

# 台灣梅雨期華南MCC的合成環境條件分析

吳 倩 雯

中央氣象局衛星站

陳 泰 然

國立台灣大學大氣科學研究所

## 摘 要

在1981—1986年5—6月梅雨期，選擇發生於華南地區之12個中尺度對流複合體MCC個案，合成分析其形成期與成熟期各層之溫度場、高度場與風場結構，以研究MCC形成與發展之環境條件。

結果顯示，低對流層強暖平流與西南氣流之速度輻合提供MCC形成與發展之舉升條件，MCC則在LLJ出區左側形成與發展，高對流層之反旋式環流與分流有利MCC之發展，中低對流層槽在華南MCC形成可能僅屬次要角色。此外，高對流層MCC北側西風增強，可能為中對流層對流加熱之反應。

## 一、前 言

Maddox (1980) 曾利用紅外線衛星雲圖，針對發生於美國中西部3—9月生命期長且範圍大的有組織中尺度對流系統，以符合表一所列者稱為中尺度對流複合體 (Mesoscale Convective Complexes; MCC)，他發現MCC的生命延時平均約為16.5小時。Maddox et al. (1981) 研究MCC生命期間之高對流層特性，發現在MCC強度增強且範圍擴大期間，MCC雲蓋的西側及北側邊緣於高層有強烈的噴流條出現，並有輻散場增強的現象，他們認為是由於中對流層有深厚對流增暖，使高對流層高度升高，而增加MCC與環境間之高度梯度，造成MCC邊緣有強的噴流條。Bosart and Sanders (1981) 研究一生命期長達96小時，雲蓋半徑約150km的對流系統，發現該系統在低對流層為一冷區，在暴雨中心之北方有中低對流層槽線，而高對流層為反氣旋式環流。

Maddox (1983) 選取1975—1978年發生於美國中部的10個MCC個案作合成分析，以研究MCC成熟期前後24小時間的大尺度環境條件，結果發現MCC伴隨着東移之中對流層短槽移動，初期之MCC由於低層有暖平流之強迫舉升而形成，且MCC在槽前發

展，對流加熱則使中對流層形成暖心，高對流層則因中- $\alpha$ 尺度舉升與輻射冷卻效應而為冷心的結構。

華南及鄰近地區梅雨季中尺度對流系統之發生亦相當頻繁，丘等 (1982) 研究1981年「5-28」豪雨個案，結果顯示該次豪雨乃因南方暖濕空氣及北方冷乾空氣的輻合而造成中尺度對流系統。丘與廖 (1984) 研究同一個案，結果顯示低層噴流、短槽、持續強烈暖平流及北方乾冷空氣的輻合等，均為華南地區對流系統生成與發展之有利條件。紀與陳 (1984; 1988) 的研究結果也顯示低對流層之鋒面輻合及暖平流、中對流層短波槽、高對流層之速度輻散/分流等皆為MCC發展及維持的有利條件。

表一 美國中尺度對流複合系統定義  
(Maddox, 1980)

1. 大小：(A) IR 溫度  $\leq -32^{\circ}\text{C}$  之連續雲區必須  $\geq 100,000$  平方公里。  
(B) 內部冷雲  $\leq -52^{\circ}\text{C}$  區域必須  $\geq 50,000$  平方公里。
2. 開始：滿足(A)、(B)條件時。
3. 持續：滿足(A)、(B)條件之時間  $\geq 6$  小時。
4. 最大範圍： $\leq -32^{\circ}\text{C}$  雲區範圍達最大。
5. 形狀：最大範圍之短軸與長軸比  $\geq 0.7$ 。
6. 結束：(A)、(B)條件不再滿足時。

表二 合成所用 12 個個案各階段發生時刻、位置及生命延時

年	月	初生期		加強期		成熟期 (最低雲頂溫度)		成熟期 (最大範圍)		減弱期		消散期		延時 小時
		日時(°N) (°E)	日時(°N) (°E)	日時(°N) (°E)	日時(°N) (°E)	日時(°N) (°E)	日時(°N) (°E)	日時(°N) (°E)	日時(°N) (°E)	日時(°N) (°E)	日時(°N) (°E)			
1981	5	1006	27.3 103.7	1012	25.7 105.6	1016	24.8 106.0	1016	24.8 106.0	1109	23.8 114.5	1112	24.5 115.7	27
1982	5	2818	22.1 112.3	2821	21.7 114.7	2903	22.2 117.2	2903	22.2 117.2	3003	24.1 122.9	3003	24.1 122.9	33
1982	5	2903	21.8 113.3	2906	21.4 114.2	2916	22.1 116.2	2916	22.1 116.2	3012	22.2 121.2	3016	22.7 122.2	33
1982	5	3009	22.3 116.1	3012	21.8 117.3	3018	22.1 117.8	3021	22.5 118.2	3112	23.2 122.3	3116	22.9 123.2	24
1982	6	3109	27.2 104.8	3116	25.7 106.4	0112	23.6 115.6	0112	23.6 115.6	0216	23.1 122.3	0218	23.5 123.5	48
1983	5	1406	28.5 107.8	1412	27.7 110.7	1416	26.7 110.7	1418	26.7 116.3	1512	21.8 119.2	1516	21.7 122.1	24
1983	5	1916	23.5 110.9	2003	22.2 114.1	2016	23.1 118.2	2018	22.9 118.5	2103	20.7 121.3	2106	20.5 121.7	27
1983	6	3116	27.5 106.5	3121	29.5 107.1	0100	29.5 107.5	0116	29.0 115.5	0200	28.5 117.1	0206	27.5 119.1	27
1985	5	3016	21.8 113.2	3021	21.3 113.8	3103	20.8 114.0	3109	23.2 116.6	3116	18.9 117.1	3118	18.9 117.6	21
1985	6	0312	26.5 106.5	0316	26.5 106.5	0318	26.2 106.8	0321	26.2 107.1	0409	24.8 110.3	0506	25.5 111.1	21
1986	5	1106	21.8 113.8	1109	21.3 114.5	1200	20.8 118.7	1200	20.8 118.7	1212	19.8 120.5	1216	18.8 121.5	27
1986	6	0909	24.7 104.2	0916	24.1 105.1	0918	23.6 105.3	0921	23.5 106.2	1012	21.3 109.3	1016	20.8 110.3	27

