

出國報告（出國類別：短期研習）

行政院選送簡任第 12 職等以上 高階公務人員 104 年出國短期研習

服務機關：交通部中央氣象局

姓名職稱：辛在勤局長

派赴國家：第 1 階段美國夏威夷

第 2 階段日本、韓國

第 3 階段香港、澳門、新加坡

出國期間：第 1 階段 104 年 04 月 22 日至 05 月 07 日止

第 2 階段 104 年 08 月 19 日至 09 月 04 日止

第 3 階段 104 年 11 月 11 日至 11 月 19 日止

報告日期：105 年 01 月 30 日

目錄

壹、目的	1
貳、規劃行程	2
參、單位簡介	5
肆、研習重點	47
伍、心得與建議	140

壹、目的

臺灣是一個海島國家，四面環海，西邊有東亞大陸，東邊則是廣大的太平洋。雖然地處亞熱帶，但四季不像陸地型國家那樣分明，而臺灣獨特的地形，中央山脈縱貫南北，成為天然屏障，由於擁有特殊的地形及地理位置，因此臺灣擁有豐富的天氣變化，更增加氣象變化的複雜性，也因此隨著不同的季節變化，產生了特殊的天氣現象，例如夏季在太平洋副熱帶高氣壓控制之下，天氣時而炎熱異常，35°C以上的高溫更是常見，而來自熱帶海洋颱風的影響更大，由於臺灣位於颱風路徑的要衝，經常受颱風侵襲而導致慘重損失。據統計，從民國 50 年到 101 年間，臺灣地區因颱風而死亡人數 4,216 人，受傷人數 12,079 人，房屋全倒約 9.6 萬間，半倒約 17.6 萬間，財物損失更難以計數。另外，臺灣位在地震活躍區環太平洋火山帶中，菲律賓海板塊和歐亞板塊交界上，菲律賓海板塊以每年平均 82mm 朝西北碰撞歐亞板塊，因此地震頻繁，而四面環海的地理位置，也使得臺灣不能免於海嘯的威脅。鑒於類此天然災害頻繁，中央又是氣象和地震的主管機關，如何精進氣象預報和地震海嘯的測報業務應該是最重大的議題，經過過去數十年的努力，氣象局在相關業務的發展已經有非常大的進步，面對未來的發展，參訪類似幅員及地理環境先進國家氣象地震業務的情況，以為未來策略規劃的參考，是此次研習考量的重點。

在極端氣候漸趨頻繁的趨勢下，永續發展不再侷限在節能減碳，對氣候變遷的調適更應是國土發展規劃和社會安全發展策略中不可或缺的項目，氣候議題含氣候模式的發展和應用將會是未來氣象業務的主流，尤其數值天氣預報模式的發展延伸了天氣預報的時間尺度，氣候和天氣的界線將趨模糊。

氣象局審視其發展在組織改造的過程中，特別成立了氣候組，從數年前即開始了相關工作，並從氣候資訊使用者的角度回推，規劃該組發展的工作重點，並考慮與國際接軌的做法，初步鎖定水利、農業、公共衛生之民生議題為主，由於起步相對較晚，如何獲取國際已發展之經驗和加強與國際相關組織研發及技術之交流，將是本項業務發展成敗的關鍵。通盤考量國際發展形勢，APEC 的氣候中心(APCC)是最佳合作交流的選擇。另外，新加坡氣象局為能成為東南亞的氣候主導國，投資巨額經費成立氣候中心並大量延攬國際知名專家學者，其發展策略與工作重點亦值得為我們借鏡。

主要參訪項目區分如下：

- 一、海島型國家天氣預報技術與災防工作之精進
氣象預報、颱風預報
- 二、地震海嘯火山監測與預警之強化工作
火山監測、海嘯預警、地震預警
- 三、氣候發展之策略規劃與國際合作之評估
氣候模式、氣候應用合作

四、氣象產業之發展
氣象產業、氣象服務

貳、規劃行程

一、第一段行程自 104 年 4 月 22 日至 5 月 7 日止，共計 16 日

拜訪夏威夷毛納基山天文臺、夏威夷火山觀測所、太平洋海嘯警報中心、國際海嘯資訊中心、夏威夷大學海洋暨地球科學與技術學院、美國夏威夷天氣預報辦公室暨中太平洋颶風預測中心、美國聯合颱風警報中心、美國海洋暨大氣總署/地球系統實驗室/全球系統組及美國國家氣象服務局等。

二、第二段行程自 104 年 8 月 19 日至 9 月 4 日止，共計 17 日

拜訪日本名古屋大學地球水循環研究中心、日本氣象協會、日本氣象業務支援中心及日本富士通公司、參訪理化學研究所之計算科學先進研究所與京(K)超級電腦及韓國APEC氣候中心等。

三、第三段行程：自 104 年 11 月 11 日至 11 月 19 日止，共計 9 日

參訪香港天文臺及所屬單位、澳門地球物理暨氣象局、新加坡國家環境局及氣候中心等。

出國短期研習行程表

日期	研習內容	研習地點
104.4.23	氣象預報、氣候模式、海嘯研究	參訪夏威夷大學
104.4.24	氣象預報、氣候模式及應用	在夏威夷大學內舉行 Central Weather Bureau(CWB) /National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)/ Global Systems Division(GSD)計畫工 作討論會(Part 1)
104.4.27	氣象預報、氣象服務	參訪美國氣象局 National Weather Service(NWS) Hawaii Weather Forecast Office(WFO) 以及 Pacific Hurricane Center 參訪夏威夷大學的高速電腦中心
104.4.28	颱風預報	參訪美國海軍所屬 Joint Typhoon Warning Center (JTWC)

日期	研習內容	研習地點
104.4.29	天文及氣象展示	參訪次毫米波陣列(SMA)聯合辦公室
104.4.30	天文及氣象展示	參觀 Mauna Kea 天文臺
104.5.1	火山監測	HVO 夏威夷火山觀測所(火山地震監測)、火山博物館、希洛市海嘯博物館
104.5.4	海嘯預警	參訪 Pacific Tsunami Warning Center (PTWC)
104.5.5	海嘯預警	參訪 Pacific Tsunami Warning Center (PTWC)
104.5.6	海嘯預警及教育推廣	參訪 UNESCO-IOC-ITIC 聯合國國際海嘯中心
104.8.20	海嘯監測、海底地震儀	參訪山梨縣大月市地震儀工廠(NEC)
104.8.21	地震預警、地震監測	參訪日本防災科學技術研究所 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention(NIED)
104.8.24	地震監測、地震防災推廣	參訪名古屋大學減災研究中心
104.8.25	氣象預測、氣候模式	參訪名古屋大學地球水循環研究中心；搭乘 JR 新幹線前往東京
104.8.26	氣象產業、氣象服務	參訪日本氣象協會 (Japan Weather Association, JWA)
104.8.27	氣象產業、氣象預報、氣象服務	上午參訪日本氣象業務支援中心 (Japan Meteorological Business Support Center, JMBSC)；下午參訪日本富士通公司與 Net Community 展示廳。
104.8.28	氣象預報、海嘯預警	參訪理化學研究所(Institute of Physical and Chemical Research, RIKEN)之計算科學先進研究所與京(K)超級電腦。

日期	研習內容	研習地點
104.8.31	氣象預報、雙邊合作	抵達韓國首爾 拜會駐韓代表處石大使
104.9.01	氣象預報、雙邊合作	出席 CWB 與 KMA 第二次雙邊會議、參訪韓國氣象廳(KMA)
104.9.02	氣象產業、氣象服務	參訪 Korea Meteorological Industry Promotion Agency(KMIPA)
104.9.03	氣候模式、氣候合作	參訪亞太經合會議氣候中心(APCC)
104.11.12	氣象預報、地震及海嘯監測、雙邊合作	參訪香港天文臺、參觀大老山雙偏振雷達
104.11.13	氣象預報、地震監測、雙邊合作	澳門地球物理暨氣象局、颱風委員會
104.11.16	氣象預報、地震監測、氣象服務	參訪新加坡氣象局、中央預報中心、氣候研究中心
104.11.17	氣候合作、氣候論壇	參訪新加坡氣象局
104.11.18	海嘯監測、海嘯潛勢	參訪新加坡南洋科技大學地球觀測中心

參、單位簡介

一、赴夏威夷相關單位簡介

(一) 夏威夷大學海洋暨地球科學與技術學院

1. 組織架構：海洋地球科學與技術學院(School of Ocean and Earth Science and Technology；SOEST)位於夏威夷大學的蒙那((University of Hawaii Manoa；UHM)主校區，於 1988 年成立，包含大氣科學系、海洋學系、地質與地球物理學系、海洋與資源工程學系等 4 個系所。
2. 位置：夏威夷大學海洋暨地球科學與技術學院位於夏威夷大學的 Manoa 校區(University of Hawaii at Manoa)。
3. 主要業務：

(1)大氣科學系 (Department of Atmospheric Sciences)：

成立超過 50 年，發展重點包括：中小尺度的劇烈天氣分析與測報技術、颱風(颶風)模式及測報技術、氣候模式及預測技術、氣候動力與科學研究等。積極參與美國 NOAA 在夏威夷的多個研究或技術服務計劃，並提供美國氣象局(NWS)的夏威夷天氣預測辦公室(Hawaii-WFO)的天氣預報作業，以及美國海軍聯合颱風警報中心(JTWC)的颱風預報作業所需的各項作業技術支援。與我國科技部及國立中央大學等相關防災或學術研究單位簽有合作協議，和氣象局亦有多項業務的技術交流與互動。

(2)海洋學系 (Department of Oceanography)：

在過去 20 年間迅速擴張，主要分為物理海洋、海洋地質及地球化學、海洋生物學等 3 個分組，並運用 SOEST 的 2 艘海洋研究船進行相關科學研究與應用技術發展，其重點研究方向包括：海洋渦流、波浪、海岸動力、海洋物理及生物交互作用、衛星遙測、大氣與海洋交互作用、上古海洋學、生態系統模式、海洋環流、近岸生化循環、板塊運作過程等。

(3)地質與地球物理學系 (Department of Geology and Geophysics)：

地質與地球物理學系的研究範圍含括地球、海洋及太空領域。主要分為地球物理及構造、海洋及環境地質、火山學，地球化學及岩石學等三個分組，其重點研究方向包括：地球內部動力及組構、地殼的形成、運動及回收、地表水、沉積物及生物、地球歷史、地球災害，資源及永續性、太陽系等。

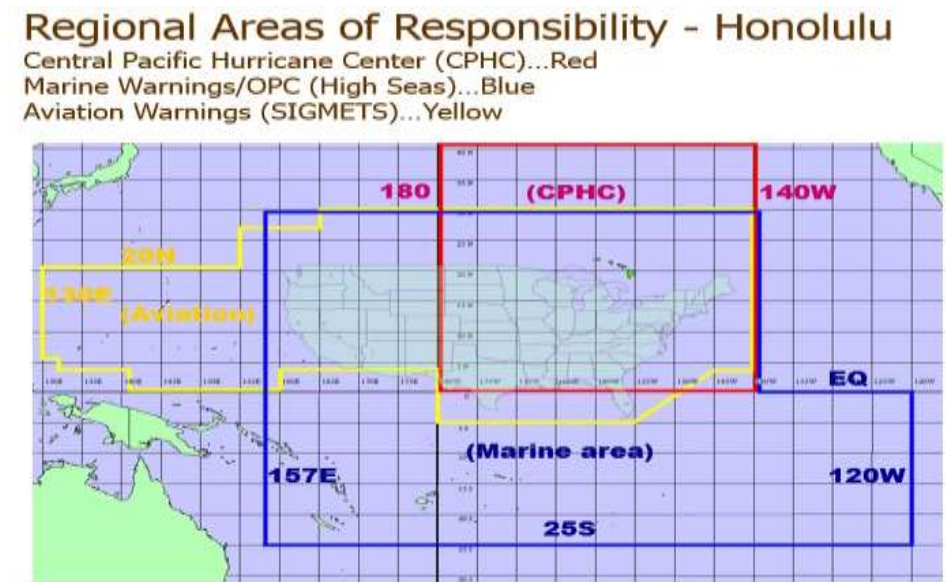
(4)海洋與資源工程學系 (Department of Ocean and Resources Engineering)：

海洋與資源工程學系的研究範圍含括海岸工程、離岸工程及海洋資源工程等三個分組，其重點研究方向包括：海潮、波浪及暴潮模式、海嘯潮高與海岸溢淹、海

岸區波浪衰減、二維及三維水力模式、沉積物動力、停泊動力學、繫留資料浮標運動分析、斜壓潮汐動力、人工礁石設計等。

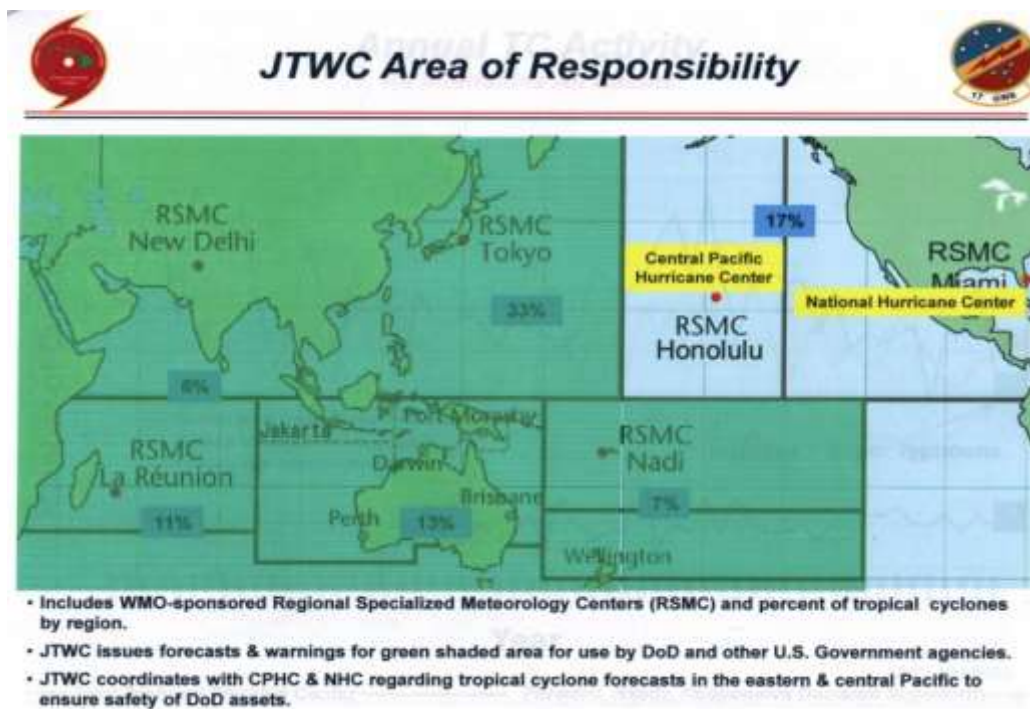
(二) 美國夏威夷天氣預報辦公室暨中太平洋颶風預測中心

1. 組織架構：美國夏威夷天氣預報辦公室 Hawaii(Weather Forecast Office；WFO)暨中太平洋颶風預測中心(Central Pacific Hurricane Prediction Center；CPHPC)實際是美國氣象局(NWS)轄下負責太平洋區域各種特定測報任務的多個作業辦公室之組合，其中包括：夏威夷天氣預報辦公室(Hawaii WFO)、中太平洋颶風預測中心(CPHPC)、海洋預測中心(OPC)、航空天氣中心(AWC)等。
2. 位置：美國夏威夷天氣預報辦公室位於夏威夷的歐胡島(Oahu)上夏威夷大學的 Manoa 校區(University of Hawaii at Manoa)內。
3. 主要業務：夏威夷州是美國位於太平洋中最大的一塊領土，也是美國唯一一個全部位於熱帶的州，主要由歐胡(Oahu)、莫洛凱(Molokai)、夏威夷(Hawaii)、茂伊(Maui)等 4 個海島所組成，同時也擁有達 4200 公尺以上的高山。美國夏威夷天氣預報辦公室所需負責的測報範圍，幾乎涵蓋了中太平洋 (南緯 25 度至北緯 40 度)內所有的區域，其所提供的海氣象測報資訊，則包括：夏威夷島的氣象資訊、海岸及離岸的海象資訊、航站預測和顯著天氣現象、地面及高空觀測、中太平洋颶風預測、公海的海象預測(海洋預測中心)、航空氣象(航空天氣中心)等項目，任務相當的多元而複雜，因此，夏威夷天氣預報辦公室除充分使用美國國家氣象局所提供的各式氣象作業系統與測報資訊外，也採取與夏威夷大學的海洋暨地球科學與技術學院(SOEST)合作的方式，由學校的學者專家協助，於劇烈天氣來臨或特殊需求時，提供額外的客觀參考輔助資訊給 WFO，充實大氣和海洋相關測報作業研判的參考資訊。



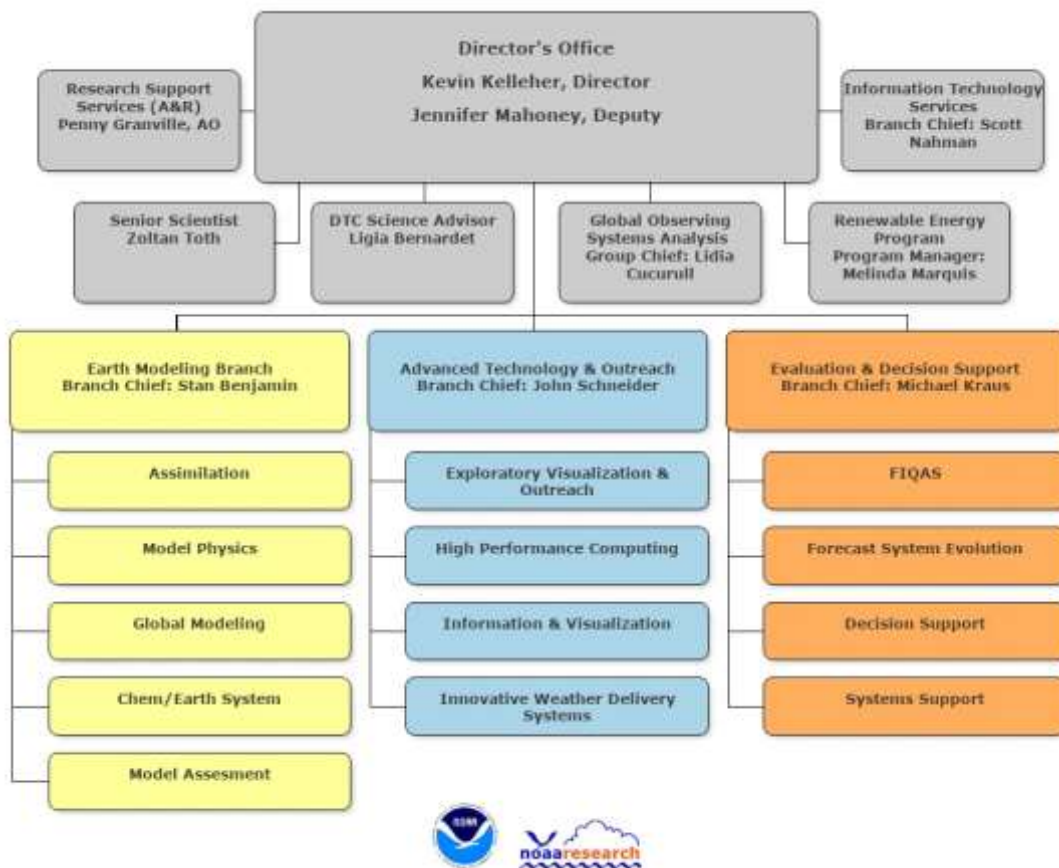
(三) 美國聯合颱風警報中心

1. 組織架構：美國聯合颱風警報中心(Joint Typhoon Warning Center；JTWC)為美國海軍與空軍聯合任務單位，於 1959 年在關島成立，成員包括了美國海軍及空軍的工作人員，1999 年搬遷到夏威夷珍珠港，2011 年增加海嘯決策支援的作業功能，並成為海軍的獨立運作的中心。
2. 位置：美國聯合颱風警報中心位於夏威夷的珍珠港限制通行的軍事區內。
3. 主要業務：JTWC 提供熱帶氣旋的偵查、分析、預測及警報支援給位於太平洋及印度洋區域的美國國防及其它政府單位。此外也提供熱帶氣旋及海嘯的決策支援資訊給美國海軍的海岸設施及艦隊。其所負責的颱風預(警)報區域超過 1.1 億平方英哩，含括了約 89%的熱帶氣旋活動，其作業責任區如下圖所示。



(四) 美國海洋暨大氣總署/地球系統實驗室/全球系統組

1. 組織架構：全球系統組(GSD)是美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)/地球系統實驗室(ESRL)下一個負責全球整合性氣象作業技術與資訊系統研發的機構，其內包括：地球模式科(Earth Modeling Branch)、先進技術與推展科(Advanced Technology & Outreach Branch)、評估與決策支援科(Evaluation & Decision Support Branch)等 3 個主要的技術研究與發展單位。其相關科學技術移轉推廣的對象包括：國家氣象局(National Weather Service; NWS)、美國空軍(U.S. Air Force)、聯邦航空署(Federal Aviation Administration; FAA)、其他政府機構、商業社群、他國的天氣測報作業單位以及其他私人單位等。

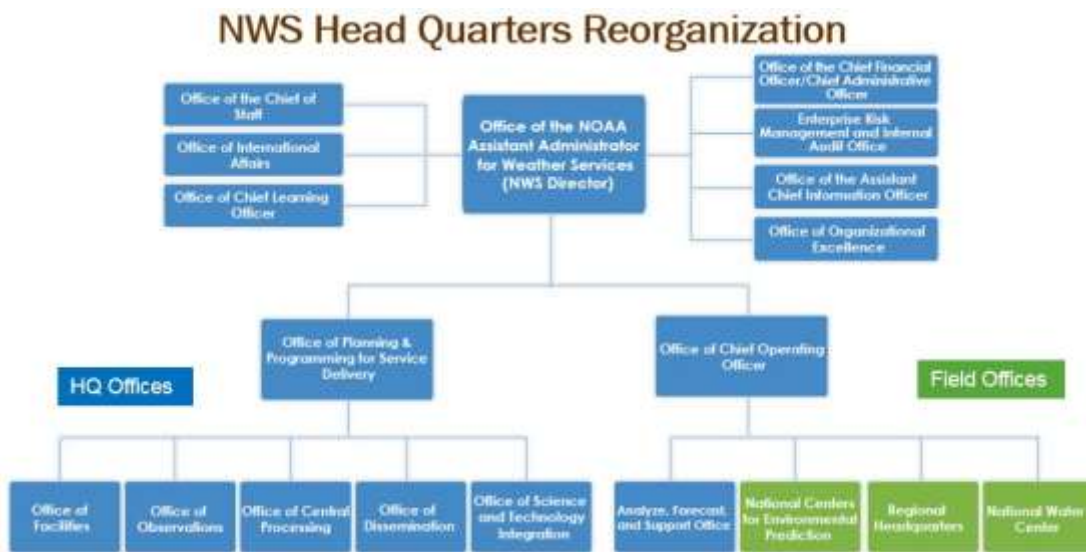


2. 位置：全球系統組位於美國科羅拉多州(Colorado)的波德市(Boulder)內。
3. 主要業務：全球系統組持續針對未來 5 至 10 年足可成熟並應用於國家大氣、海洋、水文等作業機構之測報服務需求，進行相關科學與技術的發展和系統建置，並將研發完成的相關觀測與預報系統，轉移給各作業單位使用。其陸續所投入的主要工作內容包括：
 - (1)開創性的作業系統發展，例如：先進天氣資訊處理系統(AWIPS/D2D)、網路化 X 視窗顯示工作站(FX-net)、網路化 X 視窗協同作業工作站(FX-Collaborate)等氣象作業資訊系統。
 - (2)應用技術研發，例如：觀測系統、資料同化技術、先進預報模式 FIM、高速電腦應用等。

- (3)系統作業驗證，例如：使用即時和歷史資料，進行新的診斷和預報技術，以及新的軟硬體技術等的測試與驗證。
- (4)作業技術轉移，例如：轉移經改善的技術至作業應用，轉移環境資訊及預測系統技術等。

(五) 美國國家氣象服務局

1. 組織架構：美國氣象服務局(National Weather Service; NWS)剛完成其組織架構的調整，目前NWS將業務執行單位分為總部單位(HQ Offices)與實做單位(Field Offices)2大類，並依業務性質將各業務單位分屬新成立的服務規劃與計畫辦公室(Office of Planning & Programming for Service Delivery)或營運長辦公室(Office of Chief Operating Officer)，過去與氣象局互動密切的環境預測中心(National Center for Environmental Prediction; NCEP)及新成立的國家水中心(National Water Center; NWC)皆隸屬營運長辦公室管轄。



2. 位置：美國氣象服務局位於美國馬里蘭州(Maryland)的銀泉市(Silver Spring)內。
3. 主要業務：美國氣象服務局的角色及任務和氣象局類似，皆屬於國家級的氣象主管機關。其測報技術的發展以及涵蓋全國的測報作業，主要是由國家環境預報中心(National Centers for Environment Prediction; NCEP)負責，包括：氣候預報中心(CPC)、環境模式中心(EMC)、天氣預報中心(WPC)、海洋預報中心(OPC)，航空天氣中心(AWC)、太空天氣預測中心(SWPC)、風暴預報中心(SPC)、國家颶風中心(TPC/NHC)等。未來美國氣象服務局的發展願景，在建立永續的天氣有備之國(Weather Ready Nation; WRN)，並且依使用者需求，策略性地擴展科學能力與服務範疇到3至4週預報、延長高衝擊事件的前置時間、引用地球系統科學的方法、策略性地進行研究到作業的移轉。

(六) 「毛納基山天文臺」(Mauna Kea Observatories)

1. 組織架構：自 1967 年由夏威夷大學承租土地設立。因位於太平洋中央，且具備高海拔、低光害、氣候穩定等條件，形成天文觀測之絕佳天然環境，此天文觀測園區提供世界各國天文學者投資建置各式先進天文觀測設備以進行研究。
2. 位置：美國夏威夷群島大島上中北部的休眠火山毛納基山頂峰，海拔 4,205 公尺。
3. 目前主要之天文觀測系統與維運單位：
 - (1) 加州理工學院的次毫米望遠鏡 (CSO)：加州理工學院
 - (2) 加法夏望遠鏡 (CFHT)：加拿大、法國、夏威夷大學
 - (3) 雙子星望遠鏡 (GEMINI)：美、英、加拿大、智利、澳大利亞、阿根廷、巴西。
夏威夷大島部分的北雙子望遠鏡，與另一臺位於智利的南雙子望遠鏡，規格相同聯合觀測。
 - (4) 輕便紅外線望遠鏡 (IRTF)：美國國家航空暨太空總署 (NASA)
 - (5) James Clerk Maxwell Telescope (JCMT)：英國、加拿大、紐西蘭
 - (6) 「昴」望遠鏡 (Subaru)：日本國家天文臺
 - (7) 次毫米波陣列望遠鏡 (SMA)：中華民國、美國
 - (8) 英國紅外線望遠鏡 (UKIRT)：英國
 - (9) 夏威夷大學 88 英吋望遠鏡 (UH88)：夏威夷大學
 - (10) 夏威夷大學 24 英吋望遠鏡 (UH24)：夏威夷大學 HILO 校區
 - (11) 超長基線陣列 (VLBA) 接收機：美國
 - (12) 凱克望遠鏡 (KECK)：加利福尼亞協會

其中次毫米波陣列望遠鏡 (Sub-Millimeter Array, SMA) 是由美國夏威夷的史密松天文臺 (Smithsonian Astrophysical Observatory, SAC) 與我國中央研究院天文及天文物理研究所合作興建。史密松天文臺 SAC 建造的 6 座望遠鏡先行測試運轉，加上之後我國開發製造的 2 座次毫米波陣列望遠鏡 (Sub-Millimeter ARray of Taiwan, SMART)，共同於 2003 年 11 月啟用成為 8 座次毫米波陣列望遠鏡。

所謂次毫米是介於紅外線與微波之間的波段 (頻率 300~900 GHz，波長 1~0.3 毫米)，為研究恆星形成的最佳頻段。SMA 陣列是以 8 座直徑 6 公尺的天線構成陣列，由於訊號抵達每座天線的時間不同，利用相位干涉技術，將接收訊號同步運算處理。利用每兩兩望遠鏡所接受的訊號整合運算，8 座望遠鏡形成 28 筆基線訊號組合，將可模擬為一直徑 509 公尺 (相當於 9 座足球場面積) 的巨大單一碟型望遠鏡。

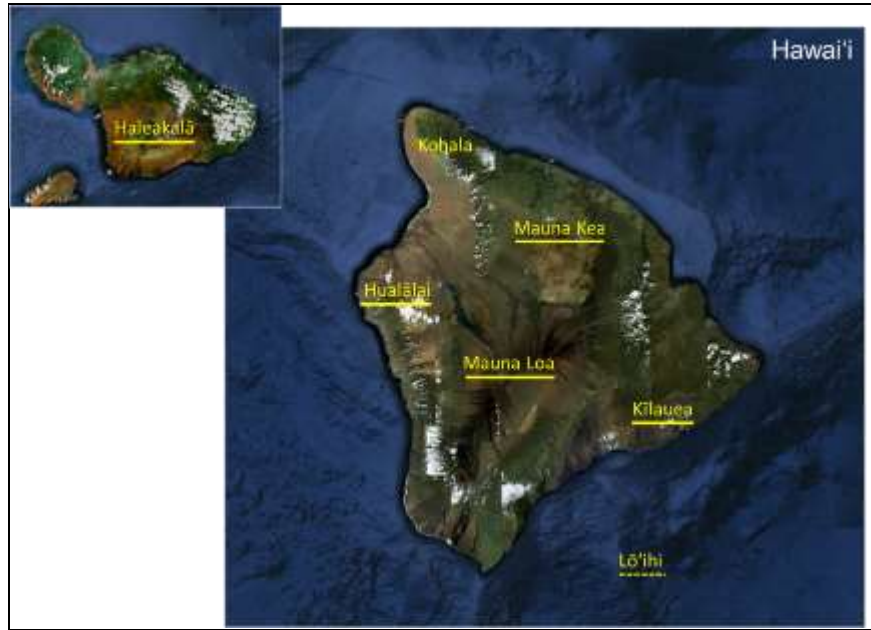
(七) 「夏威夷火山觀測所」(Hawaiian Volcano Observatory, HVO)

1. 組織架構：「夏威夷火山觀測所」HVO 隸屬美國地質調查所 (United States Geological Survey, USGS) 轄下。USGS 為美國內政部所屬機構，主要研究美國的地形、自然資源、自然災害與防災應變。USGS 執行火山災害計畫 Volcano Hazards Program，轄下共有 5 個火山觀測所，各有不同的監測範圍：
 - (1) 阿拉斯加 (Alaska Volcano Observatory, AVO)
 - (2) 加州 (California Volcano Observatory, CalVO)
 - (3) 華盛頓州 (Cascades Volcano Observatory, CVO)
 - (4) 黃石公園 (Yellowstone Volcano Observatory, YVO)
 - (5) 夏威夷州 (Hawaiian Volcano Observatory, HVO)
2. 位置：HVO 位於夏威夷大島南部，火山國家公園內基拉韋厄 Kilauea 火山口旁。
3. 主要業務與概述：

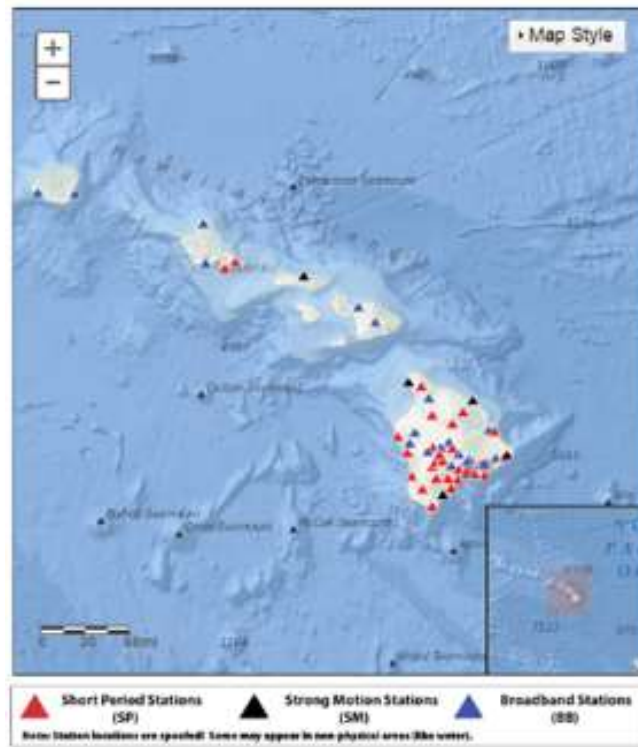
夏威夷火山觀測所成立於 1912 年，負責夏威夷地區之火山研究、火山活動監測與防災，並結合國家公園管理進行觀光與科普教育。由於夏威夷群島為太平洋板塊內之火山島鏈，州內共有 7 座火山 (如圖)，其中火山活動最為活躍地區為相對年輕的夏威夷大島，全島各地遍佈數百年來的熔岩地層與火山遺跡。夏威夷火山觀測所 HVO 旁之基拉韋厄 Kilauea 火山口目前仍有火山湖 (Lava Lake) 熔岩溢出現象。

夏威夷火山觀測所 HVO 共有近 30 名地球物理與化學專家，應用之火山研究與監測技術包括：

- (1) 火山地震監測
- (2) 火山地質調查
- (3) 即時監控攝影
- (4) 地殼形變 GPS 監測
- (5) 火山氣體
- (6) 航照空拍
- (7) 歷史火山沈積研究
- (8) 其他地球物理與化學探勘技術



夏威夷主要火山分布圖



夏威夷之地震觀測網，測站主要集中於火山活躍之大島

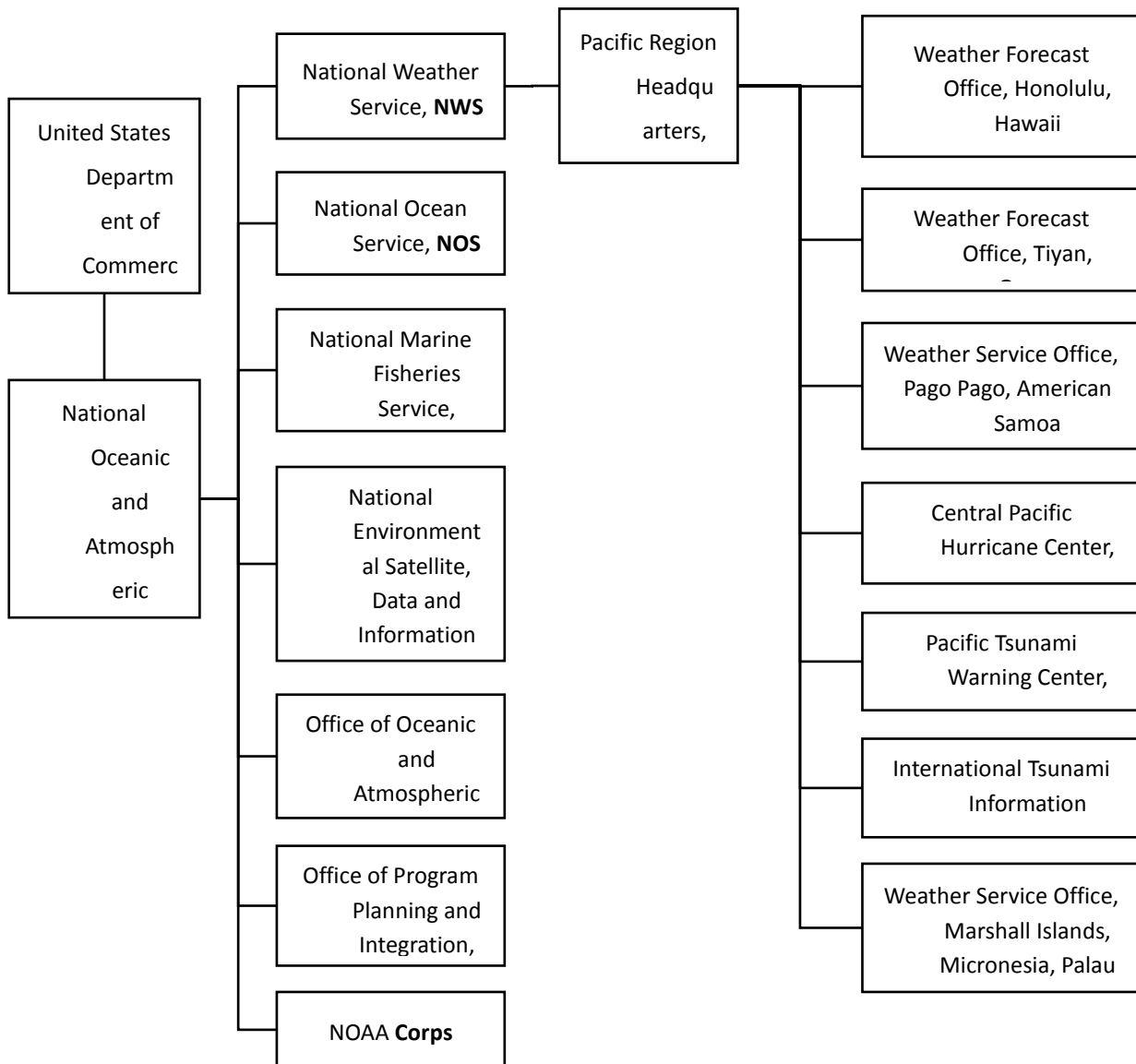
(八) 「太平洋海嘯警報中心」(Pacific Tsunami Warning Center, PTWC)

1. 組織架構：太平洋海嘯警報中心 PTWC 為「國家海洋及大氣機構」(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 轄下「太平洋地區總部」(Pacific Region Headquarter, PRH) 之作業中心。NOAA 隸屬於美國商務部 (United States Department of Commerce, USDC)，主要任務為運用科技進行大氣、天候與海洋環境之科學研究，進行天然災害監測並提供公眾服務與防災應用，以保護生態系統與大氣海洋資源為目標。NOAA 管轄編制單位如下：

- (1) NWS 美國國家氣象局 (National Weather Service)
- (2) NOS 美國國家海洋局 (National Ocean Service)
- (3) NMFS 美國國家海洋漁業局 (National Marine Fisheries Service)
- (4) NESDIS 美國國家環境衛星、數據及資訊服務中心 (National Environmental Satellite, Data and Information Service)
- (5) OAR 海洋及大氣研究中心 (Office of Oceanic and Atmospheric Research)
- (6) PPI 規劃、計劃和綜合司 (Office of Program Planning and Integration)
- (7) NOAA Corps 國家海洋和大氣管理局軍官部隊 (National Oceanic and Atmospheric Administration Commissioned Officer Corps)，並無戰鬥任務，執行 NOAA 相關飛機、船舶、車輛與相關行政維運管理。

其中美國國家氣象局 (National Weather Service, NWS) 於夏威夷設置「太平洋地區總部」(Pacific Region Headquarter, PRH)，負責太平洋地區相關業務之執行。有關 USDC、NOAA、NWS、PRH 與 PTWC 之組織架構如圖。

