

OA11

한반도 여름철 강수량 특성

오원탁*, 류찬수¹

기상청/조선대학교 대학원 대기과학과,

¹조선대학교 과학교육학부

1. 서 론

한반도 여름철 기상은 동아시아 몬순의 계절 내 변동 및 경년변동의 영향을 받는다. 이들의 경년변동은 유라시아 지역의 계절적인 토양수분함량이나 지표면의 적설량 등과 같은 지표상태의 영향을 받으며(Barnett *et al.* 1989; Yasunari *et al.* 1991; Meehl 1994; Sankar-Rao *et al.* 1996; Yang 1996), 또한 아시아 여름몬순에 영향을 미치는 겨울철이나 봄철의 지표면 상태는 중위도 지역 편서풍의 영향을 받는다 (Webster and Yang, 1992; Ju and Slingo, 1995).

몬순의 계절 내 변동은 ITCZ (Inter-Tropical Convergence Zone) 지역에서의 요동현상과 관련된 불규칙 활성화와 비활성 기간으로 표현된다. Webster(1983)와 Srinivasan *et al.*(1999)은 지표면의 상태가 몬순의 계절 내 변동을 유도한다고 제안하였으며, Ferranti *et al.*(1999)은 모델 실험을 통하여 몬순의 계절 내 변동은 지표면 상태에 의하여 반응하는 대기 되먹임 현상이라기보다는 시스템의 내부 모드와 관련이 있다는 것을 보였다.

동아시아 여름 몬순순환에 있어서 지역적으로 영향을 주는 역학 메커니즘으로 티베트 상층고기압과 북서태평양 고기압의 발달(박순웅 등 1988, 이동규 1991)이 있고, Lau and Chan(1988)은 서태평양과 인도네시아 지역의 대기 잠열을 중시하였다. 임규호(1997)는 티베트 상층지역보다는 태평양고기압의 발달이 우선적으로 한반도 여름철 강수량에 영향을 미친다고 하였으며, 또한 동아시아 여름 몬순시의 대기 순환계를 이해함에 있어 다양한 규모의 대기 파동을 주기별로 연구한 논문들이 있다(Lau and Chan 1986; Chen 1987; 윤원태 등 1998). Park *et al.*(1986b), 홍성유와 이동규 등(1996)은 호우의 성쇠와 관련된 열 수지와 수분수지 분석을 통해 남풍계열에 의한 수증기 수송이 매우 중요함을 보였다. 한편 Park *et al.*(1986a), 이동규(1991), 소선섭(1995)은 한반도에서 발생한 집중호우 사례 분석을 통해 티베트 상층 고기압보다 북서태평양 하층 고기압의 강도와 위치가 한반도 강우와 밀접한 관련이 있음을 밝혔다.

본 연구에서는 우리나라 여름철 강수량의 주요 원인인 태풍, 장마, 그리고 장마 후 집중호우 각각에 대한 장기간의 경년변동을 조사하고, 각 요소별로 비정상적으로 많은 비 혹은 적은 비가 내린 해의 종관특성을 분석함으로써 한반도 여름철 강수량의 특성을 살펴보고자 한다.

2. 자료 및 분석방법

본 연구에서는 한반도 여름철 (6-8월) 강수량을 조사하기 위해 최근 50년간(1954~

2003)의 전국 6개 주요도시의 일강수량 자료를 사용하였다. 따라서 한반도 여름철 강수량은 지난 50년간의 6개 주요도시 여름철 강수량의 평균값으로 정의하였다.

