

出國報告（出國類別：實習）

# 赴美國佛羅里達州立大學進行短期氣候預報交流研習

服務機關：交通部中央氣象署  
姓名職稱：陳孟詩簡正、羅資婷科長  
派赴國家：美國  
出國期間：113年3月24日至31日  
報告日期：113年6月27日

## 摘要

為提升短期氣候監測及預警能力，中央氣象署(以下簡稱本署)陳孟詩簡任技正及羅資婷科長前往美國佛羅里達州立大學 (Florida State University) 進行短期氣候預報交流研習，研習期間與美國氣候預報中心預報研究人員及美國佛羅里達州立大學教授進行交流，並參與第 48 屆「氣候診斷分析與預測」及第 21 屆「氣候預報應用科學」聯合研討會，此次研討會主題包括氣候預測、監測、歸因和診斷，再由氣候預測連結應用及服務以應對環境和經濟的挑戰。本(2024)年度為首次將氣候診斷預測研討會及氣候預報應用科學研討會合併舉行，突顯了在聯合國世界氣象組織之氣候服務倡議的架構下使用者介面平台的重要性。

此次研習期間，與美國氣候預報中心人員，韓國氣象廳及日本氣象廳代表人員，就展期颱風預報及臺灣氣候服務等主題進行交流，本署亦於研討會中亦發表論文「臺灣氣候服務發展經驗」(Seamless Climate Services in Taiwan)以及「氣候資訊於臺灣水資源管理的應用」(Tailoring climate information and Services for Water Resources Management in Taiwan)，分享如何發展以使用者導向的預報產品提供氣候服務，透過與各國專家學者交流，更進一步瞭解國際最新科學技術、氣候服務的發展現況與未來趨勢，以及應用產品的開發與發布策略，同時提升臺灣的國際參與廣度和能見度。

## 目次

壹、目的	1
貳、過程	2
一、第 48 屆氣候診斷預測及第 21 屆氣候預報應用科學聯合研討會	2
二、國際交流	9
三、參訪佛羅里達州立大學	10
參、心得及建議	11
附錄 1、「臺灣氣候服務發展經驗」(Climate services development : Experiences from Taiwan) 簡報	
附錄 2、「氣候資訊於臺灣水資源管理的應用」(Tailoring climate information and services for water resources management in Taiwan) 簡報	
附錄 3、研討會相關照片	

## 壹、目的

美國為全世界氣候監測與預測科技發達之先進國家。為呼應聯合國世界氣象組織 (World Meteorological Organization, WMO) 氣候服務的倡議，美國氣象局 (National Weather Service, NWS) 成立氣候服務部門 (Climate Service Branch, CSB)，監督氣候服務計畫以及氣候預測作業計畫、政策和流程，透過使用者參與、政策制定、資料管理、將研究導入作業、教育訓練和與合作推廣，確保有能力開發和提供整合天氣和水資訊的可靠氣候服務。美國氣象局轄下的氣候預測中心 (Climate Prediction Center, CPC) 則開發並提供氣候變異預測作業、氣候即時監測以及評估主要氣候距平來源，產品涵蓋從一週到季節的時間尺度，並延伸到科技上可行的未來，空間則覆蓋陸地、海洋、大氣甚至到平流層。

氣候診斷分析與預測研討會 (Climate Diagnostics and Prediction Workshop, CDPW) 為美國國家海洋大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 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 (2024) 年為第 48 屆會議，由氣候預測中心主辦。「氣候預報應用科學聯合研討會」 (Climate Prediction Application Science Workshop, CPASW) 則始於 2002 年，由氣候服務部門發起，每年氣候研究人員、氣候產品生產者和氣候資訊使用者齊聚一堂，分享氣候預測在社會決策中的研究和應用進展。今 (2024) 年此兩個研討會首度聯合舉辦，除了美國氣象局氣候預測中心和氣候服務部門外，同時也加入佛羅里達州立大學 (Florida State University, FSU) 之地球海洋大氣科學系 (Department of Earth, Ocean and Atmospheric Science, EOAS) 及海洋大氣預測學習中心 (Center for Ocean-Atmospheric Prediction Studies, COAPS) 共同主辦。兩個研討會的聯合舉辦呼應了聯合國世界氣象組織氣候服務倡議的精神，也具體實現了氣候服務 5 大支柱中的使用者介面平台 (User Interface Platform, UIP) 之概念。

為提升短期氣候監測及預警能力，中央氣象署(以下簡稱本署)指派陳孟詩簡任技正及羅資婷科長前往美國佛羅里達州立大學(Florida State University)進行短期氣候預報交流研習，研習期間除與美國氣候預報中心預報及研究人員及美國佛羅里達州立大學教授進行交流外，並參加上述聯合研討會，以掌握國際上氣候預報作業發展現況並尋求未來合作方向。藉由參與本次短期氣候預報交流研習，預期可提升氣象署氣候預報及跨域產品的能見度，透過交流討論，促進氣象署與其他國際氣候預報作業單位合作

的可能性，亦可增進國際視野，透過了解各國季內及季節尺度預報產品發展現況及應用，提升本署對短期氣候監測及預報發展的能力。

## 貳、過程

本次由本署陳孟詩簡任技正及羅資婷科長至佛羅里達州進行短期氣候交流研習，地點位於美國佛羅里達州立大學。首先參訪美國佛羅里達州立大學大氣科學系，並就颱風展期預報議題與美國氣候預報中心預報員交流討論，接著參與為期4天(113年3月26日至29日)第48屆「氣候診斷分析與預測」及第21屆「氣候預報應用科學」聯合研討會。本次行程安排及工作摘要如下表1：

日期	地點	工作摘要
113年3月24日	臺北至美國	啟程，赴美國佛羅里達州
113年3月25日	美國佛羅里達州塔拉哈西	參訪美國佛羅里達州立大學並與美國氣候預測中心人員交流討論
113年3月26日至 113年3月29日	美國佛羅里達州塔拉哈西	參與第48屆氣候診斷預測及第21屆氣候預報應用科學聯合研討會
113年3月30日至 113年3月31日	美國至臺北	回程