NOAA 於夏威夷各單位之組織架構圖



2. 位置：PTWC 位於夏威夷歐胡島 Ford Island 軍事管制區內之 Inouye Regional Center, (IRC) 合署辦公大樓

3. 主要業務與概述：

太平洋海嘯警報中心 PTWC 之主要任務為監測全球大規模之地震，並依據海底地形與數值模型演算出海嘯波到達太平洋沿岸各國家、地區之預估波高以及到達時間，產製海嘯警報並對外發布預警，提供世界各國重要的海嘯預警資訊，同時並進行海嘯相關之研究開發任務。

「太平洋海嘯警報中心」並未實際維運地震觀測網與潮位觀測網，其即時地震資料來源為「美國地震學研究聯合會」(Incorporated Research Institutions For Seismology, IRIS) 的全球地震觀測網、以及太平洋各國的區域地震觀測網；而太平洋海域的潮位觀測則是透過 NOAA 轄下之「國家浮標資料中心」(National Data Buoy Center, NDBC) 系統獲得。

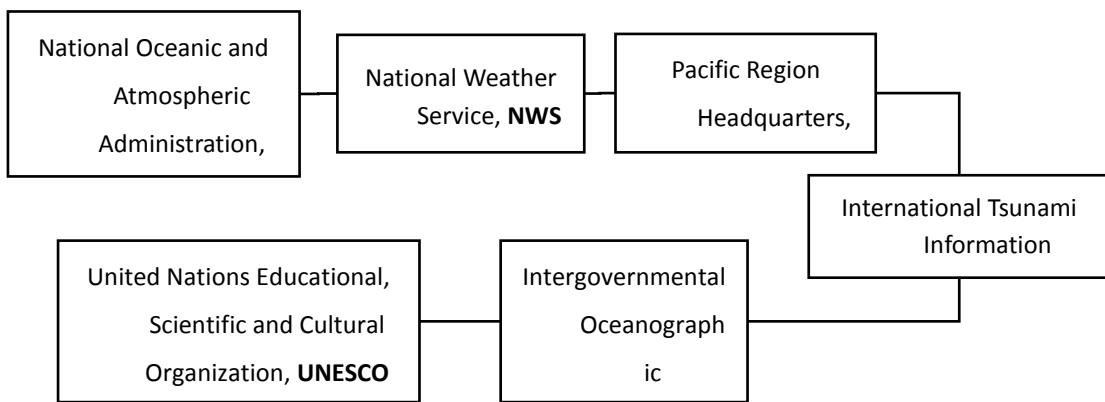
PTWC 目前共有 10 餘位研究員，大多均具備地震學博士與海洋學博士背景。由於以目前之全球科技發展，地震、海嘯等天然災害之發生仍無法事先預測，因此 PTWC 之作業模式為 24 小時不間斷，由所有研究員值班守視。海嘯作業首先必須完成快速地震測報，利用震央資訊產製海嘯預警資訊進行初報，再透過「國家浮標資料中心」NDBC 獲得的實際潮位觀測資料比對後，納入模型持續演算與修正，以產製後續更精確的海嘯報文。

近年來 PTWC 持續朝向獨立運作努力，亦即不依賴全球地震網之地震測報結果，而是利用地震觀測網即時資料開發自行快速地震測報技術，並結合全球潮位資訊，研發即時演算模型來快速模擬海嘯傳播情境，同時利用各式多媒體技術在傳統純文字海嘯報文之外，產製圖、文、XML 甚至動態影片等產品，來提供快速實用的海嘯資訊。

(九) 「國際海嘯資訊中心」(International Tsunami Information Center, ITIC)

1. 組織架構：「國際海嘯資訊中心」ITIC 與「太平洋海嘯警報中心」PTWC 同樣隸屬於美國「國家海洋及大氣機構」NOAA 轄下。ITIC 除隸屬於 NOAA 外，也具備另一個組織身份：聯合國教科文組織 (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO) 的政府間海洋學委員會 (Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC) 之下，因此除 NOAA 指派之主任外，ITIC 於智利還有另一位協同主任 (Associate Director)，共同推動政府間國際海嘯防災業務。ITIC 之雙重身份組織架構如圖。

US Government



Intergovernmental

ITIC 組織架構圖

2. 位置：ITIC 位於夏威夷歐胡島 Ford Island 軍事管制區 Inouye Regional Center, (IRC) 合署辦公大樓
3. 主要業務與概述：

ITIC 雖與 PTWC 同樣隸屬於 NOAA 太平洋地區總部 PRH 轄下，均負責海嘯防災業務，但屬性有所不同：PTWC 負責海嘯科技研究、海域地震監測、海嘯波模擬以及預警資訊之產製作業；而 ITIC 則負責對外通報 PTWC 產製之海嘯預警資訊、推動環太平洋國家的海嘯防災宣導、演習以及教育訓練等。

PTWC 與 ITIC 針對環太平洋各國之海嘯警報屬於跨國政府間海嘯防災重要資訊，但各國政府接收到海嘯報文後仍應進行適地之專業研判，並結合各國法令、基礎建設與防災整備等來進行海嘯應變。為此 ITIC 會定期舉辦國際教育訓練以及海嘯演習，來促進太平洋沿岸國家的海嘯防災意識，並協助各國當地海嘯警報業務的推動。

二、赴日本及韓國相關單位簡介

(一)「山梨日本電氣株式会社」(NEC Yamanashi)

1. 組織架構：「山梨日本電氣株式会社」隸屬於「日本電氣株式会社」(NEC) 海洋網路事業部，為 NEC 製造海底光纖通訊系統海底設備的工廠。「日本電氣株式会社」為日本知名的跨國科技企業，提供產品涵蓋電子、資訊、通訊、網路等相關設備，事業版圖跨及北美洲、拉丁美洲、歐洲、中東、非洲、亞洲、大洋洲及兩岸三地等。NEC 海洋網路事業部轄下另有 2 個製造海底光纖通訊系統所需設備的工廠，分別位於宮城縣與九州福岡市，其中福岡市工廠負責光纖海纜的製造，宮城縣工廠則負責陸上站設備製造。
2. 位置：位於日本山梨縣(Yamanashi)大月市(Otsuki)富士山旁。
3. 主要業務：

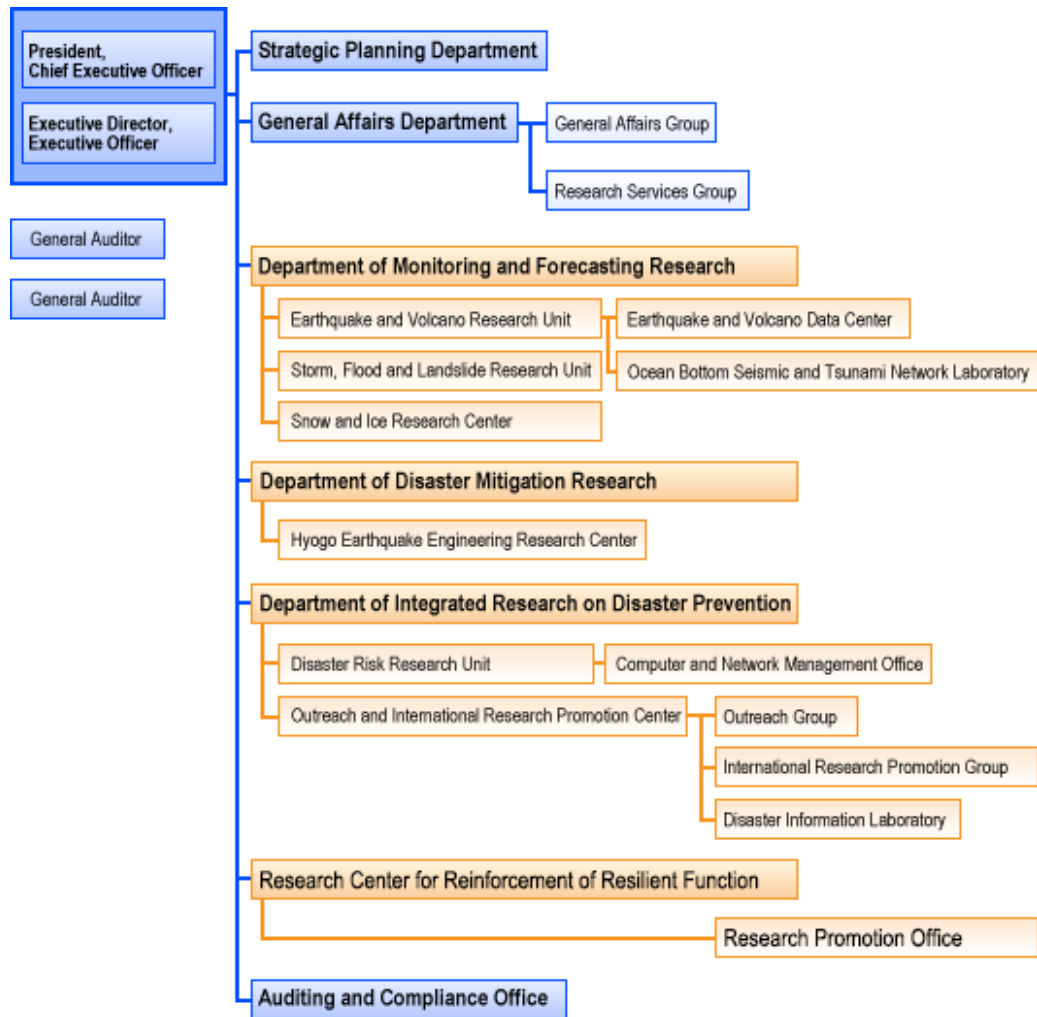
NEC 海洋網路事業部主要業務為提供全世界商業用海底光纖通訊系統與防災用海底觀測系統，項目包括系統中海底光纖纜線、海底通訊設備、海底觀測設備及陸上站設備的設計、生產、整合與測試，而其中轄下的「山梨日本電氣株式会社」則專門負責海底設備的生產與測試。

「山梨日本電氣株式会社」成立於 1998 年，其營運目標為運用專門的技術與設備，提供可在深海中作業的高可靠性、高品質海底光學設備，工作範圍主要包括儀器零件的採購、生產線的設計與設置、生產與測試技術的開發與品質控管等。主要生產的設備主要包括光纖海纜中繼器(repeter)以及海底地震、海嘯觀測設備。

(二) 「日本防災科學技術研究所」(National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, NIED)

1. 組織架構：「日本防災科學技術研究所」NIED 為日本文部科學省(Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, MEXT)轄下的國立研究開發法人，任務主要針對日本所面臨的自然災害進行基礎科學的研究與防災技術的開發，並建置觀測網進行實地觀測。NIED 組織架構因任務所需，除行政管理的單位外，依作業目標主要包括以下 4 個部門：

- (1) 觀測、預測研究部 (Department of Monitoring and Forecasting Research)
 - (2) 減災實驗研究部 (Department of Disaster Mitigation Research)
 - (3) 社會防災整合研究部 (Department of Integrated Research on Disaster Prevention)
 - (4) 防災、減災研究推動中心 (Research Center for Reinforcement of Resilient Function)
- 各部門轄下分設許多研究中心、實驗室、辦公室與資料中心等，依據任務需要進行相關研究與業務推動。



NIED 組織架構圖

2. 位置：NIED 總部位於日本茨城縣(Ibaraki) 筑波市(Tsukuba)，另在兵庫(Hyogo)縣三木(Miki)市設有兵庫地震工程研究中心，新潟(Niigata)縣長岡(Nagaoka)市設有冰雪防災研究中心，同時該中心在山形(Yamagata)縣新庄(Shinjo)市設有新庄冰雪環境實驗室。
3. 主要業務：

NIED 針對日本所面臨的自然災害，包括地震、海嘯、火山噴發、地滑、洪水、暴雪等，進行基礎科學的研究與防災技術的開發，並建置觀測網進行實地觀測。主要業務包括：

 - (1) 地震、火山活動研究
 - (2) 地殼活動觀測、預測技術開發
 - (3) 地震、海嘯即時監測技術開發
 - (4) 火山活動監測、預測技術開發
 - (5) 地震、火山監測網建置與維護
 - (6) 都會區複合式水災預測研究
 - (7) 降雪監測、減災研究
 - (8) 利用三維大尺度振動臺進行地震工程研究
 - (9) 社會防災政策研究
 - (10) 國際合作推動

(三) 「日本海洋研究開發機構」(Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, JAMSTEC)

1. 組織架構：「日本海洋研究開發機構」JAMSTEC 為日本文部科學省轄下的國立研究開發法人，於海洋技術開發與海洋科學研究上擁有非常豐富的經驗，為國際上幾個最前端海洋研究機構之一。JAMSTEC 組織除總部(Headquarters)外，並包括以下 5 個單位：

- (1) 橫濱研究所 (Yokohama Institute for Earth Sciences, YES)
- (2) 陸奧研究所 (Mutsu Institute for Oceanography, MIO)
- (3) 高知研究所 (Kochi Institute for Core Sample Research, KOCHI)
- (4) 全球海洋資料中心 (Global Oceanographic Data Center, GODAC)
- (5) 東京辦公室 (Tokyo Office)

2. 位置：

- (1) 總部：日本神奈川(Kanagawa)縣橫須賀(Yokosuka)市
- (2) 橫濱研究所：日本神奈川縣橫濱(Yokohama)市
- (3) 陸奧研究所：日本青森(Aomori)縣陸奧(Mutsu)市
- (4) 高知研究所：日本高知(Kochi)縣南國(Nankoku)市
- (5) 全球海洋資料中心：日本沖繩(Okinawa)縣沖繩市(Nago)
- (6) 東京辦公室：日本東京都

3. 主要業務：

- (1) 總部：營運總部，是各式海洋探測船的母港，包括研究船、深海研究潛水艇、海底機械手臂與海底地震儀等。
- (2) 橫濱研究所：研究地球科學的重點位置，設置地球模擬中心(Earth Simulator Center, ESC)，亦為其研發超級電腦「地球模擬器」所在地點，透由該超級電腦進行各種大型模擬，包括海嘯模擬、東京車站熱對流模擬、地球暖化模擬、海洋溫度模擬等。
- (3) 陸奧研究所：負責海洋地球物理調查業務。
- (4) 高知研究所：負責岩心採樣研究業務。
- (5) 全球海洋資料中心：負責全球各式海洋資料收集彙整與提供。
- (6) 東京辦公室：負責與其他機構單位進行聯繫、合作與交流。

(四) 「京都大學阿蘇火山研究中心」 (Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University, AVL)

1. 組織架構：

阿蘇火山研究中心隸屬於日本京都大學的地熱研究所(Institute for Geothermal Sciences, Kyoto University)，為一常駐於日本九州阿蘇火山之火山研究與監測機構。

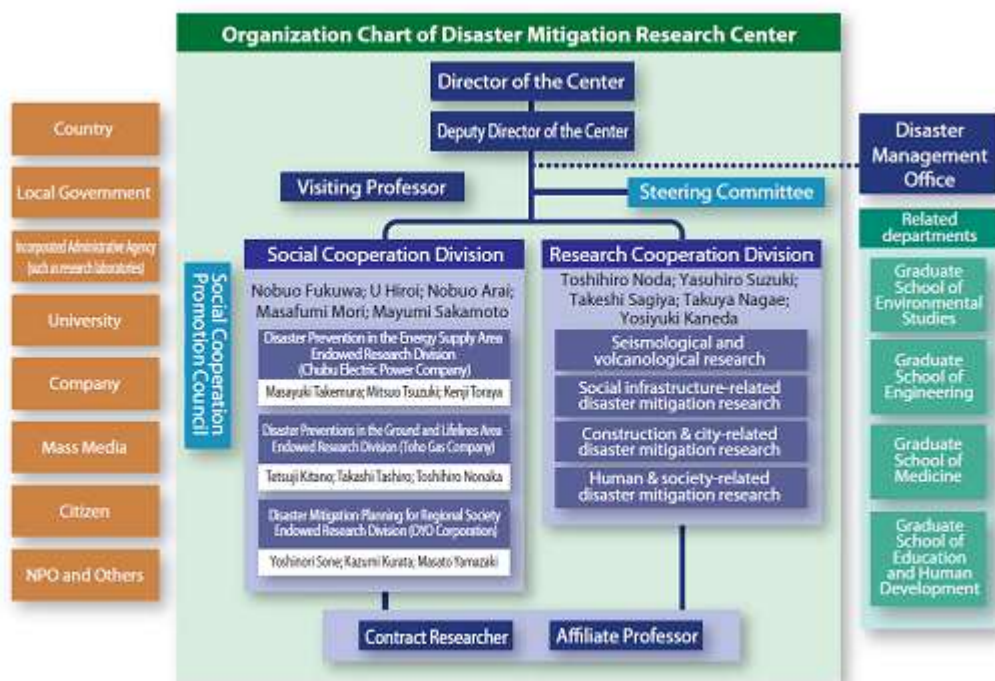
2. 位置：位於日本九州熊本(Kumamoto)縣阿蘇火山旁。

3. 主要業務：

阿蘇火山研究中心設立於 1928 年，與日本氣象廳共同監測阿蘇火山的活動，其觀測設備與研究領域包括：利用固定式與移動式地震儀進行火山地震監測、熱紅外線儀監測火口溫度變化、火山監控即時影像攝影、利用衛星定位 (GPS) 與坑道內傾斜儀 (Tiltmeters) 進行地殼形變監測、地電與地磁變化觀測、地球重力觀測等。

(五) 「名古屋大學減災研究中心」(Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, DMRC)

1. 組織架構：「名古屋大學減災研究中心」DMRC 隸屬於日本名古屋大學，任務主要針對日本本州中部地區地震、海嘯、暴雨與洪水等天然災害的行為與防治進行相關研究，並透過社會合作將成果提供地方政府、企業與民眾災害預防與緊急應變參考。在推動減災尖端研究與執行社會合作研究的目標下，DMRC 組織內部包括社會合作部門(Social Cooperation Division)與研究合作部門(Research Cooperation Division)，分別擁有專任研究員與特聘教授進行相關研究與合作，並透過名古屋大學災害管理辦公室(Disaster Management Office, Nagoya University)，與名古屋大學內包括環境學研究所(Graduate School of Environmental Studies)、工學研究所(Graduate School of Engineering)、醫學研究所(Graduate School of Medicine)以及教育與人類發展研究所(Graduate School of Education and Human Development)等相關研究所共同合作。



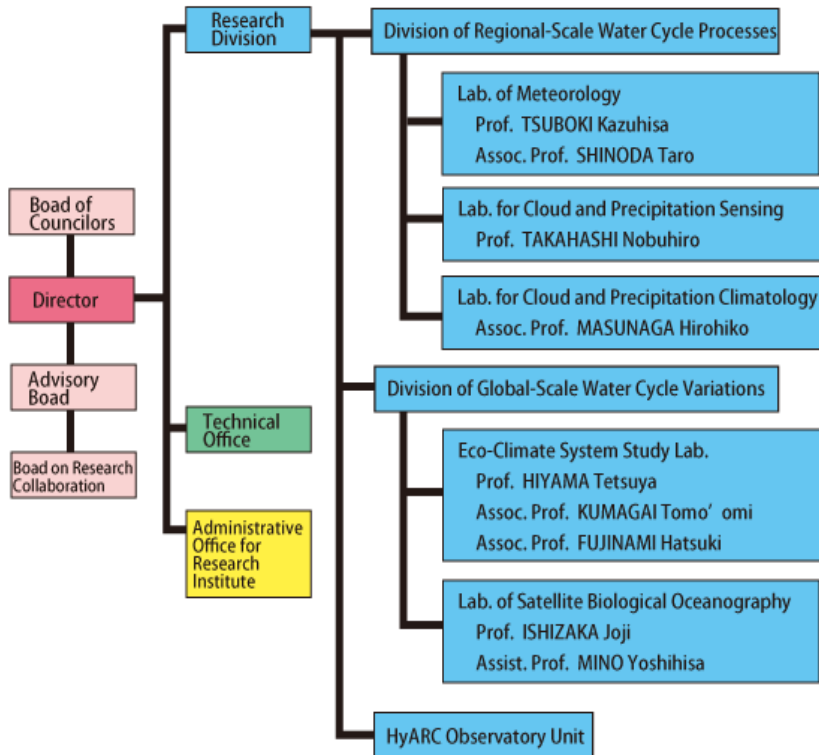
「名古屋大學減災研究中心」DMRC 組織架構圖

2. 位置：位於日本名古屋市名古屋大學減災館(The Disaster Mitigation Research Building)。
3. 主要業務：名古屋大學減災研究中心成立於 2012 年 1 月，其中心目標主要針對日本中部地區將發生的大規模天然災害，利用各種技術進行模擬與預測研究，以規劃提出區域性大規模災害的防災政策，並透過政府、學術、企業跨單位領域的共同合作，減少大天然災害發生實的損失，實現安全的生活環境。其主要任務包括：
 - (1) 進行日本南海海溝(Nankai Trough)發生大規模地震時所需災害整備工作的情境模擬

- (2) 建立日本南海海溝發生大規模地震時高精確度的災害損失評估
- (3) 建立日本伊勢灣(Isewan)發生超級颱風時高精確度的的災害損失評估
- (4) 發展新一代天然災害監測技術
- (5) 建立合乎社會需求的理想防災標準

(六) 日本名古屋大學地球水循環研究中心(Hydrospheric Atmospheric Research Center, HyARC)

1. 組織架構：名古屋大學(Nagoya University) 為具有上百年歷史的日本頂尖大學，尤以理工科系見長，校史上出現 6 位諾貝爾獎得主。名古屋大學地球水循環研究中心(Hydrospheric Atmospheric Research Center, HyARC) 成立於 2001 年，為專注於探究地球大氣-地表-海洋-生態圈之間水循環科學過程之日本研究機構，HyARC 的組織架構如下圖所示。



2. 位置：日本名古屋。
3. 主要業務：名古屋大學地球水循環研究中心善長於地球大氣-地表-海洋耦合(coupled) 數值模式的發展及雷達和衛星觀測解析水循環之分析運用，其研究重點區分為區域尺度之水循環過程、全球尺度之水循環過程及觀測。

(七) 日本氣象協會(Japan Weather Association, JWA)

1. 組織架構：為創建於 1950 年之第一家日本民間氣象服務機構，1963 開始於日本電視臺 NHK 提供天氣預報解析評論，1973 開始針對鐵路提供客製化氣象服務，1990 開始針對針葉樹提供氣象預報服務，1995 年開始進行地區性氣象預報服務，1998 年陸續拓展氣象預報服務至海嘯、洪水災害、太陽能、健康領域，近年更自行開發具專利的細緻化預報服務，以及自建地區性降雨雷達，拓展多樣深入式服務。組織分為本社及事業本部(如下圖)，前者包含經營企畫本部、管理本部、技術本部，後者則下設北海道支社、東北支局、中部支社、關西支社、九州支社。



2. 位置：日本東京。
3. 主要業務：JWA 有三大業務主軸，包含減災服務、環境與能源服務及媒體和客戶服務，業務核心在於提供官方預報資訊之外更具獨特細緻加值化氣象預報產品，並全力配合客戶提供定製化地區化產品服務，以穩定的高品質服務贏取客戶信賴，目前甚至接受日本氣象廳委託協助執行國際氣象援外服務，其約有 636 位員工，營業額一年進百億日圓。由於我國非聯合國成員，無法經由世界氣象組織(World Meteorological Organization；WMO) 資料廣播管道直接取得全球氣象觀測資料，因此本與日本氣象協會(JWA) 自民國 74 年簽訂氣象資料供應服務事宜，目前氣象局透由 JWA 管道即時取得全球氣象觀測資料及日本氣象廳(JMA) 所屬之氣象模式數值預報資料與日本地球同步衛星觀測，雙方每 2 年續約 1 次，並且雙方成員每年交換訪問檢討資料供應情形，並適時調整資料傳輸方式、速率與內容。

(八) 日本氣象業務支援中心(Japan Meteorological Business Support Center, JMBSC)

1. 組織架構：為日本氣象廳(JMA) 為因應 1993 年日本氣象法修訂開放民間從事氣象預報服務而於 1994 年成立之財團法人機構，專責供應日本氣象廳(JMA)授權之相關觀測與預報資料予民間氣象公司，其扮演官方氣象廳與民間氣象業者之間的橋樑，支援和強化民間氣象業者推展自然災害的預防與減緩。因業務重點為氣象資訊傳送，支援 7-24 全時不中斷的資訊作業與監控為該中心組織架構的核心，下圖為其機房及作業室。



2. 位置：日本東京。
3. 主要業務：JMBSC 提供的服務範圍主要包含四個領域(1)提供 JMA 的氣象數據資料，產品和訊息；(2)提供國家氣象預報考試及認證；(3)代表官方檢校氣象儀器；(4)提供氣象技術的訓練課程、氣象顧問諮詢、協助出版 JMA 官方相關文件等其它服務。其本質上可說是日本氣象廳的附屬單位，日本氣象廳退休高層官員經常會受聘為該中心的理事長或資深顧問。

(九) 理化學研究所之計算科學先進研究所(Advanced Institute for Computation Science；AICS)

1. 組織架構：理化學研究所(Institute of Physical and Chemical Research；RIKEN) 為日本以優異研究成果享譽國際之自然科學系綜合研究所，基礎研究至應用研究均有，涵蓋物理學、化學、工學、生物學、醫科學等領域。數年前 RIKEN 獲得政府大力支持而建立日本最快之超級電腦(日本富士通公司製造之 K-Computer，如下圖)，為強化超級電腦的維運與應用而於 2010 年創立計算科學先進研究所(Advanced Institute for Computation Science；AICS)。為發揮超級電腦的應用與研究，組織架構上主要有三個單元：(1) 作業與電腦技術組(Operations and Computer Technologies Division)，(2) 研究組(Research Division)，(3) 下世代 Exascale 電腦發展計畫任務編組(Exascale Computer Project)。



2. 位置：日本神戶。
3. 主要業務：該所藉由充沛的電腦資源推動許多先進尖端的技術研究，其中包含海氣象數值模擬領域。AICS 有三大任務：
 - (1) 支援京(K)超級電腦在研究及工業應用上之作業維運；
 - (2) 透由電腦及計算科學領域專家之間的合作開拓先進尖端研究；
 - (3) 推動日本計算科學及下世代 exascale 運算電腦的未來發展策略。

(十) APEC 氣候中心(APEC Climate Center, APCC)

1. 組織架構：亞太經合會氣候中心(APEC Climate Center：APCC)前身為 APEC 氣候網絡(APEC Climate Network, APCN)。韓國氣象局在 1998 年 APEC 部長會議中提出在 APEC 架構下建立一區域氣候網絡，並且於 2005 年第 13 屆 APEC 經濟領袖會議(13th APEC Economic Leaders' Meeting)中正式成立 APCC。APCC 希望透過加強區域間科學與技術的互相合作與資源共享，提供更精確的氣候資訊以及先進技術給亞太地區各經濟體成員，有效幫助各成員進行相關決策、以及氣候災難之應變。

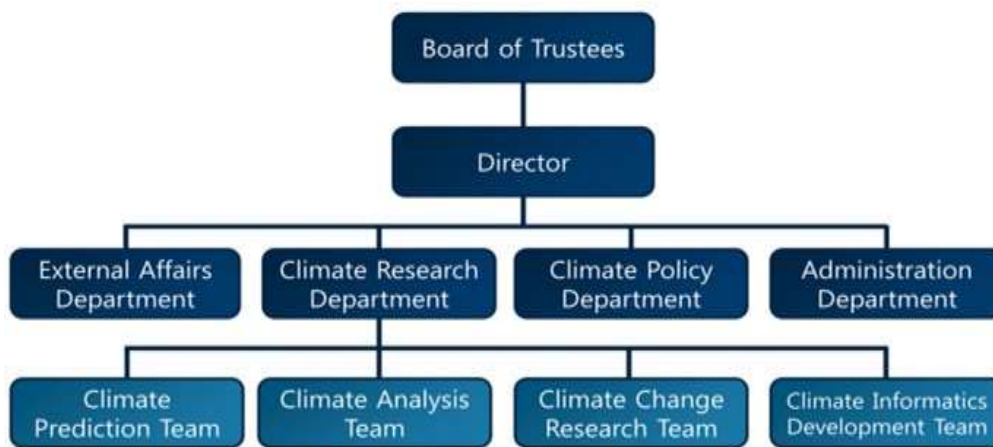
APCC 組織架構，如下圖所示，最高層級為 APCC 董事會，中心主任向董事會負責。現任主任是 Chin-Seung Chung 博士，為中心最高主管。下設國際合作組、氣候研究組、氣候政策組、及行政組。目前 APCC 約有 72 名員工，其中有 33 位博士、1 位博士後、3 位博士候選人、24 位碩士、以及 11 位學士。四個組當中，又以氣候研究組人數最多共 51 人，多為地球科學、大氣科學、氣象學及統計學的碩博士。

國際合作組主要負責國際合作事物，如與 APEC 秘書處之間的聯繫、策劃國際型學術研討會及論壇，以及相關公共關係事物等工作。目前國際合作組組長為 Sangwon Moon 女士，總共有 6 名成員。

氣候政策組則進行氣候相關政策與科技發展的研究與分析，制定中長期之管策略目標、並且協助 APCC 訂立未來發展計畫。目前氣候政策組組長為 Hyongwon Kim 博士，總共有 6 名成員。

行政組負責 APCC 營運相關的行政事物，包括舉辦會議、安排訪問學者、營運成本管理及工作成員行政事務之安排處理等。目前行政組組長為 Yeo-Hoon Yoon 先生，小組成員總共有 7 人。

氣候研究組現任組長為 Hyung Jin Kim 博士，主要致力於氣候相關研究與發展、提供長期預報、氣候相關資訊服務產品（如網路氣候資料庫等）的開發。氣候研究組底下又設置有四個工作分組：氣候分析分組、氣候預報分組、氣候變遷研究分組及氣候資訊與應用分組。其中氣候分析分組有 13 人、氣候預報分組有 11 人、氣候變遷研究分組有 17 人、氣候資訊與應用分組有 8 人，總共 51 位成員。



2. 位置：APEC 氣候中心位於韓國釜山市。

3. 主要業務：

(1) 氣象服務

A. 月季預報(每月更新)

APCC 收集來自各國國家水文氣候部門、以及 APEC 九個經濟體成員中的 17 個研究機構的資料，使用系集模式預報技術(Multi-Model ensemble, MME)進行資料彙整，每月發布 1 個月領先預報(one-month lead three month mean climate forecasts)，並且將預報結果提供給 APEC 各成員參考使用。本預報包含 3 個變數：降水量、850 百帕的溫度、以及 500 百帕的重力位高度。除了 3-month MME 預報之外，APCC 也提供長達 6 個月的 6-month MME 預報服務。

B. 北半球夏季季內震盪(BISIO)預報

亞洲季風區在夏季受到北半球向北傳遞(主要在印度洋)的熱帶季內震盪(Intraseasonal Oscillation, ISO)對此區域影響甚鉅，APCC 自 2013 年起，開始提供北半球夏季季內震盪預報(Boreal summer intraseasonal oscillation, BSISO)服務，對上述現象進行觀測並提供相關資訊給大眾，希望協助減少亞洲地區的經濟損失以及促進此區人民的生命財產與安全。

C. 氣候資訊工具集(CLIK)

CLIK(Climature Information tool Kit)是一個儲存大量氣候數據的網路工具資料庫，可供預報人員、研究人員、及政府決策單位使用。使用者可登入本網站，線上使用並製作客製化的 MME 預報、以及地區季節預測。

D. APCC 資料服務系統(ADSS)

ADSS(APCC Data Service System)是 APCC 提供之氣候電子資料的線上服務資料庫，儲存大量的即時氣候監控資訊，供使用者參考。相關氣候資訊皆來自 APCC 合作的成員底下的監控資料，因此欲使用本網站須先向 APCC 的管理人員申請帳號及許可方可登入。

E. (TRACE)

TRACE(TRACKing Environmental ChangEs)是唯一提供全球氣候相關資訊的新聞網站平臺，蒐集世界各地與氣候變遷還有環境變異相關的新聞，並提供即時訊息供大眾、研究人員及政策決策者參考使用。除此之外，TRACE 還設有論壇的功能，供使用者可以直接在線上進行議題討論與資訊分享。

(2)國際會議與訓練

APCC 每年定期舉辦 APEC 氣候研討會(APEC Climate Symposium)，邀請氣象的專家學者，進行資訊及知識交流之外，亦不定期舉辦各種學術、技術類型的講座還有工作坊。APCC 也提供訓練課程與短期交換計畫，如每年定期招募氣象相關領域青年研究員至韓國 APCC 中心進行 3~6 個月的短期訪問，協助培養青年研究員的能力育成，對象主要是以開發中國家的氣象水文部門或相關研究機構的青年研究員為主。

(3)國際合作

A. 全球氣候服務框架(GFCS)區域合作夥伴

APCC 為全球氣候服務框架(The Global Framework for Climate Services, GFCS)的區域合作夥伴。GFCS 是由世界氣象組織(WMO)提出的國際氣象作業與服務架構，旨在提昇各國國家氣象水文機構在氣候應用及調適的能力與技術，進而提供更優良的氣候服務，此架構也受到聯合國的大力支持。目前 GFCS 歡迎 WMO 會員、政府間或非政府組織、區域、國家或在地組織加入成為 GFCS 的合作夥伴。

目前 GFCS 的合作夥伴有世界衛生組織 WHO、世界銀行 WB、聯合國開發計畫署 UNDP、紅十字會與紅新月會國際聯合會 IFRC、聯合國國際減災策略組織 UNISDR、聯合國教科文組織 UNESCO 等；贊助夥伴則有加拿大外交暨發展國貿部(Department of Foreign Affairs, Trade and Development)、英國氣象局(Met Office)、澳洲氣象局(Australian Government Bureau of Meteorology)等。

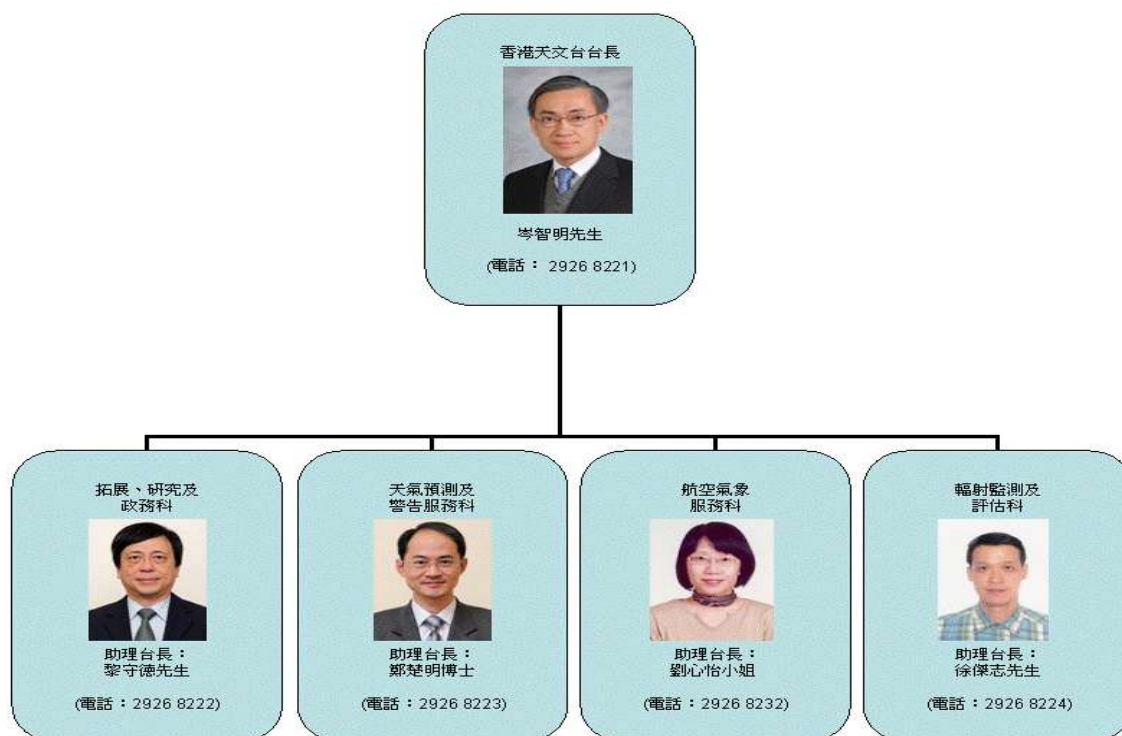
B. 各國與 APCC 交流發展策略

APCC 提供 APEC 各成員及區域其他國家各項的重要氣象預報及監控訊息。在預報方面，由於製作 MME 預報須仰賴各地第一手的觀測數據，因此 APCC 也與全球 9 國 17 個重要氣象預報中心及研究機構進行國際合作，彼此互相提供相關數據及資源資訊共享。

三、赴香港、澳門及新加坡相關單位簡介

(一) 香港天文臺

1. 組織架構：香港天文臺是一個負責監測及預測天氣、針對與天氣有關的災害發出警告的政府部門，並監測和評估香港的輻射水平，提供函蓋一般民眾、航空、工業及工程等行業之氣象和地球物理服務，隸屬於「香港特別行政區政府／商務及經濟發展局」。香港天文臺自 1883 年成立，1884 年開始氣象定時觀測，1921 年開始地震測量工作，1937 年設立航空氣象服務，1948 年加入國際氣象組織(IMO，即世界氣象組織前身)至今。現任臺長為岑智明，轄下四大業務部門，分由 4 個助理臺長負責協助管理推動相關業務，黎守德助理臺長負責拓展、研究及政務科，鄭楚明助理臺長負責天氣預報及警告服務科，劉心怡助理臺長負責航空氣象服務科，徐傑志助理臺長負責輻射監測及評估科。



2. 位置：香港九龍尖沙咀彌敦道 134A 號

3. 主要業務：

(1) 氣象服務

宗旨是向市民、特殊用戶、航海界、飛機及航空業人士提供天氣預報服務及發出警告，以減輕惡劣天氣所造成的人命傷亡和財物損毀，以及對經濟和社會活動的影響。香港天文臺的天氣預測總部及機場氣象所負責為市民、航海及航空業人士製作和發布天氣資訊、天氣預報及各類惡劣天氣警告。香港天文臺亦負責促進市民對天災的認識及提醒市民作出防備。這方面的工作包括：

- A. 管理氣象站網絡，網絡內的氣象站大部分是自動操作的。

- B. 與世界各地的氣象中心即時交換數據。
- C. 接收氣象衛星影像及操作氣象雷達系統。
- D. 分析氣象數據，並利用數值模式計算未來的天氣情況。
- E. 採用多種方法發布天氣資訊。
- F. 發出惡劣天氣警告，例如熱帶氣旋、風暴潮、暴雨、山泥傾瀉、水浸、雷暴、風切變、火災危險警告及酷熱和寒冷天氣警告。
- G. 舉行公開講座、接受傳媒訪問、開辦培訓課程，以及製作有關惡劣天氣現象的宣傳資料。

(2) 輻射監測及評估

宗旨是提供香港環境輻射水平的資料，並就發生核事故時所需要採取的防護措施，向政府部門提出建議。香港天文臺負責監測香港的環境輻射水平，並採集空氣、泥土、水及食物等樣本進行輻射測量。在發生核事故時，香港天文臺會通知政府部門及評估事故對香港可能造成的影響，並向政府部門建議防護措施。此外，香港天文臺亦為參與執行香港核事故緊急應變計劃的其他政府部門的人員，安排輻射監測訓練和練習。這方面的工作包括：

