: 북태평양지수, GT: 전구평균기온($^{\circ}C$))⁸⁾ 간에는 다음의 관계가 있으며, 유의수준 $\alpha = 0.01$ 에서 유의하다.

$$PPC_8 = 5.6 - 0.209SO + 0.117NP + 0.692GT$$

그림 12는 호남지역의 9월 중순 강수량과 봄철의 남방진동지수와 관계를 나타낸 것이다. 두 변수 간에는 $r = 0.626$ 의 비교적 높은 정적 상관관계가 있다. 즉, 타이티의 기압이 다윈보다 클수록 강

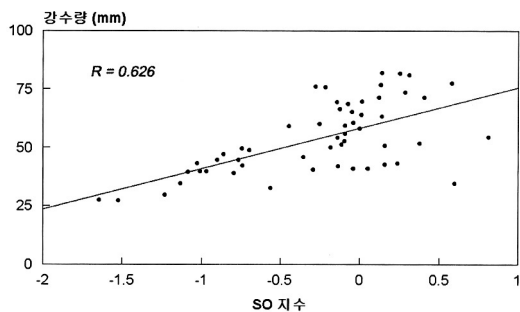


그림 12. 호남지역의 9월 중순 강수량과 봄철 남방진동 지수의 관계

수량이 많아진다는 것을 나타낸다. 또한 봄철의 북태평양지수와는 $r = 0.404$, 봄철 전구평균기온과는 $r = -0.586$ 의 상관관계가 있다. 따라서 이 시기의 강수량(PPC_9)과 세 변수 사이에는 다음의 관계가 성립하며, 이 식은 유의수준 $\alpha = 0.01$ 에서 유의하다.

$$PPC_9 = 62.0 + 0.442SO - 0.019NP - 0.243GT$$

영동 및 영남지역에서는 7월 초순 강수량이 가장 큰 폭으로 감소하였고 8월 중순에 가장 큰 폭으로 증가하였다. 그림 13은 그 기간의 강수량 편차를 나타낸 것이다. 7월 초순의 강수량 편차는 1950년대와 1960년대의 양의 값과 1970년대 중반 이후의 음의 값이 뚜렷하다. 8월 중순의 강수량 편차는 1940년대부터 1950년대 중반까지의 음의 값과 1970년대 이후의 양의 값이 우세하다. 대체로 8월 중순의 강수량 편차는 1972년부터 양의 값이 우세한 경향으로 바뀌고 있으며, 7월 초순의 경우는 1975년부터 음의 값이 우세한 경향으로 바뀌고 있다. 7월 초순의 강수량 편차는 1941~1970년간의 평균이 14.0mm에서 1971~2000년 평균은 -14.0mm로 바뀌었다. 반면 8월 중순의 경우에는 -11.5mm에서 11.5mm로 증가하였다.

영동 및 영남지역의 경우도 해양변동을 나타내는 여러 지수와 비교적 높은 상관관계가 있다. 이 지역에서도 남방진동지수와 순별 강수량 사이에 가장 높은 상관관계가 있다. 그림 14는 이 지역의 7월 초순 강수량과 봄철의 남방진동지수사이의 관계를 나타낸 것이다. 두 변수 사이에는 $r = 0.591$ 의 높은 상관관계가 있다. 즉, 타이티 기압이 다윈보다 높을수록 이 지역의 7월 초순 강수량이 많아진다고 할 수 있다. 또한 이 시기의 강수량은 봄철의

