

# 韓國 日降雨의 推計學的 構造

## Stochastic Structure of Daily Rainfall in Korea

李 根 厚\*  
Lee, Keun Hoo

### Summary

Various analyses were made to investigate the stochastic structure of the daily rainfall in Korea. Records of daily rainfall amounts from 1951 to 1984 at Chinju Metesrological Station were used for this study.

Obtained results are as follows :

1. Time series of the daily rainfall at Chinju were positively, serially correlated for the lag as large as one day.
2. Rainfall events, defined as a sequence of consecutive wet days separated by one or more dry days, showed a seasonal variation in the occurrence frequency.
3. The marginal distribution of event characteristics of each month showed significant differences each other. Events occurred in summer had longer duration and higher magnitude with higher intensity than those of events occurred in winter.
4. There were significant positive correlations among four event characteristics ; duration, magnitude, average intensity, and maximum intensity.
5. Correlations among the daily rainfall amounts within an event were not significant in general.
6. There were no consistant significancy in identity or difference between the distributions of daily rainfall amounts for different days within events.
7. Above mentioned characteristics of daily rainfall time series must be considered in building a stochastic model of daily rainfall.

### I. 緒 論

어떤 水文事象의 推計學의 特性을 究明하는 것은 그 水文事象을 推計學의 模型化함에 있어 반드시 거쳐야할 段階中의 하나이다.<sup>12)</sup> 一般의 推計學의 模型의 作成과 利用은 模型의

設定, 模型의 補定, 媒介變數의 推定, 模型의 適合性檢定, 그리고 模型의 應用等の 順序에 따르면 좋다고 한다.<sup>1)</sup> 앞에서 言及한 推計學의 特性의 究明이라함은 바로 模型의 補定段階에 該當된다고 볼 수 있다.

日降雨現象에 대한 推計學의 側面의 理解는

\*慶尙大學校 農科大學

日降雨模型의 作成에 있어 必須의인 段階일뿐 아니라 日降雨量을 入力으로하는 流出模型의 模擬發生結果가 正確한것이 되기 위해서도 반드시 必要한 節次 인것이다.

本 研究에서는 日降雨 模擬發生의 한 方法인 推計學的模型의 開發을 위한 基礎的 研究로서 于先 晉州地方의 日降雨資料를 對象으로 하여 日降雨事象이 가지고있는 推計學的 諸 特性을 究明해 보고자 한다.

## II. 資料 및 方法

### 1. 資料

慶南 晉州市의 晉州測候所 觀測資料中 1951-1984年 까지의 24年間 日降雨資料를 分析對象으로 하였으며, 晉州測候所의 諸元은 Table-1과 같다.

Table-1. Specification of Chinju Meteorological Station.

| Longitude | Latitude | Ground height | Gage height |
|-----------|----------|---------------|-------------|
| 128°06'E  | 35°10'N  | 25.9m         | 0.3m        |

### 2. 分析方法

1日 以上の 無降雨日로 分離되는 一連의 連續降雨를 日降雨事象(daily rainfall event)이라 定義하고<sup>5)</sup>, 이 日降雨事象 時系列과 日降雨量 時系列에 對하여 다음과 같이 推計學的的特性을 分析하였다.

#### 가. 從屬性(dependency)

自己相關分析에 依하여 日降雨量 時系列의 推計學的 從屬性을 究明하였다.<sup>1,12)</sup>

#### 나. 發生過程(occurrence process)分析

全 觀測期間中에 發生한 月別 日降雨事象의 發生回數를 調査하여 이들을 하나의 時系列로 하고 이에 對한 統計學的 特性, 季節變動性向, 長期變動性向等を 調査하였다.

#### 다. 日降雨事象 特性 分析

Fig.1에 나타낸바와 같이 하나의 日降雨事象

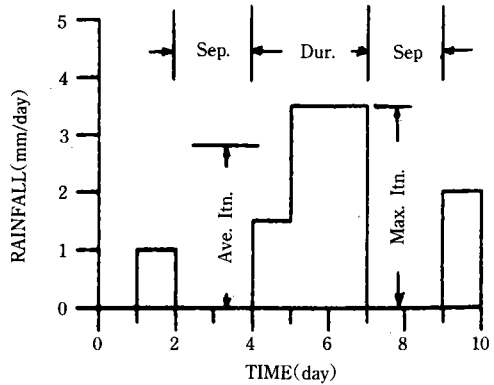


Fig. 1. Schematic illustration showing rainfall event characteristics.

