

# 梅雨季定量降水預報方法之初步研究

丘台光 葉原銅

中央氣象局衛星中心

## 摘 要

「嘉南地區防災實驗計畫」在氣象部份是以「預報實驗」為主，輔之以「部份觀測」項目之「實地作業實驗計畫」，基於「防洪」的需要，氣象的重點是提供定量降水預報結果，因此事先建立適當的定量降水預報流程及方法就變得非常重要。

本文乃就 1991-1994 年 5-6 月所發生的 MCS/豪(大)雨個案資料，分析 MCS 生成發展及移動與綜觀及中尺度環境天氣類型及其相關低層噴流、 $\theta_e$  脊線與平流量、1000-300hpa 可降水量及相對穩定度大小之關係，以建立台灣地區 MCS/豪(大)雨不同類型綜觀天氣合成圖及特徵再利用 1995 年個案加以校驗及修正，以期作為發展一套定量降水預報方法之參考。

研究結果顯示台灣地區伴隨 MCS 降水之天氣類型可分成鋒面型、綜觀型、超越型以及中尺度型，有一些與美國 MCC 綜觀環境類型相似但仍存在一些差異，並且北、中及南部之區域發生 MCS 天氣類型特徵亦有不同。

## 一、前言

豪雨的預報，是一個非常困難的題目，要能定量預報，更是不容易，因為它牽涉到大尺度，中尺度到小尺度以及彼此相互間的關係，而導致豪雨之中尺度對流系統的預報又是區域性豪雨預報最重要的一環。有關 MCS 極短期預報方面研究，Dowell(1982)利用主觀方法及仔細在分析現有可用資料，獲得一部分成功個例，Scotfield(1988)以及 Juying and Scotfield(1989)提出利用衛星資料配合傳統資料的分析相當位溫 ( $\theta_e$ )、 $\theta_e$  梯度、厚度線(850-300mb)以及不穩定度爆發因子，決定 MCS 未來 0-12 小時發展及移動位置，其中特別指出往後移動的 MCS 與豪雨的產生有很密切的關係，國內 1992 年 POST-TAMEX 預報實驗，曾引進或發展利用衛星及雷達資料估計 0-1h，0-3h 降水量方法(紀和

李，1992；Chen，1992)謝信良等 1994 針對台灣地區梅雨季豪(大)雨提出一套天氣類型及檢查表，但對 MCS/豪大雨 12-24h 定量降水預報方面的研究很少，數值預報作業模式可獲得定量降水預報的結果，但誤差很大，尤其是豪(大)雨方面，必須配合綜觀定則、中尺度氣候有關豪(大)雨的條件類型以及前述衛星及雷達資料降水估計技術，透過許多個案整合、分析及測試，方可建立一些較佳的指引及方法。

本文乃就 1991-1994 年 5-6 月所發生的 MCS/豪(大)雨個案資料，分析不同降水量等級(< 50mm, 50-100mm, 100-200mm, > 200mm)發生前及發生時綜觀及中尺度環境天氣條件及其相關低層噴流、 $\theta_e$  脊線與平流量、1000-300hpa 可降水量及相對穩定度大小與降水量大小之關係，以建立不同降水量級與不同類型綜觀天氣合成圖及特徵，最後並以

一九九五年梅雨季豪(大)雨天氣類型測試、分析及修正，以建立各種不同降水量級之 MCS/豪(大)綜觀天氣類型及特徵，以期發展一套 12-24h 定量降水預報方法，提供預報作業參考。

## 二、研究方法及進行步驟

蒐集 1991-1994 年 5-6 月梅雨季發生降水個案的衛星雲圖、雨量資料以及地面及高空觀測資料，依據氣象局及水文網日雨量大於 50mm，作為選取研究個案的標準，合計共 60 個個案，再依據不同降水量大小，分成大豪雨(日雨量  $\geq 200\text{mm}$ )、豪雨( $100\text{mm} \leq \text{日雨量} < 200\text{mm}$ )、大雨( $50\text{mm} \leq \text{日雨量} < 100\text{mm}$ )及小雨(日雨量  $< 50\text{mm}$ ) 四類(在此定義大豪雨、豪雨、大雨及小雨標準僅為易於劃分等級之用，有