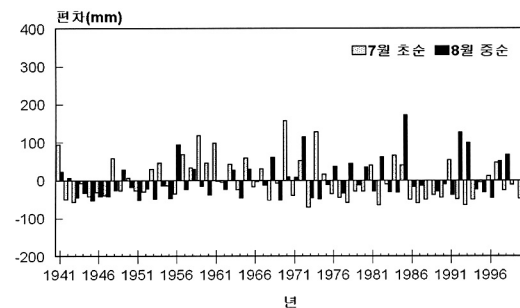


그림 13. 영동 및 영남지역의 7월 초순과 8월 중순의 강수량 편차

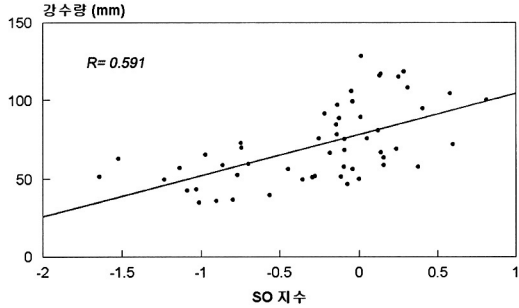


그림 14. 영동 및 영남지역의 7월 초순 강수량과 봄철 남방진동지수의 관계

북태평양지수와의 $r=0.531$, 봄철의 전구평균기온과는 $r=-0.509$ 의 높은 상관관계가 있다. 따라서 이 지역의 7월 초순 강수량(PPC_7)과 해양변동 및 전구기온과의 관계는 다음의 식으로 표현할 수 있고, 이 식은 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 유의하다.

$$PPC_7 = 0.290SO + 0.303NP - 0.145GT - 45.871$$

그림 15는 봄철의 남방진동지수와 이 지역의 8월 중순 강수량 사이의 관계를 나타낸 것이며, 두 변수 사이에는 $r=-0.517$ 의 부적인 상관관계가 있다. 또한 이 시기의 강수량은 봄철 전구평균기온과는 $r=0.610$ 의 비교적 높은 상관관계가 있다. 북태평양지수와의 상관계수는 $r=-0.251$ 이지만 통계적으로 유의하지 않다. 따라서 이 지역의 8월 중순 강수량과 해양변동 및 전구평균기온과의 관계는 다음과 같이 표현할 수 있으며, 이 식은 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 유의하다.

$$PPC_8 = 51.5 - 0.074SO + 0.551GT$$

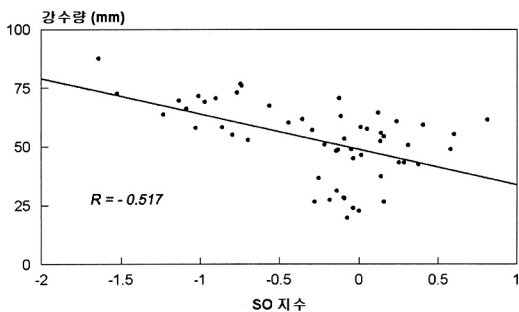


그림 15. 영동 및 영남지역의 8월 중순 강수량과 봄철 남방진동지수의 관계

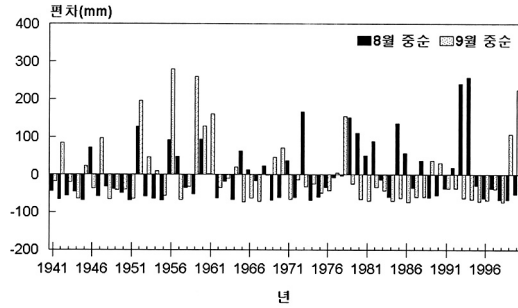


그림 16. 제주도지역의 8월 중순과 9월 중순의 강수량 편차

제주도지역에서는 8월 중순의 강수량이 가장 큰 폭으로 증가하였고, 9월 중순의 강수량이 가장 큰 폭으로 감소하였다. 그림 16은 제주의 8월 중순과 9월 중순의 강수량 편차값 변동을 나타낸 것이다. 8월 중순의 강수량 편차는 1970년대 중반 이전까지 음의 값이 우세하고 그 이후에는 양의 값이 우세하며, 1978년부터 1994년까지 양의 편차값이 뚜렷하다. 이와 반대로 9월 강수량의 편차는 1970년까지는 양의 값이 우세하고, 1971년부터 음의 값이 우세하다. 두 시기에서 100mm 이상의 편차는 양의 값에서만 나타나고 있어서 호우의 출현 가능성이 높다는 것을 보여준다. 1941~1970년 사이의 편차 평균은 8월 중순은 -18.4mm이고 9월 중순은 22.3mm이다. 이에 반하여 1971~2000년의 평균은 각각 18.4mm와 -22.3mm로 두 시기 간에 비교적 뚜렷한 차이가 있다.

