

TAMEX 雙都卜勒雷達資料 研析低層噴流對亞熱帶 雷雨電線結構消長供獻

沈 畦 俞川心 張培臣

摘 要

低層噴流(LLJ)對雷雨電線生成發展影響的重要性已為氣象學者們所認同，例如 Zipser(1969,1977)、Houze(1977)、Gamache和Houze(1982)、林永哲等(1986)、Houze(1989)等學者們均在熱帶雷雨電線系統研究中指出LLJ所造成的駛入流(inflow)是該系統生成與消長過程中不可缺乏的因子。由於LLJ的存在，陣風鋒面(Gust Front)於是形成，並激發了上升氣流與下沉氣流間的交互作用，遂使電線系統得以維持。另有陳台琦(1991)等與林永哲等(1991)多位學者利用TAMEX IOP2個案中的雙都卜勒雷達資料對亞熱帶電線做了詳細的分析，他們均指出亞熱帶的電線與熱帶者結構相類似，LLJ也是一個重要因子。他們又指出亞熱帶電線的LLJ高度高於美國中西部電線所作LLJ之高度，此一差別亦令二者對電線的貢獻有所差異；後者之LLJ是為系統所需水汽及上升運動的主要供應者，而我國電線之LLJ則否，主因大氣本身水汽含量已豐富，而其所在高度也高，所以它的貢獻轉為誘發或加強下沉氣流，強化下沉氣流與上升氣流間相互的作用，在新、舊雲胞發展消長活動中延長了電線系統的生命期。然而，在無法爭取適當解析度觀測資料的限制下，一直無法讓我們深入瞭解LLJ與電線消長間的情形，我國TAMEX實驗中所搜集的資料庫，提供了一個很好的研究機會，本研究將選用IOP2中電線個案的雙都卜勒資料進行分析，研究的目地可分為：一、比較不同個案間LLJ的發展，檢視電線系統發展的變化；二、審視地形對LLJ影響所導致系統的變化；三、進一步瞭解亞熱帶電線結構與LLJ間的關係。

一、前 言

低層噴流(Low Level Jet；以下簡稱LLJ)對雷雨電線生成發展影響的重要性已為氣象學者們認同，例如 Zipser(1969,1977)、Houze(1977,1989)、Gamache和Houze(1982)、林永哲et.al.(1986)等均在他們熱帶雷雨電線系統研究中指出LLJ造成的駛入流(inflow)是該系統生成與消長過程中不可缺乏的因子。由於LLJ的存在，下沉氣流逐漸向地面發展，在地面層形成了陣風鋒面(Gust

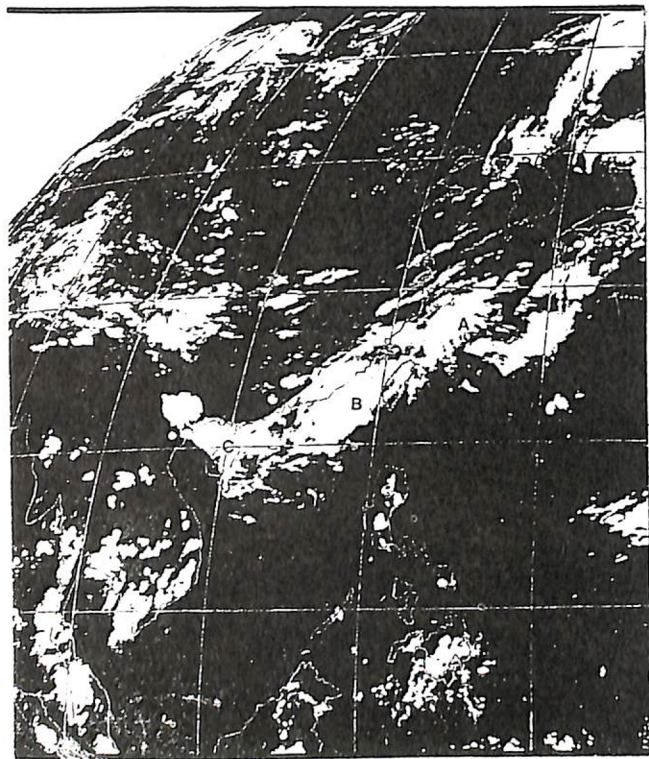
Front)，並激發了上升氣流與下沉氣流間的交互作用，新的對流雲胞不斷形成，方便雷雨電線系統得以維持。另有陳台琦(T.C.Wang et.al.；1990)與林永哲et.al.(1990)多位學者利用TAMWX IOP2個案中雙都卜勒雷達資料對亞熱帶電線系統做了詳細分析，他們在報告中提到亞熱帶的雷雨電線系統與熱帶者結構相類似，LLJ也是一個重要因子。他們又指出亞熱帶電線系統的LLJ在高度上高於美國中西部電線系統伴隨LLJ的高度。此一差別令二系統中

