

出國報告(出國類別：參與研討會)

參加「第 40 屆氣候診斷與預測研討會  
(NOAA 40<sup>th</sup> Climate Diagnostics and  
Prediction Workshop)」報告

服務機關：交通部中央氣象局

姓名職稱：陳孟詩科長

派赴國家：美國

出國期間：104 年 10 月 25 日至 11 月 2 日

報告日期：105 年 1 月 19 日

## 摘 要

職本次出國主要目的在參與由美國國家海洋大氣總署所舉辦的「第 40 屆氣候診斷與預測研討會」，內容包括過去 40 年氣候診斷與預測的演進，極端與風險管理：連接極端診斷預測與準備調適策略的知識及產品，在氣候變異與氣候變遷架構下的洪旱預測、歸因及分析，高衝擊極端氣候事件的診斷與預測，北極氣候變異的預測與歸因，以及北極變異對低緯的連結。

綜合來說，職建議本局氣候監測預報及應用服務的發展可以從三個不同面向來努力：在科學研究層面，確認不同時間尺度的可預報度來源，透過分析釐清各氣候系統影響臺灣的相對程度；在技術發展層面，了解校驗方法所代表的意涵，建立校驗系統，評估各預報模式掌握預報訊號的能力，同時建立動力模式統計後處理流程，修正模式預報誤差，發展客觀綜合預報技術，並進一步降尺度到臺灣，以健全預報作業架構，為氣候服務奠定良好基礎；在應用服務層面，加強推廣多樣化的預測產品，協助使用者了解預測產品的內涵與應用限制，同時也應傾聽使用者的聲音，盡力提供符合其需求的產品，讓氣象資訊得以發揮最大的效益。

# 目 次

摘 要 .....	i
目 次 .....	ii
一、 目的.....	1
二、 過程.....	1
三、 心得與建議.....	13
附錄.....	18

## 一、目的

「氣候診斷分析與預測研討會」(Climate Diagnostics and Prediction Workshop) 為美國國家海洋大氣總署 (NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration) 每年以氣候為主題舉辦的盛會，做為促進作業單位、學術界及使用者之間的溝通平台。今年為第 40 屆會議，由氣候預測中心 (CPC, Climate Prediction Center) 與地球系統研究實驗室 (ESRL, Earth System Research Laboratory) 共同主辦，開會地點選擇在美國科羅拉多州丹佛市 (Denver, Colorado)。本次會議內容涵蓋：2015 年全球氣候回顧、乾旱/洪水、氣候極端事件診斷及預測、聖嬰預測及其影響、過去 40 年來氣候診斷預測的演進、年代際變異及趨勢的診斷與預測、氣候服務與決策評估工具、北極氣候變異的預測/歸因、熱帶可預報度及預測策略等。

由於氣候預測中心負責美國氣候監測預報產品的發布，與職目前所負責的業務具有高度相關，本局與美國國家海洋大氣總署亦有多項合作計畫正在進行，包括氣候模式的發展、氣候預報技術的研究……等，美國更是氣候監測、預報、服務各方面科技發展的先驅與翹楚，參加本會議不僅可以掌握國際上氣候監測預報業務發展的趨勢，更可以與他國氣候預報作業及研究人員進行交流學習，積極獲取科學新知並回饋至日常氣候測報業務中，提供即時、完整的監測產品，並妥善詮釋預報產品，讓社會各界了解目前長期預報應用上的限制，進一步提升我國氣候監測及預報能力，加強氣候服務品質，並促進國際氣候研究合作。

## 二、過程

本年度研討會時間為 10 月 26 日到 10 月 29 日，分為 16 節進行主題討論，包括 71 篇口頭報告以及 56 篇張貼論文，與會人員多達 141 位。詳細議程安排如附錄一，本次會議相關資料可參考 <http://www.cpc.noaa.gov/products/outreach/CDPW40.shtml>。

### (一)、第一天

第一天議程由美國氣候預測中心 (CPC) 主任 David Dewitt 揭開序幕，他提出 CPC 的 4 個核心價值：(1) 聚焦於產品開發以及研究支持 (若每件事都做，高優先度的工作反而會做不好)，(2) 與夥伴充分合作，(3) 研發透明化 (教育民眾我們在做什麼、為什麼要這樣做)，(4) 對產品和工具的優缺點有所認知。CPC 的任務包括：氣候預報工具的發展及改善、氣候監測工具的發展及改善、氣候模式診斷與評估、了解大氣與海洋的可預報度、了解氣候趨勢、天氣與氣候的連結、氣候異常的歸因、預測極端事件 (如乾旱、洪水)，他認為短期高優先度的工作將會是 (1) 產生延伸期預報及長期預報系統的再分析與再預報資料，(2) 利用再分析資料於氣候監測工作，(3) 改善預報工具，特別是統計，(4) 與社會學家合作，更了解使用者，以發展能滿足其需求的產品，(5) 在共同發展透明化及雙向經常對話的基礎上，建立明確的需求，(6) 促進更多的社群合作，(7) 監測預報作業產品能有穩定 (非競爭) 的經費支持。

第 1 節討論主題為 2015 年氣候回顧。美國氣候預測中心的 Michelle L' Heureux 回顧了這次聖嬰 (ENSO) 事件的發展，2014 年底中、東太平洋海溫已經開始有增暖跡象，但大氣遲未配合發展出聖嬰時應有的環流配置，直到 2015 年 3 月才跟上腳步。比較所有預報模式的表現，早在 2014 年 11 月 CFSv2 及 CCSM4 這兩個模式就可以預測到 2015 年 3 月聖嬰的發展，最遲至 2015 年 3 月所有模式均可以預測到聖嬰，其中動力模式又比統計模式更早反應出聖嬰的發展。綜合來說，模式預測聖嬰的發展比實際情況要來得慢，對此次聖嬰而言，半年前可能還預測不到聖嬰的發展，但一季前確實可以看到聖嬰發展的端倪。

美國氣候預測中心的 Jae-Kyung Schemm 回顧 2015 年大西洋颶風及西北太平洋颱風，美國每年在 5 月發布颶風展望，8 月會再更新一次看法。2015 年主要受到聖嬰的影響，因此大西洋颶風偏少，相對地太平洋颱風則偏多，其中 8 月 30 日北太平洋上同時存在 3 個 4 級颶風 (強烈颱風)，10 月 21 日形成的 Patricia 颶風中心氣壓最低達到 880 毫巴，中心最大風速達每小時 200 英哩 (相當於每秒 89 公尺)，成為東太平洋有紀錄以來最強的颶風。分析大西洋不利颶風生成的原因包括垂直風切太強、熱帶上對流層槽線 (TUTT, Tropical Upper Tropospheric Trough) 強、高層乾空氣輻合下沉、大西洋間熱帶輻合區 (ITCZ, InterTropical Convergence Zone) 弱、颶風主要發展區海溫較冷；中太平洋颱風活動破紀錄的原因則包括垂直風切破紀錄的弱、高層脊場持續加強、間熱帶輻合區特別強，以及異常偏暖海溫。

德州 A&M 大學的 John W. Nielsen-Gammon 嘗試找出 2015 年 5 月德州雨量破紀錄的原因，他形容跟氣候變遷有關的熱力作用就像是水管的大小，而動力作用則開啟了水龍頭，使得德州降下大雨。

第 2 至 4 節討論主題為乾旱及洪水，共有 15 篇報告，由於討論的多半為造成美國本地極端事件的原因，例如 2015 年德州水災、2013 年 9 月科羅拉多州強降雨、加州乾旱……等，跟本局業務較無關，因此不再贅述。

## (二)、第二天

第 5 至 7 節討論主題為高影響極端氣候事件的診斷與預測，共有 14 篇報告，茲摘錄幾篇報告重點如後。

美國氣候預測中心的 Qin Chang 探討了北美多模式系集預報 (NMME, North American Multi-Model Ensemble) 的不確定性，首先根據 Raftery et al. (2005) 定義多模式系集預報的變異量 (variance)，包含模式間的變異及模式內的變異，前者跟預報訊號的誤差有關，後者則跟預報雜訊有關；標準差即為分散度 (spread)，模式標準差與觀測標準差的比值即為不確定性，此值小於 1 表示各模式間預報一致，此值大於 1 則表示各模式分散度大，具有較高不確定性。

美國氣候預測中心的 Emily Becker 嘗試使用 NMME 來預測極端溫度。根據 Wei Shi 所提供的全球高低溫網格化資料，可以計算高低溫的距平相關 (anomaly correlation)。將溫度由小至大排序取百分化，極端溫度定義為前 10% 低溫及 90% 以上高溫，並根據 Ferro and Stevenson (2011) 定義 SEDI (Symmetric Extremal Dependence Index) 來校驗極端預報。

美國氣候預測中心的 Peitao Peng 探討造成 2014/15 年冬季北美東西溫度對比的原因。透過經驗正交函數 (EOF, Empirical Orthogonal Function) 分析冬季海溫，前 3 個模態分別為 ENSO、暖化趨勢及北太平洋模態 (NPM, North Pacific Mode)，之後利用其主成分 (PC, Principle Component) 找出跟各模態有關的大氣層場，並重建 2014/15 冬季環流與實況做比較，確認每個模態的貢獻。結果顯示當季北太平洋海溫主要為 NPM 形態，ENSO 次之，北美東西溫度對

比與 NPM 所造成的影響一致。根據 Hartmann (2015)，NPM 出現為 ENSO 發展的前兆，雖然 NPM 早在 2013/14 年冬季就已出現，但 2014/15 年冬季 ENSO 卻沒有發展起來，主要原因在於副熱帶東南太平洋海溫偏冷，造成赤道中太平洋為東風距平，阻礙了 ENSO 發展。

國際氣候與社會研究院 (IRI, International Research Institute for Climate and Society) 的 Anthony G. Barnston 使用 CFS 模式資料評估季內震盪 (MJO, Madden-Julian Oscillation) 對大西洋颶風的影響，其中 CFSv2 模式包含解析度 38 及 94 公里兩個版本。結果顯示兩個版本的模式均能模擬出 MJO，以及當 MJO 濕區位於西印度洋時大西洋颶風較多的現象。CFSv2 模式對 MJO 的可預報度可長達 3 個星期，但對大西洋颶風的可預報度大概只有 1 至 2 個星期。

