

新店溪流域降水量與流量之研究

(流量部分)

A Research of Precipitation and Runoff in Hsin-Tien Watershed (Runoff Part)

郭文鑠 W. S. Kuo 蔣志才 C. T. Chiang 朱曙光 S. G. Chu

新店溪流域之降水部分已分颱風、鋒面與雷雨三方面詳細討論，本部分研究偏重於有關流量與蒸發量，集流時間與乾濕發生頻率，其研究的方法步驟與結果分述於後：

一、蒸發量之估計

蒸發在水文循環中 (Hydrological Cycle) 無時不在進行，對於整個流域之水量而言是一種損失 (Loss)，如果能够有效的估計蒸發量的多寡，對於整個流域的水文經營 (water management) 作業上有很大的助益，本節研究是以每日蒸發量為基礎，以最小平方方法 (method of least squares) 求得

新店溪上游與下游蒸發量之二次相關方程式，由此方程式可以用臺北當日的蒸發量推算出上游之蒸發量，提供有關單位作業參考。

1. 資料統計與分析

蒸發量每日資料，以測站分佈情況，紀錄時間與連續性而言，僅有臺北，福山與乾溝三個測站比較完整，計有 1966 年至 1976 年間最近 11 年之每日紀錄，故選用該三地 1966 至 1975 年資料作分析並以 1976 年資料作校驗，以臺北測站代表新店溪下游之蒸發情形，福山代表南勢溪，而乾溝代表北勢溪。上述測站每月歷年統計如下表 (附表 1)：

表 1. 新店溪流域月蒸發量紀錄

測站	標高	紀錄年限	月 平 均 蒸 發 量 mm												年蒸發量	最高月	最低月
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
臺北	8 m	1897 1976	62.5	61.5	82.1	101.1	125.4	139.1	173.1	172.6	146.7	114.7	83.9	65.0	1327.7	7	2
乾溝	120 m	1954 1976	27.8	32.7	49.5	74.2	87.0	97.8	141.3	132.8	99.6	56.8	38.3	29.6	867.3	7	1
福山	420 m	1954 1976	28.9	30.9	46.5	70.5	72.5	85.1	128.2	107.8	79.6	50.2	36.1	29.2	765.5	7	1

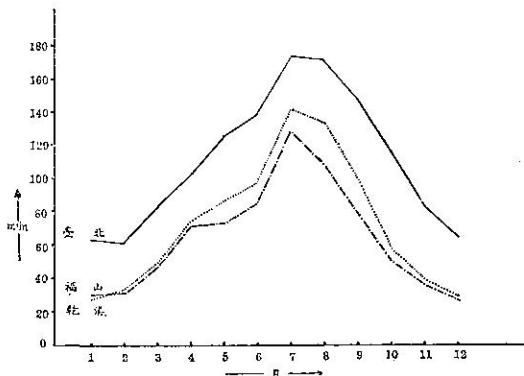


圖 1. 月 平 均 蒸 發 量

表列臺北測站標高 8 公尺，平均年蒸發量為 1327.7 mm，乾溝標高 120 公尺，年蒸發量為 867.3 mm，福山標高 420 公尺，年蒸發量為 765.5 mm。蒸發量隨高度而遞減。

至於每月平均蒸發量圖 1 顯示各月分佈的情形，三個測站蒸發量最高的月份都集中在 7 月份，最低集中於 1 或 2 月份。因為造成蒸發物理現象的要素是水汽壓，而水汽壓 ($e = \rho_v R_v T$) 與溫度關係最為密切，而溫度則與季節及高度有關，氣溫通常在 7、8 月份最高，最低在 1 或 2 月，與月蒸發量之多寡相合，同時氣溫隨著高度而降低，亦與測站高度之增加

而造成蒸發量之減少相一致。

2. 研究方法與結果

臺北測站係每日 24 小時觀測，山區觀測站既稀而觀測次數亦較少，所以研究的方法是將臺北，乾溝與福山最近 10 年每日之蒸發量資料作統計求得二次相關方程式，用以估計新店溪上游北勢溪與南勢溪每日之蒸發量，再以 1976 年之資料校驗其結果。所應用之二次曲線相關方程式為：

$$Y = a + bX + cX^2$$

以最小平方方法之原理，上述二次曲線之標準方程式為：

$$\begin{cases} na + b\sum X + c\sum X^2 = \sum Y \\ a\sum X + b\sum X^2 + c\sum X^3 = \sum XY \\ a\sum X^2 + b\sum X^3 + c\sum X^4 = \sum X^2Y \end{cases}$$

解上列聯立方程式，可求得 a, b, c 三未知數，再將 a, b, c 之數值代入二次曲線相關方程式，即為所求之蒸發估計量。由於三個測站之 10 年期間蒸發量資料繁多，計算步驟首先將每日資料打成卡片，經過程式設計後利用行政院主計處之 IBM 370 電子計算機求得方程式如下：

(1) 以臺北測站估計乾溝蒸發量之二次方程式為：

$$Y_A = -0.60 + 0.95X - 0.02X^2$$

(2) 以臺北測站估計福山蒸發量之二次方程式為：

$$Y_B = 1.19 + 0.22X + 0.01X^2$$

根據上述二方程式，將臺北測站 1976 年每日之蒸發量資料代入，可以求得乾溝測站蒸發量之估計值 Y_A ，亦可求得福山測站蒸發量之估計值 Y_B ， Y_A 與 Y_B 兩估計值與 1976 年乾溝與福山兩地每日實測之蒸發量比較如圖 2 與 3。圖中之縱座標為二次方程式計算所得之估計蒸發量，橫坐標為實測之蒸發量，單位為 mm，45 度線表示估計值與實測值相等時之軌跡，根據圖 2 福山測站 366 個點分佈情形顯示，以二次方程式估計福山每日之蒸發量在 2 mm 以下時，估計值稍偏高，而在 4 mm 以上時偏低，其平均誤差約在 1 mm 左右，根據圖 3 乾溝測站 1976 年每日蒸發量與估計蒸發量各點分佈情形顯示，其分佈狀況較分散，估計值平均起來偏高，其平均誤差約在 2 mm 左右。

