

出國報告（出國類別：開會）

臺美氣象預報系統發展技術 合作協定

114 年度期中審查會議出國報告

服務機關：交通部中央氣象署

姓名職稱：沈里音組長、曹富傑科長

派赴國家：美國

出國期間：114 年 6 月 22 日至 30 日

報告日期：114 年 8 月 18 日

摘要

為積極拓展臺美氣象科技合作，並進行「臺美氣象預報系統發展技術合作協定」之期中審查，中央氣象署（以下簡稱氣象署）於 114 年 6 月 22 日至 30 日派員前往美國，拜訪國家海洋暨大氣總署（National Oceanic and Atmospheric Administration，以下簡稱 NOAA）所屬的多個重要氣象機構，進行期中成果審查與技術交流。期間亦參訪相關科研單位，深入了解氣象科技最新發展趨勢與應用成果，作為未來合作藍圖擬定之重要參考。

本次行程首先至科羅拉多州與劇烈風暴實驗室（National Severe Storms Laboratory，以下簡稱 NSSL）就臺灣雷達降水估計技術改進成果進行討論，接續至全球系統實驗室（Global Systems Laboratory，以下簡稱 GSL）了解 AWIPS-II 系統合作開發進度及 AI 應用於煙霧偵測技術之潛力。翌日拜訪國家再生能源實驗室（National Renewable Energy Laboratory，以下簡稱 NREL），探討其綠能機房應用情形及雙方潛在合作機會，並與美國地質調查局（U.S. Geological Survey，以下簡稱 USGS）交流跨機關協作的可能性。後續於華盛頓特區與國家環境模式中心（Environmental Modeling Center，以下簡稱 EMC）深入交流最新預報模式與資料同化技術，並與氣候預測中心（Climate Prediction Center，以下簡稱 CPC）探討合作方向。最後於馬里蘭州與地球系統科學跨領域中心（Earth System Science Interdisciplinary Center，以下簡稱 ESSIC）針對空氣品質監測與蒸發散量推估方法進行技術經驗交流。

透過本次多面向、多層次的交流行程，不僅強化既有合作關係，也深化對美方技術應用現況之理解，對於增進氣象署之氣象監測預報技術能量具實質助益。有利未來持續就雙邊重點領域推動實質合作，建立穩健的技術對話與知識共享機制，促進氣象科技應用與服務水準整體提升。

目錄

壹、	目的.....	1
貳、	會議行程.....	2
參、	本年度審查會議重點.....	4
一、	改進「高解析度定量降雨估計與定量降雨預報」(HRQ2)應用.....	4
二、	發展 AWIPS II 高解析天氣預報產品輔助編輯工具	7
三、	開發基於影響決策支援服務和相關研究的動態整合的方案.....	8
四、	強化新一代全球至區域預測系統.....	9
五、	發展與改進針對地表輻射和空氣品質監測與預報的衛星產品.....	11
肆、	拜訪具合作潛力的機構.....	14
一、	美國國家再生能源實驗室.....	14
二、	美國地質調查局.....	15
三、	氣候預測中心.....	15
伍、	心得與建議.....	16

壹、 目的

中央氣象署長期致力於強化氣象觀測與預報系統的建置與應用能力，積極發展先進氣象資料處理、氣象及氣候模擬預測與智慧化應用技術。為提升整體作業效能與服務水準，氣象署與美國商務部國家海洋暨大氣總署（NOAA）簽署「臺美氣象預報系統發展技術合作協定」¹（以下稱本協定）及相關執行辦法，建立與 NOAA 及其下轄機構的合作架構與推動機制，期能透過此合作模式引進與整合美方成熟的氣象系統技術，作為提升氣象署氣象科技發展量能的重要途徑。

前述合作協定對應的執行辦法中有許多合作項目，氣象署每年安排數位氣象專業人員前往美方合作機構，進行進度審查、技術交流、與合作策略研訂。此次派員即為評估期中合作成果、協商未來合作方向，並建立常設溝通管道，作為未來持續推動臺美合作的重要機制，以強化氣象署執行國際合作促使氣象技術發展的目標。

本協定合作對象涵蓋 NOAA 多個關鍵技術單位，包括全球系統實驗室（GSL）、劇烈風暴實驗室（NSSL）、國家環境模式中心（EMC）、國家環境衛星資料與資訊局（NESDIS）及其合作單位馬里蘭大學地球系統科學跨領域中心（ESSIC）等。此外，本次行程亦造訪其他相關領域機構，如美國國家再生能源實驗室（NREL）、美國地質調查局（USGS）、氣候預測中心（CPC），以探索延伸合作交流層次之可能。

透過本次期中會議與廣泛訪談交流，不僅回顧與盤點現階段合作成果，亦積極探索與美方在氣象科技發展上的進一步合作可能，有助於氣象署掌握國際先進技術脈動、精進本土氣象作業能量，並強化雙方長期合作基礎，以確保臺美氣象合作計畫能持續深化並發揮實質效益。

¹ 「臺美氣象預報系統發展技術合作協定」大致每 5 年換約 1 次，前次換約時間為 110 年。

貳、 會議行程

此次會議於 114 年 6 月 22 至 30 日期間，分別在美國科羅拉多州和華盛頓特區舉行。6 月 22 日從臺北出發前往美國科羅拉多州。6 月 23 日與劇烈風暴實驗室（NSSL）研究員透過視訊方式進行會議，並前往美國國家海洋暨大氣總署全球系統實驗室（GSL）進行期中審查與會議，6 月 24 日與國家再生能源實驗室（NREL）、美國地質調查局（USGS）人員會面。

6 月 25 日從科羅拉多州前往華盛頓特區。6 月 26 日，與美國國家環境模式中心（EMC）的期中審查與工作協商，並與氣候預測中心（CPC）代表會面，共同尋求未來合作的機會。6 月 27 日與馬里蘭大學地球系統科學跨領域中心（ESSIC）進行期中審查與工作協商，6 月 28 日至商務部總部參訪，6 月 29 至 30 日從美國華盛頓特區返回臺北，行程表如表 1：

