

# 熱帶內外系統對台灣地區 梅雨季豪大雨貢獻之診斷研究

張培臣 劉廣英

中國文化大學地學研究所

## 摘 要

研究顯示梅雨季豪大雨主要來自梅雨鋒面與熱帶對流系統的共同貢獻；它們間有三種互動類型。本文針對 1992、1993、1995、1996 年 5、6 月之十一次豪雨個案，進一步分析熱帶內外系統間之交互作用；希望藉由較多的個案分析強化上述觀點。結果顯示，台灣地區梅雨季發生豪雨的基本要件確實是除了梅雨鋒面之外，來自熱帶海洋地區的對流系統系統是否進入台灣鄰近區域，更是決定性之影響因子。在上述組合中，不但梅雨鋒面形成了對流雲系的北邊界，增強對流偏地轉風；源自熱帶海洋的對流系統，亦造成相當位溫梯度的加大，即有利鋒面的維持。

## 一、前言

每年五、六月的梅雨期是台灣各地全年降水之主要來源之一，卻也常因暴雨而造成災害。因此梅雨豪大雨之研究，向來是重要的課題。導致此種梅雨期降水量集中現象的主要原因，乃是在此春末夏初季節轉換期間之近似滯留梅雨鋒面所伴隨的雲帶(陳，1998)。陳與周(1988)的研究指出，對流活躍梅雨鋒面系統之共同特徵為對流區低對流層負高度距平及源自孟加拉灣之較強西南氣流；而西南氣流之強弱與源地，更為決定梅雨/對流是否顯著之重要因子。劉(1980)曾歸納出台灣梅雨季豪大雨個案之綜觀特徵有三：(一)梅雨風減弱蛻變成的風切線，與新生成之冷鋒合併後，新舊鋒面合併處有利於強對流之發生；(二)冷鋒與熱帶系統匯合後，鋒面帶阻擋熱帶系統北進，更引導之向東北移動；(三)華南沿海至南海北部中尺度擾動移至台灣。劉(1989)更進一步指出，由西太平洋副熱帶高壓南側繞經南海或更西方之熱帶氣流，若遇鋒面存在或將抵達台灣附近地區時，為台灣地區豪大雨發生之有利條件。Ding(1992)以數值模擬中國夏季季風降水時發現，(西南)季風氣流與低層噴流、來自孟加拉灣與南中國海之充足水氣供應、大尺度地形效應、及潛熱釋放是中國夏季季風發生與維持之主要因子。

## 二、氣候統計

根據 Liu & Shyu(1992)統計 1981~1990 年 5、6 月梅雨季期間，日雨量超過 50mm 之 51 個豪雨個案後發現，所有個案均同時肇因於梅雨鋒與熱帶雲系之綜合影響。此外，梅雨期豪大雨基本上可分為

三種類型：

- (一) 梅雨鋒與熱帶系統同時抵達台灣鄰近區域；
- (二) 先有梅雨鋒滯留在台灣附近，熱帶系統再與鋒面系統會合；
- (三) 熱帶系統先抵達，梅雨鋒再與之會合。

由衛星雲圖追蹤這 51 個個案之熱帶系統來源可以發現，有 5 個個案(9.8%)係源自於南中國海南部(菲律賓西方)；36 個個案(70.6%)來自於孟加拉灣東部至南中國海西側；9 個個案(17.6%)肇生於西孟加拉灣。此點顯示孟加拉灣東岸至南中國海一帶，是熱帶擾動影響台灣地區梅雨期豪大雨之主要路徑。

## 三、資料來源

本文分析 1992~1996 年 5、6 月間之十三個豪雨個案。「梅雨季」泛指每年五、六月；「豪雨」之定義，為中央氣象局及空軍所屬之本島氣象站，在地方時 00~24 之 24 小時內，有兩個以上之人工氣象觀測站累積雨量超過 100.0mm，且同時有三個以上之氣象局自動氣象站或雨量站達此標準者。如此應可涵蓋大部分跨日 24 小時累積雨量超過 130.0mm 之個案，並濾除僅單一氣象站有明顯降雨紀錄之小區域降雨個案。