地球物理流體動力實驗室 (GFDL, Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) 的 Hiroyuki Murakami 使用 FLOR 模式探討 2014 年夏威夷附近颶風異常偏多是人為因素還是自然變異所造成。研究結果發現夏威夷附近颶風的多年代際變化主要是自然因素所造成，至於 2014 年夏威夷附近颶風異常偏多的原因，可能跟全球暖化和 ENSO 都有關係，未來夏威夷附近颶風仍有增加趨勢，但會受到大氣內部年際及年代際變化的調節。

第 8 節討論主題為聖嬰預報與其影響，共有 5 篇報告，其中美國氣候預測中心的 Li-Chuan Chen 利用合成分析的方法來評估 NMME 多模式系集預報 ENSO 的表現。結果顯示在 ENSO 發生時，NMME 可以預測到北美的雨量型態，尤其是 CFSv2 模式，溫度方面各模式間則有些微差異，較大誤差主要來自 GEOS5、CanCM4 及 FLOR 模式。綜合來說，2 月較其他冬季月份有更高預報技術，聖嬰預報優於反聖嬰預報，雨量預報優於溫度預報。

第二天晚上是張貼論文發表 (如附錄二)，包含本局研究團隊發表的 A downscaling approach of relating the large-scale patterns to the extreme rainfall frequency in Taiwan Mei-yu for climate change projection and S2S prediction，論文摘要如附錄三。

### (三)、第三天

第 9 及 10 節討論主題為過去 40 年氣候診斷與預報的演變，此為本屆研討會最大的特色

之一，特別邀請多位重量級講者回顧這 40 年來氣候診斷分析研究及預報作業的進展，共有 10 篇報告。

首先登場的第一位講者為 Chet Ropelewski，從氣候診斷與預報研討會來看氣候監測分析的進展：

1950 年代的氣候是天氣的合成，主要是統計的研究，缺少物理的基礎。

1976 年 11 月在華府舉辦第 1 屆氣候診斷研討會（注意：只有”診斷”而沒有”預測”），第 1 個報告為 1958 至 1975 年的全球溫度變化估計，其他報告包括近期季節氣候異常回顧、澳洲/歐洲/加州乾旱、聖嬰預測的方法改善、1976 年東太平洋海洋增暖，以及冬季展望。當時資料並不及時，存取也有限，缺乏衛星資料、氣候場資料及南半球資料，能用來分析的資料相當稀疏，口頭報告時完全用手繪黑白圖在投影片上；對聖嬰已有一點認知，但還不清楚會影響到全球氣候。1979 年氣候分析中心 (CAC, Climate Analysis Center, CPC 的前身) 成立，與學術單位一起接手在全美各地輪流舉辦研討會。

1982 年第 7 屆研討會在美國大氣研究中心 (NCAR, National Center for Atmospheric Research) 舉辦，幾乎每篇報告都在討論當年是否會發生聖嬰現象。當時因為 El Chichon 火山爆發而缺少衛星估計的海溫資料，低層赤道風場因存在著趨勢而被質疑資料的正確性，甚至因為東太平洋當地觀測海溫超出平均值 3 至 4 個標準差，而認為海溫資料是錯的，同時也缺少秘魯及厄瓜多氣象站的雨量資料。此次研討會指出要改善氣候監測，必須要有可靠的測站、衛星及模式資料。

1985 年第 10 屆是唯一一次在夏天舉辦，也是唯一一次跟世界氣象組織 (WMO, World Meteorological Organization) 合辦的研討會，此次研討會將氣候研究推上尖端科學。

1986~1990 年第 11 至 15 屆研討會開始收取註冊費，當時已經可以取得一些資料了，如 CDDB (Climate Diagnostics Data Base)、CAMS (Climate Anomaly Monitoring System)、Blended SST、COADS (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set)、衛星估計雨量等，同時也開始包括南半球資料，但由於網路還不是那麼發達，因此資料的交換及取得還是有點麻煩。80 年代最主流的分析方法為經驗正交函數 (EOF)，已經進階到人工手繪”彩色”圖在投影片上；已經廣泛了解聖嬰及其遙相關。

1994 年第 19 屆研討會開始出現 NCEP/NCAR Reanalysis 再分析資料。

前 20 屆研討會除了 1983 年在加拿大氣候中心舉辦之外，其餘地點均位於美國，此外研



討會均與學術單位合辦，唯一一次例外是 1988 年與麻州的大氣環境研究有限公司 (AER, Atmospheric and Environmental Research Inc.) 共同舉辦。

1995 年美國氣象中心 (NMC, National Meteorological Center) 成為美國環境預測中心 (NCEP, National Centers for Environmental Prediction)，氣候分析中心 (CAC, Climate Analysis Center) 成為氣候預測中心 (CPC, Climate Prediction Center)。為了強調預報的重要性，因此第 21 屆研討會更名為氣候診斷與預測研討會，將往年在研討會最後半天討論的預報主題往前挪至第 1 天，其中一個主題專門探討模式診斷，氣候應用也首次納入討論主題中。

氣候科學由統計走向物理，舉辦研討會的目的之一為鼓勵大學訓練氣候科學家，未來是否仍朝向此目標前進？未來研討會是否要更強調與使用者對話？講者提出這些問題留待大家思考。

第二位講者 Robert E. Livezey 則提出 35 年來月與季預報作業的觀點。在美國，1982 年季預報開始出現機率形式，1995 年從領先 0.5 個月的預報提前到領先 12.5 個月的預報；1980 年代主要為線性方法主觀預報，1990-2000 年改變為線性方法客觀預報，2020 年以前是否能再進一步改變為非線性方法客觀預報？

1980 年代的季預報採用的方法為點對點延遲相關、單點遙相關、主觀類似法、主觀正準相關分析 (CCA, Canonical Correlation Analysis)，1995 年採用正準相關分析、適當氣候平均 (OCN, Optimal Climate Normal)、合成分析，2006 年將正準相關分析、適當氣候平均、線性多回歸 (SMLR, Screening Multiple Linear Regression) 及 CFSv1 動力模式 4 種預報指引的結果，以線性方法組合成客觀綜合預報。採取客觀綜合預報方法後，增加了季預報技術得分。

Higgin et al. (2004) 建議處理長期溫度資料必須先去除趨勢 (detrend)，並且進行合成分析時選擇中至強聖嬰的個案。O' Lenic et al. (2008) 建議捨棄 SMLR 及 CCA，改用客觀綜合方法，而 OCN 年份的選擇由 10 年增加至 15 年。Livezey and Timofeyeva (2008) 建議，氣候預報應該只根據趨勢、中至強度的聖嬰 (除非科學證明還有其他具有可預報度的來源，如太平洋年代際震盪 PDO)，而這兩種訊號來源必須客觀的組合起來。

講者最後建議：(1) 根據中至強聖嬰個案來統計溫度及雨量三分類機率 (合成分析計算溫度時必須先去除趨勢)。(2) 依賴合成分析和 CFSv2 模式資料發布官方預報。(3) 建立、測試歷史預報資料，並使用趨勢和 CFSv2 模式資料實作綜合預報指引。(4) 比較綜合預報指引和官方預報、NMME 各子模式的預報表現。

第三位講者 Anthony G. Barnston 回顧過去 40 年聖嬰預報的發展。Bjerknes (1966) 發現海溫異常與南方震盪及貿易風強度改變同步發生的正回饋物理機制。Wyrki (1975) 注意到與聖嬰有關的赤道西太平洋海平面和緯向風的改變，進而認知到赤道波動（如 Kelvin waves）在聖嬰加強所扮演的角色。Gill (1980) 說明大氣環流對熱源的反應，Hoskins and Karoly (1981) 透過模擬了解全球大氣對聖嬰的反應。Rasmussen and Carpenter (1982) 進一步描繪聖嬰現象，確認 6 個聖嬰事件：1951/52、1953/54、1957/58、1965/66、1969/70、1972/73，及其相關的海溫、風場變化。

1982/83 的聖嬰發生促成了為期 10 年熱帶海洋全球大氣 (TOGA, Tropical Ocean-Global Atmosphere) 計畫，研究聖嬰及其全球影響。Zebiak and Cane (1987) 發展出全世界第一個成功模擬聖嬰生命期的動力模式，Suarez and Schopf (1988) 提出延遲震盪理論 (delayed oscillator theory) 來解釋聖嬰發生的機制。

預測聖嬰的模式包括統計模式 (Barnston and Ropelewski, 1982)、動力模式 (Cane et al., 1986) 和統計動力混合模式 (Barnett et al., 1993)。1980 及 1990 年代大部分有潛力的預報技術來自於統計模式，然而 2000 及 2010 年代動力模式預報表現開始比統計模式好。即使如此，目前的動力模式仍然出現較大的預報誤差。除了每年 3 月至 6 月的聖嬰轉換期可預報度仍低，成為不容易跨越的預報障礙之外，模式本身也存在著幾個弱點，例如：不完整的物理參數化、海面下觀測資料不足、初始化過程不完美……等。能夠掌握好聖嬰現象，才能做好氣候預測。

總結來說，40 年前我們對聖嬰略有所知，但完全不知道它的空間尺度有多廣，以及它對氣候的影響有多深遠。1980 年代由於有了更好的全球資料 (如衛星遙測)，我們終於看到了與聖嬰有關的海溫訊號全貌，同時也學習它在某些特定季節對全球氣候的影響，並開始發展一些簡單的統計與動力季節預測模式。1990 至 2010 年代可以持續不斷地改進聖嬰和氣候預測模式，大部分原因是更好的觀測資料加入以及電腦科技的進步。今日我們仍然需要更快的電腦、更好的物理加入模式，以及更多的初始化資料，而且我們總是會受到可預報度有極限的限制。

美國氣候預測中心的 Wassila Thiaw 回顧該中心過去 20 年發展氣象服務能力的國際推廣計畫。由於 1970 至 1990 年代撒哈拉 (Sahel) 持續乾旱，1980 年代美國國際開發總署 (USAID, United States Agency for International Development) 建立飢荒早期預警系統 (FEWS, Famine Early Warning System)，美國氣候預測中心負責提供過去 10 天天氣概要及衛星雨量估計，以便即時

監測作物情形。1990 年代美國氣象局建立了非洲席位 (Africa Desk)，提供各國氣象水文機關最新的全球氣候資訊及過去 10 天天氣概要、發展非洲的氣候產品、資助非洲地區氣候展望論壇、協助訓練人員，以及在美國氣候預測中心官方網站中建置相關網頁。2000 年代建置了 RFEv2 非洲日雨量資料庫，飢荒早期預警系統網路擴及中美洲，美國國際開發總署開始注意到極端氣候事件，世界氣象組織為非洲啟動了劇烈天氣預報示範計畫 (SWFDP, Severe Weather Forecasting Demonstration Project)，此時美國氣候預測中心也開始了季內震盪、全球熱帶災害以及季風監測。

