

# 推動氣候風險調適與跨域應用服務

■ 程家平

## 壹、中央氣象局的任務與氣候業務推展的背景

### 一、中央氣象局的核心業務與服務

交通部中央氣象局為我國氣象業務的主管機關，也是我國自然環境測報與防救災體系的一環，相關的業務範圍包括氣象、海象、地震及與氣象有關的天文，各項業務的內容與政府的相關作業、經濟應用及民眾的生活息息相關，此外由於大氣、海洋、地殼運動等地球自然系統的運行橫跨地理區界，其影響也不分國界，對相關自然現象的掌握與測報具有高度的科學技術性質，也需積極與國際進行資料交換及研發合作，才能加速提升國家氣象科技和相關測報作業的能力，充分支援政府與各界的應用需求。

中央氣象局在「觀測現代化、預報精

緻化、服務多元化」的指導原則下接續執行一系列的公共建設計畫與科技計畫，進行各項氣象業務的基礎建設與發展相關資料的分析處理技術，提升各項監測、預報與服務的能力，以強化氣象局對政府決策的支援與對社會及民眾應用的服務。隨著資通訊科技的進步，先進的氣象觀測儀器如氣象衛星、都卜勒氣象雷達以及各種自動觀測儀器的使用，使得觀測資料的時間與空間解析度得到改善，資料的品質與數量亦大幅提升，再配合高速運算電腦系統的快速發展及資料儲存容量的倍速成長，可對相關資料做出更佳的運算處理，使得我們對氣象科學的瞭解更深入，對未來的掌握也有所改善。此外，資通信科技的進步，也使得資料的蒐集與傳遞更加快速，氣象業務自動化的程度大幅提高，作業效率也迅速提升，使作業人員能夠更專心於

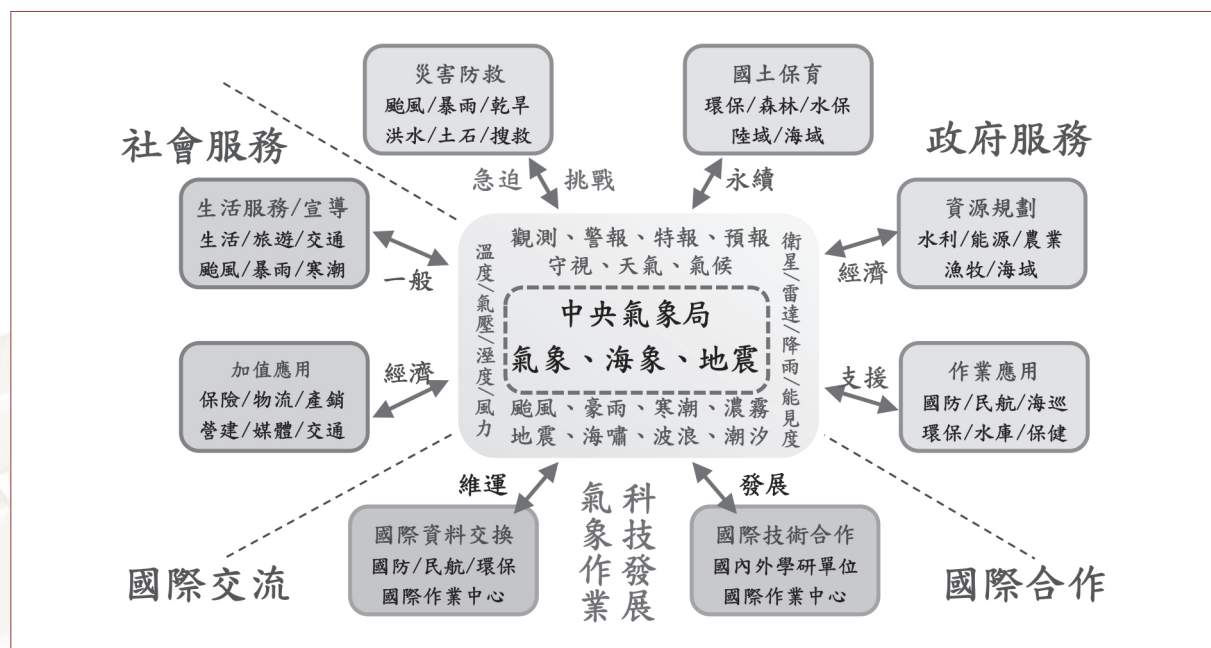
各種自然現象的分析與研判，同時也能產製更多的測報作業產品，擴大了氣象業務資訊之應用服務層面。圖 1 顯示經由上述的種種努力，中央氣象局才得以提供政府：災害防救、國土保育、資源規劃、作業應用，及社會：生活服務、商業加值等各項應用服務所需之各種氣象測報資訊。

## 二、氣候業務推展的背景

近十餘年來全球氣候異常，暖化現象明顯，破紀錄的氣象災害層出不窮，如 2007 年連續發生 5 年的澳洲大乾旱、2008 年緬甸納吉斯風災、2009 年菲律賓風災、2010 年初歐洲和美國的寒災、其後

