

지구 온난화와 한반도 강수량의 변화*

안기효·최영은·권원태

기상연구소 기후연구실

1. 서론

강수는 기온과 더불어 중요한 기후 요소이며 농업, 경제 및 인간소비 등 우리생활에 많은 영향을 미친다. 따라서 많은 학자들의 관심 대상이며, 한 지역에서 발생하는 강수의 강도 및 빈도는 최근까지 계속해서 중요하게 연구되어 오고 있다(Antonio et al., 1999). 더욱이 호우는 토양유출 및 기반 침식으로 인해 그 주변지역에 큰 피해를 주고 있어 사회문제로까지 영향을 미치기 때문에 많은 관심을 갖고 연구되고 있는데, 미국, 중국, 캐나다, 노르웨이, 멕시코, 러시아 등 여러 나라에서 호우가 증가하고 있다고 보고됐다(Groisman et al., 1999).

그러나 강수는 공간 분포상 많은 차이를 보이고 있으며 시계열적으로도 뚜렷한 경향을 파악하기 어려운 요소 중의 하나이다. 이러한 강수에 영향을 주는 주요 요소가 기온이다. 기온의 변화는 대기 중 공기가 포함하고 있는 수증기 양을 결정짓기 때문에 기후 변화에서 기온이 상승하면 대기가 수분을 보유할 수 있는 능력이 증가해 물 순환을 변화시킬 수 있다(Houghton et al., 1995). 대체로 엘니뇨 시기에 전구의 여러 지역에서 기온이 증가했으며, 라니냐 시기에는 반대로 감소한다(Bell et al., 1998).

최근에는 남반구에서 강수량 증가가 지구온난화의 영향이었음이 보고되었다(Bardley et al., 1987; Diaz et al., 1989; Vinnikov et al., 1990). 그러나 미국(Hanson et al., 1989)과 호주(Srikanthan et al., 1989)에서는 이러한 강수의 증가현상이 지구온난화와 관련되어 있는지 확실치 않다는 연구 결과가 있었다(Yu et al., 1991). 기상청에서는 2002년부터 주요사업인 '기후변화 협약 대응을 위한 지역기후시나리오 산출기술 개발'에서 한반도 20세기 기후를 총 정리하고 있다. 본 연구는 그의 일부분이며, 한반도에서 나타나고 있는 강수의 변동과 지구 온난화가 상관 관계가 있는지 알아보려고 한다.

2. 자료 및 분석 방법

본 연구에서 1920년부터 일 강수량자료가 존재하는 6개 지점 강릉, 인천, 대구, 전주, 부산, 목포와 한국 전쟁 이후 1954년 서울, 울릉도, 추풍령, 포항, 울산, 광주, 여수, 제주 등의 8개 지점을 이용하였다. 연도 및 계절별로 산술 평균하여 한반도에서의 강수 시계열을 구축하였으며, 변화의 정도를 강조해 알아보기 위해 5년 이동 평균하였다. 일 강수량 0.1mm 이상인 날을 강수일, 그 중에서도 50mm 이상인 날을 호우일로 정의해 강수일 및 호우일과 강수량에 대한 강수일의 강수 강도 시계열 변화를 알아보았다.

전구자료는 CRU(Climatic Research Unit)에서 제공된 북반구, 남반구 등의 전구 기온 자료를 이용해 양 반구 및 전구의 기온 변화와 한반도 강수변화와의 관계를 알아보았고, NCEP(National Center for Environmental Prediction)에서 제공된 SST자료를 이용하여 엘니뇨 및 라니냐 해를 정의하여 그 기간에 발생한 한반도에서의 강수변화를 알아보았다.

3. 결과

1) 북반구 기온변화와 한반도 강수변화와의 관계

지난 80년 동안 한반도에서 발생한 강수의 변화를 알아보기 위해 0.1mm 이상의 강수일에서 발생한 강수량과 50mm 이상 호우일에 발생한 강수량의 변화와 한반도가 속한 북반구 기온 아노말리의 시계열 변화를 5년 이동평균하여 변화를 분석하였다(그림 1). 강수량은 증가와 감소의 반복을 계속하지만, 1950

* 본 연구는 2002년 기상청 주요 사업인 '기후변화 협약대응을 위한 지역기후시나리오 산출기술 개발(I)' 일환으로 수행된것입니다.

년대에 강수량이 낮게 나타났고 그후 계속해서 증가한다. 이는 북반구 기온 아노말리의 시계열 변화와 비슷한 경향을 갖고 있다. 1920년대에 가장 낮았던 기온은 계속 증가해 양의 아노말리로 상승했으나 1950년대를 전후로 기온이 낮아져 1960년대 초를 제외하고 1970년대 말까지 음의 아노말리를 보인다. 그 후 1980년대에 지속적으로 기온이 상승함으로서 양의 아노말리를 보이며 강수와 함께 최근 증가를 나타내고 있다. 50mm 이상의 호우는 한반도에서 일년에 평균 2회 정도 발생하는데, 0.1mm 이상의 강수보다 그 변동성이 커서 북반구 기온과 낮은 상관을 나타내고 있으나 1980년대 이후 증가 추세를 보인다.

