

# 2016 年臺灣梅雨季午後對流降雨分析

張雅惠 黃婉如\*

國立臺灣師範大學地球科學系

(中華民國一〇五年九月三十日收稿；中華民國一〇五年十一月十五日定稿)

## 摘 要

2016 年 5~6 月為臺灣有測站紀錄資料以來最暖的梅雨季。過去研究指出溫度的變化會直接影響到大氣熱力不穩定度的改變，進而造成區域降雨特性（特別是午後對流發生頻率）的變化，因此本研究希望透過觀測資料的分析，深入瞭解 2016 年臺灣梅雨季的午後對流降雨特性與往年的差異，並找出影響此變化的機制。主要研究議題包括：(1)瞭解 2016 年梅雨季午後對流降雨特性（含降雨量、發生頻率、降雨強度）變化；(2)找出午後對流降雨事件對 2016 年梅雨季總降雨的貢獻是否與往年不同；(3)探討大氣環流變化對 2016 年梅雨季降雨特性可能造成的影響。研究結果發現，與氣候平均(1982~2016)相比，2016 年梅雨季(1)受熱力不穩定度增加的影響，臺灣午後對流降雨事件發生頻率增加；(2)在水氣輻合減少的影響下，使得午後對流降雨之日降雨強度減小。整體而言，因受到午後對流降雨事件發生頻率增加的影響，午後對流降雨對 2016 年臺灣梅雨季的總降雨量貢獻，比氣候平均明顯增加。相較之下，在副熱帶高壓異常增強的影響下，梅雨鋒面不易南下影響臺灣，使得 2016 年臺灣梅雨季鋒面降雨發生頻率則較往年減少。這些研究成果，有助於瞭解臺灣梅雨季的降雨特性是如何受到氣候變遷的影響。

關鍵字：梅雨季、午後對流、降雨

---

\*通訊作者：黃婉如，116 臺北市文山區汀州路四段 88 號，Email: wrhuang@ntnu.edu.tw，TEL: 02-77346413

## 一、前言

臺灣位於亞洲季風區，降雨受季風轉變的影響而有不同季節特性。從氣候角度來看，每年 5~6 月春夏交替之際為季風轉換時期，此時東北季風逐漸減弱、西南季風逐漸增強，兩氣團的交界面常形成一道近似滯留的鋒面系統，在臺灣我們將此鋒面系統稱之為梅雨鋒面，而 5~6 月則稱為梅雨季（戚 1964；Chen and Tsay 1977；Chen et al. 2004）。一般而言，每年約有四至五個梅雨鋒面系統會影響臺灣（陳 1988；陳 1998），其中又以 5 月中旬到 6 月中旬的降雨機率較大（徐與紀 1974；陳與蔡 1980；陳 1980；Chen 1993）。

除了梅雨鋒面系統之外，午後對流降雨系統（Convective Afternoon Rainfall，簡稱 CAR）對於臺灣梅雨季的總降雨量也扮演著很重要的角色（Wang and Chen 2008）。Wang and Chen (2008)將臺灣的降雨事件依據各種天氣系統分類，發現在 5 月到 6 月中旬(5/1~6/15)之間，CAR 佔了總雨量的 24%，其他系統如鋒面雨帶（含挾帶的雨暴）及颱風則分別各佔總降雨量的 62%及 6%。但就降雨日數而言，5 月到 6 月中旬期間 CAR 的平均發生頻率（約 14.5 日）則在所有天氣系統之間排名第一，高於鋒面雨帶（約 13.6 日）及颱風（約 0.8 日）的降雨發生頻率。由於不同的天氣系統，其生成原因不盡相同，因此瞭解梅雨季降雨特色變化機制更顯重要。

過去針對臺灣梅雨季降雨特色變化機制的研究，多以鋒面雨帶的個案分析（Kuo and Chen 1990；陳 2001；周 2001；Chen et al. 2003；陳等 2007；Kerns et al. 2010）或氣候平均狀態（徐與紀 1974；陳 1987；陳 1988；Chen et al. 2005；陳等 2007）的探討為主。隨著全球環境變遷的議題

越來越受到重視，近年來有越來越多研究開始針對梅雨季降雨特性的長期變化與機制進行分析。舉例來說，Huang and Chen (2015)分析臺灣近三十幾年(1982~2012)來梅雨季的降雨變化，發現鋒面發生頻率有減少的趨勢，而 CAR 的頻率則有增加的趨勢。此外，在該研究中也指出 CAR 在梅雨季有增強的現象，且此趨勢變化和大氣環流熱力、動力過程的長期變遷有關。而 Huang et al. (2015)透過分析臺灣的測站資料也發現，CAR 的長期趨勢存在著顯著的區域性差異，且此差異亦是受到大尺度環流變遷的影響。這些研究證明臺灣的梅雨季降雨特色會受到全球環流長期變遷的影響。

而受到全球暖化的影響，2016 年 5~6 月為臺灣有測站資料紀錄以來最暖的梅雨季（圖 1）。由於溫度的變化又意味著大氣熱力穩定度的變化，且大氣熱力穩定度的變化可進而影響對流性降雨的發生頻率(Huang and Chen 2015)，因此可推測 2016 年梅雨季的降雨型態與往年應有所差異，且 CAR 之發生頻率應明顯增加。然而由於 Huang and Chen (2015)及 Huang et al. (2015)的研究中僅針對 2012 年以前的資料進行分析，我們無法從中得知影響 2016 年梅雨季降雨的特性變化與機制是否和 Huang and Chen (2015)及 Huang et al. (2015)研究結果相呼應，因此有必要針對此議題作深入探討。

本研究的主要目的希望能透過觀測資料分析，研究以下議題：(1)瞭解 2016 年梅雨季午後對流降雨特性（含降雨量、發生頻率、降雨強度）變化；(2)找出午後對流降雨事件對 2016 年梅雨季總降雨的貢獻是否與往年不同；(3)探討大氣環流變化對 2016 年梅雨季降雨特性可能造成的影響。有關研究中所使用的觀測資料及統計方法將

