

남한의 하계 강우량의 시계열분석

류상범* · 문승의** · 이부용*

기후를 대기의 종합상태라 볼 때에 어느 지역의 기후요소의 변동 크기는 그 지역의 기후의 특성을 나타내는 하나의 지표가 된다. 특히 우리나라 하계 우기인 6, 7, 8월 동안의 강우량(1920년~1985년)의 변화경향성, 다우년과 과우년의 발생빈도, 그리고 주기 등에 대해 남한 전역의 표준강우량 및 서울, 대구, 부산, 목포, 강릉, 전주의 6개 지점의 강우를 서로 비교하였다. 그리고 남서기류의 영향이 우리나라의 하계 강우에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 남한의 표준강우량 및 6개 지점의 강우와 인도 하계 몬순(monsoon) 강우와의 상관관계를 조사하였다.

남한 전역의 표준강우량의 평균은 611.6mm이고 표준편차는 165.5mm로서 평균의 21%이다. 6개 지점별 강우량의 평균은 지역에 따라 차이가 심하고 다우년과 과우년의 발생횟수 역시 지역에 따라 차이가 심하다. 변화경향성을 조사한 통계량 r 는 남한 전역의 표준강우량의 경우 0.07이며 각 지점별 강우의 경우에도 비슷한 통계량 크기를 나타냈으며 이러한 값들은 통계적으로 유의하지 않다. 즉, 변화경향성은 없다. 우리나라 하계강우의 주기는 2.4~2.5년, 3.1~3.6년 그리고 7.3년으로 나타났다. 우리나라 하계강우와 인도 하계몬순 강우와의 상관은 대구와 전주같은 내륙지방에서는 크게 나타나고, 그 외 해안에 인접한 지역에서는 잘 나타나지 않고 있다.

主要語 : 標準降雨量, 寡雨年, 多雨年, 變化傾向性, 週期分析, 印度 夏季몬순降雨

1. 서 론

기후를 대기의 종합상태라고 볼 때에 어느 지역의 강우량 변동의 크기는 그 지역의 기후의 특성을 나타내는 하나의 지표가 된다. 그 동안 우리나라의 강우량의 월별, 계절별 영년변화, 변동율, 주기성 그리고 지역별 분포유형 등이 다각적으로 조사되어 왔다. 손형진(1967)은 한국의 강우량의 연변화를 강우비교차를 이용하여 우기와 전조기로 분리하고 우기에 있어서 강우량의 지역적 분포의 특성을 찾고 이것으로부터 한반도에 영향을 미치는 기압계를 조사하였다. 문승의(1977)는 남한에서의 월별 및 연강우량의 변동률과 그 특징을 조사하고 강우량 변동률의 연변화의 유형을 분류하였다.

한반도를 비롯해 동북아시아지역의 우기를 형성시키는 기류 중 티벳고원 남쪽 지역에서 동북

아시아 지역으로 불어오는 남서류에 대하여 많은 연구가 되어 왔다. 특히 Murakami(1959)와 문승의(1981)는 동아시아 우기의 수증기수송에 미치는 남서류의 영향에 대해 조사하였다. 또 Moon(1980)은 동아시아의 우기에 큰 영향을 미치는 아열대수렴대(Subtropical Convergence Zone, SCZ)가 서해부근의 고기압에서 불어오는 북동류와 남아시아를 거쳐오는 남서류사이에 존재한다는 것을 밝혔다. Tanaka(1982)는 제트기류(Jet Stream)의 강도에 따라 동북아시아 지역의 강우와 인도 몬순 강우사이의 상관성이 다르게 나타남을 조사하였다.

본 연구에서는 우리나라 하계 우기인 6, 7, 8월 동안의 강우량, 다우년과 과우년의 발생빈도, 그리고 주기에 대해 남한 전역의 표준강우량과 서울, 대구, 부산, 목포, 강릉 및 전주의 6개 지점의 강우를 서로 비교하고자 한다. 또 남서기류의 영향이 우리나라의 하계 강우에 어떠한 영

* 부산대학교 자연과학대학 대기과학과 강사

** 부산대학교 자연과학대학 대기과학과 교수

향을 미치는지 알아보기 위해 남한의 표준강우량 및 6개 지점의 강우와 인도 하계 몬순 강우와의 상관관계를 조사하고자 한다.

