

< 論 文 >

우리나라의 最大可降水量 推定에 關한 研究

(A Study on the Estimation of Probable Maximum Precipitation in Korea)

尹 世 儀*

Yoon Sei Eui

李 元 煥**

Lee Won Hwan

ABSTRACT

Probable Maximum Precipitation <P.M.P> values for seven heavy storms during the period from 1966 to 1976 are derived, using the manual for W.M.O P.M.P analysis of storm precipitation.

The hydrometeorological and the statistical methods are consisted of the procedure of P.M.P estimation in this study. It is possible to draw P.M.P curves from the view points of area and storm durations. A comparison has been made between the P.M. P values of Nakdong River basin and the results of this paper. For a storm period of 24 hours, the P.M.P value at the maximum station is 762 mm and the moisture maximization ratio are within the range 1.17 to 1.41 for the seven selected storms.

要 旨

本 研究는 1966 年부터 1976 年까지 7 個의 豪雨를 選定하여 最大可降水量 (Probable Maxim - um Precipitation) 을 WMO의 方法에 따라서 水文氣象學의 方法과 統計學의 方法으로 推定하였다. 水文氣象學의 方法으로 最大可降水量의 DAD 曲線을 얻을 수 있었으며, 豪雨期間은 2. 4. 6. 8. 12 24 時間까지, 面積은 25,000 km^2 까지 하였다.

統計學의 方法으로 豪雨期間 6, 24 時間에 對해서만 最大可降水量을 計算하였다.

洛東江 流域의 最大可降水量과 本研究의 結果를 比較하였다.

本研究 結果는 다음과 같이 요약할 수 있다. 豪雨期間 24 時間에 對한 地点 最大可降水量은 762 MM로 推定되었다.

水分最大化比는 1.17 ~ 1.41 의 범위로 이는 既發生된 豪雨의 降水量보다 17% ~ 41% 의 增加 量을 나타낼수 있음을 의미한다.

1. 序 論

人口의 都市集中과 産業의 發達로 都市化現象이 深 化되어가고 있는 오늘날, 大規模 水工構造物의 파괴와 같은 萬一의 사태는 예측하기 어려운 國家의인 災禍를 초래할 것이 分明하다. 災禍를 防止하기 위하여는 防 災對策의 基準에 달려 있는 만큼, 장래 예상되는 最大 發生可能한 降雨量을 과학적으로 推定하여, 이를 設計

降雨量으로 채택하여 피해를 최대한 줄이는데 最大可 降水量(P. M. P)을 求하는 目的이 있다.

最大可降水量을 推定하는 方法에는 水文氣象學의 方 法과 統計學의 方法이 利用되며, 統計學의 方法은 비교 적 資料가 적은 地域에서 概略의인 推定을 하기 위한 方法이며, 1938年 U. S Weather Bureau 에서는 최초 로 Wappapelo 의 St. Francis 流域의 最大可降水量을

* 本學會 正會員 延世大學校 大學院 土木工學科

** 本學會 副會長 延世大學校 教授 (工博)

推定하였다.⁽¹⁾ 1953年 Paulhus 와 Gilman은 最大可降水量 推定方法을 정리하여 發表하였다.⁽²⁾ 1965年 Hershfield,⁽³⁾ Mckay⁽⁴⁾ 등에 의하여 統計學的 方法이 發表되었으며, 1960年代에는 U. S. Weather Bureau에 의하여 美國 重要流域의 最大可降水量을 推定하였다.⁽⁵⁾ 1973년에 와서는 W.M.O가 最大可降水量을 求하는 Manual을 發表하였다.⁽⁶⁾ 近來에는 大規模 水工 構造物의 設計降雨量으로 最大可降水量을 채택하고 있는 實情이다.⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾

國內에서는 1970年代 초기에 曺喜九에 의하여 最大可降水量 推定方法이 發表되었고⁽¹⁰⁾ 李光浩가 洛東江 流域의 最大可降水量을 求하였으며⁽¹¹⁾ 아직까지 最大可降水量에 대한 研究가 매우 未洽한 實情이다.

本論文에서는 水文氣象學的 方法과 統計學的 方法으로 우리나라의 最大可降水量을 求하였으며, 資料의 不足으로 概略의인 推定에 머물렀다.

