

交通部中央氣象局 CWB-87-2M-03

侵台颱風伴隨降水特性分析（二）

研究人員：張奕郎
翁進登
蔡德攸
許惠娟
李啓宏
羅思懿

中華民國八十七年六月

摘 要

本報告延續李(1997)之研究,分析道格(1994、Doug)、亞力士(1987、Alex)、楊希(1990、Yancy)及亞伯(1990、Abe)颱風伴隨之雨帶特徵及其降水形態,獲致結果如下:一般而言,在強回波帶接近且尚未通過測站前,該測站氣壓值會下降、溫度會上升且相對濕度(RH)呈下降趨勢。在雨帶之回波帶前緣到達時,氣壓值開始上升、溫度下降且相對濕度(RH)上升。當測站位於回波帶中時,氣壓值升至最大之後開始遞減,亦即當雨帶前緣到達測站時,氣壓為相對最低值;測站位於雨帶中時,氣壓達相對最大值,此時也是降雨量較大的時刻,之後氣壓則逐漸遞減。此結果和 Anthes(1982)中所提者略有不同。本研究同時顯示,雨帶影響前、中、後各二十分鐘累積雨量,其降雨量比值約為 0.28 : 1 : 0.08。

分析颱風伴隨雨帶結構與變化特徵結果顯示,當雨帶由台灣東部海面移至陸地時,對流胞隨著高度增加向颱風中心傾斜,但雨帶位於海面上或是由陸地移向海面時,其胞狀結構回波向上垂直發展,推測此乃因雨帶接觸地面後輻合增加、降雨增強,使雨帶前緣近地面的回波增強所致。在莎拉颱風個案中顯示,雨帶中之對流胞在上風處形成後,回波強度逐漸增加並往雨帶下風處外側移動,10 分鐘後另一對流胞在其下風處外側形成。之後,先形成之對流胞逐漸衰減,後形成之對流胞強度慢慢增強,並在下風處形成另一新對流胞,此種對流胞勢力消長的情形,會逐漸往雨帶下風處進行,終至消散;此種對流胞消長情形,為導致雨帶運動之一個重要機制。

目錄

一、前言	1
二、平均總降雨量及各類型路徑颱風降水分佈特性	3
(一)A 類路徑颱風	3
(二)B 類路徑颱風	3
(三)C 類路徑颱風	4
(四)D 類路徑颱風	4
(五)E 類路徑颱風	4
(六)F 類路徑颱風	4
(七)G 類路徑颱風	4
(八)H 類路徑颱風	4
三、侵台颱風降水之高度分佈	5
3.1 個案一、楊希颱風	5
3.2 個案二、亞伯颱風	6
3.3 個案三、道格颱風	6
3.4 個案四、亞力士颱風	7
3.5 小結	7
四、颱風伴隨之雨帶分析	9
4.1 雨帶中對流胞回波垂直結構分析	9
4.2 沙拉颱風雨帶中對流胞的形成、發展與運動	10
4.3 對流胞形成形式與高度	11
1. 雨帶是位於海面上	11
2. 雨帶是由陸地上往海面上移動	11
3. 小結	11
4.4 雨帶特徵分析	12
4.4-1 道格颱風個案(1994、Doug)	12
1. 雨帶之溫、溼度及氣壓場特徵	12
2. 雨帶的降雨量分析	13
4.4-2 亞力士颱風個案(1987、Alex)	14
1. 雨帶之溫、溼度及氣壓場特徵	14
2. 雨帶的降雨量分析	14
4.4-3 其他個案	14
1. 楊希颱風(1990、Yancy)	14
2. 亞伯颱風(1990、Abe)	14
五、總結	14
六、參考文獻	21

圖表目錄

表一	1989~1996 年侵台颱風分類統計表。	23
表二	颱風雨帶通過前後板橋探空資料分析彙整表。	24
圖 1	1989~1996 年侵台颱風各類型平均路徑圖。	25
圖 2	1989~1996 年侵台颱風平均總雨量分佈圖。	26
圖 3	1989~1996 年 A 類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。	27
圖 4	1989~1996 年 B 類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。	27
圖 5	1989~1996 年 C 類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。	28
圖 6	1989~1996 年 D 類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。	28
圖 7	1989~1996 年 E 類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。	29
圖 8	1989~1996 年 F 類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。	29
圖 9	1989~1996 年 G 類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。	30
圖 10	1989~1996 年 H 類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。	30
圖 11	1989~1996 年侵台颱風平均總雨量雨高度關係圖。	31
圖 12	1990 年楊希颱風 08/19 0000L~08/19 1200L 12 小時累積雨量與高度分佈圖。	31
圖 13	1990 年亞伯颱風 08/30 0000L~08/30 1200L 12 小時累積雨量與高度分佈圖。	32
圖 14	1990 年楊希颱風 08/19 0000L~08/19 1200L 12 小時累積雨量（去除顛值後）與高度分佈圖。	32
圖 15	1990 年亞伯颱風 08/30 0000L~08/30 1200L 12 小時累積雨量（去除顛值後）與高度分佈圖。	33
圖 16	1994 年道格颱風 08/07 1200L~08/08 0000L 12 小時累積雨量與高度分佈圖。	33

圖 17 1994 年道格颱風 08/07 1200L~08/08 0000L 12 小時累積雨量與高度分佈圖 (去除三站問題資料)。-----	34
圖 18 1987 年亞力士颱風 07/26 1200L~07/27 0000L 12 小時累積雨量高度分佈圖。-----	34
圖 19 雨帶中對流胞垂直結構圖。(摘自 Barnes, 1982)-----	35
圖 20 1994 年 8 月 7 日 1501LST 都卜勒模式道格颱風雨帶垂直結構圖。-----	36
圖 21 1994 年 8 月 7 日 1521LST 都卜勒模式道格颱風雨帶垂直結構圖。-----	37
圖 22 1987 年 7 月 26 日 2115LST 非都卜勒模式亞力士颱風雨帶垂直結構圖。-----	38
圖 23 1987 年 7 月 26 日 2145LST 非都卜勒模式亞力士颱風雨帶垂直結構圖。-----	39
圖 24 螺旋狀雨帶示意圖。(摘自 Anthes, 1982) -----	40
圖 25 1987 年莎拉颱風 2240L~2330L 雨帶中對流胞消長情形圖。--	41
圖 26 1987 年莎拉颱風 1040L~1130L 雨帶中對流胞消長情形圖。--	42
圖 27 莎拉颱風 1040L~1110L 雨帶中對流胞形成形式及高度圖。--	43
圖 28 莎拉颱風 2240L~2330L 雨帶中對流胞形成形式及高度圖。--	44
圖 29 1994 年道格颱風雨帶一雷達回波圖。-----	45
圖 30 1994 年 8 月 7 日道格颱風宜蘭測站自記紙資料。-----	46
圖 31 1994 年道格颱風雨帶二雷達回波圖。-----	47
圖 32 1994 年 8 月 7 日道格颱風基隆測站自記紙資料。-----	48
圖 33 道格颱風雨帶自動雨量站降雨記錄。-----	49
圖 34 1987 年亞力士颱風雨帶雷達回波圖。-----	50
圖 35 1987 年 7 月 26 日亞力士颱風宜蘭測站自記紙資料。-----	51

圖 36 1987 年 7 月 26 日亞力士颱風基隆測站自記紙資料。	-----52
圖 37 亞力士颱風雨帶傳統測站降雨記錄。	-----53
圖 38 1990 年楊希颱風雨帶雷達回波圖。	-----54
圖 39 1990 年 8 月 18~19 日楊希颱風(a)基隆測站(b)宜蘭測站自 記紙資料。	-----55
圖 40 楊希颱風雨帶自動雨量站降雨記錄。	-----56
圖 41 1990 年亞伯颱風雨帶一雷達回波圖。	-----57
圖 42 1990 年 8 月 29~30 日亞伯颱風基隆測站自記紙資料。	-----58
圖 43 雨帶中對流胞消長示意圖。	-----59
圖 44 雨帶結構特徵概念圖。	-----60
圖 45 氣壓與垂直速度和雨帶關係示意圖。(摘自 Anthes, 1982)---	61

一、前言

颱風是台灣地區最重要的災變天氣系統，平均每年因颱風侵襲造成的損失約 130 億元新台幣，約占全部氣象災損全額得四分之三。颱風導致的災害，主要源自其所伴隨的持續性豪雨，例如 1996 年賀伯颱風侵台期間，阿里山區的最大累積雨量達 1,994mm，而連續 24 小時累積雨量最大亦達 1,748mm，如此強且持續的降水，造成阿里山區有史以來最大的天然浩劫，其影響至今仍存在。然而，從另一方面而言，颱風所帶來的降雨亦為台灣地區最重要的水資源之一。因此，若能深入瞭解颱風降水特徵，並進而提昇颱風伴隨降水的短期（3 天內）和季節性預報能力，對國計民生應有相當大幫助。

颱風最明顯的結構特徵為颱風眼、眼牆及螺旋狀雨帶(Spiral rain band)。眼牆和雨帶具有明顯的對流特徵，且伴隨較強的風和雨。然而，台灣地形複雜且中央山脈高聳，侵台颱風結構受地形之影響甚巨，常使颱風眼和眼牆變為不明顯(許，1991；汪，1990)，雨帶亦常受地形影響，而有所變化(李和蔡，1995)。就另一角度而言，由於颱風期間的大氣結構，在中低層常具對流不穩定(尤其是難來氣流區)，而颱風伴隨之氣旋式環流一般頗為強勁，且台灣地形坡度頗大，因此地形對暖濕氣流之舉升常是造成台灣地區局部豪大雨之主因。陳等(1993)指出，颱風影響台灣期間，各地降水分佈主要受下列四個因素影響：1.颱風結構—包括環流大小、眼牆和螺旋狀雲系特徵；2.颱風移速；3.環境氣流之特徵以及 4.台灣地形。李(1997)初步分析侵台颱風之降水分佈特徵，證實只要颱風行進路徑穩定或預報路徑準確，台灣地區在颱風侵襲期間的降雨分佈型態即可大略知道。

除地形舉升等導致的降水分佈特徵(可能的局部豪大雨)外，颱風伴隨之螺旋狀雨帶亦常伴隨顯著降水。有關颱風雨帶的結構與演變特徵，在國外學者過去三十年之努力，已頗有瞭解；不過，大都偏重在利用機載雷達觀測分析廣闊洋面上的颱風雨帶。當雨帶接近陸地，受地形影響之研究則較缺乏。此外，因飛機觀測所費不貲且飛機滯空時間常受限制，故無法作較長時間之連續觀測，(需從事數次飛行方可得到一回波合成圖)，增加研究的困難度。雨帶除伴隨顯著降水外，在颱風發展與強度變化上亦扮演重要角色，Shapiro and Willoughby(1982)的研究結果顯示，眼牆外的雨帶會阻止雲下層的空氣到達眼牆，使原有眼牆消散，眼牆的特性因雨帶而改變，這將使得颱風的大小與強度有所變化。

Willoughby 認為大部分的颱風皆具有一滯留雨帶組合，稱之為 SBC (Stationary Band Complex)，其雷達觀測回波具有下列三個特徵：1. 主要雨帶 (Principal band)：其回波較強，通常位於颱風前進方向的右邊，雨帶平行於流線，且雨帶中具有較活躍的對流。2. 連結雨帶 (Connecting band)：連結眼牆回波與主要雨帶的內部，雨帶穿越流線，其回波值較弱，包含層狀降水或弱對流。3. 次要雨帶 (Secondary band)：其位置介於眼牆和主要雨帶之間，雨帶平行於主要雨帶，通常為包含微弱對流的回波形態。李和蔡(1995)曾分析台灣附近之颱風雨帶，並依雨帶形成過程、結構及運動特徵之不同，將雨帶歸納為颱風外圍雨帶、地形雨帶、颱風登陸期間的主要雨帶、伴隨於西南氣流的雨帶、自眼牆的對流結構分離出的雨帶及海上對流組織而成的雨帶等六類，並探討地形對雨帶可能造成之影響。他們的研究結果同時顯示，由於台灣的地形複雜，颱風侵襲時其所伴隨之雨帶易受地形影響，而有增強或減弱的效應，雨帶的特徵因而有別於國外學者所提。

本研究利用民用航空局中正機場都卜勒的雷達資料，分析影響台灣北部之颱風雨帶，瞭解其中對流胞發展與運動的特徵。此外，並利用基隆與宜蘭測站的氣壓、溫度與相對濕度之連續自記紙等資料，分析颱風伴隨雨帶經過前後的地面氣象要素變化特徵，希望能增加對颱風雨之瞭解與其受地形影響後的變化特徵。

二、平均總降雨量及各類型路徑颱風降水分佈特性

本研究分析了 1989~1996 年之 27 個侵台颱風，使用的資料包括有：

1. 颱風路徑資料：關島最佳路徑資料與中央氣象局預報路徑資料。
2. 地面測站資料：本島 21 個傳統地面氣象站。
3. 探空資料：板橋探空站。
4. 雨量站資料：313 個雨量站，參閱李（1997）。
5. CAA 雷達資料：資料處理過程參閱李和蔡（1995）。

分析時，首先根據颱風侵台時之緯度和移向，將路徑分成 8 類（如表一和圖 1 所示），其中由東部海面侵襲台灣之颱風（A、B、C、D 及 E 類）共有 21 個，佔總侵台颱風之 77.7%，由南海北上侵襲台灣之颱風（F、G 及 H 類）共有 6 個，佔總侵台颱風之 22.3%。在此研究期間，侵台颱風在各地之平均總雨量分佈（如圖 2）。圖中顯示最大降雨量區集中於蘇澳至台東成功一帶，即花蓮縣立霧溪、美崙溪和花蓮溪上游，降雨量最大值約可達 900mm 以上。中央山脈對氣流產生阻擋作用而致轉向（氣流越山或繞山），並形成迎風面的局部渦漩或氣流輻合以致產生大雨中心。而西部平均總降雨量之分佈，則以中央山脈為軸線，向西逐漸遞減，全省平均總降雨量約 125.6mm。此降雨特徵與曲等（1983），蔡和王（1991）之研究結果相似。

有關各類型颱風路徑之平均總雨量受地形影響所造成之降水分佈簡要描述如下（詳細資料參見李，1997）：

（一）A 類路徑颱風

此類颱風降雨特徵：1. 主要降水發生在北部及東部山區；2. 降雨區內降雨趨勢較緩和均勻。其較大降雨中心位於北部山區及花東縱谷一帶，最大值在 500mm 以上（如圖 3）。

（二）B 類路徑颱風

此類颱風降雨特徵：1. 降水範圍較廣，涵蓋全省各地；2. 雨勢較大。平均總雨量在 500mm 以上之降雨區，集中在台東卑南溪及高屏溪上游（亦即在南部橫貫公路一帶山區），石門水庫山區、蘇澳溪上游、台灣北海岸三芝鄉、石門鄉等地區（如圖 4）。

(三)C 類路徑颱風

此類颱風降雨特徵：1.影響陸地時間較長；2.受地形及輻合影響易引發豪大雨。平均總雨量在 500mm 以上之降雨區分佈在宜蘭、蘇澳太平山山區（即南澳溪上游），中部橫貫公路山區（即大安溪、大甲溪上游山區），台北盆地亦有 300mm 以上之降雨量（如圖 5）。

(四)D 類路徑颱風

此類颱風降雨特徵：1.降水集中在東部；2. 台灣西部沿海、平原地區降雨量相對較少。主要降水區（500 mm 以上），集中在台灣東部花東縱谷一帶及台東大武山區，北部、中部地區降雨較少，皆在 100mm 以下（如圖 6）。

(五)E 類路徑颱風

此類颱風降雨特徵：1.雨量不多；2.雨勢不大；3.雨量分佈由東部海岸向山區遞減。主要降雨區沿著東部海岸成帶狀分佈，但平均總雨量在 500mm 以下，雨量由海岸向山區遞減（如圖 7）。

(六)F 類路徑颱風

此類颱風降雨特徵：1.雨量不多、2.雨勢不大、3.主要雨量分佈在台灣東部沿海地區及高屏沿海地區。主要降雨區集中在花蓮秀林鄉、台東卑南溪、及大武溪上游山區；但降雨量均在 300mm 以下（如圖 8）。

(七)G 類路徑颱風

此類颱風降雨特徵：1.總降雨量不多、2.雨勢不大、3.主要雨量分佈在台灣東部沿海地區及嘉南平原地區。主要降雨區集中在東部沿海一帶及嘉南平原；東部山區反而較沿海地區少。北部、中部及高屏地區總雨量均在 100mm 以下（如圖 9）。

(八)H 類路徑颱風

此類颱風降雨特徵：1.雨量不多、2.雨勢不大、3.雨量分佈由東部海岸向山區遞減。主要降雨區沿著東部海岸成帶狀分佈，雨量由海岸向山區遞減，較大雨量分佈在恆春半島及台東大武一帶降雨量約 200mm（如圖 10）。

三、颱風侵台期間不同高度之降水特徵

魏等(1972)統計侵台颱風在 850-950 公尺有一雨量最大集中區，王等(1983)之分析則顯示，台灣地區上空 850-700mb(約 1500 公尺-3000 公尺)及 700-550mb (3000 公尺-5000 公尺)為颱風期間水氣飽和層所在。本研究就統計觀點，分析平均總雨量與測站高度之關係圖(如圖 11)。結果顯示，平均總雨量由地面向上遞減至高度 50~60m 後便逐漸增加。平均總雨量最大值高度位於 450-500 公尺(降雨量約 180mm)，在此高度以上雨量隨高度的變化，不似底層來的大。

由於颱風雨帶常伴隨顯著降水但導致颱風降水之另一因素為地形舉升，故分析個案中不同高度測站之降水分佈為一值得分析的題材。在本研究中曾蒐集六個颱風個案之雷達資料，分析雨帶之位置。由於莎拉(1989、Sarah)颱風雨帶形成於台灣西北部陸地，然後再移到海面上，因此無法找到一清晰易辨自台灣東方海面移入之帶狀回波；而在歐菲莉(1990、Ofelia)颱風個案中，有一大片回波常駐於台灣北部，所以無法明確分辨何者才是由外移入之雨帶回波，故這兩個個案均無法利用地面測站的雨量資料，來分析雨帶通過前、後降雨量之差別。因此，在颱風雨帶降雨特徵分析方面，僅針對 1990 楊希、亞伯、1994 道格及 1987 亞力士四個颱風個案。分析時，同時利用中央氣象局板橋探空站資料(12 小時觀測一次)，繪製斜溫圖並計算舉升凝結高度(L.C.L)、對流凝結高度(C.C.L)、自由對流高度(L.F.C)、K 指數(K-Index)、舉升指數(Lifted Index)及對流可應用位能(CAPE)等(如表二)，希望能從中瞭解雨帶通過前、後之大氣垂直分佈變化特徵。茲將分析結果說明如下：

3.1 個案一、楊希颱風

楊希颱風侵台時間為 1990 年 8 月 18 日 0200L~8 月 20 日 0200L，在此期間有一颱風外圍雨帶於 8/19 0100L~8/19 0300L 間通過台灣北部，利用板橋探空資料繪製斜溫圖、分析各雨量站的 12 小時累積雨量與高度之關係(如圖 12)。由 12 小時累積雨量顯示，雨量最大測站為新竹縣尖石鄉梅花氣象站(測站站碼：C0D36)，其海拔高度為 523 公尺，測站經緯度 121° 12' 35E、24° 40' 25N，隸屬中央氣象局之雨量站。12 小時累積雨量為 235.5mm，雨量次大測站為桃園縣復興鄉華陵村巴陵雨量站(測站站碼：21C07)，海拔高度為 1220 公尺，測站經緯度為 121° 23' E、24° 41' N，隸屬台灣省石門水庫管理局，12 小時累積雨量為 211mm。

3.2 個案二、亞伯颱風

亞伯颱風侵台期間為 1990 年 8 月 29 日 1400L~8 月 31 日 0200L，在此期間有一雨帶於 8/30 0500L~8/30 0830L 間通過台灣，由各雨量站 12 小時累積雨量與高度關係圖（如圖 13）顯示，雨量最大測站亦為梅花氣象站，12 小時累積雨量為 263mm，雨量次大測站亦為巴陵雨量站，12 小時累積雨量為 205mm。

分析上述兩個颱風（亞伯、楊希）雨帶中之降水與測站高度之關係，結果顯示降雨量最大高度是在 523 公尺。我們也發現 C0D36 及 21C07 兩個測站均為最大及次大降水高度。若將 21C07 與 C0D36 兩測站雨量值不予以考慮，考慮整體狀況，先將較大值測站先忽略不看，再分析雨量與高度之關係，結果顯示，較大降水高度測站集中於 350~600 公尺間（如圖 14、15）。

3.3 個案三、道格颱風

道格颱風侵台時間為 1994 年 8 月 6 日 1400L~8 月 8 日 2000L，在此期間有兩次颱風雨帶於 8/07 1400L~8/07 1700L 間通過台灣。在各測站 12 小時累積雨量與高度關係圖中（如圖 16）顯示，雨量最大測站為台灣省水利局竹子湖雨量站（測站站碼：01A42），測站海拔 605m，測站位置 $121^{\circ} 32'E$ 、 $25^{\circ} 10'N$ ，12 小時累積雨量為 238mm。雨量次大測站為中央氣象局竹子湖測站（測站站碼：46693），測站高度 607.6m，測站經緯度 $121^{\circ} 32' 10E$ 、 $25^{\circ} 09' 53N$ ，12 小時累積雨量為 142.8mm。

在此發現一有趣的現象，那就是上述兩測站的距離約 1.5km、高度相當，但兩測站 12 小時累積雨量差達到 95.2mm，會有如此大的降雨量差距，這說明測站位置與地形之差異對雨量之觀測，在雨量觀測上可能有相當大之不同。另外炮子林測站（測站編碼：C1F98），位於台中縣太平鄉，測站經緯度 $120^{\circ} 48' 05E$ 、 $24^{\circ} 05' 25N$ ，其高度為 600m，但其 12 小時累積雨量卻僅有 13mm，經查此段時間紀錄中時常出現 -9996 的代碼，此代碼的意義為雨量資料傳送過程中，因電訊問題造成部份資料遺漏，本測站於 84 年 11 月被撤除。

若將上述三個雨量值差異大的測站不予以考慮，繪製成圖 17 其結果顯示，最大降水高度是位於 500 公尺的台灣省水利局福山雨量站，

之高度分佈在 600m 以上之特徵，與上述兩個個案差異頗大，此乃自動雨量站逐年增設，雨量觀測資料在空間分佈上較為完整，因此在 600m 以上的測站降水分佈特徵，與前兩個個案有所不同。

3.4 個案四、亞力士颱風

亞力士颱風侵台時間為 1987 年 7 月 25 日 0000L~7 月 27 日 0000L，此時中央氣象局大部分的自動雨量站均尚未建立，或是已經建立但資料仍在評估中，因此中央氣象局並未將此年分之自動雨量站降水資料收錄在局中，所以僅能利用 26 個傳統測站之降水資料來製圖分析。在各測站 12 小時(7/26 12L~7/27 00L)累積雨量與高度分析圖上（如圖 18）顯示，最大降水高度是位於 2415m 的阿里山測站，和上述三個個案最大降水高度位於 500 公尺左右不同，這和測站高度分佈不均勻有關。經統計此 26 個傳統測站其中 20 個測站海拔高度小於 100m，1 個測站海拔高度 324m，5 個測站海拔高度大於 603m，因為大部分測站高度小於 100m，且 100 至 603m 之間沒有測站，故降雨資料解析度不夠，無法觀測到類似上述三個案最大降雨高度分佈於海拔高度 500 公尺左右之山區。

