

出國報告(出國類別：協商)

赴美出席 NOAA/GSD 與 CWB 合作計畫

107 年度工作協商會議報告

服務機關：交通部 中央氣象局
交通部 中央氣象局 氣象預報中心
姓名職稱：程副局長家平
陳怡良副主任
派赴國家：美國
出國時間：民國 107 年 5 月 30 日至 6 月 8 日
報告日期：民國 107 年 8 月 10 日

摘 要

中央氣象局與美國海洋暨大氣總署透過台北經濟文化代表處(TECRO)及美國在臺協會(AIT)簽訂「臺美氣象預報技術合作協定」展開多項氣象科學技術與作業應用的合作發展工作，每年均依本局實際作業的需求，議訂雙方共同有興趣的事項進行合作發展。本次赴美協商會議乃針對本局與美方合作進行的：衛星太陽輻射和空氣品質反演、雷達資料品質管與降雨量計算、即時預報決策支援工具發展、整合模式預測系統發展、監測預報作業支援等工作進行研議，其目的在檢視各相關工作規劃的內容是否符合需求、工作投入的資源及目標是否需要調整，雙方並對於各項工作的技術問題與發展重點進行意見交換，同時也對相關工作的未來發展方向進行研擬，以達到對雙方均有利的共同發展目標。

目 次

壹、 會議目的	1
貳、 協商會議過程	4
參、 協商會議內容	7
一、 發展與強化氣象衛星觀測資料相關推導反演技術與應用	7
二、 雷達高解析度定量降雨估計與定量降雨預報等相關技術與應用之改進	9
三、 強化即時預報決策輔助工具	10
四、 發展 AWIPS II 高解析天氣預報產品輔助編輯工具	12
五、 新一代全球至區域預測系統與即時監測分析系統發展.....	14
六、 計畫管理與技術訓練的持續支援	16
七、 相關作業單位參訪	17
肆、 拜會 TECRO 科技組	21
伍、 心得與建議	21
附錄一、與中央氣象局合作的美方相關機構組織簡介.....	23
附錄二、名詞解釋.....	26

壹、 會議目的

中央氣象局(CWB)為了提升對各種先進氣象資料處理與應用的技術能力和發展天氣整合與即時預報系統(Weather Integration and Nowcasting System ; WINS)，自民國 79 年 6 月起和美國商業部國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration ; NOAA)下的地球系統實驗室 (Earth System Research Laboratory;ESRL)/全球系統組(Global Systems Division;GSD，陸續簽署了多個合作計畫執行辦法，進行長期的系統合作發展與技術轉移工作事項。為了確保合作計畫能於中央氣象局落實生根，特別安排於計畫合作期間內，每年有 1 至 3 人之中央氣象局人力派駐於美方，進行技術轉移及合作發展事項；又隨計畫之進行，每年安排 1 至 4 次技術人員短期交換互訪，進行技術交流與協商；此外，每年有 2 次計畫管理人員互訪，進行工作計畫擬定、工作協商及進度審核。氣象局並成立任務編組，長期進行系統合作開發及技術轉移事項。此合作計畫於氣象局內分別有氣象資訊中心、氣象衛星中心、氣象預報中心、氣象科技研究中心與海象測報中心參與，國內亦有農委會水土保持局與經濟部水利署共同參與，引進國際先進且成熟的氣象測報科學技術，並落實建立本土化的監測預報作業系統。

中央氣象局與美國海洋暨大氣總署合作的重點項目包括：

一、 發展與改善氣象衛星觀測的地面太陽輻射和空氣品質資料反演技術

利用日本向日葵 8 號衛星的先進影像觀測資料(Advanced Himawari Imager ; AHI)進行資料同化，測試 AHI 觀測資料對於氣象局全球數值天氣預報模式技術的影響與衝擊。另外，合作開發以向日葵 8 號 AHI 懸浮微粒光學厚度(Aerosol Optical Depth ; AOD)產品，進行對空氣污染物及空氣品質的研判，並與相關觀測數據進行比對，評估此技術成為另一觀測之可行性。而向日葵 8 號 AHI 的地表短波輻射(Downward Shortwave Radiation ; DSR)產品，目前仍有相當的誤差，無法作為作業使用，目前進行相關技術改良，希望能夠改良 DSR 的估計技術並以臺灣的觀測結果進行評估。嘗試作為向日葵 8 號 AHI 未來在臺灣的相關產品作業應用。

二、 改善高解析度定量降雨估計(QPE)與定量降雨預報(QPF)演算法

為支援中央氣象局、水利署(WRA)及水土保持局(SWCB)於劇烈降水監測預報作業所需的相關應用，美國國家劇烈風暴實驗室(NOAA/OAR/NSSL)持續協助我國強化與改進相關雷達觀測資料的演算法，並提供赴美工作同仁雨滴譜儀(disdrometer)資料分析以及 C 頻段雙偏

極化雷達之定量降水計算等相關技術轉移訓練。這項訓練將可培育參訓同仁使用雨滴譜儀及新建流域降雨雷達改進定量降水估計(QPE)系統的能力，並強化雷達資料品管及整體系統的作業流程，提高降水估計的準確度與時效。

三、 強化即時預報決策輔助工具

本項工作主要由美國氣象局下氣象發展實驗室的決策支援科(NOAA/NWS/MDL/DAB)負責執行，提供洪水氾濫監測系統(FFMP)的降雨匯流模組、自動即時預報系統(ANC)的對流啟始演算法、輕量虛擬化(Docker)容器的安裝及調校等相關技術，以強化氣象局在天氣資料整合與即時報系統(WINS)工作站中的預報決策輔助工具。相關工作包括：原始碼的修改與建構檔的調整設定，在 AWIPS II 發展環境下客製化 SAFESEAS 的諮詢與協助，並協助中央氣象局建置及調整相關軟體模組功能。此外，本年度亦提供在暴潮模擬方面的技術諮詢及協助。MDL 也將持續協助氣象局取得 NOAA 的虛擬實驗室(VLab)內存的相關技術資料與軟體系統組件。

四、 發展 AWIPS II 高解析天氣預報產品產製及輔助工具

美國國家氣象局(NWS)投入新一代的先進天氣資訊處理系統(AWIPS-II)系統發展已有數年，美國地球系統實驗室(ESRL)的全球系統組(GSD)在其中扮演開發新的氣象資訊整合顯示、天氣狀況標註繪製(annotation)與圖形預報編輯(GFE)等作業功能，增進對系集預報及機率預報的資訊處理和展現能力，使預報員能更有效率的進行天氣資訊查詢分析。此外，亦大力投入整合性災害性天氣服務模組(Hazard services)的開發，此模組整合了舊有的警示訊息產製(WarnGen)及災害性天氣網格產製(GHG)等功能，以整合編輯的角度，提高預報人員對災害性天氣現象的管理及處理能力。相關的系統軟體作業功能與技術諮詢，可針對氣象局的需求提出建議解決方案，持續強化與改善氣象局 WINS 系統內的相關功能，落實氣象局精緻化鄉鎮預報的作業需求。

五、 發展新一代全球至區域整合模式預測系統

美國新一代全球預測系統(NGGPS)發展的目標，是運用最新的氣象科學研究成果建立新一代全球至區域整合模式預測系統，其內考慮了全球至區域跨尺度的進階物理過程、非靜力平衡的動力方程、大氣與海洋的偶合等機制，建立一套全新的整合模式預測系統，並改善資料同化技術，以支援美國新一代天氣預報的作業與應用需求。本項工作由美國氣象局(NWS)

環境預測中心(NCEP)的環境模式中心(EMC)負責協助氣象局模式發展人員，參與 NGGPS 的模式發展、系統測試與作業調教等工作。透過此項合作，中央氣象局將能夠建立自己發展下一代全球預報模式系統的能力，並獲得 NGGPS 的研發知識與作業經驗。NCEP/EMC 也將持續派員參與本局舉辦的全球模式發展研討會，提供氣象局及我國學者專家和 EMC 科學家，在全球預報系統(Global Forecast System；GFS)與全球系集預報系統(Global Ensemble Forecast System；GEFS)領域，進行科學知識與作業經驗的交流與互動。此行並另針對 GSD 及 EMC 現行發展及運作中的即時中尺度分析(RTMA)以及高解析度預報系統(HRRR)於台灣高度複雜地形地區的適用性瞭解。

本次於美國 NOAA/ESRL/GSD 以及 NOAA/NWS/NCEP 進行之協商會議，旨在深入研議中央氣象局與美方規劃合作進行之各項工作的重點方向、可能發生的問題、以及實質內容是否符合需求；亦對各項系統技術與問題作了廣泛討論；此外，也對於未來計畫的經費和主要合作事項做了實質性的分析與協商。

貳、 協商會議過程

今年是氣象局進行為期 4 年「氣象資訊之智慧應用服務計畫(I)」的第 3 年，透過「臺美氣象預報技術合作協定」與美國有實際合作關係的部分包含：NESDIS 衛星反演技術引進、雷達降水應用之改進、即時預報決策輔助系統 GFE/AWIPS II 的強化、新一代 NGGPS 系統的發展、海洋資料同化的技術諮詢、及強化向日葵 8 號氣象衛星的產品製作。本次協商會議過程為美方各工作項目負責同仁派員至 NOAA/ESRL/GSD(於科羅拉多州丹佛地區)及 NOAA/NWS/NCEP(位與哥倫比亞特區)，就相關工作項目進行報告與研討，部分議題在丹佛時以視訊會議結合多方討論，以透過這些合作事項降低中央氣象局氣象技術發展的負擔。在此次會議過程之空檔，亦請美方安排參訪了位於丹佛地區的天氣預報辦公室(Weather Forecast Office；WFO)、太空天氣預測中心(Space Weather Prediction Center；SWPC)，以及位於哥倫比亞特區的天氣預測中心(Weather Prediction Center；WPC)，瞭解美國作業單位的實際作業情形，以作為未來作業規劃之參考。