2. 基本資料

2.1. 降雨量

1966 ~ 1976年 期間의 雨量觀測所 降雨量 記錄中 24時間 降雨量이 200mm 以上을 나타낸 7個의 豪雨를 原因과 位置를 調査하여 表-1과 같이 택하였다. 또한 이 期間中의 12個 地點의 自記雨量 記錄紙로부터 累加雨量資料를 求하였다. 1955~1978年 사이의 12個 지점의 持續時間 6시간, 24시간에 對한 年 最大值 降雨量을 使用하였다.

2.2. 露點溫度, 最大露點溫度

露點溫度는 12개 測候所의 月表原簿로부터 얻었으며, 상기자료로부터 12시간 持續性露點溫度(12hr -

Persisting dew Points)를 地點別로 산출하였다. 그 결과는 表1과 같다. 1920 ~ 1970年 사이의 12個 地點의 最大露點溫度는 이미 發表되었으며⁽¹¹⁾ 1971 ~ 1978年 사이의 露點溫度는 月表原簿에서 6月에서 9月까지 10日 간격으로 求하였다. 1920 ~ 1978年 기간중의 12시간 持續性 地上 最大露點溫度는 表2에 記錄되어 있다.

[表-1] 選定된 豪雨(1966 ~ 1976)

호우기호	호우기간	원인	호우중심	노점온도(°C)
a	66. 7. 14 ~ 15	저기압	서울	22.9
b	69. 9. 14 ~ 16	저기압	경남, 양산	23.1
c	70. 7. 4 ~ 7	태풍	강원, 강릉	20.4
d	71. 8. 4 ~ 5	태풍	강원, 강릉	23.3
e	72. 8. 18 ~ 20	태풍	경기, 수원	22.7
f	74. 8. 28 ~ 30	저기압	전남, 광주	23.0
g	76. 8. 13 ~ 16	저기압	강원, 원주	22.8

3. 最大可降雨量의 推定方法

3.1 水文氣象學的 方法

1) 水分最大化

觀測된 豪雨의 期間別 降雨量을 大氣中의 水分을 考慮하여 最大化시키는 方法으로 同一場所와 同一季節의 豪雨의 露點溫度와 最大露點溫度로서 比濕을 구하고 可降水量을 계산한다. 이때 露點溫度는 12시간 持續性 地上 露點溫度이다. 可降水量은 다음 式으로서 표시한다.⁽¹²⁾

$$W = \bar{g} \cdot \Delta p / g \cdot \rho \dots\dots\dots (1)$$

\bar{g} : 기층의 평균비습 (g/kg)

W : 가강수량 (cm)

Δp : 기층의 상부와 하부 사이의 압력차 (mb)

g : 중력가속도 (cm/sec²)

[表-2] 12時間 持續性 地上 最大露點溫度(°C) (1920 ~ 1978)

지점	강릉	서울	인천	추풍령	포항	대구	전주	울산	광주	부산	목포	여수
6월 1일 ~ 10일	21.7	20.4	18.8	20.5	20.4	21.2	22.6	21.4	22.5	21.4	23.7	20.8
11 ~ 20	22.0	22.9	20.2	22.5	22.2	22.6	24.3	22.0	23.8	22.1	24.3	22.8
21 ~ 30	23.5	24.2	23.0	23.9	24.4	25.1	25.2	23.3	25.7	23.9	24.8	23.9
7월 1일 ~ 10일	24.8	25.1	23.8	24.8	25.0	26.1	26.0	25.0	27.0	24.8	25.4	24.8
11 ~ 20	25.8	25.6	24.9	25.4	26.7	26.7	26.5	26.3	27.4	25.6	26.2	25.7
21 ~ 31	26.4	26.3	25.3	25.8	27.2	26.9	26.8	27.3	27.5	26.3	27.3	26.7
8월 1일 ~ 10일	26.0	26.2	25.4	26.0	27.3	26.9	26.9	27.4	27.1	26.7	28.0	27.3
11 ~ 20	26.5	26.0	25.3	25.9	27.2	26.6	26.8	27.3	26.8	26.7	27.9	27.3
21 ~ 31	26.3	25.7	25.3	26.8	26.9	25.8	26.7	26.2	26.3	26.4	27.1	27.1
9월 1일 ~ 10일	25.5	24.8	24.9	25.1	26.2	25.1	26.0	26.0	25.6	25.8	25.8	26.4
11 ~ 20	23.9	23.2	23.9	23.5	25.0	23.8	24.8	24.2	25.0	25.0	25.1	25.3
21 ~ 30	22.2	21.6	21.5	22.0	23.0	22.6	23.4	22.8	23.2	23.9	24.1	24.2

ρ : 수증기의 밀도 (g/cm^3)

여기에서는 可降水量을 포화단열대기로 가정하여 도표(WMO)⁽⁶⁾에 의하여 구하였다. 1000mb 露點溫度는 地上露點溫度와 同一하게 간주하였다.