表1 行程安排及工作摘要

### 一、第48屆氣候診斷預測及第21屆氣候預報應用科學聯合研討會

本年度為首次將氣候診斷預測研討會及氣候預報應用科學研討會合併舉行，突顯了在聯合國氣候服務倡議的架構下使用者介面平台的重要性。會議主題包括：(1) 極端高溫風險之溝通與因應，(2) 極端高溫之理解與預測，(3) 氣候監測預測工具之進展，(4) 空氣品質研究、應用和產品，(5) 利用人工智慧/機器學習推進氣候預測和應用，(6) 國家、區域和地方氣候決策支援工具，(7) 連結科學與服務以改善決策，(8) 透過應用氣候服務增強準備和韌性，(9) 美國東南部氣候預測與應用，(10) 地方與區域氣候服務提供之最佳實例，(11) 季內水文氣候預測進展，(12) 水文氣候和相關極端之應用，(13) 理解

和預測季內氣候驅動因子，(14) 乾旱監測和預測之創新。完整的議程及簡報可參閱：  
<https://www.weather.gov/climateservices/historic-CPASW>。

以下摘錄幾場重要的演講重點：

## 1. 主題演講

喬治亞大學天氣網路 (The UGA weather network) 的 Pam Knox 主任是一名氣候推廣學家，專門研究天氣和氣候變異以及變化對農業的影響。她分享從研究與服務學習到的經驗，她提到氣候診斷預測需要了解模式、統計和觀測可以告訴我們什麼，在詮釋上有什麼限制並展示科學；氣候預測應用科學則是要了解利害關係人需要什麼，學者可以提供什麼，以及將科學轉譯為對利害關係人有用的資訊。此外，她也說明不同時間尺度的資訊需求 (如表 2)。

表 2 不同時間尺度的資訊需求

他們種什麼?	短期資訊需求 (週至季)	中期資訊需求 (6 個月至 4 年)	長期資訊需求 (10 年或更長)
一年期作物	週至季天氣與氣候型態	種子與肥料購買所需之季節資訊	儲存、運輸、灌溉等基礎設施
飼料和牲畜	對乳牛、乳製品可能造成影響的極端天氣 (如突發性乾旱)	若乾旱發生，需要購買飼料以維持牛群健康	穀倉、乳製品、運輸等基礎設施
木材	蟲蛀、乾旱、極端天氣、野火發生的可能	聖嬰現象影響地表狀況，進而決定何時可伐木	植樹所選擇的物種未來 20-40 年是否可持續生存
海岸區域 (漁業及生態)	水旱災影響鹽度	沼澤地、橋樑、住家、供水等基礎設施的變化	未來生態系統、供水、住商是否可永續

## 2. 與人工智慧/機器學習 (AI/ML) 相關的演講

(1) 微軟 AI4Science 研究院的首席研究員 Paris Perdikaris 分享正在發展中的多時空尺度、多模式、多工的基礎模型 (foundation models, 生成式 AI 的一種形式) ClimaX，一種靈活且可推廣的深度學習、可以使用異質資料集進行訓練的天氣和氣候科學模型，跨越不同的變數、時空覆蓋範圍和物理基礎，例如，利用 ERA5 再分析資料來進行

全球、區域和季內預報，利用 ClimateBench 資料來進行氣候推估，利用 CMIP6 資料來進行降尺度……等，相關文件可參閱 <https://arxiv.org/pdf/2301.10343>。

- (2) NOAA/Physical Sciences Lab (PSL) 的 Rochelle Worsnop 科學家利用深度學習的 Neural Network 方法發展 RUFICO 模式進行第 3 至 4 週雨量預報後處理，已獲得初步成果，PSL 同時也發展許多基於研究成果的實驗性預報 <https://psl.noaa.gov/forecasts/>，未來規劃將轉移至作業實際應用。
- (3) PSL 另一位科學家 Nachiketa Acharya 介紹利用 python 發展的氣候預報工具 XCast，目前雖已有 CPT、PyCPT 工具可以進行多模式資料前處理、修正模式誤差、降尺度產出決定性和機率預報、進行校驗評估，但 XCast 除了傳統的統計後處理技術之外，更增加了 AI/ML 技術，同時可在多平台如筆電、工作站、雲端上執行平行運算，並已於 WMO 區域預報論壇 SASCOF、ASEANCOF 上進行教育訓練。XCast 可在 <https://xcast-lib.github.io/> 取得，其介紹亦可參閱 S2S (Sub-seasonal to Seasonal)第 21 期電子報([http://www.s2sprediction.net/file/newsletter/Newsletter%2021\\_Nov%202022.pdf](http://www.s2sprediction.net/file/newsletter/Newsletter%2021_Nov%202022.pdf))。
- (4) 土木工程教授 ZhiQiang Chen 展示了運用 ChatGPT 訓練後產出圖檔進行龍捲風科普宣導教育，令人嘆為觀止 (如圖 1)。