이 持續된 時間 即, 日降雨連續日數를 持續期間(duration), 두個의 日降雨事象 사이의 無降雨期間을 休止期間(separation), 各 事象의 平均降雨量을 平均降雨強度(average intensity), 日降雨事象內 日降雨量 中 가장 큰 값을 最大降雨強度(maximum intensity), 그리고 各 事象의 降雨量合計를 總降雨量(magnitude)로 定義한後, 이들 特性值들이 갖는 推計學的 特性은 勿論, 特性值들 相互間의 相關關係도 分析하였다. Table-2는 日降雨事象 特性值 時系列의 抽出過程을 1959年 9月 7~15日 사이의 日降雨資料를 對象으로 例示한 것이다.

Table-2. Example showing the process of data transform for the rainfall event characteristics.

| 〈Data〉         |     |     |     |     |      |     |     |     |      |
|----------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|
| Date           | 7   | 8   | 9   | 10  | 11   | 12  | 13  | 14  | 15   |
| Daily Rainfall | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 4.5 | 15.5 | 1.5 | 1.8 | 0.0 | 72.2 |

#### 〈Values of characteristics〉

|                   |                                 |
|-------------------|---------------------------------|
| Duration          | : 5 days(Sep. 9-13)             |
| Magnitude         | : 22.6mm(=0.1+4.5+15.5+1.5+1.0) |
| Average intensity | : 4.5mm/day(=22.6/5)            |
| Maximum intensity | : 15.5mm/day(Sep. 11)           |
| Seperation        | : 2 days(Sep. 7-8)              |

라. 各 日降雨事象內 日降雨量의 推計學的 特性 分析

單一 日降雨事象內에서의 日降雨 時系列에 對한 推計學的 從屬性과 確率分布型을 究明코자 하였다. 從屬性에 對한 分析은 自己相關分析 法에 依하였으며, 確率分布型은 全 觀測期間中의 各 月別 日降雨事象들을 한데 모아 日降雨事象內 第 1日의 日降雨量들의 頻度分布, 第2日의 頻度分布, 等を 調査하고, 이들이 서로 統計的 으로 同一한 分布型인지의 與否를 檢定하였다.

III. 結果 및 考察

1. 日降雨 時系列의 自己相關分析

各 月別로 日降雨 時系列의 correlogram을 作成, 比較하였다.

Fig.2는 乾燥期라 할 수 있는 1月과 多雨期인 8月의 correlogram을 例示한 것이다. 1月과 8月 모두 遲滯時間  $k$ 가 1日인 境遇에만 自己相關係數,  $r$ , 의 값이 1% 有意水準값인 0.067보다 크다. 即, 1日의 境遇에만 系列相關이 認定된다는 뜻이다. 이러한 事實은 1月과 8月 以外의 달에서도 確認되었다.

2. 日降雨事象 發生過程

가. 長期變動 性向

Fig.3은 分析對象期間中 各 月別 日降雨事象의 發生回數를 發生順序別로 그려놓은 것이다. 一般的으로 甚한 變動을 보이고 있으나 長期的인 面에서는 一定한 增加 또는 減少趨勢를 보

이고 있지않다. 이러한 結果는 本 研究의 分析 對象 日降雨事象 時系列이 定常時系列임을 示 唆하고 있다.

이를 確認하기 위하여 Bayesian 節次<sup>5)</sup>에 따라 時系列中 平均値의 變化가 있었는지 與否를 檢定하였다. 이때 檢定을 위한 統計量은 Gardner<sup>5)</sup>의 式을 使用하였으며 檢定 結果는 Table-

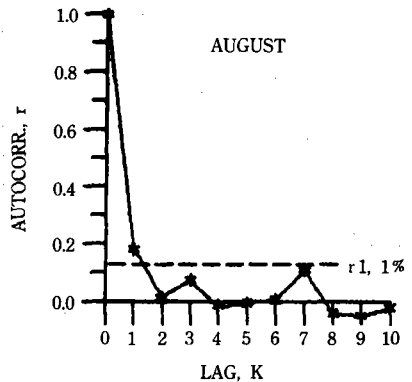
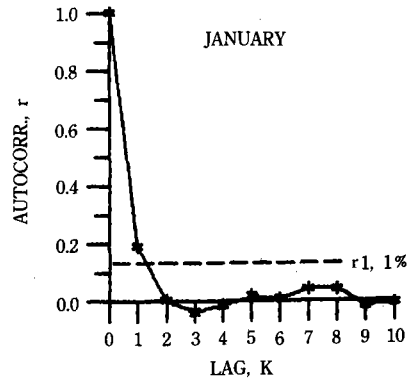


Fig. 2. Autocorrelation functions of daily rainfall events.

