

近百年台灣異常乾期的分析研究

卓盈旻 盧孟明

中央氣象局氣象科技研究中心

摘 要

近年來，台灣旱災發生頻率有逐漸增多和越來越嚴重的趨勢，因此研究旱災發生的大尺度環境場條件，有助於即時預警旱災的發生。本研究使用中央氣象局25個測站資料，透過分析降雨量、降雨日數和連續不降雨日的統計特徵，來瞭解台灣地區過去發生的異常偏乾現象。本文中介紹台灣異常乾期監測系統的構想與初步結果，以2011年為監測目標建立的系統雛形顯示，該系統除了可以監測台灣降雨和降雨日數的日變化之外，還可以利用連續不降雨日判斷三種不同影響程度的偏乾事件發生與否和事件嚴重程度。最後，運用乾期強度判斷標準分析台灣近百年的異常偏乾事件。

一、前言

台灣地區的降雨雖屬豐沛，但山高水急又人口稠密，且降雨在時間上分布不均勻，主要集中在五月至十月的豐雨期，因而水資源環境極為險惡。當降雨分配不均時，則容易發生乾期現象。乾早為一種極端氣候現象，為長時間缺乏持續性降雨所造成的。對於環境的衝擊不像颱風、豪雨造成立即性的災害，其發展過程緩慢且歷時較長，但影響範圍卻很深遠。近年來，台灣雨季降雨明顯偏少，使旱象不斷發生，對民生和農工業用水造成相當大的影響。

游保杉（2007）分析了近八十年來台灣的乾旱次數、乾旱延時、乾旱量和強度等特性，北部地區乾旱發生次數雖為增加但幅度不大，且其餘各項乾旱特性均顯示北部有漸趨為多雨之趨勢，氣象乾旱漸趨緩和。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、乾旱量及強度三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。台東地區乾旱特性卻與花蓮相反，台東站有偏乾現象，唯強度並不強。

若將日雨量小於0.6mm定義為不降雨日，並將連續50日不降雨定為「小旱」，連續100日不降雨為「大

旱」，黃等（2003）發現近三十年台灣西部發生小旱的範圍有向上游集水區擴散的跡象，西部平原地區屬於大旱可能發生地區。北部及東部每年發生小旱機率低於0.01，屬於不易發生乾旱的地區。顯示台灣中部和南部為乾旱發生的主要地區，南部乾旱發生情形明顯較北部嚴重。

盧等（2011）取連續不降雨日數重現期大於2年的極端連續不降雨事件，分析台灣6個長期測站連續最大不降雨日數2年重現期的日數門檻值，結果分別為台北18天、台中43天、台南51天、恆春32天、花蓮17天和台東23天。這是由於台灣中、南部地區的乾季和雨季對比明顯，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。進一步分析1911-2009年各測站乾期超過2年重現期門檻值的發生次數，發現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。

上述研究結果皆顯示出台灣旱災發生頻率有逐漸增多和越來越嚴重的趨勢，因此研究旱災特性與發生的大尺度環境場條件，有助於即時預警旱災的發生。有鑑於此，本研究透過降雨量、降雨日數和連續不降雨日來進行異常乾期的評估與監測，並分析現象發生的特性，來瞭解台灣地區過去發生異常偏乾現象的大

尺度環流特徵。研究中所使用的資料和分析方法在第二節中說明，第三節討論利用台灣異常乾期監測雛型系統監測2011年1-7月期間異常偏乾的現象，第四節分析台灣異常乾期的長期變化，第五節為結論。

二、資料與分析方法

(一) 資料

本研究中的台灣異常乾期監測雛型系統使用1951年至2011年25個中央氣象局局屬測站日雨量資料。在長期分析方面則採用六個具有百年以上記錄的氣象測站，分別是台北、台中、台南、恆春、花蓮和台東，資料分析時間取六個測站都有資料紀錄的1911年至2010年。

(二) 分析方法

旱災發生的主因為長時間降雨偏少造成的結果，因此台灣異常乾期監測系統除了對降雨量和降雨日數進行監測之外，連續不降雨日也是一個用來描述乾期的重要參數。

(1) 監測項目

台灣異常乾期監測系統主要分析降雨量、降雨日數和連續不降雨日的統計特徵變化，降雨量和降雨日數都監測其距平量、距平百分率和距平百分位在時間上的演變情形。距平百分率指距平值佔氣候平均值的百分率，代表該時間點雨量和雨日相對於平均氣候狀態的偏離程度，統計的氣候平均基期為1951-2010年的60年。距平百分位為該時間點60年的雨量和雨日距平值經由小至大排序後分為一百個等級，可知統計量位於第幾個百分位。再將百分位以三分法等級分類後，可以反映出雨量和雨日在歷史氣候中屬於偏少、正常或偏多的類別。

