

臺灣地區 1-6 個月降雨季節預報系統

蔡玫紘¹、陳昭銘¹、李清騰²、張庭槐³、汪鳳如³

國立高雄科技大學 海事資訊科技系¹

資拓宏宇國際股份有限公司²

交通部中央氣象局氣象科技研究中心³

摘 要

本研究結合中央氣象局一步法季節預報作業，建置降雨降尺度季節預報系統，執行臺灣地區平地、山區、水庫集水區共 15 測站於豐水期(5-10 月)、枯水期(11-4 月)雨量之 1-6 個月季節預報，主要預報特性如下：

- 西部平地 7 站：較佳預報為豐水期之 3 個月、4 個月、5 個月預報與枯水期之 1 個月、2 個月預報。平均而言，豐水期比枯水期具有較佳預報能力。
- 東部平地 3 站：較佳預報僅有枯水期之 5 個月預報，平均而言，枯水期比豐水期具有較佳預報能力。
- 山區與水庫集水區 5 站：較佳預報為豐水期之 3 個月、4 個月、5 個月預報與枯水期之 2 個月預報，平均而言，豐水期比枯水期具有較佳預報能力。
- 就全臺、全年平均而言，1-3 個月預報之預報能力高於 4-6 個月預報。
- 就區域差異而言：西部平地、山區、水庫集水區測站呈現相近預報特性，豐水期優於枯水期，但東部測站以枯水期預報優於豐水期。

關鍵字：降雨、季節預報

一、前言

中央氣象局一步法預報系統已完成 1982 年迄今之預報實驗與例行上線作業，為檢驗與了解一步法預報模式之季節預報能力，中央氣象局 109 年「季節尺度降水預報系統發展」計畫，建置臺灣地區降雨之降尺度預報及誤差修正系統，運用中央氣象局一步法模式之氣候預報資料，經由 2 種降尺度方式(距離比重法、相關係數法)與 6 種時間組合(第 1-10 天、第 11-20 天、第 21-30 天、第 1-15 天、第 16-30 天、第 1-30 天)，共計 12 種預報方式中，選擇觀測與預報值變化相關性最高的 2 種方式組成優選預報組合。以 1982-2011 年為訓練期，2012-2018 年為驗證期，逐月執行對未來一季之降雨季節預報，預報對象為全臺 15 測站(臺北、新竹、臺中、嘉義、臺南、高雄、恆春、宜蘭、花蓮、臺東、日月潭、阿里山、石門水庫、德基水庫、曾文水庫)。過去降雨季節預報多偏重於枯水期預報，期以掌握橫跨冬季、春季枯水期之可能降雨變化，以

有效使用有限之水資源。然而 2020 年颱風季並未有颱風帶來明顯降雨，使臺灣提早進入缺水狀態，因此對豐水期之預報，也成為未來之重要預報課題。本研究運用中央氣象局「季節尺度降水預報系統發展」計畫所發展之降雨季節預報降尺度優選組合、誤差修正系統、預報驗證方法，分析不同月份之 1-6 個月降雨之預報能力，依此分析不同地區(西部、東部、山區與水庫集水區)於不同季節(豐水期、枯水期)之降雨季節預報能力。

二、降雨降尺度季節預報系統

中央氣象局現行一步法氣候預報的全球大氣與海洋耦合模式，運用該局水平解析度 110 公里(1° x 1°)垂直 40 層(T119L40)的全球大氣預報模式(Global Forecast System, GFS)套疊地球物理流體動力學實驗室(Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, GFDL)發展的第三版組合式海洋模式(The Modular Ocean Model version 3, MOM3)的海氣耦合氣候預報系統，每

月進行 30 組預報，於每日 00Z 預報一次，往後預報 9 個月。中央氣象局一步法預報為例行運作之季節預報系統，也執行後預報實驗，時間自 1982 年迄今。

本研究使用結合中央氣象局一步法預報之降雨降尺度預報系統，對臺灣 15 測站月雨量進行 1-6 個月預報，此預報系統之流程如圖 1 所示，對全臺 15 站所執行 1-6 個月降雨定量預報之程序如下：