3.5 小結

1. 在四個颱風個案探空資料分析中，均計算雨帶通過前、後自由對流高度(LFC)，其結果顯示（如表二）在雨帶尚未通過前自由對流高度均比雨帶通過後為高，且自由對流高度與上述之最大降水高度頗為接近，即雨帶通過時最大降水高度位於 500~600 公尺間。
2. 由 850mb 風場分析顯示，當風向出現南風分量時（道格、亞力士颱風），其自由對流高度較風場未出現南風分量個案（楊希、亞伯颱風）為低。
3. 統計四個颱風伴隨雨帶通過前後的探空資料結果顯示，地面風速大約為 10 浬，而高度到達 900mb 以上開始風速增強，風速約為 50 浬。從高度 900mb 至 700mb 是屬於風速較強的範圍，最大風速高度是位於 700mb 左右，向上及向下風速均變小，尤其以高度降低風速隨之遞減的程度最大。

由上述個案 12 小時累積雨量與測站高度分析，顯示 12 小時累積雨量值，是由地面向上逐漸增加，至高度 500~600 公尺左右達最

大值，之後雨量隨高度增加而遞減。亦即颱風侵台期間最大降雨高度位於海拔高度 500~600m 左右的迎風面山坡上。此分析結果與前人之研究略有差異，乃是因為以前之研究所用雨量資料在高度分佈上的不連續性，在 100~600 公尺間沒有雨量測站之資料，以致於無法顯示出 500~600 公尺高度有一降水最大值。

四、颱風伴隨之雨帶分析

雨帶線上無一明確之定義。尤其是當雨帶中含有層狀性降水與不規則的對流胞時，更增加定義雨帶的困難度。Barnes *et al.*(1983)利用飛機上都卜勒雷達分析廣闊洋面上 Floyd (1981) 颱風伴隨的雨帶，將回波強度大於 25dBZ 的區域定義為雨帶，其所持之理由為，利用雨帶的回波臨界值 (25dBZ)，可以排除 (忽略) 部份少量的層狀性降水，而保留適度的層狀降水在雨帶中。但在本研究中，由於雨帶受到地形增強或減弱的影響，使雨帶回波強度變化較大，上述國外學者對於颱風伴隨雨帶的定義，在本研究中並不完全適用。李和蔡(1995)曾對台灣地區之颱風雨帶給予定義：雨帶回波強度不要求必須達 25dBZ 以上，而是以能明顯分析出成帶狀之雨帶為主。依此較方便於分析雨帶通過前、後及影響中颱風雨帶降雨特徵。

本研究利用 CAA 雷達回波、基隆及宜蘭的自記紙資料(包括氣壓、溫度與相對濕度)，針對亞力士(1987、ALEX)、楊希(1990、YANCY)、亞伯(1990、ABE)、歐菲利(1990、OFELIA)、莎拉(1989、SARAH)及道格(1994、DOUG)等六個颱風個案，分析雨帶及雨帶中對流胞之特徵，分析結果如下：

4.1 雨帶中對流胞回波垂直結構分析

Barnes(1982)分析 Floyd 颱風雨帶回波垂直結構指出，雨帶中胞狀回波結構是隨著高度向颱風中心外側傾斜，在胞狀回波結構的兩側具有層狀回波特徵的亮帶(bright band)存在 (如圖 19)。在研究個案中顯示，當雨帶由東部海面移入到陸地時，雨帶中的胞狀回波結構，是隨著高度向颱風中心傾斜，這是因為雨帶移入陸地時，地面輻合增加，使雨帶前緣近地層降雨增加、回波增強，因此由雷達回波上顯示出，雨帶中胞狀回波是由地面隨高度向颱風中心傾斜(如圖 20~23 中 Cross section 1、2 中箭頭所指處，對流胞在近地面 A 點向上朝 B 點傾斜)，但當雨帶由陸地移往台灣西部海面或是雨帶位於海面上時，雨帶中對流胞卻沒有顯著的向颱風中心傾斜的現象，對流胞隨高度發展呈現垂直狀態。且在研究個個案中，並沒有顯示在雨帶兩側有層狀回波亮帶存在。

在本研究中顯示，雨帶中的對流胞垂直結構與前人研究略有不同，乃因研究中所選取的雨帶個案均距離颱風中心較遠，平均距離颱

風中心約有 200km 以上，而在 Barnes(1982)的研究中顯示，雨帶位置距離颱風中心較近，在此範圍底層氣旋式環流向颱風中心輻合，高層反氣旋式環流向颱風中心外輻散，因此對流胞會由地面向上朝颱風中心外傾斜。但在本研究中，雨帶距離颱風中心較遠，氣流向颱風中心內或外的徑向速度慢，因此對流胞並無傾斜的現象。

4.2 莎拉颱風雨帶中對流胞的形成、發展與運動

Atlas *et al.*(1963)指出當螺旋狀雨帶的上風處有新的對流胞形成時，雨帶可以呈現靜止的狀態。Anthes(1982)指出，在雨帶中對流胞的運動方式，是對流胞由雨帶的上風處內側，穿越雨帶向雨帶的下風處外側移動(如圖 24)。在莎拉颱風個案中，因為其路徑與其他五個個案較不相同，此颱風由台東登陸後北上至台灣北部後出海，使得其雷達回波與其他五個個案之形式大為不同，在此個案中大多數雨帶均形成於台灣西北部陸地後再往西向海面移動，且在此個案中的雨帶回波寬度較寬、移動速度慢近似滯留，因此最適合於分析雨帶中對流胞形成、發展、消散及運動情形。在其他五個個案中均無此有利條件，故此節將針對莎拉颱風個案中，雨帶內對流胞的形成、發展與運動作一詳盡分析。

在此個案中有一雨帶(圖 25 左上)於 112240L 自台灣西北部陸地，往西北方海面移動，對流胞 1(圖 25 左上所指之處)在雨帶上風處形成後逐漸增強，並沿著雨帶往下風處移動，在 112250L(圖 25 左中)時，對流胞 1 的下風處形成一個強的回波中心(新的對流胞)對流胞 2，此時對流胞 3 由陸地移到海面上，由此刻開始對流胞 2 逐漸增強、對流胞 1 逐漸減弱，112330L(圖 25 右下)時，在對流胞 3 之下風處亦形成一新的對流胞 4，這樣的對流胞消長情形，在 121040L~121110L 亦可見。

121040L~121130L 這段時間內，台灣西北部海面上有一滯留雨帶，雨帶中的對流胞 1(圖 26 左上箭頭所指處)，在雨帶的上風處形成後，對流胞的強度逐漸增加、範圍逐漸擴大，121050L 在其下風處亦形成另一強回波對流胞 2(圖 26 左中箭頭所指處)，此後第二個對流胞(後生成者)逐漸增強，第一個對流胞(先生成者)慢慢消散，這樣的對流胞勢力消長情形，會一直往雨帶的下風處進行，最後終至消散(121130L、圖 26 右下)。在此滯留的雨帶中顯示，新的對流胞生成於雨帶的上風處內側(靠近颱風中心)，後生成者是位於下風處外側(遠

離颱風中心)，且對流胞的移動也是同樣的情形，那就是在上風處內側形成，往下風處外側移動逐漸消散。

4.3 對流胞形成形式與高度

李和蔡（1995）之研究顯示，雨帶中之對流胞形成於雨帶的上風處，且對流胞形成後穿越雨帶往下風處移動。而在此颱風個案中顯示，當雨帶所在位置不同，雨帶中對流胞形成的形式與高度亦為不同，在此分述如下：

1. 雨帶是位於海面上

在 121040L，沿著雨帶的垂直剖面圖（圖 27 上）上顯示，在約為 5 公尺的高度上，距離 A 點約 110 處，有一回波值大於 40dBZ 的強回波區存在（稱為對流胞 1），10 分鐘之後（1050L），對流胞 1 中心約往下風處（往 B）移動 10 公尺，且在其下風處距 A 145 及 165 公尺（對流胞 2）處，另有新的強回波區（回波值 40 大於 dBZ）形成，再過 10 分鐘後，對流胞 1 持續往下風處移動且逐漸減弱，而對流胞 2 的範圍逐漸擴大，到了 121110L（圖 27 下）對流胞 1 已經消散不見，而對流胞 2 也像對流胞 1 一樣往下風處移動，且強度亦是增強中。

2. 雨帶是由陸地上往海面上移動

在 112240L 時有一雨帶由陸地往海面上移動，沿著雨帶回波的垂直結構圖（圖 28）顯示，此雨帶上風處之胞狀對流結構明顯，對流胞由近地面向上垂直發展，不似雨帶在海面上強回波區是出現在某高度上，越往雨帶下風處其層狀回波特徵越明顯。10 分鐘之後（112250L）對流胞 1 中心往下風處移動約 10 公尺、強度增加（回波值大於 45dBZ），其下風處出現新的強回波區（對流胞 2），接著雨帶往海面上移動，對流胞 1 減弱、對流胞 2 增強。112320L 時雨帶已經完全脫離陸地，10 分鐘後（112330L）對流胞 4 便在對流胞 3 的下風處形成，但對流胞 4 出現的位置是在高度約 5 公尺左右，跟雨帶位於海面上強回波區出現的高度一致。

3. 小結

1. 雨帶之消散：颱風伴隨雨帶之消散情形，在本研究中幾個個案中

頗為一致。那就是，當雨帶中較強回波區的範圍隨著時間逐漸擴大後，便會破裂成數個對流區，這些對流區的強度慢慢減弱，到此階段雨帶便逐漸消散。

2. 雨帶中對流胞勢力消長情形，是對流胞在雨帶上風處內側形成並往下風處外側移動，且會在先形成的對流胞下風處外側形成另一新對流胞，然後先形成者逐漸衰退、後形成者逐漸增強，此種勢力消長的情形會繼續往雨帶下風處進行。

3. 接近陸地雨帶，強回波區由下向上垂直發展，但位於海面上雨帶，強回波區則形成於某高度(5km)上。

4.4 雨帶特徵分析

利用不同地面測站的自記紙資料，來分析某時間雨帶通過前、後及雨帶影響中，地面氣壓、溫度、溼度及降水等要素的差異，因此在這一小節中的研究中，颱風個案選擇具有易於辨識出帶狀回波之道格、亞力士、亞伯及楊希颱風為主。

4.4-1 道格颱風個案(1994、Doug)

利用都卜勒模式的雷達回波圖、基隆及宜蘭的自記紙資料和自動雨量站 L1A80、C1A65 的雨量資料，分析颱風伴隨雨帶特性。

1. 雨帶之溫、溼度及氣壓場特徵

當雨帶通過宜蘭測站時，(如圖 29)雨帶 1 的前緣在 1441L 時接近宜蘭，1501L 到達宜蘭測站，1521L 時雨帶通過宜蘭測站，雨帶最大回波值可達 40dBZ 以上。由氣壓自記資料(如圖 30 上)上顯示，在 1500L 左右有一氣壓變化，其值約從 1000.1mb 逐漸增加到達最高值 1001.3mb。在溫度自記紙(如圖 30 中)1500L 有一溫度急遽下降 3.6 度的現象，其值約從 28.8 到 25.2° C。在相對濕度自記紙(如圖 30 下)上顯示，1500L 後相對溼度呈現輕微上升的情形。

當雨帶通過基隆測站時，雨帶 1 在 1521L 時接近基隆測站，1541L 到達基隆測站，1601L 雨帶通過基隆測站，雨帶最大回波值可達 35dBZ 以上，但雨帶 1 此時的回波強度比通過宜蘭測站時有減弱的現象。雨帶 2(如圖 31)在 1621L 時接近基隆測站，1641L 到達基隆

測站，1653L 雨帶 2 通過基隆測站，最大回波值可達 40dBZ 以上，比雨帶 1 回波強一些。在氣壓自記紙（如圖 32 上）上顯示，在 1630L 左右雨帶 2 通過時，氣壓變化值比在 1530L 雨帶 1 通過基隆測站時的變化大。在溫度自記紙（如圖 32 中）上，溫度的變化則與氣壓變化的相位相反，且在接近 1530L 時的溫度變化量較大（約為 2℃），在 1630L 的變化值約為 1℃。在相對濕度自記紙（如圖 32 下）資料上，顯示當雨帶 2 通過基隆測站時的相對濕度變化量，比雨帶 1 通過基隆測站時的相對濕度變化量為大，但不論是雨帶 1 或是雨帶 2 通過，相對濕度的變化均很小僅有約 3%。

2. 雨帶的降雨量分析

在 1994 年蘭陽溪流域的自動雨量站(C1U**、C0U**)尚未有資料，故僅能以較為接近宜蘭之 L1A80（碧湖測站、位於台北縣坪林鄉，高度 386 公尺，測站經緯度為 121.73E、24.89N），來分析雨量通過前後之降雨形式。

從雷達回波圖（如圖 31）上顯示雨帶 2 於 1601L 接近碧湖測站，1621L 時到達測站，1641L 離開測站。估計雨帶的移動速度，而決定雨帶的影響時間，經過內插的分析，決定以 1610L~1630L 為雨帶的影響時間，再取雨帶通過前(1550L~1610L)、後(1630L~1650L)各 20 分鐘，來與雨帶影響中(1610L~1630L)之 20 分鐘做比對，其結果顯示雨帶影響前 20 分鐘累積雨量為 6mm，雨帶影響中 20 分鐘累積雨量為 15.5mm，雨帶離開後 20 分鐘累積雨量為 1.5mm，明顯可見當雨帶通過某地時，該地的降水有顯著增加的現象(雨量記錄見圖 33 上)。

再利用較接近基隆測站之 C1A65 自動雨量站資料(火燒寮測站、位於台北縣平溪鄉，高度 380 公尺，測站經緯度為 121.74E、25.00N)，來分析雨量通過前後之降雨形式。

在雷達回波圖（圖 29）上顯示，雨帶 1 於 1500L 接近火燒寮測站，1520L 時到達測站，1540L 離開測站。統計 20 分鐘累積雨量其結果顯示，雨帶影響前 20 分鐘(1450L~1510L)累積雨量為 5mm，雨帶影響中之 20 分鐘(1510L~1530L) 累積雨量為 8.5mm，雨帶離開後 20 分鐘(1530L~1550L)累積雨量為 1.5mm(雨量記錄如圖 33 中)。

從雷達回波圖上看到雨帶 2 在 1601L 接近火燒寮測站，1621L 時到達測站，1641L 離開測站。在 20 分鐘累積雨量圖上顯示，雨帶影響前 20 分鐘(1550L~1610L)累積雨量為 3mm，雨帶影響中之 20 分鐘(1610L~1630L)累積雨量為 19.5mm，雨帶離開後 20 分鐘(1630L~1650L)累積雨量為 2mm。(雨量記錄如圖 33 下)。

4.4-2 亞力士颱風個案 (1987、Alex)

在本個案中使用非都卜勒模式的雷達回波圖、基隆及宜蘭的自記紙和雨量資料，分析颱風伴隨雨帶溫度、氣壓場及降雨量特徵。

1. 雨帶之溫、溼度及氣壓場特徵

雨帶(如圖 34)在接近宜蘭前呈明顯的胞狀結構，此一雨帶的寬度窄、長度長、回波值弱，較大回波值(僅達 30~35dBZ 間)範圍小。雨帶於 2045L 接近宜蘭測站，2115L 到達宜蘭測站，在 2145L 離開宜蘭測站。當雨帶通過宜蘭測站時，在自記紙(如圖 35 下)上顯示，相對濕度有些微的變化外，其餘氣象因子(氣壓、溫度)均看不見有明顯的變化。

在圖 34 上顯示雨帶於 2145L 接近基隆，2200L 到達基隆，2215L 離開基隆測站，雨帶從登陸台灣開始到離開基隆測站，回波的胞狀結構有逐漸消失的現象，且 30~40dBZ 回波範圍也在這段時間內逐漸變大。

在自記紙(如圖 36 上)氣壓分析上顯示，在接近 2145L 有一氣壓變化的現象，約為 0.6~0.8mb(由 999.4 上升至 1000.2mb)。溫度的變化則由 30°C 下降為 29.3°C(如圖 36 中)。而在相對濕度則(如圖 36 下)自 2145L 開始急遽的上升，到 2200L 達到最大值，相對濕度其值增加約 12%。

2. 雨帶的降雨量分析

因為在此時尚未有自動雨量站的觀測資料，故以傳統氣象測站之時雨量代表之。

在此個案中雨帶於 2045L 時接近宜蘭測站，2115L 到達宜蘭測站，2145L 離開測站。所以在這段時間內雨帶所帶來的累積雨量，記錄

在 07262200L 上，其時雨量值為 203mm，比起記錄在 2100L 雨帶通過前的時雨量值 10mm，雨帶通過後（記錄在 2300L）的時雨量值 1mm 要大的多(雨量記錄如圖 37 上)。

在雷達回波圖(圖 34)上顯示，雨帶於 2145L 接近基隆測站，2200L 時到達基隆測站，2215L 離開測站，分析氣壓自記紙(圖 36 上)其結果顯示，氣壓在 2200L 達到最高點且持續至 2215L，表示雨帶主要的影響時間為 2200L~2215L，故此期間所得之較大累積雨量應記錄於 2300L 上，其時雨量值為 35mm。比起記錄在 2200L 雨帶通過前的時雨量值 4mm，雨帶通過後（記錄在 2400L）的時雨量值 0mm 要大的多(雨量記錄見圖 37 下)。

4.4-3 其他個案

前述兩個個案乃是其溫、溼度及氣壓變化，在自記紙上容易辨識者，而其他颱風個案則由於其溫、溼度及氣壓之變化，並無顯著呈現於自記紙上，故將之合併在此討論之。

1. 楊希颱風 (1990、Yancy)

根據李和蔡(1995)之研究，此雨帶乃屬颱風外圍雨帶(如圖 38)，對流垂直發展高度不一致，且呈明顯的胞狀結構，回波值大於 30dBZ 的範圍小，回波在雨帶接觸陸地後，胞狀結構逐漸減弱。

在此個案中，當雨帶接近測站時，顯示出氣壓(如圖 39)下降的情形，但是下降的幅度很小約 0.5~1mb，在雨帶通過測站後，不見氣壓有上升現象。在雨量分析上，雨帶通過 C1A65 測站前 20 分鐘的累積雨量為 1.5mm，雨帶影響中的 20 分鐘累積雨量為 10.5mm，通過後 20 分鐘的累積雨量為 0.5mm(見圖 41)。此雨帶雖然在氣壓的變化上並不明顯，當雨帶通過時仍有明顯之降雨產生。

2. 亞伯颱風 (1990、Abe)

雨帶一(如圖 41)在 0600L 接近基隆測站，0630L 到達測站。在基隆測站的自記紙(如圖 42)資料上顯示，溫度與溼度的變化較為顯著，而氣壓的變化微乎其微，且在雨帶通過後，其氣壓值亦沒有回升的現象，這是與測站原本就一直位於回波中有關。在強回波區尚未到達 C1A65 測站前 30 分鐘累積雨量僅有 1.5mm(圖未示)，當

雨帶在 0630L 時到達 C1A65 測站後降雨量急劇增加，30 分鐘的累積雨量 5.5mm。

雖然有些雨帶通過時，在自記紙資料的分析上，並無法得到很明顯有力的證據，即氣壓或是溫度的變化很小，但其氣壓與溫度還是可以看出有微小的變化，這可能與雨帶回波值的大小、周圍是否有其他回波影響有關。

五、總結

颱風所伴隨之降水，對台灣經濟發展、人民生命財產之安危，具有相當重要之影響。藉由瞭解颱風降水之特性，在颱風侵襲期間，配合國家整體防災計畫，提供最新、最佳之降水資訊以保障人民生命與財產之安全並有效利用水資源，是本研究之主要目標之一。為能更進一步瞭解颱風降水特性，因此在本研究中由大到小分析影響颱風降水的因素，首先瞭解颱風侵襲台灣期間所帶來的總雨量分佈情形，接著依照不同侵襲台灣路徑之颱風加以分類，以顯示不同路徑下颱風造成降水分佈特徵，此外在颱風和雨帶降水的高度分佈上亦是本研究關注的重點，然後再將注意力集中在颱風伴隨之雨帶上，詳細分析雨帶的氣壓、溫溼度特徵、雨帶降雨量、雨帶中對流胞垂直結構及對流胞的形成、發展、消散與運動情形，如此由巨觀到微觀的解析颱風，就是希望能獲取更多颱風降水資訊，以利颱風降水預報使用。

颱風侵襲台灣期間，各地降水分佈除了受颱風移速、環流大小、眼牆和螺旋狀雲系、台灣地形等因素影響外，颱風路徑亦扮演重要角色，因此在本研究中繼續分析各類型路徑颱風降水特性，將侵襲台灣之颱風路徑分為八類，分別繪製平均總雨量分佈圖及時雨量 Histogram 圖，以瞭解各類型路徑颱風的降水分佈與降水強度特徵，結果顯示，從東部海面進襲台灣之颱風（即 A、B、C、D、E 五類），在台灣北部山區、宜蘭、花蓮與台東山區及中南部山區造成明顯之降水（即在本省各河川上游山區），尤其海拔在 400-500 公尺高度之山坡地。這對山坡地之開發、水資源之運用有其重要參考價值。從南海北上侵台之颱風（即 F、G、H 類）在本省東部沿海地區及高屏地區有較大之雨量集中帶。在防災作為上值得注意。

在颱風最大降水高度的分析顯示，平均總雨量由地面隨高度增加，最大降雨量高度是位於 450~500 公尺間。統計雨帶通過時 12 小時累積雨量顯示，最大雨量高度位於 500~600 公尺，並利用探空資料計算雨帶通過前、後自由對流高度，統計後顯示雨帶通過前自由對流高度比雨帶通過後為高，且當雨帶通過時自由對流高度其高度值會有變化，和四個個案之 12 小時累積雨量最大高度頗為吻合。當 850mb 風場出現南風分量時，自由對流高度偏低，顯示由南方來的暖濕空氣，造成較不穩定的大氣狀態。降雨量次大高度（約位於 1200~1400 公尺）與最大風速高度（700mb 約 1300 公尺）相近，在此高度風速大、舉升力

強可能造成較大雨勢（當然還需要考慮風向與當地地形走向的夾角）。

在衛星雲圖上颱風最明顯的特徵除了颱風眼、眼牆外就屬其伴隨之雨帶，李和蔡(1995)依雨帶形成結構和運動特徵之不同，將雨帶分為六類，並探討地形對雨帶可能造成之影響及各類雨帶主要特性。在此針對雨帶中對流胞垂直結構進行分析，以補足上述研究之不足，分析結果顯示，當雨帶由海面上移到陸地時，因為地面摩擦力變大、輻合增加，使的雨帶前緣近地面的降水變強、雷達回波值升高，可能令研究者在觀察對流胞垂直結構時產生錯覺，誤認為雨帶隨著高度向颱風中心傾斜，但再詳細分析由陸地移到海面或位於海面上雨帶中對流胞，顯示對流胞是垂直向上發展並無明顯傾斜現象，此結果與Barnes(1982)分析 Floyd 颱風雨帶回波結構並不一致，此乃兩者雨帶距離颱風中心的遠近不同所致，接近颱風中心雨帶中對流胞垂直結構是往颱風中心外傾斜，距颱風中心較遠之雨帶其對流胞並無顯著傾斜的現象。