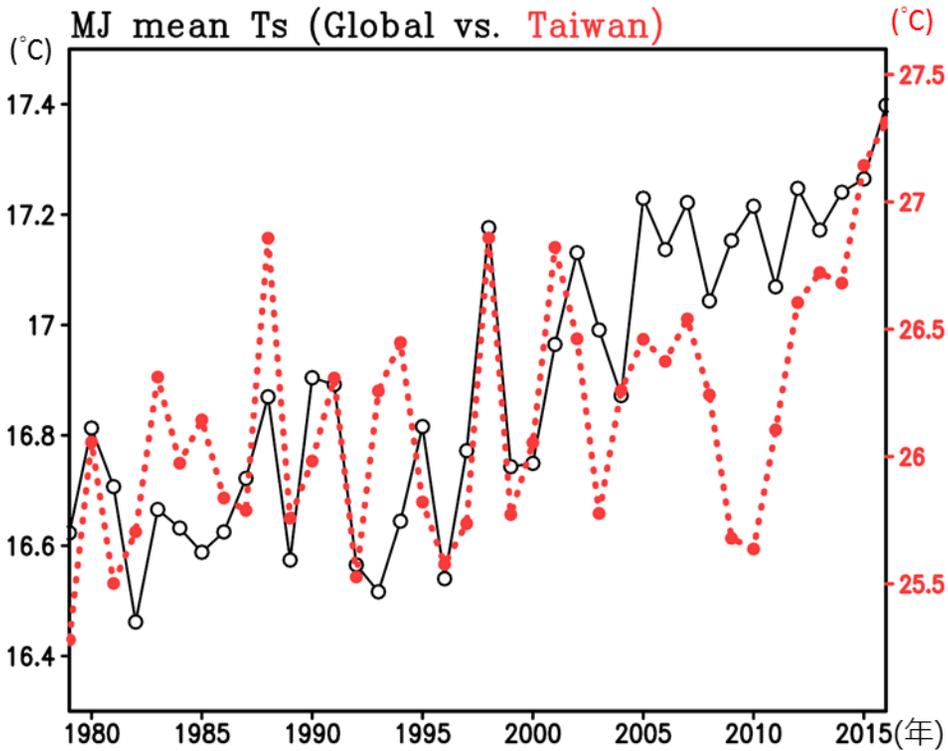


圖 1 1982-2016 年 5~6 月平均地表溫度(Ts)的年際變化。紅色虛點線為臺灣區域平均值，黑色實線為全球平均值。

在第二章中說明；第三章中將針對研究的分析結果進行描述及討論，並在第四章總結本研究之主要發現。

## 二、資料與研究方法

### (一) 觀測資料

延續 Huang and Chen (2015)之研究，在本研究中使用 1982~2016 年 5~6 月中央氣象局觀測之降雨資料作分析，選取時間較為完整的 21 個本島局屬測站，分別為淡水、鞍部、臺北、竹子湖、基隆、花蓮、宜蘭、臺南、高雄、臺中、阿里山、大武、玉山、新竹、恆春、成功、日月潭、臺東、嘉義、蘇澳、梧棲。其地理位置如圖 2 所示。另外，針對大氣環流場的分析，本研究採用美國國

家環境預測與大氣研究中心(National Center for Atmospheric Research)提供的再分析資料(Reanalysis 2，簡稱 NCEP R2) (Kanamitsu et al. 2002)。此資料為全球經緯網格資料，水平空間解析度為  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ，垂直空間解析度為 17 層，時間解析度為每 6 小時一筆。

### (二) 午後對流降雨定義

本研究中，以日降雨量大於 0.1 mm 之條件，作為判定各測站之雨日標準，當日降雨量小於或等於 0.1 mm 時則判定為無雨日，反之則為有雨日。而針對臺灣 CAR 個案的選取，則採用 Huang et al. (2015)及 Huang et al. (2016a, b)的定義，CAR 個案需符合以下條件：(1)午後(臺灣當地時間 1200~2200)的降雨量 $\geq$ 整日降雨量的 80%，且

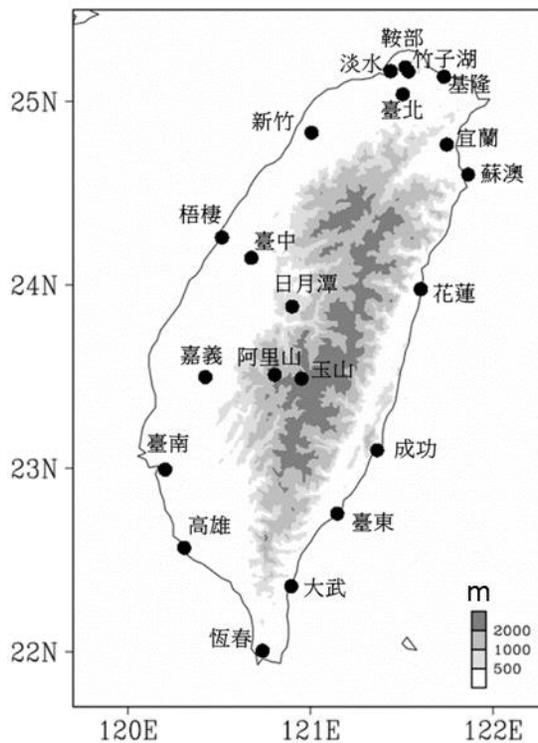


圖 2 臺灣本島地形（灰階色區）及 21 個局屬測站分布位置。

午前（臺灣當地時間 0100~1100）的降雨量 $\leq$ 整日降雨量的 10%。(2)從天氣圖及衛星雲圖的資料上，可判別影響臺灣的降雨系統非來自其他天氣系統（如颱風、鋒面系統）的影響。由於各地的午後對流降雨發生時間不同（林等 2012；Huang and Wang 2014），因此 Huang et al. (2015)及 Huang et al. (2016a, b)將 CAR 降雨量的定義為午後（臺灣當地時間 1200~2200）的降雨量 $\geq$ 整日降雨量的 80%，此為經驗測試結果，能有效大致分類 CAR 與其它類型降雨系統。而後再搭配天氣圖、雲圖的檢視，作個案的選取修正，能有效縮短個案定義所需耗費的時間。詳細有關 2016 年 5~6 月期間內 CAR 之發生特性（日數、雨量、降雨強度），以及相關統計檢定將於第三章節探討。