表 1：1991 至 1994 年 5~6 月台灣地區發生不同量級雨量大小之天氣類型分析統計表

TERM YEAR	日雨量 $\geq 200\text{mm}$						Total
	F1	F1/F	F	F2	M	Typhoon	
1991	0	0	3	0	0	0	3
1992	0	1	0	1	0	0	2
1993	0	1	1	0	0	0	2
1994	0	2	2	0	0	0	4
Total (%)	0	4 (36%)	6 (55%)	1 (9%)	0	0	11 (100%)
		(100%)			(0%)	(0%)	(100%)

200mm > 日雨量  $\geq 100\text{mm}$

TERM YEAR	200mm > 日雨量 $\geq 100\text{mm}$						Total
	F1	F1/F	F	F2	M	Typhoon	
1991	2	1	0	0	1	0	8
1992	1	0	0	1	3	0	7
1993	1	0	4	0	3	1	10
1994	1	1	0	0	0	0	6
Total (%)	5 (16%)	2 (16%)	4 (32%)	1 (7%)	7 (23%)	1 (7%)	20 (100%)
		(60%)			(35%)	(5%)	(100%)

100mm > 日雨量  $\geq 50\text{mm}$

TERM YEAR	100mm > 日雨量 $\geq 50\text{mm}$						Total
	F1	F1/F	F	F2	M	Typhoon	
1991	0	0	0	0	0	0	0
1992	3	0	2	2	5	0	12
1993	4	1	0	1	4	0	10
1994	1	0	0	3	0	1	5
Total (%)	8 (28%)	1 (3%)	2 (7%)	7 (24%)	10 (34%)	1 (3%)	29 (100%)
1991		(62%)			(35%)	(3%)	(100%)

日雨量  $\geq 50\text{mm}$

TERM YEAR	日雨量 $\geq 50\text{mm}$						Total
	F1	F1/F	F	F2	M	Typhoon	
1991	2	1	3	1	2	1	8
1992	4	1	2	4	8	0	19
1993	5	1	5	1	7	1	20
1994	2	3	2	3	0	1	11
Total (%)	13 (22%)	6 (10%)	12 (20%)	9 (15%)	17 (28%)	3 (5%)	60 (100%)
1991		(67%)			(28%)	(5%)	(100%)

些並不與現行中央氣象局發布標準相同)，就不同的綜觀天氣條件(地面鋒面、850hPa 風切線、等溫線及 700hPa 與 500hPa 槽線以及 500hPa 等高線等)，作成各類個案綜觀條件合成圖及雲系特徵比較，再由不同類不同個案合成圖，找出其共同性及差異性加以比較，並利用 1995 年 5-6 月梅雨季豪(大)兩個案校驗比較，以建立不同降水量級與不同類型綜觀天氣合成圖及特徵，作為未來定量降水預報之參考。

## 三、MCS/豪(大)兩個案天氣類型分類及有利環境與熱力條件

根據上述研究方法，共選取 60 個個案其所伴隨天氣類型統計分析如表 1，可看出 67%之豪(大)兩個案(日雨量  $\geq 50\text{mm}$ )與鋒面有關，其中 28%與中尺度天氣系統有關(如中尺度低壓、海陸鋒...等)，颱風或熱帶擾動所引起僅佔 5%左右，又日雨量大於 100mm 之個案統計分析，鋒面仍佔 60%左右，非伴隨鋒面之中尺度系統所影響降水佔 35%，但一般大於 200mm 之個案幾乎均與伴隨鋒面系統所引起綜觀天氣形勢有關。

### (一)大豪雨(日雨量 $> 200\text{mm}$ )之天氣類型

1991-1994 年 5-6 月統計發生大豪雨個案有 11 個，可大致分成三種天氣類型，一種稱鋒面型(front type)(8 個個案)、一種稱為綜觀型(synoptic type)(2 個個案)、另一種稱超越型(overrunning type)。鋒面型與 Maddox(1979)研究美國中西部 MCC 所造成豪雨之鋒面類型相似，主要特徵(如圖 1)為地面存在一滯留鋒(移速平均 5Knots)在台灣附近，850hPa 風切線與鋒面平行且緊落在鋒面後方，有些個案在台灣西方存在一中尺度低壓或 LLJ 配合，500hPa 最明顯的特徵就是一強烈深厚槽線深與地面鋒面垂直在台灣的西邊存在或有一明顯短槽存在，高層 300hPa 氣流有明顯匯散現象，伴隨鋒面型的雲系，主要是對流雲帶發生在鋒面附近及前方，雲系大部分以 meso- $\alpha$  中尺度對流系統在其上游發生移至本省所造成。

