

短期氣候預報於水庫集水區流量推估之應用

林士堯、劉俊志、朱容練、朱吟晨、陳永明

行政法人國家災害防救科技中心

摘要

本研究之重點目標為運用短期氣候預報的結果，推算出水庫集水區之流量，來評估當面臨到乾旱事件發生時，產製水庫集水區未來三個之季節降雨及流量推估資訊。目前推估系統以石門水庫集水區為主要研究標的，應用 APEC Climate Center(簡稱 APCC)所取得之 16 組氣候模式後報(Hindcast) 資料，進行統計降尺度之預報因子測試，與流量推估，評估每組模式對於台灣春季乾旱的模擬能力。

由研究結果可知模式間的模擬差異相當明顯，雖然系集平均的模擬結果受到部分模式不易掌握集水區季節降雨年際變化影響，導致其降尺度結果與觀測值相關性較低，但是經由不同權重分配後所得之系集平均，則有相當顯著的模擬能力表現。

關鍵字：春季乾旱、短期氣候預報、水庫集水區降尺度、季節流量

一、 前言

氣候模式是現今用於大尺度環流預報的主要工具，在大尺度環流變化特徵的模擬技術，已具有一定的水平，然而在降雨的模擬上會受到空間解析度、地形、緯度等因素影響，對於局部區域之預報能力有限，對台灣而言更是如此，因此區域預報就須輔以降尺度技術來達成，除了動力模式外，另一種則是運用統計降尺度(Chu et al. 2008)方法，求得物理量與區域降雨之間的統計關係，來取得高解析度的模式推估資料。

與先前研究的不同之處在於，本研究是以水庫集水區為主要研究標的，目標重點設定在水資源的管理及分配上，有鑑於在未來氣候變化上會趨於豐者越豐，枯者越枯的嚴峻情況下，如何將水資源做有效的運用調配，將會是面臨乾旱時的重要課題之一。

若能有效預報水庫集水區的降雨變化，將有助於提前應對乾旱在農業、工業及民生上的衝擊，

降低災害所造成的損失，因此，本研究針對以台灣北部為主的春季降雨，利用不同的氣候模式模擬資料進行統計降尺度，得到高解析度降雨資料再換算為水庫入庫流量，在乾旱應變時作為水資源調配之參考依據。

二、 研究資料與分析方法

本研究使用 APEC 氣候中心(APEC Climate Center；簡稱 APCC)包含氣象局在內共 16 組的全球環流氣候模式(General circulation Model；簡稱 GCM)後報(Hindcast)資料，時間選取 1983-2002 年之月資料，觀測資料是使用臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫(Taiwan Climate Change projection and Information Platform；簡稱 TCCIP)所產製的臺灣地區 5 公里網格解析度之月降雨觀測資料(1983-2002 年)，進行台灣過去 20 年春季(FMA)降雨的統計降尺度分析，相關統計降尺度方法詳見 Kim et al.[2004]，Feddersen and

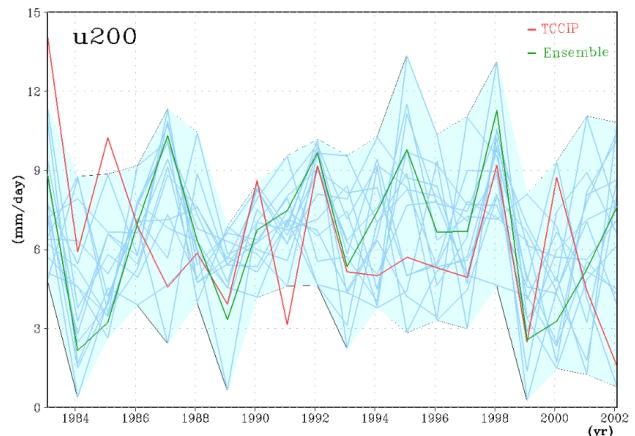
Andersen[2005]與 Chu et al.[2008]。

將降尺度後的集水區高解析度降雨資料，利用日氣象衍生器(WGEN, Richardson, 1981)技術，根據集水區範圍內過去歷史的日降雨統計特性，反衍成日降雨資料，再介接到水文模組GWLF(Generalized Watershed Loading Functions , Haith and Shoemaker,1987)，把日降雨資料轉換成集水區的河川流量、地表逕流及地下水含量等，最後再換算成水庫入庫流量推估資料，根據過去的同期用水量紀錄以及目前的水庫蓄水量即可換算出水庫供水日數。

