

# 行政院所屬各機關出國報告

(出國類別：開會)

## 參加「2022年亞太經合會氣候中心研討會暨工作小組會議」並參訪泰國氣象單位心得報告

服務機關：交通部中央氣象局

姓名職稱：洪景山主任、陳孟詩簡任技正

派赴國家/地區：泰國

出國期間：111年9月13日至9月21日

報告日期：111年11月7日

## 摘要

本次出國的主要目的為參與「亞太經合會氣候中心」所舉辦的「2022 年亞太經合會氣候中心研討會暨工作小組會議」，研討會主題為「透過人工智慧於氣候變遷調適的應用，強化亞太經濟體的韌性」，希望能提供更好地使用人工智慧的建議，並將技術轉化為應對災害風險和氣候危機的保護措施；同時順道參訪泰國氣象局及皇家造雨與農業航空局，討論降雨預報及氣候服務等議題，以開拓雙方在後疫情時代的合作機會，進一步深化交流，促進兩國情誼。

在年度研討會及工作小組會議期間，除與各經濟會員體分享交流短期氣候預測及氣候變遷相關訊息外，同時也了解人工智慧在氣候領域應用的最新進展。現階段人工智慧於氣候預測的表現仍未臻完善，但是具備強大的發展潛力，應持續探究發展人工智慧應用於高解析度系集氣候預報。此外，建議在過去與泰國氣象單位的合作基礎上，逐步建立泰國學界、作業單位、臺灣學界及本局的多邊合作關係，由泰國作業單位利用本局技術轉移的對流尺度資料同化及雷達資料處理技術，例行性產製雷達降水估計產品，提供給泰國學界引進本局或學界開發之統計後處理技術，開發降尺度天氣及氣候降水預報，再將研發結果回饋給作業單位，達成合作契機，創造多贏的局面。

# 目 次

一、 目的.....	1
二、 過程.....	2
三、 心得及建議.....	23
附錄 1、 APCC 工作小組會議議程	
附錄 2、 本局在 APCC 工作小組會議報告簡報摘錄	
附錄 3、 APCC 年度研討會議程	
附錄 4、 APCC 周邊會議議程	
附錄 5、 本局在泰國氣象局氣象發展部門參訪報告簡報摘錄	
附錄 6、 本局在泰國氣象局天氣預報部門參訪報告簡報摘錄	

## 一、目的

亞太經合會氣候中心 (APEC Climate Center, 以下簡稱 APCC) 為亞太經合會 (Asia-Pacific Economic Center, APEC) 所成立的氣候預測中心，其宗旨在於為亞太經合會經濟體建立一個制度化的溝通管道，有效的交流區域氣候預測訊息，用以實現亞太經合會的理想：透過增強區域繁榮的經濟機會，減少經濟損失，保護人民生命財產安全。APCC 每年固定舉行研討會，此次會議主題為「透過人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 於氣候變遷調適的應用，強化亞太經濟體的韌性」，希望能達到下列目的：(1) 各會員經濟體分享人工智慧於氣候變遷調適的應用與挑戰，(2) 探索整合人工智慧科技的最佳實務經驗，(3) 提供更好地使用人工智慧的建議，並將技術轉化為應對災害風險及氣候危機的保護措施。

臺灣為亞太經合會的正式會員，我國交通部中央氣象局 (以下簡稱本局) 目前固定每月提供動力模式預報資料參與 APCC 的多模式系集預報系統。參與會議可透過制度化的平台，與世界上先進國家與預報中心交流、溝通及交換氣候預測訊息，並加強國際合作，也能獲得國際上在氣候預測方面較新的研究，發展與應用趨勢。此外亞太經合會是我國以正式會員身分參與的國際組織，參與 APCC 的會議可顯示我國參與國際事務的積極性與對國際事務的重視。

因此次會議地點位於泰國，鑒於過去兩年受新冠肺炎疫情影響阻礙國際面對面交流機會，爰本次出國行程增加拜訪泰國氣象局 (Thailand Meteorological Department, TMD) 及泰國皇家造雨與農業航空局 (Department of Royal Rainmaking and Agricultural Aviation, DRRAA)，討論降雨預報及氣候服務等議題，並分享我國與菲律賓氣象局 (Philippine Atmospheric Geophysical and Astronomical Services Administration, PAGASA) 合作的成功經驗，以開拓雙方在後疫情時代的合作機會，進一步深化交流，促進兩國情誼。

## 二、過程

本次出國期間除參加「2022 年 APEC 氣候中心研討會暨工作小組會議」(2022 APCC Climate Symposium and Working Group Meeting) 外，同時順道訪問泰國氣象局及皇家造雨與農業航空局進行交流。行程安排及工作摘要如下表：

日期	工作摘要
111 年 9 月 13 日	赴泰國曼谷
111 年 9 月 14 日 至 9 月 16 日	參加 2022 年亞太經合會年度研討會暨工作小組會議
111 年 9 月 17 日 至 9 月 18 日	整理會議結論撰寫報告、準備參訪泰國氣象局等交流討論資料
111 年 9 月 19 日 至 9 月 20 日	訪問泰國氣象局及皇家造雨與農業航空局
111 年 9 月 21 日	自泰國曼谷返回臺北

### (一)、2022 年亞太經合會年度研討會暨工作小組會議

本年度 APCC 研討會於 9 月 15 日至 16 日在泰國舉行，會議前一天先進行 APCC 工作小組會議，泰國氣象局同時也籌辦當地周邊會議，以下分別敘述各會議重點：

#### 1. APCC 工作小組會議

本年度 APCC 工作小組會議由泰國氣象局副局長 Mr. Thanasith Iamananchai 主持，出席者為各會員經濟體之氣象局代表，包括澳洲氣象局負責展期與長期預報的 Dr. Lynette Bettio、加拿大氣象局資料同化與品管課長 Mr. Normand Gagnon、智利氣象局氣候與氣象應用副主任 Mr. Gaston Torres Aravena、日本氣象廳東京氣候中心資深科學人員 Mr. Noboru Nemoto、馬來西亞氣象局大氣科學與種雲部門主任 Dr. Ahmad Fairudz bin Jamaluddin、菲律賓氣象局副局長 Dr. Esperanza Cayanan、新加坡氣象局氣候研究中心副主任 Dr. Aurel Florian Moise、越南氣象局水文氣象

預報中心副主任 Dr. Hoang Phuc Lam，以及本局氣象科技研究中心洪景山主任；APCC 參加者包括執行長 Dr. Do-ShickShin、氣候服務與研究部門主任 Dr. Jin-Ho Yoo、氣候分析部門主任 Dr. Wooseop Lee、氣候預報研究員 Dr. Bong-Guen Song、氣候分析研究員 Dr. Seongkyu Lee、國外事務部門主任 Ms. Sangwon Moon 及職員 Ms. Suhee Han。本局陳孟詩簡任技正亦陪同洪景山主任共同參與此會議（如圖 1），會議議程如附錄 1。



圖 1、2022 亞太氣候中心工作小組實體會議現場，由左至右分別為亞太氣候中心 Ms. Sangwon Moon、Dr. Jin-Ho Yoo，泰國氣象局副局長 Mr. Thanasith Iamananchai、局長 Ms. Chomparee Chompurat，我國中央氣象局洪景山主任、陳孟詩簡任技正。

會議由泰國氣象局長 Ms. Chomparee Chompurat 及 APCC 執行長 Dr. Do-ShickShin 致詞揭開序幕，報告及討論重點包括但不限於：(1) 會員經濟體如何整合 APCC 產品與服務，(2) 展期預報／作業／研究的目前狀況與未來規劃。首先由 Dr. Jin-Ho Yoo 報告 2021 至 2022 年 APCC 的研究活動，目前提供模式資料予 APCC 一同參與多模式季節預報的單位共 15 個，除 APCC 外，尚包括英國氣象局 (UK Met Office, UKMO)、法國氣象局 (Meteo-France)、歐洲地中海氣候變遷中心 (Euro-Mediterranean Center on Climate Change, ECCC)、Voeikov 地球物理觀測站 (Voeikov Main Geophysical Observatory)、俄羅斯水文氣象中心 (Hydrometeorological Centre of Russia)、北京氣候中心 (Beijing Climate Center,

BCC)、日本氣象廳 (Japan Meteorological Agency, JMA)、韓國氣象廳 (Korea Meteorological Administration, KMA)、韓國釜山大學 (Pusan National University, PNU)、澳洲氣象局 (Bureau of Meteorology, BOM)、加拿大氣象局 (Meteorological Service of Canada, MSC)、美國國家環境預測中心 (National Centers for Environmental Prediction, NCEP)、美國國家太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA)及本局 (Central Weather Bureau, CWB)。今年度韓國及日本分別更新氣候模式至 GloSea6GC3.2 及 MRI-CPS3 版本，且從 2022 年 9 月起 APCC 多模式預報解析度由 2.5 公里加密至 1 公里，模式校驗所使用之再分析場也從 NCEP R1 更新至 ERA5 資料，降水分析場則由 CAPS-OPI 更新至 Merra 資料。在氣候資訊服務方面，APCC 將原有 5 個不同形式的服務 (ADSS 資料服務系統、CLIPS 氣候資訊處理系統、OpenWPS 開放網頁處理服務、CLIK 氣候資訊工具模組、AIMS 整合模式解決方案) 整合為 1 個 (CLIKS 資料服務, <https://cliks.apcc21.org/>) 以方便維運管理。在研究方面發展 XAI (eXplainable AI) 技術，利用過去 14 天氣溫資料來預報未來第 3、4 週氣溫預報，結果顯示現階段機器學習方法預報成效仍然無法超越歐洲中期天氣預報中心 (European Centre for Medium-range Weather Forecasts, ECMWF) 氣候模式。

Dr. Lynette Bettio 介紹澳洲氣象局新上線的 5 個作業化產品，第 1、2 個產品是極端氣溫、雨量預報，也就是高於氣候統計 80%及低於氣候 20%的機率預報，預報時段包括未來第 1 週、第 2 週、第 1 至 2 週、第 2 至 3 週、第 1 個月、第 2 個月、第 1 至 3 個月及第 2 至 4 個月，週預報和雙週預報每週更新 2 次，月季預報則是每週更新 1 次。第 3 個產品為結合過去觀測與未來預報的盒鬚圖時間序列，第 4 個產品為雨量超越機率預報，第 5 個產品為 3 天累積定量降雨機率預報，以上產品均可參閱澳洲氣象局網頁 (<http://www.bom.gov.au/climate/outlooks/>)。此外還提供了兩個氣候服務網頁，一個是澳洲水文展望 (<https://awo.bom.gov.au/>)，另一個則是澳洲農業氣候服務 (<https://climateservicesforag.indraweb.io/>)。

