

第六章

氣候變遷科學研究及觀測

6.1 氣候變遷科學研究

6.2 氣候變遷氣象觀測

第六章 氣候變遷科學研究及觀測

為實現「巴黎協定」的目標，世界各國需要共同推動全球溫室氣體減量及調適技術的創新和應用，並建立穩定的氣象觀測系統及準確的氣象預測模型，以掌握氣候變遷可能的衝擊影響。我國在氣候變遷科學的研究及觀測方面投入資源，並透過國際合作與全球共享研究及觀測成果。

本章第一部分介紹我國推動氣候變遷研究之策略、投入項目及研究成果整合與應用；第二部分介紹我國氣象觀測現況，包含氣象、海象及水文系統等，以及氣象資料於氣候變遷之應用能力。

6.1 氣候變遷科學研究

我國科學研究發展以科技部為中央主管機關，協助統籌及擘劃國家整體科技發展之布局，包含氣候變遷科學研究。此外，科技部亦推動跨領域整合研究計畫，建構我國進行氣候模擬、推估及詮釋所需的關鍵能力，並參與執行其他部會之氣候變遷相關政策。本節首先說明我國政府在整體氣候變遷科學研究上的推動及管理機制，並且以「氣候變遷基礎研究」、「跨領域整合研究」及「科技部參與執行氣候變遷相關政策」三大面向，說明我國氣候變遷科學研究之主要措施及成果。

6.1.1 氣候變遷科學研究之推動及管理機制

依據「科學技術基本法」規定，行政院每4年召開「全國科學技術會議」，作為全國統籌科學與技術政策之重要平台，會後發布「國家科學技術發展計畫」，作為全國各部門推動科學與技術政策的主要依據，由科技部管理及評估「國家科學技術發展計畫」之執行狀況，每年向行政院報告執行成果。

我國自2000年第六次「全國科學技術會議」，開始將氣候變遷議題納入科技發展政策。最新一期「國家科學技術發展計畫」（110年至113年）中，以「創新智慧、包容低碳、健康、永續」為主軸，提出四大目標、15項子目標與44項策略。其中，與因應氣候變遷直接相關的科學與技術發展之方向如下：

- 完善調適精進災害預警：提升氣候變遷韌性與科研服務量能。
- 多元布局前瞻綠能科技：加強綠能技術之發展。

為協助各部會推行上述之願景，科技部依「國家科學技術發展計畫」提出「科技發展策略藍圖」，作為行動方案。最新一期「科技發展策略藍圖」，以當前國家社會面臨之挑戰為主軸，訂定2019年至2022年期間之「5大重要議題」、「20項因應策略」，以及未來之「科學探索與科技布局」，如圖6.1.1-1所示。

在此藍圖中，與因應氣候變遷直接相關的議題為「能資源與環境」，主軸為建構綠色低碳環境及強化抗災減災能力，因應策略如下：

- 環境品質：布建環境感測網，厚實稽查量能；強化溫室氣體減量誘因，提高產業參與意願；強化循環技術，擴大示範園區效益。
- 能源供需：落實節能減碳，提高能源效益；導入創新模式，促進能源開發；強化智慧電網，穩定供電品質。
- 災害風險管理：建立跨界風險治理架構，優化災害風險控管；有效蒐集利用災害相關情資數據，強化災害預警能量，培育相關產業。

