

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

颱風預報作業改進研究(一)

On the Improvement of Typhoon
Forecast Operation (I)

計畫類別：國內

計畫編號：CWB-83-2M-01

執行期間：82年7月1日至83年6月30日

計畫主持人：李清勝

執行單位：國立台灣大學大氣科學系

中華民國八十三年六月三十日

目 錄

摘 要

目 錄 i

表 目 錄 ii

圖 目 錄 iii

一、前 言 1

二、利用衛星紅外線資料估計颱風強度複迴歸模式之改進 3

三、颱風降水氣候統計預報模式簡介和資料處理 5

四、颱風降水氣候統計預報模式預報結果之評估 11

五、颱風伴隨降水預報之個案探討 18

六、總結和建議 33

七、誌 謝 34

八、參考文獻 35

表 目 錄

- 表3-1 1991～1993年間，根據中央氣象局颱風警報單所整理之侵台颱風資料。
- 表4-1 1991～1993年颱風期間，雨量氣候統計預報模式預報結果整理，表中之值為未來24小時內之累積雨量，實際路徑和預報路徑為雨量預報模式計算時分別採用之颱風位置資料。
- 表4-2 1991、1992和1993各年颱風期間，雨量氣候統計預報模式預報結果整理，表中之值為未來24小時內之累積雨量，實際路徑和預報路徑為雨量預報模式計算時分別採用之颱風位置資料。
- 表4-3 1991～1993 年颱風其間，各測站預報之未來每6小時及24小時累積雨量平均絕對誤差。預報時採用之颱風路徑為中央氣象局之實際颱風定位和預報路徑。
- 表5-1 1991～1993年颱風期間，觀測之未來24小時測站累積降雨量
- 表5-2 1991～1993年颱風期間，利用實際颱風路徑和氣候模式算出之未來24小時測站累積降雨量。
- 表5-3 1991～1993年颱風期間，利用預報颱風路徑和氣候模式算出之未來24小時測站累積降雨量。
- 表5-4 1991～1993年颱風期間，利用實際颱風路徑和氣候模式算出之未來24小時測站累積降雨量誤差。
- 表5-5 1991～1993年颱風期間，利用預報颱風路徑和氣候模式算出之未來24小時測站累積降雨量過誤差。
- 表5-6 1991～1993年颱風侵台期間，所有測站平均之每 6小時累積雨量預報誤差及 4個 6小時預報誤差總和。
- 表5-7 氣候統計預報模式針對每個測站預報大雨和豪雨之 TS 值、前估及後符。
- 表5-8 實際觀測雨量達豪雨標準，而預報之24小時累積雨量未達豪雨標準之雨量資料。

圖 目 錄

圖 5-1 根據中央氣象局颱風警報單之定位資料所畫出之 Amy(1991) 颱風路徑圖。

圖 5-2 根據中央氣象局颱風警報單之定位資料所畫出之 Ellie(1991) 颱風路徑圖。

圖 5-3 根據中央氣象局颱風警報單之定位資料所畫出之 Polly(1992) 颱風路徑圖。

圖 5-4 根據中央氣象局颱風警報單之定位資料所畫出之 Omar(1992) 颱風路徑圖。

圖 5-5 根據中央氣象局颱風警報單之定位資料所畫出之 Ted(1992) 颱風路徑圖。

圖 5-6 根據中央氣象局颱風警報單之定位資料所畫出之 Abe(1993) 颱風路徑圖。

摘要

本計畫之主要目的在研究改進颱風預報作業，提高颱風預報作業之時效性和準確性。研究的方向包括有颱風路徑預報準確度評估和誤差分析、颱風伴隨豪雨預報作業系統評估與改進研究以及利用衛星數據資料估計颱風強度之方法改進研究。全程計畫預期三年完成，本報告為第一年之研究結果。

在本報告中，將改進Lee(1992)或李和朱(1990)利用衛星數據資料估計颱風強度之複迴歸模式，重點則在加入1987年前半年之衛星資料，以彌補原模式中對較強颱風掌握較差之缺點。結果顯示，新發展的模式，其 R^2 值和原模式接近，但因缺少獨立資料，無法進行獨立校驗。

此外，在本報告中，亦利用李(1992、1993)所發展之颱風伴隨降水氣候模式預報系統，評估1991~1993年侵台之13個颱風雨量預報之準確性。結果顯示，對大部份移動路徑變化較少的颱風而言，利用中央氣象局作業時預報之颱風路徑及作業時之實際和颱風定位路徑所得之結果差異不大，但某些路徑變化較大之颱風則差異頗大，此結果指出颱風路徑預報的正確度，乃是颱風伴隨降水預報之重要基礎。此外，結果亦顯示，氣候統計預報模式一般之預報雨量有偏低情形（竹子湖站除外）；因此，對於較大降雨（大雨，尤其是豪雨）之掌握能力尚低，此應為未來颱風伴隨降水預報技術需要突破之處。

一、前言

本計畫之主要目的在研究改進颱風預報作業，提高颱風預報作業之時效性和準確性。研究的方向包括有颱風路徑預報準確度評估和誤差分析、颱風伴隨豪雨預報作業系統評估與改進研究以及利用衛星數據資料估計颱風強度之方法改進研究。全程計畫預期三年完成，本報告為第一年之研究結果。

在本報告中，將改進Lee(1992)利用衛星數據資料估計颱風強度之複迴歸模式，重點則在加入1987年前半年之衛星資料，以彌補原模式中對較強颱風掌握較差之缺點。此外，在本報告中，亦將利用李(1992、1993)所發展之颱風伴隨降水氣候模式預報系統，評估1991~1993年侵台颱風雨量預報之準確性，並提出改進方向，以供未來改進研究之參考。

颱風為台灣地區最重要的災變天氣系統，其所帶來的生命傷亡與財產損失，每年均高達數十億以至上百億，加強對颱風之瞭解以提高預報準確度，進而減少損失，一直都是國內氣象界，尤其是中央氣象局，最重要的研究課題之一。本計畫之目的即在承繼李和朱(1990)以及陳等(1991)，李(1992和1993)之應用研究，期能提高中央氣象局，颱風路徑和伴隨風雨預報之準確度和時效性。

首先，本計畫將承續 Lee(1992)，李和朱(1990)之研究，改進利用衛星數據資料估計颱風強度之複迴歸模式。在以前之研究中，僅採用1985和1986兩年之資料，由於原始資料庫之颱風強度較少強烈颱風，所得之複迴歸方程對強烈颱風強度估計之準確性較差，因此在本年中將加入1987年前半年的資料（包含有較多強

烈颱風個案)重新進行分析，以改進複迴歸方程，並將結果提供中央氣象局衛星站參考。而自1987年9月後之資料，因關島JTWC停止颱風飛機偵察任務，因此颱風之強度資料乃由估計得到。

其次本計畫將承續個人於過去三年中，在中央氣象局支助下，所進行颱風豪雨預報系統之研究工作（陳等，1991；李，1992和1993）。李(1993)利用歷史雨量資料庫，針對中央氣象局之13個測站，發展完成複迴歸預報方程，並在個人電腦上建制一人機交談式預報系統。經過評估比較，該模式之預報結果較利用平均法所得之氣候模式，有顯著之改進。在本計畫中，將利用1991～1993年之颱風資料，校驗評估此系統之預報準確度，以提供未來改進研究方向之參考。

本報告之第二章將討論利用紅外線衛星資料估計颱風強度之複迴歸模式之改進結果；第三章則簡要介紹李(1993)之颱風伴隨降水氣候統計預報模式；第四和五章則針對1991～1993年之颱風，評估降水預報模式之誤差情形，最後則為總結和建議。

二、利用衛星紅外線資料估計颱風強度複迴歸模式之改進

李和朱(1990)曾利用1985和1986兩年，21個颱風，593張衛星紅外線資料，將類比資料轉換成雲頂相當黑體溫度之數據資料後，發展利用紅外線數據資料估計颱風強度之複迴歸模式，並利用1987年前半年5個颱風之199個時間之資料進行獨立評估校驗。由於關島美軍JTWC於1987年9月停止颱風飛機偵察任務，因此較可信之颱風中心位置和強度資料只至1987年8月。

李和朱(1990)共發展了三個複迴歸模式，其中模式一之自變數並未採用任何先前之颱風強度資料，而模式二和三分別採用6小時和12小時前的颱風強度資料。值得一提的是，上述模式二中，6小時前之颱風強度其係數值僅為0.24，因此，對於6小時前之強度估計誤差具有降低之作用。可惜因所使用的颱風個案中，較缺少強烈颱風個案，使得強烈颱風之強度估計誤差較大。

本研究則重新利用1985、1986和1987前半年，全部共26個颱風之792個影像資料，重新進行複迴歸分析，由於1987之5個颱風強度較強，因此可改進李和朱(1990)模式之缺點。由於未考慮過去颱風強度之複迴歸模式，其 R^2 值均很低，因此不再說明。新發展之兩個複迴歸模式為：

(1) 模式A—採用過去6小時颱風強度為自變數(風速單位為kt)

$$, R^2 = 0.94 :$$

$$V = 0.074X_9 - 0.0095X_{61} + 0.928X_{65} - 6.89$$

其中 X_9 為半徑 $1.0 \sim 1.5^\circ$ lat 之平均灰度值

X_{61} 為 Julian day (太陽日)

X_{65} 為過去 6 小時颱風強度

(2) 模式B—採用過去12小時颱風強度為自變數， $R^2=0.82$ ：

$$V = 10.33X_{31} + 10.75X_{42} + 0.83X_{65} + 3.59$$

其中 X_{31} 為半徑 $0 \sim 1.05^\circ$ lat 區域，雲頂相當黑體溫度
 $\leq -65^\circ$ C 之面積百分比

X_{42} 為半徑 $0.5 \sim 3.0^\circ$ lat 區域，雲頂相當黑體
溫度 $\leq -55^\circ$ C 之面積百分比

X_{65} 為過去12小時颱風強度

此兩模式的 R^2 值與原模式二和三相近（原模式二和三分別為 0.93 和 0.82），因此兩組模式應有相近的準確度，不過模式 A 和 B 對於強烈颱風應有較佳之估計能力。然而，因 A 和 B 模式中， X_{65} 之係數分別為 0.928 和 0.83，遠較模式二和三之 0.24 和 0.79 為高，亦即新模式對於過去颱風強度之依賴度較高，可能造成誤差之累積。不過由於缺少獨立之觀測資料以做評估，此結果仍有待驗證。

三、颱風降水氣候統計預報模式簡介和資料處理

本研究之重點在評估李(1993)所發展之颱風降水氣候統計預報模式之準確度。該氣候統計模式之預報方法，基本上沿用陳(1984)和王等(1986)之概念，即選擇北緯 $19 \sim 28$ 度，東經 $117 \sim 129$ 度為目標區域，將此目標區域劃分成 $1^\circ \times 1^\circ$ 的經緯網格(陳和王等使用 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 網格)，當預報之颱風中心位置位於某一網格時，即可利用該網格之統計模式得到相對應之任一測站的時雨量值；任一測站之累積雨量即沿颱風路徑作每小時之累積。在求取網格之時雨量時，陳(1984)和王等(1986)採用平均法(或比值法)，而李(1993)則利用複迴歸方程求取各網格之時雨量，因此，每個網格內需要較多的資料，故採用 $1^\circ \times 1^\circ$ 而不考慮 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 的經緯網格；上述區域內共有 108 個 $1^\circ \times 1^\circ$ 之網格。

由於複迴歸分析時資料個數愈多，則結果準確度愈高，故所採取的氣象因子必須考慮其可使用資料量的大小，在這種考慮下，李(1993)採用 13 個氣象因子作為模式的自變數，分別是：

1. 日序(1~365日)
2. 颱風中心緯度(度)
3. 颱風中心經度(度)
4. 颱風移向(1~360度)，以北方為0度，東方為90度
5. 颱風移速(公里／小時)
6. 颱風中心最大風速(knots)
7. 颱風中心與測站之距離(公里)
8. 颱風中心相對於測站之方位角(1~360度)，其角度的計算仍以北方為0度，東方為90度
9. 颱風之七級風暴風半徑(公里)

10. 過去24至30小時中，每六小時之累積雨量（0.1公釐）
11. 過去30至36小時中，每六小時之累積雨量（0.1公釐）
12. 過去36至42小時中，每六小時之累積雨量（0.1公釐）
13. 過去42至48小時中，每六小時之累積雨量（0.1公釐）

李(1993)曾發展出五個預報雨量的氣候統計模式，其中分別有利用或不利用颱風暴風半徑和過去雨量者，暴風半徑資料因個數較少且準確性較差，因此引用後，預報準確度未見提升。而考慮過去雨量之統計模式，其預報準確度雖有提升，但目前提升似乎有限，而且其需要過去雨量資料。因此，在本研究中，將僅考慮李(1993)所發展之模式一進行評估。以下敘述模式一所使用之參數及其考慮。

該模式之預測目標為前後三小時（共六小時）累積雨量（單位為0.1公釐），若考慮時雨量時，則將之除以6（註：採前後共6小時之移動平均乃為去除中小尺度對流系統所造成之非常強烈之短時間局部降水，以提高準確度，但也因此降低對極端降水個案之預報能力）；預報因子為上述1~8項，共8個基本參數。發展模式時所採用的資料為1951(或1960)至1990年之單站時雨量資料；而本研究則採用獨立之1991~1993年侵台之颱風個案，作該雨量預報模式之校驗分析。表3-1為根據中央氣象局之海上和海上陸上颱風警報單之資料，所統計之颱風位置和強度資料，表中同時列出該時刻之未來24小時預測之颱風中心位置，在計算未來24小時降雨量時，需用到此資料。

李(1993)之研究亦發展出一套人機交談式預報系統，以提供預報作業之用，該預報系統中，同時考慮不同機率之預報誤差所導致之降水值變化情形。本研究在計算未來雨量時，選擇

機率預報誤差為0%（prob.=0%）的預報路徑進行計算。在計算未來24小時內之小時降雨量時，分別採用颱風實際路徑和預報路徑資料。此外，由於颱風警報單中，並沒有預報24小時後颱風中心最大風速，所以在計算未來24小時沿預報路徑及實際路徑之雨量值時，預報颱風中心最大風速皆直接使用24小時後實際的颱風中心最大風速。在後面章節中，我們利用24小時後之預報路徑及24小時後之實際路徑和李(1993)之模式一，得到兩種不同的模式雨量值，再加上中央氣象局13個測站觀測之時雨量資料，我們將利用這三種不同方式得到的雨量資料，進行氣候統計預報模式準確度之校驗。

表3-1 1991~1993年間，根據中央氣象局颱風警報單所整理之侵台
颱風資料（颱風中心最大風速單位：kt）

颱風 名稱	年份	時 間	中心位置		中心 最大 風速	預測24小時 中心位置	
			北緯	東經		北緯	東經
AMY	1991	7 17 06	18.0	128.4	66	20.0	123.7
		7 17 12	18.2	127.5	66	20.4	122.8
		7 17 18	18.6	126.5	70	20.7	122.5
		7 18 00	19.3	125.2	86	21.6	121.1
		7 18 06	19.9	123.8	102	22.2	119.4
		7 18 12	20.6	122.6	102	23.1	117.6
		7 18 18	21.5	120.8	102	24.1	115.3
		7 19 00	22.4	118.7	96	24.8	114.0
		7 19 06	23.0	117.4	90	25.2	112.1
		7 19 12	23.6	115.7	70	26.3	112.0
BRENDAN	1991	7 22 06	17.4	122.2	66	19.9	118.7
		7 22 12	18.6	121.3	66	21.2	117.9
		7 22 18	19.5	120.2	60	22.6	116.0
		7 23 00	20.1	119.0	60	22.9	114.8
		7 23 06	21.1	116.3	60	24.3	110.3
ELLIE	1991	8 15 18	25.7	130.3	66	25.6	124.5
		8 16 00	25.6	129.0	66	25.5	123.6
		8 16 06	25.5	127.7	66	25.5	122.6
		8 16 12	25.3	126.5	60	25.3	121.7
		8 16 18	25.1	125.5	60	25.1	120.7
		8 17 00	25.0	124.5	56	25.1	119.6
		8 17 06	25.0	123.5	56	25.0	118.7
		8 17 12	25.0	122.8	50	25.0	119.8
		8 17 18	25.2	121.9	50	25.2	118.2
		8 18 00	25.2	120.7	50	25.3	116.9
		8 18 06	25.2	119.9	40	24.5	116.2
		8 18 12	25.0	118.9	30	24.8	117.2
MIREILLE	1991	9 25 00	21.5	127.6	106	24.3	125.8
		9 25 06	22.2	127.0	106	24.8	125.3
		9 25 12	23.0	126.7	102	25.8	124.7
		9 25 18	23.7	126.1	102	26.8	125.0
		9 26 00	24.3	125.8	102	27.3	125.0
		9 26 06	25.4	125.7	102	29.2	126.2
		9 26 12	26.5	125.9	102	31.5	127.9
		9 26 18	28.0	126.3	102	33.8	129.5
NAT	1991	9 30 00	18.8	117.0	56	22.0	118.2
		9 30 06	19.9	117.3	56	23.9	118.8
		9 30 12	20.7	117.6	56	24.7	119.8
		9 30 18	21.7	118.0	56	25.4	119.9
		10 1 00	22.3	117.8	56	24.6	119.2
		10 1 06	22.7	117.5	56	24.5	117.8
		10 1 12	23.4	117.4	60	25.1	117.4
		10 1 18	23.9	117.0	50	25.5	116.7
RUTH	1991	10 26 00	17.6	127.6	116	20.0	124.1
		10 26 06	17.9	126.3	116	19.3	122.3
		10 26 12	18.1	125.7	106	19.4	122.8
		10 26 18	18.7	124.5	102	19.9	121.7
		10 27 00	18.8	123.6	102	19.5	120.2
		10 27 06	18.5	122.6	96	18.5	119.0
		10 27 12	18.1	122.1	86	18.1	119.9
		10 27 18	18.0	121.6	80	18.1	119.4
		10 28 00	17.9	121.0	76	18.2	118.8
		10 28 06	18.0	120.8	66	18.6	119.6

表3-1 1991~1993年間，根據中央氣象局颱風警報單所整理之侵台
颱風資料（颱風中心最大風速單位：kt）（續）

颱風 名稱	年份	時　　間	中心位置		中心 最大風速	預測24小時 中心位置	
			北緯	東經		北緯	東經
SETH	1991	10 28 12	18.0	120.5	60	18.5	119.2
		10 28 18	18.2	120.2	56	18.8	119.0
		10 29 00	18.8	120.3	56	21.2	120.6
		10 29 06	19.4	120.3	50	21.8	120.5
		10 29 12	19.8	120.3	46	21.5	120.4
		10 29 18	20.3	120.5	36	22.0	121.4
		10 30 00	20.5	120.6	34	22.0	121.5
		11 12 12	17.7	123.7	66	18.1	120.1
		11 12 18	18.3	122.9	60	19.8	119.0
		11 13 00	18.6	121.9	46	20.1	118.2
BOBBIE	1992	11 13 06	19.1	121.1	40	20.8	118.0
		11 13 12	19.6	120.2	40	21.2	117.1
		11 13 18	19.7	119.8	40	19.8	119.6
		11 14 00	19.7	119.8	36	19.8	119.6
		11 14 06	18.3	119.4	36	15.3	116.9
		6 26 06	17.3	125.5	70	20.0	122.6
		6 26 12	18.2	125.0	70	21.5	122.3
		6 26 18	19.1	124.3	86	22.2	121.7
MARK	1992	6 27 00	20.0	124.2	96	23.8	122.7
		6 27 06	21.2	123.6	96	25.1	122.5
		6 27 12	22.1	123.5	96	25.5	123.1
		6 27 18	22.6	123.5	90	25.2	123.5
		6 28 00	23.6	124.0	80	26.7	125.5
		6 28 06	24.2	124.7	70	28.6	129.0
		6 28 12	24.8	125.6	70	27.8	132.3
		8 16 06	21.3	117.5	40	23.2	118.4
		8 16 12	21.8	117.6	40	23.7	118.3
		8 16 18	22.1	117.8	40	24.1	118.2
		8 17 00	22.3	117.8	40	24.4	118.2
		8 17 06	22.5	117.8	40	24.6	117.8
		8 17 12	22.5	117.8	40	23.7	117.8
		8 17 18	22.5	117.9	40	23.7	117.9
		8 18 00	22.7	117.9	40	24.3	117.9
		8 18 06	23.0	117.9	40	24.7	117.9
		8 18 12	23.4	117.9	40	25.1	117.9
		8 18 18	23.6	117.9	40	25.3	117.9
		8 19 00	23.9	117.9	36	25.6	117.9
		8 19 06	24.2	117.5	30	25.9	117.3
POLLY	1992	8 27 00	20.3	128.5	36	22.0	124.0
		8 27 06	20.6	127.2	36	22.1	122.5
		8 27 12	21.3	126.5	36	22.4	122.1
		8 27 18	21.7	125.1	36	22.7	120.8
		8 28 00	22.2	124.2	36	23.4	119.8
		8 28 06	22.5	123.1	36	23.6	118.9
		8 28 12	22.8	125.0	40	24.0	121.6
		8 28 18	23.3	124.1	46	24.4	121.4
		8 29 00	23.5	123.4	46	24.5	120.3
		8 29 06	23.6	122.7	46	24.3	119.7
		8 29 12	23.7	122.3	46	24.2	119.7
		8 29 18	23.1	121.8	46	0.0	0.0
		8 30 00	23.2	121.7	46	0.0	0.0
		8 30 06	24.1	121.6	40	26.0	119.8
		8 30 12	25.0	121.0	40	26.9	119.3

表3-1 1991~1993年間，根據中央氣象局颱風警報單所整理之侵台
颱風資料（颱風中心最大風速單位：kt）（續）

		8 30 18	25.7 120.2	40	29.2 118.0
		8 31 00	26.0 119.5	30	29.2 117.1
OMAR	1992	9 3 00	21.9 126.8	80	22.5 124.4
		9 3 06	22.4 125.6	70	24.0 123.4
		9 3 12	22.6 125.1	66	24.4 122.9
		9 3 18	22.7 124.5	66	24.1 122.6
		9 4 00	22.8 123.6	66	23.8 121.3
		9 4 06	23.0 123.1	66	23.7 120.8
		9 4 12	23.2 121.9	66	24.1 118.3
		9 4 18	23.6 120.3	56	24.4 116.7
		9 5 00	24.1 119.2	46	24.9 115.7
		9 5 06	24.3 118.3	36	24.7 116.4
TED	1992	9 20 00	17.7 126.6	50	19.8 122.9
		9 20 06	18.4 124.8	50	20.9 121.2
		9 20 12	19.0 123.8	50	21.2 121.2
		9 20 18	19.3 123.1	50	21.6 120.6
		9 21 00	19.8 122.0	56	22.2 119.8
		9 21 06	20.0 121.0	56	22.4 118.7
		9 21 12	20.4 120.4	56	21.8 118.8
		9 21 18	20.2 121.6	60	21.7 121.0
		9 22 00	20.9 121.6	60	23.7 121.2
		9 22 06	23.8 121.4	50	29.1 121.0
		9 22 12	25.4 121.5	50	30.7 121.5
		9 22 18	26.2 121.4	50	30.5 121.4
		9 23 00	27.2 121.4	50	31.2 121.9
		9 23 06	29.1 121.2	40	32.8 122.3
TASHA	1993	8 17 06	17.8 124.3	36	20.0 121.8
		8 17 12	18.3 123.8	36	20.6 121.3
		8 17 18	18.9 123.0	40	21.1 120.5
		8 18 00	19.5 122.0	40	21.8 119.4
		8 18 06	19.8 120.3	46	21.7 118.0
		8 18 12	20.1 119.4	46	22.5 117.0
		8 18 18	20.1 118.4	50	22.4 115.8
		8 19 00	20.3 116.7	50	21.8 113.6
YANCY	1993	8 31 12	20.9 127.5	50	22.1 124.3
		8 31 18	21.5 126.5	60	22.7 123.3
		9 1 00	21.8 125.9	66	23.2 122.8
		9 1 06	22.7 125.6	70	25.5 124.1
		9 1 12	23.3 125.2	76	26.2 124.1
		9 1 18	23.9 125.2	80	26.9 125.1
		9 2 00	25.0 125.5	90	29.1 127.1
		9 2 06	26.0 126.1	102	30.9 129.0
ABE	1993	9 10 12	20.0 123.9	46	21.4 123.2
		9 10 18	20.1 123.6	50	21.6 122.8
		9 11 00	20.4 123.3	56	21.7 122.6
		9 11 06	20.7 122.7	60	22.2 121.4
		9 11 12	21.0 122.3	60	22.4 120.9
		9 11 18	20.8 121.5	60	21.4 119.4
		9 12 00	21.0 121.0	60	21.8 119.7
		9 12 06	21.1 119.8	66	22.0 117.9
		9 12 12	21.2 119.3	66	22.0 117.2
		9 12 18	21.5 118.7	66	22.6 116.8
		9 13 00	21.8 118.3	76	23.2 116.9
		9 13 06	22.1 117.9	76	23.6 116.2
		9 13 12	22.3 117.7	86	23.6 116.4
		9 13 18	22.7 117.1	86	24.0 115.5

四、颱風降水氣候統計預報模式預報結果之評估

根據表3-1，在1991～1993年間，中央氣象局共針對15個颱風發佈海上或海上陸上颱風警報，但其中兩個颱風（1991年之Brendan和Ruth）的位置離台灣較遠或明顯無具體影響，故不列入評估，其餘13個颱風之計算結果列於表4-1中，表4-1分別列出各測站預報之未來24小時累積雨量之平均值(mm)和絕對誤差平均值，此外並列出觀測值；表中在計算未來24小時之預報雨量時，分別採用中央氣象局所定之颱風位置（實際路徑）和預報單上所列之預報颱風位置（預報路徑）。

表4-1 顯示，颱風期間降雨量最大的測站是花蓮和台東，其24小時平均降雨量達70mm以上，其次是北部的竹子湖站，達33mm，台北、高雄和恆春站則在25～26mm間。降雨量最少的除外島之澎湖測站外，台灣本島上以新竹的6.7mm最少，其次是台中之9.6mm。此等降雨之分佈很可能因颱風移動方向（大部份由東南方而來）影響所致；唯一較特殊的是阿里山之平均24小時降雨量僅11mm，和一般預期山區雨量較多有所出入；可能亦是因阿里山位於中央山脈西側之地理位置有關。

結果顯示，利用實際颱風定位之預報降水誤差值，平均說來，較利用預報之颱風路徑者為小，但相差非常有限；亦即整體說來，目前的氣候統計預報模式，對颱風路徑預報誤差似乎不太敏感；預報誤差產生之原因，大多仍歸因於氣候統計預報模式未至理想所致。因此，為減少篇幅，在下面的討論中，除非確有必要，不然將僅考慮利用颱風實際定位所得之結果；不過，利用預報颱風路徑所得之結果亦常列於表中，以供參考。此外，必需特別說明的是，因表中之預報誤差值，乃取所有個別時間誤差值之絕對值進行平均，所以誤差值並不等於預報值和觀值測之差值。

表4-1 同時顯示，預報之未來24小時累積雨量之平均誤差值最大為花蓮、竹子湖和台東三個站，平均誤差值均在50mm以上，其次為宜蘭、高雄及基隆三站，其平均誤差值在25~30mm左右，平均誤差值最小的是澎湖和台中兩站，平均誤差值均在10mm以下。然而，若和實際平均降雨量比較，台東和花蓮兩個降雨量較大的測站，其平均預報誤差值和觀測值之比值均小於1，不過兩測站均有明顯預報值偏低情形，例如台東站之平均觀測值為72.6mm，但平均預報值僅25.6mm，而平均預報誤差值為50.1mm，幾乎是預報值的兩倍；至於降雨量排行第三的竹子湖站（觀測雨量33.0mm），其平均預報值為72.2mm，明顯的較觀測值偏大很多，使其平均預報誤差值達55.2mm。降雨量在25mm左右的台北、恆春和高雄三站，其預報值和預報誤差值和觀測值之大小均較為接近（其中高雄的預報值偏小）。剩下的測站中，除台南站外，預報值均明顯偏大，尤其是基隆站，其平均觀測值僅11.3mm，而平均預報值為34.5mm，使平均誤差值達25.6mm，為觀測值之2.5倍。

表4-2 為1991、1992和1993各年之颱風期間，觀測之未來24小時累積雨量、預報雨量值和預報誤差值，其中在誤差值中分別列出採用實際颱風路徑和預報路徑之結果，預報值則僅列出採用實際路徑者（註：因左右寬度有限）。結果顯示，採用中央氣象局預報作業時之預報路徑所得之預報差誤差值，和採用實際颱風定位之誤差值仍相當接近；不過，在觀測雨量方向，除台東測站外，1993年之降雨量遠較其他兩年為少。表4-2同時顯示，雖然1991、1992和1993不同年間之結果頗有差異，但前述表4-1 所顯示的特徵仍大致存在。例如基隆站之預報值均偏大且預報誤差仍遠較觀測雨量為大（1991年則僅稍大而已）。山區之竹子湖站和阿里山站之預報值亦都明顯偏大，宜蘭測站之預報值也明顯偏大；而花蓮和台東兩測站，除1993年之花

蓮測站外，預報值均明顯偏小。此種預報值偏大或偏小的情形有可能是因預報模式不完美所導致，尤其當觀測雨量因某些原因而趨近於零時，因統計模式對極值之預報能力較低，誤差值將會增大，另一個可能原因为個案路徑之不同所致，此點原因在後面將做討論。

如前面第三章所述，颱風降水氣候統計預報模式之原始預報方程乃針對時雨量進行預報，但表4-1和4-2則皆僅針對預報之未來24小時累積雨量進行評估，此時時雨量預報之部份誤差值將互相抵消，而使24小時累積雨量之誤差值較逐時雨量誤差值之總和為小，此特徵在表4-3中清楚的顯示出。表4-3中列出1991~1993年各測站之未來24小時中，每6小時累積雨量預報誤差以及4個6小時誤差總和；此外，並列出未來0~24小時累積雨量之預報誤差和觀測值。在預報誤差方面，則分別考慮利用實際颱風路徑和預報路徑之結果。

表中顯示，4個6小時累積雨量預報誤差之總和皆大於24小時累積雨量之預報誤差，亦即逐時（或每6小時）雨量預報誤差有相互抵消的情形；然而此種相互抵消的情形，若以4個6小時之總和和24小時累積比較，其差距也非特別大（註：原始預報方程雖針對逐時雨量預報，但其實是針對前後3小時，共6小時之移動平均雨量進行預報，因此在此取每6小時之累積雨量）；例如，基隆站兩者分別為30.9mm和25.6mm，差距在20%左右，台東站和花蓮站則分別為58.2mm和50.1mm及71.4mm和63.1mm，差距更小，分別為16.2%和13.2%。差距不大即是誤差抵消之情形不太嚴重，可能因誤差之符號並非正負分佈平均，而是對同一個案而言，大部份之時雨量誤差值為同號，即各測站常有偏高或偏低之情形。

表4-3中另一值得注意之現象是每6小時雨量預報誤差值有隨預報時間增長而增加之情形。例如基隆站之未來0~6小時、7~12小時、13~18小時和19~24小時之6小時累積雨量預報誤差分別為 5.02mm、5.24mm、7.93mm和12.69mm，增加情形頗為顯著；竹子湖站則由11.50mm一直增加至22.36mm。然而並非所有測站均是如此；例如，台北測站由 7~12時至13~18時，誤差不升反降，由7.68mm降至7.23mm，新竹之 0~6時至7~12時、台東之13~18時至19~24時、花蓮由13~18時至19~24時以及宜蘭之 0~6時至7~12時，預報 6小時累積雨量之誤差值亦皆有下降之情形。在此必需指出的是表4-3 中每組兩個數目之上面數目，乃是利用實際颱風路徑所計算之預報值，因此並不存在路徑預報誤差隨預報時間增長而增加之問題；實際上，此種誤差值隨預報時間增長而增加之現象，應為颱風較接近台灣而導致降雨量增加，同時使得預報誤差值增大所導致。

至於路徑預報誤差所導致之降水預報誤差，則反應於各測站每組兩個數目之差異上，例如基隆站，利用實際颱風路徑之預報誤差，在 0~6時為5.02mm，至19~24時增大至12.69mm，而利用預報路徑者則由 4.50mm增加至14.08mm，其誤差隨預報時間之增長而加大。然而，因路徑預報誤差所導致之 6小時累積雨量預報誤差並不算大，例如基隆站利用預報路徑之19~24時預報誤差值14.08mm中，只有1.39mm 乃因路徑預報誤差所導致，僅占10%左右。

表4-1 1991~1993年颱風期間，雨量氣候統計預報模式預報結果整理，表中之值為未來24小時內之累積雨量(mm)，實際路徑和預報路徑為雨量預報模式計算時分別採用之颱風位置資料。

測 站	觀測值	預 報 值		預報誤差值	
		實際 路 徑	預報 路 徑	實際 路 徑	預報 路 徑
基 隆	11.3	34.5	35.8	25.6	27.3
竹 子 湖	33.0	72.2	73.6	55.2	52.0
台 北	25.4	25.8	27.2	20.3	21.1
新 竹	6.7	23.1	22.1	17.2	17.5
台 中	9.6	14.6	14.6	9.9	13.8
台 南	18.1	12.8	13.8	19.6	22.6
高 雄	26.5	16.1	16.6	27.5	29.0
恆 春	25.0	25.9	29.9	23.1	29.1
台 東	72.6	25.6	29.1	50.1	54.5
花 蓮	74.4	36.3	39.8	63.1	61.9
宜 蘭	17.1	38.6	41.8	30.5	35.1
阿 里 山	11.0	24.8	27.4	18.8	24.3
澎 湖	3.4	7.6	9.3	7.3	9.3

表4-2 1991、1992和1993各年颱風期間，雨量氣候統計預報模式預報結果整理，表中之值為未來24小時內之累積雨量(mm)，實際路徑和預報路徑為雨量預報模式計算時分別採用之颱風位置資料。

測站	觀測值			預報值			誤差值					
				實際路徑			實際路徑			預報路徑		
年份	1991	1992	1993	1991	1992	1993	1991	1992	1993	1991	1992	1993
基隆	19.4	11.5	0.1	33.3	39.5	23.8	21.1	28.7	23.7	25.2	29.1	25.8
竹子湖	24.6	50.2	1.5	75.6	77.0	55.7	51.1	57.8	54.2	47.6	49.3	64.0
台北	32.0	32.0	0.5	34.7	25.5	14.8	15.5	25.3	14.3	13.7	26.1	18.3
新竹	9.7	7.6	0.3	47.1	17.4	5.8	37.4	11.2	5.5	38.2	11.2	5.9
台中	12.9	11.1	1.6	27.7	11.2	6.0	14.9	8.9	6.0	20.8	13.7	4.9
台南	7.5	30.4	1.4	14.8	14.2	6.8	8.7	31.2	5.4	13.9	34.1	5.5
高雄	18.2	40.0	4.1	21.2	13.1	16.6	20.3	37.3	12.5	24.4	39.4	9.4
恆春	20.6	32.6	12.2	19.0	20.9	47.2	13.4	23.5	35.0	17.0	34.4	32.0
台東	63.3	64.3	105.0	22.0	19.6	45.1	47.7	45.9	63.5	55.2	49.3	66.2
花蓮	59.9	105.8	15.8	24.7	41.9	37.6	40.2	92.0	21.8	45.0	85.7	25.4
宜蘭	13.9	25.7	0.1	41.0	44.3	21.5	27.2	36.0	21.4	27.4	40.3	32.6
阿里山	7.6	16.2	2.7	38.1	21.2	16.2	30.8	14.6	13.5	42.1	19.0	14.4
澎湖	1.8	5.6	0.1	9.1	8.5	3.3	7.3	9.1	3.1	13.3	10.0	2.2

表4-3 1991~1993年颱風其間，各測站預報之未來每6小時及24小時累積雨量平均絕對誤差。預報時採用之颱風路徑為中央氣象局之實際颱風定位(上)和預報路徑(下)。(資料個數:62 單位:1mm)

時 段	預報誤差值(每6小時)					24小時累積雨量預報誤差值	24小時累積雨量觀測值
	0~6	7~12	13~18	19~24	0~24 總和		
基 隆	5.02	5.24	7.93	12.69	30.88	25.6	11.28
	4.50	4.65	8.88	14.08	32.11	27.3	
竹子湖	11.50	13.78	18.43	22.36	66.07	55.2	32.98
	11.20	13.23	16.87	22.48	63.78	52.0	
台 北	7.18	7.68	7.23	8.24	30.33	20.3	25.39
	7.05	7.36	7.21	9.41	31.03	21.1	
新 竹	3.53	2.99	6.32	8.37	21.21	17.2	6.66
	3.14	2.77	7.10	7.96	20.97	17.5	
台 中	1.07	2.43	4.45	6.39	14.34	9.9	9.59
	1.12	2.55	4.37	8.04	16.08	13.8	
台 南	2.23	3.30	6.67	10.19	22.39	19.6	18.05
	2.03	3.35	6.59	13.02	24.99	22.6	
高 雄	4.97	7.18	9.23	10.41	31.79	27.5	26.5
	4.91	7.54	9.24	13.41	35.10	29.0	
恆 春	4.31	6.39	7.74	9.61	28.05	23.1	25.04
	4.28	6.22	9.59	15.81	35.90	29.1	
台 東	11.65	16.75	15.51	14.25	58.16	50.1	72.59
	11.58	16.75	17.56	19.99	65.88	54.5	
花 蓮	13.28	18.15	21.15	18.83	71.41	63.1	74.35
	12.97	17.44	19.62	23.55	73.58	61.9	
宜 蘭	7.90	6.98	9.90	13.03	37.81	30.5	17.09
	7.53	6.78	11.35	15.68	41.34	35.1	
阿里山	2.52	2.79	5.37	11.50	22.18	18.8	11.04
	2.26	2.85	7.02	14.73	26.86	24.3	
澎 湖	0.92	1.05	2.20	3.31	7.48	7.3	3.44
	0.80	1.06	2.72	5.31	9.89	9.3	
平 均	5.85	7.29	9.39	11.48	34.01	28.32	
差 值	0.21	0.17	-0.47	-2.63	-2.72	-2.26	

五、颱風伴隨降水預報之個案探討

表5-1 為1991~1993年，13個颱風期間，各測站所觀測之未來24小時累積雨量，時間間距為6小時，由於表中所列之雨量為該時刻未來24小時之累積雨量，因此其時間個數較表3-1所列者為少。

表中顯示，1991~1993年間，造成台灣地區較大降水且影響時間較長的有1991年之Amy 和Ellie 颱風，1992年之Mark、Polly、Omar 和Ted 颱風以及1993年之Abe 颱風，其中Mark颱風不但未登陸台灣且中心離台灣較遠，而其間之降水僅發生在恆春台東一帶。其餘6個颱風之實際中心位置／路徑如圖5-1~5-6 所示。圖中亦同時以“B” 和“E” 表示表5-1所統計時段之起迄位置。圖5-1~5-6顯示，1991~1993年間 6個影響台灣地區之主要颱風都由東方移近台灣，Amy(1991) 和 Abe(1993) 颱風由南方掠過，中心並未直接登陸台灣，Omar(1992)之中心位置稍高，於台東附近登陸，而Ellie(1991) 則由較高之緯度($25\sim 26^{\circ}$ N) 一路西移接台灣。1992之 Polly 和Ted 颱風之路徑則有較多之變化。

表5-2 和5-3 分別為利用實際颱風路徑和作業時預報之颱風路徑計算所得之未來24小時累積降水量，表5-4 和5-5 則分別為兩種預報雨量之誤差值。結果顯示，除了Polly 和Ted 兩個移動方向變化較大之颱風外，預報的颱風路徑誤差（尤其是方向）一般都不大，因此兩種路徑所計算之雨量非常接近。而Polly 和Ted 颱風，因移動方向變化較大（Polly 更出現颱風中心變動情形），中央氣象局預報路徑之誤差較大（圖5-3 和5-5 標出幾個未來24小時之預報位置），因此利用兩種路所計算出之雨量誤差較大。

在24小時累積雨量預報誤差方面，因利用預報路徑計算之結果又包含了路徑預報誤差之效應，因此僅針對利用實際路徑預報所得者討論。結果顯示，除了北部地區的基隆、竹子湖和台北測站外，降雨較多的測站，氣候統計預報模式之預報值偏低的情形較多，比較特殊的是Ellie(1991)颱風，Ellie由東北東之方位向西但稍偏南之方向移近台灣北部沿海，針對此颱風，大部份的測站其預報雨量有偏高之情形；此外，Abe (1993)颱風其路徑離台灣較遠，除了台東明顯預報偏低外，其他測站預報值亦偏高；然而，台東站在 9月11日～12日間之大量降水應是 Abe颱風外圍雨帶受地形舉升所致，因此氣候預報模式無法掌握。

表5-4 亦顯示預報誤差值在不同颱風個案中變化頗大，因此，表5-6 針對個別颱風計算每 6小時之預報誤差值以及4 個6 小時誤差之總和；結果顯示，1991年侵台颱風中，平均絕對誤差值最小的為Mireille颱風，而平均絕對誤差值最大的則為Nat颱風。1992年平均絕對誤差值，最小和最大的分別是Bobbie 颱風和 Omar 颱風。1993年則分別為 Yancy 颱風和 Abe 颱風。在三年中，誤差最小的是Bobbie(1992)，誤差總和之平均值僅9.4mm，最大的則為 Omar(1992)，達到64.5mm。

由於李(1993)之主要目的乃是發展颱風伴隨豪雨之預報技術，因此，本計畫在進行模式預報校驗時，特別考慮氣候統計預報模式對豪、大雨之預報能力；根據中央氣象局之定義，豪雨乃指日雨量達130mm，而大雨指日雨量達 50mm。校驗時，我們取每日或連續四個六小時預報雨量值之和為當日（或該時段）24小時的累積雨量，判斷其是否達130mm和50mm（包含達130 mm之個案）之豪、大雨標準，而觀測之每日（或連續24小時）累積雨量亦取其是否達130mm和50mm（包含達130mm之個案）的

標準，以此兩組資料計算 TS (Threat Score) 值。

在此，TS值定義為

$$TS \equiv A / (B+C)$$

其中A 為預報有豪（大）雨，而觀測也是如此的資料個數；

B 為觀測實際發生豪（大）雨的資料個數；

C 為預報豪（大）雨但錯誤的個數，即預報有豪（大）雨，但無豪（大）雨出現之次數。

表5-7 為針對每個測站預報豪、大雨之TS值，結果顯示，在預報大雨能力方面，對個別測站而言，以台東測站(46766)的 TS 值為最高，但也只有0.54（註：若採用中央氣象局之預報路徑，則只有0.45）。另外，由於一些測站的 A 值為0（澎湖、台南、高雄和新竹 4個測站），所以這些測站的 TS 值皆為 0。在預報豪雨能力方面，則較為可議，由氣候統計模式計算出來的雨量，所得 A值全為0，因此 TS 值亦皆為0；而各測站實際觀測的雨量，花蓮測站(46699)及台東測站(46766)各有14及15次達豪雨（日雨量 $\geq 130\text{mm}$ ）標準，其次數最多，為氣候預報模式表現最差的兩個測站。表5-8 列出實際觀測雨量超過 130mm 、但模式計算出的雨量小於 130mm 的測站和時間，以便比較；表中明顯顯示，當有豪雨發生時，模式計算出的雨量，常低於實際觀測雨量甚多，顯示利用氣候統計模式預報豪雨的技術仍有相當大的改進空間。

在校驗模式預報豪、大雨之能力方面，除了TS值外，前估和後符亦是非常重要的評估指標；其定義分別為

$$\text{前估} \equiv A / B ; \quad \text{後符} \equiv A / (A+C)$$

前估即表示實際發生豪、大雨的個數中，能被事先預報之百分比；而後符則為預報出現豪、大雨的個案中，實際應驗之百分比。表5-7 亦分別列出氣候統計預報模式對預報出現大雨及豪雨的前估及後符值。結果顯示，在大雨方面，除了竹子湖測站（46693）外，其他較常出現大雨的測站，其後符值均優於前估值，意即複迴歸模式對大雨發生之預報過於保守。然而，若以所有個案之總和而言，則前估為 0.42 稍優於後符之 0.33（因竹子湖站對大雨有預報次數太多之情形，其前估和後符分別為 0.69 和 0.26）。在豪雨預報方面，由於 A 值皆為 0，所以無法比較。

表5-1 1991~1993年颱風期間，觀測之未來24小時測站累積降雨量（單位為公釐）

時間	基隆	竹子湖	台北	新竹	台中	台南	高雄	恆春	台東	花蓮	宜蘭	阿里山	澎湖
AMY(1991)													
071712	14	6	10	0	1	3	11	7	41	58	11	4	0
071718	31	13	12	0	1	6	26	57	118	69	15	10	0
071800	39	14	23	0	1	12	56	82	165	93	17	16	1
071806	43	14	24	0	1	12	64	81	247	110	18	19	1
ELLIE(1991)													
081606	2	51	61	33	0	8	55	0	0	0	9	0	1
081612	4	57	70	33	0	8	17	0	0	0	11	0	0
081618	11	64	91	34	33	0	0	0	0	8	14	0	0
081700	10	53	58	31	58	9	0	0	0	21	11	16	0
081706	9	20	30	5	60	9	0	0	0	21	6	16	0
081712	9	15	22	5	80	9	0	0	0	21	3	16	0
MIREILLE(1991)													
092506	15	19	57	13	0	0	0	0	0	3	7	0	0
092512	17	20	26	8	1	0	0	0	0	1	5	0	0
092518	16	20	26	2	1	0	0	0	0	0	5	0	0
NAT(1991)													
093006	52	11	25	1	3	27	45	56	239	286	43	17	15
093012	44	9	13	1	3	25	37	50	252	334	43	16	13
SETH(1991)													
111218	8	13	0	0	0	0	0	9	6	0	9	0	0
111300	8	18	0	0	0	0	0	9	7	0	10	0	0
BOBBIE(1992)													
062612	2	30	3	0	0	0	0	7	0	0	1	2	0
062618	2	50	4	0	0	0	0	7	0	0	3	6	0
062700	1	54	11	1	1	0	0	7	0	0	3	6	0
062706	1	46	10	1	1	0	0	7	0	0	3	6	0
062712	1	37	9	1	1	0	0	0	0	0	2	4	0
MARK(1992)													
081612	8	7	10	0	0	5	8	85	121	5	8	1	3
081618	8	7	10	0	0	6	16	83	146	62	8	0	5
081700	6	3	8	0	0	6	9	71	123	81	7	0	6
081706	6	2	5	0	0	15	19	26	108	162	6	1	7
POLLY(1992)													
082706	15	66	39	3	3	1	22	20	43	68	54	8	0
082712	15	75	43	4	3	1	17	17	43	67	64	8	0
082718	12	59	28	5	2	1	8	17	40	35	45	5	0
082800	11	46	30	5	1	1	5	9	14	15	27	2	0
082806	9	63	22	16	0	0	0	2	3	20	16	0	0
082812	13	76	40	17	0	0	0	0	6	23	10	0	0
082818	21	130	47	16	4	1	2	1	13	102	16	11	0
082900	32	174	65	29	32	8	4	1	30	177	20	22	1
082906	26	158	66	20	54	78	21	7	41	243	38	54	26
082912	23	139	51	19	65	222	76	17	51	246	38	118	32
OMAR(1992)													
090306	3	29	31	19	0	7	17	19	52	2	2	8	1
090312	3	31	15	14	0	45	80	82	137	5	6	18	5
090318	8	38	12	9	1	103	281	130	180	19	7	26	12
090400	5	19	7	2	14	212	314	144	196	24	7	47	29
090406	4	14	8	1	14	212	313	141	144	22	7	53	51
TED(1992)													
092006	8	6	135	2	0	0	2	8	22	188	19	5	0
092012	10	9	94	2	3	1	6	10	60	200	33	5	0
092018	13	21	20	2	3	2	6	26	96	207	53	0	0
092100	15	34	22	2	4	2	7	22	134	287	66	0	0
092106	25	49	38	3	7	3	5	21	123	296	83	4	0
092112	26	54	50	13	23	3	3	22	84	346	74	7	1
092118	26	48	52	20	57	11	20	21	46	305	57	35	2
092200	20	37	43	21	61	26	23	21	5	184	44	59	2
TASHA(1993)													
081712	0	0	0	0	0	0	6	12	30	3	0	0	0
081718	0	0	0	0	0	0	6	15	39	1	0	0	0
YANCY(1993)													
083118	0	10	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090100	0	6	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
090106	0	4	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
ABE(1993)													
091018	0	0	0	0	0	0	0	1	11	2	0	0	0
091100	0	0	0	0	0	0	0	3	39	9	0	0	0
091106	0	0	0	0	0	0	1	5	11	114	21	0	0
091112	0	0	0	0	0	0	5	6	14	241	24	0	5
091118	0	0	0	0	0	1	5	11	28	282	39	0	7
091200	0	0	0	0	1	1	5	11	26	263	41	0	7
091206	0	0	0	0	1	4	6	8	28	191	31	0	8
091212	0	0	0	0	0	18	0	4	24	153	37	0	8

表5-2 1991~1993年颱風期間，利用實際颱風路徑和氣候模式算出之未來24小時測站累積降雨量（單位為公釐）

時間	基隆	竹子湖	台北	新竹	台中	台南	高雄	恆春	台東	花蓮	宜蘭	阿里山	澎湖
AMY(1991)													
071712	7	20	7	0	0	0	5	5	6	24	13	2	0
071718	15	43	16	2	0	3	11	41	40	54	22	12	1
071800	31	44	19	2	1	11	22	50	57	70	30	24	7
071806	34	33	22	4	2	8	28	48	59	78	31	26	5
ELLIE(1991)													
081606	36	100	42	40	18	12	29	3	1	7	26	28	3
081612	41	126	54	69	27	13	29	4	1	5	41	40	4
081618	52	125	63	109	48	13	24	7	3	5	62	67	5
081700	59	125	71	126	78	27	38	11	5	9	72	125	12
081706	47	115	66	131	98	37	42	13	6	11	75	120	21
081712	46	104	67	173	123	48	51	15	9	9	95	117	29
MIREILLE(1991)													
092508	5	45	23	27	4	3	6	1	1	2	7	2	1
092512	8	68	27	55	12	5	7	3	2	2	6	4	1
092518	14	60	22	38	13	5	11	7	2	2	5	8	2
NAT(1991)													
093006	62	104	39	9	16	33	27	29	71	51	102	30	31
093012	46	68	26	7	17	34	25	32	73	68	67	24	28
SETH(1991)													
111218	35	55	14	5	7	2	4	27	20	14	25	9	3
111300	28	51	14	6	7	2	4	28	18	13	19	9	3
BOBBIE(1992)													
062612	11	39	14	3	1	0	1	3	3	18	20	4	0
062618	9	34	16	3	2	0	1	4	3	20	21	5	0
062700	8	13	8	10	3	1	2	6	3	14	22	4	0
062706	18	36	17	13	3	2	1	5	3	20	23	10	0
062712	23	20	5	7	5	3	5	12	2	7	11	5	1
MARK(1992)													
081612	76	132	40	7	18	55	34	35	67	56	80	27	46
081618	81	140	42	7	18	55	34	34	70	57	81	27	47
081700	72	126	39	7	24	57	37	35	74	68	71	27	49
081706	57	98	33	5	31	57	42	37	76	84	55	25	51
POLLY(1992)													
082706	17	56	11	9	3	1	2	7	2	19	19	6	0
082712	7	38	6	4	2	2	4	4	2	3	7	5	1
082718	11	39	6	6	1	2	4	4	2	3	10	5	1
082800	21	50	13	12	1	2	3	5	3	4	19	5	1
082806	35	69	26	19	3	3	3	5	4	18	35	11	1
082812	30	73	21	18	5	5	6	10	2	20	41	11	1
082818	19	41	14	12	4	5	11	28	12	44	24	13	1
082900	35	50	17	22	6	7	15	27	12	65	28	18	1
082906	35	52	17	13	6	7	18	30	12	65	34	14	1
082912	71	116	62	68	35	20	34	8	8	37	81	31	5
OMAR(1992)													
090306	22	49	16	16	4	3	5	5	4	18	35	7	0
090312	37	81	26	18	5	6	13	23	9	59	62	13	1
090318	63	98	35	17	9	24	29	48	47	103	77	52	8
090400	84	104	35	20	19	44	26	52	47	107	88	56	20
090406	87	100	31	17	18	46	22	52	42	104	91	50	21
TED(1992)													
092006	19	53	12	2	0	0	4	19	11	23	20	2	1
092012	23	52	12	3	2	5	7	37	25	34	24	6	1
092018	18	46	10	1	1	0	6	11	19	27	22	2	0
092100	14	71	13	2	3	1	11	21	20	33	19	6	1
092106	36	64	24	11	5	12	14	48	16	102	31	26	2
092112	83	170	66	52	35	17	21	29	11	48	100	71	4
092118	86	189	71	80	41	5	7	14	7	34	91	81	1
092200	59	169	57	75	49	9	3	10	9	28	78	54	4
TASHA(1993)													
081712	18	27	6	5	5	2	5	23	24	20	12	7	2
081718	18	4	1	3	5	3	12	29	38	21	12	9	2
YANCY(1993)													
083118	8	39	14	12	4	2	17	13	2	3	6	8	1
090100	13	48	25	13	4	2	10	10	2	3	9	5	1
090106	8	48	18	29	11	4	6	5	2	2	5	5	1
ABE(1993)													
091018	22	100	7	1	6	1	6	22	27	24	35	15	1
091100	22	89	10	1	6	3	7	36	43	33	33	16	1
091106	28	70	13	1	7	6	17	74	70	52	27	20	1
091112	31	89	18	2	6	7	20	77	76	57	28	20	2
091118	30	83	17	2	6	8	23	75	75	59	28	20	4
091200	35	81	20	1	5	11	24	79	78	81	27	24	6
091206	39	52	22	3	7	19	33	88	80	76	28	30	9
091212	40	54	23	3	8	21	37	85	71	77	31	34	13

表5-3 1991~1993年颱風期間，利用預報颱風路徑和氣候模式算出之未來24小時測站累積降雨量（單位為公釐）

時間	基隆	竹子湖	台北	新竹	台中	台南	高雄	恆春	台東	花蓮	宜蘭	阿里山	澎湖
AMY(1991)													
071712	7	18	6	0	0	0	4	5	5	21	14	2	0
071718	7	18	7	1	0	0	9	8	7	28	14	2	0
071800	18	50	18	3	0	1	7	38	30	49	24	11	0
071808	26	41	19	2	1	8	21	51	58	68	29	19	5
ELLIE(1991)													
081606	32	75	41	32	18	8	12	3	1	5	25	29	2
081612	50	129	84	94	53	14	20	9	3	6	62	72	4
081618	62	134	73	131	78	25	32	12	6	9	74	127	12
081700	53	106	62	124	102	38	48	12	8	11	70	156	26
081706	42	99	61	129	112	47	55	14	10	13	75	135	31
081712	45	111	70	169	119	43	48	12	7	12	92	95	24
MIREILLE(1991)													
092506	13	49	34	24	4	1	8	9	1	2	11	4	1
092512	30	98	47	30	9	1	7	6	0	1	20	15	2
092518	8	66	30	41	11	6	5	3	1	2	6	8	2
NAT(1991)													
093006	77	80	29	19	29	56	31	43	62	35	94	35	49
093012	57	60	24	7	16	58	47	46	80	73	42	81	89
SETH(1991)													
111218	36	48	11	4	9	4	9	41	40	21	24	12	3
111300	37	43	11	4	9	5	21	45	55	30	25	14	5
BOBBIE(1992)													
062612	6	21	11	2	0	0	1	13	13	20	20	5	0
062618	11	29	13	3	0	0	3	33	33	33	28	8	0
062700	19	47	28	8	5	2	2	7	6	38	40	7	0
062706	46	87	48	59	23	3	3	10	4	38	63	49	1
062712	29	50	37	53	25	4	3	8	3	20	51	31	1
MARK(1992)													
081612	48	90	25	7	17	40	24	20	35	36	52	20	53
081618	93	157	46	12	7	44	26	32	55	34	98	25	37
081700	81	139	42	9	13	51	31	34	65	48	85	26	42
081706	66	114	37	8	20	53	37	36	70	62	67	25	44
POLLY(1992)													
082706	15	57	10	6	3	1	2	9	4	15	15	6	1
082712	11	48	12	10	3	1	2	14	7	22	10	10	1
082718	20	62	17	10	4	3	9	46	43	44	20	27	1
082800	54	84	23	12	5	21	11	52	69	59	58	26	8
082806	60	78	19	13	9	34	23	85	71	69	48	30	10
082812	38	80	28	21	8	13	19	20	4	52	52	25	3
082818	49	96	42	34	14	19	28	15	7	46	70	29	3
082900	52	76	26	25	12	19	10	26	6	79	53	43	17
082906	65	73	19	12	12	24	4	39	28	94	63	23	21
082912	57	81	21	12	10	26	7	40	31	84	67	22	22
OWAR(1992)													
090306	33	54	24	25	9	2	5	3	1	4	30	9	1
090312	41	90	45	40	19	2	5	3	1	7	59	26	1
090318	51	98	39	30	14	5	5	4	3	11	55	9	1
090400	59	107	35	25	9	17	47	30	7	92	72	27	2
090406	55	96	29	18	9	18	52	37	24	89	69	28	3
TED(1992)													
092006	21	62	12	1	2	1	5	16	24	21	25	5	0
092012	26	73	17	1	3	1	5	20	28	30	32	9	1
092018	26	78	21	1	4	3	12	35	41	47	30	13	2
092100	30	84	25	3	4	11	21	60	63	71	28	19	4
092106	33	52	16	3	5	6	27	57	52	66	24	17	8
092112	21	48	20	3	4	12	28	55	44	62	19	12	5
092118	28	94	23	3	3	13	38	37	53	30	14	1	1
092200	42	76	32	10	5	13	11	40	35	99	43	37	1
TASHA(1993)													
081712	12	31	6	2	1	1	1	8	25	27	19	1	0
081718	10	25	7	3	3	4	4	32	38	41	16	10	1
YANCY(1993)													
083118	13	52	15	11	2	1	3	6	4	15	27	5	0
090100	26	74	24	15	4	1	4	7	5	24	47	7	1
090106	30	88	43	24	17	10	17	8	1	5	25	44	2
ABE(1993)													
091018	20	81	8	2	2	3	7	9	4	19	42	3	1
091100	20	81	8	2	2	3	8	14	8	21	43	5	1
091106	29	89	15	7	2	4	6	59	45	55	38	14	1
091112	33	102	23	5	3	3	8	93	74	68	43	25	1
091118	28	68	18	1	8	9	21	80	74	58	28	22	2
091200	30	79	27	2	8	9	18	89	89	70	32	28	2
091206	37	56	21	3	7	22	32	79	79	66	26	31	8
091212	50	68	28	2	6	17	36	81	73	69	39	28	13

表5-4 1991~1993年颱風期間，利用實際颱風路徑和氣候模式算出之未來24小時測站累積降雨量誤差（單位為公釐）

時間	基隆	竹子湖	台北	新竹	台中	台南	高雄	恆春	台東	花蓮	宜蘭	阿里山	澎湖
AMY(1991)													
071712	-7	14	-3	0	-1	-3	-6	-2	-35	-32	3	-2	0
071718	-16	30	4	2	-1	-3	-14	-16	-78	-15	7	2	1
071800	-8	30	-4	2	1	-1	-34	-32	-108	-22	13	8	7
071808	-9	19	-2	4	1	-5	-36	-32	-189	-34	14	7	3
ELLIE(1991)													
081606	34	49	-20	7	18	4	-27	3	1	7	17	28	3
081612	37	69	-15	37	27	5	12	4	1	5	29	40	4
081618	42	61	-27	75	15	13	24	7	3	-3	48	67	5
081700	49	73	13	95	21	18	38	11	5	-11	81	109	12
081706	38	95	36	125	36	28	42	13	6	-10	69	104	21
081712	37	89	45	168	63	37	51	15	9	-12	92	101	29
MIREOLLE(1991)													
092506	-10	26	-34	14	4	3	6	1	1	-1	0	2	1
092512	-9	48	1	47	12	5	7	3	2	1	1	4	1
092518	-2	40	-4	36	13	5	11	7	2	2	1	8	2
NAT(1991)													
093008	10	93	14	8	14	6	-18	-27	-168	-235	58	14	15
093012	2	58	13	5	15	8	-12	-18	-179	-266	23	8	15
SETH(1991)													
111218	27	42	14	5	7	2	4	18	13	14	16	9	3
111300	20	33	14	6	7	2	4	19	12	13	9	9	3
BOBBIE(1992)													
062612	10	9	11	3	0	0	1	-4	3	18	20	2	0
062618	7	-16	12	3	2	0	1	-3	3	20	19	-1	0
062700	7	-41	-3	9	2	1	2	-1	3	14	19	-2	0
062706	17	-11	7	12	2	2	1	-2	3	20	21	4	0
062712	22	-17	-4	6	3	3	5	12	2	7	9	2	1
MARK(1992)													
081612	69	126	30	7	18	50	26	-50	-54	51	72	25	44
081618	73	133	32	7	18	50	18	-49	-76	-5	73	27	43
081700	66	123	31	7	24	51	28	-36	-49	-13	64	27	43
081706	51	96	28	5	31	41	23	11	-32	-78	49	24	44
POLLY(1992)													
082706	3	-10	-29	6	0	0	-20	-12	-40	-49	-35	-2	0
082712	-8	-37	-37	0	-1	0	-13	-13	-40	-64	-57	-3	1
082718	-1	-20	-22	1	-1	0	-4	-12	-39	-32	-35	0	1
082800	10	5	-16	7	-1	1	-2	-4	-11	-10	-8	3	1
082806	26	5	4	3	2	3	3	3	2	-3	19	10	1
082812	17	-4	-19	-1	5	5	6	10	-3	-2	30	11	1
082818	-2	-89	-32	-4	0	4	9	28	-1	-58	9	2	1
082900	3	-124	-48	-7	-26	-1	12	26	-19	-112	8	-3	1
082906	10	-108	-49	-7	-49	-71	-3	23	-28	-178	-5	-40	-24
082912	48	-23	12	49	-29	-202	-42	-8	-43	-209	43	-86	-27
OMAR(1992)													
090306	19	20	-16	-3	3	-5	-12	-14	-48	16	33	-1	-1
090312	34	50	11	5	4	-40	-87	-59	-128	54	56	-5	-4
090318	57	60	23	8	9	-80	-252	-81	-133	84	70	26	-4
090400	79	85	28	18	5	-168	-288	-92	-149	83	81	9	-10
090406	83	86	23	16	4	-167	-291	-89	-102	82	85	-3	-30
TED(1992)													
092006	11	47	-123	1	0	0	2	12	-10	-165	1	-4	1
092012	13	43	-81	1	-1	4	1	28	-35	-167	-9	0	1
092018	5	25	-10	-1	-2	-1	0	-15	-77	-181	-31	2	0
092100	-1	37	-10	0	-1	-1	5	-1	-114	-253	-47	6	1
092106	11	16	-11	8	-2	9	9	28	-107	-194	-52	22	2
092112	57	116	17	40	12	13	17	8	-73	-298	26	64	3
092118	81	141	19	60	-16	-6	-13	-7	-39	-270	34	46	0
092200	40	132	14	54	-12	-17	-21	-11	4	-156	34	-5	2
TASHA(1993)													
081712	18	27	6	5	5	2	0	11	-5	17	12	7	2
081718	16	4	1	3	5	3	7	14	-1	20	12	9	2
YANCY(1993)													
083118	8	29	11	10	4	2	17	13	2	3	8	8	1
090100	13	43	23	12	4	2	10	10	0	3	9	5	1
090106	8	43	17	29	11	4	6	5	-1	2	5	5	1
ABE(1993)													
091018	22	100	7	1	6	1	6	21	17	23	35	15	1
091100	22	89	10	1	6	3	6	33	4	24	33	16	1
091106	28	70	13	1	7	5	13	63	-45	32	27	19	1
091112	31	69	18	2	8	3	14	63	-185	33	28	15	2
091118	29	63	17	2	5	4	12	47	-208	21	28	13	3
091200	35	81	20	1	4	7	14	53	-184	20	27	16	6
091206	39	52	22	3	6	16	27	61	-111	45	28	24	9
091212	40	54	23	3	-10	21	33	61	-82	41	30	26	13

表5-5 1991~1993年颱風期間，利用預報颱風路徑和氣候模式算出之未來24小時
測站累積降雨量過誤差（單位為公釐）

時間	基隆	竹子湖	台北	新竹	台中	台南	高雄	恆春	台東	花蓮	宜蘭	阿里山	澎湖
AMY(1991)													
071712	-8	12	-4	0	-1	-3	-6	-2	-36	-35	3	-2	0
071718	-24	5	-5	1	-1	-6	-16	-49	-110	-41	0	-8	0
071800	-21	36	-7	3	0	-11	-49	-45	-136	-43	7	-5	-1
071806	-17	27	-5	2	0	-5	-42	-29	-189	-42	11	0	4
ELLIE(1991)													
081606	31	23	-20	-1	18	0	-44	3	1	5	16	29	2
081612	46	73	-6	62	53	6	3	9	3	6	51	72	4
081618	51	70	-18	97	45	25	32	12	6	1	59	127	12
081700	43	54	4	93	45	29	48	12	8	-9	59	140	26
081706	33	79	31	124	52	38	55	14	10	-7	69	119	31
081712	36	97	49	164	60	34	48	12	7	-9	89	79	24
MIREILLE(1991)													
092506	-3	30	-23	12	4	1	8	8	1	-1	3	4	1
092512	13	78	21	22	8	1	7	6	0	1	15	15	2
092518	-8	46	4	39	11	6	5	3	1	2	1	8	2
NAT(1991)													
093008	25	70	4	18	26	29	-14	-13	-177	-251	51	18	34
093012	14	50	11	6	13	33	10	-4	-172	-261	-1	65	76
SETH(1991)													
111218	28	35	11	4	9	4	9	32	33	21	15	12	3
111300	29	25	11	4	9	5	21	36	49	30	15	14	5
BOBBIE(1992)													
062612	4	-8	8	2	0	0	1	6	13	20	19	2	0
062618	9	-21	9	3	0	0	3	26	33	33	24	2	0
062700	18	-7	17	8	4	2	2	0	6	38	37	1	0
062706	45	41	39	58	22	3	3	3	4	38	61	44	1
062712	28	13	28	53	24	4	3	8	3	20	49	28	1
MARK(1992)													
081612	40	83	15	7	17	36	16	-65	-85	31	44	19	50
081618	86	150	36	12	7	38	11	-51	-91	-28	90	25	32
081700	75	136	34	9	13	45	23	-37	-58	-33	78	25	36
081706	61	112	32	8	20	37	18	10	-38	-100	61	24	37
POLLY(1992)													
082706	0	-9	-29	3	-1	0	-19	-11	-39	-53	-39	-1	1
082712	-3	-27	-32	6	0	0	-14	-3	-36	-45	-54	3	1
082718	8	3	-11	5	2	2	2	29	2	9	-24	22	1
082800	44	39	-7	6	4	20	6	43	55	44	31	24	8
082806	51	15	-3	-4	9	34	23	83	69	49	32	29	10
082812	25	3	-12	4	7	13	19	20	-1	30	42	25	3
082818	28	-34	-4	18	10	19	26	15	-6	-56	55	18	3
082900	19	-98	-39	-4	-20	11	6	26	-24	-98	33	21	16
082906	39	-85	-47	-8	-42	-53	-17	32	-13	-149	25	-31	-5
082912	34	-58	-30	-8	-55	-197	-69	24	-20	-162	29	-96	-10
OMAR(1992)													
090306	30	26	-8	6	9	-5	-12	-16	-51	2	28	2	0
090312	39	59	30	26	19	-43	-75	-80	-136	3	53	8	-4
090318	45	61	27	21	13	-99	-278	-125	-178	-8	48	-18	-11
090400	54	88	28	23	-4	-195	-267	-114	-189	68	65	-20	-27
090406	51	81	21	17	-5	-194	-261	-104	-120	67	63	-25	-48
TED(1992)													
092006	13	56	-123	-1	2	1	3	8	2	-166	6	0	0
092012	17	64	-77	0	0	0	-1	10	-32	-170	0	4	1
092018	13	56	0	0	1	1	6	9	-54	-160	-23	12	2
092100	16	50	2	1	0	9	14	38	-72	-216	-38	19	4
092106	8	3	-19	0	-2	3	21	36	-71	-231	-59	13	7
092112	-5	-6	-30	-10	-19	9	25	33	-39	-284	-55	6	4
092118	3	47	-29	-18	-54	-8	-7	17	-10	-252	-26	-21	0
092200	22	39	-11	-12	-57	-13	-13	19	29	-85	-2	-21	-1
TASHA(1993)													
081712	12	31	6	2	1	0	-4	-4	-5	24	19	1	0
081718	10	25	7	3	4	-1	17	-2	40	16	10	1	1
YANCY(1993)													
083118	13	41	13	9	2	1	3	6	4	15	27	5	0
090100	28	89	22	14	4	1	4	7	3	24	47	7	1
090106	30	83	42	24	17	10	17	8	-2	5	25	44	2
ABE(1993)													
091018	20	61	8	2	2	3	7	8	-6	17	42	3	1
091100	20	61	8	2	2	3	8	11	-31	12	43	5	1
091106	29	89	15	7	2	3	1	49	-69	35	38	13	1
091112	33	102	23	5	3	-1	2	79	-187	44	43	20	0
091118	28	68	18	1	8	5	11	52	-208	17	28	15	2
091200	29	79	26	2	5	7	64	-174	29	32	20	2	2
091206	36	56	21	3	6	18	28	52	-112	35	28	25	8
091212	50	68	28	2	-12	17	32	58	-80	33	38	20	12

表5-6 1991~1993年颱風侵台期間，所有測站平均之每6小時累積雨量預報誤差及 4個 6小時預報誤差總和（氣候統計預報模式在計算時採用實際颱風路徑）（單位：1mm）

年	颱風 名稱	個 數	0~6 小時	7~12 小時	13~18 小時	19~24 小時	總 和
1991	AMY	52	3.45	6.49	7.37	9.68	26.98
	ELLIE	78	6.22	5.45	14.43	20.02	46.12
	MIREILLE	39	2.32	2.95	4.16	3.63	13.05
	NAT	26	10.52	17.13	17.78	11.00	56.44
	SETH	26	1.12	1.13	4.33	8.22	14.80

年	颱風 名稱	個 數	0~6 小時	7~12 小時	13~18 小時	19~24 小時	總 和
1992	BOBBIE	65	2.39	1.90	1.60	3.49	9.39
	MARK	52	11.30	13.97	11.85	11.92	49.04
	POLLY	130	5.09	6.48	7.61	10.82	30.01
	OMAR	65	7.46	14.72	21.33	20.95	64.46
	TED	104	9.50	9.97	11.29	15.38	46.15

年	颱風 名稱	個 數	0~6 小時	7~12 小時	13~18 小時	19~24 小時	總 和
1993	TASHA	26	1.01	1.79	2.15	7.80	12.75
	YANCY	39	1.37	1.77	2.07	4.71	9.91
	ABE	104	6.75	6.89	8.83	9.05	31.52

表 5-7 氣候統計預報模式針對每個測站預報大雨（上）和豪雨（下）之 TS 值、前估及後符（A、B、C、TS、前估、後符之定義見本文）（資料個數：62）

測 站	A	B	C	T S	前 估	後 符
基 隆	1	1	13	0.07	1.00	0.07
竹 子	11	16	31	0.23	0.69	0.26
湖 北	5	11	4	0.33	0.45	0.56
台 新	0	0	10	0.00	---	0.00
竹 中	3	7	0	0.43	0.43	1.00
台 南	0	5	4	0.00	0.00	0.00
高 雄	0	8	1	0.00	0.00	0.00
恆 春	2	12	6	0.11	0.17	0.25
台 東	14	26	0	0.54	0.54	1.00
花 莲	11	23	11	0.32	0.48	0.50
宜 兰	2	7	16	0.09	0.29	0.11
阿 里	2	4	8	0.17	0.50	0.20
澎 湖	0	1	1	0.00	0.00	0.00
總 和	51	121	105	0.20	0.42	0.33

測 站	A	B	C	T S	前 估	後 符
基 隆	0	0	0	---	---	---
竹 子	0	3	5	0.00	0.00	0.00
湖 北	0	1	0	0.00	0.00	---
台 新	0	0	2	0.00	---	0.00
竹 中	0	0	0	---	---	---
台 南	0	3	0	0.00	0.00	---
高 雄	0	3	0	0.00	0.00	---
恆 春	0	2	0	0.00	0.00	---
台 東	0	15	0	0.00	0.00	---
花 莲	0	14	0	0.00	0.00	---
宜 兰	0	0	0	---	---	---
阿 里	0	0	0	---	---	---
澎 湖	0	0	0	---	---	---

表5-8 實際觀測雨量達豪雨標準（日雨量 $\geq 130\text{mm}$ ），而預報之 24小時累積雨量未達豪雨標準之雨量資料。（A為實際雨量，B為利用實際颱風路徑和氣候統計預報模式計算出之雨量，單位： mm ）

測 站	颱 風	日 期	A	B
竹 子 湖	POLLY	1992082900	173.7	50.2
		1992082906	157.6	51.6
		1992082912	139.2	16.3
台 北	TED	1992092006	134.8	12.2
台 南	POLLY	1992082912	222.1	19.7
	OMAR	1992090400	211.9	44.2
		1992090406	212.0	45.5
高 雄	OMAR	1992090318	281.0	28.6
		1992090400	314.2	26.3
		1992090406	312.8	21.6
恆 春	OMAR	1992090400	144.0	52.2
		1992090406	140.5	51.8
台 東	AMY	1991071800	165.3	57.4
		1991071806	247.2	58.6
	NAT	1991093006	239.4	71.2
		1991093012	252.0	72.9
	MARK	1992081618	145.6	69.8
	OMAR	1992090312	137.3	9.0
		1992090318	180.3	47.1
		1992090400	195.8	46.7
		1992090406	144.3	42.4
	TED	1992092100	134.4	20.3
	ABE	1993091112	240.5	75.5
		1993091118	282.0	74.5
		1993091200	262.5	78.1
		1993091206	191.0	79.8
		1993091212	153.0	71.1
花 蓮	NAT	1991093006	285.5	50.8
		1991093012	333.5	67.5
	MARK	1992081706	162.0	84.0
	POLLY	1992082900	176.5	64.5
		1992082906	243.0	65.4
		1992082912	245.5	36.9
	TED	1992092006	187.5	22.7
		1992092012	200.0	33.5
		1992092018	207.0	26.5
		1992092100	286.5	33.3
		1992092106	296.0	101.6
		1992092112	346.0	48.2

AMY (1991. 7)

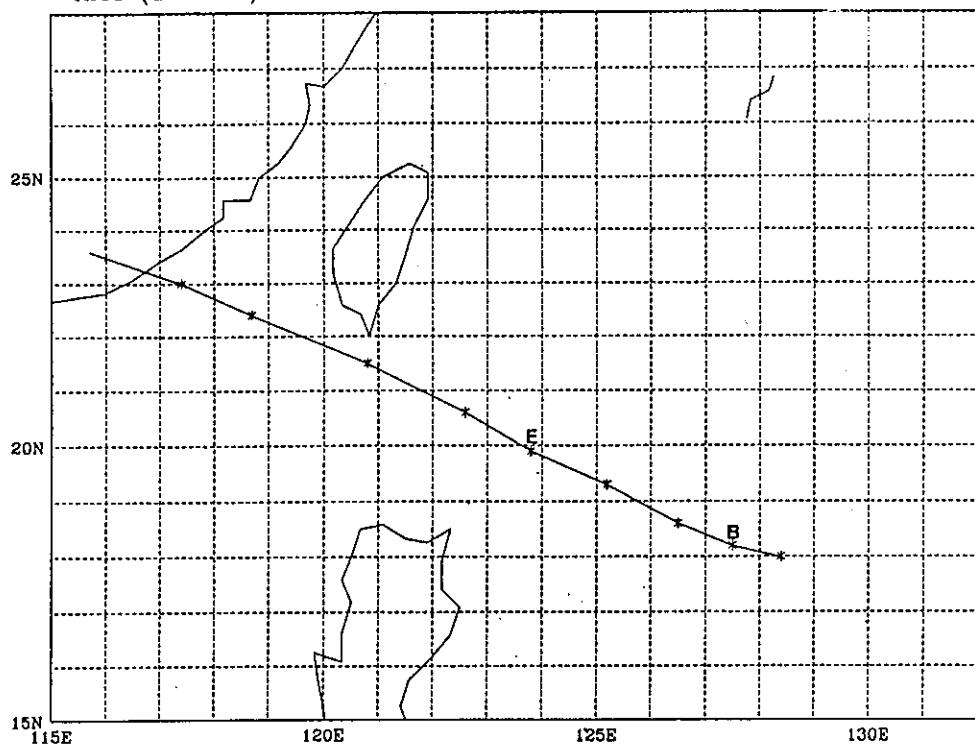


圖5-1 根據中央氣象局颱風警報單之定位資料所畫出之Amy(1991)颱風路徑圖

ELLIE (1991. 8)

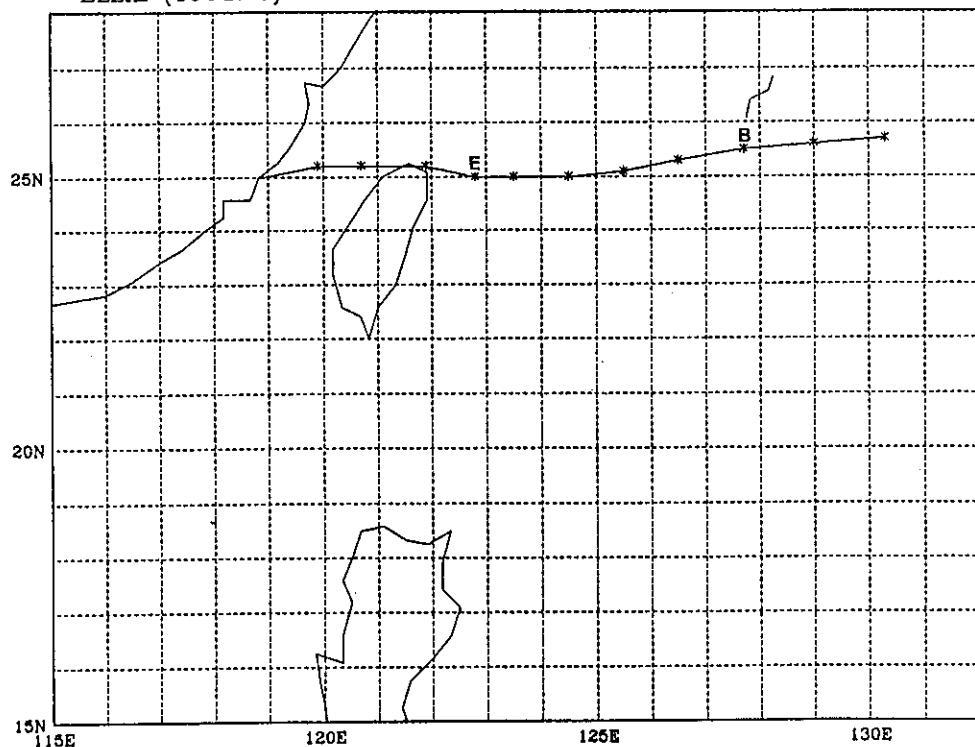


圖5-2 根據中央氣象局颱風警報單之定位資料所畫出之Ellie(1991)颱風路徑圖

POLLY (1992. 8)

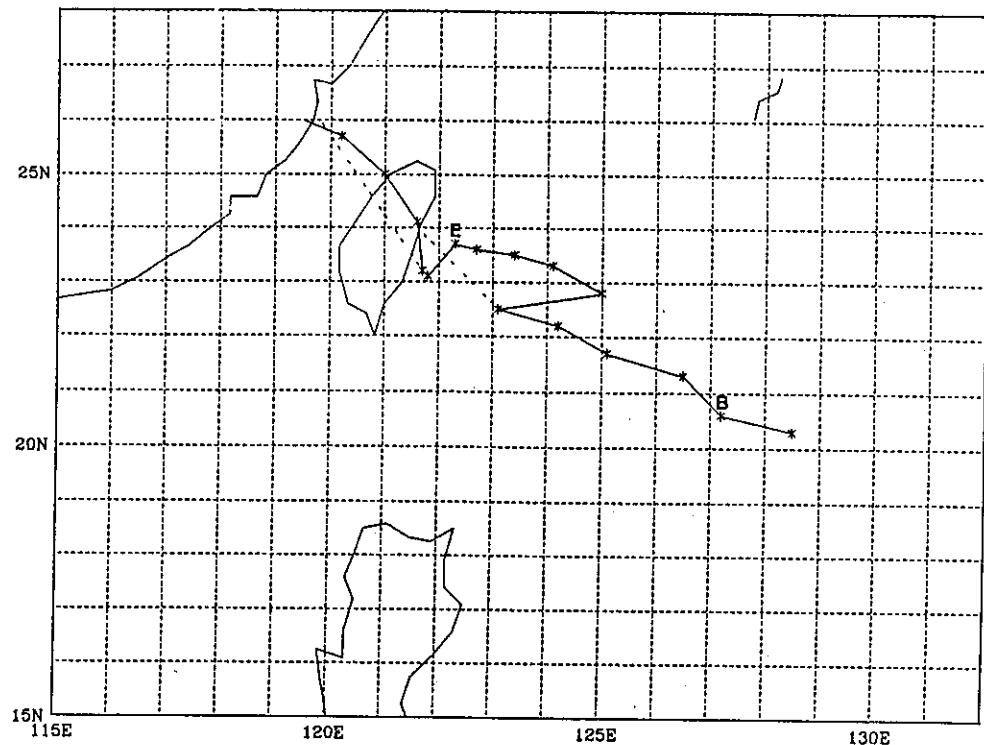


圖5-3 根據中央氣象局颱風警報單之定位資料所畫出之Polly(1992)颱風路徑圖

OMAR (1992. 9)

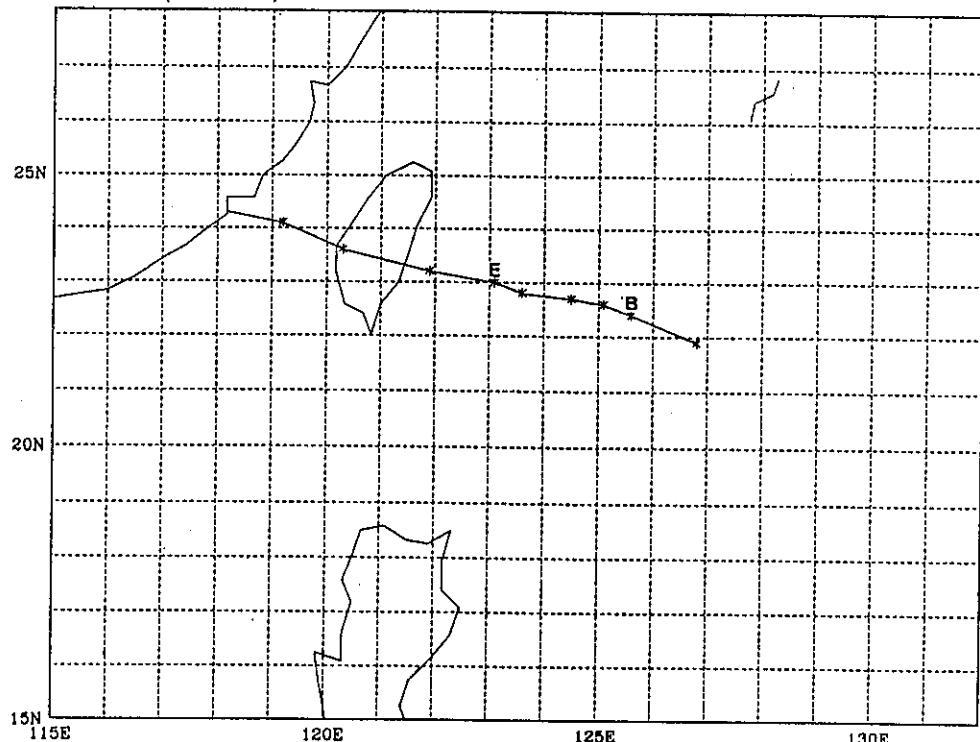


圖5-4 根據中央氣象局颱風警報單之定位資料所畫出之Omara(1992)颱風路徑圖

TED (1992. 9)

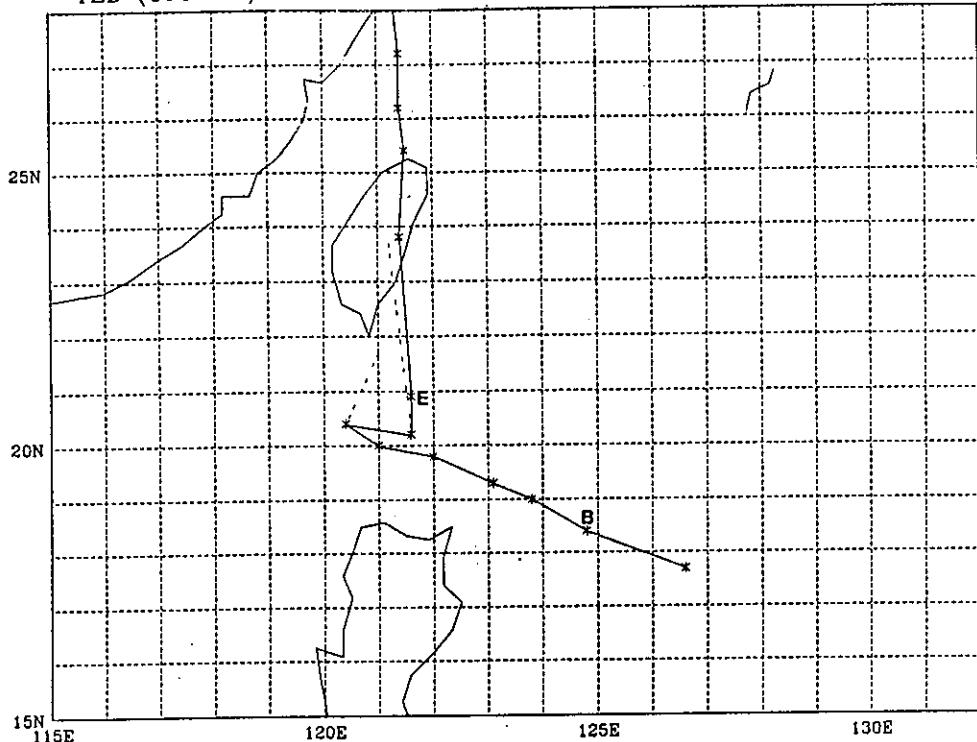


圖5-5 根據中央氣象局颱風警報單之定位資料所畫出之Ted(1992)颱風路徑圖

ABE (1993. 9)

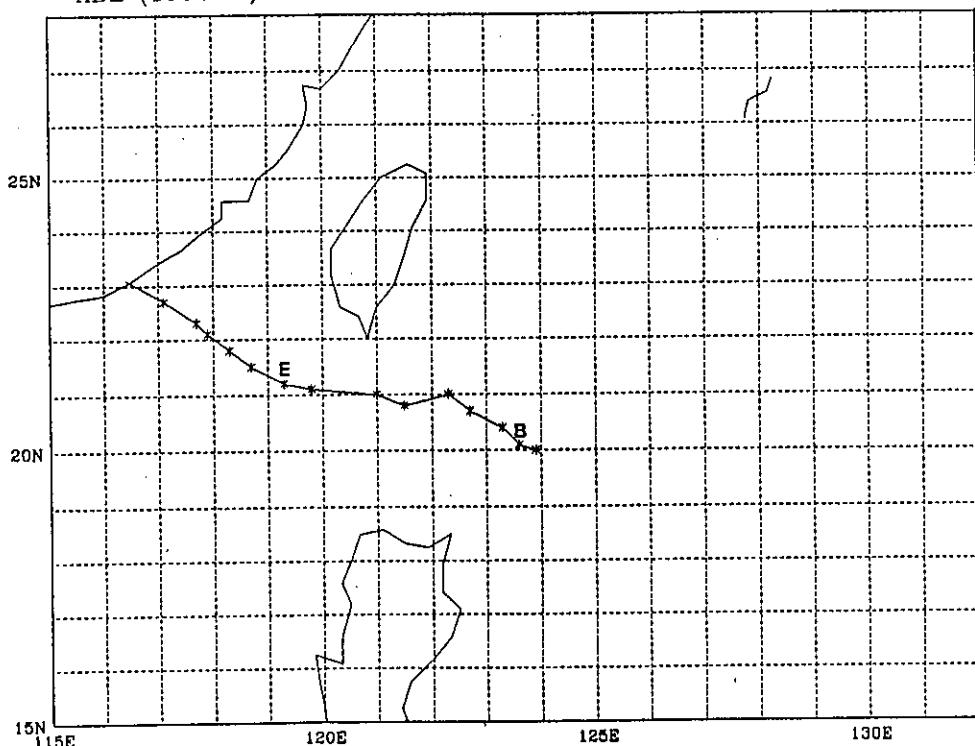


圖5-6 根據中央氣象局颱風警報單之定位資料所畫出之ABE(1993)颱風路徑圖

六、總結和建議

本計畫之主要目的在研究改進颱風預報作業，提高颱風預報作業之時效性和準確性。研究的方向包括有颱風路徑預報準確度評估和誤差分析、颱風伴隨豪雨預報作業系統評估與改進研究以及利用衛星數據資料估計颱風強度之方法改進研究。全程計畫預期三年完成，本報告為第一年之研究結果。

在本報告中，針對 Lee(1992) 或李和朱(1990) 利用衛星數據資料估計颱風強度之複迴歸模式進行改進，重點則在加入1987年前半年之衛星資料，以彌補原模式中對較強颱風掌握較差之缺點。分析結果顯示，新發展的模式，其 R^2 值和原模式接近。然而新模式中，過去 6小時或12小時颱風強度之係數比原模式大很多（接近 1），因此新模式對於過去颱風強度之依賴度增加很多，在應用上較容易出現誤差累積之情形。此外，因缺少獨立資料，目前結果並無法進行獨立校驗。

在本報告中，亦利用李(1993)所發展之颱風伴隨降水氣候模式預報系統，評估1991～1993年侵台之13個颱風雨量預報之準確性。結果顯示，對大部份移動路徑變化較少的颱風而言，利用中央氣象局作業時預報之颱風路徑和作業時之實際颱風定位路徑所得之結果差異不大，但某些路徑變化較大之颱風則差異頗大。此結果顯示，颱風路徑預報的正確度，仍是颱風伴隨降水預報之重要基礎。欲提高颱風伴隨降水之準確度，必需先提高颱風路徑預報之準確度。

此外，分析結果亦顯示，氣候統計預報模式一般之預報雨量有偏低情形，因此，對於較大降雨（大雨，尤其是豪雨）之

掌握能力尚低；例如，以預報大雨之TS而言，其平均值僅0.20，而前估和後符值亦分別僅達0.42 和 0.33；結果同時顯示，除竹子湖站外，其他出現大雨次數較多之測站，其後符值均較前估值為高，即模式預報大雨出現之次數有稍嫌保守之情形。因此，如何增加氣候模式對豪、大雨之預報能力，應為未來颱風伴隨降水預報需要突破之處。

最後必需說明的是，本報告僅針對李(1993)之模式一（未考慮過去雨量）進行評估，並未考慮利用過去雨量之預報模式。然而，因李(1993)中所利用的乃是各測站過去24~48小時之雨量，對於準確度之幫助較少，未來可考慮針對每個網格、每個測站發展24個預報方程（因使用過去雨量時段之不同，例如前0~24小時雨量，前1~25小時雨量，前2~26小時雨量...），以使用到最近之降水資料。同時，在資料數增加後亦可考慮減低移動平均之時段（目前為6小時），以提高更短時間雨量變動之預報能力，如此，可能有助於改善豪、大雨之預報能力。

七、誌謝

本研究承蒙吳昇澤和陳紹廣先生協助進行資料整理和分析，劉韶郁小姐協助文書處理和報告整理，謹此誌謝。本報告乃在中央氣象局支助下完成，計畫編號：CWB-83-2M-01。

八、參考文獻

- 王時鼎、顏清連、陳泰然和謝信良，1986：台灣颱風降雨特性及其預報研究（三）。行政院國家科學委員會，防災科技報告，74-51號，152頁。
- 李清勝，1992：豪雨預報技術改進之研究－颱風計畫（二），中央氣象局委託研究計畫期末報告。
- 李清勝，1993：颱風預報作業改進研究（一），中央氣象局委託研究計畫期末報告。
- 李清勝和朱曙光，1990：利用衛星資料估計台灣附近颱風之特性（III）。國科會防災科技報告，79-16號，71頁。
- 陳泰然，1984：淡水河石門水庫與翡翠水庫防洪聯合作業研究。颱風降雨預測研究報告，208頁。
- 陳泰然、李清勝、王時鼎、紀水上和周仲島，1991：豪雨預報技術改進之研究－颱風計畫，中央氣象局委託研究計畫期末報告。
- Lee, C. -S., 1992: On the Estimation of Typhoon Parameters Around Taiwan. Proceedings of the CCNAA-AIT Joint Seminar on Prediction and Damage Mitigation of Meteorologically Induced Natural Disasters., 410-420 pp.

交通部中央氣象局委託研究計畫(CWB83-2M-02)

台灣梅雨季衛星觀測與傳統資料所顯示的對流
活動時空變化研究(一)

(期末報告)

主持人：陳泰然

協同主持人：紀水上

研究助裡：莊振威

陳興漢

何景輝

國立台灣大學大氣科學研究所
中華民國八十四年四月三十日

目錄	頁次
目錄	i-ii
中文摘要	iii
英文摘要	iv
一、前言	1-2
二、資料與分析	3-4
三、對流雲與層狀雲之雲量日夜變化	5-37
1. 5月上半月.....	5
2. 5月下半月.....	5-6
3. 6月上半月.....	6
4. 6月下半月.....	6-7
5. 5月.....	7
6. 6月.....	7-8
7. 5-6月.....	8
8. 小結.....	9
四、雲頂溫度之日夜變化	38-51
1. 平均雲頂溫度.....	38-39
2. 雲頂溫度距平.....	39
3. 小結.....	39
五、不同地區之日夜變化	52-62
1. 西部沿海.....	52
2. 西部平原.....	52

3.西側山坡.....	52
4.中央高山.....	52
5.東部沿海.....	52-53
6.大陸東南沿海.....	53
7.沿 24.2°N	53
8.沿 22.5°N	53
9.小結.....	53-54
六、總結.....	63
致謝.....	63
參考文獻.....	64

台灣梅雨季衛星觀測與傳統資料所顯示的對流活動時空 變化研究(一)

陳泰然
國立台灣大學大氣科學研究所

紀水上
中央氣象局

摘要

本文利用1991-1993年5-6月每3小時GMS衛星紅外線與可見光雲圖以及1992年5月每1小時GMS雲頂溫度數據資料，探討台灣及鄰近地區雲發展之時空分佈及日夜變化。結果發現，台灣地形加熱效應為導致對流雲量與層狀雲量局部最大值及顯著日夜變化之主要機制。1992年5月不論那一區域，雲頂溫度均呈現顯著日夜變化，清晨4點與午後4-6點之最低值均極突出。此外，台灣中南部中央山脈區之雲頂溫度日夜變化與福建沿海者反相，前者白天（多雲）雲頂溫度低，後者反是。

Spatial and Temporal Variations of the Convective Activities as
Revealed by the GMS Satellite Observations and Conventional
Data over Taiwan Area in Mei-Yu Season (I)

George Tai-Jen Chen

Shui-Shang Chi

Department of Atmospheric Sciences
National Taiwan University

Central Weather Bureau

GMS infrared and visible satellite imageries in the period of May-June 1991-1993 and digital data in May 1992 were used in this study to reveal the spatial and temporal variations of the cloud development over Taiwan and its vicinities. Results indicated that the orographic heating effect over Taiwan was the major mechanism responsible for the formation of local maximum and diurnal variation of the convective and non-convective clouds. Cloud top temperature in May 1992 showed a remarkable diurnal cycle over different areas. The minimum cloud top temperature was observed at 0400LST and 1600-1800LST. In addition, it was found that the diurnal variation of cloud top temperature was out of phase for the central/southern Central Mountain Range area and for the Fuchien area. The minimum cloud top temperature was observed in the day time over the former area, whereas the reverse was true over the later area.

一、前言

陳與謝等(1991)評估中央氣象局1977~1989年間所發佈的豪(大)雨預報能力，發現非颱風豪(大)雨(梅雨季)之TS得分仍低(0.15~0.21)且後符(Postagreement)大於前估(Prefigurance)，顯示目前對於梅雨季裡導致豪(大)雨之綜觀條件雖已有相當了解，但對中尺度過程之了解仍然有限。改進豪(大)雨預報能力，是為期10年TAMEX計畫努力的主要目標，也是未來中尺度氣象研究與作業面臨的重大挑戰。台灣地區梅雨季導致豪雨的中尺度對流系統，除伴隨鋒面雲帶者外，台灣之地形效應及局部環流對其形成與演變亦有重要角色(Chen,1992)。陳(1988)曾利用NOAA-4與NOAA-5衛星雲圖，分析顯著梅雨大範圍的對流活動特徵，發現不論華南或是東海地區之梅雨鋒雲帶內之對流，均與雲帶外之對流活動無甚關連，顯示中尺度過程在形成與組織鋒面雲帶內對流活動之重要性。陳等(1986)曾利用1981~1983年5~6月梅雨季GMS衛星雲圖資料，分析華南及西太平洋地區中尺度對流系統之氣候特徵，發現海陸頻率日夜變化各異，陸上白天輻射加熱以及海上夜間雲區與非雲區之輻射冷卻差異，似為不同時間出現最高頻率之重要因素。

陳與楊(1988)分析台灣地區1975~1984年5~6月梅雨季非颱風型豪雨之特徵，發現地形效應為導致豪雨之重要因素，且中尺度低壓與豪雨有密切關連。同時也發現局部環流與大氣不穩定之改變，似為決定豪雨日夜變化之重要因素。陳與俞(1990)分析TAMEX第一階段之兩個豪雨個案，發現雖梅雨鋒面為豪雨之重要因素，但鋒面之特徵差異並無法解釋豪雨之時空分佈特徵，而中尺度低壓強弱似為決定南部地區豪雨強弱之重要因素。梅雨季發生豪雨時，中尺度低壓與豪雨之關係，除反應在降水量之時間變化之外，亦顯示於雷達回波之時間變化(陳，1990)。

上述諸多研究，雖對梅雨季中尺度對流統的一般氣候特徵及其在導致豪雨的重要性方面增加許多了解，但對台灣地區而言，確切的中尺度對流系統形成、發展與消散等之時空變化特徵的了解，實為改進定量降水預報與豪(大)雨預報所必需，這方面的研究發展工作為本計畫的主要目的。確切而言，本研究將利用1990~1992年5~6月每小時GMS衛星雲圖資料、1991~1993年5~6月GMS數據化資料與傳統觀測資料(探空、高空風、地面觀測)，探討台灣地區對流活動

的時空變化特徵，以提供中尺度氣候資訊，進而發展定量降水與豪雨預報方法。本計畫原擬以三年時間完成下列各項工作。

- 1.探討在非擾動(undisturbed)情況下，對流活動的日夜變化、區域變化、平地與山地差異(第一年)。
- 2.探討組織性與非組織性對流活動的氣候特徵，包括：尺度、強度、頻率分佈等(第一年)。
- 3.分析與探討在非擾動情況下，海陸風環流在對流形成與組織方面的角色(第一年、第二年)。
- 4.以GMS數據化資料，探討擾動(disturbed)情況下，組織性對流系統與台灣地形之交互作用(第二年)。
- 5.以GMS數據化資料，探討非擾動情況下，組織性對流之強度、大小與頻率分佈(第二年)。
- 6.以GMS數據化資料，探討平地與山地對流特徵之差異，以及非擾動情況下海陸風引發之對流特徵(第二年)。
- 7.求取在擾動與非擾動情況下，梅雨季及/或前後期的對流活動中尺度氣候期待值，以做為定量降水與豪雨預報之參考(第三年)。
- 8.求取在非擾動情況下，海風在平地、山坡地與山地形成對流之中尺度氣候期待值，以做為即時(0~3h)與極短期預報之參考(第三年)。
- 9.整合衛星分析所得研究結果與傳統資料之訊息，發展對流活動時空變化之經驗定則(第三年)。

後因氣象局委託計畫執行重點有所調整，本計畫因而亦相對調整，而僅進行一年，為因應執行期限之調整，故研究工作以人造衛星觀測資料為主，探討5-6月梅雨季對流雲、層狀雲及雲頂溫度之日空及日夜變化。本報告第二章討論所用資料及分析方法，第三章討論對流雲雲量與層狀雲雲量在不同季節空間分佈之日夜變化，第四章探討雲頂溫度空間分佈之日夜變化，第五章以不同地理分區之時空剖面圖討論雲頂溫度日夜變化之空間分佈，第六章為總結。

二、資料與分析

在分析梅雨季對流雲與層狀雲分佈方面，利用1991-1993年5月1日-6月30日每3小時GMS紅外線與可見光雲圖，以區分對流雲及層狀雲，並以 $1^\circ \times 1^\circ$ 經緯度網格求取 $20\text{-}27^\circ\text{N}$, $116\text{-}125^\circ\text{E}$ 範圍內之雲量分佈(十分制)。因有部份缺失資料，故將雲量標準化(normalized)，以便彼此可在同樣資料數之基準上相互比較，如此雲量已非十分制單位而僅為相對之量，但可以表達分佈狀態及相對大小。

在雲頂溫度分析方面，原擬利用1991-1993年5-6月GMS數據資料，但進行中尺度分析所需之數據資料，需經過navigation訂正。首先進行綜觀尺度範圍訂正，再進行中尺度範圍訂正，此項工作需人工判斷，navigation訂正後將資料轉錄，以供使用。每一小時一次之觀測，訂正 $21\text{-}26^\circ\text{N}$, $118\text{-}123^\circ\text{E}$ 範圍每10公里一個pixel之數據資料，以研究計畫之人力及裝備之時間可用度，一個月的資料約需1年時間處理。因此，本計畫僅先對1992年5月1-31日數據資料做navigation訂正，雲頂溫度之時空變化與日夜變化分析，亦以此段時間為準。為探討不同區域雲頂溫度之日夜變化，將台灣及大陸東南沿海區分為西部沿海、西部平原(<200公尺)、西側山坡(200-1000公尺)、中央高山(>1000公尺)、東部沿海與大陸東南海等6個區域，所使用之pixel數及範圍如圖2-1所示。另沿 24.2°N 與 22.5°N ，分析台灣南北之東西剖面分佈，資料以沿該緯度取兩側共3個pixel之平均為準。

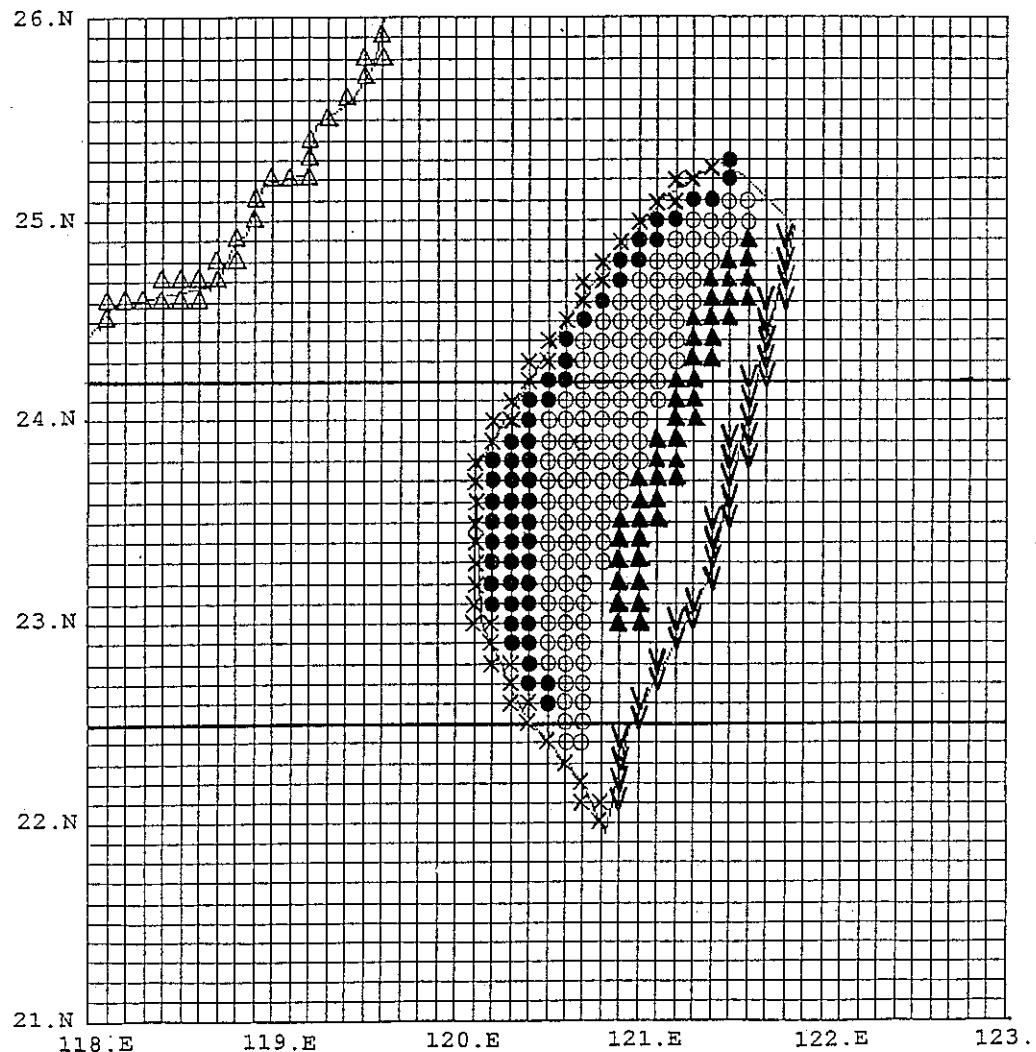


圖 2-1 台灣西部沿海 (X)、西部平原 (●)、西側山坡 (○)、中央高山 (▲)、東部沿海 (▼)、大陸東南沿海 (△)、沿 24.2°N 與沿 22.5°N (南北各一點共三點平均) 時空剖面分析所選擇之衛星數據資料。

三、對流雲與層狀雲之雲量日夜變化

1. 5月上半月

圖3-1為5月上半月每3小時對流雲與層狀雲標準化雲量分佈。一般而言，各時段層狀雲量較對流雲量為多，且分佈及變化之空間尺度較大，最大值出現在大陸東南沿海（即福建沿海），主軸並向東南伸展至台灣地區。層狀雲量在分析區內呈西北多東南少及北多南少之分佈，於2100UTC（0500LST）達最大。台灣地區層狀雲量呈北多南少之分佈，0600與0900UTC（1400與1700LST）之北部及東北部最大值，與大陸東南沿海之最大值區分離，此種局部現象顯係與午後局部對流發展所形成之層狀雲區有關。對流雲量在陸地上呈現顯著的日夜變化，不論在福建沿海或台灣地區，大約均在午後2-5點達最大（0600-0900UTC）。在台灣地區，對流雲於0600UTC發展，其雲量形成局部最大值，0900UTC最大中心位於中央山脈東側之東北部沿海，隨後向東移動，於1800UTC移至東北部外海。2100UTC（0500LST）於東部沿海再出現對流雲量最大中心，持續至0000UTC，於0300UTC東移入海。福建沿海對流雲量最大中心，並無東移入海現象，僅在當地消長。

2. 5月下半月

5月下半月每3小時對流雲與層狀雲標準化雲量之分佈，如圖3-2所示。與5月上半月相似，有層狀雲量多於對流雲量之現象，且除台灣地區之外，分析區域內之層狀雲量，亦有西北多東南少及北多南少之分佈。台灣地區之局部層狀雲量最大值及其顯著的日夜變化，與午後局部對流發展息息相關，0600UTC伴隨對流發展之層狀雲量最大值出現在中央山脈東側之東部沿海，即盛行風之下風區，於0900UTC達最大，隨後稍微減少，於0000-0300UTC最大中心位於台灣中部之中央山脈。福建沿海層狀雲量，並無顯著日夜變化，顯示該區層狀雲之發展受局部地形日夜變化影響較小，或許主要由梅雨鋒面系統主宰。對流雲量的分佈，亦與5月上半月類似。不論福建沿海或台灣地區，均有顯著日夜變化，均於午後（0600-0900UTC）達最大。台灣地區對流雲量最大值於0600UTC出現在中部中央山脈，於0900UTC向西南移至西南部沿海，並於1200UTC移至西南

部外海並減弱。此種對流雲量最大值中心之向西南移動，有別於5月上半月之向東移動，為十分有趣且值得進一步探討的氣象問題。

3. 6月上半月

圖3-3為6月上半月每3小時對流雲與層狀雲標準化雲量分佈。相對於5月下半月而言，各時段對流雲量均有增加趨勢，層狀雲量則有減少趨勢。層狀雲量分佈，除台灣地區局部最大值外，分析區內仍與前期相似，有西北多東南少及北多南少的現象。台灣地區層狀雲雲量局部最大值之日夜變化不甚明顯，除1800UTC外，各時段之雲量及中心位置均極相近。福建沿海於0000UTC之層狀雲最大雲量中心，於0300UTC南移並於0600UTC出海。隨後於0900UTC又有另一中心出現，但此中心於1200UTC向東北移動，於1500UTC移至分析區外。對流雲量，在福建沿海及台灣地區均有局部最大值，但其最大值區域之移動形式互異。台灣地區對流雲量最大中心於0600UTC位於中南部中央山脈，隨後向東移動於1200UTC出海，於1800UTC位於台灣東方海面。2100UTC台灣地區之對流雲量呈南多北少分佈，0000UTC於西部沿海形成最大值，隨後中心向南移動，於0300UTC已南移至西南部沿海。福建沿海之對流雲量於0900UTC出現最大值，隨後最大值減小，最大中心並向南移動出海，於1500-0600UTC期間，在該區形成北少南多或東北少西南多之分佈。

4. 6月下半月

6月下半月每3小時對流雲與層狀雲標準化雲量之分佈，如圖3-4所示。層狀雲量之分佈，較先前時段稍微複雜，但除台灣局部最大值外，各時段似亦均有西北多東南少及北多南少現象。台灣地區層狀雲量最大值區，除0000-0300UTC之外，主要出現在北部地區，並於1200UTC達最大值。福建沿海層狀雲量之日夜變化不甚明顯，但最大值區於0900-2100UTC期間，有顯著東移現象。對流雲雲量，不論福建沿海或台灣地區，日夜變化仍相當顯著，並均於0900UTC達最大值。0900UTC台灣地區對流雲量最大中心位於東北部，隨後向東北移動減弱，於1800UTC位於東北部海上。0000-0600UTC期間之相對最大中心，主要出現在北部及沿海地區。福建沿海對流雲量最大值中心近似滯流，並

於0600-1200UTC間達最大值。此外，福建／廣東南部海面，於1800UTC出現對流雲雲量相對最大值區，此區隨後範圍擴大並增強南移，並於0300UTC達最強，隨後減弱。

5. 5月

5月每3小時對流雲與層狀雲標準化雲量分佈，如圖3-5所示。一般而言，不論在任何時段層狀雲量均較對流雲量為多，且除台灣地區有局部最大值中心之外，均有西北多東南少與北多南之現象。台灣地區之層狀雲量於0600UTC達最大值，隨後稍減小至0300UTC達最小值，最大值中心出現在東北部沿海、中北部山區或西北部沿海。此種層狀雲量局部最大值及其日夜變化，顯示層狀雲之局部發展與午後局部對流雲發展息息相關。福建地區之層狀雲量似呈雙高峰形式，於2100-0000UTC (0500-0800LST) 與1200UTC (2000LST) 達最大值。對流雲量亦於台灣及福建地區出現局部最大值，且均於午後0600-0900UTC (1400-1700LST) 達最大，顯示白天加熱效應對局部對流之主宰。台灣地區對流雲量最大中心，0600-0900UTC位於中北部山區，隨後稍向南南東移動，於1800UTC分裂為兩中心，一個位於東部沿海，另一各向東北移至海上。東部沿海之中心隨後幾乎近似滯留且強度維持至0000UTC，海上中心則向東北移動漸漸減弱。福建地區對流雲量於0900UTC達最大值，隨後減少至2100UTC達最小，之後漸漸增大。福建南部1200UTC出現一對流雲量相對最大區域，此區隨後向南移動，於1800UTC移至福建／廣東沿海並達最大值，隨後似有先向南移再向東移出海趨勢，於0300UTC相對最大中心已移至台灣海峽南部。

6. 6月

圖3-6為6月每3小時對流雲與層狀雲標準化雲量之分佈。與5月比較，各時段均有層狀雲量減少與對流雲量增多之現象。不論台灣或福建地區，各時段之層狀雲量均多於對流雲量，但廣東／福建南方海面（南海北部或台灣海峽西南部）在某些時段（例如：2100與0300-0600UTC），對流雲量反較層狀雲量為多。分析區內之層狀雲量分佈與5月類似，除台灣地區之局部最大值之外，各時段均有西北多東南少與北多南少之現象。台灣地區層狀雲量於0900UTC達最大

值，隨後保持恆定再減少至0000UTC達最少，各時段最大值中心主要位於中北部山區。此種最大值中心位置及其強度日夜變化，顯示局部對流發展與層狀雲量之密切關連。福建地區層狀雲量於1200UTC達最大值，隨後中心似有向東北移動出海之趨勢，於2100UTC最大值中心位於福建北部沿海，此中心0000UTC似已移出分析區或在海上減弱，此時福建地區又形成一最大值中心，之後隨時間漸漸增大。對流雲量在台灣地區於0600UTC在西南部沿海形成最大值中心，此中心於0900UTC增強至最大值並向東北移動至東北部沿海，隨後繼續向東北移動並稍減弱，於2100UTC在分析區內已不復見。1800UTC於南海北部出現一對流雲量相對最大值中心，之後增強且範圍並向東北擴展至台灣西南部地區，0300UTC於台灣西南部沿海分裂出一相對最大值中心。福建地區對流雲量於0900UTC達最大值，隨後減小至2100UTC達最小值。1500UTC於福建／廣東沿海出現一對流雲量相對最大值區域，此種區域隨後向南移至海上並增強，於0300UTC達最強。

7. 5-6月

圖3-7為5-6月每3小時對流雲與層狀雲標準化雲量分佈。一般而言，分析區內不論各時段之層狀雲量均較對流雲量為多，且除台灣地區之局部最大值區之外，有西北多東南少與北多南少之現象。台灣地區之層狀雲量，於0600UTC達最大值後幾乎維持恆定狀態，於0000UTC後減小，最大值中心主要位於東北部沿海一帶。福建地區層狀雲量則於1200UTC達最大值，隨後近似恆定至0000UTC之後減少。台灣地區對流雲量於0600UTC在中部山區形成最大值中心，此中心於0900UTC向東北移動並增大至最大值，隨後向東北移動出海並減弱，於2100UTC之後已不復見。1800UTC於福建／廣東沿海出現對流雲量相對最大值區域，此區域隨後向南移動且數值增大而其範圍並向東北伸展至台灣南部地區，於0300UTC在台灣西南部沿海分裂出一最大值中心。福建地區之對流雲量亦於0900UTC達最大值，隨後減小並於2100UTC達最小，此時分析區內之最大值區域出現在南海北部。

8. 小結

本章以1991-1993年5月1日至6月30日每3小時GMS衛星紅外線及可見光雲圖判別對流雲及層狀雲，以分析其雲量之空間分佈及日夜變化。發現不論任何季節、一天之內任何時段或分析區內之任何區域，層狀雲量一般均較對流雲量為多，且除台灣地區之局部最大值之外，均有西北多東南少與北多南少之現象。台灣地區之對流雲量與層狀雲量局部最大值密切相關，其大小之日夜變化幾乎同相位，唯對流雲量最大值中心較具移動性，而層狀雲量最大值中心則較具滯留性。福建地區之對流雲量日夜變化頗似台灣地區者，兩區域陸地均於午後出現最大值，顯示白天太陽加熱機制在導致對流發展及伴隨之層狀雲形成之重要角色。南海北部夜間發展的對流及其範圍向東北伸展，於午前影響到台灣南部地區之現象，6月較5月顯著，是一項十分有趣的現象，需利用更多資料做進一步探討。

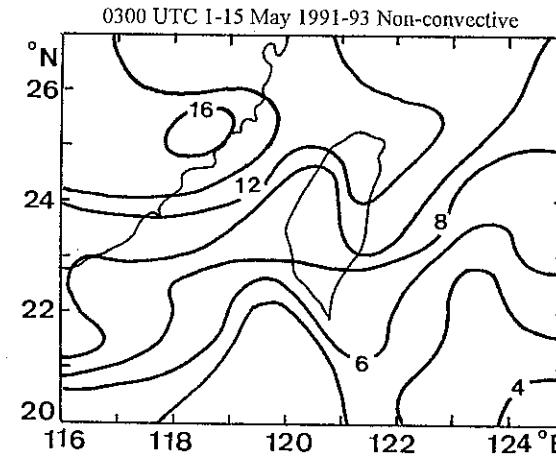
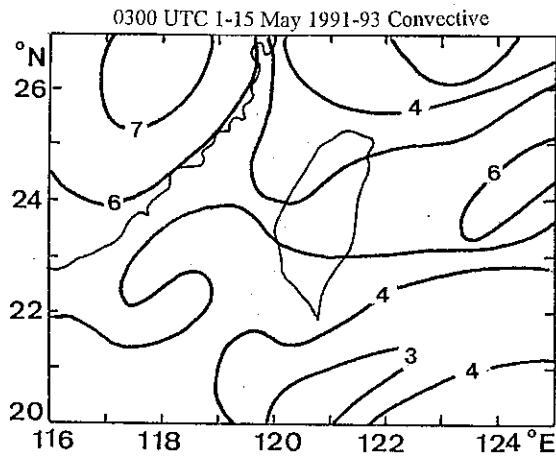
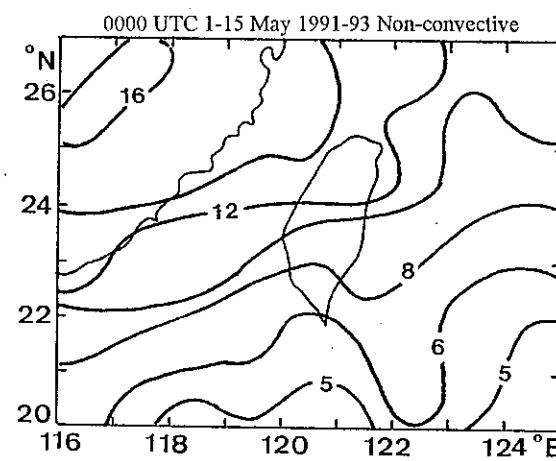
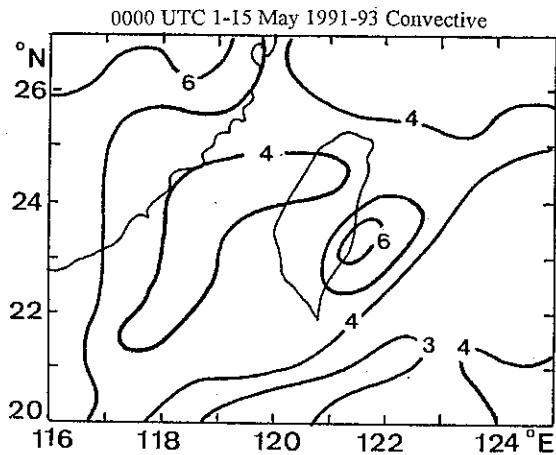
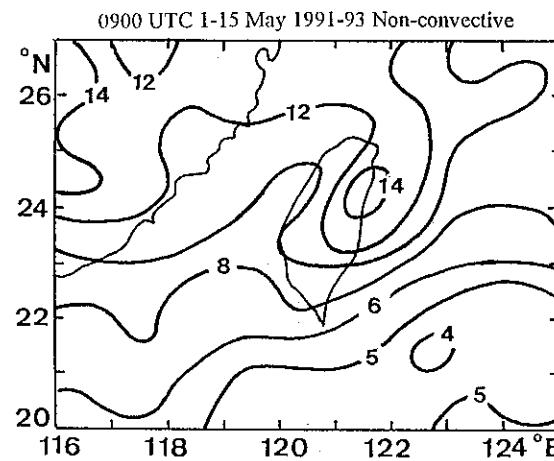
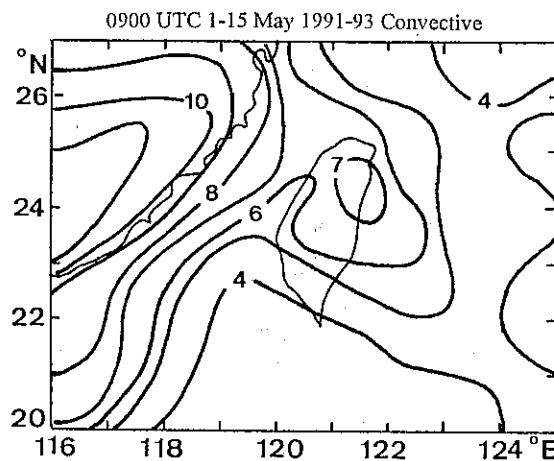
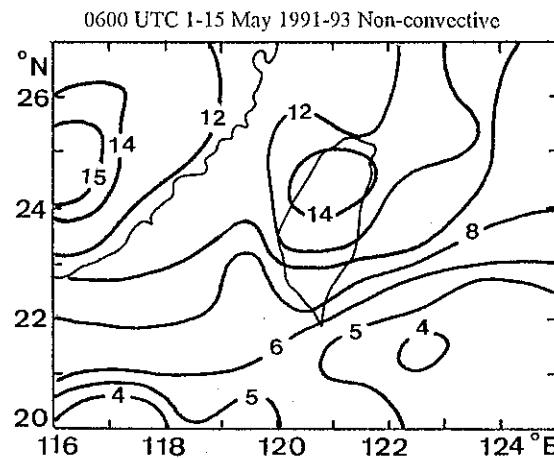
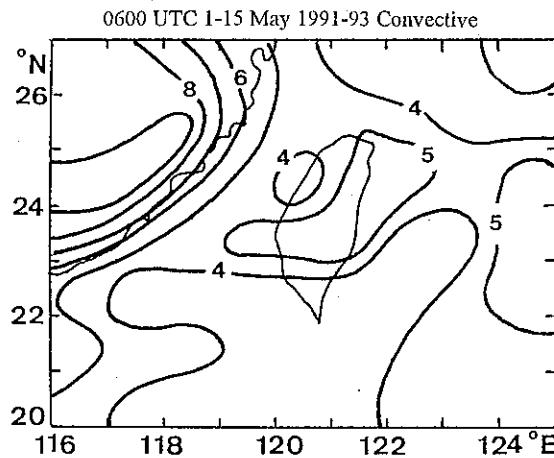
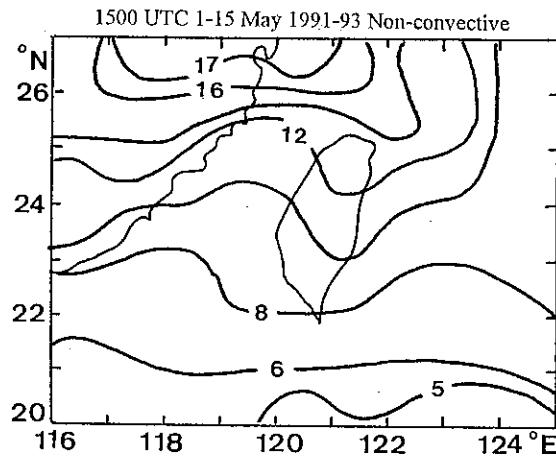
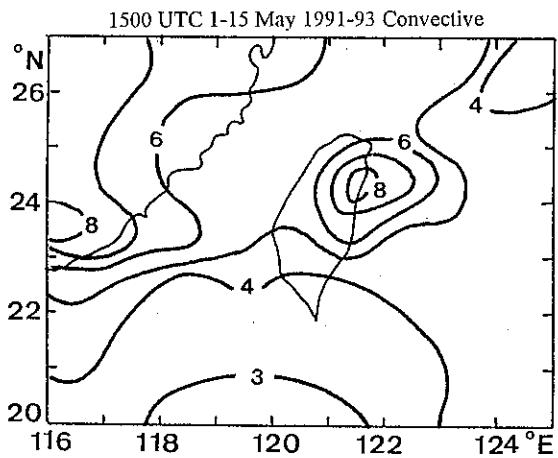
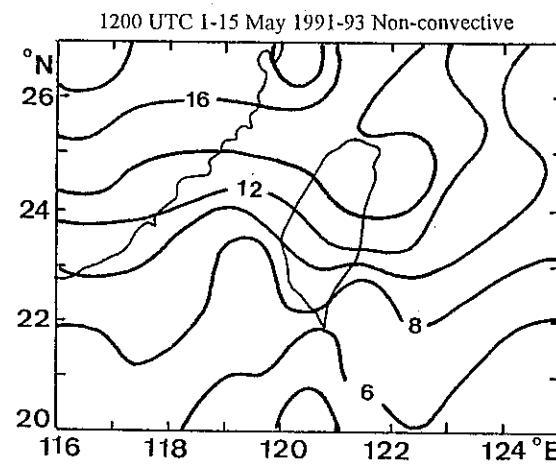
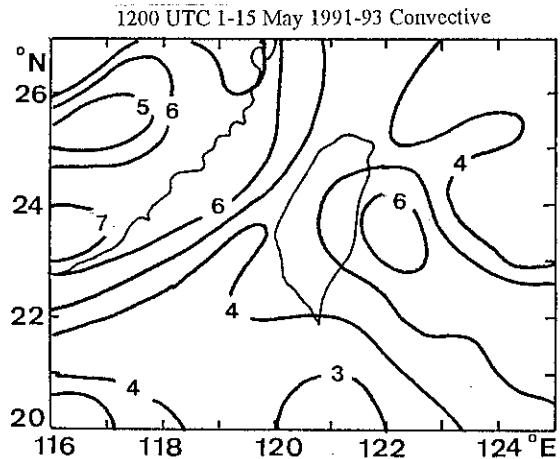


图3-1





3-1

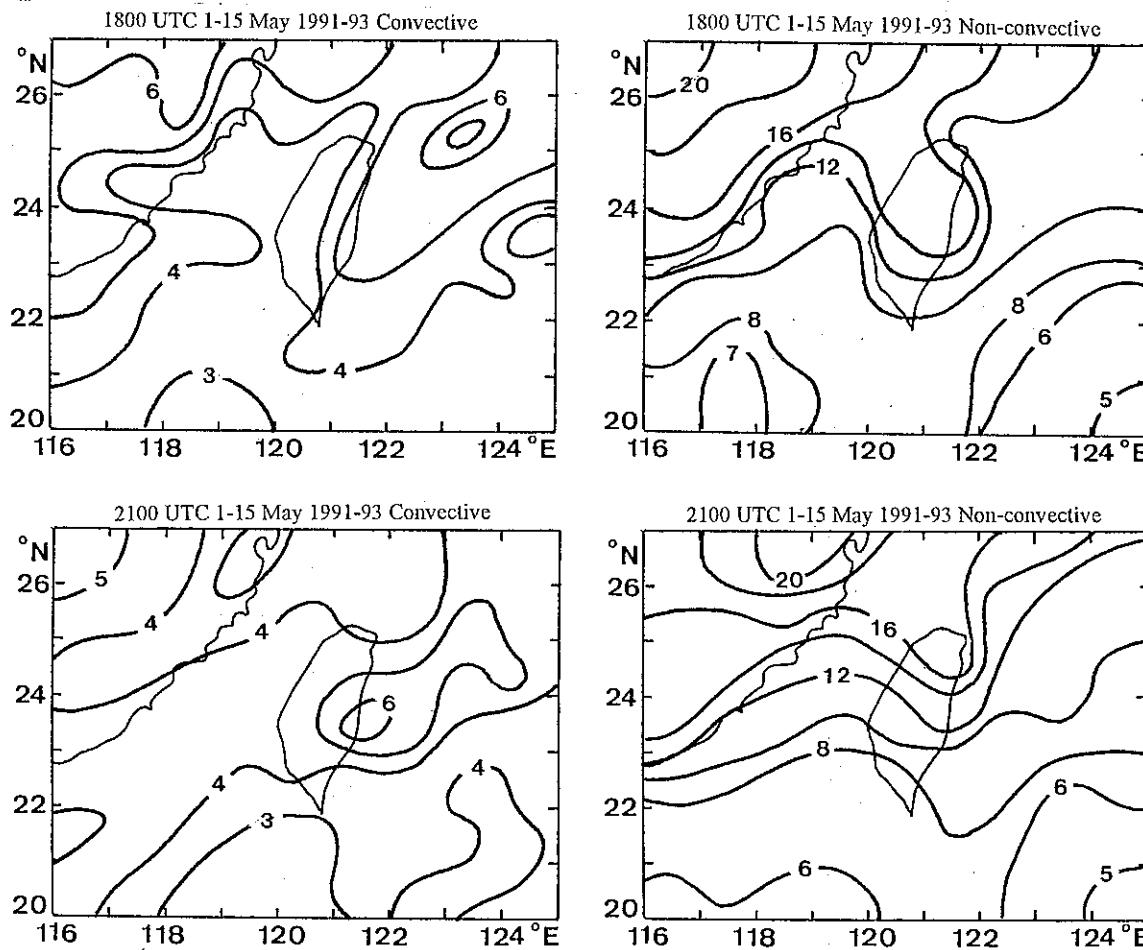


圖 3-1 1991-1993年5月1-15日每3小時對流雲（左）與層狀雲（右）標準化雲量分佈。

图3-2

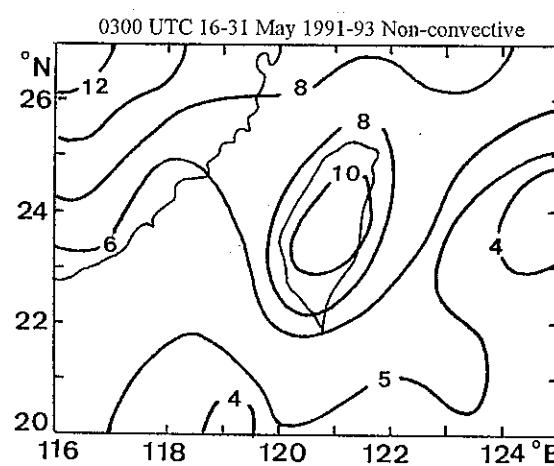
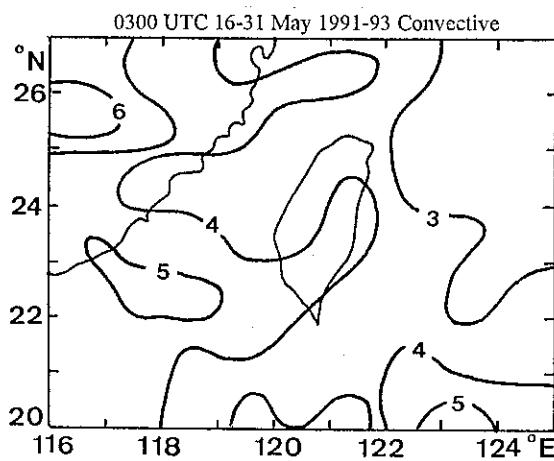
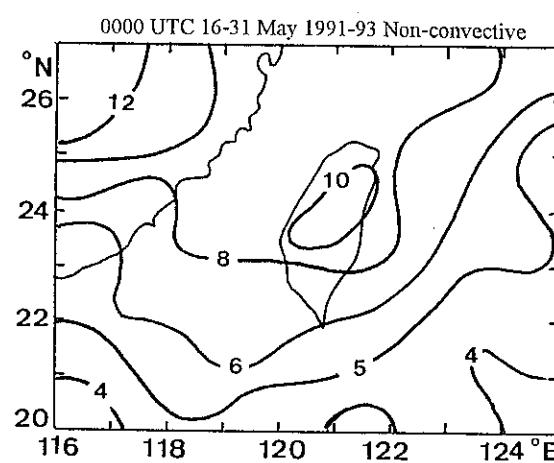
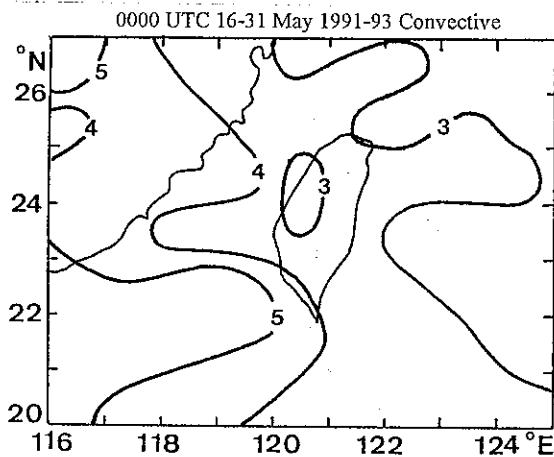
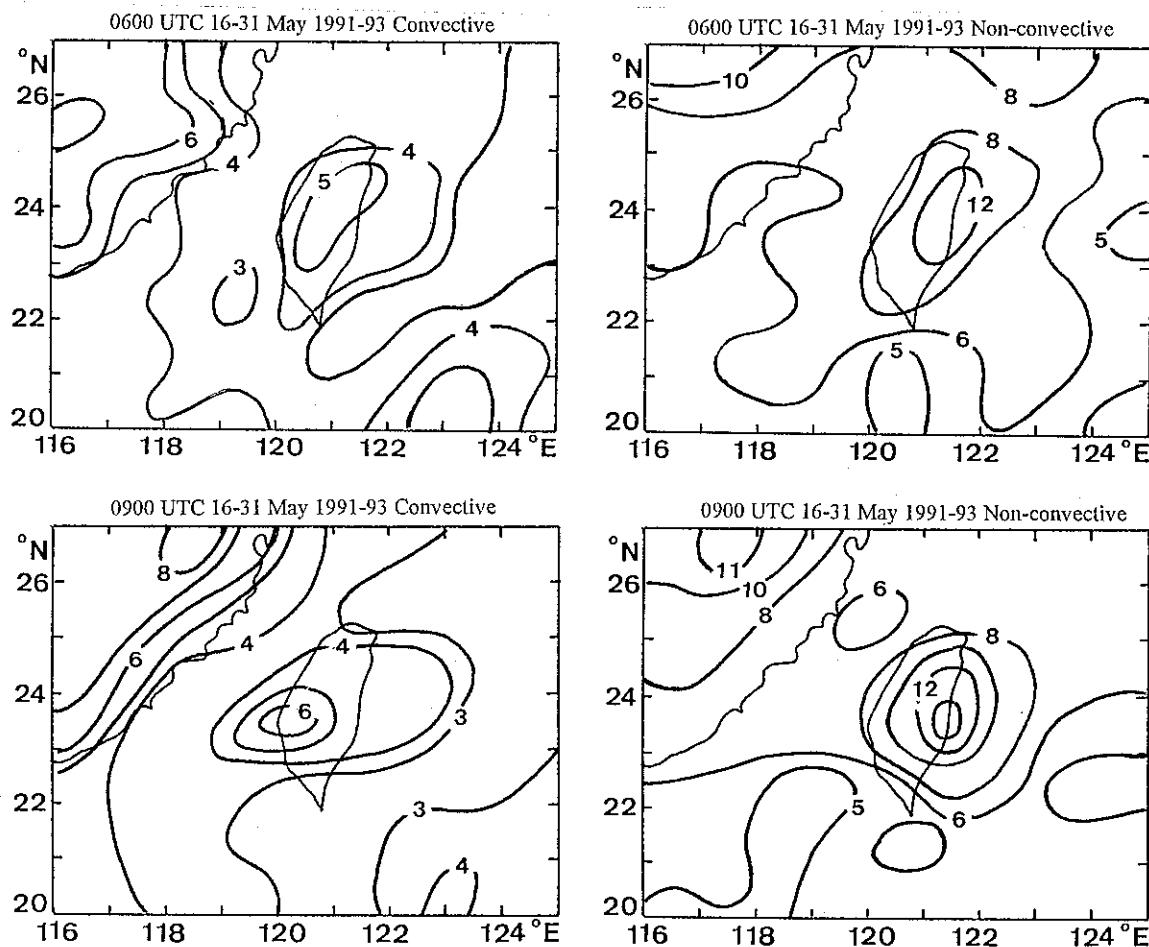


图3-2



四、雲頂溫度之日夜變化

1. 平均雲頂溫度

1992年5月1-31日逐時平均雲頂溫度之分佈，如圖4-1(a)~(x)所示。平均溫度較低區，表示雲在該區出現機率較高及 / 或雲頂高度較高，但無法區分對流雲與層狀雲；平均溫度較高區可視為雲少出現於該區及 / 或雲頂高度較低。為簡易表示起見，本文將低溫區視為雲區，而將高溫區視為非雲區。一般而言，台灣地區不論各時段均有南部多雲北部少雲或無雲之現象，且雲頂溫度均有顯著日夜變化。

北部高溫區為太平洋高溫區之延伸，有時出現局部最大值，並有白天1000-2000LST溫度較低與夜間2100-0900LST溫度較高現象。台灣北部高溫區最大中心之位置及強度，均隨時間變動。中心於2400LST位於西北部沿海，隨後向東南移動於0200-0900LST之間，位於東北部沿海、東部沿海或東部 / 東北部外海。1000-1500LST之間，北部地區雲頂溫度普遍下降，且無局部最高中心。1500LST西部沿海出現局部最大值，隨後中心先向東北移動，再向西南移動，於1800LST已移至西南部外海。1900LST中部山區出現局部最大值，隨後增強並於2100LST達最大。

南部低溫區（雲區）有顯著日夜變化，且呈雙高峰形式。雲頂溫度最低分別出現在0400LST與2100-2300LST，最高分別出現在0800LST與1400-1600LST。最低中心位置亦有移動傾向，0900LST出現在西南部沿海，隨後緩慢南移，於1200LST之後移至西南部外海。1300LST南部山區出現最低值中心，隨後此中心緩慢向東北移動，於1600LST移至東南部沿海。此時西南外海亦出現一最低中心，隨後此中心漸向東移至南部陸上，在1800-1900LST位於恆春半島上。2000LST西南部沿海再出現一局部最低中心，此中心隨後向南移動，於2100-0800LST之間，位於西南部海上。福建沿海與台灣海峽，亦有些有趣的溫度最低區域。2100LST於福建南部沿海形成局部最低中心，此中心隨後向南緩慢移動，於2400LST位於福建南部海上，0100LST更移至台灣海峽西南部。隨後該最低值區又於0300-0400LST向北移至福建南部沿海，0500LST之後再度向南移至台灣海峽西部並逐漸減弱（溫度升高），再向東北移動於1100LST移至台灣海峽中部後消失。1200-2000LST，台灣海峽上並無顯著的低溫區發展。此

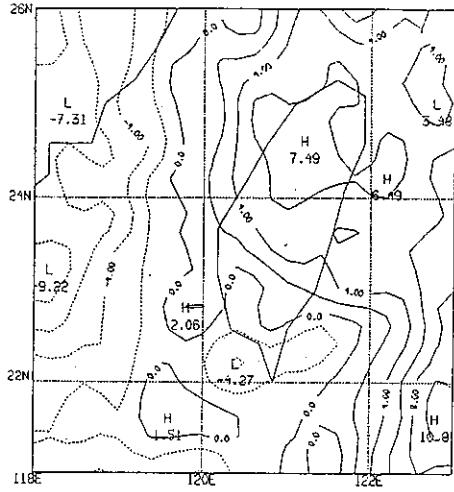
外，台灣西北部外海於0600LST出現相對最低值區，此區隨後向南移動，於0800-0900LST移至西部沿海，之後消散。

2. 雲頂溫度距平

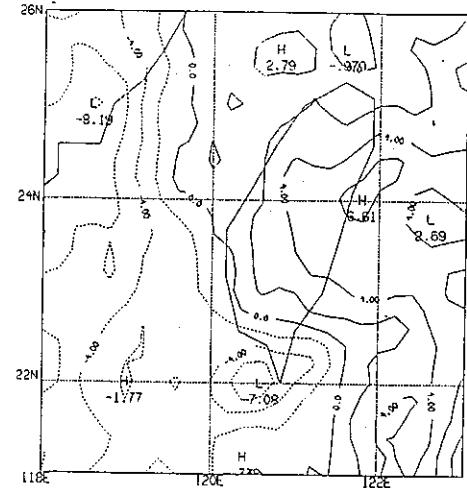
圖4-2為1992年5月1-31日逐時平均雲頂溫度距平（該點逐時平均一該點總平均），可顯示局部日夜變化。台灣南部夜間（2100-0800LST）之正距平與白天（1100-2000LST）之負距平十分顯著，顯示該區有明顯日夜變化，即白天多雲夜間少雲或白天的雲有較大的發展。福建地區之距平，則有白天為正（0600-1500LST）夜間（1600-0500LST）為負之趨勢，與台灣南部地區之變化反相。0200-1100LST台灣北部外海至中北部的負距平區，其中心之系統性移動十分有趣。0200LST負距平中心在北部外海，隨後向西南移動於0400LST移至北部沿海，0600LST位於北部中央山脈區，0700-0900LST已移至西部沿海，隨後向東移於1100LST移至中部中央山脈後消散。另有一負距平區於1300LST位於台灣海峽北部，隨後向東南移動於1600LST移至西北部沿海，1700LST移至西北部地區。2300-0700LST廣東／福建沿海與台灣海峽間之負距平亦十分顯著，負距平中心於2300LST位於廣東／福建沿海，隨後向南移動，於0100-0700LST間位於台灣海峽中部或南部。巴士海峽地區亦有顯著的日夜變化，午前0600-1200LST之正距平與午後1600-2000LST之負距平十分突出。

3. 小結

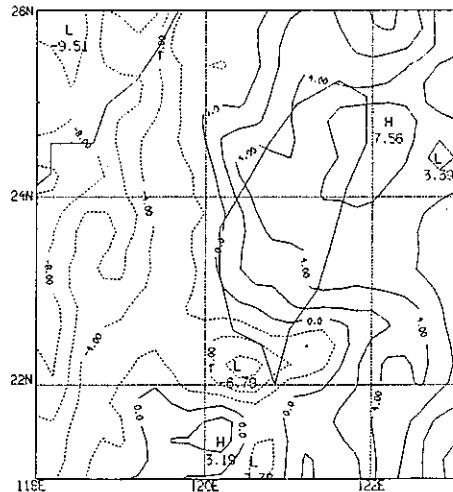
比較圖4-1與圖3-5，發現1992年5月台灣地區之雲頂溫度分佈與1991-1993年對流雲量與層狀雲量分佈並不一致，顯示雲的發展有顯著的年際變化。1992年5月雲的發展出現南部多北部少的趨勢，唯不論南部或北部均有顯著的日夜變化。分析區內，不論海上或陸上雲的發展均顯示有明顯的日夜變化，唯雲頂溫度最低值與最高值出現之時間，各地互異。