제주도지역의 강수량도 해양변동 및 전구평균기온과의 상관관계가 비교적 높다. 그림 17은 이 지역의 8월 중순 강수량과 봄철의 남방진동지수 사

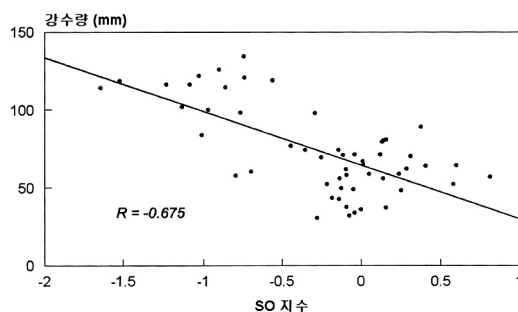


그림 17. 제주도지역의 8월 중순 강수량과 봄철 남방진동지수의 관계

이의 관계를 나타낸 것으로, 두 변수 사이에는 $r = -0.675$ 의 높은 상관관계가 있다. 즉, 타이티의 기압이 다윈보다 높아질수록 이 시기의 강수량은 적어진다는 것을 의미한다. 또한 이 시기의 강수량은 봄철의 북태평양지수와도 $r = -0.471$ 의 비교적 높은 부적 상관관계가 있다. 봄철의 지구평균기온과 이 시기의 강수량 사이에도 $r = 0.606$ 의 높은 정적 상관관계가 있다. 따라서 제주도지역의 8월 중순 강수량은 해양변동 및 지구평균기온과의 관계를 다음 식으로 표현할 수 있고, 이 식은 유의수준 $\alpha = 0.01$ 에서 유의하다.

$$PPC_8 = 94.4 - 0.515SO - 0.061NP + 0.152GT$$

제주도지역의 9월 중순 강수량도 봄철의 남방진동지수와 높은 상관관계가 있다. 그림 18은 두 변수 사이의 관계를 나타낸 것이며, 상관계수 $r = 0.521$ 의 관계이다. 즉, 봄철 타이티의 기압이 다윈보다 높아질수록 9월 중순의 강수량이 증가한다고 할 수 있다. 또한 이 시기의 강수량은 봄철의 북태평양지수와도 $r = 0.346$ 의 상관관계가 있으며, 이 값은 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 유의하다. 이 시기의 강수량과 봄철 지구평균기온 사이에는 $r = -0.565$ 의 관계가 있다. 따라서 제주도지역의 9월 중순 강수량과 해양변동 및 지구평균기온 사이의 관계는 다음 식으로 표현할 수 있으며, 이 식은 유의수준 $\alpha = 0.01$ 에서 유의하다.

$$PPC_9 = 0.203SO - 0.055NP - 0.437GT + 110.325$$

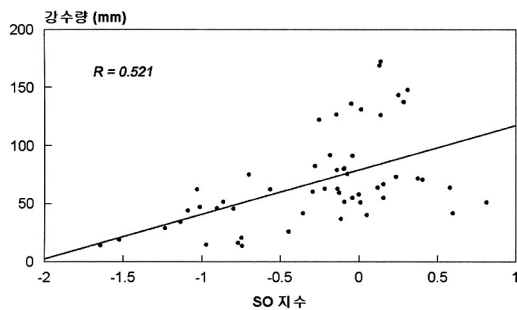


그림 18. 제주도지역의 9월 중순 강수량과 봄철 남방진동지수의 관계

5. 토의 및 고찰

우리나라의 여름철 강수량은 대부분 증가하였으며 8월의 증가가 뚜렷하다. 특히 중서부지역에서의 8월 강수량 증가가 뚜렷하다. 그림 19는 중서부지역의 8월 강수량과 그 5년 이동평균을 나타낸 것으로, 1970년대부터 이후 강수량이 점차 증가하였음을 보여준다. 매 10년 간격의 30년 평균을 구해보면 이 지역의 8월 강수량은 1951-1980년 평균의 경우 전(前) 기간에 비하여 37.6mm 증가하였고, 1961-1990년 기간에는 24.0mm, 1971~2000년 기간에는 45.4mm 씩 각각 증가하였다. 즉, 중서부지역의 8월 강수량의 증가가 최근의 갑작스런 현상이 아니라 1970년대부터 시작되었음을 보여준다.