目前即時的天氣與氣候產品均整合於國際席位 (International Desk) 的網站 ([http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/african\\_desk/cpc\\_intl/index.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/african_desk/cpc_intl/index.shtml))，也包括 CFSv2 和 NMME 模式的區域季節預報 (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/international/nmme/nmme2.shtml>)，透過區域氣候展望論壇 (RCOF, Regional Climate Outlook Forum) 和國家氣候展望論壇 (NCOF, National Climate Outlook Forum) 的支持，各國氣象水文機關 (NMHS, National Meteorological and Hydrological Service) 及區域氣候中心 (RCC, Regional Climate Center) 均可取得預報圖集與資料，並有來自 110 個國家的 300 位以上氣象學家參與訓練課程。

綜合來說，國際席位活動包括 7 天天氣預報提供劇烈天氣預報示範計畫、第 2 週展望提供全球熱帶災害產品、季節氣候展望提供區域展望論壇、區域災害展望提供飢荒早期預警系統網路、熱帶氣旋展望提供美國國際開發總署、提供季風監測與預報產品以及發展氣候監測預報能力。

地球系統研究實驗室 (ESRL, Earth System Research Laboratory) 的 Michael Alexander 回顧太平洋年代際震盪 (PDO, Pacific Decadal Oscillation) 的研究。首先說明 PDO 的機制，之後評估 CMIP5 模式是否能模擬出 PDO 及其對氣候的影響，發現 PDO、ENSO 對美國氣候影響並不是獨立的，PDO 會調節 ENSO 的強度，模式可以模擬出 PDO 的型態，但是低估 PDO 而高估 ENSO。

美國環境預測中心的 Yan Xue 介紹即時海洋再分析資料比較計畫。美國自 2003 年開始實作全球海洋資料同化系統 (GODAS, Global Ocean Data Assimilation System)，並根據此系統產出海洋監測資料於 <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS>。即時海洋再分析資料比較計畫始於 2014 年，共有 9 個海洋再分析資料參與，並產出海洋系集監測產品於

[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/multiora\\_body.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/multiora_body.html)。初步比較結果顯示，UK Met Office 資料在西太平洋有較大的誤差，GODAS、CFSR 則在東太平洋有較大誤差，其中表現最好的是 JMA、ECMWF 資料，但除了太平洋以外，其他洋面模擬都不好。

第 11 節討論主題為趨勢與年代際變化的診斷預測，共有 3 篇報告，其中地球系統研究實驗室 (ESRL, Earth System Research Laboratory) 的 Randall Dole 使用 CLIMDEX 資料探討影響區域極端溫度季節趨勢的因素，發現極端溫度變化的範圍比平均溫度要來得大，在冬天變化的範圍也比夏天大。極端溫度的趨勢會隨著區域和季節的不同而不同，最近幾十年改變外在輻射作用力對區域極端溫度的趨勢有影響，但最主要的因素還是來自於氣候本身內部的變化。

第 12 節討論主題為氣候服務，直接與氣候資訊的使用者對話及討論，包括阿拉斯加氣候服務中心 James Partain、阿拉斯加環境與科學服務部門 Rick Thoman、科羅拉多州土地管理局 Bruce Rittenhouse、丹佛水資源 Bob Peters，以及科羅拉多州立大學 Jeff Lukas。

首先由美國氣象局的 Viviane Silva 代表介紹氣候服務計畫 (Climate Services Program)。為了建立區域中心的氣候服務能力，美國氣象局發展了訓練工具 CRT (Climate Resilience Toolkit) 以及 LCAT (Local Climate Analysis Tool, <http://nws.weather.gov/lcat/>)，協助各區域產出當地的溫度雨量季節展望，同時也舉辦一系列演講、推廣，以及與學術單位、州政府特別是美國環境資訊中心 (NCEI, National Centers for Environmental Information, 前身為 NCDC, National Climate Data Center) 發展合作關係，每年並舉辦氣候預測應用科學研討會 (Climate Prediction Applications Science Workshop)。美國氣象局和海洋與大氣研究辦公室 (OAR, Oceanic and Atmospheric Research) 已於 2014 年 9 月簽訂合作備忘錄，美國氣象局並確認 2016 年的工作目標包括改善 2 週以上至季的預報、提前提供極端事件的資訊給決策者、改善北極的測報能力、改善海岸地區的測報能力、建立氣候資訊決策的學習路徑。

James Partain 代表各區域氣候服務主任提出需求。對阿拉斯加而言，對氣候與氣候變遷資訊的需求遠遠超過目前可以取得的產品，他們需要各種不同尺度的產品，以便因應海冰減少、永凍土融化、冰雪圈改變、沿岸風暴、能源生產及輸送等各種挑戰。對美國西部而言，希望能改善季節預測提供水資源參考，並促進 NOAA 與其他單位的合作。對美國南部而言，

希望能解譯第 2 至 4 週預報產品讓地區民眾了解，並加強美國氣象局區域作業中心（氣候預測）與美國環境資訊中心（區域氣候服務）的合作。對美國中部而言，關鍵在於如何解譯產品並在地化，以及結合不同單位產出的各式展望。對美國東部而言，由於地利之便，美國氣候預測中心的人員會參加月、季預報討論會以及諮詢服務，提供季節、颶風以及聖嬰展望。

各個不同產業代表也提出他們的需求。阿拉斯加環境與科學服務部門需要連結天氣與氣候的 2 至 4 週預報、提供未來規劃參考的月季展望，尤其海冰季節展望更是迫切需要。土地管理局關心的是火災準備，他們會使用第 1、2、3 至 4 個月預報，選取過去類似個案分析；至於放牧關心的是乾旱，會透過各種管道取得氣候預測工具，例如 Drought.gov、Climate.gov……等。水資源則會因各時期水庫操作的目的不同而會有不同尺度的產品需求。

#### (四)、第四天

第 13 及 14 節討論主題為北極氣候變異與中緯度連結的預測與歸因，共有 9 篇報告。美國冰雪資料中心 (NSDIC, National Snow and Ice Data Center) 的 Julienne C. Stroeve 提到 2008 年透過海冰預測網 (SIPN, Sea Ice Prediction Network) 開始發布海冰展望 (<http://arcus.org/sipn/sea-ice-outlook>)，預測 9 月海冰最小覆蓋面積，但預報表現並不好。講者提出幾個改善預報的建議：量化初始條件、大氣作用力以及模式物理對海冰影響的相對貢獻，尤其是在模式初始化中加入更貼近實際值的海冰觀測。

科羅拉多州立大學的 Elizabeth Barnes 嘗試回答 3 個問題：(1) 北極增溫是否會影響中緯度噴流？(2) 北極增溫已經開始影響中緯度噴流了嗎？(3) 北極增溫未來會持續影響中緯度噴流嗎？研究結果顯示：(1) 經由模式的模擬證明北極增溫會影響中緯度噴流。北極增溫會降低經向溫度梯度、使中緯度噴流更為蜿蜒、大氣波動振幅會加大、改變風暴路徑、減弱平流層極渦。(2) 觀測資料並不能支持北極增溫已經開始影響中緯度噴流，主要還是來自於大氣本身內部動力的影響。(3) 北極增溫未來也許會影響中緯度噴流，但並不是以現今我們所認知的方式影響。

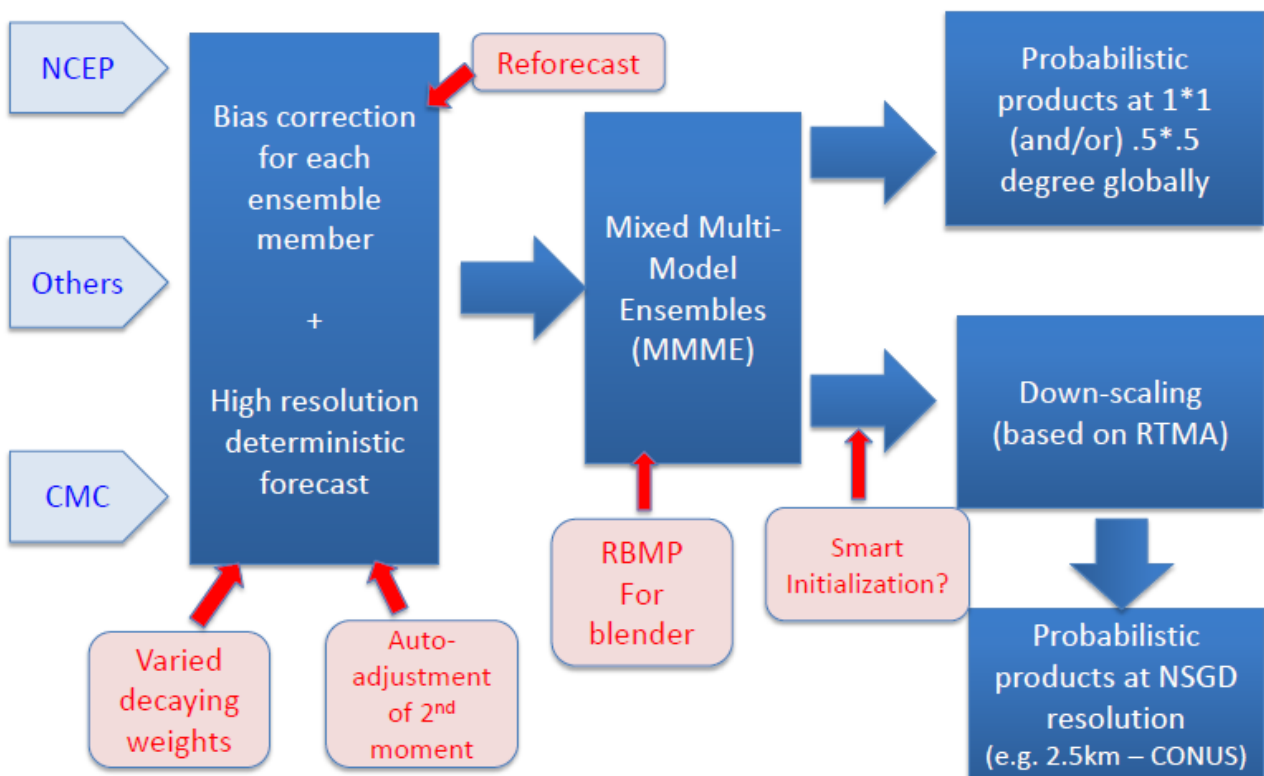
科羅拉多州立大學的 Lantao Sun 探討造成最近冬季”北極增暖、大陸變冷”的原因。他

