

TAMEX 期間不同活躍性中尺度對流系統個案秉性之分析

王建國 林民生

交通部中央氣象局 氣象科技研究中心

摘 要

本研究詳細診斷分析 1987 年『台灣地區中尺度實驗計畫』密集觀測期間(簡稱 IOP)之不同個案，並選取 IOP 3、6、10 和 13 四個案，冀望明瞭活躍性與不活躍性個案中尺度對流系統演化期內環境條件與激發機制之異同。經 Barnes 客觀分析後，計算各種運動參數與熱力參數之時空分布。同時亦分析低層噴流、高層噴流條、中低對流層短波槽、中尺度低壓、對流上層分流、對流下層匯流等中尺度環境系統在 MCS 形成至消散各階段中所扮演角色，據以推斷中尺度環境系統所扮演之激發角色，配合所計算各種參數值之合成圖，整合為 MCS 演化之觀念模式。

一、前言

紀與陳(1986)，林和林(1988, 1989)，林等(1988, 1990)研究認為台灣地區梅雨季之豪雨，除颱風外均係由梅雨鋒面帶內之中尺度對流系統(MCS)而來，故產生豪雨之環境條件即為 MCS 之環境條件。Scofield(1988)研究獲悉 MCS 在梅雨鋒或鋒前之大尺度上升運動區，水平水氣通量輻合區，低對流層最大相當位溫區，低對流層正相當位溫平流區發展。Maddox(1983)及 Lin(1986)認為中對流層短波槽及低對流層短波槽可提供足夠的動力強迫上升運動以激發 MCS。謝(1985)研究發現 850 mb 混合比值在 10 g/kg 以上、總指數在 40 以上時發生劇烈天氣的機會最高；Maddox(1985)，蔡和鄭(1987)指出 LLJ 在 MCS 發展上扮演重要之角色；Scofield(1988, 1989)指出中高對流層分流及/或速度輻散氣流亦有利於 MCS 之生成與發展。綜合以上研究，顯示 MCS 生成、發展之有利環境條件包括：

- (1) 豐富的水氣含量及/或水汽輻合
- (2) 中低對流層具有對流性不穩定度，或 Instability Burst

- (3) 低對流層暖平流/中對流層冷平流之配合
- (4) 低對流層低壓、短波槽及/或鋒面輻合
- (5) 低層噴流及/高層噴流條
- (6) 中高對流層分流及/或速度輻散氣流，
低對流層合流及/或輻合氣流

二、綜觀天氣之分析

- (一) IOP 3 (1987年 5月21日 1400 LST 至 5月23日 0400 LST)

原在巴士海峽停留之鋒面北退至台灣北部海面，其伴隨鋒面之低壓向東北東移動並發展；至 21 日 0000 UTC 時，有兩低壓中心分別位於 29° N，121° E 及 28° N，115° E，由於鋒後缺乏強烈高壓，使此低壓系統受鋒前氣流導引向東北進行。至 22 日 0000 UTC 時，華南低壓移至 31° N，120° E，同時華北另有低壓系統伴隨鋒面；但此兩套鋒面系統後方均無顯著高壓存在。迨至 23 日 0000 UTC 時，兩套低壓系統合併為一，而成西南至東北走向之氣旋

群，其冷鋒自東海向西南延伸經台灣北部近海而止於南海北部，且於23日上午至下午期間通過台灣地區，帶來中部山區50公厘以上降水。

(二) IOP 6 (1987年 6月 2日1400 LST至 6月 2日2000 LST)

6月 1日有低壓中心移至 32°N ， 116°E ，中心氣壓加深至 998毫巴，鋒面結構良好，鋒後高壓位於 34°N ， 103°E ，中心1012毫巴，推動鋒面向東南移動，於 6月 2日晚至 3日晨間通過台灣地區。此次鋒面東方為高壓，西方為低壓，導致低壓向東北移動，鋒面維持 NNE-SSW走向，僅鋒面尾端掃過台灣，故台灣地區除日月潭71公厘外，未出現預期之顯著天氣。

(三) IOP 10 (1987年 6月16日1400 LST至 6月 18日0200 LST)

原在四川一帶之低壓東移並形成鋒面，15日0000 UTC時，低壓中心移至福建，並與源自日本南方海面低壓中心所衍生通過琉球一帶之冷鋒相聯接。15日0000 UTC冷鋒迅速南下，並於1200 UTC通過中部，而於16日上午到達巴士海峽。當冷鋒南下時，南海北部有熱帶性低壓北上，並伴隨顯著的對流雲系；當北來冷鋒與南來系統合併，乃導致台灣地區17日之顯著降水。

(四) IOP 13 (1987年 6月24日2200 LST至 6月 25日2300 LST)

6月23日0000 UTC時，北緯40度以南之中國大陸及東部海上，氣壓均顯著下降，台灣地區亦然，氣壓一天內約降 5 - 6毫巴。24日0000 UTC時，於 30°N ， 126°E 有顯著低壓發展，中心氣壓 994毫巴，伴隨低壓之鋒面後方高壓明顯，山東至江蘇一帶之高壓脊隨時間增強，並推動低壓向東移動，冷鋒遂於24日晚間至25日通過台灣地區，引起台灣北部，西部及南部地區十分顯著之降水。