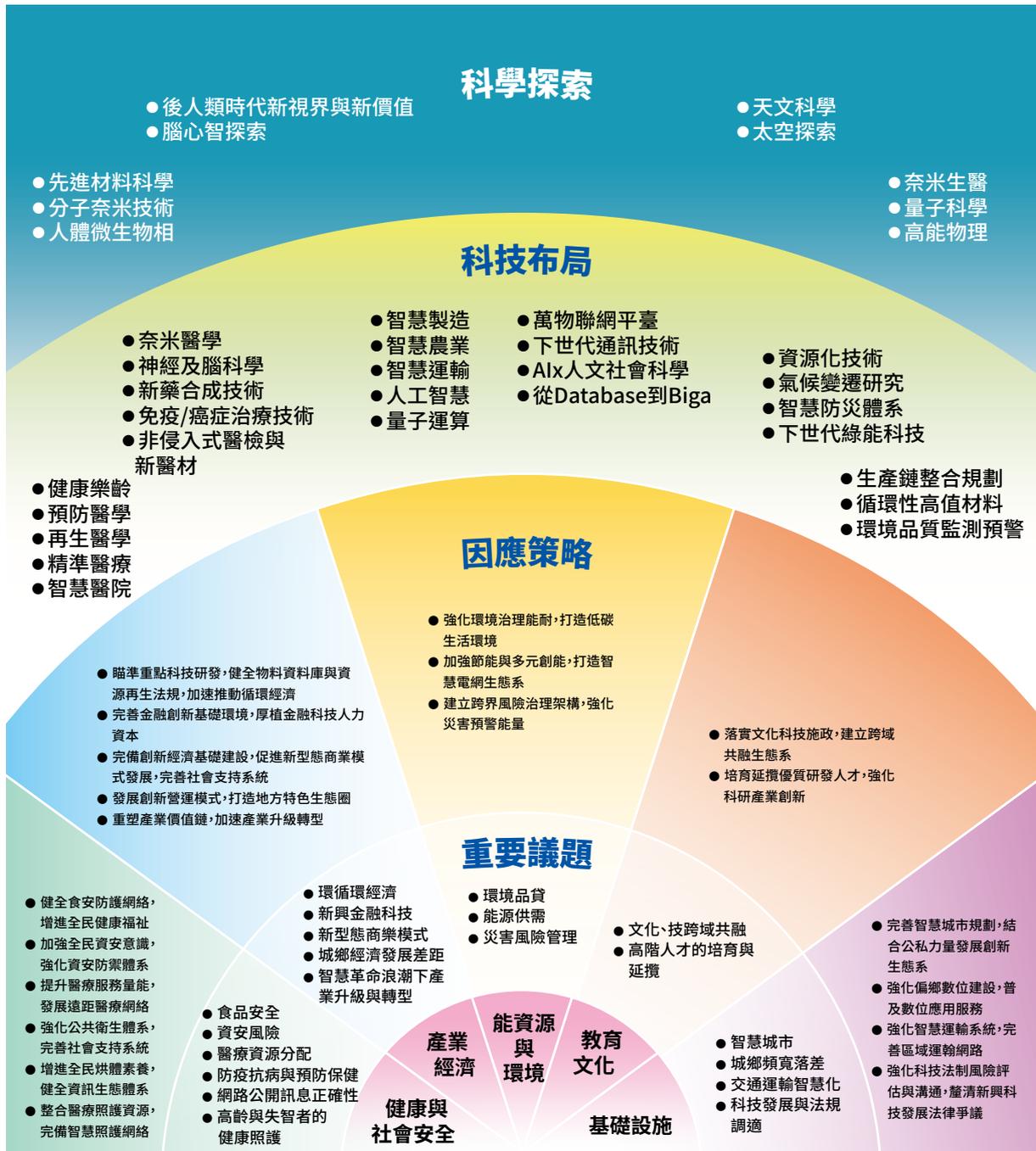


圖 6.1.1-1 臺灣最新一期「科技發展策略藍圖」

資料來源：科技發展策略藍圖（2020年至2022年）。

在未來「科學探索與科技布局」部分以「智慧、健康、永續、科學探索」為主軸，其中與因應氣候變遷直接相關的科學與技術發展布局重點如下：

一、促進能資源利用

(一) 循環性高值材料：

開發可循環高價值材料，以及循環製程所需之關鍵材料技術。

(二) 資源化技術：

開發新技術，使有機、無機及電子廢棄物能循環利用，降低天然資源用量。

(三) 生產鏈整合規劃：

師法自然生態系統，推動產業共生與資源整合，使工廠廢棄物及熱能被鄰近單位利用。輔導業者自廢棄物管理轉型至資源再生與循環經濟。

二、開發高效低碳能源

(一) 替代能源：

開發高性價比太陽能電池及模組技術、離岸風機工程能力、生質能源等。

(二) 智慧電網：

因應再生能源間歇性特質，透過資通訊與自動化技術調控電力配送，提高供電品質及穩定性。

(三) 能源儲存技術：

開發能源儲存及系統整合技術，為電力系統提供緩衝，並供電動車等載具使用。

(四) 先進節能技術：

從需求端降低能源消耗，並提升工業產品國際競爭力。

三、打造防災減污韌性家園

(一) 智慧防災體系：

建立智慧化、自動化監測及預警系統，使政府及民衆可及早預防災害。

(二) 環境品質監測：

結合國際防災技術及臺灣資訊系統，發展能因應本國複雜地形的災害監測預測系統。

(三) 氣候變遷研究：

結合本土資訊與全球氣候模式變化，建置本土氣候模擬系統，作為擬訂氣候變遷調適策略基礎。

6.1.2 氣候變遷科學研究之主要措施及成果

一、氣候變遷基礎研究

全球氣候變遷為各國科技研究發展重要項目之一，其中區域氣候變遷趨勢推估與衝擊為主要基礎研發方向。

關於臺灣本地氣候變遷模擬模式相關研究，科技部於 2011 年即開始推動臺灣氣候模擬系統的自主發展，補助中央研究院與相關大學院校氣候學者組成之「台灣氣候模擬系統發展團隊」建置了臺灣地球系統模式 (Taiwan Earth System Model, TaiESM, 100 公里解析度) 與高解析度 (25/50 公里) 全球大氣模式 (HiRAM)，結合極高空間解析度 (3 – 5 公里) 的區域模式 (WRF)，完成一組由全球至區域的模式群組，來研判全球氣候變遷對東亞氣候與季風，以及台灣極端天氣 (如颱風、豪雨、乾旱等) 的可能衝擊。

近年便在前述科研基礎上及科技部基礎研究經費挹注下，中央研究院進一步推動「人

為氣候變遷：剖析、能力精進與CMIP6 參與」，並以臺灣名義參加世界氣候研究計劃 (World Climate Research Programme) 支持的第六期耦合模式比對計畫（提供跨政府氣候變遷專門委員會第六份氣候評估報告的科學依據，又稱CMIP6），計畫目標為探究未來全球暖化對全球、東亞天氣氣候系統以及臺灣的潛在衝擊。以所建置的臺灣地球系統模式進行氣候變遷模擬與推估，提供本土產製的資訊；這是臺灣首次對國際研究社群提供全球氣候變遷推估資訊，也證明臺灣的科研實力。

