

論 文

“우리나라 中部 地方의 日最大降水量 推定에 關하여”

(On the Estimation of Daily Maximum Precipitation in the Central Part of Korea.)

李 來 英
(Lee, Nae young)

Abstract

According to the simplified Gringorten's method of extreme values from data samples, daily maximum precipitation and return period at several stations in the central part of Korea were estimated.

And also, it was known that the distribution of daily maximum precipitation of Sogcho, Chuncheon, Kangreung, Seoul, Incheon, Suwon, Seosan, Cheongju and Daejeon area belong to an exponential type of distribution.

1. 序 論

氣象災害의 原因은 여러 가지가 있겠으나 그 중에서도 가장 큰 比重을 차지하는 것이 降水이며 그 중에서도 長時間에 내린 降水形態보다는 短時間에 내린 集中의 降水가 보다 큰 被害를 招來하고 있다. 따라서 短時間에 내린 日降雨強度에 대한 資料 解析은 水文 構造物 設計에 基本課題라고 볼 수 있겠다.

降水 解析中 去來量에 대한 推定은 지금까지 過去의 資料를 利用한 curve fitting이나 最小 自乘法을 通한 回歸方程式으로 經驗的 再現期間을 알아보는 方法을 많이 쓰고 있다¹⁾²⁾³⁾. 이에 더하여 前述한 바와 같이 短時間의 集中降水가 氣象災害에 큰 影響을 주므로 日降水量 極值解析의 研究는 보다 重要한 課題라고 생각된다.

降雨強度의 最少值 또는 最大值와 같은 極值分布에 대해서는 Fisher와 Tippett³⁾¹²⁾의 研究를 비롯하여 近年에는 Jenkinson, Gringorten¹⁰⁾, Gumbel²⁾³⁾, Okamoto¹²⁾ 등의 研究가 있었고 우리나라에서도 李⁹⁾에 의하여 그 研究가 있다. 그러나 Gringorten의 圖表를 利用한 降水量極值分布 研究는 李⁹⁾가 서울 地方에 대해서 日最

大降水量을 推定한 境遇를 除外하고는 없다.

1971年 7月 17日, 서울 全域에서는 集中豪雨가 6時間 동안 무려 171.2mm나 쏟아져 山沙汰 및 大洪水로 因한 家屋倒壞와 田畓流失로 많은 人命과 財産被害를 가져온 災害가 發生하였다. 이 날의 日最大降水量은 서울이 188.6mm, 仁川이 111.7mm, 水原이 91.0mm 등이었고, 1972年 8月 18日~19日의 물난리 때는 서울의 日降水量은 273.2mm, 江陵은 206.5mm, 仁川은 207.0mm, 水原은 313.6mm, 瑞山은 189.9mm, 大田은 90.2mm, 束草는 145.8mm로 각각 그 해의 日最大降水量의 最大值를 나타냈다. 이것은 1907年 降水量 觀測以來 日最大降水量 順位에서 각각 서울은 8位, 江陵은 10位, 仁川은 7位, 그리고 瑞山, 大田, 束草는 각각 1, 2, 4, 5位를 記錄한 값들이다.

本研究에서는 Gringorten⁹⁾이 考案한 方法과 圖表를 使用하여서 우리나라 中部 地方의 主要都市의 日最大降水量의 再現期間과 그에 대한 量을 알아 보는 것을 目的으로 하였다. 이 Gringorten의 方法은 實用上 아주 便利하고, 理論的 根據에서 보아도 다른 經驗的 方法을 使用하는 것보다 더 좋은 結果를 얻을 수 있다는 것이 Okamoto¹²⁾의 解析例에서 證明된 바 있다.

* 本學會 正會員 梨花女子大學校 師範大學 科學教育科 助教授

2. 資 料

調査對象地域은 우리나라 中部地方의 9個 主要都市, 即 東草(38°12'N, 128°36'E), 春川(37°52'N, 127°36'E), 江陵(37°45'N, 128°54'E), 서울(37°34'N, 126°58'E), 仁川(37°28'N, 126°38'E), 水原(37°16'N, 126°59'E), 瑞山(36°47'N, 126°22'E), 淸州(36°38'N, 127°26'E), 大田(36°18'N, 127°24'E)이다.

對象資料는 中央觀象臺에서 觀測한 降水量 自記紙에서 1日을 降水持續期間으로 하는 1日 降水量을 求하여 最多 順位別로 抽出 使用하였으며, 調査期間은 仁川이 1904~1976, 서울이 1907~1976, 江陵이 1911~1976까지이고 水原이 1964~1976, 春川이 1966~1976, 淸州가 1967~1976, 東草와 瑞山이 1968~1976, 그리고 大田이 1969~1976까지이다. 이들 期間동안의 資料中 1950年以後 動亂中의 缺測資料는 調査對象에서 除外하였으며 自記紙에서 抽出한 資料는 氣象月報⁶⁾와 氣象年報⁷⁾에 收錄된 값과 比較 確認한 後에 使用하였다.

3. 極值 推定

Gembel은 過去 35年間에 600여편의 論文을 包括하는 Statistics of extreme이라는 冊에서 指數分布型에 속하는 母集團의 極值分布는 二重指數分布일 것이라고 記述한 바 있다⁸⁾. 그 후 Gringorten은 極值 X의 分布를

$$Y = AX + B \tag{1}$$

로 表示할 때 P(X)를 變量 X의 累積確率이라고 하면 한 개의 解 P(X)는

$$P(X) = \exp(-e^{-r}) \tag{2}$$

로 얻을 수 있다고 하였는데, 이것이 Gringorten이 定한 二重指數分布이며, X와 關聯된 Y의 값은 다음과 같이 두 推定因子 μ, β 로 表示되는 式

$$X = \mu + \beta Y \text{ 또는 } Y = (x - \mu) / \beta \tag{3}$$

으로 求한다. Y의 平均値는 所謂 Euler의 常數로 알려진 $\gamma = 0.5772 \dots$ 이며 標準偏差는 $\sigma = \pi / \sqrt{6}$ 이다.

지금 N個의 觀測值 X가 二重指數分布가 되기 위하여 (3)式의 μ 와 β 가 決定되어야 하는데 이들은 X의 標準化 變數와 Y의 標準化 變數를 等式으로 놓아서 定한다. 即

$$\frac{X - \bar{X}}{S_x} = \frac{Y - \gamma}{\sigma} \tag{4}$$

로부터

$$\beta = \frac{S_x}{\sigma}, \mu = \bar{X} - \gamma\beta \tag{5}$$

와 같이 定한다⁹⁾¹³⁾.

上述한 二重指數分布를 따르지 않는 경우는 極值에

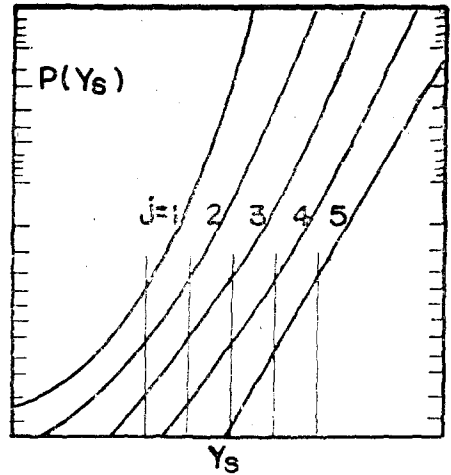


Fig. 1. Variation model of theoretical distribution on the probability paper.