Mr. Normand Gagnon 介紹加拿大氣象局展期預報模式 (GEPSv7) 的最新進展，此模式為海氣耦合模式，大氣模式採用 GEM，海洋模式採用 NEMO，每天提供 16 天預報，每週四延長預報至 32 天，系集預報成員為 20 個，水平解析度為 39 公里，大氣層頂為 0.1hPa，20 年再預報資料隨預報資料同時產出，但系集成員減少為 4 個，資料同化方法由 EnKF 改為 LETKF，擾動方法由 SPP 取代原來的 MP/SPPT，以改善資料同化系統與預報系統的一致性，以及系集預報系統與決定性預報系統的一致性。新模式已於 2021 年底上線作業，未來除提高模式解析度、增加系集預報成員、延長預報天數外，亦會進一步發展陸表擾動方法和陸表參數化方案。

Mr. Noboru Nemoto 介紹日本季節預報模式的更新，日本季節預報模式是由日本氣象廳和氣象研究所 (Meteorological Research Institute, MRI) 共同發展，大氣模式水平解析度由 110 公里提高到 55 公里，垂直解析度由 60 層增加到 100 層，海洋模式水平解析度由 1 度增加到 0.25 度，垂直解析度由 52 層增加到 60 層，並加入海冰初始化，預報成員及頻率由每 5 天 13 個成員變更為每天 5 個成員。新版模式無論是在 Nino3.4 海溫、2 米氣溫、季內振盪 (Madden-Julian Oscillation, MJO) 或是極端氣溫預報表現都比舊版模式好。

Dr. Esperanza Cayan 首先說明菲律賓參考 APCC 提供的多模式系集預報產品，發布測站三分類機率預報以及東南亞區域預報，並介紹展期預報的進展。值得注意的是，菲律賓氣象局特別提到與臺灣的合作 (如圖 2)，透過雙邊合作第一、二期 VOTE (Volcano, Ocean, Typhoon and Earthquake) 計畫之「改進劇烈天氣、海洋氣象及短期氣候預報能力」，分析聖嬰現象及季內振盪對臺菲區域氣候的影響，並開發熱帶氣旋偵測系統，從展期模式預報資料中萃取熱帶氣旋資訊提供給菲律賓，進一步發布未來兩週熱帶氣旋生成潛勢預報。未來菲律賓希望透過教育訓練建構模式校驗的能力，同時將展期預報轉譯為影響潛勢預報，可以提供下游使用者如農業、水資源領域相關風險圖集及決策支援系統。



## 2. Status and plans for Subseasonal to Seasonal (S2S) prediction

**DEVELOPMENT OF S2S**

**ACTIVITIES THAT LED TO THE DEVELOPMENT OF S2S**

**CAUSES**

Reliable and accurate weather prediction is vitally important in numerous areas of society. The need to emphasize the development of S2S has been prioritized by PAGASA.

**EXTREME WEATHER**

Increasing occurrence of extreme weather and climate events

**PREDICTION**

Increasing demand in the operational prediction and applications communities

**FURTHER COLLABORATIONS & PARTNERSHIPS**

**CAPACITY BUILDING AND TOOL ADOPTION**

- BUILDING CAPACITIES OF PAGASA TECHNICAL STAFF TO PROVIDE BETTER CLIMATE MONITORING AND PREDICTION SERVICES – WFP-Funded, NOAA-CPC (2018)
- Workshop on S2S Prediction for Southeast Asia – UN-ESCAP funded (2018-2019)
- NOAA, CPC 111TWCVP Ankara, Turkey, April 2019

**DOST-PAGASA R&D AGENDA 2013-2020**

**DOST- PCIEERD GIA FUNDED (2016-2019)**

- DOST- PCIEERD GIA funded (2016-2019)
- MECO-TECO VOTE PROJECT entitled “Observations and dynamical downscaling of Subseasonal to seasonal (S2S) forecast”
- R & D collaborations with CWB, NTU and Tamkang University (Taiwan)

圖 2、摘錄自菲律賓氣象局簡報，最右欄即為我國和菲律賓的雙邊國際合作計畫。

本局洪景山主任接續報告我國展期預報及服務的進展，報告簡報如附錄 2。我國是世界上少數擁有自行發展從天氣到氣候、從全球到區域模式能力的國家，透過先進統計技術的發展，可以將原始數值模式預報資料轉換成有用的預報指引、資訊及產品，提供下游使用者如農業、水資源、能源、防災、健康等領域應用，更期待透過國際合作加強氣候研究與作業發展，增進亞太經濟體的氣候韌性。

Mr. Chaowat Siwapornchai 首先說明泰國在月季預報參考 APCC 提供的多模式系集預報產品，展期預報則使用美國國際氣候與社會研究所 (International Research Institute for Climate and Society, IRI) 所開發的 CPT 工具和 CCA 統計方法產出客觀預報指引後，再參考大尺度預報指引如 MJO、季風指標、颱風以及其他作業中心官方預報，最後提供決定性預報、機率預報、極端預報等產品。

Dr. Hoang Phuc Lam 亦說明越南參考 APCC 的 ENSO、MJO、IOD 等氣候指標以及多模式系集預報產品，並使用 CPT 工具產出氣溫、雨量、颱風頻率等預報指引。越南氣象局期待能夠加強越南的氣候預報能力，特別是展期預報和影響預報，同時希望建構區域氣候模式的發展及作業能力，以及西北太平洋區域熱帶氣

旋月季預報生成潛勢和極端氣候事件預報。

在討論時間菲律賓氣象局建議進行將展期預報轉譯為影響預報或風險地圖的研究或舉辦相關研討會，多個經濟會員體均表達希望 APCC 能夠提供未來 4 週氣溫、雨量的決定性和機率預報，以及極端降雨、熱浪等早期預警產品，APCC 的 Dr. Jin-Ho Yoo 則回應 ECMWF 已有規劃未來向世界氣象組織 (World Meteorological Organization, WMO) 提出成為展期多模式系集預報領導中心的可能性。

## 2. APCC 年度研討會

本年度 APCC 研討會主題為透過 AI 在氣候變遷調適的應用加強亞太經合會的韌性 (如圖 3)，共分為 2 個討論主題：應用 AI 處理氣候變遷，以及應用 AI 邁向更有韌性的亞太經合會，議程如附錄 3。



圖 3、APCC 年度研討會現場。

McGill 大學的 David Rolnick 教授的演講題目是 AI 在氣候變遷的機會、挑戰與建議，AI 的優點是可以快速自動執行簡單的任務，在大量資料中找到細部特

徵，並優化複雜的系統，但缺點是很容易受偏差的資料影響而導致錯誤的詮釋，而且通常很難解釋結果為什麼是正確的。AI 在處理氣候變遷的機會包括：

- 從原始資料中提煉出可行動的資訊，例如應用 AI 從衛星影像中自動標記繪製森林砍伐地圖或是評估沿岸洪水風險。
- 改善作業效率，例如應用 AI 最佳化電網管理或是軌道運輸。
- 進行預報，例如應用 AI 進行太陽能與風力即時預報、預報電力需求或是從衛星影像預測作物產量。
- 加速耗時的模擬，例如應用 AI 於高解析度氣候模式預測。
- 加速科學進展，例如確定電池和能源相關催化劑的候選材料。

他認為具有專業知識可互補的利益關係人夥伴關係非常重要，並根據 *Climate Change and AI – Recommendation for Government Action* 這份文件提出以下 4 點建議：

- (1) 在資料基礎設施方面，建議為氣候關鍵領域資料的標準、收集和共享建立資料工作組和平台，同時支援研究人員、公民團體和小型企業使用資料進行計算和儲存，例如聯合國衛星中心 (UNOSAT) FloodAI 系統根據衛星資料提供高頻率洪水報告，進而改善了亞洲和非洲的災害應變。
- (2) 在研究與創新資金方面，確保 AI 在氣候方面的計畫資金是由影響驅動而不是技術驅動，例如肯亞 Selina Wamucii 公司應用 AI 預測東非的蝗蟲爆發。
- (3) 在系統發展與整合方面，建議發展跨域新創中心以孵化計畫促進合作，並維護非商業公益應用，例如英國國家電網 ESO 應用 AI 將電力需求預測準確度提高一倍，並更好地整合再生能源。
- (4) 在能力建構方面，建議為政府、氣候相關行業和公民團體實施 AI 素養和技能提升計畫，同時資助或促進氣候相關領域 AI 專家的借調計畫，並培養可

信賴的人工智能 AI 氣候解決方案提供者和審計員。例如美國新創公司 Fero 應用 AI 減少鋼鐵回收中新材料的使用，每年可減少 450 千噸 CO<sub>2</sub>。

更多相關資料可進一步參閱 <https://www.climatechange.ai/> 網站。

NVIDIA 公司的 Karthik Kashinath 首席科學家工程師則介紹氣候變遷預測、減緩與調適的地球數位雙生 (digital twin) 系統，他提到歐盟目前正在推動 Destination Earth 計畫 (<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/destination-earth>)，地球系統模擬必須具備直覺的使用者介面、由資料驅動的模式、可解析風暴的模式、整合的觀測，以及上百億次計算資源，而 NVIDIA 公司所擁有的技術可以實現這個願景。NVIDIA 公司目前正應用機器學習技術發展 Earth-2 數位雙生系統 (<https://blogs.nvidia.com/blog/2021/11/12/earth-2-supercomputer/>)，面臨的問題包括外插、物理一致性和因果關係、量化不確定性和校準、資料融合和同化、增加時空解析度等，這些問題可以透過仿真、超解析度、分段學習、線上學習、增強學習等技術來嘗試解決，以 FourCastNet (Fourier Forecasting Network, FCN) 技術發展為例，應用純資料驅動的機器學習技術，搭配 GPU 加速計算、深度學習和「physics-informed」神經網絡技術和 AI 超級計算機，可以得到堪比天氣模式的降雨預報結果。Pathak et al. (2022) 的論文指出 (<https://arxiv.org/pdf/2202.11214.pdf>)，在解析度為 0.25 度下，FourCastNet 利用純資料驅動的機器學習技術可以得到和 ECMWF Integrated Forecasting System (IFS) 模式相當的預報能力，但計算速度卻可以比傳統的計算快 45,000 倍，節能 12,000 倍，運用在系集預報基礎所產製機率預報上，更是可以得到壓倒性的優勢。未來相關技術將進一步應用在即時預報、展期預報、系集預報、區域預報、近未來氣候預報甚至於極端天氣 / 氣候預報 (如圖 4) 等。