圖 2 為一典型綜觀型大豪雨降水個案之合成

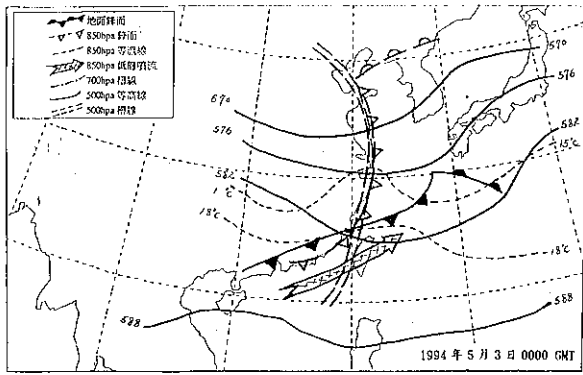
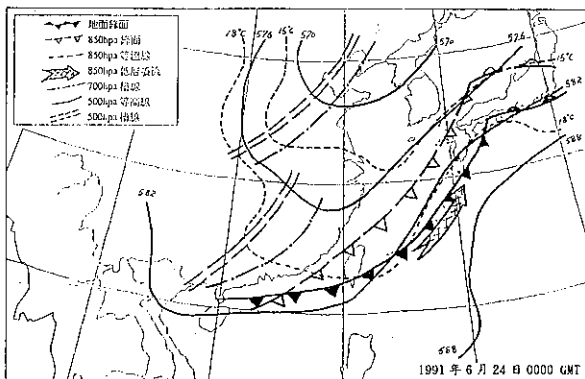


圖 1 台灣地區發生大豪雨(日雨量 $\geq 200\text{mm}$ )之鋒面型綜觀天氣形勢之合成圖



續圖 1

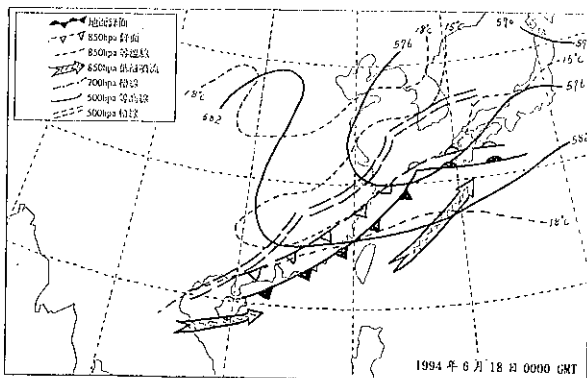


圖 2 台灣地區發生大豪雨(日雨量 $\geq 200\text{mm}$ )之綜觀型綜觀天氣形勢之合成圖

圖，從圖中可看出一很好鋒面斜壓波結構特徵，500hPa 之槽線與鋒面近似平行，此類型雲系以中一 $\beta$ 尺度對流系統在鋒面附近一再產生發展為其特徵，地面鋒面移速大約 25Knots 左右。超越型的綜觀天氣形勢為 850hPa 風切線落在地面鋒面後方一段距離(如圖 3 所示)，兩者呈東-西向，低層以偏南風至南南西風，有時存在 LLJ，對流發展不高但範圍很廣，降水大部分是層狀暖雲降水為其特徵。

## (二) 豪雨( $100\text{mm} \leq \text{日雨量} < 200\text{mm}$ ) 之天氣類型

1991-1994 年 5-6 月統計發生豪雨個案有 20 個，根據不同天氣形態加以分類大致可分成四種天氣類型，其中前三種與大豪雨所伴隨的天氣類型相似，另外一種稱中尺度型(meso-scale type)，即此類型與鋒面無關，鋒面可能在台灣北方或更遠(如圖 4)，850hPa 可能或可能不存在 LLJ，500hPa 為一脊場或一微弱槽線在其上游存在，西南氣流活躍，此類可能配合海陸降及午後加熱與地形抬升所引起。此類鋒面型之天氣形態與大豪雨鋒面型類型，但 850hPa 之風切線與地面鋒面配合較差，地面鋒面近似東西向位於本省北邊而非橫在本省南部附近，(對南部定量降水之區別)，500hPa 存在一深槽或一非常弱的槽線，300hPa 匯散現象可能或可能不存在。又綜觀型與大豪雨綜觀型類似，唯地面鋒面移速較快(25-30Kts)