巴西的雨災至巴基斯坦和印尼的雨災，其災害規模與型態均超出各國的歷史災害經驗，也為各國的政府與人民帶來巨大的損失。我國位於亞洲大陸及太平洋交界，地跨熱帶與副熱帶季風氣候區，處於西北太平洋地區颱風侵襲的主要路徑，屬於極易受到天然災害影響的地區。聯合國政府間氣候變遷小組（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）的報告亦指出，全球暖化有可能加強極端氣候事件對社會經濟的衝擊，其中以對人口密集的海岸區域和海島國家的影響最大。臺灣正位於上述對全球暖化衝擊最敏感地區，同時地狹人稠，經濟快速發展，許多地區自然資源的

圖 1 中央氣象局的核心業務與服務



資料來源：作者自行整理繪製。

大量開發利用，更加重了環境的負擔。近十餘年來臺灣先後遭受卡玫基、莫拉克及梅姬等颱風侵襲，豪雨、山崩、土石流不斷重創國土；近年又遭極端乾旱與寒流的侵襲，造成農業與漁業的巨大損失，也反映出此種現象。

由過去防災因應的經驗顯示，災前準備及預警應變的重要。然而，現今國際間對於氣候變遷本身及其與極端天氣事件間的關係，或氣候變遷可能導致的自然環境、生態活動和社會經濟的相關影響，或因歷史長期資料不足或因科學研究尚未完善，對相關機制的瞭解與因應之道的掌握仍然有限。為此，世界氣象組織（World Meteorological Organization, WMO）除號召各國氣象機構共同投入相關議題的監測及研發外，並強調需消除氣象科學成果與資訊應用間的障礙，使氣象測報資訊能為應用決策服務，以充分發揮氣象資訊的應用效益。因此，在臺灣的自然環境、陡峭地形分布和社會經濟發展型態下，充分結合國際資源，加強對氣象災害之監測預警能力、提高對氣候變遷趨勢的掌握及促進國內各界對相關資訊的有效應用，以支援政府對氣象災害的風險管理、降低氣候變遷對國家社會衝擊、發揮氣象資訊運用的價值，是刻不容緩的當務之急。

### 貳、全球暖化的現象對我國的衝擊與因應

#### 一、全球及臺灣暖化現象明顯

由全球觀之，IPCC 在 2014 年公布的第五次評估報告（AR5）指出，氣候暖化現象非常普遍且仍持續在進行，從 1880 年開始到 2012 年的 133 年期間，地球表面平均溫度大約上升了  $0.85^{\circ}\text{C}$ ，最後 10 年（2003 至 2012）全球平均溫度，比 19 世紀後半（1850 至 1900）的平均溫度高了  $0.78^{\circ}\text{C}$ 。海水的溫度也在上升，1971 至 2010 年期間，海洋表層（0 至 75 公尺）的海水溫度以每 10 年  $0.11^{\circ}\text{C}$  的趨勢在增暖。近百年來北極海夏季的海冰覆蓋範圍明顯縮小，1980 年之後尤其明顯，大約每 10 年減少 3.5 至 4.1%，海冰年度最小面積的下降速度變化更大，約每 10 年減少 9.4 至 13.5%。

對臺灣而言，臺灣氣候變遷科學報告（2011）選用臺灣 6 個具有百年以上長期紀錄的氣象測站（臺北、臺中、臺南、恆春、臺東、花蓮），4 個有 60 年風向風速資料的外島測站（澎湖、東吉島、蘭嶼、彭佳嶼），以及美國聯合颱風警報中心整理的颱風最佳路徑資料，用比較系統的方式，清楚顯示臺灣區域氣候變遷的特徵。其重要結論摘錄如下：



(一) 溫度：臺灣暖化現象十分明顯，不論是 100 年、50 年和 30 年的年平均溫度變化都有顯著的上升趨勢。近 30 年，西岸測站的增溫趨勢明顯高於東岸。在季節特性方面，近 30 年的變化以冬季的增溫幅度大於其他三季。高溫日數百年變化呈現增加的趨勢，以臺北增加幅度最大，約為每 10 年增加 1.4 天，近 50 年與 30 年的極端高溫日數分別增加為每 10 年 2 天與 4 天。極端低溫發生頻率顯著下降，1985 年之後，寒潮事件明顯偏少。

(二) 降雨：臺灣總雨量無明顯長期變化趨勢，但是總降雨日數不論是 100 年、50 年、30 年的變化都有明顯下降趨勢，100 年趨勢為每 10 年減少 4 天，30 年則增至每 10 年減少 6 天。極端偏乾事件分析顯示恆春與花蓮在近 30 年出現頻率高於其他時期，其他地區則較不明顯。

(三) 降雨強度：長期而言，臺灣大豪雨日數在近 50 年和近 30 年有明顯增多的現象。臺灣小雨日數則大幅度減少，百年趨勢為每 10 年減少 2 天，而近 30 年增加為每 10 年減少 4 天。1940~1960 年和 1985 年之後大豪雨日數都偏高，惟年與年間的差

