

摘要

本計畫今年的主要工作為參與總計畫 2008 年的實驗觀測計畫與建構西南風豪大雨的概念模式。研究重點有三：一、梅雨鋒特徵。二、西南氣流強度。三、北來氣流特徵與貢獻。藉由統計台灣於 1991~2007 年 5~6 月期間受鋒面影響之鋒面個案數及個案平均總雨量後，內分為多雨與少雨二類，而後進行個案合成以探討多雨型及少雨型之平均環流特徵。研究顯示，期內鋒面影響台灣時，發生多雨之機率為 14.5 %，其中 6 月份占 61.1 %，高於 5 月份的 38.9 %，另依鋒面走向分大雨時 72.2 % 為東北東-西南西走向，而東北-西南走向發生多雨機率則為零。

多雨時，影響台灣之低層氣流皆由源自南海偏南氣流，與源自大陸高壓與中緯度氣旋所形成之「雙極子 (dipole)」間的北來氣流交會而致。兩者均發生在 700~850 hPa 間的下對流層，其中西南氣流源自孟加拉灣且西南強風軸通過台灣附近。此時太平洋高壓邊緣約位於菲律賓北部，6 月份更可西伸至南海一帶，台灣皆位於東亞主槽前。

少雨時，5、6 月之平均環流有明顯差異。5 月時，影響台灣低層之氣流由源自大陸高壓之北來氣流(可深達南海)及太平洋高壓之偏南氣流所主宰；至 700 hPa 才可見明顯之強風軸，但較多雨時來得偏北且弱。6 月時，台灣附近之低層氣流雖源自於孟加拉灣及南海，但強度較多雨時弱，另外，氣流經蜿蜒後，大都先經過大陸陸地後才抵達台灣上空，這與多雨時有明顯地不同，多雨型由源自孟加拉灣之西南氣流穩定且持續地經南海抵達台灣；850 hPa 強風軸位置較多雨時更為偏北，強度亦較弱；500 hPa 太平洋高壓不僅能西伸至海南島西部近海，台灣於 23°N 以南更籠罩於太平洋高壓下，同時台灣皆位於東亞主槽後。以 2008 年月份通過台灣的 5 個鋒面個案與 6 月份的 2 個豪雨個案進行概念模式的豪大雨前兆指標檢驗顯示，位於台灣上風處的東沙、海口等探空站所觀測之 850hPa 或 700hPa 之風向、風速變化為台灣地區豪雨預報的有效先期指標。

Abstract

The main task of this project is to build up a concept model and, as well, by using the model to improve the skill of daily weather forecasting. In doing this we made a statistical survey first. The statistical result indicated that in May to June, during the period from 1991 to 2007, only 12.5 percent heavy rain events are closely related to prominent cold front. It indicates that most of the heavy rain events are quasi-barotropic, or with a weak temperature gradient across the positive wind shear (NE – SW) region. The orientation of the wind shear line and/or the front is another indicator for the rainfall amount. Results show that there are 72 percent of heavy precipitation occurred when the line is in ENE to WSW direction. Furthermore, when the line oriented in NE to SW direction precipitation is comparatively low.

Another important factor is the northern boundary of the line. The result of our reanalysis of the historical event occurred in May 28, 1981 (namely 「528」) shows that there is a low level north jet intrusion to the north of Taiwan Strait. The north jet is in the middle of an eastward positive and westward negative vorticity dipole. The continental high, which related to the negative pole forms a boundary to the shear line and the north jet played as a trigger. This suggestion needs, of course, further investigation.

一、前言

台灣除颱風豪雨易致嚴重災害外，其次即為梅雨季，因此，梅雨期氣候、綜觀及中小尺度氣象過程研究與預報，長期以來普遍受重視。過去學者對於梅雨鋒面之綜觀氣候特徵研究多集中在 1990 年前，當時網格資料解析度較粗糙與品質相對較差。由於本研究係以改進預報能力為目標，天氣數值預報產品的應用，自是預報品質提升不可或缺的基本參考資料，因此將使用 ECMWF 再分析資料，分析近地面至 500 hPa 處之大尺度綜觀環境條件；另由陳與周 (1988) 中，除指出對流活躍鋒面之條件為低對流層源自孟加拉灣之較強西南氣流，較不活躍者為伴隨太平洋高壓之東南或西北氣流，也提到對流活躍之鋒面大多屬東北東—西南西走向 (ENE)，而東—西走向 (EW) 及東北—西南走向 (NE) 鋒面之對流較不活躍。本研究中，也將採用此三種分類標準，而後分別探討各分類之多雨型、少雨型平均環流特徵差異，建立概念模式，以期對判斷影響台灣之鋒面降水預報能有更佳的辨視能力。