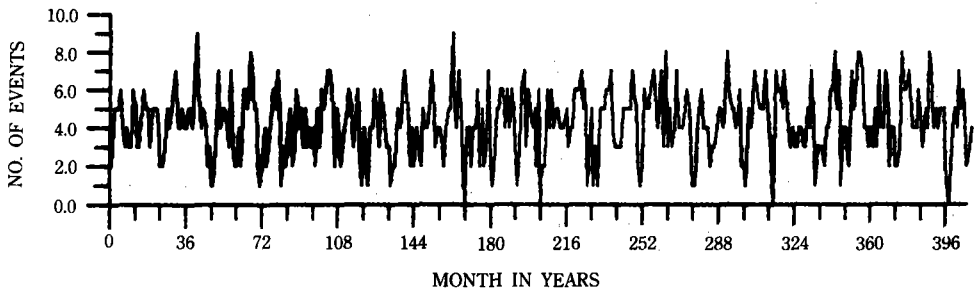


Fig. 3. Variation of monthly number of daily rainfall events for the recording year of 1951 to 1984.

Table-3. Results of Gardner's statistics to determine if long term trends were presented in monthly occurrence process.

| Month | Mean number of events | Standard deviation | Observed years | Gardner's statistics  |
|-------|-----------------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| JAN   | 2.74                  | 1.46               | 33             | $2.66 \times 10^{-5}$ |
| FEB   | 3.09                  | 1.33               | 33             | $1.73 \times 10^{-3}$ |
| MAR   | 4.41                  | 1.58               | 33             | $5.66 \times 10^{-5}$ |
| APR   | 5.44                  | 1.19               | 33             | $3.89 \times 10^{-3}$ |
| MAY   | 5.29                  | 1.27               | 33             | $1.52 \times 10^{-3}$ |
| JUN   | 5.50                  | 1.24               | 33             | $1.23 \times 10^{-3}$ |
| JUL   | 5.18                  | 1.66               | 33             | $9.88 \times 10^{-6}$ |
| AUG   | 5.09                  | 1.14               | 33             | $7.68 \times 10^{-4}$ |
| SEP   | 4.71                  | 1.53               | 33             | $3.02 \times 10^{-5}$ |
| OCT   | 3.41                  | 1.50               | 33             | $9.44 \times 10^{-4}$ |
| NOV   | 3.71                  | 1.70               | 33             | $4.84 \times 10^{-4}$ |
| DEC   | 3.00                  | 1.37               | 33             | $4.48 \times 10^{-4}$ |

Remarks : If Gardner's statistics less than 0.691, the monthly mean number of events can be assumed to have a constant value with a significant level of 1%.

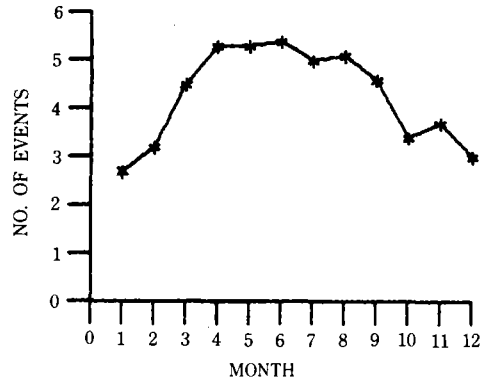


Fig. 4. Annual variation of number of mean monthly rainfall events.

### 3. 日降雨事象 特性

日降雨事象의 特性變數들에 對한 月平均값을 計算한 結果가 Table-4에 나타나 있다.

持續期間은 平均 1.9日로서 12月이 가장 짧고 7月이 가장 길었다. 即, 12月中에 發生하는 日降雨事象의 平均持續期間은 1.3日이고 7月은 2.9日이다. 一般的으로 雨期인 6-9月의 持續期間은 길고 乾期인 10-5月은 짧음을 알수 있다.

1回의 日降雨事象의 總降雨量은 平均 26.3 mm로서 12月이 最少, 7月이 最大이다. 季節의 인 變動性向을 보면 持續期間이 긴 6-9月의 總降雨量은 크고, 나머지 期間은 작다.