在監測系統中，每個分析時間點上的變化量為某天向前推N天之內的累積量，N天為30天、60天和90天三種不同時距，分別代表一個月、二個月和三個月的長時間變化。以7月31日為例，當N為30日時，分析時間為7月2日至7月31日的30天累積變化量。此分析方法涵蓋移動平均的概念在內，主要是避免受到極值影響，而得到一個長時間的平滑變化。

(2) 乾期強度定義

世界氣象組織（WMO）定義了27種氣候變遷的指標（Karl et al.,1999; Peterson et al, 2001），其中最大連續不降雨日（CDD，maximum number of consecutive dry days）定義的不降雨日為日雨量小於1公釐。因此，本研究中連續不降雨日的不降雨日依據此定義進行分析，而雨日部分仍按氣象局所定義的日雨量大於0.1公釐。

以連續不降雨日作為判斷旱災嚴重程度的方式，可以應用於研究過去發生的旱災事件。研究中嘗試將旱災依不同嚴重程度做分級，因此必需先定出乾期程度的門檻值，主要是根據連續不降雨天數發生次數的頻率分布而得到。首先建立1951-2010年每天連續不降雨日之資料庫，據此可以得到連續不降雨天數發生頻率的機率密度分布，如圖1所示。然後取累積機率分布（連續不降雨天數由少至多）達99%、95%、90%的連續不降雨天數做為門檻值，分別代表極端、嚴重和中度不同程度的旱災，可用於區分旱象的影響程度。與前述方法相同，每日的統計量為60年N天的資料量作為機率分布函數的統計樣本，定義之門檻值也依據各自的統計特性而不同，即一年中隨時間的不同而有各自樣本得到的門檻值。

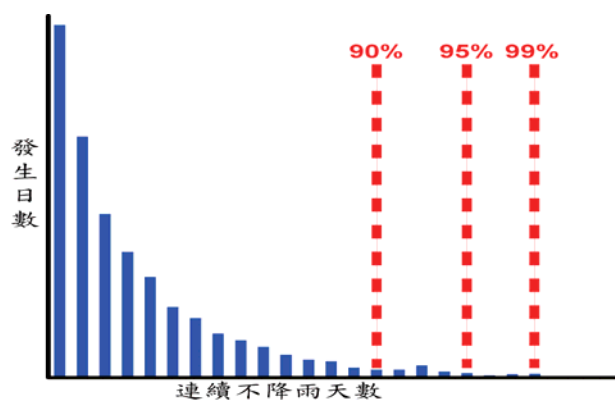


圖1：不同旱災程度定義示意圖。

三、2011年異常乾期監測

(一) 降雨量

降雨量的多寡主控旱災發生的與否，監測降雨量可以反應出大氣的乾濕狀態。台灣異常乾期監測系統監測台灣25個測站的日變化，本文中以太北測站為例。圖2為台北測站2010-2011年降雨距平量的時間演變情形，灰色背景代表一個標準差量，顯示台北測站

今年春季和梅雨季的降雨與氣候平均相比偏少，尤其是6月偏差量大於一個標準差，其餘大部分測站也有類似偏乾的現象出現（圖略）。直到7月因午後熱對流和颱風外圍環流帶來的降雨，使降水偏少的情形減緩，部分測站甚至轉為正距平的偏濕狀態。成功、台東和大武三個測站7月的監測結果顯示（圖略），90天累積量為正距平，而30天轉為負距平，宜蘭、蘇澳和花蓮仍維持雨量的負距平，代表東部降雨量開始逐漸減少中，值得持續監測其變化。

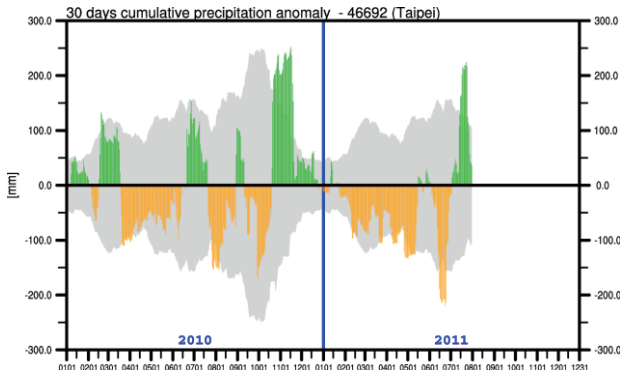


圖2：2010-2011年台北測站30天累積降雨量的距平變化，綠色代表正距平，黃色代表負距平，灰色背景為一個標準差量。

台北測站降雨距平的百分率也是相同的變化情形（圖3），從2011年初開始，降雨量幾乎都是呈現少雨的情形，部分時間的雨量甚至少了氣候平均一半以上，雖然7月降雨為正距平的情形，但是降雨量比氣候值偏少，大約為30%-60%左右。