使用資料為國科會「副熱帶資料庫」之 ECWFM TOGA Advanced 1.125x1.125° 網格資料、中央氣象局衛星雲圖、中央氣象局與空軍氣象聯隊測站降水紀錄、日本氣象廳天氣圖。分析風場與噴流、輻散場、水氣通量(vapor flux)、水氣通量散度(divergence

of vapor flux)及平均、相當位溫等物理參數。

## 四、診斷分析

### (一)高低層噴流

七個個案在 300hPa 等壓面上均可發現高層噴流之存在；位置多在長江口或大陸東南沿海至台灣海峽北部附近。噴流軸風速越大、噴流越接近台灣者，所造成之降水量通常也較大。如。1993 年 5 月 26~27 日之暴雨個案，兩天中達到 100mm 累積日雨量之測站共有 150 個；阿里山 26 日之累積雨量則達到 221.0mm(圖略)。

850hPa 低層噴流除 1993 年 6 月 8 日之個案不明顯外，其餘個案均可發現低層噴流。其分佈位置以巴士海峽居多，所造成降雨量也較大；其次則位於台灣海峽與大陸東南沿海。個案之最大雨量，通常也與低層噴流相伴出現。此結果與陳(1990)者相符；驗證了噴流的強度與位置、高低層噴流之適度搭配對於台灣地區梅雨季暴雨之重要性(圖 1)。

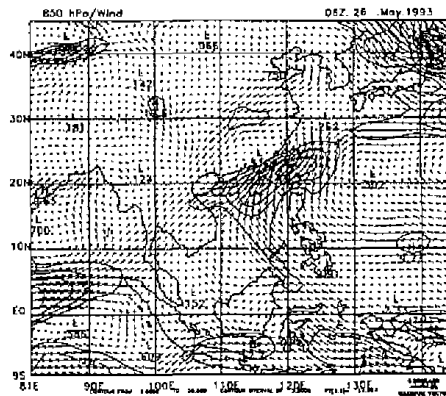


圖 1. 1993.05.26.06Z 850hPa 風場與等風速線分佈圖。等風速線最小為 15m/s，間隔為 5m/s。

### (二)高低層輻散場

檢視 300hPa 與 850hPa、925hPa 三層輻散場，台灣地區在暴雨發生時，所有個案之高層輻散場中，均位於強輻合之最大梯度區；反之，低層輻散場則位於強輻散之最大梯度區；附近區域呈現類似“輻散—輻合”偶極性分佈；台灣則高層接近輻散中心，低層接近輻合中心(圖 2)。此種輻散場的垂直分布直接造成下對流層的上升運動，是支配和維持降水的重要機制(丁，1989)。

本論文研究個案中之唯一例外情況，為 1993 年 6 月 2、3、5 日之個案，在 3~4 日台灣地區均為輻散區包圍，且 4 日在台灣上空出現一強輻散中心——此時亦是本個案降雨量銳減、中斷時刻。

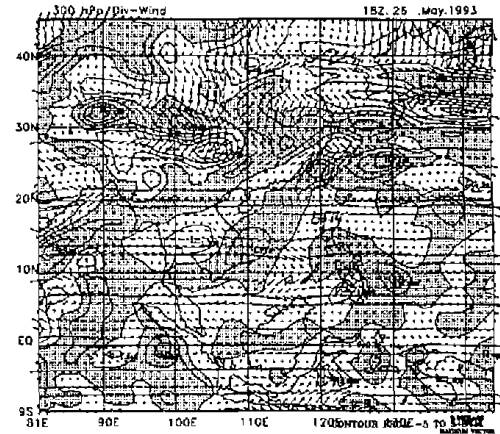


圖 2. 1993.05.26.18Z 300hPa 輻散場。陰影區與正值表輻散。

### (三)水氣通量與水氣通量散度

水氣充沛供應是梅雨季暴雨的重要特徵。由水氣通量散度( $\nabla \cdot q\vec{V}$ )之 3 日平均分析，除在鋒面帶附近為水氣輻合區外，印尼、馬來半島附近跨赤道北抵台灣的水氣輻合帶也很明顯；且輻合帶越向赤道延伸、連續不中斷之距離越長，該個案之降雨量也越大、越明顯。由圖 3 可見來自南海西部沿中南半島東岸向西北延伸，與鋒面輻合帶西南端接壤有一支強水氣輻合軸線。而其他南海地區水氣供應量並不多。

