

경남지역 강우량의 지역적인 변동양상

Regional Variations in Fluctuations of Rainfall over Gyeongnam Area

김경훈*¹, 김종완*¹, 박준일*², 장인식*³

1. 서론

강우의 지역적인 분포특성이 뚜렷한 지역들이나 우리나라 전역에서의 월강우량의 지역적인 변동에 대한 다수의 연구결과들은 있으나, 국소적으로 지역을 분할하여 그 지역에 대해 변동양상을 분석한 연구는 거의 전무하다. 따라서 본 연구는 경남지역에 있어서의 1960년부터 1994년까지 35년간의 지역적으로 평균화된 월, 계절, 년강우량기록들에 대하여 그 경향, 영속성과 power spectrum분석을 적용하였다.

2. 데이터와 이론

경남지역내의 관측소 중 가장 긴 관측기록을 보유하고 있는 관측소로는 부산지방으로 1904년부터 현재까지의 관측자료가 존재하고 있다. 하지만 경남지역내의 각 관측소들에 대해 넓은 관측망이 짜여진 시기는 1960년이후였다. 본 연구에서 관측소를 선정함에 있어서 기록의 연속성보다 공간적인 확장의 필요성을 중요시하였다. 총68개의 관측소들이 선택되었는데, 그 기록은 1960년부터 1994년까지 35년간에 달했다.

지역내의 기상관측소들을 동질의 강우특성을 가진 그룹으로 분할하는 방법에 대해서 많은 연구가 행해져 왔다. 이러한 그룹핑(grouping)방법들로는 강우와 기온에 근거한 그룹핑, 기후형태 빈도에 근거한 그룹핑, 강우의 공간-상관관계를 근거한 그룹핑, Thornthwaite 물수지법에 근거한 그룹핑, 보다 복잡한 물수지요소들의 Eigenvector와 군집해석등이 있다. 하지만 본 연구지역에서 사용한 그룹핑은 낙동강유역을 기준으로 산악지역의 영향을 받는 산지부; 중간평지부, 해양성기후의 영향을 받는 하류부 세 그룹으로 나누었다. 이 세 가지의 구역을 각각 REGION I, REGION II, REGION III이라고 한다(Fig. 1).

*1 경상대학교 대학원 토목공학과 석사과정

*2 경상대학교 공과대학 토목공학과 교수

*3 부산대학교 생산기술연구소 연구원

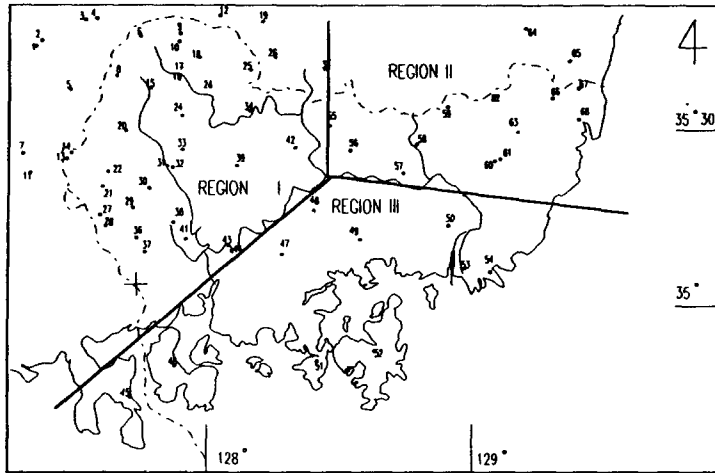


Fig. 1. Geographical Regions of Gyeongnam Showing the Locations of Rainfall Stations.