- A. 操作輻射監測網絡、空中監察系統、流動輻射測量站、輻射實驗室及應急輻射數據管理系統。
- B. 留意核意外後果評估方法的最新發展。
- C. 規劃及參與有關核事故的應急練習和演習。

(3) 時間標準及地球物理服務

宗旨是維持香港的時間標準及向市民提供地球物理、海洋、天文及氣候資料。香港天文臺負責維持香港的時間標準，以及提供報時訊號。香港天文臺負責編製、整理及提供為進行工程規劃、設計及環境影響評估所需的地球物理、海洋及氣候資料。香港天文臺亦留意與全球氣候轉變等國際問題有關的最新研究及發展情況，並就該等問題可能產生的影響，向政府提供意見。這方面的工作包括：

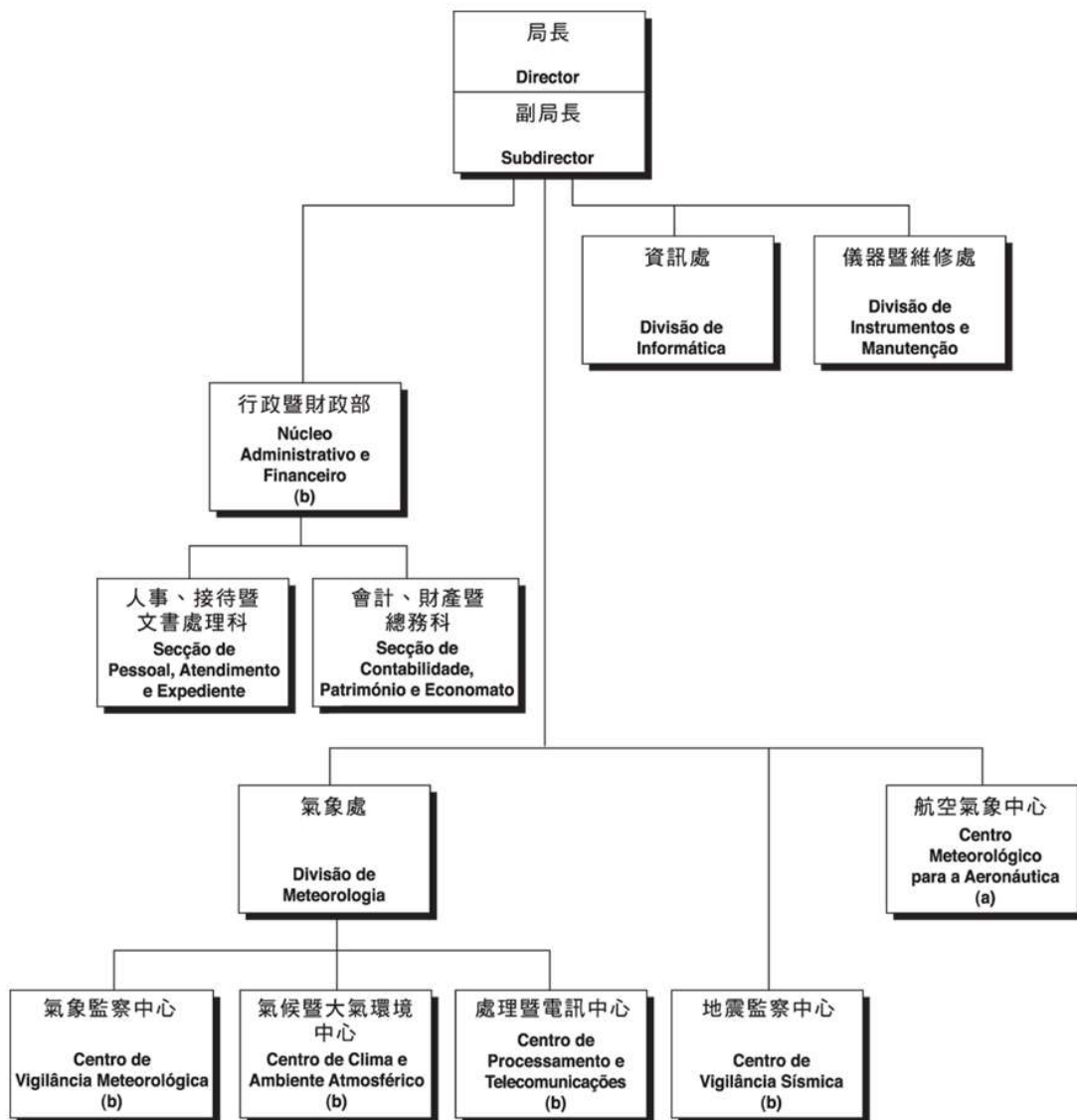
- A. 操控銨原子鐘作為香港的時間標準，以及透過各電臺、自動答覆電話查詢服務及互聯網校對時鐘服務提供報時訊號。
- B. 管理地震、潮汐及水位監測網絡，並分析數據資料。
- C. 編製氣候及其他方面的數據。
- D. 提供厄爾尼諾及其他較長期的氣候現象對香港的影響的最新資料。



天文臺用以預警災害天氣的風球。

(二) 澳門地球物理暨氣象局

1. 組織架構：地球物理暨氣象局(簡稱氣象局、SMG；前稱地球物理暨氣象臺)是澳門特別行政區政府屬下的局級部門，隸屬澳門運輸工務司。成立於一九五二年，至今已經六十多年。澳門氣象局是世界氣象組織、亞太經濟暨社會委員會屬下之颱風委員會和珠江三角洲氣象服務組之成員。氣象局坐落於氹仔大潭山東部，大樓西則為一座高達四十公尺的氣象雷達塔。轄下設置氣象處、資訊處、儀器暨維修處及等同處級之航空氣象中心，另外還有組級單位行政暨財政部和地震監察中心。主管氣象業務之氣象處下設置 3 個組級單位，有氣象監察中心、氣候暨大氣環境中心和處理暨電訊中心。



- (a) 等同處級
Equiparado a Divisão
- (b) 等同組級
Equiparado a Sector

2. 位置：澳門氹仔大潭山天文臺斜路

3. 主要業務：氣象局的工作主要為監測、分析和預報天氣，同時還肩負起各類氣象警告的發放，另外還負責航空氣象、氣候和應對氣候變化的各項工作。在大氣監測上，氣象局設有空氣質量監測網絡和大氣輻射監測網絡。地球物理方面，設有地震監測站和提供地磁、地質和授時等服務。目前局長為馮瑞權，亦為改名為地理物理暨氣象局(前身為地球物理暨氣象臺)後第一任局長，副局長為梁嘉靜。重要單位主要職掌介紹如下：

(1)氣象處

氣象處分成 3 大中心，職掌概述如下：

A.氣象監察中心：(節錄自澳門政府公報)

- 負責分析暨預測天氣中心之全日運作。
- 發展以字母及數碼表示之資訊之使用方法，該等方法適用於一切氣象資訊，尤其為該等資訊之編碼、解碼及納入資訊體系。
- 研究、發展、管理及充分利用關於綜合組織、開拓及顯示地球物理暨氣象臺資訊體系之特定應用程序。
- 研究並發展不同範圍，尤其為區域及地方天氣之分析與預測模式以及將該等模式應用於短期預測。
- 事後分析所觀測之氣象狀況，檢查所編制之預報及發展有助改進預測質量之方法。
- 控制用於分析及預測天氣之氣象資料之質量。
- 以傳統方法及數碼方法準備及組織分析與預測天氣之結果，以滿足地球物理暨氣象臺之需要。
- 根據分析氣象狀況之結果保持氣象監察，編制通告及天氣預報，並促進其傳播。
- 根據有關法律規定，編制惡劣氣象狀況之通告，以及與民防方面之官方實體合作，尤其促進熱帶風暴訊號及季候風訊號之懸掛及除下之工作，並負責將有關通告向官方實體及大眾傳播。
- 負責澳門氣象總站之氣象觀測，並發出關於觀測結果之通告。

B. 氣候暨大氣環境中心：(節錄自澳門政府公報)

- 促進設立及保持屬於地球物理暨氣象臺網絡之觀測站，負責其有效運作，以及促進其逐漸自動化。
- 制訂觀測之規則及方法，並使其獲遵守。
- 制訂並執行空氣質量計劃。
- 促進及負責監察大氣之天然及人工放射現象。
- 收集、審查、記錄觀測及測量所得之結果，並使之有效及可動用，以便納入資訊體系。

- 記錄觀測站之運作條件及協助編寫有關手冊，以便使氣象探測之技術程序協調一致。
- 處理及組織氣候資料並使之可動用，以便存檔。
- 編制氣候狀況方面之報告。
- 開展統計氣候學之研究並確保氣候學數列之合理性。
- 進行氣候研究，尤其為區域及地方範圍之氣候研究。
- 研究人類活動對氣候之變化、對大氣成分之改變及對生態系統之影響。
- 進行生物氣候學、城市氣候學及樓宇氣候學之研究。
- 促進、統籌及進行對大氣污染之研究以及有利於保護空氣質量之氣象狀況之研究。
- 根據現行法例及地球物理暨氣象臺職責，在對工業活動發出准照方面提供協助。
- 創立及發展大氣污染物質分布之模式，以用於對環境影響之研究、發出准照之程序及制訂管理空氣質量之策略。
- 協助制訂減少廢氣排放之計劃及達致或保持空氣質量水平之策略。
- 與其他機關合作，促進編制及更新來自固定源及流動源之氣體排放之地點圖表。
- 負責海島市地球物理暨氣象臺分站之運作。
- 安排及陪同對地球物理暨氣象臺之學習參觀。

C.處理暨電訊中心：(節錄自澳門政府公報)

- 網絡內操作系統之運作，以回應地球物理暨氣象臺使用人之要求。
- 開發電腦及有關周邊設備之網絡。
- 在地區及國際上交換地球物理及氣象之通告。
- 地球物理資訊之傳播。

(2)資訊處

資訊處主要負責資訊方面之相關業務，包含與其他機關之資訊傳送及聯繫，以及內部資訊工具使用情形之改善等。

(3)儀器暨維修處

負責各種儀器設備和儀器之維修、安裝、修理及檢驗等工作。

(4)航空氣象中心

位於澳門國際機場，專責為機場有關用戶提供 24 小時氣象服務。服務範圍包括每半小時之例行天氣報告(METAR)、特殊天氣報告(SPECI)、及每 6 小時之機場天氣預報(TAF)，以及為離澳航班提供飛行氣象文件。航空氣象中心亦適時發出強風及雷暴警告，以確保機場內之設施、航機及人員之安全。

(三) 颱風委員會 (Typhoon Committee, 簡稱 TC)

1. 組織架構：颱風委員會是亞太經社委員會 (ESCAP) 和世界氣象組織 (WMO) 聯合主持的一個政府間組織，其宗旨是改善和協調亞洲及太平洋地區防災規劃和措施，減輕自然災害 (特別是颱風) 造成的人員及財產損失。颱風委員會設有諮詢、氣象、水文、防災減災、培訓與研究、經費籌措等工作組，並於每年召開一次綜合研討會和一次年會。此次行程參訪的是颱風委員會的秘書處 (Secretariat)，秘書處是協助颱風委員會日常工作的執行部門，主要功能是向成員國提供氣象、水文、防災、備災以及颱風損壞的緩解等技術和行政協調。颱風委員會 1968 年成立於菲律賓馬尼拉，2007 年起颱風委員會秘書處移至中國澳門，由澳門特別行政區政府向秘書處提供辦公用房和現金捐款，供秘書處用於支付房舍的運轉和保養費用。秘書處現有氣象專家、水文專家、行政秘書、財務會計共計 4 名工作人員。
2. 位置：Typhoon Committee Secretariat (秘書處), Avenida de 5 de Outubro, Coloane, Macao, China
3. 主要業務：
 - (1) 定期審查各領域在預防颱風損害方面的進展。
 - (2) 推薦給與會國家政府防颱損害所需要之氣象/水文設施的改善計畫及措施。
 - (3) 提供與會國家政府改善社區備災和防災計劃措施之建議。
 - (4) 推動區域內各國建立颱風預報預警、水文和防汛人員培訓方案及設施，並在必要時安排訓練。
 - (5) 促進和提交給與會各國政府或其他組織與颱風相關之研究計畫及活動，並根據需求提供對此類計劃之資金和技術支持。
 - (6) 基於各成員國的利益及需求，尋求聯合國開發計畫署及其他組織成員提供的經濟、科技及其他協助，並協助移轉至各成員國。

(四) 新加坡氣象局(Meteorological Service Singapore, MSS)

1. 組織架構：新加坡氣象局目前屬於新加坡國家環境局(National Environment Agency, NEA)管轄，兩者同屬新加坡環境與水源部之法定委員會。國家環境局掌管全國天氣/氣候、公共衛生、空汙、環境及能源等事務，其中氣候服務與氣象預報則由新加坡氣象局全權負責。目前局長為 Ms Wong Chin Lin，職稱為「Director General」。局長底下設置 4 個部門，分別為氣象服務組(Weather Services Department, WSD)、氣象系統組(Meteorological Systems Department, MSD)、風險與資源組(Risk and Resource Department, RRD)及新加坡氣候研究中心(Centre for Climate Research Singapore, CCRS)。其研究單位除新加坡氣候研究中心外，亦擁有東協氣象中心(the ASEAN specialized Meteorological Centre, ASMC)。其願景為成為世界級的氣象中心，為大眾提供準確的預報服務、提昇民眾的生活品質。

Organisation Structure



2. 位置：40 Scotts Road, #13-00, Environment Building, Singapore 228231

3. 主要業務：

- (1)新加坡氣象局主要業務概述如下：

- A.收集、處理及交換氣象觀測資訊；
- B.提供航空業、海運業以及一般大眾氣象預報與相關資訊；
- C.為強化服務品質進行相關研究與開發；
- D.針對新加坡的氣候紀錄及歷史資料進行編輯並歸檔管理；
- E.促進並參與國際氣象合作計畫；
- F. 科普宣導教育課程。

- (2)而其 4 大部門的主要職責內容如下：

- A.氣象服務組：

氣象服務組提供全天候的氣象預報資訊、警報、以及提供國家重要單位機構相關的監測與評估訊息，如民航、軍事、海事、公/民營機構以及一般大眾。

在組織管理架構中，氣象服務組下設兩個中心：

- 中央預報中心（包括實里達氣象中心）
- 軍事氣象中心（巴耶利峇，三巴旺及登加）

B. 氣象系統組：

氣象系統組提供氣象還有電腦資訊設備之裝設與維護之相關服務，以符合新加坡氣象局在營運及技術操作上之需求。組織管理架構中，另下設三個小組：

- 技術應用小組
- 系統管理小組
- 觀測系統小組

C. 風險與資源組：

風險與資源部負責以企業/組織視角出發對環境與天然災害所帶來的風險與衝擊影響進行評估與研究分析。在組織管理架構中下設三個小組及一個客服中心窗口：

- 戰略與對外拓展小組
- 商業管理小組
- 災害風險與衝擊評估小組

D. 新加坡氣候研究中心：

新加坡氣候研究中心為新加坡氣象局研發部門，針對東南亞地區的熱帶氣候及氣象進行調查與研究，為該領域之傑出領導研究機構。此中心主要的研究領域為氣候預測、季節性展望、天氣預報、天氣與氣候進程研析、以及氣候研究還有國際合作等內容。組織架構除主任外底下設置三個小組：

- 氣候與氣候研究小組
- 天氣模擬與預報小組
- 氣候模擬與預測小組

另外，新加坡氣象局近年來積極推動國際交流，並且不斷透過延攬國際優秀人才加強其專業領域研究及區域影響力，企圖心相當旺盛。特別希望在東協國家中扮演領頭羊的角色，在區域氣候服務之提供與訊息交換上擔任重要的關鍵。目前東協氣象中心(the ASEAN Specialised Meteorological Centre, ASMC)即由新加坡氣象局主持營運，亦是該局重要的研究單位。

東協氣象中心成立於 1993 年，係東協成員的國家氣象水文服務部分共同組成的區域合作計畫，計畫宗旨乃為增進區域氣象能力及增強氣象服務提供能力。除此之外，ASMC 也擔任東協各國跨部門委員會間的氣象諮詢之角色，提供氣象領域的技術性協助，主要業務活動為監測並評估東協地區跨國界的森林大火、霧霾等災難，並提供季節性氣候預報產品、更新氣象資訊，以協助東協成員的環境部、森林部等有關單位採取適當的減災政策。

新加坡近年來積極舉行國際交流會議及活動。重要的表列如下：

新加坡氣象局主辦籌劃之區域活動/會議

	名稱	時間	舉辦地點
1	第一屆東南亞國協氣候展望論壇 ASEAN Climate Outlook Forum (ASEAN COF)	2013 年 12 月 3 日至 5 日	新加坡
2	第三屆東南亞氣候科學專家網絡 (CSEN) 會議暨 IPCC AR5 結果報告	2014 年 1 月 13 日至 15 日	新加坡
3	第四屆東南亞氣候分析和模擬研討會 4th Southeast Asia Climate Analysis and Modelling (SEACAM) Workshop	2014 年 2 月 25 日至 27 日	新加坡
4	海岸保護與海洋建模技術會議	2014 年 3 月 3 日至 7 日	新加坡
5	東南亞氣候科學專家網絡 (CSEN) 海平面上升研討會 CSEN on Sea Level Rise Workshop	2014 年 3 月 5 日	新加坡
6	東南亞氣候科學專家網絡 (CSEN) 都市熱島研討會	2014 年 3 月 6 日	新加坡
7	第二屆東南亞國協氣候展望論壇 (ASEAN COF-2)	2014 年 5 月 29 日 (視訊會議)	新加坡
8	第三屆東南亞國協氣候展望論壇 (ASEAN COF-3)	2014 年 11 月 17 日至 19 日	新加坡
9	第四屆東南亞國協氣候展望論壇 (ASEAN COF-4)	2015 年 5 月 21 日至 22 日	印尼
10	第五屆東南亞國協氣候展望論壇 (ASEAN COF-5)	2015 年 11 月 18 日至 20 日	新加坡

區域氣象活動/會議參與

	名稱	時間	舉辦地點
1	第二屆亞太氣象諮詢與 APANPIRG CNS/MET 預警執行工作小組會議 The 2nd Meeting of ASIA/PAC Meteorological Advisories and Warnings Implementation Task Force of the CNS/MET Sub-Group of APANPIRG	2012 年 4 月 19 日至 20 日	泰國曼谷
2	東協第 34 屆氣象與地球物理小組會議 (SCMG)	2012 年 4 月 24 日至 26 日	柬埔寨暹粒
3	衛星與雷達資料判讀訓練課程	2012 年 5 月 21 日至 26 日	印尼 Citeko
4	第 16 屆亞太 CNS/MET 小組會議 (Communications/Navigation/Surveillance and Meteorology, CNS/MET)	2012 年 7 月 23 日至 27 日 23-27 July 2012	泰國曼谷
5	第二屆南中國海海嘯預警與調適區域工 作小組會議 (ICP/PTWS Regional Working Group on Tsunami Warning & Mitigation in the South	2012 年 10 月 16 日至 18 日	馬來西亞 Petaling Jaya

	China Sea)		
6	第 46 屆 ESCAP/WMO 颱風委員會議	2014 年 2 月 10 日至 13 日	泰國曼谷
7	氣象雷達與維護暨即時雷達雨量估計預報區域訓練工作坊	2014 年 2 月 24 日至 3 月 7 日	泰國曼谷
8	2014 歐洲地球科學聯合會議 (EGU)	2014 年 4 月 27 日至 5 月 2 日	奧地利維也納
9	第六屆 WMO 六區協 NMHS 管理會議	2014 年 4 月 30 日至 5 月 1 日	印尼雅加達
10	第 16 屆 WMO 六區協會議	2014 年 5 月 2 日至 8 日	印尼雅加達
11	2014 國際東協氣候評估與資料庫會議暨工作坊 International ASEAN South East Asia Climate Assessment & Dataset (SACA&D) Conference & Workshop 2014 (IASCW)	2014 年 5 月 20 日至 23 日	印尼茂物
12	第四屆東南亞國協氣候展望論壇 (ASEAN COF-4)	2014 年 5 月 21 日至 19 日	印尼雅加達
13	東南亞地球大氣環流再建工作坊 (ACRE SE Asia)	2014 年 5 月 27 日至 28 日	馬來西亞吉隆坡
14	東協制火及警報級別工作小會會議	2014 年 6 月 11 日至 12 日	馬來西亞 Petaling Jaya
15	英國氣象局參訪暨統一模型使用者工作坊	2014 年 6 月 1 日至 7 月 6 日	英國阿克希特
16	氣候服務技術會議-建立氣候資訊與服務系統 (Climate Information and Prediction Services, CLIPS)	2014 年 6 月 30 日至 7 月 2 日	德國海德堡
17	第 11 屆亞洲海洋地球科學會議年會	2014 年 7 月 27 日至 8 月 1 日	日本札幌
18	第 36 屆東協氣象與地球物理小組會議	2014 年 9 月 1 日至 3 日	寮國永珍

(五) 新加坡氣候研究中心(Centre for Climate Research Singapore)

1. 組織架構：新加坡氣候研究中心隸屬於新加坡氣象局，自 2013 年成立之後即致力網羅各國之優異專業人士，為新加坡氣象局底下負責進行研究與發展的單位。目前之負責人為中心主任 Dr. Chris Gordon，下設中心經理，以及 3 個主要的研究小組：氣候與環境研究小組、天氣模擬與預測小組和氣候模擬與預測小組，分別由兩位資深研究員統籌管理。此外，新加坡氣候研究中心網羅了 7 名來自國內外知名傑出的氣象/氣候科學家組成國際科學諮詢小組(The International Scientific Advisory Panel, ISAP)，負責針對氣候研究中心的研究計畫提供專業的科學建議以及戰略方向意見諮詢。



2. 位置：36 Kim Chuan Road, Singapore 537054
3. 主要業務：針對新加坡還有東南亞地區的熱帶氣候變異度以及變遷、還有相關氣候系統進行科學研究與瞭解，增進氣候知識與專長以便協助政府及社區進行適當的決策與執行，希望成為世界級之東南亞熱帶天氣氣候研究的傑出研究中心。其主要研究領域包含：

(1) 氣候預測

目的在於對新加坡及週邊地區的氣候變遷狀況進行深度瞭解與研究、模擬氣候情境 (Climate Scenario) 以協助制定國家未來應變計畫。實際研究活動內容包括：

- A. 進行「第二屆國家氣候變遷研究計畫」；
- B. 利用顯示對流(Explicit Convection)進行高解析度 (1.5km) 氣候模擬；
- C. 瞭解並檢測新加坡以及周邊地區的未來天候趨勢。

(2) 季節性氣候展望

提供新加坡以及東南亞地區的季節預報給有需要的使用者，協助災難風險管理決策能更易於進行。

(3) 天氣預測

與英國氣象局進行技術合作交流計畫，以增進 MSS 的數值天氣預報能力。

(4)瞭解天氣與氣候過程

針對天氣與氣候現象進行大範圍、且長期的研究，增進模擬與預報的能力，提供更高品質、更準確的氣象資訊給多元化的使用用戶，瞭解並評估未來潛在氣候衝擊與影響。研究活動包括以下：

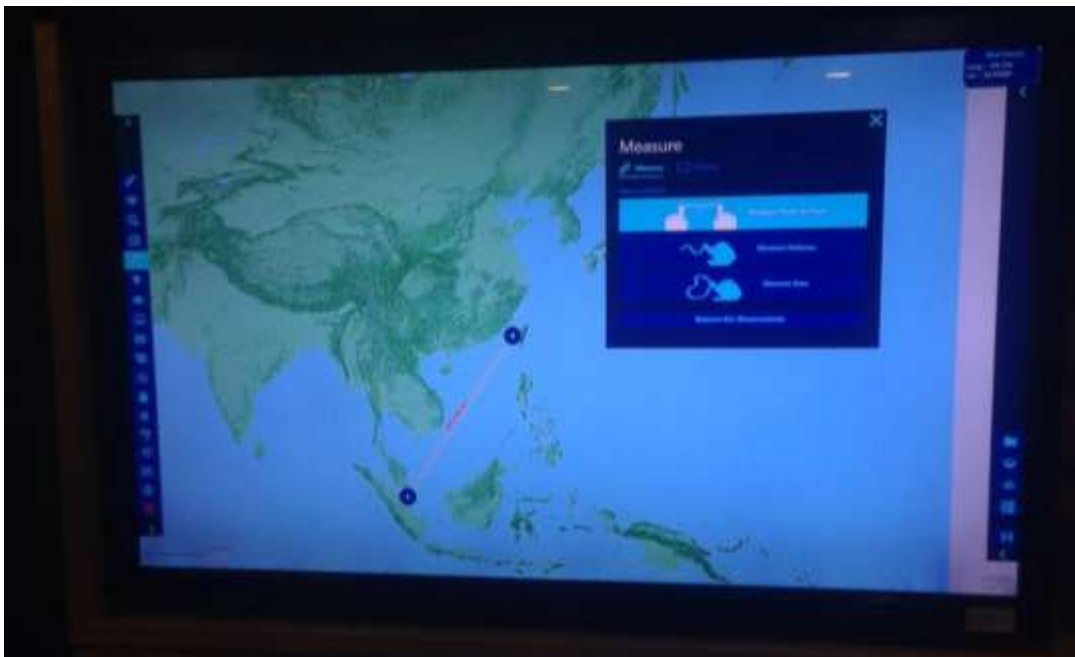
- A. 熱帶對流與聖嬰事件的年際變化
- B. 導致乾旱及霧霾的氣象條件與活動
- C. 東南亞季風季節的極端降雨事件
- D. 區域氣候分析
- E. 研究熱帶地區的數值天氣預報模式之背景誤差
- F. 針對蘇門答臘颶天氣現象進行研究

(5)氣候與環境研究

與上述「瞭解天氣與氣象過程」研究主題合作，針對當地氣候趨勢與氣候變遷因素進行監測、記錄、歸檔統計以及評估。

(六) 新加坡南洋大學地球觀測中心(Earth Observatory of Singapore)

1. 組織架構：新加坡南洋大學地球觀測中心為新加坡南洋大學下之一個研究機構，成立於 2009 年 2 月。地球觀測中心是由新加坡國家研究基金會(Singapore' s National Research Foundation)，教育部(Ministry of Education)和新加坡南洋理工大學(Nanyang Technological University, NTU) 資助的獨立自主的研究機構，為新加坡卓越計劃研究中心的一部分。許多中心內的科學家也是新加坡南洋科技大學新創設的地球科學部教授。目前主任為 Dr. Kerry Sieh，轄下有技術總監、聯席首席研究員、永續發展技術總監、企業服務總監、構造小組負責人、發展總監及社區參與總監等重要負責人。
2. 位置：Block N2, Section A, 50 Nanyang Avenue, Singapore 639798
3. 主要業務：新加坡南洋大學地球觀測中心進行東南亞及其周邊的地震、火山活動、海嘯及氣候變遷的基礎研究，期能協助建構更加安全及永續的社會。地球觀測中心期望在改善及提昇人們生活品質部分做出貢獻，其推廣的目標包含：
 - (1)影響區域企業和政府領導人的戰略決策。
 - (2)對地球過程更深入的瞭解。
 - (3)提昇對區域天然災害的認識。
 - (4)對於東南亞及周邊地區提供更安全的永續生存。



地球觀測中心之觸控式顯示牆，可以進行迅速的資訊及部分檢視工具的處理。

肆、研習重點

一、夏威夷相關單位

(一) 與夏威夷大學海洋暨地球科學與技術學院的相關學者專家之會談討論

夏威夷大學(University of Hawaii; UH)的海洋暨地球科學與技術學院(School of Ocean and Earth Science and Technology; SOEST)於 1988 年成立，包含四個系所：大氣科學系(Department of Atmospheric Sciences)、海洋學系(Department of Oceanography)、地質與地球物理學系(Department of Geology and Geophysics)、海洋與資源工程學系(Department of Ocean and Resources Engineering)，以及多個研究機構，其教職員數約 700 人，每年的預算超過 1 億美元，是海洋、地球、大氣等跨領域研究及教學的領導機構。其中

1. 大氣科學系已成立超過 50 年，擁有多位國際知名的學者擔任教授，在研究與教育上於美國國內和國際皆有相當良好的聲譽，去年其系所內的王斌教授並以其長年在提昇短期氣候月季預報的貢獻，獲美國氣象學會(AMS)頒發全球氣象界至高的羅士培(Rossby)獎。大氣科學系的發展重點包括：中小尺度的劇烈天氣分析與測報技術、颶(颶)風模式及測報技術、氣候模式及預測技術、氣候動力與科學研究等。大氣科學系在研究與實務應用上均相當活躍，不僅積極參與美國 NOAA 在夏威夷的多個研究或技術服務計劃，並提供美國氣象局(NWS)的夏威夷天氣預測辦公室(Hawaii-WFO)的天氣預報作業，以及美國海軍聯合颶風警報中心(JTWC)的颶風預報作業所需的各項作業技術支援。大氣科學系並與我國科技部及國立中央大學等相關防災或學研單位簽有合作協議，長期促進臺美於氣象科學研究與實務的交流和發展，和氣象局亦有多項業務的技術交柳與互動。
2. 海洋學系，在過去 20 年間迅速擴張，分為物理海洋、海洋地質及地球化學、海洋生物學等 3 個分組，並運用 SOEST 的 2 艘海洋研究船進行相關科學研究與應用技術發展，其重點研究方向包括：海洋渦流、波浪、海岸動力、海洋物理及生物交互作用、衛星遙測、大氣與海洋交互作用、上古海洋學、生態系統模式、海洋環流、近岸生化循環、板塊運作過程等。
3. 地質與地球物理學系的研究範圍含括地球、海洋及太空領域，分為地球物理及構造、海洋及環境地質、火山學、地球化學及岩石學等 3 個分組，其重點研究方向包括：地球內部動力及組構、地殼的形成、運動及回收、地表水、沉積物及生物、地球歷史、地球災害、資源及永續性、太陽系等。
4. 海洋與資源工程學系的研究範圍含括海岸工程、離岸工程及海洋資源工程領域，分為等 3 個分組，其重點研究方向包括：海潮、波浪及暴潮模式、海嘯潮高與海岸溢淹、海岸區波浪衰減、2 維及 3 維水力模式、沉積物動力、停泊動力學、繫留資料浮標運動分析、斜壓潮汐動力、人工礁石設計等。在此綜合與相關學者專家之會談討論，分下列 4 個主題說明：

(1)海嘯模式與波浪和暴潮模式之技術與應用討論

參與本主題討論的學者包括：張國輝(Kwok-Fai Cheung)教授及李寧(Ning Li)教授，相關討論的重點包括：

- A. 張國輝(Kwok-Fai Cheung)教授所發展的 NEOWAVE(Non-hydrostatic Evolution of Ocean Waves)模式，特別考慮了於海嘯波動傳送的非靜力壓力(non-hydrostatic pressure)效應，改善了傳統 2 維非線性淺水方程(Nonlinear Shallow-water Equations)海嘯模式對於陡峭海底地形的海嘯傳送、海床錯動產生的海嘯、波動頻散(Wave dispersion)等現象無法完全解析缺點，通過了美國國家科學基金會(NSF)於 2009 年所提出複雜地形狀況下海嘯行為模擬的基準測試(benchmark)，並能精確模擬出 2011 年日本福島地震引發之海嘯於宮城縣(Onagawa, Miyagi)所造成的海岸溢淹狀況。
- B. 此模式因考慮了眾多的物理效應，能精確解析海嘯波動傳播及海岸溢淹現象，惟其所需計算時間則遠高於一般的海嘯模式。目前此 NEOWAVE 模式是夏威夷州政府緊急應變單位進行歐胡島(Oahu)海岸溢淹圖繪製的主要工具，同時也以社群模式的型態，提供給世界各國有興趣的研究機構、作業單位或使用者自由進行運用。
- C. 夏威夷大學李寧教授使用 NCEP 的 GFS 全球大氣模式搭配 WW3 全球及區域波浪模式、WRF 區域大氣模式、SWAN 近岸波浪模式、以及 NEOWAVE 海嘯模式，建立一套完整的潮汐-暴潮-波浪預測系統，以對各種氣象或地震狀況下，由全球至近岸的海水位乃至海岸侵蝕或溢淹狀況做全面的掌握，相關模擬及預測資訊所提供的各種應用包括：瞭解太平洋乃至夏威夷的波浪氣候狀態、衛星及浮標量測資料的驗證、海洋及岸邊設施的設計、波能資源評估、珊瑚礁恢復力研究、海岸侵蝕研究等。

(2)熱帶氣旋(颶風)的飛機與雷達觀測作業與研究討論

參與本主題討論的學者包括：Gary Barns 教授及 Michael Bell 教授，相關的重點包括：

- A. 熱帶氣旋生命週期中的生成、發展、移行等各個重要階段，大都位於熱帶洋面，為能進一步瞭解熱帶氣旋演化各階段的物理機制，提昇對熱帶氣旋的路徑與強度預報的掌握能力，於缺乏適當觀測資料廣大洋面，以飛機裝載投落送和機載雷達進行高時空解析度的颶風觀測，提供雲帶、對流雲系、眼牆、環流等颶風位置、結構與強度等相關的觀測資料，對加強颶風的研究與作業是相當重要的措施。
- B. 美國政府在早期尚無衛星觀測的時期，自 1961 年起即開始投入以飛機進行颶風觀測的工作，美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)於 1983 年正式成立飛機營運辦公室(Office of Aircraft Operations；OAO)統籌 10 餘架各式飛機的觀測任務執行，並自 1993 年起改制為飛機營運中心(Aircraft Operations Center；AOC)作業性的提供颶風相關的觀測資料進行監測和預報的作業。

- C. 目前 AOC 主要運用 2 架洛克希德的 WP-3D 獵戶座(Orion)型飛機以及 1 架 IV-SP(G-IV)灣流(Gulfstream)型飛機，提供飛機觀測及投落送相關觀測資料給各作業中心應用，NOAA 並於 2013 年開始以即時方式傳送機載都卜勒雷達的資料。

(3)氣候相關的研究與測報應用討論

參與本主題討論的學者包括：金飛飛(Fei-Fei Jin)教授、王斌(Bin Wang)教授、朱寶信(Pao-Shin Chu)教授等，相關討論的重點包括：

- A. 金飛飛教授長期以來從事大尺度大氣環流和海洋動力學、大尺度海氣交互作用等研究，並以聖嬰氣候震盪動力學有系統的詮釋「聖嬰現象」，在國際熱帶氣候動力領域上有很大的貢獻，並於 2012 年入選中國氣象局的國家「千人計劃」。
- B. 聖嬰南方震盪(ENSO)已廣為認知是在熱帶太平洋地區的大氣與海洋偶合系統之不穩定震盪現象，並與季節週期有緊密的交互作用。由觀測資料及氣候模式實驗顯示，大氣對結合季節與年季海溫變化的非線性反應，將引致週期為 10~15 個月的組合型氣候模態，此組合型模態的動力機制以及在熱帶太平洋西區降雨樣式的相對偏移，在強聖嬰事件發生時最為顯著。
- C. 王斌教授致力於氣候動力學、熱帶氣象學及大尺度大氣海洋動力學的研究，在全球季風動力學以及熱帶氣候研究方面，有許多開創性的研究成果，是世界上最權威的季風研究專家，並於去(2014)年獲頒全球氣象界至高的羅士培(Rossby)獎。王斌教授並擔任亞澳季風委員會主席、APEC 氣候中心(APCC)科學顧問委員會聯合主席等重要職務。
- D. 世界氣象組織為提昇全球由數週至數月間的大氣系統預報能力，近年大力推動季內至季節(sub-seasonal to seasonal)的預測技術發展，對東亞區天氣及氣候系統影響相當大的北半球夏季季內震盪(Boreal Summer Intraseasonal Oscillation; BSISO)正處於此時間尺度範圍。王斌教授近年亦倡議東亞國家共同合作，並帶領 APCC 的合作研發團隊，進行 BSISO 的監測預報技術發展，氣象局亦共同參與 APCC 的研發計畫，目前 APCC 已發展出一套監測指標能適當的監測 BSISO 現象，並將 BSISO 的客觀預報技術，由過去的經驗統計預報法和單一動力模式預報法，逐步推展到多模式系集預報法，未來將配合進行一連串的事後預報(Hincast)實驗，以掌握各國模式的特性，提供給系集預報運用。
- E. 貝式定理是規範關於隨機事件 A 和 B 的條件機率(或邊緣機率)的定理，近年被廣泛運用在評估於某些限制條件下進行某特定事務的可能性，在氣候資料處理上，貝式定理可用在氣候區的分類與研判、資料均一化、多種模式預報資料的統整(consolidation)、極端值再現期的分析等。

(4)颱風預報和高解析天氣測報技術及應用討論

此部分主要是和陳宇能(Yu-Leng Chen)教授所領導的研究群針對颱風預報和島嶼地形之高解析天氣測報技術和相關研究進行討論，其重點包括：

- A. 於颱風預測模式中，假設熱帶氣旋的初始結構與其所處的環境條件，包括：海面溫度、地表特性、環境風場、以及其它環境氣象變數有關。將這些條件帶入模式，積分數個週期後，颱風渦旋的結構將能配合環境做有效調整，成為適當的颱風預報初始渦旋，針對 2003 至 2013 的 18 個颱風個案做驗證，均獲得相當良好的初始強度。
- B. 對前述的方法再依據颱風最低氣壓，加入半徑為 60 公里額外的暖心結構，將可減少 1/2 至 1/3 計算初始颱風渦旋需的時間。針對多個颱風個案進行路徑及強度預測的驗證，顯示此種颱風渦旋初始化的方法，可對不同強度及生命階段的颱風，提供良好的路徑、強度及結構預測結果，顯示此方法對於即時颱風預測作業有實際應用的潛力。
- C. 地形效應與海陸風效應對於夏威夷及太平洋島嶼的劇烈天氣事件(大雨及強風)有相當重要的影響；在模式中的土地利用及土壤濕度資料，也對區域尺度的預測有重大影響。土壤濕度會影響地表的可感熱及淺熱通量的配置；土壤濕度不僅是植物和土壤種類的函數，同時也受過去降水和天氣狀況的影響。因此，在需要使用區域模式內嵌於全球模式進行動力降尺度預測，以獲得高解析度的區域大氣狀況資料時，需要仔細並適當的於區域模式中表述地形、土壤、土地利用等資料，才能得到正確的結果。

(二) 與美國海洋暨大氣總署所支持的相關氣象(候)資料或資訊應用服務計劃之會談

1. 太平洋氣候資訊系統計劃 (Pacific Climate Information System ; PaCIS)

此計畫旨在建立端點至端點(end to end)氣候服務所需的整合性夥伴關係，並強化國際、國內及區域間與氣候資訊服務有關的組織與計畫之合作，以協助太平洋地區的社群(特別是美屬島嶼-USAPI)，在面對自然的氣候變異及人為引致的氣候變遷衝擊時，能充分運用氣候資訊來管理氣候風險及支援實務決策。其工作重點包括：

- (1) 教育、拓展及使用者資訊需求。
- (2) 作業性的氣候觀測、預報、產品及服務。
- (3) 資料管理、推測、研究及評估。相關工作將由 NOAA 氣候計畫、各學校和機關夥伴、太平洋島國轄區代表、氣候科學決策支援專家、作業性氣候服務專家等共同組成的指導委員會來帶領。其主要服務範圍如下圖。



2. 太平洋島嶼海洋觀測系統計劃 (Pacific Islands Ocean Observation System ; PacIOOS)