2. 분석자료

본 연구의 강우분석기간인 1920년부터 1985년까지 66년간의 6, 7, 8월 즉 우리나라 우기동안의 6개 지점 각각의 월강우량은 1985년과 1986년 양년에 걸쳐 중앙기상청에서 편찬한 한국강수량 자료를 이용하였다. 남한 전역의 표준강우량은 6, 7, 8월의 서울, 대구, 부산, 목포, 강릉 및 전주의 월강우량과 각 지점이 속한 도의 면적을 곱하여 이를 더한 후 제주도를 제외한 남한 전역의 면적을 나누어 구했다. 강우자료가 없는 충청남북도지역은 손형진(1967) 등이 분류한 강우 변동형태가 같은 전주의 것을 이용하였다. 그리고 강우자료가 누락된 지점의 값은 해당 연도월의 나머지 각 지점의 월강우량을 평균한 값을 취하였다.

우선 분석기간 66년간의 평균에 대한 매년의 백분위편차와 표준편차를 구하여 분석하였다. 우리나라 하계강우와 상관관계를 조사하기 위하여 사용한 인도 몬순 강우 자료는 Rasmusson과

Carpenter(1983)가 구한 1875년에서 1979년까지 106년간의 인도 하계 몬순 기간인 6, 7, 8, 9월 강우의 표준편차중 1920년에서 1979년까지 60년간의 자료만 발췌하여 본 연구에 사용하였다. 극단적인 값에 의해 상관성이 줄어드는 것을 막기 위해 상기의 자료중 일부는 5년 이동평균을 하여 분석하였다.

3. 분석 및 결과

1) 남한의 하계강우의 연별변화

분석기간(1920~1985)동안의 남한전역의 하계 표준강우량의 평균은 611.6mm이며, 표준편차는 165.5mm로서 평균의 21%이다. 그리고 각 지점의 강우량의 평균은 511.0mm에서 759.3mm의 범위이며 평균에 대한 표준편차의 비율은 32%에서 41%로 큰 편차값을 나타내고 있다. 다우년과 과우년은 각각 백분위편차가 40% 이상인 해와 -40% 이하인 해로 정의하였다. Fig. 1은 분석기간 동안의 남한전역의 표준강우량의 백분위편차를 나타낸 것이다. 다우년은 빗금으로, 과우년은 검게 표시하여 다른 해와 구분하였다. 그리고 분석기간 동안의 다우년과 과우년 각각의 발생년도, 백분위편차의 상대적인 순위와 발생

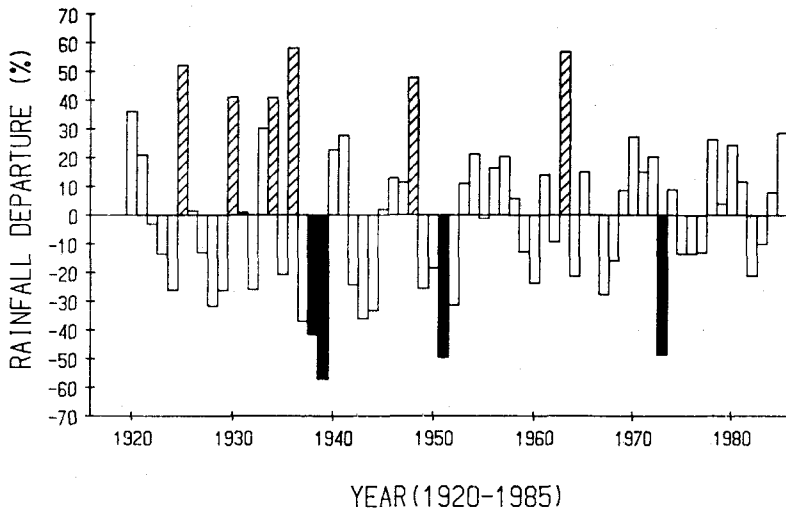


Fig. 1. Summer (June-August) standard rainfall in percentage departure with identified drought years (shaded pillars), flood years (stippled pillars) over south Korea as a whole.