관한 몇 개의 理論的 model分布를 正規分布로 부터 만들고 實際로 資料에 適合한 것을 觀察에 의해 고르는 方法을 Gringorten은 考案하였다⁹⁾. 即 順位確率 P(Ys)를 極值 確率紙의 縱軸에, 標準化 變數 Ys를 橫軸에 잡아 Fig. 1과 같은 5種(j=1, 2, 3, 4, 5)의 累積分布曲線을 미리 만들어 두었다.

여기서 標準化 變數 Ys란 Y의 母集團 平均値를 E(Y), 標準偏差를 σ_Y 라 할 때

$$Y_s = \frac{[Y - E(Y)]}{\sigma_Y} \tag{6}$$

으로 한 것이다. 그러나 實際로는

$$Y_s = \frac{X - \bar{X}}{S_x} \tag{7}$$

을 使用하는데, 여기서 \bar{X} 는 X의 標本 平均値, S_x 는 標本の 標準偏差이다.

또 推定値의 標準偏差 S(x)는 近似的으로

$$S^2(x) = \frac{S_x^2 \alpha}{N} \tag{8}$$

로 주어 지는데, N은 標本の 크기, $\alpha = 1 + Y_s \sqrt{\beta_1} + Y_s^2(\beta_2 - 1)/4$; $\beta_1 = \mu_3^2 / \mu_2^3$, $\beta_2 = \mu_4 / \mu_2^2$ 이다. 여기서 μ_i 는 X의 i番째의 값이며 Table 1.에 5個의 理論的 model分布(j=1~5)의 E(Y), σ_Y , β_1 , β_2 의 값이 提示되어 있다.

推定値의 標準偏差 S(x)를 알기 위한 (8)式에서의 α 를 計算하는 方法은 그 理論的 model分布 각각에 대하여 Table 2.에 나타내었다.

Fig. 1과 Table 1.에서 j=1, 2, 3, 4는 正規母集團에서 각각 獨立的으로 10^{j-1} 個의 標本을 取한 것을 나타내고 P_1 은 1個, P_1^{10} 은 10個, P_1^{100} 은 100個, P_1^{1000} 은 1,000個의 標本 속의 標本 最大値의 累積分布를 나타낸 것이다.

Table 1. Characteristics of the distribution of Y whose cumulative function is $P(Y)$

| j | P(Y) Description | E(Y) | σ | β_1 | β_2 |
|---|--------------------------------|-------|----------|-----------|-----------|
| 1 | Gaussian (=P ₁) | 0 | 1 | 0 | 3 |
| 2 | P ₁ ¹⁰ | 1.539 | .587 | .168 | 3.331 |
| 3 | P ₁ ¹⁰⁰ | 2.508 | .426 | .429 | 3.765 |
| 4 | P ₁ ¹⁰⁰⁰ | 3.241 | .350 | .618 | 4.088 |
| 5 | Double Exp. | .5772 | 1.283 | 1.297 | 5.400 |

Table 2. Formulas for the variance $S^2(X)$ reached asymptotically, of the estimate (X) in the equation. $\hat{X}X = \bar{X} + S_X Y_S$ in terms of α where $S^2(X) = \frac{\alpha S_X^2}{N}$

| Distribution (Table 1) | α |
|------------------------|--------------------------------|
| j=1 | 0.5 $Y_S^2 + 1$ |
| j=2 | 0.583 $Y_S^2 + 0.410 Y_S + 1$ |
| j=3 | 0.691 $Y_S^2 + 0.691 Y_S + 1$ |
| j=4 | 0.772 $Y_S^2 + 0.5936 Y_S + 1$ |
| j=5 | 1.100 $Y_S^2 + 1.1396 Y_S + 1$ |

Gaussian derived
Double exponential

任意的 連續分布 $F(X)$ 에 대해 變數 X 의 極值가 N 個 나타났을 때, 어떤 X 가 N 個中의 i 番째의 順序 標本值 x_i 以下가 될 確率 $P(X \leq x_i)$ 는

$$P(X \leq x_i) = \frac{i}{N+1} \quad (9)$$

인데²⁾¹⁰⁾, Gringorten은 이를

$$P(X \leq a) = P_i = \frac{i-a}{N+1-2a}, \quad 0 \leq a \leq 1 \quad (10)$$

로 하고, $n > 20$ 이면 a 는 0.44에 確率收斂하여서 (10) 式은

$$P_i = \frac{i-0.44}{N+0.12} \quad (11)$$

이 된다고 하였다. 이에 의하여 plot하면 標本 最大値가 二重指數分布에 따를 경우 Fig. 1의 $j=5$ 와 같이 完全한 直線이 된다.

다음에 새로운 變數 η 를 다음 式

$$\eta = \exp\{-\exp P(Y)\} \quad (12)$$

와 같이 定하여 各 model分布 $j=1\sim 5$ 에 대하여 Y_S 를 η 로 바꾸는 變換尺 Fig. 2를 만들어 둔다.

또 N 個中 最大値의 分布函數를 $F_{n:n}$ 이라고 하면 $F_{n:n} = P^n$ 이므로

$$\eta = \exp N + \eta_0, \quad \eta_0 = -\exp(-\exp F_{n:n}) \quad (13)$$

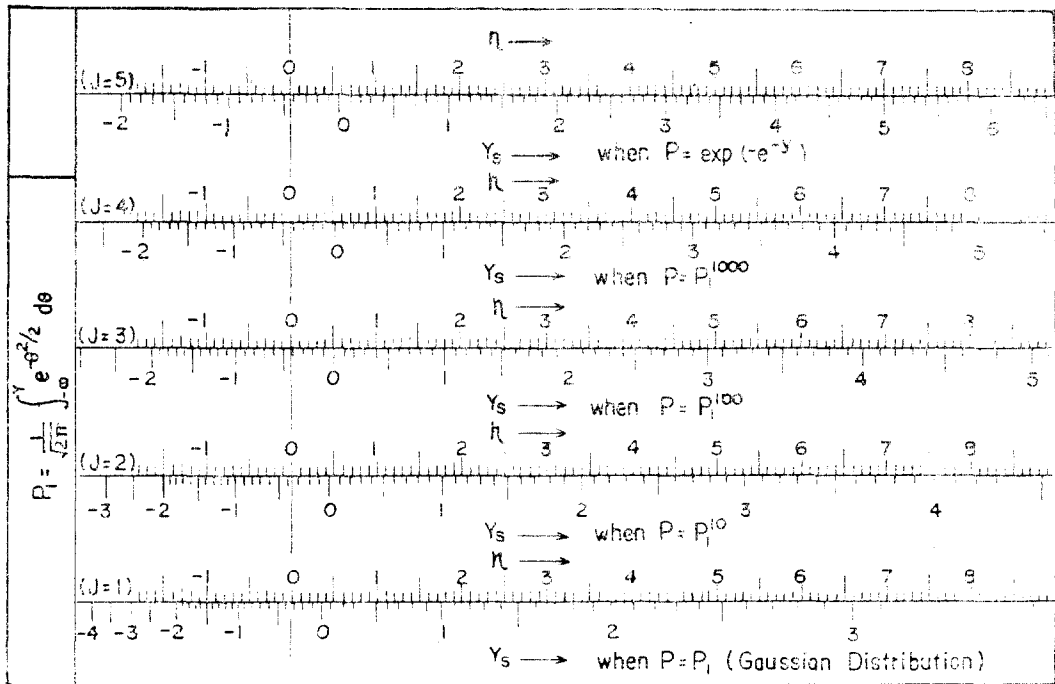


Fig. 2. Five standardized scales plotted against the uniform scale $\eta = -\ln(-\ln P)$ where P is the cumulative frequency. Scale ($j=1\sim 4$) is for the Gaussian distribution. Scale ($j=5$) is for the double exponential distribution.

