

# 2011年春季臺灣北部乾旱事件分析

朱吟晨

黃柏誠

朱容練

吳宜昭

陳永明

國家災害防救科技中心

## 摘要

本研究利用降雨資料進行2011年臺灣北部春季乾旱事件描述與研究。結果顯示2011年臺灣北部春雨(2~4月)雨量低於氣候值，而SPI值對於降雨的監測在4月時是-1.58，已達中度乾旱的程度。相關水情、因應措施以及乾旱狀況解除等事件分析，將於文章中分段描述。此外，本研究利用QPESUMS 0.0125°資料分析臺灣1978~2007年(共30年)春雨，發現其與大尺度環境場相關密切。進一步分析發現，臺灣各地的年平均降水量多達2000mm以上。而春雨則是在臺灣北部佔有年總降水量的25%以上的貢獻，其中春雨、大尺度環境場以及台灣北部乾旱間的相互關聯，亦將於文中有所探討。

## 一、前言

對於一個國家而言，極端的水資源事件往往要付出很大的代價 (Wood and Lettenmaier 2006)。根據統計上個世紀，美國每年平均因乾旱造成的損失約60-80億美金(FEMA 1995)。藉由季節乾旱的預報可以調節水庫的操作，降低因降雨減少造成乾旱的經濟損失。Yao and Georgakakos (2001)與Hamlet et al. (2002)研究顯示，在氣候資訊裡加入水文的預報可以提升水力系統的收益；Brumbelow and Georgakakos (2001)則發現若改善農業供水系統的水文預報，利潤也將隨之增加。

乾旱是一種天然災害，主要持續一段時間降雨不足所造成，通常是一個季節的時間或更長。世界各地乾旱的定義不盡相同。在臺灣，觀測超過連續20天無降雨即可定義為乾旱。中央山脈從臺灣北部延伸到南部，使臺灣降雨呈現不平均的分布。臺灣降雨集中在四-九月，稱這段時間為臺灣的濕季；十-隔年三月通常降雨較少，稱之為乾季。

臺灣春雨指的是二-四月降雨，春雨對於北臺灣的全年降雨很重要(Hung et al. 2004)。研究發現北臺灣春雨與ENSO有高度相關(Jiang et al. 2003)。此外，臺灣北部春雨的變化也與PDO週期有關(Hung et al. 2004)。當菲律賓海面上出現一增強的反氣旋環流，造成臺灣北部降雨的鋒面系統就更加活躍。相反地，大尺度環流場減弱將導致鋒面系統較不活躍，進而減少北臺灣春季的降雨(Jiang et al. 2003; Hung et al. 2004)。

根據經濟部水利署資料顯示，臺灣常常發生乾旱，頻率約兩年一次，且每次都造成水資源短缺。

對臺灣而言，如何合理分配水資源，以及預測乾旱事件的發生都是重大的議題。本文將從今年上半年度北臺灣乾旱應變事件，探討氣象資訊於乾旱事件上之應用範圍。

## 二、研究資料與方法

雨量資料使用中央氣象局全臺各縣測站降雨資料與國家災害防救科技中心所產製之網格化雨量資料，解析度與QPESUMS網格同為0.0125度。全球資料使用HadiSST全球海平面溫度、NCEP/NCAR Reanalysis I全球網格降雨資料(Kalnay et al. 1996)、ENSO 1+2與ENSO 3.4指數。

先使用臺灣測站降雨計算SPI(Standardized Precipitation Index)值(McKee et al. 1993)。SPI值分有SPI-1與SPI-3，分別代表當月降雨乾旱程度與三個月延時的情形。SPI使用機率計算乾旱發生的程度與嚴重性，其公式如下：

$$DM = - \left( \sum_{j=1}^x SPI_{ij} \right)$$

DM(Drought Magnitude)表乾旱程度。SPI數字與乾旱程度對照如表一。再利用全球網格資料分析大尺度環流場在這段時間所對應到的狀況。

## 三、結果與討論

全臺各地今年春雨偏少，尤其是四月。如圖一SPI-1所示，二月降雨正常，但三月開始臺灣西北部即呈現輕微少雨狀況。在四月，少雨區域向北臺灣

與南部擴散，自苗栗到雲林一帶都是極端少雨的狀況。 $SPI-3$ 值在四月少雨的狀況分布更廣，除新北市、台東縣與屏東縣以外，全臺都是輕微少雨至少雨的情形。石門集水區 $SPI$ 監測也看到，四月的 $SPI-3$ 已達-1.58，已達到中度乾旱的程度(範圍) (圖二、表一)。