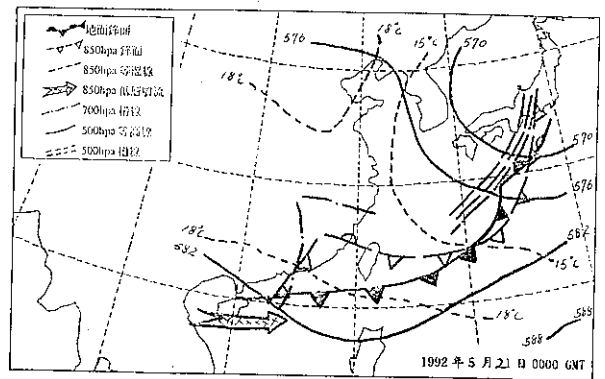


圖 3 台灣地區發生大豪雨(日雨量 $\geq 200\text{mm}$ )之超越型綜觀天氣形勢之合成圖

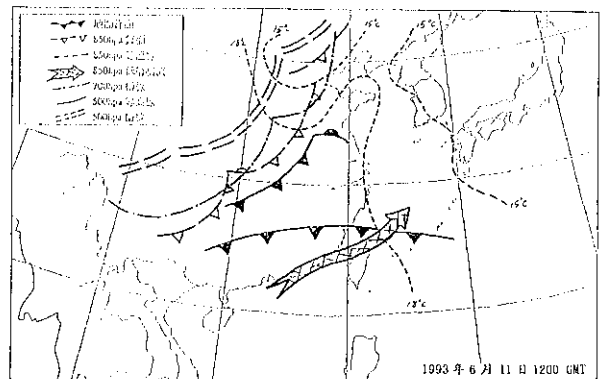


圖 4 台灣地區發生豪雨( $100\text{mm} \leq \text{日雨量} < 200\text{mm}$ )之中尺度型綜觀天氣形勢之合成圖

### (三)大雨(50mm ≤ 日雨量 < 100mm)之天氣類型

由上述 60 個案中 29 大雨個案分析，可發現所伴隨的天氣類型與上述豪雨天氣類型類似，但鋒面的結構配置、850hPa、 $\theta_e$ 、脊線均較差，大部分沒有 LLJ 存在並且移速較快，所伴隨對流系統生命期亦較短。

表 2 顯示如 1993 年 16 個 MCS/豪(大)雨個案之綜觀天氣條件及熱力特徵，所有豪(大)雨發生之綜觀條件中，伴隨鋒面類型強迫機制所引起有 13 個占 81% 左右 (其中 6 個發生在鋒前，其餘發生在鋒面上)，另與鋒面無關而與局部環流或中尺度低壓之弱強迫機制有關的占 3 個約 19% 左右，就運動及熱力條件分析 850hpa 之  $\theta_e$  脊線區、LLJ 以及 700hpa

之  $\theta_e$  脊線區及 LLJ 等分別佔 80% 以上，高層 300 hpa 之 ULJ 幾乎不存在，又 850hpa 之 LLJ 風速出現 20-45 Kts，700hpa 之風速在 25-40 Kts 之間，風向均以西南風為主。由以上分析可發現梅雨鋒面南下產生 MCS/豪(大)雨與 850hpa 及 700hpa 之低對流層是否存在 LLJ (SW/20Knots 至 SW/45Knots)、水汽輻合、 $\theta_e$  脊線區之不穩定度存在等有利條件配合鋒面之南下，有很密切的關係，而大氣存在與否潮濕且極不穩定 (平均 PW = 64mm，LI = -3.0，TI = 45，KI = 38) 的情況，均可作為判斷未來 12-24 小時發生豪(大)雨之指標。1994 年 5 至 6 月梅雨季所發生豪(大)雨個案初步分析結果亦顯示強強迫機制 (伴隨鋒面系統) 在配合上述有利環境條件下 (如 850hPa 之  $\theta_e$  脊線，LLJ，500mb 短槽)，較易引發局部豪(大雨)發生。