此由臺灣地球系統模式所產製的氣候變遷模擬與推估資訊，提升對CMIP6 推估的特定氣候變遷訊息的可信度且更使其容易被理解；經過多項現代氣候指標評估，臺灣地球系統模式在全球37個模式中排名第8，與日本氣象廳氣象研究所模式不相上下，比亞洲（如韓國、中國）其他模式表現優異。本計畫同時完成辨識與確認主宰未來氣候變遷的氣候動力機制，提升臺灣氣候模擬能力與能量至具競爭力的國際水準，也強化臺灣氣候變遷研究的凝聚力。

基於前述氣候模擬模式研究能量的積累，由國家災害防救科技中心協同相關大專院校與部會推動之科技部「台灣氣候變遷推估資訊與調適資訊平台」一直密切與中央研究院合作，利用HIRAM與WRF進行了一系列從全球到台灣城鄉尺度的氣候變遷模擬，推估在全球暖化影響下，侵臺颱風、豪雨、午後雷陣雨、乾旱、熱浪等高衝擊天氣現象的未來變遷趨勢。這些資訊可用來評估氣候變遷對臺灣自然災害、水資源、生態環境、公共衛生、農林漁牧、社會、經濟與人民福祉的衝擊，並據之規畫調適策略。

科技部長期深耕基礎研究，全方位的補助優質學術團隊進行科學突破，追求學術卓越且

鼓勵計畫間彼此的資料分享、合作，並據此強化與國際的鏈結。

二、跨領域整合研究

科技部自2017年整合先前推動之氣候變遷科研計畫：「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」(Taiwan Climate Change Projection and Information Platform, TCCIP0，計畫全程自2017年3月1日至2022年7月31日，投入新階段的臺灣氣候科學服務，是我國最主要的氣候資訊服務平台，整合氣候情境、風險資訊、調適工具之氣候服務，陸續上架經測試與評估的氣候資料，提供政府、產業、研究機構或民眾落實科研應用。

目前平台建置與服務邁入第3階段，主要目標為強化風險評估與調適工具，以支援政府推動「國家因應氣候變遷行動綱領」。平台目前由科技部國家災害防救科技中心統籌運作協調，所提供之資訊服務已初具規模。

TCCIP已彙整15億筆氣候變遷數據資料及10萬張圖片，將臺灣氣候變遷數據資料均一化、網格化，將數據時間及空間解析度提高。在國內氣候資料部分，已彙整我國1897至2020年的氣象觀測資料，國際氣象資料之尺度原為250公里，經整合及轉換為適用我國評估需求之5公里尺度，對於我國氣候變遷衝擊與調適等相關科學研究與應用，以及未來國家調適政策研擬有很大的助益。

目前該平台已開放使用者自行下載網格化5公里之觀測資料及經過降尺度的氣候變遷推估資料，如政府或研究單位有特殊需求亦可與該平台洽詢。在氣候資訊之應用方面，建置19支氣候變遷資訊API服務，供各單位自行利用；2018年度建立「調適百寶箱」(Adaptation Resource Kit, ARK)知識體系，綜整分析國內外調適框架、蒐集大量國內外調適