認為最近北美及東亞變冷的趨勢並不是因為受輻射或海溫的作用力影響，海冰減少確會讓北極增暖，但不會讓中緯度大陸變冷。

第 15 節討論主題為可預報度及預測策略，共有 5 篇報告。首先由 NOAA 氣候測試平台 (CTB, Climate Test Bed) 的 Jin Huang 介紹 NMME 模式進行季內預報的計畫。NMME 計畫始於 2011 年，由 NOAA 氣候計畫辦公室 (CPO, Climate Program Office) 的模擬分析預測推估 (MAPP, Modeling Analysis Prediction and Projection) 計畫、國科會 (NSF, National Science Foundation)、能源部 (DOE, Department of Energy) 和美國太空總署 (NASA, National Aeronautics and Space Administration) 共同支持，季節預報已於 2015 年 9 月正式上線作業，模式產品被廣泛使用於月季展望、非洲席位、乾旱展望、颶風展望、聖嬰診斷，資料並提供研究使用 (<http://www.nws.noaa.gov/ost/CTB/nmme.htm>)。美國氣候預測中心於 2015 年開始發布第 3 至 4 週實驗性展望，每週發布一次 3 分類機率預報，所參考的預報指引包括類似法及 NCEP、JMA、ECMWF 模式，期待 NMME 亦能提供季內尺度的預報指引。目前國際上已有 S2S (sub-seasonal to seasonal prediction) 計畫正在進行，共有 10 個國家作業中心的模式參與，但每個模式提供的資料並未依循相同的格式，資料公開也不夠即時 (延遲 3 週)，NMME 因此於 2015 年 3 月在華府舉辦了一次季內預報系統研討會，訂定資料協定，希望參與此計畫的模式能共同遵守，目標訂為 2016 至 2017 年能發布多模式季內氣候預報測試性產品。

美國環境模擬中心 (EMC, Environmental Modeling Center) 的 Yuejian Zhu 則說明改善 NAEFS (North American Ensemble Forecast System) 模式第 2 週預報技術的方法，著重於動力模式預報的統計後處理過程。首先利用 Decaying average 的技術修正各預報成員的誤差，之後使用 Bayesian Model Average 的技術組合各預報成員，完成系集預報，其概念如下圖所示：

## Future NAEFS Statistical Post-Processing System



第 16 節討論主題為氣候服務與決策支援工具，共有 6 篇報告，其中美國氣象局的 Doug Young 說明了預報及影響評估的新策略。美國氣候預測中心目前使用 HSS (Heidke Skill Score) 來評估預報技術，只評估季節展望，而忽略了其他產品，同時評估頻率也太低。他建議當  $HSS > 0.2$  才能認定此產品是有用的，並計算有用產品的比例有多少 (目標設定在 60% 以上)。至於影響評估的領域包括農業和天然資源、製造業、服務業、教育研究、政府決策者，設計問卷題目進行意見調查，例如：多久使用一次氣候產品與服務？做決定時考慮了多少因素 (包含氣候)？未來使用氣候服務的可能性？氣候和其他因素比較起來在決策中的重要性？氣候服務是否可以幫助減少經濟財產損失，更妥善使用資源，以及進行更好的規劃？

最後地球系統實驗室的 Catherine A. Smith 介紹了計算天氣與氣候資料機率分布的線上工具：<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/writ/distributions/>

## (五)、第五天及第六天

研討會結束後，職 10 月 30 日前往博德市 (Boulder, Colorado) 拜訪地球系統研究實驗室的 Michael Scheuerer 博士。Michael Scheuerer 為 Thomas M. Hamill 博士研究團隊的一員，而該團隊致力於 GEFS 模式的事後預報分析研究及統計後處理過程。由於 GEFS 模式為目前氣象局發布第 2 週展望最重要的參考指引之一，因此與 Michael Scheuerer 博士進行討論，希望能進一步了解 GEFS 模式的預報特性，以評估未來合作的可能性。之後孟繁村博士帶領職參觀地球系統研究實驗室，與美國氣象局預報辦公室的預報員互相交換經驗，並聽取廖文偉博士簡報地球展示系統 (SOS, Science On a Sphere) 最新的發展。

10 月 31 日職與美國氣候預測中心的楊錫鏗博士進一步討論季風席位的合作計畫，嘗試了解美國氣候預測中心的架構、業務及未來的發展方向，並開始著手整理出國期間的所見所聞，思考本局氣候測報業務未來的走向。

## 三、心得與建議

此次研討會適逢 40 週年，因此與前幾屆最大的不同在於回顧了過去 40 年氣候監測與預報的發展。40 年前氣候的領域完全是統計研究，缺少物理基礎，1970 年代多採取遙相關的方式來理解大尺度氣候系統的影響，知道兩者的關係，卻說不出影響途徑。1979 年後有了衛星遙測資料，再加上 1982/83 年聖嬰事件的推波助瀾，氣候科學開始蓬勃發展，大量統計方法被應用於氣候相關研究，1986 年 Cane and Zebiak 發展了第一個成功預測到聖嬰現象的動力模式，更是開啟氣候預測的新紀元，2000 年後則幾乎是多模式系集預報的天下。至於科學現象的理解，20 世紀仍以聖嬰為主要研究課題，進入 21 世紀後，全球暖化話題開始延燒，為了因應防災的需求，季內震盪亦擠身為熱門研究主題的行列。

回顧美國氣候測報業務的發展，也和氣候科學的發展歷程緊密相關：

1972 年 發布 Seasonal Outlook

1982 年 季預報改為主觀機率、出版 Climate Diagnostics Bulletin



- 1986 年 將 ENSO Diagnostic Advisory 改為 ENSO Diagnostic Discussion
- 1987 年 發布 6-10 天預報
- 1989 年 Climate Diagnostics Bulletin 加入 Forecast Forum
- 1994 年 停止 The Monthly and Seasonal Weather Outlook 紙本印製
- 1995 年 發布 The Long-lead Multi-Season Climate Outlook，預報領先時間由 0.5 個月增加至 12.5 個月，並正式發布海溫預報
- 1998 年 發布颶風展望
- 1999 年 發布乾旱展望
- 2002 年 6-10 天及 8-14 天預報改為機率形式。

資料產出對氣候業務的發展亦有相當貢獻，如 1980 年 FGGE、1985 年 TOGA 以及 1994 年 NCEP Reanalysis 資料。預報技術的發展則是由 1980 年遙相關和類似法、1995 年 CCA 和 OCN 統計方法演進到 2006 年加入動力模式的客觀綜合預報方法。

回顧本局氣候測報業務的發展歷程，整理如下：

- 1979 年 發布月長期天氣展望
- 1988 年 月長期天氣展望的發布由一個月 1 次增加到 2 次
- 1994 年 發布季長期天氣展望
- 1999 年 季長期天氣展望改為機率預報
- 2005 年 月長期天氣展望的發布由一個月 2 次增加到每週 1 次，並改為機率預報；發布氣候監測報告
- 2010 年 發布聖嬰展望
- 2013 年 發布氣候年報

預報技術的發展於 1995 至 2006 年間主要為統計模式的開發；2006 至 2015 年間建置氣候資料庫、接收處理臺灣及全球監測預報資料，以及建置氣候監測與預報作業輔助系統，協助預報員綜合研判各項資訊，提升預報作業與服務效率；2016 年起開始發展客觀綜合預報技術。

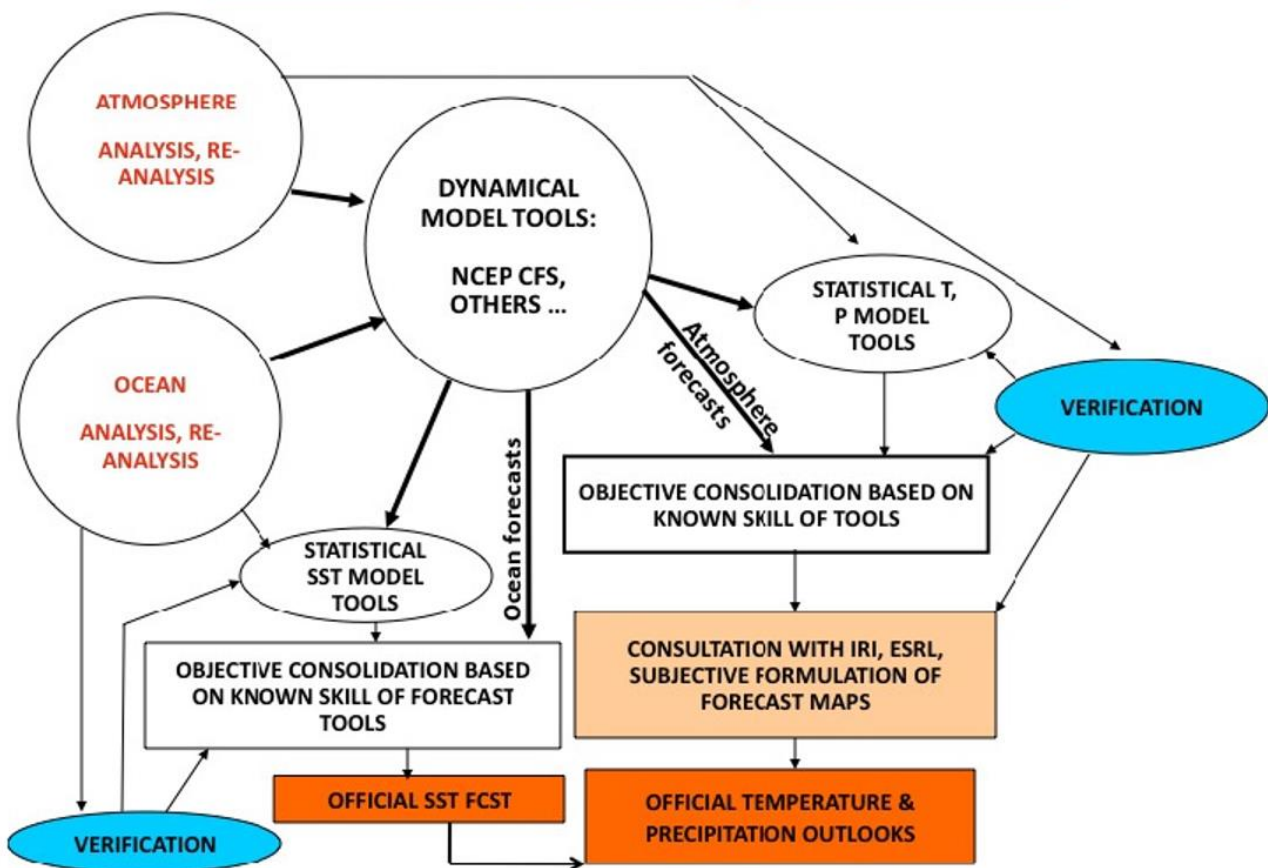
雖然我國氣候測報業務發展不如美國早，但是仍能跟上時代的腳步，發展歷程也是由統

計模式、動力模式到多模式系集預報，發布產品由天氣預報、季預報、第 2 週預報逐漸朝第 3-4 週預報的方向邁進，符合國際發展的趨勢。即使起步較晚，仍應站穩腳步、穩紮穩打，建立良好基礎。

