

# 台灣過去百年的氣候變化特性

盧孟明、卓盈旻、徐堂家、李清騰、林昀靜、李思瑩

中央氣象局氣象科技研究中心

## 一、前言

臺灣地區氣候變遷的輪廓可藉由分析降雨、溫度等氣候要素的長期變化勾勒出來，觀測資料的齊備程度決定了輪廓精細的程度。臺灣本島目前有6個測站的觀測資料有百年紀錄，雖然這些測站或有搬遷，或有短暫資料中斷，但是對於勾勒出臺灣的氣候變化輪廓並無嚴重影響。

關於臺灣地區氣候變化的研究，國內過去已有相當多的研究成果。在降雨方面，全島平均雨量的變化趨勢在不同地理位置的測站或區域平均變化趨勢不甚相同。全年總雨量雖然年與年之間的變化不小（汪 2006），但是 100 年尺度線性變化趨勢並沒有明顯的上升或下降（盧、麥 2003，汪 2006，柳等 2008，陳 2008，Hsu and Chen 2002）。百年變化在秋季有雨量增加的趨勢（盧、麥 2003，柳等 2008），夏季和冬季的雨量都有減少趨勢（盧、麥 2003，柳等 2008），但 1980 年代初期以後北部平地的冬季雨量有增加的趨勢（Hung and Kao 2010）。春季雨量減少趨勢近 30 年比過去的變化大，其中以阿里山減少的趨勢最明顯（柳等 2008）。分區來看則發現北部的雨量有增多趨勢（柳等 2008，Hsu and Chen 2002），西南部和東部都有減少趨勢（柳等 2008，Hsu and Chen 2002，Yu et al. 2006）。

全年降雨日數百年來有下降趨勢（陳 2008，Hsu and Chen 2002，Hung and Kao 2010），小雨事件出現頻率（降雨天數）也有下降，越近期下降的趨勢越明顯，大雨頻率則增多（柳等 2008，Shiu et al. 2009）。由於小雨減少和大雨增加相互抵銷，使得總雨量變化趨勢不明顯。因降雨時數減少，而總雨量變化不大，故每單位時數降雨量（降雨強度）有增強的趨勢（汪 2006，Hsu and Chen 2002，Shiu et al. 2009）。

溫度長期變化不像降雨有那麼大的區域性差異，

全臺平均氣溫與各區域的平均變化趨勢相當一致。百年來的氣溫變化趨勢普遍呈現上升，中央氣象局（2009）根據 21 個測站分析臺灣平均溫度的變化，指出 1897 年至 2008 年全臺全年平均氣溫 100 年上升了 0.8°C（都會區 1.4°C、西部市鎮 0.9°C、東部市鎮 1.3°C、山區 0.6°C、平地 1.2°C、離島 1.1°C）。不同研究者因使用資料站數和年份不同，而計算出不同的溫度變化結果，但全年溫度變化方面的趨勢一致。季節變化方面，柳等（2008）發現 100 年來春季氣溫上升幅度最大，陳（2008）發現夏季的百年增溫幅度高於冬季。近 30 年的變化趨勢以冬季的增溫現象要比其他季節明顯，其他季節在 30 年趨勢中也有增加，但沒有冬季上升的顯著（柳等 2008，陳 2008）。

極端降雨事件在臺灣西部沒有增加的趨勢，而北部與東部則有增加的趨勢（盧等 2007，陳 2008）。近五十年日雨量達 350mm 的超大豪雨事件，發生次數最多的前 10 名年份中，有 8 名發生在 1991 年之後（陳 2008）。1996 年之後日降雨量的極端值有增加的趨勢，其中 6 年出現日雨量超過 800mm，甚至有超過 1000mm 的情形發生（周 2007）。Liu et al. (2009) 分析臺灣冷暖年對應的降雨變化，發現暖年強降雨事件是增加的，而冷年強降雨事件則減少。氣候暖化會增加強降雨及減少弱降雨發生的機會，1961 年至 2005 年全球平均溫度約增加 0.7°C，這段期間臺灣前 10%強降雨增加約 100%，降雨型態傾向增強的現象。

