

民國 91 年乾旱期間之預報決策檢討

陳圭宏
氣象預報中心
中央氣象局

摘要

2001 年 9 月連續兩個颱風（納莉和利奇馬）侵襲，帶給台灣地區非常豐沛的雨量，北部地區更創下 9 月最多雨量紀錄。但接著持續半年多的時間，台灣地區雨量卻轉為異常偏少，使得乾旱嚴重。長期預報課每個月月底前開會討論未來一季台灣地區可能的氣候（平均氣溫與雨量狀況），除了參考自行開發的統計預報模式外，還收集 EC、JMA、NCEP、IRI 等先進國家氣象作業單位的系集預報輸出。平均氣溫方面，各個模式的看法比較一致，大致都有偏高溫的趨勢；但雨量方面，各個模式的看法就非常分歧，且時常沒有可靠的信號可遵循。本文回顧當時的開會紀錄及決策理由，檢討此段期間對於乾旱氣候預報的掌握，以做為未來預報決策的參考。整體而言，採用每個預報員機率預報的平均為基礎，再討論出較合理的情況，會得到不錯的結論，不過當資訊很不確定時，很容易得到近平均值的預報，也就是所謂氣候機率預報。校驗 2001 年 12 月至 2002 年 6 月乾旱期間的預報技術，1 個月前預報有不錯的成績，溫度預報命中率為 0.75，雨量預報命中率為 0.46，不但比機率預報命中率高很多，也比以前的預報技術好。至於 2 個月前和 3 個月前的預報技術，溫度預報還有一點技術，雨量預報可說毫無技術。

一、前言

民國 90 年 9 月台灣地區接連遭受納莉颱風（第 0116 號）和利奇馬颱風（第 0119 號）的侵襲，帶來非常豐沛的雨量，尤其北部地區更創下歷年 9 月最多雨量紀錄（表一）。但接著自 10 月起，雨量卻一直持續偏少，至次年 2 月底，新竹科學園區首先爆出缺水警訊。後來經協調採農田休耕方式，調用農業用水，才暫時舒緩新竹科學園區的缺水問題。3 月、4 月的春雨還是明顯偏少，使得乾旱情況更為加重，並擴大到全台灣地區。行政院於是 5 月 1 日成立「旱災中央災害應變中心」，這是政府首次為旱災成立中央防災應變中心，統籌處理一切用水問題的協調和解決。幸虧 5 月中旬開始，梅雨鋒面正常的在台灣上空徘徊，只是位置稍偏南，中南部和東部雨量恢復正常水準，中南部和東部地區的缺水危機解除，但北部地區雨量仍然偏少，不得以實施民生用水的限水措施，也迫使游泳池、洗車、等大量用水業者停止營業。一直到 7 月初，雷馬遜颱風（第 0205 號）從台灣東北部外海擦身而過，其外圍環流雲系，在北部山區降下很可觀的雨量。接著上旬後半又來一個小颱風娜克莉（第 0208 號），直接由台灣中部登陸，再給台灣地區大量的雨水，這才完全解除了台灣地區的旱災窘態。簡單統計自民國 90 年 10 月至 91 年 6 月少雨期間，台灣地區雨量（表二），台北負距平 817.1 公厘、花蓮負距平 826.0 公厘，都是創此段

期間最少雨量紀錄；台中及高雄由於有較多梅雨期雨量的補充，雨量是此段期間第 8 少雨量紀錄。

平均氣溫方面，台灣地區自民國 90 年 9 月至 11 月呈近氣候正常值到偏低溫，但自 90 年 12 月起，持續高溫情形非常顯著。又以 91 年 3 月和 4 月偏暖情況最嚴重。同樣簡單統計 90 年 10 月至 91 年 6 月期間，台灣地區之平均溫度（表三），台北正距平攝氏 1.2 度，是此段期間歷年第 2 高溫紀錄。台中、高雄及花蓮正距平分別為攝氏 1.1 度、0.8 度及 0.7 度，也都排在歷年前 5 名高溫紀錄。可見此段期間，不但雨量偏少，氣溫也異常偏高。

