

〈論 文〉

우리나라 主要測候所의 年最極 日降水量
氣溫 및 氣壓의 頻度分布

Frequency Distribution of Annual Maximum Daily Rainfall, Temperature and Pressure at Major Meteorological Stations in South Korea

崔 秉 昊*
Byung-Ho Choi

要 旨

우리나라의 12個 主要測候所——서울, 仁川, 全州, 光州, 木浦, 濟州, 麗水, 大邱, 釜山, 浦項, 蔚山, 鬱陵島의 利用可能한 年最極 日降水量, 氣溫 및 氣壓觀測值로부터 最極值의 頻度分布를 推定하였다. 첫 段階로 Jenkinson方法에 依한 極值確率을 推定하는 方法이 利用되었다. 推定結果는 再現年數에 對한 各 測候所의 日降水量, 氣溫 및 氣壓을 提示하는 그래프形態로서 提示되었으며 頻度分布形態가 討議되었다.

Abstract

This paper presents frequency distribution of annual maxima of daily rainfall, temperature and pressure at twelve major meteorological stations in South Korea based on available series of annual maxima. As a first step a traditional way of estimating the probabilities of extremes using Jenkinson's method was used here. The results are presented in the form of graph giving the various recurrence periods of rainfall, temperature and pressure and the frequency distributions obtained are discussed.

I. 結 論

本稿의 目的은 우리나라의 12個主要 測候所에서 觀測된 1952年~1980年 期間의 年最極 日降水量, 氣壓 및 氣溫資料에 對해 極值確率모델을 適用하여 極值의 發生頻度를 確率의으로 提示하는 데 있다. 最大 日降水量의 地域的인 發生頻度 分析은 河川工學者들이 堤防設計를 包含하는 河川의 水工構造物 設計에 必須的인 事項일 것이며 最極氣溫의 頻度分布 亦是 鐵道레일 이음부의 間隔決定, 橋梁의 徑間決定等의 土木設計에 重要하며 地域的 高極氣壓分布는 重要한 氣象變數이므로 本 研究에 各其 取扱되었다. 表-1은 本稿에 取

扱된 資料를 觀測한 主要測候所의 位置 및 標高를 提示하고 있다. 資料는 中央氣象臺의 氣象年報로부터 取했는데 29年間の 連續된 極值 時系列이다.

2. 極值確率 모델

極值統計學은 最大 및 最少值의 時系列을 다루는分野이며 極值의 確率分布를 推定하는 데, 風速, 降雨, 設計波浪, 氣壓, 溫度分布, 異常海面等を 包含한 科學全般에 滿足스럽게 利用되어 왔다. 이 方法에 依하면 極值의 推定은 觀測值의 延長이 增加함에 따라 發生頻度分布가 響影을 받는다. 極值의 標準偏差가 減少하는 傾向이면 求하는 最高極值의 理論的인 上限이 있으나

* 成均館大學 工科大学 土木科 副教授
Department of Civil Engineering Sung Kyun Kwan University, Korea

表-1 本 研究에 取扱된 主要測候所一覽¹⁾

測 候 所	東 經	北 緯	標 高
서 울	126°58'	37°34'	85.5m
仁 川	126 38	37 29	68.9
全 州	127 09	35 49	51.2
光 州	126 54	35 09	34.9
木 浦	126 23	34 47	53.4
濟 州	127 32	33 31	22.0
麗 水	127 44	34 44	67.0
大 邱	128 37	35 53	57.8
釜 山	129 02	35 06	69.2
浦 項	129 23	36 03	45.8
蔚 山	129 19	35 33	35.5
鬱 陵 島	130 54	37 29	221.1

增加하는 趨勢이면 上限이 없게 된다. 年別極值의 標準偏差(σ_1)와 二年間(biennial)極值(σ_2)의 比率은 分布圖의 曲率을 나타낸다. Gumbel²⁾은 $\sigma_1 = \sigma_2$ 라는 假定下에 下記와 같은 變換된 頻度曲線(transformed frequency curve)을 提示하였다.

