

週期性函數를 利用하여 年降雨와 年氣溫變化의 週期發見에 關한 研究

The Study of Periodicity of Annual Precipitation And Annual Temperature By The Periodic Function.

SUMMARY

This is an attempt to find out the periodicity of the natural hydrological phenomena by the function of vibration periodicity, under the assumption that the phenomena are periodic. The result of this study at Suwon is as follows:

1. Annual precipitation and total precipitation during summer season have the periodicity of five years.
2. Annual temperature and total temperature during winter season have the periodicity of seven years.
3. The regulation curve equations of the above vibration phenomena are as follows:

a. Annual precipitation.	$Y = 1149 - 250 \cos 2/5\pi t - 33 \sin 2/5 t$
b. Total precipitation during summer season.	$Y = 212,9 + 33,06 \sin (2/5\pi t + 88^\circ 13')$
c. Annual temperature.	$Y = 140,3 + 3,3 \sin (2/7\pi t + 154^\circ 55')$

緒 論

近來水文統計學은 自然事象에 對한 觀測值를 無限集合體에서 獨立試行의 任意無作爲에 依한 抽出值로 생각하며 이러한 값의 小集合體에서 順位統計學理論을 適用시켜 母集團의 統計值(Statistic)를 推定하려고 애쓰고 있다. 이 方法에 依하면 觀測值의 順位를 整理하므로써 其의 系列自體를 一個의 連續分布函數로 取扱하여 여기 適合한 確率函數型을 찾아 하나의 變量에 對한 其의 確率值를 計算하려는 方法이다. 然而나 여기 本研究에 있어서는 이러한 方法과는 달리 連續 觀測值를 順位로 整理하지 않고 大自然이 우리에게 露出 시켜주는 其의 連續現象 自體를 注目하고 其의 움직임 自體를 統計의 으로 處理하여 週期波를 計算하려는 試圖이다.

1. 數學的 準備

(1) 本論文에서 用되던 記號의 數學的 定義

(i) M : 算術平均値

그 數學的 定義는

$$M = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

이다. 即 많은 變量의 代表值이다.

(ii) λ : 偏差

各變量과 代表值와의 偏倚量이다.

(iii) σ : 標準偏差

各 偏差의 平方의 算術平均의 平方根

$$\text{即 } \sigma = \sqrt{\frac{1}{n}(\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \dots + \lambda_n^2)}$$

$$\text{or } \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \left\{ (X_1 - M)^2 + (X_2 - M)^2 + \dots + (X_n - M)^2 \right\}}$$

(iv) δ : 標準測定值

算術平均을 基準으로 하고 標準偏差를 單位로 한 時系列의 값, 따라서 그 單位와는 無關係인 無名數이며 그 값은 大體로 (-3)과 (+3)의 사이 에 있다.

$$\text{即 } \delta_1 = \frac{\lambda_1}{\sigma}, \delta_2 = \frac{\lambda_2}{\sigma}, \dots, \delta_n = \frac{\lambda_n}{\sigma}$$

(v) γ : 類似係數 또는 相關係數

二時系列의 類似性, 또는 逆類似性을 測定하는 값이며 $(+\gamma)$ 은 順相關, $(-\gamma)$ 은 逆相關, $\gamma = 0$ 일 때는 그 二個의 時系列은 無關係라고 定義한다.

$$\text{即 } \gamma = \frac{1}{n} \sum \delta_{x_i} \delta_{y_i}$$

여기서 δ_{x_i} 는 變量 X_i 를 가지는 系列의 δ 이며 δ_{y_i} 는 變量 Y_i 를 가지는 系列의 δ 이다. 따라서 二個의 相對系列의 各標準測定值의 相乘積의 代數和의 算術平均이다. 따라서 그 값은 $(+1 \geq \gamma \geq -1)$

(2) 本論文에 使用한 統計的方法의 數學的 根據

一個의 時系列은 單純히 다음과 같은 形式으로 表示할수있다고 假定한다.

$$y = \zeta(t) + f(t) + F(t) + \phi(t) \dots (1)$$

- 여기서 $\zeta(t)$: 長期變動
- $f(t)$: 季節變動
- $F(t)$: 偶然變動
- $\phi(t)$: 循環變動

以上の 諸函數는 어느것이나 time(t)의 函數이다. 即 여러가지의 觀測值 y 는 이들 函數가 原因이 되었다고 생각된다. 本研究者의 目的은 y 自體가 主로 $\phi(t)$ 만 에 依하여 關係된것으로 하고 $\phi(t)$ 를 一定한 週期와 振幅과 位相으로서 數學的으로 定義하여 보려고 한다.

(i) 年合計溫度及 年合計雨量의 觀測值는 氣象的으로 보아 長期的으로 어떠한 傾向을 가지고 變化한다고는 아직 생각할수없다. 即 年年氣溫이 오르고있다면지 또는 年年 降雨量이 적어진다던지 등은 생각할수없다. 그러므로 $\zeta(t)$ 는 y 와 關係가 없다고 생각한다. 即 長期變動은 定數라고 看做하면

$$\zeta(t) = C \dots (a)$$

(ii) 年合計溫度及 年合計雨量이나 冬季 또는 夏季의 平均溫度及 平均雨量等은 이미 季節的으로 그 特殊性을 消却當하였다고 볼수있다. 그것은 12個月 平均에 依하여서도 없어질것이고 또

自體 年合計值이니까 季節的인 關係는 없다. 即 (t) 가 月을 表示한다면

$$f(t) = f(t+12), \int_1^{12} f(t) dt = 0$$

의 性格을 가진다. 이 $f(t)$ 는 t 를 年으로 表示하여도 아직은 y 에는 關係가 없다.

$$\therefore f(t) = 0 \dots (b)$$

(iii) 氣象關係에서 偶然的要素가 關係한다는 것은 認識할수있다. 例를들면 日本의 東北冷害는 火山爆發에 依하여 噴出하는 細塵이 매우 높은 高空에 達하여 이것이 大氣의 環流에 依하여 流動하여서 極에 到達하고 高空全面에 細塵層이 생겨서 日光을 吸收하는 것이 그 原因의 하나라고 하는것 등이 있다. 그러나 이런 事實은 그야 말로 偶然的인것이며 無視하여도 無關係할 것이다. 다음에 觀測의 誤差等이 y 의 값에 變化를 準일이있다 할지라도 그것은 많은 觀測值의 平均에 依하여 除去되었다고 볼수있으니까 이것亦是 考慮치않아도 無關係할 것이다.

$$\text{即 } F(t) = 0 \dots (c)$$

그러므로 (1)式은 $(a), (b), (c)$ 에 依하여

$$y = C + \phi(t)$$

(iv) 最後에 y 에 直接으로 關係하는것은 $\phi(t)$ 인데 이 $\phi(t)$ 를 數學的으로 定義하여서 어떤 地方의 氣象關係의 觀測值를 이 函數에 依하여 表示하려고 試圖하는 바이다.