中央氣象局（2009）指出近 50 年侵臺颱風發生頻率為每 10 年增加 0.1 個的趨勢，近 30 年為每 10 年增加 0.3 個。過去近半個世紀的資料顯示侵臺颱風有明顯的颱風活躍期及非活躍期，其中 60 年代為颱風活躍期、70 年代及 80 年代初期為颱風非活躍期、80 年代後期直到 2005 年再次進入另一活躍期，此現象與西北太平洋颱風活動一致（周 2007）。近 40 年來侵臺（中

心通過 119°E~125°E 和 21°N~26°N 範圍) 颱風數量呈現上升的趨勢 (李、賈 2008)，颱風個數在 2000 年出現明顯的轉變，2000 年之後由每年平均 3.3 個 (1970~1999 年) 增加為 5.7 個 (Tu et al. 2009)。

游保杉 (2007) 分析了近 80 年來的乾旱特性，發現中、南部地區乾旱發生次數雖略有減少之趨勢，但於乾旱延時、乾旱量及強度 3 方面均呈現明顯增加，表示氣象乾旱有嚴重化之趨勢。花蓮地區乾旱發生次數略增，但其餘乾旱特性均明顯減少，氣象乾旱漸趨緩和。臺東地區乾旱特性卻與花蓮相反，臺東站有偏乾現象，唯強度並不強。

中央氣象局 (2009) 指出近 50 年來冷日減少的現象在山地比平地明顯，日均溫低於 10°C 的日數在山區 50 年來減少 19 天，平地則為 50 年減少 1 天。極端高溫 (高於 36°C) 的發生天數於過去 40 年無明顯變化趨勢，然而極端低溫 (低於 10°C) 的發生日數則顯著減少，亦呈現出日夜變化趨勢的不對稱性 (Shiu et al. 2009)。百年來夏天高溫日數變多的情形是逐漸進行的，但冬季寒流日數的減少，是在最近二十多年才有較明顯的轉折，這也說明了影響臺灣冷、暖季長期溫度變化的因素可能不完全相同 (陳 2008)。

本文中分析 6 個有百年以上歷史的本島測站和 4 個 60 年以上歷史的外島測站資料，說明具有統計上顯著意義的臺灣氣候變遷現況。第二節中說明研究中所使用的資料和分析方法，第三節討論台灣過去百年的氣候變化特性，第五節為結論。

## 二、資料與方法

本研究挑選 6 個具有百年以上長期記錄的氣象測站，分別是臺北、臺中、臺南、恆春、花蓮和臺東，資料分析期間為 1911 年至 2009 年。風向和風速資料因臺南資料有遺漏，改以宜蘭測站代替，分析期間取 1950 年至 2009 年。選取的外島測站為彭佳嶼、蘭嶼、澎湖和東吉島 4 站。

平均氣候狀態的長期變化分為全年與季節平均，季節劃分取 3 月至 5 月為春季，6 月至 8 月為夏季，9 月至 11 月為秋季和 12 月至次年 2 月為冬季。空間上用 6 個測站的平均代表臺灣全島。氣候的參考基期為 1980~1999 年。變化趨勢除了計算 1911 年至 2009 年的

百年線性變化幅度外，也計算近 50 年與近 30 年的變化趨勢，以瞭解變化趨勢的穩定性。

## 三、結果

### (一) 降雨

臺灣年總雨量 (日雨量  $\geq 0.1\text{mm}$ ) 的百年變化趨勢並不明顯，但降雨日數有明顯下降的趨勢。6 個測站分別來看，則發現臺北與花蓮站的百年變化有增加的趨勢而其餘測站都是減少趨勢，但僅有臺北和恆春通過統計檢定。這這些結論與前人研究的結果一致，即雨量在北、東部增加，在南部則減少。四個季節中以冬季的降雨量變化趨勢最不明顯。全島平均雨量在近 30 年夏季有顯著的上升趨勢，分站來看以臺中的上升趨勢最明顯，通過統計顯著性檢定。臺中近 50 年的雨量增加趨勢也相當明顯。