圖 1、訓練 ChatGPT 後產出的科普宣導教育圖檔，摘自 ZhiQiang Chen 教授簡報。

### 3. 與短期氣候預測相關演講

- (1) CPC 預報作業部門主管 Jon Gottschalck 回顧過去一年因應重要事件 (如 2023 年夏季美國東南部熱浪) 所發布的關鍵訊息 (Key Message)，建議對氣候型態改變的起始時間、持續時間和強度有信心時，發布關鍵訊息，其功能類似氣象署的預報口語化，包括下列兩種型態：(1) 第 2 週災害展望，強調衝擊與災害風險，(2) 第 2-4 週天氣型態的改變，並透過 X、臉書等社群媒體及 CPC 官網發布，每天的關鍵訊息則由天氣預測中心 (Weather Prediction Center) 負責發布。
- (2) NOAA 科技整合辦公室 (Office of Science and Technology Integration, OSTI) Jason Anderson 說明美國以統合預報系統 (United Forecast System, UFS) 為基礎發展季內至季節預報系統的規劃，他首先介紹美國氣象局第 3-4 週計畫，過去幾年支持環境模擬中心 (Environmental Modeling Center, EMC) 全球系集預報系統 (Global Ensemble Forecast System, GEFS) 發展，以及 CPC 第 3-4 周預報產品開發，包括第 3-4 週溫度雨量整合預報、乾旱監測預報、全球熱帶災害預報、極端高溫展望及北極海冰預報，接下來預計開始發展季節預報系統 (Seasonal Forecast System, SFS)，目標希望取代現在作業中的 CFSv2 氣候預報系統，產出再分析及再預報資料供大眾使用。SFS 未來可在雲端執行，並整合到 UFS 知識庫，透過地球預測創新中心 (Earth Prediction Innovation Center, EPIC) 與社群連結。SFS 發展計畫包括 10 個工項，其中第 10 個工項與 CPC



有關，也就是產品開發與校驗，由 CPC 監測作業部門主管 Wanqiu Wang 負責。他同時也更新 GEFSv13 的發展狀況，預計於 2026 年 3 月上線，解析度 25 公里，提供未來 48 天 31 個成員的即時預報，再預報資料則規劃每周產製 2 次、每次 11 個成員的 31 年 (1994-2024 年) 資料。跟 GEFSv12 最大的差異在於 GEFSv13 在目前的波浪和氣膠模組外，再加入了海洋及海冰模組，真正成為完整耦合的預報系統。

#### 4. 與氣候服務相關的演講

- (1) 在決策者支援工具方面，美國高原區域氣候中心 (High Plains Regional Climate Center) Gannon Rush 介紹了乾旱指數監測網站 <https://hprcc.unl.edu/wdt/> 以及氣候極端指標監測網站 <https://hprcc.unl.edu/sca/index.php>；中西部區域氣候中心 (Midwestern Regional Climate Center) Danny Brouillette 與美國農業部中西部氣候樞紐中心 (USDA Midwest Climate Hub) 合作發展土壤濕度氣候網站 <https://mrcc.purdue.edu/clim/Soil-T>；氣候服務部的 Stephen Boxter 介紹新一代在地化氣候分析工具 LCAT (Local Climate Analysis Tool) <https://lcat.nws.noaa.gov/>，除了從測站到區域到全球的天氣與氣候資訊外，另外也整合了潮位和海流等海象資訊。
- (2) Fiona Horsfall 博士介紹了 NOAA 海洋大氣研究 (Oceanic and Atmospheric Research, OAR) 轄下的研究技轉應用辦公室 (Office of Research, Transition and Application, ORTA)，其任務為強化創新研發以支援 NOAA 任務及美國經濟。她指出從研發、示範到部署的路徑圖 (如圖 2)，並認為在第 4 階段以上都需要技轉計畫，說明從研發到應用的路徑，有利於促進研究者與使用者溝通以及技術轉移。