$$x = -l_n(-l_n P) \text{ 또는 } T = -1/l_n P \quad (1)$$

여기서 P 는 年極值가 一定한 값 s 보다 작은 確率이며 T 는 再現年數이다. Gumbel의 모델은 河川洪水量 및 氣象現象과 類似한 統計問題에 널리 利用되어 왔다. 그러나 이 線形모델은 氣溫의 境遇 過大推定, 降雨의 境遇은 過少推定 하는 것이 Brooks와 Garruthers³⁾에 의해 指證된 바 있다. Barricelli⁴⁾는 σ_1/σ_2 가 1과 1.21 사이에서 變하도록 좀 더 伸縮性있는 모델을 提示하였으며 Jenkinson⁵⁾은 極值分布를 $2^k = \sigma_1/\sigma_2$ 로서 下

記의 曲線函數로서 提示하였다.

$$x = \frac{1}{k} l_n 1 - \frac{s - s_0}{a} \quad (2)$$

여기서 s 는 觀測極值, k, a 와 s_0 는 常數인데 前述한 대로 $k = \frac{\log \sigma_1 - \log \sigma_2}{\log^2}$ 로 定義된다. k 値는 또한 極值確率모델에 關聯된 資料의 理論曲線의 形態를 다음과 같이 나타낸다.

$k < 0$ 이면 曲線은 上向으로 굽으며 理論的인 上限이 없다.

(Fisher-Tippett type I)⁶⁾

$k = 0$ 이면 直線의 境遇(Gumbel의 모델)

(Fisher-Tippett type II)

$k > 0$ 이면 曲線은 下向으로 굽으며 理論的인 上限을 가진다.

(Fisher-Tippett type III)

σ_1 과 σ_2 에 關한 假定 및 分類가 完全히 滿足스러운 것은 아니지만⁷⁾ σ_1/σ_2 의 값이 0.85와 1.20 사이에서 變하는 것을 基礎로 한 Jenkinson의 非線形모델이 $k=0$ 인 Gumbel의 線形모델도 包含하는 一般形(General Extreme Value)모델⁸⁾로서 本 研究에서 採擇되었다. Jenkinson은 年極值로부터 理論的인 分布曲線을 求할 때 k, a, s_0 를 求하지 않고서도 平均年極值 $\bar{s}, \sigma_1, \sigma_2$ 값으로서 이에 相應하는 理論曲線을 σ_1/σ_2 이 0.85에서 1.20 사이일 때 表에 의해 求하는 方法을 提示하였다. 理論曲線의 原資料에의 漸近如何(goodness of fit)는 原極值의 發生確率을 同時에 플롯트하면 알 수 있는 데 觀測值의 等級을 r 이라하고 N 이 總觀測數일 때 確率值의 位置를 $\frac{2r-1}{2N}$ 로 取하는 Hazen⁹⁾의 方法을 利用하였다. 本 研究에서는 Jenkinson의 方法과 Suthons¹⁰⁾,

表-2. 主要測候所의 年最極 日降水量, 氣溫 및 氣壓資料의 線形傾向 (b), σ_1/σ_2 및 k .

	日 降 水 量			氣 溫			氣 壓		
	b	σ_1/σ_2	k	b	σ_1/σ_2	k	b	σ_1/σ_2	k
서 울	-0.20721	1.024	0.034	-0.04335	1.331	0.413	-0.08559	1.017	0.024
仁 川	-0.18760	1.062	0.087	-0.04199	1.431	0.517	-0.11690	1.018	0.026
大 邱	-0.00315	1.010	0.014	-0.02020	1.267	0.341	-0.03650	1.026	0.036
浦 項	0.50931	1.122	0.165	-0.00709	1.314	0.393	-0.05309	1.025	0.036
蔚 山	-1.26803	0.957	-0.063	0.00241	1.195	0.257	-0.08745	0.980	-0.029
鬱 陵 島	-1.52887	0.926	-0.111	-0.01862	1.415	0.501	-0.06082	1.011	0.016
全 州	0.03887	0.954	-0.068	-0.01035	1.332	0.414	-0.07448	1.029	0.041
光 州	0.53305	0.997	-0.005	-0.05251	1.378	0.463	-0.04884	0.970	-0.045
木 浦	-0.12965	1.031	0.043	-0.04902	1.508	0.593	-0.03324	1.010	0.014
麗 水	0.71822	0.989	-0.015	0.01059	1.281	0.357	-0.01172	0.990	-0.015
釜 山	1.92015	1.037	0.053	0.01389	1.185	0.245	-0.04133	1.011	0.016
濟 州	-0.71015	1.133	0.180	-0.03576	1.178	0.236	-0.02619	1.077	0.107