PacIOOS 計畫是由 NOAA 及夏威夷政府提供經費，由夏威夷大學(UH)海洋暨地球科學與技術學院(SOEST)來管理與執行，屬於美國整合性海洋觀測系統(IOOS)的一環。此計畫的目標在於發展端點至端點海洋觀測系統所需的觀測、模式、資料管理、拓展等組件功能，以產製可協助確保安全、清潔、高生產力的海洋及海岸區域之產品。其所收集管理的資料類型包括：

- (1) 海面浮臺(Buoy)：波高、波向、週期、海溫。
- (2) 水質量測：溫度、鹽度、水深、葉綠素、渾濁度、分解氧、酸度(pH)。
- (3) 大氣預測：氣溫、風、雨、濕度、氣壓。
- (4) 海面預測：波高、波向、週期。
- (5) 海流預測：水溫、鹽度、流速。
- (6) 海岸災害：溢淹、氾濫等。此計畫亦開發了資料服務網站的功能，提供各研究與

應用單位進行相關資料的線上存取。

3. 夏威夷大學海平面中心計劃 (University of Hawaii Sea Level Center ; UHSLC)

此計畫扮演多重角色以支援即時海洋作業功能及氣候與海洋學的研究，也是聯合國教科文組織(UNESCO)政府間海洋觀測委員會(Intergovernmental Oceanographic Commission ; IOC)的全球海平面觀測系統(Global Sea Level Observing System ;GLOSS)之一環。此計畫的全球潮位網絡觀測資料，是由全球相關機構，為支援 GLOSS 快速遞送(Fast Delivery ; FD)系統所需之每月提供的小時資料；此計畫也提供與 NOAA 海洋資料中心(Oceanographic Data Center ; NODC)合作的聯合海平面資料儲存(Joint Archive for Sea Level ; JASL)計畫，由全球相關機構所每年收集的小時資料，自 1987 年起 JASL 計畫已收集了 90 國 100 個機構的資料，並提供研究品質的資料集(Research Quality Data Set ; RQDS)。UHSLC 的科學家進行的研究包括：全球海平面上升、與海流有關的海平面變異、潮汐過程、極端海平面事件、海岸溢淹等。UHSLC 的資料集配合作業性數值模式可用來：

- (1) 調校衛星的海面高度觀測。
- (2) 產製海洋的產品。
- (3) 研究年際至代氣候波動及短期極端事件。UHSLC 的資料也提供太平洋海嘯警報中心(Pacific Tsunami Warning Center ; PTWC)及其它作業性警報機構使用。

4. 太平洋區域整合性科學及評估計畫 Pacific (Regional Integrated Sciences and Assessments ; RISA)Program

此計畫旨在支援太平洋島嶼及海岸社群面對氣候變異與變遷之衝擊的調適工作。強化太平洋社群瞭解及應對氣候狀態變化的能力。其工作重點包括：

- (1) 經由跨領域之氣候研究、評估、教育、訓練來滿足太平洋地區的關鍵氣候資訊需求。
- (2) 提供太平洋地區整合的區域相關之氣候資訊給決策者及社群。
- (3) 強化區域及局地能力以管理氣候風險，建立關鍵領域的恢復力，支援永續發展。
- (4) 促進太平洋地區、美國政府、國際機構、以及計畫間的合作，以提供氣候資訊產品和服務。

5. 太平洋聖嬰南方震盪氣候應用計畫 (Pacific ENSO Applications Climate ; PEAC)

此計畫旨在做為全球聖嬰現象預測資訊與各島嶼可應用氣候資訊之間的橋梁，建立受聖嬰南方震盪(ENSO)氣候週期影響的美屬太平洋島嶼(USAPI)之島嶼社群與多重機構間的夥伴關係，以進行研究並產製相關氣候變異資訊產品。其工作重點包括：

- (1) 提供政府、機關、組織、社群、個人等與氣候有關的教育訓練。
- (2) 進行氣候研究。
- (3) 開發並提供降雨量、海平面高、熱帶氣旋預測等氣候相關資訊產品。
- (4) 支援各氣候敏感領域，如水資源管理、漁業、農業、電力、海岸區域管理、及其

它經濟與環境應用等的規劃及管理活動。

- (5) 其應用範疇包括：雨量變異導致的乾旱及河流泛濫、海平面變異導致的海岸溢淹、鹽化及珊瑚白化及熱帶氣旋導致的災害等面向。

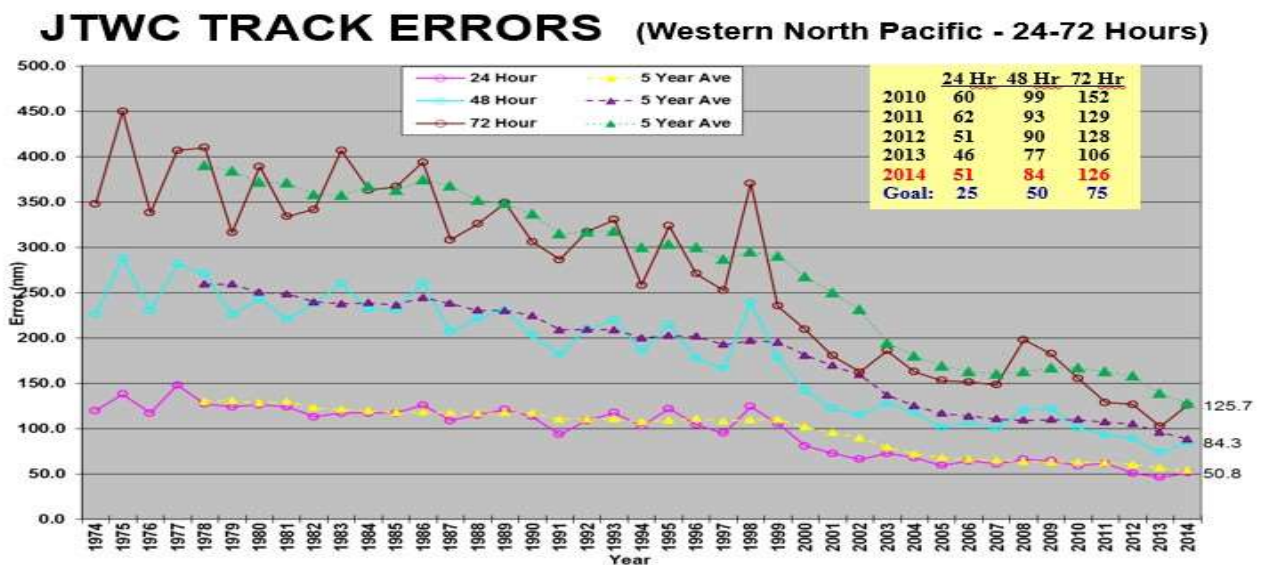
(三) 參訪美國夏威夷天氣預報辦公室暨中太平洋颶風預測中心

夏威夷州是美國位於太平洋中最大的一塊領土，主要由 4 個海島所組成，同時也擁有達 4200 公尺以上的高山。夏威夷天氣預報辦公室(Weather Forecast Office；WFO)實際是美國氣象局(NWS)轄下負責太平洋區域各種特定測報任務的多個作業辦公室之組合，其中包括：夏威夷天氣預報辦公室(Hawaii WFO)、中太平洋颶風預測中心(CPHPC)、海洋預測中心(OPC)、航空天氣中心(AWC)等。因此其所需負責的測報範圍，幾乎涵蓋了中太平洋 (南緯 25 度至北緯 40 度)內所有的區域，其所提供的海氣象測報資訊，則包括：夏威夷島的氣象資訊、海岸及離岸的海象資訊、航站預測和顯著天氣現象、地面及高空觀測、中太平洋颶風預測、公海的海象預測(海洋預測中心)、航空氣象(航空天氣中心)等項目，任務相當的多元而複雜，因此，夏威夷天氣預報辦公室除充分使用美國國家氣象局所提供的各式氣象作業系統與測報資訊外，也採取與夏威夷大學的海洋暨地球科學與技術學院(SOEST)合作的方式，由學校的學者專家協助，於劇烈天氣來臨或特殊需求時，提供額外的客觀參考輔助資訊給 WFO，充實大氣和海洋相關測報作業研判的參考資訊。

(四) 參訪美國聯合颱風警報中心

美國聯合颱風警報中心(JTWC)的任務在提供熱帶氣旋的偵查、分析、預測、及警報支援給位於太平洋及印度洋區域的國防部以及其它美國政府單位，此外也提供熱帶氣旋及海嘯的決策支援資訊給美國海軍的海岸設施及艦隊。JTWC 於 1959 年在關島成立，成員包括了美國海軍及空軍的工作人員，1999 年搬遷到夏威夷珍珠港，2011 年增加海嘯決策支援的作業功能，並成為海軍的獨立運作的中心。JTWC 所負責的颱風預(警)報區域超過 1.1 億平方英哩，包括了約 89%的熱帶氣旋活動。

由於 JTWC 所收集與發布相關測報資訊的來源與對象，除含括美國軍方的相關單位外，也包含環太平洋地區各主要國家的作業中心。JTWC 運用多個作業中心的模式預報資料，進行多模式的系集共識預報，後提供相關產品給各國參考。此種作業方式，可充分運用各國作業中心的優點，掌握預報的不確定性。JTWC 過去 40 年間颱風路徑 24 至 72 小時的平均預報誤差如下圖所示，由圖可見在過去 40 年間預報誤差大約縮減為原來的 1/3，而在 2014 年其 24 至 72 小時路徑預報的誤差分別為 50.8、84.7、125.3 海哩，此誤差(準確度)大致與氣象局相當。



在熱帶氣旋測報作業能力的未來發展上，JTWC 除仍將投注大量心力於多模式系集的路徑預與強度預報外，並將開發颱風生成預測的 2 週展望產品；同時，也將引進 AWIPS-II 工作站作為預報作業工具；此外，也將與 NWS 的海嘯預測中心(Tsunami Warning Center)加強合作，以增長相關決策資訊提供的的前置期(lead time)並減少資訊發布時的混淆狀態。

(五) 與美國海洋暨大氣總署/地球系統實驗室/全球系統組商討相關合作計畫工作

全球系統組(GSD)是美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)/地球系統實驗室(ESRL)下的一個負責全球整合性氣象作業技術與資訊系統研發的機構，其任務為針對未來 5 至 10 年足可成熟並應用於國家大氣、海洋、水文等作業機構之測報服務，進行相關科學與技術的發展和系統建置，並將研發完成的相關觀測與預報系統，轉移給各作業單位使用。其相關科學技術移轉推廣的對象包括：國家氣象局(National Weather Service; NWS)、美國空軍(U.S. Air Force)、聯邦航空署(Federal Aviation Administration; FAA)、其他政府機構、商業社群、他國的天氣測報作業單位、以及其他私人單位等。配合上述任務，全球系統組過去所投入的主要工作內容包括：(1)開創性的作業系統發展(例如：AWIPS/D2D、ALPS、FX-net、FX-Collaborate 等系統)；(2)應用技術研發(例如：觀測系統、資料同化技術、先進預報模式 FIM、高速電腦應用等)；(3)系統作業驗證(例如：使用即時和歷史資料，進行新的診斷和預報技術，以及新的軟硬體技術等的測試與驗證)、作業技術轉移(例如：轉移經改善的技術至作業應用，轉移環境資訊及預測系統技術等)。

氣象局為引進最新且成熟的氣象作業技術，持續提高預報之準確度及作業效能，委由外交部簽署「臺美氣象預報系統發展技術合作協議」，透由美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)地球系統實驗室(ESRL)的全球系統組(GSD)，與美國 NOAA 下的環境衛星資訊服務局(NESDIS)、劇烈風暴實驗室(NSSL)、氣象發展實驗室(MDL)、氣候預測中心(CPC)、環境模式中心(EMC)等眾多氣象相關的研發與作業單位合作，進行各式氣象作業系統的長期合作發展工作。至今已成功引進了美方多項的作業技術並加以本土化，成為氣象局的「即時預報作業系統」(WINS)、「局地分析預報系統」(LAPS)、「定量降水估計系統」(QPESUMS)、「天氣圖編輯系統」(WCE)、「預報資訊編輯系統」(FIES)等，大幅提昇氣象局於日常與災害性天氣預報作業的品質與效率。此外，並透由此協議，取得氣象局每日氣象作業所必需的全球氣象觀測資料，以及國際數值預報參考資料，補足氣象局因非世界氣象組織(WMO)會員的資料缺乏問題，對於氣象局預報作業的穩定維持有很大助益。本次研商會議主要是針對 104 年雙方合作計畫內的各項工作進行討論與協調，相關研討議題與重點分述如下：

1. AWIPS-II 工作站的發展狀態

- (1) 目前已有 85 個天氣預報辦公室(WFO)使用 AWIPS-II 工作站進行天氣預報作業。
- (2) 今年 3 月已提供 OB14.3.1 版本給氣象局進行本土化移植，預期 7 月和 10 月將再提供 2 個更新版本給氣象局應用。
- (3) 預計 6 月美方將派員來局提供 AWIPS-II 工作站組件的技術轉移訓練。

2. GFE 圖形預報編輯器的發展狀態

- (1) 發展監測示警工具，自動監測並提醒預報人員相關天氣的演變狀況。
- (2) 發展海象預報產品製作工具，提供海氣象預報資訊。
- (3) 發展颱風暴潮產品製作工具，協助預報人員迅速製作並發布相關產品。

3. 與 CPC 合作發展與訓練事項

- (1) 氣象局將派 1 員參與 NCEP 氣候預測中心(CPC)於 8~11 月舉辦的季風服務臺(Monsoon Desk)訓練課程。
- (2) NCEP 將派 5 位技術官員參與氣象局舉辦的全球模式發展研討會。
- (3) 氣象局將派至少 1 員參與 CPC 於 10 月舉辦的氣候診斷與預測工作(CDPW)研討會。

4. 計畫管理議題討論

- (1) 雙方每 5 年一期的架構性協議(agreement)，將於明年 7 月到期，雙方宜儘早構思並討論未來 5 年的工作重點方向。
- (2) 每年度的建置安排(Implementation Arrangement；IA)和工作說明書(Statement of Work；SOW)簽訂程序冗長費時，造成計畫經費實際支用的困難。自下一年度起，計畫工作事項和執行重點的研討，將由原 11 月提前到 7 月，相關配合的技術與行政事項，請雙方各自聯絡處理協調，以加速來年工作安排的簽訂。

5. 美國氣象局組織架構調整

- (1) 將業務執行單位分為總部單位(HQ offices)與實做單位(Field offices)二大類，並依業務性質將各業務單位分屬新成立的服務規劃與計畫辦公室(Office of Planning & Programming for Service Delivery)或營運長辦公室(Office of Chief Operating Officer)。
- (2) 過去與氣象局互動密切的環境預測中心(NCEP)及新成立的國家水中心(National Water Center)接隸屬營運長辦公室管轄。
- (3) 未來的發展策略旨在永續的天氣有備之國(Weather Ready Nation；WRN)。
- (4) 依使用者需求，策略性的擴展科學與服務的範疇到：發展 3~4 週預報、延長高衝擊事件的前置時間、引用地球系統科學的方法、策略性的進行研究到作業的移轉。
- (5) 提供世界級的作業性數值指引以支援 WRN 的目標。
- (6) 提供即時、可靠、精確的產品與服務。

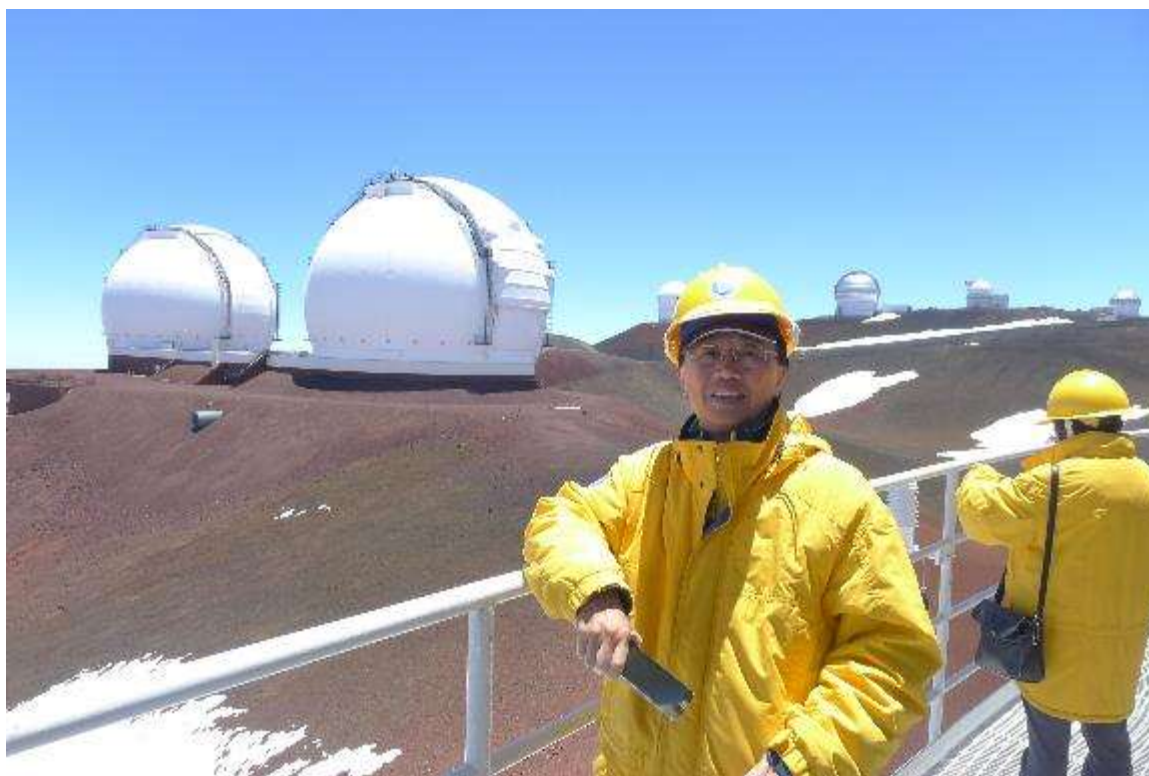
(六) 參訪「毛納基山天文臺」(Mauna Kea Observatories) 之先進天文觀測系統

在中央研究院天文及天文物理研究所協助聯繫下，參訪「毛納基山天文臺」(Mauna Kea Observatories) 之先進天文觀測系統。毛納基山天文臺係位於夏威夷最高山頂的天文園區，海拔 4203 公尺。整個山頂建置了超過 12 座世界各國或是國際合作建置的高科技天文觀測系統，本次參訪有幸參觀以下 3 套系統：

1. 日本建置的「昂」望遠鏡 (SUBARU) 系統。
2. 英國、加拿大、紐西蘭合作之 James Clerk Maxwell Telescope (JCMT) 天文臺。
3. 我國中央研究院與美國合作建置之次毫米波陣列望遠鏡 (SMA)。

以次毫米波陣列望遠鏡 SMA 系統為例，其原理為利用八座直徑 6 公尺的次毫米波陣列望遠鏡，共同構成一個天線陣列，可模擬為一座直徑超過 500 公尺的巨型天文望遠鏡，其觀測科技相當先進。

世界各國天文學者均有效利用「毛納基山天文臺」的高海拔與低光害的完善天文觀測條件，從事高科技的天文研究與觀測。但是相對的就必須忍受長期高山空氣稀薄、高紫外線以及酷寒等等惡劣天然環境，相當辛苦。



「毛納基山天文臺」(Mauna Kea Observatories) 各國建置之天文觀測設備



日本 SUBARU 天文臺科學家介紹觀測系統



中央研究院天文所與美方合作建置之次毫米波陣列望遠鏡（SMA）



照片四、SMA 技術人員介紹觀測原理

(七) 參訪「夏威夷火山觀測所」

1. 「夏威夷火山觀測所」HVO 研習地震測報與火山監測技術，火山觀測所安排業務相關人員進行 5 場簡報如下：
 - (1) USGS Volcano Hazards Program and HVO：由火山觀測所主任 Christina Neal 博士介紹美國地質調查所之火山監測業務，以及「夏威夷火山觀測所」HVO 簡介。
 - (2) Seismology：由 Weston Thelen 博士介紹夏威夷地震活動與監測業務。
 - (3) Geology：由 Matthew Patrick 博士介紹夏威夷火山地質背景，以及火山口自動監控攝影 Webcam 之業務。
 - (4) Ground Deformation：由 Asta Miklius 博士介紹地殼形變與 GPS 監測。
 - (5) Gas Emission：由 Jeff Sutton 博士介紹火山氣體監測作業。
2. 「基拉韋亞」火山實地野外勘查

由 Paul Okubo 博士帶領，進行「基拉韋亞」火山實地野外勘查。研習期間剛好遇到夏威夷火山觀測所旁之「基拉韋亞」火山岩漿活躍，熔岩湖（Lava Lake）溢出岩漿，於數百公尺外以肉眼或是透過望遠鏡觀看相當壯觀。此外還參觀了瑟斯頓熔岩隧道（Thurston Lava Tube），以及夏威夷大島各地數百年來多次火山活動所留下之熔岩地層遺跡。

夏威夷為一海洋板塊上的年輕火山島鏈，並非位於複雜之板塊邊界，其地震均與火山活動相關，地震數量及規模與臺灣相比平靜許多，地震較頻繁的地區為火山活動較活躍的夏威夷大島附近。「夏威夷火山觀測所」HVO 維運一個完整的即時地震監測網，隨時監控各種地震活動，其觀測地震儀器包括強震儀、短週期地震儀與寬頻地震儀，觀測網架構與測報技術與我國大致相同。

我國北部大屯火山緊臨雙北人口密集之都會區，附近還有臺灣電力公司之數座核能電廠，且學者研究指出大屯火山最近一次噴發應為 5000 年前，符合國際火山學會定義的「活火山」標準，加上鄰近地區地熱與溫泉的現象活躍，因此實有必要嚴加監測。為了加強監測未來大屯火山可能潛在活動，由科技部與內政部於陽明山國家公園內，正式成立大屯火山觀測站（Taiwan Volcano Observatory - Tatun, TVO），並整合中央地質調查所、中央氣象局、中央研究院及國內各大學分析研究成果，建立多項火山監測系統及平臺，同步監測大屯火山活動並進行研究。中央氣象局在本案中負責火山地震之監測，主要整合大屯山區之寬頻地震站與氣象局地震觀測網 CWBSN 鄰近測站，進行即時地震訊號接收、自動與人工定位並進行統計分析，同時每月與 TVO 其他領域之監測進行綜合討論。

由於大屯火山之背景為板塊碰撞所造成，與夏威夷火山有所不同，且其火山活動相對於「基拉韋亞火山」可謂相當平靜，但火山監測科技包括地震監測、地殼形變、地質研究、地熱、火山氣體以及即時影像監控等等實為大同小異。夏威夷火山觀測所 HVO 與大屯火山觀測站 TVO 同樣位於國家公園園區內，其火山監測之豐富經驗與國家公園火山管理相當值得臺灣借鏡。



HVO 科學家簡報火山監測業務與討論



HVO 專家介紹火山監測，圖中為被熔岩高溫毀損之設備。



HVO 簡報會議後，CWB 致贈 HVO 主任 Christina Neal 博士紀念品



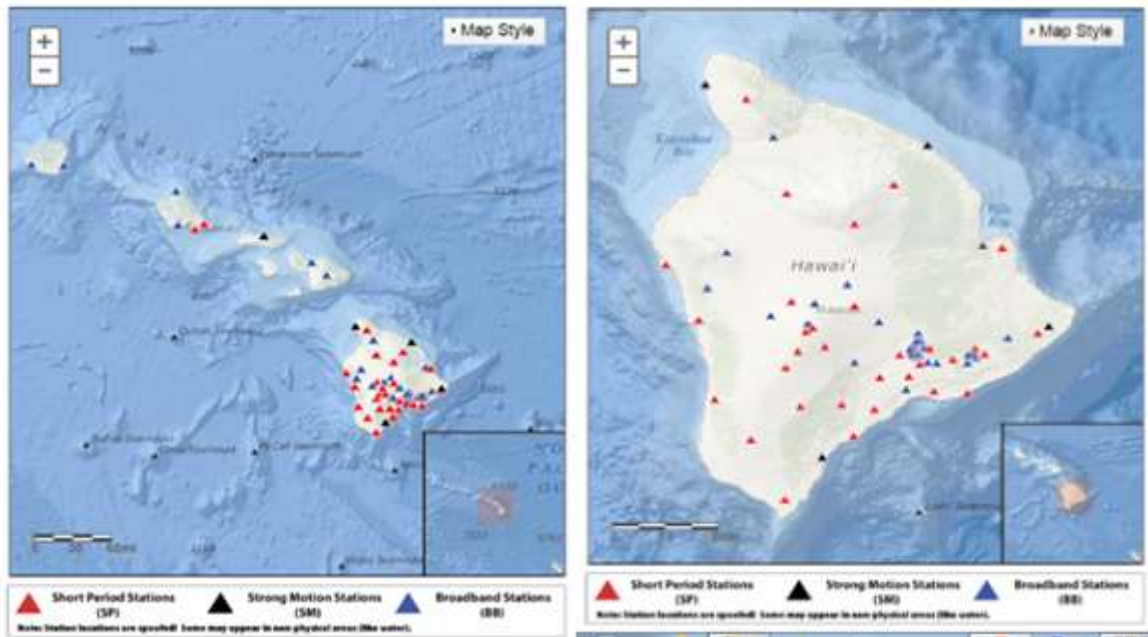
遠眺「基拉韋亞」火山之熔岩湖（Lava Lake）溢出岩漿



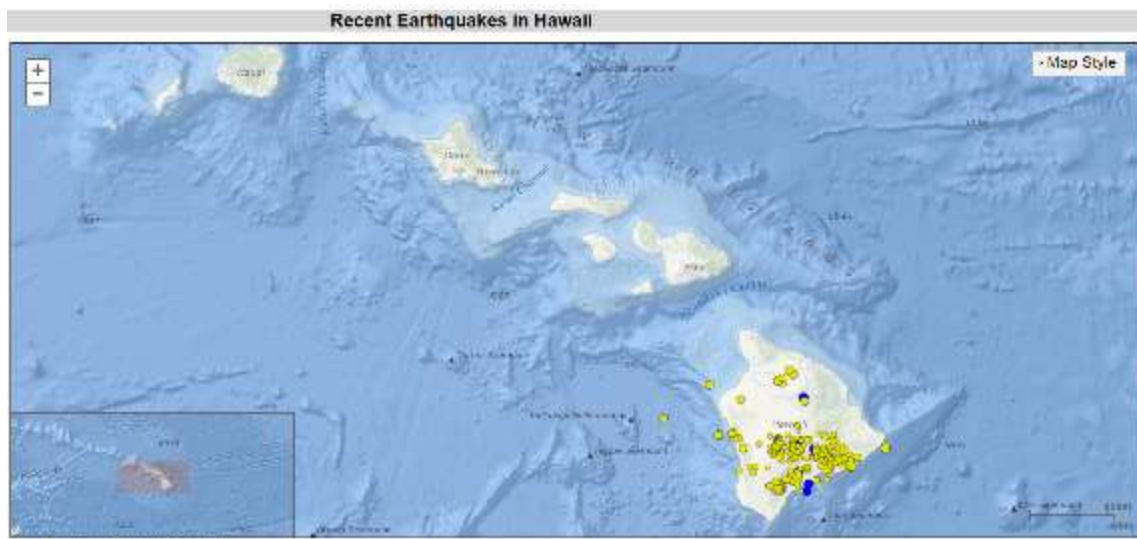
Paul Okubo 博士帶領火山地質考察，於瑟斯頓熔岩隧道合影，同行包括中央研究院人員



Paul Okubo 博士帶領研習火山地質考察，介紹火山熔岩遺跡



HVO 之地震觀測網



夏威夷之地震活動集中於火山活躍之大島地區



HVO 之火山監測展示系統

(八) 參訪「太平洋海嘯警報中心」

1. 「太平洋海嘯警報中心」PTWC，由主任 Charles McCreery 博士介紹其業務重點，並與美國「國家海洋及大氣機構」(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 太平洋地區辦公室 (Pacific Regional Headquarters, PRH) 副主任 Ed Young 洽談，與會還包括「太平洋海嘯警報中心」PTWC 2 位獲聘為氣象局顧問的研究員：徐文達博士與王代林博士。
2. 參觀「太平洋海嘯警報中心」PTWC 作業室，由副主任 Stuart Weinstein 博士進行導覽介紹。
3. 原本「太平洋海嘯警報中心」PTWC 位於夏威夷西部的 EWA Beach，在美國地質調查所的永久磁力站園區的簡易建築內，採開放式機房與作業室。近年來規劃搬遷至珍珠港軍事管制區 Ford Island 內的 Inouye Regional Center (IRC) 全新大樓，與其他 NOAA 單位合署作業。自去 (2014) 年即開始系統轉移，終於在今 (2015) 年遷移完成，近 2 個月的太平洋海嘯警報作業已由全新作業室發布。
4. 相較於原本的辦公室，新的作業環境無論在空間、軟硬體都非常先進，同時主要演算系統安裝於安全管制的電腦機房內，以與發布作業室區隔。從進入 Ford Island 管制區、進入 Inouye Regional Center (IRC) 都必須經過安檢換證，在資通安全與人員進出控管上相當嚴謹。在作業型態上，由於海域大規模地震與海嘯發生無法事先預測，因此作業上必須 24 小時不間斷值班守視，PTWC 目前值班人員僅 10 餘人，但專業程度相當高，超過 2/3 具備地震學或是海洋學博士學位，同時在值班之外還必須肩負系統管理與研發工作，由於近年發生多起大規模海嘯災害如 2004 南亞海嘯、2011 東日本地震海嘯，都造成相當嚴重的災情，其任務相當艱鉅。
5. Nathan Becker 博士利用地球展示系統 (Science On a Sphere, SOS) 展示其最新完成之多個海嘯波傳遞模擬。「太平洋海嘯警報中心」PTWC 研究員 Nathan Becker 博士近年嘗試利用 GMT 科學繪圖，製作許多精美的海嘯潛勢圖、動畫等，並放置於 Youtube 網站與臉書等網路媒介，提供外界點閱來提昇大眾的海嘯預警意識。近期更將海嘯傳遞之動畫製作為地球展示系統 (Science On a Sphere, SOS) 上的立體展示，效果令人驚豔。
6. 中央氣象局局本部大廳已建置一套相同的地球展示系統，作為外賓參訪與防災教育宣導之用，經與 Nathan Becker 博士請教與討論後，獲得同意將其製作之多媒體檔案無償提供氣象局使用。
7. 與「太平洋海嘯警報中心」PTWC 副主任 Stuart Weinstein 博士、資深研究員 Gerard Fryer 博士、以及徐文達博士、王代林博士，開會討論下列事項：
 - (1) 地震監測與潮位站資料即時傳遞。

在「太平洋海嘯警報中心」PTWC 人員討論過程中，可明顯感受到其強烈企圖心。早期「太平洋海嘯警報中心」PTWC 是直接利用全球地震觀測網的震央資訊來模擬海嘯，但近年已具備獨立快速地震測報的能力，其效能有時甚至比「美

國地質調查所」USGS 全球地震網還快。「太平洋海嘯警報中心」PTWC 雖未維運實際之地震或潮位觀測網，但仍努力透過各式管道接收即時資料，朝向全方位發展。「太平洋海嘯警報中心」PTWC 期待與氣象局合作，利用網路即時封包方式接收部分臺灣之即時地震站與潮位站訊號，以提昇針對西太平洋海域地震監測與海嘯模擬之測報效率與精確度。

(2) 海嘯模擬 RIFT 模型之海嘯預估、最大浪高討論與技術轉移

中央氣象局透過與國內學者之合作研究，已具備近岸地震引發之海嘯快速演算（單位海嘯法）以及 COMCOT 模擬系統，可在鄰近臺灣海域發生大規模地震後快速演算以產製海嘯警報，但仍希望能夠將「太平洋海嘯警報中心」PTWC 王代林博士開發之海嘯模擬即時預報系統（Real-time Forecast of Tsunamis, RIFT）技術轉移，期能在太平洋海域發生大規模地震後，氣象局可獨立進行快速模擬演算，透過多套系統之模擬結果進行海嘯警報製作與通報之決策參考。

目前氣象局之 COMCOT 系統雖可快速演算出海嘯預估波高，但針對預估海嘯到時則存在相當大的誤差。經與王代林博士請益後瞭解，其 RIFT 系統亦面臨相同困難：由於近岸海底地形相對於深海複雜許多，模擬演算雖可預估波相，但在到時的研判上很難定義門檻，若是演算初始參數地震規模不大，演算出的海嘯波甚至可能與背景浪高混淆，因此在海嘯到時常產生很大誤差。依據「太平洋海嘯警報中心」PTWC 目前的作業方式，海嘯波高以 RIFT 模擬獲得，但海嘯到時則是利用「海嘯走時預估程式」（Tsunami Travel Times, TTT）直接以高精度的全球海深資料進行到時估算，結合 2 套系統的結果產製海嘯警報，此作業模式可供氣象局參考應用。

(3) 深海海嘯潮位站（Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunami, DART）

本次研習瞭解到目前全球之 DART 儀器以 SAIC 公司之系統為主，目前正規劃開發第四代 DART 4。DART 儀器原理主要有 2 個部分：

- A. 安裝於海床上的壓力記錄器，量測海水壓力與溫度等數據換算為海水深度，來估算潮位變化，並以無線 Acoustic 方式傳輸至海面設備。
- B. 海面上的浮標式即時資料傳輸設備，接收到海床觀測資料後，透過衛星通訊將觀測數據即時傳輸至資料庫。

當平時無地震海嘯事件時，其通訊傳輸為每 6 小時間隔傳輸 1 次，提供背景監測；但當其深海設備觀測到地動，或是 NDBC 系統以人工方式啟動 Wake Up 後，可縮短通訊間隔為每 8 分鐘傳輸 1 點的模式，海嘯事件之近即時監測，提供海嘯模擬之演算修正。

「深海海嘯潮位站」觀測網之規劃建置有 2 種模式：

- A. 由美國政府 NOAA 出資，其轄下單位「太平洋海洋環境實驗室」（Pacific Marine Environmental Laboratory, PMEL）規劃建置，將即時資料納入「國家浮標資料中心」NDBC 管理，並負責後續之長期維運（簡稱為 NDBC DART 或是 US

DART)。

B. 由環太平洋國家自行規劃站點位置與儀器規模，自行發包建置，資料與 NDBC 共享運用，但後續長期維運自行負責（簡稱為 SAIC DART）。

(4) PTWC 與 CWB 未來合作方向：討論未來地震與潮位資料交換、人員與技術互相交流等議題。



與 PTWC 主任 Charles McCreery 博士及 NOAA PRH 副主任 Ed Young 討論



PTWC 副主任 Stuart Weinstein 博士介紹作業室系統與環境。



PTWC Nathan Becker 博士利用 SOS 展示海嘯模擬案例。



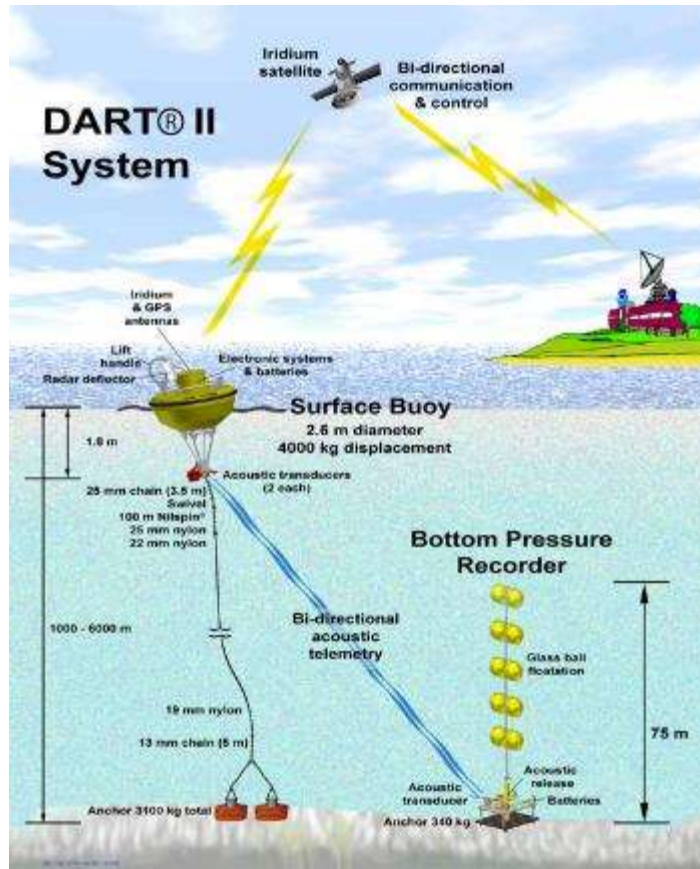
與 PTWC 副主任 Stuart Weinstein 博士、資深研究員 Gerard Fryer 博士、徐文達博士、王代林博士，開會討論海嘯相關業務。



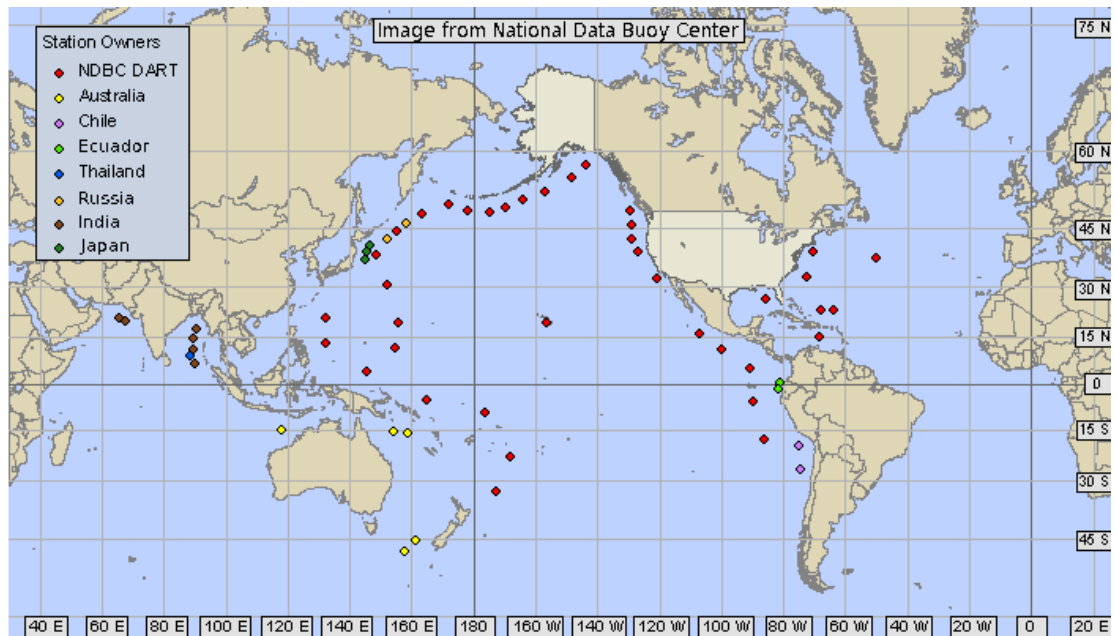
與王代林博士討論海嘯警報作業



與王代林博士請益預估波高與到時之演算



深海海嘯潮位站 DART 架構示意圖。



DART 測站分布圖，可分為由 NOAA 維運之 NDBC DART 以及海域各國建置 2 種

(九) 參訪「國際海嘯資訊中心」(ITIC)