表 2：1993 年 16 個豪(大)雨個案之綜觀天氣條件及熱力特徵

(sw/20 表西南風 20 Knots，Y 表示有，N 表示沒有，× 表示資料缺，N,C,S 代表台灣北部、中部及南部地區)

TIME (GMT)	SFC	850hPa					700hPa			物理參數					最大雨量
		鋒面位置	LLJ	$\theta_e$ 脊線	暖平流	$\theta_e$ 平流	水汽輻合	LLJ	$\theta_e$ 脊線	穩定度	PW	TI	KI	LI	
May 2000-2021	F	SW/20	Y	Y	Y	Y	SW/25	Y	Y	66	44	36	-3.1	1224	C,S > 100mm
2612-2700	F	SW/25	Y	Y	Y	Y	SW/40	N	N	×	×	×	×	×	N,S > 100mm
2700-2712	F	SW/25	Y	Y	Y	Y	SW/30	Y	Y	76	49	42	-4.7	2367	C,S > 100mm
2712-2900	F2	SW/45	Y	N	N	N	SW/40	N	Y	×	×	×	×	×	50 < C < 100mm
June 0112-0200	F1	SW/35	Y	Y	Y	Y	SW/35	Y	N	62	45	38	-4.5	2053	N,S > 100mm
0200-0212	F	N	Y	N	N	Y	SW/35	Y	Y	68	44	39	-2.0	1010	C,S > 100mm
0212-0300	F2	N	Y	N	N	Y	N	Y	Y	56	41	37	-0.4	286	50 < S < 100mm
0300-0512	F1	SW/30	Y	Y	Y	Y	SW/40	Y	Y	68	43	39	-4.1	1978	N,S,C > 100mm
0500-0512	F	SW/20	Y	Y	Y	Y	SW/25	Y	N	77	51	44	-5.8	2774	S > 50mm
0700-0712	F	SW/20	Y	Y	Y	Y	SW/25	Y	Y	×	×	×	×	×	50 < C,S < 100mm
0812-0900	F1	SW/20	Y	Y	Y	Y	SW/25	Y	Y	55	43	36	2.4	140	50 < N < 100mm
1000-1012	F1	N	Y	N	Y	Y	N	Y	Y	74	48	44	-3.3	1291	S > 50mm
1100-1012	F1	SW/25	Y	N	Y	Y	SW/25	Y	Y	62	41	34	-2.7	1147	C > 50mm, S > 100mm
1600-1612	M	SW/25	Y	N	N	Y	SW/30	N	N	56	49	37	-7.9	3309	C > 50mm, S > 100mm
1700-1712	M	SW/25	Y	N	N	Y	SW/25	Y	N	57	46	33	-5.7	2666	N > 50mm, C > 100mm
1800-1812	M	SW/25	Y	N	Y	Y	SW/25	Y	N	60	45	37	-4.2	1471	N > 50mm
TOTAL	F(9), F1(6) F2(2), M(3)	Y (61%)	Y (100%)	Y (60%)	Y (70%)	Y (75%)	Y (67%)	Y (61%)	Y (63%)	MEAN 64	> 40 MEAN 45	> 35 MEAN 38	MEAN -3		

### 四、一九九五年梅雨季豪(大)雨天氣類型分析

就 1995 年 5-6 月發生豪(大)雨個案(日雨量大於 50mm)資料統計分析如表 3，由表中可看出發生 13 個豪(大)雨個案中，有 3 個個案日雨量超過 200mm，天氣類型可分成鋒面型天氣形勢(8 個個案)、超越型(3 個個案)以及中尺度型(2 個個案)之天氣系統，由詳細個案綜觀成圖(如前述)分析，1995 年 5 月 17 日發生大豪雨個案天氣類型相似前面