### (三) 水氣通量計算

對垂直方向積分的水平水氣通量 $Q$ 以下列方程式計算；

$$Q = \frac{1}{g} \int q V dp$$

$g$ 為重力加速度， $q$ 為模式各層平均比溼， $V$ 為模式各層平均水平風速， $dp$ 為所計算模式各層的深度（張等 2015）。

## 三、結果與討論

### (一) 降雨之氣候平均場特性

從 1982~2016 年梅雨季平均降雨量的分析結果（圖 3a）來看，可發現臺灣梅雨季降雨量較

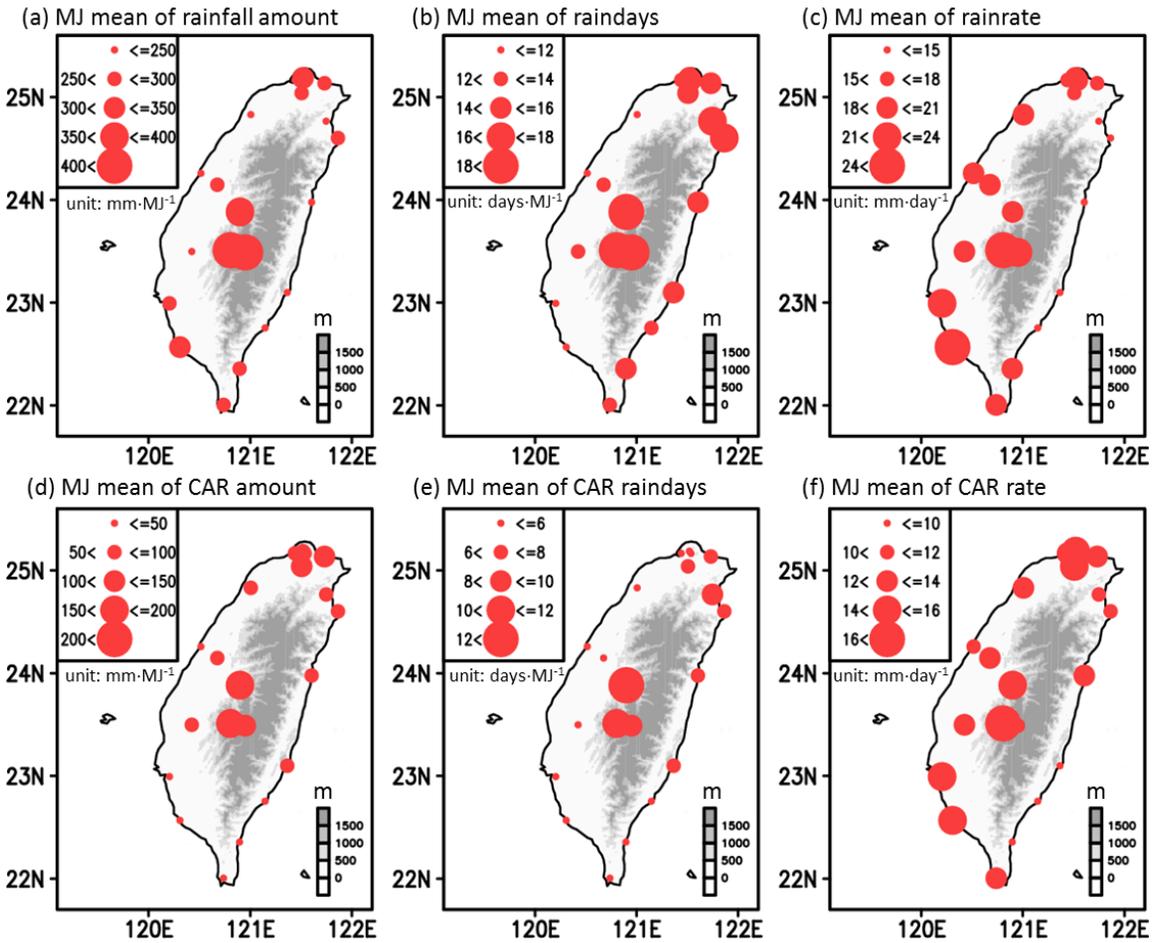


圖 3 1982~2016 年梅雨季 (5~6 月) 臺灣本島各測站之平均(a)總降雨量, (b)總降雨日數, (c)總日降雨強度分布。 (d)~(f)與(a)~(c)同, 但為 CAR 之分布結果。灰階色區為臺灣地形。

大區域, 通常分布在北部、西南部以及中部山區, 其中又以中部山區的降雨量較多(Wang and Chen 2008)。若進一步將降雨分為降雨日數 (圖 3b) 以及日降雨強度 (圖 3c) (即降雨量 = 降雨日數 × 降雨強度) 分析, 則可發現降雨發生頻率較高的地區, 主要位在臺灣北部、東半部以及中部山區 (圖 3b)。而就日降雨強度來看, 則以西半部及中部山區降雨較強 (圖 3c)。以上結果顯示臺灣梅雨季總降雨在頻率和強度特性上, 存在東、西差異: 降雨日數為東半部大於西半部, 而日降雨強度則為西半部大於東半部。

過去研究指出, 受到天氣系統與地形的交互作用, 臺灣梅雨季中不同類型的降雨系統 (如鋒面雨帶、午後對流), 其降雨量之空間分布特性亦不相同(Yen and Chen 2000; Wang and Chen 2008)。就 CAR 而言, 其降雨主要集中在北部地區及中部山區沿山脈走向的迎風面上 (圖 3d) (林與郭 1996; 陳等 2001; Lin et al. 2011)。若以降雨日數及降雨強度這兩種特性分析 CAR 的氣候特徵, 則可發現 CAR 之降雨日數 (圖 3e) 與總降雨日數 (圖 3b) 空間分布結果相似, 皆在中部山區有較大值, 且同樣東半部多於西半部。而 CAR 之日

降雨強度(圖 3f),則以北部、中部山區及西半部地區之強度較強,東半部地區之強度較弱。由此可知,臺灣梅雨季之 CAR 在頻率與強度的空間分布特徵上,同樣具有東、西差異。然須說明的是,上述推論主要是依據 21 個人工氣象站的觀測結果,對於具有複雜地形的臺灣,若要探討更詳細的 CAR 區域差異特性(如臺灣中南部之中央山脈西側山坡地降雨)(Chen et al. 2007; Kerns et al. 2010; Lin et al. 2011),則需使用長期的高密度自動雨量觀測站進行分析(e.g., 林等 2012)。

為瞭解 CAR 對於梅雨季總降雨貢獻的空間分布特性,我們進一步針對各測站分析 CAR 降雨量對於總降雨量的貢獻百分比( $= \frac{\text{CAR 降雨量}}{\text{MJ 總降雨量}} \times 100\%$ )(圖 4a)。由圖 4a 中可以看到 CAR 對於西半部之總降雨量貢獻百分比較其它地區小,這是因為梅雨季期間臺灣西半部的降雨主要來自於鋒面系統,而非 CAR 事件(Wang and Chen 2008)。

而對於其它地區,圖 4a 顯示 CAR 對於總降雨量之貢獻百分比則可達 35%以上,此結果與 Wang and Chen (2008)相近似。另一方面,從 CAR 對總降雨日之貢獻百分比( $= \frac{\text{CAR 降雨日數}}{\text{MJ 總降雨日數}} \times 100\%$ )的分布結果(圖 4b)中,亦可以看到與前人(Wang and Chen 2008; Huang et al. 2016a)研究結果相似的特徵:即臺灣東北部、東部及中部山區 CAR 降雨日數對於梅雨季總降雨日數貢獻較大(百分比約在 30~60%之間),尤其以中部山區特別明顯(約 60%)。

在下一小節中,本研究將分別針對上述各個特性(包括總降雨量、總降雨日、總降雨強度、CAR 降雨量、CAR 降雨日、CAR 降雨強度、CAR 貢獻百分比),分析 2016 年與氣候平均場之差異,藉此瞭解 2016 年梅雨季之降雨特徵是否與氣候平均有明顯差異。

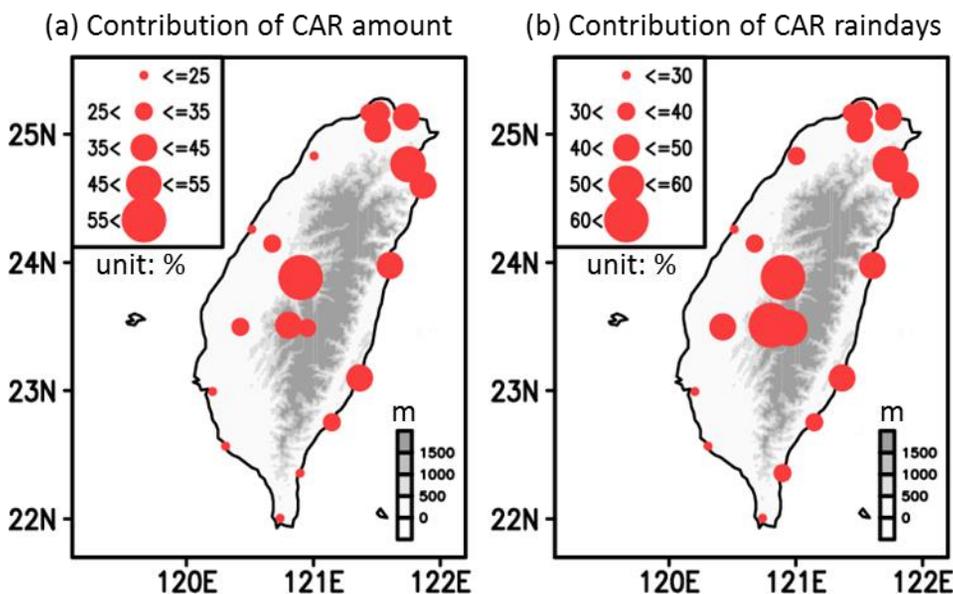


圖 4 1982~2016 年梅雨季(5~6 月)臺灣本島各測站之平均(a) CAR 降雨量對總降雨量之貢獻百分比(%), (b) CAR 降雨日數對總降雨日數之貢獻百分比(%). 灰階色區為臺灣地形。