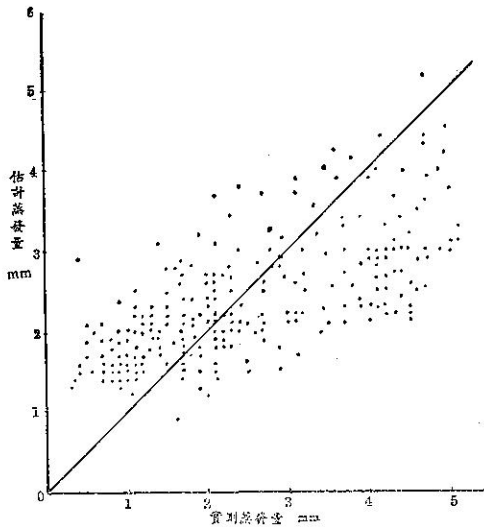


圖 2. 福山蒸發量檢驗圖

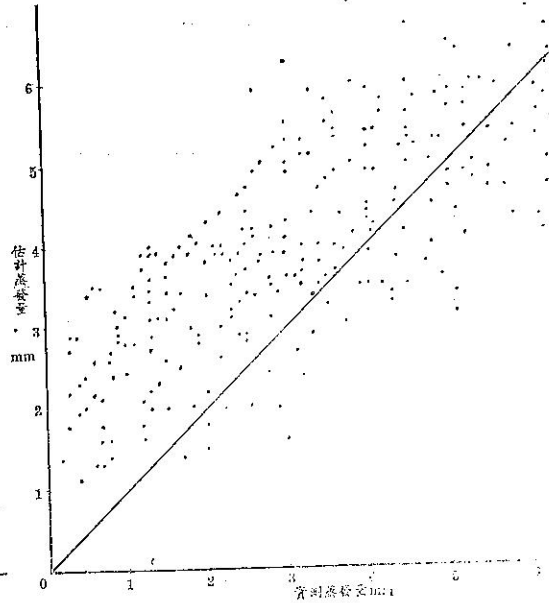


圖 3. 乾溝蒸發量檢驗圖

二、集流時間

流量(runoff volume)對發電、灌溉、防洪與供水等，均有密切的關係，一個流域的流量由上游流動至下游所需要的時間，稱為延遲時間(time lag)，其影響延遲時間的因素有氣象與河川特性兩大部分，如需估計延遲時間可從流量歷線(Hydrograph)或水位歷線著手，因為流量或水位歷線也由氣象因素(如降水、蒸發等)與河川性質(積水面積、深度、入滲、吸收、坡度……等)計稱的河床形狀與粗糙係數支流密度結果，互相關連。

1. 統計結果與分析

新店溪主流係由北勢溪與南勢溪兩支流在龜山匯合，再下游至江子翠入淡水河全長約 30 公里，平均坡度為 1/600，由於河川坡陡流急，上游山區降雨在短暫數小時內可以迅速流達下游地區，所以計算延遲時間所使用的資料也應以每小時之記錄為妥。為之，筆者曾赴臺灣電力公司與水利局翻閱新店溪流城各水文站之紀錄情形，選用福山，乾溝與中正橋三個水文測站洪水期之每小時水位高度，並繪歷線圖求取延遲時間，由於中正橋水文站在颱風期間河水氾濫時方有紀錄，所以使用的紀錄，雖自 1968 年開始至 1977 年共 10 年期間，可是只有 8 個颱風之每小時記錄。例如：1977 年 7 月 31 日 9 時起薇拉颱風雨量所造成福山，乾溝與中正橋三個水文站每時之水位高度歷線圖如附圖 4。圖示福山最高水位時間發生在 7 月 31 日

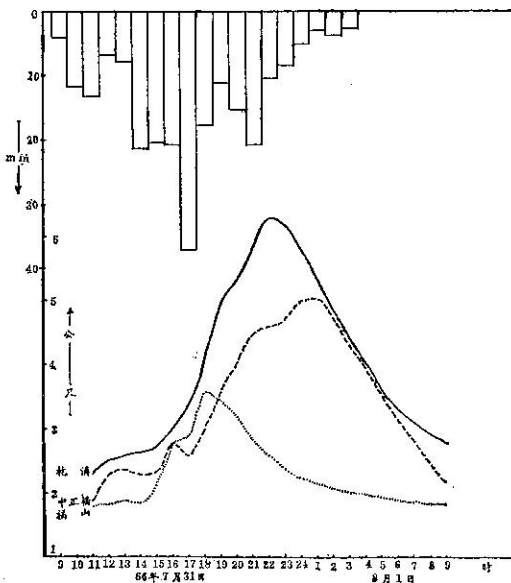


圖 4. 薇拉颱風水位歷線圖

18 時，乾溝發生在 7 月 31 日 22 時，而中正橋發生時間在 8 月 1 日 1 時。換言之此次颱風所造成新店溪水位的上升，由福山至中正橋歷時 7 小時，由乾溝至中正橋歷時 3 小時。圖 4 上面的坐標表示，每小時平均降雨量之分佈，亦可以代表平均降雨強度，其計算的方法是將福山，乾溝與中正橋三測站每小時之雨量加以平均，求得每小時平均雨量標示之，平均降雨強度最大時間發生在 7 月 31 日 17 時，降雨量為 37.4 mm，它與福山最高水位發生時間相差僅 1 小時，與乾溝最高水位時間相差 5 小時，與中正橋最高水位時間相差 8 小時。雨量與流量延遲時間有異，其原因流域面積的大小為其一。其他如降雨移動的方向，風向風速等氣象因素，還有河川物理特性等亦不可忽視。

自 1968 年起至 1977 年止 10 年中 8 個颱風每小時雨量分佈與水位高度之歷線圖如本篇後面之附錄，其上游與下游水文測站所求得之延遲時間如表 2。

由表 2 察知由福山至中正橋最高水位延遲時間平均為 3 小時，由乾溝至中正橋平均為 2 小時 15 分，每小時平均最大降雨量發生時至福山最高水位之延遲時間平均為 2 小時 30 分，至乾溝最高水位時間平均為 4 小時 37 分，至中正橋最高水位時間平均為 7 小時。由此可見最大降雨發生新店流域上游至下游之洪水流量速度迅速，洪水預報之時間分秒必爭。

2. 檢 討

新店溪上游至下游最高水位平均延遲時間，每小時平均最大降雨量發生時間，各水文測站最高水位間之平均延遲時間，在洪水預報作業上，為一項重要的考慮因素，本篇研究受資料之限制，僅有 8 個颱風每小時之記錄作精確之仔細研究分析，有無米炊之感。

臺灣省水利局已於民國 66 年建立淡水河洪水預報中心，在預報系統內設立雨量站與水文站八站，每小時資料均有紀錄，希望以後能有更多的資料計算統計，修正目前之估計數字，可以提供更有效之洪水預報參考資料。

三、乾濕發生頻率

新店溪河水流受颱風降雨影響多集中於夏秋季，乾旱大多發生於冬春之際。此等水文事件可假設彼等符合和機率原理，並且以統計推估方法，分析過去水文資料以推定未來可能之趨向，為達到實用的目的，以極端值理論作為分析方法，本節研究河川的年度最大日流量與最小日流量將分別討論之。