三、中尺度對流系統之演化過程

(一) IOP 3 個案

21日0600 UTC雲圖顯示，廣西至湖南境內及廣西境內及其沿海鄰近地區有兩個發展甚好的 MCS。前者發生於貴州西南部之對流雲系東移並加強，後者則為廣西之對流雲加強並東移為與其後方新生之對流雲合併發展而成。0900 UTC此兩個MCSs均加強，1200 UTC廣東地區之 MCS在原地加強，其形狀變為準圓形，該雲系後方之MCSs均伴隨著梅雨鋒面向東南移並加強。1500 UTC廣東沿海之MCS 範圍縮小，強度減弱；唯廣西境內之 MCS強度較強，已達最大強度。至1800 UTC廣東沿海之 MCS東移至台灣海峽南部迅速減弱，伴隨梅雨鋒面之MCSs南移，前方之 MCS加強而後方者開始減弱。2100 UTC，台灣海峽南部之 MCS已消散，廣東沿海之 MCS強度再度加強並擴大雲系範圍，而廣西境內之 MCS則稍向東南移並減弱。22日0000 UTC，廣東沿海之 MCS東移並達最大強度，廣西南部之 MCS亦東移，至廣西東南部而加速減弱。台灣西部沿海亦有較淺之對流雲發生。0300 UTC與0600 UTC，廣西東南沿海之 MCS向東南移至海南島東方近海而消散。在兩廣間之 MCS因合併或兩個 MCS之外流引發而加強，並沿著廣東沿海區 MCS西北緣發展。0900 UTC廣東沿海之MCS東移至台灣海峽南部並再度減弱；1200 UTC台灣海峽南部之 MCS向東北伸展，其前緣已伸入台灣南部，而西北方之 MCS移至香港近海，範圍縮小，強度亦減弱。1500 UTC，台灣海峽南部之 MCS再度向東北移動，對流最強之雲系已移至高雄西方近海，其強度與前 3小時相當；1800 UTC台灣西南沿海 MCS東北移至台東東方海面而減弱，廣東近海向南擴展，2100 UTC廣東近海之 MCS向東擴展並加強。23日0000 UTC，該 MCS之前緣已伸入高雄附近之後，該雲系前緣逐漸消散。

簡而言之，5月21日1200 UTC，可代表廣東一帶 MCS之生成至發展期；22日0000 UTC，可代表廣西一帶 MCS消滅期；廣東至南海北部 MCS之成熟期；22日1200 UTC，可代表台灣海峽南部至東沙島一帶 MCS之消滅期。

(二) IOP 6個案

2日0600 UTC鋒面雲帶由日本東南方海面向南延伸至東沙附近，兩個較強之對流雲系分別位於

台灣海峽南部及台灣東北方海面。0900 UTC鋒面雲系向東南移動，除在台灣東北方有發展良好的深對流雲層外，在台灣中北部，西南部均有對流雲產生。而以東部地區之對流雲發展最好，且與其東北方之深對流雲系構成線狀排列，此等 MCS繼續向東移動並減弱，至1200 UTC台灣鄰近地區之對流雲系已減弱成中低雲。簡而言之，2日1200 UTC，可代表台灣鄰近地區 MCS之消滅期。

(三) IOP 10個案

15日2100 UTC雲圖顯示，台灣東方海面、台灣南部沿海、巴士海峽東部及南海北部均有活躍對流雲。16日0000 UTC巴士海峽東部之雲系已消散，台灣南方海面之對流雲加強成兩個明顯的雲系，台灣東方之 MCS向上游發展並有兩個明顯的高雲中心。0300 UTC台灣南方沿海兩個 MCS中之東邊雲系東移與台灣東方海面之 MCS合併，西邊雲系則在原地減弱後消散。然而，在台灣海峽南部與巴士海峽西部地區對流雲合併加強成較有組織之 MCS。0600 UTC雲圖顯示，除台灣東方海面之 MCS減弱外，其餘的 MCS均加強，尤其巴士海峽地區之 MCS。0900 UTC，巴士海峽及台灣東南方海面之MCSs均加強並分別向東北及西北移進台灣地區並加強。1200 UTC顯示，巴士海峽之 MCS向東北移動，台灣東南方海面之 MCS繼續向西北移動，兩者之外圍雲系已波及台灣南部至東部沿海。1500 UTC，巴士海峽區之雲系再度向東擴展，主要深對流移至台東附近。1800 UTC，巴士海峽區之 MCS減弱，在其東北方之 MCS增強，最強部份在蘭嶼附近，且雲型已呈明顯的氣旋式彎曲，顯然中尺度低壓已形成。2100 UTC，台灣東方近海 MCS再度增強，該雲系已達最大範圍及最低溫度之最大強度，但其周圍雲系均已減弱。17日0000 UTC伴隨台灣東方海面中尺度低壓之 MCS西移進入台灣東部沿海，MCS已開始減弱。南海地區之熱帶低壓雲系加強並西移，在兩低壓間變形場之 MCS加強。0300 UTC台灣東方之中尺度低壓沿著海岸線北移，強度變化不大，南海區之熱帶低壓雲系繼續西移但強度減弱。在巴士海峽區之 MCS組織並加強，唯呈滯留狀態。0600 UTC中尺度低壓之雲系及熱帶低壓雲系向北、向西移動且均減弱，巴士海峽之 MCS在原地減弱。此後，熱帶低壓雲系再度西移，但強度變化不大，至17日2100 UTC已移至海南島東

方近海，台灣東方之中尺度低壓雲系向北移至台灣東北方時，MCS 北緣雲系減弱並消散，至2100 UTC移至琉球東方海面才減弱。簡而言之，6月16日0000 UTC，可代表台灣南方海面 MCS之發展期，16日1200 UTC，可代表台灣南部至東部沿海之成熟期；17日0000 UTC，可代表台灣東部海面 MCS由成熟期開始進入減弱期；17日1200 UTC，可代表巴士海峽 MCS之消滅期。

(四) IOP 13個案

24日1500 UTC雲圖顯示，伴隨梅雨鋒面之雲系自台灣北部海面西伸至廣西西部。MCSs沿著此鋒面雲帶發展並移動。1800 UTC台灣北部海面及台灣海峽北部之MCSs南移並合併加強，對流雲系已籠罩台灣中部以北之沿海地區。華南及華西之 MCS亦沿著鋒面緩慢移動，唯強度變化不大。台灣西部沿海之 MCS緩慢向東南移動並加強，2100 UTC時，整個對流雲已籠罩台灣中部以北地區。該系統由北向南移動並加強，至25日0000 UTC該 MCS已達雲頂溫度最低之最大強度，除台灣南北端外，整個雲系覆蓋全省。該系統繼續南移，至0300 UTC雲系範圍雖達最大，但其結構已不若3小時前者。此時，該 UTC已籠罩台灣中部以南地區。0600 UTC該 MCS再度南移至台灣南部，深對流雲已在台灣西南沿海，該系統繼續減弱，至25日1200 UTC在台灣海峽南部消散。簡而言之，25日0000 UTC可代表台灣中部地區 MCS之成熟期；25日1200 UTC可代表台灣海峽南部至巴士海峽一帶 MCS之消滅期。