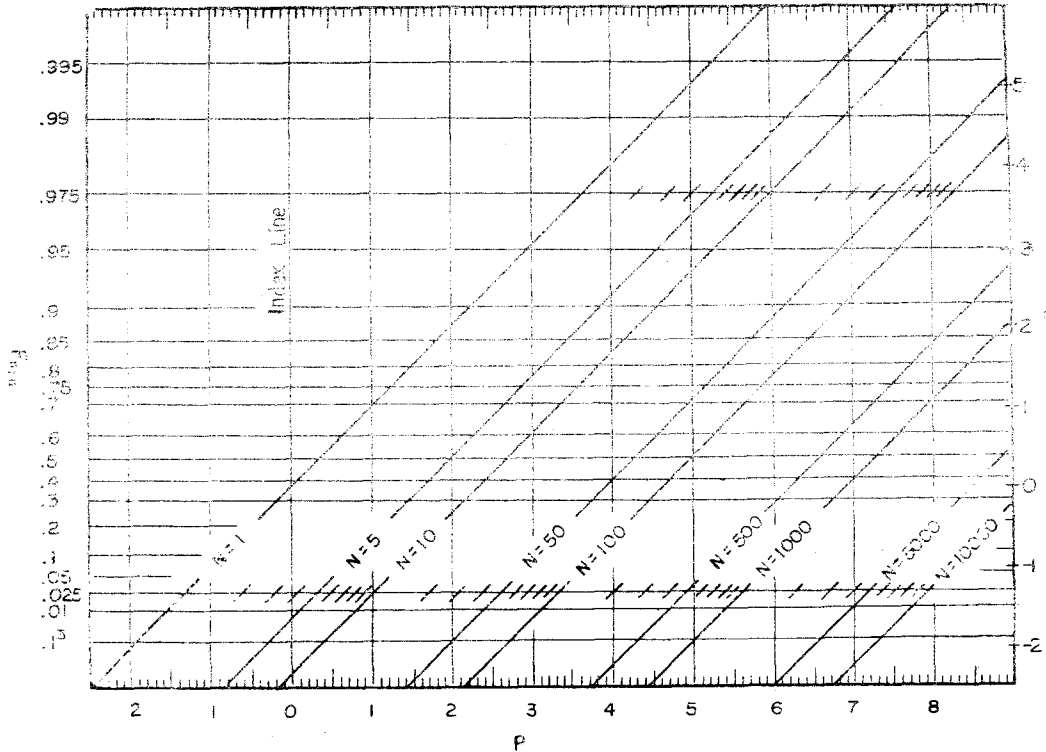


Fig. 3. The cumulative probability ($F_{n:n}$) of the highest of independent observations plotted against the cumulative probability (P) of the parent distribution, or the reduced varite $\eta = -\ln(-\ln P)$

이 된다. 따라서 N 을 주면 η 와 η_0 , 즉 η 와 $F_{n:n}$ 의 관계가 결정되는데, 이를 나타낸 것이 Fig. 3이다.

Fig. 2와 Fig. 3을 사용하여 어느 地方에서의 任意的 期間에 어떤 日最大降水量을 넘는 確率が 不過 1%인 日最大降水量을 求할 수 있다. 즉 Fig. 3에서 η 를 얻고, Fig. 2의 變換尺으로 부터 η 에 대한 Y_s 를 求하면 된다.

또 任意的 再現期間에 該當하는 日最大降水量도 推定할 수 있는데, 再現期間($R.P.$)과 確率(P)의 關係

$$1 - P = \frac{1}{R.P.} \quad (14)$$

로부터 P 를 求하고 Fig. 3에서 η 를 읽으면 各 경우($j=1\sim 5$)에 대응하는 標準化 變數 Y_s 를 읽어서 前述한 方法으로 求할 수 있다.

4. 各地의 日最大降水量 推定

우리 나라 中部地方의 各 都市에서 各 調査 期間 동안의 日最大降水量의 順位表와 나타난 日字는 Table 3과 같다. 各行에 씩진 降水量들은 나타난 日에서 가장 큰 日降水量을 意味한다. 이 表들에 의한 各地의 平均値 \bar{X} 와 標準偏差 S_x 는 Table 4.와 같다.

Table 3.의 資料를 (9)式 또는 (11)式에 適用하여

前述한 바와 같이 크기 N 인 標本에 대하여 各 地點別로 低順位부터 해아린 i 番째의 日最大降水量의 順位確率 P_i 를 求하고, Table 3.의 資料와 Table 4.의 計算值를 (7)式에 넣어서 標準化 變數 Y_s 를 計算하였다.

Table 3. Graded list of daily maximum precipitation

a) Sogcho (1968~1976) (unit: mm)

| Order | D.M.P | Date | Order | D.M.P | Date |
|-------|-------|--------------|-------|-------|-------------|
| 1 | 221.4 | 1976. 8. 13 | 6 | 139.7 | 1969. 4. 24 |
| 2 | 206.3 | 1970. 7. 6 | 7 | 109.4 | 1974. 9. 2 |
| 3 | 176.0 | 1971. 8. 5 | 8 | 96.0 | 1975. 7. 6 |
| 4 | 170.3 | 1968. 10. 24 | 9 | 79.2 | 1973. 5. 1 |
| 5 | 145.8 | 1972. 8. 18 | | | |

b) Chuncheon (1966~1976) (unit: mm)

| Order | D.M.P | Date | Order | D.M.P | Date |
|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|
| 1 | 177.9 | 1966. 7. 15 | 7 | 115.4 | 1969. 7. 30 |
| 2 | 174.2 | 1972. 8. 4 | 8 | 111.6 | 1975. 7. 15 |
| 3 | 164.3 | 1970. 9. 17 | 9 | 98.2 | 1968. 8. 23 |
| 4 | 152.9 | 1976. 8. 13 | 10 | 96.0 | 1971. 8. 10 |
| 5 | 135.2 | 1967. 7. 20 | 11 | 53.5 | 1973. 9. 1 |
| 6 | 120.7 | 1974. 8. 3 | | | |

c) Gangreung (1911~1976) (unit: mm)