1. 參訪美國「國家海洋及大氣機構」(NOAA) 位於珍珠港軍事管制區 Ford Island 內之全新大樓 Inouye Regional Center (IRC)，其內包括多個海洋、海嘯、大氣等相關機構均在此進行公務作業。
2. 「國際海嘯資訊中心」(ITIC) 負責海嘯資訊通報、國際海嘯防災業務合作與推廣應用。與國際海嘯資訊中心主任 Laura Kong 博士討論下列事項：

(1) 2014 年 10 月開始發布之新版太平洋海嘯報文應用。

由於海嘯模擬技術的進步，「太平洋海嘯警報中心」PTWC 與「國際海嘯資訊中心」ITIC 於 2014 年 10 月開始將海嘯警報電文改版，並通報至環太平洋各國。新版海嘯通報除規劃新的海嘯波高分級表與格式改版外，保留傳統純文字報文利用傳真與專線通報，再透過電子郵件派送多媒體圖文之海嘯模擬結果，以作為太平洋沿岸國家之海嘯預警決策參考。

過去我國由於外交因素，僅可透過管道接收電文與傳真，近年則以訂閱電子郵件、或是直接擷取 PTWC 網站方式快速獲得太平洋海域之海嘯資訊，來快速啟動我國的海嘯警報作業。近年來在氣象局顧問徐文達博士與王代林博士協助下，已將氣象局海嘯作業之公務電子郵件信箱，加入 PTWC 海嘯通報的聯絡名單 (Focal Points) 內，因此除純文字之一般海嘯報文外，亦可快速接收到 PTWC 之各式多媒體圖文資訊，對於我國之海嘯警報作業有相當助益。

PTWC 的海嘯報文並非直接對一般民眾發布，環太平洋地區之海嘯防災仍為各國政府之權責，且必須考量到各國環境與基礎建設的不同來進行專業研判。以臺灣的海嘯警報作業為例有兩種模式：

- A. 遠地海嘯：接收 PTWC 海嘯報文，經過專業研判其可能對我國沿岸之影響後產製海嘯報文。
 - B. 近海海嘯：當大規模淺層地震發生在臺灣鄰近海域時，如仰賴 PTWC 提供的海嘯警報，在時效上將無法即時提供防災應變，因此必須開發建置海嘯模擬演算機制。但有關 PTWC 提供海嘯報文之波高分級與我國之定義有所差異，未來要如何應用仍待召集相關專家學者研議。
- (2) 國際海嘯教育訓練業務與太平洋海嘯演習。

「國際海嘯資訊中心」ITIC 由於肩負海嘯資訊通報與國際防災應用之責任，累積多年經驗舉辦活動，並製作許多精美的宣導文件、模型與影片等。並且每年定期邀集各國海嘯相關人員舉辦國際教育訓練，來加強太平洋各國的海嘯防災意識與警報作業。除教育訓練外，「國際海嘯資訊中心」ITIC 也會定期以設想情境模擬海嘯，來對外發布演習警報。過去我國雖透過非正式管道接收到演習報文，但仍可藉由演習情境測試中央氣象局的海嘯作業，並作為海嘯教育訓練之案例。



NOAA 之 Inouye Regional Center (IRC) 合署辦公大樓



與 ITIC 主任 Laura Kong 博士討論海嘯警報、演習與教育宣導等議題。



ITIC 之海嘯潛勢、避難地圖及各式海嘯防災宣導品



ITIC 主任展示壓克力簡易海嘯模型



與 ITIC 主任合影

二、日本相關單位

(一) 參訪日本 NEC 公司

在臺灣 NEC 公司的協助安排下，參訪山梨日本電氣株式會社，實地瞭解電纜式海底觀測設備的製作過程。參訪由日本 NEC 公司海洋網路事業部的吉田直樹（Naoki Yoshida）部長親自接待，並率領山梨日本電氣株式會社的廠長及相關技術人員共同與會。主要包括簡報會議與工廠導覽 2 個部分，詳細過程如下：

1. 簡報會議介紹 NEC 海底纜線事業與山梨縣工廠

透過會議簡報的方式，山梨日本電氣株式會社的同仁介紹 NEC 海底纜線事業與山梨縣工廠的生產海底通訊與觀測設備的流程。日本 NEC 為目前國際上幾個有能力建置光纖海纜系統的公司之一，其過去所鋪設的海纜長度超過 20 萬公里，包括商業用通訊海纜系統以及科學與防災用海纜觀測系統。完整光纖海纜系統的設備骨架主要可以分為 3 個部分，包括海底光纖纜線、海底設備及陸上站設備，在日本 NEC 公司海洋網路事業部轄下，分別由位於九州福岡市、山梨縣與宮城縣 3 個不同的工廠分別製作，最後再將完成的設備送至九州福岡市的工廠做最後的組裝與整合測試。

瞭解地震海嘯防災用的海纜觀測系統是本次參訪最主要的目的，日本目前在日本氣象廳（Japan Meteorological Agency, JMA）、日本防災科學技術研究所 NIED、日本海洋研究開發機構（Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, JAMSTEC）、東京大學地震研究所（Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, ERI）等幾個單位的委託下，NEC 公司已在日本國土東側太平洋海域建置完成 10 個海纜觀測系統，最早的系統可追溯至 1979 年，目前仍正常使用中。10 個海纜觀測系統的建置目的主要皆以監測地震與海嘯活動為主，因為日本東側海域北邊為太平洋板塊與北美版塊的碰撞隱沒帶，南邊為菲律賓海板塊與歐亞板塊的碰撞隱沒帶，地震與海嘯的威脅嚴重，2011 年 3 月 11 日東日本外海規模 9.0 地震與其所引發的海嘯是一個典型的範例。

海纜觀測系統依據觀測儀器安裝方式的不同，可以分為嵌入式（In-line）與節點式（Node）兩大類，嵌入式意指觀測儀器直接先嵌入於光纖海纜中，安裝時與海纜一起鋪設於海床上；節點式則是觀測儀器與海纜分開安裝與鋪設，利用水下機械手臂在海底安裝接觀測儀器，然後再透過節點與海纜連結。早期的系統皆是嵌入式，其優點是技術純熟、價格相對便宜，近期則因水下技術成熟，因此發展節點式的海纜觀測系統，其優點是延展性佳、備援性高，目前歐美幾個海纜系統皆採節點式，而日本海洋研究開發機構最新的 2 個海纜系統 DONET、DONET-II，以及氣象局第一期的海纜觀測系統皆採用節點式。

2011 年 3 月 11 日東日本外海發生大規模地震後，為強化該海域地震、海嘯的監測能力，日本政府編列大筆預算，請日本防災科學技術研究所 NIED 委託 NEC 採用 In-line 的方式，在日本東北海域建置 150 個地震、海嘯的海底觀測站，海纜長度約

5600 公里，稱為 S-Net。氣象局新執行的臺灣東部海域海纜觀測系統擴建案，採用與 S-Net 相同的海底觀測設備，皆在山梨日本電氣株式會社進行製作與測試。

2. 參觀海底觀測設備模型實體模型

參觀海底觀測設備的實體模型，並透過工程師親自的講解與問題回答，對於氣象局即將安裝的海底觀測設備的設備外觀、儀器功能、設備安裝有進一步的瞭解。

整體海底觀測設備長 2.2 公尺，外體為可抗 8000 米水深的鈦合金金屬外殼，兩端分別與纜線連接，並在安裝時與海纜一起鋪設至海床上。本設備為一複合式海底觀測設備，整合地震、海嘯及其他相關觀測儀器至單一系統架構。觀測儀器包括速度型地震儀、加速度型地震儀、傾斜儀、海嘯壓力計、水下聽音計等。設備內同時安裝運作所需之相關模組與元件，包括訊號處理模組、資料傳輸模組及電力供應模組等。其中觀測儀器的功能如下：

- (1) 速度型地震儀：偵測微小地震活動。
- (2) 加速度型地震儀：偵測有感地震。
- (3) 傾斜儀：提供三軸向地震儀設置的傾斜角
- (4) 海嘯壓力計：偵測海嘯
- (5) 水下聽音計：記錄地震 T 波相 (T phase)

3. 參觀海底設備製造生產線

由於海底設備為精密的光纖通訊設備，整個生產線都在無塵室中進行，包括灰塵、溫度、濕度都必須嚴格的控制，因此進去參觀前皆需更換無塵衣後方能進入。

為使海底觀測設備可以承受 8000 公尺水深高壓的環境，同時設備內部必須為真空的狀態，因此設備的組裝與製作需要特殊技術與設施。整個設備的生產流程，首先為儀器面板與零件的組裝、光纖接續與焊接，並在焊接完成後進行初步的振動測試。下一個步驟為海底設備的組裝，由於設備內部必須為真空狀態，因此儀器置入抗高壓的金屬外殼後，必須進行嚴格的氣密封裝，以確保整個設備內部為真空狀態。完成設備的組裝與密封後，利用後高壓氬氣進行密封測試，並透過振動臺實際進行振動測試，最後進行功能測試後完成整個設備的製作，放入倉庫後等待交貨。

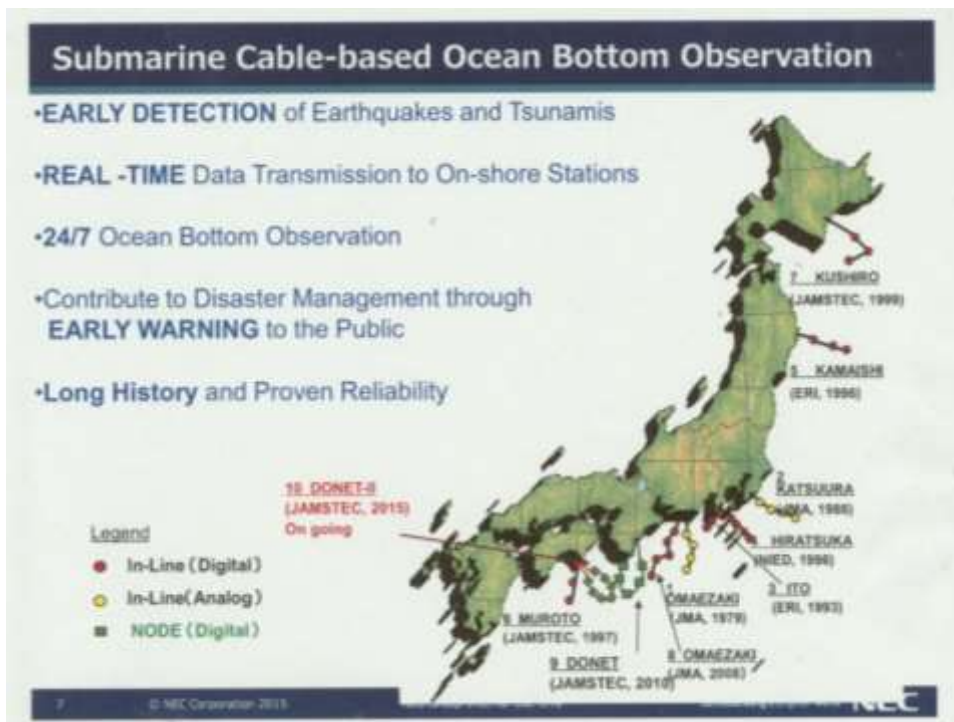
海底設備組合室依據設備生產流程有秩序的安排規劃，整個空間劃分為儀器面板、零件組合區、真空密封組合區、海底設備組合區、光纖與電線焊接區、振動測試區、設備包裝區以及後功能檢測區。



與日本 NEC 公司海底網路事業部部長吉田直樹先生(左 3)及山梨日本電氣株式會社同仁合影。



與山梨日本電氣株式會社人員舉行交流會議。



日本現有海纜觀測系統分布圖。



海底觀測設備實體模型。



參觀海底設備製造生產線需更換無塵衣。

(二) 參訪日本防災科學技術研究所 NIED

參訪位於日本茨城縣筑波市的日本防災科學技術研究所 NIED 總部，拜會該研究所的岡田義光 (Yoshimitsu Okada) 理事長及米倉實 (Yonekura Minoru) 理事，雙方就日本防災科學技術研究所與中央氣象局的業務進行討論與交流。NIED 為日本文部科學省轄下的國立研究開發法人，主要針對日本所面臨的自然災害，包括地震、火山、大雨、暴雪等自然現象可能引起的災害，進行基礎科學的研究與防災技術的開發，並建置大型的實驗平臺進行災害模擬與地震、火山觀測網進行監測，中央氣象局則職司臺灣天氣與地震的預測與監測。雙方首長的碰面，除分享各自對於天然災害監測與測報的經驗外，同時開啟未來合作的契機。

參訪行程包括參觀大尺度地震振動臺、大尺度降雨模擬實驗場、地震與火山監測網資料中心，並實地參訪筑波寬頻地震站，詳細過程如下：

1. 參觀大尺度地震振動臺

大尺度地震振動臺就位於 NIED 總部的園區內，建置於 1970 年，為目前世界第 2 大的地震振動臺。地震振動臺主要功能為進行結構物的振動實驗，透過實際將測試用的結構物擺設於振動臺上，模擬結構物在大地震期間的破壞過程與機制，其模擬結果將有助於工程師開發更安全的耐震技術與結構設計，減少結構物在大地震時的損害。

NIED 園區內的地震振動臺可測試的結構物大小為 14.5 公尺×15 公尺，振動輸入方向為單軸水平向，輸入地震頻率 DC 至 50Hz，輸入振動的速度值與加速度值則分別為 1m/s 與加速度 5 m/s²。

結構物耐震設計是目前減少大地震災害最有效的防治方式，只要結構物在大地震的時候不要倒、小地震的時候不要壞，就可以減少大量的人員傷亡以及財物損失，因此透過地震振動臺的實驗，模擬結構物振動甚至破獲過程的情形，對於地震災害的防治上非常重要。

2. 參觀大尺度降雨模擬實驗場

大尺度降雨模擬實驗場同樣位於 NIED 總部內，降雨實驗的範圍 50 公尺×75 公尺，場高 16 公尺，可模擬的降雨量每小時 15 至 300 毫米，為全世界最大規模的降雨模擬實驗場。實驗場功能為透過實際的降雨實驗，模擬豪雨或颱風季節期間，設計不同地質狀況或城市化模型，研究可能造成的山崩、土石流、土壤侵蝕、都市洪水等災害，進而設計安全的防護模式。另外，降雨模擬實驗場也可用來進行其他的應用研究，例如下水道與管道口的排水檢驗、大雨期間光纖與雷達通訊的衰減情形等。

臺灣同樣在梅雨及颱風季節遭受豪大雨的威脅，加上山區範圍大，每年都會可能造成土石流與水災，例如民國 98 年莫拉克颱風時雨量超過 100 毫米，所導致的山崩、土石流造成大量人員傷亡，並造成大規模範圍的水災。因此，類似的 NIED 降雨模擬實驗場的設置，並針對臺灣在地的地質條件與都會發展，進行模擬實驗，對於降雨災害的防範是非常重要且必需的。

3. 參訪地震與火山監測網資料中心

參訪 NIED 地震與火山監測網資料中心，由青井真 (Shin Aoi) 博士介紹 NIED 現有地震與火山觀測網分布狀況，並實際透過展示螢幕監看即時收錄的紀錄波形。

日本在 1995 年阪神地震發生後，日本政府委由 NIED 積極建設高密度的地震觀測網，以嚴密監控日本的地震活動。2007 年 10 月日本開始對公眾發布緊急地震速報 (Earthquake Early Warning, EEW)，期望在大地震發生後而強烈震波侵襲前，對於較遠的都會區或特定建設與設施提出強震警報，而強震即時警報發布主要就是依據此地震觀測網的地震紀錄。NIED 的地震觀測網根據地震儀器以及監測目的的不同，可分為下列 3 個地震觀測網，測站分布情形如圖所示：

- (1) 高感度地震觀測網 (Hi-net)：由 800 個安裝高感度地震儀的測站所組成，可以偵測極微小的地動訊號。為避免地表人為雜訊干擾，地震儀皆安裝在深井內，深度一般為 100 公尺。地震儀的訊號會即時傳至 NIED 筑波總部的資料處理中心，以進行自動地震定位，另外也會同時傳輸至日本氣象廳，以提供日本氣象廳緊急地震速報系統使用。
- (2) 強震觀測網 (K-NET and KiK-net)：由 1000 個安裝強震儀的測站所組成，稱為 K-NET，強震儀可以忠實記錄中大型以及災害性地震，主要用來評估地震災害風險使用。K-NET 儀器皆安裝於地表，另外 Hi-Net 中約有 700 個測站同時安裝有強震儀，稱為 KiK-net。
- (3) 寬頻地震觀測網 (F-net)：共 70 個站，每個站安裝寬頻地震儀，可以記錄到非常寬頻帶的地震訊號，適合進行活動斷層活動以及地球內部構造等相關地震學研究。為能獲得優良的地震儀訊號，儀器皆擺設在觀測山洞內，並保持一定溫度與濕度的控制，可以有效避免人為、天然與儀器本身的雜訊。

地震觀測網紀錄除即時傳回至 NIED 資料處理中心外，並同時還傳送到幾個單位進行資料交換，包括日本國內的氣象廳與東京大學地震研究所，以及日本國外的韓國氣象廳 (Korea Meteorological Agency, KMA) 與臺灣中央研究院地球科學研究所。目前中央氣象局與 NIED 並沒有即時交換地震儀的訊號，不過為了強化臺灣東部海域強烈地震的監測能力，除了擴增東部海域海底地震儀觀測站外，與 NIED 針對該海域附近島嶼的測站進行資料也是未來可以努力的方向。

2011 年 3 月 11 日東日本外海發生大規模地震後，日本防災科學技術研究所規劃在日本東北海域建置大規模的海底地震觀測網 (S-net)，以監測日本海溝的地震與海嘯活動。S-net 總共由 6 條海纜所組成，其中 5 條由北到南以垂直日本海溝的方式鋪設，另外 1 條則是沿著日本海溝，總長度約度約 5600 公里，規劃設置的海底觀測點為 150 個。

NIED 另外建有監測火山活動的觀測網，稱為 V-net，針對日本境內 11 個活火山進行嚴密的監測。每個觀測站皆安裝 GPS、傾斜儀 (tilt meter)、高感度及寬頻地震儀等觀測儀器，所記錄的資料可以用來評估岩漿的累積、轉移與噴發。

4. 參觀筑波寬頻地震儀測站

同樣由青井真博士負責解說介紹，F-net 寬頻地震網的筑波站。筑波站位於筑波市近郊的半山上，挖掘橫向的山洞擺設寬頻地震儀，以避免背景雜訊的干擾。山洞長度約 40 公尺，洞內以門區隔幾個房間，由洞口到最深處分別為訊號傳輸室、儀器測試室與觀測室。



與日本防災科學技術研究所岡田義光理事長（右二）及米倉實理事（右一）討論交流。



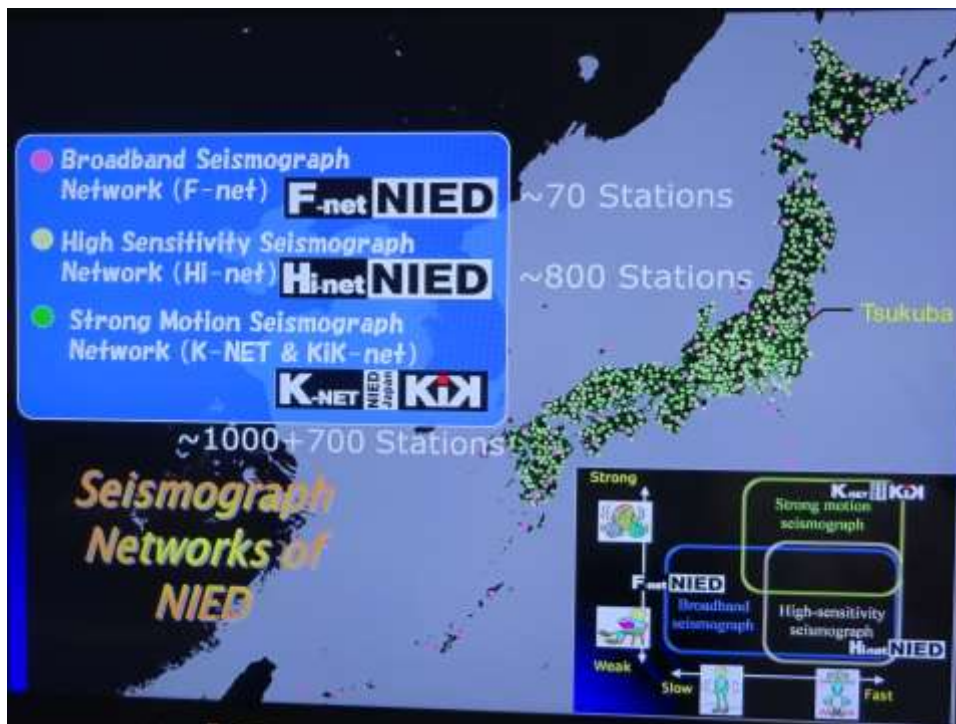
NIED 大尺度地震振動臺外觀。



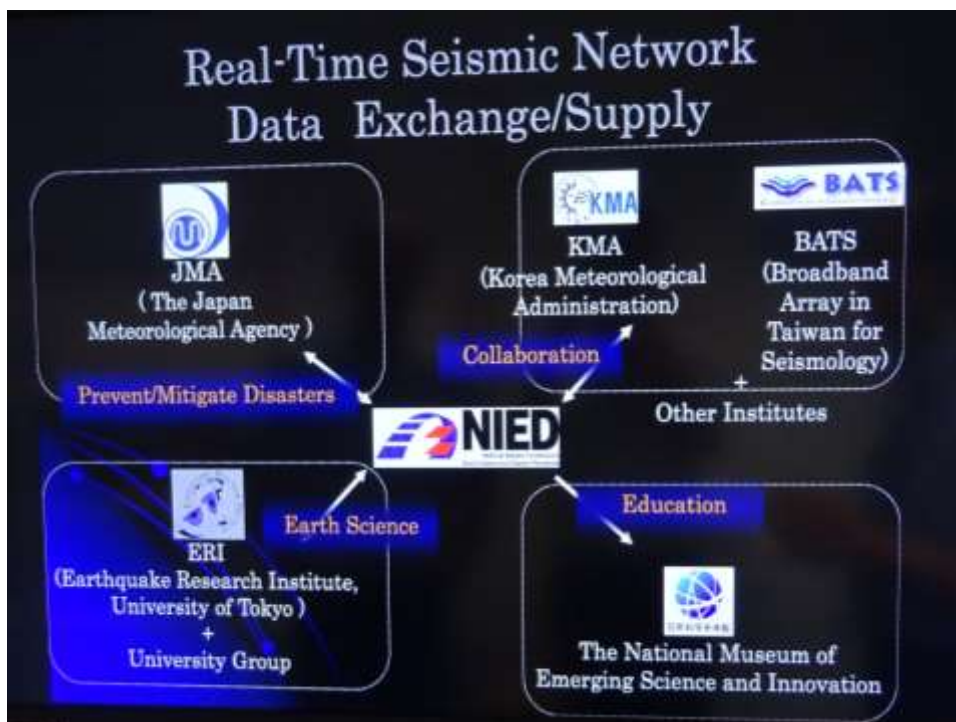
NIED 大尺度降雨模擬實驗場模擬降雨情形。



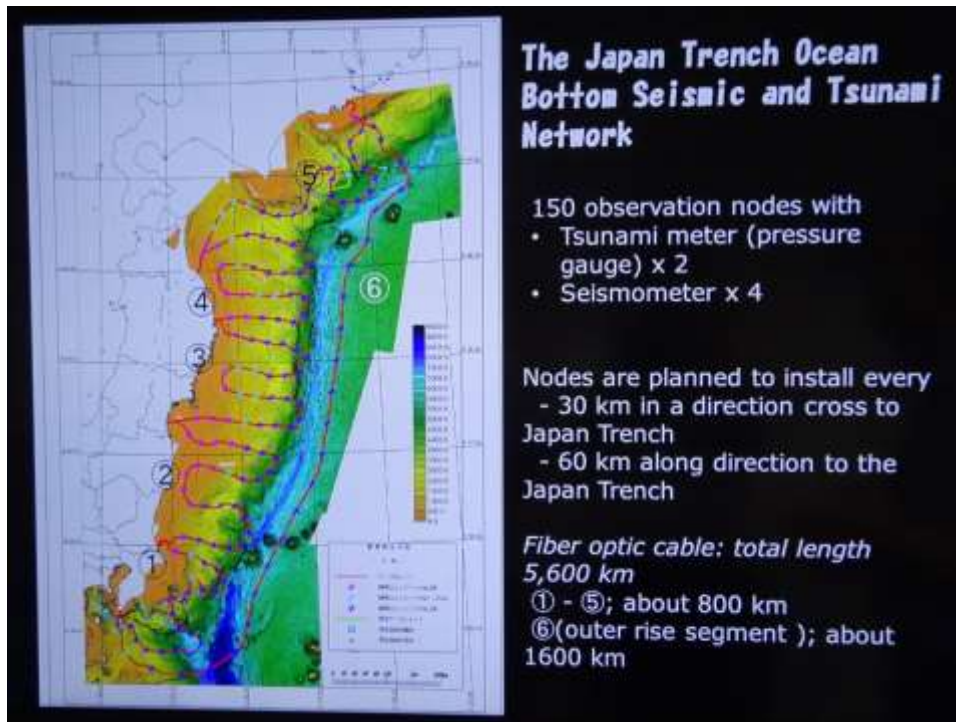
青井真博士在 NIED 地震與火山監測網資料中心介紹即時資料接收情形。



NIED 地震觀測網測站分布情形（資料來源：NIED）。



NIED 地震資料與外界交換情形（資料來源：NIED）。



S-net 海纜鋪設路徑與觀測站位置 (資料來源：NIED)。



筑波地震站山洞內儀器擺設情形。

（三）參訪名古屋大學減災研究中心 DMRC

在中央氣象局國外顧問金田義行（Yoshiyuki Kaneda）博士的陪同下，參訪名古屋大學減災研究中心 DMRC，以及研究中心所在的位置名古屋大學減災館。金田義行博士專長為地震與海嘯的模擬研究，目前為名古屋大學減災研究中心的特聘教授。參訪行程首先與金田義行博士舉行會談，瞭解 DMRC 成立目的與工作任務，以及減災館的使用現況。

名古屋大學減災研究中心成立於 2012 年 1 月，成立目的主要綜合地震工程、地球科學與社會科學等相關領域，針對日本中部地區的地震、海嘯、暴雨與洪水等天然災害的行為與防治進行相關研究，並將成果提供地方政府、企業與民眾參考。該中心同時設置展覽館與圖書館，將相關研究成果與技術以科普方式展示給地區民眾參觀瞭解，並提供政府官員與志工的訓練課程。

名古屋大學減災館於 2014 年 3 月建置完成，含屋頂共 5 層樓，建築物底層與屋頂建有隔震系統，可以在大地震發生時有效隔離強烈的振動。減災館為一座多功能的防災專用基地，除館內 3、4 樓提供名古屋大學減災研究中心及名古屋大學災害管理辦公室從事天然災害科學研究、防災技術開發與社會防災推動外，同時為提高防災意識與防災科普教育需要，館內設 1、2 樓設有展覽館、圖書室及會議室，並固定邀請防災相關專家學者進行專題演講，另外當名古屋地區發生重大天然災害時，該館的會議空間也馬上轉型為當地政府的應變中心，除了避震系統可以確保建築物安全外，館內也備有相當豐富的設備、醫藥與物資，提供當地政府救災所需。相較於國內，除一般大學沒有相同的整合機構外，即使政府也沒有類似的防災專用基地，提供天然災害防治所需的研究、開發、教育、整備與應變，而名古屋大學減災館的設立與運作非常值得臺灣政府參考。

行程中參觀防災館內展覽館，首先映入眼簾的是一幅高達 2 層樓的布幔，內容展示日本南海發生設想最大規模地震時，日本中部地區幾個半島預估海嘯高度的與到達時間，由於海嘯波高以實際的高度展示，淺顯易懂但令人印象深刻。另外展覽館內展出許多科普教育的模型、器具與海報，介紹含括地質、地體構造、地震、海嘯、結構安全等相關領域的學識，提供參觀民眾可以對於天然災害的形成與防災有基本的認識，另外也展出家庭防範天然災害平日應準備的物資，非常的實用。

除靜態模型與海報展示外，館內還設有 2 個實際模擬地震搖晃情形的展示。第 1 個是透過振動臺，藉由實際收錄到大地震的震波紀錄，模擬建築物在地震期間搖晃的情形，同時也會模擬室內桌椅、櫃子翻覆的情形，令人印象深刻。另 1 個展示方式則是模仿攝影棚擁有聲光效果的方式，將大地震發生時的室內情形以投影機投射在牆壁上，讓你有深入其境的感覺，同時該展示並搭配緊急地震速報的警報聲響，讓民眾可以很容易瞭解地震預警的方式與用途。



拜訪日本名古屋大學減災研究中心，與該中心金田義行博士進行交流討論。



日本名古屋大學減災館外觀。



防災展覽館內高達 2 層樓大幅布幔，標示日本南海發生設想最大規模地震時，日本中部地區
 幾個半島的預估海嘯高度與到達時間。



防災展覽館內展出科普教育的模型、器具與海報情形。



防災展覽館內展出家庭防範天然災害平日應準備的物資。



防災展覽館內振動臺模擬建築物在地震期間搖晃的情形。



防災展覽館內模仿攝影棚聲光效果的方式，展示大地震發生時室內破壞情形。

(四) 參訪名古屋大學地球水循環研究中心

參訪名古屋大學減災中心(Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, 減災中心位於 2014 年 3 月才落成的名古屋大學減災館, 該館為結合減災科學研究, 成果展示、推廣防災教育及區域避災與應變中心等多功能之高度耐震先進建築物), 順道拜會與臺灣學界頗有交流之坪木和久(Kazuhisa Tsuboki)教授, 坪木教授目前負責帶領 HyARC 之氣象實驗室, 其團隊以發展高解析度先進海氣象數值模式見長於日本, 此次拜訪不僅著眼於其專長與經驗有助氣象局相關技術的發展, 並可藉由其關係協助氣象局拓展與日本研究機構的交流。

目前氣象局因應新一代超級電腦即將於年底建置完成, 刻正積極規劃下一代數值模式的設計與測試, 在區域模式方面將由現今最細網格 5 公里解析度提高至 2-3 公里, 此外國際發展趨勢也逐漸朝向將原本單一的大氣模式進一步偶合海洋模式與海浪模式, 使數值模式的物理交互作用更完整, 也兼具多面向的預報功能, 例如模式除大氣外也提供海溫及波浪的預報。坪木教授於 104 年 5 月來臺訪問時曾受邀於氣象局報告其最近的一些研究成果(題目: Development of a coupled atmosphere-wave-ocean non-hydrostatic model and its application to typhoon simulations) 即著墨許多我們所關心的議題, 此次與坪木教授進行討論, 重要的議題包含:

1. 雨量預報是臺灣最重要的作業問題, 惟無論是中尺度對流系統或午後雷雨胞引起的短延時劇烈降雨仍有相當大的瓶頸, 在改進數值模式雨量預報能力方面, 坪木教授認為提昇水平解析度是必需的, 從最近研究文獻指出 2 公里左右的解析度才能模擬出較完整的降水物理過程。我們提問垂直解析度是否一併考慮, 以及雲微物理參數化是否也要一併調整。他指出目前其模式垂直使用 35 層解析度, 並未特別針對提高垂直解析度之敏感度進行測試, 其認為 40 層左右是足夠的。在雲微物理參數化方面, 他的數值模式過去從 5 公里提昇至 2 公里的過程並未調整, 其受限人力也未仔細評估過。
2. 在坪木教授於 104 年 5 月的簡報中特別提到其模式已置閃電預報的功能, 為很新鮮的議題, 坪木教授首先釐清其閃電預報並非是透由雲水(冰) 粒子間接診斷而來, 而是真正建立閃電相關預報變數以及生成(消散) 作用物理方程式, 因此可想像閃電預報的複雜性及在電腦運算上的昂貴, 仍屬相當研究的議題, 遑論閃電永遠伴隨雲的對流降水過程, 要先有正確的後者才能產生合理的閃電位置和分布, 惟對流降水的預報瓶頸仍待克服。
3. 針對建構大氣-海洋-波浪偶合模式的挑戰, 坪木教授提及其目前大氣-海洋-波浪偶合模式是與日本另一研究機構共同合作成果。為執行效率, 每個模式都必需高度平行化的優化程式, 這極具挑戰需不同領域專長分工發展。
4. 坪木教授分享新近運用雷達回達分布改進初始水氣場進而改善降雨預報的研究成果, 由於氣象局目前也極力與國內外專家發展相關技術, 故邀其 104 年 11 月底再次來臺訪問時至局演講交流。



與坪木和久(Kazuhisa Tsuboki)教授合影(左二) ，臺大周仲島教授伉儷(右二) 陪同。

(五) 參訪日本氣象協會(Japan Weather Association, JWA)

為創建於 1950 年之第一家日本民間氣象服務機構，業務內容廣泛，包含提供氣象資訊的服務以及環境和防災的諮詢，甚至接受日本氣象廳委託協助執行國際氣象援外服務，目前約有 636 位員工，營業額一年進百億日圓。由於我國非聯合國成員，無法經由世界氣象組織(World Meteorological Organization; WMO) 資料廣播管道直接取得全球氣象觀測資料，因此本與日本氣象協會(JWA) 自民國 74 年簽訂氣象資料供應服務事宜，目前氣象局透由 JWA 管道即時取得全球氣象觀測資料及日本氣象廳(JMA) 所屬之氣象模式數值預報資料與日本地球同步衛星觀測，雙方每 2 年續約 1 次，並且雙方成員每年交換訪問檢討資料供應情形，並適時調整資料傳輸方式、速率與內容。



參訪日本氣象協會(Japan Weather Association, JWA), 與 JWA 理事長齊藤孝雄(右內) 先生會晤。

該辦公區，碩大的空間內擠滿上百位的工作人員，每人一個桌子的工作空間幾無任何隔間隱私，桌面擺滿電腦及電話設備，無個人物品，工作環境與臺灣相當不同。照片中這位女員工鄰近區域為預報員專區，每位各有負責的對外服務對象，以此位女員工為例她負責提供日本鐵路公司之氣象服務業務，她需編輯日本鐵路沿線的預報資訊，並監看氣象觀測即時提供預警資訊，也隨時接受日本鐵路公司的來電氣象諮詢。目前日本主要大報刊登的氣象預報資訊也由 JWA 製作提供，此外也 JWA 提供收音機之氣象預報資訊製作服務，業務觸角多元。



(上)參訪日本氣象協會(Japan Weather Association, JWA) ，由其導覽主要辦公區及說明相關業務運作，(下)辦公區一隅。



日本大報刊登的氣象預報資訊。

業務簡報和問題討論：

1. 針對 JWA 的背景、業務現況及與日本氣象廳(JMA)角色的比較，重點有：

- (1) JWA 於 1950 年成立，1963 開始於日本電視臺 NHK 提供天氣預報解析評論，1973 開始針對鐵路提供客製化氣象服務，1990 開始針對針葉樹提供氣象預報服務，1995 年開始以辦證預報員進行地區性氣象預報服務，1998 年陸續拓展氣象預報服務至海嘯、洪水災害、太陽能、健康領域，近年更自行開發具專利的細緻化預報服務，以及自建地區性降雨雷達，拓展多樣深入式服務。
 - (2) JWA 有三大業務主軸，包含減災服務、環境與能源服務及媒體和客戶服務。業務核心在於提供官方預報資訊之外更具獨特細緻加值化氣象預報產品，並全力配合客戶提供定製化地區化產品服務，以穩定的高品質服務贏取客戶信賴。
 - (3) 相對上，日本氣象廳的角色在於上游部分，負責彙集全國所觀測資料，發展最佳分析與預報技術提供全國天氣資訊並負責警報發布。基本上 JWA 或其他民間氣象服務機構皆會根據官方預報資訊再加工加值，以滿足客戶不同需求，並提供官方單位無法做到的詳細資訊解析服務。連日本氣象廳的網頁也由 JWA 建置維護。
 - (4) JWA 也發展國際業務，除了臺灣氣象局之外還有與海外能源業者的合作。另外也接受日本氣象廳委託協助執行國際氣象援外服務，尤其觸及許多東南亞國家，其協助觀測設施的建設與氣象技術訓練。
2. 針對日本民間氣象服務產業發展的回顧與簡介。
- (1) 日本民間氣象服務產業之發展以 1993 年氣象法修訂為分水嶺，該年的修法開放民間從事氣象預報服務的法令限制，日本民間氣象服務產業從此大幅成長，民間氣象公司由 1993 年約 25 家成長至目前 64 家，相關市場營業額由 10 多億日圓增長至 30 多億日圓。
 - (2) 為規範民間從事氣象預報服務之品質及協助業者取得 JMA 資料來源，1993 年氣象法修訂建立三項制度：i 從事氣象預報服務之核准執照制度，ii 民間氣象預報員之認證制度，iii 成立財團法人日本氣象業務支援中心(Japan Meteorological Business Support Center, JMBSC) 專責供應 JMA 授權之相關觀測與預報資料予民間氣象公司。
 - (3) 從事氣象預報服務之執照核發須符合：i 具足夠從事業務的合理設施與工作人員，ii 具足夠的設施與工作人員可迅速接取 JMA 所發布的警報，iii 從事業務的各地具有認證之氣象預報員。
 - (4) 合格之民間氣象預報員需通過認證考試，考試是由 JMBSC 主辦，測驗深度循序漸進須通過三階段，分別為 i 一般氣象通識及氣象法，ii 氣象專業知識，iii 實務應用能力。目前每次考試約有 9,000-10,000 人，錄取率僅 5-6%，相當嚴謹。
 - (5) JMBSC 成立於 1994 年，主要業務包含 i 獨攬供應 JMA 所有權之相關觀測與預報資料予民間氣象公司，ii 舉辦民間氣象預報員認證考試，iii 氣象儀器之官方檢校。JMBSC 靠上述服務收取費用以自給自足，以 JWA 為例，需每月支付 100 萬日圓之資料取得服務費。



聽取JWA人員簡報業務，桌前擺放雙方國旗。

(六) 參訪日本氣象業務支援中心及日本富士通公司

參訪財團法人日本氣象業務支援中心(Japan Meteorological Business Support Center, JMBSC)，其為因應 1993 年日本氣象法修訂開放民間從事氣象預報服務而於 1994 年成立的機構，專責供應日本氣象廳(JMA)授權之相關觀測與預報資料予民間氣象公司。JMBSC 提供的服務範圍主要包含四個領域 i 提供 JMA 的氣象數據資料，產品和訊息；ii 提供國家氣象預報考試及認證；iii 代表官方檢校氣象儀器；iv 提供氣象技術的訓練課程、氣象顧問諮詢、協助出版 JMA 官方相關文件等其它服務。其本質上可說是日本氣象廳的附屬單位，日本氣象廳退休高層官員經常會受聘為該中心的理事長或資深顧問，目前理事長羽鳥光彥博士即為前任日本氣象廳廳長。參訪重點摘錄如下：

