

氣象資訊於旱災應變之應用

朱容練、林欣弘、吳宜昭、林冠伶、陳淡容、陳奕如、于宜強
國家災害防救科技中心

摘要

本研究目的在於研發水資源相關之應變產品，提供水資源管理部門抗旱應變時，水源調度策略之擬定參考。發展重點在於強調氣象資料與水文資料的結合，例如降雨和流量之間的轉換，進而發展成水庫集水區之入庫流量即時推估系統，此外，為滿足用水單位在15天降雨趨勢研判的需求，本研究亦嘗試以美國NCEP-GFS全球環流模式資料為基底，利用WRF區域模式進行台灣地區之降尺度資料產製，除了提供5公里空間解析度之細緻化台灣各地未來二周降雨資料外，更計算了各主要水庫未來二周之入庫流量，評估可能的水情演變趨勢，另一方面，大尺度之氣候環境場監測工具也是本系統的發展重點之一，提供決策者掌握更長時間之氣候狀態的變化趨勢。相關資訊皆已系統化、視覺化以及網頁化，並於2017年春季乾旱應變期間發揮其功能。

關鍵字：乾旱

一、前言

台灣的乾旱好發於冬春之際，是台灣的枯水期，也是一期稻作的種植時期。此時的用水，主要是由水庫於前一年颱風季所積蓄之水資源所供應。冬春之際水庫一旦沒有獲得適度補充，台灣農業、工業以及民生用水將會受到影響，其中春季降雨的影響更為明顯。台灣西北部是乾旱好發區，該區春雨貢獻約占全年降雨之20%，是當地重要的水資源，若春季降雨偏低，則該年易有乾旱的發生。

學者針對台灣的乾旱特性有諸多研究。從經濟部水利署(2009)的分析顯示，台灣北部地區豐枯水期的降雨比值約為6:4；南部則為9:1。為了降低旱災發生的風險，石門與曾文二座水庫便扮演舉足輕重的角色，相關的用水策略與水資源調度研究亦所在多有(吳約西與張承宗，林尉濤，1998；陳韻如等，2010)。另一方面，在春雨研究的部分，Jiang and Chen(2003)透過延遲相關分析，發現台灣春雨與聖嬰現象呈現2~3個月之延遲相關，而在更長週期的年代際變化上，Hung et al.(2004)發現台灣春雨與太平洋十年振盪(Pacific Decadal Oscillation，簡稱PDO)有關，當PDO呈現負相位時期，台灣春雨有偏少的情形。

台灣乾旱是月至季時間尺度的氣候現象，然而受限於目前季節預報技術的極限，枯旱應變過程中，氣象資訊的應用方式仍存在相當程度的討論空間，有鑑於此，本研究即針對枯旱應變時，水文與氣象資訊的整合進行研發，包含降雨和流量之間的轉換，進而發展成水庫集水區之入庫流量即時推估系統，此外，為滿足用水單位在15天降雨趨勢研判的需求，本研究亦嘗試利用WRF區域模式進行台灣地區之降尺度資料產製。此外，大尺度之氣候環境場監測工具也是本系統的發展重點之一，提供決策者掌握更長時間之氣候狀態的變化趨勢，相關研發成果將於文中進行討論。

二、資料與分析方法

1. 即時監測資料

本研究使用的即時水情資料為經濟部水利署於旱災應變期間所發佈之水情燈號以及全台主要水庫之水庫蓄水量與蓄水率資料；此外，降雨監測資料---KRID則是用來進行水庫集水區入庫流量監測之資料來源，KRID資料是由國家災害防救科技中心利用中央氣象局之QPESUMS 系統雷達估計降雨資料與

測站資料所整合而成之網格降雨資料，空間解析度為1.33公里。在林等(2006, 2007)之研究顯示，地面雨量站觀測資料與逐時雷達估計降雨資料之相關係數可達到0.9 以上，惟降雨估計精度仍有不足，故運用雷達-雨量站降雨整合估計技術，產製更為精確的整合雨量資料，作為乾旱發生時的即時雨量監測參考資料。