表 1：行程安排及工作摘要

日期	地點	工作摘要
114 年 6 月 22 日	臺北-美國科羅拉多州波德	赴美國。
114 年 6 月 23 日	科羅拉多州波德	劇烈風暴實驗室（NSSL）期中工作審查。 美國國家海洋暨大氣總署全球系統實驗室（GSL）期中工作審查。
114 年 6 月 24 日	科羅拉多州丹佛	與國家再生能源實驗室（NREL）人員會面。 與美國地質調查局（USGS）人員會面。
114 年 6 月 25 日	科羅拉多州-華盛頓特區	前往華盛頓特區。
114 年 6 月 26 日	華盛頓特區	美國國家環境預報中心（EMC）期中工作審查。 與氣候預測中心（CPC）人員會面
114 年 6 月 27 日	華盛頓特區	美國馬里蘭大學地球系統科學跨學科中心（ESSIC）期中工作

		審查。 拜訪美國台北經濟文化代表處（TECRO）討論合作協定簽署議題。
114 年 6 月 28 日	華盛頓特區	參訪美國商務部總部（DOC HQ）
114 年 6 月 29 日	美國華盛頓特區-臺北	自美國返國

參、 本年度審查會議重點

一、 改進「高解析度定量降雨估計與定量降雨預報」(HRQ2)應用

本工作第一部分聚焦於提升 S 波段雷達降水估計 (Quantitative precipitation estimation, 以下簡稱 QPE) 演算法優化與針對地形遮蔽條件的演算補償策略開發 (包含資料品管)。

首先，針對雷達資料中的「劣質波束 (Bad Radials)」進行判別與剔除，並在品管演算法中完成多次版本更新 (v4.5、v4.6、v4.7)，有效去除殘留雜訊 (圖 1)，並整合各項雷達參數如反射率 (Z)、速度 (V)、頻寬 (SPW) 等經過品管的結果。

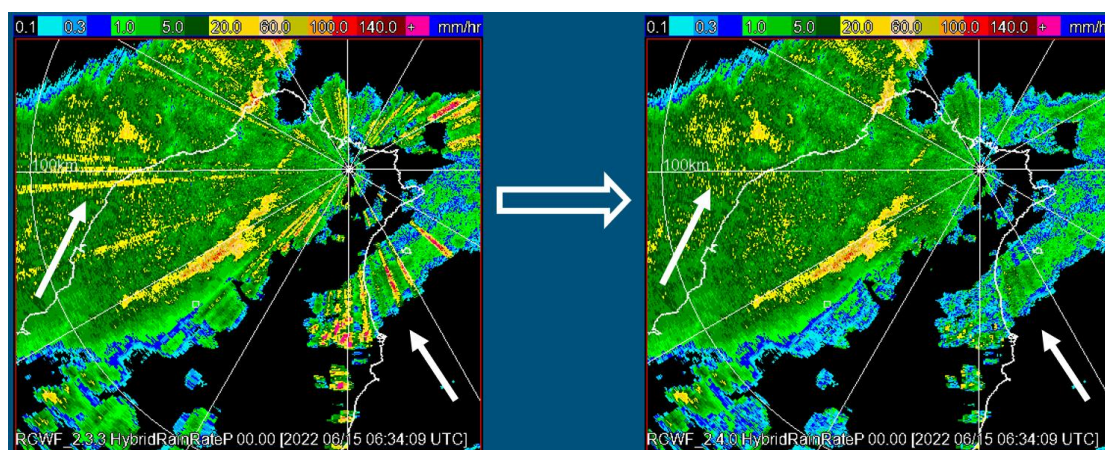


圖 1：以氣象署五分山雷達站觀測資料為例，左圖為原始觀測資料，利用資料品管演算法剔除實心箭頭所指的劣質回波後，產出雜訊已大幅減少的右圖。

NSSL 為處理地形遮蔽對 QPE 的干擾，提出 2 種遮蔽補償策略。第一種為根據遮蔽比例直接修正雷達反射率 (圖 2)，第二種則利用高一層掃描的無遮蔽區域資訊進行比值補償。兩種方法皆設有修正上限以避免誤判，並針對遮蔽達 90% 以上或雷達迴波異常高的情境設定補償門檻。