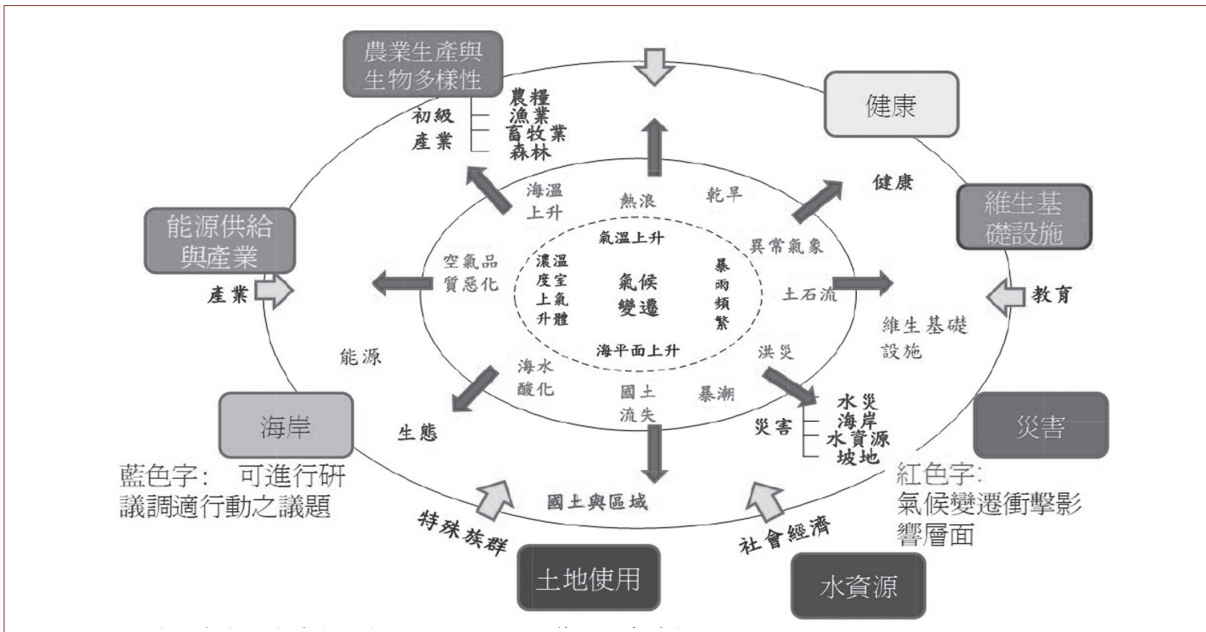
異相當明顯。

(四) 颱風：1990 年以後的颱風個數和 1961 年至 1989 年相比有增多的現象，且在 2000 年出現明顯增多的轉折，這與西北太平洋颱風平均路徑向北偏移有關。另外，1980 年以後的侵臺颱風其生命歷程中達到強颱風的比例明顯增高，此現象以及颱風路徑的北偏均與西北太平洋海溫與颱風的年代際變化密切相關。

## 二、全球暖化對我國各應用領域的衝擊與因應

前行政院經濟建設委員會於民國（下同）101 年所發布的「國家氣候變遷調適政策綱領」特別指出，以臺灣的地理特性與社會條件而言，面對氣溫上升與降雨型態大幅度改變，可能造成各調適領域的衝擊，包括：颱風、暴雨影響較為顯著的洪災與坡地災害；遭受各種災害破壞的維生基礎設施；水資源的調度越趨困難；土地的環境脆弱與敏感度相對提高；海平面上升造成國土流失；能源供給與產業管理風險增加；糧食安全受到威脅以及生物多樣性的流失；傳染性疾病流行風險升高等，均不可忽視其嚴重性。圖 2 所示為氣候變遷對我國 8 大領域的衝擊與影響。表 1 所示為我國 8 大調適領域面所對氣候變遷的

圖 2 氣候變遷對我國的衝擊與影響層面



資料來源：前行政院經濟建設委員會國家氣候變遷調適政策與計畫簡報。

表 1 我國各調適領域面所對氣候變遷的衝擊與挑戰

災害	<ul style="list-style-type: none"> <li>降雨強度增加，提高淹水風險及導致嚴重之水土複合型災害</li> <li>侵台颱風頻率與強度增加，衝擊防災體系之應變與復原能力等</li> </ul>
維生基礎設施	<ul style="list-style-type: none"> <li>重要維生基礎建設（橋樑、道路、水利、輸配電及供水設施）因區位不同，受到豪雨、水位上升等影響，所受災害類型及損失亦不相同</li> </ul>
水資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>降雨型態及水文特性改變，提高河川豐枯差異及複合型災害風險</li> <li>氣溫及雨量改變，影響灌溉需水量、生活及產業用水量，使得水資源調度困難</li> <li>河川流量極端化下，河川水質亦受影響</li> </ul>
土地使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>極端氣候，使環境脆弱與敏感程度相對提高，突顯土地資源運用安全性重要性等</li> </ul>
海岸	<ul style="list-style-type: none"> <li>海平面上升，原有海岸防護工程、景觀及資源遭受破壞，並造成國土流失等</li> </ul>
能源供給及產業	<ul style="list-style-type: none"> <li>能源需求發生變化，可能無法滿足尖峰負載需求</li> <li>各產業之能源成本與供應受衝擊</li> <li>企業之基礎設施受氣候變遷衝擊，引發投資損失或裝置成本增加等</li> </ul>
農業生產及生物多樣性	<ul style="list-style-type: none"> <li>溫度升高，降雨量不足等，打亂作物生長期，農產品產量及品質面臨不確定性，危及糧食安全；漁業生產力亦受影響等</li> <li>環境變化，亦影響生態系原有棲地，造成生物多樣性流失等</li> </ul>
健康	<ul style="list-style-type: none"> <li>溫度上升，升高傳染性疾病流行的風險，亦增加心血管及呼吸道疾病死亡率，加重公共衛生與醫療體系負擔</li> </ul>