### (二) 2016 年梅雨季降雨特色與氣候平均場之差異

圖 5a 為 2016 年梅雨季總降雨量與相對應之 1982~2016 年氣候平均場的差異。從圖中可發現，相較於氣候平均值，2016 年梅雨季的降雨僅在蘇澳有顯著增加(通過 90%統計檢定)，其餘測站之降雨量皆低於氣候平均值，且在中部山區、東南部的降雨量有顯著減少的特徵。而就降雨日數的差異(圖 5b)來看，則發現顯著降雨日數減

少的區域主要位在西北部(如新竹、淡水、鞍部)，降雨日數增加的區域主要位東北部(基隆、臺北、宜蘭)與中部山區西側(嘉義、日月潭)，這與圖 5a 中顯現的總降雨量差異並不相同。反之，日降雨強度的差異分布結果(圖 5c)則與總雨量差異結果(圖 5a)相似，幾乎全臺之降雨強度皆減弱，且在中部及東南部特別明顯。由以上結果可推知，2016 年梅雨季臺灣總降雨量的減少並非來自於降雨日數的變化，而是平均日降雨強度減弱的貢獻

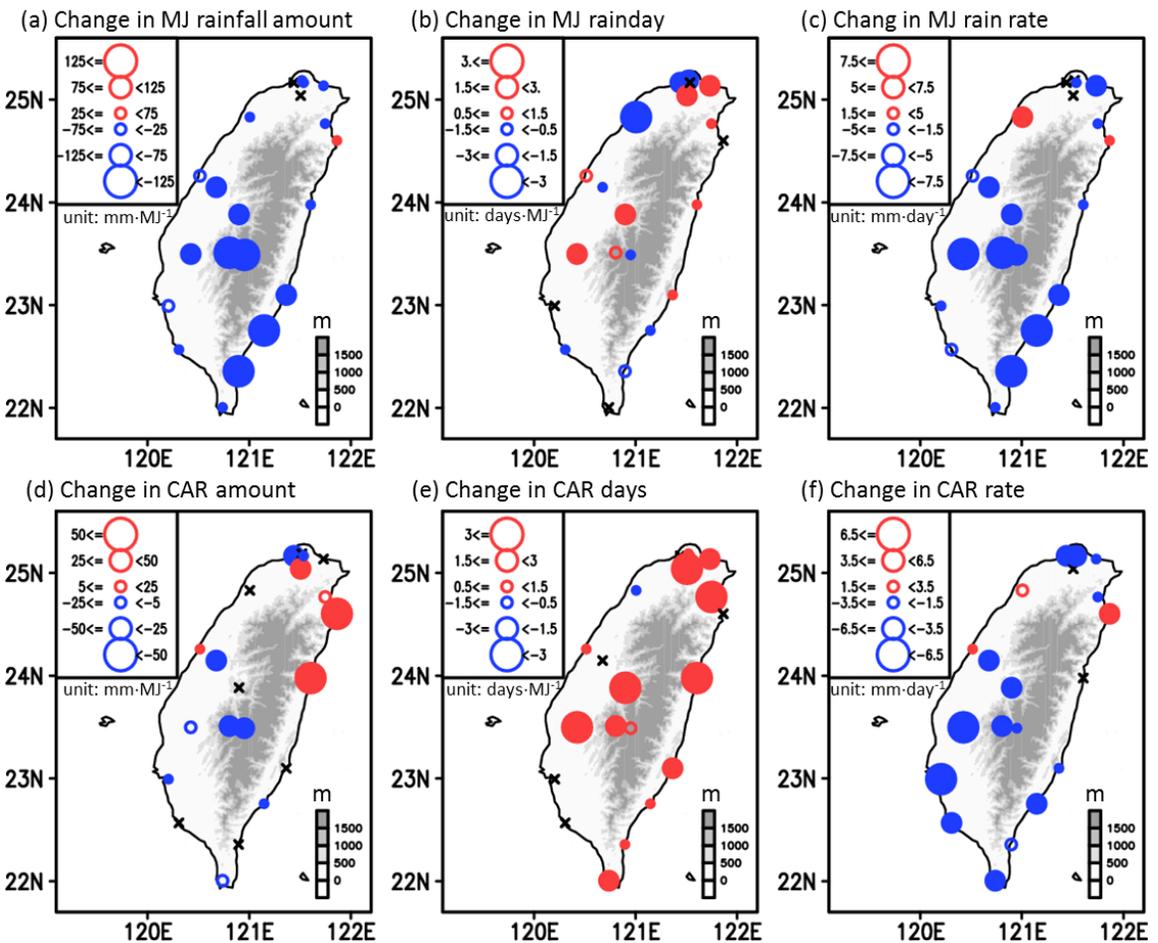


圖 5 2016 年梅雨季(5~6 月)降雨特色與氣候(1982~2016)平均值之差異：(a)總降雨量，(b)總降雨日數，(c)總日降雨強度。(d)~(f)與(a)~(c)同，但為 CAR 之分布結果。圖中的紅色圓點代表正距平(實心為通過 90%統計檢定)，藍色圓點代表負距平(實心為通過 90%統計檢定)，黑色 x 代表變化量極小之測站。灰階色區為臺灣地形。

獻所造成。

為找出 2016 梅雨季 CAR 的特性與氣候平均場之差異，我們亦將 2016 年梅雨季之 CAR 降雨減去氣候平均場之 CAR 降雨進行分析，其結果顯示 CAR 降雨量主要在臺灣東北部(含蘇澳、花蓮)地區增加，中部雖減少但較不明顯(圖 5d)。若將圖 5d 與圖 5a 相比，則可推知 2016 年臺灣梅雨季總降雨量在中部及東南部地區的減少(圖 5a)，其主要原因非來自於 CAR 降雨量的改變。而與圖 5d 所呈現之 CAR 降雨量變化不同，圖 5e 顯示除了新竹測站外，2016 年梅雨季之 CAR 降雨日在其他地區幾乎都呈現顯著增加，其中在東北部、東部及中部山區特別明顯。反觀 2016 年梅雨季之 CAR 日降雨強度變異(圖 5f)，則在大部分測站都是顯著減少的。由圖 5d-f 的結果可推知，2016 年臺灣梅雨季 CAR 降雨量的減少，同樣主

要是受到日降雨強度減弱的影響所致。

另一方面，針對 CAR 對總降雨量之貢獻百分比變化情形，我們發現相較往年，2016 年梅雨季之 CAR 貢獻百分比在西北部略為減少，但就臺灣整體而言 CAR 對總降雨量的貢獻增加，且東半部增加較西半部明顯(圖 6a)。而從 CAR 對總降雨日數之貢獻百分比的變動(圖 6b)來看，除了臺中測站外，全臺灣皆顯示 2016 年梅雨季 CAR 對總降雨日數之貢獻百分比，高於氣候平均值。比較圖 5d、6a 可發現，雖然平均而言 2016 年梅雨季 CAR 的雨量較氣候平均值低(圖 5d)，但其對梅雨季的總雨量貢獻卻是增加(圖 6a)的。

總結圖 3~6 的結果，我們可以發現 2016 年梅雨季降雨特性與氣候平均的差異，在總雨量以及 CAR 降雨量的變化上，皆因為降雨強度的減小，而使得其降雨量小於氣候平均。但值得注意