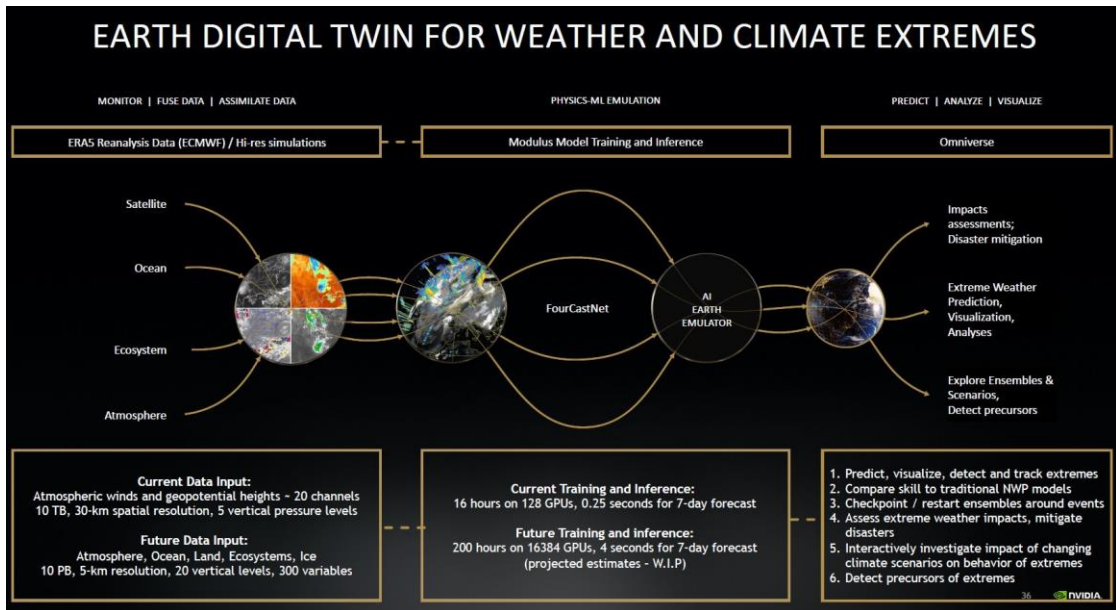


圖 4、摘錄自 Dr. Karthik Kashinath 的簡報。

首爾科技大學 Seonyoung Park 教授說明 2 個應用 AI 處理衛星資料來進行災害監測的研究。第 1 個研究她應用機器學習的技術 (如 Random Forest, BRT, Cubist)，使用 MODIS 和 TRMM 衛星資料 (如 LST、NDVI、NDWI、NMDI、ET、TRMM) 來預測不同時間長度的氣象乾旱指標 (SPI)，結果發現 Random forecast 是 3 種機器學習技術中表現最好的方法。第 2 個研究進一步應用 Random forecast 方法，結合 MODIS、TRMM、ESA-CCI 衛星資料和季內振盪 (MJO) 指數來預測極短期乾旱，這裡的極短期指的是未來 5 天、10 天、15 天的乾旱預測。研究結果顯示，有加入 MJO 指數的模型預測乾旱表現比沒加入的模型好。

整體而言，現階段的 AI 預測尚未盡如人意，仍有很多可以改善的空間，但假以時日，相信在不久的未來可以預見它的蓬勃發展與壯大。

### 3. APCC 周邊會議

除 APCC 年度研討會外，泰國氣象局與泰國 Tohoku 大學校友會及德國技術合作 (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ) 公司泰國辦公室合作，共同舉辦「熱帶地區氣候變遷與調適」(Climate Change in Tropical Zone and



Adaptation to Climate Change) 研討會 (如圖 5)，議程如附錄 4。除邀請演講外，也以公民咖啡館形式凝聚泰國當地氣象局與學界等利害關係人的共識。



圖 5、APCC 周邊會議現場。

泰國氣象局人員提到，氣候服務包括氣候資料、氣候資訊、氣候產品以及氣候服務，國家層級的氣候服務旨在協調各機構，使它們能夠共同努力、共同設計、共同製作、交流、交付和使用氣候服務，以用於支援對氣候敏感的社經領域的決策。對泰國影響的天氣和氣候事件通常包括水旱災、熱浪、颱風、季風以及氣候變遷，以農業面對氣候變遷為例，泰國成立氣候田間學校 (Climate field school)，結合高解析度再分析資料、天氣與氣候預報系統、氣候模式模擬、作物模擬模型，針對當地氣候條件調整作物耕種曆，並估算所需水資源，預測作物產量，為氣候變異和變遷做好準備。

值得一提的是，世界氣象組織 Dr. Alexander Baklanov 完整地介紹從全球到國家層級的氣候服務。他首先說明 WMO 2030 策略規劃、氣候服務全球架構 (Global Framework for Climate Services, GFCS)、氣候服務資訊系統 (Climate Services Information System, CSIS)，以及介紹 WMO 長期預報領導中心 (Lead Centre for Long-Range Forecasts Multi-Model Ensemble, LC-LRFMME)、全球產出中心

(Global Producing Center, GPC) 、區域氣候中心 (Regional Climate Center, RCC) 的的架構與功能。他特別提到未來區域氣候展望論壇 (Regional Climate Outlook Forum, RCOF) 應該轉型為區域氣候論壇 (Regional Climate Forum) ，從現有的季節預報產品擴充至展期預報和氣候變遷相關產品，同時展期預報和季節預報過程應該由人為主觀決定走向自動化客觀產出。他並推薦參考兩份 WMO 文件：Step-by-step Guidelines for Establishing a National Framework for Climate Services 、Guidance on Operational Practices for Objective Seasonal Forecasting ，最後提到管理氣候風險需要客製化氣候資訊產品和建議服務、專家和社區有效應用氣候服務的能力發展、改善監測資料的品質、對應用氣候資訊進行決策的效益評估、與氣候研究社群合作預測氣候變異和氣候變遷的影響、金融和技術的永續支持，以及更好的跨域合作。

本局目前正全力發展氣候服務推動，WMO 建議的做法非常值得效法與學習。

## (二)、訪問泰國氣象局及皇家造雨與農業航空局

### 1. 泰國氣象局

泰國氣象局的組織編制如圖 6，本次訪問的單位包括 Meteorological Development Division 和 Weather Forecast Division，訪問重點茲分別摘錄如下。

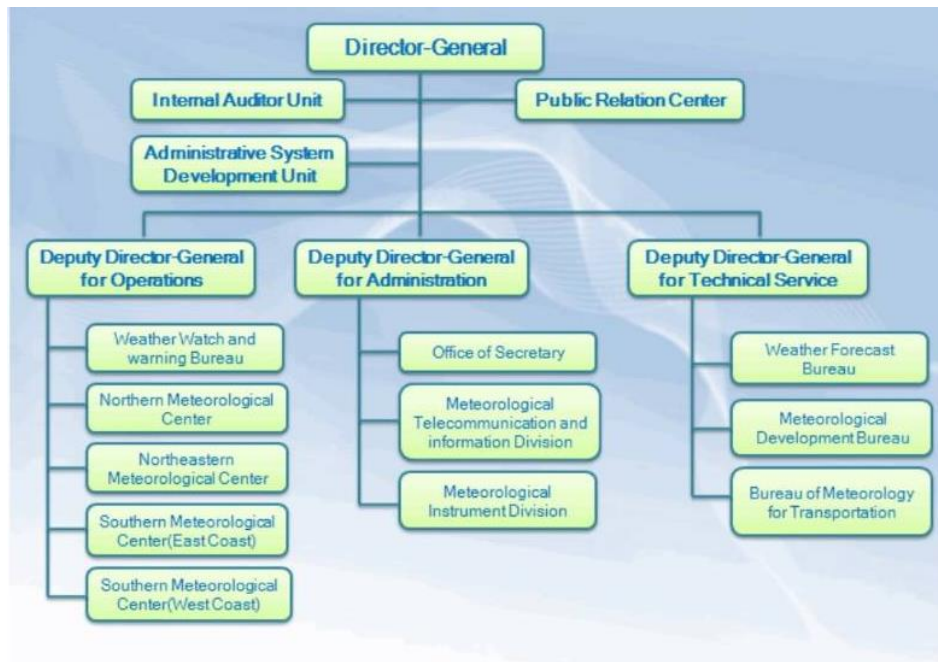


圖 6、泰國氣象局組織架構。

**(1) 訪問 Meteorological Development Division 部分：**

Meteorological Development Division 主要是負責泰國氣象局的氣候研究、氣候預報作業、氣候服務及國際合作等相關業務，其中氣候服務特別著重在農業和水文領域，相當於本局的氣象科技研究中心。其下包括 5 個單位：

- Climate Center
- International Affairs Sub-division
- Agrometeorological Sub-division
- Hydro-meteorological Sub-division
- Research and international corporation Sub-division

承續參加 APEC 年度研討會、工作小組會議以及在 APCC 周邊會議的事先聯繫，本次訪問由 Meteorological Development Division 主任 Dr. Wattana Kanbua 主持，Climate Center 主任 Ms. Jomkhwan、資深科學家 Dr. Chalump Oonariya 以及相關同仁出席，本局由陳孟詩簡任技正進行本局氣



候研究、氣候作業以及氣候服務等業務之簡介，簡報資料摘列於附錄 5。Dr. Wattana Kanbua 主任及 Climate Center 同仁對本局的氣候模式以及氣候統計處理，包括降尺度、偏差修正等均表示濃厚的興趣。另外，泰國氣象局針對農業領域的氣候服務提出許多的詢問，特別是如何加強跨領域對話等。

會議後 Dr. Chalump Oonariya 和 Ms. Kesarin Hanprasert (圖 7) 也針對不同領域的氣候服務、氣候產品的產製進行多方討論。Dr. Chalump Oonariya 提及先前曾參加美國氣候預測中心 (Climate Prediction Center, CPC) 所舉辦的訓練課程，表示希望能有機會進一步建構泰國氣象局的氣候預報業務能力。Ms. Kesarin Hanprasert 負責月季預報業務，對於農業及水資源領域對長期定量降雨預報在地化需求的困難與挑戰亦表示感同身受。Mr. Chaowat Siwapornchai 則負責展期預報業務，想更進一步了解均一化技術。陳孟詩簡任技正特別介紹本局發展的熱帶氣旋展期預報系統 (<https://tctracker.cwb.gov.tw/>)，提醒注意第 2 週起可能會有熱帶氣旋影響泰國的機會 (如圖 8)。