本文主要針對乾旱情況開始漸漸浮現時，檢討對 12 月至 2 月冬季雨量、3 月 4 月春雨和 5 月 6 月梅雨期的雨量和平均氣溫預報。預報中心長期預報課現行作業，每個月月中和月底各發佈一次月長期天氣展望，展望未來一個月（三旬）台灣地區平均氣溫和雨量的類別概況；每個月月底再加發一次季長期天氣展望，展望未來一季（三個月）台灣地區平均氣溫和雨量各類別的機率預報。每次預報內容的確定，都是經過開會討論後決定的。目前討論會大致遵循 5 個固定程序，由長期預報課同仁分工準備材料報告。（1）首先介紹最近台灣地區的氣溫和雨量概況，有那些天氣系統影響台灣地區，讓大家知道最近天氣變化的情形。（2）報告大氣環流現況及其對台灣天氣的影響，同時監視全球海溫變化及 ENSO 發展。最近更監視 OLR 在赤道地區的消長，找出最近季內振盪的周期，提出其對台灣地區可能的影響和看法。（3）報

告各個統計方法對台灣地區未來氣候的預測，目前參考的統計方法有正準相關分析 (CCA)、條件機率法、類似法及參考 JMA 重回迴對琉球的預測等等。其中以 CCA 方法的信心權重最大。(4) 報告各氣象單位系集預報的結果，包括有 ECMWF、IRI、JMA、NCEP 及 NSIPP 等等作業模式。

(5) 討論及結論，在以上每位同仁冗長的報告，仍然無法確切的做出預報結論，因為大氣環流、海溫監測等，都是在描述過去到現在發生的天氣，提供合理的解釋，對未來大氣環流的演變還是不知道，當然更難預測未來的氣候概況。又各個統計方法和各氣象單位系集預報模式的預測，大部分時候是有大差異的，很難決定準確的預報結論。長期預報結果有鑑於這種困難下結論的難處，特別設計一套「季長期預報決策過程細表」。於開會前，把統計模式、動力模式及監測想法等三大項目，對本期預報內容、校驗情形、預報建議及信心權重等簡單扼要的填入表格中，同仁們再參考這些資訊，事先寫出個人對未來三個月氣溫、雨量的類別機率預報，再以這份機率預報的平均做基礎，於結論討論時，修正比較不協調、不合理的預報，如此可以很客觀的綜合各式各樣的資訊，合理的做出預報結論。事後也證明此種程序做出的正式預報，比以前進步很多。以下節錄此段乾旱期間，各月「季長期預報決策過程細表」裏的決策總評項下，有關預報決策時的記錄，並檢討當時決策時的想法和校驗實際情況。

二、 決策總評和預報決策檢討

開會日期：90 年 11 月 28 日

『11 月東亞沿岸外海海溫從日本經東海、台灣附近至南海及菲律賓附近海面，除了台灣東南部外海有一小區域是負距平外，其他海域都是偏高溫的正距平。以過去的統計資料顯示，台灣地區之平均氣溫和此大區域的海溫相關很好。但是今年 11 月台灣地區平均氣溫並不高，只到近氣候正常值而已。主要原因認為是 500 百帕東亞地區呈負距平，貝加爾湖上空是大片正距平，典型的冷型配置。大陸冷高壓很強盛，不斷有乾冷空氣向南吹，所以氣溫高不起來。展望未來一季，統計模式和動力模式看法相差不大，12 月近氣候正常值到稍偏低溫，1 月較暖，2 月也大致在正常值範圍內。雨量方面，以往信號都不明顯，此次較一致有乾的信號，所以未來三個月很難調少雨的狀況。另外，NCEP15 天預測顯示，12 月上旬的環流型態和 11 月有很大的改變，由冷型態轉為暖型態，12 月上旬平均氣溫應該很暖，而會不會因而使 12 月轉為高溫的類別，值得觀察。』

預測結論強調 1 月偏暖信號較強，12 月和 2 月為近氣候正常值到稍偏低溫，但由 NCEP MRF 15 天系集預報已經可確知 12 月上旬高溫型態顯著，懷疑可能會影響到整個月

平均氣溫類別。校驗 12 月上旬平均氣溫確實異常偏高，雖然 12 月下旬有一波較強冷空氣，但仍不足以使平均氣溫恢復到正常氣溫類別。因而 12 月的平均氣溫預測沒有命中。雨量方面，採信各模式結果，難得有較一致少雨的看法，大膽的預測冬季三個月雨量都偏少。校驗結果，北部冬季雨量確實比較偏少，尤其北部地區最明顯。