하나의 日降雨事象當 平均降雨強度는 全年平均 12.1mm/day 이었다. 平均降雨強度가 가장 작은 달은 1月 이었으며 8月이 가장 컸다. 一般的으로 總降雨量이 크면 平均降雨強度도 커지는 傾向을 보이고 있다.

日降雨事象內에서의 最大降雨強度는 平均 19.1mm/day로서 月別 變化는 平均降雨強度와 비슷한 傾向을 보이고 있다. 休止期間은 全年平均 5.3日로서 7月이 가장 짧고, 12月이 가장 길었다.

以上の 分析結果外에 日降雨事象 特性值들의 季節變動性向을 確認하기위하여 Marginal 分布를, 그리고 特性值들 間의 相互 從屬性을 究明키 위하여는 Conditional 分布를 比較하여 보았다.

3과 같다.

Table-3의 結果를 보면 모든 달에 걸쳐서 Gardner의 統計量이 0.691보다 작음을 알 수 있다. 이는 日降雨事象 時系列이 定常時系列임을 確認해 주는 것이다.

#### 나. 季節變動

Fig.4는 1951年 부터 1984年 까지 34年 동안에 發生한 1,734回의 日降雨事象에 對한 年平均 月別分布狀況을 보인것이다. 年間 平均 51回 程度의 日降雨事象이 發生하였고, 月間 發生回數는 2.7-5.4回로서 平均 4.3回 이었다.

季節別로는 4-6月中의 日降雨事象 發生頻도가 가장 높았고, 12-1月中의 頻도가 가장 낮았음을 알 수 있다. 이것은 日降雨事象 發生의 季節變動 性向을 보여주는 結果로서 앞으로 日降雨模型 作成에 있어 반드시 考慮 되어야할 事項中的 하나이다.

Table-4. Monthly value of event characteristics.

| Month | Event characteristics |         |             |             |           |
|-------|-----------------------|---------|-------------|-------------|-----------|
|       | DUR(days)             | MAG(mm) | A.I(mm/day) | M.I(mm/day) | SEP(days) |
| JAN   | 1.7                   | 9.1     | 4.5         | 6.9         | 9.2       |
| FEB   | 1.8                   | 15.9    | 8.2         | 12.3        | 6.9       |
| MAR   | 1.7                   | 17.9    | 9.7         | 14.4        | 5.1       |
| APR   | 1.9                   | 30.2    | 15.2        | 23.8        | 3.8       |
| MAY   | 1.9                   | 26.7    | 17.7        | 22.2        | 4.0       |
| JUN   | 2.1                   | 34.7    | 15.1        | 24.9        | 3.5       |
| JUL   | 2.9                   | 53.4    | 16.4        | 30.5        | 3.2       |
| AUG   | 2.3                   | 49.9    | 19.0        | 34.5        | 3.8       |
| SEP   | 2.1                   | 38.7    | 15.2        | 27.3        | 4.4       |
| OCT   | 1.6                   | 17.0    | 9.8         | 13.6        | 7.3       |
| NOV   | 1.5                   | 13.4    | 7.5         | 11.1        | 8.1       |
| DEC   | 1.3                   | 8.7     | 7.1         | 8.1         | 9.1       |
| Mean  | 1.9                   | 26.3    | 12.1        | 19.1        | 5.3       |

Remarks : DUR-duration

MAG-magnitude

A.I-average intensity

M.I-maximum intensity

SEP-separation

가. Marginal 分布

日降雨事象 特性值들에 對한 季節變動性向을 究明키 爲하여 各 特性值들의 Marginal 分布圖를 그려 比較한 것이 Fig. 5. 이다.