本文選取梅雨季(5-6)月發生於華南及鄰近地區的 12 個 MCC 個案，進行高度場、溫度場與風場之合成分析，以研究 MCC 形成及發展的大尺度環境條件，與 MCC 對環境之可能影響。

## 二、資料選取及處理

陳等(1986)將中尺度對流系統(Mesoscale Convective System; MCS)生命史分為五個階段，即初生期、加強期、成熟期、減弱期及消散期，其中成熟期又分為最大範圍成熟期及最低雲頂溫度成熟期。本文採用陳等(1986)對 MCS 尺度大小(20-200km 為 meso-β 尺度，200km 以上為 meso-α 尺度)及各階段的定義，由 1981 年 5 月及 1982-1983 年與 1985-1986 年之 5-6 月 GMS 紅外線衛星雲圖，分析發生在華南及鄰近地區(15-35°N, 100-130°E)之 211 個 MCS 個案，擇其對流範圍達 meso-α 尺度且生命期約達 24 小時的 12 個 MCC 個案，這 12 個個案各階段發生時刻、中心位置及生命延時如表二所示，各個案之移動路徑如圖 1 所示。

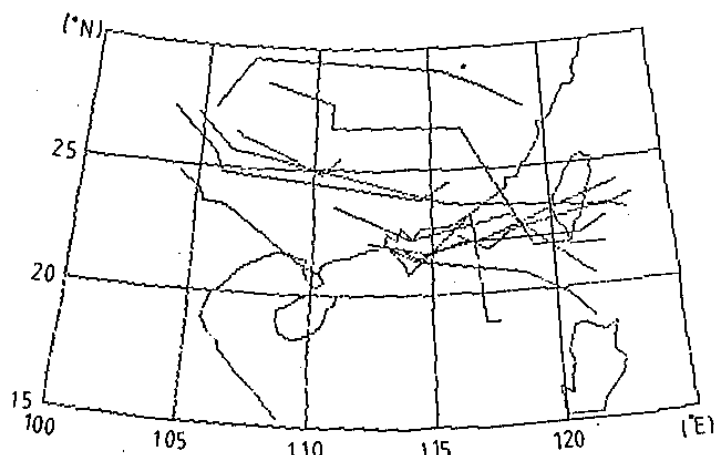


圖 1：1981-1986 年 5-6 月 12 個 MCC 個案的移動路徑。

由於探空時間為每日 0000 及 1200 UTC，故作合成時僅將 MCC 分為三個階段，所用資料之時間以最大範圍成熟期最接近的探空時間為合成分析之成熟期，即若最大範圍成熟期發生時間在 0600 UTC 至 1600 UTC 之間，則以 1200 UTC 之探空資料合成，若成熟期發生時間在 1800 UTC 至 0300 UTC 間，則採用 0000 UTC 之探空資料，再由成熟期之探空時間往前推 12 小時為合成分析之形成期，往後延 12 小時則為

消散期。所用 12 個個案之形成期，有 7 個為表二所列之初生期，有 5 個為所列之加強期。

以 NMC 北半球八角網格資料，經內插轉換為  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  經緯度網格，所得資料最南只到  $17.5^\circ\text{N}$ 。移動座標以 MCC 中心為準，以  $10 \times 8$  個網格點範圍為合成分析之範圍，如圖 2 所示。

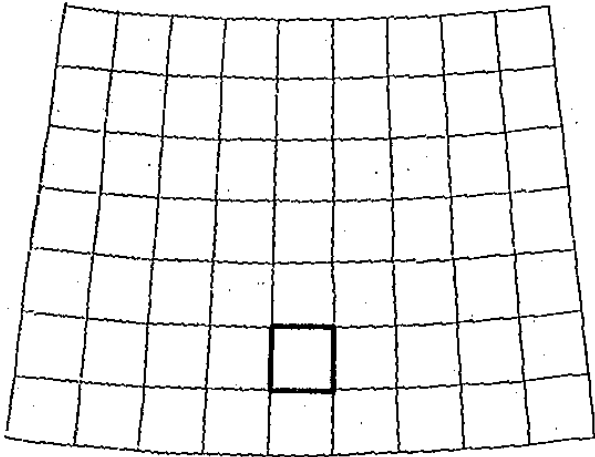


圖 2：合成分析選用網格範圍，網格距離為  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  經緯度，MCC 中心落在圖中粗黑框內。

### 三、合成結果

本文僅作 850 mb、700 mb、500 mb、300 mb、200 mb、100 mb、各層之高度場、溫度場與風場及 1000mb 高度場與風場的分析，合成結果以經緯度直角網格點繪出如圖 3 所示。

