

短期氣候預報作業之發展

陳孟詩¹ 李明營² 劉人鳳² 羅資婷² 張琬玉²
中央氣象局第三組¹ 中央氣象局氣象預報中心²

摘要

近年來國際間氣候測報作業技術進展快速，氣候預報皆以多模式系集預測為根基，隨著氣候模式解析度提高，需研判的預報資料大量增加，資訊必須有效率的加以整合，方能被預報員使用。此外，現行預報資訊只提供較大區域之機率性預報資訊，精細度有待進一步提升，才能滿足民眾與政府決策的需求，尤其在氣候變遷的背景下，極端事件如旱澇發生的頻率極有可能增加，若以水資源管理需求為例，實有必要提供小區域之預報資訊，協助決策參考，以增進國家因應氣候變遷的調適能力。

建立小區域短期氣候預報資訊首在發展客觀化預報方法，必須從氣候分區及季節劃分等基礎科學研究著手，同時探討海氣環流系統(如聖嬰現象、東亞季風等)及其交互作用對臺灣的影響；依據研究成果發展概念模式，並整合動力模式，建立可應用於小區域的預報指引，將現行全臺灣四大預報分區細緻化至縣市分區。為了朝向符合潮流的高階氣候服務邁進，短期氣候預報作業必須以完善的氣候資料庫為基礎，加強氣候研究，發展客觀化預報技術，並整合科研成果於氣候監測預報作業輔助系統中，以利預報人員隨時掌握全球氣候狀態，有效依據氣候模式預報的結果，提供更貼近民眾需求的氣候監測預報產品服務。

關鍵字：短期氣候預報、綜合預報技術、小區域預報指引

一、前言

現行短期氣候監測預報作業的架構以氣候資料庫為基礎，盡可能收集臺灣/海氣環流觀測資料及模式預報，以提供研究發展、監測分析和預測3方面使用。每週5及每月月底預報員定期召開預報討論會，首先回顧當週及當月臺灣/全球氣候，分析大尺度海氣環流可能的影響，之後參考各個預報指引，包括統計方法和動力模式系集預報，討論這些指引的可信度，經由氣候監測預報輔助作業和編輯校驗系統來協助預報決策並產製各類監測預報產品，最後透過各式平台如中央氣象局官方網站、媒體(電視、報紙、廣播、數位等)記者會傳播出去，周知社會大眾。

目前本局主要提供5種短期氣候監測預報產品，分別為每週5發布的月長期天氣展望、每月月中發布的氣候監測報告及聖嬰展望、每月月底發布的

季長期天氣展望，以及每年發布的氣候年報。月/季長期天氣展望分別提供未來4週及未來3個月溫度雨量類別機率預報，氣候監測報告提供即時完整的臺灣氣候及海氣環流現況專業分析，氣候年報回顧過去1年臺灣及全球主要氣候事件及其影響，聖嬰展望則以專題方式探討熱帶海溫的現況、模式預報及其對東亞氣候的影響。

隨著氣象與電腦科技的快速發展，民眾期待氣象局能提供更快速、更準確、更多元的服務，包括提供定期完整的氣候監測產品、提升預報準確度、延長預報時間……等，尤其本局在民國101年1月推出以全臺灣368個鄉鎮市區為單位的「鄉鎮逐時天氣預報」，提供民眾更精緻、在地化的天氣預報，開創了預報精緻化的新紀元後，現有短期氣候預報產品只提供4個分區的預報資訊更顯不足。此外，短期氣候預報對社會經濟活動和國家資源的調度管理有

相當大的影響，其重要性與日俱增，然而受限於目前科學發展的極限，預報誤差會隨著預報時間的增長而擴大，因此面臨相當大的挑戰。為滿足社會各界的需求，必須尋找良好的合作夥伴，運用最新且成熟的氣象科技，以提升短期氣候的預報能力，擴大其服務對象。

二、作業現況

氣候預報模式分為動力與統計模式兩大類。動力模式不但可藉以產生寶貴的預報資訊，更是用來了解氣候系統運作法則的最重要工具。統計模式則是藉過去以預知未來的一項最為直接的工具，也是動力模式作預報時的必備評比與參考依據。然而，不論是動力或統計模式，若不經過專人的了解與詮釋，仍是無法產生可用的預報資訊。在了解與詮釋過程中，需要消化大量氣候資料，把各樣的經驗與理解轉變為可供他人參考與檢驗的概念模式。面對大量的模式預報資料，必須加強氣候研究，以科研成果為基礎，結合概念模式，善用統計方法發展客觀化的整合預報。