此次協商會議於 5 月 31 至 6 月 6 日間分別在位於科羅拉多州丹佛地區的美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)下預報系統實驗室(OAR/ESRL)的全球系統組(GSD)及位於與哥倫比亞特區的美國環境預測中心(NWS/NCEP)的環境模式發展中心(EMC)舉行，詳細議程如表 1。

表 1 議程表

日期	地點	議題	參與人員	重點
5/30	抵達美國			
5/31	科羅拉多州/丹佛地區	AWIPSII, GFE, WarnGen 工作現況說明, Hazard Services 介紹	美方: D. Nietfeld (GSD) J. Wakefield (GSD) X. Jin (GSD) Herb Grote (GSD) 我方: 程副局長家平 (CWB) 預報中心陳怡良副主任 (CWB)	New Technique Development and Experience Exchange & Transfer
		GSD-CWB 計畫綜觀討論, Machine Learning 討論	美方: John Schneider (GSD) M. Govett (GSD) Tony Liao (GSD) 我方: 程副局長家平 (CWB)	Overall Project Management Issues

			預報中心陳怡良副主任 (CWB)	
		NOAAPORT 資料與參訪者事務討論	美方: John Schneider (GSD) B. Lipschutz (GSD) Tony Liao (GSD) 我方: 程副局長家平 (CWB) 預報中心陳怡良副主任 (CWB)	Efficiency and Stability of Operation
6/1		雙偏極化雷達品管, 高解析定量降水估計與預報討論	美方: Lin Tang (NSSL) Jian Zhang (NSSL) Tony Liao (GSD) 我方: 程副局長家平 (CWB) 預報中心陳怡良副主任 (CWB)	Quality Control and Technique Transfer
		向日葵 8 號衛星決策輔助產品資料處理技術討論	美方: W. Feltz (CIMSS) M. Foster (CIMSS) Tony Liao (GSD) 我方: 程副局長家平 (CWB) 預報中心陳怡良副主任 (CWB)	Similarity Between GOES-16 and Himawari-8
		參觀 WFO 和 SWPC	美方: Nezette Rydell (WFO) T. Fang (SWPC) 我方: 程副局長家平 (CWB) 預報中心陳怡良副主任 (CWB)	Specially arranged site visit
6/2	搭機前往哥倫比亞特區			
6/2	哥倫比亞特區	與 EMC 計畫綜觀討論, 與新一代全球至區域模式現況及未來規劃交流	美方: Vijay Tallapragada (EMC) D. Kleist (EMC) Tony Liao (GSD) 我方: 程副局長家平 (CWB) 預報中心陳怡良副主任 (CWB)	Program structure and Implementation Plan
6/4		向日葵 8 號衛星 AOD 產品, 地面	美方: Satya Kalluri (NESDIS)	support to air quality monitoring and

		DSR 產品,Scaling AOD 在臺灣 PM2.5 的應用, CRTM 表面太陽輻射推導相關討論	S. Kondragunta (NESDIS) I. Laszlo (NESDIS) M. Chen (NESDIS) Tony Liao (GSD) 我方: 程副局長家平 (CWB) 預報中心陳怡良副主任 (CWB)	forecasting
		決策支援工具, ANC 與 RWRf, STMAS-WRF, FFMP, VLab 支援工作現況說明	美方: S. Smith (MDL) L. Xin (MDL) 我方: 程副局長家平 (CWB) 預報中心陳怡良副主任 (CWB)	Documantation and Software Engineering support
6/5		參觀 WPC	美方: K. Gilbert (WPC) G. Carbin (WPC) 我方: 程副局長家平 (CWB) 預報中心陳怡良副主任 (CWB)	Specially arranged site visit
6/6		拜會 TECRO	李光章公使 (TECRO) 林寶玉副組長 (TECRO 科技組) 程副局長家平 (CWB) 預報中心陳怡良副主任 (CWB)	report meeting summary
6/7	搭機返臺			
6/8	抵達臺北			

參、協商會議內容

本節將由整體先進氣象科學技術開發與實務測報作業結合的觀點，說明在協商會議過程中所討論本局與美方相關單位進行合作的各個發展方向、技術重點、時程掌握與需要持續投入與努力處。

一、發展與強化氣象衛星觀測資料相關推導反演技術與應用

本項工作是與美國國家環境衛星資訊局(NESDIS)轄下的衛星應用研究中心(STAR)的衛星氣象及氣候組(SMCD)以及美國威斯康辛-麥迪遜大學(UW-Madison)的衛星氣象合作研究院(CIMSS)共同合作執行。本局與衛星氣象及氣候組(SMCD)的合作工作重點，主要在運用向日葵 8 號衛星搭載的先進向日葵影像儀(Advanced Himawari Imager; AHI)觀測資料，進行：(1) 懸浮微粒光學厚度(Aerosol Optical Depth; AOD)產品推導，以進行對空氣污染物及空氣品質的研判；(2)地面太陽輻射(surface solar insolation)產品推導，以進行對太陽能發電或農業日照量的評估；(3)針對天氣研究及預報(WRF)模式中的社群輻射傳輸模組(CRTM)進行改善，以整合地面太陽輻射的觀測資料，獲致更佳的資料同化結果。圖 1 所示為本項工作所推導出的 AOD 結果與國際氣溶膠自動觀測網(The AEROSOL RObotic NETwork; AERONET)之 AOD 進行比對驗證的初步結果，在變化趨勢上大致相符，但數值上則稍有偏低的現象，因此仍需要對相關推導演算法再加以強化調校。

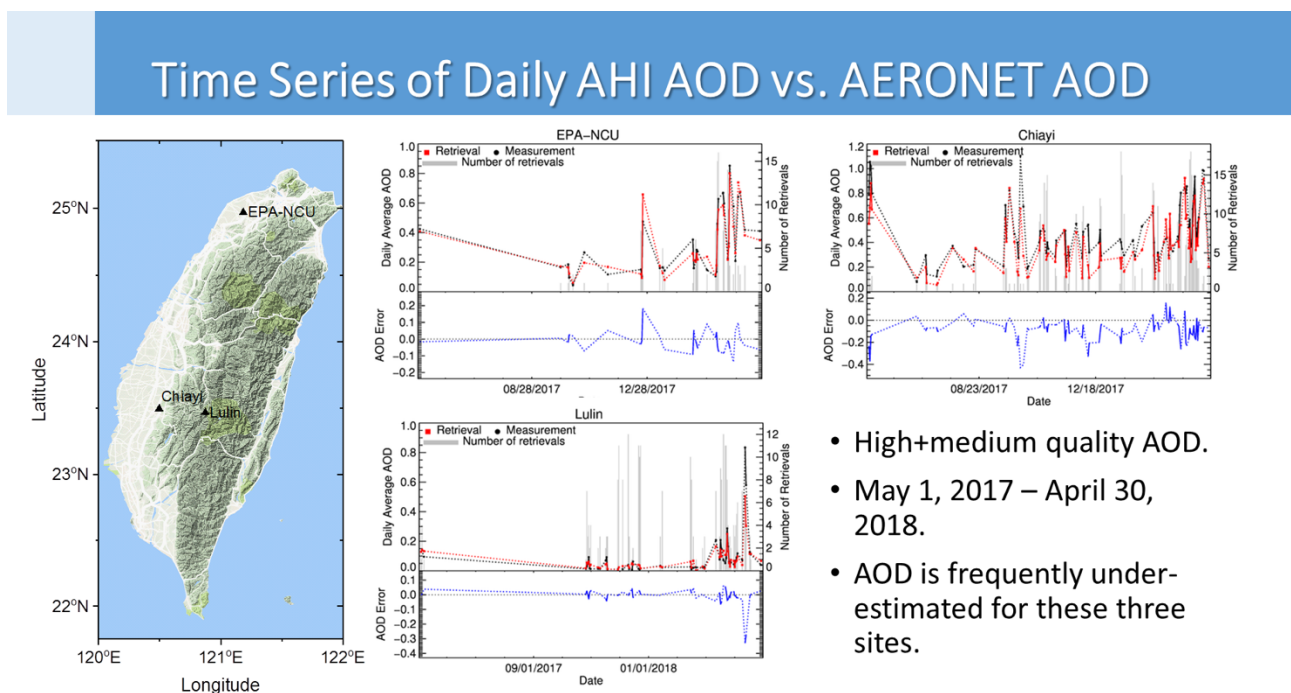


圖 1、由 AHI 觀測資料推導的 AOD 結果與 AERONET 地面觀測網的 AOD 進行比對驗證

圖 2 所示為目前由向日葵 8 號 AHI 觀測資料所推導的臺灣地區地表向下短波輻射 (Downward Shortwave Radiation ; DSR)產品，經與實際的觀測資料進行比對驗證，仍有相當的誤差，尚無法提供作業使用，SMCD 並請本局協助蒐集臺灣相關的地面觀測結果進行比對調校，以改善向日葵 8 號的 DSR 推估技術。