開會日期：90 年 12 月 27 日

『12 月 500 百帕高度場環流型態和 11 月幾乎完全相反，12 月東亞主槽正距平和貝加爾湖附近的負距平都很明顯，使得東亞地區是偏暖氣候。雖然 12 月下旬有恢復到冷型環流型態，大陸冷高壓很強盛，台灣地區偏低溫，但仍不足以平衡上旬和中旬的高溫型態。由於東亞沿岸至印度洋北部海溫主要還是大範圍正距平，此區域暖海溫和台灣冬季偏暖的相關很好，CCA 模式強烈反應海溫的狀況，1 月和 3 月非常偏暖，2 月較緩和。不過系集預報模式 EC、JMA、ECPC 偏暖的信號不強，不支持偏暖的氣候。因為大家的機率預報認為偏暖的機會較大，所以結論以 CCA 的溫度預報為依據。雨量方面，大致都是偏少雨至近氣候正常值，尤其東部地區偏少雨信號更明顯。由於中南部冬季正常值雨量很少，最近時常有一偶發的降水，就使中南部達正常值雨量，故中南部雨量預報近氣候正常值，北部和東部偏少雨。』

系集預報模式都不支持偏暖氣候，採信 CCA 模式強烈反應海溫偏暖的信號，顯示偏高溫類別。校驗結果，1 月至 3 月偏高溫型態明顯，有預測到偏高溫的趨勢。雨量方面，綜合模式預測，大致是偏少雨至近氣候正常值，又考慮中南部的氣候值很少，常有一偶發降水就使得中南部達正常雨量，所以預測北部、東部少雨，中南部近氣候正常值。校驗 1 月雨量，中南部、東部大致在正常值範圍，北部和東部正常到偏少雨，而東北部和北部山區更是異常偏少。

開會日期：91 年 1 月 29 日

『今年 1 月份東亞地區環流變化很大，各旬有不同的環流型態，天氣也不一樣。上旬空氣乾冷，台灣地區整旬幾乎沒有降雨，中旬氣溫異常偏高，下旬南支槽移入，持續降雨，類似春雨的天氣型態。整月平均下來，氣溫正常到稍偏暖，雨量近氣候正常值。CCA 統計預報模式顯示，2 月、3 月仍是偏暖信號，但是比較減弱。EC 系集預報模式 JFM 正常，FMA 正常到偏暖，MAM 偏暖，顯示未來一季有越來越暖的趨勢。IRI 沒有特別信號。大家的看法也認為 2 月、3 月偏暖的機會大，尤其 3 月機會更大。雨量方面，CCA 和 EC 系集預報模式顯示正常到偏少雨，尤其東部地區少雨最明顯。4 月，CCA 模式特別強調西部地區有多雨的信號。再參考日本重回迴對琉球的預測，也有 3 月高溫和 4 月多雨現

象，和我們的結論一致。」

CCA 模式一直持續偏弱的預報，加上系集動力預報模式，偏暖信號也開始浮現，更加強對 2 月至 4 月偏暖預報的信心。校驗結果，2 月平均氣溫還是很高，和預報相符。雨量方面，各模式大致是正常到偏少雨的預報，但可能受到 1 月大部分地區是正常雨量的影響，大家對少雨看法的信心不夠，所以 2 月雨量，前一個月的預報失誤。

開會日期：91 年 2 月 26 日

「2 月份北半球 500 百帕高度場距平值很特別，負距平主要集中在高緯度極區附近及印度西北部一小塊區域而已，其他絕大部分地區都是呈正距平。東亞地區的正距平，又顯示東亞主槽依然偏弱，東亞地區的鋒面系統比較不活躍，鋒面影響台灣的時間很短，導致台灣地區雨量比較偏少。本局 CCA、EC、NCEP、JMA 都一致認為今年入夏以後，將進入 El Nino 的狀態。又由監測資料看出，赤道東太平洋海面下，暖水溫層向上浮起且向東伸出，是很有利 El Nino 發展的徵兆，所以認為今年入夏以後，進入 El Nino 的狀態機會很大。但是 El Nino 的發生和台灣地區天氣的相關不大，暫不考慮它對台灣地區的影響。CCA 模式 3 月仍是高溫預報，EC 動力模式預報也顯示 MAM 高溫距平明顯，所以 3 月高溫的機會很大。4 月 CCA 顯示近氣正常值，5 月 CCA 一反常態預則全省低溫，可能是反應最近東亞沿岸和印度洋大範圍降溫所致，日本重迴歸也對琉球做低溫預報。不過別的模式沒有低溫信號，值得繼續觀察其發展。雨量方面，CCA 大致都是近氣候正常值到偏少，EC 動力模式都無特別信號，大家機率預報的平均 3 月偏少雨機會大，4 月和 5 月近氣候正常值。」