Table 1. Drought and flood years over South Korea as a whole from 1920~1985

No	Year	Percentage Departure of Rainfall	Interval Between Droughts (Years)	Rank	No	Year	Percentage Departure of Rainfall	Interval Between Floods (Years)	Rank
1	1938	-41.7	—	4	1	1925	52.1	—	3
2	1939	-57.2	1	1	2	1930	40.9	5	5
3	1951	-49.7	12	2	3	1934	40.8	4	6
4	1973	-48.7	12	3	4	1936	58.2	2	1
					5	1948	47.7	12	4
					6	1963	56.9	15	2

Table 2. The numbers of drought and flood year and the maximum percentage departure in each station over South Korea

Station	Drought year		Flood year	
	number	maximum P.D.(year)	number	maximum P.D.(yaer)
Seoul	5	-67.6 (1939)	8	98.5 (1926)
Taegu	10	-61.3 (1938)	9	90.9 (1933)
Pusan	15	-78.0 (1973)	13	126.9 (1963)
Mokpo	9	-76.8 (1942)	9	92.6 (1936)
Kangnung	8	-53.4 (1927)	10	86.5 (1925)
Chonju	8	-64.1 (1939)	11	95.6 (1948)

간격을 Table 1에 나타내었다. Fig. 1과 Table 1에서 알 수 있듯이 다우년은 분석기간 중 6회, 과우년은 4회 발생하였다. 각 지점별 다우년과 과우년의 발생횟수와 최대 백분위편차를 Table 2에 정리하였다. 분석기간 중 다우년의 발생횟수는 지점에 따라 8회에서 13회까지 발생했으며 최대 백분위편차는 126.9%로서 1963년 부산에서 나타났다. 과우년은 지점에 따라 발생횟수가 큰 차이를 보이며 최대 백분위편차는 -78.0%로서 1973년 부산에서 나타났다. 대구와 부산에서는 과우년이 다우년보다 많이 발생했고, 목포는 다우와 과우의 발생횟수가 같으며 그 외 지점은 다우가 많이 발생했다.

강우량의 변화경향성을 조사하기 위해 Mann-Kendall rank statistic test를 하였다(WMO, 1960).

여기서 통계량(statistic) τ 는

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} n_i}{N(N-1)} - 1 \quad (1)$$

이다. n_i 는 해당 연도 다음 해들의 강우량이 해

당 연도의 크기보다 많은 해의 횟수이며, N 은 분석한 총 연도수이다. N 이 10보다 큰 경우에, τ 는 평균이 0, 분산이 $(4N+10)/9N(N-1)$ 인 정규분포를 한다. 따라서 유의성 검정에 사용되는 $(\tau)_t$ 는 다음과 같이 구했다.

$$(\tau)_t = 0 \pm t_{\alpha} \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad (2)$$

여기서 t_{α} 는 신뢰구간에 따른 정규분포값이다.

남한 지역의 표준강우량의 통계량 τ 는 0.07이므로 증가하거나 감소하지 않고 변화하는 범위가 거의 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 각 지점별 강우의 변화경향도 비슷하게 나타난다.

2) 남한의 하계강우의 주기분석

남한의 하계강우의 주기성을 알아보기 위해 Blackman과 Tukey(1958)의 power spectrum 분석을 이용하여 주기분석을 하였다(WMO, 1960). 본 연구에 사용한 최대 lag는 22, 자유도는 5.5이다. 시계열내의 non-randomness의 특성을 조사하기 위해 null-hypothesis continuum 개념을