LLJ對各該系統的貢獻有了差別，美國中西部電線系統內LLJ是整個系統水汽來源及上升運動的主要供應者；而我國（亞熱帶）電線系統之LLJ在潮溼的環境大氣中，已非為水汽的主要供應者，反而因它所在高度較高，容易誘發並增強系統內的下沉運動，加強下沉氣流與上升氣流間彼此的相互作用，於是乎在新舊對流雲胞不斷消長持續活動中延長了整個系統的生命期。然而，在無法獲得適當解析度觀測資料的情況下，仍使我們對LLJ與電線消長作用的瞭解受限制，比方說LLJ對電線系統中降水的發展影響為何？台灣中央山脈地形對LLJ強度影響是否也使電線系統受到不良影響？或者是毫無影響？結構上有何特殊變化？民國76年我國在國家科學委員會支持下完成了一項國際性的氣象研究觀測計畫TAMEX，實驗中建立了一個豐富的資料庫，提供了一個良好的研究環境。因之，本研究將選用TAMEX探空資料以及IOP2都卜勒雷達觀測電線資料進行分析研究。目的在求進一層瞭解

- (一) 不同個案間LLJ對電線系統影響與降水變化；
- (二) 審視地形影響LLJ對電線系統消長的變化；
- (三) 探討LLJ與亞熱帶電線系統結構間的關係。