(3) 函數 $\phi(t)$ 의 解析

一定한 時間을 單位로 하여 時間을 測定할때 正의 整數 P 를 週기로 하는 時系列 y 를

t	0, 1, 2, 3, 4, ..., γ , ..., $P-1, P$
y	$y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, \dots, y_\gamma, \dots, y_{P-1} (y_P = y_0)$

로서 表示하여본다. 지금 $\theta = \frac{2\pi}{P}t$ 로 놓으면 $\theta = \frac{2\pi}{P}r$ 일때 $y = y_r$ 가 되고 또 θ 는 0에서 2π 까지 變化한다. 그리하여 近似的으로

$$y = A_0 + A_1 \cos \theta + B_1 \sin \theta \dots (2)$$

(2)式에 가장 適合하는 A_0, A_1, B_1 의 값을 最小自乘法에 依하여 決定하면

$$A_0 = \frac{1}{P} \sum_{r=0}^{P-1} y_r$$

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \frac{2}{P} \sum_{r=0}^{P-1} y_r \cos \frac{2\pi}{P} r \\ B_1 &= \frac{2}{P} \sum_{r=0}^{P-1} y_r \sin \frac{2\pi}{P} r \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

$$\left. \begin{aligned} &\dots\dots\dots \\ &\dots\dots\dots \\ &u_{(n-1)p}, u_{(n-1)p+1}, u_{(n-1)p-2}, \dots \\ &\dots\dots, u_{np-1} \end{aligned} \right\} n \text{ 列}$$

※ (3)式은 一個의 函數를 Fourier 級數로 展開하였을때, 即 t 를 O 에서 2π 까지 取하였다고 하고

$$\phi(t) = A_0 + A_1 \cos t + A_2 \cos 2t + \dots + A_k \cos kt + B_1 \sin t + B_2 \sin 2t + \dots + B_k \sin kt$$

라던 各項의 係數는

$$\left. \begin{aligned} A_0 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \phi(t) dt \\ \dots\dots\dots \\ A_m &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \phi(t) \cos mt dt \\ \dots\dots\dots \\ B_m &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \phi(t) \sin mt dt \\ (m=1, 2, 3, \dots, k) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (\alpha)$$

(α)式의 證明은 省略함.

또 (α)式은 實際의 計算에서는

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \phi(t) dt = \frac{1}{n} \sum_{r=0}^{n-1} \phi(tr) \\ \dots\dots\dots \\ A_m &= \frac{2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \phi(t) \cos md dt \\ &= \frac{2}{n} \sum_{r=0}^{n-1} \phi(tr) \cos \left(mr \frac{2\pi}{n} \right) \\ \dots\dots\dots \\ B_m &= \frac{2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \phi(t) \sin mt dt \\ &= \frac{2}{n} \sum_{r=0}^{n-1} \phi(tr) \sin \left(mr \frac{2\pi}{n} \right) \end{aligned}$$

로 하고 $m=1$ 일때는 (α)式의 形이 된다. ※

다음에 任意의 單位時間의 等間隔으로서 測定한 觀測值를

$u_0, u_1, u_2, \dots, u_p$ 로 하고

이들을 다음과 같이 排列하여서 縱의 各行의 算術平均을 求하고 그값들을 各各

$v_0, v_1, v_2, \dots, v_{p-1}$ 으로 한다.

$$\left. \begin{aligned} \text{列 } u_0, u_1, u_2, \dots, u_{p-1} \\ u_p, u_{p-1}, u_{p-2}, \dots, u_{2p-1} \\ u_{2p}, u_{2p-1}, u_{2p-2}, \dots, u_{3p-1} \end{aligned} \right\}$$

平均値... $v_0, v_1, v_2, \dots, v_{p-1}$

이 v 의 系列을 平均系列이라 命名한다. 지금 이 平均系列의 振幅을 求하는데

$$v = A_0 + A_1 \cos \theta + B_1 \sin \theta \quad \left(\theta = \frac{2\pi}{P} t \right) \dots (4)$$

로 놓고 (4)式에서

$$t=0, 1, 2, 3, \dots, P-1$$

即 $\theta=0, \frac{2\pi}{P}, \frac{2\pi}{P} 2, \dots, \frac{2\pi}{P}(P-1)$ 일때

$$v=v_0, v_1, v_2, \dots, v_{p-1}$$

이될 條件 밑에서 最小自乘法에 依하여

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \frac{2}{P} \sum_{r=0}^{P-1} v_r \cos \frac{2\pi}{P} r = \frac{2}{Pn} \sum_{r=0}^{n-1} n_r \cos \frac{2}{P} 2\pi r \\ B_1 &= \frac{2}{P} \sum_{r=0}^{P-1} v_r \sin \frac{2\pi}{P} r = \frac{2}{Pn} \sum_{r=0}^{n-1} u_r \sin \frac{2\pi}{P} r \\ A_0 &= \frac{1}{P} \sum_{r=0}^{P-1} v_r \end{aligned} \right\} (5)$$

를 얻는다. 그리하여 그 平均系列의 振幅은 $\sqrt{A^2+B^2}$ 에 依하여 얻을수 있다.

그런데 위 方法에 依하여 만든 平均系列 $v_0, v_1, v_2, \dots, v_{p-1}$ 에서는 元系列 $u_0, u_1, u_2, \dots, u_{p-1}$ 에 있어서 P 인 週期를 包含하는 構成成分은 그 振幅을 變化하는 일이없이 다른 週期를 包含하는 構成成分은 (n 가 充分히 크다면) 그 振幅이 매우 弱하여져서 모다 그 平均에 가까워진다. 따라서 n 를 充分히 크게 取하면 平均系列의 振幅 $\sqrt{A^2+B^2}$ 로서 元系列 $u_0, u_1, u_2, \dots, u_{p-1}$ 에 있어서 P 인 週期の 構成成分의 振幅을 表示할수 있다.

※ 이段의 數學的證明은 省略함. ※

그러면 一個의 時系列이 各各 T, T', T'' 등의 週期를 갖는 循環的變動을 包含하고 있다고 생각한다. 그리고 이들의 週期는 서로 接近하고 있지않은 값을 갖는다. 그러할때 週期 T 를 갖는 函數로서 매우 單純한 形인 $\phi(t) = R_T \cos \left(\frac{2\pi}{T} t - \epsilon \right)$ 을 取한다고 본다. 여기서 R_T 는 振幅, ϵ 는 位相을 表示하며 T 는 반드시 整數라고는 할수없다. 우리는 아직 T 의 값을 모르나 이

값에 가까운 P 를 取하여 이를 假週期로 한다. 주어진 時系列을 前記의 $u(t)$ 라고 생각하고서 計算을 하여 前記와 같이 平均系列을 만들고 똑같은 方法을 實行하면 平均系列에서는 다른 週期 T' , T'' 등을 갖이는 變動의 振幅은 全部 弱하여진다. 또 P 의 값은 T 와 같은 값은 아님으로 平均系列의 振幅 $\sqrt{A^2+B^2}$ 로서 $\phi(t)$ 의 振幅, 即 R_T 에 같다고 할수는 없다. 그러나 P 가 매우 T 에 가까운 값이라면 그 사이에 큰 差는 없을 것이다. (證明省略)

(4) 實際의 計算法

週期 T 를 찾기 爲하여는

(i) 어떠한 推算에 依하여 T 에 가깝다고 豫想되는 數個의 連續正數를 取한다. 例를들면 이들을 P_1, P_2, \dots, P_n 로 한다.