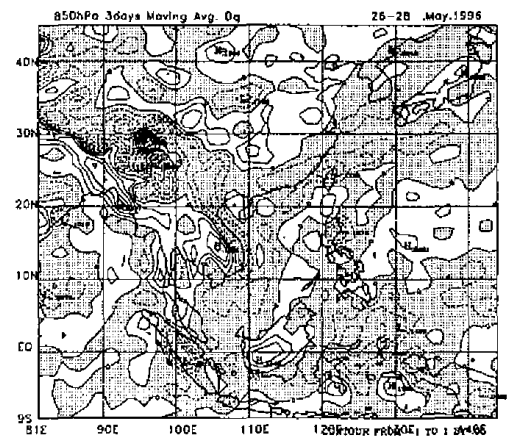


圖 3. 1996.05.26~28 850hPa 水氣通量散度 3 日平均。陰影區與負值區為水氣輻合區。

根據水氣通量( $q\vec{V}$ )亦可繪出水氣流線圖。根據每 6 小時之水氣通量與水氣通量散度繪製之水氣流線圖；可見在台灣地區發生暴雨時，水氣流會在台灣集中；其中主要來源都在 10°N 附近。當沿此路徑抵達台灣之水氣流，所經過不中斷之水氣輻合區越長、越偏南，則相對應的是暴雨個案最大雨量的發生或即將發生。由水氣通量的演變來看，南中國海在亞洲夏季季風期間所扮演的角色，相對於孟

加拉灣而言是個“匯”(sink)，而對於台灣地區而言則是個“源”(source)。(圖 4)

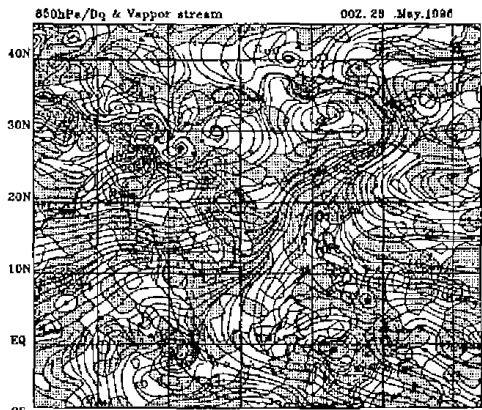


圖 4. 1996.05.28.00Z 850hPa 水氣通量與水氣通量散度圖。陰影區表水氣輻合區。

#### (四)相當位溫

經由分析相當位溫之分布與演變可以發現，即使鋒面不斷接近或通過台灣，倘若沒有熱帶濕熱能量的配合，台灣地區並不易有豪雨發生。所有分析個案中，除 1996 年 6 月 21~23 日的個案偏向於單純鋒面影響外(此個案共僅 3 個測站有略超過 100mm 之日雨量記錄)，追溯其餘個案的濕熱能量來源，自西而東分別為孟加拉灣、中南半島、南中國海、與菲律賓(圖 5)。