表 2. 新店溪雨量與水位延遲時間

颱風名稱	起 止 時 間	平均一小時最大降雨		最高水位時間			水位延遲時間		最大降雨與最高水位延遲時間		
		時 間	量	福 山	乾 溝	中正橋	福山—中正橋	乾溝—中正橋	福 山	乾 溝	中正橋
艾 琳	1968 9. 30. 1300 10. 1. 1500	30日 1000	37.8 mm	缺	30日 2400	1日 0100		1 hr		14:00	15:00
艾 爾 西	1969 9. 26. 2100 9. 28. 0800	26日 2400	43.7 mm	27日 0200	27日 0100	27日 0330	1:30	2:30	2:00	1:00	3:30
芙 勞 西	1968 10. 2. 1700 10. 5. 1600	4日 0300	23.3 mm	4日 0600	4日 0500	4日 0630	0:30	1:30	3:00	2:00	3:30
芙 安	1969 9. 6. 2200 9. 7. 2000	6日 1900	30.6 mm	6日 2400	6日 2200	6日 2430	0:30	2:30	5:00	3:00	5:30
艾 妮 絲	1971 9. 17. 2400 9. 19. 0500	18日 1800	29.1 mm	18日 1900	18日 2000	18日 2200	3:00	2:00	1:00	2:00	5:00
貝 蒂	1972 8. 16. 1500 8. 18. 0900	26日 2400	30.3 mm	缺	17日 0400	17日 0700		3:00		4:00	7:00
畢 莉	1976 8. 9. 2200 8. 10. 1200	9日 2100	37.0 mm	9日 2400	10日 0300	10日 0530	5:30	2:30	3:00	6:00	8:30
薇 拉	1977 7. 31. 1100 8. 1. 0900	31日 1700	37.4 mm	31日 1800	31日 2200	1日 0100	7:00	3:00	1:00	5:00	8:00
平 均							3:00	2:15	2:30	4:37	7:00

表 3. 新店溪流域水文測站月流量統計

測 站 名 稱	流 域 面 積 Km ²	紀 錄 年 限	月 平 均 流 量 CMS												年 平 均	最 高 月	最 低 月
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
福 山	160.40	1938-1976	13.23	11.84	10.72	8.70	10.32	17.57	17.87	23.83	36.09	32.51	23.11	16.74	18.57	9	4
		百分比%	6.0	5.3	4.8	3.9	4.7	7.9	8.0	10.7	16.2	14.6	10.4	7.5			
乾 溝	258.00	1942-1976	20.47	20.49	15.19	12.05	18.67	25.45	20.73	23.92	45.88	41.17	33.41	26.26	25.30	9	4
		百分比%	6.7	6.8	5.0	4.0	6.0	8.4	6.8	7.9	15.1	13.6	11.0	8.7			
秀朗橋	750.76	1970-1976	70.88	49.23	65.51	48.88	53.81	102.35	58.12	59.93	183.32	194.48	103.69	79.52	89.23	10	4
		百分比%	6.6	4.6	6.1	4.5	5.0	9.6	5.4	5.6	17.1	18.2	9.9	7.4			
平 均 百 分 比 (%)			6.4	5.6	5.3	4.1	5.2	8.6	6.7	8.1	16.1	15.5	10.4	7.9	9	4	

1. 資料統計與分析

由於新店河流域內水文測站每日流量觀測記錄時間的限制，本節分析選用福山，乾溝與秀朗橋三個測站的記錄為基礎

該三站每月流量歷年統計如附表 3。

由表 3 可以看出流量最高的月份都集中在 9 或 10 月份，而流量最低的月份都在 4 月份，根據民國 66 年 10 月份，經濟部水資源統一規劃委員所編刊的「臺灣水文圖」中說明，臺灣地區的河川在每年 5 月至 10 月份之間水量充沛，稱之為豐水期，而 11 月至次年 4 月水量較少，稱之為枯水期，其中最高流量在 9 月份佔全流量之 16.1%，最低流量在 4 月份全流量之 4.1% 每月平均最大流量為最小流量之四倍。福山地區豐水期流量佔全年的百分之 62.1，乾溝佔百分之 57.9，秀朗橋佔百分之 60.9，其分配情形如圖 5，豐水期主要由於颱風、雷雨而造成，尤其是颱風影響更大，而在枯水期間，北部地區冬季東北季風盛行，雖雨量不大，可是雨日較多，再加上早期梅雨和地形的因素，新店溪流量佔全年流量百分比 4.1 至 10.4 之間，此期間遠不若臺灣西南部各河流旱象嚴重，原因在此。

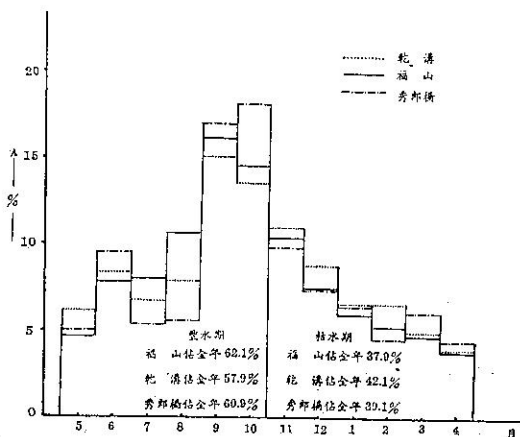


圖 5. 新店溪流域流量分配圖

為了求取新店溪上游與下游流量的關係，將 1970 至 1976 年乾溝，福山與秀朗橋三地每月平均流量加以統計，所求得之直線相關方程式如下：

$$\text{秀朗橋月平均流量 } Q_s = 30.8 + 3.1Q_F$$

$$Q_F \text{ 福山月平均流量}$$

秀朗橋與福山月平均流量相關係數

$$r_{sF} = 0.785$$

$$\text{乾溝月平均流量 } Q_s = 35.6 + 1.9 Q_K$$

$$Q_K \text{ 乾溝月平均流量}$$

秀朗橋與乾溝月平均流量相關係數

$$r_{sK} = 0.675$$

由上列方程式可以得知由南勢溪的福山水文測站到新店溪下游之秀朗橋測站每月平均流量相關達 0.785，另外由北勢溪的乾溝測站到秀朗橋之相關達 0.675，雖然統計的年份只有 7 年，但可以看出新店溪上游與下游之月平均流量相關很大。

2. 研究方法與步驟

本研究主要利用極端值分佈之理論，分析新店溪流域福山與乾溝兩水文站之洪水流量頻率及乾涸流量頻率。水文資料由臺灣電力公司所整理之流量年表中選取，選取時間由 1958 至 1976 年共計 19 年，水文頻率分析包括最大流量與最小流量兩項，最大流量頻率實屬洪水頻率之分析，資料選用測站年第 1、2、3 日最大流量數為樣本，19 年共有 57 個；最小流量亦即乾涸頻率，由於每年最小與次小之日流量相差極微，如採用同上測站之年最小日流量為基礎，19 年中只有 19 個數值。

極端值的分析，係以統計量由最大（或最小）值排列順序之極限分佈而言，其方法乃將其統計量假設為一適當分佈函數，再由此分佈函數及參數之平均值，標準差，及差異量等關係外推某種計量可能發生的頻率，甘保 (E. J. Gumbel) 氏用極端值第一類分佈 (Extremal type I distribution) 做洪水頻率分析極為成功，其理論步驟分述如下：

第一類指數型式之極端值分佈可由下列方程式表示：

$$P(X) = \text{EXP} \{-\text{EXP}[-\alpha(X-\beta)]\} \dots (1)$$

α : 尺度參數 (Scale parameter)

β : 位置或中央值參數 (Location or Central Parameter)