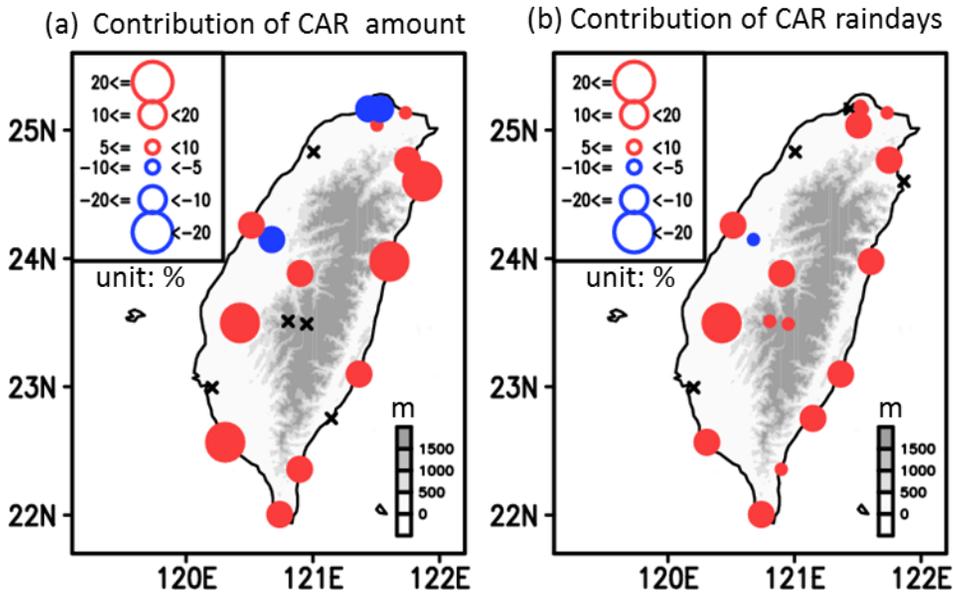


圖 6 (a) CAR 降雨量對總降雨量之貢獻百分比(%)之差值分布，(b) CAR 降雨日數對總降雨日數之貢獻百分比(%)之差值分布。此處差值定義為 2016 年梅雨季(5~6 月)減去氣候(1982~2016)平均值。圖中的紅色圓點代表正距平(實心為通過 90%統計檢定)，藍色圓點代表負距平(實心為通過 90%統計檢定)，黑色 x 代表變化量極小之測站。灰階色區為臺灣地形。

的是，CAR 不論是降雨量或是降雨日數在梅雨季的貢獻百分比皆增加。若以臺灣 CAR 對於梅雨季貢獻的長期變化（圖 7）來看，CAR 之降雨量對於梅雨季總降雨量的貢獻在近三十年來有增加的趨勢（圖 7a），而 CAR 降雨日對於梅雨季總降雨日貢獻的增加趨勢（圖 7b）則更為明顯，因此針對梅雨季 CAR 降雨所作的相關研究更顯重要。

### (三) 影響 2016 年梅雨季降雨特色變化之可能機制

此一小節中，我們將分別從熱力及動力之角度，針對環境場的變化進行分析，探討造成 2016 年梅雨季降雨特性變化的主要機制。首先，從臺灣測站之溫度變化進行討論。由各測站梅雨季之溫度差異分析結果（圖 8a）中，可以發現全臺測站在 2016 年 5~6 月之平均溫度皆高於氣候平均值（皆通過 90% 顯著檢定），尤以北部、中部及東南部地區之增溫幅度較高（ $\geq 1^{\circ}\text{C}$ ）。除了日均溫的變化外，從日最高溫度的變化（圖 8b）也可發現，雖在西南部測站（臺南、高雄）增溫幅度較小，但全臺之日最高溫皆高於氣候平均值（通過 90% 顯著檢定），特別在北部及中部特別明顯（ $\geq 1.8^{\circ}\text{C}$ ）。

由於上述溫度的分析僅為臺灣測站的分析結果，為更完整探討整個東亞地區熱力場的變化，我們進一步透過全球再分析資料，檢視 850hPa 的大氣溫度變化（圖 9a、9d 著色區）、熱力穩定度變化（ $-dT/dz$ ；圖 9b、9e 著色區）、緯向溫度梯度變化（ $-dT/dy$ ；圖 9c、9f 著色區）。此處  $-dT/dz$  的數值是以 850hPa 為中心，上下距離 1km 計算。在氣候平均狀態下，五、六月期間西北太平洋上有副熱帶高壓籠罩（圖 9a 等值線區），此時臺灣盛行偏南風，熱力不穩定度大（圖 9b）。受到冷暖

氣團之交會的影響，臺灣北方 25-35°N 處會有較大之溫度梯度並伴隨著較強之上升運動（戚 1964；Chen and Tsay 1977；Chen et al. 2004；Huang and Chen 2015），此特徵可從圖 9c 中上升運動與溫度梯度（ $-dT/dy$ ）之分析結果來看：臺灣北面（華中至日本一帶）有較大之溫度梯度及上升運動，意味著這一帶鋒面之發生頻率較高（Huang and Chen 2015）。

比較 2016 年梅雨季 850hPa 高度場與氣候平均值之差異（圖 9d 等值線區），可以發現西北太平洋有高壓增強、西伸的現象。而受到此高壓增強的影響，臺灣之溫度較氣候值高（圖 9d 著色區），此增溫現象與測站觀測（圖 8）相符。若進一步以垂直熱力不穩定度的變化來分析（圖 9e 著色區），也可以發現相似的分佈結果，在臺灣、華南及日本之熱力不穩定度增加，而在熱力不穩定度增加的情況下會使得局部對流較容易發生（Huang et al. 2015），進而使得 2016 年梅雨季之 CAR 發生頻率較氣候平均值增加（如圖 5e）。另外，影響 2016 年梅雨季臺灣鋒面降雨頻率的因素，則可以從 850hPa 高度場（圖 9d 等值線區）、緯向溫度梯度場（圖 9f 著色區）及上升運動場（圖 9f 等值線區）之變化來推論。副熱帶高壓增強、西伸（圖 9d），容易使得華中至日本一帶產生的鋒面不易南下，導致臺灣的鋒面降雨日數（10 日）較往年（約 13.6 日）少。此外，圖 9f 中顯示相較於氣候平均值，2016 年梅雨季之緯向溫度梯度、上升運動在華中至日本一帶增強，在臺灣附近則減弱，意味著 2016 年梅雨季之鋒面發生位置偏北、臺灣附近鋒面之發生頻率減少。