| Order | D.M.P | Date | Order | D.M.P | Date |
|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|
| 1 | 305.5 | 1921. 9. 24 | 33 | 123.8 | 1940. 9. 3 |
| 2 | 297.7 | 1936. 9. 27 | 34 | 123.0 | 1947. 9. 7 |
| 3 | 289.1 | 1971. 8. 5 | 35 | 122.0 | 1955. 8. 29 |
| 4 | 287.1 | 1954. 9. 13 | 36 | 121.3 | 1914. 8. 23 |
| 5 | 267.0 | 1970. 7. 6 | 37 | 117.0 | 1956. 7. 15 |
| 6 | 232.5 | 1925. 9. 7 | 38 | 115.3 | 1965. 7. 15 |
| 7 | 213.2 | 1919. 8. 16 | 39 | 114.4 | 1965. 7. 15 |
| 8 | 210.2 | 1916. 8. 10 | 40 | 110.4 | 1974. 9. 2 |
| 9 | 206.6 | 1941. 8. 10 | 41 | 110.0 | 1976. 8. 13 |
| 10 | 206.5 | 1972. 8. 19 | 42 | 106.5 | 1926. 7. 21 |
| 11 | 198.3 | 1918. 7. 12 | 43 | 106.1 | 1931. 4. 27 |
| 12 | 179.9 | 1958. 9. 5 | 44 | 105.5 | 1952. 7. 29 |
| 13 | 176.8 | 1920. 7. 7 | 45 | 102.2 | 1960. 9. 18 |
| 14 | 167.0 | 1948. 9. 8 | 46 | 98.8 | 1935. 7. 21 |
| 15 | 165.5 | 1959. 9. 17 | 47 | 96.9 | 1930. 7. 18 |
| 16 | 160.4 | 1912. 7. 14 | 48 | 96.4 | 1966. 8. 20 |
| 17 | 160.4 | 1953. 6. 28 | 49 | 94.1 | 1928. 9. 15 |
| 18 | 158.4 | 1957. 10. 29 | 50 | 93.7 | 1917. 4. 28 |
| 19 | 154.6 | 1922. 7. 2 | 51 | 91.7 | 1961. 10. 27 |
| 20 | 151.3 | 1938. 9. 3 | 52 | 86.8 | 1944. 4. 7 |
| 21 | 150.4 | 1933. 9. 4 | 53 | 85.7 | 1962. 8. 24 |
| 22 | 149.6 | 1943. 10. 3 | 54 | 83.5 | 1934. 12. 31 |
| 23 | 145.3 | 1949. 6. 21 | 55 | 81.2 | 1924. 7. 7 |
| 24 | 142.4 | 1942. 9. 13 | 56 | 81.0 | 1939. 7. 25 |
| 25 | 141.0 | 1945. 10. 21 | 57 | 80.7 | 1929. 8. 16 |
| 26 | 138.6 | 1975. 11. 14 | 58 | 76.8 | 1913. 6. 28 |
| 27 | 137.6 | 1968. 10. 24 | 59 | 75.4 | 1973. 9. 10 |
| 28 | 136.6 | 1969. 7. 30 | 60 | 69.3 | 1927. 1. 15 |
| 29 | 132.8 | 1915. 9. 8 | 61 | 68.5 | 1937. 7. 19 |
| 30 | 130.5 | 1964. 9. 18 | 62 | 56.5 | 1946. 6. 17 |
| 31 | 124.2 | 1967. 9. 3 | 63 | 56.2 | 1932. 6. 15 |
| 32 | 124.1 | 1963. 8. 10 | | | |

d) Seoul (1907~1976) (unit: mm)

| Order | D.M.P | Date | Order | D.M.P | Date |
|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|
| 1 | 354.7 | 1920. 8. 2 | 34 | 126.9 | 1929. 7. 29 |
| 2 | 283.9 | 1940. 7. 10 | 35 | 126.0 | 1954. 7. 28 |
| 3 | 273.2 | 1972. 8. 19 | 36 | 125.9 | 1964. 9. 13 |
| 4 | 254.7 | 1915. 8. 22 | 37 | 125.8 | 1936. 8. 11 |
| 5 | 244.5 | 1953. 8. 13 | 38 | 125.2 | 1933. 7. 29 |
| 6 | 226.3 | 1966. 7. 15 | 39 | 122.3 | 1969. 5. 4 |
| 7 | 219.9 | 1956. 6. 22 | 40 | 122.2 | 1955. 6. 24 |
| 8 | 188.6 | 1971. 7. 17 | 41 | 121.7 | 1927. 7. 14 |
| 9 | 185.1 | 1925. 7. 17 | 42 | 119.2 | 1923. 8. 1 |
| 10 | 197.3 | 1935. 7. 21 | 43 | 117.2 | 1946. 6. 26 |
| 11 | 175.3 | 1916. 9. 10 | 44 | 103.5 | 1975. 7. 25 |
| 12 | 169.2 | 1963. 6. 22 | 45 | 103.1 | 1961. 9. 1 |
| 13 | 165.5 | 1912. 7. 18 | 46 | 101.9 | 1959. 7. 1 |
| 14 | 165.4 | 1942. 8. 5 | 47 | 101.0 | 1937. 4. 14 |
| 15 | 164.8 | 1970. 9. 17 | 48 | 99.3 | 1928. 8. 29 |
| 16 | 159.4 | 1947. 7. 23 | 49 | 97.2 | 1934. 9. 5 |
| 17 | 153.5 | 1910. 7. 6 | 50 | 96.2 | 1967. 7. 20 |
| 18 | 153.4 | 1926. 7. 26 | 51 | 96.2 | 1976. 8. 13 |
| 19 | 153.2 | 1957. 7. 7 | 52 | 94.3 | 1941. 8. 10 |
| 20 | 153.1 | 1914. 3. 6 | 53 | 89.8 | 1938. 9. 3 |
| 21 | 150.6 | 1918. 8. 16 | 54 | 87.6 | 1917. 9. 3 |
| 22 | 150.4 | 1922. 8. 22 | 55 | 84.3 | 1974. 8. 3 |
| 23 | 150.1 | 1930. 7. 8 | 56 | 82.7 | 1907. 4. 13 |
| 24 | 149.3 | 1968. 8. 23 | 57 | 74.7 | 1962. 9. 6 |
| 25 | 149.1 | 1931. 8. 20 | 58 | 69.7 | 1924. 7. 26 |
| 26 | 147.9 | 1919. 7. 6 | 59 | 69.2 | 1944. 8. 11 |
| 27 | 147.1 | 1945. 7. 15 | 60 | 68.5 | 1913. 8. 18 |
| 28 | 145.3 | 1958. 7. 1 | 61 | 61.2 | 1973. 8. 17 |
| 29 | 144.9 | 1965. 7. 20 | 62 | 58.5 | 1949. 9. 16 |
| 30 | 143.0 | 1932. 8. 30 | 63 | 54.6 | 1939. 6. 7 |
| 31 | 140.9 | 1908. 7. 21 | 64 | 54.1 | 1909. 4. 18 |
| 32 | 135.3 | 1960. 6. 28 | 65 | 48.3 | 1943. 8. 13 |
| 33 | 128.5 | 1921. 7. 6 | 66 | 47.9 | 1911. 4. 24 |

이렇게 구한 各地의 順位制 P_i, Y_s 의 計算値를 1對1로 對應시켜서 二重指數 確率方眼紙에 plot한 것이 Fig. 4~Fig. 12이다.