所有的預報都應建立在具有物理基礎的科學根據上，因此在監測研究方面，必須尋找可預報度的來源。不同季節可參考的預報訊號並不完全相同，以冬季溫度預報為例，透過 EOF 分析了解各個氣候模態（如 ENSO、PDO……）所佔的貢獻有多少，並了解模式是否有能力掌握這些預報模態，才有辦法評估模式預報是不是值得採信。

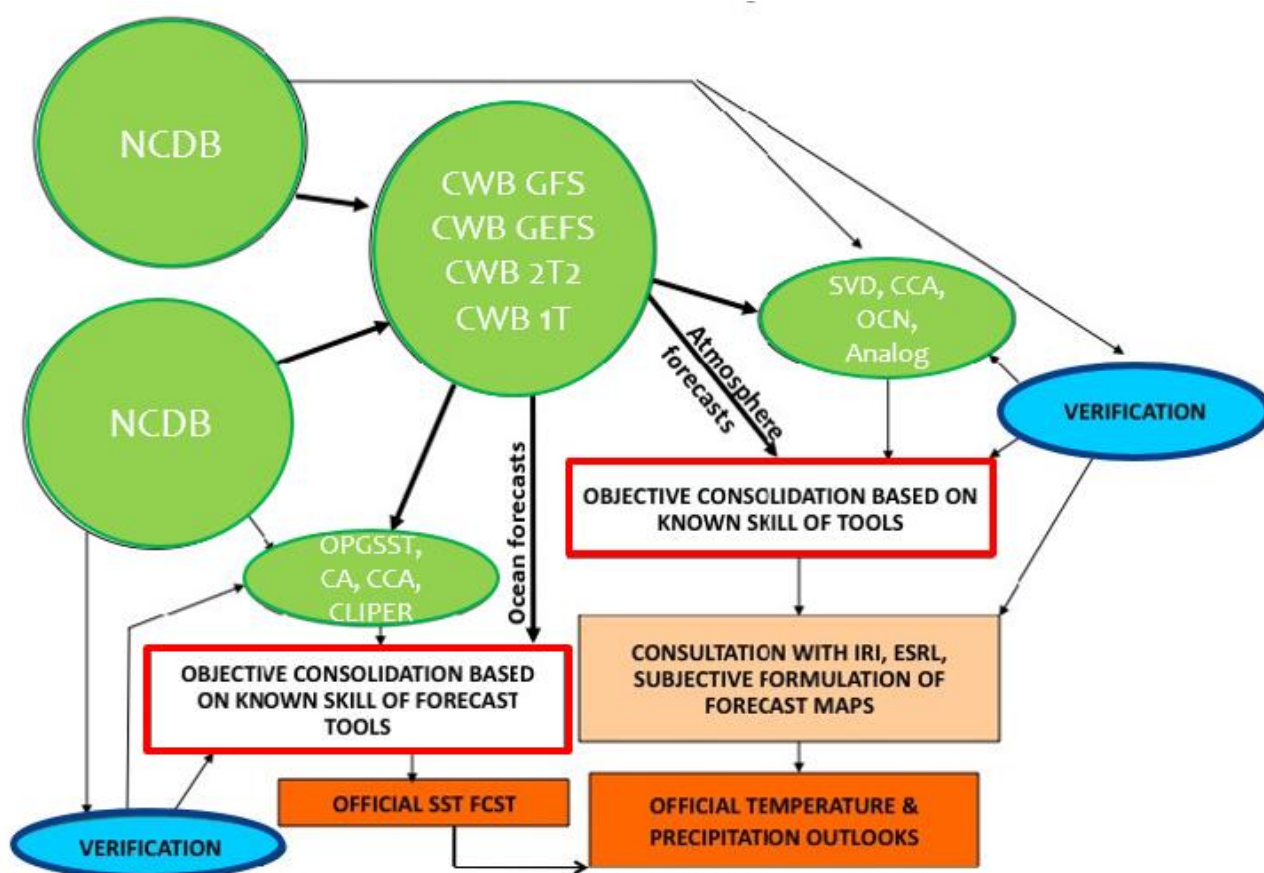
以預報作業架構面來看，美國氣候測報作業的流程如下圖：

**NCEP-CPC Seasonal Forecast Operations Schematic**



若將我國氣候測報作業（如下頁圖）的流程與美國比對，可發現我們在資料的收集、模式（無論是統計或動力）的發展都不遑多讓，但取得模式預報資料後，我國預報員憑經驗直接進行主觀判斷發布預報，美國則是發展客觀綜合預報（consolidation）技術，先從大量資料中

萃取出最重要資訊提供預報員參考，之後才發布官方預報。此外，現有的預報校驗也只針對官方預報，並未發展一個完整的校驗系統評估各模式的表現。



因此為了健全預報架構，我們必須把缺失的模組逐步建立起來，包括客觀綜合預報技術的發展以及校驗系統的建立，職建議將此兩個模組列為未來的工作發展重點。客觀綜合預報技術其實就是利用動力模式資料進行統計後處理流程中的一環，除了美國氣候預測中心有發展此技術外，NAEFS 模式發展團隊也建立了相當完整的統計後處理流程 (如第 12 頁圖)，此外澳洲 CSIRO 的 Q. J. Wang 博士也發展了一套模式後處理方法 CBaM (Calibration, Briging and Merging)，均可以提供未來技術發展參考的依據。

本屆研討會的另一個特色為氣候服務，直接邀請產品使用者參與座談，讓雙方有機會溝通，增進彼此互相了解，氣候測報相關工作人員可以進一步了解產品是如何被使用、地方上還有哪些需求是沒有被滿足的。我國近年來也開始朝這個方向努力，氣象局目前正在執行「氣候變遷應用服務能力發展」計畫，就是為了了解氣象資訊在應用層面所發揮的經濟價值，包括水資源、農業、公衛……等。2013 年起每年兩次的預報論壇開始轉型為氣候預測與應用論

壇，2014 年更深入地方至彰化二林與花蓮吉安，辦理座談會與農民直接對談，嘗試了解其對氣象資訊的需求，2015 年應用層面擴及漁業與公衛領域。透過論壇的舉辦，氣象局說明預測產品及其應用上的限制，並藉由使用者的說明釐清需求產品的範疇，有助於本局規劃未來產品的發展能更貼近使用者真正的需求。然而在此過程中發現，本局目前雖然提供多樣化的產品服務，但對大部分民眾而言所接收的的資訊仍受限於傳統管道，例如電視媒體播報的 7 天縣市預報，少部分民眾會進一步至官網探索鄉鎮預報，知道第 2 週以上預報甚至如何使用的人數就更少了，表示本局應加強推廣多樣化的預測產品內涵，努力讓民眾了解更細緻化的預測資訊，同時透過每次論壇或座談會的舉辦，找到各應用領域合適的聯絡窗口，確認具體明確的需求，建立良好溝通管道，增進雙方互相了解，讓氣象資訊能夠發揮最大的效益。

綜合來說，職建議本局氣候監測預報及應用服務未來可以努力的方向：

1. 確認不同時間尺度的可預報度來源，透過分析研究釐清各氣候系統影響臺灣的相對程度。
2. 了解校驗方法所代表的意涵，建立校驗系統，評估各預報模式掌握預報訊號的能力。
3. 建立動力模式統計後處理流程，修正模式預報誤差，發展客觀綜合預報技術，並進一步降尺度到臺灣，以健全預報作業架構，為氣候服務奠定良好基礎。
4. 加強推廣多樣化的預測產品，協助使用者了解預測產品的內涵與應用限制，同時也傾聽使用者的聲音，盡力提供符合其需求的產品，讓氣象資訊得以發揮最大的效益。

附錄：

附錄一

**Program for the 40<sup>th</sup> Annual Climate Diagnostics and Prediction Workshop**

**Denver, Colorado, October 26-29, 2015**

**Monday, October 26, 2015**

- 07:00 – 09:00      Registration – Magnolia Ballroom
- 08:00 – 08:20      **Welcoming Remarks – DeWitt and Webb**
- 08:20 - 08:40      [\*Charting a path forward at NOAA's Climate Prediction Center\*](#)  
David DeWitt, Climate Prediction Center
- Session 1:            2015 Climate Overview**  
**Chair: Robert Webb**
- 08:40- 09:00      *El Nino was late to the party but it's now here: An overview of ENSO since late 2014*  
Michelle L'Heureux, CPC/NCEP and Anthony Barnston IRI
- 09:00– 9:20      [\*Overview of the 2015 hurricane season\*](#)  
Jae-Kyung Schemm and Gerry Bell, CPC/NCEP
- 9:20- 9:40      [\*The Faucet: Informal Attribution of the May 2015 Record-Setting Texas Rains\*](#)  
John W. Nielsen-Gammon, Texas A&M University
- 9:40 – 10:10      Break
- Session 2:            Drought/Pluvial**  
**Chair: Andy Hoell**
- 10:10 – 10:30      *The May 2015 Texas floods and role of strengthened El Niño teleconnection*  
S.Y. Simon Wang, W.-R. Huang, H.H. Hsu, and R.R. Gillies, Utah State University & Academia Sinica
- 10:30 – 10:50      [\*Diagnosing Possible Anthropogenic Contributions to Heavy Colorado Rainfall in September 2013\*](#)  
Pardeep Pall, Lawrence Berkeley National Laboratory
- 10:50 – 11:10      [\*Climatology of Extreme Daily Precipitation in Colorado and Its Diverse Spatial and Seasonal Variability\*](#)  
Kelly Mahoney, CIRES/NOAA ESRL PSD
- 11:10 – 11:30      [\*Lessons learned from seven years of Water Year outlooks in California\*](#)  
Klaus Wolter, University of Colorado, Boulder & NOAA-ESRL-PSD