1. JMBSC 為協助民間從事氣象預報服務需求於 1994 年 3 月成立，扮演官方開放資料供應至民間的橋樑，也分擔日本氣象廳對外的氣象服務業務，單位的經費獨立採自給自足原則，收入來自如民間氣象公司等被服務之對象，取得原始資料不需另付費給 JMA，目前營業額每年約 2 億 7 千萬日圓，工作人員目前約有 50 人，總客戶數有 400~500。
2. 日本政府不同單位會因業務推動而各自建置各式氣象或水文觀測設施(站)，這些觀測資料都會透過特定的管道匯集至日本氣象廳為其所運用，惟觀測資料之所有權非屬於 JMA，因此 JMBSC 不能提供其他非 JMA 來源之資料予外界，臺灣亦屬類似情形。
3. JMBSC 與會高層中有位新進 JMA 退休官員，退休前派駐 WMO 擔任亞洲及西南太平洋區域辦公室主任，其似乎瞭解氣象局近年在拓展東南亞國家之活動，氣象局說明了與菲律賓、韓國近來密切交流之情形，也提及希望日本能更開放無懼地與臺灣在氣象業務上進行官方往來。



參訪日本氣象業務支援中心(Japan Meteorological Business Support Center, JMBSC)並進行高層交流會談，會後合照。前排右一為 JMBSC 理事長羽鳥光彥(Mitsuhiko Hatori)，為前任日本氣象廳(JMA)廳長。



由資深執行顧問間塚道義先生(左四)帶領相關高層人員與氣象局一行人合照。

參訪日本富士通公司聊解 HPC 之建置及未來之發展策略，並前往展示廳；日本富士通公司 Net Community 展示廳是富士通公司著眼社會發展趨勢與需求，展示如何透過與新興資通訊技術(ICT) 的結合創新，創造更美好便利的生活方式，致力實現「智慧城市」和「健康生活」願景的努力與企圖，因此其展示的重點扣緊這兩個主題。在進入展示廳之前，富士通公司先為我們進行簡報，其中一個有趣的內容為大數據的有效應用，富士通推出支援「大數據倡議」(Big Data Initiative) 的產品及服務，協助客戶透由諮詢到數據分析及建置資訊平臺，藉由大數據的應用瞭解問題並建立解決方案，富士通以累積的實例如農業應用服務，下水管道檢修，災害預防等涉及生活的各方面為基礎，整合為十種應用類型介紹。

參訪富士通在 Net Community 展示廳，可以親身體驗富士通最尖端技術在健康、生活及物聯網上的應用。

(1) 運用高速運算電腦開發心臟模擬器：

富士通透由與東京大學的共同研究，並運用富士通的高速運算電腦，在世界上領先開發可以依據患者個人身體的資料詳細模擬患者心臟跳動與血液傳輸實況的技術，這非常有利於提昇未來心臟疾病的醫治，為高速運算電腦在醫學應用的實例。

(2) 面部攝影測健康：

這項技術透由人的面部面對智慧攝影鏡頭進行即時檢測心跳。它是由測量面部亮度變化來量測脈搏情況，其原理是運用了血液循環中血紅蛋白可以吸收綠光導致面部亮度變化，來量測面部血液循環情況，從而測出使用者的脈搏。這種非接觸式的測量技術，可以運用在老人或者需要特別看護的物體上，通過看電視、使用電腦等長時間的行為模式，瞭解目標物的健康狀況。它可以將相關資料不斷

傳送到雲端，讓對應的遠端護士對健康狀況做出分析。結合其它一系列的健康監測手段，富士通期望在未來可以利用大數據技術，於使用者出現病癥前提早示警，防患於未然。

(3) 保障老年人外出安全的智慧拐杖：

富士通開發的智慧拐杖具有三大功能，(1)定位功能，可以遠端通過電腦追蹤拐杖所在的位置；(2)生命保障功能，能夠監測使用者的心跳，通過網路將資料傳送到遠端的伺服器，如果心跳數值異常，它會自動給急救中心發信號；(3)導航功能，根據預先設計好的路線，智慧拐杖能引路導航，提供向前向左向右的方向指示，還會發出震動示意需要拐彎，並會出現閃光的箭頭指示。

(4) 由觸控螢幕體驗仿真實的觸感

富士通利用超聲波震動技術，使觸控式螢幕與手指之間的摩擦力發生變化，從而表現出極為真實的滑溜溜及粗澀感等物件觸感，例如觸摸螢幕上的鱷魚表皮即有其顆粒凹凸感。



參訪日本富士通公司 Net Community 展示廳一隅，介紹最新資通訊應用技術。

(七) 參訪理化學研究所之計算科學先進研究所與京(K)超級電腦

理化學研究所(Institute of Physical and Chemical Research, RIKEN) 為日本以優異研究成果享譽國際之自然科學系綜合研究所，基礎研究至應用研究均有，涵蓋物理學、化學、工學、生物學、醫科學等領域，以"RIKEN"簡稱名聞國際。該所前幾年獲得政府的支持而建立日本最快之超級電腦(日本富士通公司製造之 K-Computer，一年多前排名世界第一)，並為強化超級電腦的維運與應用，於 2010 年創立計算科學先進研究所(Advanced Institute for Computation Science; AICS)，藉由充沛的電腦資源推動許多先進尖端的技術研究，其中包含海氣象數值模擬領域。

計算科學先進研究所所長平尾公彥(Kimihiko Hirao)先生為氣象局的到訪親自簡報該所任務及京(K)超級電腦特色。AICS 有三大任務：

1. 支援京(K)超級電腦在研究及工業應用上之作業維運。
2. 透由電腦及計算科學領域專家之間的合作開拓先進尖端研究。
3. 推動日本計算科學及下世代 exascale 運算電腦的未來發展策略。

京(K)超級電腦的運算能力最大可達 11.28Petaflops(PF)，在 2011 年為世界第一快超級電腦，至 2015 年仍高居第 4 名。AICS 京(K)超級電腦的使用量維持在 70%-80%，AICS 目前共成立 16 個研究小組，基本上利用其充沛的電腦資源，研究小組的任務就是開創唯有京(K)超級電腦才能進行的獨特尖端研究，這些研究都涉及大量的計算以進行極繁複細微的模擬，例如人類心臟細部的模擬、天文行星物理方面的模擬、地震與海嘯所引發災害的模擬以及氣候變化的數值模擬。在氣候數值模擬方面，其採用網格間距小於 1 公里(0.87km) 的驚人解析度之全球大氣模式進行研究，一般做為氣候研究的全球大氣模式因需要龐大電腦資源進行長期積分，解析度能達到 20 公里以內就非常不易，相較之下其研究的確為人所不能。由於雲是影響氣候很重要的因素又極其複雜，故其採用超細網格模式即期望能利用詳細解析雲物理過程的條件，來探究分析與一般粗解析模式所模擬出氣候變化特性之差異，可想像研究產出的資料量一定相當可觀，因此 AICS 建置了共達 41PB 儲存量的硬碟機櫃群。此外，AICS 也分享超級電腦資源支援民間工業研發運用，強化其國際競爭力，目前有 30%使用者來自工業界，使用約 10%的電腦資源。另一方面，AICS 也利用超級電腦資源吸引許多國際機構的合作，這是種國家策略，希望形塑有利的環境導引國際優秀的科學團隊與日本科學家合作交流，提昇日本科學家在國際上的影響力與領導地位。

另外，AICS 同時獲得政府支持正與富士通公司合作執行一項經費高達 1,300 億日幣之 7 年期(2014-2020)旗艦型計畫，發展接替京(K)超級電腦之下世代世界最先進的電腦系統，此為延續日本超級電腦科技競爭力的使命與雄心。依規劃時程，新電腦系統 2018 年開始生產製造，2019 年安裝，2020 年作業。



參訪理化學研究所之計算科學先進研究所，與陪同人員之合照。



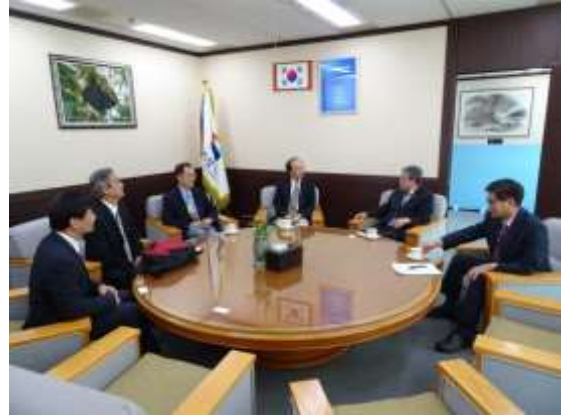
計算科學先進研究所所長平尾公彥(Kimihiko Hirao)先生向局長介紹京(K)超級電腦。

(八) 中央氣象局與 KMA 雙邊第二次工作會議

中央氣象局與 KMA 雙邊第二次工作會議於在 KMA 總部會議室正式舉行，由 KMA 高允和 (Dr. Ko Yun-Hwa)廳長親自主持，雙方有關合作項目之主管人員出席如表 1，議程如表 2。



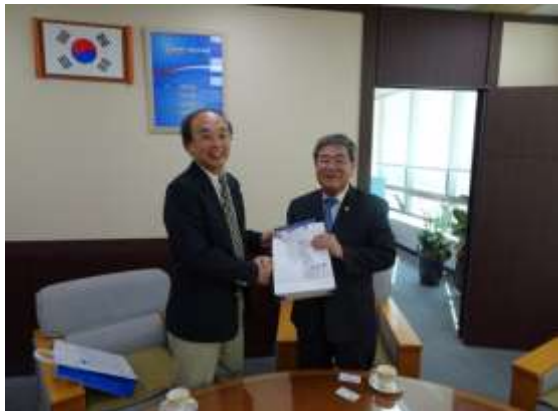
KMA 大廳歡迎局長。



會見 KMA 高允和廳長。



與 KMA 高允和廳長進行首長晤談。



KMA 高允和廳長互贈紀念品。

表 1：中央氣象局(CWB)及韓國氣象廳(KMA)出席雙邊第二次工作會議人員

中央氣象局(CWB)出席人員	韓國氣象廳(KMA)出席人員
辛在勤局長	高允和廳長(Dr. KO Yun-Hwa)
林雨我組長 (第一組)	金世源組長(Mr. KIM Se-Won) (規劃協調局國際合作組組長)
程家平主任 (氣象科技研究中心)	Dr. RYOO Yong-gyu, (地震及火山辦公室政策組組長)
趙恭岳處長 (中華民國氣象學會國際事務處)	Dr. KIM Hyun-kyung, (氣候科學局氣候預測組組長)
	Dr. KIM Dong-joon, (數值天氣預報辦公室模式發展組組長)
	Dr. KANG Ki-Ryong, (氣象預報局國家颱風中心資深研究員)
	Dr. YOU Sung-Hyup, (氣候科學局海洋氣象組副組長)
	Dr. KIM Jeong-hee, (氣象雷達中心資深研究員)
	Mr. LEE Byung-il, (國家氣象衛星中心研究員)

表 2：中央氣象局(CWB)及韓國氣象廳(KMA)雙邊第二次工作會議議程

議程	內容
雙方首長致辭	高允和廳長及辛在勤局長(5 分鐘)
會議議程確認	高允和廳長主持
雙方發展現況簡報	KMA(金世源組長)，簡報內容如附件 1。 CWB(林雨我組長)，簡報內容如附件 2。
第一次雙邊會議至今成果報告	KMA(金世源組長) CWB(林雨我組長)
未來合作項目討論及確認	由合作項目提出方提出說明，雙方進行討論並確認。

第二次雙邊工作會議中，雙方就第一次雙邊工作會議所擬定之「地震預警技術」、「雷達資料處理技術與資料交換」、「颱風測報作業技術與研發」、「衛星資料處理」、「數值預報資料同化技術」等 5 項，以及氣象局提議新增「交換短期氣候監測及預報作業

的思維短期氣候測報技術」、「海氣象觀測及相關波/流/潮/湧等的測報技術」，KMA 新增「GNSS-RO 衛星反演資料應用技術發展」等 3 項，合計 8 項合作項目的內容及聯繫窗口，由提出方先進行需求說明，再由另一方進行回應，相互在非常融洽的氣氛下討論並達成共識，雙方均同意第一次雙邊工作會議至今的成果，確能強化彼此夥伴關係，同時確認未來的合作項目將由原有 5 項擴展為 8 項，相關討論及議決內容以具體文字述明，如表 3。此外，雙方於會議中亦對未來技術層級人員交流方式部分及舉行第三次工作會議相關事宜達成決議，約定每年各方總派遣人員每年以 5 人、每人 5 個工作天為限，由邀請方負擔機票、當地生活及交通費用，超額部分由派遣方自行負擔。至於雙邊工作會議(首長層級)部分，則決議每 2 年由一方舉辦，並決定 2017 年在臺北舉行。氣象局與 KMA 第二次雙邊工作會議於 9 月 1 日下午 4 時 00 分正式結束。



第二次雙邊工作會議由高允和廳長主持



第一次雙邊工作會議至今成果簡報



第二次雙邊工作會議討論進行中



第二次雙邊工作會議圓滿結束

表 3：中央氣象局(CWB)及韓國氣象廳(KMA)合作項目及達成的結論

項次	合作項目		具體措施	會議結論
	原設項目	修正項目		
1	共同主辦颱風研討會	分享颱風預報技術及研究成果	雙方針對颱風預報議題，輪流舉辦專家會議。	雙方每年輪流舉辦專家會議，針對最佳路徑、雷達影像分析及預報模式等颱風相關議題，分享颱風預報技術及研究成果。
2		交換短期氣候監測及預報作業的思維(氣象局建議新增合作項目)	雙方專家互訪	1、雙方針對短期氣候監測之作業、產品及服務等業務進行相互瞭解與認識。 2、雙方針對短期氣候之預報模式發展及作業等業務進行相互瞭解與認識。 3、KMA 主辦「季內至季(S2S, Sub-seasonal to Seasonal)」相關研討會時，將邀請 CWB 專家出席。(會中新增達成之共識)
3	強震即時警報系統技術交流	交換地震預警及火山觀測技術	舉辦地震預警及火山觀測技術相關的專家會議	雙方每年輪流舉辦專家會議，針對地震早期分析方法、預警系統表現分析技術及火山活動監測方法、噴發徵兆等相關議題，分享研究成果。
4	氣象雷達資料技術交流及專家互訪	拓展雷達觀測網連及分享雷達應用技術	交換雷達資料應用技術	1、交換在颱風及定量降水分析方面的雷達資料處理及應用技術。 2、邀請對方人員參與己方舉辦之技術訓練或專題討論會。
5		GNSS-RO 衛星反演資料應用技術發展(KMA 建議新增合作項目)	雙方針對 GNSS-RO 衛星反演資料之處理及應用技術之發展進行合作	1、雙方針對 GNSS-RO 衛星觀測所得折射角(bending angle)、總電子密度(total electron density)等資料前置或後端處理及電子密度、溫度、水汽垂直分布等資料品管技術方面進行合作。 2、前揭相關領域專家交流。
6	數值預報系統發展之技術交流	交換數值天氣預報系統發展及未來規劃的思維	雙方專家互訪	1、針對雷達資料同化、高解析度數值天氣預報模式及短期(0-12 小時)定量降雨預報之發展策略進行專家交流。 2、針對全球預報模式系統發展之技術進行常態性的專家交流。 3、KMA 將分享新超級電腦在建置及管理上之經驗。
7	氣象衛星技術交流	交換氣象衛星發展計畫展望的思維	雙方專家互訪	1、雙方針對韓國氣象衛星(COMS)的 FD、ENH 及 LA 模組資料的 FTP 服務，簽訂專屬協議書。 2、雙方針對衛星觀測反演產品進行技術交流。
8		交換海洋氣象觀測、作業、產品開發及服務的思維(氣象局建議新增合作項目)	雙方專家互訪	1、雙方交換波浪及潮汐觀測資料。 2、雙方針對全球型、區域型及沿岸型之波浪、颱風暴潮、洋流等海洋模式進行技術及經驗上之交流。

(九) 參訪 KMA 相關作業單位

氣象局與 KMA 第二次雙邊工作會議結束後，隨即展開參訪 KMA 轄管之氣象中心(Meteorological Center)、地震中心(Earthquake Center)及訊息通訊技術中心(Information Communication Technology Center)的行程。

1. 氣象中心

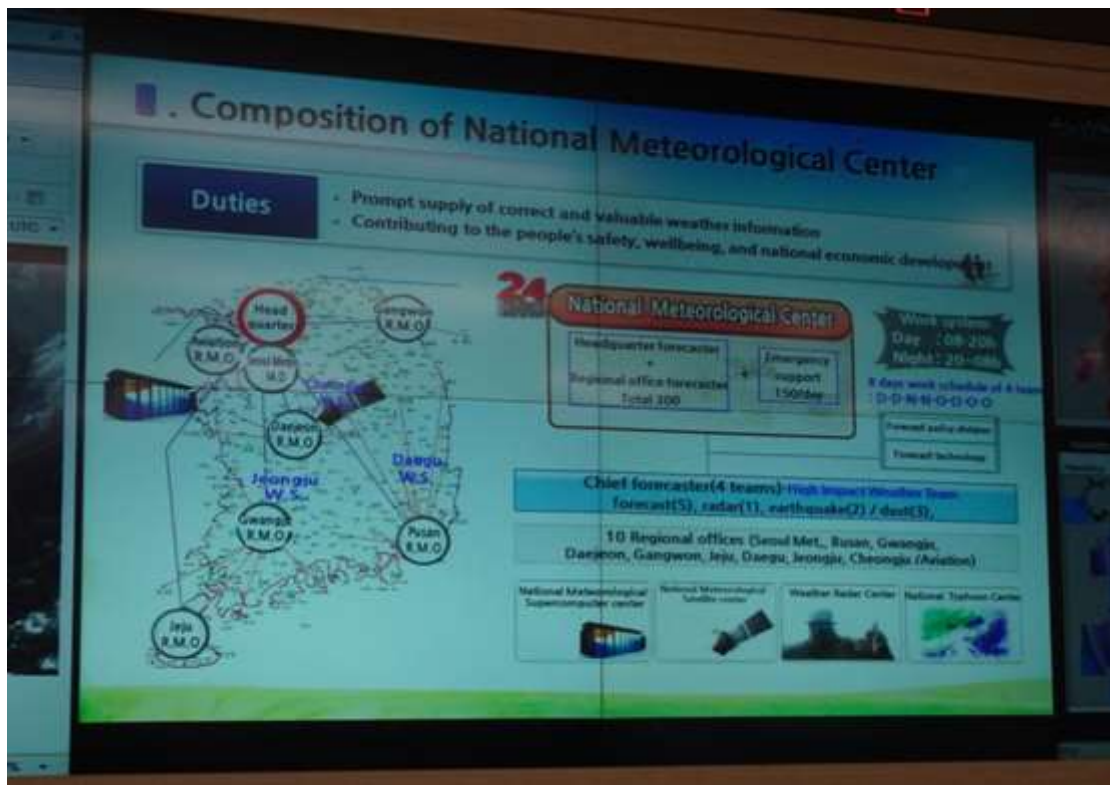
KMA 的氣象中心為氣象預報局的作業單位，簡報資料顯示該中心設於 KMA 總部，主要由 4 位主任預報員(Chief Forecaster)各自帶領的 5 個預報席位、1 個雷達席位、2 個地震席位及 1 位沙塵席位的人員組成 4 組高影響天氣預報監測團隊(High Impact Weather Team)，每日分成日夜 2 個班次(0800-2000，2000-0800)，8 天為一個循環的方式，輪值例行性氣象預報及發佈任務，與位於韓國的首爾市(Seoul)、釜山市(Busan)、光州市(Gwangju)、大田廣域市(Daejeon)、江陵市(Gangwon)、濟州市(Jeju)等 6 個區域氣象中心(Regional Meteorological office)及位於大邱市(Daegu)、全州市(Jeongju)、清州市(Cheongju)及仁川機場(Incheon)的 4 個氣象站(Weather Station)合計約 300 名的預報人員，彙整包括 94 座自動地面觀測系統站(ASOS)、477 座自動氣象站(AWS)、5 座探空站、13 座剖風儀站；9 座海洋資料浮標、27 座海岸波浪浮標、15 座波浪儀、6 座岸基波浪雷達、9 座燈塔自動氣象站；S 波段雙偏極化氣象雷達站，2019 年將有 10 座雷達同時作業及自行發射之 COMS 氣象衛星，2019 年將由 KOMPSAT-2A 取代作業，的觀測資料，以及參考以英國氣象局(UKMO)模式為架構基礎所建置之全球模式(UM_GLOBAL，解析度：水平~25 公里/垂直 70 層)、全球環境模式(UM_GLOBAL_EPS，解析度：水平~40 公里/垂直 70 層)、東亞區域模式(UM_E_ASIA，解析度：水平~12 公里/垂直 70 層)、韓國局部模式(UM_Korea，解析度：水平~1.5 公里/垂直 70 層)；KMA 研發之東亞區域 WRF 模式(E-ASIA，解析度：水平~10 公里/垂直 40 層)、韓國局部模式(KLAPS，解析度：水平~5 公里/垂直 40 層)；以及包括波浪、潮位、颱風等統計模式資料(表 4)，產製出 4 小時內、3 天、7 天、10 天、3 個月及 1 年的各類預報產品，在 KMA 官網提供服務。



KMA 氣象中心入口



KMA 氣象中心預報作業討論室



KMA 氣象中心值班運作方式

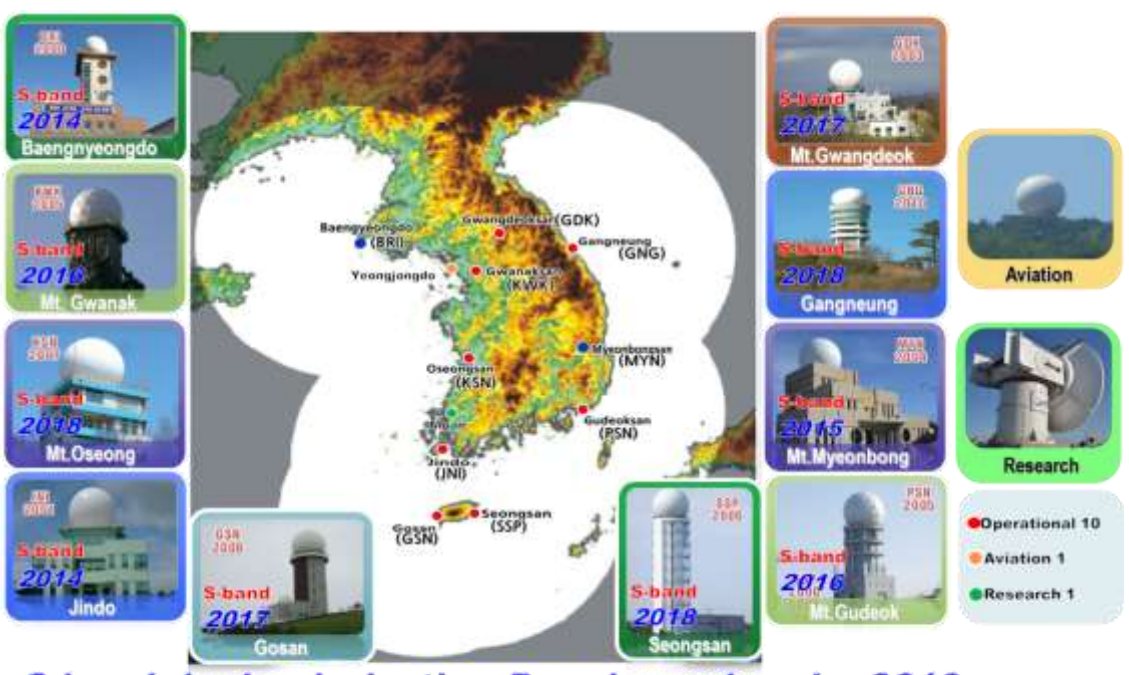


KMA 地面及高空觀測網

- ### Observation Network
- Ocean Data Buoys : 9
 - Coastal Wave Buoys : 27
 - Long Wave Gauges : 15
 - Wave Radars : 6
 - Lighthouse AWS : 9
 - Marine Obs. Station : 1



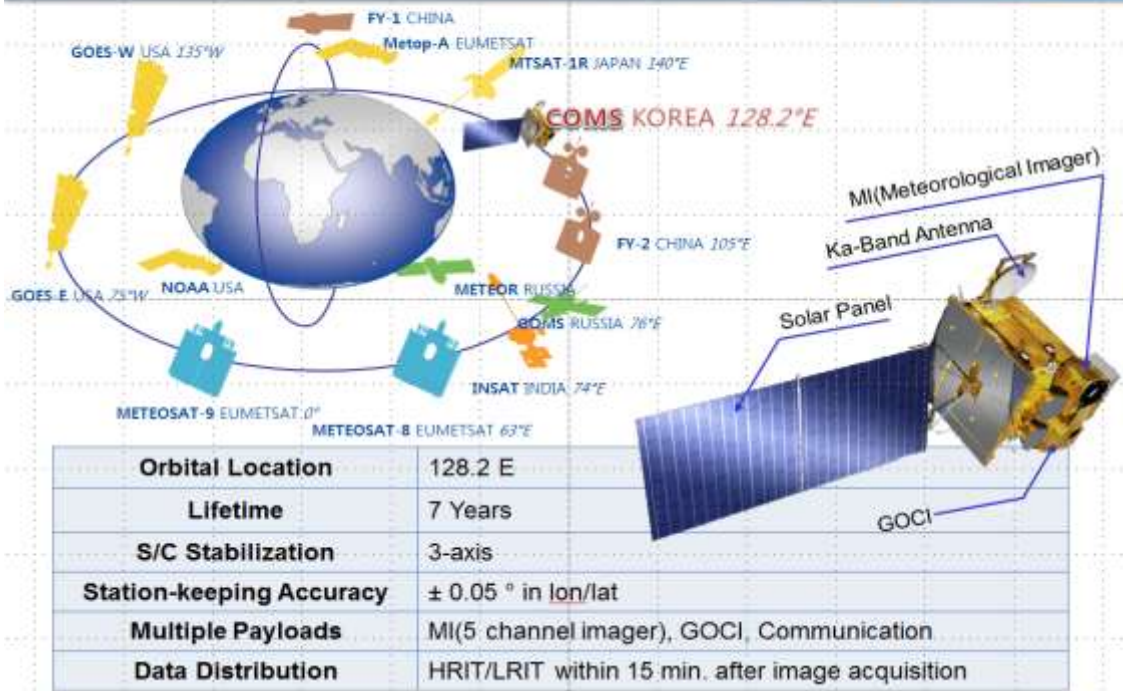
KMA 海洋氣象觀測網



S-band dual-polarization Doppler radars by 2019

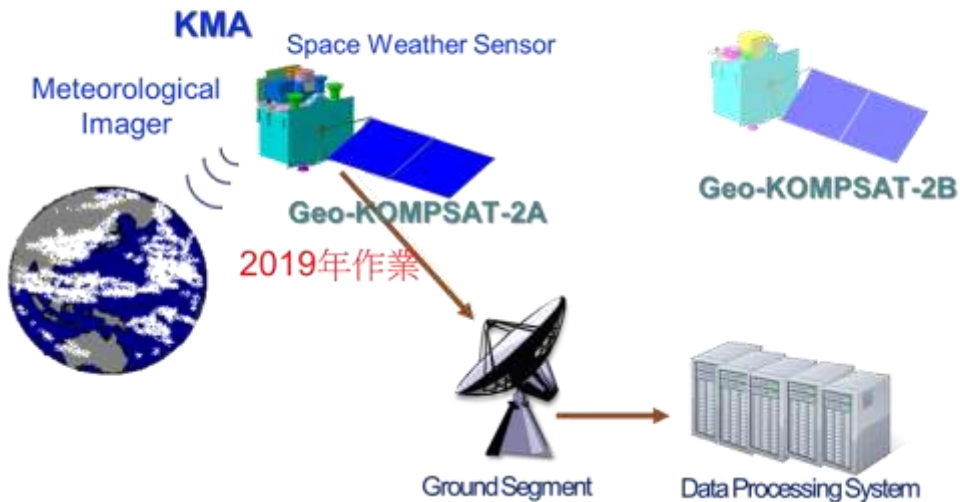
KMA 氣象雷達觀測網(2019 年作業規劃)

COMS: Communication, Ocean, and Meteorological Satellite



KMA 目前作業中之 COMS 氣象衛星基本性能

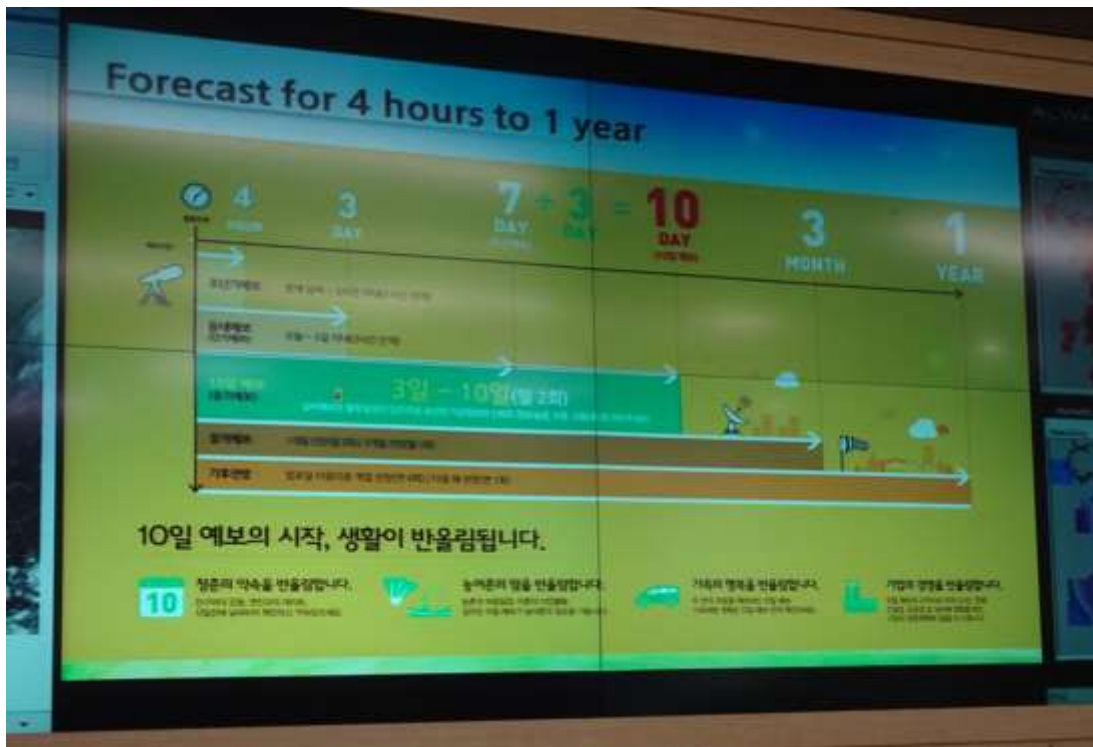
GK-2A : Next Generation Advanced Meteorological Imager(AMI)
GK-2B : Complex Satellite for monitoring Oceanographic Environ.



KMA 規劃於 2019 年開始作業之氣象衛星觀測網

表 4 : KMA 數值預報模式系統

	Model	Horiz. Resol. (Vert. Layers)	Target Length	Purpose / etc.
Global	UM (Global)	25km (70)	252h	Medium-range
		40km (70)	240h	Medium-range (M24)
Regional	UM (E.Asia)	12km (70)	72h	Short-range
	KWRF (E.Asia)	10km (40)	72h	Short-range
Local	KLAPS (Korea)	5km	12h	Very Short-range
	UM (Korea)	1.5km	24h	Very Short-range
App. & Stat. Models	Wave Model	60km	252h	GWW3 (Global)
		8km	72h	RWW3 (E.Asia)
		1km	24h	CWW3 (Coast)
	Tide & Storm (RTSM)	8km	72h	E.Asia
	Asian Dust (ADAM2)	30km	72h	Asia
	Typhoon (DBAR)	35km	72h	Track & Intensity
	Digital Forecast/Stat.	-	2-10d	



KMA 氣象預報產品週期



KMA 官網上所提供氣象預報產品

2. 地震中心

KMA 的地震中心為地震及火山辦公室的作業單位，與氣象中心在同一工作空間進行地震、海嘯監測及資訊發布任務。地震及火山辦公室在 KMA 的組織架構上係觀測基礎設施管理局(Observation Infrastructure Bureau)的協力單位，但在業務上各自獨立運作，目前有 35 名工作人員，惟據瞭解 KMA 正進行組織改造，未來將獨立成為地震及火山局(Earthquake and Volcano Bureau)。韓國由於地質條件的關係，地震發生的頻率不高，火山主要集中在韓國南部及濟州島周邊地區，海嘯的威脅主要來自日本大型地震。

KMA 的地震監測及發布作業時效如表 5，據稱目前可以對陸地上規模大於 3.5 及洋面中規模大於 4.0 的地震，在 2 分鐘內發布作業人員初步分析後的地震快速訊息(Earthquake Flash)，5 分鐘內可發布作業人員再分析後的規模大於 2.0 的地震報告(Earthquake Information)，至於在地震早期預警(Earthquake Early Warning)方面，目前可在 50 秒內針對規模大於 5.0 的地震自動發出預警訊息，同時規劃在 2020 年時可將預警處理時間減至 10 秒。不過在彼此交流會談時，KMA 人員表示對氣象局處理地震早期預警方面的技術非常有興趣，未來希望與氣象局在這方面有密切的合作關係。



KMA 的地震中心作業室



聽取 KMA 地震中心作業簡報

表 5：KMA 地震監測及發布作業時效

Earthquake service in KMA				
● Earthquake services in KMA				
Alerts	Magnitude		Time	Method
Earthquake Flash	Inland	ML ≥ 3.5	Within 2 min.	Operator analysis
	Ocean area	ML ≥ 4.0		
Earthquake Information	-	ML ≥ 2.0	Within 5 min.	Operator analysis
Earthquake Early Warning	-	ML ≥ 5.0	Within 50 Sec.	Automatic

3. 訊息通訊技術中心

訊息通訊技術中心(Information Communication Technology Center, ICT)，目前已自氣象服務促進局(Meteorological Service Promotion Bureau)改隸觀測基礎設施管理局(Observation Infrastructure Bureau)，與觀測政策、觀測技術、超級電腦等業務結合，主要掌管 KMA 總部與分布於全國的區域氣象中心、氣象站間的通訊網路(實體及衛星)建置維護，以及包括有人站、地面自動氣象站、海洋浮標、雷達資料等觀測與監測資料的彙集、交換，透過自動化流程，以精簡的人力，監控所有原始觀測資料的流向及被使用的狀況，與氣象局設置監測管制室、大陸中國氣象局設置氣象探測中心的功能及目的相似。



KMA 訊息通訊技術中心訊息通訊網聯



KMA 地面自動觀測系統(ASOS, Automatic Surface Observational system)架構



KMA 訊息通訊技術中心內部情形



聽取 KMA 訊息通訊技術中心簡報



拜會 KMIPA

KMIPA 董事長李熙昌博士簡報並討論。

該會係依據韓國氣象產業促進法，於 2009 年 12 月成立的財團法人機構，2013 年再轉型為具行政法人性質的政府機構，設置有規劃管理、研發支援、產業促進及氣象支援等 4 個組，目前有正式及約聘員工計 178 人，其中在氣象支援組下的公共氣象資訊諮詢中心(Weather Call Center)就有約 50 名員工負責回應公眾的需求，其組織架構如下。

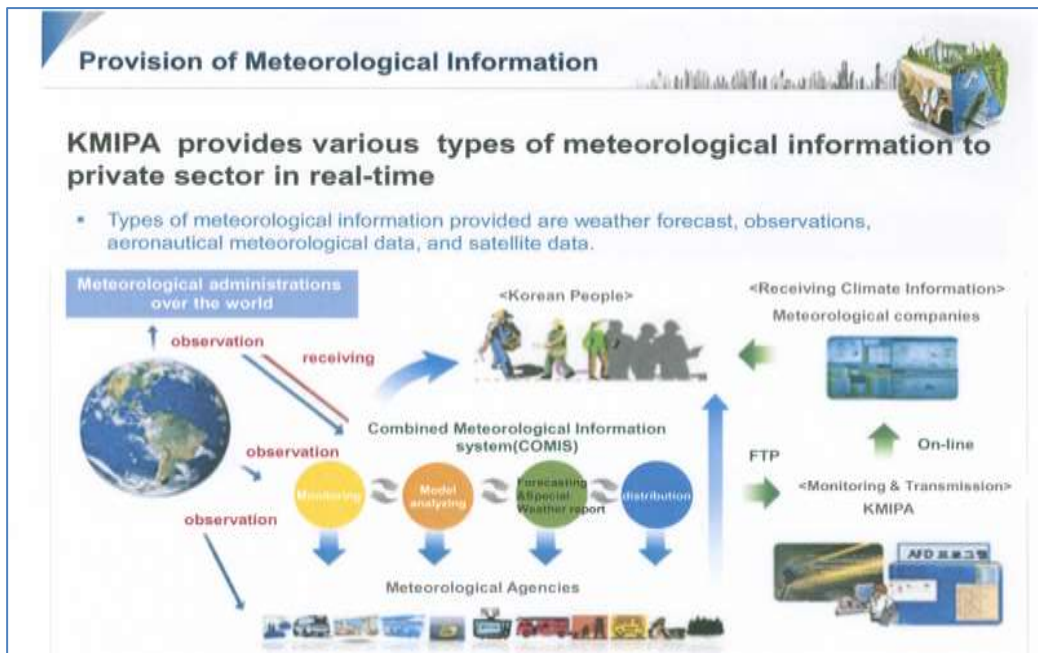


KMIPA 組織架構

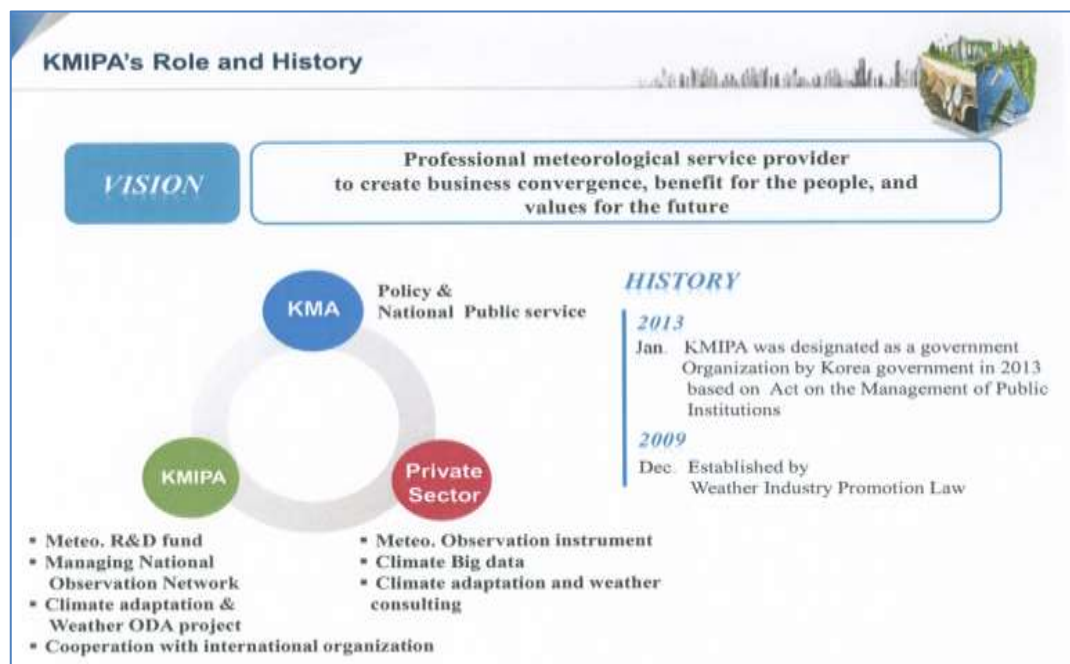
KMIPA 由 KMA 全力支持其業務的正常推動與運作，主要業務如下：

- (1) 民間氣象產業市場的調查、分析及所蒐集資訊的利用。
- (2) 規劃、評估和管理研究發展計畫，以促進民間氣象產業的發展。
- (3) 接受 KMA 等政府機關的委託，進行氣象觀測設施的建置、管理。
- (4) 即時供應民間氣象產業所需的各種氣象訊息。
- (5) 公共氣象諮詢機構之營運及管理。