三、 研究成果

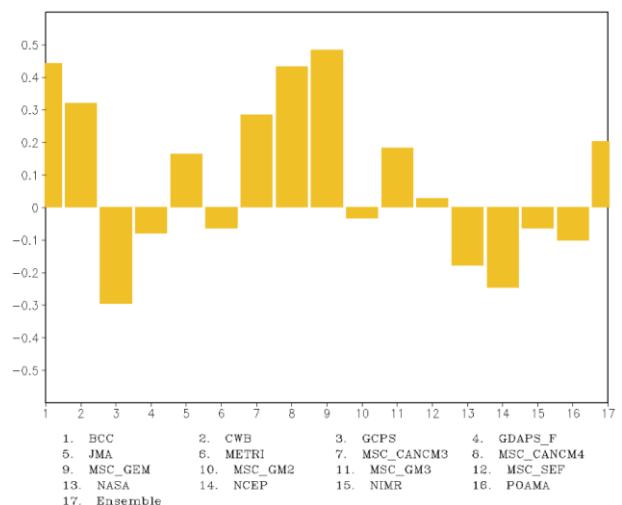
(一) 水庫集水區季節降雨模擬

下圖一是利用 APCC 16 組全球環流模式 U200 作為預報因子，進行 20 年 SVD 統計降尺度所得到的石門水庫集水區區域平均春季降雨歷線，淺藍色線為 16 組模式的模擬雨量，綠色線是 16 組模式的系集平均同樣經由統計降尺度後所得到的降雨資料，紅色線為 TCCIP 的降雨觀測資料，淺藍色區塊為所有模式資料的最大及最小值範圍。由圖可知 20 年的降雨平均值約 6.24mm/day，而雨量明顯偏少的年分為 1991、1999 和 2002 年等，偏多的年份為 1983 和 1985 年，降尺度後的雨量資料整體變動趨勢和觀測是相近的，在雨量明顯偏多和明顯偏少的年份，模式比較無法掌握到雨量變化的幅度，系均平均模擬的表現到觀測的變化趨勢。圖二為各模式降尺度的雨量值和觀測降雨資料的相關係數，其中的 MSC_GEM 模式相關係數可達到 0.48，MSC_CANCM4 也有 0.43 以上，且系集平均的模擬結果並沒有比較好，而是介於中間，模擬結果表現不佳的模式也有數個，藉此結果在未來可以挑選出模擬較佳的模式來做推估的運用。



圖一、1983-2002 年石門水庫集水區

APCC 16 組模式 SVD 降尺度區域平均春季降雨模擬資料歷線。(紅色線為 TCCIP 觀測資料，綠色線為系集平均，藍色線為 16 組模式資料，藍色區塊為所有模式最大及最小值之區間，單位為 mm/day)。

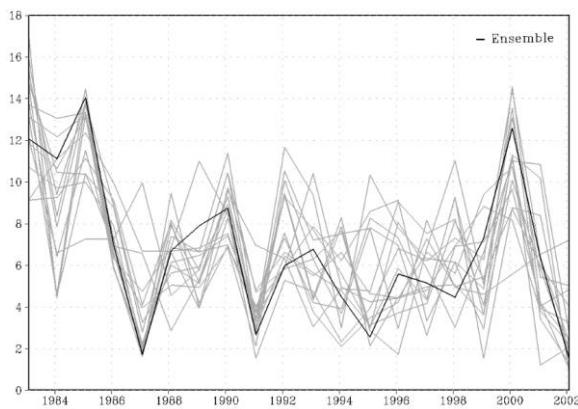


圖二、石門水庫集水區 APCC 16 組模式和系集平均的降尺度區域平均春季降雨資料與 TCCIP 觀測資料相關係數。(1-16 分別為下方所標示之模式名稱，17 為系集平均)。