上述之分析結果皆為針對降雨發生頻率之探討，而降雨強度的變化則可以由水氣輻合場的變化來討論。過去研究（Chou et al. 2012；Huang and

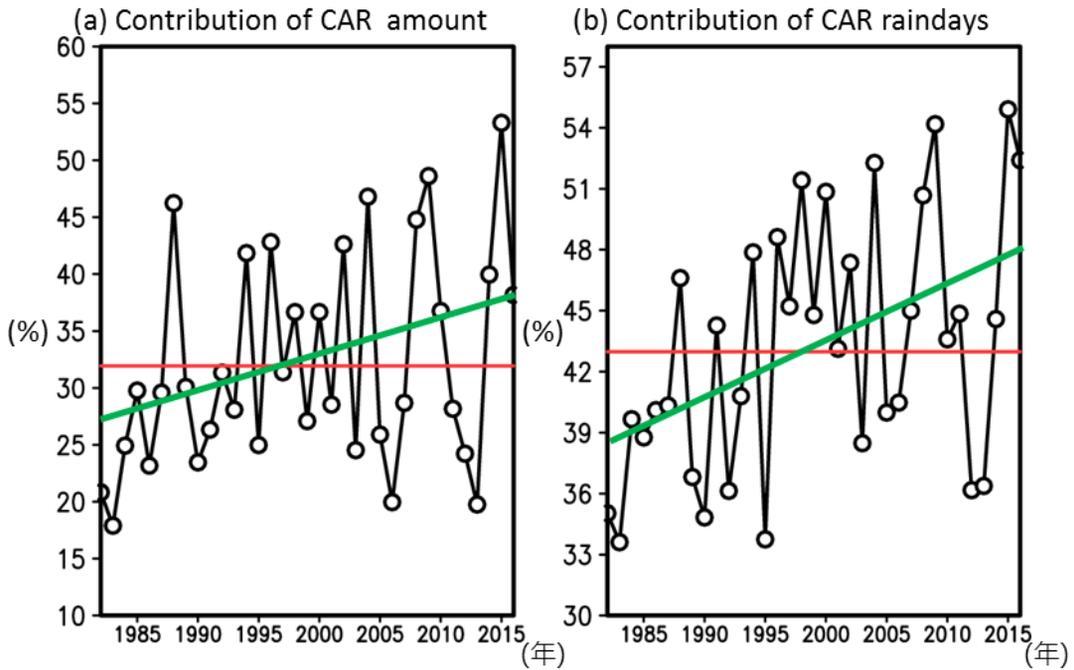


圖 7 梅雨季臺灣 21 個局屬測站之平均(a) CAR 對總降雨量之貢獻百分比(%)變化，(b) CAR 對總降雨日數之貢獻百分比(%)變化。紅線為氣候平均值，綠線為線性趨勢線。

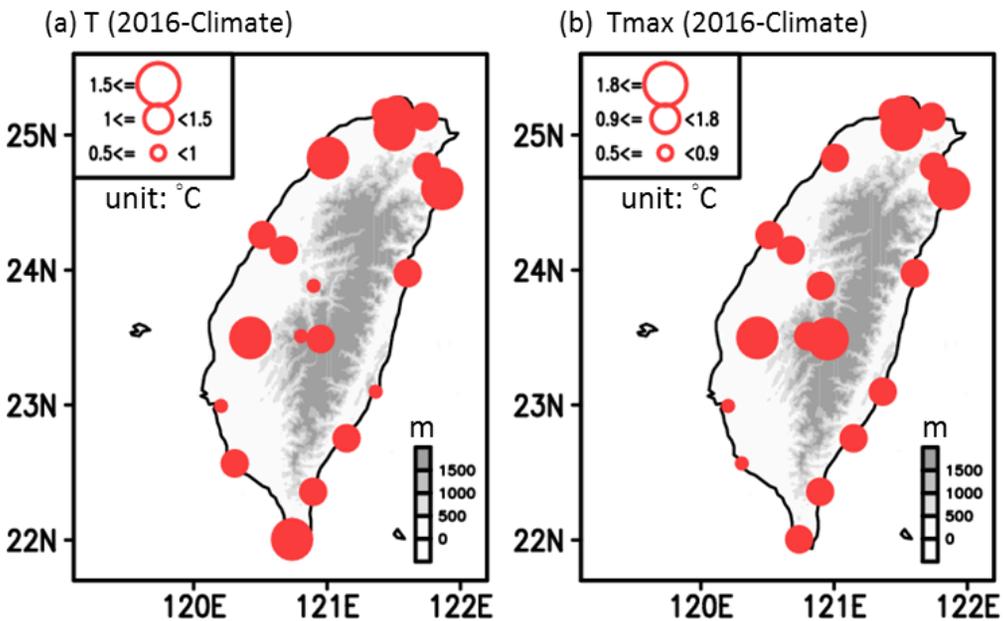
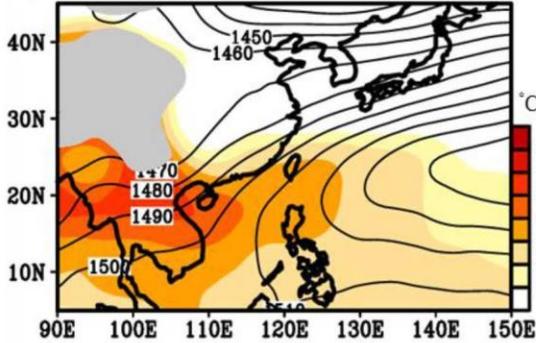


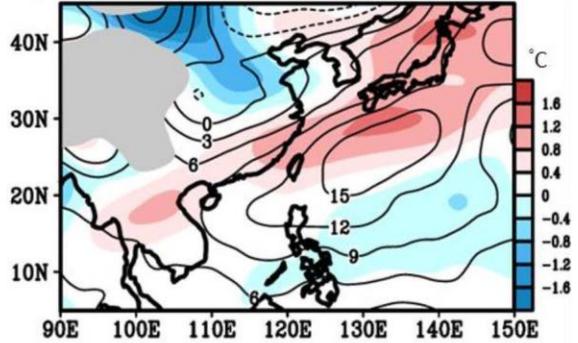
圖 8 2016 年梅雨季減去氣候平均值之差值分布：(a)日均溫(T)，(b)日最高溫度(Tmax)。圖中的紅色圓點代表正距平（實心為通過 90%統計檢定）。灰階色區為臺灣地形。

### 850hPa

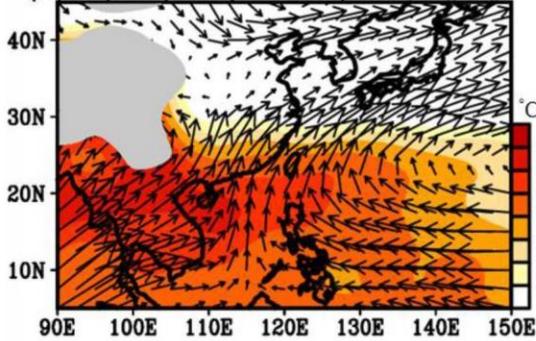
(a) Z, T (climate)



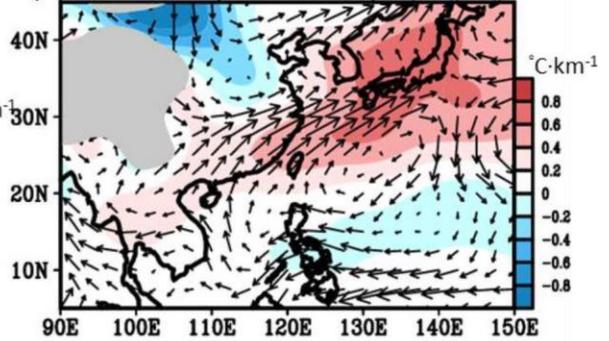
(d) Z, T (2016-clim.)



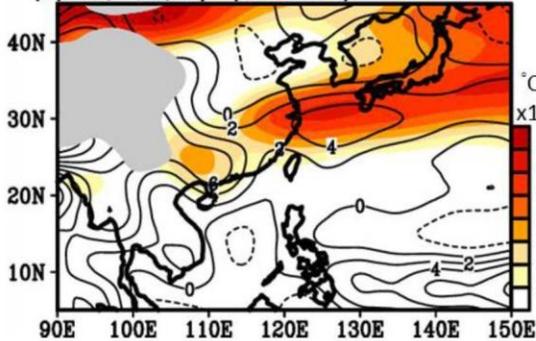
(b) V, -dT/dz (climate)



(e) V, -dT/dz (2016-clim.)