Table 3. Peaks in Power Spectra for the summer rainfall

Station	Period (Years)				
S. Korea	2.4*	2.5**	7.3**		
Seoul	2.5	8.8*	11.0**	14.6*	
Taegu	2.4	3.1	14.6		
Pusan	2.4*	2.5**	3.1*	6.2*	7.3*
Mokpo	2.9*	3.1*	6.2*	7.3*	
Kangnung	2.5	3.6*	7.3*		
Chonju	2.5*	3.3	7.3		

** Significant at 95 percent level

* Significant at 90 percent level

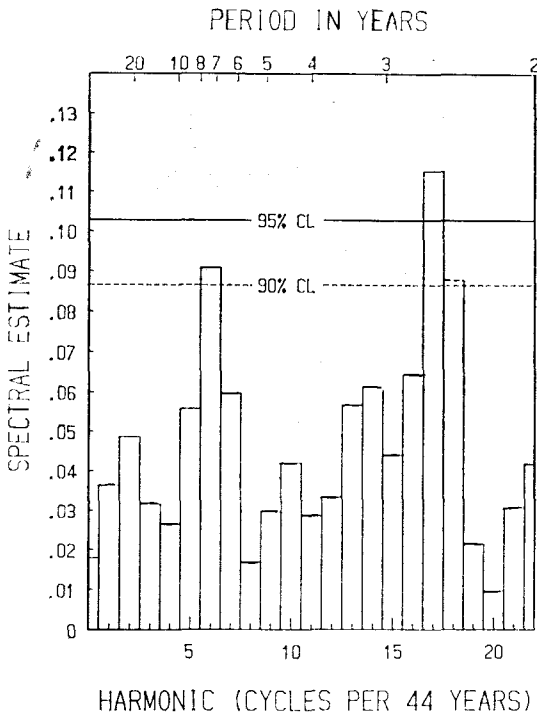


Fig. 2. Power spectrum of the summer rainfall in south Korea as a whole (1920~1985).

사용하였다. 본 연구에서는 serial-lag one 상관 계수가 거의 0에 가까우므로 각 harmonic의 null-continuum의 값이 거의 같게 나타났다. 즉 백색 잡음현상이 나타났다. spectrum의 신뢰구간은 χ^2 을 이용하여 구하였다. 최대 lag가 22이고 자유도가 5.5인 경우 90%와 95% 신뢰구간에 해당되는 값은 각각 1.81과 2.15이다. Fig. 2는 남한 전역의 표준강우량의 spectrum 추정치를 나타

낸 것이고, Table 3은 남한 전역의 표준강우량과 각 지점의 강우량에서 우세한 spectral peak가 발생하는 주기를 나타낸 것이다. 분석결과 남한 전역의 표준강우량은 95% 신뢰구간에서 2.5년 주기, 그리고 90% 신뢰구간에서 2.4년과 7.3년 주기로 나타났다. 각 지점의 spectral peak는 지점에 따라 다르지만 대체로 2.4~2.5년, 3.1~3.6년 그리고 7.3년 주기로 나타났다. 이러한 주기는 2.3년 2.6~2.9년 주기를 가지는 인도 하계 몬순 강우의 주기와 유사하다.

3) 남한의 하계 강우와 인도 몬순 강우와의 관계

티벳고원의 남쪽에서 양자강유역으로 유입되는 남서류가 동아시아 우기의 수증기수송에 중요한 역할을 한다(Murakami, 1959). 그리고 서해부근의 고기압에서 불어나오는 북동류와 남아시아를 거쳐오는 남서류 사이에 남쪽과 북쪽 기단의 기압차가 적은 아열대 수렴대가 존재하여 이것이 한반도를 중심으로 한 동아시아의 우기에 큰 영향을 미친다(Moon, 1980).

본 연구에서는 우리나라의 하계강우와 인도 하계 몬순 강우사이에 어떤 상관이 존재하는지를 통계학적으로 조사하였다. 특정 해의 극단적인 값의 영향을 줄이기 위해 5년 이동평균하여 분석하였다(Fig. 3-a, b, c). 그리고 기간별 상관 계수의 변화를 조사하기 위해 5, 10, 20, 30 SWM (Sliding Window Method)를 사용하였다(Fig. 4-a, b, c).

