

## 〈特輯/降雨〉

## 降雨의 經年變化 概觀

李 吉 春\*

Kil, Choon Lee

## 1. 序 論

各種 수공구조물의 設計 및 計劃 等を 樹立함에 있어서 대부분 목적에 附合되게 解析하여 이용하는 降雨量과 같은 水文觀測資料들은 時間的으로 變動性을 가질 뿐 아니라 空間的으로도 變動性을 가진다. 즉, 同一期間의 降雨量도 地域的인 位置에 따라 그 크기가 변할 뿐 아니라 1年中의 時間 또는 季節에 따라 한 地點의 降雨量 크기는 經年的으로 약간씩 變動하는 것이 보통이며 어떤 해에는 平均值보다 크거나 작게 나타나며 보통 年平均 降雨量을 중심으로 變動한다. 또한 降雨量의 年中 季節的 分布는 어떤 特定 地域의 地理的 位置(空間)에 따라 差異가 있고 經年的 變動性도 매우 큰 것이 特徵이다.

이와같이 時, 空間的으로 여러 特性들을 가지고 있는 降雨資料들은 降雨-流出 모델과 같은 設計 水文量에 대한 基本資料로 자주 使用되나 조밀한 雨量計測網의 不足과 長期間雨量資料의 獲得困難으로 活潑한 研究가 進行되지 못하였다. 그러나 몇몇 研究內容과 結果는 降水의 解析과 設計 水文量 算定에 많은 도움이 되었던 것은 사실이다. 本 稿에서는 國內에서 既往에 研究發表되었던 降雨量의 經年變化에 關聯된 몇몇 主要 論文과 文獻들을 중심으로 降雨資料의 經年變化性에 대한 一般的인 事項을 서술하는 한편, 그 研究現況 및 適用事例와 解析理論 및 技法 等에 關한 基本事項들을 調查整理하여 概略的으로나마 紹介

하였으며, 더우기 個別的인 列擧에 止중한 나머지 各 方法들과 研究結果들간의 綜合的이고 體系的인 檢討가 다루어지지 않아 未洽한 점이 많다. 그러나 차후 研究에 다소나마 도움이 될 것으로 思料되어 斷片的인 內容들을 整理하여 살펴보았다.

## 2. 降雨資料의 經年的 變化

水工計劃에 있어서 基本要素가 되는 降雨量과 같은 水文量들은 自然系의 物理的 要素와 確率的 要素에 의해 支配되기도 하는 不定量이라 할 수 있고, 諸般 水工學的 問題解決時에 이를 어떻게 推定하여 어떤 方法으로 이용하는가 하는 問題는 基本的이면서도 어려운 問題가 아닐 수 없다. 이러한 問題에 대한 하나의 接近 方法으로서 이들 水文量의 觀測系列을 어떤 自然法則에 따르는 確率過程 또는 確率系列의 實現值 즉, 時系列 標本(time series sample)에 따라 밝혀내고 이를 각종 水工計劃에 이용하고자 하는 研究는 매우 有用한 것으로 생각된다.

水工計劃上 水文시스템의 基本入力要素가 되는 水文量의 統計學的 特性으로서는 그 分布特性과 定常性, 특히 經年的 變化性이 있다. 自然系에서의 모든 自然量의 經年的 變化性問題에 대해서는 현재까지 주로 氣象學者나 地球物理學者들에 의해 氣候學的 觀點으로 부터 研究되어 왔으나 11年 週期, Brückner 週期(35年 週期), 89年

週期 또는 700年 週期說과 함께 그 氣候學의인 설명도 몇몇 제창되고 있다.

이들 週期的 變動은 주로 太陽活動, 氣壓變動, 年輪, 豐凶作, 湖水나 河川의 平均水位, 結水期 등에 바탕을 두고 論議되고 있으나 水工計劃上 중요한 降雨量이나 洪水量 등의 水文量도 또한 自然系에서의 自然量이므로 이에도 週期性이 內在할 可能性이 充分한 것으로 判斷되며, 大河流이나 大湖沼 등 廣範圍한 地域과 相當期間의 平均量을 나타내는 水文量에는 氣候學的 變化가 많이 反映될 可能性이 있다고 생각되더라도 小流域이면서 短時間的 性格을 가지는 水文量에는 地域的 또는 局部的인 歪曲度가 커져서 偶發的인 性格이 강하게 될 것으로 推定된다.

이와같은 水文氣象學的 資料의 經年的 變動特性 考察方法이 뒷받침된다면 水工計劃 등의 水文學的 問題解決에 有力한 指針이 될 뿐 아니라 水文學事業에도 중요한 指標가 될 것이다.

## 2.1 國內 研究現況

太古로 벼農事를 위주로 한 農業國家인 우리나라는 降雨量의 季節的 變化가 매우 심하고 水資源이 풍부하지 못하여 農耕을 天水에 의존하였으므로 다른 餘他 農事보다 雨期와 雨量에 많은 영향을 받아와 일찍부터 降雨에 대해서 至大한 關心이 特別하였다. 따라서 降雨은 個人的 經濟뿐만 아니라 國家經濟에도 매우 중요한 自然系의 한 現象이므로 三國時代에 벌써 貯水地를 築造하는 등 水資源 管理에 역점을 두고 氣象災害의 發生을 記錄해 왔으며, 특히 李氏王朝 世宗大王 統治期間(1397—1450年)에는 韓國의 공식적인 降雨觀測이 행하여짐으로써 定量的 手段의 測雨가 시작되었다.