江陵, 서울, 仁川의 日最大降水量 資料로서는 Fig. 6 Fig. 7, Fig. 8에 나타났듯이 거의 直線이라고 볼 수 있으므로 Fig. 1에서의 適合한 曲線은 $j=5$ 라고 볼 수 있고 이에 따라서 江陵, 서울, 仁川의 日最大降水量은 二重指數分布를 따른다고 할 수 있겠다.

江陵, 서울, 仁川을 除外한 나머지 6個 地點(東草, 春川, 水原, 瑞山, 清州, 大田)의 分布에 대해서는 正確한 判斷을 하기가 어렵다. Fig. 4~Fig. 5와 Fig. 9~Fig. 12를 보면 자기 句配의 差는 있으나 大體로 $j=$

5와 같은 分布로 될 것이 豫想되고 있다.

각 Fig.에서 點直線 兩側에 그려진 한 隻의 曲線은 95%의 信賴限界를 나타내는 것으로 Gringorten⁹⁾의 table을 利用하여 그린 것이다.

前述한 日最大降水量 推定法에 따라서 우리나라 中部地方의 各都市의 日最大降水量을 再現期間 및 確率別로 알아 본 結果를 Table 6.에 提示하였다. 紙面關係로 東草, 江陵, 서울, 仁川의 點만을 掲載하였으며 勿論 이 結果는 Table 5.와 Fig. 4.~Fig. 12.에서 보여 준 바와 같이 各地點의 日最大降水量이 二重指數分布를 하고 있다는 理論의 根據에서 作成된 것이다.

e) Incheon (1904~1970)

(unit: mm)

| Order | D.M.P | Date | Order | D.M.P | Date |
|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|
| 1 | 347.5 | 1922. 8. 22 | 37 | 103.1 | 1906. 9. 12 |
| 2 | 261.4 | 1935. 7. 21 | 38 | 102.3 | 1954. 7. 28 |
| 3 | 238.3 | 1940. 9. 3 | 39 | 99.7 | 1934. 9. 5 |
| 4 | 229.9 | 1915. 8. 22 | 40 | 97.2 | 1919. 7. 6 |
| 5 | 224.7 | 1918. 8. 15 | 41 | 97.0 | 1929. 8. 26 |
| 6 | 212.5 | 1970. 9. 17 | 42 | 96.8 | 1966. 9. 5 |
| 7 | 207.0 | 1972. 8. 19 | 43 | 96.5 | 1912. 8. 19 |
| 8 | 195.7 | 1930. 7. 8 | 44 | 96.2 | 1904. 7. 16 |
| 9 | 173.8 | 1925. 7. 17 | 45 | 95.7 | 1916. 7. 15 |
| 10 | 172.0 | 1953. 8. 13 | 46 | 94.0 | 1920. 7. 19 |
| 11 | 153.2 | 1969. 8. 6 | 47 | 91.9 | 1905. 9. 13 |
| 12 | 152.7 | 1963. 6. 22 | 48 | 91.6 | 1965. 7. 20 |
| 13 | 152.5 | 1908. 7. 21 | 49 | 89.3 | 1955. 6. 24 |
| 14 | 150.1 | 1956. 6. 22 | 50 | 88.4 | 1937. 4. 14 |
| 15 | 139.1 | 1933. 7. 30 | 51 | 88.1 | 1964. 4. 19 |
| 16 | 139.0 | 1961. 8. 16 | 52 | 85.7 | 1917. 9. 3 |
| 17 | 136.5 | 1946. 6. 24 | 53 | 83.3 | 1974. 8. 30 |
| 18 | 136.5 | 1968. 8. 23 | 54 | 79.0 | 1962. 6. 2 |
| 19 | 133.7 | 1947. 7. 23 | 55 | 79.0 | 1960. 7. 7 |
| 20 | 131.4 | 1948. 8. 7 | 56 | 78.7 | 1923. 6. 29 |
| 21 | 131.3 | 1952. 7. 27 | 57 | 78.7 | 1944. 8. 11 |
| 22 | 131.2 | 1957. 7. 7 | 58 | 75.5 | 1967. 7. 20 |
| 23 | 129.6 | 1976. 8. 12 | 59 | 73.4 | 1913. 8. 18 |
| 24 | 125.5 | 1928. 9. 4 | 60 | 73.3 | 1941. 8. 10 |
| 25 | 124.9 | 1926. 7. 22 | 61 | 73.1 | 1943. 9. 7 |
| 26 | 124.1 | 1914. 3. 6 | 62 | 71.8 | 1960. 7. 7 |
| 27 | 120.1 | 1958. 7. 1 | 63 | 69.2 | 1924. 6. 22 |
| 28 | 115.3 | 1910. 8. 28 | 64 | 68.1 | 1942. 9. 13 |
| 29 | 115.0 | 1921. 7. 6 | 65 | 60.4 | 1975. 4. 26 |
| 30 | 114.9 | 1959. 8. 31 | 66 | 59.5 | 1909. 4. 18 |
| 31 | 114.7 | 1931. 7. 8 | 67 | 59.2 | 1911. 8. 9 |
| 32 | 111.7 | 1971. 7. 17 | 68 | 55.8 | 1949. 8. 25 |
| 33 | 110.6 | 1936. 3. 27 | 69 | 54.3 | 1973. 7. 30 |
| 34 | 110.4 | 1938. 9. 3 | 70 | 54.1 | 1907. 4. 13 |
| 35 | 107.2 | 1927. 8. 21 | 71 | 53.7 | 1939. 10. 8 |
| 36 | 106.8 | 1932. 8. 30 | | | |

f) Suweon (1964~1976)

(unit: mm)

| Order | D.M.P | Date | Order | D.M.P | Date |
|-------|-------|--------------|-------|-------|-------------|
| 1 | 313.6 | 1972. 8. 19 | 8 | 96.0 | 1974. 7. 8 |
| 2 | 184.1 | 1968. 8. 23 | 9 | 91.0 | 1971. 7. 17 |
| 3 | 160.0 | 1965. 7. 16 | 10 | 86.4 | 1975. 8. 27 |
| 4 | 143.5 | 1970. 10. 25 | 11 | 80.3 | 1967. 8. 14 |
| 5 | 117.9 | 1966. 7. 17 | 12 | 71.5 | 1976. 8. 3 |
| 6 | 115.1 | 1964. 4. 19 | 13 | 68.4 | 1973. 7. 30 |
| 7 | 110.2 | 1969. 8. 3 | | | |

g) Seosan (1968~1976)

(unit: mm)

| Order | D.M.P | Date | Order | D.M.P | Date |
|-------|-------|--------------|-------|-------|-------------|
| 1 | 192.4 | 1970. 10. 24 | 6 | 79.1 | 1976. 7. 2 |
| 2 | 189.9 | 1972. 8. 19 | 7 | 76.6 | 1968. 4. 5 |
| 3 | 150.1 | 1974. 7. 8 | 8 | 58.1 | 1975. 8. 31 |
| 4 | 130.5 | 1968. 4. 5 | 9 | 50.2 | 1973. 8. 23 |
| 5 | 106.3 | 1971. 8. 10 | | | |

h) Cheongju (1967~1976)