二、資料與分析方法

研究選擇電線系統發生於民國76年5月16至17日，附圖1為5月16日12UTC（世界標準時）衛星



附圖一 民國76年5月16日12UTC（20地方時）衛星雲圖，三個組織化的MCSs分別標記為A、B、C。（摘自王等，1990）

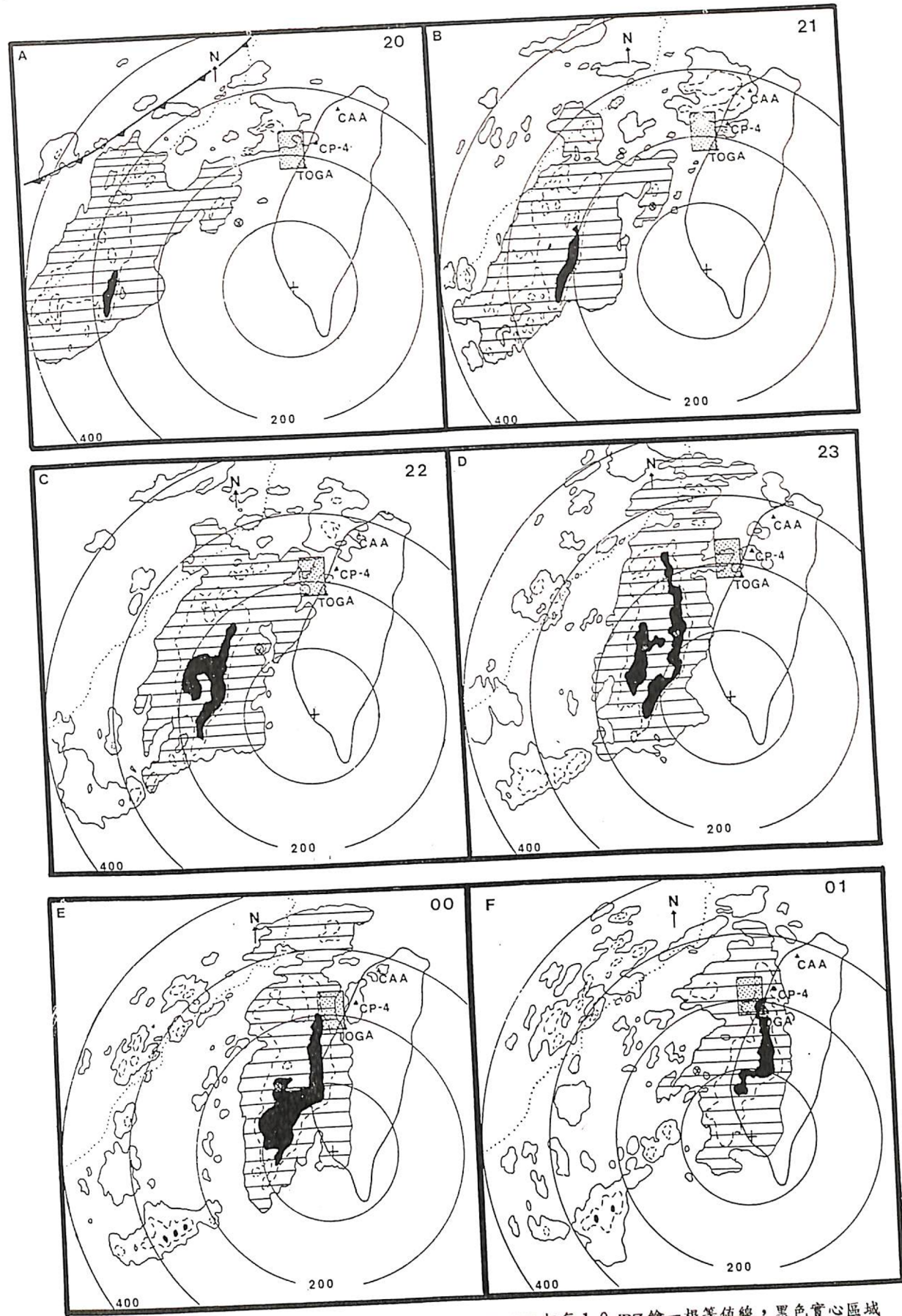
觀測之雲圖，我們可以看到一條發展完整的對流性雷雲帶正位於大陸東南沿海及台灣海峽一帶。透過電腦像處理的幫助，我們可在前述之對流性雷雲帶內辨出三個中尺度對流雲團分別以A、B、C加以標記，其中B對流雲團內已有一個電線系統被高雄陸上傳統氣象雷偵測到，雷達回波資料顯示如附圖二。該電線系統位於台灣海峽中，呈南北向排列，正以每秒13到15公尺的速度向東北東方向移動，逐漸向本省西部海岸靠近，它的北端部分於5月17日00地方時移進了CP4 TOGA雙都卜勒雷達觀測最佳解析度範圍內，故分析資料時間選在00至01地方時。所蒐集之雷達觀測資料先經過客觀分析將原始資料自立體球座標轉成立體直座標上，並把研究主目標（對流雷雨電線系統）放置於平面網格座標的中間。網格間距設計在垂直方向上共選10層，除最底下的兩層垂直間距為0.5公里外，其餘各層垂直間距均為1.0公里；水平網格點間距則固定為1.0公里，構成一個長40公里寬60公里的長方形範圍。在座標轉換工作後，接著由二個都卜勒雷達觀測的徑向風速與降水回波強度資料透過anelastic連續方程式向下積分計算可以導出各個網格點上的垂直加速度，我們也執行變分調整法(variational adjustment)限制電腦計算誤差的擴大，使分析資料保有原始特徵以及可信度。詳細分析方法請參閱陳台琦et.al(1990)與林永哲et.al(1990)等文中所述。