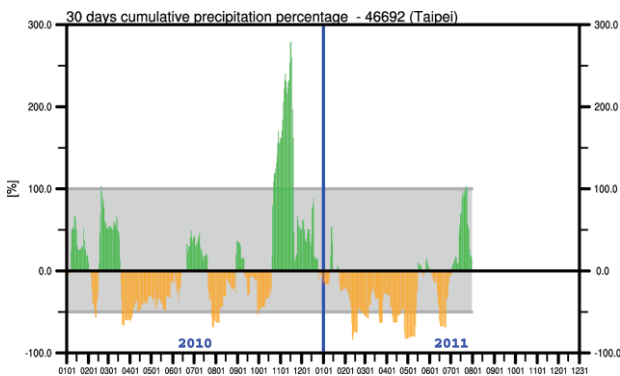


圖3：2010-2011年台北測站30天累積降雨量距平百分率變化。綠色代表正距平，當距平量超過灰色背景表示雨量多於氣候平均的一倍。黃色代表負距平，距平量超過灰色背景代表雨量少於氣候平均的一半。

圖4為台北測站降雨距平百分位變化，將百分位以三分法等級分類後，當變化量位於黃色背景時，表示降雨量在氣候上屬於偏少，白色為正常，綠色代表偏

多。圖中顯示台北測站30天、60天和90天的降雨距平從今年年初開始呈現減少的趨勢，在4月開始下降至少雨的類別，4月底的排名約為第5個百分位。30天降雨隨後在5-6月時進入正常的情况，到7月則是處於偏多的狀態，而60天和90天變化則是在7月時上升至正常範圍之內。

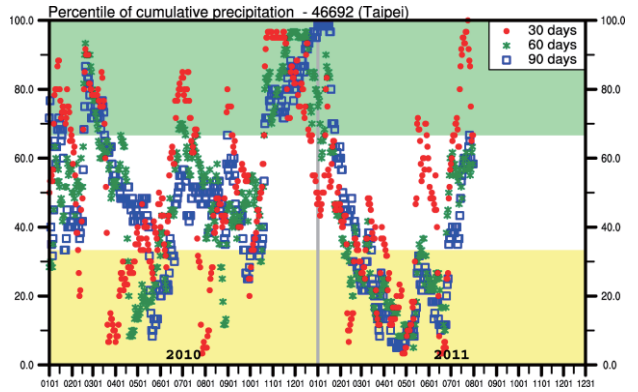


圖4：2010-2011年台北測站降雨距平百分位變化，圓形為30天累積量，星形為60天，正方形為90天。黃色背景代表少雨類別，綠色代表多雨，白色為正常。

（二）降雨日數

圖5為2010-2011年降雨日數的距平變化，台北測站今年春季雨日的天數呈現出比氣候值多的情況，甚至是大於一個標準差。顯示雖然台北春季降雨量為偏少，但是一直有持續性的降雨出現。至3月初雨日開始逐漸減少，4月出現雨日最小值且超過一個標準差，表示3-4月發生的雨日為最少。在7月時，雨日由負距平轉為正距平，但距平量都在一個標準差範圍之內，顯示雨日的變化並不明顯，由此可得知，大致上今年至7月底的累積降雨日數為達到正常的狀況。

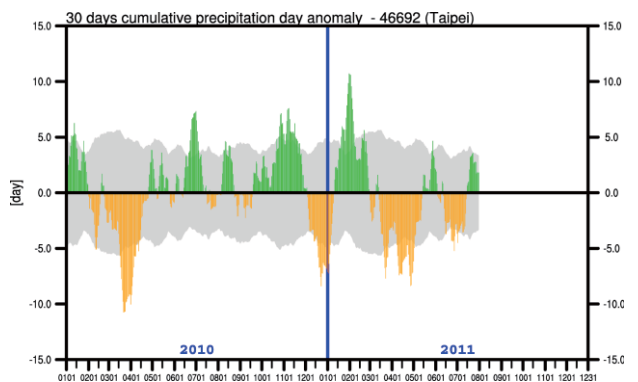


圖5：2010-2011年台北測站30天累積降雨日數的距平變化，綠色代表正距平，黃色代表負距平，灰色背景為一個標準差量。

雨日的百分率變化情況大致與距平相似（圖6），變化量都小於氣候平均的一半，表示雨日變化不大。由60天和90天的變化來看（圖略），除了台東和成功之外，其餘測站的累積降雨日數呈現偏少的情況，尤其是西南部測站出現比氣候平均少了一半以上。