또한 日制統治 시작무렵에 日本 氣象學者 和田 雄治가 英祖時代에 관한 最近 140年間的 서울의 雨量 이라는 論文에서 가장 오래된 降雨現象을 分析하였으나 降雨의 經年變化를 알수 있는 內容이 提示되지 못하였다.

1938年 Tada<sup>1)</sup>에 의해 서울의 1776—1933年間에 대한 年降雨量을 分析하여 그 週期性이 2, 6, 13, 35, 37年임을 밝혔고, 1956年에는 Arakawa<sup>2)</sup>의 서울지방 1770—1944年間的 年總降雨量의 經年變化에 관한 研究論文에서 사용된 降雨資料가 신뢰성있고 뚜렷한 週期가 있음을 證明하였다.

한편 1964年에 朴<sup>3)</sup>은 連續觀測值를 順位대로 羅列하지 않고 大自然이 우리에게 露出시켜주는 그 連續現象 自體에 注目함으로써 그 움직임 自體를 統計學的으로 解析하여 週期波를 구할려고 시도했고, 그 결과 振幅 週期性函數(vibration periodicity function)에 의해 自然水文學現象이 週期的이라는 假定下에서 週期性을 구하였는 바 水原地方을 대상으로 夏節期동안의 年降雨量 및 總降雨量은 5年 週期임을 밝혔다. 또한 1966年에 金<sup>4)</sup>이 벼 移植適期를 위하여 國內 6個 地點의 降水變動率을 算定하여 發表하였고, 日本人 保柳睦美<sup>5)</sup>는 서울의 200年間 降水記錄을 10年씩 移動平均하여 大氣候學的 立場에서 歷史時代의 氣候變動을 說明하였으며, 1967年 孫<sup>6)</sup>은 우리나라 降雨量의 年變化를 A. Angot method에 따라 降水比較差를 이용하여 韓國의 氣候年(climatic year) 1年을 雨期와 乾燥期의 2個 期間으로 區分하였고, 雨期에 있어서 降雨量의 地域的 分布特性을 발견하여 韓半島에 영향을 미치는 氣壓系를 動氣候學(dynamic-climate)의으로 假定하였다.

鄭<sup>7)</sup>은 1969年에 서울지방의 200年(1770—1969年)간 7月 降雨量資料를 사용하여 50個年 trial periods에 대한 週期性을 分析하여 降雨量의 年變化 週期가 5, 10(또는 11), 17, 23, 29, 35, 40, 46年으로 나타남을 發見함으로써 이들 週期年이 5—6年間 間隔으로 優勢함을 밝혔다. 그리고 1970年에 李<sup>8)</sup>가 서울지방의 1770—1960年(190年間) 降雨量 및 雨期의 月別 降雨量 頻度分布를 統計學的으로 分析하여 그 正規性을 檢討하였고, 鄭等<sup>9)</sup>에 의해 1971年에 63年間(1908—1970年)의 서울지방 年降雨量과 月降雨量을 anomaly level로 分類하여 個個 anomaly level에 대한 期間의 頻

度變化를 決定하기 위해 統計學的으로 分析하였고 아울러 個個 anomaly level에 대한 年降雨量의 平均 月降雨量, 平均 月氣溫, 平均 日氣壓, 平均 月蒸氣壓이 調査되었다.

1975년에는 日本人 Yamamoto<sup>1</sup>의 極東 아시아의 太陽-氣候關係에 관한 研究에서 서울지방의 2年 또는 3年 期間 間隔에 대한 6月 降雨量과 黑点曲線間的 最大相關係數가 算定되었고, 1976年 金<sup>11</sup>이 1770-1906年과 1907-1974年 두 期間 동안의 여름철 降雨量의 periodogram間的 差異를 證明함으로써 서울의 長期間 氣候變化를 言及하였고, 더구나 1770-1906年 동안의 여름철 降雨量時系列에서 11年 週期가 優勢하고 1907-1974年 期間 동안에는 5年 및 10年 週期가 優勢함을 發見했으며, 또 鮮于<sup>12</sup>가 統計學의 方法인 自己相關係數와 spectral Density에 의해 全國 13個 地點의 月降雨量資料를 分析하여 自己相關係數를 구한바 명확한 週期性을 밝혔다.