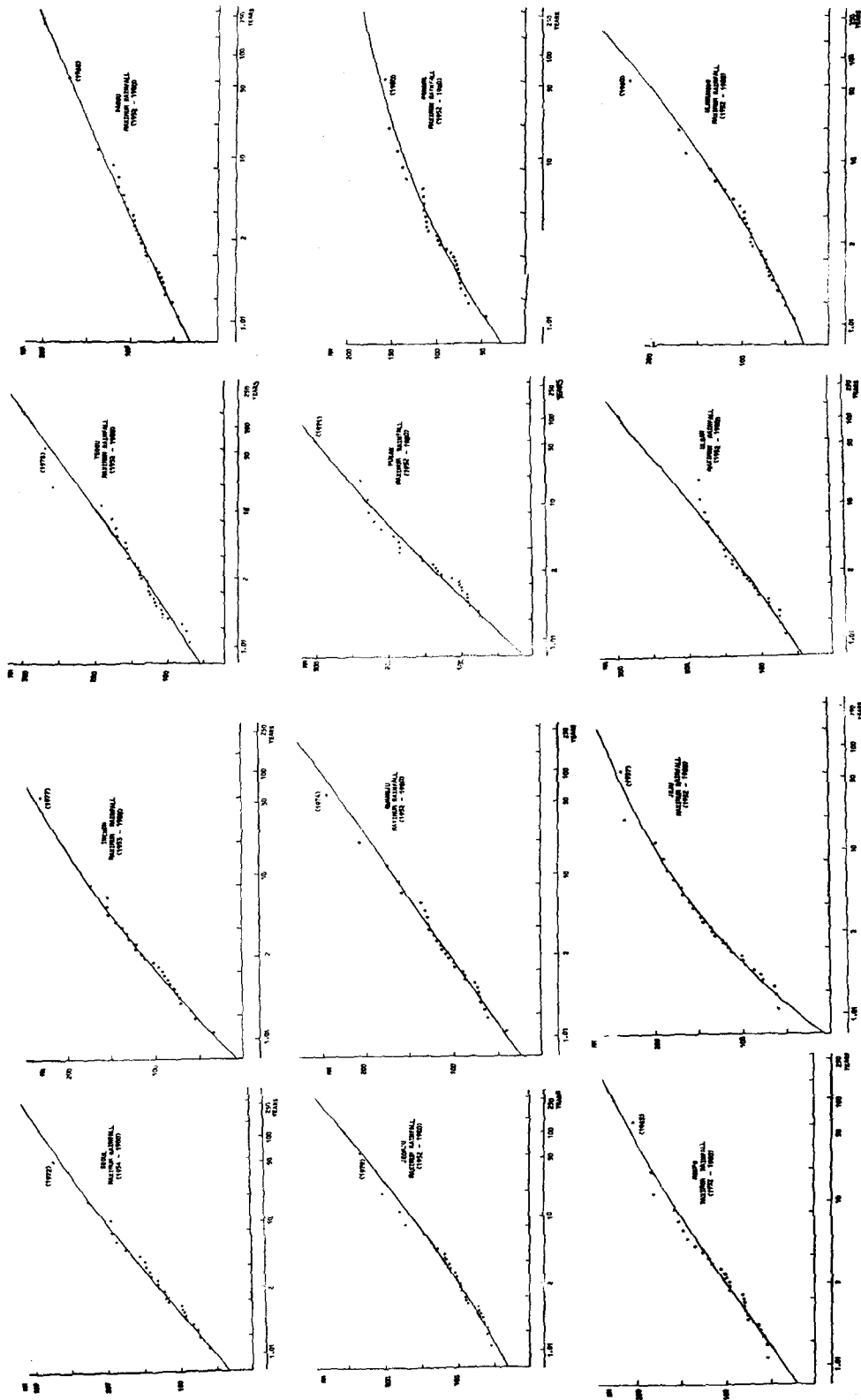


그림 1 (b). 主要測候所(麗水, 大邱, 釜山, 浦項, 蔚山, 鬱陵島)의 年最極
 降水量의 頻度分布. (——理論曲線, · 觀測值)

그림 1 (a). 主要測候所(서울, 仁川, 全州, 光州, 木浦, 濟州)의 年最極日
 降水量의 頻度分布. (——理論曲線, · 觀測值)