연강수를 10년 단위로 산술 평균해서 살펴보면 1920년대에 1,124.2mm로 지난 80년 동안 가장 적은 강수가 나타났으며, 1990년대에 1,262.8mm로 가장 많은 값을 나타냈다(표 1). 그림 2는 10년 평균 강수량이 가장 적었던 1920년대와 가장 많았던 1990년대 각각의 강수강도별로 누적강수를 살펴 본 것이다. 강수량은 1990년대가 1920년대 보다 높게 나타난다. 70~80mm 사이와 150mm 이상에서 1920년대가 높게 나타나는 변곡점이 보이지만 강수량뿐만 아니라 강수 강도 면에서도 1990년대에 1920년대 보다 증가했다.

월별 총 강수량은 대체적으로 1, 7, 12월을 제외한 나머지 달에서 1990년대에 더 많은 값을 나타내고 있다(그림 3). 그러나 8월에는 1990년대에 다른 달에 비해 현저하게 많은 강수 값이 나타나며 이는 여름철 강수량 증가를 보여주는데, Choi(2002)는 1920~1999년간 한반도 남부지방에서 여름의 강수량 증가를 보고한바 있다.

1920~1929	1930~1939	1940~1949	1950~1959	1960~1969	1970~1979	1980~1989	1990~1999
1,124.2mm	1,167.0mm	1,132.9mm	1,174.6mm	1,210.2mm	1,193.6mm	1,251.7mm	1,262.8mm

<표 1> 10년 평균 강수량 변화(1921년~1999년).

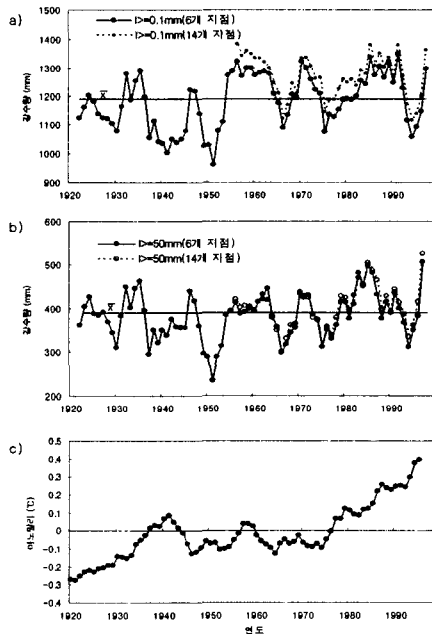


그림 1. a) 월 강수량 변화, b) 일 강수량 50mm 이상일에서 발생한 연 강수량변화, c) 북반구의 기온 아노말리의 5년 이동 평균 연 변화 (1920년~1999년).

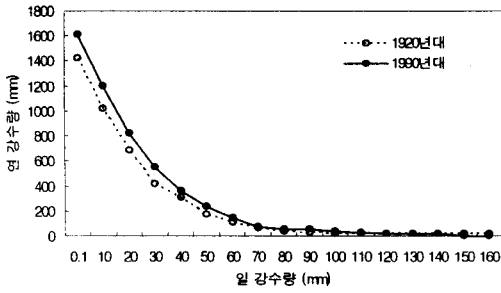


그림 2. 1920년대와 1990년대의 일 강수량에 대한 누적 연 강수량비교.

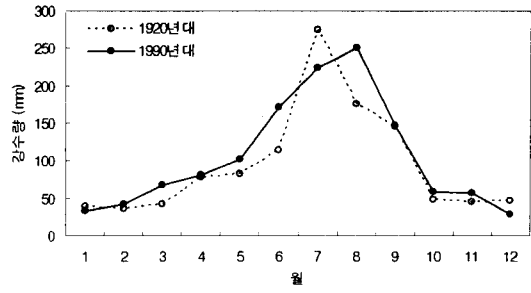


그림 3. 1920년대와 1950년대 월 평균강수량 분포 비교.

1954년부터 한반도 강수량은 증가하고 있다. 그러나 50mm 이상의 강수증가 경향이 그 보다 더 강하게 나타나며, 0.1mm 강수일은 감소하고 50mm 이상의 강수일은 증가해 강수량에 대한 강수일의 증가 폭은 50mm 이상에서 큰 경향으로 증가한다. 특히, 50mm이상 강수 아노말리는 8,9월에 6,7월의 강수 아노말리 보다 더 많은 강수량과 함께 증가 경향도 크게 나타난다.