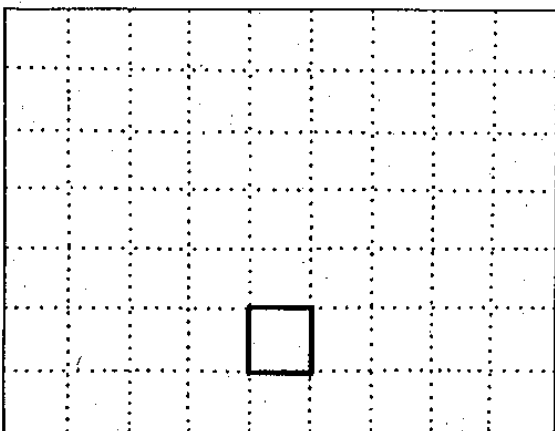


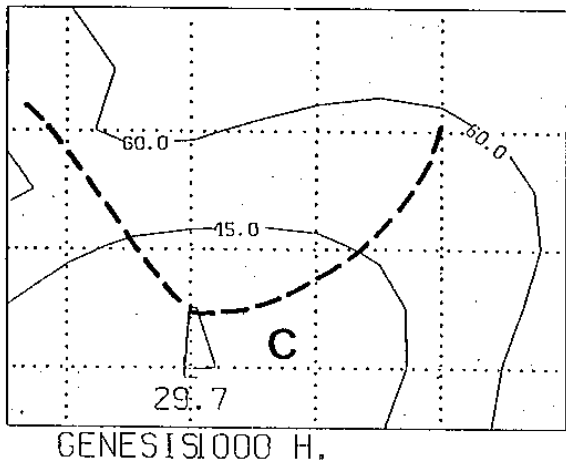
圖 3：合成結果繪圖所用網格，仍為  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  經緯度網格，MCC 中心落在圖中粗黑框內。

圖 4 為 MCC 形成期 1000 mb 及 850 mb 的高度場 / 溫度場及風場 / 氣流線的合成分佈。顯見 MCC 形成於一微弱低壓帶之南側暖空氣內。MCC 區盛行暖平流且為風速輻合區，此亦應屬水汽通量輻合區，槽上低壓擾動位於 MCC 西北、弱 LLJ 則在 MCC 東南。圖 5 為 700 mb 及 500 mb 形成期之合成結果，顯見 MCC 形成於幾近東西走向之 700 mb 低壓槽南側之西南暖氣流內，LLJ 下游經 MCC 區，MCC 西側有微弱槽線，500mb MCC 西側亦有微弱槽線伴隨。圖 6 顯示 MCC 區上之 300 mb 及 200 mb 為微弱之反氣旋式環流，氣流且呈分流形式，200 mb 最大風速位於 MCC 區的東北方。圖 7 顯示 MCC 形成於 100 mb 脊線區，反氣旋式環流與分流形式仍極顯著。

由上述合成資料顯見，在 MCC 形成初期低層噴流伴隨之暖濕西南氣流，因強暖平流與速度輻合導致之上升運動，使 MCC 形成，高對流層的反氣旋式環流與分流則有利於 MCC 的發展 (Bosart and Sanders, 1981; 紀與陳, 1984; 1986)，低層鋒面與中層槽線在 MCC 形成期均很微弱或不明顯，顯示由鋒面或槽所提供的強迫作用僅屬次要角色。

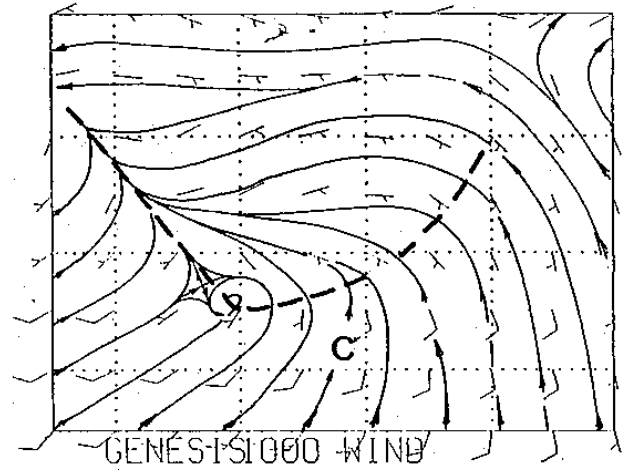
圖 8 為成熟期 1000 mb 及 850 mb 的合成結果，與形成期相似，MCC 位於槽南暖空氣內，該區仍為顯著暖平流與西南氣流速度輻合 / 水汽通量輻合主宰，唯 LLJ 已向下游平流至 MCC 區以東，使最大輻合區位於 MCC 以東之 LLJ 出區。圖 9 為 700 mb 及 500 mb 合成結果，與形成期相似，MCC 仍有微弱槽線伴隨，700 mb LLJ 仍經 MCC 區，但前緣已向下游平流。圖 10 為 300 mb 及 200 mb 合成結果，MCC 區之反氣旋式環流與分流現象已不若形成期顯著，MCC 區北方 200 mb 西風增強 (30 kts  $\rightarrow$  35 kts)，可能係因對流加熱導致之南北高度梯度增加而來，唯此資料組之解析度似難將此種中對流層增暖現象顯示。圖 11 為 100 mb 之合成結果，除 MCC 區北側之西北西風較形成期增強 (15 kts  $\rightarrow$  20 kts) 外，東西走向之脊線位置並無變化，此西北西風之增強或許亦似 200 mb 西風之增強，為對流加熱之一種反應。

由以上成熟期的合成分析，顯見 MCC 仍處於低層顯著暖平流與速度輻合區，唯低層噴流伴隨之出



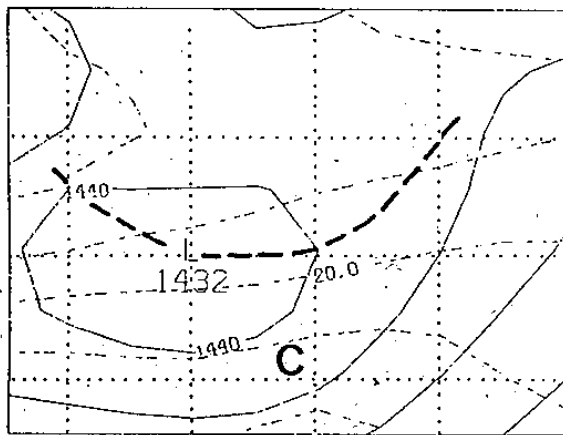
GENESIS 1000 H.