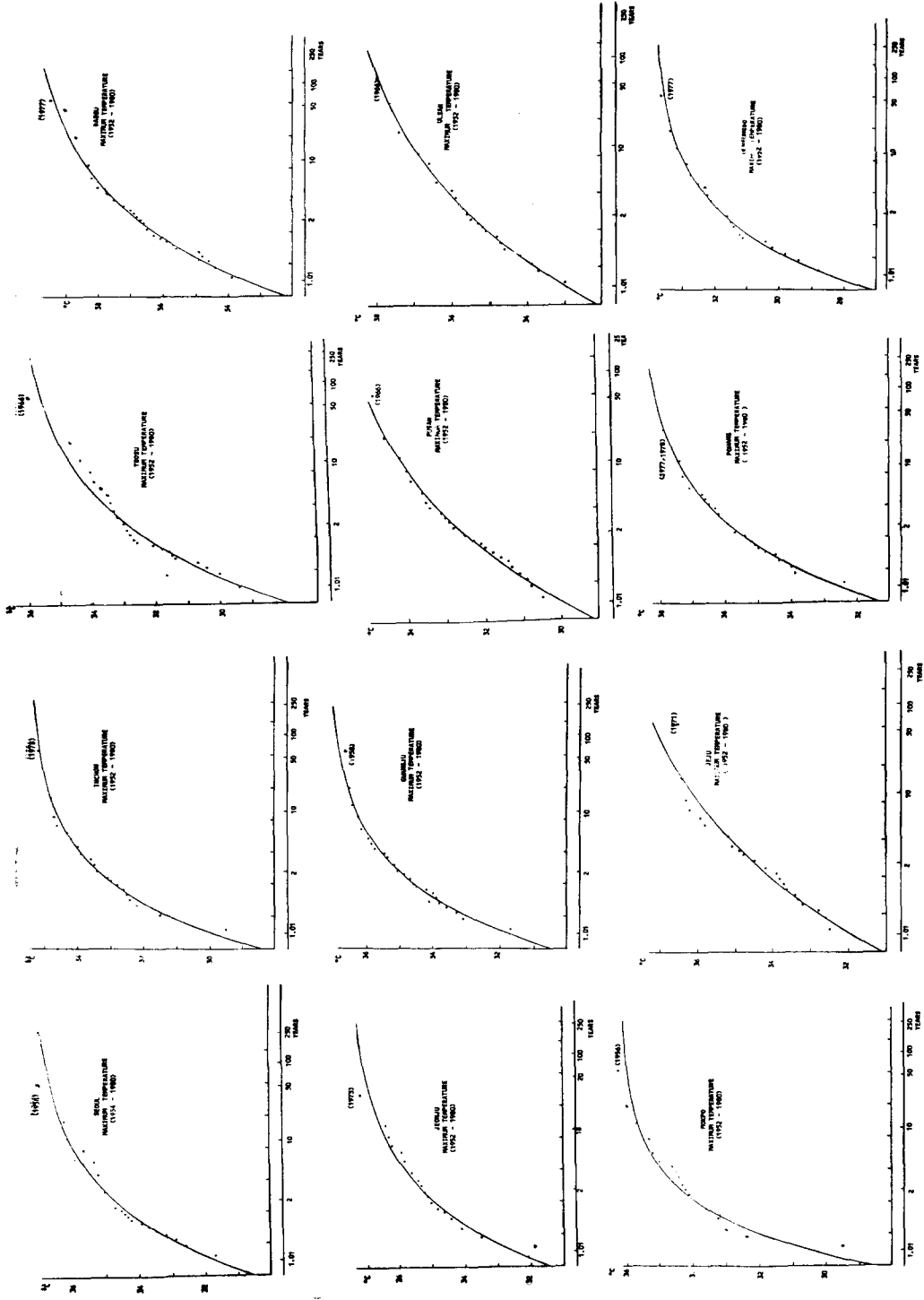


그림 2 (b). 主要測候所(麗水, 大邱, 釜山, 蔚山, 浦項, 鬱陵島)의 年最極氣溫의 頻度分布. (——理論曲線, · 觀測值)

그림 2 (a). 主要測候所(서울, 仁川, 全州, 光州, 木浦, 濟州)의 年最極氣溫의 頻度分布. (——理論曲線, · 觀測值)