- 11:30 – 11:50 [\*The California Drought as seen through the eyes of EDDI \(the Evaporative Demand Drought Index\)\*](#)  
Michael Hobbins, CIRES / NOAA; Daniel McEnvoy and Justin Huntington, Desert Research Institute, Reno, NV.
- 11:50 – 12:10 [\*California: Indications for continued groundwater depletion after drought and causes of drought variety\*](#)  
S.Y. Simon Wang, Yen-Heng Lin, R.R. Gillies, and L.Hipps, Department of Plants, Soils and Climate, Utah State University
- 12:10 – 13:20 Lunch (all lunches are on your own)
- Session 3: Drought/Pluvial (continued)**  
**Chair: Kingtse Mo**
- 13:20 – 13:40 [\*The Physics of Great Plains Drought, Its Predictability, and Its Changed Risk in a Warming World\*](#)  
Ben Livneh and Martin Hoerling, NOAA Earth System Research Laboratory
- 13:40 – 14:00 [\*Precipitation Extremes in the U.S.: Trends and Causes\*](#)  
Kenneth Kunkel, North Carolina State University and NOAA NCEI
- 14:00 – 14:20 [\*Understanding the role of land-atmosphere interaction in the NCEP coupled forecast system \(CFS\) on drought forecast skill for the 2011 and 2012 US droughts\*](#)  
Rongqian Yang and Michael Ek, EMC/NCEP
- 14:20 – 14:40 [\*The Role of Stationary Rossby Waves in the Subseasonal Development of Drought over North America\*](#)  
Hailan Wang, Siegfried Schubert and Randal Koster, NASA Global Modeling and Assimilation Office
- 14:40 – 15:00 [\*Implications of North Atlantic Sea Surface Salinity for Summer Precipitation over the US Midwest: Mechanisms and Predictive Value\*](#)  
Laifang Li, Raymond W. Schmitt, Caroline C. Ummenhofer, Kristopher B. Karnauskas, Woods Hole Oceanographic Institution
- 15:00 – 15:30 Break
- Session 4: Drought/Pluvial (continued)**  
**Chair: Andrea Ray**
- 15:30 – 15:50 [\*Unraveling East Africa's Climate Paradox\*](#)  
Bradfield Lyon, IRI, Columbia University
- 15:50 – 16:10 [\*Simulated U.S. Drought Response to Interannual and Decadal Pacific SST Variability\*](#)  
Robert Burgman, Florida International University

- 16:10 – 16:30 [\*Reconciling seasonal droughts and landfalling tropical cyclones in the southeastern US\*](#)  
Vasu Misra, Florida State University
- 16:30 – 16:50 [\*Flash droughts over the United States\*](#)  
Kingtse C. Mo and Dennis P Lettenmaier, Climate Prediction Center and UCLA
- 18:00 – 19:30 **Ice Breaker, Magnolia Lounge**

## Tuesday, October 27, 2015

07:00 - 09:00 Registration – Magnolia Ballroom

**Session 5: Diagnostics and prediction of high impact extreme climate events**  
**Chair: Jae-Kyung Schemm**

08:00 – 08:20 [Seasonal Predictability of Severe Thunderstorms Based on ENSO: Methodology and Evaluation of the 2015 Forecast](#)  
John T. Allen, International Research Institute for Climate and Society

08:20 - 08:40 [New Measure of Forecast Uncertainty for the North American Multi-Model Ensemble](#)  
Qin Zhang, CPC/NCEP/NWS/NOAA

08:40- 09:00 *Space-time variability of summer hydroclimatology and extremes in the Southwest U.S.*  
Srijita Jana, Balaji Rajagopalan, Yochanan Kushnir, Andrea J. Ray, CIRES, University of Colorado at Boulder

09:00–09:20 [Forecasting temperature extremes with the NMME](#)  
Emily Becker, Climate Prediction Center

09:20- 09:40 [Detection and attribution of extreme temperature and drought using an analogue-based dynamical adjustment technique](#)  
Flavio Lehner, National Center of Atmospheric Research

**Session 6: Diagnostics and prediction of high impact extreme climate events (cont.)**  
**Chair: Mike Alexander**

9:40 – 10:10 Break

10:10 – 10:30 [What drove the Tropical and North Pacific and North America Climate Anomalies in 2014/15 Winter?](#)  
Peitao Peng and Arun Kumar, Climate Prediction Center

10:30 – 10:50 [Effects of the teleconnection patterns on summer consecutive extreme rainfall over Central-Eastern China](#)  
Junmei Lyu, Chinese Academy of Meteorological Sciences

10:50 – 11:10 [Statistical-Dynamical Seasonal Forecast of the Western North Pacific and East Asia Landfalling Tropical Cyclones using the High-Resolution GFDL FLOR Coupled Model](#)  
Wei Zhang, NOAA/GFDL

11:10 – 11:30 [The Impact of the MJO on Atlantic tropical cyclone activity in NOAA's CFS model](#)  
Anthony G. Barnston, International Research Institute for Climate and Society

11:30 – 11:50 [Investigating the Influence of Anthropogenic Forcing and Natural Variability on the 2014 Hawaiian Hurricane Season](#)  
Hiroyuki Murakami, Gabriel A. Vecchi, Tom L. Delworth, Karren Paffendorf, Rich Gudgel, Liwei Jia, and Fanrong Zeng, NOAA/GFDL



11:50 – 13:00 Lunch

**Session 7: Diagnostics and prediction of high impact extreme climate events (cont.)**  
**Chair: Matt Newman**

13:00 – 13:20 [\*Predictability of the 2012 US Drought in a Different Representation of Atmospheric Processes\*](#)  
Debasish PaiMazumder & James Done, Regional Climate Section, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO

13:20 – 13:40 [\*A Revised Real-Time Multivariate MJO Index\*](#)  
Ping Liu, Qin Zhang, Chidong Zhang, Yuejian Zhu, Marat Khairoutdinov, Hye-Mi Kim, Courtney Schumacher, Minghua Zhang, Stony Brook University

13:40 – 14:00 [\*Leading Tropical multidecadal mode \(TMM\) and tropical interannual modes \(ENSO\) revisited 1951-2015. Major changes in recent decades?\*](#)  
Muthuvel Chelliah, Climate Prediction Center

14:00 – 14:20 [\*Using the Bering Sea and Typhoon Rules to Generate Long-Range forecasts II: Predictability of Extreme Weather\*](#)  
Joseph S. Renken, KOPN-FM

14: 20 – 14:40 [\*The 2014 Primera drought over Central America\*](#)  
Miliaritiana Robjhon, Climate Prediction Center

14:40 – 15:10 Break

**Session 8: Prediction of ENSO and Its Remote Impacts**  
**Chair: Michelle L'Heureux**

15:10 – 15:30 [\*ENSO Forecasts in the North American Multi-Model Ensemble: Composite Analysis and Verification\*](#)  
Li-Chuan Chen, Huug van den Dool, Emily Becker, Qin Zhang, and Jin Huang, Climate Prediction Center

15:30 – 15:50 [\*Spatial distribution and the interdecadal change of leading modes of heat budget of the mixed-layer in the tropical Pacific and the association with ENSO\*](#)  
Zeng-Zhen Hu, Climate Prediction Center

15:50 – 16:10 [\*Linking Extreme Weather Events and Extreme ENSO States\*](#)  
Judith Perlwitz, NOAA/ESRL PSD and CIRES/University of Colorado

16:10 – 16:30 [\*The Subseasonal Effect of Strong El Niño Events on North American Climate\*](#)  
Andrew Hoell, NOAA ESRL PSD

16:30 – 16:50 [\*Distinctions in the boreal winter teleconnection patterns between convective and non-convective eastern Pacific El Niño episodes\*](#)  
Nat Johnson, Cooperative Institute for Climate Science, Princeton University

18:00 – 19:30

**Poster Session, Magnolia Ballroom**

## Wednesday October 28, 2015

07:00 – 09:00 Registration – Magnolia Ballroom

**Session 9: The evolution of climate diagnostics and prediction over the last 40 years.**  
**Chair: Mike Halpert**

08:00 – 08:30 [\*Advances in Climate Analysis and Monitoring as Reflected in \(and inspired by\) the CD&P Workshops\*](#)  
Chet Ropelewski and Phil Arkin, Retired, NWS (CAC/CPC)

08:30 – 09:00 [\*A 35-Year Perspective on Monthly and Seasonal Climate Prediction: Where we were, are, and should be going\*](#)  
Robert E Livezey, Retired, NWS (CAC/CPC,CSD)

09:00 – 09:20 [\*The evolution of ENSO prediction from the 1970s to today\*](#)  
Anthony G. Barnston, International Research Institute for Climate and Society (IRI)

09:20 – 09:40 [\*Climate Extremes Past and Present: A 40-Year Perspective\*](#)  
Henry F Diaz, NOAA/CIRES

09:40 – 10:00 [\*The Climate Prediction Center's international outreach: From the African Desk to the International Desks, twenty years of developing the capacity of meteorological services\*](#)  
Wassila Thiaw, Climate Prediction Center/NCEP/NWS

10:00 – 10:20 Break

**Session 10: The evolution of climate diagnostics and prediction over the last 40 years (con't)**  
**Chair: Jon Gottschalck**

10:20 – 10:40 [\*Reflection and Re-Visitation on Prospects for Seasonal Climate Prediction\*](#)  
Martin Hoerling and Arun Kumar, ESRL/NOAA and CPC/NOAA

10:40 – 11:00 [\*Approaches for estimating seasonal predictability: Where are we with current estimates?\*](#)  
Arun Kumar and Martin Hoerling, CPC/NOAA and ESRL/NOAA

11:00 – 11:20 [\*The Pacific Decadal Oscillation Revisited\*](#)  
Michael Alexander, NOAA/Earth System Research Laboratory

11:40 – 12:00 [\*A Real-time Multiple Ocean Reanalyses Intercomparison Project for Quantifying the Impacts of Tropical Pacific Observing Systems on Constraining Ocean Reanalyses and Enhancing our Capability in Monitoring and Predicting ENSO\*](#)  
Yan Xue<sup>1</sup>, C. Wen<sup>1</sup>, A. Kumar<sup>1</sup>, M. Balmaseda<sup>2</sup>, Y. Fujii<sup>3</sup>, G. Vecchi<sup>4</sup>, G. Vernieres<sup>5</sup>, O. Alves<sup>6</sup>, M. Martin<sup>9</sup>, F. Hernandez<sup>10</sup>, T. Lee<sup>7</sup>, D. Legler<sup>8</sup>, D. DeWitt<sup>1</sup>, <sup>1</sup> NCEP/NOAA, USA, <sup>2</sup> ECMWF, <sup>3</sup> JMA, Japan, <sup>4</sup> GFDL/NOAA, USA, <sup>5</sup> GSFC/NASA, USA, <sup>6</sup> BOM, Australia, <sup>7</sup> JPL/NASA, USA, <sup>8</sup> CPO/NOAA, USA, <sup>9</sup> UK Met Office, <sup>10</sup> MERCATOR