(ii) 平均系列을 만든다. 即 系列의 값, 여기서는 觀測值를 그 順序로 橫으로 P_1 個를 排列하고 또 그 아래쪽으로 P_1 個를 排列하여서 n 個의 列을 만든다.

(iii) 다음에 그 平均系列 $v_0, v_1, v_2, \dots, v_{p-1}$ 을 計算한다.

(iv) 平均系列의 振幅을 求한다. 그것은

$$A_0 = \frac{1}{P_1} \sum_{r=0}^{P_1-1} v_r$$

$$A = \frac{2}{P_1} \sum_{r=0}^{P_1-1} v_r \cos \frac{2\pi}{P_1} r$$

$$B = \frac{2}{P_1} \sum_{r=0}^{P_1-1} v_r \sin \frac{2\pi}{P_1} r$$

$$R^2 P_1 = A^2 + B^2$$

을 計算하여서 $R^2 P_1$ 을 求하고 그 平方根에 依하여 P_1 을 試驗的인 週期로 하였을때의 振幅을 만든다.

(v) 같은 方法에 依하여 P_2, P_3 에 對하여도 R_T 를 만든다.

(vi) 다음에 週期圖表 即 P_1, P_2, P_3, \dots 의 값을 X 軸에 振幅의 平方 $R^2_{P_1}, R^2_{P_2}, R^2_{P_3}$ 을 Y 軸에 取하여 GRAPH를 그린다.

(vii) 週期圖表의 極大值에 該當하는 P 의 값을 眞正한 週期 T 로 採用한다.

(3) 實際의 試算

前章까지에서 論한 數學的理論을 實際로 水原地方에 適用하여본다. 西紀 1908년부터 1949년까지의 氣象觀測值는 다음 表 (1), (2)와 같다.

水原地方 降雨量 月 平均

表—(1)

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
1908	—	—	6.0	30.4	67.1	135.3	462.7	189.5	47.8	46.3	23.2	9.7	1018.0
9	7.8	10.7	23.1	98.3	65.2	127.8	131.5	147.6	107.3	53.2	32.8	39.0	843.3
10	27.8	4.2	34.2	37.1	20.9	198.2	282.3	238.1	27.8	4.1	87.2	17.9	979.3
11	40.7	16.8	82.3	84.4	62.3	111.9	280.5	90.5	272.2	14.2	93.0	18.0	1201.8
12	4.3	78.8	16.3	67.3	83.0	78.5	338.6	202.6	59.2	37.8	34.9	32.6	1033.4
13	11.1	6.1	12.5	91.7	66.1	131.1	220.1	71.3	35.9	25.9	11.8	15.0	698.6
14	35.1	7.6	167.0	71.5	73.2	158.1	116.2	163.2	54.9	106.3	58.6	21.6	1037.7
15	48.3	30.4	13.5	59.0	106.2	91.5	271.9	358.4	164.9	29.6	29.7	13.4	1216.4
16	51.8	22.9	18.3	174.9	114.8	391.8	270.8	178.9	336.0	23.9	68.0	13.4	1665.5
17	9.4	3.8	23.2	37.9	73.5	93.0	284.5	159.5	99.6	25.9	19.6	18.6	848.5
18	4.3	30.9	24.5	66.6	92.7	141.8	24.5	197.7	30.5	13.5	55.2	8.4	690.6
19	14.3	3.0	12.8	49.6	109.1	110.0	251.3	217.4	81.7	41.9	34.4	18.4	943.9
20	29.6	10.0	25.2	50.5	56.1	194.2	429.3	388.7	50.8	8.6	70.2	11.6	1355.4
21	17.8	21.5	35.9	65.3	97.5	46.7	291.1	118.0	46.0	48.1	54.4	35.5	977.8
22	21.3	72.6	38.1	26.3	71.6	57.3	69.6	496.8	180.3	36.4	32.5	16.3	1119.1
23	35.2	15.6	58.9	106.2	50.0	87.1	143.2	216.2	216.5	228.1	94.7	55.5	1115.9
24	15.7	76.2	16.9	103.6	70.0	132.7	198.6	23.0	45.9	24.7	41.4	15.2	763.9

週期性函數를 利用하여 年降雨와 年氣溫變化의 週期發見에 關한 研究

1925	9.7	14.0	45.6	19.8	103.6	14.8	509.7	31.0	144.9	30.0	91.0	40.5	1094.6
26	33.5	15.9	14.7	80.7	86.0	42.5	663.7	28.1	252.0	77.8	31.0	20.1	1345.5
27	55.5	1.1	54.0	116.7	127.0	40.1	319.5	208.9	28.5	69.5	13.7	39.2	1073.7
28	61.8	10.5	21.1	21.6	49.7	105.7	147.7	237.1	237.9	22.8	58.8	15.0	994.7
29	21.5	6.8	10.4	56.9	41.8	131.1	167.2	214.1	62.8	20.7	19.6	107.6	860.5
30	1.1	64.8	101.9	135.4	36.0	108.7	844.2	168.3	111.9	35.2	54.5	7.9	1664.4
31	38.7	47.2	42.6	122.4	158.8	128.2	232.0	540.9	56.0	11.0	60.9	73.6	1512.1
32	3.4	21.8	25.1	28.0	77.3	110.0	193.1	195.4	48.1	61.1	23.1	41.2	827.7
33	8.1	15.1	22.9	63.6	178.8	211.7	257.1	291.7	143.6	27.3	19.6	31.3	1270.8
34	3.2	20.8	40.1	72.6	103.2	197.8	321.6	231.4	268.0	17.8	68.8	51.8	1397.1
35	5.2	4.6	18.0	67.9	63.6	163.5	237.9	90.4	32.5	59.4	27.5	5.2	1023.5
36	4.6	16.7	28.4	142.9	28.6	75.1	239.5	576.7	393.1	42.0	42.8	53.8	1644.2
37	17.0	34.0	45.9	176.4	116.6	23.8	354.3	185.3	138.9	66.7	30.4	26.5	1209.8
38	12.6	21.7	74.3	7.6	123.6	152.6	242.4	179.9	138.4	121.1	32.9	38.1	1145.2
39	9.6	6.4	16.2	70.0	77.3	77.8	135.6	135.6	31.4	56.5	116.5	22.9	691.8
40	6.0	31.8	14.6	43.3	60.6	75.8	1322.9	164.5	257.1	7.6	47.1	55.1	2086.4
41	24.5	8.8	71.8	42.0	155.7	135.4	242.4	222.4	27.7	69.0	63.8	20.7	1084.2
42	20.3	3.6	126.1	64.6	32.9	114.9	113.6	102.7	314.7	28.1	28.5	19.5	968.7
43	3.6	22.5	48.5	41.3	64.2	126.8	211.6	50.6	69.4	42.9	43.7	13.6	738.7
44	1.4	8.9	27.0	82.0	49.8	128.2	230.0	245.3	144.3	16.1	78.5	21.0	1005.5
45	4.0	5.9	132.7	30.5	170.3	257.0	470.4	169.3	278.0	68.1	6.6	23.9	1606.7
46	20.5	17.4	63.1	60.5	90.8	64.9	137.6	278.2	146.5	79.0	8.3	23.3	1574.3
47	36.1	4.3	57.2	62.8	47.1	141.4	473.2	341.2	141.8	15.6	29.5	68.8	1419.2
48	91.3	9.1	53.5	31.0	35.6	456.9	380.2	245.8	213.7	58.2	5.0	58.9	1639.1
49	24.2	19.5	12.0	51.6	70.7	36.8	148.4	77.6	119.4	37.6	7.2	14.7	619.7
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
52	6.4	15.3	31.0	103.2	5.0	109.2	277.1	137.7	122.0	80.3	62.9	15.9	966.0
53	2.4	5.3	112.5	101.2	61.3	240.9	452.5	288.4	54.4	69.2	15.9	46.6	1450.6
54	18.4	94.5	4.3	70.3	61.0	162.7	568.5	214.8	75.1	50.3	21.6	32.1	1373.6
55	12.0	5.0	18.2	49.2	58.5	175.5	333.2	63.7	204.6	33.4	55.3	13.4	1016.9
56	9.2	17.7	140.2	69.1	75.8	308.2	494.6	68.5	324.1	21.3	22.1	15.0	1565.8
57	43.3	11.5	16.7	91.7	83.7	14.8	491.4	174.5	2.2	74.6	21.5	92.8	1098.7
58	63.1	5.0	23.3	184.3	28.0	75.3	370.0	161.7	371.5	100.4	58.8	42.6	1523.0
59	3.5	58.6	175.1	94.7	84.9	95.3	294.9	579.0	203.0	54.4	24.0	37.2	1684.8
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

