

台灣颱風降雨之特性

王時鼎 趙友夔 沈秀蓉

中央氣象局

摘 要

本研究係分三部份。

第一部份為根據 39 個颱風侵台時，台灣各地氣壓 (P)，風 (V) 及降雨 (R) 之逐時分佈，擷取其中 15 個個例，以探討台灣颱風降雨之特性。主要包括：地形對颱風降雨之重分佈，相對於颱風強度之不對稱降雨，遠海颱風之降雨影響等。

第二部份台灣地形對颱風降雨影響之初步分析，討論內容包括：大地形影響，局部地形影響，氣流沿（繞）山與爬山效應影響，尾流（wake）區之降雨問題，颱風分裂過山對降雨分佈影響等。非為完整之研究，僅作取樣分析。

第三部份為颱風內中小尺度暴雨型式討論。主要係藉去年（民國 70 年）三次颱風 Maury，Agnes，Clara 侵台時，利用經色調強化處理之紅外線（enhanced IR）雲圖，雷達資料及傳統資料，討論中小尺度強烈對流胞系對台灣局部降雨之影響。強調台灣颱風內中小尺度強烈對流系統之重要性，及 enhanced IR 雲圖對該項降雨之定性及定量上之應用價值。並作診察分析，此項局部性暴雨量非為平地上颱風環流之本身所能造成。

一、前 言

颱風暴雨為台灣最大之天然災害之一。特以去年「9，17 水災」與「9，3 水災」均與颱風有關。關於颱風降雨之研究，國內專家致力者已多，例如：魏元恒、謝信良、林民生、蕭長庚（1972），戚啓勳、陳文恭、任立渝（1972），徐明同、陳正改（1973），徐寶箴（1966），吳宗堯、戚啓勳（1973），吳宗堯、謝信良、喬鳳倫等（1980），王時鼎（1959），王時鼎、曲克恭、林則銘、劉廣英等（1917）。但該各研究基本上，似均偏重資料調查，統計應用與預報方法研究。筆者等之意台灣地區由於地形複雜，不但直接影響颱風降雨分佈。且由於中央山脈影響颱風之動態與強度變化，進而又影響颱風之降雨。故筆者等認為台灣颱風降雨特性之進一步了解，必將更有助於台灣颱風降雨之預報，是為本研究之緣起。本研究基本上分為三部份。第一部份為製作各代表性侵

台颱風之各地之風、氣壓、雨量之逐時分佈圖，藉以了解不同路徑颱風各地降雨特性之細節。第二部份為台灣地形對颱風降雨影響之初步研究，着重「面」之分析，而前者為「點」的分析。第三部份為颱風內中小尺度暴雨型式研究。因發現很多小颱風大降雨之事實，相信必與此中小尺度對流性胞系所造成之暴雨有關。本研究所用之資料，幾乎包括民 38 年至 70 年之重要颱風資料，包括部份衛星資料及雷達資料。故此項對台灣颱風降雨特性研究結果，應有其代表性，並有助於台灣颱風降雨預報問題之了解。

二、由各地逐時雨量、氣壓、風等分佈所見台灣颱風降雨之特性

此處之目的，係藉台灣各地氣壓 (P)、風 (V) 與降水 (R) 等逐時分佈，歸結出台灣區颱風降雨的若干特性。此處並曾作出 39 個颱風台灣各地 P.V.R 逐時分佈。以下所述各降雨特性為較典

型者。

(一)因中央山脈存在造成颱風雨量之重分佈

此處茲以圖 1 1960 年 7 月 31 日至 8 月 1 日過境之 Shirley 颱風為例。其中圖 1a 為阿里山者，中並附新港雨量。圖 1b 為花蓮者。藉圖 1a 可見，阿里山之逐時降雨與新港者恰成有趣之對比，即一在氣流迎風面（見圖 1c）雨量空前，另一新港在背風面，雨澤特少。實際該颱風曾使台灣西部醞成繼「八、七水災」後的「八、一水災」。另外，圖 1b 花蓮，在颱風接近時造成「焚風」效應（參見圖中之溫度 (T) 及相對濕度 (R.H) 曲線），而後並即產生豪雨（於 31 日 21 地方時雨量高達 63 公厘）

(二)小颱風大降雨

此處所列為 1970 年 9 月 6 - 7 日 Fran 颱風之例。此可以圖 2 竹子湖之 P, V, R 曲線以示之（圖中並附阿里山之雨量）。該颱風在台灣北方近海經過時，中心最大風速僅 50 哩/時，30 哩/時之風半徑僅 80 海里，屬輕度颱風。但該颱風却在台灣區，造成罕見之豪雨。例如石門水庫集水區一日雨量最多值猶超過 1963 年 9 月之 Gloria（一為 631 公厘，一為 612 公厘，兩者均為平均值。前者 14 個雨量站，後者為 13 個雨量站之平均）。由圖 2a 並可見竹子湖逐時降雨分佈極見特殊，雨量呈多峯型。此處並附 Fran 颱風雨量最多時（7 日 00z）之地面圖如圖 2b。本類颱風構成台灣降雨極重要之問題，關於此後面將再藉去年（1981）Maury 颱風之例以詳論之。

(三)大颱風大降雨

此初看理所當然。此處茲附 1963 年 9 月 10 - 11 日 Gloria 颱風過境時之台北之 P, V, R 逐時分佈如圖 3。其中並附阿里山之雨量分佈。

(四)大颱風非為大降雨

此處茲以 1959 年 8 月 29 - 30 日過境中心最大風速達 140 kts 之超級颱風 Joan 以為例。該颱風過境時清泉高營出現有 102 哩/時 (kts) 之風速。但各地雨量却不大。此可參見圖 4a 之台北 P, V, R 值分佈（中並附台灣雨量最大處阿里山雨量分

佈）。圖 4b 為登陸時之該颱風詳圖。

(五)遠海颱風大降雨

此亦為台灣颱風降雨預報困難原因之一。對風言，基本上係與颱風位置遠近密切相關，但降雨則否。此處茲附 1974 年 10 月 12 日 Bess 颱風以為例。該颱風係穿過呂宋島西移。但當其移至南海後（見圖 5a），却使台灣東部產生罕見之暴雨（見圖 5b 大武之 P.V.R 曲線，並附台東之雨量值），而實際往往非為登陸，而係在台灣四圍過境之颱風，使台灣雨量有最大值。例如上經述及之 Gloria（圖 3）。

(六)颱風與東北季風共伴環流造成之連續降雨

此亦為熟知之事實，歷年來甚多東北部之大水災，例如 1967 年 Carla 1968 年 Elaine, 1969 年 Flossie 均為類此顯著之例。此處茲舉 1978 年 10 月 12 - 14 日 Ora 颱風竹子湖 P.V.R 之例（見圖 6）以為引證。該例在該處 4 天內總雨量曾高達 1286.5 公厘（11 - 14 日），為累年均所未有，在圖 6 中並附同時間台北之雨量值，藉此可見地形影響之顯著。

(七)八、七水災型之降雨

民國 48（1959）年 8 月 7 日自南海移入之針形熱帶風暴曾使台灣西部遭受遠較大颱風嚴重多倍的水災。而不幸地，去年 9 月 3 日情形近似重演（八、七水災為在黃海一帶之 Ellen 颱風引入南海之西南氣流，而九、三水災即為近似相同位置之 Agnes 颱風所引起）。此處茲附台中 P, V, R 分佈圖如圖 7。圖中並附台南及高雄之雨量 (R) 值。藉圖可見降雨之極端區域性。

(八)主要非由颱風環流引起之降雨

此可參見圖 8a 1966 年 8 月 16 日 Tess 颱風在北方海面過境時台北之 P, V, R 逐時分佈，圖中並附阿里山之雨量 (R) 值。藉圖顯見阿里山之降雨並非由颱風環流所直接造成。其颱風位置可參見 8b。本類降雨極為重要。此處並另引述 1981 年 6 月 13 日 Ike 颱風之例之彭佳嶼降雨（見圖 9a，其天氣圖則見圖 9b），藉 8a 及 9a 之圖可見阿里山及彭佳嶼之時雨量均曾達一百公厘以上。此均牽

涉颱風環流內之局部對流系統之降雨。此為台灣颱風降雨最值研究問題。關於此後面將有詳細討論。

(九) 颱風標準降雨型

以上各例所述可謂均非颱風標準之降雨型。實際對稱標準型降雨在台灣甚少見有。此處茲引述較為顯著之一例，係1977年7月31日Vera所造成。圖10所示即為該颱風過台灣北部時之竹子湖(陽明山) P, V, R分佈逐時曲線，圖中並附台北之雨量(R)值。藉圖可見無論氣壓(P)，風(V)及雨量(R)逐時分佈均極標準，均為對颱風中心對稱。在筆者等所作39個颱風實例分析中，類此情形，極少有見。由此可見台灣颱風降雨問題複雜及預報之不易。此亦為本文研究之目的所在，以下將就台灣地形對颱風降雨影響，及颱風環流中之對流系統降雨影響等，作一較詳細討論。

三、台灣地形對颱風降雨影響之初步分析

由上各地之P, V及R逐時分佈資料，可見地形對颱風降雨影響極為複雜。此處係屬初步之討論，內容包括：

- (a) 台灣大地形之影響
- (b) 台灣小地形之影響
- (c) 氣流沿(繞)山與爬山效應之影響
- (d) 尾流(wake)區之降雨問題
- (e) 颱風分裂過山對降雨分佈影響

本文僅屬問題之提出，僅分別作實例說明，詳細討論不在本文之列。

(一) 台灣大地形之影響

此處係屬中央山脈分佈之整體效應，分別以經過台灣北方近海之1963年9月Gloria颱風，經過台灣中部之1969年Elsie颱風及在巴士海峽掠過之1967年Carla颱風以作說明。該三次之例均屬最著之颱風，其雨量分佈分別參見圖11a、11b及11c。由圖11a Gloria颱風總雨量可見，雖雨量均集中在山脈西側之氣流迎風面，但由於南湖大山及阿里山、玉山一帶平均高度最高及最寬，故顯見雨量分佈沿該兩區有兩最多中心。而由上節所述，阿里山區域，無視颱風過境遠近，平均言均有較多

之雨量，由圖11c Carla颱風之雨量，可見其分佈恰屬相反，係在山脈東側。但有興趣者，西部為尾流區，故少雨，然並非均為如此，此將在後面討論之。另外圖11b颱風係登陸台灣中部，其總雨量分佈主要有兩中心。颱風移近時為東北部雨量最多，過山後為西南部雨量最多。此項大地形對颱風降雨分佈，係為吾人熟知者。

(二) 台灣小地形之影響

此處所謂小地形係指山區內之某一集水區言，此處茲就石門及曾文水庫集水區雨量分佈之地形影響作為舉例依據，因該兩區有最佳之雨量觀測網。

圖12a及b各為1963年9月11日Gloria過境時之情形。圖12a時石門區因屬北風，與集水區朝向一致，故雨量隨高度增加。雨量站最高之地之鎮西堡，白石，均屬1630公尺，該高度仍反映其雨量之增加。圖12b係屬吹西風時，全區略有相同之雨量。即不受地形高低之影響。

圖12c為曾文水庫集水區四不同高度雨量站(曾文新村147公尺，馬頭山1020公尺，里佳1550公尺，水山2450公尺)自1970—1979年10年間平均雨量分佈(實線)及8次經過其北方之最大颱風(Fran 1970, Agnes 1971, Bess 1971, Nine 1975, Billie 1976, Vera 1977, Carmen 1978, Judy 1979)24小時累積雨量分佈(斷線)圖。藉圖可見該集水區雨量隨高度分佈略自海面至1600公尺為增加，但至2500公尺高度則已明顯減小。而在2500公尺高度之雨量值就本例言略與海平面者略同或更小。而就該8次颱風之例，雨量在1600公尺以下為作線性增加，其斜率約為0.71。深值注意的，由圖12a石門之例，亦可見在1600公尺以下係隨高度增加者。

(三) 氣流沿山與爬山效應之影響

此在東部特為真實。此處之例為1981年9月20日Clara颱風者，茲藉圖3a、b、c之20日00z, 09z, 12z三時間地面詳圖及圖14a、b、c之同時間經色調強化之衛星雲圖以作說明，並參見表1中之資料。比較圖13a與圖13b及c及表1中資料可見，地面詳圖之顯著變化為蘭嶼之風為順轉風

向由東北轉為東北東風，風速則由 35 增至 45 海里/時。由等壓線及流線分析，氣流在 20 日 00z 時主要係為沿山而行，但在 09z，12z 之圖可見氣流

顯有爬山效應存在。在天氣上 09z 與 12z 均出現有雷雨，雨量亦大（表 1），同時在 MB IR 雲圖中顯見強對流區（黑色區該區溫度在 -53.5°C 以下

地 點	風 (米/秒)			雨量 (公厘)			東西向氣壓差 (mb) 正值表東側高			衛星雲圖
	00z	09z	12z	00z	09z	12z	00z	09z	12z	
新 港	NNE 5.2	N 6.6	N 3.8	0.2	2.0	13.5	+1.6	+3.9	+4.5	1 00z 者 參見圖 14a 2 09z 者 參見圖 14b 3 12z 者 參見圖 14c
台 東	NNW 3.2	NNE 7.2	NE 6.0	1.0	32.5	27.5	(與台南比較)			
大 武	NNE 6.6	NNE 8.2	NNE 11.8	3.9	7.8	2.3	+2.6	+4.5	+4.6	
蘭 嶼	NNE 17.3	NE 17.0	ENE 23.8	5.8	0.2		(與高雄比較)			

表一 1981 年 9 月 20 日 Clara 颱風在巴士海峽移過時東部各測站氣象要素之變化 (00z 為氣流沿山，09z 及 12z 為氣流爬山)

，其分析法詳見後述) 於 20 日 00z 係在蘭嶼與台東之間之海上，而 20 日 09z 及 12z 強烈對流雲上之上射雲頂 (overshooting tops，即突入平流層中之部份) 略在台東、大武及新港一帶 (見圖中之黑色部份)。此處認為該項 Overshooting tops 雲之造成，則由於流場改變，氣流由繞山轉為爬山後之結果。而在 09z，12z 該三區均有雷雨之報告。另由圖 15 新港之 P、V、R 逐時分佈，亦可見雨量 (R) 逐時分佈極不規則，其大小變化甚見懸殊。此項事實，此處認為則係由於氣流沿山及爬山等效應造成不同對流雲強度之結果。

(四) 尾流區之降雨問題

此處所謂尾流區 (wake zone) 乃係指山脈迎風山區之另一方，亦即背風區。該區氣流類多微弱，基本上乃係由於「山蔭效應」之結果 (參見王時鼎、林則銘、俞家忠 1965)。對該區降雨之研究極為重要。因一般言，迎風山區雨量必多，但是否背風面弱風區雨量則一定較少。如果此一敘述為真，則山脈背風面雨量預報問題，即可解決。在以上「大地形影響」一節討論中所舉 11 a Gloria 及 11 c 之 Carla 之例均為真實。在 Gloria 之例，中央山脈東側為背風區，Carla 之例，西側為背風區。在該兩區，由圖可見雨量均極少。但此

項結論在未作完整調查前，很難即作斷語。在下一部份討論中，Maury 颱風侵襲前，高雄區之猛烈雷陣雨則接近尾流區大雨之例。

(五) 颱風分裂過山對降雨分佈之影響

颱風整體過山雨量分佈，可藉上述圖 11b 1969 年 Elsie 颱風過境時台灣總雨量分佈見其梗略。但分裂過山颱風，其雨量區域分佈又如何？颱風分裂過山之型式甚多 (王時鼎，1980)，此處僅引述 1961 年 5 月 26 - 27 日之 Betty 颱風之例。其天氣圖型式見圖 16a。其 P、V、R 分佈，此處係擷取台東與台南者，各見圖 16b 與 16c。藉圖可見颱風登陸台東時，台東風與氣壓變化均極顯著，雨量亦甚多。但當其分裂過山後，台南無論風、雨量值均甚小，氣壓變化亦然，西部其他地區，亦均近似。故在本例情形下，中央山脈西側副中心發展之處，實際亦為尾流區 (wake zone)，其雨量分佈與自由過山，顯有不同。

四、颱風內中小尺度暴風雨型式與小颱風大降雨問題

此處認為此為台灣颱風降雨之最重要問題之一。但此項問題過去似乎並未引起應有之注意。而此一問題在去年幾次颱風降雨所造成嚴重水災中均顯露無遺。即：在颱風環流中仍可存在有局部性中小

幅度猛烈對流系統。即由於該項暴雨而釀生水災。去年(1981)颱風期間，台灣區域有三次平地地區之暴雨，分別各為：

(a)莫瑞(Maury)颱風兩次：

(1)1981年7月19日00z前後，出現區域在高雄、台南。

(2)1981年7月19日下午17至20時(L)，出現地區在台灣北部。

(b)艾妮絲(Agnes)過後，9月3日晨間3-4時(L)嘉義地區之暴雨。

以上三次除高雄者外，其他二次均造成慘重水災。

以下為該三次暴雨之探討。該三次降雨因素基本上均同，故合併討論，便於比較。

圖17a及b各為暴雨之日7月19日(7.19水災)及9月3日(9.3水災)之台灣雨量分佈圖。

圖18a及b各為7.19水災台北與高雄之P.V.R之逐時分佈。台北圖中並附竹子湖之雨量(R)值。圖18c、d各為台北暴雨(20L)及高雄暴雨(08L)之天氣詳圖。

圖19a及b為9.3水災嘉義、台中之P.V.R之逐時分佈。圖19c為9月3日凌晨2時(L)之天氣詳圖。

表2及3各為7.19水災與9.3水災期間各地之逐時雨量資料。

圖20為7月19日08L(00z)高雄暴雨之時之修正MB型色調強化紅外線影像圖(MB enhanced IR)。

圖21a-c為7月19日14L(06z)，17L(09z)，20L(12z)，亦即台灣北部水災時修正MB enhanced IR圖。

圖22a、b、c為9月2日24L(16z)，9月3日02L(9月2日18z)及9月3日08L(00z)亦即台灣中南部9.3水災時，修正MB enhanced IR圖。

