

臺灣颱風降雨預報之研究^{*}

魏元恒 謝信良 林民生 蕭長庚

The Rainfall Associated with Typhoons in Taiwan and Its Forecasting

Yuan-heng Wei, Shinn-liang Shieh, Min-sen Lin, Charng-geng Hsiao

Abstract

Based on the characteristics of surface isobaric pressure patterns, the typhoons which invaded Taiwan area can be classified into two categories, i.e., symmetric and asymmetric types. The rainfall distributions concerning the symmetric typhoons over the island depend on the distance of the station to the typhoon center. There nearly 90% of precipitation concentrated within two latitudinal radius calculated from the center of typhoon. However the rainfall distributions of asymmetric typhoons are quite irregular and mainly dominate by the steep pressure gradients. This type of typhoons usually result in heavy rainfall and serious floods in the northern and northeastern parts of Taiwan.

In analyzing the vertical distribution of average daily rainfall caused by typhoons in the past two decades, we find there exists maximum rainfall level at two different altitudes. One is at an altitude of 900m over the northern part of Taiwan, which increases up to 1000-1100m with the southward migration of typhoon tracks. The other is at an altitude of about 2500m over the central mountain ranges. The former is the result of northeasterly flows while the latter is due to southwesterly flows.

Finally, we adopt the multiple regression equations with the pressure gradients from typhoon centers and Shanghai to the selected stations-Taipei, Taichung, Tainan, and Hualien, as two predictors to predict 12-hour typhoon rainfall. It is found that as the actual rainfall amounts are small, the calculated values are over-estimated. However, when the equations are applied to forecast 36-hour accumulated rainfall, the results are much better at the two stations-Taipei and Hualien. Therefore the equations are available for the reference in quantitative rainfall forecasting of No (the typhoon passing over the sea to the north of Taiwan) and N_L (the typhoon passing through the northern part of Taiwan) categories of typhoons.

一、前言

臺灣每年夏秋兩季，因颱風侵襲所致災害，至為嚴重，其災害之造成，主要係由於颱風降水所引起，直接由風速所致者尚居其次。筆者等在「颱風特性與

臺灣雨量之研究」⁽¹⁾一文中，曾就不同路徑之侵臺颱風，對臺灣所致之平均日雨量形態，予以分析；並就個別颱風雨量，與標準值相比較，得知颱風對稱與非對稱，其所獲雨量有顯著差異。本文係接續上文作更進一步探討，就各路徑侵臺颱風對臺灣各地所致之標

^{*} 本文接受國家科學委員會之補助

準雨量，及颱風型態不同所致雨量之差異，求取颱風降雨之內在因素及外在因素間之相關係數，以顯示颱風之特性，並進而應用計算所得之迴歸方程式，以預報颱風降水。

二、颱風之對稱性與臺灣雨量

熱帶氣旋之生成，主要在海洋上氣流斜壓度（Baroclinity）微弱之地區，此與溫帶氣旋，原已具有位能與動能者不同。熱帶氣旋之生成及持續，係由於熱帶大氣對流性不穩定或位勢不穩定（Potential instability）所致，並非由大氣內部熱力，經擾動所致之位能。

颱風內部能量，主要源自大氣低層濕空氣，另一部份來自海面之潛熱。颱風中心附近之雨量強度，可由進入之氣流，及由海面蒸發所得之水汽計算所得。就 Riehl 及 Malkus⁽²⁾ 兩氏，依據大西洋兩個颱風，就其實際總能量，計算距中心半徑一個緯度內，其平均可能降水約為 13.4mm/hr，折算日雨量為 312mm，而颱風內部之雨量，約 90% 係集中於距中心 2 個緯度內，此係就對稱性颱風而言者。

由近代颱風模型試驗⁽³⁾顯示，在水平及垂直運動方面，颱風確具有非對稱性質之存在。例如颱風在對

流層上部，外流空氣之水平渦旋、雲帶、及颱風眼之演變，在試驗過程中有兩顯著階段。早期風暴環流與垂直軸甚對稱，第二階段時，風暴在輻散層，具有非對性，而垂直運動所形成之螺旋雲帶，則與颱風雲帶甚相似。

就颱風侵襲臺灣所致雨量⁽⁴⁾加以分析，發現對稱與非對稱之颱風其所致雨量，有顯著差別；此處所指颱風對稱與非對稱，係就地面天氣圖上，等壓線型態而言。侵臺颱風雨量之多寡，除地形影響外，則由於颱風本身渦旋強度，與颱風外圍氣壓分佈梯度之大小而定。

經選擇通過臺灣南部及海上共四個颱風，其中二個為對稱型者，娜定（Nadine）及范迪（Wendy），而另二個為非對稱型之解拉（Carla）及艾琳（Elaine）（參看圖 1），分析結果略述如下：

（一）對稱型颱風：颱風娜定，接近東部時，其中心氣壓為 946mb，最大風速 110kts，乃一強烈颱風，於 1971 年 7 月 26 日在臺東附近登陸，就其所致平均日雨量，在臺灣東部分佈之狀況（表 1）視之，顯示距颱風中心附近雨量最大，例如臺東平均日雨量為 135mm，宜蘭則僅 20mm，兩地相距約 200 公里，雨量相差約 7 倍，可證明此強烈颱風，由於其對稱性，與理論上純由渦旋作用所致雨量頗相近；又就 Riehl 及 Malkus⁽²⁾ 氏，颱風內部雨量，約有 90% 之雨量，係在距中心 2 個緯度半徑之內，亦頗相符。

表 1 各颱風型之平均日雨量（mm）

Table 1. Some chosen data of the average daily rainfall for invading typhoons.

站名	型別 颱風名稱	對 稱		非 對 稱	
		NADINE	WENDY	CARLA	ELAINE
恆 春		154	57	60	91
大 武		128	76	154	190
莒 東		135	75	87	183
花 蓮		79	18	67	124
宜 蘭		20	7	169	114
基 隆		41	1	152	108
臺 北		34	2	29	86
淡 水		23	6	108	65

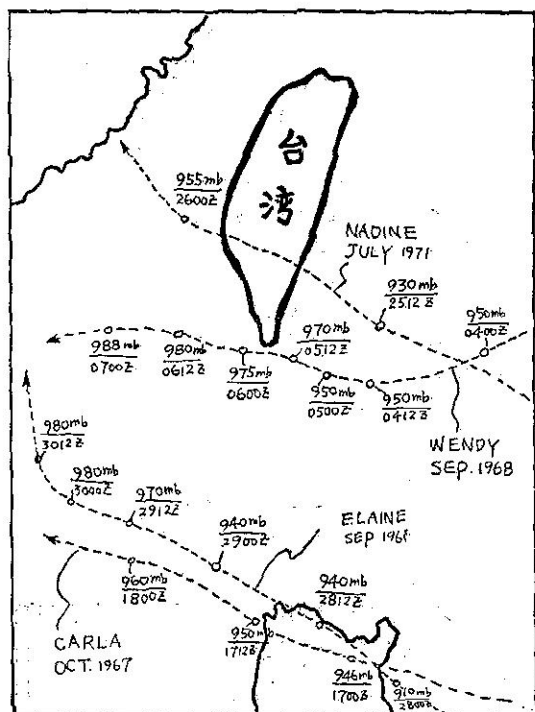


圖 1 侵台颱風路徑簡圖

Fig. 1. A sketch of typhoon tracks

對稱性颱風范迪，接近臺灣南部時，中心氣壓 970mb，最大風速 80kts，於 1968 年 9 月 6 日，在恒春南方海面經過，其所致日雨量（表 1），就東部沿海測站視之，較娜定颱風之雨量少甚多，當由於其本身強度較弱之故，但仍顯示距颱風中心遠時，其雨量迅速減少之現象，例如臺東雨量 75mm，在其北 200km 之宜蘭則僅 7mm，相差 10 倍有餘，此可顯示強度較弱之颱風，其雨量分佈之特性。

上述兩颱風均位於低壓槽內，其雨量主要由內在因素所致為主，即颱風中心強度，及暴風半徑大小等，而外在因素之氣壓型則影響甚少，因此其所致雨量及其分佈，與理論計算所得亦多相近。

(二) 非對稱型颱風：颱風解拉，於 1967 年 10 月 17 日，在呂宋島北端經過。當時颱風中心氣壓為 950mb，最大風速 50kts，其中心距離臺灣南部最近 300km 以上，但臺灣東北部蘭陽盆地，由於雨量甚大，而造成嚴重之水災。其原因乃由於大陸冷性高氣壓，伴有冷鋒南下，在此颱風邊緣造成極大之氣壓梯度；因而臺灣地區，在廣大範圍內，風速均特強，在 500mb 高度上風速達 100kts，臺灣東部一帶，適為迎風面，加以地形抬升作用，故致豪雨成災，此可示氣壓非對稱型颱風，對雨量之重要性。

颱風解拉侵襲時，在東部沿海所致之雨量，較對稱型颱風雨量為多（參看表 1），而且距颱風中心較遠處，其所致雨量有反多之現象，例如恒春日雨量為 60mm，而距颱風較遠之宜蘭則為 169mm，此乃由於颱風失去對稱性，在其邊緣造成甚強之氣壓梯度及強烈高空風所致。

另一非對稱型颱風艾琳，於 1968 年 9 月 29 日，在呂宋島北端經過時，中心氣壓為 970mb，最大風速為 80kts，對東部亦造成嚴重水患。此颱風之路徑及因大陸冷性高壓南下所形成之急峻氣壓梯度，與上述解拉颱風，極為相似，而其雨量分佈，亦甚相同，距颱風較近之恒春日雨量為 91mm，而較遠之宜蘭則為 114mm。

由上述可知因氣壓梯度形成之颱風非對稱性與對稱型颱風，兩者所致之雨量差異，甚為可觀。對稱型颱風，係處於熱帶低壓槽內，其周圍之氣壓分佈甚對稱，然非對稱型之颱風，係處於熱帶低氣槽之邊緣，其北方為一冷性高壓，兩者間造成甚強之氣壓梯度，使風速加大，導致大量降水。再就另一觀點看，即颱風其為一熱中心系統，與溫帶斜壓系統（mid-latitude baroclinic）如冷性高壓及冷鋒等，在相

互接合時，所導致之異常降水現象。

對稱型颱風，其所致雨量，主要由其本身渦旋決定，所致雨量較為正常且災害不甚嚴重。非對稱型颱風，除其本身內在之渦旋作用外，加上外在因素所造成之強大氣壓梯度，雨量特大，甚異於對稱型颱風，此在預測颱風降水及洪水預報方面，實為一重要參考因素。

颱風對稱與否，影響臺灣東部、東北部之降雨甚鉅，因此預測颱風降雨時，外圍環流形態須加考慮，否則誤差甚大。本文後節所用之迴歸方程式預報法有鑑於此，特將北方系統之氣壓梯度列為一自變數，並且發覺其在雨量貢獻上，佔有相當大之份量，此亦足以證明對稱性與非對稱性之重要，此可從方程式之討論中顯示之，且理論與實際可相互配合。

三、侵臺颱風雨量分佈及其垂直變化

氣象學者對雨量的變化與山坡高度的關係，頗多爭論，唯有一多數人採用的論點⁽⁴⁾，即認為最大雨量係出現在離地約一千公尺處，過此高度即減少，因空氣柱內的水汽含量暨飽和混合比，超過此高度後又行遞減。然而水汽含量的多寡，並非決定降雨的唯一因