(c) -ω, -dT/dy (climate)



(f) -ω, -dT/dy (2016-clim.)

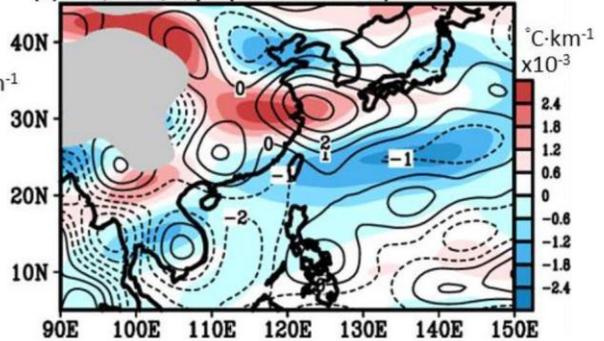


圖 9 1982~2016 年梅雨季之 850hPa 氣候平均場分布：(a)高度場 (Z, 等值線)、溫度場 (T, 著色區)，(b)水平風場 (V, 箭頭)、垂直熱力不穩定度場 (-dT/dz, 著色區)，(c)垂直風場 (-ω, 等值線)、緯向溫度梯度場 (-dT/dy, 著色區)。(d)~(f)與(a)~(c)同，但為 2016 年減去氣候平均 (1982~2016 年) 之差值分布。灰色區塊表示地勢高於 850hPa 的區域。

Chen 2015)指出降雨強度的變化主要受到水氣的輻合場變化所控制。從氣候平均場來看,就東亞地區來說,5~6月在華中至日本一帶有較大之水氣輻合帶,而降雨之分布與水氣輻合場分布相似,在臺灣、華南及華中往日本延伸之區域有較大值(圖 10a)。相較於氣候平均值,2016年水氣輻合僅在華中至日本一帶增加,在臺灣及其他區域則為減少,而降雨量的變化也有相似的分佈結果(圖 10b)。由此可知,2016年臺灣梅雨季之平均降雨強度(含 CAR 降雨強度)減弱與水氣輻合減弱息息相關。

#### 四、總結

2016年5~6月為臺灣有測站紀錄資料以來最暖的梅雨季。本研究以觀測資料,針對2016年5-6月臺灣梅雨季之降雨特性進行分析,主要研究議題包括:(1)瞭解2016年梅雨季午後對流降雨特性(含降雨量、發生頻率、降雨強度)變化;(2)找出午後對流降雨事件對2016年梅雨季總降雨的貢獻是否與往年不同;(3)探討大氣環流變化對2016年梅雨季降雨特性可能造成的影響。

研究結果發現,相較於氣候(1982~2016)平均值,整體而言,臺灣在2016年有CAR降雨量減少、CAR降雨頻率增加、CAR降雨強度減弱的現象,但CAR降雨量對梅雨季總降雨量貢獻百分比卻是增加的現象。進一步以熱力及動力角度,分析造成CAR降雨特性改變之因素,結果發現2016年梅雨季期間臺灣周圍環境不僅氣溫增加,垂直熱力不穩定度也增加,而垂直熱力不穩定度的增加,易使得CAR發生的頻率增加。此外,2016年梅雨季的CAR平均降雨強度較往年小,則是因為受到水氣輻合場在臺灣及南亞一帶較往年減弱的影響。另一方面,本研究亦發現2016年梅雨季之西太平洋副熱帶高壓強度較往年強,而在副熱帶高壓增強、西伸的影響下,鋒面不易南下,造成2016年梅雨季影響臺灣之鋒面降雨日數較往年少。這些研究成果,有助於瞭解臺灣梅雨季的降雨特性是如何受到氣候變遷的影響。

然須說明的是,除了受到大尺度環境變化影響,局部地形特徵所提供的環流變化也是決定CAR是否能夠生長的關鍵因素(Lin et al. 2012)。但因本研究所選用的測站空間分布密度不足,我

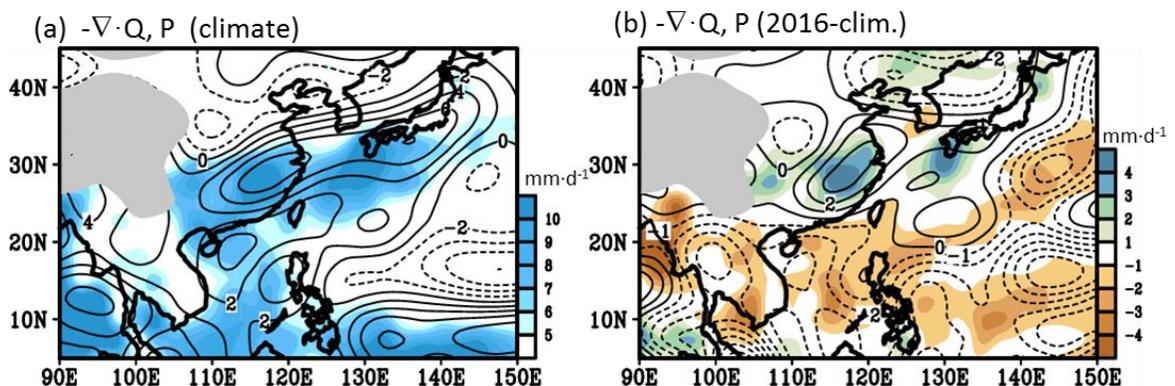


圖 10 (a) 1982~2016 年梅雨季之水氣輻合場 ( $-\nabla \cdot Q$ , 等值線)、降雨場 ( $P$ , 著色區) 之空間分布。(b) 與(a)相似, 但為 2016 年減去氣候平均 (1982~2016 年) 之差值分布。灰色區塊表示地勢高於 850hPa 的區域。

們無法從中得知更詳細的 CAR 局部特性，以及探討局部環流對 2016 年梅雨季午後對流降雨特性可能造成的影響。以臺灣中南部之中央山脈西側山坡地為例，此區域亦是午後對流發生的高頻區(Lin et al. 2011)，但本研究所使用的測站中，僅嘉義站位於此區域中，若 CAR 個案從形成、發展甚至減弱都未經過嘉義測站，則此個案便未於本研究中被探討。因此本文建議，後續研究可更進一步利用更密集的自動觀測降雨站資料，針對上述「局部環流對 2016 年梅雨季午後對流降雨特性可能造成的影響」這個議題進行深入討論。

## 致謝

感謝兩位匿名審查者的建言，讓本研究的論述得以更加完整。本研究在科技部計畫 MOST 104-2621-M-865-001，MOST 105-2119-M-003-002 及 MOST 105-2625-M-003-002 的資助下完成，特此感謝。