圖23為藉以製作修正MB色調強化紅外線圖(MB enhanced IR)之修正MB曲線圖及其功

用。此處特作簡單說明。本修正MB曲線係專為強烈對流系統(雷雨胞系)而作。係將雲頂溫度(代表雲之發展高度)高低分為9個等級(灰度)，其對應之溫度各見圖23下方附表所示。本圖將雷雨雲分為兩部份，其一為雷雨雲本身(第3至5級，溫度為 -43°C 至 -67.5°C)，一為雲上突入平流層之上衝部份(Overshooting tops)(第6至8級，溫度為 -67.5°C 至 -79.7°C)。修正MB曲線與MB曲線主要不同點為此處之修正者將雲頂溫度高過 -29°C 者均濾去(即為圖中背景之黑色部份)。如此可將強烈對流雲胞系更見突出，以便於分析。以上各修正MB enhanced IR圖均為本局製作。

以下為該三次暴雨之分析。

(一)高雄區暴雨

藉表2可見，高雄區暴雨僅集中於台南與高雄一帶。高雄雨量最多為7月19日上午8時(00z)，為64.5公厘。暴雨持續3小時，其總雨量為169.5公厘。藉圖18b可見高雄在Maury颱風過境期間，該時為惟一最多雨量，實際出現於颱風最接近時之十二小時之前。由圖18d 08L(00z)圖可見，暴雨之時台灣本島全區風力均小，全區大部有雨，惟出現雷雨者僅為高雄。再由圖20修正MB enhanced IR圖可見高雄雷雨之時，其色調強化等級為7級，屬雲頂上衝雲之第2級(雲頂溫度在 -71.0°C 至 -74.5°C 之間)，為台灣區發展最高之雲，故時雨量高達64.5公厘。台南等級為4，實際時雨量為18.0公厘。由上討論，可見此MB enhanced IR圖與實際雨量大小分佈極為符合。在7月19日08L(00z)時，高雄雨量最大，MB圖等級亦為最大(7級)。深值注意的，由MB圖顯示在苗栗鎮一帶亦有一等級5之中心。

由上討論已略可見修正之MB enhanced IR圖不但其與降雨區域甚相一致，且等級高時，雨量亦多。此處特將此兩者之關係，列如圖24。因雨量少時，此處所分MB等級不能表出，且難有代表性。故僅將該時間之時雨量大於5公厘以上之值與

MB 之等級作出相關，如圖中實線(A)所示，發現該圖頗近線性關係。如此再藉內插法以求苗栗鎮附近之雨量，其值略在 35 公厘左近。此係舉例，故如個例多時，藉此項相關圖，即可由衛星 MB 雲圖求出暴雨量之估計。

(二) 台北區暴雨 (7.19 水災)

由表 2 可見北部 Maury 接境時之 7.19 暴雨時間甚短。7 月 19 日下午 17 時 (L) 一次，最大為台北 65.0 公厘。在該次北市因電纜進水，很多電話線路不通，包括氣象線路。第二次在 20 時 (L)，最大在陽明山竹子湖為 112 公厘。以上均為氣象局測站，由圖 17a 日雨量分佈，雨量最大在新店附近達 700 公厘以上，該二次降雨範圍均頗大，擴至台中。但雷雨則限台北盆地及台中，且附近區域風力均在 10 kts 以下 (均見圖 18d 天氣詳圖)。

再由圖 21 a - c 各修正 MB enhanced IR 圖可見，各時間各圖色調變化均頗與各地降雨大小變化相合。例如 06z (14L) 宜蘭降雨最大為 45.0 公厘，MB 圖亦然，在該處達 8 級強度。09z (17L) 降雨最大在陽明山區及台北，在 53 - 65 公厘之間，MB 圖達 9 級強度。12z (20L)

，MB 圖 9 級強度區擴大達台中。台中曾出現雷雨。該時台中以北雨量普遍增大，特以竹子湖達 112.0 公厘 (見表 2)。在定量方面，MB 色調強度亦頗能反映降雨強度，惟關係較為複雜。其對比關係參見圖 24 右側之圖(B)。比較高雄暴雨兩者之相關，顯見其情況不同，但均有其參用價值。因後者降雨型式與前者又不一致，後者中尺度對流性系統係近颱風中心，故關係又較複雜。

(三) 嘉義區暴雨 (9.3 水災)

嘉義區暴雨較高雄者更見集中，此可參看表 3 各地之逐時降雨分佈。特以降雨率於 19z (03L) 達 140 公厘，20z (04L) 達 125.0 公厘。深值注意的，在修正 MB 圖中，亦可明顯見出其對流胞系亦甚集中，且在 9 月 2 日 24L (16z) 已看出，等級達 8 級，9 月 3 日 02L (18z)，對流胞系擴大，嘉義附近 8 級區亦擴大，並向西擴展。惜降雨最大時，無此項雲圖資料，以作研判，此雲區至 08L (00z) 並可見更向西移動。此處初步研判認為似與山風之局部環流有關 (參見圖 19a 之風向及溫度變化)，詳細討論非本文範圍。惟此處特別強調，此項 MB enhanced IR 有預報此項暴雨

地點	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
宜蘭	1.3	1.5	4.0	1.0	14.8	3.2	3.9	6.5	17.3	45.0	7.3	8.9	4.5	5.0	0.9	0.7	1.2	1.0	0.4	1.4
基隆	0.2	0.5	4.5	2.7	5.3	13.0	6.7	10.6	11.0	1.2	4.5	4.2	6.0	5.0	66.5	15.8	0.2	T	1.5	0.8
鞍部	0.3	0.6	11.8	5.2	18.8	18.7	12.7	15.3	22.6	20.0	10.4	19.0	53.3	17.0	73.7	82.8	5.8	4.2	3.0	1.9
竹子湖	1.0	0.5	4.8	1.6	18.2	18.3	12.3	10.0	21.8	9.3	12.2	35.0	53.4	13.5	69.8	112.0	10.0	5.2	4.8	2.2
台北	8.5	4.0	6.5	6.5	13.5	20.5	11.5	3.0	18.5	4.5	8.5	7.0	65.0	10.0	39.0	15.5	11.5	6.0	7.0	3.0
新竹	2.4	1.8	0.9	5.2	2.9	22.0	10.3	15.7	11.9	26.3	46.9	36.5	45.2	20.2	63.5	47.7	5.7	5.8	1.0	0.5
台中	2.3	0.4	0.1	0.6	1.7	1.5	1.8	1.0	2.5	2.5	0.4	6.1	32.3	25.7	20.5	36.0	43.2	12.5	19.0	4.5
梧棲	2.0	0.2	—	0.6	0.5	0.4	3.5	3.6	7.3	5.0	1.0	22.0	19.5	9.4	7.4	29.2	25.4	6.8	6.2	1.9
日月潭	0.8	0.6	0.2	12	18	07	06	06	01	01	05	08	25	13.7	170	128	222	327	215	120
阿里山	1.8	—	—	—	—	1.5	—	2.7	0.6	0.7	—	0.7	2.2	4.1	5.0	7.5	4.0	13.0	12.5	4.7
玉山	0.9	0.5	0.1	0.3	0.6	0.3	5	0	0	0.2	0.1	0.6	1.4	2.0	1.7	3.5	2.0	3.2	10.0	7.0
嘉義	2.2	0.8	—	T	T	—	—	0.6	1.1	1.5	0.4	3.0	1.2	2.5	0.8	5.9	26.4	11.2	6.4	4.8
台南	2.0	24.5	62.5	18.0	4.5	0.4	—	—	0.6	T	—	—	0.2	0.5	T	3.0	13.5	7.0	40.5	6.5
高雄	4.0	5.5	49.5	64.5	55.5	3.5	4.0	1.0	—	—	—	—	1.5	—	—	—	—	1.5	T	5.5
恒春	—	—	—	—	—	—	—	T	T	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表二 1981 年 7 月 19 日 Maury 颱風過境時台灣各地區逐時雨量圖 (圖中並繪降雨中心)

測 站	時	3	4	5
	日			
梧 棲	3	0.6	1.2	3.6
台 中	3	6.3	8.4	18.9
阿 里 山	3	1.7	0.6	—
嘉 義	3	140.0	125.0	32.3
台 南	3	0.9	15.5	2.5
高 雄	3	0.5	0.5	14.0

表三 1981年「9.3水災」雨量資料

之能力，但需作進一步之研判。但反觀傳統之圖 19c 02L (18z) 地面天氣圖，對一小時後嘉義出現 140 公厘暴雨之可能性，在事前幾毫無徵象可尋。

(四)高雄雷達 PP1 回波圖對 9.3 嘉義豪雨之指示

圖 25 a - c 各為 9 月 3 日凌晨 1 時 (圖 a)

2 時 (圖 b) 及 4 時 (圖 c) 之高雄雷達 PP1 回波圖。藉圖(a)可見於 1 時嘉義區已有 48 db 之 6 級回波，2 時雲高由 4 萬呎增至 4 萬 3 千呎，db 值未變，至 4 時，回波分裂為二。偏南者 db 值增至 54，雲頂達 5 萬 6 千呎，偏北者 (嘉義附近) 強度未變，惟雲高增至 5 萬 8 千呎。此恰在嘉義雨量最大之 2 小時內 (參見表 3)，故顯見雷達同上述修正 MB 圖均可得到同樣指示。另在苗栗附近之回波，衛星 MB 圖中亦可見出，兩者均同樣指示其強度較嘉義者為弱。故此次雷達回波亦給出甚佳之指示。

(五)由探空曲線及實際降雨強度所推得之垂直運動並就颱風與中小尺度對流運動兩者之比較

此處之目的為就上述嘉義在 1981 年 9 月 3 日 03 時降雨 140 公厘，藉 Fulks 公式估計雲中可能之垂直運動。我們假定空氣中水汽量已達飽和，並以統計近年來最多之水汽量之 Gloria 颱風為代表。並認為 550 mb 至 950 mb 層間均為飽和，並將其以下之氣層分為三層。其三層之平均溫度 (或露點) 900 - 850 mb 層間為 24.5°C，850 - 700 mb 層間為 19°C，550 - 700 mb 層間為 12°C。並假定其降水率為 1 小時 140 公厘 (如嘉義者)，

再藉 Fulks 公式可推得其垂直運動可達到 4.2m/s。我們再以 Riehl (1950) 公式，估計 225kts 最大風速之颱風在距中心 85 公里處，時速為 10 kts 情形下，可推出時雨量值為 26 公厘 (參見王、曲、林、劉，1977)，再回推其垂直運動僅 6.8m/s。與嘉義者比較，嘉義之垂直運動大過 5.2 倍。此一粗略估計，說明類此巨大之時雨量，將難在大規模垂直運動中造成，而於強烈對流雲中方可出現。故小颱風之造成一地「大降雨」，端賴其中之局部強烈對流系統有以致之。又檢閱 1970 年以前台北颱風季最大時雨量為 1961 年 7 月 27 日，其時雨量曾達 102 公厘，係雷雨。而翻閱該日之天氣圖，亦僅為一小 T.D 在其東部而已。其他之例亦均略如此 (山區除外，如大武 1968 年 9 月 29 日時雨量最大為 122.3 公厘。此時 Elaine 颱風在南海，東港 700 mb 層為東南風 50 kts，故氣流顯由爬山運動所造成)。

由上實際觀測，幾次水災均係由雷雨所造成，故應屬颱風中之中小尺度系統。而雷雨之出現不可能在強大颱風來襲時產生，由修正 MB 衛星雲圖及雷達 PP1 回波圖亦證明此項事實。理論推算，颱風中之大規模垂直運動甚難達造成如此強大之降雨率時之值。故本節結論，認為台灣小颱風之大降雨可能均與其中存在之中小幅度強烈對流系統有關。

五、結 論

(一)由 39 次較重要之侵台颱風各地之逐時氣壓 (P)，風 (V)，及雨量 (R) 變化，略可歸結為如下表有關颱風降雨特性之認識。

(二)台灣地形對颱風降雨影響之初步分析

1 大地形影響——包括 1963 年 Gloria，1969 年 Elsie 及 1967 年 Carla 之例，各見圖 11 a - c。

2 小地形影響——以石門水庫及曾文水庫集水區為例，核驗不同風向之影響。降雨在迎風面時，可發現雨量在 1600 公尺左右以下為增加，至 2400 公尺已顯見減少，各見圖 12 a - c。

3 氣流之沿 (繞) 山及爬山效應——以 1981

編號	特 性	實 例	附 圖
1	台灣地形強烈影響颱風降雨之重分佈，包括焚風效應	1960年 Shirley	圖 1 a - c
2	小颱風大降雨 (颱風內中小尺度對流系統造成)	1970年 Fran 與 1981年 Maury 及 Ike	圖 2a, b, 圖 9 a - b, 圖 17 a, 圖 18 a - d 圖 20, 圖 21 a - c
3	大颱風大降雨	1963年 Gloria	圖 3
4	大颱風小降雨(與加速移動有關)	1959年 Joan	圖 4 a - b
5	在附近海域中過境颱風大降雨(地形雨)	1974年 Bess 及 1967年 Carla	圖 5 a - b, 圖 11c
6	颱風與東北季風共伴環流之降雨	1978年 Ora	圖 6
7	南海引入西南氣流或小風暴降雨	1959年 8.7 針形風暴	圖 7
8	北方海上過境颱風之地形雨	1966年 Tess	圖 8 a - b
9	正常颱風降雨(降雨對稱於中心)	1977年 Vera	圖 10

表四 由各地逐時氣壓(P)，風(V)及雨量(R)變化所得台灣降雨之特性簡表

年9月 Clara 過巴士海峽對東部降雨以爲例，並印證已修正 MB enhanced IR 雲圖，各見圖 13，14 及 15 及表 1。

4. 山脈背風面尾流區(wake zone)之降雨問題——茲略舉 1963年 Gloria，1969年 Elsie 及 1967年 Carla 過境時總雨量分佈圖以爲例。各見圖 11 a - c。

5. 颱風分裂過山雨量分佈問題——以 1961年 Betty 爲例。台灣西部雨量偏少，見圖 16 a - b。
(三) 颱風內中小尺度暴雨系統分析及其與小颱風大降雨之關係

此處係藉去年 3 次暴雨(Maury 颱風高雄與台北暴雨。9.3 嘉義暴雨)之例，利用傳統資料，以及修正 MB enhanced IR 衛星雲圖與雷達 PPI 回波圖所作之分析。其結論認爲小颱風大降雨可能歸因於其中出現之中小尺度之猛烈對流系統(該三次均爲雷雨)。經初步分析，修正之 MB 雲圖對對流性暴雨有定性及定量預報能力。雷達之 PPI 回波圖用作 MB 雲圖之佐證，兩者結果甚相一致(9.3 水災)。又藉 Fulks (1935) 降水率公式及 Riehl (1950) 颱風環流雨公式，反推「9.3 暴雨」之雲中垂直運動之值，顯非颱風大規模垂直

運動所能造成，過去資料之個例分析亦證明此項認識。

六、致 謝

本研究在進行期間，蒙衛星測站洪副主任理強協助製作有關衛星雲圖，高雄雷達站王少華先生製作雷達 PPI 回波圖，以及彭振平先生，黃榮宗先生，許輝德先生，許丹麗小姐等協助資料統計分析製圖，均所銘感，特此誌謝。

參考文獻

1. 魏元恒、謝信良、林民生、蕭長庚，1972：台灣颱風降雨預報之研究，氣象學報，18卷3期 p 1-21
2. 戚啓勳、陳文恭、任立渝，1972：用比擬法預估颱風侵台期內降水量，氣象學報，18卷3期 p 33-50
3. 徐明同、陳正改，1973：民國61年6月12日豪雨之分析，氣象學報，19卷2期 p 7-26
4. 徐寶箴，1966：強大之西南氣流及其伴來之氣團與八七水災之降雨，氣象學報第 12 卷 3 期，p 1

5. 吳宗堯、戚啓勳，1973 用比擬法預估颱風侵台期內之降水量(二)，氣象學報 19卷3期，p10-19
6. 吳宗堯、謝信良、喬鳳倫等，1980：曾文水庫集水區降水特性分析及颱風降水預報之研究，中央氣象局研究報告 53 號
7. 王時鼎，1959：八七水災研究，氣象預報與分析，第一期
8. 王時鼎、曲克恭、林則銘、劉廣英等，1977：翡翠谷壩址最大可能暴雨研究，空軍氣象中心研究報告,13 號，p 1-86
9. 王時鼎、林則銘、俞家忠，1975：颱風侵襲時台灣海島對風場分析與預報之影響，大氣科學 2 期
10. 中央氣象局，1978：台灣八十年來之颱風
11. NESS and NWS, 1979: Satellite applications information notes Oct. 1975 - Dec. 1978.
12. Fulks, J.R., 1935: Rate of precipitation from adiabatically ascending air, M.W.R. Vol. 63, pp 291-294
13. Riehl, H: Tropical meteorology, pp 313-315

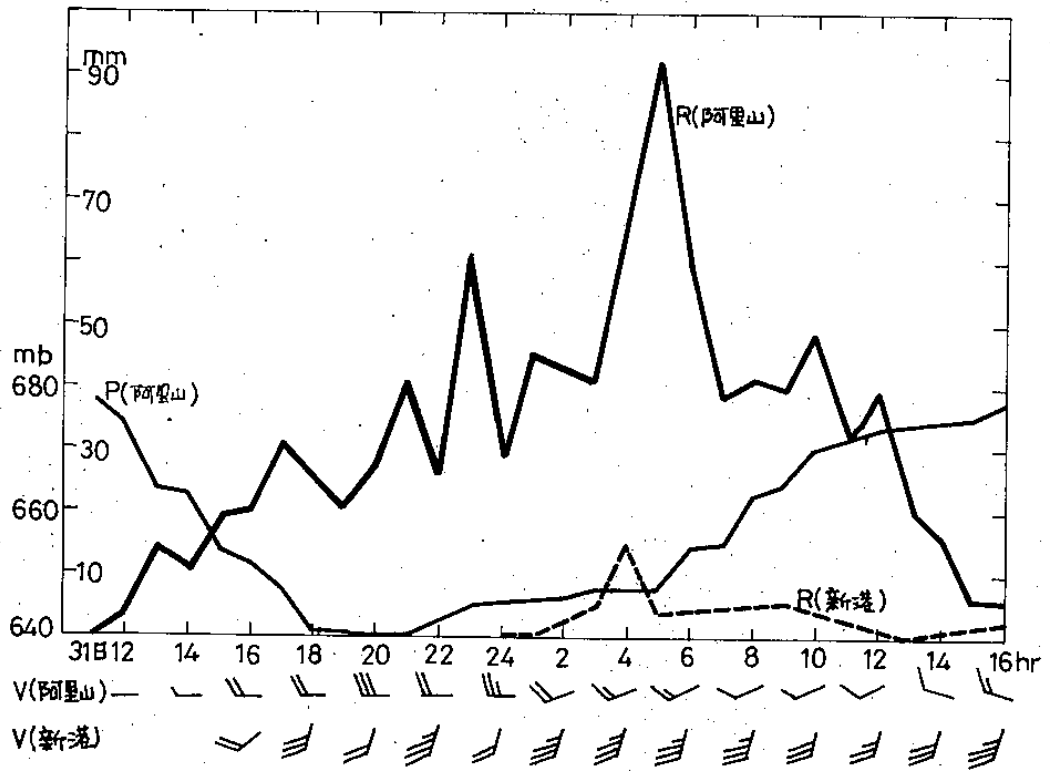


圖 1a 1966 年 7 月 31 日至 8 月 1 日 Shirley 颱風過境時阿里山逐時氣壓 (P)，風 (V)，與雨量 (R) 變化圖，圖中附新港雨量 (R) 值。