圖 7、本局洪景山主任、陳孟詩簡任技正、泰國氣象局 Dr. Chalump Oonariya (右一) 和 Ms. Kesarin Hanprasert (左一) 合影。

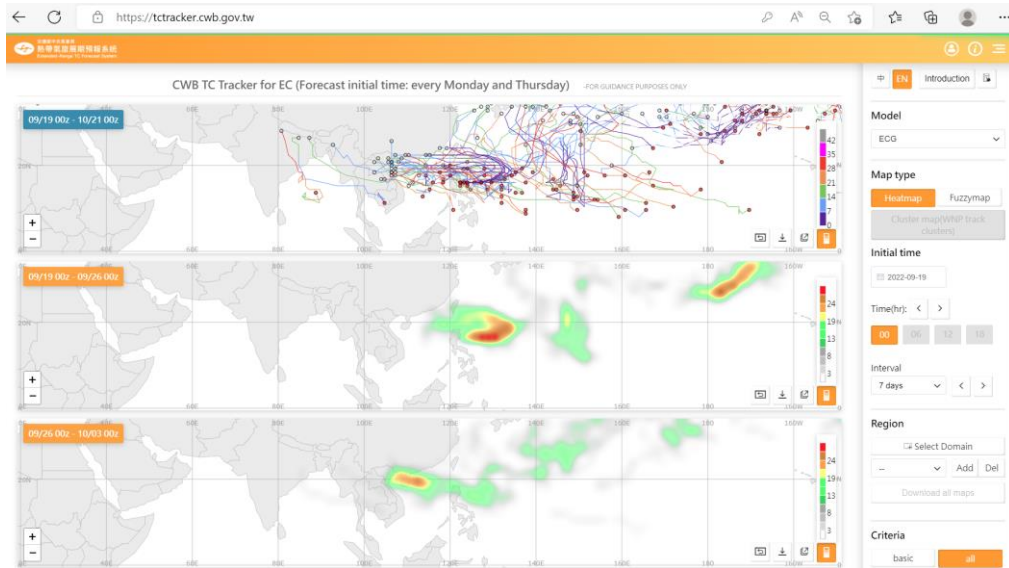


圖 8、本局開發的熱帶氣旋展期預報系統，可顯示未來 4 週熱帶氣旋生成潛勢，圖為 111 年 9 月 19 日預報未來兩週熱帶氣旋活動情況。

本次會議中，本局提出未來可以加強合作的意願，泰國氣象局也深表同意，特別是本局概略簡介和菲律賓氣象局合作之 VOTE 計畫，結合政府及學界的合作，可以避免不必要的政治議題，而這也是泰國氣象局關注的重點之一。

另一方面，本次參加 APCC 會議，在美國猶他大學王世宇教授的介紹下，本局也和泰國 Kasetsart 大學農藝系 Parichart Promchote 教授 (圖 9) 談到合作的構想，Parichart Promchote 教授特別希望與氣象局發展定量降水估計技術，用以修正粗解析度的氣候模式預報輸出，得到高解析度的預報產品，以進行農業水資源的應用。本局和 Parichart Promchote 教授雙方也同意，進一步建立由中央氣象局、泰國氣象局、泰國 Kasetsart 大學以及臺灣大學或中央大學大氣系的多邊合作關係，除降低潛在的政治議題外，也可以加強研究的量能，以建構多贏的局面。



圖 9、本局洪景山主任、陳孟詩簡任技正、泰國 Kasetsart 大學農藝系 Parichart Promchote 教授（右二）及其學生合影。

## (2) 訪問 Weather Forecast Division 部分：

Weather Forecast Division 負責天氣預報作業，相當於本局的氣象預報中心。特別重要的是，泰國氣象局的數值天氣預報研發和作業歸屬於 Weather Forecast Division。本局過去與泰國氣象局的數值天氣預報研發有非常密切的合作，同時也建立起深厚的友誼。

泰國氣象局由 Weather Forecast Division 主任 Ms. Chalalai Champhol 領隊，出席人員包括泰國氣象局資深顧問 Dr. Sukrit Kiritsaeng、Meteorological Observation Division 主任 Mr. Somruen Tonchan、Meteorological Digital Services Division 主任 Mr. Somhop Wongwilai、數值預報課課長 Ms. Prapaporn 及相關同仁等，多為泰國氣象局一級主管參加，會議照片如圖 10。



圖 10、本局洪景山主任、陳孟詩簡任技正及泰國氣象局 Weather Forecast Division 相關同仁座談。

本次訪問由洪景山主任進行本局數值天氣預報的一些進展，簡報摘錄如附錄 6。簡報過程中泰國氣象局特別重視雷達資料的處理及模式的應用，並透過討論確認以下合作議題：

- 泰國氣象局正推動新一代對流尺度資料同化系統建置，執行期程自 2022 年 10 月至 2023 年 10 月，為此，泰國氣象局擬與本局合作，協助該局建立可業務運作的中尺度作業系統，目標是以曼谷都會區為主要的模式預報範圍。
- 作業系統建立後再進行資料同化相關的教育訓練。
- 雷達資料是對流尺度資料同化最重要的觀測資料，泰國氣象局的雷達觀測品質仍有相當大的改進空間，泰國氣象局建議之後再進一步討論雷達資料處理的合作事項。
- 本局與泰國氣象局於 1999 年已簽訂合作備忘錄，泰國氣象局建議仍在此一合作備忘錄下繼續推動雙方的合作關係。
- 本局規劃於明年邀請泰國氣象局 Weather Forecast Division 主任 Miss Chalalai Champhol、Climate Center 新主任 Mr. Surapong 及 Kasetsart 大



學農藝系 Parichart Promchote 教授訪問本局，洽談多邊合作事宜。

### (3) 泰國氣象局晚宴

經過一整天的討論後，泰國氣象局安排與本局進行晚宴 (如圖 11)。晚宴由泰國數位經濟和數位部常務秘書 Dr. Sugunyanee 主持，參加的人員包括 Weather Forecast Division 主任 Miss Chalalai Champhol、Meteorological Observation Division 主任 Mr. Somruen Tonchan、Meteorological Digital Services Division 主任 Mr. Somhop Wongwilai 及數值預報課相關同仁。Dr. Sugunyanee 是泰國氣象局前副局長，再之前是 Weather Forecast Division 主任，負責泰國氣象局數值天氣預報發展，過往與本局有密切的合作關係。晚宴除再續過去建立的友誼外，也重申合作發展泰國數值天氣預報的意願和企圖。



圖 11、左：本局洪景山主任、陳孟詩簡任技正與 Weather Forecast Division 主任 Miss Chalalai Jamphon 合影。右上：與 Meteorological Observation Division 主任 Mr. Somkuan Tonjan 及 Meteorological Digital Services Division 主任 Mr. Sombhop Wongwilai 合影。右下：與泰國數位經濟和數位部常務秘書 Dr. Sugunyanee 合影。

## 2. 泰國皇家造雨與農業航空局

泰國超過 82%的農業用地依賴降雨，過往泰國農民常因乾旱缺水而無法順利種植農作物，因此泰國於 1955 年推動皇家造雨計畫，透過人工造雨或播雲技術發展以避免乾旱。皇家造雨計畫於 1969 年進行了第一次造雨嘗試。1971 年泰國政府在農業與合作部內建立了人工造雨研究與開發項目，並進一步於 1992 年成立皇家造雨和農業航空局。人工造雨的目標雖然是要緩解乾旱問題，但近年來更透過造雨來改善嚴重的沙塵和霾問題。

由於皇家造雨和農業航空局的目標主要是強化農業水資源管理，因此除營運 39 架播雲飛機外，另廣建氣象雷達站，據以提供高解析度的雷達估計降水產品，近年更發展數值模式定量降水預報，以強化農業水資源的管理。爰此，過去 10 年來，皇家造雨和農業航空局與本局在雷達品質檢定、產品研發以及數值天氣預報等各個領域有密切的合作關係。本次訪問皇家造雨和農業航空局的重點包括以下：

- (1) 由皇家造雨和農業航空局所屬皇家造雨技術研發中心主任 **Dr. Pakdee Chantraket** 邀請本局洪景山主任及陳孟詩簡任技正，並率領該中心共 12 位同仁，介紹 **Sattahip C** 波段氣象雷達站 (如圖 12) 之硬體設施及作業狀況，同時介紹該局最新的雷達估計降水產品，範例如圖 13。皇家造雨和農業航空局和本局合作，引進本局 **QPESUMS** 雷達品質檢定及產品研發相關技術，並本土化成為泰國即時作業系統。目前可即時產製每 6 分鐘一筆，整個泰國區域的雷達整合產品，同時也引進本局雷達定量降水估計技術，即時產製逐時的雷達定量降水產品。皇家造雨和農業航空局非常感謝本局在技術上的合作，促進該局在降水估計及農業水資源應用的技術領先地位，並提供泰國更先進的氣象資訊服務。在技術討論部分則針對雷達品質檢定以及降水估計演算法部分進行討