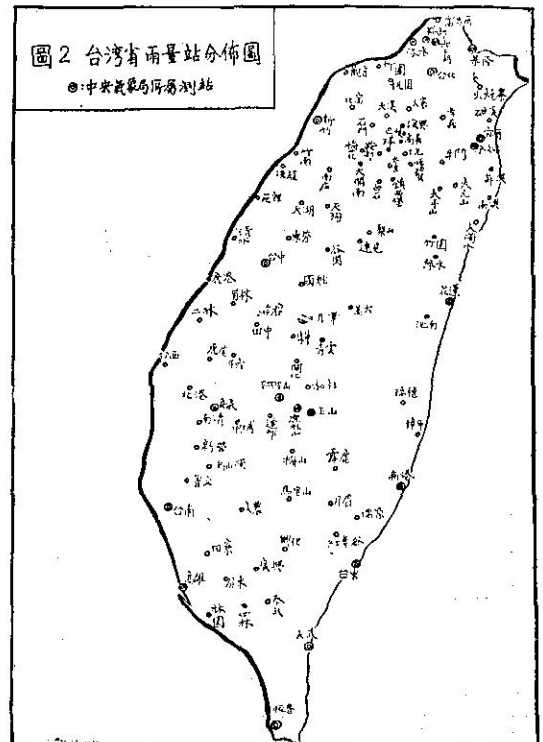


Fig. 2. The distribution of precipitation observatories over in Taiwan area

素，而由上升氣流的作用者影響至鉅，尤以局部地形效應，往往可使上升氣流達相當高度，導致較高的山地亦能出現驚人的降水現象。

今就近年 (1951-1970)，侵襲臺灣之颱風平均日雨量分佈，討論於后。此地所選的雨量站 (圖 2)，共計 100 個，分別隸屬於氣象局、水利局、石門水庫管理委員會等單位。首先將侵襲臺灣的颱風 65 個，依路徑分成八類⁽⁴⁾ (圖 3)，各類颱風之侵襲次數如表 2 所列。

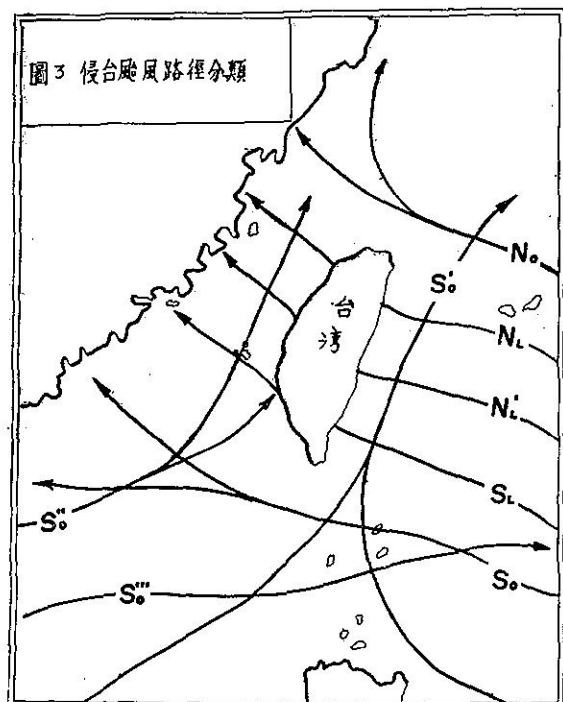


Fig. 3. A classification of typhoon tracks

表 2 侵臺颱風次數 (1951-1970)

Table 2 The frequency of invading typhoons (1951-70)

颱風類別	N ₀	N ₁	N ₂	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	合計
侵襲次數	9	13	7	6	12	10	6	2	65

筆者等前曾分析 1956 至 1969 年 54 個侵襲颱風資料，當時僅選集 37 個雨量站。本文將資料年限延至 20 年 (1951-1970 年)，雨量站則增加至 100 站，如表 3 所示。以比較充分之資料，就不同路徑之颱風，作水平及垂直方面之雨量分佈剖析，藉此可對颱風降雨特性作更進一步瞭解，以為定量降水預報作一重

要基礎，尤其對於山區雨量分佈將予以更詳盡分析。

1. N₀ 類：颱風經過臺灣北部海面者，計有 9 次佔 13.8%，由圖 4 可看出有兩個主要雨量中心，一在石門水庫流域上游，另一在阿里山區。由表 4 可看出，鞍部 (高度 1457m) 雨量 175mm 為最高，白石 (1638m) 及鎮西堡 (1550m) 雨量分別為 163 及 115mm，兩地海拔高度均在鞍部之上，雨量反少，故推斷雨量最多應在 1500m 左右，另一最大雨量在 800m 左右。從石門至玉峯，每增加 100m，雨量增多 16.3mm，而秀巒至鞍部為 6.8mm/100m 之遞增率。



Fig. 4. The distribution of average daily rainfall due to N₀ category of typhoons

表 4 石門水庫流域平均颱風日雨量 (1951-1970)

Table 4. The average daily rainfall due to N₀ category of typhoon in Shihmen basin. (1951-1970)

測站	石門	長興	復興	高義	三光	玉峯	秀巒	噶拉賀	巴陵	鞍部	鎮西堡	白石
高度 (m)	160	320	423	570	630	770	840	1150	1220	1457	1550	1638
雨量 (mm)	88	104	120	145	144	172	133	162	161	175	145	163

表 3 侵臺各路徑颱風之平均日雨量資料 (1951-1970)

Table 3. The average daily rainfall due to different categories of invading typhoons.
over Taiwan. (雨量單位：公厘)

風類別 測站											風類別 測站																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
標高 (公尺)											標高 (公尺)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
N ₀	N _L	N' _L	S _L	S ₀	S' ₀	S'' ₀	S''' ₀	N ₀	N _L	N' _L	S _L	S ₀	S' ₀	S'' ₀	S''' ₀	N ₀	N _L	N' _L	S _L	S ₀	S' ₀	S'' ₀	S''' ₀																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
富貴角 鞍子湖 竹淡	19 836 600 19	41 129 149 67	31 117 145 85	12 40 46 24	23 22 13 25	41 103 97 13	13 72 121 51	48 23 26 11	20 53 47 19	虎尾 斗六 開和 北港 南中 阿里山	24 59 540 985	40 42 76 57	62 53 26 70	27 20 26 35	54 54 23 12	6 10 10 13	7 11 24 22	49 62	15 17 12 20	達邦 鹿林 玉新 山營 頭山 文南 烏梅 會臺 美馬 田興 廣高 屏林	939 2860 3850 13	150 97 141 81	110 141 71 41	134 101 101 43	18 42 69 86	8 53 50 21	9 145 87 35	14 29 28 15	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	423 570 770 630	120 145 92 93	58 92 76 132	51 29 64 54	13 29 19 27	25 36 45 41	24 29 31 17	17 19 13 17	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	900 1457 840 1150	118 175 131 162	48 45 146 123	18 72 68 94	7 14 23 60	10 17 18 67	23 41 31 66	95 22 32 14	12 16 11 19	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	1550 1638 160 1220	115 163 88 161	79 67 53 121	78 79 31 80	21 8 7 28	22 44 63 68	39 63 22	13 14 13 20	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	20 50 260	57 54 76	54 14 11	15 18 9	25 3 20	59 16 22	34 12 18	26 7 12	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	5 940 20 275	44 116 44 123	32 43 41 64	13 18 17 15	24 6 2 60	11 40 4 9	20 34 10 9	27 25 50 23	6 17 10 8	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	970 10 359 890	155 42 89 156	71 48 75 90	17 14 18 31	15 8 15 16	10 6 6 7	14 13 26 21	85 31 48 13	16 5 10 24	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	1780 1480 77 310	56 66 51 88	81 71 98 73	46 9 38 28	39 41 21 8	32 21 4 8	22 22 18 21	53 20 49	8 12 18 11	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	55 50 1180 1930	20 39 73 64	74 119 119 97	49 50 115 65	102 42 86 65	81 90 115 67	62 140 167 86	45 3 18 53	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	1015 1258 47	74 63 26	100 61 67	69 34 26	34 26 23	6 16 26	20 23 13	89 23 47	9 14 10	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	58 37 32	82 62 38	31 24 14	22 16 7	9 11 9	35 21 7	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	24 59 540 985	40 42 76 57	62 53 26 70	27 20 26 35	54 54 23 12	6 10 10 13	7 11 24 22	49 62	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	939 2860 3850 13	150 97 141 81	110 141 71 41	134 101 101 43	18 42 69 86	8 53 50 21	9 145 87 35	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	423 570 770 630	120 145 92 93	58 92 76 132	51 29 64 54	13 29 19 27	25 36 45 41	24 29 31 17	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	900 1457 840 1150	118 175 131 162	48 45 146 123	18 72 68 94	7 14 23 60	10 17 18 67	23 41 31 66	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	1550 1638 160 1220	115 163 88 161	79 67 53 121	78 79 31 80	21 8 7 28	22 44 63 68	39 63 22	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	20 50 260	57 54 76	54 14 11	15 18 9	25 3 20	59 16 22	34 12 18	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	5 940 20 275	44 116 44 123	32 43 41 64	13 18 17 15	24 6 2 60	11 40 4 9	20 34 10 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	970 10 359 890	155 42 89 156	71 48 75 90	17 14 18 31	15 8 15 16	10 6 6 7	14 13 26 21	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	1780 1480 77 310	56 66 51 88	81 71 98 73	46 9 38 28	39 41 21 8	32 21 4 8	22 22 18 21	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	55 50 1180 1930	20 39 73 64	74 119 119 97	49 50 115 65	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	1015 1258 47	74 63 26	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	69 34 26	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	34 26 23	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	6 16 26	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	20 23 13	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	89 23 47	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 14 10	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	19 17 5	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	225 428 3	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	58 37 32	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	82 62 38	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	31 24 14	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	22 16 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	9 11 9	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙拉 鎮西 白石 巴	35 21 7	復興 義榮 光 梅鞍 秀 嚙

至於阿里山區雨量之垂直分佈，因缺乏在 1000-2400m 高度之測站，較難分析，但就其周圍附近測站雨量分析來看，從任何方向雨量均自平地隨高度而增加，至 850-950m 達一雨量最高點。見表 5 所示：

表 5 阿里山區平均颱風日雨量 (1951-1970)

Table 5. The average daily rainfall due to No category of typhoons in A-Li mt. area. (1951-70)

測 站	南投	集集	國姓	日月潭	阿里山	鹿林山	玉山	萬大	和社	達邦	開化	青雲	清水	東勢	谷關	達見	梨山
高 度 (m)	100	225	310	1015	2406	2860	3850	1258	985	939	540	428	10	359	890	1480	1780
雨 量 (mm)	31	58	88	74	161	97	141	63	57	150	76	37	42	83	156	66	56

如沿橫貫公路東行，自東勢 (359m) 雨量為 83mm，至谷關 (890m) 達 156mm，遞增率約 13.8mm/100m，另一迎西南氣流之達邦 (939m) 站雨量亦高達 150mm，但日月潭 (1015m) 則降至 74mm，其間雖然多少受地形影響，仍可顯示 1000m 以上，雨量有隨高度遞減之勢，約至 2000m 以上後又增加，至 2500m 附近達另一最高點 (阿里山海拔 2406m，雨量 161mm)，更高以後雨量又減少。