二、研究成果

(一) 多雨型綜觀環流特徵：

本文研究 1991~2006 年台灣梅雨期間 (5~6 月)，當鋒面影響台灣時所帶來之降雨多寡分類出 5 月多雨個案、少雨個案，以及 6 月多雨個案、少雨個案，並分別加以合成、分析綜觀環流配置，特徵如下：

5 月、6 月多雨時，影響台灣之低層氣流 (1000 hPa) 由源自南海之偏南氣流及源自大陸高壓的北來氣流 (5 月較 6 月強)，中低層 (850~700 hPa) 之氣流皆由源自孟加拉灣之西南氣流及較微弱之南海偏南氣流所主宰，且 6 月比 5 月強，另外，於 700 hPa 處，6 月多雨時，仍由孟加拉灣之西南氣流及南海偏南氣流影響台灣；5 月多雨時，則由孟加拉灣之西南氣流所主宰，6 月亦比 5 月強。850 hPa 風切線位置較 1000 hPa 鋒面位置往北偏，850 hPa 於台灣附近一帶之強風區 (10 m s^{-1} 以上) 位於風切線及 1000 hPa 鋒面南側，亦即位於南海、巴士海峽朝台灣東南部、東部海域延伸，皆呈東北—西南走向，6 月較 5 月強，且達 15 m s^{-1} 以上，700 hPa 也有類似情況，但位置略往北、往東偏，台灣上空風速皆在 15 m s^{-1} 以上。1000~850 hPa 之太平洋高壓西伸程度類似，皆於台灣東南方遠海處，6 月較 5 月略微增強，700 hPa 以上，6 月較 5 月明顯往西伸，尤其於 5 月多雨之 500 hPa 時，太平洋高壓 (5760 gpm) 西伸至台灣南方菲律賓北部一帶 (132°E 、 20°N)，而 6 月多雨時，同樣位於台灣南方，但強度更強，西伸至南海一帶 (128°E 、 18°N)，差了 4 個緯度左右。台灣附近之低層水氣以 6 月較潮濕，這與源自於孟加拉灣之西南氣流更強盛有關，850 hPa、700 hPa 強風軸通過台灣附近一

帶，能將溫暖潮濕之空氣源源不絕地輸送至此，提高此區域之不穩定度。另外，500 hPa 高度場顯示台灣皆位於東亞主槽槽前，亦即有利天氣系統之發展。

過去陳 (1987) 研究台灣乾濕梅雨期之平均環流特徵發現，5 月與 6 月台灣之雨量多寡之條件為低對流層水氣含量，而源自孟加拉灣之西南氣流為濕梅時之必要條件，乾梅時，台灣一帶氣流為源自太平洋高壓環流之東南、南或西南氣流或東亞主槽後之西北氣流，雖與本研究結果相似，但仍有些許差異。本研究指出，台灣多雨時，無論是 5 月、6 月，台灣低層風場除源自孟加拉灣之西南氣流外，還有南海一帶之偏南氣流輸送至台灣上空，6 月又比 5 月強。

另外，張 (2001) 研究台灣梅雨季豪雨個案之分析與模擬當中所繪製出的台灣梅雨季豪雨個案發生最大降雨時之概念圖中顯示，台灣要出現較明顯降雨，則必須有 (1) 源自孟加拉灣之西南氣流及南海北部之南來氣流，尤以孟加拉灣水氣之介入最為關鍵 (2) 於鋒面南側有低層噴流 (12.5 m s^{-1} 以上) 或未達低層噴流風速標準之強風軸通過台灣附近。而於本研究中，在 5、6 月多雨時也有類似結果，低層皆有明顯源自孟加拉灣之西南氣流主導台灣風場，且深達 700 hPa，低層 (850~700 hPa) 亦有源自孟加拉灣上空之未達低層噴流標準的強風軸 (10 m s^{-1} 以上) 通過台灣附近且位於鋒面南側，因此，能將顯著暖而潮濕空氣、源源不絕水氣輸送至台灣上空，導致台灣出現較多之雨量。少雨時，5 月由大陸高壓之北來氣流所主宰，6 月雖有源自孟加拉灣及南海之南來氣流往北輸送至 $23\sim 25^\circ\text{N}$ 轉成為西南氣流至台灣上空，但低層風速不僅較多雨者 (台灣低層風速達 15 m s^{-1} 以上) 弱，只有北台灣之低層風速介於 $10\sim 15 \text{ m s}^{-1}$ 之間，且低層於南海一帶之水氣含量較 6 月多雨者少；因此，在 5 月少雨時，低層不僅是由大陸高壓北來氣流將水氣含量少且較乾燥之空氣輸送至台灣外，且 850 hPa 無強風軸通過台灣一帶，700 hPa 雖有強風軸通過台灣一帶，但此強風軸源自大陸上之由西向東之偏西氣流，導致雨量偏少。