연도별 장마시종일 자료와 일본기상청 태풍센터의 태풍분석 자료¹⁾를 이용하여 한반도 여름철 강수량을 태풍의 영향에 의한 강수량, 장마전선에 의한 강수량, 그리고 장마 후 강수량으로 구분하였다. 태풍의 영향에 의한 강수량은 태풍의 중심이 한반도 부근에 위치하여 우리나라에 직·간접적인 영향을 미쳤던 날의 강수량으로 정의하였다. 장마전선에 의한 강수량은 우리나라 남부 및 중부지방의 장마기간 중 태풍의 영향에 의한 강수량을 제외한 값으로 정의하였고, 장마 후 강수량은 장마기간 후 여름철 강수량 중 태풍의 영향에 의한 강수량을 제외한 값으로 정의하였다.

한반도 6개 주요도시의 여름철 평균 강수량으로 정의된 한반도 여름철 강수량, 태풍의 영향에 의한 강수량, 장마전선에 의한 강수량, 장마 후 강수량 각각에 대해 식 (1)에 따라 표준화시킨 후 각 요소별 시계열분석을 하였다. 또한, 각 요소별 상·하위 15%에 해당되는 사례들을 다우해와 소우해로 분류하였고, 합성도 분석을 통해 종관특성을 비교하였다.

$$\frac{x - x_m}{\sigma} \quad (1)$$

(X: 변수, X_m: 변수평균, σ: 변수표준편차)

종관특성 분석에 사용된 자료는 NCEP²⁾ / NCAR³⁾ 재분석자료와 NOAA⁴⁾ 의 OISST⁵⁾ 자료이다. 분석된 요소는 한반도 여름철 강수량, 태풍에 의한 강수량, 장마전선에 의한 강수량, 장마 후 강수량의 다우해와 소우해에 대한 1000hPa · 500hPa · 200hPa 지위고도 (geopotential height), 850hPa 비습과 바람, 850hPa · 200hPa 유선과 풍속 및 해수면 온도에 대한 anomaly 값이다.

3. 한반도 여름철 강수량의 경년변동

한반도의 여름철 강수량의 시계열 분석 결과, 여름철 강수량은 북태평양고기압과 대륙고기압 또는 오호츠크해고기압 사이에서 형성되는 장마전선의 활동 정도(지속기간 및 강도)와 태풍에 의해 직·간접적으로 받는 영향 정도에 따라 큰 경년 변동을 보인다. 또한 3면이 바다로 둘러싸여 있고 복잡한 지형으로 이루어져 있어 지역에 따라서도 여름철 강수량에 큰 차이를 보인다.

4. 태풍에 의한 강수량의 경년변동

한반도 여름철 강수량을 좌우하는 주요 요소 중 하나인 태풍은 북서태평양의 열대해상

1) <http://www.jma.go.jp>
 2) National Centers for Environmental Predictions
 3) National Center for Atmospheric Research
 4) National Oceanic and Atmospheric Administration
 5) Optimum Interpolation Sea Surface Temperature

에서 연간 약 27개 정도가 발생되지만 1998년에는 16개의 태풍이 발생한 반면, 1967년에는 이보다 2배가 넘는 39개가 발생하는 등 해마다 발생 빈도나 강도에는 큰 차이를 보인다. 또한, 우리나라에 영향을 미치는 태풍의 수 역시 해마다 큰 차이를 보이고 있는데, 1985년과 2002년에는 10개의 태풍이 영향을 미쳤던 반면 1979년과 1980년에는 단지 2개의 태풍만이 우리나라에 영향을 미쳤다.

5. 장마전선에 의한 강수량의 경년변동

북태평양고기압과 대륙고기압 또는 오호츠크해고기압 사이에서 형성되는 장마전선의 활동 정도(지속기간 및 강도)는 우리나라 여름철 강수량을 좌우하는 주요 원인 중 하나이며 해마다 큰 차이를 보인다. 한반도 남부 및 중부지방의 장마시종일 자료를 이용해 계산된 한반도 장마기간은 평균 32.4일 정도이다. 하지만 1969년에는 48일로 분석기간 중 가장 긴 장마기간이었던 반면, 1973년에는 겨우 6일간만 장마가 발생하여 장마기간에는 경년변동이 크게 나타났다. 특이한 것은 장마기간의 경년 변동 폭이 최근에는 줄어드는 경향을 보이고 있다는 점이다.