本研究六個個案中，莎拉颱風是較為特殊的一個，因為其不同於其他颱風的路徑，造成此個案中雨帶形成位置、移動方式的特殊性，使得在 CAA 雷達回波分析上佔有相當的優勢。在此個案中雨帶通常形成於台灣西北部陸地，之後再往西方的海面上移動，此雨帶的寬度較寬、移動速度較慢（近似滯留）及不受地形的破壞（雨帶位於海面上），因此在此個案中能夠清楚顯示出雨帶中對流胞形成、發展、相對於雨帶運動的方式及對流胞勢力消長情形，其分析結果顯示(見圖 44)，雨帶中對流胞形成於雨帶的上風處內側（靠近颱風中心側），穿越雨帶往下風處移動，並在其下風處外側（遠離颱風中心側）形成一新對流胞，自此以後先形成的對流胞減弱、後形成的對流胞逐漸增強，此種勢力消長的現象會持續往雨帶下風處進行，終至消散。在雨帶中對流胞形成的形式與高度的分析顯示，當雨帶位於海面上時，對流胞形成於 5 公尺左右的高度上，最大回波並無向下發展的現象，但當雨帶是由陸地往海面上移動時，對流胞乃由近地面向上垂直發展，兩者有所不同，此對流胞形成形式會隨雨帶往海面上移動而有變化，當雨帶移往外海後，對流胞形成形式及高度，便與雨帶位於海面上一致，即對流胞是形成於某個高度上。

此外，本研究中也使用 CAA 雷達回波資料、自動雨量站降水資料及基隆、宜蘭測站自記紙，分析颱風伴隨雨帶之特徵，因應分析上的需要，使用的資料除了非都卜勒模式降水回波，亦加入都卜勒模式

降水回波資料以協助分析。研究中顯示，當雨帶前緣到達測站時，氣壓達相對最低值，測站位於雨帶中時，氣壓值達相對最大且降雨量亦有顯著的增加。本研究針對亞力士(1987)、道格(1994)、楊希(1990)及亞伯(1990)颱風伴隨雨帶進行分析，對於雨帶的特徵研究，將所得資訊匯集繪製一雨帶氣壓、溫度及降雨量分佈概念圖(如圖 44)，並獲致以下的結論：

- (一)回波值較大的個案(最少要大於 30dBZ 以上)，其氣壓、溫度及相對濕度(RH)的變化量較大，較容易在自記紙上判讀出來。目前最好的個案為亞力士和道格颱風。
- (二)一般而言，在回波帶接近但尚未通過測站前，其氣壓值會下降、溫度上升且 RH 下降。在回波帶前緣到達時，氣壓值開始上升、溫度下降且 RH 上升。當測站位於回波帶中時，氣壓達最大之後開始遞減。Anthes(1982)指出，氣壓槽是位於雨帶的前緣(outer,downwind)，氣壓脊則位於雨帶的後緣(inner,upwind)，與目前結果(出現於道格、亞力士、愛麗)略有不同(如圖 45)，在本研究中氣壓脊是位於回波帶中。
- (三)若回波帶呈現明顯的胞狀結構時，在本研究的幾個個案中顯示，氣壓、溫度及 RH 的變化均很微弱。例如亞力士個案中，在 2045L 回波帶接近台灣時，回波帶呈現明顯的胞狀結構，氣壓、溫度及 RH 的變化均很微弱。當胞狀結構逐漸消失、回波增強時，氣壓、溫度及 RH 的變化也變的較大。而在楊希個案中，於 0130L 回波帶接近台灣時，回波帶呈現明顯的胞狀結構，氣壓、溫度、RH 的變化均很微弱，但當胞狀結構逐漸消失、回波變弱時，氣壓的變化不明顯。
- (四)Anthes(1982)曾提到，在較大降雨的區域，溫度會有輕微下降，而在目前的幾個個案中顯示，當回波帶到達測站時溫度亦為下降，但在道格個案中溫度下降可達 3.6°C (此時回波帶的回波值大於 40dBZ)。整體而言，溫度的變化在 5 個案中，約介於 $0.5\sim 3.6^{\circ}\text{C}$ 之間。
- (五)當氣壓變化量很小甚至不顯著時，可利用回波帶到達時，溫度會開始下降的特徵來定義雨帶的位置，因為溫度的變化較為明顯。

(六)運用雷達回波決定雨帶影響時間，比較雨帶通過前、影響中及通過後 20 分鐘之累積雨量，顯示颱風伴隨之雨帶通過測站時，降雨量顯著增加。結果顯示，雨帶影響前、中、後各二十分鐘累積雨量，其降雨量比值約為 0.28 : 1 : 0.08。

雖然目前的分析已發現許多重要現象，在前人的研究中並未提及或是結論與其提出者略有不同。但因缺少風場資料來輔助分析，所以還有相當不足之處。如果能有更密集(5 分鐘一筆)的雷達觀測資料，將可詳細分析雨帶到達前或是雨帶到達後多久，降雨量便會急劇增加的現象，對於降水預報將是一大幫助。

參考文獻

- 李清勝、蔡德攸，1995：利用 CAA 都卜勒雷達資料分析四個侵台颱風伴隨之雨帶特徵。大氣科學，22，209-235。
- 曲克恭、劉廣英、張儀峰、葉文欽，1983：台灣地區豪雨及暴雨特殊分佈之成因(第三部份：中央山脈對氣流型態與大雨區分佈之影響)，氣象預報與分析，97期，1-15。
- 陳泰然、李清勝、王時鼎、紀水上、周仲島，1993：豪雨預報技術改進之研究-颱風部份研究計畫，中央氣象局委託研究計畫。
- 許信德，1991：歐菲莉（1990）對流特徵演變之研究，台灣大學大氣科學研究所，碩士論文，1-101。
- 汪建良，1990：莎拉颱風（1989）之分析，台灣大學大氣科學研究所，碩士論文，1-97。
- 蔡清彥、王時鼎，1991：台灣地形對颱風運動、結構及強度影響診斷研究-I-侵台重要颱風電腦資料檔建立及分裂過山颱風研究，國科會專題研究報告，1-65頁。
- 陳正改、謝信良，1987：新店河流域颱風定量降雨預報之研究，國科會研究報告，98頁。
- 王時鼎、陳泰然、謝信良，1985：台灣颱風降雨特性及其預報研究(二)。國科會防災科技報告，73-47號，100頁。
- 吳宗堯、謝信良、喬鳳倫、陳正改、黃清芬：曾文水庫集水區降水特性分析及颱風降水預報之研究，大氣科學，8，1-17。
- 曾鴻陽、曲克恭：台灣北部豪雨時空分佈特性，大氣科學，17，237-254。
- 張保亮：單都卜勒雷達在颱風環流中尺度結構上的應用-亞力士颱風個案分析，台灣大學大氣科學系碩士論文，台北，台灣。

魏元恒、謝信良、林民生、蕭長庚：台灣颱風降雨預報之研究，氣象學報。

俞家忠：通過台灣北部海上颱風與台灣中南部豪雨之研究，大氣科學，9，95-100。

吳宗堯：近年來國內颱風研究之評介，大氣科學，7，103-105。

鳳雷、1992：雷達回波垂直結構與降水定量估計-楊希颱風。台灣大學大氣科學系碩士論文，台北，台灣。

周仲島、洪景山、鄧秀明，1991：雷達之降水估計。豪雨預報技術改進之研究-颱風計畫第5篇。

Anthes, R. A., 1982: Tropical Cyclones Their Evolution, Structure, and Effect. Meteor. Monoger., 19(41), American Meteorological Society, Boston, 208pp.

Barnes, G. M., E. J. Zipser, D. P. Jorgensen and F. D. Marks, 1983: Mesoscale and convective structure of a hurricane rainband. J. Atmos. Sci., 40, 2125-2137.

Barnes, G. M., and G. J. Stossmeister, 1986: The structure and decay of a rainband in Hurricane Irene(1981). Mon. Wea. Rev., 114, 2590-2601.

Willoghby, H. E., F. D. Marks, Jr, and R. J. Feinberg, 1984: Stationary and moving convective bands in hurricanes. J. Atmos. Sci., 41,3189-3211.

Willoghby, H. E., 1997: The Vertical Structure of Hurricane Rainbands and Their Interaction With the Mean Vortex. J. Atmos. Sci.

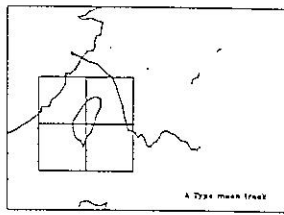
Willoghby, H. E., 1987: A Possible Mechanism for Formation of Hurricane Rainbands. J. Atmos. Sci. 838-850.

表一 1989~1996 侵台颱風分類統計表。

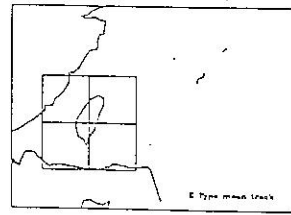
類別	颱風名稱	侵台時間	個別時數	侵台總時數	平均侵台時數	侵台颱風個數
A	Abe (1990)	08/29 1400~ 08/31 0200	36	162	54	3
	Fred (1994)	08/19 1400~ 08/21 2000	54			
	Seth (1994)	10/07 2000~ 10/10 2000	72			
B	Ellie (1991)	08/16 1400~ 08/18 1400	48	265	53	5
	Polly (1992)	08/27 1400~ 08/31 0800	90			
	Omar (1992)	09/03 2000~ 09/05 1400	42			
	Gladys (1994)	08/31 1000~ 09/01 2300	37			
	Yancy (1990)	08/18 0200~ 08/20 0200	48			
C	Sarah (1989)	09/08 1400~ 09/13 1400	120	336	67.2	5
	Ofelia (1990)	06/21 2000~ 06/24 0200	54			
	Ted (1992)	09/20 1400~ 09/23 0800	66			
	Bobbie (1992)	06/26 2000~ 06/28 1400	42			
	Doug (1994)	08/06 1400~ 08/08 2000	54			
D	Dot (1990)	09/06 1400~ 09/08 2000	54	204	51	4
	Tim (1994)	07/09 1400~ 07/11 1400	48			
	Caitlin (1994)	08/03 0800~ 08/04 1400	30			
	Gloria (1996)	07/24 1400~ 07/27 1400	72			
	E	Nat(1) (1991)	09/22 1400~ 09/23 2000			
Nat(2) (1991)		09/30 1400~ 10/02 0500	39			
Amy (1991)		07/18 0800~ 07/19 2000	36			
Tasha (1993)		08/18 0200~ 08/18 2000	18			
Kent (1995)		08/30 0200~ 08/31 0500	27			
F	Percy (1990)	06/27 0200~ 06/29 1400	60	117	39	3
	Gary (1995)	07/31 0200~ 07/31 2000	18			
	Deanna (1995)	06/04 2000~ 06/06 1100	39			
G	Marian (1990)	05/18 1400~ 05/19 1400	24	24	24	1
H	Ruth(1) (1991)	10/27 0200~ 10/28 0800	30	102	51	2
	Ruth(2) (1991)	10/29 0800~ 10/30 0800	24			
	Ryan (1995)	09/21 0200~ 09/23 0200	48			
總計				Nat(1)、Nat(2)、Ruth(1)、Ruth(2): 係同一颱風，發佈兩次陸上警報。		

表二、颱風雨帶通過前後板橋探空資料分析彙整表

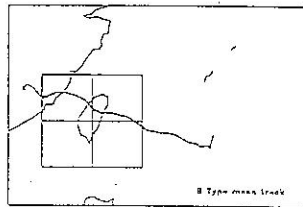
1990Yancy					
	雨帶通過前		雨帶通過後		通過前後差值
	081812L		081912L		
k-Index	36.4		35.6		-0.8
地面溫度(°C)	27.4		27.5		0.1
地面露點(°C)	26		26.4		0.4
面氣壓(mb)	988.1		972		-16.1
850mb溫度	20.3		21		0.7
850mb露點	18.6		16.8		-1.8
CAPE	1094.2		919.3		-174.9
由對流高	814m		757m		
大風速高	500mb		700mb		
850mb風向	東北風		東北東風		
1990ABE					
	雨帶通過前		雨帶通過後		通過前後差值
	082912L		083012L		
k-Index	36.8		37.8		1
地面溫度(°C)	27.4		23.1		-4.3
地面露點(°C)	25		22.9		-2.1
面氣壓(mb)	1000		989.3		-10.7
850mb溫度	18.7		17.9		-0.8
850mb露點	17.4		17.9		0.5
CAPE	1367.7		49.7		-1318
由對流高	583m		1767m		
大風速高	900.500mb		700.850mb		
850mb風向	北北東風		西北西風		
1994DOUG					
	雨帶通過前		雨帶通過後		通過前後差值
	080700L		080800L		
k-Index	27.1		39		11.9
地面溫度(°C)	28.4		26.2		-2.2
地面露點(°C)	25.6		25.9		0.3
面氣壓(mb)	1004.7		983		-21.7
850mb溫度	18.8		18.2		-0.6
850mb露點	17.7		18.1		0.4
CAPE	1895.3		1452.8		-442.5
由對流高	672m		86m		
大風速高	700mb		700mb		
850mb風向	東南東風		西北西風		
1987ALEX					
	雨帶通過前		雨帶通過後	MWH	通過前後差值
	072612L		072700L		
k-Index	29.1		51.3		22.2
地面溫度(°C)	31.9		27.6		-4.3
地面露點(°C)	25.5		23.4		-2.1
面氣壓(mb)	1003.6		1005.1		1.5
850mb溫度	23.3		22		-1.3
850mb露點	16.7		12.5		-4.2
CAPE	1.3		1468.6		1467.3
由對流高	1368m		421m		
大風速高	700mb		700mb		
850mb風向	東南風		西北西風		