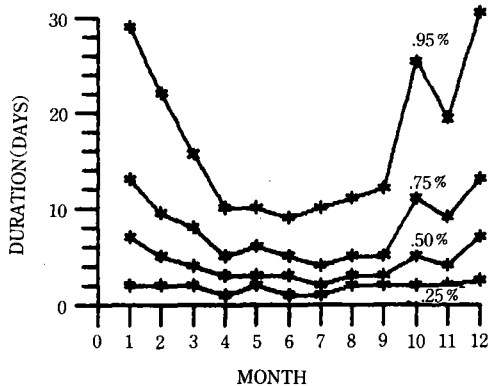
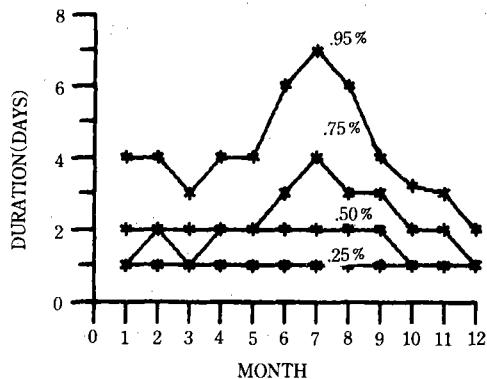
Fig. 5.의 結果를 보면 日降雨事象과 關係되 는 모든 特性值들은 季節變動性向이 뚜렷함을 알수 있다. 卽, 持續期間, 總降雨量, 平均降雨強度, 最大降雨強度等은 여름철에 큰값이 나타나고 겨울철에는 작은값으로 나타나며 休止期間

의 境遇에는 反對의 現象이나타남을 뚜렷이 보여주고 있는것이다.

나. Conditional 分布

特性值들 間의 相互 從屬性을 分析하기 爲하여 持續期間에 對한 다른 特性值들과의 Conditional 分布圖를 作成, 比較한 것이 Fig. 6.이다.

Fig. 6.에 나타난 1月과 7月의 結果를 살펴보면 持續期間에 對하여 總降雨量, 最大降雨強度等은 各己 正의 相關이 있음을 알수 있고 持續



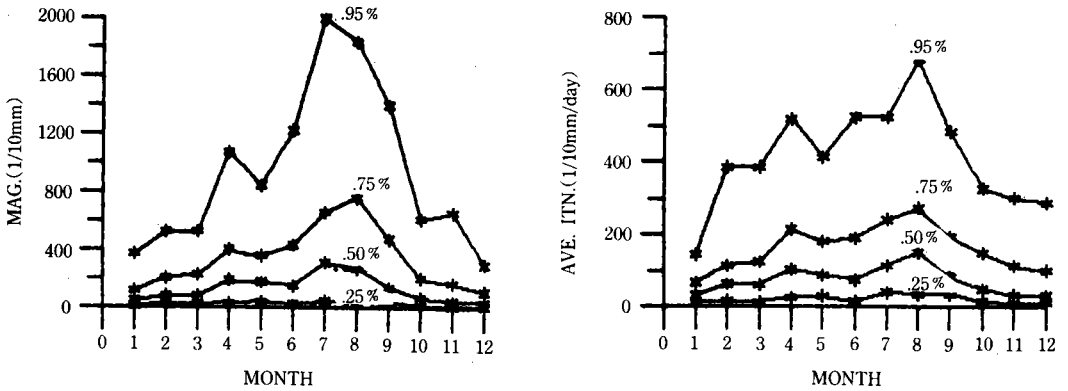


Fig. 5. Marginal distribution of monthly event characteristics.