另外，本研究發現，少雨時，不管是 5 月還是 6 月，台灣皆位於東亞主槽之槽後；多雨時，台灣則皆位於東亞主槽之槽前，槽前正渦度平流區有利於天氣系統之發展。若以 500 hPa 之太平洋高壓 (5760 gpm) 來看，少雨者皆較多雨者之強度強且更往西延伸、更往北偏，台灣甚至籠罩於太平洋高壓下，因此，台灣之大氣環境較穩定，較不利於天氣系統發展。因此，由以上分析發現，台灣地區低對流層平均氣流之源地及強度，需由季風低壓、西太平洋高壓、大陸高壓、東亞主槽等時間行星尺度環流系統之位置適當配置及強度來決定之。

(二)、多雨型概念模式：

圖 1 及圖 2 分別為 5、6 月多雨時之概念模式圖，顯示影響台灣之低層 (1000 hPa)

氣流皆由源自南海偏南氣流及源自大陸高壓的北來氣流（較微弱）所主導，700~850 hPa 之氣流則源自孟加拉灣且強風軸通過台灣附近，此強風軸甚至可達低層噴流之標準。而由 500 hPa 之 5760 gpm 等高線分析顯示在 5 月時，太平洋高壓邊緣約位於菲律賓北部，6 月更可西伸至南海一帶，且不論 5 月或 6 月，台灣皆位於東亞主槽前。