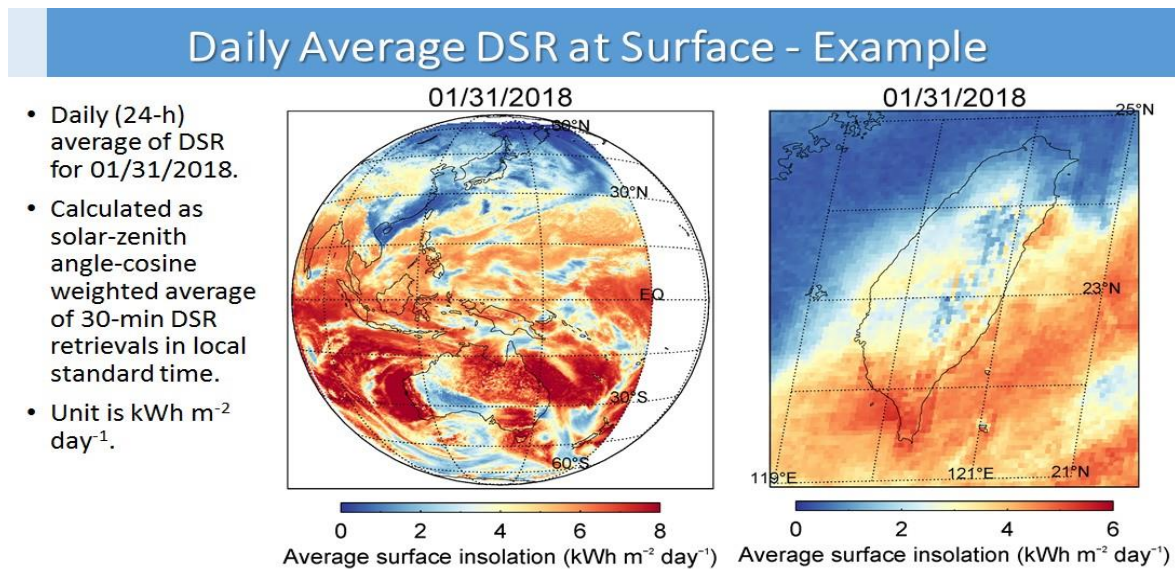


圖 2、AHI AOD 與觀測網(Aeronet)AOD 之比較

在改善天氣研究及預報(WRF)模式中的社群輻射傳輸模組(CRTM)方面，相關工作的重點，主要在改善 CRTM 內對地表可見光及近紅外線模組的計算方法，此外也需要強化對雲的過濾機制，以正確計算太陽輻射的效應。圖 3 所示為運用 CRTM 模組功能進行地面太陽日射量(Surface Solar Insolation ; SSI)計算 和 衛星頻道輻射觀測儀計算之 SSI 比較概念圖。

CRTM-Based Surface Solar Insolation

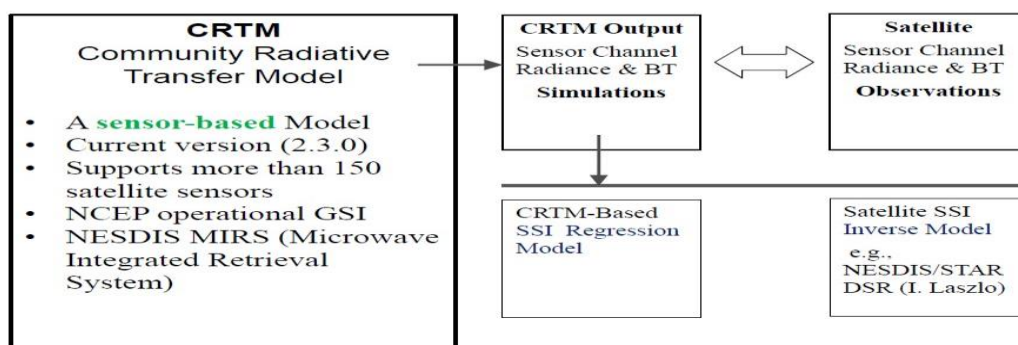


圖 3、運用 CRTM 進行 SSI 計算 和 運用衛星觀測進行 SSI 計算之比較概念

在與美國威斯康辛-麥迪遜大學(UW-Madison)的衛星氣象合作研究院(CIMSS)所合作進行的工作重點為：(1)在中央氣象局內建置完成以先進德沃夏克技術(Advanced Dvorak

Technique；ADT)為基礎的自動化熱帶氣旋強度客觀辨識軟體，並針對自動化颱風眼定位的初始猜測值進行驗證；(2)調校以向日葵 8 號衛星的 AHI 觀測儀資料推導海平面溫度(Sea Surface Temperature；SST)的方程式係數，並升級 CLAVR-x(CLOUDS from AVhrR eXtended)處理系統，納入對海平面溫度(SST)的計算；(3)持續提供對 RGB 產品及色彩表(color table)的建置支援，並發展將 CLAVR-x 處理系統的輸出轉換為 AWIPS-II 相容格式的工具。

二、雷達高解析度定量降雨估計與定量降雨預報等相關技術與應用之改進

本項工作主要是與美國國家劇烈風暴實驗室(National Severe Storm Laboratory；NSSL)共同合作執行。NSSL 協助氣象局開展一系列新的雷達降雨調校演算法，以將新氣象雷達的定量降雨資訊能適當地整合到全島的雷達資料中，進而改善對臺灣地區複雜地形下之定量降雨的即時監測能力，圖 4 為相關演算法的優缺點比較。新的雷達定量降雨調校法是使用雙偏極化雷達觀測資料，利用近年來新開發較原先 R(K_{DP})技術佳的 R(A)技術，應用到目前中央氣象局仍為主要雷達網成員的 S 波段雷達，同時並開發適用於 C 波段雷達觀測資料的技術研究，希望未來透過雙方的合作可以開發出能應用在臺灣即將建置的 C 波段降雨雷達觀測資料。以美國 600 多個雷達的測試結果，新技術應用雙偏極化雷達將可改善降水估計及品質控制(QC)將近 15%左右。而新技術的開發不僅可以應用在雷達定量降雨估評或預報中，對於觀測資料品質控管能力也能有所提升。圖 5 所示為氣象局多雷達降雨估計系統作業流程整合的概念圖。

Current Radar Based Rainfall Estimation Approaches

	single-polarization	dual-polarization		
	R(Z)	R(Z, Z _{DR})	R(K _{DP})	R(Z _{DR} , K _{DP})
Advantages	straightforward	robust at different rain rate	Immune to: calibration error; attenuation; partial beam blockage; drop size distribution;	
Disadvantages	Sensitive to: calibration error; attenuation; beam blockage; drop size distribution;	Sensitive to: Calibration error; attenuation; beam blockage; drop size distribution;	Low resolution Generally used in the mixture of rain and hail	Sensitive to: Calibration error; attenuation; beam blockage;

圖 4、各種雷達降雨調校演算法的比較

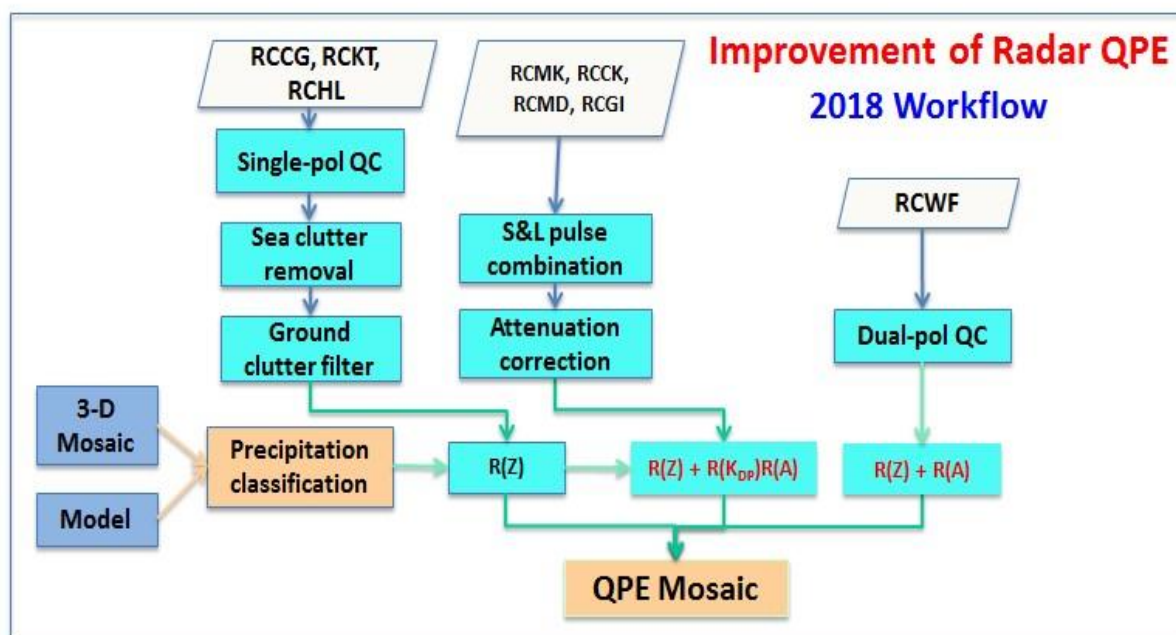


圖 5、多雷達降雨估計系統作業流程整合

NSSL 在開發過程中除協助相關技術研發外，同時亦提供中央氣象局人員共同研發及相關技術訓練，希望協助中央氣象局除相關研究與發展的提升外，也能建立我國相關技術的專業人才及技術，有利於未來更進一步的發展。

三、強化即時預報決策輔助工具

本項工作主要由美國海洋暨大氣研究院下的(GSD)氣象發展實驗室的決策支援科(NOAA/NWS/MDL/DAB)負責執行，本年度預計進行技轉與客製化的 AWIPS II 新功能包括，AWIPS I 和 II 相關知識的移轉、新版本的協助安裝、輕量虛擬化 Docker 容器技術的協助安裝及使用、作業系統協助升級、WarnGen、向日葵 8 號衛星資料及 CAVE 繪圖展示界面的天氣狀況標註繪製(annotation)功能的加入及調整。上述調整及更新除 GSD 會派員協助調整及建置外，中央氣象局也派專業人員赴美或在臺灣了解相關技術並進行轉移，希望未來在國內可具備相應之維運及開發能力。此外，GSD 也介紹了新的劇烈天氣服務(Hazard Services；HS)相關功能及進程，未來 HS 將取代 WarnGen、GHG 等劇烈天氣相關的模組成為 AWIPS II 處理劇烈天氣相關作業的主力。圖 6 所示為執行 CAVE 中的天氣狀況標註繪製(annotation)功能的案例，未來將取代目前氣象局作業中的地面天氣圖繪製系統(WCE)。後面說明中會再予以詳細介紹。