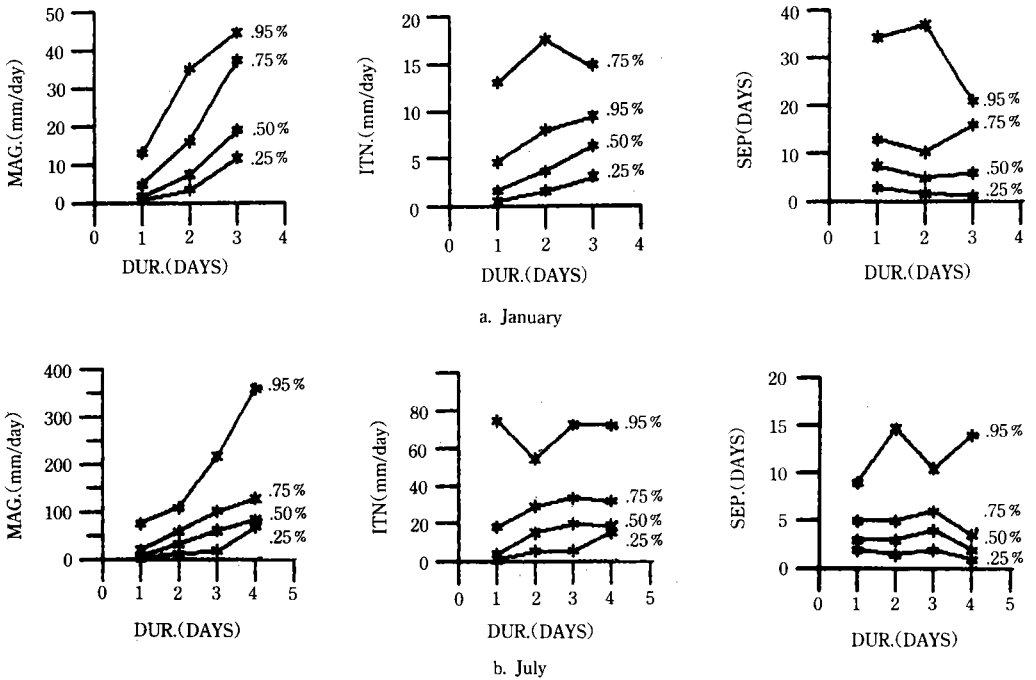


Fig. 6. Conditional distribution of magnitude, maximum intensity, and separation conditioned on duration.

期間과 休止期間間에는 弱한 負의 相關이 있어 보이나 그 傾向이 뚜렷하지는 않다.

다. 日降雨事象 特性間의 相關分析

以上の 結果를 再確認하기 위하여 各 特性值 들 간의 重相關分析을 實施한 結果가 Table-5에 나타나 있다.

Table-5의 結果를 보면 1月の 境遇, 持續期間

과 總降雨量, 最大降雨強度 間에는 正의 相關 ( $r=0.74$  및  $r=0.50$ )이 認定되는 反面, 持續期間과 休止期間 間에는 相關이 認定되지 않았다. 總降雨量과 平均降雨強度 및 最大降雨強度 間에는 高度의 正의 相關이 認定되었으며 總降雨量과 休止期間 間에는 相關이 없는것으로 나타났다. 또한 平均降雨強度와 休止期間間 그리고

**Table-5. Correlation among rainfall event characteristics.**

(1) January

|      | DUR                  | MAG                  | A.I                  | M.I                  | SEP  |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|
| DUR  | 1.00                 |                      |                      |                      |      |
| MAG  | .74                  | 1.00                 |                      |                      |      |
| A. I | .29                  | .79                  | 1.00                 |                      |      |
| M. I | .50                  | .91                  | .93                  | 1.00                 |      |
| SEP  | -.11 <sup>n.s.</sup> | -.03 <sup>n.s.</sup> | -.04 <sup>n.s.</sup> | -.02 <sup>n.s.</sup> | 1.00 |

(2) July

|      | DUR                 | MAG                 | A.I                 | M.I                 | SEP  |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
| DUR  | 1.00                |                     |                     |                     |      |
| MAG  | .76                 | 1.00                |                     |                     |      |
| A. I | .12                 | .60                 | 1.00                |                     |      |
| M. I | .45                 | .84                 | .83                 | 1.00                |      |
| SEP  | .08 <sup>n.s.</sup> | .08 <sup>n.s.</sup> | .05 <sup>n.s.</sup> | 0.6 <sup>n.s.</sup> | 1.00 |

Remarks : 'n.s.' represents non significant at 5% level

**Table-6. Correlation coefficients among daily rainfall amounts for the first, second, and third days within events.**

| Month | Day1-Day2 | Day1-Day3 | Day2-Day3 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| JAN   | .17       | -.39      | -.01      |
| FEB   | .01       | -.32      | .37       |
| MAR   | .40       | -.11      | .07       |
| APR   | -.36*     | -.10      | .00       |
| MAY   | -.13      | .14       | .12       |
| JUN   | .05       | -.04      | .28       |
| JUL   | .01       | .09       | .07       |
| AUG   | .19       | .12       | .18       |
| SEP   | .35*      | -.19      | .09       |
| OCT   | .13       | -.22      | .33       |
| NOV   | -.40      | .70*      | -.14      |
| DEC   | -.33      | -.20      | -.36      |

Remarks : "\*" represents significant at 5% level.

最大降雨強度와 休止期間間에도 相關이 없었다. 이러한 傾向은 7月の 境遇에도 同一하였으 며 다른 달에서도 비슷한 傾向이 있었다.

