

出國報告(出國類別：考察)

「應用降雨資料於水文防災技術交流」

服務機關：經濟部水利署

姓名職稱：曹華平 副署長

張成璞 正工程司

謝孟益 副工程司

派赴國家：美國

出國期間：107年4月9日至107年4月18日

報告日期：107年7月30日

摘要

中央氣象局、本署及水保局與美國國家海洋暨大氣總署所屬國家劇烈風暴實驗室(NOAA/NSSL)自2002年起合作，該實驗室透過先進之儀器與軟體演算，提供即時性劇烈天氣監測資訊與定量降水預報產品，此一產品持續為國內各防災單位於防災作業時所使用；此外，提供本署客製化服務如10分鐘觀測雨量資料、未來1小時定量降水預報(QPF)資料等，並逐年討論進行修正，以符合各應用之需求。國家劇烈風暴實驗室考量與國內各單位合作多年，為利更進一步之技術交流，爰透過科羅拉多大學博爾德分校邀請本署及氣象局同仁赴美參訪，本次行程主要參訪單位如下：

1. 美國國家海洋暨大氣總署下轄位於波德市之地球系統研究實驗室及位於諾曼市之國家劇烈風暴實驗室。
2. 科羅拉多大學博爾德分校之環境科學研究合作研究所
3. 國家大氣研究中心（NCAR）
4. 奧克拉荷馬大學先進雷達研究中心（ARRC）之雷達創新實驗室（RIL）

透過上述單位之介紹與說明，使相關參訪人員得以了解美國於氣象領域之目前相關發展與進程。

目錄

目錄.....	3
壹、參訪單位簡介	4
一、國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration,NOAA).....	4
二、環境科學研究合作研究所(Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences,CIRES).....	4
三、國家大氣研究中心(National Center for Atmospheric Research,NCAR)	4
四、雷達創新實驗室(Radar Innovations Laboratory,RIL).....	4
貳、參訪行程	5
一、參訪日程.....	5
二、參訪內容說明.....	6
(一)7月10日參訪行程.....	6
(二)7月11日NCAR參訪行程.....	8
(三)7月12日參訪行程.....	12
(四)7月16日參訪國家氣象中心(national weather center;NWC)	16
參、心得及建議	23

壹、參訪單位簡介

一、國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration,NOAA)

國家海洋暨大氣總署為隸屬於美國商務部之科技部門，主要關注地球之大氣和海洋變化，提供災害天氣之預警，下轄6個部門分別為：

(1) 國家環境衛星、數據及資訊服務中心

(National Environmental Satellite, Data and Information Service ; NESDIS)

(2) 國家海洋漁業局 (National Marine Fisheries Service ; NMFS)

(3) 國家海洋局 (National Ocean Service ; NOS)

(4) 國家氣象局 (National Weather Service ; NWS)

(5) 海洋及大氣研究中心 (Office of Oceanic and Atmospheric Research ; OAR)

(6) 海洋及航空營運辦公室 (Marine & Aviation Operations ; MAO)

本次主要參訪海洋及大氣研究中心(OAR)所下轄位於波德市之地球系統研究實驗室(Earth System Research Laboratory ; ESRL)及位於諾曼市之國家劇烈風暴實驗室(National Severe Storms Laboratory ; NSSL)。

二、環境科學研究合作研究所(Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences,CIRES)

環境科學研究合作研究所為國家海洋暨大氣總署和科羅拉多大學博爾德分校之合作夥伴，其專業領域包括天氣和氣候、地球兩極變化、空氣品質和大氣化學、水資源和地球科學等，共有800多名環境科學家致力於了解動態地球系統，包括人類與地球的關係。

三、國家大氣研究中心(National Center for Atmospheric Research,NCAR)

國家大氣研究中心 (NCAR) 是由國家科學基金會 (NSF) 支持及在大氣科學研究大學聯盟 (UCAR) 管理下營運之研究單位，主要致力於大氣和相關科學之服務，並了解大氣和地球空間系統之行為。