순별로 보면, 제주도지역의 8월 초순을 제외하고 모든 지역에서 8월의 각 순 강수량이 증가하였으며, 8월 중순의 증가폭이 가장 크다. 또한 8월에는 전 지역에서 0.1mm/day 이상 강수일수는 거의 변화가 없거나 감소한데 반하여, 30mm/day 이상 강수일수는 증가하였다(표 2). 8월 강수량 증가폭이 큰 중서부지역과 영동 및 영남지역에서 30mm/day 이상 강수일수의 증가 폭이 크고, 증가폭이 작은 호남지역과 제주도지역에서 작다. 순별로는 30mm/day 이상 강수일수의 증가 폭도 8월 중순에 가장 크다. 또한 모든 지역에서 여름철 강수량은 30mm/day 이상 강수일수와 $r = 0.8$ 이상의 높은 상관관계가 있다. 이와 같은 사실들은 이 시기의 강수량의 증가가 호우 빈도의 증가에 의한 것임을 보여주는 것이다.

9월 강수량은 전국적으로 감소하였다. 그림 20은

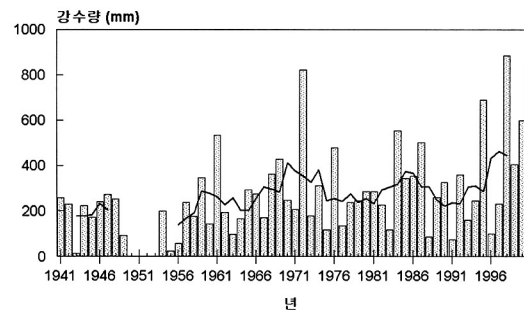


그림 19. 중서부지역의 8월 강수량 변동(실선은 5년 이동평균)

표 2. 지역별 8월의 강수일수의 증감

지역	구분 기간	0.1mm/day 이상 강수일수			30mm/day 이상 강수일수		
		1941-1970	1971-2000	증감*	1941-1970	1971-2000	증감*
중서부		15.0	15.3	+0.3	2.3	3.1	+0.8
호남		16.7	16.3	-0.4	2.3	2.5	+0.2
영동 및 영남		14.4	14.9	+0.5	1.5	2.2	+0.7
제주도		14.2	15.3	+1.1	2.1	2.4	+0.3

* 증감의 '+'는 1941~1970년 기간보다 1971~2000년 기간에 증가, '-'는 감소를 의미함.

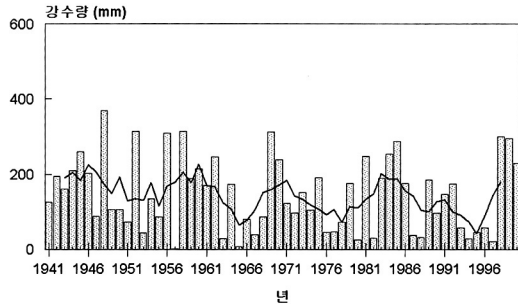


그림 20. 호남지역의 9월 강수량 변동(실선은 5년 이동평균)

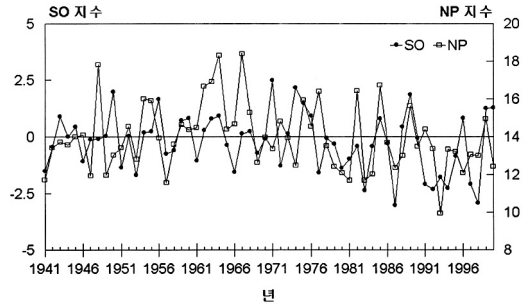


그림 21. 봄철 남방진동지수와 북태평양지수의 변동

감소율이 가장 큰 호남지방의 9월 강수량과 그 5년 이동평균을 나타낸 것이다. 그림에서 9월 강수량이 점차 감소하는 것을 볼 수 있다. 이 지역의 1951~1980년 9월 평균 강수량은 그 10년 전 평균에 비하여 25.4mm 감소하였고, 1961~1990년 평균은 2.3mm, 1971~2000년 평균은 8.6mm가 각각 감소하였다. 역시 이 지역의 9월 강수량이 갑작스럽게 감소한 것이 아님을 보여준다. 이와 같은 9월 강수량의 감소에 따라 순별 강수량의 제 2극대기가 8월 하순으로 바뀌거나 중서부지역에서는 나타나지 않는다. 즉, 과거와 같이 우리나라의 여름 우기가 장마와 늦장마기로 명확하게 구별되지 않고, 장마와 더불어 시작된 우기가 9월 초순까지 이어지는 경향으로 바뀌었다고 볼 수 있다.