#### 4. 日降雨事象內 降雨量의 推計學的 特性

##### 가. 從屬性

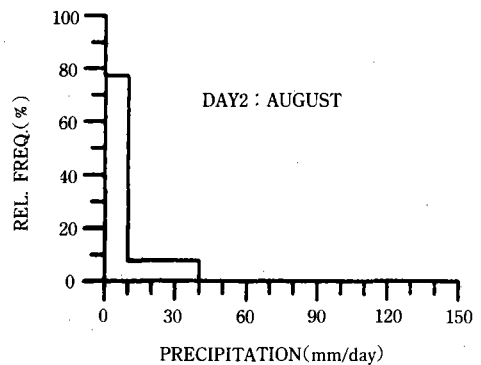
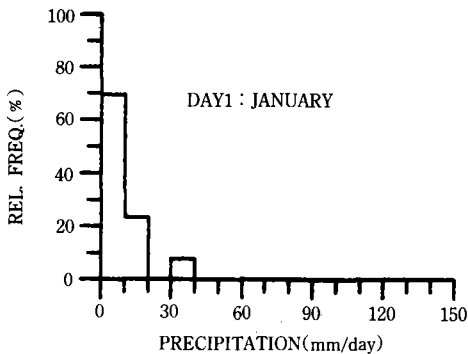
Table-6은 各 月別 日降雨事象들을 한데모아 各 事象內 日降雨量 들간의 相關係數들을 計算한 結果이다. 相關係數들의 有意성을 檢定한바  $H_0: r=0$ 의 假說을 棄却하므로서 有意的인 相

關關係가 成立하지 않음을 알수 있었다. 그러나 第1日 對 第2日의 境遇는 4月 및 9月に 그리고 第1日 對 第3日의 境遇는 11月に 相關이 認定 되었다.

##### 나. 確率分布

Fig. 7.은 各 月別 日降雨事象 內에서 第1日 및 第2日의 降雨量에 對한 頻度分布圖를 各 各 作成하여 1月과 8月의 境遇에 對한것을 比較한 것이다. 各 月別 모두 日降雨量分布의 形象이 右側으로 甚하게 歪曲되어 있음을 알수 있다.

Table-7은 各 月別 日降雨事象 內에서의 各



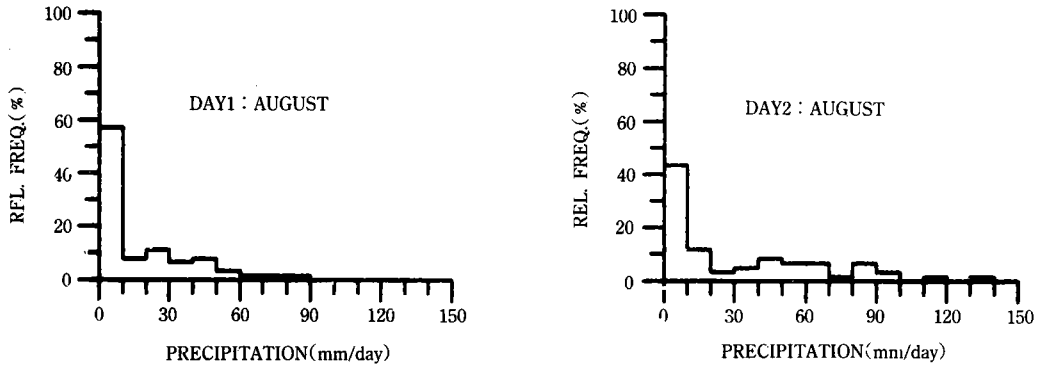


Fig. 7. Frequency distributions of daily rainfall amount for the first and the second day of rainfall events in January and August.

Table-7. Results of Kolmogorov-Smirnov non-parametric tests for the significance of differences in distribution of rainfall amounts for days within events for each month.

| Month | Day1-Day2            | Day1-Day3            | Day2-Day3            |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|
| JAN   | .304                 | .588                 | .049 <sup>n.s.</sup> |
| FEB   | .311                 | .311                 | .808                 |
| MAR   | .049 <sup>n.s.</sup> | .049 <sup>n.s.</sup> | .006 <sup>n.s.</sup> |
| APR   | .261                 | .261                 | .082                 |
| MAY   | .000 <sup>n.s.</sup> | .177                 | .000 <sup>n.s.</sup> |
| JUN   | .061                 | .527                 | .019 <sup>n.s.</sup> |
| JUL   | .402                 | .794                 | .298                 |
| AUG   | .018 <sup>n.s.</sup> | .679                 | .051                 |
| SEP   | .016 <sup>n.s.</sup> | .233                 | .499                 |
| OCT   | .064                 | .347                 | .160                 |
| NOV   | .016 <sup>n.s.</sup> | .588                 | .049 <sup>n.s.</sup> |
| DEC   | .011 <sup>n.s.</sup> | .111                 | .111                 |

Remarks : 'n.s.' represents non significant at 5% level.