(a)



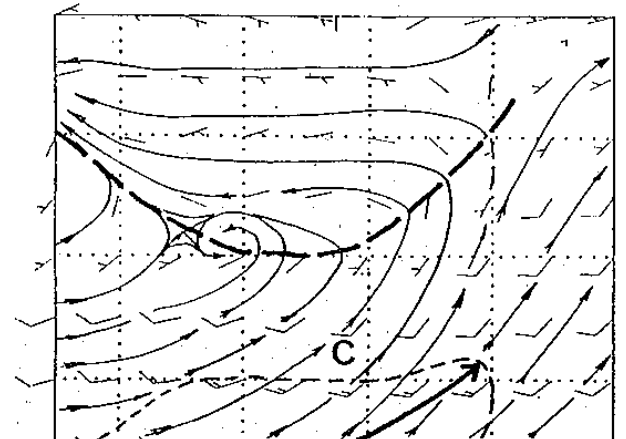
GENESIS 1000 WIND

(b)



GENESIS 850 H.

(c)



GENESIS 850 WIND

(d)

圖 4：形成期之合成結果，(a) 1000 mb 等高線（實線），(b) 1000 mb 風場，(c) 850 mb 等高線（實線）及等溫度線（虛線），(d) 850 mb 風場。點線為每 5° 之經緯度線，粗虛線為低壓槽，細虛線為等風速線，實線箭頭為最大風速軸（LLJ），C 表 MCC 位置。風速長桿為 10 kts，短桿 5 kts，三角旗為 50 kts。

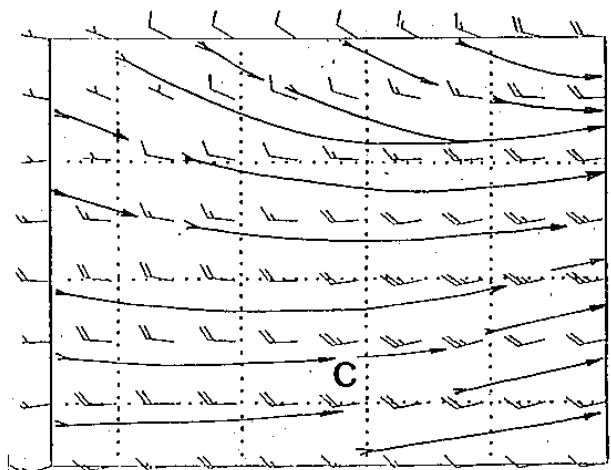
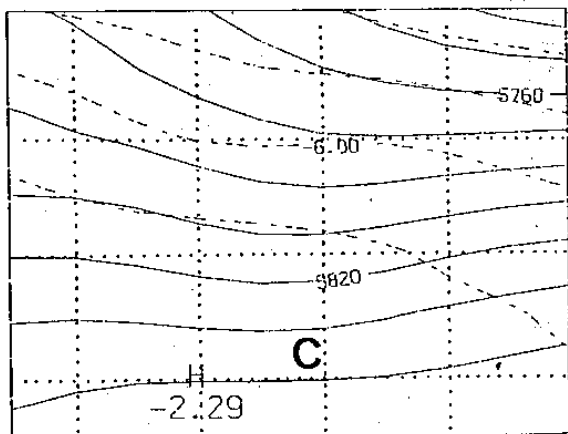
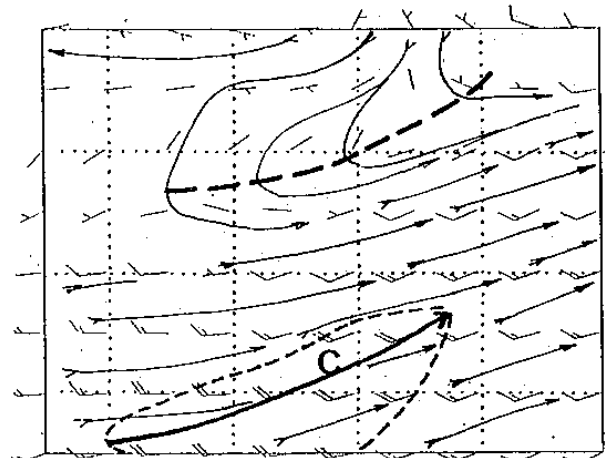
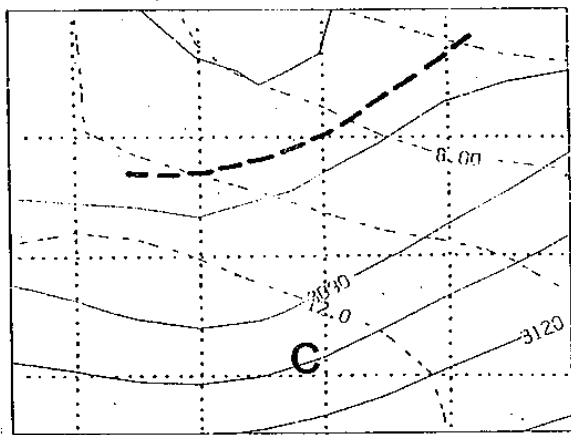
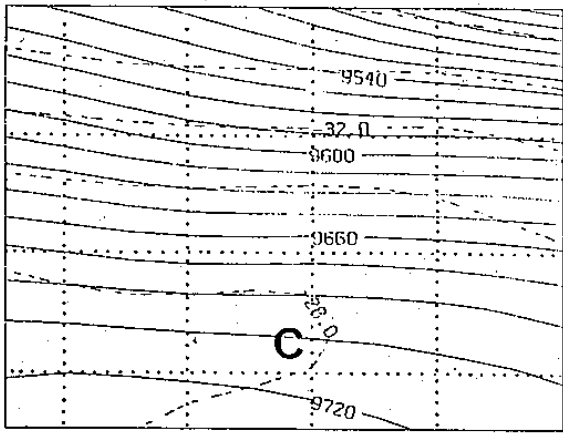
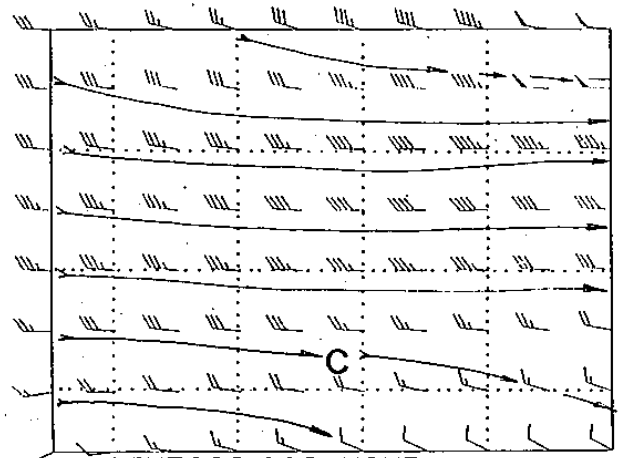