論，同時建議該局能進行雷達估計降水的歷史重分析，以強化降水估計資料在氣候領域的應用廣度和深度。



圖 12、Sattahip 氣象雷達站鄰近曼谷，位於泰國東部 Chonburi 省。

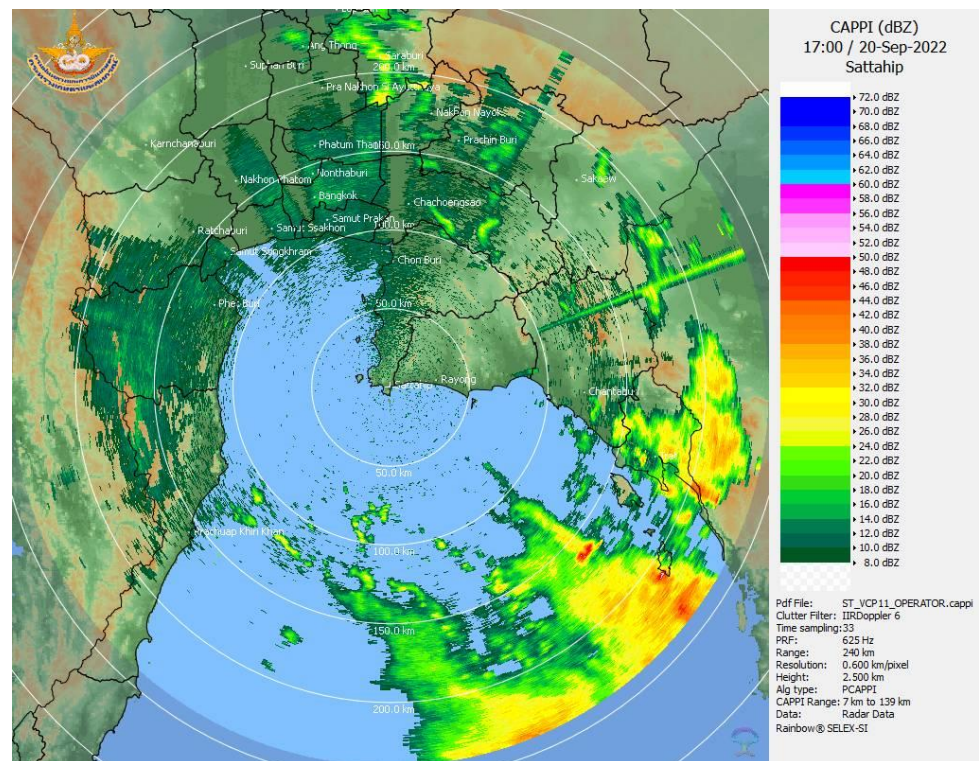


圖 13、泰國皇家造雨和農業航空局與本局發展之雷達估計降水產品範例。

(2) 晚餐期間進一步和泰國 Kasetsart 大學農藝系 Parichart Promchote 教授及皇家造雨和農業航空局同仁討論泰國學界、作業界及臺灣之三方合作事宜 (如圖 14)，主要是建立在皇家造雨和農業航空局所發展的雷達定量降水估計產品的基礎上，由本局提出兩個有價值的合作項目建議如下：

- 第一個合作項目建議運用美國 NCEP 模式的歷史預報資料，結合定量降水估計產品，引進本局所研發的統計後處理技術 (Statistical post-processing procedure (SPP) of precipitation forecasts)，發展 1-4 週的定量降水預報產品。此方法不需要自行發展氣候模式，透過統計後處理，同步達到偏差修正及降尺度到 1 公里高解析度的定量降水預報產品，此一展期降水預報可對泰國地區提供有用的農業水資源管理決策參考依據。本局建議此一合作項目由皇家造雨和農業航空局提供網格定量降水產品，Kasetsart 大學農藝系引進本局統計後處理技術，並將研發結果轉移給該局，本局則負責提供技術支援。
- 第二個合作項目建議為引進本局的高解析度土壤資料同化系統 (High Resolution Land Data Assimilation System, HRLDAS)，重新設計模式範圍，以產製泰國地區的土壤濕度分析場，此對農業水資源管理以及農業乾旱可提供重要的監測指標。本合作項目需要模式輸出的地面溫、濕、壓、風，以及觀測的降水和太陽輻射，建議由皇家造雨和農業航空局提供網格定量降水產品，並自泰國水文資訊研究所 (Hydro-Informatics Institute, HII) 導入該所執行之 WRF 模式預報，由 Kasetsart 大學農藝系引進本局 HRLDAS，本局提供日本向日葵衛星反演之太陽輻射，並協助同化系統相關技術轉移。



本研究構想獲得各單位的支持，後續合作細節則會進一步安排相關之討論。



圖 14、本局洪景山主任、陳孟詩簡任技正、泰國 Kasetsart 大學農藝系 Parichart Promchote 教授（右一）及皇家造雨和農業航空局同仁討論合作事宜。

### 三、心得與建議

此次出國期間參加「2022 年 APEC 氣候中心研討會暨工作小組會議」，同時與泰國氣象局及皇家造雨與農業航空局人員進行交流，獲益良多。心得與建議如下：

- AI 技術目前應用在氣候預報的表現仍未臻完善，但是具備強大的發展潛力，尤其是需要大量運算資源的高解析度系集氣候預報，應持續探究發展。
- 依循臺菲雙邊合作計畫的成功經驗，逐步建立由中央氣象局、泰國氣象局、泰國 Kasetsart 大學以及臺灣大學或中央大學大氣系的多邊合作關係，建議於明年邀請泰國氣象局 Weather Forecast Division 主任 Miss Chalalai Champhol、Climate Center 新主任 Mr. Surapong 及 Kasetsart 大學農藝系 Parichart Promchote 教授訪問本局，洽談多邊合作事宜。
- 在本局與泰國氣象局的合作備忘錄下，繼續推動雙方的合作，包括建置新一代對流尺度資料同化作業系統並進行教育訓練，以及增進雷達資料處理技術以提升觀測品質。
- 有關泰國皇家造雨和農業航空局、學界及本局之三方合作，初步構想如下：
  - (1) 運用美國 NCEP 模式歷史預報資料，由皇家造雨和農業航空局提供網格定量降水產品，Kasetsart 大學農藝系引進本局開發之統計後處理技術，發展 1 至 4 週的定量降水預報產品，並將研發結果轉移給該局，本局則負責提供技術支援。
  - (2) 建議由皇家造雨和農業航空局提供網格定量降水產品，並自泰國水文資訊研究所導入該所執行之 WRF 模式預報，由 Kasetsart 大學農藝系引進本局高解析度土壤資料同化系統，本局提供日本向日葵衛星反演之太陽輻射，並協助同化系統相關技術轉移，以產製泰國的土壤濕度分析場，進行農業水資源管理及乾旱監測。

## 附錄 1、APCC 工作小組會議議程



### APCC Working Group Meeting 2022

**DATE & TIMES:** 14 September 2022, 08:30–10:30 (Thailand Time) / 10:30 – 12:30 (KST)


**VENUE:** Virtual Meeting (using WebEx) / Offline meeting (Cha-am, Thailand)

TIME	AGENDA
08:30 – 08:35	<b>Opening</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ms. Chomparee Chompurat, (Director-General, TMD)</li> <li>- Dr. Do-ShickShin (Executive Director, APCC)</li> </ul>
08:35 – 08:45	<b>Introduction of the participants</b> (by each participant)
08:45 – 09:05	<b>APCC Presentation</b> 2021-2022 APCC Research and Activity (by Dr. JinhoYoo, APCC)
09:05 – 09:35	<b>Member Presentation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) how the members utilize APCC's products and services</li> <li>ii) the status and plans for subseasonal to seasonal prediction</li> </ul> * 5 minutes for each presentation * Presentation: Australia, Japan, the Philippines, Chinese Taipei, Thailand, Viet Nam
09:05 – 09:10	BOM, Australia (by Dr. Lynette Bettio, Bureau of Meteorology, Australia)
09:10 – 09:15	ECCC, Canada (By Mr. Normand Gagnon, Environment and Climate Change Canada)
09:15 – 09:20	JMA, Japan (by Mr. Noboru Nemoto, Japan Meteorological Agency, Japan)
09:20 – 09:25	PAGASA, Philippines (by Dr. Esperanza Cayan, Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration, the Philippines)
09:25 – 09:30	CWB, Chinese Taipei (by Dr. Jing-shan Hong, Central Weather Bureau, Chinese Taipei)
09:30 – 09:35	TMD, Thailand (by Mr. Chaowat Siwapornchai, Thai Meteorological Department, Thailand)
09:35 – 09:40	VNMHA, Vietnam (by Dr. Hoang Phuc Lam, Vietnam Meteorological and Hydrological Administration, Viet Nam)
09:40 – 10:25	<b>Discussion</b> Members' needs on APCC products, services, activities (research collaboration or consultation), or any ideas on collaborative opportunities among member economies in next 2~3 years
10:25 - 10:30	<b>Closing</b>

# 附錄 2、本局在 APCC 工作小組會議報告簡報摘錄

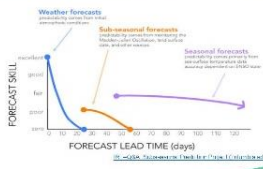
## Toward Sub-seasonal to Seasonal Forecasts and Climate Services in Taiwan

Jing-Shan Hong and Meng-Shih Chen  
Central Weather Bureau  
Chinese Taipei



## Challenges of S2S Prediction

- Better understanding the potential sources of predictability in different scale
- To improve the coupling with, and initialization of, the land-ocean cryosphere model system
- To transit the low resolution model output to user requirement guidance for Climate Service



## Solutions for operational center

**Numerical Models**

- CWB GPE5
- CWB CFS

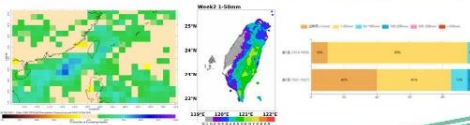
→

**Post-Process**

- Bias correction
- Downscaling

→

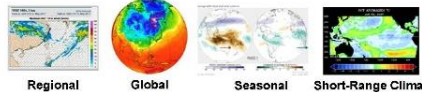
**Tailored Products to meet user requirement**



## Seamless Model systems in Central Weather Bureau

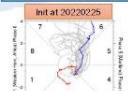
	Regional	Global	Seasonal	Short-Range Climate
Resolution	1-KM CWB WRF	17-KM CWB Fv2-GFS	28-KM** CWB GEP5	60/12-KM** CWB CFS
Forecast length	5 days	10 day	45 days	8 Months