資料來源：國家氣候變遷調適政策綱領。



衝擊與挑戰。

對於全球暖化所帶來的各項衝擊，正確的氣候變遷調適認知，應是「事前加強對衝擊的整備與調適，以及災後儘速回復正常的能力。」為了讓社會各階層能及早因應氣候變遷的衝擊，提供各領域有效的調適策略，行政院於 102 年開始積極推動「國家氣候變遷調適政策綱領與行動計畫」，綱領內容大致分為總體調適計畫，以及針對災害、水資源、維生基礎設施、能源與產業經濟、海岸、農業生產與生物多樣性、健康、土地使用等 8 大領域的行動計畫，積極規劃挑戰回應與圖存策略，希望透過各部會及所屬機關，進行調適行動方案與計畫的規劃執行及控制，進一步轉化成臺灣的競爭優勢。

## 參、氣候風險管理與氣候變遷調適的解決方案

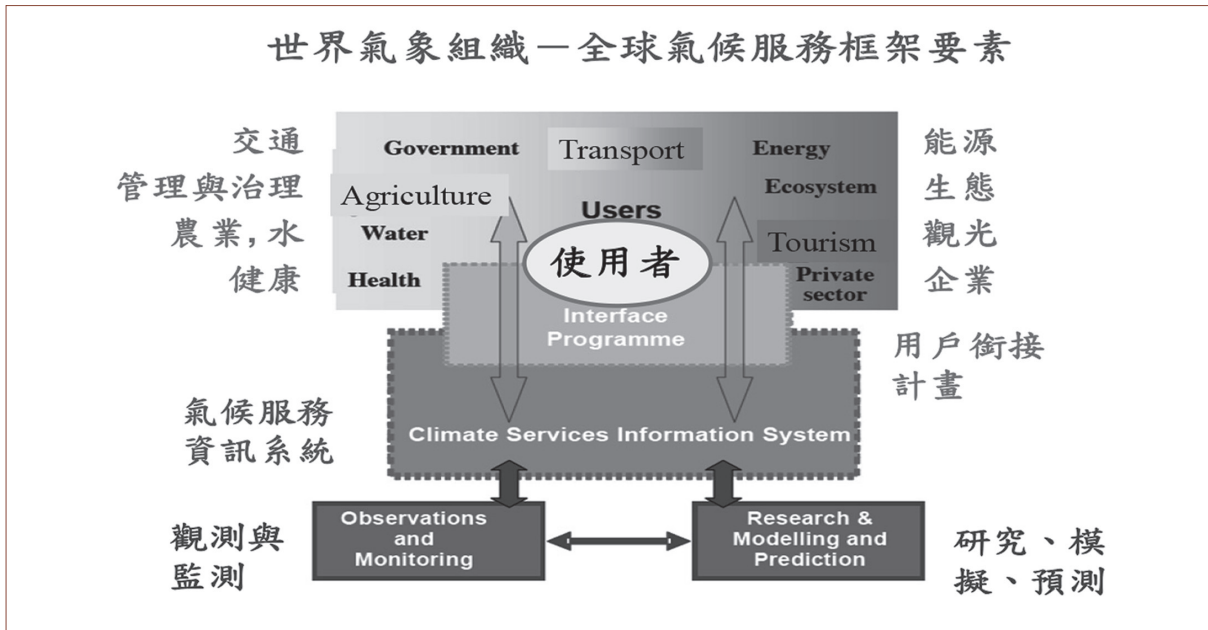
### 一、世界氣象組織的全球氣候服務框架

世界氣象組織（World Meteorological Organization, WMO）為促進國際合作的氣象科研成果能被各國的氣象作業機構（National Hydro-Meteorological Service, NHMS）充分運用，以有效支援各國因應氣候變遷所需的跨領域氣候風險調適與決策應用，特別在其策略規

劃目標下，建構出一套強化全球氣候服務架構（Global Framework for Climate Services, GFCS）。GFCS 分為 4 個要素：（一）觀測和監測；（二）研究、模擬和預測；（三）氣候服務資訊系統；（四）用戶銜接計畫。其中前兩部分的運作能力已經在過去推動全球各國參與的全球氣候觀測系統（GCOS）和世界氣候研究計畫（WCRP）逐步建立，將持續予以加強；而第 3 部分的氣候服務資訊系統（CSIS）將建立在已有的全球性計畫基礎上，加強協調現有的機構、基礎設備和機制，並凸顯以用戶為導向的活動和輸出的產品，同時將繼續開展以科學和技術為中心的氣候服務資訊產製工作；第 4 部分的用戶銜接計畫，其目的是要填補以科學為基礎的氣候資訊到用戶實際應用資訊間的需求落差，為銜接所發展的各種技術解決方案，將可促進跨機構間的合作及夥伴關係、學科交叉研究、決策支援工具的發展、氣候風險管理的實踐、開發新知識領域等等跨界創新的思維，而其成果將落實在氣候服務資訊系統的產出與服務上。圖 3 說明 GFCS 的 4 個要素及工作架構與應用領域間的互動；圖 4 說明 GFCS 的 4 個要素間的互動以及與相關技術能力發展的關係。