Fig. 3-a는 남한 전역의 표준강우량과 인도 하

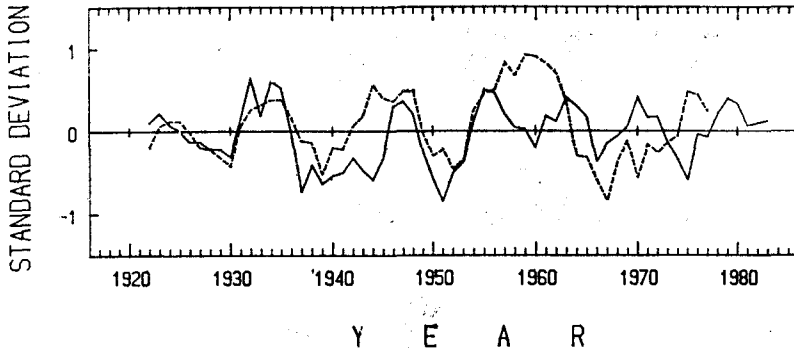


Fig. 3-a. 5-year running mean of summer rainfall in south Korea as a whole (solid line) and summer rainfall in India(dashed line).

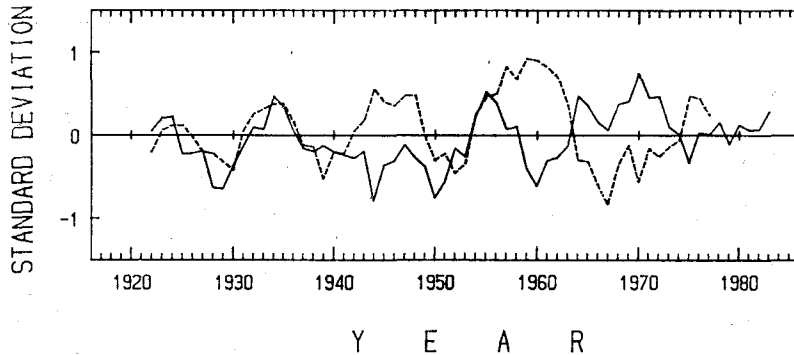


Fig. 3-b. Same as Fig. 3-a, but for Kangnung.

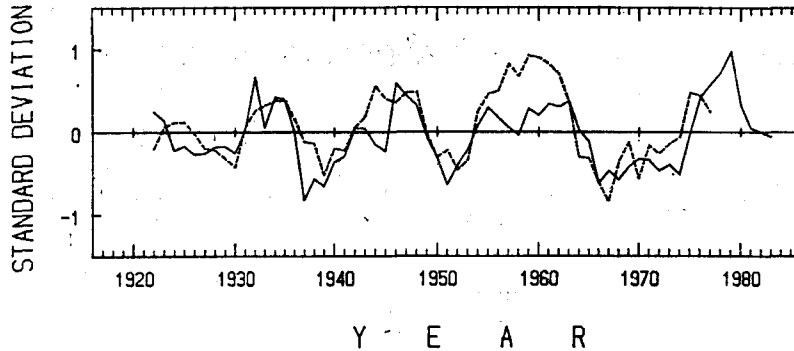


Fig. 3-c. Same as Fig. 3-a, but for Chonju.

계문순 강우량의 5년 이동평균치를 비교한 것으로 극값의 발생이 대체로 일치하나 1944년, 1970년, 1970년, 1975년의 극값은 서로 다르다. 이와 같은 현상은 Tanaka(1982)가 조사한 열대 Jet 기류의 강도의 변화에 의하거나 또는 아직 조사되지 않은 다른 요인에 의한 것이라고 사료된다. Fig. 3-b는 강릉의 하계강우와의 관계를 나타낸

것이다. 여기서도 비슷한 현상이 나타난다. Fig. 3-c는 전주의 하계강우와의 관계를 나타낸 것이다. 여기서는 서로 다른 극값이 발생하는 해가 거의 없다.