四、雷達創新實驗室(Radar Innovations Laboratory,RIL)

雷達創新實驗室 (RIL) 隸屬於奧克拉荷馬大學先進雷達研究中心 (ARRC)，該實驗室是一個35,000平方英尺之先進研究單位，可容納70名學生、22名工作人員和18名教職人員，主要致力於推動奧克拉荷馬大學之雷達計劃。

貳、參訪行程

一、參訪日程

參訪期間為自2017年4月9日至2017年4月18日共計10日。

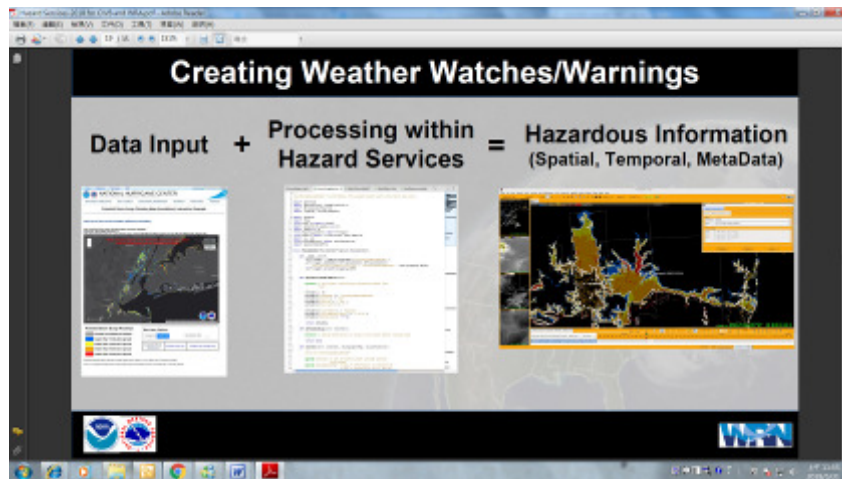
日期			行程	參訪紀要
月	日	星期		
4	9	一	台灣至美國(科羅拉多州/波德市)	移動日
	10	二	上午：OAR/ESRL/GSD 參訪 下午：CIRES 參訪	上午：The Hazard Services 系統介紹 下午：CIRES 相關研究課題簡介
	11	三	NCAR 參訪	上午：NCAR 相關研究課題簡介 下午：NCAR 地球觀測實驗室參訪
	12	四	上午：OAR/ESRL/GSD 參訪 下午：現地觀測	上午：機器學習於衛星觀測資料應用簡介 下午：現地量測說明
	13	五	科羅拉多州/波德市至 奧克拉荷馬州/諾曼市	移動日
	14	六	週休日	
	15	日	週休日	
	16	一	上午：NSSL 參訪 下午：雷達創新實驗室參訪	上午：FLASH Project 及 QPESUMS 系統介紹 下午：雷達創新實驗室參訪
	17	二	美國(奧克拉荷馬州/諾曼市) 至台灣	移動日
	18	三		

二、參訪內容說明

(一)7月10日參訪行程

(1)The Hazard Services Program(NOAA/OAR/ESRL/GSD)

10 日上午參訪地球系統實驗室(ESRL)之全球系統組(Global Systems Division; GSD)，針對該單位研發之災害訊息服務系統(The Hazard Services)做一簡單介紹。由於美國氣象局預報員必須使用幾種不同之分析程式來撰寫並提供災害天氣之相關信息，不同之分析工具可提供預報人員所需之決策資訊，因此預報員必須熟悉每一種工具，並能夠在值班時多次快速切換。因此，災害訊息服務系統主要在將不同分析工具之功能集中至單一界面，以提供及時、準確之災害資料，從而簡化氣象局之作業。在這界面中，將分析來自各種單位提供之數據，並協助預報員判斷和發佈相關信息；此外，該系統還可將相關訊息傳送到社交媒體、手機、XML 等多種界面。