三、研析與討論

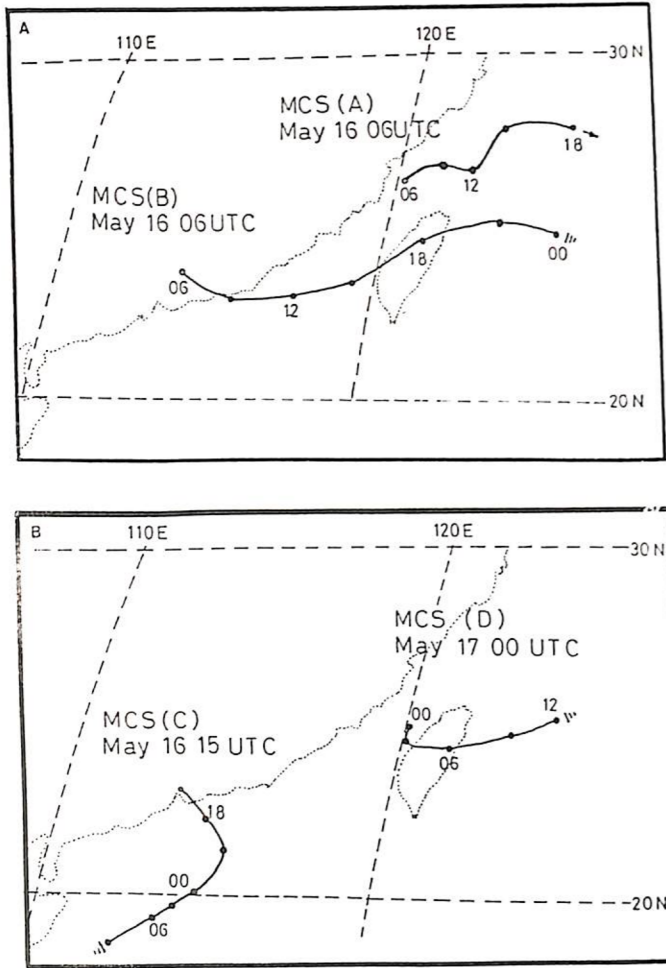
(一) 衛星與雷達資料

在討論之前，首需說明選擇個案時間5月16至17日內MCSs雲團的動態。當時曾有多達四個MCSs通過了本省地區，在北部及中部地區形成豪雨。附圖3顯示從5月16日14LST到5月17日17LST期間紅外線加強分析所得MCSs的歷史路徑，這些MCSs寄生在一對流雲帶內，該雲帶在台灣地區停留時間大於30小時，其中MCSs A與B雲團均向東移動，MCS A是在5月16日14至20LST之間影響到本省；MCS B則在5月17日00LST時刻通過本省；MCS C於5月16日14至20LST間緩慢的移動出海，隨即在南海中消散；MCS D則在5月17日08LST時在MCS C引發作用下，在台灣海峽北部獲得發展，並於5月17日11至14地方時通過本省。在這四個MCSs接近或通過本省地區時，我們均可發現一個LLJ存在，MCS B雲團之LLJ最為明顯，該雲團內更有電線系統發生，此二者之間關聯是為研究目的之一。

談到LLJ對電線系統的關係，陳(1979)在報告中指出台灣北部發生豪雨時，每25個案例中，就有23個案例可發現LLJ相伴隨。另外林與廖(1984)述說了LLJ生成



附圖二 高雄氣象雷達PPI顯示圖，雷達回波強度由15 dBZ起每10 dBZ繪一根等值線，黑色實心區域表示回波強度大於35 dBZ，圖中長方塊陰影區表示雙都卜勒雷達觀測資料選用區。（摘自王等，1990）