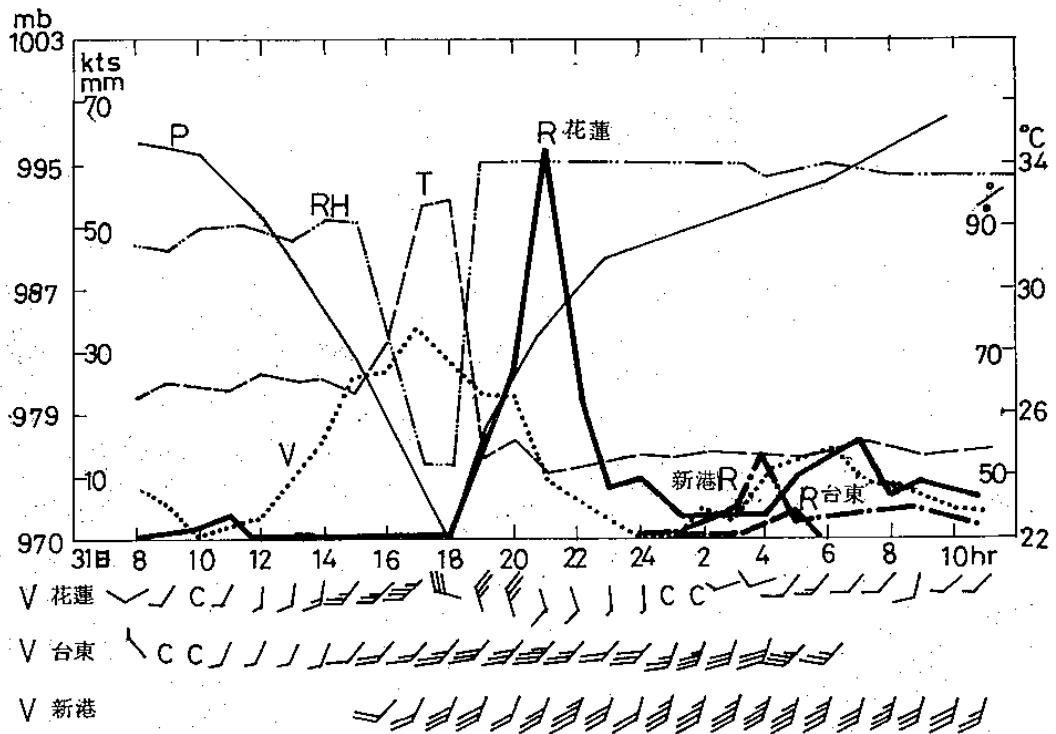


圖 1b 同圖 1a，但為花蓮者。圖中另加溫度 (T) 及相對濕度 (R.H.) 曲線，用以示焚風效應。

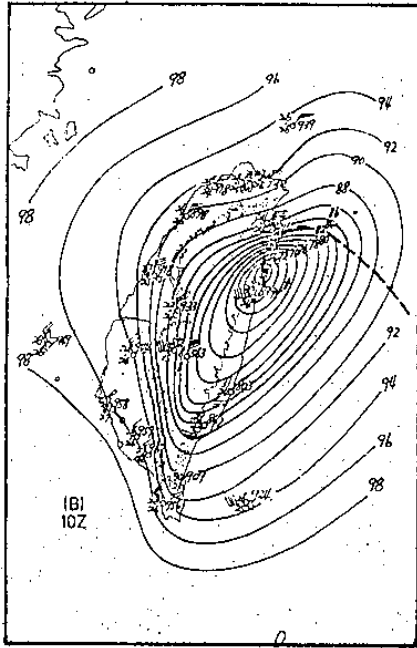


圖 1c 1960年7月31日10z Shirley 颱風
接近花蓮時之天氣詳圖。

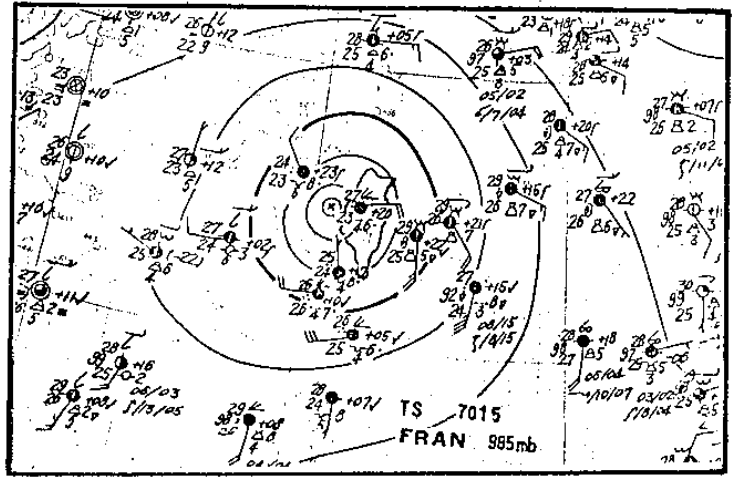


圖 2a 1970年9月6至7日，Fran 颱風過境時竹子湖
逐時氣壓 (P)，風 (V)，與雨量 (R) 變化圖。

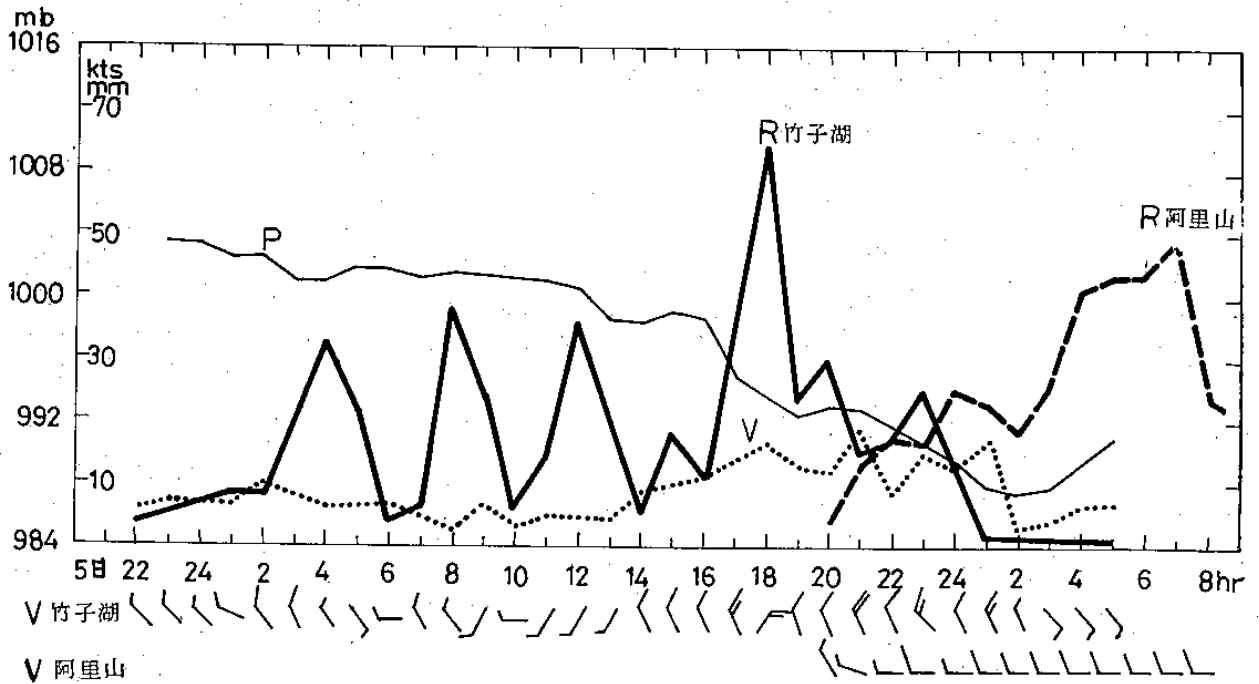


圖 2b Fran 颱風最接近台灣 (1970年9月7日00z) 之地面天氣圖。

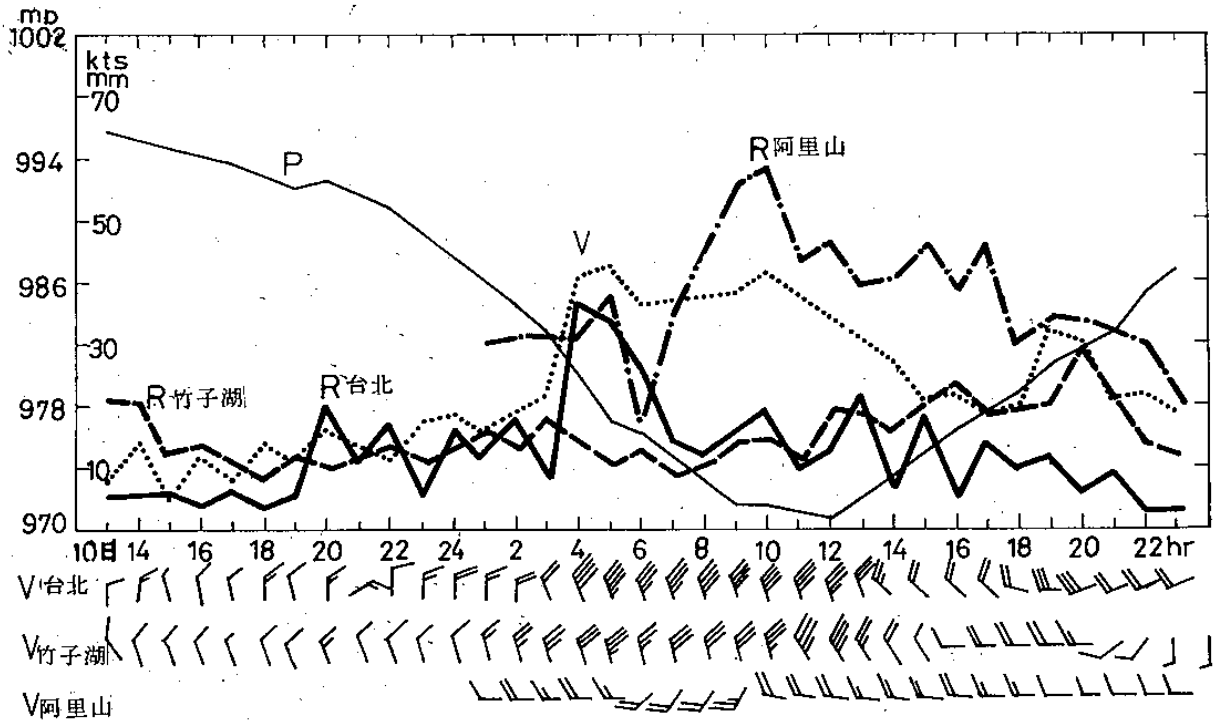


圖3 1963年9月10-11日Gloria 颱風過境時台北逐時氣壓(P)，風(V)，雨量(R)變化圖，並附阿里山之雨量分佈。

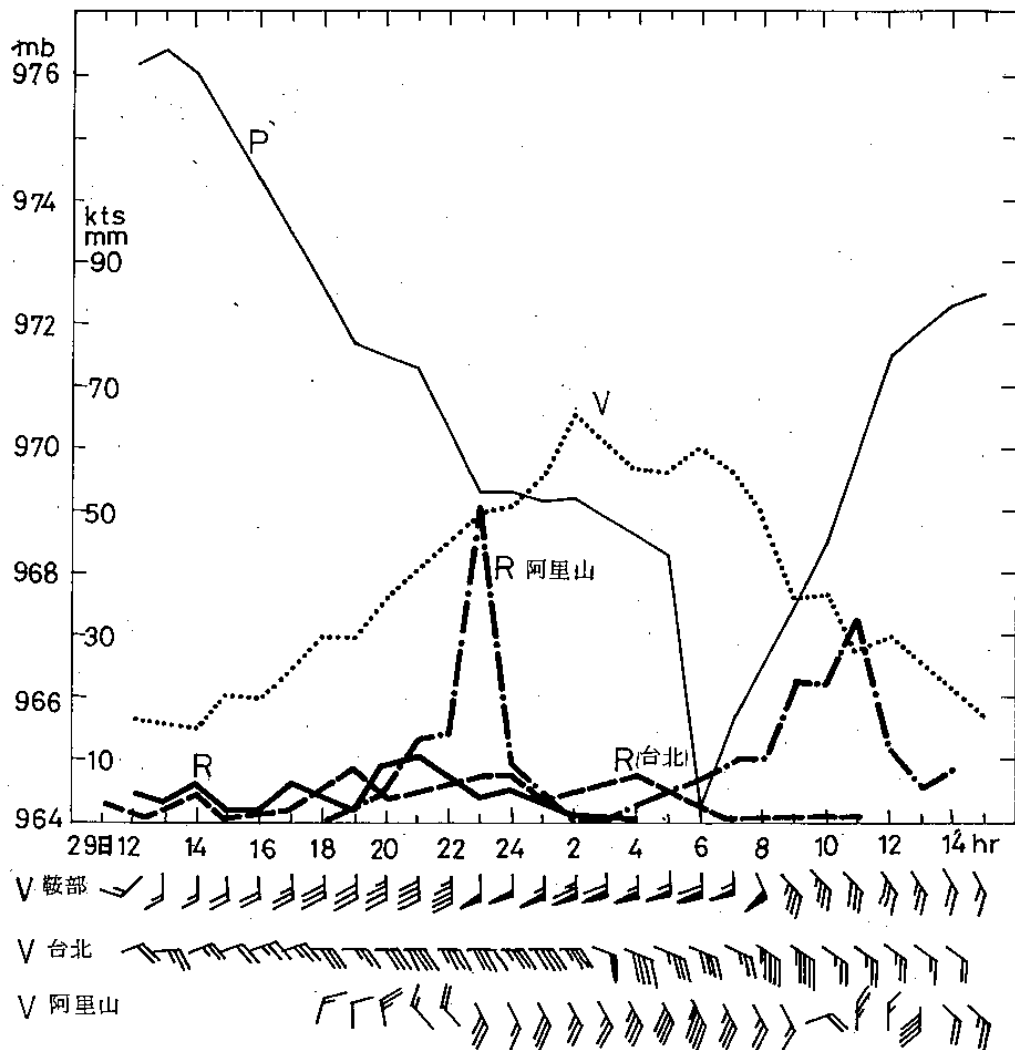


圖4a 1959年8月29-30月Joan 超級颱風過境時台北逐時氣壓(P)，風(V)，雨量(R)變化圖，並附台灣雨量最大處阿里山之雨量分佈。

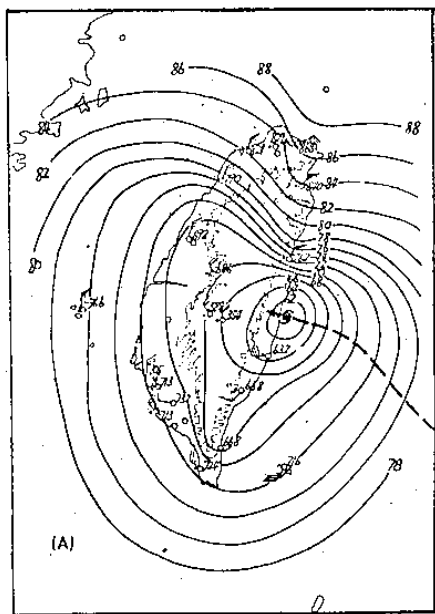


圖 4b Joan 颱風登陸時 (1959 年 8 月 29 日 13z) 之颱風詳圖。

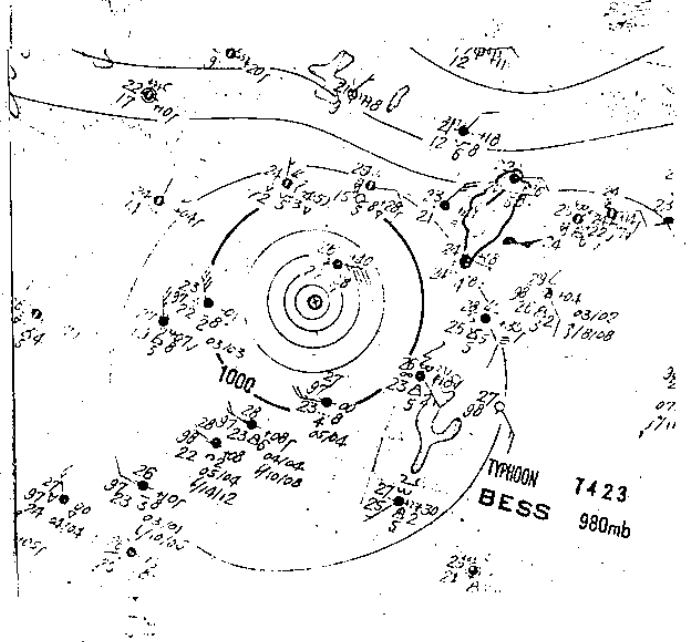


圖 5a 台灣東部雨量最大時之 Bess 颱風地面圖 (1974 年 10 月 12 日 12z)