系統簡介及合影

(2)CIRES研究課題介紹

10日下午參訪環境科學研究合作研究所（CIRES）之地球科學與觀測中心（ESOC），由該中心研究學者進行相關課題簡介，地球科學與觀測中心主要通過使用遙感技術研究地球系統，包含利用遙感數據分析，將這些數據納入地球系統模型以及開發用於全系列平台之遙感工具和算法。其研究領域包括北極氣候學，生態學，地質學，水文學，古氣候學和遙測等，地球科學與觀測中心長期目標是透過使用衛星觀測來調查全球地球科學中之問題，尤其是全球變遷議題，目前工作重點為了解陸地和陸地與大氣相互作用關係及冰凍圈等課題。

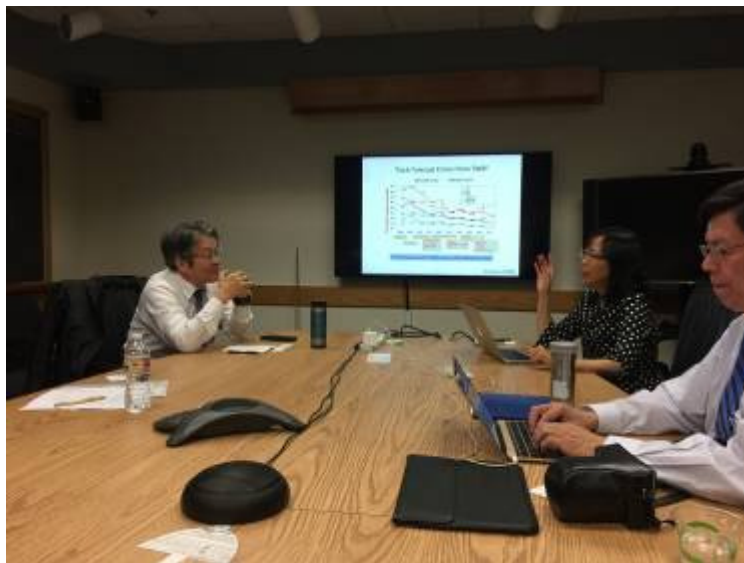


相關課題簡介及合影

(二)7月11日NCAR參訪行程

(1)研究課題簡介

國家大氣研究中心（NCAR）是由國家科學基金會（NSF）支持及在大氣科學研究大學聯盟（UCAR）管理下營運之研究單位，下轄7個不同領域之研究單位，分別為大氣化學觀測和模擬實驗室（ACOM）、氣候與全球動態實驗室（CGD）、計算與信息系統實驗室（CISL）、地球觀測實驗室（EOL）、高空觀測台（HAO）、中尺度和微尺度氣象實驗室（MMM）、研究應用實驗室（RAL），本日上午主要由中尺度和微尺度氣象實驗室(MMM)簡介該氣象實驗室於天氣和氣候之中小尺度方面之相關研究，與研究應用實驗室（RAL）介紹天氣研究及預報模型水文模擬系統（WRF-Hydro）；此外，UCAR之Unidata Program Center則介紹如何推動共享地球科學數據以及可視化數據工具之相關研究等。



相關課題簡介與討論

(2)地球觀測實驗室(EARTH OBSERVING LABORATORY)參訪

EOL為NCAR所轄研究單位，主要任務為收集相關大氣觀測數據及提供有關儀器、測量和科學觀測等技術。本日參觀為C-130飛機，該觀測機為一功能強大之研究平台，可承載各種科學觀測儀器，具有10小時之飛行續航能力及2,900海裡之飛行範圍，其飛行高度達27,000英尺，有效載荷高達13,000磅，可配合各單位之研究需求進行觀測作業。