총 68개 관측소의 각 지역별 분포는 다음과 같다. REGION I은 구역내 34개의 관측소와 구역외의 10개의 관측소를 포함한 총 44개의 관측소가 분포되어 있고, REGION II은 구역내 12개 관측소와 구역외의 2개 관측소를 포함한 총 14개의 관측소를 포함하고 있으며, REGION III은 구역내 관측소 10개만을 포함한다. 이와 같이 경남지역의 강우분석에 있어서 구역외(총 14개) 관측소를 포함하여 분석한 것은 구역내 관측점 강우분석의 정도를 높이기 위해서이다. 연구에서 사용한 자료는 68개 관측소의 일 강우값이다. 각 지역별 차이가 크지 않으므로 연구는 각각의 구역의 년강우총량과 우기강우총량에 대해 수행되었다.

3. 경남지역 강우의 지역적 특성

각각의 구역에 있어서 강우에 대한 기본적인 통계매개변수는 Table 1.에 나타내었다. REGION I의 년평균강우량은 1,286mm이고 표준편차는 270mm이다. 6월부터 9월까지 우기에 내린 강우량은 854mm로서 년평균강우량의 66%에 달하며 그 표준편차는 188mm이다. REGION II에서는 6월부터 9월까지 우기동안의 강우가 764mm로서 년총강우량 1,201mm의 64%이다. 표준편차는 각각 73mm, 120mm이다. REGION III에서는 우기인 6월부터 9월까지 평균강우가 872mm이고 표준편차가 98mm이다. 이는 년총강우량 1,417mm(표준편차 188mm)의 62%이다. 각 구역별 년강우량과 우기강우량의 변동계수(CV)값은 10~22%로서 REGION I(산지부)에서 약간 크고 다른 두 지역에서는 유사한 값을 가진다. 이는 REGION I 구역이 산악지역으로 구성되어 있어서 관측된 강우자료가 관측소의 위치가 향사면에 있는가 혹은 배사면에 있는가와 같이, 강우가 내릴 때의 바람의 영향과 표고, 방향 등이 시·공간적 강우분포특성에 영향을 미쳐서 이 구역에서의 변동계수가 다른 구역보다 크게 나타나는 것으로 생각된다. 그러나 각 구역의 개별적인 월간의 CV값은 년강우량과 우기강우량의 그것과는 크게 다르다. 일반적으로, 건기월에서는 CV값이 크게 나타나는데, 특히 REGION I에서는 49%의 최대치에 이른다.

Table 1. Rainfall Statistics of the Regions of Gyeongnam(1960~1994).

| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | June | July | Aug | Sept | Oct | Nov | Dec | Annual | Rainy season |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|-----|-----|-----|--------|--------------|
| a) REGION I | | | | | | | | | | | | | | |
| Mean rainfall(mm) | 28 | 41 | 59 | 89 | 99 | 170 | 285 | 267 | 136 | 50 | 40 | 22 | 1,286 | 854 |
| % of annual | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 | 13 | 22 | 21 | 11 | 4 | 3 | 2 | 100 | 66 |
| Std. deviation(mm) | 14 | 16 | 18 | 32 | 28 | 46 | 68 | 66 | 40 | 16 | 7 | 10 | 270 | 188 |
| Coef. of variation(%) | 49 | 40 | 30 | 36 | 28 | 27 | 24 | 25 | 29 | 31 | 19 | 43 | 21 | 22 |
| b) REGION II | | | | | | | | | | | | | | |
| Mean rainfall(mm) | 29 | 41 | 61 | 100 | 95 | 159 | 238 | 223 | 144 | 47 | 43 | 21 | 1,201 | 764 |
| % of annual | 2 | 3 | 5 | 8 | 8 | 13 | 20 | 19 | 12 | 4 | 4 | 2 | 100 | 64 |
| Std. deviation(mm) | 7 | 7 | 9 | 16 | 16 | 18 | 29 | 25 | 22 | 11 | 6 | 5 | 120 | 73 |
| Coef. of variation(%) | 24 | 17 | 15 | 16 | 17 | 11 | 12 | 11 | 15 | 23 | 15 | 23 | 10 | 10 |
| c) REGION III | | | | | | | | | | | | | | |
| Mean rainfall(mm) | 34 | 51 | 72 | 126 | 139 | 202 | 269 | 240 | 161 | 50 | 48 | 25 | 1,417 | 872 |
| % of annual | 2 | 4 | 5 | 9 | 10 | 14 | 19 | 17 | 11 | 4 | 3 | 2 | 100 | 62 |
| Std. deviation(mm) | 6 | 8 | 11 | 33 | 31 | 39 | 22 | 40 | 27 | 22 | 7 | 4 | 188 | 98 |
| Coef. of variation(%) | 18 | 15 | 16 | 26 | 22 | 19 | 8 | 17 | 17 | 44 | 15 | 15 | 13 | 11 |
| d) Gyeongnam | | | | | | | | | | | | | | |
| Mean rainfall(mm) | 29 | 42 | 62 | 97 | 104 | 173 | 273 | 254 | 141 | 50 | 42 | 22 | 1,288 | 838 |
| % of annual | 2 | 3 | 5 | 8 | 8 | 13 | 21 | 20 | 11 | 4 | 3 | 2 | 100 | 65 |
| Std. deviation(mm) | 12 | 14 | 16 | 32 | 30 | 42 | 60 | 59 | 36 | 16 | 8 | 8 | 242 | 163 |
| Coef. of variation(%) | 41 | 33 | 26 | 33 | 27 | 25 | 22 | 23 | 25 | 32 | 18 | 37 | 19 | 19 |