(unit: mm)

| Order | D.M.P | Date | Order | D.M.P | Date |
|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|
| 1 | 179.2 | 1969. 8. 7 | 6 | 95.9 | 1975. 9. 15 |
| 2 | 121.6 | 1972. 8. 4 | 7 | 95.5 | 1974. 7. 9 |
| 3 | 108.5 | 1976. 8. 14 | 8 | 85.2 | 1970. 9. 9 |
| 4 | 100.6 | 1967. 8. 16 | 9 | 82.2 | 1968. 7. 16 |
| 5 | 98.7 | 1971. 6. 30 | 10 | 63.8 | 1973. 6. 29 |

i) Daejeon (1969~1976)

(unit: mm)

| Order | D.M.P | Date | Order | D.M.P | Date |
|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|
| 1 | 150.4 | 1969. 8. 7 | 5 | 85.2 | 1974. 4. 7 |
| 2 | 136.3 | 1971. 7. 26 | 6 | 78.0 | 1973. 8. 2 |
| 3 | 97.2 | 1970. 9. 9 | 7 | 77.2 | 1976. 8. 27 |
| 4 | 90.2 | 1972. 8. 19 | 8 | 62.8 | 1975. 8. 6 |

Table 4. Mean (\bar{X}) and standard deviation (S_x) of distribution of daily maximum precipitation at each area.

| clas. | site | Sogcho | Chuncheon | Gangreung | Seoul | Incheon | Suwon | Seosan | Cheongju | Daejeon |
|-----------|------|--------|-----------|-----------|--------|---------|--------|--------|----------|---------|
| \bar{X} | | 146.34 | 127.26 | 139.55 | 136.08 | 116.90 | 126.01 | 114.80 | 103.12 | 97.16 |
| S_x | | 57.97 | 36.54 | 59.56 | 56.14 | 53.85 | 63.57 | 50.93 | 29.32 | 28.51 |

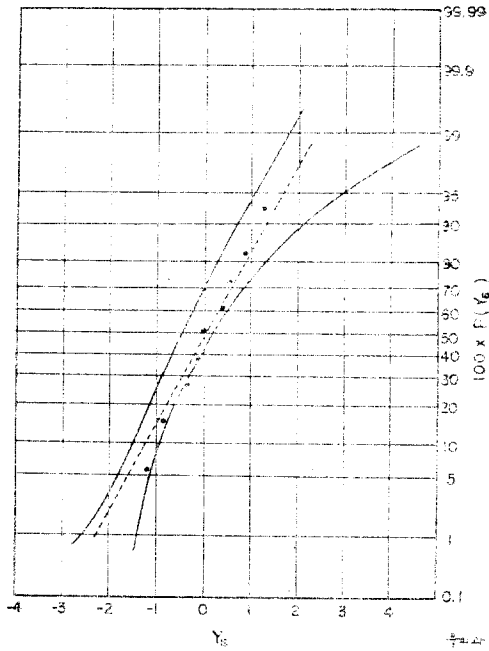


Fig. 4. Distribution of daily maximum precipitation at Sogcho.

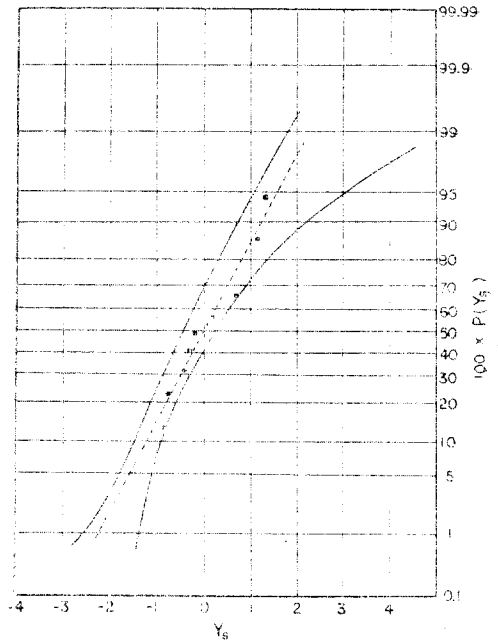


Fig. 5. Same as Fig. 4, except for Chuncheon.

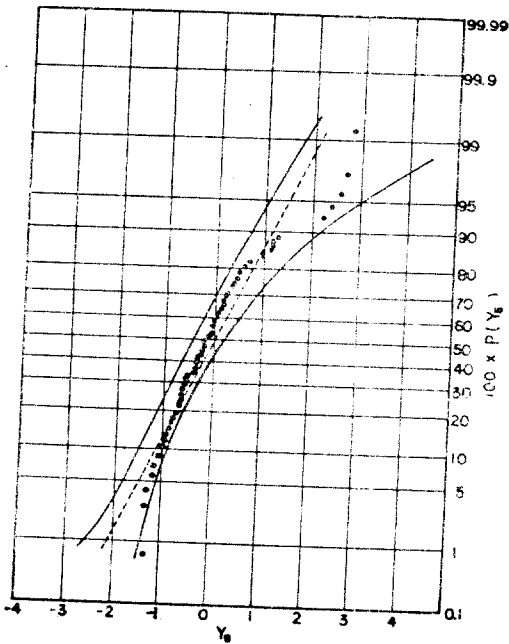


Fig. 6. Same as Fig. 4, except for Gangreung.

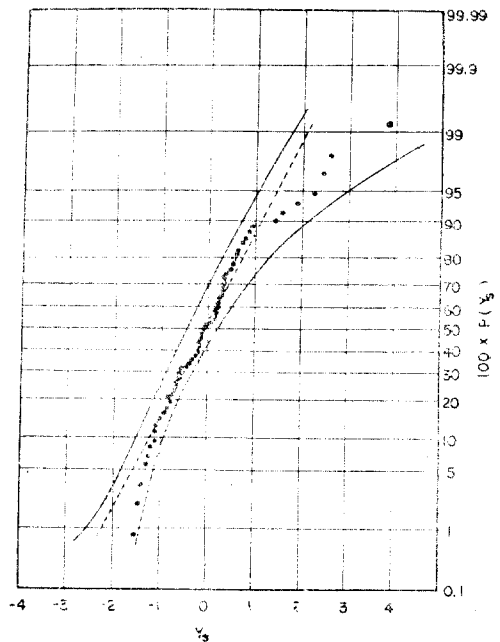


Fig. 7. Same as Fig. 4, except for Seoul.

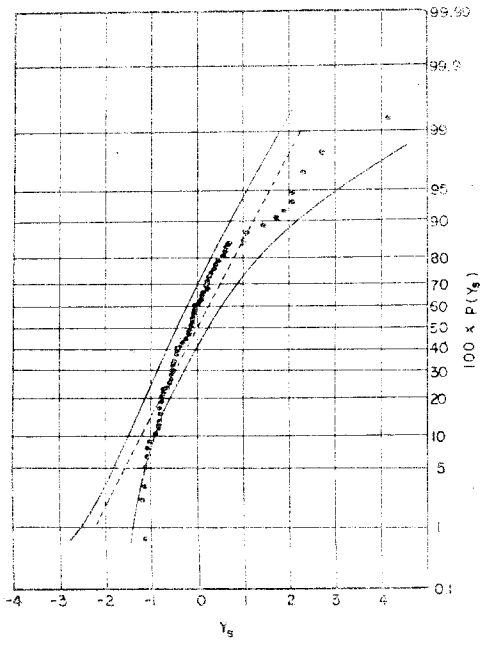


Fig. 8. Same as Fig. 4, except for Incheon.