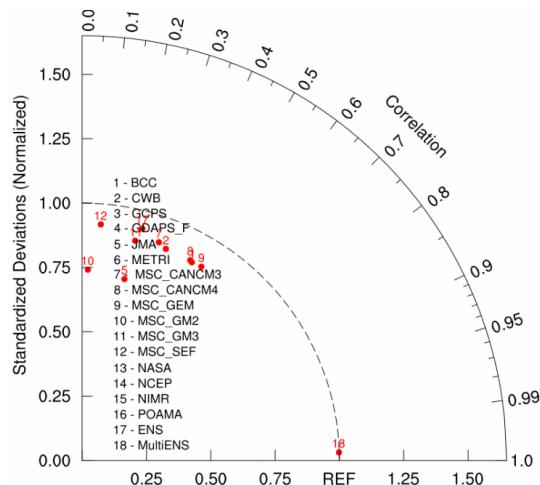
(二) 模式驗證

圖三為 16 組模式資料的 20 年春季均方根誤差歷線圖，圖中顯示誤差大的年分和該年多雨少雨沒有直接的關係，各模式的誤差也沒有一致的關係，代表各模式彼此間都是

獨立的，下方圖四為 16 組模式的泰勒分布圖，以相關係數和標準差來評估模式的模擬能力，越接近 X 軸 REF 點的模式，其模擬能力越好，圖上第 17 個點為系集平均第 18 個則是依照圖三的相關係數，分別給予所有模式不同的權重所得到的修正版系集平均，圖中顯示較好的模式為 MSC_GEN、BCC 以及 MSC_CANCM4 等，而修正版的模擬結果是表現能力最好的。



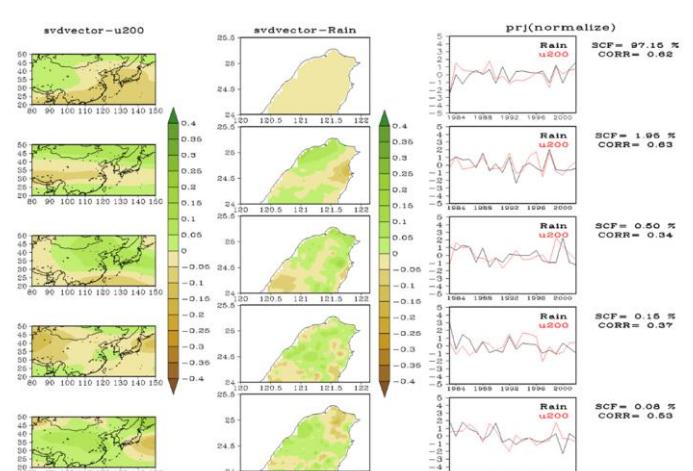
圖三、APCC 16 組模式和系集平均的均方根誤差歷線圖。(灰色細線為 16 組模式的誤差分布，黑色粗線為系集平均的誤差分布)。



圖四、APCC 16 組模式的 Taylor Diagram 分布圖，扇形方向為相關係數，垂直方向為標準化後的標準差值。(數字 1-16 為 16 組模式，17 為系集平均，18 為給予不同權重後的系集平均。)

(三) SVD 分析

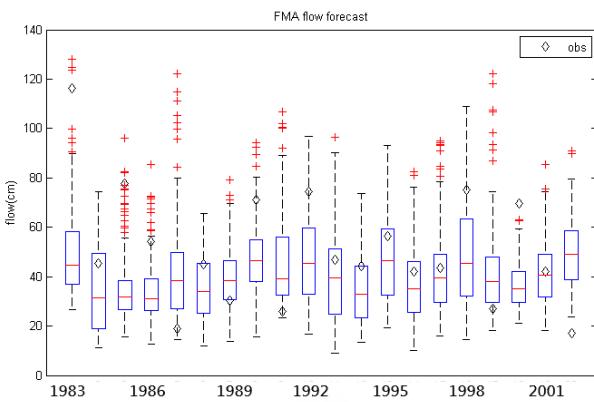
圖五為 MSC_GEM 模式預報因子 U200 和 TCCIP 北台灣春季降雨的 SVD1-SVD5 分布圖，其中第一列最右邊顯示 SVD1 的解釋百分量 SCF(%)有 97% 以上，兩物理量相對應的年際變化走勢如右上圖，相關係數值為 0.62，表示 SVD1 的重要程度遠高於後面 SVD2-SVD4，而左上圖顯示當 U200 在台灣附近包含整個中國大陸沿海地區為負距平時，台灣地區的春雨是偏乾的情況(中圖)，這個配置的技術得分是最高的。