\* 2022      \*\* 2023

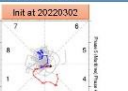


## MJO simulation from CWB GEP5

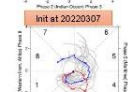
Init at 20220225



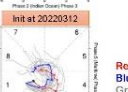
Init at 20220302



Init at 20220307




Init at 20220312



**Prediction of the MJO event**

- Better Prediction with shorter lead time

Red - OBS  
Blue - Model prediction  
Gray - Ensemble members



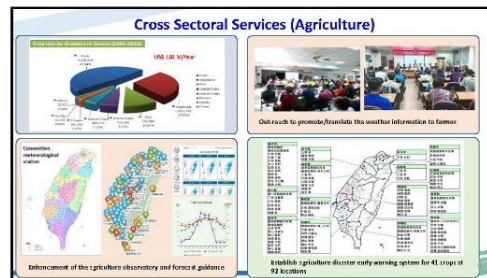
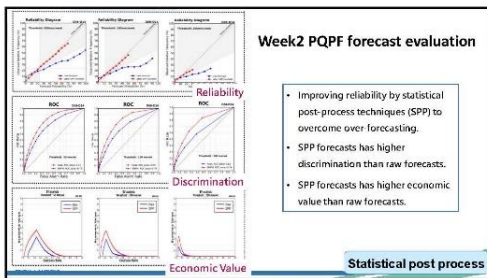
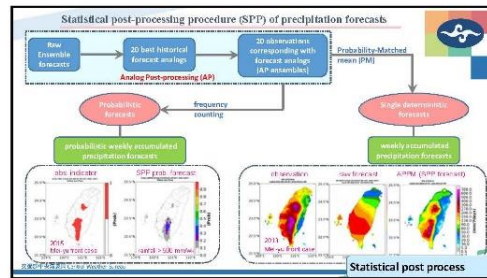
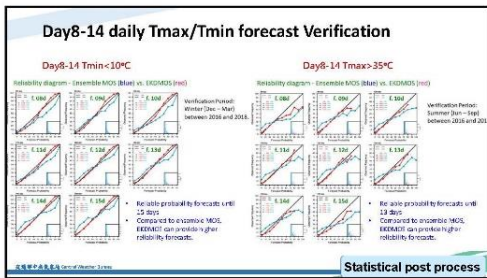
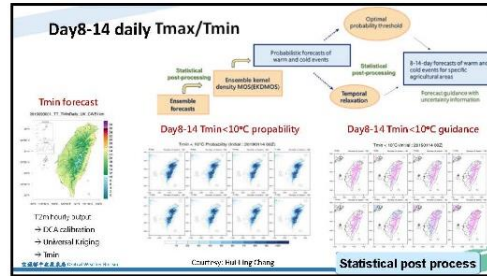
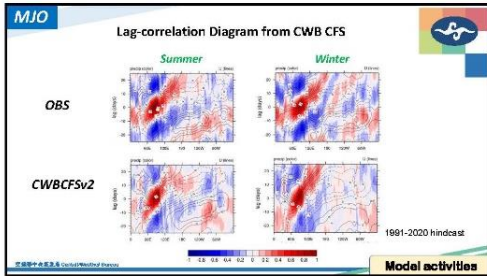
## Typhoon case : Hinnamnor (2022)

202209100 GEP52.0 TCo383

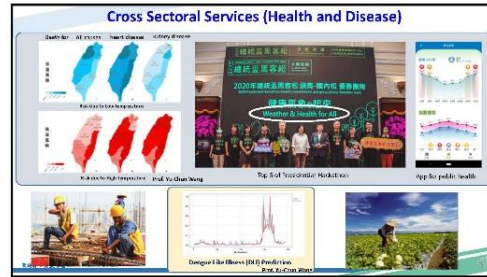
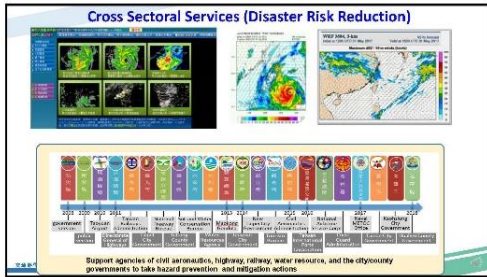
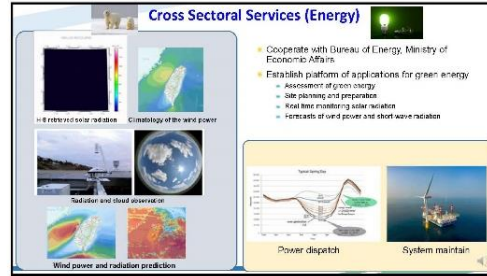
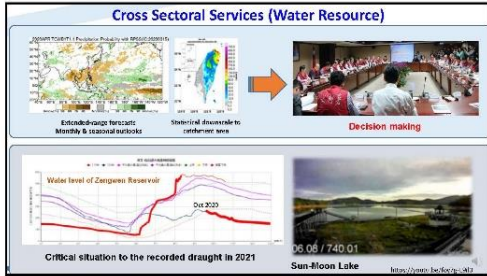


Black Line - Best Track  
Red Line - Deterministic Run  
Blue Line - Ensemble Mean









### Summary - CWB's Development foci

- 525 (Sub-seasonal and seasonal) & IS1 (Intra-seasonal and Inter-annual) forecasts
  - 7-day → 14-day; week2 → week3-4; 3-month → 6-month
  - Station-based → Gridded
  - Mean → Extreme
  - Probabilistic → Deterministic (based on AI)
  - Research → Operation
- Develop one-stop-shop climate services webpages
- Climate services for Net-Zero Pathways is of important in Chinese Taipei

*Cooperate with international partners!*  
*To robust the APCC economics' climate research/operation activities*

## 附錄 3、APCC 年度研討會議程



### APEC Climate Symposium 2022 (APCS 2022)

“Enhancing APEC Resilience through AI Applications in Climate Change Adaptation”

15 - 16 September 2022

Busan, Republic of Korea, Online(Webex)

Mida De Sea Huahin, Cha-Am, Petchaburi, Thailand (Offline)/Online(Webex)

\*\*\*\*\*

### AGENDA

Time(UTC)	Time(Thailand)	Session	Remark
<b>Thursday 15 September 2022</b>			
00:00 – 01:00	07:00 – 08:00	<b>Registration of Participants</b> (All participants are ready at Meeting Room)	At a registration desk in front of De Sea Meeting Room 1 – 2
00:00 – 01:00	07:00 – 08:00	<b>Test-run session</b>	Online among APCC and 21 APEC Economies
01:00 – 01:15	08:00 – 08:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>APEC 2022 Thailand Video Presentations</b></li> <li>• <b>Announcement from TMD, local host</b></li> </ul>	At De Sea Room1 – 2
1:30 – 1:40	08:30– 08:40	<b>Opening Session</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Opening remarks by Mr. ChaiwutThanakamanusorn, Minister of Digital Economy and Society Ministry (MDES), Thailand</li> <li>• Plaque Presentation by APCC to MDES and TMD</li> </ul>	and online(Webex)
1:40 – 3:30	8:40 – 10:30	<b>Session I</b> <i>Tackling climate change with AI</i> <b>Chair:</b> Prof. Dale Durrán (Professor, Dept. of Atmospheric Science, University of Washington)	<b>Translation</b> <b>English - Thai</b>

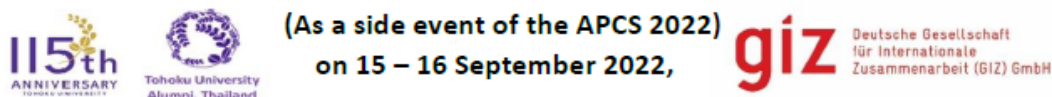
Time(UTC)	Time(Thailand)	Session	Remark
		<b>Speakers</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>AI and Climate Change: Opportunities, challenges, and recommendations - Prof. David Rolnick (Professor, School of Computer Science, McGill University)</li> <li>Earth-2: Digital Twins for Climate Change Prediction, Mitigation and Adaptation - Dr. Karthik Kashinath (Principal scientist and engineer, HPC/AI, NVIDIA corporation)</li> </ul>	offline  จัดตามแปล อังกฤษ - ไทย
		<b>Discussion</b> <b>[Topics]</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Current level of credibility and reliability of AI technologies against climate change adaptation</i></li> <li>➤ <i>Are AI technologies advanced enough to be applied in various sectors such as climate prediction, biodiversity, etc.?</i></li> <li>➤ <i>Advantages, disadvantages, challenges and barriers in application of AI technologies</i></li> <li>➤ <i>Considerations in developing and applying AI technologies in tackling climate change and way forward</i></li> </ul> <b>[Panelists]</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prof. David Rolnick (Professor, School of Computer Science, McGill University)</li> <li>Dr. Karthik Kashinath (Principal scientist and engineer, HPC/AI, NVIDIA corporation)</li> </ul>	
<b>Friday 16 September 2022</b>			
1:30 – 3:25	8:30 – 10:25	<b>Session II</b> <i>Application of AI towards the resilient APEC</i>  <b>Chair:</b> Prof. Ir. Dr. Faridah Othman (Professor, Dept. of Civil Engineering, University of Malaya)  <b>Speakers</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Weather Prediction by using Support Vector Machine - Dr. Wattana Kanbua (Director, Meteorological Development</li> </ul>	De Sea Room1 – 2  and online(Webex)  <b>Translation</b>



## 附錄 4、APCC 周邊會議議程



### Thailand Workshop on “Climate Change in Tropical Zone and Adaptation to Climate Change”



(As a side event of the APCS 2022)  
on 15 – 16 September 2022,

at Mida De Sea Huahin, Cha-Am, Petchaburi(Offline)/online (Zoom)

The Thai Meteorological Department (TMD) in cooperation with Tohoku University Alumni Thailand and Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Thailand Office, will organize a Workshop on “Climate Change in Tropical Zone and Adaptation to Climate Change” on 15 – 16 September 2022 for Thailand participants, as a side event of the APEC Climate Symposium 2022 (APCS 2022) at Mida De Sea Huahin, Cha-Am, Petchaburi (Offline)/online Zoom. All other APCS 2022 participants are cordially invited to join the Workshop’s presentation sessions during 03.45–04.35 UTC, 10.45 - 11.35 Thailand time and make registration at <https://forms.gle/8ZcXQ2awen4RXnC16>

### AGENDA(DRAFT)

Time (UTC)	Thailand Time	Session	Remark
<b>Thursday 15 September 2022</b>			
<b>03:45 – 03:50</b> [Online-English]	<b>10:45 – 10:50</b> [Online-English]	<b>Opening remarks</b> by Ms. Ajarin Pattanpanchai, Permanent Secretary of the Ministry of Digital Economy and Society	De Sea Room1-2 and online(Zoom)  Translation English - Thai
<b>03:50 – 04:40</b> [Online-English]	<b>10:50 – 11:40</b> [Online-English]	<b>Presentation Session :</b> <b>speaker 1:</b> “Building coastal resilience in a changing climate” <i>by Prof. Hitoshi Tanaka, Tohoku University, Japan</i> Online: (03.50–04.15 UTC, 10.50–11.15Thailand time)  <b>speaker 2:</b> “Climate services for Urban Development” <i>by Mr.Heinrich Gudenus,GIZ GmbH (Thailand Office)</i> Online: (04:15–04:40 UTC, 11:15–11:40Thailand time)	<b>By TMD</b>