4. 경남지방 강우의 장기간 변동성향

세 지역강우의 장기간 변동은 35년을 주기로한 각 해의 년강우(Annual Rainfall)와 우기강우(Rainy Rainfall)를 플롯트하여 나타내었다.(Fig. 2-1., Fig. 2-2.) 이 변동은 9-point Gaussian low filter를 써서 유연화 하였는데 이는 장기간 변동을 강조하는 반면에 높은 빈도요동을 완화하는 효과를 가진다.

Fig. 2-1.과 Fig. 2-2. 그래프는 유연화된 곡선양상의 요동을 나타낸다. 먼저 Fig. 2-1.의 년강우에 대한 각 지역별 변동을 살펴보면 REGION I에서 강우가 증가하는 기간은 1969년에서 1973년까지, 1981년에서 1990년까지이다. 강우가 감소하는 기간은 1973년에서 1981년까지이다. 요동양상은 REGION II에서도 분명하다. 이 지역에서 강우가 증가한 기간은 1970년에서 1974년까지, 1982년에서 1984년까지, 1986년부터 1990년까지이다. 강우가 감소한 기간은 1964년에서 1970년까지, 1974년에서 1982년까지, 1984년에서 1986년까지이다. 그리고 REGION III 년강우의 장기간 변동을 보면, 다른 지역의 요동과 비슷한 양상을 보이지만, 해양성 기후의 영향을 받아 1964년에서 1969년까지 감소하는 것을 제외하고는 년평균강우량의 장기간 변동은 증가하는 양상을 보이고 있다.

경남지역 전체를 살펴보면 REGION I과 매우 유사한 형태의 요동성향을 보이는데, 1965년에서 1974년까지와 1981년에서 1990년까지 강우가 증가하고, 1974년에서 1981년까지 감소하는 양상을 보인다.

Fig. 2-2.의 우기강우에 대한 각 지역별 변동성향을 살펴보면 세 지역에서 강우가 증가·감소하는 양상이 거의 비슷하게 나타난다. 여기서 증가하는 기간은 1980년에서 1990년까지이고, 강우가 감소하는 기간은 1969년에서 1980년까지이다. 경남지역 전체의 우기강우 곡선도 각 지역별 변동양상과 유사한 변동경향을 나타냄을 알 수 있다.