- (1) 模式輸入：取每月第 1-30 天預報樣本之平均值為模式大尺度輸入場。
- (2) 降尺度方法：取大尺度輸入場之降雨與 V850，選取臺灣周遭 66 點網格，取訓練期 (1982-2011 年) 之測站觀測月雨量，與對應之月平均模式輸入場，分別計算 66 點中各點時間序列之相關係數，再從中取最高 2 點為優選組合，以此 2 點之權重平均值作為對應該測站降雨之模式降雨或模式 V850 預報值。再取此 2 預報值與測站觀測降雨建立訓練期之複迴歸方程式，作為該站之降尺度預報方程式。
- (3) 誤差檢驗：將驗證期(2012-2020 年)之預報結果，經由訓練期模式降雨、V850 變數所建立之相關係數法，經由該法得到驗證期之降尺度數值，再將此二數值代入訓練期所建立之降雨-V850 複迴歸方程式進行誤差修正。修正後之預報數值與對應之觀測降雨值，計算驗證期間之 root mean square error (RMSE)，藉以分析模式之預報誤差程度。
- (4) 季節預報輸出：由第(3)步驟所算出之預報值與 RMSE 值，以預報值 ± 1 RMSE 作為預報區間，再與觀測值比對預報之準確程度。
- (5) 將(1)-(4)步驟重複對所有 15 測站執行，各站再重複對 1-6 個月預報進行計算，依此計算迴圈建立各站對未來 1-6 個月降雨定量預報之降尺度預報系統。

三、降雨季節預報能力分析

本研究依圖 1 所示之降雨降尺度季節預報系統，將中央氣象局一步法預報所執行 280 天氣候預報結果，執行全臺 15 測站未來 1-6 個月降雨之季節預報，評估

於不同區域、不同月份、不同預報時程之降雨預報能力。對全臺 15 站未來 1-6 個月預報，符合下列兩條件者為較佳預報個案：(1)訓練期月雨量相關係數達 0.36(95%顯著程度)，(2)驗證期間預報值與觀測值間之 RMSE 值，平地測站於枯水期(11 月-4 月)低於 100mm 或於豐水期(5-10 月)低於 200mm，山區測站於枯水期低於 150mm 或於豐水期低於 300mm。於豐水期與枯水期對應不同預報時程之較佳預報個案，分別以西部平地 7 測站(臺北、新竹、臺中、嘉義、臺南、高雄、恆春)、東部 3 測站(宜蘭、花蓮、臺東)、山區 5 測站(日月潭、阿里山、石門水庫、德基水庫、曾文水庫)討論如下。

表 1-a 為以豐水期(5-10 月)做為初始時間，對西部 7 站於訓練期與驗證期月雨量均呈現較佳預報特性之個案，以其訓練期相關係數值顯示，西部測站豐水期預報分析呈現一個有趣特性，即對 10 月之預報，從 1 個月到 5 個月前之預報，均呈現最佳預報能力，1 個月到 4 個月之預報，所有 7 測站均呈現較佳結果，5 個月預報則有 6 測站呈現較佳結果。若以枯水期做為初始時間對西部 7 站之較佳預報個案預報特性分析，如表 1-b 所示，最佳能力為對 3 月之預報，從 1 個月、2 個月、4 個月前之預報均呈現最佳預報能力。表 2-a 為以豐水期做為初始時間，對東部 3 站較佳預報個案之預報特性進行討論，顯示 5 月對 6 月與 10 月對 4 月之預報有最佳之預報能力，次佳為 6 月對 7 月預報，其餘預報(不同初始時間、不同預報時程)之預報能力普遍不理想，僅 0-1 站預報能力較佳。由表 2-b 可看到以枯水期做為初始時間，東部之最佳預報能力為 2 月對 3 月、2 月對 5 月之預報，所有測站均佳。表 3-a 為以豐水期做為初始時間，對山區 5 站之較佳預報個案之預報特性進行討論，與西部平地測站存在相似之預報特性，亦即對 10 月之預報，從 1 個月、3 個月、4 個月、5 個月前之預報，均呈現最佳預報能力，所有 5 測站均呈現較佳之預報結果。若以枯水期做為初始時間，對山區 5 站之較佳預報個案之預報特性，如表 3-b 所示，對 3 月之 1 個月、2 個月前的預報，具有最佳預報特性，所有測站之預報能力均佳。