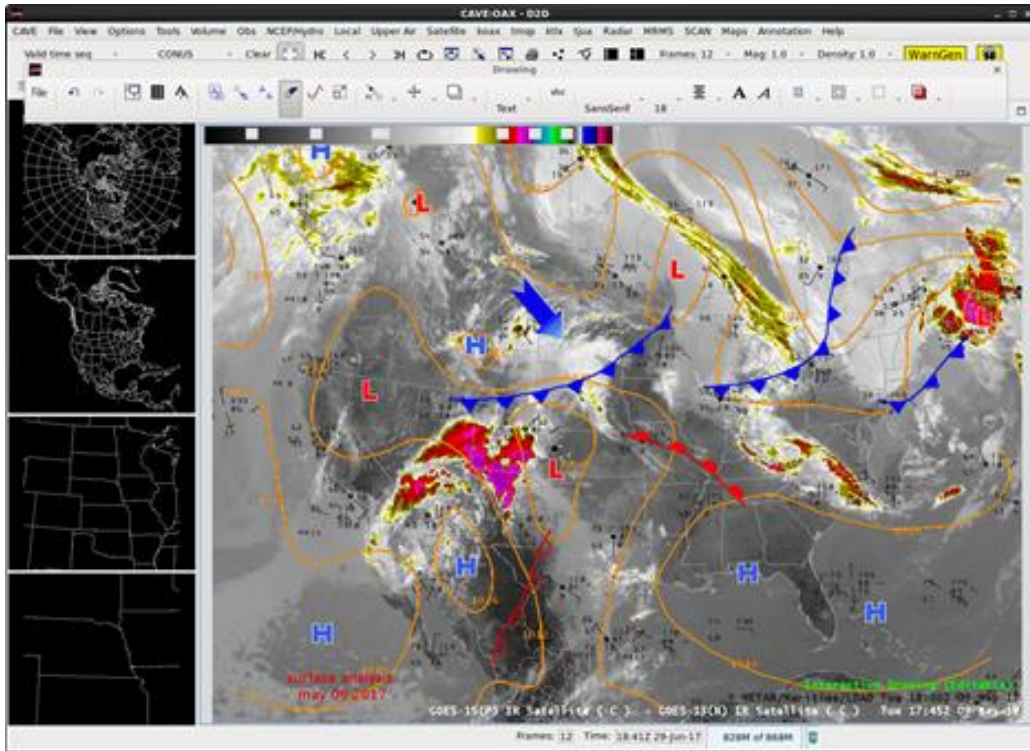


圖 6、CAVE 中的天氣狀況標註繪製(annotation)功能案例

由於預報員必須篩選大量的數據資料才能有效的產生預報，然而當資料越來越多，則挑戰就越來越多，由之前的交流得知 GSD 正在發展一套新的預報決策支援環境(Forecast Decision Support Environment；FDSE)，以擴大資料管理和處理能力，使預報員能夠更有效地工作，並改進模式系集能力，以探索機率預測產品。其功能重點包括：(1)系集工具(Ensemble Tools)有單點頻率分佈，單點可以設定為小區域的平均，每個格點可以有自已的權重(weighting)；(2)網格數值監控(Grid Monitor)，提供類似氣象局 Ground Truth 的做法；(3)短期預報更新工具(Short-term Update Tool)讓預報員可以進行預報值與觀測值的比較，在差異過大之前修正預測。本次詢問相關推動情形，目前似乎仍在調整及推廣中，還未有實際運用於作業之實例可供臺灣作業參考。

在 MDL 方面，MDL 將協助氣象局同仁深入瞭解 AWIPS II 系統架構，程式設計與資料架構，以讓氣象局同仁有能力於未來可配合本局的特定需求，對系統進行拆解與架構的調整。MDL 將協助氣象局同仁瞭解 AWIPS 中的對流分析與即時預報系統(The System for Convection Analysis and Nowcasting；SCAN)的計算原理，以使氣象局同仁擁有日後自行發展的能力。MDL 也持續協助自動即時預測系統(AutoNowcaster；ANC)開發，加入 STMAS-WRF 模式及 RWRF 的訊息，使 ANC 系統更加完備。此會議討論狀況如圖 7。

會議中同時討論到 AWIPS 系統中有關洪水預測的 FFMP(Flash Flood Monitor and Prediction System)子系統。因美國氣象局(NWS)負責業務中包含水文預測及淹水預警業務，因此在 AWIPS 系統架構中包含 FFMP 模組。經濟部水利署為國內掌管水文及淹水的主管單位，中央氣象局與水利署有多年合作經驗，因此中央氣象局亦提供相關訊息及協助供水利署研判，作為後續是否要與美方進行相關合作開發的參考。不只在陸地的水文及預警方面，中央氣象局亦透過本計畫與美國海象暴潮方面的專家合作，協助中央氣象局並結合國內合作廠商，希望共同建置國內的系集暴潮預警作業系統及開發相關預警技術，這部分自去年起與美方協商後即持續透過協調進行合作中。



圖 7、與美方 MDL 同仁討論合作現況及未來工作

四、發展 AWIPS II 高解析天氣預報產品輔助編輯工具

GSD 的災害性天氣服務(Hazard services ; HS)功能模組，可區分為地區氣象站的淹水與冬季天氣與國家中心等級的航空天氣與風暴，此功能模組整合了效期小於 1 小時的即時警示產製(WarnGen)功能、效期數小時到天時間尺度的圖形化災害天氣警示產製(Graphical Hazard Generator ; GHG)功能、以及效期以天為單位的河流專家系統(RiverPro)功能，圖 8 所示為前述三項功能的整合性操控介面。HS 系統可以產出簡單的文字格式訊息，也可以產出通用警報協定的檔案(Common Alerting Protocol ; CAP)與危險機率資訊(Probabilistic Hazard Information ; PHI，如圖 9)，但是目前均只有英文版本。本項功能模組在 AWIPS-II 內屬新開發的系統，其目標是建立處理及發佈天氣警訊的地區與全國的共通平台，目前也正朝著作業初始化努力。若中央氣象局要引進此系統，需要先建立需求與組成合作開發團隊，收集本局的需求與訂定系統原

型，同時也需考慮中文的警訊種類與組合方式。

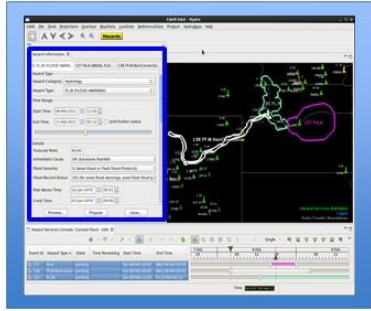
Unifying Legacy Applications -- Customization and Extensibility

All three legacy applications independently developed frameworks for customization.

WarnGen
(Algorithms and Templates)

Graphical Hazard Generator
(Smart Tools and Python Scripts)

RiverPro
(Recommenders and Templates)



Hazard Services
(Recommenders, metadata in Hazard Information Dialog, Product Generators, and Formatters)

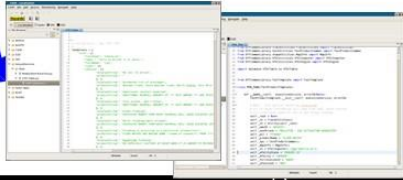
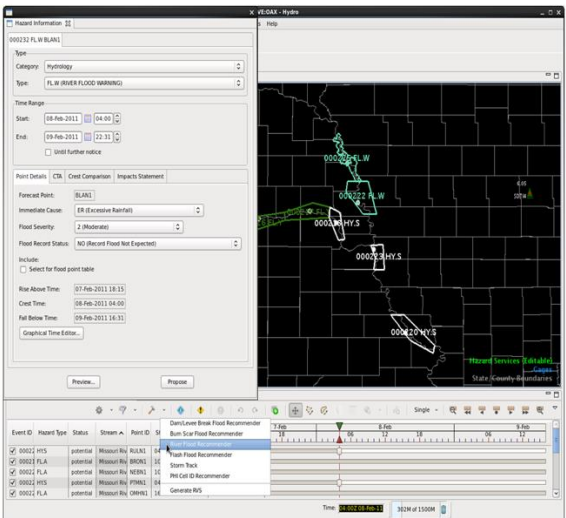


圖 8、災害性天氣服務(HS)整合了過去由 1 小時至數天尺度的 3 個警訊工具

Hazard Services

River Flood Hazards for Gages



Experimental Probabilistic Hazard Information for Severe Thunderstorms

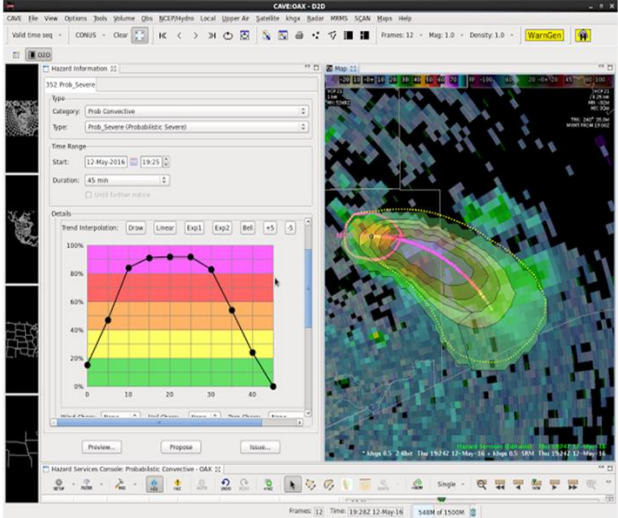


圖 9、Hazard Services 河流洪水及劇烈雷暴機率顯示範例

除災害性天氣服務功能模組外 GSD 亦加緊發展天氣圖標註(Annotation)的功能，此功能模組目前為 AWIPSII 的插入組件(plugin)，需另外安裝；基本上是源自於 FXC 於 CWB 客制化的