2. 準雙周動力降尺度推估

全球模式雖然可用於長期積分，但由於資料解析度較低，單以全球模式針對台灣地區進行水資源分析會有極大的困難，而區域模式主要是用於短期天氣預報，預報時間約為5-7天，為了提供水庫集水區7天以上的雨量預估資料且同時保有全球模式與區域模式之優點，本研究以NCEP GFS全球模式預報場做為初始條件與邊界條件，資料解析度為1°，利用WRF模式進行15日動力降尺度模擬，在區域模式模擬時使用波譜納進法(Spectral Nudging)，以保持大尺度的特徵，為三層巢狀網格，解析度為45公里、15公里、5公里，求得台灣地區未來15日高解析度雨量預報，並結合水庫集水區資訊，計算未來台灣地區各水庫集水區之降雨量、入庫流量，以預估未來可能水情變化趨勢。

三、 結果

乾旱應變時，最先需要知道的訊息是全台的水情燈號狀況，透過水利署水情燈號的發佈，可以大致了解目前缺水的嚴重程度為何以及掌握各地的限水狀況。為了讓使用者進一步了解水情與水庫的關聯性，本系統結合此燈號資訊與水情有狀況之縣市所在水庫資訊，如此一來，除了了解水情狀況外，亦可得知出現問題的水庫列表，進而關注該些水庫之水位與蓄水率等(圖略)。全國主要水庫水位與蓄水率之即時資訊則是透過視覺化的方式，提供應變人員即時掌握水庫的最新水情狀況，此外，本研究亦針對北部、中部以及南部主要水庫，以其水庫運轉操作規線為閾值，進行水情預警資訊之製作。一旦水庫水位低於其運轉規線之嚴重下限，該水庫的顏色將以紅色顯示；反之，若水位在上限以上，則以藍色顯示；其他如水位介於上限與下限之間或界於下限和嚴重下限之間，則分別以綠色、黃色表示。以2017年2月20日之水庫水位與蓄

水率為例，透過視覺化的呈現方式，可顯示當時的石門水庫水位正介於下限與嚴重下限之間，蓄水率約55%，換算有效蓄水量約11300萬噸，而其餘水庫則是在安全值內(圖略)。

抗旱應變期間，每一波天氣系統通過時所帶來的降雨都是珍貴的水資源，為了使應變人員了解每波系統位水庫所帶來的入庫水量，本研究選取北中南各主要水庫進行快速水庫入庫流量計算模組的製作。如圖1為2017年4月19日的入庫流量推估情形。該模組可即時監測每波系統性降雨對水庫蓄水之挹注量，受到鋒面系統通過影響，當時石門水庫過去三天之入庫流量估計約有47萬立方公尺。目前系統呈現的水庫有翡翠、石門、鯉魚潭、曾文、阿公店與牡丹水庫，最長可推估過去三個月之入庫量，此外，若結合氣象局定量降雨預報資料，可推估未來24小時可能之入庫流量。

圖2為因應應變需求所產製之主要水庫集水區未來15天流量推估模組，該結果是將NCEP_GFS模式預測結果作為邊界場，以WRF進行動力降尺度技術開發與模擬，提供用水單位高空間解析度(5Km)之15天降雨推估，進而估算未來每日之入庫流量，提供應變時水庫操作之決策參考。圖中顯示，未來15天，平均每天約有3%~4%的水庫蓄水量進入水庫，預估總累積量約為水庫容量的55%，此一資訊隱含著枯旱的水情似乎有趨緩的趨勢。