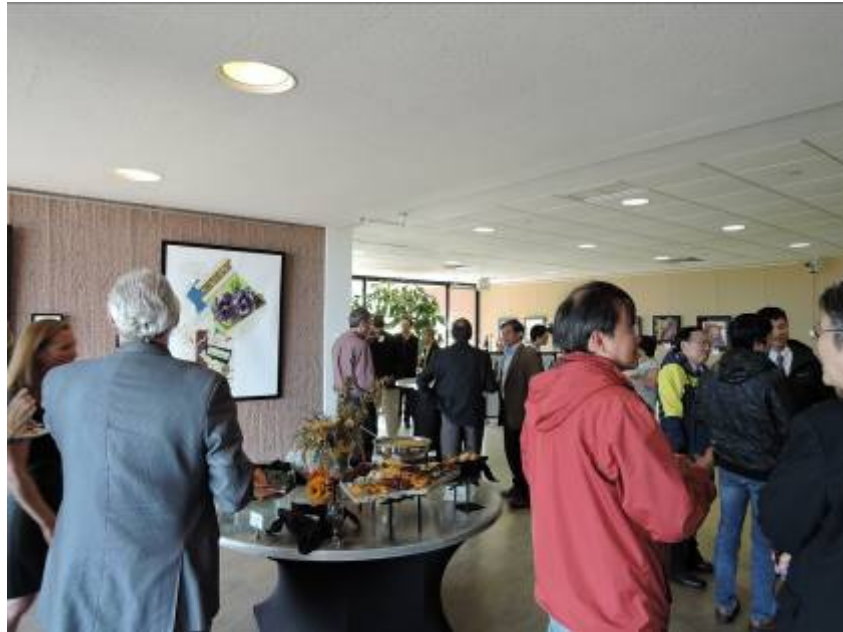
C-130外觀



C-130內部空間

(3) 歡迎酒會

本日參訪行程結束後，NCAR熱情辦理酒會歡迎氣象局及本署蒞臨。



酒會現場



UCAR President-Tony Busalacchi 致詞



本署曹副署長致詞



NCAR 郭英華教授致詞

(三)7月12日參訪行程

(1)機器學習之應用簡介 (NOAA/OAR/ESRL/GSD)

12日上午再次參訪地球系統實驗室(ESRL)之全球系統組(Global Systems Division; GSD)，主要介紹機器學習(Machine Learning)於衛星觀測之應用，所謂機器學習係指透過過往之資料和經驗中，學習並找到其運行規則，最後達到人工智慧的方法。機器學習包含透過樣本訓練機器辨識出運作模式，而非特定之規則進行編程，這些樣本可以由資料中找到；換言之，機器學習它從資料中得到複雜的函數(或樣本)來學習，以創造演算法(或一組規則)並利用它來做預測。



Machine Learning for Satellite Observations

Yu-Ju Lee, Christina Bonfanti, Lidia Trailovic, Isidora Jankov, Mark Govett
and Jebb Stewart



課題簡介

(2)拜會GSD director

12日上午課後，拜訪Kevin Kelleher(GSD director)，除感謝美方於本次行程之協助，並對台、美技術交流進行意見交換。



合影

(3) CIRES-USGS Project 參訪

12日下午來到丹佛會議中心旁之櫻桃溪(cherry creek)，由CIRES與USGS兩單位於櫻桃溪所進行之非接觸式觀測現地解說介紹，本日主要講解設置於該地之雷達波與壓力式水位計，另利用攜帶式3D雷射掃描儀進行斷面量測。



雷達波水位計介紹



3D雷達掃瞄儀介紹



課後合影

(四)7月16日參訪國家氣象中心(national weather center;NWC)