設 $\alpha(X-\beta) = Y$, Y 為改化變量 (Reduced Variate) 或稱轉變參數 (Transformed Parameter), 式(1)可寫為

$$P(X) = \text{EXP}[-\text{EXP}(-Y)] \dots \dots \dots (2)$$

甘保氏利用統計動差原理 (Moments Theorem), 導出分析樣本之平均值 μ , 標準差 σ 及中位數 M 分別為

$$\left. \begin{aligned} \mu &= \beta + \frac{0.5772}{\alpha} \\ \sigma &= \frac{\pi}{\sqrt{6}} \frac{1}{\alpha} = \frac{1.2826}{\alpha} \\ M &= \beta + \frac{0.3665}{\alpha} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{由(3)式可得 } \beta &= \mu - 0.45005 \sigma \\ \alpha &= 1.2826 \frac{1}{\sigma} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

因假設改變量 $Y = \alpha(X - \beta)$ ，故將(4)的代入得

$$Y = \frac{1.2826}{\sigma} (X - \mu + 0.45005 \sigma) \dots\dots\dots (5)$$

即 $Y = \frac{\sigma X}{1.2826} + \mu - 0.45005 \sigma$

$$\text{或 } X = \frac{1}{\alpha} Y + \beta \dots\dots\dots (6)$$

由(6)式可知，極端值第一類分佈結果可將某水文事件 X 與其相應之改變量 Y 做成一線性方程式， $\frac{1}{\alpha}$ 爲此方程式之迴歸係數斜率， β 爲當 $Y=0$ 時 X 之截距。(6)式爲甘保氏第一類極端值分佈之基本解，實際應用上，可由水文資料計算各最大極端值之平均

表 4. 年 第 一 第 二 及 第 三 最 大 日 流 量

年 份	福 山 (CMS)			乾 溝 (CMS)		
	最 大	第 二	第 三	最 大	第 二	第 三
1976	286.95	226.45	115.85	371.87	271.42	130.11
1975	316.02	123.04	121.84	394.73	267.80	196.83
1974	262.00	228.00	221.00	1006.00	401.40	265.90
1973	430.60	372.00	205.00	619.00	423.80	267.00
1972	730.00	201.00	137.50	611.46	478.90	360.00
1971	392.42	372.43	327.02	781.41	673.40	501.21
1970	239.15	168.89	129.42	424.33	387.50	275.50
1969	635.00	430.00	252.00	1165.00	1065.00	715.00
1968	447.00	350.00	241.00	960.00	335.00	330.00
1967	280.00	217.00	205.00	635.00	510.00	505.00
1966	150.00	113.00	109.00	675.00	372.00	350.00
1965	188.00	114.00	73.50	425.00	177.00	165.00
1964	138.00	122.00	122.00	283.00	136.00	99.00
1963	1360.00	534.00	265.00	1175.00	405.00	174.00
1962	480.00	191.00	189.00	1020.00	381.00	380.00
1961	843.00	108.00	88.00	480.00	378.00	347.00
1960	223.00	118.00	110.00	580.00	475.00	270.00
1959	118.00	88.50	86.00	530.00	460.00	410.00
1958	140.00	123.00	98.00	650.00	300.00	285.00

表 5. 乾 溝 1958-1976 年 最 大 日 流 量 頻 率

分 組	分 組 下 限	由公式(5)求得 Y 值	由公式(2)求得 $57 \text{EXP}[-\text{EXP}(-Y)]$	頻 率		
				計 算 值	實 際 值	100 年內 可 能 值
100 CMS以下				1.8	1	3.2
100-199	100	-1.2386	1.81	5.2	6	9.2
200-299	200	-0.7364	7.06	9.1	9	16.1
300-399	300	-0.2343	16.01	10.4	12	18.4
400-499	400	0.2679	26.52	9.4	10	16.6
500-599	500	0.7701	35.88	7.2	5	12.7
600-699	600	1.2723	43.07	5.0	6	8.3
700-799	700	1.7744	48.11	3.3	2	5.8
800 以上	800	2.2760	51.44	5.1	6	9.0
合 計				56.5	57	

數 μ 及標準差 σ 代入(4)式求得 α, β ，再代入(6)式即可求出理論之頻率方程式。或由(5)式求得之 Y 值代入(2)式求得 $P(X)$ ，再乘以資料選用個數 N，可得頻率分佈之面積，將此面積數值減去前項面積值，就可以得到出現頻率之次數。

3. 洪水流量頻率分析

首先統計乾溝 19 年內每年第一、第二與第三最大日流量合計 57 個資料，如表 4，求得其平均值為 $\mu=461.55$ ，標準差為 $\sigma=255.49$ 。其次將 57 個資料分為 9 組，利用此 9 組之下限值代入公式(2)(5)中，即可求得理論頻率分配值。其計算結果與實際頻率之比較如表 5。由於乾溝流量自 800 CMS 至最高 1175 CMS 之組距中分配情形非常不均勻，所以將超過 800 CMS 之流量均列入一個組距，頻率實際值共計 6 次，計算頻率係將超過 800 CMS 之流量，以間距 100 CMS 逐項計算，至計算頻率值小於 1，其總和列入 800 CMS 以上之組距內，共計 5.1 次。由表 5 得知乾溝年最大日流量實際頻率分配情形與理論所示。結果常符合，並由表 5 求得之估計頻率值可以推算 50 年，100 年 500 年或更長年限所出現之頻率次數。例如：100 年內可能出現 700~779 CMS 流量之頻率次數依表(5)中之比例計算為 $\frac{3.3}{56.5} = \frac{X}{100}$ ，得 $X=5.8$ (次)。表 5 之計算值對於水利規劃與水文經營上之

助益良多。

洪水頻率方程式計算方法是以公式(4)與(6)為基礎，將乾溝 57 個資料求得之平均值與標準差代入公式(4)中可求得 α 與 β 值，再將其代入公式(6)中，即可得出乾溝之洪水頻率方程式為：

$$Q_{KF} = 199.20Y + 346.57 \dots \dots \dots (7)$$

在水文計算中，改化變量 Y 值與重現週期 (return period) 之關係一定，可以從下列公式中計算。

$$Y = -\ln[-\ln(1 - \frac{1}{T})] \dots \dots \dots (8)$$

如果想要得到 100 年重現週期水文事件之 Y 值，將 $T=100$ 代入上式可得 $y=4.61$ 。同樣的方法可求得 500 年及 1000 年之重現週期 Y 值為 6.20 及 6.89，Y 值由公式(8)求得後再代入公式(7)，即可求得某一特定之重現週期與乾溝的洪水量。

依照同樣的方法逐步計算如表(4)中所列福山 19 年內每年第一、第二與第三最大日流量 57 個資料之洪水頻率。首先求得其平均值為 $\mu=262.40$ ，標準差 $\sigma=225.05$ ，其次將 57 個資料分為 15 組，以各組之下限值代入公式(2)(5)中，即可求得理論頻率分配值，為求取與理論頻率相近似分配，曾將福山 57 個資料做多次的分組實驗，最後求得以 50CMS 為間隔之組距最為洽當，其計算之結果與實際頻率比較如表 6，