1977年에 文<sup>13</sup>이 南韓의 降雨量 變動率에 關하여 라는 論文에서 1943-1972年間的 30年 資料로

國內 14個 地點의 月別 및 年別 降雨量 變動率을 推定하였으며, 1978年에는 金 等<sup>14</sup>이 全國 18個 地點의 降雨量資料로써 cross-spectrum分析을 실시하여 時系列間的 周波數別 相關關係를 알아 보아 각 地點들 資料의 1年 週期 成分間에 매우 강한 相關關係가 있음을 밝혔으며, 한편 약 2世紀(1770-1975年)동안의 長期間 降雨記錄이 오직 서울에서만 入手가능했기 때문에 南韓의 降雨의 經年變化에 관한 研究가 이전에는 서울로 한정되었는데 韓<sup>15</sup>에 의해서 南韓 全地域을 대상으로 40年 以上の 降雨記錄을 보유하고 있는 主要 10個 觀測點에 대한 季節 및 年降雨量의 trend 및 periodicity를 比較적 最新 技法인 Mass-kendall rank method, Low-pass filter technique, Power spectrum analysis를 사용하여 解析되었고 그 결과 약 10-15年間 間隔이 지배적인 年間 變動期間인 것으로 判명되었으며, 또한 대부분 地域의 年 및 季節 降雨量값들은 거의 2年마다의 發生週期 및 5-7年 振動 週期(oscillation)의 2個 主要 週期를 表 1과 같이 나타내었다.

表1. Power spectrum analysis results(降雨週期 分析值).

Stations	Spring	Summer	Autumn	Winter	Annual
Gangreung	4.9-4.4	6.5-4.9		84.0-28.0 28.0-16.8** 2.5-2.4**	
Seoul(1)	∞-88.0** 8.5-8.0 5.6-5.4 .3* 2.7 2.1-2.0*	∞88.0 5.9-5.4 2.7 2.2 2.2-2.1*	∞-264.0** 264.0-88.0* 4.8-4.5	∞-264.0 3.8-3.7* 3.7-3.6** 3.6-3.5 2.7-2.6*	∞-88.0** 5.9-5.4 3.8-3.7* 3.7-3.6**
(2)	58.7-35.2* 9.3-7.7* 2.1-2.0	6.1-5.7 5.7-5.3 2.8-2.7 2.2* 2.2-2.1	4.6-4.3	3.9-3.7 3.7-3.6** 3.6-3.5	∞-58.7** 6.1-5.3* 3.7-3.6*
(3)	2.6-2.5	6.1-5.4 5.4-4.8*	3.0-2.8* 2.0	30.7-18.4	5.4-4.8
Incheon	2.6-2.5*	5.4-4.8*	3.0-2.8*	10.2-8.4*	3.7-3.4 2.6-2.5
Chupungryeong	2.7-2.5*	7.4-4.7*	3.5-3.1 3.1-2.7*		7.4-5.8* 5.8-4.7
Daegu	2.7-2.5* 2.5-2.4*			5.9-5.2	2.7-2.4
Jeonju	4.0-3.6 2.6-2.5*	6.9-5.8* 5.8-5.1	3.3-3.0 3.0-2.8*		5.8-5.1 2.8-2.6*
Ulsan	2.7-2.4*	8.0-6.2*		6.2-5.1	2.7-2.4*
Busan	4.0-3.7	8.4-7.1** 7.1-6.1* 2.4-2.2 2.2-2.1*	10.2-8.4	5.4-4.8	8.4-7.1
Mogpo	2.6-2.4*				2.6-2.5*
Jeju	4.0-3.2* 2.5-2.3	3.0-2.7			3.2-3.0*

\*Significant at 95 per cent level. \*\*Significant at 99 per cent level. Unit: year

또한 曹<sup>16</sup>에 의한 南韓의 地域間, 季節間 降雨 分析하고 季節間 相關性과 變動係數의 長期變動 量의 特性에 관한 研究에서도 觀測期間 40年 을 조사하여 表2,3과 같이 降雨現象의 統計的 特性을 알아 보았다.

또한 曹<sup>16</sup>에 의한 南韓의 地域間, 季節間 降雨 量의 特性에 관한 研究에서도 觀測期間 40年 (1936-1975年) 以上되는 10個 地點을 택하여 地點 相互間의 相關性과 이 相關性의 長期變動을

表2. 降雨量의 地點 및 季節間 相關係數의 經年變化

Station	Spring			Summer			Autumn			Winter		
	(1911 - 1940) ~ (1915 - 1944)	(1926 - 1955) ~ (1930 - 1959)	(1941 - 1970) ~ (1945 - 1974)	(1911 - 1940) ~ (1915 - 1944)	(1926 - 1955) ~ (1930 - 1959)	(1941 - 1970) ~ (1945 - 1974)	(1911 - 1940) ~ (1915 - 1944)	(1926 - 1955) ~ (1930 - 1959)	(1941 - 1970) ~ (1945 - 1974)	(1911 - 1940) ~ (1915 - 1944)	(1926 - 1955) ~ (1930 - 1959)	(1941 - 1970) ~ (1945 - 1974)
Seoul-Incheon	0.94	0.95	0.98	0.89	0.94	0.81	0.90	0.90	0.93	0.94	0.92	0.90
Seoul-Busan	0.58	0.55	0.46	0.35	0.46	0.32	0.66	0.48	0.27	0.61	0.75	0.70
Seoul-Daegu	0.47	0.36	0.50	0.44	0.64	0.38	0.45	0.47	0.40	0.58	0.62	0.61
Seoul-Mogpo	0.54	0.43	0.37	0.31	0.53	0.33	0.63	0.56	0.35	0.54	0.64	0.62
Incheon-Busan	0.64	0.59	0.47	0.39	0.42	0.39	0.53	0.35	0.23	0.67	0.71	0.65
Incheon-Daegu	0.53	0.46	0.52	0.40	0.59	0.41	0.31	0.28	0.33	0.61	0.53	0.50
Incheon-Mogpo	0.57	0.52	0.37	0.30	0.52	0.39	0.67	0.42	0.26	0.54	0.64	0.61
Busan-Daegu	0.84	0.81	0.87	0.67	0.72	0.78	0.77	0.63	0.73	0.80	0.82	0.88
Busan-Mogpo	0.76	0.77	0.80	0.77	0.67	0.38	0.65	0.69	0.78	0.88	0.85	0.80
Daegu-Mogpo	0.79	0.76	0.80	0.70	0.66	0.66	0.52	0.60	0.80	0.74	0.75	0.76