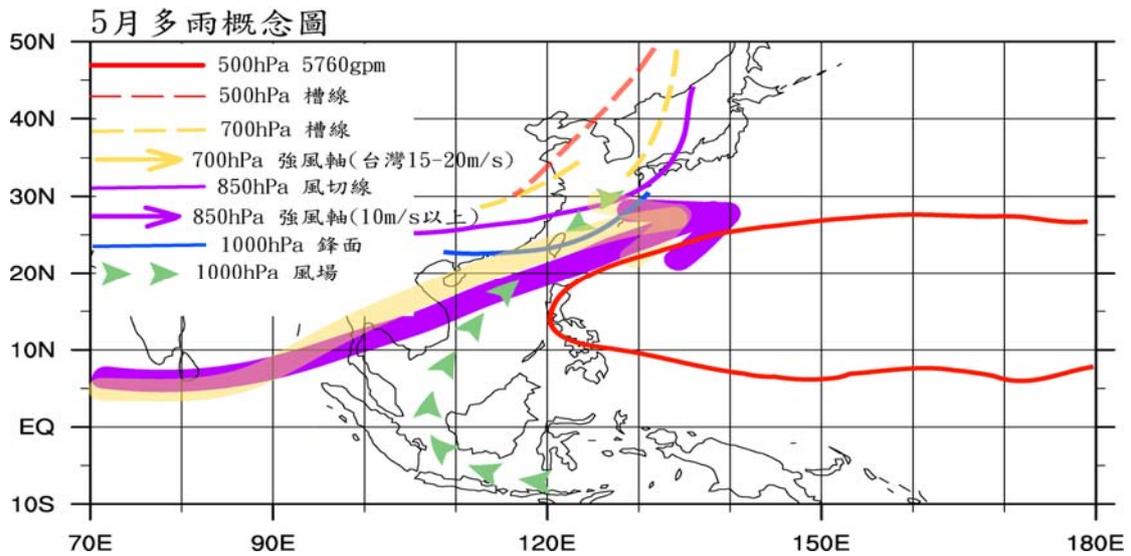


圖 1 5 月份多雨之平均環流特徵概念圖

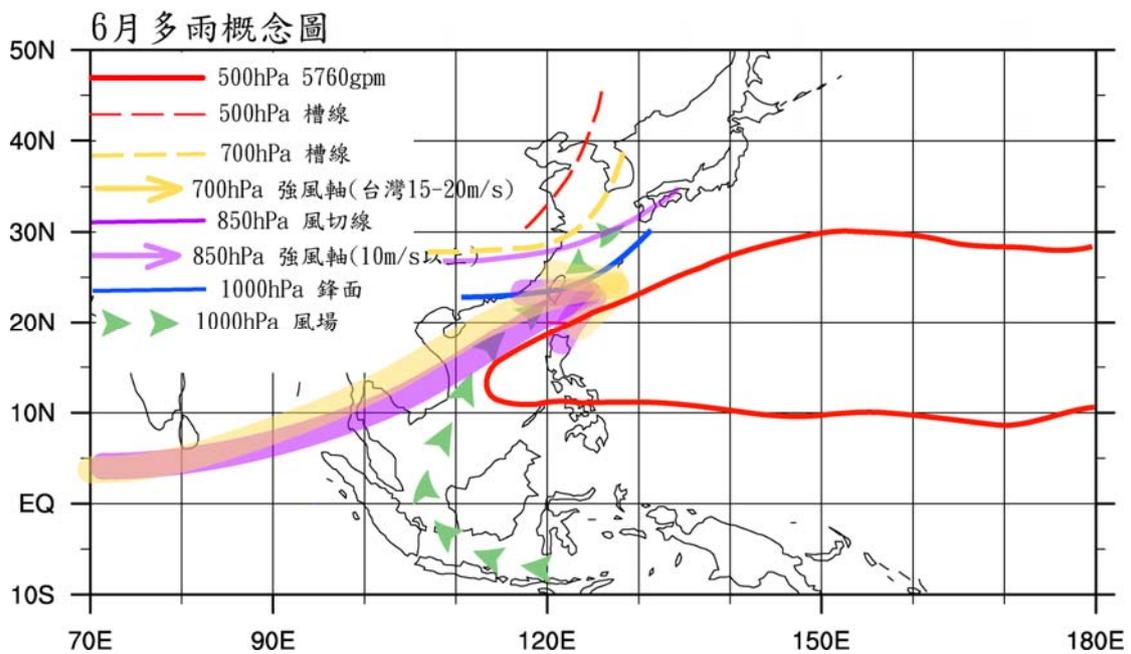


圖 2 6 月份多雨之平均環流特徵概念圖

(三)、多雨型降水事件與鋒面走向之關係

不同走向 (EW、ENE、NE) 鋒面中，多雨型降水以東北東—西南西走向(ENE) 最多，其平均環流特徵如下：

1. 5月多雨之東北東—西南西走向 (ENE) 鋒面

於 1000 hPa 處，5 月多雨 於台灣之氣流源自孟加拉灣西南氣流、南海之偏南氣流以及大陸高壓之北來氣流，不僅台灣低層一帶之水氣含量較少雨者多，且 850~700 hPa 有強而明顯之西南強風軸 ($10\sim 20\text{ m s}^{-1}$) 通過台灣附近一帶，700 hPa 之強風軸甚至會涵蓋整個台灣上空。5 月少雨型於 850 hPa 則無此情況，即使於 700 hPa (有強風軸通過台灣一帶，但為由大陸上自西向東之偏西氣流，只能輸送水氣含量較少、較乾燥之空氣至台灣上空，位置也相對較偏北(中台灣以北上空)。至於太平洋高壓西伸之位置，多雨之高壓僅西伸至台灣東南部遠海處。700 hPa 雖兩者之位置相近，但少雨者略往北偏，500 hPa 若由 3090 gpm 等高線為標準來看其西伸程度，雖然皆西伸至台灣南方的菲律賓北部一帶，但少雨者較偏北至 121°E 、 18°N ，且多雨時，台灣上空仍有南風分量 (源自大陸由西向東氣流、孟加拉灣及太平洋高壓之西南氣流)，少雨則無。