水分最大化比(Moisture Maximization Ratio)는 다음과 같다.

$$\text{水分最大化比} = \frac{Wm_1}{W} \dots\dots\dots(2)$$

W : 豪雨地域에서 豪雨期間의 12時間 持續性 地上露點溫度로부터 求한 可降水量

Wm₁ : 豪雨地域에서 豪雨期間과 같은 時期의 12時間 持續性 最大地上露點溫度로부터 求한 可降水量

2) 豪雨의 移轉

移轉限界(Transposition Limits)를 決定하기 위하여 식물의 分布狀態를 基準으로 分類를 시도한 Köppen, 위도와 강우량으로 기후를 구분한 福井, 기온과 강우량으로 기후를 구분한 McCune 와 方法을 비교하여 降雨量의 分布와 산맥, 水系에 가장 잘 일치되는 福井의 方法을 채택하였으며⁽¹³⁾ 各各의 移轉限界地域內의 豪雨移轉地域의 分類는 그림 1과 같이 區分하였다. 그림 1에서 移轉限界는 實線으로 표시하고 3개 區域으로 區分하였다. 移轉比(Transposition ratio)는 아래와 같다.

$$\text{移轉比} = \frac{Wm_2}{Wm_1} \dots\dots\dots(3)$$

Wm₂ : 이전지역의 豪雨기간과 같은 時期에서의 12시간 지속성 지사 최대 最低으로부터 求한 可降水量

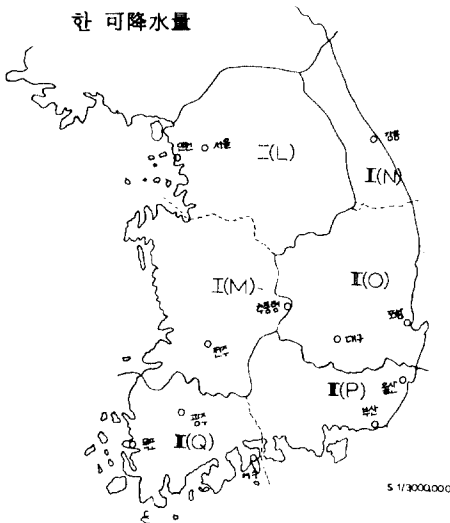


그림 1. 移轉地域의 區分

3) 豪雨의 最大化比(Storm Maximization Ratio)

호우의 최대화비는 水分最大化比와 移轉比를 곱한 것으로 표시되며 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \text{豪雨의 最大化比} &= \text{水分最大化比} \times \text{移轉比} \\ &= \frac{Wm_1}{W} \times \frac{Wm_2}{Wm_1} \\ &= \frac{Wm_2}{W} \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

選定된 호우에 대하여 水分最大化比는 1.17~1.41 사이의 범위이며 이는 17~41% 증가된 降雨量을 나타낼 可能性을 의미하고 있으며, 移轉比와 豪雨最大化比는 表 3과 같다.

[表 3] 選定된 豪雨의 水分最大化比 移轉比 豪雨最大化比.

연도	호우의기호	M.M.R	AREA	T.R	S.M.R
1966	a	1.26	L	1.02	1.28
			M	1.05	1.32
1969	b	1.17	Q	0.98	1.14
			P	1.08	1.26
1970	c	1.41	N	1.00	1.41
			O	1.01	1.42
1971	d	1.32	N	0.97	1.28
			O	1.00	1.32
1972	e	1.37	L	1.00	1.37
			M	1.03	1.41
1974	f	1.38	Q	1.00	1.38
			P	0.96	1.32
1976	g	1.39	N	1.00	1.39
			O	1.02	1.41

4) 最大DAD計算

最大DADC(Depth -Area -Duration)를 求하기 위하여 Mass Curve Method 와 Incremental Isohyetal Method 가 사용되나 本研究에서는 後者를 使用하여 求하였으며, 面積은 25,000 km²까지 豪雨期間 2, 4, 6, 12, 18, 24, 時間으로 表示하였다.

5) 最大可降水量計算

豪雨最大化比를 決定한후 DAD 값에 各各 곱하여 豪雨期間과 面積에 對한 最大可降水量을 決定하였으며, 그림 2와 같은 曲線을 얻었다. PMP를 推定하는 과정에서 바람의 영향, 高度의 影響을 考慮하지 못하였으며 앞으로 더욱 포괄적인 자료수집이 요구된다.