表 6. 福山 1958-1976 年最大日流量頻率

分 組	分 組 下 限	由公式(5)求得 Y 值	由 公 式 (2) 求 得 57EXP[-EXP(-Y)]	頻 率		
				計 算 值	實 際 值	100 年內 可能值
125 以下				16.5	18	29.5
125-174	125	-0.2063	16.5	6.3	6	11.3
175-224	175	0.0787	22.8	5.7	9	10.2
225-274	225	0.3638	28.5	5.1	7	9.1
275-324	275	0.6488	33.6	5.2	3	9.3
325-374	325	0.9339	38.8	3.4	4	6.1
375-424	375	1.2189	42.2	3.4	1	6.1
425-474	425	1.5040	45.6	2.9	3	5.2
475-524	475	1.7890	48.5	1.7	2	3.0
525-574	525	2.0741	50.2	1.7	1	3.0
575-624	575	2.3591	51.9	1.4	0	2.5
625-674	625	2.6442	53.1	0.9	1	1.6
675-724	675	2.9292	54.0	0.8	0	1.4
725-774	725	3.2143	54.8	0.5	1	0.9
775 以上	775	3.4993	55.3	0.5	1	0.9
合 計				56.0		

表 7. 年 極 端 最 小 日 流 量

站 名	年 次	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
	福 山 (CMS)		3.40	3.85	6.60	4.50	5.90	2.53	3.50	5.35	4.85
乾 溝 (CMS)		2.00	0.10	2.70	2.15	2.60	1.00	0.33	2.25	0.33	1.85

站 名	年 次	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
	福 山 (CMS)		3.30	3.05	4.48	4.05	2.55	3.25	1.45	3.75
乾 溝 (CMS)		2.00	2.28	1.97	1.27	1.80	2.02	1.80	2.40	2.00

由表 6 可以看出流量愈大時，所計算之最大頻率出現值與實際之頻率值愈接近，在表中最後一項為 100 年內出現每組流量之頻率，其計算方法亦依上述比例法所求得。

根據公式(4)(6)及 57 個水文資料之平均值與標準差求得福山測站之洪水頻率方程式為

$$Q_{FF} = 175.46Y + 161.12 \dots\dots\dots(9)$$

由表(6)可以求得福山每一組距，重現週期與洪水頻率次數，同時依據公式(9)可以求得任何重現週期洪水量之多寡。

4. 乾涸流量頻率分析

福山與乾溝兩地乾涸流量分析所使用之資料係用 1958至 1976 計 19年，以每年極小日流量為主，所取用之數值如表(7)所示。

由表 7 得知年極端最小日流量數值之差距，福山由 2.55 至 6.60CMS，乾溝為 0.10 到 2.70 CMS，由於河川乾涸期水量變化之幅度很小，不易分組計算，故統計分析時僅求乾涸頻率之方程式；首先求得福山年極端最小日流量之平均值 $\mu=4.02$ ，標準差為 $\sigma=1.076$ ，乾溝之平均值為 $\mu=1.73$ ，標準差為 $\sigma=0.768$ 。

再將所求得之數值代入公式(4)(6)中，即可求得兩地流量之乾涸頻率方程式如下：

$$Q_{KN} = 0.60Y + 1.38 \dots\dots\dots(10)$$

$$Q_{FN} = 0.84Y + 3.54 \dots\dots\dots(11)$$

公式(10)為乾溝之乾涸頻率方程式，而公式(11)為福山之乾涸頻率方程式，依此兩個方程式可以大約估計在某一個重現週期中河水乾涸之程度，這些研究之結果對於水壩之設計及供水經營，均有很大之助益。

結 論

本部分研究之蒸發方面是以臺北，乾溝與福山三個測站 1966 至 1975 年最近 10 年每日之資料作統計分析，求得之二次相關方程式為：

$$Y_A = -0.60 + 0.95X - 0.02X^2$$

$$Y_B = 1.19 + 0.22X + 0.01X^2$$

根據上列方程式，將臺北測站 1976 年每日之蒸發資料代入，可求得乾溝站蒸發量估計值 Y_A 與福山站蒸發量估計值 Y_B ，其平均誤差乾溝站為每日 2mm 左右，福山站為每日 1 mm 上下。

集流時間方面，由每小時流量及雨量資料統計結果，求得福山至中正橋最高水位時間延遲平均為 3 小時，乾溝至中正橋平均為 2 小時 15 分，最大降雨量發生時間至福山最高水位之延遲時間平均為 2 小時 30 分，至乾溝最高水位時間平均為 4 小時 37 分，至中正橋最高水位時間為 7 小時。

洪水頻率方面，由乾溝與福山最近 19 年內每年第一，第二與第三最大日流量合計 57 個資料推算其頻率方程式為：

$$Q_{KF} = 199.20Y + 346.57$$

$$Q_{FF} = 175.46Y + 161.12$$

另外在乾涸發生頻率方面，由於河川乾涸期水量變化幅度很小，資料係採用最近 19 年中每年極小日流量為主，其推算之方程式為：

$$Q_{KN} = 0.60Y + 1.38$$

$$Q_{FN} = 0.84Y + 3.54$$

此次研究流量部分之資料為數太少，將後如能增加資料，各項推算結果之精確度。可以相對的稍微提高。

致 謝

本研究計劃承蒙陳泰然博士賜予寶貴之意見，指導研究方向，有關資料之蒐集，蒙臺灣電力公司電源勘察隊與臺灣省水利局之協助，電子計算機之程式設計蒙蕭長庚先生之指導，資料處理利用行政院主計處資料處理中心之 IBM 370 機器作業，並且本研究計劃獲行政院國家科學委員會之補助始得完成。特此申謝。