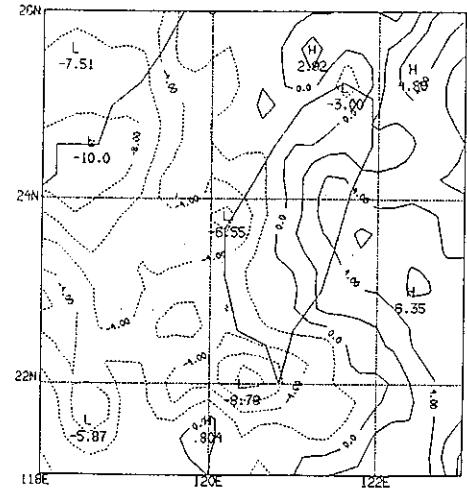
(a) 0 1 0 0 L S T



(c) 0 3 0 0 L S T

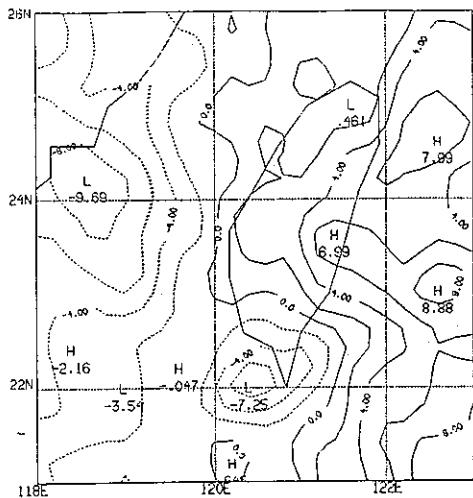


(b) 0 2 0 0 L S T

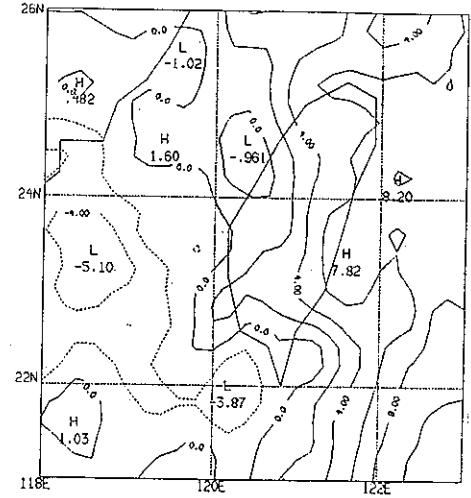


(d) 0 4 0 0 L S T

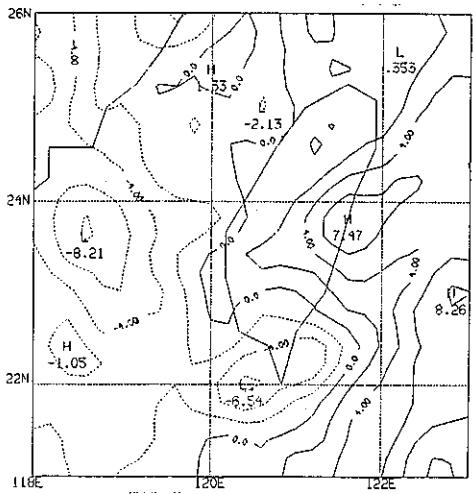
圖4-1



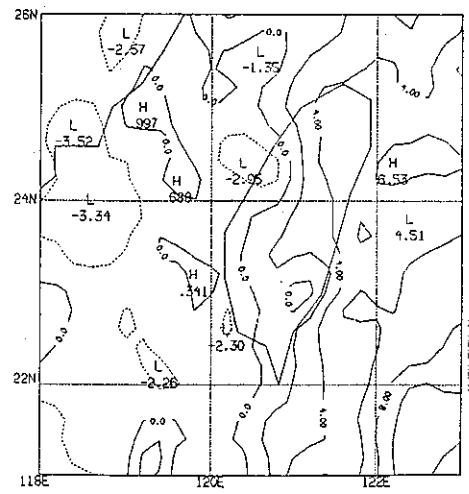
(e) 0 5 0 0 L S T



(g) 0 7 0 0 L S T

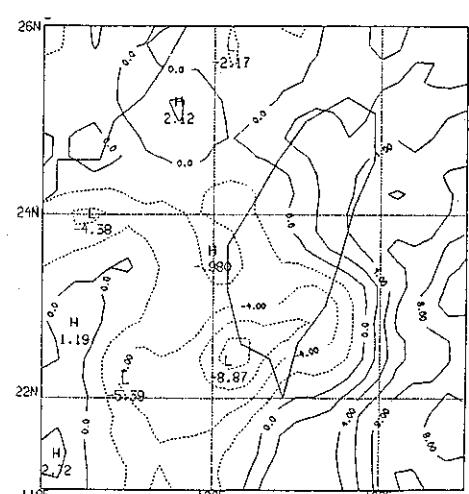
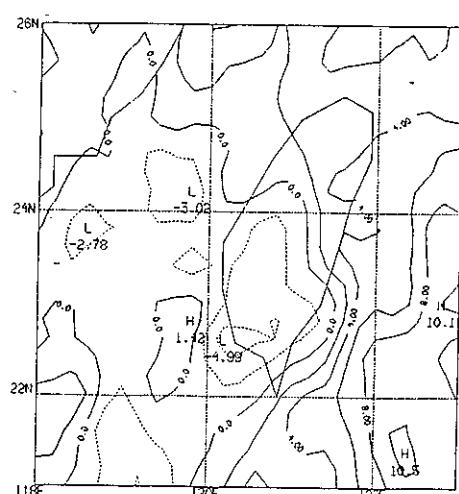
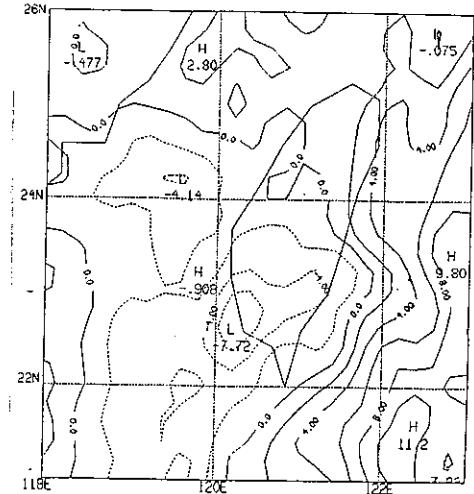
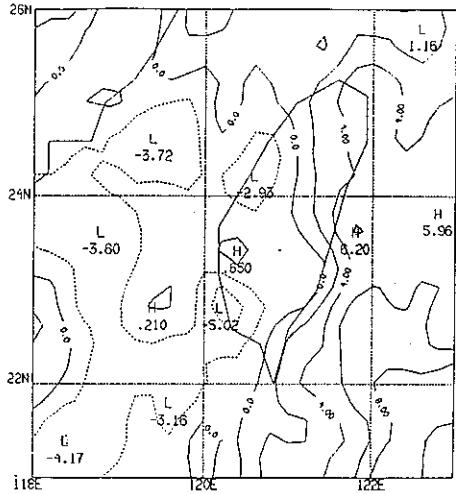


(f) 0 6 0 0 L S T

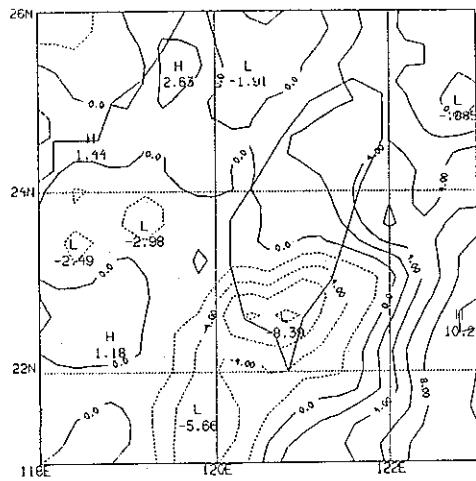


(h) 0 8 0 0 L S T

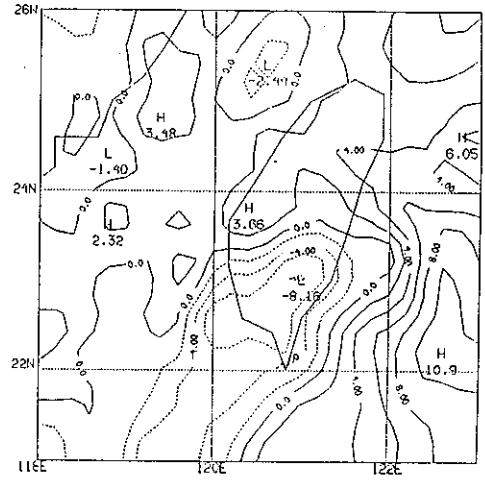
圖4-1



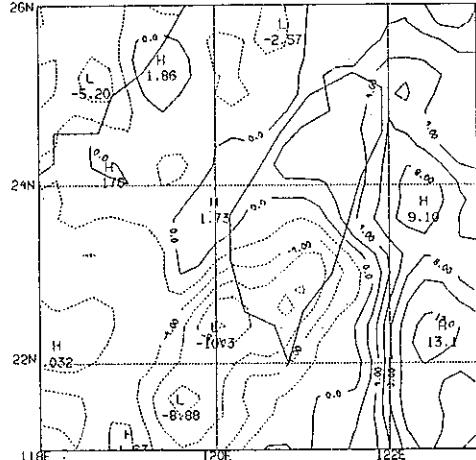
4-1



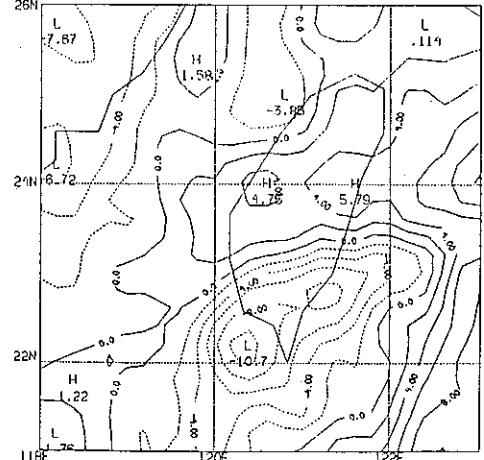
(m) 1300 LST



(o) 1500 LST

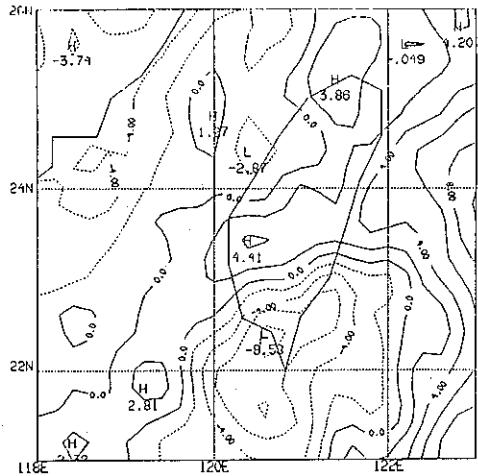


(n) 1400 LST

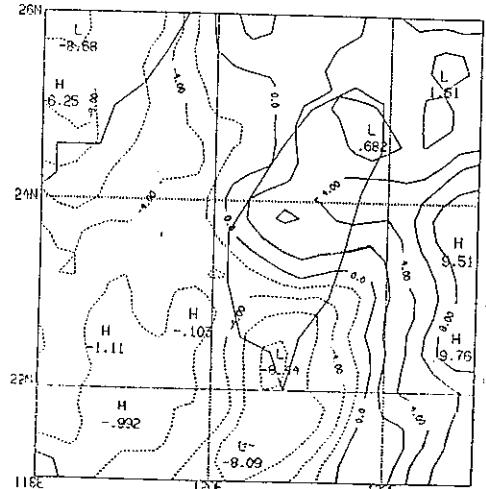


(p) 1600 LST

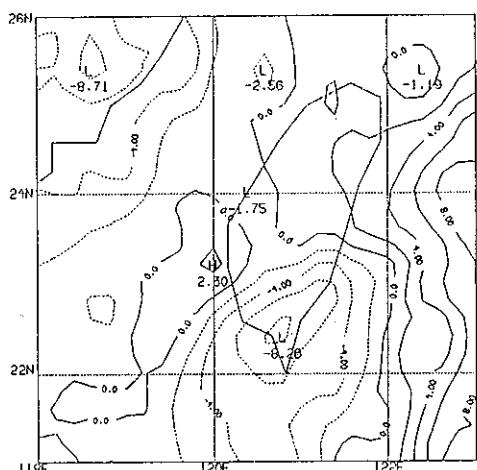
圖4-1



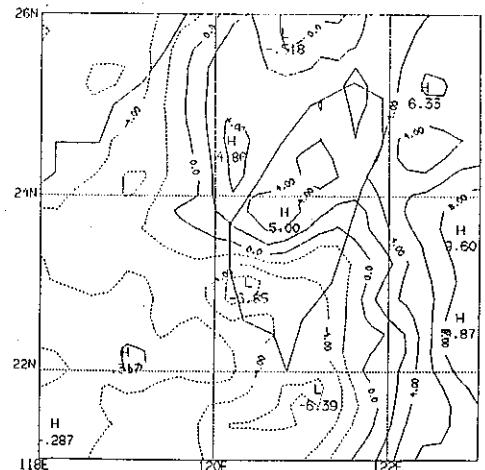
(q) 1 7 0 0 L S T



(s) 1 9 0 0 L S T

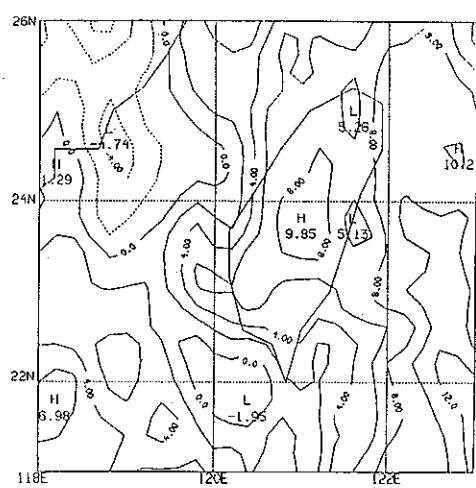


(r) 1 8 0 0 L S T

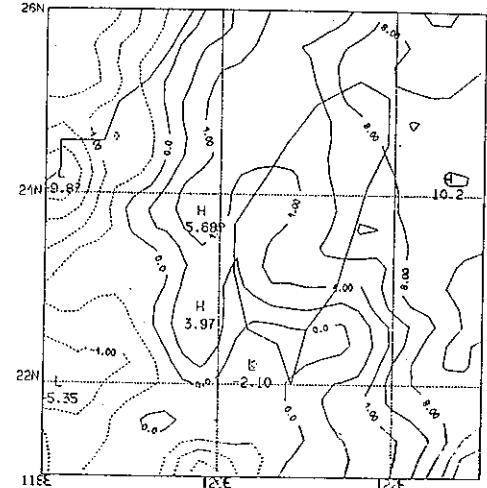


(t) 2 0 0 0 L S T

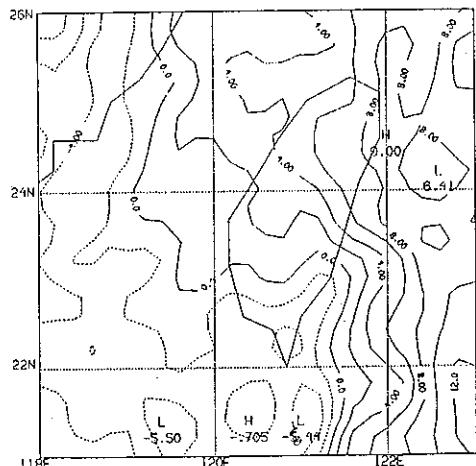
圖4-1



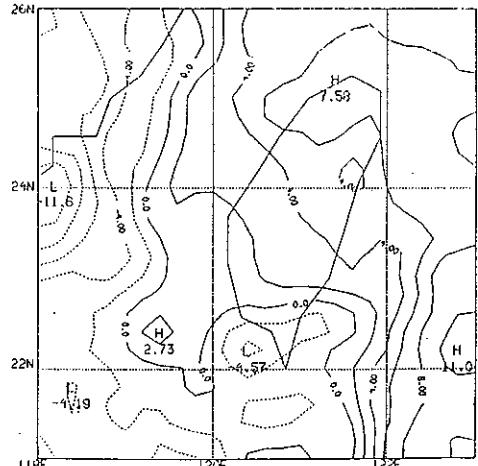
(u) 2 1 0 0 L S T



(w) 2 3 0 0 L S T



(v) 2 2 0 0 L S T



(x) 2 4 0 0 L S T

圖 4-1 1992年5月1-31日逐時（地方時）平均雲頂溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）分佈。

五、不同地區之日夜變化

1. 西部沿海

圖5-1為沿西部沿海由北往南之雲頂溫度時空剖面分佈。一般而言，清晨4點之最低值在沿海各地均極明顯，且有向南增強趨勢。另一最低值出現在午後4-6點，亦有由北往南強度增強之勢。0700-1200LST中北部沿海之最低值以及南部沿海各時段之低值均十分顯著。南部沿海雲頂溫度約於午後2點達最低，清晨4點達次低。

2. 西部平原

圖5-2為西部平原(<200公尺)由北往南之雲頂溫度時空剖面分佈。與西部沿海之分佈十分類似，亦有清晨4點與午後4-6點最低值、0700-1200LST中北部地區最低值以及南部地區各時段均為低值之現象。南部地區雲頂溫度約於午後一點達最低。

3. 西側山坡

西側山坡(200-1000公尺)由北往南之雲頂溫度時空剖面分佈，如圖5-3所示。一般而言，雲頂溫度北部山坡較高，南部山坡較低。中部山坡於0800-1200LST發展出低值，南部山坡於傍晚6點達最低。南北各地西側山坡之清晨4點與午後4-6點之相對低值，仍然十分顯著。

4. 中央高山

圖5-4為中央高山(>1000公尺)由北往南之雲頂溫度時空剖面分佈。中南部高山之日夜變化十分顯著，白天(0900-2000LST)出現低值，夜間(2100-0800LST)出現高值。此外，各地清晨4點與午後6點之相對最低，仍可辯認。

5. 東部沿海

圖5-5為沿東部沿海南北時空剖面之雲頂溫度分佈。一般而言，不論任何時刻，北高南低之分佈十分明顯。清晨4點與傍晚6點之相對低值分佈與西側山

坡者頗為相似，亦在東南部沿海達最低。中部與南部之雲頂溫度低值，有顯著之夜間（2300-0400LST）與白天（1300-1900LST）最低值分佈。

6. 大陸東南沿海

福建沿海由北往南之雲頂溫度時空剖面分佈，如圖5-6所示。不論南北各地，均有顯著日夜變化，且呈2波與同相位變化形式。0400與1900LST出現最低值，0800-1400LST出現最高值，2200LST則為相對高值。雲頂溫度最低值出現之時間，和台灣西部沿海及台灣東部沿海相似，均在清晨4點及傍晚7點左右，台灣西部平原、西側山坡與中央高山之日夜變化，亦有此種傾向。

7. 沿 24.2°N

圖5-7為沿 24.2°N 之雲頂溫度東西時空剖面分佈，可顯示中部山區及其兩側之日夜變化。一般而言，西低東高之分佈十分明顯。0400與1700-1900LST之相對低值非常突出，另在午前（1000-1200LST）亦出現一相對低值。台灣海峽上似呈三波形式之日夜變化，低值出現在0400、1000與1800LST，高值則出現在0600、1600與2300LST。東部太平洋上，雖雲頂溫度較高，但仍可辨認其日夜變化，0400與1300LST較低，1100與2200LST較高。

8. 沿 22.5°N

圖5-8為橫跨恆春半島沿 22.5°N 由西往東之雲頂溫度時空剖面分佈。和前述經台灣中部之東西剖面分佈相似，呈東高西低形式。各地日夜變化主要呈現2波形式，於0400-0500LST與1800-1900LST出現低值，0800LST與2100LST出現高值，另台灣東南部之太平洋上於1400LST亦有高值存在。

9. 小結

1992年5月不同地區雲頂溫度之時空剖面分佈，顯示各地均有顯著之日夜變化，且均在0400LST與1600-1800LST出現最低值。此種日夜變化分佈顯示局部環流之日夜變化，可能為主宰沿海及台灣內陸雲發展日夜變化之重要機制。台灣中南部之中央山脈雲頂溫度，呈白天低（0900-2000LST）夜間高（2100-

0800LST) 之分佈，而福建沿海之日夜變化幾乎反相，呈現白天高 (0700-1500LST) 夜間低 (1600-0600LST) 之形式。

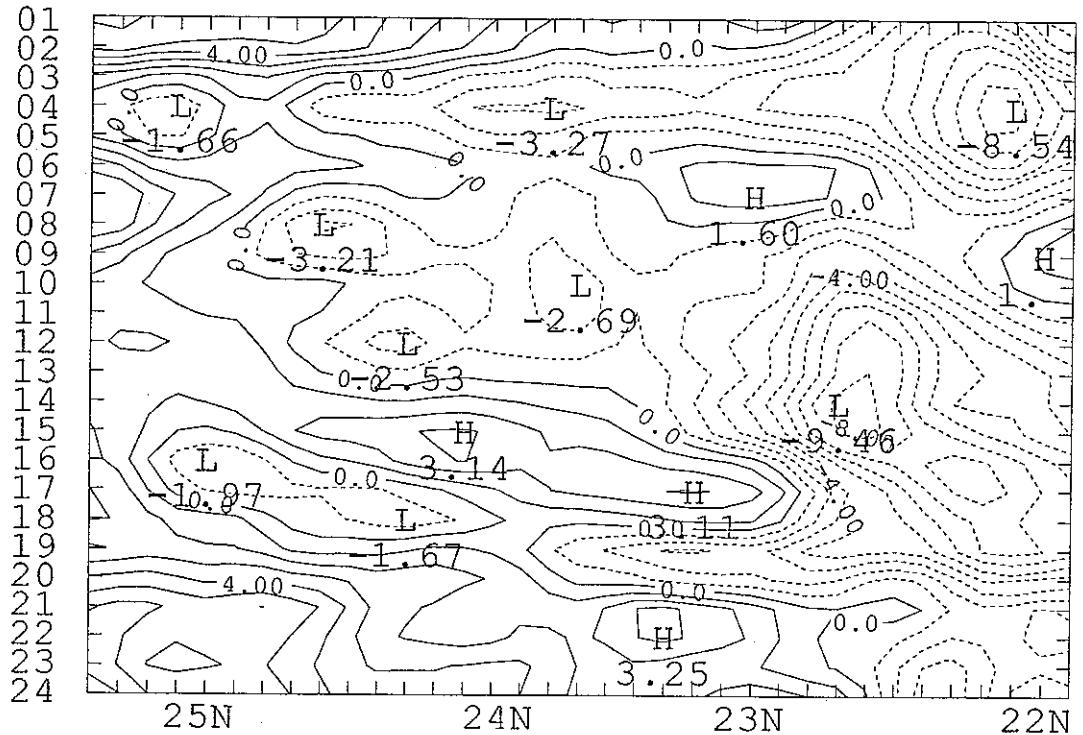


圖 5-1 1992年5月1-31日沿台灣西部沿海之平均雲頂溫度 ($^{\circ}\text{C}$) 南北-時空剖面
分佈，縱軸為地方時。

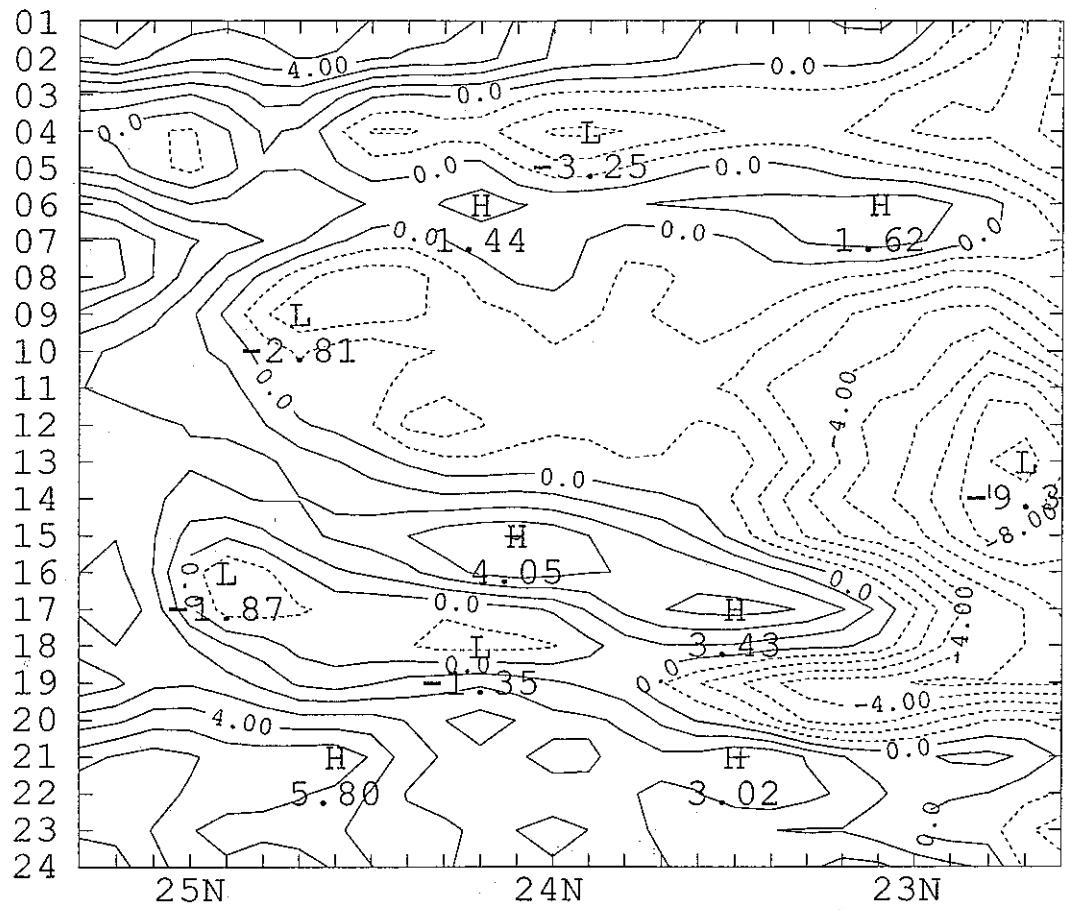


圖 5-2 1992年5月1-31日沿台灣西部平原(< 200公尺)之平均雲頂溫度
($^{\circ}\text{C}$)南北-時空剖面分佈，縱軸為地方時。

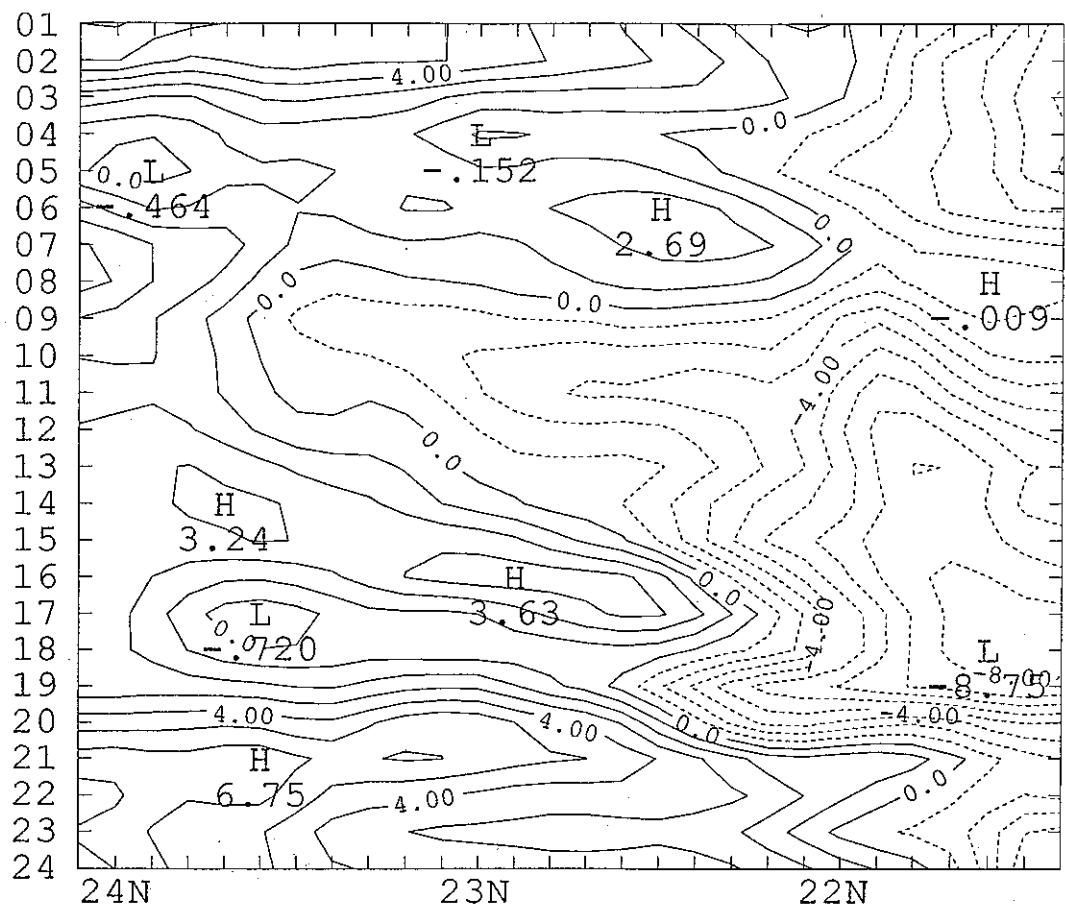


圖 5-3 1992年5月1-31日沿中央山脈西側山坡（200-1000公尺）之平均雲頂溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）南北-時空剖面分佈，縱軸為地方時。

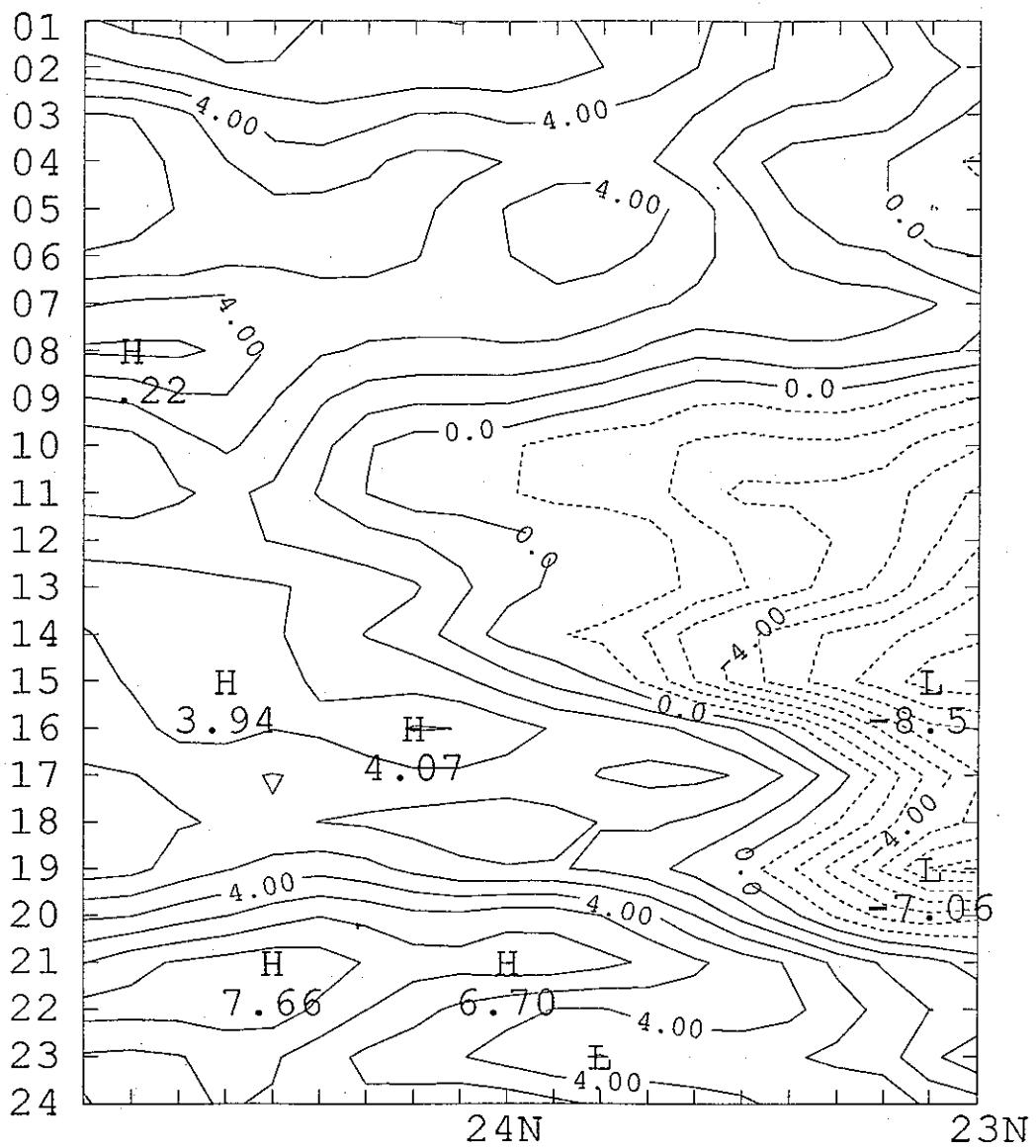


圖 5-4 1992年5月1-31日沿中央山脈(> 1000公尺)之平均雲頂溫度(°C)南北-時空剖面分佈，縱軸為地方時。

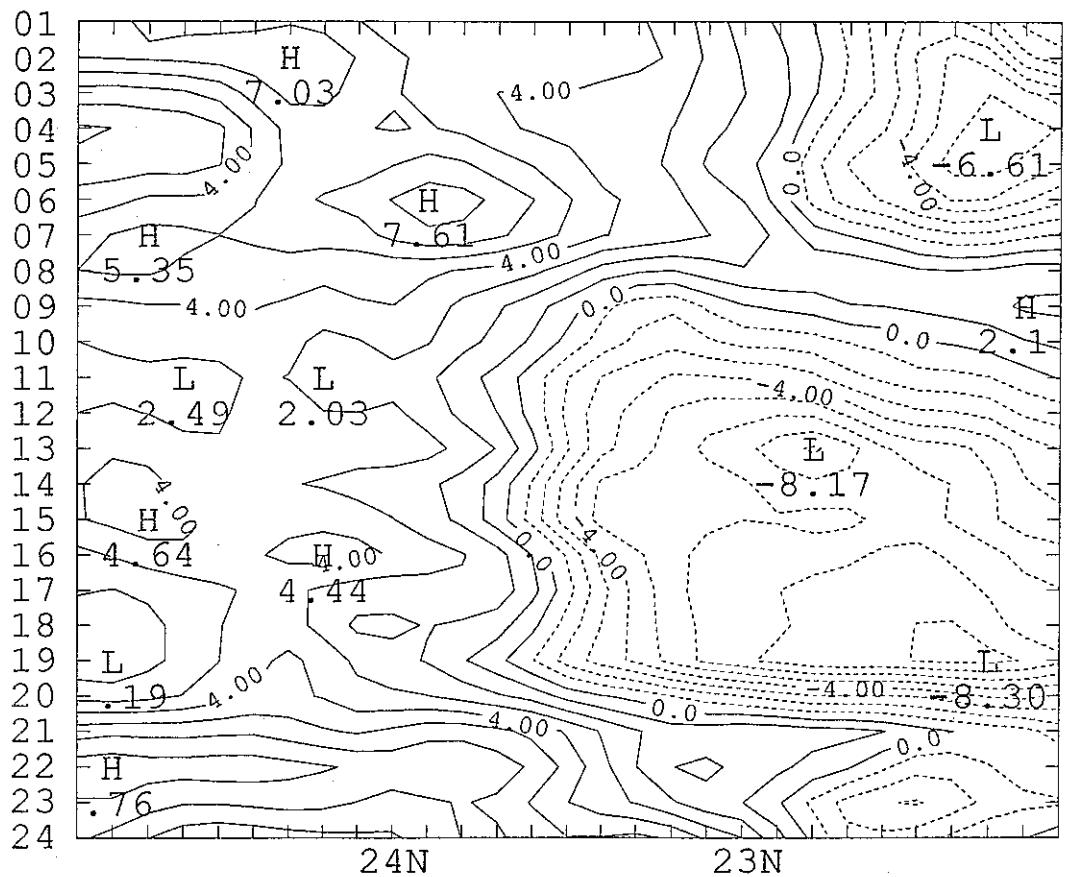


圖 5-5 1992年5月1-31日沿台灣東部沿海之平均雲頂溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）南北-時空剖面
分佈，縱軸為地方時。

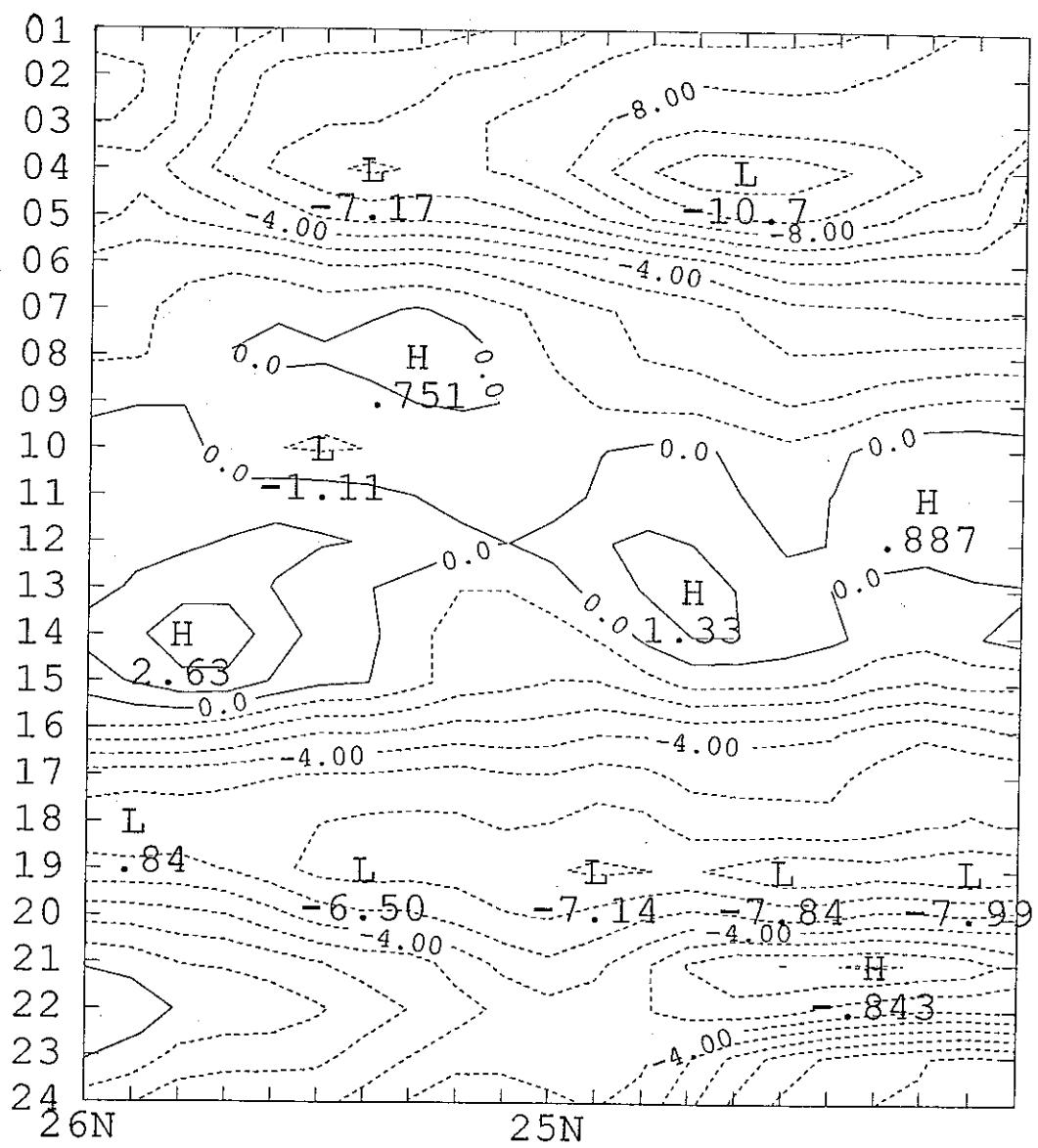


圖 5-6 1992年5月1-31日沿大陸東南沿海之平均雲頂溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）南北·時空剖面
分佈，縱軸為地方時。

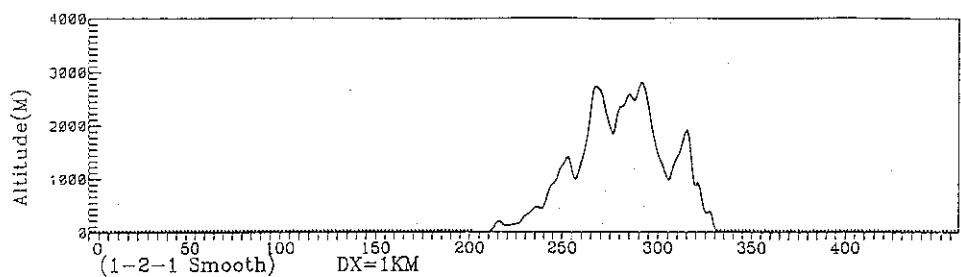
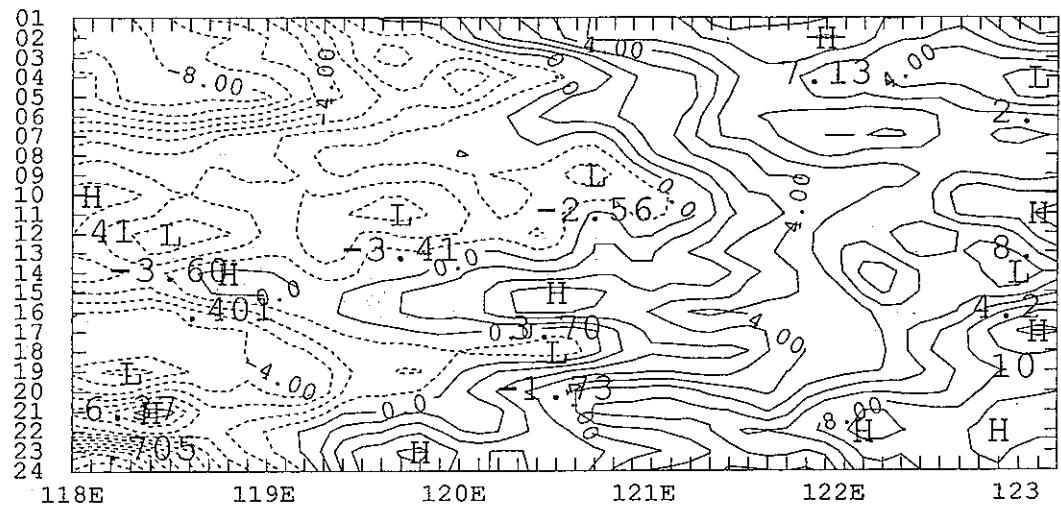


圖 5-7 1992年5月1-31日沿 24.2°N 之平均雲頂溫度 ($^{\circ}\text{C}$) 東西-時空剖面分佈。

下圖為台灣地區之地形高度 (公尺)，縱軸為地方時。

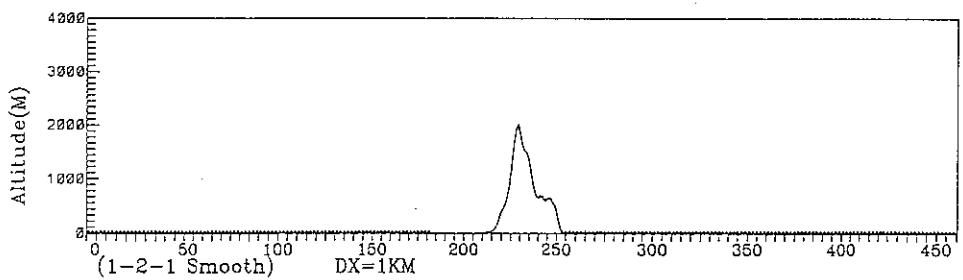
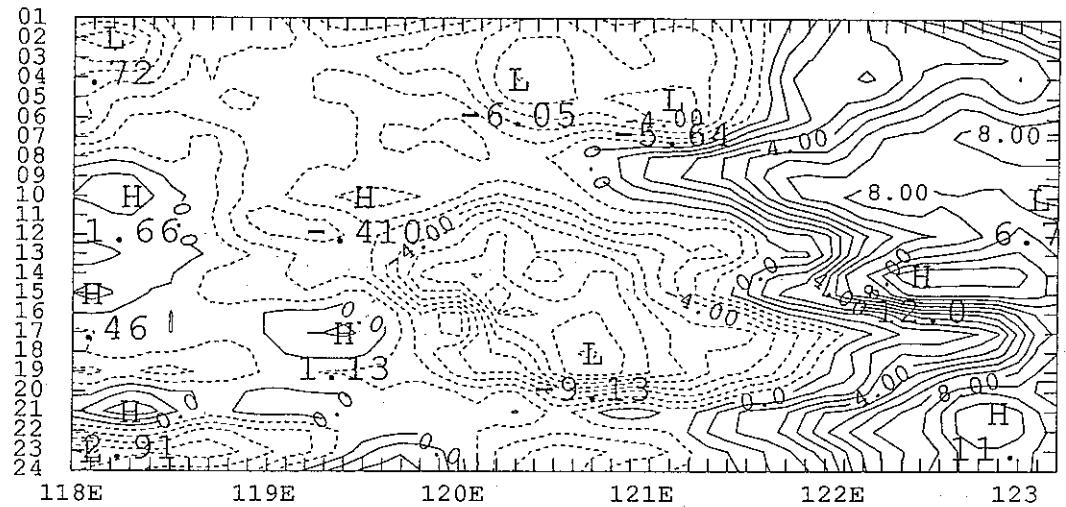


圖 5-8 1992年5月1-31日沿 22.5°N 之平均雲頂溫度 ($^{\circ}\text{C}$) 東西-時空剖面分佈。

下圖為台灣地區之地形高度 (公尺)，縱軸為地方時。

六、總結

本文利用1992年5月1-31日經navigation訂正後之GMS衛星逐時數據資料，分析各地方時平均雲頂溫度之空間分佈及不同區域之日夜變化，並利用1991-1993年5月1日-6月30日每3小時GMS紅外線與可見光衛星雲圖，以分析對流雲量與層狀雲量之空間分佈，結果可歸納為以下數點。

1. 不論任何季節、一天之內任何時段或分析區內之任何區域，層狀雲量一般均較對流雲量為多。
2. 台灣地區之對流雲量與層狀雲量局部最大值密切相關，其大小之日夜變化幾乎同相位，均於午後達最大值，唯對流雲較具移動性，而層狀雲較具滯留性。
3. 不論台灣或福建地區，對流雲量均於午後達最大值，顯示太陽加熱機制在導致對流發展及伴隨之層狀雲形成之重要角色。
4. 南海北部夜間發展的對流，可隨時間向東北伸展，於午前影響台灣南部地區。
5. 梅雨季雲的發展有顯著的年際變化，台灣地區1992年5月出現南部多北部少的現象，唯不論南北部均有顯著的日夜變化。
6. 各區域之時空剖面雲頂溫度分佈顯示，0400LST與1600-1800LST之最低值十分明顯，即清晨4點與午後4-6點雲在各地均有較好的發展。
7. 1992年5月台灣中南部之中央山脈區與福建沿海之雲頂溫度日夜變化幾乎反相，前者白天低夜間高，後者反是，即前者雲在白天有較好的發展，後者則在夜間有較好發展。

致謝

感謝楊進賢、莊振威、陳興漢、何景輝與莫冬立等先生以及張子琦小姐在資料分析、繪圖與打字方面之協助，本研究在氣象局委託計畫CWB83-2M-02支援下完成。

參考文獻

- 陳泰然，1988：台灣梅雨顯著年大範圍之衛星雲量演變。大氣科學，16，59~74。
- 陳泰然，1990：台灣梅雨季伴隨中尺度低壓之豪雨與雷達回波研究。大氣科學，18，213~228。
- 陳泰然、吳倩雯與紀水上，1986：梅雨期東亞及西太平洋中尺度對流系統之氣候特徵。大氣科學，13，33~45。
- 陳泰然與俞家忠，1990：鋒面與中尺度低壓在豪雨之角色：TAMEX第一階段之兩個個案。大氣科學，18，129~147。
- 陳泰然與楊進賢，1988：台灣梅雨期豪雨之時空分佈特徵。大氣科學，16，151~162。
- 陳泰然、謝信良、陳來發與陳清得，1991：台灣地區現階段豪(大)雨預報能力。大氣科學，19，177~188。

中央氣象局
CWB83-2M-03

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估

An evaluation of fundamental observational
data provide by CCK Doppler Radar

沈 眇 陳來發

中華民國82年07月01日至83年06月30日

目錄

第一章 前言

第二章 清泉崗都卜勒雷達資料蒐集和儲存

第三章 資料錯誤起源分析

- 一 發射器訊號穩定性影響
- 二 最大可測距離與迴復頻率影響
- 三 脈衝長度影響
- 四 天線增益函數影響
- 五 地形影響

第四章 資料分析

- 一 實際觀測資料分析
- 二 CEDRIC 資料分析

第五章 資料校正過程

第六章 結論

摘要

清泉崗都卜勒氣象雷達於民國七十九年開始架裝，在同年底架裝完成後，隨即進行功能測試，並於次年春正式啓用擔任觀測工作。此雷達除具備傳統氣象雷達所有功能外，更可利用都卜勒效應計算能力，提供都卜勒風場資料。此外，也可提供垂直積分可降水量、雲頂高度平面顯示、VVVP等資料。有關清泉崗都卜勒氣象雷達的基本性能請參閱附錄A。

民國七十六年臺灣地區中尺度實驗計畫(TAMEX)執行期間，國內雷達系統初次參與研究觀測，提供了許多的珍貴資料。此一成效，使氣象雷達在研究計畫中已成爲不可缺的觀測工具。民國八十五年國內大型防災計畫預劃在嘉南地區進行一密集實驗觀測，清泉崗雷達則佔有地緣之利，可提供直接而解析度較佳的觀測資料。唯清泉崗雷達自擔任觀測以來，一直未有機會進行基本的資料檢定研究，來查正或評估其資料的正確性。此一問題在TAMEX資料分析研究時即已浮現，有感缺乏完整的參考依據，可幫助鑑別資料的可信度。周(1993年)在中正機場都卜勒雷達資料的特性與檢定研析中首先做了CAA雷達資料可信度分析，爲以後研究工作提供了非常好的參考依據。本研究亦是基於同一理念，欲對清泉崗都卜勒氣象雷達觀測資料進行檢定及評估工作。

本研究之主要目的有以下幾點：(一)藉由嘉南地區地形資料直接檢定清泉崗雷達資料的可信度；(二)研究當地的局部地形對該雷達觀測可信度的影響；(三)嘗試得一降水雨雷達觀測回波間的定量關係。

根據我們分析結果顯示清泉崗雷達在作低仰角（1・8度以下）觀測時，受地形影響造成的盲點很大，隨著仰角升高之後此一現象即獲得改善。在我們審視過去資料發現清泉崗雷達系統性誤差起自民國82年05月至82年07月，小了4.1 dBZ。凡運用此時段資料分析時宜考慮此因素。由於資料的可信度問題存在，使得我們作降雨量和回波強度定量間的關係無法執行，仍有待後續的努力。

關鍵字：都卜勒雷達、可信度、基本觀測、地形回波

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估

第一章 前言

清泉崗都卜勒氣象雷達於民國七十九年開始架裝，在同年底架裝完成後，隨即進行功能測試，並於次年春正式啓用擔任觀測工作。此雷達除具備傳統氣象雷達所有功能外，更可利用都卜勒效應計算能力，提供都卜勒風場資料。此外，也可提供垂直積分可降水量、雲頂高度平面顯示、VVVP等資料。有關清泉崗都卜勒氣象雷達的基本性能請參閱附錄A。

民國七十六年臺灣地區中尺度實驗計畫(TAMEX)執行期間，國內雷達系統初次參與研究觀測，提供了許多的珍貴資料。此一成效，使氣象雷達在研究計畫中已成爲不可缺的觀測工具。民國八十五年國內大型防災計畫預劃在嘉南地區進行一密集實驗觀測，清泉崗雷達則佔有地緣之利，可提供直接而解析度較佳的觀測資料。唯清泉雷達自擔任觀測以來，一直未有機會進行基本的資料檢定研究，來查正或評估其資料的正確性。此一問題在TAMEX資料分析研究時即已浮現，有感缺乏完整的參考依據，可幫助鑑別資料的可信度。周(1993年)在中正機場都卜勒雷達資料的特性與檢定研析中首先做了CAA雷達資料可信度分析，爲以後研究工作提供了非常好的參考依據。本研究亦是基於同一理念，欲對清泉崗都卜勒氣象雷達觀測資料進行檢定及評估工作。

本研究之主要目的有以下幾點：(一) 藉由嘉南地區地形資料直接檢定清泉崗雷達資料的可信度；(二) 研究當地的局部地形對該雷達觀測可信度的影響；(三) 尋試得一降水雨雷達觀測回波間的定量關係。

第二章 清泉崗都卜勒雷達資料蒐集與儲存

張耀升 沈 畏

清泉崗都卜勒雷達除了儲存一般降水回波強度、徑向速度和波譜寬度之外，尚可儲存ZDR原始資料。這些資料是透過雷達波束，以一固定仰角作三百六時度旋轉掃描所得之平面位置顯示（PPI）圓錐面資料。而一組完整的掃描體積是由不同仰角的PPI圓錐面資料所構成，一般掃描體積的大小則依掃描策略而定，現行清泉崗都卜勒雷達則是以13個仰角的PPI圓錐面組成三度空間掃描體。

清泉崗都卜勒雷達之掃描半徑是隨迴復頻率（PRF）的不同而有差別，最大掃描半徑可達480公里。但為顧及處理資料系統記憶空間、即時顯示要求及較合理的徑向風速等因素，目前都卜勒狀態掃描半徑放在150公里。取樣間距設定為873公尺；每一方位角掃描線上可取得170個點資料；其PRF訂為900Hz。回波所能儲存的範圍在-20至70dBZ間；可顯徑向風速的範圍在-12至+12每秒公尺間。清泉崗都卜勒雷達之徑向風速範圍可隨PRF值之調整而不同，而清泉崗都卜勒雷達的PRF可從800至1200Hz之間視各種任務的需要調整至適當的PRF值。

清泉崗都卜勒雷達原始資料是以記錄元（Record）為其儲存單位，而每個記錄元的長度為6144 Byte。記錄元的多寡視掃描策略而定，其資料儲存架構如表一。

表一 清泉崗都卜勒雷達原始資料儲存架構表

Record #1	{<product_Hdr> 0,0,0...}	
Record #2	{<Ingest_summary> 0,0,0...}	
Record #3	{<Raw_prod_Bhdr> <ingest_data_header> Data ...}	
Record #4	{<Raw_prod_BHdr> Data ...}	Data for sweep #1
*		
*		
Record #N	{<Raw_Prod_BHdr> Data 0... }	
Record #N+1	{<Raw_Prod_BHdr> <ingest_data_header> Data ...}	
Record #N+2	{<Raw_Prod_BHdr> Data ... }	Data for sweep #2
*		
*		
Record #M	{<Raw_Prod_BHdr> Data 0... }	

表二 Raw_Prod_BHdr 結構表

Byte	Size	Contents
0	I*2	Record number within the file
2	I*2	Sweep number
4	I*2	Byte offset of first full ray in this record (-1 if none)
6	I*2	Ray number within sweep for above pointed to ray
8	I*2	Flags
10		<spare>

第一個記錄元是提供產品產生的基本訊息及其時間，若此訊息未能有效佔滿整個記錄元長度 6 1 4 4 byte 時，則用 0 補滿整個記錄元。第二個記錄元是提供攝取資料相關參數的訊息，同樣的若此訊息未能佔滿 6 1 4 4 byte 長度時，則補 0 至最後。從第三個記錄元以後則為實際的儲存資料。

每一掃描仰角資料均以 Ingest Data Header 為起始資料，記錄下每一段資料相關訊息。如在每一掃描仰角中有 P 段資料記錄下時，吾人可以找到 P 個同樣的 Header，均在每一仰角掃描資料之始。緊接著為每一掃描線上的點資料。有關 Raw_Prod_BHdr 的內涵與結構如附表二所列。

清泉崗都卜勒雷達蒐集之資料是以正北方為起始方位，作三百六十度掃描的蒐集。而每一個固定仰角的 PPI 圓錐面資料均有三百六十個方位角。表三為民國83年03月19日13時45分（地方時）雷達觀測之方位角與仰角記錄表。雷達掃描是從最高仰角 26 度順時鐘方向掃描至最低仰角 0.1 度。雷達掃描時間平均一圈為 36 秒，因此做完 11 層仰角掃描需時約為 0.6 分 36 秒左右。

表三 清泉崗雷達民國83年03月19日13時45分（地方時）
觀測之方位與仰角記錄表

層數	仰角	起使方位角	層數	仰角	起使方位角
1	26.0	359.7	2	13.0	359.5
3	7.0	359.6	4	5.9	359.5
5	4.8	359.6	6	3.7	359.6
7	2.6	359.7	8	1.5	359.6
9	0.8	359.7	10	0.5	359.1
11	0.1	359.4			

第三章 資料錯誤起源分析

沈 畏

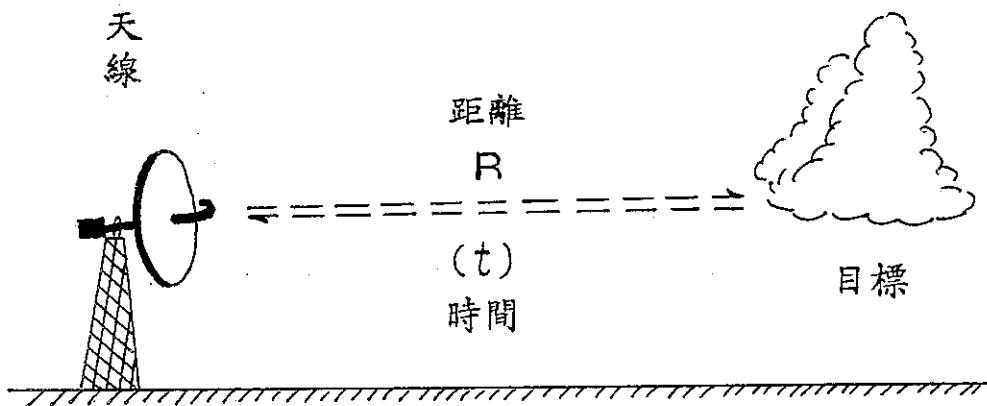
正如第一章前言內所述，清泉崗雷達資料目前尚缺基礎性可信度檢定分析，本計畫的主要目的即在執行可信度分析。在做查證工作之前，先就雷達觀測資料錯誤發生的可能起源處進行討論。

一、發射器訊號穩定性影響

當今雷達發射器的心臟在於訊號產生器，它或為真空管，或為晶體，用來產生無線電電磁波頻（RF）電波。其中真空管又有二種不同產生方式，其一為磁控管（Magnetrons）屬於一種振盪放大真空管，雷達波是在管內振盪放大功率後而得，其優點為體積小，造價便宜，唯訊號功率、相位穩定性稍差；另一種為調速管（Klystrons），它具有一功率放大器，可將振盪器產生的低頻無線電電磁波功率放大後送出，其優點在於穩定性高，但確有體積大、造價貴之弱點。頻率穩定性在測量回波頻率或相位變化時是極重要的因素。清泉崗都卜勒雷達採用的是磁控管型，因之會有相位偏移而導致至無都卜勒徑向風速資料之情事發生，如民國81年06月01日當梅雨鋒面接近本省時，觀測記錄即缺都卜勒風速資料。

二、最大可測距離與迴復頻率影響

雷達是如何量取距離的？由於天線已提供我們方位角



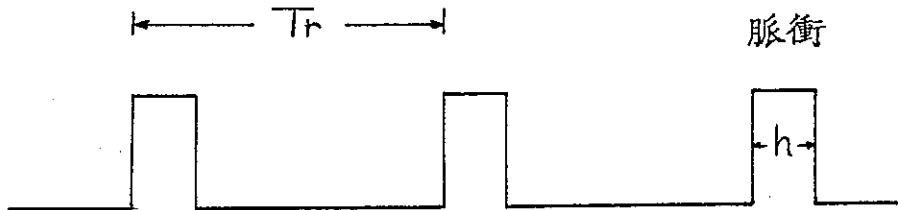
圖一 雷達量取距離示意圖

與仰角，所以雷達在測量距離時，實際上是在量取電磁波在空中旅行的時間。如圖一所示，電磁波離開天線到目標處已走了距離 R ，但電磁波在此刻並沒有任何訊息折返雷達天線處，所以雷達仍不知有目標物存在。當電磁波遇上目標物後有部分電磁波能量被折返雷達天線時，電磁波已走了距離 $2R$ ，時間使用了 t 時，又因為電磁波在自由大氣中的移動速度為光速 C ，所以天線與目標間距離可以用公式計算出：

$$R = C \frac{t}{2}$$

$$= 3 \times 10^8 \times \frac{t}{2}$$

清泉崗都卜勒雷達為一脈衝式雷達，在非常短的時間內發出一雷達電磁波脈衝（如圖二）。二脈衝間之時間稱之為脈衝迴復時間（見圖二中 T_r 所示），此一參數視雷達掃描策略而定，但在同一圓錐面掃描體積內是維持不變



圖二 脈衝式雷達脈衝示意圖， T_r 為迴復時間，
 h 為脈波長度。

的，所以脈衝迴復時間決定了雷達最大可觀測距離 R_{max} 與 T_r 關係：

$$R_{max} = 3 \times 10^8 \times \frac{T_r}{2}$$

其中 $T_r = 1 / PRF$ 。PRF 代表脈衝迴復頻率，意即每單位時間（如每秒鐘）內發出的脈波數。因之，為求增長最大可觀測距離，常需要把 PRF 值減小。但是脈衝式都卜勒雷達之徑向風速可分辨的速度範圍確受到影響，因其與脈衝迴復頻率有直接相關：

$$V_{max} = \pm \frac{\lambda (PRF)}{4}$$

將 PRF 減小後，都卜勒徑向風速可分辨的速度範圍也隨

之減小（見表四），使得徑向風速褶曲現象變得嚴重化，造成徑向風速資料處理上極大的困擾。反之，若欲增加 P R F 值則又使最大可觀測距離縮小，此又容意造成二次回波褶曲現象，也使資料處理變得困難，且雷達鑑別二獨立目標的能力也降低，所以雷達掃描策略中 P R F 值的決定，對資料正確性有很大的影響。

表四 都卜勒雷達最大可觀測距、徑向風數可分辨範圍與脈衝迴復頻率關係表

PRF (Hz)	R _{max} (KM)	V _{max} (m/s)	PRF (Hz)	R _{max} (KM)	V _{max} (m/s)
1200	125	16.0	1100	136	14.5
1000	150	13.3	900	166	11.9
800	188	10.6	700	214	9.3
600	250	8.0	500	300	6.6
400	375	5.3	300	500	4.0

此外，P R F 值減小後，R_{max} 值增加，每一條掃描線在 R_{max} 距離內可蒐集的點資料數量隨之增加，資料處理系統計算時間也隨之增加。為顧及資料處理即時顯示之要求，點與點間的距離稱之取樣間距不得不放大，求減少點資料量。但是，曲樣間距放大（如由 875 公尺放大到 2 公里）就意謂著取樣空間內資料被平均修滑(smoothing)了，換句話說，降水回波強度資料會減弱，又造成誤差。這也說明了清泉崗雷達都卜勒狀態觀測之所以多在 150 公里以內實施之因。

三、脈衝長度影響

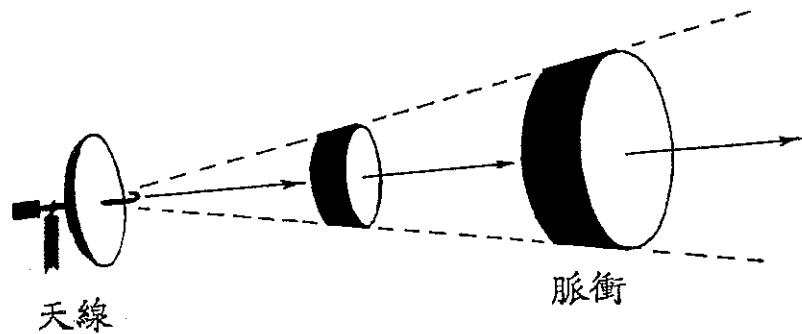
圖二中所示脈衝發射時間極短，通常只有 $\mu\text{ sec}$ 大小，其脈衝波寬 h 即為脈衝長度。在雷達方程式中 h 為一重要計算要素：

$$RC = \frac{\pi^3}{1024 \ln 2} \frac{P_t G_0^2 h \theta_w \phi_w |k|^2}{\lambda^2}$$
$$Z = \frac{1}{RC} \bar{P}_r r^2$$

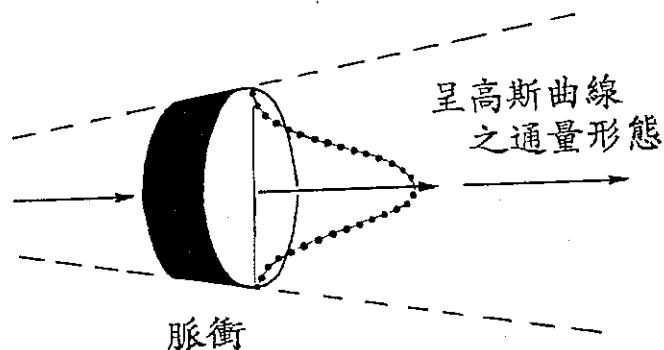
式中 Z 為雷達回波強度參數、 P_r 為回波平均功率、 r 為距離、 RC 為雷達常數、 P_t 為天線發出電磁波功率、 G_0 為天線增益函數、 h 為脈衝長度、而 θ 、 ϕ 分別為水平、垂直向波束寬度、 $|k|$ 為介電係數，對水而言，其值為 0.93。經由雷達方程式可知 h 與雷達回波強度參數 Z 成反比關係，所以 h 越小，對 Z 而言有增強的貢獻； h 越大，則對 Z 而言有減弱的貢獻。清泉崗都卜勒雷達之脈衝長度可有二種選擇，吾人可選擇設定為 0.8 或 2.0 $\mu\text{ s}$ ，目前均設定為 0.8 $\mu\text{ s}$ ，而清泉崗雷達 Z 與 h 之關係式計算請參閱附錄B。

四、天線增益函數影響

在雷達方程式中天線增益也是影響回波資料強度因素之一，清泉崗都卜勒雷達天線選用圓碟拋物面型，此種雷達可以把雷達電磁脈波集中成角錐狀，稱之為筆形波束（如圖三）。



圖三 電磁波由高方向導性圓碟拋物面天線發出後被集中成角錐狀



圖四 呈高斯 (Gaussian) 曲線 (點線) 分布之脈衝密度通量，因其集中於波束中心軸是為沿波束軸上最大增益函數

此種天線集中電磁波於一特定方向發送的能力通常以天線增益函數 $G(\theta, \phi)$ 來表示。它的物理意義為實際功率通量密度以距波束中心線某一角度 (θ, ϕ) 入射到目標之量與用等方向性天線發出同樣的電磁波功率通量密度入射到同一目標上之量的比值。其最大增益值集中在波束中心軸上，以 G_0 表示，是為沿波束軸最大增益函數。一般該通量若呈高斯曲線形分布（如圖四所示），資料可信度高。一旦此高斯曲線形無法保持，則會有強側瓣電磁波產生，資料易被干擾，地形回波強可信度較差。

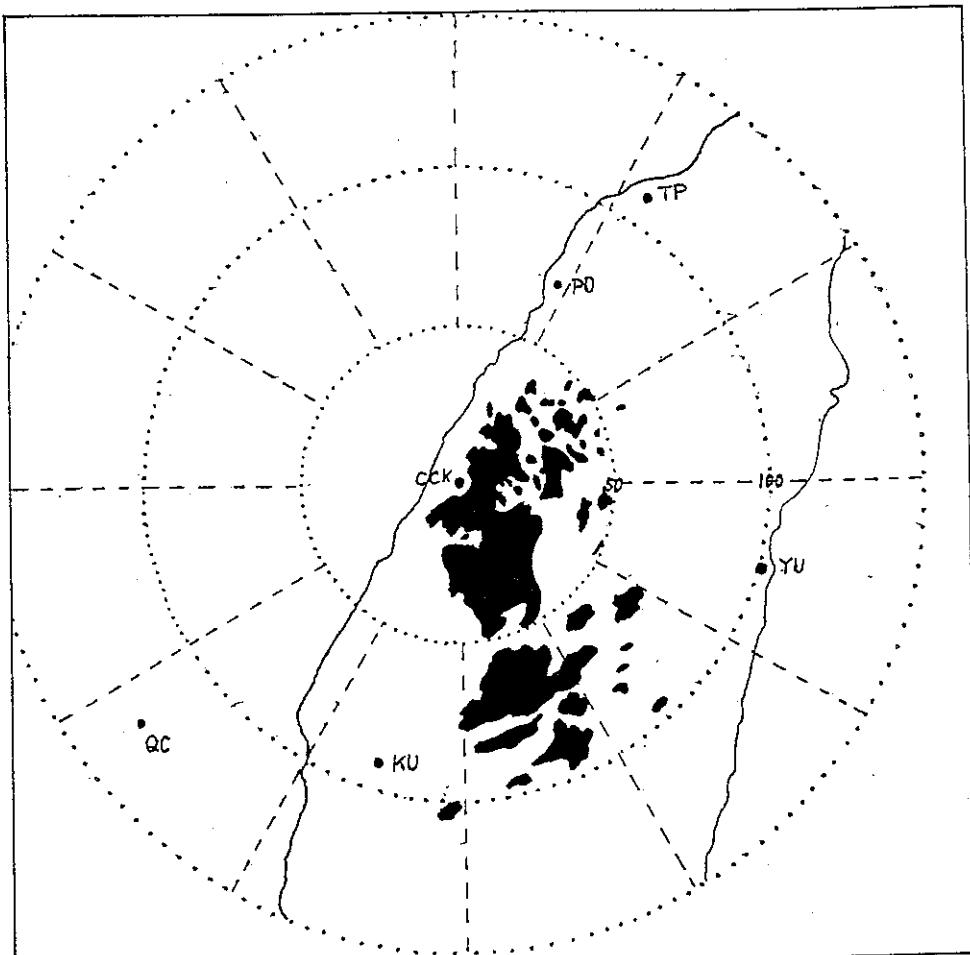
五、地形影響

清泉崗雷達雖接近海邊，然其東北方、東方、南南東方均有山脈，使得雷達在觀測時常受到極大的限制。圖五為雷達以 0.8 度作晴天觀測時所得之地形回波位置圖，清泉崗雷達東方及南南東方為佔地較廣的山脈區，對雷達電磁波有阻隔效應。其東北及東北東方的山脈呈零星式分佈，在作業單位立場，觀測資料仍可掌握些訊息，可追蹤雷雨或降水的動態，但就研究而言，資料處理較費事，可信度差。

至於山脈地形的阻隔作用程度，我們將利用不同仰角的實際觀測資料加以說明。圖六為 0.8 度仰角時地形對雷達觀測造成的阻隔範圍很廣，東岸地區幾乎看不到，圖七為被阻隔區示意圖。在雷達站南方也有一阻隔區。另外在馬公方向也有一阻隔區，所以該仰角作為守視觀測並不是一個好選擇。

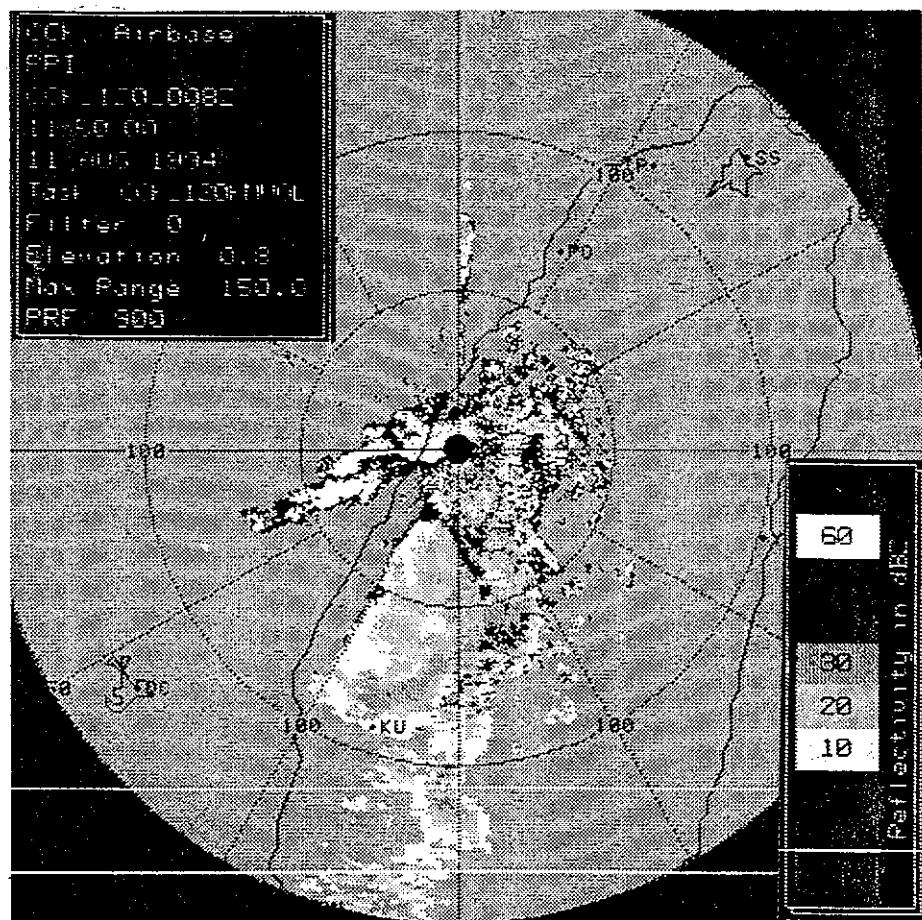
此一阻隔現象會隨仰角抬高之後逐漸獲得改善。圖八為仰角 1.8 度的觀測資料，圖九為其受阻隔區示意圖。

當雲發展高度超過清泉崗南方山高時，我們可以發現降水回波；否則不會有回波出現。當仰角提高到 2.6 度時，被阻隔的範圍明顯的縮小，僅剩下宜蘭與花蓮間仍有一盲區（如圖十與圖十一所示）。當仰角在提高到 3.5 度之後，所受到的影響就小多了（如圖十二及圖十三所示）。

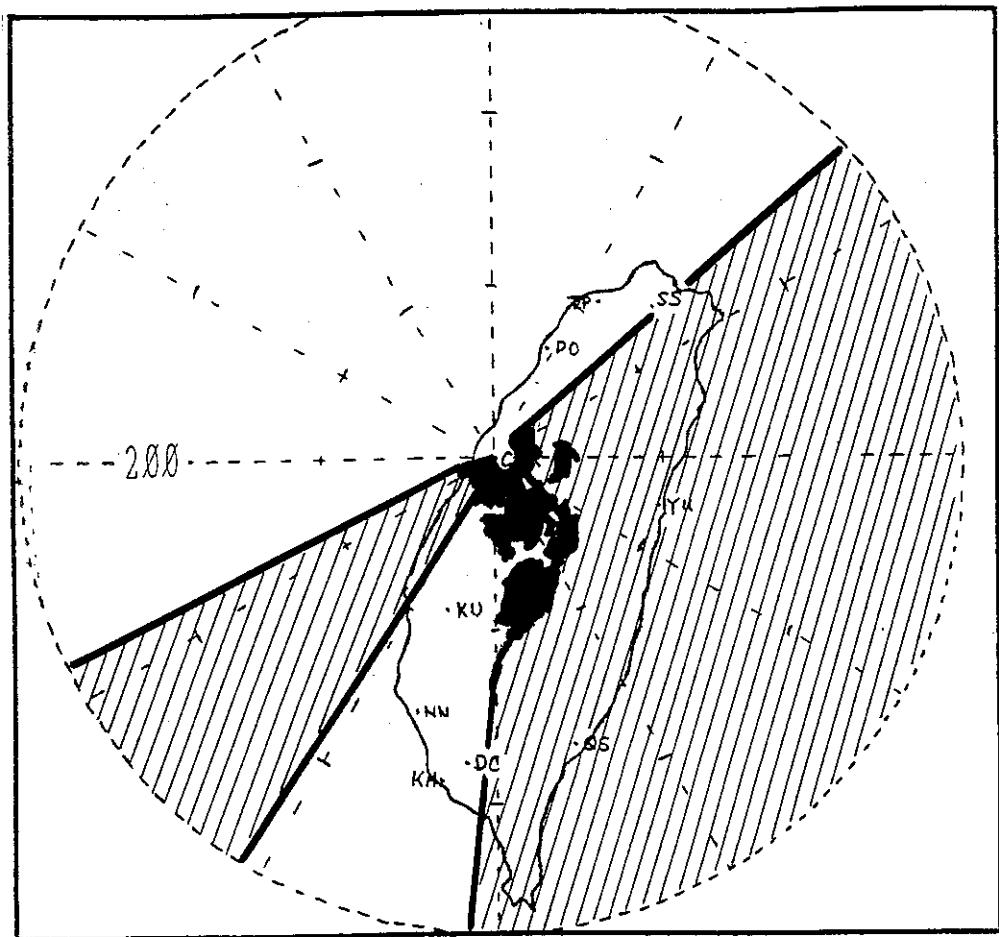


圖五 為雷達以 0.8 度作晴天觀測時所得之地形回波位置圖

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估

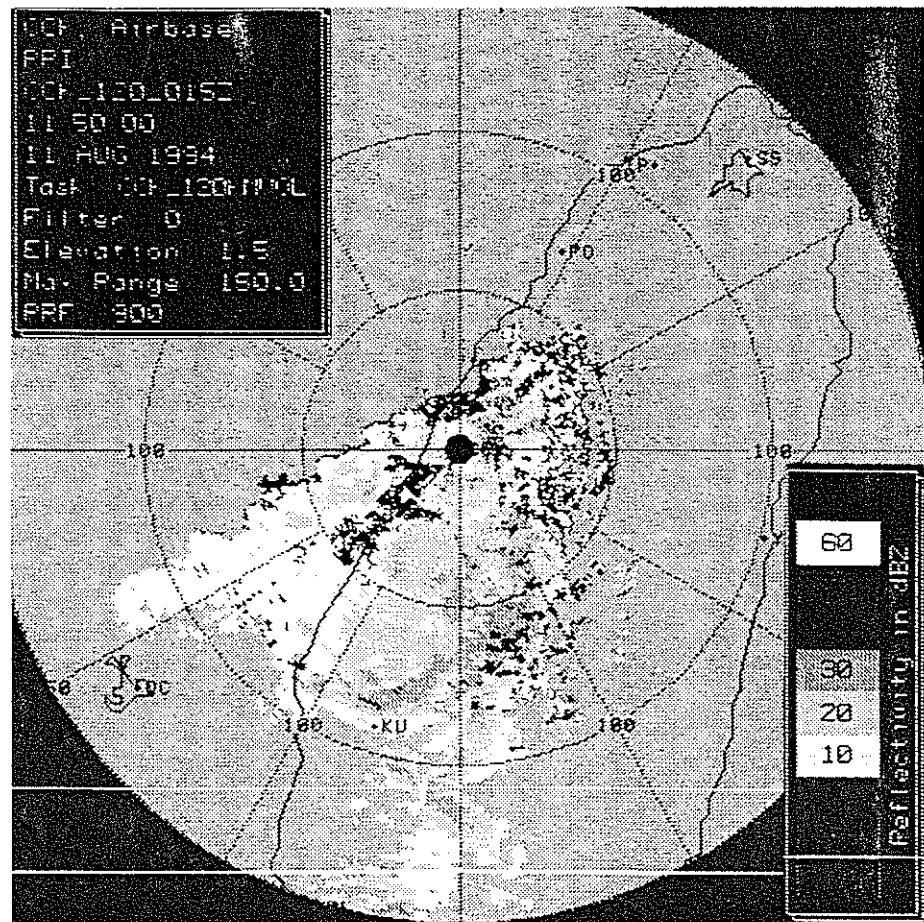


圖六 為 0.8 度仰角時地形對雷達觀測造成的阻隔範圍實際觀測圖

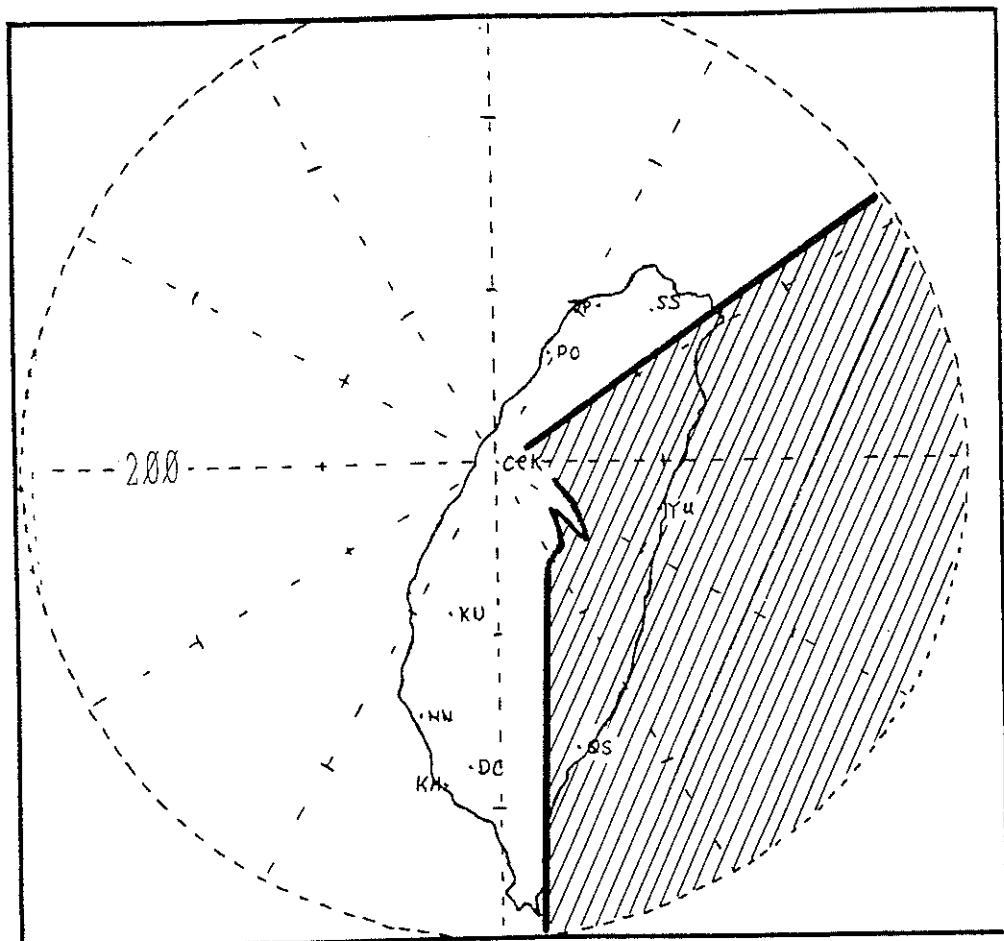


圖七 為 0, 8 度仰角時地形對雷達觀測造成的阻隔範圍示意圖

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估

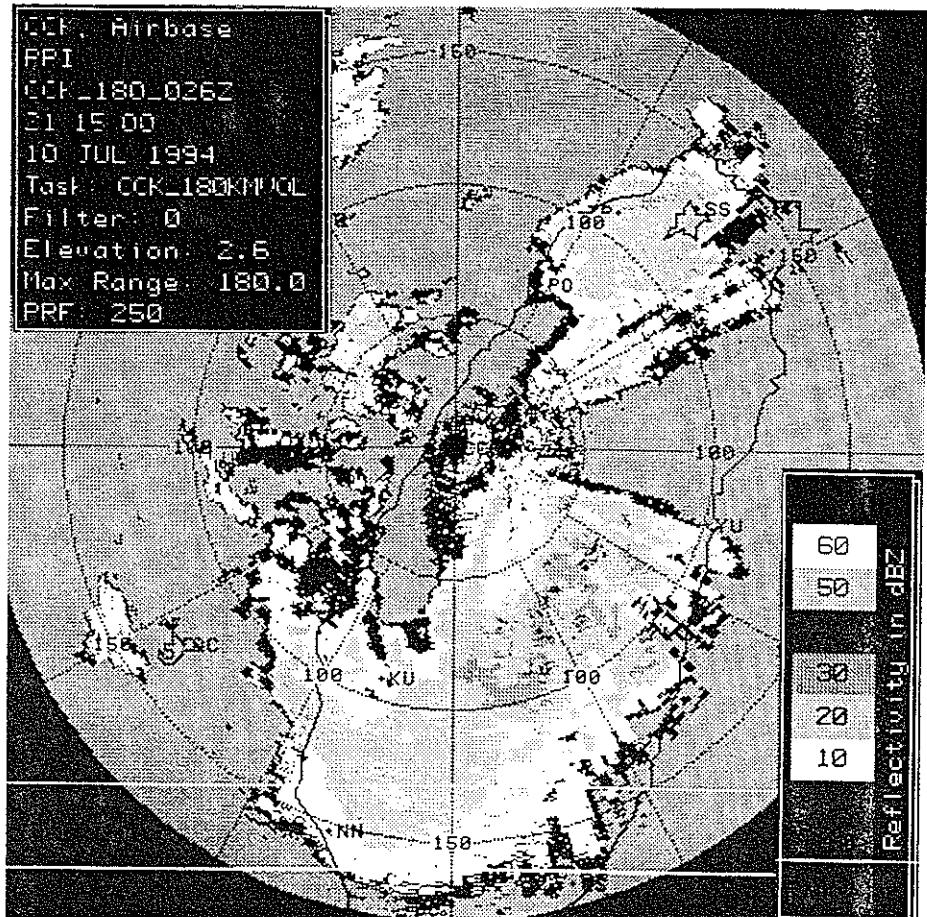


圖八 為 1.8 度仰角時地形對雷達觀測造成的阻隔範圍實際觀測圖

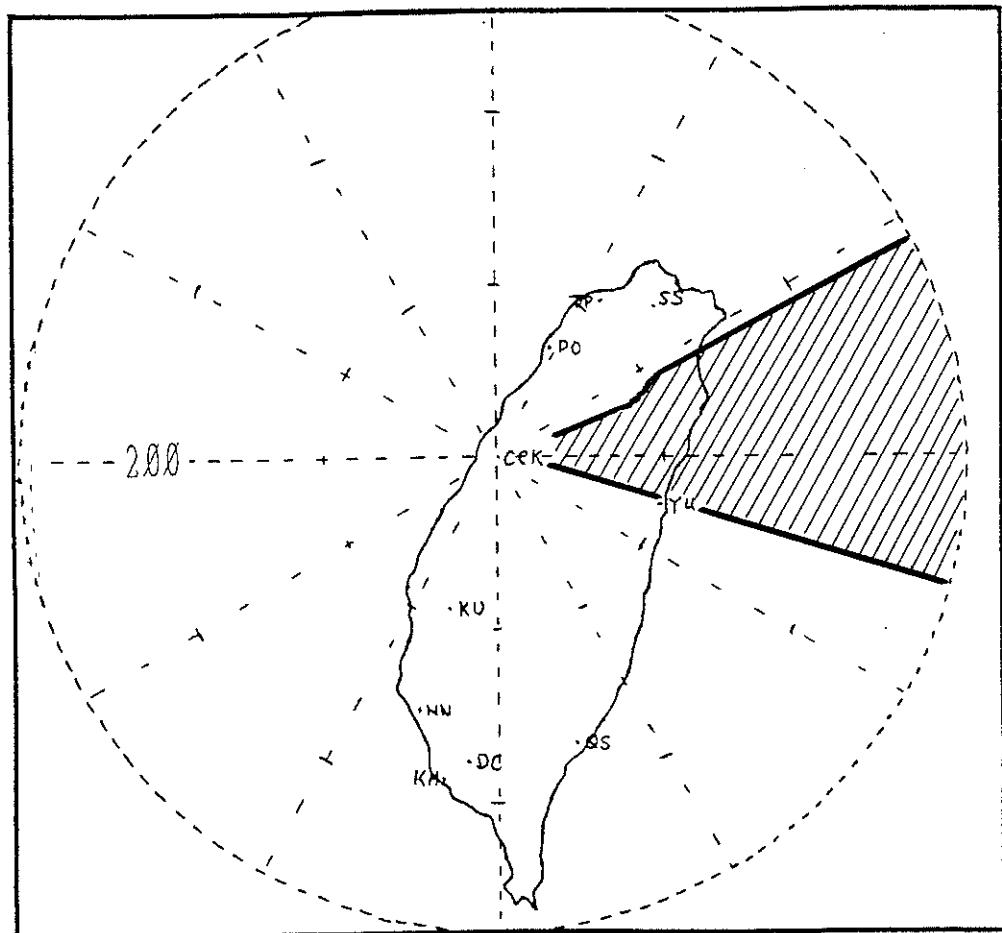


圖九 為 1, 8 度仰角時地形對雷達觀測造成的阻隔範圍示意圖

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估

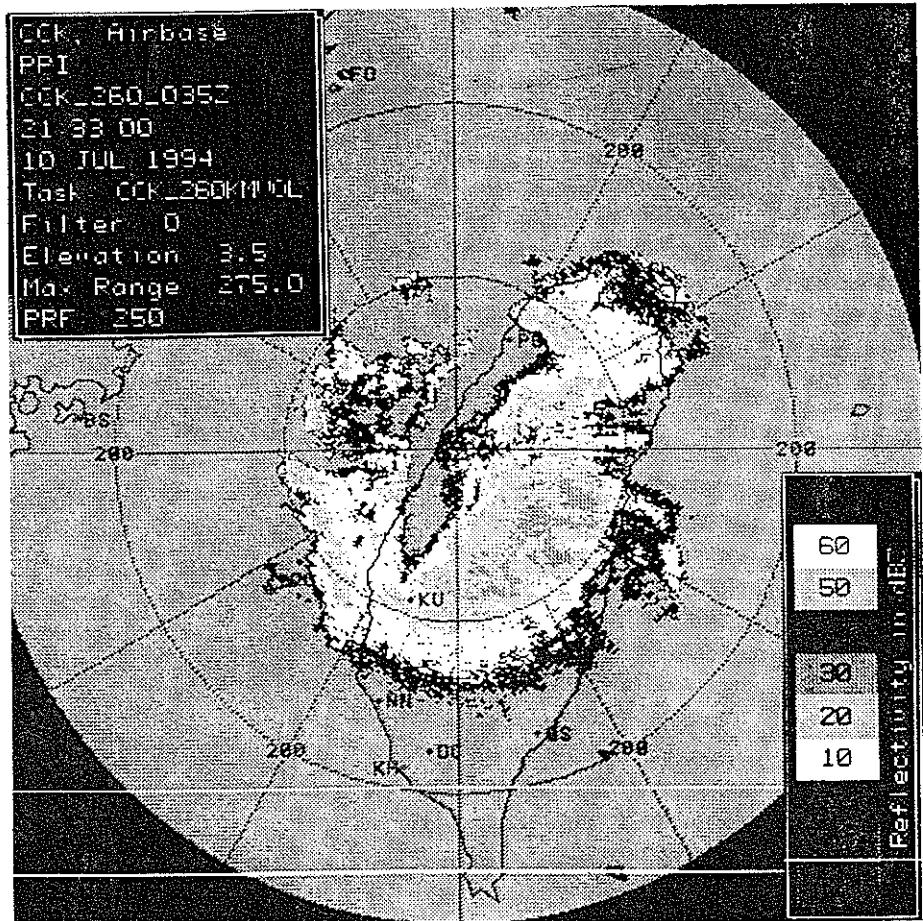


圖十 為 2.6 度仰角時地形對雷達觀測造成的阻隔範圍實際觀測圖



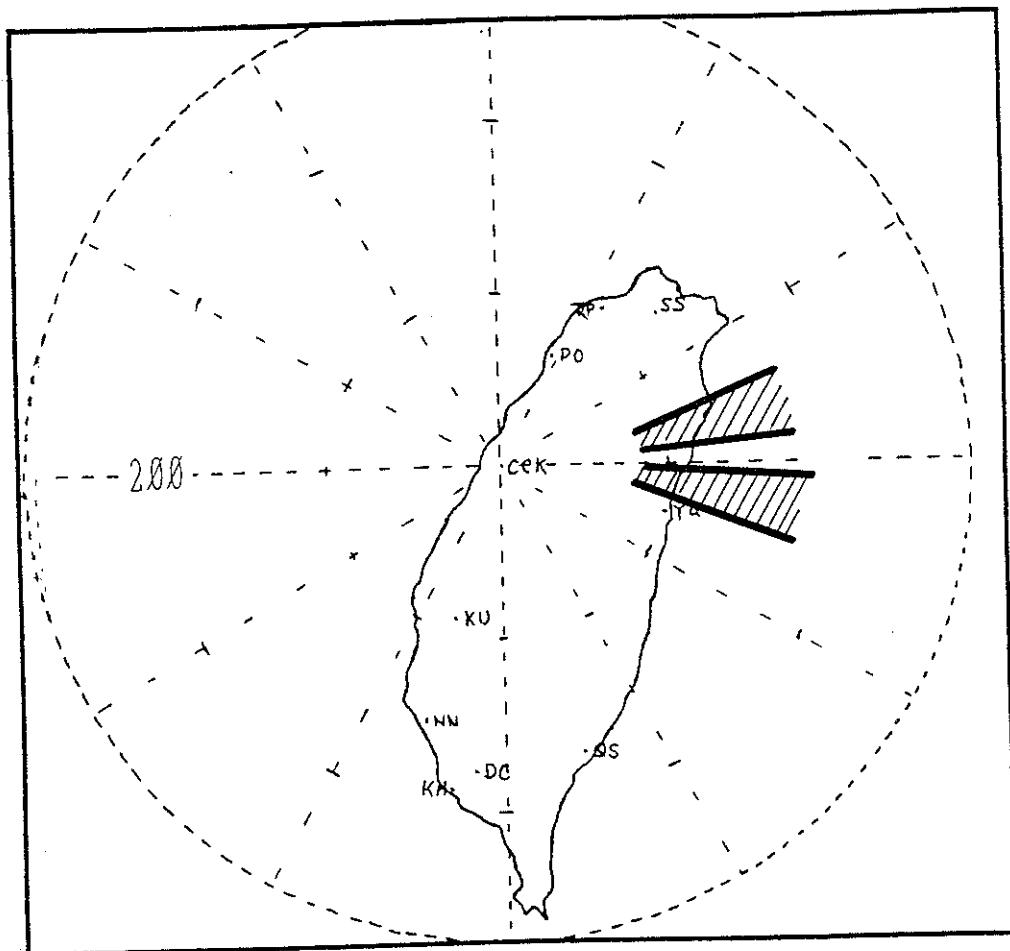
圖十一 為 2.6 度仰角時地形對雷達觀測造成的阻隔範圍示意圖

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估



圖十二 為 3.5 度仰角時地形對雷達觀測造成的阻隔範圍實際觀測圖

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估



圖十三 為 3, 5 度仰角時地形對雷達觀測造成的阻隔範圍示意圖

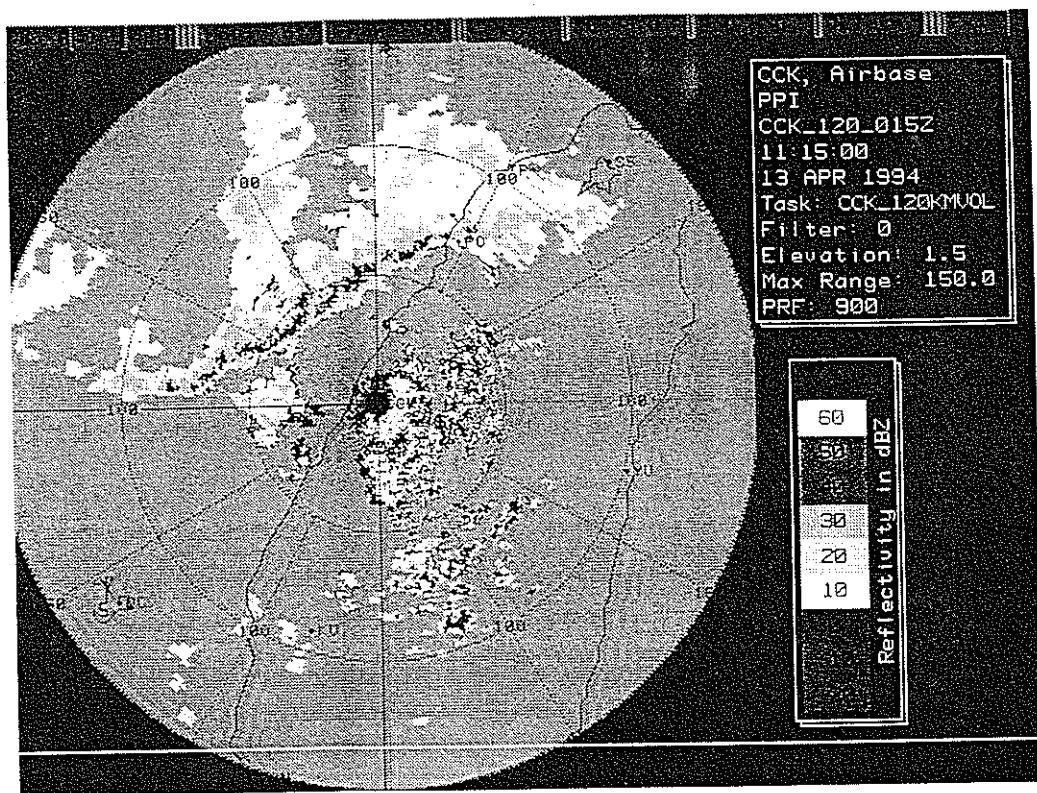
第四章 資料分析

在進形資料分析時，首先檢定資料的可靠性，在步驟上我們除採實際觀測資料查證外，並以CEDRIC方法分析回波強度資料加以驗證。

一、實際觀測資料分析

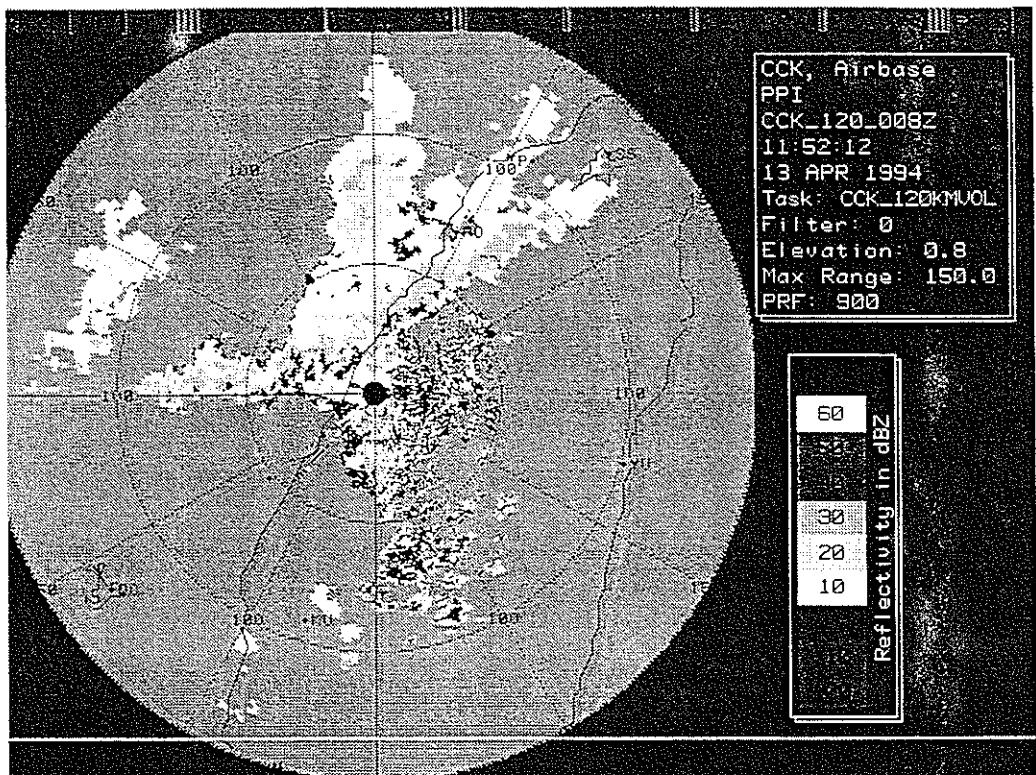
民國83年04月13日11時15分清泉崗雷達1.5度仰角觀測（圖十四），當時正有一梅雨鋒面前對流雲帶在接近本省北部外海。該雲帶結構類似雹線，其主對流雲胞集中在雲帶行進方向的前緣，回波強度在45 DBZ範圍，到11時52分接觸本省陸地之後，該雹線立即減弱（圖十五）。根據林永哲等（1990）與陳台琦等（1990）在民國76年05月17日TAMEX IOP-2期間的雹線個案分析中，該雹線的強度可達50-55 DBZ，二者之間有一誤差可達5-10 DBZ。但IOP-2是在五月梅雨季中，而圖十四之觀測則在四月，月份不同強度自會有誤差，因之光憑二者強度誤差並不能就此下結論。於是我們分析了民國80年04月06日08時30分清泉崗雷達作傳統觀測之資料（圖十六），嘗試從另一角度來查證。在80年04月06日觀測中之雲帶勢力較弱，強度也在45 DBZ，與83年04月13日個案中雲帶強度相當，趨勢是對的。由於80年04月06日清泉崗雷達才由原廠儀器調校過，其資料之正確性可期。於是我們把當天的地形回波資料作一局部放大（圖十七），針對地面回波強度合理性再作查証，本圖之地形回波強度顯示正常。我們連續分析當日不同時間之觀測資料，其地形回波未見移動，且強度均具持恆性。至此我們可以肯定在定性上清泉崗雷達觀測具可靠性。至於資料在定量上是否具有系統誤差則有待進一步查證。

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估



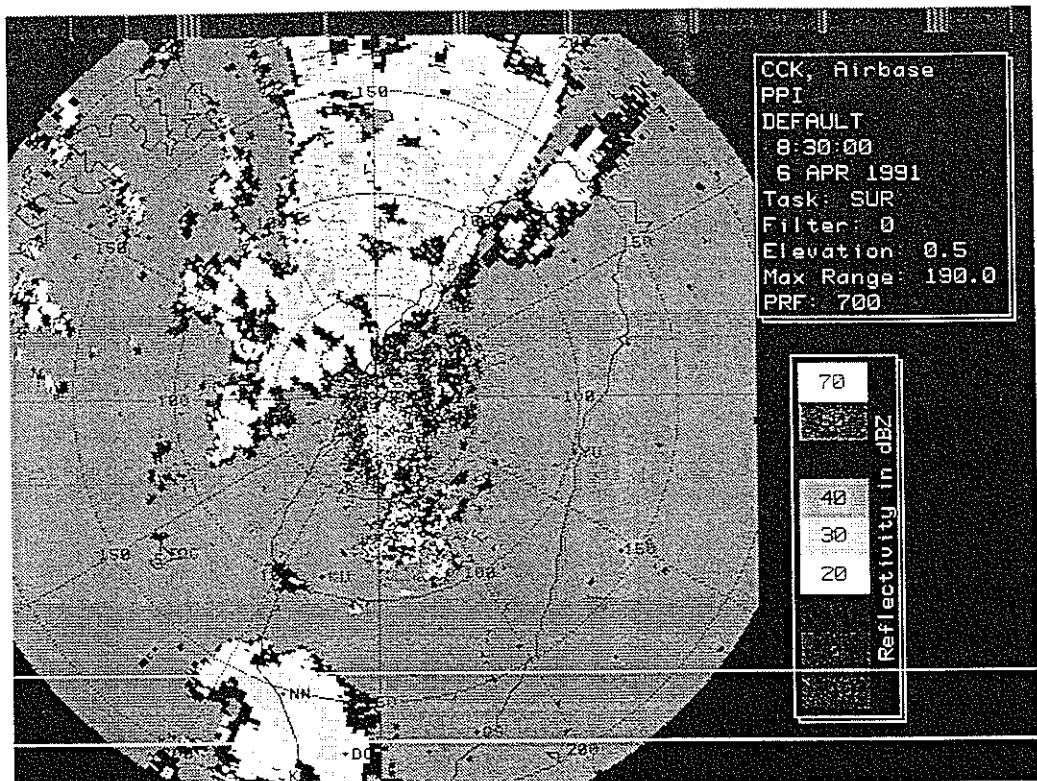
圖十四 民國83年4月13日11時15分清泉崗雷達1.5 度仰角觀測

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估

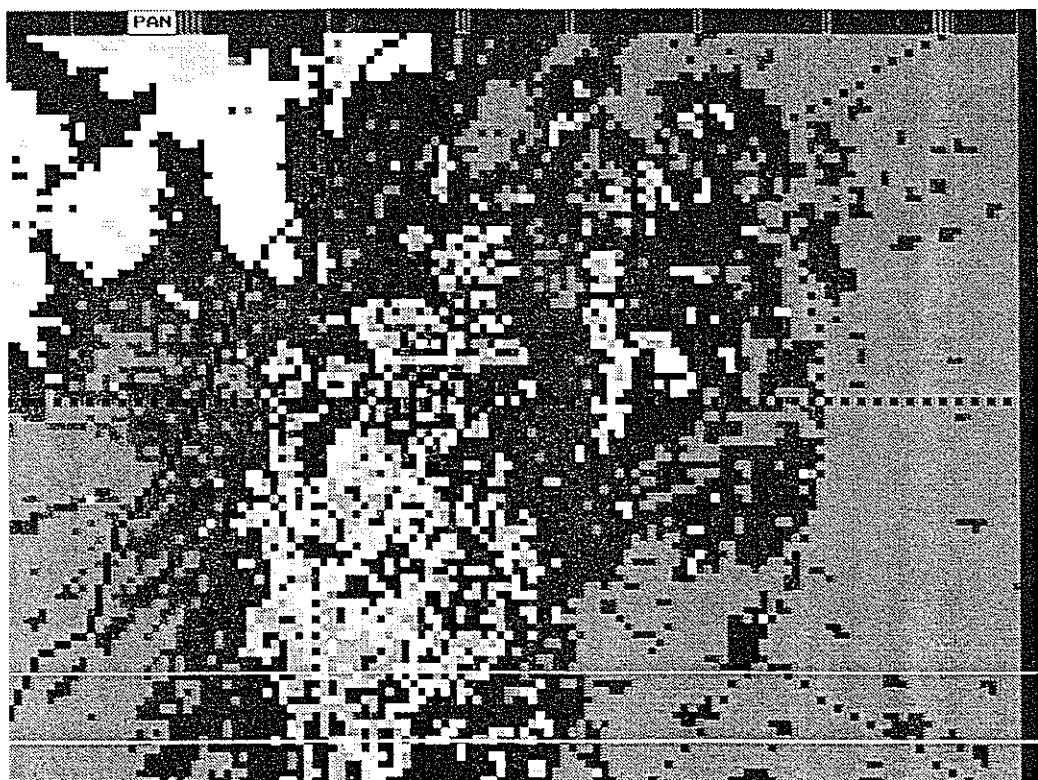


圖十五 民國83年04月13日11時52分清泉崗雷達1.5 度仰角觀測

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估



圖十六 民國80年04月06日08時30分清泉崗雷達作傳統觀測之資料



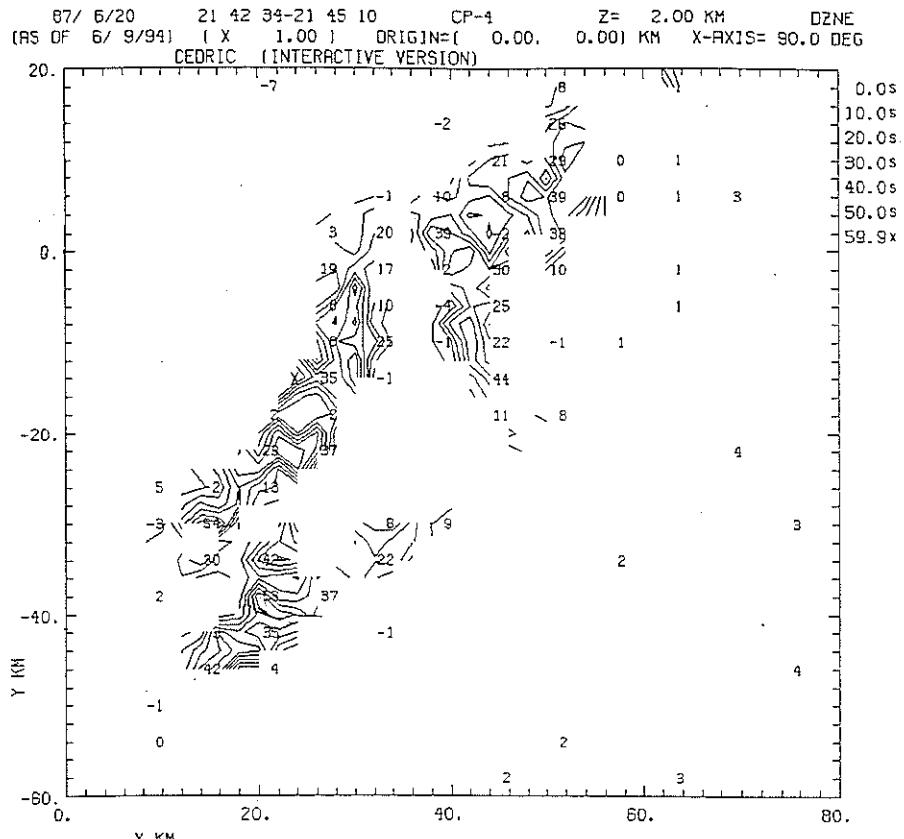
圖十七 民國86年04月06日08時30分清泉崗雷達傳統觀測
地形回波局部放大

二、CEDRIC 資料分析

由前段實際觀測資料分析中得知，地面向波強度檢定可幫助系統調校工作。圖十八為民國87年06月20日21時42分CP-4單一雷達觀測回波強度經由CEDRIC軟體分析所得2公里高度之平面分佈圖，圖中縱座標左側雷達符號標示清泉崗雷達所在位置，由圖十八顯示在清泉崗之東方有一較強之地面向波，其強度達58 dBZ。我們選擇此一高度是因為CP-4雷達位於新竹外埔，而雷達觀測所得之掃描體是由不同仰角觀測累積而成，每一仰角之雷達掃描線會隨著離雷達站水平距離增大而垂直高度增高。相對應之下，CP-4雷達在較低高度分析觀測會遭山脈地形阻擋而看不到清泉崗雷達附近地形回波。如同一觀測時間1公里高度（圖十九）中所示分析因高度較低，在清泉崗東方看不到強地形回波。

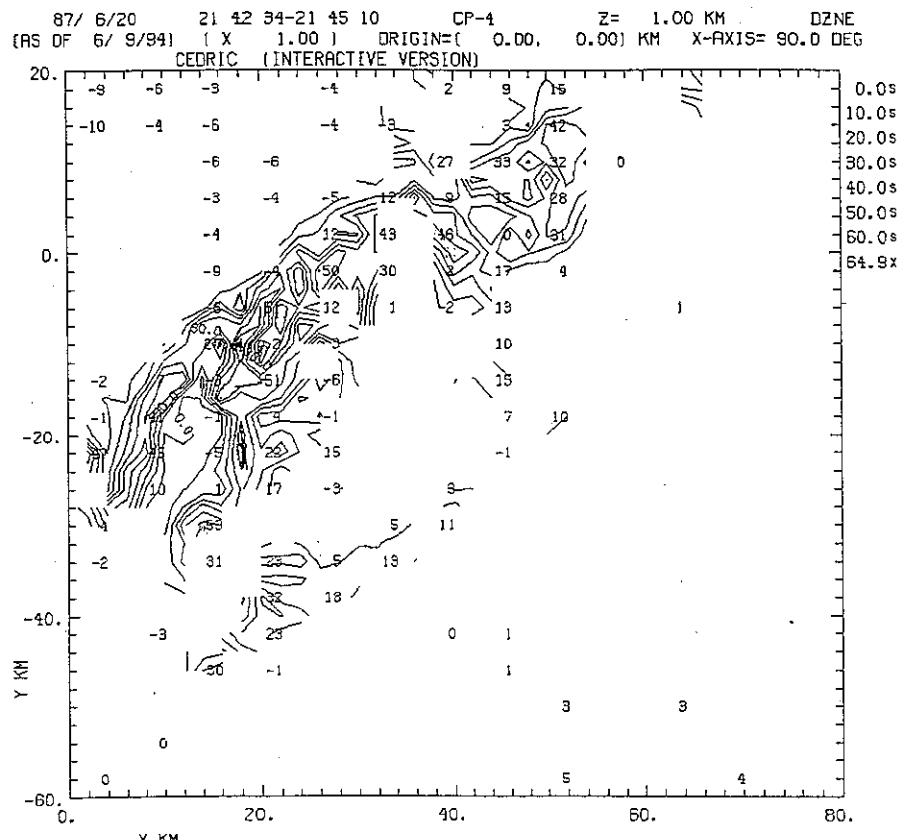
接著我們也對民國82年11月16日21時15分清泉崗雷達之觀測資料進行同一方法之分析（圖二十），雷達位於圖中心點，在雷達東側也見一強地形回波，唯其回波強度只有53.9 dBZ 較CP-4雷達資料是小了4.1 dBZ。在我們審視過去資料發現，此一系統性誤差起自民國82年05月至82年07月，凡運用此時段資料分析時宜考慮此因素。

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估



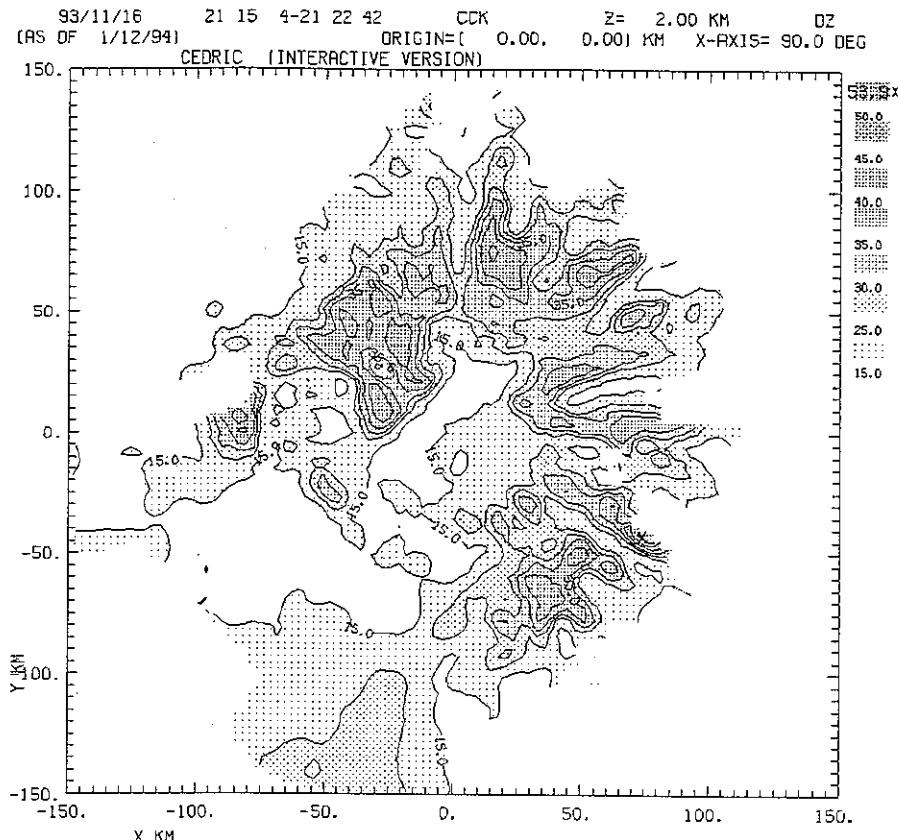
圖十八 民國87年6月20日21時42分CP-4雷達觀測回波強度經由CEDRIC軟體分析所得2公里高度之平面分佈圖，圖中縱座標左側雷達符號標示清泉崗雷達所在位置。

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估



圖十九 民國87年6月20日21時42分CP-4雷達觀測回波強度經由CEDRIC軟體分析所得1公里高度之平面分佈圖，圖中縱座標左側雷達符號標示清泉崗雷達所在位置。

清泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估



圖二十 民國82年11月16日21時15分清泉崗雷達回波強度之觀測，
由CEDRIC軟體分析所得2公里高度之平面分佈圖。

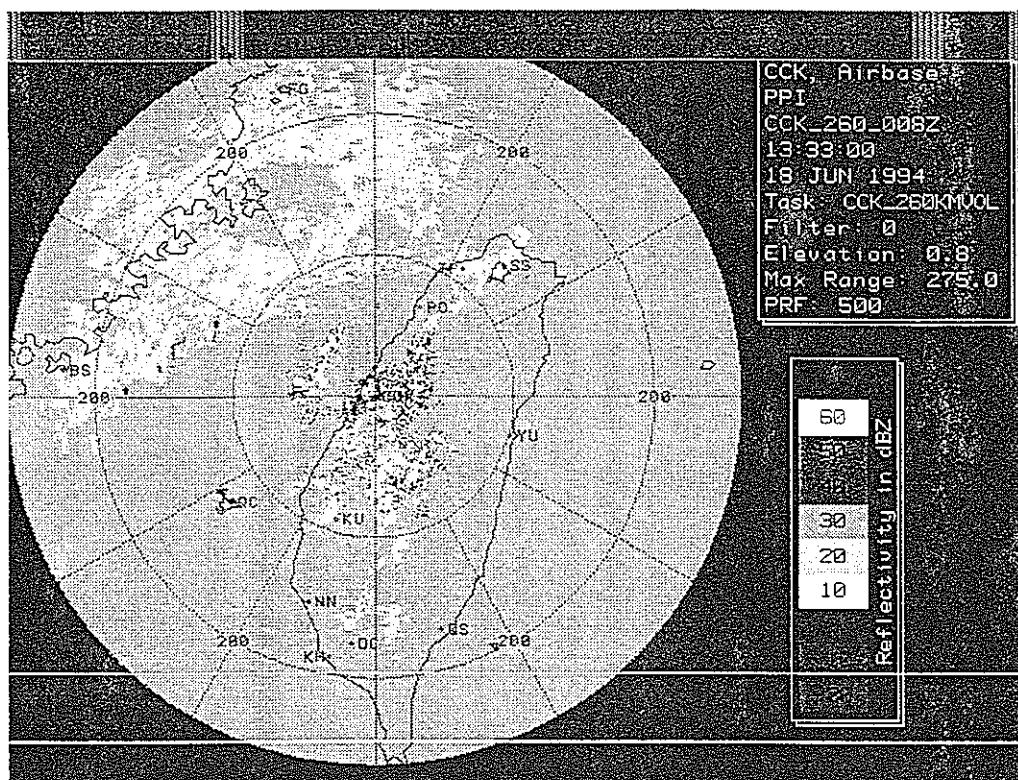
第五章 資料校正過程

清泉崗都卜勒雷達觀測資料有偏低現象確定，問題在如何校正，於是自83年06月起清泉崗雷達在氣象局人員與技術支員下開始進行調校工作。我們先以不同PRF作查證，於民國83年06月18日先後以PRF唯500（圖二十一、二十二）及1000（圖二十三）作比對，由於PRF改變後

，雷達最大可觀測距離也不同。分析結果顯示二著間並沒有多大改善。回波強度仍在同一等級，唯因PRF變大而最大可觀測半徑變小，資料等於作了局部放大，當PRF唯1000時我們是可以看到些較細的雲帶結構，但對Z而言幫助不大。

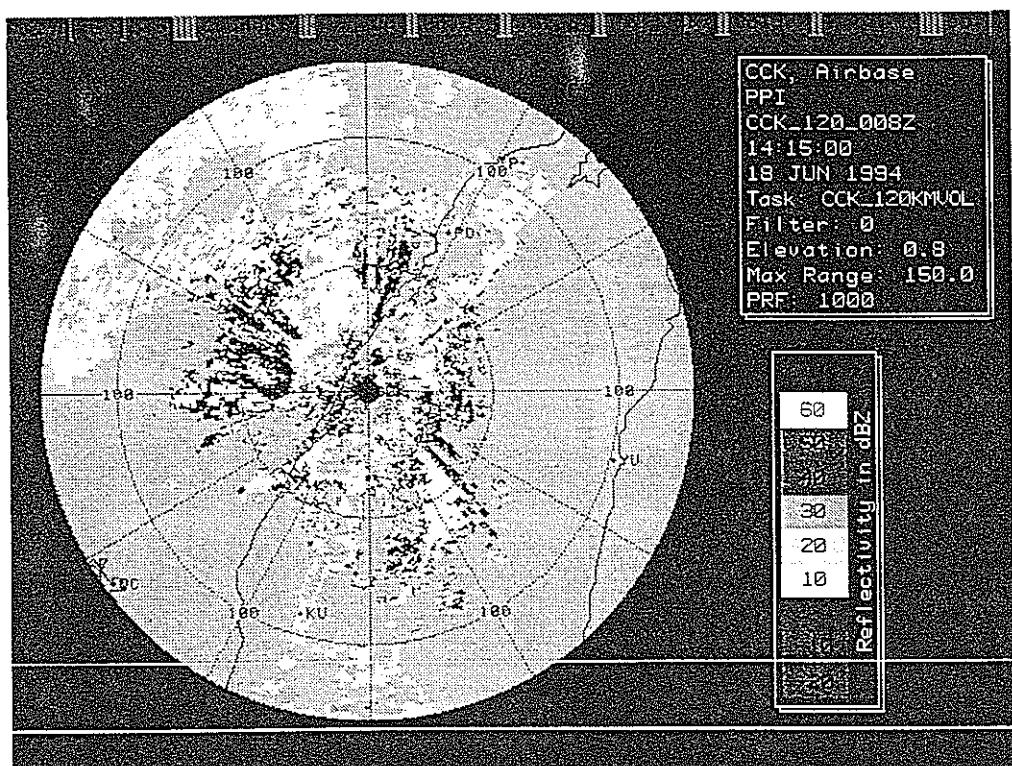
接著我們改由地形回波查證方式進行調校查證。由附錄B雷達常數與Z關係計算，我們反推應得之回波平均功率值再查。圖二十四為清泉崗雷達在83年07月06日的觀測資料，圖二十五為同一時間的局部放大資料。我們拿地形回波強度與CEDRIC解出之dBZ相比，圖二十五在清泉崗雷達七十度方向有60~70 dBZ的強度出現，顯示校正後資料已正常。但由於資料的可信度問題存在，始得我們作降雨量和回波強度定量間的關係無法執行，仍有待後續的努力。

泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估



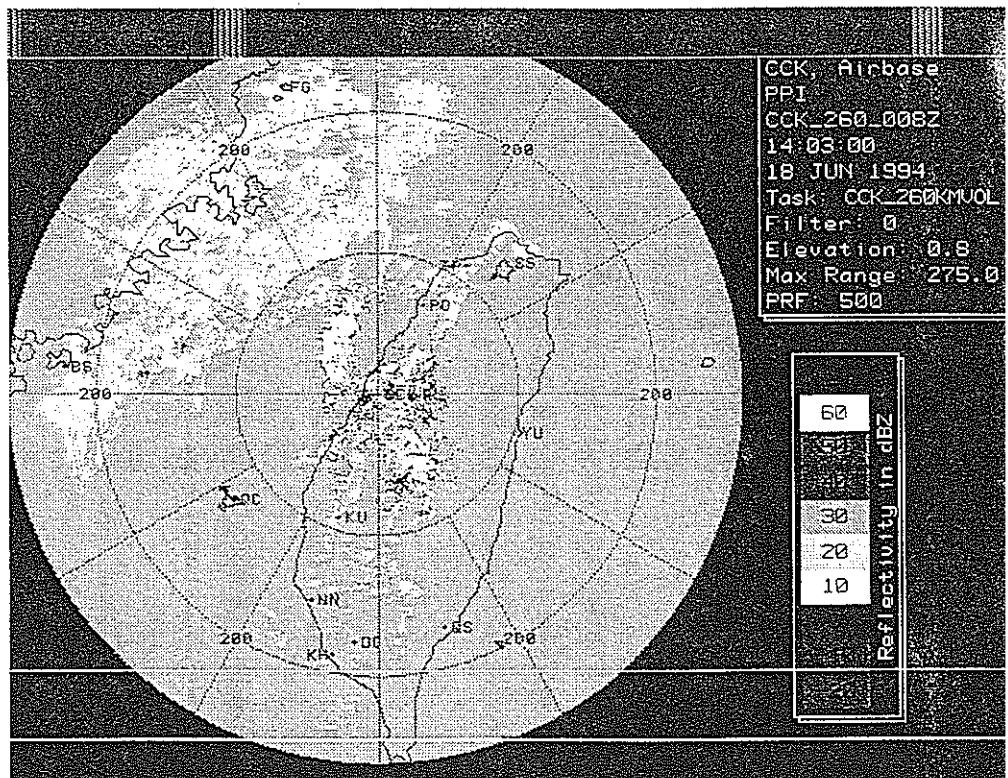
圖二十一 民國83年6月18日13時33分清泉崗雷達回波強度之觀測 PRF : 500

泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估



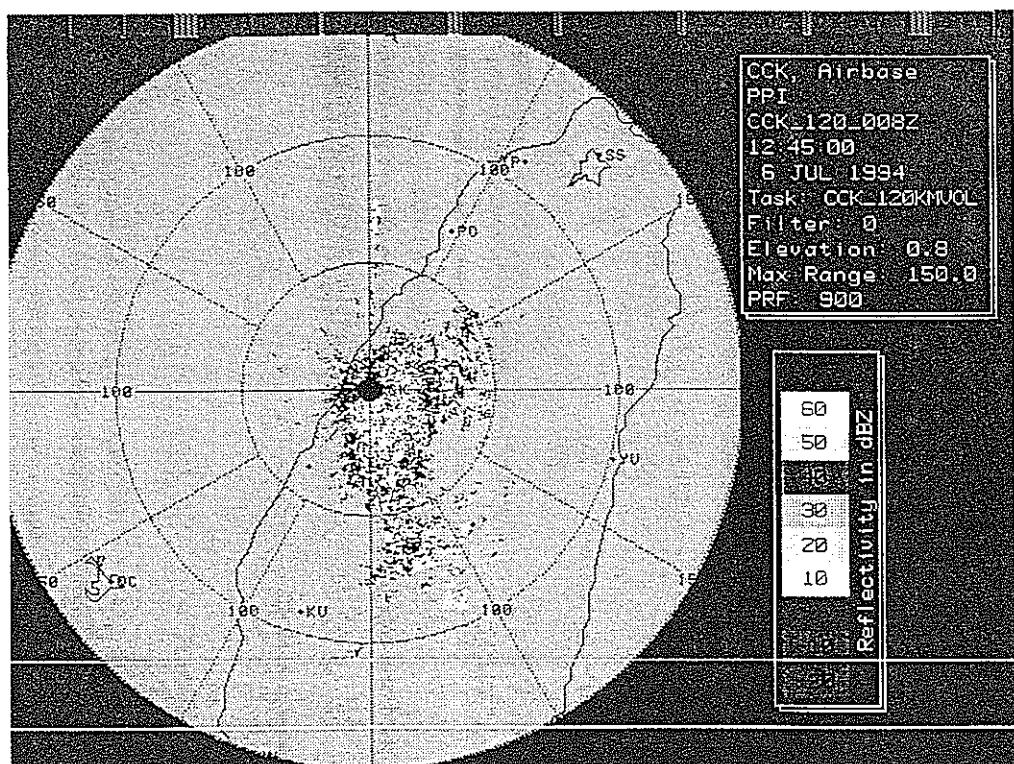
圖二十二 民國83年6月18日14時03分清泉崗雷達回波強度之觀測 PRF : 500

泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估



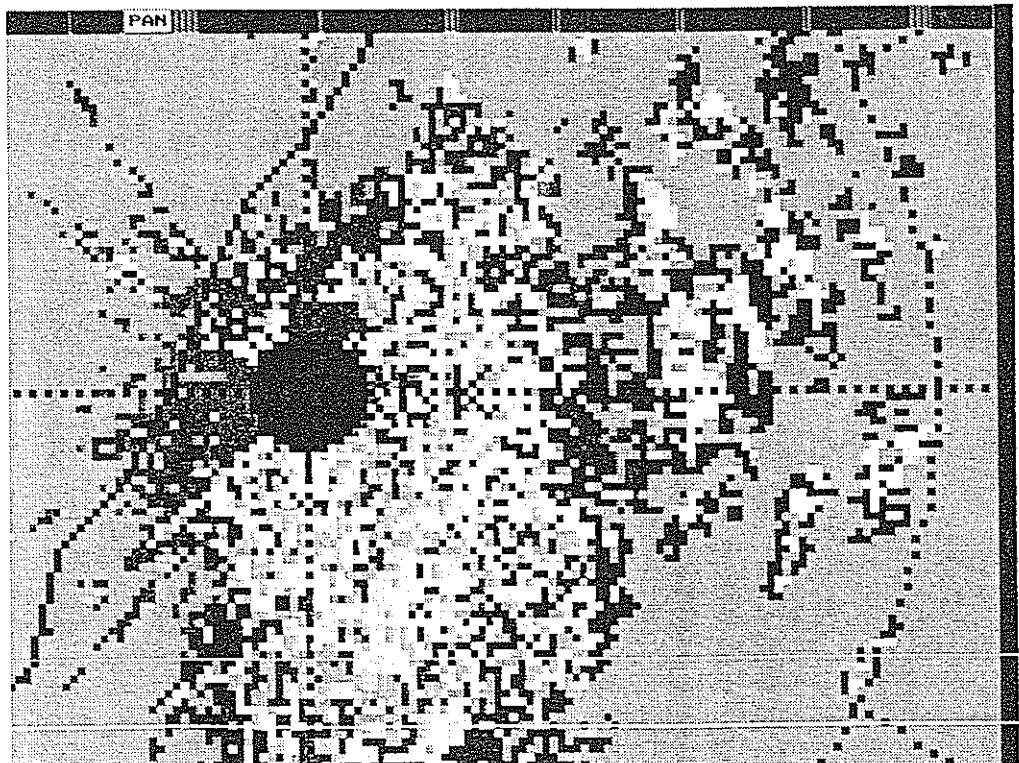
圖二十三 民國83年06月18日14時03分清泉崗雷達回波強度之觀測 PRF : 1000

泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估



圖二十四 民國83年07月06日12時45分清泉崗雷達回波強度之觀測 PRF : 900

泉崗都卜勒雷達基本觀測可信度評估



圖二十五 民國83年07月06日12時45分清泉崗雷達回波強度
之觀測局部放大 PRF : 900

第六章 結論

民國七十六年臺灣地區中尺度實驗計畫（TAMEX）執行期間，國內雷達系統初次參與研究觀測，提供了許多的珍貴資料。此一成效，使氣象雷達在研究計畫中已成為不可缺的觀測工具。民國八十五年國內大型防災計畫預劃在嘉南地區進行一密集實驗觀測，清泉崗雷達則佔有地緣之利，可提供直接而解析度較佳的觀測資料。唯清泉崗雷達自擔任觀測以來，一直未有機會進行基本的資料檢定研究，來查正或評估其資料的正確性。此一問題在TAMEX資料分析研究時即已浮現，有感缺乏完整的參考依據，可幫助鑑別資料的可信度。周（1993年）在中正機場都卜勒雷達資料的特性與檢定研析中首先做了CAA雷達資料可信度分析，為以後研究工作提供了非常好的參考依據。本研究亦是基於同一理念，欲對清泉崗都卜勒氣象雷達觀測資料進行檢定及評估工作。

根據我們分析結果顯示清泉崗雷達在作低仰角（1·8度以下）觀測時，受地形影響造成的盲點很大，隨著仰角升高之後此一現象即獲得改善。在我們審視過去資料發現清泉崗雷達系統性誤差起自民國82年05月至82年07月，小了4.1 dBZ。凡運用此時段資料分析時宜考慮此因素。由於資料的可信度問題存在，使得我們作降雨量和回波強度定量間的關係無法執行，仍有待後續的努力。

致謝

本研究為中央氣象局委託計畫，計畫編號為CWB83-2M-03。計畫得以完成除感謝中央氣象局的協助外，也要感謝張耀升先生在資料處理上的協助；范綱治先生、羅奇清

忠先生等的資料蒐集，以及朱開明先生在圖表、裝訂方面的協助。

參考文獻

- P—3 與都卜勒雷達資料處理研討會講義，1987：P—3
與都卜勒雷達資料處理研討會，國立臺灣大學大氣科學系，臺北，1987，pp175。
- 周仲島，1994：都卜勒氣象雷達在梅雨鋒面及颱風環流中尺度結構分析的應用。國科會補助研究計畫，NSC83-0202-M002-056，118pp。
- ，洪景山，鄧秀明，1990：梅雨鋒面對流雨帶雙都卜勒雷達分析。大氣科學，18-3，239-264。
- 陳台琦，鄭邦傑，徐岳五等，1988：數據化雷達降雨量之初步探討。中央氣象局科技研究中心技術報告彙編，第2-2卷，77-86。
- Austin, 1987: Relation between measured radar reflectivity and surface rainfall. Mon. Wea. Rev., 115, 1053-1070.
- Harrold, T. W., E. J. Engtion, and C. A. Nicholass, 1974: The accuracy of radar-derived rainfall measurements in hilly terrain. Quart. J. R. Met. Soc., 100, 331-350.
- Dobson E. B. and J. H. Meyer 1972: Doppler radar measurement of the velocity field associated with a turbulent clear air layer. 15th Radar Meteorology Conference, Champagn Ill., October 1972, p254.
- Lhermitte, R. M. and L. J. Miller, 1970: Doppler radar meteorology for the observation of convective storms. Preprints, 14th Conference Radar Meteorology, Tucson, Arizona, Nov. 17-20, American Meteorology Sociaty.,

- Boston, Mass., 133-138.
- Miller, L. J., C.G. Mohr, and A. J. Weinheimer, 1986: The simple rectification to Cartesian space of folded radial velocities from Doppler radar sampling. *J. Atmos. Ocean. Technol.*, 3, 162-174.
- , and J. D. Tuttle, 1989: Some important microphysical processes leading to heavy precipitation within a squall line. Workshop on TAMEX Preliminary Scientific Results, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R. O. C., June 26-30, 43-49.
- Mohr, C. G., L. J. Miller, R. L. Vaughan, and H. W. Frank, 1986: On the merger of mesoscale data sets into a common Cartesian format for efficient and systematic analysis. *J. Atmos. Ocean. Tech.*, 3, 143-161.
- , and -----, 1983: CEDRIC-A software package for Cartesian space editing, synthesis and display of radar fields under interactive control. Preprints, 21st Conference Radar Meteorology, Edmonton, Alberta, Canada, Sep. 19-23. American Meteorology Society., Boston, Mass., 569-574.