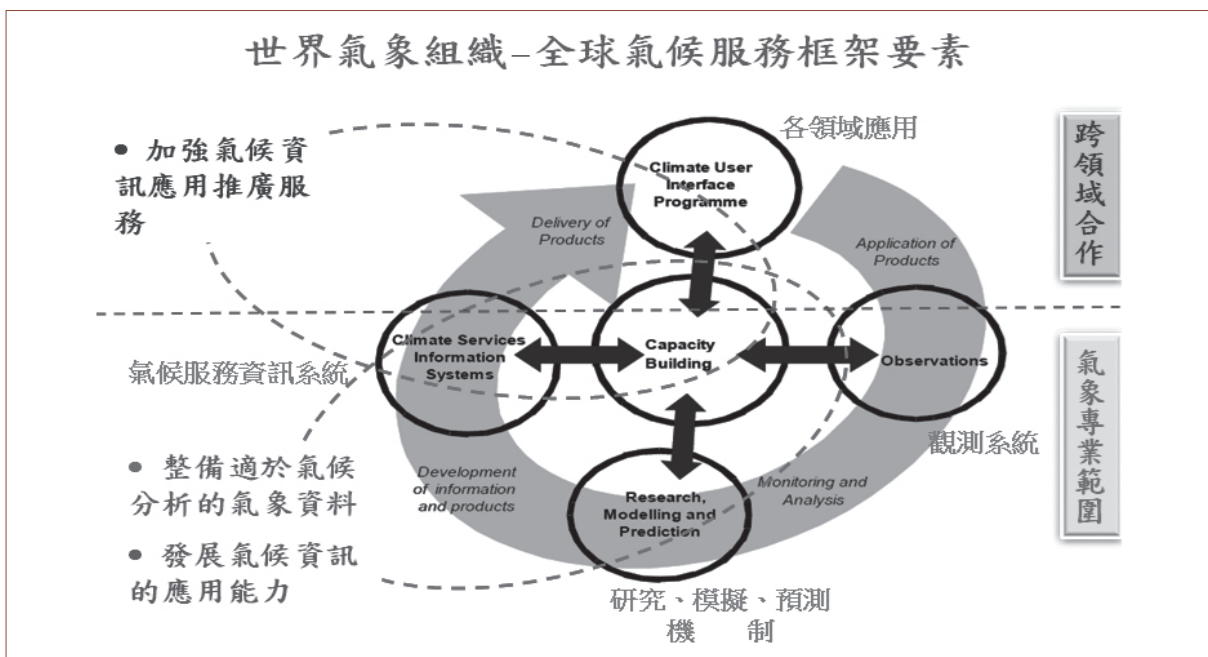
全球氣候服務框架（GFCS）是世界氣象組織近年為提升國家氣象機構在支援

圖 3 全球氣候服務架構 (GFCS) 要素及工作架構與應用領域間的互動



資料來源：編譯自 WMO 之 GFCS 說明文件。

圖 4 全球氣候服務架構 (GFCS) 要素及互動關係



資料來源：編譯自 WMO 之 GFCS 說明文件



各國氣候應用及氣候變遷調適所需服務能力，而大力推展的國際氣象作業與服務架構，該架構已在 2011 年於世界氣象組織大會提出其 5 年願景及 10 年展望，訂出農業、災害、水資源、健康等 4 個優先服

務領域，並成立 GFCS 辦公室加以推動，同時也提供了一個國家氣象機構在各國內推展跨領域氣候服務所需進行之各項工作及步驟的完整參考架構（如表 2 所示）。雖然中央氣象局在過去已建立初步短期氣

表 2 GFCS 之國家氣象服務機構建立跨域應用的步驟

{步驟一} 篩選合適人選	篩選最合適進行對話的參與者人選為舉辦座談會成功因素，由於氣候服務牽涉到許多專業領域的知識，若能邀請各個領域的專業人士參與座談會進行對話，將能為跨領域合作契機帶來巨大的貢獻。
{步驟二} 親自拜訪利害攸關者	在篩選完國家層級的利害攸關者之後，氣候服務提供者應該進行主要利害攸關者的初步拜訪或調查訪問工作，將可以讓舉辦座談會時已經讓雙方都有基本的概念，因此在訪查的過程中也能獲得對氣象服務的具體貢獻與建言。
{步驟三} 訓練講員	舉辦氣候服務知識的研習營，邀請氣象專家先行用口頭報告的方式，進行介紹簡單的基本氣候服務知識和各自負責的工作內容，建議以使用者為研習營的討論主角，儘量避免單向式的教學簡報模式，才能獲得使用者具體的反饋意見。
{步驟四} 使用者在參與座談會前的前置作業	在座談會前，主辦單位需和終端使用者一同討論，並列出在終端使用者獲得氣候預報後可能會採取的先期反應或行動措施。
{步驟五} 以共同參與的模式來學習早期預警模組	在座談會中發放不同氣候資訊模組給每個小組，利用活動參與的方法讓來自不同單位的組員有所互動。
{步驟六} 持續檢視氣候樣本產品的使用效果	在每組進行完一輪的模組介紹和對談後，在小組成員不變的情況下，負責解說的科學家須輪流至其他組別繼續講解自己負責的模組內容。
{步驟七} 小組遊戲和討論活動	透過遊戲互動的模式，讓參與者以及氣候服務提供者相互瞭解在不同氣候預報情境下兩個來自不同領域的專家能夠找出合作的模式。
{步驟八} 瞭解能力建構的需求	在座談會中，應該讓參與者有時間仔細思考下列問題：「是什麼結構性的障礙使得不同單位無法有效對於最需要的使用者社群提供具體實用的氣候服務呢？」
{步驟九} 初步設計氣候服務架構圖	請利害攸關者幫忙策劃合適的國家層級氣候服務框架行動方案，並合作準備在座談會後提出計畫方案，並且需要透過政治的過程推動後續相關的機制與策略動方案內容。
{步驟十} 到社區實地拜訪交流	此一最後的活動步驟可以讓氣象學家體會社區和社群領袖在現實生活中所面臨對的氣候風險，同時也讓終端使用者在參與座談會之外，也能承諾共同持續加入發展國家層級的氣候服務框架。