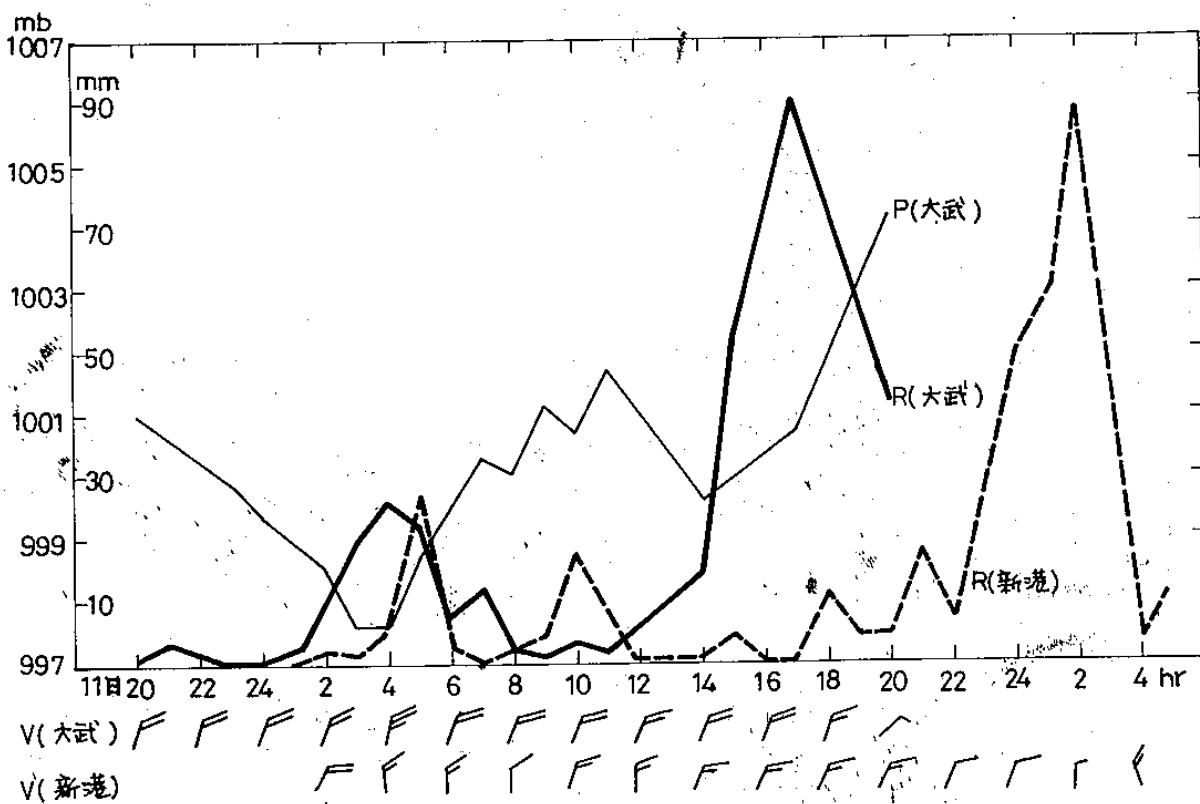


圖 5b 1974 年 10 月 12 日 Bess 颱風穿過呂宋島，西移進入南海後大武之逐時氣壓 (P)，風 (V)，雨量 (R) 之變化圖，附台東之雨量值。

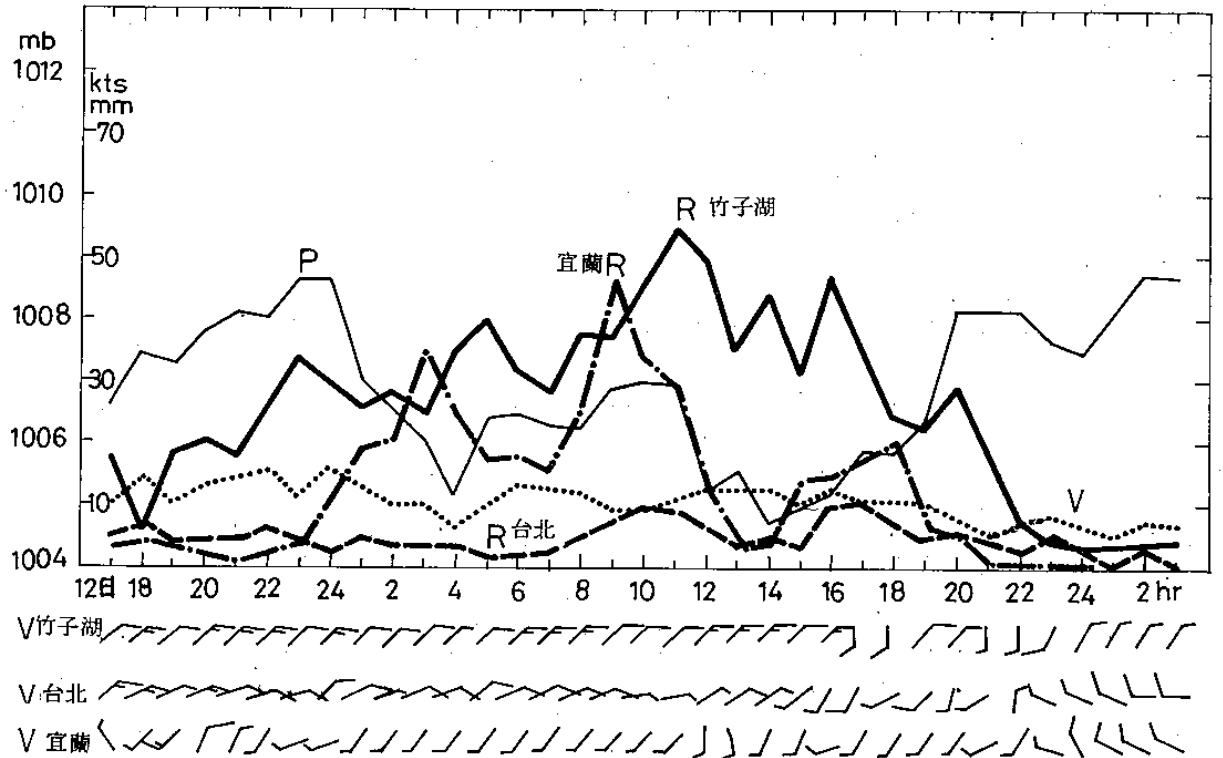


圖 6 1978年10月12-14日Ora 颱風過境，竹子湖逐時氣壓(P)，風(V)，雨量(R)變化圖，並附台北之雨量(R)值。

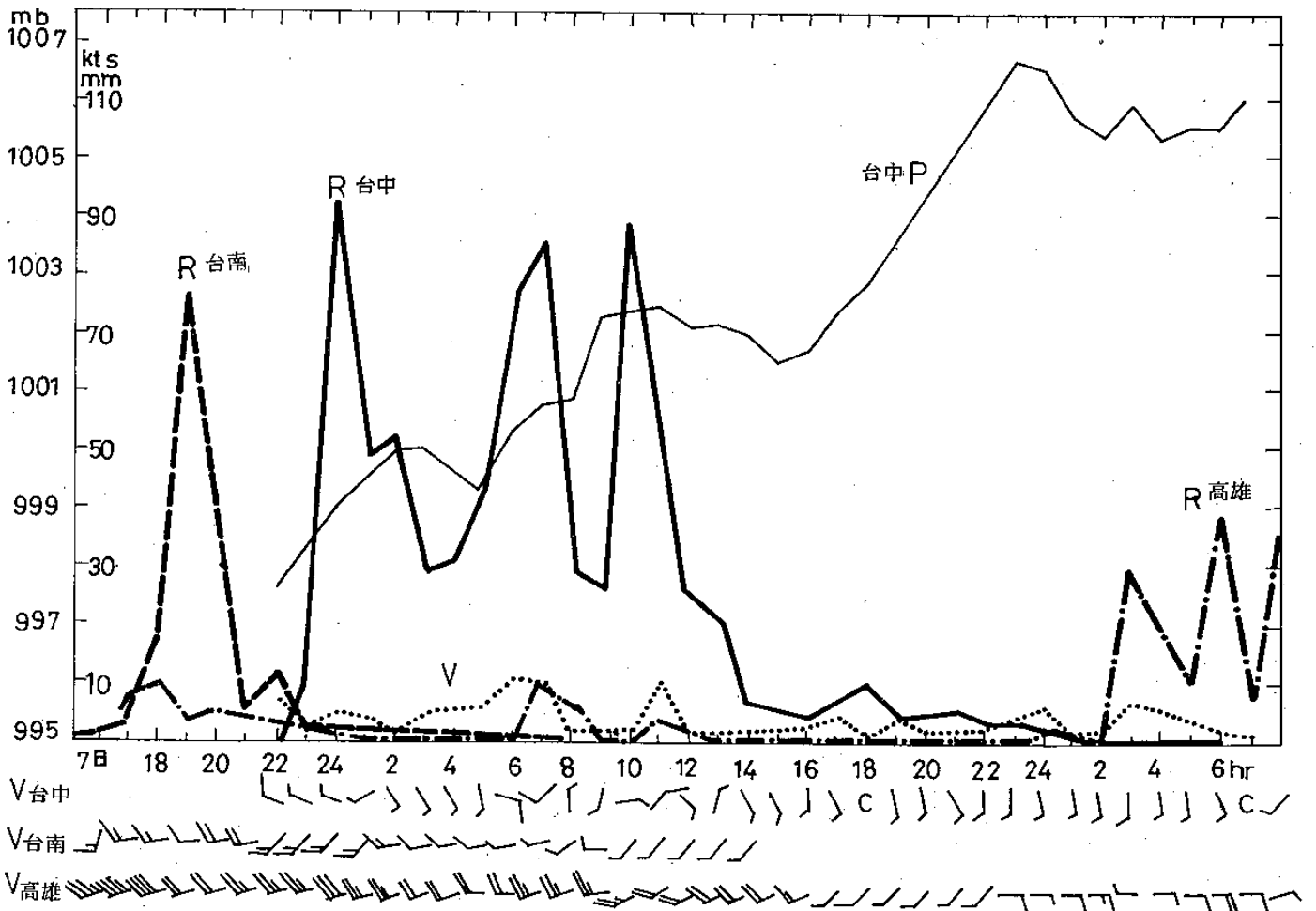


圖 7 1959年8月7日自南海針形熱帶風暴移入時台中逐時氣壓(P)，風(V)，雨量(R)變化圖，並附台南及高雄之雨量(R)值。

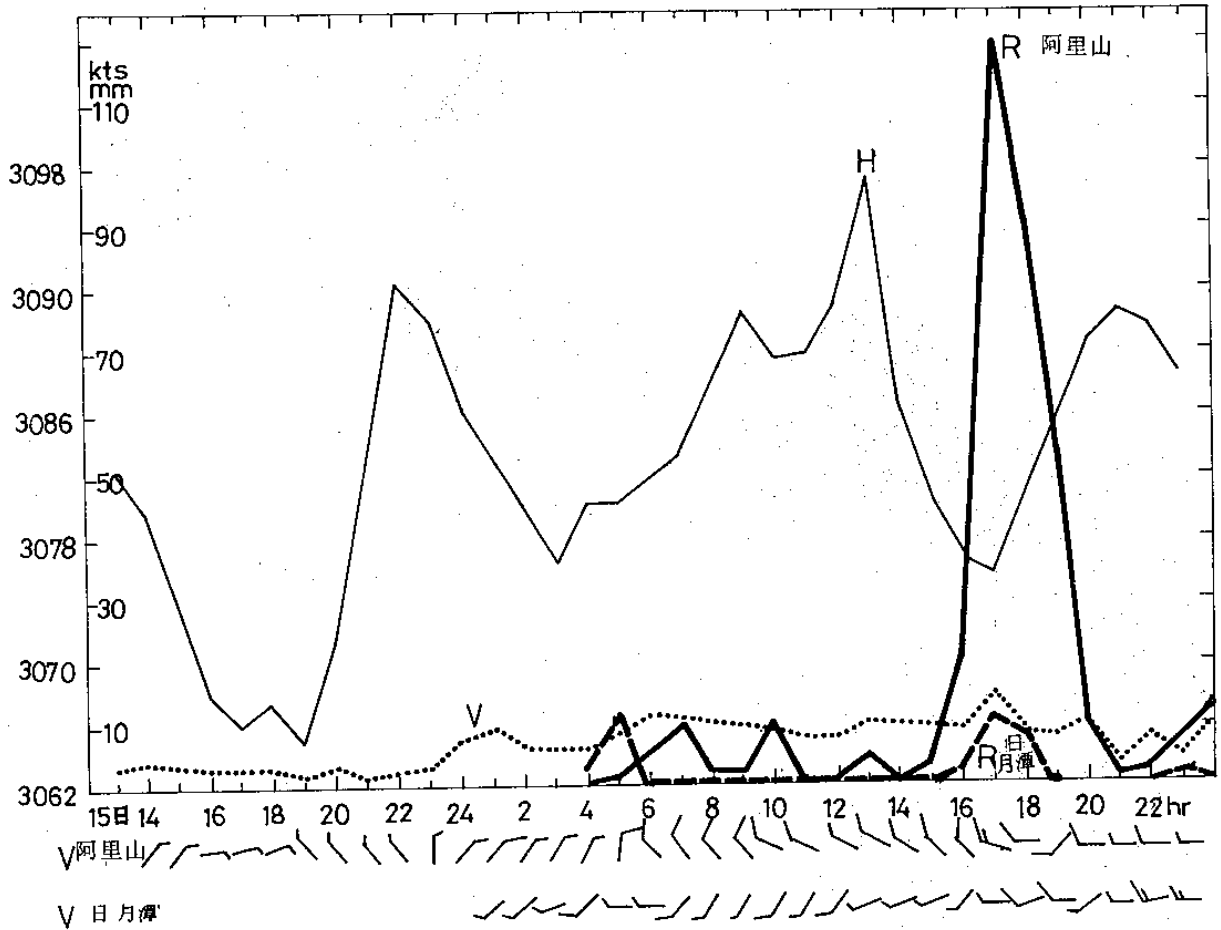


圖 8a 1966 年 8 月 16 日 Tess 颱風在北方海面過境時，台北之逐時氣壓 (P)，風 (V)，雨量 (R) 變化圖，並附阿里山之雨量 (R) 值。