在總降雨日數 (日雨量  $\geq 0.1\text{mm}$ ) 的變化方面，圖 1.a 顯示全島平均的年總降雨日數不論是在 100 年、50 年與 30 年都有明顯下降的趨勢，100 年趨勢為 10 年減少 4 天，近 30 年則增至每 10 年減少 6 天，最近一次發生的 2002~2004 年乾旱事件是 100 年以來降雨日數最少的 3 年。圖 1.b 顯示全島 6 個測站的雨日普遍呈現下降的趨勢，其中以恆春日數的減少最為明顯。各測站 100 年減少趨勢都通過了統計檢定，50 年減少趨勢在臺中和臺北都不顯著，30 年減少趨勢則只有在花蓮和恆春達到統計顯著性。對照上述雨量分析結果，臺北 100 年雨量有增加的趨勢，降雨日數卻在減少，顯示降雨強度有增強的情形。事實上，6 個測站近 30 年都有年總雨量增加但降雨日數減少的情形，至於造成雨量和降雨日數不同變化的原因有何不同，值得繼續探討。雨日的變化比雨量明顯，全島四個季節降雨日數的百年變化都是呈現明顯下降的趨勢 (圖略)，其中夏季全臺 6 個測站都通過了統計顯著性檢驗，以臺南和恆春減少最多。臺中的雨日減少不如其他測站那麼明顯。

許多研究指出臺灣的小雨降雨日數有明顯的下降趨勢，本文中以日雨量不超過 1.0 mm 者界定為「小雨」。結果顯示臺灣小雨日數有大幅度減少的趨勢，100 年趨勢為每 10 年減少 2 天，而近 30 年增加為每 10 年減少 4 天。6 個測站的分析結果一致顯示小雨年發生日數有下降趨勢，以恆春近 30 年的減少趨勢最為

明顯（每 10 年減少 10 天），佔年總降雨日數下降幅度的 78%，表示恆春降雨日數的減少主要發生在小雨的部分。

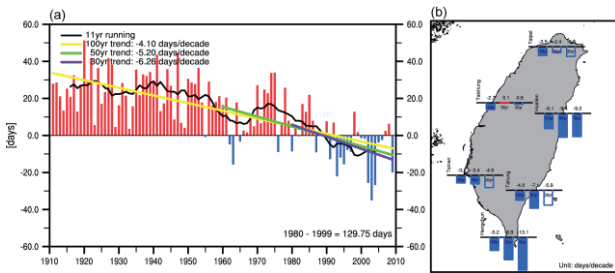


圖 1：臺灣年總雨日數之時間序列與變化趨勢。(a) 1911~2009 年臺灣年總雨日數，年總雨日數是根據臺北、臺中、臺南、恆春、花蓮和臺東 6 個測站的總雨日數平均，黑線表示 11 年滑動平均的結果，黃線為 100 年迴歸線，綠線為 50 年，紫線為 30 年，實線表示線性變化趨勢通過了 95% 的信心度檢定，虛線則表示未通過檢定。根據各迴歸線斜率計算的變化趨勢標示於圖左上角，1980~1999 年氣候基期的年總雨日數數值標示在圖右下角。(b) 長條圖從左到右是各測站的 100 年、50 年、30 年變化幅度。實心長條圖表示變化趨勢通過了 95% 的信心度檢定，空心長條則表示未通過。

## (二) 溫度

臺灣年均溫在 1911 年至 2009 年期間從 1911 年開始就持續上升（圖 2.a），百年間上升了 1.4°C，增溫幅度相當於  $0.14^{\circ}\text{C}(10\text{yr})^{-1}$ 。近 30 年的增溫速率明顯加快，增溫幅度為  $0.29^{\circ}\text{C}(10\text{yr})^{-1}$ ，是百年趨勢值的 2 倍。圖 2.b 顯示各測站不論是 100 年、50 年還是 30 年變化，上升趨勢都相當顯著，臺北在 3 個不同時期的升溫速率都是 6 站中最高，恆春的增溫幅度最小。近 30 年西岸測站的增溫趨勢明顯高於東岸。

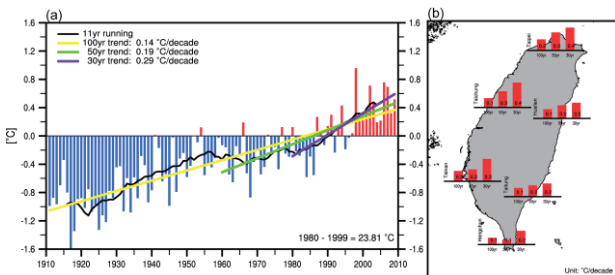


圖 2：同圖 1，但為臺灣年平均溫度之時間序列與變化趨勢。

在季平均溫度變化方面，雖然各季氣溫都呈現上升趨勢，但程度有所不同。圖 3 為臺灣四個季節的平均溫度變化，圖 3.a 顯示春季溫度除了有明顯的百年上升趨勢外，在 1950 年至 1990 年期間還有明顯的上下振盪