另一次要之雨量集中帶於屏東縣境山區，以泰武 (950m) 雨量 129mm 為中心。N₀ 類颱風之雨量分佈，即以此三個雨量集中區向四周遞減。一般而言，平地之雨量自北部之臺北 76mm 為最多，向北及往南減少，至臺中為 51mm，而臺南 (78mm) 附近因颱風過 120°E 後，引入西南氣流，亦成為一較大雨量區，東部地區因在背風區內，雨量皆在 5mm 以下。

2. N_L 類：颱風在臺灣北部 (24°N 以北) 登陸者計有 13 次，佔 20.0%，由圖 5 可看出，其雨型分佈和 N₀ 類頗類似，仍以各山區為雨量集中地帶，石門水庫流域地區之雨量以秀巒 (840m) 146mm 為最大，雨量自石門約以 13.7mm/100m 遞增至 850m 左右達最高，而後以 16.4mm/100m 遞減至 1500m 左右，如表 6 所示。

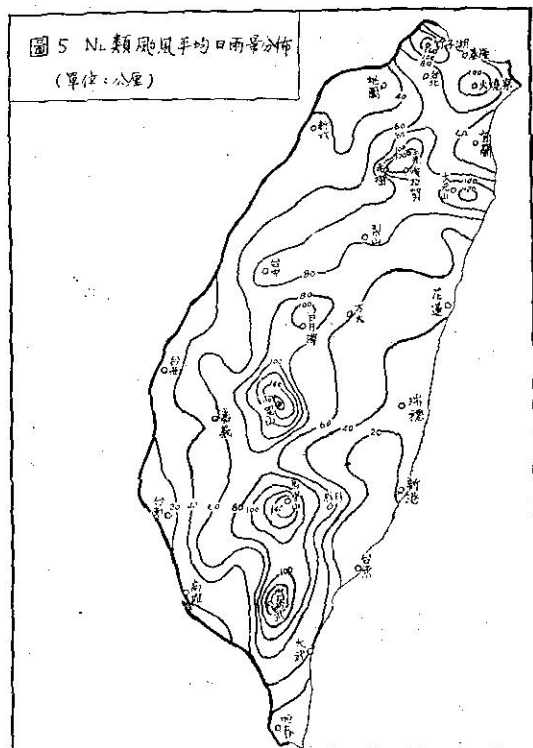


Fig. 5. The distribution of averages daily rainfall due to N_L category of typhoon

表 6 石門水庫流域平均颱風日雨量 (1951-1970)

Table 6 The average daily rainfall due to N_L category of typhoons in Shihmen basin (1951-70)

測 站	石 門	長 興	復 興	高 義	三 光	玉 峯	秀 巒	噶拉賀	巴 陵	鞍 部	鎮西堡	白 石
高 度 (m)	160	320	423	570	630	770	840	1150	1220	457	1550	1638
雨 量 (mm)	53	43	58	92	132	76	146	123	121	45	79	67

表 7 阿里山區平均颱風日雨量 (1951-1970)

Table 7 The average daily rainfall due to N_L category of typhoons in A-L₁ mt. area. (1951-70)

測 站	南投	集集	國姓	日月潭	阿里山	鹿林山	玉山	萬大	和社	達邦	開化	青雲	清水	東勢	谷關	達見	梨山
高 度 (m)	100	225	310	1015	2406	2860	3850	1258	985	939	540	428	10	359	890	1480	1780
雨 量 (mm)	63	82	73	100	211	141	71	61	70	110	75	62	48	75	90	71	81

由表 7，可知中南部山區之雨量分佈，自南投 (100m) 63mm 以 4.0mm/100m 遞增至日月潭 (1015m) 之 100mm，約自 1000m 之後雨量隨高度減少。谷關 (890m) 90mm 及達邦 (939m) 110mm 其雨量皆為其隣近地區之冠；另可顯見者在 2400-2500m 亦為另一雨量集中高度。北部竹子湖 (600m) 雨量 145mm，加上屏東境內泰武 (950m) 141mm，馬里山 145mm，雨量以這些集中區向四周減少。平地雨量以颱風之平均路徑所經處為最多，東部在南澳 (119mm) 附近，西部則在臺中 (98mm) 附近。在此路徑軸之南及北雨量漸減，在平均狀態下，顯現颱風所挾雨量沿颱風路徑形同雨帶，其中心軸即為雨量集中帶。花蓮以南之東部地區，雨量因背風而稀少，均在 5mm 以下。

3. N'_L 類：颱風自臺灣東部登陸，向西橫越臺灣中部陸上者 (23° - 24° N)，計有 7 次佔 10.8%，因颱風路徑較 N_L 類偏南，雨量集中帶亦南移，而各地雨量已不若 N_0 及 N_L 類之多。阿里山區仍是全境雨量最多區為 161mm，因颱風即從此區域通過，雨量除隨高度變化外，其距離颱風之平均路徑，關係亦很大，此兩種因素雙重影響，支配了降水分佈。如南投 42mm，集集 31mm，國姓 28mm 之雨量分佈，顯示其受颱風遠近之影響比高度作用為大；而谷關 (31mm) 在北緯 24.3° 度，其雨量比附近測站為多，則顯示 850-950m 附近亦為一最大雨量高度。另一暴雨中心在屏東泰武 (950m) 山區為 149mm，此地為颱風過後西南氣流入侵所致。宜蘭大元山 (1180m) 雨量為 115mm 乃北部山區雨量之最。而降水分佈即以上述為中心向四周減少。但東部地區因距離颱風中心近，且在向風面，雨量平均在 50-60mm，新營以北之中西部地區，皆不足 20mm，愈北雨量愈少。石門水庫流域距離此類颱風較遠，海拔在 400m 以上測站，其雨量皆在 50mm 以上，至嘎拉賀 (1150m)

94mm 達最高，以後逐漸減少，雨量隨高度之變化約為 6.3mm/100m，參見圖 6 所示。

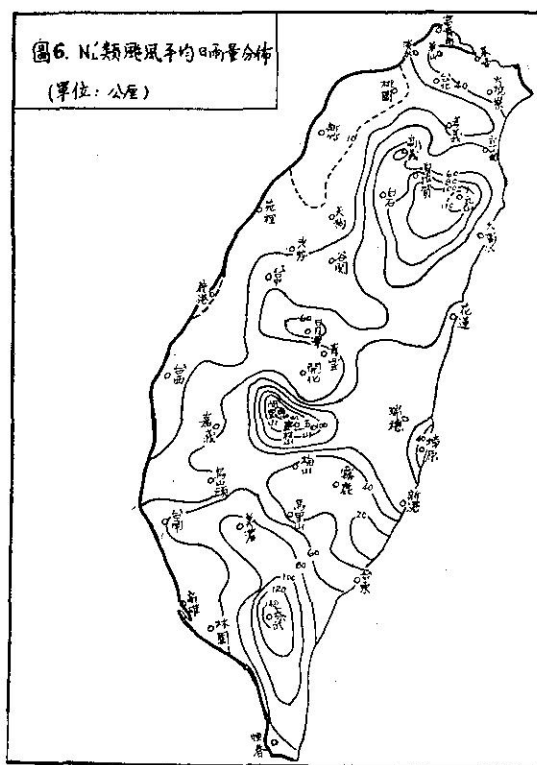


Fig. 6. The distribution of average daily rainfall for the N'_L category typhoons.

4. S_L 類：颱風在臺灣南部 (23° N 以南) 登陸者，共計 6 次佔 9.2%。雨型 (圖 7) 和上述三類不同，不再以山區為雨量集中之中心，而主要之中心在沿海之新港附近。此地正當平均颱風路徑以北半個緯度左右，正為颱風暴雨之中心帶，故山區雨量之減少為其特色 (因距離颱風中心已較遠，且屬背風型降雨)。另一雨量中心在花蓮以北綠水附近，其地因受東北

風之加強而使雨量特多。石門水庫流域降雨最多在嘎拉賀 (1150m) 為 60mm，平均自地面以每 100m 增加 5.4mm 至此高度附近，再高又迅速減少，至白石 (1638m) 僅有 8mm。而日月潭 34mm 及達見 (1480m) 41mm，顯示最大雨量高度已稍比前三類颱風提高。廣大之西部地區雨量仍非常少，尤其沿海地區當氣流翻山越嶺因下沉增溫，雨量均在 10mm 以下。

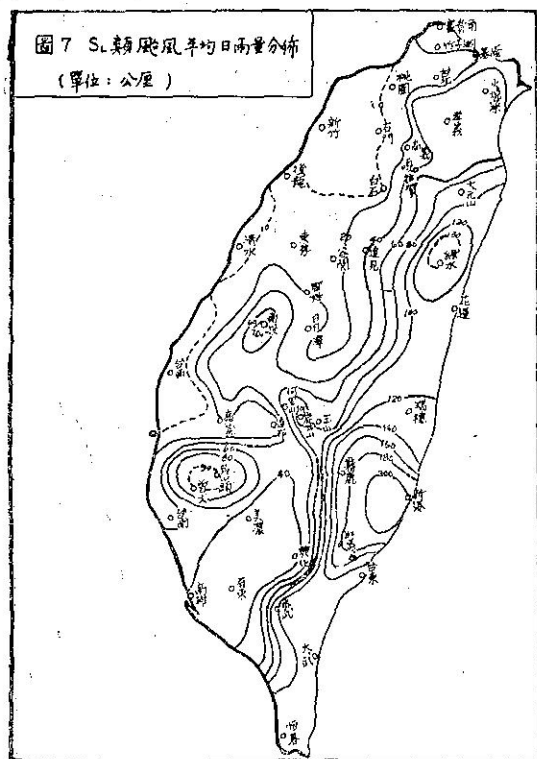


Fig. 7. The distribution of average daily rainfall due to S_L category typhoons.

5. S_o 類：颱風自東穿過巴士海峽者，計有 12 次佔 18.5%，雨型圖 (圖 8) 則和 S_L 類很相似。此類颱風在秋季入侵，時常伴隨著冷鋒南下接近本省北部，形成所謂不對稱型氣壓分佈，因此其主降雨中心，除東南部臺東紅葉谷附近因距離颱風較近，且在向風面外，宜蘭大元山 (1180m) 115mm 及北部鞍部 (836m) 103mm 亦為最大雨量中心。石門水庫流域以嘎拉賀 67mm 為最多，此流域平均降雨比 S_L 類多 7.2mm，此多少亦受到非對稱型颱風之影響。阿里山區最多雨量高度已升高，鹿林山 (2860m) 比阿里山為多即其證明。雨量自東南部及東部向西部減少，而雨量隨高度而遞增之現象已不很明顯，主要係受距

離颱風遠近之因素所支配，中部和西南部雨量仍很少，約在 15mm 以下，其原因和 S_L 類相同。

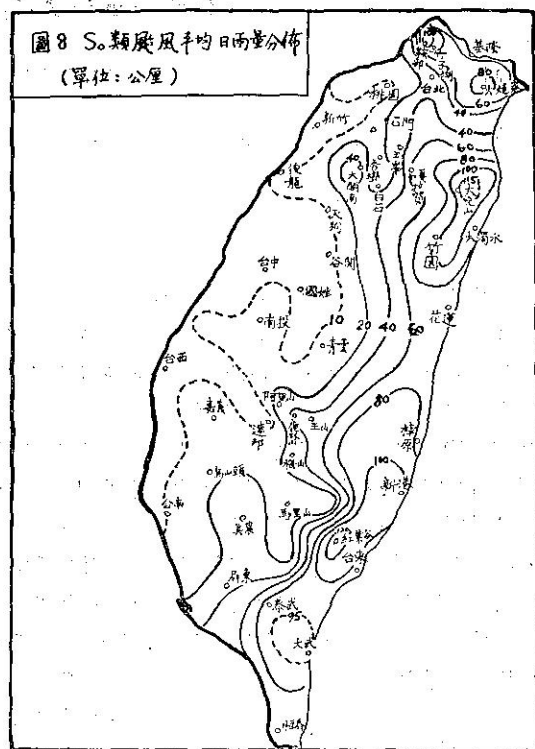


Fig. 8. The distribution of average daily rainfall due to S_o category typhoon.