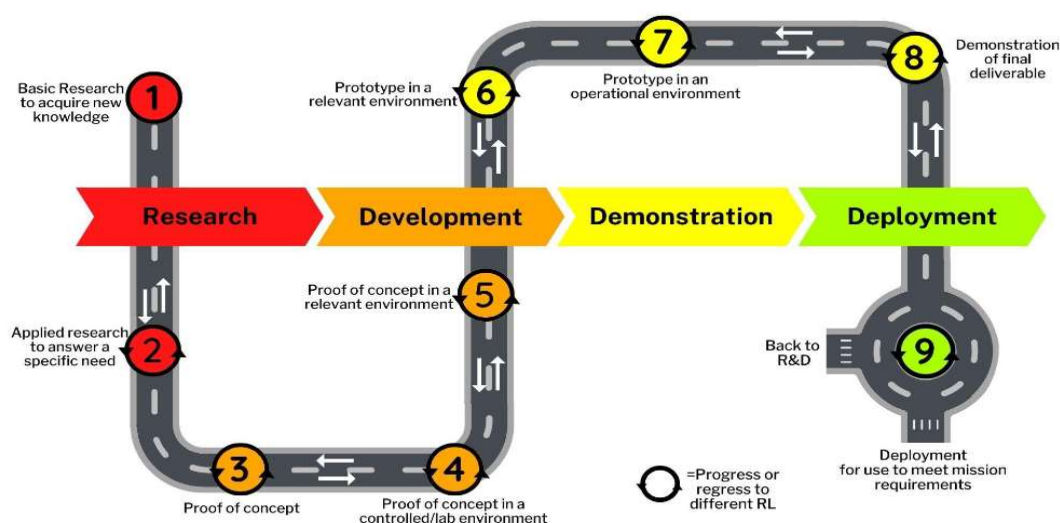


圖 2、從研發、示範到部署的路徑圖，摘自 Fiona Horsfall 博士簡報。

- (3) Tamara Houston 說明 NOAA 國家環境資訊中心 (National Centers for Environmental Information, NCEI) 所提供的環境資訊，包括每月出版的美國及全球氣候報告、造成美國百萬美元損失的天氣與氣候災害報告、美國乾旱監測、區域降雪指標、龍捲風氣候、時雨量資料、氣候極端指標以及海面風，其中需求最高的資料是在地化氣候資料，其次是全球歷史氣候網路日資料 (GHCN-Daily)。她舉了一些例子說明氣象資訊應用在不同領域所產生的經濟價值，例如：玉米種植、保險、電力、冬衣零售。NCEI 過去也舉辦不同領域的使用者回饋研討會，發現使用者並不想要成為氣候資料科學家，最好能夠直接提供他最需要的資料，或是提供過去某個特定歷史事件的資料，對於重度使用者來說，甚至只要讓他知道資料在哪就夠了！
- (4) 美國國家太空總署 (NASA) 的 Nick Pelaccio 介紹增進 NASA 氣候韌性的氣候調適科學調查工作小組 (Climate Adaptation Science Investigators Workgroup, CASI)，其任務為提供有關氣候變遷的最新科學研究成果，幫助 NASA 設施管理人員及時有效地因應日益增加的氣候風險。CASI 的活動包括應用 CMIP6 資料進行降尺度，協助國家再生能源實驗室 (National Renewable Energy Laboratory, NERL) 進行韌性評估，以及發展決策支援工具，其產品包括海平面上升推估、沿岸洪患地圖、極端事件 (如高溫、乾旱、內陸洪水)、野火和煙霧風險、能源及水資源管理工具等。其中印象最深的例子是此工作小組依據不同的氣候情境，推估 NASA 轄下各中心所在的區域氣候改變的時間，以便工程師設計新的系統。這些類似的推估資訊可以讓決策者知道該中心的關鍵脆弱度以及氣候風險，進一步採取調適或減緩措施。

## 5. 與極端事件相關演講

### (1) 熱浪

NOAA 氣候計畫辦公室 (Climate Program Office, CPO) 的 Maggie Allen 介紹了國家整合熱健康資訊系統 (National Integrated Heat Health Information System, NIHHS)，此計畫於 2015 年啟動，結合跨單位、跨領域，增加從短期管理/規劃/準備到長期減少熱風險的熱韌性，直接由白宮極端熱跨單位工作小組 (The White House Extreme Heat Interagency Working Group) 支持，並建立網站 <https://www.heat.gov/>，發布氣候與健康展望 (Climate and Health Outlook)。為了即時回應極端高溫事件有多少程度是受到人為氣候變遷造成，Climate Central 的 Daniel Gilford 介紹了氣候歸因科學以及氣候偏移指數。他認為氣候歸因科學已經發展到成熟的階段，近期極端事件分析可參考

<https://www.worldweatherattribution.org/> 網站。他進一步說明其研究團隊設計的氣候偏移指數，簡單來說，就是用來呈現此溫度在氣候變遷下出現的頻率是原來的幾倍，目前已設計為網站工具可供大眾查詢：<https://www.climatecentral.org/climate-shift-index>。美國氣象局的 Mike Staudenmaier 也介紹了跟美國疾管署共同合作的熱浪風險實驗性網站 <https://www.wpc.ncep.noaa.gov/heatrisk/>，提供未來 7 天的熱浪風險預報。此外，美國氣候預測中心的 Evan Oswald 也介紹該中心的第 2 週全球極端機率預測工具 <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/predictions/threats/extremesTool.php>，可查詢未來 8 至 14 天每天最高溫/最低溫、8-10 天/10-12 天/12-14 天累積雨量及最大風速達到不同門檻之機率。

## (2) 乾旱

Amanda Sheffield 博士介紹國家整合乾旱資訊系統 (National Integrated Drought Information System, NIDIS)，NIDIS 其實是一個多機構合作夥伴關係，負責協調美國從聯邦、部落、州到地方各層級的乾旱監測、預報、規劃和訊息，2022-2026 年的 6 個策略目標包括提供最好的早期預警資訊、改善多重時空尺度的乾旱監測、改善乾旱規劃及準備、改善風險評估與基於決策的行動、增加乾旱認知及促進資訊交換與實作經驗分享。在資訊發展和傳遞方面，NIDIS 除了建置美國乾旱入口網站 <https://www.drought.gov/> 外，也建置了區域早期預警系統 (NIDIS Drought Early Warning System, DEWS)。在能力建構方面，舉辦研討會以改善對快速發生乾旱 (flash drought) 的理解與準備，同時也進行在變動氣候下的乾旱評估。在推進科學並整合至服務方面，NIDIS 除了與 NOAA 氣候計畫辦公室支持的 MAPP (Modeling, Analysis, Predictions and Projection) 計畫合作之外，也協助改善 CPC 的乾旱展望產品與服務。最後她提到乾旱風險韌性規劃 (Drought Risk and Resilience Planning, DRRP)，希望從資料產製、資料存取、分析一直做到資訊決策，提供乾旱風險評估工具與氣候服務資料平台，針對乾旱風險進行準備和規劃，以增加跨領域面對未來極端氣候的韌性。美國氣候預報中心(CPC)的 Hailan Wang 分享次季節至季節乾旱展望產品發展歷程，運用多元的氣象及水文乾旱指標，並依據預報技術給予權重，建立整合型指標並利用次季節及季節氣候模式產製預報產品。其中也提到為提升預報技術，需改進陸地地表模式，以提升水文相關變數的預報表現，以及除了動力模式還需運用統計模式得到的結果取代動力模式預報技術較差的區域。

## 二、 國際交流

本署陳孟詩簡正及羅資婷科長於聯合研討會中，分別就氣候服務相關主題發表論文「臺灣氣候服務發展經驗」(Seamless Climate Services in Taiwan)以及「氣候資訊於臺灣水資源管理的應用」(Tailoring climate information and Services for Water Resources Management in Taiwan)，會後與與會人員針對臺灣氣候服務議題進行交流。



圖 3、本署陳孟詩簡正(左圖)及羅資婷科長(右圖)簡報「臺灣氣候服務發展經驗」(Seamless Climate Services in Taiwan)及「氣候資訊於臺灣水資源管理的應用」(Tailoring climate information and Services for Water Resources Management in Taiwan)