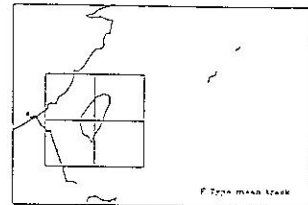
A 類型颱風平均路徑



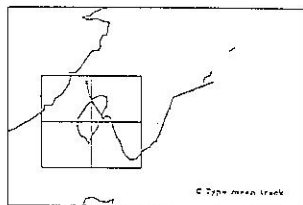
E 類型颱風平均路徑



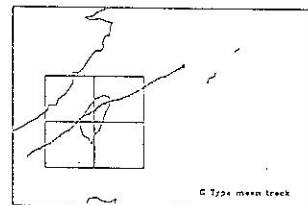
B 類型颱風平均路徑



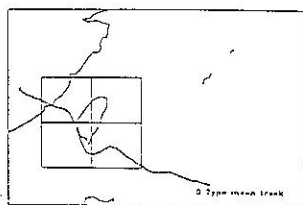
F 類型颱風平均路徑



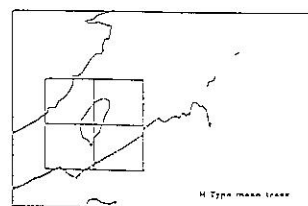
C 類型颱風平均路徑



G 類型颱風平均路徑



D 類型颱風平均路徑



H 類型颱風平均路徑

圖 1 1989~1996 年侵台颱風各類型平均路徑圖。

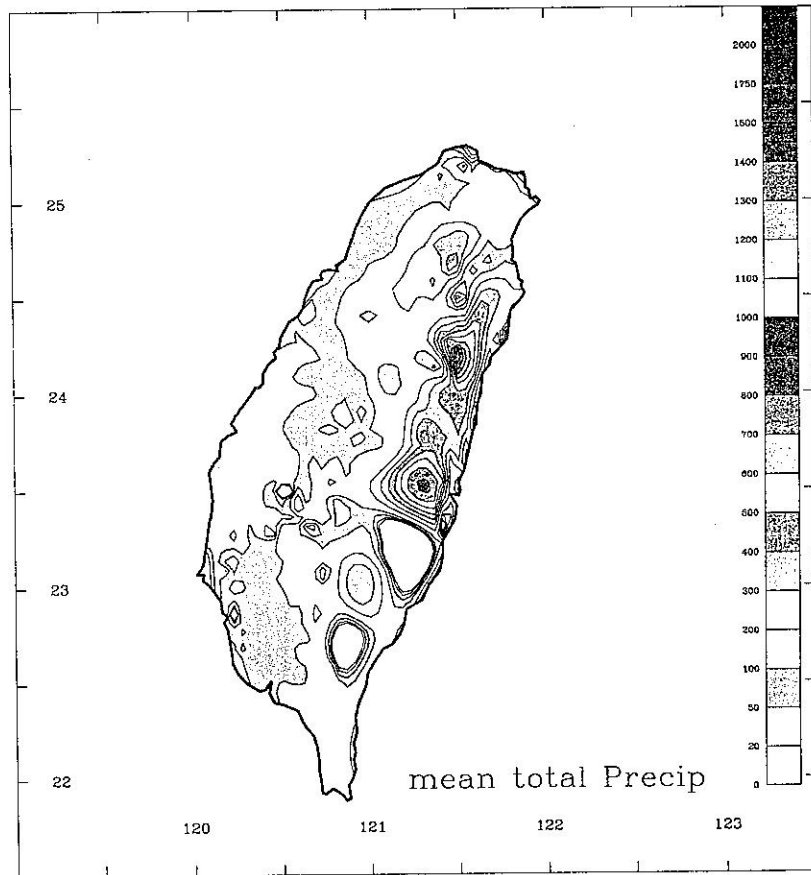


圖 2 1989~1996 年侵台颱風平均總雨量分佈圖。

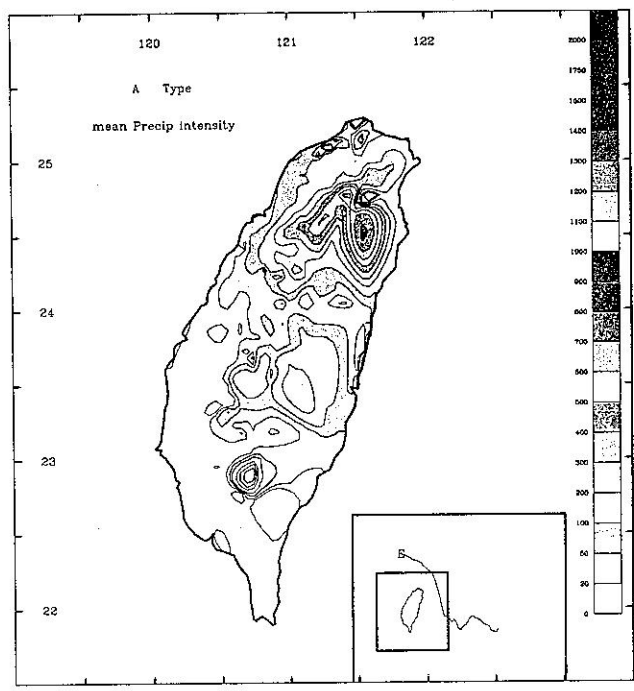


圖 3 1989~1996年A類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。

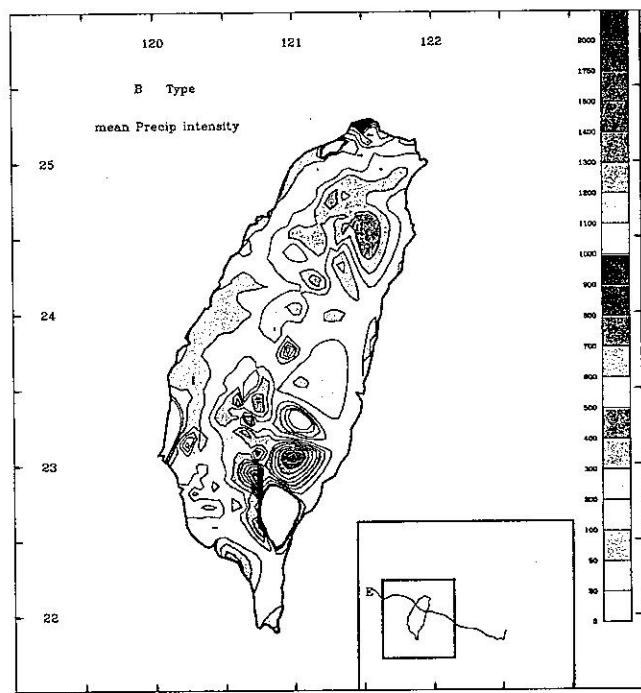


圖 4 1989~1996 B類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。

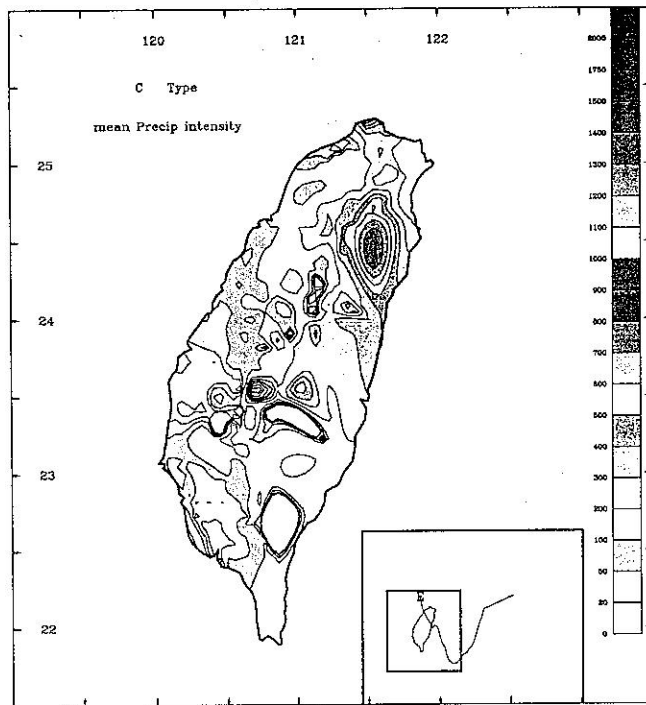


圖 5 1989~1996年C類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。

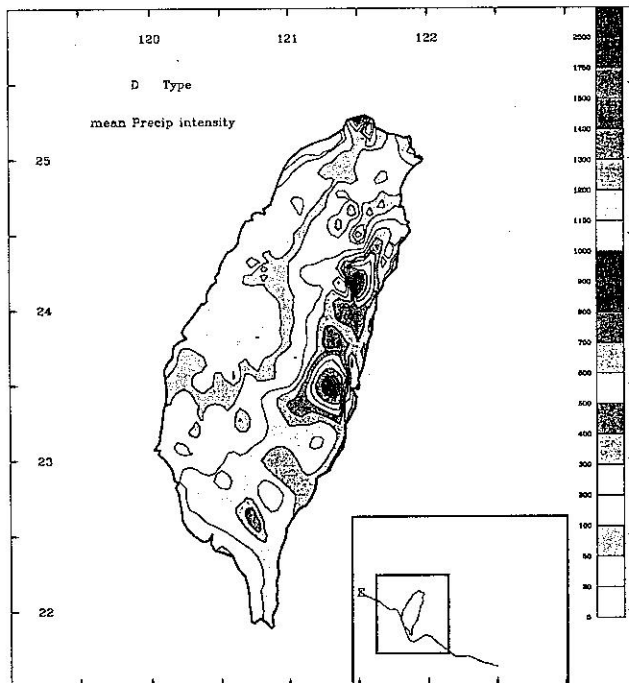


圖 6 1989~1996年D類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。

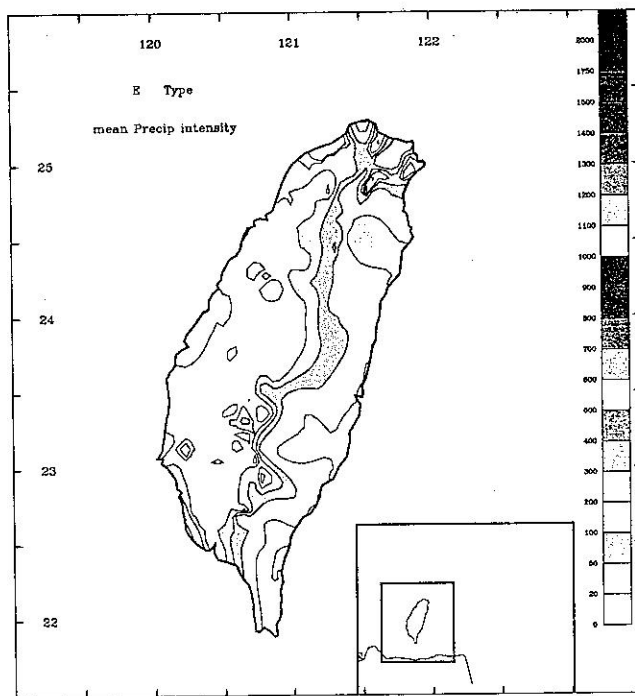


圖 7 1989~1996年E類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。

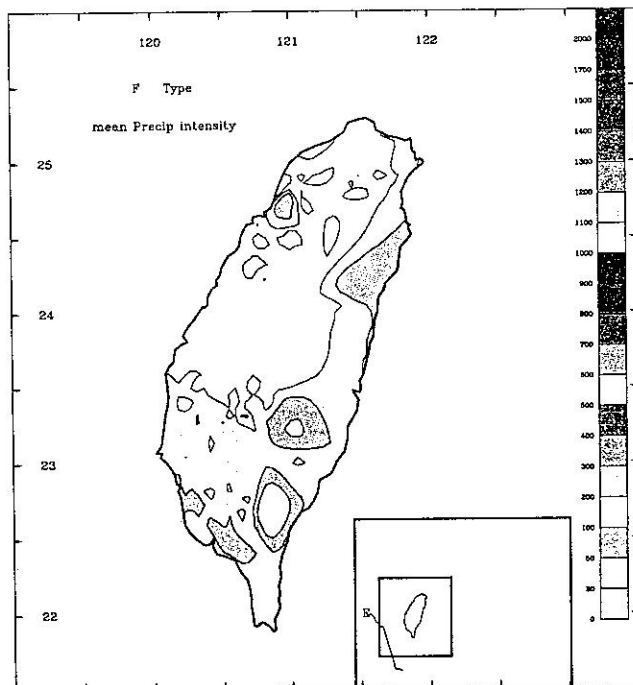


圖 8 1989~1996年F類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。

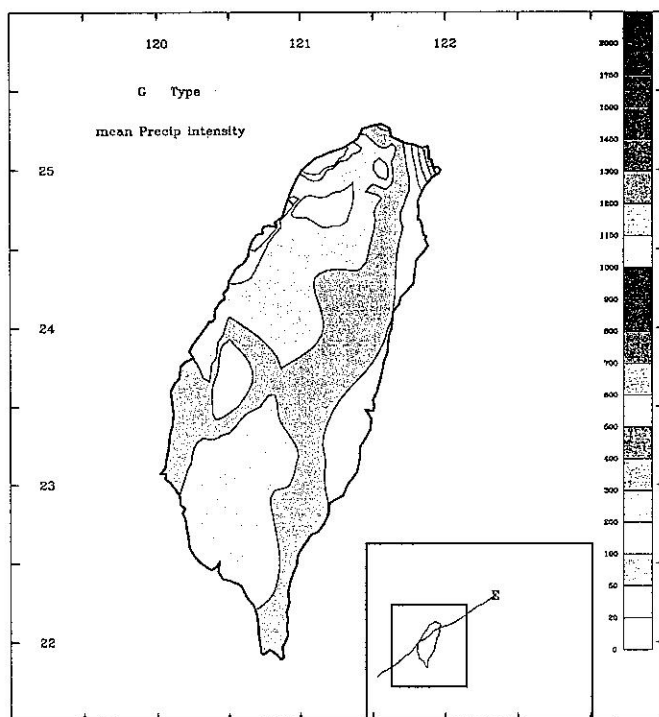


圖 9 1989~1996年 G類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。

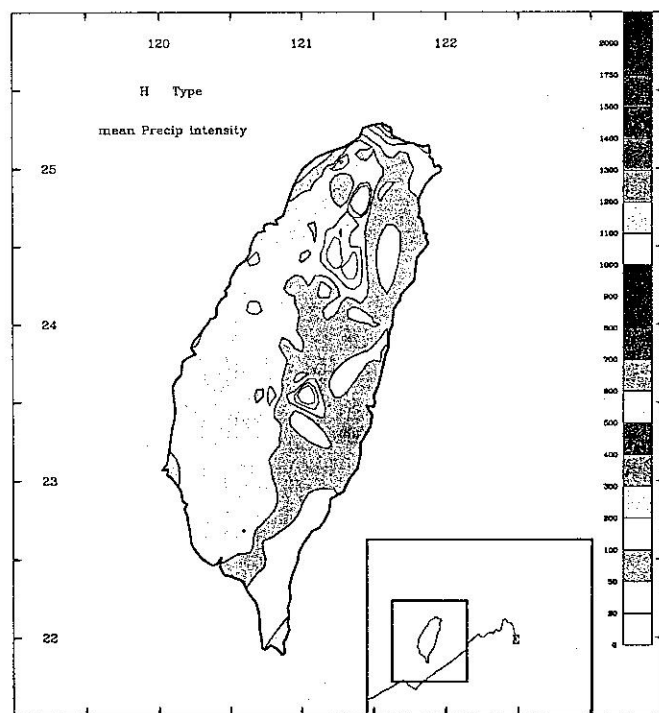


圖 10 1989~1996年H類路徑侵台颱風平均總雨量分佈圖。

251

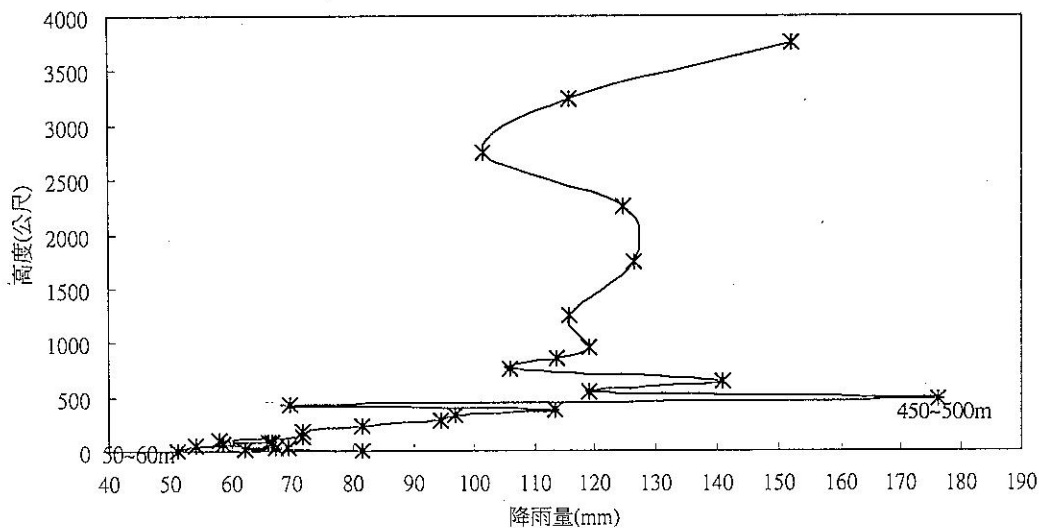


圖11 1989~1996年侵台颱風平均總雨量與高度關係圖。

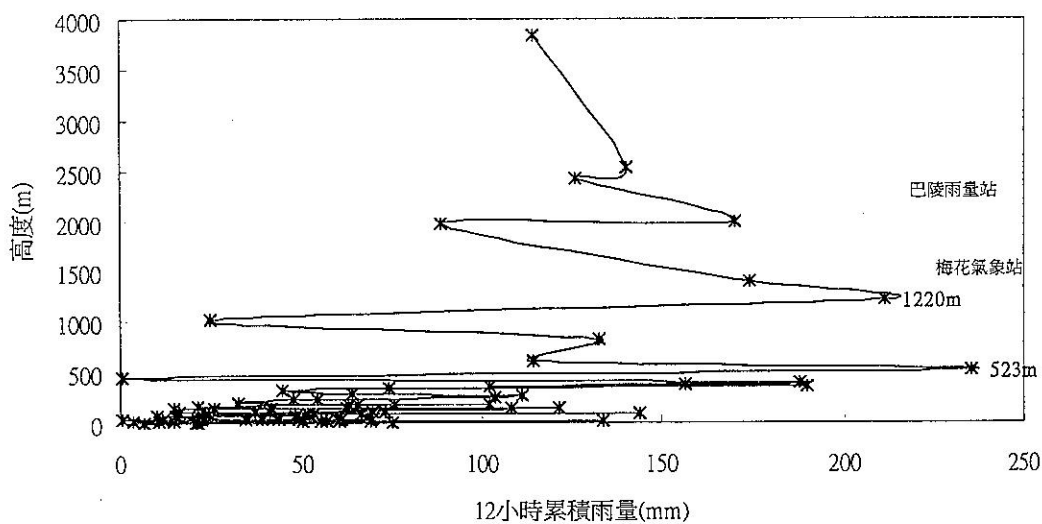


圖12 1990年楊希颱風08/19 0000L~08/19 1200L 12小時累積雨量與高度之分析圖。

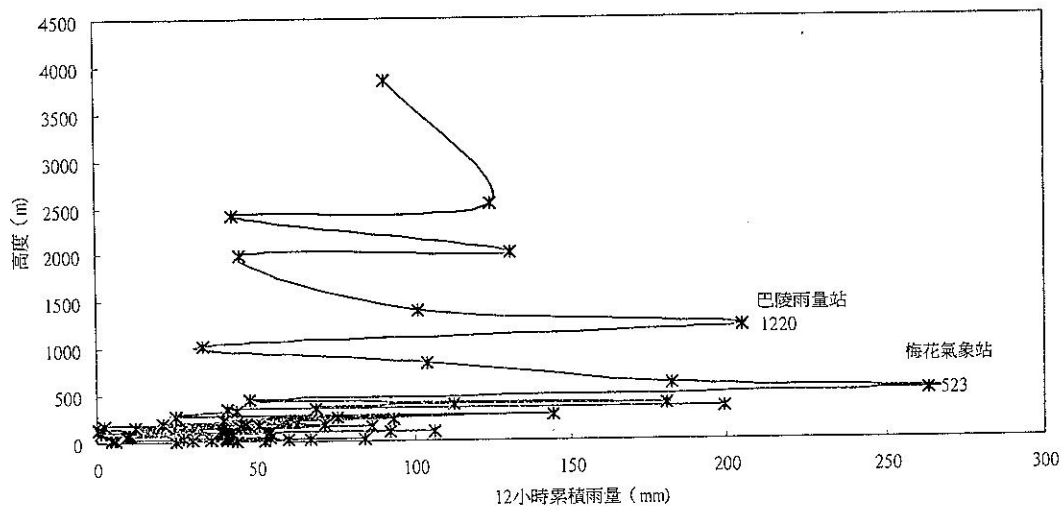


圖13 1990年亞伯颱風08/30 0000L~08/30 1200L 12小時累積雨量與高度分佈圖

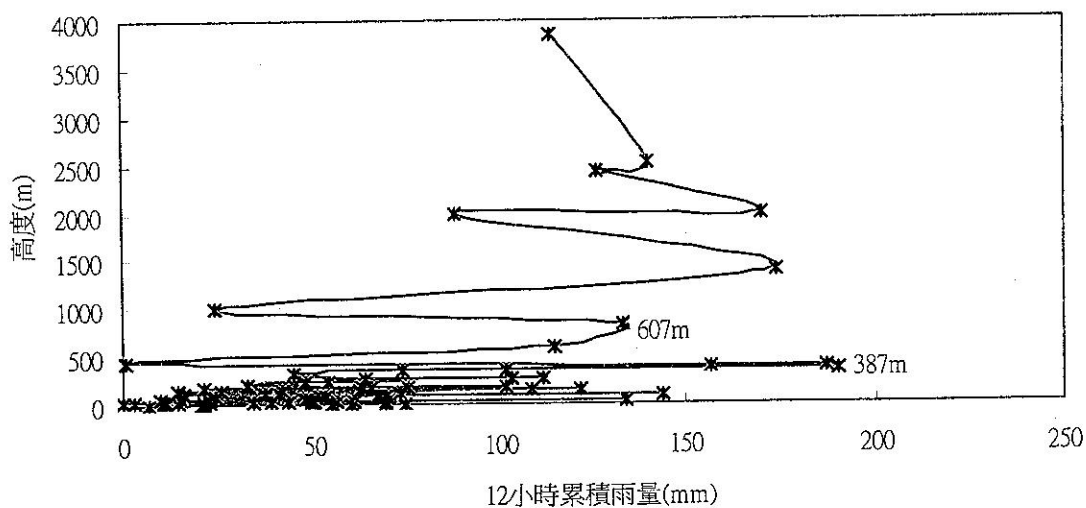


圖14 1990年楊希颱風08/190000~08/191200L 12小時累積雨量（去除顛值後）與高度分佈圖。

253

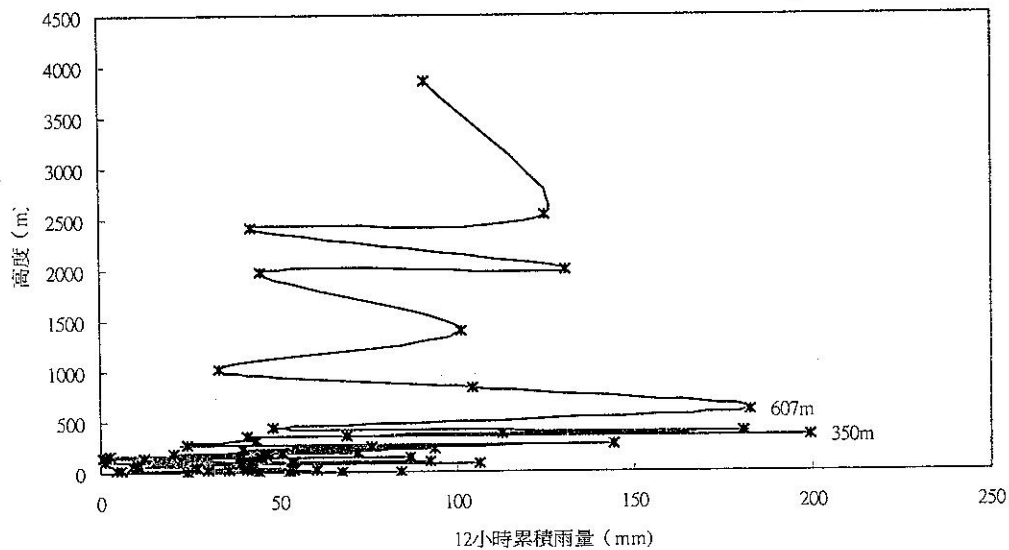


圖15 1990年亞伯颱風08/30 0000~08/30 1200L 12小時累積雨量（去除顛值後）與高度分佈圖。

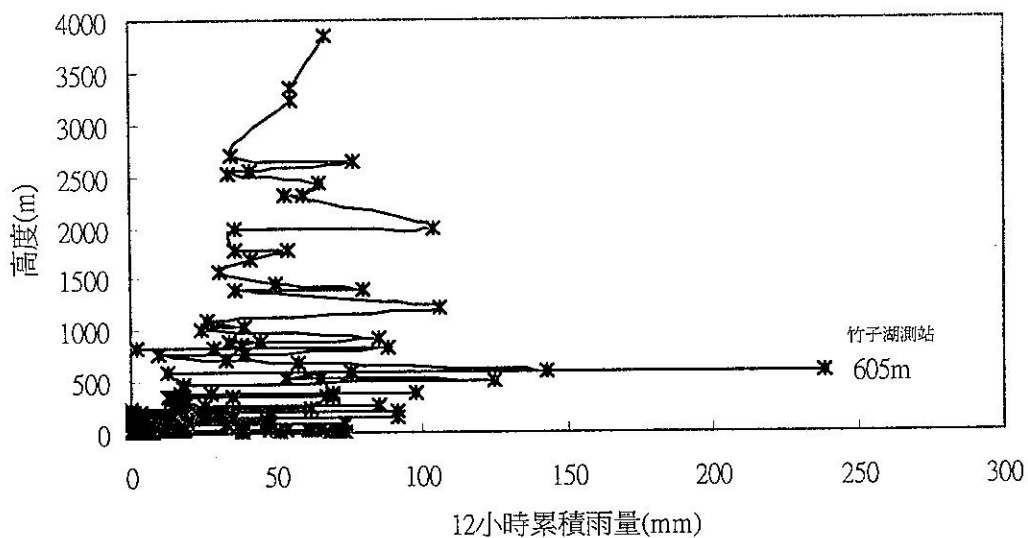


圖16 1994年道格颱風08/07 1200~08/08 0000L 12小時累積雨量與高度分佈圖。

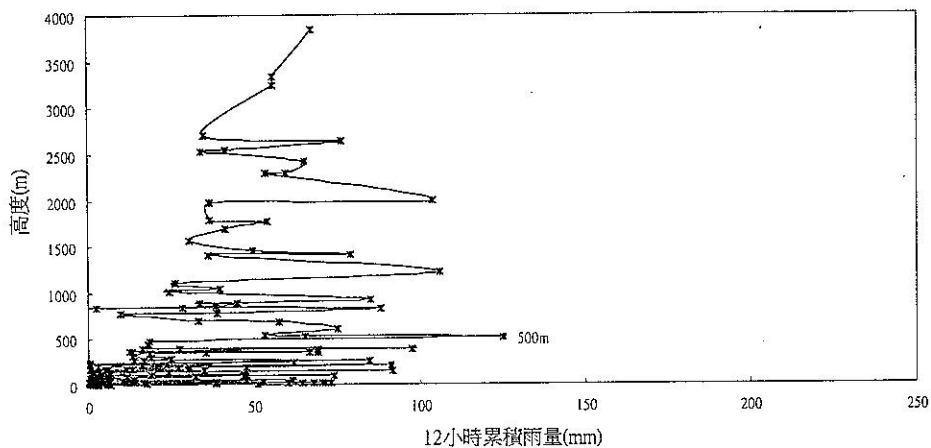


圖17 1994年道格颱風08/07 1200~08/08 0000L 12小時累積雨量與高度分佈圖
(去除三站問題資料)。

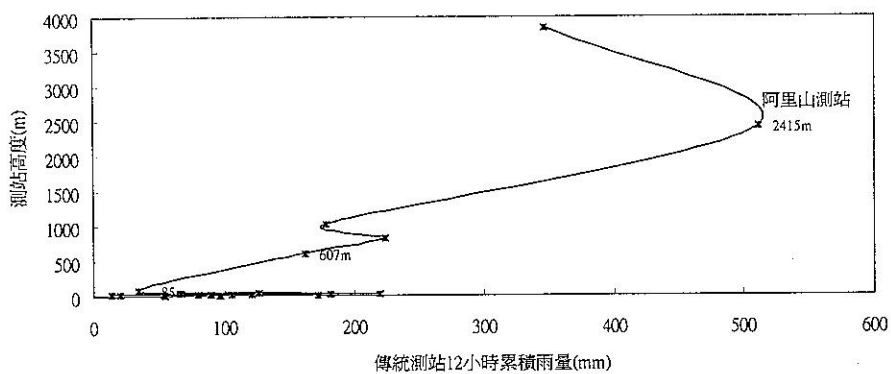


圖18 1987年亞力士颱風07/26 1200~07/27 0000L 12小時累積雨量與高度分佈圖。

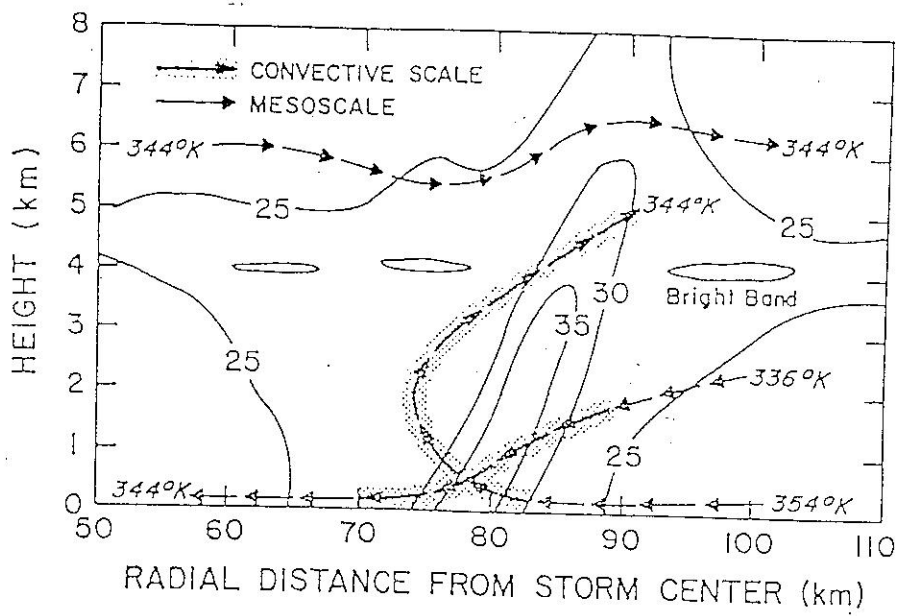


圖 19 雨帶中對流胞垂直結構圖。(摘自 Barnes, 1982)