2) 북태평양 해수면 온도와 한반도 강수변화와의 관계

1980년대부터 꾸준히 증가하던 강수와 북반구 기온은 1997년에 모두 감소하는데 이는 적도 부근 북태평양의 해수면 온도가 급격히 낮아져 해수면 온도가 전구의 평균기온에 영향을 미쳐 나타나는 엘니뇨가 최근에 가장 강하게 나타났기 때문이다. 이처럼 해수면 온도 변화가 강수와 관련이 있는 것으로 알려져 해수면 변동이 심한 해인 엘니뇨해와 라니냐해에 대해서 한반도 강수량 변화 특성을 조사하였다. 엘니뇨와 라니냐 정의는 Trenberth(1997)에 의한 발생정의에 따랐으나, 장기간의 자료사용이 가능하고 한반도와 강수량 상관성이 높은 해수면 온도의 영역인 NINO3 지역(전종갑 외, 2000)의 자료를 이용하였다. 그림 4는 지난 30년(1961~1999년)에 대한 NINO3 지역의 1954년에서 1999년까지의 SST와 한반도에서 자료사용이 가능한 14개 지역의 월평균 강수 아노말리의 변화이며, $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 선은 엘니뇨와 라니냐 발생을 결정하는 임계치이다. 1997년 4월부터 1998년 6월까지 계속되었던 엘니뇨가 연구 기간 중 가장 강한 강도를 보였으며 이 기간 이후 한반도 강수가 급격히 증가했다.

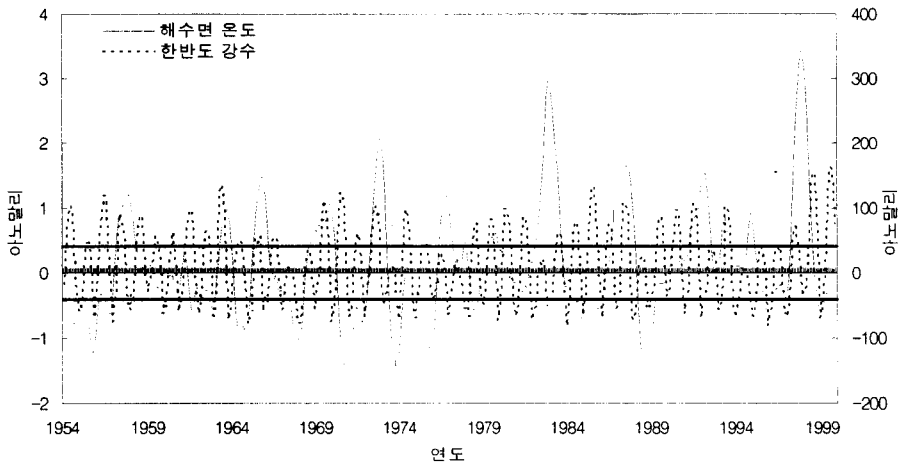


그림 4. NINO 3 구역에서 월평균 해수면 온도 아노말리와 한반도 강수량 5년 이동평균 변화(1954년~1999년).

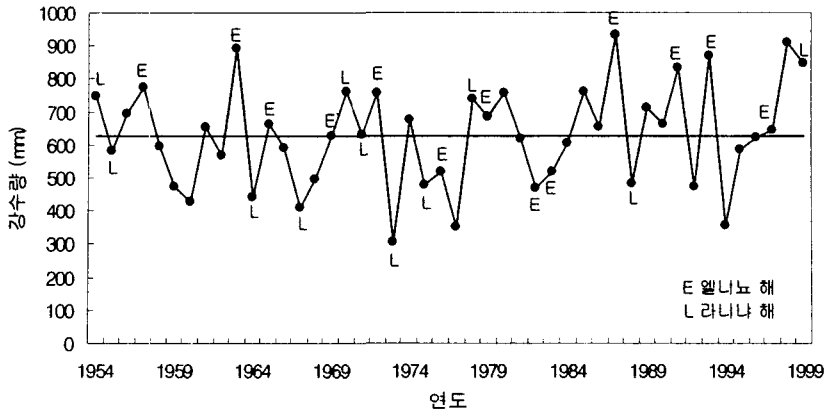


그림 5. 여름철 강수량의 시계열 변화(1954년~1999년).

엘니뇨해 여름철 강수량과 집중호우 빈도수가 증가 경향을 나타내는데(차은정 외, 1999), 그림 5는 1954~1999년 여름철 강수량의 시계열 변화를 나타낸 것이다. 한반도 강수는 특히 여름철에 집중해서 나타나는데 연구기간 중 여름철 평균강수는 626.9mm이다. 1957년, 1963년, 1965년, 1969년, 1972년, 1976년, 1979년, 1982년, 1983년, 1987년, 1991년, 1993년, 1997년은 여름철에 엘니뇨가 나타났던 해이고 1954년, 1955년, 1964년, 1967년, 1970년, 1971년, 1973년, 1975년, 1978년, 1984년, 1988년, 1999년은 여름철에 라니냐가 나타났던 해로 엘니뇨가 나타났던 해의 여름철 평균 강수량 676.3mm보다 라니냐가 나타났던 해 583.8mm의 여름철 평균강수량이 적게 나타났다.