附錄A 清泉崗都卜勒氣象雷達基本參數

基本要項	非都卜勒作業	都卜勒作業
頻率範圍	5.6-5.65 GHz	5.6-5.65 GHz
迴復頻率	250 Hz	800/1200 Hz
脈衝波寬	2 μ sec	0.5 μ sec
輸出尖峰功率	250 KW	250 KW
天線罩損	< 0.5 dB	< 0.5 dB
天線轉速	5 rpm	5 rpm
天線增益	40 dB	40 dB
波束寬度	1.1°	1.1°
測波	-27 dB	-27 dB
天線極化	水平線性	水平線性
天線仰角	-2° ~ 90°	-2° ~ 90°
雜訊	5 dB	5 dB
動力範圍	> 80 dB	> 80 dB
可測最低訊號	-106 dBm	-106 dBm
涵蓋半徑	480 KM	120 KM
取樣間距	2 Km.	0.25 - 1 Km
可顯風速範圍	---	±32 m/sec

附錄B 清泉崗雷達之雷達常數與回波強度參數關係

Radar Constant (R_C):

$$R_C = \frac{\pi^3}{1024 \ln 2} \cdot \frac{P_t G_0^2 h \theta_\omega \phi_\omega |k|^2}{\lambda^2}$$

$$= (4.36 \times 10^{-14}) \cdot \frac{P_t G_0^2 h \theta_\omega \phi_\omega |k|^2}{\lambda^2}$$

$$G: 44 \text{ dB} = 10^{4.4} = 25119$$

$$\theta_\omega: 1.05^\circ = 0.0183 \text{ rad}$$

$$\phi_\omega: 1.10^\circ = 0.0192 \text{ rad}$$

$$h = c \times \tau = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \cdot 2 \times 10^{-6} \text{ s} = 600 \text{ m}$$

$$|k|^2 = 0.93$$

$$\lambda = 5.33 \text{ cm} = 5.33 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\lambda^2 = 2.84 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$R_C = 4.96 \times 10^{-14} \left(\frac{\text{Watt}}{\text{m}} \right)$$

$$\overline{P_r} = R.C \cdot \frac{Z}{r^2}$$

$$= 4.96 \times 10^{-14} \frac{\text{Watt}}{\text{m}} \cdot \frac{Z}{r^2}$$

$$Z = \frac{\overline{P_r} \cdot r^2}{4.96 \times 10^{-14} \left(\frac{\text{Watt}}{\text{m}} \right)}$$

交通部 中央氣象局委託研究計劃
編號：

地面氣象自動測報系統環境之研究

主持 人：劉廣英
協同主持人：陳福來 劉明揚
助 理：曾鴻陽 楊啓雋 劉安祥

中國文化大學大氣科學系

中華民國八十四年一月

CWB-83-2M-04

台灣地區自動雨量及氣象遙測系統

評 估 報 告

交通部中央氣象局

民國八十四年一月

台灣地區自動雨量及氣象遙測系統評估

目 錄

頁 次

一、前言	1
二、評估範圍與項目	2
三、系統架構	4
四、評估結果分析	6
五、結論	25
六、建議事項	28
表 & 圖	30

台灣地區自動雨量及氣象遙測系統評估

一、前言：

中央氣象局為實施氣象業務全面電腦化，及因應國家經濟建設之迫切需求，加強氣象資料之蒐集，以增進天氣之守視與預報功能，減少災害之損失，近年來乃積極發展氣象測報自動化系統，地面氣象自動測報系統即為其中之一。由於該系統係運用現代化的電腦處理技術及數據傳輸的方法，把氣象變化的資料，予以數值化的表列、統計、傳送等，並在極短的時間內作最精確、最快速的處理。因此該系統之功能實已凌駕各先進國家之系統，然其可信度、準確性與代表性，是否亦然實有予以評估之必要。本研究之目的，即針對該系統各站的環境因素予以評估，並以工作標準件，對各測站儀器之觀測值予以校驗，進而據以分析評估，另並對該系統之設計，儀器持性以及取樣，統計方式等予以評估，作為該系統使用及改善時之依據，俾使該系統的功能臻於完善之境界。

二、評估範圍、項目

(一) 評估範圍：

本研究主要分兩階段進行，第一階段評估北部之測站，第二階段評估南部之測站。本報告為第一階段之評估結果，計評估，台北、基隆、宜蘭、蘇澳、竹子湖、台中、新竹、梧棲等測站。

(二) 評估項目：

本評估之內容包括：

1. 系統之設計：對儀器之性能、取樣頻率、統計方法、傳輸方法與儀器之安裝等是否適宜進行評估。
2. 系統傳輸功能：針對各站之傳送率予以調查與檢討。
3. 儀器架設位置及受週遭環境影響之評估：包括各站之設置環境、代表性、準確性等進行評估。
4. 資料品質之評估：評估資料之準確性與完整性。

(三) 評估方法：

1. 系統結構評估包括：

- (1) 各要素之輸出是否準確，有無受干擾。
- (2) 取樣率率是否符合自由大氣之變化。

(3) 各感應器是否適宜該地區之環境。

(4) 各感應器之結構是否正常。

2. 環境之評估方法：

(1) 利用經緯儀測定各障礙物仰角與方位角，以評估各感應器受環境影響情形。

(2) 以兩部手提式氣壓計分置於室內外，評估氣壓室之設計是否可代表自由大氣之氣壓狀態。

(3) 檢視各感應器之觀測環境有無受冷、熱源及渦流等之影響。

(4) 檢視各要素類比資料記錄之振幅是否正常，以判別其受環境影響之情形。

三、系統架構

本系統主要包括：地方測站氣象觀測及資料整編，台北中心站資料接收及處理二部分。

(一) 地方測站氣象觀測及資料整編

本部分係將安裝於室外觀測坪或風力塔上之氣溫、露點、風向、風速、降水量、降水強度、日射量及氣壓等感應儀器（型式及儀器特性如表一）所感測之物理環境變化，轉變成電子信號，經由電覽線路傳送至觀測室內之信號處理器，一方面轉變成 $0 \sim 1\text{mA}$ 範圍之電流信號，供給類比記錄器，記錄即時連續的資料；另一方面轉換成 $0 \sim 5\text{V}$ 範圍內之電壓信號，輸入微處理機運算轉換成數據信號，自動顯示在室內指示器及記錄器上，另並將這些即時的數據資料輸入電腦，利用軟體程式，予以計算、累積及比較，得出各項氣象要素之瞬間值、平均值、累積值及極端值，儲存在磁碟機上，此外觀測人員亦可定時將目視之定性觀測資料鍵入電腦儲存，這些記錄資料皆可利用列表機與終端機等週邊設備，列印報表並自動顯示於螢幕上，儲存在電腦中之所有氣象觀測資料，亦可經由電信局之數據電路即時輸送至台北中心站。

(二) 台北中心站之資料接收及處理部分

台北中心站利用電腦，可即時或定時呼叫各地方測站傳回之氣象觀測資料，經網路輸入專賣資料儲存之電腦中，予以編譯成國際氣象電碼，自動對國際廣播，並可連接預測中心，氣候資料儲存部門與資料監控部門等，作資料之監控、預報參考資料之依據與氣候資料之處理等。

四、評估結果分析

(一) 系統結構評估：

1. 地方測站氣象觀測資料之收集：安裝於室外或風力塔上的氣象感測器，係以每秒讀取一次的採樣頻率，將資料傳送至室內記錄器上，然後依地面觀測手冊所訂之守則，設計出適當的電腦軟體程式，予以累積或計算成所須的各種氣象要素值。其誤差來源一般可分系統誤差與隨機誤差兩種，其中系統誤差可以校正值的方式予以消除；而隨機誤差則須藉大量的觀測取樣次數，使可予以消除。因此，就氣象變化的時間尺度分析而言，目前所使用之儀器設備及採樣頻率，在感應器及傳輸線路正常運作情況下，所得之各項觀測均應可滿足綜觀天氣分析之需求。但其中，有關風向、風速觀測部分，由於觀測儀器必須在風速 2m/s 以上，才能正確起動，因此，在風速微弱時，所得之風向、風速資料必須審慎予以處理。

2. 地方測站與處理中心傳輸：由於本系統係透過數據線路，將資料由自動觀測站以每2分鐘傳送一次的頻率，傳輸至資料處理中心，因此，當其中一環結故障時，即會有缺測之情況發生。現以1992年1月至1994年6月止之鞍部、竹子湖、新竹及花蓮站之資料統計所得之各月平均接通率（表二），歸納其故障之原因主要有下列各項：

- (1) 感應器損壞或受遮擋堵塞，無法動作或動作不良，有待加強保養維修。
- (2) 因網路發生問題而使電腦當機。
- (3) 同一時間傳至資料處理中心的資料太多，形成資料排擠效應，致使部分資料無法順利完成輸送。
- (4) 數據機或數據線路通信不良或故障。
- (5) 介面板故障，可在當地測站存有另一可供備用之介面板降低故障頻率。
- (6) 軟硬體無法完全整合，導致部分測站每日前幾筆資料缺測。

(二) 各測站之評估結果

1. 新竹測站之評估：

(1) 氣壓部分：

A、以地震台標高資料測得之氣壓感應器位置標高為37.735公尺；而以氣測站資料所測得之氣壓感應器標高為31.375公尺，兩者相差6.36公尺。

B、在風速微弱情況下，將兩台手提式氣壓計分置於氣壓室內外，所得之氣壓記錄如下所示：

83年1月26日 13:50 新竹測站室內外氣壓 (mb)

觀測次數	室內氣壓值A	室外氣壓值B	A - B
1	1014.46	1014.48	-0.03
2	1014.48	1014.46	0.02
3	1014.44	1014.45	-0.01
4	1014.46	1014.48	-0.02
5	1014.41	1014.41	0
6	1014.42	1014.38	0.04
7	1014.38	1014.38	0
8	1014.40	1014.39	0.01
9	1014.41	1014.42	-0.01
10			

83年1月26日 14:50 新竹測站室內外氣壓 (mb)

觀測次數	室內氣壓值A	室外氣壓值B	A - B
1	1014.53	1014.56	-0.03
2	1014.50	1014.53	-0.03
3	1014.55	1014.57	-0.02
4	1014.57	1014.61	-0.04
5	1014.55	1014.58	-0.03
6	1014.59	1014.61	-0.02
7	1014.61	1014.66	-0.05
8	1014.64	1014.67	-0.03
9	1014.68	1014.68	0
10			

C、類比資料上顯示氣壓偶而有不規則的變動。

D、檢討：

(A) 氣壓高度訂正值的差異，係由測站位置標高的認定不一所產生，應進一步的加以確認，並立樁予以標示出來。

(B) 室壓室內外的氣壓差尚屬正常變動範圍，應足以代表自由大氣狀態，唯當夜晚大門緊閉後，氣壓室內外空氣無法有效的交換應予以改善。

(C) 氣壓室開口宜改至另一側，以避免測站人冷氣對氣壓觀測的影響。

(2) 環境影響評估：

A、以雨量計為中心，利用經緯儀測定觀測坪四週環境之仰角及方位角如圖1.1所示，由圖中可知在方位253~280間受縣府大樓影響外，其餘為觀測坪內各儀器架設位置間的遮蔽或良好。

B、以經緯儀測定四週環境對日照影響之方位角及仰角結果如圖2.1所示，經比較各季太陽之軌跡得出無影響。

C、檢討：

(A) 雨量筒的觀測位置，在夏季吹西南風時，易受百葉箱及縣府大樓影響，而使兩量觀測產生偏差，冬季吹東北風

時，則受觀測坪內其他觀測儀器相互遮蔽影響，而影響觀測值的準確性。若將現有觀測坪向南遷移14公尺後，由圖1.1與圖3比較中可將其環境因素對降水影響之範圍予以大幅降低，僅在夏季盛行風向為西南風時，縣府大樓會干擾到降水之觀測。

(B) 風向偏轉呈現之偏轉現象，為架設高度不足所引起可將其裝置高度予以重新測定調整。

2. 花蓮測站之評估：

(1) 氣壓部分：

A、室內外氣壓觀測資料如下所示：

83年2月15日 16:33 花蓮測站室內外氣壓 (mb)

觀測次數	室內氣壓值A	室外氣壓值B	A - B
1	1015.33	1015.32	0.01
2	1015.34	1015.35	-0.01
3	1015.32	1015.33	-0.01
4	1015.33	1015.34	-0.01
5	1015.35	1015.35	0
6	1015.35	1015.35	0
7	1015.37	1015.38	-0.01
8	1015.39	1015.39	0
9	1015.42	1015.41	0.01
10	1015.42	1015.42	0

83年2月15日 17:00 花蓮測站室內外氣壓 (mb)

觀測次數	室內氣壓值A	室外氣壓值B	A - B
1	1015.95	1015.94	0.01
2	1015.95	1015.95	0
3	1015.95	1015.94	0.01
4	1015.97	1015.97	0
5	1015.99	1015.98	0.01
6	1016.01	1016.01	0
7	1016.03	1016.03	0
8	1016.07	1016.08	0.01
9	1016.10	1016.09	0.01
10	1016.14	1016.15	-0.01

83年2月16日 09:20 花蓮測站室內外氣壓 (mb)

觀測次數	室內氣壓值A	室外氣壓值B	A - B
1	1019.91	1019.88	0.03
2	1019.88	1019.88	0
3	1019.87	1019.86	0.01
4	1019.86	1019.85	0.01
5	1019.86	1019.84	0.02
6	1019.84	1019.82	0.02
7	1019.82	1019.81	0.01
8	1019.81	1019.80	0.01
9	1019.79	1019.78	0.01
10	1019.80	1019.77	0.03

B、部分氣壓曲線出現不規則震動現象

C、檢討：

- (A) 氣壓室開門方式目前為推門式，為避免開啓所產生的抽唧作用，致使氣壓觀測值產生浮動現象，宜將其改為拉門方式。
- (B) 氣壓室對外通風口位置設於西邊，氣壓觀測值易受日射之影響應予調整。
- (C) 氣壓室在夏季易受觀測站內冷氣之影響，冬季則易受強風拍擊窗戶影響，而產生氣壓震動性波動，應予以適當的防制。

(2) 風向、風速部分：

現行風向、風速儀設置在鐵塔的30公尺處，而三杯式風速計則安置於10公尺處，宜將其調整安裝在一高度處，即30公尺處，以利比較分析或為替代使用。

(3) 環境影響評估部分：

- A、以雨量筒為中心所測得之環境四週之方向角及仰角資料，如圖1.2所示。由圖中可知其雨量觀測受環境影響的方位為36—48（樹），48—57（建物），74—126（測站建物），131—144（樹），154—212（百葉箱），218—271

(樹林)，296—313（自計雨量筒），337—346（建物）

等。

B、以日照為中心所測得影響日照之方位角及仰角如圖2.2所示。經比較各季太陽路徑得出，並未對日照觀測造成影響。

C、檢討：

- (A) 花蓮測站冬季盛行風向為東北風，夏季為西南風，因此其不論冬夏雨量之觀測值均易受其四週環境之影響；在夏季吹西南風時，影響觀測資料之因素中有大部分為樹林遮蔽結果，可透過適當的加強樹木修剪或砍伐，以降低其干擾。
- (B) 觀測坪位置恰處於較低處呈凹型，易形成亂流現象，對雨量及濕度觀測之準確度均形成不利之因素。

3. 蘇澳測站之評估：

(1) 氣壓部分：

A、現行氣壓室開門方式為推門式，為避免開啓時所產生的抽唧作用，宜將其改為拉門式。

B、現行行氣壓室為完全密閉式空間，無對外之空氣交換口，應加一對外之通風口，以使所測之氣壓值可代表自由大氣之狀態。

C、測站雖已裝置雙層式窗門，以避免強風之影響，但從風速、風速與氣壓之類比觀測記錄上（圖4、圖5），可看出在強吹擊下，氣壓曲線即呈浮動現象，因此，對於強風的干擾，有待進一步加強。

D、室內外氣壓值之觀測如下所示

83年2月17日 10:00 蘇澳測站室內外氣壓 (mb)

觀測次數	室內氣壓值A	室外氣壓值B	A - B
1	1017.58	1017.58	0
2	1017.60	1017.59	0.01
3	1017.61	1017.60	0.01
4	1017.61	1017.61	0
5	1017.59	1017.58	0.01
6	1017.57	1017.55	0.02
7	1017.56	1017.53	0.02
8	1017.56	1017.54	0.02
9	1017.58	1017.56	0.02
10	1017.54	1017.53	0.01

83年2月17日 11:00 蘇澳測站室內外氣壓 (mb)

觀測次數	室內氣壓值A	室外氣壓值B	A - B
1	1016.98	1016.97	0.01
2	1016.98	1016.98	0
3	1016.99	1016.98	0.01
4	1016.96	1016.97	-0.01
5	1016.93	1016.93	0
6	1016.59	1016.59	0
7	1016.97	1016.96	0.01
8	1016.98	1016.98	0
9	1016.96	1016.97	-0.01
10	1016.96	1016.95	0.01

(2) 風向、風速部分：

A、三杯風速計與自動觀測記錄（螺旋槳式）平均風速之比
較：

B、風向、風速之類比記錄資料如圖5所示，呈不規則之大幅振動。

C、檢討：

(A) 三杯式風速計係以風程累計而得，且不論其風向為何，均可正常運作，而螺旋槳式的自動風向、風速觀測計，由於其較靈敏，因此易受風向變動之影響而產生作用力相抵消

作用，致使其風程較三杯式風速計為小，且風向變化愈頻繁，其兩者差值亦愈大。

(B) 本站兩者差異大，並非地形之影響所致，主要係風向、風速儀之高度不足，受到大樓結構所形成之擾流所影響。

(3) 溫濕儀部分：

A、在強風、強雨時，由於溫度罩無法完全阻擋水汽之進入時，因水汽凝結其上，易使溫濕度觀測觀測值產生偏差，宜加強檢視及附加防護罩。

B、由於本測站臨近海邊，大氣中含鹽成份較多，宜加強清理維修，以避免異常現象。

(4) 環境影響評估部分：

A、以雨量筒為中心所測得之足以影響雨量觀測的環境方向角及仰角，如圖1.3所示。由圖中可見影響方位為36—46（雨量計），98—122（百葉箱），290—322（山），322—360（測站建物）。

B、以日照為中心所測得足以影響日照觀測之四週環境之方位角及仰角如圖2.3所示。經比較各季太陽路徑得出其並未對日照觀測造成影響。

C、檢討：

- (A) 蘇澳測站之冬季盛行風向為西風，夏季為南風，因此在各季時雨量之觀測值易受山地地形之影響而夏季降水則較不受地形之影響。
- (B) 受非自然障礙物之影響，其日照時數，較理論值減少約1.2小時。

4. 宜蘭測站之評估：

環境影響評估部分：

A、影響雨量觀測之環境障礙物方位角及仰角：測量值如圖1.4所示，由圖中可見影響範圍方位為167—180（建物），200—211（樹），229—255（測站建物），281—289（建物），338—347（百葉箱）

B、影響日射之環境：障礙物之方向位及仰角測量值如圖2.4所示，其未影響日照觀測。

C、類比資料之氣壓、溫度、濕度等自計曲線均呈不規則變動（圖6）。

D、室內外氣壓觀測值如下所示：

83年2月16日 14:50 宜蘭測站室內外氣壓 (mb)

觀測次數	室內氣壓值 A	室外氣壓值 B	A - B
1	1018.48	1018.48	0
2	1018.47	1018.49	-0.02
3	1018.48	1018.49	-0.01
4	1018.49	1018.50	-0.01
5	1018.50	1018.50	0
6	1018.50	1018.51	-0.01
7	1018.49	1018.50	-0.01
8	1018.50	1018.50	0
9	1018.49	1018.49	0
10	1018.48	1018.48	0

83年2月16日 21:00 宜蘭測站室內外氣壓 (mb)

觀測次數	室內氣壓值 A	室外氣壓值 B	A - B
1	1019.26	1019.26	0
2	1019.27	1019.26	0.01
3	1019.27	1019.27	0
4	1019.28	1019.28	0
5	1019.29	1019.29	0
6	1019.30	1019.29	0.01
7	1019.31	1019.30	0.01
8	1019.31	1019.31	0
9	1019.32	1019.31	0.01
10	1019.32	1019.32	0

E、檢討：

- (A) 冬季盛行風向為西南風，因此影響冬季雨量之環境因素，主要受測站本身建物之影響，而夏季，則較不受其四週環境之干擾。
- (B) 由類比自動曲線產生不規則變動期間與中大高頻電波開機時間的一致性，由此，可判定自計曲線的不穩定與此發台有關，應協調該發射台改善干擾之情況，或遷移位置。
- (C) 風向、風速儀受環境影響，呈偏轉狀態，宜將其裝置位置重新調整至適當高度。

5. 竹子湖測站之評估：

環境影響評估部分：

- (1) 影響雨量及日照觀測環境障礙物之方位角及仰角：如圖1.5，2.5所示，其影響日照的方位角範圍經與各季太陽路徑比較，夏季範圍為 $69.1 - 74$ ；春秋為 $90.7 - 95$ ；冬季為 $118.3 - 123$ ；但均屬自然地形影響。
- (2) 風向、風速自記類比資料呈偏轉不穩定現象；氣壓類比記錄亦有偶發性之不穩現象。
- (3) 檢討：

- (A) 影響雨量及日照的因素均以自然性之地形障礙為主，且其影響範圍幾佔全區的一半，對於其所觀測之氣象要素值或可代表當地局部之氣象狀態，但是否足以代表該地自由大氣狀態，則可能須加以探討或考慮予以遷移。
- (B) 氣壓室的木板外牆正對測站大門，在大門開始時，易受風壓干擾，此木板外牆應予以強化。
- (C) 風向、風速儀受地形干擾，該予以調整至適當高度或位置。

6. 基隆測站之評估：

- (1) 氣壓部分：現行測站所用之氣壓高度即正值為27.7公尺，而實測值為33.5公尺，差值為5.8公尺，應予以再度確認，修正。
- (2) 環境影響評估部分：
- A、影響雨量觀測之障礙物方位角及仰角測量值如圖1.6所示，由圖中可見影響範圍方位為160—174（百葉箱），192—217（海港大樓）。
- B、影響日射觀測值之障礙物方位角及仰角測量值如圖2.6所示。

C、風向呈不穩定偏轉趨勢(圖 7)。

D、檢討：

- (A) 由於基隆測站之冬夏盛行風向分別為東北風及南風，因此四週環境障礙物並不會對雨量的觀測形成干擾。
- (B) 日照時數所受的干擾均來自附近的障礙物。
- (C) 風向、風速儀的架設高度若調整至適當高度，即可消除風向偏轉之間題。

7. 梧棲測站之評估：

- (1) A、氣壓部分：氣壓室開門方式，現為推門式，宜改拉門方式，以避免風壓之影響。

B、室內外氣壓觀測值如下所示：

83年5月07日 19:10 梧棲測站室內外氣壓 (mb)

觀測次數	室內氣壓值A	室外氣壓值B	A - B
1	1008.01	1008.02	-0.01
2	1008.01	1008.02	-0.01
3	1008.04	1008.04	0
4	1008.06	1008.07	-0.01
5	1008.08	1008.08	0
6	1008.10	1008.10	0
7	1008.11	1008.12	-0.01
8	1008.13	1008.12	0.01

(2) 環境影響評估部分：

A、影響降水觀測之四週障礙物之方位角及仰角測量值如圖1.7所示，由圖中可知主要來自海港大樓的遮蔽影響，範圍由方位角的130—188°。

B、類比資料中之氣壓及氣溫線均呈異常浮動現象。

C、檢討：

(A) 梧棲測站在夏季時盛行風向為南風，因此在夏季時海港大樓的建物將會對降水觀測造成干擾；而冬季時，因盛行風為北風，其影響自然就消除。

(B) 為避免強風對氣壓觀測影響，雙層式窗戶應予以保持在固定狀態。

(C) 因臨近海邊，大氣中含鹽成分較多，應加強溫度、露點感應器的清理、維修。

8. 台中測站之評估：

環境影響評估部分：

- (1) 影響雨量觀測之四週環境障礙物的方位角及仰角如圖1.8所示，由圖中可知其受障礙物之影響範圍甚廣，幾乎含蓋全方位。
- (2) 影響日照觀測之環境障礙物之方位角及仰角測量值如圖2.7所示，經與各季太陽路徑軌跡比較，得知其影響範圍春秋季為90.4—93；冬季為118—123。
- (3) 風向呈偏轉不穩定現象。
- (4) 氣壓類比曲線亦有偶發性的浮動。
- (5) 檢討：

A、台中冬季為北風系，夏季南風系為主，現行雨量同觀測降水量之架設位置，冬季易受測站本身建物阻擋；夏季則受台中公園音樂台阻擋。在測站現有範圍內，可將其位置向原位置方位角282度遷移18公尺，則由圖1.8與圖8之四週障礙物仰角之改變，可使環境對降水觀測之影響降至最低。

- B、觀測坪四週之障礙物除人為建築外，對於鄰近超高樹林，此木板外牆應予以強化。
- C、氣壓室開門處，正對測站正門，在強風時，易受風壓干擾，因此，強風時，應避免將正門開啓。
- D、風向、風速儀設置高度應予以重新調整至適當高度，以避免風向偏轉之現象。

五、結論

(一) 氣壓自動觀環境條件：依據氣象儀器設置準則，逐項檢視其適宜狀態，並以兩台手提式氣壓工作標準件，檢視室內外氣壓觀測值之差異性，以評估室內氣壓觀測值與實際自由大氣氣壓值的變動，結果如表三所示，由表中可見就其設置環境而言，部分測站氣壓室開門方式及氣壓高度訂正值，可將其調整至標準狀態，至於造成氣壓自計曲線產生偶發性不穩定的原因可歸納為下列數項：

- (1) 拉門方式非為拉門式，在開啓時造成風壓干擾。
- (2) 強風時，受窗或木板外牆受風壓影響。
- (3) 電波干擾。
- (4) 故障。

(二) 障礙物對降水之影響：為瞭解四周障礙物對降水之可能影響，我們以雨量器集水為中心，用經緯儀測其四周障礙物之仰角，並取仰角高於12度的障礙物為影響降水之障礙物，其量測結果如圖1.1~圖1.8所示，若取1月及7月之盛行風向，代表冬、夏季之盛行風向，則由表四可見除基隆及梧棲冬季、宜蘭夏季降水不受障礙物影響外，其餘均受其影響。

(三) 障礙物對日照儀器之影響：以日照儀架設位置為中心，以經緯儀量測其四週障礙物仰角，定仰角高於8度者之障礙物為會對日照形成影響之障礙物，其量測結果如圖2.1~2.7所示，在經與各地各季太陽路徑做一比較，以得知其受影響範圍，若以地球自轉一圈24小時計，則每一方位角所受的日射時間為4分鐘（ $24\text{hr} * 60 \div 4\text{分} / \text{度}$ ）。則各測站日射時間受人為障礙物影響（不包括自然地形障礙）僅台中站受影響，其日照時間因而在春秋季較理論值減少約12分鐘，冬季減少約20分鐘。其中竹子湖測站因受自然地形影響，其日照時數較理論時數減少較多，故其日照觀測站為此次評估測站中最不理想之測站。

(四) 風向、風速計受地形障礙之影響：

1. 風向、風速自計資料連續變化曲線是否穩定合理。結果顯示，部分測站，如基隆、宜蘭、蘇澳、台中、竹子湖等測站，因受地形影響或風向、風速儀架設高度不足，無法觀測到足以代表自由大氣穩定狀態的代表值，致使風觀測資料呈現不穩定及偏轉現象。可將風速計架設高度予以提高或更換架設位置予以修正。
2. 在部分有三杯式風速計觀測資料的測站，以三杯式觀測值與自動觀測資料做一比較。表五為部分風速比對值，由表中可見三杯式風速計所得之平均風速均較自動觀測系統所得之平

均值為高，約為自動觀測系統的1.3倍。同時，亦可發現，當風向變動頻繁且大時，此二者之平均風速差值，隨之增大。

六、建議事項

1. 新竹及台中兩測站雨量器位置受地形障礙影響的程度，可在其測站範圍內分別向原位置向南遷移及向方位角282度遷移，使環境因素的影響降至最低。
2. 宜蘭、蘇澳、台中、竹子湖等測站，因受高度及地形影響，無法代表自由大氣狀態應予以適當的調整其架設高度或變更位置。
3. 宜蘭站自動觀測系統受電波干擾之情況，應予以協調發射台所屬單位予以遷移或加裝防干擾設備。
4. 花蓮站之三杯式風速計安裝高度可由原來的10公尺處，提升至與自動風速觀測系統同高的30公尺處，以利比較分析或替換使用。
5. 各測站所列之不適合環境，應予改善。
6. 在風向變化大之測站，以三杯式風速式觀測值取代螺旋槳式風速儀，觀測值較為適宜，例如竹子湖、蘇澳等站。
7. 強雨地區，以目前使用的光電式雨量強度儀，可能不適宜，可考慮以另一型取代。

8. 日照時數，蒸發及地中溫度，目前皆已有電子式，可將其規劃納入自動觀測系統中。
9. 加強本系統之軟硬體維修人員並加強技術之訓練。

表一 地方測站氣象感應器之型式

儀器名稱	型號	形式	感應方式	測定範圍	精確度	附註
風向/ 風速計	Young Model 05103	四葉螺旋型	風向: 電位器 風速: 交流發電機	風向: 0 - 360 度 風速: 0 - 90 m/s	風速: 10m/s 以下 < +0.5m/s 10m/s 以上 < + 5 % 風向: < 5 %	
氣壓計	Setra Model 270	可變電容式		800 - 1100 hpa	< + 0.3 hpa	
溫度計	Teledyne Geotech T - 200	PT 100 ohm 白金電阻式		-30 - 50 度 c	< + 0.25 度 c	
露點溫度計	Teledyne Geotech DP - 200B	氯化鋅式		-30 - 50 度 c	+ 1 度 c	
雨量計	OTA - 34 - T	頃斗式		0.5 mm/Pulse	20 mm/hr 以下 < + 5mm 20 - 120 mm/hr < 3 %	直徑 20 + 0.06cm
雨量強度計	OTA - 37 - T	光電脈波式		0 - 100 mm/hr	< + 1.2 %	直徑 20 + 0.06cm
日輻射儀	Teledyne Geotech R - 200	Thermopile式 Thermocouple		0 - 2 cal/cm ² *min	+ 1 % 0 - 70 度 Zenith angle + 3 % 70 - 80 度 Zenith angle	適用波長 0.285 - 2.8 microns
日照時數計	EKO	太陽電池式			+ 3 %	

表二 鞍部、竹子湖、新竹、花蓮 四個自動觀測站傳輸接通率

站名/月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
鞍部	48.2	54.8	58.6	57.3	54.3	54.1	53.6	42.8	44.0	38.1	64.4	70.8
竹子湖	40.2	42.0	46.3	62.5	63.2	57.2	68.3	78.4	82.3	71.3	72.8	60.1
新竹	73.7	76.0	85.5	87.4	65.5	72.6	75.0	86.3	81.4	87.3	80.9	77.0
花蓮	60.3	66.6	95.2	98.4	95.8	96.3	89.4	49.5	77.0	73.9	61.7	49.1

表三 各測站氣壓儀器狀況檢視表

項目\測站名稱	新竹	花蓮	蘇澳	宜蘭	竹子湖	基隆	臺中	梧棲
儀器是否穩固垂直	V	V	V	V	V	V	V	V
通風是否良好	V	V	V	V	V	V	V	V
測站現行氣壓高度訂正值 (公尺)	34	19.1	25.6	8.0	607	27.7	85.1	26.44
觀測氣壓高度訂正值	37.35	18.926	25.35	7.984	607.23	33.5	85.317	26.68
開門方式是否為拉式	V	X	X	V	V	V	V	X
氣壓自記曲線是否穩定	X	X	X	X	X	X	X	X

表四 各測站冬、夏季降水有無受障礙物影響狀況表

測站名稱\項次	1月		7月		備註
	盛行風向	是否受障礙物影響	盛行風向	是否受障礙物影響	
基隆	N E	X	S	X	
竹子湖	N E	V	N W	V	
蘇澳	W	V	S E	V	受本身觀測坪影響
花蓮	N E	V	S W	V	
臺中	N	V	S	V	
梧棲	N	X	S	V	
宜蘭	S W	V	E N E	X	
新竹	N E	V	S W	V	冬季受本身觀測坪影響

表五 三杯式風速計與自動觀測自動風速計平均風速之比較

日期	測站名稱	三杯式所測之平均風速	自動觀測儀所測之平均風速
83.1.20	蘇澳	4.1	3.2
83.1.21	"	4.6	3.6
82.3.28	宜蘭	3.2	2.6
82.2.22	"	3.7	3.1
82.1.30	"	3.6	2.1
82.1.27	"	2.7	2.2
82.2.8	"	1.4	1.1
82.10.20	"	1.1	0.9
82.10.16	"	1.6	1.2
83.1.4	竹子湖	3.2	2.6
83.1.19	"	5.3	4.5
83.4.8	"	0.9	0.7
83.4.17	"	2.6	2.0
83.4.26	"	1.6	1.1

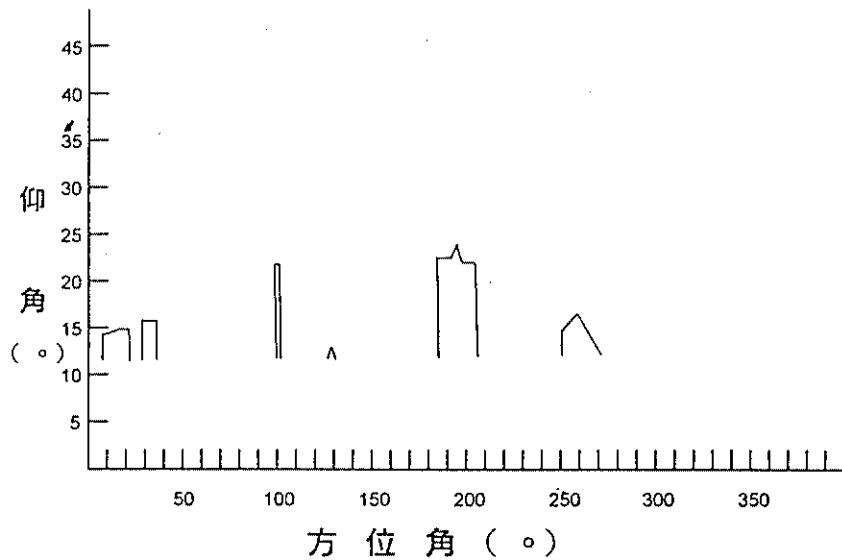


圖 1.1 新竹測站以雨量計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

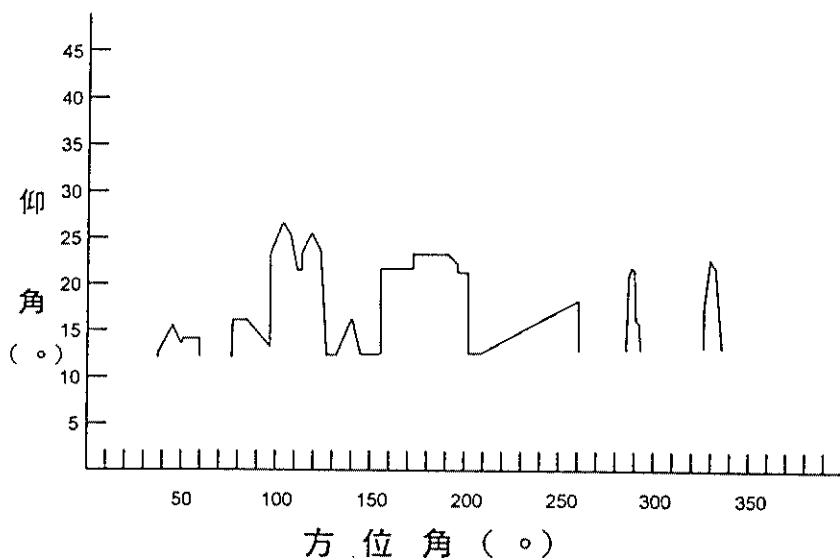


圖 1.2 花蓮測站以雨量計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

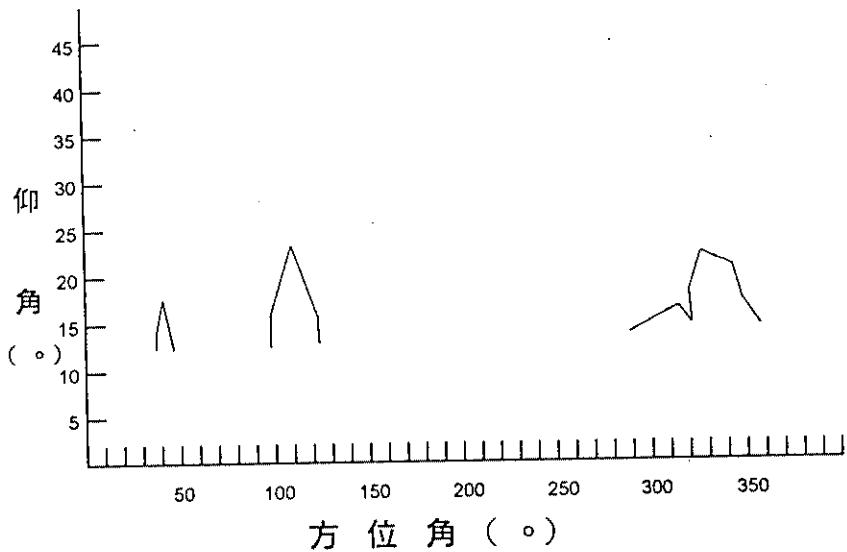


圖 1.3 蘇澳測站以雨量計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

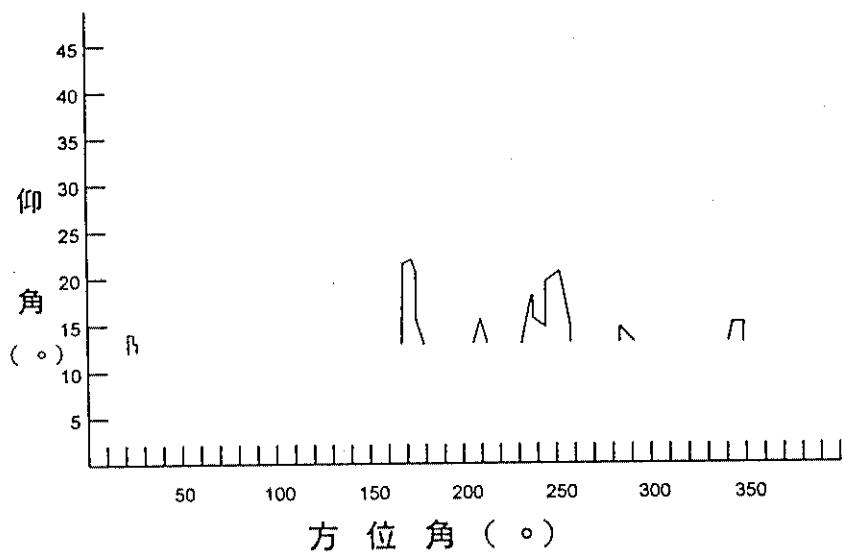


圖 1.4 宜蘭測站以雨量計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

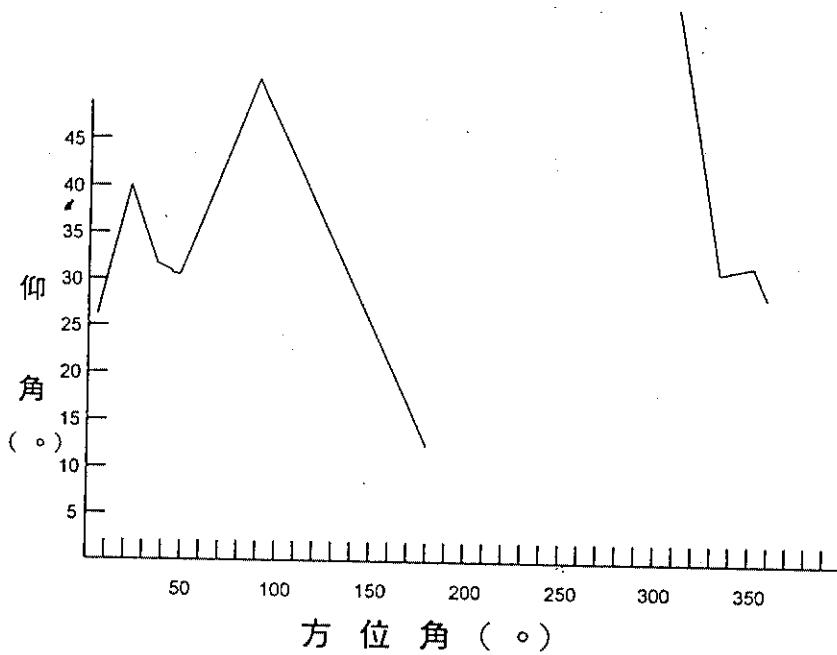


圖 1.5 竹子湖測站以雨量計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

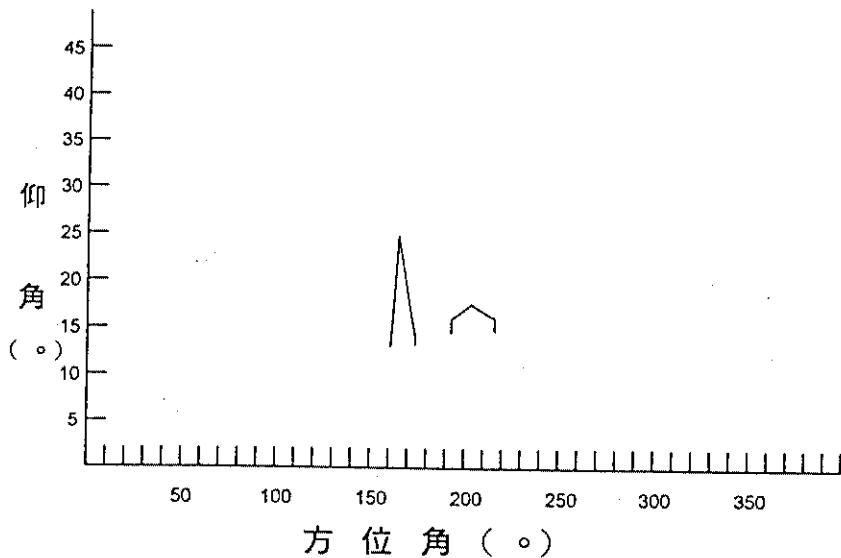


圖 1.6 基隆測站以雨量計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

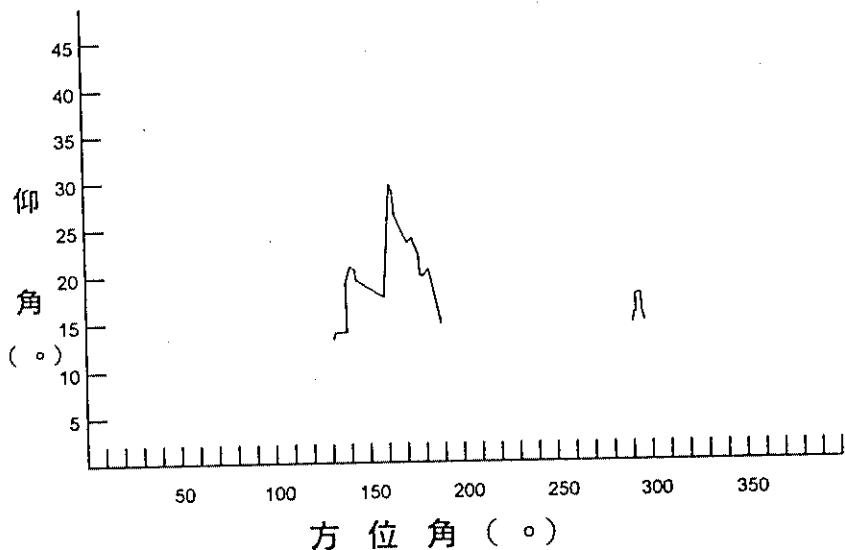


圖 1.7 梧棲測站以雨量計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

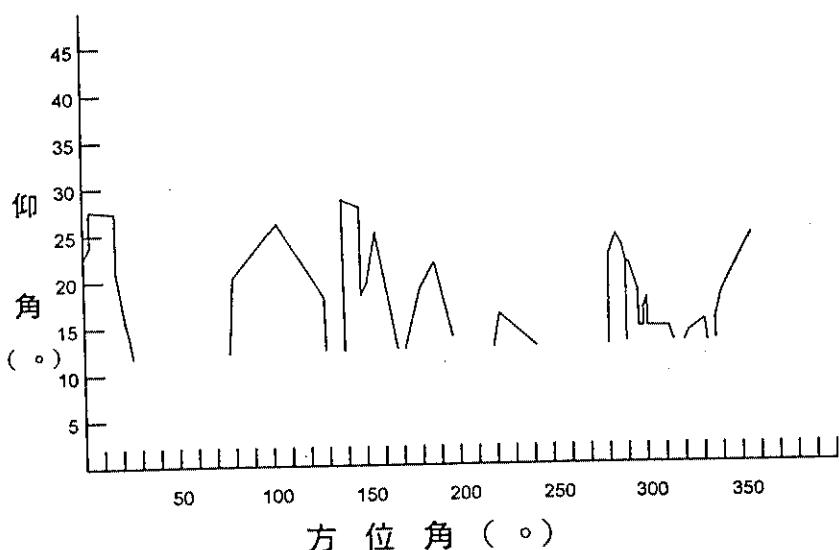


圖 1.8 臺中測站以雨量計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

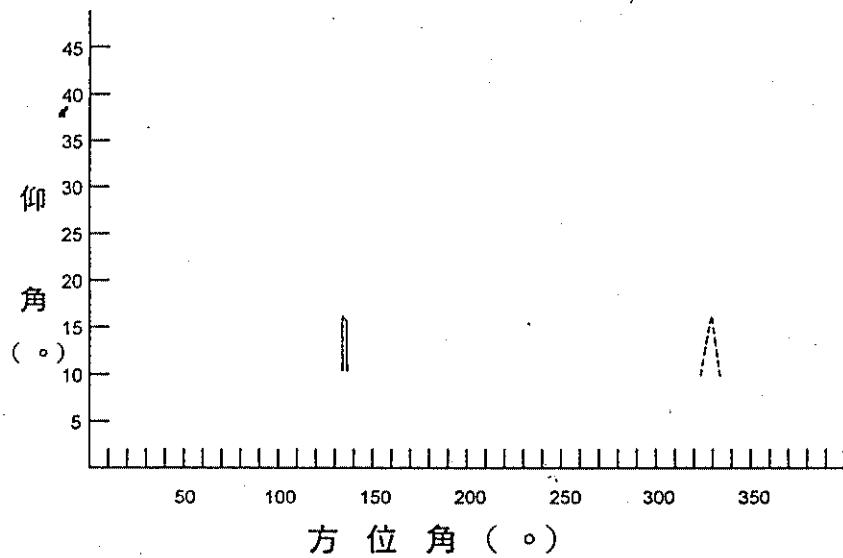


圖 2.1 新竹測站以日照計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

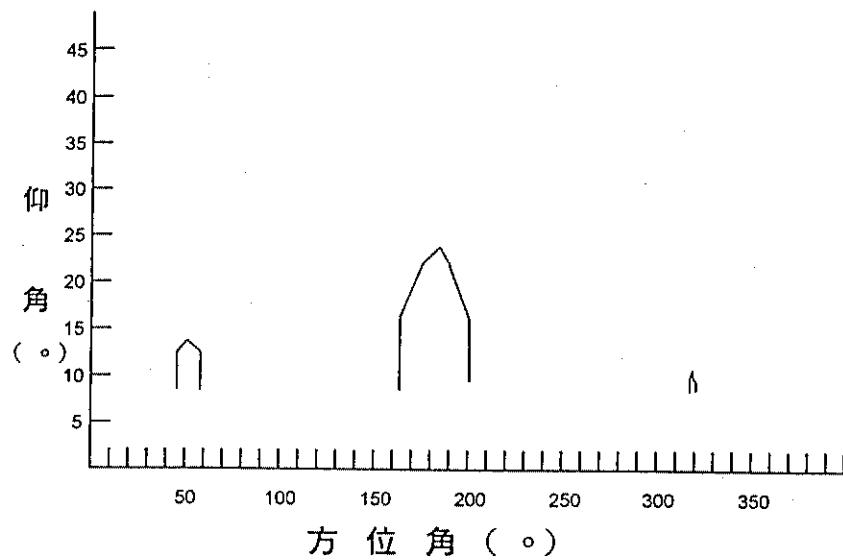


圖 2.2 花蓮測站以日照計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

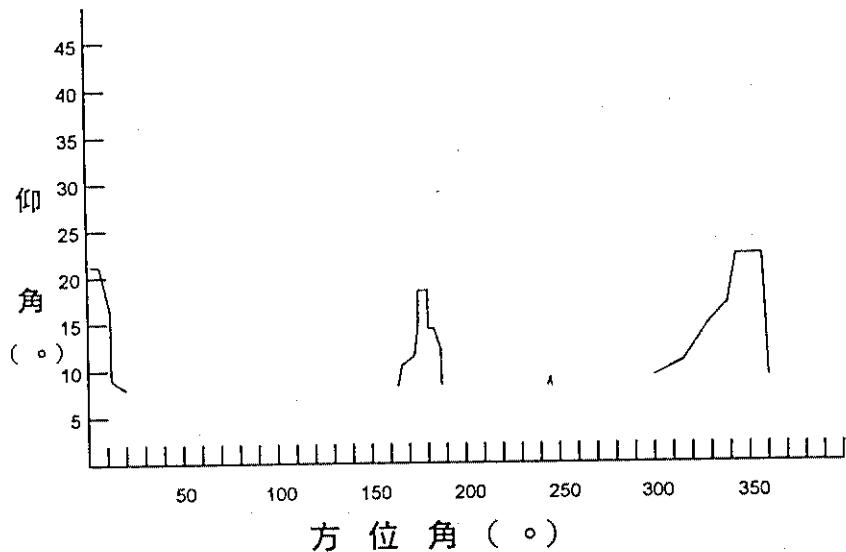


圖 2.3 蘇澳測站以日照計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

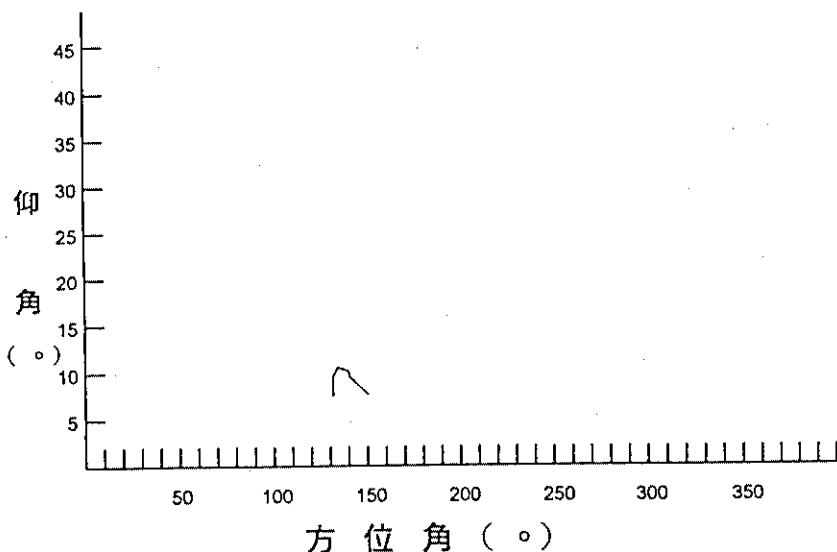


圖 2.4 宜蘭測站以日照計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

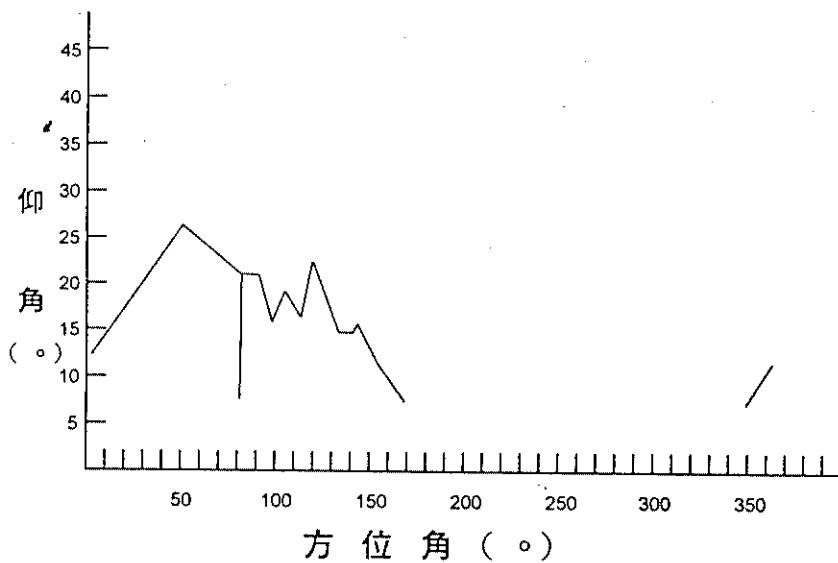


圖 2.5 竹子湖測站以日照計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

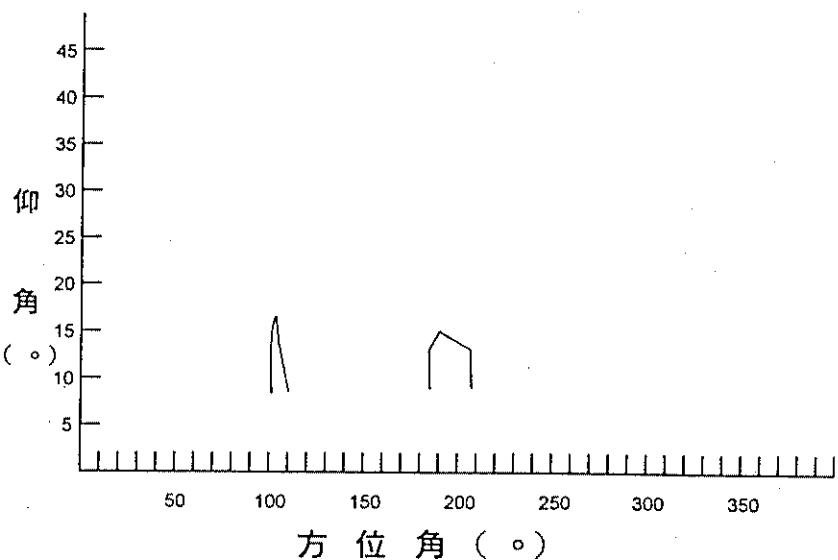


圖 2.6 基隆測站以日照計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

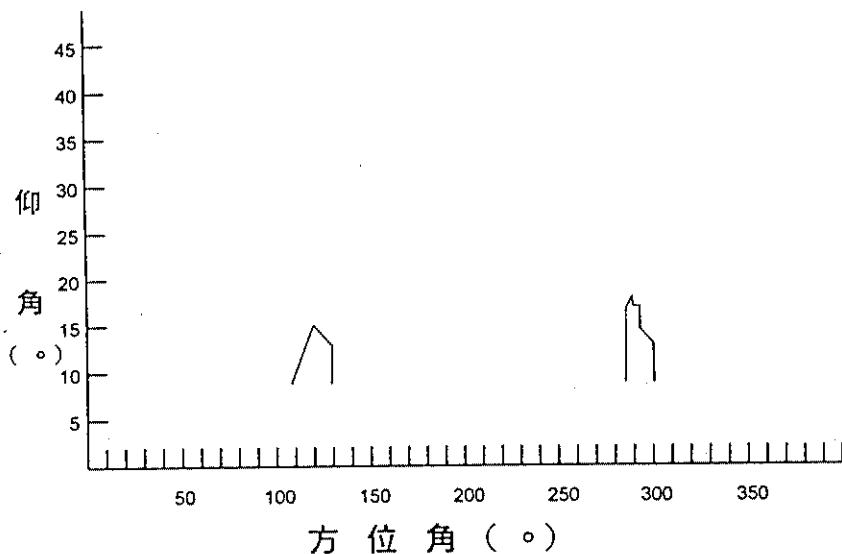


圖 2.7 臺中測站以日照計為中心之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

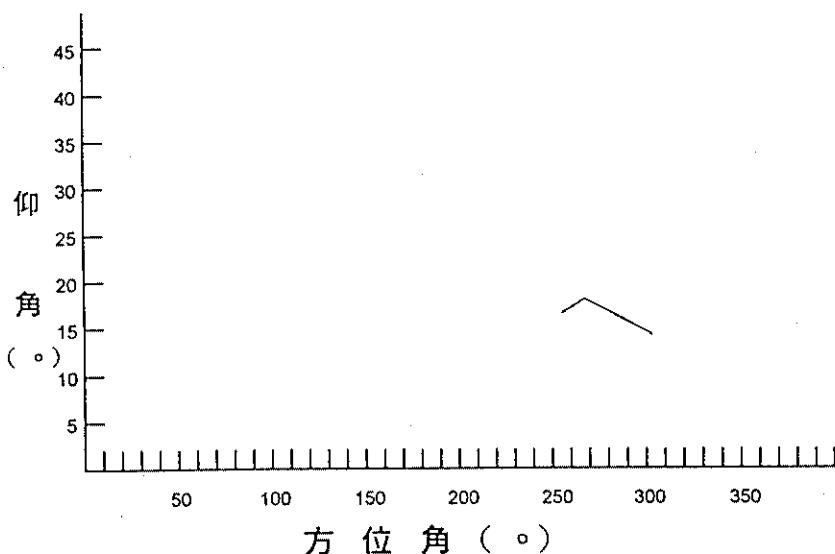


圖 3 將新竹測站雨量計向南移 14公尺後之環境四週障礙物位置之仰角及方位角

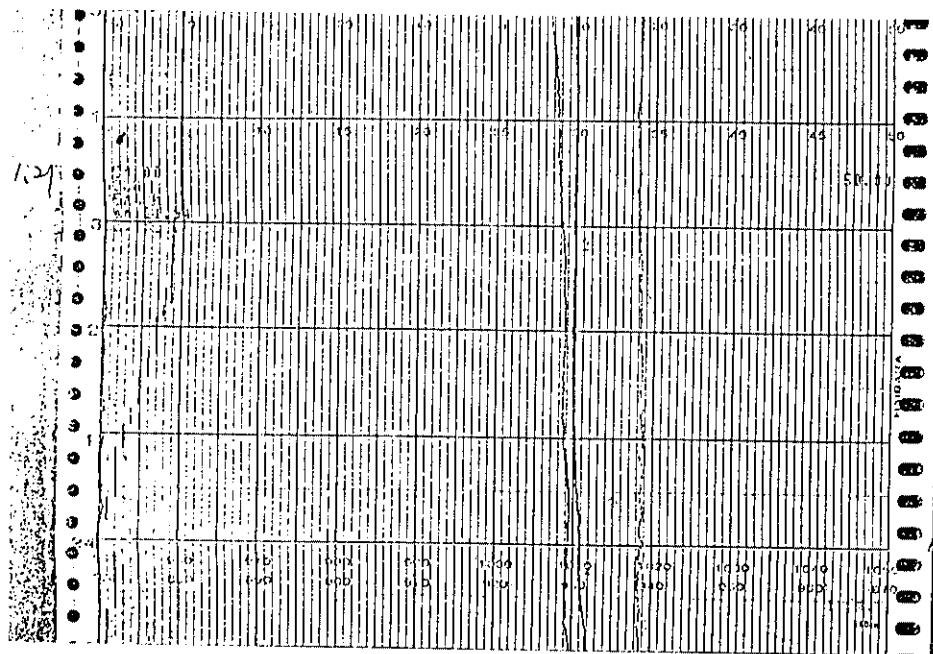


圖 4 蘇澳測站民國83年1月21日 氣壓、溫度、濕度類比記錄

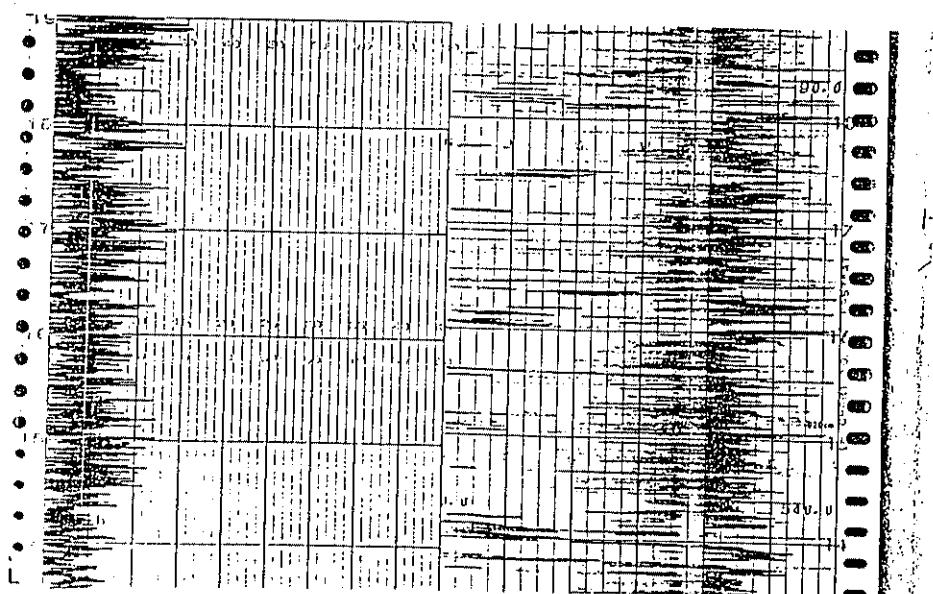


圖 5 蘇澳測站民國83年1月21日 風速、風向 自計記錄圖

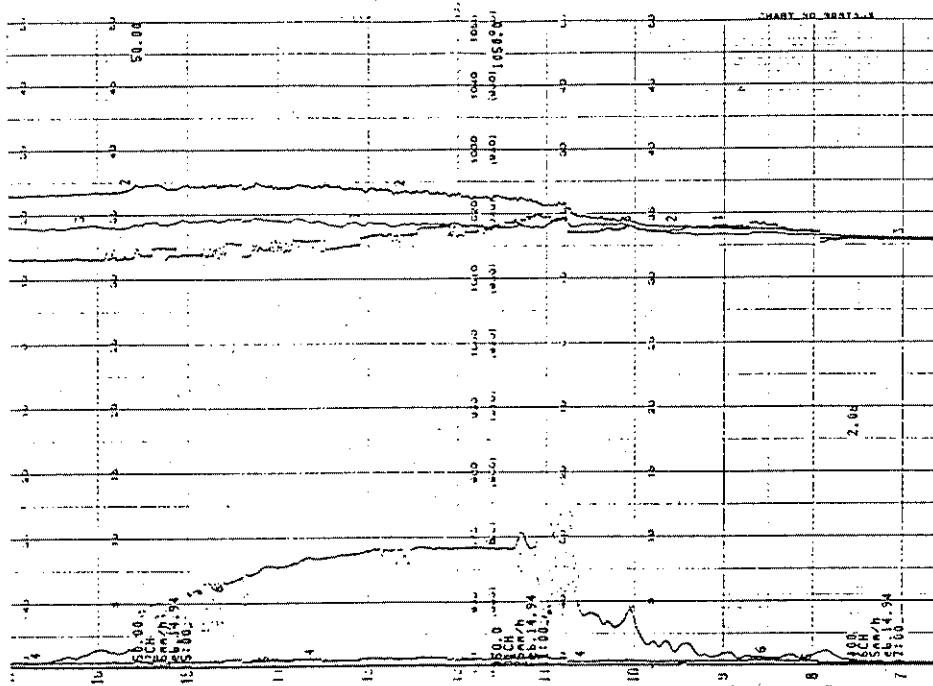


圖 6 宜蘭測站民國83年2月14日 氣壓、溫度、濕度類比記錄

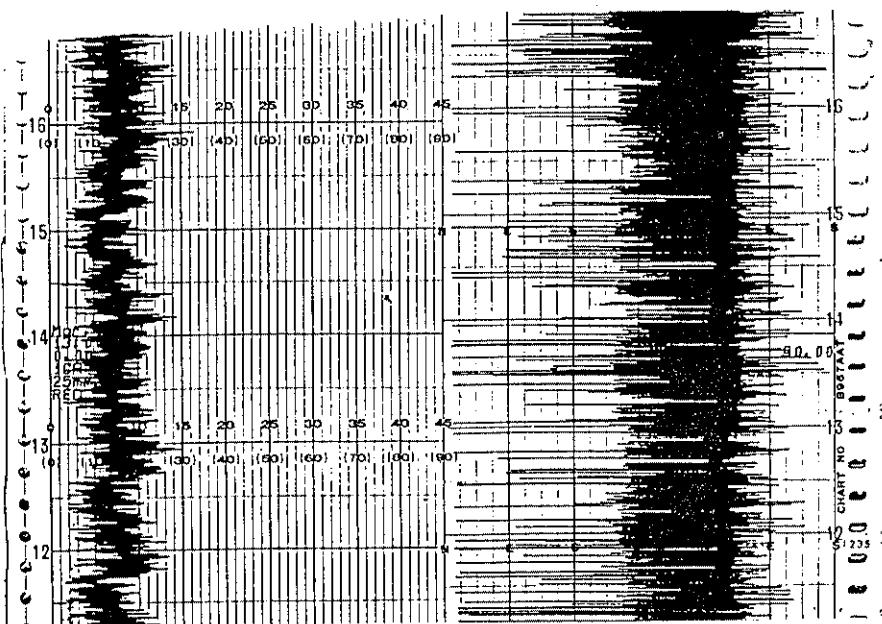


圖 7 基隆測站民國83年3月21日 風速、風向 自計記錄

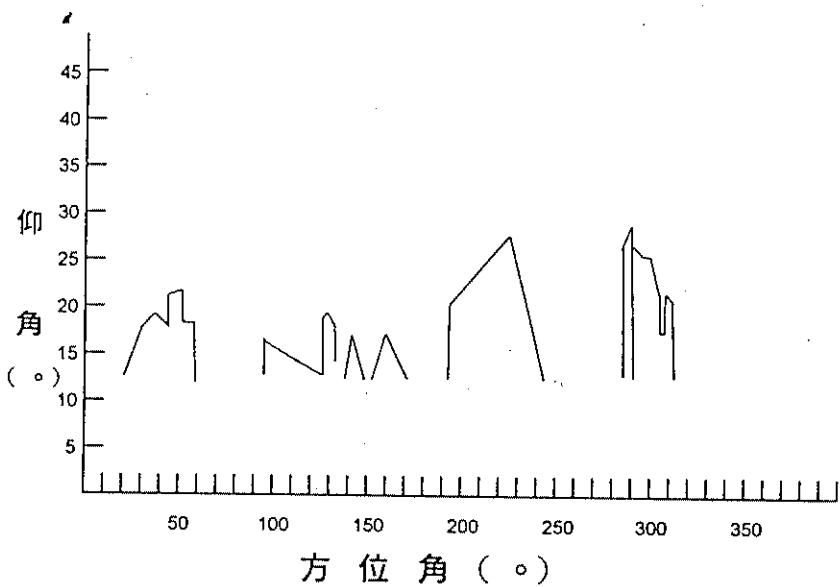


圖 8 臺中測站雨量計依原方位向 282° 移動 18公尺後之環境
障礙物之方位角及仰角

中央氣象局委託研究計畫報告
CWB83-2M-05

鼻頭角風浪統計預報模式之研究(一)
On The Statistical Wave Prediction Model
For Byitoujeau Area (I)

主 持 人：高家俊
助 理：周恆豪
蔡季萍
洪秀芬

中華民國八十三年六月

中文摘要

為將氣象局現有之記錄紙帶上之波浪數據數位化，以提供各種研究分析需求，本計劃發展一套影像處理軟體，配合使用掃描器將氣象局鼻頭角波浪站過去幾年之紙帶資料掃描成電腦圖形檔，並將之數位化成為水位時系列數據，數位化之結果經過比對，證實本方法已能有效轉換紙帶資料，並可提供計算機使用。

本計劃針對數位化後之波浪資料進行風浪相關性分析及波譜分析。由相關性分析顯示，在冬季時鼻頭角波浪與風速間存在一定量關係，最佳相關性延遲時刻為五小時，進一步實用結果有賴於增加資料數量以提供分析，夏季時風浪間相關性極小，波浪狀態主要由湧浪主控。波譜分析之結果顯示，鼻頭角之冬季波譜於波高小時較接近於P-M波譜，屬於成熟風浪，隨著示性波高增加，波譜峰度係數有增加趨勢，窄度係數減小，亦即主頻部份之能量增加，波譜形狀接近於JONSWAP波譜，其各項參數值分別為 $\gamma=1.4$ ， $C1=3.77$ ， $C2=1.10$ ；冬季時譜峰參數較夏季大，顯示波浪能量在頻域上分佈比夏季集中。

ABSTRACT

To convert the analog wave data which recorded on the sheet tape to be digital data to fit the need of researchs and investigations, firstly , the tape data measured at Byitoujeau recently years were scanned to be the picture file in PC, and then, an analysis method self-developed had been to obtain the digital data. To compare the original data, it is proved that the digital result can availablely represent the original data.

The digital wave data was used to process the analysis of wave-wind cross correlation and spectral. The result of wave-wind cross correlation has showed that there is a quantitative relationship between the significant wave height and the wind speed in the winter. The best cross correlation time lag is five hours. More practical result depends on the more data band. The cross correlation is relative low in the summer. It shows that the wave in the summer is swell domain. The result of the analysis of a large number of spectral show the shape of wave spectrum on winter is close to the P-M spectrum. The wave is belong to arisen wave. The peakedness parameter increases and the narrowness of the spectrum decreases as the increasing of the wave height in the winter.The shape of the spectrum herethen closes to the JONSWAP spectrum and the best coefficents are $\gamma =1.4$, $C1=3.77$ and $C2=1.10$.The peakedness parameter in the winter is generally large than in the summer. It means that the energe of the wave in the summer is more concentrated in the frequency domain than in the winter.

目 錄

中文摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
第一章・前言.....	1
第二章・資料數位化.....	2
2・1 波浪記錄紙帶介紹.....	2
2・2 掃描器設定及掃描步驟.....	2
2・3 圖形檔解析.....	3
2・4 雜訊濾除.....	4
2・5 數位化結果.....	6
第三章・風浪統計預報模式.....	8
3・1 波譜統計值計算方法.....	8
3・2 風浪交叉相關性.....	9
3・3 波譜相關理論.....	10
第四章・資料分析結果.....	13
4・1 統計值比對.....	13
4・2 鼻頭角風浪相關特性.....	13
4・3 鼻頭角波譜特性.....	15
第五章・結論與建議.....	17
參考文獻.....	18
附圖	19
附錄	41
附錄一.掃描檔案列表.....	42
附錄二.掃描原始程式.....	64

圖 目 錄

圖2.1 氣象局波浪記錄原始紙帶之一.....	19
圖2.2 紙帶圖素經掃描後之情形.....	19
圖2.3 影像處理軟體所掃描之結果，本圖以3000點數據 連線繪圖，相對於時間軸上10分鐘資料.....	20
圖2.4 氣象局波浪記錄原始紙帶之二.....	20
圖4.1 鼻頭角波浪站80年10月份波浪掃描統計值與波浪儀 計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期.....	21
圖4.2 鼻頭角波浪站81年10月份波浪掃描統計值與波浪儀 計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期.....	22
圖4.3 鼻頭角波浪站81年11月份波浪掃描統計值與波浪儀 計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期.....	23
圖4.4 鼻頭角波浪站81年12月份波浪掃描統計值與波浪儀 計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期.....	24
圖4.5 鼻頭角波浪站82年01月份波浪掃描統計值與波浪儀 計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期.....	25
圖4.6 鼻頭角波浪站82年02月份波浪掃描統計值與波浪儀 計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期.....	26
圖4.7 鼻頭角波浪站82年03月份波浪掃描統計值與波浪儀 計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期.....	27
圖4.8 鼻頭角波浪站82年04月份波浪掃描統計值與波浪儀 計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期.....	28
圖4.9 鼻頭角波浪站82年05月份波浪掃描統計值與波浪儀 計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期.....	29

圖4.10 鼻頭角波浪站82年06月份波浪掃描統計值與波浪儀 計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期.....	30
圖4.11 鼻頭角波浪站82年07月份波浪掃描統計值與波浪儀 計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期.....	31
圖4.12 風浪相關係數隨時間延遲變化圖.....	32
圖4.13 81年10月至82年07月鼻頭角風浪相關分佈圖， 時間延遲0小時，迴歸式： $H=28.9W+47.3$	33
圖4.14 81年10月至82年07月鼻頭角風浪相關分佈圖， 時間延遲5小時，迴歸式： $H=30.3W+44.9$	33
圖4.15 81年11月至82年02月鼻頭角風浪相關分佈圖， 時間延遲0小時，迴歸式： $H=27.1W+86.1$	34
圖4.16 81年11月至82年02月鼻頭角風浪相關分佈圖， 時間延遲5小時，迴歸式： $H=28.3W+85.4$	34
圖4.17 82年04月至82年07月鼻頭角風浪相關分佈圖， 時間延遲0小時，迴歸式： $H=13.4W+38.1$	35
圖4.18 82年04月至82年07月鼻頭角風浪相關分佈圖， 時間延遲5小時，迴歸式： $H=14.2W+37$	35
圖4.19 鼻頭角冬季示性波高 $100cm < H_s < 200cm$ 之實測 波譜與P-M波譜及JONSWAP波譜之比較.....	36
圖4.20 鼻頭角冬季示性波高 $H_s > 200cm$ 之實測波譜與 P-M波譜及JONSWAP波譜之比較.....	36
圖4.21 譜峰參考與波浪尖銳度關係圖.....	37
圖4.22 譜峰參考與相對水深關係圖.....	37

圖4.23 譜寬參考與波浪尖銳度關係圖.....	38
圖4.24 譜寬參考與相對水深關係圖.....	38
圖4.25 窄度係數與波浪尖銳度關係圖.....	39
圖4.26 窄度係數與相對水深關係圖.....	39
圖4.27 鼻頭角波浪窄度係數 ν_p 與譜峰參數 Q_p 之相關性.....	40
圖4.28 鼻頭角波浪譜寬參數 ε_p 與譜峰參數 Q_p 之相關性.....	40

第一章・前言

交通部中央氣象局於台灣沿海各海域設有數個波浪測站，並已實測波浪資料多年，為台灣地區最早也最完整之波浪資料庫。這些波浪資料為發展波浪預報模式及驗證模式之重要依據，亦為進行各項海岸工程及船支航行安全之重要參考。相關分析及研究在各先進國家，如美、日、德、荷等國已進行多年，本國在分析研究上之起步較晚，本計劃有鑑於此，先選定氣象局鼻頭角測站之資料進行分析，初步目標為了解此處波浪在風變期間之變化情形，藉以探討風、浪間消長關係，日後可以此為基礎，建立風浪統計預報模式供預報參考之用。

目前氣象局之波浪資料係以類比形式記錄於紙帶上，為方便使用計算機分析計算，必須先將此類比訊號轉換成數位訊號，因此本計劃首先在前半年發展一套影像處理軟體，以掃描器(Scanner)將鼻頭角測站近年來之原始數據轉換成數位型式，再進行統計分析工作。

波浪預報模式可概分為三種，第一種為引用時序列發展之各種模式以預測波浪，此為一純統計法，以過去長期觀測之波浪資料為基礎，歸納其相關特性以建立預報公式，此種方法在預報較大波浪變動量時，往往具有較大之信賴區間，亦即預測值與實測值間有較大的誤差；第二種為物理推算法如早期之S.M.B法及P.N.J法以及晚近發展之第二代及第三代波浪推算模式等，皆為將風、浪、吹風歷時及風域等物理量間之關係定量化，在已知風速、吹風歷時及風域條件下，可推算風域內各時刻之波浪狀況，此法由於考慮較多之物理量，推算結果將較為準確，但此類方法必須在具有準確之大風域預報風速時方能進行，且其計算量非常龐大，需以大型計算機對廣大海域進行逐步計算；第三種為風浪統計預報法，此法可推算局部之波浪狀況，所需要之物理量為海面上一個定點之波浪及風速。本計畫係以第三種方法，分析鼻頭角波浪與附近本局基隆氣象站風速之相關係，期能建立風浪相關性模式，作為該區域風浪預報之作業參考。

在將鼻頭角類比訊號數位化後，發展本波浪預報模式所需進行之工作包括先了解波譜在風變期間之變化特性，再探討風浪間消長之統計關係，最後以此關係式及預報風速預報未來之波浪狀況。

第二章・資料數位化

氣象局目前之幾個波浪測站在八十二年以前皆為自記式，除波浪統計值存檔於電腦外，波浪時序列直接繪於紙帶上，雖具有波浪統計值之數位記錄，然在進行其它分析如計算波譜、探討群波特性時卻無法直接運用，必須先加以數位化方能使用，若以人工方法判讀各點水位值殊不經濟且不準確，即使以數位筆點繪亦非常耗費時間。為使用這些紙帶上之記錄，本所於七月初即開始尋找可直接運用之軟體，當時中研院地科所許明光等人剛發表了一篇將地震記錄底片數位化的報告，本所曾派員與他們討論，但後來發現地震記錄底片與本計畫紙帶型式不同，處理地震記錄底片所需精度較高，且所需人工編修之部分也較多，並不適用於處理如本計畫的大量資料，本所因此決定自行開發適用方法。經過兩個月的反覆測試及程式編寫，終於確立一套較快速的步驟，此套步驟係先以掃描器掃描紙帶上之記錄，存成圖形檔，然後利用程式自動判讀圖形檔，將類比訊號離散化，本章將詳細介紹此方法。

2・1 波浪記錄紙帶介紹

氣象局現有波浪紙帶形式如圖2.1，每段記錄開始前有一ㄇ字形凸起，高度為此段記錄之比例值；記錄結束後有一小段平直線，此為平均海平面；每段記錄長度為30公分或60公分相對於時間上之10分鐘及20分鐘。

2・2 掃描器設定及掃描步驟

本計畫採用MICROTEK公司出品編號ScanMaker II的掃描器掃描圖形，此為目前最新機型，掃描解析度最高達800 DP I，可掃描圖形成為彩色（每像點佔256位元）、灰階（每像點佔8位元）及黑白（每像點佔1位元）三種模式，配合ImageStar II掃描專用軟體進行掃描工作，具有多種編修功能。

掃描器掃描圖形之原理係將圖形區分成許多像點(pixel)，例如解析度100 DP I表示將每英吋分成100個像點，掃描器通過這些像點時則依照掃描模式記錄這些像點值儲存於圖形檔中，在決定掃描器的各項設定之前，

必須先考慮掃描速度的快慢及儲存圖形檔之大小，掃描速度係隨著解析度及每像點所佔位元數之增加而變慢，而以彩色模式儲存圖形時為黑白模式所需256倍之記憶空間，舉例而言，一張3.5吋乘5吋之照片若以100 DP I之彩色模式掃描即需要5.6 MB空間，以目前通用的光碟片容量(300 MB)而言也只能儲存100個圖形檔，而且掃描速度極慢，實不符合商業需求。

本所經過反覆測試，發現將掃描諸元設定如下，即可得到良好掃描結果：

解析度：254DP I，每一像點對應到0.01公分，圖形可以5 Hz之數位值儲存；

掃描模式：黑白模式，最節省儲存空間；

黑白對比：以灰度192以上為白位元儲存，192以下為黑位元儲存，可確保過濾紙帶上之格現，而正確訊號線卻不致漏失；

圖形編修：為節省時間，在掃描過程中不加任何編修。

使用以上設定，配合486級個人電腦，工作人員以X軸為移動軸由左至右掃描一段波浪資料且加以存檔所需時間約為2.5分鐘左右，以下工作即解析此圖形檔，以得到數位化之結果。

2 · 3 圖形檔解析

Image Star II掃描軟體可將掃描所得圖形儲存成6種圖檔，本計畫選取副檔名為".PCX"之圖檔儲存解析，選用此圖檔之原因有二，一為此檔以壓縮方式儲存較節省儲存空間，另一原因为此種圖檔之結構比較簡單，解析程式較易編寫。

PCX檔可區分為兩部分，第0至第127位元組為標頭檔記錄PCX檔之結構資訊，各字元組之內容詳如表1；自第128字元組開始則為圖形中各像素資料，PCX檔採Run-Length方式壓縮資料，這種方式係將一串相同資料以一個字元組代替，重複次數則記錄於前一個字元組，此時這前一個字元組為計數器(counter)，若一像點與前後資料皆不相同，則此位元組本身即為資料；區別位元組為資料或為計數器，可以從一個位元組最左邊二個字元判斷，若同為1則為計數器，如下例：

128B	129B	130B
11010010	00000001	00000000

第128位元組最左邊二個字元同為1，此位元組為計數器，數目為右邊六個位元之值，此處010010為18，代表第129位元組白重覆了18次，第130位元組最左邊二個字元不同為1表示此位元組為資料本身，黑重覆一次。

起始位元組	長度(Byte)	描述
0	1	製造商，通常為0x00
1	1	版本代號
2	1	編碼代號，通常為1
3	1	每個像點以多少bit表示
4	4	圖的左上角座標(Xmin, Ymin)
8	4	圖的右下角座標(Xmax, Ymax)
12	2	水平解析度
14	2	垂直解析度
16	48	色彩調色盤
64	1	保留
65	1	色彩平面之數目
66	2	每條掃描線有幾個byte
68	2	調色盤的型式，1為彩色或黑白，2為
70	58	灰階填滿檔頭

表1 PCX 圖形檔的格式

了解了PCX檔之結構後，可將整張圖形解析如圖2.2，從圖上可清楚看出原來資料之軌跡，其中X軸為時間，Y軸則為水位。

2 · 4 雜訊濾除

本所開發之雜訊濾除程式為全自動執行，一次可以處理數百個圖形檔，處理每一個圖所需時間為2分鐘，其處理一個圖形資料包括以下幾個步驟：

(1)求各點代表值

從圖形檔解出之像點為黑者為可能之資料點，從X軸上一個固定點讀取Y軸上之黑像點可能得到2點以上，其中只有一點為表，由於自記式畫筆於圖上之最小寬度為0.05公分等於5個像點，黑像點小於5點應為雜訊，因此程式選定黑點重覆次數最多者代表正確值，此種假設經過人工測試，

證明可取得97%以上的正確值。取得一筆連續重覆黑點後，程式自動計算其平均值代表該時之水位值。

(2)求傾斜角

人工將紙帶置放於掃描器上時，可能產生小角度之傾斜，此部份誤差可以最小平方法(Root Mean Square)求出傾斜角，然後將全部資料反向扭轉，即可去除此部份誤差。

(3)求海平面值及比例值

計算圖形檔最後一段資料之平均值即為海平面值，程式將所有資料以此為零點，可計算出絕對位置；計算圖形檔最前一段ㄇ字形之平均高度值，可對應得到此段資料之比例值，將所有資料乘以此比例值，即可得到正確值。

(4)濾除邊界雜訊

將紙帶置放於掃描器上時，訊號線與掃描區域兩側至少都保留1公分以上的空間，程式有時取得之連續重覆黑點會落在此區域內，此種雜訊可由程式自動排除，此種情形不超出總資料量1%，經濾除後可由前後點之平均值代替。

(5)濾除偏差過大資料

紙帶上之訊號平滑連續，但部份紙帶較為不潔，其中污跡將會產生連續重覆黑點，此種數據與正確訊號線間常有較大偏差，程式濾除此種誤差之方法為利用正常分佈(Normal Distribution)的特性，分別從局部及全部將與平均值偏差大於3倍標準偏差者濾除。

(6)濾除小波雜訊

觀察紙帶記錄可發現極少出現1秒週期以下之波浪，因此程式自動將1秒週期以下之波浪濾除。

(7)計算波浪統計值

經過以上濾波處理後之波浪時序列，程式採用零上切法計算出波浪各統計值，包括波數WN，最大波高週期 H_{\max} 、 T_{\max} ，十分之一最大波高週期 $H_{1/10}$ 、 $T_{1/10}$ ，示性波高週期 $H_{1/3}$ 、 $T_{1/3}$ ，平均波高週期 H_{mean} 、 T_{mean} ，以及均方根波高週期 H_{rms} 、 T_{rms} 等。

(8) 計算波譜

每一段波浪資料長度為十分鐘，本掃描法將之離散成3000筆數位值，程式從其中取出2048點，以快速傅利葉轉換法(FFT)求得其波譜，切斷頻率為2.5Hz。

(9) 存檔

本程式儲存資料檔包括波浪時序列資料檔、波浪統計值檔及波浪頻譜檔等共三個檔。

2 · 5 數位化結果

紙帶上之波浪資料經過以上方法解析及數位化後可得如圖2.3，經與圖2.4比較，可發現本所發展之數位化法在自記筆跡清楚時，已能得到與原有資料非常逼近之結果。

自82年10月至83年4月份止，掃描所得之圖型檔共15044個，經過分析數位化後，發現部分資料具有雜訊，將具雜訊之資料與原圖比較，發現造成雜訊之原因有幾個：第一、原圖形即為雜訊，此情形主要發生於波浪儀故障時；第二、自記筆跡不清晰或太淡，與紙帶上格線同樣被列為白位元，造成數位化程式無法判讀；第三、紙帶轉動不順造成之訊號扭動，此種情形程式雖能判讀，但無法使用，第四、紙帶處理或保存不當造成之雜訊。本報告將雜訊較大者去除後可得到如表2之結果，各年成功率及總成功率亦列於其上。

檔案年份	成功檔案數	失敗檔案數	成功率
71年	77	7	92%
72年	10	18	36%
74年	1582	857	65%
75年	802	556	59%
76年	2	61	3%
77年	153	69	69%
80年	1226	971	56%
81年	2823	1034	73%
82年	4417	379	92%
總計	11042	4002	74%

表2 各年份掃描個數及成功率

從表2中可看出80年以前之資料較少，此因80年以前資料為每二小時取樣一次，另外現有紙帶資料在80年以前缺漏甚多，本所僅能自現有資料著手掃描；除資料不連續外，各紙帶時間記錄亦有誤差，正常狀況下，各紙帶卷首及卷尾應皆有時間記錄，且卷首時間加上紙帶中檔案個數應等於卷尾時間，但卷尾時間往往不符合，甚至有些紙帶只有卷首時間或卷尾時間，這些狀況造成資料整理花費大量時間，且時間並不一定正確，只能約略估計，十分可惜。

第三章・風浪統計預報模式

3・1 波浪統計值計算方法

本報告採用零上切法(Zero Cross Up Method)，計算波浪統計值，如圖3.1，求得每一筆波浪時序列平均值，一個波浪定義為此次由下向上通過平均值的切點至下個零上切點間之水位變化，依此方法計算零上切點數即為波浪個數。在兩個零上切點間最高值稱為波峰，最低值稱為波谷，波峰與波谷之水位差稱為波高；而兩個切點間的水位點數乘上取樣時間，則為此波浪之週期。將一筆水位資料之各個波高值 $H_1, H_2 \dots$ 依大小排列後，最大者稱為最大波高(H_{\max})，相對應之週期則為最大波週期(T_{\max})，前十分之一大之波高平均值稱為十分之一最大波高 $H_{1/10}$ ，相對應之週期平均值稱為十分之一最大週期 $T_{1/10}$ ，前三分之一大波高平均值稱為示性波高 $H_{1/3}$ 或 H_s ，與之對應之週期平均值稱為示性週期，全部波高平均值稱為平均波高 H_{mean} ，全部週期平均值稱為平均週期 T_{mean} 。

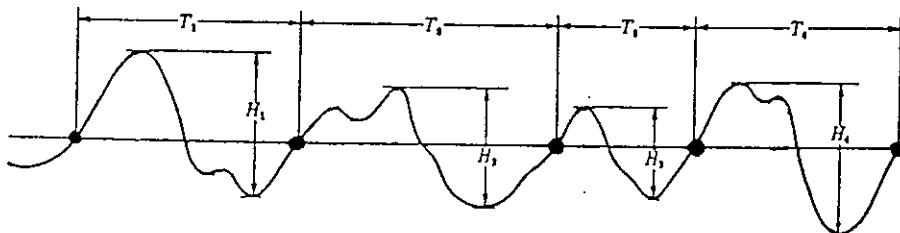


圖3.1 零上切波浪分析法

這些波浪統計值中最廣被使用者為 $H_{1/3}$ 及 $T_{1/3}$ ，主要原因為其最接近目測所得之波高及週期，本報告後面相關性分析及資料比對，亦將以示性波高及示性週期為主。

3 · 2 風浪交叉相關性

風生浪起，風吹拂海面藉著剪力及壓力將能量傳遞給海洋實為波浪形成最主要之原因。在局部地區因風產生的浪稱為風浪，當波浪離開吹風區域，依本身能量傳輸向外傳播則為湧浪，在每一時刻每一海域之波浪可視為當地風浪與外地傳來湧浪之結合。本省附近海域冬季時東北季風盛行，波浪主要為風浪型態，到夏季時除當地颱風形成之浪外，較大風浪主要皆為外地傳來之湧浪。

由於分析及探討湧浪須考慮大區域整體各海氣象物理量間之交互作用，模式龐大而複雜，本報告在物理條件不足下不擬進行探討，而以分析風、浪間之定量關係為主，假設一海域無外地傳遞之湧浪進入，則此海域波浪大小必以風為主要控制因素，以統計觀點視之，風、浪時序列之間必存在正相關性即風大時波浪應變大，風變小時浪亦隨之變小，然而海面接受風能量後並非馬上產生相對應之波高，波高應在風吹後有一時間延遲 (Time lag)，本計畫中具有氣象局基隆氣象站之無方向風速資料及鼻頭角波浪站統計波高值，可藉由統計學中交叉相關函數(cross correlation function)將此二物理量相關性加以量化：

$$C_{WH}(k\Delta t) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (W_t - \bar{W})(H_{t+k} - \bar{H}), \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (3.1)$$

- 式中 W : 風速時序列
 H : 波高時序列
 n : 有效樣本數
 \bar{W} : 風速樣本平均值
 \bar{H} : 波高樣本平均值
 k : 時間延遲項數
 Δt : 取樣間隔
 C_{WH} : 風浪相關係數

經由上式，可以求得一海域風與浪在不同時間延遲下之定量相關性，並以相關係數最大者之時間為最佳相關時間延遲。將各時刻之風速及最佳相關延遲時間之波高資料作迴歸分析可得一線性迴歸式作為波浪預報模式之參考。

3 · 3 波譜相關理論

海面波浪高低起伏變動不停，無論在空間或時間上均極不規則，無法以一種數學方法準確推算各時刻之水位，處理此種資料須從統計觀點進行。假設海面變動 $\eta(0,t)$ 為一定常性(stationary)、遍歷性(ergodic)、同時為高斯(Gaussian)過程，則其期待值為：

$$E[\eta(t)] = \bar{\eta}(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T \eta_i(t) dt = 0 \quad (3.2)$$

且自相關函數(autocorrelation function)：

$$R(\tau) = E[\eta(t+\tau) \cdot \eta(t)] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T \eta(t+\tau) \eta(t) dt \quad (3.3)$$

$R(\tau)$ 表示水位 $\eta(t)$ 與相隔 τ 時刻後之水位 $\eta(t+\tau)$ 間之密切程度。因 $\eta(t)$ 為定常過程， $R(\tau)$ 可以福里葉函數(Fourier Function)表示：

$$R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \hat{S}(\omega) e^{i\omega\tau} d\omega \quad (3.4)$$

其逆福里葉換為：

$$\hat{S}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau) e^{i\omega\tau} d\tau \quad (3.5)$$

在定常過程中 $R(\tau)$ 為偶函數(even function)，故 $\hat{S}(\omega)$ 為實數且對 $\omega=0$ 對稱，故(3.4)可以下式表示：

$$S(\omega) = \begin{cases} 2\hat{S}(\omega) & , \omega \geq 0 \\ 0 & , \omega < 0 \end{cases} \quad (3.6)$$

以上(3.5)中角頻率亦可以頻率表示如下式：

$$S(f) = 4 \int_0^{\infty} R(\tau) \cos 2\pi f \tau d\tau \quad (3.7)$$

$S(f)$ 稱為頻率能譜密度函數 (frequency power spectral density function)，若能將連續水位資料轉換成頻率能譜，則由能譜中可以看出波浪在各個頻率上之能量分佈情形，為海岸工程設計及海洋力學研究上極為重要之工具。在實際計算能譜時，由於數位電腦無法計算連續資料，需以一定間隔將連續記錄讀成離散資料，再以快速福里葉轉換(F.F.T.)計算能譜，此亦為本計劃將紙帶資料數位化之主要原因。

為便利使用能譜，許多研究者歸納分析各種波浪能譜，發現波浪能譜可以經由公式表示，一般通用之型式為Bretschneider(1963)所建議：

$$S(f) = k_1 f^{-p} \exp(-k_2 f^{-q}) \quad (3.8)$$

其中 k_1, k_2, p, q 為未知數，這些未知數在不同地形風速及風域條件下有不同的變化，各學者大多皆以此型式探討這些未知數的特性。

根據波譜定義，可計算波譜之各種形狀參數，本報告依據前人研究選擇譜寬參數(spectral width parameter, ε_p)，窄度係數(narrowness of spectrum, ν_p)及峰度參數(spectral peakedness, Q_p)作為探討鼻頭角波譜特性之工具，其定義分別如下：

$$\varepsilon_p = \sqrt{1 - \frac{m_2^2}{m_0 m_4}} \quad 0 < \varepsilon_p < 1 \quad (3.9)$$

$$\nu_p = \sqrt{\frac{m_0 m_2^2}{m_1^2} - 1} \quad 0 < \nu_p < 1 \quad (3.10)$$

$$Q_p = \frac{2}{m_0^2} \int_0^\infty f S^2(f) df \quad (3.11)$$

$$\text{其中 } m_j = \int_0^\infty f^j S(f) df, j = 0, 1, 2, \dots \quad (3.12)$$

三個形狀參數皆代表了波浪能量在頻率域上之分佈情形， ε_p 及 ν_p 表示波譜之寬窄度，而 Q_p 則可描述波譜之在主頻上之尖峰度。

本報告亦提出2種波譜型式作為與鼻頭角實測波譜之比較，第一種為波浪接受風能量在發達初期之JONSWAP波譜，及波浪充份發達之P-M波譜，一般實測波譜形狀皆在此二者之間，其波譜公式各別表示如下：

JONSWAP波譜

$$S(f) = \frac{3.28}{C_1^2 \cdot C_2^4} \left(\frac{H_s}{T_s^2} \right) f^{-5} \exp \left[-1.25(C_2 \cdot f \cdot T_s)^{-4} \right] r^{\exp(\beta)}$$

其中 $\beta = -\frac{1}{2\sigma_0^2} (C_2 \cdot f \cdot T_s - 1)^2$ (3.13)

$$\begin{cases} \sigma_0 = 0.07 & f \leq f_p \\ \sigma_0 = 0.09 & f > f_p \end{cases}$$

B · P-M波譜

$$S(f) = 0.191 \left(\frac{H_s^2}{T_s^4} \right) f^{-5} \exp \left[(-0.76)(T_s \cdot f)^{-4} \right] (3.14)$$

上二式中：

f_p : 波譜尖峰頻率，能譜密度最高處之對應頻率

H_s : 示性波高

T_s : 示性週期

$C_1: H_s / \sqrt{m_0}$ ，需由實測波譜統計迴歸

$C_2: T_p / T_s$ ，需由實測波譜統計迴歸

第四章・資料分析結果

4・1 統計值比對

由於紙帶記載時間零散，且76年之前氣象局無統計資料可資比對，因此本報告選擇80年10月及81年10月～82年7月份之掃描結果與氣象局波浪儀計算結果進行比對。

80年10月份之掃描與波浪儀之比對結果如圖4.1，可以看出整體趨勢非常接近，但似乎有時間偏移現象，最明顯處為5日至10日間，本報告從紙帶上判斷之時間與正確時間相差了約2天時間，此種因人工記錄所造成的誤差很難個別加以矯正，雖然在統計應用上仍有使用價值，但需要正確時間以作逐時分析時例如相關性分析及預報模式驗證時資料記錄，時間偏差將造成此種資料無法運用。

圖4.2中為81年10月份之波浪統計比對，從圖中可以看出時間偏移已經減少，掃描計算統計值與波浪儀計算值已相當接近，從圖4.3至圖4.11之比對結果更發現時間連續，資料中斷較少，時間偏差幾乎已消失，故本報告風浪相關性分析即選定81年10月～82年7月份之資料進行探討。

掃描後計算流程值與由波浪儀計算值間之差異原因有二：第一、掃描時僅能以紙帶上之墨跡在時間軸上之中點代表此點水位值，但自記筆在繪線時可能因機械動作有慣性造成在水平線及峰、谷時之墨跡厚度不一，且真正水位值有時不在墨跡中點上，而稍有偏差；第二、氣象局波浪儀開始取水位資料時間與本報告方法可能有幾秒鐘差異，造成統計值有些微差異。但即使因方法不同有所差異，但在統計特性上仍應相當一致。

4・2 鼻頭角風浪相關特性

本部份相關分析波浪資料採用81年10月份至82年7月份之掃描結果之示性波高進行計算，81年10月份之前的資料由於時間並不連續，且無法獲得各筆資料正確量測時間，因此不予採用。風速資料採用基隆氣象站無

方向性風速資料，量測時間每日有2，5，8，9，11，14，17，20，21及23實等10筆不連續資料。

依據(3.1)式求出10個月份風及浪之相關性，其計算採用時段及最佳延遲時間如表3。

時 段	最佳延遲時間	迴歸式	有效樣本數
81年10月～82年07月	5hour	$H=30.3W+44.9$	2750
81年11月～82年02月	5hour	$H=28.3W+85.4$	1150
82年04月～82年07月	2hour	$H=14.2W+37$	1100

表3.風浪相關分析一覽表

從圖4.12中可以看出，整體風浪相關性最佳者為冬季時，次之為冬季及夏季合計，夏季之相關性最小，此現象說明冬季時局部風浪關係較強，東季時風向主要為東北方向，鼻頭角風域較大，波浪可大量接受風之能量，至夏季時，風向轉向為西南方向，風域受到陸地遮避而減小，波浪較無法接受到風之能量，此時波浪應為外海域傳來之湧浪，風浪相關性變小，從圖中選出各時段最佳延遲時刻風浪分佈關係(如圖4.14、圖4.16及圖4.18)與當時發生風浪分佈關係(時間延遲為0，如圖4.13、圖4.15及圖4.17)比較，可以發現以下幾點現象：

- (1)3個時段之當時風浪與最佳延遲時刻之分佈狀態差不多，信賴區間均相當大，但從迴歸式中觀察，可以發現最佳延遲時刻下之一次項係數皆比當時時刻大，表示相關性較強。
- (2)因為相關性較小，夏季分佈範圍(圖4.17，4.18)比冬季(圖4.15，4.16)大很多，且夏季之數據分佈(圖4.17，4.18)明顯在迴歸線上下兩方區域分成兩部份，其原因應從風向上檢討，可惜基隆氣象站沒有提供風向資料。依物理現象研判，迴歸線下方之數據點，其風，浪呈無相關，很可能是風向為偏南方，因此雖有風速，然而缺乏吹風距離，波浪無法成長之故，唯上述討論僅係現象之研判，確實原因仍待以實測數據證明。
- (3)由於只使用10個月資料，為求降低信賴區間，必須加入更多之資料，作長期分析探討，此外資料分佈散亂可能原因之一為風浪相關分析法未能考慮吹風歷時之因素，吹風歷時增加等於浪接受能量之疊加，若能加以量化，與風速結合，應可降低散亂程度。

(4) 鼻頭角夏季之波浪，由湧浪主控，不能只考慮當地風浪相關性，必須使用其他模式分析。

4 · 3 鼻頭角波譜特性

本報告選擇81年11月至82年1月三個月中示性波高大於100公分之波浪資料進行波譜分析，其結果並與JONSWAP及P-M兩種波譜比較，如圖4.19及圖4.20所示，其中圖4.19中之示性波高皆介於100及200公分之間，共計以297組波譜平均各分量所得；圖4.20示性波高皆大於200公分，共計使用280組波譜平均，此二波譜皆經無因次處理以便於探討其特性，此二組資料相關參數分別如表4所示。

組 別	1	2
使用波浪資料數	297組	280組
平均示性週期 $T_{1/3}$	6.8sec.	7.8sec.
平均示性波高 $H_{1/3}$	146cm	271cm
$C1 = H_{1/3} / \sqrt{m_0}$	3.77	3.78
$C2 = T_p / T_{1/3}$	1.12	1.09
平均風速 WS	2.7m/s	4.6m/s
譜寬參數 ϵp	0.98	0.97
窄度係數 $v p$	0.64	0.53
譜峰參數 Qp	1.67	1.88

表4. 波譜分析參數一覽表

兩組資料之譜寬參數皆接近於1，但窄度係數明顯隨著示性波高增加由0.64降到0.53，此顯示波譜在大波浪時能量較為集中，譜峰參數亦隨之增大，此二組數據之Qp皆小於2，根據Godaa(1985)之研究成果顯示，應皆屬於風浪性質，波譜在小波浪時與P-M波譜較為一致，但低頻 $f < 0.8fp$ ，能量較二理論波譜為大，及高頻 $f > 1.15fp$ 時則大於JONSWAP波譜，應屬完全成熟波，波高較大之一組波譜能量較為集中，有趨向JONSWAP波譜之趨勢，但尖峰頻率之能量仍小於JONSWAP波譜尖峰能量，JONSWAP波譜中需依據實測資料歸納幾個係數值，本報告採用 $C1=3.77$, $C2=1.1$ ，此二係數係本計劃由鼻頭角實測波譜統計得到， γ 分別採用2.08及1.4兩個值，2.08係由Ou(1977)統計臺灣海峽中北部海域波譜資料所得，1.4則由

本計劃比對實測波譜之結果，從圖中可發現 $\gamma = 1.4$ 更接近鼻頭角海域實際波浪狀況。

除比較實測波譜與理論波譜間之差異外，本報告亦將81年11月至82年7月大量波譜之 ε_p 、 v_p 及 Q_p 等三個波譜形狀參數與波浪尖銳度(wave steepness, $H_{1/3} / L_{1/3}$)、相對水深(relative water depth, $D / L_{1/3}$, $D / L_{1/3}$)求出，並分夏、冬二季探討其彼此間之關係(如圖4.21-圖4.28)。由圖4.21中， Q_p 有隨著波浪尖銳度增加緩慢上升之趨勢，且冬季比夏季之值略大，顯示冬季時波浪能量較為集中，由圖4.22中則可發現 Q_p 隨著相對水深緩慢下降； v_p 與波浪尖銳度成明顯負相關性(如圖4.23)，隨著波浪尖銳度急速下降，在波浪尖銳度為0.01附近相差將近兩倍，此現象說明夏季波浪在同樣波浪尖銳度下較具規則性，波浪能量比較集中； v_p 與相對水深之關係則較不明顯(如圖4.24)。由圖4.25及圖4.26，可以發現 ε_p 與 v_p 之趨勢相近，但具有較大值，二者比值在1.5至2.0之間。

為了解各形狀參數間之關係，將 ε_p 與 v_p 與 Q_p 關係繪如圖4.27及圖4.28，由圖中可發現 ε_p 與 v_p 皆隨著 Q_p 之增加而減小，尤其夏季之波浪特別明顯，此原因為當波浪能量往尖峰頻率附近集中時， Q_p 值增加，尖峰兩側之能量集中，譜寬變小， ε_p 與 v_p 之值自然隨之降低。

第五章・結論與建議

本報告以掃描器配合自行開發軟體已成功地將氣象局過去幾年之紙帶波浪資料數位化，並將數位化之資料實際運用於風浪分析，得到以下幾點結論：

- (1) 鼻頭角風浪相關分析結果顯示本區域之波浪明顯分成夏季與冬季兩種不同型態，夏季波浪應考慮湧浪影響，冬季波浪由於屬風浪型式，風浪相關性較高，但現階段可用資料不足，尚無法求得確實之風浪定量關係，應將日後觀測結果持續加入分析，以增加對風浪間定量特性之瞭解。
- (2) 鼻頭角海域之冬季波譜在波高小於2m時，JONSWAP波譜中之參數為 $C_1=3.77$ ， $C_2=1.12$ ， $r=1.1$ ，其中 r 值趨近於1，顯示波譜接近P-M波譜，近乎風浪成熟波。
- (3) 鼻頭角之冬季波譜在示性波高大於2m時，波譜之能量較小波高時集中，譜峰參數 $Q_p=1.88$ ，較小波高之 $Q_p=1.67$ 為大，經統計280組實測數據結果得JONSWAP波譜中之參數為 $C_1=3.78$ ， $C_2=1.09$ ， $r=1.4$ 。
- (4) 鼻頭角受地域位置之影響，分析風浪相關性時需依風向將波浪分組，探討各種風向作用下之波浪特性，尤其是風向偏南時，風浪受限於吹風距離，無法成長，此時之風浪相關性必須尋求另法分析探討。

現場波浪原始時序列為極有價值之研究資料，應儘量以各種方法獲取及保存，本計劃發展之方法雖可運用於掃描紙帶資料，但究竟屬於間接方法，且仍需投入人力操作，若能直接將量測訊號數位化並以計算機處理及保存，除能更接近實際物理現象外，並能解決紙帶之保存及時間記錄問題，達到提高使用價值及工作度之目標。

參考文獻

- 1.高家俊，”彌陀地區現場波浪特性分析”，國科會專題研究計劃，1992。
- 2.光易恆著，湯麟武譯，”海浪一特性與推算”，台南水工試驗所研究論文第二十號，1991。
- 3.許明光，邱宏智，湯鈞才，”利用低價位掃描器讀取類比式地震記錄”，中央科學研究院地球科學研究所，IES-CR-725，1990。
- 4.郭金棟，”海岸工程”，中國土木水利工程學會第十篇，1988。
- 5.湯麟武，”波浪學綱要”，台南水工試驗所研究論文第十一號，1986。
- 6.Bretschneider, C. L., "A one dimensional gravity wave spectrum", Ocean Wave Spectra, Englewood Cliffs, N. Y., Prentice-Hall, Inc., pp.41-65., 1963
- 7.E. P. Box and G. M. Jenkins, "Time sevies analysis forecasting and control", Revised Editior, Holden-Day,1976.
- 8.Ou, S. H. , "Parametric detrmination of wave statistics and wave spectrun of gravity waves", Dissertation, Cheng Kung University, 1977.
- 9.Pierson, W. J. and Moskowitz, L., "A proposed spectral form for fully developed wind seas based on the similarity theory of S.A. Kitaigorodskii", Jour. Geophys. Res., Vol.69. pp.5181-5190., 1964

附 圖

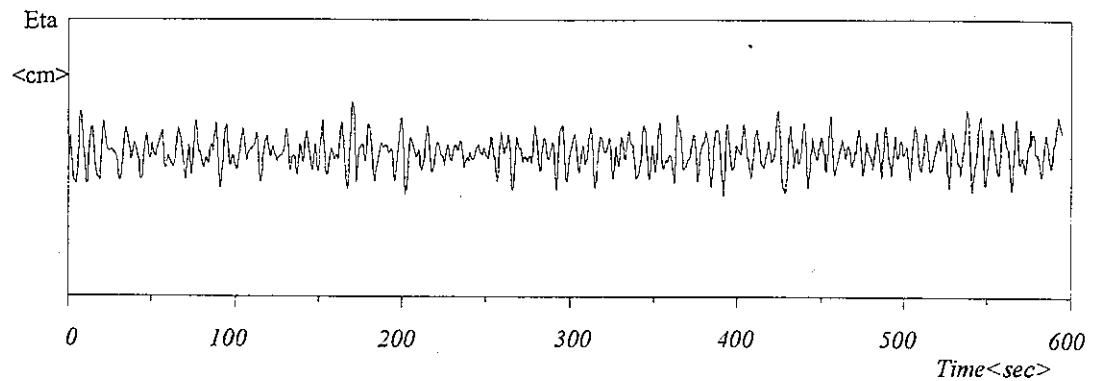


圖2.1 氣象局波浪記錄原始紙帶之一

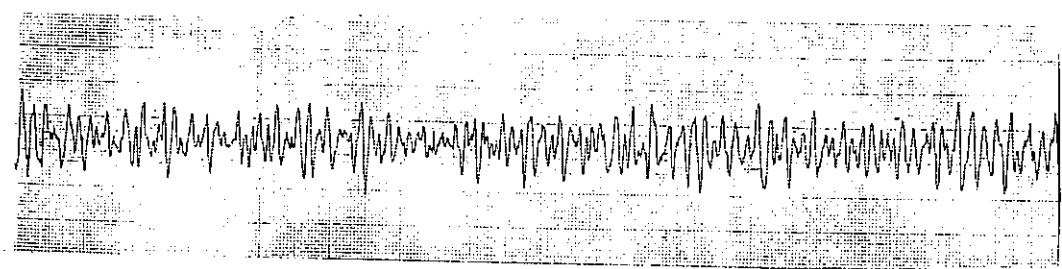


圖2.2 紙帶圖業經掃描後之情形

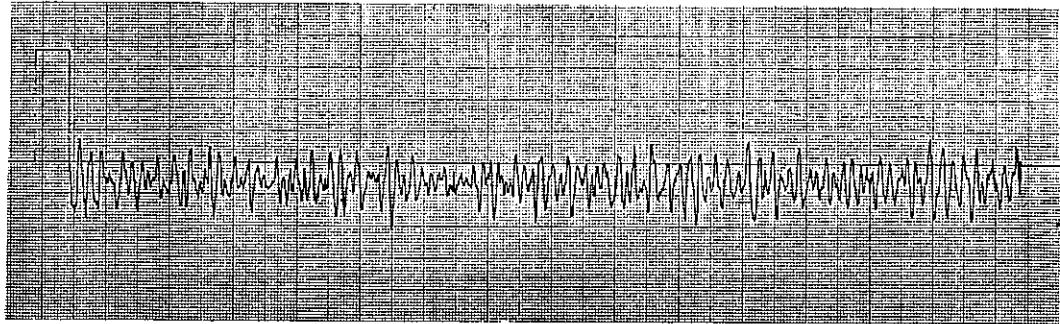


圖2.3 影像處理軟體所掃描之結果，本圖以3000點數據
連線繪圖，相對於時間軸上10分鐘資料

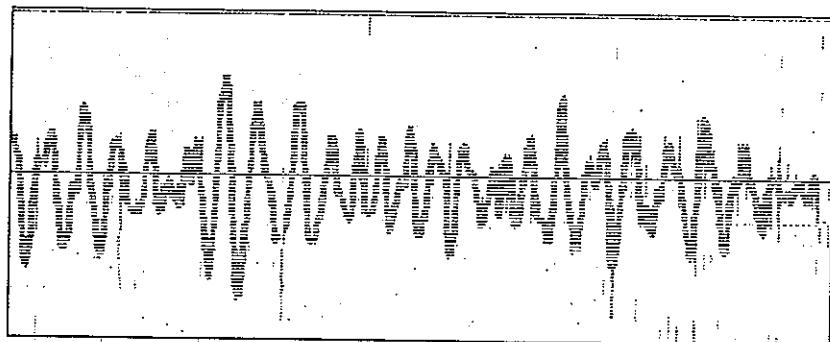


圖2.4 氣象局波浪記錄原始紙帶之二

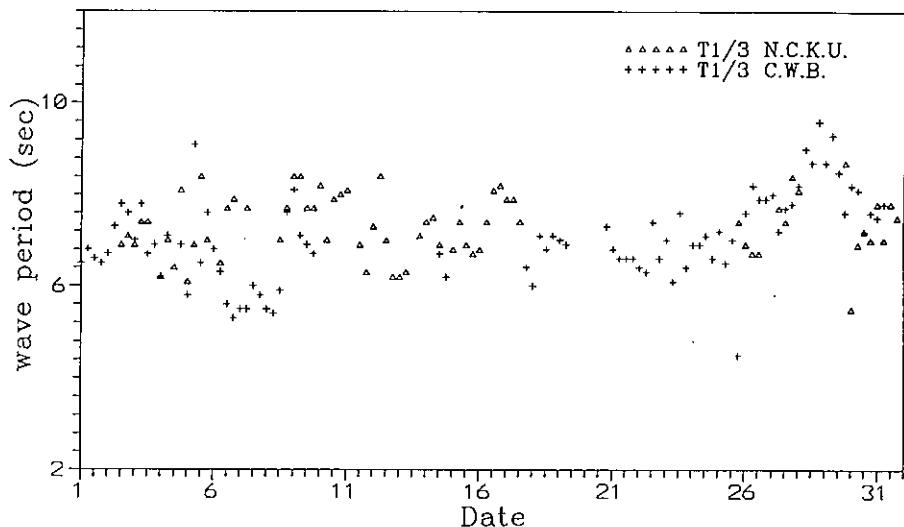
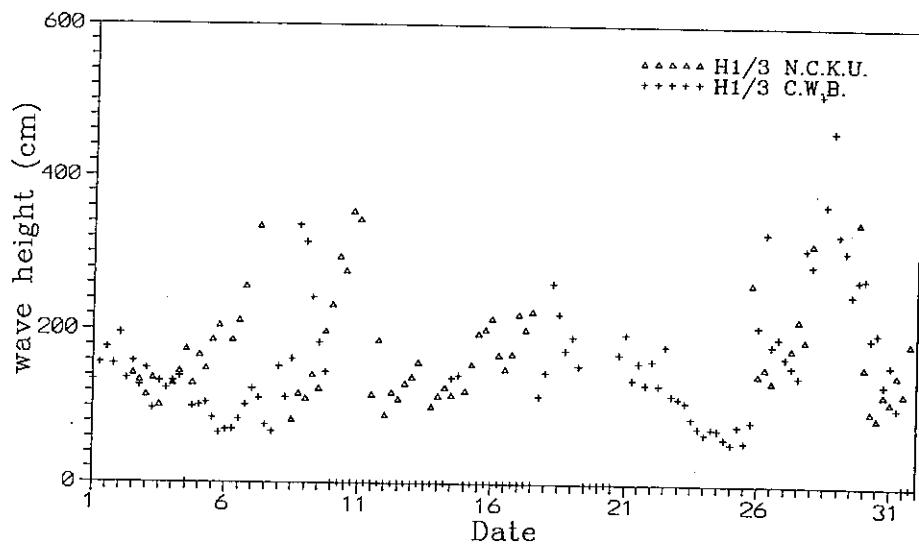


圖4.1 鼻頭角波浪站80年10月份波浪掃描統計值與波浪儀
計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期

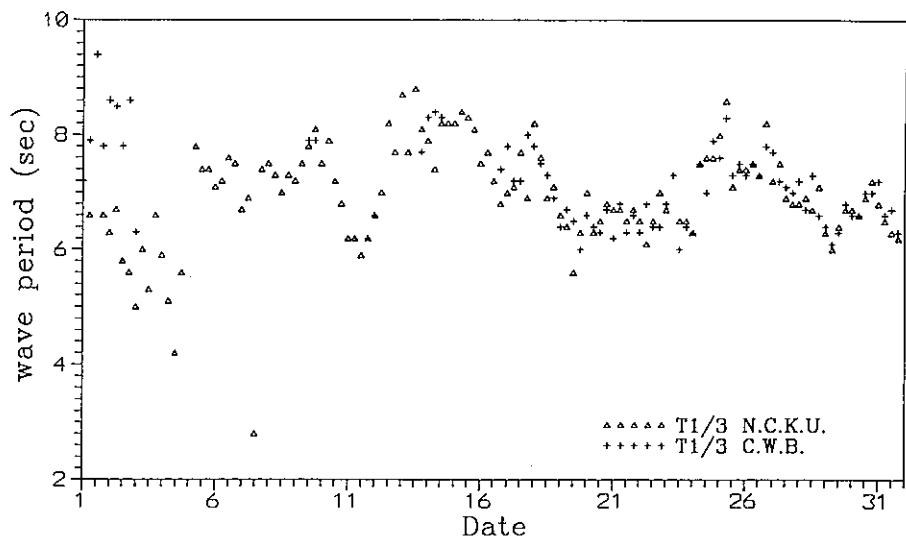
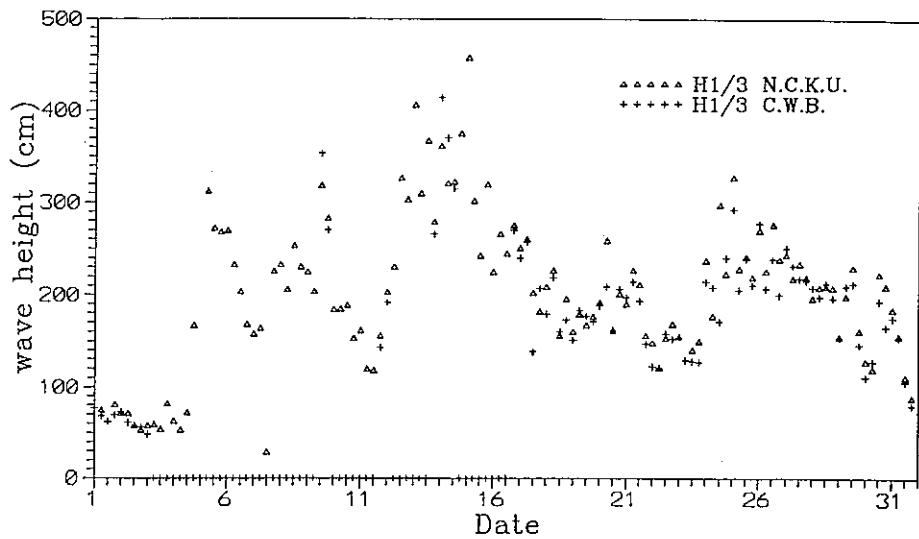


圖4.2 鼻頭角波浪站81年10月份波浪掃描統計值與波浪儀
計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期

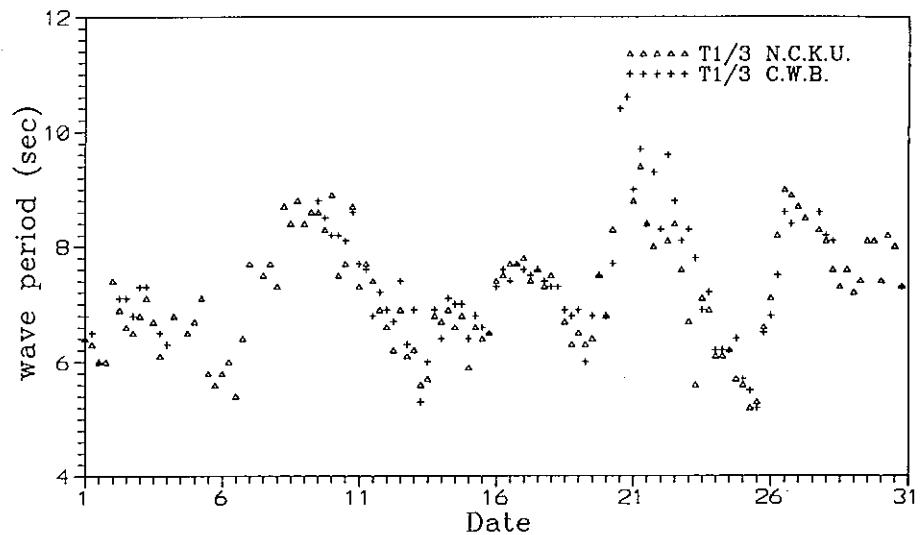
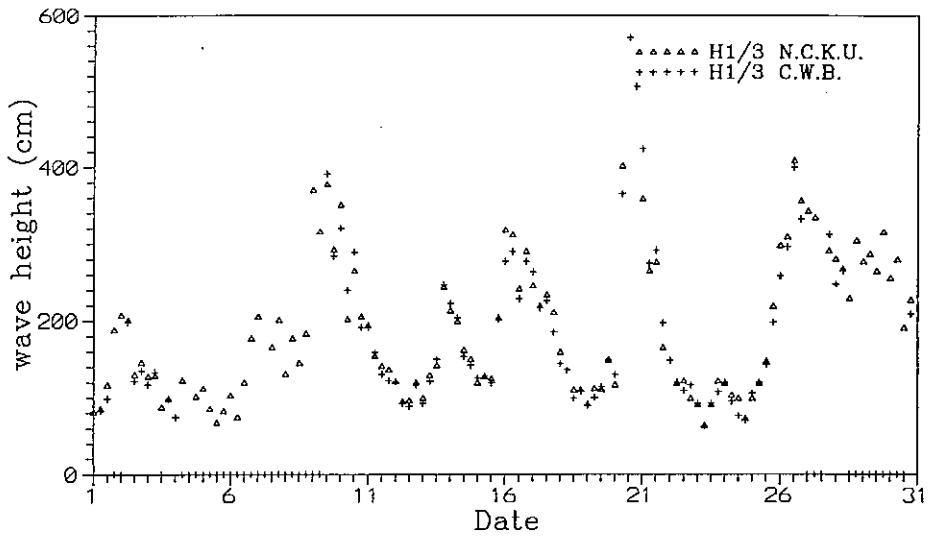


圖4.3 鼻頭角波浪站81年11月份波浪掃描統計值與波浪儀
計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期

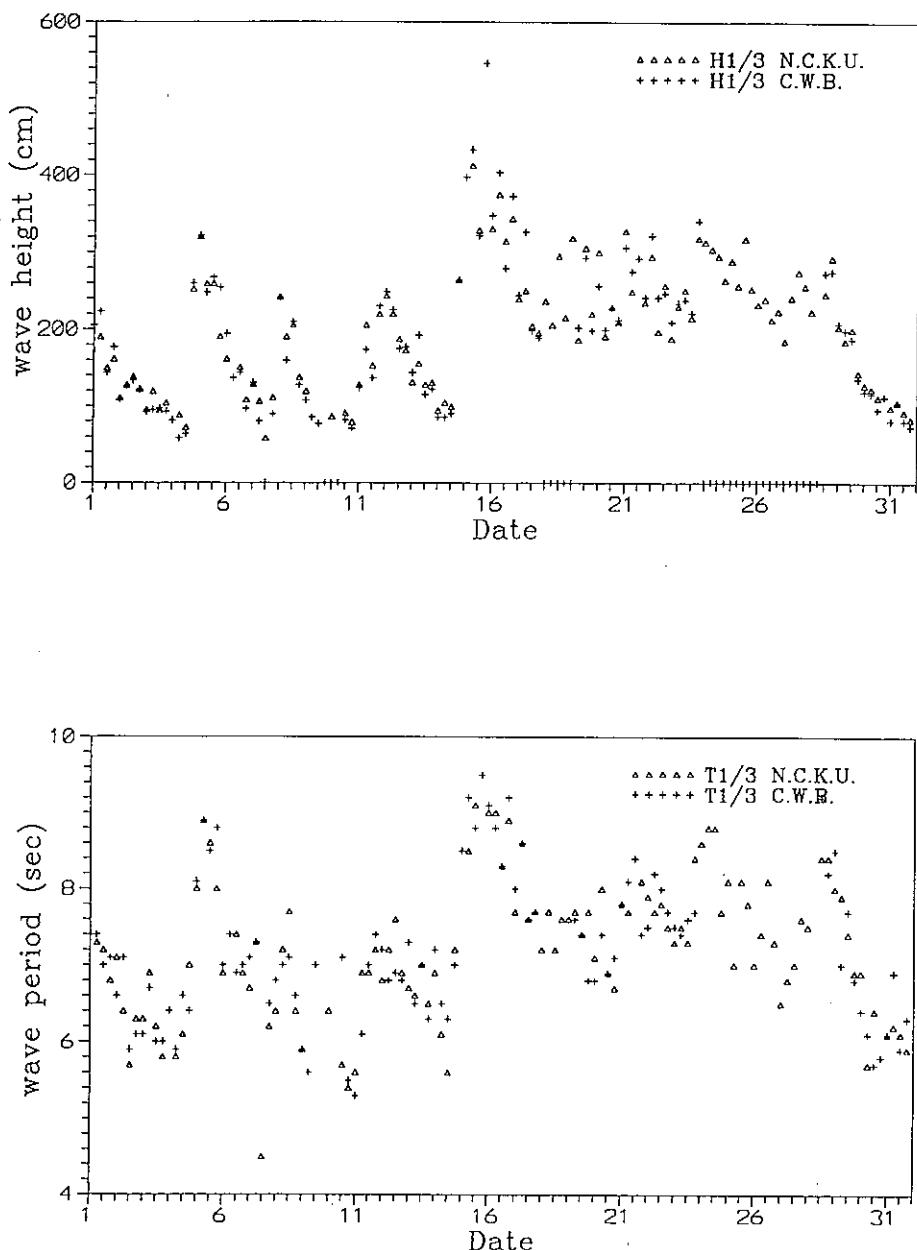


圖4.5 鼻頭角波浪站82年01月份波浪掃描統計值與波浪儀
計算統計值比對，上圖為示性波高，下圖為示性週期

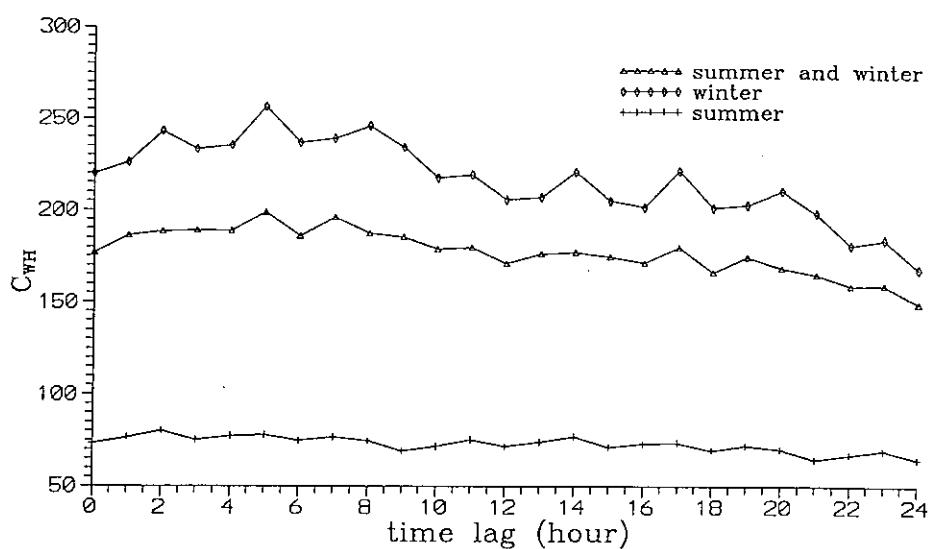


圖4.12 風浪相關係數隨時間延遲變化圖

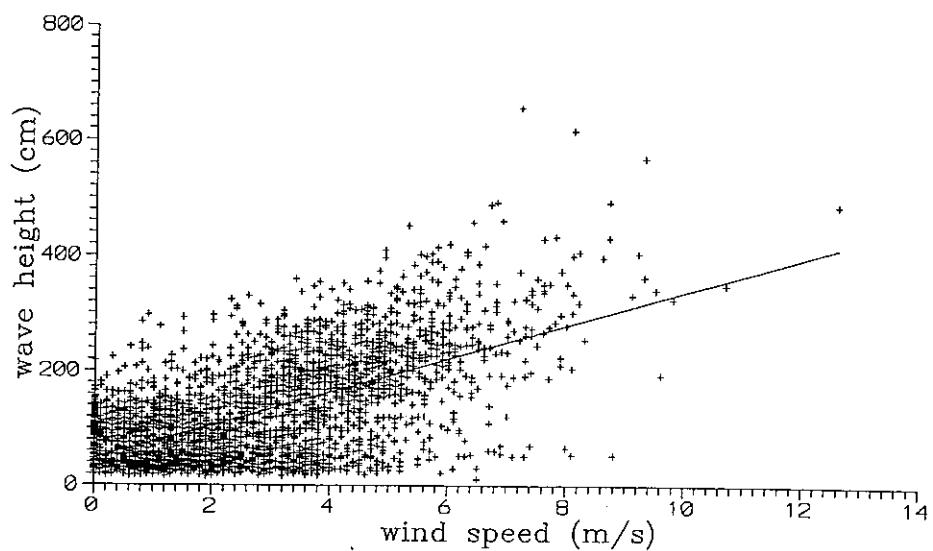


圖4.13 81年10月至82年07月鼻頭角風浪相關分佈圖，
時間延遲0小時，迴歸式： $H=28.9W+47.3$

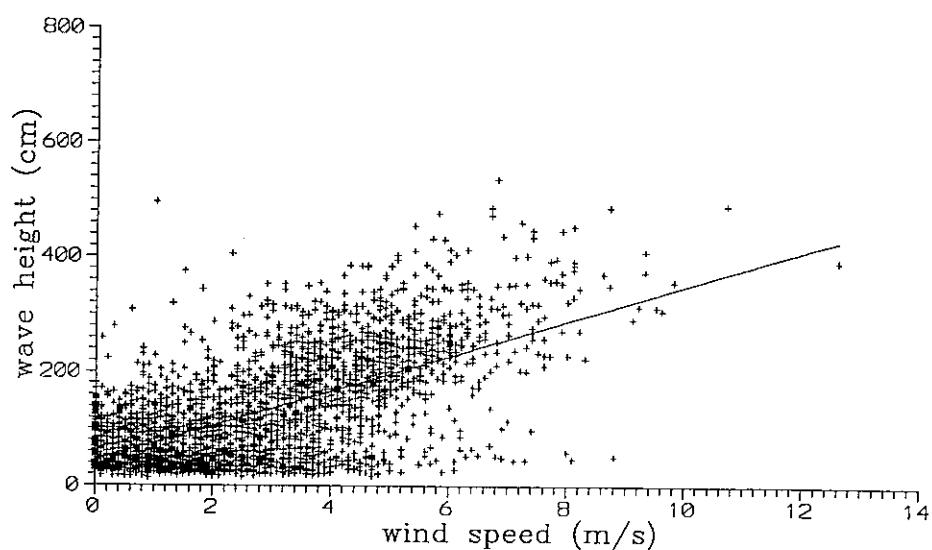


圖4.14 81年10月至82年07月鼻頭角風浪相關分佈圖，
時間延遲5小時，迴歸式： $H=30.3W+44.9$

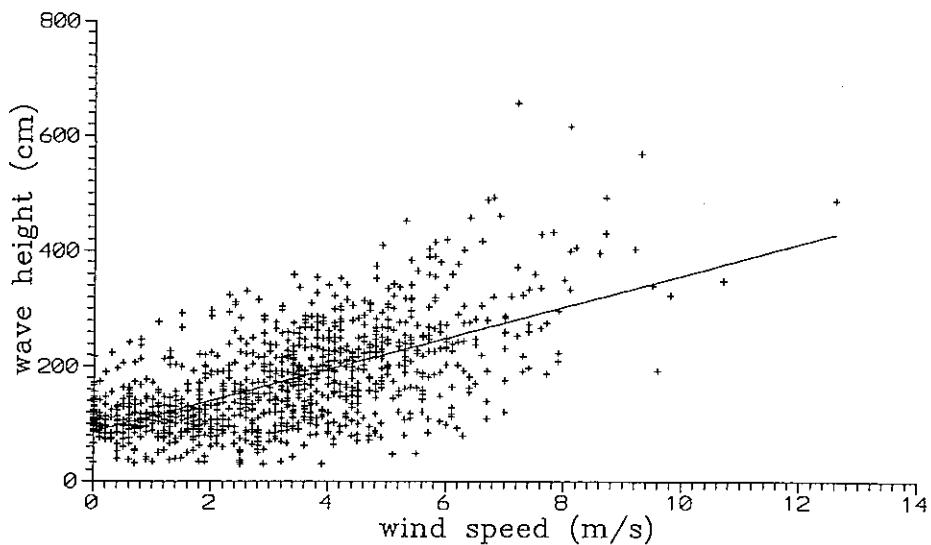


圖 4.15 81年11月至82年02月鼻頭角風浪相關分佈圖，
時間延遲0小時，迴歸式： $H=27.1W+86.1$

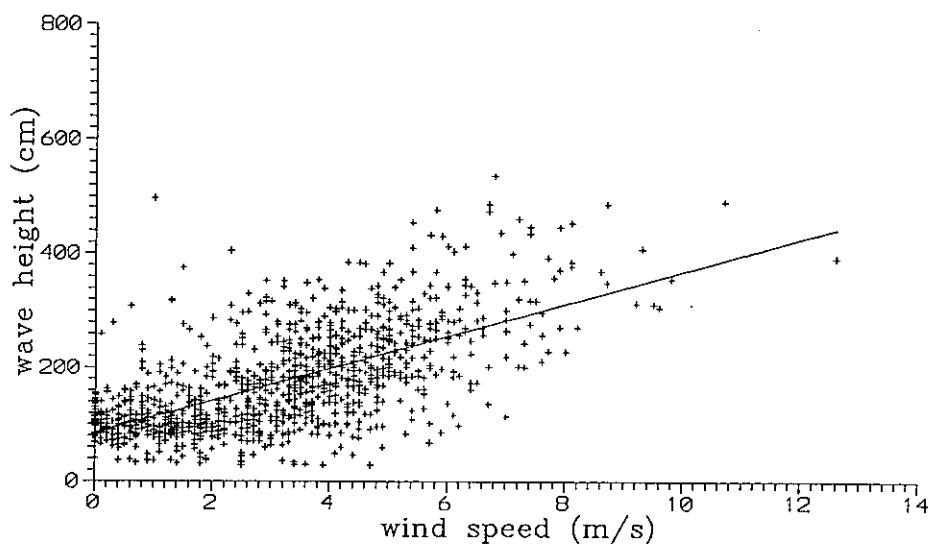


圖 4.16 81年11月至82年02月鼻頭角風浪相關分佈圖，
時間延遲5小時，迴歸式： $H=28.3W+85.4$

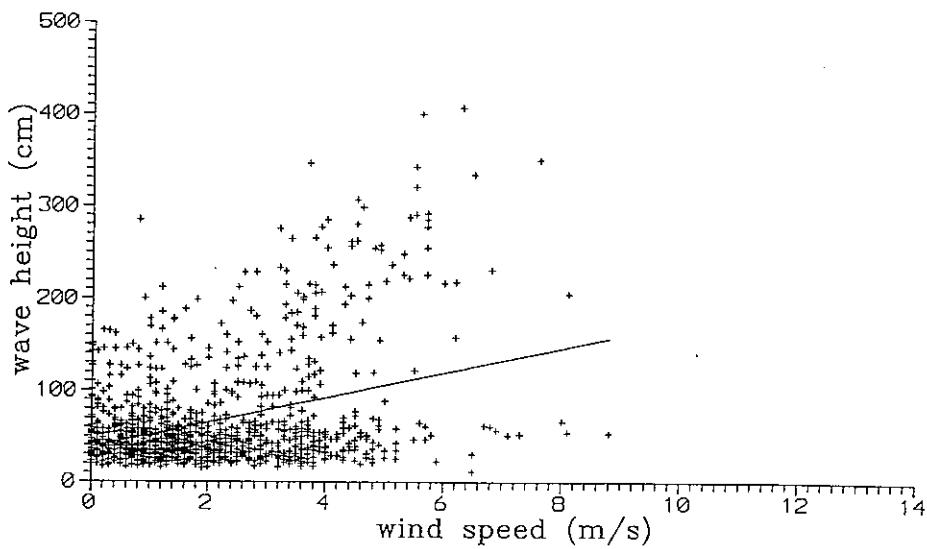


圖4.17 82年04月至82年07月鼻頭角風浪相關分佈圖，
時間延遲0小時，迴歸式： $H=13.4W+38.1$

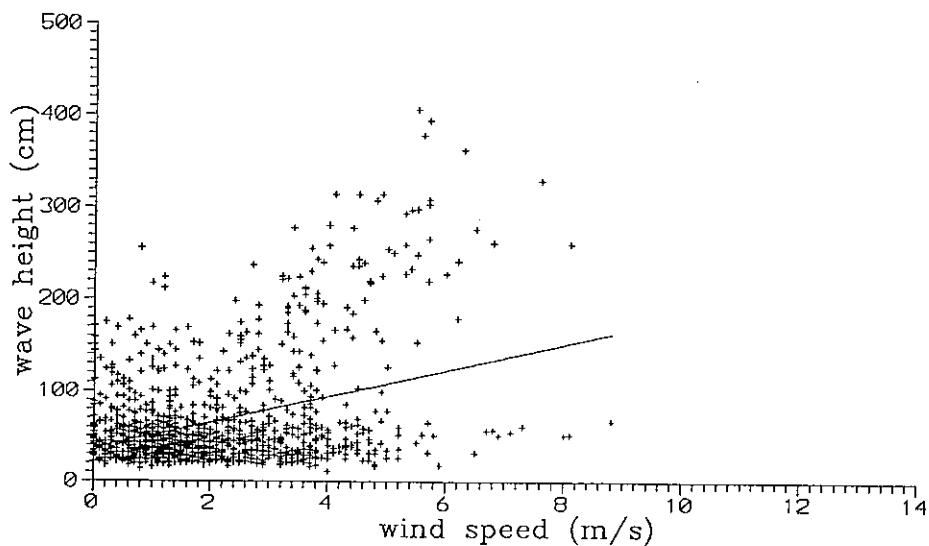


圖4.18 82年04月至82年07月鼻頭角風浪相關分佈圖，
時間延遲5小時，迴歸式： $H=14.2W+37$

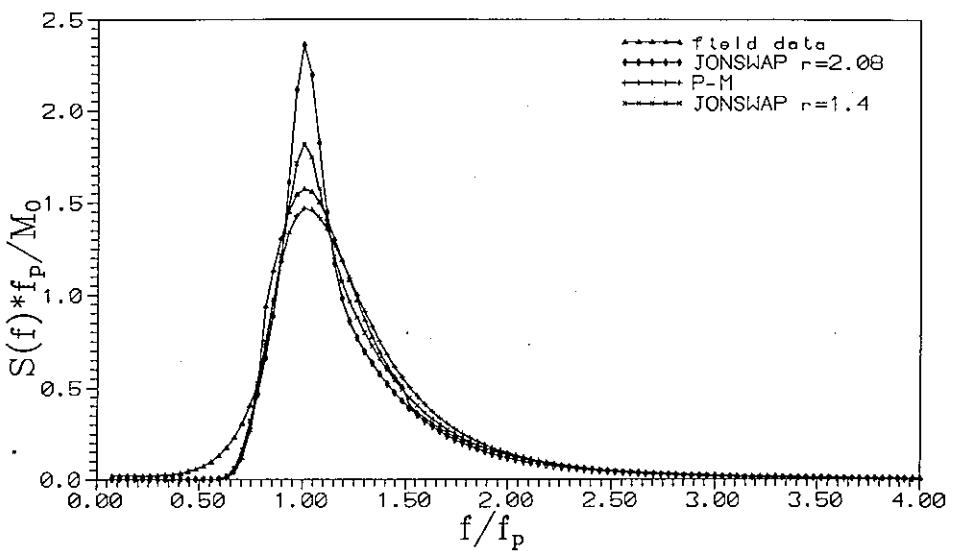


圖4.19 鼻頭角冬季示性波高 $100\text{cm} < H_s < 200\text{cm}$ 之實測
波譜與P-M波譜及JONSWAP波譜之比較

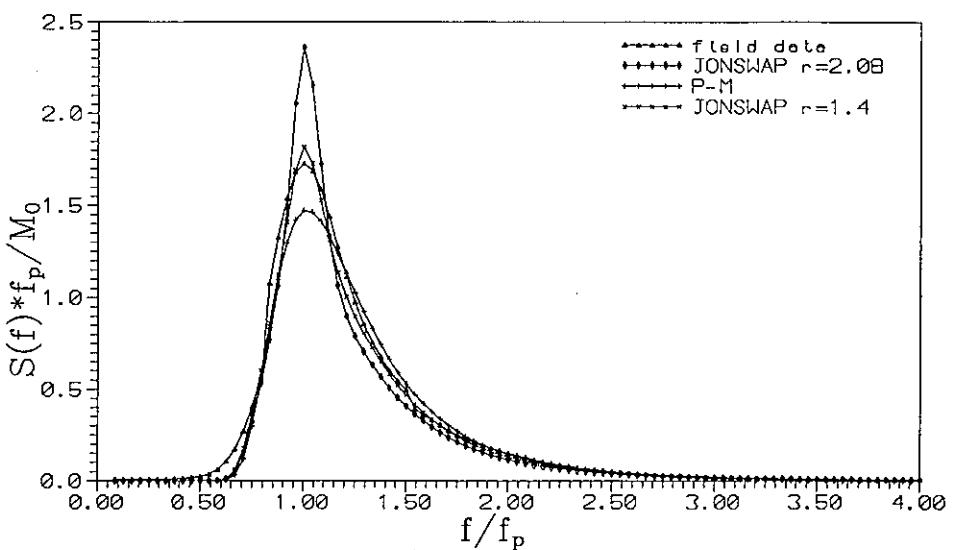


圖4.20 鼻頭角冬季示性波高 $H_s > 200\text{cm}$ 之實測波譜與
P-M波譜及JONSWAP波譜之比較

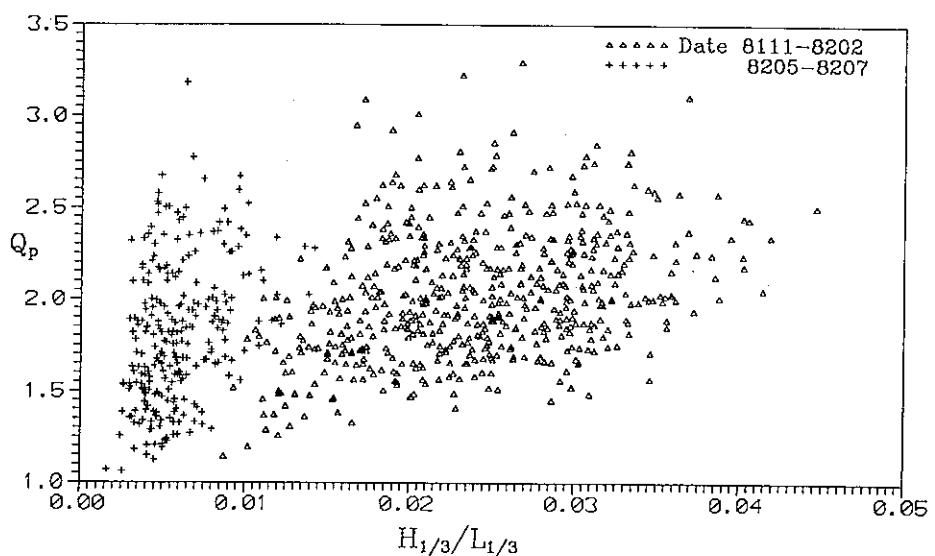


圖4.21 譜峰參考與波浪尖銳度關係圖

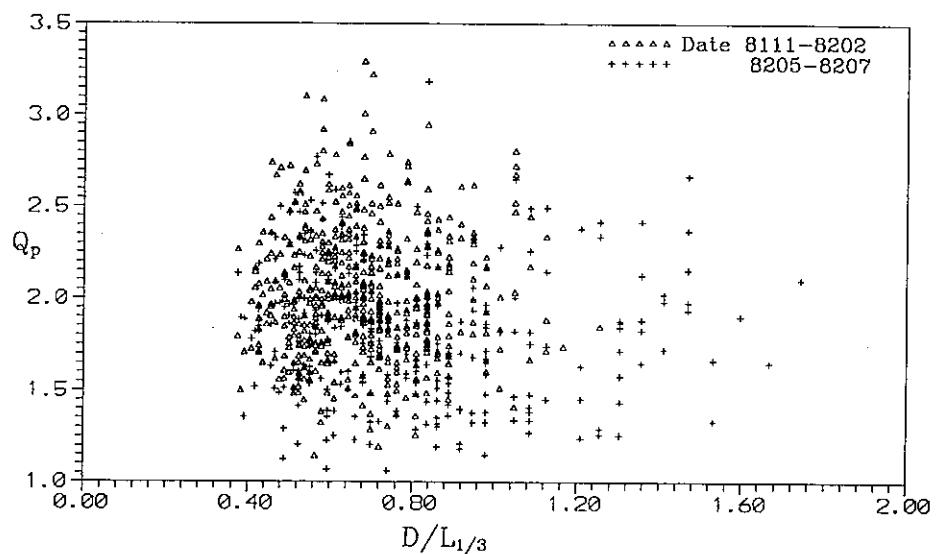


圖4.22 譜峰參考與相對水深關係圖

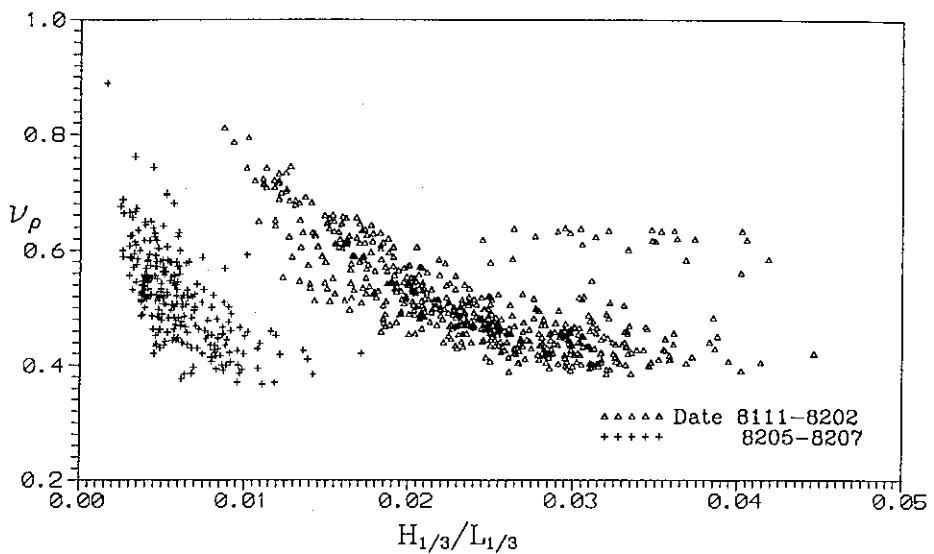


圖4.23 譜寬參考與波浪尖銳度關係圖

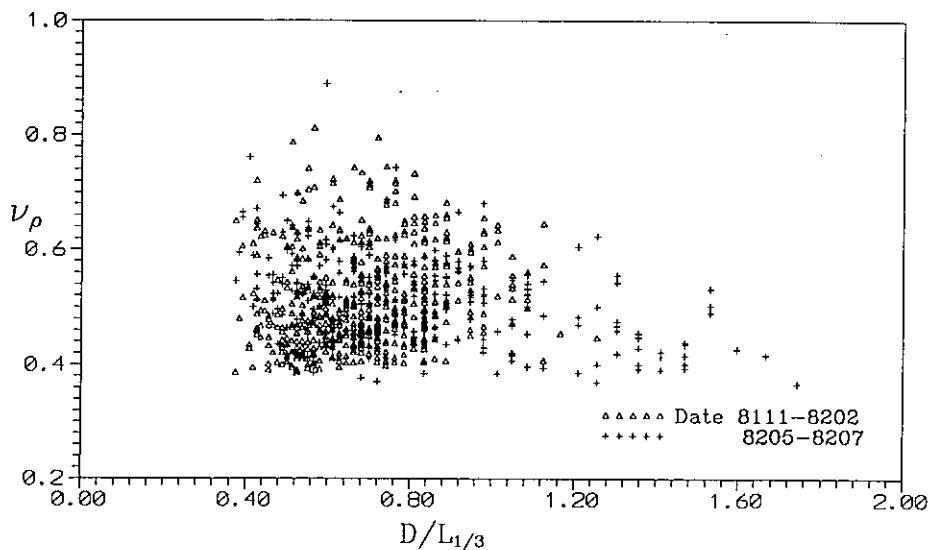


圖4.24 譜寬參考與相對水深關係圖

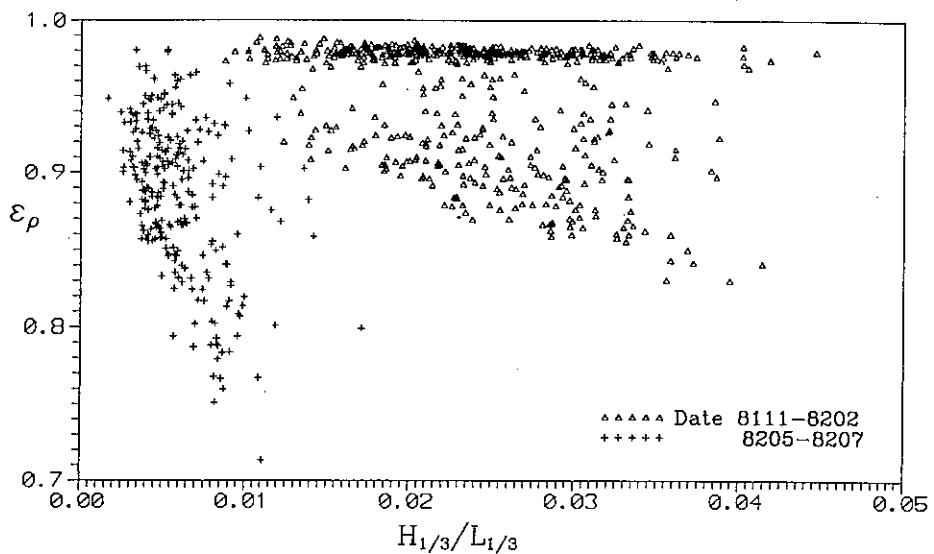


圖4.25 窄度係數與波浪尖銳度關係圖

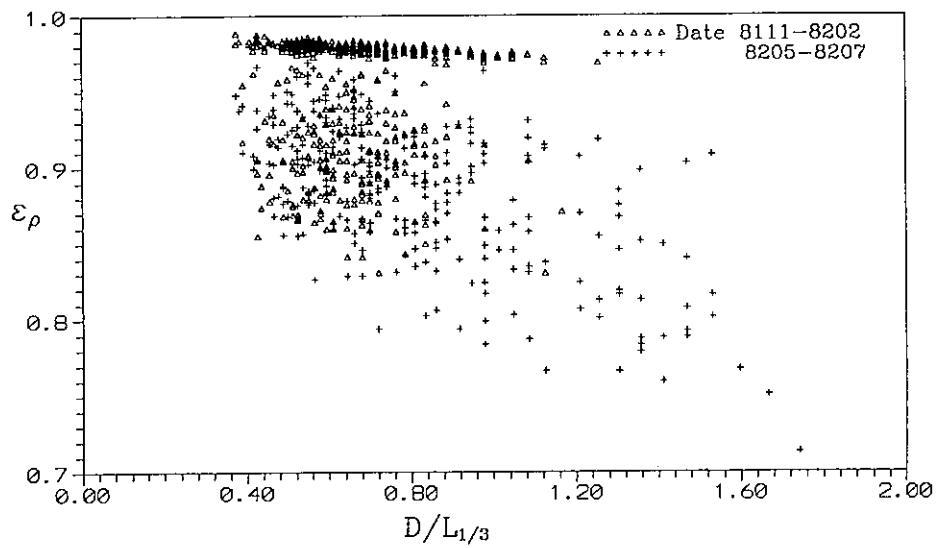


圖4.26 窄度係數與相對水深關係圖

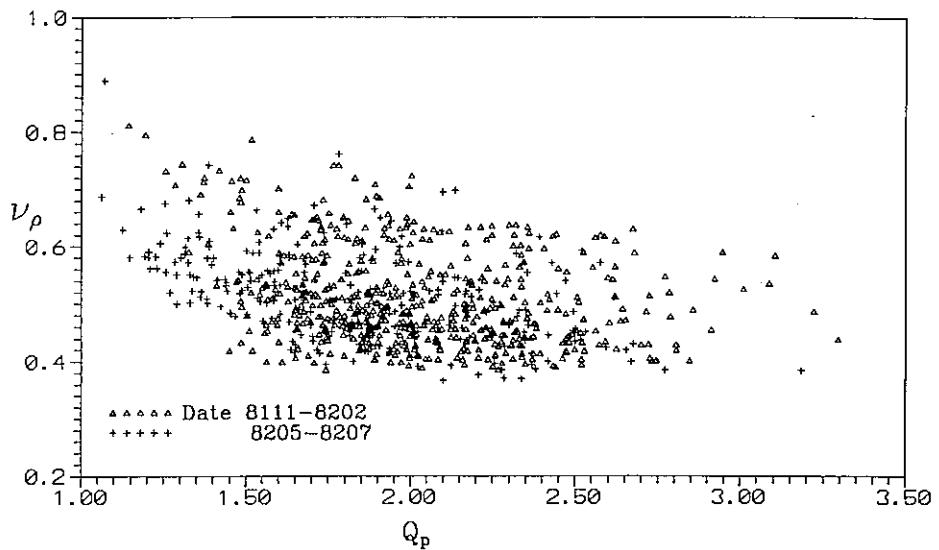


圖4.27 鼻頭角波浪窄度係數 v_p 與譜峰參數 Q_p 之相關性

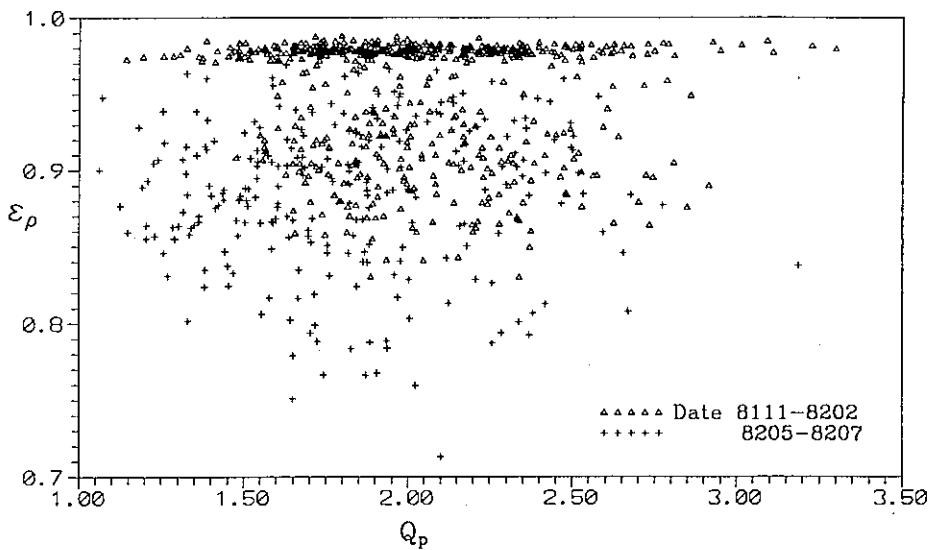


圖4.28 鼻頭角波浪譜寬參數 ϵ_p 與譜峰參數 Q_p 之相關性

附錄一・掃描檔案列表

本附錄為所有經掃描後可提供使用之日期及時間，各檔檔名及資料格式說明如下：

1. 時序列檔一以年月日時為主檔名，"DIT"為附檔名，每小時儲存成一個檔，例"71122422.DIT"。
2. 波譜檔一以年月日時為主檔名，"SPC"為附檔名，每小時儲存成一個檔，例"71122422.SPC"。
3. 統計檔一以年月為主檔名，"STA"為附檔名，每個月儲存成一個檔，例"7112.STA"。

資料格式：

1. 時序列檔一以循序檔儲存，每檔案中有3000點水位資料，代表10分鐘之波浪，取樣頻率為5Hz，單位為cm。
2. 波譜檔一以循序檔儲存，每檔案檔頭1-4個資料分別為 m_0 , $S(f_p)$, f_p 及 f_{cut} ，自5-516筆資料則為取2048點水位資料計算所得波譜，單位為 cm^2/sec 。
3. 統計檔一以循序檔儲存，每個檔案中為一個月所有之統計資料，每一筆資料中包括了 WN , H_{max} , F_{max} , $H_{1/10}$, $T_{1/10}$, $H_{1/3}$, $T_{1/3}$, H_{mean} , T_{mean} , H_{rms} , T_{rms} ，波高之單位為cm，週期為sec。