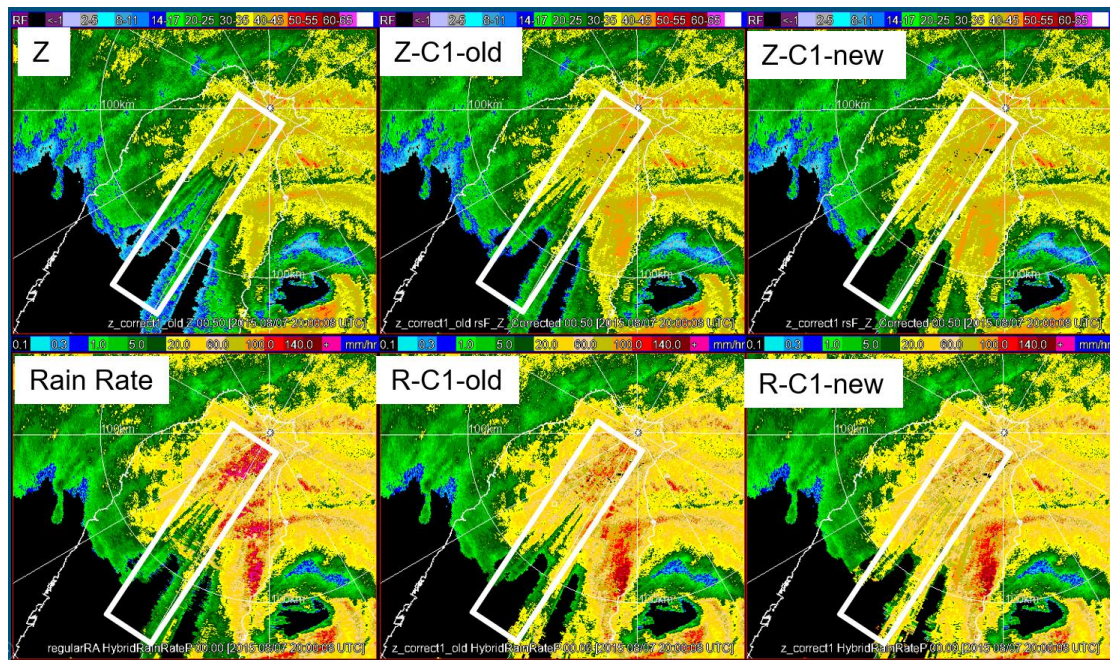


圖 2：左欄為原始回波強度（Z）、降雨強度（Rain Rate）；中欄為原有的遮蔽修補策略補強；右欄為以新的遮蔽修補策略補強。可以看到圖中長條框形區域在採用地形遮蔽修補策略後，可有效處理受地形遮蔽的雷達回波資訊。

目前已完成 RCKT（墾丁）、RCHL（花蓮）等站的品管更新與個案處理，並規劃下半年針對 RCCG（七股）雷達進行進一步 QPE 提升。後續亦將持續聚焦於非均勻遮蔽情境下的個案驗證與方法精進。

第二部分的工作為應用機器學習於雷達降水估計的改進，在地形複雜的地區，如美國西部與西南部，傳統雷達定量降水估計（QPE）經常因低層雷達遮蔽、地形阻擋及佈站限制而產生偏差，影響降水監測與水資源管理的準確性。為補強這一不足，測試了以卷積神經網路（Convolutional Neural Network, CNN）為核心的機器學習模型，進行多雷達多感測（Multi Radar Multi Sensor, MRMS）降水估計的修正與優化。

初步在加州與內華達地區建構的 CNN 模型（CNN13，考慮 13 項變數），已能改善雷達 QPE 低估降水的偏差。進一步加入 16 項模式與地形變數後形成 CNN29 模型，顯示在全年範圍內皆能提供更穩定、準確的降水估計，並有接近 NOAA 官方產品的表現，尤以處於低雷達品質指數（RQI）區域的預測改善最為顯著。

除了加州、內華達州地區，研究也延伸至亞利桑那與新墨西哥等美國西南區域進行實測。雖然結果較加州地區混雜，但在特定案例中，如科羅拉多西南部與新墨西哥西北部等雷達盲區，CNN 模型依然展現出改善原始雷達低估問題的潛力。（圖 3、4）

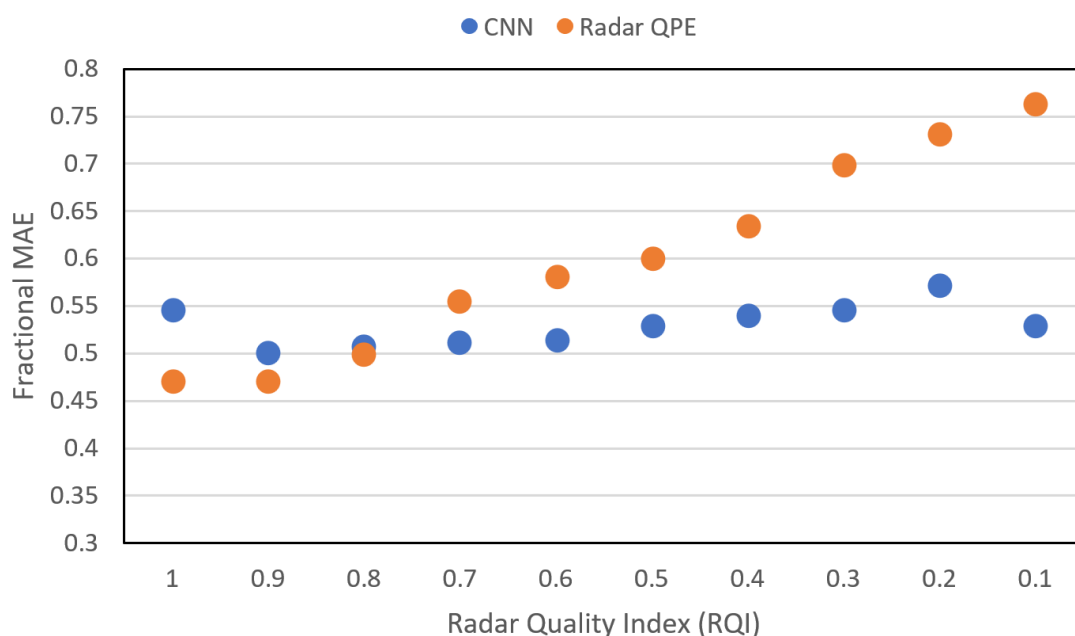


圖 3：FMAE（Fractional Mean Absolute Error）是一種衡量預測誤差的指標，計算方式為： $| \text{預測值} - \text{實測值} | / \text{實測值}$ 。本圖可看到雷達品質不佳處（ROI 較小），CNN 的預測誤差較 QPE 小。