本署自 2005 年開始發展熱帶氣旋展期預報，每週提供熱帶氣旋生成潛勢產品予美國氣候預報中心以做為全球災害展望(Global Hazard Outlook)的預報參考。2020 年本署新一代展期熱帶氣旋預報系統 <https://tctracker.cwa.gov.tw> 上線，為提升運算效能，採用分散式架構，可同時處理歐洲、美國以及氣象署氣候模式資料，產製未來 1 至 4 週颱風預報，除此之外，亦新增群集分類，及產製西北太平洋展期颱風預報產品等功能，目前此系統已同時提供給菲律賓、印度、澳洲等作業單位使用。由於美國氣候預報中心成員對於此系統的進展表達高度興趣，研習期間，由羅資婷科長向美國氣候預報中心預報員介紹此系統近年來的進展及展示如何使用系統產製客製化颱風展期預報產品，預報員們均表達對於此展期颱風預報系統的高度肯定，對於全球災害展望產品有實質助益，未來希望能夠持續保持交流。除此之外，於會議期間，也與韓國氣象廳及日本氣象廳的代表人員針對展期颱風預報系統進行交流，並於會議結束後持續保持聯絡。

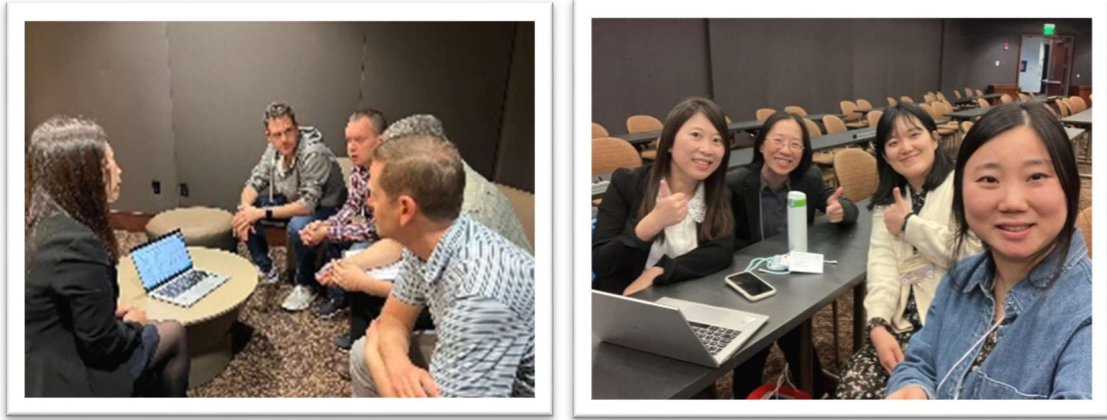


圖 4、與美國氣候預報中心(左圖)及韓國氣象廳代表(右圖)針對展期颱風預報進行學術交流

### 三、 參訪佛羅里達州立大學

此次研習地點為佛羅里達州立大學，也藉此機會參訪佛羅里達州立大學地球、海洋及大氣科學系。一進門口映入眼簾的就是地球展示系統，此地球展示系統的操作介面設置於一側，提供有興趣學生及參訪人員隨時操作，此展示系統也提供每週至少一次高中生參訪教學。因緣際會中，由該系系主任帶領參觀系館，除了於走廊展示氣象相關歷史，也展示礦物與岩石，海洋相關儀器等，學生教室內每張課桌椅均配備電腦提供學習，其中一間會議室更設置大面電視牆可以監測目前海洋及大氣的即時狀況，包含即時衛星雲圖，大氣環流，全球海溫及乾旱監測等。

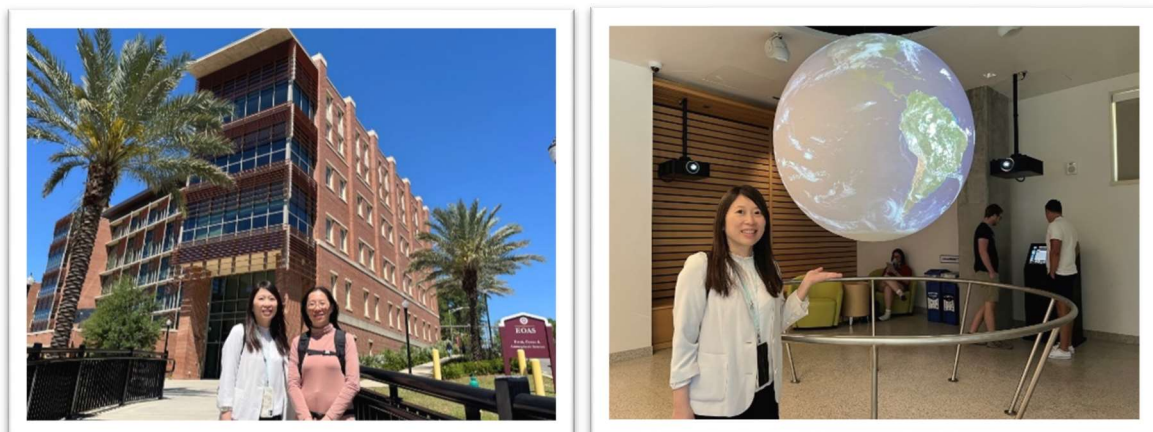




圖 5、佛羅里達州立大學地球、海洋及大氣科學系的外觀(上排左圖)及一樓大廳(上排右圖)，下排為教室(下排左圖)及會議室(下排右圖)

## 參、心得與建議

此次出差行程是 COVID-19 疫情之後首次再度踏上美國。過去 3 年因受疫情影響中斷了實體交流，但在此期間各國氣象單位仍持續發展氣候相關業務，美國也不例外。過去兩個研討會都是分開舉行，這次合併舉辦，一次行程可同時參加兩個研討會，獲益良多。綜合此次活動過程之觀察心得與建議如下：