四、環境條件之分析

(一) IOP 3 個案

前述5月21日1200 UTC時，廣東一帶 MCS已生成並逐漸到達發展階段，茲以經 BARNES 客觀分析後所計算之運動及熱力參數所代表之環境條件作綜合說明。

林和林 (1990) 曾指出水汽含量和水汽輻合區為 MCS生成發展之首要充分條件。MCS生成發展於地面水汽含量超過 18g/kg，850毫巴面超過14g/kg及 700毫巴面超過 8g/kg地區，若自地面至 700毫巴條件皆適合者最佳。850毫巴面超過20g/kg/day

之水汽輻合量與 MCS區大致配合(如圖 1); 且與超過 $55\text{g}/\text{m}^2$ 之可降水區亦相吻合。若同時考慮濕度和溫度, 並進而計算熱力穩定度, 則可用相當位溫、K指數、全指數、對流不穩定度(計算 500至 850 毫巴面之相當位溫差異, 或 700至850 毫巴面之相當位溫差異)、對流可用位能(CAPE)等來詮釋, 其計算方法可參考林和林(1988、1989)。綜合而言, K指數超過 35 度, 全指數超過 40 度, 對流不穩定度超過 4度/100毫巴, 地面相當位溫超過 360 度, 850 毫巴面相當位溫超過 350度, 700 毫巴面相當位溫超過 340度, CAPE超過 $1600\text{ m}^2/\text{s}^2$ 均為合適區域。誠然, MCS 區域並非上述熱力穩定指數及 θ_e 皆完全滿足, 但顯然可見滿足條件愈多者其發展條件愈佳。廣東沿海地區至廣西南部、海南島北部一帶之條件就遠比長江口一帶為佳(如圖 2), 因此主要雲雨區即沿著廣東、廣西南部而發展, 江浙一帶之 MCS發展範圍則較受限制。

此外, 溫度平流也被認為扮演 MCS生成發展之重要因素, 原則上與850 毫巴面超過 $5^\circ\text{C}/\text{day}$ 之暖平流區較配合, 但和700 毫巴面超過 $5^\circ\text{C}/\text{day}$ 之暖平流區亦可參考。至於運動參數方面而言, 因為所計算之輻散度、渦旋度或垂直運動速度均以綜觀以上尺度之貢獻為多, 亦即和鋒面系統較密切關係。舉例而言, 850 毫巴之低層輻合區和 MCS區尚稱配合, 但700 毫巴面之輻合區和200 毫巴面之輻散區則和主要 MCS略有偏西(或上游區)之現象。一般而言低層輻合區供應 MCS生成所需之水汽、熱量和動量, 常為 MCS之先導, 可自對流尺度的先行90分鐘至中尺度之數小時; 換句話說, 距離可差至 300–500 公里(Maddox, 1983; Cunning and Demaria, 1986)。至於渦旋度分析顯示, 低層氣旋式渦旋與鋒面區較一致, 但本時段之 MCS卻在暖區內, 距鋒面 3–5度處即有 MCS生成, 高層反氣旋式渦旋處則和部份 MCS亦有聯帶關係, 可用觀念模式之示意圖或合成圖(圖3) 來作說明。

5 月22日0000 UTC, 廣西一帶 MCS已趨消弱, 廣東至南海北部 MCS已達成熟期, 其它地區之MCS皆不顯著。從圖 4所示水汽和熱力穩定度之環境條件獲悉, 850毫巴面超過 $14\text{g}/\text{kg}$ 及地面 700毫巴面之水汽輻合區與 MCS成熟區較配合。而廣東一帶成熟之 MCS區則與 700毫巴面之暖平流、K指數超過 40度、500 毫巴至850 毫巴間超過 4度/100毫巴之對流不穩定度、700 毫巴至850 毫巴間超過 8度/

100毫巴之對流不穩定度、850 毫巴相當位溫超過 350度、700 毫巴相當位溫超過 340度、CAPE 超過 $2000\text{ m}^2/\text{s}^2$ 、可降水量超過 $55\text{g}/\text{m}^2$ 區域配合。然而這些熱力和水汽環境條件並不能明確區分 MCS之成熟區或消散區, 只好藉由 MCS本身生命期之長短及移動作判別。

但圖 5所示之運動參數仍有部份線索可為判定之依據。MCS成熟期與 200毫巴輻散區十分配合, 此亦為 MCS高層外流所加強之輻散度使然; 200 毫巴面之反氣旋式渦旋亦和 MCS成熟區位於頗一致的位置。最值得一提的是, 低層強風軸(LLJ)之位置, 本時段超過 $15\text{m}/\text{s}$ 之最大低層(850毫巴)強風區則和成熟的 MCS一致, 且該處亦為低層(850及700 毫巴)匯流區, 匯流氣流有助於中- β 尺度系統之合併發展, 此早為林(1986)、紀(1990)所指出。此外, 200毫巴面之分流區略在成熟 MCS之下游區, 亦提供有利的環境條件。這些適切的風場條件則未出現於廣西一帶, 以致於縱然水汽和熱力環境條件類似, 但激發之環境條件不足, 則不能再衍生新生的 MCS, 並使原有的廣西一帶 MCS達消滅期。

22日1200 UTC時, 臺灣海峽南部至南海北部一帶之 MCS已達消滅期, 其它地區之 MCS並未重新生成。雖然水汽含量在地面、850 及 700毫巴皆不缺, 700 毫巴尚有水汽輻合區支持、700 毫巴之暖平流亦存在但皆減弱, 但相當位溫已較不足, K指數已低於35度, 全指數低於40度, 對流不穩定度亦小於 4度 /100 毫巴, 可降水量約在 $50\text{g}/\text{m}^2$, CAPE約在 $1800\text{ m}^2/\text{s}^2$, 可見熱力穩定度條件不若 MCS成熟期之高值, 顯示對流系統釋放了既存的大氣不穩定度而趨向穩定(圖 6)。