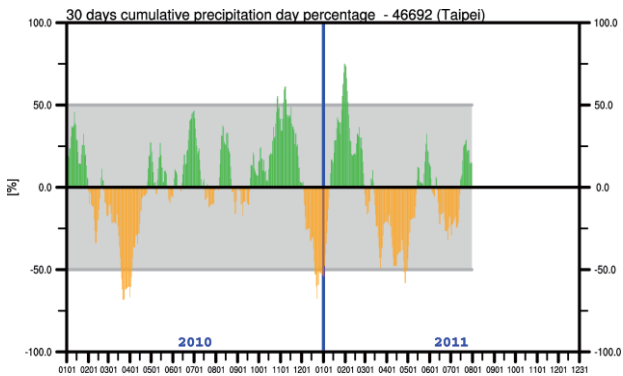


圖6：2010-2011年台北測站30天累積降雨日數的距平百分率變化。綠色代表正距平，當距平量超過灰色背景表示降雨日數多於氣候平均的一半。黃色代表負距平，距平量超過灰色背景代表雨量少於氣候平均的一半。

圖7為台北測站降雨日數的距平百分位變化，圖中顯示台北測站30天和60天的雨日距平在二月初位於偏多類別，90天距平到3月才達到偏多的情形。然後三個距平量開始呈現向下減少的趨勢，至4月時，雨日則處於偏少類別。到7月時，雨日開始逐漸增多，30天達到偏多的類別，60天和90天則是屬於正常情形。

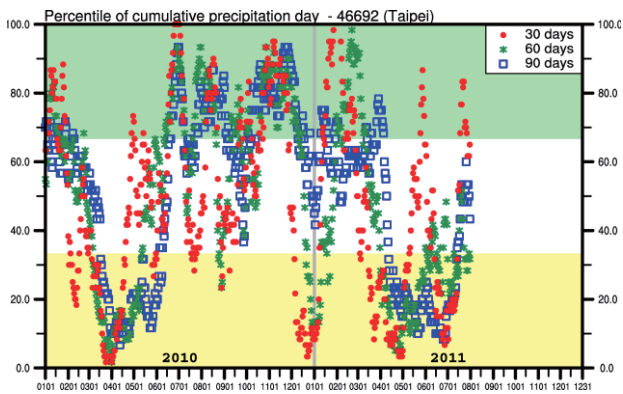


圖7：2010-2011年台北測站降雨日數距平百分位變化，圓形為30天累積量，星形為60天，正方形為90天。黃色背景代表偏少類別，綠色代表偏多，白色為正常。

（三）連續不降雨日

圖8為2010-2011年連續不降雨日的發生情形，顯示中部和南部為連續不降雨日主要發生地區，最長的日數發生於西南部，恆春在今年1月出現連續53天的不

降雨日數，台南和高雄在3月時出現34天和41天。這是因為冬季和春季本來就是西南部的乾季，連續不降雨日相對較長，所以必須先分析各測站連續不降雨日的統計特性，然後定出各自的衡量標準。

依照第二節乾期強度的定義方法，可以分析測站30天、60天和90天統計量連續不降雨日的發生情況，然後根據乾期強度定義的門檻值，便可以求得異常乾期發生事件的次數。圖9顯示25個測站90天統計的極端旱災發生次數，基隆、梧棲和彭佳嶼在今年4-5月時出現一次異常的乾期，蘇澳和花蓮在6月時出現1次，嘉義和恆春則在7月時各出現1次。