資料來源：編譯自 WMO 之 GFCS 說明文件。



候測報的作業能力，然因我國非聯合國會員，無法參與 WMO 相關國際互動機制。然而 GFCS 以氣候整體能力建構為核心，將觀測、研發、服務、應用加以串接整合，並強調跨國界及跨領域合作的多項策略方向及進程規劃，仍相當值得作為中央氣象局發展氣候測報作業服務的參考，此外熟悉 GFCS 架構的運作，也可增加中央氣象局與其他國家的氣候作業中心交流合作的機會。

### 二、中央氣象局的「氣候變遷應用服務能力發展計畫」

因應氣候變遷的衝擊，並滿足各界對氣候與氣候變遷應用服務之需求，我國亟需建立氣候風險評估方法，開發氣候變遷應用服務能力，與推廣氣候變遷調適知識。發展計畫結合 GFCS 的概念，以 4 年的時間，整備長期歷史氣候資料，開發氣候變遷分析與推估技術，發展氣候資訊應用服務能力，及推廣氣候知識與資訊應用服務，以達到因應氣候變遷，強化氣象災防，支援國家氣象風險管理與氣候變遷調適應用為目標。

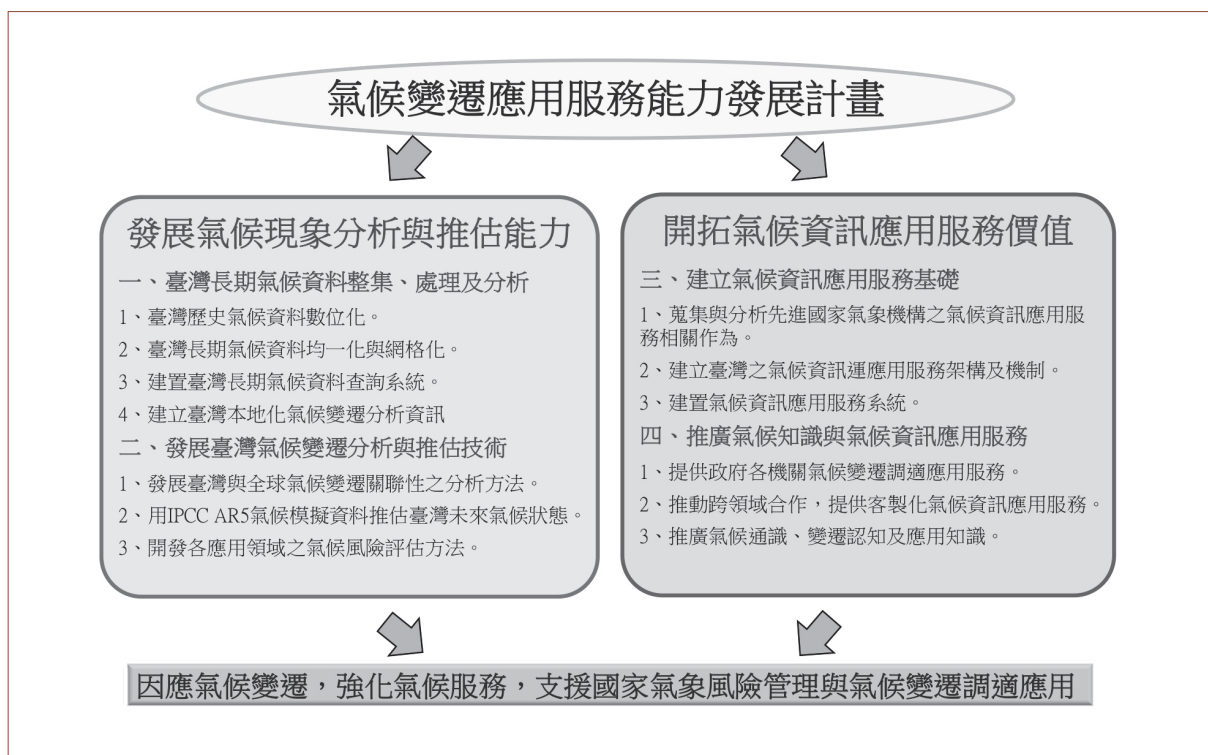
發展計畫將以現有臺灣長期氣候資料及短期氣候預報技術為基礎，透過「發展臺灣氣候分析與推估之應用服務能力」及「開拓氣候資訊應用服務價值」2 個主軸面

向，持續擴展氣候科研及應用領域，同時建立本土氣候變遷分析資訊及在地化氣候變遷推估資訊，達到因應氣候變遷，強化氣象災防，支援國家氣候風險管理與氣候變遷調適應用之目的。