2. 東北東—西南西走向 (ENE) 鋒面——6 月

6 月多雨型，台灣於 1000 hPa 之氣流為源自於孟加拉灣之西南氣流、南海之偏南氣流及相對較微弱之大陸高壓的北來氣流，6 月無論多雨或少雨，台灣低層一帶之水氣含量皆較 5 月多，6 月多雨時，於 850 hPa 有明顯而強之源自孟加拉灣的強風軸 ($10\sim 20\text{ m s}^{-1}$) 涵蓋整個台灣上空，且較 5 月多雨時明顯要強，因此，可將更多南方暖而潮濕、源源不絕之水氣輸送至台灣上空。700 hPa 於 6 月多雨、少雨型則分別與 5 月多雨、少雨型為類似情況，但皆較 5 月強，且 6 月少雨型之強風軸相較於 5 月少雨型者有較多南風分量。至於太平洋高壓西伸之位置，於 1000~700 hPa，多雨時雖較少雨者更往西伸，但位置較偏南，大都在位在台灣東南部遠海處；若由 5760 gpm 等高線為標準來看其西伸程度，多雨時，西伸台灣南方之菲律賓西部近海 (117°E 、 13°N)，亦即南海東部一帶，少雨時，西伸至海南島西部沿海 (109°E 、 20°N)，且台灣於 23°N 以南地區皆籠罩於太平洋高壓下。多雨時，台灣上空仍有南風分量，少雨則無。

因此，東北東—西南西走向鋒面影響台灣時，由導致 5~6 月多雨型、少雨型之種種因素可發現，低層源自孟加拉灣之西南氣流及南海之偏南氣流 (尤以孟加拉灣之西南氣流) 為造成台灣多雨之必要條件。

(四)、「528」豪雨事件綜觀系統中的「雙極子效應」

如果說民國六十八年的災變天氣研討會，是氣象界重視大雨成災的證明，發生於七十年五月二十八日清晨九點以前的一場雨則是 TAMEX 的催化劑。藉由此回

顧的機會，重溫一下當時大氣的綜觀狀況，不但強化回顧之重要性，亦可找出一些可供西南氣流實驗參考的觀測重點。根據空軍桃園機場天氣中心的記錄，民國七十年五月二十八日全日時雨量分布如圖 2 所示。時雨量超過 15 mm 的時段分別在 0300L，0500 至 0600L，及 0800 至 0900L 三段，其中後兩次的時雨量更大於 40 mm。圖 3 是當日 0700L 之 GMS 紅外線衛星雲圖。圖中可見到 a, b, c 三個對流雲系（紀與陳，1984）。