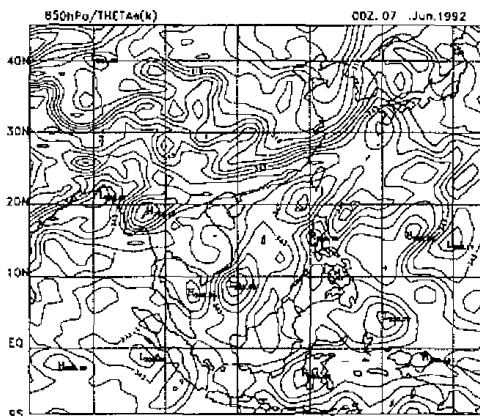


圖 5. 1992.06.07.00Z 相當位溫(°k)分佈圖。

### 五、1996 年 3 個案分析

以下詳述 1996 年 21~23 日、27~28 日、6 月 21~23 日三個豪雨個案，探討熱帶內外系統對梅雨季豪大雨的貢獻。

#### (一)、1996 年 5 月 21~23 日

##### 1. 降水量分布

20 日台灣南部與東南部開始降水；21 日降雨集中在迎風面的台東地區。22 日降雨量大都在台灣東岸，雨量迅速銳減；降雨中心在蘇澳。24 日剩零星降水。

#### 2. 衛星雲圖

5 月 20 日閩粵至日本南部有一道鋒面雲帶，南中國海北部 T.D. 雲系與熱帶雲系西南伸展至印、馬。台灣午前大抵位於 T.D. 外圍下沉氣流區。21 日鋒面雲系在台灣北端，與新生成之輕度颱風 CAM 雲系結合。颱風晚間至巴士海峽中部，中南半島附近熱帶雲系逐漸減弱並與颱風分離。22 日鋒面雲系東移遠離台灣；颱風雲系逐漸消散且隨鋒面東北移。23 日鋒面及 TD 雲系持續向東北東移動，台灣東部雲量仍多，夜間轉為淺薄層狀雲。(圖 6)

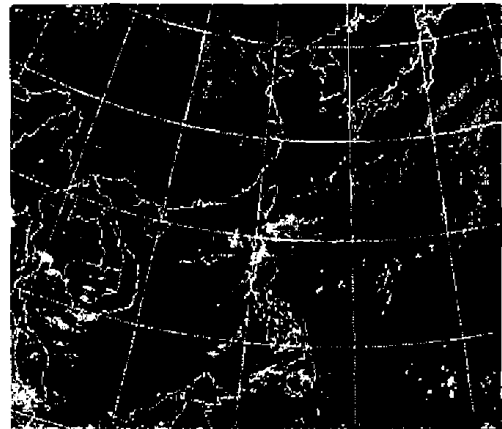


圖 6. 1996.05.22.06Z GMS-05 IR 衛星雲圖。

#### 3. 綜觀天氣圖與物理量場分析

20 日前台灣地區為副高西段之偏南風；菲律賓呂宋島西方海面之熱帶低壓生成後，20 日成為輕度颱風 CAM；移向北北東轉東北經巴士海峽向本省東部海面移動。鋒面 20 日於本省北端生成，於附近滯留至 22 日。23 日鋒面南下至台灣中部，東移並牽引輕度颱風向東北東轉東移動。

##### (1). 850hPa 水氣通量、水氣通量散度

20 日 850hPa 水氣輸送方向由南來跨赤道氣流向北進入颱風系統；21 日颱風上游水氣開始出現水氣輻散區，顯示颱風無法繼續發展。22 日颱風系統南來水氣流只能南推至 10°N 附近。23 日台灣附近之水氣來源仍是颱風，輻合中心則出現在宜蘭附近；颱風之水氣來源則與南方赤道與西南方孟加拉灣斷絕，中心水氣輻合區僅在外圍可追溯至菲律賓中部。24 日，台灣地區基本上已是水氣輻散區。

根據水氣通量散度 3 日滑動平均分析圖，此次大雨之水氣來源幾乎完全來自於颱風；由華北延

續到東南沿海的輻散區，顯示南下冷空氣也扮演著重要角色。(圖 7)

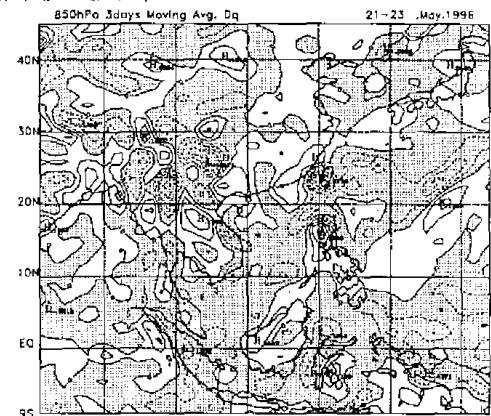


圖 7. 1996.05.21~23 水氣通量散度 3 日平均。陰影區為水氣輻合區。

## (2). 850hPa 相當位溫

20 日台灣南部由於颱風接近而有較大梯度，台灣地區之相當位溫亦逐漸增加。此後北部梯度減弱，南部相當位溫極大區轉至颱風中心，且隨之向東北轉東離開。這顯示颱風向北移動所帶來的旺盛暖濕空氣，與不斷南下的北方冷空氣於長江口與台灣之間累積，鋒生現象發生，斜壓帶在北部建立；帶給相關地區較大的降水量(圖 8)。