圖 5：形成期之合成結果，(a) 700 mb 等高線（實線）及等溫線（虛線），(b) 700 mb 風場，(c) 500 mb 等高線（實線）及等溫線（虛線），(d) 500 mb 風場，餘同圖 4。



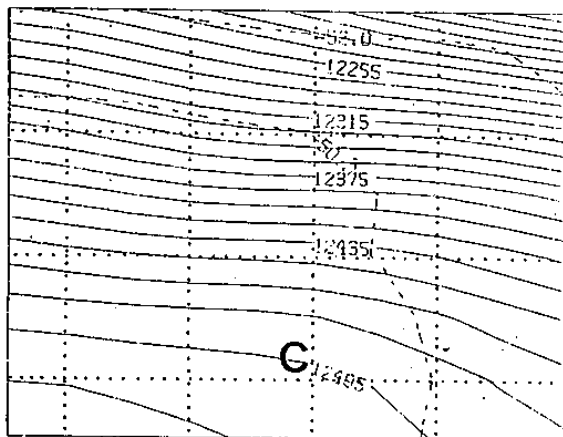
GENESIS 300 H.

(a)



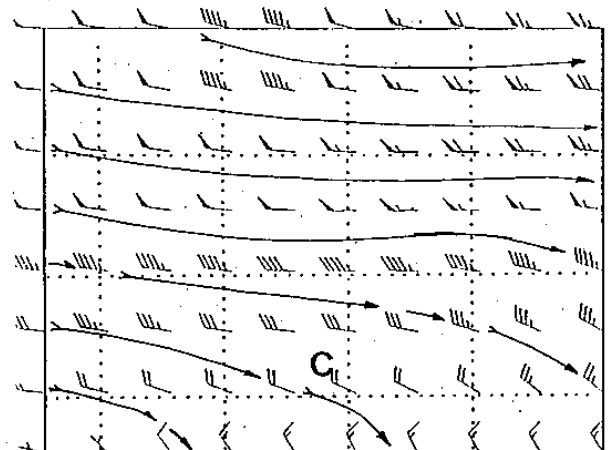
GENESIS 300 WIND

(b)



GENESIS 200 H

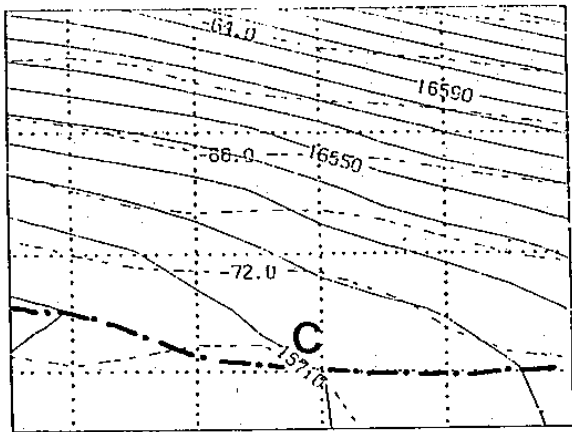
(c)



GENESIS 200 WIND

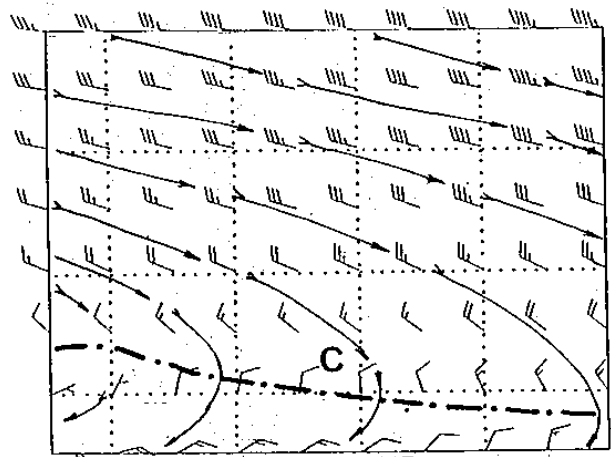
(d)

圖 6：形成期之合成結果，(a) 300 mb 等高線（實線）及等溫線（虛線），(b) 300 mb 風場，(c) 200 mb 等高線（實線）及等溫線（虛線），(d) 200 mb 風場，C 為 MCC 位置。



GENESIS 100 H.