7112										
2422	2502	2504	2506	2508	2510	2512	2514	2520	2600	
2604	2606	2608	2610	2612	2614	2616	2618	2620	2622	
2700	2702	2704	2706	2708	2710	2712	2714	2716	2718	
2720	2722	2800	2802	2804	2806	2808	2810	2808	2810	
2816	2818	2820	2822	2900	2902	2904	2906	2908	2910	
2912	2914	2916	2918	2920	2922	3000	3002	3004	3006	
3008	3010	3012	3014	3016	3018	3020	3022	3100	3102	
3104	3106	3108	3110	3112	3118					
7201										
0110	0112	0202	0216	0218	0220	0300	0306	0310	2600	
7401										
0722	0800	0802	0804	0806	0808	0810	0812	0814	0816	
0818	0820	0822	0900	0902	0906	0908	0910	0912	0914	
0916	0918	0920	0922	1000	1002	1004	1006	1008	1010	
1012	1014	1016	1018	1020	1022	1100	1102	1104	1106	
1108	1110	1112	1114	1116	1118	1120	1122	1200	1202	
1204	1206	1208	1210	1214	1216	1218	1220	1222	1300	
1302	1304	1306	1308	1312	1314	1316	1318	1320	1400	
1402	1404	1408	1410	1412	1414	1416	1418	1422	1500	
1502	1504	1508	1510	1512	1514	1518	1522	1600	1602	
1604	1610	1614	1616	1618	1620	1622	1700	1702	1704	
1706	1708	1710	1712	1714	1716	1718	1720	1722	1802	
1804	1806	1808	1810	1812	1816	1818	1820	1916	1918	
2002	2006	2008	2010	2012	2020	2100	2106	2108	2116	
2118	2120	2122	2202	2204	2206	2208	2214	2216	2218	
2220	2222	2300	2302	2304	2306	2308	2310	2312	2314	
2316	2318	2320	2500	2504	2506	2508	2510	2512	2514	
2516	2518	2520	2522	2600	2602	2604	2606	2608	2610	
2612	2614	2616	2620	2622	2700	2702	2704	2706	2708	
2710	2712	2714	2716	2718	2720	2722	2800	2806	2808	
2810	2812	2814	2816	2818	2820	2822	2900	2906	2908	
2912	2920	3016	3022	3100	3102	3104	3106	3108	3110	
3112	3114	3116	3118	3120	3122					
7402										
0102	0104	0106	0108	0110	0112	0810	0812	0814	0816	
7403										
1102	1104	1108	1110	1112	1114	1116	1118	1120	1122	
1200	1202	1204	1206	1208	1212	1216	1218	1300	1302	
1306	1310	1312	1318	1320	1322	1400	1408	1410	1412	
1414	1416	1418	1422	1500	1502	1510	1516	1520	1522	
1600	1610	1612	1614	1616	1618	1620	1700	1704	1706	
1710	1714	1716	1800	1802	1804	1806	1808	1810	1812	
1814	1816	1818	1822	1904	1906	1916	1918	1920	2000	
2002	2004	2010	2012	2014	2100	2106	2110	2112	2116	
2202	2216	2220	2300	2304	2308	2310	2318	2402	2518	
1604	1610	1614	1616	1618	1620	1622	1700	1702	1704	
7404										
0122	0200	0204	0208	0214	0216	0300	0302	0306	0308	
0400	0402	0406	0410	0500	0516	0518	0600	0604	0608	
0610	0612	0614	0616	0618	0700	0702	0704	0706	0708	
0710	0712	0716	0718	0720	0722	0800	0802	0804	0806	
0808	0810	0812	0814	0816	0818	0820	0822	0902	0904	
0906	0908	0910	0912	0914	0916	0918	0920	1002	1006	
1010	1012	1014	1016	1018	1020	1022	1100	1102	1104	

1106	1108	1110	1114	1116	1118	1120	1122	1202	1206
1208	1216	1218	1220	1222	1306	1308	1314	1402	1406
1412	1414	1416	1420	1618	1702	1704	1706	1708	1712
1716	1722	1800	1802	1804	1806	1808	1810	1812	1818
1820	1822	1900	1902	1904	1906	1908	1910	1912	1914
1916	1918	1920	1922	2000	2004	2008	2010	2012	2014
2016	2018	2020	2104	2106	2112	2118	2120	2122	2200
2202	2206	2208	2210	2216	2218	2220	2300	2302	2304
2306	2308	2312	2314	2316	2318	2322	2400	2402	2406
2408	2412	2414	2418	2420	2422	2500	2502	2504	2510
2512	2516	2518	2520	2522	2600	2602	2604	2606	2608
2610	2612	2614	2616	2618	2620	2622	2700	2702	2708
2710	2712	2714	2716	2718	2720	2722	2800	2802	2804
2806	2810	2814	2816	2818	2820	2822	2900	2902	2904
2906	2908	2910	2912	2914	2916	2918	3000	3008	3010
3014	3016	3018	3020	3022					

7405

0102	0104	0110	1702	1704	1708	1712	1714	1716	1722
1812	1816	1818	1906	2018	2100	2106	2108	2110	2112
2114	2118	2120	2122	2204	2206	2208	2216	2218	2220
2304	2314	2400	2402	2410	2412	2414	2416	2420	2422
2500	2504	2506	2508	2512	2518	2522	2600	2602	2604
2606	2610	2612	2616	2618	2620	2622	2702	2704	2706
2708	2710	2712	2714	2716	2718	2720	2722	2800	2804
2806	2808	3112	3120	1116	1118	1120	1122	1202	1206

7406

1622	1700	1702	1716	1704	1708	1712	1714	1716	1722
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

7407

0706	0716	0718	0800	0804	0806	0808	0812	0814	0822
1100	1122	1200	1220	1308	1310	1314	1316	1318	1400
1414	1418	1504	1506	1518	1600	1602	1606	1616	1700
1716	1902	1904	1912	1914	1918	2414	2416	2420	2422

7408

1914	2002	2004	2006	2012	2014	2016	2018	2020	2022
2100	2106	2108	2208	2214	2216	2218	2220	2222	2300
2304	2306	2308	2312	2314	2316	2320	2404	2406	2410
2412	2418	2422	2500	2502	2504	2510	2512	2514	2516
2518	2520	2522	2600	2602	2604	2606	2608	2614	2616
2700	2704	2708	2712	2714	2718	2720	2722	2800	2802
2804	2810	2812	2814	2818	2820	2900	2906	2910	2914
3110	3118	3112	3120	1116	1118	1120	1122	1202	1206

7409

0112	0118	0120	0122	0204	0210	0212	0214	0216	2002
2012	2214	2220	2300	2304	2306	2312	2318	2402	2404
2406	2408	2410	2412	2414	2416	2418	2420	2422	2500
2502	2504	2506	2508	2510	2512	2516	2518	2600	2602
2606	2610	2612	2614	2616	2618	2620	2622	2702	2704
2706	2708	2718	2800	2802	2806	2808	2810	2812	2814
2816	2818	2820	2900	2902	2904	2906	2910	2912	2914
2916	2918	2922	3004	3006	3010	3012	3016	3020	1206

7410

0108	0110	0112	0114	0120	0614	0616	0618	0620	0622
0700	0702	0704	0708	0710	0714	0716	0718	0800	0804
0806	0812	0814	0816	0818	0820	0822	0900	0902	0904

附錄二・掃描原始程式

```
DECLARE SUB QSORT (A(), A, b)
DECLARE SUB SPECTRUM (RD(), dn, SMPRT%, SPCFL$)
DECLARE SUB fft (XREAL(), XIMAG(), si)
CLS
OPEN "D:\LIST.ANA" FOR INPUT AS #1
    INPUT #1, oflend$
    INPUT #1, NFLEND$
CLOSE #1
STARTN = VAL(MID$(oflend$, 4, 5))
ENDN = VAL(MID$(NFLEND$, 4, 5))
DO
    CLS
    STARTN = STARTN + 1
    f1$ = RIGHTS$(STR$(STARTN), 1)
    f2$ = RIGHTS$(STR$(STARTN), 2)
    f3$ = RIGHTS$(STR$(STARTN), 3)
    f4$ = RIGHTS$(STR$(STARTN), 4)
    IF STARTN < 10 THEN STARTN$ = "0000" + f1$
    IF STARTN >= 10 AND STARTN < 100 THEN STARTN$ = "000" + f2$
    IF STARTN >= 100 AND STARTN < 1000 THEN STARTN$ = "00" + f3$
    IF STARTN >= 1000 AND STARTN < 10000 THEN STARTN$ = "0" + f4$
    IF STARTN >= 10000 THEN STARTN$ = RIGHTS$(STR$(STARTN), 5)
    NF$ = RIGHTS$(STARTN$, 5)
    ANAFL$ = "ANA" + NF$ + ".PCX"
    DITFL$ = "DIT" + NF$ + ".PRN"
    STAFL$ = "STA" + NF$ + ".PRN"
    SPCFL$ = "SPC" + NF$ + ".PRN"
1200
    IF STARTN > ENDN THEN EXIT DO
    OPEN ANAFL$ FOR INPUT AS #1
        mk$ = INPUT$(1, #1)
        vrsn$ = INPUT$(1, #1)
        N$ = INPUT$(1, #1)
        N = ASC(N$)
        BPP$ = INPUT$(1, #1)
        BPP = ASC(BPP$)
        LUX$ = INPUT$(2, #1)
        LUY$ = INPUT$(2, #1)
        RDX$ = INPUT$(2, #1)
        RDY$ = INPUT$(2, #1)
        HRL$ = INPUT$(2, #1)
        VRL$ = INPUT$(2, #1)
        PLTE$ = INPUT$(48, #1)
        RSVD$ = INPUT$(1, #1)
        NOP$ = INPUT$(1, #1)
        BPL$ = INPUT$(2, #1)
        TYPLTE$ = INPUT$(2, #1)
        FIL$ = INPUT$(58, #1)
        BPP = ASC(BPP$)
        LUX = ASC(LEFT$(LUX$, 1)) + ASC(RIGHT$(LUX$, 1)) * 256
        LUY = ASC(LEFT$(LUY$, 1)) + ASC(RIGHT$(LUY$, 1)) * 256
        RDX = ASC(LEFT$(RDX$, 1)) + ASC(RIGHT$(RDX$, 1)) * 256
        RDY = ASC(LEFT$(RDY$, 1)) + ASC(RIGHT$(RDY$, 1)) * 256
        LUX = ASC(LEFT$(LUX$, 1)) + ASC(RIGHT$(LUX$, 1)) * 256
        LUY = ASC(LEFT$(LUY$, 1)) + ASC(RIGHT$(LUY$, 1)) * 256
        HRL = ASC(LEFT$(HRL$, 1)) + ASC(RIGHT$(HRL$, 1)) * 256
        VRL = ASC(LEFT$(VRL$, 1)) + ASC(RIGHT$(VRL$, 1)) * 256
        NOP = ASC(NOP$)
        BPL = ASC(LEFT$(BPL$, 1)) + ASC(RIGHT$(BPL$, 1)) * 256
        TYPLTE = ASC(LEFT$(TYPLTE$, 1)) + ASC(RIGHT$(TYPLTE$, 1)) * 256
```

```

PRINT "PCX FILENAME    :", ANAFL$  

PRINT "DAT FILENAME    :", DITFL$  

PRINT "Bits per pixel   :", BPP  

PRINT "Xmin            :", LUX  

PRINT "Ymin            :", LUY  

PRINT "Xmax            :", RDX  

PRINT "Ymax            :", RDY  

PRINT "Horizontal res.  :", HRL  

PRINT "Vertical res.   :", VRL  

PRINT "No. of platte   :", NOP  

PRINT "Bytes per line   :", BPL  

PRINT "Type of platte   :", TYPLTE  

REDIM A(600), REP(600), STA(600), VLU(600)  

REDIM MAX(RDY + 1), MAXS(RDY + 1), MAX1(RDY + 1), MAX1S(RDY + 1)

i = 0: lno = 1  

SVN = 800: FINL = SVN + 200
DO
    i = i + 1
    A$ = INPUT$(1, #1)
    A(i) = ASC(A$)
    IF A(i) > 191 THEN
        A$ = INPUT$(1, #1)
        REP(i) = A(i) - 192
        STA(i) = STA(i - 1) + REP(i)
        VLU(i) = ASC(A$)
    ELSE
        VLU(i) = ASC(A$)
        REP(i) = 1
        STA(i) = STA(i - 1) + REP(i)
    END IF
    IF VLU(i) = 0 THEN
        IF REP(i) > MAX1(lno) THEN
            MAX1(lno) = REP(i)
            MAX1S(lno) = STA(i)
        END IF
    END IF
    IF STA(i) / BPL = INT(STA(i) / BPL) THEN
        LOCATE 13, 1: PRINT "Input data No.  :", lno
        i = 0
        lno = lno + 1
        MAX1(lno) = 0
    END IF
    IF lno > FINL THEN EXIT DO
LOOP
CLOSE #1.
REDIM pb(12)
pi = 3.1415928#
'---- FILTER 0 : FIND THE WATER LEVEL
LOCATE 15, 1: PRINT "FILTER 0 : FIND THE WATER LEVEL"
SUM1 = 0: AVG1 = 0: SN = 0
FOR i = 1 TO 80
    IF MAX1S(i) - MAXS(i) / 2 < BPL - 20 AND MAX1S(i) - MAXS(i) / 2 > 20 THEN
        IF MAXS(i) < 7 THEN
            SUM1 = SUM1 + (MAX1S(i) - MAX1(i) / 2)
            SN = SN + 1
        ELSE
            MAX1S(i) = -1000
        END IF
    END IF
END IF

```

```

NEXT i
AVG1 = SUM1 / SN
i = 21
DO
    i = i + 1
    K = 0
    SA = 0
    DO
        K = K + 1
        IF K > 6 THEN EXIT DO
        SA = SA + MAX1(i + K)
    LOOP
    IF SA / 5 > 10 THEN EXIT DO
LOOP
stn = i + 4
FOR i = 0 TO 12
    pb(i) = 0
NEXT i
FOR i = 1 TO stn
    IF MAXS(i) <> -1000 THEN
        VLU = MAX1S(i) - MAX1(i) / 2
        IF VLU <= .7 * AVG1 OR VLU > 1.3 * AVG1 THEN pb(0) = pb(0) + 1
        IF VLU > .7 * AVG1 AND VLU <= .75 * AVG1 THEN pb(1) = pb(1) + 1
        IF VLU > .75 * AVG1 AND VLU <= .8 * AVG1 THEN pb(2) = pb(2) + 1
        IF VLU > .8 * AVG1 AND VLU <= .85 * AVG1 THEN pb(3) = pb(3) + 1
        IF VLU > .85 * AVG1 AND VLU <= .9 * AVG1 THEN pb(4) = pb(4) + 1
        IF VLU > .9 * AVG1 AND VLU <= .95 * AVG1 THEN pb(5) = pb(5) + 1
        IF VLU > .95 * AVG1 AND VLU <= 1 * AVG1 THEN pb(6) = pb(6) + 1
        IF VLU > 1 * AVG1 AND VLU <= 1.05 * AVG1 THEN pb(7) = pb(7) + 1
        IF VLU > 1.05 * AVG1 AND VLU <= 1.1 * AVG1 THEN pb(8) = pb(8) + 1
        IF VLU > 1.1 * AVG1 AND VLU <= 1.15 * AVG1 THEN pb(9) = pb(9) + 1
        IF VLU > 1.15 * AVG1 AND VLU <= 1.2 * AVG1 THEN pb(10) = pb(10) + 1
        IF VLU > 1.2 * AVG1 AND VLU <= 1.25 * AVG1 THEN pb(11) = pb(11) + 1
        IF VLU > 1.25 * AVG1 AND VLU <= 1.3 * AVG1 THEN pb(12) = pb(12) + 1
    END IF
NEXT i
PMAX = 0
FOR i = 1 TO 12
    PRINT pb(i), avgs, stn
    IF pb(i) >= PMAX THEN
        PMAX = pb(i)
        avgs = .675 * AVG1 + i * .05 * AVG1
    END IF
NEXT i
SLEEP
FOR i = 1 TO stn - 1
    MAXS(i) = avgs
NEXT i
'----- FILTER 1 : ERASE THE BOUNDARY LINE
LOCATE 16, 1: PRINT "FILTER 1 : ERASE THE BOUNDARY LINE"
SUMO = 0: NMAX = 0
N1 = 0: N2 = 0
MAXT = -10000: MINT = 10000
FOR i = stn TO stn + SVN
    IF MAX1S(i) - MAX1(i) / 2 > 8 AND MAX1S(i) - MAX1(i) / 2 < BPL - 8 THEN
        MAX(i) = MAX1(i)
        MAXS(i) = MAX1S(i)
    ELSE
        MAX(i) = 0
        MAXS(i) = -1000

```

```

        END IF
        IF MAX1(i) > BPL / 4 THEN
            MAX(i) = 0
            MAXS(i) = -1000
        END IF
        IF MAXS(i) <> -1000 THEN
            IF MAXS(i) - MAX(i) / 2 > MAXT THEN MAXT = MAXS(i) - MAX(i) / 2
            IF MAXS(i) - MAX(i) / 2 < MINT THEN MINT = MAXS(i) - MAX(i) / 2
            NMAX = NMAX + 1
            SUMO = SUMO + MAXS(i) - MAX(i) / 2
        END IF
    NEXT i
    AVG0 = SUMO / NMAX
    FOR i = stn TO stn + SVN
        IF MAXS(i) <> -1000 THEN
            MAXS(i) = MAXS(i) - MAX(i) / 2
        END IF
    NEXT i
    GOSUB MKDATA
'----- FILTER 2 : FIND THE CLINE DEGREE
    LOCATE 17, 1: PRINT "FILTER 2 : FIND THE CLINE DEGREE"
    SUM2 = 0: AVG2 = 0
    FOR i = stn TO stn + SVN
        SUM2 = SUM2 + MAXS(i)
    NEXT i
    AVG2 = SUM2 / (SVN + 1)
    VARMIN = 10000
    FOR K = 1 TO 7
        FOR i = stn TO stn + SVN
            AVG2 = AVG2 + i * SIN(pi / 2 * ((-4 + K) / 90)) * .01
            VAR(K) = VAR(K) + ((MAXS(i) - AVG2) ^ 2) / (SVN + 1)
        NEXT i
        IF VAR(K) < VARMIN THEN MINK = K
    NEXT K
    FOR i = stn TO stn + SVN
        MAXS(i) = MAXS(i) + i * SIN(pi / 2 * ((-4 + MINK) / 90)) * .01
    NEXT i
'----- FILTER 3 : SMOOTH THE DOWNWARD NOISE
    LOCATE 18, 1: PRINT "FILTER 3 : SMOOTH THE DOWNWARD NOISE"
    REDIM S(15)
    J = stn + 5
    DO
        IF J > stn + SVN THEN EXIT DO
        SLPMAX = -10000: SLPMIN = 10000
        FOR K = 1 TO 5
            SLP(K) = MAXS(J + K) - MAXS(J + K - 1)
            IF SLP(K) > SLPMAX THEN
                SLPMAX = SLP(K)
                SMAX = J + K
            END IF
            IF SLP(K) < SLPMIN THEN
                SLPMIN = SLP(K)
                SMIN = J + K
            END IF
        NEXT K
        DDGR1 = 8
        DDGR2 = 8
        SLPC1 = 1 / (TAN(DDGR1 / 90 * pi / 2)) ^ 2
        SLPC2 = 1 / TAN(DDGR2 / 90 * pi / 2)
        TSLP = SLPMAX * SLPMIN

```

```

IF TSLP < -1 * SLPC1 AND SMAX > SMIN THEN
  JMP = INT((SMAX + SMIN) / 2)
  FOR JJ = JMP - 7 TO JMP + 7
    SLP1 = MAXS(JJ) - MAXS(JJ - 1)
    SLP2 = MAXS(JJ - 1) - MAXS(JJ - 2)
    IF ABS(SLP1) > SLPC2 THEN S(JJ - JMP + 8) = JJ ELSE S(JJ - JMP + 8) =
NEXT JJ
  S1 = JMP + 7: S2 = JMP - 7
  FOR K = 1 TO 15
    IF S(K) <> 0 AND S(K) < S1 THEN S1 = S(K)
    IF S(K) <> 0 AND S(K) > S2 THEN S2 = S(K)
  NEXT K
  FOR i = S1 TO S2
    MAXS(i) = -1000
  NEXT i
  J = S2 + 1
ELSE
  J = J + 1
END IF
LOOP
GOSUB MKDATA
'---- FILTER 4 : SMOOTH THE UPWARD NOISE
LOCATE 19, 1: PRINT "FILTER 4 : SMOOTH THE UPWARD NOISE"
J = stn + 5
DO
  IF J > stn + SVN THEN EXIT DO
  SLPMAX = -10000: SLPMIN = 10000
  FOR K = 1 TO 5
    SLP(K) = MAXS(J + K) - MAXS(J + K - 1)
    IF SLP(K) > SLPMAX THEN
      SLPMAX = SLP(K)
      SMAX = J + K
    END IF
    IF SLP(K) < SLPMIN THEN
      SLPMIN = SLP(K)
      SMIN = J + K
    END IF
  NEXT K
  TSLP = SLPMAX * SLPMIN
  IF TSLP < -1 * SLPC1 AND SMAX < SMIN THEN
    JMP = INT((SMAX + SMIN) / 2)
    FOR JJ = JMP - 7 TO JMP + 7
      SLP1 = MAXS(JJ) - MAXS(JJ - 1)
      SLP2 = MAXS(JJ - 1) - MAXS(JJ - 2)
      IF ABS(SLP1) > SLPC2 THEN S(JJ - JMP + 8) = JJ ELSE S(JJ - JMP + 8) =
NEXT JJ
    S1 = JMP + 7: S2 = JMP - 7
    FOR K = 1 TO 15
      IF S(K) <> 0 AND S(K) < S1 THEN S1 = S(K)
      IF S(K) <> 0 AND S(K) > S2 THEN S2 = S(K)
    NEXT K
    FOR i = S1 TO S2
      MAXS(i) = -1000
    NEXT i
    J = S2 + 1
ELSE
  J = J + 1
END IF
LOOP
GOSUB MKDATA

```

```

'----- FILTER 5 : FILTER THE LOCAL NOISE
LOCATE 20, 1: PRINT "FILTER 5 : ERASE THE LOCAL NOISE"
REDIM ETA(13)
    FOR i = stn + 2 TO stn + SVN - 2
        VAR1 = 0: SUM3 = 0: AVG3 = 0
5000
    FOR J = 1 TO 5
        ETA(J) = MAXS(J + i - 3)
    NEXT J
    FOR J = 1 TO 5
        SUM3 = SUM3 + ETA(J)
    NEXT J
    AVG3 = SUM3 / 5
    FOR J = 1 TO 5
        VAR1 = VAR1 + (ETA(J) - AVG3) ^ 2 / 5
    NEXT J
    STD = VAR1 ^ .5
    IF STD > 5 AND ABS(MAXS(i) - AVG3) > 1.96 * STD THEN
        MAXS(i) = (AVG3 * 5 - MAXS(i)) / 4
        GOTO 5000
    END IF
NEXT i
'----- FILTER 6 : ERASE THE WRONG WAVE HEIGHT RATIO
LOCATE 21, 1: PRINT "FILTER 6 : ERASE THE WRONG WAVE HEIGHT RATIO"
REDIM M(400), V(400), PP(20)
    SUM3 = 0: AVG3 = 0
    FOR i = stn TO stn + SVN - 1
        SUM3 = SUM3 + MAXS(i)
    NEXT i
    AVG3 = SUM3 / SVN
    pt1 = MAXS(stn + 1)
    pt2 = MAXS(stn + 2)
    pt3 = MAXS(stn + 3)
    pt4 = MAXS(stn + 4)
    IF pt1 + pt2 + pt3 + pt4 > 4 * AVG3 AND pt4 - pt2 > 0 THEN AA$ = "U"
    IF AA$ = "U" THEN
        MAXS = -10000
        i = stn + 1
        DO
            i = i + 1
            IF MAXS(i) > MAXS THEN
                MAXS = MAXS(i)
                M(1) = i
                V(1) = MAXS
            END IF
            IF (MAXS(i) - AVG3) * (MAXS(i + 1) - AVG3) <= 0 THEN EXIT DO
        LOOP
    ELSE
        MINS = 10000
        i = stn + 1
        DO
            i = i + 1
            IF MAXS(i) < MINS THEN
                MINS = MAXS(i)
                M(1) = i
                V(1) = MINS
            END IF
            IF (MAXS(i) - AVG3) * (MAXS(i + 1) - AVG3) <= 0 THEN EXIT DO
        LOOP
    END IF

```

```

i = M(1) + 1
II = 2
DO
  IF i > stn + SVN THEN EXIT DO
  IF V(II - 1) > AVG3 THEN
    MIN = 10000
    DO
      i = i + 1
      SP1 = MAXS(i) - MAXS(i - 1)
      SP2 = MAXS(i + 1) - MAXS(i)
      IF SP1 * SP2 < 0 AND MAXS(i) < MIN THEN
        MIN = MAXS(i)
        M(II) = i
        V(II) = MIN
      END IF
      IF (MAXS(i) - AVG3) * (MAXS(i + 1) - AVG3) < 0 THEN EXIT DO
      IF i > stn + SVN THEN EXIT DO
    LOOP
    II = II + 1
  ELSE
    MAX = -10000
    DO
      i = i + 1
      SP1 = MAXS(i) - MAXS(i - 1)
      SP2 = MAXS(i + 1) - MAXS(i)
      IF SP1 * SP2 < 0 AND MAXS(i) > MAX THEN
        MAX = MAXS(i)
        M(II) = i
        V(II) = MAX
      END IF
      IF (MAXS(i) - AVG3) * (MAXS(i + 1) - AVG3) < 0 THEN EXIT DO
    LOOP
    II = II + 1
  END IF
LOOP
WNN = II
FOR i = 2 TO WNN
  TP = M(i) - M(i - 2)
  IF TP < 10 THEN
    FOR II = M(i - 2) + 1 TO M(i) - 1
      MAXS(II) = -1000
    NEXT II
  END IF
NEXT i
GOSUB MKDATA
FOR i = 3 TO WNN - 2
  IF ABS((V(i) - AVG3)) > ABS(V(i - 1) - AVG3) THEN
    RATIO1 = ABS((V(i) - AVG3) / (V(i - 1) - AVG3))
  ELSE
    RATIO1 = ABS((V(i - 1) - AVG3) / (V(i) - AVG3))
  END IF
  IF ABS((V(i + 1) - AVG3)) > ABS(V(i) - AVG3) THEN
    RATIO2 = ABS((V(i + 1) - AVG3) / (V(i) - AVG3))
  ELSE
    RATIO2 = ABS((V(i) - AVG3) / (V(i + 1) - AVG3))
  END IF
  IF RATIO1 > 3 AND RATIO2 > 3 THEN
    SPMAX1 = -10000: SPMAX2 = -5000
    K = M(i) - 9
    DO

```

```

K = K + 1
IF K = M(i) + 9 THEN EXIT DO
SP1 = ABS(MAXS(K) - MAXS(K - 1))
SP2 = ABS(MAXS(K + 1) - MAXS(K))
IF SP2 > 10 OR SP1 = SP2 THEN
    PP(K - M(i) + 9) = K
ELSE
    PP(K - M(i) + 9) = 0
END IF
LOOP
P1 = M(i) - 9: P2 = M(i) + 9
FOR K = 1 TO 17
    IF PP(K) <> 0 AND PP(K) > P1 THEN P1 = PP(K)
    IF PP(K) <> 0 AND PP(K) < P2 THEN P2 = PP(K)
NEXT K
FOR II = P2 TO P1
    MAXS(II) = -1000
NEXT II
END IF
NEXT i
GOSUB MKDATA
'---- TRANSLATE TO BE THE REAL UNIT
LOCATE 22, 1: PRINT "TRANSLATE THE DATA"
SUMT = 0: AVGT = 0:
GAIN = (254 / HRL) * 8
FOR i = 1 TO SVN
    MAXS(i) = (MAXS(i) - avgs) * GAIN
    SUMT = SUMT + MAXS(i)
NEXT i
AVGT = SUMT / SVN
'---- CALCULATE THE STATISTICS PARAMETERS OF THE DATA
LOCATE 23, 1: PRINT "CALCULATE THE STATISTICS PARAMETERS OF THE DATA"
SMPRT% = 5
dn = stn + SVN
dnn = INT(dn / 6)
REDIM wave(dnn), maxwh(dnn), minwh(dnn), wavehi(dnn),
REDIM WAVEHF(dnn), WAVEP(dn), PMARK(dnn)

rawsum = 0: WN = 0
FOR i = stn TO dn
    rawsum = rawsum + MAXS(i)
NEXT i
rawmean = rawsum / (SVN + 1)
FOR i = stn + 1 TO dn - 2
    IF MAXS(i) < rawmean AND MAXS(i + 1) > rawmean THEN
        IF MAXS(i - 1) < rawmean AND MAXS(i + 2) > rawmean THEN
            WN = WN + 1
            wave(WN) = i
        END IF
    END IF
NEXT i
FOR i = 1 TO WN
    maxwh(i) = -10000: minwh(i) = 10000
    FOR J = wave(i) TO wave(i + 1)
        IF MAXS(J) > maxwh(i) THEN maxwh(i) = MAXS(J)
        IF MAXS(J) < minwh(i) THEN minwh(i) = MAXS(J)
    NEXT J
    WAVEHF(i) = maxwh(i) - minwh(i)
    wavehi(i) = WAVEHF(i)
    WAVEP(i) = (wave(i + 1) - wave(i)) / SMPRT%

```

```

NEXT i
CALL QSORT(WAVEHF(), 1, WN)
FOR J = 1 TO WN
    i = 0
    DO
        i = i + 1
        IF wavehi(i) = WAVEHF(J) THEN
            PMARK(J) = i
            EXIT DO
        END IF
    LOOP
    IF WAVEHF(J) = WAVEHF(J - 1) THEN
        FOR K = PMARK(J - 1) + 1 TO WN
            IF wavehi(K) = WAVEHF(J) THEN PMARK(J) = K
        NEXT K
    END IF
NEXT J
h110s = 0: h13s = 0: hmeans = 0: HRMSS = 0
t110s = 0: t13s = 0: tmeans = 0: TRMSS = 0
FOR i = INT(9 * WN / 10 + 1) TO WN
    h110s = h110s + WAVEHF(i)
    t110s = t110s + WAVEP(PMARK(i))
NEXT i
FOR i = INT(2 * WN / 3 + 1) TO WN
    h13s = h13s + WAVEHF(i)
    t13s = t13s + WAVEP(PMARK(i))
NEXT i
FOR i = 2 TO WN
    hmeans = hmeans + WAVEHF(i)
    tmeans = tmeans + WAVEP(PMARK(i))
    HRMSS = HRMSS + WAVEHF(i) ^ 2
    TRMSS = TRMSS + WAVEP(PMARK(i)) ^ 2
NEXT i
HMAX = WAVEHF(WN)
TMAX = WAVEP(PMARK(WN))
H110 = h110s / (WN - (INT(9 * WN / 10)))
T110 = t110s / (WN - (INT(9 * WN / 10)))
H13 = h13s / (WN - (INT(2 * WN / 3)))
T13 = t13s / (WN - (INT(2 * WN / 3)))
HMEAN = hmeans / (WN - 1)
TMEAN = tmeans / (WN - 1)
HRMS = ((HRMSS) / (WN - 1)) ^ .5
TRMS = ((TRMSS) / (WN - 1)) ^ .5
----- PLOT THE DATA
CLS
IF ABS(BPL - avg) > ABS(avg) THEN
    TICMAX = INT(ABS(BPL - avg) * 8 / 100 + 1) * 100
ELSE
    TICMAX = INT(ABS(0 - avg) * 8 / 100 + 1) * 100
END IF
PG = 200 / TICMAX
K = 0
DO UNTIL K = 7
    K = K + 1
    SCREEN 12
    WINDOW (0, 0)-(640, 480)
    LINE (50, 100)-(550, 200), 15, B
    LINE (50, 200)-(550, 400), 15, B
    LOCATE 14, 2: PRINT "(cm)"
    LOCATE 5, 2: PRINT TICMAX

```

```

LOCATE 12, 2: PRINT TICMAX / 2
LOCATE 18, 2: PRINT 0
LOCATE 24, 2: PRINT -TICMAX / 2
LOCATE 1, 4: PRINT "W. N.:"; WN
LOCATE 2, 4: PRINT "Hmax :"; INT(HMAX)
LOCATE 2, 18: PRINT "H1/10 :"; INT(H110)
LOCATE 2, 32: PRINT "H1/3 :"; INT(H13)
LOCATE 2, 46: PRINT "Hmean :"; INT(HMEAN)
LOCATE 2, 59: PRINT "Hrms :"; INT(HRMS)
LOCATE 3, 4: PRINT "Tmax :"; INT(TMAX * 10) / 10
LOCATE 3, 18: PRINT "T1/10 :"; INT(T110 * 10) / 10
LOCATE 3, 32: PRINT "T1/3 :"; INT(T13 * 10) / 10
LOCATE 3, 46: PRINT "Tmean :"; INT(TMEAN * 10) / 10
LOCATE 3, 59: PRINT "Trms :"; INT(TRMS * 10) / 10
LOCATE 2, 74: PRINT "(cm)"
LOCATE 3, 73: PRINT "(sec)"

GOTO 9000
C = 14
LINE (50, 200 + AVGT * PG)-(550, 200 + AVGT * PG), 11
IF K = 7 THEN
  FOR i = 1 TO SVN
    pp1 = 50 + i / (SVN / 500)
    pp2 = 200 + MAXS(i) * PG
    pp3 = 50 + (i + 1) / (SVN / 500)
    pp4 = 200 + MAXS(i + 1) * PG
    LINE (pp1, pp2)-(pp3, pp4), C
  NEXT i
ELSE
  FOR i = 1 TO 500
    pp1 = 50 + i
    pp2 = 200 + MAXS((K - 1) * 500 + i) * PG
    pp3 = 50 + (i + 1)
    pp4 = 200 + (MAXS((K - 1) * 500 + i + 1)) * PG
    LINE (pp1, pp2)-(pp3, pp4), C
  NEXT i
END IF
FOR II = 1 TO 10000: NEXT II
SLEEP
IF K < 7 THEN CLS
LOOP
9000
FOR i = 1 TO 1000
K = 0
DO
  K = K + 1
  PSET (50 + i / 2, 100 + (MAX1S(i) - MAX1(i) + K) * 2), 14
IF K = INT(MAX1(i)) THEN EXIT DO
IF MAX1(i) = 0 THEN EXIT DO
LOOP
  pp5 = 50 + i / 2
  pp6 = 160 + MAXS(i) / 3.5
  pp7 = 50 + (i + 1) / 2
  pp8 = 160 + MAXS(i + 1) / 3.5
  LINE (pp5, pp6)-(pp7, pp8), 15
NEXT i
END
----- OUTPUT DATA ZION
OPEN "D:\DITDATA\" + DITFL$ FOR OUTPUT AS #1
FOR i = stn TO stn + SVN - 1

```

```

        PRINT #1, INT(MAXS(i) * 10) / 10
    NEXT i
CLOSE #1
OPEN "D:\DITDATA\" + STAFL$ FOR OUTPUT AS #1
    PRINT #1, WN
    PRINT #1, INT(HMAX)
    PRINT #1, INT(H110)
    PRINT #1, INT(H13)
    PRINT #1, INT(HMEAN)
    PRINT #1, INT(HRMS)
    PRINT #1, INT(TMAX * 10) / 10
    PRINT #1, INT(T110 * 10) / 10
    PRINT #1, INT(T13 * 10) / 10
    PRINT #1, INT(TMEAN * 10) / 10
    PRINT #1, INT(TRMS * 10) / 10
CLOSE #1
CALL SPECTRUM(MAXS(), dn, SMPRT%, SPCFL$)
LOOP
END
MKDATA:
'----- FILTER : ERASE THE JUMP NOISE
    POT = stn
    DO UNTIL POT > stn + SVN
        IF MAXS(POT) <> -1000 THEN POT = POT + 1
        IF MAXS(POT) = -1000 THEN
            PIT = POT
            DO
                IF MAXS(PIT) <> -1000 THEN EXIT DO
                PIT = PIT + 1
            LOOP
            SLP3 = (MAXS(PIT) - MAXS(POT - 1)) / (PIT - POT + 1)
            FOR J = POT TO PIT - 1
                MAXS(J) = MAXS(POT - 1) + (J - POT + 1) * SLP3
            NEXT J
            POT = PIT
            IF POT > stn + SVN THEN EXIT DO
        END IF
    LOOP
RETURN

SUB fft (XREAL(), XIMAG(), si)
'      si=-1 for FFT:      si=1 for IFFT
'===== FFT =====
N = 2048
REDIM NN(20)
    M = LOG(N) / LOG(2)
    FOR i = 1 TO M
        NN(i) = 2 ^ (M - i)
    NEXT i
    FOR L = 1 TO M
        NBLOCK = 2 ^ (L - 1)
        LBLOCK = N / NBLOCK
        LBHALF = LBLOCK / 2
        K = 0
        FOR IBLOCK = 1 TO NBLOCK
            FK = K
            V = si * 2 * pi * FK / N
            C = COS(V)

```

```

S = SIN(V)
ISTART = LBLOCK * (IBLOCK - 1)
FOR i = 1 TO LBHALF
    J = ISTART + i
    JH = J + LBHALF
    TREAL = XREAL(JH) * C + XIMAG(JH) * S
    TIMAG = XIMAG(JH) * C - XREAL(JH) * S
    XREAL(JH) = XREAL(J) - TREAL
    XIMAG(JH) = XIMAG(J) - TIMAG
    XREAL(J) = XREAL(J) + TREAL
    XIMAG(J) = XIMAG(J) + TIMAG
NEXT i
FOR i = 2 TO M
    I1 = i
    IF K < NN(i) THEN EXIT FOR
    K = K - NN(i)
NEXT i
K = K + NN(I1)
NEXT IBLOCK
NEXT L
K = 0
FOR J = 1 TO N
    IF K >= J THEN
        TT = XREAL(J)
        XREAL(J) = XREAL(K + 1)
        XREAL(K + 1) = TT
        TT = XIMAG(J)
        XIMAG(J) = XIMAG(K + 1)
        XIMAG(K + 1) = TT
    ELSE
    END IF
    FOR i = 1 TO M
        I1 = i
        IF K < NN(i) THEN EXIT FOR
        K = K - NN(i)
    NEXT i
    K = K + NN(I1)
NEXT J
IF si = 1 THEN
    FOR i = 1 TO N
        XREAL(i) = XREAL(i) / N
        XIMAG(i) = XIMAG(i) / N
    NEXT i
ELSE
END IF
FOR i = 1 TO N
NEXT i
'===== End of FFT =====
END SUB

SUB QSORT (A(), M, N)
IF M = 1 AND N = WN - 1 THEN num = 0
IF M < N THEN
    i = M: J = N + 1: K = A(M)
    DO
        DO
            i = i + 1
            IF i > N THEN EXIT DO
        LOOP UNTIL A(i) >= K
    DO

```

```

        J = J - 1
    LOOP UNTIL A(J) <= K
    IF i < J THEN SWAP A(i), A(J)
    LOOP UNTIL i >= J
    SWAP A(M), A(J)
    CALL QSORT(A(), (M), J - 1)
    CALL QSORT(A(), J + 1, (N))
END IF
END SUB

SUB SPECTRUM (RD(), dn, SR%, SPCFL$)
CLS
N = 2048
DIM XREAL(N), XIMAG(N), SP(N)
pi = 3.1415926#
si = -1
FCUT = SR% / 2
FOR i = 1 TO N
    XREAL(i) = RD(i)
    XIMAG(i) = 0
NEXT i
CALL fft(XREAL(), XIMAG(), -1)
SPMAX = -10000: Mos = 0
FOR i = 1 TO N / 2
    SP(i) = 2 * ((XREAL(i)) ^ 2 + (XIMAG(i)) ^ 2) / N
    SP(1) = 0
    Mos = Mos + SP(i)
    IF SP(i) > SPMAX THEN
        SPMAX = SP(i)
        SPFMAX = FCUT * 2 / N * (i - 1)
    END IF
NEXT i
MO = Mos / N
OPEN "D:\DITDATA\" + SPCFL$ FOR OUTPUT AS #2
PRINT #2, "Mo", MO / 10000
PRINT #2, "PF", SPFMAX
PRINT #2, "PSD", SPMAX / 10000
PRINT #2, "FCUT", FCUT
i = 0
DO
    i = i + 1
    PRINT #2, SP(i) / 10000
LOOP UNTIL i = N / 2
CLOSE #2
END SUB

```

中央氣象局委託研究計畫報告
CWB83-2M-07

台灣附近海面風浪預報模式之開發
I：風場資料評估

主持 人：莊 文 思
助 理：梁 文 德
國立台灣大學海洋研究所

中華民國八十三年八月一日

摘要

海面波浪之產生及發展，大抵均由海面風場所造成，因此預報風浪，在不考慮湧浪之情況下，假定風浪為完全成熟波 (fully developed sea)，則可以簡單之公式， $H=AV^2/g$ 來計算，其中H是波高，A是常數，g是重力加速度，V是風速。故由海岸地區所測風速資料即可推算近岸海域風浪狀態。

但分析廿餘測站1993年各地實測風場之基本統計資料看來，除三離島測站（蘭嶼、東吉島、澎佳嶼）外，澎湖及本島測站均有低估之情形（年平均風速最低值出現在阿里山）。由於風速觀測之技術甚為單純，因此儀器誤差應不至於影響觀測結果，造成低估現象最有可能原因在於觀測儀器之設置地點風場，不足以代表大範圍實際風場。

實測東吉島風浪間之關係，無論短期變化或季節變化均非常類似。其線性相關程度亦非常良好，相關係數高達 0.78。為了海象預報之作業需求，建議將現有之測風儀器遷移至氣象站附近未受遮蔽之適當地點，或於海岸地區另設置簡單之測風站，傳送及時風場資料，以供預報近海風浪使用。

一. 前言

海面波浪之產生及發展，大抵均由海面風場所造成，因此預報風浪，在不考慮湧浪之情況下，假定風浪為完全成熟波 (fully developed sea)，則可以簡單之公式， $H=AV^2/g$ 來計算，其中H是波高，A是常數，g是重力加速度，V是風速 (Hubert, 1957)。此公式經不斷改良，包括引進 P-N-J 波譜法的波高與吹風時間的關係，即成為今日先進國家氣象及海軍單位作業化波浪模式之開始（趙榮耀，1993）。

上述公式中最基本之要求即為先比較實測之風及浪，從而調整海面風速之計算方法及波浪模式中之常數。在海上實測風速，除使用資料浮標外，並無其它方法。目前我國之浮標技術尚在發展之中，短期內尚難進入作業階段。另一方面，就台灣而言，四面環海，且沿岸地區氣象測站密佈，離島且多有觀測，如能使用海岸地區所測風速資料推算近岸海域風浪狀態，當對波浪預報大有裨益，並可補足一般作業化波浪模式在近岸地區因水深變化複雜，網格點無法解析之不足。

本計畫即以審視中央氣象局所提供之廿個地面測站之資料為開始，期能配合中央氣象局所屬之四波浪站資料（鼻頭角、成功、東吉島、琉球嶼）建立初步之風浪關係。

二. 資料適用性

氣象局共提供廿二個地面氣象站資料，其中包括16個東西海岸測站（基隆、花蓮、蘇澳、宜蘭、成功、台東、大武、恆春、高雄、台南、嘉義、台中、梧棲、新竹、淡水、台北），四個離島測站（澎佳嶼、蘭嶼、東吉島、澎湖），另有兩個高山測站（玉山、阿里山）以供比對。資料內容包括氣壓（單位：mb）、溫度（°C）、風向（16方位）及風速（m/s），資料時間為1993年全年，記錄時間則為每三小時一筆。

所有資料先經初步統計，分別於表一列出氣壓、溫度、風速之平均值、標準偏差、最大及最小值（風速僅列最大值），另將風速及風向分解為東西及南北兩分量，分別計算其平均值及標準偏差，並以向量方式表達各測站所測得年平均風矢。

台灣幅員不大，南北相距僅約四百公里，故所有測站之年平均氣壓應無甚大差異，若有不同，主要應為測站（氣壓計）高度位置所造成。圖一所繪為海岸地區廿個測站之氣壓平均值及變化幅度（最高及最低值內）。明顯可見蘭嶼測站較諸其它站為低約35mb，亦即該測站必位於山上，所測風場恐難代表風浪預報所需之海面風資料。此外，彭佳嶼之氣壓亦低約10mb，應係於百米高燈塔頂測量所致。另一較低值出現在台中，亦約低10mb，原因並不明瞭。

海岸地區廿個測站之氣溫平均值及變化幅度則繪於圖二。氣溫地區性之效應頗大，故甚難用以評估資料之適用性。大體而言，蘭嶼測站所得平均溫最低，亦即高度影響頗巨。澎佳嶼與基隆、台北之差異在一度以內(0.83°C)。至於台中則與鄰近測站無任何明顯差別。

海岸地區廿個測站之風速統計資料繪於圖三。就最大值以觀，蘭嶼、東吉島、澎佳嶼等三離島測站測得最強之風，梧棲、新竹、恆春、澎湖等近海測站次之。平均風速亦大抵若是。依常識判斷，似屬合理，但東吉島與澎湖，蘭嶼與大武，澎佳嶼與基隆等站，彼此相距均不甚遠，但無論最大值或平均值相差約達一倍。此外，宜蘭、台東、淡水等沿岸測站年平均風速更在2 m/s以下，相較於一般認知，似有偏低。

現以東吉島與澎湖二離島測站為例，兩站全年之風速時間序列均繪於圖四。其變化非常類似（線性相關係數為0.85），但幾乎每次天氣形態事件(event)，兩站之峰值均相差一倍，亦即澎湖測得之風速有規律性偏低之現象。經由線性迴歸分析（如圖五），兩者比值約為0.58。

如以三離島（澎湖除外）所測風速代表海上風場，其與相近本島之對應海岸測站比較繪於圖六（澎佳嶼與基隆）、圖七（蘭嶼與大武）及圖八（東吉島與梧棲）。其中除梧棲與東吉島之比值為0.63尚接近外，基隆為0.37，大武為0.27均屬偏低。若以風速平方與波高之關係評估，則風速偏低之程度將更為明顯。

至於各站間風速之彼此相關性，台灣東部由澎佳嶼至恆春等10站，西部由高雄至台北等10站，分別列於表二及表三。其中東吉島、澎湖、梧棲、新竹四站間之相關性較佳，餘均甚差。因此可歸納出各站所測得之風速變化並不一致。

三. 風浪關係

風浪間之關係，今以東吉島為例，該處氣象局同時設有氣象站及波浪站。該波浪站之感應器置於水深29公尺處，電纜線總長約三公里。該站雖位於離島，但有效資比率甚高（莊文思，1993）。圖七為風速平方之時間序列圖，圖八為十分之一最大波高之逐時統計圖，二者間，無論短期變化或季節變化均非常類似。其線性相關程度亦非常良好，相關係數高達0.78（圖九）。如取前三小時之風與浪相比較，相關係數並提高至0.80。

四. 結論與建議

由東吉島實測風浪間之良好關係可知：台灣附近海面波浪預報模式之開發，有賴於沿海岸地區風場之準確測量及預報。但由各地實測風場之基本統計資料看來，除三離島測站（蘭嶼、東吉島、澎佳嶼）外，澎湖及本島測站均有低估之情形（年平均風速最低值出現在阿里山）。由於風速觀測之技術甚為單純，因此儀器誤差應不至於影響觀測結果，造成低估現象最有可能原因在於觀測儀器之設置地點風場，不足以代表大範圍實際風場。

測風站設置之一般原則，應為置於開闊區域並遠離各式非自然屏障。台灣各地區氣象站之設立大多歷史悠久，原設置時應可滿足上述條件，但當附近建築逐漸增加，阻擋效應(shielding effect)增強，則所測為經阻擋後之當地風場，故強度大幅減弱。

一般氣象站所測之風場資料，既不足以應付近岸海域風浪預報之需用（亦不足以作為檢驗天氣預報模式之結果），為了海象預報之作業需求，建議將現有之測風儀器遷移至氣象站附近未受遮蔽之適當地點，或於海岸地區另設置簡單之測風站，傳送及時風場資料，以供預報近海風浪使用。

參考資料：

Hubert, W. E. (1957): A preliminary report on numerical sea condition forecasts. Mon. Wea. Rev., 85: 200-204.

莊文思 (1993): 全省潮位站與波浪站之評估與規劃研究報告。中央氣象局，32頁。

趙榮耀 (1993): 美國作業單位波浪模式之評介。海象分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，238頁。

表一 中央氣象局廿二氣象站1993年氣壓、氣溫、風場資料統計表。

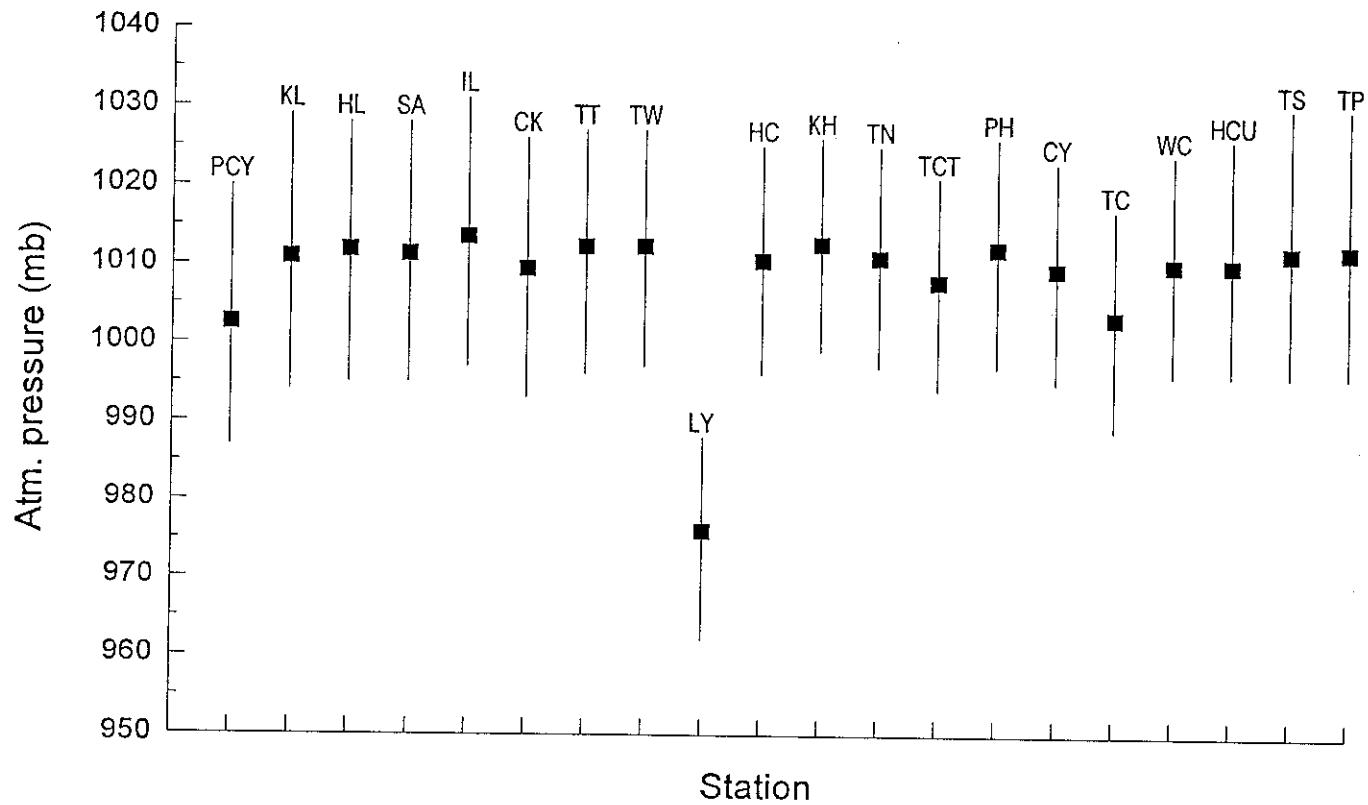
	Station	測站	Pres.				Temp.				Speed			E-W		N-S		Mean vector	
			Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Max.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mag.	Dir.
1	PCY	澎佳嶼	1002.55	6.51	987	1020	21.90	5.44	6.7	33.3	6.77	3.15	18.5	-2.46	4.29	-1.06	5.49	2.68	-157
2	KL	基隆	1010.90	6.84	994	1029	22.73	5.69	7.8	35.9	2.65	1.75	10.1	-1.08	1.88	-0.72	2.21	1.30	-146
3	HL	花蓮	1011.89	6.35	995	1028	23.43	4.53	11.1	33.0	2.99	1.96	11.5	-0.51	2.23	-0.19	2.74	0.54	-160
4	SA	蘇澳	1011.38	6.61	995	1028	22.45	5.41	8.2	33.4	2.65	1.55	9.1	0.35	2.34	0.68	1.84	0.76	63
5	IL	宜蘭	1013.56	6.71	997	1031	22.36	5.48	8.4	34.7	1.44	1.23	7.0	-0.25	1.37	-0.48	1.19	0.54	-118
6	CK	成功	1009.49	6.21	993	1026	23.69	4.26	12.1	33.5	3.39	1.91	10.6	-0.62	1.78	-2.08	2.70	2.17	-107
7	TT	台東	1012.25	5.94	996	1027	24.59	4.32	12.8	33.9	1.65	1.04	6.6	-0.06	1.13	-0.87	1.32	0.87	-94
8	TW	大武	1012.35	5.78	997	1027	25.09	4.18	13.3	37.6	2.54	1.57	9.1	-0.22	1.52	-1.35	2.17	1.37	-99
9	LY	蘭嶼	976.01	4.73	962	988	22.44	3.63	11.1	30.7	7.84	4.47	30.2	-0.40	5.43	-2.49	6.76	2.52	-99
10	HC	恆春	1010.54	5.21	996	1025	25.19	3.92	13.0	33.7	3.68	2.54	13.0	-1.27	2.62	-1.98	2.76	2.35	-123
11	KH	高雄	1012.64	5.11	999	1026	25.11	4.65	9.8	34.4	2.22	1.26	8.4	0.53	1.65	-0.58	1.78	0.79	-48
12	TN	台南	1010.93	5.42	997	1025	24.42	5.35	8.3	36.1	3.15	1.44	9.6	0.21	1.61	-1.32	2.77	1.34	-81
13	TCT	東吉島	1007.86	5.30	994	1021	23.67	4.28	12.0	31.8	7.55	4.52	21.5	-1.67	3.34	-4.24	6.75	4.56	-111
14	PH	澎湖	1012.11	5.72	997	1026	23.61	4.85	10.8	33.4	4.62	2.44	12.6	-1.19	2.12	-2.24	4.06	2.54	-118
15	CY	嘉義	1009.49	5.36	995	1023	23.11	5.77	5.9	35.6	2.19	1.32	7.6	0.38	1.46	-0.81	1.90	0.89	-65
16	TC	台中	1003.31	5.29	989	1017	23.44	5.61	5.6	34.6	1.57	1.01	5.0	0.25	0.98	-0.46	1.50	0.52	-61
17	WC	梧棲	1010.14	5.66	996	1024	23.32	5.66	7.1	34.9	5.09	3.24	16.2	-0.73	2.48	-2.73	4.72	2.83	-105
18	HCU	新竹	1010.15	6.10	996	1026	22.23	5.83	5.1	33.9	3.52	2.64	13.7	-1.30	3.07	-1.38	2.52	1.90	-133
19	TS	淡水	1011.74	6.69	996	1030	22.15	6.07	6.1	36.3	1.63	1.33	8.8	-0.38	1.58	-0.34	1.29	0.51	-138
20	TP	台北	1012.00	6.67	996	1030	22.72	5.91	7.1	36.3	2.93	1.81	8.8	-1.66	2.40	-0.65	1.71	1.78	-159
21	YS	玉山	641.97	2.53	634	648	4.05	4.95	-10.6	17.9	4.73	2.66	24.7	2.25	3.49	0.15	3.49	2.25	4
22	ALS	阿里山	764.72	2.17	758	771	10.89	4.27	-3.4	21.3	1.10	0.83	6.1	0.26	1.05	0.07	0.85	0.27	15

表二 台灣東部由澎佳嶼至恆春等10站風速相關係數表。

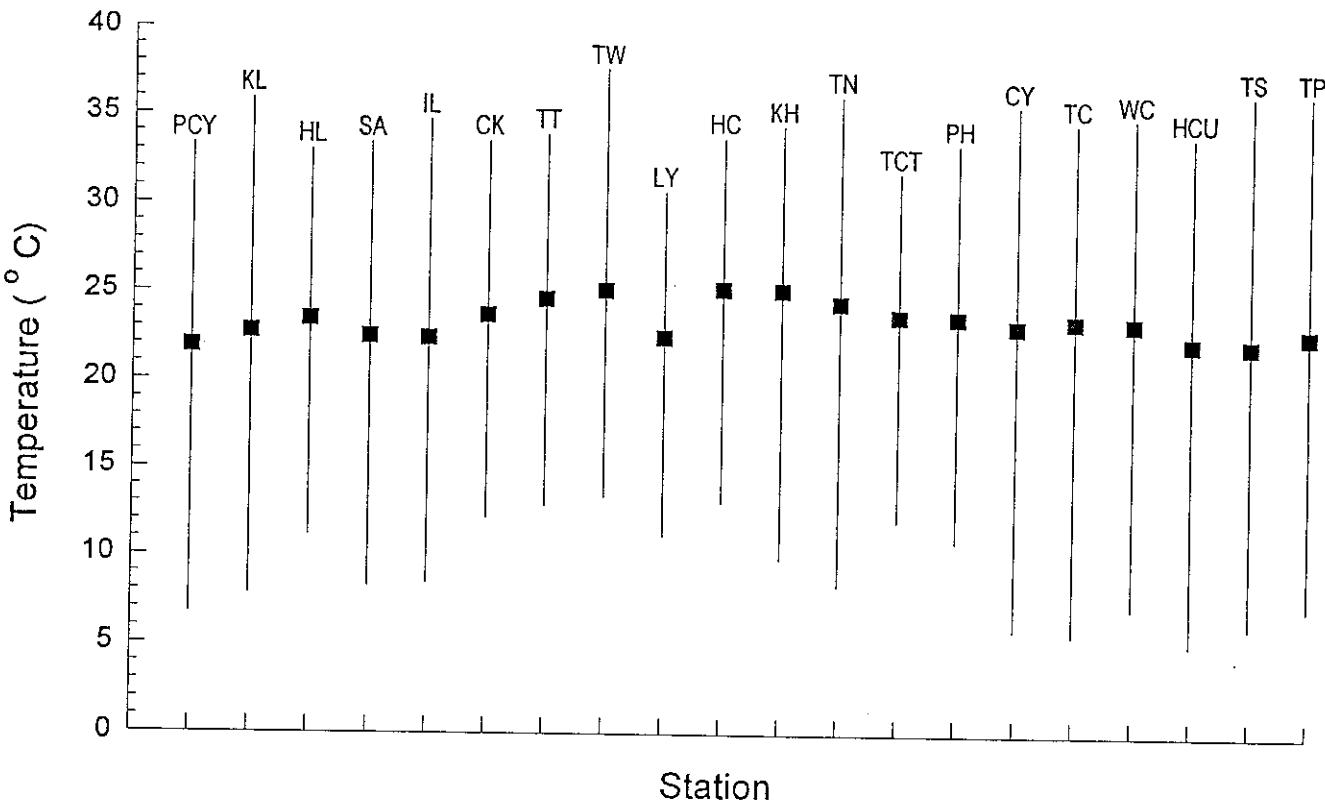
	PCY	KL	HL	SA	IL	CK	TT	TW	LY	HC
PCY	1									
KL	0.24	1								
HL	0.09	0.18	1							
SA	0.08	0.20	0.12	1						
IL	0.02	0.16	0.14	0.24	1					
CK	0.15	0.22	0.22	0.07	0.03	1				
TT	0.04	0.16	0.18	0.08	0.13	0.28	1			
TW	0.14	0.18	0.11	0.09	0.04	0.30	0.27	1		
LY	0.07	0.06	0.03	0.01	0.00	0.14	0.05	0.12	1	
HC	0.19	0.16	0.10	0.09	0.03	0.28	0.13	0.35	0.12	1

表三 台灣西部由高雄至台北等10站風速相關係數表。

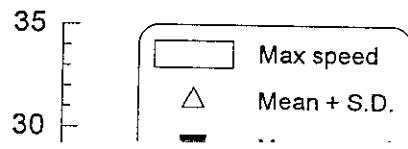
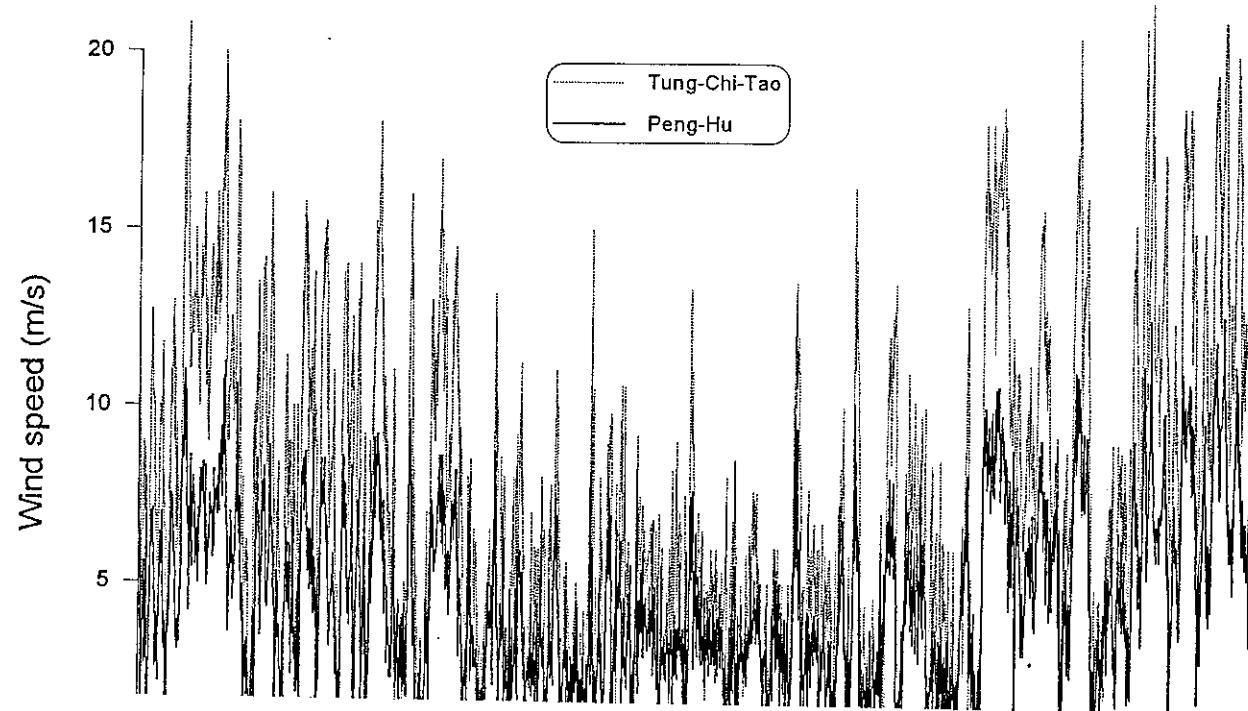
	KH	TN	TCT	PH	CY	TC	WC	HCU	TS	TP
KH	1									
TN	0.30	1								
TCT	0.00	0.21	1							
PH	0.01	0.19	0.85	1						
CY	0.25	0.41	0.10	0.12	1					
TC	0.24	0.30	0.07	0.11	0.50	1				
WC	0.07	0.30	0.53	0.58	0.34	0.42	1			
HCU	0.03	0.15	0.44	0.52	0.19	0.24	0.59	1		
TS	0.07	0.08	0.05	0.08	0.15	0.18	0.18	0.19	1	
TP	0.01	0.02	0.14	0.20	0.03	0.04	0.17	0.24	0.19	1

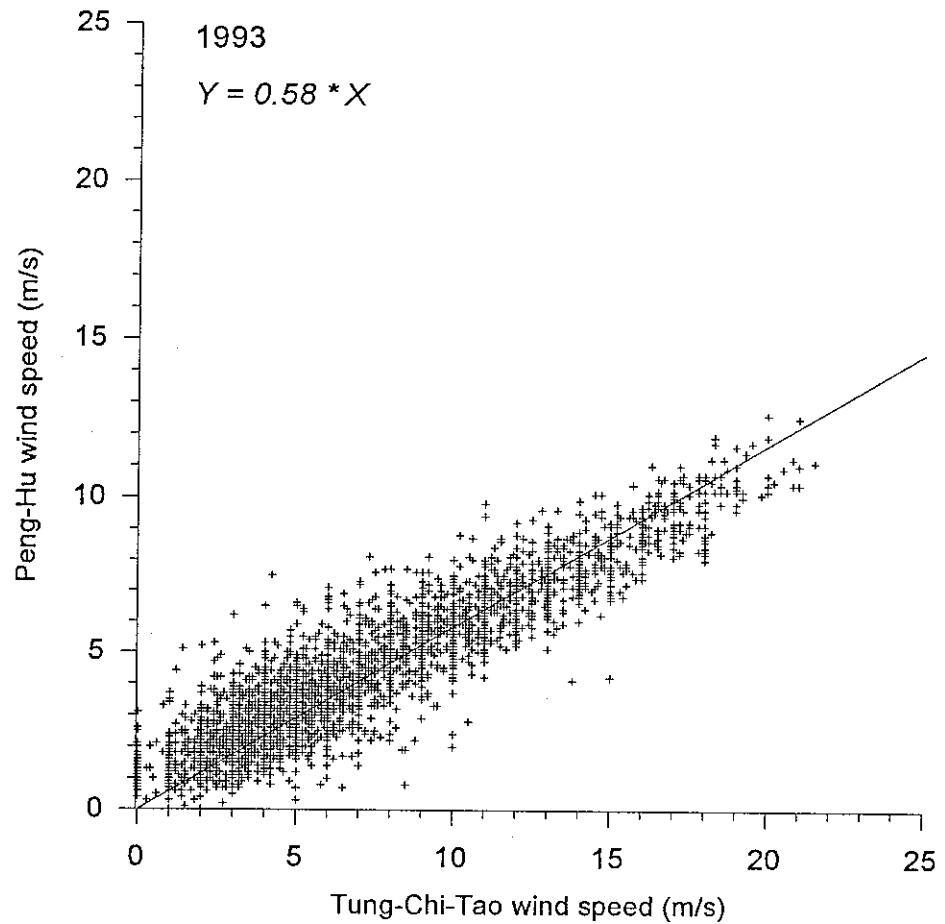


圖一 甘氣象站1993年氣壓變化幅度及年平均圖。

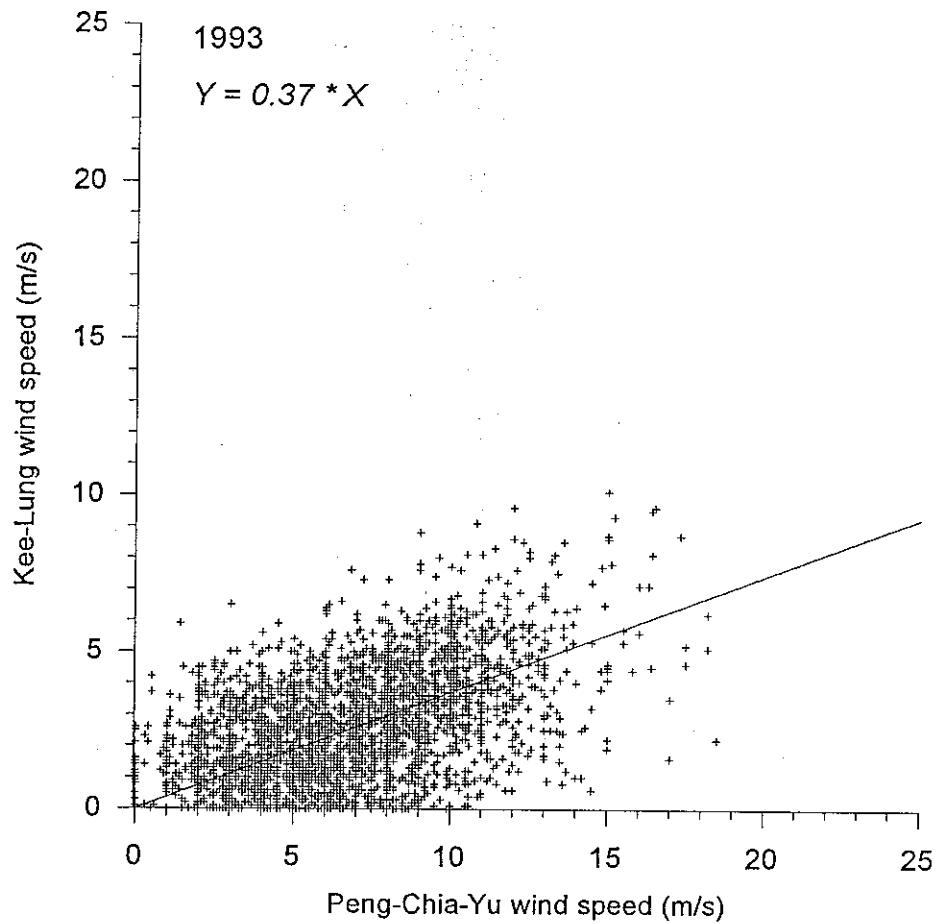


圖二 廿氣象站1993年氣溫變化幅度及年平均圖。



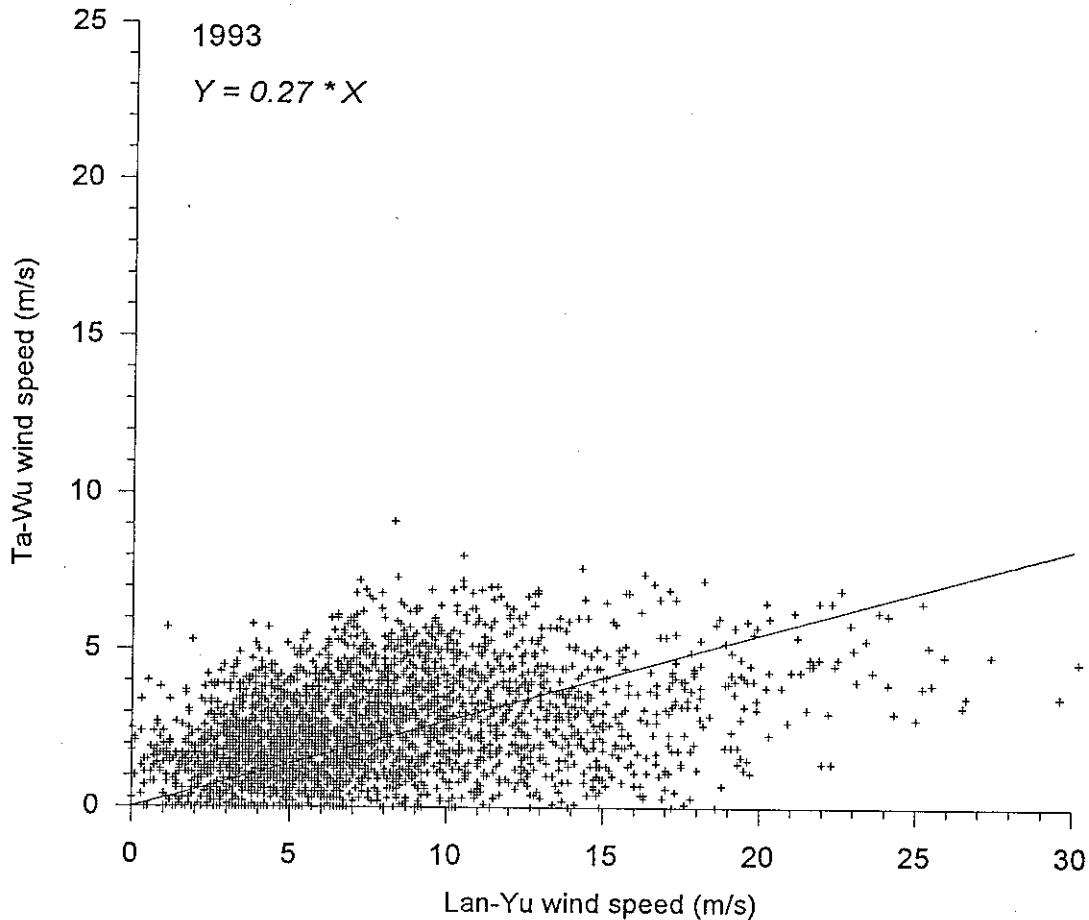


圖五 東吉島與澎湖全年之風速對應圖及線性迴歸線。

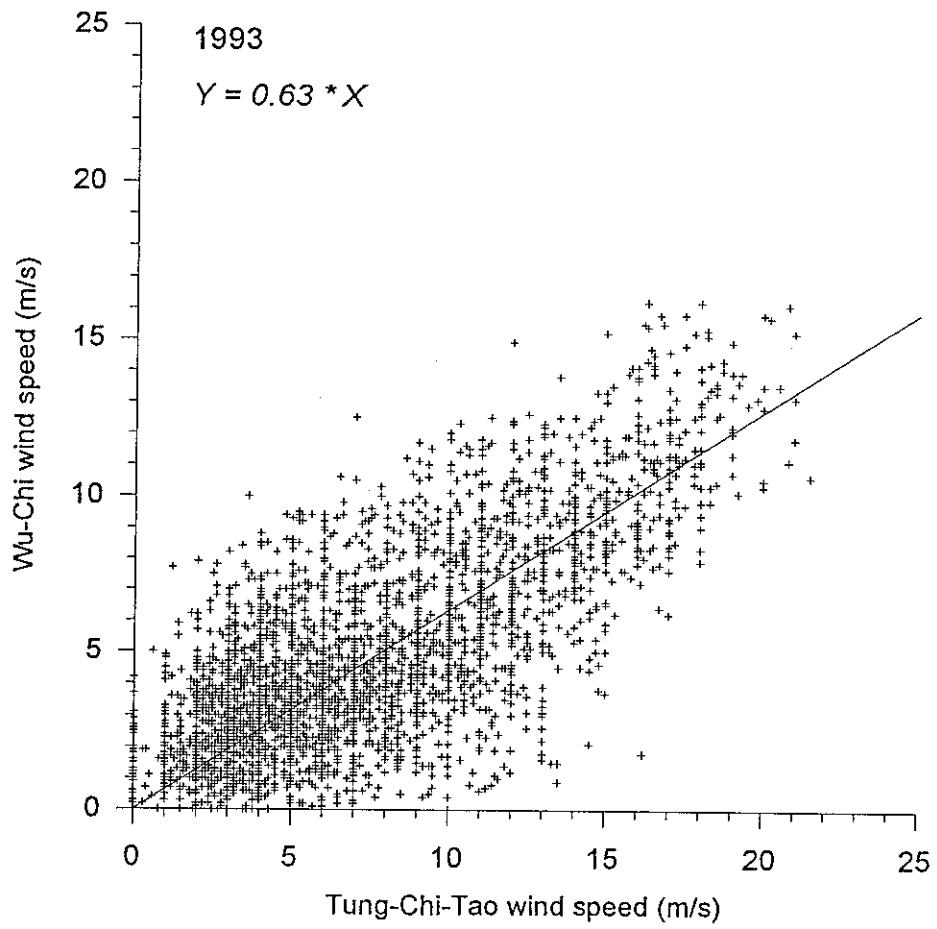


圖六 澎佳嶼與基隆全年之風速對應圖及線性迴歸線。

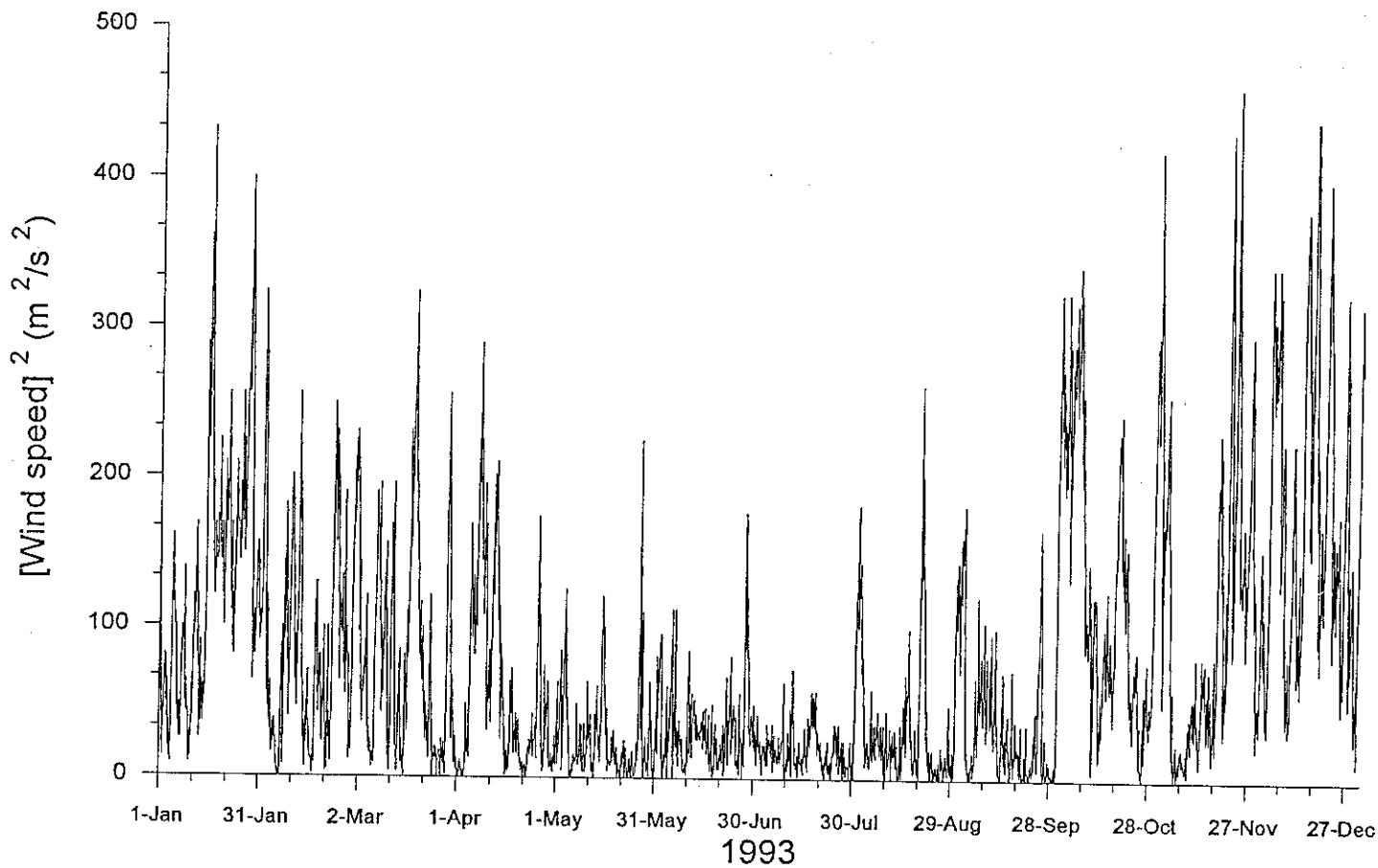
51



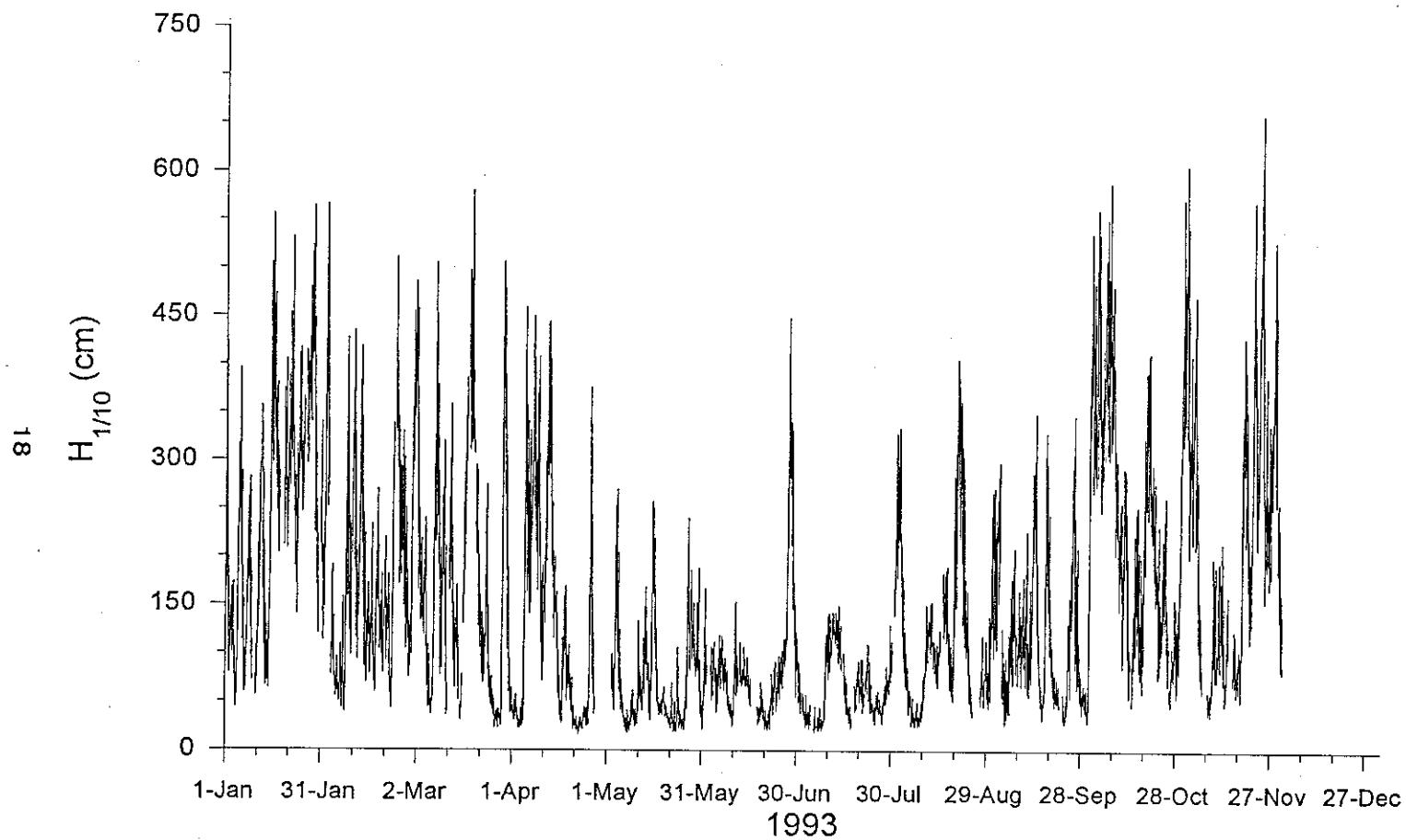
圖七 蘭嶼與大武全年之風速對應圖及線性迴歸線。



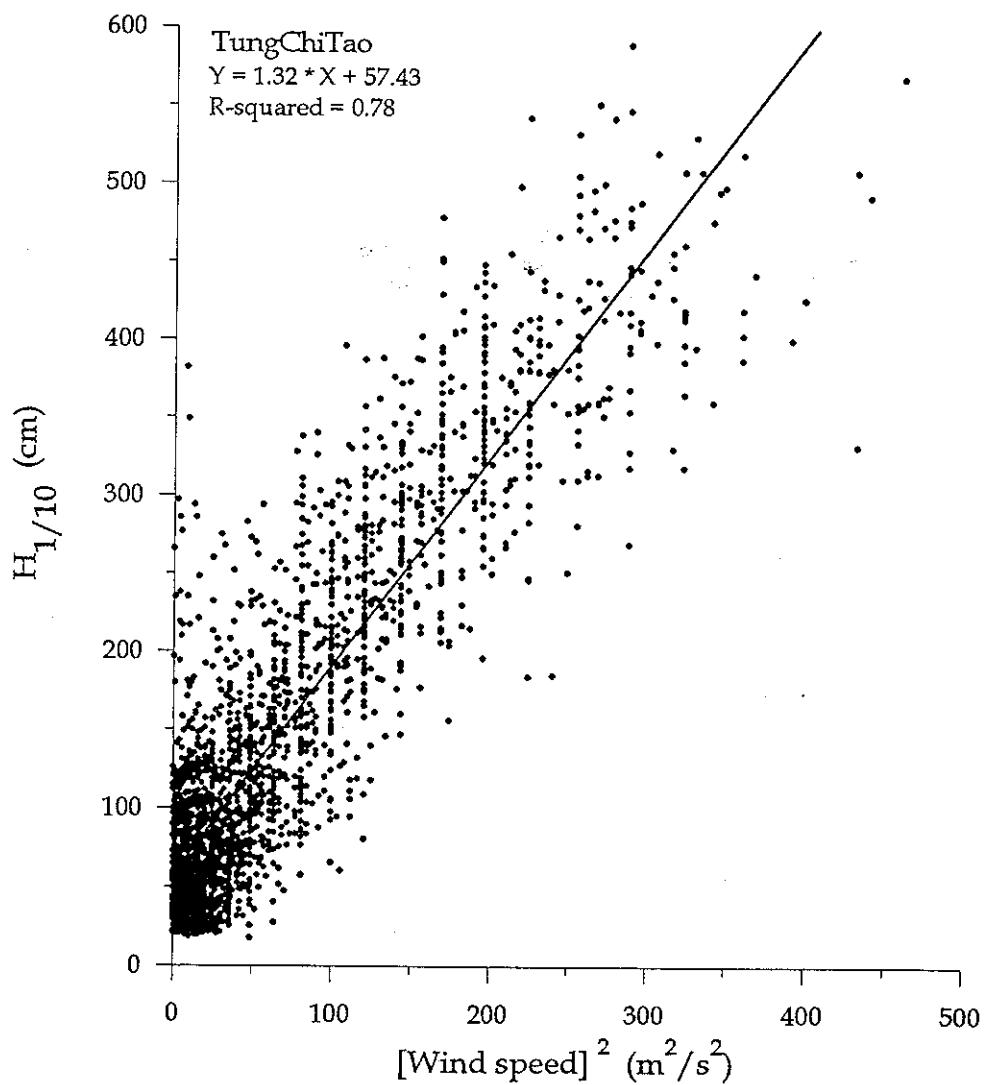
圖八 東吉島與梧棲全年之風速對應圖及線性迴歸線。



圖九 東吉島全年之風速平方時間序列圖。



圖十 東吉島全年之有效波高時間序列圖。



圖十一 東吉島全年之風速平方與有效波高對應圖及線性迴歸線。

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

臺南地區防災教育與宣導之規劃(一)

計畫主持人：黃榮村

協同主持人：陳正改

研究助理：周志盈

計畫編號：CWB 83-2H-10

執行期間：82年7月1日至83年6月30日

執行單位：國立臺灣大學心理系

中華民國八十三年八月

嘉南地區防災教育與宣傳之規劃(一)

摘要

民眾防災教育是防災措施中不可或缺的要件。本計畫在已蒐集之雲嘉南地區防災資料以及其需求面調查的基礎上，針對雲嘉南地區各類型區域（含災區、潛勢區、與非災區三類，各類中再分山區、濱海區、與平原區）及各級學校，調查其所需之防災教育教材及宣導管道，以期在未來防災教育的規劃中，提供一個符合雲嘉南地區一般民眾在防災教育需求上之參考。

壹、緒論

一、前言

氣象及地震災害對國家經濟成長的影響及對人民生命財產危害甚鉅（謝信良、陳正改，民 75；邱昌平，民 74）。儘管災害防治的目標在減少災害帶來的各類風險，降低災害的直接破壞及防止災害的蔓延擴大，其防治方式在科學技術與法令管制層面上之應用，最終仍是以保障國家經濟與人民生命財產為主要目的。有鑑於此，亟需建立完善快捷的災害預警系統，加強防災知識與防災教育的宣導，使全民能建立正確的防災觀念，與政府有關單位密切配合，俾能由過去以事後救災為主的消極觀念，轉變成事前的積極防災行動，使天然災害減至最低程度。國科會自民國 71 年起推動的「大型防災科技研究」，目前已進展至第三期五年計畫，其中以嘉南地區為主之「臺灣地區防災示範計畫」亦已進入第二階段的工作。中央氣象局為支應上述計畫，在社會經濟層面部份已於民國 81、82 年完成雲嘉南地區對建立防災預警系統的需求狀況調查，並繼續同階段之防災教育推廣及協助工作。

過去研究指出，民眾普遍缺乏災害意識（謝信良、陳正改，民 77；施鴻志，民 77），又個人對於天然災害如颱風、地震的預防行為，受個人認為災難後帶來的損失所影響（王琳、白璐，民 82），因此在教育宣導的內容上，便要由提高民眾的災害意識著手。然而縱使居民有相當程度之災害意識與正確之風險知覺，若無充份的災害資訊及防災知識，就無法做出適當的防災措施。預警效果之落實，便需在民眾能依其防災知識解釋預警資訊，並知道用那種防災行動有效因應下，才可能完成。如颱風等級風速多大時，才會造成農作物虧損或房屋倒塌；在颱風前如何依需要，準備食物、收音機、固定門窗及樹木等。因此災害認知的加強亦為教育宣導的重要內容。此外，不同的天災在不同地區有不同的有效因應方式，某些地區有更急迫之防災知識需要了解。如沿海地區應加強提供颱風、豪雨、潮汐等有關教材；河川沿岸低窪區應加強洪水防災教育；一般農作及養殖業，特別需要低溫防災教育。

為因應民眾對於防颱、防震等教育的迫切需求，近幾年來中央氣象局及各縣市政府已積極出版有關防災基本常識之教材、錄影帶及推動大規模的演習活動。然而根據黃榮村等人（民 82）的研究結果指出，在雲嘉南地區平均有超過八成以上的民眾從未收到過任何相關的防災資訊，災區的情形甚至與非災區相較起來更為嚴重。因此政府各單位在從事防災教育的宣導時，無論在內容或方式上，皆應

針對民眾的實際反應及需求層面加以配合，才能達到較好的效果。

除了社會大眾的教育外，我們也不可忽略學校教育的重要性，學校乃一現成的提供教育機會之當然場所，並且防災教育若自幼灌輸，對於防災意識的提高也可望有助益，然學校除直接教導學生防災常識之外，是否可能以其擁有的教育資源，間接作為民眾防災教育的媒介及支援呢？此乃研究者的另一構想。這些方面的探討，將依據我們過去兩年在雲嘉南地區所建立的檔案，加以訪視了解，並與各級學校商談其所需的防災教材，以期能對防災教育與宣導之規劃提出有效建議。

二、研究架構

本計畫首先自交通部中央氣象局收集全國性及由雲嘉南各縣市政府收集地區性的防災教材及演習記錄，以了解此區域過去幾年來的防災教育與宣導狀況，並事先做一概略的評述。再利用個別訪談的方式將這些蒐集來的資訊，提供給受訪民眾及學校行政單位，詢問其獲得此類資訊的情況，及針對資訊內容做開放性的評估。在學校方面，除了校外可提供之資訊外，並有校內行政單位自行籌劃的教材及活動，對於這些資訊的充足性及適切性問題亦列入訪

談範圍。

在教育內容上，為達防災教材與民間經驗之整合，依據黃榮村等人（民81）的研究結果，由四方面的內涵加以探索居民的需求：(1) 對災害的認知：即天然災害（包括颱風、地震及洪水）的發生原因，何種災害造成何種損失及以何種方式來應付處理；(2) 防災知識的提供：對於居住的地理環境較易發生之天然災害的認知，及針對此環境所迫切需要的災害資訊及防災知識；(3) 災害發生時之應變：在災害發生當時的緊急應變處理知識；(4) 災害發生後之復建：即災害之重整、善後及協助管道方面的知識。

在教育宣導方式上，乃同時考慮社會教育與學校教育層面，社會教育的考量上著重民眾對各類宣傳管道（包括大眾傳播媒體如電視、廣播、報章雜誌；宣傳文字如防災手冊、海報；及宣傳活動如防災演習、宣傳車、講習會等）的配合意願，及各種管道提供有效資訊的方法，並探討由何種單位及個人提供使居民感到最有可信度。在學校教育的考量上，除了直接以學生做為對象的宣導外，其間接作為社區傳遞資訊的媒介，及與社區合作宣導的可行性評估及方式，則為最後探討的研究重點。

貳、研究方法

一、受訪者之抽樣

依據前兩年所建立之雲嘉南地區各類型檔案（黃榮村等人；民 81，82），包括依天然地理特性區分的山區、濱海區及平原區，和以實際受災記錄或受災可能性以村里為單位所區分的災區、潛勢區及非災區（註），總共 $3 \times 3 = 9$ 個類別區，並配合各鄉鎮村里的行政區域圖及地形圖，以村里為最小單位進行抽樣，抽樣方式盡可能使受訪之災區村里，平均散佈於各個縣為原則。

居民方面以災區為主總共抽出 87 個村里，再由每一村里長推薦一位戶長做為訪談對象，其中包含潛勢區三戶（嘉義縣山區、雲林縣濱海區及臺南縣平原區各一戶）與非災區三戶（臺南縣山區、嘉義縣濱海區及雲林縣平原區各一戶）作為對照組。學校方面，以三縣中位於災區中的國

(註) 災區：民國 77 年至今曾受災之村里。

潛勢區：災區之外圍村里。

非災區：不含災區及潛勢區之未受災村里。

中、國小為對象進行抽樣，共抽出國中十所、國小十四所，並由學校校長推薦一位主任或老師為訪談對象。

二、受訪者基本資料

以下為各類受訪者之基本資料表。

表一 各類別區的受訪居民分佈

	山 區	濱海地區	平原區	總 計
災 區	22	20	39	81
潛勢區	1	1	1	3
非災區	1	1	1	3
總 計	24	22	41	87

表二 受訪居民的居住地分佈

居住地	雲林縣	嘉義縣	臺南縣
人數	29	36	22
百分比	34.5	40.2	25.29

表三 受訪居民的性別分佈

性別	男	女
人數	73	10
百分比	87.9	12.1

表四 受訪居民的職業分佈

職業	公	商	工	農	漁	無	其他
人數	15	4	7	39	10	5	7
百分比	17.2	4.6	8.1	44.8	11.5	5.8	8.1

表五 受訪居民的年齡分佈

年齡	≤30歲	31-40歲	41-50歲	51-60歲	61歲≤
人數	2	10	10	16	26
百分比	3.1	15.6	15.6	25.0	40.6

表六 受訪學校分佈

	雲林縣	嘉義縣	臺南縣	總 計
國 中	3	4	3	10
國 小	4	4	6	14

表七 受訪學校代表的職稱分佈

職稱	校 長	訓導主任	教務主任	總務主任	教 師
人數	1	8	3	7	5
百分比	4.2	33.3	12.5	29.2	20.8

四、訪談問題之選擇

訪談問題係針對研究架構的主題編制而成，居民方面的主題分別為：(1) 民眾對現行防災教育之意見與效果評估；(2) 民眾對教育內容的特殊需求；(3) 民眾對防災宣導管道的看法。學校方面的主題則為：(1) 校內外現行防災教育之意見與評估；(2) 以學生為目標的直接教育；(3) 間接作為傳遞資訊的媒介之可行性與方式。主題之外另分別列出細部的子題，再針對子題作出問題的方向及形式。問題盡量以所關心的研究主題直接轉換而成，例如研究所關心者為現行教材與資訊之取得情形，問題則為：請問您過去有否收到任何關於防災教育的資料，或者參與過政府舉辦的防災演習活動？（請參考附件）。由於本研究採個別訪談的方式，受訪者接收問題的形式來自訪員的口頭詢問與交談，因此，問題只是供給訪問的一個主要方向，唯訪員訓練因而成為本研究的重要項目。

五、訪員訓練及訪談

訪問人員之徵求對象為居住於中南部地區之大學學生，每位訪問人員具備流利的臺語能力及相當的溝通技巧。訪員訓練的步驟包括：(1) 說明整個研究計畫的架構與目的；(2) 說明研究問題的主要方向及其在實際情況中的應

用；(3) 要求訪問人員以臺語模擬實際訪談情形；(4) 討論訪問過程中可能遭遇的問題及相關事項。

訪問人員需將研究者事前準備好的防災教材（如天然災害防護手冊、颱風百問、地震百問等），呈現給受訪者參考，且在訪談過程中詳細記錄談話內容並予以錄音，於訪談結束後加以謄寫整理。

六、結果之呈現與分析

關於防災教育與宣傳之現況部份，將來自氣象局與各縣市政府的資料，以防災手冊、防災錄影帶、防災活動與防災宣導計畫為分類加以概略敘述其編製單位與主辦單位、手冊內容與活動內容以及使用對象與參與者等資訊。至於訪談的結果部份，則於一一整理歸納之後以表格的方式呈現，並儘量以保存原始內容為原則，在此將其所包含的訊息加以說明。

1. 每一問題下的類似回答以具代表性的描述（英文字母後之敘述）呈現之後，加入與此描述有關的回答和補充於敘述後的各個括弧內。
2. 每一敘述之前呈現回答此描述的受訪人數及其所佔總受訪人數的百分比，以及回答此描述的各地區（學校）受訪人數及其所佔總地區（學校）受訪人數的百分

比。

3. 有些問題之間並不具獨立的關係，例如在關於教材與資訊之取得的問題中，一開始便回答沒有收過任何關於防災教育的資料時，其後的某些問題便無法回答，此情形在表中以「註」來說明。
4. 由於均是開放性的問題，有些問題同一受訪者會有一個以上的回答，因此每一個題目的回答總人數均等於或超過受訪總人數。
5. 沒有回答某一題目的人數，亦統計在此題最後一項敘述中。
6. 除了針對題目所作的回答外，其餘有關的建議及意見亦呈現於「-」號之後。
7. 潛勢區與非災區的結果亦呈現於表中。

參、結 果

一、雲嘉南防災教育與宣導之現況

(一)、防災手冊

1. 天然災害防護手冊

編製單位：交通部中央氣象局 (Tel:02-349-1014 防災科)
出版日期：中華民國八十二年七月二版
手冊內容：台灣區各類天然災害簡介、防範颱風及地震須知、各氣象單位服務電話及各類災害統計圖表
使用對象：一般民眾、警察單位、農漁民、鐵路公車業
分發情況：臺灣地區各警察局消防大隊、農會、漁會、水利會及各政府機關和各學校圖書館

2. 氣象世界面面觀—認識氣象名詞及預報用語

編製單位：交通部中央氣象局 (Tel:02-349-1014 防災科)
出版日期：中華民國八十三年五月再版
手冊內容：氣象名詞的介紹、影響天氣變化的因素、天氣預報用語的解釋及功用。每頁均有生動的卡通繪圖作為背景說明
使用對象：一般民眾及學生
分發情況：臺灣地區各國中、小學圖書館各十至二十冊

3. 揭開地球的面紗—認識氣象、海象、地震

編製單位：交通部 (Tel:02-3492725-5)
出版日期：中華民國八十一年六月再版
手冊內容：常見氣候的成因、氣象探測的方式、如何預報氣象、地震的監測及氣象災害的防範。每頁均有生動的卡通繪圖作為背景說明。
使用對象：一般民眾及學生
分發情況：臺灣地區各國中、小學圖書館各十至二十冊

4. 地震

編製單位：交通部中央氣象局 (Tel:02-349-1014 防災科)
出版日期：中華民國八十二年七月再版
手冊內容：地震的成因、臺灣的地震歷史、地震前的防範工作、地震時的應變對策、地震後的復原工作。每頁均有生動的彩色繪圖說明，並附各縣市建管機關電話及查核危屋之民間團體。

使用對象：一般民眾及學生
分發情況：臺灣地區各國中、小學圖書館各十至二十冊

5. 地震百問

編製單位：交通部中央氣象局 (Tel:02-349-1014 防災科)
出版日期：中華民國八十三年二月
手冊內容：將地震的成因與分類、觀測與預報、災害與預防等知識彙整成一百個問題並一一解答。另將之濃縮為地震防護要點於附錄。
使用對象：一般民眾及學生
分發情況：臺灣地區各警察局消防大隊、農會、漁會、水利會及各政府機關和各學校圖書館

6. 颱風百問

編製單位：交通部中央氣象局 (Tel:02-349-1014 防災科)
出版日期：中華民國八十二年十二月修訂本
手冊內容：將颱風的成因與預報、對臺灣的影響、災害與預防等知識彙整成一百個問題並一一解答。另附有氣象廣播時間表及船舶避風法圖例。
使用對象：一般民眾
分發情況：臺灣地區各警察局消防大隊、農會、漁會、水利會及各政府機關和各學校圖書館

7. 學校防震手冊

編製單位：臺灣省政府交通處 (Tel:049-339474)
出版日期：中華民國八十一年六月二版
手冊內容：認識地震、地震時如何避難逃生、受傷者如何處置。彩色圖例豐富，文字淺顯易懂。
使用對象：學校師生及家長
分發情況：臺灣地區各級學校

8. 防洪教育手冊 (A)

編製單位：臺灣省水利局 (Tel:04-251-0251)
出版日期：中華民國七十五年四月
手冊內容：洪水之來源、河川的功能、防洪的方法及應注意事項。
使用對象：一般民眾
分發情況：不詳

9. 防震宣導手冊

編製單位：嘉義縣政府、嘉義縣警察局 (Tel:05-3620123)
手冊內容：地震的災害、成因與分佈、個人的地震防護措施、住屋
、學校、公共場所的安全檢查、地震時的應變對策、地
震後的復原工作及注意事項。每頁均有生動的彩色繪圖
說明。
使用對象：一般民眾
分發情況：嘉義縣各級學校

10. 嘉義縣各級學校預防地震災害須知

編製單位：嘉義縣政府 (Tel:05-3620123)
手冊內容：地震前的準備、地震時屋內屋外的避難方式、地震後的
注意事項。僅為一張 15cm * 9.5cm 的卡片。
使用對象：學校師生
分發情況：嘉義縣各級學校學生人手一張

11. 天然災害防護研習教材

編製單位：交通部中央氣象局 (Tel:02-349-1014 防災科)
出版日期：中華民國八十三年元月
手冊內容：國家建設六年計畫之氣象建設、臺灣地區的災變天氣、
侵台颱風的特性、氣象衛星雲圖之分析、臺灣地區的板
塊運動及地震、台灣的地震災害及其防護、天象與環境
的關係等七篇研究報告。
使用對象：一般受教育成人、老師、研究者
配發情況：參加研習會之學員及各防救災機關和各級學校

(二)、防災錄影帶

1. 氣象與防災

發行單位：交通部中央氣象局 (Tel:02-349-1014 防災科)

影帶內容：介紹氣象局的氣象觀測、各種偵測天然災害的儀器、配合國科會的氣象計畫及臺灣四大天然災害的成因與預防，內容含蓋農漁業及山區防災。有災害的實景拍攝，內容詳盡，播報者口齒清晰。

使用對象：一般民眾、防救災人員、農漁民、學校師生

配發情況：臺灣地區各警察局消防大隊、農會、漁會、水利會和各級學校圖書館

2. 臺灣與颱風的對話（國語版與閩南語版）

發行單位：交通部中央氣象局 (Tel:02-349-1014 防災科)

影帶內容：以俏皮、擬人的對話方式說明颱風此一災害對臺灣居民的嚴重威脅，實際訪問百姓、農民及專家有關預防與應變的措施，並將步驟一一呈現。

使用對象：一般民眾、防救災人員、農漁民、學校師生

配發情況：臺灣地區各警察局消防大隊、農會、漁會、水利會和各級學校圖書館

(三)、防災活動

1. 天然災害防護研討（研習）會

主辦：交通部中央氣象局 (Tel:02-349-1014 防災科)

活動內容：有關臺灣的氣象災害和防災課程講解及綜合座談。

a. 時間：中華民國八十一年五月二十五日（共三天）

參與者：嘉義市各國中國小地球科學及自然科授課老師

b. 時間：中華民國八十三年一月十一日（共二天）

參與者：警政署「臺灣地區消防人員」

c. 時間：中華民國八十三年五月十日

參與者：人事行政局「各級政府機關人事主管」

2. 臺南縣重大天然災害處理示範演習

主辦：臺南縣政府 (Tel:06-6322231)

時間：中華民國八十年五月十日

參演單位：臺南縣政府所屬機關、臺電、自來水公司、電信局
、新營醫院、私立南光中學、臺南縣團管區、空中
警察隊。

參觀人員：臺南縣內各級學校代表、各鄉鎮市公所代表、公司
工廠代表、民意代表、各機關首長、各級農會代表
等共587名。

活動內容：包括地震前後各類災害救助、醫療站設立、災情回
報、各類管線系統搶修、災區給水、消毒、救生等
共23個項目。

3. 嘉義市政府八十一年度重大天然災害處理示範演習

主辦：嘉義市政府 (Tel:05-3620093)

協辦：嘉義市幼獅童軍文教基金會

時間：中華民國八十一年五月二十五日--二十八日（四天）

參演單位：嘉義市政府所屬機關。

參觀人員：嘉義市各機關、學校、里辦公處、民眾。

活動內容：除各類災害救助演練外，尚有四場專家擔任之防災
講座及天然災害防護特展。曾印製 300張宣傳海報
鼓勵民間參與。

4. 臺灣省八十二學年度國民中小學防震研習

主辦：臺灣省政府教育廳 (Tel:04-3393101)

承辦：臺南縣下營國民小學

時間：中華民國八十二年十二月十七日

指導單位：教育部訓委會、交通部中央氣象局、內政部、臺灣
省政府、各縣市政府動員小組、教育局。

參加人員：南區十一縣市及澎湖代表、國中小代表、承辦學校
教職員工。

活動內容：地震與防護專題演講、防震教育資料及影片展示、

各類地震狀況之緊急應變及救護演練。

5. 嘉義縣八十二學年度國民中小學防震、防火研習會

主辦：嘉義縣政府 (Tel:05-3620123)

承辦：嘉義縣立忠和國民中學

時間：中華民國八十三年四月二十八日

指導單位：教育部訓委會、交通部中央氣象局、臺灣省政府教育廳、臺灣省政府經濟建設委員會。

參加人員：嘉義縣國民中、小學代表 160人、承辦學校教職員工。

活動內容：地震與防護專題演講、防震、防火教育資料及影片展示、各類地震及火災狀況之緊急應變及救護演練。

6. 臺灣省南部地區八十三年天然災害處理示範演習

主辦：嘉義縣政府 (Tel:05-3620123)

時間：中華民國八十三年五月二十日

指導單位：國立中正大學地震研究所

參演單位：嘉義縣政府所屬機關、臺電、自來水公司、電信局、省立東石高中、朴子醫院、警察局、消防隊、衛生局、環保局。

參觀人員：嘉義縣國民中、小學代表 160人、承辦學校教職員工。

活動內容：包括地震前後各類災害救助、醫療站設立、各類管線系統搶修、災區給水、消毒、救生、收容等共15個項目。

7. 嘉義市區防災、防震宣傳

主辦：嘉義市政府 (Tel:05-3620093)

時間：中華民國八十三年二月、六月

內容：以宣傳車巡迴嘉義市區的方式分發天然災害防護手冊、防震資料以及播音宣導簡單的避難方式。

8. 中央氣象局「防災宣導及教育」演講 (Tel:02-3491014 防災科)

a. 主辦：教育廳

- 時間：中華民國八十三年三月二十三日
講題：氣象常識及天然災害防護
對象：省立學校總務人員
- b.主辦：臺南市消防大隊
時間：中華民國八十三年四月一日
講題：氣象防災、地震防災
對象：消防分隊長25人、各國中小學老師85人
- c.主辦：臺南縣永康市農會
時間：中華民國八十三年七月八日
講題：氣象常識及天然災害防護
對象：農事人員

(四)、中央氣象局之防災宣導計畫 (Tel:02-349-1014 防災科)

中央氣象局除了上列編製之手冊及參與的活動外，另有已執行及正在執行的計畫：

1. 81年度派員前往各機關學校所舉辦的訓練班、講習會講解「氣象常識」、「防颱、防震措施」等防災課程，計五十人次。
2. 與縣市政府聯合舉辦國中、小學校自然科教師研習會，每年二至三次。
3. 透過媒體做公益廣告；於梅雨季或颱風季來臨前做防災宣導。
4. 成立氣象應用及防災宣導小組，以負責各項氣象及防災宣導工作之推行。
5. 配合學校放寒、暑假，舉辦國中、小學生之氣象營。
6. 發函農、漁政單位，於辦理講習或訓練時，增列氣象防災課程，並由氣象局派員授課。
7. 辦理全省各縣市之氣象科技巡迴展。

二、災區訪問內容

(一) 關於接收防災教材之現況

1. 教材與資訊之取得

	山區	濱海	平原	合計		問題與回答
					1.1	請問您過去有否收到任何關於防災教育的資料（宣導、廣播），或者參與過政府舉辦的防災演習活動？您是透過什麼管道（什麼人及什麼地方）獲得這類資訊？
災	12 54.5%	9 45%	18 46.2%	39 48.1%	a.	無（註：與 1.2 2.1 3.2 有關） (有人當了三年村長未曾收到資料) (因為少災害) (鄉公所有，不過也沒有用)
	1 4.5%	5 25%	6 15.4%	12 14.8%	b.	很少 (村長才有) (不會去注意) (若有會去注意)
	1 4.5%	1 5%	0 0%	2 2.5%	c.	忘了（好像有）
	5 22.7%	4 20%	17 43.6%	26 32.1%	d.	大眾傳播工具 (電視、廣播、報紙) (村幹事的廣播) (閩南語新聞)
	1 4.5%	1 5%	1 2.6%	2 2.5%	e.	學校
	2 9.1%	1 5%	0 0%	3 3.7%	f.	縣政府
	1 4.5%	2 10%	1 2.6%	4 4.9%	g.	鄉公所的村鄰長會議、觀摩會
	0 0%	2 10%	4 10.3%	6 7.4%	h.	村民大會演講（村里活動中心防災演習）
	2 9.1%	1 5%	0 1%	3 3.7%	i.	宣傳車（消防單位於災害發生後）
	1 4.5%	0 0%	0 0%	1 1.2%	j.	防災手冊（颱風的預防及善後方面）
	0 0%	1 5%	2 5.1%	3 3.7%	k.	街頭上曾有講習活動（聽鄰居說的）
	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	l.	當兵時學過
	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	m.	堤防保護示範
	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	n.	未答
區					-	政府的報導不正確
					-	67年曾在北港溪堤防進行防患救災演習，有宣傳車、各種

						集會、標語，但很零星 很多資料是日本統治時獲得，大部為防震，現在較不注意
政治勢力回憶	*	*	*	*	*	偶爾由電視得知預防地震的知識 無 參加過防災演習活動，不錯，希望再辦
非災害回憶	*	*	*	*	*	不曾收過文宣 有寄東西來，關於魚池的瘟疫，眼睛不好沒在看 曾有一套參加講座的資料
災害回憶	5 22.7% 3 13.6% 3 13.6% 13 59.1%	5 25% 1 5% 3 15% 10 50%	10 25.6% 6 15.4% 6 15.4% 22 56.4%	20 51.3% 12 30.8% 6 15.4% 35 43.2%	1.2 a. b. c. d. -	內容包括哪一種天然災害？(颱風、地震、洪水) 颱風 (預防與善後) 地震 洪水 (未答) 大部份為防火
政治勢力回憶	*	*	*	*	*	(未答) (未答) (未答)
非災害回憶	*	*	*	*	*	(未答) (未答) (未答)

2. 教材與資訊內容之評估

	山區	濱海	平原	合計		問題與回答
					2.1	您所接觸過的防災資訊有否針對您的需要？與實際情況是否相符？是否能產生深刻的印象？ (若居民從未接觸過防災資訊，將手邊準備的資料如天然災害防護手冊、颱風百問、地震百問等給受訪者評估)
災害	4 18.2%	10 50%	16 41.0%	30 37.0%	a.	無深刻印象 (但有必要) (隨便看看) (因大部分都會了，所以不留心)

						(已很久沒發生天然災害) (小時記憶較深刻)
1	4.5%	0	0%	1	2.6%	b. 沒有針對需要 (因當地主要為水災造成的土崩) (只屬普遍性的消息)
2	9.1%	5	25%	6	15.4%	c. 無實際幫助 (因當地主要為水災造成的土崩) (政策與教育都不實在) (不需要) (不了解) (只屬普遍性的消息) (村民知識不夠) (雖符合實際情況)
1	4.5%	2	10%	3	7.7%	d. 稍有幫助
0	0%	2	10%	5	12.8%	e. 多與地方的實際情況相符
0	0%	0	0%	2	5.1%	f. 少與地方的實際情況相符
5	22.7%	5	25%	9	23.1%	g. 文宣方面的資料實用性不高 (一般民眾覺得看) (看不懂) (幫助不大) (地方只剩老人，不懂字)
1	4.5%	0	0%	0	0%	h. 對鄰長以上的鄉民才有用
1	4.5%	0	0%	0	0%	i. 宣傳單在災害的量及影響程度上未給予確切資訊 (未答)
12	54.5%	9	45%	18	46.2%	j. 數十年經驗不看也知道，但水災無提防根本無法預防 - 有接觸過機械方面的修理常識 - 曾造成損害的民眾較注意，如此地民眾對水的漲退很警覺 - 除非是有心人才會看，若不吸引人不如不做
潛勢區	+	+	+	+	+	(未答) (未答) 有些幫助，但有些太過於與現實不符，鄉下資訊不清楚
非災區	+	+	+	+	+	書面文宣沒有達到太大印象，年長者未受良好教育 很少去看宣傳品，寫的不清楚，靠經驗 (未答)

3. 教材與資訊的充份性及改進

	山區	濱海	平原	合計		問題與回答
						3.1 請問這些資訊是否充足？
災 區	3 13.8%	1 5%	5 12.8%	9 11.1%	a.	已充足 (經驗多自然知道) (蠻有益) (若民眾能照著做應該都能減少損失) (沒有發生的也不會去想自己的知識夠不夠)
	8 36.4%	10 50%	10 25.6%	28 34.6%	b.	不充足 (希望多一點) (愈多愈好) (沒影響) (加強衛生教育方面) (應該逐戶宣導) (參考一下不反對) (需要水災的預防有比沒有好) (希望有書可給村民看)
	0 0%	0 0%	7 17.9%	7 8.6%	c.	不知道(沒意見)
	11 50%	9 45%	17 43.6%	37 35.7%	d.	(未答)
潛勢區	+	+	+		.	(未答) (未答) (未答)
非 災 區	+	+	+		.	(未答) (未答) (未答)
					3.2	這些資訊有什麼待改進之處？
災 區	2 9.1%	0 0%	11 28.2%	13 16.0%	a.	不知道 (沒研究) (沒意見) (發生過的都知道怎麼做，沒發生的也不知什麼要加強)
	2 9.1%	0 0%	2 5.1%	4 18.5%	b.	應與實際情況配合(針對當地天然環境提供確實資訊)
	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	c.	多舉例子，讓農民了解別人怎麼做
	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	d.	要能吸引人
	1 4.5%	0 0%	0 0%	1 1.2%	e.	只需災前的廣播系統，其餘資訊無從教起

回 答	1 4.5%	2 10%	1 2.6%	1 1.2%	f. 在形式上應考慮農民的知識程度
	1 4.5%	1 5%	2 5.1%	4 18.2%	g. 電視防災消息也需臺語播報
	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	h. 可利用集會做災後宣導
	0 0%	2 10%	0 0%	2 2.5%	i. 每個村都宣導
	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	j. 多講多宣傳多少能記住
	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	k. 需內容(只要大家預防，沒說如何做)
	13 59.1%	12 60%	24 61.5%	49 60.5%	l. (未答)
					都只是形式，沒有實質可用的資訊 只需告訴村民逃生，家中財物就算了，損失生命才不來 電視都有宣傳颱風要來，政府卻沒做公共預防措施，只能 靠自己 很難說，因颱風可預防而洪水無法預防 沒有需改進的
活 動 回 答	*	*	*	*	. 無資料故不知 . 無資料 . 不知道
非 災 回 答	*	*	*	*	. 提供事後要求協助時該到何處尋求的相關資訊，並以村民 能接受的方式 . 應該是沒用，如漁業養殖一但遇災，再有經驗仍回天乏術 . 希望有各種資訊

(二)、關於教育內容之特殊需求

1. 對災害的認知

	山區	濱海	平原	合計	問題與回答
					1.1 您知不知道颱風(地震、洪水)的發生原因？ 強度標準如何劃分？
	0 0%	0 0%	7 17.9%	7 8.6%	a. 均知道(或知道可從哪得來)
	12 54.5%	10 50%	12 30.8%	34 42.0%	b. 部份(不)知道

災	10 45.5%	6 30%	17 43.6%	33 40.7%	c.	(颱風分級) (颱風是冷熱氣流交會所造成) (堤防沒做好以及地層下陷、抽地下水會導致海水倒灌) (地層下陷是因水井與海埔新生地太多，地下水被抽走) (大溝平常沒疏通，颱風來了自然會淹水) (洪水是因溪水暴漲，排水溝未疏濬) (洪水是因颱風帶來雨水或下大雨)	
						均不知道 (屬專業問題) (由電視得知) (這些屬於不可能知道的事) (氣象報告不準) (山地與平地不同) (災害來了就來了，不會去研究) (未答)	
否	0 0%	4 20%	3 7.7%	7 8.6%	d.	不知道 (教育程度低) (未答) 不知道(但想知道)	
						不清楚 不清楚 知道	
否 害勢回復	+	+	+		e.	您知不知道颱風(地震、洪水)會帶來怎樣的災難及財物損失?	
						a. 不知道 知道 b. 天災帶來山崩、樹木倒塌、房屋受損、交通阻斷 颱風帶來豪雨、水災、淹水 (農田流失、作物受損、牲畜損失) (冲毀堤防) (豪雨→溪水暴漲→水災) (水災帶來疾病) (房屋漏水、物品毀壞) c. 海水倒灌 (魚塭崩毀、蚵棚沖走) (積水) (農田鹽化)	
災	3 13.6%	0 0%	3 7.7%	7 8.6%	d.		
災	2 9.1%	2 10%	2 5.1%	6 7.4%	e.		
災	2 9.1%	1 5%	4 1.03%	7 8.6%			
災	5 22.7%	3 15%	16 41.0%	24 29.6%	f.		
否	0 0%	10 50%	1 2.6%	11 13.6%	g.		

	0 2	0% 9.1%	1 12	5% 60%	0 14	0% 35.9%	1 28	1.2% 34.6%	f. g. -	地震會引起電線走火 (未答) 實際影響不大 只要有颱風都很大，屋頂吹掀，電線吹斷 (嘉平 水上 國姓)
活 動 危 害 可 能 性	*	*	*	*	*	*	*	*	.	(未答) (未答) (未答)
非 災 可 能	*	*	*	*	*	*	*	*	.	對災害嚴重性很有體認 (未答) 知道
									1.3	災害來臨時該如何預防？
災	2 2 4	9.1% 9.1% 18.2%	4 0 3	20% 0% 15%	4 1 9	10.3% 2.6% 23.1%	10 3 16	12.3% 3.7% 19.6%	a. b. c. d. e. f. g. h. i. j. k. l. m. n.	不知道 (電視只說颱風來了要注意) 都知道 (照電視說的做) 無法預防 (事後補救) (天災) (厲害時) (地震) (香瓜、稻田如何防災) 緊閉門窗、不出外 用鎖鏈套住屋頂、壓低，門用鐵門圍起來 (屋頂用磚塊壓好、門窗釘好) 危險物品事先固定 (收好、綁好) 用繩索將作物捆牢 (將魚塭的網提防弄堅固) (香瓜要在上面鋪塑膠布) (作物要想辦法處理) (竹田將大竹砍掉，留下小的防風) 事前準備食物、防災用品 田溝、排水溝疏通 地震時要跑到戶外，躲在桌下 (以避免東西或房屋倒下) 水災來時跑道高處 (東西放高 提防、水門多檢查) 聽氣象報告決定何時施肥、何時採收農作物 做堤防 (洪水一定要如此) (未答)
害	1 1 0 0 0 4	4.5% 4.5% 0% 0% 0% 18.2%	0 0 1 1 0 7	0% 0% 5% 5% 0% 35%	0 1 2 2 1 11	% % % % % %	1 2 3 3 1 22	1.2% 2.5% 3.7% 3.7% 1.2% 27.2%	-	- 24 -

否 回答	+	+	+			不知道 個人無法預防，政府應做好堤防，疏通排水溝，減低損失 都是遇到了再做處理 不知道（想知道）
非 災害 回答	+	+	+			(普通民眾認知程度) (未答) (未答)

2. 防災知識的提供

回答	山區	濱海	平原	合計	問題與回答	2.1 您知道自己居住的地理環境較易導致怎樣的天然災害嗎？ (如山區、平原區、靠海區、靠河川區)									
						a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.	
災 害 回答	22 0	100%	18 16	90% 80%	38 4	97.4% 10.3%	78 20	96.3% 24.7%	a.	颱風、豪雨、水災、淹水（河水氾濫）					
							b.		海水倒灌						
									（颱風引起）						
									（漲潮而排水系統不良）						
									（魚塭損害）						
									（排水閘門沒及時放下）						
									（一個月兩次雲海台西海北）						
							c.		地震						
									崩山（颱風引起）						
否 回答	3	13.6%	0	0%	10	25.6%	13	16.0%	d.						
	8	36.4%	0	0%	1	2.6%	9	11.1%	e.						
	1	4.5%	0	0%	2	5.1%	3	3.7%	f.						
否 回答	3	13.6%	1	5%	10	25.6%	14	17.3%	g.						
	0	0%	0	0%	1	2.6%	1	1.2%	h.						
	0	0%	0	0%	0	0%	0	0	i.						
否 回答									水庫洩洪造成的淹水						
否 回答															
否 回答															

					2.2	您居住的地理環境裡有否最迫切需要的災害資訊及防災知識？為什麼您認為這類的資訊最重要？
災	7 31.2%	7 35%	13 33.3%	27 33.3%	a.	<p>不需要 (如竹與擯榔，遇災無法預防，該會的都會了) (沒有用) (沒什麼災害) (長輩都知道) (實際參與生產者多不識字，也少有人看新聞報導) (堤防、避風港沒做好都沒有用) (都知道、內行) (有他可以) (災害發生再這裡) (防範已差不多) (電視說有颱風要來，自己就準備一下) (平原區和其他地方一樣)</p>
	0 0%	2 10%	6 15.4%	7 8.6%	b.	<p>無迫切需要 (但需要一般的)</p>
	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	c.	<p>不清楚</p>
	1 4.5%	1 5%	6 15.4%	8 9.9%	d.	<p>只要有都可以 (各種都要有) (一般災害即可)</p>
	9 40.9%	5 25%	11 28.2%	25 30.9%	e.	<p>颱風、水災 (海水倒灌) (現在還有人用鐵皮做屋頂，颱風一來一定慘，還有人不知道這裡的水災有多嚴重)</p>
	2 9.1%	2 10%	2 5.1%	6 7.4%	f.	<p>地震 (國小國中生都要教) (高處不要放重物) (較令人害怕) (水災已清楚了)</p>
	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	g.	<p>(聽說嘉南平原的地震會有週期，很重要)</p>
	0 0%	1 5%	0 0%	1 1.2%	h.	<p>旱災 (水田缺水，地下水要挖深)</p>
	0 0%	1 5%	0 0%	1 1.2%	i.	<p>地層下陷</p>
	1 4.5%	0 0%	0 0%	1 1.2%	j.	<p>火灾的預防方式</p>
	1 4.5%	0 0%	0 0%	1 1.2%	k.	<p>不同災害的預防及應變 (防寒、防霜)</p>
	3 13.6%	1 5%	0 0%	4 4.9%	l.	<p>山區與平地氣溫變化之差異</p>
						<p>j. 連續幾天的氣溫變化情形及天氣變化對農作物的影響 (如渔民多依氣象預測來安排水產的放養，低溫就不適合 放殖魚苗) (如何使損失減少) (杉、竹、茶、果樹)</p>

是	3 13.6%	0 0%	0 0%	3 3.7%	1. 有關水土保持的災害資訊及知識 (因山區下雨時易造成土石鬆軟而導致土崩)
	0 0%	0 0%	1 5%	1 1.2%	2. 那些地區是天災的高危險區，提醒民眾注意要買河濱溪邊的房子時，附近堤防有沒有做好
	1 4.5%	0 0%	0 0%	1 1.2%	3. 樹以木材支撐的方法 (偶爾從電視得知，教材無)
	0 0%	1 5%	0 0%	1 1.2%	4. 堤防搶修的方法
	0 0%	0 0%	1 5%	1 1.2%	5. 如何向政府申請補助
	2 9.1%	2 10%	5 25%	9 11.1%	6. (未答)
					7. 水庫洩洪的資訊 (洩洪時會淹水)
					8. 政府應知道自己該做什麼
否					9. 曾有測量局的人會做地震的預測工作，會提醒他們大地震會來的可能性，這種資訊不錯
					10. 火災較重要，因消防設施不夠，水取得不易，易燃物品多，一來什麼都沒了
是	+	+	+		1. 不太需要，別人能做的自己也能 養殖業防災經驗的交流活動
					2. 不太需要，因知識水準已提昇
非	+	+	+		1. 豪雨、颶風、水庫洩洪前的通知
					2. 此地務農、養漁各方面的資訊都需要，但只在事前的提醒
					3. 果樹種植、防病的知識

3. 災害發生時之應變

	山區	濱海	平原	合計		問題與回答
						3.1 過去教材有無提供災害發生時的應變方法？
是	4 18.2%	2 10%	10 25.6%	16 19.6%	a.	有 (衛生所-急救) (電視) (小時的教科書)
	11 50%	2 10%	23 60%	42 51.9%	b.	無 (不切實際) (沒注意) (不清楚)
	7 31.2%	10 5.5%	6 15.4%	23 28.4%	c.	(未答)

潛勢回	*	*	*	*	.	(未答) (未答) (未答)
非災區	*	*	*	*	.	(未答) (未答) (未答)
3.2 您希望教材中能提供什麼樣的應變方法？						
災	0 0% 11 50%	2 10% 4 20%	6 15.4% 8 20.5%	8 9.9% 23 28.4%	a.	不知道（想不到）
					b.	不需要 (一但突發事件來臨也都忘光了) (聽天由命) (難以防止) (該會的都會了) (効益不大) (作物不易受影響，如茶) (政府都不做) (已很有經驗) (但有總比沒有好)
	0 0% 1 4.5% 3 13.6% 0 0% 0 0% 0 0% 0 0% 4 18.2%	1 5% 0 0% 2 10% 1 5% 1 5% 1 5% 2 10% 9 45%	1 2.6% 0 0% 0 0% 1 2.6% 1 2.6% 0 0% 1 2.6% 15 38.5%	2 2.5% 1 1.2% 5 6.2% 2 2.5% 2 2.5% 2 2.5% 3 3.7% 2 5.1%	c.	無特殊要求
					d.	由專家決定即可
					e.	颱風、地震（預防颱風造成的災害）
					f.	如何在最短時間把自己弄到最安全的地方（介紹避難所）
					g.	避難注意事項、所在及外界消息
					h.	如何結合村里民力量互相幫助
					i.	各種方法都需提供（多知道一點，少損失一點）
					j.	希望能符合實際 (使損失愈少愈好)
					k.	(可行) (多舉實際例子) (未答)
					-	在氣象報告中提醒農民
					-	政府應知道自己該做什麼
					-	沒有什麼期望
潛勢回	*	*	*	*	.	只有看電視知道地震的應變措施 沒收到 不知道

非災 回答	+	+	+	+	.	希望地方需幫忙時，能提供幫助單位的訊息，以便直接與該單位聯繫，得到第一手的協助，如地方上的常設緊急處置的基金會或救難中心
						無必要，自然知道如何處置

4. 災害發生後之復建

	山區	濱海	平原	合計	.	問題與回答
						4.1 過去教材有無提供災害發生後如何做重建工作？
災 回答	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	a.	有
	11 50%	8 40%	26 66.7%	45 55.6%	b.	無（沒注意）
	0 0%	0 0%	2 5.1%	2 2.5%	c.	不知（無印象）
	11 50%	12 60%	11 28.2%	34 42.0%	d.	（未答）
潛 勢 問題	+	+	+	.	.	（未答）
	+	+	+	.	.	（未答）
	+	+	+	.	.	（未答）
非 災 回答	+	+	+	.	.	（未答）
	+	+	+	.	.	（未答）
	+	+	+	.	.	（未答）
					4.2	您希望教材中能提供什麼樣的復建資料？
災	11 50%	8 40%	8 20.5%	27 33.3%	a.	不需要 (鄉公所會處理) (當地少災害) (果園的復建不困難) (無幫助) (自己雇人，已慢慢學會) (要提供也是差不多) (只要提防就好) (錢夠就好辦事) (有則好，沒有就算了)
	0 0%	0 0%	7 17.9%	7 8.6%	b.	想不到（沒意見）（不知道）

	0 0%	1 5%	0 0%	1 1.2%	c.	地震較颱風需要，因颱風已有經驗累積
	1 4.5%	0 0%	3 7.7%	4 4.9%	d.	水災後復建 (海水倒灌，因沙地多) (淹水後如何防止蚊蟲滋生、清理垃圾)
	2 9.1%	0 0%	1 2.6%	3 3.7%	e.	農委會或有經驗者應提供農業復建資訊 (當地作物的復建) (災害後如何施肥，哪一種肥料較有效)
	0 0%	1 5%	0 0%	1 1.2%	f.	各種魚蝦損害之長期復建方法
	0 0%	1 5%	0 0%	1 1.2%	g.	衛生教育
	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	h.	希望政府在災後能提供的幫助
	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	i.	舉實際例子講解
	6 27.3%	8 40%	17 43.6%	31 38.3%	j.	(未答)
回						教材先出來再說
						過去經驗很有助益，專家不見得能因應各地特殊人文背景
						給予正確、通行的復建資料
						目前均由鄉公所處理，關鍵在於經費，政府的防災系統已
						銀有心，只看執行人員的辦事精神和道德
						希望政府能做一些墊土牆、蓄水壩之類的防災建設，防止
						農作物的損害
						沒有期望
潛勢回	*	*	*	*	.	無，也不希望得知，主要是自己或和別人一起做
	*	*	*	*	.	無
	*	*	*	*	.	可能有，沒有留心
非災回	*	*	*	*	.	無，如何得到工程協助及經費補助的訊息
	*	*	*	*	.	無，不了解何謂復建
	*	*	*	*	.	具體的如買材料的聯絡電話之類的，空談無效
					4.3	您是否知道應該尋求什麼管道接受什麼樣的幫助？ (如善後的衛生處理、疾病的防止、環境的清潔)
災	0 0%	4 20%	3 7.7%	7 8.6%	a.	不知道(到區公所拿錢要靠關係雲海口湖下崙)
	5 22.7%	1 5%	3 7.7%	9 11.1%	b.	自己處理 (只能等待協助) (因屬私人作物) (向政府申請補助沒有用) (無協助)
	8 36.4%	9 45%	21 53.8%	38 46.9%	c.	鄉公所 (救難、飲食、臨時住所、道路搶修、補助申請、消毒、

問 題	8	36.4%	2	10%	10	25.6%	20	24.7%	d.	貸款、復建、會同里長、抗議) (鄉公所民眾服務處-災害調查、補助)
	0	0%	1	5%	1	2.6%	2	2.5%	e.	重大工程重建、調配人力資源(縣政府)
	6	27.3%	13	65%	20	51.3%	39	48.1%	f.	休耕、轉作的補助(省政府、縣政府)
	1	4.5%	0	0%	0	0%	1	1.2%	g.	提供貸款(農民銀行、農會、漁會)
	3	13.6%	4	20%	5	12.8%	12	14.8%	h.	教導耕作(行政院農委會、農會)
	1	4.5%	0	0%	2	5.1%	3	3.7%	i.	向上呈報申請協助(民意代表、村長、幹事)
	2	9.1%	0	0%	8	20.5%	10	12.3%	j.	協助救災(警察局、消防隊、國軍)
	1	4.5%	0	0%	0	0%	1	1.2%	k.	環境清潔及消毒(清潔隊、衛生所、國軍)
	0	0%	0	0%	4	10.3%	4	4.9%	l.	加強水土保持工作(水土保持局)
	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	m.	申請興建堤防(農田水利會)
									-	(未答)
									-	慈善會(每年繳一些錢幫助窮人)
									-	前年屏東的芒果農因政府的人造雨造成損失集體抗議均無用無醫療衛生、臨時住所的協助
活 動 方 面	*	*	*	*	*	*	*	*	*	鄉公所(做什麼不清楚) 縣政府建設廳-大排水溝、堤防的工程 農會、漁會有提供，但都是自己做
非 災 區	*	*	*	*	*	*	*	*	*	農會、鄉鎮公所提供基金 漁會，處理損失、借款 沒有災害需補助

(三) 關於防災宣傳管道

1. 居民願意配合的宣導方式

	山區	濱海	平原	合計		問題與回答				
						1.1				
	22	100%	12	60%	22	56.4%	56	69.1%	a.	在各類宣導方式中，您最願意配合的是哪一種？(哪一種方式最容易明瞭？哪一種方式印象最深刻？)為何如此？

						(易明白) (農民已有看新聞的習慣) (媒體普及) (有宣導短片) (有影像配合容易記憶) (公共時間教育) (很忙，無法參加活動) (有關南語新聞)
災	1 4.5%	3 15%	2 5.1%	6 7.4%	b.	宣傳車、廣播 (最快、有效、印象深刻) (臺語發音) (都很忙，宣傳車卻能不小心聽到) (村中的收播系統於災前的預防警告)
	2 9.1%	1 5%	8 20.5%	11 13.6%	c.	實地演習、演講、講習、講解 (須講臺語，且要知道村民的教育程度及慣用語) (要有禮物，且結束時再發) (有參與感，能親身體驗，提出問題) (宣傳活動如園遊會、親子活動)
	7 31.2%	4 20%	2 5.1%	13 16.0%	d.	一年一度村里大會的講習會 (因都是同村的人) (可演習) (要送紀念品) (可請消防隊來說明)
	2 9.1%	1 5%	1 2.6%	4 4.9%	e.	報紙
	1 4.5%	3 15%	1 2.6%	5 6.2%	f.	防災小冊
	1 4.5%	0 0%	2 5.1%	3 3.7%	g.	只要能達到宣導目的、能得到資訊均可（每種都要）
	0 0%	2 10%	2 5.1%	4 4.9%	h.	（未答）
回					-	希望政府落實防災，不要弄宣傳（堤防建好、水道疏通）
					-	沒空配合（不想配合）
					-	有了再說
消 防 勢 力 區	+	+	+	+	.	(未答) 大眾傳播媒體，與自己環境有直接關係 (未答)
非 災 區	+	+	+	+	.	地方廣播系統、宣傳車 電視氣象、里民大會辦的講習會 嘉義農專、農會辦的防災講座

2. 宣導方式可提供的資訊

問題與回答	合計	平原	濱海	山區		
2.1 在各類宣導方式中，如何提供可用資訊？您希望能提供什麼資訊？ (參考上列各宣導方式)					2.1	
					a.	不需要 (農人自己內行，專家教的不實用) (養殖戶多不識字)
					b.	氣象報告 (可結合中國民謡的民間知識) (所提供之天氣概況最重要) (可加入防災資訊) (希望很準) (最好也用臺語、較俚俗的方式) (中午都在外工作，晚上的最重要，建議三台輪流播報臺語氣象) (希望能更詳細，將雲嘉南地區分的更詳細) (希望提供下雨待報)
					c.	寄宣傳品教育村鄰長，由其下幹部協助教育民眾
					d.	緊急應變的防災訓練、措施
					e.	電視在連續劇播完時插播一下防災資訊
					f.	派人至村中做宣傳
					g.	由農會小組長逐戶說明
					h.	在農業講習會中穿插防災資訊
					i.	可在廟內或公所放置防災手冊
					j.	呼籲民眾提高警覺(如住低窪地區民眾) (未答)
					k.	電視要多講預防常識 需提供各種資訊，才能使每一個人都可以接觸到 政府做好最重要 (凡是等有可用的資訊後再來談建議或希望)
					.	沒興趣 (未答)
					.	不知道
					.	廣播、宣傳車的立即災前預警(深山特別需要)文宣的資
非	‡	‡	‡	‡	.	