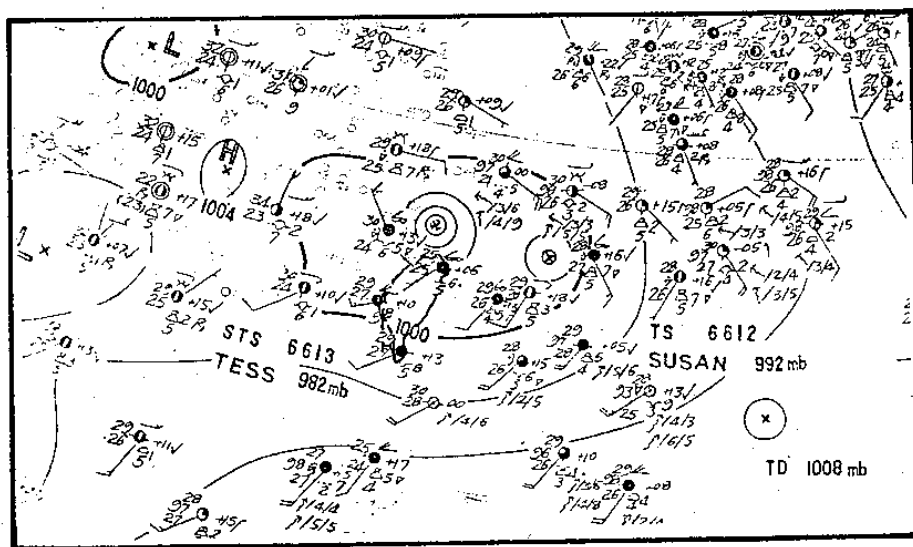


圖 8b 為 Tess 颱風過境時 (1966 年 8 月 16 日 12z) 天氣圖。

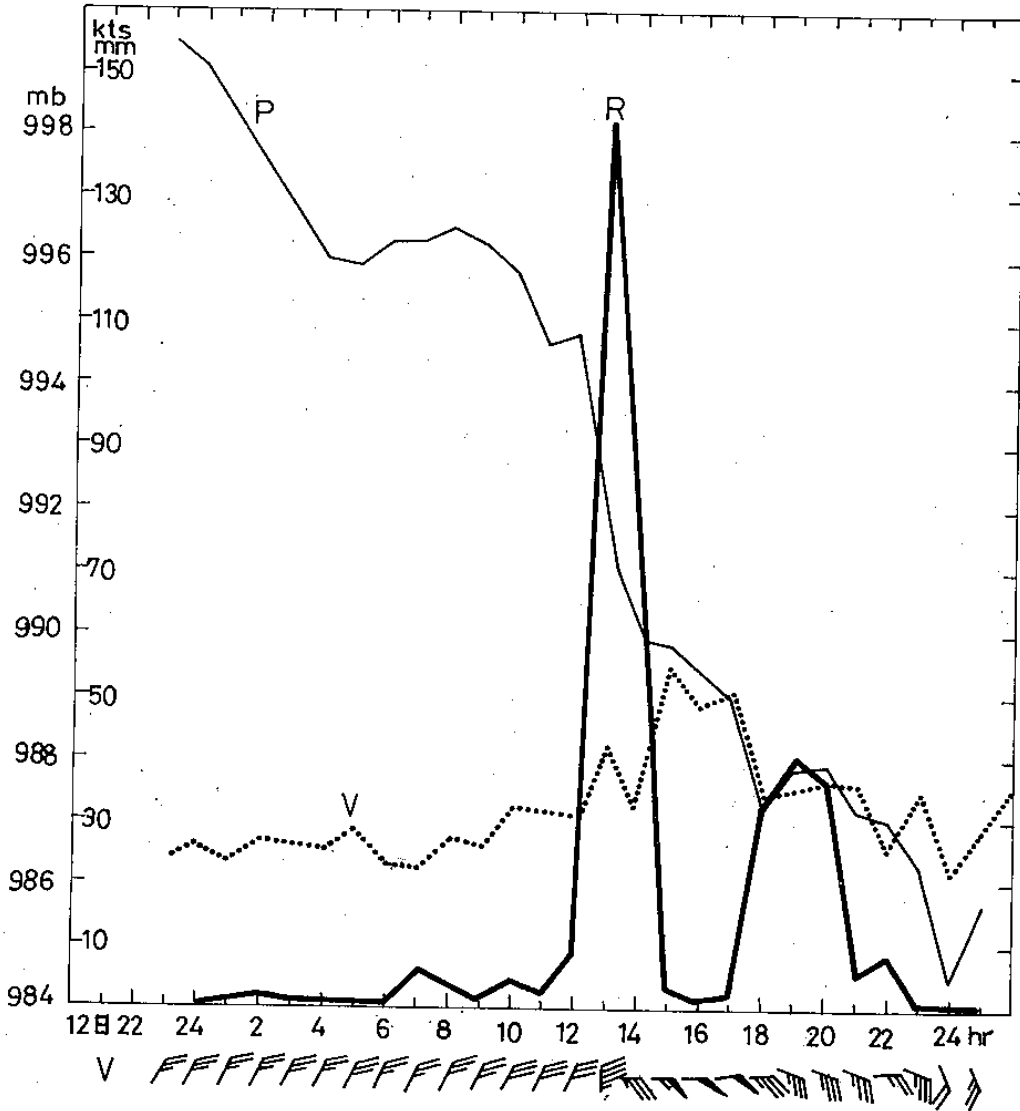


圖 9a 1981 年 6 月 13 日 Ike 颱風過境時之彭佳嶼逐時氣壓 (P)，風 (V)，雨量 (R) 變化圖。

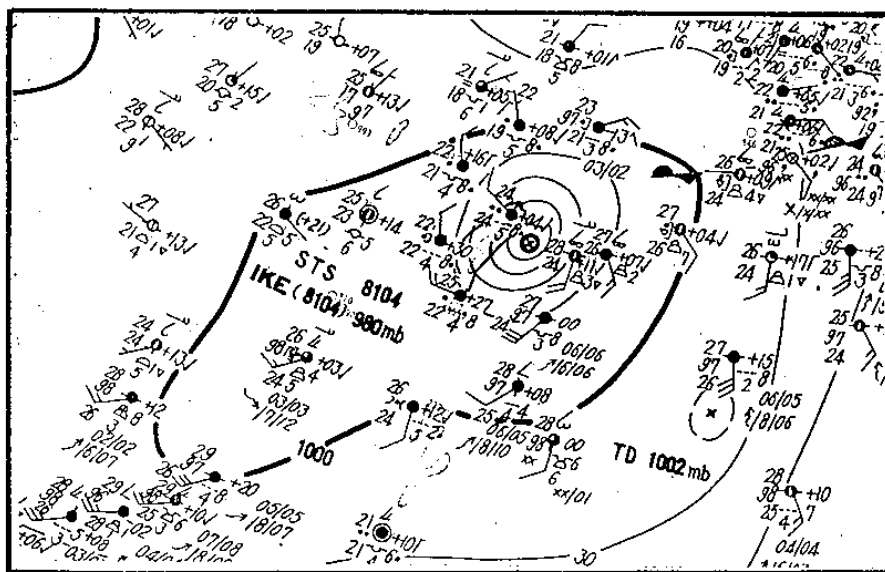


圖 9b 1981 年 6 月 13 日 12z Ike 颱風天氣圖。

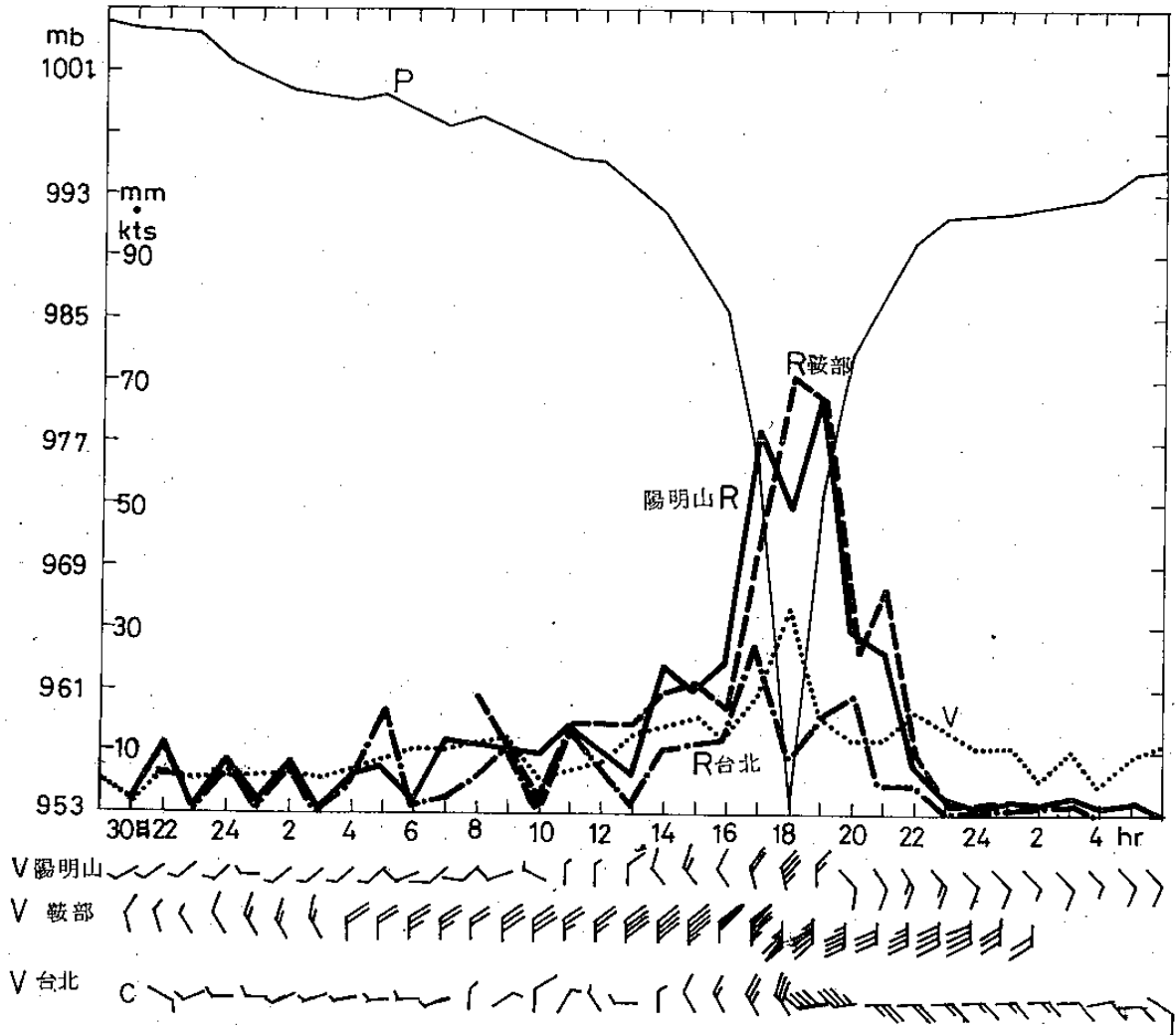


圖 10 1977年7月31日 Vera 颱風過境時，竹子湖逐時氣壓 (P)，風 (V)，雨量 (R) 變化，並附台北之雨量 (R) 值。

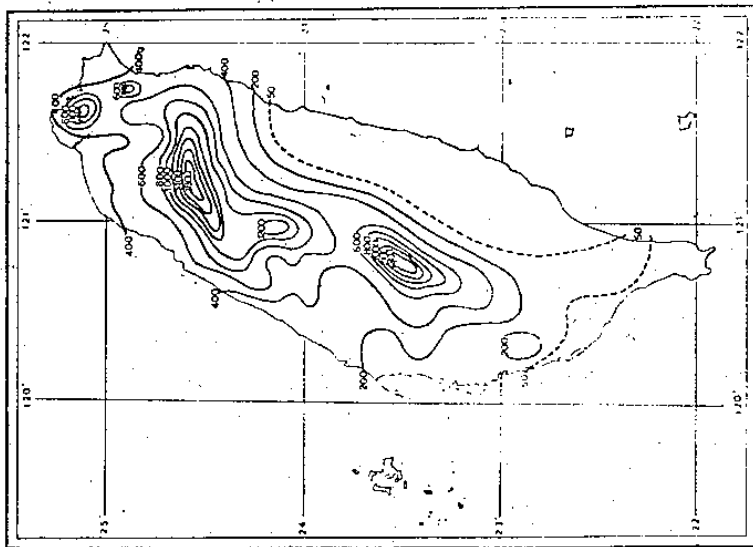


圖 11a 1963年9月10—12日，Gloria 颱風
經過台灣北方近海時總雨量分佈圖。

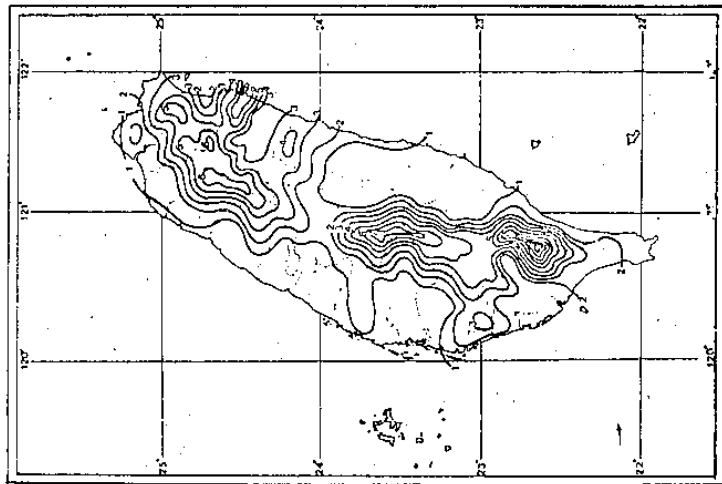


圖 11b 1969年9月26日Elsie 颱風
經過台灣中部之總雨量分佈圖。

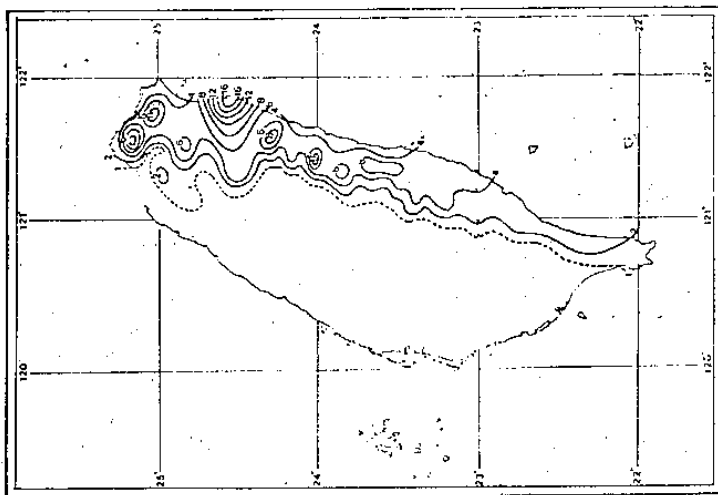


圖 11c 1967年10月16—18日Carla
颱風經過巴士海峽時雨量分佈圖。

(引自中央氣象局，1978)

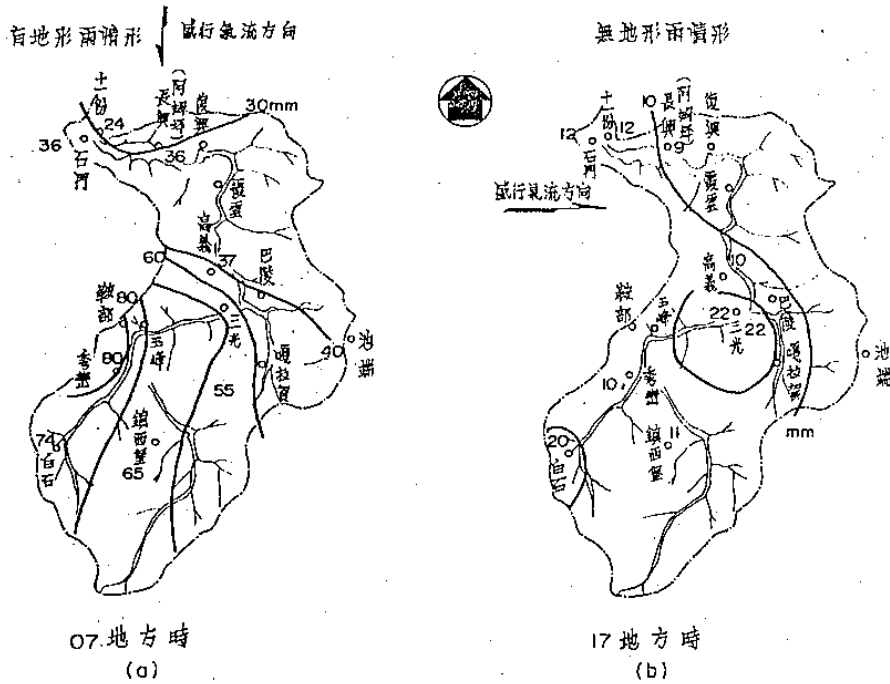


圖 12a 1963 年 9 月 11 日 09z Gloria 過境時，石門水庫集水區之雨量分佈
 (此時雨量係隨高度增加，風向與集水區朝向一致)
 b 1963 年 9 月 11 日 17L Gloria 過境時，石門水庫集水區雨量分佈圖
 (此時因吹西風，全區雨量小及均勻)。

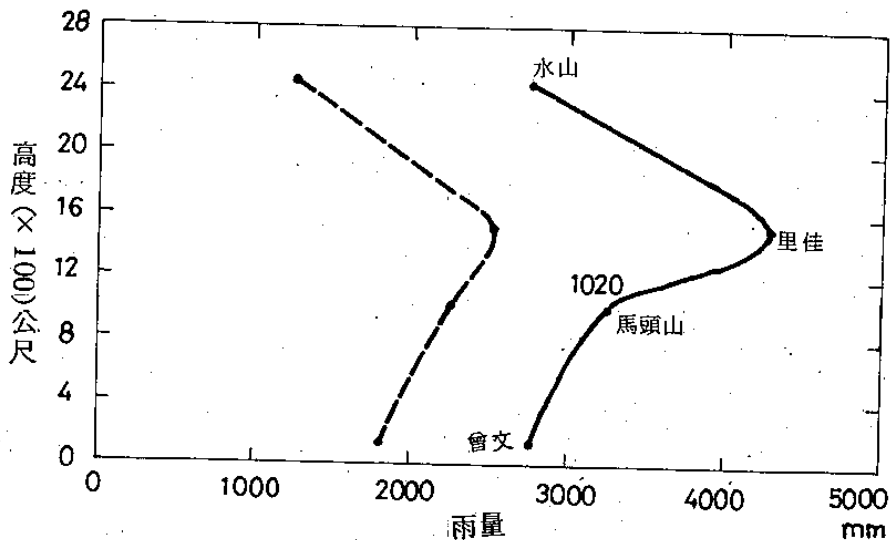
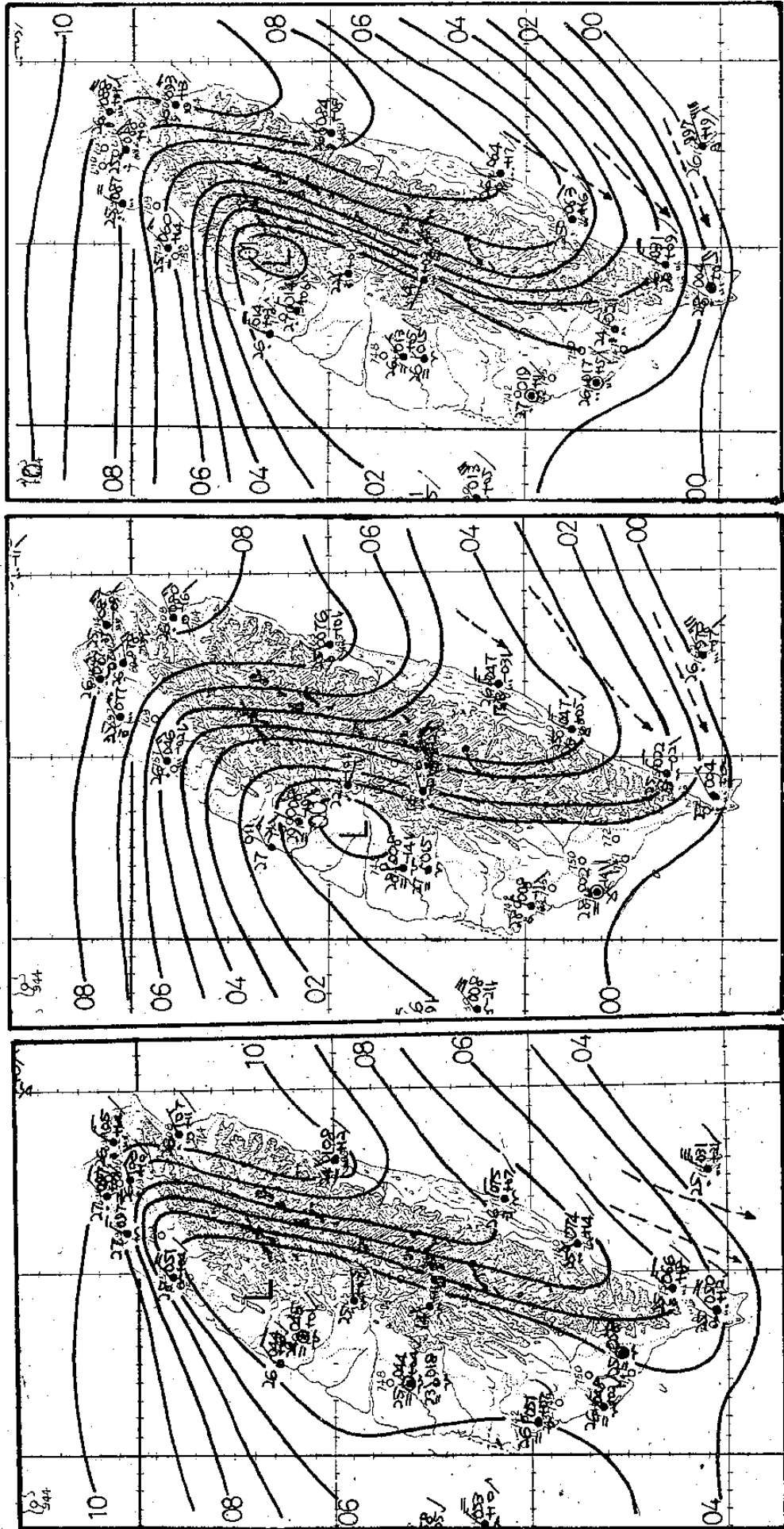


圖 12c 曾文水庫集水區，四不同高度雨量站 (曾文新村 147 公尺，馬頭山 1020 公尺，里佳 1550 公尺，水山 2450 公尺) 1970 - 1979 年 10 年間平均雨量分佈圖 (實線) 及 8 次經過其北方之最大颱風 (Fran 1970, Agnes 1971, Bess 1971, Nina 1975, Billie 1976, Vera 1977, Carmen 1978, Judy 1979) 24 小時累積雨量分佈 (斷線) 圖，(資料源自吳宗堯、謝信良、喬鳳倫等 1981)。