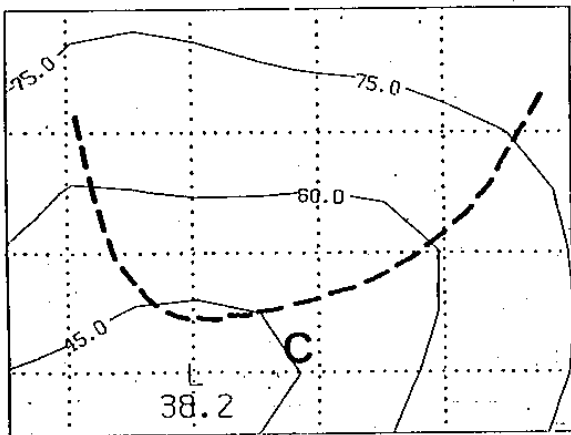
(a)



GENESIS 100 WIND

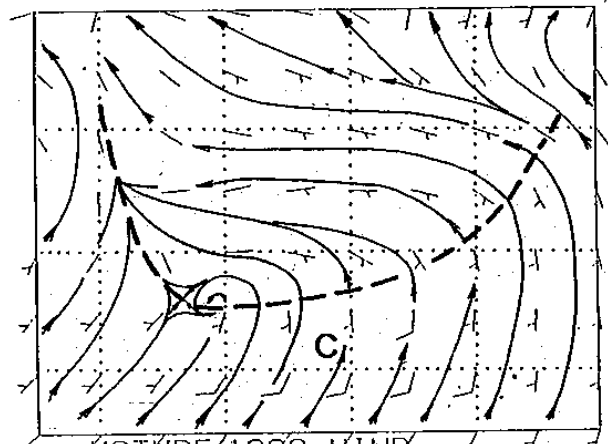
(b)

圖 7：形成期之合成結果，(a) 100 mb 之等高線（實線）及等溫線（虛線），(b) 100mb 風場。粗點虛線為脊線。



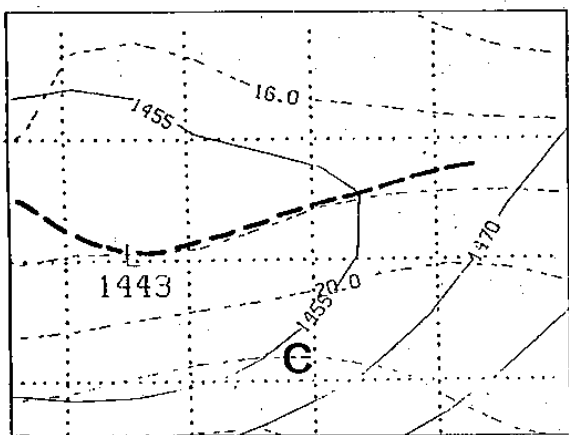
MATURE 1000 H.

(a)



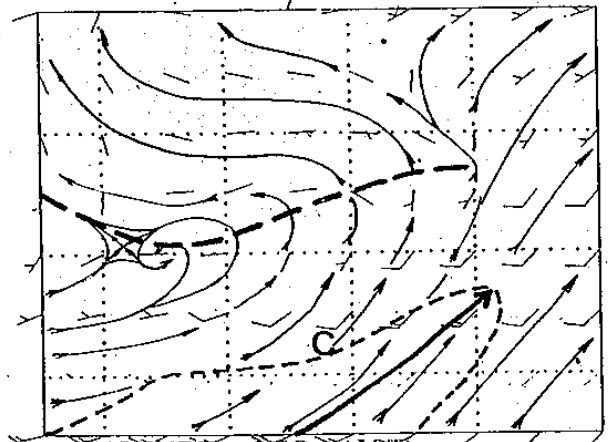
MATURE 1000 WIND

(b)



MATURE 850 H.

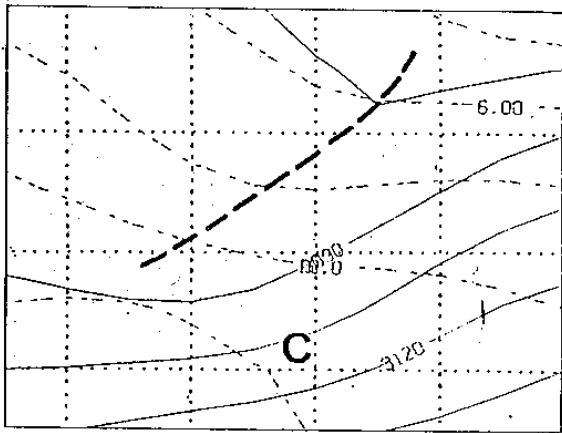
(c)



MATURE 850 WIND

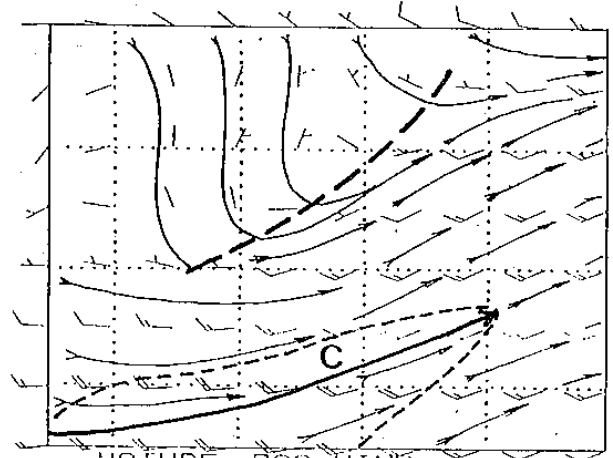
(d)

圖 8：同圖 4，但為成熟期。



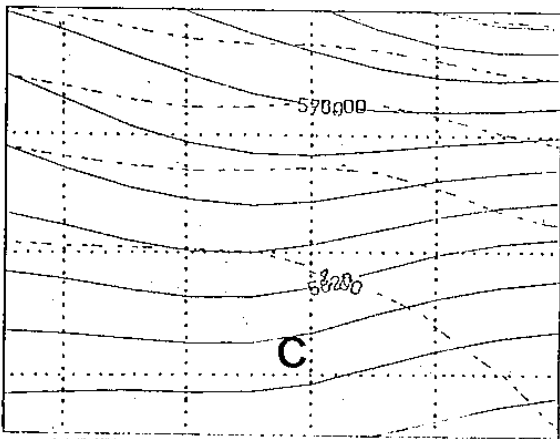
MATURE 700 H.