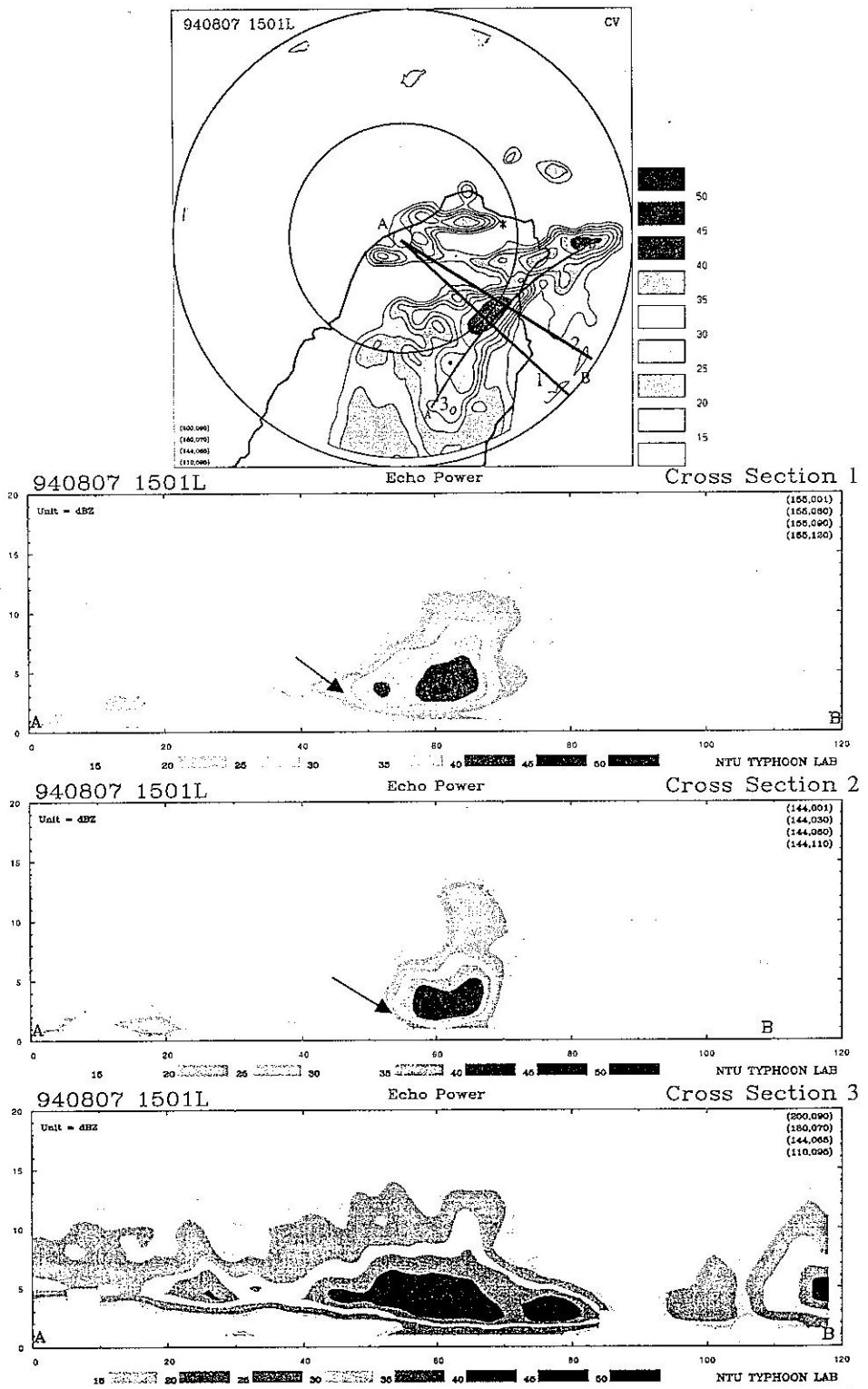


圖20 1994年8月7日1501LST都卜勒模式道格颱風雨帶垂直結構。

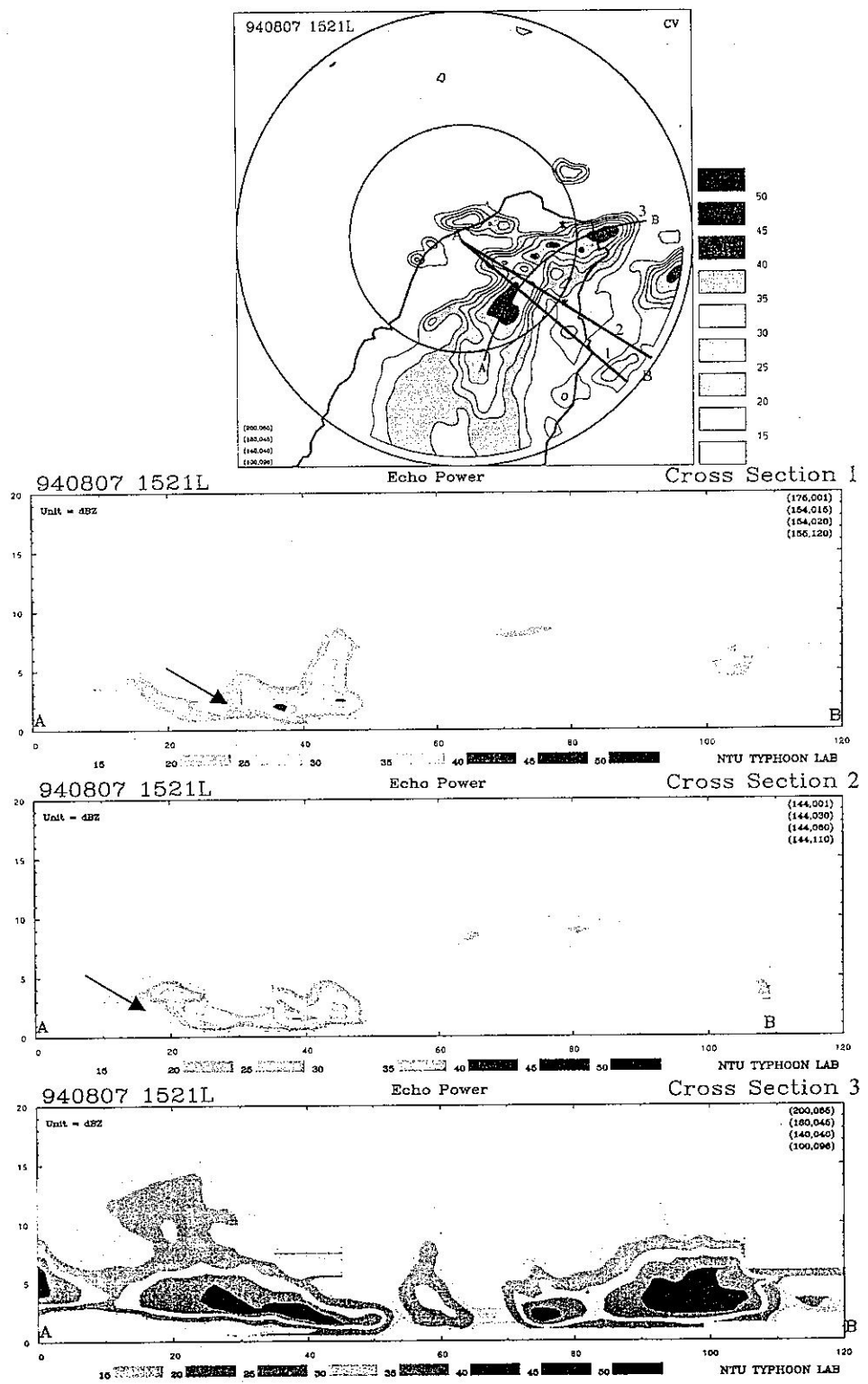


圖21 1994年8月7日1521LST都卜勒模式道格颱風雨帶垂直結構。

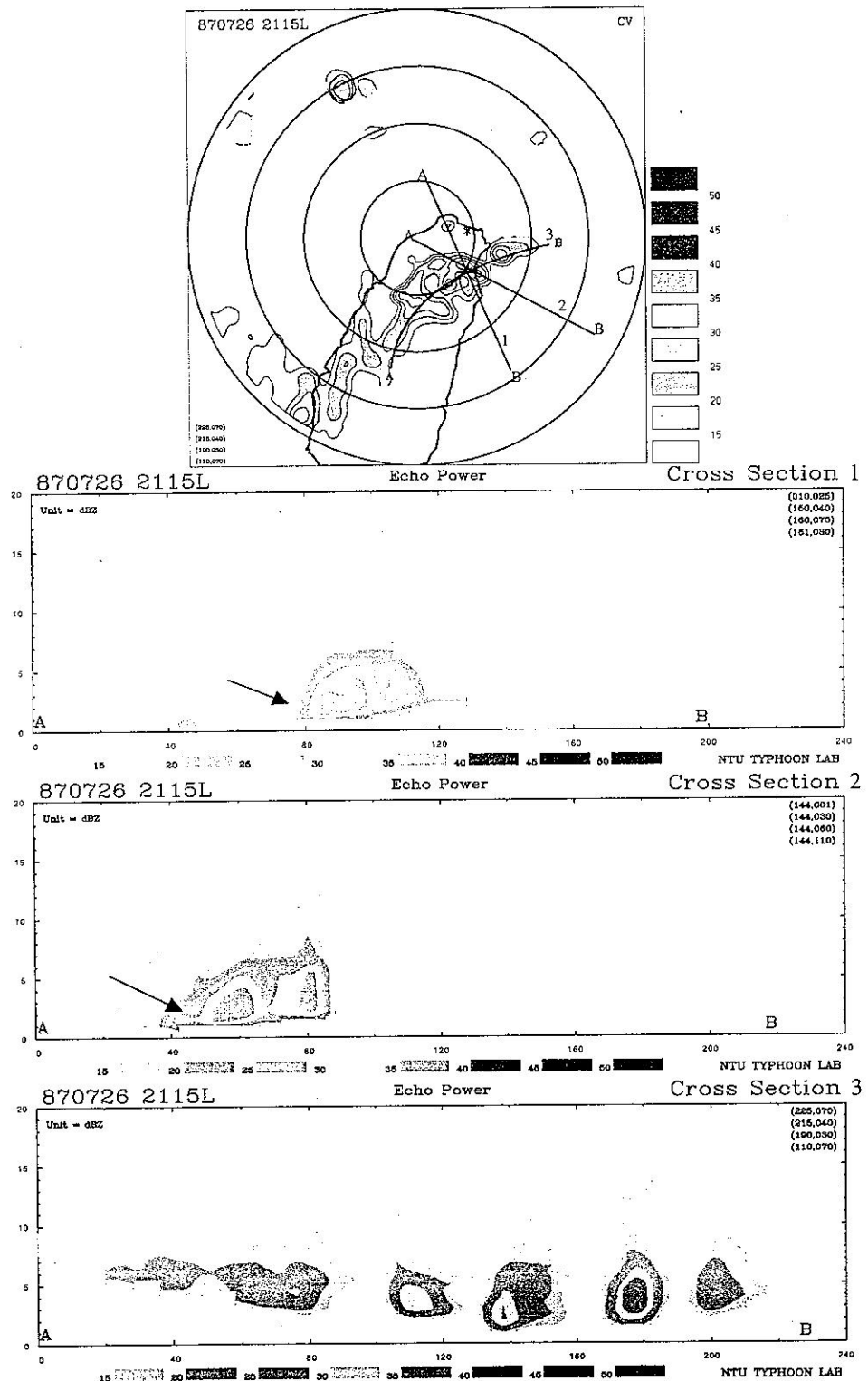


圖22 1987年7月26日2115LST非都卜勒模式亞力士颱風雨帶垂直結構

25/9

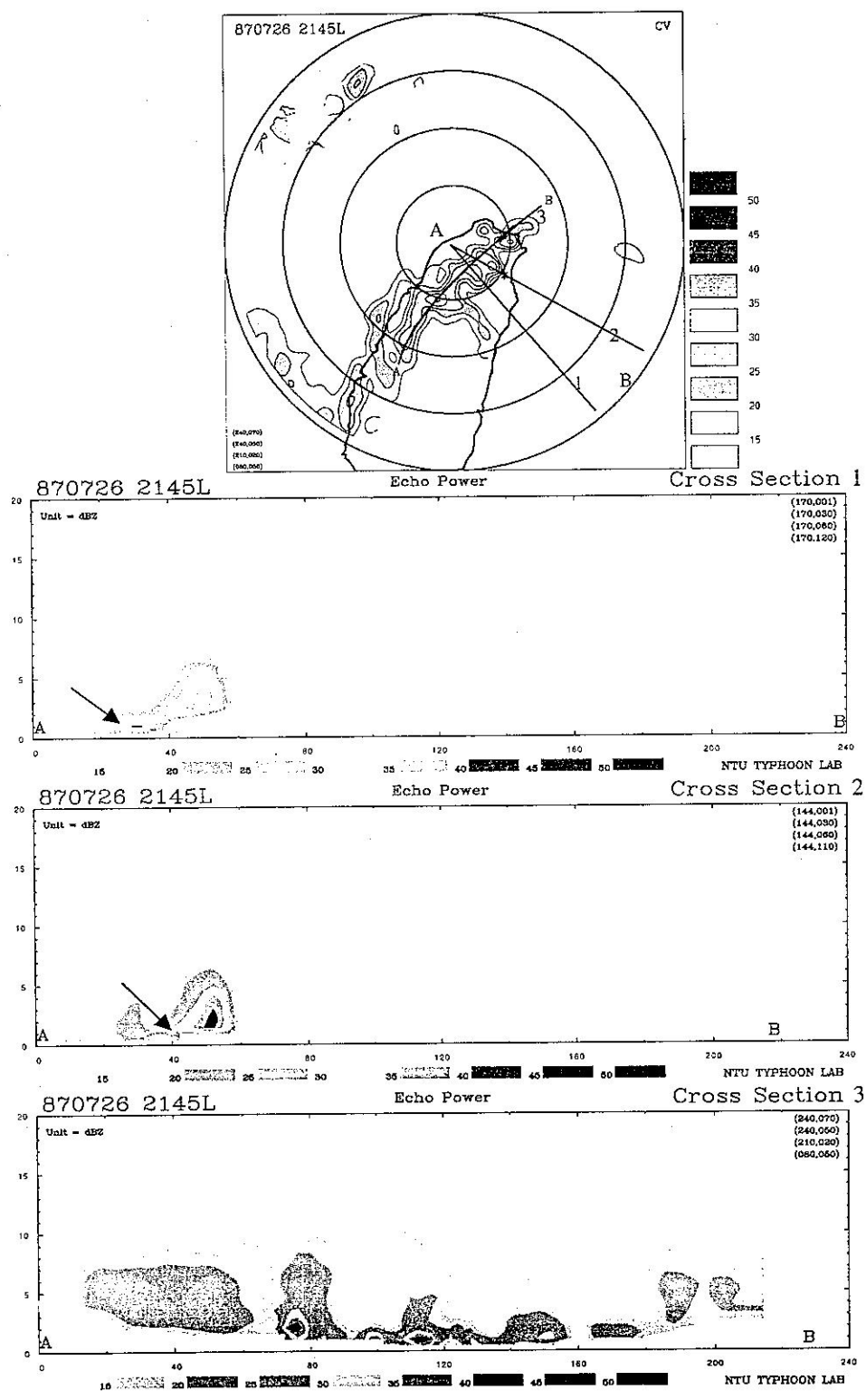


圖23 1987年7月26日2145LST非都卜勒模式亞力士颱風雨帶垂直結構。

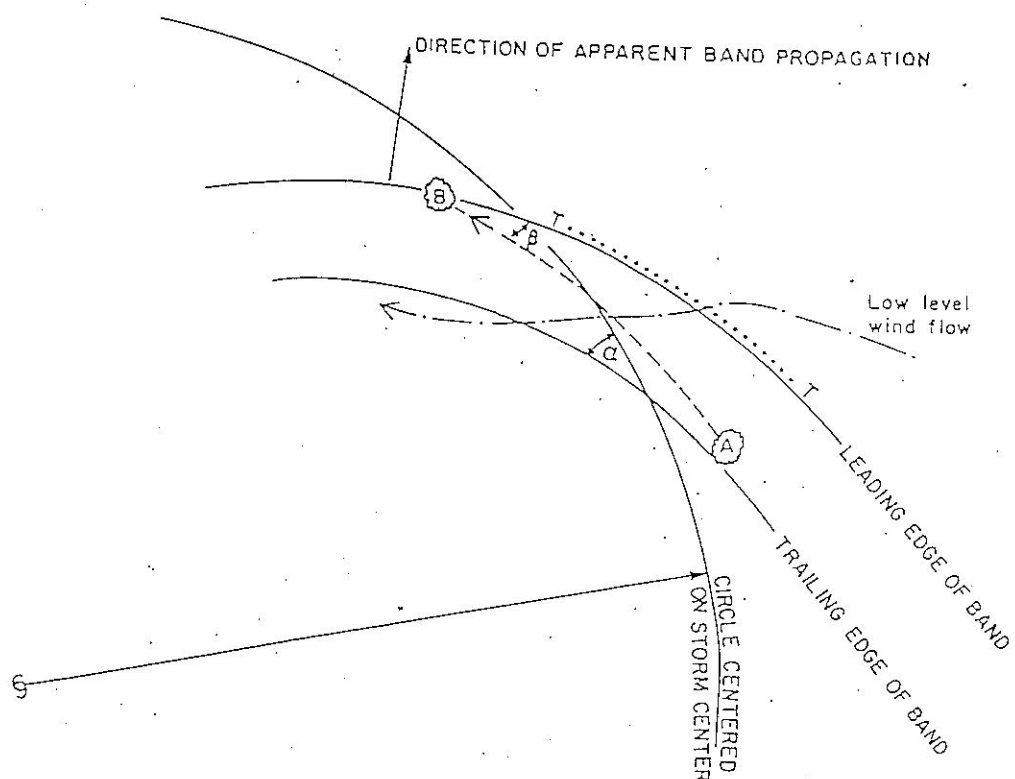


圖 24 螺旋狀雨帶示意圖。(摘自 Anthes, 1982)