從運動參數(圖 6)可獲悉, 低層氣旋式渦度及高層輻散較為配合 MCS之所在位置, 亦可能是 MCS之具體反應(Maddox, 1983)。此外, 低層強風區已減弱, 且主要之最強風速帶東移至日本一帶, 無明顯的低層合流存在為其特色。然而, 中高層之垂直上升運動與MCS區配合, 此可能是輻散度場適切的反應所致。綜合而言, 環境條件中之水汽和熱力穩定度在 MCS之生成至發展或成熟期, 即在廣東至南海北部一帶差異不大, 但迨至 MCS消滅期則漸趨水汽含量減少、大氣穩定化。最大區別, 乃在於生成發展期之低層噴流強度和位置取決了 MCS之生命期, 此外低層匯流和高層分流區亦助長 MCS之發展或激發它的生成。

(二) IOP 6 個案

前述 6 月 2 日 1200 UTC 時，台灣鄰近地區地區 MCS 已趨消滅期。從圖 7 之合成示意圖顯示，水汽含量不缺，水汽輻合區已偏離至琉球及東海一帶，範圍狹小的暖平流區尚存在於 MCS 區附近（即台灣東部海面）。相當位溫之最大值區或軸線均偏向南海北部或台灣東南部海面以南地區，但 K 指數則滿足 35-40 度之高不穩定度值；對流不穩定度亦顯示超過 4 度/100 毫巴區偏向台灣東南部海面區，CAPE 及可降水量僅達 $1600 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 及 $55 \text{ g}/\text{m}^2$ 邊緣值。綜合而言，水汽和熱力不穩定度均稍顯不足，且合適區偏向台灣東南部海面以南甚至巴士海峽以南地區。

運動參數顯示低層輻合區約在東海一帶，並配合高層輻散場，同時亦有垂直上升運動場於東海至琉球一帶呼應，唯台灣附近海面則運動參數並非明顯支持 MCS 之生成發展，以至原有的 MCS 移至本區未受繼續支持而漸趨減弱消散。850 毫巴之低層強風區位在台灣東北部海面一帶，但僅達 10 m/s ，且未出現低層匯流現象，高層風速弱且未呈分流現象，在在顯示環境風場的支持有限，亦顯示本次 IOP 之 MCS 屬於不活躍型。綜合而言，此時段的環境條件不論段的環境條件不論水汽、熱力不穩定度之不足，又缺乏明顯的中尺度環流或激發機制支持，MCS 趨向消滅已是顯然而預期的。

(三) IOP 10 個案

在 6 月 16 日 0000 UTC 時，台灣南方海面之 MCS 正在發展，而台灣東方海面上之 MCS 已近成熟期。從水汽和熱力穩定度條件分析得知（圖 8），地面至 850 毫巴 MCS 所在區域之水汽含量均超過 $16 \text{ g}/\text{kg}$ ，700 毫巴亦超過 $10 \text{ g}/\text{kg}$ ，而水汽輻合量在 850 毫巴超過 $10 \text{ g}/\text{kg}/\text{day}$ ；其相當位溫從地面至 700 毫巴均超過 35 度，唯在 850 及 700 毫巴並無顯著暖平流。在熱力不穩定度方面，k 指數超過 40 度，全指數超過 45 度，500 至 850 毫巴間超過 6 度/100 毫巴之對流不穩定度，CAPE 超過 $1600 \text{ m}^2/\text{s}^2$ ，可降水量超過 $55 \text{ g}/\text{m}^2$ 。而從圖 9 所示之運動參數顯示，850 毫巴面在台灣南部海面上有弱輻合及氣旋式渦度，而 200 毫巴有強輻散及弱的反氣旋式渦度，此高低層之配合，正足以反映此區域 MCS 之發展。

6 月 16 日 1200 UTC 時，由圖 10 知低層水汽含量，850 毫巴水汽輻合量和 850、700 毫巴之相當位溫均比 0000 UTC 時稍增強且向台灣東部沿海擴展，尤其 850 毫巴水汽輻合量在台灣東南部海上更增強至 $20 \text{ g}/\text{kg}/\text{day}$ 以上。至於不穩定度方面，K 指數稍血台灣東部海上增強，其餘如全指數，500 至 850 毫巴間之對流不穩定度，CAPE 均有減小之勢，但可降水量卻增加達 $60 \text{ g}/\text{m}^2$ 以上並向東部沿海擴展。從衛星及雷達圖顯示，台灣南部海上之 MCS 已達成成熟期，且向東部海上擴展，這可由運動參數場之分布看出（如圖 11 所示）。在 850 毫巴台灣東南部海上，其輻合區氣旋式渦度均位於 MCS 所在之區域，而 200 毫巴亦顯示有輻散及反氣旋式渦度；另由 500 毫巴之垂直運動速度看，在 MCS 區域有明顯的上升氣流，因此良好的高低層配置有利於 MCS 之發展。

由於 MCS 不斷向台灣東部海上移動並加強，因此在 17 日 0000 UTC 時，整個圖形之趨勢亦偏向於台灣東方海上，其強度亦逐漸減弱。從圖 12 知，台灣東部海上 MCS 所在區域，其地面之水汽含量超過 $18 \text{ g}/\text{kg}$ ，850 毫巴超過 $14 \text{ g}/\text{kg}$ ，700 毫巴則超過 $10 \text{ g}/\text{kg}$ ，但 850 毫巴水汽輻合量則不顯著。此時之相當位溫從地面至 850 毫巴均超過 35° k ，700 毫巴卻為 345° k ，值得一提的是在此階段，850 毫巴有超過 $5^\circ \text{ C}/\text{day}$ 之暖平流位於台灣東方海上，可支持 MCS 之發展 (Maddox, 1983)。另分析不穩定度，K 指數超過 35 度，全指數超過 40 度，CAPE 已超過 $1600 \text{ m}^2/\text{s}^2$ ，而可降水量超過 $60 \text{ g}/\text{m}^2$ ，均與 MCS 區域配合。而由圖 13 知，850 毫巴在台灣東方海面上有強的氣旋式渦度，較弱的輻合；而 200 毫巴有強的反氣旋式渦度及強的輻散，凡此均與 MCS 相配合。