(a)



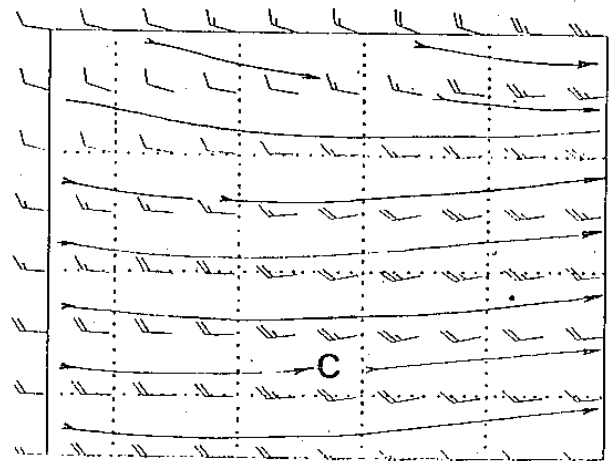
MATURE 700 WIND

(b)



MATURE 500 H.

(c)

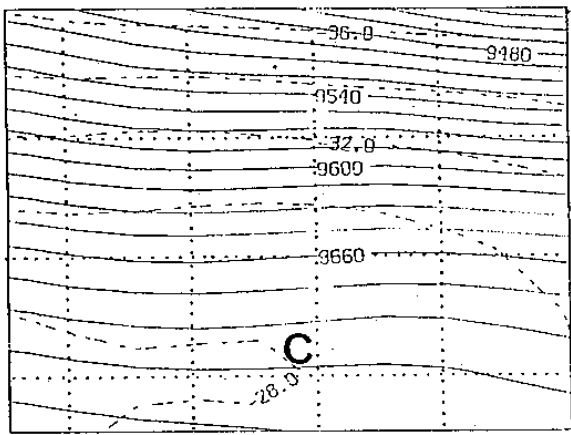


MATURE 500 WIND

(d)

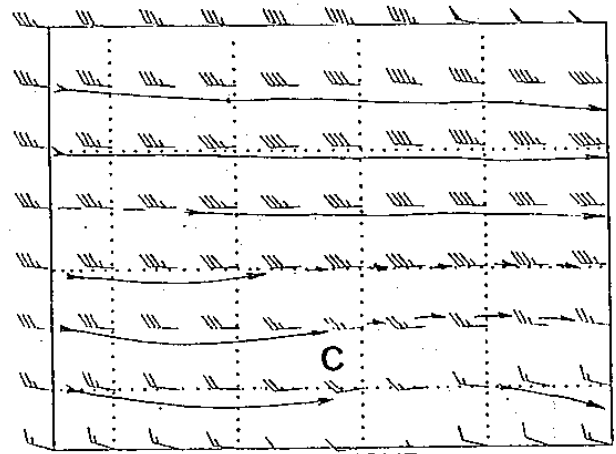
圖 9：同圖 5，但為成熟期。





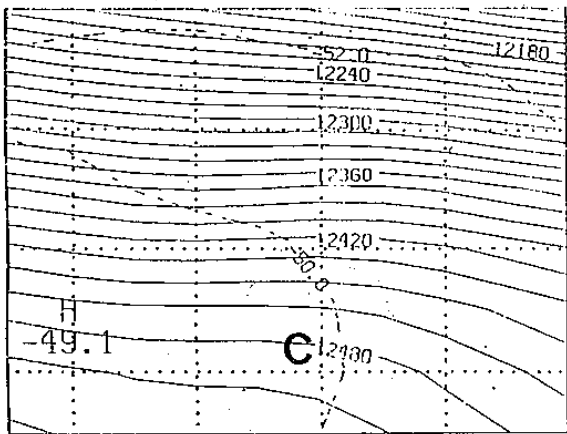
MATURE 300 H.

(a)



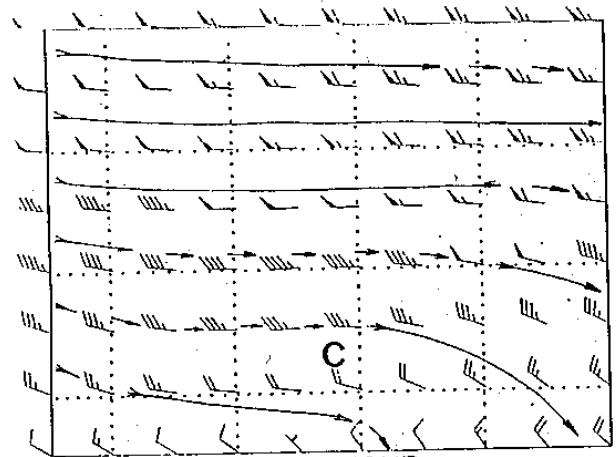
MATURE 300 WIND

(b)



MATURE 200 H.