表3. 降雨量의 季節間 變動係數의 經年變化

Station	Spring			Summer			Autumn			Winter		
	(1911 - 1940) ~ (1915 - 1944)	(1926 - 1955) ~ (1930 - 1959)	(1941 - 1970) ~ (1945 - 1974)	(1911 - 1940) ~ (1915 - 1944)	(1926 - 1955) ~ (1930 - 1959)	(1941 - 1970) ~ (1945 - 1974)	(1911 - 1940) ~ (1915 - 1944)	(1926 - 1955) ~ (1930 - 1959)	(1941 - 1970) ~ (1945 - 1974)	(1911 - 1940) ~ (1915 - 1944)	(1926 - 1955) ~ (1930 - 1959)	(1941 - 1970) ~ (1945 - 1974)
Gangreung	0.34	0.43	0.48	0.39	0.35	0.33	0.44	0.41	0.42	0.59	0.67	0.62
Seoul	0.31	0.31	0.50	0.38	0.38	0.30	0.42	0.35	0.48	0.45	0.54	0.54
Incheon	0.33	0.32	0.50	0.40	0.38	0.29	0.41	0.38	0.56	0.51	0.61	0.55
Chupungryeong	-	-	0.29	-	-	0.27	-	-	0.36	-	-	0.46
Daegu	0.34	0.36	0.36	0.42	0.43	0.32	0.39	0.36	0.42	0.52	0.55	0.54
Jeonju	-	0.56	0.42	-	0.40	0.31	-	0.37	0.41	-	0.47	0.40
Ulsan	-	-	0.30	-	-	-0.43	-	-	0.46	-	-	0.56
Busan	0.39	0.34	0.34	0.35	0.41	0.46	0.49	0.43	0.40	0.57	0.58	0.58
Mogpo	0.33	0.37	0.37	0.40	0.38	0.34	0.32	0.40	0.43	0.36	0.45	0.44
Jeju	-	0.29	0.24	-	0.37	0.37	-	0.45	0.43	-	0.34	0.36

1979年 曹 等<sup>17</sup>이 18世紀 韓國의 氣候變動(降雨量을 中心으로) 論文에서 正祖代(1777-1800年)에 觀測한 서울의 降雨量과 降雨日數를 承政院 日記중에서 日別로 拔萃하여 調査 整理한 資料를 分析하여 그림1과 같이 比較함으로써 서울의 近代以前 降雨量記錄의 妥當性을 立證하고, 30年間 降雨量資料의 移動平均値와 그 變動係數의 年 및 季節別 變化를 나타냄과 동시에 1771-1907年과 1908-1975年 두 期間동안의 年 및 季節降雨量의 變動週期를 power spectrum analysis에 의해 算定하여 表1과 같이 스펙트럼간의 類似性을 例證하였다.

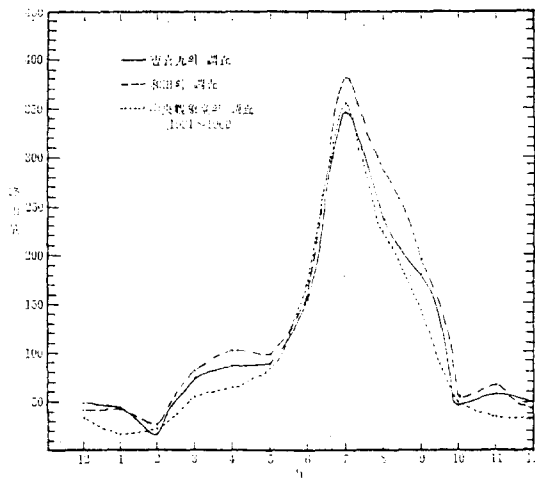


그림1 平均降雨量의 年變化(1777-1800年)

그런데 1980年代 중반인 1986年 許<sup>18</sup>에 의한 서울지방의 降雨量變化 및 豫測에 관한 研究가 紹介되었으나 장래 豫想되는 그들의 原因이 究明되지 못하였고 年降雨量은 年平均降雨量의 약 12배라는 特徵을 提示하였으며, 1987年에 金<sup>19</sup>이 서울 月降雨量의 經年變動과 氣候變化 라는 論文에서 降雨量資料系列에서의 太陽黑点週期の 存在를 確認하고 이전까지 알려지지 않았던 또 다른 氣候學的 變化를 究明코자 하는 목적에서 降水資料期間을 1771-1840年, 1841-1910年, 1911-1986年の 세 區間으로 나누고 각 區間에 대해 基本 統計的 의미와 함께 月偏差系列의 平均年分散