案例（分為農業、漁業、水資源、淹水、坡地、海岸與公衛等 7 大領域）、與利害關係人保持密切溝通，並定期與各界專家學者透過座談檢視發展方向。ARK 亦結合氣候變遷危害與衝擊指標圖資、國內外調適計畫研擬流程，以及 SOBEK 淹水模組等工具。SOBEK 將推估結果、政策措施與地理資訊疊合，作為調適政策制定之參考。

透過氣候變遷知識轉譯，推廣平台服務，跨大使用人數，並提升社會大眾對於氣候變遷與調適的認知與因應知識，例如摘譯或編譯國際上氣候變遷重要科研與技術報告；定期發送電子報，對外提供氣候變遷封面故事、TCCIP 最新消息、氣候變遷新聞等，截至 2021 年 9 月，訂閱電子報人數近 1,500 人；出版專書、技術報告與資料說明文件等，作為理解與應用氣候變遷資料之參考。

此外，TCCIP 也受邀參與英國調適研究聯盟 (Adaptation Research Alliance, ARA) 籌備決策委員會，同時也積極參與歐盟跨國整合計畫 -- 調適知識交流平台計畫 KE4CAP (Knowledge Exchange between Climate Adaptation Knowledge Platforms)；與日本統合計畫 (TOUGOU) 及德國氣候服務中心 (GERICS) 交流資料提供、資料應用經驗與相關技術。

三、科技部參與執行氣候變遷相關政策

(一) 能源國家型科技計畫

「能源國家型科技計畫」為我國推動能源科技發展之指導框架，最新一期（2014 年至 2018 年）計畫整合科技部、經濟部能源局、經濟部工業局、經濟部標檢局、經濟部技術處、經濟部中央地質調查所、行政院原子能委員會核能研究所及交通部運輸研究所等既有之能源相關研究計畫資源，重點成果如下：

1. 節能：

強調由關鍵零組件開發深化至系統整合型的節能系統研發與服務，首重產業界之需求，自住商節能、工業節能、運輸節能、與校園節能四大面向推動節約能源技術。

2. 替代能源：

包含生質能、太陽能、儲能等三個主題計畫，藉由發展及推廣潔淨替代能源來降低對化石能源之使用，另一方面厚植及扶植國內替代能源相關產業，提高再生能源發展規模。

3. 智慧電網：

配合國內智慧電表、再生能源、電動車、電能需求管理推廣。建立智慧電網展示區 (Smart Grid Demo Site) 及虛擬電廠示範場域 (VPP Demo Site)，全面推動智慧電網產業。

4. 離岸風力及海洋能源：

以離岸風力與黑潮電力為基礎，完成海流發電相關技術研發數值分析，此外亦完成海域施工環境及短期預報技術研發，整合運維決策技術，包含海氣象資料、出海預測資料、風場資料、運轉資料監控等，提升在地化離岸風場運維能量。

5. 地熱與天然氣水合物：

目前已發展非火山型地熱系統及火山型地熱系統的研究，近年積極研發有機朗肯雙循環發電系統、地熱儲集層管理與監測技術、結垢抑制技術等技術，同時加強耐酸蝕塗層技術及耐酸蝕管材研發，另外亦開發水下探測設播及加強地熱探測精準度。

6. 減碳淨煤：

研發碳捕獲、封存與再利用 (Carbon Capture, Storage, and Utilization, CCSU) 與新燃燒系統，並推動能源產業減量技術之應用，包括採用低碳燃料、機組效率提升及廢氣回收等。

(二) 前瞻基礎建設計畫

科技部配合國家整體綠能科技產業創新方案，於我國「前瞻基礎建設計畫」中，協助「沙崙智慧綠能科學城」核心區建設開發，並完善周圍基盤配套。其中重點工作科學城低碳智慧環境基礎建置簡述如下：

1. 科學城低碳智慧環境基礎建置：

建置低碳智慧運輸系統、智慧生態園區、自駕車測試場域等相關建設，逐步導入綠能相關基盤系統，並結合大學研究機構、臺灣糖業公司、臺南市政府的會展中心及商業區，吸引國內外大廠及法人團體進駐與合作，以加速推動沙崙智慧綠能科學城發展。