一、模式發展方面，目前美國季內預報系統 GEFS 上線版本為 v12，GEFSv13 預計於 2026 年第 1 季上線，此外也開始投入資源發展季節預報系統 SFSv1。回顧氣象署過去 10 年來發展全球數值模式的歷程，無論是在天氣尺度以 FV3 為基礎的 TGFS 模式，或是以 Tco 為基礎的季內模式 CWAGEPSv2 及季節模式 CWACFSv2，均於 2023 年上線作業，其中因 TGFS 模式以 FV3 為基礎，在開發過程中選擇與美國策略合作，因而深化雙方合作，建立友好情誼。美國新一版 GEFS 預計加入海洋及海冰模組，本署目前正在開發的 CWAGEPSv3 為海洋與大氣、全球與區域雙耦合模式，同時亦規劃包括波浪、氣膠、海洋、海冰模組，與美國 GEFSv13 模式發展規劃比較絲毫不遜色，建議可持續進行。至於季節預報模式發展目前欠缺人力資源，未來發展勢必得採取與其他模式開發團隊合作的策略，其優缺點分析如表 3。若欲採取與美國合作策略，根據過往天氣模式開發的經驗，需在現階段就擬定策略投入資源共同合作發展，如受限資源不足，建議採取直接從 GEPS 模式延伸預報時間長度或與中研院 TaiESM 模式開發團隊合作的策略。

表 3、季節模式開發合作策略優缺點比較

合作對象	優點	缺點
氣象署 CWAGEPS 模式	模式技術為氣象署自有，發展較具彈性	與氣象署天氣模式非同一核心，增加開發成本
中央研究院環境變遷研究中心人為氣候變遷專題中心 TaiESM 模式	引進國內學研能量，有利於延伸預報時間長度至 10 年	TaiESMv1 與氣象署天氣模式非同一核心
美國 SFS 模式	與氣象署天氣模式核心相同(均以 FV3 為基礎)，可促進國際合作	SFS 程式庫多且複雜，需一一重新建置，目前遭遇不易突破之困難

二、科研發展方面，現階段 AI 人工智慧蓬勃發展，本署目前已與 nVidia 合作引進 GraphCast 天氣模式，會議中微軟宣稱 ClimaX 在 7 天預報方面都比現有的 Pangu 和 GraphCast 模式準確率高，建議可引進 ClimaX 做進一步測試。

三、短期氣候預測作業方面，疫情期間美國發展了很多新的氣候監測預測工具(如 XCast、第 2 週全球極端機率預測、氣候極端指標監測、近期極端事件分析……等)，可以嘗試應用在預報作業，縮短監測預報產品開發時間，或是參考這些工具進行在地化調整，以適合我國民情。另外，應持續發展極端高溫及乾旱監測與預測技術，及以使用者導向為主之產品設計，結合本署氣候服務網，提供友善介面，擴大跨域應用。

四、氣候服務方面，美國發展了許多極端事件包括乾旱、熱浪等整合入口網站，從這些網站的內容資訊來看，非氣象單位一己之力可以達成，需要夥伴關係的建立。本署過去在乾旱議題上與經濟部水利署、農業部農田水利署均建立非常良好的合作關係，未來在氣候變遷下，極端高溫議題將會越來越受重視，下一步值得投資深耕的領域應為健康領域，建議氣象署奠基在原有與衛生福利部國民健康署的合作基礎上，擴大至衛生福利部轄下其他單位如疾病管制署、社會及家庭署等單位，尋求進一步合作的機會。

五、氣候變遷方面，CPC 本身並沒有直接進行相關工作，Wassila Thiaw (現為 CPC 代理主任) 明確表示他們負責的業務範圍頂多只到 1 年。在 NOAA 下與氣候變遷直接相關的單位為隸屬於海洋大氣研究 (OAR) 轄下的氣候計畫辦公室 (CPO)，氣候入口網站 (<https://www.climate.gov/>) 由此單位建置，會議中提到的國家整合熱健康資訊系統 (NIHHIS)、國家整合乾旱資訊系統 (NIDIS) 亦屬於 CPO 的業務範疇，在 CPO 下

另有傳播教育參與部門 (Communication, Education and Engagement Division, CEE) 和地球系統科學模擬部門 (Earth System Science and Modeling Division, ESSM)。然而在美國氣象局轄下的確有其他單位與氣候變遷事務有關，例如 NCEI 提供氣候資料與資訊，並參與美國第 5 版氣候評估報告 (The 5<sup>th</sup> National Climate Assessment, NCA5) 撰寫及網站建置。對應我國在氣候變遷的業務分工，國科會 TCCIP 計畫扮演的角色類似 CPO，而本署扮演的角色則類似 NCEI，也就是提供氣候資料與資訊。此外在 NOAA 以外的單位，NASA 為了因應氣候變遷維持作業營運，投入資源對自身轄下的所有中心進行風險評估，進而採取調適策略規劃並行動，值得氣象署做為永續營運的參考。

六、國際交流方面，會議中遇到來自日本氣象廳 (Japan Meteorological Agency, JMA)、韓國氣象廳 (Korea Meteorological Administration, KMA) 的年輕氣候監測預報作業人員，即使英語並非其母語，但他們仍藉由張貼論文增加與國際交流的機會。本次會議本署人員均上臺進行口頭報告 (簡報如附錄 1、2)，亦吸引許多國外學者專家共同進行討論，建議本署應多邀請年輕有發展潛力人員出國參加研討會，並多多參與口頭論文或張貼論文發表，以增加國際觀，促進國際合作。

除上述建議，職於本次研討會，學習到如何面對未來的極端天氣與氣候，並成功地將氣候預報資訊傳遞至使用者以創造效益，歸納出 4 個重要的元素，分別為創新、整合、主動及樂觀。

- 一、嘗試創新，提供更可用的氣候服務應用產品
- 二、提供整合型的氣候風險資訊，及無縫隙天氣及氣候服務
- 三、化被動於主動，規劃極端氣候的作業性監測機制、威脅分析及衝擊影響風險評估
- 四、保持樂觀，直接與使用者連結，展示效益