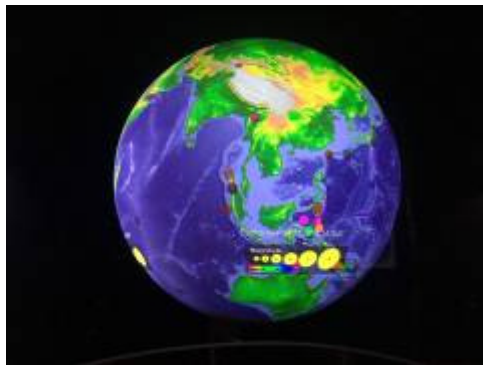
國家氣象中心（NWC）位於奧克拉荷馬大學校區內，由美國聯邦、州政府和學術單位共同組成，該辦公區包括NOAA及奧克拉荷馬大學轄下相關研究單位，本日行程除辦公室參訪外，另針對FLASH Project 及QPESUMS資料應用進行討論。



國家氣象中心（NWC）

(1)SOS(Science on a Sphere)

Science on a Sphere（SOS）是一個全球顯示系統，透過電腦和投影機將行星數據顯示至直徑6英尺的球體上，類似於巨大的動畫球體。NOAA的研究人員開發其作為教育工具，有利於向所有年齡層之人們展示地球系統科學，將大氣風暴，氣候變化和海洋溫度之動畫圖像於球體上顯示，用於解釋複雜之環境過程。



SOS展示

(2)龍捲風

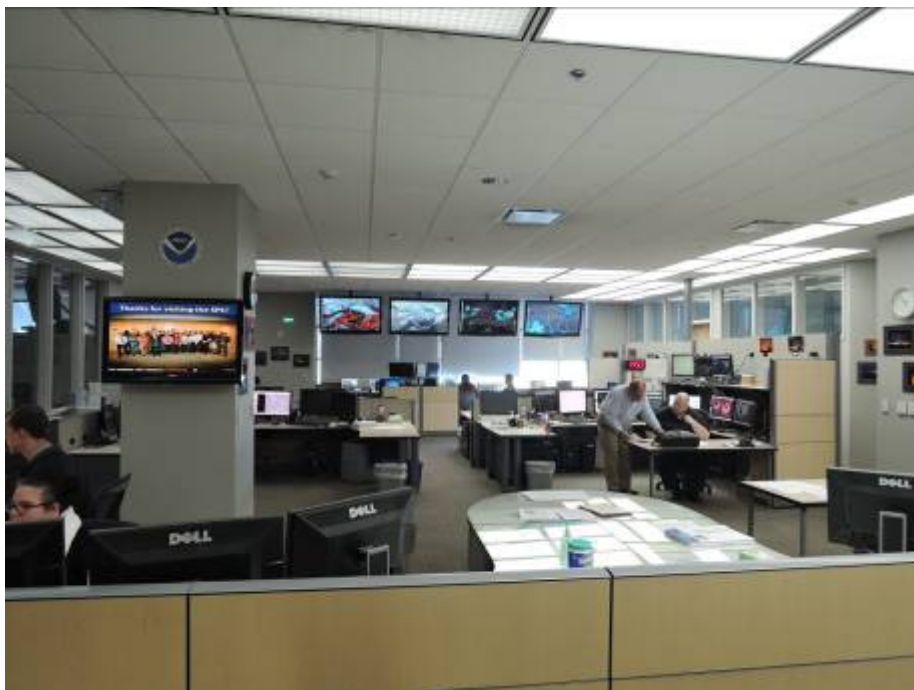
奧克拉荷馬州會發生龍捲風之劇烈天候，為在台灣幾乎不會碰到之特殊氣候，本日於國家氣象中心(NWC)內除簡介了電影龍(Twister)捲風所曾使用之道具外，另說明設置於該中心之風暴預測中心(Storm Prediction Center)之相關預報工作，該中心主要提供龍捲風、劇烈雷雨、閃電、野火等觀察和預報產品。