2. 綠能科技聯合研發計畫：

以產學合作研究方式，補助節能、創能、儲能、系統整合 4 大領域計畫。提升科技研發成效與產業發展之互動關係，帶動新興綠能產業發展，引領產業轉型。

6.2 氣候變遷氣象觀測

氣象觀測由於觀測之範圍、項目、目的及方法等之不同，大致可分為地面氣象觀測、高空氣象觀測及特種氣象觀測等 3 類：

1. 地面氣象觀測，係指觀測人員運用目視或安置於地球表面上之氣象儀器，以觀

測接近地面大氣底層之各種氣象要素。在海面船舶上所做之氣象觀測亦屬地面氣象觀測，因其觀測之氣象要素與陸地上所為之觀測大致相同，僅增加若干有關海洋要素之觀測項目。

2. 高空氣象觀測，主要係指以自由飄浮之氣球，攜帶氣象儀器，以觀測高空各高度之氣象要素，如氣壓、溫度、溼度及風等，其高度範圍通常約在 40,000 公尺以下；或僅以自由飄浮之氣球，按其飄浮之軌跡而測定高空各高度之風向及風速。

3. 特種氣象觀測，係指不包括前 2 類之氣象觀測，另以特殊設備或儀器為特殊目的所做之氣象觀測。如閃電觀測、氣象雷達觀測、氣象衛星資料接收處理等。

一、氣象觀測之推動及管理機制

依據「氣象法」規定，我國氣象觀測之主管機關為交通部，由轄下之中央氣象局執行相關業務。交通部氣象局執掌全國氣象業務之規劃、建設、管理及研究發展等工作，其執行的氣象觀測業務包括地面氣象觀測、高空氣象觀測、氣象衛星觀測、氣象雷達觀測，另外也對潮汐、波浪、海溫等進行海象觀測，以及對臭氧、雨水酸鹼度、紫外線指數等大氣特性之物理及化學觀測。

二、臺灣氣象觀測之監測系統

(一) 地面與高空觀測

我國目前設有綜觀氣象站 25 站、高空氣象站 2 站及 3 處觀測站區，另外也設置合作觀測站 12 處及 576 站自動觀測站，以加強區域性豪雨監測，構成完整且密集的雨量及氣象資料蒐集站網，如圖 6.2-1 所示。各站每日定時觀測之氣象要素包含天氣狀況、風向、風

速、雲量、雲狀、雲（底）高、能見度、氣溫、濕度、氣壓、降水、蒸發、日照時數、日輻射量及土壤溫度等項目。其中，自動觀測站主要用於監測雨量、風向風速、氣壓、氣溫及相對

濕度等項目。高空氣象站則著重於監測風向、風速、溫度、濕度及氣壓等項目，每日觀測一次，遇有特殊天氣系統接近或颱風來襲期間，每 6 小時觀測一次。

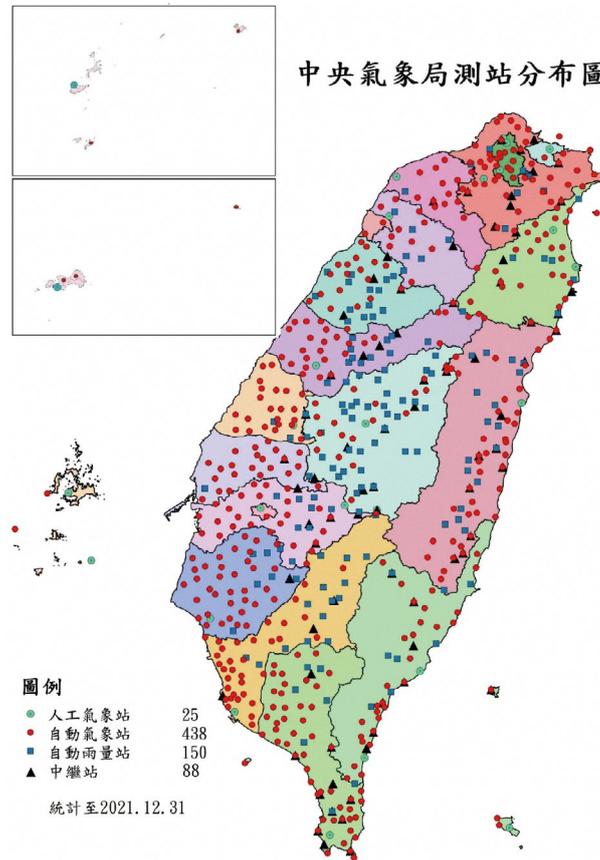


圖 6.2- 1、交通部中央氣象局測站分布圖

資料來源：交通部中央氣象局氣象年報 (2019)