6. S'_o 類：颱風在臺灣近海沿東部海面北上者，計有 10 次佔 15.4%。多在初夏或秋末時入侵本省，降雨主中心在宜蘭大元山 (1180m) (圖 9)，雨量 167mm。此地因處於颱風環流內之時間較長，加以東北風之助長，雨量為全省境內之冠。北部之竹子湖雨量 121mm，火燒寮 101mm，多少均係非對稱型颱風之影響，而形成多雨地帶。屏東泰武境內，因首當颱風之衝，獲雨亦多，約在 95mm 左右。至於石門水庫流域，最多降雨區在巴陵 (1220m) 為 68mm，嘎拉賀 (1150m) 雨量 66mm，因其位置靠東，且在多雨高度附近，兩種因素綜合促成多雨。此流域平均降雨比 S_L 類多 17.5mm，雨量隨高度遞增之效果，被地形因素及距離颱風遠近作用所破壞而不明顯。一般看來，等雨量線在東部較密，西部仍是少雨地帶；北部降雨比南部為多，其原因為受東北風影響所致。

7. S''_o 類：颱風沿臺灣海峽北上者，計有 6 次佔 9.2%，降雨以阿里山 148mm 為最多 (圖 10)，因

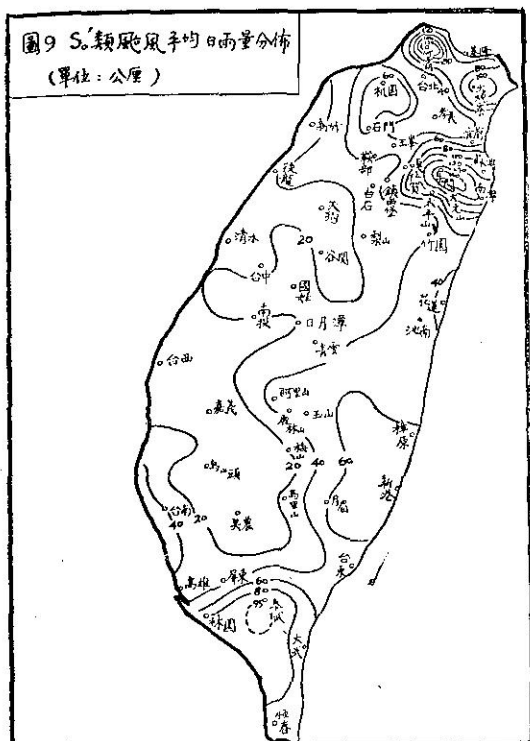


Fig. 9. The distribution of average daily rainfall due to S₀' category typhoons.



Fig. 10. The distribution of average daily rainfall due to S₀' category typhoons

面向潮溼的西南氣流，降雨甚豐。雨量沿中央山脈向北漸減，至石門水庫流域約在 30mm 左右，此區海拔已較低，呈背風型降雨，而南部山區降雨則較多。全省降雨以西北部最少，一般中南部地區受地形抬升作用，常有豪雨成災。此類颱風常在夏季來襲，旺盛的西南氣流常在颱風離境後繼續不停，此種降雨並未併入計算，否則中南部地區之雨量將更大。

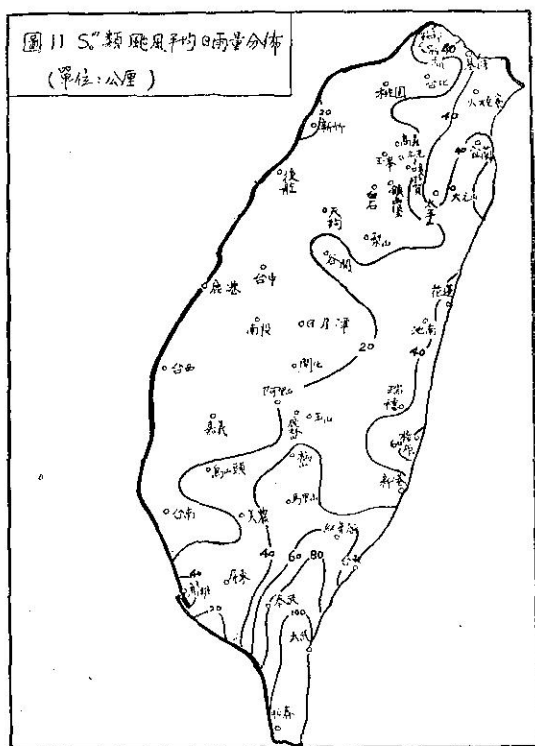


Fig. 11. The distribution of average daily rainfall due to S₀''' category typhoons.

8. S₀''' 類：颱風自南海穿越巴士海峽東行者，僅有 2 次佔 3.1%，降雨分佈則很顯然以臺灣南端為最多（圖 11），恒春 117mm 為最多，愈向北雨量愈減少；但臺灣北端之火燒寮 64mm，鞍部 53mm，和 S₀ 類颱風頗相似，此類颱風亦是容易造成氣壓之非對稱型者，當颱風過巴士海峽後，東北氣流亦為東部地區帶來豐沛雨量，中央山脈西側及以西之廣大中西部雨量非常稀少，即石門水庫流域亦僅在 15mm 左右。東南部地區因較長時間處於颱風環流內，因此降雨較多。

綜合以上八類颱風路徑，可看出有三項因素支配降水，最主要的為距離颱風之遠近，其二為高度之變化，三為非對稱型颱風所造成陡峻之氣壓梯度（造成

東北部或北部之多雨)。由上述三因素，可定性的權衡一地降雨之多寡。

另外發現，雖然應用之測站加多，及時間年限延長，但雨量分佈改變甚少，但有穩定恒常性，此點在應用上很有價值。例如 N_L 類颱風，侵襲次數由 8 次增加至 13 次，然其雨量中心仍以阿里山及石門水庫流域為主，而颱風之路徑軸亦均為雨量之集中帶，雨量仍然相差很少，如臺中，由 110mm 變成 98mm。

四、颱風降水之預測

今以臺北、臺中、臺南、花蓮四測站作研究，分別代表北、中、南、東部，首先必經本省北部海面侵襲之 N_0 類，及登陸北部之 N_L 類颱風作試驗，選取預報因子，嘗試求出作定量降水預報之迴歸方程式。

(1) 第一種方法：

利用 1904-1970 年 67 年間之颱風資料，其中屬

表 8. R, P 及 D 三者間之相關係數。

Table B Correlation coefficients among R, Pand D.
(N_0 類)

相關 站名	r_{12}	r_{13}	r_{23}	$r_{1,23}$
臺 北	-0.44	-0.31	0.12	0.51
臺 中	-0.11	-0.41	0.06	0.41
臺 南	0.16	-0.31	0.01	0.35
花 蓮	0.17	-0.16	0.06	0.24

r_{12} ：雨量及颱風中心氣壓之單相關係數

r_{13} ：雨量及颱風中心距離之單相關係數

r_{23} ：中心氣壓及中心距離之單相關係數

$r_{1,23}$ ：雨量，中心氣壓及中心距離之複相關係數

先從單相關情況加以討論，純由統計學觀點言之，單相關係數 $|r| \geq 0.3$ 方具有意義，自表 8 顯見，雨量與颱風中心氣壓之相關，於 N_0 類中僅臺北一處 -0.44 合乎要求， N_L 類中只臺中達標準亦為 -0.44，此兩者均屬中度負相關，亦即颱風中心氣壓愈低，所獲降水則相對增加。唯在此有一點我們所發現，即颱風侵襲前後，其中心氣壓變差極大，由於當颱風接近陸地時，其環流遭受破壞，磨擦作用消耗能量，使其強度減弱，中心氣壓迅速填塞，其值往往可高達 20mb 以上；而各地降雨之時間亦不一，向風面之東北部地區，就 N_0 及 N_L 兩路徑颱風而言，獲雨時間較早，主要係直接受颱風螺旋雲帶影響。至於背風面的西南部因下沉氣流作用，使之降雨少，須俟颱風離境，引

N_0 類者有 34 個， N_L 類有 29 個，包括各展風於侵襲本省期間，在上述四站所曾經出現之最大日雨量 (R)，展風通過 $122^\circ E$ 時之中心氣壓 (P)，以及颱風之中心軌跡與上述四地之最短距離 (D) (見表 9 及 10)，用 P 及 D 為自變數，R 為應變數，試求其複式迴歸方程式 (Multiple regression equation) 如(1)式：

$$R = a + b_{12,3}P + b_{13,2}D \dots \dots \dots (1)$$

$\left\{ \begin{array}{l} a: \text{常數。} \\ b_{12,3}, b_{13,2}: \text{淨迴歸係數 (Partial regression coefficient)} \end{array} \right.$

將上述雨量、氣壓、距離之資料打成卡片，應用統計學上公式，設計程式，利用行政院資料處理中心之 I.B.M. 360 電子計算機，予以計算，得出其結果，分析如下：

(N_L 類)

相關 站名	r_{12}	r_{13}	r_{23}	$r_{1,23}$
臺 北	-0.14	0.00	-0.57	0.17
臺 中	-0.44	0.08	0.44	0.54
臺 南	-0.27	0.04	0.35	0.31
花 蓮	-0.12	-0.38	0.40	0.38

入潮濕西南氣流，經中央山脈抬舉後方始有大量降水；是故選擇颱風臨境時之中心氣壓作參數，而求其與最大日雨量之相關時，在有些地方並不盡理想，原因在此。而且發生最大日雨量，颱風中心氣壓最低時候及距離軌跡最短時間並不完全一致，三者之間非具有同時性，也影響其相關。

再從不同地點的平均日雨量及其各別之標準差來分析，在 N_0 類中，臺北的平均日雨量為 130mm，標準偏差為 94mm，臺中分別為 109mm 及 92mm，臺南 61mm 及 62mm，花蓮為 31 及 47mm。由此可知 N_0 類雨量之分散度相當大，除臺北尚可外，其他尤以臺南及花蓮兩地，標準偏差反大於其平均值，使相關係數偏低，呈現結果不佳。至於 N_L 類，

表 9. No 類颱風之最大雨量 (R), 中心氣壓 (P) 及測站至颱風軌跡之最短距離 (D) 1904-1970
Table 9. The maximum daily rainfall (R), central pressure (P) of typhoon and the shortest distance (D) measured from the four fixed stations to the typhoon trajectory (No category) 1904-1970.