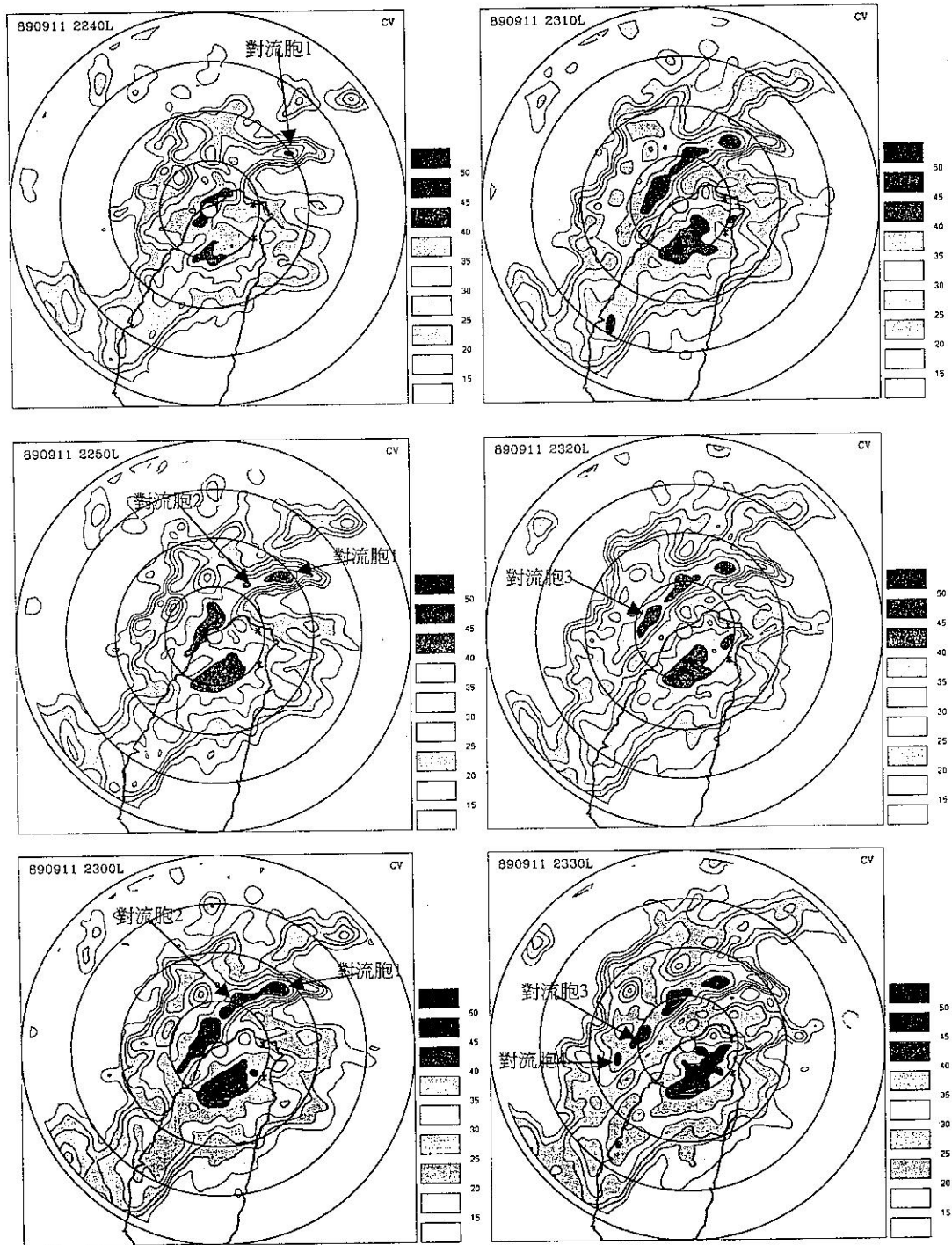


圖 25 1987年沙拉颱風2240L~2330L雨帶中對流胞消長情形。

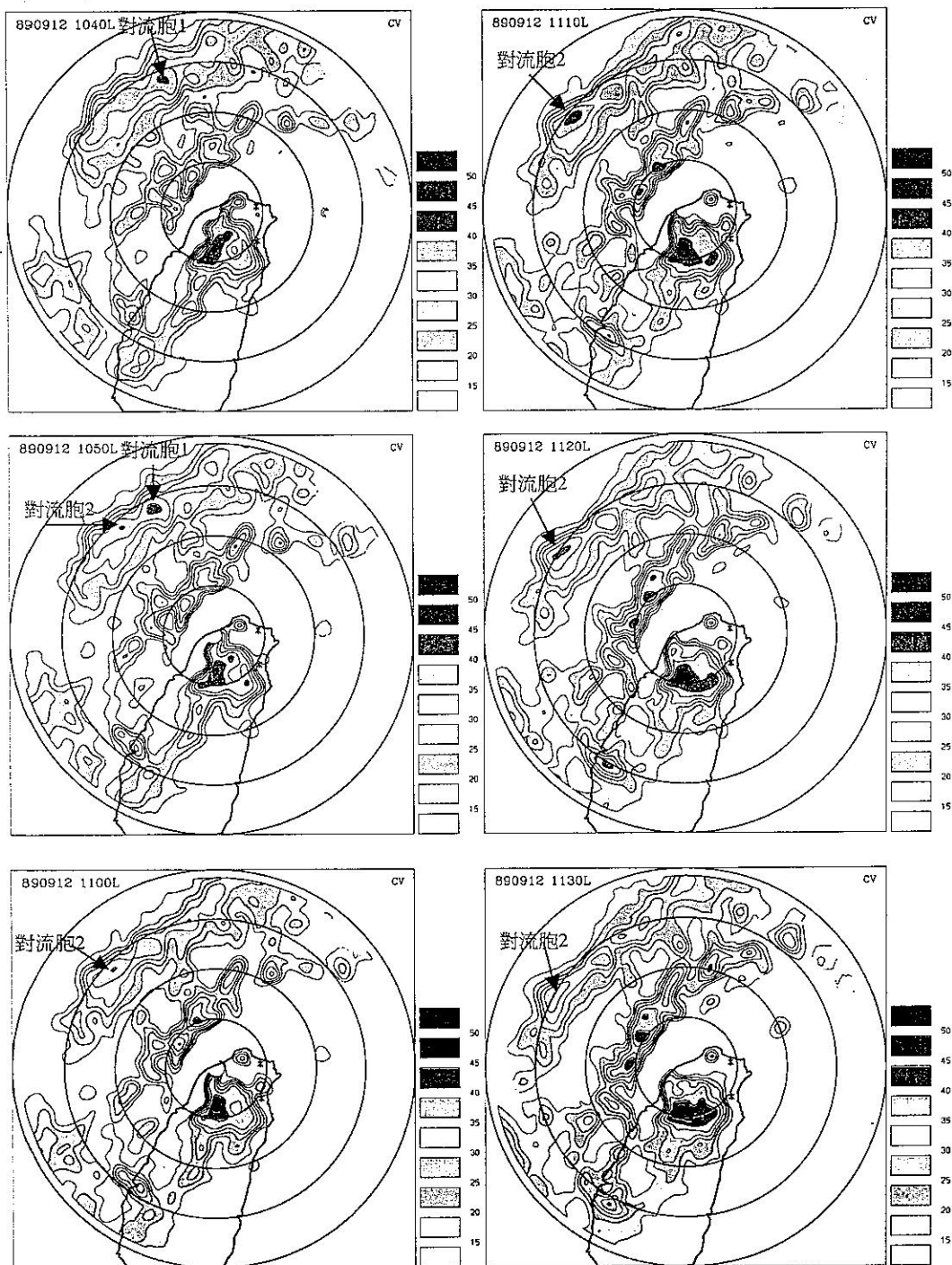


圖26 1987年莎拉颱風1040L~1130L雨帶中對流胞消長情形。

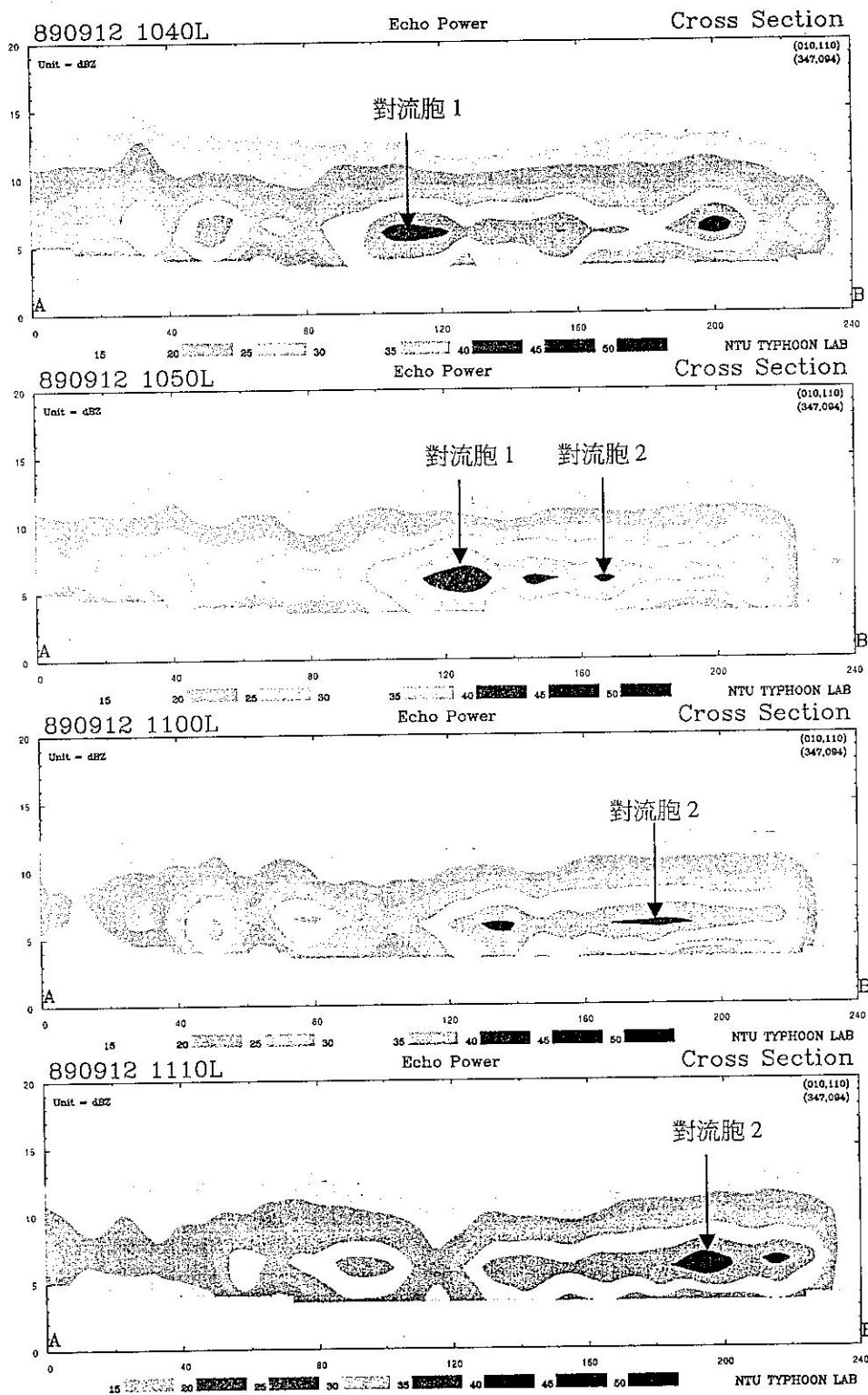


圖27 莎拉颱風1040L~1110L雨帶中對流胞形成形式及高度圖。

264

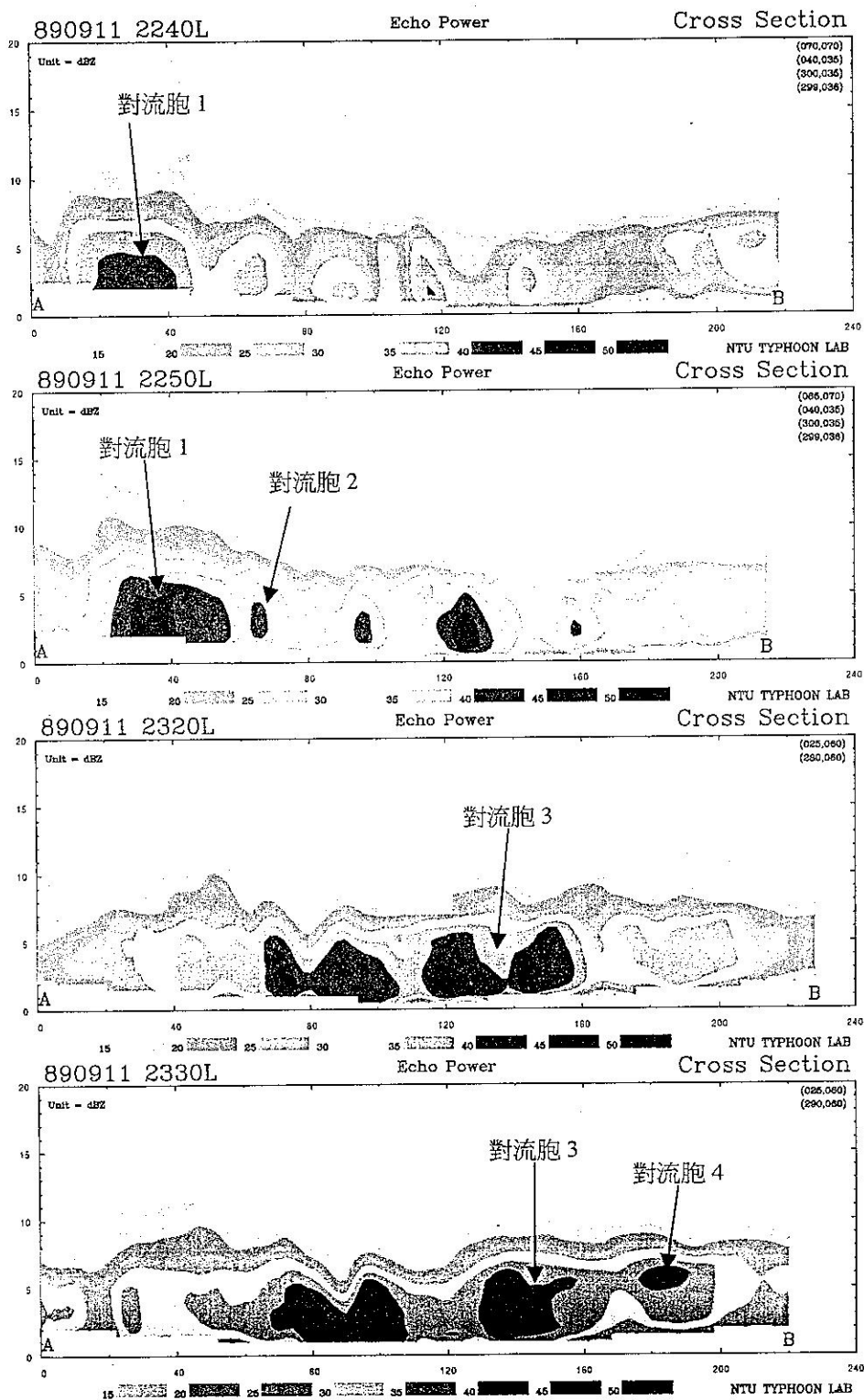


圖28 莎拉颱風2240L~2330L雨帶中對流胞形成形式及高度圖。

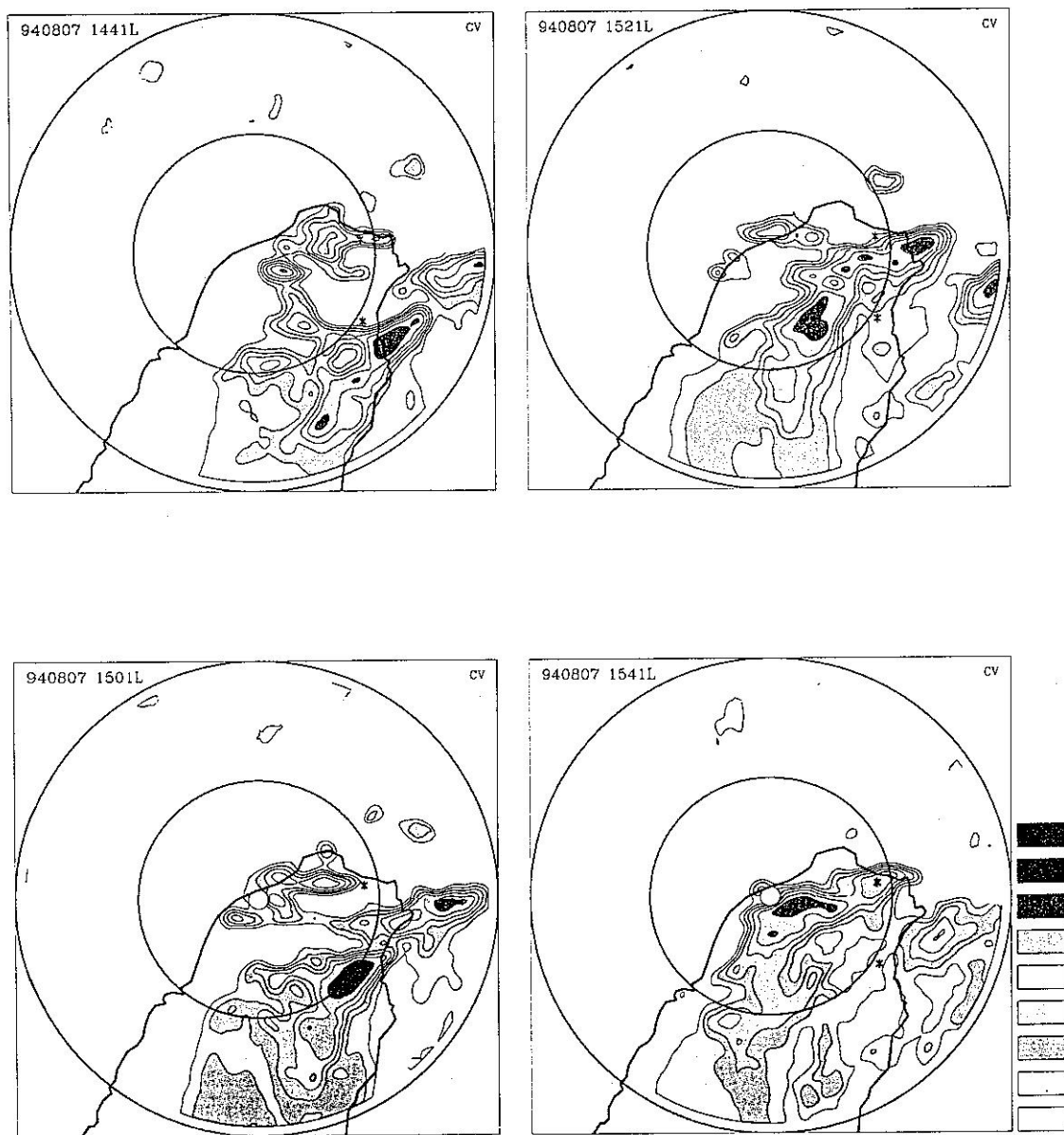


圖29 1994年道格颱風雨帶—雷達回波。

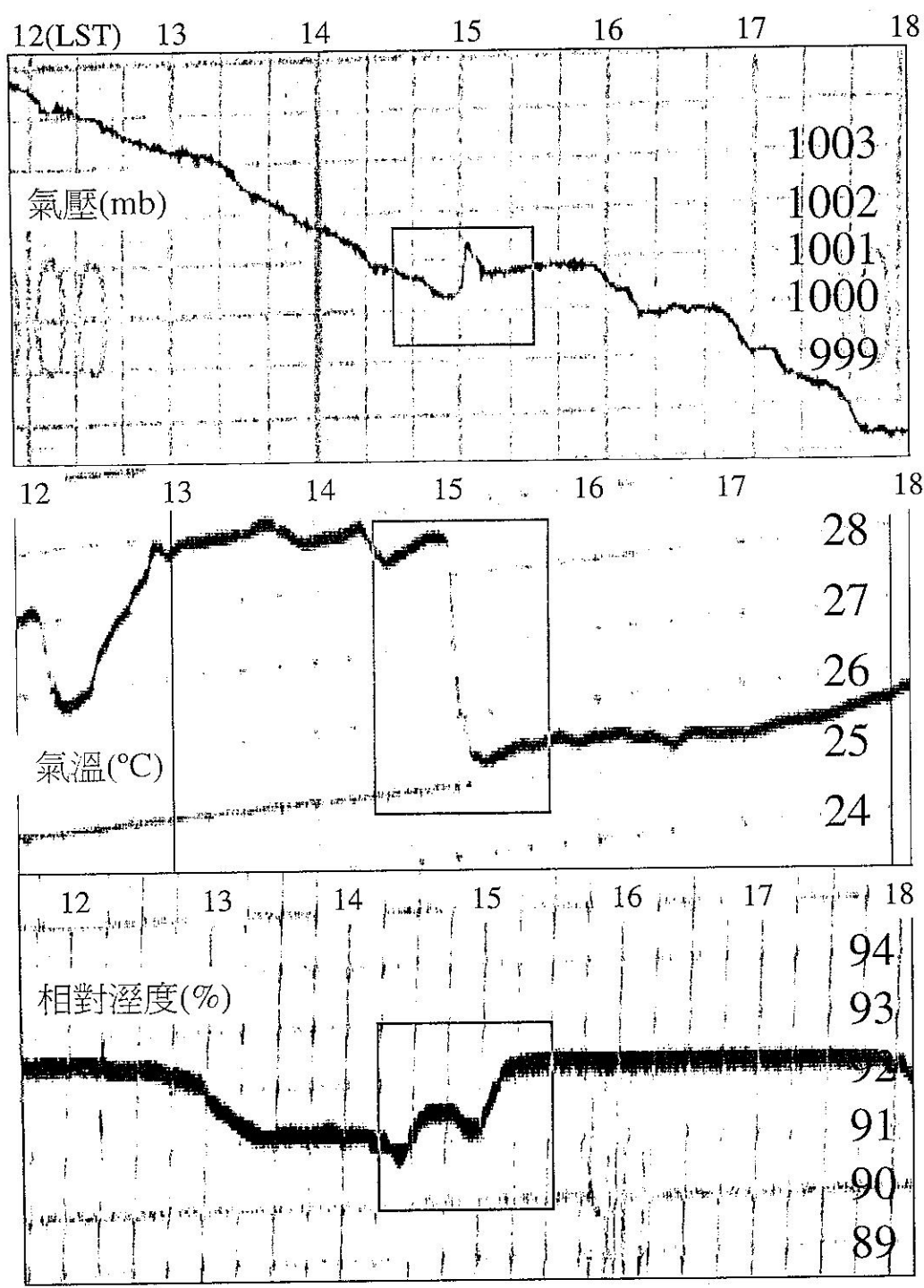