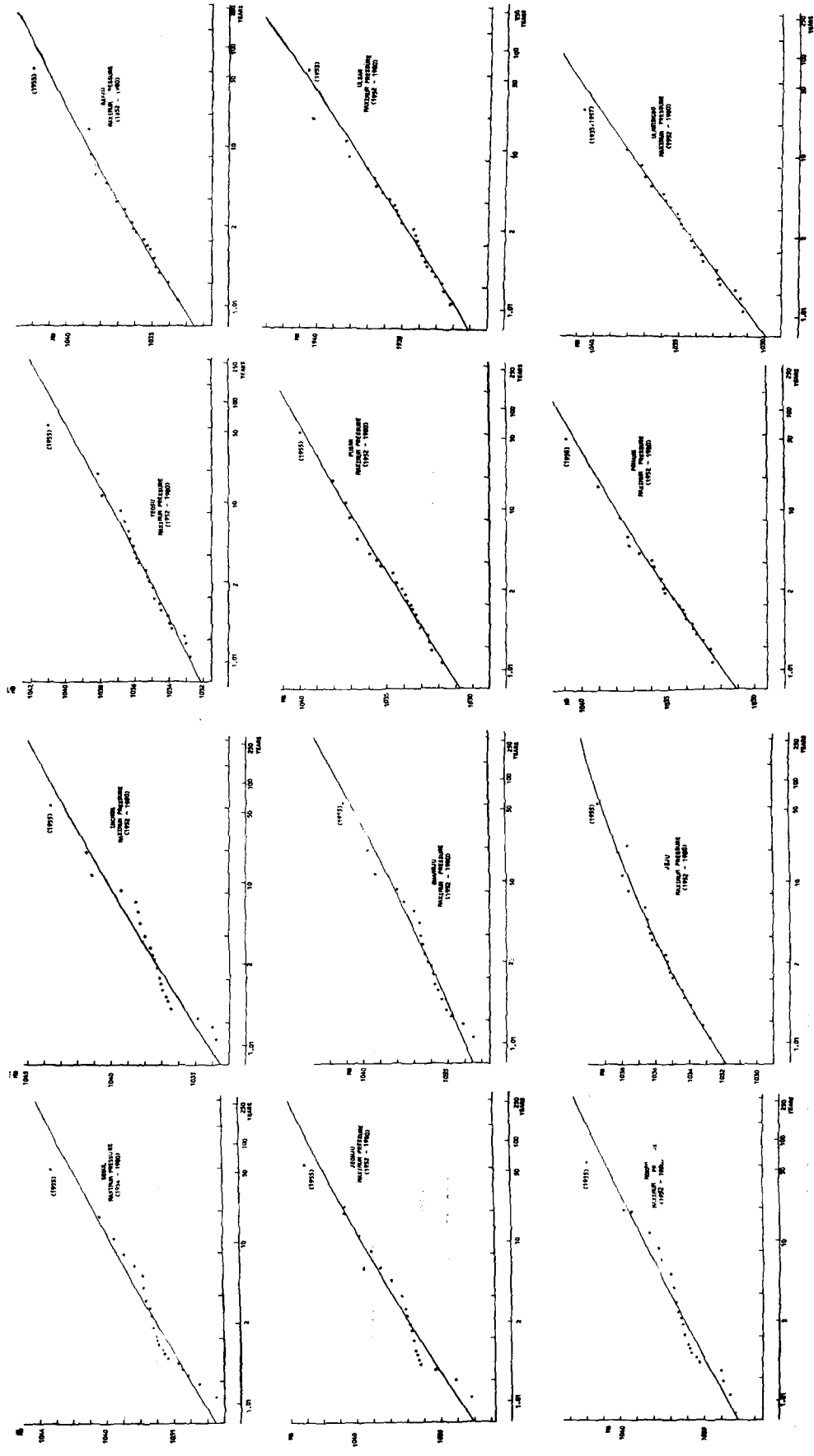


그림 3 (a). 主要測候所(서울, 仁川, 全州, 光州, 木浦, 濟州)의 年最極氣壓의 頻度分布. (—)理論曲線, (·)觀測值

그림 3 (b). 主要測候所(麗水, 大邱, 釜山, 蔚山, 浦項, 鬱陵島)의 年最極氣壓의 頻度分布. (—)理論曲線, (·)觀測值

Lennon¹¹⁾이 提示하는 過程을 Computer를 利用하여 數值解析技法을 應用하여 σ_1/σ_2 이 0.85~1.20 範圍를 벗어나는 境遇까지 分析될 수 있도록 하고 理論曲線도 플롯트에 의해 自動적으로 圖化되게끔 하였다.

3. 모델結果 및 討議

表-2에는 主要測候所의 年最極 日降水量, 氣溫, 氣壓觀測值의 線形回歸分析에 의한 線形傾向(linear trend), b 및 σ_1/σ_2 , k 값이 提示되고 있다. 本研究의 極值時系列資料는 29年間의 短期資料이며 日降水量, 氣溫 및 氣壓의 年極值가 線形傾向에 의해 實際로 增加, 減少하는 지의 如否는 잘 알려져 있지 않아 傾向除去를 確信을 가지고하기 어려우나 一次의으로 1980年을 基準年度로 線形傾向을 除去한 推定도 더불어 逐行하기 爲해 線形回歸分析에 의한 線形傾向을 求하였다. 提示된 表에는 σ_1/σ_2 値는 日降水量, 氣壓의 境遇 0.85~1.20의 範圍에 있으나 最極氣溫의 境遇 1.20을 大部分 超過하고 있다. 그림 1~그림 3에는 主要測候所의 年最極 日降水量, 氣溫 및 氣壓의 頻度分布가 理論曲線에 의해 提示되고 있는 데 水平軸에 提示된 再現年數, T 는 (1)式에 의해 P 및 x 値를 求할 수 있다.