台灣春季旱象的舒緩，往往拜西南氣流以及南海季風北上所賜，為此，本研究即針對西南氣流與南海季風肇始的部分進行監測模組之資訊開發，圖3為今年四月上旬的大尺度環流狀況，與歷史同期比較發現，今年的太平洋高壓略為西伸，但仍屬正常時序演進，若依照大尺度氣候之演進時序，四月下旬時，太平洋高壓將東退，南海季風隨之建立，屆時西南風將伴隨旺盛水氣傳至台灣，因此防災人員可預期四月下旬台灣旱象將可逐漸舒緩與解除。

四、 討論

台灣乾旱應變大約可分成監測與預警二大部份，乾旱來臨前除了監測水庫水情與各用水標的之水資源使用狀況外，更要能針對可能的乾旱發生時間進行研判，至於乾旱發生後，則是需要評估可能解除的時機點，簡言之，乾旱來臨前在預估何時不下雨；乾旱來臨

後則是在預估何時會下雨，這是乾旱應變中極為特別的狀況。本研究即針對台灣春季之乾旱應變的需求進行產品開發，開發過程中特別強調氣象與水文資訊的結合，此外，亦嘗試將水情推估往前延伸至15天後，雖然這樣時間尺度的預估結果介於天氣與氣候之間，期限限制與準確性在過去也引發眾多討論(Lorenz 1984；Shukla 1981)，然而，在本研究中初步發現，以NCEP_GFS為邊界場所進行之動力降尺度結果，其表現於春季時頗具穩定性，對於降雨趨勢有其一定程度之掌握，因此能於今年年初之抗旱應變過程中，提供有利水資源操作之參考數據，至於不確定性分析部分，則是後續應著重並持續研究的重要課題。

參考文獻

- Hung, C.-W. H.-H. Hsu, and M.-M. Lu, 2004: Decadal oscillation of spring rain in northern Taiwan. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L22206.
- Lorenz, E. N., 1984: Estimates of atmospheric predictability at medium range. *Predictability of Fluid Motions*, G. Holloway and B. J. West, Eds., Amer. Inst.

Phys., 133-139.

- Jiang, Z., Chen, G.T.-J, Wu, M.C., 2003: Large-Scale Circulation Patterns Associated with Heavy Spring Rain Events over Taiwan in Strong ENSO and Non-ENSO Years. *Mon. Weather Rev.*, 131, 1769-1782.

- Shukla, J.,1981: Dynamical Predictability of Monthly Means. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 38, No. 12, 2547-2572.