水原地方溫度月平均

表一(2)

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
1908	-3.3	-4.1	3.4	11.4	16.4	22.0	24.1	24.9	20.8	15.1	4.7	-0.3	139.1
9	-2.2	-2.6	2.4	11.8	16.3	22.3	25.4	26.1	21.2	13.9	6.3	-3.8	136.1
10	-2.3	-3.4	3.1	10.6	18.0	20.6	24.0	25.1	20.0	15.7	6.2	-4.3	133.3
11	-5.1	-0.4	4.2	10.8	17.1	21.2	23.9	26.1	21.8	12.8	7.1	-2.4	137.1
12	-4.8	1.0	4.5	11.6	16.3	22.2	24.5	25.4	19.4	12.3	1.6	-2.5	131.5
13	-5.6	-4.1	1.6	10.4	15.6	20.6	22.5	24.0	19.7	14.9	4.8	-1.6	121.8
14	-2.7	0.1	5.2	10.7	18.3	22.3	26.4	25.6	21.3	14.8	6.4	-1.5	146.9
15	-4.4	-3.1	6.3	9.7	16.2	21.0	25.7	24.9	20.2	16.1	6.1	1.0	134.2

週期性函數를 利用하여 年降雨의 年氣溫變化의 週期發見에 關한 研究

16	0.1	-1.1	1.3	11.1	15.5	20.5	24.0	25.8	20.0	13.9	7.5	-0.9	137.7
17	-8.6	-3.2	3.4	11.4	15.1	22.2	26.5	25.6	21.5	15.2	4.4	-5.3	128.3
18	-7.6	0.1	4.7	11.9	15.4	20.6	23.5	25.3	20.9	14.3	5.2	-1.6	132.2
19	-4.5	-2.2	5.2	11.6	17.7	21.8	26.4	26.9	21.2	14.7	6.4	-2.5	142.7
20	-6.5	-2.9	5.2	11.8	18.6	22.6	25.9	25.7	22.2	16.3	8.7	-0.9	146.2
21	-3.6	-0.5	3.7	12.1	17.4	20.8	24.5	26.7	21.0	14.2	4.6	0.5	141.4
22	-6.5	0.9	4.2	13.8	17.3	24.4	24.7	27.4	21.9	15.7	4.6	-3.9	143.5
23	-5.8	-2.8	5.3	10.2	18.2	22.7	24.9	27.4	20.6	13.2	5.7	1.8	138.8
24	-3.0	-1.2	1.0	12.2	17.1	22.3	26.2	27.8	21.8	14.0	4.3	-2.2	140.8
25	-4.7	3.2	1.8	10.4	16.7	21.1	24.4	25.7	20.5	14.1	7.7	-1.0	133.6
26	-5.8	-3.3	-3.7	10.0	17.0	21.7	24.2	25.7	20.9	12.0	7.0	-4.0	128.5
27	-4.5	-2.9	3.6	12.1	15.3	22.1	26.0	26.1	21.2	14.6	8.0	-1.8	140.1
28	-5.7	-2.5	4.1	13.4	18.1	22.6	25.5	26.7	21.1	13.8	5.4	-1.4	141.1
29	-5.4	-3.4	4.1	11.4	17.7	33.9	26.3	26.9	20.1	12.5	5.1	1.4	142.7
30	-4.8	0.6	6.6	12.8	17.7	21.7	25.8	26.8	20.6	15.2	4.1	-1.2	145.9
31	-4.7	-3.1	5.3	9.8	17.3	21.9	23.6	22.5	21.0	13.3	8.3	-0.9	136.4
32	-0.8	-1.5	3.1	10.4	17.9	21.6	26.6	26.1	21.1	13.7	5.7	0.7	144.6
33	-6.1	-3.0	0.9	11.7	18.3	22.0	26.7	25.4	21.4	13.8	6.1	0.8	139.0
34	-7.9	-2.7	3.0	10.5	18.7	22.1	24.5	25.4	21.1	13.1	5.2	1.1	134.1
35	-2.5	0.2	6.0	12.2	18.2	22.1	25.4	26.2	22.2	15.6	6.9	-3.3	149.2
36	-8.0	-4.3	0.7	10.3	17.8	22.3	24.5	23.6	21.1	15.1	6.6	0.3	131.0
37	-3.5	0.0	4.4	11.7	17.5	22.9	25.7	28.2	21.4	14.6	7.9	-3.5	147.3
38	-5.2	-3.3	4.8	13.5	18.0	20.9	26.0	27.6	20.5	15.7	5.5	-2.1	141.0
39	-5.1	-2.1	4.9	13.3	17.3	22.7	28.8	28.7	22.8	15.8	6.2	-0.7	152.6
40	-5.6	-1.7	4.6	11.4	18.3	21.1	24.7	25.3	21.5	16.8	7.7	0.9	143.9
41	-3.2	-2.0	4.7	11.1	17.8	22.1	24.5	25.1	21.1	14.9	8.4	1.1	145.6
42	-6.6	-2.8	6.2	11.8	16.8	23.6	27.7	27.2	21.5	14.2	5.6	-0.8	144.4
43	-5.7	-2.2	6.1	12.9	18.6	23.3	27.0	29.2	22.4	15.4	6.6	0.1	153.8
44	-4.6	-1.8	3.9	14.4	17.7	23.4	26.7	26.4	22.0	14.6	8.1	-5.2	142.6
45	-8.0	-5.1	3.3	12.3	14.8	21.6	24.3	26.9	22.5	15.5	9.0	-0.5	136.6
46	-4.1	0.1	3.4	11.4	18.2	21.9	27.6	27.1	21.7	14.8	9.7	-3.9	149.1
47	-3.2	-4.2	2.6	12.3	18.0	20.2	24.1	26.9	20.8	13.3	4.7	-4.4	131.1
48	-4.6	-2.0	5.5	14.3	18.6	22.4	25.8	27.3	21.7	14.7	6.6	3.7	153.7
49	-2.9	1.5	4.3	11.0	18.0	21.4	25.8	27.8	22.6	15.3	7.2	-0.1	151.9