Time (UTC)	Thailand Time	Session	Remark
04:40–06:00	11.40 – 13.00	Break for Lunch (on-site participants)	M Café
06:00 – 11:00 [Offline-Thai]	13.00 – 17.00 [Offline-Thai]	Group Discussion/Hand-on Session Offline: (06:00–11:00 UTC, 13:00–18:00 Thailand time)	By TMD/GIZ De Sea Room1-2
	13.00-13.10	Session introduction	
	13.10-13.30	Overview and Introduction to Climate Services <i>By TMD</i>	
	13.30-13.50	Global Framework for Climate Services (GFCS) and National Framework for Climate Services (NFCS) <i>By WMO</i>	Translation English - Thai
	13.50-14.10	Integrated Urban Hydrometeorological, Climate and Environment Services - IUS, and Integrated Global Greenhouse Gas Information System – IG3IS <i>By WMO</i>	
	14.10-15.00	<b>Group work I</b> – Basic understanding of Climate Services	
		<b>Coffee Break</b>	
	15.00-15.20	Urban CRVA in the context of the I KI URBAN project <i>By IUCN/ADPC</i>	De Sea Room 1-2
	15.20-15.40	Need assessment of CIS for local government <i>By GIZ SSCIS project</i>	Translation English - Thai
	15.40-17.00	<b>Group work II</b> – Application of Climate Services in sectors	
	18:30 - 20:00 [on-site]	<b>Welcome Reception</b> hosted by Thai Meteorological Department (TMD)	De Sea Room1-2
<b>Friday 16 September 2022</b>			
03:45 – 04:35 [Online-English]	10:45 – 11:35 [Online-English]	Speaker 1: "Tsunami Hazard Risk Assessment and Forecast under Climate Change" <i>by Prof. Shunichi Koshimura, Tohoku University, Japan</i> Online: (at 03:45–4:10 UTC, 10:45–11:10 Thailand time)  Speaker 2: "AI Application in Extreme Climate Forecasting" <i>by Dr.Seree Supratid, Rangsit University, Thailand</i>	By TMD De Sea Room1-2  and online(Zoom)

Time (UTC)	Thailand Time	Session	Remark
		Online: (04:10–04:35 UTC, 11:10–11:35 Thai and time)	
	11:35 – 13:00	Break for Lunch (On-site participants)	M Café
	13:00 – 15:00 [Offline-Thai]	Group Discussion/Hand-on and Closing	By TMD/GIZ De Sea Room1–2  Translation English - Thai
	13.00-13.10	Session introduction	
	13.10-13.30	PIEVC: vulnerability of public infrastructure <i>By GIZ CSI project</i>	
	13.30-13.50	Climate services and particulate matter (PM) <i>by GIZ CH team</i>	
	13.50-15.00	• Group work recap and summary	
	15.00-15.05	• Closing by Mr. Thanasith Iamananchai, Deputy Director-General, TMD	
	15:05 – 19.00	Participants leave Cha-am for Bangkok	Bus transfer by TMD

# 附錄 5、本局在泰國氣象局氣象發展部門參訪報告簡報摘錄

Climate Prediction and Services  
in CWB

Ms. Mong-Shih Chen & Climate Team  
mschen@cwb.gov.tw

### Current Status

#### Organization

```

    graph TD
      DG[Director General] --> DSD[Deputy Director General]
      DSD --> CS[Chief Secretary]
      CS --> PD[Planning Division]
      CS --> AD[Applied Meteorology Division]
      CS --> RSD[R & D Center]
      CS --> OS[Observation Division]
      CS --> TSD[Telecommunication and Radar Division]
      PD --> L1[Level 1: 7 operations system]
      PD --> L2[Level 2: 3 Forecast, 3 Software, 1 Administrative, 1 Information, 1 Methods, 1]
      PD --> L3[Level 3: 25 staff]
      AD --> L4[Level 4: 3]
      AD --> L5[Level 5: 2]
      AD --> L6[Level 6: 3-5 staff]
      OS --> L7[Level 7: 5-10 staff]
    
```

**Staff Statistics:**

- Current staff (600): male 67.1%, female 32.9%
- College and above (504): 92.2%
- Ph.D. (40) + MS/MA (32) = 55.7%
- Ave. age: 43.88

### CWB climate products

- Monthly Report on Climate System (氣候監測報告)
- Annual Report
- Selected Significant Climate Anomalies and Events in 2021
- Seasonal Outlook
- ENSO Outlook

### Climate Prediction Process

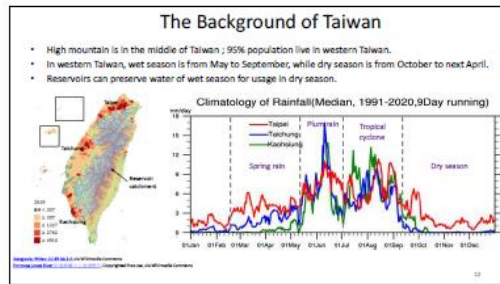
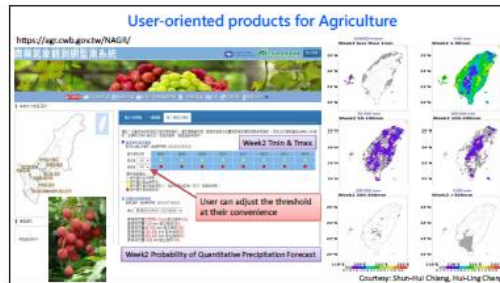
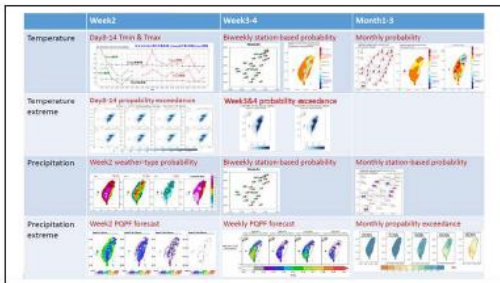
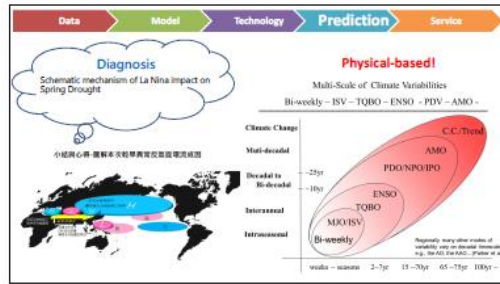
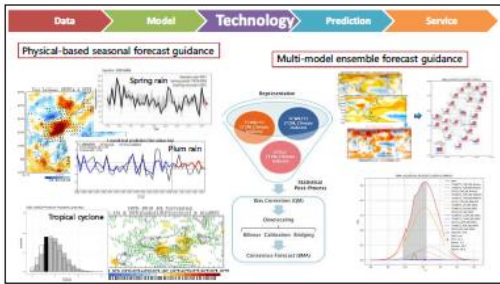
**Data** → **Model** → **Technology** → **Prediction** → **Service**

- Data:** On-site Observation (e.g., 台北、台中、高雄、屏東)
- Model:** Data assimilation, QA/QC, Error handling, Downstream checking, Observation, Other knowledge
- Technology:** digitization, Gridding
- Prediction:** homogenization
- Service:** Forecast dissemination

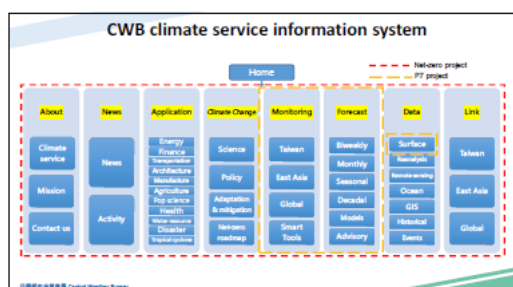
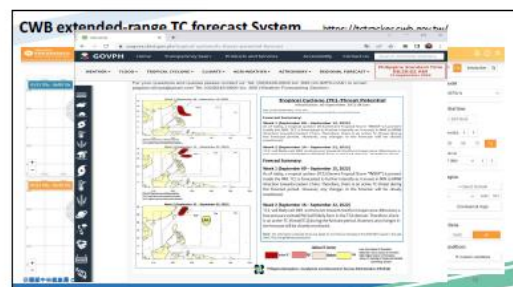
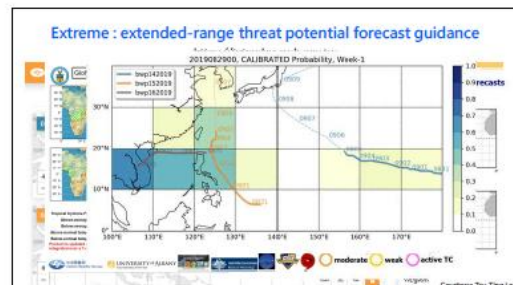
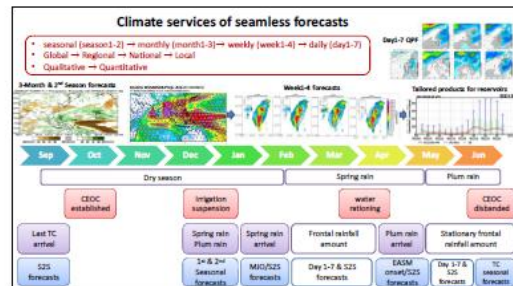
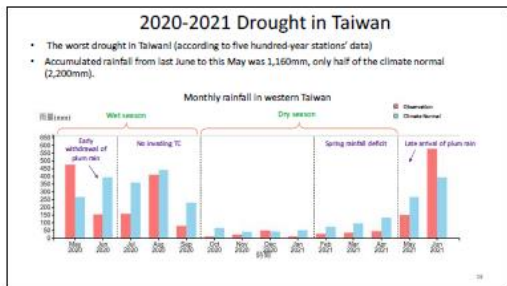
Period	Model	Resolution	Vertical	Forecast
2002-2009	2-der model (CWERT1)	330 km	Vertical 15-layer	40 mem (time lag), 7-month forecast
2010-2015	2-der model (CWERT2)	130 km	Vertical 40-layer	120 mem (time lag), 9-month forecast
2016-2019	Coupled model (CWCFsv1.1)	110 km	Vertical 60-layer	30 mem (time lag), 9-month forecast
2020-2023	Coupled model (CWCFsv2.0)	55/12 km	Vertical 60/42-layer	15 mem (time lag), 13-month forecast
2024-2029	Coupled model (CWCFsv3.0)	55/12 km	Vertical 120-layer	30 mem (time lag), 13-month forecast

### Model Post-processing and Forecast Guidance

- Dynamical Model:** Increase resolution, Update dynamics/physics, Enhance DA system
- Statistical Post-processing:** Bias correction, Downscaling, Multi-mode ensemble
- Forecast Guidance:** Decision-making support, Forecast verification