計畫內容主要有 4 個工作大項，包括「臺灣長期氣候資料整集、處理及分析」、「發展臺灣氣候變遷分析及推估技術」、「建立氣候資訊應用服務基礎」、「推廣氣候知識與資訊應用服務」，工作範疇包括臺灣歷史資料數位化，臺灣長期氣候資料均一化及網格化，強化臺灣長期氣候資料查詢功能，建立臺灣本地氣候長期監測系統；發展臺灣與全球氣候變遷關聯性之分析方法，運用 IPCC 與科技部之氣候變遷大型計畫成果，建立在地化的氣候變遷推估資訊，發展各應用領域之氣候風險評估方法；收集與分析先進國家氣象機構之氣候資訊應用服務相關作為，調查與分析國內外氣候及變遷調適之相關應用服務資訊，建立臺灣之氣候資訊運應用服務架構及機制，開發氣候資訊應用服務系統；支持政府各機關氣候變遷調適行動，推動跨領域合作，提供應用導向氣候資訊服務，推廣氣候通識、變遷認知及應用知識。圖 5 說明計畫的工作重點與目標。

以下簡要說明各工作大項之重點內容如下：

圖 5 氣候變遷應用服務能力發展的計畫工作重點與目標



資料來源：作者自行整理繪製。

### （一）臺灣長期氣候資料整集、處理及分析

氣候變遷及所伴隨的災害性極端天氣事件，近年已成為全球矚目的焦點，顯示氣候和氣候變遷對全球的經濟與民生有不容忽視的影響。經濟和生存環境的永續發展，端視我們對極端事件的風險管理能力。根據 WMO 認為要合理估計極端事件的強度和頻率，首先需要「足夠長」且「高品質」的時間序列資料。本項工作將建立我國長期歷史氣象觀測基礎資料庫與

查詢系統，及本土氣候歷史分析資訊。工作內容包括臺灣歷史資料數位化，臺灣長期氣候資料均一化及網格化，建置臺灣長期氣候資料查詢系統，利用臺灣長期氣候資料建立在地化氣候變遷分析資訊。

### （二）發展臺灣氣候變遷分析與推估技術

氣候變遷著重於全球氣候的長時期大範圍的變化。IPCC 第 4 次評估報告指出，目前對於氣候變化特性的理解程度，只有在全球或洲際尺度的大現象比較有把握，基本上對於小區域小範圍的地方性變



化，無法區隔其變化究竟源自於自然因素或人為因素。因此，以目前人類的科技能力，對於小區域小範圍的地方性變化尚無法準確推測。然而氣候變遷調適包含了全球與區域的氣候資訊運用，因此每一個國家都必須以全球氣候變化的思維認識全球和區域的關係。在此趨勢之下，中央氣象局需要透過本計畫瞭解與建立如何分析臺灣與全球氣候變遷關聯性的方法，並利用 IPCC 提供的氣候變遷推估資料，和我國學術界的研究成果建立在地化氣候變遷推估資訊。此外，氣候變遷已從自然科學發展成為縱橫社會、經濟、政治與國際關係的新現象，各領域於面對氣候變遷的威脅時，其弱點與衝擊所形成的氣候風險亦需要加以評估。本項工作將發展臺灣氣候變遷分析與推估技術，充實臺灣氣候變遷背景知識庫，提供更好的氣候變遷研發環境。相關工作內容包括發展臺灣與全球氣候變遷關聯性之分析方法，開發氣候推估模擬資料在地化運用方法，以及發展各應用領域之氣候風險評估方法。

### （三）建立氣候資訊應用服務基礎

國內推動氣候服務尚在起步階段，相較而言，國外先進國家在氣候服務這個領域，已有一些成功的案例，如利用氣候數值模式產出資料預測河川流量以及應用於水力發電、應用模式，評估不同氣候條件

對稻米產量之影響、利用季節性氣候預報資料進行水資源預測等。WMO 大力推動的全球氣候服務架構（GFCS），號召透過國際合作，實現氣候服務的目標，GFCS 的執行策略則強調國際合作和資源共享的重要性，以及發展精細有用的氣候預測模式，並提供以科技為基礎之氣候服務的必要性。本項工作將參考 GFCS 的建置計畫，建立我國氣候資訊應用服務基礎，增加氣象局具備氣候變遷專業能力之人力與能量，提升氣候變遷服務能力。工作內容包括收集與分析先進國家氣象機構之氣候資訊應用服務相關作為，建立臺灣之氣候資訊運應用服務架構及機制，及建立氣候資訊應用服務系統。

### （四）推廣氣候知識與資訊應用服務

我國政府推動氣候變遷調適的相關應用領域包括：災害、水資源、維生基礎設施、能源與產業經濟、海岸、農業生產與生物多樣性、健康、土地使用等 8 個領域，在實務上必須以氣候變遷資訊使用者的需求為依歸，才能提出適切的氣候變遷資訊推廣規劃。本項工作將參考其他國家在氣候變遷調適方面的作為，加強氣候應用服務長期發展的規劃能力，支援政府建立氣候變遷風險管理與調適運作機制，提升國內民眾對氣候通識、變遷認知及應用知識之瞭解與認知，及提供國內跨領域氣