圖五、MSC_GEM 模式春季 U200(左起第一行)與 TCCIP 觀測資料(中間行)的 Singular Value Decomposition (SVD) 分析，最右邊行是 SVD 時間序列，由標準化後的降雨(黑色線)和 U200(紅色線)所組成。

(四) 流量驗證

將 16 組模式所得到的月雨量資料帶入 WGEN，反演成 160 組日雨量資料，再利用 GWLF 換算成流量資料，得到圖五的石門水庫集水區流量模擬盒須圖，圖中顯示模式預報的範圍和觀測資料大致趨勢相同，但有少數幾年會超出模擬範圍之外。



圖五、石門水庫集水區流量模擬盒須圖。(黑色線上方是最大值 下方是最小值，藍色方框上方為 75%，下方為 25%，紅色線為平均值，黑色菱形是流量的觀測資料，紅色+號為反演後超出最大值的)資料範圍。

四、結論

台灣北部的春雨多寡，不只影響到水庫水資

五、參考文獻

- Chu, J.-L., H. Kang, C.-Y. Tam, C.-K. Park, and C.-T. Chen (2008), Seasonal forecast for local precipitation over northern Taiwan using statistical downscaling, *J. Geophys. Res.*, 113, D12118, doi:10.1029/2007JD009424.
- Feddersen, H., and U. Andersen (2005), A method for statistical downscaling of seasonal ensemble predictions, *Tellus, Ser.A* 57,398-408, doi:10.1111/j.1600-0870.2005.00102.x.
- Haith, D.A. , and L.L. Shoemaker, (2006), Drought Monitoring and Early Warning: Concepts, Progress and Future Challenges, WMO, No. 1006. Generalized Watershed Loading Functions for Stream Flow Nutrients. *Water Resources Bulletin*, 23(3), pp.471-478.
- Kim, M.-K., L.-S. Kang, C.-K. Park, and K.-M. Kim (2004), Superensemble prediction of regional precipitation over Korea, *Int. J. Climatol.*, 24, 777-790, doi:10.1002/joc.1029.
- Richardson C.W., 1981: Stochastic Simulation of Daily Precipitation, Temperature, and Solar Radiation. *Water Resources Research*, 17,182-190.
- 朱容練、黃柏誠、張振瑋、吳宜昭(2012)。統計降尺度技術於台灣春季乾旱之應用，101 年天氣分析與預報研討會論文彙編,286-290。
- 吳宜昭、黃柏誠、朱容練、張振瑋(2012)。2011/2012

源的調節運用，對農業一期稻作以至於工業、民生等，都會連帶受到衝擊，若能藉此研究進一步掌握春季降雨之未來趨勢，將有助於提供乾旱的預警並降低災害的損失。

從本研究中發現 APCC 的模式對於所選取的預報因子 U200，在選取範圍內的模擬能力優劣參半，藉由模式驗證得知有幾個模式如 MSC_GEN、BCC 等模擬 U200 的能力較佳，若要以 U200 為預報因子時可以這幾個模式為主，或是採用不同權重的分配方式，可以得到最佳的模擬結果。

流量的模擬基本上和模式的模擬能力成正比，若模式資料的模擬結果越接近觀測，流量的推估也會越精準，因此，模式的表現對後續的流量估算具有決定性的影響。

年臺灣春雨及環流特性之比較，101 年天氣分析

與預報研討會論文彙編,319-322。

林士堯、朱容練、吳宣昭、陳韻如、劉俊志(2013)，台

灣春季乾旱與鋒面之關聯性分析，102 年天氣分

析與預報研討會，A3-8，龍潭，台灣。

林士堯、劉俊志、朱吟晨、朱容練、蘇元風、陳韻如、

陳永明，水庫集水區季節降雨推估系統，103 年

天氣分析與預報研討會，A4-22。