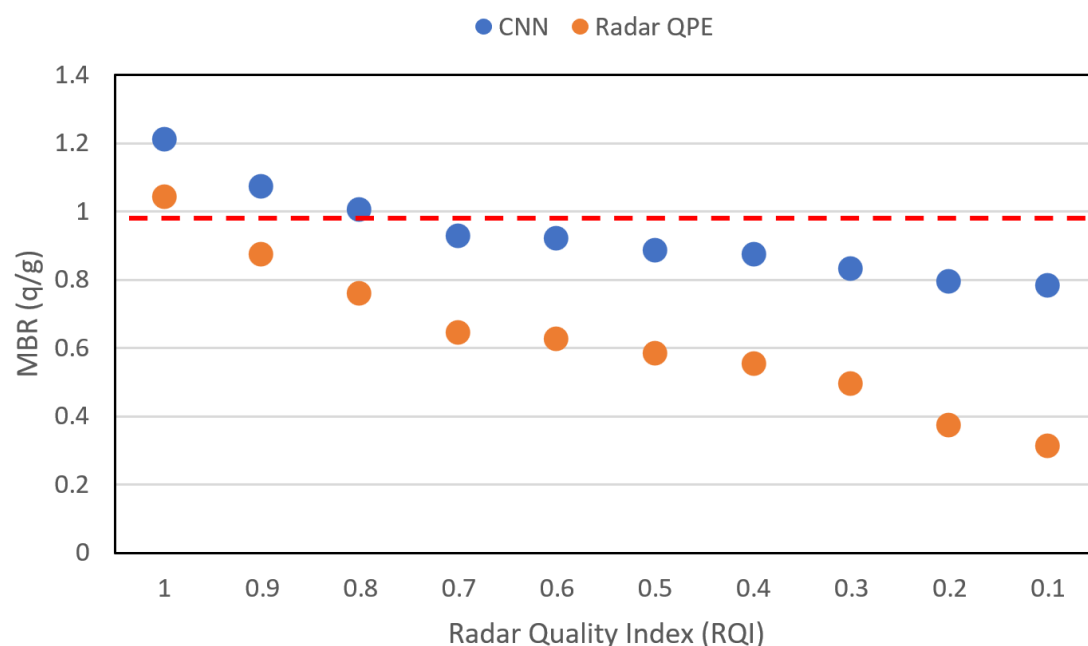


圖 4：MBR（Mean Bias Ratio）是衡量預測偏差（bias）的指標，定義為： $\text{MBR} =$

預測總量/實測總量。所以若 $MBR < 1$ ，表示模型普遍低估降水；若 $MBR > 1$ ，表示模型普遍高估降水；若 MBR 愈接近 1，表示預測愈無偏差。本圖可看到雷達品質不佳處（ROI 較小），CNN 的預測誤差較 QPE 小。

二、 發展 AWIPS II 高解析天氣預報產品輔助編輯工具

本工作聚焦 AWIPS2 技術移轉支援、Hazard Services（危害性天氣服務系統）功能諮詢等。

在 AWIPS2 技術移轉部分，GSL 團隊針對氣象署的特殊系統架構與作業需求提供了客製化支援，包括提供 OB 23.2.1/2 版本的安裝文件、公有雲部署指引、容器化安裝備註等。此舉是為了幫助氣象署建立自主部署與維運能力，並為進入「AWIPS 公有雲端化」做好準備。

Hazard Services 的部分則提供了涵蓋虛擬實驗室平台上完整訓練資源的支援，並針對圖形預報編輯器（Graphical Forecast Editor, GFE）套件等模組提供詳盡的操作文件與範例應用。更重要的是，讓氣象署可與美國國家氣象局（NWS）的專案團隊共享相同資源，確保技術標準一致與操作效率提升。此外，GSL 團隊也協助氣象署整合 Hazard Bot 等自動化工具，提升訊息生成與回報的互動能力。

針對後續工作，GSL 建議氣象署考慮升級至 OB 23.4.2 版本，此為目前 NWS 全面部署的標準版，具備 RedHat 8 作業系統與 Java 17 環境，並在資料管理、效能與災害模擬支援等方面有重大改進。特別是在 Hazard Services 模組中，新版本強化了水文模組、長延時冷災害處理與對流災害模擬的準確性與效能，對氣象署應有助益。

由於本年度尚未進行技術人員互訪，GSL 亦提出建立一套模擬氣象署系統的「雲端協作環境」作為替代方案。此一雲端平台可進行即時技術協作、問題診斷與知識分享，確保後續遠距交流的品質。