現象，近 30 年的上升趨勢轉為明顯。雖然夏季平均氣溫百年上升幅度和春季相當，但近 30 年的上升幅度明顯低於春季，僅為春季的 0.56 倍。秋季平均氣溫變化（圖 3.c）在 100 年、50 年、30 年 3 種時期的暖化幅度都比春、夏兩季更大，除了 50 年上升幅度與全年平均溫度相同外，100 年與 30 年的上升幅度也大於全年平均氣溫的上升幅度，顯示臺灣秋季氣候變化相當明顯。冬季平均氣溫變化（圖 3.d）的 100 年暖化趨勢和全年平均與春、夏、秋三個季節相比都偏小，但是近 50 與 30 年的暖化幅度是全年與四季之冠。比較冬季與其他季節的溫度變化，可以看到冬季在 2000 年之後溫度偏高的程度最為明顯，但是在 1940 年之前溫度偏低的現象並不特別明顯，冬季並不像其他季節在 1960 年至 1990 年期間的溫度明顯高於 1910 年至 1940 年期間。雖然四季的氣溫都是在增加，但由變化過程中可以發現，冬季和春季年平均溫度不同時期的差異較大，有明顯的上下振盪，夏季和秋季溫度則是呈現穩定的上升。

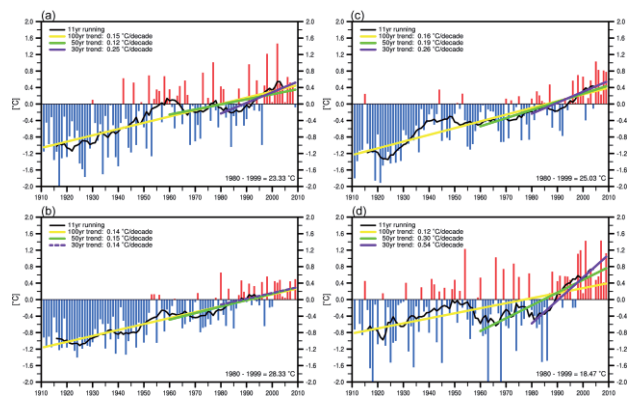


圖 3：同圖 1.a，但為季節平均溫度之時間序列與變化趨勢，分別是 (a) 春季 3~5 月，(b) 夏季 6~8 月，(c) 秋季 9~11 月，(d) 冬季 12~2 月。

全島平均氣溫變化只有近 30 年的夏季的上升不顯著，其他季節的上升幅度都相當顯著；值得一提的是雖然近 30 年夏季溫度上升幅度不顯著，雨量卻有顯著偏多的趨勢，顯示臺灣夏季降雨的長期變化趨勢不受制於溫度。6 個測站的暖化以恆春的暖化信號最弱，臺北信號最強。冬季各測站的 100 年、50 年還是 30 年都有顯著的上升趨勢，以臺中站溫度的近 30 年上升速度最快。

## (三) 風速

各測站風速都有明顯的季節性差異，分別觀察全年、冬半年（10 月至次年 3 月）和夏半年（4 月至 9 月）平均風速的長期變化特徵較能了解臺灣風速的長期變化。分析各測站風速的變化結果，顯示各測站近 60 年



來的風速變化趨勢以減弱為主，本島測站以臺東的風速下降幅度最大，年平均風速每10年減少 $0.29\text{ms}^{-1}$ ，冬季平均每10年風速下降 $0.37\text{ms}^{-1}$ ；外島站則以澎湖的風速變化幅度較大，全年風速每10年下降 $0.36\text{ms}^{-1}$ ，冬季風速下降 $0.51\text{ms}^{-1}$ ，其他外島測站全年和冬季平均風速都在減小，但幅度遠小於澎湖。宜蘭與花蓮的變化趨勢則為增加，宜蘭夏季平均風速的增加幅度最明顯，為10年增加 $0.10\text{ms}^{-1}$ 。宜蘭風速的長期變化與其他測站差異甚大，確實原因仍待研究。