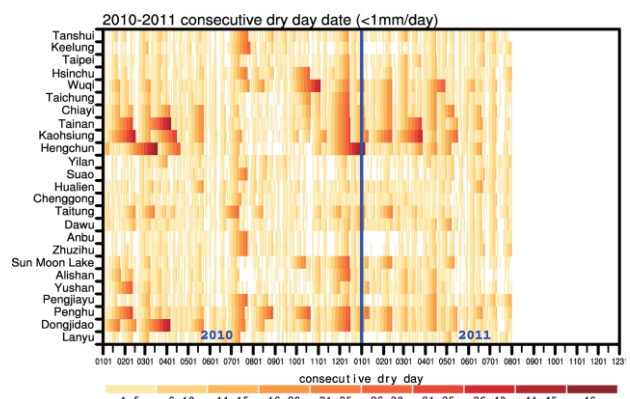


圖8：2010-2011年25個測站連續不降雨日的發生情形。

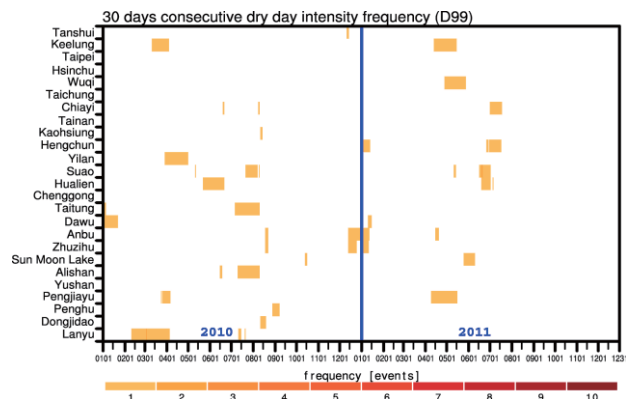


圖9：2010-2011年25個測站30天累積量定義之極端旱災（99%）的發生事件數。

四、異常乾期長期變化

利用前述之旱災強度定義，分析台灣六個百年測站資料，研究過去異常乾期出現的情形和長期的變化。圖10為1911-2010年六個測站30天連續不降雨日統計之極端旱災程度的乾期事件發生次數，圖中顯示1950年代之後異常乾期事件的發生次數有逐漸增多的

趨勢，台灣進入相對偏乾的時期，增加的異常乾期主要出現在颱風季，而花蓮和台東則是發生在秋季至隔年春季期間。推測可能是受到副高脊的影響造成極端旱災發生次數增多，未來將再進一步分析影響乾期發生的機制。

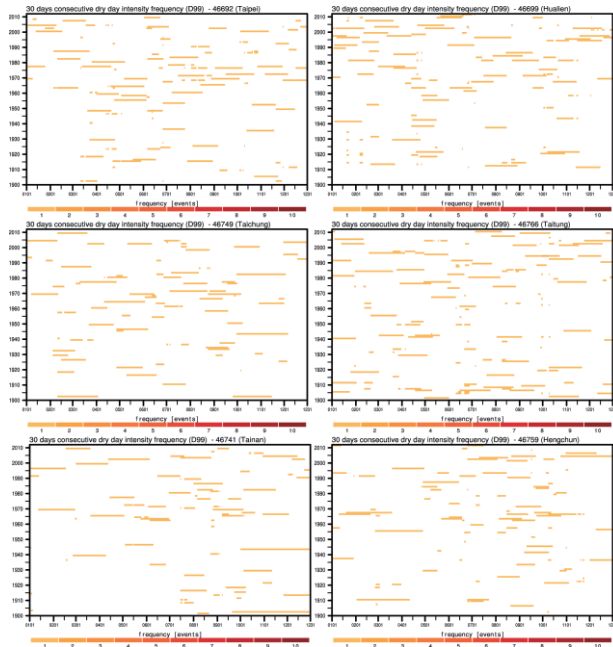


圖10：1911-2010年6個百年測站30天累積量定義之極端旱災（99%）的發生事件數。

五、結論

本文介紹了台灣異常乾期監測系統的構想與初步分析結果，以2011年為監測目標建立的系統雛形顯示，該系統除了可以監測台灣降雨和降雨日數的日變化之外，還可以利用連續不降雨日判斷三種不同影響程度的旱災事件發生與否和事件嚴重程度。監測結果可以增進我們對於旱災特性的瞭解，更可以進一步研究旱災發生的大尺度環境場條件，有助於即時預警旱災的發生。

參考文獻

- 黃文政、張守陽、陳孝宇、吳建興、劉欣霏、張益家、蘇元風，2003：臺灣地區近30年來連續不降雨日數分析與探討。臺灣水利，51，2，1-9。
- 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、卓盈旻、曾于恆、徐堂家、李清騰、林昀靜、李思瑩，2011：台灣地區氣候變遷。台灣氣候變遷科學報告。165-180。
- Karl, T.R., N. Nicholls, and A. Ghazi, 1999: CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary. *Climatic Change*, **42**, 3-7.
- Peterson, T.C., and Coauthors: Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. WMO, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143.