6. 장마 후 강수량의 경년변동

여름철 장마 후 강수량은 평균 약 160mm 정도이지만 지난 1998년에는 약 600mm 라는 기록적인 값을 보였던 반면, 1985년에는 단지 10mm 정도로 해마다 큰 차이를 보인다. 주목할 점은 최근 들어 이러한 장마 후 여름철 강수량의 증가 경향이 뚜렷이 나타나고 있으며 그 변동의 폭 또한 크다는 점이다. 특히, 90년대 중반이후부터는 장마가 종료된 후 강수일의 일평균강수량 증가 경향이 뚜렷하게 나타나고 있는데, 이것은 장마 이후의 강수형태가 최근들어 집중호우 형태로 발생하고 있었다.

7. 요약 및 결론

우리나라 여름철 강수량의 특성을 50년간의 자료를 이용하여 여름철 강수량의 경년변동을 유발시키는 주요 원인별로 분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 우리나라 여름철 평균 강수량은 연 강수량의 50%에 달하는 약 700 mm 정도이며, 이 중 약 40%는 장마전선에 의한 강수량이고 약 27%는 태풍으로 인해 직·간접적인 영향으로 내리는 강수량이며 장마 후 집중호우 등의 형태로 내리는 강수량도 약 23% 정도를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.
- 2) 한반도 여름철 강수량은 10년에 약 20mm 의 증가추세를 보이고 있으며 장마 후 강수량의 경우는 10년에 약 40mm 의 증가추세를 보인다. 특히 90년대 중반 이후부터는 장마 후 강수강도의 증가추세가 두드러지게 나타나고 있는데, 이러한 여름철 강수량의 증가추세(특히 장마 후 강수량 증가 및 강수강도 증가)는 한반도 기온 증가추세(100년에 약 0.9℃)와 더불어 지구온난화와 연관되어 있는 것으로 사료된다.
- 3) 장마전선에 의한 강수량이 많았던 해에는 적었던 해에 비해 중앙아시아, 오호츠크해, 그리고 동중국해를 중심으로 대기 상·하층에 기압능이 발달하였고, 우리나라와 만주

지방을 중심으로 기압골이 발달하였다. 특히, 강수량이 많았던 해에는 적었던 해에 비해 화남지방과 동중국해로부터 습윤한 공기의 이류가 강했고 오호츠크해로부터는 건조한 공기의 이류가 강했으며 특히, 우리나라 부근으로 상·하층 jet가 발달했던 것으로 분석되었다. 이러한 종관분석의 특징은 한반도 여름철 강수량의 다우해와 소우해의 비교분석 결과와 유사하게 나타났는데, 이는 한반도 여름철 강수량이 장마전선의 활동정도에 크게 의존하고 있음을 보여주는 것으로 사료된다.

- 4) 태풍에 의한 강수량이 많았던 해에는 적었던 해에 비해 오호츠크해, 만주, 화북 지방을 잇는 지역, 서시베리아와 유럽을 잇는 지역, 남중국해 및 필리핀 해역을 중심으로 기압골이 발달하였고, 중앙아시아와 일본 남쪽 근해를 중심으로 기압능이 발달하였다. 특히, 강수량이 많았던 해에는 적었던 해에 적도로부터 남중국해 및 필리핀부근 해역으로의 이류가 강했고, 화중·화북 지방과 더불어 상대적으로 수증기가 많았다. 강수량이 많았던 해에는 중국내륙지방에 상층 jet의 골이 위치하며 한반도 북쪽으로 강풍역이 발달하였다.
- 5) 장마 후 강수량이 많았던 해에는 적었던 해에 비해 중앙아시아와 동중국해를 중심으로 기압능이 발달하였고, 우리나라와 일본, 화남지방을 잇는 기압골 발달하였다. 특히, 상층에서는 중앙시베리아를 중심으로 하는 기압능과 만주지방을 중심으로 하는 기압골이 크게 발달하였다. 한반도 북쪽으로부터 건조한 공기의 이류가 강했고, 만주·화북 지방과 동중국해를 중심으로 수증기가 많았다. 서해상으로는 북풍의 하층 jet가 강했고 반면 한반도를 남쪽으로는 거의 서풍의 강풍대가 존재하였다. 한반도를 중심으로 상층 jet 발달하였다.