은 90%이상으로 설명하는 4개의 주요 모드의 年構造(Empirical Orthogonal Function, EOF)와 經年構造(係數系列)의 몇가지 特徵을 밝혔다. 또한 李 等<sup>20</sup>은 漢江流域降雨의 時·空間的 特性 考察 이라는 研究에서 流域內 37個 雨量觀測點(T/M局)에서 1975-1986年間に 觀測된 同時觀測 雨量資料를 이용하여 地點 및 流域別 年最大 降雨量系列의 變動係數를 持續時間別로 산정하여 降雨地域(雨域)의 時·空間的 特性을 考察하였다. 1988年에 韓國 建設技術研究院<sup>21</sup>에서 우리나라 主要都市 降雨觀測地點의 長期間 雨量資料를 이용하여 그 時間的 變動性을 분석함과 함께 사용된 年降水量과 日最大 雨量資料를 短期間 및 長期間으로 구분하여 그 變動特性을 분석하고 地點別 變動特性도 考察하였다.

## 2.2 主要解析理論 및 技法 概括

### (1) 降雨量의 年變化(Annual variation)<sup>6)</sup>

降水量의 年變化 및 地域的 分布 特性 把握을 위한 A. Angot method에 따라 降水比較差를 이용하여 氣候年을 降水比較差가 陽의 期間인 雨期와 降水比較差가 陰의 期間인 乾燥期로 구분한다.

$$\text{降水比較差} = \text{降水率} - \text{更正降水率}$$

$$\text{降水率} =$$

$$\left[ \frac{\text{月降水量}}{\text{해당 月の 平均日數}} \times \frac{30}{\text{總年降水量}} \right] \times 1000$$

$$\text{更正降水率} = \frac{\text{해당 月の 平均日數}}{1 \text{의 平均 總日數}} \times 1000$$

### (2) 年 및 月降水量의 正規性(Normality)<sup>8)</sup>

年 및 夏節期(6, 7, 8月) 降水量의 頻度分布를 아래와 같이 統計學的으로 분석하여 그 正規性을 검토한다.

#### 1) 全 資料期間의 區分

전 자료기간을 포함한 3개 구간을 아래와 같이

분할하여 각 구간의 年降水量과 月降水量을 구분 처리한다.

2) 年降水量 및 月降水量의 統計量 算定

각 구간의 年降水量과 月降水量에 대한 平均, 標準偏差 등을 grouping한 자료에 대해서 算定한다.

3) 降水量의 頻度分布 特性 把握

實測에 의해 얻어진 降水量 頻度分布를 Normal coordinate 값으로 변환한다.

4) Normality 檢定

경험분포로부터 이론분포를 구한 후 이의 適合度 檢定을  $X^2$ -test에 의해 행한다.

(3) 年 및 月降水量의 變則性

年 및 月降水量의 개개 頻度가 正規分布를 이루거나 이루지 않게없이 Anomaly level은 각기의 降水量資料의 平均值(M)와 標準偏差(S)를 사용하여 表4와 같이 定義한다.

降水量이 큰(또는 작은)쪽의 Anomaly level을 降水量이 작은(또는 큰)쪽의 Anomaly level 보다 높다(또는 낮다)고 정의되므로 어떠한 Anomaly level로 降水量이 나타나는 確率は 降水量頻度가 正規分布를 이루지 않으면 일률적으로 정해지지 않는다.

1) 年降水量의 Anomaly 表4의 平均值(M)와 標準偏差(S)에 年降水量의 平均值(M)와 標準偏差(S)를 각각 代入함으로써 얻어진다.

2) 月降水量의 Anomaly level

表4의 平均值(M)와 標準偏差(S)에 月別 月降水量의 平均值(M)와 標準偏差(S)를 각각 代入함으로써 얻어진다.

(4) 月降水量의 週期性(Periodicity)<sup>12)</sup>

時系列을 구성하고 있는 月降水量의 統計學的分析方法은 보통 自己相關係數(autocorrelation coefficients)와 spectral density에 의한 推計學的方法이 있다. 月降水量 時計列資料는 確定成分과 偶然成分으로 구성되어 있다고 할 수 있으며 確定成分은 週期函數의 영향을 받고 이 週期函數는 自己相關係數 또는 spectral density에 의해 그 週期性을 판별할 수 있으며 또한 spectral density는 Fourier級數의 係數로부터 추정 가능하다. 이와 같이 spectral density에 의한 방법은 水文時系列이 가지고 있는 週期的 spectrum을 구함으로써 주요 週期를 발견할 수 있다.

1) 自己相關係數에 의한 週期性 分析

月降水量 時系列을 구성하고 있는 確定成分과 偶然成分중에 確定成分이 週期性을 가지고 있는

表4. Anomaly level의 分類

Anomaly level	Abbreviation	Precipitation
Extremely Subnormal	ES	Below M-3S
Greatly Subnormal	GS	Between M-3S and M-2S
Subnormal	S	Between M-2S and M-S
Lower Normal	LN	Between M-S and M
Upper Normal	UN	Between M and M+S
Above Normal	AN	Between M+S and M+2S
Greatly Above Normal	GAN	Between M+2S and M+3S
Extremely Above Normal	EAN	Between M+3S and M+4S
More Extremely Above Normal	MEAN	Above M+4S

지의 여부를 판단하기 위해서는 자기상관계수로 부터 얻어지는 correlogram을 관찰해야 한다.