臺 北			臺 中			臺 南			花 蓮		
R (mm)	P (mb)	D (km)	R (mm)	P (mb)	D (km)	R (mm)	P (mb)	D (km)	R (mm)	P (mb)	D (km)
38	980	80	7	980	200	12	980	300	18	980	150
45	985	120	97	985	190	114	985	240	126	985	110
48	965	130	305	965	250	166	965	330	140	965	180
20	990	30	54	990	140	243	990	250	74	996	90
43	960	50	17	960	160	35	960	290	24	960	190
147	955	100	199	955	210	15	955	340	2	955	240
194	935	60	225	935	190	13	935	310	16	935	160
190	960	50	226	960	170	4	960	300	13	960	150
152	935	40	113	935	160	12	935	290	26	935	150
49	985	140	14	985	270	7	985	400	2	985	230
2	975	220	4	975	320	1	975	470	0	975	350
124	955	140	21	955	250	6	955	350	13	955	200
44	975	210	14	975	320	2	975	460	74	975	400
232	950	90	122	950	180	31	950	310	37	950	220
171	935	70	61	935	200	31	935	290	19	935	190
80	945	70	70	945	190	173	945	300	31	945	150
68	975	80	107	975	210	51	975	320	15	975	170
359	955	60	246	955	160	25	955	290	9	955	200
67	960	170	15	960	290	6	960	400	2	960	250
72	960	230	16	960	370	9	960	490	11	960	330
326	950	70	104	950	190	110	950	320	12	950	190
122	975	150	262	975	280	136	975	420	41	975	260
103	960	140	73	960	270	110	960	380	10	960	220
5	945	270	0	945	390	28	945	500	0	945	340
158	945	70	230	945	160	31	945	280	229	945	210
263	940	300	133	940	430	71	940	570	7	940	410
149	950	320	23	950	340	60	950	460	18	950	300
93	910	30	45	910	190	57	910	300	16	910	140
224	960	40	148	960	150	206	960	260	5	960	100
120	930	20	138	930	120	113	930	260	14	930	120
332	925	60	243	925	190	73	925	310	15	925	160
34	965	150	104	965	260	71	965	390	2	965	280
129	945	110	9	945	230	1	945	380	1	945	230
229	975	30	266	975	90	71	975	170	39	975	150

表 10. N_L 類颱風之最大日雨量 (R), 中心氣壓 (P) 及測站至颱風軌跡之最短距離 (D) 1904~1970

Table 10. The maxily rainfall (R), central pressure (P) of typhoon and the shortest distance (D) measured from the four fixed stations to the typhoon trajectory (N_L category) 1904-1970.

臺 北			臺 中			臺 南			花 蓮		
R (mm)	P (mb)	D (km)	R (mm)	P (mb)	D (km)	R (mm)	P (mb)	D (km)	R (mm)	P (mb)	D (km)
7	985	70	0	985	60	0	985	190	0	985	40
287	955	50	259	955	70	79	955	200	11	955	80
156	975	30	305	975	100	217	975	220	39	975	60
50	970	50	281	970	80	222	970	200	87	970	50
221	930	60	295	930	70	382	930	200	23	930	60
158	990	10	18	990	100	5	990	220	21	990	60
61	950	30	162	950	160	110	950	280	75	950	110
119	975	10	182	975	90	79	975	170	300	975	30
57	965	0	273	965	100	347	965	200	74	965	50
185	980	50	49	980	80	51	980	210	63	980	60
46	955	60	56	955	60	170	955	190	21	955	60
183	045	60	169	945	60	182	945	160	102	945	10
89	955	60	192	955	60	145	955	170	46	955	20
85	985	10	200	985	130	166	985	270	18	985	110
42	960	60	228	960	60	179	960	170	134	960	10
55	980	20	48	980	100	70	980	200	57	980	60
204	970	20	22	970	90	8	970	190	52	970	30
145	950	70	51	950	50	36	950	190	18	950	40
84	980	0	177	980	120	296	980	240	233	980	80
89	990	20	35	990	90	13	990	180	105	990	30
84	910	70	431	910	40	87	910	160	98	910	0
54	995	40	17	995	50	16	995	160	25	995	90
10	950	80	62	950	40	28	950	170	69	950	30
102	935	30	135	935	90	18	935	220	72	935	70
159	950	80	85	950	40	94	950	150	160	950	0
57	975	40	168	935	60	153	935	150	132	935	0
94	950	80	212	950	30	133	950	150	61	950	50
115	970	20	189	970	130	55	970	260	32	970	110
135	930	80	51	930	30	213	930	130	191	930	30

雖各地之標準差無大於平均值的情況發生，（臺北平均日雨量為 150mm，標準偏差 107mm，臺中分別為 108mm 及 64mm，臺南為 122mm 及 101mm，花蓮分別為 79mm 及 68mm），然其間數值相差除臺中較多外，其餘均甚相近，亦即其分散度仍大，同時對相同的平均颱風中心氣壓值 956mb 而言， N_L 類的標準差為 21mb，約比 N_0 類大 3mb，所以求出之相關係數亦低。

其次就雨量與颱風中心至臺北、臺中、臺南及花蓮最短距離之相關性討論之。在 N_0 類中，臺中平均距離及標準差分別為 227 及 78km，其分散度雖較臺南為大（臺南平均距離 345km，標準差為 85km），但因臺南雨量的標準差高於其平均值，導致其相關係數小於臺中，而臺北亦較臺中為小。臺北、臺中及臺南三地之相關係數分別為 -0.31，-0.41 及 -0.31。三者均屬負相關，亦即表示與颱風中心距離愈近則降雨愈多。東部之花蓮，對 N_0 類颱風來說，因其居於背風面，直接受颱風環流影響很小，其降雨與颱風中心距離成低度相關。另就 N_L 類論之，僅有花蓮之雨量與颱風中心距離成中度相關（-0.38），其他三地則幾無相關性可言，此乃因本類颱風皆係自花蓮以北登陸者，花蓮首當其衝，其他三處因有高山屏障，地形效應影響至鉅，尤以盛行之東北季風及西南季風，常可左右颱風環流中雲雨帶的分佈。Simpson⁽⁵⁾ 氏曾指出，颱風螺旋型降水雲帶之分佈情形，在接近颱風眼附近數十公里處有驚人的強風暴雨，而多集中於其進行方向之右側，此僅考慮颱風本身之單純渦旋；然侵襲臺灣之颱風，因臺灣地理位置特殊，尚須注意季節變化，以及太平洋副熱帶暖心高壓和中國大陸冷心高壓的消長情形，而支配一地之降水，距離颱風中心之遠近僅為其中因素之一。至於其實際雲雨帶的分佈，我們可藉助於衛星雲圖及氣象雷達之回波情況加以判斷，分析近年來花蓮雷達所拍攝之颱風雨區圖片，顯示出雨帶分佈並不如理論上那樣單純，此乃係侵襲臺灣颱風的一大特色。

從以上分析可知，我們所選擇之兩因子，即颱風中心氣壓及颱風中心與測站之最短距離，和雨量間之相關並不如預期的理想。換句話說，此兩因子雖為影響颱風降雨原因的一部份，但其所佔的份量並不大，直接影響到所求之複相關係數及複式迴歸方程式之結果，自表 8 中可看出 N_0 類中以臺北的複相關係數最高亦僅 0.51，而 N_L 類中則以臺中最高為 0.54。茲就此兩地所適用之迴歸方程式分別討論之：

(a) N_0 類—臺北

$$R = 2179.23 - 2.10P - 0.34D \dots\dots\dots(2)$$

其標準誤為 81mm，因雨量恒為正值，由 (2) 式看出，颱風中心氣壓 10mb 的改變，其對雨量值的影響相當於距離約 62km 變動之作用，由歷史紀錄顯示，中心氣壓最高為 995mb，最低為 910mb，相差 85mb，即單由中心氣壓之不同，即可有 178mm 雨量之變異，就距離而言，最遠為 300km，最近為 20km，此 280km 之差距，足以有 95mm 雨量之伸縮性，由此可看出，氣壓之改變對雨量之影響較為敏感。若以極端氣壓 910mb 及距離為 20km 時，最大日雨量為 $261 + 81 = 342\text{mm}$ （曾經出現之最大日雨量為 350mm，以氣壓 995mb，距離 300km 計算時，雨量為 -12mm（未考慮標準誤），換言之，當氣壓為 965mb 時，只要距離超過 265km 以上則雨量為零，同樣情形，若距離為 300km，氣壓只要在 985mb 以上時，臺北應即無降水。

(b) N_L 類—臺中

$$R = 2970.59 - 3.03P + 1.16D \dots\dots\dots(3)$$

標準誤為 90mm，就氣壓而論，中心氣壓 85mb 的變化，可帶來約 257mm 的雨量差距，而 100km 的距離變化（最遠為 130km，最近為 30km），僅有 116mm 的雨量差異。以極端情形來試驗，當氣壓 910mb，距離為 130km 時，計算所得之最大日雨量為 $364 + 90 = 454\text{mm}$ ，而曾經出現過之最高雨量紀錄為 431mm，另當氣壓為 995mb，距離為 30km 時，雨量計算值為 -9mm（未考慮標準誤），換言之，當氣壓為 995mb，則距離小於 36km 時雨量即減為零，同樣理由，距離為 30km 時，氣壓在 963mb 以上者亦應無雨量。

(2) 第二種方法：

仍然以臺北、臺中、臺南、花蓮為目標，探討 N_0 類及 N_L 類颱風在臺灣所致之雨量。

先討論作為預報因子之參數選擇問題，上法係以颱風接近臺灣時，颱風中心最低氣壓 (P)，及颱風軌跡距各測站之最短距離 (D)，求其與最大日雨量 (R) 間之相關。發覺成效不如理想，最主要原因，為三者之間非俱有同時性，意即產生最大日雨量時，並非一定在中心氣壓最低及距離最近時。尤其臺中、臺南之雨量常導源於西南氣流，此常發生於颱風經過 120°E 以後。最大日雨量並非單純由颱風中心氣壓及距離即可決定，而且用 24 小時雨量其時間間隔太長因暴雨很少持續 24 小時者。乃進一步改用 6 小時之颱風雨量

表 11. No 類颱風12小時雨量 (R), 測站至颱風中心氣壓梯度 (G), 上海至測站、氣壓梯度 (G₂)

Table 11. The 12-hr total rainfall (R) and horizontal pressure gradients-(G₁):
measured from the four fixed stations to the typhoon center. (G₂):
measured from Shanghai to the four fixed stations. (N_o category)

臺 北			臺 中			臺 南			花 蓮		
R	G ₁	G ₂	R	G ₁	G ₂	R	G ₁	G ₂	R	G ₁	G ₂
(mm)	(10 ⁻³ mb km)	(10 ⁻³ mb km)	(mm)	(10 ⁻³ mb km)	(10 ⁻³ mb km)	(mm)	(10 ⁻³ mb km)	(10 ⁻³ mb km)	(mm)	(10 ⁻³ mb km)	(10 ⁻³ mb km)
8	83	17	4	48	26	8	73	11	0	86	22
264	78	36	38	81	22	7	85	8	1	108	24
13	51	7	96	23	12	96	35	1	4	35	5
8	27	5	37	11	4	127	22	6	1	19	3
41	81	11	2	65	44	1	71	12	8	81	12
18	178	16	9	133	25	3	126	13	5	174	18
105	150	36	120	90	32	5	94	17	3	128	28
13	113	26	12	92	31	108	100	17	0	81	23
1	13	16	28	10	24	52	13	14	0	9	16
9	12	15	0	4	23	0	14	11	2	12	12
2	88	9	0	74	20	0	83	9	0	92	11
14	116	15	21	99	24	0	107	13	0	122	16
32	147	18	36	117	27	2	129	15	0	147	22
127	203	24	43	158	31	1	159	16	0	206	27
219	263	49	153	200	35	6	190	17	0	211	47
74	308	31	94	168	27	28	149	12	0	152	29
2	61	16	155	32	20	4	45	8	0	35	16
3	44	10	116	17	17	17	33	6	3	25	11
1	19	10	29	19	13	65	18	6	1	12	10
3	111	28	0	91	35	0	96	23	0	110	28
54	139	81	0	114	37	0	120	24	0	149	29
17	175	33	0	143	21	0	147	25	0	176	32
20	219	32	6	161	39	0	167	26	1	203	33
37	296	39	0	207	40	0	183	26	0	254	38
92	429	44	6	242	41	0	201	26	0	295	35
2	18	7	1	5	20	18	15	8	1	16	9
47	20	9	0	4	25	1	18	7	0	18	10
133	44	14	158	30	20	10	36	9	158	39	14
59	48	21	147	33	23	11	19	21	146	37	19
19	157	23	168	36	26	64	68	11	168	67	18
0	67	14	60	31	21	20	56	8	60	46	13