§ 1. 年合計雨量에 依한 試算

前表(1)에 依하여 年合計雨量에 依한 試算을 前章의 理論의 順序로 行한다.

(i) 平均系列의 作成

表(1)에 依하여 各年の 每月雨量의 合計即降雨量을 그 順序대로 橫으로 排列하고 假週期 P를 各各 3, 4, ..., 10으로 하고 그 各各에 對하여 平均系列을 만들어 본다.

P 3의 경우

	848.5	690.6	943.9
	1355.4	977.8	1118.1
	1115.9	763.9	1094.6
	1345.5	1073.7	884.7
	860.5	1666.4	1512.1
	827.7	1270.8	1397.1
	1023.5	1644.2	1209.8
	1145.2	691.8	2086.4
	1084.2	968.7	738.7
	1005.5	1606.7	1574.3
	1419.2	1639.1	619.7
Total	15108.6	16084.8	16633.8
Mean	1079.2	1149	1188.1

1018.0	843.3	979.3
1021.8	1033.4	698.6
1037.7	1216.4	1665.5

週期性函數를 利用하여 年降雨와 年氣溫變化의 週期發見에 關한 研究

P 4의 경우

	1018.0	843.3	979.3	1021.8
	1033.4	698.6	1037.7	1216.4
	1665.5	848.5	690.6	943.9
	1355.4	977.8	1119.1	1115.9
	763.9	1094.6	1345.5	1073.7
	994.7	860.5	1664.4	1512.1
	827.7	1270.8	1397.1	1023.5
	1644.2	1209.8	1145.2	691.8
	2086.4	1084.2	968.7	738.7
	1005.5	1606.7	1574.3	1419.2
Total	12,404.7	10494.8	11921.9	10937.0
Mean	1,240.4	1049.4	1192.1	1093.7

	994.7	860.5	1664.4	1512.1	827.7
	1270.8	1397.1	1023.5	1644.2	1209.8
	1145.2	691.8	2086.4	1084.2	968.7
	738.7	1005.2	1606.7	1574.3	1419.2
Total	7672.5	7543.7	11026.7	10825.4	8500.1
Mean	984.0	943.0	1378.3	1377.0	1062.5

P 5의 경우

	1018.0	843.3	979.3	1021.8	1033.4
	698.6	1037.7	1216.4	1665.5	848.5
	690.6	943.9	1355.4	977.8	1119.1
	1115.9	763.9	1094.6	1345.5	1073.7

P 6의 경우

	1018.0	834.3	979.3	1201.8	1033.4	698.6
	1037.7	1216.4	1665.5	848.5	690.6	943.9
	1355.4	977.8	1119.1	1115.9	763.9	1094.6
	1345.5	1073.7	994.7	860.5	1664.4	1512.1
	827.7	1270.8	1397.1	1023.5	1644.2	1209.8
	1145.2	691.8	2086.4	1084.2	968.7	738.7
	1005.5	1606.7	1574.3	1419.2	1639.1	619.7
Total	7735.0	7680.5	9816.4	7553.6	8404.3	687.4
Mean	1,105.0	1,097.2	1,402.3	1,079.1	1,200.6	974.0

P 7의 경우

	1018.0	843.3	979.3	1201.8	1033.4	698.6	1037.7
	1216.4	1665.5	848.5	690.6	943.9	1355.4	977.8
	1119.1	1115.9	763.9	1094.6	1345.5	1073.7	994.7
	860.5	1664.4	1512.1	827.7	1270.8	1397.1	1023.5
	1644.2	1209.8	1145.2	691.8	2086.4	1084.2	968.7
	738.7	1005.5	1606.7	1574.3	1419.2	1639.1	619.7
Total	6596.9	7504.4	6855.7	6080.8	8099.2	7248.1	5622.1
Mean	1099.5	1250.7	1142.6	1013.4	1349.9	1208.0	937.0

P 8의 경우

	1018.0	843.3	979.3	1201.8	1033.4	698.6	1037.7	1216.4
	1665.5	848.5	690.6	943.9	1355.4	977.8	1119.1	1115.9
	763.9	1094.6	1345.5	1073.7	994.7	860.5	1664.4	1512.1
	827.7	1270.8	1397.1	1023.5	1649.2	1209.8	1145.2	691.8
	2086.4	1084.2	960.7	738.7	1005.5	1601.7	1574.3	1479.2
Total	6361.5	5141.4	5381.2	4981.6	6033.2	5353.4	6540.7	5955.4
Mean	1272.3	1028.3	1076.2	996.3	1206.6	1070.7	1308.1	1191.1

P 9의 경우

	1018.0	833.3	979.3	1201.8	1033.4	678.6	1037.7	1216.4	1665.5
	848.5	690.6	943.9	1355.4	977.8	1119.1	1115.9	763.9	1094.6
	1345.5	1073.7	994.7	860.5	1664.4	1512.1	827.7	1270.8	1397.1
	1023.5	1644.2	1209.8	1145.2	691.8	2086.4	1084.2	968.7	738.7

週期性函數를 利用하여 年降雨와 年氣溫變化의 週期發見에 關한 研究

Total	4235.5	4251.8	4127.7	4562.9	4367.4	5426.2	4065.5	4219.8	4895.
Mean	1058.9	1062.9	1031.9	1140.7	1091.8	1354.0	1114.0	1054.9	1224.0

P 10 의 경우

	1018.0	833.3	979.3	1201.8	1033.4	698.6	1037.7	1216.4	1665.5	848.5
	990.6	943.9	1355.4	977.8	1119.1	115.9	763.9	1094.6	1345.5	1073.7
	994.7	860.5	1664.4	1512.1	827.7	1270.8	1397.1	1023.5	1644.2	1209.7
	1145.2	691.8	2086.4	1084.2	968.7	738.9	1005.5	1606.7	1574.3	1419.2
Total	3848.5	3339.5	6085.5	4775.9	3948.9	3824.0	4204.2	4941.1	6,229.5	4,551.2
Mean	962.1	834.9	1521.4	1194.5	987.2	956.0	1051.5	1235.3	1557.3	1137.8

(ii) 振幅의 計算

위의 平均系列에서 試算的週期 P의 各各에

對하여 即 3, 4, ……., 10의 各各에 對하여 振幅을 計算하면 다음과 같다.