所述大豪雨超越型綜觀天氣類型，全省均有降水發生，最大降水發生在北部地區。1995 年 6 月 8-9 日所發生大豪雨之天氣類型，亦類似前述大豪雨所伴隨鋒面型綜觀天氣形勢，其它豪雨及大雨的個案天氣形勢特徵亦顯示與前面豪雨及大雨所分類的天氣形勢特徵類似，表 4 為進一步比較同一種相似天氣類型下，不同降水量等級之差異分析，由表中可看出鋒面的結構、移動速度、 $\theta_e$ 、LLJ 以及短槽之存在與否，會造成不同程度之影響。

由前述不同降水量級天氣類型分類，以及各量級之間天氣條件的差異比較，顯示同一類型如因鋒

表 3：1995 年 5-6 月發生豪(大)雨個案統計表  
(S, C 分別表示台灣南部及中部水文網出現最大日雨量值 F1、F 及 F2  
分別表示鋒前、鋒上及鋒後)

序號	日期	雨量大小 (mm)	天氣系統	天氣類型
(1)	1995.5.8	蘭嶼 61, 大武 35	F2	鋒面型
(2)	1995.5.9	高雄 53, 台南 46	F2	中尺度型
(3)	1995.5.13	蘭嶼 279, 大武 105, 恆春 101	F	鋒面型
(4)	1995.5.16	阿里山 57, 玉山 53, 梧棲 46	F	超越型
(5)	1995.5.18	屏北 62, 屏南 57, 阿里山 49	F2	鋒面型
(6)	1995.5.17	鞍部 204, 陽明山 172, 基隆 126	F2	超越型
(7)	1995.5.22	阿里山 57, 玉山 39, 日月潭 16	F2	超越型
(8)	1995.5.23	阿里山 70, 玉山 55, 日月潭 34	F2	中尺度型
(9)	1995.6.8	台中 128, 阿里山 191, S=202, C=125	F1	鋒面型
(10)	1995.6.9	阿里山 147, 玉山 174, 台中 127, 澎湖 213, S=400, C=232	F	鋒面型
(11)	1995.6.10	台中 92, 梧棲 48, S=112, C=106	F2	鋒面型
(12)	1995.6.11	大武 167, 恆春 161, 蘭嶼 146, S=131, C=115	F	鋒面型
(13)	1995.6.12	嘉義 66, 阿里山 73, 玉山 81, S=132	F	鋒面型

表 4：1995 年 5-6 月發生豪(大)雨鋒面型綜觀天氣形勢之分析表

項目	降水等級	鋒面位置	鋒面結構	移動速度	$\theta$ e 脊線	LLJ	中層短槽
個案							
1995.5.8	大雨	F2	300KM	5Kts	否	否	非常弱
1995.5.13	大暴雨	F	100KM	5Kts	是	否	強
1995.5.18	大雨	F-M	300KM	15Kts	否	否	否
1995.6.8	大暴雨	F1-F	200KM	10Kts	是	是	強
1995.6.9	大暴雨	F	150KM	5Kts	是	是	強
1995.6.10	暴雨	F-F2	180KM	5Kts	否	否	弱
1995.6.11	暴雨	F	100KM	5Kts	是	否	強
1995.6.12	暴雨	F2	100KM	5Kts	是	否	弱

面的結構不一致、移動速度的快慢、LLJ 或中層短槽存在與否均為影響到降水量之大小，為了進一步有系統分析及建立定量降水預報作業流程，乃試圖設計出一定量降水預報作業流程如圖 5，由圖中可看出先由全球至綜觀尺度分析，可透過傳統資料、衛星及模式預報場資料作出合成圖分析，再比照各種典型不同降水量級之天氣類型，選取適當的天氣類型，再經由中尺度及地形的考慮及調節因子的檢查，最後作出 12-24h 的四種等級定量水預報之決定。

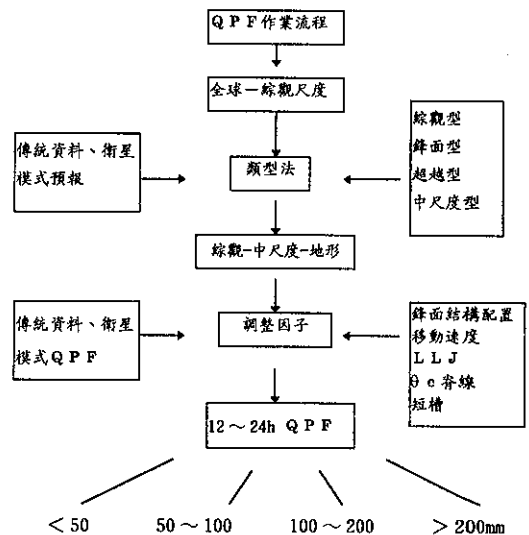


圖 5 定量降水預報作業流程圖

## 五、結論

本文針對 1991-1994 年 5-6 月所發生的 MCS/ 豪(大)雨個案，加以綜觀天氣類型分類、比較及整合，其中並就 1995 年梅雨季豪大雨個案，測試其結果，經初步研究結果如下：