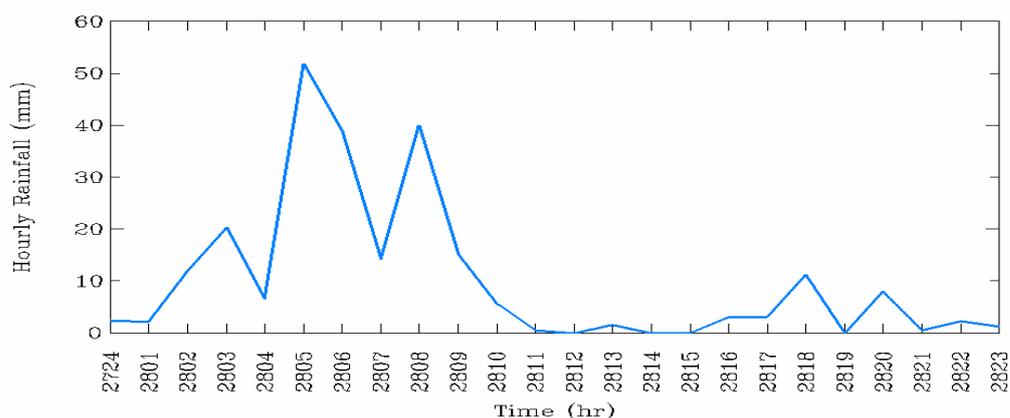


圖 2 空軍桃園天氣中心「528」時雨量分布圖

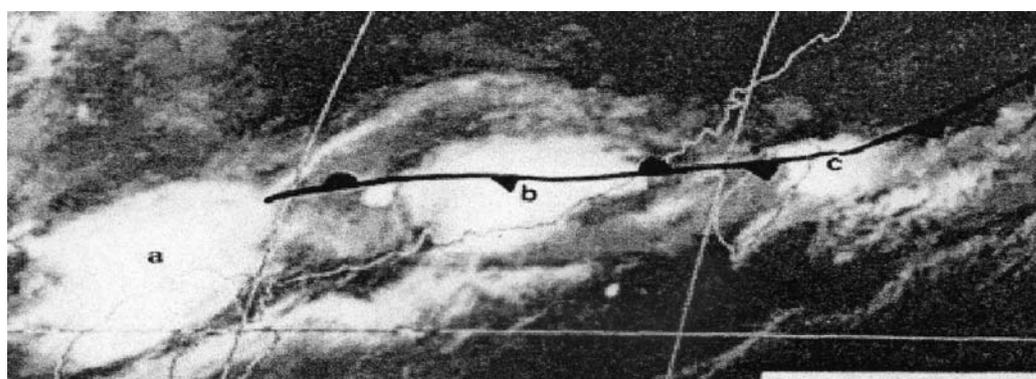


圖 3 1981 年 5 月 28 日上午 7 時之 GMS 地球同步衛星紅外線雲圖(紀與陳,1984)

與降雨時間對比的結果顯示，只有 b, c 兩個影響桃竹苗地區。預報之壓力就是來自觀測到的對流雲系何時或會不會來？劉（1980）曾用空軍各站的雨量，配合下對流層天氣圖，對 1970-1980 十一年間梅雨期的豪雨個案進行診斷分析，認為在低層噴流支持下，華南短槽、華南沿海擾動、華中生波以及華西低壓東移；臺灣低壓，以及新舊鋒面在華南沿海合併所形成之似包圍鋒（劉與陶，1982）等天氣系統，都有利於生成強對流，或使移入之對流系統的維持與發展。陳（1981）針對八個梅雨系統所做之平均分析，以及（Liu and Chang, 2002）依據九次梅雨季豪雨個案之合成分析結果，所製成之概念圖（圖 4）亦顯示，上述綜觀天氣圖上的特徵具預報天氣的指引性。另外，中尺對流系統之貢獻亦大，因而研究者甚眾

(陳與紀, 1978; 丘等, 1982; 1989), 充分顯示「528」發生前後氣象界已經非常重視梅雨季豪大雨的問題。

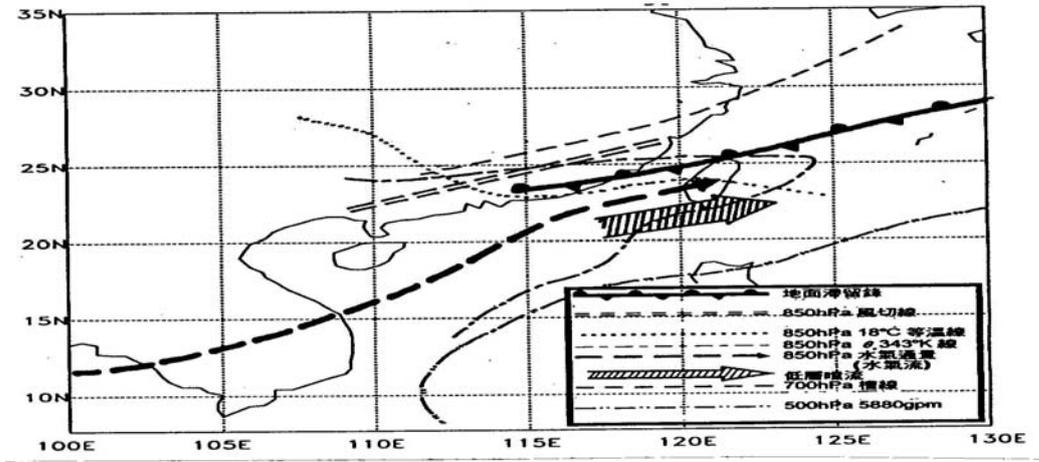


圖 4 梅雨季九次豪雨個案綜觀形勢合成概念圖 (Liu and Chang, 2002)

為了進一步診斷「528」的綜觀條件，特用 NCEP/NCAR 再分析資料，重新分析當時的天氣圖 (略)，並製作 850hpa 風場與相對溼度 (圖 5)、850hpa 渦度 (圖 6)、渦度垂直剖面 (圖 7) 等非傳統分析圖。由圖 5 可見，豪雨開始時下對流層水氣帶在臺灣北部，此時北風與西風在臺灣北部輻合，所造成之垂直非地轉風會使前方之暖空氣上升增強。在 850hpa 面上 (圖 6)，以山東半島中部為中心有一左右對稱之「渦度雙極子」。其負中心在西，正中心在東，兩者交界區與冷高壓東部之強北風帶一致。