會議室兼龍捲風避難室



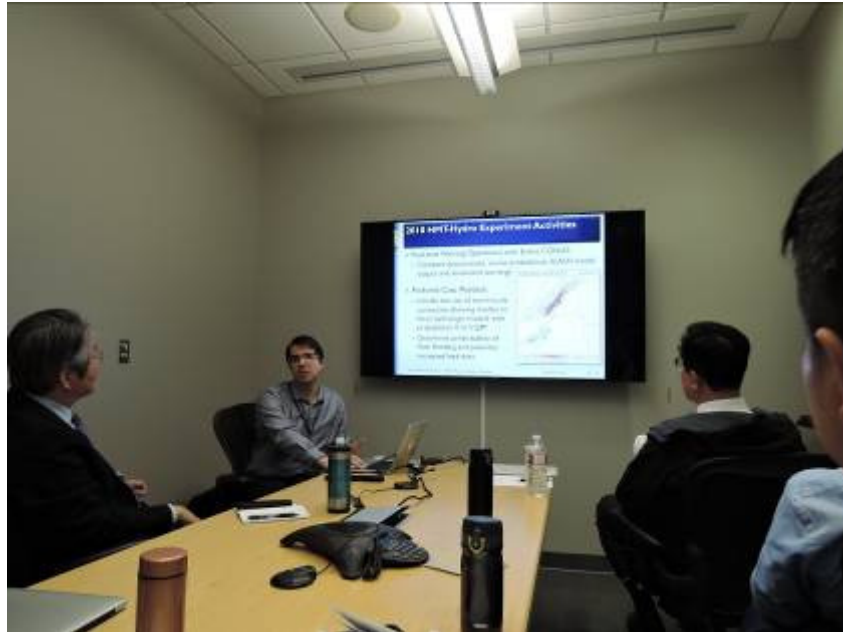
電影龍捲風(Twister)道具及實際觀測設備介紹



風暴預測中心(Storm Prediction Center)簡介

(3) FLASH(Flooded Locations and Simulated Hydrographs) Project介紹

簡單參訪該中心後，首先簡介FLASH洪水預報模式，該模式主要採用分佈式降雨逕流模式並利用MRMS(MULTI-RADAR/MULTI-SENSOR SYSTEM，為自動演算系統，可快速整合來自多個雷達、地面和高空觀測、雷電探測系統以及衛星和預報模式之相關資訊)之相關數據成果，以提升洪水預報之時效性及準確性。

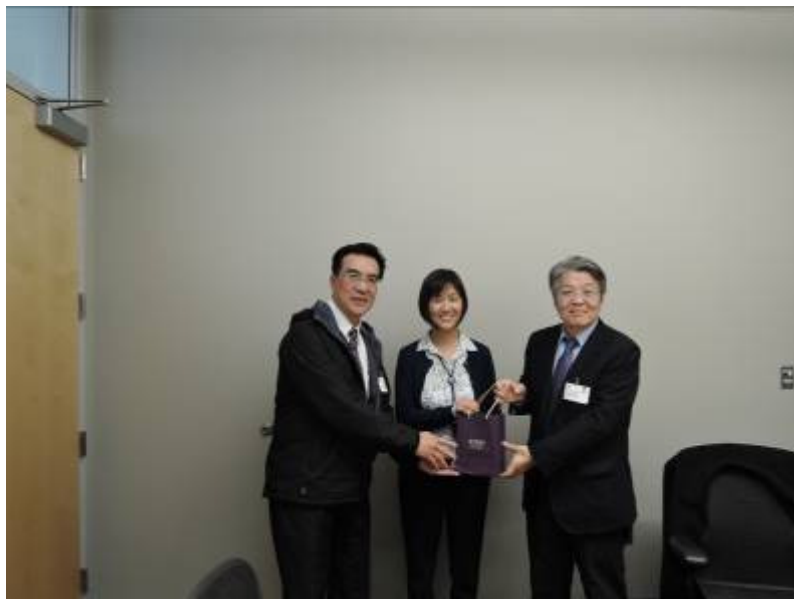


課題簡介及合影

(4) QPESUMS討論

為加強對於颱風、梅雨、雷暴等災害性天氣的監測與極短期預報能力，中央氣象局與本署、農委會水土保持局及美國劇烈風暴實驗室（National Severe Storm Laboratory, NSSL）自2002年起整合多重觀測資料並結合地理資訊發展劇烈天氣監測系統QPESUMS

（Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor），以提供即時性劇烈天氣監測資訊、及定量降水預報產品等，本日由參與該計畫多年之張健博士，針對QPESUMS最新工作及發展做一簡介。



課題簡介及合影

(5)雷達創新實驗室(Radar Innovations Laboratory ; RIL)

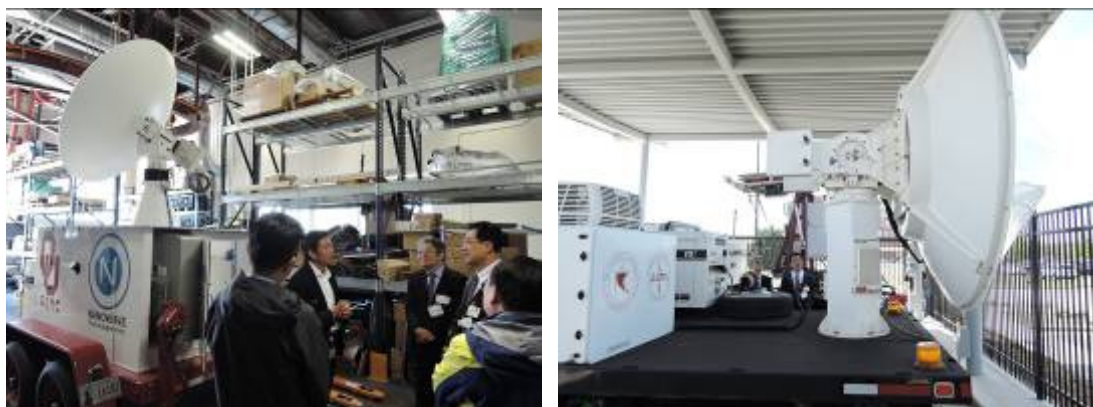
雷達創新實驗室隸屬於俄克拉荷馬大學先進雷達研究中心（ARRC），主要致力於推動俄克拉荷馬大學之雷達計劃，該實驗室包括大型微波試驗室、移動雷達平台之車庫、原型雷達製造設備、精密消聲室等，可容納70名學生，22名工作人員和18名教職人員。