- 11:40 – 12:00     [\*Changes in Southeast Asian Climate: Response to and Feedback onto Global Climate Change\*](#)  
Song Yang, Sun Yat-sen University, China
- 12:00 – 13:20     Lunch
- Session 11: Diagnostics and Prediction of Trends and Decadal Variability**  
**Chair: Arun Kumar**
- 13:20 – 13:40     [\*Factors Contributing to Regional and Seasonal Trends in Temperature Extremes\*](#)  
Randall Dole, NOAA/ESRL PSD
- 13:40 – 14:00     *What is the long-term trend in California temperature?*  
Kimberly J. Wang, University of California, Los Angeles
- 14:00 – 14:20     [\*Evaluation of CMIP5 decadal experiments in prediction of Pacific SST modes of variability\*](#)  
Daniel Barandiaran and Simon Wang, Utah State University
- 14:20 – 14:40     [\*Evaluation of the 20th century Temperature Trends and Persistence in CMIP3, CMIP5 and Large Ensemble climate simulations and its relevance for regional climate predictability\*](#)  
Sanjiv Kumar, NOAA/ESRL
- 14:40 – 15:00     Break
- Session 12: Climate Services**  
**[Chair: Andrea Ray](#)**
- 15:00 – 15:20     [\*NWS Climate Services Program: Linking Climate and Weather for Improved Decision Support Services\*](#)  
Fiona Horsfall, Marina Timofeyeva, Michelle Hawkins, Jim Zdrojewski, David DeWitt, NOAA/NWS
- 15:20 – 16:40     **Panel Discussion: Users of Climate Information**  
  
[\*Bruce Rittenhouse, BLM Colorado\*](#)  
[\*Bob Peters, Denver Water\*](#)  
[\*Jeff Lukas, Western Water Assessment RISA\*](#)  
[\*James Partain, NOAA/NCEI Regional Climate Services Director, Alaska Region\*](#)  
[\*Rick Thoman, Climate Science and Services Manager, NWS Alaska Region\*](#)
- 18:30 – 21:30     [\*\*Banquet, Magnolia Ballroom\*\*](#)

## Thursday October 29, 2015

07:00 – 09:00 Registration – Magnolia Ballroom

**Session 13: Prediction / attribution of Arctic climate variability and linkages to lower latitudes**  
**Chair: Judith Perlwitz**

08:30 – 08:50 [\*Can we produce realistic seasonal forecasts in the new Arctic paradigm?\*](#)  
Julienne C Stroeve, Mark C Serreze, Andrew Slater, and Florence Fetterer, National Snow and Ice Data Center, University of Colorado

08:50 – 09:10 [\*Requirements for an improved seasonal sea ice prediction in the NCEP Climate Forecast System\*](#)  
Wanqiu Wang, Xingren Wu, Thomas Collow, and Arun Kumar, NOAA/NWS/NCEP/CPC

09:10 – 09:30 [\*Prediction of Arctic sea ice melt date as an alternative parameter for local sea ice forecasting\*](#)  
Thomas Collow, Wanqiu Wang, and Arun Kumar, INNOVIM, LLC and NOAA CPC

09:30 – 09:50 [\*The impact of Arctic warming on the midlatitude jet stream: Can it? Has it? Will it?\*](#)  
Elizabeth Barnes, Colorado State University

09:50 – 10:10 [\*Will Arctic changes lead to mid-latitude weather extremes in the coming decades?\*](#)  
James Overland, NOAA/PMEL

10:10 – 10:30 Break

**Session 14: Prediction / attribution of Arctic climate variability and linkages to lower latitudes**  
**Chair: Randy Dole**

10:30 – 10:50 [\*Tropical forcing of the recent rapid Arctic warming in northeastern Canada and Greenland\*](#)  
Ding, Q.-H., J. M. Wallace, D. S. Battisti, E. J. Steig, A. J. E. Gallant, H. J. Kim, and L. Geng, University of Washington

10:50 – 11:10 [\*Do stratosphere-resolving models make better seasonal climate predictions in boreal winter?\*](#)  
Amy H. Butler, CIRES/NOAA/ESRL

11:10 – 11:30 [\*Is a Warm Arctic, Cold Continent a Fingerprint Pattern of Climate Change?\*](#)  
Lantao Sun, CIRES, University of Colorado at Boulder and NOAA/ESRL

11:30 – 11:50 [\*Short-term sea ice forecasts with the RASM-ESRL coupled model: A testbed for improving simulations of ocean-ice-atmosphere interactions in the marginal ice zone\*](#)  
Amy Solomon, NOAA/ESRL/PSD and University of Colorado

11:50 – 13:10 Lunch



- Session 15: Topics related to predictability and strategies for prediction**  
**Chair: Stephen Baxter**
- 13:10 – 13:30 [\*NMME Plans for Sub-seasonal Forecasts\*](#)  
 Jin Huang, Climate Test Bed; Kathy Pegion, George Mason University; Ben Kirtman, University of Miami
- 13:30 – 13:50 [\*Evaluation of a NMME-based Hybrid Prediction System for Atlantic Hurricane Season Activity\*](#)  
 Daniel Harnos, Jae-Kyung Schemm, Hui Wang, Climate Prediction Center
- 13:50 – 14:10 [\*Potential predictability of snow in the Canadian Seasonal to Interannual Prediction System\*](#)  
 Reinel Sospedra-Alfonso and William J. Merryfield, Environment Canada
- 14:10 – 14:30 [\*Potential Week-2 Skill Improvement for Multi-Model Ensemble Application\*](#)  
 Yuejian Zhu, Hong Guan, and Bo Cui, NOAA/NWS/NCEP/EMC
- 14:30 – 14:50 [\*Does recent variation in Tropical Pacific seasonal forecast skill represent base state-related change in ENSO predictability, or just dumb luck?\*](#)  
 Matt Newman, University of Colorado/CIRES and NOAA/ESRL/PSD
- 14:50 – 15:10 Break
- Session 16: Climate Services and Decision Support Tools**  
**Chair: Robert Livezey**
- 15:10 – 15:30 [\*Impact Based Climate Metrics and the new GPRA\*](#)  
 Doug Young, Fiona Horsfall, Mike Halpert , NOAA/NWS
- 15:30 – 15:50 [\*Climate Information Needs for Hazard Mitigation\*](#)  
 Nancy Selover, Hana Putnam, Nalini Chhetri, Kenneth Galluppi, Arizona State University
- 15:50 – 16:10 [\*The Importance of Climate Scale Forecasts in Alaska\*](#)  
 Richard L. Thoman, Jr., NOAA/NWS
- 16:10 – 16:30 [\*Evaluating weather and climate impacts on global crop production\*](#)  
 Thomas Walsh, Thomson Reuters
- 16:30 – 16:50 [\*Challenges of providing accurate crop yield outlooks under extreme weather: lessons from Canada\*](#)  
 Aston Chipanshi, Yinsuo Zhang and Nathaniel Newlands, Science and Technology Branch, Agriculture Canada
- 16:50 – 17:10 [\*A web-based tool to examine probability distributions of weather and climate data\*](#)  
 Catherine A. Smith, Gilbert P. Compo, and Prashant D. Sardeshmukh, NOAA/ESRL PSD
- 17:10 **Workshop Adjourn**

## 附錄二

- P.1 *Temperature Variation over East Asia during the Lifecycle of Weak Stratospheric Polar Vortex*, Sung-Ho Woo; Baek-Min Kim; Jong-Seong Kug; Yeonji Gong APEC Climate Center; Korea Polar Research Institute; Pohang University of Science and Technology; Korea Meteorological Administration
- P.2 [\*Extreme Rainfall over Yangtze River-Huaihe River Valleys in Summer and Its Association with the East Asia Westerly Jet\*](#), Qingyun Zhang, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences
- P.3 *Comparison of warm season North American precipitation variability observations to CFSv2*, Kirstin Harnos and Scott Weaver, NOAA/NWS/NCEP/CPC
- P.4 *Improving the land-surface components of the Climate Forecast System Reanalysis (CFSR)*, Jesse Meng, NCEP/EMC/IMG
- P.5 *Seasonal and spatial dependence of soil moisture memory over North America*, Matt Newman, Yan Wang (presenting), and Ben Livneh, CIRES, U. of Colorado and NOAA/ESRL/PSD
- P.6 *Relationship between the Asian westerly jet and summer rainfall over Central Asia and northern China: the roles of the Indian summer monsoon and the South Asian high*, Wei Wei, Department of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University
- P.7 *Identification and Proxy Development of Shortwave Influences on Sub-Seasonal Precipitation in CFSv2*, Martin Schroeder, Utah State University
- P.8 *Anomalies of onset date of the first rainy season in South China and its relationship with variation of the atmospheric circulation and SST*, Wu Hongyu, Climate Center of Guangdong Province
- P.9 *NOAA's Facility for Climate Assessments (FACTS): A Web-based Resource for Assessing Drought and Climate Variability*, Don Murray, NOAA/ESRL/PSD and CU/CIRES
- P.10 *Synthesis and Integration: Challenges towards Next Generation Operational CFS*, Jiayu Zhou, Jin Huang, Annarita Mariotti, Dan Barrie, Jim Kinter, Arun Kumar, OSTI/NWS/NOAA, NOAA CTB, CPO/OAR/NOAA, COLA and GMU, CPC/NCEP/NWS/NOAA
- P.11 *Changes and Influences of Convective Heating over the South China Sea and the Philippine Sea during Boreal Spring under the Background of Global Warming*, Zhenning Li, Song Yang, and Bian He, Sun Yat-sen University, Guangzhou, China
- P.12 *Feedback Attributions to Regional Climate Changes during Global Warming Hiatus*, Xiaoming Hu, Yana Li, Song Yang, Sun Yat-sen University, Guangzhou, China