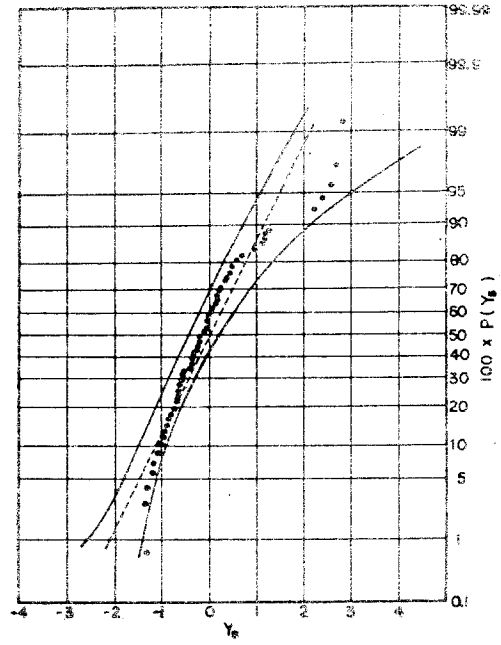


Fig. 9. Same as Fig. 4, except for Suwon.

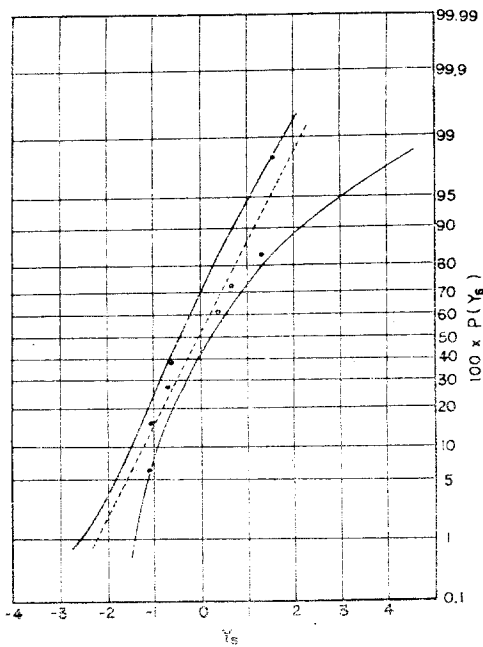


Fig. 10. Same as Fig. 4, except for Seosan.

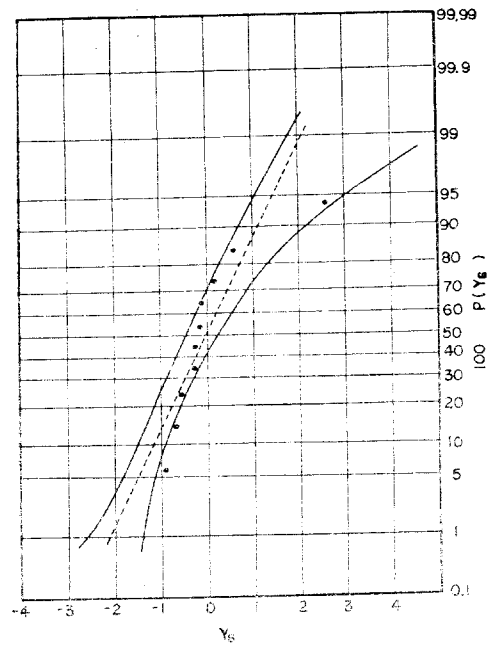


Fig. 11. Same as Fig. 4, except for Cheongju.

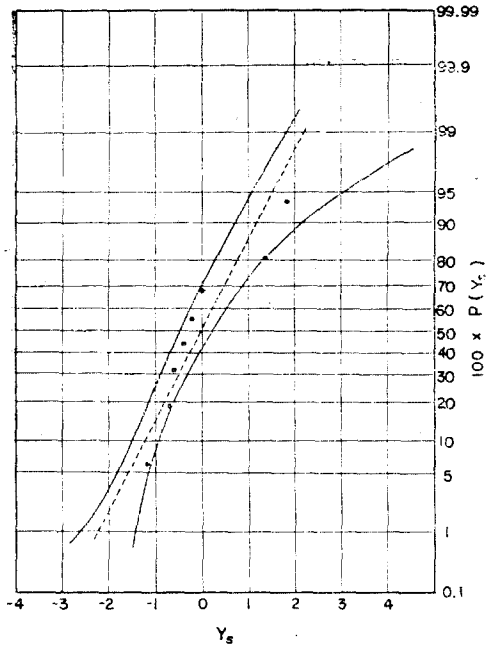


Fig. 12. Same as Fig. 4, except for Daejeon.

5. 結 言

江陵, 서울, 仁川地方의 日最大降水量의 分布는 二重指數分布(double exponential distribution)를 하고 있음이 알려졌다. 이에 따라 Gringorten의 圖表를 利用하여 江陵, 서울, 仁川에 대해서 再現期間 및 確率別로 日最大降水量을 推定하였다(Table 24. ~Table 26 참조)

束草, 春川, 水原, 瑞山, 清州, 大田地方에 대해서는 앞으로 降水量 資料가 더 累積되어지면 江陵, 서울 仁川地方과 마찬가지로 二重指數分布를 따를 것이 豫想되고 있다. 이 地點들에 대해서도 二重指數分布를 하고 있다는 假定 아래 日最大降水量을 推定하였다.

또한 Gringorten의 方法에 의한 降水解析이 매우 實用的이고 便利함이 再確認되었으며 本 調査研究에 의하면 우리나라의 다른 地點에 대해서도 그 適用이 可能하리라고 생각되며, 降水量 資料 以外에 다른 氣象要素 即 바람, 氣溫, 氣壓 等の 極值分布 解析에도 有用하리라고 思慮된다.

從來의 方法으로 求한 우리나라 中部地方 各 地點의 日最大降水量 推定値와 比較 檢討할 必要가 있으나 지금까지 研究分析된 것이 없어서 앞으로의 研究課題로 남긴다.

Table 6. Return periods of daily maximum precipitation

a) Sogcho

(unit: mm)

| $F_{n,n}$ \ R.P. | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 100 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| .995 | 342.89 | 398.61 | 421.80 | 433.39 | 443.83 | 450.20 | 458.21 | 468.18 | | |
| .99 | 317.45 | 374.26 | 398.61 | 410.21 | 421.80 | 430.49 | 435.13 | 443.83 | 450.20 | |
| .95 | 256.58 | 317.45 | 342.89 | 354.55 | 368.47 | 374.26 | 381.22 | 388.76 | 398.61 | 421.80 |
| .90 | 227.02 | 293.11 | 317.45 | 329.05 | 342.89 | 350.50 | 356.29 | 364.99 | 374.26 | 398.61 |
| .80 | 193.98 | 262.38 | 290.79 | 301.80 | 314.55 | 323.25 | 329.05 | 339.48 | 346.44 | 372.52 |
| .70 | 200.35 | 244.41 | 272.82 | 284.41 | 298.32 | 307.60 | 310.50 | 323.25 | 330.75 | 356.29 |
| .60 | 155.72 | 227.02 | 256.58 | 268.18 | 284.41 | 290.79 | 298.32 | 308.76 | 317.45 | 343.54 |
| .50 | 140.64 | 216.01 | 244.41 | 256.58 | 272.82 | 280.93 | 288.47 | 298.16 | 307.60 | 333.10 |
| .10 | 84.41 | 160.35 | 193.98 | 207.31 | 222.96 | 231.66 | 239.19 | 250.70 | 260.64 | 288.47 |