P 3 의 경우에서의 振幅의 計算

	$\phi(t)$	$\cos(t)$	$\phi(t)\cos t$	$\sin(t)$	$\phi(t)\sin t$
	1079.2	$0^\circ = 1.000$	1079.2	$0^\circ = 1.000$	0.000
	1149.0	$120^\circ = -0.500$	-574.5	$120^\circ = +0.866$	995.03
	1188.1	$240^\circ = -0.500$	-594.05	$240^\circ = -0.866$	-1028.8
Total	3416.3	0	-89.5	1.000	-33.8
Mean	1139.0				

P 4 의 경우에서의 振幅의 計算

	1240.4	$0^\circ = 1.000$	1240.4	$0^\circ = 0.000$	0.000
	1049.4	$90^\circ = 0.000$	0.000	$9^\circ = 1.000$	1049.4
	1192.1	$180^\circ = -1.000$	-1,191.1	$180^\circ = 0.000$	0.000
	1093.7	$270^\circ = 0.000$	0.000	$270^\circ = -1.000$	-1093.7
Total	4575.6		43.3		-44.3
mean	1144.0				

P 5 의 경우에서의 振幅의 計算

	$\phi(t)$	$\cos(t)$	$\phi(t)\cos t$	$\sin(t)$	$\phi(t)\sin t$
	948.0	$0^\circ = 1.000$	948.0	$0^\circ = 0.000$	0.000
	943.0	$72^\circ = 0.309$	291.3	$72^\circ = 0.951$	896.7
	1378.3	$144^\circ = -0.809$	-1115.0	$144^\circ = 0.587$	698.7
	1377.0	$216^\circ = -0.809$	-111.9	$216^\circ = -0.587$	-667.4
	1062.5	$288^\circ = 0.309$	328.3	$288^\circ = -0.951$	-1010.4
Total	5744.8		-625.3		-82.4
mean	1148.9				

P6의 경우에서의 振幅의 計算

	1105.0	$0^\circ = 1.000$	1105.0	$0^\circ = 0.000$	0.000
	1097.2	$60 = 0.500$	548.6	$60 = 0.866$	950.1
	1402.3	$120 = -0.500$	-701.1	$120 = 0.866$	1214.3
	1079.1	$180 = -1.000$	-1079.1	$180 = 0.000$	-0.000
	1200.6	$240 = -0.500$	-603.3	$240 = 0.866$	-1039.7
	974.0	$300 = -0.500$	487.0	$300 = 0.866$	-843.4
Total	6858.2		-239.9		281.3
mean	1159.7				

P7의 경우에서의 振幅의 計算

	$\phi(t)$	$\cos(t)$	$\phi(t)\cos t$	$\sin(t)$	$\phi(t)\sin t$
	1099.5	$0^\circ = 1.000$	1099.5	$0^\circ = 0.000$	0.000
	1250.7	$51^\circ - 25' = 0.624$	780.4	$51^\circ - 25' = 0.781$	976.7
	1142.6	$102^\circ - 50' = -0.221$	-252.5	$102^\circ - 50' = 0.975$	1140.3
	1013.4	$154^\circ - 15' = -0.900$	-912.0	$154^\circ - 15' = 0.484$	489.4
	1339.5	$205^\circ - 4' = -0.900$	-1214.9	$205^\circ - 4' = -0.483$	652.0
	1208.0	$257^\circ - 5' = -0.221$	-266.9	$257^\circ - 5' = -0.975$	-1177.8
	937.0	$308^\circ - 30' = 0.624$	584.6	$308^\circ - 30' = -0.781$	-731.7
Total	8001.1		-182.3		44.9
mean	1143.0				

P8의 경우에서의 振幅의 計算

	$\phi(t)$	$\cos(t)$	$\phi(t)\cos t$	$\sin(t)$	$\phi(t)\sin t$
	1272.3	$0^\circ = 1.000$	1272.3	$0^\circ = 0.000$	0.000
	1028.3	$45^\circ = 0.709$	727.0	$45^\circ = 0.707$	727.0
	1076.2	$90^\circ = 0.000$	0.000	$90^\circ = 1.000$	1076.2
	996.3	$135^\circ = -0.707$	-704.4	$135^\circ = 0.707$	704.3
	1206.6	$180^\circ = -1.000$	-1206.6	$180^\circ = 0.000$	00.000
	1070.7	$225^\circ = -0.907$	-756.5	$225^\circ = -0.707$	-756.9
	1308.1	$275^\circ = -0.000$	-0.000	$270^\circ = -1.000$	-1308.1
	1191.1	$315^\circ = 0.707$	842.1	$315^\circ = -0.707$	-842.1
Total	9149.6		173.6		-399.6
mean	1143.7				

P9의 경우에서의 振幅의 計算

	$\phi(t)$	$\cos(t)$	$\phi(t)\cos t$	$\sin(t)$	$\phi(t)\sin t$
	1058.9	$0^\circ = 1.000$	1058.9	$0^\circ = 0.000$	0.000
	1062.9	$40^\circ = 0.766$	814.1	$40^\circ = 0.642$	682.8
	1031.9	$80^\circ = 0.173$	178.5	$80^\circ = 0.984$	1015.3
	1140.7	$120^\circ = -0.500$	-570.3	$120^\circ = 0.866$	987.8
	1091.8	$160^\circ = -0.939$	-1025.2	$160^\circ = 0.342$	373.3

	1354.0	200° = -0.939	-1271.4	200° = -0.342	-463.0
	1014.0	240° = -0.500	-507.0	240° = -0.866	-878.1
	1054.9	280° = 0.173	181.4	280° = -0.984	-1038.4
	1224.0	320° = 0.766	937.5	320° = -0.642	-785.8
Total	10033.1		-202.00		-105.0
mean	1115.0				

P 10의 경우에서의 振幅의 計算

	$\phi(t)$	$\cos(t)$	$\phi(t)\cos t$	$\sin(t)$	$\phi(t)\sin t$
	962.1	0° = 1.000	962.1	0° = 0.000	0.000
	834.9	36° = 0.809	675.4	36° = 0.587	490.0
	1521.4	72° = 0.309	470.1	72° = 0.951	1446.8
	1194.5	108° = 0.309	-369.1	108° = 0.951	1195.9
	987.2	144° = -0.809	-986.4	144° = 0.587	794.8
	956.0	180° = -1.000	-956.0	180° = 0.000	0.000
	1051.5	216° = -0.809	-850.6	216° = 0.587	-617.2
	1235.3	252° = -0.309	-381.7	252° = 0.951	-1174.7
	1557.3	288° = -0.309	-481.2	288° = 0.951	-1490.9
	1137.8	324° = -0.809	-920.4	324° = 0.587	-667.8
Total	11438.0		-34.8		-73.1
mean	1143.8				