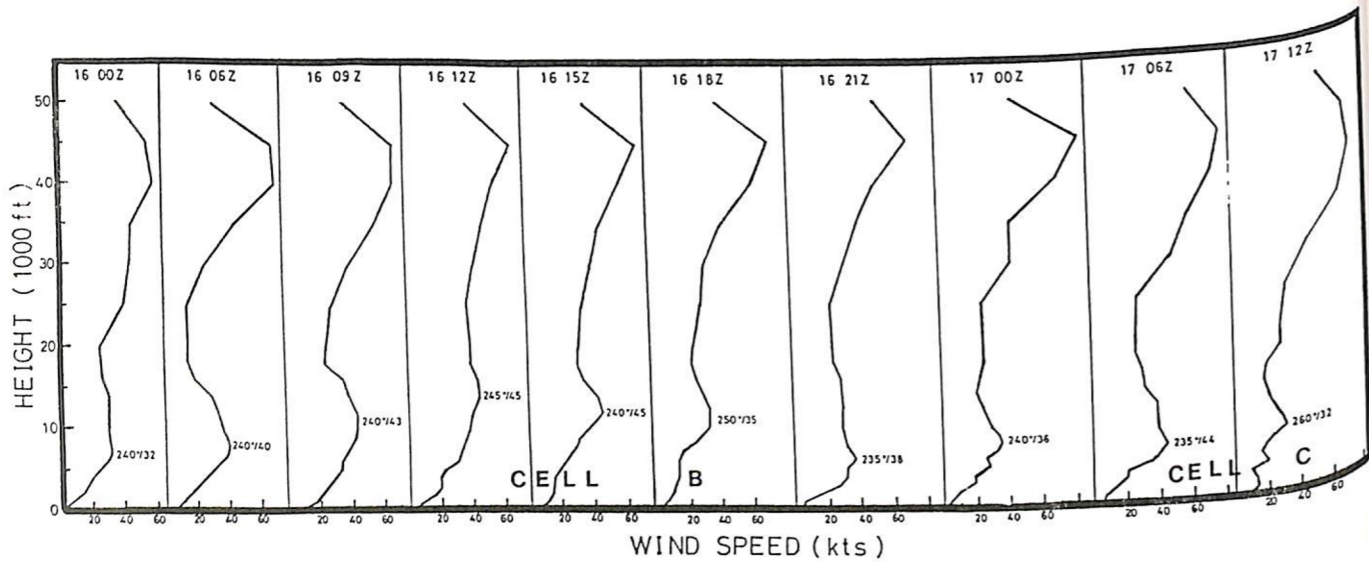


附圖三 由紅外線加強分析雲圖分析MCSs在IOP2期間的移動路徑軌跡。(摘自王等, 1990)

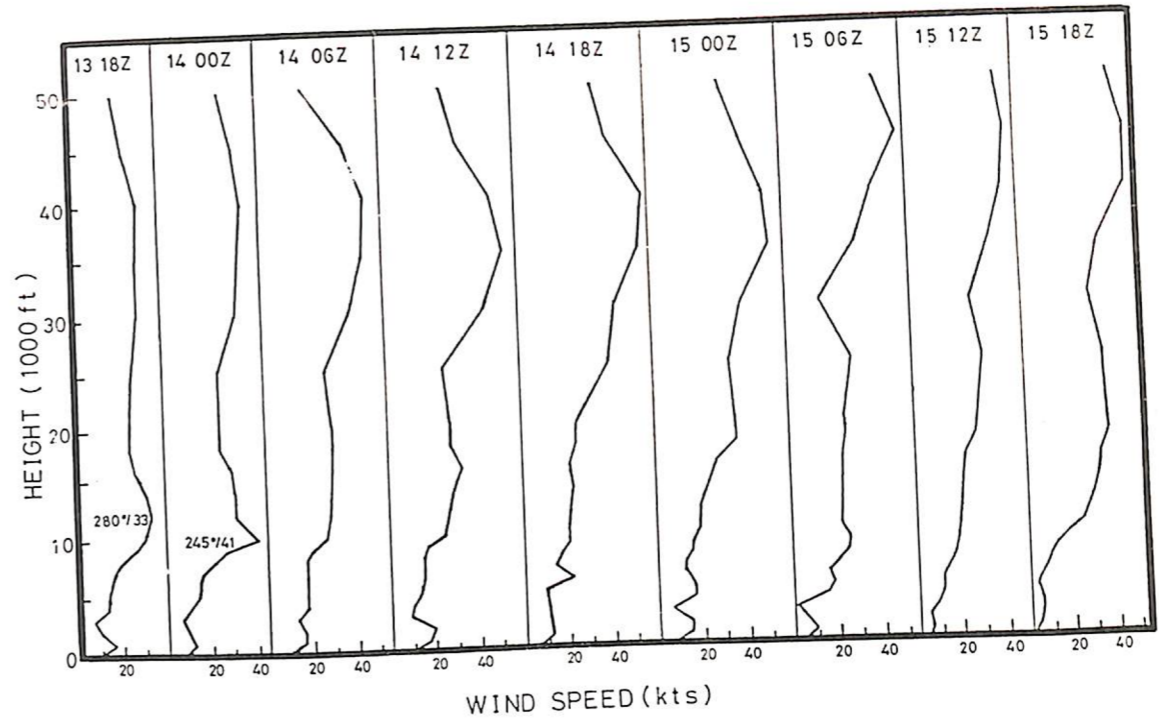
與增強是與豪雨和對流系統內低層風切有關連。陳台等(1990)在報告中說明了西南風LLJ是維持電線系統中強烈對流發展的重要因子。本研究個案中在整個密集觀測期間均可發現明確的西南季風LLJ, 足見西南季風LLJ出現在台灣及附件地區確為對流性系統發展與降水現象強弱的決定因素之一。