本局短期氣候預報所使用的方法是以統計預報和動力預報模式的資料為主，綜觀大氣環流型態為輔。統計模式發展的基礎在於利用長期資料尋求預報因子（predictor，如大氣的環流、海面溫度）和預報對象（predictand，例如臺灣各測站的溫度、雨量）的關係，在假設關係不變的前提下，以過去的經驗來預測未來的情形。

目前季長期預報所使用的統計方法包括正準相關分析（CCA）、類似法（Analog）及適當氣候平均（OCN），月長期預報所使用的統計方法則為動力統計降尺度，也就是使用動力系集模式預報資料，透過統計方法來預報臺灣的溫度、雨量。但這些統計模式發展已逾10年以上，隨著氣象科技及電腦資源的進步日新月異，實在有必要重新檢視及規劃發展，以物理基礎為根據，盡可能地提供客觀化預報，減少人為主觀判斷的影響，增進預報作業效率及信心度。

氣候預測屬於時空尺度既長且大的課題，動力模式預報產品常是全球尺度，解析度動輒百公里以上，對臺灣而言可以提供的預報資訊明顯不足。為降低氣候預測的不確定性，現有作業中心均採用多模式系集預報，同時隨著氣象資訊科技的進步，模式解析度提高，需研判的預報資料大量增加，必須加以整合為預報員方便使用的資訊。此外，在氣候變遷的背景下，極端事件如旱澇發生的頻率極有可能增加，因應水資源管理需求，有必要將全球尺度的資料轉換為流域尺度，並提供具有科學根據的預報資訊，協助決策參考，以增進國家因應氣候變遷的調適能力。

三、國際趨勢

世界氣象組織(WMO)認為一個可靠的全球作業性長期預報系統應該包括3種類型的中心：全球資訊生產中心(Global Producing Center, 簡稱GPC)、區域氣候中心(Regional Climate Center, 簡稱RCC)和國家氣象中心(National Meteorological Center, 簡稱NMC)。GPC是定期產出季節與年際預測產品並將結果上傳到全球通訊系統(GTS)或公開在網站上的作業單位，例如歐洲中期天氣預報中心(ECMWF)和美國氣候預測中心(CPC)。RCC是WMO指派幫助加強區域氣候服務的特定單位，RCC必須有能力根據GPC的氣候產品發展高品質並具區域特色的產品，擔負幫助區域國家減輕氣候變異帶來的氣象災害的責任，並辦理訓練與主辦各種研討和研習的活動，促進氣候科學的發展與加強知識運用，例如東京氣候中心(Tokyo Climate Center)及北京氣候中心(Beijing Climate Center)。WMO另設有長期預報標竿中心(Lead-Center for the Long-Range Forecasts, 簡稱LC-LRFMME)，負責整合多個GPC的預測產品製作多模式系集預報結果(Multi-Model Ensemble)。

世界氣象組織(WMO)於第三次世界氣候大會決定全力促成在2011年WMO大會(WMO最高權力機制)通過全球氣候服務框架(Global Framework for Climate Services, 簡稱GFCS)，開啟氣候服務的新紀

元。以GFCS為架構的氣候服務在技術發展上大致分為觀測、預測、資訊整合與運用三個面向，同時在執行策略上普遍強調國際合作和資源共享的重要性，以及發展精細有用的氣候預測模式，並提供以科技為基礎之氣候服務的必要性。GFCS將為世界各國政府發展氣候服務的準則，其將國家氣象水文服務機關的氣候服務分為4個等級，基礎級至少要包括氣候觀測、氣候資料管理、氣候監測，必要級需增加與使用者互動以及發布季節氣候展望，完整級則增加特定氣候產品和10年氣候預測，進階級進一步涵蓋長期氣候推估、客製化氣候產品以及氣候應用工具。

依據GFCS所分類的氣候服務等級，本局目前所提供的氣候服務屬於必要級，也就是包括氣候觀測、氣候資料管理、氣候監測、發布季節展望及與使用者互動。分析國際發展的趨勢可發現，歐洲中期天氣預報中心(ECMWF)及美國氣候預測中心(CPC)都希望成為全球最好的氣候服務中心，日本東京氣候中心(TCC)及中國北京氣候中心(BCC)也具有成為亞洲最好氣候服務中心的強烈企圖心；要成為一個好的氣候服務中心，必須能夠提供即時完整的氣候監測及準確的氣候預測產品。為了朝向完整級及進階級的氣候服務邁進，本局必須以完善的氣候資料庫為基礎，加強氣候研究，發展客觀化預報技術，並整合科研成果於氣候監測預報作業輔助系統中，方便預報人員隨時掌握全球氣候狀態資訊、多樣氣候預報的結果以及客觀評估預報準確度，以提供更貼近民眾需求的氣候監測預報產品服務。