					應變方針 如災後處置、重要警 報、易懂、易記、易傳 播的交換活動 (未答)
--	--	--	--	--	---------------------------------------------------

3. 部分细胞配合的单位及对象

區	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	n.	(鄉下人不會參加這類活動) 不清楚，要由丈夫決定 (未答)
2 9.1%	5 25%	10 25.6%	17 21.0%	-	-	政府的威信淡然無存，延遲施工、補助金不足，一切要靠自己
活勢區	+	+	+	+	.	村民大會，因一年才兩三次 (參加活動意願不高，工作太累，家裡年輕人會告知) (未答) 村里的活動
非災區	+	+	+	+	.	鄉鎮公所 里民大會、廟會，但本身無意願 政府、村里
					3.2	什麼人提供的防災資訊您最願意配合？ (縣市議員、鄉鎮長、村里長、老師、專家)
災	1 4.5%	2 10%	2 5.1%	5 6.2%	a.	政府機關相關人員、民意代表 (因較有權力) (每年舉辦災害檢討會處理村中民怨)
	1 4.5%	6 30%	3 7.7%	10 12.3%	b.	村里鄰長、幹事 (利用漲退潮時間去村長家聊天喝茶) (較近、有伴) (至各處拜訪) (由比較有接觸的人來辦)
	4 18.2%	1 5%	11 28.2%	16 19.6%	c.	專家指導 (農會的人) (農務局對水土保持較了解的專家)
	0 0%	2 10%	1 2.6%	3 3.7%	d.	老師
	0 0%	1 5%	0 0%	1 1.2%	e.	地方上有錢有勢的人
	0 0%	1 5%	0 0%	1 1.2%	f.	地方上德高望重的人
	0 0%	0 0%	1 2.6%	1 1.2%	g.	有心的人都願意配合 (李登輝最好)
	1 4.5%	0 0%	4 10.3%	5 6.2%	h.	只要對防災有利皆配合
	1 4.5%	0 0%	0 0%	1 1.2%	i.	誰講都無用
	7 31.2%	6 30%	11 28.2%	24 29.6%	j.	(未答)
活勢區	+	+	+	+	.	有幫助即可，無須分何人 (未答) 村里長，可直接接觸

肆、總結與建議

研究之所以採取個別訪談與開放問題的方式，即在希望受訪者能充份而自由的發表其意見，並且即使是少數人的意見，對於研究者及行政單位也同樣具有重要的參考價值。部份受訪者因為平時未曾關心防災教育問題，致使無法充份利用機會發表其看法，儘管如此，研究者仍然收集到不少寶貴的訊息。總體來說，各問題中不同的地區及學校的回答並不如預期地有明顯差異存在。潛勢區與非災區由於樣本數過小，且因問題與受訪者較不切身，因此沒有較多資訊可與災區做比較。此外，在許多問題中出現「不需要」的回答，反應出民眾的災害意識普遍低落的現象，此與過去的一些研究結果相符。

一、關於現行防災教材

由防災教材與活動的現況來看，近幾年來政府在防災教育上已顯示出相當的努力，但由民眾方面收集到的主觀資料看來，總受訪者中近半數從未收到或參與任何防災教材或活動，三成受訪者沒有產生深刻印象，另有三成受訪者認為資訊不充足，似乎過去的努力並未發揮其應有的效

果，吾人可由民眾的反應及訪員的訪談經驗中推論出下列可能原因：

1. 在宣導管道與方式上因各種可能原因而有所缺失。
2. 政府在防災公共設施上的缺失及延誤（如堤防的興建），導致民眾有不滿情緒而不願採取合作態度。
3. 由於此研究進行之前兩年並無重大天然災害發生，使得原本災難意識低落的民眾忽略周遭的防災訊息。
4. 由於訪談對象多為居住家中不識字或不諳國語的老者，一般的防災資訊便無法適用。

此外受訪者對於現行資訊仍提供了相當重要的訊息及建議，例如教材應與實際情況配合、多舉例子、應考慮居民知識程度等。

二、關於防災教育內容之需求

在災害的認知上，有三分之一的居民不知道災害發生的原因，但對於災害損失、預防方法和與其地理環境有關的天然災害的概念較好，惟其知識的獲得多表示來自經驗。有三分之一的居民認為他們並不迫切需要與其地理環境有關的災害知識，亦有近三分之一的居民認為颱風與水災的知識最重要。對於災害發生時之應變與災害發生後之復

建，有三分之一居民認為不太需要，但對於教材中應提供之應變與重建工作亦反應出需求，如避難之注意事項及避難場所之提供、農業與漁塭的復建等資訊。

三、關於防災宣傳管道

半數以上的受訪民眾認為，大眾傳播媒體如電視、電臺才是他們最願意配合、最易明瞭且印象最深刻的宣導管道。此外也有不少居民認為宣傳車、廣播、實地演習及村里民大會的講習會較好，而認為管道的提供可用資訊的最好方式就是利用氣象報告，並且臺語的播報對他們來說是非常重要的。受訪居民最希望合作的宣導單位是村里民大會，最希望合作的個人則為專家和村里長及幹事。

四、學校方面的教育現況

學校本身的防災教育是定期的教育行政工作之一，多數學校每一學年或一學期會舉辦與防災有關的藝文活動與研習，並配合近來政府所積極舉辦的防災演習活動，但對於校內隨時可供應的防災資訊仍嫌過少。受訪學校反應一般防災教材對於較年幼的學生並不適合，建議將防災知識改採漫畫或淺顯的型態介紹給小朋友。另外，根據教師們

的教學經驗，仍以為防災知識以電視及錄影帶的宣導再配合講解效果最佳，並認為防災知識極有必要融入教材。至於訪問當中所提供之「天然災害防護教材」，則百分之百的受訪者認為當地有必要及早獲得類似資訊。

五、關於學校作為社會防災教育的媒介

近九成的學校代表認為學校的防災教育應和社會的教育密切配合，學校並且應提供和當地天然災害有關的特殊資訊。但問到學校配合作為宣導防災教育的媒介時，三分之一的受訪代表認為可行性並不樂觀，其中牽涉到宣導經費之補助、時間的配合、及教師專人之聘請等問題，而合作方式則以學生之活動為媒介傳遞防災資訊、親子教育與學校活動配合、由鄉鎮公所主辦而由學校協辦等方式較可行。

六、其他建議

以往的防災宣導均較注重文宣方面的資訊，其目標亦集中在人口較多的都市區，此現象對於不識字、不諳國語及居住在較偏遠地區的少數人口便無法顧及，而往往這些

地區才是災害來臨時首當其衝的危險地帶，今後在防災教育的規劃上應將此點納入考慮。

本研究較注重空間特性的規劃，對於時間特性（如依枯水期、梅雨、颱風等不同時序）並未一併考慮，這方面的研究在國外已有甚多例子可循，但國內仍相當缺乏，且無法自國外移植，有待未來研究。此外，政府在災區的公共防災設施上應積極規劃並落實，以喚起民眾的信任與合作，俾使往後各項計畫的推動更加順利。

參考文獻

1. 王永壯、李清勝、陳嘉榮、厲學成（民78）：民眾對現行颱風警報作業系統之反應研究，國科會防災科技研究報告 77-48 號。
2. 王永壯、厲學成（民80）：民眾對現行颱風警報作業系統之反應研究（二），國科會防災科技研究報告 78-95 號。
3. 王琳、白璐（民82）：居民的災難意識，國科會防災科技研究報告 79-75 號。
4. 任立渝、陳文恭（民79）：颱風警報發布制度與應變方法之檢討研究（二），國科會防災科技研究報告 78-95 號。
5. 邱昌平（民74）：臺灣地區地震災害之防範與應變對策，國科會防災科技研究報告 74-54 號。
6. 施鴻志（民77）：都市防災與土地使用規劃，國科會防災科技研究報告 77-27 號。
7. 黃榮村、陳寬政、趙鋼、簡俊彥、陳文恭、陳正改（民81）：建立嘉南地區防災預警系統之需求面調查（一），交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告。

8. 黃榮村、張世雄、趙鋼、簡俊彥、陳文恭、陳正改（民82）。建立嘉南地區防災預警系統之需求面調查（二）。交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告。
9. 蔡清彥（民83）：嘉南地區氣象防災實驗計畫規劃研究，國科會防災科技研究報告88-44號。
10. 謝信良、陳正改（民75）：臺灣地區氣象災害之調查研究（二），國科會防災科技研究報告75-4號。
11. 謝信良、陳正改（民77）：建立臺灣地區氣象災變預警系統之研究（二），國科會防災科技研究報告77-16號。

附 件

◎居民訪問內容

一、關於接收防災教材之現況

1. 教材與資訊之取得

- 1.1 請問您過去有否收到任何關於防災教育的資料（宣導、廣播），或者參與過政府舉辦的防災演習活動？您是透過什麼管道（什麼人及什麼地方）獲得這類資訊？
- 1.2 內容包括哪一種天然災害？（颱風、地震、洪水）

2. 教材與資訊內容之評估

- 2.1 您所接觸過的防災資訊有否針對您的需要？與實際情況是否相符？是否能產生深刻的印象？
(若居民從未接觸過防災資訊，將手邊準備的資料如天然災害防護手冊、颱風百問、地震百問等拿給受訪者評估)

3. 教材與資訊的充份性及改進

- 3.1 請問這些資訊是否充足？
- 3.2 這些資訊有什麼待改進之處？

二、關於教育內容之特殊需求

1. 對災害的認知

- 1.1 您知不知道颱風（地震、洪水）的發生原因？
強度標準如何劃分？
- 1.2 您知不知道颱風（地震、洪水）會帶來怎樣的災難及財物損失？
- 1.3 災害來臨時該如何預防？

2. 防災知識的提供

- 2.1 您知不知道自己居住的地理環境較易導致怎樣的天然災害？
(如山區、平原區、靠海區、靠河川區)
- 2.2 您居住的地理環境裡有否最迫切需要的災害資訊及防災知識？
為什麼您認為這類的資訊最重要？

3. 災害發生時之應變
 - 3.1 過去教材有無提供災害發生時的應變方法？
 - 3.2 您希望教材中能提供什麼樣的應變方法？
4. 災害發生後之復建
 - 4.1 過去教材有無提供災害發生後如何做重建工作？
 - 4.2 您希望教材中能提供什麼樣的復建資料？
 - 4.3 您是否知道應該尋求什麼管道接受什麼樣的幫助？
(如善後的衛生處理、疾病的防止、環境的清潔)

三、關於防災宣傳管道

1. 居民願意配合的宣導方式
 - 1.1 在各類宣導方式中，您最願意配合的是哪一種？
(哪一種方式最容易明瞭？哪一種方式的印象最深刻？)
為何如此？
2. 宣導方式可提供的資訊
 - 2.1 在各類宣導方式中，如何提供可用資訊？
您希望能提供什麼資訊？
(參考上列各宣導方式)
3. 居民願意配合的單位及對象
 - 3.1 何種機關單位舉辦的活動您最願意配合？請說明原因。
(如縣市政府、鄉鎮、村里、寺廟、各級學校)
 - 3.2 什麼人提供的防災資訊您最願意配合？
(縣市議員、鄉鎮長、村里長、老師、專家)

◎學校訪問內容

一、關於防災教育之現況

1. 學校防災教育現況
 - 1.1 請問貴校過去有否做過任何關於防災教育的活動？
由哪個單位主辦？

- 1.2 做過的活動有哪些？
 - 1.3 內容包括哪一種天然災害？
 - 1.4 多久會有一次關於這類的活動？
2. 校內資訊之取得與適切性
 - 2.1 學校裡有沒有隨時可供學生取用的防災資訊？
 在這裡可獲得、是哪些資訊？
 - 2.2 這些資訊是否適合不同的年級水準？
 3. 教材與資訊的充份性及改進
 - 3.1 您認為學校能提供的防災資訊是否充足？
 - 3.2 這些資訊有什麼待改進之處？
 - 3.3 這裡有一本由中央氣象局主編的「天然災害防護研習教材」，
 曾給予臺北縣市的國民中學地科老師做研習之用，您認為貴校
 需不需要這樣的資料？

二、直接教育學生

1. 防災知識的傳遞
 - 1.1 依據您的教學經驗，您認為防災知識以何種方式傳遞給學生
 效果最好？
 - 1.2 防災知識是否有必要編入教材？
 - 1.3 防災知識是否有必要依智力水準區分？
2. 教師與學生在防災教育中的互動
 - 2.1 防災教育中老師所扮演的角色為何？
 - 2.2 學生的學習意願高不高？（各種活動中的情形）

三、間接作為傳遞媒介

1. 學校與社會的教育傳遞
 - 1.1 您認為學校的防災教育是否應和社會的防災教育區分開來？
 - 1.2 學校是否應提供和當地天然災害有關的特殊資訊？
2. 作為媒介的可行性及方式
 - 2.1 若政府希望學校配合作為一宣導防災教育至社區的媒介，
 其可行性如何？
 - 2.2 可能牽涉到哪些問題？
 - 2.3 以何種方式合作效果最好？

中央氣象局蘭嶼大氣自動背景站建置之 配合性計劃

CWB 83 - 2M - 13 - 2

共同主持人： 柳中明 林清州
協同主持人： 羅俊光 左台利
王念夏 謝有容
吳家誠 張修武

研究助理： 吳泰昌 崔昌順
廖聖茹 楊廣苓
黃敬德 王敦正

台灣大學全球變遷研究中心

中華民國八十三年六月

目 錄

摘要

英文摘要

第一部份：台灣背景大氣監測之世界觀	1
一、背景說明	2
二、台灣背景大氣監測的發展	3
三、蘭嶼背景大氣監測站與台南大氣輻射站	8
第二部份：蘭嶼背景站與台南輻射站儀器採購說明	12
一、蘭嶼大氣背景站	13
二、台南大氣輻射站	14
附件一：中央氣象局蘭嶼氣象站大氣背景監測系統規格說明	16
附件二：中央氣象局蘭嶼氣象站懸浮微粒自動採樣分析儀規格說明	22
附件三：中央氣象局蘭嶼氣象站元素分析光譜儀規格說明	24
附件四：中央氣象局蘭嶼氣象站空氣樣品採樣器規格說明	26
附件五：中央氣象局台南氣象站雲高計系統規格說明	27
附件六：中央氣象局台南氣象站太陽波譜系統規格說明	31
附件七：中央氣象局台南氣象站雲觀測之自動照像及放影系統規格說明	34
附件八：中央氣象局台南氣象站懸浮微粒粒徑分佈計數儀規格說明	36
附件九：中央氣象局台南氣象站懸浮微粒散光係數量測儀規格說明	39
第三部份：以不銹鋼取樣法分析蘭嶼背景大氣中C ₂ -C ₆ 非甲烷碳氫化合物(NMHC)	42
一、重點說明	43
二、實驗裝置	43
三、實驗步驟	43
四、結果與討論	44
第四部份：利用Tenax-TA吸附取樣及氣體層析儀分析蘭嶼地區C ₆ -C ₁₀ 碳氫化合物	73
一、實驗原理	74
二、研究材料與儀器裝置	75
三、實驗步驟	76
四、結果與討論	77

第五部份：蘭嶼地區背景大氣中甲烷濃度之量測	82
一、儀器裝置	83
二、實驗條件及採樣程序	85
三、結果與討論	89
四、參考文獻	91
第六部份：懸浮微粒採樣與分析	98
一、「MIAMI AEROSOL SAMPLER定向高量採樣器」標準操作手冊...99	99
二、「ANDERSEN SAMPLERS全方向高量採樣器」標準操作手冊.....102	102
三、陰離子分析	106
四、陽離子分析	108
五、結果與討論	110

圖 目 錄

第一部份：

圖一 (a)複雜的大氣化學、輻射與氣候的關聯性	4
(b)大氣監測和大氣化學、輻射與環流模式的關聯性	
圖二 蘭嶼島地形圖	9

第三部份：

圖一 儀器裝置圖	53
圖二 2-methylpentane 和 3-methylpentane 濃度變化曲線圖	54
圖三 isobutane 和 n-butane 濃度變化曲線圖	55
圖四 isopentane 和 n-pentane 濃度變化曲線圖	56
圖五 四個碳烯類之濃度變化曲線圖	57
圖六 環烷之濃度變化曲線圖	58
圖七 芳香族之濃度變化曲線	59
圖八 ethane、ethene、propane、propene、和 acetylene 月平均直方圖	60
圖九 正烷與異烷之月平均直方圖	61
圖十 四個碳烯類之月平均直方圖	62
圖十一 環烷之月平均直方圖	63
圖十二 芳香族之月平均直方圖	64
圖十三 異丁烷和正丁烷濃度比值變化直方圖	65
圖十四 異戊烷和正戊烷濃度比值變化直方圖	66
圖十五 異丁烷和正戊烷濃度比值變化直方圖	67
圖十六 異戊烷和正丁烷濃度比值變化直方圖	68
圖十七 異戊烷和異丁烷濃度比值變化直方圖	69
圖十八 正丁烷和正戊烷濃度比值變化直方圖	70
圖十九 苯和甲苯濃度比值變化直方圖	71
圖二十 isopentane、2-methylpentane 和 3-methylpentane 之相關圖	72

第四部份：

圖一 (一)CP-9000 所附加冷凝濃縮與再熱脫附儀 (二)CP-9000 氣相層析儀	79
圖二 C ₆ ~C ₁₀ 標準品圖譜：(1)pentane(3)hexane(4)benzene (5)heptane(8)octane(10)nonane(12)decane	80

圖三 蘭嶼地區採樣之空氣樣品中碳氫化合物C₆~C₁₀分析圖譜 81
(3a)三月一日極低污染狀況採樣代表圖譜
(3b)二月十七日高污染狀況採樣代表圖譜

第五部份：

圖一 氣相層析儀架構圖	92
圖二 閥門控制系統及氣相層析儀系統架構圖	93
圖三 採樣器系統圖	94
圖四 甲烷標準氣體檢量線	95

第六部份：

圖一 蘭嶼站MIAMI AEROSOL SAMPLER測得之Cl ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ⁼ 濃度對日期之相關圖形	115
圖二 蘭嶼站ANDERSEN PM10 SAMPLER測得之Cl ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ⁼ 濃度對日期之相關圖形	116
圖三 蘭嶼站MIAMI AEROSOL SAMPLER測得之陽離子濃度對日期相關圖形	117
圖四 蘭嶼站ANDERSEN PM10 SAMPLER測得之陽離子濃度對日期相關圖形	118

表 目 錄

第三部份：

表一 蘭嶼背景站不鏽鋼瓶取樣法碳氫化合物濃度一覽表.....	47
表二 各碳氫化合物月平均濃度值一覽表.....	49
表三 正丁烷、異丁烷、正戊烷、異戊烷、苯與甲苯濃度 比值一覽表.....	51
表四 碳氫化合物相關係數一覽表.....	52

第四部份：

表一 蘭嶼地區 C ₆ -C ₁₀ 碳氫化合物採樣濃度一覽表.....	78
-----------------------------------------------------------	----

第五部份：

表一 甲烷標準氣體檢測結果.....	96
表二 蘭嶼地區乾燥空氣中甲烷氣體.....	97

第六部份：

表一 MIAMI AEROSOL SAMPLER分析結果.....	112
表二 ANDERSEN PM10 SAMPLER分析結果.....	114

摘要

本計劃主要為配合中央氣象局蘭嶼大氣背景站的建置。第一年的工作為協助蘭嶼自動觀測設備的採購，詳情述於本報告第二部份。其次為自民國82年10月起每週在蘭嶼收集空氣樣品，再送回學校實驗室，以分析背景空氣中非甲烷碳氫化合物的成份變化，以及甲烷的濃度。另外亦與國外邁阿密大學合作進行懸浮微粒採樣，以分析微粒中陰、陽離子濃度的長期變化。這些內容均詳述於本報告第三、四、五與六部份。

關鍵詞：背景大氣站、非甲烷碳氫化合物、甲烷、懸浮微粒

ABSTRACT

This project is mainly to assist the development of the Lanyu Baseline station which is operated by the Central Weather Bureau. One of the tasks is to assist the purchase of the automatic monitoring instruments, which is described in Part II of this report. After October, 1982, air samples are collected at Lanyu, and then sent to university laboratories to be analyzed to determine the composition of non-methane-hydrocarbons, the concentration of methane, and that of anions and cations in aerosols. Part III、IV、V and VI describe about these results.

Keywords : baseline station, NMHC, CH₄, aerosol

一、背景說明

科學研究每分每秒都在邁向嶄新的境界。近日，全球大氣環境變化與氣候的研究，也正面臨新的突破。

大氣中溫室氣體持續增加，預測將加強大氣溫室效應，使得地表氣溫上升與全球氣候改變。同時，全球上空23公里處的臭氧層，由南極臭氧洞到北極上空，正在逐年減少。那麼，這二者間有何關聯性呢？

對流層內臭氧吸收9.6微米的行星長波，因此本身就是溫室氣體。長久以來的汽機車污染，排放大量氮氧化合物NO_x與揮發性碳氫化合物，再經光化反應，生成臭氧，因此早已造成洛杉磯、東京、台北等地，近地面臭氧污染問題，同時也造成對流層內臭氧濃度以每年1%的速度在增加。

平流層內臭氧卻因為人為排放的氟氯碳化合物經過光解與平流層冰晶雲的協助，正以每年0.3~5%的速度在減少，同時紫外射線0.3微米輻射正加速穿透平流層進入對流層，甚至近地面。此外，低平流層氣溫也正在逐年下降。這些現象與對流層內的氣候變化也有關聯嗎？

最新的看法是：二氧化碳CO₂對溫室效應的影響約佔全部溫室氣體的45%，其次為甲烷CH₄ 20%，再者為臭氧O₃ 17%，然後是氟氯碳化合物CFCs 13%，以及N₂O氣體5%。同時，CH₄與O₃間存在著相當重要的化學影響機制，其變化對未來氣候的發展，具相當重要的影響。

基本上，中高對流層內紫外射線輻射增加，將光解臭氧，釋放單原子氧，O(¹D)。同時，溫室效應造成近地面氣溫上升，將加強地表水汽蒸發，以及對流層內水汽分子濃度上升。水汽分子與單原子氧，O(¹D)，反應，會釋放氫氧基OH。OH會加速破壞CH₄，同時與CO反應生成CO₂，這二反應配合大氣中NO_x濃度的增加，將會加強臭氧生成。連串的化學反應，可能使得對流層內甲烷減少，CO₂增加，以及臭氧先減少後增加。另外，對流層內溫室效應加強，將使得平流層氣溫加速下降，並使南北極平流層冰晶雲出現頻率增加，更致加速臭氧減少。臭氧層加速破壞，將使到達中高對流層的紫外射線增加，同時加速上述的各項化學反應過程。在以上的物理與化學過程中，平流層與對流層間空氣

交流狀況，以及全球各地對流雲胞如何將地表污染物輸送至高對流層等，均會影響整個過程的發展。

顯然，未來的大氣環流與氣候研究，將需要一個複雜的，能同時處理大氣化學反應、溫室氣體輻射影響，以及大氣環流運動的數值模式。同時此模式在垂直方向上必須能解析對流層頂的變化，在水平方向上又須能處理中尺度以下對流雲胞的影響。另外，此模式不僅需模擬出平流層臭氧遭破壞的現象，也需模擬出對流層內許多化學物質彼此間相互影響的複雜情形。二者的化學機制並不一致。一時之間，全世界並無如此的模式存在。但是在1994年6月19~23日北大西洋公約組織所主辦的科學研討會議：「臭氧—影響氣候的氣體」會議中，來自16國47位科學家，均很明白的表達對這個研究方向的堅持，且也報告了他們的初步研究成果。預計5年內，國際科學界將會投入相當多的研究經費與人力，在這研究領域上。

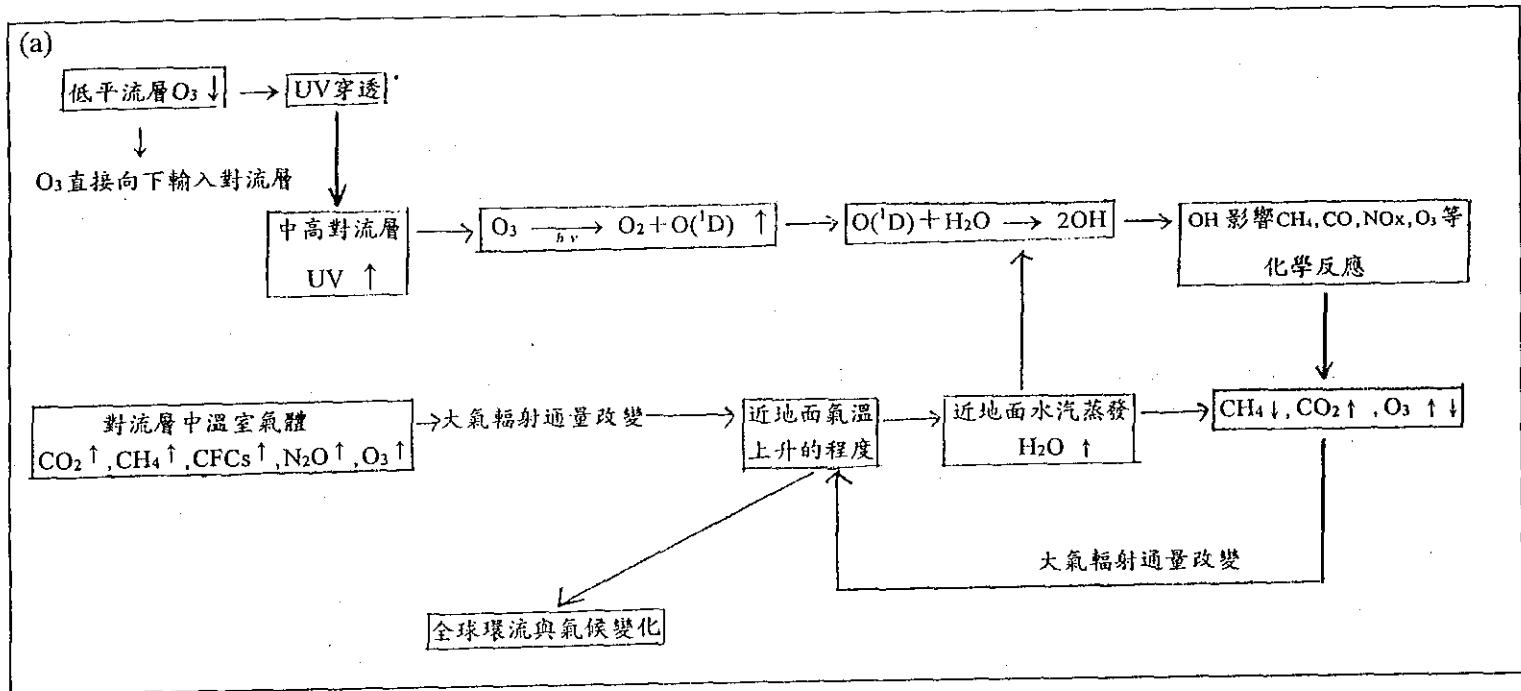
圖一說明上述的發展過程與研究重點。

不過，這個新的研究趨向，有一個很嚴重的缺憾，就是缺乏大氣化學觀測資料的支持。譬如對流層內臭氧濃度的變化，全世界僅有20個臭氧探空站能提供長期觀測資料，且這些測站多集中在歐美高緯度地區，缺乏空間的涵蓋代表性。此外，全世界的地面背景大氣監測站，也未能主動提供全球近地面污染物質如NO_x, SO₂, 碳氫化合物NMHC, CO, 等等的長期變化狀態資料。同時，衛星遙測資料也未能如想像般，穩當地提供全球各不同高度的大氣化學資料。這個問題將是未來大氣研究的新挑戰，也就是如何在以往非常高水準的氣象觀測網外，再發展出一個新的全球大氣化學觀測網。因為，若缺乏在時空上解析充份的大氣化學資料，一方面將無法確切說明各地臭氧垂直變化的趨勢，另一方面也將無法與數值模式的結果相互驗証，以校正模式的錯誤。如此前述的理論與數值模式研究，僅像跛足的鴨，缺乏佐證。

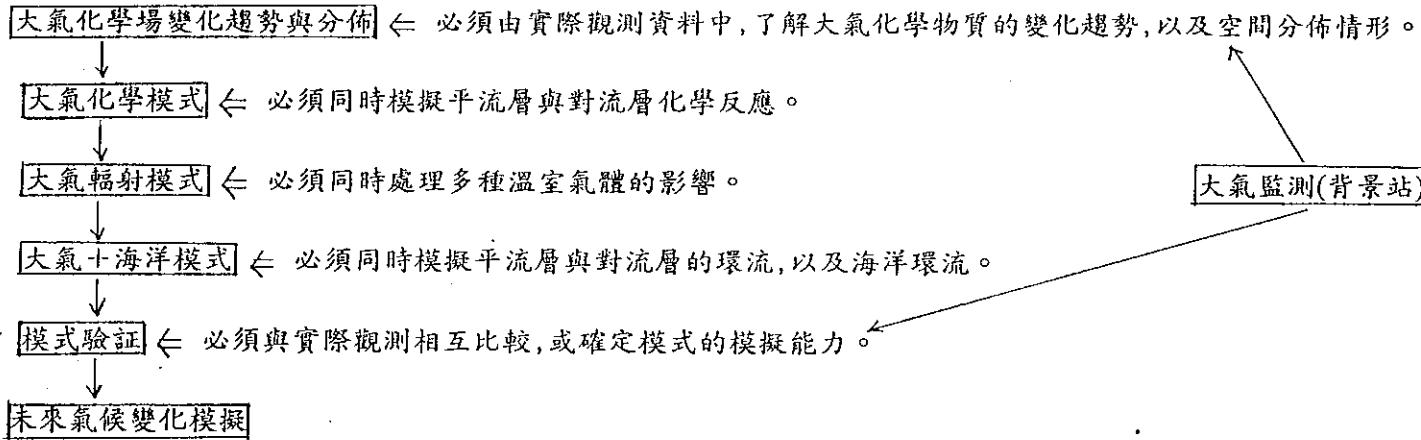
二、台灣背景大氣監測的發展

自1987年以來，我國科學界就與中央氣象局、國科會、環保署合作，希望能建立起台灣背景大氣的監測網。這些工作包括了：

圖一：(a)複雜的大氣化學、輻射與氣候的關聯性。(↑代表增加，↓代表減少，↑↓代表可能增加或減少。)
 (b)大氣監測和大氣化學、輻射與環流模式的關聯性。



(b)



- (一)中央氣象局長期在近郊的台北與成功二站,進行垂直空氣柱的總臭氧觀測。
- (二)中央氣象局自1992年7月以來,在板橋站所進行的垂直臭氧剖面探空觀測。
- (三)機動性「氣候與空氣品質台灣站」(CATS)的建立,自1991年以來已先後在新竹、墾丁、成功、蘭嶼等地,收集不同季節的背景大氣化學資料。
- (四)1994年10月以後,中央氣象局「蘭嶼背景大氣站」的建立,預計將長期監測台灣附近背景大氣中O₃, CO, SO₂, HCs, CH₄, CO₂,懸浮微粒等化學物質的變化。

以上的工作,僅在1991年秋季與1994年春季,因為參加國際西太平洋探測實驗計劃而受到國際的肯定。可是,我國卻仍未正式進入國際觀測網。因為,我國自退出聯合國後,就無法再參加「世界氣象組織(WHO)」所主導的各項大氣化學觀測工作,其中以不能加入GAW(Global Atmosphere Watch; 世界大氣觀測網),最為令人遺憾。因為WMO/GAW決定全球臭氧監測系統的操作與品管,以及全球背景大氣觀測的工作。GAW長期已制定出一套完整的QA/AC系統,以及人員訓練,測站評估等程序,為全世界唯一跨國界具公信力的大氣化學監測網。

我國由於不能加入GAW,一方面工作人員無法接受正式的訓練課程,學習適當的儀器操作與品管程序。另一方面我國的觀測資料,也因為未接受GAW的監督,也無法為國際所接受。以台北的總臭氧監測為例,自1966年以來我國就在進行此工作,並且長期將觀測結果郵寄至加拿大的世界臭氧中心(World Ozone Center),此中心也定期將世界的臭氧觀測資訊傳送到我國。但是台北的臭氧資料,並未為全世界的科學界所接受。以「世界臭氧評估報告」(World Ozone Assessment)為例,自1985年以來,包括1992、1994年的報告,根本從未引用台灣資料。此報告為全球從事臭氧相關研究者,共同引用的重要資訊。

那麼未來我國背景大氣監測的發展又將如何?首先背景大氣監測工作,其重要性不僅是協助了解全球大氣化學場的變化,其對我國附近的大氣環境了解更是非常重要,譬如我國上空臭氧層破壞的長期趨勢監測,將能協助評估我國生態受到近地面紫外射線破壞的情況。而背景大氣的化學物質監測,將能協助了解上游污染區透過不同氣團的長程傳送,對本地空氣品質的影響。其中,懸浮微粒(含硫酸根者)對本地大氣輻射場具直接的影響,至於是否會對本地區域性環流造成

影響，則仍有待驗証。此外，在低濃度的背景大氣區進行大氣化學監測，需要精確性高的化學監測儀器，並遵守非常準確與穩定的操作程序。否則其資料準確性，就很容易受到質疑。而此高水準的觀測經驗，將對協助提升我國大氣環境監測的品質，具絕對的影響。

因此，即若是不參加WMO/GAW，發展台灣背景大氣監測也具有其科學上與作業上的價值。在此觀點下，我國背景大氣監測需加強以下重點：

- 1.維持高水準的總臭氧監測，並清楚記載作業過程，以備未來查驗。
- 2.臭氧剖面至少每週一次觀測，此為WMO/GAW的最低標準。同時資料收集不能間斷。
- 3.嚴謹遵守臭氧剖面觀測的程序，並記載過程。此資料需長期保留，以備未來查驗。
- 4.參與WMO/GAW的訓練課程，以了解國際間是如何進行背景大氣的監測。基本上，參加訓練課程，與參加WMO/GAW並不相同，後者可能牽涉政治問題，前者則為科學性的訓練，應能獲得國際所認同。
- 5.參加國際非政治性的學術研究與資料交流組織，在1994年6月19~23日的北大西洋公約組織科學會議中，已決定成立「Integrated Ozone Monitoring Network」，包括臭氧探空，地面監測(尤其是高山測站)，雷射遙測，衛星遙測，以及飛航觀測等。台灣板橋臭氧探空測站已正式進入此觀測網。不過，目前探空觀測的時間間隔密度，與QA/QC程序仍未符合國際要求。
- 6.持續參與國際西太平洋探測(PEM-west)等國際性觀測計劃，並積極與美國海洋與大氣總署(NOAA)合作，因為NOAA之下如氣候監測實驗室(CMDL；Climate Monitoring Laboratory)的許多重要背景大氣監測站，確實具國際知名水準，如能獲NOAA的協助，定能提昇我國背景大氣監測的形象。
- 7.積極規劃「台灣背景大氣監測」為國家級貴重儀器實驗室，以增加工作人力，並提昇工作人員的專業水準。背景大氣監測應包括：垂直空氣柱臭氧觀測，臭氧垂直剖面觀測，背景大氣化學監測，以及全島大氣輻射場監測。其目標為建立起台灣地區長期的臭氧與大氣化學物質，和大氣輻射通量的時空變化資料。此資料配合傳統氣象觀測資料，與相關數值模式的運算，將能協助評估如化學物質長程傳送，化學物質影響輻射通量變化，甚至區域環流等研究。

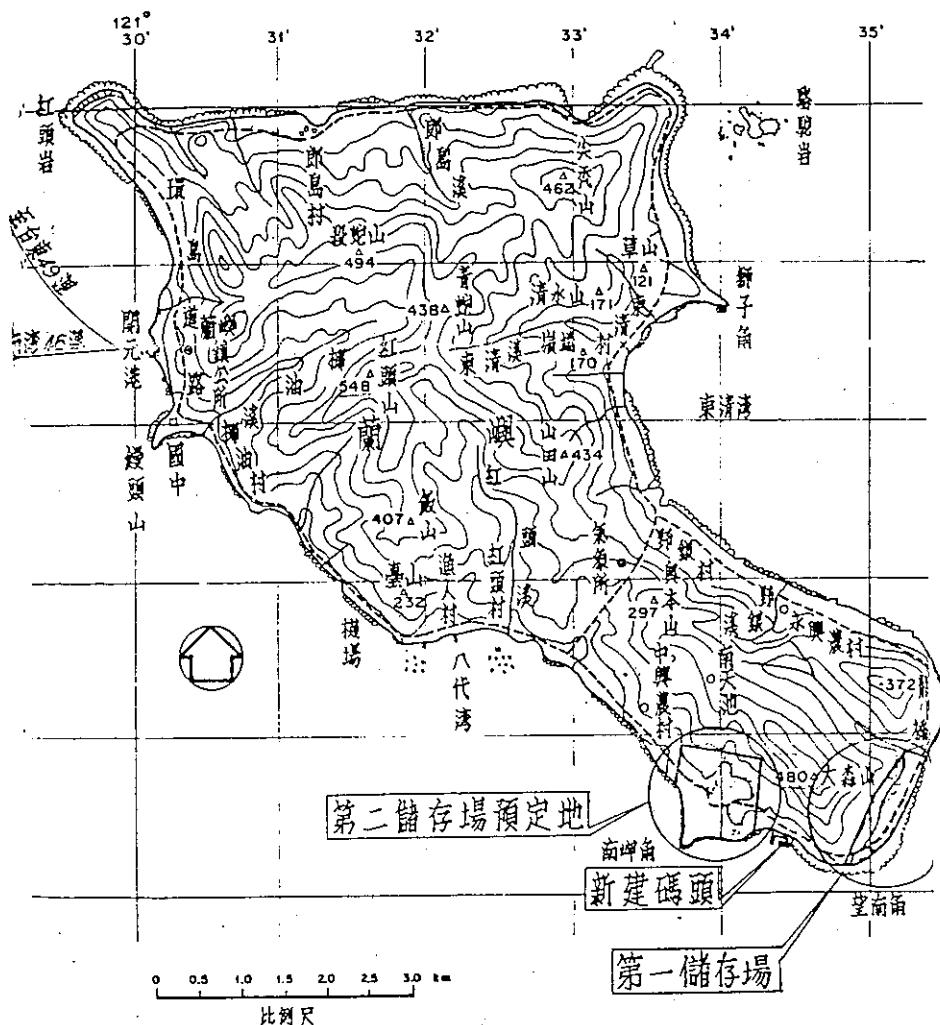
三、蘭嶼背景大氣監測站與台南大氣輻射站

國科會氣候與空氣品質台灣站(CATS)研究群，在1989年11月曾召開中美研討會，討論我國科學界未來在參與全球變遷有關大氣背景觀測方面所應進行之工作。基本上，背景大氣監測的主要目的長期監測大氣成份的改變，但是空氣的流動性大，且化學物質的各次反應不斷在進行，因此需全球性共同合作，一起進行某些特定的化學物質的監測；這些物質可區分為長生命期與短生命期，前者如CH₄、N₂O、CFC、CO₂等，國際間已有多所測站，同時由於其化學反應緩慢，所以無論在時間上或空間上，長生命期物質的變化均不大，因此在測量項目的優先排列次序上，亦屬較為次要者。反之，短生命期化學物質如O₃、NO、NO₂、NO_x、PAN、CO、SO₂、HC等，其濃度多寡，代表大範圍地區氣體化學反應進行的旺盛與否，並能說明碳、硫、氮等物質在大氣中之循環情形，因此在測量項目的優先排列次序上，極為重要。這些短生命期化學物質的測量與環保署的監測工作大不相同，因為環保署所測之污染地區濃度約在10-100ppb上下，而背景地區濃度約在1-10ppb間，甚至小至0.01ppb。

1993年1月中央氣象局與CATS研究群共同規劃，決定選擇蘭嶼站為背景測點。初期將建立O₃、CO與SO₂的自動監測，未來再加入NO、NO₂的監測，此外，尚採集空氣樣本，以分析空氣中CH₄、CO₂與HC的成份；另外採集懸浮微粒，分析其中硫酸根與硝酸根的含量。以上採樣頻率約每星期進行一次。有關N₂O與CFC的測量，將在CH₄的測量技術建立後才進行。至於CO₂和紫外線的自動測量，目前中央氣象局台北與成功站已在進行。

蘭嶼氣象站的經緯度為 22° 02'，121° 33'，高度為324公尺，位於蘭嶼島的中部(圖二)。蘭嶼島位於台東東南方49海浬之太平洋上，西距鵝鑾鼻41海浬，北隔綠島40海浬，南臨菲律賓之巴丹島約40餘海浬。島嶼的外形像一隻握緊的拳頭，頭朝西北，腕向東南，是台灣第二大的附屬島嶼，全島面積約45.79平方公里，周長38.45公里，僅次於澎湖群島。蘭嶼島是一個多山之島，最高的紅頭山，海拔540公尺，與東南部的大壽山，海拔480公尺，遙相對峙，其間山巒綿亘，只有海岸邊有狹小的平地。

配合蘭嶼背景站的規劃，就是大氣輻射研究站的設計。由於近年來國際間研究大氣輻射與氣候相關的學者，對於雲、懸浮微粒、大氣成份和大氣輻射場之間的關係，一直無法予以定量瞭解，遂使



圖二 蘭嶼島地形圖

得有關的長期氣候模擬，無法明確分辨雲與懸浮微粒的長期效益，及氣候的未來變化。是以決定大氣輻射站研究的重心應放在定量的雲、懸浮微粒、大氣成份與太陽輻射場的相關研究，並決定選擇台南永康測站為研究站址。

預期大氣輻射站未來所將進行的觀測項目，包括：

- (1) 太陽短波波譜：包括 $0.3\sim 3\mu m$ ，取約 $0.1\sim 1nm$ 的觀測間距。
- (2) 雲 觀 測：將利用全天空照像設備，定量分析雲量與雲類；同時建立雲底高度自動觀測設備。
- (3) 懸浮微粒觀測：將分析懸浮微粒的粒徑分布譜、散光係數及化學成份等。

由於中央氣象局的觀測人力不足，是以本計劃預計以三年時間，協助訓練中央氣象局人員，以逐步建立背景站與輻射站。第一年度(82年7月~83年6月)內，主要工作重點為：

- (1)添置輻射、雲、懸浮微粒觀測設備(說明於第二部份)。
- (2)添置 O_3 、CO、 SO_2 自動監測設備(說明於第二部份)。
- (3)清大羅俊光與左台利二位教授負責蘭嶼站每週一次HC(碳氫化合物)採樣分析(本報告第三、四部份)。
- (4)交大王念夏與謝有容二位教授負責蘭嶼站每週一次 CH_4 採樣與分析(本報告第五部份)。
- (5)師大吳家誠教授負責蘭嶼站每週一次懸浮微粒採樣與分析(本報告第六部份)。

雖然本計劃已經行政院通過實施，不過主要是儀器採購部份獲得同意，而學校人員參與部份的研究經費，則已遭完全刪除，因此第一年度的研究經費，主要來自國科會-交通部-中央氣象局的科技合作計劃。同時此計劃經費不斷刪減，直到82年10月底才核定，82年12月簽約。因此對工作人員的士氣與工作進度，均有相當影響。

第二年度計劃，本來預期將持續進行每週一次的HC、 CH_4 、懸浮微粒採樣分析等。由於經費更是遭大幅刪減，因此只能進行 O_3 、CO與 SO_2 自動監測資料的分析。HC部份則正商請清大主動協助，希望能有82年11月~83年10月約一年的觀測時間。 CH_4 方面，則已在研究建立自動採樣與分析設備，如此未來學校人員可以完全退出每週的正常作業。在第二年度內， CH_4 可能仍需少量經費補助，才能完成

一年資料的收集。懸浮微粒方面，則已決定繼續採樣，但送濾紙到美國邁阿密大學，希望美國科學家能主動了解與協助。不過83年7月11日的提姆颱風過境，已將懸浮微粒採樣設備，完全損壞。

未來HC、CH₄、懸浮微粒、N₂O與CFCs等的採樣與分析工作，將以自動化為重點，學校人員將完全退出日常作業，而以資料收集與分析為重心。同時，將努力參與國際合作，以期望獲得國際科學界的重視。

中央氣象局「氣候變遷監測計劃」在83會計年度(82年7月至83年6月)採購的儀器設備，包括蘭嶼大氣背景站及台南大氣輻射站所需使用的儀器。安裝地點為氣象局蘭嶼站、台南永康站及學校實驗室等。

一、蘭嶼大氣背景站

採購之儀器包括大氣背景監測系統、懸浮微粒自動採樣分析儀、元素分析光譜各一套及甲烷採樣器二台，說明如下：

(a)大氣背景監測系統一套

此系統包括一氧化碳、二氧化硫、臭氧三種氣體之自動監測及資料處理等設備，系統組成包含：

- 1.高精度一氧化碳分析儀。
- 2.高精度二氧化硫分析儀。
- 3.臭氧分析儀。
- 4.氣體稀釋校正、採樣系統。
- 5.資料蒐集器。
- 6.控制系統。
- 7.儀器櫃。

系統之詳細情形請參閱規格說明(如附件一)。

(b)懸浮微粒自動採樣分析儀一套

此套儀器包括微粒收集器及資料處理器二部份，可即時測量懸浮於空氣中微粒質量濃度及大小分布。其利用10階衝擊器可將微粒分成 0.05 、 0.1 、 0.2 、 0.4 、 0.8 、 1.6 、 3.2 、 6.4 、 12.5 及 $25.0 \mu\text{m}$ 等10級，每一階段使用二片石英片，由振動頻率轉換質量濃度，經過資料處理器運算，可立即得到總懸浮微粒濃度及不同微粒分布情形。目前此套儀器放置於師大化學系吳家誠教授實驗室，在觀測期間可搬至蘭嶼站進行觀測，儀器之詳細情形請參閱規格說明(如附件二)。

(c)元素分析光譜一套

此套儀器又稱為連續式感應偶合電漿原子發光光譜儀，是以感應耦合電漿(Inductively Coupled Plasma，簡稱ICP)作為能量來源，以揮發、原子化、游離及激發樣品，來進行原子發光光譜分析的儀器，此次採購儀器之型號為Leeman PS10000，一次可同時分析45種元素，總共可分析68種週期表元素。目前此套儀器安裝於師大化學系吳家誠教授實驗室，其功能請參閱規格說明(如附件三)。

(d)甲烷採樣器二台

此儀器為手提式空氣樣品採樣器，可至蘭嶼站收集空氣樣品後，至實驗室分析空氣中甲烷的含量。此二台儀器將交由交大王念夏教授使用，以進行甲烷之採樣、分析工作。採樣器之規格請參閱其規格說明(如附件四)。

二、台南大氣輻射站

83會計年度採購的儀器包括雲高計系統、太陽波譜觀測系統、雲觀測自動攝影及放影系統、懸浮微粒粒徑分佈計數儀、懸浮微粒散光係數量測儀各一套，說明如下：

(a)雲高計系統一套

此系統利用鐳射光測距原理，以量測儀器上空之雲底高度，其測量範圍為3.6公里，精確度為15公尺，此資料可自動傳入資料收集器內，並轉換至一般電腦內處理，全套系統包括雲高計、雲高計維修終端器、記錄器、資料收集用電腦及操作軟體等。其詳細情形請參閱規格說明(如附件五)。

(b)太陽波譜觀測系統一套

此套系統包括：

- 1.紫外線輻射感應器(MODEL UVB-1, 280~330 μm)
- 2.紫外線輻射化感應器(MODEL UVA-1, 300~390 μm)
- 3.全天空太陽輻射感應器(MODEL TSP-1, 0.3~3 μm)
- 4.多濾鏡旋轉擋陽板輻射感應器(MODEL MFR-6, 415, 500, 610, 665, 862, 1940 μm)
- 5.資料收集器及操作軟體

詳細情形請參閱規格說明(如附件六)

(c)雲觀測自動攝影及放影系統一套

此套儀器為監測白天天空中雲量及雲狀之自動攝影及放影系統。使用已固定之定時間隔攝錄放影機，經由凸透鏡拍全天空之雲層，由拍攝而得之錄影帶加以放影，即可瞭解全天空之雲量與雲狀。全套系統包括自動定時間隔攝錄放影機、凸鏡、腳架、錄放影機、影像監視器等，其功能請參閱規格說明(如附件七)。

(d)懸浮微粒粒徑分佈計數儀一套

此套儀器可以分離懸浮微粒，其範圍包括 $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 至 $1.0\text{ }\mu\text{m}$ ，並可計算不同粒徑懸浮微粒的數量。全套儀器包括：

- 1.凝結核式粒子計數器。
- 2.靜電式粒徑分離器。
- 3.真空幫浦。
- 4.系統附件及操作軟體。
- 5.個人電腦。

目前此套儀器安裝於中大環工所李崇德教授實驗室，將來密集觀測期間，可搬運至台南永康站進行觀測，其功能請參閱規格說明(如附件八)。

(e)懸浮微粒散光係數量測儀一套

此套儀器可量測懸浮微粒在紅/紅外光($700\text{ }\mu\text{m}$)、綠光($550\text{ }\mu\text{m}$)及藍光($450\text{ }\mu\text{m}$)之散光係數，其感度可達至 $1.0 \times 10^{-7}\text{ m}^{-1}$ ，此儀器採真空密合結構，可測較環境更乾淨之空氣採樣，可即時減除背景空氣之 Rayleigh 散射、可測量總散射及後方散射，其詳細情形請參閱規格說明(如附件九)。

附件一

中央氣象局蘭嶼氣象站大氣背景監測系統規格說明

壹. 應用：「氣候變遷監測」計畫，蘭嶼氣象站大氣背景監測系統，此系統包括 CO、SO₂、O₃三種氣體之自動監測及資料處理

貳. 規格：

系統組成包含：

一、高精密度一氧化碳分析儀	壹	台
二、高精密度二氧化硫分析儀	壹	台
三、臭氧分析儀	壹	台
四、氣體稀釋校正、採樣系統	壹	套
五、資料蒐集器	壹	台
六、控制系統	壹	套
七、儀器櫃	壹	台

規格說明：

一、高精密度一氧化碳分析儀 (High Precision CO Analyzer) :

1. 特點：
(a) 具每小時自動執行歸零校正。
(b) 能每四小時自動執行標準校正。

2. 原理：氣體交替濾波法

(Gas Filter Correlation)

3. 測量範圍：0~1、2、5、10、20、50、100、200、500、1000 ppm
4. 最低檢測度： $\leq 0.05 \text{ ppm}$
5. 精密度： $\pm 0.01 \text{ ppm}$
6. 直線性： $\pm 1\%$
7. 雜訊： $0.01 \text{ ppm RMS}/30 \text{ secs}$
8. 反應時間： $\leq 1 \text{ minute}$
9. 流率： 1.0 L/min

10. 零點漂移 : $\pm 0.2 \text{ ppm}/24 \text{ hrs}$
11. 全幅漂移 : $\pm 1 \% \text{ F.S.}/24 \text{ hrs}$
12. 上升/下降時間 (95%) : 1 minute
13. 操作溫度 : $5 \sim 45^\circ\text{C}$
14. 顯示器 : Digital 顯示
15. 輸出 : $0 \sim 10 \text{ V}$
16. 電源 : $110 \pm 10\% \text{ VAC}, 60 \text{ Hz}$

二、高精密度二氧化硫分析儀 (High Precision SO₂ Analyzer) :

1. 特點 : (a) 具每小時自動執行歸零校正。
(b) 能每四小時自動執行標準校正。
2. 原理 : 螢光脈衝法 (Pulsed Fluorescent)
3. 測量範圍 : $0 \sim 10, 20, 50, 100, 200 \text{ ppb}$
4. 最低檢測度 : $\leq 100 \text{ ppt}$
5. 精密度 : $\pm 0.01 \text{ ppb}$
6. 直線性 : $\pm 1 \%$
7. 雜訊 : 0.05 ppb RMS
8. 反應時間 (90 %) : $\leq 3 \text{ minutes}$
9. 流率 : 0.5 L/min
10. 零點漂移 : $\pm 0.2 \text{ ppb/day}$
11. 全幅漂移 : $\pm 2 \%/\text{week}$
12. 溫度影響 : zero : $\pm 0.05 \text{ ppb/}^\circ\text{C}$
 $Span : \pm 0.1 \%/\text{ }^\circ\text{C}$
13. 顯示器 : Digital 顯示
14. 輸出 : $0 \sim 10 \text{ V}$
15. 電源 : $110 \pm 10\% \text{ VAC}, 60 \text{ Hz}$

三、臭氧分析儀 (O_3 , Analyzer) :

1. 特點：內置臭氧校正源以供校正。
2. 原理：U.V. 紫外光度法 (U.V. Photometric)
3. 範圍： $0 \sim 1 \text{ ppm}$
4. 最低檢測度： $\leq 1 \text{ ppb}$
5. 精密度： $\pm 0.002 \text{ ppm}$
6. 直線性： $\pm 0.001 \text{ ppm}$
7. 雜訊： $\pm 0.001 \text{ ppm}$
8. 反應時間： $\leq 20 \text{ secs at } 2 \text{ L/min}$
9. 延遲時間： 10 secs
10. 流率： $1 \sim 3 \text{ L/min}$
11. 零點漂移： $< 0.5 \%/\text{month}$
12. 全幅漂移： $< 1 \%/\text{month}$
13. 操作溫度： $0 \sim 50^\circ\text{C}$
14. 顯示器：Digital 顯示
15. 輸出： $0 \sim 10 \text{ V}$
16. 電源： $110 \pm 10\% \text{ VAC, } 60 \text{ Hz}$

四、氣體稀釋校正、採樣系統 (Calibration & Sampling System) :

1. 採樣系統入口管路一律採用鐵氟龍管
2. 標準氣體須以三通式鐵氟龍電磁閥進行校正
3. 校正電磁閥之入口管路不得超過0.5米
4. 必需採用電子式質量控制器控制流量
5. 進氣入口需配有防風雨的設備
6. 進氣入口系統應裝設於可伸縮式高塔，其長度為3至10米
7. 所有元件應具有防腐蝕處理
8. 校正電磁閥由微電腦控制系統控制並傳輸至資料蒐集器
9. 時控系統須提供數位輸出信號至資料蒐集器
10. 校正系統將提供類比輸出予流量控制器及數位輸出予校正電磁閥
11. 需附一級標準校正氣體 (SO_2 及 CO) 及調整閥

五、資料蒐集器 (Data Acquisition System) :

1. 特點：可由功能鍵中選擇任一頻道之量測功能及範圍
2. 測量範圍：
 - (a) DC Voltage : 300mV, 3V, 30V, 150/300V
 - (b) Resistance : 300Ω, 3kΩ, 30kΩ, 300kΩ, 3MΩ, 10MΩ
 - (c) AC Voltage : 300mV, 3V, 30V, 150/300V
 - (d) Frequency : 20 Hz ~ 100 kHz
3. 準確度：
 - (a) DC Voltage : 0.045% + 0.2 V
 - (b) Resistance : 0.20% + 30 kΩ
 - (c) Frequency : 5.0% + 10
4. 解析度：
 - (a) DC Voltage : 100 μV 於 300 mV
 - (b) Resistance : 1 Ω 於 3 kΩ
 - (c) AC Voltage : 1 mV 於 3 V
5. 靈敏度：100 mV rms 正弦波
6. 觸發器輸入：
 - (a) 最小脈衝 : 5 μs
 - (b) 傳送速度 : 100 ms
 - (c) 再現性 : 1 ms
 - (d) 電壓 : 2 ~ 7 V
7. 掃瞄速率 : 4 ~ 17 Channels/second
8. 類比輸入 : 20 Channels
9. 數位及警報輸出 : 12 Channels
10. 計數器 : 可達 65,535 "on/off" events
11. 資料儲存容量 : 11,210 measurements (Memory Card Size 1 MB)
12. 類比/數位轉換器 : 雙斜率型式且線性可達 17 位元
13. 介面卡 (RS232)：
 - (a) 信號線 : TX, RX, DTR, GND, CTS, DSR, RTS
 - (b) 連接器 : DB-9P
 - (c) 傳輸速率 : 9600 baud rate 以上
 - (d) 資料格式 : 8 data bits
14. 操作溫/濕度 : 0 ~ 28°C, ≤ 90% RH, 28°C ~ 40°C, ≤ 75% RH
15. 電源 : 110 ± 10 % VAC, 60 Hz

六、控制系统 (Control System) :

A. 資料處理器

(1) 現場用電腦：可以直接規劃記錄器記錄方式，及可將記錄器內的資料傳到硬碟機。

1. 中央處理器 : 486DX-33
 2. 輸出入介面 : RS-232 * 2 個
 3. 輔助記憶裝置 : 1) 軟碟機 : 1.2MB * 1個,
 1.44MB * 1個
 2) 硬碟機 : 200MB以上 * 1個
 4. 鍵盤 : 101鍵 * 1個
 5. 14" Color Monitor, parallel port, 3 serial ports
 6. 須附合法之系統及應用軟體
 7. 須附電腦桌、椅
 8. 印表機 : 24針點距式, 80欄位以上
 9. 數據機 (Modem) : 9600 baud rate 以上 modem,
 external & internal with communication software.

(2) 可攜式電腦：

1. 廠牌型號 : 486SL-33 MHz Processor (附皮套一個)
 2. 輔助記憶體裝置 : 1) 軟碟機 : 1.44MB * 1 個
 2) 硬碟機 : 180MB以上 * 1 個
 3. 顯示 : 彩色 TFT, parallel port and serial ports
 4. 數據機 (Modem) : 9600 baud rate 以上 modem,
 external & internal with communication software.
 5. 須附合法之系統及應用軟體

(3) Magneto optical mass storage device, SCSI interface,
105Mb cartridges

(4) 處理之資料需含有與大氣背景資料同步之氣象資料，至少包括溫度、濕度、風向、風速。

B. 電源穩壓器 (AVR) :

1. 容量 : 7.5 KVA
2. 結構 : 磁飽和共振式
3. 輸入/輸出電壓 : 110 VAC
4. 輸入容許範圍 : + 15 % ~ - 20 %
5. 輸入急昇遽降 : + 45 % ~ - 65 %
6. 諧波含有率 : $\leq 5\%$
7. 保護裝置 : 短路或超載、自動限流及輸入電壓過高過低
8. 反應時間 : 1 1/2 週
9. 雜訊濾除率 : 60 dB 以上
10. 操作環境 : - 20 ~ + 50 °C / Temp, 0 ~ 95 % / RH

C. 不斷電系統 (UPS) :

1. 容量 : 1 KVA
2. 輸入/輸出電壓 : 110 VAC
3. 雜訊衰減 : 40 dB (共有時), 80 dB (一般時)
4. 輸出波型 : 正弦波
5. 效率 : > 90 %
6. 調變頻率 : 50/60 Hz $\pm 0.1\%$
7. 突波吸收能量 : 6500 安培
8. 最大電流 : 10.3 A

七、儀器櫃 (Cabinet) :

需能將各分析儀納入本儀器櫃中，其寬度符合 19" 之標準規格，高度以 72" 為上限，附各分析用之滑動軸及相關配備，並具散熱系統。

附件二

中央氣象局蘭嶼氣象站懸浮微粒自動採樣分析儀規格說明

一. 應用：「氣候變遷監測」計畫，蘭嶼氣象站懸浮微粒自動採樣分析系統

二. 規格：

全套包含：

1. 微粒收集器
2. 資料處理器

原理 : 石英振盪質量平衡感測法

1. 微粒收集器

- 1.1 流量 : 0.24 公升/min
- 1.2 真空幫浦 : 橫隔膜式
- 1.3 總粒子濃度 : 最大可至 50 mg/m^3 、最小可至 0.005 mg/m^3
- 1.4 資料輸出 : 能自動列印質量濃度和尺寸及分佈圖
- 1.5 級數 : 10 級 ($0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.4, 12.5, 25.0$) 單位: μm
- 1.6 衝擊器噴嘴: 鋁合金材質
- 1.7 採樣時間 : 1 秒 ~ 15 分鐘，視濃度而定
- 1.8 暖機時間 : 10 分內
- 1.9 操作溫度 : $-10^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$
- 1.10 石英穩定度: 熱機後，最大至 $\pm 2 \text{ Hz/min}$
- 1.11 石英感測器: 鎳電極材質經拋光處理
- 1.12 飽合警告 : 內有微處理控制，當石英振動頻率超過 500 Hz 可自動印出飽合警告
- 1.13 電源 : 120 V, 50/60 Hz, 50 瓦特
- 1.14 粒子密度 : 2 g/mL
- 1.15 10 個電子訊號連接器提供資料計算

2. 資料處理器

- 2.1 含內部晶體飽合指示器、採樣時間計時器、粒子量累積顯示器
- 2.2 8-digital LED 顯示振動頻率、採樣時間
- 2.3 含 10 MHZ 頻率產生器顯示石英振動頻率值
- 2.4 热感式列表機顯示 A. 總懸浮粒子濃度 mg/m^3
 - B. 每階振動頻率差及濃度、飽合警告
 - C. 採樣時間
 - D. 分佈曲線圖
- 2.5 石英飽合限制計算器 A. 高飽合限制 $0 \sim 2000 Hz$
 - B. 低飽合限制 $0 \sim 500 Hz$
- 2.6 RS 232 輸出
- 2.7 採樣時間設定器 ($1 \sim 999$ 秒)
- 2.8 可輸入開始及最後振動頻率值計算
- 2.9 濃度線性範圍 $2 \sim 4 KHz$

三. 供應廠商須有該廠牌之原廠代理權，有裝機維修及售後服務能力。

四. 安裝、架設及人員訓練：將此系統送達並安裝於師範大學化學系

吳家誠教授實驗室，進行測試、驗收，並負責系統操作訓練。

操作維修手冊(中、英)二份

保固期限：1 年，履約金於保固期滿無息退還

交貨期限：簽約後 45 天內完成安裝測試，逾期每逾一日罰
扣合約總金額的千分之一。

附件三

中央氣象局蘭嶼氣象站元素分析光譜儀規格說明

一. 應用：「氣候變遷監測」計畫，蘭嶼氣象站懸浮微粒所含金屬元素之定量與定性分析系統。

二. 規格：

主機：連續式感應偶合電漿原子發光光譜儀 (Sequential ICP Echelle Spectrometer)

1. 使用兩個光電倍增管 (PMTs)，一為 Hamamatsu R1463 PMT tube，225 nm 波長以下則使用 Hamamatsu R759 PMT tube。
2. 具 Echelle 光柵分光系統：固定 Echelle 分光柵 (Echelle grating) 分光系統，並使用石英分光鏡鏡分離光行列 (order)，光出口縫隙排列在兩維空間之孔隙平板 (Aperture plate)，在 200nm 波長之分離度 (dispersion) 為 0.083nm/mm，解析度 0.0075nm。
3. 樣品霧化器：使用 Hildebrand Grid 設計。
4. 內藏式電腦控制：內藏式電腦，640K RAM, 40M Byte Hard Disk, 一個 1.2M Byte 軟碟，原裝 14" VGA 彩色螢幕及印表機，適合儀器使用。
5. RF (radio frequency) 產生器：頻率 $\geq 40.68\text{MHz}$ free-running Flagg 振盪器，具有內藏式穩壓裝置。
6. 焰炬 (torch)：可卸下的石英燄炬(除原裝外，另附二個)，以單件式石英焰炬做水樣分析，若為 HF(氫氟酸)樣品則使用陶製注射管。
7. 光電倍增管 (PMTs) 可以電腦控制低、中、高三層以及關閉(最大電壓 1100 V)。
8. 濃度單位：可依不同元素顯示不同單位。
9. 校準公式 (Calibration equation)：線性或二次式。
10. 波長文庫 (Line library)：68 個元素共 200 種波長，每一波長均有訊號/雜訊 (S/N) 比。
11. 背景校正：一點或二點，由 Scan displays 選擇。
12. 元素干擾校正 (interelement correction)：自動校準。

13. 由電腦 Keyboard 控制，自動電漿點火及自動閥機。
14. 波長範圍：190 ~ 800nm.
15. 電源：190~240 VAC 30A, 50/60 Hz for ICP 電源供應器及
110V, 15A 60Hz for 光譜儀及印表機。
16. 可使用做高鹽類濃度樣品之微量元素之分析
17. 一次至少可分析45種元素，可分析68種週期表元素
18. 配件：附冷卻水循環系統、抽氣設備及液態氫一瓶

二. 供應廠商須有該廠牌之原廠代理權，有裝機維修及售後服務能力。

三. 安裝、架設及人員訓練：將此系統安裝於師範大學化學系吳家誠教授實驗室，進行測試、驗收，並負責系統操作訓練。

操作維修手冊(中、英)二份

保固期限：1 年

交貨期限：簽約後120 天內完成安裝測試，逾期每逾一日罰扣合約總金額的千分之一。

附件四

中央氣象局蘭嶼氣象站空氣樣品採樣器規格說明

一. 應用：「氣候變遷監測」計畫，蘭嶼氣象站甲烷採樣分析系統

二. 規格：

手提式空氣樣品採樣器

二台

(FLASK SAMPLING UNIT WITH AIR SAMPLING CADETPUMP)

1.1 手提式外箱

200mm * 460mm * 550mm 以上

1.2 空氣採樣馬達：12 V 直流電，充電瓶 110V/60Hz

1.3 空氣壓力及真空度：15 PSI 壓力，18 in.Hg 真空度

1.4 電流：3.1安培

1.5 空氣流量：最大每分鐘1150立方英吋

1.6 馬達馬力：1/30馬力，每分鐘1650轉。

1.7 進出口接頭：3/8" NPT(F)

1.8 採樣伸縮桿：17 英吋長

1.9 流量計：10 L/min，每分鐘10公升。

1.10 進氣控制閥、排氣控制閥可調壓。

1.11 控制盤面含

1. 電源充電插座

2. 電源開關

3. 電源電壓計

4. 氣體樣品壓力計

5. 逆洗控制閥

6. 玻璃採樣瓶放置夾座

7. 防止逆流壓力控制調節器

8. 3/8 OD 及 1/4 OD接頭

9. 鐵氟龍管

附件五

中央氣象局台南氣象站雲高計系統規格說明

一. 應用：「氣候變遷監測」計畫，台南氣象站雲底高度之自動觀測系統

二. 原理：雲高計（CEILOMETER）利用鐳射光測距原理，可量測該儀器上空雲層高度，並將此資料傳入自動資料收集器內，此自動資料收集器可與一般電腦連線並將雲高計資料轉換至一般電腦。

三. 規格：全套包含

1. 雲高計
2. 雲高計維修終端器
3. 記錄器
4. 記錄器規劃及資料收集用電腦
5. 操作軟體

1. 雲高計

- 1.1 量測範圍：0 至 ≥ 12000 FT (3.6 KM)
- 1.2 精確度： ± 50 FT (± 15 M)，讀值 $\pm 1\%$
- 1.3 解析度：50 FT (15 M)
- 1.4 量測間距： ≤ 30 秒一個量測值，若連續測量超過 15 分鐘上空無雲層，可變為 1 分鐘一個量測值，以保護鐳射壽命。
- 1.5 鐳射光發射器：砷化鎵半導體鐳射
 - 1.5.1 波長：904 NM
 - 1.5.2 鐳射輸出功率 ≥ 30 瓦
- 1.6 接收器：SILICON AVALANCHE DIODE
- 1.7 玻璃透鏡直徑：145 mm
- 1.8 有對眼睛保護措施
- 1.9 當從保護蓋移動鐳射光發射器時，鐳射會自動切斷。
- 1.10 微處理器：8088，16 BIT

- 1.11 鐳射使用保證年限 : \geq 5 年
- 1.12 資料輸出系統 : RS-232 或 MODEM/FSK 300 BAUD RATE 以上
- 1.13 操作環境 : 溫度 -50°C 到 55°C
溼度 5% 到 100%
- 1.14 電源 : 115 VAC, 50 或 60 HZ
- 1.15 配件 : 須含有雲高計電源線, 雲高計與記錄器連接線, 乾燥劑, 遮日蓋, 搖帶用安裝工具, 及操作維修手冊.

2. 雲高計維修終端器

- 2.1 顯示 : 2 行 16 個數字以上顯示
- 2.2 鍵盤 : 具有 30 個鍵, 包括功能鍵及數字鍵
- 2.3 具有 RS-232 介面與雲高計連接, 含連接電纜線
- 2.4 操作溫度 : 0°C 到 50°C
- 2.5 具備以下功能 :
 - 2.5.1 測試鐳射功率
 - 2.5.2 測試接收器接收靈敏度
 - 2.5.3 測試鐳射溫度
 - 2.5.4 測試接收器溫度
 - 2.5.5 測試雲高計內部溫度
 - 2.5.6 BLOWER MONITOR
 - 2.5.7 可讀可寫記憶體測試
 - 2.5.8 唯讀記憶體測試

3. 記錄器

- 3.1 輸入 : 可接 16 個單端型(SINGLE-END)或是 8 個微分型(DIFFERENTIAL)
類比信號
 - 範圍 : 0 到 5V 及 0 到 50mV
 - 解析度 : 14 BIT 類比數位轉換(ADC)
 - 準確度 : 0.025% RMSE
 - 含 頻率(FREQUENCY)輸入 (0-3000 HZ)、計數器輸入、交換開關輸入
(SWITCH CLOSURE INPUT)、SDI-12 界面、8 個數位輸入

- 3.2 輸出：可接 8 個數位輸出、2 個獨立交換電源輸出、1 個 +5V(20mA) 輸出、1 個與 MS-DOS 相容電腦連線端，可以用來規劃記錄型式與資料輸出
- 3.3 記憶容量：128K BYTES RAM 以上
- 3.4 資料記錄型式：具有處理即時、平均值、標準偏差、極大值、極小值、極大值減極小值之功能。
- 3.5 具有 RS-232 介面
- 3.6 時間穩定度：≤ ± 15 秒/月
- 3.7 資料收取間距：1 秒到 45 天
- 3.8 含有內部 MODEM：2400 BAUD 以上，可由此 MODEM 與遠端電腦 MODEM 相互通訊，可以用遠端電腦來規劃記錄型式與資料儲存與輸出。
- 3.9 電源：內部充電電池及外部 AC 轉 DC 充電器
- 3.10 配件：記錄器到電腦連接線，操作維修手冊

4. 記錄器規劃及資料收集用電腦

- 4.1 現場用電腦：此電腦使用 RS-232 介面與記錄器連接，可以直接受到規劃記錄器記錄方式，及可將記錄器內的資料傳到硬碟機。
 - 4.1.1 中央處理器：80486-33DX, 64KB CASH
 - 4.1.2 ROM：128KB
 - RAM：4MB
 - 4.1.3 輸出入介面：RS-232 * 2 個
 - 4.1.4 輔助記憶裝置：
 - 1) 軟碟機：1.2MB * 1 個，
1.44MB * 1 個
 - 2) 硬碟機：245MB * 1 個
 - 4.1.5 鍵盤：101 鍵 * 1 個
 - 4.1.6 螢幕：14" 彩色 (1024 * 768)
 - 4.1.7 須附合法 MS-DOS V.6.0
 - 4.1.8 須附電腦桌、椅
 - 4.1.9 印表機：24 針點距式，80 欄位

4.2 可攜式電腦：此電腦可經由 MODEM 直接與記錄器的 MODEM 連接，可以規劃記錄器記錄方式，及可將記錄器內的資料傳到硬碟機內，或可攜帶此電腦到現場規劃記錄器及取回記錄器內的資料。

4.2.1 中央處理器：80486DX-33, 4M RAM

4.2.2 輔助記憶體裝置：1)軟碟機：1.44MB * 1 個
2)硬碟機：200MB * 1 個

4.2.3 顯示：主動式矩陣彩色 LCD

4.2.4 外接式掌上型 MODEM

4.2.5 須附合法 MS-DOS V.6.0

5. 操作軟體：該軟體可以提供規劃資料收集器對感應器的收集，及可經由該軟體將資料收集器內的記憶資料直接經由 MODEM 及電腦 RS-232 介面傳輸到電腦的硬碟及顯示幕上。

6. 安裝，架設及人員訓練：安裝於中央氣象局台南測站，進行測試、驗收，並負責系統操作訓練。

操作維修手冊(中、英)二份

保固期限：1 年

交貨期限：簽約後 120 天內完成安裝測試，逾期每逾一日罰扣合約總金額的千分之一。

附件六

中央氣象局台南氣象站太陽波譜系統規格說明

一. 應用：「氣候變遷監測」計畫，台南氣象站太陽波譜之自動觀測系統

二. 規格：全套包含

1. 紫外線輻射感應器
 - (1) UV-B
 - (2) UV-A
2. 全天空太陽輻射感應器
3. 多濾鏡旋轉擋陽板輻射感應器
4. 資料收集器
5. 感應器安裝鐵架

1. 紫外線輻射感應器	2 個
1.1 量測波長：(1) UV-B: 280 到 330 nm	1 個
(2) UV-A: 300 到 390 nm	1 個
1.2 餘弦反應： $\leq \pm 5\%$, 0度到60度頂點角度	
1.3 靈敏度：(1) 2.0 V per Watt/m ² (280 - 330 nm)	
(2) 0.04 V per Watt/m ² (300 - 390 nm)	
1.4 感應面積：直徑2.54公分	
1.5 電力需求：+11 到 +14 VDC, 500 mA	
-11 到 -14 VDC, 5 mA	
1.6 信號輸出：0 - 5 VDC	
1.7 反應時間：100 ms	
1.8 操作溫度：-40 °C TO 50 °C	
1.9 感應器須含有內部恆溫加溫器，可以加溫達40°C以上，以避免結霜或結露在感應器頂部。此恆溫加溫器溫度控制精確度在±0.1°C。	
1.10 含連接記錄器電纜線	

2. 全天空太陽輻射感應器

1 個

- 2.1 量測波長：0.3 到 3 μm
- 2.2 解析度：1 Watt/m²
- 2.3 靈敏度：3.3 mV per Watt/m²
- 2.4 餘弦反應：± 1%，0度到75度頂點角度
- 2.5 信號輸出：0 到 4 VDC
- 2.6 反應時間：≤ 1秒
- 2.7 型式：白金電阻溫度量測
- 2.8 精確度(溫度量測)：≤ ± 1% 在 -50 °C 到 +50 °C 時
- 2.9 感應面積：直徑 1.9 公分
- 2.10 含連接記錄器電纜線

3. 多濾鏡旋轉擋陽板輻射感應器

1 個

- 3.1 量測波長：415, 500, 610, 665, 862, 940 nm
- 3.2 餘弦反應：≤ 5% 從0度到80度頂點角度
- 3.3 電力需求：110 或 220 VAC, 50/60 Hz
- 3.4 操作溫度：-20 °C 到 +50 °C
- 3.5 量測頻率：≥ 每分鐘取樣4次
- 3.6 含有微處理控制旋轉擋陽板
- 3.7 感應器須有內部恆溫加溫器，可以加溫達40°C 以上
- 3.8 含連接記錄器電纜線

4. 資料收集器

1 個

- 4.1 此資料收集器須提供給紫外線輻射感應器，全天空太陽輻射感應器，多濾鏡旋轉擋陽板輻射感應器之資料收集用。
- 4.2 此收集器具有步進馬達驅動控制，可控制多濾鏡旋轉擋陽板輻射感應器的旋轉擋陽板。
- 4.3 輸入頻道：16個以上類比感應器輸入

- 4.4 類比數位轉換精度：13 BIT
- 4.5 輸入信號範圍：-4.096 到 +4.096 伏特
- 4.6 可以提供測感應器所需的直流電供應
- 4.7 資料收集器箱體：防水
- 4.8 須附資料收集器操作軟體，該軟體可以提供規劃資料收集器對感應器的收集，及可經由該軟體將資料由 MODEM 及電腦 RS-232 介面傳輸到電腦的硬碟及顯示幕上。

5. 感應器安裝鐵架

- 5.1 材質：不銹鋼，三度黑漆
- 5.2 高度：感應器安裝台面高 180 cm 以上

6. 安裝、架設及人員訓練：安裝於中央氣象局台南測站，進行測試、驗收，並負責系統操作訓練。

操作維修手冊(中、英)二份

保固期限：1 年

交貨期限：簽約後 150 天內完成安裝測試，逾期每逾一日罰扣合約總金額的千分之一。

附件七

中央氣象局台南氣象站雲觀測之自動照像及放影系統規格說明

一. 應用：「氣候變遷監測」計畫，台南氣象站監測白天天空中雲量及雲狀之自動照像及放影系統

二. 主要功能：

使用已固定之定時間隔攝錄放影機，經由凸鏡拍攝全天空之雲層，放影經由拍攝而得之錄影帶以瞭解全天空之雲量與雲類。

三. 儀器規格：全套包含

1. 自動定時間隔攝錄放影機
2. 凸鏡、腳架
3. 錄放影機
4. 電視機

1. 自動定時間隔攝錄放影機

- 1.1 JVC GR-S505 或功能品質相同之同級品，其主要功能
 1. 可調整自動定時間隔攝影之時間(約 1至15分可拍攝1秒鐘以上)
 2. 可顯示日期、時間於影帶上
- 1.2 卡帶轉換夾
- 1.3 作業用 S-VHSC 錄影帶 10卷
- 1.4 ND(national density) 濾光鏡 (2X、4X、8X)三個
- 1.5 加保護蓋及防雨安全裝置

2. 凸鏡、腳架

2.1 腳架：不鏽鋼或鋁合金，形狀如照片所示（下頁）

2.1 凸鏡：如照片所示（下頁），（可至中央氣象局二組四科看樣品）

3. 錄放影機

PROTON PC-3400K 或功能品質相同之同級品，可放影由攝錄放影機拍攝而得之錄影帶

4. 電視機

TOSHIBA 215S10ST 或功能品質相同之同級品，並裝設天線於金甌臨時辦公室（地下二樓，二組四科辦公室）

5. 安裝、架設及人員訓練：將腳架及凸鏡安裝於中央氣象局金甌臨時辦公室，配合攝錄放影機進行攝影及放影測試、驗收，並負責系統操作訓練，再由廠商自行於驗收後一個月內將腳架及凸鏡安裝並固定於中央氣象局台南永康氣象站。

操作維修手冊（中、英）二份

保固期限：1年，履約保證金於保固期滿無息退還

交貨期限：簽約後90天內完成安裝測試，逾期每逾一日罰扣合約總金額的千分之一。

附件八

中央氣象局台南氣象站懸浮微粒粒徑分佈計數儀規格說明

一. 應用：「氣候變遷監測」計畫，台南氣象站懸浮微粒掃描式粒徑分析系統

二. 規格：全套包含

1. Condensation Particle Counter 凝結核式粒子計數器
2. Electrostatic Classifier 靜電式粒徑分離器
3. Vacuum Pump 真空幫浦
4. 系統附件及軟體功能
5. IBM PC 或相容之個人電腦

1. 凝結核式粒子計數器

- 1.1 粒徑範圍: $7 \text{ nm} (50\%) \sim > 3 \mu\text{m}$
- 1.2 濃度範圍: $0 \sim 9.99 \times 10^6 \text{ Particles/cm}^3$
- 1.3 濃度精度: $\pm 10\%$, 5×10^3 以下 Particles/cm^3
 $\pm 20\%$, $5 \times 10^3 \sim 10^6 \text{ Particles/cm}^3$
- 1.4 訊雜比: $25:1$
- 1.5 光源: 5 mW 單射二極體
- 1.6 流量: $300 \pm 15 \text{ cm}^3/\text{min}$ 自動流量控制
- 1.7 凝結液: 試藥級正丁醇 *n-butyl alcohol* (廠商提供一年份)
- 1.8 操作溫度: 飽和器: $35 \pm 0.3^\circ\text{C}$
凝結器: $10 \pm 0.3^\circ\text{C}$
光源: $36 \pm 2.0^\circ\text{C}$
- 1.9 通信介面: RS-232C
- 1.10 輸出: 數位顯示: 濃度, 總數, 狀況
類比輸出: $0 - 10 \text{ V}$, 可選擇功能之輸出 (線性濃度
對數濃度, 流量, 幫浦控制, 光檢器之電壓)由電腦控制可達 $.11 \text{ V}$

2. 電靜式粒徑分離器

- 2.1 操作模式： 電靜荷及差動量分析
2.2 粒徑範圍： 包括 $0.005 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 可調
2.3 粒子種類： 固體， 非破壞性液體
2.4 輸入濃度範圍： $\geq 10^6 \text{ Particles/cm}^3$, $0.01 \mu\text{m}$ 時
2.5 流量： 懸浮微粒： $0.25 \sim 5 \text{ L/min}$
 包覆空氣及剩餘空氣： $2.5 \sim 20 \text{ L/min}$
2.6 懸浮微粒溫度範圍： $-10 \sim 50^\circ \text{C}$
2.7 懸浮微粒壓力範圍： $1 \pm 0.2 \text{ atm}$
2.8 精確度： 粒子動量：平均動量之 $\pm 5\%$
 粒徑：平均單電核粒子粒徑之 $\pm 5\%$
2.9 LED顯示輸出： 流量， 分析儀電壓
2.10 分析儀電壓調整：人工調整
 電腦控制

3. 真空幫浦

- 3.1 流量範圍： $0 \sim 60 \text{ L/min.}$
3.2 真空度： 37 cm Hg , 60 L/min 時
3.3 電源： $115 \text{ VAC}, 60 \text{ Hz}$

4. 系統附件及軟體功能

- 4.1 可連結系統儀器以達成測量懸浮微粒粒徑分佈功能之附件
4.2 系統軟體功能
 測量時間： $60 \sim 300$ 秒
 粒徑範圍： $0.007 \sim 1.0 \mu\text{m}$
 濃度範圍： $100 \sim 10^6 \text{ Particles/cm}^3$
 總粒徑通道數： 147
 每十進位通道數： 64
 視窗操作環境，下拉式選單及對話盒。
 即時數據顯示：圖，表，統計表。
 多次掃描平均，相減，比較。
 可選擇粒徑範圍。

5. 個人電腦系統

- 5.1 中央處理器 : 80486-33DX CPU
- 5.2 254 KB 快取記憶體
- 4 MB 動態記憶體
- 5.3 輸出入介面 : RS-232 * 2 個
- 5.4 輔助記憶裝置 : 1) 軟碟機 : 1.2MB 5-1/4" * 1個,
1.44MB 3-1/2" * 1個
2) 硬碟機 : 245MB * 1個
- 5.5 鍵盤 : 101 鍵 * 1個
- 5.6 螢幕 : 14" Super VGA 低輻射彩色顯示器
- 5.7 200 W 電源供應器
- 5.8 須附合法 MS-DOS V.6.0 及 WINDOWS 視窗軟體
- 5.9 滑鼠
- 5.10 印表機 : 24 針點距式, 80 檔位,
列印字數 60 檔位 (10 cpi), 137 檔位 (10 cpi 壓縮)
拷貝份數 原文 + 3份拷貝
輸入緩衝區 : 8KB

6. 安裝、架設及人員訓練：將此系統送貨、安裝於中央大學環工所李崇德教授實驗室，進行測試、驗收，並負責系統操作訓練。

操作維修手冊(中、英)二份

保固期限：1 年，履約保證金於保固期滿無息退還

交貨期限：簽約後 90 天內完成安裝測試，逾期每逾一日罰扣合約總金額的千分之一。

附件九

中央氣象局台南氣象站懸浮微粒散光係數量測儀規格說明

一. 應用：「氣候變遷監測」計畫，台南氣象站懸浮微粒散光係數量測系統

二. 規格：全套包含

1. High-Sensitivity Integrating Nephelometer
2. 操作軟體
3. 個人電腦系統

主要功能：量測懸浮微粒之散射係數，以監測懸浮微粒對輻射、能見度及空氣品質之影響

1. 量測係數感度達 $1.0 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1}$
2. 真空密合結構，可測較環境更乾淨之空氣採樣
3. 即時減除背景空氣之 Rayleigh 散射
4. 即時作光電倍增管之電流及光源補償
5. 可測量總散射及後方散射信號
6. 可選擇平均時間
7. 內建時鐘

1. High-Sensitivity Integrating Nephelometer

1.1 波長：450 nm (藍), 550 nm (綠), 700 nm (紅/紅外光)

1.2 頻寬：50 nm (各波長)

1.3 30 秒平均時間之感度 (懸浮微粒散射係數 σ_{sr})：

藍、綠波長： $1.0 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1}$

紅/紅外光波長： $3.0 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1}$

1.4 平均時間：1 ~ 4096 秒 (可選擇)

1.5 漂移 (Drift)： $< 2.0 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1}$

1.6 光學背景信號：藍、綠波長： $< 5.0 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$

紅/紅外光波長： $< 1.0 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$

1.7 集光角： $7 \sim 170^\circ$

- 1.8 後方散射遮光板：將集光角由 $7 \sim 170^\circ$ 改為 $90 \sim 170^\circ$
1.9 參考遮光板
1.10 過濾空氣切換器：定時或由電腦控制，自動將高效過濾氣接入取樣空氣流路
1.11 反應時間： < 10 秒
1.12 使用流量： $20 \sim 200$ L/min
1.13 出/入口直徑： 25 mm
1.14 粒子傳輸效率： $> 95\%$
1.15 溫度，壓力感測：內建感測器作 Rayleigh 散射係數修正
1.16 濕度感測器：相對濕度 $5 \sim 95\% \pm 5\%$
1.17 時間及日期：內建時鐘
1.18 真空密合度： < 10 mm Hg/hr (負壓 700 mm Hg 時)
1.19 同時做三色偵測以及區分總\後散射光
1.20 電源供應器
 輸出： 24.0 ± 4.0 VDC, at < 5.0 A
 電源： $100/120/220/240$ VAC, $50/60$ Hz at $< 100W$

2. 操作軟體

2.1 參數設定：

校正常數
平均時間
自動零點設定
時間日期設定

2.2 操作：測量資料收集顯示

總散射— 紅、綠、藍
後方散射— 紅、綠、藍
大氣壓力
取樣溫度
儀器狀態

2.3 檔案輸出：按設定之平均時間輸出

總散射— 紅、綠、藍
後方散射— 紅、綠、藍
大氣壓力
取樣溫度

3. 個人電腦系統

- 3.1 中央處理器 : 80486-33DX CPU
- 3.2 254 KB 快取記憶體
- 4 MB 動態記憶體
- 3.3 輸出入介面 : RS-232 * 2 個
- 3.4 輔助記憶裝置 : 1) 軟碟機 : 1.2MB 5-1/4" * 1個,
1.44MB 3-1/2" * 1個
2) 硬碟機 : 245MB * 1個
- 3.5 鍵盤 : 101 鍵 * 1個
- 3.6 螢幕 : 14" Super VGA 低輻射彩色顯示器
- 3.7 200 W 電源供應器
- 3.8 須附合法 MS-DOS V.6.0 及 WINDOWS 視窗軟體
- 3.9 滑鼠
- 3.10 印表機 : 24 針點距式, 80 檞位,
列印字數 80 檞位 (10 cpi), 137 檞位 (10 cpi 壓縮)
拷貝份數 原文 + 3份拷貝
輸入緩衝區 : 8KB

4. 安裝、架設及人員訓練：將此系統送貨、安裝於中央大學環工所李崇德

教授實驗室，進行測試、驗收，並負責系統操作訓練。

操作維修手冊(中、英)二份

保固期限：1 年，履約保證金於保固期滿無息退還

交貨期限：簽約後 140 天內完成安裝測試，逾期每逾一日罰
扣合約總金額的千分之一。

一. 重點說明

為了配合CATS工作群對臺灣背景站—蘭嶼之空氣品質之長期監測，本部份針對背景大氣中C₂—C₆非甲烷碳氫化合物進行監測的工作。分析的方法主要為參考美國EPA之TO-14不鏽鋼瓶(canister)採樣；再將樣品帶回實驗室進行分析的工作。實驗中使用HP 5890 SERIES II 氣相層析儀，配備火燄游離偵檢器，進行分離與鑑定的程序，並且採用0.53 mm × 50 m 三氧化二鋁毛細管柱分離，此層析管柱對於低碳的碳氫化合物，尤其是同分異構，具有極佳的解析力。通常採得的樣品濃度很低，必須經兩次的冷凝濃縮再注入層析儀中方可偵測到。本篇研究報告針對83年1月至4月，每星期一個樣品的採樣頻率進行討論。取得的樣品數為21個樣品，包括3個旅行空白與3個定性用的重複樣品。從旅行空白可確定運送過程並沒有汙染的情形產生。而由於分析過程碰到停電的現象損失了3個樣品。此次可分析定量的碳氫化合物已達43種之多。

二. 實驗裝置

實驗裝置如圖(一)：

1. 真空注入系統(裝有兩個MKS 壓力計)：
整套系統採用不鏽鋼管由真空接頭組合而成，最低壓可抽到10 torr。
2. 美國 Nutech 公司出產之 8533 冷凝濃縮儀：
可導入液態氮降溫到 -170 °C，並於 20 秒內升溫到 200 °C。
3. HP 5890 氣相層析儀配備火燄游離偵檢器(FID)。
4. 自製不鏽鋼取樣瓶(Canister，約 2公升)。

三. 實驗步驟

3.1 取樣：

取樣之前需將不鏽鋼採樣瓶在高真空之下清洗乾淨，並且需要進行測漏的程序，確保沒有洩漏的現象發生。最後帶至測站之前，必須溼化採樣罐的表面，以防止待測物吸附在表面，為了確保品質控制，每一批次清洗與測漏完畢的採樣瓶必須上GC(氣相層析儀)，跑空罐確定沒有待測物才可以送至測站。

採樣的頻率為每星期一次。為了避免採集樣品至分析樣品時間內組成物或者待測物的濃度發生變化，我們根據TO-14的建議，控制在14天內分析完畢。

現場採樣為將不銹鋼採樣瓶的控制閥打開藉由壓力差使得空氣進入瓶內，約經過一分鐘後關上閥即可。

3.2 分析步驟:

首先將真空系統之冷凝樣品的管路先浸泡在液態氮中，使其溫度下降，再將取樣瓶與真空系統連接，並打開 h 閥由取樣瓶取得定量的空氣樣品。將 i 閥打開使得樣品得以流經冷凝管路中(見圖一)。被冷凝在管路中的碳氫化合物藉由加熱氣化並由氮氣攜帶進入 Nutech 8533，再一次冷凝脫附進入層析儀中。

3.3 氣相層析儀的分析條件

烘箱(oven)的溫度梯度設定如下：

33 °C保持5分鐘然後以每分鐘5 °C的升溫速率上升到200 °C。偵測器的溫度保持在2500 °C的恒溫。使用氮氣做為載體，流速為 5.5~6 mL/min，輔助氣體 (makeup gas) 流速為 30 mL/min，FID 所燃燒的氣體為氬氣及空氣，流速分別為 30mL/min 及300mL/min。

3.4 校正曲線

購得之標準氣體濃度過高，需要稀釋之後才能符合需要。稀釋時首先將購得的氣體通入採樣瓶中，測量瓶內的壓力通入氮氣稀釋，測量稀釋後的壓力。然後再將兩次量的壓力相除，即可得到稀釋的倍率。樣品分析是由真空系統注入，所以校正曲線也是由真空系統將標準品注入，再採用固定體積改變壓力，由波峰面積對壓力換算成重量做圖。

四. 結果與討論

此次蘭嶼背景站一月至四月的取樣情形如下：一月份為 1, 4, 15, 20 日四個樣品，二月份為 1, 7, 17, 24 日四個樣品，三月份為 1、5 日兩個樣品，四月份為 9, 15, 29 日三個樣品，總共 13 個樣品。在偵測極限以上的目標物共有 43 種（見表一），此處偵測極限定義為 S/N 比為 3 倍，對 n-pentane 而言估計約為 61 pg，相當於取 2 升的空氣樣品時最低濃度為 10 ppt。

由表一看出，除了 ethane, ethene, propane, benzene, toluene 以外，對大部份而言其濃度皆在 1 ppbv 以下，如此可知蘭嶼的空氣品質並沒有受到嚴重的污染。為了進一步了解各碳氫化合物在此段採樣期間的變化情形，我們特別挑出一些具代表性的物種，將其濃度隨著日期的變化曲線圖表示出來（圖二至圖七）。由圖二到圖四可以明顯的看出 2-methylpentane 和 3-methylpentane, iso-pentane 和 n-pentane, isobutane 和 n-pentane 間均有很好的相關性。值得注意的是：在 1 月 20 日這一天有明顯的異常現象出現亦即 2-methylpentane, 3-methylpentane, isopentane 在這一天均有最大值出現（約 7-20 ppbv），此外 toluene 也有頗高的濃度出現（8.10 ppbv），並且 acetylene 為 1.08 ppbv 較其它日期為高（1 ppbv 以下）。綜合上述現象，1 月 20 日這天對有甲基取代的碳氫化合物有頗具意義的濃度值存在。如此是否意味有污染排放的現象，則需要再進一步找尋排放源來作確認。

從圖五可看出在背景大氣中，四個碳的烯類仍然以 1-butene 和 isobutene 為主，但其濃度皆小於 1 ppbv。由圖七可明顯看出 toluene 在此背景站存在有不容忽略的濃度，由文獻可發現 toluene 的濃度與交通密度有很高的相關性，此外 toluene 為各種工業製造中經常使用的溶劑，蘭嶼雖然為背景區，但是也有人類活動，故取樣地點若有建築物或是在取樣前有汽機車通過，都可能造成此化合物濃度的上升現象。故若長期監測都有此現象，則需對取樣地點的選擇做進一步的評估。

由表二我們探討各碳氫化合物在每月的平均值，以及這四個月的總平均值。由平均值可得知，對大部份碳氫化合物其平均濃度值皆在 1 ppbv 以下，顯示背景區之空氣品質確實比都會區、工業區及鄉村區要佳。然而不可否認的是，仍有些碳氫化合物高於 1 ppbv，如 ethane, propane, isopentane, 2,2-dimethylbutane, 2-methylpentane, 3-methylpentane 和 toluene。而除了 toluene 值為 7.53 ppbv，其餘皆在 5 ppbv 以下，雖然濃度值都不高，但也表示出背景區有某種程度的

污染。而這些碳氫化合物是來自於植物自然排放之isoprene,terpene分解而來，亦或由人為污染而來，則需再進一步的確認。若為人為污染，則必須進一步探討是來自於蘭嶼本島或者是由台灣本島飄移過來，我們針對這些含量比較高的碳氫化合物進行更長時間的監測，以期許從量測所得之數據找出可能趨勢。

為了進一步探討各碳氫化合物彼此的相關性及對各碳氫化合物的來源進行追蹤，我們對 isobutane、n-butane、isopentane、n-pentane、benzene 和 toluene 這些碳氫化合物的濃度作比值（如表三），由此探討碳氫化合物的來源指紋。圖十三可以看出從 2 月 17 日起 isobutane/n-butane 的比值有明顯下降的趨勢，而 isopentane/n-butane 和 isopentane/isobutane 皆有此趨勢（圖十六、十七）。此外由圖十五可以看出 isobutane/n-pentane 有三個明顯的趨勢，從 1 月 1 日至 2 月 1 日平均值為 1.43，2 月 7 日至 3 月 5 日則上升至 5.71，從 4 月 9 日至 4 月 29 日反而降至 1.09。國外已有文獻指出因油品種類或季節的不同其 isobutane/n-pentane 比值有明顯的差異。由圖十九可看出 toluene/benzene 的比值有高達 80，但一般交通排放其比值為 3，可見此背景區應該存在某種非交通影響因子之其它污染源。

為了更明確地看出各碳氫化合物彼此之間的相關性，我們對上述碳氫化合物兩兩做回歸（見表四）。從表中可以明顯發現部份碳氫化合物具有很好的相關性，如 n-butane 和 isobutane、n-pentane 和 isopentane、2-methylpentane、3-methylpentane 都有很好的相關性，尤其是 isopentane、2-methylpentane、3-methylpentane 其彼此的相關係數(R) 高達 0.96 以上（圖二十），由此可見在此背景站其彼此的相依性很強，上述現象極有可能意味著在背景大氣中碳氫化合物的分佈有此特色。

目前為止，我們尚無法確實描述出污染排放源的存在，累積足夠的資料後，可藉由統計分析方法進一步確定可能之污染來源。

表一 蘭嶼背景站不銹鋼瓶取樣法碳氫化合物濃度一覽表(單位:ppbv)

Compound	1-Jan	4-Jan	15-Jan	20-Jan	1-Feb	7-Feb	17-Feb	24-Feb	1-Mar	5-Mar	9-Apr	15-Apr	29-Apr
ethane									9.15	4.04			
ethene						4.03	0.19	2.03	1.61	2.17		4.20	
propane			2.28		8.28	5.07	0.03	3.36	4.40	4.26	0.76		
propene	0.04	0.03	0.09	0.49	0.32	0.67	0.29	0.15	0.16	0.23	0.30	0.91	1.22
isobutane	0.05	0.23	0.12	0.30	0.15	2.54	0.62	0.39	0.35	0.35	0.09	0.33	0.10
acetylene	0.15	0.16	0.45	1.08				0.07	0.13	0.32	0.32		
n-butane	0.12	0.04	0.23	1.00	0.80	1.41	0.17	0.13	0.14	0.30	0.12	1.75	
trans-2-butene		0.03	0.02	0.06	0.03	0.08		0.04	0.04	0.04	0.06	0.07	
1-butene	0.06	0.05	0.03	0.23	0.19	0.16	0.08	0.07	0.04	0.02	0.33	0.05	0.96
isobutene	0.06	0.08	0.04	0.58	0.27	0.34	0.12	0.36	0.04	0.07	0.18	0.86	0.13
cis-2-butene				0.04	0.02	0.07					0.03	0.05	
2,2-dimethylpropane				0.03	0.01							0.02	
cyclopentane			0.02	0.02	0.02	0.06					0.02	0.03	
isopentane	0.50	0.77	0.35	19.54	0.67	1.51	3.86	0.67	0.27	0.22	0.16	1.10	1.07
propyne						0.09							
n-pentane	0.06	0.08	0.07	0.41	0.15	0.62	0.11	0.07	0.04	0.10	0.09	0.32	0.08
1,3-butadiene		0.02			0.03	0.14						0.04	
3-methyl-1-butene		0.01		0.03	0.02	0.04						0.03	
trans-2-pentene		0.02		0.10	0.02	0.05						0.03	
2-methyl-2-butene		0.01	0.01	0.03	0.02	0.04		0.02			0.01	0.04	
1-pentene	0.03	0.03	0.02	0.15	0.04	0.05	0.05	0.03	0.01		0.03	0.15	0.03

表一 蘭嶼背景站不銹鋼瓶取樣法碳氫化合物濃度一覽表(單位:ppbv)(續)

Compound	1-Jan	4-Jan	15-Jan	20-Jan	1-Feb	7-Feb	17-Feb	24-Feb	1-Mar	5-Mar	9-Apr	15-Apr	29-Apr
2-methyl-1-butene		0.01	0.01	0.04	0.02	0.02		0.02			0.02	0.05	
cis-2-pentene		0.01		0.02	0.01							0.03	
2,2-dimethylbutane	0.13		0.06	13.82			0.29	0.07	0.06	0.17	0.23		
cyclohexane	0.11	0.17	0.02	0.06	0.14	0.75	0.03	0.21	0.01	0.03	0.03	0.21	0.69
methylcyclopentane		0.03	0.01	0.12	0.05	0.10	0.03			0.03	0.02	0.09	0.06
2-methylpentane	0.36	0.65	0.29	14.86	0.36	0.87	0.67	0.42	0.22	0.20	0.19	0.35	1.53
3-methylpentane	0.17	0.33	0.16	7.30	0.20	1.88	0.54	0.44	0.13	0.46	0.61	0.39	1.39
n-hexane/isoprene	0.06	0.14	0.11	0.94	0.16	0.39	0.81	0.75	0.12	1.06	2.30	0.71	1.35
3-methyl-1-pentene				0.07		0.04	0.02	0.03				0.04	
4-methyl-1-pentene				0.03			0.01						
2-methyl-1-pentene				0.03			0.01						
cis-3-hexene							0.01						
1-hexene	0.03	0.02	0.02	0.10	0.04	0.03	0.04	0.03	0.06		0.03	0.09	0.03
methylcyclohexane		0.02	0.02	0.06			0.06	0.04		0.06	0.02	0.07	0.17
2,3-dimethylpentane		0.01	0.01	0.03	0.03	0.10	0.07	0.04		0.02	0.05	0.05	
2,4-dimethylpentane		0.17	0.02	0.11	0.05	0.33	0.04	0.04		0.06	0.04	0.19	
heptane	0.01	0.22	0.02	0.49	0.39	0.13	0.23	0.18	0.14	0.14	0.06	0.10	0.04
benzene	0.21	1.72	0.20	0.11	0.06	0.76	0.05	0.26			1.08	1.31	
2,3,4-trimethylpentan			0.21	3.89	0.60	0.13		0.52	0.32	0.07	0.42	0.89	0.51
octane		0.18	0.02	0.92	0.45	0.09		0.03		0.38	0.02	0.55	0.19
toluene	0.46	1.65	1.35	8.10	4.05	6.92		0.19		2.31	39.56	9.75	8.44

表二 各碳氫化合物月平均濃度值一覽表(單位:ppbv)

Compound	Jan	Feb	Mar	Apr	n	Mean
<i>ethane</i>			4.41		3	4.41
<i>ethene</i>		2.08	1.28	4.20	7	2.04
<i>propane</i>	2.28	4.19	2.91	0.76	9	3.17
<i>propene</i>	0.17	0.36	0.19	0.81	13	0.38
<i>isobutane</i>	0.17	0.93	0.24	0.17	14	0.40
<i>acetylene</i>	0.46	0.07	0.23	0.32	8	0.33
<i>n-butane</i>	0.35	0.63	0.22	0.94	12	0.52
<i>trans-2-butene</i>	0.04	0.05	0.04	0.07	10	0.05
<i>1-butene</i>	0.09	0.13	0.03	0.45	13	0.18
<i>isobutene</i>	0.19	0.27	0.06	0.39	13	0.24
<i>cis-2-butene</i>	0.04	0.05		0.04	5	0.04
<i>2,2-dimethylpropane</i>	0.03	0.01		0.02	3	0.02
<i>cyclopentane</i>	0.02	0.04		0.03	6	0.03
<i>isopentane</i>	5.29	1.68	0.17	0.78	14	2.19
<i>propyne</i>		0.09			1	0.09
<i>n-pentane</i>	0.16	0.24	0.07	0.16	13	0.17
<i>1,3-butadiene</i>	0.02	0.08		0.04	4	0.06
<i>3-methyl-1-butene</i>	0.02	0.03		0.03	5	0.03
<i>trans-2-pentene</i>	0.06	0.03		0.03	5	0.04
<i>2-methyl-2-butene</i>	0.02	0.03		0.03	8	0.02
<i>1-pentene</i>	0.06	0.04	0.01	0.07	12	0.05

表二 各碳氫化合物月平均濃度值一覽表(單位: ppbv)(續)

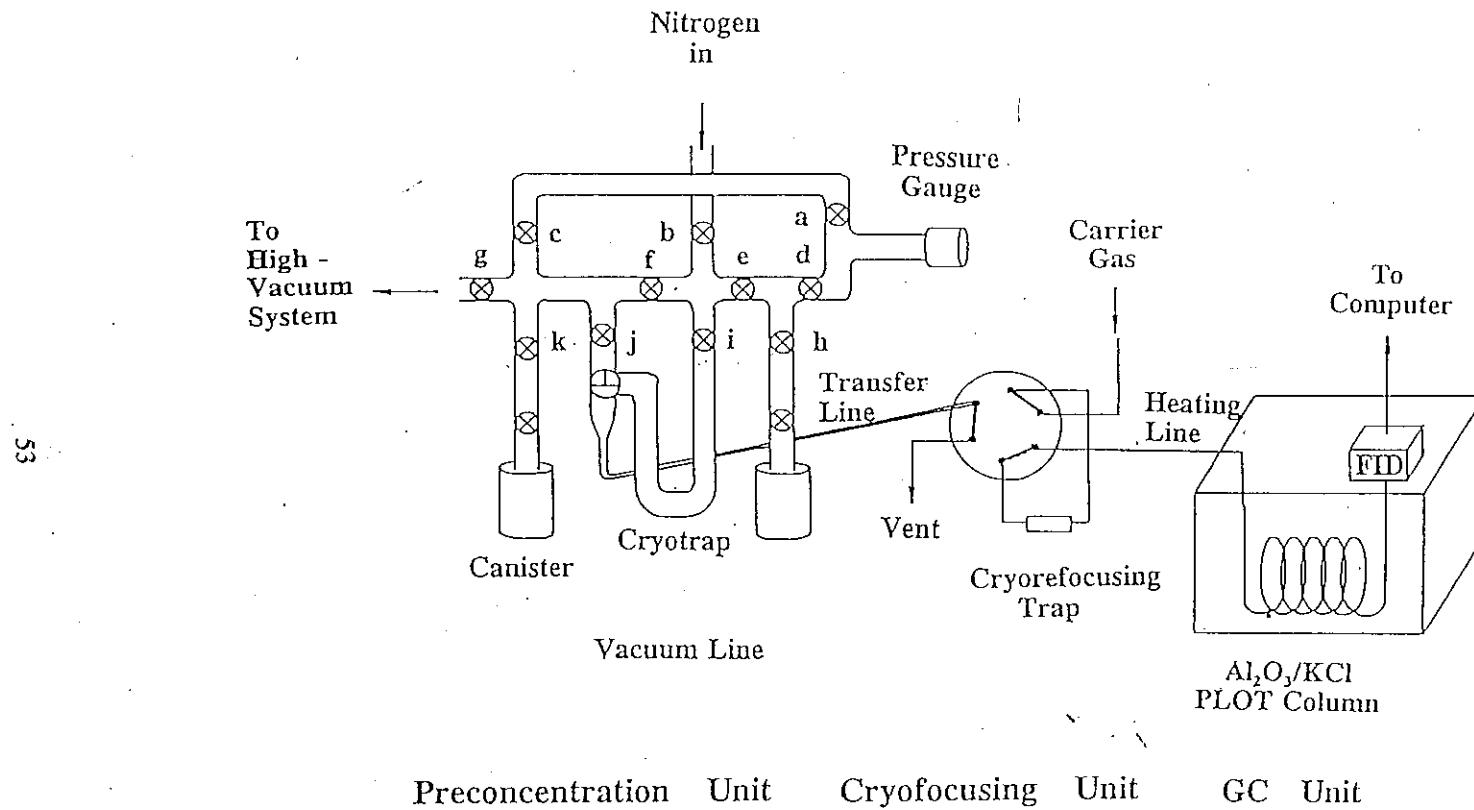
Compound	Jan	Feb	Mar	Apr	n	Mean
2-methyl-1-butene	0.02	0.02		0.03	8	0.02
cis-2-pentene	0.02	0.01		0.03	4	0.02
2,2-dimethylbutane	4.67	0.18	0.12	0.23	8	1.85
cyclohexane	0.09	0.28	0.02	0.31	13	0.19
methylcyclopentane	0.06	0.06	0.03	0.06	10	0.05
2-methylpentane	4.04	0.58	0.14	0.69	14	1.50
3-methylpentane	1.99	0.77	0.30	0.80	13	1.08
n-hexane	0.31	0.52	0.59	1.45	13	0.68
3-methyl-1-pentene	0.07	0.03		0.04	5	0.04
4-methyl-1-pentene	0.03	0.01			2	0.02
2-methyl-1-pentene	0.03	0.01			2	0.02
cis-3-hexene		0.01			1	0.01
1-hexene	0.04	0.03	0.06	0.05	12	0.04
methylcyclohexane	0.03	0.05	0.06	0.09	9	0.06
2,3-dimethylpentane	0.02	0.06	0.02	0.05	10	0.04
2,4-dimethylpentane	0.10	0.12	0.06	0.11	10	0.10
heptane	0.19	0.23	0.14	0.06	13	0.17
benzene	0.56	0.28		1.19	10	0.57
2,3,4-trimethylpentane	2.05	0.42	0.20	0.61	10	0.76
octane	0.38	0.19	0.38	0.25	10	0.28
toluene	2.89	3.72	2.31	19.95	11	7.53

表三 正丁烷、異丁烷、正戊烷、異戊烷、苯與甲苯濃度比值一覽表

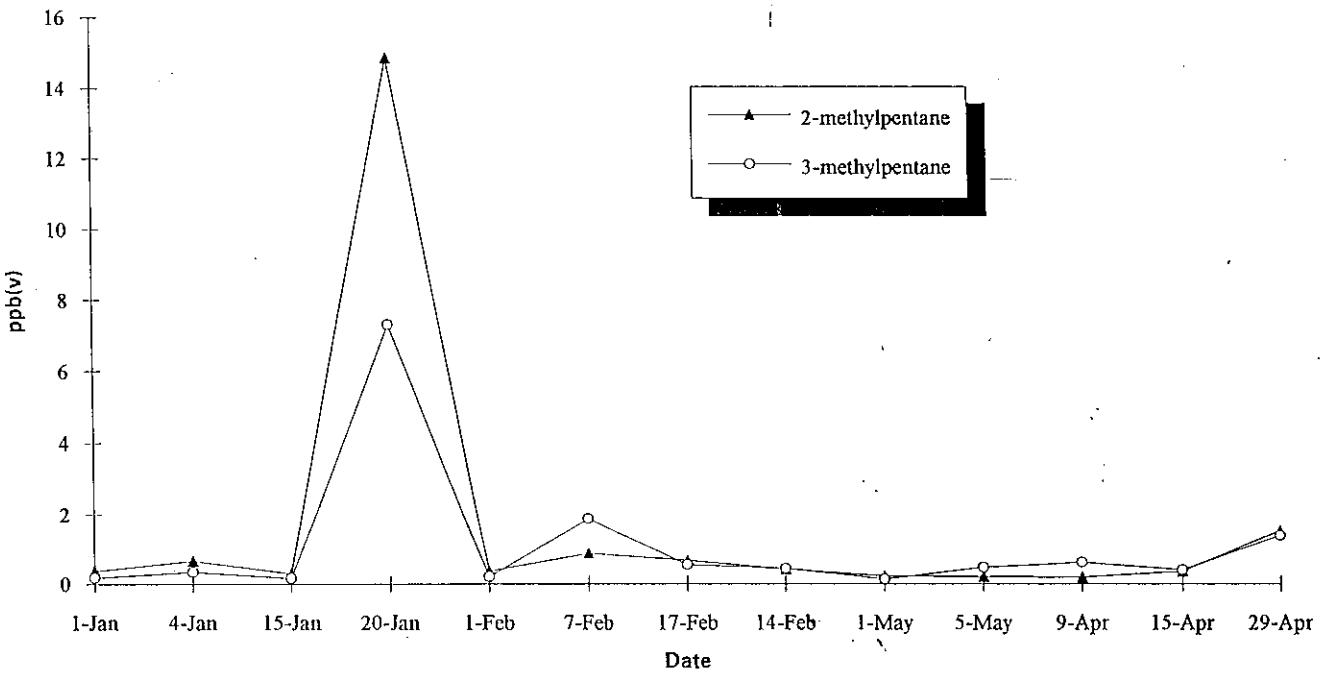
Date	<i>isobutane/n-butane</i>	<i>isopentane/n-pentane</i>	<i>isobutane/n-pentane</i>	<i>isopentane/n-butane</i>	<i>isopentane/isobutane</i>	<i>n-butane/n-pentane</i>	<i>toluene/benzene</i>
1-Jan	0.42	9.17	0.83	4.58	11.00	2.00	2.19
4-Jan	5.75	9.63	2.88	19.25	3.35	0.50	0.96
15-Jan	0.52	5.00	1.71	1.52	2.92	3.29	6.75
20-Jan	0.30	47.44	0.73	19.45	64.83	2.44	73.64
1-Feb	0.19	4.47	1.00	0.84	4.47	5.33	67.50
7-Feb	1.80	2.44	4.10	1.07	0.59	2.27	9.11
17-Feb	3.65	35.09	5.64	22.71	6.23	1.55	
14-Feb	3.00	9.57	5.57	5.15	1.72	1.86	0.73
1-May	2.50	6.75	8.75	1.93	0.77	3.50	
5-May	1.17	2.20	3.50	0.73	0.63	3.00	
9-Apr	0.75	1.78	1.00	1.33	1.78	1.33	36.63
15-Apr	0.19	3.44	1.03	0.63	3.33	5.47	7.44
29-Apr		13.38	1.25		10.70		

表四 碳氫化合物相關係數一覽表

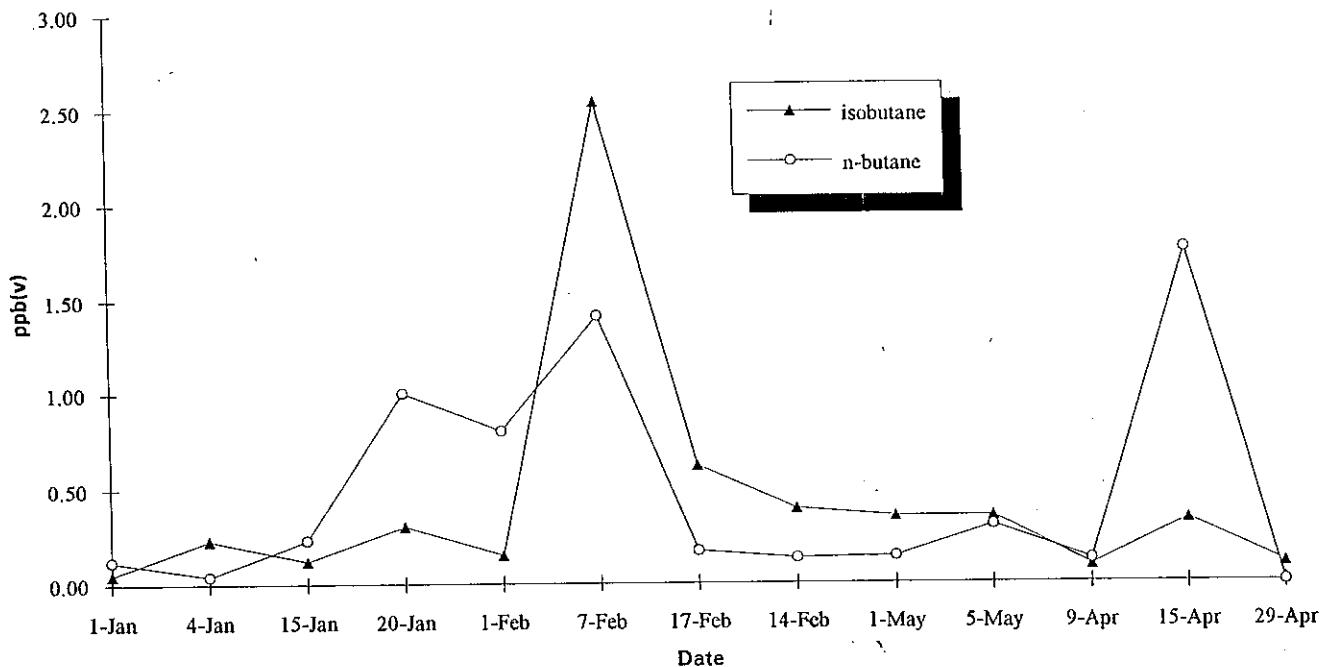
	<i>isobutane</i>	<i>n-butane</i>	<i>isopentane</i>	<i>n-pentane</i>	<i>2-methylpentane</i>	<i>3-methylpentane</i>	<i>benzene</i>	<i>toluene</i>
<i>isobutane</i>	1							
<i>n-butane</i>	0.50	1						
<i>isopentane</i>	0.00	0.29	1					
<i>n-pentane</i>	0.78	0.85	0.45	1				
<i>2-methylpentene</i>	0.04	0.27	0.99	0.43	1			
<i>3-methylpentene</i>	0.14	0.34	0.96	0.51	0.98	1		
<i>benzene</i>	0.13	0.27	0.19	0.21	0.18	0.15	1	
<i>toluene</i>	0.07	0.06	0.01	0.09	0.04	0.10	0.39	1



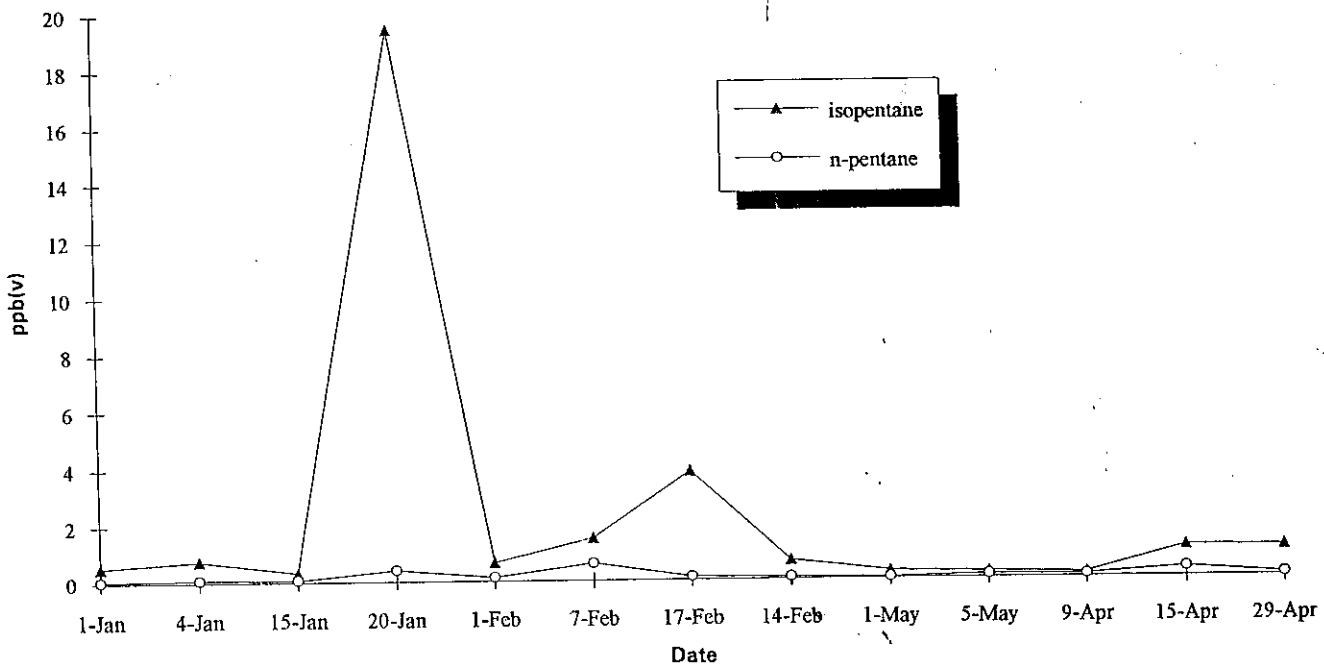
圖一 儀器裝置圖



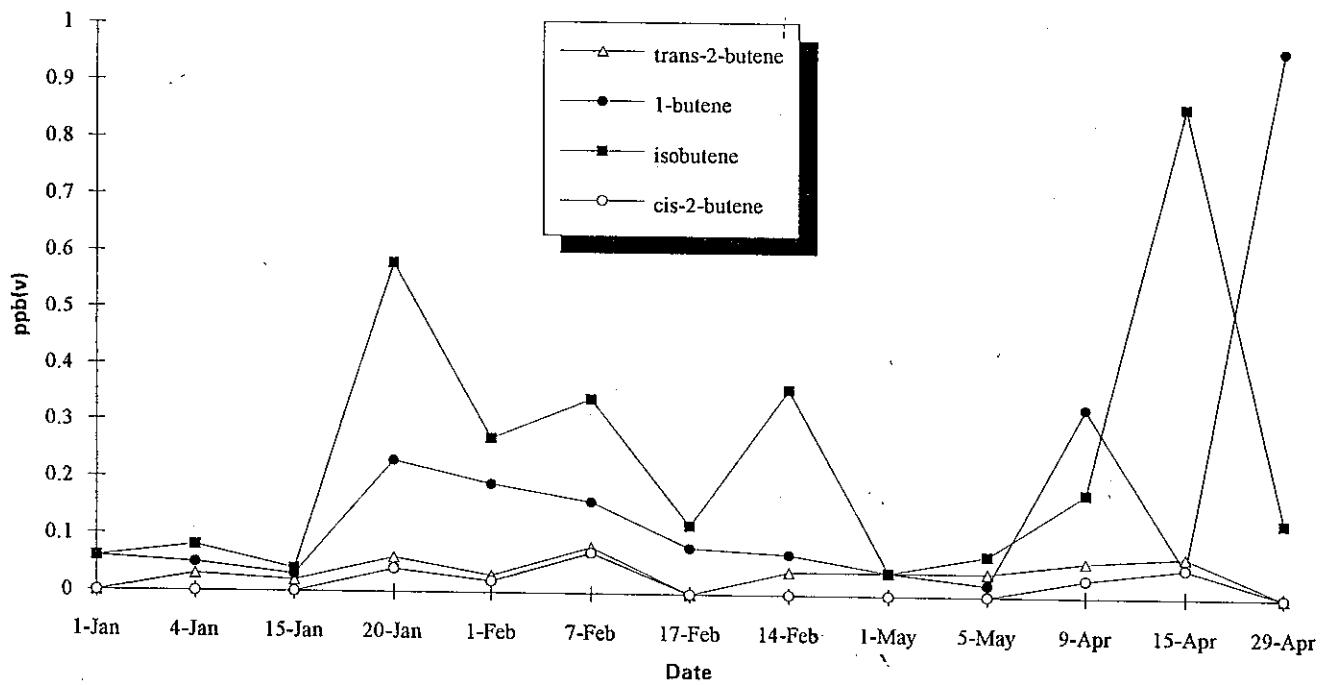
圖二 2-methylpentane 和 3-methylpentane 濃度變化曲線圖



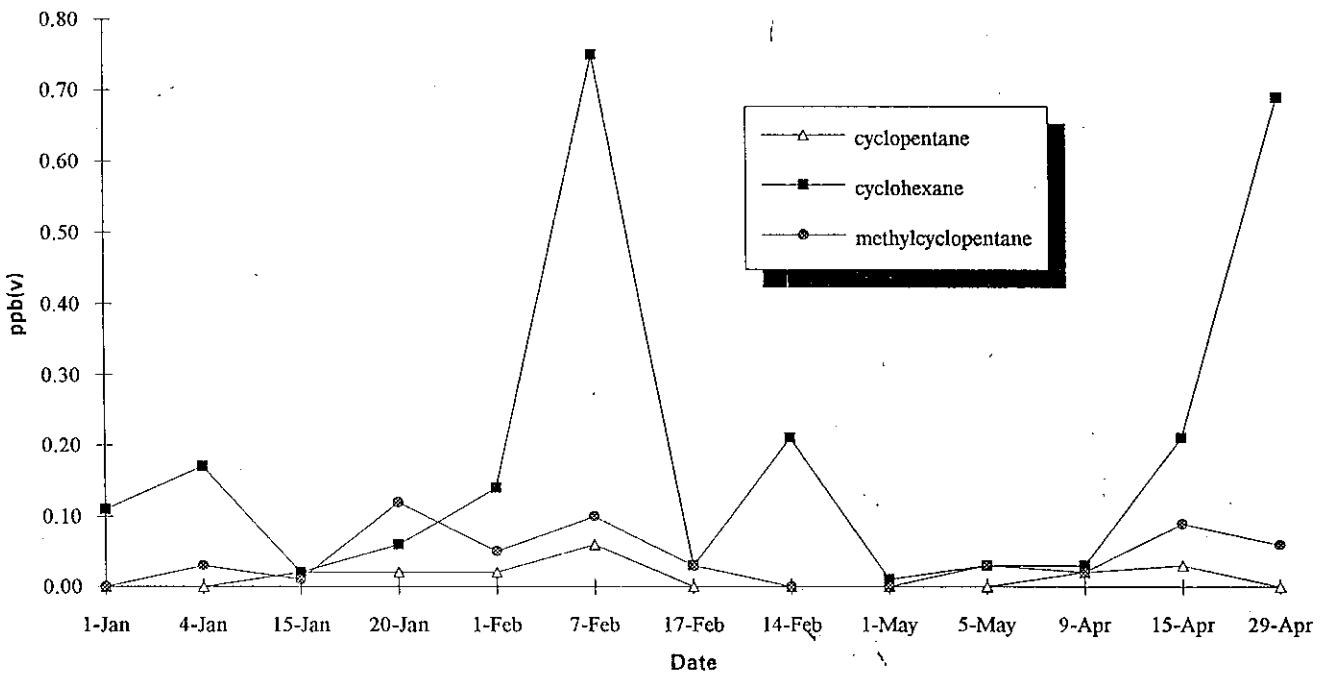
圖三 isobutane 和 n-butane 濃度變化曲線圖



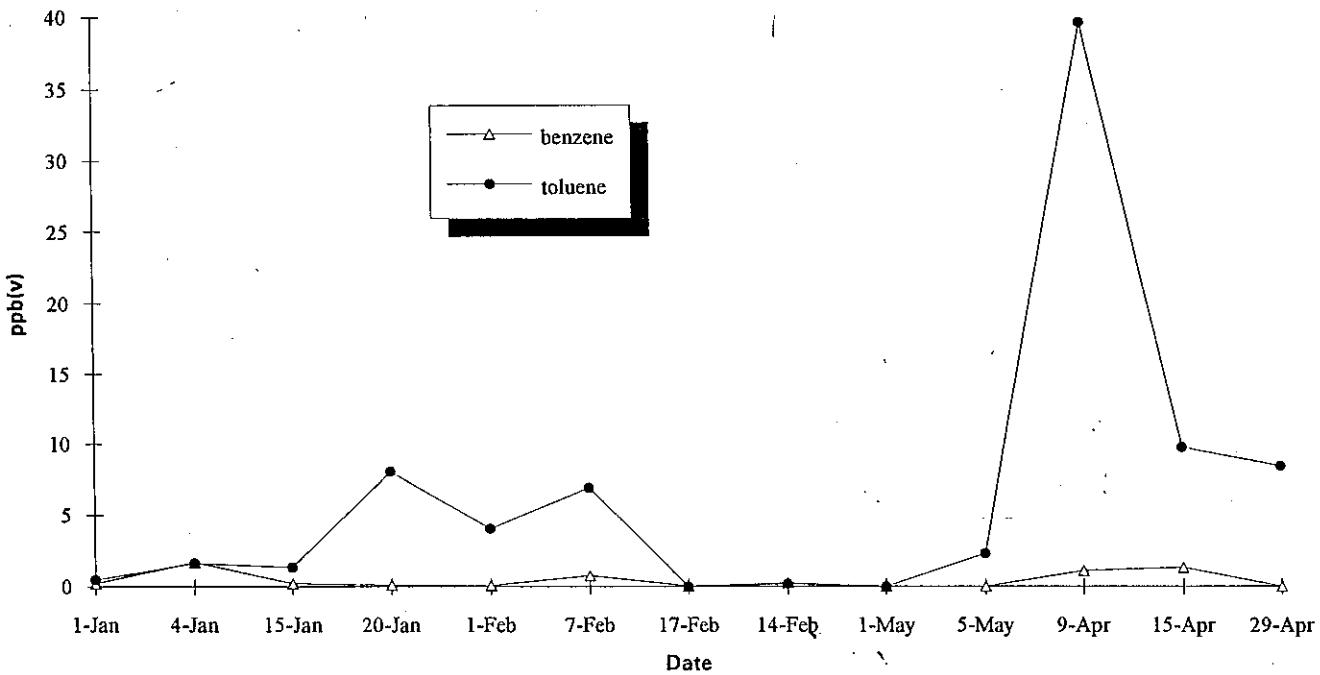
圖四 isopentane 和 n-pentane 濃度變化曲線圖



圖五 四個碳烯類之濃度變化曲線圖



圖六 環烷之濃度變化曲線圖



圖七 芳香族之濃度變化曲線圖

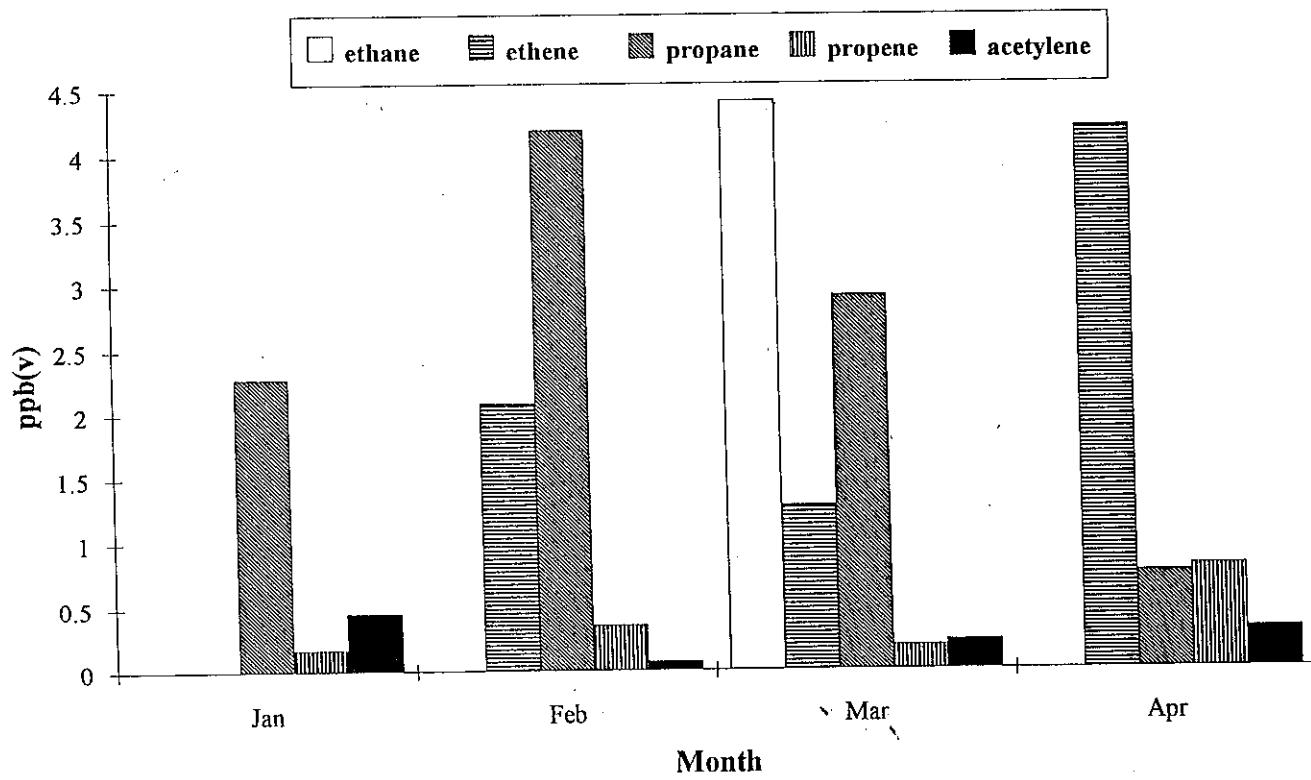
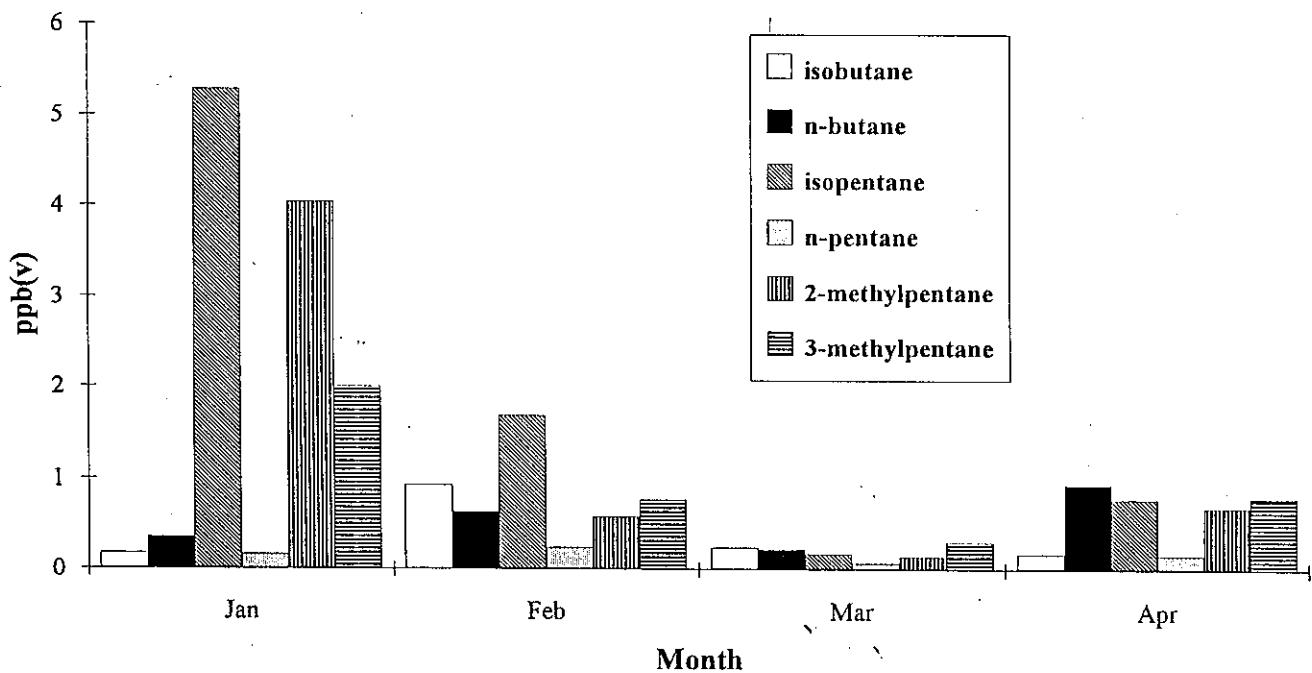
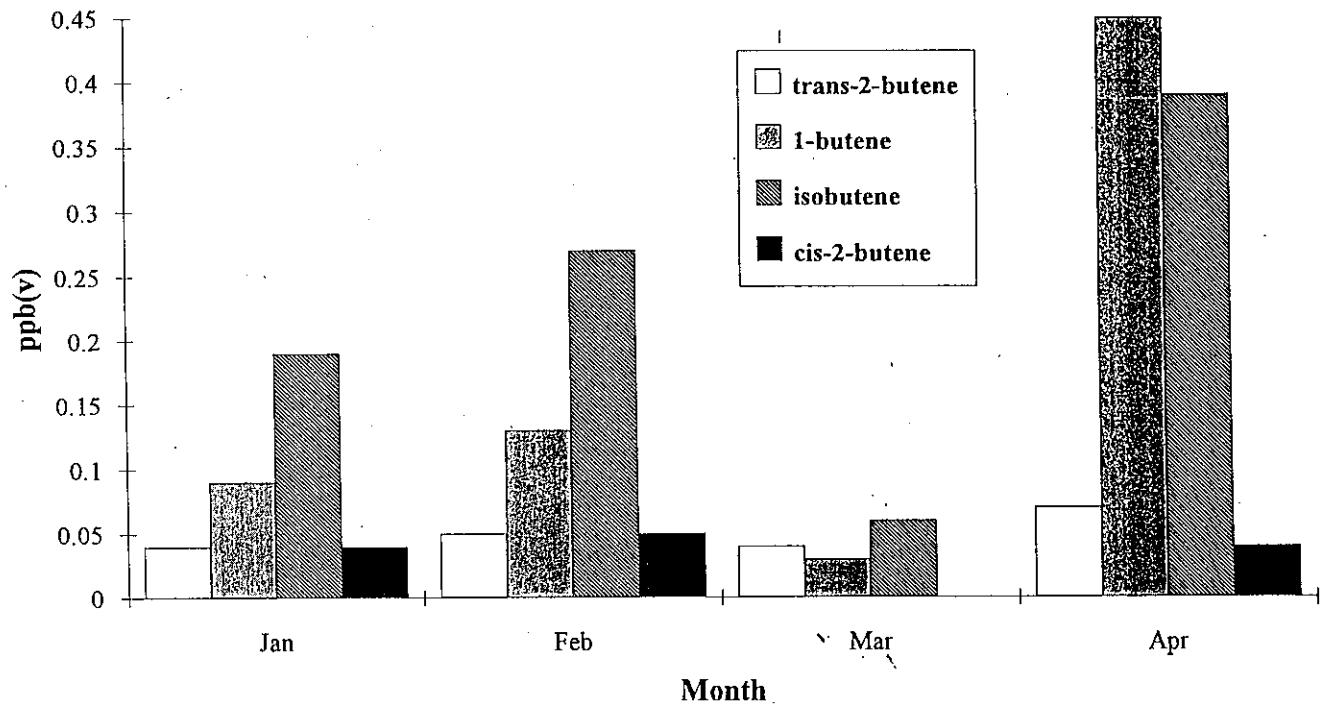


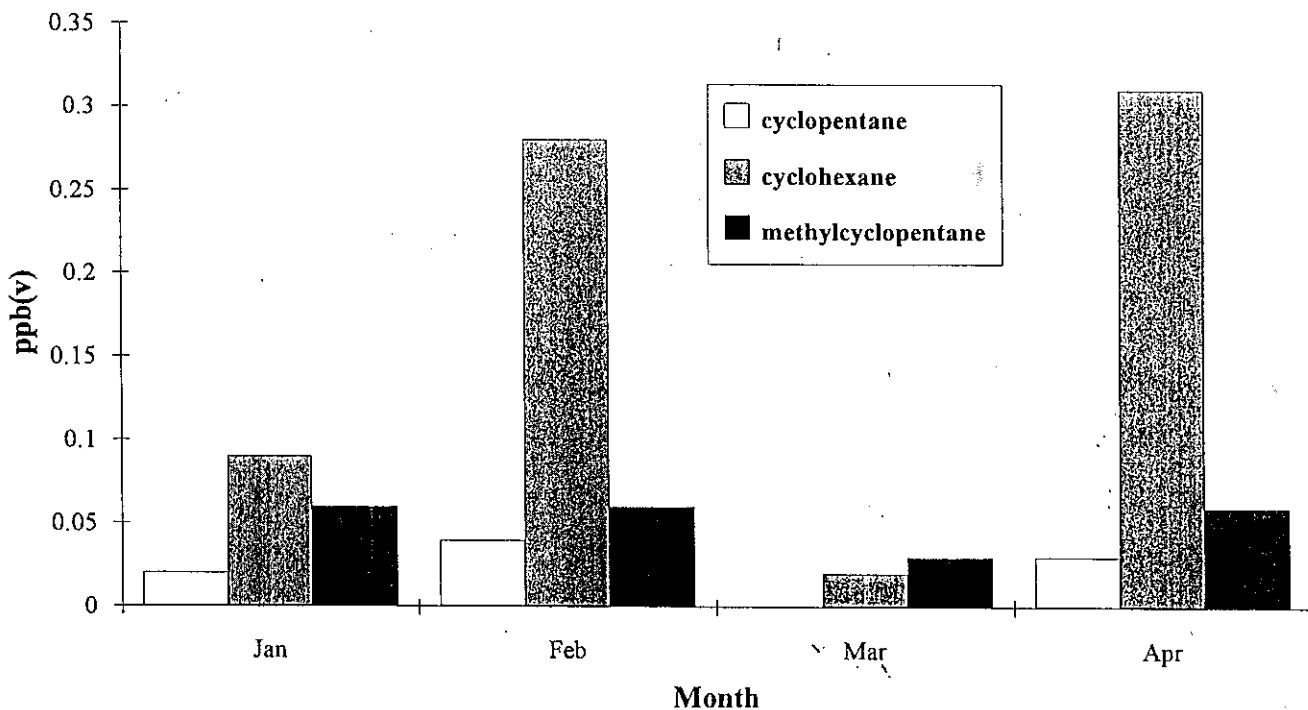
圖 八 ethane、ethene、propane、propene、和 acetylene月平均直方圖



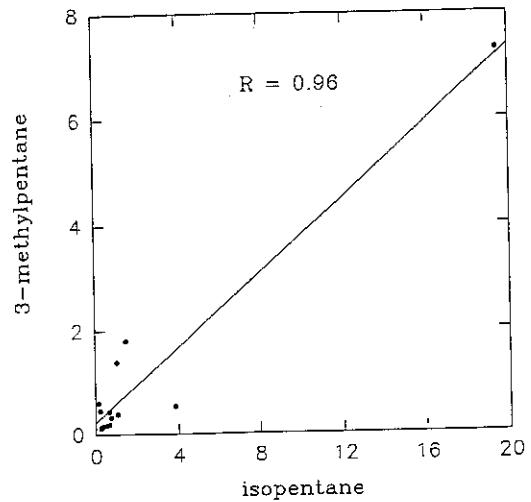
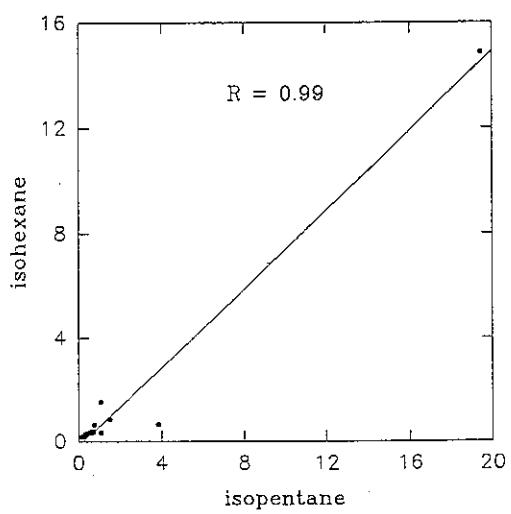
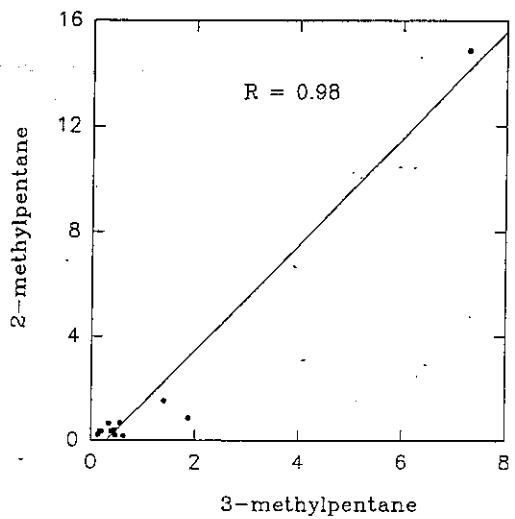
圖九 正烷與異烷之月平均直方圖



圖十 四個碳烯類之月平均直方圖



圖十一 環烷之月平均直方圖



圖二十一 isopentane、2-methylpentane 和 3-methylpentane 之相關圖

第四部份：

利用 Tenax-TA 吸附取樣及氣體層析儀分析
蘭嶼地區 C₆-C₁₀ 碳氫化合物

一、實驗原理

在分析取樣方法上，以沸點高低將碳氫化合物分為C₂-C₅與C₆-C₁₀二種分析範圍，C₆-C₁₀部份適合使用多孔聚合物 Tenax-TA 固體吸附劑將之濃縮取樣。吸附完畢之取樣管攜回實驗室，再利用氣體層析儀所附之毛細層析管柱及火燄游離偵測器(FID) 完成分析工作。對於未知污染物之定性與定量，首先必需配製氣體標準品，標準品之配製方法有二種：一為靜態配製法，另一為動態配製法。靜態配製法為利用 Polyscience 公司的一級液態標準品進行稀釋配製，作法為使用取樣袋將零級空氣(zero air)灌入，再依序用微量注射針抽取數微升的不同液態標準品打入取樣袋中，待液體完全揮發後，由下列公式即可計算出標準樣品濃度：

$$C_{ppm} = 22.4 \times 10^6 (\rho V / MV) \times (T / 273) \times (760 / P)$$

ρ : liquid density (g/mL)

V : volume of liquid (mL)

T : temperature (K)

P : pressure (torr)

M : molecular weight (g/mol)

V : System volume (L)

配製好的標準樣品為了避免取樣袋表面對高沸點的碳氫化合物產生吸附，故將取樣袋保持在恆溫65°C，如此可以降低表面吸附，達成較佳的定量分析結果。

校正曲線之製作可利用火焰游離偵測器之特性，由於其屬於質量流速偵測器，所以產生的反應訊號(波峰面積)與流經偵測器的試樣質量中的碳數成正比。由於在勻相中，質量將正比於體積，因此注入不同體積但相同濃度的標準氣體可視為注入不同的質量，經由濃度因素的計算，我們可以求出實際的樣品注入質量。將上述標準品分別用微量注射針抽取不同體積注入熱脫附裝置的添加注入口，經標準的冷凝再脫附步驟進入氣相層析儀分析，分析結果的波峰積分面積可對樣品質量作圖，經最小平方法迴歸分析，得到碳氫化合物的校正曲線。經由此校正曲線即可換算未知污染物之濃度。

而在成份鑑定上可利用未知樣品與標準品滯留時間之比對，碳氫化合物標準樣品滯留時間的決定乃是應用“標準品依次加入法”以鑑定之。其作法為：首先將欲鑑定的標準品依其沸點由低至高順序排列，然後按順序一次將一種標準品加入所準備的取樣袋中使其揮發成氣態。揮發後的標準氣體樣品，抽取 200 ul 打入加熱脫附裝置所設的添加(Spiking)注入口，經過正常脫附及冷凝再脫附步驟，最後才進入毛細管柱分析，得到其滯留時間。在得到第一種碳氫化合物的滯留時間後，接著將第二種液體標準品同

樣加入到相同取樣袋中，待其揮發為氣態後，再以上述同樣步驟分析，比較第二次與第一次打入的標準試樣所得的層析圖譜，多出的額外波峰即為第二次所加入的碳氫化合物所造成。如果所得的圖譜並未發覺有多出的波峰，而卻見到與前次圖譜比較上有較大的波峰，這時證明我們所加入的第二種碳氫化合物與第一次分析的碳氫化合物共同流出（無法分離），必須再進一步找尋合適分析條件將它們互相分離。依上述方法按順序將欲鑑定的碳氫化合物依次打入分析，如此即可求得各物種的滯留時間。

二、研究材料與儀器裝置

2.1 藥品

液態碳氫化合物標準品購自於Polyscience公司，為試藥級之標準品。實驗中配製的標準樣品計有Hexane, Benzene, Heptane, Toluene, Octane, Ethyl-Benzene, m-Xylene, o-Xylene, Nonane, Decane等十種標準品。以上所配製的碳氫化合物標準品為C₆~C₁₀碳氫化合物在環境中含量濃度較高者。

2.2 取樣袋

標準品的靜態配製法是使用具有伸縮性的取樣袋，取樣袋為具有加塗平滑 Tedlar 薄膜的SKC公司製品，此一薄膜可避免氣體對袋子的滲透，並且具有非常低的表面吸附特性，可避免樣品在貯存時的吸附或成份發生變化。此外袋上具有非活性的 polypropylene 連接頭。此連接頭可以兩種方式使用，一為以導管連接到幫浦將氣體排出，做為取樣時的應用方法。另一則有注射口 (injection port) 的功能，可將定量的液態標準品注入袋中，用以配製氣體標準品。

2.3 取樣幫浦

取樣幫浦 (Model 224-PCXR7, SKC Inc.) 為用以將環境氣體樣品汲取進入取樣袋，或是將空氣樣品吸取通過取樣管。它可以二種模式操作：一為高流速採樣，另一為低流速採樣。此二模式之切換為調整幫浦上補償調整旋鈕，使其補償逆水壓達到所要求的程度。此幫浦內所附的自動逆壓補償裝置，可使因為取樣時間增長導致取樣管內的流量變動時，自動改變幫浦馬達的轉速，以維持原訂的流量率。

2.4 取樣管

本實驗選擇 Tenax-TA 作為吸附劑。將 Tenax-TA (60~80 mesh) 稱取 0.22 克填入長 16 cm，外徑 6 mm，內徑 4 mm 的長型pyrex玻璃管，吸

附劑兩端填充 1~1.5 cm 經 4 次丙酮萃洗過的玻璃棉塊。初次使用前，在流速 50mL/min 的氮氣（純度 99.99 %）流通下，置於加熱脫附儀所附的加熱前處理槽（conditioner）以 300°C 加熱 8~10 小時，藉以清除吸附劑及玻璃棉上的不純物。

2.5 氣體層析儀

本實驗所配備氣體層析儀為 Chrompack 9000 型配備有熱脫附冷凝再濃縮儀（TCT）（見圖一），內裝 DB-1 0.53 mm × 30 m 膜厚 1.5 滴毛細管柱，載體氣為氮氣流速 6.7ml/min。

三、實驗步驟

3.1 氣體標準品配製

將取樣袋用零級空氣(zero air)清洗三次後，注入 10 升零級空氣，再將 0.5 μ l 之標準品依序注入。所得標準品圖譜見圖二。

3.2 環境取樣

- (1). 蘭嶼地區屬於低污染區，故增加採樣體積(採樣流速乘以採樣時間)以增加濃縮量使之達於偵測極限值之上。
- (2). 先將取樣幫浦時間設定妥當（由取樣環境中碳氫化合物之濃度高低決定取樣時間與體積）。
- (3). 流速設定在 80-180 ml/min 低轉流速之間。
- (4). 將取樣幫浦裝上乾淨取樣管，開始抽氣濃縮取樣。取樣完畢立即用乾淨銅頭盲栓封好帶回實驗室上機分析。

3.3 氣體層析儀操作條件

- (1). 將取樣完畢之取樣管放入 CP-9000 氣體層析儀所附的熱脫附冷凝再濃縮儀中，先做熱脫附。
- (2). 热脫附冷凝再濃縮儀加熱 200°C，將取樣管中之碳氫化合物脫附到下段 0.53 mm 毛細冷凝管中，此段冷凝管利用液態氮冷凝至 -90°C，脫附時間 5 min。冷凝再濃縮完畢後，快速加熱到 200 °C，將碳氫化合物快速注入氣體層析儀中分析。
- (3). 氣相層析儀的溫度與時間操作條件為烘箱溫度從 37°C 開始保持 13 分鐘（含樣品由吸附管加熱脫附的時間），再以 5°C/min 的速率升溫至 92°C，達 92°C 後，繼續以 15°C/min 升溫到 200°C。偵測器的溫度定為 230°C，載體氣體（Carrier gas）的流速為 7ml/min，而輔助氣體流速為 30 ml/min，偵測器使用的氫氣與空氣流速分別為 30ml/min，

250ml/min。

(4). 環境樣品之定性與定量

將碳氫化合物的標準樣品以不同的體積直接由熱脫附儀的添加注入口注入，經由冷凝再脫步驟導入氣相層析儀中進行分析，利用所得的波峰積分面積與樣品的注入質量作圖，即可得到各種碳氫化合物的校正曲線；再利用波峰積分面積與注入層析儀樣品的質量關係方程式，即可求出注入層析儀中的實際樣品質量，再利用採樣體積可計算出實際樣品濃度。圖三為蘭嶼地區三月一日極低污染狀況採樣及二月十七日高污染狀況採樣空氣樣品中碳氫化合物C₆~C₁₀分析圖譜。表一為蘭嶼地區 C₆~C₁₀ 碳氫化合物濃度一覽表。

四、結果與討論

一般而言，在背景區採樣，碳氫化合物之濃度將隨分子量之增加而減少，且 C₆~C₁₀ 碳氫化合物除 pinene 為自然產生外其餘來自於人為排放，在沒有明顯排放源的情況下背景區 C₆~C₁₀ 碳氫化合物濃度應相當低。現由表一及圖三探討蘭嶼地區採樣結果，由結果可看出二種不同高低濃度值出現，12/24, 2/7, 3/1, 4/9, 4/28, 5/20 等六個採樣日，其平均值分別為 hexane(0.04), benzene(0.25), heptane(0.03), toluene(0.5), octane(0.02), m,p-xylene(0.08) (ppbv) 約等於 82 年 9/19-10/18 蘭嶼採樣結果，除甲苯值外其餘值在次 ppb 範圍，濃度相當低。而其餘採樣日之採樣結果值偏高甚多見圖三(b)。目前使用採樣管吸附採樣，只能經由一次熱脫附分析無法做重複分析，且採樣管內吸附劑 Tenax-TA 吸附力強，極易受到污染。如果能在不污染採樣管，小心採樣及兩管同時採樣做重複分析，才可證明高濃度之採樣值為污染所致，低濃度才能代表蘭嶼地區採樣值。污染可能原因如下：