Table 2-1. Extreme Values of Annual Rainfall Total over Various Gyeongnam.

| Region | Mean rainfall totals(mm) | Highest rainfall totals(mm) | % of mean | Year | Lowest rainfall totals(mm) | % of mean | Year |
|------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|------|----------------------------|-----------|------|
| Region I | 1,286 | 2,003 | 156 | 1985 | 790 | 61 | 1977 |
| Region II | 1,201 | 1,795 | 149 | 1991 | 799 | 56 | 1994 |
| Region III | 1,417 | 2,467 | 174 | 1985 | 795 | 56 | 1994 |
| Gyeongnam | 1,288 | 2,003 | 156 | 1985 | 790 | 61 | 1977 |

Table 2-2. Extreme Values of Rainy Rainfall Total over Various Gyeongnam.

| Region | Mean rainfall totals(mm) | Highest rainfall totals(mm) | % of mean | Year | Lowest rainfall totals(mm) | % of mean | Year |
|------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|------|----------------------------|-----------|------|
| Region I | 854 | 1,363 | 160 | 1985 | 374 | 44 | 1977 |
| Region II | 764 | 1,352 | 177 | 1991 | 342 | 45 | 1994 |
| Region III | 872 | 1,401 | 161 | 1991 | 240 | 27 | 1994 |
| Gyeongnam | 838 | 1,401 | 167 | 1991 | 240 | 29 | 1994 |

세 지역과 경남지방전체에서 경험된 년총강우량과 우기강우량의 극치는 Table 2-1. 과 2-2. 에 나타내었다. 최소극치의 년강우와 우기강우는 각각의 평균의 56~61%의 범위와 27~45%범위에 있다. 그리고 극치년도는 1974년과 1994년에 발생하였다. 년강우와 우기강우의 최대극치는 각각의 평균의 149~174%범위와 160~177%범위 내에 있고 1985년과 1991년에 발생하였다.

5. 지역별 강우의 경향분석

년강우와 우기강우계열에 대한 오랜 세월동안의 경향(Trends)의 존재와 부존재는 Mann-Kendall 순위통계 τ 을 써서 결정되었다. 그 통계량은 다음으로부터 계산된다.

$$\tau = (4 \sum n_i) / (N(N-1)) - 1 \quad (1)$$

여기서 n_i 는 N 값 계열의 위치에 부수되는 계열에서 i 번째 값보다 더 큰값의 수이다.

임의계열에 있어서의 예측치 τ 는 0이고 그것의 분산은 다음과 같이 주어진다.

$$\sigma_\tau^2 = (4N+10) / (9N(N-1)) \quad (2)$$

그것의 표준편차 σ_τ 에 대한 τ 의 비(즉, τ/σ_τ)는 자료의 경향을 나타내는 것이다. 자료의 경향이 없는 경우에 이 비는 95% 신뢰구간에서 +/- 1.96범위 내에 있다. 경남지방내의 여러 지역에 있어서 τ 와 τ/σ_τ 의 값은 Table 3-1. 과 3-2.에 나타내었다. 또한 시간에 대한 강우계열의 회귀방정식의 경사도 나타내었다.

τ/σ_τ 의 값은 경남지방의 년강우에서는 REGION III만이 자료경향을 보이고 있는 반면에 우기강우에서는 모든 지역들에서 자료경향이 있음이 나타났다. 여기서 각 지역의 회귀경사의 (+)표시는 년강우와 우기강우가 해마다 증가하는 경향을 보이기는 하지만 만족한 유의성을 보이는 지역은 한 군데도 없음을 알 수 있다.

6. 영속성

Table 3-1. Mann-Kendall Rank and Regression Statistics of Annual Rainfall over Various Regions of Gyeongnam

| Statistic | REGION I | REGION II | REGION III | Gyeongnam |
|------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| τ | + 0.025 | + 0.002 | + 0.032 | + 0.022 |
| τ / σ_{τ} | + 1.524 | + 0.121 | + 2.279* | + 1.557 |
| Linear Trend(mm/year) | +1.027 | + 1.031 | + 0.753 | + 0.194 |

* Indicates coefficients significant 95% CL

Table 3-2. Mann-Kendall Rank and Regression Statistics of Rainy Rainfall over Various Regions of Gyeongnam

| Statistic | REGION I | REGION II | REGION III | Gyeongnam |
|------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| τ | + 0.035 | + 0.119 | + 0.045 | + 0.146 |
| τ / σ_{τ} | + 2.078* | + 8.521* | + 3.243* | + 10.443* |
| Linear Trend(mm/year) | +4.445 | + 3.591 | + 2.438 | + 4.016 |