圖4到圖6為台北探空自地面至5萬呎高空垂直風場隨時間變化的剖面圖, 它們分別有不同強度變化的LLJ伴生, 但降水的結果卻大不相同。圖4資料時間起自5月16日08LST, 一直到5月17日20LST止, 在整個階段中LLJ特徵清楚, 如檢視在LLJ高度以上的風速, 確實有風速減弱至LLJ風速一半或以上現象。在資料顯示的36小時中LLJ均為西南西風, 意謂著西南季風LLJ已移到台灣及附近地區, 5月16日12UTC至15UTC期間, LLJ風速達45KTS, 那時正有一個MCSB雲團在侵襲本省, LLJ的強度維持在43到45KTS間, 風速變化不大, 顯示此一LLJ較為成熟, 未因台灣地形或陸地摩擦效用改變了它的強度。另一較大風速(44KTS)出現在5月17日14L(06UTC), 當時也有一個MCS D雲團影響到本省中部地區, 但在LLJ風速上卻由45KTS降至36KTS, 此一強度變化卻使MCSB內含有一個發展完整的電線系統, 而MCS D則否。

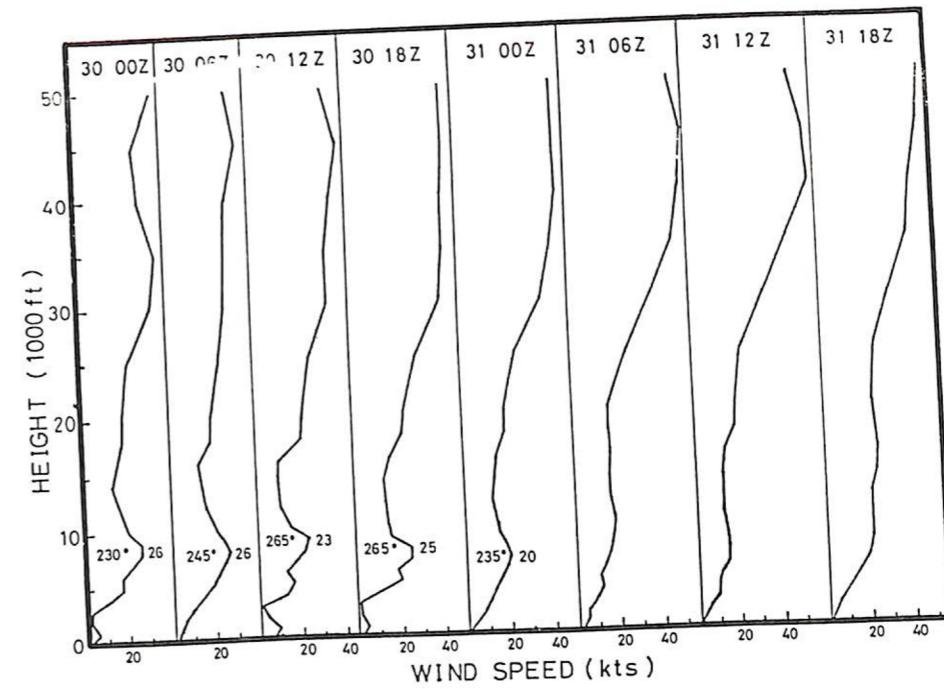
圖5為不同密集觀測個案(IOP1)同類型的風場剖面圖, 資料時間起自5月13日18UTC到5月15日18UTC, 此為一個弱降水的個案, 圖中告訴我們是有一個LLJ在5月13日18UTC至5月14日00UTC間影響到本省北部, 風速到達41KTS, 但就當LLJ接近台灣陸地時風速卻很快的由41KTS降到20KTS或以下, 甚至不