- P.13 *Mean state and interannual variability of the Indian summer monsoon simulation by NCEP CFSv2*, Ravi P Shukla and Bohua Huang, Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies/George Mason University
- P.14 *CLIMATE CHANGE: state of climate change and future scenarios in Guinea*, Diallo Ahmadou Aliou, National Directorate of Meteorology
- P.15 *Climatological heat budget of the equatorial Pacific upper ocean in the GFDL FLOR global coupled GCM*, Sulagna Ray and Andrew T. Wittenberg, NOAA/GFDL
- P.16 *Impact of the large-scale circulation on extreme precipitation events in the Mediterranean region*, Monika Barcikowska and Sarah Kapnick, NOAA/GFDL, Princeton University
- P.17 *Simulation of Indian summer monsoon using the Japan Meteorological Agency's seasonal ensemble prediction system*, Kailas Sonawane, India Meteorological Department
- P.18 *An analysis of predictability of seasonal atmospheric variability using NNME models*, Bhaskar Jha and Arun Kumar, CPC,NCEP/NOAA, College Park, Maryland
- P.19 *Characteristics of hydro-climatic variables in Nigeria during episodes of sea surface temperature anomalies in the Gulf of Guinea*, Sholademi Mutiat, Nigerian Meteorological Agency
- P.20 *Development of High Spatial Resolution Rainfall Climatology for Ghana*, Aryee Jeffrey and Amekudzi K. Leonard Kwame Nkumah, University of Science and Technology
- P.21 *Impact Of Sea Surface Temperature On West African Rainfall: Case Study Of Coastal Zone Of Ghana*, Michael Baidu, Leonard K. Amekudzi And Jeffrey Arye, Meteorology and Climate Science Unit, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi- Ghana
- P.22 *Variabilities in Rainfall Onset, Cessation and Length of Rainy Season for the Various Agro-Ecological Zones of Ghana*, Leonard K. Amekudzi , Edmund I. Yamba, Kwasi Preko, Ernest O. Asare , Jeffrey Aryee , Michael Baidu and Samuel N. A. Codjoe, Meteorology and Climate Science Unit, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi- Ghana
- P.23 *Categorizing prediction skill of monsoon intraseasonal oscillation according to the amplitude of underlying SST anomalies*, Wanqiu Wang, Meng-Pai Hung, Arun Kumar, NOAA/NWS/NCEP/CPC
- P.24 *Effects of Atmospheric Conditions on the Development of the Weak 2014 El Niño*, Yehui Chang and Siegfried D. Schubert, GMAO, NASA/GSFC



- P.25 *On the evolutions of different types of El Niño*, Jiaxin Feng, Zhaohua Wu, Shang-Ping Xie, and Nathaniel C. Johnson, Florida State University/Scripps Institution of Oceanography
- P.26 *Ocean Climate Indicators for research, prediction, and decision makers*, Jennifer Saleem Arrigo, NOAA
- P.27 [\*Evaluation of Regional Climate Downscaling in the Tropics\*](#), Ricardo Fonseca, Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University, Singapore
- P.28 [\*Intraseasonal Tropical Storm Prediction in the NCEP CFSv2 45-day Forecasts\*](#), Lindsey Long CPC/Innovim LLC, Jae-Kyung Schemm, and Stephen Baxter, NOAA/NWS/NCEP/CPC
- P.29 *Relation of Eurasian snow cover and Indian monsoon rainfall: Delayed hydrological effect*, Subhadeep Halder and Paul A. Dirmeyer, Center for Ocean- Land- Atmosphere Studies, George Mason University
- P.30 [\*The relationship between thermocline depth and SST anomalies in the eastern equatorial Pacific: Seasonality and decadal variations\*](#), Jieshun Zhu 1Climate Prediction Center, NOAA/NWS/NCEP, College Park, Maryland, USA, 2 Innovim, Greenbelt, Maryland, USA
- P.31 [\*Investigations of the Madden Julian Oscillation using Multivariate Principal Oscillation Analysis\*](#), Leslie M. Hartten (1,2), Cecile Penland (2), and Rosa M. Vargas (3,4), (1) Cooperative Institute for Research in Environmental Science (CIRES), Univ. of Colorado, Boulder, Colorado (2) Physical Sciences Division, NOAA Earth System Research Laboratory, Boulder, Colorado (3) Significant Opportunities in Atmospheric Research and Science (SOARS) Program, UCAR, Boulder, Colorado (4) Dept. of Physics, Univ. of Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico
- P.32 *Subseasonal prediction of the Bay of Bengal Monsoon Onset using CFSv2.*, Bimal Gyawali; S. Y. Simon Wang; Boniface Fosu, Department of Plants, Soils and Climate, Utah State University
- P.33 *Extended winter inversions and worsening smog in the IndoGangetic Plains*, Boniface Fosu, S.-Y. Simon Wang, Utah State University, Utah Climate Center
- P.34 *Optimal Ranking Regime Analysis of TreeFlow Dendrohydrological Reconstructions*, Steven A. Mauget, USDA-ARS Plant Stress and Water Conservation Lab
- P.35 *The October 2014 snowstorm in the Nepalese Himalayas: Synoptic conditions and associated trends*, S.Y. Simon Wang, Boniface O. Fosu, R. Gillies, and P. Singh, Utah State University

- P.36 *Crop Production Risk in the Pampas: A Bayesian Weather Generator for Climate Change and Land Use Impact Studies*, Andrew Verdin, University of Colorado at Boulder
- P.37 *Efficient hierarchical spatial modeling of seasonal precipitation extremes in the Western US*, Cameron Bracken, University of Colorado at Boulder
- P.38 *Connecting climate diagnostics of extremes with preparedness for disasters: Role of Japan Meteorological Agency's Advisory Panel on Extreme Climatic Events*, Hiroaki FUJIWARA, Yoshinori OIKAWA and Hitomi SAITOU, Tokyo Climate Center, Japan Meteorological Agency
- P.39 *Climatic characters of icing events in China and the related large-scale atmospheric and oceanic conditions*, Zunya Wang, National Climate Center, China Meteorological Administration
- P.40 *The 2011 Great Flood in Thailand: Climate Diagnostics and Implications from Climate Change*, Parichart Promchote Shih-Yu Simon Wang, Paul G. Johnson
- P.41 *How unusual was the cold winter of 2013-14 in the Upper Midwest?*, Klaus Wolter, University of Colorado, Boulder & NOAA-ESRL-PSD
- P.42 [The impact of the SST on the 5-day average weather variables in the extended forecast using the NCEP Global Ensemble Forecast System](#), Wei Li<sup>1</sup>, Yuejian Zhu\*, Malaquias Peña<sup>1</sup>, Xiaqiong Zhou<sup>1</sup>, Dingchen Hou\*, \* Environmental Modeling Center NCEP/NWS/NOAA, <sup>1</sup> IMSG at EMC
- P.43 *Climate Change Signals in Kenyan Rift Valley lakes*, Eunice Koech and Prof. Laban Ogallo, University of Nairobi and IGAD Climate Prediction and Applications Centre
- P.44 [Extreme Seasons in Europe: Summer 2007](#), Ricardo Fonseca, Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University, Singapore
- P.45 [Factors Contributing to the Extreme Texas Rains of Spring 2015 in the Context of Climate Change](#), Lesley L. Smith, CIRES & NOAA ESRL PSD APA
- P.46 [A Downscaling Approach of Relating the Large-scale Patterns to the Extreme Rainfall Frequency in Taiwan Mei-yu Season for Climate Change Projection and S2S Prediction](#), Mong-Ming Lu, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan
- P.47 [Future Changes in Gulf of Mexico Hurricane Wave climatology](#), Ming Ge and James Done, National Center for Atmospheric Research
- P.48 *SST impact on the skill of MJO and Blocking in the NCEP Global Ensemble Forecast System*, Malaquias Peña, IMSG at EMC/NCEP/NOAA

- P.49 *Variation of the Tropical Upper-tropospheric Trough and Its modulation on the Asian-Pacific-North American Summertime Climate Anomalies*, Kaiqiang Deng, Song Yang, Sun Yat-sen University, Guangzhou, China
- P.50 *ENSO and Hawaii Rainfall Anomalies*, Luke He, NOAA/NWS/NCEP/CPC
- P.51 *Recent Temperature and Precipitation Trends over land*, Muthuvel Chelliah, CPC/NCEP
- P.52 *Reducing Reanalysis Data Wrangling with CREATE-IP*, Gerald L. Potter, NASA/GSFC
- P.53 [\*A Seasonal Rainfall Performance Probability Tool for Famine Early Warning Systems\*](#), Nick Novella, CPC/NOAA
- P.54 *National Weather Service's Local Climate Analysis Tool (LCAT) for Decision Support Services*, Fiona Horsfall, Marina Timofeyeva, and Jenna Meyers, NOAA/NWS
- P.55 *Optimization of Evaporative Demand Models for Seasonal Drought Forecasting*, Dan McEvoy and Justin Huntington, WRCC/DRI; Mike Hobbins, NOAA/CIRES
- P. 56 *Global ENSO Ocean Wave Trends During the Last 30 Years*, Schaler R. Perry<sup>1</sup>, and Mark Willis<sup>2</sup>, <sup>1</sup>Surflin/Wavetrak, Inc. World Headquarters, Huntington Beach, CA, <sup>2</sup>Surflin/Wavetrak, Inc., Nags Head, NC

### 附錄三

## **A Downscaling Approach of Relating the Large-scale Patterns to the Extreme Rainfall Frequency in Taiwan Mei-yu Season for Climate Change Projection and S2S Prediction**

Mong-Ming Lu\*, Yin-Ming Cho, Ching-Teng Lee, Jyh-Wen Hwu, Meng-Shih Chen  
Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan

\*Email: [lu@rdc.cwb.gov.tw](mailto:lu@rdc.cwb.gov.tw)

The large-scale circulation condition favorable to the extreme Taiwan Mei-yu rainfall event was identified using 64 years of daily precipitation data at 10 meteorological stations and the 850-hPa winds of the NCEP/NCAR reanalysis data set during the period of 1951-2014. An extreme event is identified when the daily rainfall total is larger than a threshold value determined on the station basis. The result shows that the circulation pattern of a cyclonic flow over southern part of China and Taiwan and an anticyclonic flow over the South China Sea and the Philippine Sea, that induces strong westerly winds at the area with strong vorticity gradient, is favorable to the occurrence of the extreme event. A southwesterly flow index (SWFI) was defined to describe the circulation and strong southwesterly wind condition. The SWFI can capture the above and below normal variations with above 60% hit rate for the prediction period. The SWFI is proved as a useful downscaling approach by applying it to six CMIP3 and ten CMIP5 models to project how Taiwan extreme Mei-yu rainfall frequency changes under different global warming scenarios. The same downscaling approach can also be used in the S2S prediction of the frequency of extreme rainfall events in Taiwan Mei-yu season.