圖30 1994年8月7日道格颱風宜蘭測站自記紙資料。

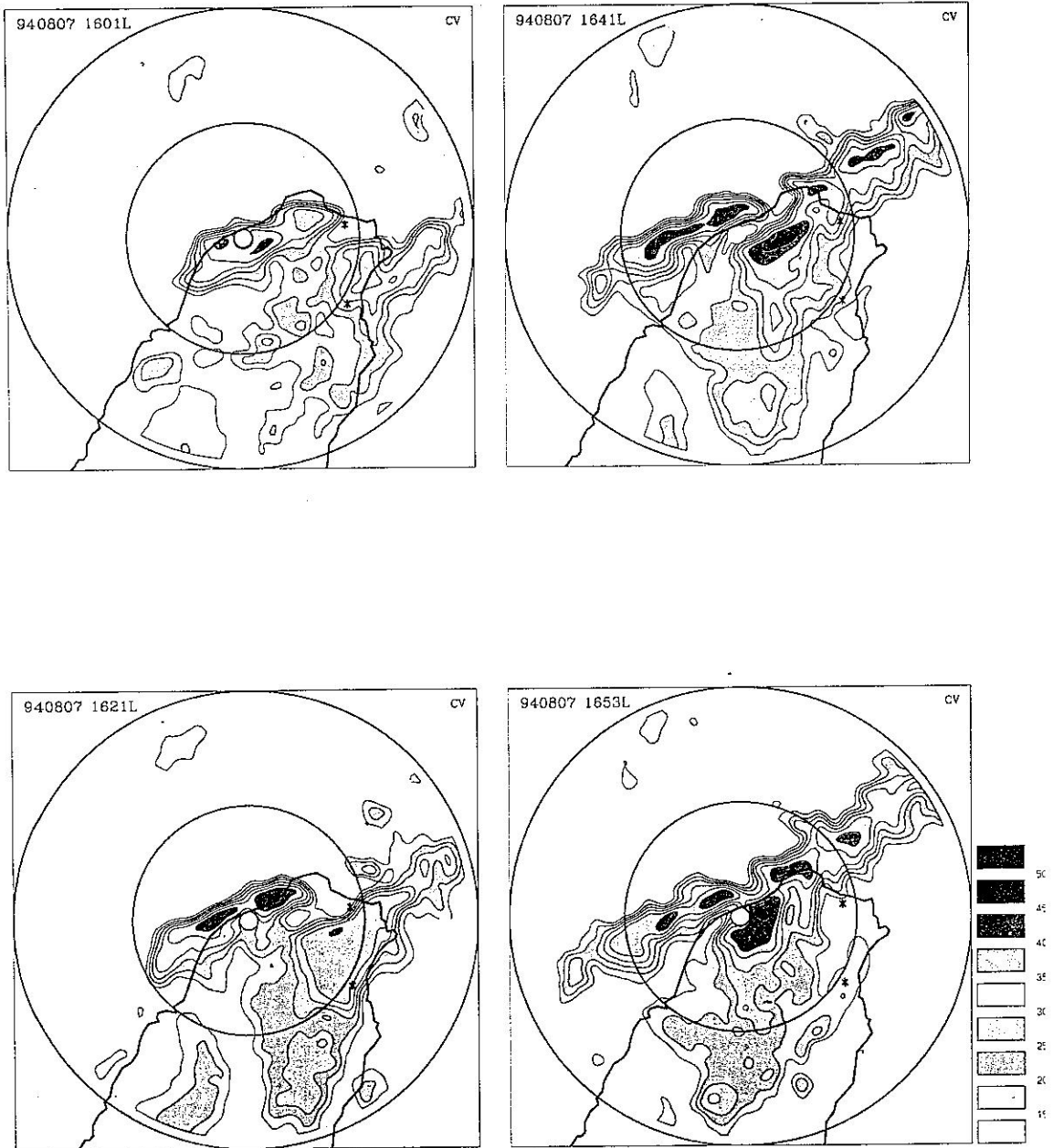


圖31 1994年道格颱風雨帶二雷達回波。

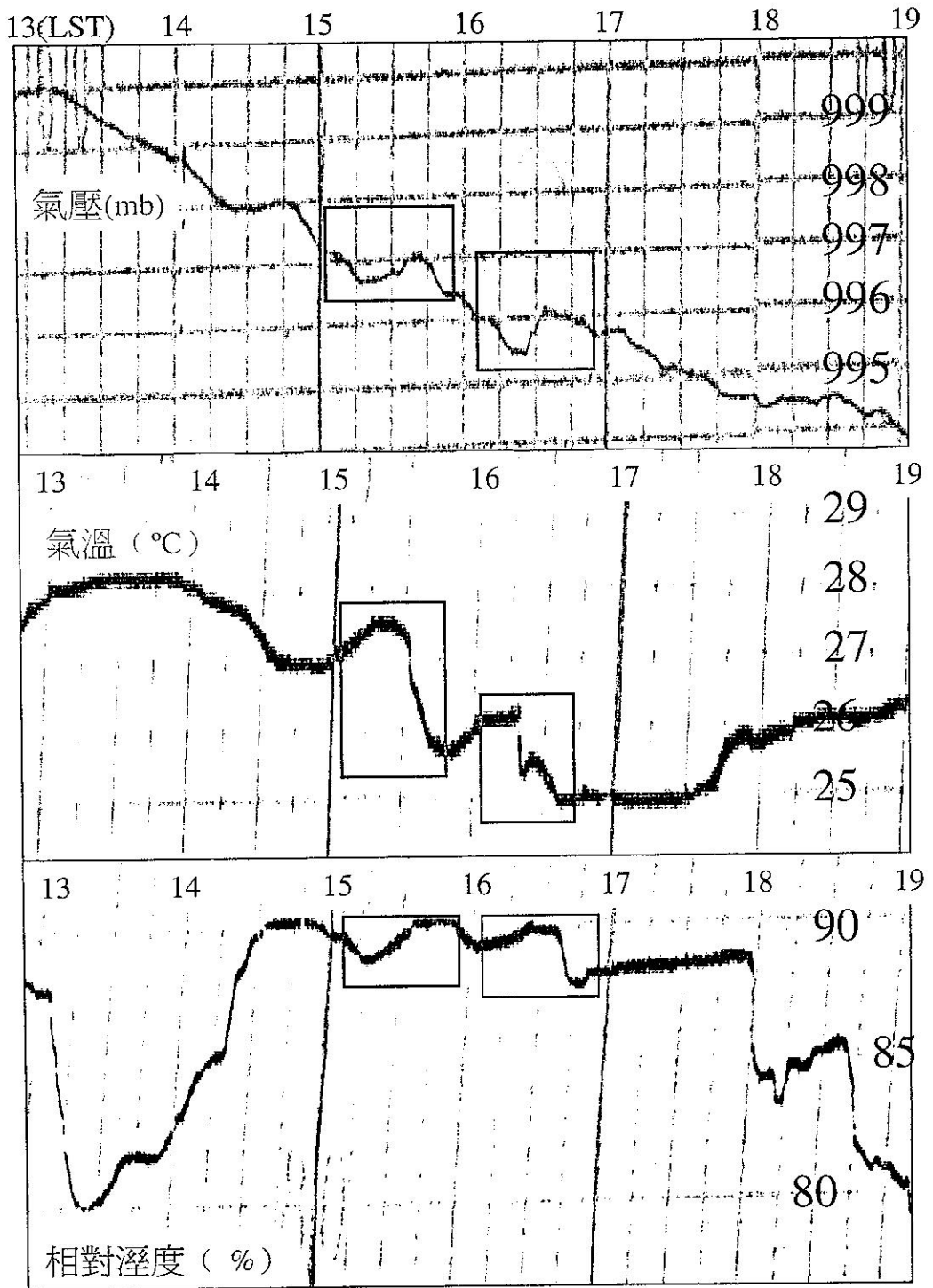


圖32 1994年8月7日道格颱風基隆測站自記紙資料。

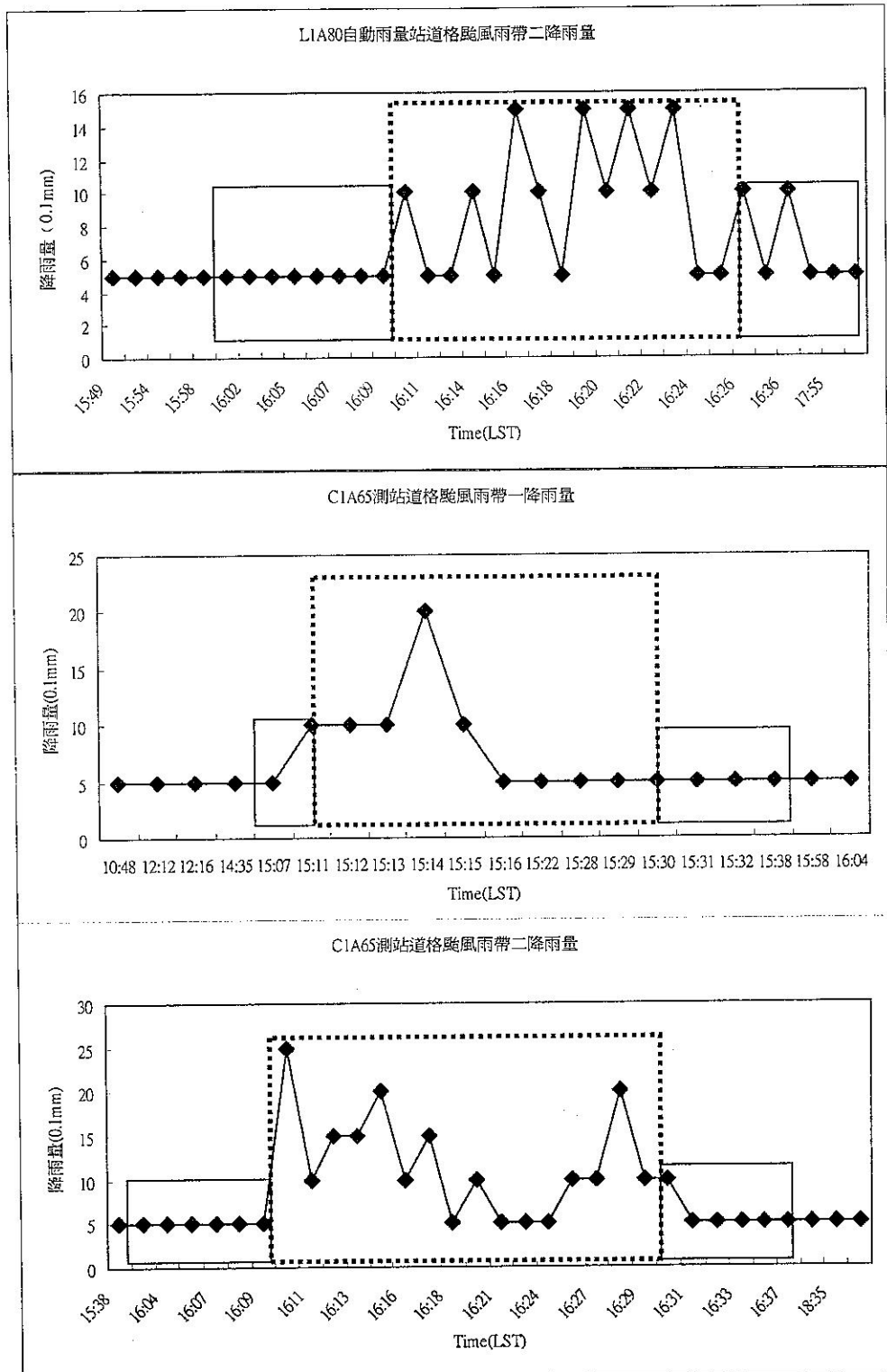


圖33 道格颱風雨帶自動雨量站降雨量記錄。

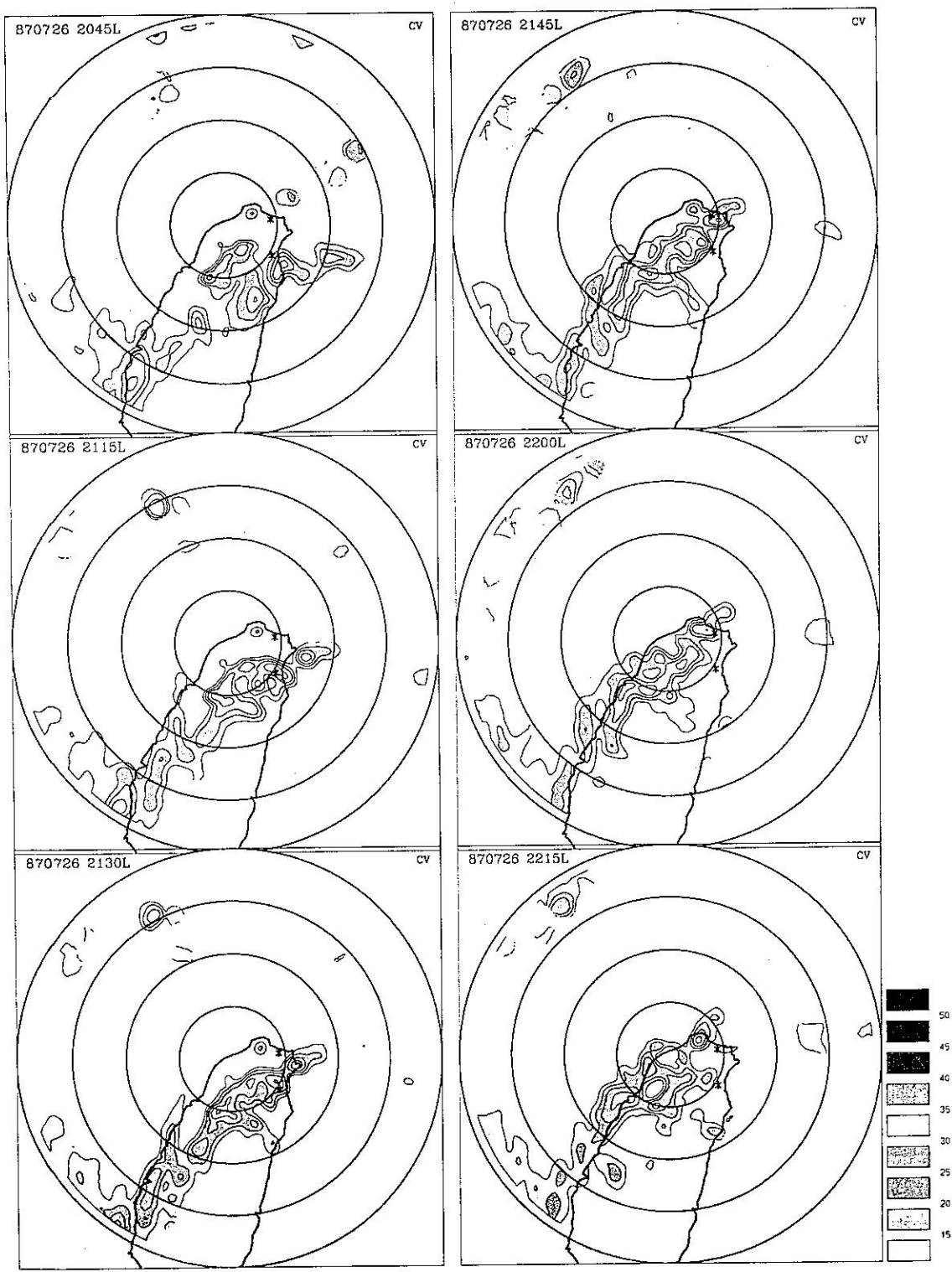


圖34 1987年亞力士颱風雨帶雷達回波。

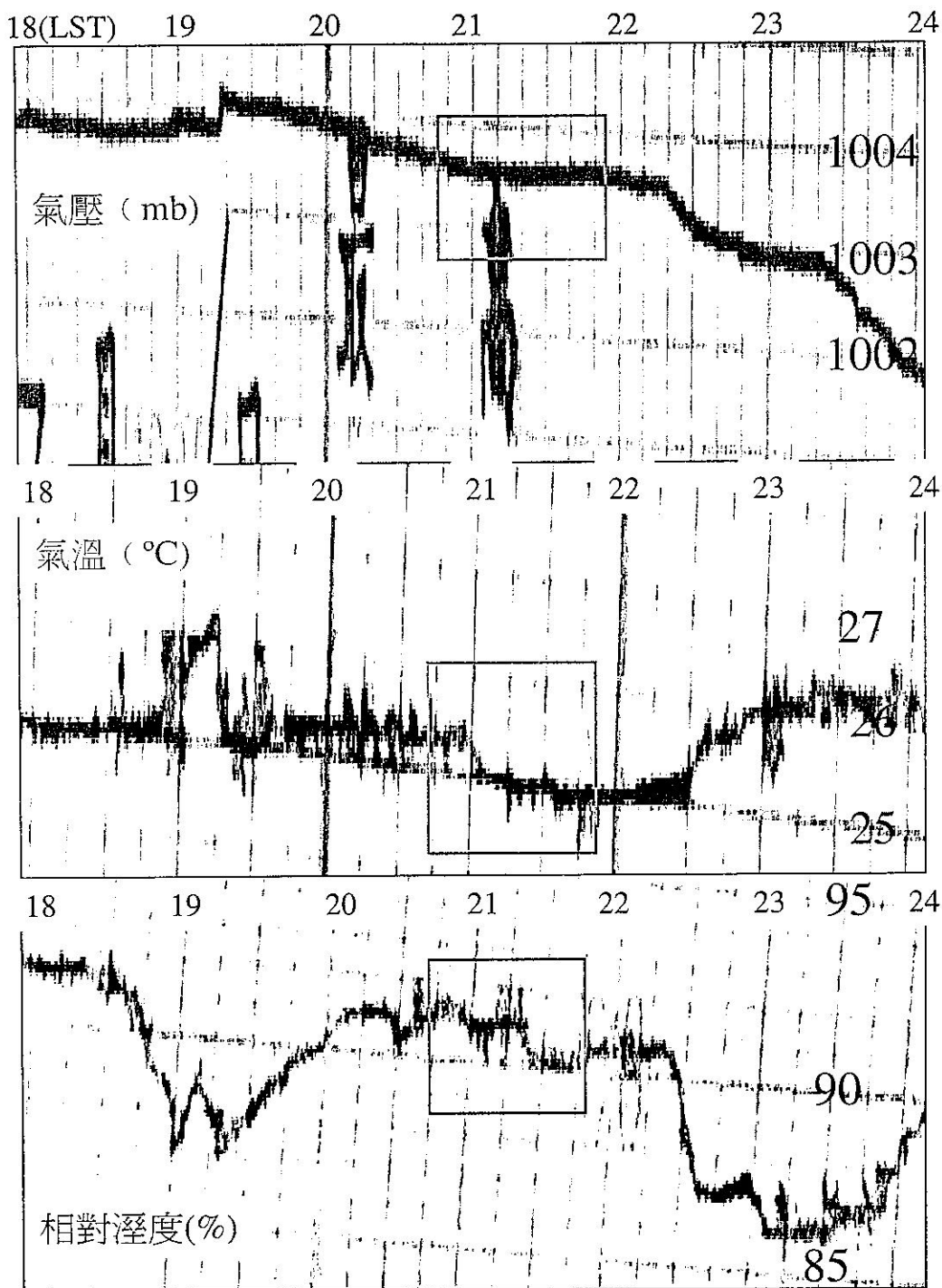


圖35 1987年7月26日亞力士颱風宜蘭測站自記紙資料。

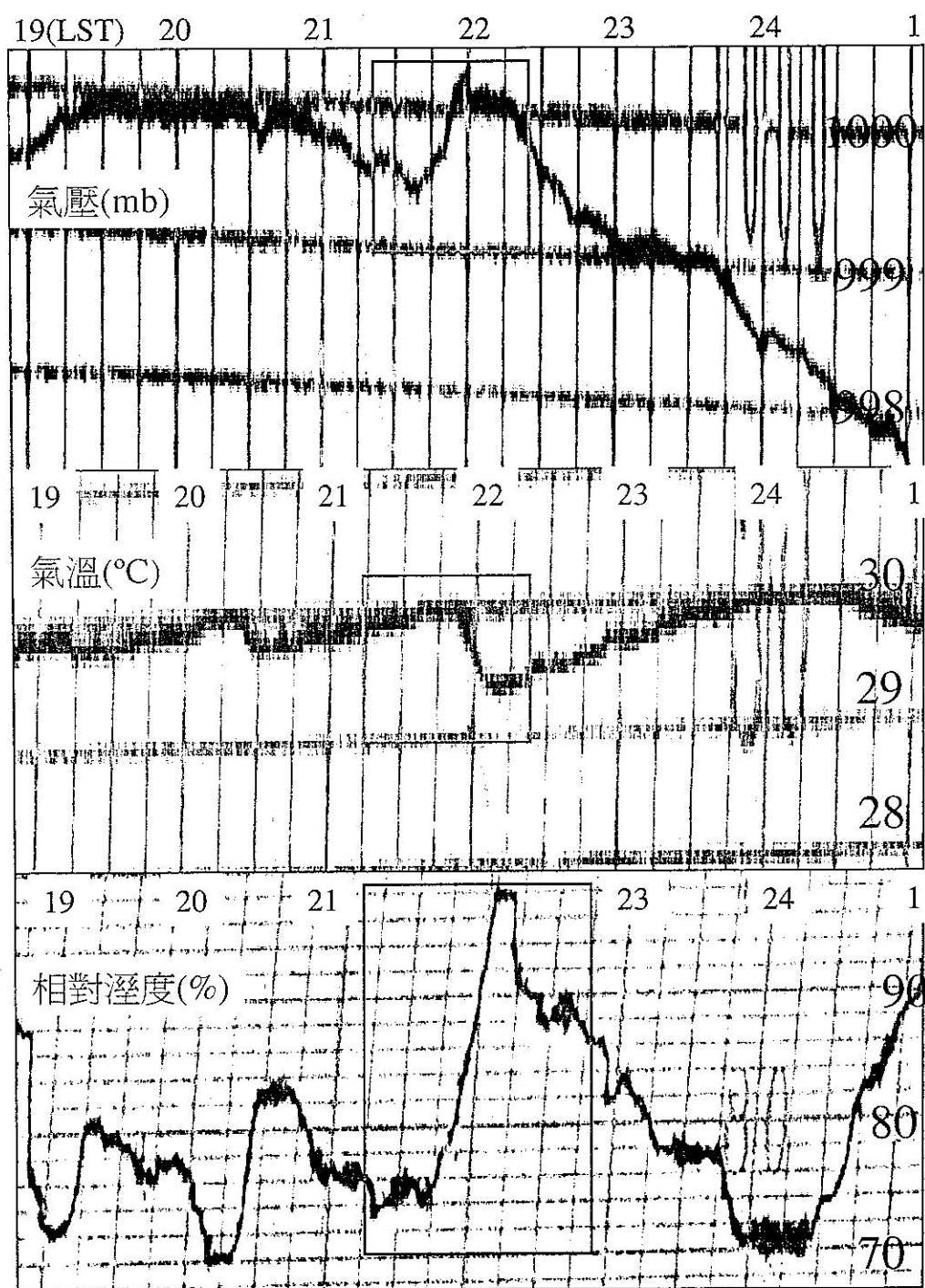
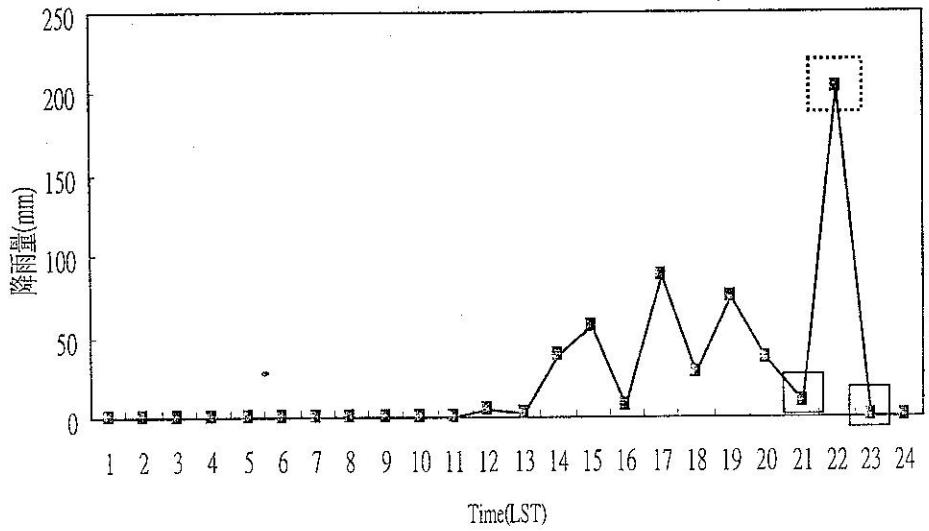