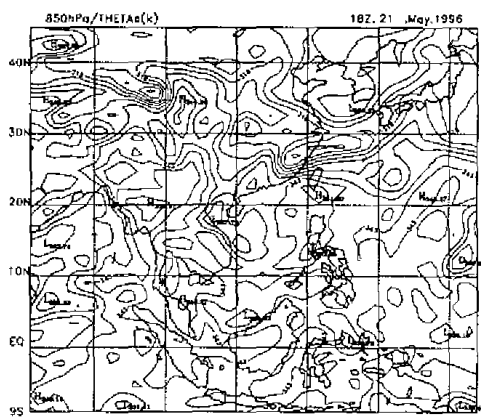


圖 8. 1996.05.21.18Z 850hPa 相當位溫(K)分佈圖。

## (二)、1996 年 5 月 27~28 日

### 1. 降水量分布

26 日僅鞍部與竹子湖有 30.0mm 以上雨量。台灣中部與西南部 27 日都有豪大雨發生；最大中心為阿里山，其次嘉南地區。28 日大雨區移至北部；新竹山區與台北盆地都有超過 120.0mm 的雨量。29 日日本島雨勢都已趨緩；其他超過 50.0mm 日雨量的大雨中心則為山區與嘉南一帶。

### 2. 衛星雲圖

27 日滯留鋒雲系由日本經台灣延伸至海南島。三股分別源於青藏高原西方、孟加拉灣、赤道之熱帶系統於東南沿海一帶和鋒面雲系結合；主要對流雲系維持在梅雨鋒上。海南島東方對流雲系不斷向東北方移入台灣。28 日鋒面雲帶在長江口與巴士海峽間。中南半島熱帶雲系移至南海北部進而影響台灣；晚間與鋒面雲帶接攘。29 日梅鋒雲帶逐漸減弱，範圍由台灣北部到長江口。西南支抵達海南島附近後出現旺盛對流。30 日結構鬆散梅鋒雲帶仍在台灣北部。中南半島上時有對流雲系向東北移入鋒面帶，但偏北且對流不旺盛。台灣雖仍受微弱鋒面雲系籠罩，僅有零星降雨。

## 3. 綜觀天氣圖與物理量場分析

26 日台灣周邊地區盛行南南東風。滯留鋒由浙南向西南延伸至廣西，27 日開始緩慢東移，風向轉為西南，12Z 金門轉東北風，宮古島西南風，鋒面帶已在台灣中部。隨後鋒面北抬，28 日鋒面由韓國向西南經馬祖至湘南。之後鋒面系統再度南壓，29 日分裂高壓中心位於山東半島南方向東南東出海，12Z 鋒面再至台灣中部。30 日鋒面始終位於台灣北部徘徊；低壓中心已移至日本東南方，分裂高壓中心則移到韓國南方 30°E 的位置。

### (1). 850hPa 水氣通量、水氣通量散度

源於孟加拉灣的水氣 25 日於華南鋒面區形成強輻合中心，南越沿海與海南也有水氣輻合中心。26 日鋒面系統水氣東移至台灣，水氣通道向西南連接自海南移出之輻散中心、與中南半島水氣輻合中心，直到赤道附近；12Z 台灣形成一個新的水氣輻合中心；台灣地區並無明顯雨勢。27 日 00Z 由台灣向南南西方向延伸連續水氣輻合區，亦遠達赤道南半球 9°S、90°E 附近；沿水氣輸送路徑，可溯至中南半島西岸。28 日源自孟加拉灣進入台灣熱帶水氣源已北抬至 10°N；18Z 菲律賓水氣來源逐漸轉由副高西端控制。29 日副高控制區域持續西伸，台灣地區水氣大部分來自於副高南側熱帶地區，再繞經副高西緣而進入台灣。30 日隨著高壓繼續西伸，鋒面水氣帶逐漸北抬，來自孟加拉灣之水氣已無法進入 110°E 以東之區域。

分析水氣通量散度 3 日滑動平均場，此次個案直接影響台灣地區的水氣源，為來自南海一支熱帶水氣源，其次為經菲律賓之一支；但來自青藏高原附近之水氣，則較上一個案來得明顯。由華北南伸之水氣輻散區，在此次個案中則只能南下至長江口附近，表明冷空氣無法持續向南，只能至長江口附近即向東移出(圖 9)。