版本，目前正在發展等值線編輯的功能，包括：

- (1) 輸入及輸出：可在 CAVE 視窗界面繪製、透視、多視窗；可儲存及載入、輸出 KML，圖像/動畫，發送到網頁。
- (2) 編輯：執行，重做，特性/屬性，陰影，選取，移動，複製，刪除，修改。
- (3) 繪畫：線條，陣線，形狀，輪廓，降雨，航空，雲，組合，文字，其他。

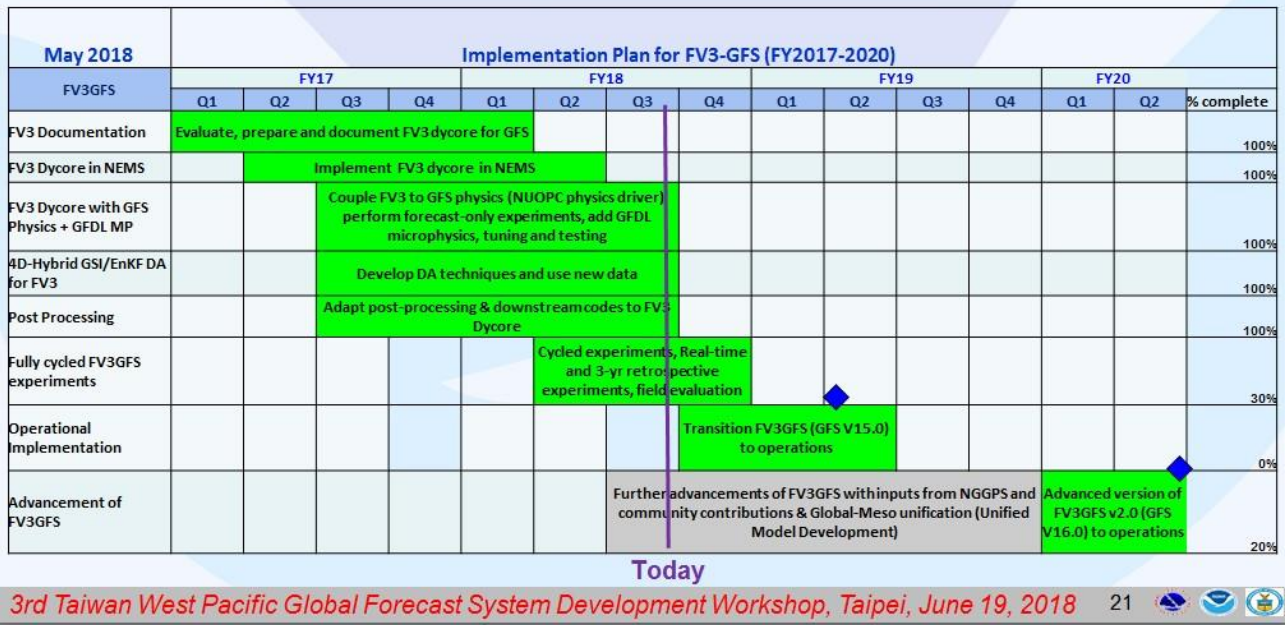
對於氣象局所需要的特定天氣圖編輯客製化需求，GSD 建議可考慮 2 種方案來進行：

- (1) 與現行客製化的方式類似，仍採用本局模式所輸出的 CGM 向量圖檔格式，將 CGM 格式轉成 Annotaion 的 glyphs 物件，疊在 AWIPS II 視窗界面上運行，可輸出多種格式如 KML、images、web pdf 等。
- (2) 將 AWIPS II 上的 CAVE 模式格點數據資料導入 Annotaion 中，轉成 Annotaion 的 glyphs 物件，並於編修等值線時參考 AWIPS II 上各式資訊，同樣可輸出多種格式如 KML、images、web pdf 等。可以簡化工作流程並更具彈性，且功能強大，GSD 較為建議此做法。

五、新一代全球至區域預測系統與即時監測分析系統發展

至 EMC 則拜訪 Dr. Daryl Kleist 與 Dr. Vijay Tallapragada 研議下一代 NGGPS 的重要發展工作，其中 Dr. Daryl Kleist 即將升任為 EMC 的副主任。NGGPS 的目標是設計/發展/執行一個新的、非靜力平行計算的動力過程、與進階物理機制的全球海氣偶合預報模式，並改善資料同化技術，以支援新一代的作業及應用需求。美國為發展此一統合(unified)的海氣偶合全球模式，投入大量資源，邀請美國最先進的作業及研發單位(包括；NCEP、NCAR、GFDL、FNOC)提供 5 個候選模式，經過嚴謹的 2 年 2 階段評比(先評動力核心，再評物理整合)，挑選出 GFDL 的 FV3GFS 模式做為後續研發的基台，預期再經過 2 年的發展，將取代 NCEP 現有的多個作業模式，正式上線作業，圖 10 說明 NGGPS 發展的整體時程規劃，圖 11 則說明 NGGPS 規劃應用的時間尺度範疇，將由短期預報一直到季與年預報，圖 12 則說明納入 NGGPS 規劃的各個模式組件。此行藉由此次會議與模式開發的關鍵人士 Dr. Vijay Tallapragada 進行交流，瞭解最新 FV3GFS 模式的發展現況，並思考未來中央氣象局全球及區域模式的發展方向。此外，在丹佛與 GSD 人員進行工作討論時，亦針對美方目前作業中並持續強化的即時中尺度分析(Real-Time Mesoscale Analysis；RTMA)系統，以及高解析度快速更新分析系統(High-Resolution Rapid Refresh；HRRR)的互動作業機制與美方進行研討及交流，瞭解此二種分析系統在監測及預報作業中所扮演的角色及適用性，以作為我國發展及運用的參考。

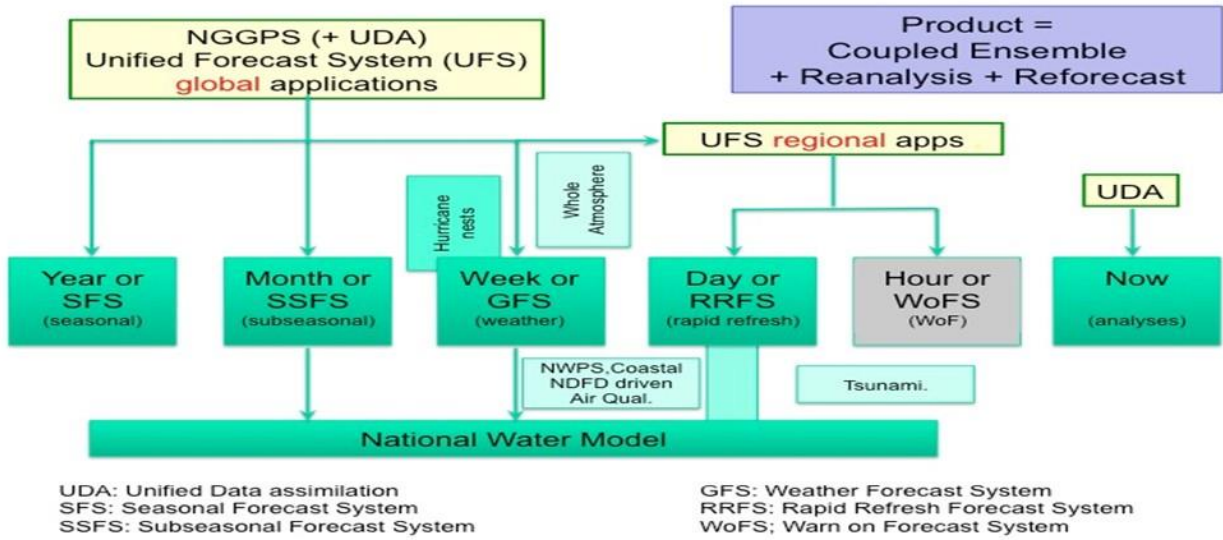
FV3GFS v1.0 Implementation Plan



3rd Taiwan West Pacific Global Forecast System Development Workshop, Taipei, June 19, 2018 21

圖 10、NGGPS 發展的整體時程規劃

Unified Forecast System NWS Operational Applications



3rd Taiwan West Pacific Global Forecast System Development Workshop, Taipei, June 19, 2018 5

圖 11、NGGPS 規劃應用的時間尺度範疇

NGGPS Prediction Model Components

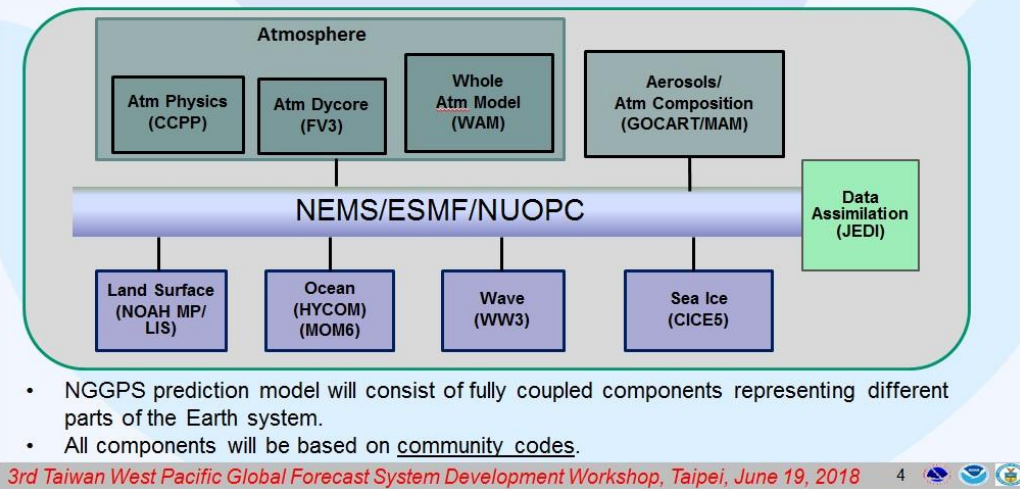


圖 12、納入 NGGPS 規劃的各個模式組件

在本合作計畫內，NCEP/EMC 將邀請與協助中央氣象局模式發展人員，參與 NGGPS 的作業測試與發展工作，透過此項合作，中央氣象局將能夠建立自己發展下一代全球預報模式系統的能力，並與 NOAA 分享 NGGPS 的研發知識與作業經驗，也能對 NGGPS 計畫有積極的貢獻。NCEP/EMC 也將支持與參與中央氣象局年度的全球模式研討會，此研討會提供本局及我國學者專家和 EMC 科學家，在全球預報系統(Global Forecast System；GFS)與全球系集預報系統(Global Ensemble Forecast System；GEFS)領域，進行科學知識與作業經驗的交流與互動。