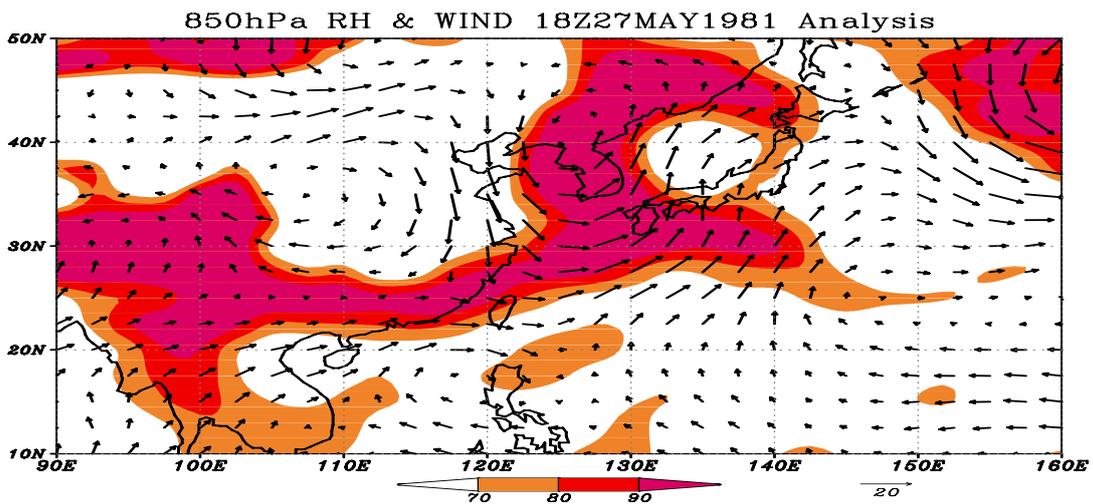


圖 5 「528」豪雨開始時 850hpa 風場與相對溫度分布圖

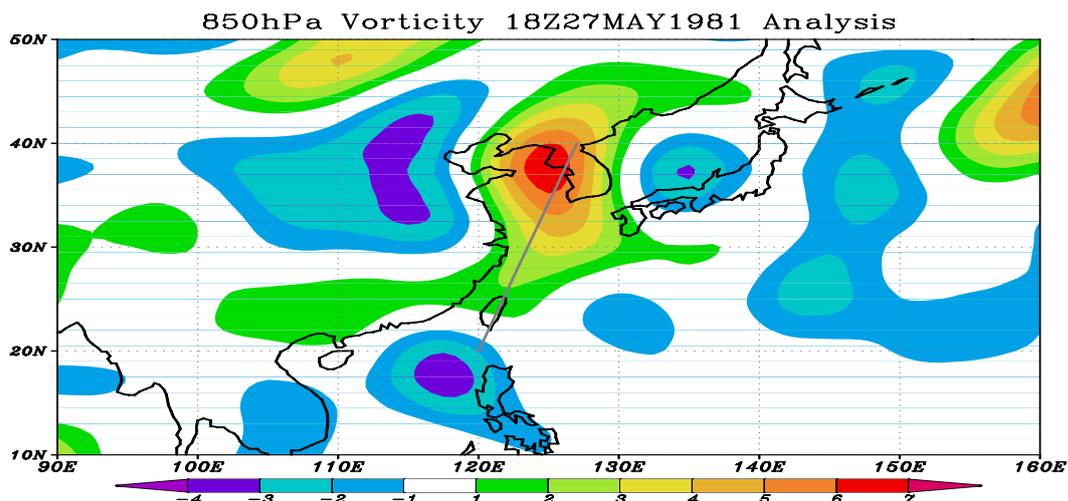


圖 6 豪雨開始時 850hpa 渦度分布圖

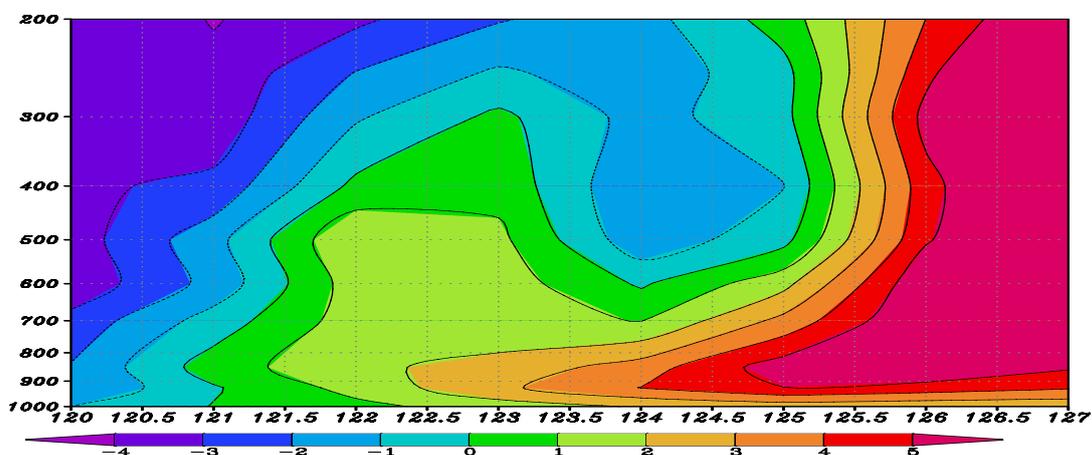


圖 7 沿 20°N 120°E 至 40°N 127°E 線之渦度剖面圖

沿由巴士海峽伸至正渦度中心北方(圖中直線所示)之二緯剖面圖(圖 7)顯示，其中心隨高度向下游傾斜；此一結果與丘等(1982)以及劉(1982)主觀分析所得到者相同。此顯示經驗豐富的預報員確有獨到之處。希望明年實驗中的密集觀測所得到之資料能提供更多的證明。

三、結語

自「528」以還，西南氣流與我國豪雨之關係已然確立，本研究之重要結果有下述幾點：

- (一) 與明顯鋒面相關之五六月豪雨僅占百分之 15，顯示梅雨系統之斜壓性不強；
- (二) 正風切渦度區，或冷鋒走向成東北東到西南西方向者占豪雨個案百分之七十二；

(三) 南海到華南沿海之低層(西南)噴流自然重要, 華東沿海位在大陸冷高壓與下游中緯度氣旋, 亦即渦度雙極子(dipole)間的北風噴流亦扮演著激發強對流的重要角色。

四、參考文獻

- 陳泰然, 1987: 台灣乾濕梅雨期之平均環流特徵。 *大氣科學*, **15**, 17–30。
- 張培臣, 2001: 台灣梅雨季豪雨個案之分析與模擬。 *中國文化大學地學研究所博士論文*。
- 丘台光、陳景森、郭英華, 1989: 梅雨季華南中尺度對流系統數值模擬研究一九八一年五月二十七日至二十八日個案。 *氣象學報*, **35**, 185-201。
- 丘台光、廖學鎰、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。
- 紀水上、陳泰然: 1984: 1981 年 5 月 27~28 日華南及台南地區中尺度對流複合系統之初步分析。天氣分析與預報討論會。
- 陳泰然、紀水上, 1978: 台灣梅雨鋒面之中幅度結構。 *大氣科學*, **5**, 35-47。