若能保持樂觀的心態，嘗試創新以提供使用者導向為主的氣候服務應用產品，主動規劃及提供無縫隙天氣及氣候服務，將能夠讓氣候服務發揮最大的效益。



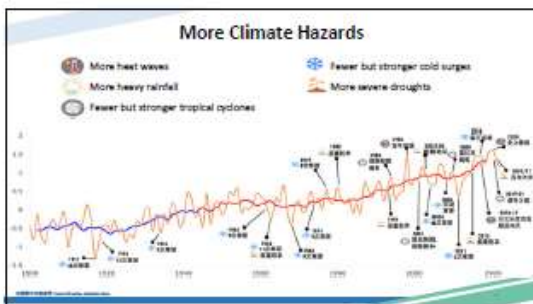
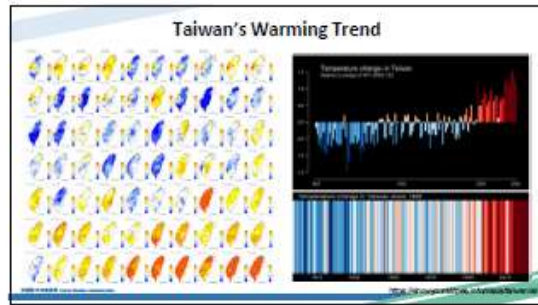
附錄 1、「氣候服務進展:來自臺灣的經驗」(Climate Services Development: Experiences from Taiwan)簡報

**Climate Services Development: Experiences from Taiwan**

Meng-Shih Chen, Tzu-Ting Lo, Ming-Ying Lee, Jen-Her Chen, Pang-Yen Liu, Jyh-Wen Hwu, Hui-Ling Cheng, Ching-Teng Lee, Wei-Pang Huang and Jing-Shan Hong  
 Meteorological Climate Division, Central Weather Administration, Taiwan

交通部中央氣象局 Central Weather Bureau

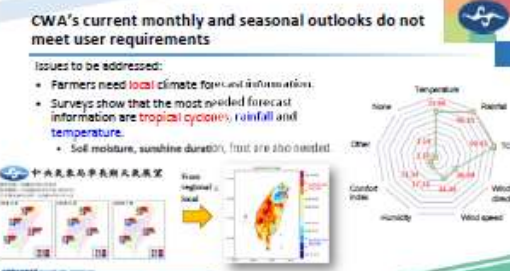




**CWA's current monthly and seasonal outlooks do not meet user requirements**

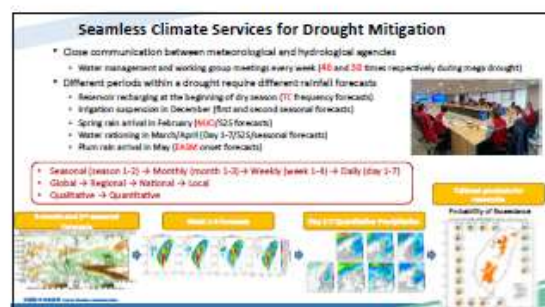
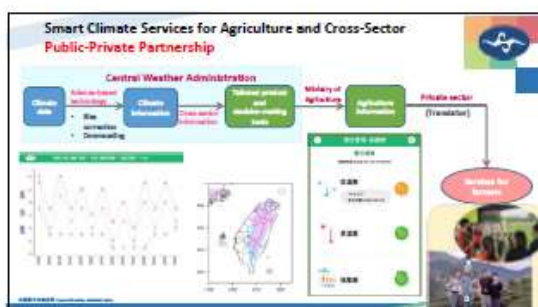
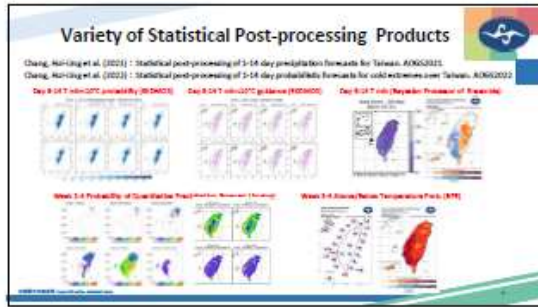
Issues to be addressed:

- Farmers need **local** climate forecast information.
- Surveys show that the most needed forecast information are **tropical cyclones, rainfall and temperature**.
- Soil moisture, sunshine duration, frost are also needed.



**How do we provide local forecast information? Generate science-based downscaling forecast guidance**





### Seamless Forecasts of Tropical Cyclone for Disaster Risk Reduction

**Ready** (Seasonal forecasts) **Make Plan**

**Set** (Sub-range forecasts) **Be Alert**

**Go!** (Short-range forecasts) **Take Action**

**Early Warnings to All**

Preparation | Warning | Response

### Climate Service Information System

**Partnership and Cooperation**

- Agriculture
- Hydrology Water Resources
- Green Energy
- Disaster Risk Reduction
- Health
- Others

### Climate Service Portal (Under development)

- Climate Science
- Climate Services
  - Examples for adaptation
  - Examples for mitigation
- Real-time monitoring
- Climate Prediction
- Climate Data
- Partnership

### Summary

- From CWS to CWA, extending forecast time scale from sub-seasonal, seasonal to inter-annual.
- In order to achieve the goal of Net-Zero Emissions by 2050, provide climate services to assist various sectors in adapting to climate change.

**AI/ML Development**

2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027

附錄 2、「氣候資訊於臺灣水資源管理的應用服務」(Tailoring climate information and Services for Water Resources Management in Taiwan)簡報

**Tailoring climate information and Services for Water Resources Management in Taiwan**

Tsu-Ting Lo<sup>1</sup>, Ching-Feng Lee<sup>1</sup>, Hui-Ling Chang<sup>1</sup>, Hsiao-chung Tsai<sup>1</sup>, Ben-Feng Liu<sup>2</sup>, Meng-Shih Chen<sup>1</sup>, Jing-Shan Hong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Central Weather Administration, Taiwan  
<sup>2</sup>Nankang University, Taiwan

2024 CDPW-CPAW Joint Workshop

**Background information**

- Taiwan is located between Asian continent and Pacific Ocean, and the topography is steep.
- Although the amount of annual rainfall is abundant, but water resources are not easy to save, so reservoir storage is needed.
- In different season, Taiwan is affected by different systems like, monsoon, subtropical high, tropical cyclones. Furthermore, MJO, ENSO and decadal phenomenon will also be important factors. So the climate of Taiwan is complicated.