#### (四) 豪雨

根據氣象局的雨量分級定義，統計1911年至2009年臺灣地區豪雨(日雨量 $\geq 130\text{mm}$ )和大豪雨(日雨量 $\geq 200\text{mm}$ )的年發生日數變化(圖4)，發現豪雨和大豪雨日數的100年線性變化趨勢都不顯著，但是近50、30年有明顯增多的趨勢，圖4.b顯示大豪雨日數的50和30年趨勢值都通過統計檢定。圖4.b也顯示臺灣大豪雨日數有大約50~60年週期的年代際變化現象，1920~1935年與1965~1985年大豪雨日數都偏低，1940~1960年和1985年之後大豪雨日數都偏高，不論在日數偏多或日數偏少的年代，年與年之間的差異還是相當明顯。

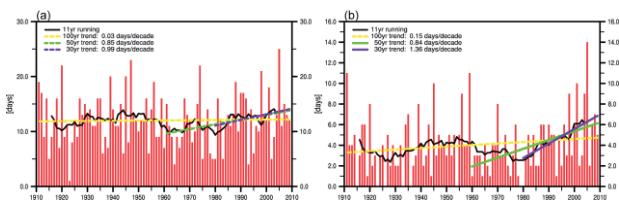


圖4：統計1911~2009年以臺北、臺中、臺南、恆春、花蓮和臺東6個測站總體為代表臺灣地區 (a) 豪雨(日雨量 $\geq 130\text{mm}$ )、(b) 大豪雨(日雨量 $\geq 200\text{mm}$ ) 發生日數。黑線表示11年滑動平均的結果，黃線為100年迴歸線，綠線為50年，紫線為30年，實線表示線性變化趨勢通過了95%的信度檢定，虛線則表示未通過檢定，根據各迴歸線斜率的變化趨勢標示於圖左上角。

#### (五) 颱風

依照「通過台灣300公里颱風」(李 2011)的定義，統計1961年至2009年颱風中心最大風速達到34kts之熱帶風暴的年發生個數，結果顯示颱風個數年際變化大，50年和30年的分析結果皆顯示影響臺灣颱風個數有增加的趨勢，但兩種趨勢值皆未達統計檢定標準。由11年滑動平均可以看到在1960年至1990年颱風個數並沒有明顯上升或減少趨勢，至1990年以後才開

始上升，表示最近20年影響臺灣的颱風個數在增加。

依中央氣象局的颱風強度定義，統計颱風生命史中達到最大強度的個數。圖5為1961~2009年在生命史中為輕度或曾達中度或強烈颱風的個數，將颱風分為不同強度來看之後，長期變化的趨勢更為明顯。中度以上颱風長期變化有增多的趨勢，尤其是強烈颱風增加速率顯著，每10年增加0.57個。颱風個數也出現明顯的年代際變化，1970年至1990年期間影響臺灣的颱風以輕颱較多，中颱與強颱都較少；而2000年之後輕颱個數沒有明顯變化，中颱與強颱都在增加。輕颱與中颱發生個數約有20~30年週期的振盪現象，強颱則在1980年之後有突然增多的情形，顯示強颱個數在1980年代有一個顯著的轉變。