- 陳泰然, 1981: 影響台灣地區八個梅雨系統平均結構之初步分析, *大氣科學*, **8**。
- 劉衍淮, 1982: 我服膺氣象學五十年。空軍氣象聯隊歷史文獻集。
- 劉廣英, 1980: 梅雨季極端天氣預報之研究。國科會研究報告(NSC-69M-0202-05(02))。
- 劉廣英、陶家瑞, 1982: 華南似包圍鋒及其與台灣降水之關係。中範圍天氣系統研討會論文彙編。
- Chen, G. T. –J., 1977: A synoptic case study on mean structure of Mei–Yu Taiwan. *Atmos. Sci.*, **4**, 38–47.
- _____, 1979a: Mesoscale analyses for a Mei–Yu system in southeastern Asia. *Papers Meteor. Res.*, **2**, 63–74.
- _____, 1979b: On the moisture budget of a Mei–Yu system in southeastern Asia. *Proc. Natl. Sci. Council.*, **3**, 1, 24–32.
- _____, 1983: Observational aspects of the Mei–Yu phenomena in subtropical China. *J. Meteor. Soc. Japan*, **61**, 306–312.
- _____, 1992: Mesoscale features observed in the Taiwan Mei–Yu season. *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 497–516.
- Yeh, H. –C., G. T. –J Chen, and W. T. Liu, 2002: Kinematic characteristics of a Mei–Yu front detected by the QuikSCAT oceanic winds. *Mon. Wea. Rev.*, **130**, 700–711.