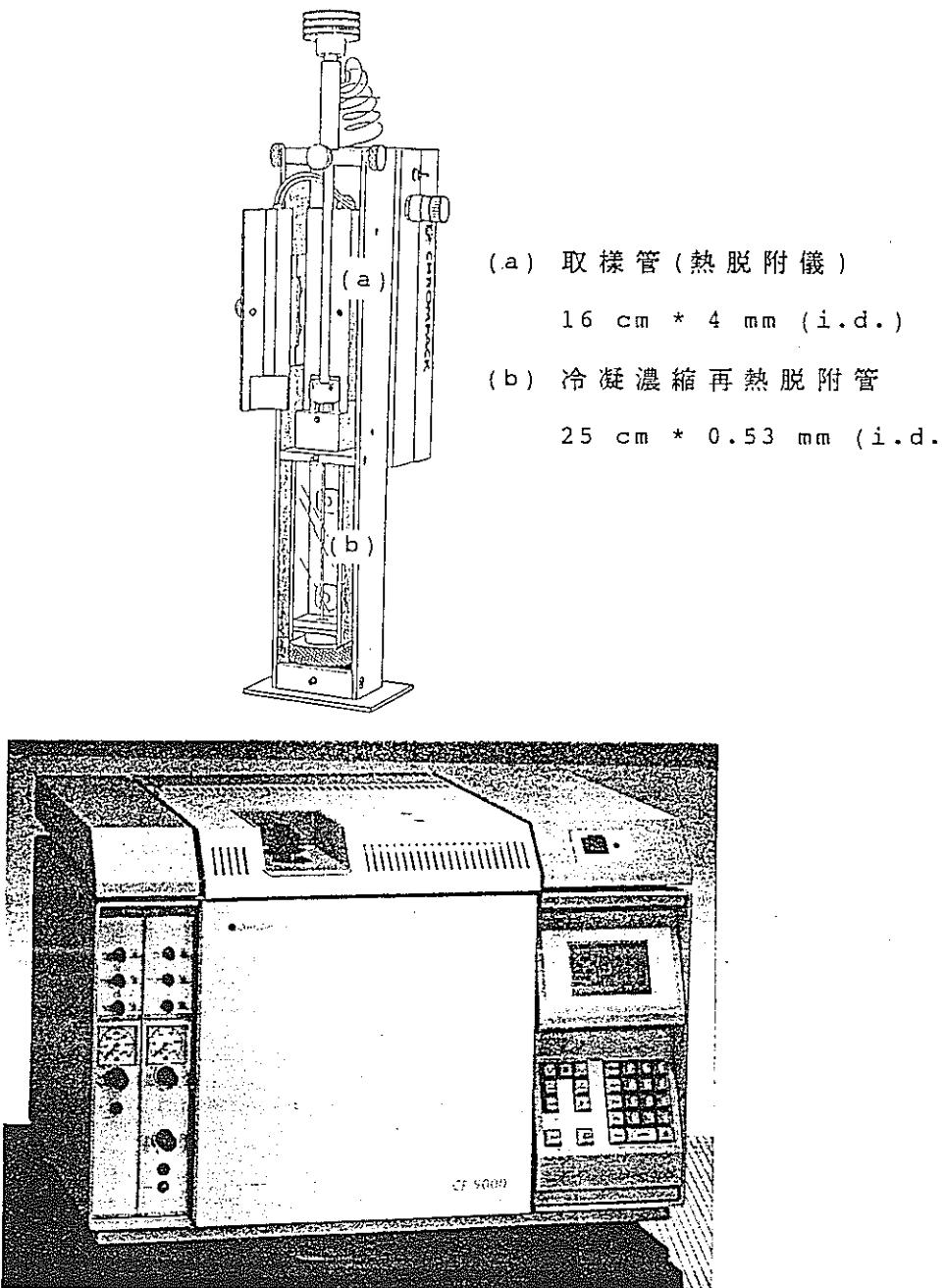
- (1) 由寄回的採樣管發現有污染之情形，如取樣管蓋鬆脫(2/24)，使用塑膠袋包裝(4/15, 4/22)導至分析值偏高。
- (2) 此次取樣甲苯值偏高，是否取樣管污染或取樣當時環境有特殊狀況如燃燒或溶劑揮發等因素存在，值得探討。

表一：蘭嶼地區 C₆-C₁₀ 碳氫化合物採樣濃度一覽表(採樣日期82年12月至83年5月)

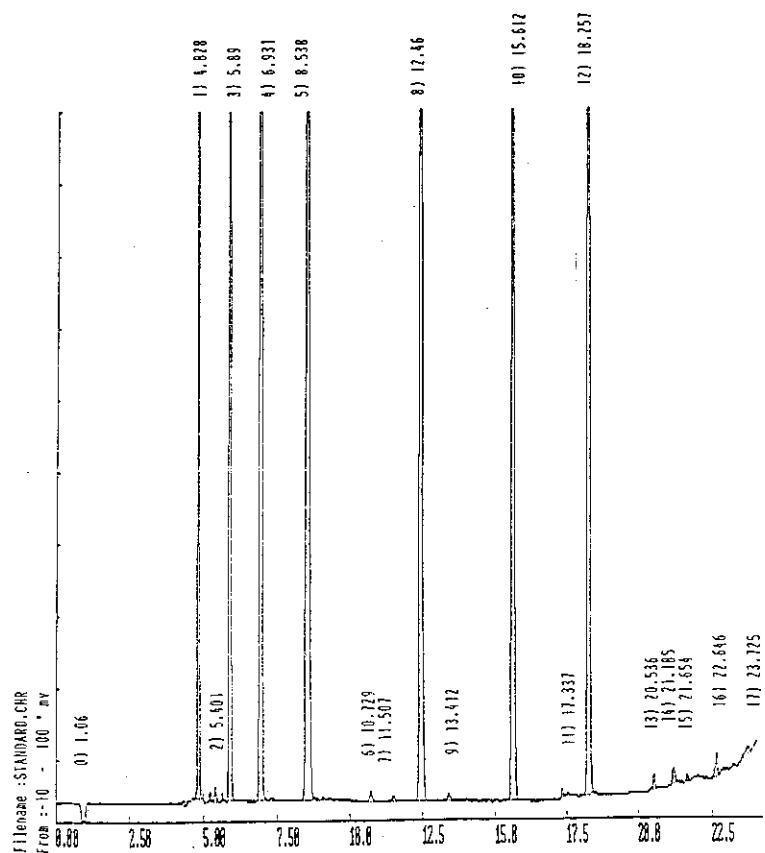
日期 \ 濃度 (ppbv)	Hexane	Benzene	Heptane	Toluene	Octane	Ethyl- benzene	m,p- xylene	o-xylene	Nonane	Decane	-
12,24	0.04	0.2	0.02	1.62	0.01	0.03	0.1	0.03	0.01	-	
1,1	0.3	0.35	0.25	11.9	0.1	0.07	0.1	0.07	0.01	-	
1,4	2.1	0.82	1.63	19.9	0.17	0.19	0.25	0.16	0.03	-	
1,15	1.1	0.85	1.76	18.4	1.1	0.09	0.08	-	-	-	
2,1	0.93	0.86	0.17	17.4	0.17	1.18	3	0.56	0.2	0.03	
2,7	0.07	0.26	0.03	2.2	0.01	0.04	0.07	-	-	-	
2,17	0.66	0.46	0.34	16.5	0.06	0.26	0.46	0.2	0.2	-	
2,24 ¹											
3,1	0.03	0.3	0.02	0.2	0.03	-	0.03	-	-	0.01	
4,9	0.02	0.08	0.02	0.2	0.02	0.01	0.05	-	-	-	
4,15	0.24	0.52	0.6	16.8	0.4	0.79	0.94	0.47	-	-	
4,22	0.07	0.27	0.06	15.6	0.15	0.33	0.16	-	-	-	
4,28	0.08	0.39	0.07	0.6	0.02	0.09	0.18	-	-	0.01	
5,13	0.83	0.62	0.25	4.52	0.42	0.5	0.32	0.18	0.5	0.02	
5,20	0.06	0.5	0.04	0.6	0.04	0.1	0.09	0.07	-	0.01	

2,24¹ 取樣管蓋鬆脫

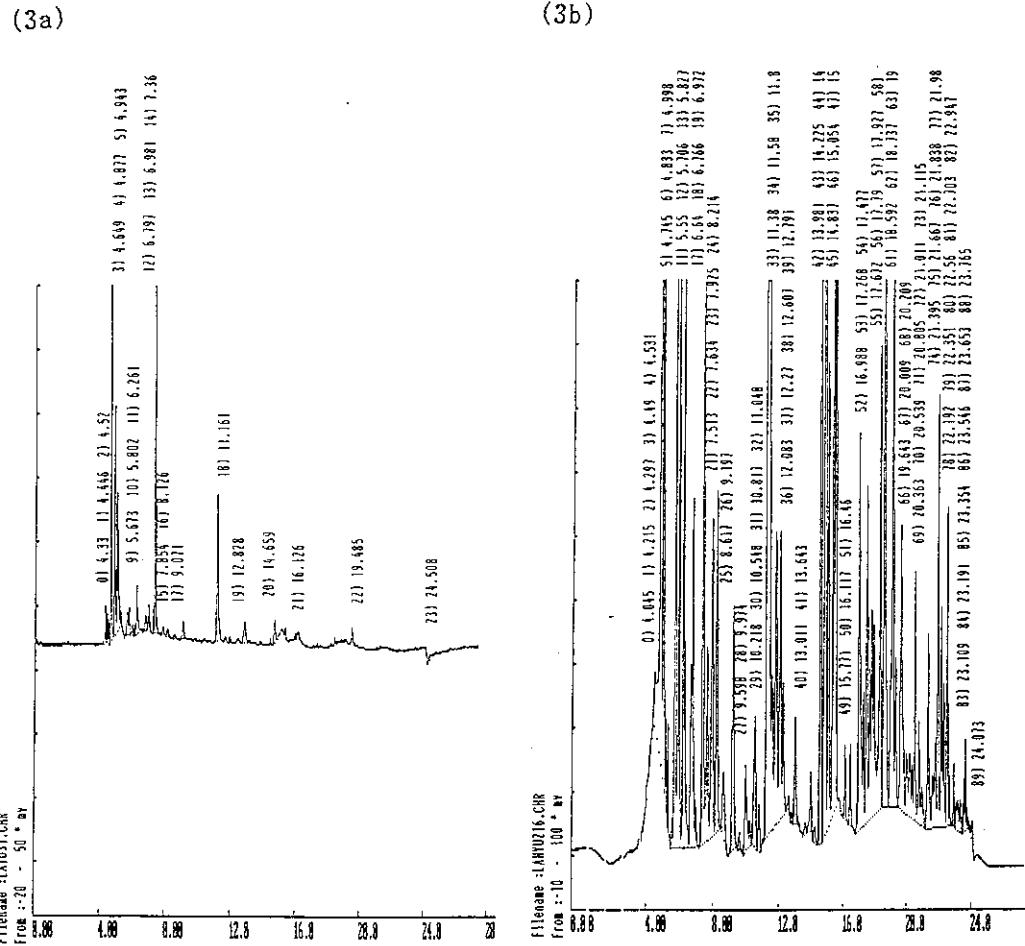
-：在偵測極限值之下



圖一·(一) CP-9000 所附加冷凝濃縮與再熱脫附儀
 (二) CP-9000 氣相層析儀



圖二. C₆~C₁₀標準品圖譜：(1)pentane (3)hexane (4)benzene
 (5)heptane (8)octane (10)nonane (12)decane



圖三. 蘭嶼地區採樣之空氣樣品中碳氫化合物 $C_6 \sim C_{10}$ 分析圖譜

(3a) 三月一日極低污染狀況採樣代表圖譜

(3b) 二月十七日高污染狀況採樣代表圖譜

第五部份：

蘭嶼地區背景大氣中甲烷濃度之量測

一、儀器裝置

1.1 標準氣體配製系統

本實驗針對大氣中的甲烷進行濃度測量，當要測量甲烷濃度時首先即需於實驗室內配製各種不同濃度之標準氣樣，再對此氣樣進行分析建立甲烷濃度之校正曲線，欲達此目的即必須於實驗室內建立起一套真空系統。本實驗室以一機械式幫浦及一擴散式幫浦組裝成真空系統，配合熱偶真空計及冷陰極真空計並輔以1000 torr 以內及1 torr 以內之兩絕對壓力計(精確度為±0.15%)如此即可精確測得系統之真空度。

利用此真空系統吾人即可配製標準氣樣。配製標準氣樣的方法很多，而此套系統主要乃根據靜態法中最常被使用的壓力法所建立。配製步驟如下：首先將系統抽至高真空後放入高純度之甲烷氣體至 P_i torr，再以零級空氣將之稀釋至壓力P，其濃度即可以下式求得

$$C_i = P_i / P * 10^6 \text{ (ppmv)}$$

C_i : 甲烷氣體濃度

P_i : 甲烷氣體分壓

P : 全部氣體總壓

由於在使用壓力配製法時無法一次即將甲烷氣體稀釋至所須濃度，此時可用兩階段或多階段的方法將氣樣稀釋至所欲之濃度。如將濃度 C_i ppmv 之甲烷放出 P_x torr，再以空氣稀釋至 P_t torr，此時甲烷之最終濃度即為

$$C_{ix} = P_x / P_t * C_i \text{ (ppmv)}$$

利用此法我們即可配製不同濃度之甲烷標準氣樣，在以儀器分析製成濃度校正曲線。

1.2 氣相層析儀

目前在檢測大氣中甲烷濃度所使用的分析儀器有傅式轉換紅外線光譜儀及氣相層析儀兩種，兩種方法各有其優點，本實驗選擇氣相層析儀為分析工具，其原理不在此贅述。本實驗部分所使用之氣相層析儀為HP公司所出產的HP 5890 series II，樣品注入器為一六孔閥門，樣品迴路體積(即樣品注入量)為5毫升，搭配火燄離子化偵測器及HP Chemstation電腦積分軟體，MS-WINDOWS 3.1作業環境及80486電腦組合成一完整之氣相層析儀(如圖一)。本儀器內同時於分離管柱後端加裝一鎳觸媒轉化管以期同時監測大氣中之一氧化碳及二氧化碳濃度。分離管柱有二：一為SUPELCO公司出產之 $2\text{m} \times 1/8"$ mesh 80/100 molecular sieve 5A不鏽鋼管柱，此管柱乃針對一氧化碳及甲烷進行分離分析。另一亦為SUPELCO公司出產之 $25' \times 1/8"$ mesh 80/100 HAYESEP Q不鏽鋼管柱，此管柱則針對二氧化碳及甲烷進行分離分析，當然若分析標的僅為甲烷的話則任一管柱皆可得到精確的結果。由於我們在注入樣品時需將採樣瓶的閥們及樣品迴路的閥門打開，而在氣樣注入後關上，這些動作若是交由人為操作，則除了操作人員須隨時在儀器前待命嚴重浪費人力外，又恐人為一時疏忽造成分析時之誤差產生，因此本實驗室發展出一套樣品閥門控制系統，利用六個電磁閥配合繼電器、流量計、除水冷凝器等組裝成此系統，並以QuickBASIC語言寫成電腦控制程式半自動的控制氣樣注入。系統架構如圖二。

1.3 採樣裝置及氣體採樣瓶

由於採樣裝置招標採購製作時間稍有延遲，故本組實驗乃向美國海洋及大氣總署商借一只MAKS採樣器進行為期兩個月的氣體採樣。採樣瓶為2.5升之Pyrex玻璃瓶亦購自美國海洋及大氣總署，裝置如圖三。

二、實驗條件及採樣程序

2.1 實驗條件

本組實驗針對甲烷進行濃度分析外，氣相層析儀之操作條件如下：

載流氣體：氮氣；流速：30mL/min

氫氣流速：30mL/min

空氣流速：400mL/min

火燄離子偵測器溫度：250°C

鎳觸媒轉化管溫度：375°C

除水冷凝器溫度：-62°C

分離管柱：HAYESEP Q，25ft * 1/8”，mesh 80/100

烘箱溫度：恆溫35°C

樣品迴路溫度：50°C

樣品迴路體積：5mL

2.2 採樣程序(1)

甲烷於採樣時為防止操作不當或人為污染導致實驗結果誤差故須謹慎操作，茲將美國海洋及大氣總署所規範之注意事項及操作步驟分述如下：

I. 採集空氣樣品注意事項

- (a). 須將採樣器攜至室外進行樣品採集，毋從窗戶或天花板之天窗升出採樣管至室外採集氣樣。
- (b). 採集氣樣時須至建築物、汽車、機械或動物上風處，至少距離75公尺。
- (c). 避免與建築物或地形地物鄰近，造成對採樣點之風向及風速有所影響。
- (d). 採樣時風速最好大於2m/s，若風速太小依舊採樣，然請於採樣記錄表上註明。

- (e). 以一規則的時間間隔採集樣品，通常每週一至二次。
- (f). 避免採樣瓶直接曝露於日光下，採樣時儘量保持採樣器緊閉，採樣結束後回到室內方可將採樣瓶拔開再將之置於紙箱中，保存於溫度較低處。
- (g). 雖然採樣瓶已使用安全玻璃，但在採集樣品或處理採樣瓶時最好使眼睛戴有保護裝備以免因玻璃破損而傷害到眼睛。

II. 採樣步驟

A. 裝設採樣瓶於採樣器內

注意：以下步驟最好於室內完成，避免採樣瓶曝曬日光，如無法避免一定要在室外進行時，最好於陰影處完成。

- (a). 從紙箱中取出一對採樣瓶，記錄採樣瓶號並標記於記錄表中。(一對採樣瓶編號為連續或間隔一號，數目小的(奇數)在下方，數字大者(偶數)在上方)。
- (b). 打開採樣器，豎起進氣梶竿，但尚不要伸出，掀起鋁製內蓋，將採樣瓶固定板從螺絲桿中拿開。
- (c). 將採樣瓶上之紅色塑膠套拿開，以棉紙擦拭連接頭，避免舊的真空油脂或污物殘留，亦以相同步驟擦拭採樣器上之母接頭。
- (d). 將一對採樣瓶置於固定泡棉上，數字大者在前(靠近您)，所有的止流閥(stopcocks)在右手邊(靠近流量計邊)。
- (e). 2.5L之採樣瓶在一端有兩個連接頭，中間的一個為採樣瓶之進口處(有一內插之玻璃管直接插入瓶底)，另一個則為採樣瓶之出口。
※※將數字小者之採樣瓶的進口公接頭與採樣器上標有pump之母接頭相連接(順時針方向旋轉推進)，連接後以黃色塑膠夾夾上；並將數字大者之採樣瓶出口處之公接頭與採樣器上標有return之母接頭連接，上緊、夾上黃色塑膠夾，其餘兩公接頭則以塑膠管兩端連接，一樣上緊夾上塑膠夾。
- (f). 將固定板放進螺絲桿中，鎖緊螺帽，蓋上鋁製內蓋，放下梶竿，關上箱子，即可連同採樣記錄表一起攜至採樣點。

B. 採樣點的架設

- (a).採樣點選擇於距車輛、建物、機械及動物約75步幅(75m)的上風處。
- (b).採樣點的選擇最好不受地形地物干擾而影響風向風速。
- (c).採樣點在選擇時最好在其下風處有10公尺的空間。
- (d).選定採樣點後，平放採樣器，打開箱蓋，豎起桅竿(豎起後流量計位於採樣器之右上方)。
- (e).將桅竿完全伸展(高約5公尺)，並注意毋使抽氣之teflon管紐結。

C.採集樣品

※※樣品採集包含兩大步驟：flushing採樣瓶及壓縮(pressurizing)空氣於採樣瓶中。由於操作者的呼吸可能會污染採集的樣品，因此在進行某些重要步驟時最好能暫停呼吸。

(a).Flushing採樣瓶

- a.打開採樣瓶上所有的止流閥，順序並不重要，但要確認它們已被完全打開(但並非完全拔出)。

※逆時針方向打開止流閥，開到o-ring已清楚可用肉眼看見即可。順時針關止流閥，須小心，太緊會栓破採樣瓶，不夠密又會使樣品洩漏，因此須非常小心，可用綠色之上緊器或用手拴緊teflon o-ring到肉眼看起來約1mm。

- b.關上鋁製內蓋，扳起toggle valve(垂直位置)用以flushing採樣瓶，打開pump開關，記錄流量計(約6~8 lpm)及電池伏特數(約12V)於記錄表上，記錄完後關上箱子退至下風約10公尺處，讓採樣瓶繼續flush。
- c.flush採樣瓶至少五分鐘。

(b).壓縮空氣樣品

- a.深呼吸幾次，呼氣，暫停呼吸。
- b.回到採樣器旁，打開箱蓋，扳下toggle valve(水平位置)，關上箱蓋，再退回至下風處原來位置。
- c.等約一分鐘以上，使採樣瓶內空氣已被壓縮至高於大氣壓約7~8 psi。
- d.深呼吸幾次，呼氣，暫停呼吸。
- e.回到採樣器位置，打開箱蓋，關上pump，恢復呼吸。

f. 記錄壓力表上之壓力（正常應為7~8 psi）於記錄表上，若壓力為零表示連接頭漏氣，此時應重新連接組裝，重複flush及採樣步驟，若壓力穩定則繼續下列步驟。

g. 打開鋁製內蓋關上所有之止流閥，須注意關閥的順序：首先關上連接pump之止流閥，再關上連接return之止流閥，最後兩個則隨意。

h. 關上內蓋縮起桅竿，捲起teflon進氣管，注意毋扭結，放下桅竿，注意毋使污物接觸進氣管入口，關上及鎖上箱蓋。

D. 卸下採樣瓶

(a). 儘可能填寫所知的氣象資料於採樣記錄表上，簽名。

(b). 卸下玻璃採樣瓶（儘量於室內勿日照），擦拭玻璃瓶上的接頭，套上紅色塑膠套。

(c). 再次確認採樣瓶編號、時間、日期後，再將採樣瓶收到紙箱中。

(d). 電池充電，每次採集樣品前最好能使電池之電壓相同，最好可充電達24小時。

三、結果與討論

3.1 標準氣體分析

利用壓力法配製五種不同濃度的甲烷、二氧化碳及一氧化碳混合標準氣體，以零級空氣加以稀釋至所須濃度，打入氣相層析儀中以求得標準檢量線，所得之甲烷檢量線如圖四及圖五，結果如表一。由表中我們可發現甲烷檢量線相關係數在0.999以上，顯示在配製之濃度值範圍內線性關係良好，以此檢量線針對美國海洋及大氣總署/氣候觀測及診斷實驗室(NOAA/CMDL)所定量過的一級標準品氣樣⁽²⁾作檢測，發現濃度值雖稍有偏差但在5%以內，然為精確求得甲烷濃度，因此我們以此一級標準品氣樣為標準校正檢量線，並求得其校正係數後方開始進行實際氣樣之檢測工作。

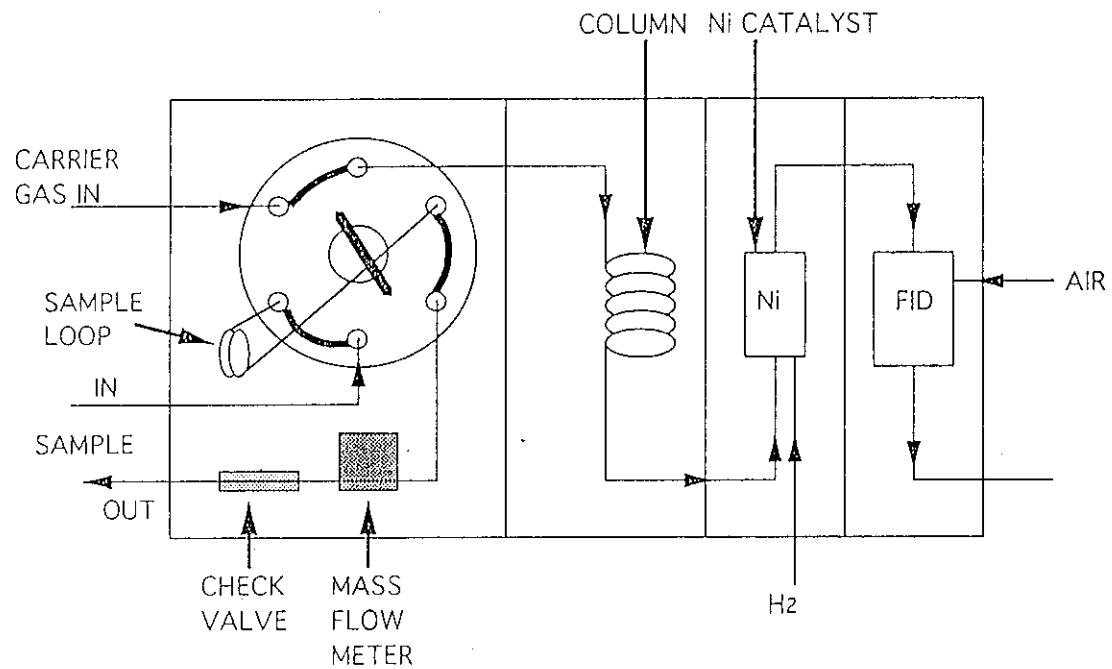
3.2 蘭嶼實際氣樣分析

本組實驗受限於採樣裝置製作上的延誤及向美國海洋及大氣總署商借採樣器之借期有限，因此僅能在蘭嶼進行為期十週的採樣工作，採樣日期從82/11/13起至83/1/9止。蘭嶼為一地處台灣東南方的離島，由於與台灣本島相隔離及導上低度開發造成人為污染極低，但也因此造成採樣上不便，因此所有採樣工作皆委請蘭嶼氣象站內之輪值人員代行，至於採樣點為符合採樣程序中所規定的需求故選擇於氣象站之觀測坪旁空曠處，待採樣完成後再郵寄回台灣本島進行分析，儘管某些地方有不便之處，但畢竟採樣器的操作及採樣步驟並不複雜故也未造成困擾，所有十週之採樣所得之甲烷的分析結果如表二所示。雖然採樣時間只十週，但由表中可觀察出甲烷其濃度值相當低，已接近CMDL實驗室所定量過的一級標準氣樣濃度值，顯示蘭嶼地區之空氣品質並未受污染，其用來作長期背景大氣中甲烷濃度之觀測應為非常合適的地點。也因為採樣時間在時序上包括秋冬兩季，依國外相關文獻報導：北半球甲烷濃度最高值出現於一、二月間，概因在夏季時日照幅射強，大氣中之氫氧自由基濃度高，與甲烷分子反應後

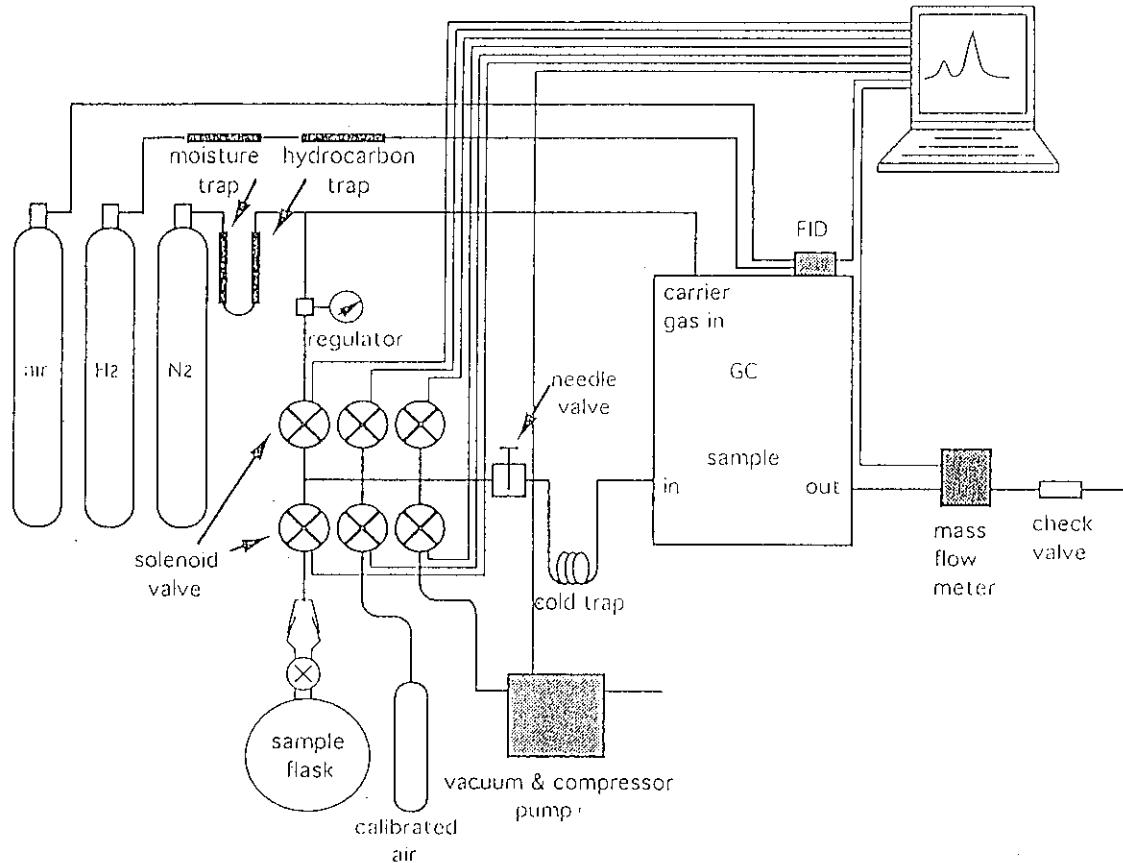
造成甲烷分子之消去，反之，冬季因日照弱，氫氧自由基少，大氣中甲烷濃度則相對升高，由表中隨時序越進冬天，甲烷濃度有越高的趨勢，輔以採樣記錄表上的溫度資料即可發現結果相當吻合，且與文獻報導相一致，證實結果之正確，若能於此進行長期採樣則應可明確觀測到甲烷濃度的季節循環變化及年增率。

四、參考文獻

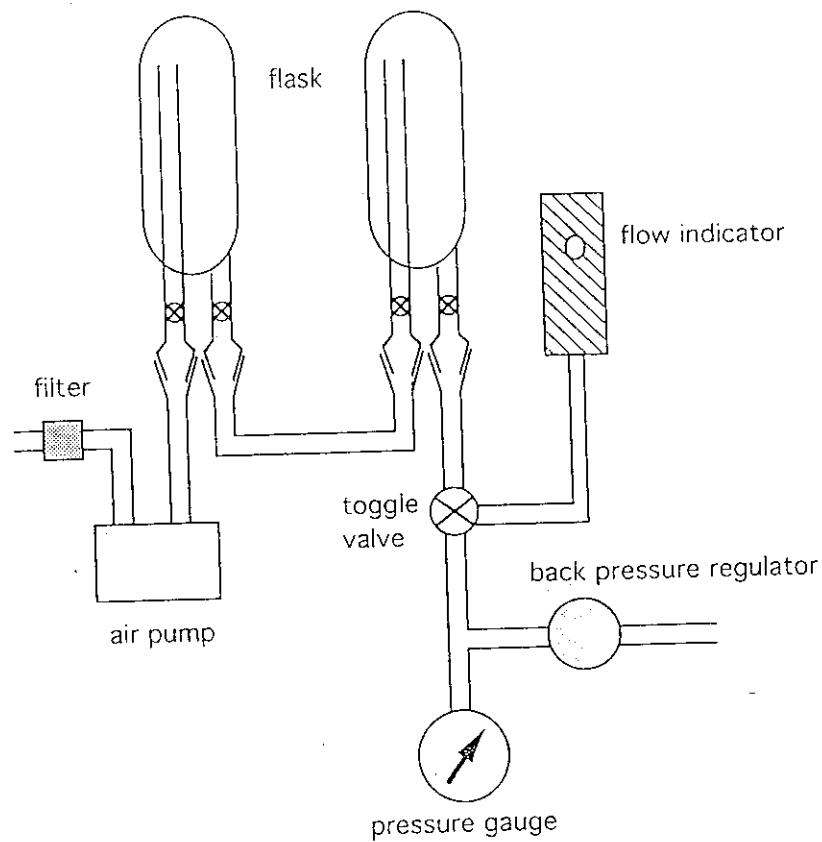
- (1).NOAA/CMDL "*FLASK SAMPLE COLLECTION USING THE MARTIN AND KITZIS SAMPLER (MAKS) Revision 1.2*" 使用操作手冊
- (2).NOAA/CMDL 分析報告書



圖一、氣相層析儀架構圖



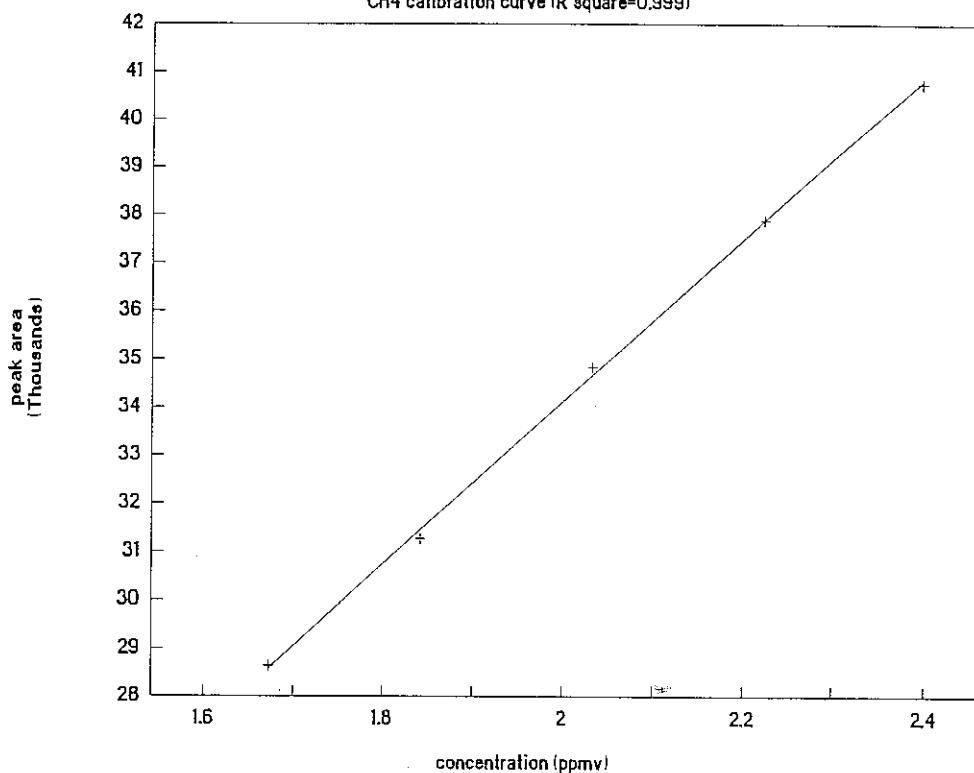
圖二、閥門控制系統及氣相層析儀系統架構圖



圖三、採樣器系統圖

HayeSep Q column

CH₄ calibration curve ($R^2=0.999$)



圖四、甲烷標準氣體檢量線

表一、甲烷標準氣體檢測結果

氣體名稱	檢量線相關係數 ^b	檢測CMDL參考氣體所得濃度 ^{b,c}	CMDL參考氣體標示濃度 ^c	校正係數
甲烷 ^a	0.999	1.817	1.734	0.954

a: 使用HAYESEP Q分離管柱，25ft * 1/8”，mesh 80/100

b: 每一濃度分析五次

c: 濃度單位為ppmv

表二、蘭嶼地區乾燥空氣中甲烷氣體濃度
(1993/11/13 - 1994/1/9)

日期 (採樣瓶號)	甲烷濃度 (ppmv)a,b
1993/11/13 (#9)	1.741 ±0.007
1993/11/20 (#13)	1.767 ±0.008
1993/12/3 (#25)	1.749 ±0.010
1993/12/7 (#29)	1.785 ±0.008
1993/12/13 (#1)	1.773 ±0.007
1993/12/20 (#5)	1.780 ±0.006
1993/12/28 (#21)	1.784 ±0.007
1994/1/1 (#17)	1.788 ±0.007
1994/1/7 (#37)	1.773 ±0.009
1994/1/9 (#33)	1.798 ±0.008

a: HayeSep Q 管柱 (25 吠)

b: 可信界限, confidence limit, (95% 之可信度, n = 5)

第六部份：

懸浮微粒採樣與分析

一、「MIAMI AEROSOL SAMPLER定向高量採樣器」標準操作手冊

1.1 原理：

利用風向標設定特定方向與扇形角度範圍(36°)，當風向進入此方向的角度內，且風速達設定值(15mv)時，馬達便因風速、風向之設定而啓動，開始採集空氣中之粒狀物於適當材質之濾紙(本計劃欲作粒狀物化學分析，故採用美國Watman 41 cellulose filters)。一旦風速風向不在設定範圍時，馬達即停止採樣。本計劃於蘭嶼觀測站設置此定向採樣器，設定採集來自外海的空氣，以便建立台灣大氣背景污染物濃度。

1.2 適用範圍：

本設備適用於大氣中 $10\mu m$ 以下粒狀物之採集，並分析其上之陰、陽離子含量。

1.3 干擾：

(一)光化學霧(photochemical smog)或木材煙霧(wood smoke)中可能存在之油性物質，會阻礙濾紙減低空氣吸引流量，而造成不均勻之抽引速。

(二)濃霧或溼度高時會使濾紙變潮，而嚴重地減低空氣流量。

1.4 設備：

MIAMI AEROSOL SAMPLER主體內部元件配置圖，見圖(一)；其構造、外觀及尺寸規格如圖(二)所示。

(一)空氣吸引部：為高量離心式馬達，不需加注潤滑油，也沒有碳刷，且有 $1m^3/min$ 之抽引量，但真實流量端視濾紙採集狀況及電源之電壓及頻率而定。

(二)濾紙固定器：係保護 $20 \times 25 cm$ 之濾紙不致破損且不漏氣的一種網式裝設，直接與空氣吸引部小軟管結合，其使用各部之材質如下：

1. 濾框(frame)：使用耐腐蝕之壓克力樹脂材質，可固定濾紙使不致破損。
2. 網狀物(net)：在通氣時具有適當之強度，可保護濾紙不會破損，乃使用不鏽鋼材質製造，以期不帶給濾紙任何不純物。其尺寸與濾紙相同，置於濾框內，又不通氣部分使用

氯化樹脂製品之膠帶固定。

3. 墊圈：使用氯化樹脂製品之膠帶固定，其具壓縮密閉性，可防抽氣洩漏。
4. 鎖具：裝卸濾紙時為防止破損及漏氣之一種裝設。

(三) 流量測定部：壓力計，內裝特定比重之紅色液體，壓力計尺標有零點指示移動裝置，其尺標單位為英吋(inch)。流量測定時，應待5分鐘馬達穩定後，讀取兩邊液柱之壓差，代入流量校正曲線方程式計算之

$$\text{Flow Rate} = -0.43816 + 17.4654(\Delta p)^{1/2}, \text{ 單位為 ft}^3/\text{min}.$$

(四) 保護器(shelter)：使用耐腐蝕性之壓克力材質製作，採樣時捕集面朝上水平固定，保護器之構造可承受風雨而不致破損濾紙。

(五) 採集用濾紙：Whatman 41 cellulose filters. 本濾紙兩面皆可作為捕集面。一般多使用玻璃纖維濾紙作重量濃度分析，本研究欲分析粒狀物中陰陽離子之含量，故特別選用cellulose濾紙，以將基質干擾降到最低。

(六) 風速風向儀(wind sensor)：加裝此一設備，將可鎖定捕集特定方向或區域之粒狀物，而有別於目前市面上之全方位高量採樣器，使用本輔助控制設備，也助於污染源的判定。

1.5 流量校正

(一) 打開電源穩定5分鐘後，記下液柱壓力計之壓差。

(二) 以液柱讀得之壓差，由所附之校正曲線圖，算出正確之流量 (20°C , 760mmHg)

$$\text{FLOW} = -0.43816 + 17.4654(\Delta p)^{1/2} (\text{ft}^3/\text{min})$$

(三) 流量校正曲線如圖(三)

1.6 採樣步驟

(一) 一般用於空氣品質採樣時，其採樣時間為24小時，用於周界採樣時，為任何時間連續採樣1小時，本研究採樣時間規劃分成日、夜間兩個時段，每12小時更換一次濾紙。

(二) 採集前先將濾紙置於矽膠乾燥器或電子式乾燥箱內48小時以上，使之

乾燥後移至恆溫、恆溼之天平室內秤重Ws，(電子式分析天平需精確至0.1mg)。

(三)換取濾紙請按照以下步驟，並參看圖(四)之照片進行安裝及收取濾紙之動作，千萬不要以手直接與濾紙接觸，以免污染濾紙，造成分析結果之誤差，影響實驗品質。

1. 將放置濾紙之固定架自保存塑膠盒內取出，放置在乾淨的抬面上。
2. 洗淨雙手。
3. 旋開固定器上的鎖具，取出上框架，以塑膠鑷子夾住濾紙之左右兩側，平整地放在網狀支撐物上。
4. 裝上框架放回固定器上，並旋緊鎖具，妥善放回保存之塑膠盒，準備攜至現場。
5. 本採樣設備，附兩個保存用塑膠盒，以便在更換濾紙時運送濾紙之用，一個固定放置在採樣器之本體內，另一個可放在室內，輪替互換。

(四)至採樣器現場，先確認儀器能正常運轉，並記錄此時壓力計壓差後，後，關閉電源。

(五)打開保護器(Shelter)，解下已完成之樣品，放入在現場的塑膠盒內，以便更換樣品後，攜回室內。

(六)同時記下計時器#1、#2的讀數及收取樣品前之壓力計差於標籤上。

(七)將新的濾紙移置於保護器內，濾紙面朝上，水平固定，塑膠盒子放入採樣器內。

(八)打開電源，紀錄採集開始之時，計時器上之讀數及壓力計壓差。

(九)採集後之濾紙，以塑膠盒帶回室內回收，相同地，不可以手直接觸摸濾紙，步驟如下：

1. 將放置濾紙之固定器，自保存之塑膠盒內取出，放置在乾淨的抬面上。
2. 洗淨雙手。
3. 旋開鎖具，取出上框架，以兩隻塑膠鑷子將濾紙較長之一邊對摺，將粒狀物採集面摺於內，夾入密封套中，密封封口。

(十)回收後的濾紙，以下式計算吸引空氣量

$$V = \frac{Q_s + Q_e}{2} \times T$$

V：吸引空氣量 (m^3)

Q_s ：開始時之流量 (m^3/hr)

Q_e ：終了時之流量 (m^3/hr)

T：計時器#2累計之採集時間 (hr)

$$Q_s = [-0.43816 + 17.4654(\Delta P_i)^{1/2}] \times 0.0283 \times 60$$

$$Q_e = [-0.43816 + 17.4654(\Delta P_f)^{1/2}] \times 0.0283 \times 60$$

ΔP_i ：開始時之壓力計壓差 (inch)

ΔP_f ：終了時之壓力計壓差 (inch)

(十一) 每採集十個樣品，要製作一空白濾紙。

(十二) 採集後濾紙之秤量，依(二)之條件，放置達恆重後精確秤量 W_e 。

1.7 維修及其他

此套由美國邁阿密大學研發的系統，並不需定期維修，抽引氣體的馬達不使用碳刷，連續使用的情形下，馬達至少有兩年的壽命。並且可耐氣候的效應，尤其是連續暴露在高鹽的環境下，若發現有鹽份沈積，加以擦拭即可。此外，唯一使馬達失效的因素，便是吸進水份。正常情況下，在馬達前放置有一個集水器，俾便使用者便於觀看及清除，馬達室內也設有一風扇，可防馬達過熱。

二、「ANDERSEN SAMPLERS 全方向高量採樣器」標準操作手冊

2.1 原理：

利用高量之抽氣泵，配合 Whatman 41 Cellulose filters 以 $1.1 \sim 1.7 m^3/min$ 之抽氣量，抽引採集空氣中之粒狀污染物，這些被抽取到的空氣經過採樣器上方的初步過濾板，此板上塗有 Silica Gel 316，當空氣流經此板時，其中較大的顆粒會黏著在板上，而不會被帶到下面的濾紙上，故僅只捕集粒徑 $10 \mu m$ 以下之粒狀物。

2.2 適用範圍

本設備適用於大氣中 $10 \mu m$ 以下粒狀物之採集，並分析其上之陰陽離子含量。

2.3 干擾

(一) 光化學霧 (photochemical smog) 或木材煙霧 (wood smoke) 中可能存在之油性物質，會阻礙濾紙減低空氣吸引流量，而造成不均勻之抽引速率。

(二) 濃霧或溼度高時會使濾紙變潮，而嚴重地減低空氣流量。

2.4 設備

(一) 空氣吸引部：是由整流馬達連結二段離心渦輪式風扇(turbine type fan)所構成，具有 $2\text{m}^3/\text{min}$ 之吸引量。

(二) 濾紙固定器：係保護 $20 \times 25\text{cm}$ 之濾紙不致破損且不漏氣的一種網式裝設，直接與空氣吸引部小軟管結合，其使用各部之材質如下：

1. 濾框 (frame)：使用耐腐蝕之壓克力樹脂材質，可固定濾紙使不致破損。
2. 網狀物 (net)：在通氣時具有適當之強度，可保護濾紙不會破損，其使用不銹鋼材質製造，以期不帶給濾紙任何不純物。其尺寸與濾紙相同，置於濾框內，又不通氣部分使用氟化樹脂製品之膠帶固定。
3. 墊圈：使用氟化樹脂製品之膠帶固定，其具壓縮密閉性，可防抽氣洩漏。
4. 鎖具：裝卸濾紙時為防止破損及漏氣之一種裝設。

(三) 機械式計時計(Timer)：能預定採樣時間、頻率及起始之裝置，最小時間設定ON-1小時，OFF-2小時，兩個OFF時間間隔至少6小時。如欲手動操作，僅須移去圓盤上之時間設鈕，以Timer左下角開關，啓動馬達。

(四) 流量記錄部：本採樣器之流量量測係採用銳孔法校正後，再調整記錄器上標記筆的位置至校正流量刻度，記錄紙為圓盤形，會順時針方向記下採樣時流量之變化情形。

(五) 採集用濾紙：Whatman 41 cellulose filters. 本濾紙兩面皆可作為捕集面。一般多使用玻璃纖維濾紙作重量濃度分析，本研究欲分析粒狀物中陰陽離子之含量，故特別選用cellulose濾紙，以將基質干擾降到最低。

(六) 圓頂衝擊器：係設置有多片過濾板的裝置，會將 $10\mu\text{m}$ 以上的顆粒黏附在塗有Silica Gel 316之板上，而不會被帶至濾紙上。

2.5 流量校正：銳孔校正法

- (一)先將圓頂衝擊器自空氣吸引部分出，換裝銳孔校正單元。
- (二)將最多孔數(18孔)之銳孔片置於校正單元與馬達之間，並接妥水柱壓力計。
- (三)啓動馬達，待5分鐘後，讀取兩端水柱高度差。
- (四)由該組銳孔校正器所附之壓差vs流量校正曲線，即可查得真實流量。
- (五)卸下銳孔校上器後，續繼啓動馬達開始調整流量記錄器。
- (六)以一把起子調整記錄器右下角之螺絲，使標記筆的位置在該流量之指示刻度位置。
- (七)每次採樣後，都要將圓形記錄紙併同樣品帶回實驗室。
- (八)每6個月應進行一次校正工作，或若更換馬達之碳刷(brush)，也需進行校正。

2.6 步驟：

- (一)一般用於空氣品質採樣時，其採樣時間為24小時，用於周界採樣時，為任何時間連續採樣1小時，本研究採樣時間規劃分成日、夜間兩個時段，每12小時更換一次濾紙。
- (二)採集前先將濾紙置於矽膠乾燥器或電子式乾燥箱內48小時以上，使之乾燥後移至恆溫、恆溼之天平室內秤重Ws(電子式分析天平需精確至0.1mg)。
- (三)換取濾紙請按照以下步驟，並參看圖(四)之照片進行安裝及收取濾紙之動作，千萬不要以手直接與濾紙接觸，以免污染濾紙，造成分析結果之誤差，影響實驗品質。
 1. 將放置濾紙之固定架自保存之塑膠盒內取出，放置在乾淨的抬面上。
 2. 洗淨雙手。
 3. 旋開固定器上的鎖具，取出上框架，以塑膠鑷子夾住濾紙之左右兩側，平整地放在網狀支撐物上。
 4. 裝上框架，放固定器上，並旋緊鎖具，妥善放回保存之塑膠盒，準備攜至現場。
 5. 本採樣設備，附兩個保存用塑膠盒，以便在更換濾紙時運濾紙之

用，一個固定放置在採樣器之本體內，另一個可放在室內，輪替互換。

(四)至採樣器現場，先確認儀器能正常運轉，並記錄此時壓力計壓差後，關閉電源。

(五)打開保護器(Shelter)，解下已完成之樣品，放入在現場的塑膠盒內，以便更換樣品後，攜回室內。

(六)同時記下計時器#1、#2的讀數及收取樣品前之壓力計壓差於標籤上。

(七)將新的濾紙移置於保護器內，濾紙面朝上，水平固定，塑膠盒子放入採樣器內。

(八)打開電源，紀錄採集開始之時，計時器上之讀數及壓力計壓差。

(九)採集後之濾紙，以塑膠盒帶回室內回收，相同地，不可以手直接觸摸濾紙，步驟如下：

1. 將放置濾紙之固定器自保存之塑膠盒內取出，放置在乾淨的抬面上。
2. 洗淨雙手。
3. 旋開鎖具，取出上框架，以兩隻塑膠鑷子將濾紙較長之一邊對摺，將粒狀物採集面摺於內，夾入密封套中，密封封口。

(十)回收後的濾紙，以下式計算吸引空氣量

$$V = \frac{Q_s + Q_e}{2} \times T$$

V：吸引空氣量 (m^3)

Q_s：開始時之流量 (m^3/hr)

Q_e：終了時之流量 (m^3/hr)

T：計時器#2累計之採集時間 (hr)

$$Q_s = [-0.43816 + 17.4654(\Delta P_i)^{1/2}] \times 0.0283 \times 60$$

$$Q_e = [-0.43816 + 17.4654(\Delta P_f)^{1/2}] \times 0.0283 \times 60$$

ΔP_i ：開始時之壓力計壓差 (inch)

ΔP_f ：終了時之壓力計壓差 (inch)

(十一)每採集十個樣品，要製作一空白濾紙。

(十二)採集後濾紙之秤量，依(二)之條件，放置達恆溫後精確秤量W_e。

2.7 維護及其他：

(一) 馬達之碳刷在使用400~500小時後，必須換新品，且須校正流量。

(二) 採集時之流量或採集後之重量濃度有異常數字出現時，須檢查是否變動，若異常現象是在採集開始不久發生時，則須經確認已恢復正常運轉後，始可開始採集。若異常現象在採集終了才發現時，則必須將此試樣保存並正確記錄，同時要確實注意避免異常現象再度發生，並再重新採集。

(三) 流量記錄器右下角及Timer右下角之調整鈕，不能隨意觸動，一經觸動須校正流量。

三、陰離子分析

3.1 實驗用純水：

自來水先經日本歐林比亞軟水機軟化後，再經Milli-RO系統，最後經Milli-Q Reagent Water System純化，純水電阻大於 $17M\Omega\text{-cm}$ 始可使用。

3.2 藥品：

1. 碳酸鈉 (Sodium Carbonate)：西德 E. Merck 公司，分析試藥級，純度 99.5% 以上。
2. 碳酸氫鈉(Sodium Bicarbonate)：西德 E. Merck 公司，分析試藥級，純度 99.5% 以上。
3. 氯化鈉 (Sodium Chloride)：西德 E. Merck 公司，分析試藥級，純度 99.5% 以上。
4. 亞銷酸鈉(Sodium Nitrite)：西德E. Merck公司，分析試藥級，純度 99.0% 以上。
5. 硝酸鈉(Sodium Nitrate)：西德E. Merck公司，分析試藥級，純度 99.5% 以上。
6. 硫酸鈉(Sodium Sulfate)：西德E. Merck公司，分析試藥級，純度 99.0% 以上。
7. 壓抑劑(Suppressor reagent)：西德Biotronic，分析試藥級。
8. 過濾膜：Gelman Acrodisc LC PVDF Syringe Filter。

3.3 儀器設備：

1. 雙管柱式離子層析儀

- (1) 流洗液壓送泵：Biotronic HPLC pump unit，BT-0.512。
- (2) 分離管柱：Anionen-Trennsaule BT I An。

- (3)積分儀：SIC Chromatocoder 12。
2.超音波震盪器：TRANSSCOIC 460/H。
3.注射針：BECTON DICKINSON 1c.c. 25G5/8。

3.4 層析儀分離條件

1. Mobile phase : 0.02mM Na₂CO₃ + 20mM NaHCO₃
2. Flow rate of elluent : 1.0ml/min
3. Flow rate of suppressor : 1.5ml/min
4. Conductivity range : 100 μ s
5. Injection volume : 100 μ l

3.5 實驗步驟

3.5.1 溶液配製

(1)流洗液(elluent)：(實驗前備製)

先行配製 100mM Na₂CO₃ 及 100mM NaHCO₃ 的儲備液，進行實驗前各取 0.2ml 的 100mM Na₂CO₃ 及 200ml 的 100mM NaHCO₃ 於 1000ml 的定量瓶中，再加去離子水至標線，即為 0.02mM Na₂CO₃，20mM NaHCO₃ 流洗液以 0.45 μ m 的 filter 過濾後，應再以超音波振盪器處理 10 分鐘，以去除流洗液中的氣泡。

(2)標準溶液：(實驗前備製)

先行配製 1000mg/l 之儲備液(Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻)，再以去離子水稀釋至所需之濃度範圍

氯離子 : 0.25~10mg/l
硝酸根離子 : 0.5~20mg/l
硫酸根離子 : 0.75~30mg/l

(3)壓抑劑：取 33ml 的 Suppressor reagent，加入去離子水攪拌均勻至 1000ml。

3.5.2 樣品前處理：

- (1)將採樣後的濾紙分成四等份，記錄其個別面積與總面積。
- (2)將 1/4 濾紙置於萃取瓶內，加入 40ml 的去離子水，並以超音波震盪 10 分

鐘。

(3)震盪後之萃取液以 $0.45\mu\text{m}$ 的過濾膜過濾之。

3.5.3 分析步驟

- (1)配製流洗液及壓抑劑。
- (2)開機後，調整應使用之流速，並注意流路壓力之變化。
- (3)待電導度跳動值小於 $0.5\mu\text{s}$ 為儀器穩定。
- (4)待穩定後15分鐘，將所配製之標準品，依濃度由低至高之次序注射，以免濃度高者污染濃度低者，檢量線製作包含6點不同濃度之標準品及一個試劑空白。
- (5)過濾後之樣品注入離子層析儀中，注入量為 $100\mu\text{l}$ 。

3.5.4 檢量線：

真實樣品測定時，需按時製作檢量線以各無機陰離子樣品之信號面積對濃度作XY圖。

3.5.5 計算

- (1)積分儀計算出之訊號面積，代入檢量線方程式，求得樣品濃度
(mg/l) : Cs。
- (2)萃取濾紙所含陰離子總量(μg) = Cs × 萃取液體積(ml)
- (3)全張濾紙所含陰離子總量(μg) = Cs × 萃取液體積(ml) × $\frac{\text{濾紙總面積}}{\text{萃取用濾紙面積}}$
- (4)空氣中陰離子之濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$) = 全張濾紙所含陰離子總量 / 空氣總量
(m^3)。

四、陽離子分析

4.1 實驗用純水：

自來水先經日本歐林比亞軟水機軟化後，再經Millili-RO系統，最後經Milli-Q Reagent Water System純化，純水電阻大於 $17\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ 始可使用。

4.2 藥品：

1. 鉀標準溶液：(KCl)
德國 E. Merck 公司 GR 級試藥 1000mg/l 。

2. 錳標準溶液($MnCl_2$)：
德國 E. Merck 公司 GR 級試藥 1000mg/l。
3. 銅標準溶液($CuCl_2$)：
德國 E. Merck 公司 GR 級試藥 1000mg/l。
4. 鐵標準溶液($FeCl_3$)：
德國 E. Merck 公司 GR 級試藥 1000mg/l。
5. 鈉標準溶液($NaCl$)：
德國 E. Merck 公司 GR 級試藥 1000mg/l。
6. 鉛標準溶液($Pb(NO_3)_2$)：
德國 E. Merck 公司 GR 級試藥 1000mg/l。
7. 鎘標準溶液($CdCl_2$)：
德國 E. Merck 公司 GR 級試藥 1000mg/l。
8. 鎂標準溶液($MgCl_2$)：
德國 E. Merck 公司 GR 級試藥 1000mg/l。
9. 鈣標準溶液($CaCl_2$)：
德國 E. Merck 公司 GR 級試藥 1000mg/l。
10. 鉻標準溶液($CrCl_3$)：
德國 E. Merck 公司 GR 級試藥 1000mg/l。
11. 硝酸(Nitric acid)：
美國 J.T. Baker 公司分析後試藥，純度 70.5%
12. 過濾膜：Gelman Aerodisc Lc PVDF Syringe Filter。

4.3 儀器設備

1. 美國 Leeman 公司 ICP-AES 感應耦合包漿原子發射光譜儀。
2. 超音波震盪器：TRANS SCOIC 460/H
3. 日本 HITACHI-600 原子吸收光譜儀

4.4 Leeman ICP-AES 儀器條件

1. power : 1.0KW
2. coolant : 13LPM
3. Nebulizer:40PSI
4. pump Rate : 1.0ml/min

4.5 實驗步驟

1. 溶液配製

以去離子水稀釋錳、銅、鐵、鉛、鎘、镁、鈣、鉻為混合標準液
10mg/l 及 1mg/l (in 5% HNO_3)。

2 樣品前處理：

- (1) 將採樣後的濾紙分成四等份，記錄其個別面積與總面積。
- (2) 將1/4濾紙置於萃取瓶內，加入40ml的去離子水，並以超音波震盪10分鐘。
- (3) 震盪後之萃取液以 $0.45\mu\text{m}$ 的過濾膜過濾之。

3. 分析方法係本研究室自行開發研訂，將在未來繼續在重覆分析及SRM標準濾紙樣品之確認上進一步研發。

4. 鉀、鈉以原子吸收光譜儀進行分析。

5. ICP-AES分析元素使用之檢量線由三個不同濃度梯度求得；AA分析鉀、鈉使用之檢量線則由六個不同濃度梯度求得。

6. 計算

- (1) 由ICP-AES測得之各元素光譜線光強度(Int.)及AA測得鉀、鈉之吸光度(Abs.)分別代入各別元素之檢量線方程式，求得各樣品濃度(mg/l)： C_s 。
- (2) 萃取濾紙所含陽離子總量(μg)= $C_s \times \text{萃取液體積}(\text{ml})$
- (3) 全張濾紙所含陰離子總量(μg)= $C_s \times \text{萃取液體積}(\text{ml}) \times \frac{\text{濾紙總面積}}{\text{萃取用濾紙面積}}$
- (4) 空氣中陽離子之濃度($\mu\text{g/m}^3$)=全張濾紙所含陰離子總量(μg)/空氣總量(m^3)。

五、結果與討論

本年度監測計劃，採樣部份係委託蘭嶼氣象站工作人員為之，樣品前處理及分析則由台北師大進行，以下針對本年度計劃部份缺失進行探討。

1. 全方位採樣器(ANDERSEN Hi-vol SAMPLER PM10)於82年12月馬達即發生故障，致樣品僅取得6組，該馬達已於83年5月派員修復，刻已恢復樣品採集。

2. 採樣時間規劃應以兩套採樣器同步進行，以便結果判讀可分析污染物濃度變化趨勢及差異情形，採樣頻率以一週一次，每次採樣24小時。

3. 本年度監測結果如表一、表二，較之以往之監測值，有較高的數值，尤以氯離子及硫酸根離子為甚，其污染物濃度與時間之相關圖，見圖一、圖二。

4. 為進一步瞭解污染物濃度偏高的原因，本研究經檢討後，將由濾紙介質的選擇及採樣人員的訓練著手。

目前已將採樣的濾紙由玻璃纖維材質改為 Whatman 41 cellulose filter，較適合拿來作為化學分析之用。另外，也由本研究室研究人員親赴蘭嶼氣象站工作人員，會同檢討採樣相關程序，尤其對濾紙更替步驟，已特別加以要求，期望可降低人為誤差因素，使監測結果更具代表性。

表一 MIAMI AEROSOL SAMPLER 分析結果 (單位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

DATE	Cl	NO ₃	SO ₄	Fe	Mn
82.10/10-10/13	24.87	7.16	35.76	0	0.000805
82.10/13-10/26	3.33	1.05	5.12	0	0.00049
82.10/26-11/7	5.61	0.68	3.16	0	0
82.11/20-11/25	6.89	0.78	3.09	0	0
82.12/2-12/3	7.8	0.65	1.47	0	0
82.12/8-12/9	24.17	2.9	9.84	0	0
82.12/15-12/16	8.76	1.77	3.4	0	0
82.12/28-12/29	7.17	0.54	1.96	0	0
82.12/30-12/31	12.78	1.29	12.03	0	0
83.1/2-1/3	31.53	2.02	2	0	0
83.1/7-1/8	16.98	0.77	12.3	0	0
83.1/15-1/16	14.53	2.02	3.64	0	0
83.1/20-1/21	15.53	0.77	6.45	0	0
83.1/30-1/31	21.85	0.72	5.17	0	0
83.2/14-2/15	20.41	1.81	3.83	0	0
83.2/18-2/19	4.56	1.32	4.35	0	0
83.2/26-2/27	16.96	1.76	3.81	0	0
83.3/3-3/4	9.81	1.5	5.7	0	0
83.3/15-3/16	23.01	2.29	4.63	0	0
83.3/22-3/23	9.53	1.08	2.39	0	0
83.3/31-4/1	17.42	2.23	2.93	0	0

DATE	Cu	Pb	Ca	Mg	Na
82.10/10-10/13	0.001269	0	0.763687	0.40271	5.324302
82.10/13-10/26	0.000316	0	0.151816	0.076496	1.031711
82.10/26-11/7	0.000062	0	0.07991	0.055493	0.686102
82.11/20-11/25	0	0	0.075019	0.065177	0.509202
82.12/2-12/3	0	0	0.187347	0.070145	5.335518
82.12/8-12/9	0	0	0.326692	0.076461	5.700197
82.12/15-12/16	0	0	0.136217	0.043168	3.509676
82.12/28-12/29	0	0.000572	0.308112	0.026509	7.736778
82.12/30-12/31	0	0	1.282032	0.04519	14.0846
83.1/2-1/3	0	0	6.433778	0.802528	41.06153
83.1/7-1/8	0	0	0.825401	0.047662	19.84078
83.1/15-1/16	0	0	0.624694	0.046212	12.33349
83.1/20-1/21	0	0	0.513304	0.032856	11.77319
83.1/30-1/31	0	0	1.174672	0.085525	27.24342
83.2/14-2/15	0	0	0.601664	0.047761	12.99267
83.2/18-2/19	0	0.000339	0.204511	0.007735	4.385938
83.2/26-2/27	0	0	0.685902	0.049222	15.01547
83.3/3-3/4	0	0.000262	0.241108	0.025254	6.193377
83.3/15-3/16	0	0	1.036324	0.105123	25.51602
83.3/22-3/23	0	0	0.371996	0.0363	8.161951
83.3/31-4/1	0	0	0.026265	0	32.92221

續表一 MIAMI AEROSOL SAMPLER 分析結果 (單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

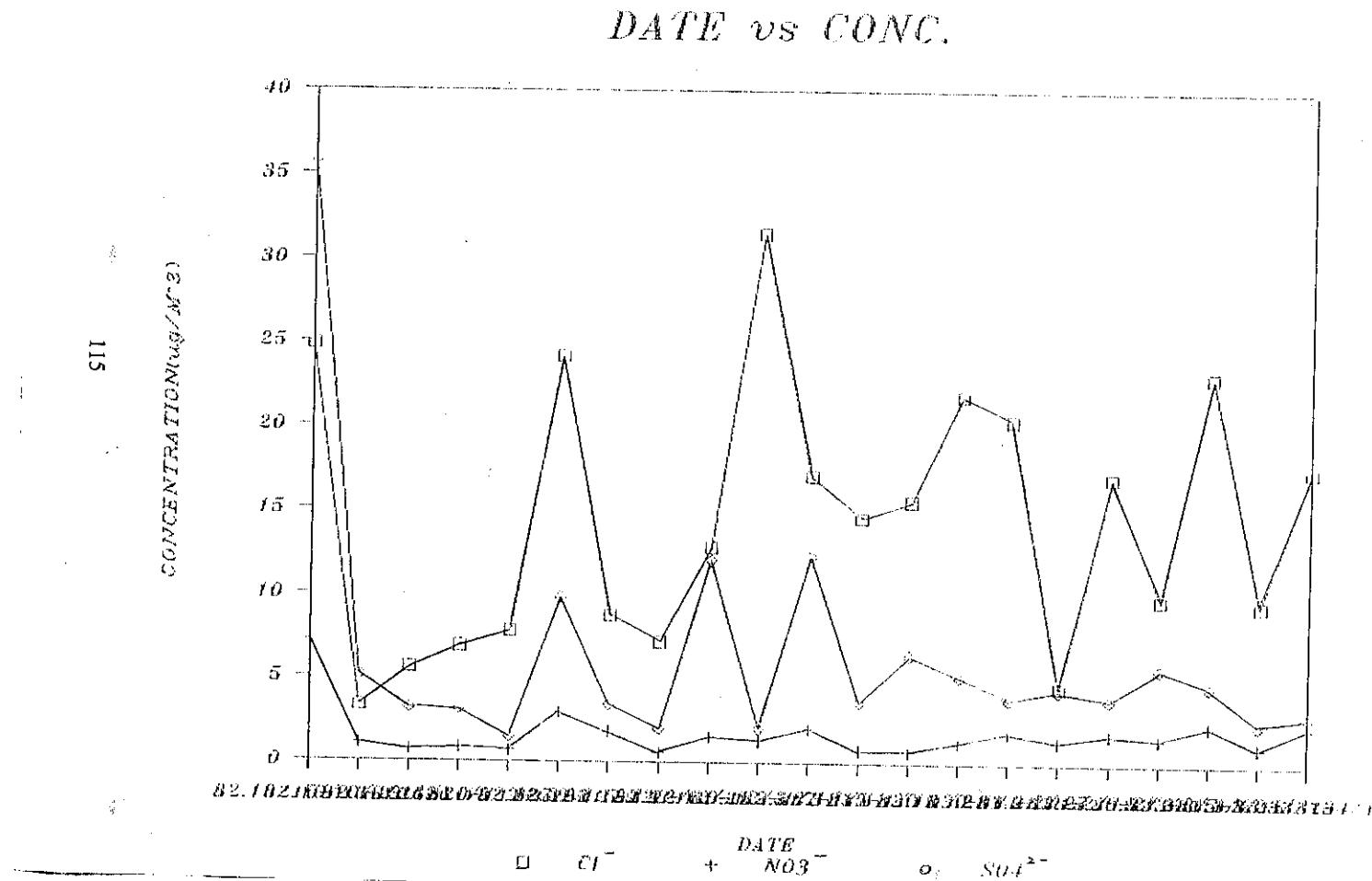
DATE	Cd	Cr	K
82.10/10-10/13	0	0	0.26881
82.10/13-10/26	0	0	0.04516
82.10/26-11/7	0	0	0.02631
82.11/20-11/25	0	0	0.04566
82.12/2-12/3	0	0	0.1621
82.12/8-12/9	0	0	0.15356
82.12/15-12/16	0	0	0.11161
82.12/28-12/29	0	0	0.21376
82.12/30-12/31	0	0	0.43554
83.1/2-1/3	0	0	1.01759
83.1/7-1/8	0	0	0.51765
83.1/15-1/16	0	0	0.35209
83.1/20-1/21	0	0	0.36035
83.1/30-1/31	0	0	0.82442
83.2/14-2/15	0	0	0.42665
83.2/18-2/19	0	0	0.11691
83.2/26-2/27	0	0	0.43676
83.3/3-3/4	0	0	0.16681
83.3/15-3/16	0	0	0.72517
83.3/22-3/23	0	0	0.23789
83.3/31-4/1	0	0	0.97205

表二 ANDERSEN PM10 SAMPLER 分析結果 (單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

DATE	Cl	NO ₃	SO ₄	Fe	Mn
82.8/31-9/1	2.18	0.65	3.53	0	0.000131
82.10/13-10/14	0.62	0.37	1.81	0	0.000782
82.10/28-10/29	0.42	0.34	2.43	0	0
82.11/20-11/21	2.08	0.44	2.01	0	0
82.12/2-12/3	1.42	0.31	0.95	0	0
82.12/8-12/9	3.91	0.52	5.41	0	0

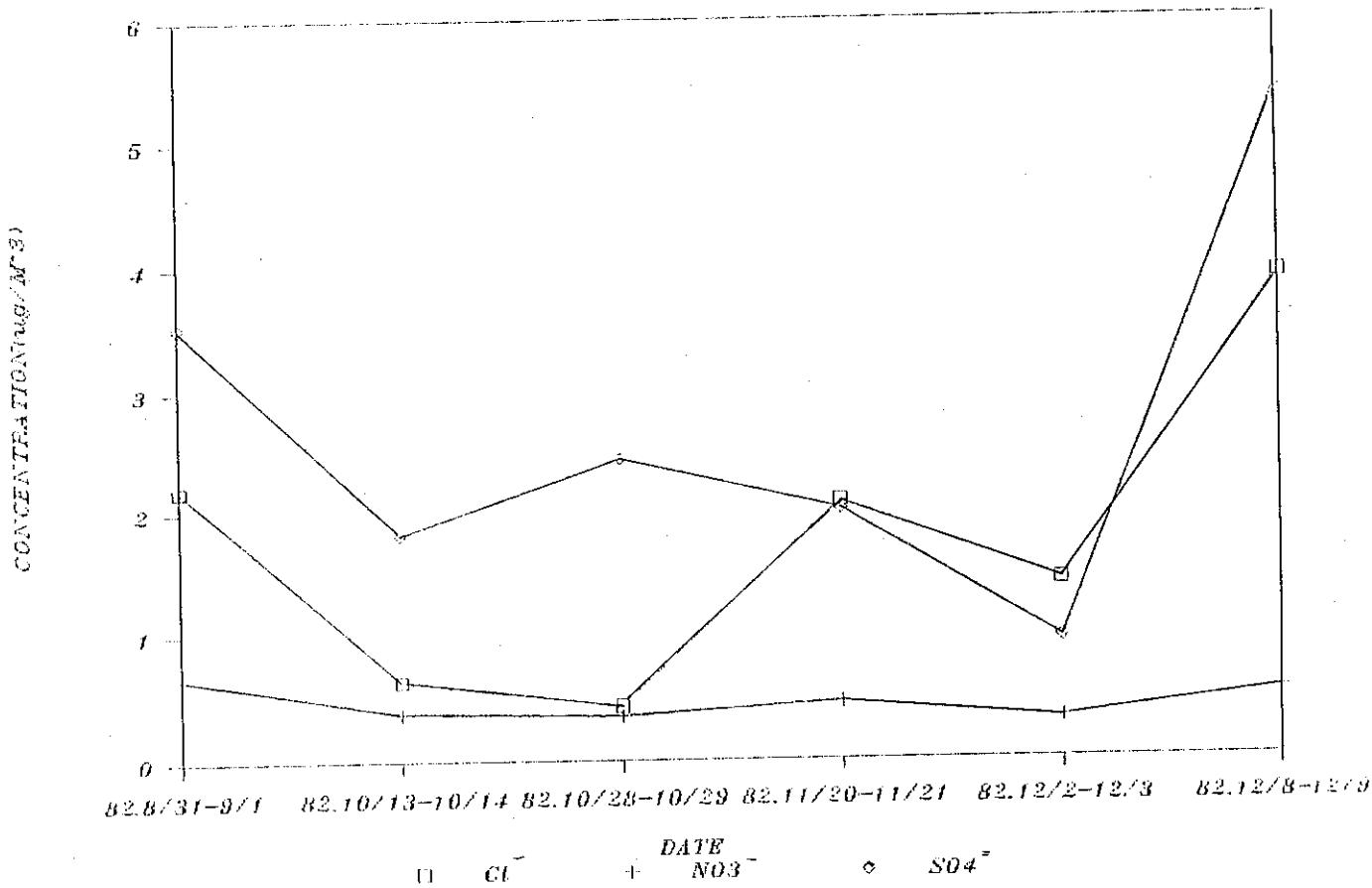
DATE	Cu	Pb	Ca	Mg	Na
82.8/31-9/1	0.013686	0	0.130041	0.077945	0.582879
82.10/13-10/14	0.005199	0	0.051312	0.025098	0.078318
82.10/28-10/29	0.012615	0	0.09196	0.038265	0.119111
82.11/20-11/21	0.005045	0	0.034554	0.026103	0.195132
82.12/2-12/3	0.000238	0	0.263128	0.016811	1.213388
82.12/8-12/9	0	0	0.329646	0.030024	1.430592
DATE	Cd	Cr	K		
82.8/31-9/1	0	0	0.06319		
82.10/13-10/14	0	0	0.03522		
82.10/28-10/29	0	0	0.03972		
82.11/20-11/21	0	0	0.03505		
82.12/2-12/3	0	0	0.05134		
82.12/8-12/9	0	0	0.05193		

圖一 蘭嶼站MIAMI AEROSOL SAMPLER測得之 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 濃度對日期之相關圖形

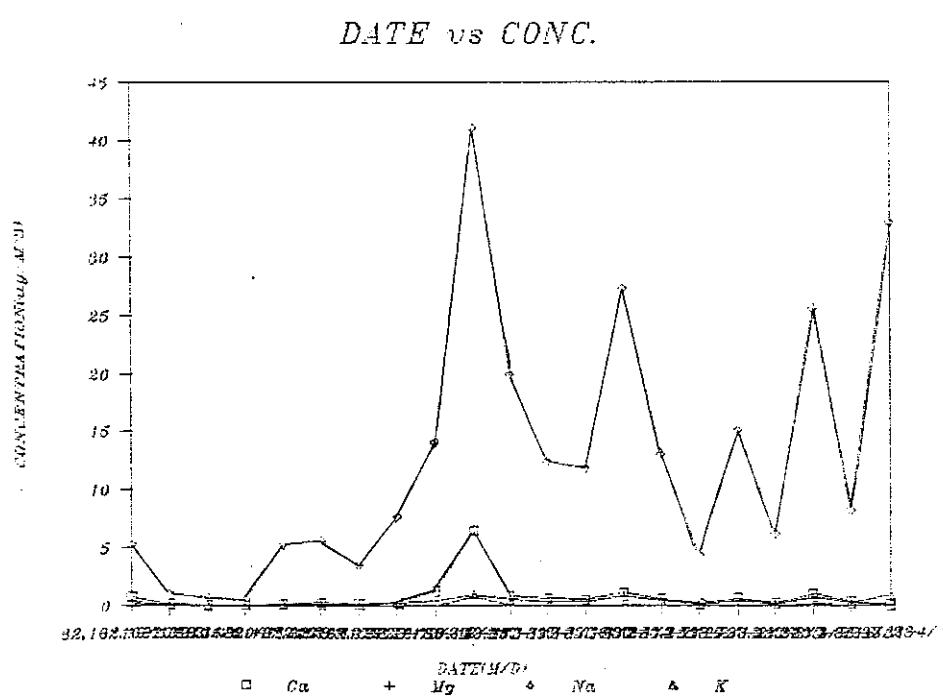
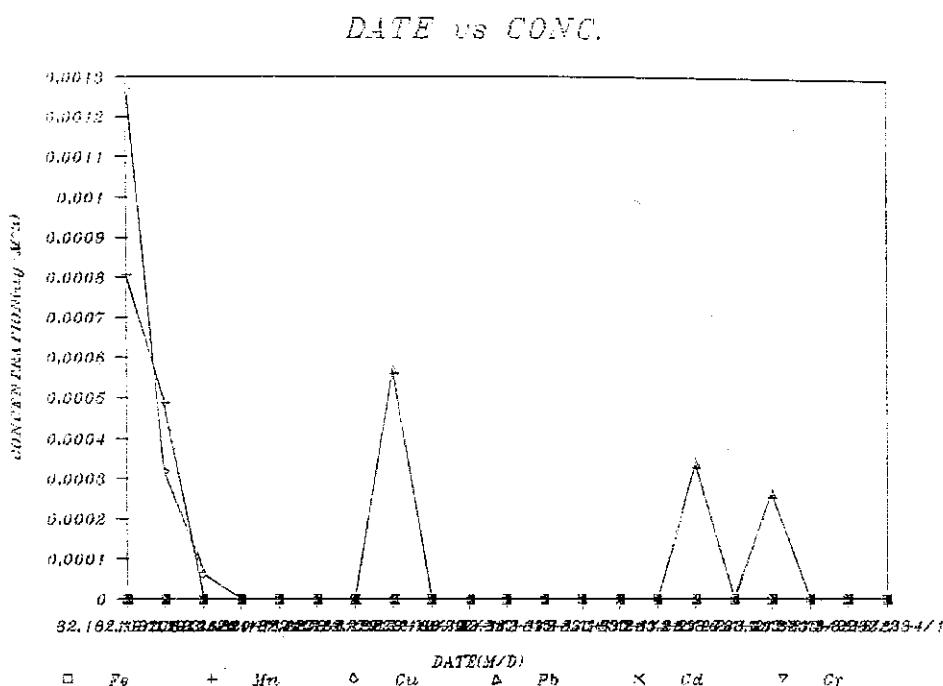


圖二 蘭嶼站ANDERSEN PM10 SAMPLER測得之 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 濃度對日期之相關圖形

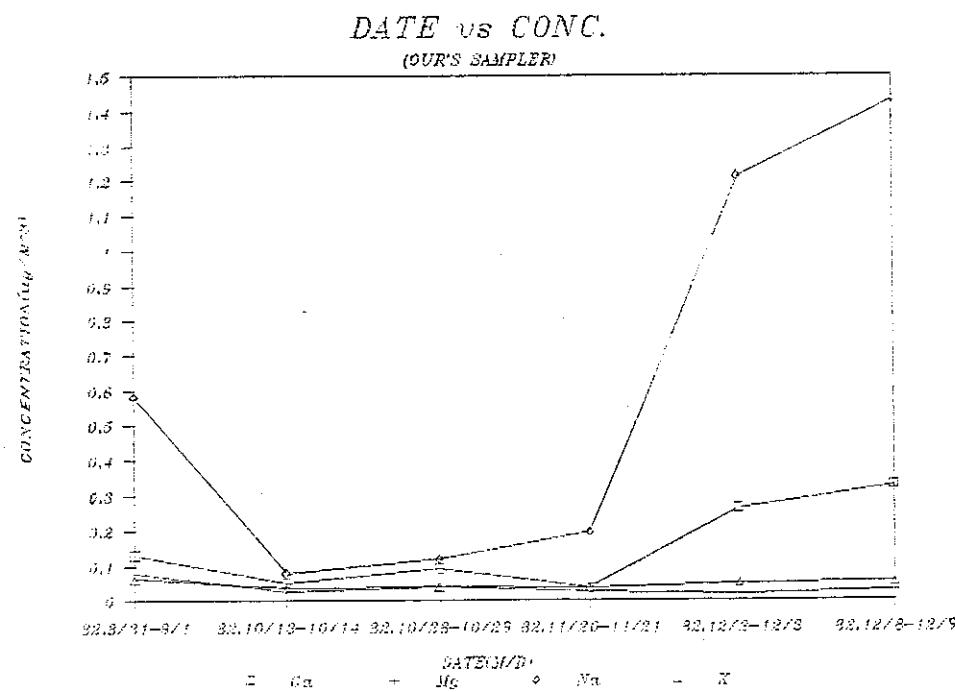
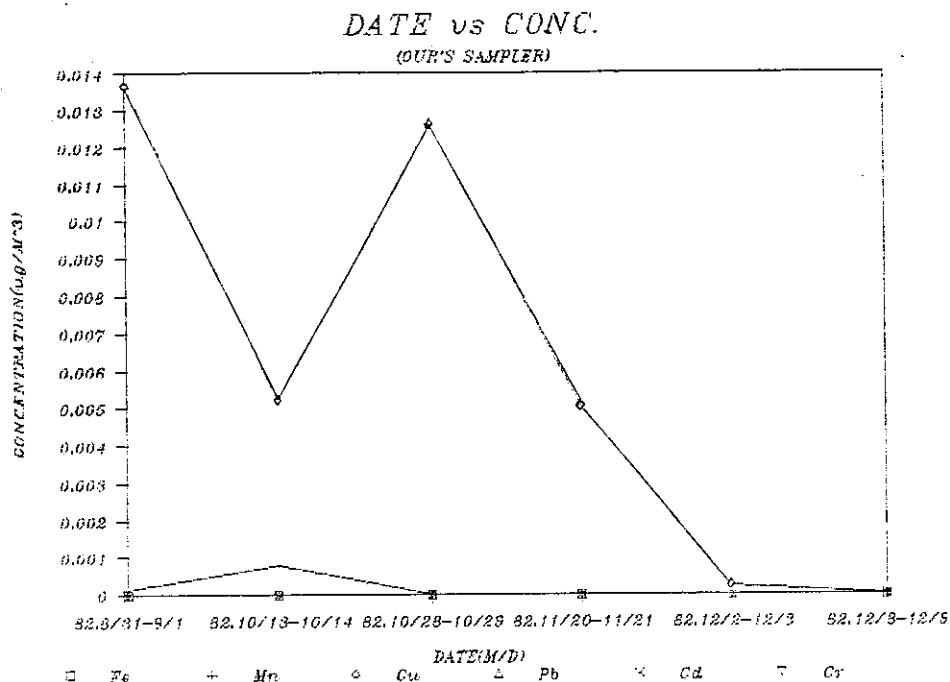
DATE vs CONC.



圖三 蘭嶼站MIAMI AEROSOL SAMPLER測得之陽離子濃度對日期相關圖形



圖四 蘭嶼站ANDERSEN PM10 SAMPLER測得之陽離子濃度對日期相關圖形



行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告。
交通部 氣象局



台灣地區降水之短期預報的研究（Ⅱ）

計劃編號： NSC 83-0618-M-008-001
NSC 83-0202-M-008-005
CWB83-2M-13-3

執行期間：

計劃主持人：張隆男

共同主持人：陳景森

協同主持人：林沛練 陳台琦

處理方式：
(請打勾) 可立即對外提供參考。
 一年後可對外提供參考。
 兩年後可對外提供參考。
(必要時，本會得延展發表時限)

執行單位：國立中央大學

中華民國 83 年 10 月 10 日

摘要

台灣位於亞熱帶，四面環海，境內地形複雜，氣流受到地形的影響，會產生分流、加速或漩渦，影響降水系統的平移或發展，而地形提供冷熱源，使得降水的發生、增強及減弱，常常在短時間內有很大的變化。當降水在某一地區，短時間內急速增加，長可能帶來豪雨，為了掌握這些變化，並提出對劇烈降水的預警，降水短期預報的研究不可缺乏。如何做好即時，則有賴資料的收集是否充裕，降水的性質是否能事先了解。根據Doswell (1986)，McGinley (1986)的研究，欲做好短期預報，下列氣象資料必需得到：

- a. 傳統天氣資料。
- b. 台灣地區連續地面氣象資料。
- c. 傳統及都普勒雷達資料。
- d. 連續高空風資料。
- e. 高時間解析度的低對流層風及溫度資料(整合性探空系統資料)。
- f. 包括台灣地形 $meso-\beta$ 及 $meso-\gamma$ 尺度的模式模擬資料。

在第二年的計劃，我們將注重現有儀器的整合，資料的匯整，雷達資料處理顯示用圖形工作站及觀測資料整合分析工作站的建制，模式模擬個案的初步探討找出降水機制。我們希望透過氣象資料的研判及個案數值模擬，對於做好台灣地區降水的短期預報有個好的準則。

Abstract

Taiwan island is located in the subtropical area. High mountain region orientated from north to south. The splitting of airflow, the acceleration of wind speed and lee-vortex will influence the advection of precipitation system. Besides that, since mountain acts as the sources and / or sink of heat and moisture, the occurrence, the duration , the intensifying and the decaying of the precipitations can vary in a very short time. To understand and to make a good short - range forecasting of those phenomenon are very important for researchers. According to Doswell (1986) and McGinley (1986) the gathering of the meteorological information as soon as possible is essential to the short - range forecaster . The following meteorological data are needed:

- a. Convective meteorological data.
- b. HIgh spacial and temporal resolution surface meteorological data in Taiwan area.
- c. VHF wind data.
- e. Integrated sounding system data.
- f. *meso* - β and *meso* - γ model simulation data.

In the second year we will focus on the gathering meteorological data from existing system , the purching two " work stations " to analyze the radar data and convectional data , respectively , and analyze some preliminary simulation results. We hope through this " team - work " type study. We can find some good methods for short - range forecasting .

Key words : Short - range Forecasting

一、台灣地區降水之短期預報：

台灣位於亞熱帶，四面環海，境內地形複雜，氣流受到地形阻擋有很大的變化。如圖1，不同性值得氣流對降水系統的平移，有很大的影響。而且由氣流所產生的輻合、散場對降水系統平移，有很大的影響。而且由氣流所產生的輻合、散場對降水系統的產生及發生有很大的影響。而降水發生的地點，降水的增強及減弱常常在間內有很大的變化。在TAMEX期間，由於氣象資料較充足，我們可以看到降水的相當快速(圖6)，如在IOP 2，颱線與陣風鋒面相交後回波的變化(圖7)，在IOP 8，台灣山區產生的降水雲系(圖8)的變化亦頗快速，隔月後，鋒面通過本省降水的分布相當不均勻(圖9)。在IOP 13，鋒面南移，在台中地區豪雨的個案(圖10)，其中，回波的變化在台中地區相當劇烈，以上這些觀測現象，再再說明台灣地區降水的變化相當快速，因此，為了掌握這些變化，並對劇烈降水能夠提出預警，降水短期預報的研究不可缺乏。

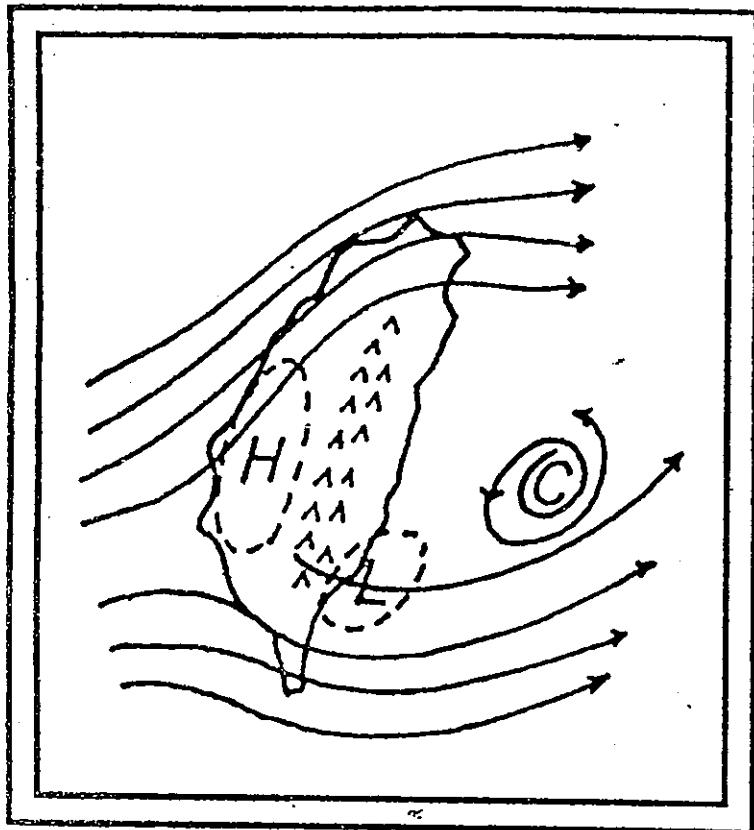
根據Doswell (1986)的研究，欲做好短期預報研究，有幾個方法要注意(圖11)，這些方法如中尺度模式、大尺度模式、氣候值、線性外延法以及氣象人員物理模式。再根據McGinley (1986)的研究，作好即時預報的工具有傳統雷達、都普勒雷達、衛星、探空資料以及傳統天氣資料。國科會與中央大學合資所採購的ISS系統，於1992 - 1993在NAURU參加TOGA / COARE的研究，初步資料結果描述如下，圖12a是斜溫圖，一天最多可觀測12次，由圖12a可以迅速了解大氣的垂直結構，對於判別降水的特性有很大的幫助(Weismann and Klemp , 1986)如此我們可以每隔兩小時得到降水的指標，對於短期降水的預報，必有很大的助益。圖12b及c是利用陣列天線發射電磁波來測量大氣水平風場的垂直分布情形。圖12b的解析度為98m，可測量到5km高。圖12c的解析度為238m，可測量到10km高，圖12b及c的測量時距為30 min，如果有必要，可提高到連續觀測，有了水平圖的詳細資料，對於降水系統的平移必能掌握。圖12d為1.5 km以下的濕位溫的時間變化圖，資料高度距為60m，時間間距為30 min，必要時可以連續觀測。有了這些資料，可以隨時了解低層穩定度的變化，對於降水系統的發生或延續可以有效掌握。另外ISS系統亦配備地面觀測儀器，一般地面的觀測要素皆可以得到。這些機器目前以搬回國科會貴儀器中心-中壢站，可接受各方的觀測使用要求。

降水預報中對於雨量的估計亦十分重要，雨量的估計可以用雷達回波與降水量的關係式來估計(Z-R 關係式)。這種關係式與降水形態、季節、地點皆有很大的關係，在台灣地區對於用雷達回波來估計雨量的研究，以中央大學陳台琦教授作的最多，圖13a及b是她提供的，圖13a是利用中正雷達的降水回波與

氣象局北部自動雨量站資料所導出的Z-R關係式(1989年5月29日)。圖13b是比較回波估計的雨量與地面觀測雨量的比較，在24小時降水量比較相關係數達0.85，因此利用Z-R關係式，可以有效在海上或無雨量站的地方估計雨量，對於降水預報有莫大的助益。

氣流受到地形影響很大，利用模式來了解風場的變化是很重要的，meso-γ數值模式的發展有了初步成果(見附錄)。圖14是在Froude number為0.2下，模式中氣流通過理想山的情形，山前逆流，山後渦流的情形與Smolarkiewicz and Rotunno (1989)類似。圖15a及b是1987年6月20日1200 LST及1400 LST的地面觀測資料，圖16a及b是1987年6月20日1200 LST及1400 LST的地面觀測資料，圖16a及b是利用模式模擬的結果，我們發現模式在外海地區(北部澎佳嶼，中部馬公及東南部蘭嶼)的風向與觀測資料符合，而在嘉南地區的風向，亦有不錯的結果。同時在台灣北部模擬風向為海風的形態，與觀測相當符合，因此模式的模擬風向，在目前可以當作預報的參考資料。這些模擬的結果是利用國科會補助的工作站完成的。而降水的因素，需要模式的繼續發展以及好的數值模擬工作站。若再能配合分析資料的新工作站診斷分析各種可能收集到的資料，嘗試尋找可能影響降水的因素，以及第二、三年模式的修改，系統與必要周邊設備，而模式的發展也達到較好的地步後，我們才有能力作更進一步的個案研究，找出影響降水的重要因素。

降水短期預報的研究，最重要的部分包括即時收集資料之診斷分析以及降水演變特性之模擬，即時資料之研究包括各種綜觀傳統地面或探空之研究，降水回波雷達數據化資料衛星資料，VHF雷達風場資料，邊界層鐵塔的風場資料以及整合性探空系統密集氣象要素的垂直分布資料的診斷分析。短期預報資料之分析具有資料量大，處理速度快的需求，另外對繪圖能力以及圖形識別顯示視覺化要求也有很高之要求，因此添購適當的工作站是很迫切的需要。因此本計劃已添購兩套工作站，一套是雷達資料處理顯示用圖形工作站，另一套是觀測資料整合分析工作站，利用這兩套工作站所具備的繪圖功能以及輸出輸入的特殊需求之特性，已確保整個研究及品質。



A conceptual model of the Taiwan southeast mesolow and mesocyclone. A stationary mesohigh forms on the upstream and a mesolow forms on the southeast of the CMR under a prevailing westerly or southwesterly flow. An additional moving mesocyclone develops to the east of the CMR if the impinging angle of the prevailing wind is large

圖1. 摘自 LIN. et.al.(1992)

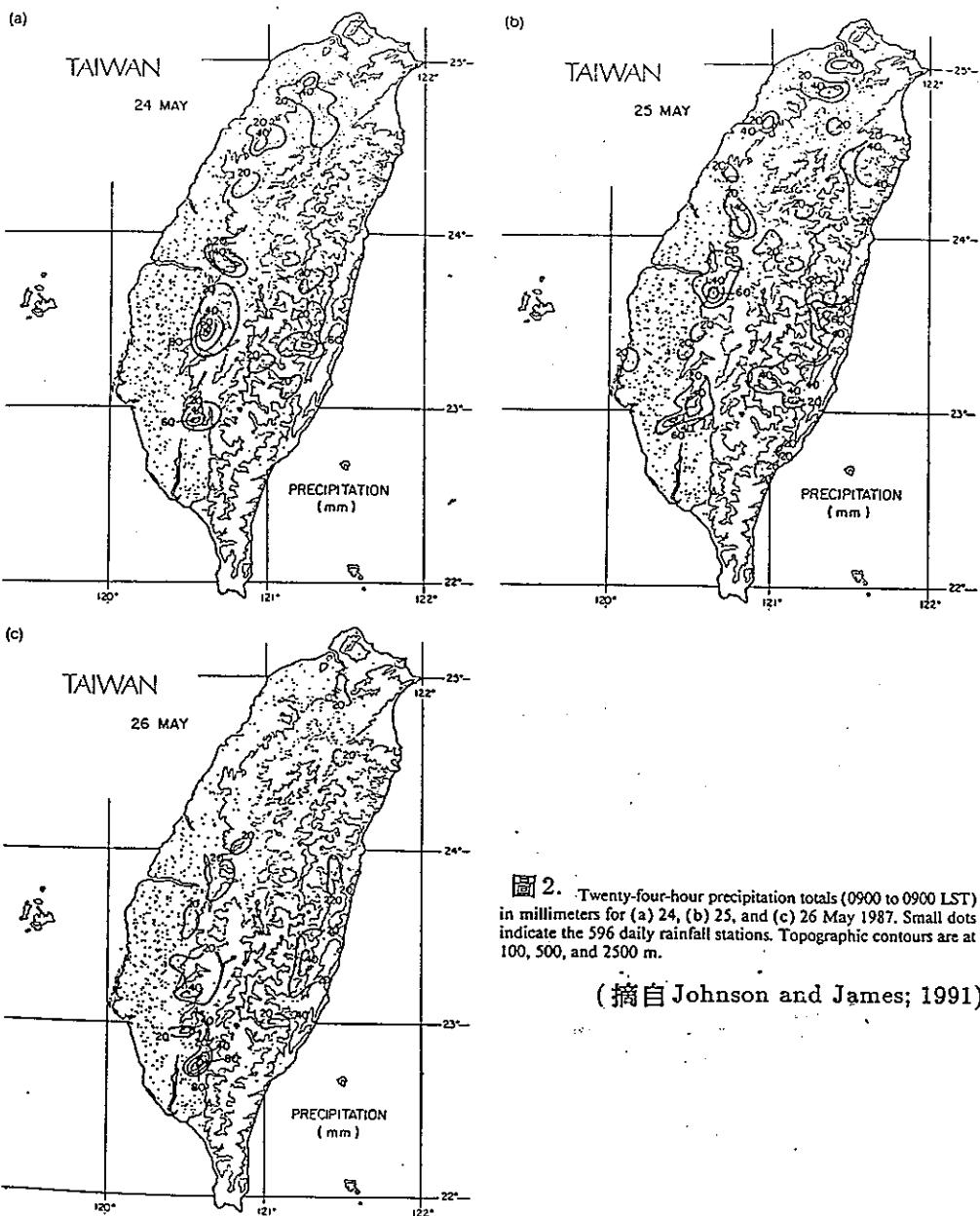


圖 2. Twenty-four-hour precipitation totals (0900 to 0900 LST) in millimeters for (a) 24, (b) 25, and (c) 26 May 1987. Small dots indicate the 596 daily rainfall stations. Topographic contours are at 100, 500, and 2500 m.

(摘自 Johnson and James; 1991)

convective in nature. The thunderstorms were most numerous on the 24th and 25th (Figs. 15a and 15b), diminishing considerably over the northern half of the

island on the 26th (Fig. 15c) as drier air aloft moved over that region. A very interesting behavior of the convection on these 3 days was a preference for

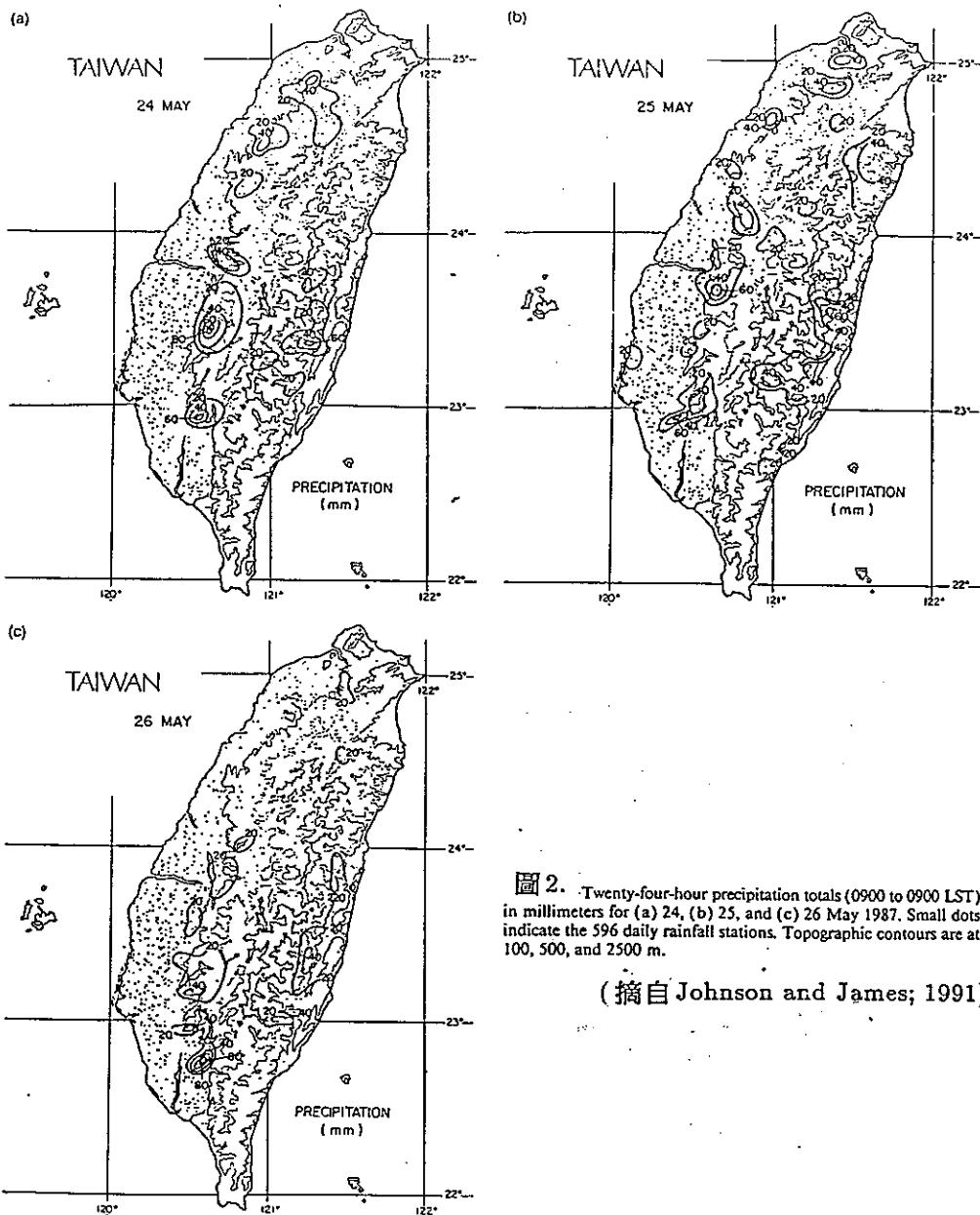


圖 2. Twenty-four-hour precipitation totals (0900 to 0900 LST) in millimeters for (a) 24, (b) 25, and (c) 26 May 1987. Small dots indicate the 596 daily rainfall stations. Topographic contours are at 100, 500, and 2500 m.

(摘自 Johnson and James; 1991)

convective in nature. The thunderstorms were most numerous on the 24th and 25th (Figs. 15a and 15b), diminishing considerably over the northern half of the

island on the 26th (Fig. 15c) as drier air aloft moved over that region. A very interesting behavior of the convection on these 3 days was a preference for

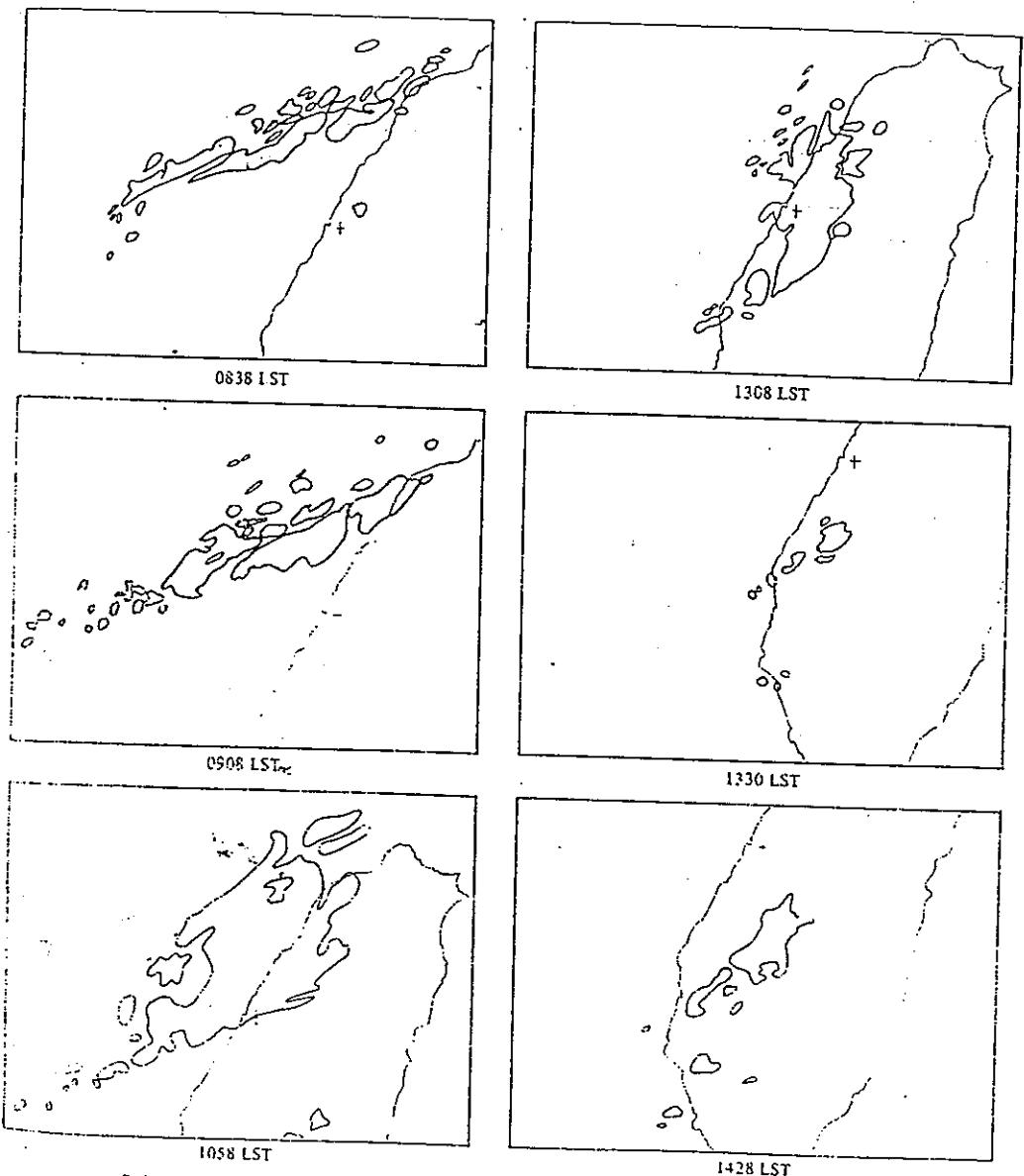


圖3. Detailed appearance of PPI echo system in the heavy rainfall period on Feb. 2, 1983.

摘自 Liao and Chen (1984)

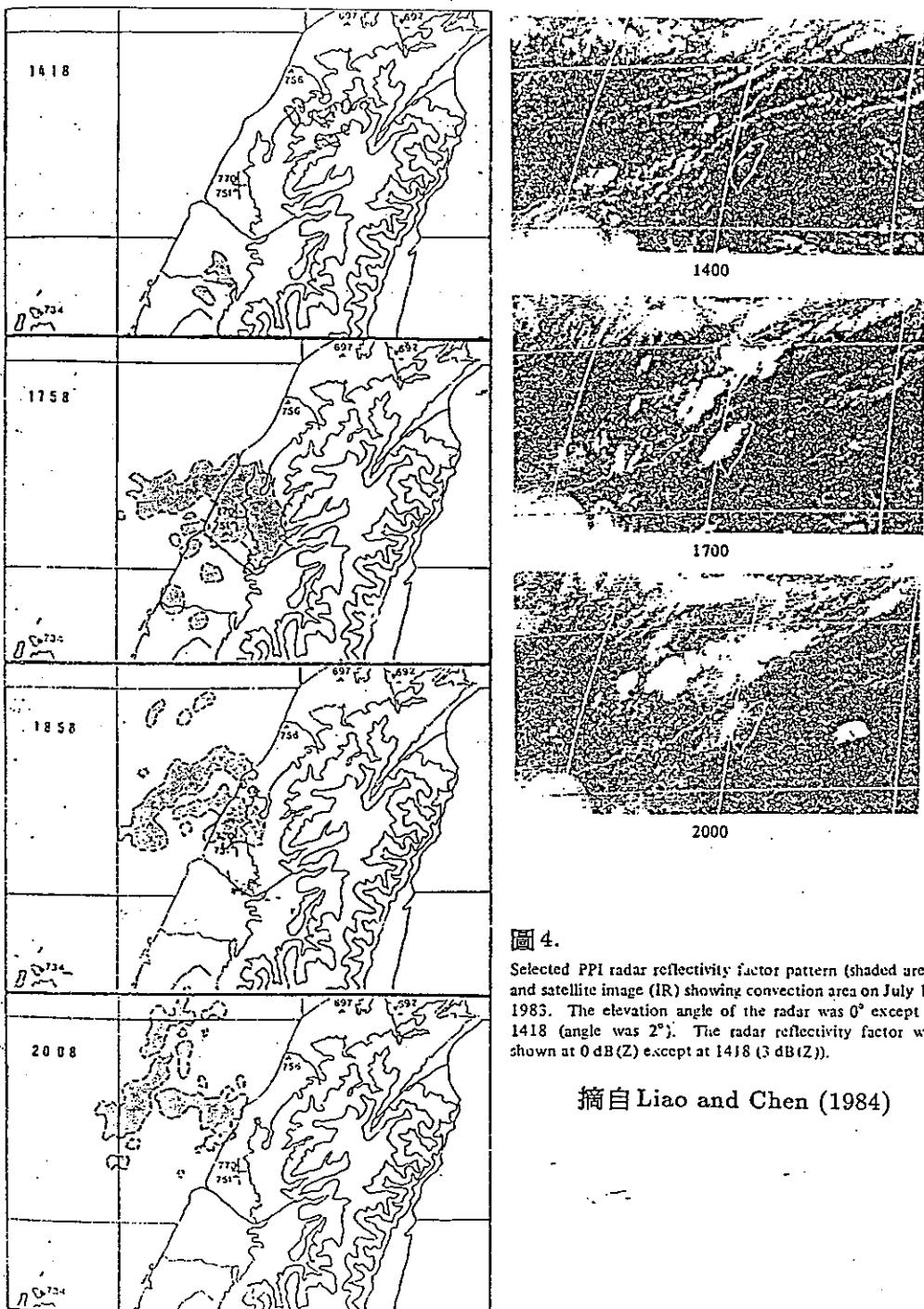


圖 4.

Selected PPI radar reflectivity factor pattern (shaded area) and satellite image (IR) showing convection area on July 17, 1983. The elevation angle of the radar was 0° except at 1418 (angle was 2°). The radar reflectivity factor was shown at $0 \text{ dB}(Z)$ except at 1418 ($3 \text{ dB}(Z)$).

摘自 Liao and Chen (1984)

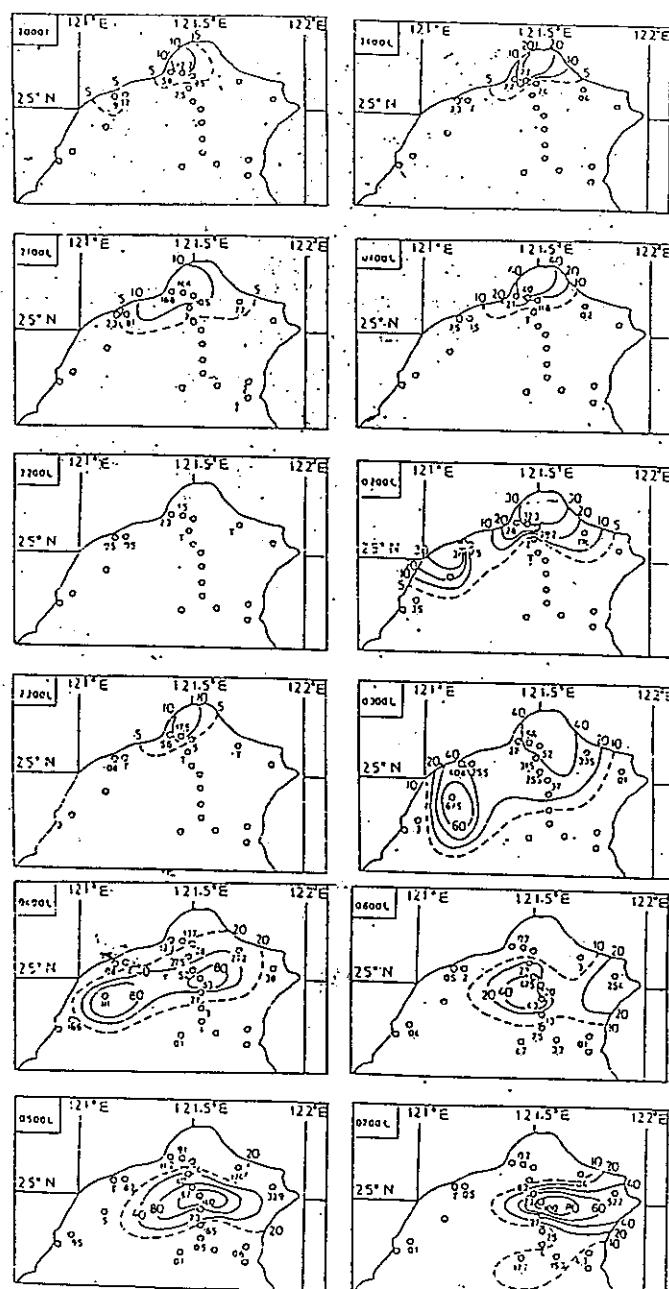


圖 5. 1984 年 6 月 2~3 日，台灣北部地區每小時降水量分布圖
單位：公釐

摘自丘台光與劉復誠(1985)

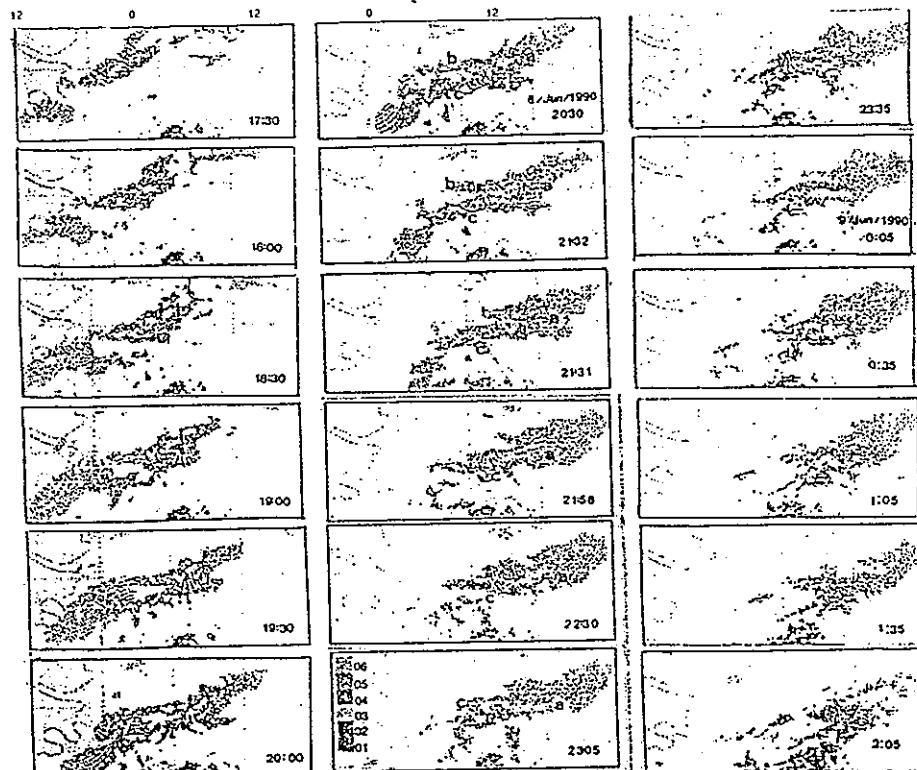


圖 6. 中大官達每30分鐘PPI時間序列圖。

摘自王等(1991)

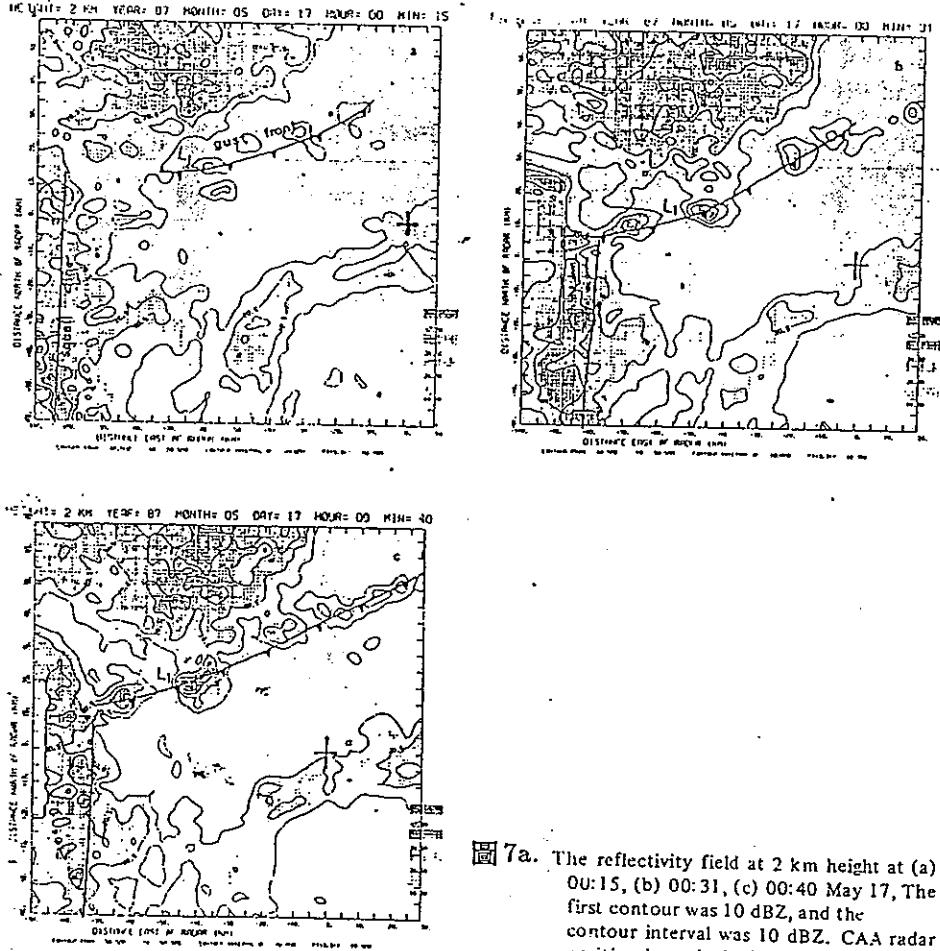


圖 7a. The reflectivity field at 2 km height at (a) 00:15, (b) 00:31, (c) 00:40 May 17, The first contour was 10 dBZ, and the contour interval was 10 dBZ. CAA radar position is marked with a cross.

摘自 Wang (1989)

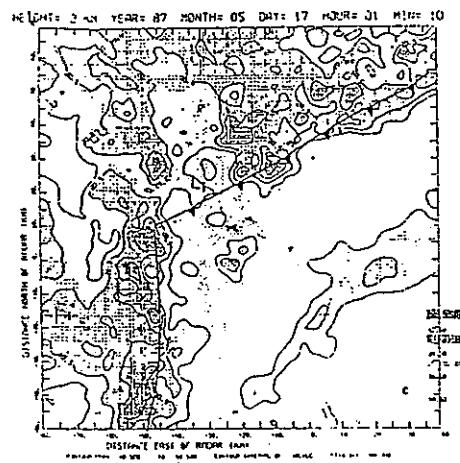
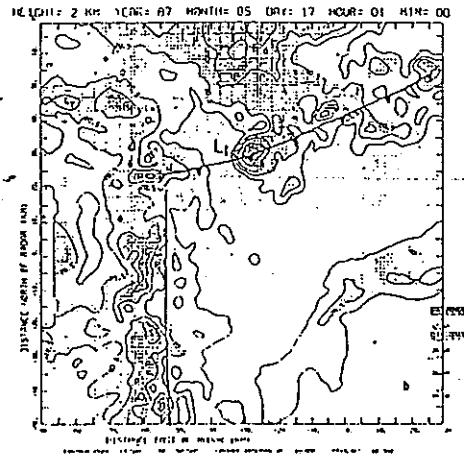
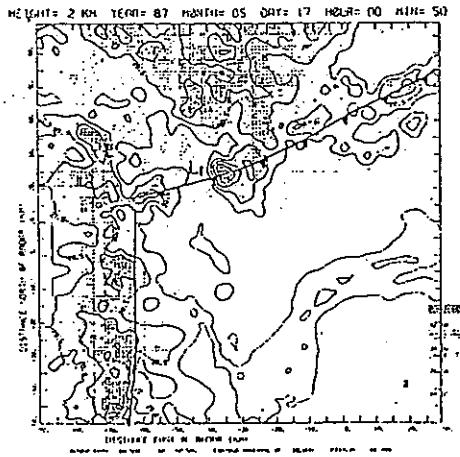
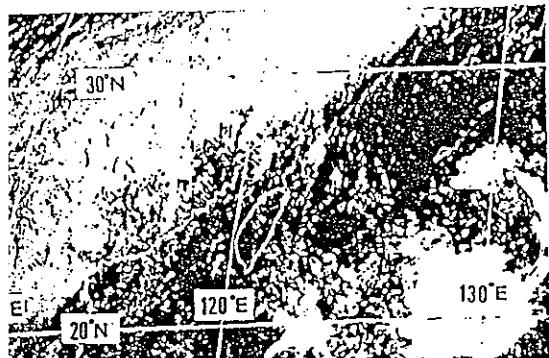


图 7b. Same as 图 7a. except for the reflectivity field at 2 km height at (a) 00:50, (b) 01:00, (c) 01:10 May 17.



36

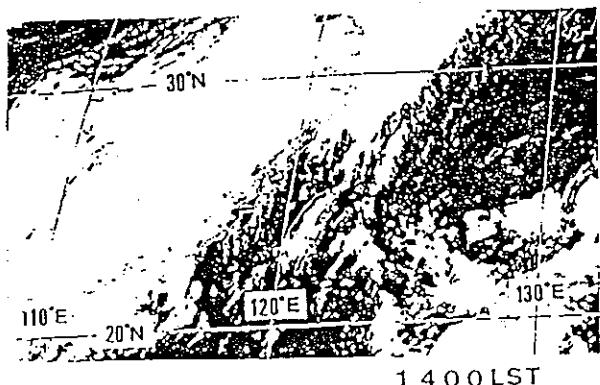
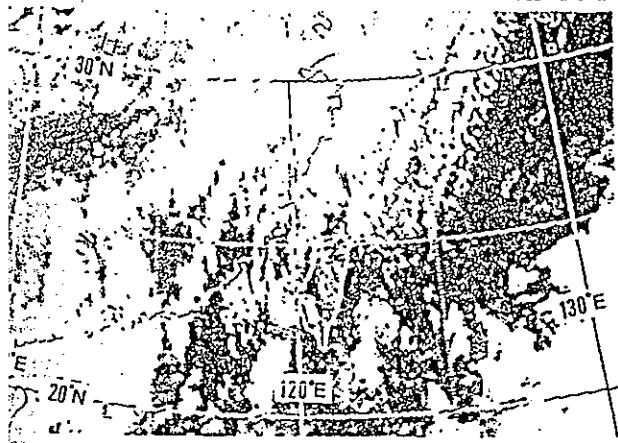
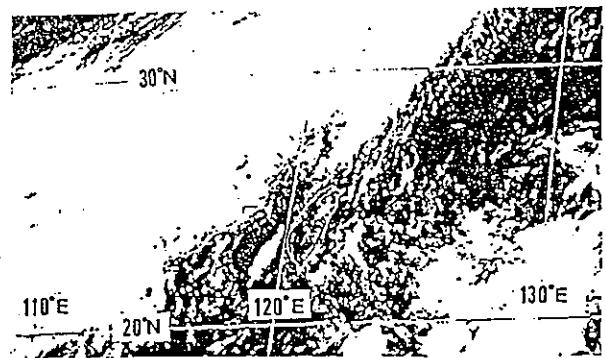
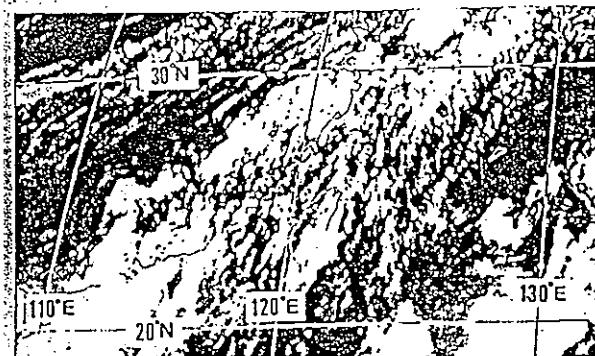
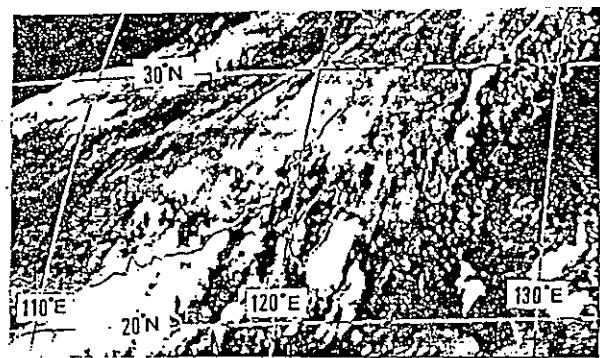


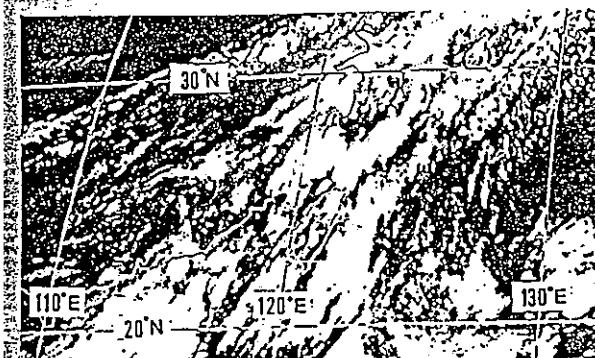
圖8a. 1987年六月七日IR圖



1700 LST



2000 LST



2300 LST

圖 8b. (續)

ACCUMULATED PRECIPITATION (mm) FOR
0000 LST 8 JUNE - 0000 LST 9 JUNE

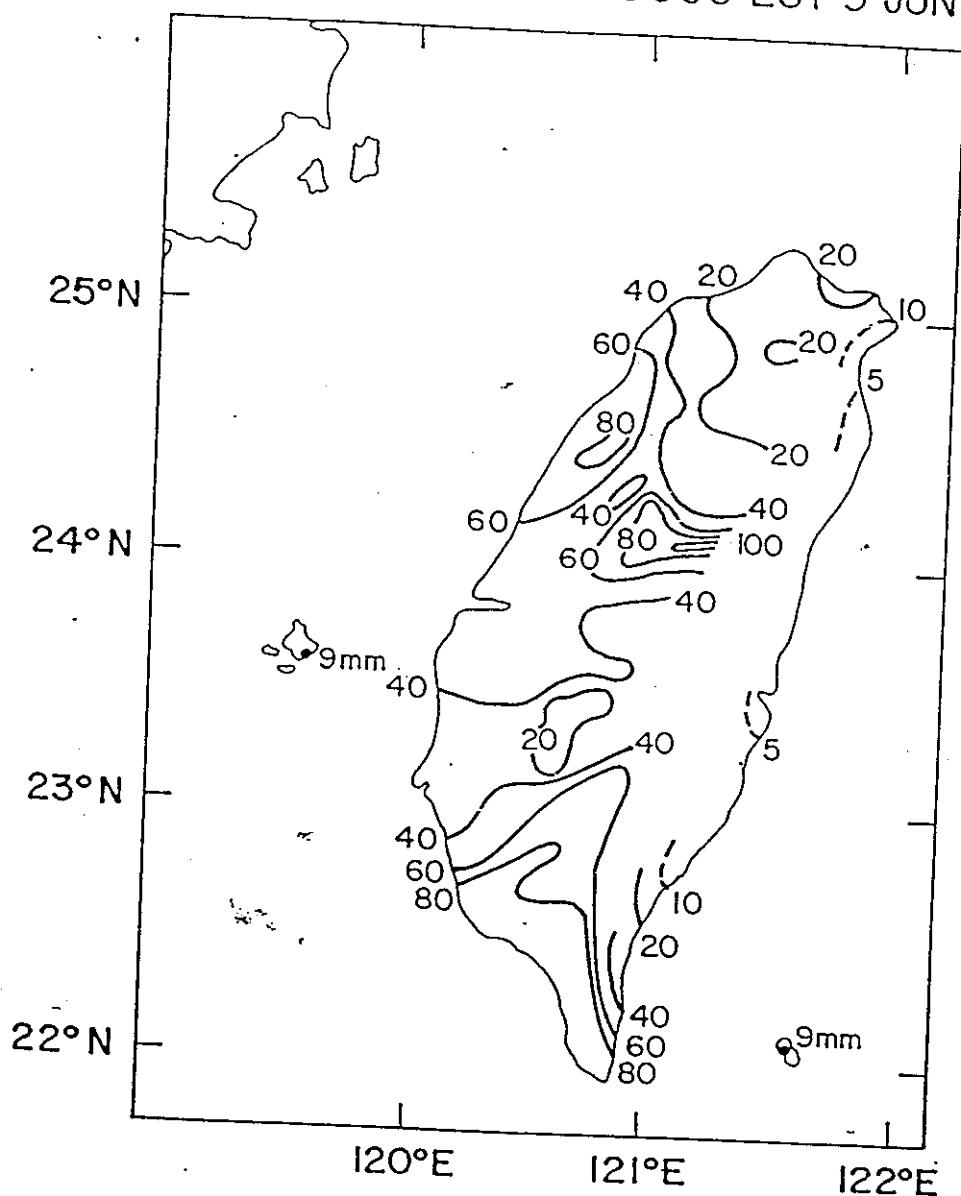


圖9.

(摘自 Trier. et.al; 1990)

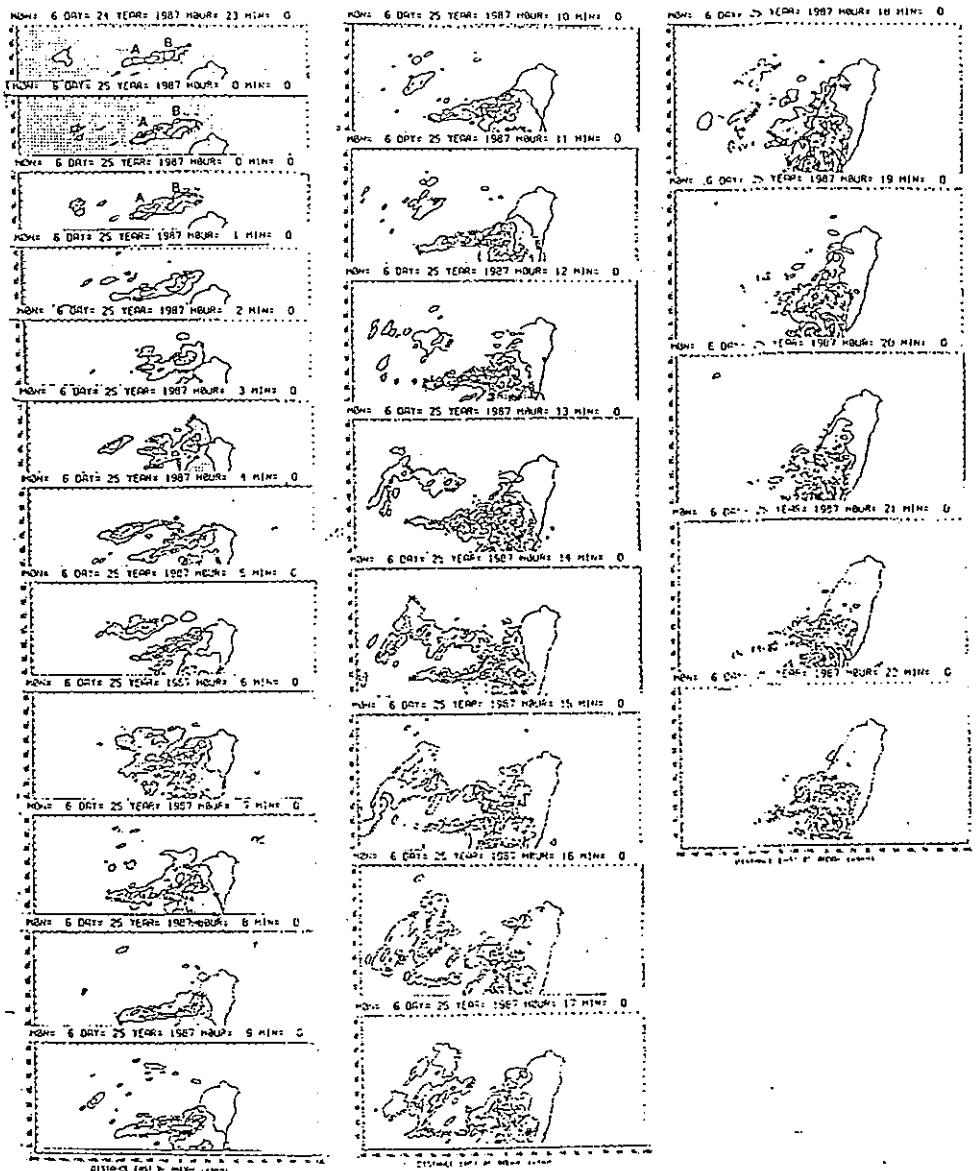


圖 10. The reflectivity field from Kaohsiung radar during 2300LST June 24 to 1200LST June 25, 1987. The first contour is 15.5 dBZ, the contour interval is 10 dBZ.

摘自 Lin et.al. (1989)

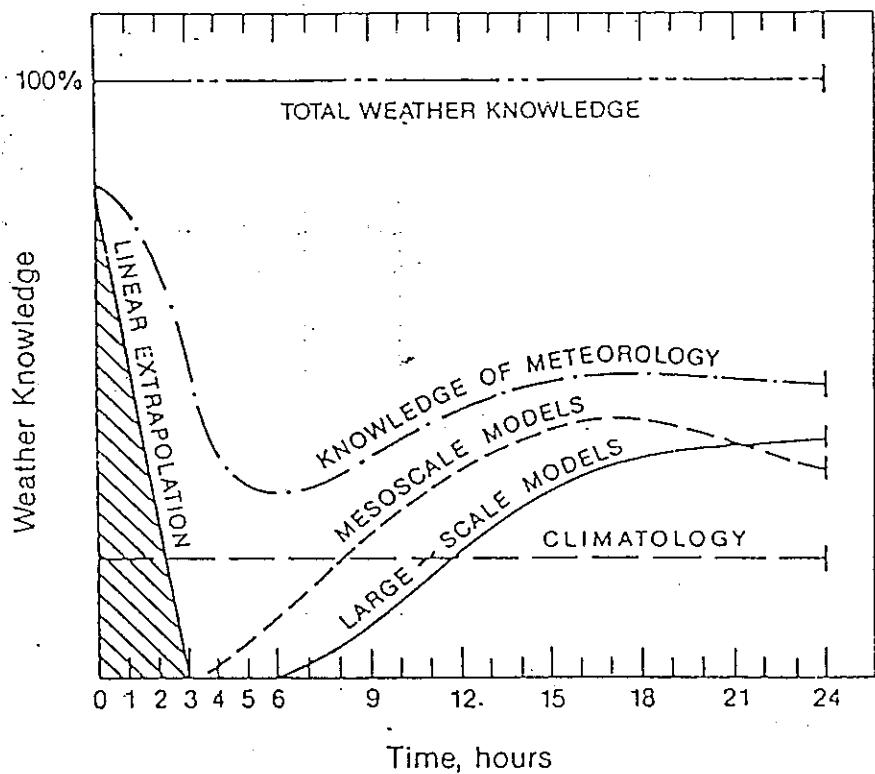


圖11. Effectiveness of different approaches to short-range (mesoscale) forecasting.

摘自 Doswell III (1986)

CLASS 10 SECOND DATA
TOGA/COARE: NAURU
GMT Launch Time (y,m,d,h,m,s): 1992, 10, 19, 10:47:03

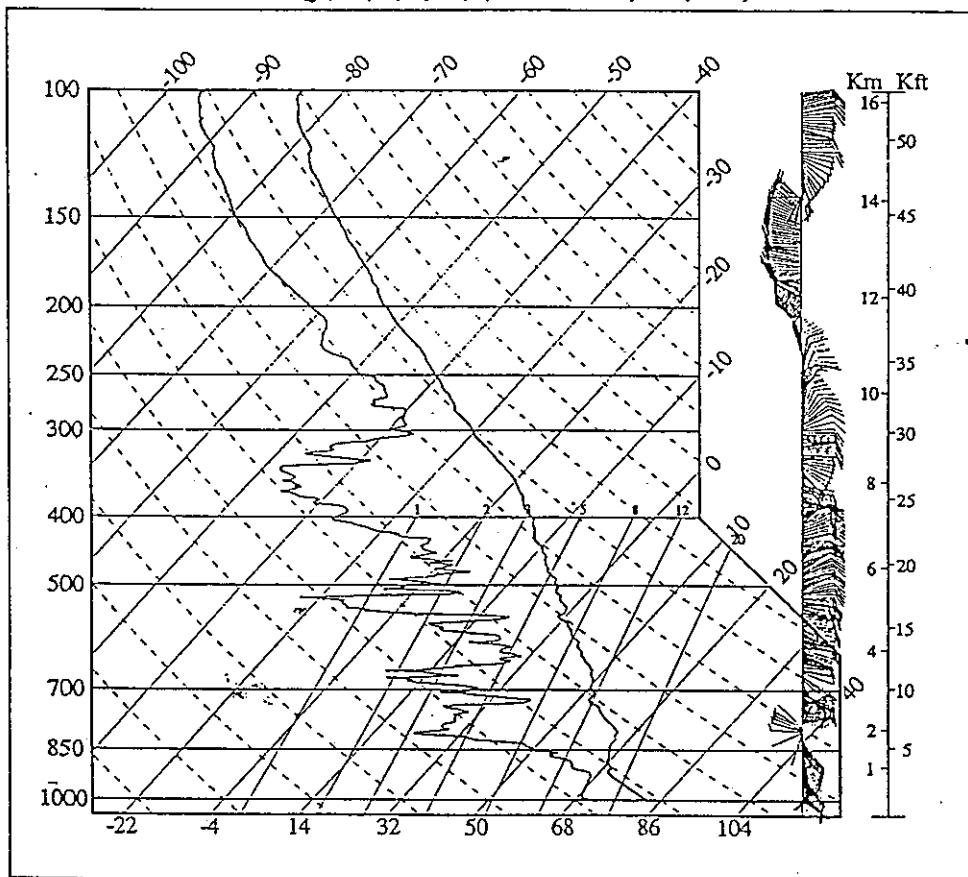


圖 12a：由 C L A S S 系統資料所繪製成的斜溫圖

PROFILER WIND DATA
TOGA/COARE: NAURU
DATE: 1992, 10, 19

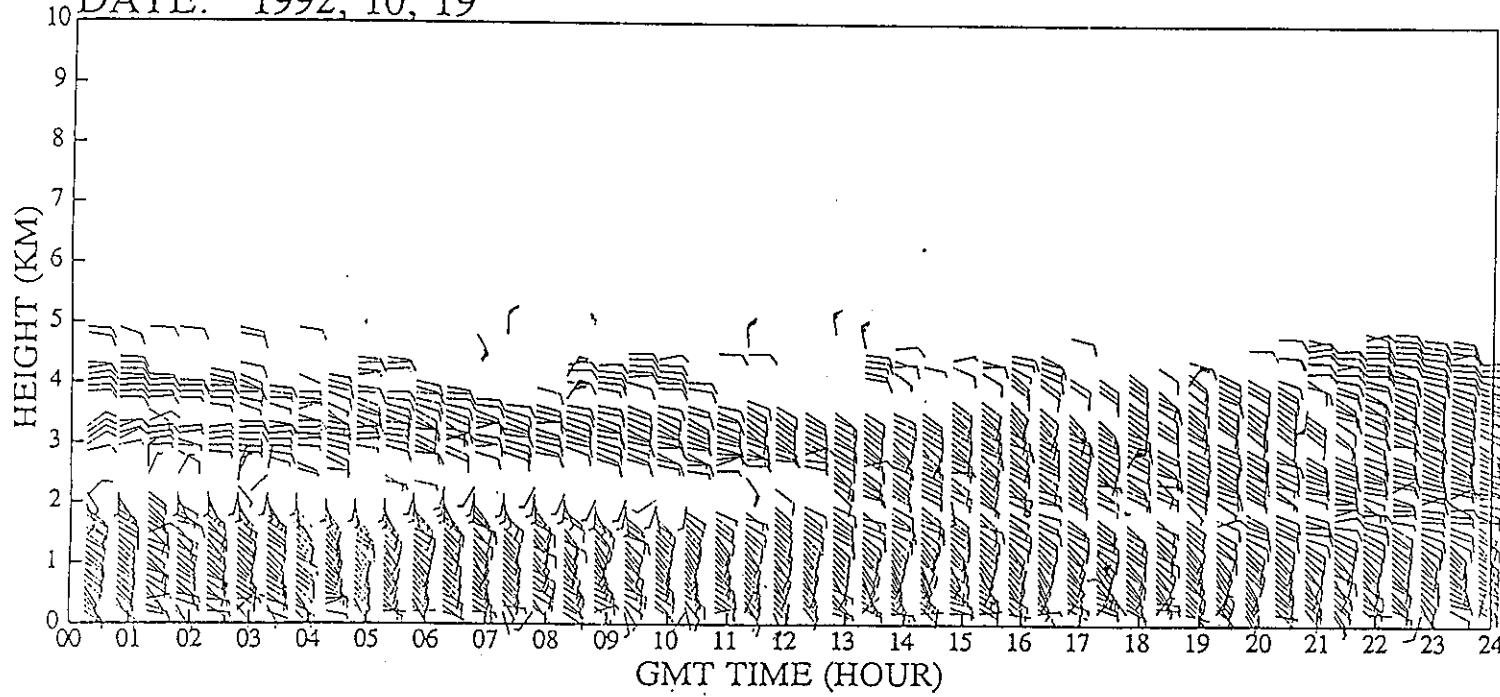


圖 12b：由 PROFILER 系統高垂直解析度資料所繪製成的風場變化圖

PROFILER WIND DATA
TOGA/COARE: NAURU
DATE: 1992, 10, 19

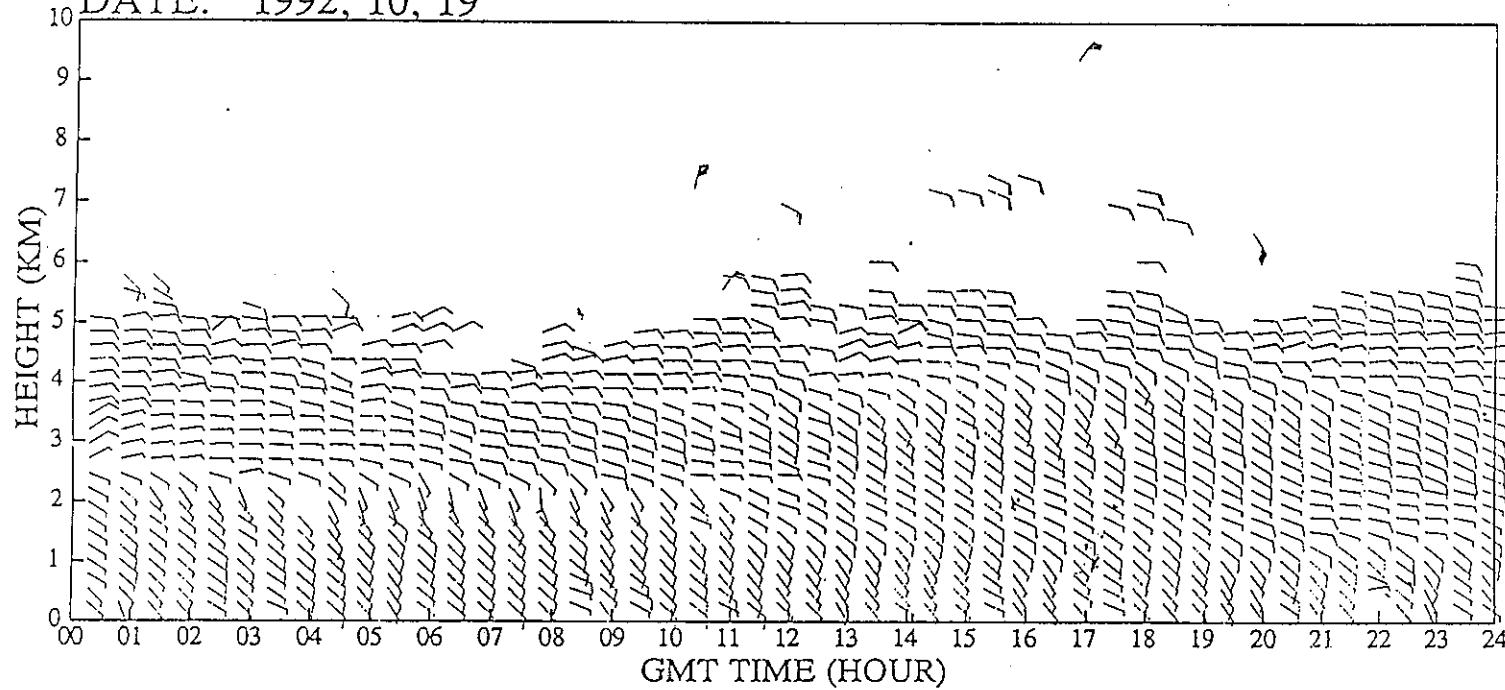
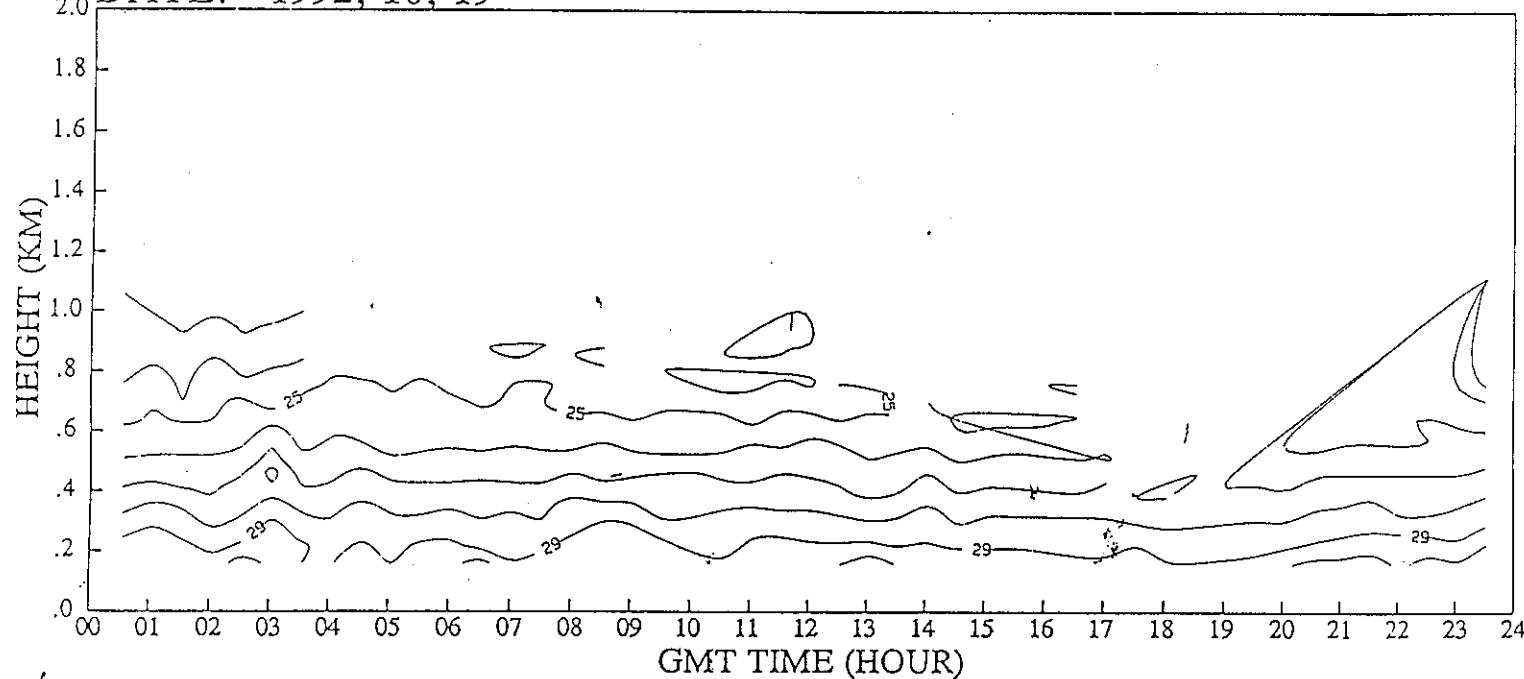


圖 12c.: 由 PROFILER 系統低垂直解析度資料所繪製成的風場變化圖

RASS TEMPERATURE DATA
TOGA/COARE: NAURU
DATE: 1992, 10, 19



CONTOUR FROM 15 TO 30 CONTOUR INTERVAL OF 1

圖 12d': 由 R A S S 系統資料所繪製成的溫度變化圖

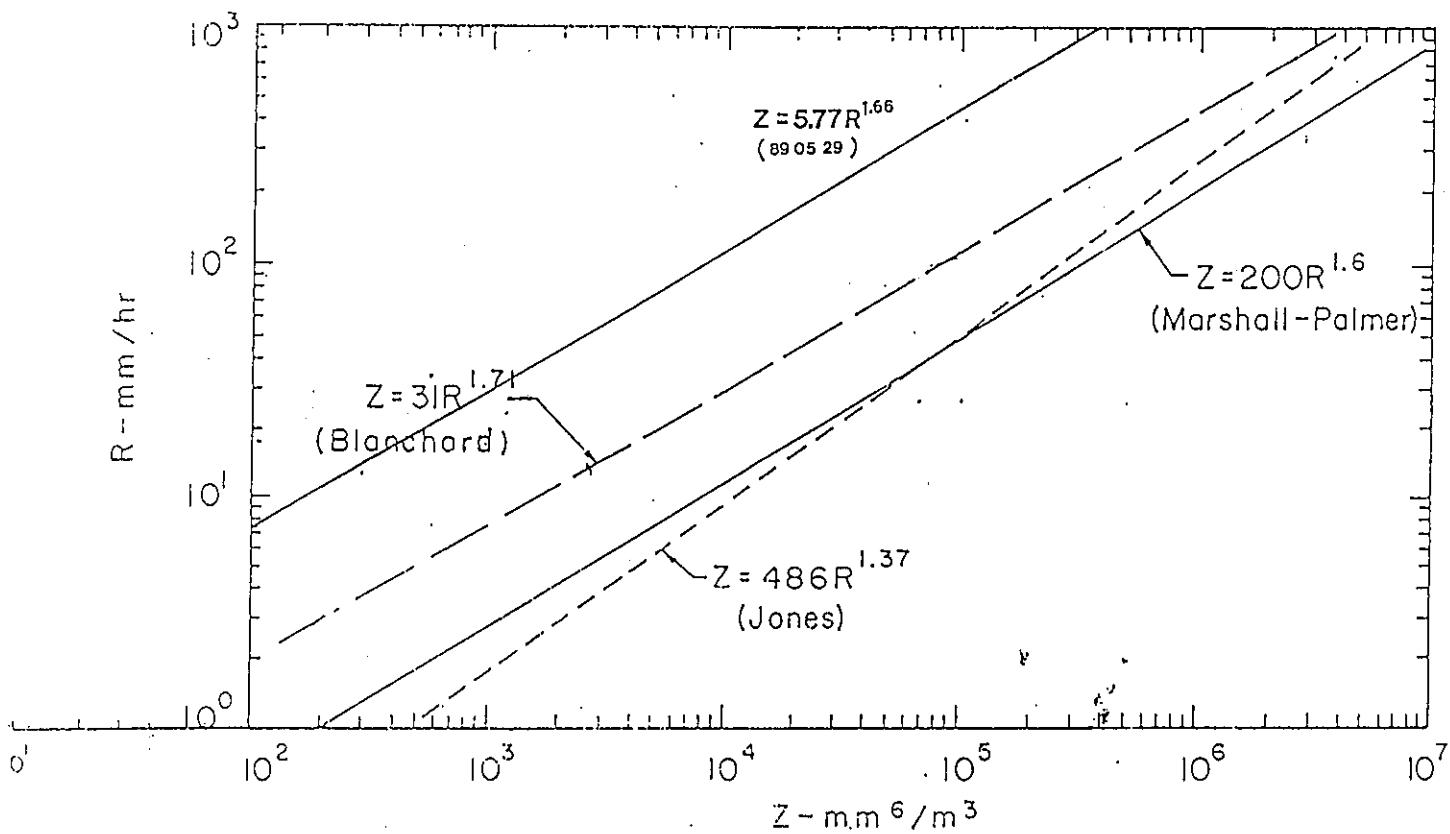
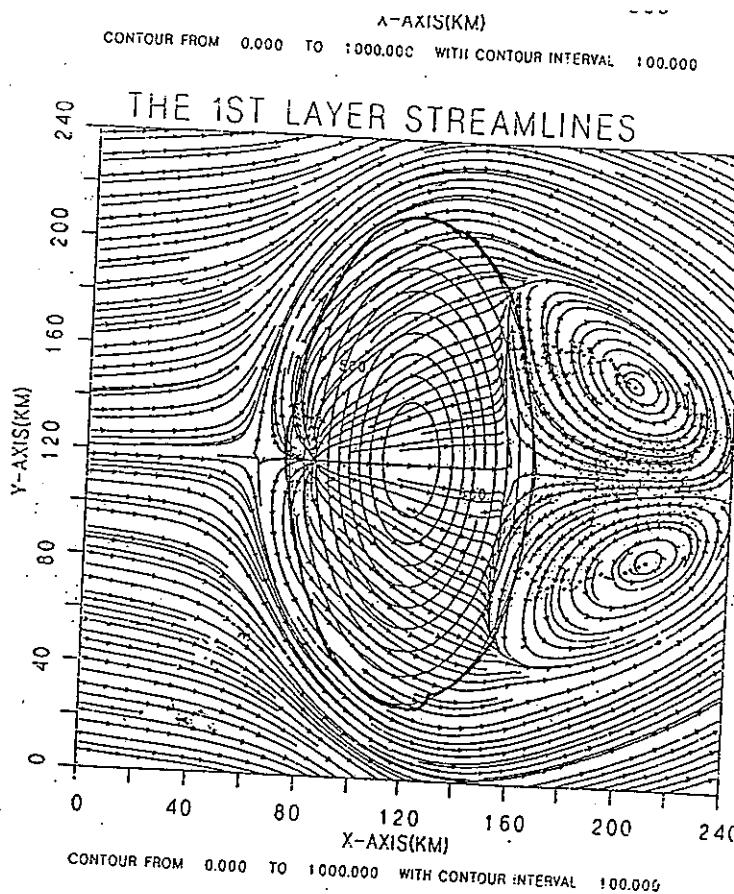


圖13a 中正電達 1989.05.29. 之Z-R關係式和國外經驗式的比較.