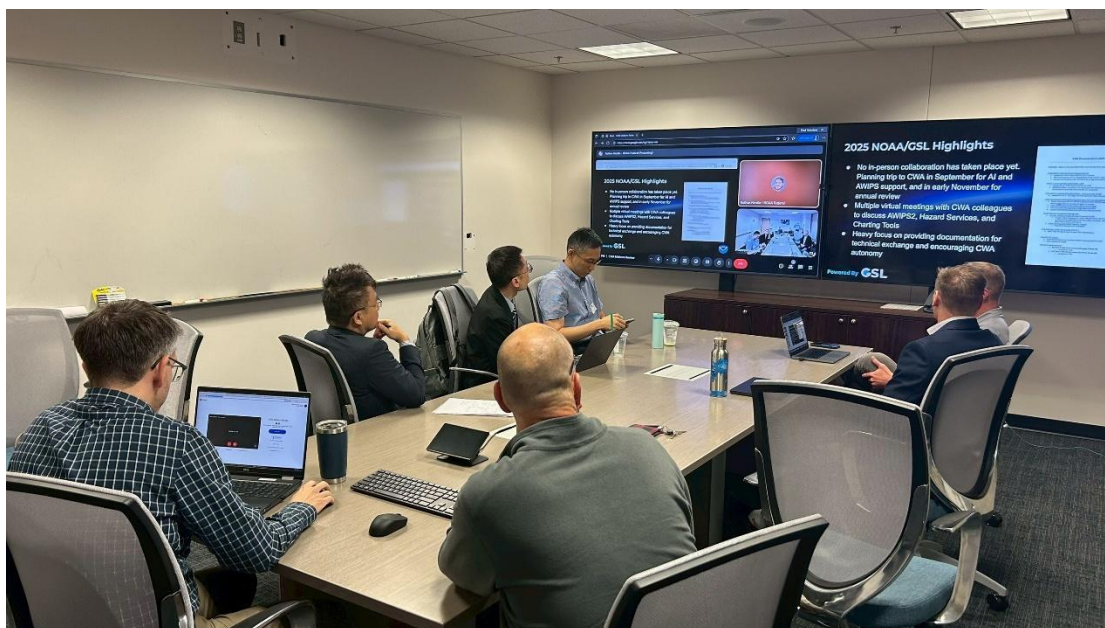


圖 5：氣象署與 GSL 成員討論 AWIPS II 系統在 114 年主要合作議題。

三、 開發基於影響決策支援服務和相關研究的動態整合的方案

本工作聚焦於 2 項人工智慧應用於氣象觀測與預報的研發工作，分別是「衛星影像煙霧偵測」與「地表溫度降尺度預測」。

衛星影像中的煙霧偵測（Smoke Detection from Satellite Observations）方面，此工作致力於利用 AI 模型自動辨識氣象衛星影像中的煙霧區域，進而輔助災害監測與空氣品質預警。核心模型 SmokeViz 已成功應用於 NOAA 的 GOES 衛星資料，辨識出影像中的煙霧羽流，並與 NOAA 的災害標繪系統（Hazard Mapping System，採人工輔助標註）所呈現的煙霧區域多邊形相互比對。（圖 6）

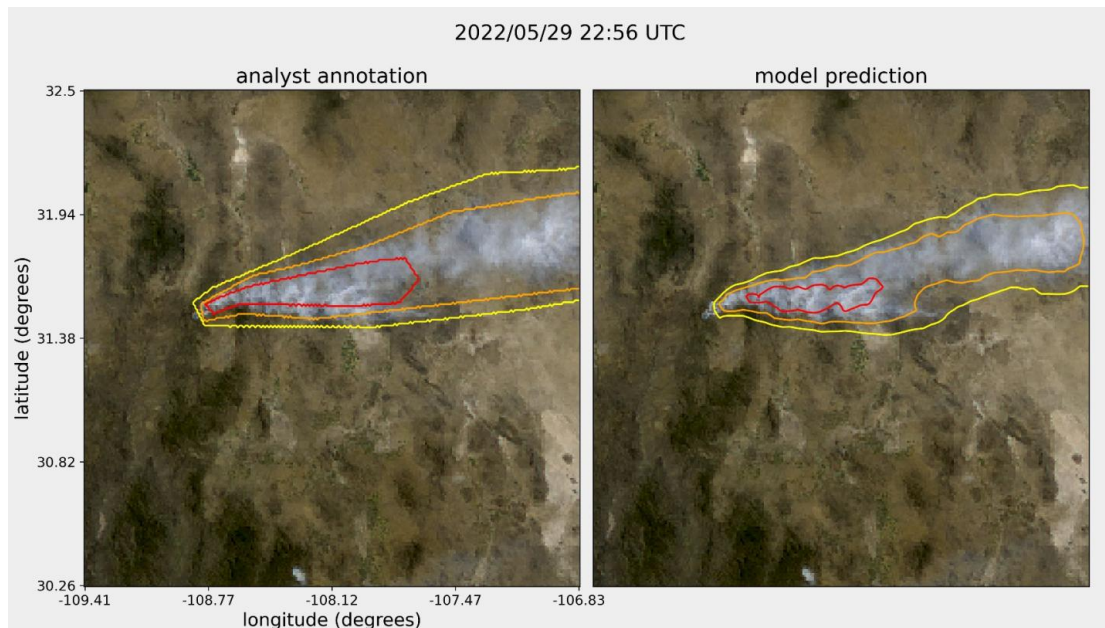


圖 6：左圖為人工輔助標註的呈現結果，紅線與黃線分別代表不同濃度層級的煙霧區域，可視為目前最可信的「準標準答案」，適合用來訓練與評估 AI 模型。右圖為 AI 模型 SmokeViz 對 GOES 衛星影像中煙霧範圍的預估，與左邊的人工分析圖相比較，顯示 SmokeViz 模型已具備與人工判釋相近的辨識能力，是實現自動化煙霧監測的基礎。

至於地表溫度降尺度預測（Downscaling Surface Temperature from Models & Landsat）方面，此研究則著眼於運用 AI 技術將較低解析度的氣候模式或衛星觀測資料進行空間上的「降尺度」，生成高解析度的地表溫度預估圖。此技術對於熱島效應監控、精細化農業應用、極端高溫預警等具有實務價值。本工作尚處於前期資料準備階段，預計於 2026 年 2 月正式啟動。

四、強化新一代全球至區域預測系統

本工作為全球與區域數值預報模式的合作研發與本土化工作。本次會議回顧上半年於颱風預報、資料同化、系集預報、物理參數化與海洋模擬等面向的成果與規劃。

在颱風模擬方面，HAFSv2 系統（Hurricane Analysis and Forecast System，颶風分析與預報系統）於 2024 年升級後，針對解析度、初始化與資料同化技術皆有提升（圖 7）。今年 7 月上線的 HAFSv2.1 版本整合最新海洋初始條件、改進