b) Gangreung

(unit: mm)

| $F_{n,n}$ \ R.P. | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 100 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| .995 | 358.73 | 433.78 | 465.94 | 482.02 | 498.10 | 508.23 | 517.76 | 532.65 | | |
| .99 | 326.57 | 400.42 | 433.78 | 449.26 | 465.94 | 478.45 | 484.40 | 498.10 | 508.23 | |
| .95 | 252.12 | 326.57 | 358.73 | 371.83 | 390.89 | 400.42 | 409.95 | 419.48 | 433.78 | 465.94 |
| .90 | 219.36 | 294.41 | 326.57 | 340.27 | 358.73 | 367.66 | 374.81 | 386.72 | 400.42 | 433.78 |
| .80 | 181.24 | 258.67 | 291.43 | 305.13 | 321.80 | 333.12 | 340.27 | 353.97 | 362.90 | 398.64 |
| .70 | 159.20 | 237.82 | 270.58 | 285.47 | 300.36 | 312.27 | 317.63 | 333.12 | 343.25 | 374.81 |
| .60 | 142.53 | 219.96 | 252.12 | 265.22 | 285.47 | 291.43 | 300.36 | 315.25 | 326.57 | 358.73 |
| .50 | 128.83 | 205.07 | 237.82 | 252.12 | 270.58 | 279.52 | 289.64 | 298.58 | 312.27 | 345.03 |
| .10 | 75.82 | 147.89 | 181.24 | 196.13 | 215.19 | 224.13 | 230.68 | 244.97 | 256.29 | 289.64 |

c) Seoul

(unit: mm)

| $R.P.$ | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 100 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| .995 | 342.68 | 413.41 | 443.73 | 458.89 | 474.04 | 483.59 | 492.57 | 506.60 | | |
| .99 | 312.36 | 381.97 | 413.41 | 428.01 | 443.73 | 455.52 | 461.13 | 474.04 | 483.59 | |
| .95 | 242.18 | 312.36 | 342.68 | 355.03 | 372.99 | 381.97 | 390.96 | 399.94 | 413.41 | 443.73 |
| .90 | 211.31 | 282.04 | 312.36 | 325.27 | 342.68 | 351.10 | 357.83 | 369.06 | 381.97 | 413.41 |
| .80 | 175.38 | 248.36 | 270.24 | 297.20 | 307.87 | 318.54 | 325.27 | 338.18 | 346.61 | 380.29 |
| .70 | 154.61 | 228.71 | 259.59 | 273.62 | 287.66 | 298.89 | 303.94 | 318.54 | 328.08 | 357.83 |
| .60 | 138.89 | 211.87 | 242.18 | 254.54 | 273.62 | 279.24 | 287.66 | 301.69 | 312.36 | 342.68 |
| .50 | 125.97 | 197.83 | 228.71 | 242.18 | 259.59 | 268.01 | 277.55 | 285.97 | 298.89 | 329.76 |
| .10 | 76.01 | 143.94 | 175.38 | 189.41 | 207.38 | 215.80 | 221.97 | 235.45 | 246.11 | 277.55 |

d) Incheon

(unit: mm)

| $R.P.$ | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 100 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| .995 | 315.07 | 382.92 | 12.00 | 426.54 | 441.08 | 450.23 | 458.85 | 472.31 | | |
| .99 | 285.99 | 352.76 | 382.92 | 396.92 | 412.00 | 423.31 | 428.69 | 441.08 | 450.23 | |
| .95 | 218.68 | 285.99 | 315.07 | 326.92 | 344.15 | 352.76 | 361.38 | 370.00 | 382.92 | 412.00 |
| .90 | 189.06 | 256.91 | 285.99 | 298.37 | 315.07 | 323.15 | 329.61 | 340.38 | 377.00 | 382.92 |
| .80 | 154.60 | 224.60 | 254.22 | 266.60 | 281.68 | 291.91 | 298.37 | 310.76 | 318.84 | 351.15 |
| .70 | 134.67 | 205.75 | 235.37 | 248.83 | 262.30 | 273.07 | 277.91 | 291.91 | 301.07 | 329.61 |
| .60 | 119.59 | 189.60 | 218.68 | 230.52 | 248.83 | 254.22 | 262.30 | 375.76 | 285.99 | 315.07 |
| .50 | 107.21 | 176.14 | 205.75 | 218.68 | 235.37 | 243.45 | 252.60 | 260.68 | 273.07 | 302.68 |
| .10 | 59.28 | 124.44 | 154.60 | 168.06 | 185.29 | 193.37 | 199.29 | 212.21 | 222.45 | 252.60 |

<謝 辭>

本稿를 위하여 研究費를 持援하여 주신 文敎部 當局에 感謝드립니다. 또한 많은 資料를 提供하여 주신 國立中央觀象臺의 여러 분과 助言을 아끼지 않으셨던 洪性吉 學兄, 그리고 資料整理와 計算에 힘써 준 梨大 科學敎育科 地球科學 研究室 朱明善, 鄭蓮王, 金英伊, 鄭惠京 嬢에게 感謝를 드립니다.

<References>

1. 渡邊次雄; 近代氣象調查法, 技報堂全書 第6卷, 1958, pp. 302.
2. 鈴木榮一; 氣象統計學, 地人書館, 1971, pp. 314.
3. 川畑幸夫; 水文氣象學, 地人書館, 1973, pp. 268.
4. 李來英; 서울 地方의 日最大降水量 推定에 關하여 韓國水文學會誌, Vol. 7, No. 1, 1974, pp. 65~70.
5. 李元煥; 우리나라 主要 地點에 있어서의 降雨解析에 關한 水文統計學的인 研究, 韓國水文學會誌, Vol. 5, No. 2, 1972, pp. 30~43.

6. 中央觀象臺; 氣象月報(1976年까지), 中央觀象臺.
7. ———; 氣象年報(1979年까지), 中央觀象臺.
8. ———; 降水量自記紙(1976年까지), 中央觀象臺.
9. Gringorten, I; A Simplified Method of Estimating Extreme Values From Data Samples, J. of Amer. Met. Soc., Vol. 2, 1962, pp. 82~89.
10. ———; Envelopes for Ordered Observations Applied to Meteorological Extremes, J. Geophy. Res., Vol. 68, 1963, pp. 815~826.
11. Conrad, V. and Pollak, W.; Methods in Climatology, 2nd ed., Harvard Univ. Press, 1950, pp. 459.
12. Okamoto; The Estimation of Maximum Daily Precipitation by Using Gringorten's Diagram, Tenki, Vol. 15, No. 6, 1963, pp. 243~248.
13. R.E. Munn Biometeorological Methods, Environmental Sciences an Interdisciplinary Monograph Series, Academic Perss, 1970, pp. 336.