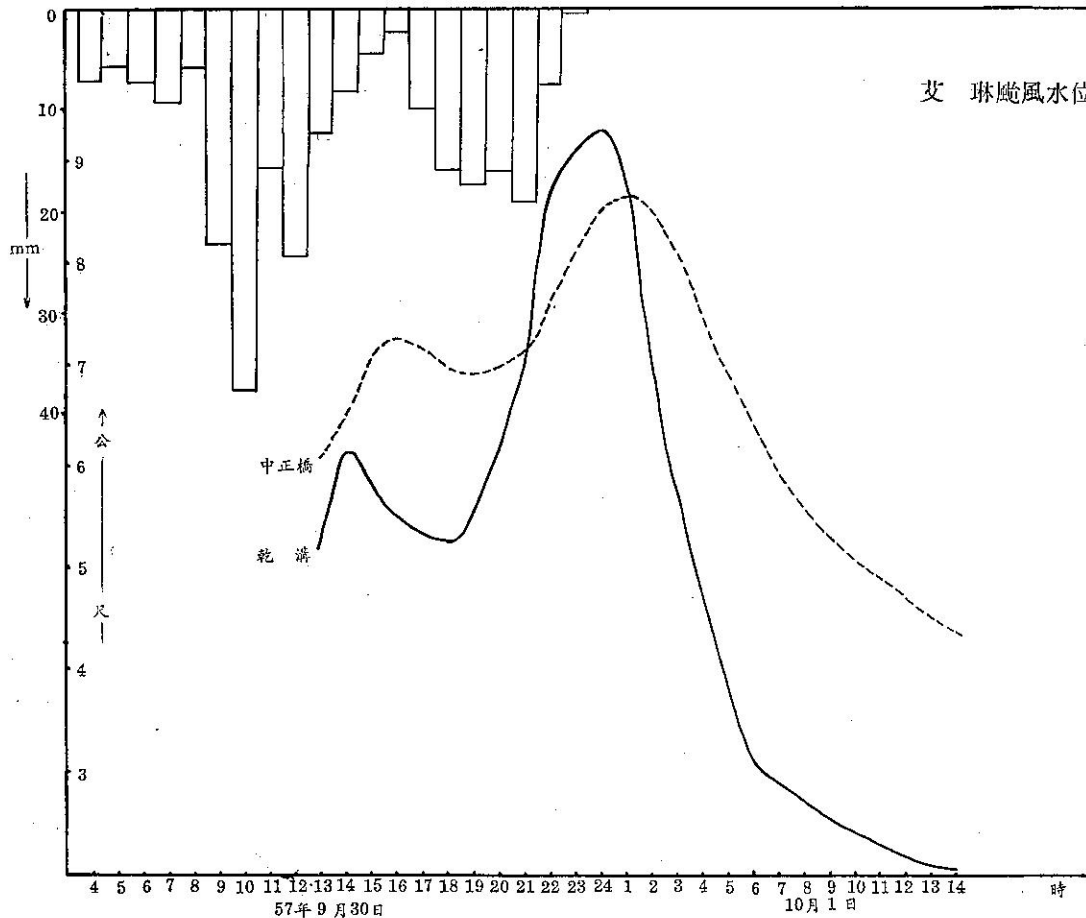
參 考 文 獻

1. Chiang S. L. (1971), "Calibration of watershed Wetness and Prediction of Flood Volume from Small Watershed in Humid Regions" PH. D. Dissertation, The Pennsylvania State University, p78-103.
2. Chow V. T. (1964), "Handbook of Applied Hydrology" McGraw Hill Book Company Inc. New York p8-23 p8-26.
3. Ferraris C. C. (1971), "An Analysis of Rainfall and Floods in the Pampanga River Basin" WMO/UNDP Project Technical Series No. 8 P40-72.
4. Palmer O. Johnson (1961), "Statistical Methods in Research" Prentice-Hill Inc. Englewood Cliffs N. J. p327-357.

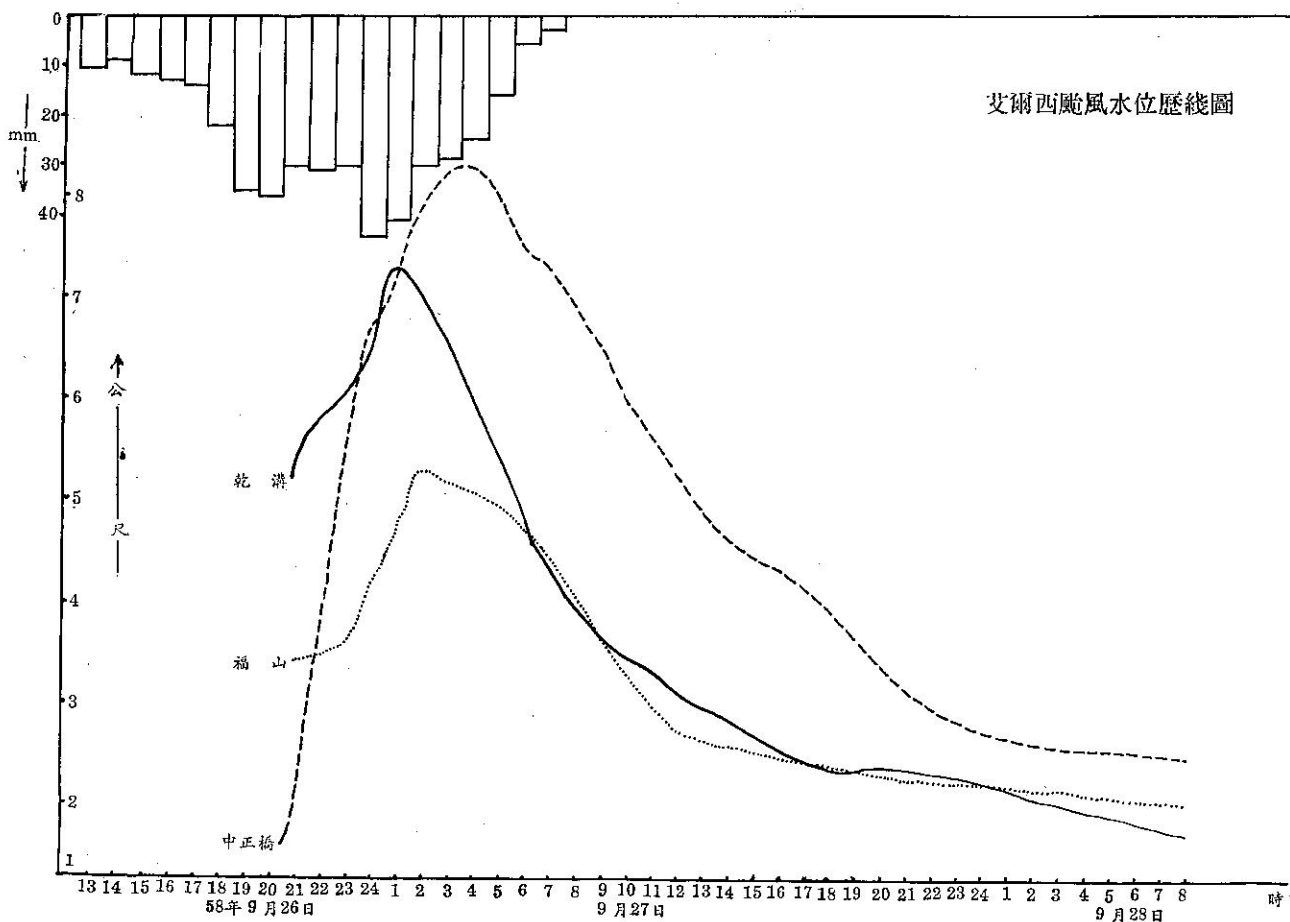
5. Wiesner C. J. (1970), "Hydrometeorology" Chapman and Hall Ltd. London p190-243.
6. WMO Technical Note No. 98, (1969) "Estimate of Maximan Floods"
7. 曲克恭 (1971) 「臺北盆地颱風降雨量之計算與預報方法」氣象學報第 17 卷第三期 P32-49。
8. 林則銘 (1976) 「危害飛行氣象因素客觀預報之研究~雷雨部分」氣象預報與分析第 69 期 P1-20。
9. 吳宗堯、戚啓勳 (1973) 「用比擬法預估颱風侵台期內之降水量」氣象學報第 19 卷第三期 P10-19。
10. 美國國際工程顧問公司等 (1974) 「臺北區自來水第四期建設計畫可行性規劃報告」Appendix G & L.
11. 郭文鏞、蔣志才等 (1977) 「新店河流域降水量與流量之研究」氣象學報第 23 卷第一期 P1-17。
12. 王如意 (1972) 「臺灣集水區暴雨與乾旱頻率分析之研究」臺灣水利第 20 卷第 4 期 P1-34.
13. 魏元恆、蕭長庚等 (1974) 「臺灣雨量極端變化之分析及預測」氣象學報第 20 卷第 3 期 P1-18.
14. 李瑞靄 (1975) 「淡水河流域降水之研究」中國文化學院博士論文 P93-99.