六、計畫管理與技術訓練的持續支援

由於中央氣象局與美方合作協議內的相關工作，涉及多種氣象科學與作業之專業技術的發展和運用，美方參與的機關和單位眾多，因此由美方的全球系統組(NOAA/ESRL/GSD)擔任窗口，以提升整體計劃的行政聯繫與管理效率。在整體計畫上，全球系統組將持續協助本局赴美研習同仁的行程安排與支援，並提供新版本 AWIPS II 軟體以及相關的實機訓練或技術支援給本局的研習人員，以協助本局改善及提升預報輔助及決策系統的效能。同時，也持續協助本局海象測報中心聯繫有關深洋海嘯評估與測報(Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis；DART)浮台(buoy)設置的相關技術，以及作業性海洋資料同化(Ocean Data Assimilation)的可行解決方案。本次會議也與 GSD 討論到運用機器學習(Machine Learning)與大數據(Big Data)技術，結合氣象模式的輸出資料以及實際的污染物濃度觀測資料，更加精準的估算每日的 PM10 及 PM2.5 濃度。

GSD 為充分支援其自身研發和作業的資料處理需求，成立了資訊和技術服務 (Information and Technology Services；ITS)部門來支援各單位相關工作的進行，目前 GSD 每日產製各式資料及產品的儲存量已達 3TB，在其自動化的資料處理功能上，含括各種觀測和預測數據資料的資料索取、資料處理、資料儲存、和資料派送，並提供應用層面上的支援，相關的作業、設施和支援服務功能如圖 13 所示。在技術面，ITS 引進昇陽公司發展的網格運算引擎(Sun Grid Engine；SGE)來進行叢集分散式運算系統的負載平載與資源管理，並採用 LDM/pqact 的機制，以事件驅動方式進行即時運作，同時採用較容易設定及做動態之擴充與管理的虛擬主機(Virtual Machine；VM)架構來滿足高可用性(Hight Availability；HA)的作業需求。本局目前也透過此系統讀 NOAA PORT 資料服務機制，取得我國所缺乏的全球氣象通信系統資料。

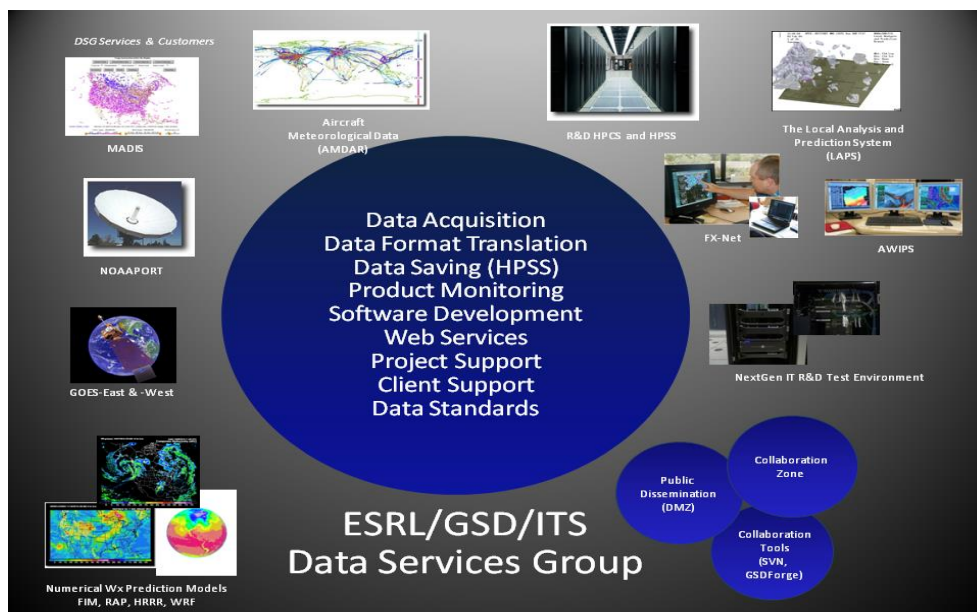


圖 13、GSD 資料處理與服務中心作業功能

七、相關作業單位參訪

本次行程除召開相關會議外，亦同時利用會議之間的空檔，參訪了幾個作業單位，希望能藉由彼此作業情形的互相瞭解及學習，作為未來改進作業的參考。

在丹佛地區 6 月 4 日下午參觀了丹佛的天氣預報辦公室(Weather Forecast Office；WFO)和太空天氣預測中心(Space Weather Prediction Center；SWPC)。圖 14 是丹佛的天氣預報辦公室的一景，平時作業人員約 3 至 4 人，除負責一般天氣預報、極短期監測及預報與和防災單位聯繫溝通外，另有一席預報員專門負責特殊天氣如火災的預報。美國各州的天氣預報辦公

室常會依據各地不同需求增設特殊天氣如火災、滑雪等天氣預報。由於美國天氣預報辦公室所使用的主要輔助系統 AWIPS 和臺灣的 WINS 系出同源，因此在參訪過程亦交流了在該系統中一些子模組在不同天氣預報上的使用心得，大致來說，臺灣針對我國在地預報在模組上的應用，與美方大致類似，主要也是因為過去雙方持續不斷有交流。而請教部分新開發的模組使用經驗如預報決策支援環境(FDSE)時，似乎美方也仍未在作業上有使用經驗，有待未來持續交流。

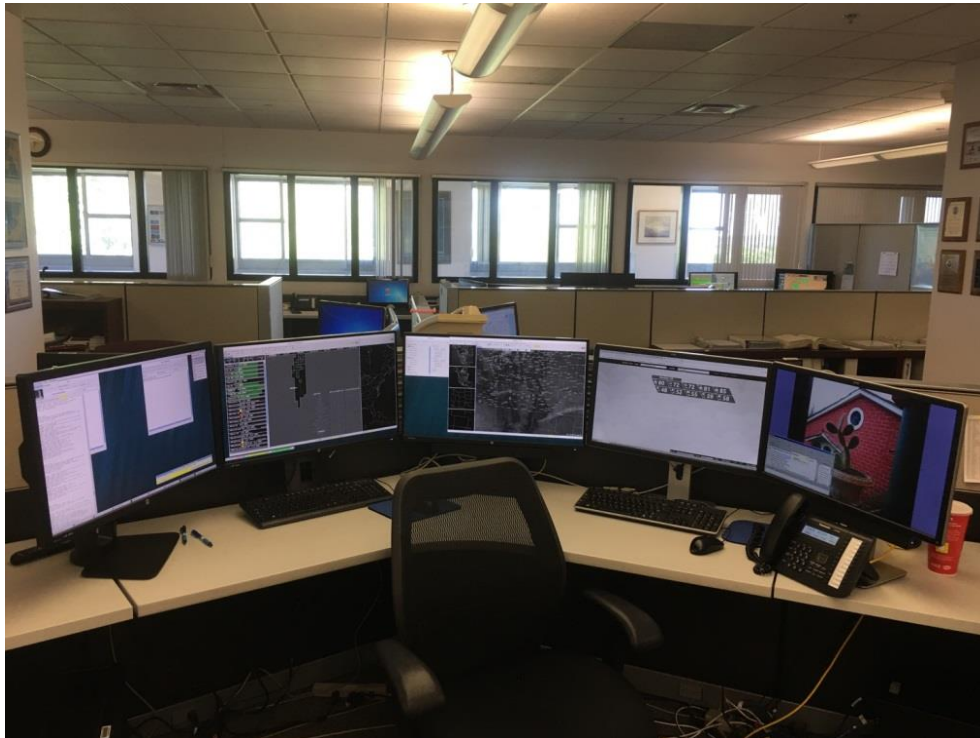


圖 14、丹佛的天氣預報辦公室的一景

參訪完丹佛的天氣預報辦公室，接續參訪位於同一園區不同棟建築內隸屬(NCEP)管轄的世界級先進太空天氣預測中心(SWPC)(如圖 15)，相關參訪活動由中心主任 Dr. Rodney Viereck 及臺灣中央大學的校友方慈瑋博士親自接待並陪同參觀。配合我國太空計畫及各國國家級氣象作業中心的發展趨勢，中央氣象局已開始逐步提供太空天氣監測及預報的相關產品，如太陽表面影像、太陽輻射及通量、太陽風、電離層電子密度、極光、地磁擾動、無線電干擾等產品供國人應用，此次參訪的重點除希望瞭解其太空天氣相關資料收集應用與作業規模和制度外，也洽談未來請美方提供人員專業訓練及資料交換合作的可能性。