17 日 1200 UTC 時，台灣南部海上之 MCS 逐漸減弱，雖然低層水汽含量依舊豐富，相當位溫也夠，然因 850 毫巴無足夠之水汽輻合，而 CAPE 低於 $1600 \text{ m}^2/\text{s}^2$ ，500 至 850 毫巴之對流不穩定度低於 $2^\circ \text{ k}/100 \text{ 毫巴}$ ，而其輻散場、渦度場和垂直運動場，均無法適時配合，以致台灣南部海上之 MCS 無法發展而逐漸減弱（如圖 14）。

綜合而言，在這兩天過程中，水汽含量均豐且 θ_e 值亦高，水汽輻合較為敏感；熱力不穩定度在 MCS 生成至成熟期較趨向不穩定，消滅期則已處穩定化狀態。渦度和輻散度則以發展至成熟期時高低層之配合良好，中尺度低壓之形成亦扮演重要角色。

(四) IOP 13 個案

在 6月250000 UTC時，台灣中部地區之 MCS 已達成成熟期，分析此時之水汽和熱力穩定度如圖15所示。從圖中知 MCS區域之水汽含量，在地面達18g/kg以上，850毫巴為14g/kg以上，700毫巴超過10g/kg以上，顯示低層水汽含量豐富，而相當位溫自地面至700毫巴均超過345 °K，台灣海峽南部至南海北部均有暖平流。在不穩定度方面，k指數超過35度，全指數超過40度，CAPE超過2000 m²/s²，可降水量超過60g/m²，均有利於 MCS之加強，再者在台灣地區高空200或300毫巴之風向有分流產生(圖16)，有助於 MCS之產生。然而分析運動參數及水汽輻合，卻發現在台灣北部海上較利於產生 MCS，而台灣中部地區卻有抑制作用，顯與事實不符。經詳細分析，發現在此時期之鋒面移速比前後時期之移速快，風場未及時調適，造成非地轉效應。另由於受制於綜觀尺度的探空站資料，雖經客觀分析，然在此階段風場仍無法充分反應中小尺度之變化與貢獻。

在 6月251200 UTC時，由圖中17顯示雖然在台灣南部海上，低層水汽供應仍很豐富，相當位溫也夠高；但由於此區域在850、700毫巴有冷平流，且輻散場、渦度場的高低層配置不良，500毫巴有下降氣流產生，因此影響 MCS在此區域之發展，並進而減弱。

五、結論

本文係針對 TAMEX IOP 3、6、10 和13四個個案，在華南及台灣地區進行綜觀及衛星雲圖分析，並計算各種運動與熱力參數之時空分布，以期能了解 MCS演化過程之環境條件，繪製合成圖，進而整合為 MCS演化之觀念模式。

綜合以上之討論，茲歸納結論如下：

- (一) 豐富的水汽含量、良好的熱力條件及運動參數之高低層配置愈好，愈有利於 MCS之生與發展。經綜合四個案之分析顯示，MCS適合於地面水汽含量超過16g/kg，850毫巴超過14g/kg，700毫巴超過8g/kg之地區，850毫巴之水汽輻合量在10g/kg/day以上，相當位溫在850毫巴超過350度，700毫巴超過

340度，850毫巴有5°K/day之暖平流，K指數超過35度，全指數超過40度，對流不穩定度超過4度/100毫巴，CAPE超過1600 m²/s²，可降水量超過55g/m²等。而低層輻合、氣旋式渦度愈強，高層輻散、反氣旋式渦度愈大、及大尺度上升區域愈強，愈有利於 MCS發展。

- (二) 由 IOP 3顯示，低層噴流(LLJ)之強度與位置，以及低層匯流，高層分流之區域對於 MCS之生成與發展有決定性之影響。

- (三) 由於原始資料之解析度不夠，雖經過Barnes之客觀分析，但對於鋒面突然加速之個案，風場無法充分反應中小尺度之變化與貢獻，尚須進一步研究改進。

參考文獻

- 林熹閔、林民生，1988：第一階段 TAMEX觀測期間臺灣地區豪雨系統之個案分析。大氣科學，第十六期第二號，163-174。
- 林民生、林熹閔、王時鼎，1988：發展性與非發展性中尺度對流系統環境條件之比較。氣象學報，第34卷第4期，298-307。
- 林民生、林熹閔，1989：TAMEX第一階段中尺度對流系統之個案研究。大氣科學，第十七期第三號，257-270。
- 紀水上、1992：氣象衛星資料在 POST-TAMEX 預報實驗之應用，56頁。
- 紀水上、陳泰然，1986：中尺度對流系統發展與消散之環境條件—1981年5月27-28日個案分析。第四屆全國大氣科學學術研討會論文集編，國科會，120-137。
- 蔡清彥、鄭寶鳳，1987：台灣地區梅雨期間低層噴流的結構分析及其發生豪雨的關係。大氣科學，15，1，1-16。
- 謝信良，1985：伴隨鋒面劇烈天氣現象之研究。中央氣象局研究報告126號，77頁。
- Chi, S.-S. and R. A. Scofield, 1991: Study of the mesoscale convective system propagation characteristics over subtropical China

- during Taiwan Mei-Yu season. International Conference on Mesoscale Meteorology and TAMEX. Dec. 3-6, 1991, Taipei, Taiwan, 32-41.
- Cunning, J. B., and M. Demaria, 1986: An investigation of the development of cumulonimbus systems over South Florida. Part I: Boundary layer interactions. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 5-24.
- Lin, M.-S., 1986: The evolution and structure of composite Meso- α -scale convective complexes. Ph. D. Dissertation, Dept. of Atmos. Sci., Colorado State Univ., Fort Collins, Colorado, 245pp.
- Maddox, R. A., 1983: Large-scale meteorological conditions associated with mid-latitude mesoscale convective complexes. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1475-1493.
- Maddox, R. A., 1985: The relation of diurnal, low-level wind variations to summertime severe thunderstorms. 14th Conference on Severe Local Storm, Indianapolis, IN., Oct. 29-Nov. 1, 1985. 202-207.
- Scotfield, R. A., 1988: Using the VAS Data Utilization Center (VDUC) for the analysis and forecasting of heavy rainfall producing Mesoscale Convective Systems (MCSs). Preprints. 3rd Conf. on Satellite Meteor. and Oceanography, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc.
- Scotfield, R.A., 1989: Using satellite imagery to analyze and forecast heavy precipitation. Part III, R38-R44. Oct. 16-27. Taipei, Taiwan.