1. MCS/豪(大)雨伴隨鋒面類型屬於強的強迫機制的預報，可檢查 850hpa 及 700hpa 之低對流層是否存在  $\theta$  e 脊線及 LLJ (風速在 25-45Kts) 地面鋒面之附近，以及大氣潮濕且極不穩定 (平均 PW = 66mm, LI = -3.0, TI = 44, KI = 38) 情況下，作為判斷未來 12-24 小時發生豪(大)雨之指標。

## 參考文獻

2. 梅雨季中伴隨鋒面型的 MCS 個案中，在鋒面南移時若鋒前出現 850 hpa 或 700hpa LLJ 且在  $\theta_e$  脊線區存在配合，易產生豪(大)雨，如缺乏低層噴流且位於低  $\theta_e$  分布區或下風區附近，雖有鋒面抬升但降水不大，又鋒面移速較快豪(大)雨機會亦不大。
3. 由 1991-1994 年 5-6 月之天氣類型分析，伴隨 MCS 降水之天氣系統可分成鋒面型、綜觀型、超越型以及中尺度型，有一些與美國 MCC 綜觀環境類似但仍存在一些差異，就南部地區日雨量發生大於 200mm 之綜觀環境條件，為鋒面大部份在台灣南部附近且呈東西向，850hPa 風切線與地面鋒面一致且有 LLJ 存在，500hPa 有一明顯短槽配合，若日雨量大於 100mm 小於 200mm 之綜觀環境與上述類似，但鋒面在台灣北邊移速較快，並且缺少其中任何一條件(如 850hPa 風切與鋒面不一致或缺 500hPa 短槽配合)，若日雨量 < 100mm 之環境條件，則顯示地面鋒面與 850hPa 槽線不一致且移速較快並且大部分缺乏 LLJ。定量降水預報流程已初步建立，可利用此流程及其相關圖表，對更多個案進一步的分析及比較，建立更為完整明確各種降水量級之綜觀天氣類型及特徵，以提供未來定量降水預報作業方面的參考。

## 致 謝

本研究是在國科會 NSC 84-2621-P052-004B 的支助下完成，特此申謝。

- Chen, T. C., 1992: Radar operational manual for TAMEX forecasting experiment, p18。
- Doswell, C. A., III 1986 : 'Short-range forecasting'. Pp. 678-719 in Mesoscale Meteorology and Forecasting, Ed. P. S. Ray. American Meteor. Soc.
- Juying, X. and R. A. Scofield, 1989 : Satellite-derived rainfall estimates and propagation characteristics associated with meso-scale convective systems (MCSs). NOAA Technical memorandum NESDIS 25, 49 pp。
- Scofield, R. A., 1988: Using the VAS Data Utilization Center (VDUC) for the analysis and forecasting of heavy rainfall producing MCSs. Proc. of the 3rd Conf. On Satellite Meteorology and Oceanography, February 1-5, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 215-221。
- 陳景森、丘台光、盛修慧，1992：中尺度對流系統極短期((0-12h)預報之研究，氣象科技研究中心技術報告彙編，第 6-1 卷，119-131。
- 謝信良、林雨我、陳清得、溫嘉玉，1994：台灣地區梅雨季豪(大)雨預報研究成果作業化研究防災科技研究報告 82-0414-P052-01B，93 頁。
- 李汴軍，1992：1992 年 TAMEX 預報 g 實驗之校驗評估，防災科技研究報告 81-20 號，NSC 81-0414-P052-05B，64 頁。
- 紀水上、李清勝，1992：氣象衛星資料在 "POST-TAMEX 預報實驗" 之應用，56 頁。