6월에는 중서부지역에서는 감소하였고 그 외는 증가하였으나, 그 폭이 작다. 다만 중서부지역의 하순 감소 폭(-27.2mm)과 제주도지역의 중순의 증가 폭(+26.9mm)이 큰 편이다. 7월 강수량은 중서부지역과 영동 및 영남지역에서 감소하였고, 호남 및 제주도지역에서는 증가하였다. 중서부지역에서는 7월 하순에, 영동 및 영남지역에서는 7월 초순에 감소 폭이 큰 편이고, 제주도지역에서는 7월 하

순에 비교적 큰 폭으로 증가하였다. 즉, 6월과 7월은 8월, 9월과 같이 일관된 경향이 나타나지 않고 지역별로 차이가 있다.

남방진동지수, 북태평양지수 등의 해양변동 지수와 지구평균기온은 우리나라의 여름철 강수량과 비교적 높은 상관관계를 보이고 있어서, 차후 여름철 강수량의 예측 등을 위하여 유용한 변수가 될 수 있다고 판단된다. 그러나 상관계수(r) 값을 보면 지역별로 차이가 있다. 대부분 지역에서 해양변동 및 지구평균기온과 순별 강수량 간에 통계적으로 유의한 상관관계가 있지만, 중서부지역의 경우는 7월 중순의 강수량만 봄철의 북태평양지수와의 사이에서 유의한 관계가 있다. 즉, 이와 같은 지역별 차이는 본 연구에서 분석한 변수 이외의 다른 요인이 강수량에 영향을 미치고 있다는 것을 의미한다. 그림 21은 봄철의 남방진동지수와 북태평양지수의 변동을 나타낸 것이다. 남방진동지수는 1970년대 이후 점차 감소하는 경향이 있으며, 북태평양지수는 1960년대 이후의 감소 경향이 뚜렷하다. 이는 대체로 우리나라의 8월 강수량의 변동과는 반대의 경향이고 9월 강수량의 변동과 비슷한 경향이라고 할 수 있다.

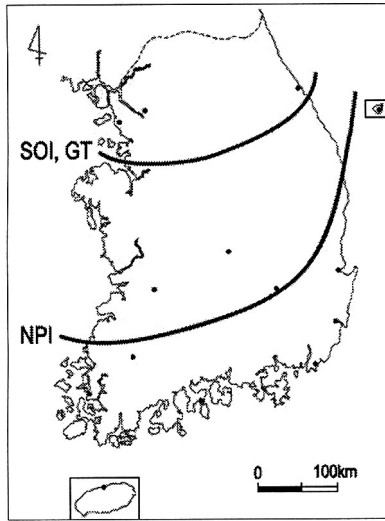


그림 22. 8월 중순 강수량과 해양변동(SOI, NPI) 및 전구평균기온(GT) 간에 유의한 관계의 경계

그림 22는 분석지점별 8월 중순 강수량과 해양 변동 지수 및 전구평균기온 간의 상관관계가 통계적으로 유의한 지역의 경계를 나타낸 것이다. 그림에 보면, 북태평양지수는 제주도 및 울릉도를 포함한 남부와 남동해안 지방에서 유의한 관계가 있으며, 그 북서쪽에서는 두 변수 간에 유의한 관계가 나타나지 않는다. 또한 남방진동지수와 전구평균기온은 중부 이남 지방에서 유의한 관계가 있고, 그 이북에서는 유의한 관계가 나타나지 않는다. 이는 서울, 인천, 강릉 등의 강수량 변동에는 해양변동과 전구평균기온의 변동 이외에 더 다양한 요소가 영향을 미치고 있음을 보여주는 것이다. 그러므로 남부 및 남동 해안 지방의 경우는 여름철 강수량 예측에 해양변동과 전구평균기온이 유용한 지수가 될 수 있으나, 서울, 인천, 강릉 등의 중부 지방의 경우는 다른 변수에 대한 고려가 필요하다. 그러나 분석지점 수가 많지 않으므로 그림 22에서의 경계선은 분석지점에 포함된 곳에만 적용될 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 우리나라에서 관측기간이 긴 14개 지점의 여름철 강수량을 분석하여 1941~1970년 기간과 1971~2000년 기간 사이의 변동을 파악하

고, 그 변동 경향과 해양변동 및 전구평균기온과의 관련성을 파악하고자 하였다. 여름철 강수량의 순별 변동 및 그 경년 변동과 봄철의 남방진동지수, 북태평양지수 및 전구평균기온과의 관계를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