確定聖嬰現象的發展趨勢，估計入夏後，聖嬰現象模應可建立完成，和美國 CPC 於 7 月 11 日宣佈聖嬰現象又回來了，時間差不多。表示氣象局對聖嬰現象的發展已經有能力掌握的不錯。此次預報不考慮聖嬰現象對台灣氣候的影響。各模式高溫信號明顯，大家無異議預則 3 月偏高溫，校驗結果成功。雨量方面，動力模式無有意義信號，CCA 有正常到偏少雨的信號，大家機率預報平均偏少雨機會大。校驗結果，雖然北部勉強達到正常雨量的類別，但整體而言是屬偏少雨情況，誤差有限。

開會日期：91 年 3 月 28 日

「3 月份北半球 500 百帕高度場距平，東亞地區自大陸向東擴展到太平洋上空仍然是廣大的正距平區，表示東亞主槽還是很淺，北方冷空氣不易南吹，南下到台灣附近的鋒面系統比較不活躍，停留的時間也不久，致使台灣地區雨量還

是偏少。850 百帕風場顯示，太平洋高壓風場強盛，台灣地區南風距平很明顯，氣溫非常偏暖。CCA 統計模式，4 月和 6 月高溫信號很顯著，5 月近氣候正常值到低溫，EC 模式 MAM 和 AMJ 整個大陸地區到台灣地區，高溫信號也很顯著，表示未來一季(4 月至 6 月)偏高溫機會大，各月預則，因 CCA 認為 5 月溫度不高，故 5 月氣溫預則正常，4 月至 6 月預則高溫。雨量方面，EC 在 MAM 有較弱的少雨信號，但 AMJ 無信號，又根據聖嬰發展年，絕大部分的年都是負距平，故認為 4 月少雨的機會仍大，5 月 CCA 模式有顯示出中南部少雨，大家機率預報的平均也有顯示出中南部少雨，6 月沒有特別的信號，大家機率預報的平均都是近氣候正常值。IRI 預則台灣地區雨量都無信號。」

各模式高溫的看法仍一致，4 月持續偏高溫預則，校驗結果正確。雨量方面，EC 少雨信號會強，又統計聖嬰現象發展年，4 月少雨機會大，校驗結果對 4 月的預報是很成功的。

開會日期：91 年 4 月 26 日

「4 月 500 百帕高帕高度場，東亞地區還是強正距平，使得台灣地區繼續呈高溫少雨的氣候。展望未來一季(5 月至 7 月)統計模式和系集動力模式都有明顯偏高溫的信號，各月中以 6 月的高溫最持續，CCA 5 月由 lag3 的低溫預則轉為 lag1 的中部以北高溫預則，由於 4 月的經驗，也是逐漸預報高溫的情況，事實上，4 月也是偏高溫明顯，因此認為 5 月中部以北偏高溫的機會很大。雨量方面，各個模式的信號不大一致，不過略有偏少雨的傾向，尤以 NCEP 的乾區範圍蓋在台灣上空最明顯，EC 預報的乾區雖沒有直接在台灣上空，但也在台附近，再配合大陸地區明顯高溫的預則，認為梅雨期鋒面比較不容易南下，偏少雨的機會大些。CCA1 的預則認為中部以北少雨信號。此次會議有邀請學校教授參加，他們對未來一季的看法也是有多雨有少雨，但都只是根據他們的分析去推測，不確定性很高。綜合結論，梅雨期 5 月 6 月偏高溫沒有異議，而偏少雨的機會大些，但應不致太少，6 月近氣候正常值的機會較大，5 月則是偏少雨到近氣候正常情形預報。」

雖然 5 月平均氣溫在 CCA 以 1 月、2 月、3 月海溫為預報因子時，都沒有高溫信號，但是取越近的海溫，有越往暖的方向預則，到取 4 月海溫預則時，已有高溫的信號顯現，又動力模式偏高溫也很明顯，所以 5 月各地仍是偏高溫預則。校驗結果和預則相符。雨量方面，採信 CCA 認為中部以北少雨機會大，動力模式比較支持少雨的傾向，但不強。所以 5 月繼續預則少雨，校驗結果，北部和東部少雨，中南部則恢復到常雨量。