月別 降雨量들의 分布型이 統計的으로 同一한 것인지에 對한 Kolmogorov-Smirnov Test의 結果이다.

Table-7의 結果를 보면 第1日과 第2日의 境遇 및 第2日과 第3日의 境遇는 降雨量의 分布型이 統計的으로 同一한 境遇와 그렇지 않은 境遇가 各己 여섯개 달로 나타났고, 第1日과 第

3日의 境遇는 3月을 除外한 모든 달에서 그 分布型이 統計的으로 같음을 나타내고 있다. 이러한 結果는 日降雨模型의 作成時 하나의 日降雨事象 內에서 各 日別 降雨量의 分布型은 모두가 同一하지는 않다는 事實이 考慮되어함을 示唆한 것이다.

#### IV. 結論 및 摘要

慶南 晉州市 所在 晉州測候所에서 觀測된 34年間(1951-1984)의 日降雨量資料에 對하여 그 推計學的 構造를 究明코자 여러가지 分析을 實施 하였던바 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

1. 晉州地域 日降雨時系列은 正의 系列相關이 認定되었고, 有意的인 遲滯日數(lag time)은 1日이었다.
2. 前後 1日 以上の 休止期間으로 區分되는 連續된 日降雨時系列을 日降雨事象이라 할때, 各 月別 日降雨事象의 發生回數는 季節的인 變動이 甚하였으나 定常時系列이었다.
3. 日降雨事象 特性值들의 marginal 分布를 分析한 結果, 夏季에 發生하는 日降雨事象들은 持續期間이 길고 總降雨量과 平均 및 最大降雨強度가 큰 反面, 冬季에는 反對의 傾向을 보여 주었다.
4. 日降雨事象의 特性值中 持續期間, 總降雨



量, 平均降雨強度, 最大降雨強度間에는 正의 相關이 있었으며 持續期間과 休止期間間에는 相關이 認定되지 않았다.

5. 日降雨事象 内에서 各 日別 降雨量間에는 大部分 相關이 認定되지 않았다.

6. 日降雨事象 内에서 各 日別 降雨量의 分布 型間에는 各 日別 및 月別로 一貫性 있는 同質性을 보이지 않았다.

7. 以上の 結果는 앞으로 日降雨의 推計學的 模型을 作成할 때 반드시 考慮되어야 할 것이다.

이 研究는 文敎部 大學敎授 海外派遣 研究計劃에 따른 支援으로 隨行되었음

### 參 考 文 獻

1. Box, G.E.P. and G.M. Jenkins. 1970. Time series analysis : Forcasting and control.
2. Chin, E.H. 1977. Modeling daily precipitation occurrence process with Marcov chain. W.R.R., 13(6) ; 332-346.
3. Garbriel, K.R. and J. Neuman. 1967. A Marcov chain model for daily rainfall occurrence at Telaviv. Q.J. Royal Meteorological Soc., 88 ; 89-95.
4. Haan, C.T., Allen D.M. and J.O. Street. 1976. A Marcov chain model of daily rainfall. W.R.R., 12(3) ; 443-449.
5. Istoc, J.D. 1986. A stochastic precipitation event model for use in erosion model. Ph. D. Thesis. Oregon State University.
6. Kavvas, M.L. and J.W. Delleur. 1981. A stochastic cluster model of daily rainfall sequences. W.R.R., 17(4) ; 1151-1160.
7. Rolden, Jose and D.A. Woolhiser. 1982. Stochastic daily precipitation models ; 1. A comparison of occurrence processes. W.R.R., 18(5) ; 1451-1489.
8. Todorovic, P. and V. Yevjevich. 1969. Stochastic process of precipitation. C.S.U. Hydrology Papers, 35 ; 62-70.
9. Waymire, Ed and V.R. Gupta. 1981. The mathematical structure of rainfall representations ; 1. A review of the stochastic rainfall models. W.R.R., 17(5) ; 1261-1272.
10. \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_-2. A review of the theory of point processes. W.R.R., 17(5) ; 1273-1285
11. Woolhiser, D.A. and Jose Roldan. 1986. Seasonal and regional variability of parameters for stochastic daily precipitation models. W.R.R., 22(6) ; 965-978.
12. Yevjevich, V. 1984. Structure of daily hydrologic series. W.R.P.