韓國政府希望將 KMIPA 定位成 KMA 對外服務業務的重要代表，作為 KMA 與民間氣象業者的橋樑，讓 KMIPA、KMA 及民間氣象業者共同形成韓國全國氣象事業的三大領域，希望能夠藉以強化氣象產業的研發能力，技術轉移研發成果至民間並予以加值(Value added)及商業化，透過提供產業初創和全球市場滲透的制度支持，培育有競爭力的全國性氣象產業，為建構韓國國內和全球市場良好的商業環境奠定基礎。為達成此一目標，KMIPA 在 KMA 的支持下，2014 年在氣象資訊產品、儀器設備及商業化的研究發展及管理經費高達 5 億美元，遠超過氣象局所能獲得的研發經費，韓國政府的企圖心可見一斑，值得我國政府高層重視。



KMIPA 即時供應民間氣象產業所需的各種氣象訊息



韓國全國氣象事業的三大領域

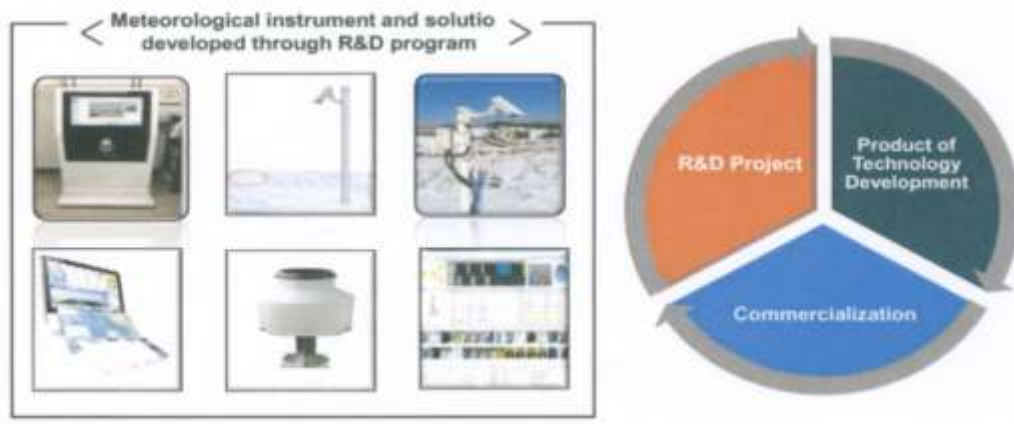
Meteorological R&D



R&D budget : **USD 500 million** in 2014

Major activity

- Providing financial and managerial support for meteorological research and development projects
- Supporting commercialization of results



2014 年 KMIPA 在氣象資訊產品、儀器設備及商業化的研究發展及管理經費

(十) 參訪 APCC 總部

氣象局與自 2001 起即開始派員參與 APCN 的年度氣候研討會進行技術的交流互動，至 2005 年 APC 正式成立，氣象局曾派遣紀副局長參與其成立大會，此後除持續參與 APCC 的年度氣候研討會及相關氣候測報資料交換活動外，並數度邀請 APCC 中心的主任來台參與氣象局舉辦的相關活動，惟過去近 10 年未曾再有高層過訪 APCC。為加強未來與 APCC 的互動並尋求進一步合作的機會，於此次訪韓期間，乃特別安排至 APCC 的參訪互動行程及議題討論。9 月 3 日 APCC 首先就其組織架構、任務與願景，與亞太地區的國家以及與國際的互動，同時也對其近年重要發展計畫與成果進行簡報，並感謝氣象局協助持續提供氣候模式預報資料，擴大其多模式系集預報系統的基礎；其次氣象局報告了氣象局氣候業務發展的整體目標、重點和服務對象，我國面對氣候變遷所受到衝擊，以及我國政府進行氣候變遷調適的整體架構和需求，並且也說明氣象局近年氣候模式發展的成果，以及推動氣候應用服務的經驗；之後雙方就可能加強或增加合作的議題及互動方式進行討論，APCC 提出希望氣象局能儘速提供氣象局所發展完成的新一代高解析度(T119)大氣氣候模式以及海氣偶合模式之結果予其參考運用，APCC 也願意主動分享其在氣候應用服務上的研發經驗，並強調期待未來能與氣象局有更進一步的合作；由於雙方對於加強未來的合作有高度共識，因此雙方也對於未來簽定共同進行氣候測報技術研發，氣候資訊應用的推廣，氣候科學技術的訓練，以及共同舉辦研討會的合作意向書(MOU)有相當的期待。現摘述討論重點如下：

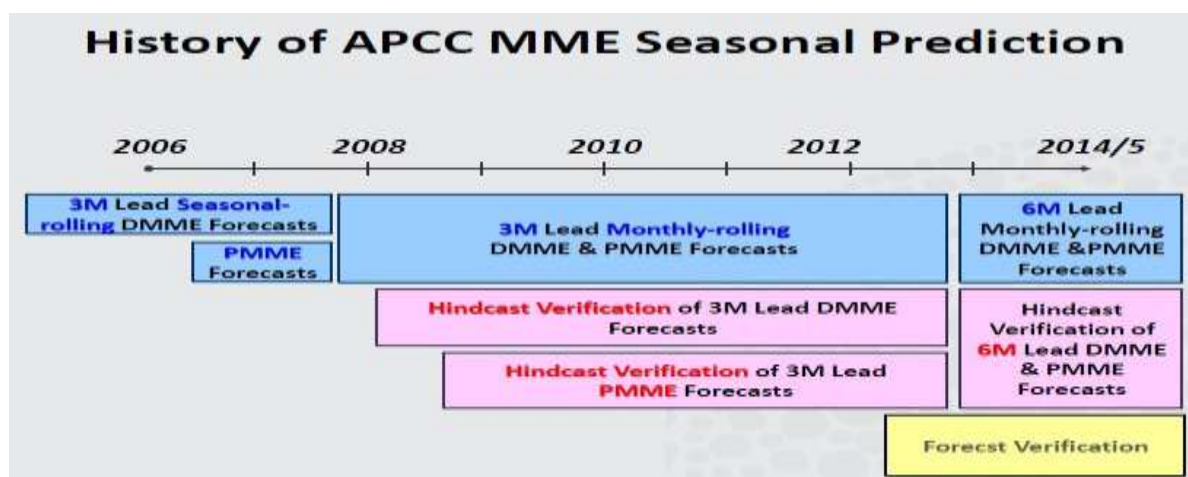
1. 多模式系集月季預測系統的持續發展與強化

APCC 近年最重要的研發成果，當屬彙集了全球 11 國(澳/加/中/台/義/日/韓/蘇/英/美/秘，其中英/義並非 APEC 會員國)的 17 個氣候預報中心及研究機構(如圖 2 所示，氣象局亦為其中一員)所提供的氣候模式產品，完成了一套多模式系集預測系統，逐步提供 3 至 6 個月的多模式系集降尺度(DMME)和多模式系集機率(PMME)氣候產品給亞太各國運用(如圖 3 所示)；除此之外亦發展出一系列包括：氣候資訊工具集(CLIK)、APCC 資料服務系統(ADSS)、氣候變化追蹤與討論平台(TRACE)等的作業工具與資料存取機制，以提供各成員國方便的取用彙整的系集氣候測報產品資料。近年國際作業性的氣候模式發展，除模式解析度的提昇外，已邁入海氣偶合氣候模式的階段，APCC 亦期待氣象局儘速提供氣象局於「災害性天氣預報與作業建置計畫」緊隨國際腳步所發展完成的：第二代高解析度(T119)的大氣氣候模式，以及第一代海氣偶合氣候模式之預報產品，依氣象局工作時程規劃，此二模式將於 2016 年至 2017 年內，先後完成大氣及海氣模式的 30 年歷史資料之 7 個月氣候預報特性的統計分析，屆時將可依次提供給 APCC 彙整運用。

The participating organizations and institutes in the APCC-MMEs:



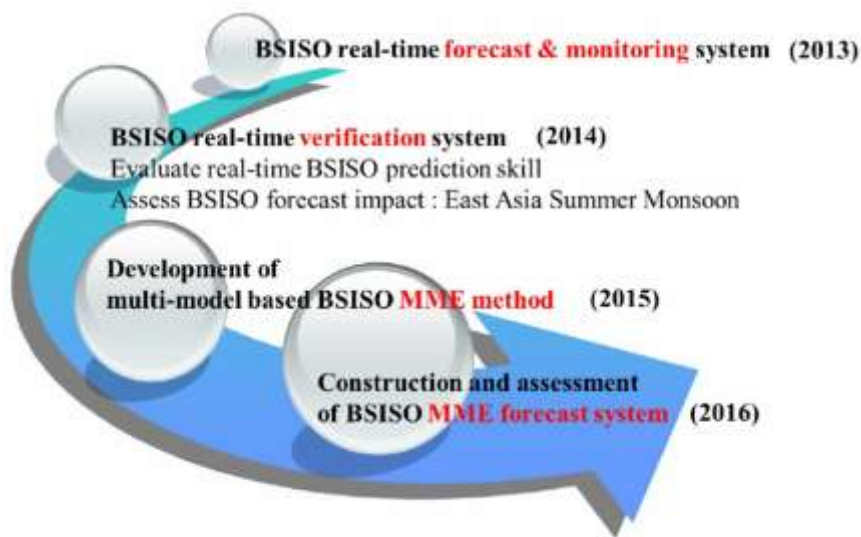
APCC 多模式系集預測系統 全球氣候模式產品 提供單位



APCC 多模式系集預測系統 系統功能發展進程及所提供產品

2. 北半球夏季季內震盪(BSISO)預報技術發展

近年來季內至季間(Sub-seasonal to Seasonal; S2S)預報能力之發展是國際矚目的重要課題，對於熱帶季內震盪(Intra-Seasonal Oscillation; ISO)現象的瞭解與掌握，則是提昇 S2S 預報技術的關鍵。臺灣位於東亞地區的中段，而東亞地區的氣候冬半年 Madden-Julian Oscillation (MJO)主導全球熱帶地區的季內震盪變化，而夏半年 Boreal Summer Intra-Seasonal Oscillation(BSISO)則主導北半球季內震盪向北傳，季內震盪變化對於東亞地區的降雨有相當顯著影響。APCC 近年在王斌教授的帶領下投入 BSISO 的預報技術發展，收集與比較各國(歐/美/英/澳/台：共 5 國 6 個模式)動力模式預報產品，製作多模式系集預報系統的 BSISO 預報結果。氣象局自 2015 年起每 5 日提供氣象局數值天氣預報模式的 40 天預報產品資料予 APCC 進行系集彙整，是 APCC 的 BSISO 計畫中模式資料提供的重要成員。APCC 期待氣象局未來除能提供新一代氣候模式的預報產品外，並能進一步提供相關的模式歷史預報資料及其預報特性的統計分析，此項需求依氣象局工作時程規劃，預計於 2016 年內完成後可提供。



APCC 的 BSISO 多模式系集預測系統 發展歷程

3. 氣候資訊跨領域應用及氣候變遷調適技術發展和推廣

此項工作最重要的精神在於透過跨域研究及國際合作，搭起跨越氣候科學與終端使用者應用間認知差距的橋梁。APCC 近年舉辦的年度氣候研討會，除安排經常性的氣候測報模式和技術發展議題外，每年皆會選定一跨領域的氣候應用或變遷調適主題做為重點，邀集先進各國的學者專家，提供相關技術與經驗的分享並進行實務研討，過去曾含括的主題包括：災害防治、水資源調控、乾旱因應管理、農業應用等領域。在 APCC 的組織內，則由氣候研究組(51 人)下的氣候變遷研究分組(17 人)負責相關跨領域應用技術的研發與推廣，此分組也是 APCC 內最大的研發工作分組，其成員則包括各跨領域的專才及社會科學家，其發展方向則配合世界氣象組織(WMO)於近年所大力推動的全球氣候服務框架(GFCS)的優先度、以災害防治、水資源調控、農業應用、健康(公衛)管理等 4 大領域為重點，並透過跨國及跨域的應用合作案例，吸取經驗，發展相關技術，建立因應自然的氣候變異(climate variabilities)及人為的氣候變化(climate change)之優質調適應用範例，提供早期預警資訊或生產資源調節等決策應用資訊。此方向與氣象局近年配合我國氣候變遷調適政策綱領與行動計畫所律訂的防災、農業與生物多樣性、健康、水資源、海岸、能源、維生基礎設施、國土利用等 8 大領域，提供相關氣象(候)測報資訊，以支援政府進行氣候風險管理和調適應用的方向相當一致。

4. 雙方未來可能的其它合作議題與互動方式

近年 APCC 除於亞太地區積極連結各國，進行氣候測報技術的開發與氣候應用的研究與推廣外，更配合世界氣象組織的 GFCS 倡議，擴大其技術支援範圍，辦理多次活動，提供對南太平洋小島發展國(SIDCs)的技術訓練與能力建構等援助，以進一步的將所發展的跨域應用相關技術加以推廣。為加強與 APCC 的互動，未來氣象局除持續參與 APCC 於各年度的 APCS 研討會外，並可配合 APCC 的氣候研發相關技術活動規劃，參與 APCC 的多模式系集(MME)資料提供者工作群組會議，以及為

強化氣候資訊的有效應用和推廣的 APCC 應用工作群組會議。此外，也可增加技術與管理人員交換互訪，並嘗試共同舉辦主題型工作研討會或訓練課程。於此次會談中，雙方已有共識，將於 2016 年以公共衛生和健康應用為主題，於臺北共同舉辦一場氣候與公衛應用的國際研討會。由於雙方對於加強未來的合作有高度共識，因此雙方也對於未來簽定共同進行氣候測報技術研發，氣候資訊應用的推廣，氣候科學技術的訓練，以及共同舉辦研討會的合作意向書(MOU)有相當的期待。

三、香港、澳門及新加坡相關單位

(一) 參訪香港天文臺及未來合作討論

香港天文臺位於香港九龍尖沙咀，座落在一小山丘上，為香港精華區之一。香港地形以多小山頭著名，但高度均不高，最高峰為大帽山（又稱大霧山），海拔高度僅 957 公尺，較陽明山最高峰七星主峰（海拔高度 1120 公尺）為低。香港為一城市型區域，因此在業務方面偏重城市型預報及服務，雷達為其重要觀測工具。香港天文臺目前有 2 部天氣雷達位於大老山及大帽山互為備援，另有 1 部專為赤臘角機場監控天氣及相關服務的都卜勒雷達。

香港天文臺是一個歷史相當悠久的氣象單位，自 1883 年即成立，最初是由英國皇家學會於 1879 年提出。皇家學會認為香港的地理位置甚佳，「是研究氣象，尤其是颱風的理想地點」。皇家學會的建議最終在 1882 年獲接納。隨著第一任天文司（即首任天文臺臺長）杜伯克博士（Dr. Doberck）於 1883 年夏天抵港，香港天文臺亦於同年創立。天文臺早期的工作包括氣象觀測、地磁觀測、根據天文觀測報導時間和發出熱帶氣旋警告。這些饒有價值的服務備受重視，且於 1912 年獲得英皇喬治五世頒賜「皇家天文臺」的稱號。1997 年 7 月 1 日香港主權回歸中國，部門復稱香港天文臺。天文臺成立迄今已逾百年，部門的運作模式及服務範圍亦不斷與時並進，以滿足現代社會的期望和需求，尤其在城市氣象預報及服務方面有目共睹。有關香港天文臺及其重要業務的發展沿革，概略整理如下表：

年份	事項
1883	香港天文臺成立。
1884	開始定時作氣象觀測。
1921	開始地震測量工作。
1937	設立航空氣象服務。
1948	加入國際氣象組織(IMO)，即世界氣象組織(WMO)的前身。
1959	天文臺設置首座天氣雷達。
1967	開始發出有關雷暴及豪雨的警告 (1967 - 1983)。
1979	天文臺首個天氣預報數值模式(平衡正壓模式)開始投入業務運作。
1983	提供三天天氣預報服務。
1988	新的有限區域數值模式投入運作，集中處理影響香港及鄰近區域的小尺度天氣系統。
1992	一套以顏色為標記的「暴雨警告系統」開始使用。
1994	天文臺第一臺多普勒天氣雷達開始運作。
1997	部門復稱香港天文臺。
1998	暴雨警告信號改為分「黃」、「紅」和「黑」雨三個級別。
1999	天文臺開始運行其自行開發的「小渦旋」臨近預報系統。
	開始發出寒冷天氣警告。開始提供紫外線指數。
2000	推出五天天氣預報服務。開始發出酷熱天氣警告。

2003	推出七天天氣預報服務。
2005	天文臺與廣東省氣象局和澳門地球物理暨氣象局合作建成閃電定位網絡，並推出閃電位置資訊服務。
2006	天文臺推出紫外線指數預測服務。
	天文臺運作首個氣候預測模式，以支援為市民提供季度氣候預報的工作。
2008	天文臺在其網站推出首個香港分區氣溫預報。
2011	開展地震速報服務，在平均十分鐘的時間內向市民提供地震資訊。
	香港天文臺聯同廣東省氣象局及澳門地球物理暨氣象局推出「大珠三角天氣網站」。
2014	延長天氣預報的時效至九天。推出「炎熱天氣特別提示」服務。



香港天文臺岑智明臺長（中）與劉心怡助理臺長（左）介紹香港天文臺歷史，背景為香港天文臺大樓前介紹天文臺歷史的碑文廊道。

由於香港天文臺悠久的歷史以及良好的保存，留下了不少珍貴的歷史紀錄及相關古蹟。這些饒富歷史意義的紀錄文件及物品除了在天文臺各單位公開陳列展示之外，天文臺還特地成立一個歷史文物展示室公開且較為完整陳列展示相關的歷史文物事蹟。目前中央氣象局在南區中心及局本部陳列展示室亦有類似的設計。由於雙方均為有悠久歷史的氣象單位（臺灣第一個現代氣象觀測站於 1896 年成立，現代氣象觀測歷史已接近 120 年），因此均有如何善加保存歷史紀錄及相關文物之課題，關於此一課題雙方有不少可彼此交流學習之處。



左圖為香港天文臺歷史陳列展示室，右圖為早期氣象觀測設施觀測位置。

香港天文臺大樓旁陳列了一直沿用至今的風球信號，在天文臺發布天氣警告中，有關強風的有8種，分別以不同形狀的風球信號代表。一旦發布8號以上的風球警告，辦公單位及學校會停止上班上課。天氣預報為香港天文臺的最主要核心業務之一，參訪的首站即是前往預報作業室（類似中央氣象局氣象預報中心），助理臺長鄭楚明博士負責講解業務及各種設施。香港天文臺提供的都會城市型預報服務範圍相當廣泛，舉凡風、雨、溫、閃電、土石流、淹水、霜凍、火災、地震、海嘯以及監測評估輻射等均為其業務範圍，等同是香港政府部門中的地球科學業務主管部門。此次預報作業室的業務簡介受限於參觀時間有限，僅能介紹其中部分業務，並簡單彼此交換心得。



預報作業室全景。

由於劇烈天氣的預警能力仍有相當大的進步空間，即時預警仍為提醒劇烈天氣影響的主要預警管道，必須透過相當即時的資訊傳遞過程，迅速傳送相關警告至使用者及社會大眾手中才能發揮預警效果，因此香港天文臺亦設有錄影棚及相關設備（和中央氣象局類似）。參訪直播及錄影相關設施時，高級科學主任宋文娟女士介紹相關設施及服務業務內容。目前世界各國較為先進的作業單位在這部分均大同小異，服務的重點在於即時、有效地傳遞至使用者，而各國面臨的作業環境略有不同，會依據各自的

需求而有所調整。在地震方面，香港恰位於兩大地震帶（環太平洋地震帶及歐亞地震帶）之間，並非是常常發生地震（相對臺灣而言）的區域，但天文臺仍舊非常重視其地震相關的業務。在地震業務簡報裡提到天文臺紀錄裡的 19 次大地震中，亦有臺灣海峽南緣（澎湖西南方海域）發生的地震，地震波傳至香港造成影響。因此香港亦表達若能在地震監測部分雙方合作，將有利於香港對於來自臺灣地震的監測，而臺灣的地震監測實測資料亦可向西延伸至南海北部。

在天文臺大樓參訪的最後一站是歷史文物展示室。歷史文物展示室空間不大，因此有部分賦有歷史紀念價值的文物分別展示在天文臺不同空間，展示室主要的設計可能是希望依時間發生的先後，較有系統地展示天文臺的歷史演進。而許多同質性高的類似文物（如風球信號）在不同區域均有展示，其有紀念價值的歷史文物並不侷限於單一展示空間，呈現出不同的樣貌。



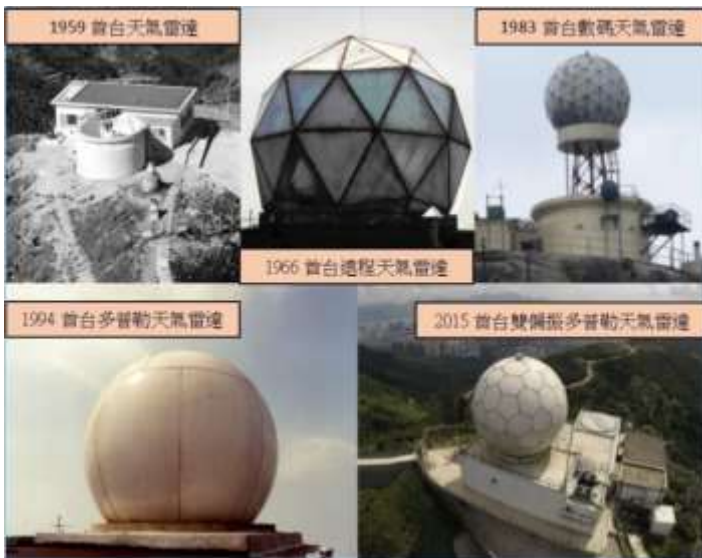
由雙方首長主持的商討會議。會議中雙方達成未來合作方式框架的初步共識，以及雙方均同意優先進行合作的項目。

此次參訪雙方同意，未來先針對資料交換、飛機投落送觀測操作及敏感區的計算、人才培育及服務交流、以及地震與海嘯等 4 方面進行交流。並討論 4 個優先交流項目中，那些細部選項可列為優先交流部分。另外，同時也討論了雙方未來交流的方式以及聯繫窗口，並將會議中雙方同意的部分作成「會議紀要」，各自帶回作為未來交流合作的參考。

參觀大老山雷達站，香港預報及服務之區域並不算大，目前在其天氣服務範圍內有 2 部天氣雷達位於大老山及大帽山互為備援，專為天氣監測及預報輔助使用；另有 1 部專為赤臘角機場監控天氣及相關服務的都卜勒雷達。其中位於大老山的新天氣雷達站今年正式啟用，新雷達為雙偏極化（雙偏振）S 波段都卜勒雷達，能夠發射及接收水平和垂直兩個方向的電磁波脈衝，據以判斷水的大小、形狀、種類和相態等，換言之可推估雨區的成份是雨點或冰晶，進而更精確估算降雨量，及即時判斷冰雹出現

的情況。而都卜勒雷達亦可推估風速。另外，新雷達會配合另一臺位於大帽山的雷達協同使用，有助確保雷達可持續提供數據。中央氣象局的五分山雷達亦為雙偏極化都卜勒雷達，氣象局在過去一兩年曾經利用雙偏極化都卜勒雷達成功預警過數次冰雹。此次天文臺特別安排參觀新落成啟用的大老山雷達。

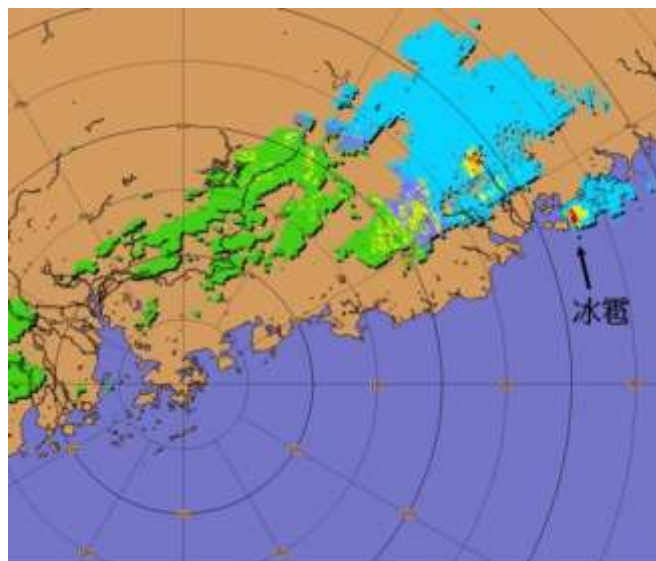
參訪當天大老山雲量偏多並飄雨，且香港附近雲幕較低，因此參觀雷達站時視野不佳，僅能瞭解雷達站本身而無法以目視得知其雷達視野。瞭解香港雷達的分布及演進。大老山新雷達建於原雷達旁之空地，雷達舊址之建築則移作儲藏儀器耗材使用。大老山雷達造價 1900 萬港幣，為大老山第 5 代雷達。從外面看像一個巨型足球，直徑 12 公尺。2011 年開始籌備規劃，原本 2015 年 4 月 1 日已可運行，但 8 月中與大帽山雷達先後被雷擊中，因此加強其防雷擊措施至 3 枝避雷針，減低被雷擊中的機率，2015 年 10 月 8 日正式舉行啟用典禮。新雷達之掃瞄頻率增加，64 公里內的雷達合成圖由每 12 分鐘 1 張加密為每 6 分鐘一張。



例年安裝於大老山之雷達。



於雷達天線罩內考察設備。



雷達觀測回波合成圖。箭頭所指處之紅色區域為冰雹存在雷雨胞（汕頭附近）。

（二）參訪澳門地球物理暨氣象局與會談討論

澳門氣象局位於澳門半島南方的海島市，坐落在氹仔大潭山東部天文臺斜路上的一個小山丘，因此視野極佳，除因大潭山阻擋部分視角外，可以鳥瞰澳門附近地區及近海。氣象局也緊鄰澳門機場並於機場旁大樓中設有作業中心，方便就近提供航空氣象服務。惟參訪當日雲幕較低且雲量偏多，僅隱約看到澳門機場跑道，無法看到四周更遠的參考點。而大潭山上更高處有澳門氣象局建置的雷達。據瞭解澳門原先僅有 11 平方公里的土地，近年來填海造陸已增至 31 平方公里。



從澳門氣象局頂樓俯視機場跑道，及海島市東北角海岸線。

澳門地球物理暨氣象局成立迄今已有 60 多年的歷史，可以看到在澳門氣象局許多小空間均放置饒富歷史價值的相關文物展示。首先參觀澳門氣象局氣象及地震觀測網，隨後參觀其氣象預報作業室。由於澳門氣象局所負責的預報範圍主要是以服務澳門為主，並不十分廣大，因此在人力及儀器配置上較許多氣象規模龐大的國家為少。參訪作業室時順道參觀了其訊息傳遞機房，其中還保留了較為古老的儀器及傳真設備，一方面作為備援，另一方面也可以當作保留具有歷史價值的文物。

瞭解相關作業及設施後，至頂樓眺望澳門氣象局四周環境。澳門大致分為澳門半島和海島市兩大區塊，其中澳門氣象局及澳門國際機場均位於海島市的東北角，且澳門氣象局緊臨著澳門國際機場，除因位於氹仔大潭山上受大潭山阻擋了部分視野外，

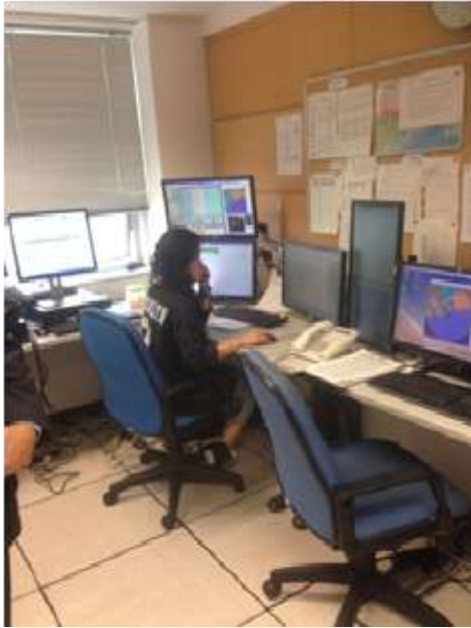
視角非常廣闊，可惜參訪當日雲量偏多且雲幕較低，無法確切感受到其遼闊的視野。頂樓參觀時交換氣象發展的理念和的前景，以及對世界氣象發展趨勢的看法及心得，不僅在發展計畫部分交流彼此的規劃，同時也涵蓋更深一層對未來策略的覺知及體認，加深雙方對國際的視野深度。



澳門氣象局保存的雲底探測儀（左圖，展示於大門屏風後方）及超過 150 年歷史的氣壓自計儀（右圖，展示於預報作業室）。



澳門氣象局馮局長介紹澳門的氣象及地震觀測網。

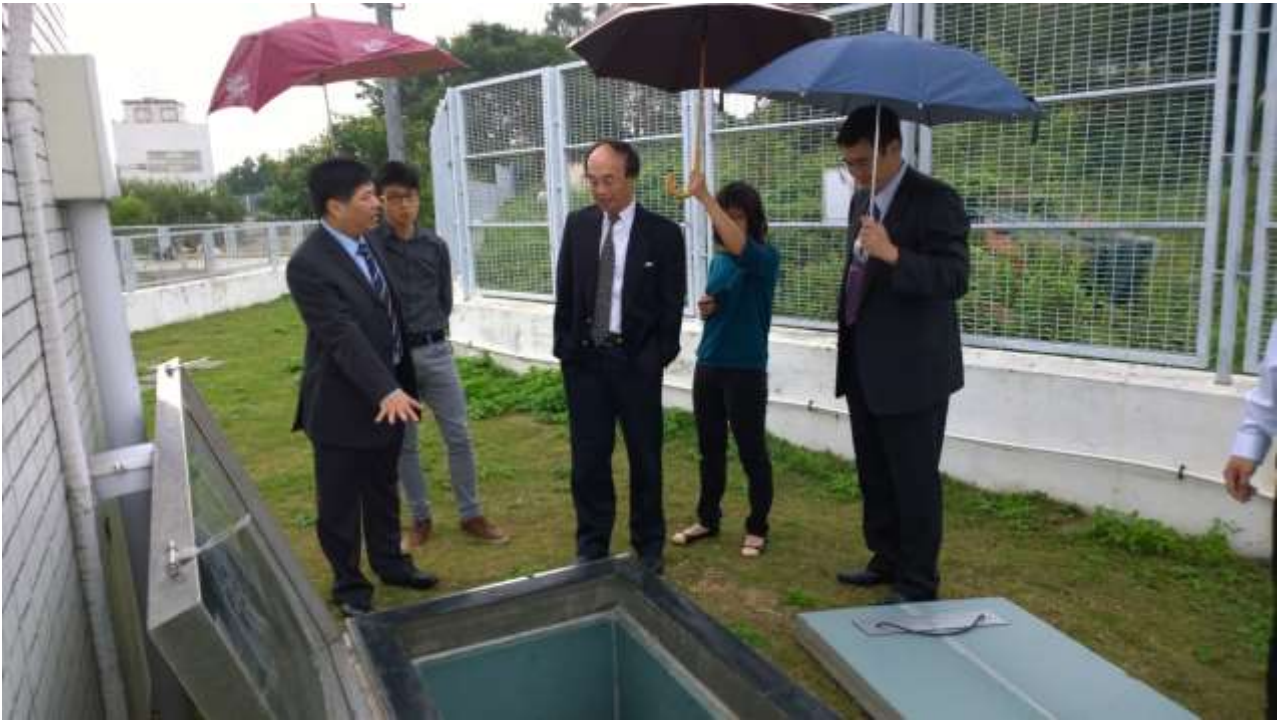


左圖為預報作業室一角；右圖為資訊傳遞機房的設備及相關設施，圖中為澳門氣象局氣象處鄧處長。

由於澳門地球物理暨氣象局亦和香港一樣，是一個兼具許多地球科學相關業務的作業單位，中央氣象局也有類似的特點，因此在氣象局裡其實兼具其他地球物理相關的觀測業務。



馮局長介紹氣象及空氣品質觀測儀器設備。



馮局長介紹地震觀測儀器及設備。

澳門地區的大專院所並沒有針對大氣科學專長成立的專門科系，因此不少澳門氣象局作業人員均至臺灣的大學院校進行深造，據瞭解澳門約有四分之一的大學生是來臺灣攻讀取得學位的，因此雙方人員並不陌生。澳門氣象局與香港天文臺、廣東省氣象局簽有合作備忘錄，因此氣象資料三方已經進行常態性的交換。而在重大天氣到達或接近前，若有一方認為必要的話，則會進行電話對談。會議中雙方均同意若臺澳未來能展開合作交流，則雙方作業用即時且穩定的觀測資料均往外延伸數百公里以上；而且一旦建立雙方天氣對談管道，還可交換彼對於天氣系統、觀測及預報的看法，可深入且即時地交換預報作業相關資訊。會談中雙方均同意未來若有合作機會，在資料交換、人員來往及技術交流方面可以作為優先交流的項目，此三部分亦包含在我方與香港天文臺的合作項目中。而為增進我國際間的能見度，以及向外展現我國氣象方面的實力，特別說明我國發展已具國際競爭力的颱風數值模式預報，對方亦表現興趣願意交流相關資訊。



雙方首長主持之氣象交流合作會議。與會代表右側由遠至近依序為中央氣象局陳怡良課長、辛在勤局長及澳門臺北經濟文化辦事處張凱達秘書。左側由遠至近依序為澳門地球物理暨氣象局梁嘉靜副局長、馮瑞權局長及鄧耀民處長。

(三) 考察聯合國世界氣象組織颱風委員會

此次行程中於澳門參訪考察澳門地球物理暨氣象局時，順道參訪位於澳門的聯合國世界氣象組織颱風委員會秘書處。目前颱風委員會主席是由馬來西亞氣象局副局長 Mr. Alui Bahari 擔任，副主席是美國國家氣象局太平洋區域主管 Mr. Raymond Tanabe，秘書長是中國氣象局國際合作司巡視員喻紀新，氣象組組長是上海颱風研究所所長雷小途，水文組組長是日本 Mr.Minoru Kamoto，而減災組組長韓國 Dr.Jaehyun Shim。秘書處底下除秘書長喻紀新之外，尚有數名專家協助，但未必常駐於秘書處，分別是氣象專家方志剛，為著名氣象網站「香港地下天文台」台長。水文專家 Mr. Jinping Liu，DRR 專家 Mr. Lei Pun Chi，資深行政秘書 Ms Denise Lau，以及財務助理 Ms Lisa Kou。

由於喻紀新為前國際合作司司長，與氣象局局長及許多同仁均為舊識，因此這次是以拜訪舊友的安排與喻秘書長於颱風委員會秘書處會面。秘書長熱烈歡迎氣象局代表的到來，並親自導引參觀秘書處。秘書處位於一處不大的閣樓式建築內，閣樓（樓中樓）僅一個房間為秘書長辦公室，一樓有兩棟建築相連，大門所在之建築為主要行政及人員辦公所在，有三間左右類似個人研究室之辦公室，及茶水間和小型會議室（或圖書室）。另一棟長條型建築則主要作為儀器、設備或其他物品儲存之用，僅有一兩個辦公座位。而建築外有觀測儀器設備。整體而言空間並不算大，但在彼此談論及交換意見及訊息的過程中得知，澳門政府約每年提撥 50 萬美元左右支持其運作及維護費用。由於澳門僅三十幾平方公里的面積，在國際間實為一非常迷你的區域，由此大手筆贊助颱風委員會秘書處遷移至澳門來看，澳門對於國際化及國際參與仍有相當旺盛的企圖心。

喻秘書長與我方代表在對目前國際間及彼此氣象現況的交換意見過程中，喻秘書長大方分享他在秘書處看到的歷史文獻，其中還特別提及在秘書處仍在菲律賓期間，文獻記載當時政府曾有代表前往颱風委員會參加過會議。由於辛局長及喻秘書長均在氣象界已相當資深，因此雙方亦同時閒聊有關雙方氣象發展中的一些軼事，更深入瞭解雙方的氣象發展歷史及過程。因為澳門行程僅一日，並且停留颱風委員會的時間更是十分短暫，因此雙方在很快結束愉悅而順利的會面。

(四) 參訪新加坡氣象局

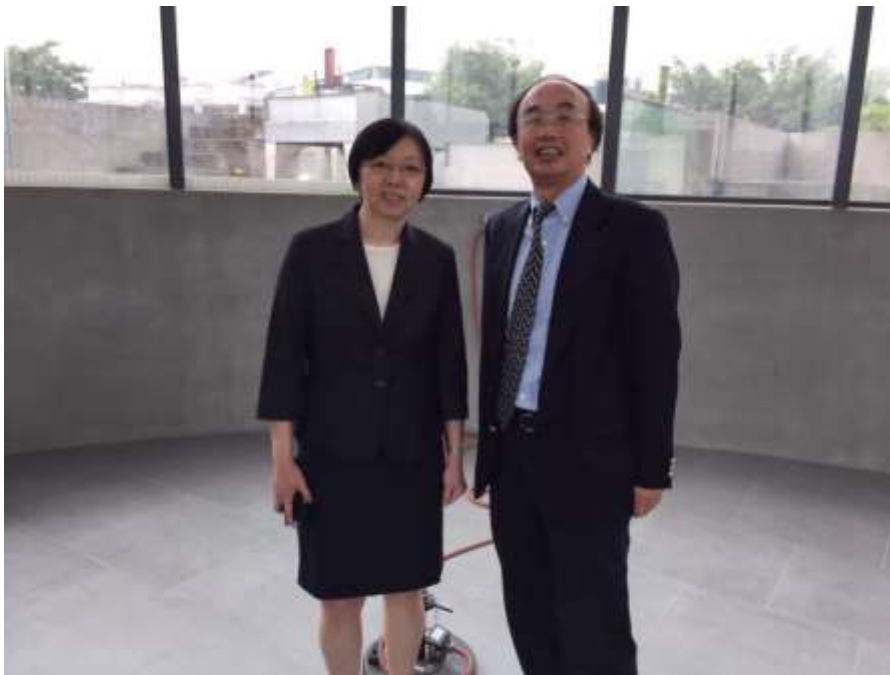
新加坡位於馬來西亞半島南端並且緊臨馬來西亞，南臨新加坡海峽，向西隔海與印尼蘇門答臘相望，約在北緯 1.5 度、東經 103.5 度左右的地理位置，是典型的熱帶型氣候。雖然新加坡幅員不大，且天氣型態相對於臺灣來說較為單純，但近年來新加坡政府展現相當大的企圖心，投注新加坡氣象局大量的人力及經費支援，並於 2013 年成立新加坡氣候研究中心 (Centre of Climate Research Singapore, 簡稱 CCRS)，以高薪延攬世界上氣象各領域之優異人才至新加坡效力，期望提昇此中心的研究能力至世界級水準。與此同時，新加坡氣象局亦主動舉行各種大型國際研討會及論壇，希望在東協眾多國家中，在氣象領域裡居於領導的地位，尤其是可以明顯感受到新加坡希望在世界氣候研究及作業領域中，扮演更加重要的角色。新加坡氣象局 (Meteorological Service Singapore, 簡稱 MMS) 雖然比許多國家的氣象局規模為小，但它屬於以高水準的科技和管理揚名國際的政府。近幾年在新加坡最高當局對氣候課題高度優先的重視下，MSS 完成了針對氣候變遷、極端天氣等的研究發展的長程計劃，三年前開始發展以數值天氣預報為主的尖端天氣預報技術，MSS 的經驗相當值得臺灣借鏡。