* Indicates coefficients significant 95% CL

영속성(persistence)은 연속된 값의 기후학적 계열이 그것들의 이전의 값들에 의해 영향을 받는 경향을 말한다. 왜냐하면 유사한 크기의 연속값이 전체를 통해 영속되는 경향을 가지기 때문이다. 이러한 경향의 가장 잘 알려진 척도는 lag-1 serial correlation, r_1 이다. r_1 의 유의성은 단측꼬리 Gaussian 분포의 95% 유의점을 써서 검증된다. 검증치 $(r_1)_t$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$(r_1)_t = (-1 + / -1.645(N-2)^{1/2}) / (N-1) \quad (3)$$

r_1 이 양수인 것은 장기간 요동을 나타내며 그래서 영속성이 있음을 말한다. 반대로 음의 계수를 가지면 시계열에 있어서 뚜렷한 높은 빈도(즉, 단기간)를 나타내는 것이다. 년강우와 우기강우 각각의 계열에 있어서의 r_1 은 REGION I에서는 -0.021(+0.125), REGION II에서는 -0.243(-0.063), REGION III에서는 -0.233(-0.101), 그리고 경남전체에 있어서는 -0.142(+0.026)이다(괄호 속의 값은 우기강우에 있어서의 r_1 값). 이들 계수 중에 어느 것도 명확하지 않고 우기강우의 2개의 값을 제외하고는 모두 음수이다. 이것은 대부분의 계열이 영속성이 존재하지만 만족스러운 유의성은 없다는 것을 말한다. 경남지역에 있어서 강우계열은 그래서 임의적이라고 생각된다.

7. 순환과 주기성

우리는 각 지역들에서 년강우총량과 우기강우총량에 요동이 있음을 확인하였다. 어떤 뚜렷한 순환의 존재를 드러내기 위하여 먼저 년/우기강우계열을 detrend시켰다. 그리고 나서 Blackman and Turkey의 방법을 써서 power spectrum분석을 행하였다. Maximum lag는 $1/3N$ 으로 잡고 결과로 나타나는 유연화된 spectra는 Fig. 3.에 나타내었다. Michell et al.에 의해 요약된 통계적 유의성의 검증이 spectra에 적용되었다. 강우계열은 임의적으로 나타나기 때문에 적절한 신뢰한계인 null continuum은 일정한 spectral밀도를 가진다.

년강우계열에 있어서 세 지역과 경남전체에 있어서의 주기는 2.14년~2.19년과 5.00년~5.83년이고, 우기강우계열에 있어서는 2.00년~2.19년이고 5.00년~7.00년까지이다. 그래서 명백한 quasi-biennial oscillation(QBO)은 경남지역의 전체에서 모두 존재하는 것으로 나타난다. 여기에서 크게는 60개월~84개월의 큰 주기와 작게는 26개월 정도의 두 가지 주기의 순환으로 구성된다.

8. 결론

경남지역의 68개 우량관측소에서 기록된 35년간의 강우자료를 이용하여 강우의 시간적인 분포 특성을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 경향분석의 결과들은 우기강우계열에서는 모든 지역에서 만족한 유의성을 보였지만, 년강우계열에 있어서는 단지 REGION III(하류부)만이 만족한 유의성을 보였고, 각각의 계열에 대한 회귀방정식의 경사는 (+)값을 가지는데 이는 해마다 강우가 증가하는 경향을 나타낸다. 그러나 각각의 강우계열에 대한 회귀경사의 유의성은 만족할 만한 결과가 나오지 않았다.

(2) 각 지역별과 전체지역에 년강우와 우기강우의 연속성에 대한 분석결과, 우기강우의 REGION I와 경남지역에 관한 값을 제외하고는 모두 음수(-)이다. 이는 대부분의 계열이 연속성은 존재하지만 만족스러운 유의성은 없다는 것을 말하며, 그래서 경남지역에 있어서의 강우계열은 임의적이라고 생각할 수 있다.