附圖四 板橋探空資料風速時間序列圖, 時間從5月16日00UTC至5月17日12UTC由左向右排列。



附圖五 同一測站風速隨高度標示時間序列圖, 時間從5月13日18UTC至5月15日18UTC。

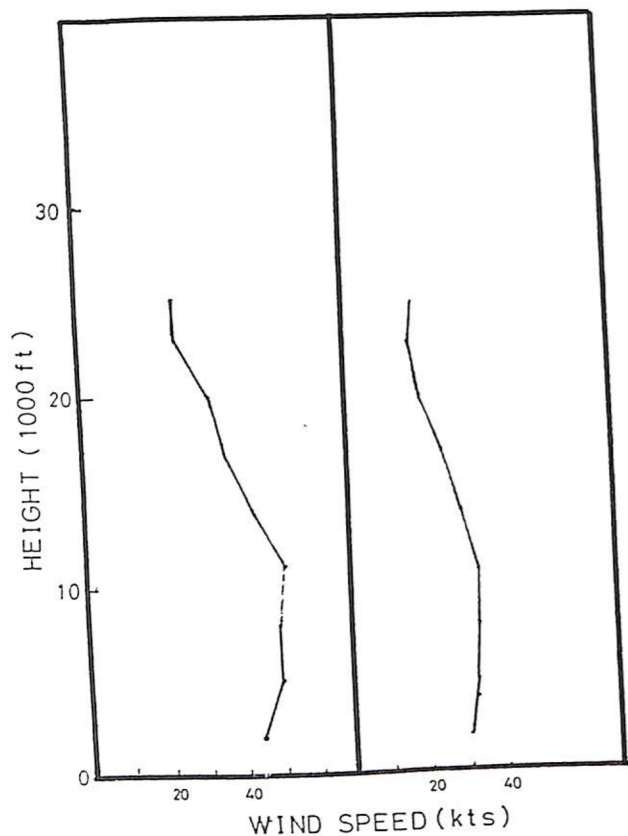


附圖六 同一測站風速隨高度標示時間序列圖, 時間自5月30日00UTC至5月31日18UTC。

同樣的結果也可以在馬公探空資料中獲得驗證(圖未顯示),綜合以上討論,我們可以看出發展完整的西南季風低層噴流較不易受地形影響而有勢力減弱衰弱的變化,對電線系統才有正面的助益。

再呈現LLJ的特徵,而且風場亦沒有明確穩定的來向,研判此一LLJ仍為鋒面系統所帶之強風,並非IOP2個案內西南季風LLJ發展完整,所以降水結果也不相同,IOP1並無豪雨發生,只有零星的陣雨報告。

圖6為一少雨型的個案,資料時間起自5月30日00UTC到5月31日18UTC,在顯示時間內並沒有直接證據顯出西南季風LLJ到達台北探空站,同時風速最大值也未超過26KTS,風向在5月30日06UTC至12UTC間一度轉為偏西風,但在5月31日00UTC時風速已完全減弱,台灣地區幾乎沒有下雨的報告。