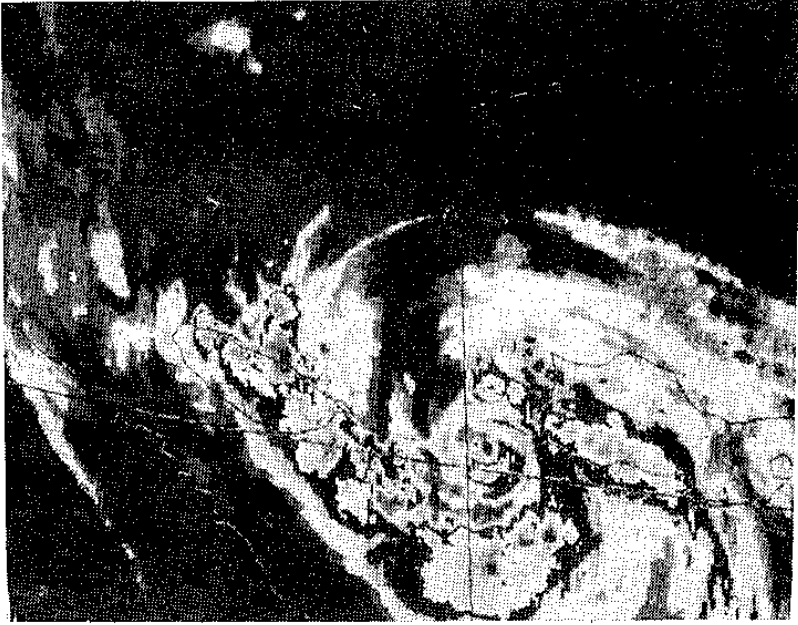


(c) 12z

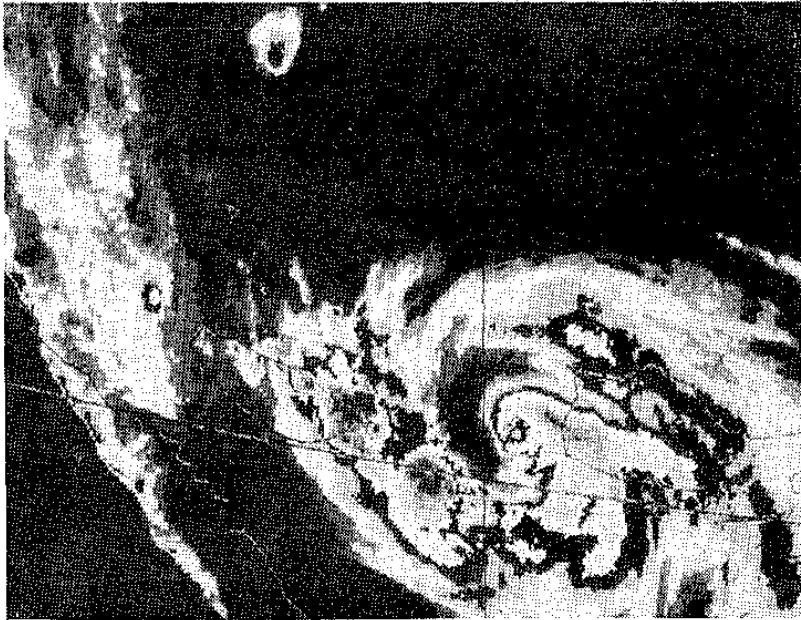
(b) 09z

(a) 00z

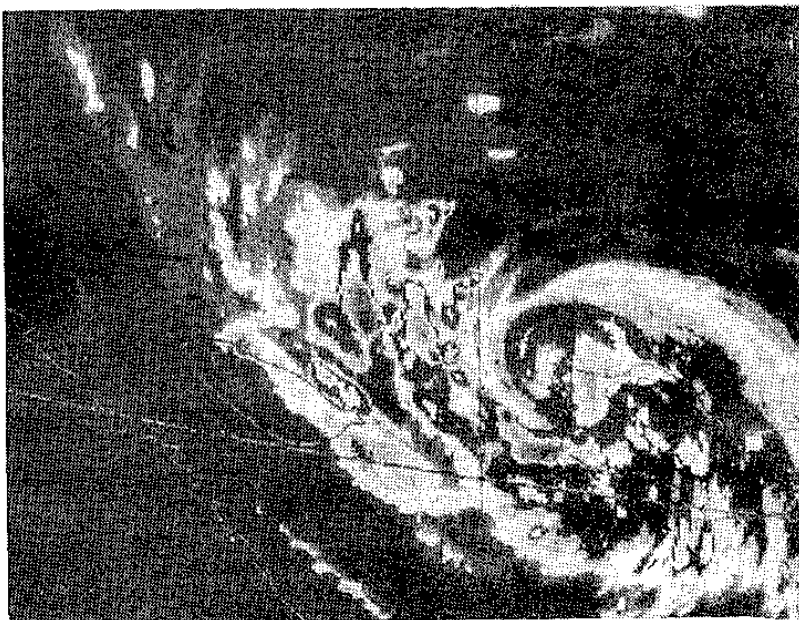
圖 13 1981 年 9 月 20 日 颱風 Clara 詳圖。



(a)



(b)



(c)