(二) 衛星觀測

交通部中央氣象局定期接收及處理「地球同步氣象衛星」、「繞極氣象衛星」及我國「福爾摩沙衛星」等衛星之氣象資料。目前所產出之衛星基本影像與相關衍生產品達數十種，包括真實色影像、雲量、日夜間霧區、降雨、日射量、地表溫度、海表面溫度、大氣風場、氣膠光學厚度、PM2.5、火點偵測及沙塵暴等天氣與環境監測的應用產品，供該局天氣監測及預報作業，環境及能源部門、相關學術團體、媒體、一般民衆應用，如圖 6.2-2 所示。

「地球同步氣象衛星」地球同步氣象衛星接收來自日本「向日葵 8 號」、中國大陸 FY-2E、FY-2G、FY-2F，以及韓國 COMS 等共 5 顆衛星之資訊，以向日葵 8 號之資訊為主。「繞極氣象衛星」接收來自美國 NOAA 衛星系列、EOS 衛星系列、Suomi NPP、歐盟 Metop A/B/C 等共 9 顆衛星之資訊。

「福爾摩沙衛星五號」及「福爾摩沙衛星七號」為我國進行氣象觀測之衛星，其中「福爾摩沙衛星七號」為臺灣國家實驗研究院

國家太空中心 (National Space Organization, NSPO) 與美國國家海洋暨大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration,

NOAA) 之合作成果，其包含六顆微衛星，可提供在南北緯 50 度間每日約 4,000 筆資料，有助進行低緯度地區之氣象及氣候研究。

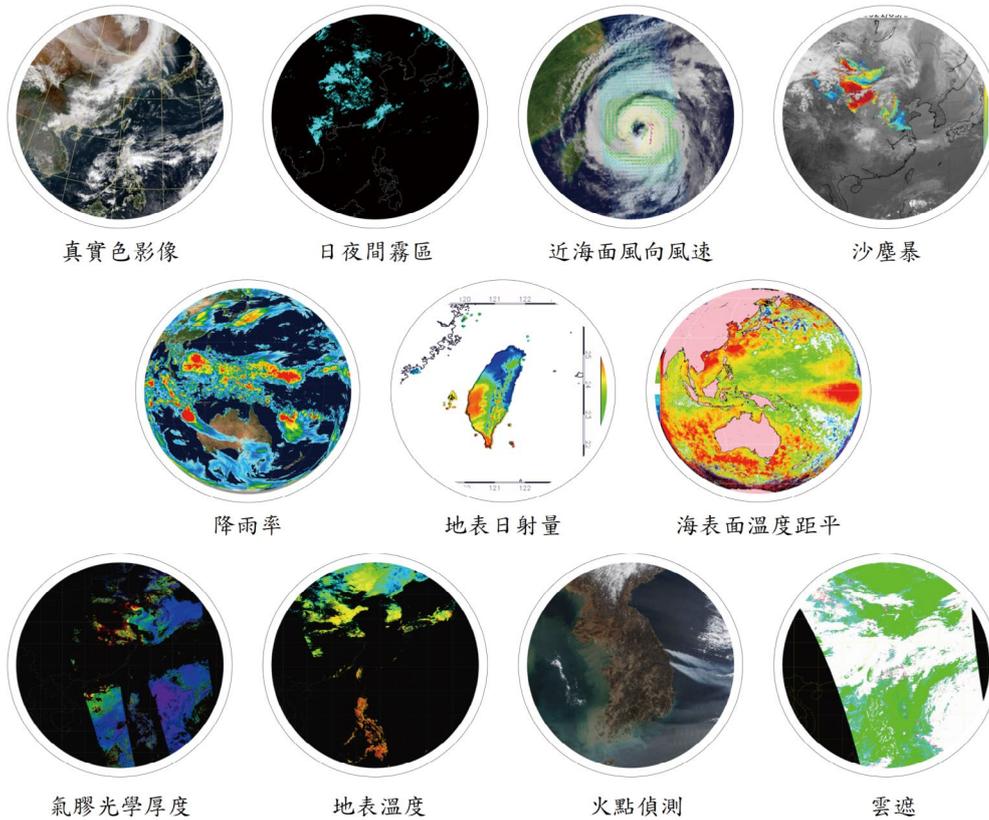


圖 6.2-2、地球同步與繞極軌道衛星所產製各種衛星衍生產品

資料來源：交通部中央氣象局觀測年報 (2019)。

(三) 氣象雷達觀測

我國地形陡峭多變化，為彌補地形死角，目前共設有 11 座氣象雷達站，以提供對於天氣系統更全面的監測，如圖 6.2-3 所示。其中，S 波段之雷達有 3 座都卜勒氣象雷達及 1 座雙偏極化都卜勒氣象雷達；C 波段之雷達均為雙偏極化都卜勒雷達系統，其中包含 3 座自 106 年起，為提供每 2 分鐘掃描一次及 250 公尺空間解析度之觀測資料，由中央氣象局新建置之防災降雨雷達，預計至 112 年止將會再新建 2 座相同類型之雷達。