(c)



MATURE 200 WIND

(d)

圖10：同圖6，但為成熟期。

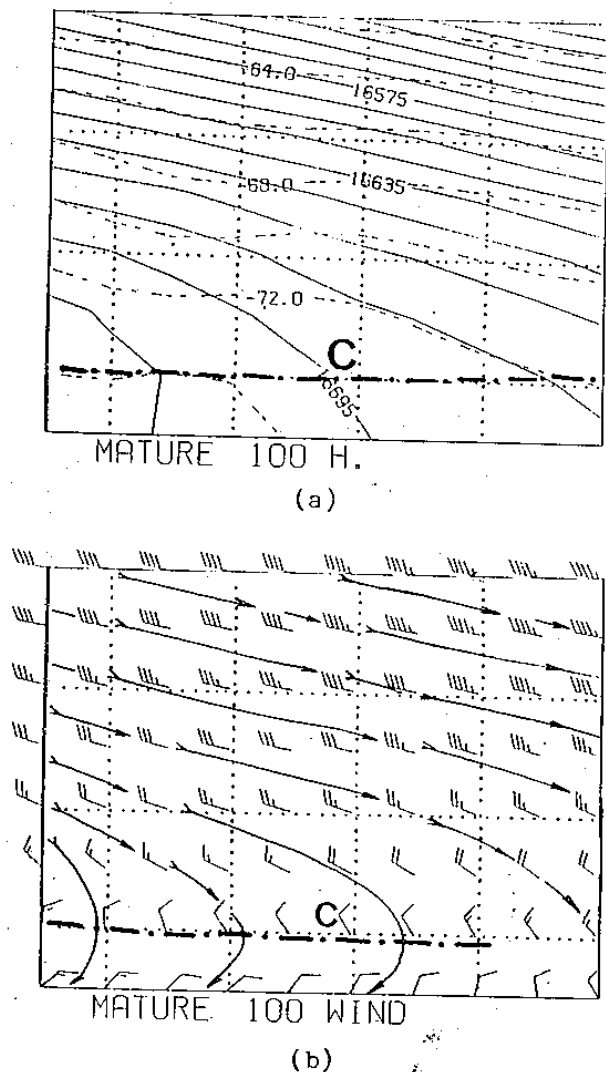


圖11：同圖7，但為成熟期。

區最大輻合區已移至MCC以東，且高對流層之反氣旋式環流與分流現象減弱，唯200 mb與100 mb MCC北側西風/西北西風則較形成期增強。

#### 四、結 論

本文由1981年5月及1982-1983年與1985-1986年之5-6月發生於華南及鄰近地區之MCS，選取其中12個生命期長且達meso- $\alpha$ 尺度之MCC個案，利用NMC網格資料作合成，以分析MCC形成期及成熟期之大尺度環境條件，結果可摘要如下：

1. MCC於低對流層低壓槽以南之暖西南氣流內形成，該區除有強暖平流外，亦為低對流層速度輻合區（及水汽通量輻合區）。形成期之高對流層，具顯著之反旋式環流及分流現象。

2. MCC發展達成熟期之低對流層，仍為顯著之暖平流及速度輻合區。唯LLJ已平流至MCC以東，致使最大速度輻合區與水汽通量輻合區已遠離MCC，此可能為MCC隨後減弱之主因。此外，此時MCC移至高對流層較弱之反旋式環流與分流區，可能亦為隨後減弱之另一因素。
3. MCC北側高對流層西風/西北西風在成熟期之增強，可能為中對流層對流加熱導致高對流層高度梯度增加之一種反應。
4. 中低對流層之槽線伴隨之強迫作用，對MCC之形成與發展，在合成個案內並不明顯，可能其角色在華南地區僅屬次要。

#### 誌 謝

感謝易永春先生在資料轉錄，陳靜洵小姐及陳建河先生、劉文俊先生在電腦繪圖及楊進賢先生在資料分析等方面之協助。

#### 參考文獻

1. 丘台光、廖學銓與洪理強，1982：民國70年5月28日之豪雨個案研究，中範圍天氣系統研討會論文集編，中央氣象局，233-247。
2. 丘台光與廖學銓，1984：華南及鄰近地區中尺度對流系統之研究，大氣科學，11，85-100。
3. 紀水上與陳泰然，1984：1981年5月27~28日華南及台灣地區中尺度對流複合系統之初步分析。天氣分析預報研討會論文集編，中央氣象局，95~114。
4. 紀水上與陳泰然，1988：中尺度對流複合體環境條件之個案診斷分析，大氣科學，16，1，14-30。
5. 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。

6. Bosart, L.F. and F. Sanders, 1981 : The  
Johntown flood of July 1977 : A long-lived  
convective system. J. Atmos. Sci., 38,  
1616-1642.
7. Maddox, R.A., D.J. Perkey and J.M. Fritsch,  
1981 : Evolution of upper-tropospheric  
features during the development of a  
mesoscale convective complex. J. Atmos. Sci.,  
38, 1664-1674.
8. Maddox, R.A., 1980 : Mesoscale convective  
complexes. Bull. Amer. Meteor. Soc., 61,  
1374-1387.
9. Maddox, R.A., 1983 : Large scale meteorological  
conditions associated with convective  
complexes midlatitude mesoscale. Mon. Wea.  
Rev., 111, 1475-1493.

Composite Structure of Environmental Conditions Associated  
with MCCs in Taiwan Mei-Yu Season

Chien-Wen Wu  
Meteorological Satellite  
Ground Station  
Central Weather Bureau

George Tai-Jen Chen  
Department of Atmospheric  
Science  
National Taiwan University

ABSTRACT

Twelve cases of MCCs observed in southern China in May-June 1981-1986 were selected to study the composite structure of environmental conditions at formation and maturing stages of MCCs. Geopotential heights, temperatures and winds were analyzed using NMC grid data.

Results showed that strong warm advection and speed convergence in the southwesterly flow in the lower troposphere provided a necessary lifting for the formation and intensifying of MCC. The MCC formed and intensified over the cyclonic side of LLJ exit region. Anticyclonic circulation and diffluent flow in the upper troposphere seemed to be a condition favorable for the formation and intensification of MCC. Trough in the lower-and mid-troposphere appeared to be only of the secondary importance for MCC formation in southern China. Finally, intensification of the westerly flow to the north of MCC in upper troposphere appeared to be a result of convective heating in the mid-troposphere due to MCC.