TOTAL : 23 STOPS

開始時間 : 5290543	5290943	5291443	5291943	5300043	5300543
測站累積雨量 (mm)	56.4	79.6	111.0	113.8	118.6
回波估算累積雨量(mm)	43.6	75.5	114.2	118.3	121.8
兩者相關性	0.868	0.658	0.690	0.813	0.846

圖 13b



$$Fr = 0.2 = \frac{U}{NH}$$

$\Delta x : 2km$

$\Delta y : 2km$

圖14. Smolarkiewicz and Rotunno (1989)

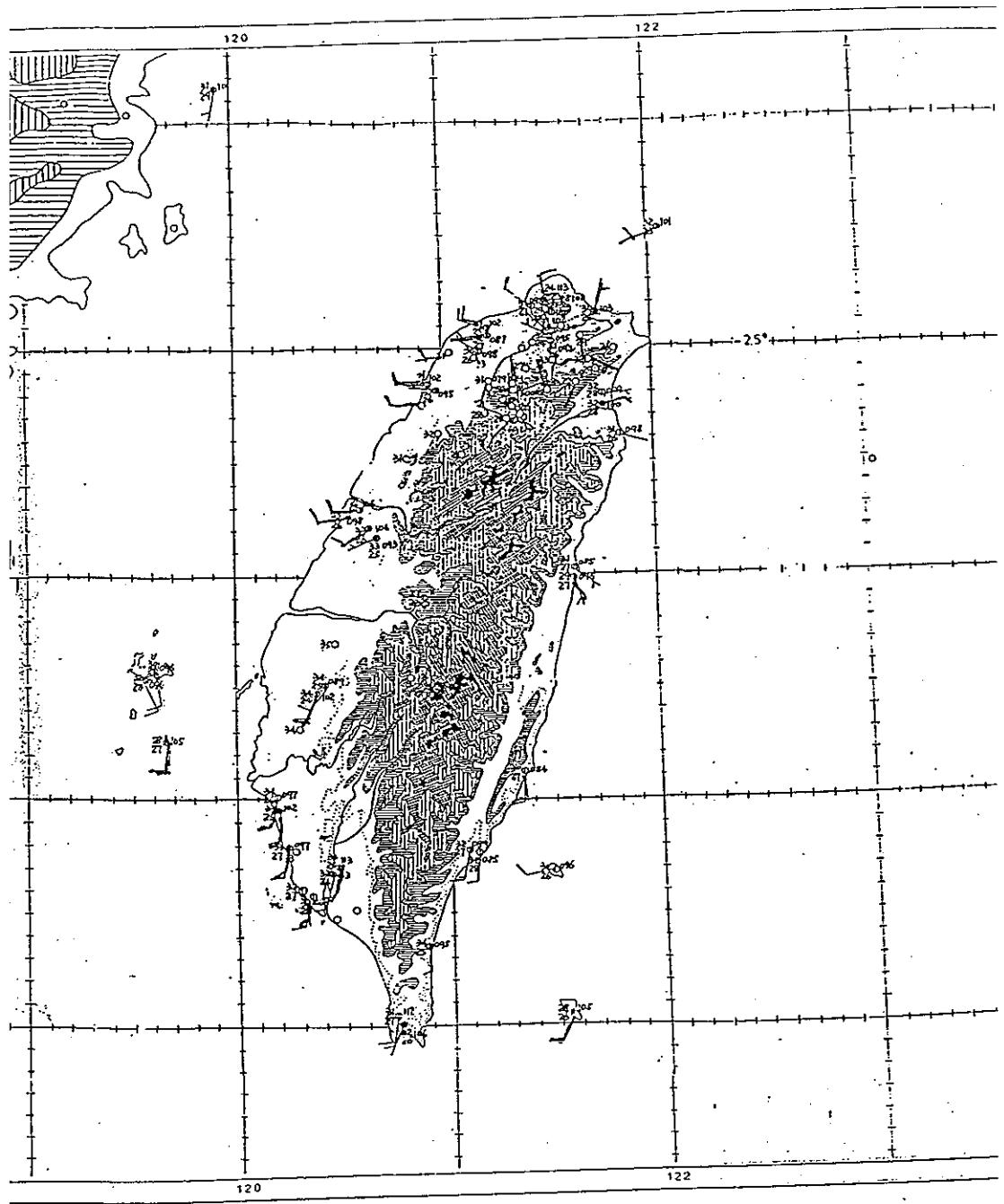


圖 15a. 1987.6.20 1200 LST

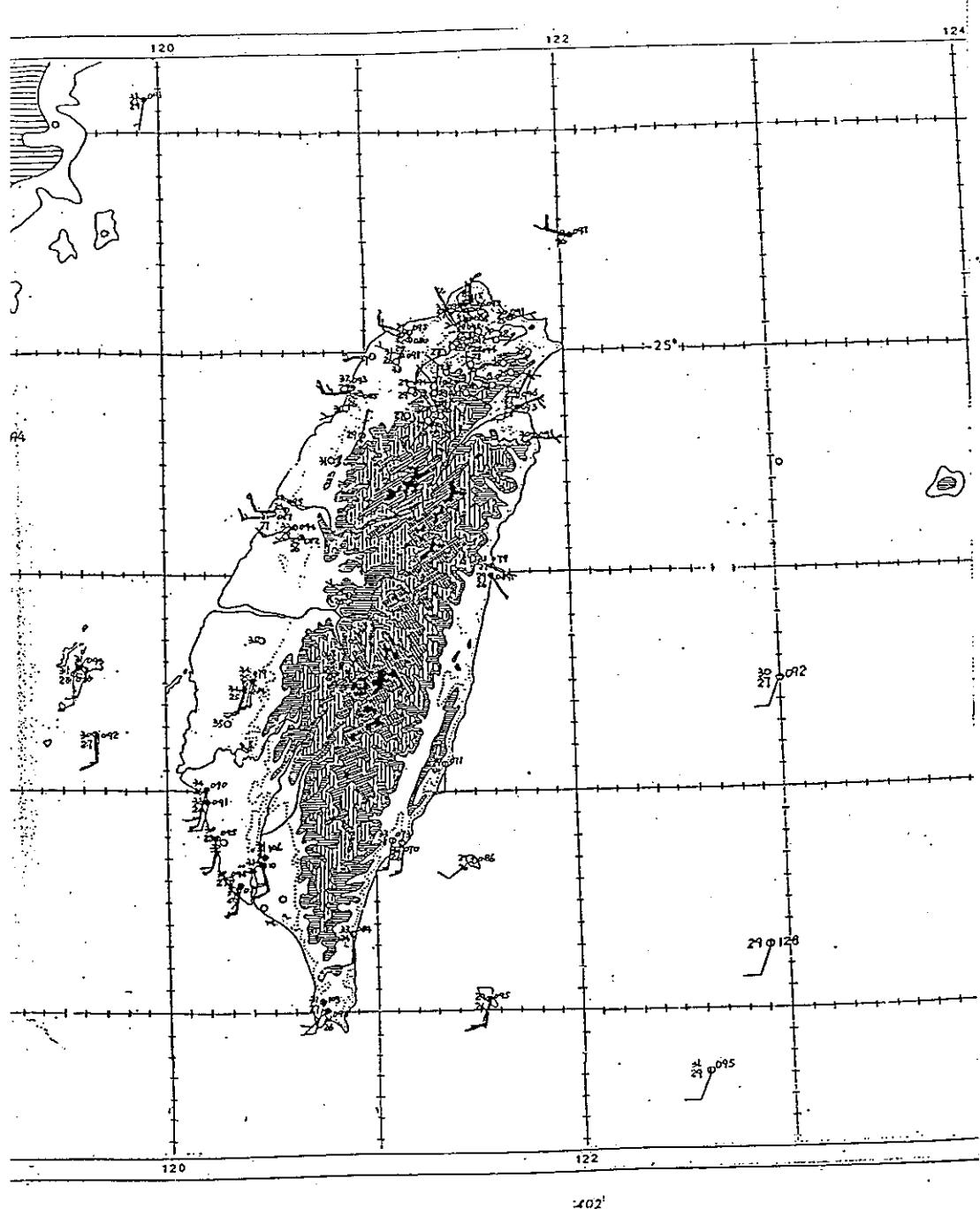


圖 15b. 1987.6.20 1400 LST

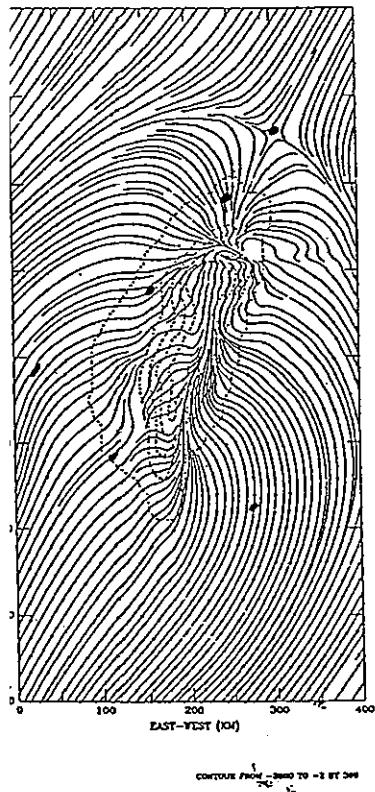


圖 16b. 模擬結果與圖 15b. 比較

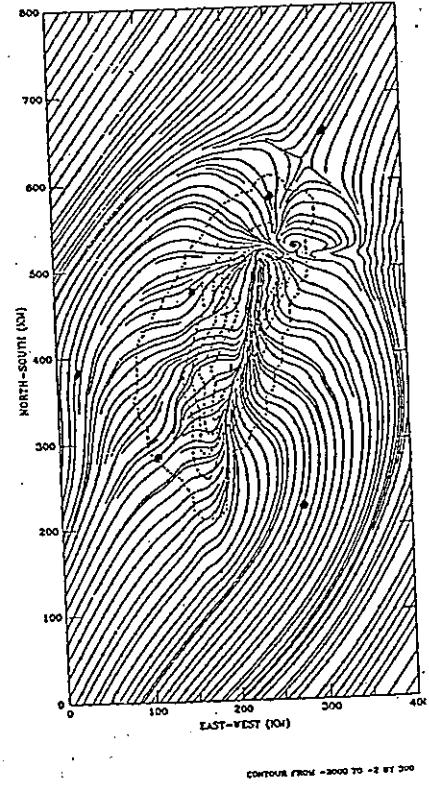


圖 16a. 模擬結果與圖 15a. 比較

二、都普勒雷達資料分析

一. 資料特性：

自民國八十年秋季，中正機場都普勒雷達即可與中大物理所之電腦連線。這些資料是雷達掃描時之原始資料(rawdata)，以原來的體積掃描(Volume Scan)球面座標檔通過及電信局9600線路即時傳送，在中大的工作站可選擇性地顯示或存錄這些雷達資料。資料將包括回波強度(Reflectivity)徑向風場(radial wind)及波譜寬(spectral width)，時間解析度可達每小時四次體積掃描。

二. 資料分析：

都普勒雷達資料在即時預報的應用可分成兩個階段的分析。

第一階段：資料偵錯及顯示

主要目的為PPI、RHI的顯示，但資料須經過初步的處理如

- 1去除地面回波
- 2去除雜訊

第二階段：診斷及研判

利用原始資料做進一步計算如

- | | |
|-----------------------------------|---------------|
| (1)VAD (Velocity azimuth display) | 可分析平均風場輻散及變場 |
| (2)VVP | 可提供較粗解析度之二維風場 |
| (3)TREC | 可提供回波移動速度 |
| (4)wind shear estimation | 可估計風切 |
| (5)vertical velocity estimation | 可估計垂直速度 |
| (6)rainfall estimate | 可估計雨量 |
| (7)Interpolation | 可轉換成直角座標資料 |

三. 資料應用：

如資料分析軟體已完備時，即可開始針對不同的天氣發展即時預報之方法(algorithm)。如鋒面系統中鋒面位置、移速、風場、鋒面斜率、輻散場及變形場對鋒面結構之影響等。MCS中，中尺度渦旋、陣風鋒面偵測風場與深對流的關係等。

颶風系統：颶風中心位置眼牆上雨帶結構，環流與地形之間關係等。下面的圖為分析颶風個案的例子。

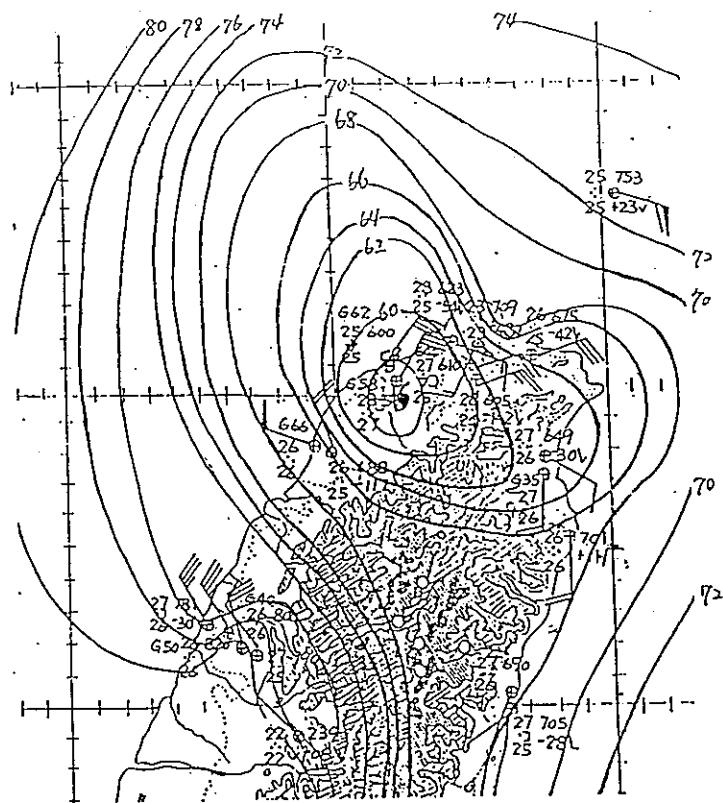


圖 17. : 楊希颱風個案期間，8月19日1200LST 地面填圖資料及氣壓分佈圖。

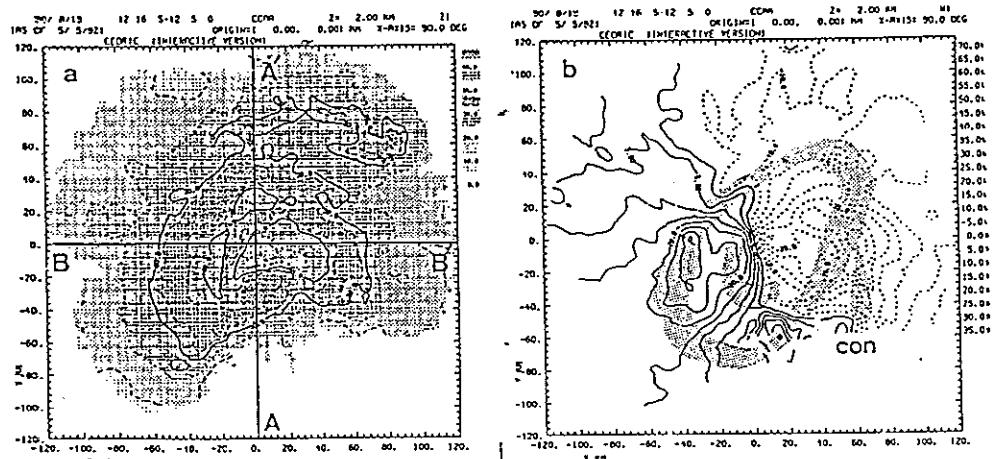


圖 18.: a、b 分別是 8 月 19 日 1205LST 中正雷達站觀測所得高度為 2 公里之雷達回波圖及徑向風場。

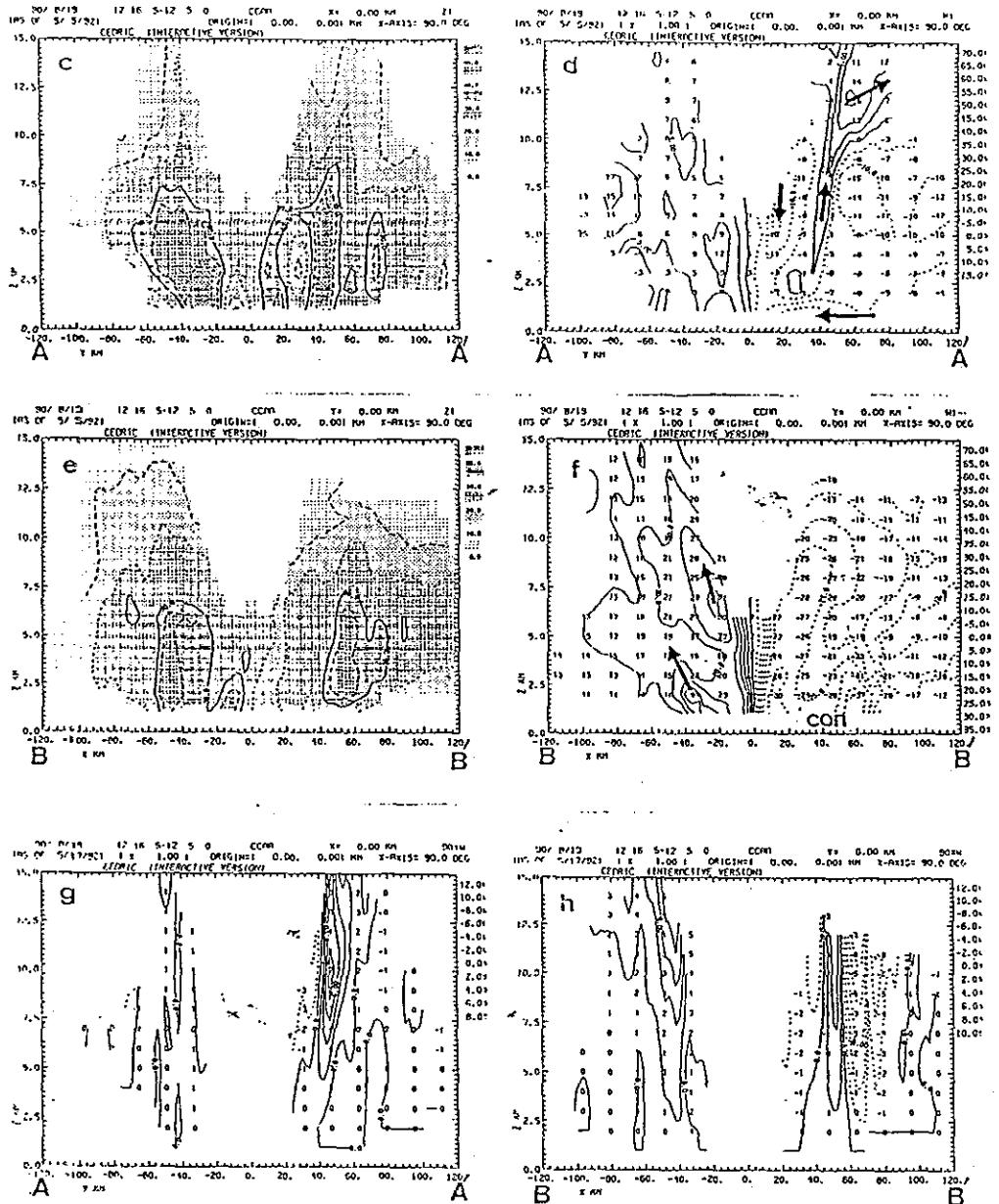


圖19.: c、d分別是圖a中AA'垂直剖面的雷達回波圖及徑向風場。e、f分別是圖a中BB'垂直剖面的雷達回波圖及徑向風場。g、h分別是圖a中AA'、BB'剖面的垂直速度估算結果。

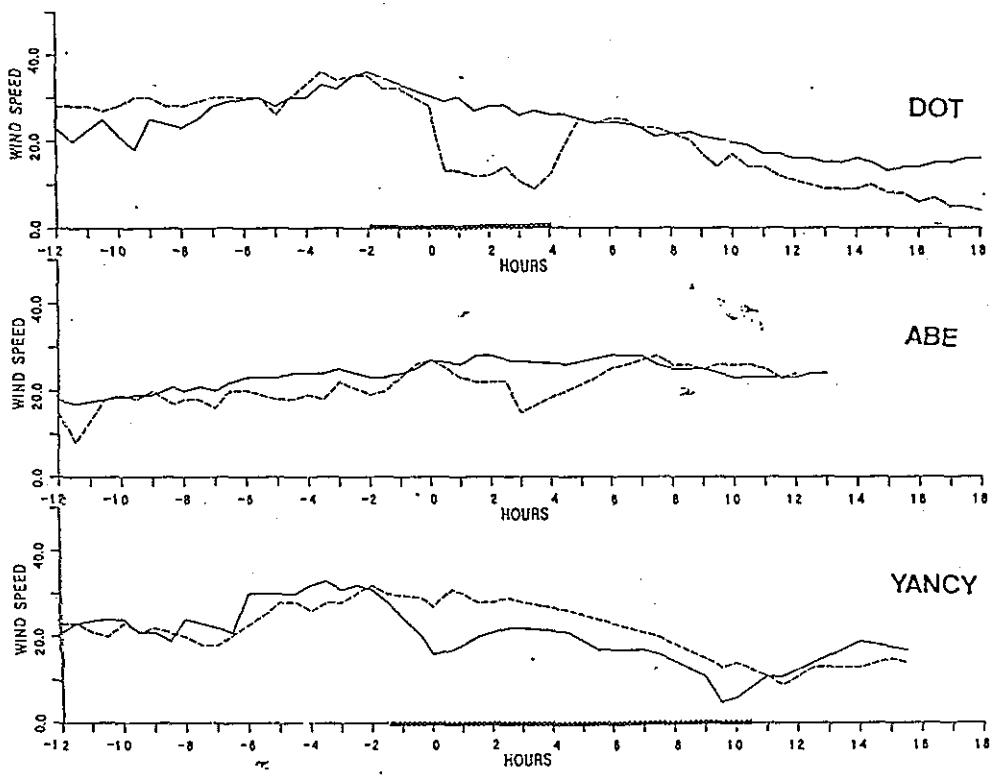


圖 20：中正都卜勒雷達所觀測之徑向風場以 VAD 技術分別估算三個颱風(Yancy、Abe、Dot)登陸前後在雷達站附近之平均風場。

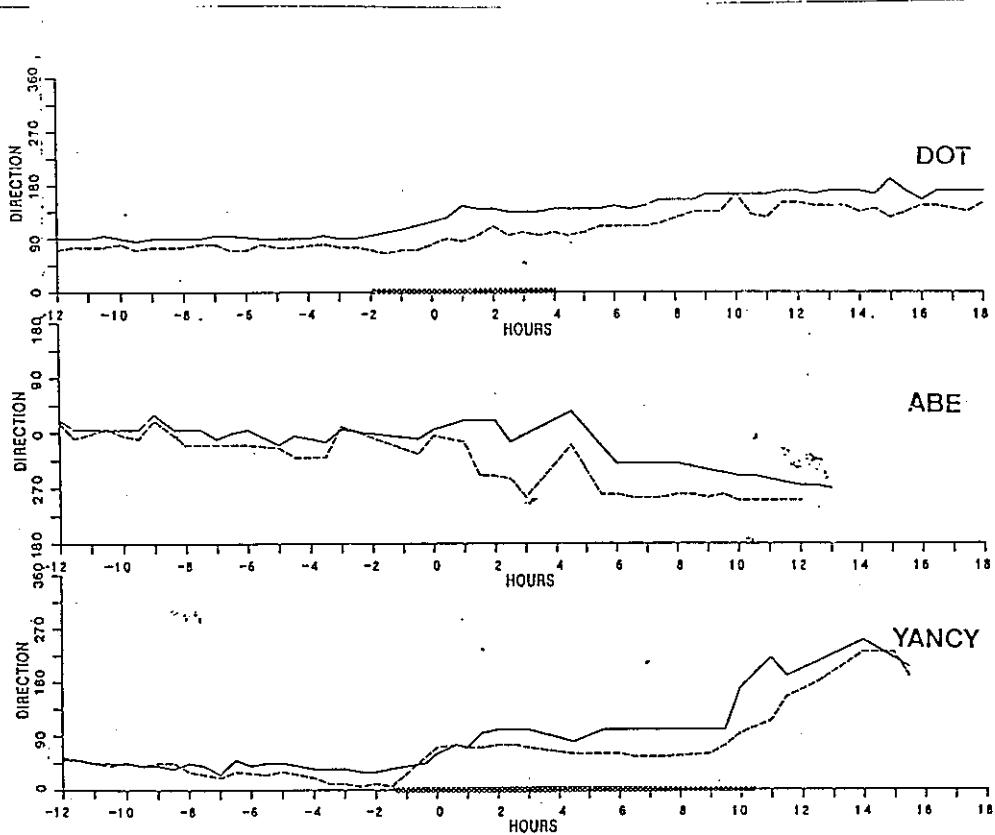


圖21.：中正都卜勒雷達所觀測之徑向風場以VAD技術分別估算三個颱風(Yancy、Abe、Dot)登陸前後在雷達站附近之平均風向。

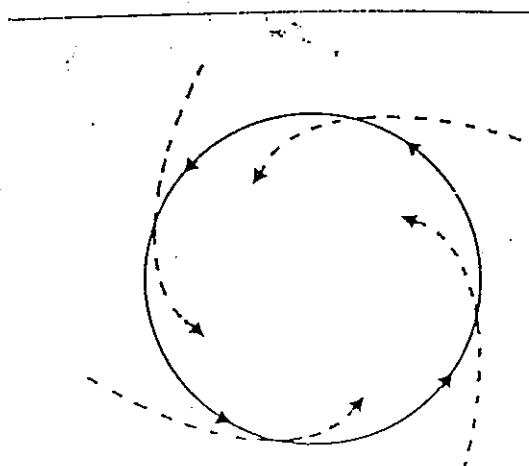


圖22：颱風環流中、低層風向之示意圖。
圖中虛線是低層氣流線方向
，而實線表中層流線方向。

三、追隨地勢座標下雙都普勒雷達資料之分析

台灣地區多山，降水系統常受到地形的影響在山區及斜坡上方發生，增長或消散。為了了解降水系統的特性，利用都普勒雷達資料來分析降水系統是可行的方法之一。目前分析方法大都假設地面邊界的垂直速度為零，這種假設在平地是很好的假設，但是在有地形時，由於地面的垂直速度是受到風速與地形斜率的影響，不一定為零，所以我們必須將目前分析方法加以修正。本報告提出的方法是將目前分析方法寫在地形座標上，因此地面的垂直速度自然隨著地面風速與地形斜率變化。如此，利用此修正方法所得的結果比較能分析山區降水系統低層的特性。詳細結果在附錄A。

A Method to Obtain the Kinematic Structure of a Squall Line Derived from Dual-Doppler Radar in a Terrain-following Coordinate System

ZENSING DENG AND CHING-SEN CHEN

*Institute of Atmospheric Physics
National Central University
Chung-Li, Taiwan, R.O.C.*

A Method to Obtain the Kinematic Structure of a Squall Line Derived from Dual-Doppler Radar in a Terrain-following Coordinate System

ZENSING DENG AND CHING-SEN CHEN

*Institute of Atmospheric Physics
National Central University
Chung-Li, Taiwan, R.O.C.*

(Received May 20, 1993; Accepted September 18, 1993)

ABSTRACT

An alternative method to derive the wind field from dual-Doppler radar data in a mountainous area is given. This method is based on terrain-following coordinates in order to acquire more reasonable lower boundary conditions for the vertical velocity. First, we use dual-Doppler radar equations and the anelastic continuity equation as terrain-following coordinates to obtain the estimated wind direction and speed in three-dimensions. Then, we use the variational method to adjust the wind field by the constraint of the continuity equation.

After we compare the wind field obtained by this method (method A) with the model results and with that obtained by using a similar method in a cartesian coordinate system with a zero vertical velocity lower boundary condition (method B), we find that there is almost no difference between method A and B for flat terrain. However, fine structure associated with the terrain is found in method A. Ascending and descending motion occur to the windward side and the lee side, respectively.

Key Words: kinematic structure, squall line, terrain-following coordinates

I. Introduction

The mountain ranges go north-south and are very lofty on the island of Taiwan. Mountains can have thermal and mechanical effects on the formation of precipitation system. So, many precipitation systems occur near or over mountainous areas. One of the methods used to study these systems is the analysis of Doppler data. In the past, many researchers have successfully achieved an understanding of the kinematic structure of precipitation systems via Doppler radar data. For example, Lin *et al.* (1990 a, b) and Mohr and Miller (1983) all used Doppler radar data to determine the kinematic structure of precipitation systems with the aid of SLU (Saint Louis University) and the CEDRIC (Custom Editing and Display of Reduced Information in Cartesian Space) package, respectively. The SLU package is the Doppler radar data analysis system developed at St. Louis University. (For details, see studies by Lin *et al.*, 1986) The CEDRIC package is the NCAR's (National Center of Atmospheric Research) Doppler radar analysis system (Mohr and Miller, 1983).

Lin *et al.* (1990a) discussed the kinematic structure of a squall line over the Taiwan Straits during TAMEX (Taiwan Area Mesoscale EXperiment) on May 16, 1987 by

using dual-Doppler radar data. Many important aspects of this system were revealed, such as a front-to-rear flow at all levels on the forward side of the squall line; a shallow rear-to-front flow at the back of the line; many individual cells imbedded within the squall line; new convective cells forming ahead of old cells; and convective downdrafts to the rear of the main updrafts.

The method used by Lin *et al.* as well as others to process the dual-Doppler radar data was constructed using a cartesian coordinate system. However, when we applied a similar method in Taiwan, we ran into some problems, for example, when we wanted to calculate the vertical velocity from the continuity equation in mountainous areas. The lower boundary condition was not necessarily zero, as assumed in the cartesian coordinate system. To overcome this problem, we have to use different coordinates for a better lower boundary to obtain the vertical velocity derived from Doppler radar data.

In this paper, we will derive a method which deals with Doppler radar data for a terrain-following coordinate system. Thus, the lower boundary condition can be easily determined from the wind speed and terrain features. We will then compare the internal kinematic structure of a convective system in northern Taiwan during TAMEX from our method with that derived from a method based on a

Kinematic Structures of a Squall Line

cartesian coordinate system.

$$V = V^* + M_4 W_{air} \quad (3)$$

II. Methodology

1. The Synthetic Method in Dual-Doppler Radar

To study the kinematic structure of a precipitation system, we need to know the horizontal (U, V) and vertical (W) velocity inside the precipitation system. If the Doppler radial velocity measured by two radars is represented by V_{r1} and V_{r2} , then the relationship between V_{r1} and V_{r2} and U, V and W can be written as

$$V_{r1} = U \sin \beta_1 \cos \theta_1 + V \cos \beta_1 \cos \theta_1 + W \sin \theta_1 \quad (1a)$$

$$V_{r2} = U \sin \beta_2 \cos \theta_2 + V \cos \beta_2 \cos \theta_2 + W \sin \theta_2, \quad (1b)$$

where β_1 and β_2 are the azimuth angle for the two radars, respectively. θ_1 and θ_2 are the elevation angle for the two radars, respectively and U, V and W are the particle moving speed components for the cartesian coordinate (as shown in Fig. 1).

For dual-Doppler radar conditions, the horizontal wind speed (U, V) can be solved with an unknown vertical wind speed (W_{air}):

$$U = U^* + M_2 W_{air} \quad (2)$$

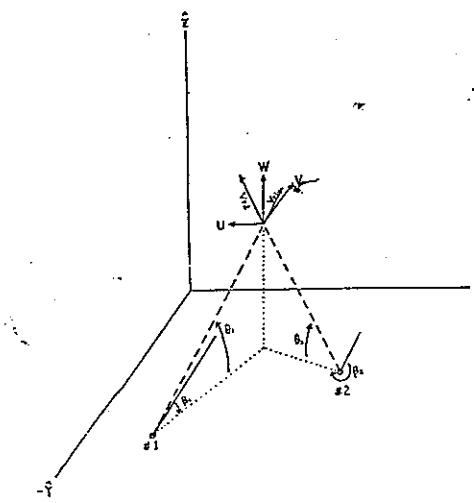


Fig. 1. Schematic depiction of dual-Doppler radar scanning of precipitation system particles. β_1 and β_2 are the azimuth angles, and θ_1 and θ_2 are the elevation angles for the two radars, respectively. U, V and W are the particle moving speed components in cartesian coordinates. V_{r1} and V_{r2} are the radial velocities for the two radars, respectively.

where

$$U^* = M_1 + M_2 V_t$$

$$V^* = M_3 + M_4 V_t$$

$$M_1 = \frac{V_{r1} B_2 + V_{r2} B_1}{D}$$

$$M_2 = \frac{B_1 C_2 - B_2 C_1}{D}$$

$$M_3 = \frac{V_{r2} A_1 + V_{r1} A_2}{D}$$

$$M_4 = \frac{A_2 C_1 - A_1 C_2}{D}$$

$$A_i = \frac{x - x_i}{R_i}$$

$$B_i = \frac{y - y_i}{R_i}$$

$$C_i = \frac{z - z_i}{R_i}$$

$$D = B_2 A_1 - B_1 A_2$$

$$W = W_{air} + V_t$$

$$R_i = [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2]^{1/2},$$

where (x_i, y_i, z_i) is the position of the i th radar. V_t is the terminal velocity of the precipitation particle and can be estimated by an empirical equation:

$$V_t = -4.32 (dBZ)^{0.0714286} \quad (4)$$

In Eqs. (2) and (3), there are three unknown variables (U, V, W_{air}), so we should add another equation using these three variables (usually, the continuity equation) if we want to solve them. The anelastic continuity equation for the terrain-following coordinate is

$$\frac{\partial \rho \eta}{\partial \eta} = -(\frac{\partial \rho U}{\partial x} + \frac{\partial \rho V}{\partial x}) + S \rho U + P \rho V, \quad (5)$$

where

$$\eta = \frac{Z - Z_g}{Z_t - Z_g}$$

$$\dot{\eta} = \frac{d\eta}{dt}$$

$$S = \frac{1-\eta}{Z_t - Z_g} \frac{\partial Z_g}{\partial x}$$

$$P = \frac{1-\eta}{Z_t - Z_g} \frac{\partial Z_g}{\partial y}.$$

Z_g is the terrain height, Z_t is the model top height and ρ is the density of the air (as a function of height only). $\dot{\eta}$ is the vertical velocity of the terrain-following coordinate. From Eqs. (2), (3), and (5), we can derive a vertical difference equation for $\dot{\eta}$:

$$\begin{aligned}
 (\rho\dot{\eta})_c &= (\rho\dot{\eta})_p - \delta\eta \left(\frac{\partial\rho U'}{\partial x} + \frac{\partial\rho V'}{\partial y} \right)_{p-c} \\
 A & \quad B \quad \quad \quad C \\
 &+ \delta\eta(S\rho U' + P\rho V')_{p-c} - \delta\eta \left(\frac{\partial\rho M_2 W_{air}}{\partial x} + \frac{\partial\rho M_4 W_{air}}{\partial y} \right)_{p-c} \\
 D & \quad \quad \quad E \\
 &+ \delta\eta(S\rho M_2 W_{air} + P\rho M_4 W_{air})_{p-c}. \tag{6}
 \end{aligned}$$

where $(\cdot)_c$ denotes the current layer data, $(\cdot)_p$ denotes the previous layer (the upper layer in the downward integration) data, and $(\cdot)_{p-c}$ denotes the mean value of the two layers. The E and F terms can be divided into two parts:

$$\begin{aligned}
 E &= E1 + E2 = -\frac{\delta\eta}{2} \left(\frac{\partial\rho M_2 W_{air}}{\partial x} + \frac{\partial\rho M_4 W_{air}}{\partial y} \right)_p \\
 &\quad - \frac{\delta\eta}{2} \left(\frac{\partial\rho M_2 W_{air}}{\partial x} + \frac{\partial\rho M_4 W_{air}}{\partial y} \right)_c
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= F1 + F2 = \frac{\delta\eta}{2} (S\rho M_2 W_{air} + P\rho M_4 W_{air})_p \\
 &\quad + \frac{\delta\eta}{2} (S\rho M_2 W_{air} + P\rho M_4 W_{air})_c
 \end{aligned}$$

Then, Eq. (6) can be represented as

$$A = B + C + D + E1 + E2 + F1 + F2 \tag{7}$$

In the above equation, the B, C, D, E1 and F1 terms are known, but the A, E2 and F2 terms are unknown. To solve Eq. (8), we use the iterative method. The rewritten Eq. (7) for the m th iteration is

$$A_m = B + C + D + E1 + E2_{m-1} + F1 + F2_{m-1}, \tag{8}$$

where W_{air} , used in $E2$ and $F2$, comes from the previous iteration. We continue the iteration involving the previous (p) and the current (c) levels until

$$|(\rho W_{air})_{c,m} - (\rho W_{air})_{c,m-1}| \leq \varepsilon_0,$$

where $\varepsilon_0 = 0.001 \text{ kg/m}^2\text{s}$ in our calculation.

In Eq. (7), the unknown variables are $(W_{air})_c$ and $(\dot{\eta})_c$. The relationship between $(W_{air})_c$ and $(\dot{\eta})_c$ can be derived from coordinate transformation and Eqs. (2) and (3):

$$\rho W_{air} = (Z_t - Z_g)(\rho\dot{\eta} + \rho U' S + \rho V') / G, \tag{9}$$

where

$$G = 1 - (Z_t - Z_g)[M_2 S + M_4 P].$$

Then, we can obtain the vertical wind speed (W_{air}) for every level by downward integration in Eq. (7). After W_{air} is obtained, U and V can be derived from Eqs. (2) and (3).

2. The Wind Adjusted by a Variational Method

In the above method, when we integrate the continuity equation, the error due to the finite difference accumulates in each vertical column. So, the 3-D wind field (U, V, W_{air}) derived from the above method is not consistent with the continuity equation. For this reason, we have to use a variational method to adjust the wind field, thus assuring that the continuity equation will be valid.

We use Eq. (5) as the constraint in the variational method. In Eq. (5), let $\rho\dot{\eta} = \hat{\eta}$, $\rho U = \hat{U}$, $\rho V = \hat{V}$ and the hat is dropped:

$$\frac{\partial\hat{\eta}}{\partial\eta} = -\left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y}\right) + SU + PV. \tag{10}$$

Then the function of this variation using Eq. (10) as the constraint is

$$J = \int \int \left(\int [(U - \bar{U})^2 + (V - \bar{V})^2] d\eta \right)$$

$$+ 2\lambda \int \left[\left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \right) - SU - PV \right] d\eta \} dx dy, \tag{11}$$

where \bar{U} and \bar{V} are the horizontal winds (multiplied by

the air density) derived from the above section. λ is the Lagrangian multiple.

In order to let $\delta J=0$ to minimize the function, we get

$$\begin{aligned} & \iint \left(\int [((U-\bar{U})\delta U + (V-\bar{V})\delta V] d\eta \right. \\ & \quad \left. + \left(\int \left[\left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \right) - SU - PV \right] d\eta \right) \delta \lambda \right. \\ & \quad \left. + \lambda \int \left[\left(\frac{\partial \delta U}{\partial x} + \frac{\partial \delta V}{\partial y} \right) - S \delta U - P \delta V \right] d\eta \right) dx dy = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

From Eq. (12), we obtained the Euler-Lagrange equation,

$$U = \bar{U} + \frac{\partial \lambda}{\partial x} + S\lambda \quad (13)$$

$$V = \bar{V} + \frac{\partial \lambda}{\partial y} + P\lambda \quad (14)$$

$$\int_1^0 \left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} - SU - PV \right) d\eta = 0, \quad (15)$$

and the natural boundary conditions. ($\lambda=0$ at the boundary; to be accurate, a discrete method should be used to derive Eqs. (13), (14) and (15).)

Deleting U and V by using Eqs. (13), (14) and (15), we obtain the equation λ

$$\begin{aligned} & \int_1^0 \left[\frac{\partial^2 \lambda}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \lambda}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial x} (S\lambda) + \frac{\partial}{\partial y} (P\lambda) - S \frac{\partial \lambda}{\partial x} - P \frac{\partial \lambda}{\partial y} \right. \\ & \quad \left. - \lambda (S^2 + P^2) \right] d\eta = - \int_1^0 \left[\frac{\partial \bar{U}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{V}}{\partial y} - S\bar{U} - P\bar{V} \right] d\eta. \end{aligned} \quad (16)$$

Using the relaxation method to resolve $\lambda(x, y)$ from Eq. (16) and the natural boundary condition, we derive the horizontal wind field, which satisfies the continuity equation from Eqs. (13) and (14).

For the adjustment of the vertical velocity, we used Eqs. (13), (14), and (15) to delete the λ term as

$$\int_1^0 \left[\frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\partial \bar{U}}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} - \frac{\partial \bar{V}}{\partial y} - S(U - \bar{U}) - P(V - \bar{V}) \right] d\eta$$

$$= - \int_1^0 \left[\frac{\partial \bar{U}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{V}}{\partial y} - S\bar{U} - P\bar{V} \right] d\eta. \quad (17)$$

Let

$$D = \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} - SU - PV$$

$$D_0 = \frac{\partial \bar{U}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{V}}{\partial y} - S\bar{U} - P\bar{V}.$$

Then Eq. (17) can be written as

$$\int_1^0 (D - D_0) d\eta = - \int_1^0 D_0 d\eta = \dot{\eta}_0 \Big|_{\eta=1},$$

where we use the top boundary condition ($\dot{\eta}_0|_{\eta=0}=0$). We obtain

$$\dot{\eta}_t - \dot{\eta}_{0t} = -\eta \dot{\eta}_0 \Big|_{\eta=1}. \quad (18)$$

From Eq. (17), we know that the adjustment of $\dot{\eta}$ is proportional to η . Then, we can derive the vertical velocity (W_{air}) by using

$$\rho W_{air} = (Z_r - Z_s)[\rho \dot{\eta} + \rho U(1-\eta)S + \rho V(1-\eta)P]. \quad (19)$$

With the above method, we obtain the terrain-following three-dimensional wind field from dual-Doppler radar data, which satisfies the continuity equation. If we do not consider the terrain effects (or if the terrain is very flat in the radar analysis region), then the synthetic method described in section II.1 is similar to that in the CEDRIC package. The wind adjusted by the variational method described in section II.2 is similar to the SLU package.

III. Comparison with Two-dimensional Numerical Model Results

In this section, we want to demonstrate that the scheme mentioned in section II can obtain reasonable horizontal and vertical velocities. We assume that the radial velocity of the radar from a known wind field is obtained through two-dimensional numerical model results. Then, by using the method described in section II (hereafter called "method A"), we obtain U_a and W_a from this radial velocity. Comparing U_a and W_a with the model results (U, W), we expect to verify that the velocities obtained in method A will be very close to U and W .

Here, we choose the wind and reflectivity data from Chen's (1991) model results (shown in Fig. 2) as the actual wind and reflectivity data. Then, we project this known wind field to the radar scan line (assuming a radar position at $x=-10$ km and $z=0$ km) to get the 2-D radial wind data. The model's structure is similar to that described in very great detail by Durran and Klemp (1982). It is a two-dimensional version of the Klemp-Wilhelmson cloud model (Klemp and Wilhelmson, 1978) with a terrain-following coordinate system introduced. In addition, a wave-absorbing layer is added to the top of the domain. The rainwater variable for the model is the same as that in the Klemp-Wilhelmson model. The grid size in the x direction is constant and is taken to be 1 km, where it is stretched along the vertical to allow for finer resolution in the lower atmosphere. The model domain is $270 \times 18.2 \text{ km}^2$. There was assumed to be a sponge layer 11 km thick at the top of the model.

In this model, because the horizontal wind (U) and vertical wind (W) are not at the same point for the nested grid system, W is moved to the locations of U before projection. Then, using the method described in section II (assumed in the two-dimensional plan) to obtain the wind field (U_a and W_a), we compare this wind field to that in

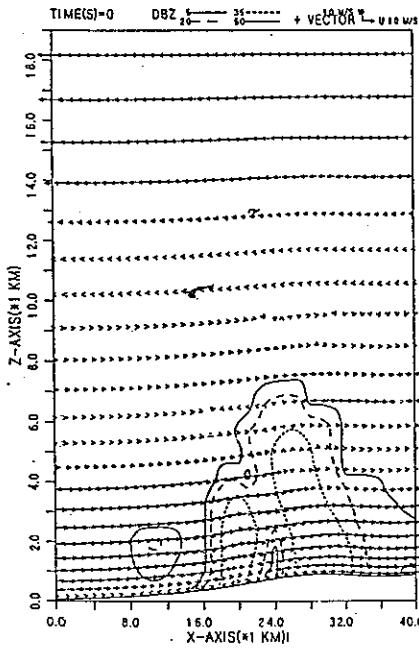


Fig. 2. The reflectivity pattern and wind field in a portion of the domain at a selected time from Chen's (Chen et al., 1991) simulated results. The contour interval of the reflectivity is 15 dBZ, starting from 5 dBZ.

the model.

Figure 3 presents the standard deviations of horizontal and vertical wind between the model results and the results of method A. The number on the vertical axis (K) of this figure is the vertical grid number in the model. The standard deviation of the horizontal wind is about 0.13 ms^{-1} and does not vary along the vertical axis. The maximum standard deviation of the vertical wind is about 0.125 ms^{-1} at about a height of 4.5 km ($K=10$). Using the maximum standard deviations and maximum values for the wind as obtained from the model in order to estimate the error of method A, we find that the errors for the horizontal and vertical wind are about 1 and 8 percent.

Figure 4 shows that U and W from the numerical model results (thick solid line) and the results using method A (thin solid line) at $x=4$ km (over low terrain) and $x=24$ km (over relatively steep terrain) vary with height. At $x=4$ km, the vertical wind speed is relatively small since no convection occurs in that region. The results of method A are very close to the model results for both horizontal and vertical wind. At $x=24$ km, this section passes through the convective region on the higher terrain. The horizontal winds from the model and from method A are quite similar. The vertical wind patterns for these two are also similar, but the maximum value from method A is somewhat larger than that from the model. The difference between the maximum vertical wind can also be seen in other sections (not shown). The alteration of vertical wind speed before projection and the finite difference method used to solve the vertical velocity

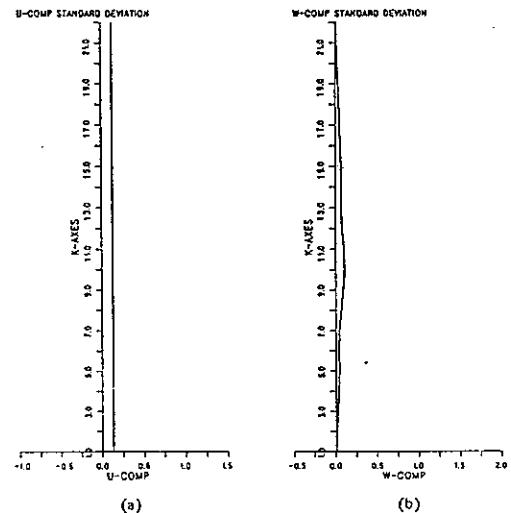


Fig. 3. The standard deviations of (a) horizontal and (b) vertical wind between the model results and the results obtained by using method A. The vertical axis is the vertical grid point number.

Kinematic Structures of a Squall Line

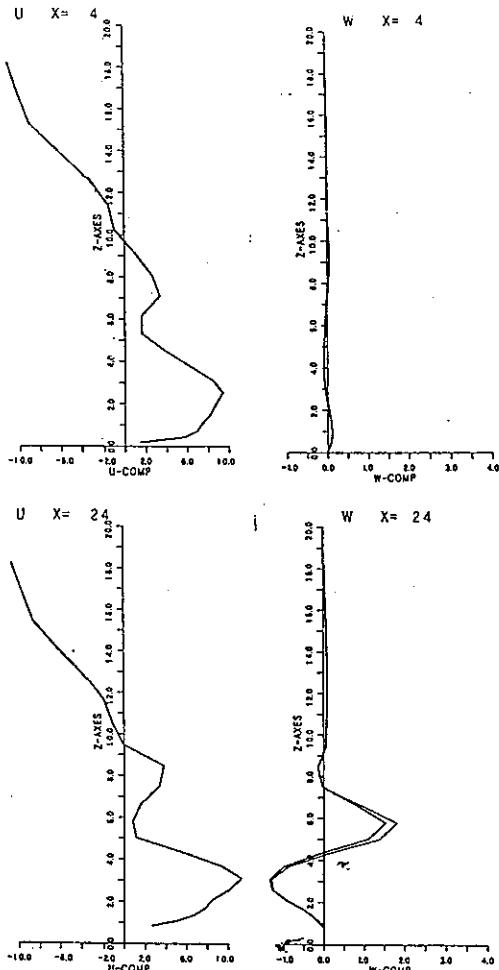


Fig. 4. The wind speeds of the model results (thick solid line) and results using method A (thin solid line) at $x=4$ km and $x=24$ km.

may be the cause of this difference.

From the above discussion, the pattern or the value obtained using method A is reasonable, and we can say that method A is now available for research and operation work.

IV. Comparison to the Results Produced by CEDRIC Software with Cartesian Coordinates

We used method A to acquire the 3-D wind field for terrain-following coordinates and to find the kinematic structure of a precipitation system. We also interpolated the wind field to cartesian coordinates and used CEDRIC

software (hereafter to be called "method B") to find the kinematic structure of a precipitation system. Then, we compared the kinematic structures of both methods to see how they differed. We chose 01:30:00 on May 17, 1987 during TAMEX, when a squall line was moving toward a mountainous area. At this time, the convective region of the squall line was over relatively flat terrain. We compared the results produced by these two methods in this region to examine the reliability of method A. Moreover, we also compared the results of these two methods in mountain areas to see if there was any difference between them.

Three aspects are matched up here. First of all, horizontal sections from method A and method B are compared in order to search for a more generalized description, as well as to examine the differences and the similarities between the wind field analyzed by the two methods. Secondly, a comparison of south to north vertical sections is made to find the differences between the wind fields acquired in the squall line's convective region and in the mountain regions. Thirdly, a comparison of an east-to-west vertical sections produced by the two methods and applied to the two-dimensional wind field structure of the squall line's convective region is made to find differences in convection over mountain areas.

We hope that through the comparisons in this section, we will be able to determine why it would be better to use method A to process radar data in mountain areas.

All the coordinate systems used in analyzing radar data were fastened to the CP4 radar position, where the height was 9 meters at its horizontal origin.

1. Horizontal View

Figure 5 shows the terrain in the radar data analysis

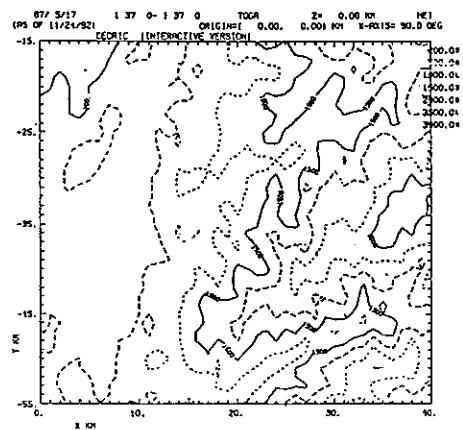
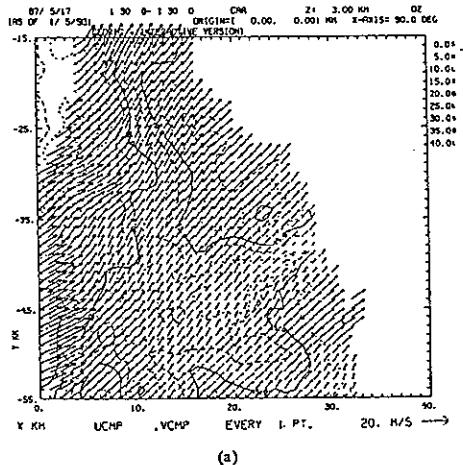


Fig. 5. Terrain chart of the radar analysis area. The contour interval is 500 m, starting from 500 m in height.

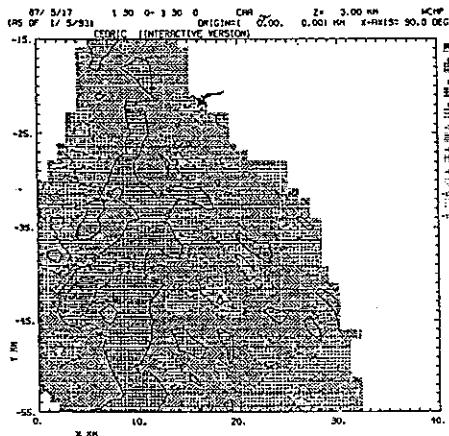
area. The altitude of the eastern side is higher. The altitude of 1000 m is found roughly to be at about $x=20$ km. Furthermore, it is obvious that there is a mountain ridge orientated in a northeast to southwest direction. There are two valleys oriented in the same direction located on either side of the mountain ridge, the highest peak of which has an altitude of 3400 m located at about $x=38$ km, $y=-33$ km.

A. $z=3$ km

Figures 6(a) and (b) indicate the horizontal wind superimposed with radar reflectivity and vertical velocity, as



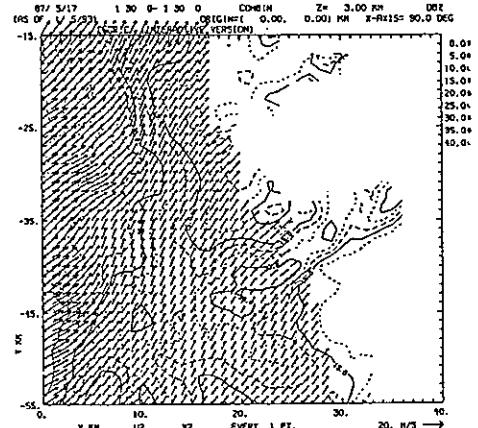
(a)



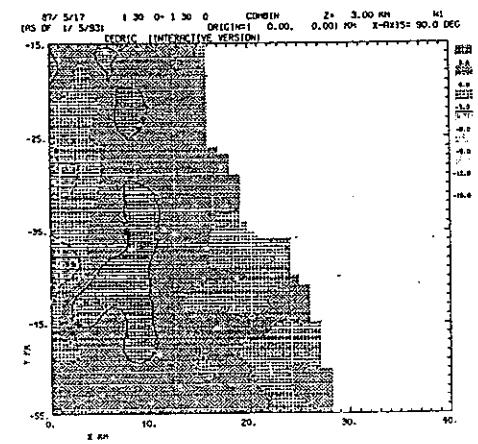
(b)

Fig. 6. The (a) horizontal wind and radar reflectivity and (b) vertical wind obtained by using method A at $z=3$ km. The contour interval of the reflectivity is 5 dBZ, starting from 0 dBZ. The contour interval of the vertical wind is 3 ms^{-1} , starting from -15 ms^{-1} .

obtained by method A at $z=3$ km. Figure 7 is identical to Fig. 6 except that the results are obtained using method B. At this time, the convective region (with a reflectivity greater than 30 dBZ) of the squall line was located at approximately $x=5$ km. From Fig. 5, we know that the convective region was located in a flat area. There was little difference in the field for $x < 15$ km throughout the flat area. The main convergent area was located in the convective area or the front edge. The positions of the main ascending and descending regions are almost identical in the convective region and its neighboring area, but their values differed somewhat, mainly due to the difference in the smoothness technique used during data processing. There was more smoothing in method B. In the mountainous area (> 15 km), the vertical velocity was



(a)



(b)

Fig. 7. Same as in Fig. 6, but for method B.

Kinematic Structures of a Squall Line

obviously different. Method A had more fine structures. For example, there were many upward and downward centers $x > 15$ km, and $y > -45$ km, but in method B, downward motion dominated. These results were mainly produced by the different low boundary conditions used for the vertical velocity. In method A, the low boundary condition was $\dot{\eta} = 0$, while the low boundary condition was $W = 0$ for method B. Thus, in method A, upward or downward motion would occur when the air was moving up or down along the terrain. (This can be seen by comparing Fig. 6 with Fig. 5.)

B. $z=5$ km

At $z=5$ km (Figs. 8 (a), (b) and Figs. 9 (a), (b)), the difference between the horizontal wind was not very great except for some differences in results found in the upper

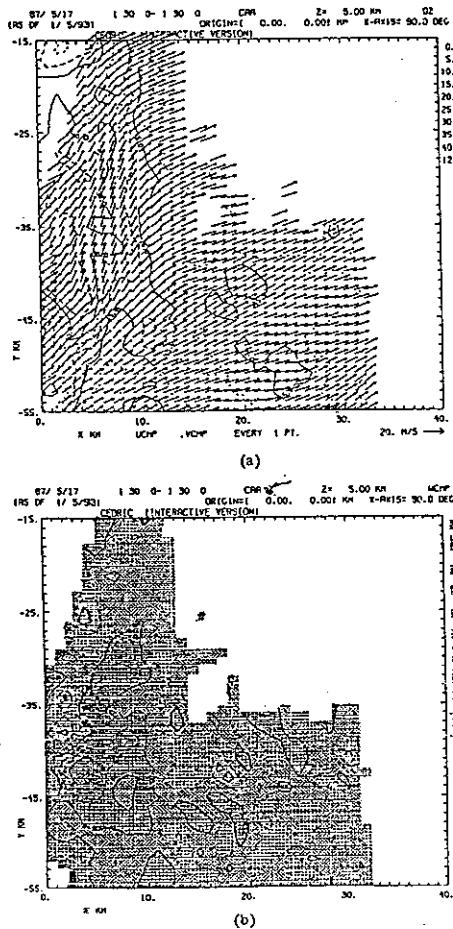
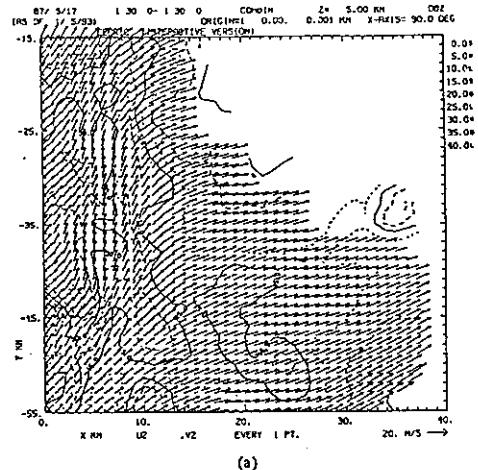
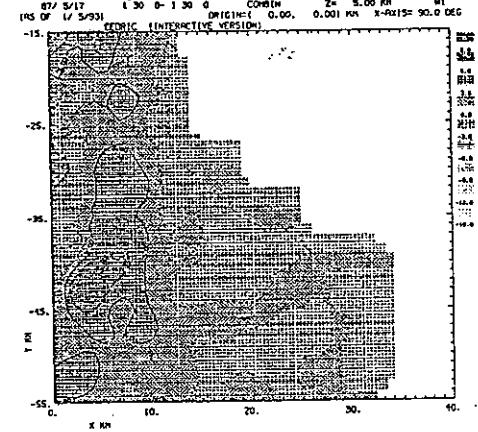


Fig. 8. Same as in Fig. 6, but for $z=5$ km.



(a)



(b)

Fig. 9. Same as in Fig. 6, but for method B and $z=5$ km.

left area of the chart. This area was too close to the base line of the radars, therefore making the error in the synthetic process too large. Furthermore, there were still some other minor differences. For example, the wind pattern obtained by method B (Fig. 9 (a)) in the mountain area tended to be from the west rather than from the southwest as in method A (Fig. 8(a)). This was probably due to the lack of variational adjustment of the horizontal wind in method B. It may also have come from interpolation of the wind data from terrain-following coordinates to cartesian coordinates that was carried out in method A for the convenience of comparison.

The ascending and descending patterns in the convective region were identical. The maximum region was around ($x=4$ km, $y=-42$ km), but there were still some

differences in value. Moreover, in regions near the radar base line, there were obvious diversities because of poor calculation reliability. There were also obvious difference in mountain areas. For example, in one region of ($16 \text{ km} < x < 25 \text{ km}$ and $-45 \text{ km} < y < -35 \text{ km}$), there were two upward and two downward centers derived from method A (Fig. 8(b)), but no obvious upward motion in that region was obtained with method B (Fig. 9(b)).

2. South-to-North Vertical Section

Here, we want to compare the results derived from method A and B in two vertical sections at $x=5 \text{ km}$ and 20 km , respectively. The vertical section at $x=5 \text{ km}$ passed through the convective region of the squall line over a flat area. Another at $x=20 \text{ km}$ was over mountain areas.

A. $x=5 \text{ km}$

Figure 10 (from method A) shows that there were four

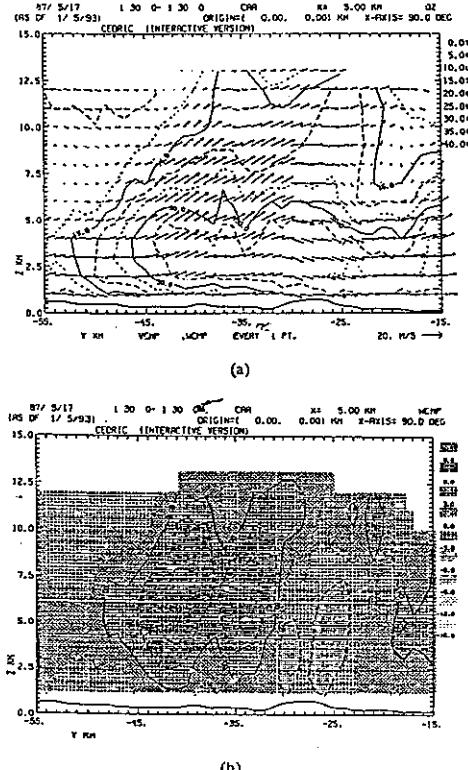


Fig. 10. The (a) wind field and radar reflectivity and (b) vertical wind obtained by using method A at $x=5 \text{ km}$. The contour interval of the reflectivity is 5 dBZ , starting from 0 dBZ . The contour interval of the vertical wind is 3 ms^{-1} , starting from -15 ms^{-1} .

areas having larger upward velocities (at $y=-42 \text{ km}$, -35 km , -22 km and -18 km). Similarly, there were also 4 regions of higher upward velocity for method B (Fig. 11), and their positions were identical to those in method A. However, the magnitude of the second region's ($y=-35 \text{ km}$) larger upward velocity was not so obvious as that in Fig. 10. The larger vertical velocity in this region derived from method A was caused by the low reliability of the horizontal wind close to the radar base line as seen in Fig. 8.

In addition, there were some differences at the low level in results obtained by using the two methods. For example, the downward motion bet than $-35 \text{ km} < y < -25 \text{ km}$ derived from method A was bigger than that obtained from method B. In method B, the low boundary condition of the vertical velocity was zero. Although the terrain of this region was flatter, the wind velocity on the lower level was strong. Therefore, certain differences resulted.

B. $x=20 \text{ km}$

This section cut through the mountain area. From Figs. 6 and 7, we see that on the lower level of this area,

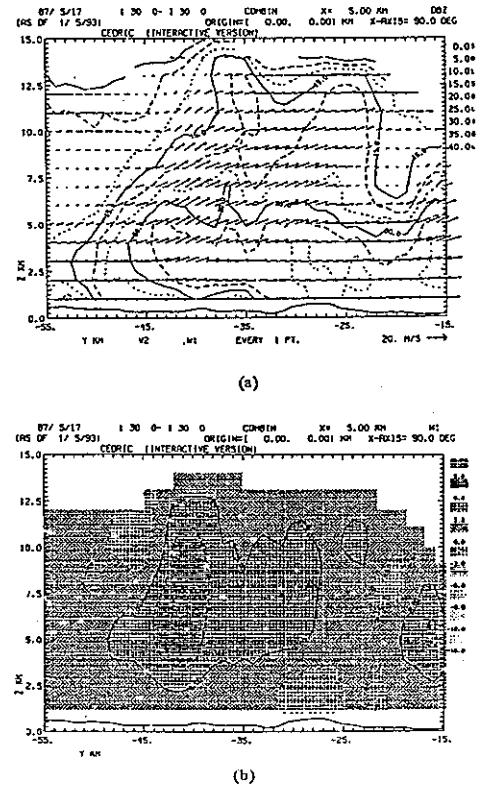


Fig. 11. Same as in Fig. 10, but for method B.

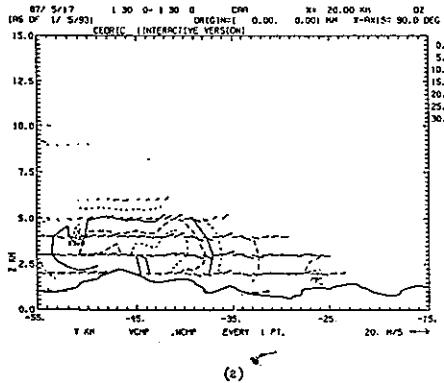
Kinematic Structures of a Squall Line

the wind blew northward. Therefore, from method A (Fig. 12), we see that the flow ascended and descended according to the rising and falling of the mountains. This phenomenon shows good agreement between the movement of flow and terrain features. In method B (Fig. 13), however, the airstream moved almost horizontally, and the vertical velocity was very small.

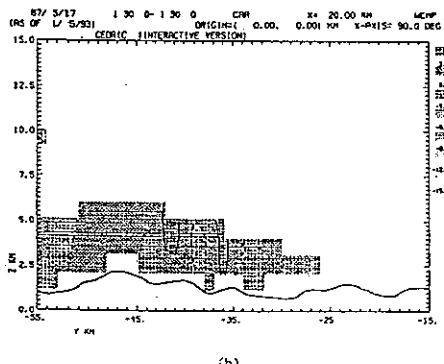
3. East-to-West Vertical Section

The east-to-west section is perpendicular to the squall line. The kinematic structure of this section could help us understand the structure of a squall line. We chose the vertical section located at $y=44$ km from the radar base line.

In this section (Fig. 14 and Fig. 15), we could see that the main part of the squall line was located at $x=4$ km. In front of the squall line, at about $x=10$ km, there was a new cell. Both had their own ascending area. Except for some minor differences for $x < 10$ km, the results of method A and B are similar. To the right of the new cell

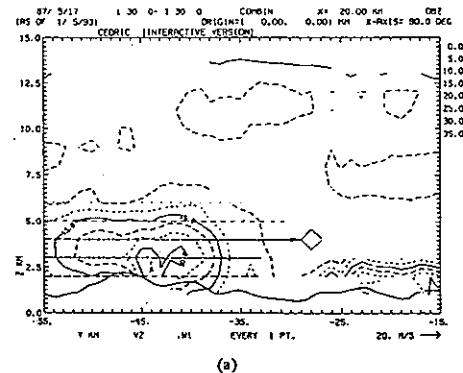


(a)

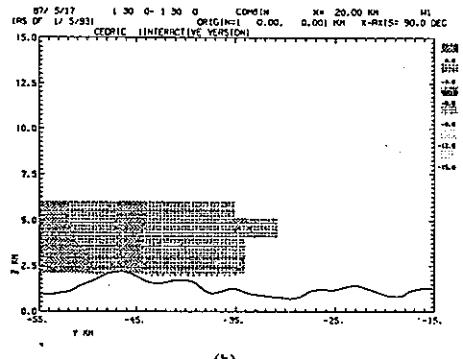


(b)

Fig. 12. Same as in Fig. 10, but for $x=20$ km.



(a)



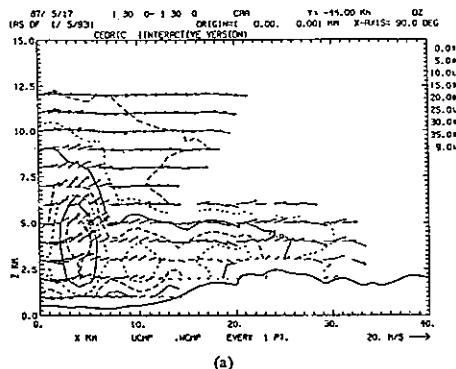
(b)

Fig. 13. Same as in Fig. 10, but for method B and $x=20$ km.

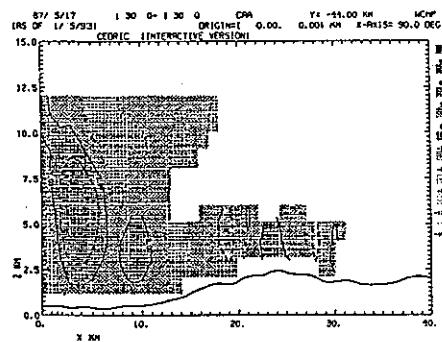
around $x=20$ km, there was a cell which did not develop highly. Here the differences between the two methods were large. In method B (Fig. 15), the movement of the flow was mainly horizontal, and the vertical velocity was very small, yet in method A, it is obvious that the air ascended and descended closely following the topography.

V. Conclusion

An alternative method (method A) with terrain-following coordinates for dual-Doppler radar analysis has been used to overcome the zero vertical velocity of the lower boundary conditions for the existing method in more complex terrain. The method we derived was tested against numerical model results. We found that the difference of the velocity field between our method and the model results was small. When we analyzed the true radar data for TAMEX IOP #2 using either method A or the CEDRIC method (method B) in a cartesian coordinate system, the qualitative features of the convective region's velocity field for a squall line were similar



(a)



(b)

Fig. 14. Same as in Fig. 10, but for $y=-42$ km.

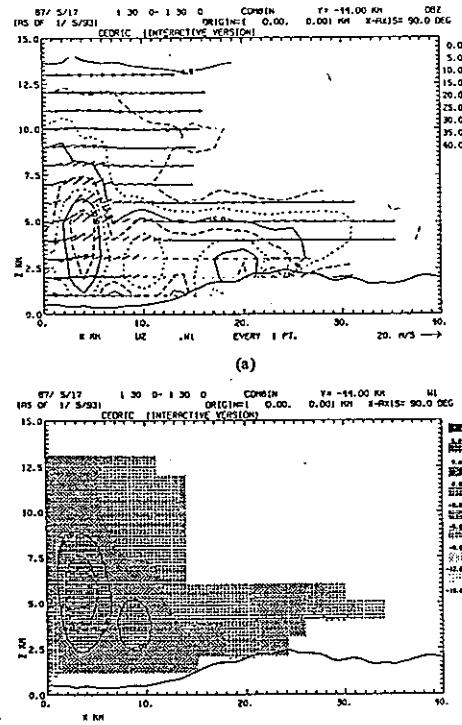
for flatter terrain, but there were some differences for velocity fields in mountain regions. Finer features associated with the terrain were found in method A. Ascending and descending motion occurred to the windward side and the lee side, respectively.

Acknowledgments

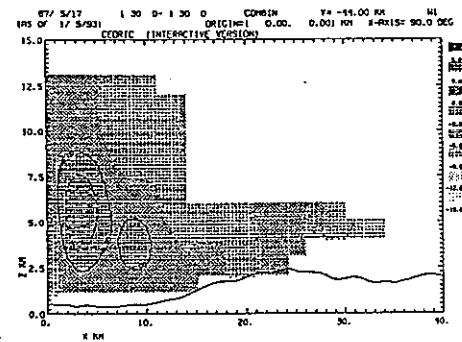
Reviewers' comments and suggestions were highly appreciated. The computer resources were supplied by the Institute of Atmospheric Physics.

References

- Chen, C.-S., W.-S. Chen, and Z.-S. Deng (1991) A study of a mountain-generated precipitation system in northern Taiwan during TAMEX IOP 8. *Mon. Wea. Rev.*, **119**, 2574-2606.
 Durran, D. R. and J. B. Klemp (1982) The effects of moisture on trapped mountain lee waves. *J. Atmos. Sci.*, **39**, 2490-2506.
 Klemp, J. B. and R. B. Wilhelmson (1978) The simulation of three-dimensional convective storm dynamics. *J. Atmos. Sci.*, **35**, 1070-1096.
 Lin, Y.-J., T. C. Wang, R. W. Pasken, and H. Shen (1990a) Characteristics of a subtropical squall line determined from TAMEX dual-Doppler data. Part I: Kinematic structure. *J. Atmos. Sci.*, **47**, 2357-1381.
 Lin, Y.-J., T. C. Wang, R. W. Pasken, H. Shen, and Z.-S. Deng (1990b) Characteristics of a subtropical squall line determined from TAMEX dual-Doppler data. Part II: Dynamic and Thermodynamic structure and momentum budgets. *J. Atmos. Sci.*, **47**, 2382-2399.
 Lin, Y.-J., T. C. Wang, and J. H. Lin (1986) Pressure and temperature perturbations within a squall-line thunderstorm derived from SESAME dual-Doppler data. *J. Atmos. Sci.*, **43**, 2302-2327.
 Mohr, C. G. and L. J. Miller (1983) CEDRIC - A software package for cartesian space editing, synthesis and display of radar field under interactive control. 21st conference on Radar Meteorology, Boston, Amer. Meteor. Soc., 569-574.



(a)



(b)

Fig. 15. Same as in Fig. 10, but for method B and $y=-42$ km.

Klemp, J. B. and R. B. Wilhelmson (1978) The simulation of three-dimensional convective storm dynamics. *J. Atmos. Sci.*, **35**, 1070-1096.

Lin, Y.-J., T. C. Wang, R. W. Pasken, and H. Shen (1990a) Characteristics of a subtropical squall line determined from TAMEX dual-Doppler data. Part I: Kinematic structure. *J. Atmos. Sci.*, **47**, 2357-1381.

Lin, Y.-J., T. C. Wang, R. W. Pasken, H. Shen, and Z.-S. Deng (1990b) Characteristics of a subtropical squall line determined from TAMEX dual-Doppler data. Part II: Dynamic and Thermodynamic structure and momentum budgets. *J. Atmos. Sci.*, **47**, 2382-2399.

Lin, Y.-J., T. C. Wang, and J. H. Lin (1986) Pressure and temperature perturbations within a squall-line thunderstorm derived from SESAME dual-Doppler data. *J. Atmos. Sci.*, **43**, 2302-2327.

Mohr, C. G. and L. J. Miller (1983) CEDRIC - A software package for cartesian space editing, synthesis and display of radar field under interactive control. 21st conference on Radar Meteorology, Boston, Amer. Meteor. Soc., 569-574.

在追隨地勢座標下處理雙都普勒雷達資料求取 一颱線系統的運動結構方法

鄧仁星 陳景森

中央大學大氣物理研究所

摘要

本篇介紹一在山區利用雙都普勒雷達資料求取風場的改進方法，此方法是建立在追隨地勢座標以便得到較合理的垂直速度下邊界條件。

經由我們利用此改進方法（方法A）所得的風場與模式結果及以往建立在直角座標的處理方法（方法B）所得的比較中，可知在平坦地區方法A與方法B或方法A與模式結果之間幾乎沒有差別。但在地勢起伏較大區域時，方法A所得的風場與地形之間有較好的配合關係，上升及下降速度區分別發生在氣流爬坡及下坡的地方。

希望經由本篇所介紹的改進方法，對於往後利用都普勒雷達資料探討山區雲雨系統的研究有所助益。

四、環境風場與地形對降水系統之影響-非靜力雨雲模式之模擬探討

利用非靜力地形座標的雲雨模式，探討環境風場雨地形對降水系統的影響。我們以 1987 年 6 月 20 日台灣地區的衛星及雨量資料來分析降水系統的特性，這一天風向主要來自南方，但是北部地區有高於 100 mm / 日的雨量，模擬結果發現北部的降水主要受到氣流在北部地區輻合而產生，再加上地面加熱降低自由對流高度 (LFC) 所以北部地區能夠有較大的雨量。模擬結果亦顯示風向如為 165° 及 225° 則北部地區的降水會偏向西北及東北，因此如果能知道風向，則對降水發生的地區的預報有參考價值。詳細結果在附錄 B 。

Reprint from Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences

Vol.5, No.2, 137-168, June 1994

On the Formation of Cloud and Precipitation Systems in Taiwan During TAMEX IOP #11

Ching-Sen Chen¹ and Yuet-on E. Chan¹

¹*Institute of Atmospheric Physics, National Central University,
Chung-Li, Taiwan, R.O.C.*

TAO office: P.O. Box 23-59, Taipei, Taiwan, R.O.C.

On the Formation of Cloud and Precipitation Systems in Taiwan During TAMEX IOP #11

CHING-SEN CHEN¹ and YUET-ON E. CHAN¹

(Manuscript received 26 October 1993, in final form 16 May 1994)

ABSTRACT

Mountains can provide heat and moisture to the atmosphere and act as a barrier to the prevailing wind. Thus they can influence the formation and development of precipitation systems. About two-thirds of the island of Taiwan is occupied by mountains. Therefore, it is important to understand the influence of terrain on the formation and development of precipitation systems. This kind of research has become one of the objectives of the Taiwan Area Mesoscale Experiment (TAMEX, Kuo and Chen, 1990) held in 1987.

On June 20, 1987 during TAMEX IOP 11, a Pacific high pressure system was over Taiwan. Two major precipitation systems occurred in the Taiwan area in the afternoon. According to satellite and surface data, one precipitation system was over northern Taiwan and the other over central Taiwan. Several soundings show that southern Taiwan was under the influence of southerly flow and northern Taiwan was affected by southwestern flow. The Pan-Chiao sounding in northern Taiwan indicates the level of free convection (LFC) decreased to 1 km in height at 1400 LST. Thus lifting due to topographic effects or other factors could help convection. A three-dimensional non-hydrostatic numerical model with terrain following coordinate system was employed to study where cloud systems developed. We found that when the initial wind used in the model was from the south, water vapour convergence in northern Taiwan. Then cloud and rain formed there. The formation of this cloud and rain system plus surface heating helped to form a convergence area. The land-sea temperature contrast seemed not to be important for the formation of this convergence area, but it could enhance the intensity of the cloud system. If wind direction was from either 165° or 225°, the cloud and precipitation system formed in northwestern and northeastern Taiwan, respectively. Upslope flow helped clouds form in central Taiwan. The cloud and precipitation system formed in the mountainous area in central Taiwan when initial wind in the model was from 165°, 190°, and 225°. Higher wind speed from the south at low level would cause the precipitation in northern Taiwan to move northward away from Taiwan island rather than eastward as observation data indicated.

(Key words: Terrain, Cloud and Precipitation System, TAMEX)

¹ Institute of Atmospheric Physics, National Central University, Chung-Li, Taiwan, R.O.C.

1. INTRODUCTION

Mountains act as a heat and moisture source as well as a barrier to the prevailing wind. The moisture can influence the formation of precipitation systems. Kuo and Orville (1973) studied the mountainous storms over the Black Hill in South Dakota, U.S.A. They found that the prevailing wind could affect the position of the formation of mountainous storms. Karr and Wooten (1976) analyzed radar echoes over the Rocky Mountains. They found that mountain "hot spots" were favorable for the formation of radar echo. Banta and Schaaf (1987) used satellite data to trace where mountainous thunderstorms initially formed and found the initiation stayed on the lee side. The "lee side convergence zone" as favorable for the formation of cumulus clouds has also been proposed by Banta (1984).

As mountains occupy so much of the land-mass of Taiwan island (Figure 1), their effects on the formation of cloud systems and mountainous storms is very important. Liao and Chen (1984) presented two cases where storms formed in mountainous area in the afternoon and

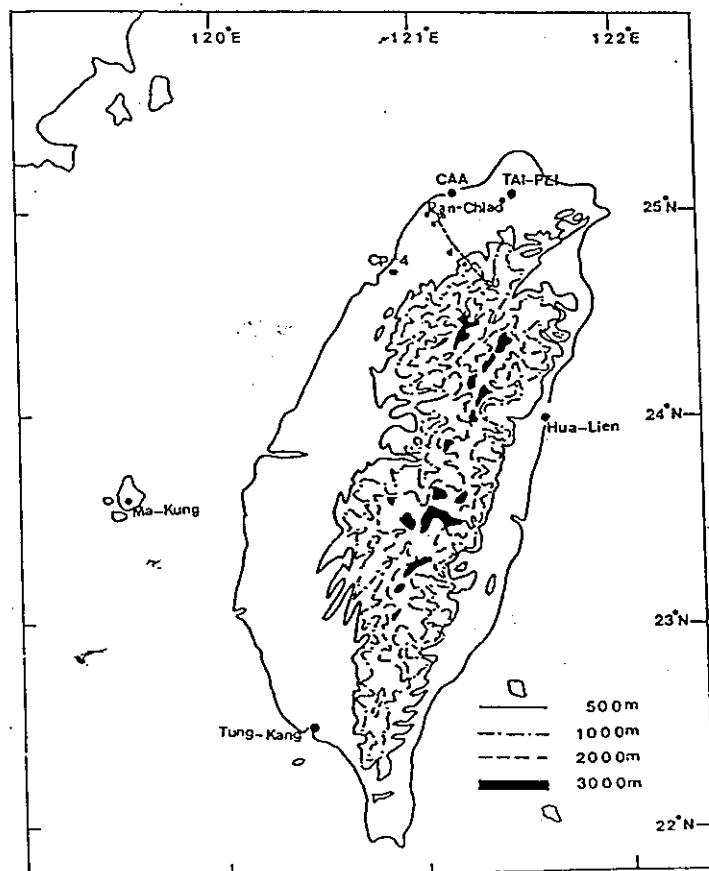


Fig. 1. The topography of Taiwan in meters. Stations along the broken-line will be mentioned in Figure 8.

then moved toward the Taiwan strait. Chen *et al.* (1991) studied a mountainous storm which formed in a mountain slope area in the afternoon in northern Taiwan and then moved eastward. This system dumped more than 100 mm of precipitation at some stations in only a few hours. The maximum reflectivity was over 50 dBZ along the steep slope and near the mountain peak. On June 20, 1987 during the TAMEX (Taiwan Area Mesoscale Experiment, Kuo and Chen, 1990) mountainous precipitation systems formed in northern and central Taiwan in the afternoon and then moved eastward (Figure 2). The pattern of daily rainfall amount (Figure 3) formed three groups. The magnitude of the rainfall amount was large in northern and central Taiwan, but less in the south. In northern Taiwan precipitation formed in early afternoon (Figure 4) but not in southern Taiwan. In southern Taiwan, some of the precipitation might come from cloud systems moving from the Taiwan strait (Figure 2).

The objective of this paper is to study why mountainous cloud and precipitation systems form in northern and central Taiwan in early afternoon as well as the important factors that help storms occur. To answer these questions, we will analyze conventional data as well as simulation results from a three-dimensional non-hydrostatic numerical model. We hope that after this study we shall have a better understanding of the formation of mountainous cloud and precipitation systems over Taiwan island.

The analysis of observational data will be described in section 2. The model structure will be presented in section 3 and appendix. The modeling simulation results will be discussed in section 4.

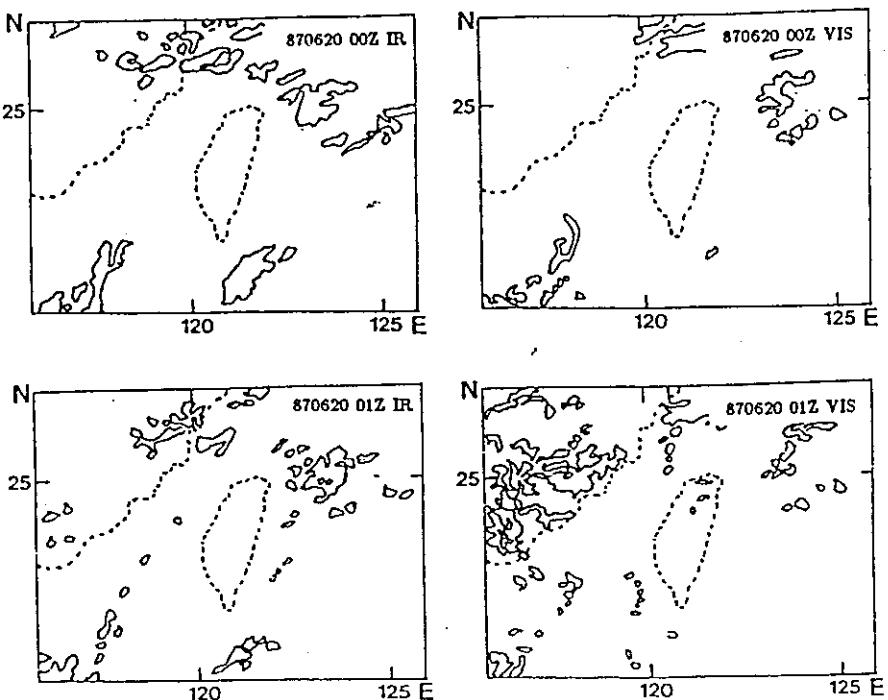


Fig. 2. Infrared (IR) and visible (VIS) satellite images from 0800 LST (00Z) to 1700 LST, 20 June 1987, dotted line is the coastline, solid line is the cloudy area.

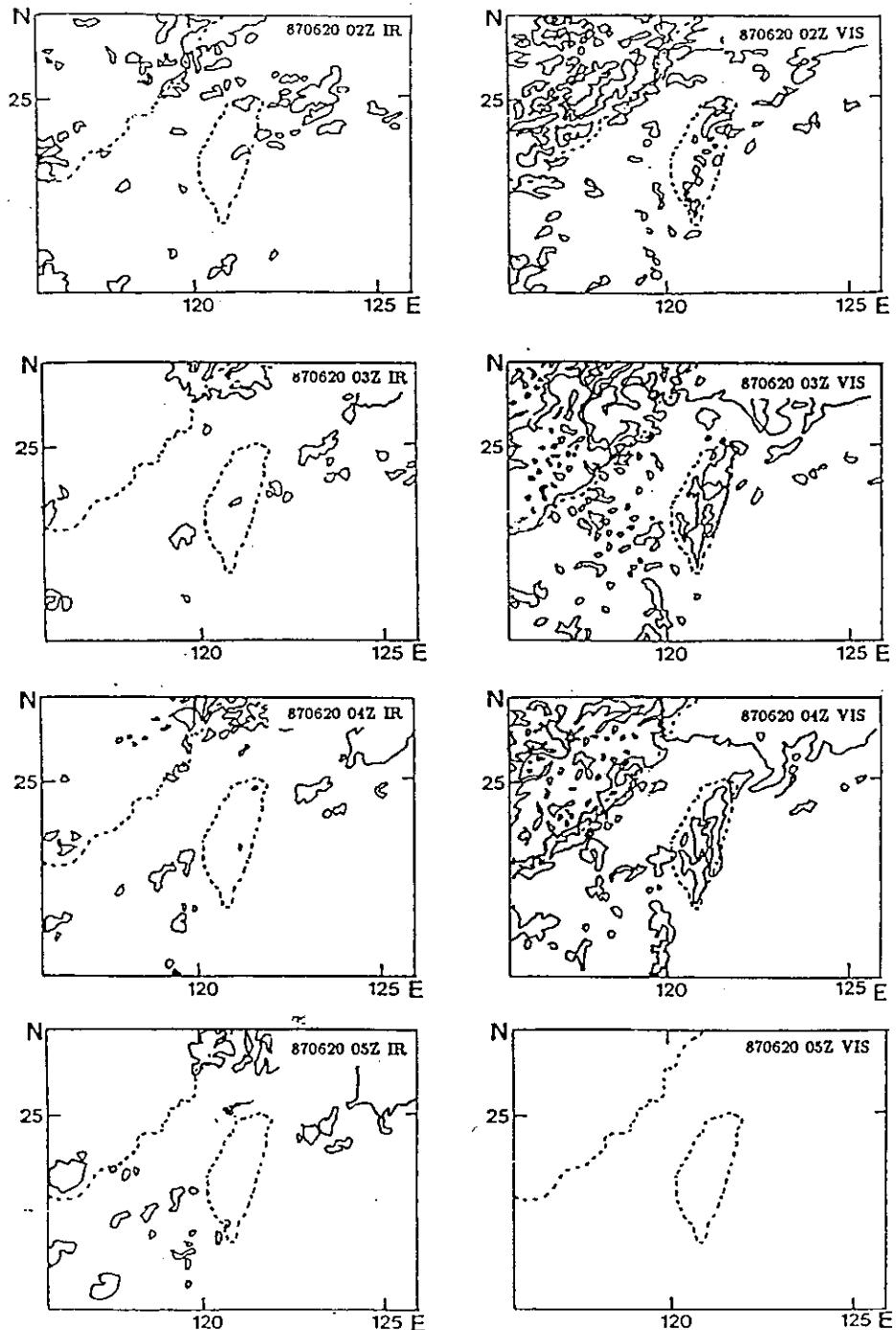


Fig. 2. (Continued.)

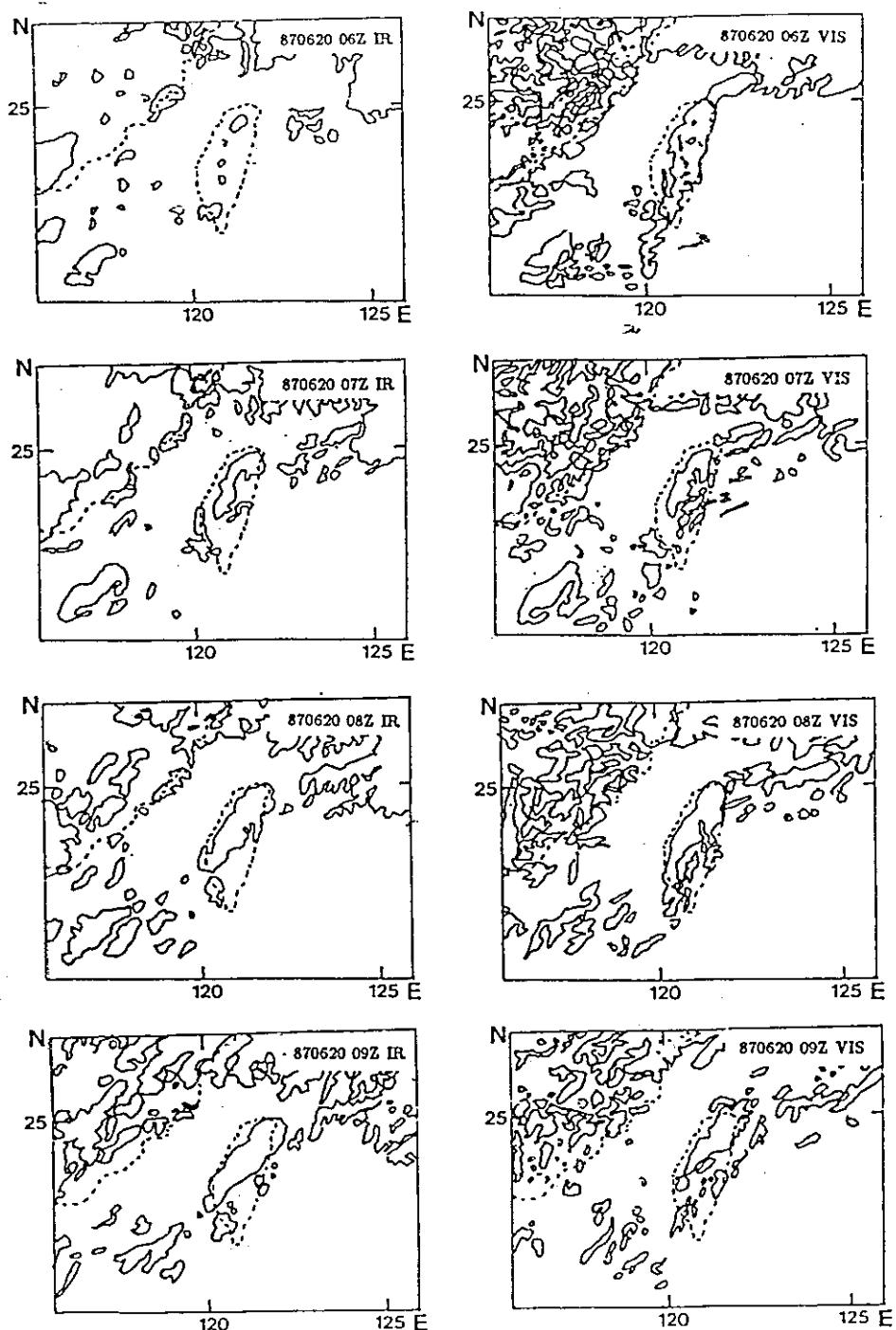


Fig. 2 (Continued.)

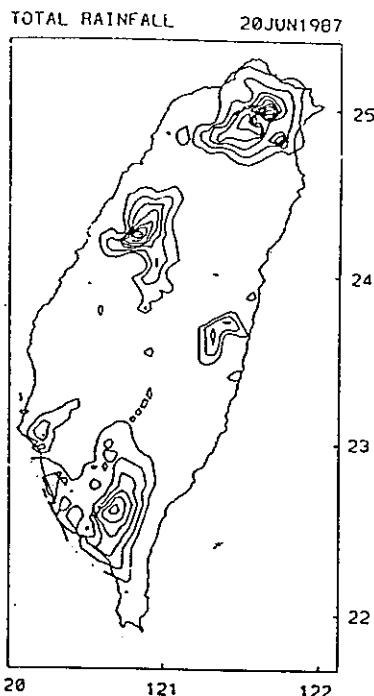


Fig. 3. The daily rainfall amount (mm) over Taiwan island on 20 June, 1987. The contour intervals are 10 mm starting from 10 mm to 70 mm.

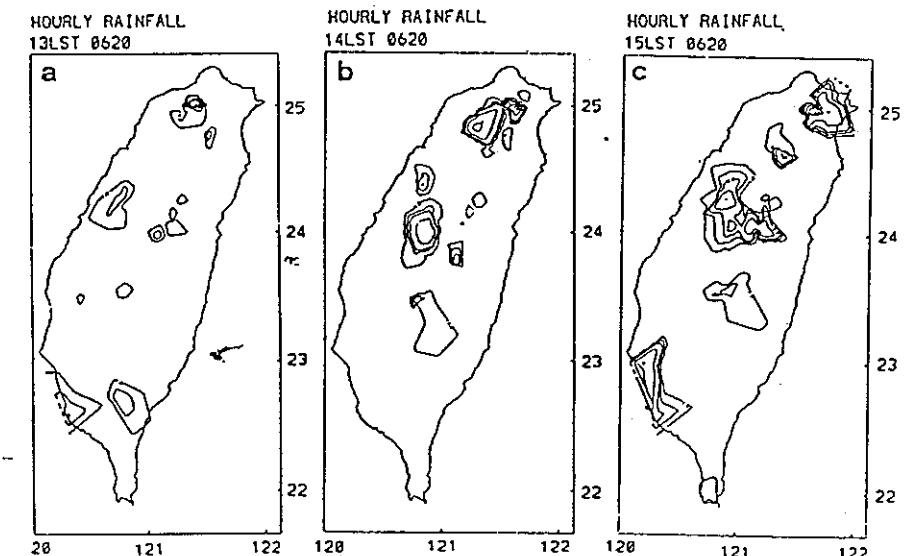


Fig. 4. The hourly rainfall rate (mm h⁻¹) at (a) 1300, (b) 1400, (c) 1500 LST on 20 June 1987. The contour intervals are 1, 3, 5, 10, 20, 30 mm, respectively.

2. DATA ANALYSIS

A surface weather map (Figure 5a) and satellite images (Figure 5b) show that a Mei-Yu frontal system was located some distance to the north of the Taiwan area on June 20, 1987 but a Pacific high pressure system influenced the Taiwan weather pattern. In southern Taiwan wind was from the south while in northern Taiwan southwest wind was found as it was located in the northern periphery of the high pressure system. The diurnal change of wind direction was very obvious as shown in Figure 6. Airflow moved away from Taiwan island at 0500 LST (local stand time) and converged on the island and mountainous areas at 1200 LST. Figure 7 depicts the hourly variation of wind, temperature, moisture and precipitation at Taipei and Pen-Chia-Yu stations. In Taipei wind direction changed from south (downsloped direction) to west (on-shore) and temperature increased after 0900 LST. These phenomena have also been observed by Johnson and Bresch, (1991). The temperature dropped and wind direction changed after 1300 LST due to precipitation (Figure 4). Wind direction changed

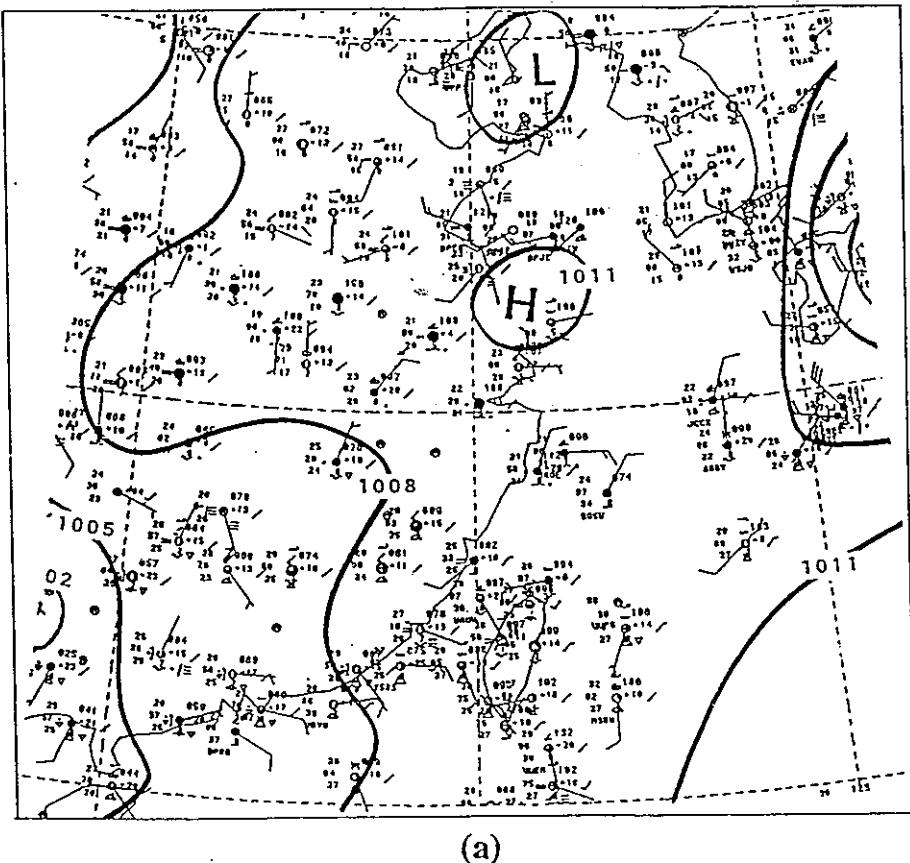


Fig. 5. (a) Synoptic-scale surface map and (b) Infrared satellite image for 0800 LST, 20 June 1987.

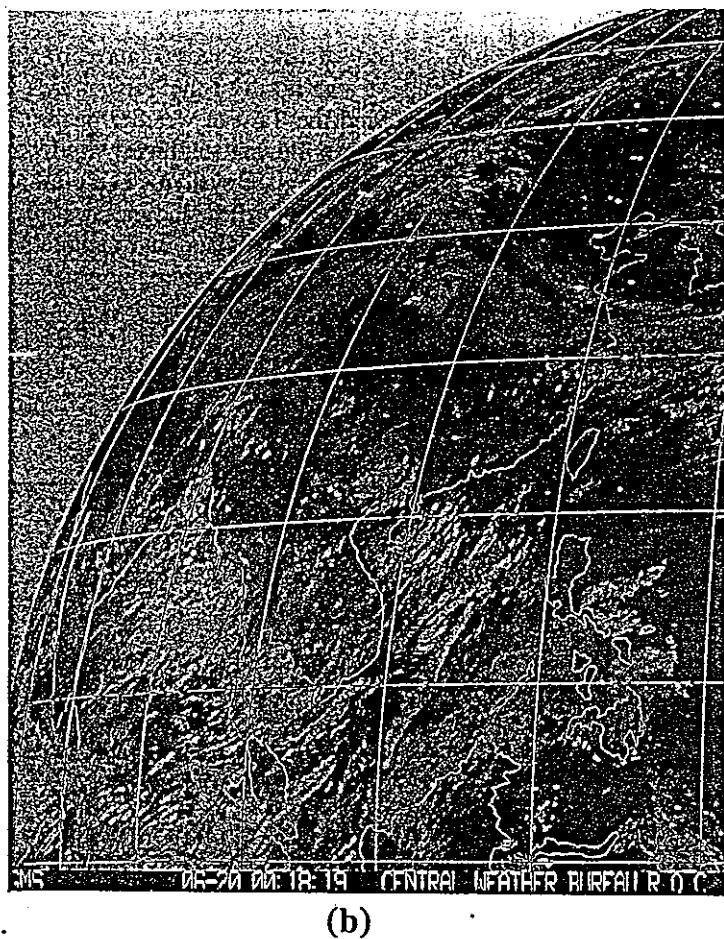


Fig. 5. (Continued.)

back to southerly wind at 1500 LST. In Pen-Chia-Yu wind changed to northerly at 1500 LST and southerly again at 1900 LST. Thus from these two stations, it is hard to say any mesoscale features related to front had reached northern Taiwan. Since the prevailing wind direction in southern Taiwan (Tung-Kang) was from the south (Figure 8), the change of wind direction in southern Taiwan was not so obvious as that in northern Taiwan (Figure 6). Figure 9 depicts the surface wind field along a line from the coast to the mountains in northern Taiwan (Figure 1). On-shore flow developed near the coast (a, b and c stations) between 0800 and 0900 LST. Along slope (d, e and f stations) upslope wind also developed between 0830 and 0930 LST. The upslope wind had a northerly wind component which was also found in Pan-Chiao in the afternoon (Figure 8). The direction of upslope wind depended on the terrain features around the station. Thus in northern Taiwan the on-shore flow and upslope flow developed almost at the same time. However due to lack of data, it was not easy to determine the development of upslope flow in other regions.

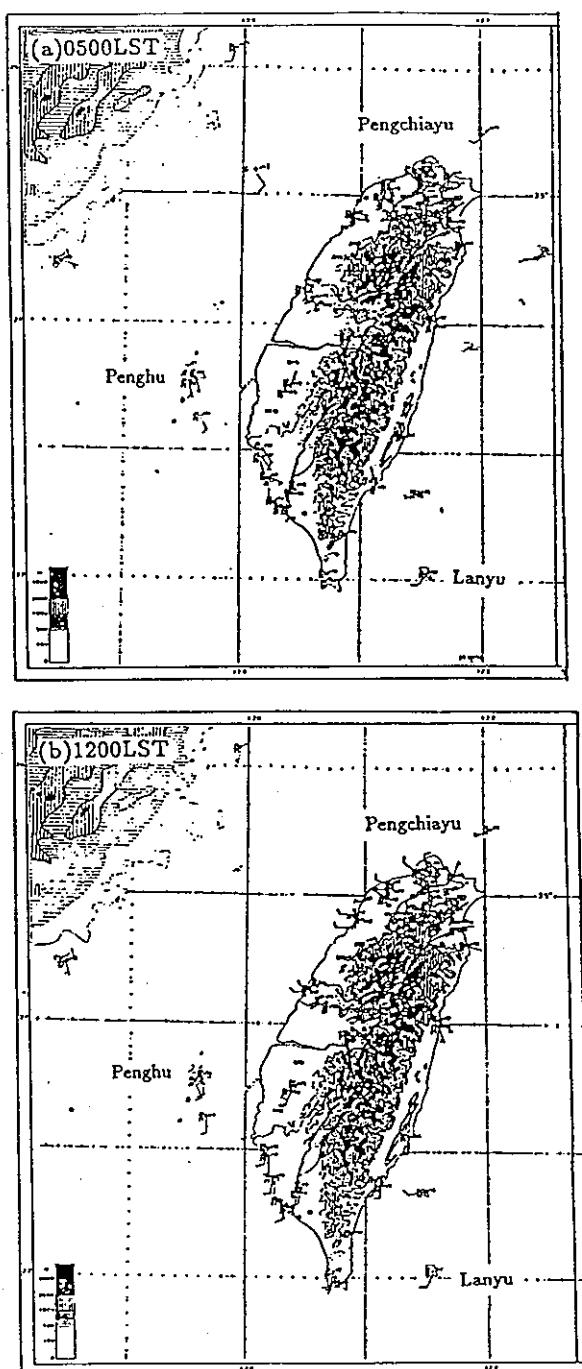


Fig. 6. Conventional meteorological variables on the surface for (a) 0500 LST and (b) 1200 LST on 20 June 1987 in the Taiwan area.

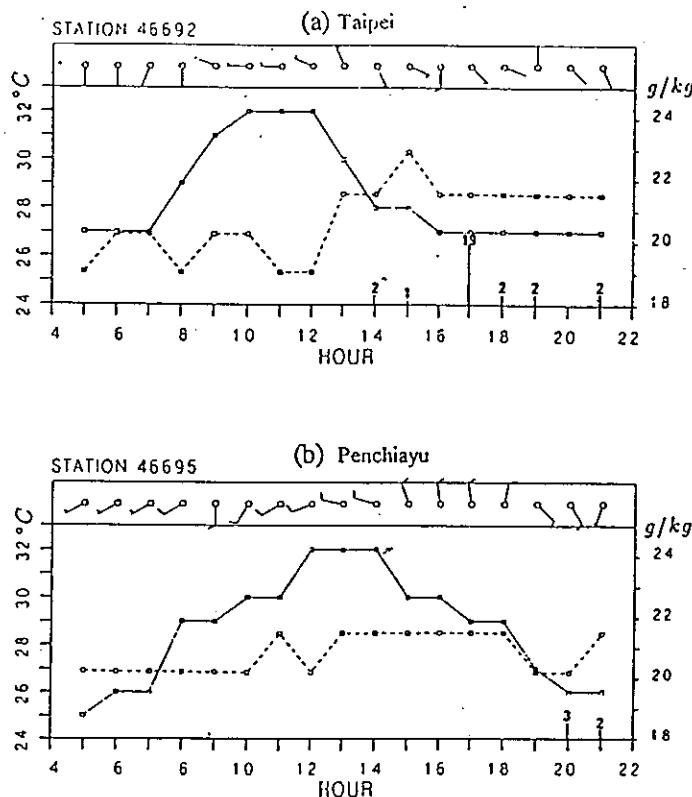


Fig. 7. The hourly wind, temperature (solid line), mixing ratio of water vapour (dashed line) and precipitation (bar, mm hr^{-1}) at Taipei (a) and Pen-Chia-Yu (b).

The vertical potential temperature, equivalent potential temperature and saturated potential temperature profiles at 0800, 1100 and 1400 LST at Pan-Chiao station in northern Taiwan are shown in Figure 10. In the early morning the atmospheric was near neutral on the low levels. After the sun rose, low level temperatures increased as seen for 1100 and 1400 LST. The level of free convection (LFC) was reduced to about 1 km in height in the afternoon, therefore the lifting due to topographical effects or other mechanisms was expected to help air parcels at low level to rise and to form cloud and rain. This situation was confirmed by surface rainfall data (Figure 4). Hourly surface rainfall data indicated that significant rainfall amounts began in the Taipei area in northern Taiwan and central Taiwan at 1300 LST (Figure 4). there was 79 mm/hour^{-1} at one station. But the amount of rainfall was less at other stations. In central Taiwan rainfall began in the slope area and higher mountain regions. Radar reflectivity also indicated this situation (See Figure 10 of Liang, 1991). The amount of precipitation was smaller than that in northern Taiwan in the early afternoon. At 1400 LST more stations observed precipitation, but still in northern and central Taiwan. In northern Taiwan more stations east of Taipei observed precipitation, which indicated that precipitation formed in northeastern Taiwan. At 1500 LST this phenomena become more evident. Meanwhile, the rainfall intensity in central Taiwan also became heavier in the mountainous area.

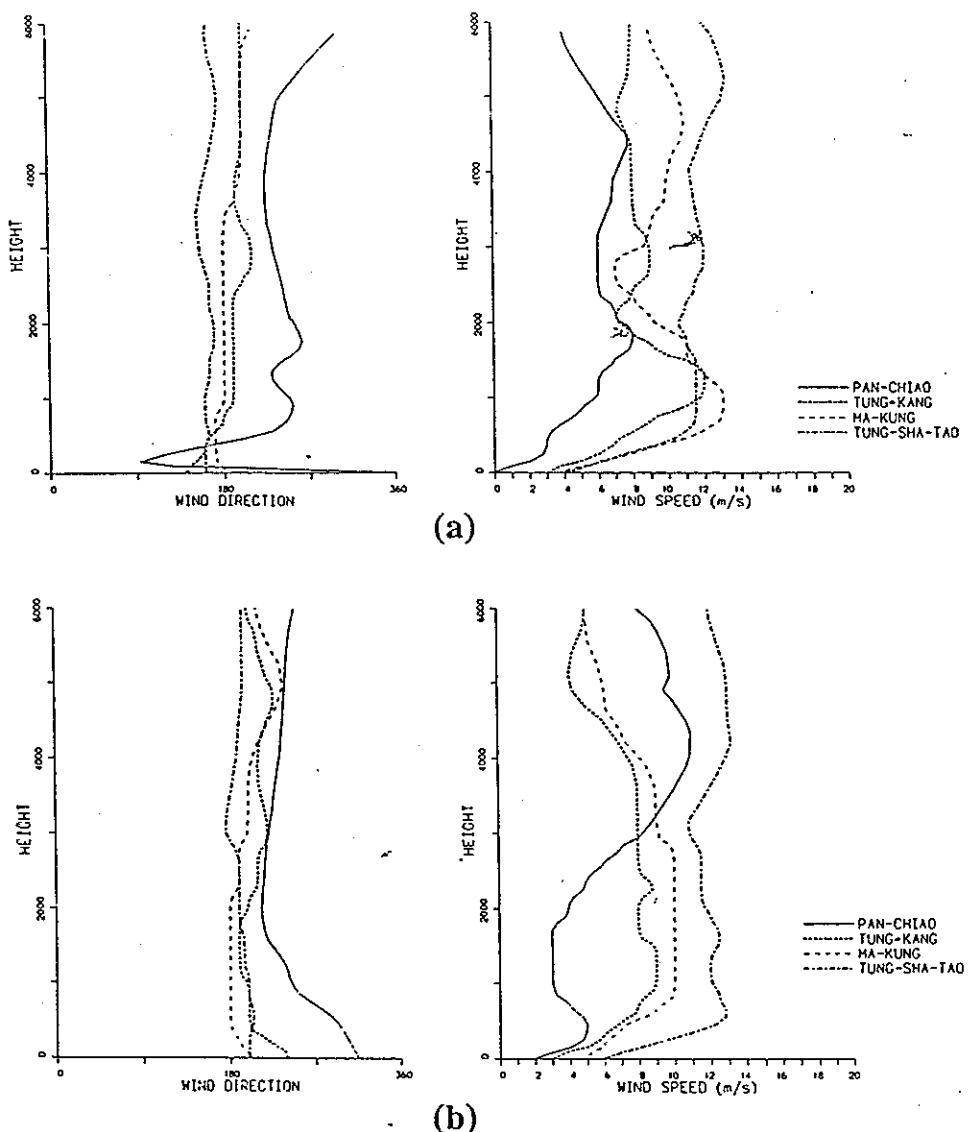


Fig. 8. The vertical profile of wind direction and speed over Pan-Chiao, Tung-Kang, Ma-Kung and Tung-Sha-Tao at (a) 0800 LST and (b) 1400 LST on 20 June, 1987.

Observations indicate that a Pacific high pressure system influenced Taiwan weather on June 20, 1987. The sea-breeze and upslope wind developed after 0800 to 0900 LST in a region of southerly wind. The Pan-Chiao sounding showed that the height of the LFC decreased to 1 km in the afternoon and thus precipitation formed more easily with the help of terrain lifting. Hourly rainfall data showed that major precipitation occurred in northern

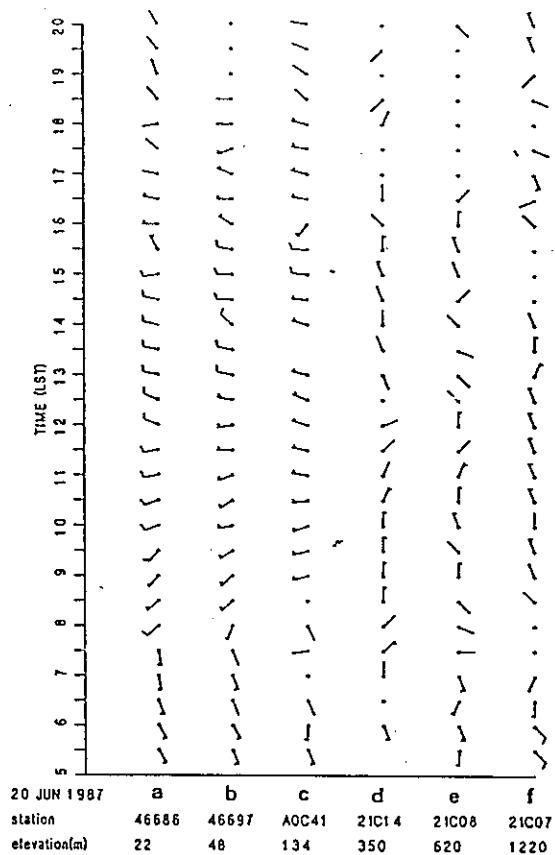


Fig. 9. Hourly change in wind direction at station (a) CKS Airport, (b) Tao-yuan, (c) Chung-li, (d) Hsia-yun, (e) Kao-I, (f) Pa-leng. The position of these stations is shown in Figure 1.

and central Taiwan at 1300 LST. As time passed, precipitation took place east of Taipei in northern Taiwan. Two areas had precipitation in central Taiwan. One was along the slope and the other over high mountains.

3. MODEL STRUCTURE

The numerical model used in this study was a finite-difference approximation of the elastic, non-hydrostatic equations governing atmospheric motion. This model utilized the compressible equations, which were efficiently solved by separating out sound wave terms and integrating them with a smaller time step than that used for the convective processes in order to maintain computational stability. The predicted variables included horizontal and vertical velocities, pressure, potential temperature (θ), the mixing ratio of water vapor (q_v), of cloud water (q_c) and rainwater (q_r). Cloud water and rainwater growth were parameterized in the manner suggested by Kessler (1969), but with the coefficients used by Klemp and

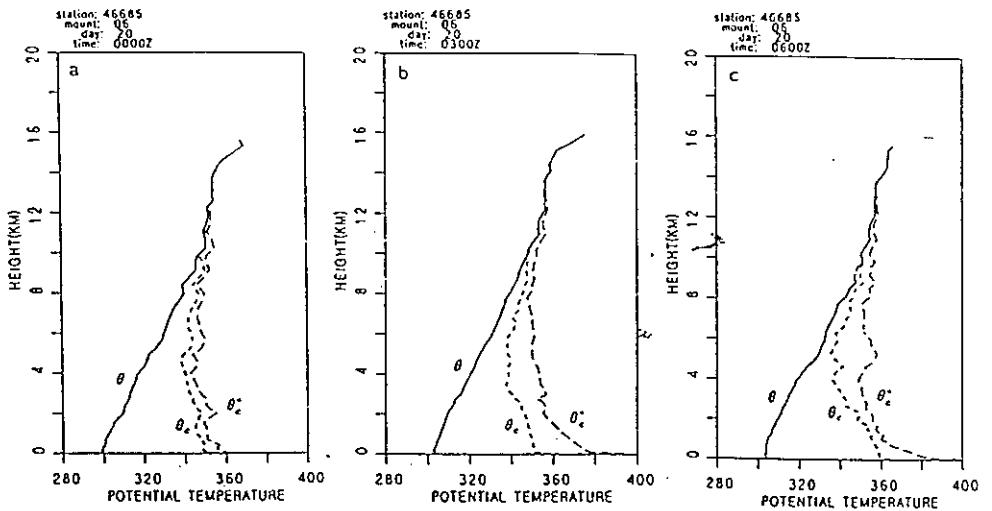


Fig. 10. The vertical profile of potential temperature, equivalent potential temperature and saturated equivalent potential temperature at (a) 0800 LST, (b) 1100 LST, and (c) 1400 LST at Pan-Chiao in northern Taiwan.

Wilhelmsen (1978). The subgrid scale parameterization used in this study followed Lilly's formulation (1962), which depended on the relative strengths of stratification and shear.

The boundary conditions of the velocity components for the upper and lower boundaries were assumed to have zero normal velocity and zero normal velocity gradient conditions for horizontal velocities. There was also no normal gradient for θ , q_v , q_c , and q_r at the boundaries. In the upper half of the model domain, a region of Rayleigh friction and Newtonian cooling were applied to the perturbation velocities and θ . The lateral boundary conditions were assumed to have no horizontal gradient at the inflow boundaries, but Orlanski (1976) type conditions were employed for the horizontal velocities of the outflow boundaries.

The numerical scheme used in the model was similar to that of Durran and Klemp (1982). The model domain is $400 \text{ km} \times 800 \text{ km} \times 10 \text{ km}$. The horizontal grid interval was 10 km and the vertical grid interval varies from 173 m near the surface to 642 m near the top. The big time step was 4 seconds and the small time step was 1 second. Smooth terrain with mountain peak 3 km in height was assumed in the model (Figure 11). A brief description of the model structure is presented in the Appendix.

4. SIMULATION RESULTS

To choose the initial wind profile used in the model is rather difficult. Since northern Taiwan was located in the northern periphery of a high pressure system, the wind direction in Pan-Chiao (northern Taiwan) was from the southwest while in southern Taiwan (Tung-Kang) as well as over sea (Ma-Kung and Tung-Sha-Tao) wind direction was in general from the south (Figure 8). Thus in the model we assumed that the initial wind direction was either from 190° (case A, Table 1), 165° (case B) or 225° (case C). In Pan-Chiao (Figure 8) wind speed increased from the surface to 2 km in height (in the morning) or 4 km in height (in

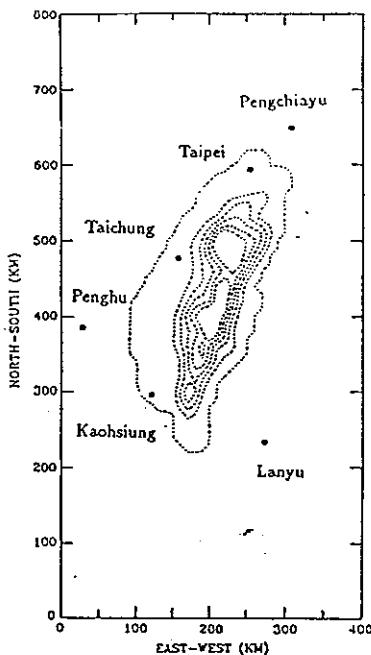


Fig. 11. The smooth terrain used in the model. Contours intervals are 500 m.

the afternoon). At other stations, wind speed was rather unchanged with height above 1 km. Since we were interested in the formation of the cloud and precipitation system in northern and central Taiwan, we assumed that wind speed was to be 0 ms^{-1} at surface and linearly increased to 8 ms^{-1} at mountain top (3 km high) in case A, B, C and E (Table 1). The temperature and moisture profiles were taken from Pan-Chiao data at 0800 LST. In run D, the wind direction was the same as in run A but wind speed at the mountain top was assumed to be 5 ms^{-1} . In run E the wind direction and speed were the same as in run A, but assumed to have no sea-land contrast. In case F we assumed that wind speed increased from 0 ms^{-1} at surface to 8 ms^{-1} at 1 km in height linearly and wind was from 190° . This wind speed profile was close to that observed in Tung-Kang in the afternoon (Figure 8). To avoid a big shock in the model, initially the wind speed was to be zero everywhere in the model and then slowly increased to its environmental value assumed in the model in the first three hours. Then we let the model to run for another hour. At 4 hours of simulation time the surface heating was activated to the lowest level over the land for another two hours. The heating added to the model was similar to that in (Banta, 1986). During this time the surface temperature could increase about 2°K over the plain in the model which was close to the observed value for the maximum temperature variation at 1300 LST.

The surface streamline for run A at 4 hours of simulation time is shown in Figure 12. Airflow coming from the south was diverted near the southern tip of Taiwan and then followed the terrain contours. It again converged in northern Taiwan. The "H" and "L" in Figure 12 represent the local high and low pressure centers, respectively. They were located near the upstream and lee sides of the mountain, respectively. Perturbation high pressure area corresponded to the upward motion. These flow features were similar to those in Lin

Table 1. Experiments described in the numerical simulation.

Case	Comments
Run A	Wind direction is 190° and wind speed is linearly increased to 8 ms^{-1} at the mountain top (3 km in height). Wind speed is kept 8 ms^{-1} above 3 km in height. Temperature contrast is assumed between sea and land surface.
Run B	Same as in Run A but initial wind direction is 165° .
Run C	Same as in Run A but initial wind direction is 225° .
Run D	Same as in Run A but maximum wind speed is 5 ms^{-1} at mountain top.
Run E	Same as in Run A but no sea-land temperature contrast.
Run F	Same as in Run A but wind speed is linearly increased to 8 ms^{-1} at 1 km in height and then kept at 8 ms^{-1} above 1 km in height.

et al. (1992), however a stagnation point forms upstream of the island in our simulation result. This difference might be due either to the lower Froude number or the non-hydrostatic effect in our simulation model. How the flow with or without the stagnation point influenced the formation of cloud and precipitation systems needs further investigation. Since airflow converged in northern Taiwan, the increase of water vapor could have been expected. Figure 13 shows the mixing ratio of water vapor at 10 min after 4 h of simulation time if cloud and rain were suppressed. There existed a maximum region of the mixing ratio of water vapor in northern Taiwan. Thus cloud and rain systems can be expected there. At 4.5 hours, after surface heating was added for 30 minutes, airflow from the western, northern and eastern coastal line met the southerly wind forming a convergence zone in northern Taiwan (Figure 12b) over which there was a cloud and rain system (Figure 14a). The updraft of the cloud and rain system would enhance the low level convergence. The maximum value of cloud water in a vertical column is shown in Figure 14. Less cloud occurred in central Taiwan along the western slope region, where the area with upward motion in the upslope flow regime was small. Upward motion was also found in the eastern slope area in central Taiwan, but no cloud took place at this time. At 5 hours of simulation time, the convergence area moved slightly northward (Figure 12c) and major upward motion area shifted eastward in northern Taiwan but the updraft areas in central Taiwan remained in the same regions at this time and later. The cloud cover area in northern Taiwan remained roughly unchanged but it decreased in central Taiwan (Figure 14b). At 5.5 hours, the convergence area in northern Taiwan formed a line roughly parallel to the coasted line (Figure 12d) and the cloudy area in northern Taiwan extended to the northeast (Figure 14c). A small cloudy area formed on the eastern slope area and in the mountainous area in central Taiwan where upward motion also existed. Figure 15 shows the mixing ratio of rainwater at several horizontal planes and in an interior structure with a quarter cutout. Near surface rain was near the slope area. At higher levels it extended northward due to the southerly wind. The maximum mixing ratio existed at $5 \sim 6 \text{ km}$ height. At 6 hours (2 hours after heating was activated), several small scale features appeared in the surface flow pattern (Figure 12e). The cloud still covered northeastern Taiwan (Figure 14d) and intensified in mountainous areas in central Taiwan.

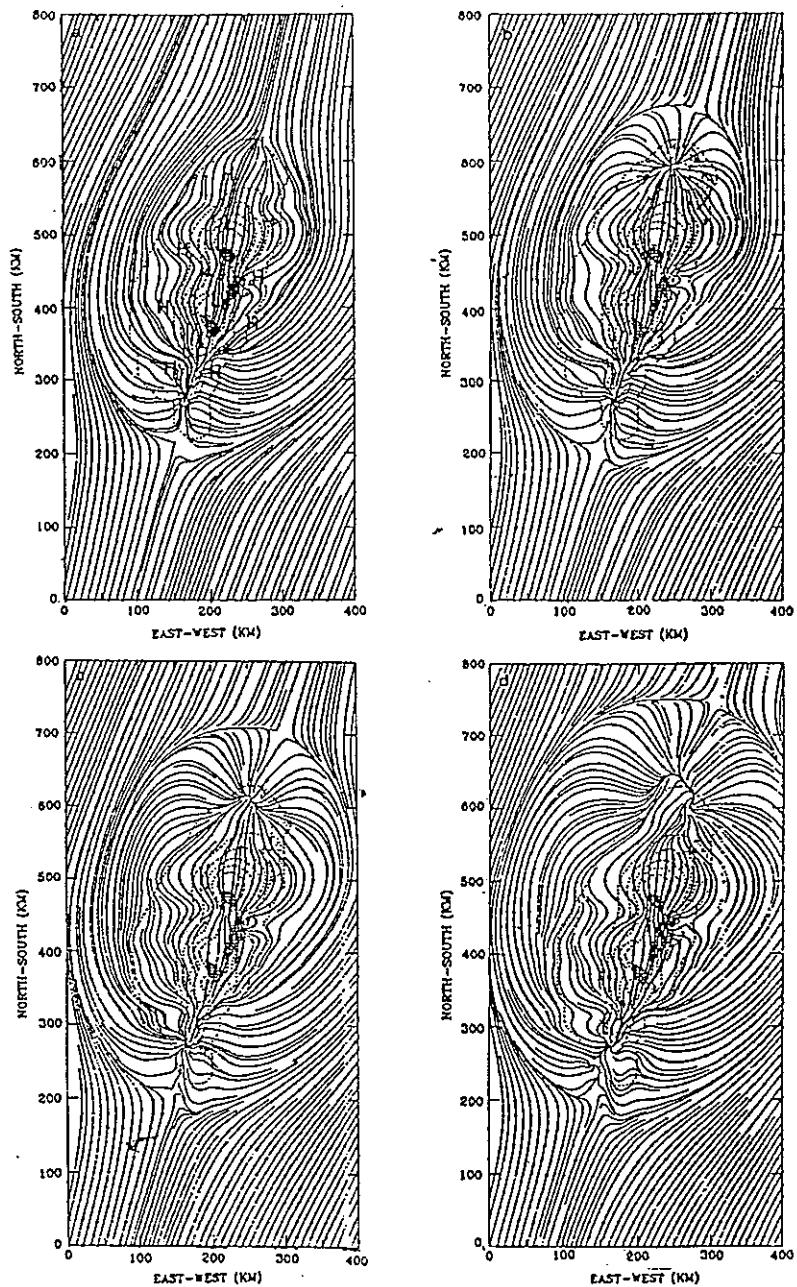


Fig. 12. Surface streamline for run A at (a) 4 hours, (b) 4.5 hours, (c) 5 hours, (d) 5.5 hours, and (e) 6 hours of simulation time. The dotted area and hatched area represent upward motion greater than 1 and 5 cm s^{-1} , respectively. H and L in (a) denote the maximum pressure and minimum pressure perturbation, respectively.

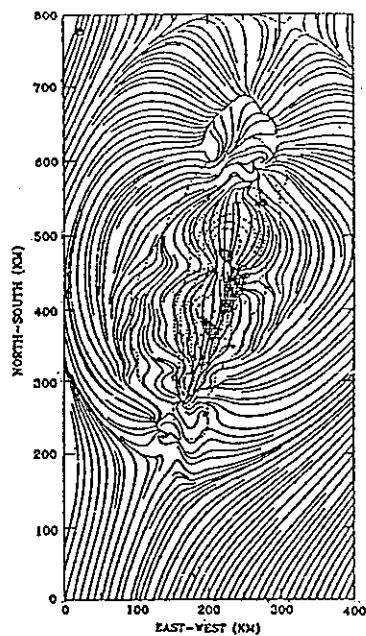


Fig. 12. (Continued.)

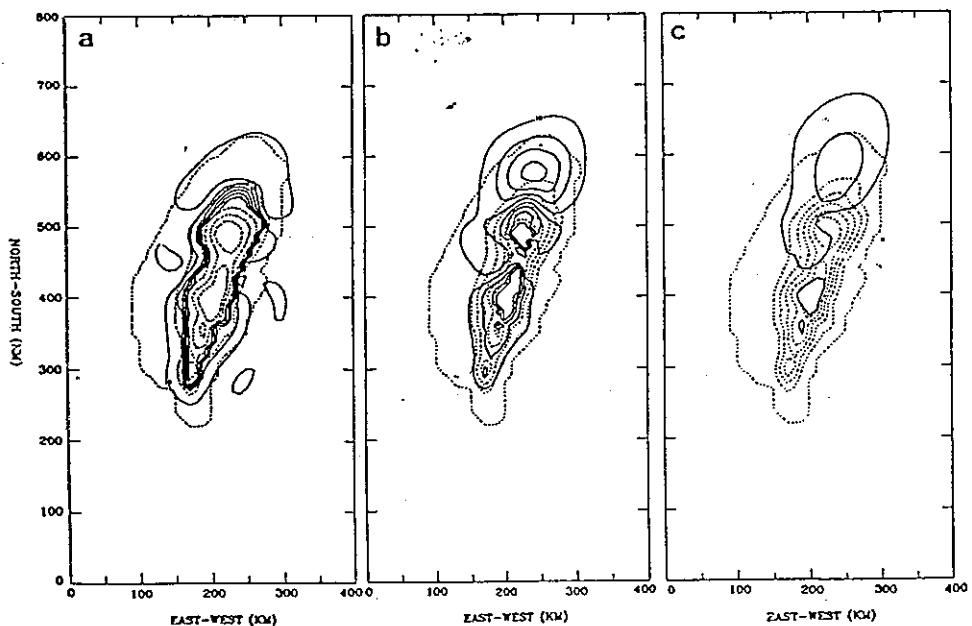


Fig. 13. The mixing ratio of water vapor at (a) 1 km, (b) 2 km (c) 3 km height at 4 h 10 mins simulation time. Contour intervals are 3 g kg^{-1} .

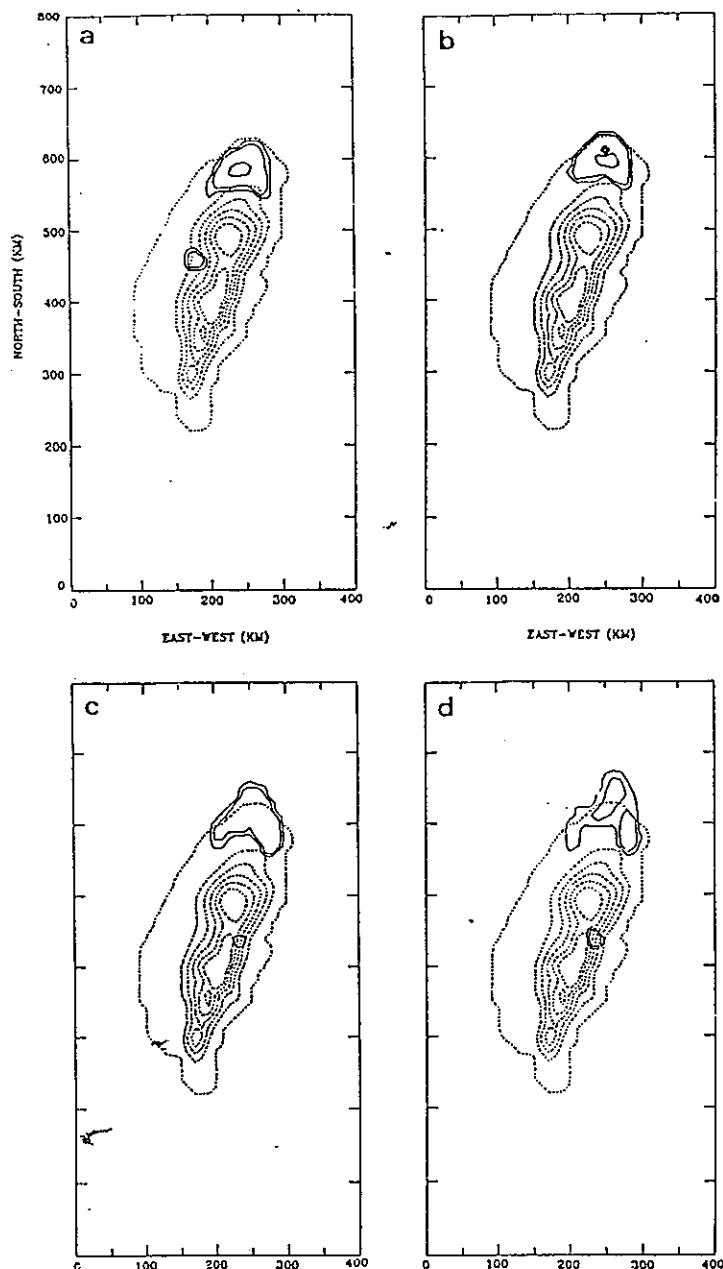


Fig. 14. The maximum value of the mixing ratio of cloud water in a vertical column for run A. The contour intervals are -2, -1, and 0 respectively. They represent 10^{-2} , 10^{-1} , and 10^0 g kg^{-1} . The simulation time for each panel are at (a) 4.5 hours, (b) 5 hours, (c) 5.5 hours, and (d) 6 hours, respectively.

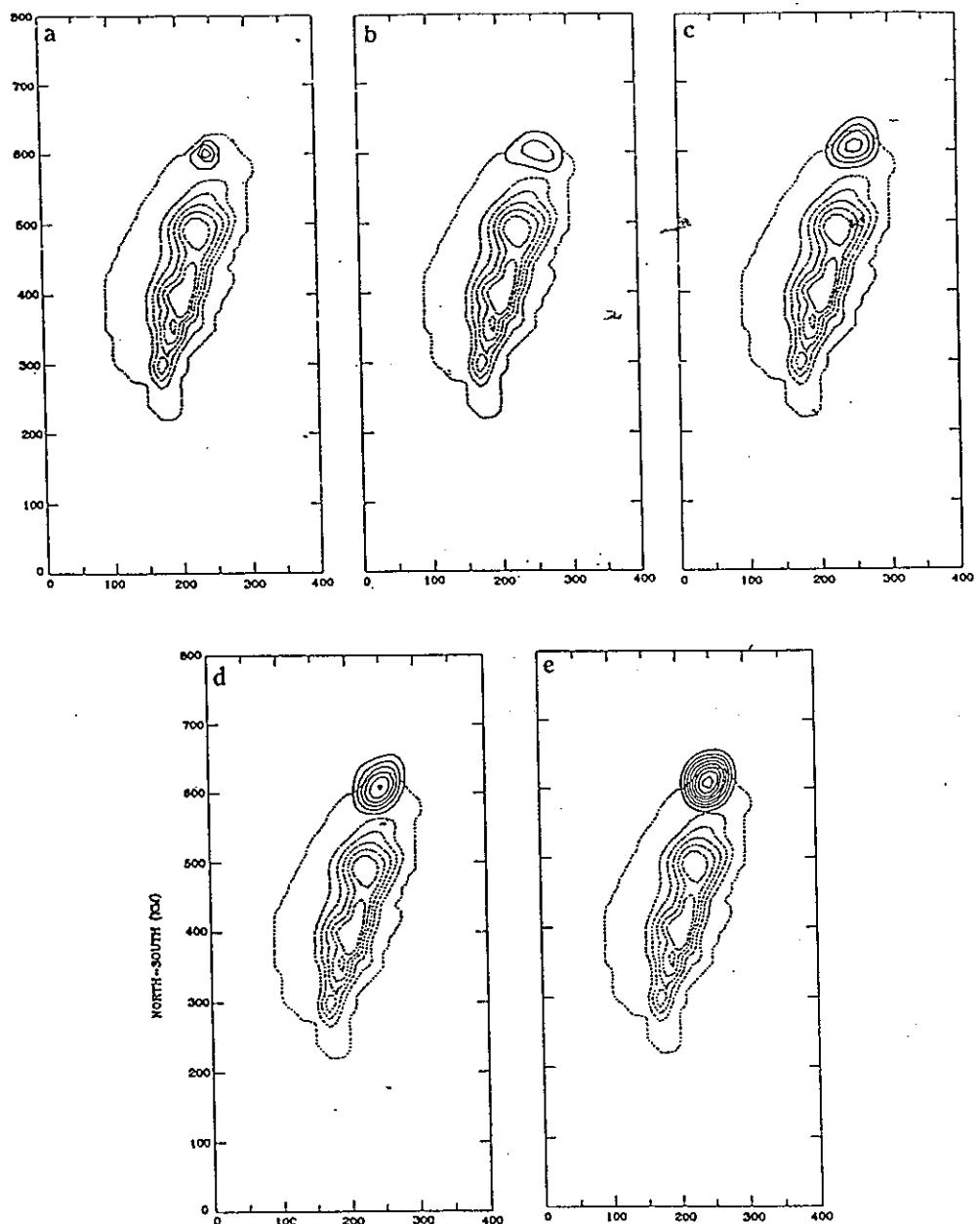


Fig. 15. The mixing ratio of rain water at (a) 1 km, (b) 2 km, (c) 3 km, (d) 4 km, (e) 5 km height at 5.5 hours. The contour interval is 1 g kg^{-1} except at 1 km, where it is 0.01 g kg^{-1} . The mixing ratio of rain in an interior structure with a quarter cutout superimposed with surface wind is shown in (f).