圖 14 與圖 13 a — c 相同時間之修正 MB enhanced IR 衛星雲圖，(a) 00z，(b) 09z，(c) 12z。

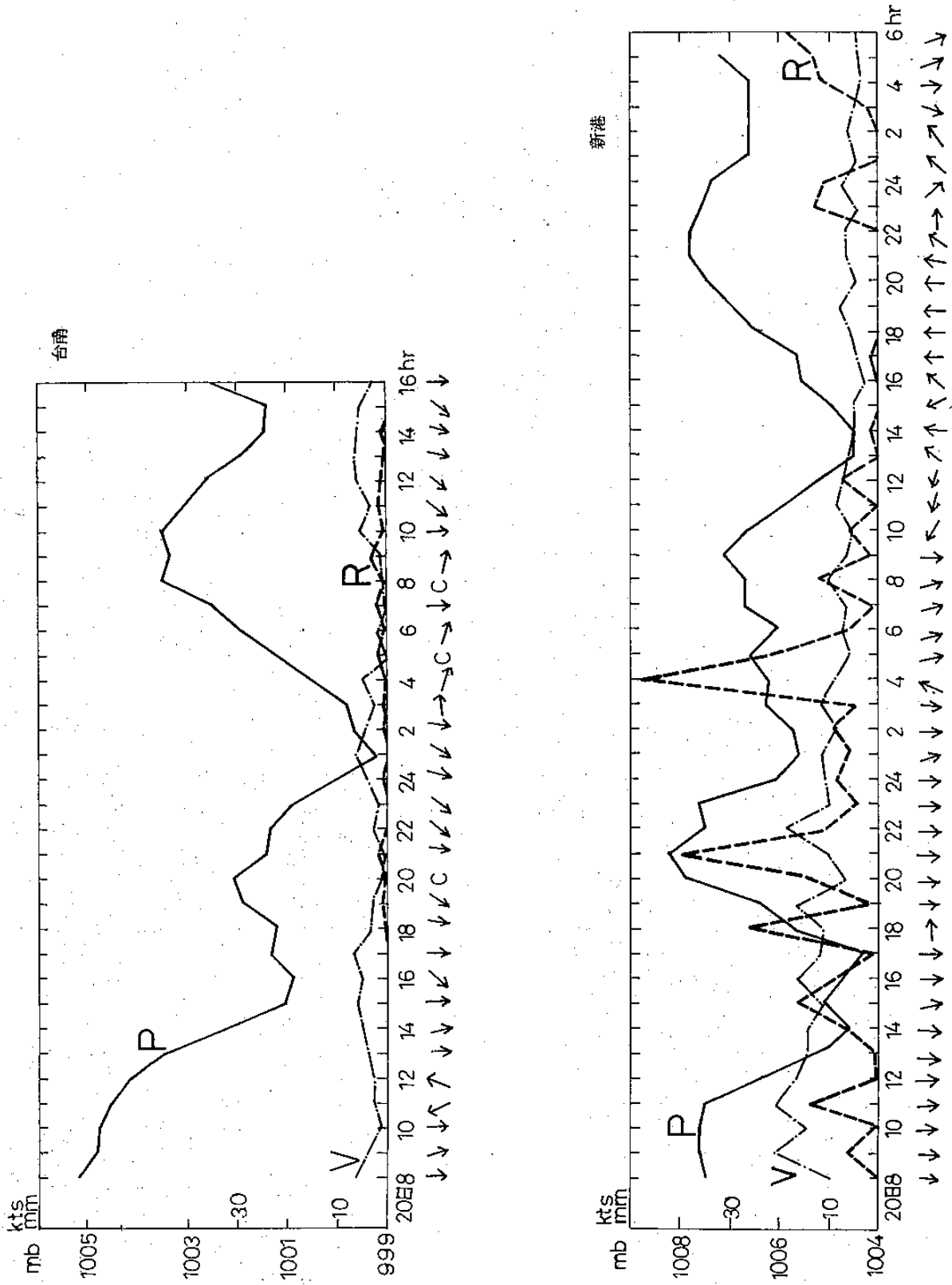


圖15 1981年9月20日Clara颱風過境時新港之逐時氣壓(P)，風(V)，雨量(R)變化。

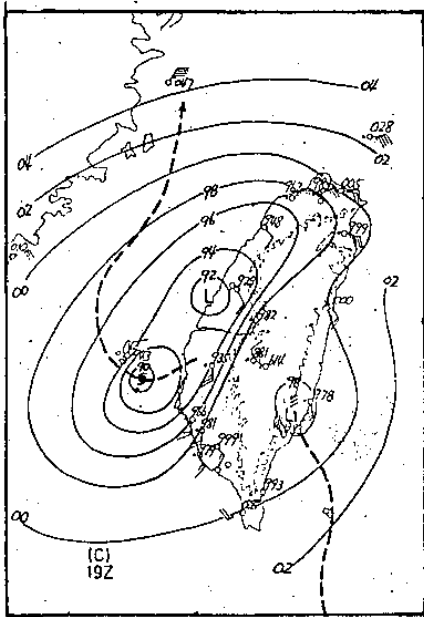


圖 16a 1961年5月26日19時 Betty 颱風分裂過山時之地面天氣圖。

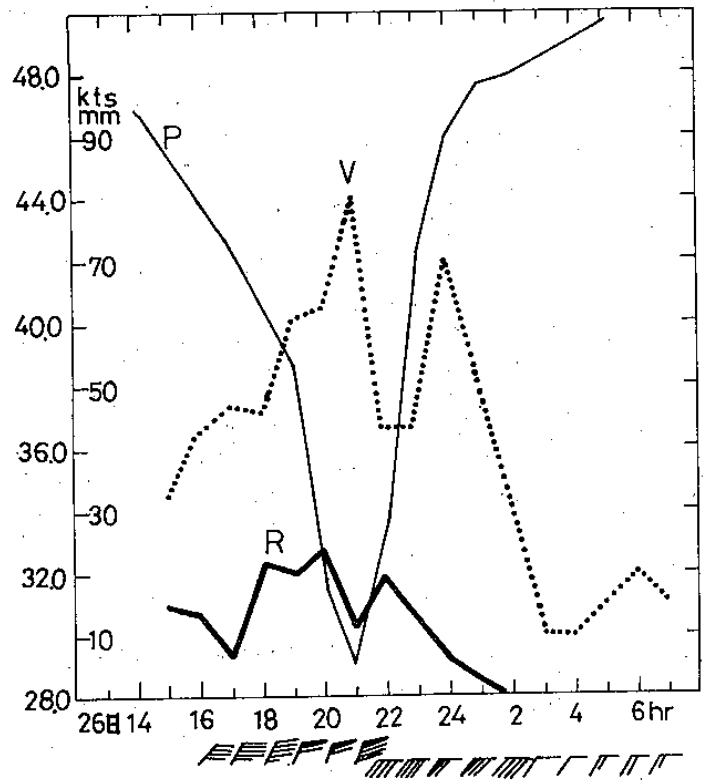


圖 16b 1961年5月26日-27日 Betty 颱風侵襲時台東逐時氣壓 (P)，風 (V)，雨量 (R) 變化圖。

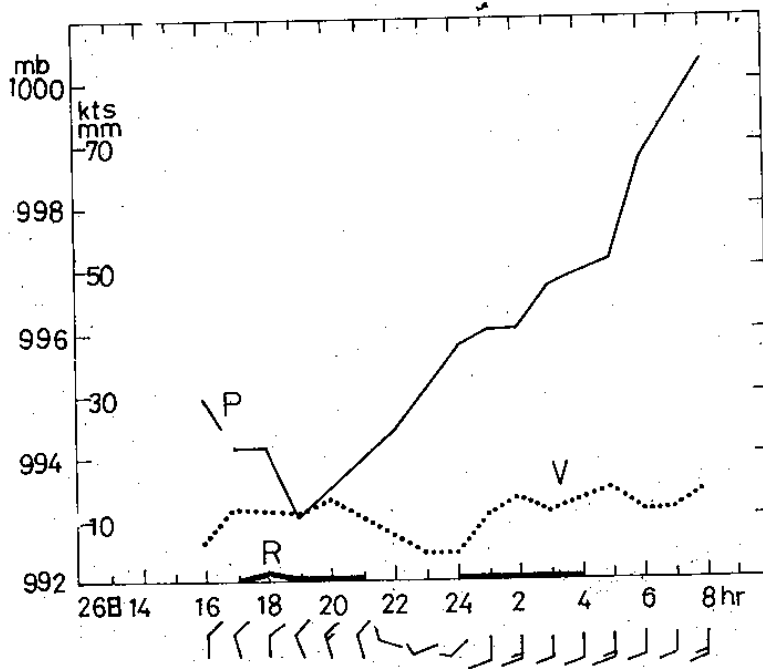


圖 16c 與 16b 同時之台南逐時氣壓 (P)，風 (V)，雨量 (R) 變化圖。

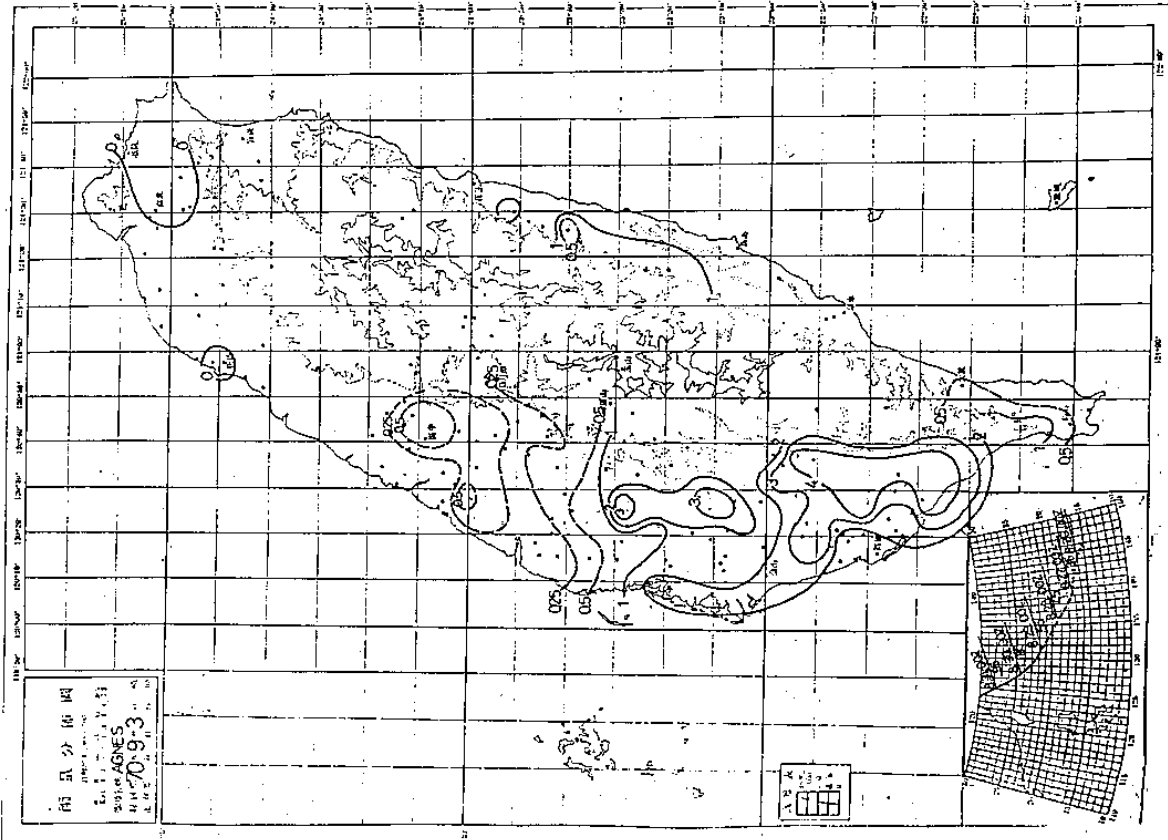


圖 17a 1981年7月19日Maury 颱風過境時台灣雨量分佈圖。

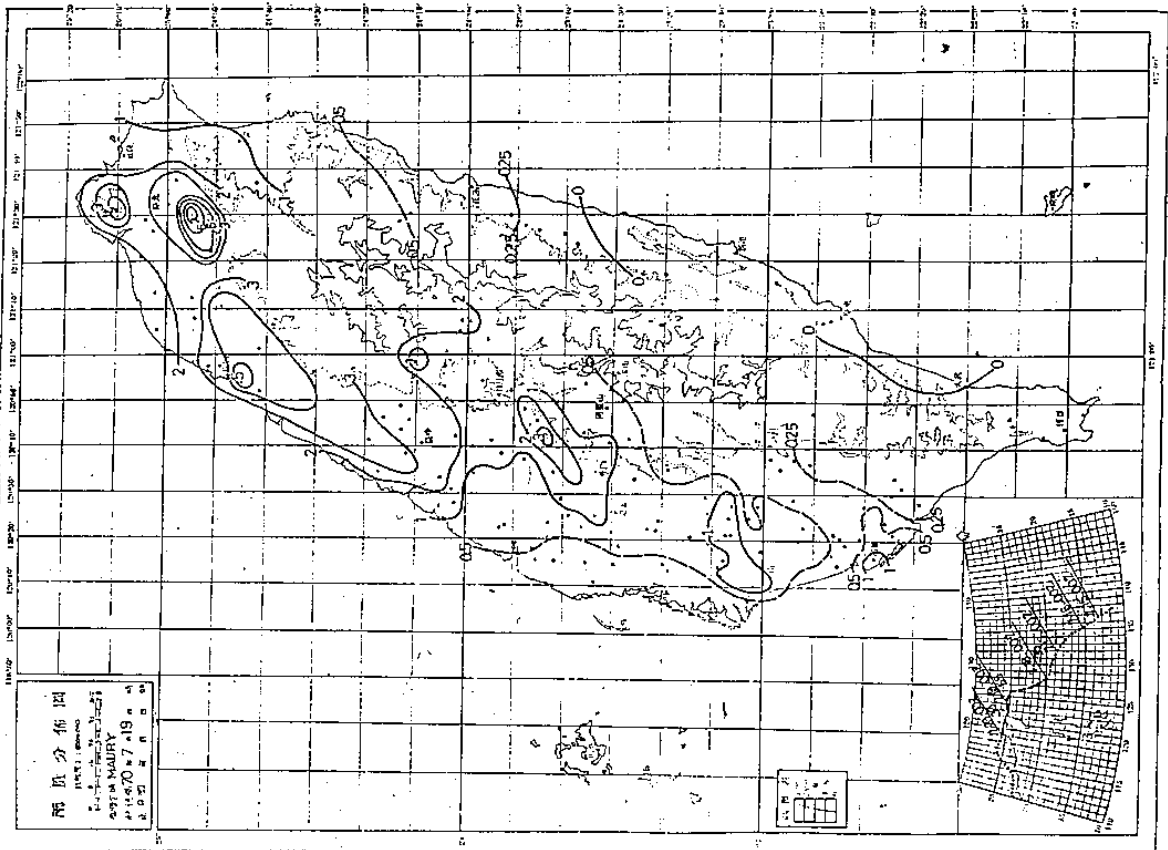


圖 17b 1981年9月3日Agnes 颱風區時，台灣雨量分佈圖。

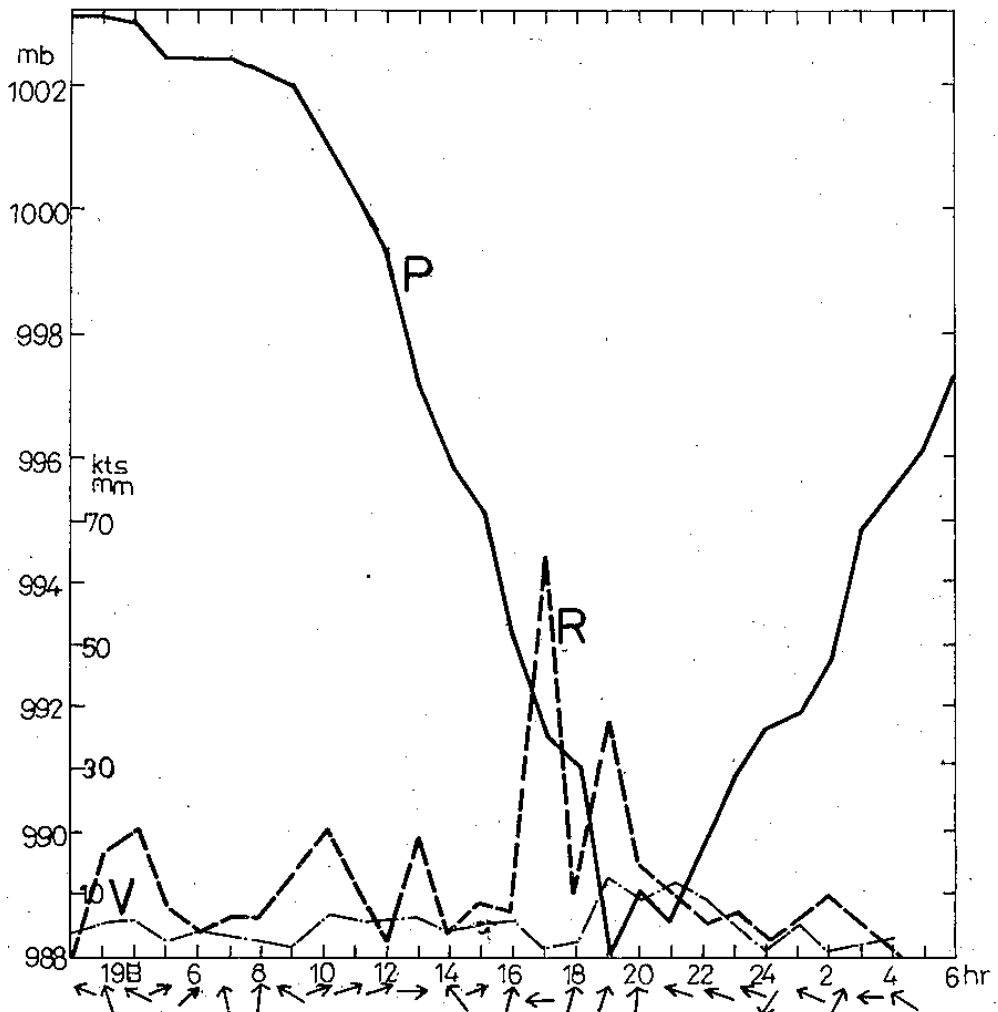


圖 18a 1981年7月19日Maury 颱風過境時台北逐時氣壓(P)，風(V)，雨量(R)變化圖 (附竹子湖雨量值)。

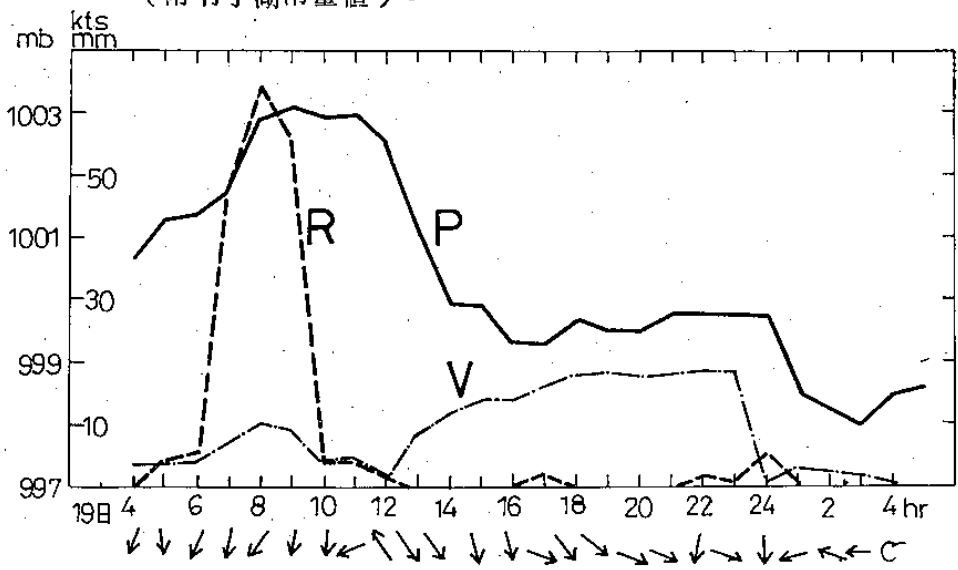


圖 18b 1981年7月19日高雄逐時氣壓(P)，風(V)，雨量(R)變化圖——注意高雄08L之暴雨。

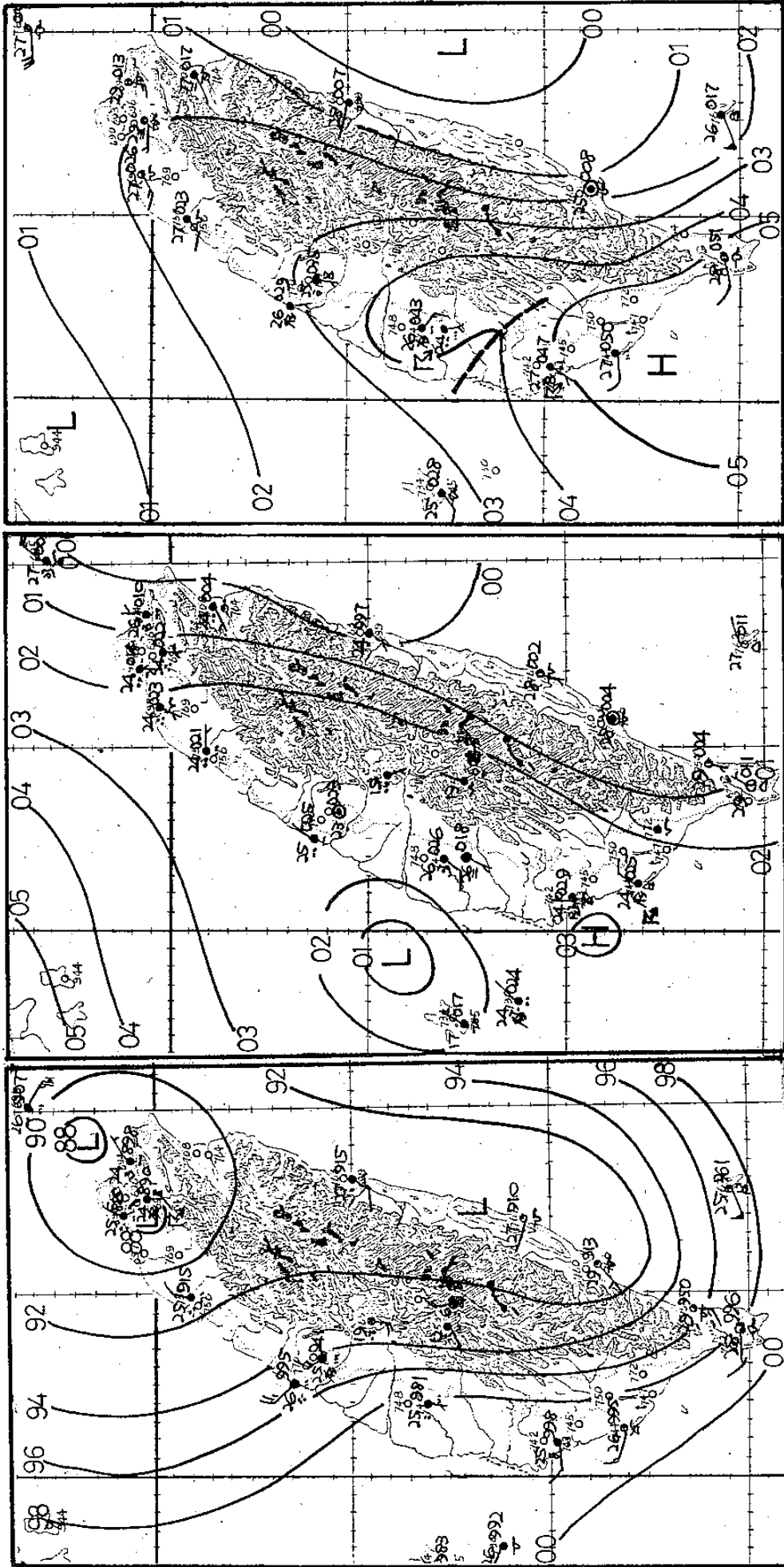


圖18c 1981年7月19日20時台北暴雨
(7.19水災)時之颱風詳圖。

圖18d 1981年7月19日8時高雄暴雨時
颱風詳圖。

圖19c 1981年9月3日2時(18z)之天氣圖。

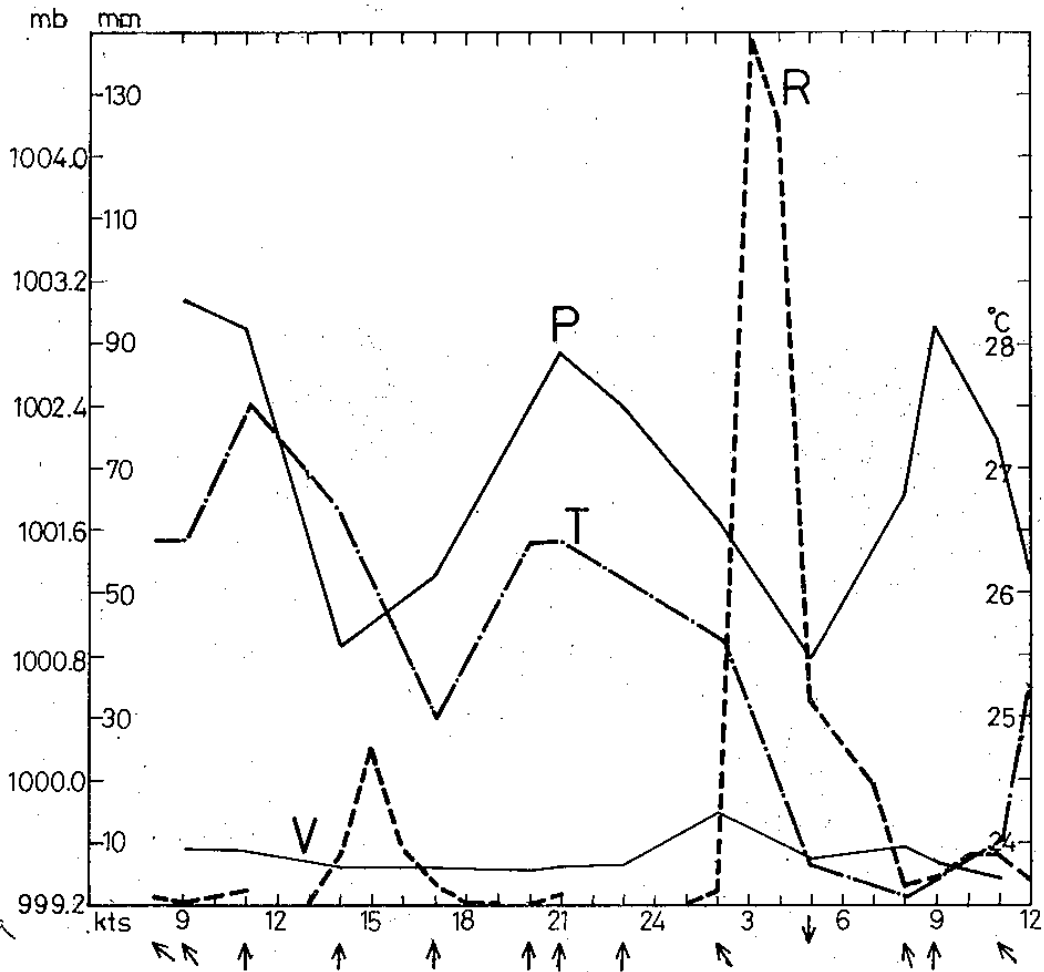


圖 19a 1981年9月3日(9.3水災)嘉義逐時氣壓(P), 風(V), 及雨量(R)變化圖。

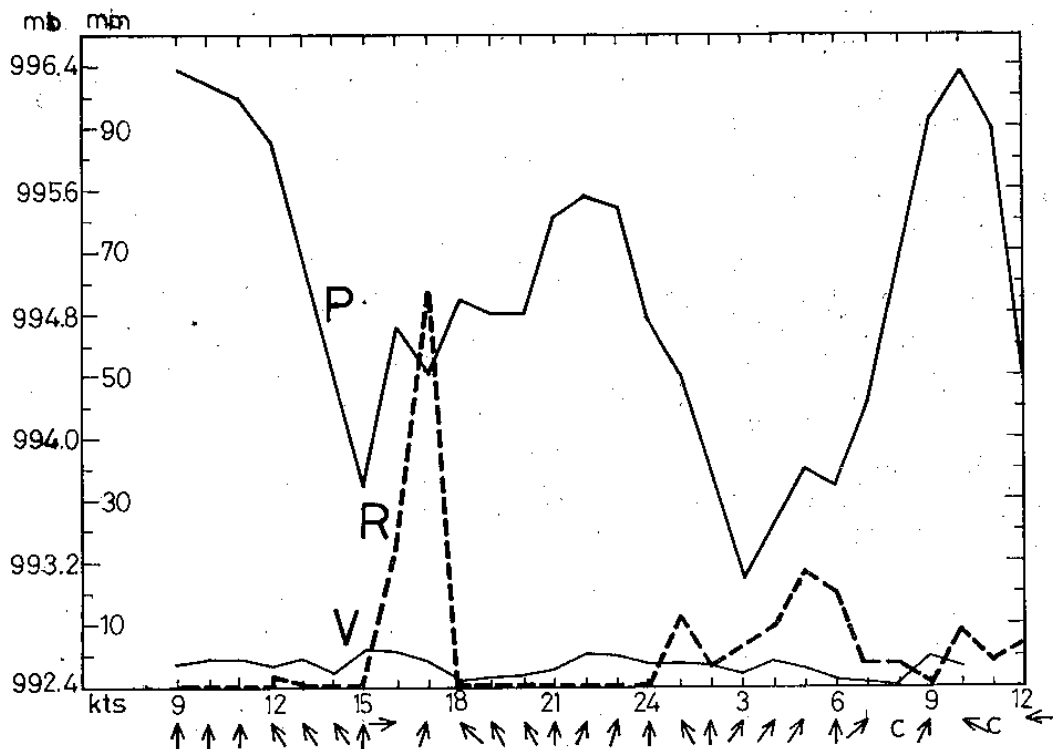
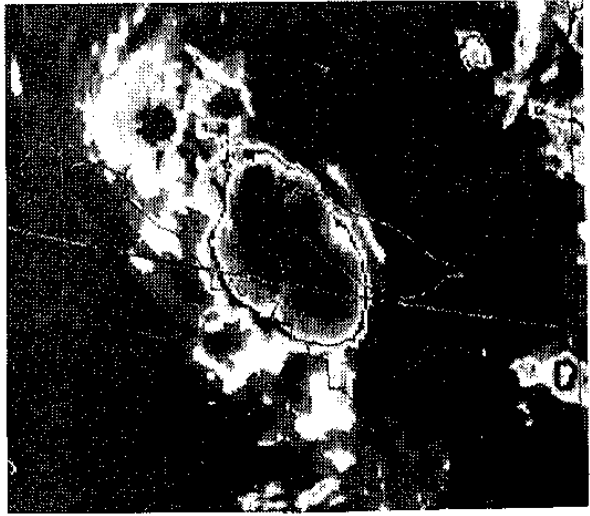


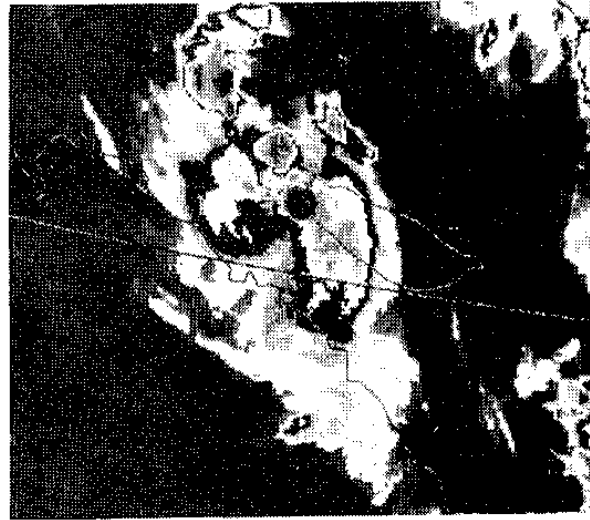
圖 19b 1981年9月3日台中逐時氣壓(P), 風(V), 及雨量(R)變化圖。