作試驗，取用 21Z 至 03Z、03Z 至 09Z、09Z 至 15Z、15Z 至 21Z，而 P 分別以 00Z、06Z、12Z 及 18Z 相對應，且將 D 改為 00Z、06Z、12Z 及 18Z 之颱風中心至各測站之直線距離，再研究 R、P、D 之相關，效果雖比上法有進步，但仍不能令人滿意。

經分析其原因，發現颱風中心氣壓每 6 小時之變動甚微，經常有 24 小時甚或 36 小時皆未有變化者，因此其與雨量之相關不顯。其次我們知道颱風雨量之多寡與颱風距離之相關必需至某一距離範圍內才會增高，亦即當一地進入颱風環流以內，颱風降雨須成對稱型

表 12. N_2 類颱風 12 小時雨量 (R)，測站距風中心氣壓梯度 (G_1)，上海至測站氣壓梯度 (G_2)

Table 12. The 12-hr total rainfall (R) and horizontal pressure gradients—(G_1 : measured from the four fixed stations to the typhoon center. (G_2): measured from Shanghai to the four fixed stations. (N_L category)

臺 北			臺 中			臺 南			花 蓮		
R	G_1	G_2	R	G_1	G_2	R	G_1	G_2	R	G_1	G_2
(mm)	($10^{-3} \frac{mb}{km}$)	($10^{-3} \frac{mb}{km}$)	(mm)	($10^{-3} \frac{mb}{km}$)	($10^{-3} \frac{mb}{km}$)	(mm)	($10^{-3} \frac{mb}{km}$)	($10^{-3} \frac{mb}{km}$)	(mm)	($10^{-3} \frac{mb}{km}$)	($10^{-3} \frac{mb}{km}$)
1	44	5	0	28	17	0	31	6	0	47	6
25	179	6	10	160	18	2	177	7	7	215	8
12	310	11	11	279	21	3	295	10	7	423	17
84	539	9	63	301	31	55	344	12	154	124	32
45	429	23	359	253	27	63	169	10	94	200	15
26	8	13	31	80	7	15	58	6	6	64	7
1	6	13	10	6	11	78	16	0	1	17	0
11	100	4	0	84	18	0	104	6	3	111	4
16	188	13	0	166	26	0	210	14	17	232	13
100	543	31	14	413	40	2	378	24	57	929	40
17	200	24	125	94	27	18	134	10	9	78	19
39	100	10	9	74	20	0	87	9	6	115	11
67	218	21	245	127	30	21	148	13	18	258	25
40	183	29	81	67	34	33	94	15	59	167	26
2	53	31	101	65	25	92	78	10	2	70	18
1	24	11	12	4	16	73	268	6	1	23	9
4	200	14	0	144	24	0	155	12	5	350	17
12	64	15	49	47	22	119	68	13	67	74	8
24	2	6	17	13	1	26	4	4	35	2	6
17	62	10	11	36	21	1	52	9	2	37	24
103	163	21	178	50	25	2	65	11	11	106	20
9	114	12	10	40	21	12	30	17	0	61	12
5	128	19	3	109	26	0	115	14	1	136	21
162	28	37	46	183	46	32	207	23	165	262	48
23	13	25	23	133	55	180	185	30	15	144	35

分佈，然實際需達觀測顯示並無此理想情況出現，因此間還要考慮地形及風向因素在內，是以用六小時間隔亦不盡理想。

經研究再將雨量改為 12 小時一次，可彌補 24 小時與 6 小時雨量過與不及之缺點。同時將颱風中心氣壓及距離二參數，試圖合併二者成為一參數，此項即為颱風內在因素，而採用氣壓梯度之觀念；並另外考慮外圍氣流因素之影響，乃選擇計算上海至各測站間當時之氣壓梯度，此衡量北方氣壓系統之作用，在秋季颱風侵襲時，即可作為東北風之指標，即使在夏季時，西南氣流之盛行與否亦可由此看出其端倪。

茲詳細說明本文最後所採用之方法，雨量 R 取用四測站 18Z 至 06Z 及 06Z 至 18Z 各 12 小時之雨量，分別計算 00Z 及 12Z 時四測站氣壓與颱風中心之氣壓差，除以當時其與颱風之距離，而得氣壓梯度作為 G_1 因子，再以同法計算 00Z 及 12Z 上海至各測站之氣壓梯度，作為 G_2 因子，選自當颱風進入 127°E 以西至通過 120°E 時間內的資料，因限於氣壓、雨量資料之收集及天氣圖之查閱上的困難，加上不全資料之捨棄， N_0 類颱風計得 31 個資料， N_L 類颱風則得 25 個資料，見表 11 及表 12 之所示，以此作為研究之依據。

將這些颱風雨量資料（單位 mm），颱風中心及上海至四測站之氣壓梯度（單位 mb/1000km），應用行政院 I.B.M.360 型電子計算機作資料整理，首先求雨量，氣壓梯度之平均值，標準偏差，以及每兩者間之單相關，進而求其複相關，而得三者彼此間之複式迴歸式，今將所得分析如下：

$$R = a + b_{12.3}G_1 + b_{13.2}G_2$$

$$\begin{cases} a: \text{常數} \\ b_{12.3} \text{ 及 } b_{13.2}: \text{淨迴歸係數} \end{cases}$$

先討論單相關情況，由表 13 可看出，雨量與颱風氣壓梯度之相關，僅有 N_0 類臺北 0.32 及臺南 -0.37 及 N_L 類臺北 0.36 尚佳外，其餘 $|r| < 0.3$ ，顯示颱風雨量變化，與 G_1 變數之變化並不甚敏感。臺北站之正相關 0.32 及 0.36 顯較為正常合理，雨量隨氣壓梯度增強而增多；而 N_0 類臺南之負相關表示颱風梯度雖增加（即颱風接近時），因其地為背風面，降雨並未相對增多。由資料顯示其降雨常在颱風較遠時及接近至通過 120°E 時。在 N_0 類颱風，花蓮及臺中亦發生相同情形，但負相關較小。在 N_0 類颱風臺南及花蓮雨量平均值皆小，而其標準偏差皆大。

表 13(a) (N_0 類)Table 13(a) Correlation coefficients (N_0 category)

相關 係數 站名	r_{12}	r_{23}	r_{13}	r_{1-23}	S.E. (mm)
臺 北	0.32	0.79	0.59	0.63	49
臺 中	-0.17	0.74	-0.17	0.18	57
臺 南	-0.37	0.70	-0.40	0.42	31
花 蓮	-0.26	0.85	-0.14	0.29	45

r_{12} : 雨量與氣壓梯度（測站與颱風中心間的氣壓梯度 G_1 ）之相關係數

r_{13} : 雨量與氣壓梯度（上海與測站間的氣壓梯度 G_2 ）之相關係數

r_{23} : 兩種不同氣壓梯度間之相關係數

r_{1-23} : 雨量與兩種不同氣壓梯度之複相關係數

S.E.: 雨量之標準誤

表 13(b) (N_L 類)Table 13(b) Correlation coefficients (N_L category)

相關 係數 站名	r_{12}	r_{23}	r_{13}	r_{1-23}	S.E. (mm)
臺 北	0.36	0.06	0.44	0.56	33
臺 中	0.17	0.51	0.18	0.20	84
臺 南	0.02	0.44	0.30	0.32	42
花 蓮	0.21	0.52	0.60	0.61	56

其次談到雨量與各測站至上海間氣壓梯度 (G_2) 相關，一般竟比上述相關為佳。在 N_0 類中，臺北高達 0.59，臺南為 -0.40； N_L 類臺北為 0.44，臺南 0.30，而花蓮則高達 0.60。 N_0 類颱風路徑較 N_L 類偏北，當颱風接近臺灣近海時，兩種不同氣壓梯度間之相關較高； N_0 類中，臺北為 0.59，臺中、臺南及花蓮均呈負相關，尤其臺南負相關達 -0.40，則表示其雨量受南來氣流影響，北方系統作用較少。在 N_L 類皆為正相關，花蓮雨量與北方系統之氣壓梯度相關係數高達 0.60，實俱預報價值。

再就颱風中心及上海至各測站間氣壓梯度 (G_1 和 G_2) 之相關，稍加分析。以 N_0 類花蓮最高為 0.85，臺南 0.70 為最低。在 N_0 類颱風時，因路徑最偏北，兩種不同氣壓梯度相關也較高。在 N_L 類颱風，臺北相關係數為 0.06，其他三站則在 0.44 至 0.52 間。兩自變數間之相關愈小，表示所選之參數獨立性高，因此導至 N_0 類臺南及 N_L 類臺北雨量與梯度之相關呈

現穩定，其值介於 0.36 至 0.44 間。

由複相關係數而言，以 N_0 類之臺北 0.63 及 N_L 類花蓮 0.61 為最佳；前者主要歸功於 R 與 G_2 之相關較高 (0.59)，後者亦由於 R 與 G_2 之較高相關 (0.60)。一般而言，複相關係數至少須大於 0.40，其迴歸方程式才有價值，在所作之八個迴歸方程式中，有四個合乎所求。

再以標準誤之值以分析， N_L 類之臺北及花蓮， N_0 類之臺南為所有八個數據中之較小者。標準誤差愈小，其迴歸方程式之可靠性就愈高。 N_0 類臺北，因雨量標準偏差高，形成標準誤高，但因其雨量與 G_1 之相關高，而形成複相關係數高，今將此種複式迴歸係數大於 0.40 者，討論其複式迴歸式如下：

(a) N_0 類—臺北

$$R = -26.629 - 0.230G_1 + 4.747G_2 \dots\dots(5)$$

標準誤為 49.3mm，由所得資料顯示 G_1 最小 12，最大 429， G_2 最小 5，最大 49， R 最大為 264mm。當 G_1 最小， G_2 最大時，計算 R 應為 203.2mm，若加上標準誤為 49.3mm 成 252.5mm，與 R 之最大值 264mm 很接近；當 G_1 最大時，經計算 G_2 須大於 16 才能有雨量，換言之，當強烈颱風接近時，若有降水，其 G_2 值絕不會太小，才能獲得較多雨量。又因 $R \geq 0$ ，比較(5)式中 G_1 及 G_2 項之係數， G_1 之係數比 G_2 之係數小很多， G_1 項可以忽略，則 G_2 值至少 >56 ，經檢查結果，僅有 G_2 之最小值曾小於此數。當 G_2 值在 56 以上， G_1 及 G_2 同時增加 1 單位時，其對雨量的貢獻， G_2 約為 G_1 的 20 倍，然而在實際上 G_1 的變動較 G_2 迅速，因此其對雨量之影響效果實不容忽視。