2) Spectral density에 의한 週期性 分析

時系列 분석에 있어서 선행되는 것은 Fourier級數에 의한 분석이므로 Fourier級數로 부터 얻어지는 periodogram에서 spectral density를 推定할 수 있다.

$I_x(f_k) = 0.5(A_k^2 + B_k^2)$  Ak, Bk : Fourier級數의 係數

(5) 年 및 季節降水量의 Trend와 Periodicity<sup>15)</sup>

年 및 季節降水量의 trend와 periodicity는 Mann-kendall rank method, Low-pass filter technique, Power spectrum analysis를 이용함으로써 구해진다.

1) Trend

Trend analysis는 Mann-kendall rank statistic에 지배받고, 이 統計量은 無作爲性(randomness)에 의해 거의 線型(linear) 또는 非線型(nonlinear) trend일때 강력한 분석방법으로서 다음과 같이 간단히 정의된다.

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

$n_i$  : N值 系列에서 종속적인 系列에서의 i번째 값보다 큰값의 數

N : record length

2) Periodicity

① Filtering : 9개의 Gaussian probability curve (0.01, 0.05, 0.12, 0.20, 0.24, 0.20, 0.12, 0.05, 0.01)의 縱座標로서 사용되는 low-pass filter가 이용된다.

② Serial correlation : 系列相關 rk는 다음 식에 의해 구해진다.

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{N-L} (X_i - \bar{X})(X_{i+L} - \bar{X})}{S_x^2(N-L)}$$

L : lag number  $S_x^2$  : variance of the series

③ Power Spectrum Analysis : 降水量變動에 관한 연구에 많은 적용을 위해 다음 2개 방법이 소개된다.

가) Blackmann and Tukey method

㉠ zero-th spectral estimates( $\hat{S}_0$ ):

$$\hat{S}_0 = 1/2m(r_0 + r_m) + 1/m \sum_{l=1}^{m-1} r_l$$

㉡ maximum lag, m에 대한 raw spectral estimates( $\hat{S}_k$ ):

$$\hat{S}_k = r_0/m + 2/m \sum_{l=1}^{m-1} r_l \cos(\pi kL/m) + 1/m r_m (-1)^k$$

㉢ last spectral estimates( $\hat{S}_m$ ):

$$\hat{S}_m = 1/2m \{r_0 + (-1)^k r_m\} + 1/m \sum_{l=1}^{m-1} (-1)^l r_l$$

㉣ final spectral estimates( $S_k$ ):

raw spectral estimates( $\hat{S}_k$ ) 산정식의 3번째 항을 제거함으로써 구해진다.

여기서, m : maximum lag

L : lag number

k : 1, 2, 3, ..., m-1

$r_0$  : lag zero-th correlation coefficient

$r_m$  : lag maximum correlation coefficient

$r_k$  : lag k-th correlation coefficient

나) Hamming method(Smoothing formulas)

㉠  $S_0 = 0.5 \hat{S}_0 + 0.5 \hat{S}_1$

㉡  $S_k = 0.25 \hat{S}_{k-1} + 0.5 \hat{S}_k + 0.25 \hat{S}_{k+1}$

㉢  $S_m = 0.5 \hat{S}_{m-1} + 0.5 \hat{S}_m$

(6) 地域 및 季節降水量의 相關性和 變動性<sup>16)</sup>

降水量의 地域 및 季節間 相關性和 地點들간의 變動率은 降水特性을 파악함에 있어서 좋은 指標가 될 뿐 아니라 水工計劃에도 중요한 참고자료가 된다.

1) 地域 및 季節間 相關性

全 觀測期間을 대상으로 개개 관측점의 지역 및 계절간 相關係數를 구하여 그 相關關係를 조사한다.

2) 地域間 相關性的 經年變化

각 관측지점들간의 相關係數의 經年變化는 일정한 年數의 單位로 全 觀測期間을 분할하여 매년 overlapping시켜 조사한다.

3) 降水量 變動率의 經年變化

일반화되고 있는 降水量의 變動率 산정방법은 標準偏差(S)와 平均值( $\bar{X}$ )의 比率인 變動係數( $C_v = S/\bar{X}$ )를 이용하는 것으로 이는 降水量資料의 分布程度를 나타내는 時空間的 特性이라 할 수 있다.<sup>20)</sup> 변동계수의 經年變化는 일정한 年數의 單位로 全 觀測期間을 분할하여 매년 overlapping시켜 조사한다.

(7) 月降水量의 經年變化<sup>19)</sup>

月降水量時系列의 全 資料 觀測期間을 3개 區間의 期間으로 분할하고 각 구간동안의 統計量(平均, 標準偏差)과 함께 月偏差系列의 平均年分散을 90%이상으로 설명하는 4개 으뜸모드의 年構造(Empirical Orthogonal Function, EOF)와 經年構造(係數系列)의 특징을 밝힘으로써 月降水量의 經年變動을 파악할 수 있고, 월편차계열의 平均연분산은 연구조의 定常成分으로 대부분 설명되고 나머지 부분만이 연구조의 變則成分으로 설명된다.