即, $P=1/e=0.37$ 일때 $x=0$, $T=1$, $P=0.905$ 일때 $x=2.30$, $T=10$ 의 關係이다. 더불어 觀測極值의 頻度分布가 閉鎖된 圓으로 提示되어 理論曲線에 觀測極值에 漸近하는 程度(goodness of fit)가 잘 보여지고 있다. 最極氣溫의 境遇 一般의으로 Jenkinson 모델의 理論的인 範圍를 벗어나 이를 修正하기 爲해서는 skewness와 kurtosis 係數를 求하여 修正定規分布로부터 頻度分布를 求할 수도 있으나 資料延長이 充分치 않아 本研究에서는 Jenkinson 모델의 適用結果를 그대로 提示하였다. 最極 日降水量의 曲線은 蔚山, 鬱陵島, 全州, 光州 및 麗水가 Fisher-Tippett type I으로 理論的인 上限이 없는 分布를, 最極氣溫의 境遇는 全測候所가 Fisher-Tippett type III로서 理論的인 上限을 가지며 最極氣壓分布는 蔚山, 光州, 麗水가 Fisher-Tippett type I의 理論的인 上限이 없는 分布를 가지는데 이는 表-2의 k 값에 依해서도 미리 判別된다. 工學設計을 爲해서는 再現年數를 50, 100, 250年 등으로 取扱하는 表 3, 4, 5는 各已 最極 日降水量, 氣溫, 氣壓의 再現週期에 따른 推定은 線形傾向이 除去되지 않은 境遇(A type)와 線形傾向이 基準年度인 1980年까지 補正되었다고 假定하고 이 傾向을 除去한 境遇(B type)로서 提示하고 있다. Blackman과 Graff¹²⁾는 가정된 極值時