감사의 글

본 연구는 기상청에서 시행하는 기상지진기술개발사업의 하나인 국지기상예측기술개발 과제에서 일부 지원되었기에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 박순웅, 안현주, 전영신, 1988: 1985년 장마기간에 동부아시아 지역의 대기순환의 시간적 변화. 한국기상학회지, 24(3), 22-43.
- 소선섭, 임재준, 나득균, 1995: 한국 근대기상관측이래 최대 일강수량을 나타낸 장흥지방의 집중호우의 분석. 한국기상학회지, 31(3), 282-299.
- 윤원태, 부경은, 김래선, 조하만, 1998: 동아시아지역 여름철 주기파의 성향과 북태평양 고기압의 변동, 한국기상학회지, 34(3), 365-375.
- 이동규, 1991: 1985년 한반도 강우와 관련된 동아시아 몬순 순환의 특징. 한국기상학회지, 37(3), 205-219.
- 임규호, 1997: 여름철 한반도 월강수량과 동아시아 및 태평양 상 등압면 고도의 선형 상관관계. 한국기상학회지, 33(1), 63-74.
- 홍성유, 이동규, 1996: 한반도에서 발생한 집중호우의 열과 수분수지. 한국기상학회지,

32(1), 86-102.

- Barnett, T. P., L. Dumenil, U. Schlese, and E. Roechner, 1989: The effect of Eurasian snow cover on regional and global climate variations. *J. Atmos. Sci.*, 46, 661-685.
- Ferranti, L., J. M. Slingo, T. N. Palmer and B. J. Hoskins, 1999: The effect of land-surface feedbacks on the monsoon circulation. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 125, 527-1550.
- IPCC, 1995 : IPCC Second Assessment, Climate Change 1995, IPCC, pp63.
- Lau, K. -M. and S. Shen, 1992: Biennial oscillation associated with the East Asian summer monsoon and tropical sea surface temperature. *East Asian Western Pacific Meteorology and Climate, II*, W. J. Kyle and C. P. Chang, Eds, World Scientific Publication Co., 65-72.
- Meehl, G. A., 1987: The annual cycle and its relationship to interannual variability in the tropical Pacific and Indian Ocean regions. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 27-50.
- Park, S.-U., C.-H. Joung, S.-S. Kim, D.-K. Lee, S.-C. Yoon, L.-K. Joung and S.-G. Hong, 1986a: Synoptic-scale features of the heavy rainfall occurred over Korea during 1~3 September 1984. *J. Korean Meteor. Soc.*, 22(1), 42-81.
- Park, S.-U., I.-H. Yoon and S.-K. Chung, 1986b: Heat and moisture Sources Associated with the Changma front during the summer of 1978. *J. Korean Meteor. Soc.*, 22(2), 1-27.
- Sankar-Rao, M., Lau, M. K. and Yang, S., 1996: On the relationship between Eurasian snow cover and the Asian summer monsoon. *Int. J. Climatol.*, 16, 605-616.
- Webster, P. J., 1983: Mechanisms of monsoon low-frequency variability: surface hydrological effects. *J. Atmos. Sci.*, 40, 2110-2124.
- Webster, P. J., and Yang, S., 1992: Monsoon and ENSO: Selectively interactive system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 118, 877-926.
- Yang, S., 1996: GEWEX-related Asian monsoon experiment(GAME). *Adv. Space Res.*,14, 161-165.