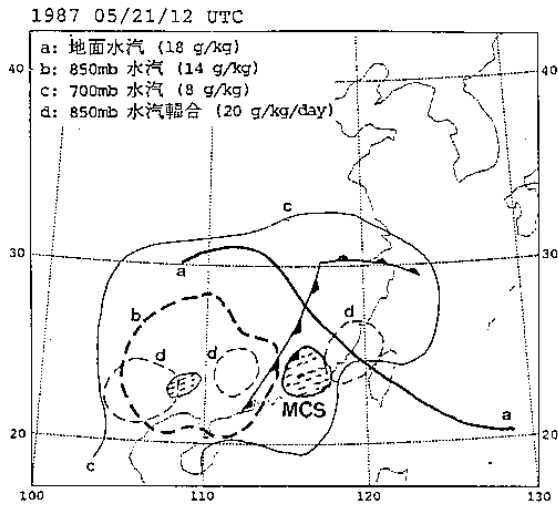


圖 1：5/21/12，水汽參數之合成圖。

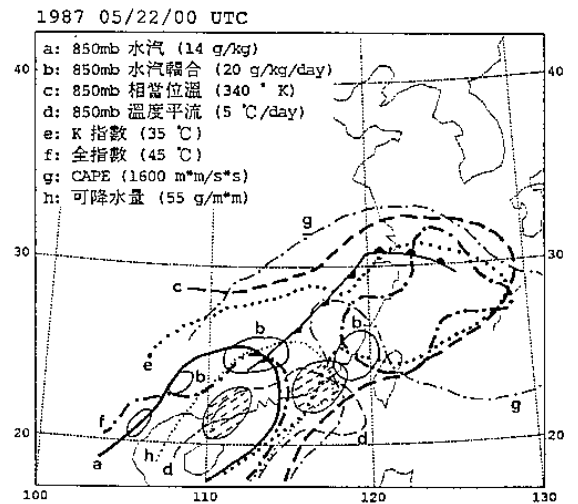


圖 4：5/22/00，水汽和熱力參數之合成圖。

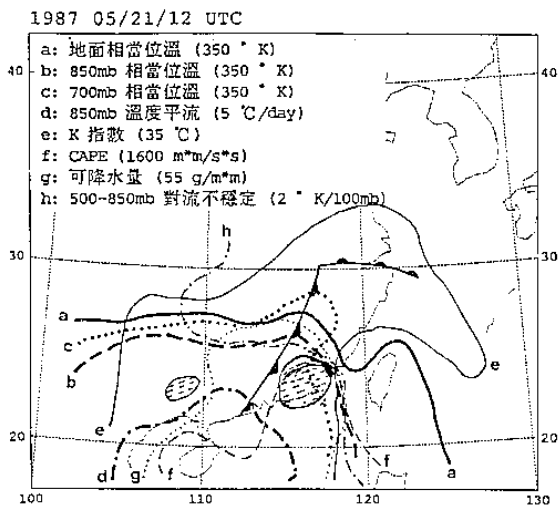


圖 2：5/21/12，熱力參數之合成圖。

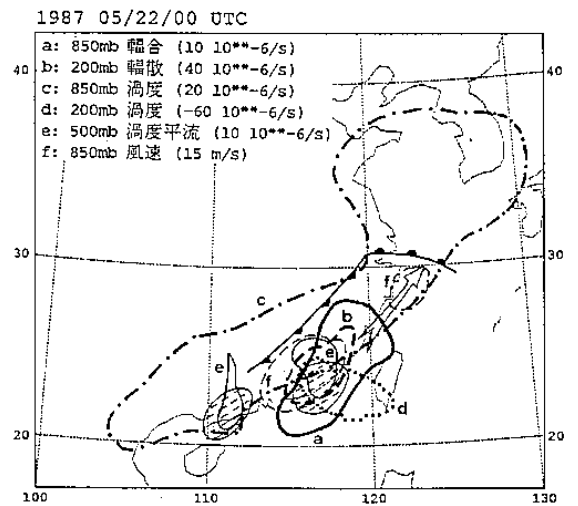


圖 5：5/22/00，運動參數之合成圖。

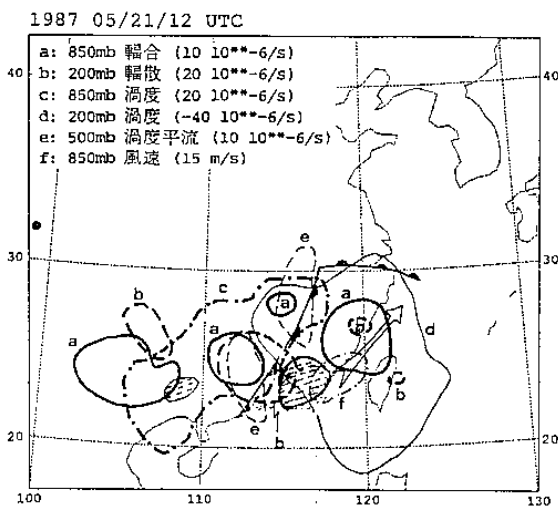


圖 3：5/21/12，運動參數之合成圖。

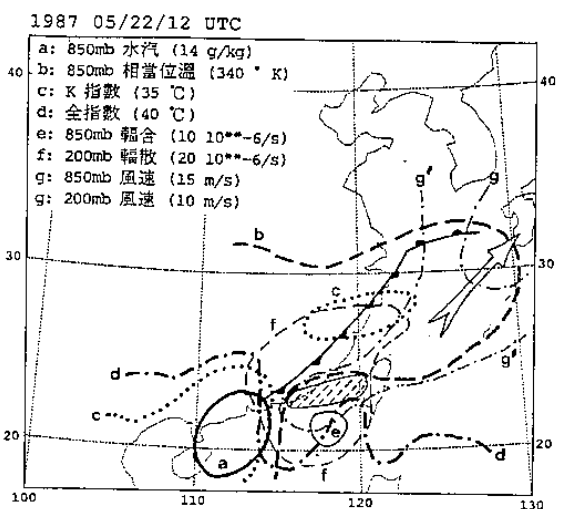


圖 6：5/22/12，水汽、熱力和運動參數之合成圖。

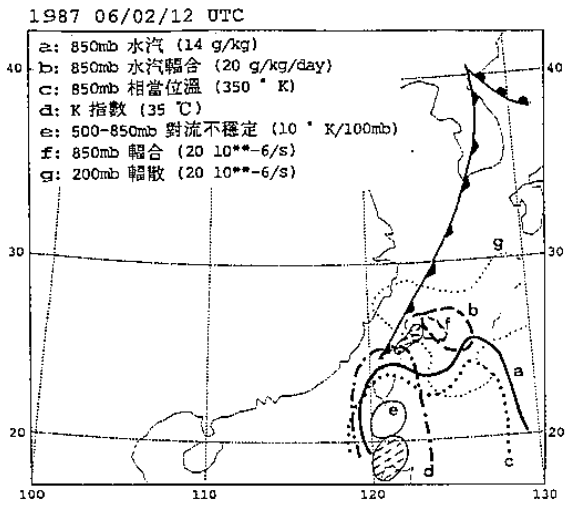


圖 7：6/02/12，水汽、熱力和運動參數之合成圖。

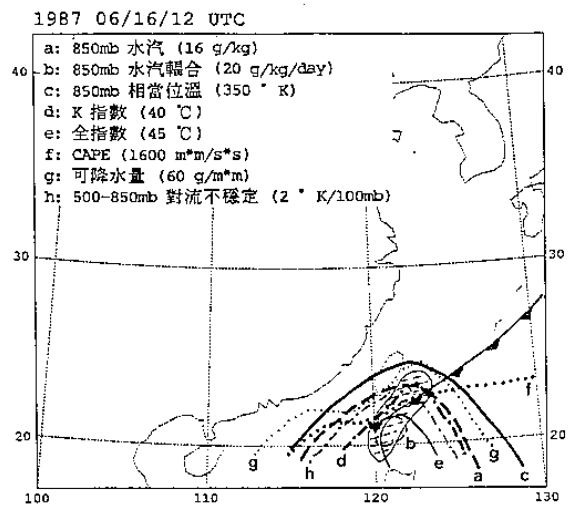


圖 10：6/16/12，水汽和熱力參數之合成圖。

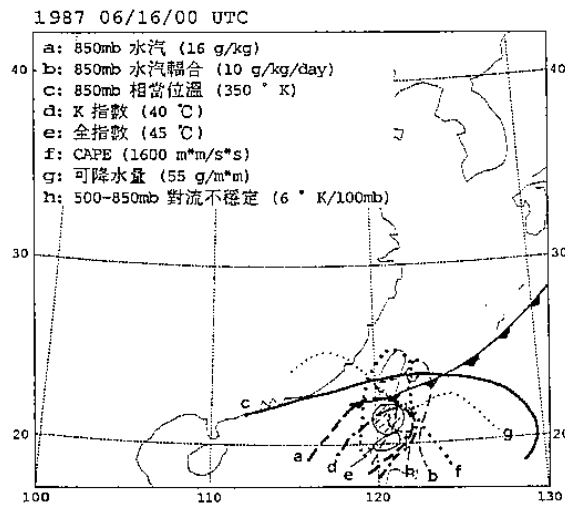


圖 8：6/16/00，水汽和熱力參數之合成圖。

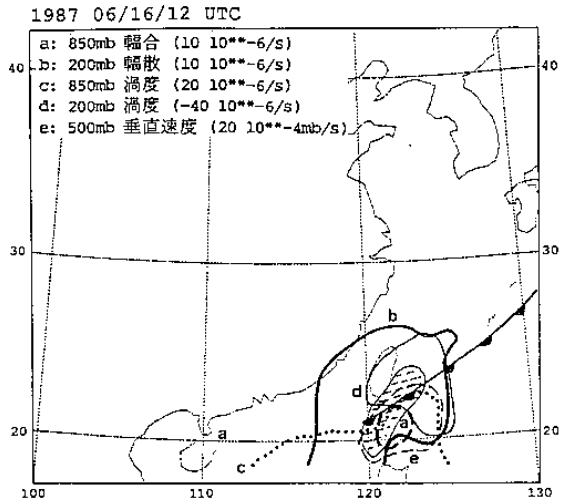


圖 11：6/16/12，運動參數之合成圖。