# 附錄 6、本局在泰國氣象局天氣預報部門參訪報告簡報摘錄

## Recent update of the CWB regional NWP system

### NWP systems at CWB

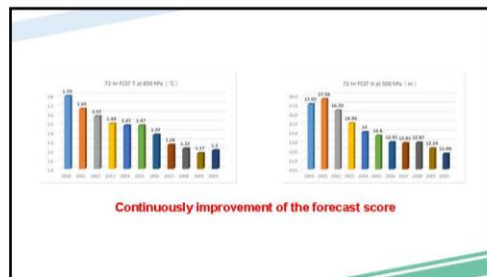
**NWP systems for seamless weather/climate service**

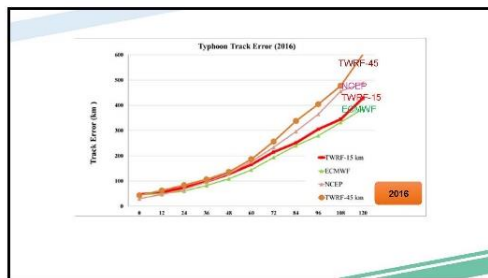
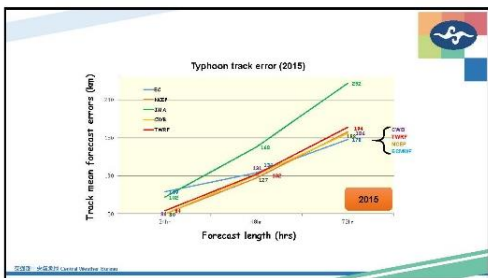
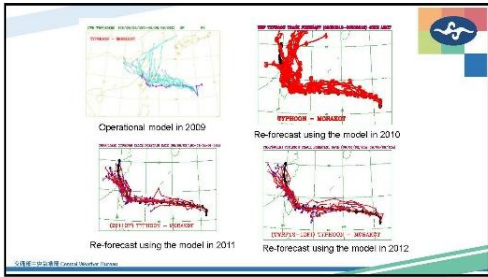
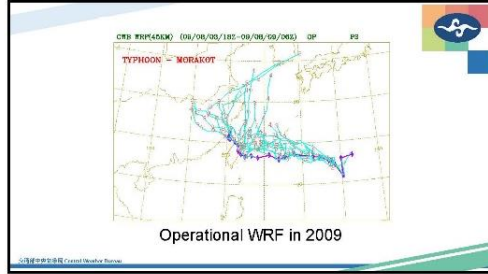
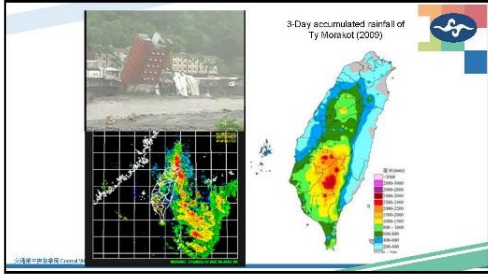
### WRF-Based Data Assimilation System

- An ARW/WRF based system, was implemented at CWB in 2004 and went through comprehensive evaluations
- CWB/ICAR Collaborative Project was initiated in 2008
- CWB WRF was operational as the 3rd generation regional forecast system since **Nov 2007**
- Deterministic forecast, 4 times per day**
  - WRF MD4** (163-km resolution in 2016)
  - TWRF** (163-km resolution in 2016)
  - Radar DA system (2-km resolution in 2016)
- Ensemble prediction system, 4 times per day**
  - 20 members** (153-km resolution)

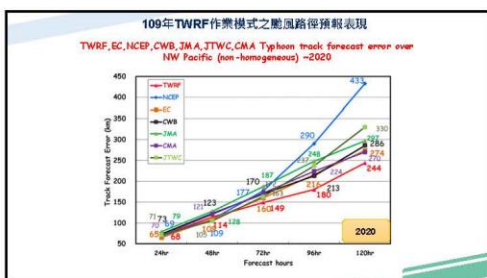
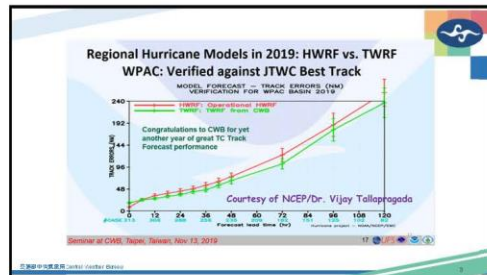
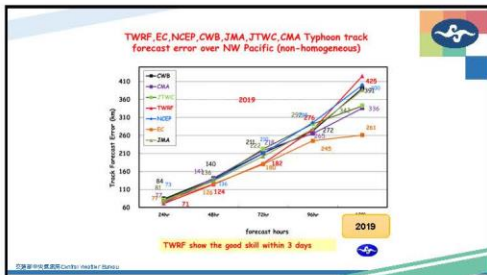
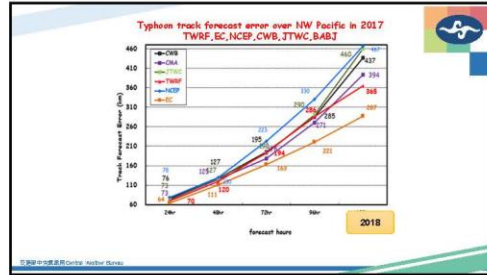
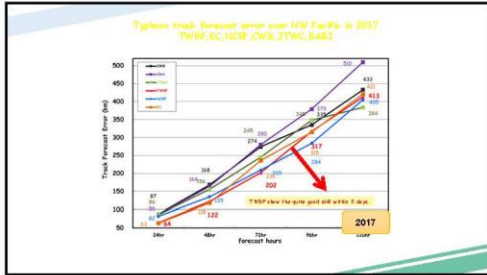
### CWB regional NWP system

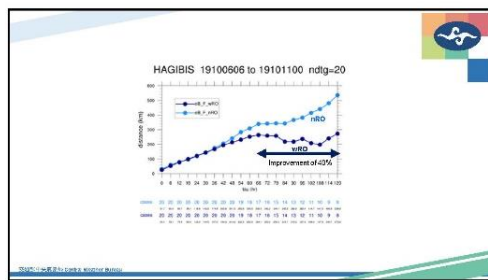
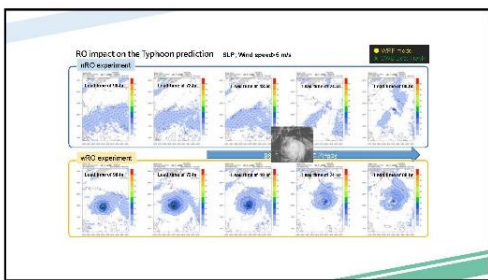
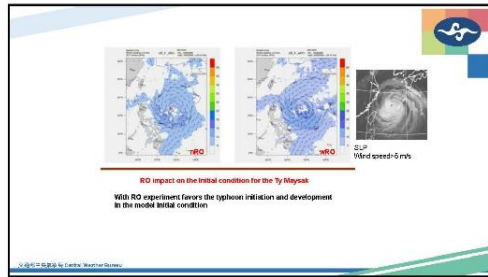
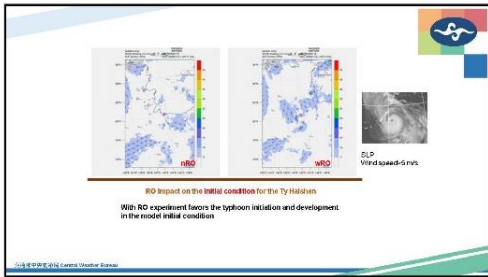
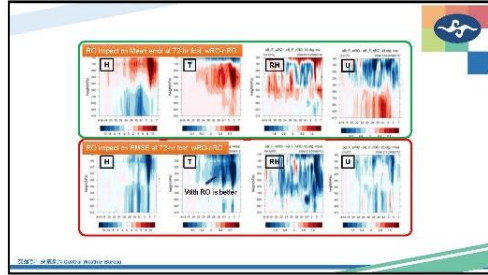
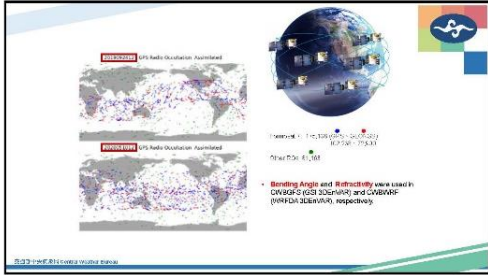
Deterministic system	
CWB/WRF 15/3km	Length: 120 hours
ICAR/WRF	Update: 6 hrs
WRF System WRF using for ICA's production	
Ensemble system	
WEPS 150km	Length: 108 hours
20 members	Update: 6 hrs
Convective scale nowcasting	
Radar WRF	Length: 12 hours
	Update: hourly







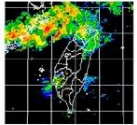





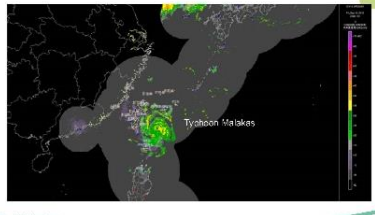
### Characteristics of the convective scale weather system

- Horizontal scale ~O(10) km
- Time scale ~O(1-10) hour
- Strong gradient in horizontal and vertical
- Transient in time
- No simple balance relation  
→ Full model process
- Complicate terrain effect
- Complicate dynamic and thermodynamic process
- Complicate multi-scale system interaction

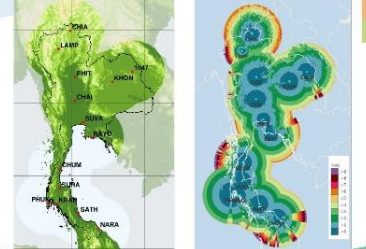
**All are related the poor predictability  
QPF at exact time/location/amount**



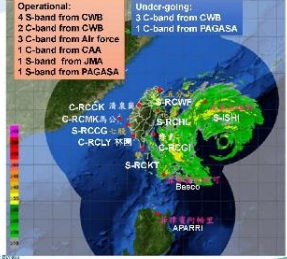
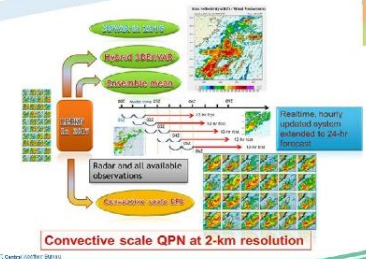
### Radar data center for Asia-Pacific

Typhoon Matala



Operational:	Under-going:
4 S-band from CWB	3 C-band from CWB
2 C-band from CWB	1 C-band from PAGASA
3 C-band from Air force	
1 C-band from CAA	
1 S-band from JMA	
1 S-band from PAGASA	

Convective scale QPN at 2-km resolution