3.2 統計學的 方法

1) 基本原理

$$Xm = \bar{X}n + KmSn \dots\dots\dots(5)$$

Xm : 年 最大降雨量

$\bar{X}n, Sn$: 平均值, 標準偏差

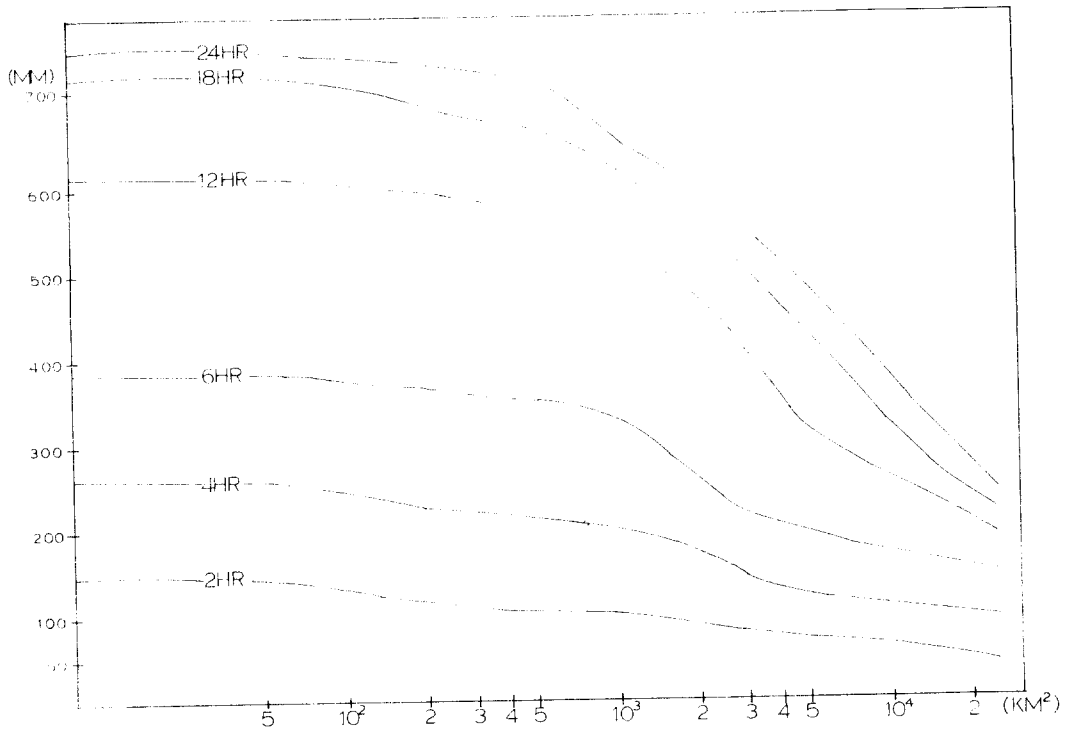


그림 2. PMP의 DAD(全國)

K_m : 新學說의 係數(度數係數)

K_m 의 값은 最高의 값이 15이며, 降雨量에 無關하게 變하여 왔으나 降雨量에 反比例함이 判명되었다. 本研究에서는 K_m 값을 持續時間, 平均降雨量에 따라 Hershfield가 계산한 것에 의하여 계산하였다.⁽³⁾

2) 補正方法

(1) 最大觀測值에 대한 \bar{X}_n 과 S_n 의 補正

最大觀測值를 補正하기 위하여 \bar{X}_n-m , S_n-m (最大觀測值를 제외한 나머지 觀測值의 平均值, 標準偏差)을 구하여, X_n-m/X_n , S_n-m/S_n 의 값과, 記錄年數를 利用하였다.

(2) 資料蒐集期間의 補正

\bar{X}_n , S_n 은 자료수집년도가 증가함에 따라 커진다. 이를 補正하기 위하여 Hershfield의 係數를 사용하였다.

(3) 固定된 觀測時間에 對한 補正

固定된 觀測時間의 강우량 기록으로부터 一定期間의 最大降雨量값을 구하는 것, 실제적인 一定期間의 最大降雨量值를 나타내지 않는다. 本研究에서는 自記雨量記錄紙로부터의 資料이기 때문에 考慮하지 않았다.