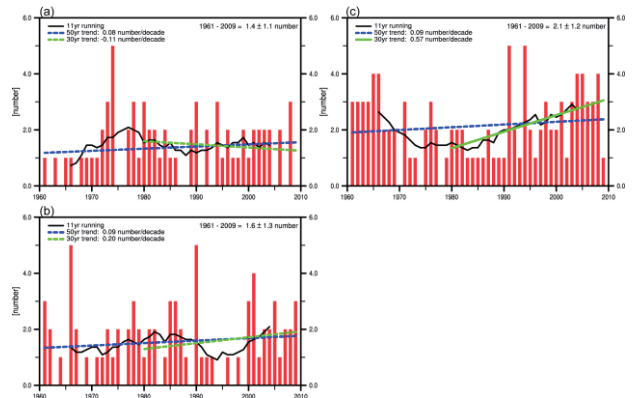


圖5：同圖4，但為通過台灣300公里颱風在生命史中為 (a) 輕度，或曾達 (b) 中度，(c) 強烈颱風個數統計。

#### (六) 連續不降雨日

氣候變遷對乾期 (dry spell) 的影響可藉由分析極端連續不降雨事件的日數變化得知，不降雨日定義為日雨量低於 $0.6\text{mm}$ ，連續不降雨日數重現期大於2年者為極端偏乾事件。6個測站連續最大不降雨日數2年重現期的日數門檻值分別為臺北18天、臺中43天、臺南51天、恆春32天、花蓮17天和臺東23天；由於臺灣中、南部地區的乾濕季對比明顯，降雨主要集中在梅雨和颱風季，所以連續不降雨日時間較長。圖6為各測站乾期超過2年重現期門檻值的10年累計發生次數，其中以花蓮極端偏長乾期出現頻率的增加現象最明顯，恆春在1980年代之後也有類似的特徵，臺北的極端偏長乾期也是在1970年之後的30年比之前的30年頻繁，這些結果和冬季降雨日數下降的趨勢相當一致。臺南和臺中的極端乾期變化和其他測站比較不相似，可能是因為這兩個測站的門檻值較高，極端事件發

生原因受到季節轉變的影響大於其他因素所致。

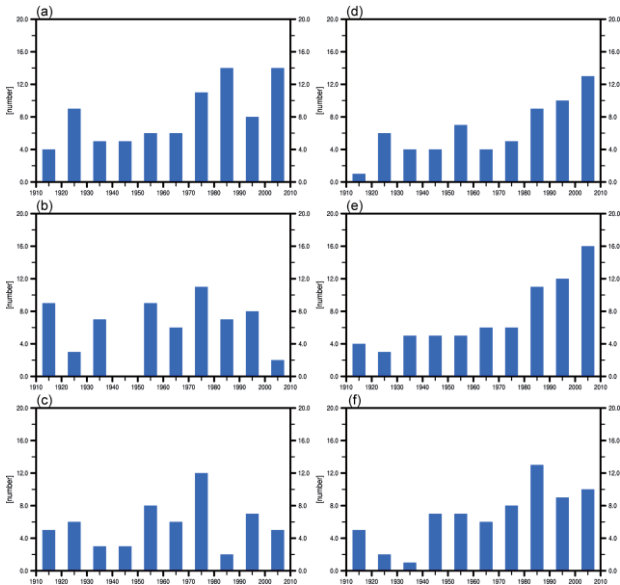


圖6：以10年為期距統計乾期超過2年重現期門檻值的計發生次數，分別為 (a) 臺北、(b)臺中、(c) 臺南、(d) 恆春、(e) 花蓮、(f) 臺東。

### (七) 極端溫度

極端高溫事件發生頻率統計，是以夏季（6月至8月）日最高溫的溫度累積機率分布來定義極端高溫的門檻值，即以各測站99年（1911~2009年）日最高溫機率分布累積機率達90%的溫度值作為門檻，統計每年日最高溫達到門檻值的日數。圖7為1911年至2009年的極端高溫日數變化情形，6個測站的高溫日數百年變化都呈現增加的趨勢，以臺北站增加幅度最大，每10年增加1.36日。臺北站近50年的極端高溫日數上升速度為每10年2.06日，近30年的上升速度則為每10年3.96日，2000~2009年的高溫日數比1910~1920年平均增加了10天以上，變化相當明顯。臺南和恆春的極端高溫日數變動幅度比較大，臺南自1911年以來極端高溫日數最多的時期出現在1955~1965年，恆春則出現在1950~1960年，都不是在2000年以後。

統計「寒潮」事件（盧與李 2009）每年發生次數，圖8顯示6個測站的100年、50年、30年線性變化趨勢都為下降，臺中、恆春、花蓮的下降速度都以近30年最大，近50年次之，近100年最小；臺北、臺南則是近50年的下降速度大於近30年。1915~1925年與1960~1970年是臺北與臺中寒潮比較頻繁的時期，1950年前後寒潮事件較少，但是1985年之後6個測站一致偏少的情況在1985年以前不曾出現過。