### (2). 850hPa 相當位溫

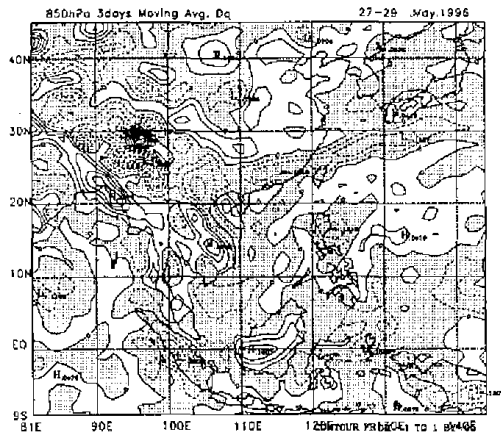


圖 9. 1996.05.27-29 水氣通量散度 3 日平均。

26 日東南沿海及菲律賓相當位溫脊均指向台灣地區，顯示有暖濕氣流朝台灣傳遞。由相當位溫脊指向情形判斷，除 26~27 日間為沿鋒面南端將暖濕氣流輸入台灣以外，27 日午後台灣附近之主要暖濕氣流供應地應來自菲律賓及南海。28 日鋒面帶再度將暖濕氣流輸入台灣。29 日鋒面帶南側相當位溫脊北抬，南海相當位溫脊消失(圖 10)。

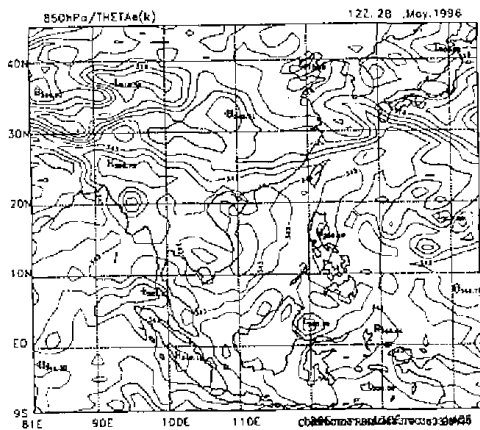


圖 10. 1996.05.28.12Z 850hPa 相當位溫(k)分佈圖。

### (三)、1996 年 6 月 21~23 日

#### 1. 降水量分布

21、22 日降雨維持在台灣西南，超過 50.0mm 日雨量只在 22 日台南及永康。23 日降雨區移至台灣中部以北，各地日雨量均不超過 50.0mm。

#### 2. 衛星雲圖

21 日鋒面主雲帶在台灣北部近海。中南半島熱帶雲系沿鋒面雲帶向東北進入台灣。18Z 鋒面主雲系南壓而涵蓋台灣北部。呂宋島與中南半島熱帶雲系在南海北部會合後向東北進入台灣；台灣西南與中部雲系發展較旺盛。22 日鋒面北支持續東移，鋒面減弱。南海及中南半島帶對流雲系維持於南海北端交會後移入本省，但進入台灣前即消散。23 日鋒面雲帶消散許多。南海與中南半島對流雲系略

為西移與北抬至香港外海交會，後向東北移至台灣北部，隨後兩熱帶雲系並同時漸漸減弱。相較於前兩個案，熱帶氣流進入台灣附近時發展並不旺盛，多數均消散，少有 MCS 發展；此個案以鋒面對台灣地區降雨之貢獻較重要。

### 3. 綜觀天氣圖與物理量場分析

6 月 20 日 12Z 低壓中心位於日本九州，鋒面由此經長江口向西南延伸至滇東。鋒面中段於 22 日 00Z 南壓至馬祖附近，南端則向東北移至贛南。此後鋒面轉為北抬，24 日時已達長江口以北。西太平洋副高中心則由 21 日 00Z 的 25°N、148°E，西伸至 23 日 00Z 的 26°N、138°E。直到 25 日，台灣地區之地面風仍以偏南風為主。