圖36 1987年7月26日亞力士颱風基隆測站自記紙資料。

亞力士颱風宜蘭測站降雨量



亞力士颱風基隆測站降雨量

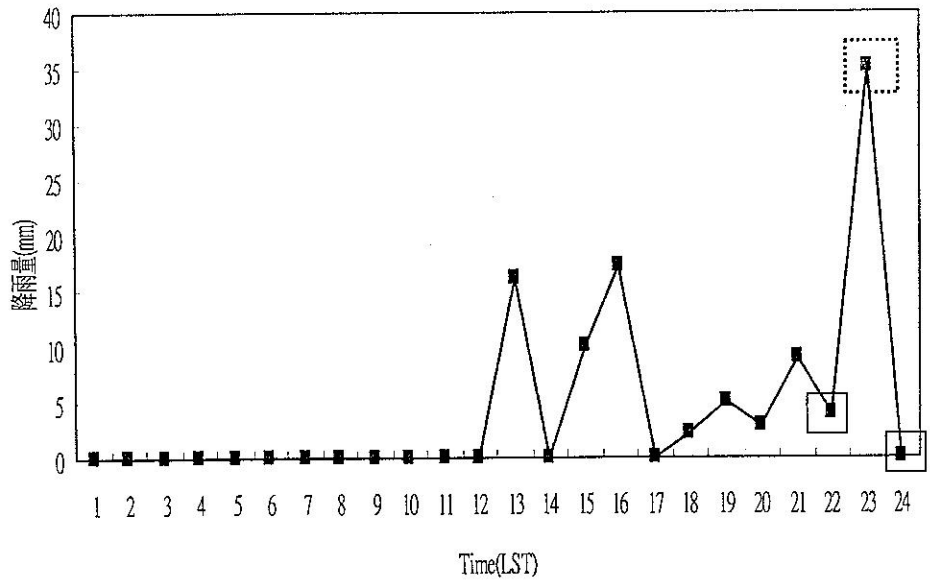


圖 37 亞力士颱風雨帶傳統測站降雨量記錄。

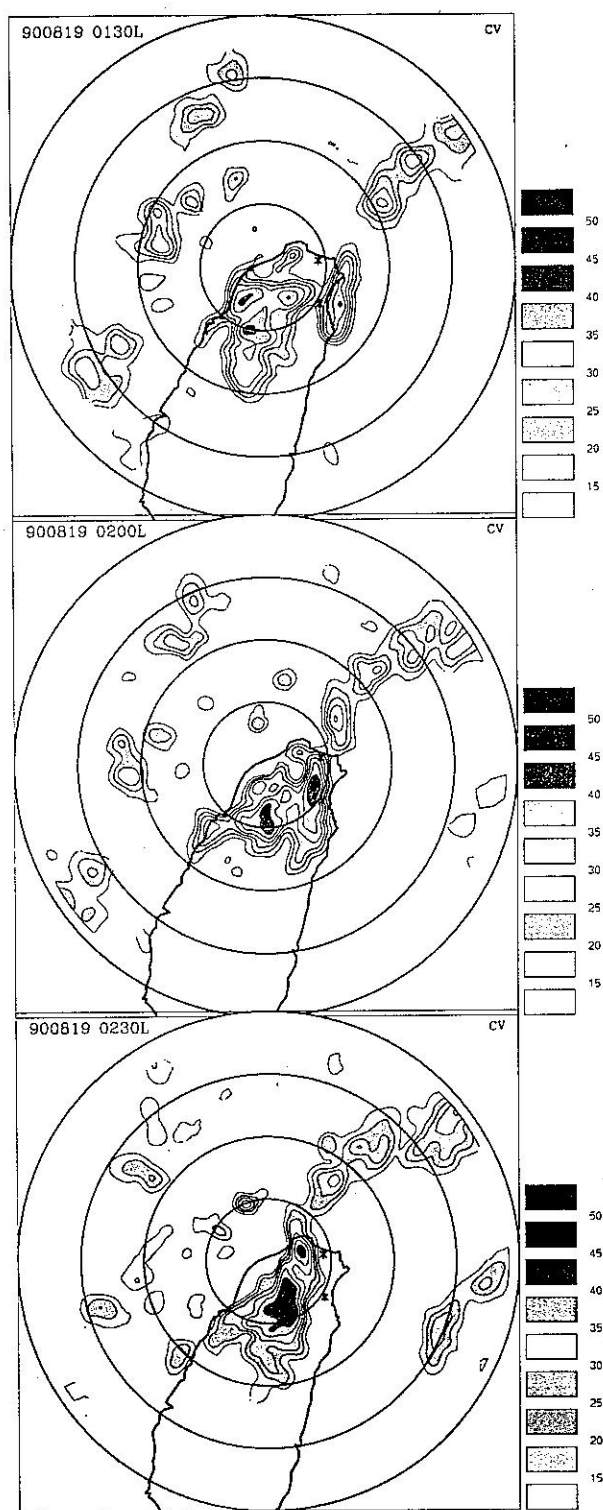


圖38 1990年楊希颱風雨帶雷達回波。

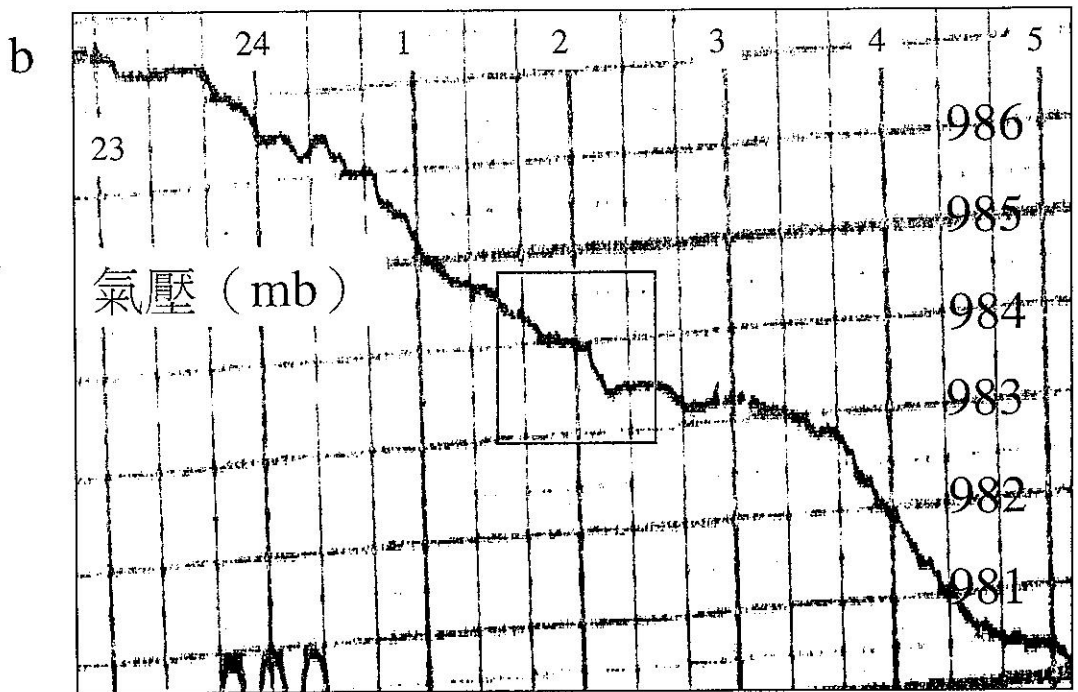
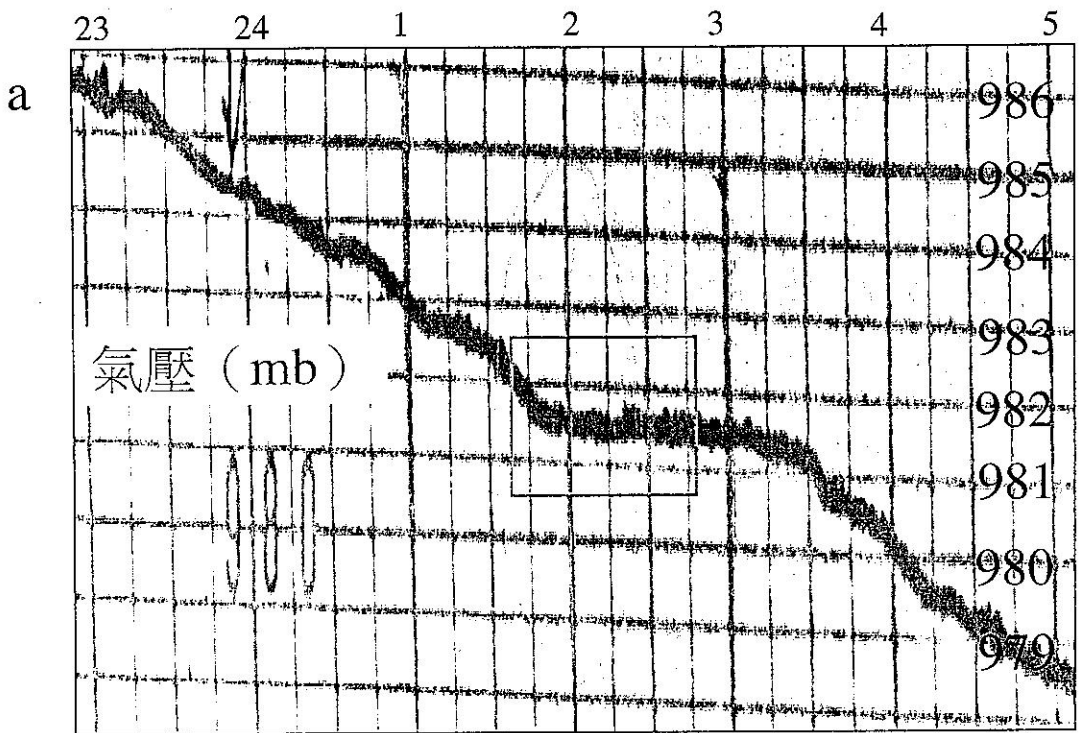


圖39 1990年8月18~19日楊希颱風(a)基隆測站(b)宜蘭測站自記紙資料。

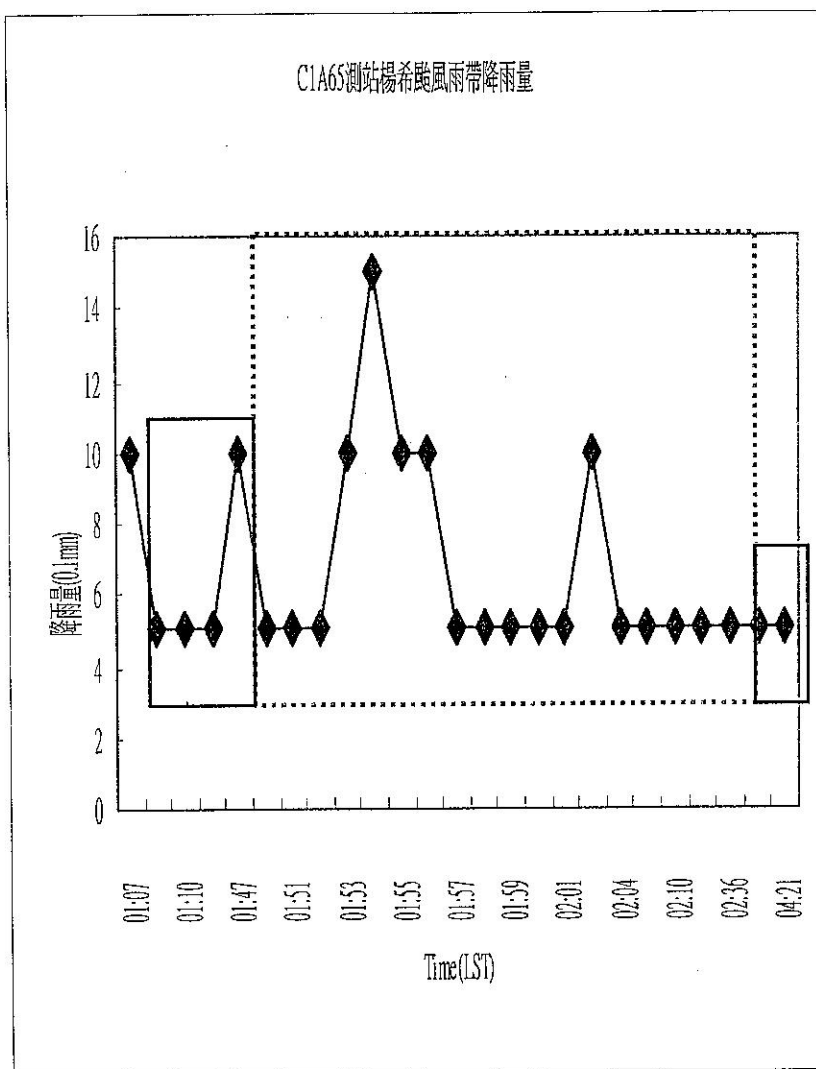


圖 40 楊希颱風雨帶自動雨量站降雨記錄。

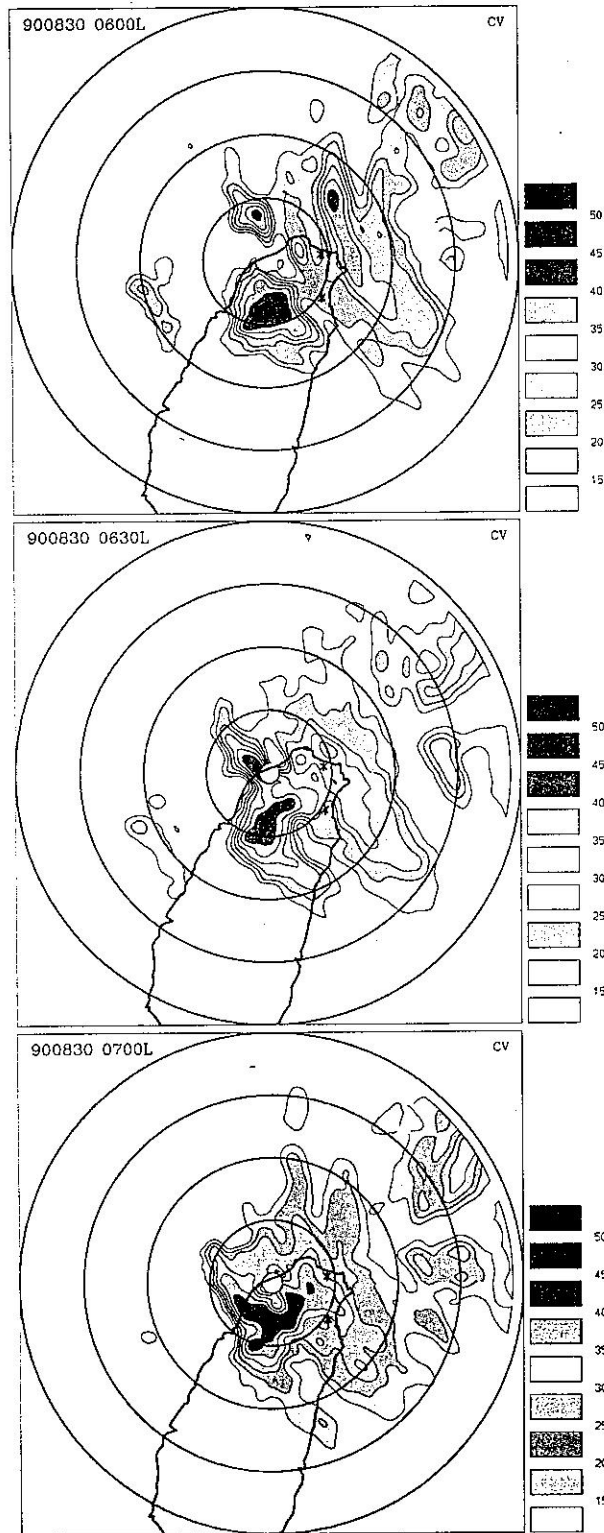


圖41 1990年亞伯颱風雨帶雷達回波。

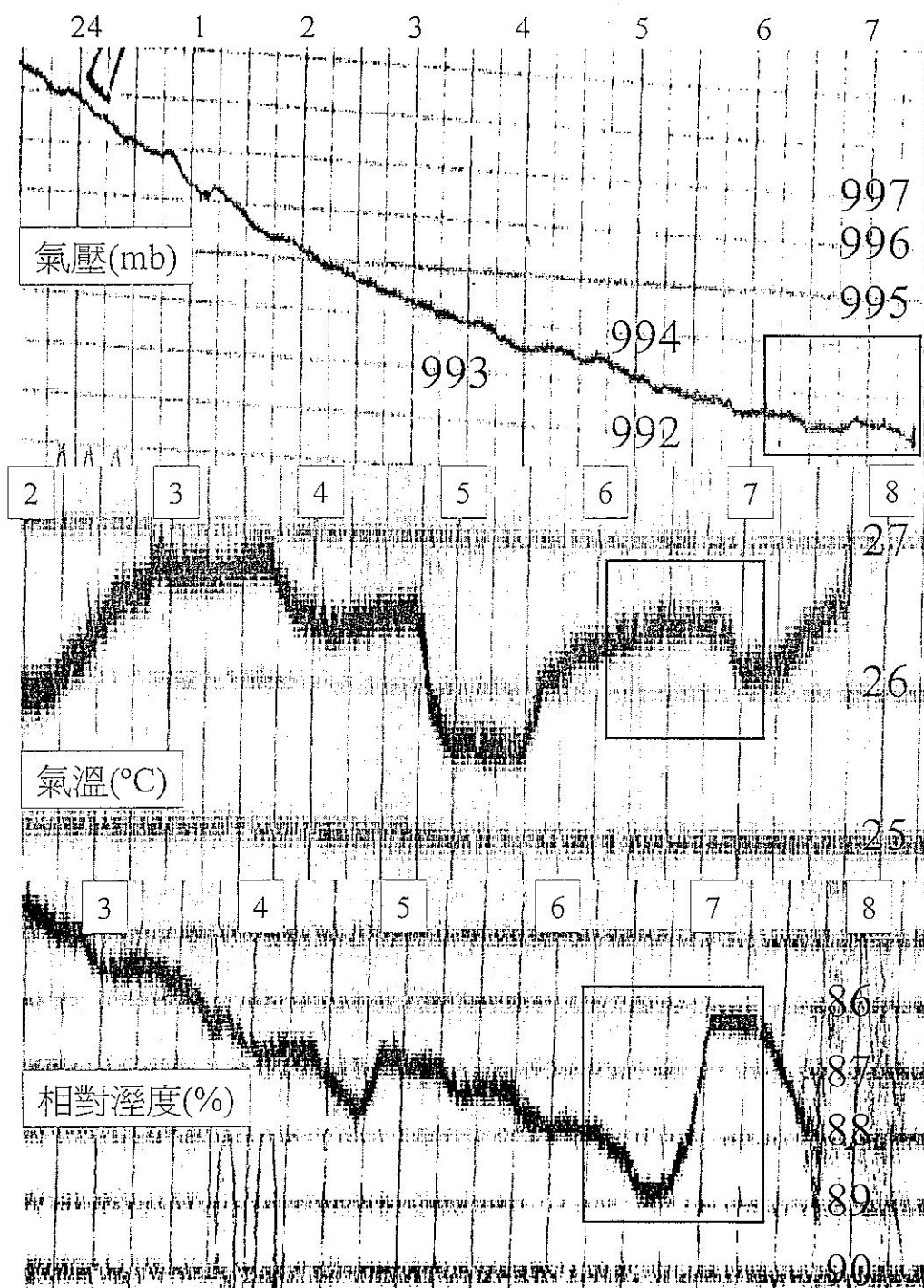


圖 42 1990年8月29~30日亞伯颱風基隆測自記紙資料。

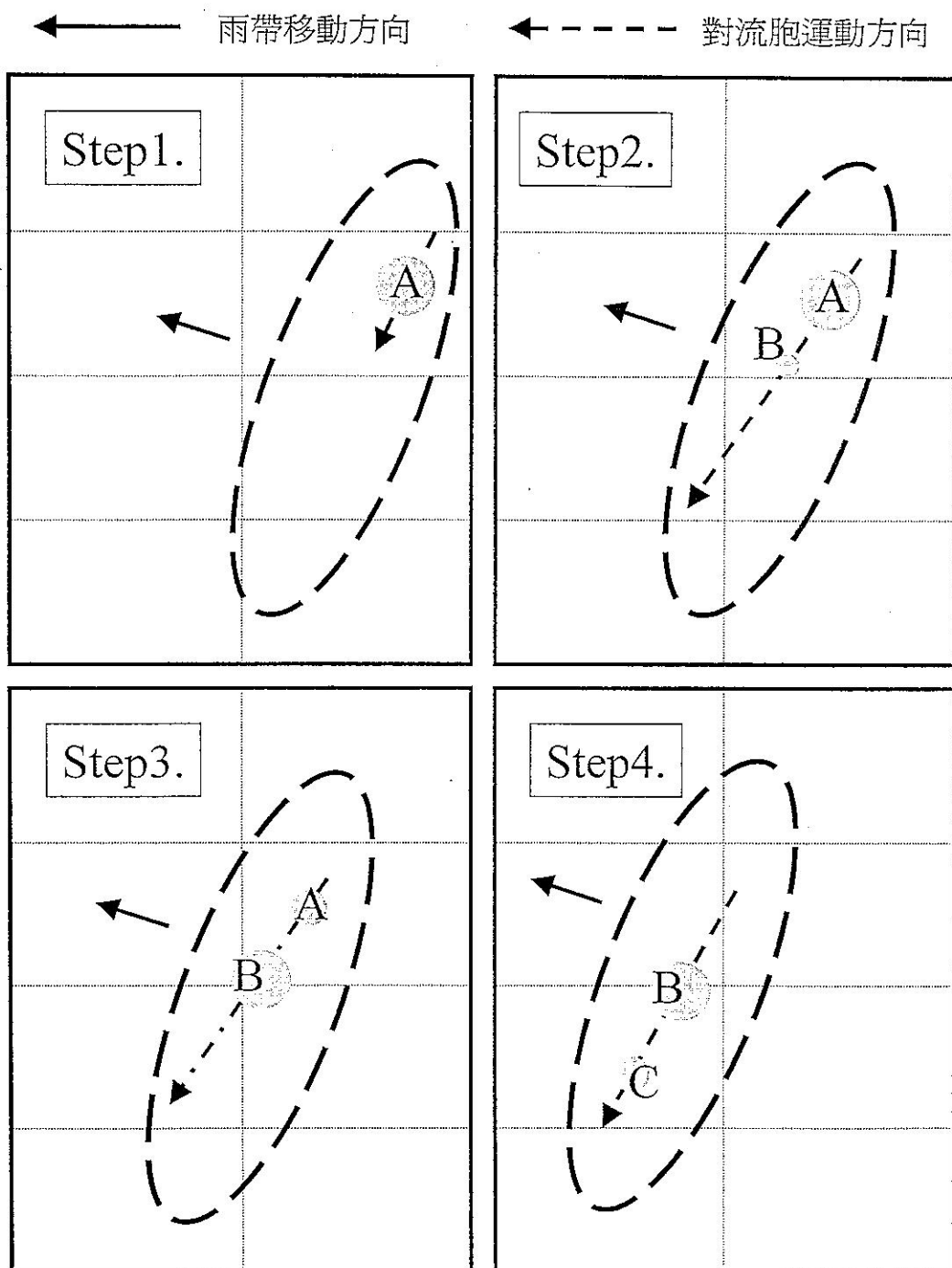


圖43 雨帶中對流胞消長示意圖。

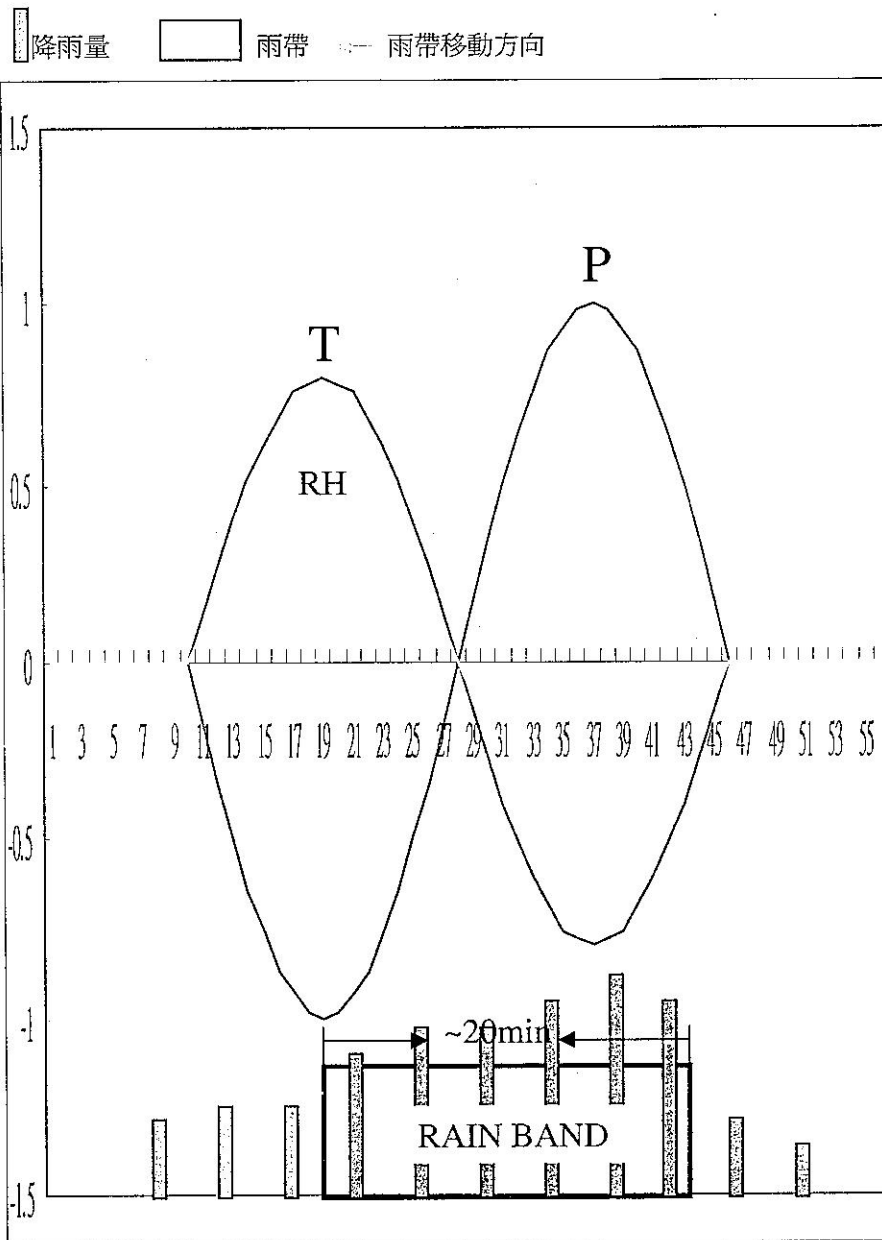


圖44 雨帶結構特徵概念圖。

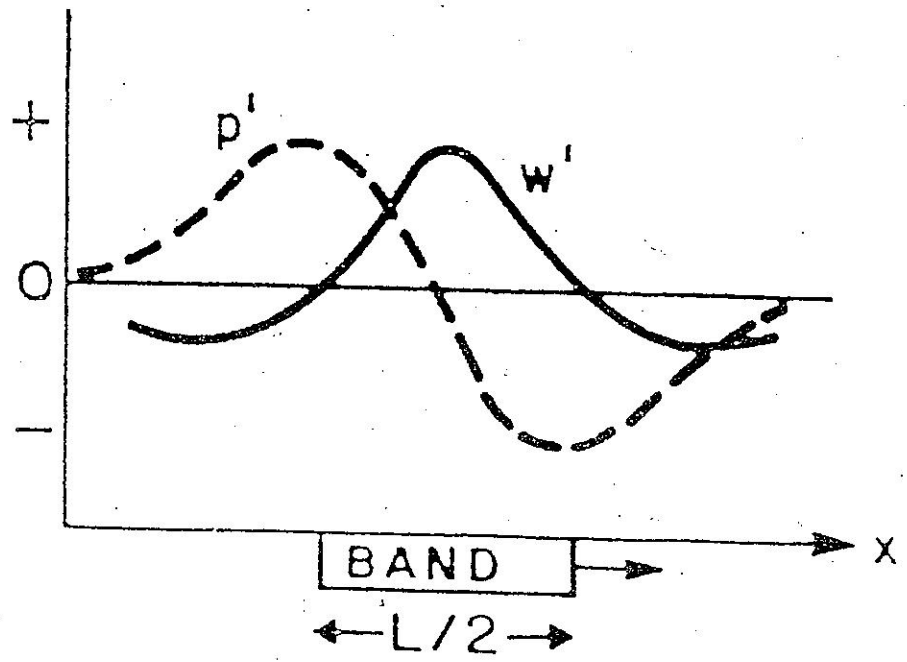


圖 45 氣壓與垂直速度和雨帶關係示意圖。(摘自 Anthes, 1982)