接著依據表 1-表 3 之結果，將臺灣分為西部、東部、山區等區域，對各區之豐水期與枯水期之 1-6 個

月預報結果，計算訓練期相關係數與驗證期 RMSE 均佳之較佳預報個案數，結果彙整於表 4，其呈現之預報特性分析如下：

西部於豐水期(5-10月)與枯水期(11-4月)分別對 7 測站進行 6 個不同初始月份之預報，每個預報時程(1 個月預報、2 個月預報、.....、6 個月預報)之總預報數為 42，其中預報較佳個案數超過 21(50%總預報數)之預報時程，分別為豐水期之 3 個月、4 個月、5 個月預報與枯水期之 1 個月、2 個月預報。1 個月預報到 6 個月預報之較佳預報個案數於豐水期與枯水期之平均值，分別為 19.8 和 15.7，若進一步評估較佳預報率(平均值/總預報數)，豐水期為 0.47，枯水期為 0.37，結果顯示豐水期比枯水期具較佳預報能力。

對東部而言，於豐水期與枯水期分別對 3 測站進行 6 個不同初始月份之預報，每個預報時程之總預報數為 18，其中預報較佳個案數超過 9(50%總預報數)之月份，僅有枯水期之 5 個月預報，其次為枯水期之 1 個月與 2 個月預報，個案數為 8。較佳預報個案數之平均值於豐水期為 3.8，枯水期為 7.3，較佳預報率於豐水期為 0.21，枯水期為 0.41，顯示枯水期比豐水期具有較佳預報能力。

山區於豐水期與枯水期分別對 5 測站進行 6 個不同初始月份之預報，每個預報時程之總預報數為 30，其中預報較佳個案數超過 15(50%總預報數)之月份，為豐水期之 3 個月、4 個月、5 個月預報與枯水期之 2 個月預報。較佳預報個案數之平均值於豐水期為 14.0，枯水期為 10.2，較佳預報率於豐水期為 0.47，枯水期為 0.34，顯示豐水期比枯水期具有較佳預報能力。

在不同預報時程預報能力之比較方面，針對不同預報時程計算西部、東部、山區於豐水期與枯水期之較佳預報個案數之總和，其對應之總預報數為 180(全臺 15 站 x2 降雨時期 x6 個不同初始月份)，其較佳預報率(總和/總預報數)，1-3 個月較佳預報率均超過 0.40，反之，4-6 個月之較佳預報率則均低於 0.40，顯示對全臺、全年平均來說，1-3 個月預報時程之預報能力優於 4-6 個月之預報時程。

針對不同區域預報能力之預報特性比較上，西部與山區測站呈現相近特性，較佳預報率於豐水期均為 0.47，高於枯水期，而豐水期之較佳預報時程則落在

3-5 個月預報，枯水期之較佳預報時程則落在 1-2 個月預報。至於臺灣東部則呈現另一種預報特性，較佳預報率於枯水期高於豐水期，當中東部較高與較低之較佳預報率數值則均較西部、山區為低，顯現出東部之預報能力較西部為低之特性。

四、結論

本研究運用中央氣象局一步法季節預報作業，建置臺灣地區降雨之降尺度季節預報系統，執行臺灣地區平地、山區、水庫集水區共 15 測站雨量之 1-6 個月降雨季節預報。為評估臺灣各區對未來 1-6 個月降雨之整體預報能力，定義較佳預報個案為其觀測降雨與預報降雨於訓練期具有顯著相關係數、於驗證期之 RMSE 優於一定標準，並以較佳預報率討論臺灣西部 7 站、東部 3 站、山區 5 站於豐水期與枯水期之 1-6 個月預報特性，主要特性如下：

西部較佳預報率超過 0.5 之預報，分別在豐水期之 3 到 5 個月預報與枯水期 1 到 2 個月預報。全部 1-6 個月預報之較佳預報率平均值，其中豐水期又比枯水期具有較佳預報能力。

東部較佳預報率大於 0.5 之預報，僅枯水期之 5 個月預報，其次為枯水期 1 到 2 個月預報，顯示東部於枯水期比豐水期具有較佳預報能力。

山區較佳預報率大於 0.5 之預報，分別為豐水期之 3 到 5 個月預報以及枯水期之 2 個月預報，當中又以豐水期比枯水期具有較佳預報能力。

就全臺、全年於不同預報時程預報能力而言，1-3 個月預報時程之預報能力高於 4-6 個月預報時程。若就不同區域預報能力，由於西部與山區測站均位於臺灣西側，呈現出較佳預報率於豐水期高於枯水期之較佳預報率之相近預報特性，但對東部而言，枯水期較佳預報率高於豐水期之較佳預報率。