(b) N_0 類—臺南

$$R = 48.734 - 0.106G_1 - 1.351G_2 \dots\dots(6)$$

標準誤為 31.1mm 因 G_1 及 G_2 均為正值，由上式觀之，考慮標準誤差 31.1mm，理論上雨量最多只能有 79.8mm，經檢查 31 個數據中僅有 3 個超乎此值，此與標準誤之定義並未矛盾。再深入一層分析，雨量與兩種氣壓梯度均呈負相關，因當 N_0 類颱風侵襲時，其降雨直接由颱風環流所致者較少，而是當颱風在較遠或通過 $120^\circ E$ 後（此時不需要太大之颱風及北方系統之氣壓梯度），由西南氣流侵入所帶來。本迴歸式可看出一點，即 N_0 類颱風對臺南之降雨貢獻甚少，臺南平均降雨僅為 21mm 即可證明，而且

其降雨並非決定於颱風本身之梯度作用。

(c) N_L 類—臺北

$$R = -7.837 + 0.088G_1 + 1.602G_2 \dots\dots(7)$$

標準誤為 32.7mm，由上面之迴歸式可知，臺北之雨量隨颱風中心氣壓梯度及北方系統之氣壓梯度增強而增加，而前者之增加約為後者之 1/18 倍。當 G_1 為極大值 543， G_2 亦為極大值 45 時，經計算 R 值為 111.0mm，加上標準誤成為 143.7mm，25 個資料中，僅有 R 之極大值 162mm 超過。當 G_1 及 G_2 俱為最小值時，計算 R 值為 -1.3mm， R 值不能為負值，此尚未加入標準誤。我們亦知道當颱風接近至登陸臺灣時，同時也增強了北方系統之梯度，換句話說，其對雨量之貢獻具有雙層正效果。將 G_1 及 G_2 均以平均值代入上式計算，所得之 R 值和 R 之平均值相同。

(d) N_L 類—花蓮

$$R = -10.530 - 0.035G_1 + 2.624G_2 \dots\dots(8)$$

標準誤為 35.9mm，由表十三知雨量與北方氣壓梯度相關較高 (0.60)，當 G_2 為最大值 48， G_1 為最小值 2 時， R 計算得 115.4mm，若加上標準誤差得 151.3mm，在 25 個資料中僅有 154 及 165mm 超越其值，但亦相去不遠，其餘盡在 100mm 以下。當 G_2 為最小值零時， G_1 為任意值， R 值皆為負，因 R 值不能為負，但表示降雨可能性已極低，但經檢查 N_L 類颱風資料，有 56% 之雨量在 10mm 以下，可知 N_L 類颱風在花蓮降雨甚稀少。同樣改變一單位之氣壓梯度時，北方系統之梯度為颱風中心梯度之 75 倍，因此秋季颱風 (G_2 值較大) 常給花蓮帶來較多之雨量。

上述四個迴歸方程式有一共同特點 $|b_{13-2}| > |b_{12-3}|$ ，即北方梯度系統項之貢獻皆很大，此點亦可證明非對稱型颱風所造成之陡峻氣壓梯度 (G_2 值增大)，除臺南外，常可帶來較豐沛之雨量，此和本文第二節所敘述者完全吻合。

五、颱風雨量預測之實例

今舉 1971 年之颱風為例。就本文所用兩種不同方法所得之迴歸方程式作校驗，經選用為 AGNES 及 BESS 兩颱風。AGNES 颱風於 9 月 6 日至 9 月 19 日侵襲本省北部，屬於 N_L 類。而 BESS 颱風，緊接在 9 月 20 日至 9 月 23 日間來襲，颱風中心從臺灣北端掠過，颱風眼直徑達 120km，當時宜蘭以北地區

均在其眼內，颱風眼一直擴張至富貴角以北海面，歸類產生困擾。用本文第二種迴歸式檢驗時，發覺在臺北若將 BESS 颱風當作 N_L 類時效果較佳，但在花蓮時，則改用 N_0 類較好，茲分別將所得結果分析如下：

(1)第一種方法

AGNES 颱風，因屬 N_L 類，僅以臺中作校驗。BESS 颱風，亦以臺中作 N_L 類校驗，在臺北因 N_L 類迴歸式不佳而改用 N_0 類作嘗試，所用迴歸式分別為(2)及(3)式，所得如表 14。

表 14

Table 14 Comparison of actual & calculated rainfall of typhoon AGNES and BESS by the first method.

颱風名稱	站 名	D (km)	P (mb)	Rr (mm)	Rc (mm)
AGNES	臺 中	0	975	57	16
BESS	臺 北	20	960	122	156
	臺 中	100	960	75	161

Rr: 實際雨量。Rc: 計算之雨量

AGNES 之雨量在臺中為偏低 72%，BESS 颱風在臺中（當 N_L 類計算）偏高 115%，在臺北（當 N_0 類計算）偏高 28%，效果並不太理想，此為選擇之變數不完善所致。

(2)用第二種方法：

AGNES 颱風分別用(7)及(8)式計算臺北及花蓮雨量。BESS 颱風先以(7)及(8)式作校驗，另用(5)式計算臺北雨量，具用(10)式計算花蓮雨量。

N_0 類—花蓮

$$R = 22.593 - 0.293G_1 + 1.245G_2 \dots\dots(10)$$

計算所得分別見表 15 至 18。

表 15 臺北 (AGNES, SEP. 1971) 十二小時雨量與氣壓梯度

Table 15. Pressure gradients, actual & calculated rainfall of typhoon AGNES in Taipei

時間 (Z)	1600	1612	1700	1712	1800	1812	1900	1912
$G_1(10^{-3}\text{mb/km})$	13.5	10.3	28.9	42.3	53.6	132.5	90.9	11.1
$G_2(10^{-3}\text{mb/km})$	12.9	15.1	14.3	17.1	26.2	35.5	28.4	19.4
Rr(mm)	0	0	0	0	29.0	11.3	3.6	1.4
Rc(mm)	14.0	18.3	17.6	23.3	38.9	60.4	45.6	32.1

先以 AGNES 颱風說明，由圖 12 可知臺北之雨量，實際上與計算所得其趨勢很相似，僅雨量高峯稍有偏差，臺北實際降雨以 9 月 17 日 18Z 至 18 日 06Z 之間為 29.0mm 為最多，而預測計算所得之雨量高峯落後 12 小時，但再度檢查結果，暴雨係集中於 9 月 18 日 03Z 至 06Z 之間，因此其誤差應算 6 小時以內，此點是可容許的。計算值與實際值間最大之差異，乃在於計算雨量之偏高，其差值約在 20mm 左右，尤其在低雨量時偏差更大， N_L 類臺北之標準誤為 32.7mm，因此若以其平均誤差 -29.3mm（此值在標準誤以內）作訂正後，則兩曲線必可十分接近。

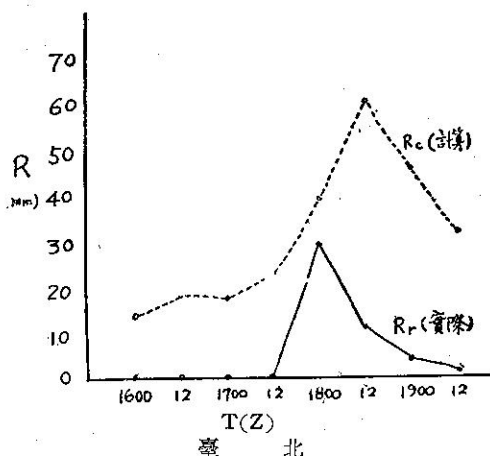


圖 12. AGNES (191. 9 月) 颱風預測雨量及實際雨量
Fig. 12. Comparative curves of actual (solid) & calculated dashed rainfall in Taipei caused by typhoon AGNES

表 16 花蓮十二小時雨量與氣壓梯度 (AGNES, SEP. 1971)

Table 16. Pressure gradients, actual & calculated rainfall of typhoon AGNES in Hualien.

時間 (Z)	1600	1612	1700	1712	1800	1812	1900	1912
$G_1(10^{-3}\text{mb/km})$	13.5	10.3	28.9	42.3	53.6	132.5	90.9	11.1
$G_2(10^{-3}\text{mb/km})$	12.9	15.1	14.3	17.1	26.2	35.5	28.4	19.4
Rr(mm)	0	0	0.6	5.0	50.4	96.5	38.1	10.0
Rc(mm)	22.9	28.7	26.0	32.9	56.3	78.0	50.3	40.0

至於 AGNES 颱風在花蓮所造成之降雨，發現計算雨量在 26mm 以下時，實際降雨皆不足 1mm，而在最多雨量之 36 小時，則兩者之間非常接近，兩曲線之高峯均出現在 9 月 18 日 12Z，僅預測值比實際降雨少 19%，但兩雨量曲線之形狀非常相似，暴雨

集中之 36 小時，實際降雨為 185mm，預測值總和為 184.6mm，可說完全一致，令人十分欣慰，這種尖峯雨量之預報正確實甚合需要。

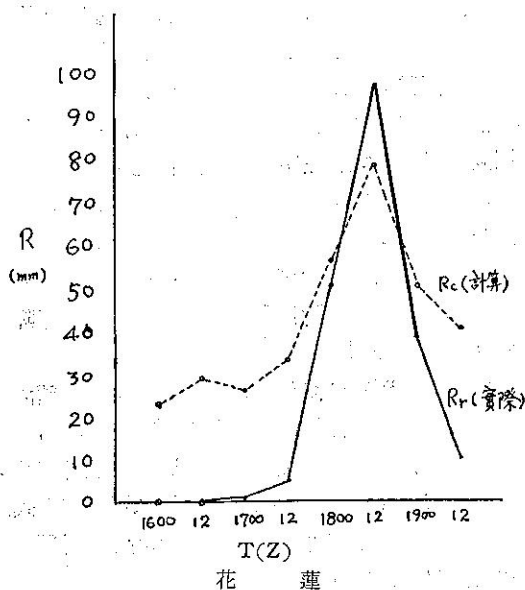


圖 13. AGNES (1971. 9月) 颱風雨量與計算雨量
Fig. 13. Comparative curves of actual (solid) & calculated (dashed) rainfall in Hualien caused by invading typhoon AGNES

再就 BESS 颱風作校驗，因此颱風眼之直徑曾達 120km，雖然臺灣北端亦曾在其眼內，但颱風眼之右半部，則從臺灣北部近海通過，因此歸類於 N_0 或 N_L 皆無不可，故分別以 N_0 類及 N_L 類在臺北及花蓮作校驗，比較其所得結果，分析如下：

表 17 臺北 (BESS, SEP. 1971)

Table 17. Pressure gradients, actual & calculated rainfall of typhoon BESS in Taipei.