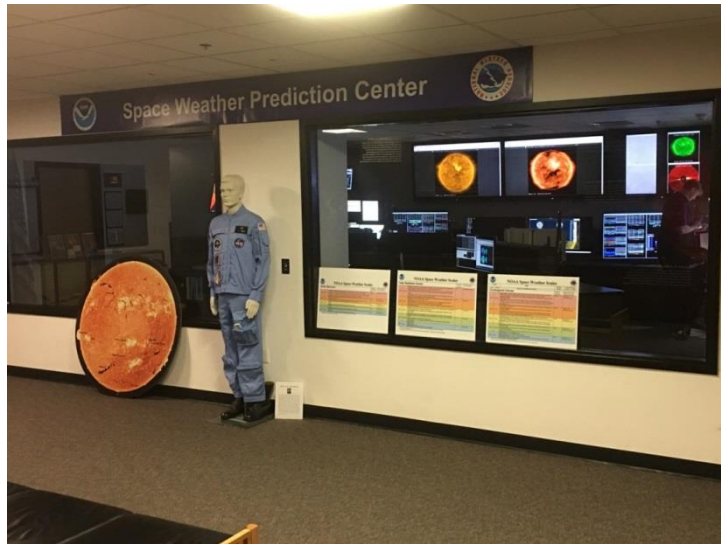


圖 15、丹佛的太空天氣預測中心

位於哥倫比亞特區的天氣預測中心(Weather Prediction Center；WPC)，為預報美國全國的預報作業中心，除負責全國性的天氣現況及預報作業(例如全國天氣圖之繪製)外，同時亦需協調全國各地天氣預報辦公室的預報內容，組合成美國全國的預報。其作業內容包含天氣圖繪製、定量降水、天氣監測、短期預報、展期預報及颶風預報。此行並順道參訪與天氣預測中心在同一辦公區域的海洋預測中心(Ocean Prediction Center；OPC)，如圖 16。海洋預測中心負責太平洋及大西洋的公海預報，內容並分為兩洋的公海及局部區域海面，圖 17 是位於海洋預測中心作業區中間監控螢幕。此參觀行程主要希望瞭解美國作業單位的實際作業情形，以作為未來作業改進及規劃之參考。



圖 16、天氣預測中心與海洋預測中心



圖 17、海洋預測中心作業監控螢幕

肆、拜會 TECRO 科技組

與美方工作討論行程結束後，也安排至我駐美國經濟文化代表處進行拜會，除了向外館科技組同仁報告此行的目的與結果外，也向其致謝每年在執行辦法簽定之行政程序上的大力協助。因合作協定或執行辦法草案經由 AIT/W 審核的行政程序十分冗長，僅由美方合作單位 NOAA 催促並無顯著功效，唯透由我駐美國經濟文化代表處出面與 AIT/W 催促後方可收些許成效。此次拜會由 TECRO 安排與我駐美國李公使光章會面，並由程副局長家平報告氣象局與 NOAA/ESRL/GSD 進行了多年的氣象預報發展工作的起源、經過、雙方合作關係與我方獲得的效益等狀況，也期望駐美國經濟文化代表處日後能持續大力協助本案的行政程序進行。



圖 16、李公使光章與本局代表團合影

伍、心得與建議

一、透由策略性的長期國際合作，引進先進且成熟的作業技術，減輕發展負擔，提升我國作業能力

中央氣象局長期與美國氣象作業及研究機構合作研發氣象測報系統技術，美方投注於大氣海洋測報作業技術發展的人力與經費，非我國能比擬，也非我國自行開發各項技術或產

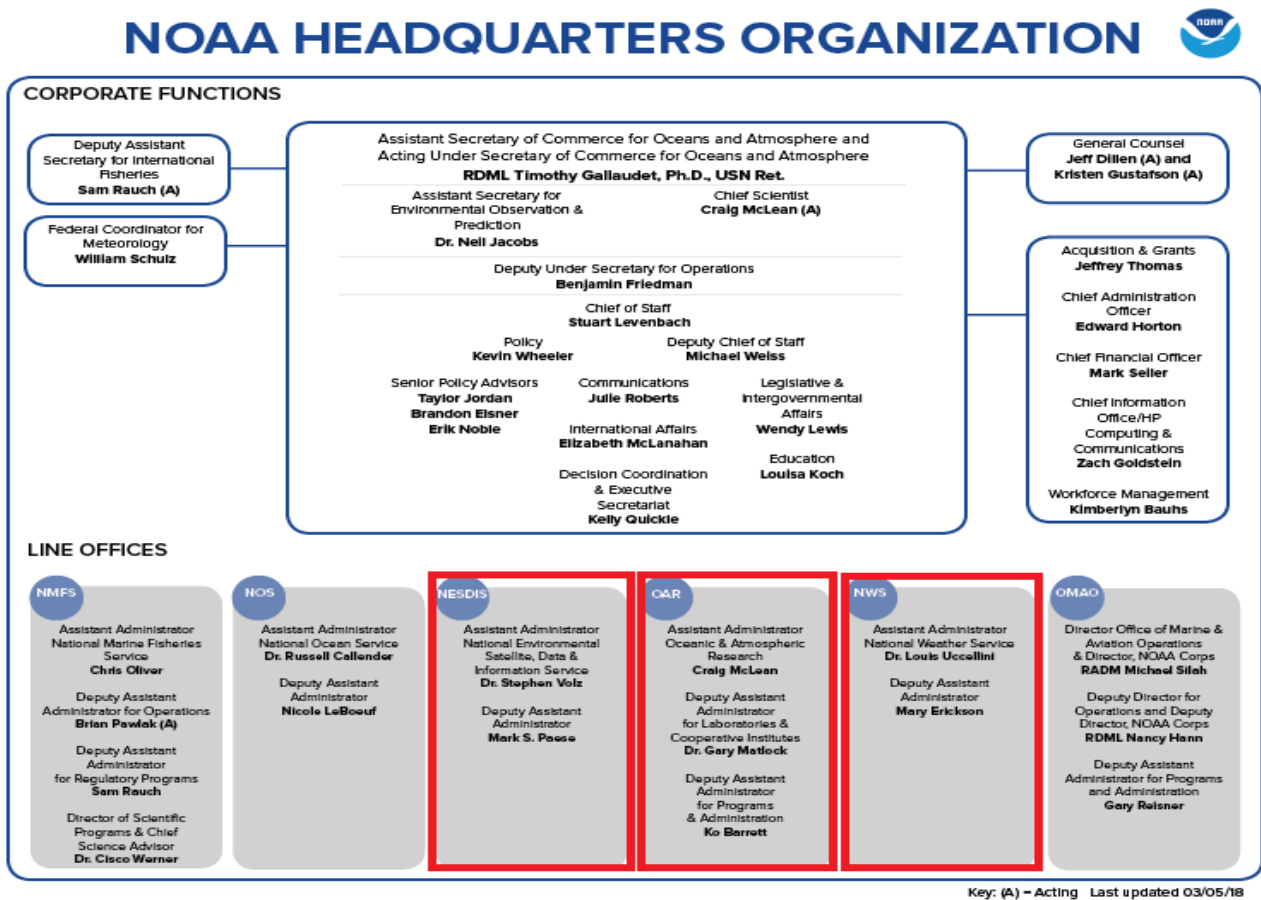
品所能負擔，所開發的相關氣象資訊系統與產品，也全面地提供給各界應用。例如本計畫所發展的 WINS 及 QPESUMS 等系統，已提供我國民航、環保、防災、國防、學研等多達 40 餘個相關機關或單位應用，除大為節省各自投入發展的人力與經費負擔，亦取得相關的技術、系統、產品，既與國際進氣象作業技術保持接軌，同時也透過合作人員的交流，大幅提升我專業人員的技術能力，累積我國氣象科技研發與作業實力。。

二、掌握國際發展趨勢，尋求共同研發議題，促進政府橫向連結，發揮合作綜效

面對氣候變遷，極端的災變天氣發生的機率與強度大增，先進氣象測報能力的掌握與提升更顯迫切與重要，考量我國的研發與作業需求，尋求我方與美方在科學技術與作業面的共同議題，本計畫透由 NOAA/OAR/NSSL 國家劇烈風暴實驗室引進 QPESUMS 系統；透由 NOAA/NESDIS/STAR 衛星應用研究單位，發展進階的衛星資料演算法；透由 NOAA/NWS/MDL 氣象發展實驗室，將各種預報輔助工具加以作業化；透由 NWS/NCEP/EMC 環境模式中心，共同研發下一代的氣象預測模式，此種結合美方先進機關的資源，成功進行實務作業系統技術開發的合作模式，獲得農業委員會水土保持局與經濟部水利署認同，先後加入此計畫共同合作，也讓此計畫的跨機關應用綜效得以發揮。

附錄一、與中央氣象局合作的美方相關機構組織簡介

美國國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration; NOAA)受美國商業部所管轄，NOAA 組織型態如附圖 1-1，與中央氣象局合作的單位分別隸屬於圖中紅框框住的三個機構：國家衛星局(National Environmental Satellite, Data and Information Service; NESDIS)、海洋與大氣研究院(Oceanic & Atmospheric Research; OAR)及美國國家氣象局(National Weather Service; NWS)。