為因應今年的乾旱，政府當局舉辦了一連串的抗旱會議。自三月底起，北部地區寶二水庫與中部地區降雨情形不佳，經濟部舉行了第一次的抗旱會議。新竹地區也自此時實施第一階段的夜間減壓節水。四月底與五月初各舉行第二、第三次抗旱會議，至第三次抗旱會議時，乾旱情形已擴及到南部地區，是上半年度全臺乾旱最為嚴峻的時期。五月中受艾利颱風外圍環流與鋒面影響，第四次抗旱會議召開時各水庫水情已有極大的改善，暫緩臺灣各地大部分地區的節水措施。六月底正式撤除「100年經濟部旱災緊急應變小組」之運作。

此次的乾旱操作中可知，臺灣今年乾旱最先得水的是新竹地區，故針對新竹降雨情形作深入研究。圖三A顯示，對新竹地區而言，每年二月降雨約佔全年8%，三、四月降雨各佔10%。新竹地區冬季降雨加總不到全年降雨10%，故可知春雨對於每年上半年度供水有重要的貢獻。2010年春雨量(圖三B)約等同於氣候值；相較之下，今年二月與四月降雨較去年減少，二-四月降雨量皆低於氣候值約45-50%，四月降雨更是明顯短少。

從東亞來看，除了臺灣春雨不足，中國華南地區的春雨也僅達氣候值的50%以下，臺灣西南部地區更低於25%。

從大尺度環流場分析，自去年聖嬰年呈現冷海溫的赤道東太平洋地區持續海溫偏低，在四月才開始逐漸回暖，往正常狀況回復(圖四)。四月700hPa風場、水氣場顯示，北半球水氣的正距平區主要集中在北緯10度以南，侷限在臺灣以南、菲律賓東、西海域、南海及中南半島附近(圖五)。850hPa風場、水氣場則看到，東亞低對流層被大範圍的東北風籠罩，使東亞及西北太平洋海域的偏乾範圍擴大，低緯度地區水氣不易向北傳送至臺灣與中國華南附近，使得春雨欠缺水氣的來源。

五月中旬颱風外圍環流與鋒面的及時降雨是此次旱象解除的主因。而綜觀今年乾旱事件，因乾旱發生時間已過農業需水量大的整地插秧作業時間，對於農業用水的影響較小，但二-四月春雨不足是主因之一。因此我們更進一步討論每年春雨對臺灣整體水資源的重要性。

統計1992-2007全臺QPESUMS資料，發現春雨主要集中在臺灣北部沿海地區、宜蘭、北部山區、阿里山山區與南部山區。春雨量最大的地方在北部沿海，可達每年約5000mm(圖七)。平地則多為500-2000mm。但分析春雨雨量佔全年總降雨量的比值，發現春雨對於臺灣西北半部與南投山區貢獻極大，約佔25%以上(圖八)。而西北半部剛好是今年上半年度乾旱發生地區最早與最嚴重的地方。由此可知，每年的春雨量對於臺灣西北半部與南投山區很重要，影響當年度上半年的供水量，也可能造成乾旱事件與否。

Jiang et al. (2003) 研究指出，臺灣在強ENSO年較非ENSO年容易發生春雨的豪大雨事件，與強ENSO年臺灣附近的反氣旋有關。今年是反聖嬰年，赤道東太平洋海溫偏低，春雨卻偏少。

欲嘗試瞭解春雨與大尺度環流場的關係，我們將ENSO指數與過去30年的春雨做統計的延遲相關性計算。結果顯示，當年春雨與前一年冬季Nino 1+2相關係數值達0.6以上。Nino 3.4跟臺灣北部春雨相關係數亦達0.3-0.5，且時間從前一年的四月到當年六月。由此可知，ENSO與臺灣北部春雨確實存在高度相關性。

## 四、結論

今年上半年度由於臺灣春雨不足，從春雨佔全年降雨量重要比重的西北半部地區開始發生乾旱。從 $SPI$ 檢驗發現，三、四月降雨較氣候值短少許多，特別是四月的降雨不及往年的50%，臺灣各地幾乎都是少雨的狀況。分析大尺度環流場，發現低層水氣多侷限在北緯10度以南，臺灣附近的風場不利於水氣的向北傳送。但乾旱事件形成除春雨的缺少，水庫用水操作似乎也影響了供水作業。而政府在今年應對乾旱應變中，則是採取了多項因應策略，其中包括了階段限水、抗旱井、用水調度與施行人造雨等措施。