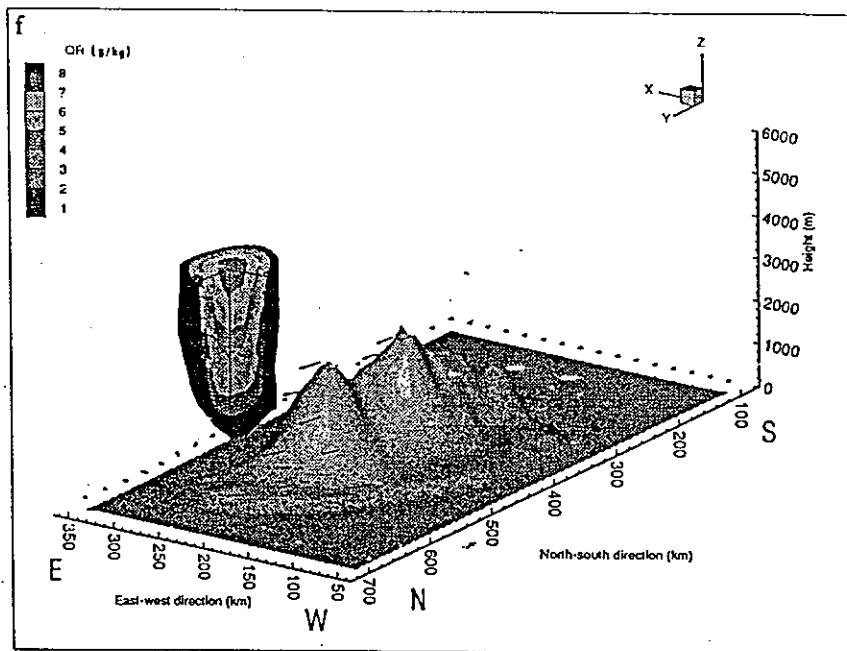


Fig. 15. (Continued.)

Since the convergence of the water vapor existed in the northern Taiwan for at least two hours, cloud and rain systems could develop in the conditional unstable atmosphere. The maximum value of the maximum radar reflectivity in a vertical column estimated from model result in northern and central Taiwan separately is shown in Figure 16. The formula to calculate the radar reflectivity from mixing ratio of rain water was adapted from Fovell and Ogura (1988). The maximum reflectivity was greater than 50 dBZ in northern Taiwan for about 2 hours. This situation corresponded to a higher rainfall rate in northern Taiwan. In central Taiwan the radar reflectivity was small. The upward area associated with the cloud in the upslope region was small in central Taiwan. Since major upward motion occurred in the slope area or mountainous area where the altitude was higher, the low level air parcel obtained less positive area once it passed its LFC (Figure 10). Thus the radar reflectivity was smaller.

In run A, clouds formed in northwest and northern Taiwan first, later extending to northeastern Taiwan. The intensity of radar reflectivity estimated from the model was higher. These phenomena were similar to the movement of the rainfall system (Figure 4). However for central Taiwan model results showed that only small cloudy areas formed on the western slope and in the mountainous areas. The intensity of cloud water and rain water was smaller in the model, as observation indicated. The upslope flow in northwestern Taiwan seen from the observations (Figure 8) was found only at 4.5 hours in run A (Figure 12b) and not obvious at other times.

In run B, the initial wind was from the southeast. Major cloud and rain systems formed in northwest and central Taiwan over areas of lower elevation and then moved north-westward away from the island (Figure 17). Stationary cloud also formed in the mountainous area of

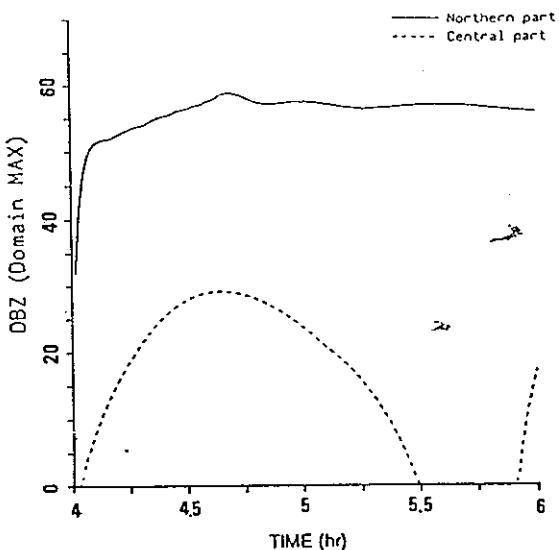


Fig. 16. The variation of the maximum value of maximum radar reflectivity in a vertical column in northern and central Taiwan with time, respectively.

central Taiwan. This system was larger than that in case A. Although no large cloud cover formed over northeastern Taiwan, the movement of the cloud system looked similar to that of a cloud system under the influence of southeasterly wind studied by Liao and Chen (1984).

In run C, the initial wind was from the southwest and the model size was extended 100 km westward to move the boundary further away from Taiwan island. Major cloud and rain systems formed in northeastern Taiwan and moved northeastward away from the island (Figure 18). Stationary clouds also formed in mountainous areas in central Taiwan but with larger area coverage than that in case A. A small cloudy area also formed in southwestern Taiwan.

In run D, the wind direction was the same as that in run A but the initial wind speed was reduced to 5 ms^{-1} at and above the mountain top. The cloud and rain system can be found in Figure 19. In general the surface flow pattern in run D was similar to that in run A (not shown) but the convergence zone in northern Taiwan moved slowly northward. Thus the wind direction was from the north in northwestern Taiwan as seen from observed data before 5 h into the simulation (Figure 9). The cloud system in run D in northern Taiwan was similar to that in run A but remained slightly south of that in run A. Cloud formed in the central mountainous area in run D earlier than in Run A and enlarged at 6 hours of simulation time.

In run E, surface heating was applied to the lowest level over the whole domain. Thus there was no land-sea contrast in terms of surface property. The surface streamline looked similar to that in run A before 5.5 hours but some differences existed later (Figure 20a). For example, the flow direction in run A (Figure 12) was from the south in southwest Taiwan but in run E there was southeasterly wind over southwestern Taiwan. In northwestern and northeastern Taiwan, flow direction was more perpendicular to the coastline in run A than in run E. Upward motion was higher in run A. In the mountainous areas in central Taiwan, larger convergence, occurred in run A than in run E due to an easterly flow. In run E

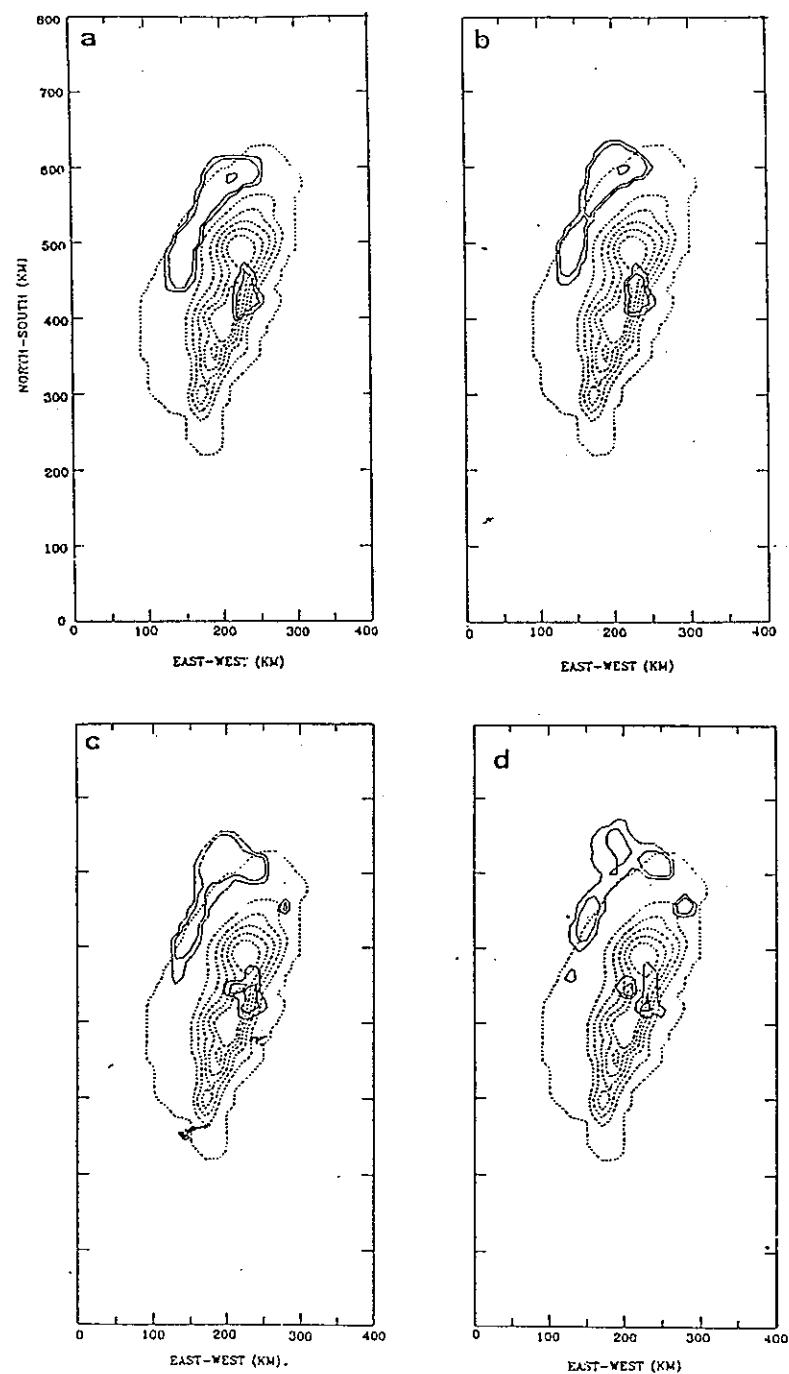


Fig. 17. Same as in Figure 14 but for run B.

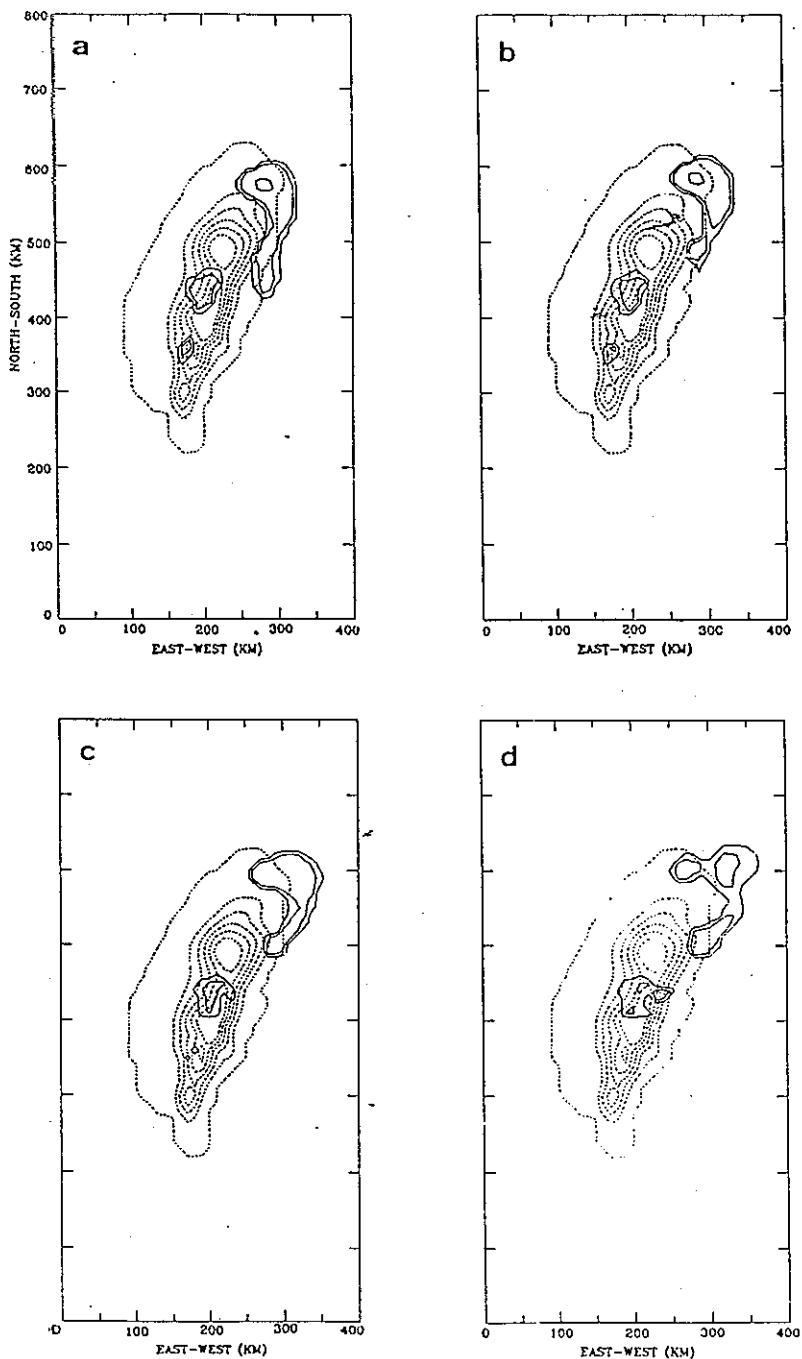


Fig. 18. Same as in Figure 14 but for run C.

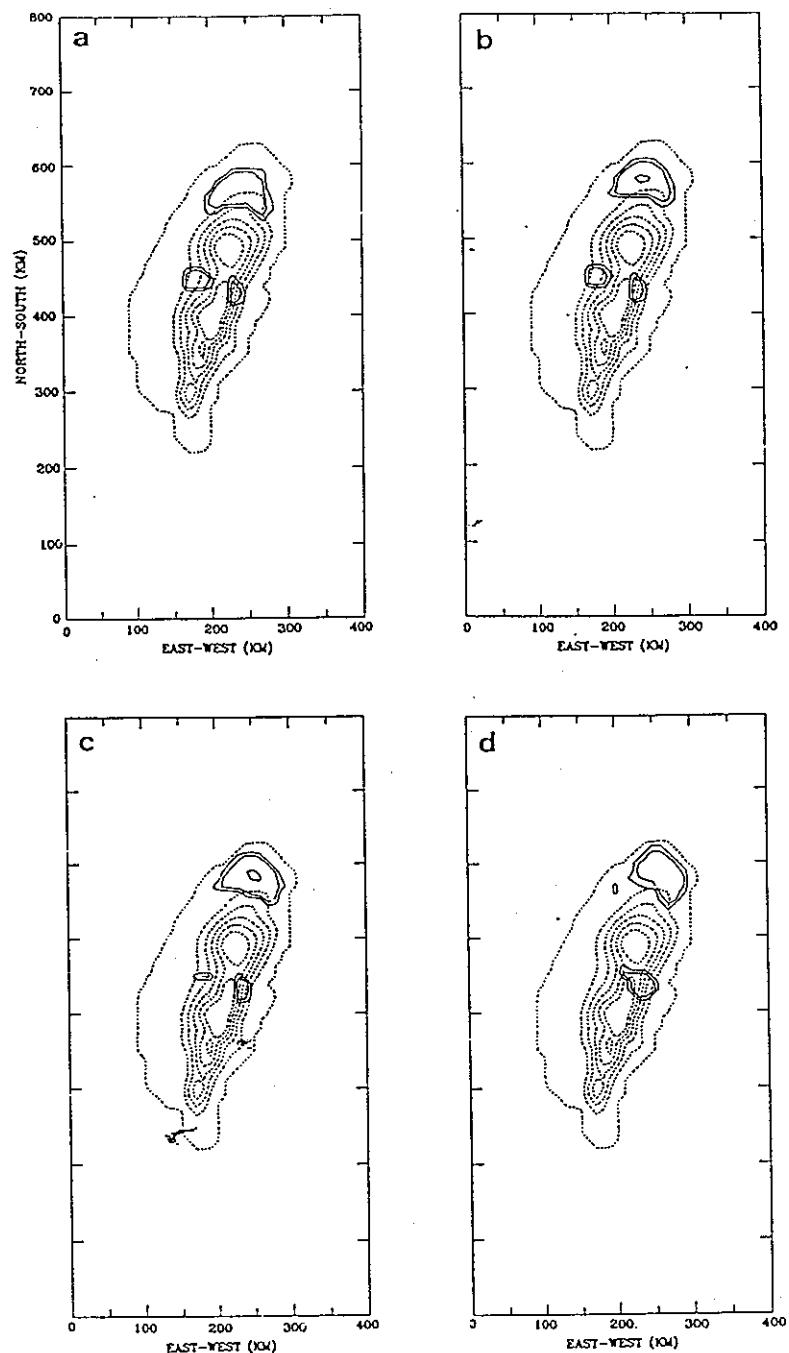


Fig. 19. Same as in Figure 14 but for run D.

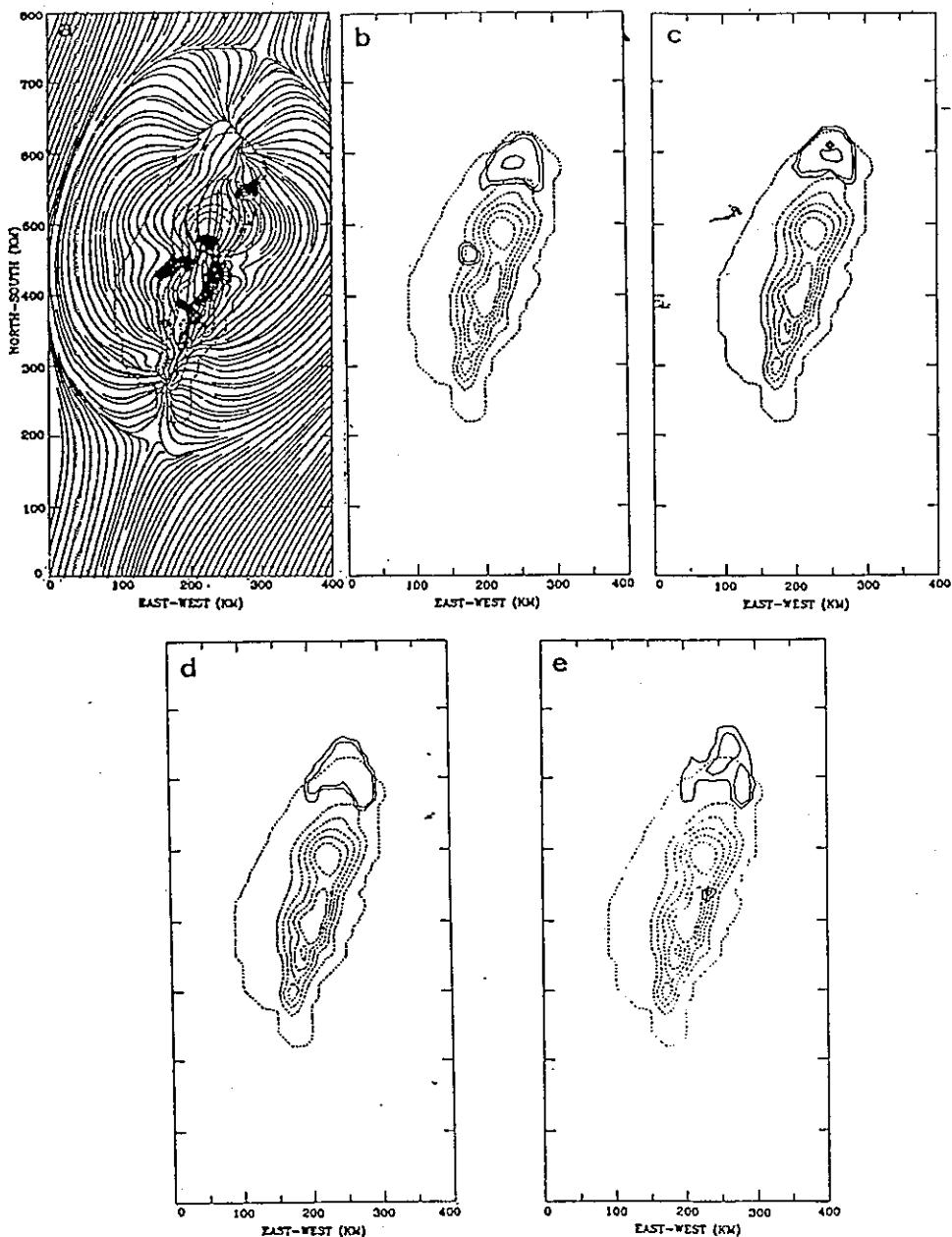


Fig. 20. (a) surface streamline at 5.5 hours of simulation time for run E. The dotted area and hatched area represent upward motion greater than 1 and 5 cm s^{-1} , respectively. The maximum value of the mixing ratio of cloud water in a vertical column for run E at (b) 4.5 hours, (c) 5 hours, (d) 5.5 hours, (e) 6 hours of simulation time.

the cloud and rain pattern in northern Taiwan (Figures 20b, c, d and e) was similar to that in run A but was weaker in central Taiwan.

The cloud pattern in run F (Figure 21) indicated that cloud formed in northern Taiwan and moved northward away from Taiwan island which is not consistent with observation (Figures 2 and 4). The cloud and rain system in central Taiwan was larger than that in run A. Observation (Figures 2 and 4) did not show that a large cloud system formed in the central Taiwan in early afternoon. The stronger cloud and rain system might be due to either the high wind speed assumed in the model or to the poor parameterization of cloud and rain water in the model.

From run A to run F, we found that cloud and rain system formation in northern and central Taiwan was principally due to the interaction between environmental wind and mountains in an environment with lower LFC when surface heating was activated. The convergence of the water vapor and heating effect caused the formation of a cloud and rain system in northern Taiwan. Upslope motion was responsible for the formation of the cloud and rain system in the slope area in central Taiwan. The land-sea temperature contrast could enhance the intensity of the cloud system through the increase in the strength of the convergence area in northern Taiwan and the mountainous area in central Taiwan. The wind direction assumed in the model could determine where cloud and rain systems formed in northern Taiwan. But cloud formed in the mountainous area when the wind direction was either 165° , 190° or 225° . There were also cloud and rain in northern Taiwan in run D when the wind speed was weak but the cloud and rain area were located slightly to the south when wind was stronger. In run F a cloud and rain system also formed in northern Taiwan in the stronger higher low-level wind-speed environment. But the precipitation system moved northward away from Taiwan rather than eastward as observational data indicated.

5. CONCLUSIONS

On June 20, 1987 during TAMEX IOP 11, a Pacific high pressure system was over Taiwan. Two major precipitation systems occurred in the area in the afternoon. According to satellite and surface data, one precipitation system was found over northern Taiwan and the other was over central Taiwan in early afternoon. The southern Taiwan area was under the influence of a southerly flow and northern Taiwan was affected by a southwest flow. The level of free convection (LFC) decreased to 1 km in height at 1400 LST as seen from Pan-Chiao sounding (Figure 40), thus lifting from the topographical effects or other factors could help convection occur. A three-dimensional non-hydrostatic numerical model with a terrain following coordinate system was employed to study where cloud systems occurred in the Taiwan area. We found that when the initial wind used in the model was from the south, water vapor converged in northern Taiwan. This caused the formation of cloud and rain systems. The updrafts of this cloud and rain system plus the surface heating effect helped to form the convergence area in northern Taiwan. The land-sea temperature contrast seemed not to be important for the formation of this convergence area, but it could enhance the intensity of the cloud and rain system through the increase of the convergence area. Upslope flow helped cloud form in central Taiwan. The cloud and rain could form in the mountainous area in central Taiwan when initial wind was from 165° , 190° , or 225° . Higher wind speed from south in the low level could cause the precipitation system to move northward away from Taiwan rather than eastward as was observed.

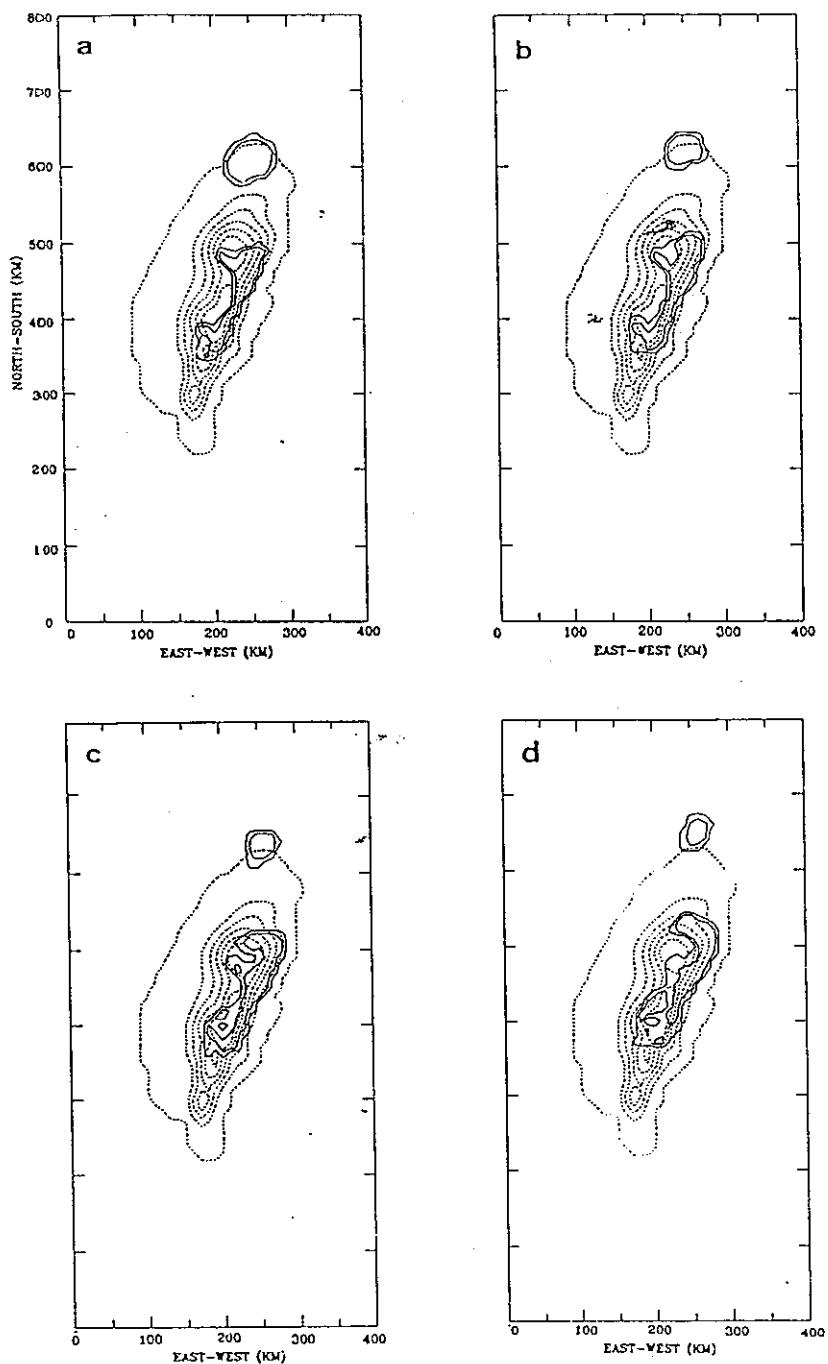


Fig. 21. Same as in Figure 14 but for run F.

More cases studies about the relationship between the formation of precipitation systems and wind direction are needed. The position of the formation of the precipitation system is sensitive to the direction of wind assumed in the model. How to obtain the "representative wind" is needs further investigation. Thus, how to specify the initial condition in the model is the major problem in the near future.

Acknowledgments This research is supported by the National Science Council under Grant NSC-82-0202-M-008-004 and NSC-82-0618-M-008-082. The computer resources were supplied by the Institute of Atmospheric Physics and the Computer Center of National Central University.

REFERENCES

- Banta, R. M., 1984: Daytime boundary-layer evolution over mountainous terrain. Part I: Observations of the dry circulations. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 340-356.
- Banta, R. M., 1986: Daytime boundary-layer evolution over mountainous terrain. Part II: Numerical studies of upslope flow duration. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 1112-1130.
- Banta, R. M., and C. B. Schaaf, 1977: Thunderstorm genesis zones in the Colorado Rocky Mountains as determined by traceback of geosynchronous satellite images. *Mon. Wea. Rev.*, 105, 463-476.
- Chen, C.-S., W.-S. Chen, and Z. Deng, 1991: A study of a mountain-generated precipitation system in northern Taiwan during TAMEX IOP 8. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 2574-2606.
- Durran, D. R., and J. B. Klemp, 1982: The effects of moisture on trapped mountain lee waves. *J. Atmos. Sci.*, 39, 2490-2506.
- Johnson, R. H., and J. F. Bresch, 1991: Diagnosed characteristics of Mei-Yu precipitation systems over Taiwan during the May-June 1987 TAMEX. *Mon. Wea. Rev.*, 120, 2540-2557.
- Karr, T. W. and R. L. Wooten, 1976: Summer radar echo distribution around Limon, Colorado. *Mon. Wea. Rev.*, 104, 728-734.
- Kessler, E., 1969: On the distribution and continuity of water substance in atmospheric circulation. *Meteor. Monogr.*, 32, Am. Meteor. Soc., 84pp.
- Klemp, J. B., and R. B. Wilhelmson, 1978: The simulation of three-dimensional convective storm dynamics. *J. Atmos. Sci.*, 35, 1070-1096.
- Kuo, J. T., and H. D. Orville, 1973: A radar climatology of summertime convective clouds in the Black Hills. *J. Appl. Meteor.*, 12, 357-368.
- Kuo, Y.-H., and G. T.-J. Chen, 1990: The Taiwan Area Mesoscale Experiment (TAMEX): An overview. *Bull. Am. Meteor. Soc.*, 71, 488-503.
- Liang, P. L., 1991: The Dual-doppler analysis of thunderstorms in northwest Taiwan during TAMEX IOP #11 — the structure and dynamics characteristics of thunderstorms. Master thesis, National Central University, 73pp.
- Liao, S. Y., and C. S. Chen, 1984: The preliminary study of organized radar echo of frontal system and summertime convective systems. *Proc. Natl. Sci. Counc.*, A8, 250-266.

- Lilly, D. K., 1962: On the numerical simulation of buoyant convective. *Tellus*, 14, 148-172.
- Lin, Y.-L., N.-H. Lin, and R. P. Weglarz, 1992: Numerical modeling studies of lee mesolows, mesovortices and mesocyclones with application of the formation of Taiwan mesolows. *Meteor. Atmos. Phys.*, 49, 43-67.
- Orlanski, I., 1976: A simple boundary condition for unbounded hyperbolic flow. *J. Computer Phys.*, 21, 251-269.

Appendix Dynamic equation for the model

The model equations are cast in terrain-following coordinates (x, y, ξ) with

$$\xi = \frac{Z_t(Z - Z_s)}{Z_t - Z_s}, \quad (1)$$

where $Z_s = Z_s(x, y)$ is the height of the terrain above $Z=0$ and Z_t is the height of the model's top. Three tensor transformation terms used to describe the equations in the (x, y, ξ) coordinate system are

$$H^* = G^{\frac{1}{2}} = \frac{\partial \xi}{\partial z} = \frac{Z_t}{Z_t - Z_s}, \quad (2a)$$

$$G^{13} = \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{(\xi - Z_t)}{(Z_t - Z_s)}, \quad (2b)$$

$$G^{23} = \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{(\xi - Z_t)}{(Z_t - Z_s)}. \quad (2c)$$

Using the above expressions, the momentum equations can be written

$$\frac{\partial u}{\partial t} + C_p \bar{\theta}_v \left[\frac{\partial \pi}{\partial x} + G^{13} \left(\frac{\partial \pi}{\partial \xi} \right) \right] = A \tilde{D} X + \tilde{D}_u K_m, \quad (3a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + C_p \bar{\theta}_v \left[\frac{\partial \pi}{\partial y} + G^{23} \left(\frac{\partial \pi}{\partial \xi} \right) \right] = A \tilde{D} Y + \tilde{D}_v K_m, \quad (3b)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + C_p \bar{\theta}_v \left[H^* \left(\frac{\partial \pi}{\partial \xi} \right) \right] = A \tilde{D} Z + q \left[\frac{\theta}{\bar{\theta}} - 1 + 0.61(q_v - \bar{q}_v) \right] + \tilde{D}_w K_m, \quad (3c)$$

where

$$\theta_v = \theta(1 + 0.61q_v), \quad (4a)$$

$$A\tilde{D}X = -u[\frac{\partial u}{\partial x} + G^{13}(\frac{\partial u}{\partial \xi})] + v[\frac{\partial u}{\partial y} + G^{23}(\frac{\partial u}{\partial \xi})] + wH^*(\frac{\partial u}{\partial \xi}), \quad (4b)$$

$$A\tilde{D}Y = -u[\frac{\partial v}{\partial x} + G^{13}(\frac{\partial v}{\partial \xi})] + v[\frac{\partial v}{\partial y} + G^{23}(\frac{\partial v}{\partial \xi})] + wH^*(\frac{\partial v}{\partial \xi}), \quad (4c)$$

$$A\tilde{D}Z = -u[\frac{\partial w}{\partial x} + G^{13}(\frac{\partial w}{\partial \xi})] + v[\frac{\partial w}{\partial y} + G^{23}(\frac{\partial w}{\partial \xi})] + wH^*(\frac{\partial w}{\partial \xi}), \quad (4d)$$

$$\begin{aligned} \tilde{D}_u &= \frac{\partial}{\partial x}[2(\frac{\partial u}{\partial x} + G^{13}(\frac{\partial u}{\partial \xi})) - \frac{2}{3}(\frac{\partial u}{\partial x} + G^{13}\frac{\partial u}{\partial \xi} + H^*\frac{\partial w}{\partial \xi} + \frac{\partial v}{\partial y} + G^{23}\frac{\partial v}{\partial \xi})] \\ &\quad + G^{13}\frac{\partial}{\partial \xi}[2(\frac{\partial u}{\partial x} + G^{13}(\frac{\partial u}{\partial \xi})) - \frac{2}{3}(\frac{\partial u}{\partial x} + G^{13}\frac{\partial u}{\partial \xi} + H^*\frac{\partial w}{\partial \xi} + \frac{\partial v}{\partial y} + G^{23}\frac{\partial v}{\partial \xi})] \\ &\quad + \frac{\partial}{\partial y}(\frac{\partial u}{\partial y} + G^{23}\frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial v}{\partial x} + G^{13}\frac{\partial v}{\partial \xi}) \\ &\quad + G^{23}\frac{\partial}{\partial \xi}(\frac{\partial u}{\partial y} + G^{23}\frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial v}{\partial x} + G^{13}\frac{\partial v}{\partial \xi}) \\ &\quad + H^*\frac{\partial}{\partial \xi}(H^*\frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial w}{\partial x} + G^{13}\frac{\partial w}{\partial \xi}), \end{aligned} \quad (5a)$$

$$\begin{aligned} \tilde{D}_v &= \frac{\partial}{\partial y}[2(\frac{\partial v}{\partial y} + G^{23}(\frac{\partial v}{\partial \xi})) - \frac{2}{3}(\frac{\partial u}{\partial x} + G^{13}\frac{\partial u}{\partial \xi} + H^*\frac{\partial w}{\partial \xi} + \frac{\partial v}{\partial y} + G^{23}\frac{\partial v}{\partial \xi})] \\ &\quad + G^{23}\frac{\partial}{\partial \xi}[2(\frac{\partial v}{\partial y} + G^{23}(\frac{\partial v}{\partial \xi})) - \frac{2}{3}(\frac{\partial u}{\partial x} + G^{13}\frac{\partial u}{\partial \xi} + H^*\frac{\partial w}{\partial \xi} + \frac{\partial v}{\partial y} + G^{23}\frac{\partial v}{\partial \xi})] \\ &\quad + \frac{\partial}{\partial x}(\frac{\partial u}{\partial y} + G^{13}\frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial v}{\partial y} + G^{23}\frac{\partial v}{\partial \xi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + G^{13} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + G^{13} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial v}{\partial x} + G^{23} \frac{\partial v}{\partial \xi} \right) \\
 & + H^* \frac{\partial}{\partial \xi} \left(H^* \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{\partial w}{\partial y} + G^{13} \frac{\partial w}{\partial \xi} \right), \tag{5b}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tilde{D}_w = & \frac{\partial}{\partial x} \left(H^* \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial w}{\partial x} + G^{13} \frac{\partial w}{\partial \xi} \right) + G^{13} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(H^* \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial w}{\partial x} + G^{13} \frac{\partial w}{\partial \xi} \right) \\
 & \frac{\partial}{\partial y} \left(H^* \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{\partial w}{\partial y} + G^{23} \frac{\partial w}{\partial \xi} \right) + G^{23} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(H^* \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{\partial w}{\partial y} + G^{23} \frac{\partial w}{\partial \xi} \right) \\
 & + H^* \frac{\partial}{\partial \xi} \left[2H^* \frac{\partial w}{\partial \xi} - \frac{2}{3} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + G^{13} \frac{\partial u}{\partial \xi} + H^* \frac{\partial w}{\partial \xi} + \frac{\partial v}{\partial y} + G^{23} \frac{\partial v}{\partial \xi} \right) \right]. \tag{5c}
 \end{aligned}$$

θ is the potential temperature, q_v , q_c , and q_r are the mixing ratio of water vapor, cloud water and rain water respectively, and θ_v is the virtual potential temperature. Bars over individual variables refer to the initial undisturbed state.

In equations (3a), (3b), and (3c) the eddy mixing coefficient K_m is estimated according to Lilly (1962). The first law of thermodynamics is taken to be

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \theta}{\partial t} = & -[(u \frac{\partial \theta}{\partial x} + u G^{13} \frac{\partial \theta}{\partial \xi}) + (v \frac{\partial \theta}{\partial y} + v G^{23} \frac{\partial \theta}{\partial \xi}) + H^* (w \frac{\partial \theta}{\partial \xi})] \\
 & + (\frac{\partial}{\partial x} + G^{13} \frac{\partial}{\partial \xi}) [K_h (\frac{\partial \theta}{\partial x} + G^{13} \frac{\partial \theta}{\partial \xi})] + (\frac{\partial}{\partial y} + G^{23} \frac{\partial}{\partial \xi}) [K_h (\frac{\partial \theta}{\partial y} + G^{23} \frac{\partial \theta}{\partial \xi})] \\
 & + H^* K_h (\frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial \theta}{\partial \xi}), \tag{6}
 \end{aligned}$$

where K_h is the eddy diffusivity of heat. The value of K_h is assumed to be three times of K_m in this study. The pressure equation model takes the form

$$\frac{\partial \Pi}{\partial t} + \frac{\tilde{C}^2}{C_p \theta_v} \left[\frac{\partial u}{\partial x} + G^{13} \left(\frac{\partial u}{\partial \xi} \right) + \frac{\partial v}{\partial y} + G^{23} \left(\frac{\partial v}{\partial \xi} \right) + \frac{H}{\bar{\rho}} \frac{\partial \bar{\rho} w}{\partial \zeta} \right] = 0 \tag{7}$$

and Exner function Π is the non-dimensional pressure in the form $(\frac{P}{P_0})^{\frac{R_d}{C_p}}$. Here P_0 is the base state pressure at ground level and R_d is the gas constant for dry air. C is the speed of sound.

The mixing ratio of water vapor, q_v , mixing ratio of cloud water, q_c , and the mixing ratio of rain water, q_r , are considered in the model. The equation for q_v , q_c , q_r are

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_v}{\partial t} = & -[(u \frac{\partial q_v}{\partial x} + u G^{13} \frac{\partial q_v}{\partial \zeta}) + (v \frac{\partial q_v}{\partial y} + v G^{23} \frac{\partial q_v}{\partial \zeta}) + H^*(w \frac{\partial q_v}{\partial \zeta})] \\ & + (\frac{\partial}{\partial x} + G^{13} \frac{\partial}{\partial \zeta}) [K_h (\frac{\partial q_v}{\partial x} + G^{13} \frac{\partial q_v}{\partial \zeta})] + (\frac{\partial}{\partial y} + G^{23} \frac{\partial}{\partial \zeta}) [K_h (\frac{\partial \theta_v}{\partial y} + G^{13} \frac{\partial q_v}{\partial \zeta})] \\ & + H^* \frac{\partial}{\partial \zeta} (K_h H \frac{\partial q_v}{\partial \zeta}) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_c}{\partial t} = & -[(u \frac{\partial q_c}{\partial x} + u G^{13} \frac{\partial q_c}{\partial \zeta}) + (v \frac{\partial q_c}{\partial y} + v G^{23} \frac{\partial q_c}{\partial \zeta}) + H^*(w \frac{\partial q_c}{\partial \zeta})] \\ & + (\frac{\partial}{\partial x} + G^{13} \frac{\partial}{\partial \zeta}) [K_h (\frac{\partial q_c}{\partial x} + G^{13} \frac{\partial q_c}{\partial \zeta})] + (\frac{\partial}{\partial y} + G^{23} \frac{\partial}{\partial \zeta}) [K_h (\frac{\partial \theta_c}{\partial y} + G^{13} \frac{\partial q_c}{\partial \zeta})] \\ & + H^* \frac{\partial}{\partial \zeta} (K_h H \frac{\partial q_c}{\partial \zeta}) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_r}{\partial t} = & -[(u \frac{\partial q_r}{\partial x} + u G^{13} \frac{\partial q_r}{\partial \zeta}) + (v \frac{\partial q_r}{\partial y} + v G^{23} \frac{\partial q_r}{\partial \zeta}) + H^*(w \frac{\partial q_r}{\partial \zeta})] \\ & + (\frac{\partial}{\partial x} + G^{13} \frac{\partial}{\partial \zeta}) [K_h (\frac{\partial q_r}{\partial x} + G^{13} \frac{\partial q_r}{\partial \zeta})] + (\frac{\partial}{\partial y} + G^{23} \frac{\partial}{\partial \zeta}) [K_h (\frac{\partial \theta_r}{\partial y} + G^{13} \frac{\partial q_r}{\partial \zeta})] \\ & + H^* \frac{\partial}{\partial \zeta} (K_h H \frac{\partial q_r}{\partial \zeta}) \end{aligned} \quad (10)$$

參考文獻

丘台光與劉復誠，1985：民國年月日台灣北部地區豪雨之個案研究，大氣科學，12，93-102。

王陳台琦、林沛綸、陳景森、楊健生與魏運寶梅雨期中尺度對流系統產生豪雨的雷達分析、天氣分析與預報研討會，227-238。台北。

Chen,C.S.,and S.M.Lin.1983:A study of the lateral boundary condition in a numerical storm model. Bull.Geophys.,National Central Univ., ROC, 24, 57-76.

Durran,D.R.,and J.B.Klemp,1982:The effects of moisture on trapped mountain lee waves. *J. Atmos. Sci.*, 39, 2490-2506.

Doswell III, C.A., 1986 : Short - range forecasting . 689 - 719 . Mesoscale meteorology and forecasting . American Meteorological Society . Edited by Ray .

Gal-Chen,T.,and R.Somerville,1975:Numerical solution of the Navier-Stokes equation with topography. *J. Comput. Phys.*, 17, 209-223.

Johnson,R.H., and J.Bresch.,1991:Diagnosed characteristics of precipitation systems over Taiwan during the May-June 1987 TAMEX. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 2540-2557.

Klemp,J.B.,and R.B.Wilhelmson,1978:The simulation of three dimensional convective storm dynamics.*J. Atmos. Sci.*, 35, 1070-1096.

Liao , S - Y and C - S cahe ,1984 : The preliminary study of organized radar echo of frontal systems and of summertime convective systems . Proceedings of the National Science Council . Part A . , 8, 250 - 266 .

Lin , P - L , T - C Chen Wang , and C - C Yeh , 1989 : Doppler observational study of a long - lived rainband in TAMEX . IOP - 13 . Papers in Meteorological Research , 12 , 91 - 120 .

Mc Ginley . J . 1986 : Nowcasting mesoscale phenomena . 657 - 688 . Mesoscale meteorology and forecasting . American Meteorological Society . Edited by Ray .

中央氣象局委託研究計畫報告

CWB83-2M-14

海象資料庫系統及應用軟體初步規畫設計及評估

主持人：唐存勇

助 理：招允昌

中華民國八十三年六月三十日

第一章 前言

中央氣象局新成立的海象測報中心，其最主要目的是預報海象（包括波浪、潮汐、海流等）提供予民眾。準確的預報作業，不獨需要適用的數值模式，亦需要大量甚或即時海洋資料，以協助及驗証預報作業。故如何建立一海洋資料庫，有效率地輔助預報，將成為海象測報中心的一重要工作。同時預報結果必須即時地提供予民眾知悉及使用，故在建立此海洋資料庫時，亦需考慮發展一即時資料及預報結果展示系統。此外資料庫可能尚需協助學術研究、海事工程設計、甚或政府施政規畫等工作，任務種類繁多且複雜。故如何在海象測報中心發展初期，即規畫一套內部資料管理及對外服務的資訊系統，應為其現今最主要的工作之一。

本研究計畫最主要目的，是規畫一套資訊系統，以配合海象測報中心長期發展及任務需求。因海象測報作業部份（如潮汐預報）已正式展開，此資訊系統不但要配合長期發展，亦須能於短期內應用於現今預報作業上。中心已於今年度購置其主要軟硬體設備。硬體設備以工作站（Workstation）型電腦為主，作業環境是UNIX系統。軟體設備以Oracle資料庫管理系統為主，此軟體與目前最流行的地理資訊系統（GIS）相容，擴充性強。繪圖軟體目前暫定以美國海洋學者發展的PPLUS為主。規畫作業將以此已有的設備為基石，以資料庫的適用性、擴充性、服務性、簡易性、及安全性，為設計原則，使規畫的資訊系統能於短期內有所成，並能兼顧長期發展。又因在第十四屆行政院科技顧問會議中，建議此資料庫將作為全國性海洋資料中心（National Oceanographic Data Center,NODC）的先驅者，故規畫亦考慮與國內其它海洋資料庫之聯繫及逐漸擴充歸納吸收非海象測報中心自己量測的資料，漸成為一全國性海洋資料中心。

本報告進行的次序是，在第二章中詳述研究的目的及進行的步驟與方。研究的背景將陳述於第三章中，其包括對海象測報中心查訪結果分析，國內、外其它海洋資料庫的發展過程及現今運作情況。第四章報告規畫的資訊系統模式，包括網路及軟、硬體系統。第五章制定資料庫系統運作原則，包括資料品質管制方法、資料共享交換原則及資料編碼原則，期將錯誤資料降低，增進資料流通，並能整合儲存且容易查詢使用。第六章

規畫系統開發階段進度，近程目標以立即處理、儲存、展示海象測報中心即時（Real Time）資料為主。中程目標以處理、儲存、展示海象測報中心所有資料為主，此所有資料包含歷史資料。遠程目標則成為一全國性海洋資料中心。但不論近、中、遠程目標，皆以增進海象預報能力為最優先考量。討論及結論列於第七章。

第二章 研究目的及方法

本研究計畫主要目的即規畫一資訊系統予中央氣象局海象測報中心參考。此資訊系統將以儲存海洋相關資料、接收展示即時實測資料、協助預報並展示結果為主要規畫設計任務；以適用性、擴充性、服務性、簡易性、及安全性，為設計原則。期達成下列三階段性目標：

1. 近程目標：『接收展示並儲存即時實測資料』為此階段主要目的。海象測報中心現已完成部份觀測網作業，其餘部份亦將於未來數年間完成。故大量即時（或近即時）資料源源不斷地由各測站傳回。中心現已面臨資料有系統地儲存問題，不久的將來更需考慮如何有效率地輔助驗正預報及示性化地展示資料（包括實測及預報資料）。故接收、展示、並儲存由觀測網傳回中心的即時或近即時實測資料為最急迫需完成的工作。
2. 中程目標：『整理、儲存、展示氣象局擁有的歷史海洋相關資料』為此階段主要目的。海象測報中心雖僅成立不足一年，但氣象局早已承擔部份海洋量測預報工作，故其擁有大量歷史海洋相關資料。如何有系統地整理、儲存、展示此資料，不但能增進海象預報能力，亦將對海事工程設計、學術研究、甚或政府決策有莫大助益。因此工作在時間上不若前項急迫，故列為中程目標。
3. 遠程目標：發展為一『全國性海洋資料中心』為此階段主要目的。在此階段收集、整理、儲存的資料已不再限於氣象局自有的，甚至不限於國內的，凡有助於我國海象預報作業及海洋研究、發展的資料，皆應在考慮之內。但仍以能增進海象預報作業能力的資料優先。

為達成以上目的並能兼顧海象測報中心及國內現有情況，研究規畫的進行步驟及方法的流程圖（圖2-1）陳述如下：

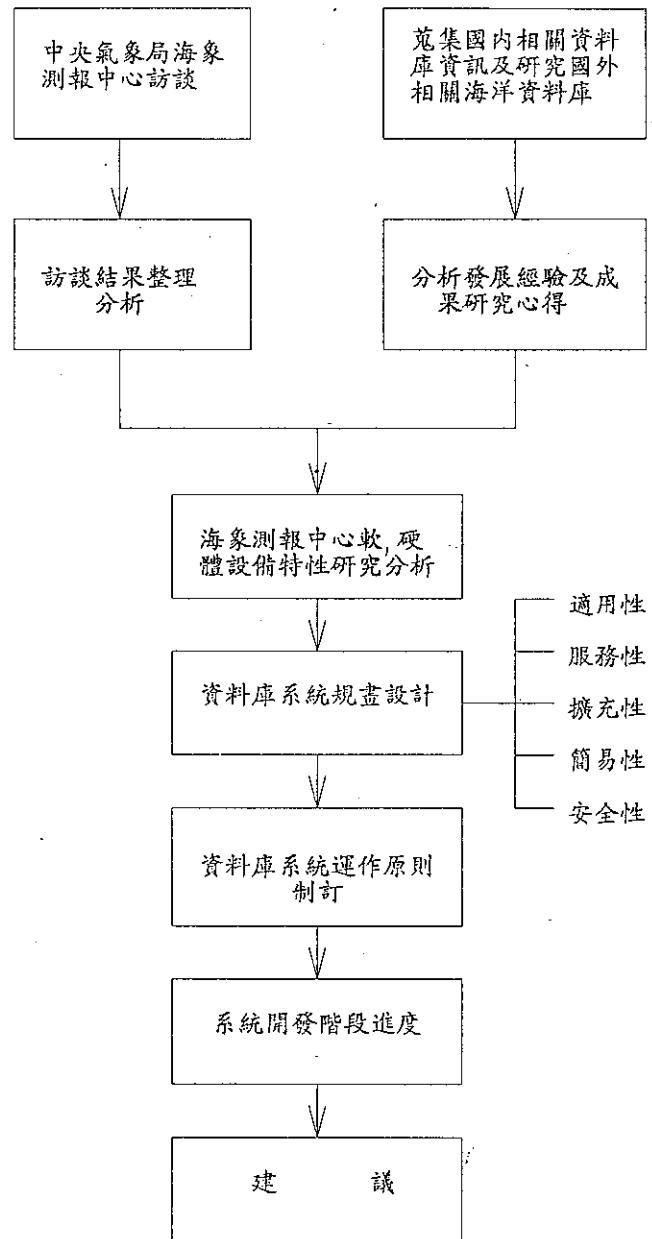


圖 2-1 研究流程圖

1. 查訪瞭解氣象局海象測報中心的實際作業狀況及需求、設備人力、及其規畫的未來發展。規畫作業為求落實，此為不可避免的工作。因本規畫報告製作人亦為海象測報中心顧問之一，對其需求及計畫發展已有大致瞭解，故查訪工作主要集中於實際細節工作。分析歸納查訪結果，將為規畫作業的最基本的資料。
2. 國內、外其它海洋資料庫的作業現況。國內海洋資料庫，我們僅以省立水產試驗所的“漁業資源資料庫”(林志遠，1994)、港灣研究所的“近岸海洋資料庫”(陳明宗，1994)及國科會貴儀中心“水文資料庫”(黃淑真及唐存勇，1994)為參考研究對象。國外則以美國的 National Oceanographic Data Center (NODC) 及日本的(Japan Oceanographic Data Center (JODC)) (海下技術協會,1992)為參考研究對象。除借鏡他們的經驗，亦期規畫的資料庫與其他（尤其指國內的）海洋資料庫相容。
3. 分析研究海象測報中心硬、軟體特性。因 Oracle 軟體將為資料庫應用的最基本軟體，其擴充性、相容性將特別注意。期此規畫的資訊系統能與內政部現正發展的“國土資訊系統”相容。
4. 規畫資訊系統。包括硬體組合運用、資料儲存系統、資料品管系統、展示系統、Backup 及 Restore 系統，安全系統及網路系統等。規畫除盡求完善外，亦須注意時效性，以期短期內能實際開始作業。開發此資訊系統所需人力、經費亦為規畫事項之一。資訊系統的適用性、擴充性、服務性、簡易性、及安全性，為規畫原則。
5. 資料庫運作原則制訂。訂定一般原則，如資料申請、共用資料管理。此外資料品管理制度的建立、共享制度的原則及系統編碼原則的制定使資料的儲存、檢驗、使用能有一致性且簡易亦將在此規畫。
6. 最後建議一發展此資訊系統的發展流程作業程序，其包括時間及相對應需完成的階段性任務。

第三章 背景

3-1 海象中心現況及未來發展

建立海象測報中心資料庫系統，除滿足海象測報中心的作業外，亦需顧及其未來發展。故對海象測報中心現況的瞭解乃是規畫作業中最基本的工作。而最有效的方法就是實地查訪，詳細查訪報告請參閱附錄一參訪記錄。

根據海象測報中心提供的系統規畫圖（詳見圖3-1），及新採購的軟硬體設備（詳見表3-1）所示，計劃以HP9000/800-G50工作站為資料庫伺服主機，以Oracle-7為資料庫管理軟體，再配合HP9000/715-75通訊工作站及SUN SPARC-10圖形工作站，以乙太網路架構將周邊的子系統連線整合管理並統一儲存。

	設備型號	設備名稱	數量
硬體	HP9000/800-G50	資料庫伺服主機暨 作業系統	1
	HP9000/715-75	通訊及網管工作站 暨作業系統	1
	SUN QE-T-3071	3D 圖形工作站暨 作業系統	1
	SUN QE-T-3072	通訊及網路設備	1
	OPTIXCHANGE 1250	雙架 5 1/4" 可重複 寫式光碟機	1
	PRINTRONIX L150	136 COLUMN 英 文 LINE PRINTER	1
軟體	QS-T-3053	資料庫管理系統 ORACLE-7	1

表 3-1 軟硬體設備一覽表

初步規畫目標分為對內管理及對外服務兩方面，分述如下：

1、對內管理方面：

(1) 建立海象測報作業中各部門及相關系統的電腦連線，使建立即時資

料的蒐集及供應。

(2) 提供資料協助預報作業。

(3) 整理、儲存資料。

2、對外服務方面

(1) 建立海象測報資訊服務網，可即時提供海象資料予學術研究、海事工程或政府決策參考。

(2) 以海象資料庫所蒐集、整理的資料，提供海象氣候資料出版及查詢。

(3) 以海象測報中心所擁有的完整資料，提供研究與發展的基礎，促進海洋資源的開發與應用。

中心目前已有的相關的子系統主要是為收集波浪資料的「波浪觀測資料自動接收系統」、收集潮汐資料的「潮位觀測資料自動接收系統」及處理預報的「海象數值預報系統」，另外「浮標觀測資料自動接收系統」、「船舶GTS系統」、「衛星觀測海象資料處理系統」等，亦正計畫進行中。由於這些已有的相關系統是在不同的環境、不同的時段下所開發的，故所表現的資料格式各不相同，且是各別儲存在個人電腦的硬碟(Hard Disk)或光碟片(Optical Disk)上。所以各周邊系統的資料格式、資料量大小、傳輸方式、傳輸時間甚至檔案命名方式等，均是在規畫「資料庫管理系統」時所必要考量的重點之一。以下就已完成及規畫中的觀測資料自動接收系統，分別說明如下：

在波浪方面的「波浪觀測資料自動接收系統」(海象測報中,1994)，為在PC/DOS環境下開發的軟體。海象測報中心目前設置完成5個波浪站，有鼻頭角、成功、琉球嶼、東吉島、新竹國光(如圖3-2)。為波浪資料的主要來源，已完成其中小琉球站、成功站及鼻頭角站的自動接收系統，作業流程如圖3-3。各地區接收站設置有二部個人電腦，分別定義為PC(1)及PC(2)。PC(1)執行抽樣記錄子系統，PC(2)執行連續記錄子系統。抽樣記錄子系統中，收集原始資料的波浪時序列資料，為每小時取樣10分鐘，並儲存以此時序列資料計算所得之波浪統計資料、波譜資料等；而連續記錄子系

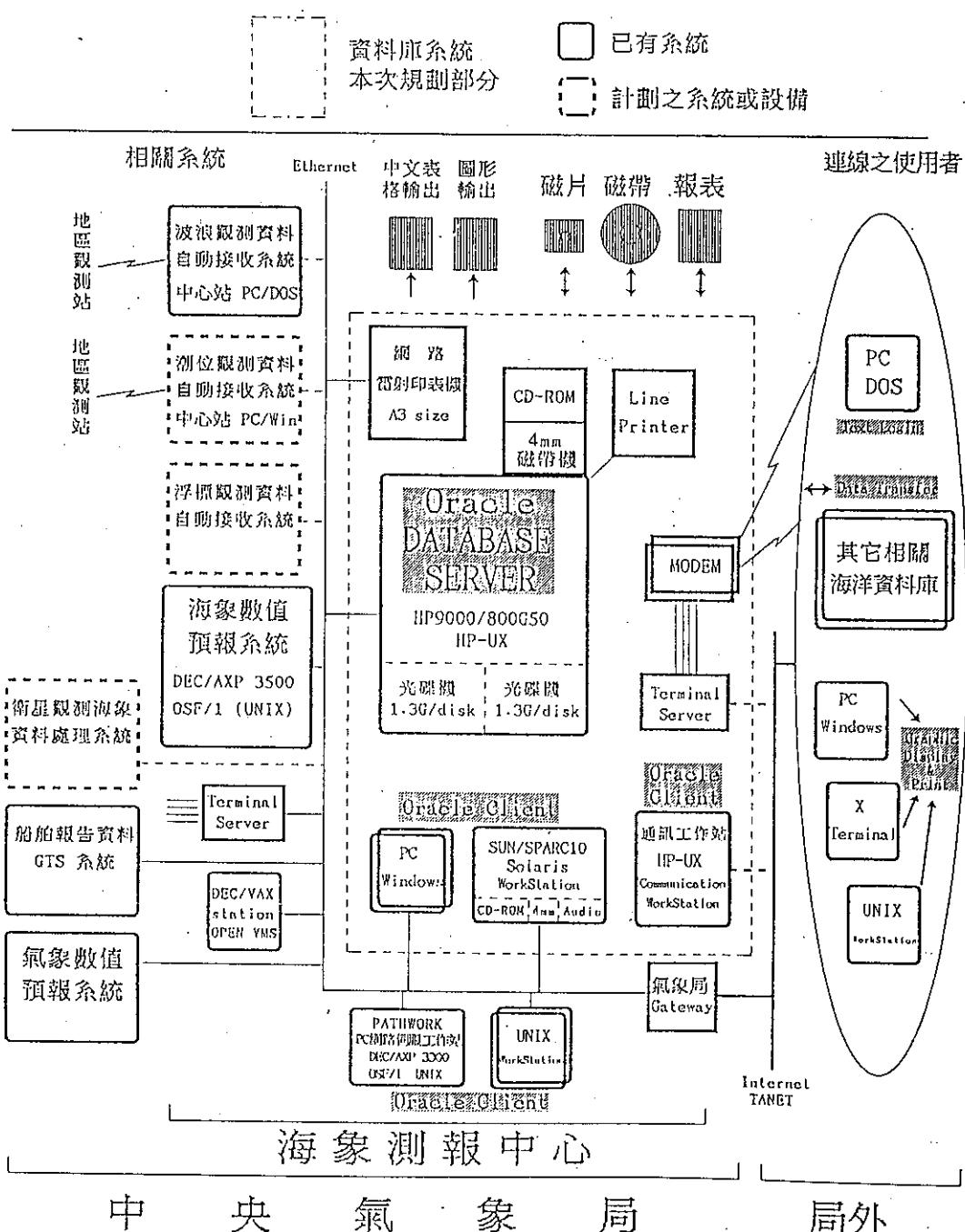


圖 3-1 海象資料庫系統網路規畫圖

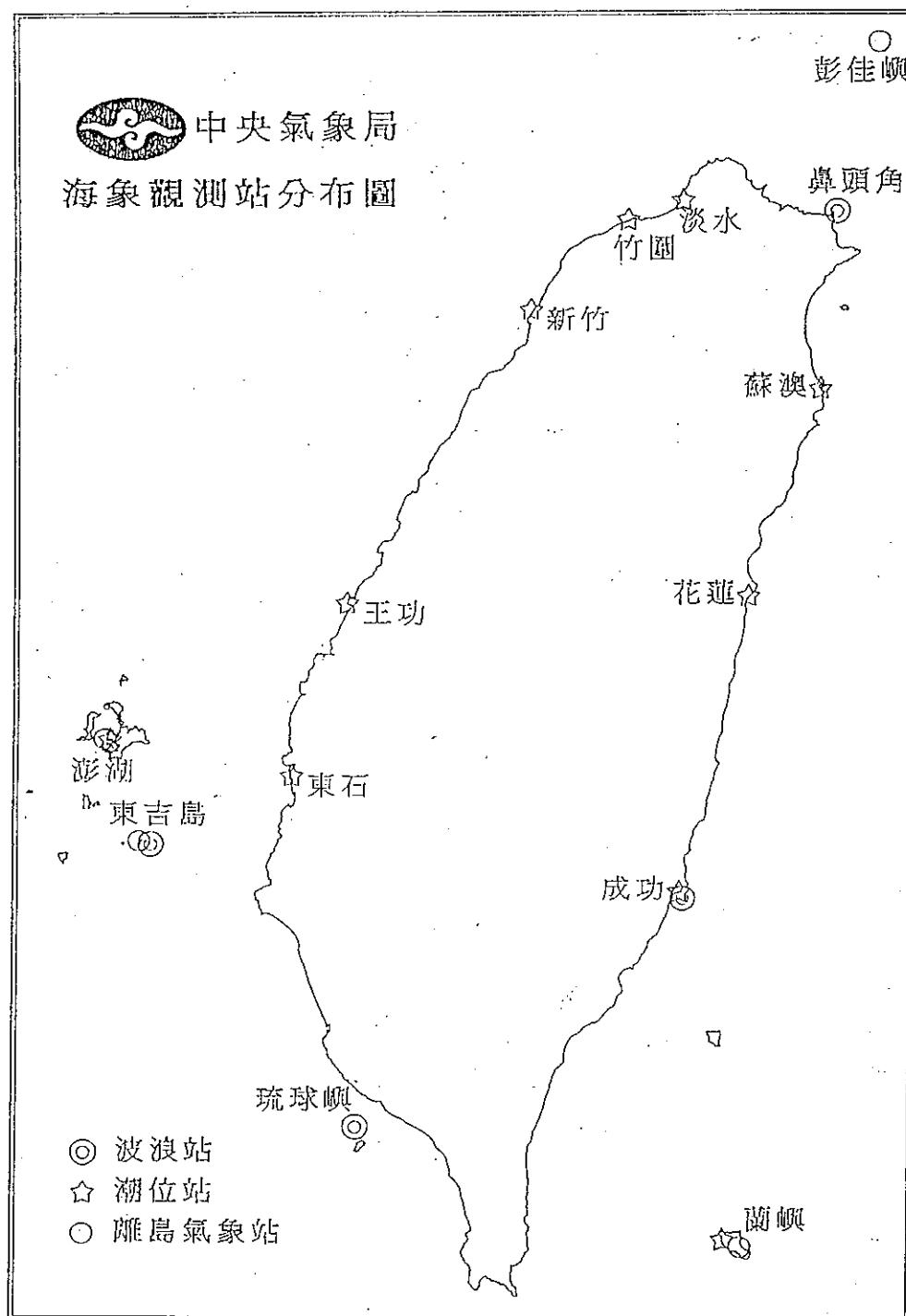


圖 3-2 海象觀測站分佈圖

統記錄較完整的波浪時序列資料，每小時取樣58分鐘，但不作任何計算或統計。

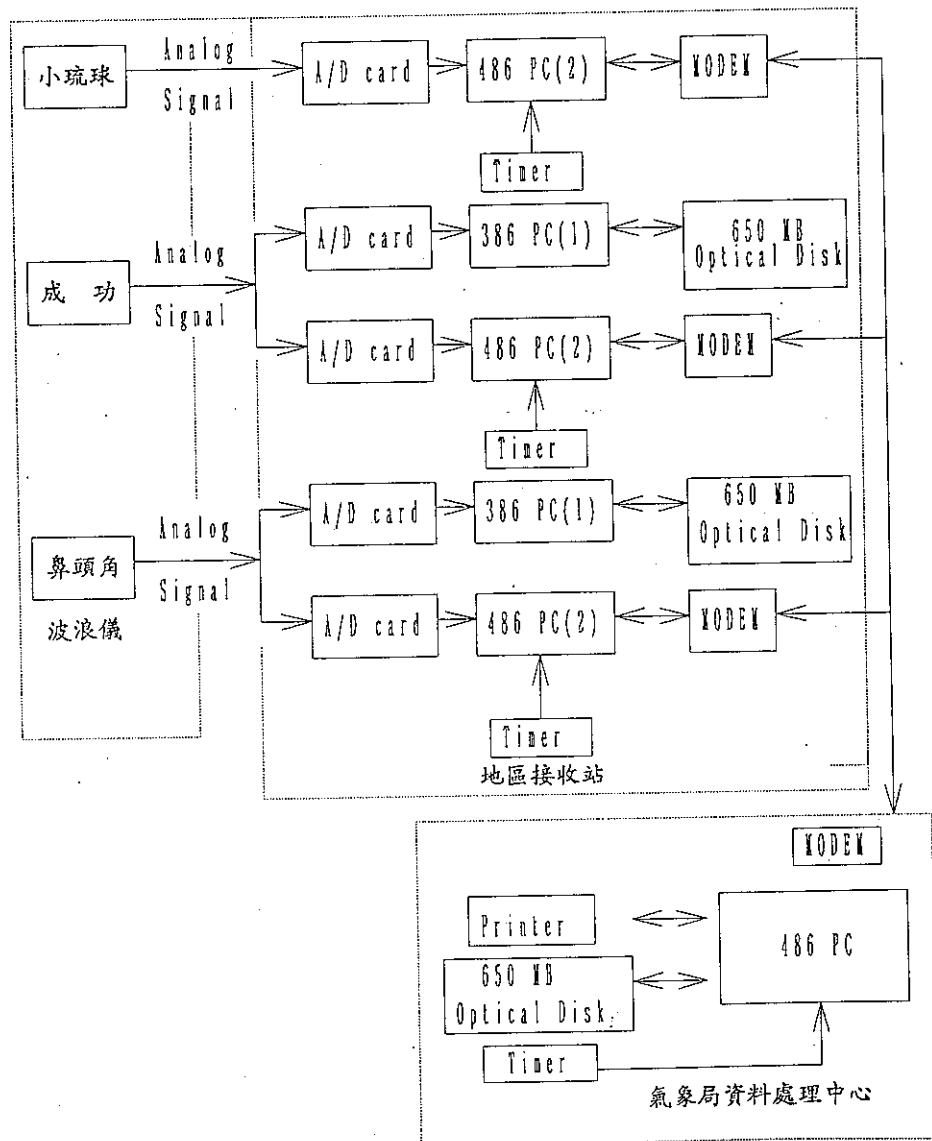


圖 3-3 波浪資料自動接收系統示意圖

為區分資料檔案及所屬測站，所有檔案皆以固定格式定義，如表3-2為檔案命名的格式。

	鼻頭角站	琉球站	成功站
波浪時序列資料檔	YYMMDDHH.DT1	YYMMDDHH.DT2	YYMMDDHH.DT3
波浪統計資料檔	YYMMDD.ST1	YYMMDD.ST2	YYMMDD.ST3
波浪波譜資料檔	YYMMDDHH.SP1	YYMMDDHH.SP2	YYMMDDHH.SP3

註：YY：西元年，MM：月份，DD：日，HH：時。
 例：鼻頭角站1994年1月1日1時，
 波浪時序列資料檔檔名為：94010101.DT1
 波浪統計資料檔檔名為：940101.ST1
 波浪波譜資料檔檔名為：94010101.SP1

表 3-2 波浪各測站檔名編碼

此三種波浪資料格式分別敘述如下：

1. 波浪時序列資料檔

(1) 檔案儲存格式

0	1	2	3	4	5	2DN+5	2DN+6	2DN+7	2DN+8
SR	DUR	INVL		DN		DY	E	O	F

(單位：BYTE)

SR：取樣率(Hz)

DUR：取樣長度(min)

INVL：取樣間距(hour)

DN：資料長度DN=SR*DUR*60

DY：實際資料值，每筆資料佔2BYTE

E,O,F:CHR(101)+CHR(117)+CHR(102)

(2) 檔案長度: 2DN + 8 Bytes

2. 波浪統計資料檔

(1) 檔案儲存格式

0	1	2	3	4	6	16	26
ST	SR	DUR	INVL	WN	Hs	Ts	

(單位:BYTE)

ST: 開始取樣時間, 0 - 24

SR: 取樣頻率(Hz)

DUR: 取樣長度(min)

INVL: 取樣間距(hour)

WN: 波浪數

Hs: 統計波高值, 共五種, 每種佔2BYTES

Ts: 統計周期值, 共五種, 每種佔2BYTES

(2) 檔案長度: 624 Bytes

3. 波浪波譜資料檔

(1) 檔案儲存格式

0	1	2	3	5	7	9	11	2059
SR	DUR	INVL	Wo	fp	S(fp)	fc	S(f)	

(單位:Byte)

SR: 取樣頻率(Hz)

DUR: 取樣長度(min)

INVL: 取樣間距(hour)

Wo: 波浪能量(cm^2/sec), 佔2Bytes

fp: 尖峰頻率(Hz), 佔2Bytes

S(fp): 尖峰能量(cm^2/sec), 佔2Bytes

fc: 切段頻率(Hz), 佔2Bytes

S(f): 波譜密度(cm^2/sec), 共1024個分量, 每個分量佔2Bytes,
共計2048Bytes

(2) 檔案長度: 2059 Bytes

在傳輸作業上，每日於抽樣記錄子系統中分別就時序列資料及波譜資料中各取樣兩個檔(目前以每日8時及20時兩個檔)及波浪統計資料檔於每日定時(目前以凌晨3時)傳回海象中心，再由中心的個人電腦印出「波浪日報表」(如表3-3)，另外港研所會每月提供一份波浪月報表。連續記錄子系統

中央氣象局波浪站日報表

觀測站：成功波浪站

日期：民國83年06月23日

時 間	WN	Hmax	Tmax	H1/10	T1/10	H1/3	T1/3	Hmean	Tmean	備 註
00:00	114	90	5.8	71	7.4	59	7.6	36	5.3	
01:00	116	90	9.0	69	7.2	55	7.4	34	5.1	
02:00	90	2014	11.8	1493	11.5	949	8.8	342	6.7	
03:00	182	1948	2.4	1687	3.5	1414	3.7	1101	3.3	
04:00	47	2300	35.8	1868	18.4	1339	17.0	775	12.7	
05:00	74	1396	14.0	603	10.9	474	9.6	189	8.1	
06:00	41	2609	45.4	2212	17.8	1859	20.5	1229	14.6	
07:00	191	2558	2.0	2177	4.4	1786	3.7	1195	3.1	
08:00	105	2360	5.8	1383	6.1	986	6.8	352	5.7	
09:00	113	99	7.6	74	8.1	60	7.4	38	5.3	
10:00	120	90	6.2	76	6.7	58	6.7	36	4.9	
11:00	118	85	7.4	66	7.3	52	7.2	33	5.1	
12:00	118	91	7.4	73	7.4	57	7.4	34	5.1	
13:00	116	87	7.4	66	6.9	53	7.0	33	5.2	
14:00	120	88	7.2	72	6.6	57	7.2	34	5.0	
15:00	126	90	8.6	70	7.0	54	6.9	33	4.8	
16:00	122	512	2.0	203	5.3	98	6.5	49	4.9	
17:00	130	3088	9.2	2360	6.2	1792	5.4	1277	4.6	
18:00	183	1939	3.0	1669	3.8	1454	3.3	1106	3.3	
19:00	189	2982	4.6	2335	4.2	1806	3.8	1183	3.2	
20:00	168	1913	5.0	1672	4.5	1428	4.1	1088	3.6	
21:00	43	1619	12.0	1399	23.2	1012	16.3	503	13.8	
22:00	127	75	7.0	67	6.8	54	6.5	33	4.7	
23:00	116	74	7.0	64	8.6	54	7.2	35	5.1	
最大值	191	3088	45.4	2360	23.2	1859	20.5	1277	14.6	
發生時間	07:00	17:00	06:00	17:00	21:00	06:00	06:00	17:00	06:00	

單位主管

校核

製表

表 3-3 波浪站日報表

因為記錄完整的原始時序列資料，其資料量相當龐大，為考量傳輸費時所以不立即傳回海象中心而儲存在各地區接收站的光碟片中。

在資料儲存量方面，基於硬體設備的特性，各接收站及中心的資料儲存管理有一定的限制，其資料儲存量詳見表3-4。因此，在規畫資料庫管理系統時，必須慎重考量系統資料容量及備份時點。

	各 接 收 站		海象中心 個人電腦
	抽樣記錄子系統	連續記錄子系統	
儲存器總容量	180MB(硬碟)	300MB/每面(光碟片)	300MB/每面(光碟片)
每日儲存資料所需容量	$24 \times (2059+6010+26) = 195KB$	$24 \times 35410 = 850KB$	$3 \times 2(2059+6010) + 3 \times 24 \times 26 = 51KB$
可儲存時間	900日	350日	5800日

表3-4 各接收站與海象中心波浪資料儲存量

在潮汐方面，有PC/WINDOWS上的「潮位觀測資料自動接收系統」(海象測報中心,1994)，接收來自於潮位站上的潮位觀測資料，儲存在個人電腦(PC)中，目前有4種潮位觀測系統：1.Sutron潮位系統2.Handar潮位系統3.General潮位系統4.Milos潮位系統，如圖3-4所示。

1. Sutron 潮位系統：

Data Log:Sutron 9000

傳輸方式: Radio 及 Modem

取樣方式: 聲波式



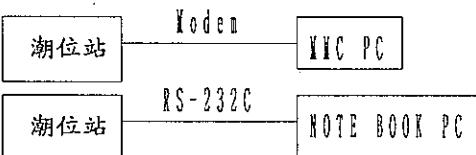
測站：蘇澳、成功、淡水、澎湖

2. Handar 潮位系統

Data Log: Handar 570A

傳輸方式: Modem 或 RS-232C

取樣方式: 浮筒式及壓力式



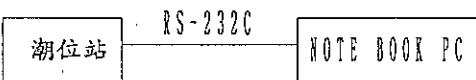
測站：竹圍（浮）、新竹（壓）、東石（浮）、蘭嶼（浮）

3. General 潮位系統

Data Log:Lintronic System SQ64-1U/1A

傳輸方式:RS-232C

取樣方式:氣泡式



測站：花蓮

4. Milos-500

測站：王功

請參閱圖 3-5

圖 3-4 中央氣象局潮位站系統

海象中心基於考量上述四種不同系統，其資料格式及品質不一，且系統維護不易，故計劃未來系統傳回資料能統一為單一結構，初步決定採用聲波式的Sutron潮位系統的資料格式為規範。日前完成的王功站系統即是。王功站的系統架構如圖3-5。

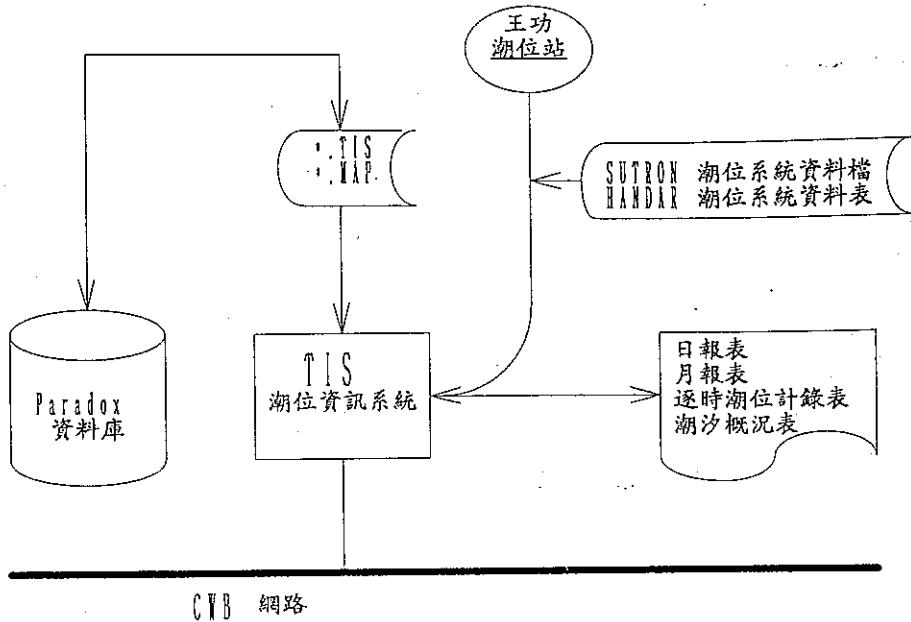


圖 3-5 王功潮位系統架構圖

目前雖然四種量測系統不相同，但記錄觀測資料的方式則是一致的，資料記錄週期為每六分鐘一筆。記錄潮高及時間，一天共計錄240組資料。然因潮汐觀測資料的急迫性不若波浪，因此潮汐資料並不即時傳回中心，而由中心人員以數據機透過電話線路定時傳回，如圖3-6。

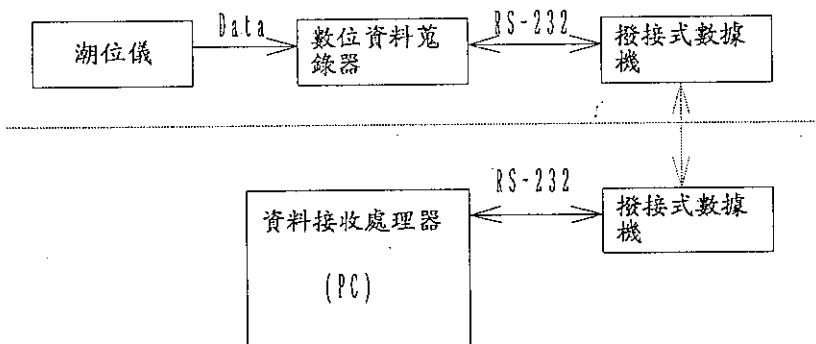


圖 3-6 潮汐資料傳輸系統

當資料傳回中心的資料接收處理器後，處理器即篩選每日二次高潮及低潮的時間及潮高，並儲存所傳回的原始資料。目前資料篩選的方法並不嚴謹，且傳回的原始資料並未經過適當的品質管制程序。故海象測報中心已計劃，委託專家發展潮汐資料品質管制及高低潮篩選方法，以期得到較準確的潮汐資料。目前傳回的潮汐資料皆儲存於資料接收處理器的個人電腦硬碟中(Hard Disk)，中心人員定期將資料轉存於光碟片中。計畫未來可自動將資料接收器中所彙集的資料，經由內部網路轉入「資料庫管理系統」中。在潮汐資料量方面，目前已規畫的16個測站(如圖3-7)，有梗枋、成功、富岡、蘭嶼、躉廣嘴、將軍、東石、箔子寮、王功、苗栗、新竹、淡水、澎湖、東沙島、太平島(海象測報中心,1994)。每站每日產生488筆資料，共計每日7808筆資料。中心定期提供潮汐月報及年報資料，港研所每月亦提供各港務局的潮汐月報表。

在預報資料方面，有UNIX系統上的海象數值預報系統，以氣象資料中的風速預報未來3天的波浪預報值，以等高線圖表示，提供局內預報中心。並依據歷史潮汐觀測資料以調和分析法預報未來7天的潮汐預報資料表。

在資料浮標站方面，規畫將有花蓮外海、蘭嶼海面、台中外海、東沙島、太平島等五站(如圖3-8)，正在規畫中。「衛星資料接收系統」，目前是以SST資料為主，系統仍在規畫當中。「船舶報告GTS系統」，亦屬規畫中的系統，希望將來能併入海象測報中心的管理系統內。

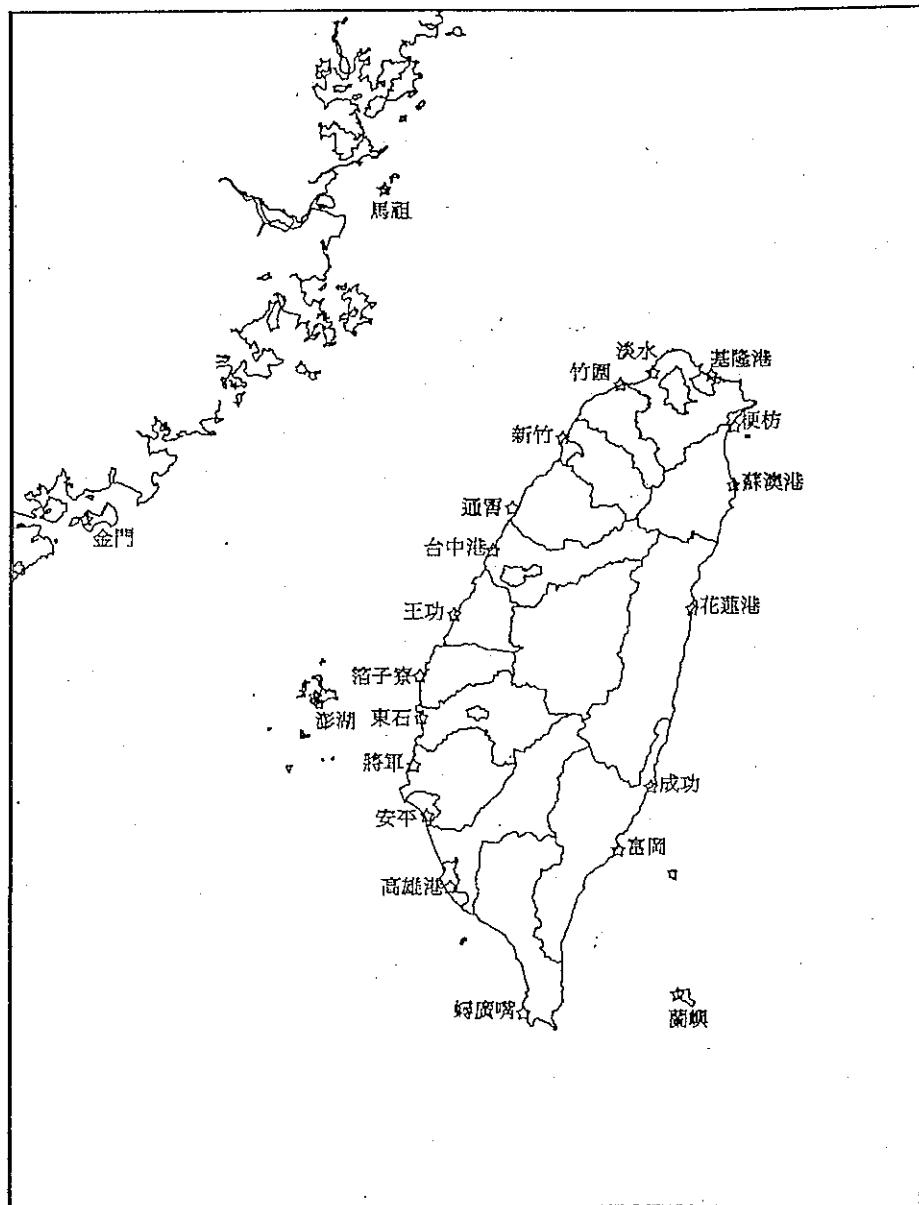


圖 3-7 潮汐測站分佈圖

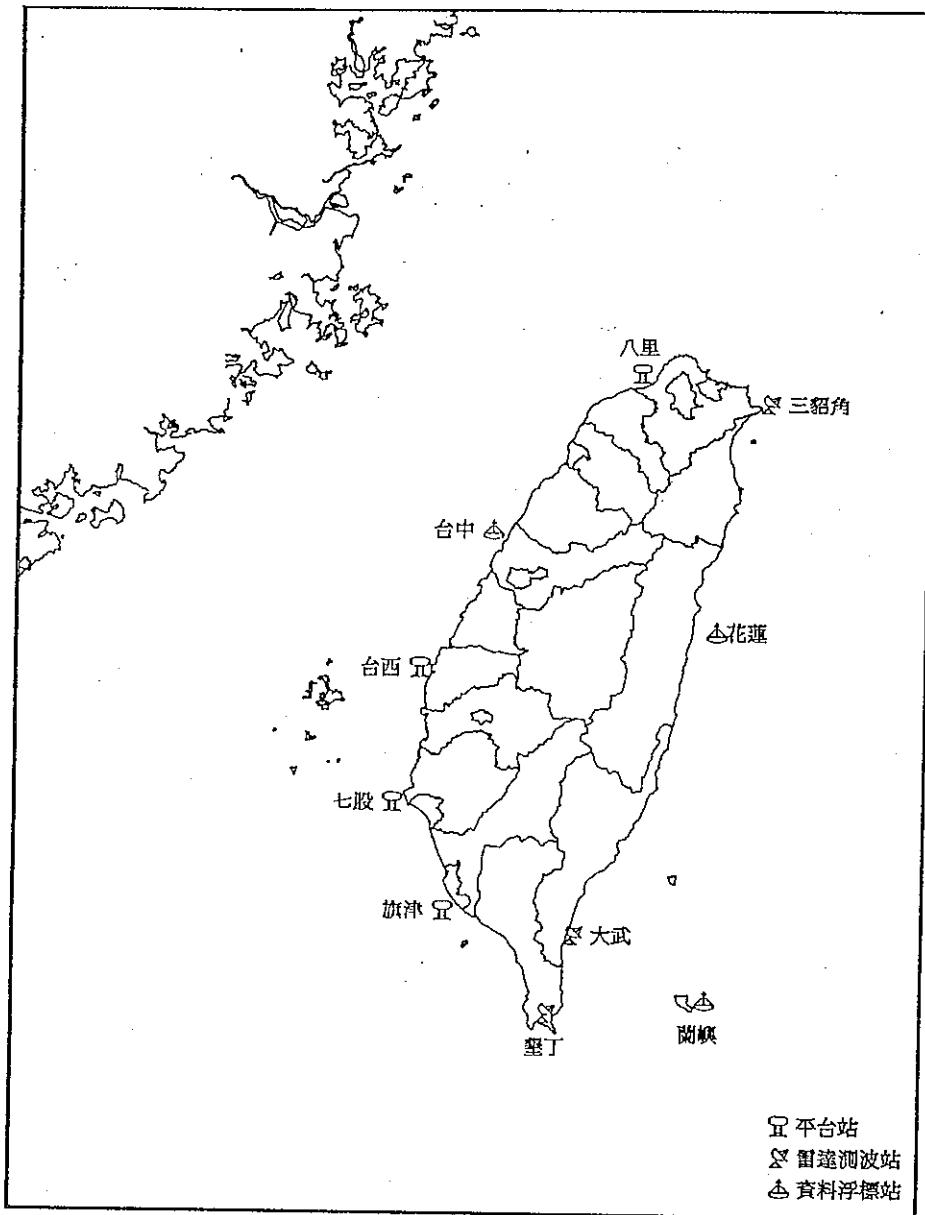


圖 3-8 測站分佈圖

3-2 國內外海象資料庫現況

在許多先進國家，對於海洋資料，早已建立長期海洋資料蒐集，及完整觀測網及資料庫整合管理，以提供各界所需要的海洋資訊，如美國國家海洋資料中心（NODC），日本海洋資料中心（JODC），而國內目前對於海洋環境調查工作較缺乏整體規劃，分屬國防單位、各級機關或大學研究單位，如台灣省水產試驗所的漁業資料庫，港灣技術研究所的近岸海洋資料庫，國科會貴儀中心水文資料庫等，均已行之多年而有不同程度的管理資訊系統，以下分別以國內及國外發展較具規模的資料庫加以說明。

1、國外：

美國家海洋資料中心(NODC)成立於1960年，組織架構如圖3-9，其所有資料，來自於美國海洋及大氣署總（NOAA）及美國其他聯邦機關、各級州、縣、市政府機關，大學或研究機構及私營產業界，另外還有來自於與其他國家資料交換的海洋資料，所接收的資料概分為海洋物理組、海洋化學、海洋生物等三方面。海洋物理與海洋化學方面的資料包括海流、風、與浪、水位、海溫、鹽度、溶氧量、磷化物、PH值、海洋污染物等；海洋生物方面的資料包括有機物、植物性浮游生物色素濃度，以及底棲浮游、迴游生物圈分佈等。所蒐集的資料經過轉換格式及備份後，用電腦程式執行品質管制，經確認資料品質後儲存於磁碟及磁帶中，完成資料處理後的資訊以各種傳輸管道給各機關，研究機構或民間企業使用，如電話或郵寄等方式，在1993年2月開始設立電腦連線查詢方式來加強資訊傳遞。

NODC亦參加國際海洋資料交換計劃及其他各種海洋研究計劃，不但服務於美國本土，更遍及全球各地。

日本海洋資料中心(JODC)成立於1965年，隸屬於海上保安廳水路部，負責蒐集海洋研究機構，如各大學研究機構，或政府海洋調查單位，如海上保安廳、氣象廳、水產廳，港灣局，水產試驗所及一般商船等，所獲得的各項海洋資料，包括海流、水溫、水深、水質等。經分類、評估、整理、儲存與資料處理後，除有編輯出版各類海洋刊物及書籍外，亦提供各類海洋資訊給政府，學術研究或民間商業用途。此外日本海洋資料中心並

Figure 1.0-1 NODC Organization

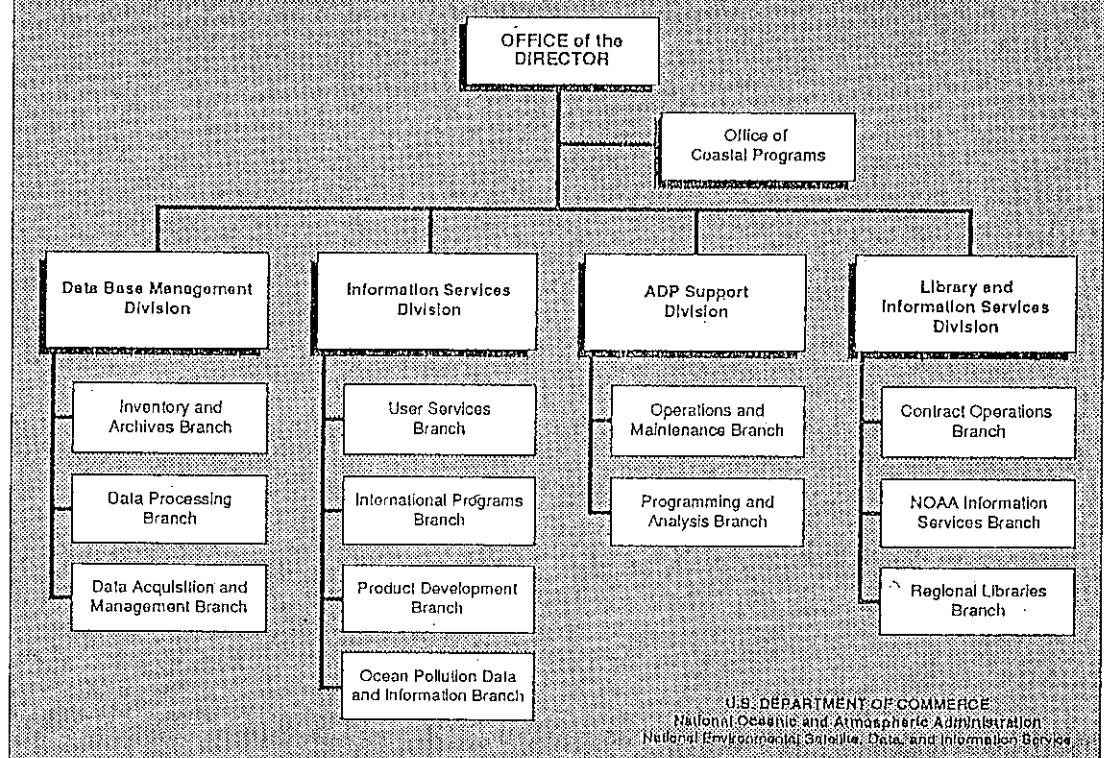


圖 3-9 NODC組織架構圖

積極參與國際海洋資料與資訊交換及共同調查計劃，參加各種國際海洋相關組織。

2、國內：

台灣省水產試驗所「水產資訊電腦諮詢系統」於1992年起分三個年度逐次建立。以水試所為管理中心，各縣市政府、漁會或其他單位資訊站，利用現有的個人電腦設備，透過電話網路，以數據機撥接方式，構成資訊網路，提供水產技術資訊的服務與交流，並可提供水試水試所與各分所間研究及業務溝通的捷徑。該系統以架設BBS站的方式提供給外界使用，使用者只要準備簡單的個人電腦及數據機透過電話線路即可進入系統作查詢或資料傳遞，其系統主要功能項目如下：

- | | |
|----------------|-----------------|
| (1) 系統概述。 | (9) 公佈欄。 |
| (2) 漁海況資訊服務。 | (10) 系統參考事項。 |
| (3) 重要成果及報告。 | (11) 更改個人資料及設定。 |
| (4) 水試所圖書文獻資訊。 | (12) 連絡系統管理員。 |
| (5) 潮汛。 | (13) 註冊登記與回撥查核。 |
| (6) 水試所簡介。 | (14) 通訊技術參考資料。 |
| (7) 工具程式。 | (15) 檔案傳送。 |
| (8) 網路信件。 | |

港灣技術研究所目前所蒐集的資料相當豐富，計有風速，風向，波浪海流，潮流等，目前該所對相關的資料均有妥善的儲存整理，各相關資料的內容詳見表3-5～表3-9。

國科會貴儀中心自1985年起，隨著海研一號的啓航，即成立水文資料庫。主要目的在處理海研一號各航次所收集的CTD資料，至今已歷九年時間，其間共收集有9000多個測站的溫度、鹽度、密度資料。1993年起在個人電腦上發展「水文資料管理系統」，該系統主要目的在於管理水文資料的處理流程，資料儲存，並出版報告，1994年起已陸續將資料移轉到工作站上，計畫利用工作站多人多工的功能，達到透過網路即可查詢及傳遞資料，提供給政府相關機構，各學校研究單位或工商業界，並藉以每年出版水文資料庫報告。

在諸多海洋相關單位，港研所、工研院、水試所、國科會等多年來的努力之下，已建立了許多略具規模的小型資料庫，根據82年度行政院第十四屆科技顧問會議結論中，以氣象局海象測報中心來建立一全國性的海象資料庫，以期能共享且有效利用海象資料，並增進海象測報中心預報能力。而綜觀國內外各資料庫現況與海象測報中心作比較，有下敘幾項待解決：

1. 觀測與預報資料未能有系統的儲存管理。
2. 資料來源管道少，且無訂定資料交換協定。
3. 所儲存整理的資料未能有效的提供服務。
4. 應建立電腦網路連線系統，加強海象資訊傳遞與測報服務網。
5. 現階段海象測報中心資料庫組尚未能發揮其功能。
6. 海象測報中心所屬各組未能整合，發揮整體組織功能。

測站名稱	代號	時 間	提供單位	原資料來源	備 註
台中港	TC	1971/01 - 1992/06	中港局、港研所	報表紙	缺1981/01-1983/10
興達港	SD	1984/07-1985/08 (IN) 1984/07-1985/03 (OUT)	台電火工處	"	內港 外港
大鵬灣	TP	1990/11 - 1992/06 1979/01 - 1984/12	高港局	"	新港
大 武	TW	1965/01 - 1983/12	中央氣象局	磁 帶	
台 東	TT	1965/01 - 1987/12	"	"	
新 港	SK	1965/01 - 1983/10	"	"	
花 莲	HL	1965/01 - 1992/04	"	"	缺1991/11
鹽 察	YL	19820-1982/08 (CC) 19820-1983/12 (ABDE)	台電能源處	報表紙	共有五個測站
觀 音	KI	1981/12 - 1983/08	港研所	"	
澎 湖	PH	1965/01 - 1987/12	中央氣象局	磁 帶	
東吉島	DG	1965/01 - 1987/12	"	"	缺1969/10-1970/09
彭佳嶼	PG	1965/04 - 1987/11	"	"	
東 沙	TS	1971/01 - 1987/12	海軍氣象局	報表紙	
南 沙	NS	1971/01 - 1987/12	"	"	
蘭 嶼	LY	1965/01 - 1987/10	中央氣象局	磁 帶	
基 隆	KL	1984/01 - 1992/04	"	"	
蘇 澳	SA	1984/01 - 1992/04	"	"	
高 雄	KS	1984/01 - 1992/11	"	"	
梧 楠	WC	1984/01 - 1992/04	"	"	
外 傘頂洲	WA	1988/01 - 1992/05	水利局	報表紙	
鹿 港	LK	1988/01 - 1992/05	"	"	
後安寮	AL	1988/01 - 1992/05	"	"	
塭 港	WK	1988/01 - 1992/05	"	"	

表3-5 港研所現擁有風速資料概況

測站名稱	代號	時間	提供單位	原資料來源	備註
台中港	TC	1971/0712 - 1977/1215 1981/1108 - 1981/1204 1986/1202 - 1987/0107 1988/0311 - 1988/0420 1987/0306 - 1987/0324 1989/0823 - 1989/0918 1989/1108 - 1989/1206	中港局 港研所	報表紙	缺1981/01-1983/10
興達港	SD	1984 / 06 - 1992 / 06	港研所	磁帶	缺 1985/06
大鵬灣	TP	1990 / 11 - 1991 / 06 1978 / 09 - 1984 / 12	高港局	報表紙	
新港	SK	1980 / 06 - 1987 / 12	中央氣象局	磁帶	缺 1981/10 1983/01-1983/12 1984/10-1985/11
蘇澳	SA	1984 / 07 - 1984 / 10 1986 / 07 1986/0908-1986/1102 (IN) 1986/0418-1986/1207(OUT) 1987/0610-1987/0715 (IN) 1987/0101-1987/0204(OUT) 1987/0610-1987/0715(OUT) 1987/0701-1988/0531(IN) 1987/0701-1987/1023(OUT)	蘇澳分 港研所	報表 磁帶	
鹽寮	YL	1982 / 04 - 1983 / 03	台電	報表紙	
觀音	YA	1981 / 12 - 1984 / 06	港研所	磁帶	缺 1982/10- 1983/04 1984/02-1984/04

表3-6 港研所現擁有波浪資料概況

測站名稱	代號	時 間	提供單位	原資料來源	備 註
基隆港	KL	1983/06 - 1990/04	中港局 港研所	報表紙	缺 1983/08 1983/10-11
		1987/0701-1987/0919		磁 帶	
		1988/0308-1990/09		"	
鼻頭角	SBT	1980/10-1987/12	中央氣象局	磁 帶	缺 1982/07 1983/11 1984/03-16 1984/08-11
花 蓮	HL	1984/06 - 1984/09	港研所	磁 帶	缺 1984/08
		1988/0122- 1988/0129		"	
		1989/1229-1991/06		磁 片	
東吉島	DG	1977/12	中央氣象局	磁 帶	缺 1983/06-1985/01 1985/08
		1981/07 - 1987/12			
小琉球	LC	1977/01 - 1987/12	中央氣象局	磁 帶	缺 1978/02 1978/07-08 1980/08-09 1981/05-10 1982/01-04 1983/01-12 1985/07-08
外傘頂洲	WA	1990/11 - 1991/03	港研所	磁 片	
		1989/0909-1989/1130			
		1989/0131-1989/0303			

表 3-7 港研所現擁有波浪資料概況（續）

測站名稱	代號	時 間	提供單位	原資料來源	備 註
台中港	TC	1981 / 11 - 1981 / 12 1982 / 04 - 1982 / 05 1982 / 08 1983 / 03 1985 / 12 - 1986 / 01 1986 / 03 - 1986 / 04 1986 / 12 - 1987 / 03 1998 / 0311 - 1988 / 0427 1992 / 01 - 1992 / 03	港研所	磁 帶	RCM-4 海流儀
興達港	SD	1984 / 08 - 1985 / 11	"	"	
紅 柴	HT	1982 / 12 - 1984 / 02 - 1984 / 11	"	"	
蘇澳港	SA	1986 / 09 - 1986 / 11	"	磁 帶	ACM-2 海流儀
觀 音	YA	1982 / 02 - 1982 / 05 1983 / 05 - 1983 / 07	"	磁 帶	RCM-4 海流儀
蘭 嶼	LY	1982 / 06	"	"	
花 莺	HL	1989/1229 - 1990/0108 1990/0323 - 1992 / 10	"	磁 帶	
外傘頂洲	WA	1989/0301 - 1989/0330	"	"	

表 3-8 港研所現擁有海流資料概況

測站名稱	代號	時 間	提供單位	原資料來源	備 註
台中港	TC	1971/03 ~1992/06	中港局、港研所	報表紙	缺1976/08~1977/04
興達港	SD	1984/06 - 1985/11	台電	"	缺 1984/08
高雄港	KS	1971/01 - 1992/04	中央氣象局	"	
花蓮港	HL	1976/01 - 1991/06	"	"	缺1981/01~1983/12
蘇澳港	SA	1965/01 - 1992/01	"	"	
基隆港	KL	1956/01 - 1991/07	基隆港務局	"	
永 安	YA	1982/04 - 1984/03	港研所	磁帶	缺 1983/01-03
塭 港	WK	1988/01 - 1992/04	水利局	報表紙	
三條崙	SL	1988/01 - 1991/06	"	"	
將 軍	JJ	1988/01 - 1992/04	"	"	
竹 園	CW	1991/01 - 1992/04	"	"	
方 苑	FU	1988/01 - 1992/04	"	"	
富 碇	FK	1988/01 - 1992/04	"	"	

表 3-9 港研所現擁有潮汐資料概況

第四章 海象中心作業系統模式之規劃

4-1 系統規劃設計原則

一個完整而成功的管理系統，從系統功能定義，硬體設備、網路架構、應用軟體開發、相關資援軟體到系統完成測試、系統管理維護、系統使用規則等，皆必須在規劃之初定詳細系統規劃設計原則。就參考國內外大型資料庫案例及海象測報中心訪談後綜合整理分析，現階段海測中心系統規劃設計的原則，須符合適用性、擴充性、服務性、簡易性及安全性五大原則，茲分別說明如下：

1、適用性：

以海象測報中心目前所規劃之系統，不論硬體設備及軟體系統皆必須考量原有設備及系統的運作，因為海測中心目前在各組的工作當中已有深淺不同程度的電腦化系統，如觀測組在個人電腦上所處理的潮汐資料。因此新系統的規劃除提供新的功能外，必須結合原有的功能及架構來運作，而結合原有系統及設備的轉變方式，可由網路系統的架構開始著手，如圖4-1。跟隨著網路連繫的架構，再加以新的主從式運算架構(Client/Server)，如圖4-2將網路上的主機系統及工作站分別定義為資料庫伺服器(Database Server)或通訊工作站(Communication Workstation)等，再發展主從式應用系統，如此除了原有應用得以維繫外，並可以新的系統擴展新的功能。

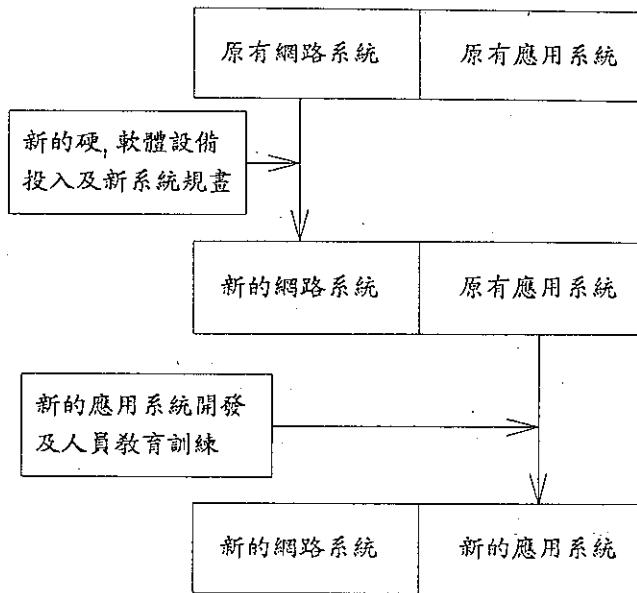


圖 4-1 系統轉換流程圖

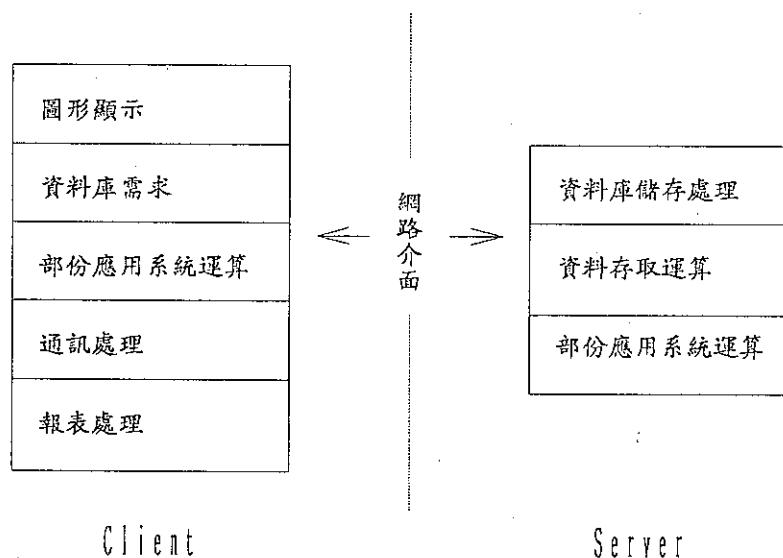


圖 4-2 Client/Server 架構圖

2、擴充性：

在海象測報中心日益擴充的機能及電腦科技不斷的演進中，傳統大型電腦的專屬式架構或分散的個人電腦皆無法滿足所需，在擴充性的要求下，應以開放式主從架構（Open Client/Server Architecture）為原則，在此原則之下所需具備的條件為：

- (1) 不論硬體如個人電腦、工作站或大型電腦，到軟體如DOS、UNIX或Database中每一個元件或介面皆可互換。
- (2) 硬體設備或軟體系統皆可以標準介面達到相互溝通的目的。如所開發的軟體系統可輕易的選擇在不同的作業環境中執行。

在系統完全處於開放式主從架構中時，儲存資料庫的資料將不再是任何專屬系統所專用，而是每個人皆可分享，硬體元件更不必作任何限制，從昂貴的大型電腦到工作站或個人電腦，都可以任意在此架構系統中擴充。如圖4-3.

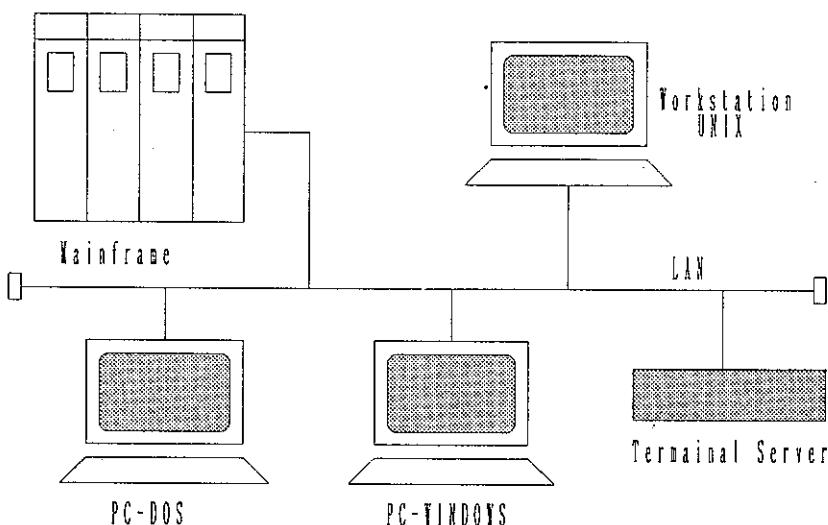


圖 4-3 硬體可擴充性架構圖

3、服務性：

海測中心所發展的資料庫管理系統，最重大的功能之一，便是提供海象資訊，加強海象中心的預報能力。因此過去以資訊設備為中心的方式應轉變為以網路系統為中心。

系統的網路化應不局限於海象測報中心的單一機能，更應朝向國家資訊體系甚至全球資訊體系中，因此海象測報中心的網路系統應連接我國學術網路(TANET)及目前全球最大的美國學術網路(Internet)，以目前區域網路中最流行的標準協定TCP/IP(TCP-Transmission Control Protocol, IP-Internet Protocol)為標準。除此之外再提供數據機(MODEM)介面，讓遠端的使用者可透過電信線路輕易的與海測中心連線，達到資訊服務的目的，如圖4-4。

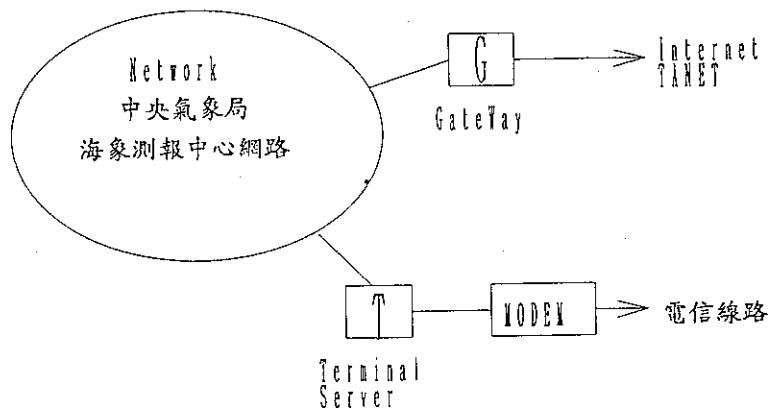


圖 4-4 資訊服務網示意圖

4、簡易性：

海象資料庫管理系統為一龐大且強調服務性的系統，故在整體系統開發及使用者介面上，皆必須達到簡易性的要求，以下分別說明其要點。

(1) 整體系統開發：

- a、更快速的應用軟體工具，以減少開發系統時間及人力。
- b、建立彈性化的應用軟體，可處理系統隨需求改變而更新系統功能。

c、硬體設備有暢通的維修管道及相容性,可隨時維護或更換。

(2) 使用者介面：

a、標準的通訊介面,讓使用者可經由簡易的設備與系統連接。

b、功能強大的示性化介面,可經由螢幕或報表,讓使用者輕易的獲得資訊。

c、簡單易懂的功能表單,讓使用者簡便的使用系統。

5、安全性：

海象測報中心海象資料庫為開放系統架構,透過網路系統之後,可使散佈在各處的使用者共享資料庫資源,因此資料庫亦趨向開放,所以資料庫安全問題不容忽略,以下就系統安全性規劃做說明。

(1) 資料庫必須有使用者權限,限制不同使用者,存取資料範圍及系統功能。

(2) 資料庫操作必須具有回復(rollback)功能,確保資料正確性,系統必須具有備份儲存(backup)及回存 restore)功能,維護資料不致遺失。

(3) 內部區域網路或外部區域網路皆必須設定網路安全管理及控制安全裝置,以維護網路的暢通及系統安全。

(4) 系統需規畫不斷電系統,確保外部供電中斷時能維持系統不致損壞。

4-2 海象中心網路系統整合方式

4-2-1 內部網路連線

海象中心內部網路主要是指海象中心對氣象局的網路架構，如圖4-5。中心內部網路以DATABASE SERVER為中心，提供海象資料儲存，圖形工作站負責海象資料管理，通訊工作站負責對外服務系統。

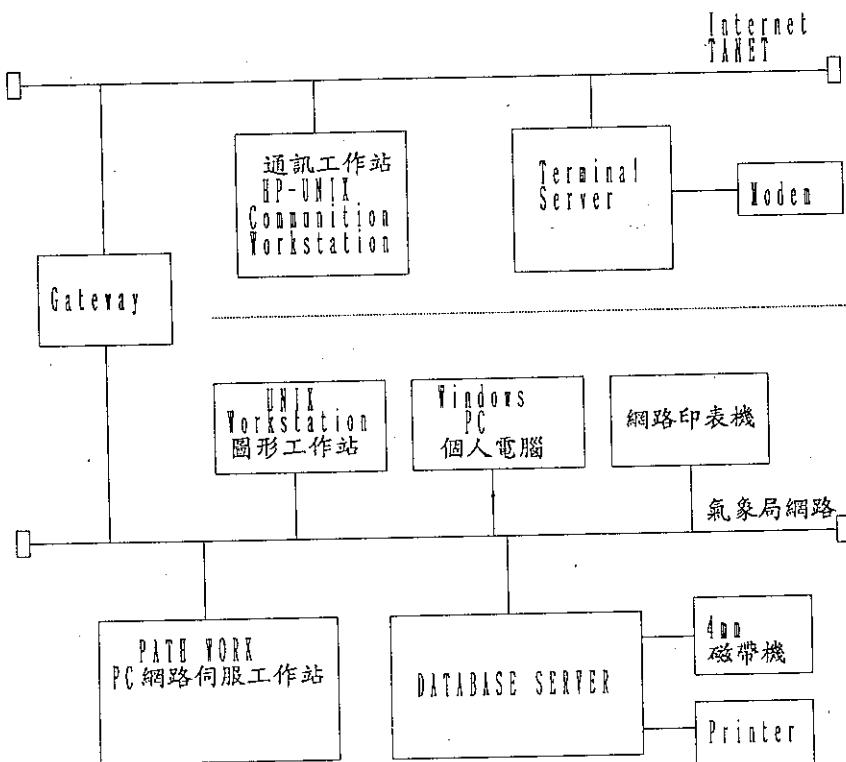


圖 4-5 內部網路架構圖

4-2-2 對外通訊連線

海象中心的主要任務之一為對外服務，所以其網路規劃除中心與氣象局內部網路連線外，局外各機關、學校及業界的網路連繫亦是服務範圍，因此以目前國內可行之兩種方式為之。1.透過國際網路Internet，可連接大型公私立單位、學術研究機構及國外相關單位，2.利用數據機(MODEM)透

過電話線路讓外界與海象測報中心連繫，此兩種方式為目前較實用且可行的對外通訊連線，如圖4-6。

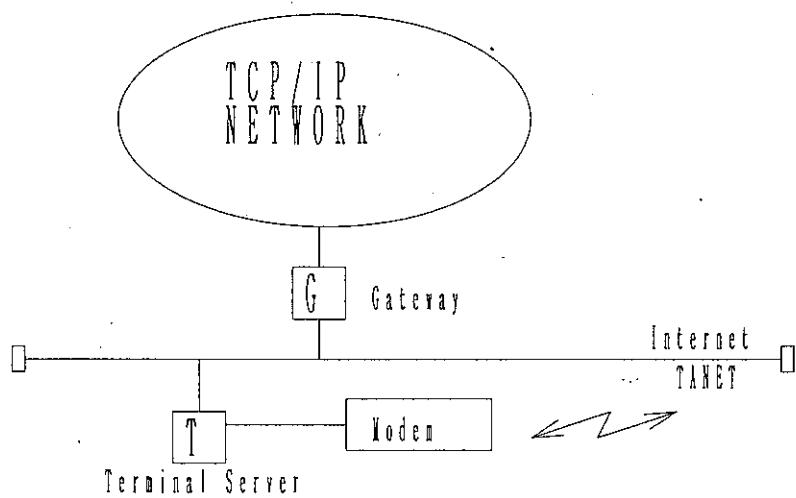


圖 4-6 對外通訊網路架構圖

第五章 資料庫系統運作原則

5-1 一般運作原則

「資料庫管理系統」，在使用時必須要遵守運作原則，以維護系統的正常運作及發揮系統所規畫的功能。根據現有的硬體分配架構可知，主要是在資料庫伺服器之下有一圖形工作站及通訊工作站。又依網路之連線方式，通訊工作站是獨立於海象中心內部網路之外，而與學術網路連線。且通訊工作站是透過一個Getway與海象中心資料庫管理系統連線。如此一來，可以簡單的說明通訊工作站是專司「對外服務系統」，圖形工作站則為「內部管理系統」，而資料主要是置於資料庫伺服器中，三者均是以網路相互連線。以下就系統的兩大子系統：1.對外服務系統、2.對內管理系統，分別說明如下：

1. 對外服務系統方面

- (1) 對外服務系統在對外的通訊工作站上執行，本工作站經Getway與中心網路相連，外界不得直接與中心網路相連。
- (2) 中心對外服務，除預報資料及部份近即時實測資料可供即時查詢外，其餘歷史資料須經申請及審核程序。
- (3) 外界進入中心服務系統前須先向中心申請註冊，取得密碼並由中心設定使用權級，在誌入(Login)服務系統時，需先輸入註冊姓名及密碼，經系統核對無誤後，才可在授權範圍內使用系統。
- (4) 外界欲申請海洋資料，須經中心審核後，由資料庫維護人員將所申請的資料經網路傳到通訊工作站後，通知申請人上線取回。

2. 對內管理系統方面

- (1) 由指定的人員為系統管理者，負責人員的管制及權限設定。所有使用者皆須通過密碼及權限管制使用系統。
- (2) 資料庫系統每日定時自動處理各資料接收器(PC)傳來的最新觀測日報資料及原始資料，並提供即時顯示圖或表於圖形工作站上。
- (3) 每季系統將資料庫伺服器所有資料作資料備份，包括資料檔、圖形檔。年度結束時執行資料轉移作業，將二年之前的整年度資料轉存於光

碟片中(包含資料檔及圖形檔)。再將該年度資料從資料庫伺服器中清除。使資料庫伺服器中僅保留二年內的資料，以保留容量供系統運作空間。所有備份及清除的作業均由系統管理者操作執行，而非由系統自動執行，如此系統管理者可彈性選擇備份時機。

5-2 資料品管制度

錯誤資料將導致錯誤的預報，有時較缺乏資料為害更大，故量測所得的資料必需經過適當的品質檢驗及管制。海象測報中心的資料有二大特色：資料種類繁多及資料為近即時資料。所以針對不同的資料可能須有不同的品質檢驗及管制方法，且此方法須能處理近即時資料。又因不同類型的海象資料有不同的特性，故發展其品質檢驗及管制方法亦應不同，故建議中心委託不同專業人士，針對不同類型的海象資料發展品管方法。

資料品管方法的研發亦應與海象測報中心業務發展同步，我們建議的研發程序如下：

1. 潮汐、波浪即時資料：此資料為目前中心最急切處理的與海象預報模式發展相關，應優先考慮。資料品管方法因資料特性而不一，故應委以專家學者，分門別類發展。
2. 衛星海面溫度資料：氣象局衛星中心早已接收美NOAA衛星海面資料，惟因缺乏實測資料，故準確性存疑。海象測報中心在不久將來即將施放資料浮球。此浮球所測得的海面溫度資料可以校正檢驗衛星資料。故待資料浮球施放安裝後，即應發展衛星海面溫度資料的品質管制方法。
3. 資料浮球資料：此應與2項共同發展，溫度資料乃為較易檢驗的資料，故理應在短時間內發展完成，提供2項參考。資料浮球除提供海溫、波浪資料外，其將可能提供海面大氣壓力、風速、日照量、雨量、長波輻射量、海流流速...等，其資料亦須經適當的品質管制。
4. 舊有資料：除檢驗舊有資料的品質外，亦應注意到與新資料之間的整合，以期有較長久的連續性資料。
5. 外來資料：此外來資料應包含國內外其他機構或個人量測資料，經資料交換後，海象中心所擁有的資料。與4項同，除應檢驗其品質，亦應考慮與中心其他資料的相容性及相致性。資料品質管制的方法，固然有一貫的科學性，但亦與發展人員的背景有關，故中心委託他人發展時，應注意參與人員其對某項資料的知識背景，始能獲得較良好的品質管制。

5-3 資料共享制度

海象測報中心即將成為全國擁有最大量完整海洋資料的單位。不可避免地，中心將面對國內外不同單位、公司及個人要求提供資料。而中心為增進預報能力，亦將儘可能的蒐集其他單位、公司及個人量測獲得的海洋資料。故建立一資料共享交換制度，乃是中心須考慮研究的問題。如何訂定一合理的共享制度，除參考已開發國家的作法，亦須適應國情及海象中心的現況。在此我們作一建議，期此建議為中心制訂資料共享制度的雛型。建議如下：

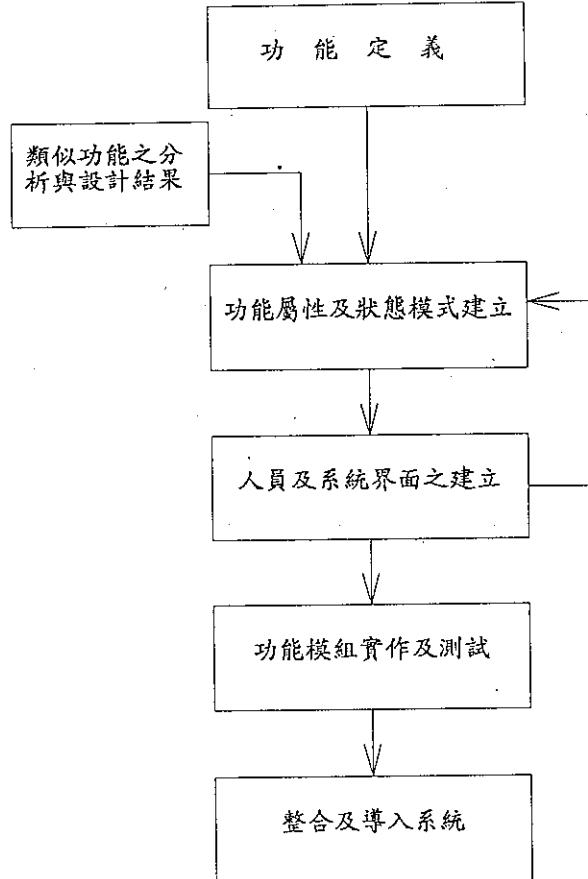
1. 近即時資料：僅以圖形即時展示，但不提供原始資料，如此可滿足中心服務國人的作業。
2. 統計資料：可立即提供，中心或許可制訂收費制度，但此收費僅以手續費為考量。
3. 原始資料：可分二方面來談，一般在先進國家原始資料，量測者可擁有一段時間，時間長短依資料特性而訂。在此段時間後，即應提供大眾使用。故建議中心亦將原始資料分二種方式提供資料需求者。在資料未公開前，僅提供予特定的資料需求者且收費較高，除手續費外亦應考慮資料量測的工本費。但資料公開後任何資料需求者皆應可獲得其所需資料，中心應僅考慮酌收手續費。
4. 資料提供方式：資料提供的服務，中心現有的人力物力可能無法應付，可考慮非營利單位如基金會、學會代為處理。但中心應無需支助此非營利單位。
5. 資料交換：與國內外海洋單位建立固定資料交換管道與制度，交換單位亦應以非營利單位為主要考量單位，如學術界、政府單位等。

5-4 資料編碼原則

為使資料庫資料有效應用及便於管理，所收集的資料必須以一共同的編碼標準，再以共同的格式儲存，並在資料儲存時依資料的特性排序，以方便資料的擷取，任何編碼均須考量在電腦處理中易於辨識的數字或英文字母。

在編碼時須意考慮的資料特性如下：

1. 每一個編碼必須是唯一的。即每一編碼代表的是一組或一類的資料，絕對避免有相同的編碼代號對應兩組或兩類以上的資料。
2. 代碼的選取必須有整體的邏輯法則並易於在電腦中辨識，如循序編號、表意代號（時間、地區等）。
3. 選擇編碼的代號必須簡單、明瞭、容易區別，減少人員使用時錯誤發生的機會。如以字母「W」開頭代表波浪資料，以「T」開頭代表潮汐資料等。
4. 編碼符號必須具備不斷擴充取用之特性，如以年、月、日編碼。
5. 建立共同標準的編碼原則，以使人員使用及選取時共同遵守。如以上述4項為標準編碼原則，在1994年元月1日的波浪資料檔案名稱為："W940101.dat"。



第六章 系統開發進度規畫

海象資料庫系統須以階段性進度逐步完成各項功能，以達成規畫的暨定目標，詳如圖6-1。而各階段所須開發的功能皆以固定的發展模式來完成，詳如圖6-2。就整體系統而言，開發功能分對外服務系統及對內管理系統之建立兩大方向。

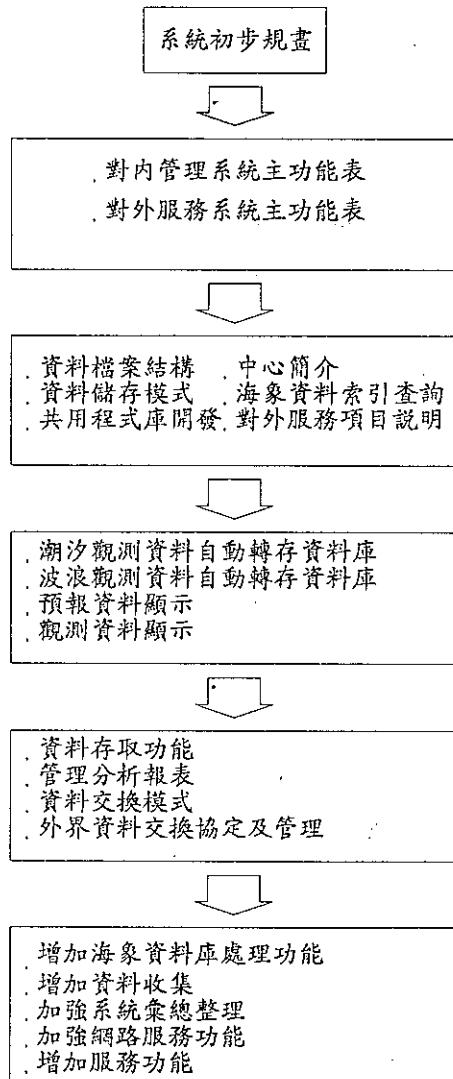


圖6-1 系統開發階段性流程

6-1 對外服務系統的建立

6-1-1 近程目標

海象測報中心的海洋資料庫系統為一即時的資料及預報結果展示系統，因此在對外服務系統的首階段發展須著重於使用者操作介面上的設計，以提供海洋資料予民眾知悉及使用，並有效的輔助海象預報。

本階段系統功能如下：

1. 對外服務系統主畫面。
2. 海象中心介紹：以文字說明海象中心的宗旨，沿革及未來服務的目標等。
3. 氣象局海象資料索引查詢：以表列對照方式顯示目前海象中心所擁有的資料及其他機構擁有之相關資料。
4. 海象中心服務項目說明及選項功能表：顯示海象中心所有的服務項目及說明，以利民眾瞭解海象中及所能提供的服務。
5. 潮汐近即時量測資料及數值預報資料的圖形與數值顯示。
6. 波浪近即時量測資料及數值預報資料的圖形與數值顯示。

6-1-2 中程目標

依第一階段發展的模式，繼續加強海象資料庫管理系統的功能，本階段重要功能發展為海象資料的表示。本階段系統功能如下：

1. 海象資料顯示：
 - (1). 其他海象數值預報資料的圖形與數值顯示。
 - (2). 其他海象觀測資料即時圖形與數值顯示。
2. 明定資料交換協定與方法：

海象測報中心目前已有一套索取資料的計費標準，其中有概括性的定出計費基準，應以此為原則，在針對中心所提供的各服務項目，訂定更詳細務實的計費方法或互惠原則，以符合實際的作業，例如與學術界的資料交換，不但可節省人力，亦可增加雙邊互動的關係。本規畫書中第5-2節資料共享制度一節中有詳細說明，在此不多贅述。

3. 網路資料存取系統：

資料傳遞介面，讓外界的資料需求者或海象資料的提供者，可透過廣域網路或數據機直接傳遞資料，免除人員往返時間及資料轉換再輸入的麻煩並減少錯誤的發生。

6-1-3 遠程目標

本階段除探討前兩階段發展所疏失或缺點加以補充外，更應再加強系統功能。

本階段系統功能如下：

1. 服務項目的增加(1)船舶報告資料GTS系統。
(2)氣象數值預報系統。
2. 吸收、儲存非海象測報中心的海洋資料。
3. 建立諮詢服務系統。

6-2 內部管理系統之建立

海象測報中心的海洋資料庫系統，其運作的核心為內部管理系統，而內部管理系統的建立，為提供資訊給使用者及維護資料庫，以協助海象測報中心處理海象資料，包括收集、處理、儲存管理、計算分析及可結構化或半結構化的資訊，完成海測中心預報及對外服務等工作。因此內部管理系統發展步驟，應以海象測報中心業務所面臨的問題為出發點，逐步完成各階段的任務，以下就內部管理系統分三階段建立，分別說明。

6-2-1 近程目標

1. 確定各資料檔案結構：

以確認的編碼原則，配合新舊資料及原有系統，進行最佳化分析，找出最適合的檔案結構。

2. 建立資料儲存管理模式：

設定資料所屬等級及權限，並將資料分類儲存規則建立，另外重要的是完成資料備份及還原作業，保障既有資料的完整。

3. 共用程式函式庫發展：

將系統所需的共用程式先規畫開發，以利系統往後發展及減低系統開發時間，方便系統擴展及維護。如報表列印函式、圖形顯示函式。

4. 波浪、潮汐觀測系統的資料自動傳遞：

將各觀測站傳回的即時波浪與潮汐資料，經由系統自動將資料轉存到資料庫中。

5. 資料品質管制：發展資料品質檢校系統，以潮系及波浪資料為優先處理。

6-2-2 中程目標

以第一階段的基礎，再加強系統資料處理能力，使系統管理操作更為完善。

1. 增加檔案維護功能，如資料的新增、修改、刪除、查詢、列印。
2. 提供管理及分析報表以加強預報能力，並藉連線作業即時地提供觀測資

料給預報組處理。

3. 處理外界資料交換模式及建立外界申請海象資料的管理與審核。
4. 衛星海溫資料的處理及展示。
5. 發展資料品質檢校系統：此期間以洋流、海面觀測資料、衛星資料為主。
o

6-2-3 遠程目標

本階段主要目標為加強系統的管理功能。

1. 增加檔案處理的功能，以提供整理完成的海象資料，輔助對外服務系統傳遞海象資料與外界。
2. 增加海象相關資料的收集，使海象資料庫更充實完整。
3. 增加衛星資料管理系統。
4. 加強系統彙總整理，以協助中心出版刊物及預報分析。

第七章 結論與建議

近年來由於經濟發展快速，各界對海象服務的需求日益殷切，因此海象測報中心的發展更趨重要。而建立海象資料庫系統，實為加強中心作業的當務之急。在本次研究計畫中，分別針對六個方向作研究分析：1. 海象測報中心現況、2. 國內外海洋資料庫現況、3. 海象測報中心軟硬體設備分析、4. 規畫海象測報中心資料庫系統、5. 制定資料庫運作原則、6. 資料庫系統發展流程。以上述六項的研究成果，提供予海象測報中心參考，以完成海象資料庫系統。

海象測報中心目前(1994年6月)已有數個觀測系統，分別對波浪及潮汐資料作蒐集，以供給海象測報中心協助預報作業，並在本年度增加軟硬體設備及中心網路連線，計畫以Oracle DataBase為中心，完成整體的資料庫系統，與已完成的數個觀測系統連接。在國內，其他擁有海洋資料庫系統的相關單位中，多數屬起步階段；而國外先進國家中已有完整的資料庫系統，例如美國的NODC及日本的JODC，不論其組織架構或系統規格等，皆足以為海象資料庫系統借鏡，如在國外普遍藉由網路傳送、交換資料的方式，或觀測資料處理流程控制等，皆是發展海象資料庫所值得參考的經驗。在初期，海象測報中心發展資料庫系統所面臨人力不足的困境，須將系統規畫為分階段性的功能目標來發展，可考慮借助其他單位來協助開發，以中心有限的人力來配合分階段性的系統規畫，將階段性獨立的功能，逐漸整合為功能完整的資料庫系統，再輔以完善的系統運作規則，作為管理者或使用者使用系統的規範，充分發揮系統的功能。

近年來國內電腦資訊業快速發展，電腦的硬體及軟體技術日趨成熟，各公私立機關或團體，紛紛建立資料庫系統。在有關海洋方面，各單位相繼籌畫有關的資訊系統，學者專家亦針對海洋有關的資訊系統提出許多研究報告或論文及建議，值此階段正是海象測報中心研究國內外相關系統及吸取各方建言、彙集國內專業人才，建立海象資料庫的良好時機。

參考文獻

- 沈景鵬、林文、李汴軍、高家俊、唐存勇、簡速貴(1993.6)"建立海象觀測網與海洋環境資料庫整合系統之規畫(一)中華民國海下技術學會。
- 李汴軍(1993)"中央氣象局海象測報業務現況與未來發展"交通部中央氣象局，海象分析與預報研討會論文集，223頁。
- 唐存勇、黃淑真(1993)"國內海象資料庫概況及評估"交通部中央氣象局，海象分析與預報研討會論文集，113頁。
- 黃淑真、唐存勇(1991)"水文資料庫報告"第一冊，修訂版。(1992)"水文資料庫報告"第二冊，修訂版。
- 劉延壽(1992)"海岸地區地理資訊系統之規畫研究"中國測量工程學會。
- 陳世欽、林志遠、江進榮(1992)"水產資訊電腦諮詢系統簡介"臺灣省水產試驗所。

附錄 海象測報中心查訪記錄

主題：調查海象測報中心目前作業分配情形、資料處理流程及未來發展方向

時間：1994年3月25日

出席：海象測報中心劉文俊技正、林燕璋課長、陳進益先生、白文星先生
、張迦勒先生、台大海洋所招允昌

記錄：招允昌

內容：茲因海象測報中心目前的作業分配情形分為資料庫、觀測、預報三組，以下將分別以此三組進行查訪。其三組個別的負責人及實際執行人員如下：

組別	負責人	實際執行人員
資料庫	劉文俊技正	陳進益
觀測	劉文俊技正	白文星、張迦勒
預報	徐月娟副主任	林燕璋課長

一、資料庫作業：

於1993年12月採購電腦等相關設備，其規格如下表：

	設備型號	設備名稱	數量
硬體	HP9000/800-G50	資料庫伺服主機暨 作業系統	1
	HP9000/715-75	通訊及網管工作站 暨作業系統	1
	SUN QE-T-3071	3D 圖形工作站暨 作業系統	1
	SUN QE-T-3072	通訊及網路設備	1
	OPTIXCHANGE 1250	雙架 5 1/4" 可重覆 寫式光碟機	1
	PRINTRONIX L150	136 COLUMN 英 文 LINE PRINTER	1
軟體	QS-T-3053	資料庫管理系統 ORACLE-7	1

目前未有完整的管理系統，但已有初步資料庫系統規畫構想，如圖3-1。

二、觀測作業：

觀測資料分為二種，波浪與潮汐，以下分別說明：

1. 波浪：

(1) 海象中心目前有多少波浪站？位置及其名稱？

目前有4個波浪站：鼻頭角、東吉、琉球嶼、成功。為波浪資料的主要來源。又根據海下協會所作「海象長期觀測網建立」計劃中，已擬增加新竹國光一 站。

(2) 波浪資料除各地波浪站外，有那些單位提供？

港研所及所屬各地單位會以非固定方式提供波浪資料。

(3) 資料處理流程：

波浪站 -----> 海象測報中心 (傳回日報資料) 詳細內容如「波浪站自動傳輸系統規畫書」，且已委託開發的軟體公司增加系統功能預計明年(1995)能使資料自動傳回海象中心。

(4) 資料儲存方式？

目前僅將波浪資料儲存於個人電腦的硬碟及光碟片上，以日報表格式每天一個檔。月報是將日報內容作平均，年報則是收集12份月報彙集而成。日報內容如表3-7。

(5) 對外服務？

僅對外提供日報表。

(6) 希望資料庫管理系統有何助益？

將來希望資料庫管理系統能統籌處理對外服務事宜。

2. 潮汐：

(1) 海象中心目前有多少潮位站？位置及其名稱？

目前有16個潮位站，為潮汐資料主要來源。潮位站位置及其名稱如圖3-2所示。海下協會所作『海象長期觀測網建立』一案中，擬增加許多潮位站如圖3-7。

- (2) 波浪資料除各地潮位站外，有那些單位提供？
- a. 港研所：每月寄一份月報。
 - b. 各港務局：每月寄一份月報。
 - c. 水利局：每年提供年報一本。
 - d. 海測局：提供過一次相關資料。
 - e. 歷史資料：自民國 20 年起既有每天一筆，為報表資料。有基隆、台中、高雄、淡水、澎湖、花蓮、蘇澳。

(3) 資料處理流程：

- a. 因各潮位站硬體設備的影響，目前有4種硬體設備，亦即有4套處理軟體，4種資料格式，說明如下：
- b. 資料每6分鐘一筆，原則上一天傳回一次。各式資料分別儲存，報表格式統一以 Sutron 的報表格式為主。
- c. 新開發王功站的處理系統將可以解讀Sutron及Handar兩組系統的資料，亦將定為今後新增系統的標準。

(4) 資料儲存方式？

以報表格式儲存於個人電腦的硬碟上，分日報及月報。其中月報資料是將日報內整點的資料取出。

(5) 對外服務？

氣象局早有一套收費標準，報表以出售方式提供外界，如附表12、附表-13。

(6) 希望資料庫管理系統有何助益？

- a. 定出資料交換互惠原則，整理資料流向。
- b. 觀測資料自動或人工按鍵，即可由各別的個人電腦上將資料傳到資料庫的檔案伺服器內。

三、預報作業：

1. 分 2 種資料預報：波浪、潮汐。
2. 資料來源：
 - (1) 觀測資料
 - (2) 模式計算

由以上兩種資料合並，加以模式處理得到預報資料。

3. 目前波浪方面提供3天預報，以等高線圖表式。潮汐方面則提供7天預報，一天一個日報表。
4. 預報資料多儲存在個人電腦的硬碟上，原始資料及預報資料均保留。
5. 希望將來的資料庫管理系統能在對外服務方面，提供線上預報查詢。

中央氣象局規費收費標準表

交通部82.8.6文航(82)字第〇二五六八〇號核定

一、專用氣象測站接續

項目	單位	金額 (新台幣元)	
1.登記費	每次	三〇〇	
2.執照費	每張	五〇〇	
3.換補發執照費	每張	四〇〇	

二、氣象資料供應

項目	資料概要	計費單位	金額 (新台幣元)	說明
1.氣象及物理化學要素	逐時	每站每項每月(不跨月)	五〇(手抄加倍)	一、上述今類不含郵資。
2. " "	近日	每站每項每月(不跨年)	同上	二、表列以外氣象或天文資料之供應，依其內容另行協議收費。
3. " "	月平均	每站每項每五年(不跨年)	同上	
4. " "	累年月平均值	單項單站	同上	
5.小型天氣圖	每日一張	打聽每月 零售每日	一、〇〇〇 五〇	其內容另行協議收費。
6.台風警報單	警報發布至解除	每報	五〇	
7.月長期展望	每月二期	打聽每年 零售每期	二、四〇〇 一〇〇	三、國內外氣象刊物或氣象資料具有交換應用之性質者，得酌收成本費或予免費。
8.天氣圖	每層定時一張	每張	一〇〇	
9.有感地震	有關地震各項資料	每站每年(不跨年)	二〇〇	
10.一般地震記錄數位資料	磁片供應	每次	五〇〇	
11.最大加速度值資料	報表提供	每站每月(不跨月)	一〇〇	
12.強震網地震記錄數值資料	磁片提供	每站每次	一〇〇	
13.氣象衛星雲圖	黑白照片(8" x 10") 彩色照片(8" x 10")	每張	三〇〇 五〇〇	四、凡與中央氣象局簽訂氣象學術研究合作或氣象服務合約者，依約辦理。
14.氣象衛星影像數位資料 (11、12項詳見附錄一)	地球同步氣象衛星 繞極軌道氣象衛星	每轉錄基本資料一筆 每使用原始資料一次 每附加處理資料一項 TOVS,36968每筆 TOVS,5288每筆 AVHRR 每筆 單一頻道每筆	二五〇 一、二五〇 二五〇 一、〇〇〇 五〇〇 二、〇〇〇 三〇〇	五、特殊情況經本局核定者，得予減收或免費。
15.複製微縮影資料		每卷 每片	一、六〇〇 一〇〇	六、所有供應之氣象資料，限申請人使用，不得複製轉讓。
16.全球原始氣象資料	地面報及高空報	指定(每日) 整卷(9tracks/2400ft)	四〇〇 二、〇〇〇	七、需磁帶轉錄資料者，磁帶自備；若未自備另收材料費。
17.全球FGGE資料	"	指定(每日) 整卷(9tracks/2400ft)	四〇〇 二、〇〇〇	
18.亞洲地區PGGE資料	"	指定(每日) 整卷(9tracks/2400ft)	四〇〇 二、〇〇〇	
19.全球預報模式輸出 網格點資料	OOZ 及 12Z 預報	指定(每日) 整卷(9tracks/2400ft)	四〇〇 二、〇〇〇	
20.區域預報模式輸出 網格點資料	"	"	四〇〇 二、〇〇〇	
21.磁帶磁片轉錄一般氣象要素		見附錄二		
22.微縮影圖擴複印之氣象資料供應		見附錄三		

23. 富達黑白颶風照片	5"X7"含經緯度颶風 間距電碼	一張	五〇
24. 富達彩色強度回波圖片	平面與測高、日期 時間、地理覆蓋圖	一張	五〇
25 富達彩色強度回波磁帶	9軌、1600dp12400 吋平面與測高、日期、時 間覆蓋圖	一卷	二、〇〇〇

附表-12 中央氣象局提供收費標準表

三、氣象刊物：

項 目	資 料 概 況	計 費 單 位	金 額 (新台幣元)	說 明
1.氣候資料年報(地面)	全部測站月統計 值	每 年 一 冊	六〇〇	
2.氣候	高空站探空資料	"	六〇〇	
3.颱風調查報告	每年颱風資料	"	三〇〇	
4.氣象報告彙編	月平均值	每十年一冊	三、〇〇〇	
5.台灣八十年來之颱風		每本	三〇〇	
6.氣象學報		每期	一五〇	
7.颱風警報發布概況表		每本 每張	二〇〇 基本費五〇元每 加一張一〇元	
8.氣候圖集	彩色精裝本 彩色普及本	每冊	三、〇〇〇	
9.潮汐資料觀測年報		每年一冊	六〇〇	
10.地震季報		每季一冊	一五〇	
11.GMS衛星雲圖集	紅外線地球全景	每冊	一、〇〇〇	

附錄二 磁帶磁片轉錄一般氣象要素收費標準 金額：新台幣元

資 料 名 稱	格 式 FORMAT	計 費 單 位	媒 體	資 料 費	材 料 費
逐時地面氣象資料 (C表資料) 全部項目，不可選項	9007	本局全部站一年	磁帶	2,000 100 100 500	轉錄磁片免 收，轉錄磁 帶每卷800元
		本局一站一年	磁帶		
		本局一站一月年	磁片		
逐日地面氣象資料 (AB表資料) 全部項目，不可選項	9012 A表 9014 B表	本局全部站一至五年	磁帶	2,000 100 100	
		本局一站一至五年	磁帶		
		本局一站一年	磁片		
板橋、花蓮探空資料 板橋1974...迄今 花蓮1987.8...迄今	9063	本局全部站一至五年	磁帶	2,000 200 200	
		本局一站一月	磁帶		
		本局一站一月	磁片		
表 格 式 資 料	(HR)	逐時單項要素 一般氣象要素	按規費計算		

*磁帶由本局提供一律先收材料費800元，如實際使用磁帶超過一卷以上，於領取時再按每卷800元
繳費或自備磁帶交換。

附錄三 微縮影閱讀複印機之氣象資料供應收費標準

一、委託操作複印

(一) 凡中央氣象局規費收費標準內所列資料均按表列標準收費。

(二) 表列以外氣象天文資料。

每張收費新台幣五時元

二、自行操作複印

每張收費新台幣十元（損毀張數一併計算）

附表-13 中央氣象局提供收費標準表

誌謝

中央氣象局提供研究計畫(CWB-83-14)，並蒙海象中心李汴軍主任、徐月娟副主任、劉文俊技正、林燕璋課長、陳進益、白文星、張迦勒先生，水試所林志遠先生，港研所陳明宗先生，貴儀中心水文資料庫黃淑真小姐協助使本計畫得以完成。本文的中文打字及排版承黃文美小姐協助完成。