風暴初始結構，並進一步提升颱風路徑與強度預報能力。根據實驗評估，該版本於北大西洋與東太平洋地區的預報技能表現明顯優於前一代系統。

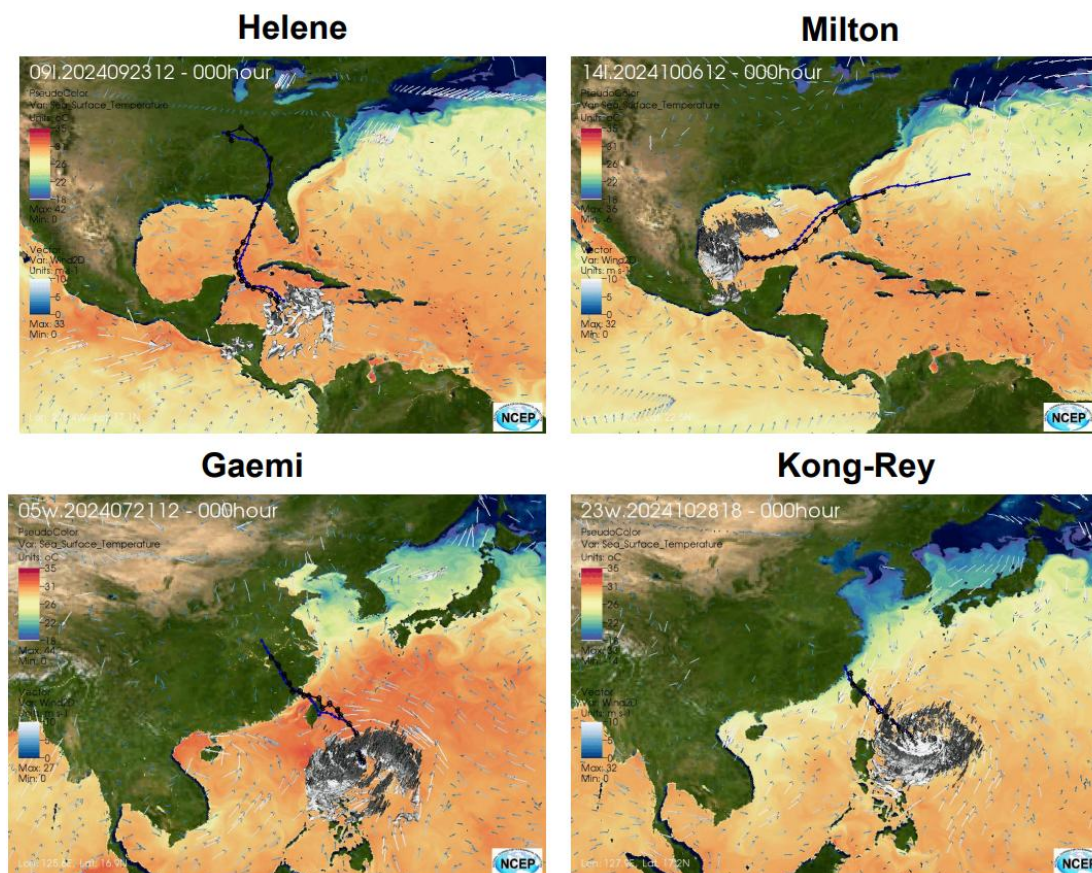


圖 7：HAFSv2 系統於 2024 年針對 4 個熱帶氣旋的即時預報結果。圖中海表溫度以色彩表示、風場以箭頭向量顯示，亦疊加颱風預測路徑與旋渦結構，展現 HAFSv2 模型對氣旋路徑與強度的模擬結果。

在全球預報系統方面，GFSv17 與 GEFSv13 將於今、明兩年分別持續推進，採用統一耦合模式（涵蓋大氣、陸面、海洋、波浪等），並納入先進的物理參數化（如 Thompson 微物理、NOAH-MP 土壤模式等），提升中期至次季尺度（S2S）預測能力。GEFSv13 更透過 30 年的重預報資料支援系統校準與訓練，作為後處理與 AI 應用基礎。

在本土化應用上，氣象署已成功將 TGFS 模式升級至 GFSv16，並結合 GEFSv12 重預報資料進行極端氣溫與降雨事件的校正研究。其中「混合式後處理法」（結合人工神經網路與量化對應法）展現顯著提升週期尺度下的預報精度，尤其在台灣複雜地形的極端事件預報上，優於傳統方法。

此外，EMC 完成了 30 年（1993 – 2023）ERA5/ORA5 再分析模擬，提供高品質耦合初始場，並公開分享相關資料集。預計未來將延伸至 50 年資料，用以推動更高解析的系統再分析。

未來發展重點將包括 AI/ML 技術於數值預報系統的應用、結合資料同化與物理改進，以及拓展 S2S 預報技能的評估與服務應用。同時，雙方也將持續推動海洋模式與太空天氣應用領域的技術合作與人才交流。

五、發展與改進針對地表輻射和空氣品質監測與預報的衛星產品

本工作由國家環境衛星資料與資訊局（NESDIS）主導，NESDIS 再與馬里蘭大學地球系統科學跨領域中心（Earth System Science Interdisciplinary Center, ESSIC）合作。第一部份的工作主要目的是提升亞洲區域衛星空品資料的可信度與應用性。在 2024 年 2-3 月期間，於高雄部署由可攜式 DOAS 儀器（Portable Differential Optical Absorption Spectroscopy，簡稱 PDOAS），參與 NASA Asia-AQ 飛行觀測計畫，並與 NASA GIII 航機資料、GEMS 與 TROPOMI 衛星數據及台灣地面監測資料進行 NO₂ 垂直柱濃度（VCD）比較分析。

期中成果指出，PDOAS 所取回的 NO₂ VCD 數據與 GEMS 數據呈現約 85% 的高度正相關，整體變異幅度相當；而與 GIII 資料的比對中則顯示 GEMS 濃度約為 GIII 的 1.43 倍。整體而言，PDOAS 的處理結果在標準差上可與 GEMS 與 GIII 資料接近，驗證其有助於校準與交叉比對。（圖 8）

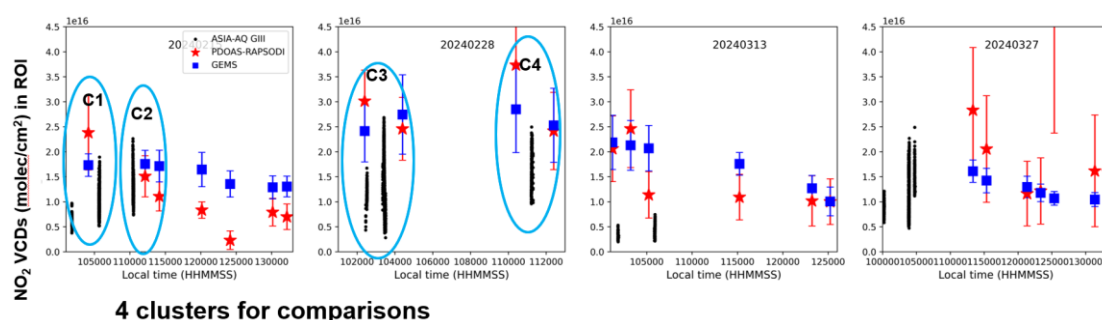


圖 8：2024 年 2、3 月於高雄地區三種 NO₂ VCD 數據的時間序列比較（GEMS、PDOAS、NASA GIII），橫軸為當地時間（HHMMSS，時分秒），縱軸為目標區域（ROI）的 NO₂ 垂直柱濃度（單位：分子數/cm²）。紅星代表 PDOAS 反演值，藍方塊為 GEMS 衛星資料，黑點則為 NASA GIII 觀測。圖中以藍圈標註四個時間點的資料群（C1 – C4），顯示三來源數據在空