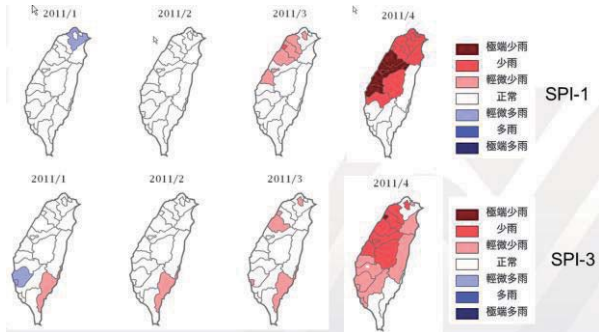
臺灣北部春季乾旱也與赤道太平洋海溫相關。Nino 1+2與Nino 3.4皆與臺灣春雨有正相關，尤其是前一年冬季Nino 1+2與當年春雨的延遲相關係數達0.6以上。後續研究將繼續探討大尺度環流對春雨的影響，以期能提早得知春季降雨的多寡，提供水資源管理相關單位作為參考。

## 參考文獻

- Brumbelow, K., and A. Georgakakos, 2001: Agricultural planning and irrigation management: The need for decision support. *The Climate Report*, 1 (4), 2-6.
- FEMA, 1995: National mitigation strategy: Partnerships for building safer communities. Federal Emergency Management Agency, 40 pp.
- Hamlet, A. F., D. Huppert, and D. P. Lettenmaier, 2002: Economic value of long-lead streamflow forecasts for Columbia river hydropower. *J. Water. Resour. Plann. Manage.*, 128, 91-101.
- Hung, C.-W. H.-H. Hsu, and M.-M. Lu, 2004: Decadal oscillation of spring rain in northern Taiwan. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L22206.
- Jiang, Zhihong, G. T.-H. Chen, and M-C. Wu, 2003: Large-scale circulation patterns associated with heavy spring rain events over Taiwan in strong ENSO and Non-enso years. *Monthly Weather Review*, 131 (2), 1769-1782.
- Kalnay et al., 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-470.
- McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration of time scales. *Eighth Conference on Applied Climatology*, Amer. Meteor. Soc., Jan17-23, Anaheim CA, pp.179-186.
- Yao, H., and A. P. Geogakakos, 2001: Assessment of Folsom Lake response to historical and potential future climate scenarios, 2. Reservoir management. *J. Hydrol.*, 249, 176-196.

表一：SPI值對應乾旱等級嚴重程度表。

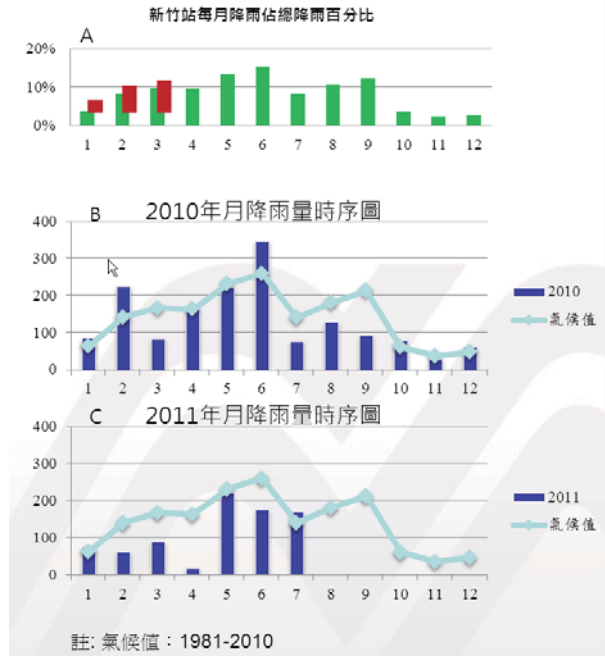
SPI值	等級
>2	嚴重多雨
1.5~2	中度多雨
1~1.5	輕度多雨
-1~1	正常
-1.5~-1	輕度乾旱
-2~-1.5	中度乾旱
<-2.0	嚴重乾旱