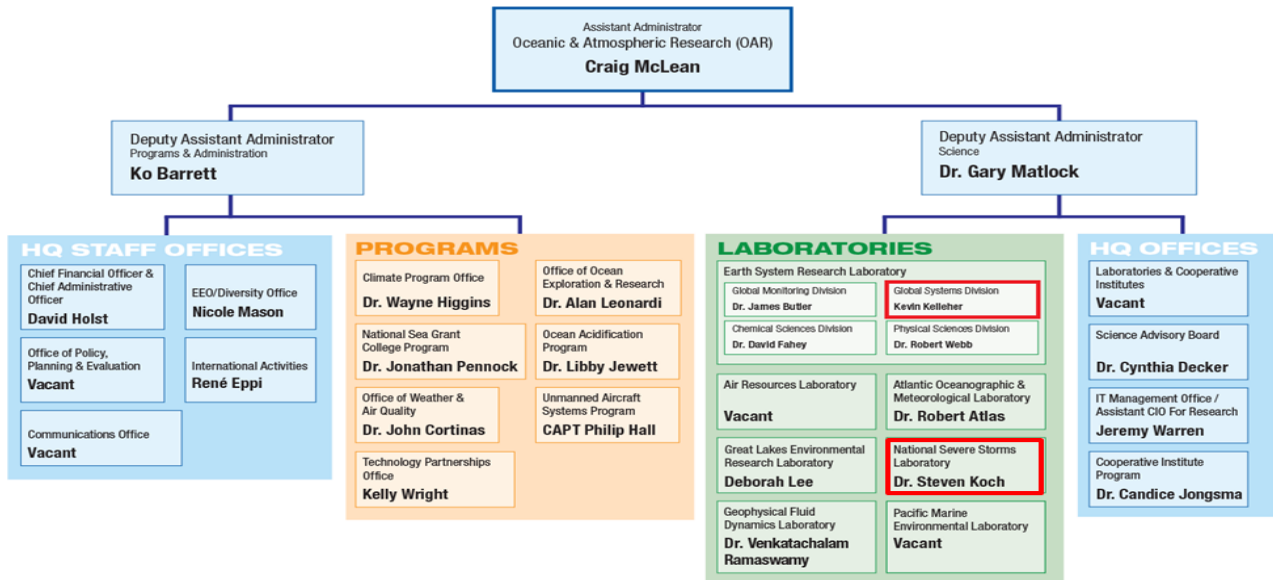


附圖 1-1、NOAA 組織架構

海洋及大氣研究院(Oceanic & Atmospheric Research; OAR)轄下的(Earth System Research Laboratory; ESRL)整合了全球監測組(Global Monitoring Division; GMD)、物理科學組(Physical Sciences Division; PSD)、化學科學組(Chemical Sciences Division; CSD)及 GSD 等 4 個單位(組織架構圖如附圖 1-2)。其中的 GSD 除負責 AWIPS 系統內資料處理與展現功能的發展，以及支援中央氣象局進行國際資料收集相關作業外，也是協助橋接中央氣象局與美國各相關專業研發或作業機構進行技術互動合作的主要窗口機構。在 OAR 下與氣象局進行密切合作的尚有國家

劇烈風暴實驗室(National Severe Storm Laboratory；NSSL)，此單位的專長在各式雷達系統的資料品管、處理與應用。

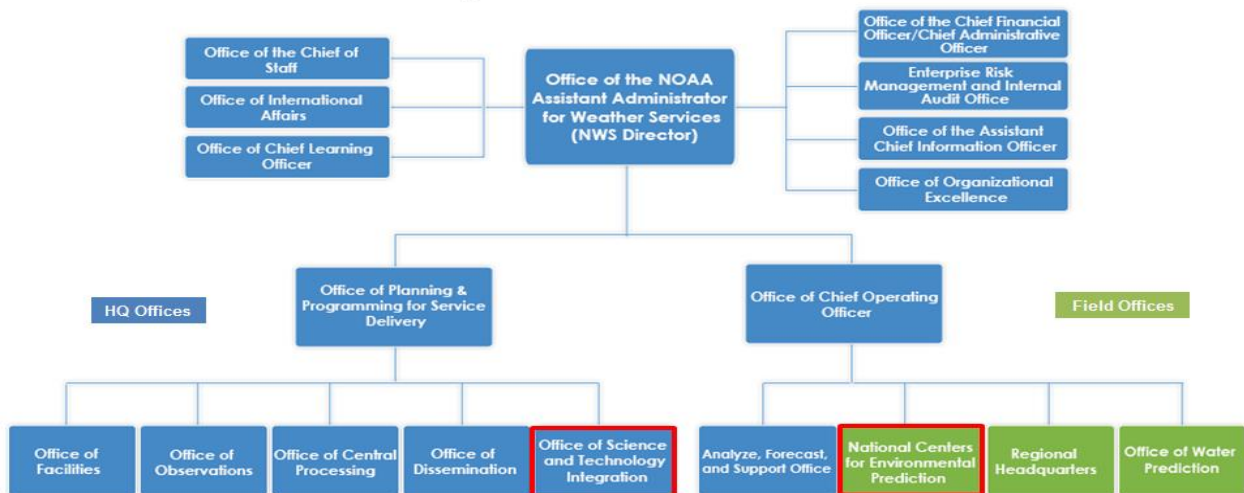
Oceanic & Atmospheric Research (OAR) Organization Chart



附圖 1-2、OAR 組織架構

美國國家氣象局(National Weather Service；NWS)最新的組織架構如附圖 1-3 所示，與中央氣象局合作的主要對象包括：國家環境預測中心(NCEP)下轄環境模式中心(EMC)及氣候預測中心(CPC)，分別負責環境預測數值模式發展以及短期氣候預測的工作；此外，科學與技術整合辦公室(OSTI)轄下的氣象發展實驗室(MDL)則負責 AWIPS 系統內的決策支援系統之發展。

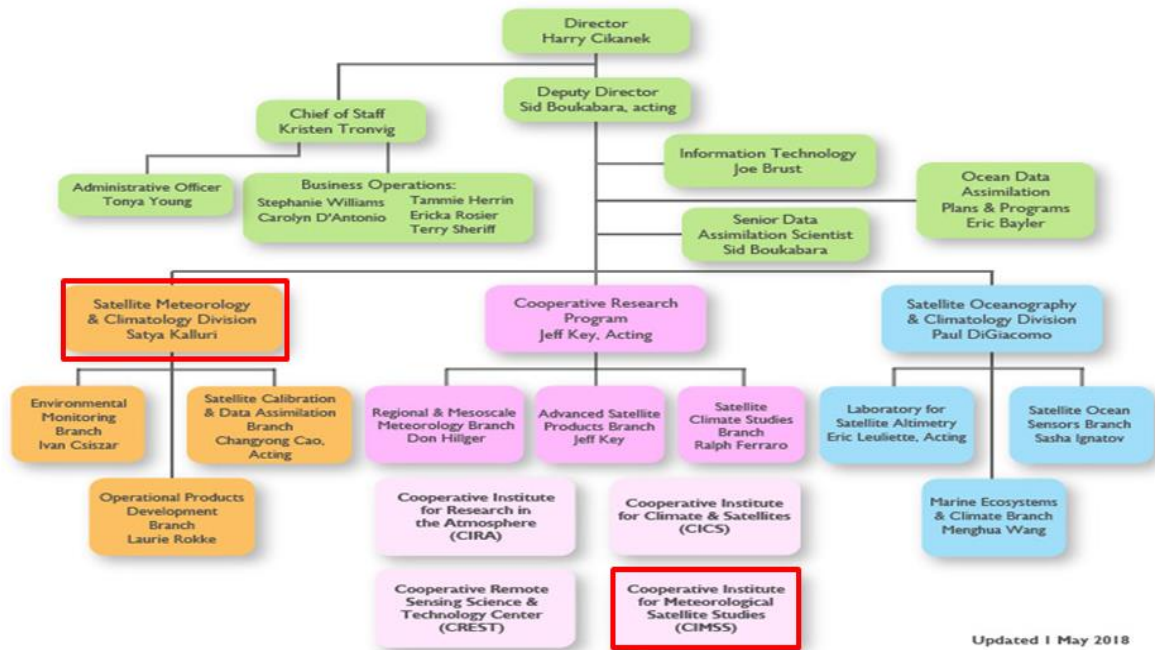
National Weather Service (NWS) Organization Chart



附圖 1-3、NWS 組織架構

美國國家環境衛星資訊局(National Environmental Satellite, Data and Information Service ; NESDIS)轄下的衛星應用研究中心(Center for Satellite Applications and Research ; STAR)的組織架構如附圖 1-4 所示，與中央氣象局進行合作研發的相關單位包括：STAR 下的衛星氣象及氣候組(Satellite Meteorology & Climatology Division; SMCD)以及與 STAR 的合作研究計畫(Cooperative Research Program ; CRP)進行互動合作的衛星氣象合作研究院(Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies ; CIMSS)。CIMSS 隸屬美國威斯康辛-麥迪遜大學(University of Wisconsin-Madison ; UW-Madison)，在 1980 年由威斯康辛-麥迪遜大學(UW-Madison)、國家海洋暨大氣總署(NOAA)及國家航空暨太空總署(National Aeronautics and Space Administration ; NASA)合作成立。

**National Environmental Satellite, Data & Information Service(NESDIS)
Center for Satellite Applications and Research(STAR)
Organization Chart**



附圖 1-4、NESDIS/STAR 組織架構

附錄二、名詞解釋

AWIPS	先進天氣交談式處理系統(Advanced Weather Interactive Processing System)
AWIPS II	第二代先進天氣交談式處理系統(The 2rd Gen Advanced Weather Interactive Processing System)
CWB	中央氣象局(Central Weather Bureau)
EMC	環境模式中心(Environmental Modeling Center)
ESRL	地球系統實驗室 (Earth System Research Laboratory)
GFE	圖形預報編輯 Graphical Forecast Editor)
GSD	全球系統組(Global Systems Division)
IISI	資拓宏宇國際有限公司(International Intergrated System, Inc.)
MDL	氣象發展實驗室(Meteorological Development Laboratory)
MiRS	微波整合反演系統(Microwave Integrated Retrieval System)
NWS	美國國家氣象局(National Weather Service)
NOAA	美國海洋暨大氣總署(National Oceanic & Atmospheric Administration)
NCEP	國家環境預報中心(National Centers for Environmental Prediction)
NESDIS	國家衛星局(National Environmental Satellite, Data, and Information Service)
NSSL	美國國家劇烈風暴實驗室(National Severe Storms Laboratory)
OAR	海洋與大氣研究(Oceanic & Atmospheric Research)
SOA	服務導向架構(Service-Oriented Architecture)
STAR	衛星氣象學(Satellite Applications and Research)