**The rainfall distribution of Taiwan**

- The main source of rainfall of Taiwan is from Mei-yu from May to June and tropical cyclone from July to September.
- The rainy season in Taiwan varies by region. In western Taiwan, wet season is from May to September, while dry season is from October to next April.

**Future change of rainfall in Taiwan**

**Wet gets wetter, dry gets drier**

Wet season: WS+10d, WS+15d, WS+20d, WS+25d, WS+30d

Dry season: DS-10d, DS-15d, DS-20d, DS-25d, DS-30d

**Duration for consecutive no rainfall will be longer**

+1天, +10天

Courtesy of IPCC project

**Drought happened frequently in recent 5 years**

- Extremely strong subtropical high and there is no landfall typhoon from 2020-2022.
- Simultaneous occurrence of sea temperature anomalies in various tropical oceans (La Niña, warm Indian Ocean and warm Atlantic Ocean)
- A combination of busy factors causing a drought event

**No landfall typhoon from 2020-2022**

**2020-2021 drought in Taiwan**

- The worst drought in Taiwan! (According to data from six hundred-year stations)
- Accumulated rainfall from June 2020 to May 2021 was 1,560mm, only half of the climate normal (3,200mm).

**Monthly rainfall in western Taiwan**

Wet season: WS (Jun 2020 - Sep 2020)

Dry season: DS (Oct 2020 - May 2021)

Legend: Blue = Observed, Red = Climate Normal



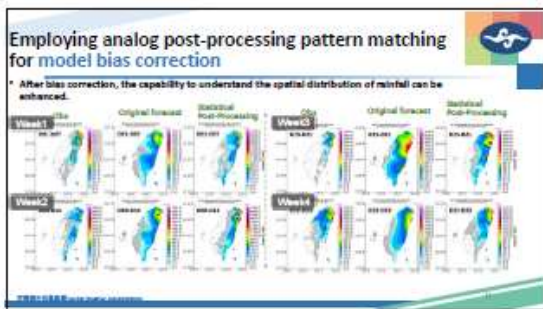
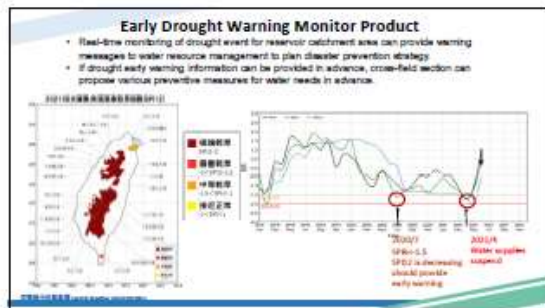
### Gap between meteorology and hydrology

- Water management needs several rainfall scenarios for decision-making
- The most needed is **quantitative precipitation forecast for reservoirs**
- State-of-the-art climate models cannot resolve forecast information at local level
- Needs **downscaling**, either dynamical or statistical

### Memorandum of understanding(109-113)

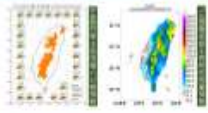
Water Resources Agency & Central Weather Administration

- Collaborative Goals**
  - Improving Subseasonal to Seasonal(S2S) rainfall forecasting
  - Enhancing the applicability of forecasts
  - Enhancing resilience to cope with **floods and droughts**
- Focal Points**
  - Extending from plain monitoring stations to **reservoir catchment areas**
  - Employing statistical methods for **model bias correction**
  - Optimizing downscaling forecasts using long-term observational data from reservoir catchment areas

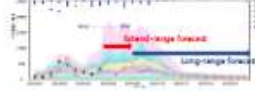


### Cross-domain cooperation to provide inflow forecasts

- Monthly (month-4) → weekly (week-4)
- Global → National → Reservoir catchment areas
- Qualitative → Quantitative



Through cross-domain cooperation with National Cheng Kung University, we provide seamless (extended-range and long-term range) inflow forecasts for all water catchment areas in Taiwan.



### Our website (<https://tctracker.cwa.gov.tw>)



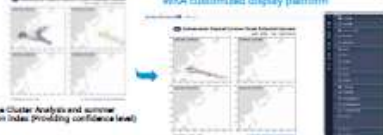
- Models**
  - ECMWF
  - NCEP GFSv12
  - NCEP CFSv2
  - CMA CFSv1
- Information**
  - Heatmap
  - Fuzzymap
  - Track Clusters
- Flexible functions**
  - Buttons to switch
  - Adjust time interval
  - Zoom-in or out maps
  - Download maps
  - Custom conditions

### Subseasonal Tropical Cyclone Threat Potential Forecast Product

2023# → 2024#

- Develop subseasonal tropical cyclone threat potential forecast product
- Extend long-range typhoon rainfall probability forecast

WRA customized display platform



Combine Cluster Analysis and extreme rainstorm index (Predicting confidence level)

### Climate Service for Water Resource Management



Working Group Meetings

Customized GIS Products

### Summary

- Taiwan has faced the challenges of extreme weather conditions due to climate change, particularly the difficulties in water resource management caused by drought.
- Sub-seasonal to seasonal rainfall forecast products in high spatial resolution were developed using a statistic downscaling and bias correction method, specifically for reservoir catchment areas.
- A sub-seasonal tropical cyclone (TC) threat potential forecast product was developed for the wet season from May to October, which can provide information on the possible scenarios of the TC's impact in advance.
- The CMA establishes a robust framework for proactive water resources management. Tailoring climate information and facilitating cross-sector communication will enhance resilience in preparation for frequent extreme events.



Thank you for your attention!  
Welcome to Taiwan!

附錄 3、研討會相關照片



圖 1、研討會後大合照



圖 2、與美國氣候預報中心 Jon Gottschalck(左圖)及 Matthew Rosencrans(右圖)合影