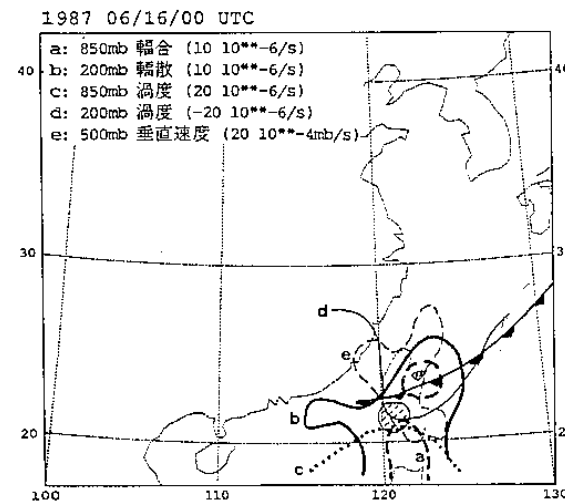


圖 9：6/16/00，運動參數之合成圖。

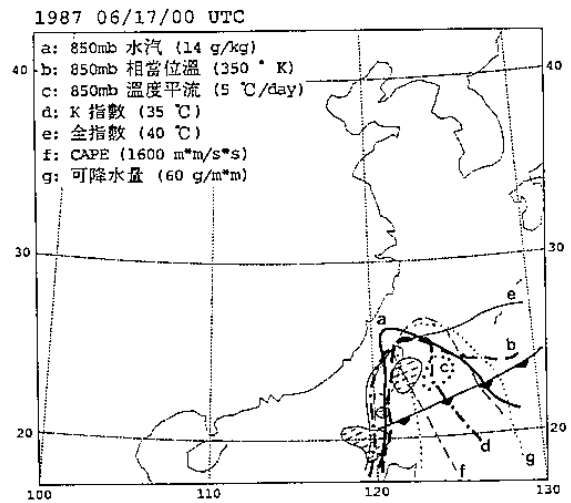


圖 12：6/17/00，水汽和熱力參數之合成圖。

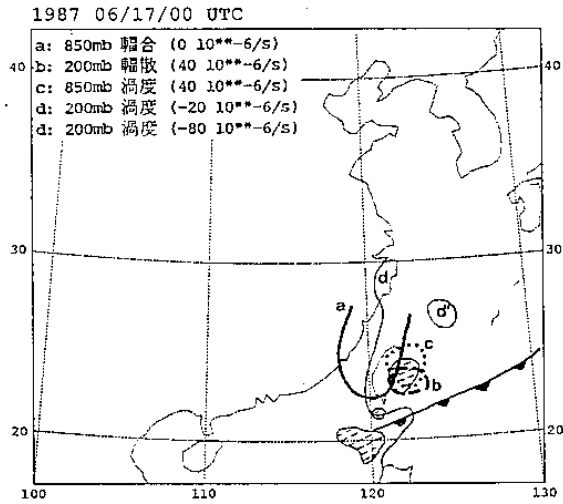


圖13：6/17/00，運動參數之合成圖。

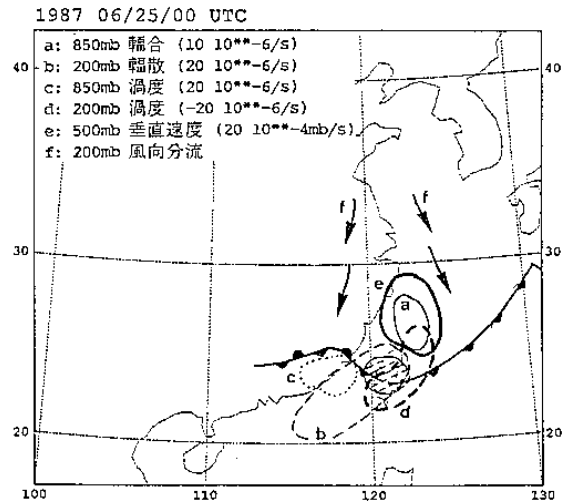


圖16：6/25/00，運動參數之合成圖。

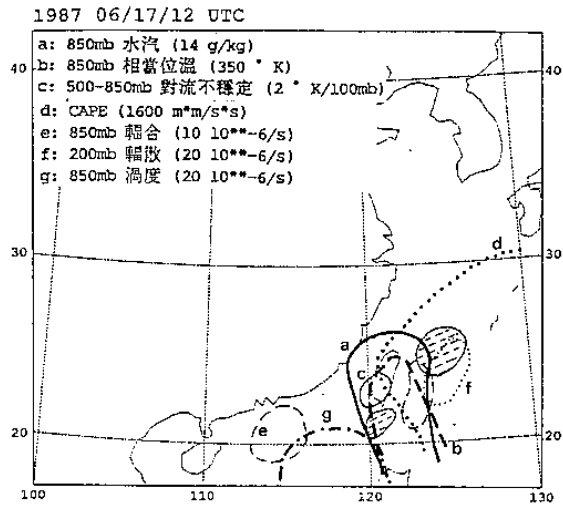


圖14：6/17/12，水汽、熱力和運動參數之合成圖。

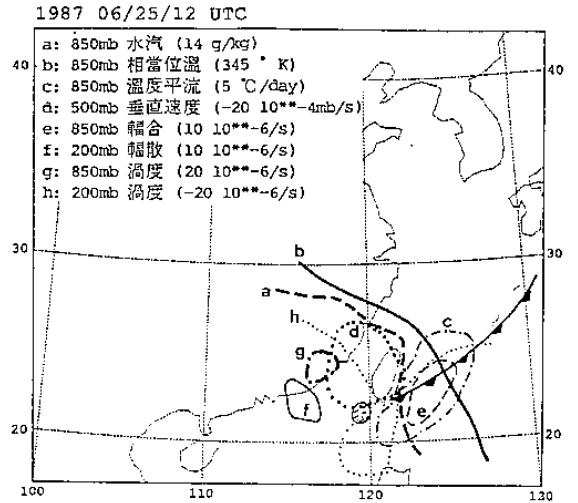


圖17：6/25/12，水汽、熱力和運動參數之合成圖。

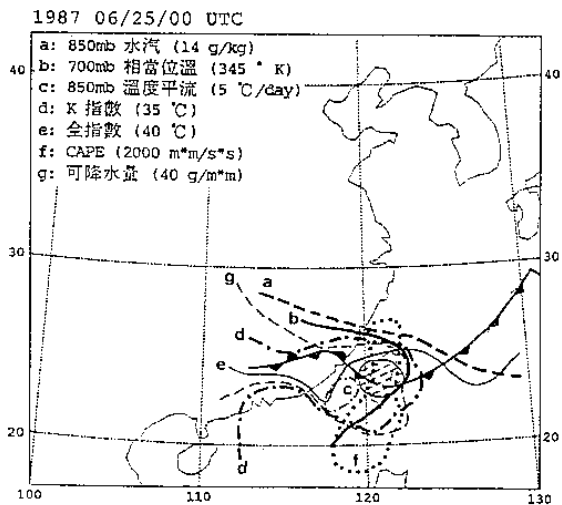


圖15：6/25/00，水汽和熱力參數之合成圖。

The characteristics comparison between the active and inactive Mesoscale Convective Systems during TAMEX period

Jack Ming-Sen Lin and Chien-Kuo Wang

Atmospheric R & D Center, Central Weather Bureau

ABSTRACT

In this study, TAMEX IOP #3, 6, 10 and 13 cases are selected for detailed diagnostic analysis in attempting to reveal the similarities and differences of the environmental conditions as well as triggering mechanisms between the active and inactive MCSs.

After Barnes objective analysis is applied, the temporal and spacial distribution of kinematic and thermodynamic parameters are then analyzed. In addition, the mesoscale environmental systems (such as LLJ, upper-level jet streak, mesoscale low, short-wave trough, upper-level diffluent flow and low-level confluent flow) are further investigated to examine their determined roles and to composite a conceptual model during the MCSs life-cycle.