目前的雷達觀測網觀測範圍涵括我國陸域及其鄰近海域，每日 24 小時持續進行偵測，每 7.5 分鐘完成一次全空域掃描並即時更新，以立即掌握天氣系統動態，分析颱風等劇烈天氣系統之內部結構，並據以研判天氣系統發展狀況，以做為我國航空、防災應變系統及資源管理之重要參考依據。

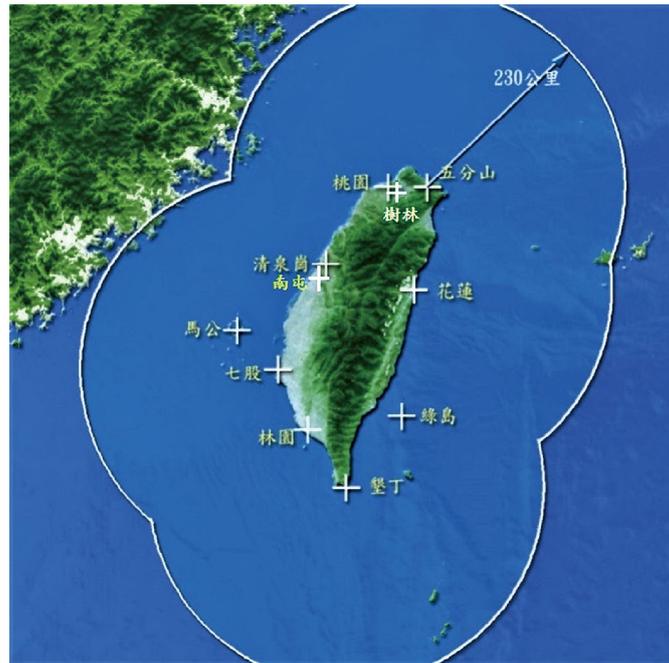


圖 6.2-3、臺灣氣象雷達觀測網

資料來源：交通部中央氣象局氣象年報 (2019)

(四) 海象觀測

海象觀測又分波浪與潮位觀測。波浪觀測部分，主要倚靠資料浮標，目前共設有 21 個浮標站。資料浮標除蒐集浪高、波向、海水表面溫度等海象資料外，亦蒐集海面風向、風速、氣壓、氣溫等氣象資料，可做為颱風期間外海之海、氣象資料蒐集前哨站，提供颱風路徑及其強度預報之重要參考依據，並可監測我國南方海域之海氣象資訊，提升對該海域之海氣象預報能力。

潮位觀測部分，目前交通部中央氣象局設有 27 個潮位站，另與其他政府單位合作設置 40 個潮位站，主要監測潮汐及颱風所引起之風暴潮，其中 22 個潮位站包含觀測取樣頻率以及即時傳輸功能，提供海嘯監測用途，如圖 6.2-4 所示。除作為暴潮溢淹及海岸保護預警使用，也提供長期的水位監測，作為國土測量依據。

三、臺灣氣象觀測之整合應用

(一) 災害性天氣監測與預報作業建置計畫

「災害性天氣監測與預報作業建置計畫」之執行期間為 2010 年至 2015 年，全面強化氣象監測及預報技術，以為未來氣候變遷可能發生的災害預作準備，具體成果包含：

1. 引進國際先進氣象作業技術，提升整體氣象預報作業效能，強化氣象預警之防災功能。
2. 落實過去相關監測與預報技術發展成果至實際作業。
3. 提高對氣候變遷相關議題的專業認知及判斷能力。
4. 強化對災害性天氣的監測與預（警）報作業效能。