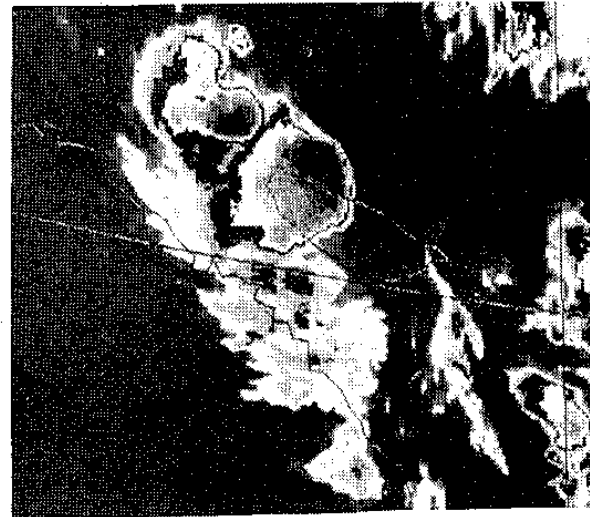
圖 20 1981 年 7 月 19 日 00z 高雄暴雨時之修正 MB 型色調強化紅外線影像圖 (MB enhanced IR) 。



(c)



(b)



(a)

圖 21a - c 1981年7月19日(a)14 L (06z) , (b) 17 L (09z) , (c) 20 L (12z) , 亦即台灣北部水災時修
 JEMB enhanced IR圖。

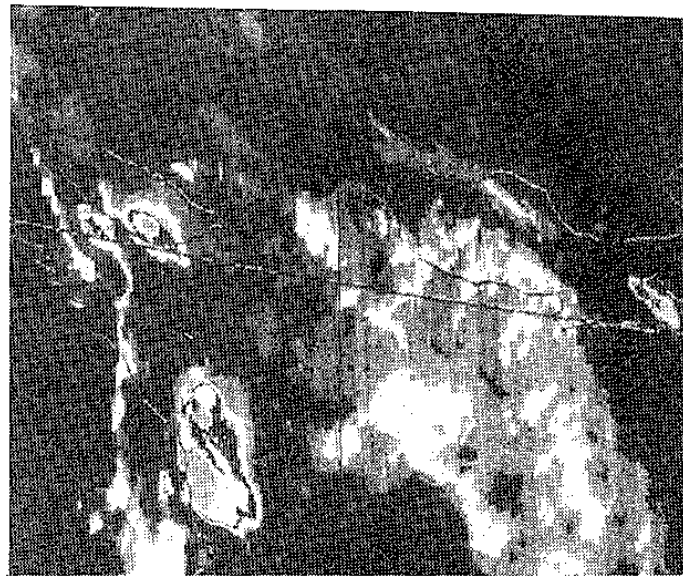


圖 22 a—c 1981 年 9 月 2 日 (a) 24L (16z) , (b) 9 月 3 日 02L (9 月 2 日 18z) 及 (c) 9 月 3 日 08L (00z) , 亦即台灣中南部 9.3 水災時修正 MIB enhanced IR 圖。

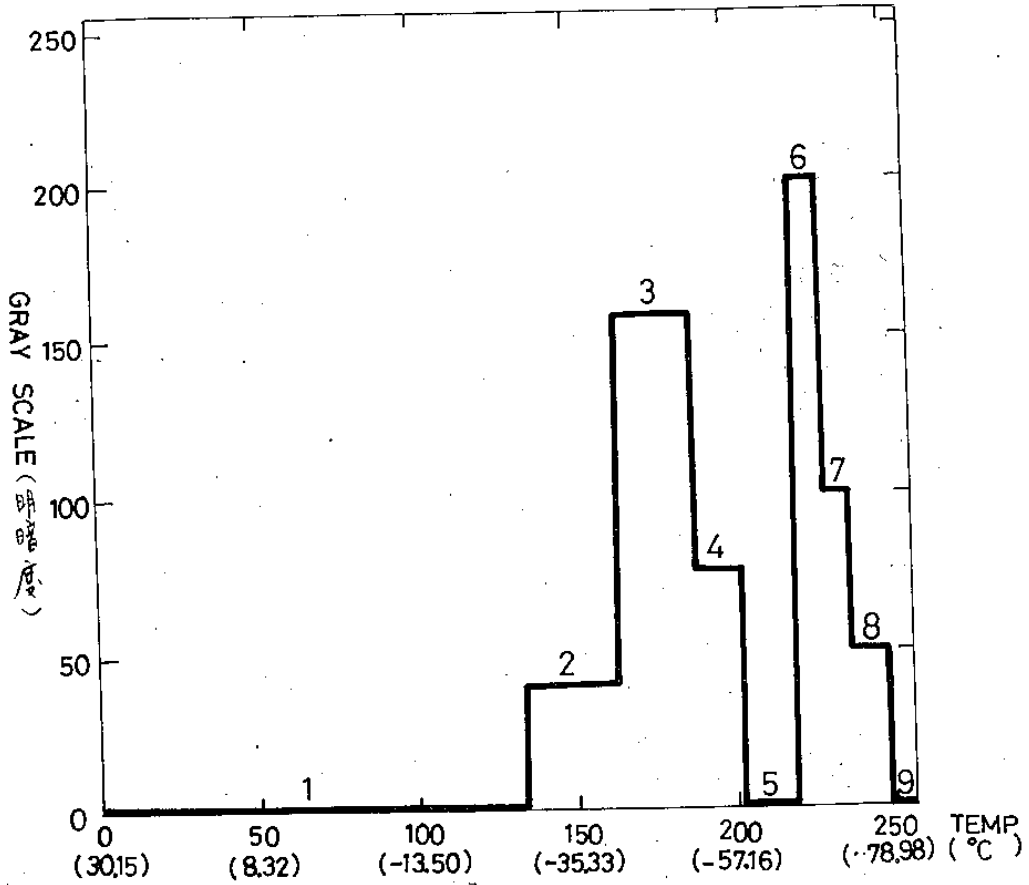


圖 23 經修正MB色調強化用之曲線圖與對應溫度值及其功用。

SEGMENT	Temp Interval (°C)	X ₁	Y ₁	Comments	Remarks
1	濾除	0	0		
		135	0		
2	- 29.07 ~ - 43.03°C	136	40		
		163	40		
3	- 43.03 ~ - 53.51°C	164	158	雷雨雲	灰白色
		189	158		
4	- 53.51 ~ - 60.49°C	190	77	thunderstorm	淺灰
		202	77		
5	- 60.49 ~ - 67.48°C	203	0	enhancement	黑色
		219	0		
6	- 67.48 ~ - 70.97°C	220	200		白色
		228	200		
7	- 70.97 ~ - 74.46°C	229	100	overshooting tops enhancement	淺灰
		237	100		
8	- 74.46 ~ - 77.95°C	238	50		深灰
		248	50		
9	- 77.95 ~ - 79.7 °C	249	0		黑色
		255	0		

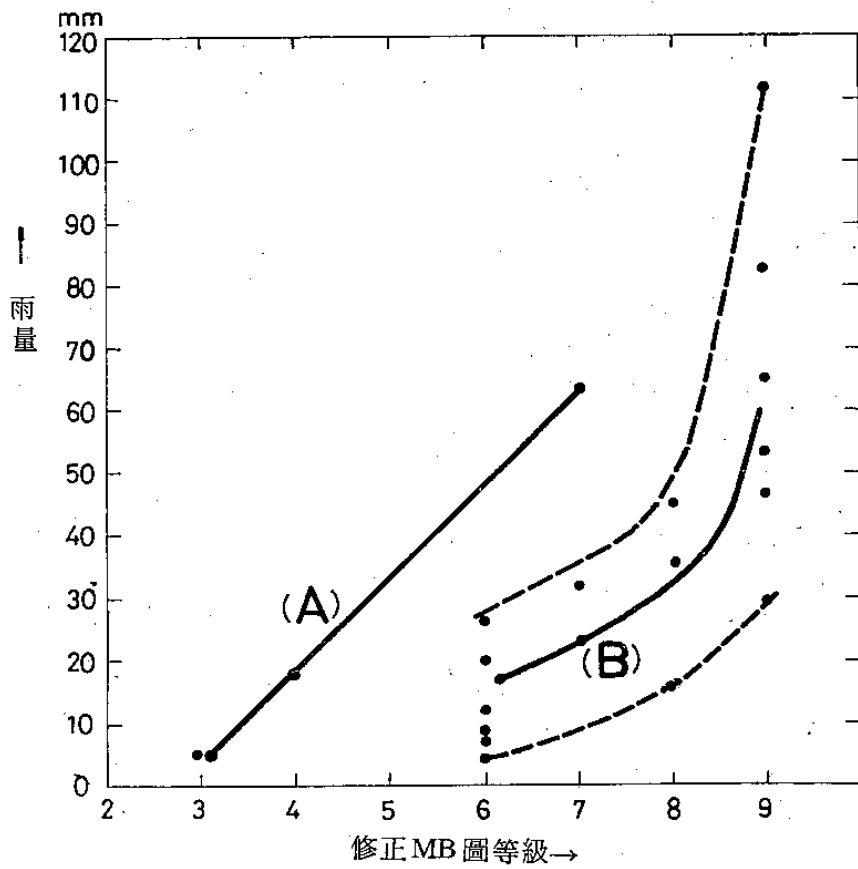
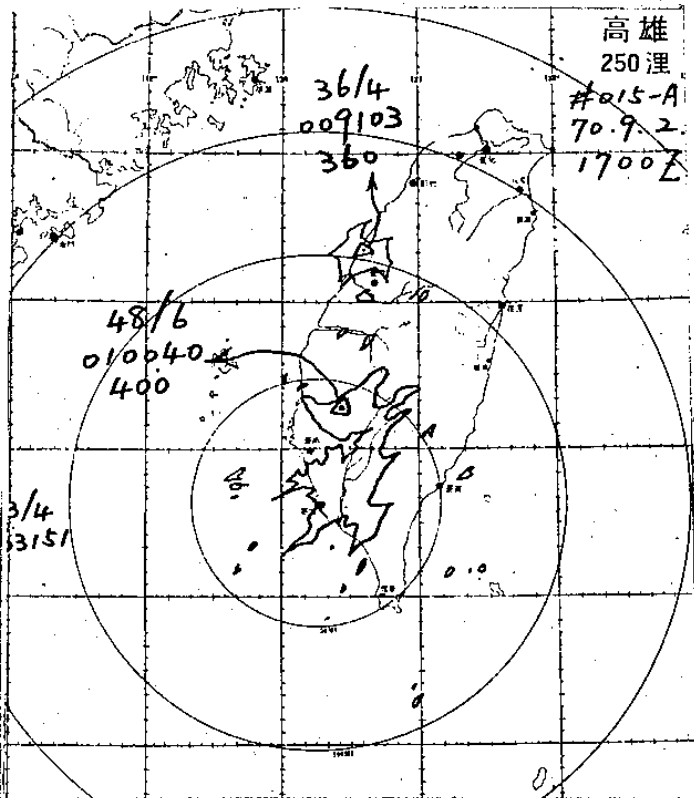
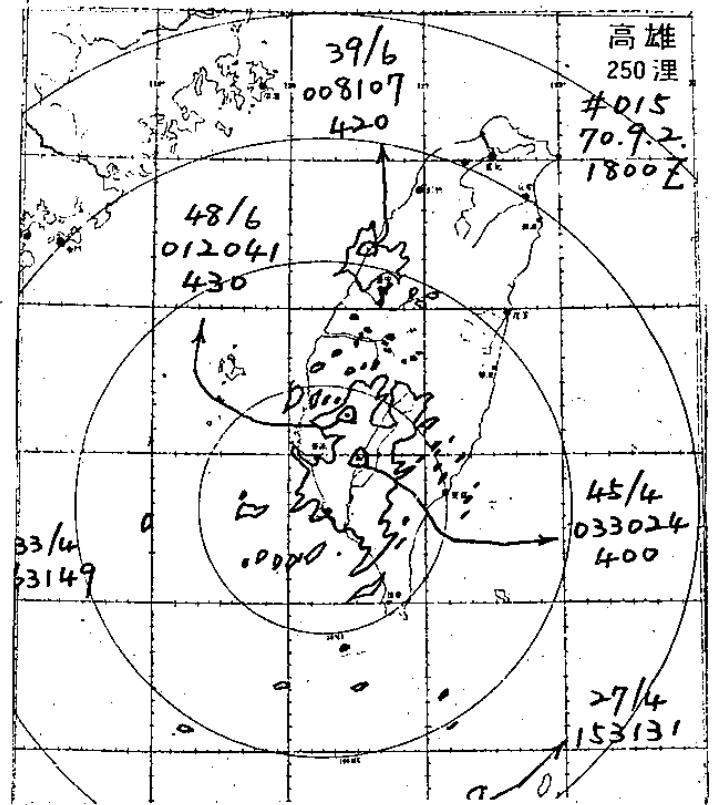


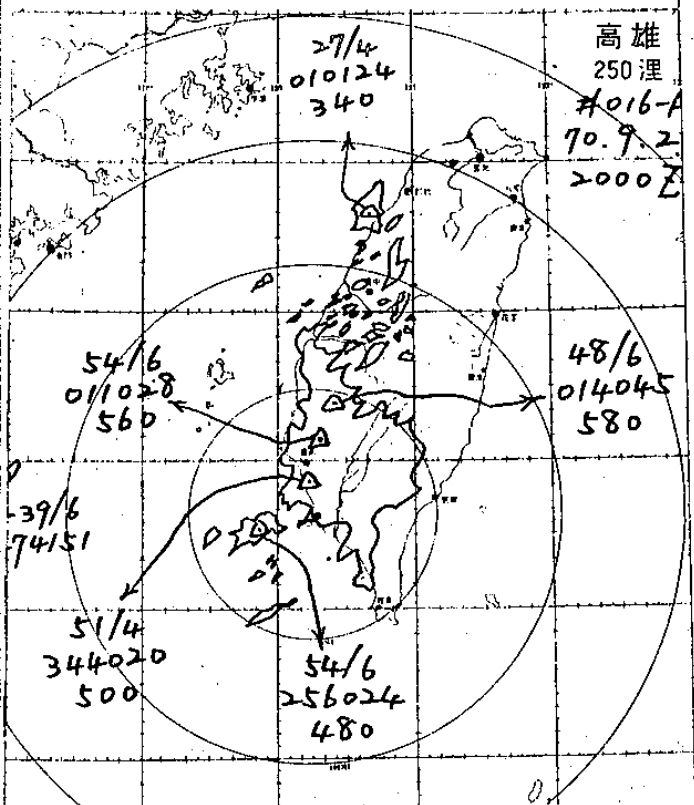
圖 24 1981 年 7 月 19 日 08 L 高雄暴雨時，修正 MB 曲線等級與雨量值關係圖。(見曲線 A) 以及同日台北 14 L，17 L，20 L 時，台灣北部暴雨修正 MB 曲線等級與雨量值關係圖(見曲線 B)



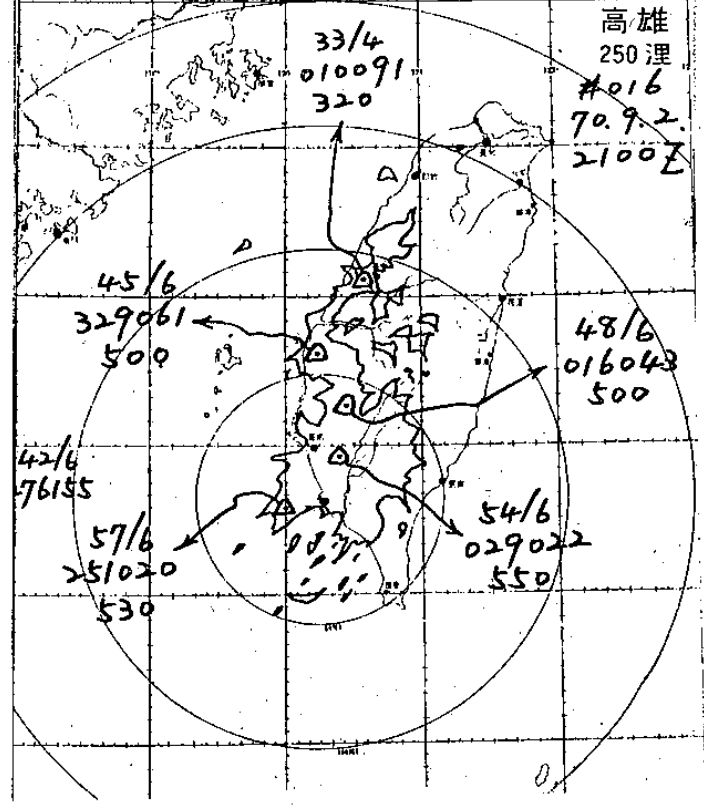
(a) 9月2日 17Z (01L)



(b) 2日 18Z (02L)



(c) 2月 20 Z (14L)



(d) 2日 21 Z (05L)

圖 25 1981年9月3日嘉義暴雨期間高雄雷達所攝PPI回

The Characteristics of Typhoon Precipitation in Taiwan

Shih-Ting Wang Yu-Kie Chao Hsiu-Jung Shen
Central Weather Bureau, R.O.C.

ABSTRACT

This study is divided into three parts. The first part deals with the hourly distribution of pressure, wind and rainfall in the selected stations for the purpose of finding out the various precipitation models based on 39 typhoon cases. Among them, notable are the unbalanced rainfall compared with typhoon intensity, the redistribution of rainfall caused by orography and the heavy rainfall caused by typhoons in the neighboring seas of Taiwan. The second part is a preliminary study of orographic effect on typhoon rainfall in Taiwan. We discuss the large and local scale orographic effects, the influence of flow moving along or over the mountain, the rainfall in wake of mountain, etc. The third part deals with the influence of the strong convective cells on precipitation in the typhoon over Taiwan. Three cases of local heavy rain connected with typhoons are discussed. The modified MB enhanced IR satellite pictures, radar pictures and conventional data are used for the study. Some qualitative and quantitative methods for the estimate of rainfall amount are also worked out.