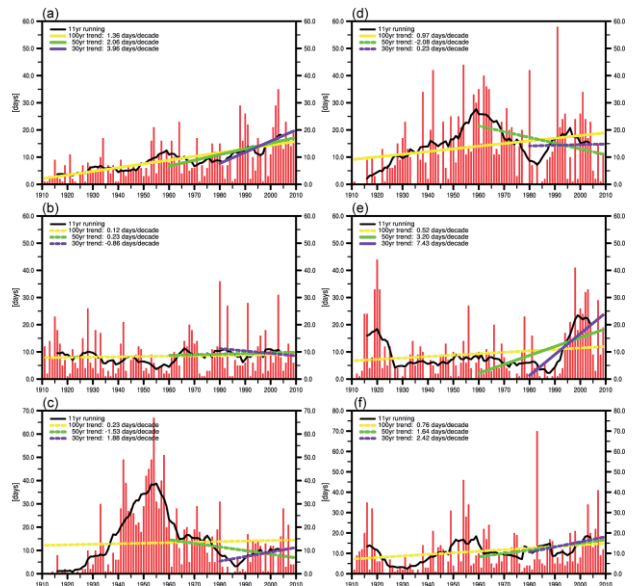


圖7：同圖4，但為1911~2009年每年極端高溫日數之時間序列與變化趨勢，(a) 臺北、(b) 臺中、(c) 臺南、(d) 恆春、(e) 花蓮、(f) 臺東。

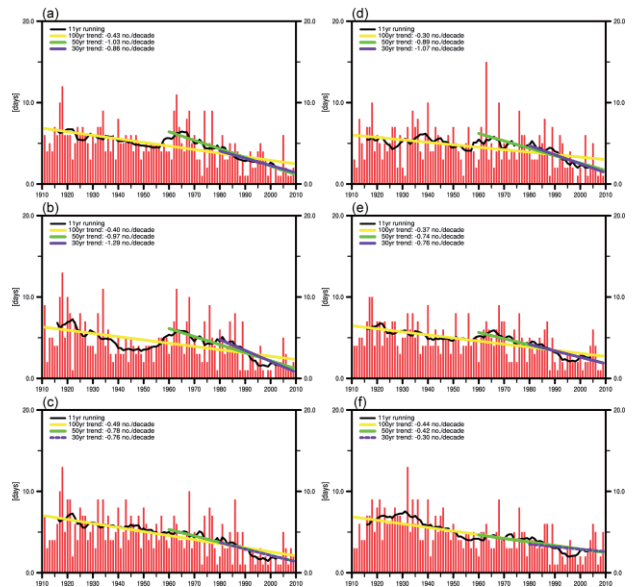


圖7：同圖4，但為每年寒潮發生次數。

## 四、結論

本文以探討臺灣區域氣候變遷為主，選用6個具有百年以上長期記錄的氣象測站（臺北、臺中、臺南、恆春、臺東、花蓮），4個有60年風向風速資料的外島測站（澎湖、東吉島、蘭嶼、彭佳嶼），期望用比較系統的方式，清楚顯示臺灣區域氣候變遷的特徵。

臺灣暖化現象十分明顯，不論是100年、50年和30年的年平均溫度變化都有顯著的上升趨勢，臺北在3個不同時期的升溫速率都是6站中最高，恆春的增溫幅度最小。近30年，西岸測站的增溫趨勢明顯高於

東岸。在季節特性方面，百年變化以秋季溫度的暖化幅度最大，但近 30 年的變化以冬季的增溫幅度大於其他三季。

全島平均年總降雨日數不論是 100 年、50 年、30 年的變化都有明顯下降趨勢，100 年趨勢為每 10 年減少 4 天，30 年則增至每 10 年減少 6 天，最近一次發生的 2002 年至 2004 年乾旱事件則是百年以來雨日最少的 3 年。

6 個測站的高溫日數百年變化都呈現增加的趨勢，以臺北站增加幅度最大，每 10 年增加 1.36 天。臺北站 50 年的極端高溫日數上升速度為  $2.06 \text{ day}(10 \text{ yr})^{-1}$ ，30 年的上升速度則為  $3.96 \text{ day}(10 \text{ yr})^{-1}$ ，2000 年至 2009 年的高溫日數比 1911 年至 1920 年平均增加了 10 天以上，變化相當明顯。6 個測站的 100 年、50 年、30 年極端低溫事件線性變化趨勢都為下降，臺中、恆春、花蓮的下降速度都以近 30 年最大，50 年次之，100 年最小；臺北、臺南則是近 50 年的下降速度大於近 30 年。臺北與臺中寒潮事件以 1915 年至 1925 年與 1960 年至 1970 年發生比較頻繁，1950 年前後寒潮事件較少。在 1985 年之後，6 個測站的寒潮事件都呈現明顯偏少，這樣的情況在 1985 年以前不曾出現過。