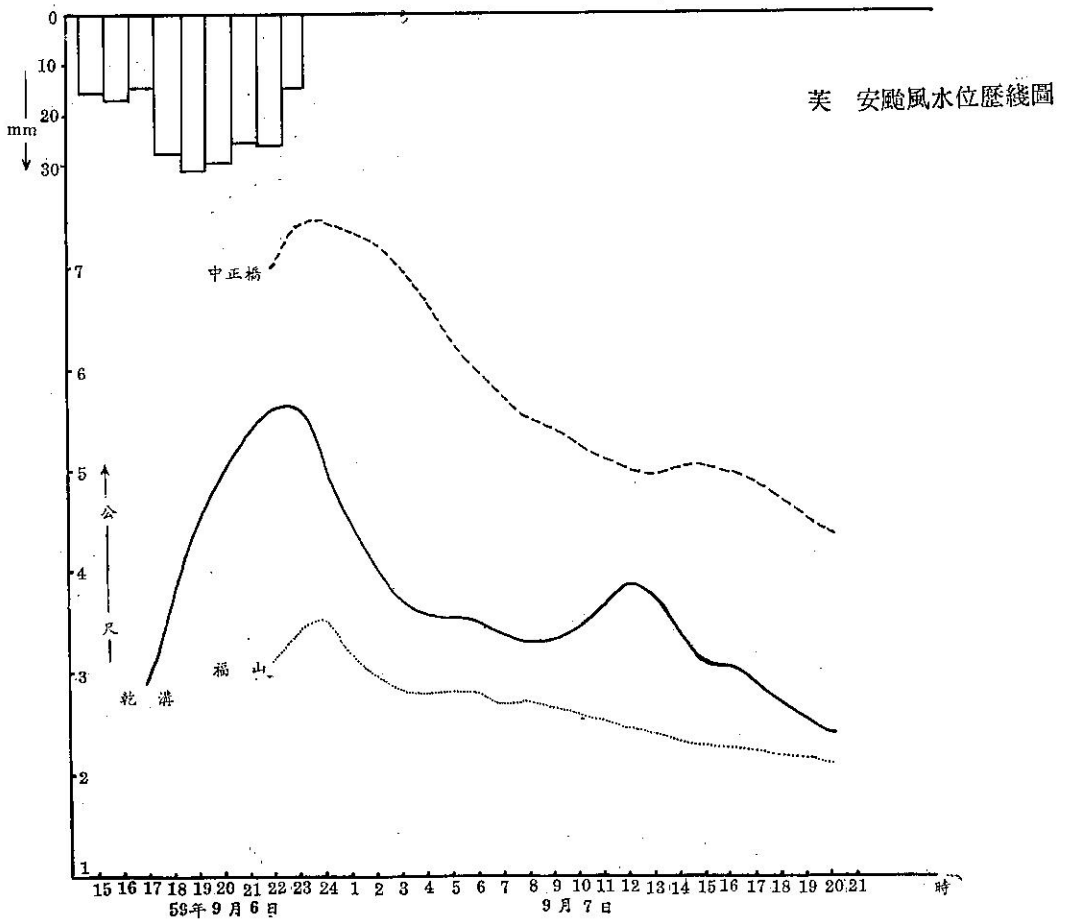
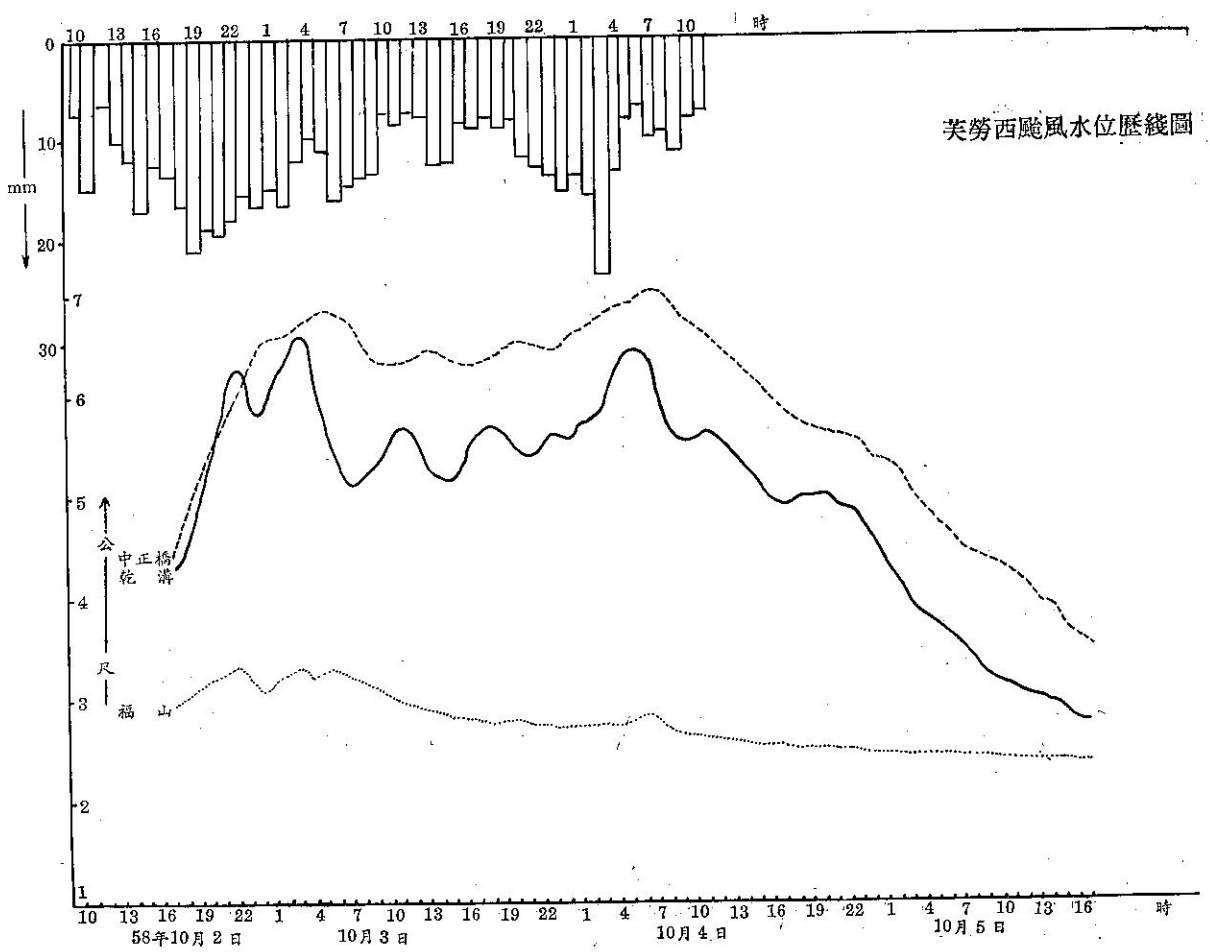
附 錄 (見附圖)