表 4：臺灣西部、東部、山區等區域之豐水期與枯水期 1-6 個月預報之較佳預報個案數。

較佳預報 個案數	西部		東部		山區		總和	較佳預報率 (總和/2 時期/15 站 6 預報)
	總預報數：42 (7 站 x 6 預報)		總預報數：18 (3 站 x 6 預報)		總預報數：30 (5 站 x 6 預報)			
	豐水期	枯水期	豐水期	枯水期	豐水期	枯水期		
1 個月預報	18	22	6	8	10	13	77	0.43
2 個月預報	18	25	3	8	11	20	85	0.47
3 個月預報	23	16	5	7	23	8	82	0.46
4 個月預報	23	13	4	7	16	5	68	0.37
5 個月預報	21	5	1	9	16	4	56	0.31
6 個月預報	16	13	4	5	8	11	57	0.32
平均值	19.8	15.7	3.8	7.3	14.0	10.2		
較佳預報率 (平均值/ 總預報數)	0.47	0.37	0.21	0.41	0.47	0.34		

中央氣象局一步法模式之1-6個月降雨季節預報流程圖

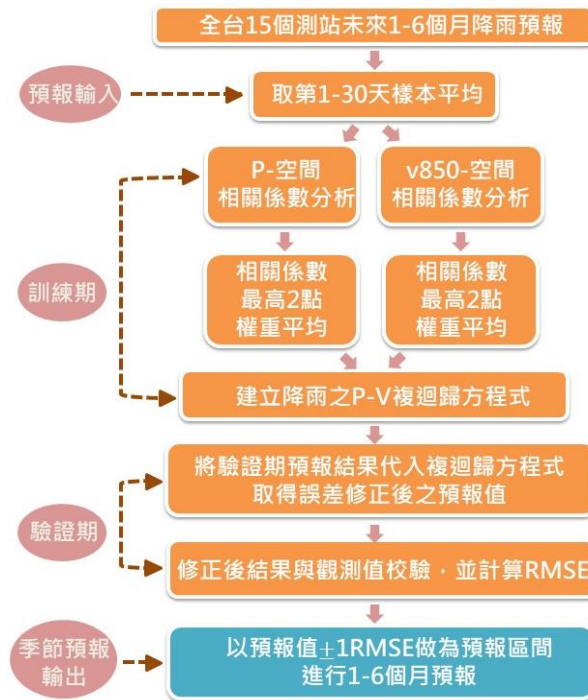


圖 1：降雨-V850 複迴歸降尺度預報系統之流程圖。

1-6-month prediction system for rainfall in Taiwan

Mei-Yun Tsai¹, Jau-Ming Chen¹, Ching-Tern Li², Ting-Huai Chang³, Feng-Ju Wang³

¹Department of Maritime Information and Technology, National Kaohsiung University of Science and Technology

²International Integrated Systems, Inc.

³Research and Development Center, Central Weather Bureau

Abstract

This paper incorporates one-tier prediction system of the Central Weather Bureau (CWB) to build up a down-scaling prediction system for rainfall over 15 stations in Taiwan with a leading time of 1-6 months. The major prediction feature for stations over western, eastern, and mountainous Taiwan for the wet (May-Oct.) and dry (Nov.-Apr.) seasons are summarized as follows:

- Western region: Better prediction skills occur for 3-month, 4-month, and 5-month predictions in the wet season, but 1-month and 2-month predictions in the dry season. Prediction skill is better in the wet season than the dry season.
- Eastern region: Better prediction skill is for 5-month prediction in the dry season. Prediction skill is better in the dry season than the wet season.
- Mountainous region: The better predictions are 3-month, 4-month, and 5-month predictions in the wet season, but 2-month prediction in the dry season. Prediction skill is better in the wet season than the dry season.
- On average, over the entire Taiwan, 1-3-month predictions are more skillful than 4-6-month predictions.
- Stations over the plain and mountainous regions of western Taiwan exhibit similar prediction features, better skills in the wet season than the dry season. Prediction skill is better in the dry season than the wet season over eastern Taiwan.

Keywords : rainfall, seasonal prediction