時間 (Z)	2012	2100	2112	2200	2212	2300	2312
$G_1(10^{-3}\text{mb/km})$	95.8	105.4	127.7	107.4	171.8	40.0	19.5
$G_2(10^{-3}\text{mb/km})$	12.1	12.3	15.8	20.9	44.7	28.6	7.6
Rr(mm)	0	1.0	25.7	17.4	120.7	14.4	12.4
Rc(mm) (N_L 類)	19.0	21.1	28.7	35.1	78.9	41.5	6.1
Rc(mm) (N_0 類)	8.8	7.5	19.0	47.9	147.0	99.9	5.0

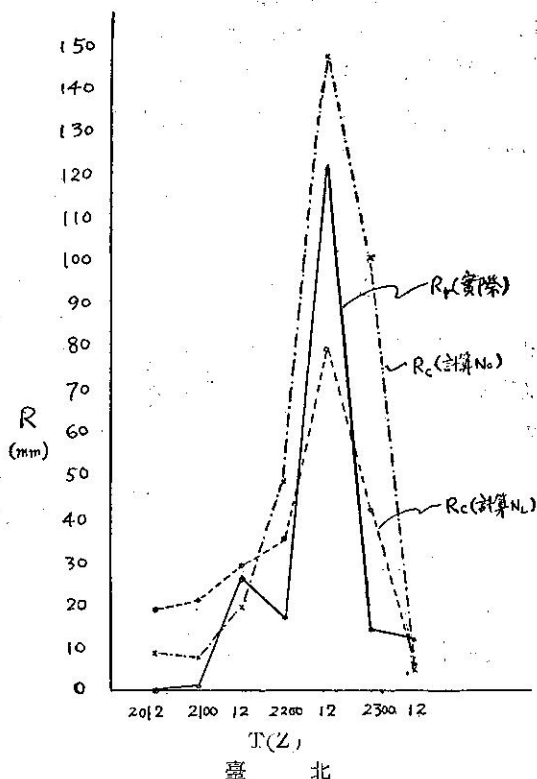


圖 14. BESS (1971. 9月) 颱風雨量雨量
Fig. 14. Comparative curves of actual (solid) & calculated (dashed) rainfall in Taipei caused by invading typhoon BESS.

由表 17 看出，BESS 颱風在臺北所造成之降水，若歸 N_0 類計算時，僅雨量最高值較接近外，其他數值皆偏高。以 N_L 類計算時所得結果較為理想，最高雨量亦出現在 9 月 22 日 12Z 前後 6 小時內，與實際吻合。以 N_L 類所得數值再作討論，當雨量增大時，其誤差百分率則相對降低。此颱風之平均誤差為 5.5mm/12hr，誤差之造成，在低雨量時之高估。若以 9 月 22 日 00Z、9 月 22 日 12Z 及 9 月 23 日 00Z 共 36 小時，暴雨集中時間內之總雨量作比較，預測值為 155.5mm，而實際降雨則為 152.5mm，即每 12 小時僅差 1mm，可謂非常的理想。因此若能對氣壓值依氣候資料及當時颱風情況作較準確之預測，即可預報出相當準確之雨量。

至於 BESS 颱風在花蓮所致雨量 (表 18)，以 N_0 類及 N_L 類分別予以計算，但降水分佈則和 N_0 類較相似，故以 N_0 類所得結果加以討論。因實際降雨量非常少，計算所得雨量之最高值落後 12 小時，並且比實際降雨偏高甚多，平均誤差為 17.9mm/12hr。

N_0 類颱風在花蓮之迴歸式(10)，標準誤為 44.8mm，平均降雨量 18.1mm/12hr，而 BESS 颱風降雨之稀少，需從天氣學上另加分析，此為較不尋常之實例。

表 18 花蓮 (BESS, SEP. 1971)

Table 18. Pressure gradients, actual & Calculated rainfall of typhoon BESS in Hualien

時間 (Z)	2012	2100	2112	2200	2212	2300	2312
$G_1(10^{-3}\text{mb/km})$	95.8	105.4	127.7	107.4	171.8	40.0	19.5
$G_2(10^{-3}\text{mb/km})$	12.1	12.3	15.8	20.9	44.7	28.6	7.6
Rr(mm)	0	0	0	0.2	13.1	0.8	0
Rc(mm) (N_L 類)	17.0	18.1	26.5	40.6	100.7	63.1	8.7
Rc(mm) (N_0 類)	9.6	7.0	4.9	17.1	28.0	46.5	26.3

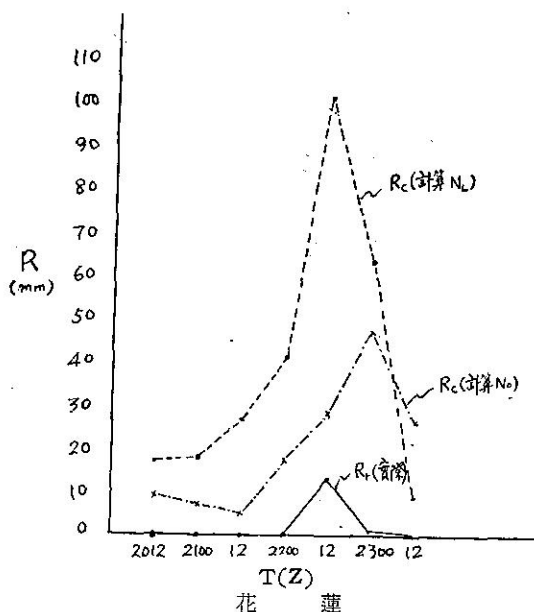


圖 15. BESS (1971. 9月) 颱風雨量與計算雨量

Fig. 15. Comparative curves of actual (Solid) calculated (dashed) rainfall in Hualien caused by invading typhoon BESS.

由以上兩個颱風實例之檢驗，發現預測雨量之最高值有落後或提前12小時之慮，但只要我們能對颱風登陸時間之估計偏差小於6小時，即可獲得解決。以當今之預報水準是可以做到的。至於低雨量時，計算值高估之原因，乃因迴歸方程式之應用，當雨量及氣壓梯度均在平均值左右時較為準確，因此在低雨量時，計算值偏高為必然現象，而且低雨量在颱風降雨上價值也較小。

計算雨量曲線常成較合理、平穩的升降，而實際降雨則成尖峰型分配。自然我們在預報上可作適當的調整，使之與實際更趨配合。

由 AGNES 及 BESS 兩颱風在花蓮所致雨量來分析，降雨之多寡由颱風之強弱所影響者較小，而應視其路徑距離花蓮之遠近而家；因 N_0 類及 N_L 類颱風對花蓮而言，均屬背風型降雨，屬於 N_0 類者降雨必少無疑，若為 N_L 類時，而颱風中心離花蓮較近時，則颱風眼附近之暴雨可直接到達花蓮。

由以上討論結果顯示，可發現若干事實甚為重要，茲分述如下：

(1) 臺北及花蓮之預測雨量，在颱風距離較遠或通過東經 120 度 12 小時後常有偏高現象，因實際降雨常在 5mm 甚或 1mm 以下。

(2) 當颱風距離臺灣最近之 36 小時暴雨量預測總值，常與實際降雨甚接近，至多誤差不超過20%。

(3) 若能預測颱風侵襲或登陸時間（誤差可至 6 小時）及地區，並估計中心氣壓值，則依迴歸方程式計算值，再加上偏差值之訂正 (15-20mm)，對預測颱風雨量將很有幫助。

六、結 論

綜合本篇討論，可獲得以下幾點結論：

(1) 颱風呈對稱型時，雨量隨距離颱風中心之遠近而定，距離颱風中心近者雨量多，尤以距中心一個緯度以內最大，反之則少，而90%以上之雨量集中於距離中心 2 個緯度半徑範圍內。若颱風呈非對稱型時，雨量分佈常成不規則，為受氣壓型分佈所支配，在北部及東北部地區常造成較大之雨量。

(2) 颱風雨量之垂直分佈隨颱風強弱及路徑而略有差異，一般在 900m 附近常有最高雨量，但隨颱風路徑之南偏而稍有上升 100 至 200m；另一較高雨量高度則在 2500m 左右。

(3) 各路徑颱風平均日雨量分佈，不因資料增多及時間延長而有大大變化，顯示其穩定，由於其恒常性，乃更俱有預報價值。

(4) 用颱風中心氣壓及最短距離，預測最大日雨量， R 與 P 之相關，以 N_0 類臺北 -0.44，及 N_L 類臺中 -0.44 較佳。 R 與 D 之相關， N_0 類花蓮 -0.61 最好。

(5) 用颱風中心及上海至臺北、臺中、臺南、花蓮氣壓梯度，預測12小時之颱風降雨，頗為有效。 R 與 G_1 之相關，以 N_0 類臺南 -0.37， N_L 類臺北 0.36 較好。 R 與 G_2 之相關，以 N_0 類臺北 0.59，臺南 -0.40

, N_L 類臺北 0.44, 花蓮 0.60 為較佳。在預測低雨量時有偏高現象, 但在颱風暴雨期間 36 小時之總雨量, 以臺北及花蓮效果甚佳, 尤其當颱風為典型之 N_0 類及 N_L 類時, 準確性更高。

參 考 文 獻

- (1) 魏光恆、謝信良、林民生 (1971): 「颱風特性與臺灣雨量之研究」氣象學報 17 卷 3 期。
- (2) Riehl & Malkus (1961): Some Aspects of Hurricane Daisy, 1958, Tellus 13, p 181-213.
- (3) J. W. Trout (1971): Horizontal Asymmetries in a Numerical Model of a Hurricane, NOAA, TM ERL NHRL-93, Nov. 1971.
- (4) Riehl (1968): Tropical Meteorology p. 111-112.
- (5) Simpson (1964): Experiments in Hurricane Modification Scientific American, Dec. 1964.
- (6) 俞家忠 (1970): 颱風侵襲下臺灣各地雨量及臺北盆地水災之初步研析 (氣象預報與分析第 45 期)
- (7) 臺灣累年氣象原簿 (中央氣象局): 1904-1970.
- (8) 臺灣七十年之颱風 (臺灣省氣象局): Nov, 1967.
- (9) 周根泉 (1964): 「臺灣地區暴雨特性之研究」氣象學報 10 卷 3 期。
- (10) C. E. P. BROOKS and N. CARRUTHERS (1952): Handbook of Statistical Methods in Meteorology.

氣 象 學 報 徵 稿 簡 則

- 一、本刊以促進氣象學術之研究為目的, 凡有關氣象理論之分析, 應用問題之探討, 不論創作或譯述均所歡迎。
- 二、本刊文字務求簡明, 文體以白話或淺近文言為主體, 每篇以五千字為佳, 如長篇巨著內容特佳者亦所歡迎。
- 三、稿件請註明作者真實姓名、住址及服務機關, 但發表時得用筆名。
- 四、譯稿請附原文, 如確有困難亦請註明作者姓名暨原文出版年月及地點。
- 五、稿中引用之獻請註明作者姓名、書名、頁數及出版年月。
- 六、惠稿請用稿紙繕寫清楚, 並加標點。如屬創作論著稿, 請附撰英文或法、德、西文摘要。
- 七、本刊對來稿有刪改權, 如作者不願刪改時請聲明。
- 八、惠稿如有附圖務請用墨筆描繪, 以便製版。
- 九、來稿無論刊登與否概不退還, 如須退還者請預先聲明, 並附足額退稿郵資。
- 十、惠稿文責自負、詳細規定請據本學報補充稿約辦理。
- 十一、惠稿請寄臺北市公園路六十四號臺灣省氣象局氣象學報社收。

(請參閱補充稿約)

保 密 防 諜 · 人 人 有 責

匪 諜 自 首 · 既 往 不 究