## 參考文獻

- 周仲島，2001：臺灣天氣研究計畫與綠島中尺度實驗簡介。科學發展月刊，**29(8)**，568-578。
- 林品芳、張保亮、周仲島，2012：弱綜觀環境下臺灣午後對流特徵及其客觀預報。大氣科學，**40(1)**，77-108。
- 林煒閔與郭鴻基，1996：1994 年南台灣夏季午後對流之研究。大氣科學，**24**，249-280。
- 徐明同與紀水上，1974：臺灣梅雨之分析。氣象學報，**20(4)**，25-44。
- 張鳳茹、黃婉如、王重傑，2015：長期氣候變遷對長江流域暖季東移雨帶的影響與評估：以 2009 年 5 月為例。大氣科學，**43(4)**，265-284。
- 戚啟勳，1964：臺灣之梅雨期。氣象學報，**10(2)**，1-12。
- 陳正改，1980：臺灣北部地區梅雨期之環流形式與降水特性。第二屆全國大氣科學學術研討會論文彙編，78-86。
- 陳正改，1998：臺灣梅雨面面觀。地球科學園地，**5**，12-21。
- 陳正改與蔡清彥，1980：影響臺灣北部地區之梅雨系統。大氣科學，**7**，49-58。
- 陳泰然，1987：臺灣乾濕梅雨期之平均環流特徵。大氣科學，**15(1)**，17-30。
- 陳泰然，1988：東亞梅雨鋒面之綜觀氣候特徵研究。大氣科學，**16**，435-446。
- 陳泰然，2001：臺灣地區之災變天氣與研究。科學發展月刊，**29(12)**，851-858。
- 陳泰然、周鴻祺、張子琦及劉志信，2001：梅雨季台灣北部地區鋒面型與非鋒面型午後對研究。大氣科學，**29**，37-52。
- 陳景森、陳宇能、林秉承、林沛練、劉哲伶、蘇炯瑞、彭文君，2007：梅雨季臺灣西南部豪雨之探討(1997~2006)。大氣科學，**35**，287-304。
- Chen, C.-S., and Y.-L. Chen, 2003: The rainfall characteristic of Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 1323-1341.
- Chen, G. T.-J., and C.-Y. Tsay, 1977: A detailed analysis of a case of Mei-Yu system in the vicinity of Taiwan, Tech. Rep. No. Mei-Yu-001, Dept. of Atmos. Sci., Natl. Taiwan Univ., 249 pp.

- Chen, G. T.-J., C.-C. Wang, and D. T.-W. Lin, 2005: Characteristics of low-level jets over northern Taiwan in Mei-Yu season and their relationship to heavy rain events. *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 20-43.
- Chen, G. T.-J., C.-C. Wang, and S. C.-S. Liu, 2003: Potential vorticity diagnostics of a Mei-yu front case. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 2680-2696.
- Chen, T.-C., S.-Y. Wang, and M.-C. Yen, 2007: Enhancement of afternoon thunderstorm activity by urbanization in a valley: Taipei. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **46**, 1324-1340.
- Chen, T.-C., S.-Y. Wang, W.-R. Huang, and M.-C. Yen, 2004: Variation of the east asian summer monsoon rainfall. *J. Climate*, **17**, 744-762.
- Chen, Y.-L., 1993: Some synoptic-scale aspects of surface fronts over southern China during TAMEX. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 50-64.
- Chou, C., C.-A. Chen, P.-H. Tan and K.-T. Chen, 2012: Mechanisms for global warming impacts on precipitation frequency and intensity. *J. Climate*, **25**, 3291-3306.
- Huang, W.-R. and K.-C. Chen, 2015: Trends in pre-summer frontal and diurnal rainfall activities during 1982-2012 over Taiwan and Southeast China: Characteristics and possible causes. *Int. J. Climatol.*, **35**(9), 2608-2619.
- Huang, W.-R. and S.-Y. Wang, 2014: Impact of Land-Sea Breezes at Different Scales on the Diurnal Rainfall in Taiwan. *Climate Dynamics*, **43**, 1951-1963.
- Huang, W.-R., H.-H. Hsu, S.-Y. Wang, and J.-P. Chen, 2015: Impact of atmospheric changes on the low-frequency variations of convective afternoon rainfall activity over Taiwan. *J. G. R. Atmos.*, **120**(17), 8743-8758.
- Huang, W.-R., Y.-H. Chang, C.-T. Cheng, H.-H. Hsu, C.-Y. Tu and A. Kitoh, 2016a: Summer Convective Afternoon Rainfall Simulation and Projection using WRF Driven by Global Climate Model. Part I: over Taiwan. *Terr. Atmos. Ocean Sci.*, in press. DOI: 10.3319/TAO.2016.05.02.01.
- Huang, W.-R., Y.-H. Chang, H.-H. Hsu, C.-T. Cheng, and C.-Y. Tu, 2016b: Summer Convective Afternoon Rainfall Simulation and Projection using WRF Driven by Global Climate Model. Part II: over South China and Luzon. *Terr. Atmos. Ocean Sci.*, in press. DOI: 10.3319/TAO.2016.05.02.02.
- Kanamitsu, M., W. Ebisuzaki, J. Woollen, S.-K. Yang, J. J. Hnilo, M. Fiorino, and G. L. Potter, 2002: NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **83**, 1631-1643.
- Kerns, B. W. J., Y.-L. Chen, and M.-Y. Chang, 2010: The diurnal cycle of wind, rain, and cloud over Taiwan during the Mei-Yu, summer, and autumn rainfall regimes. *Mon. Wea. Rev.*, **138**, 497-516.
- Kuo, Y.-H., and G. T.-J. Chen, 1990: The Taiwan area mesoscale experiment (TAMEX): An overview. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **71**, 488-503.

- Lin, P.-F., P.-L. Chang, B. J.-D. Jou, J. W. Wilson, and R. D. Roberts, 2011: Warm season afternoon thunderstorm characteristics under weak synoptic-scale forcing over Taiwan Island. *Wea. Forecasting*, **26**, 44-60.
- Lin, P.-F., P.-L. Chang, B. J.-D. Jou, J. W. Wilson, and R. D. Roberts, 2012: Objective prediction of warm season afternoon thunderstorms in northern Taiwan using a fuzzy logic approach. *Wea. Forecasting*, **27**, 1178-1197.
- Wang, S.-Y., and T.-C. Chen, 2008: Measuring East Asian summer monsoon rainfall contributions by different weather systems over Taiwan. *J. Appl. Meteor. Clim.*, **47**, 2068-2080.
- Yen, M.-C., and T.-C. Chen, 2000: Seasonal variation of the rainfall over Taiwan. *Int. J. Clim.*, **20**, 803-809.

# Convective Afternoon Rainfall Activities in Taiwan during the 2016 Meiyu Season

Ya-Hui Chang Wan-Ru Huang\*

Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan

(manuscript received 30 September 2016 ; in final form 15 November 2016)

## ABSTRACT

During the Meiyu season (May and June) of year 2016, the seasonal mean temperature reaches the record high in Taiwan. Because the change in local temperature refers the change in local atmospheric thermal instability, which is important to the convective afternoon rainfall (hereafter CAR) formation, it is expected that the rainfall characteristics in Taiwan during the 2016 Meiyu season are very different to the climatological mean status. The main objective of this study is to find out how the 2016 Meiyu season rainfall characteristics (especially CAR) in Taiwan have changed in response to the atmospheric thermodynamical changes. Using the data extracted from 21 surface observations in Taiwan, our results showed that for most stations during the 2016 Meiyu season (1) the occurrence frequency of CAR is above normal, in response to the increase in local thermal instability; (2) the magnitude of CAR rate is below normal, in response to the decrease in moisture flux convergence; (3) the CAR's contribution to total rainfall amount is above normal due to the increase in CAR frequency not the change in CAR rate. Analyses also indicated that the frontal rainfall amount during the 2016 Meiyu season is below normal, mainly due to that the intensification of subtropical high has prevent the Meiyu frontal systems moving southward to affect Taiwan.

**Key Words: Meiyu season, Afternoon convection, Rainfall. doi: 10.3966/025400022016124404001**

---

\*Corresponding Author: W. R. Huang, Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University, No. 88, Sec. 4, Tinchou Rd., Wenshan District, Taipei 11677, Taiwan. E-mail: wrhuang@ntnu.edu.tw