表 3. 主要測候所의 再現年數에 따른 最極 日降水量의 推定

(單位 : mm)

測候所	觀測 最極值	曲線形態	50年週期 最極日降水量	100年 週期最極日降水量	250年 週期最極日降水量
서울	273.2	A	258.8	282.3	312.6
		B	256.9	281.0	312.3
仁川	228.4	A	233.1	252.8	277.0
		B	232.3	253.1	279.1
大邱	170.0	A	167.5	182.6	202.4
		B	167.5	182.6	202.4
浦項	156.9	A	161.6	170.4	180.4
		B	165.4	172.8	180.9
蔚山	315.8	A	262.9	294.4	338.3
		B	244.2	278.0	326.4
鬱陵島	227.0	A	203.0	231.9	273.7
		B	172.2	194.7	225.6
全州	232.1	A	223.7	251.7	290.8
		B	224.1	252.0	290.8
光州	244.6	A	228.4	252.7	284.9
		B	238.8	263.5	296.2
木浦	204.0	A	208.6	227.6	251.8
		B	206.6	225.5	249.6
麗水	267.6	A	256.4	281.3	314.7
		B	260.5	281.1	307.4
釜山	297.1	A	291.5	318.9	353.6
		B	301.2	320.4	342.9
濟州	236.6	A	239.9	254.2	270.4
		B	228.2	241.8	257.3

表 4. 主要測候所の 再現年數에 따른 高極氣溫의 推定

(單位: °C)

測候所	觀測 最極值	曲線形態	50年 週期最極氣溫	100年 週期最極氣溫	250年 週期最極氣溫
서울	37.2	A	37.2	36.8	36.9
		B	36.2	36.4	36.6
仁川	35.2	A	35.1	35.2	35.3
		B	34.8	34.9	35.1
大邱	39.5	A	39.3	39.6	39.8
		B	39.1	39.4	39.6
浦項	37.9	A	38.1	38.2	38.4
		B	38.0	38.2	38.4
蔚山	38.0	A	37.9	38.2	38.5
		B	37.9	38.2	38.5
鬱陵島	33.6	A	33.5	33.6	33.7
		B	33.3	33.4	33.6
全州	37.2	A	37.0	37.2	37.3
		B	37.0	37.1	37.3
光州	36.7	A	36.9	37.0	37.1
		B	36.2	36.4	36.5
木浦	36.3	A	36.0	36.4	36.1
		B	35.2	35.3	35.3
麗水	36.4	A	35.4	35.6	35.9
		B	35.5	35.7	36.0
釜山	34.9	A	35.0	35.3	35.6
		B	35.2	35.5	35.8
濟州	39.5	A	37.1	37.4	37.7
		B	36.6	37.0	37.4

表 5. 主要測候所の 再現年數에 따른 高極氣壓의 推定

(單位: mb)