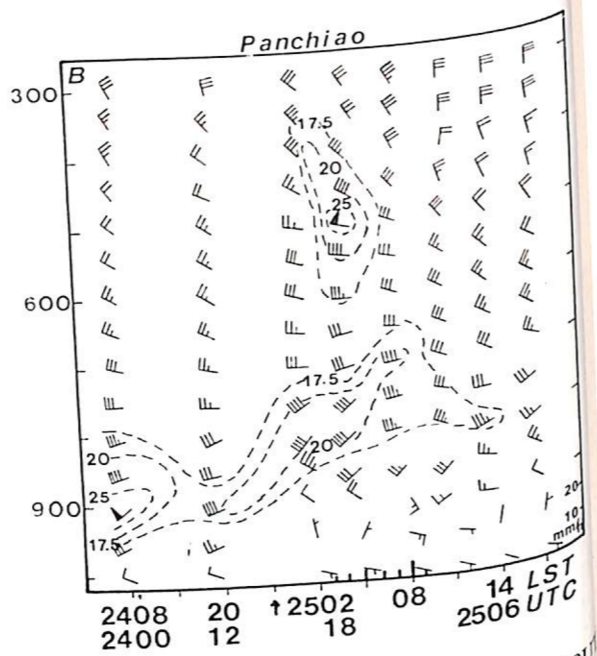


附圖七 為民國76年5月17日0040時雙都卜勒雷達解析風場所得垂直風速曲線,左邊曲線以所解各高度層平面內風速最大值作標示,右邊曲線以各高度層平面平均風速值標示。

(三) 雙都卜勒雷達資料分析

附圖七為民國76年5月17日0040時雙都卜勒雷達解析風場所得垂直風速曲線,左邊曲線以所解各高度層平面內風速最大值作標示,右邊曲線以各高度層平面平均風速值標示,二曲線都明顯刻畫出低層噴流的存在,且線特徵與相近時間台北探空曲線相似。

附圖八取自林等1992在IOP-13個案分析的結果,們指出低層噴流在分析個案中有因對流運動而產生高向上調整的現象,同樣的現象也可在附圖四中看到,顯示完整發展的低層噴流在對流運動中可以維持強度,在向上調整高度後反而可幫助該系統繼續維持強度,少地形減弱低層噴流的作用。



附圖八 同一測站時間自6月24日00UTC至25日09UTC

結論

感謝國科會的贊助以及TAMEX實驗中學者與科學家們的努力,提供了良好的資料庫,方便本分析研究得以完成。

參考文獻

Chen, C.K., 1979: An analysis of the relationship between the low-level jet stream and the heavy rainfall during the Mei-Yu season in Taiwan (in Chinese). *Atmos. Sci.*, 6, 29-37.

Gamache, J. F., and R. A. Houze, Jr., 1982: Mesoscale air motions associated with a tropical squall line. *Mon. Wea. Rev.*, 110, 118-135.

Houze, R. A., Jr., 1977: Structure and dynamics of a tropical squall line system. *Mon. Wea. Rev.*, 105, 1540-1567.

-----, and E. N. Rappaport, 1984: Air motions and precipitation structure of an early summer squall line over the eastern tropical Atlantic. *J. Atmos. Sci.*, 41, 553-574.

-----, S. A. Rutledge, M. I. Biggerstaff, and B. F. Smull, 1989: Interpretation of Doppler weather radar displays of midlatitude mesoscale convective systems. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 70, 608-619.

Lin, P. L., and S. Y. Liao, 1984: On the coexistence of the extratropical cyclone and the low level jet. *Proceedings, Conference on Aviation Weather and Flight Safety*, Sep. 4-5, 1984, Taipei, 479-492.

Lin, Y. J., T. C. Wang, R. W. Pasken, and H. Shen, and Z. S. Deng, 1990: Characteristics of a subtropical squall line determined from TAMEX dual-Doppler data. Part II: Dynamic and thermodynamic structures and momentum budgets. *J. Atmos. Sci.*, 47, 2382-2399.

Wang, T. C., Y. J. Lin, R. W. Pasken, and H. Shen, 1990: Characteristics of a subtropical squall line determined from TAMEX dual-Doppler data. Part I: Kinematic structure. *J. Atmos. Sci.*, 47, 2357-2381.

Zipser, E. J., 1969: The role of organized unsaturated convective downdrafts in the structure and rapid decay of an equatorial disturbance. *J. Appl. Meteor.*, 8, 799-814.

-----, 1977: Mesoscale and convective-scale downdrafts as distinct components of squall-line circulation. *Mon. Wea. Rev.*, 105, 1568-1589.