四、因應策略

目前氣象局提供臺灣4個分區、2週以上至未來1季的氣候預報資訊，以及東亞季風(含臺灣氣候)、海氣環流、聖嬰現象等監測分析報告，雖已達到GFCS所規範的必要級氣候服務，但在氣候變遷背景下，極端事件發生頻率日益增加，各界亟需空間更精細、時間更提前、預測更準確的氣候預報資訊，以便及早規劃各項因應氣候變遷的調適策略，因此氣

象局有責任也有義務提供貼近民眾需求的氣候監測與預報產品服務，包括提升區域及全球氣候現象的完整監測能力、以氣候分區/自然季節/季內震盪等科研成果做為基礎、開發空間解析度提高及預報時間延長的多模式系集客觀整合預報指引，並朝向GFCS完整級甚至進階級的氣候服務目標邁進，以保障人民生命財產安全。

為提供空間更精細、時間更提前、預測更準確之氣候預報資訊，首先必須釐清臺灣氣候分區及季節劃分等基礎科學問題，做為氣候預報資訊細緻化的基礎，同時進行海氣環流系統對臺灣氣候影響的研究，希望能找到具有物理基礎的預報因子，期能延長預報時間並提升預報準確度；之後利用海氣環流預報因子發展概念模式，改善現有統計模式並整合動力模式，以提供具有科學根據的預報指引，並將氣候監測預報作業所需之各項指引逐一建置於氣候監測與預報作業輔助系統中，方便預報員綜合研判各項資訊，進而增進作業效率。

在延長預報時間方面，過去各國不斷致力於將預報長度延展至雙週，近年來隨著科學發展的進步，更希望進一步提升預報能力至雙週以上甚至月尺度。季內振盪現象為第2週以上預報最重要的可預報度來源，為了延長預報時間至第2週以上，當務之急必須先了解季內振盪及其對臺灣的影響，因此將針對季內尺度監測進行研究發展，包括冬(夏)季的季內振盪變異以及季內尺度下臺灣和東亞地區的可應用指標進行研究，以了解區域季節尺度內氣候變異對臺灣可能之影響。

在提高空間解析度方面，考量現階段全球數值動力模式第2週以上的預報技術仍有改善空間，將從分析全球數值動力模式於臺灣地區的系統性誤差著手，同時使用國外氣象作業單位的系統誤差移除技術校正動力模式預報，之後利用經校正之數值模式資料以及影響臺灣之氣候因子，建立臺灣測站第2週以上溫度/雨量統計預報模型，透過校驗分析選擇最適模型，並發展多預報模型整合技術，建立臺灣測站第2週以上溫度/雨量客觀綜合預報指引。

五、預期成果

由短期氣候監測預報作業架構（如圖1）可發現，現代化的氣候資料庫是中央氣象局發展短期氣候預報的基礎，客觀化整合預報為本局提供短期氣候預報服務的技術核心，而氣候監測與預報作業輔助系統則是本局提升短期氣候預報作業效率的利器。

在氣候資料庫改善方面，未來可以提供基礎氣候資料包含原始氣候資料庫資料、網格化資料、面化圖形資料、並隨著上、下游氣候資料修改資料庫內容以符合使用者需求。在客觀化預報發展方面，透過氣候分區及自然季節等科學研究，探討預報分區增加的可行性，以滿足下游單位(如水資源管理)

對短期氣候預報資訊的期待，進而應用於防災減災，減少民生經濟損失；同時了解季內震盪對臺灣氣候的影響，並依據科研成果開發多模式系集客觀整合預報指引，以延長預報時間，盡早提供外界各項決策參考。在氣候監測預報作業輔助系統強化方面，不但提供完整的臺灣氣候圖集，提升全民對自身生活環境了解，落實生活有氣象的理念，同時提供即時的海氣監測圖集，對即將有可能發生的氣候災害及早提出預警，此外建置聖嬰現象/東亞季風/季內震盪等主題網頁，結合氣候知識庫，做為氣候知識推廣的基礎，以提升氣候服務能量。

期許透過「氣象資訊之智慧應用服務計畫」的執行，落實具科學根據的客觀綜合預報技術發展，強化氣候資料庫及氣候監測預報作業輔助系統，以逐步建立小區域短期氣候預報資訊作業能力。



圖1、短期氣候監測預報作業架構。