間與時間上的一致性與差異性：PDOAS 接介於 GEMS、GIII 兩者之間，可見其參考價值，可用來交叉比對。

在地面觀測方面，研究將臺灣環境部空氣品質監測站依性質分為「一般」、「工業」、「交通」、「背景」四類，並分析各站 NO₂、SO₂與 CH₄的觀測結果與衛星資料的一致性。其中以 NO₂表現最穩定，交通站濃度最高，背景站最低，但部分背景站（如高雄橋頭）數值異常偏高，顯示分類方式可能需重新檢視。NO₂數據在空間與時間上皆與 GEMS/TROPOMI 有 70-90%的高相關性，而 SO₂與 CH₄的一致性則較低，尤其 TROPOMI SO₂受季節性資料缺口影響大，後續需進一步探討與補齊。

未來計畫進一步融合 AI/ML 技術，提升衛星追蹤氣體的填補缺漏資料水準，並進行更大尺度的氣候與溫室氣體資料應用。

第二部分的工作為建置以 Himawari-8/9 AHI 資料為基礎、解析度達 2 公里的蒸散量（ET）與乾旱監測系統，名為 GETD4CWA。此系統源自 NOAA/NESDIS 於 2016 年以 GOES 衛星為基礎所發展的 GET-D 系統，後續進行在地化調整以符合臺灣環境。本年度專案完成多項技術任務：（1）提供完整系統原始碼、運行腳本、操作說明與介面格式文件，確保氣象署可獨立運行系統。（2）維運與遠端支援，包括與水利署進行三小時線上技術交流。（3）部署全天候 ET（蒸散量）/ESI（蒸發壓力指數）模組，整合微波與紅外遙測資料，利用機器學習推估雲層遮蔽下之地表溫度，使 ET 空間覆蓋範圍年平均提升 229%，顯著增強對「閃旱」及「旱轉澇」等極端事件之監測能力（例如海葵颱風期間，圖 9）。

未來規劃包括：（1）完成 GETD4CWA 系統效能驗證。（2）協助建置土壤濕度含量。（3）研發並應用快速乾旱指數（QuickDRI），預計於 2026 - 2027 年進行驗證與應用。