在颱風和降雨強度變化方面，研究發現：1990 年以後的颱風個數和 1961 年至 1989 年相比有增多的現象，且在 2000 年出現明顯增多的轉折，這與西北太平洋颱風平均路徑向北偏移有關。另外，1980 年以後的侵臺颱風其生命歷程中達到強颱風的比例明顯增高，此現象以及颱風路徑的北偏均與氣候變遷的太平洋海溫與西北太平洋颱風年代際變化密切相關。臺灣小雨日數則大幅度減少，百年趨勢為每 10 年減少 2 天，而近 30 年增加為每 10 年減少 4 天。另外，大豪雨日數在近 50 年和近 30 年有明顯增多的趨勢，大約有 50~60 年週期的年代際變化現象，大豪雨日數也有以大約 10~20 年為一期的長週期變化現象，1920~1935 年與 1965~1985 年大豪雨日數都偏低，1940 年~1960 年和 1985 年之後大豪雨日數都偏高，然而不論在日數偏多或日數偏少的年代，年與年之間的差異還是相當明顯。

## 參考文獻

中央氣象局，2009：1897~2008 年臺灣氣候變化統計

報告。

- 汪中和，2006：氣候暖化對臺灣水文環境的衝擊。東苑理工學院學報，13，4，74-79。
- 李清騰、賈新興，2008：颱風活動的長期變化。2008 臺灣氣候變遷研討會。
- 周仲島，2007：臺灣地區劇烈降雨與侵臺颱風變異趨勢與辨識研究(I)。國家科學委員會研究計畫報告。
- 柳中明、華昌宜、游保杉，2008：氣候變遷長期影響評估及因應策略研議委託計畫報告。行政院經濟建設委員會。
- 陳雲蘭，2008：由極端氣候指標看臺灣氣候變化。2008 臺灣氣候變遷研討會。
- 游保杉，2007：臺灣地區乾旱變異趨勢與辨識研究(I)。國家科學委員會研究計畫報告。
- 盧孟明、麥如俊，2003：臺灣與全球雨量長期變化研究(一)1920~1995 變化趨勢。大氣科學，31(3)，199-220。
- 盧孟明、陳佳正、林昀靜，2007：1951-2005 年臺灣極端降雨事件發生頻率之變化。大氣科學，35，2，87-103。
- 盧孟明、李思瑩，2009：臺灣寒潮定義-分析以臺北測站為代表之適當性。大氣科學，37，1，1-10。
- Hsu, H.-H. and C.-T. Chen, 2002: Observed and Projected Climate Change in Taiwan. *Meteorol. Atmos. Phys.*, **79**, 87-104.
- Hung, C.-w. and P.-k. Kao, 2010: Weakening of the Winter Monsoon and Abrupt Increase of Winter Rainfalls over Northern Taiwan and Southern China in the Early 1980s. *J. Climate*, **23**, 2357-2367.
- Liu, S. C., C. Fu, C.-J. Shiu, J.-P. Chen, and F. Wu, 2009: Temperature dependence of global precipitation extremes. *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L17702, doi:10.1029/2009GL040218
- Shiu, C.-J., S. C. Liu and J.-P., Chen, 2009: Diurnally Asymmetric Trends of Temperature, Humidity and Precipitation in Taiwan. *J. Climate*, **22**, 5635-5649.
- Tu, J.-Y., Chou, C., and Chu, P.-S., 2009: The abrupt shift of typhoon activity in the vicinity of Taiwan and its association with western North Pacific-East Asian climate change. *J. Climate*, **22**, 3617-3628.
- Yu, P.-S., T.-C. Yang, C.-C. Kuo, 2006: Evaluating Long-Term Trends in Annual and Seasonal Precipitation in Taiwan. *Water Resources Management*, **20**, 1007-1023.