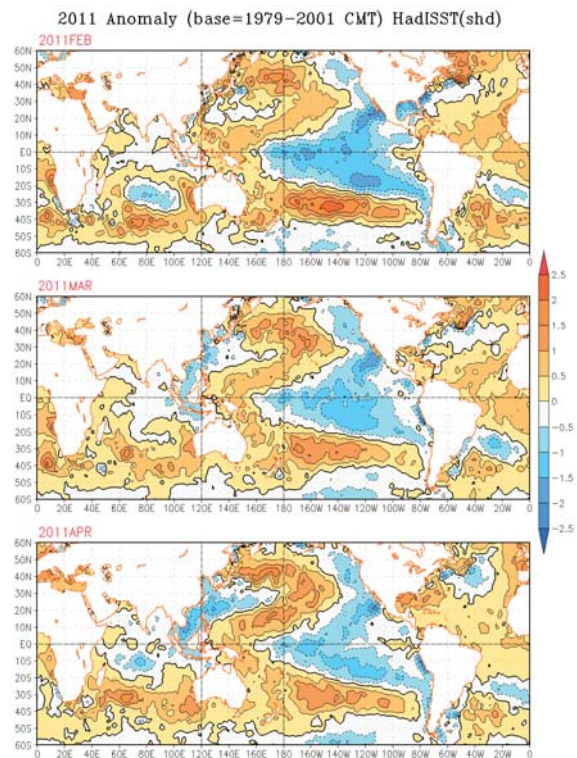
圖一：2011年一~四月SPI值。上排為一~四月SPI-1，下排為一~四月SPI-3。



圖二：石門集水區監測2007-2011年三個月移動平均降雨走勢圖(SPI-3)。橫軸是時間，縱軸是SPI-3標準化的值。

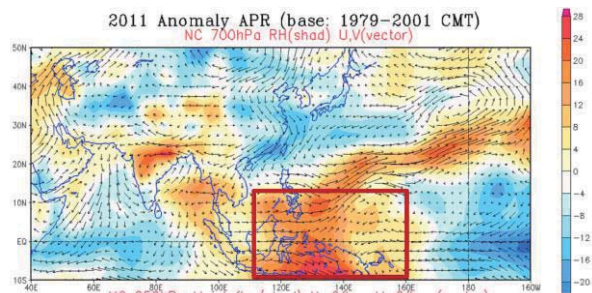


圖三：2011年新竹測站月降雨統計：A. 新竹測站每月降雨佔總降雨百分比，B. 2010年月降雨量時序圖，C. 2011年月降雨量時序圖。

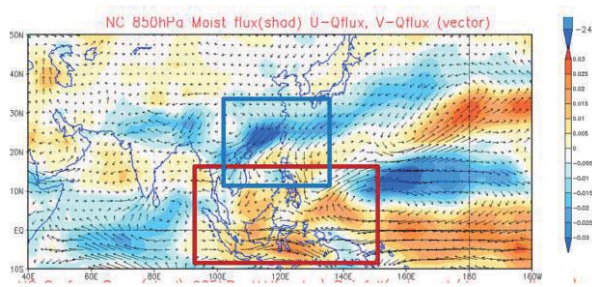


圖四：2011年海平面溫度距平值，自上到下分別是今年二、三、四月。資料使用HadiSST全球網格資料，氣候值為1979-2001年。

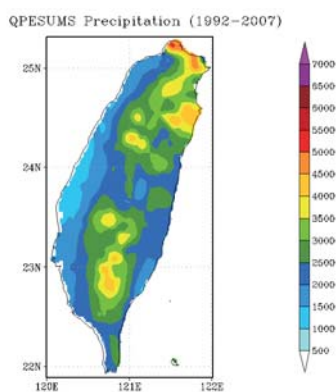




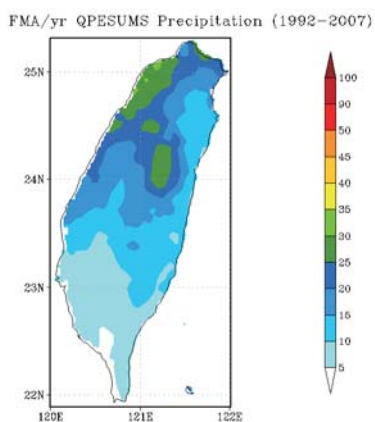
圖五：2011年四月700hPa風場(箭頭)、水氣場(彩色陰影)距平值，氣候值為1979-2001年。



圖六：2011年四月850hPa風場(箭頭)、水氣場(彩色陰影)距平值，氣候值為1979-2001年。



圖七：1992-2007年臺灣每年春雨的平均降雨量。



圖八：1992-2007年臺灣平均每年春雨佔全年雨量的比例。