Fig. 4-a, b, c는 인도 하계 몬순 강우량에 대한 남한 전역과 강릉 및 전주의 기간별 상관계수의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 각 기간별 상관

남한의 하계강우량의 시계열분석

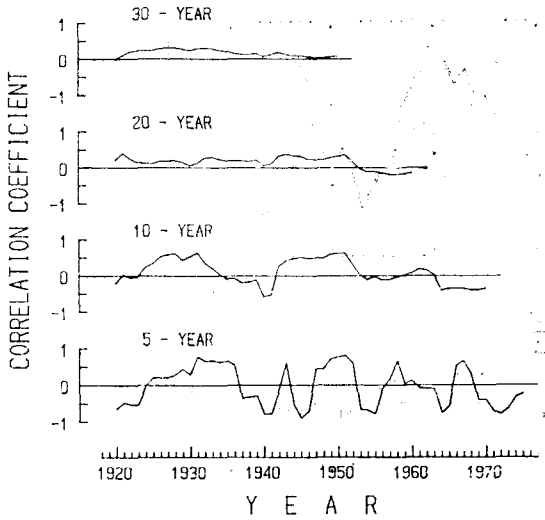


Fig. 4-a. Variation of correlation coefficient between summer rainfall in south Korea as a whole and summer monsoon rainfall in India with 5, 10, 20, 30 year sliding window widths(1920~1979).

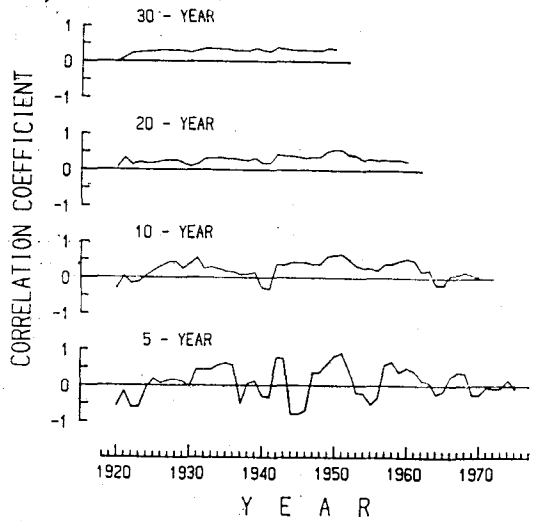


Fig. 4-c. Same as Fig. 4-a, but for Chonju.

계수값이 나타나지만 width가 20년 이상인 기간동안에는 통계학적으로 의미가 있는 상관이나 나타나지 않았다. 전주의 경우 양의 상관관계를 나타내는 값들이 모든 width에 대해서 나타난다. 그 외 지점 가운데 대구는 전주와 같이 sliding window width가 긴 20, 30년일 때 95% 유의수준을 가지는 상관계수가 나타나지만 나머지 지점에서는 남한 전역 및 강릉과 같이 width가 20년, 30년일 때 95% 유의수준을 가지는 상관계수가 나타나지 않았다.

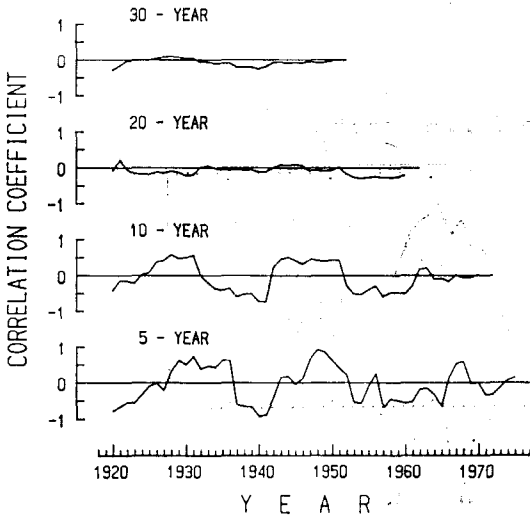


Fig. 4-b. Same as Fig. 4-a, but for Kangnung.