以上에 依하여 假週期 P의 값의 各各에 對한 振幅을 計算하여 보면 다음과 같다.

a) P=3 일때

$$A_0 = 1139$$

$$A_1 = \frac{2}{3} \times (-89.5) = (-59)$$

$$B_1 = \frac{2}{3} \times (-33.8) = (-22.6)$$

$$R^2 = (-59)^2 + (-22.6)^2 = 4351.66$$

b) P=4 일때

$$A_0 = 1144$$

$$A_1 = \frac{2}{4} \times (48.3) = 24.1$$

$$B_1 = \frac{2}{4} \times (44.3) = 22.1$$

$$R^2 = (24.1)^2 + (22.1)^2 = 1068.22$$

c) P=5 일때

$$A_0 = 1149$$

$$A_1 = \frac{2}{5} \times (-625.3) = -250$$

$$B_1 = \frac{2}{5} \times (-82.4) = -33$$

$$R^2 = (-250)^2 + (-33)^2 = 63589$$

d) P=6 일때

$$A_0 = 1160$$

$$A_1 = \frac{2}{6} \times (-240) = -80$$

$$B_1 = \frac{2}{6} \times (281) = 93$$

$$R^2 = (-80)^2 + (93)^2 = 15049$$

e) P=7 일때

$$A_0 = 1143$$

$$A_1 = \frac{2}{7} \times (-182.4) = -52.1$$

$$B_1 = \frac{2}{7} \times (44.9) = 12.8$$

$$R^2 = (-52.1)^2 + (12.8)^2 = 2878.25$$

f) P=8 일때

$$A_0 = 1143$$

$$A_1 = \frac{2}{8} \times (173) = 43$$

$$B_1 = \frac{2}{8} \times (-399.6) = -100$$

$$R^2 = (43)^2 + (-100)^2 = 11849$$

g) P=9 일때

$$A_0 = 1115$$

$$A_1 = \frac{2}{9} \times (-202) = -45$$

$$B_1 = \frac{2}{9} \times (-105) = -22$$

$$R^2 = (-45)^2 + (-22)^2 = 2509$$

h) P=10 일때

$$A_0 = 1144$$

$$A_1 = \frac{2}{10} \times (-34.8) = -7$$

$$B_1 = \frac{2}{10} \times (-73.1) = -12.6$$

$$R^2 = (-7)^2 + (-12.6)^2 = 207.76$$

以上과 같이 假週期 P의 各各에 對한 R의 값을 圖示하면 다음과 같다. 即 Fig(1)에서 보는 바와 같이 R가 最大値를 取하는것은 P=5 일때이다. 따라서 假週期 P가 5 일때에 眞週期 T로 하여 다음과 같이 y의 方程式을 얻는다. 即

$$y = 1149 - 250 \cos \frac{2}{5} \pi t - 33 \sin \frac{2}{5} \pi t$$

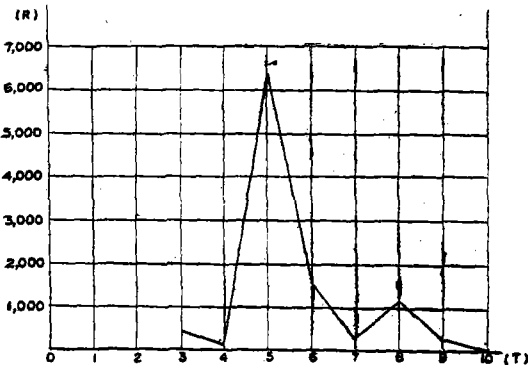
$$= 1149 + 252.1 \sin \left(\frac{2}{5} \pi t + 82^\circ 29' \right)$$

이를 實際로 計算하면 다음과 같다. 그리고 그 것과 觀測値를 GRAPH로 表示한 것이 Fig.(2)이다.

年合計雨量의 週期圖表計算

T	3	4	5	6	7	8	6	10
R	4351.6	1068	6358.9	1504.5	2878	1184.9	2509	2070

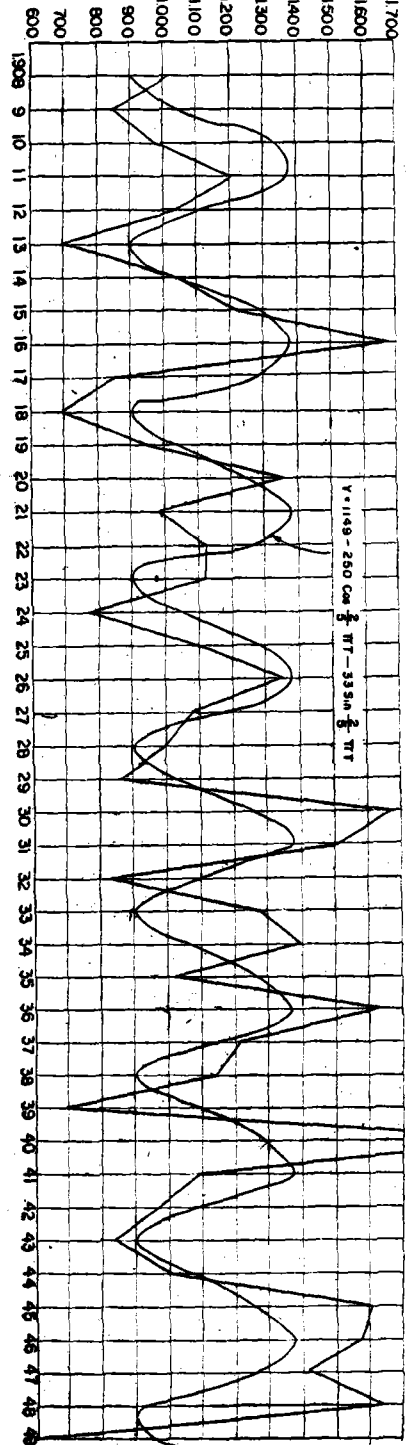
Fig(1) 年合計雨量에 依한 週期 GRAPH



$$y = 1149 - 250 \cos \frac{2}{5} \pi t - 33 \sin \frac{2}{5} \pi t \text{의 計算}$$

T	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	899	1040.36	1331	1370	1103	899	1040	1131	1370	1103	899

Fig(2) 年合計雨量과 二算式의 GRAPH



(iii) Fig(2)에서 보는바와 같이 試算에 依하여 얻은 試算式

$$y = 1149 + 252.1 \sin\left(\frac{2}{5}\pi t + 82^\circ 29'\right)$$

은 實測値와 그性格에 있어서 거의 같다고 생각된다. 따라서 水原地方에서의 年合計雨量은 五個年을 週期로 하여 上式으로 表示할 수 있다고 思料되는 바이다.