經濟部，2009。旱災災害防救業務計畫

吳約西與張承宗，2002。乾旱時期頭前溪水源調度策略分析，*水資源管理季刊*，4卷3期，頁11-14。

林尉濤，1998。農業水旱災因應對策，*科學農業*，46卷1/2，頁77-84。

林李耀、王安翔(2007)。雷達降雨應用在洪水及淹水預報之研究(1/3)。國科會研究計畫報告書，1-48。

陳韻如、謝龍生、陳品好、黃柏誠，2010。由農業乾旱特性談氣候變遷下農業用水的調適，*農業世界*，324期，頁40-47

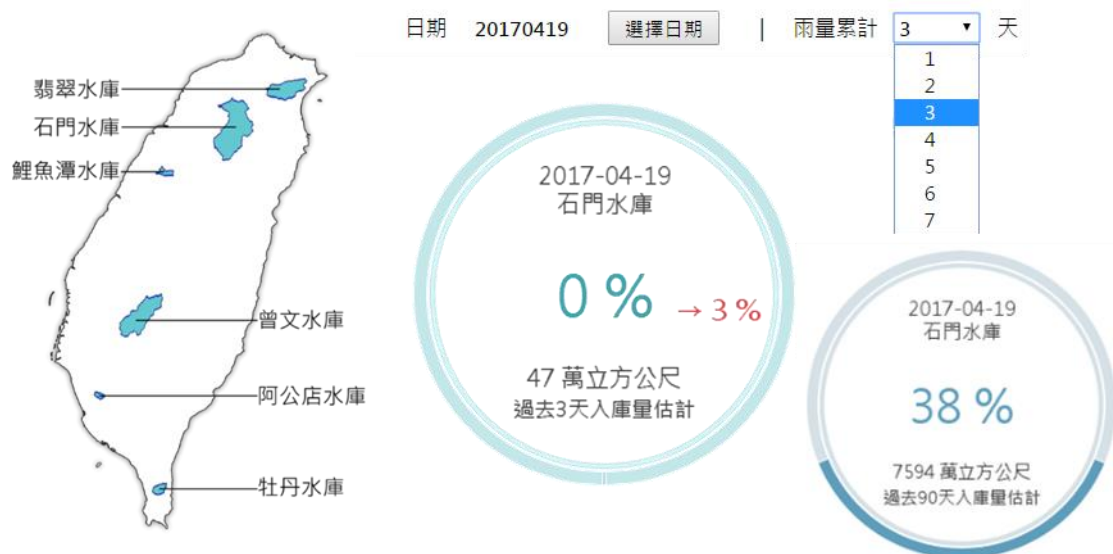


圖 1 2017 年 4 月 19 日的入庫流量推估模組

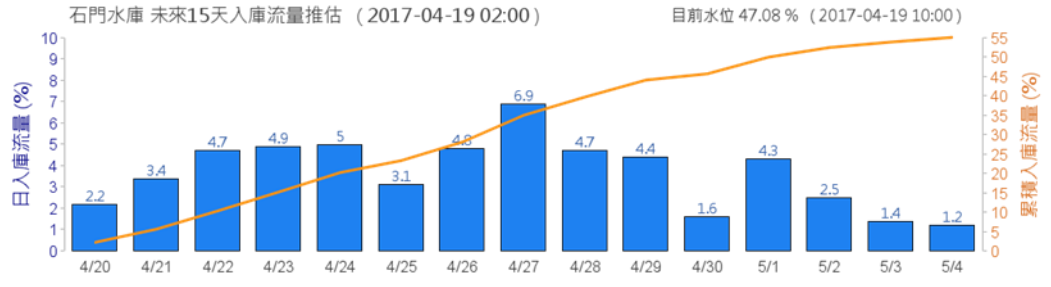


圖 2 水庫集水區未來 15 天流量推估

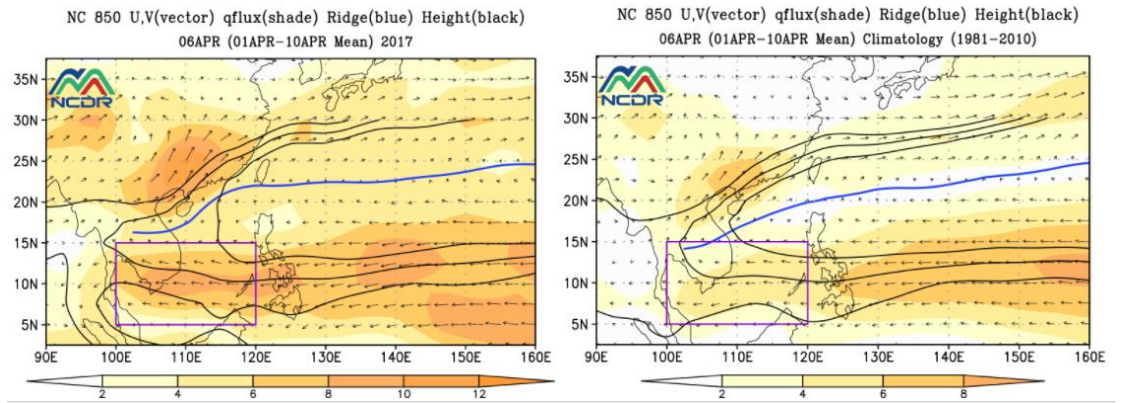


圖 3 2017 年 4 月上旬 850hPa 大尺度環流與氣候場空間分布圖