4. 결론

강수는 변동이 커서 변화 경향을 파악하기 어렵다. 그러나 기온의 변화에 많은 영향을 받고 있기 때문에 세계적으로 변하고 있는 지구 기온이 강수의 변화에 중요한 원인이 된다. 기온 아노말리가 지난 세기동안 꾸준히 상승해서 1980년대에 양의 아노말리가 나타났다. 한반도에서 나타난 강수 또한 연도별 계절별로 증가 감소의 폭이 크게 나타나고 있고 그 경향은 기온과 비슷해서 증가하고 있다. 특히, 50mm 이상의 호우는 1980년대 이후 1990년대 라니냐가 강하게 나타난 해를 제외하면 지난 80년간의 호우 평균보다 높은 값들로 상승해서 나타난다. 강수량은 1920년대에 가장 적게 나타났으며 북반구 기온이 양의 아노말리로 계속 상승하고 있는 최근 10년의 1990년대에 가장 많은 강수가 나타났으며 강수 강도 또한 크게 증가하고 있다.

강수는 전구의 평균기온에 상당한 영향을 미치고 있는 해수면 온도에 영향을 받아 해수면 변동이 심한 엘니뇨, 라니냐해에 변화를 보이여 엘니뇨해에 강수가 급격히 증가해서 나타나고 있으며 반대로 라니냐해에 강수가 감소해서 나타나고 있음을 알 수 있다. 특히, 한반도에서 엘니뇨가 나타난 여름철 강수는 라니냐가 나타난 강수보다 32.2mm 더 많으며, 이는 한반도 여름철 평균 강수 626.9mm 보다는 큰 값이다. 한반도에서 나타나고 있는 강수는 여러 많은 요소에 의해 영향을 받고 있지만 특히, 지구에서 증가하고 있는 기온과 최근 변동이 심한 해수면 온도의 영향을 받아 그 변화가 비슷하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

참고문헌

- 전종갑, 유수연, 문병권, 예상욱, 2000, 열대지방의 이상기상 연상이 극동 아시아 강수량 분포에 미치는 영향, 한국기상학회, 36, 5, 537-550.
 차은정, 전종갑, 정효상, 1999, 엘니뇨/라니냐 해의 우리 나라 기후 특성에 관한 연구, 한국기상학회지, 35, 98-117.

- Antonio, S., J.A. Garcia, V.L. Mateos, M.L. Cancillo and J. Garrido, 1999, Monthly modes of variation of precipitation over the Iberian peninsula, *Journal of climate*, 12, 2894-2919.
- Bell, G.D. and M. S. Halpert, 1998, Climate assessment for 1997. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 80(5), 1014-1064.
- Bradley, R.S., H.F. Diaz, J.K. Eischeid, P.D. Jones, P.M. Kelly and C.M. Goodess, 1987, Precipitation fluctuations over northern hemisphere land areas since the mid-19-th century, *Science*, 237, 171-175.
- Choi, Y., 2002, Changes of frequency and magnitude of heavy rainfall events in Korea, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 4(2), 268-282.
- Choi, Y., 2002, Trends in daily precipitation events and their extremes in the southern region of Korea, *Environmental Impact Assessment*, 11(3), 189-203.
- Diaz, H.F., R.S. Bradley and J.K. Eischeid, 1989, Precipitation fluctuations over global and areas since the late 1800s, *J. Geophys. Res.*, 94(D1), 1195-1210.
- Jung, H.S, Y. Choi, J.O. Oh and G.H. Lim, 2002, Recent trends in temperature and precipitation over south korea, *Int. J. Climatol*, 22, 1327-1337.
- Pavel, Y.G., T.R. Karl, D.R. Easterling, R.W. Knight, P.F. Jamason, K.J. Hennessy, R. Suppiah, C.M. Page, J. Wibig, K. Fortuniak, V. Razuvaev, A. Douglas, E. Forland and P. Zhai, 1999, Changes in the probability of extreme precipitation: Important indicators of climate change, *Climatic Change*, 42, 243-283.
- Trenberth, K. E., 1997, The definition of El Niño. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78(12), 2771-2777.
- Vinnikov, K.Y., P.Y. Groisman and K.M. Lugina, 1990, Empirical data on contemporary global climate changes(temperature and precipitation), *J. Climate*, 3, 662-677.
- Yu, B and D. T. Neil, 1991, Global warming and regional rainfall: the difference between average and high intensity rainfalls,*Int. J. Climato*, 11, 653-661.