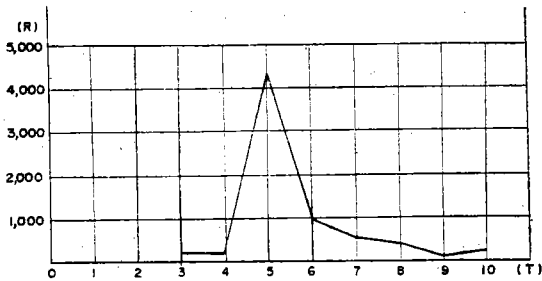
(2) 夏節의 平均降雨量週期와 氣溫의 週期에 對한 計算

위의 方法을 反復하여 夏季節의 降雨週期와 冬季의 氣溫變化週期는 各各 다음의 式으로 表示할 수 있으며 表의 GRAPH는 各各 Fig(3), Fig(4)등이다.

6. 7. 8月의 平均降雨量의 週期圖表計算

T	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
R	223	224	438	912	596	432	123	277		

Fig(3) 6. 7. 8月의 平均降雨量에 依한 週期 GRAPH



위의 週期 GRAPH에 依하여 P의 값中에서 5를 取하여 眞週期T를 5로 決定하고 試算式은 다음과 같이 定한다.

$$y = 212.9 - 66.16 \cos \frac{2}{5}\pi t - 2 \sin \frac{2}{5}\pi t$$

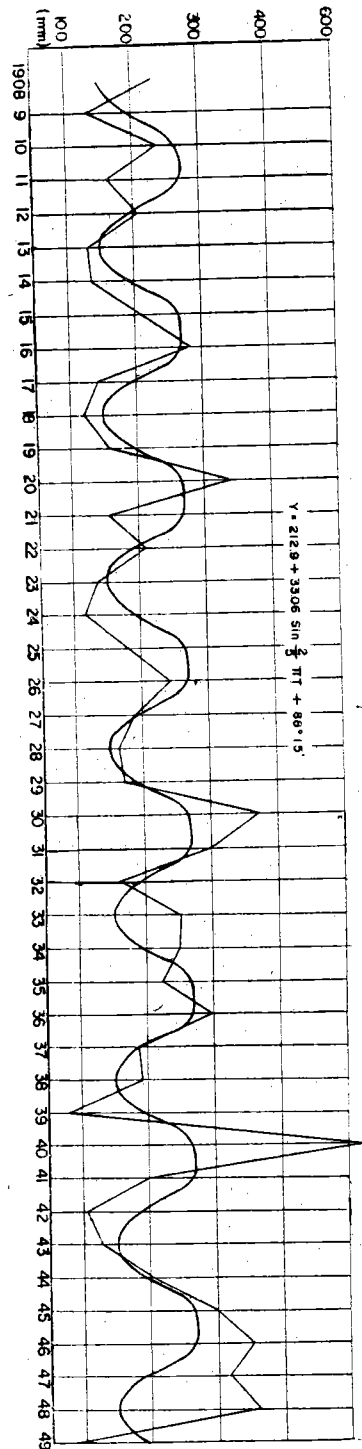
$$= 212.9 + 33.06 \sin\left(\frac{2}{5}\pi t + 88^\circ 15'\right)$$

이를 計算하여 實測値와 함께 圖示하면 Fig(4)와 같다.

$$y = 212.9 + 33.06 \sin\left(\frac{2}{5}\pi t + 88^\circ 15'\right) \text{의 값}$$

T	0	1	2	3	4
Y	146.74	190.56	265.24	267.6	194.56
5	6	7	8	9	10
146.74	190.56	265.24	267.60	194.36	146.74

Fig(4) 6. 7. 8月의 平均雨量과 試算式의 GRAPH



Fig(4)의 GRAPH에서 觀察하면 試算式 y가 그리는 曲線과 觀測值가 그리는 折線과는 그 性質에 있어서 全年合計雨量의 것보다 훨씬 類似하게 보인다. 그래서 좀더 研究한다면 夏季降雨에 對한 어떠한 正確한 方程式을 發見할 수 있을 것으로 推測된다.

§ 3. 年合計溫度에 依한 試算

以下 같은 方法을 反復하여 各各의 假週期에 對한 週期 GRAPH에 依하여 眞週期 T를 決定하고 그에 依하여 試算式을 定하고 圖示한 것이 Fig(5)及 Fig(6)이다. Fig(5)에 依하여 P=7일 때가 最大이므로 週期를 7年으로 보고 試算式은

$$y = 140.3 + 1.4 \cos \frac{2}{7} \pi t - 3 \sin \frac{2}{7} \pi t$$

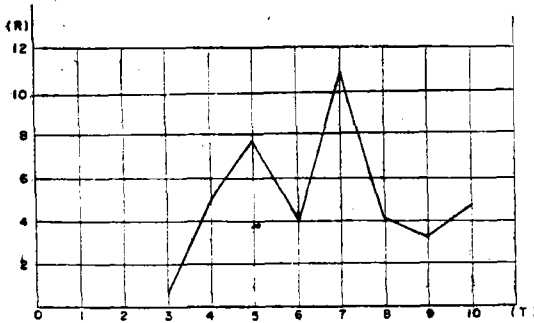
$$= 140.3 + 3.3 \sin(\frac{2}{7} \pi t + 154^{\circ} 55')$$

로 決定하였다.

假週期에 對한 振幅의 값

T	3	4	5	6	7	8	9	10
R	0.52	4.84	7.76	4.05	10.96	4.09	3.24	4.73

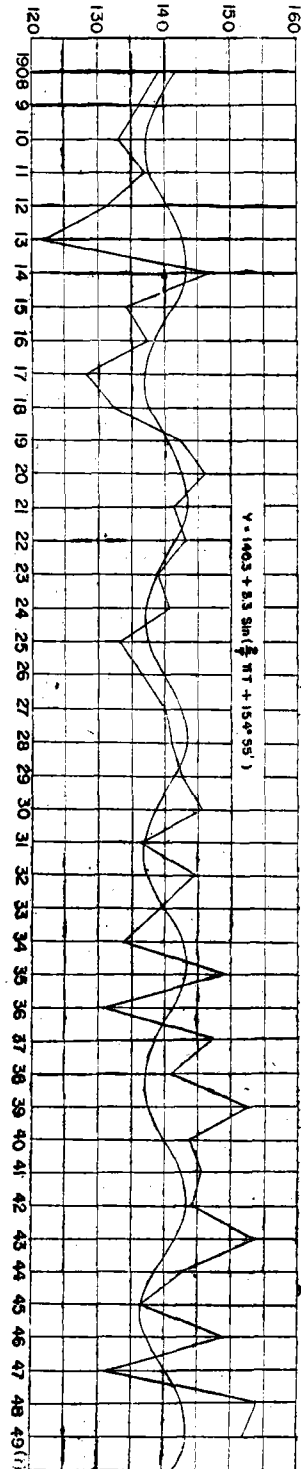
Fig(5) 年合計溫度에 依한 週期 GRAPH



年合計溫度의 試算式의 計算

T	0	1	2	3	4	5
Y	141.7	138.8	137.1	137.7	140.3	142.9
T	6	7				
Y	143.5	141.7				

Fig(6) 年合計溫度와 二試算式의 GRAPH



(筆者 서울大學校 農科大學教授 朴 成 宇)