服務研討會，並協助邦交國建立氣象監測及登革熱預警系統。

常海水溫預警等 6 項災防作業技術與服務產品。

4. 推廣氣候知識與資訊應用服務：

於國內辦理氣候變遷教育論壇；製作氣候變遷教學影音及手冊；改善氣象局網站，增加更多氣候變遷資訊及圖像化友善介面。

(四) 「臺灣氣候服務聯盟」

為厚植我國各部門面對氣候風險的因應能力、開展國家社會氣候調適工作，並呼應世界氣象組織 (WMO) 推動國際合作和促進產官學研公私協力，以加強氣候服務量能，共同因應全球氣候變遷風險與衝擊之理念。由交通部中央氣象局邀集民間氣象相關 6 大組織及智庫，包括中華民國氣象學會、中華航空氣象協會、氣象應用推廣基金會、臺灣氣象服務產業發展協會、國際氣候發展智庫、中華經濟研究院等，共同籌劃發起「臺灣氣候服務聯盟」(Taiwan Climate Services Partnership, TCSP)，未來工作與重點任務如下：

(三) 「強化臺灣海象暨氣象災防環境監測計畫」

「強化臺灣海象暨氣象災防環境監測計畫」之執行期間為 2015 年至 2023 年，強化我國雨量及海域監測網，建立海象及氣象災防環境服務平臺，具體成果包含：

1. 完成衛星產品整合顯示系統之產品資料庫、衛星產品瀏覽介面及強化系統管理功能，並新增地球同步衛星衍生產品 3 項，可增進遙測資料之應用效能與服務。
2. 完成我國浪潮偶合模式建置，發展暴潮預報（包括使用氣象局颱風路徑及 TWRP 風場之預報），使用 NESAT 颱風結果的模式測試，系集預報系統之開發及應用，並提供多功能使用者介面的建立及應用。
3. 建置「臺灣海象災防環境資訊平台」，結合開放地圖 (OpenStreetMap) 與內政部國土地圖，且推廣至航港局、臺灣港務公司、海巡署、海軍大氣海洋局、水利署、觀光局、各國家公園管理處、海洋委員會海洋保育署、中油公司等災防機關，供各機關災防預警、航行安全、海域災害防救效率提升、海洋污染防治應用，持續擴充臺灣海象災防環境資訊平臺並上線服務，建置海運區域波候、海岸潮線預報、海嘯即時分析，並改進海洋溢油漂流預報、颱風波浪、異

1. 進行議題研究、政策溝通與支援：

持續對國內外氣候服務與產業發展關聯議題的追蹤與研析，適時提出政策建議，或推動辦理政府及民間委託之研究、合作交流與認證許可等事宜，以利相關產業進步與發展。

2. 強化氣象服務的社會對話與交流：

促進各界研究成果資訊發布與社會溝通，強化各界對氣候相關議題及因應氣候變遷調適準備的認知，並舉辦論壇、研討會、工作坊等活動，促進氣象領域內外的對話與交流。

3. 推動氣候服務與氣象產業發展：

促進氣象服務及關聯產業資訊交流，提供氣候服務諮詢與輔導，協助氣候服務供需連結以及互動模式與市場之建構。

4. 支援跨領域氣候風險調適與資訊應用：

發揮科學力量，協助我國各界掌握

氣候風險與進行衝擊調適，充分運用各種氣候（象）監測與推估資料，並有效結合各跨領域應用的特性，進行衝擊

管理，以達降低社會風險並創造效益的目標。



圖 6.2-5、臺灣氣候服務聯盟於 2021 年 8 月 20 日舉行第 1 屆會員大會

資料來源：交通部

參考文獻

1. 科技部全球資訊網 <https://www.most.gov.tw/>
2. 科技部，「中華民國科學技術白皮書（民國 104 年至 107 年）」，2013 年
3. 科技部，「科技發展策略藍圖（民國 108 年至 111 年）」，2019 年
4. 科技部，「科學技術統計要覽」，2020 年
5. 科技部，「科學城公共建設計畫－科技部」，2020 年 <https://www.ey.gov.tw/File/306C8F4C3749F288>
6. 交通部中央氣象局，「氣候變遷應用能力發展計畫（103-106）成果簡述」，2017 年 [http://conf.cwb.gov.tw/media/cwb_](http://conf.cwb.gov.tw/media/cwb_past_conferences/107/6.氣象跨域應用與環境永續發展/P-6-13-L_柳再明_氣候變遷應.pdf)
7. 交通部中央氣象局，「中央氣象局 108 年氣象年報」，2019 年
8. 交通部中央氣象局，「中央氣象局 108 年觀測年報」，2019 年
9. 交通部中央氣象局氣象資訊中心，「中心簡介手冊」，2017 年 <https://www.cwb.gov.tw/V8/C/A/missions/MInfoC.pdf>
10. 第二期能源國家型科技計畫
11. 臺灣科學資料處理中心，福三 & 福七任務簡述 <https://tacc.cwb.gov.tw/v2/index.html>