3) 地點 最大可降水量으로부터 PMP, DAD 計算

地點 最大可降水量으로부터 平均面積降雨量을 求하기 위하여 DAD曲線을 利用하여 PMP, DAD값을 구하였다. 統計學의 方法으로 持續時間 6時間과 24時間에 對해서만 PMP를 求하였으며, 나머지는 앞으로 研究課題로 남아있다. 6時間과 24時間의 PMP值는 表 4와 같다.

[表 4] 統計學의으로 求한 最大可降水量(6時間, 24時間)

면적(km ²)	지속시간(hr)	
	6	24
St.	465	791
100	453	765
200	444	756
3000	433	738
500	421	716
1,000	385	681
5,000	293	565
10,000	260	519
20,000	209	417

4. 比較 및 考察

① 洛東江流域의 水分最大化比(1.15~1.36)에 비해 우리나라 全域의 水分最大化比는 1.17~1.41로 크

게 나타나며 移轉比는 비슷하게 분포하고 있다. 이는 移轉限界에 起因된다고 考慮된다.

② 24 時間의 豪雨期間인 경우 洛東江流域보다 本研究結果가 60 mm 크게 나타나며 그 이유는 流域面積 및 選定된 豪雨 때문이라 생각된다.

③ 豪雨面積이 1500 km²미만에 해당하는 最大可降水量은 그림 2 의 P 地域의 最大可降水量과 같으며 그 이상의 面積에 대해서는 M 地域의 最大可降水量과 同一한 값을 나타낸다.

④ 國內에서 觀測된 最大降雨量은 持續時間이 24 時間인 경우 경남 양산에서 1969 年 9 月 15~16 일 에 나타난 599.5 mm 보다⁽¹⁴⁾ 本研究結果는 160 mm 정도 크게 나타난다.

⑤ 水文氣象學의 方法과 統計學의 方法으로 求한 最大可降水量의 값은 前者에 의하여 계산된 값이 통상 크게 나오는데 本研究에서는 오히려 後者에 의하여 求한 값이 크게 나타났다. 그 이유는 統計學的 方法에서의 補正係數에 起因된다고 사려된다.

5. 結 論

本論文의 研究結果를 要約하면 다음과 같다.

① 우리나라의 最大可降水量 값을 面積과 持續時間 別로 구하였으며 24 時間 地點 最大可降水量은 762mm 정도로 추정된다.

② 우리나라의 水分最大化比는 1.17~1.41이며 이는 發生된 豪雨보다 17~41%의 증가된 降雨量을 나타낼 수 있음을 意味한다.

③ 本論文에서 推定한 最大可降水量 값은 水工構造物의 一般의인 設計資料가 될 수 있다고 생각되나, 이들 값이 더욱 實用化되기 위하여서는 더욱 包括的인 資料가 要望된다.

參 考 文 獻

- (1) U.S. Weather Bureau, "A Hydrometeorological Analysis of Possible Maximum Precipitation over St. Francis River Basin," Hydrometeorological Report No. 8., 1938
- (2) Paulhus, J.L.H. and Gilman, C.S., "Evaluation of Probable Maximum Precipitation," Transactions A.G.U Vol. 34, No. 5 Oct. 1953
- (3) Hershfield, D.M., "Method for Estimating Probable Maximum precipitation," Jour of the A.W.A. Vol 57. pp 965~972, 1965.
- (4) McKay, G.A., "Statistical Estimates of precipitation Extrems for the Prairie Provinces," Canade Department of Agriculture. 1965.
- (5) U.S.W.B., "Probable Maimum Precipitation North-West States," Hydrometeorological Report No. 43, 1966.
- (6) W.M.O, "Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation", Operational Hydrology Report No. 1. WMO-No. 332, 1973.
- (7) Donald, M. Gray,; "Handbook on the Principles of Hydrology" pp 2.94~2.100 1970
- (8) U.S.B.R., "Design of Small Dam" p53-67, 1977.
- (9) Chow, V.T., "Handbook of Applied Hydrology" McGrowhill pp21~71 1964
- (10) 曹喜九, "最大洪水量 산정에 있어서 수문기상학적 고찰" 한국수문학회지 제 5 권 1 호 pp 18 ~ 26 . 1972
- (11) 李光浩, 洛東江 流域의 P.M.P 추정에 관하여 " 한국기상학회지 제 7 권 2 호 pp.57 ~ 64 1971
- (12) 韓英鎬, "현대기상학" 진명문화사 pp.79 ~ 88 . 1974
- (13) 金蓮玉, "기후학개론" 진명문화사 pp. 205 ~ 210. 1977
- (14) 중앙관상대, "기상년보" p. 133 1969