계수를 기간간격의 첫해에 나타내었다. 본 연구에서 사용한 sliding window width는 5, 10, 20, 30년이다. 남한 전역의 경우 95% 유의수준을 가지는 상관계수는 width가 5, 10년 일때 각각 1945년과 1931년에 나타났다. 지역별 특징을 살펴보면 강릉의 경우 width가 5, 10년 같이 짧은 기간동안 간혹 95% 유의수준을 가지는 상관

Fig. 3과 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 우리나라의 하계강우와 인도 몬순 강우사이의 상관관계는 지점에 따라 다르게 나타나고 있다. 대체로 전주와 대구와 같은 내륙에서는 상관관계가 크지만 그 외에 해안에 가까운 지점들에서는 상관관계가 잘 나타나지 않고 있다. 따라서 해안지역의 하계강우에 영향을 미치는 요인에 대해서 자세한 연구가 필요하다고 본다.

4. 결 론

1920년부터 1985년까지 66년동안의 우리나라의 하계우기인 6, 7, 8월의 강우가 가지는 주기성과 인도 하계 몬순 강우와의 관계를 남한 전역과 서울, 대구, 부산, 목포, 강릉 및 전주의 6개

지점에 대해 분석하여 다음과 같은 결론을 구했다.

1) 남한 전역의 표준강우량의 평균은 611.6 mm이고 표준편차는 165.5 mm로서 평균의 21%이다. 6개 지점별 강우량의 평균은 지역에 따라 차이가 심하고 다우년과 과우년의 발생횟수 역시 지역에 따라 차이가 심하다. 그러나 하계강우의 변화경향성은 모든 지역에서 나타나지 않았다.

2) 우리나라 하계강우의 주기는 2.4~2.5년, 3.1~3.6년 그리고 7.3년으로 나타났다.

3) 우리나라 하계강우와 인도 하계 몬순 강우와의 상관은 대구와 전주같은 내륙지방에서는 크게 나타나고, 그 외 해안에 인접한 지역에서는 잘 나타나지 않고 있다.

(投稿 1993년 7월 23일)

文 獻

문승의, 1977, "남한의 강수량의 변동율에 관하여", 한국기상학회지, 13, 59-63.

문승의, 1981, "동아시아 여름 몬순계의 850mb 순환특성", 한국기상학회지, 17, 22-29.

손형진, 1967, "한국의 강수량의 연변화에 관하여", 한국기상학회지, 3, 1-4.

Moon, S.E., 1980, *A synoptic climatological study of the rainy season in East Asia centered on Korea peninsula summer*, Doctoral Thesis of Tsukuba Univ.

Murakami, T., 1959, The general circulation and water vapor balance over the Far East during the rainy season, *Geophys. Mag.*, 22, 131-171.

Rasmusson, E.M. and Carpenter, T.H., 1983, The relationship between eastern equatorial Pacific sea surface temperature and rainfall over India and Srilanka, *Mon. Wea. Rev.*, 111, 517-528.

Tanaka, M., 1982, Internal fluctuations of the tropical Easterly Jet and summer monsoon in the Asian Region, *J. of Met. Soc. of Japan*, 60, 865-873.

World Meteorological Organization, 1960, *Climate change*, WMO Tech. Note. No. 79, WMO No. 195-TP-100, Geneva, 80.

Time series Analysis of the Summer Rainfall in South Korea

Sang-Boom Ryoo, Sung-Eui Moon and Bu-Yong Lee

Summary

The interannual fluctuation, trends and periodicities in summer rainfall of South Korea were analyzed primarily by using Mann-Kendall rank method and Power Spectrum analysis for the period from 1920 to 1985. Their relations to Indian summer monsoon rainfall have also been examined.

Increasing or decreasing rainfall tendencies are not found in South Korea. In Power

Spectrum analysis, 2.5 years periods are predominant at the 95 per cent confidence level in south Korea as a whole and Pusan. Also the period of 11.0 years is found in Seoul. There are another prominent spectral peaks at 2.4, 3.1, 6.2 and 7.3 years period, which are significant at 90 per cent confidence level.

Key Words: standard rainfall, flood and drought year, trend, period analysis, Indian summer monsoon rainfall.