#### (1). 850hPa 水氣通量、水氣通量散度

19 日華北逐漸增強之西北氣流進入華南，將鋒面水氣輻合帶推至長江口附近。20 日水氣或由孟加拉灣經西南氣，或由南海及菲律賓向北傳入台灣，使台灣附近有較多水氣；強輻合中心在海南島，主要水氣經此北偏進入鋒面；台灣僅零星降雨。21 日華南鋒面水氣輻合區與中南半島及南海南來水氣聯繫；此時主要南來水氣流向南擴展至台灣附近。22 日南來熱帶水氣更集中通過台灣海峽附近，水氣來源由孟加拉灣東移至印、馬附近赤道地區；路徑縮短且經連貫水氣輻合區。23 日水氣來源回到孟加拉灣，主要水氣流亦偏西；南海北部水氣仍持續傳至台灣；午後台灣水氣上游為大範圍輻散區，雨勢逐漸停歇。此後台灣逐漸受到西伸副高影響。

由 17~24 日水氣通量散度 3 日滑動平均場分析，最後進入台灣附近地區水氣通道與五月份個案略同，但比重不同；沿孟加拉灣北上水氣通道則較為明顯。在此個案中經過南海之南來熱帶系統(源自印、馬附近赤道地區，以及源自副高南側與西南側)並未直接影響到台灣；最接近台灣地區之熱帶水氣來源(南海北端水氣輻合區)也不旺盛(圖 11)。

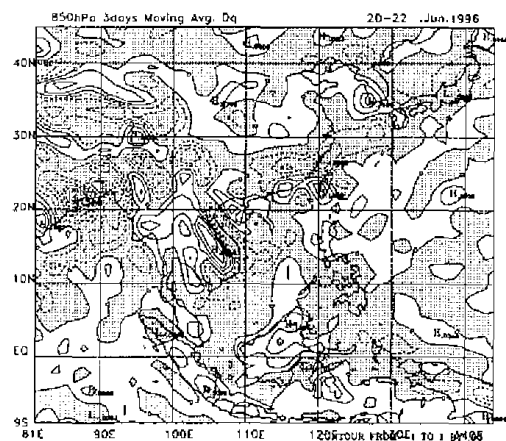


圖 11. 1996.06.20-22 水氣通量散度 3 日平均。

## (2). 850hPa 相當位溫

19 日地面綜觀天氣圖中鋒面位置處，相當位溫梯度並不明顯；山東半島西方另一鋒面則很明顯。青藏高原附近西來暖濕氣流相當旺盛，沿鋒面南側一直有暖濕氣流向下游輸送。此時台灣附近仍無明顯暖濕氣流傳送。20 日鋒面南壓至長江口，鋒面南側有自西南向東北之強暖濕氣流輸送。一暖脊由南海伸向海峽南部，晚間伸到日本；主要暖濕氣流輸送軸仍侷限在沿鋒面南側狹長帶。21 日鋒面達馬祖附近，中南半島北側與海南之暖濕氣流則經台灣海峽向東北傳輸。22 日鋒面減弱東移，微弱暖濕氣流由呂宋島及南海中部輸往台灣地區。12Z 台灣北部外海有一由鋒面雲帶與菲律賓南來暖濕氣流共同貢獻之高相當位溫中心；18Z 時南海北端也有最後的微弱暖濕氣流貢獻。23 日新一波鋒面抵長江口，中南半島高相當位溫區北抬，南海北部微弱暖濕氣流經海峽南部向北輸送(圖 12)。

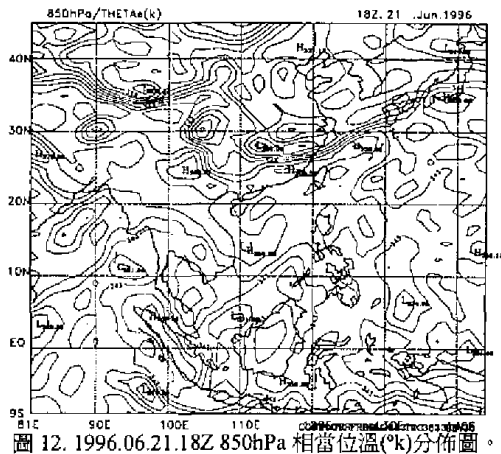


圖 12. 1996.06.21.18Z 850hPa 相當位溫(°K)分佈圖。

## (四)、小結

1996 年 5 月 21~23 日個案，是由輕度颱風 CAM 與末端掃過本省北半部鋒面所造成。鋒生過程與鋒後冷空氣阻擋，使輕度颱風影響僅及於鋒面以南的台灣東岸，大雨也受制於此；由於有熱帶系統的存在，才能造成異於一般單純鋒面降雨之豪大雨。