開會日期：91年6月26日

「5月上旬500百帕高度場，東亞上空的正距平，延續4月的情況，呈現很強的正距平，中旬開始，此一正距平區很快轉為負距平。850百帕風場更可以看到太平洋高壓勢力，自中旬開始迅速減弱東退，南海海域的西南氣流隨之爆發，南海夏季季風肇始，日期約在5月15日。另外隨著季內振盪的東移，赤道太平洋地區850百帕強西風距平向東伸展至東太平洋，對流活動和200百帕東風距平都有配合，以上跡象都有利聖嬰現象的發展，預計入夏後，聖嬰現象應可發生。CCA模式仍顯示未來一季高溫傾向，只是強度已略為減弱，南部地區轉為正常溫度。動力模式仍強烈預測大片的偏高溫信號。依據大家機率預報的平均，6月7月除南部正常外，其他地區偏高溫。雨量方面，CCA大致是正常雨量，以中部偏少最明顯，但可信度不好，EC本來無信號，轉為有多雨的信號，但NSIPP卻是少雨信號，IRI沒信號，表示各個模式結果差異大，根據大家機率預報的平均，6月北部東部少雨，中南部正常，主要可能有參考NCEP/MRF 15日和日本一個月系集預報資料，認為6月上旬西南氣流還是太偏南，北部少雨的機會大。此次IRI有特別針對台灣地區做預報，他們認為聖嬰現象應該會發生，取10個夏季Nino3.4海溫近似的年份，結果台灣多雨的機會有40到50%之間，也就是說多雨的機會大些，而根據動力模式也有多雨的信號，但過去的經驗，這些信號沒有技術，可信度差。所以7月8月各地雨量以正常預報。」

各模式對高溫的預測仍很一致。雨量方面，各模式預測差異很大，無法決定。強烈參考NCEP MRF 15天和日本4週的系集預報資料，相信6月上旬西南氣流強盛，鋒面在台灣中南部徘徊，北部和東部雨量還是偏少，中南部正常的機會大。校驗結果，6月高溫沒有意外。中南部上月雨量不如預期，中旬鋒面北抬後，雨量更少，導致中南部雨量也偏少，預測失誤。

三、 結論

由於現在統計預報模式和系集預報模式的結果，大部份時候是不一致的，很難直接遵循某一模式的預測結果，必須有所選擇和調整。長期預報歸於每次開預報討論會時，遵照5個固定程序報告，讓大家知道台灣地區最近天氣的變化和主要的天氣系統，並對大氣環流、全球海溫的演化和大範圍影響機制也有了解，同時培養大家對各式各樣預報結果取捨的能力，再加上「季長期預報決策過程細表」的敘述，使預報員可以各自獨立判斷未來氣候可能趨勢。雖然沒有人有經掌握未來氣候的變化，但透過此種程序和決策過程，平均每個預報員的機率預報結果，相信可以得到更客觀且失誤

較少的預報。

綜合自民國90年12月至91年6月，台灣地區乾旱期間的預報技術校驗。一個月前平均氣溫預報命中率為 $(4/7 + 6/7 + 5/7 + 6/7) / 4 = 0.75$ ，比最近6年平均0.479的命中率高很多，雨量預報命中率为 $(4/7 + 3/7 + 2/7 + 4/7) / 4 = 0.464$ ，也比最近6年的0.354預報技術好。至於二個月前和三個月前的預報命中率不比機率預報好，參考性不好。不過有幾次大部分模式有一致預測結果的特殊情況，對第二、第三個月的預報，仍然具有大方向指引的參考性。

參考文獻

長期課作業整合系統：季預報決策過程細表

91年氣象局在職訓練講義

表一、民國90年9月台灣地區氣象站之雨量概況

	雨量	距平	降雨比率	多雨排名
台北	1490.8	1216.2	543%	1
新竹	1151.3	1036.4	1002%	1
台中	564.6	466.5	576%	5
高雄	647.0	460.4	347%	2
花蓮	994.0	649.7	289%	2

表二、民國90年10月至91年6月台灣地區氣象站之雨量概況

	雨量	距平	降雨比率	少雨排名
台北	669.6	-817.1	45%	1
台中	547.5	-430.1	56%	8
高雄	410.7	-388.3	51%	8
花蓮	542.8	-826.0	40%	1

表三、民國90年10月至91年6月台灣地區氣象站之平均氣溫概況

	平均氣溫	距平	高溫排名
台北	21.9	1.2	2
台中	22.5	1.1	4
高雄	24.3	0.8	5
花蓮	22.5	0.7	5