두 기간의 순별 강수량 차이에 의하여 우리나라의 강수지역을 중서부지역, 호남지역, 영동 및 영남지역, 제주도지역으로 구분할 수 있다. 지역별로 증가 폭의 차이는 있으나 전 지역에서 8월의 강수량이 증가하였으며 중서부지역에서는 100mm 이상 증가하였다. 순별로는 8월 중순의 증가 폭이 가장 크다. 이와 같은 8월 강수량의 증가는 호우의 빈도가 증가하는 것과 관련이 있다. 9월 강수량은 모든 지역에서 감소하였고, 중순에 그 감소 폭이 크다. 9월에는 강수일수도 비교적 크게 감소하여 강수 자체가 줄고 있는 경향이다.

1941~1970년 기간에는 7월 중순의 극대기와 9월 초순의 제 2극대기가 뚜렷하였으나, 1971~2000년 기간에는 8월 강수량의 증가와 9월 강수량의 감소로 순별 강수량의 제 2극대기가 9월 초순에서 8월 하순으로 바뀌거나 나타나지 않는다. 즉, 과거에는 장마와 늦장마의 다우기, 그리고 8월의 소우기가 명확하게 구별되었으나, 점차 8월의 소우기가 사라지면서 장마가 9월 초순까지 이어지는 경향이다.

8월 중순의 강수량과 감소 폭이 큰 7월 중순 혹은 9월 중순 강수량의 편차는 1971년을 경계로 양에서 음 혹은 음에서 양으로 바뀌는 경향이다. 그러나 그 변동이 급작스럽게 진행되지 않고 서서히 진행되는 경향이다. 또한 대부분 지역에서 강수량 변동은 해양변동 및 전구평균기온과 높은 상관관계가 있다. 그러므로 이후 우리나라의 강수량 예측을 위한 연구에서 해양변동과 전구평균기온의 변동이 중요한 변수가 될 수 있다. 그러나 중서부지역에서는 그 관계가 낮거나 유의한 상관관계가 없다. 즉, 중서부지역의 강수량 변동은 보다 복잡한 요소가 작용하면서 변동하고 있다고 할 수 있다.

이후 해양변동 및 전구평균기온의 변동이 우리나라의 여름철 강수량의 변동에 영향을 미치는 과정에 대한 해석이 필요하다. 최근 대부분 지역에서 8월의 호우 빈도가 증가하고 있다는 점을 고려할 때, 재해 방지 측면에서도 이 과정에 대한 이해가 중요하다.

사사

본 논문을 세심하게 읽고 평가하여준 세분의 심사위원에게 깊은 감사를 드린다. 자료 정리에 많은 도움을 준 허인혜 선생과 이경미, 김선영 양에게 감사한다. 또한 결과에 대하여 토의하여준 최영은 교수에게도 감사드린다.

註

- 1) 2002년 8월 31일에는 강릉과 대관령에는 각각 870.5mm, 712.5mm의 강수량이 내렸으며, 그로인하여 사망·실종 246명 등 이재민 63,085명과 5조 1,500억 원의 재산 피해를 입었다.
- 2) 1999년 8월 1일과 2일에는 영서지방에 일강수량 400~500mm의 집중호우가 내렸고, 철원은 3일 연속 강수량이 752.9mm에 달하였다.
- 3) 본 연구에서 사용된 계절별 SOI와 NPI 및 지구평균기온 평균 증 분철 값이 한국의 여름철 강수량과 가장 높은 상관관계가 있다.
- 4) 강릉, 서울, 인천, 추풍령, 대구, 전주, 포항, 광주, 울산, 부산, 여수, 목포, 울릉도, 제주 등이다. 이중 추풍령은 1949년, 포항은 1949년, 울산은 1946년, 여수는 1942년부터, 그 외 지점은 1941년 이전부터 기상관측이 시작되었다. 한국전쟁으로 결측된 1950-1953년 기간은 분석에서 제외되었다.
- 5) 이하에서는 0.1mm 이상 강수일수는 '강수일수', 일강수량 30mm 이상일수는 '30mm/day 이상 강수일수', 일강수량 80mm 이상일수는 '80mm/day 이상 강수일수'로 표현하였다.
- 6) 강릉, 서울, 인천, 대구, 전주, 광주, 부산, 목포, 울릉도, 제주가 포함된다.
- 7) 괄호안의 문자는 그림 2의 문자를 의미한다.
- 8) 여기에 사용된 기호의 의미는 이하에서 같이 사용된다.