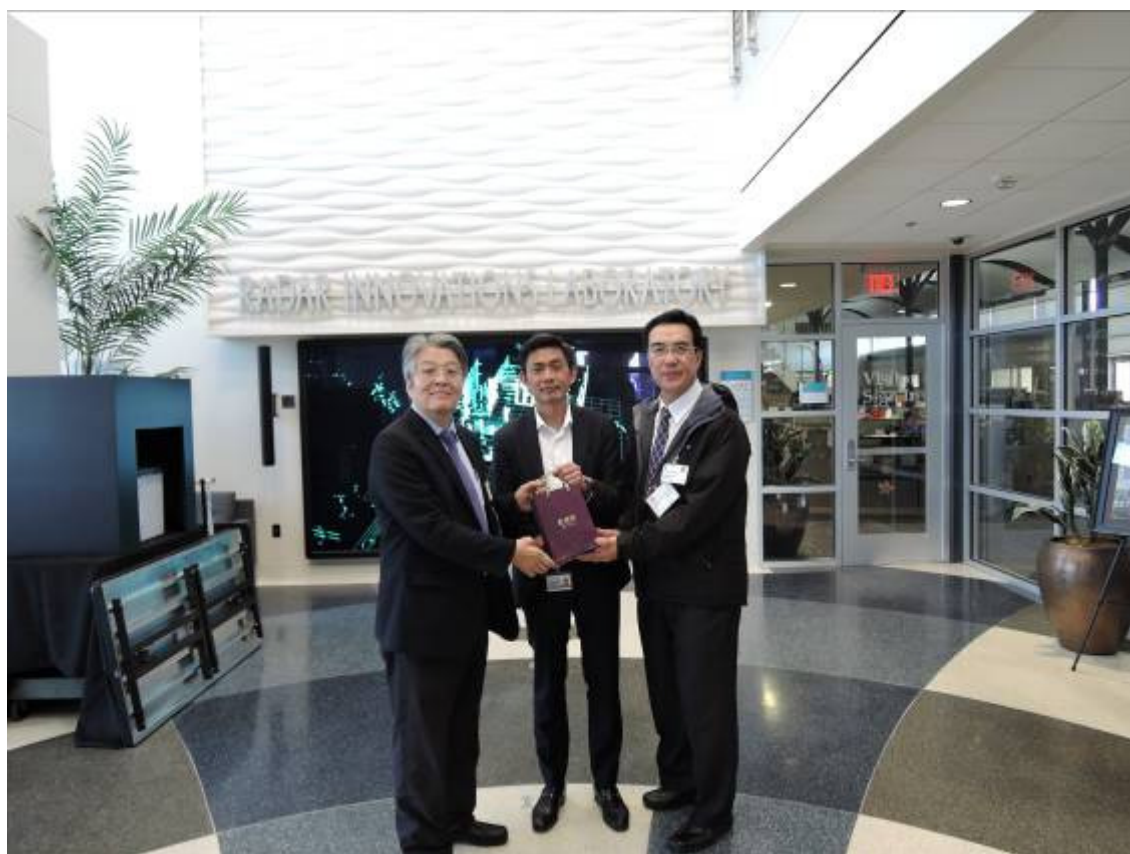
實驗室外觀



大廳龍捲風模擬器



ARRC Director of Operations 俞天佑教授解說中心雷達設備



參訪後與俞天佑教授合影

參、心得及建議

- 一、出訪前對於防災作業經常使用之QPESUMS系統即有一定之熟悉度，利用本次參訪行程得以實際了解美國於氣象領域之先進發展與應用，有助於將來本署與氣象局及美國之長期國際合作，除透過技術交流提升本國氣象預報能力外，結合本署之相關氣象資訊使用意見與需求回饋，更可將氣象資訊提供端與應用端得以完美串聯應用。
- 二、有關Science on a Sphere(SOS)顯示系統，中央氣象局已於多年前購置並對外展示，於國內雖非新鮮產品，惟於本次參訪中經美方人員說明，已有電腦版本可直接於平面螢幕上進行操作，對於未能有專屬展示空間或經費考量之單位，便可視業務需求導入。
- 三、本次參訪對於美國產、官、學之緊密合作及相關資源之投入確實令人印象深刻，以俄克拉荷馬大學之雷達創新實驗室為例，該實驗室雖為大學之附屬實驗室，卻擁有大型微波試驗室、移動雷達平台之車輛與車庫、原型雷達製造設備、精密消聲室等，可自行研究與產製觀測雷達，對於研發工作與學生研究學習確有極大助益，如此將可大幅提升相關研發能量並吸引與培育研究人才。
- 四、本次參訪內容主要為氣象領域之專業，對於我們目前洪水預報及防災功效，可提供進一步之技術，另外，有關櫻桃溪現地觀測，其為小型之人工排水路，其水位觀測與流量計算方式與本署現行作業方式並無明顯差異；此外，所展示之3D雷達掃瞄儀即是所謂地面光達，本署水利規劃試驗所於多年前即已透過委辦計畫於區域排水路進行測量與技術評估，目前較小型排水路可用地面光達與UAV搭載小型光達完成測量作業，可減少人力並降低經費。其實台灣幅員雖不大，卻擁有高含沙、高流速、集流時間短及沖淤變化大之河川特性，不管於觀測作業或治理上皆有極高之難度，於此領域上之經驗，更可相互借鏡，研發更通用之測量科技。