CCRS 是因政府最高當局有感於氣候變遷的重要，認為必須成立專門機構加速發展，思考研判不同的發展構想後決定把這項任務交給 MSS 執行的主要原因一為氣候變遷並非純學術研究，政府是最需要瞭解氣候變遷的資訊使用者，另一原因是 MSS 已具備在聯合國的組織架構作為區域中心的豐富經驗，應該運用這樣的經驗加深與擴大新加坡的區域影響力。MSS 主持東南亞國協 (Association of Southeast Asian Nations, 簡稱 ASEAN) 專門氣象中心 (ASEAN Specialised Meteorological Centre, 簡稱 ASMC)，負責聯繫 ASEAN 國家的氣象服務單位共同監測評估東南亞的森林火災與跨國界煙霾傳播，同時也是世界氣象組織 (WMO) 資訊系統 (WMO Information System, 簡稱 WIS) 的區域中心。MSS 為迅速爭取在氣候方面的區域影響力，新加坡和英國氣象局簽訂合作協定，以新加坡和東南亞關心的天氣現象 (對流雷雨、閃電、東北季風寒潮) 為重點，突破預測障礙，增進對相關氣候系統和過程的瞭解，和製作不同時間尺度的氣候預估。進而加強新加坡對氣候變遷的承受和回復力 (Resilience)，與學研單位建立科學合作夥伴關係。

CCRS 和 MSS 探空站是同一棟建築。在探空站內的屋頂是可開合的設計，並且在規劃時該站是設計成可以自動進行探空氣球施放，但為確保資料品質，會有人定時進行施放作業以確保作業正常運作。CCRS 大樓經過特殊規劃四周牆壁設計成落地窗型式，視野較佳，且設計過程盡可能考慮綠色建築概念，因此讓人相當有現代感。



探空站一景，頂部天花板可以開合，底部為探空氣球充氣底座。



中央氣象局辛局長（右）與新加坡氣象局 WONG 局長（左）合影留念。



簡介氣象局組織架構、相關業務及服務。

MSS 中央預報中心在樟宜機場的聽取簡報與參觀。EE 主任指出 MSS 為如航運及航空公司等特定客戶提供的專門服務，客戶希望 MSS 能提供機場雷雨的 24 小時預報，目前 MSS 只能做到 3 小時，遠低於客戶期望。希望藉由 CCRS 與英國氣象局的合作，能取得熱帶雷雨和閃電預報的重大突破。此部分和臺灣發展即時預報以因應劇烈降雨發生的發展規劃一致，因此可以參考借鏡新加坡氣象局與其他國家合作的經驗相互學習。藉瞭解組織架構及相關業務和服務，尤其對於新加坡氣象局希望在國際氣象領域（尤其是氣候領域）中扮演更加積極的角色印象極為深刻，也知道我國在部分領域中其實是有向國際宣揚的空間和向外拓展的能力，以及與他國合作的實力。



左圖為中央預報中心預報作業室一景，右圖為作業負責主管在簡報完後介紹作業室情形。

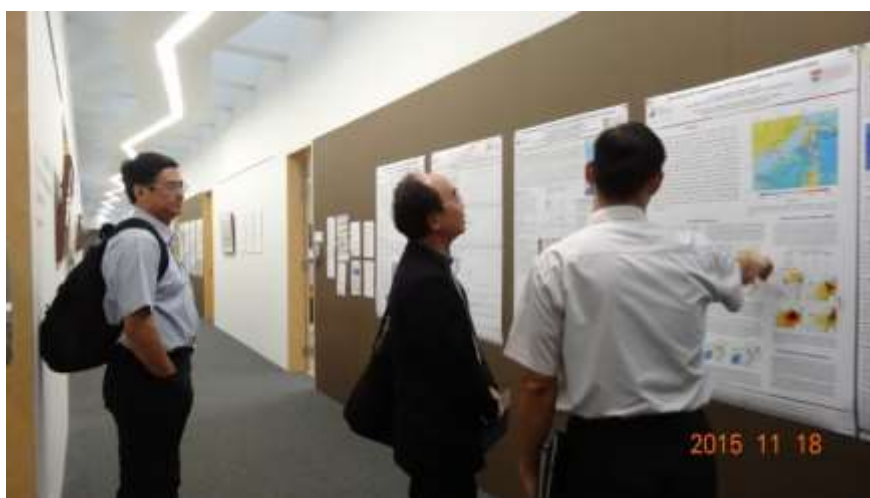
（五）參訪南洋理工大學地球觀測中心

南洋理工大學（Nanyang Technological University, 簡稱 NTU），簡稱南大，是新加坡的一所著名公立研究型大學。依據參考資料顯示，「南大的任務是通過不同的學科培養具有創造力和企業的領袖。南大與新加坡國立大學為新加坡，乃至亞洲的學術重鎮。」

根據維基百科資料，在 QS 世界大學排名中，南大維持世界前 50 名，於 2015 年躍升世界第 13 名，在亞洲大學排名上，也多年維持前 10 名的位置，並於 2015 年為全亞洲第 5 名。

南大地球觀測中心的主要任務為進行東南亞及其周邊的地震、火山活動、海嘯及氣候變遷的基礎研究，期能協助建構更加安全及永續的社會。地球觀測中心期望在改善及提昇人們生活品質部分做出貢獻，其推廣的目標包含：(1)影響區域企業和政府領導人的戰略決策；(2)對地球過程更深入的瞭解；(3)提昇對區域天然災害的認識；(4)對於東南亞及周邊地區提供更安全的永續生存。

參訪 NTU 新加坡地球觀測中心（Earth Observatory of Singapore, 簡稱 EOS），由所長 Dr. SIEH Kerry、助教授 Dr. SWITZER Adam、資深研究員 Dr. CHANG Chung-Han 接待。Dr. SWITZER Adam 領導的 EOS 研究團隊與臺灣多位學者合作共同發現 18 世紀末曾發生因臺灣西南外海高屏斜坡上部的大面積海底滑坡造成的海底地震，在臺灣西南地區掀起 5 到 10 公尺高海嘯波，重創當時高雄和臺南一帶沿海村鎮，是南海歷史紀錄中傷亡人數最多、最嚴重的事件之一。Dr. SWITZER 與 SIEH 詳細解釋了這個研究的內容與推理，Dr. SWITZER 還提到曾做過進一步模擬認為如果類似現象在今天發生並不會造成核安問題。Dr. SIEH 強調 EOS 是純粹學術研究單位，一切研究都以滿足科學好奇為動機。他也稍稍詢問我們參訪 MSS 的感想，表示新加坡政府對於學術單位給予最大的學術自由，對有研究潛力的機構給予充足的資源，以攀登世界學術高峰為目標。若將 CCRS 與 EOS 相比，不難看出兩個單位的性質和目標的確完全不同。



地球觀測中心研究人員黃博士在成果展示走廊介紹相關研究。

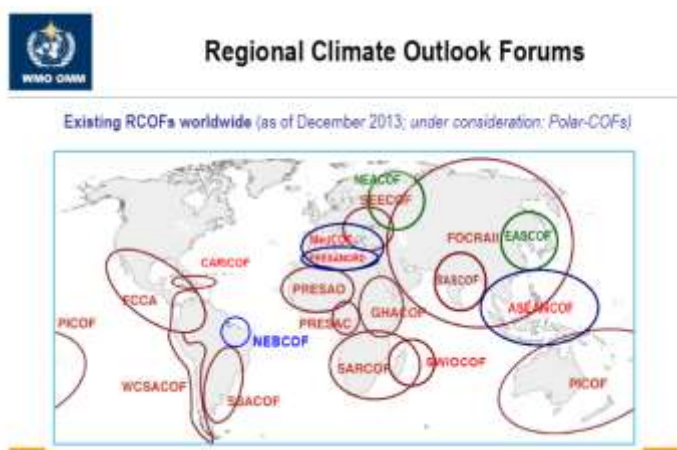
(六) 觀察東協國家氣候展望論壇

區域氣候展望論壇(RCOFs, Regional Climate Outlook Forums)乃是由世界氣象組織氣候資訊與預測服務(WMO/CLIPS, World Meteorological Organization/Climate Information and Prediction Services)啟動的計畫，以國家氣象與水文服務單位(NMHSs, National Meteorological and Hydrological Services)和區域或國際氣候中心為主要的參與成員。氣候展望的內容通常包含雨量、地表氣溫和其他天氣參數的季節平均變化的機率預測，其中以聖嬰與南方震盪現象(ENSO, El Niño/Southern Oscillation)是最為關鍵的影響因素。

RCOFs 普遍的進行方式為先辦訓練，再討論預報，最後做綜整性的氣候展望。在討論預報前一天的教育訓練課程能幫助 NMHSs 同仁增加對區域氣候、預報方法、預報產品的認知，進而提昇各區域或國家的預報運用技巧。兩天的預報討論包括介紹 WMO 全球長期預報生產中心(GPCs, Global Producing Centres for Long Range Forecasts)與區域氣候中心(RCCs, Regional Climate Centers) 的預報產品及預報技術的評估方法和結果，進行區域氣候預報及應用討論。各區域內的 NMHSs 代表是論壇的最主要參與者，必要時會從其他區域或國際研究單位邀請專家參與。針對各個區域特色，論壇也會針對特定議題或領域進行討論，分享預報產品應用經驗以達相互觀摩學習目的。

WMO 在東協國家氣候展望論壇(ASEANCOF)成立之前曾多次討論東南亞區域的 RCOF 需求，最後決定成立 ASEANCOF，在每年季節轉換時期舉辦。第一次會議(ASEANCOF-1)在 2013 年 12 月 3-5 日於新加坡舉辦，第二、三次分別在 2014 年 5 月 29 日與 11 月 17-18 日於新加坡舉辦，第四次會議則在 2015 年 5 月 21-22 日於印尼雅加達舉辦，第五次會議(ASEANCOF-5)在 2015 年 11 月 17-19 日於新加坡舉辦。RCOFs 的主辦單位都是各國的氣象局。

目前全球有 16 個區域氣候展望論壇載運作，分布區域如下圖。



2015 年 5 月在印尼舉行第四次會議東協國家有來自緬甸、馬來西亞、新加坡、越南、菲律賓、印尼等國的氣象與水文服務單位參加，也有來自 WMO 秘書處和英國氣象局、美國海洋與大氣總署(NOAA)、澳洲氣象局、巴西天氣與氣候預測中心(CPTEC)

等單位的專家。歷時一週的會議內容有訓練和預報及應用的討論，經費來源包含 WMO 與 NOAA 的 USAID 計畫。

ASEANCOF 討論的季節氣候預報對於東協區域特別服務(ASMC, ASEAN Region Service)極為重要。ASMC 是由新加坡主持的區域特別中心，成立於 1993 年，目的為強化區域氣象服務功能。1997 年的東南亞區域遭受重大霾害之後，ASMC 被賦予監測東南亞區域陸表與森林火災以及跨境煙霾汙染(Transboundary Haze Pollution)等任務。季節預報資訊對於煙霾災害的防治和管理極為重要。

東南亞氣候變化主要受印度洋與太平洋海溫變化的影響。在赤道東太平洋海溫比較溫暖的聖嬰(El Niño)年，東南亞容易偏乾，霾害容易惡化，因此水資源與防災單位都是受邀參加 ASEANCOF 的對象。

根據 WMO 收集的預報資料和討論，ASEANCOF 做成區域季節預報的結論，提供給應用單位參考。

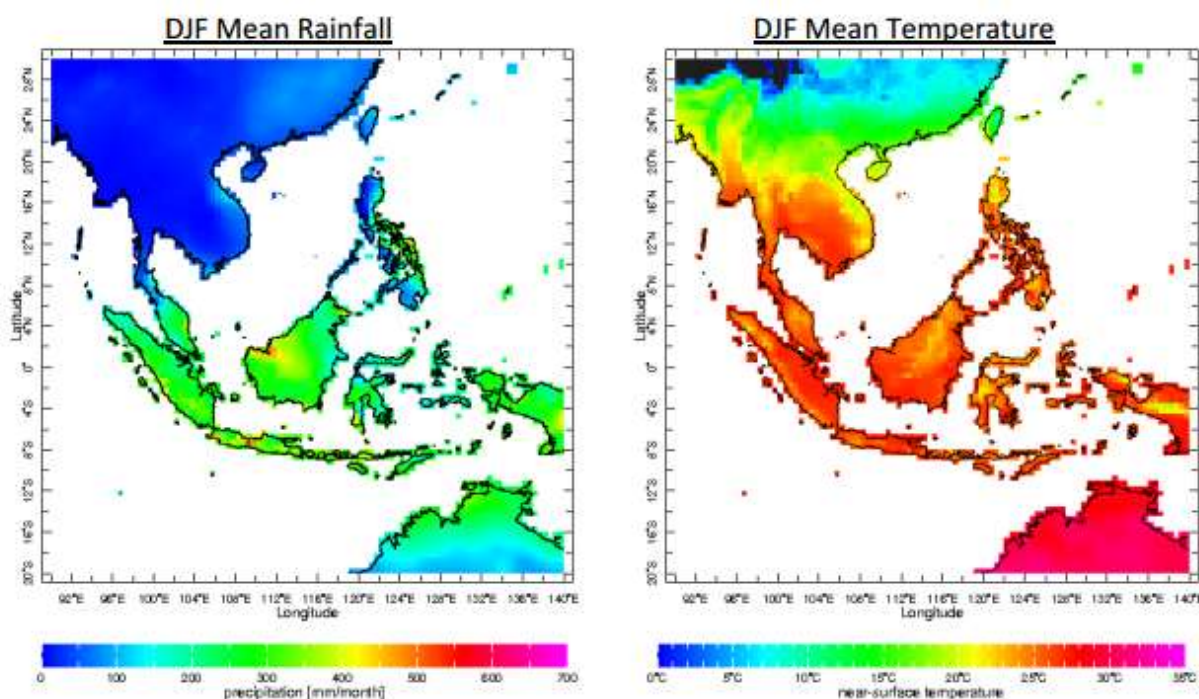


Figure A1: Rainfall mean climatology in mm/month (left) and the temperature mean climatology in degrees Celsius (right) for DJF from 1981-2010 from TS3p22 (CRU, UEA).

世界氣象組織發布第五屆東南亞國協氣候展望論壇(ASEANCOF-5)結論。2015 年 12 月至 2016 年 2 月東南亞雨量展望結果如上圖。雖然此論壇以東南亞國協為主體，但在部分預測臺灣亦位於此論壇涵蓋範圍內。

伍、心得與建議

一、心得方面

(一) 參訪夏威夷氣象機構之心得

1. 與夏威夷大學海洋暨地球科學與技術學院簽訂合作備忘錄

夏威夷大學的海洋暨地球科學與技術學院(SOEST),近年持續與我國科技部合作進行太平洋地區的防災應用科技研發,也與我國臺灣大學和中央大學的大氣相關系所簽訂教學與研究合作備忘錄。此行 SOEST 院長亦表達有興趣和氣象局進行交流與互動,開拓未來的合作機會,氣象局可考慮和其簽訂合作備忘錄,一方面可強化氣象局對太平洋地區海氣象現象的科學理解和測報技術應用,另一方面並可以夏威夷大學做為橋梁,拓展氣象局與太平洋地區各國的交流與合作。在實質議題上,數值模式內颱風渦旋的初始化、區域模式對地形效應的掌握、海平面高度預測、海岸風暴潮或海嘯溢淹、太平洋地區的氣候狀態和變遷掌握等,皆是可以進一步交流合作的項目。

2. 宜尋求與美國相關氣象(候)資料或資訊應用服務計劃進行合作

氣象局在氣象(候)測報作業上有良好的基礎,基於自身氣象(候)測報作業能力的持續發展與驗證需要,也需獲得太平洋地區更多的觀測資料與進行各種測報技術的實地驗證;同時,氣象局現正逐步拓展國際的氣象交流與參與機會,近年陸續與太平洋地區友我國家進行交流與合作,也特別對太平洋中弱勢的邦交島國進行技術支援與協助。若能以適當議題切入(例如:太平洋地區邦交島國氣候變遷的狀況與衝擊調適應用、海平面預報、月季預報、氣象(候)應用獵物等),與美方已有深厚基礎和推展經驗的相關應用服務計畫進行交流與合作,對於獲得氣象局所需的太平洋地區之相關資料、測報技術發展以及跨領域應用的建立與推展,預期皆會有事半功倍的效果。

3. 保持與美國相關作業中心的互動並加強技術研發的深度與廣度

不論是夏威夷天氣預報辦公室(Hawaii-WFO)或是美國聯合颱風警報中心(JTWC),為提高實務測報作業的能力,這些氣象測報作業單位,都樂於進行國際資料交換與作業技術交流,以激盪出更多更好的作業技術解決方案,這是對於我國的國際參與有利之處。唯需要注意的是,所有作業中心的交流,都是以測報技術的能力為核心,能夠在相關的測報領域,有一定的研發能量與核心技術競爭力,是我國能參與國際氣象測報作業技術交流活動並取得適當發言地位的重要憑藉。因此,持續的技術研發與人才培訓,才是單位國際參與和永續運作的保證,此部分也可在投入氣象局人力資源的同時,藉著持續與美方作業或研發單位間的深度交流互動來達成。

4. 夏威夷火山觀測所 HVO 位在夏威夷之火山國家公園內,已累積數十年的火山研究與監測經驗,其結合防災與觀光之管理維運相當成功。反觀我國大屯火山觀測站 TVO

近年來才成立，相對仍在起步階段。火山活動除了地震監測外，還包括地殼形變、地質研究、地熱、火山氣體以及即時影像監控等等各種科技，建議 TVO 應嘗試與 HVO 進行全方面的交流與學習，來完備我國大屯火山之防災與監測業務。

5. PTWC 新版海嘯報文之波高分級與我國現行作業並非完全相同，尤其新版資訊中多提供了「未達 30 公分浪高」等級地區的資訊，依據其手冊說明此等級之潮位變化不致引發海嘯災害，但各國接收到資訊時容易混淆。例如海嘯報文將臺灣列為 30 公分以下地區，但因不致造成海嘯災情，因此報文並未詳細提供海嘯預估到時 (Estimated Time of Arrival, ETA)，徒增作業上的困擾。經過與 PTWC 與 ITIC 討論，對方表示除臺灣之外還有部分接收國家亦反應類似問題，未來將廣納各方意見持續改進報文內容與展示方式，氣象局將隨時配合 PTWC 海嘯報文之改版，應用於我國的海嘯警報作業。

(二) 參訪日本、韓國氣象機構之心得

1. 2011 年 3 月 11 日東日本外海發生大規模地震後，日本政府編列大筆預算，在日本東北海域建置包含 150 個測站的海底地震觀測網 S-Net，以強化日本海溝的地震與海嘯監測能力。臺灣位於板塊碰撞帶上，東部海域的琉球海溝同樣具有發生大規模地震，並釀成海嘯的潛勢，雖然氣象局已於 104 年至 106 年執行地震及海嘯防災海纜觀測系統擴建案，在原有海纜觀測系統的尾端位置，接續鋪設長度約 70 公里的光纖海纜，並於路徑沿線 3 處位置裝設海底地震海嘯觀測設備。惟為完整監測該海域的地震活動，氣象局應於擴建案結束後，持續申請經費擴大海纜觀測系統的規模，並參考 S-Net 的方式，選擇適合地點建立另一個陸上站，讓海纜以迴圈的方式上岸，強化系統的備援能力。
2. 名古屋大學減災研究中心與名古屋大學減災館整合天然災害防治所需的研究、開發、教育、整備與應變功能，為一個全方位的防災專用基地，其設立與運作值得參考。另外日本對於提昇防災意識與宣導科普教育的用心與巧思，值得參考與學習。此外，相較於日本，氣象服務在臺灣民營企業與官方單位的分工與角色定位仍未清楚釐清。社會公眾長期習慣於氣象局提供的氣象服務，政府或國會也常督促氣象局更積極推展親近民眾生活需求或支援跨域及地方合作的氣象服務及產品，以強化政府有感施政的作為。
3. 大數據或者物聯網的應用與技術開發方興未艾為資通訊的新趨勢，參觀日本富士通公司 Net Community 展示廳，得以更深刻體驗到新興資通訊技術(ICT) 在創造更美好便利生活的各種潛力。由於民眾衣食住行、農業活動及環境保護等等都與氣象息息相關，因此與氣象資料的連結是許多上述應用領域不可或缺的環節，這也意味資通訊的進步與多元平臺，擴大氣象資訊對民眾生活及社會各角落滲透的機會，因此將氣象服務需隨資通訊環境的演變與時俱進，貼近民眾的使用經驗是相當必要的，必須體認資訊應用服務漸由「Information Technology (IT)」走向「Data Technology (DT)」，也從「為使用者客製化資訊」走向「使用者自己定製」的大趨勢。

4. 氣象和氣候在觀測、分析、預報、作業各方面的研究發展都需藉由國際合作架構維繫，而各種各樣的工作幾乎都是藉世界氣象組織的組織和網絡或世界氣象組織與區域性國家聯合組織的合作進行。長期脫離世界氣象組織顯然已在中央氣象局的業務發展上造成了嚴重而且連續的直接和間接的損害，也使中央氣象局少了一個很重要的管道來讓主管當局瞭解中央氣象局必須具備科技研究和國際合作能力的特殊屬性。

KMA 突破外交上的限制，積極展現與氣象局交流合作的誠意，此次合作協商會議及參訪行程，在官方定位及互利互惠的基礎上，提昇了交流合作層次，也擴大交流合作項目，針對颱風預報、短期氣候、數值預報、衛星觀測、雷達觀測、海洋氣象及地震預警等 8 個議題的作業及研發工作，具體達成加強交流合作的共識，更進一步落實雙方合作備忘錄的內容。

5. 氣象局的氣候業務發展，係「提供以科學為基礎的氣候測報資訊，為政府與社會的氣候風險認知與管理做服務」為任務，並以 a. 建立月度與季度災害性天氣趨勢分析及預報技術，b. 強化氣象局從氣候觀點分析劇烈天氣的專業能力，c. 支援政府建立更健全的天然災害風險管理機制，d. 協助政府充分運用氣候資料創造經濟效益為工作目標，期望能提供適當的氣候監測預報及推估資訊，充分支援政府與社會，進行氣候風險控管及調適應用；惟由於氣候變遷現象不分國界，且其科學的複雜度以及進行研究和預報作業的資源需求，均非單一國家所能負擔，因此，世界氣象組織極力呼籲世界各氣象作業單位一起合作發展，共同監視並預測氣候與災害性天氣系統發展之潛勢，並在氣候變遷的大環境下，協力面對及推估未來極端天氣與氣候的風險和衝擊；APCC 近年積極爭取經費，透過強化研發團隊及國際合作，投入氣候測報技術發展與跨領域應用的研發，並持續擴展其國際參與和交流的網絡。APCC 目前不僅已參與成為世界氣象組織的全球氣候服務框架(WMO/GFCS) 以及太平洋環境計畫秘書處的太平洋氣象理事會(SPREP/PMC)之觀察員，近二年並投入大量資源，推展南太平洋島國氣象人員相關技術訓練課程。此與我國近年氣候業務的發展策略大致相同，值得密切觀察與尋求進一步合作的機會，以期透過 APCC 加強氣象局與國際互動的機會，擴大氣象局的國際參與，並減輕氣象局獨立進行相關技術發展的負擔。

(三) 參訪香港、澳門、新加坡氣象機構之心得

1. 氣象觀測和氣象預報

香港、澳門和新加坡同屬海島型或濱海小國家，組織精簡而完整，氣象主管單位同時負責民航氣象甚至軍事所需之氣象，每個國家都建立了完整氣象觀測網，尤其 C 和 X 波段的雙偏極化都普勒雷達都是國家觀測現代化必做的一件事，而其資料在降雨及數值模式上的運用亦皆為大家要努力的部分。在預報方面，小區域氣象預報

亦或都市預報是主要需求，因此高解析度的數值天氣預報及其應用和服務是國家氣象的發展重點。三個國家由於幅員較小，皆無氣象產業發展的困擾。

2. 地震、海嘯和火山監觀測業務

香港、澳門和新加坡因地理位置之故皆非海嘯發生或威脅的敏感區，但都是濱海島嶼，而且商港發展是主要經濟動脈，因此對海嘯威脅雖僅有很少機率，但對遠地地震所可能對其之影響，並未掉以輕心。主要作法皆為：

- (1) 及時收集美國(太平洋)、日本(日本鄰近海域)及印度(印度洋及鄰近海域)之海嘯訊息，並建立完善的通報系統以為因應。
- (2) 在平時，政府投資並主導，結合國際學界進行海嘯災害潛勢評估之研發工作。

3. 國際接軌與參與

三個國家皆為高度國際化的都市型國家，在氣象領域(含氣候領域)的高度企圖心，以及在國際競爭力提昇方面所做的努力，值我們學習。相對而言，我國幅員較新加坡為廣，且所遭遇的天氣系統種類更多，面對的挑戰更大，資源也較充沛，但國內氛圍上較缺擠身國際頂尖之林的投資及企圖心。由於氣象規模均遠不及世界上其他氣象先進國家如美國、日本、歐洲、大陸等，但均有相同的認知在某些特定領域上突破氣象規模的限制成為世界上的佼佼者，如目前新加坡在氣候研究及作業領域上，希望在東南亞國協中所扮演越來越重要的角色，以及前幾年我國希望在颱風預報領域上所扮演的角色等，均是希望在特定領域能成為世界級的作業或研究重鎮。因此，在特定領域的資源投注實是不可間斷的首要工作，並不斷引進或自行培養國際級人才提昇整體的研究及作業能力水準，其次在國際合作方面應該更加積極，充分國際化才能更加通暢地吸收各國技術的精華，以及提昇我國際參與的實力。

(1) 香港部分

過去約 50 年有約 60 起有感地震報告(含民間之概述) 其中有至少 19 個地震發生在臺灣及其附近，2003 年澎湖西南外海地震在香港有 3-4 級震度，由於香港大多是高樓大廈，曾引起恐慌。

(2) 澳門部分

地震威脅來自鄰近的珠海地區，已與廣東地震網合作形成聯防。無發生過區域內地震，但有太多海埔新生地，且廣蓋超大型賭場兼購物旅館，對於遠地地震的抗震能力值得關注。對參與國際的投資：颱風委員會從菲律賓搬至澳門，成立秘書處之所有發費以及營運費用。參訪世界氣象組織颱風委員會，臺灣如能投入更充足的人力物力支持，以臺灣的氣象實力及未來發展潛力，應該有機會在國際間有更深的參與及貢獻，澳門即是一個很好的例子，由於其支持颱風委員會的秘書處營運，讓並不大的澳門在國際有更高的能見度。而臺灣的技術能力目前在世界氣象的部分領域上仍有相當優勢，若能善加利用應可提昇我國際地位，同時也可以透過國際參與，加強與各國合作，讓我國技術更加的提昇，更能保障國家人民生命財產的安全。

(3) 新加坡部分

2013 年新加坡氣象局成立新加坡氣候研究中心，並在英國氣象局的加持下，已於 2015 年發表了第二次國家氣候變遷科學報告，目前正在進行第二期的氣候變遷研究工作，將研究層面擴大到評估氣候變遷對新加坡的衝擊，由政府其他部門提需求，新加坡氣候研究中心提供氣候科學數據和觀點。

地震威脅來自鄰近印尼蘇門答臘的火山活動地區，自有地震監測網並和印尼地震網結合，火山活動的相關地質作用如火山灰影響空氣品質反而是偵測火山活動的主要原因。類似影響社會發展的科技投資市政府前瞻規劃的重點，並由政府主導並編列相關充裕之預算誘使國際學界配合研發(EOS)。

二、建議方面

(一) 氣象綜整建議事項:

1. 高解析數值天氣模式之發展

綜觀現今全球數值天氣預報模式的發展，仍以四大模式(歐洲 ECMWF、美國 NCEP、英國 UK 和日本 JMA) 最為領先，尤其在全球預報模式上，配合高速電腦的運用，時間和空間上的解析度一直在提昇，預期空間解析度達到 10 公里並非夢想，加上資訊公開極大數據的運用，屆時將會嚴重衝擊各國的預報作業，尤其一般性的天氣預報，國際性或區域性的氣象產業將有更多的發展空間，如果使用者付費有社會共識，政府單位所扮演的角色一定要有所調整。強化現代化觀測設備的建置和區域性高精解析度數值天氣預報模式以串起與防救災應變單位的結合，仍將是政府部門主管氣象機關的主要任務，這是較難轉嫁至民間產業的工作，因為小區域、重點式的數值天氣預報模式，因有關區域性氣候特性並涉及災害應變措施和作為，仍需以在地研發和運作為宜，尤其海島和幅員較小的國家，都努力於高解析度數值天氣預報模式的研發，惟是採用單一模式(空間尺度可調整)或巢狀模式(全球、區域或更小尺度分別處理)是必須考慮或有應變機制的問題。

2. 劇烈天氣及降雨之因應

氣候暖化，在近幾年極端天氣的發生更為頻繁，依氣象局分析臺灣這些年來的氣候變化，百年來平均氣溫上升 0.8 度，近 30 年來各都會區的增溫現象更大，且城市較鄉村增溫較多，鄰近海域增溫較路上嚴重，在降雨趨勢方面，發現年際的降雨量並無明顯變化，但雨日減少甚為顯著約 10%，而且小雨日時數變少，顯然下雨強度變大。在臺灣降雨以颱風、鋒面影響如春梅雨以及強對流為主，其中以夏季午後強對流最難掌握。較大天氣系統的可預報性隨著數值天氣預報的進步越來越高，降雨趨勢較易掌握，惟量值及時序變化仍有改善空間，尤其與地形的交互作用及更細緻的降雨仍需更高解析度的數值天氣預報(含更多、更多樣的觀測)及對當地氣候特性瞭解預報的調校，此亦為預報主管單位未來科技發展及人員培養的重點。至於午後強對流，生成期甚短，尤其受地形影響的加乘作用，強降雨往往在短時間釀災，現今除加強

高解析度模式研發外，以監測彌補預測之不足，亦即降雨雷達的運用，研發定量降雨預報，配合模式爭取預警時間，雖然應變時間較短，但如能於事前提供趨勢預報將能有效應變作為，而且雷達資料將能強化模式的預報效能，因此盡速完成都會區降雨雷達的建置，並導入定量降雨的技術，是各國氣象觀測及氣象防災上的首要工作。

3. 颱風路徑預報之精進

當今全球四大(歐洲、美國、英國和日本)數值天氣預報模式都已發布全球未來 7-10 天的氣象預報(包含颱風系統)，並含有系集預報的資訊，這些產品都已有相當程度的參考價值。另外，臺灣的颱風數值預報模式和香港韓國也有 5-7 天的路徑預報，更重要的是幾乎每個氣象關心者皆可透由網路取得這些模式的預報輸出，資訊的公開給作業單位形成了絕對的壓力，預報人員的預報素質和累積的經驗，以及對模式有系統性的分析，將決定颱風路徑預報的好壞，而颱風對區域性影響(風和雨)的評估，才是應變單位及決策者制定因應措施的主要依據，因此培養區域性颱風專家是有其必要性，隨著社會變遷和應變體系的改變，氣象人員是否仍只扮演氣象資訊的提供者，是須更審慎預先評估的議題。當然如何分析出各數值預報模式的系統表現，提供預報人員有權重意義的系集預報指引，亦將是模式緩慢進步中，可行的辦法。

4. 尋求雙邊與國際交流及氣候資料和應用服務等方面進行合作

中央氣象局應加強與香港、澳門和新加坡氣象有關單位建立友好關係，持續尋求長久合作的可行方案。運用共有的華人文化基礎，深入瞭解各國或各單位的發展經驗，必能提昇中央氣象局的國際化視野。新加坡已經引入最先進的英國氣象局數值天氣與氣候預報模式，並與英國氣象局研究團隊合作提昇模式的熱帶對流系統預報能力，氣象局可考慮派出有潛力的優秀人才，選擇氣象局有興趣且占優勢的項目，至新加坡氣候研究中心協助發展與吸取經驗。

氣象局在氣象(候)測報作業上有良好的基礎，基於自身氣象(候)測報作業能力的持續發展與驗證需要，也需獲得太平洋地區更多的觀測資料與進行各種測報技術的實地驗證；同時，氣象局現正逐步拓展國際的氣象交流與參與機會，近年陸續與太平洋地區友我國家進行交流與合作，也特別對太平洋中弱勢的邦交島國進行技術支援與協助。若能以適當議題切入(例如：太平洋地區邦交島國氣候變遷的狀況與衝擊調適應用、海平面預報、月季預報、氣象(候)應用模式等)，與國際上已有深厚基礎和推展經驗的相關應用服務計畫進行交流與合作，對於獲得氣象局所需的太平洋地區之相關資料、測報技術發展以及跨領域應用的建立與推展，預期皆會有事半功倍的效果。

5. 氣象的在地服務

以目前平面媒體和電子媒體的型態和經營方式，對於氣象主管所提供的細緻天氣預報，是無法給予完整的報導，而氣象預報更趨細緻(空間和時間)如何透由高科技的運用，讓社會大眾適時取得合用的氣象資訊(含一般的氣象預報及警特報)將是未來

資訊傳播的最大議題。審視現在 3C 電子之發展，智慧型手機或平板加上互動式機制將會是未來資訊傳播的主流，尤其通訊傳遞普遍大幅提昇後，聲音和影像將會大量取代傳統文字，類此新媒體的出現變化非常快，將促使氣象產品的產製亦應隨之調整，尤須預為綢繆。另，體認政府氣象主管與氣象產業的分工服務，雖是競合卻也可為互補，如此氣象資訊才能真正與人民生活在一起。

6. 氣象產業之發展

臺灣地域雖較小，但層層面面的氣象和氣候上的應用和服務是與日韓一樣的，應該屬縮小版的營業尺度，確有氣象產業發展的空間。考量臺灣的社會發展快速，使用者會有多些短期操作，尋求短利的考量，造成供需面利益與營利間的衝突，因此建議臺灣應加速推廣氣象資訊服務的可應用面，在氣象局方面則宜朝下面方向進行：

- (1) 持續推廣氣象資訊之服務。
- (2) 就過去服務實例加強推廣，營造與產業分工服務的氛圍。
- (3) 建議對外介紹獨特產品並就技術發展提供協助。

(二) 臺灣火山監測之建議

大屯火山之背景為板塊碰撞所造成，與夏威夷火山日本阿蘇火山有所不同，且其火山活動相對於「基拉韋厄火山」或「阿蘇火山」可謂相當平靜，但火山監測科技包括地震監測、地殼形變、地質研究、地熱、火山氣體以及即時影像監控等等實為大同小異。夏威夷火山觀測所HVO與大屯火山觀測站TVO同樣位於國家公園園區內，其火山監測之豐富經驗與國家公園火山管理相當值得臺灣借鏡。

另，中央氣象局為火山活動中地震監測的主管機關，現在與中研院地科所合作負責地震與地球物理的相關監測(科技部預算)，另外地化及地質部分分散於其他部會，為求能更有效分析觀測資料及發揮監測功能，建議氣象局於大屯山區選定一個氣象站，賦予相關工作以協調學界共同從事監測及研究並公布相關成果於大眾瞭解。

(三) 海嘯警報與海嘯監測之建議

1. 近年來，中央氣象局與太平洋海嘯警報中心已建立密切的聯繫，海嘯警報業務已建立基本作業模式，並建置了單位海嘯演算法(近岸地震引發之海嘯快速演算)、以及COMCOT 海嘯模型演算(可快速演算出海嘯預估波高)，但仍期待能將太平洋海嘯警報中心之 RIFT(Real-time Forecast of Tsunamis)海嘯模擬技術轉移，如此則無論是遠地海嘯或是近地大規模海域地震引發之海嘯，氣象局都可以獨立並快速進行多套數值模擬，來作為海嘯警報發布之決策研判，並提昇我國海嘯相關科技發展。另外，「太平洋海嘯警報中心」PTWC 期待與氣象局合作，利用網路即時封包方式接收部分臺灣之即時地震站與潮位站訊號，以提昇針對西太平洋海域地震監測與海嘯模擬之測報效率與精確度。PTWC 提供氣象局之 SOS 多媒體展示海嘯模擬案例，將可應用於

氣象局一樓大廳之 SOS 地球展示系統，以提供外賓蒞臨或是臺灣民眾參訪時的科普教育宣導，提昇對於海嘯防災的認知。

2. 為加強臺灣鄰近海域之海嘯監測，於臺灣鄰近海域建置「深海海嘯潮位站」DART，預期觀測資料將可提供海象觀測研究，並提昇近臺灣海域海嘯模擬之效率與精確度。但由於 DART 必須全海域聯網觀測方可發揮最大效益，因此務必與 NOAA 之 NDBC 合作，有 2 種建置規劃比較如下：

(1)NDBC DART：

由我國與美國 NOAA 合作，委由美方之 PMEL 規劃建置，並將即時資料納入「國家浮標資料中心」NDBC 管理，以及後續之長期維運（簡稱為 NDBC DART 或是 US DART），則透過管道獲得新建置之 DART 甚至其他部分西太平洋觀測站資料。

(2)SAIC DART：

美方僅提供技術諮詢與建議，由我國規劃位置與儀器規模，並自行發包建置，資料與 NDBC 共享運用。

其優缺點分析如下：

A. NDBC DART 之優點為儀器建置、資料應用與維運管理將可與現行 NDBC 直接接軌，並可長期維運，新增 DART 測站後可提昇 NDBC 之 DART 觀測網在臺灣鄰近海域的測站密度與觀測效率，同時藉此與 NDBC 建立密切的合作關係，但測站、儀器與資料之擁有權、合作可行性、以及技術細節等仍有待商議。

B. SAIC DART 之優點在於困難克服後，可藉此提昇我國的海象觀測與海工技術。但其缺點為臺灣並未有實際建置 DART 儀器之經驗，規劃與招商勢必相對複雜，且後續之長期維運管理更是困難，必須具備必要技術、船舶設備、甚至儀器備品等。

應多方考量執行方式之優缺利弊，隨時與美國 NOAA 之 PMEL 與 NDBC 保持聯繫，以找尋出最適合我國建置「深海海嘯潮位站」的方案，並期許建置完成後可發揮最大效益。