27~29 日個案，梅鋒系統在豪大雨發生前已括台灣，只在北部山區造成超過局部大雨。27 日隨著來自中南半島、南海與菲律賓之熱帶系統進入鋒面區進而影響台灣後，連續 3 日豪大雨才發生。冷空氣無法持續南下，使鋒面最南只到達長江口；水氣豐沛的對流雲簇與 MCS 不斷由南海與菲律賓一帶移入台灣，造成了台灣地區的豪大雨。

6 月 21~23 日個案，於華南地區先前已有微弱鋒面，熱帶系統亦以偏北位置沿鋒面向東北移動。另一鋒面向東南移動，使熱帶系統沿鋒面南側移動；雖也能結合來自南海與菲律賓之熱帶系統，但由於進入台灣地區前已消散大半，因此主要仍為鋒

面影響下之降水，降雨量僅少數測站達到大雨等級，為三個個案中降雨最少者。

## 七、結語

本文除概略呈現 1992、93、95、96 四年 5、6 月 11 次豪雨個案之一般特徵外，亦對 1996 年 3 次個案進行較詳細的分析。其結果與 Liu & Shyu(1992) 分析所得是相同的。對於台灣地區梅雨季之豪大雨而言，顯然南海與中南半島附近水氣來源的重要性是不可忽視的。此外，也預期以此為基礎，進一步利用模式來驗證此一論點，以為台灣地區及大陸東南沿海梅雨期豪大雨預報，做出一點小小貢獻。

## 八、致謝

本文由中央氣象局、空軍氣象聯隊、副熱帶資料庫、台大大氣系提供相關資料；另研討會相關工作人員之協助，在此一併致上誠摯謝忱。

## 參考文獻

- 丁一匯，1994：“季風區的水氣收支”，亞洲季風，氣象出版社，北京，105~113。
- 陳泰然，1998：“台灣地區豪雨研究之回顧與展望”，海峽兩岸及鄰近地區豪雨與季風研究研討會，中華民國氣象學會，台北，11~12。
- 陳泰然，1990：中尺度氣象學，中央氣象局，台北，47~62。
- 陳泰然、周仲島，1988：“不同性質梅雨鋒面系統之大尺度環流特徵”，大氣科學，第十六期，第三號，309~322。
- 劉廣英、徐天佑，1989：太平洋高壓南側擾動與台灣地區梅雨季中豪(大)雨之關係，行政院國家科學委員會防災科技研究報告 77-73 號。
- Ding Yihui, 1992: Summer Monsoon Rainfalls in China, Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol. 70, No.1, pp373~396.
- Koung-Ying Liu and Tian-Yow Shyu, 1992: Heavy Rainfall under the Combined Influence of the Tropical and Mei-Yu frontal Systems, Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on East Asia and Western Pacific Meteorology and Climate, Hong Kong, pp518~525.

**A Diagnostic Study of the Combined Influence of  
the Tropical and Extratropical Systems to  
the Heavy Rainfall in Taiwan during  
Mei-Yu Seasons**

Pel-Chen Chang    Koung-Ying Liu  
Department of Atmospheric Science  
Chinese Culture University

Abstract

Base on an early study(Liu & Shyu, 1992), during the periods of 1981-1990, there are fifty one cases of heavy rainfall caused by the combination of the tropical disturbances and the Mei-Yu fronts and, as well, the cold front which moved in from middle latitudes to the Southeastern coast region of mainland China. The combined systems can be categorized into three different types. As the time going on the data base is entended to another five years. Therefore, more cases are analyzed and categorized. Furthermore, in order to understand how the heavy precipitation systems are from through the prementioned process moisture flux and equivalent potential temperature fields were analyzed for different types. The results showed that Mei-Yu fronts and cold fronts moved in or fronts formed in the considered region are very important condition but, without the contribution of a tropical convective cloud system heavy rainfall may not occurs.

**Key words:** combined Influence of the Tropical and Extratropical Systems, heavy rainfall