艾琳颱風水位歷綫圖

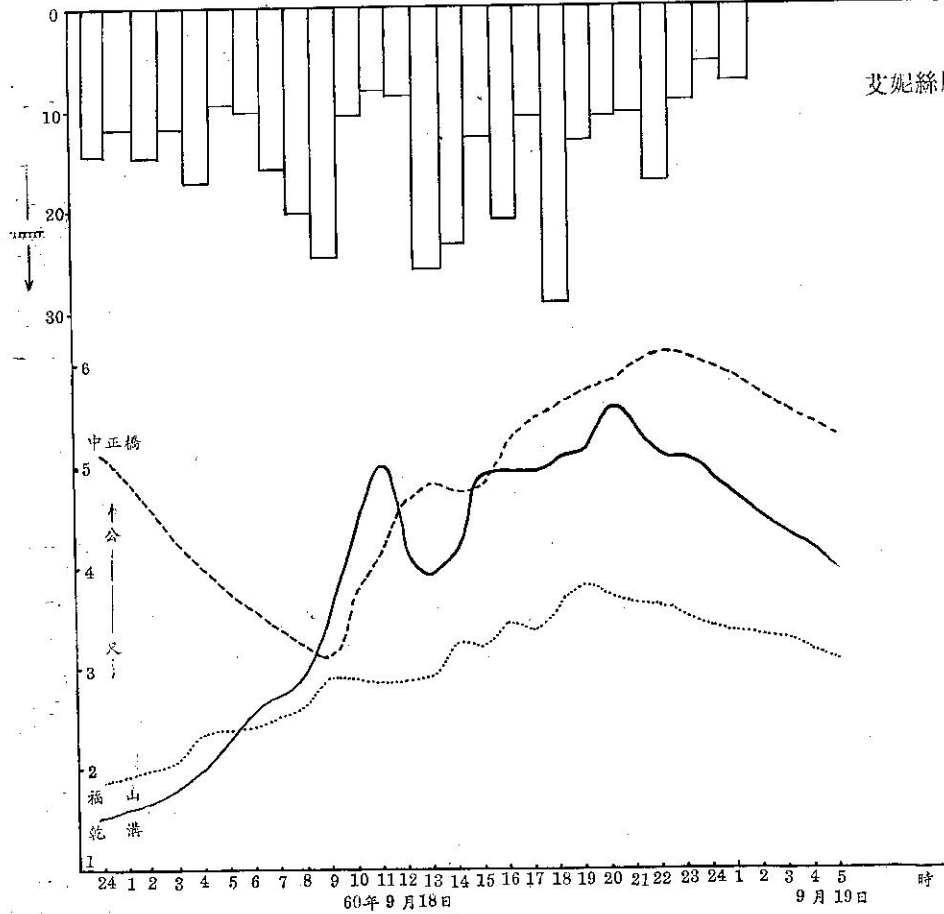


艾爾西颱風水位歷綫圖

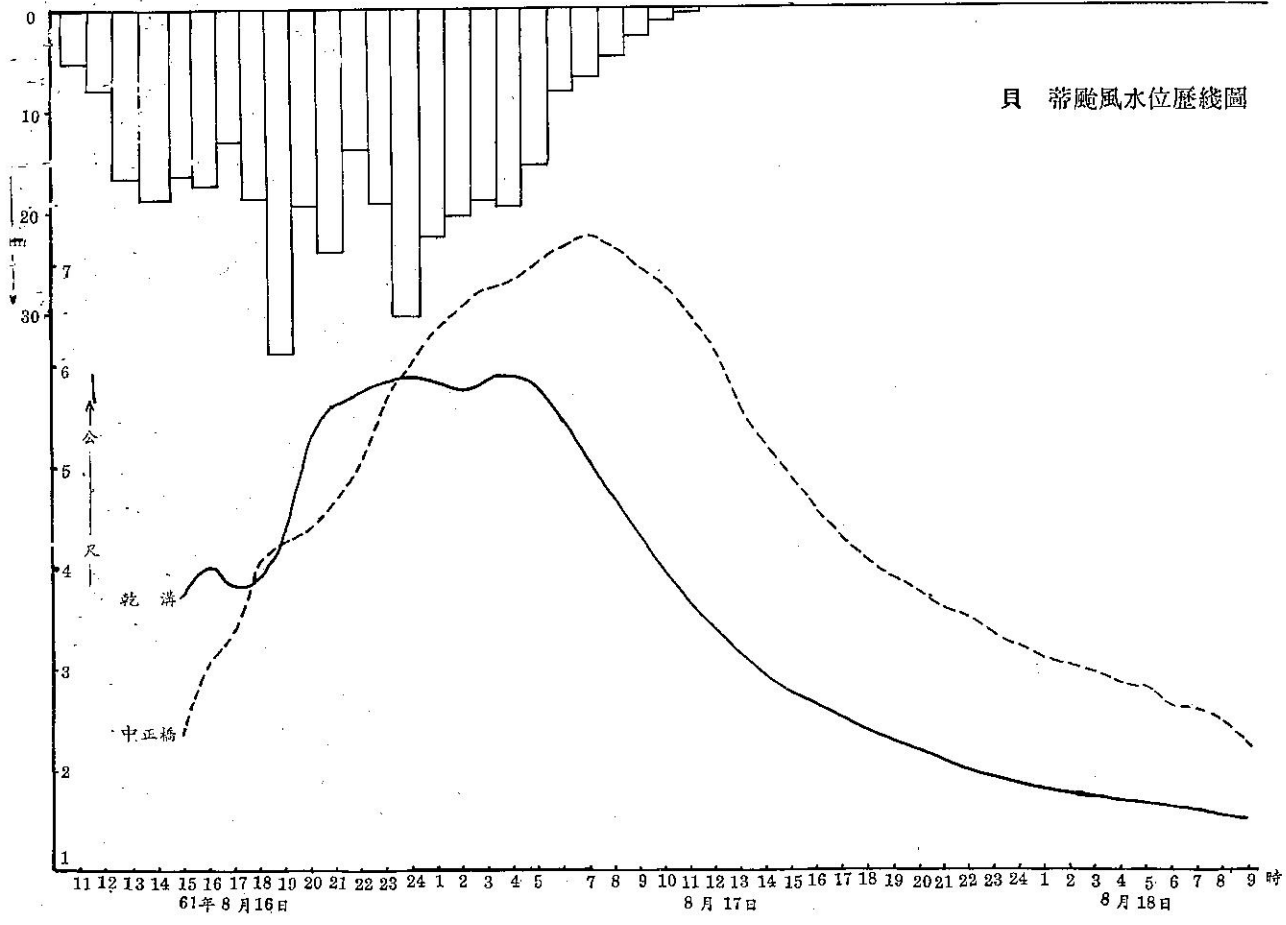




艾妮絲颱風水位歷綫圖



貝蒂颱風水位歷綫圖



畢 莉颱風水位歷綫圖