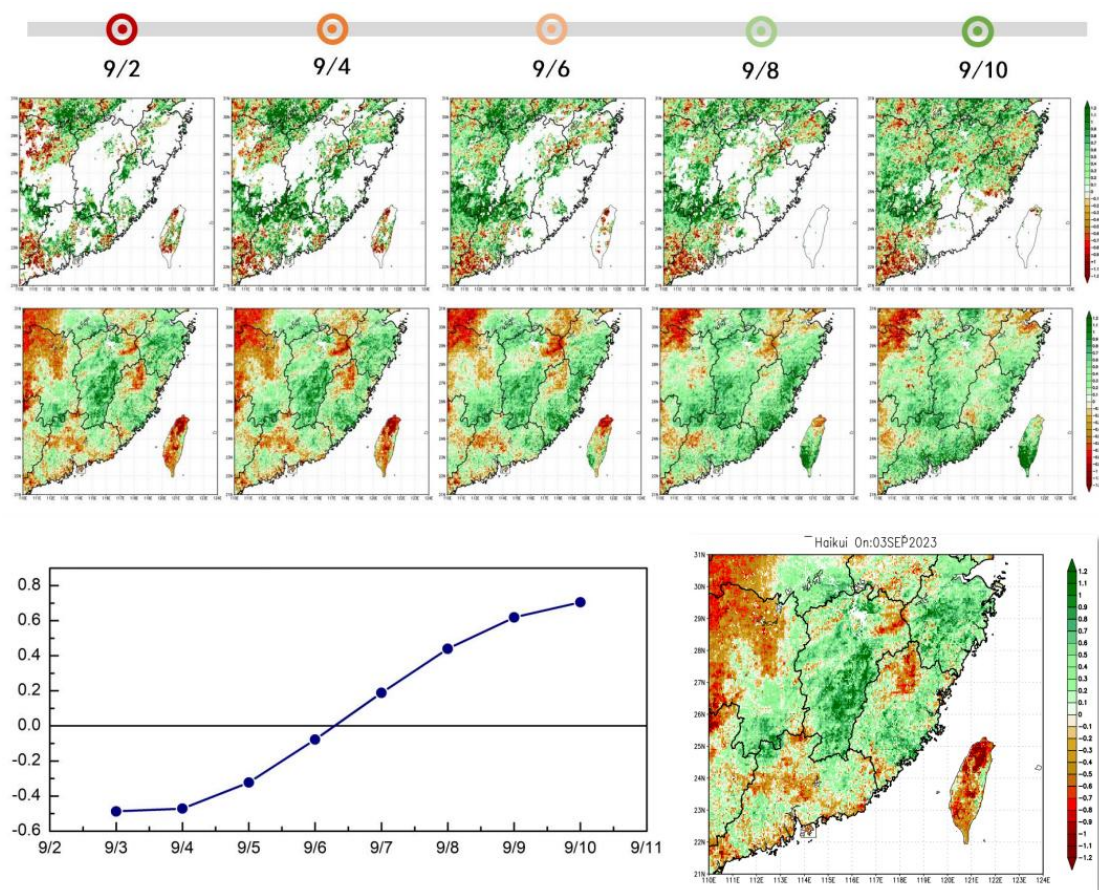


圖 9：112 年海葵颱風侵台期間的蒸散量（ET）與蒸散壓力指數（ESI）變化。上排為晴空條件下的衛星 ET 估算，受雲層遮蔽影響，資料缺口明顯；下排為全天候 ET 結果，透過結合微波遙測與機器學習模型補齊雲遮區域，顯著提升空間覆蓋率。左下圖顯示 ESI 時序變化，反映乾旱狀況隨降雨逐日緩解。右下圖為 9 月 3 日颱風登陸當天的全區 ESI 空間分布。上述各圖總體呈現中南部地區原本嚴重乾旱的情況，逐步轉濕。此成果顯示 GETD4CWA 系統具備於極端氣候事件期間即時監測與預警之能力。

肆、 拜訪具合作潛力的機構

本次行程中，除了與既有的合作夥伴交流，也特別拜訪了其他數個單位，以探索未來可能的合作。

一、 美國國家再生能源實驗室

美國國家再生能源實驗室（National Renewable Energy Laboratory, NREL）為隸屬美國能源部（DOE）的研究機構，專注於再生能源技術之研發與推廣，涵蓋領域包括太陽能、風能、地熱、電網系統，以及人工智慧於能源領域之應用等。NREL 致力於開發下一世代可用的新型能源，以促進全球能源轉型，並設置模擬真實環境的實驗場域，測試各類新興能源技術的穩定性與可靠性，作為推動實際應用與商業化的重要依據。

此次交流中，NREL 人員特別展示其地熱應用成果，指出地熱技術已不再屬於過去的小眾冷門技術領域（niche technology），而正逐步邁向更廣泛應用。然而，礙於開採成本，目前地熱使用仍以太平洋沿岸等地熱資源較易取得地區為主。實務運作上，地熱開發過程中所取用之地下水將重新注入地層，以維持資源永續性。雖地層熱能會隨時間遞減，但經妥善規劃後，地熱系統仍可具備長達百年的使用潛力。

此外，NREL 也介紹其資料中心所採用之創新冷卻系統。該系統可於夏季透過頂樓管道將機房廢熱排至室外，以降低空調負載；冬季則回收伺服器餘熱供應室內暖氣，顯著提升整體能源使用效率。其資料中心設置於 NREL 的 Research Support Facility（RSF）內，該建築已獲得 LEED Zero Energy 認證，代表其在實際營運中全年所消耗的能源已完全由再生能源抵銷，達到「淨零能源使用」的國際標準，展現 NREL 在能源效率與永續建築推動上的積極性與示範作用。



圖 10：氣象署與 NREL 成員討論應用地熱發電/儲能供應高速運算電腦議題。

二、 美國地質調查局

過去美國地質調查局（USGS）並未列於本協定的合作對象，此次訪問亦走訪 USGS，並向其分享氣象署如何透過合作協定與 NOAA 建立互惠合作，以及協定及其執行辦法簽署所需的行政流程與花費時間。氣象署訪問成員亦表示回國後會轉達相關業務單位，USGS 不排除合作之意願。

三、 氣候預測中心

氣候預測中心（Climate Prediction Center, CPC）主要任務為提升大尺度氣候預報技術，過去曾與氣象署有密切交流，並曾有氣象署人員派駐 CPC，從事如季內震盪（Madden – Julian Oscillation, MJO）等氣候領域研究。

近年來，CPC 亦關注長波輻射、衛星雲頂溫度、衛星降水等氣候監測相關議題。CPC 過去已透過雙邊合作取得氣象署氣象觀測資料，包括人工測站與自動測站所產出之日最高氣溫、日最低氣溫、日累積降水量等資訊。這些資料對

CPC 頗具應用價值，因其原先僅能透過 GTS（全球電信系統）獲取臺灣三個測站的資料；在獲得更多測站補充後，可有效用於氣候監測與衛星估計降雨資料驗證。

基於此應用目的，CPC 所需的資料時效為美東時間上午 7 點前收到前一日資料（即夏季臺灣時間晚上 7 點前）。而此類資料氣象署過去一般皆於臺灣時間上午 9 點左右傳抵 CPC，因此在時效上能充分滿足需求。然而近期因 CPC 內部硬體設備與傳輸設定等調整，相關資料接收已中斷。CPC 方面表達希望氣象署能重新恢復資料之常態性提供，氣象署與會人員承諾，將於返國後轉達該需求予相關業務單位研議後續處理。

伍、心得與建議

綜合此次會議過程，觀察心得如下：

一、跨域整合至為重要。

許多專案涉及氣象數據、AI 模型、統計方法與資訊系統架構，展現了跨領域整合的強大效益。透過氣象專業知識與資料處理技術的結合，得以將複雜的觀測與模式資料，轉化為實用的預報工具或產品。這也提醒我們，在面對類似需要高度專業與系統化處理的任務時，應鼓勵領域專家與工程師密切合作，並設計出模組化、可擴充的架構，以利持續維護與擴充功能。

二、系統開發與技術發展需與實務需求結合。

許多專案非常注重實用性與解譯性，也反映了從用戶角度出發的產品思維，這提供了值得借鏡的做法：技術開發不應孤立於使用場景外，應在開發初期即納入使用者需求，並透過持續回饋機制優化產品設計，使成果更實用並具推廣潛力。

三、資料清洗與流程標準化是 AI 模型成功的前提。

許多專案已開始探索 AI 應用，因此整合觀測站資料、雷達估計與模式

輸出，並建立一套可追溯、可控的資料流程，是後續 AI 訓練與產品開發的基礎，畢竟無論模型多先進，若輸入資料品質不穩定或格式混亂，最終效果都會受限。