1) 平均과 分散(Means and Variances)

각 구간의 總分散은 구간별 기간동안의 年平均分散 및 年分散의 平均으로 나누어진다.

$$\frac{1}{IJ} \sum_j \sum_i (P_{ij} - \bar{P})^2 = \frac{1}{J} \sum_j (P_j - \bar{P})^2 + \frac{1}{J} \sum_j \left\{ \frac{1}{I} \sum_i (P_{ij} - P_j)^2 \right\}$$

$P_{ij}$ : j번째年の i번째 月에 대한 月降水量

$P_j$ : j번째年에 대한 月降水量의 年平均

$\bar{P}$ : 總平均 月降水量

J: 區間別 期間동안의 資料年數

I: 1年에서의 月數(즉, I=12)

上記 式의 右側 첫제항은 經年變動의 척도이고, 두번째항은 年平均分散(mean annual variance)로서 降水量의 年變動이 없다면 무시되고 年平均分散은 다음 式에 의해 구해진다.

$$\frac{1}{J} \sum_j \left\{ \frac{1}{I} \sum_i (P_{ij} - P_j)^2 \right\} = \bar{S}^2 + \frac{1}{J} \sum_j (S_j - \bar{S})^2$$

$S_j$ : j번째年에 대한 月降水量의 標準偏差

$\bar{S}$ : 年標準偏差  $S_j$ 의 平均

따라서 降水量의 經年變動은 기후예보에 중요하고 年平均보다 年構造에 의해 잘 설명되므로 年構造는 정상적인 年週期 뿐만 아니라 변칙성 예측에도 중요하다.

2) 月偏差의 으뜸모드(The Principal Modes of Monthly Departures)

年構造를 고려하여 平均연분산을 구하기 위해 월편차시계열을 해석하고 平均연분산은 연구조와 經年變動의 결과이므로 月偏差系列을 J vector系列(즉, 年構造 vector)로서 간주되고 그 으뜸모드에 대하여 系列을 특성화할 수 있다. 그러므로 월편차의 으뜸모드는 고유벡터(eigen vector)와  $I \times I$  element의 대칭매트릭스중 가장 큰 4개 고유치(eigen value)를 가지고 있는 係數系列에 의해 표시되고 이는 12개 calendar months에 대한 여러 偏差들간의 정규화된 共分散이다.

중중 경험적 직교함수(Empirical Orthogonal Function, EOF)로 불리어지는 정규화된 으뜸모드의 고유벡터는 모드의 연구조를 설명하고, 반면에 係數系列은 모드의 經年構造를 잘 설명하고 있다. 특히 係數系列의 平均에 의해 곱해진 EOF element는 모드의 정상적인 연주기 특성을 암시하고 연평균으로부터의 편차에 의해 곱해진 동일 EOF element는 편차에 의해 언급된 年의 변칙적인 연주기를 가져온다.

3) 月偏差의 으뜸분광(The Principal Spectra of Monthly Departures)



으뜸분광은 일편차의 으뜸모드에 대한 계수 계열의 標本分光(sample spectrum)이라고도 하며 이는 어떤 window를 사용하지 않고 Box and Jenkins method에 따라 계산되며, 개개 으뜸분광에 대해 나타내어진 것은 橫座標의 線型軸上에서 분광기간(spectral period)의 함수로서의 적분된 분광능(integrated spectral power)이고 적분된 분광능은 30년 분광기간(30×12 subranges)에 대한 Niquist period 전 범위에서 매일 subranges에 대해 계산된다.

### 3. 結 言

本稿에서는 水工計劃上 고려되는 降雨資料의 經年的 變化的 統計學的 特性에 대한 國內의 研究動向과 基本的인 解析理論 및 技法을 概括하여 살펴보았다.

數拾년에 걸친 長期間의 降水資料는 각종 水資源 計劃과 樹立을 위한 水文學的 解析에 있어서 基本資料로 사용되는 것으로서 매우 중요하며 氣象學的으로 볼때 水文循環의 根本原因이라 할 수 있다. 이와같이 降雨量과 같은 水文資料는 일정한 기간에 걸쳐 발생한 水文現象에 대한 觀測 및 調查記錄으로서 일반적으로 水文資料의 신뢰성은 觀測期間에 좌우된다고 할 수 있다. 그러나 우리나라는 조밀한 雨量觀測網의 不足과 長期間資料의 획득곤란으로 아직까지 충분하고도 활발한 水文學의 經年變動에 관한 研究가 계속 진행되지 못하였다.

앞으로 보다 많은 雨量計測網의 擴充과 長期間의 資料蒐集이 實질히 요구되며 이를 바탕으로 時,空間의 特性을 가지고 있는 降雨資料의 經年變化特性을 파악하여 보다 정확하고 합리적인 水文資料 提供 등이 필요할 것으로 생각된다. 또한 이들 결과는 産業發達에 따른 水文學의 變化豫測에도 효과적으로 이용될 수 있을 뿐만 아니라 水文學事業 등의 여러 방면에도 중요한 참고자료가 될 것으로 思料되므로 綜合的이고 體系的인 研究

가 필요할 것이다.