文獻

- 강만석, 2000, "한국의 여름 강수량 변동의 지역성," 한국지역지리학회지, 6(3), 139-152.
- 박정규 · 이재원 · 민승기 · 윤원태, 2001, "1998년 여름철 한반도 집중호우 특성 분석," 한국기상학회지, 37(2), 181-194.
- 변희룡 · 김기훈 · 강경아, 2001, "Nino-3 아노말리와 아시아 가뭄 · 홍수의 상관," 한국기상학회지, 11(3), 453-464.
- 이승호 · 류상범, 2003, "지구 기온 상승이 한국의 적설량 변화에 미치는 영향," 대한지리학회지, 38(3), 463-477.
- 전종갑 · 유수현 · 문병권 · 예상욱, 2000, "열대지방의 이상기상 현상이 극동 아시아 강수량 분포에 미치는 영향," 한국기상학회지, 36(5), 537-550.
- Brunetti, M., Maugeri, Maurizio and Nanni, Teresa, 2002, Atmospheric circulation and precipitation in Italy for the last 50 years, *Int. J. climatol.*, 22(12), 1455-1471.
- Corte-Real, J., Qian, Budong and Xu, Hong, 1998, Regional climate change in Portugal: precipitation variability associated with large-scale atmospheric circulation, *Int. J. climatol.*, 18(6), 619-635.
- Fowler, H. J. and Kilsby, C. G., 2002, Precipitation and the North Atlantic Oscillation: a study of climatic variability in northern England, *Int. J. climatol.*, 22(7), 843-866.
- Ho, C. H., Lee, J. Y., Ahan, M. Y., and Lee, H. S., 2003, A sudden change in summer rainfall characteristics in Korea during the late 1970s, *Int. J. climatol.*, 23(1), 117-128.
- Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Dai, X., Maskell, K., and Johnson, C. A., 2001, *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Intergovernmental Panel on Climate Change working group I, Cambridge University Press.
- Hurrell, J. W., 1995, Decadal trend in the North Atlantic oscillation: regional temperature and precipitation, *Science*, 269, 676-679.
- Jung, H., Choi, S. Y., Oh, J. H., and Lim, G. H., 2002, Recent trends in temperature and precipitation over South Korea, *Int. J. climatol.*, 22(11), 1327-1337.
- Kang, I. S. and Jeong, Y. K., 1996, Association of Interannual variations of temperature and precipitation in Seoul with principal modes of Pacific SST, *J. Kprean Met. Soc.*, 32, 339-345.
- Kutiel, Maheras, H., P. and Guika, S., 1996,

- Circulation and extreme rainfall conditions in the eastern Mediterranean during the last century, *Int. J. climatol.*, 16(1), 73-92.
- Malmgren, B. A., Hulugalla, R. Hayashi, Y. and Mikami, T., 2003, Precipitation trends in Sri Lanka since the 1870s and relationships to El Nino-southern oscillation, *Int. J. climatol.*, 23(10), 1235-1252.
- Martín, M. I., Luna, M. Y. Morata, A. and Valero, F., 2004, North Atlantic teleconnection patterns of low-frequency variability and their links with springtime precipitation in the western Mediterranean, *Int. J. climatol.*, 24(2), 213-230.
- Mayers, J., 1996, Spatial and temporal fluctuation of monthly rainfall in the British Isles and variations in the mid-latitude westerly circulation, *Int. J. climatol.*, 16(5), 585-596.
- Trenberth, K. E., and Hurrell, J. W., 1994, Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific, *Climate Dynamics*, 9, 303-319.
- Türkes, M. and Erlat, E., 2003, Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic oscillation during the period 1930-2000, *Int. J. climatol.*, 23(14), 1771-1796.

최초투고일 04. 10. 25

최종접수일 04. 12. 10

교신 : 이승호, 서울시 광진구 화양동 1번지 건국대학교 이
과대학 지리학과(이메일: leesh@konkuk.ac.kr, 전화:
02-450-3380, 팩스: 02-3436-5433)

Correspondence : Seungho Lee, Dept. of Geography, Konkuk
Univ., 1, Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul,
143-701, Korea, (leesh@konkuk.ac.kr, phone:
02-450-3380, fax: 02-3436-5433)