(3) Power spectrum 분석은 강우계열에 있어서 세 지역과 경남전체에서 년강우계열의 주기는 2.14~2.19년과 5.00~5.83년이고, 우기강우계열에 있어서는 2.00~2.19년과 5.00~7.00년이었다. 따라서 명백한 quasi-biennial oscillation(QBO)은 경남지역의 전체에서 모두 존재하는 것으로 나타났다. 여기에서 크게는 60개월~84개월의 큰 주기와 작게는 26개월 정도의 두 가지 순환으로 구성된다.

9. 참고문헌

1. Anyadike, R. N. C., 1992 : Regional Variations in Fluctuations of Seasonal Rainfall over Nigeria. *Theor. Appl. Climatol.* 45, 285-292.
2. Kendall, M. G., Stuart, A., 1961 : *The Advanced Theory of Statistics*, vol. 2. New York : Hafner, 676 pp.

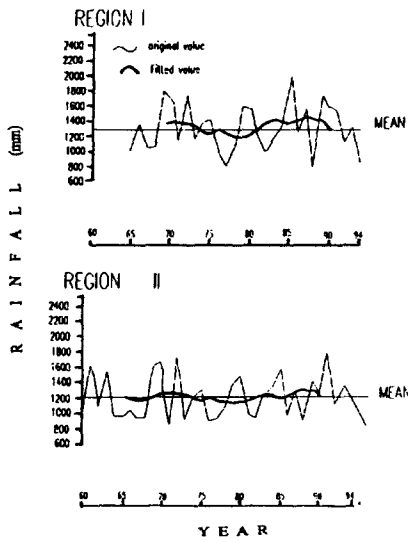


Fig. 2-1. Regional Fluctuations of Gyeongnam Rainfall. (Annual Rainfall)

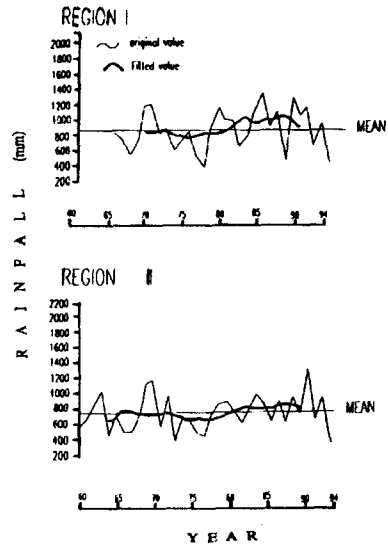


Fig. 2-2. Regional Fluctuations of Gyeongnam Rainfall. (Rainy Rainfall)

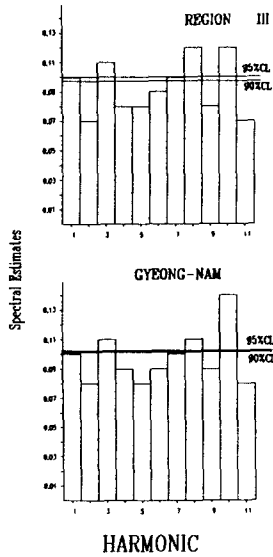


Fig. 3-1. Power Spectra of Rainfall for the Various Regions in Gyeongnam. (Annual Rainfall)

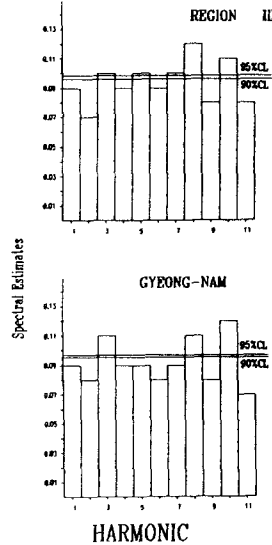


Fig. 3-2 Power Spectra of Rainfall for the Various Regions in Gyeongnam. (Rainy Rainfall)