### 參考文獻

1. Tada, F. (1938) *Über Die Periodische Aenderung Der Regenmenge in Chosen Seit Dem Jahre 1976*. Comptes Rendus. Congres Internationale de Geogr., Amsterdam. Tome II. Section C. pp.305-308,1938.
2. Arakawa, H.(1956) *On the Secular Variation of Annual Total of Rainfall at Seoul from 1770-1944*. Arch. Met. Geophy. Biol., (2). pp.205-211.
3. 朴成宇, (1979) 週期性 函數를 利用하여 年降雨와 年氣溫變化의 週期發見에 관한 研究, 韓國農工學會誌, 第6卷 1號, pp. 737-749, 1964.
4. 金光植, (1966) 降水變動率에 의한 우리나라의 벼 移植適期, 韓國氣象學會誌, 第2卷 第1號, pp. 6-10, 1966.
5. 福井英一郎編, (1966) 自然地理學, pp. 103-104, 1966.
6. 孫亨珍, (1967) 韓國의 降水量 年變化에 關하여, 韓國氣象學會誌, 第3卷 第1號, pp. 1-4, 1967.
7. 鄭昌熙, (1969) 서울지방 7月 降水量의 Periodogram에 關하여, 韓國氣象學會誌, 第5卷 第1號, pp. 11-14, 1969.
8. 李炳高, (1970) 서울의 年降水量 및 夏期降水量의 Normality에 關한 研究, 韓國氣象學會誌, 第6卷, 第1號, pp. 16-29,
9. 鄭昌熙, (1971) 安希洙, 서울지방의 年降水量과 月降水量의 Anomaly에 關하여, 韓國氣象學會誌, 제 7권 제1호, pp. 1-10,
10. Yamamoto, T.(1975) *Solar-Climate Relation of Far East Asia*. Tenki. 22. 8:41-44.
11. Kim, S.S.(1976) *A Study on Summer Precipitation and Winter Temperature at Seoul*. J.Kor.Met.Soc., 12.1:1-6.
12. 鮮于 仲皓, (1976) Spectral Density에 의한 韓國 月降水量의 週期性 分析, 大韓土木學會誌, 第24卷 第3號, pp. 69-74,
13. 文勝義, (1977) 南韓의 降水量 變動率에 關하여,

그림 3은 지점별 8월말 누가 강수량을 나타낸 것이다. 특기할만한 사실은 8월말까지 전국적으로 약간 많은(11%) 강수가 내렸으나 서울에서는 8월말까지 기록된 1,648mm의 강수량은 최근 80년 동안 1940년에 기록된 1,719mm 다음으로 큰 값이다. 8월말 서울의 누가 강수량 표준 편차값이 290mm이므로 올해 강수량은 빈도로 환산할때 100년 이상의 값이라고 할 수 있다.

이상에서 기술한 바와 같이 올해의 강수량은 전국적으로는 8월말까지 예년과 비교하여 약 11% 해당하는 양이 내려 표준편차(30%에 해당)와 비교할때 특이할 만한 것은 아니라고 할 수 있다. 그러나 국부적으로는 서울지방의 경우 1940년 이래 가장 많은 강수량을 기록함으로써 다른 지역과는 상당히 다른 현상을 보여주고 있다.

→ 314페이지에서 계속

- 韓國氣象學會誌, 第3卷 第1號, pp.59-63,
14. 金永漢, 鮮于仲皓, (1978) 韓國水文資料에 대한 Cross-Spectrum分析, 大韓土木學會誌, 第26卷, 第1號, pp.125-136,
15. Cho, H.K., (1978) *Secular Variation of the Rainfall in South Korea*. In Climatic Changes and Food Productions. International Symposium on Recent Climatic Changes and Food Production, held October 4-8, 1976, Tsukuba and Tokyo. 25-39, 1978.
16. 曹喜九, (1978) 南韓의 地域間, 季節間 降水量의 特性, 韓國水文學會誌, 第11卷, 第2號, pp.62-69,
17. 曹熙九, 羅逸星, (1988) 18世紀 韓國의 氣候變動 (降雨量을 中心으로), 延世大學校 國學研究院, 東方學誌, 第22輯, pp.83-103,
18. Her, K.M., (1986) *A Study of the Variation and Prediction of the Precipitation in Seoul Area*, Yonsei University Master Thesis. 1986.
19. 김정우, 하경자, (1987) 서울 月降水量의 經年變動과 氣候變化, 韓國氣象學會誌, 第23卷 第3號, pp.54-69,
20. 李元煥, 李吉春, 趙元喆, (1987) "漢江流域 降雨의 時·空間的 特性 考察", 第29回 水工學 研究發表會 論文抄錄集, pp.17-28,
21. 韓國 建設技術研究院, (1988) 우리나라 主要 都市의 資料記錄期間에 따른 降雨量變化에 關한 研究, 第30回 水工學 研究發表會 論文抄錄集,

→ 305페이지에서 계속

24. 윤용남, (1986) 공업수문학, 청문각.
25. 이근후, (1983) 폭우의 시간적분포에 관한 연구, 서울대학교 박사학위 논문, 서울대학교 농공학과.
26. 이은용, 강관원, (1982) 확정론적 모의기법에 의한 도시유출해석에 관한 연구, 한국수문학회지, Vol.15, No.3, pp.37-47.