測候所	觀測 最極值	曲線形態	50年 週期最極氣溫	100年 週期最極氣溫	250年 週期最極氣溫
서울	1043.3	A	1042.0	1042.9	1044.1
		B	1040.5	1041.3	1042.4
仁川	1043.7	A	1042.7	1043.7	1045.0
		B	1040.2	1040.9	1041.8
大邱	1042.0	A	1040.0	1041.9	1043.0
		B	1040.4	1041.2	1042.2
浦項	1040.8	A	1040.1	1041.3	1042.5
		B	1039.2	1040.7	1041.8
蔚山	1040.7	A	1040.3	1042.5	1043.2
		B	1039.4	1039.3	1041.5
鬱陵島	1040.6	A	1040.1	1041.5	1043.3
		B	1039.6	1040.8	1041.8
全州	1043.0	A	1041.9	1042.8	1044.0
		B	1040.4	1041.1	1042.0
光州	1041.2	A	1040.6	1041.5	1042.8
		B	1039.6	1040.3	1041.3
木浦	1042.0	A	1040.7	1041.6	1042.7
		B	1040.1	1040.9	1041.8
麗水	1041.0	A	1039.8	1040.7	1041.9
		B	1039.4	1040.3	1041.4
釜山	1039.9	A	1039.5	1040.4	1041.7
		B	1038.8	1039.8	1041.0
濟州	1039.4	A	1039.1	1039.7	1040.4
		B	1038.6	1039.2	1039.8

系列資料가 傾向除去에 반드시 最適인 것은 아니라 하였지만 本研究의 29年資料는 短期資料이므로 全期間의 資料延長을 取하였다. 理論曲線 亦是 σ_1/σ_2 값에 크게 左右되는데 σ_1/σ_2 값은 年極值時系列의 最高值 即 資料延長에 따라 크게 變하는 데 本研究에는 全延長의 資料를 利用한 結果만을 提示하였다. □

4. 結 論

本 研究은 우리나라의 氣象學的, 水文學的 氣值時系列의 頻度分布를 研究하는 過程에서 遂行되었다. 一次的으로 Jenkinson의 非線形 解析모형을 主要測候所의 年最極 日降水量, 氣溫, 氣壓의 極值時系列에 符合시켜 50, 100, 250年 再現週期の 極值分布로 提示하였으며 더불어 提示된 理論曲線으로서는 觀測極值時系列의 約 9倍에 該當하는 250년까지 任意的 再現週期에 對해서 曲線上에서 頻度分布를 求할 수 있게 하였다. 年最極 日降水量 및 氣壓資料는 σ_1/σ_2 값이 0.85~1.20의 範圍에서 Jenkinson이 提示하는 非線形 理論曲線과 잘 符合되어 模型的 適用이 合理的인 것이 判別되었으며 最極氣溫의 境遇는 σ_1/σ_2 값이 1.20보다 큰 값을 가져 追後 改善이 必要한 것이 亦是 提示된다.

謝 辭

本 研究은 韓國科學技術院 전산센터의 基礎研究를 爲한 電算支援에 의해 遂行된 바 電算센터所長 성기수 博士께 謝意를 表한다.

參 考 文 獻

1. 中央氣象臺. 氣象年報
2. Gumbel, E.J., 1935. Le valeurs extremes des distributions statistics. Annals de L'Institute

- Henri-Poincare, 4.
3. Brooks, C.E.P. and Garruthers, N., 1953. Handbook of statistical methods in meteorology. London, H.M.S.O.
4. Barricelli, N.A., 1943. Les plus grands et les plus petits maxima ou minima annuels d'une variable climatique. Arch. Math. Natur., 46, Oslo.
5. Jenkinson, A.F., 1955. Frequency distribution of the annual maximum(or minimum) values of meteorological elements. Quart. J. Roy. Met. Soc., 81.
6. Fisher, R.A. and Tippett, L.H.C., 1928. Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest number of a sample. Proc. Camb. Phil. Soc., 24.
7. Gringorten, I.I., 1963. A plotting rule for extreme probability paper. J. Geophys. Res., 68(3).
8. Natural Environmental Research Council, 1975. Flood Studies Report. 3 Vols, London.
9. Hazen, A., 1930. Flood flows, a study in frequency and magnitude, John Wiley, New York.
10. Suthons, C.T., 1963. Frequency of occurrence of abnormally high sea levels on the east and south coast of England. Proc. Instn. Civ. Engrs., 25.
11. Lennon, G.W., 1963. A frequency investigation of abnormally high tide levels at certain west coast ports. Proc. Instn. Civ. Engrs., 25.
12. Blackman, D.L. and Graff J., 1978. The analysis of annual extreme sea levels at certain parts in southern England. Proc. Instn. Civ. Engrs., 65.