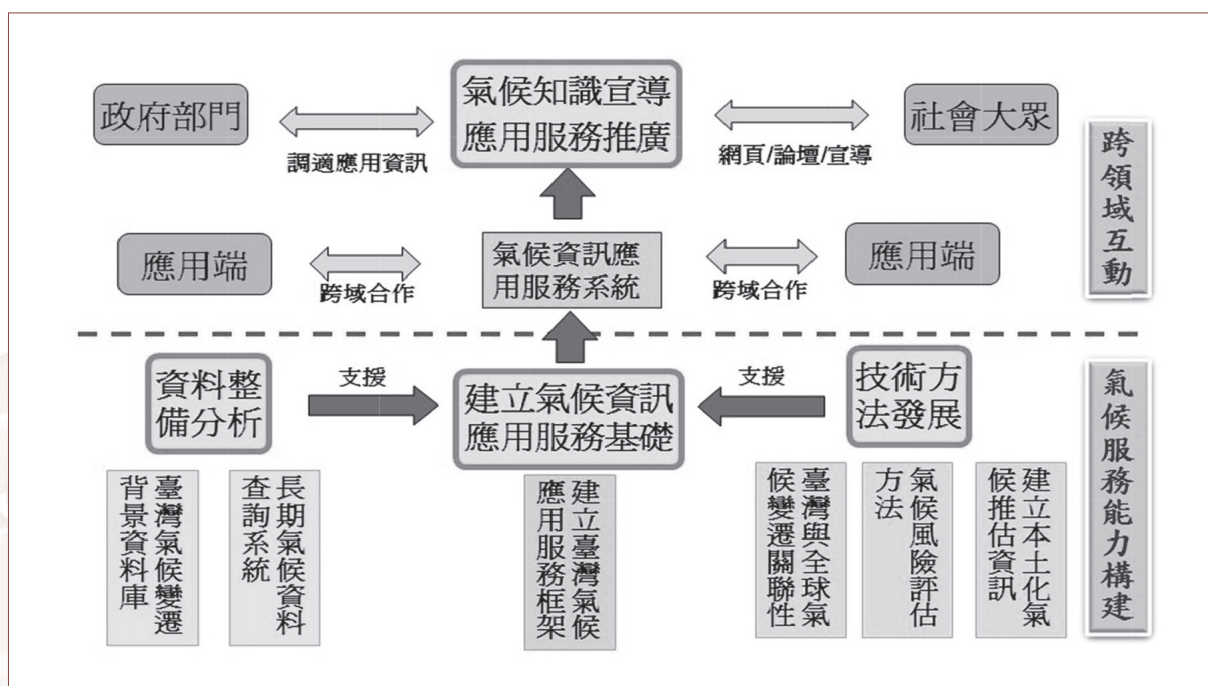
候資訊應用合作之機會及交流平臺。相關工作內容包括支持政府各機關氣候變遷調適行動，推動跨領域合作，提供應用導向氣候資訊服務，與推廣氣候通識、變遷認知及應用知識。

#### (五) 計畫各子項工作互動架構

各子項工作互動架構如圖 6 所示，藍色方塊分別代表 4 大子項工作，右方的橙色方塊則說明本計畫的兩個層級。在圖下方的「氣候服務能力構建」層級，透過左方第 1 項工作進行資料整備分析，經由對臺灣的長期歷史氣候資料進行數位化、均一化及網格化的處理，建立相關資料查詢

系統與氣候變遷背景資料庫；透過右方第 2 項工作發展技術方法以瞭解臺灣與全球氣候變遷關聯性，再利用國內外氣候模擬資料建立在地化氣候變遷推估資訊，並開發各應用領域的風險評估方法，兩者的成果將支援中間第 3 項建立氣候資訊應用服務基礎的工作，提供資料與技術方案透過所建構的臺灣氣候資訊應用服務架構及機制，經由氣候資訊應用服務系統，即進入圖上方「跨領域互動」的層級，透過第 4 項工作，宣導氣候知識與推廣資訊應用服務，並利用各種管道與其他政府部門、社會大眾及其他應用端交流，以針對各領域

圖 6 「氣候監測預報服務能力發展計畫」各子項工作互動架構



資料來源：作者自行整理繪製。



提供切合其需求的氣候服務。

### 三、「氣候變遷應用服務能力發展計畫」與國內外相關計畫的互動關係

在國內不論在歷史長期資料的重建與分析、氣候變遷推估與調適科技研發、氣候風險與災害評估方法建立，及氣候變遷應用服務推廣方面都尚在起步階段，由於有關資料、技術及應用服務環環相扣，因此氣候變遷相關計畫的合作與整合的程度，攸關臺灣推展氣候變遷推估與調適科技與應用服務的成效。

發展計畫與科技部優勢領域氣候變遷重點課題計畫，包括（一）中央研究院「氣候變遷聯盟 - 氣候變遷實驗室」（重點目標：開發國內氣候模式的建構能力，發展可以自行研發改進的氣候系統模式）；（二）國家災害防救科技中心「臺灣氣候變遷情境推估與資訊平臺建置計畫」（重點目標：臺灣氣候變遷資料 / 資訊提供）及（三）中央大學「氣候變遷調適科技計畫」（重點目標：氣候變遷環境監測能力建構及脆弱度分析方法）有密切互動，並充分應用其研發成果。

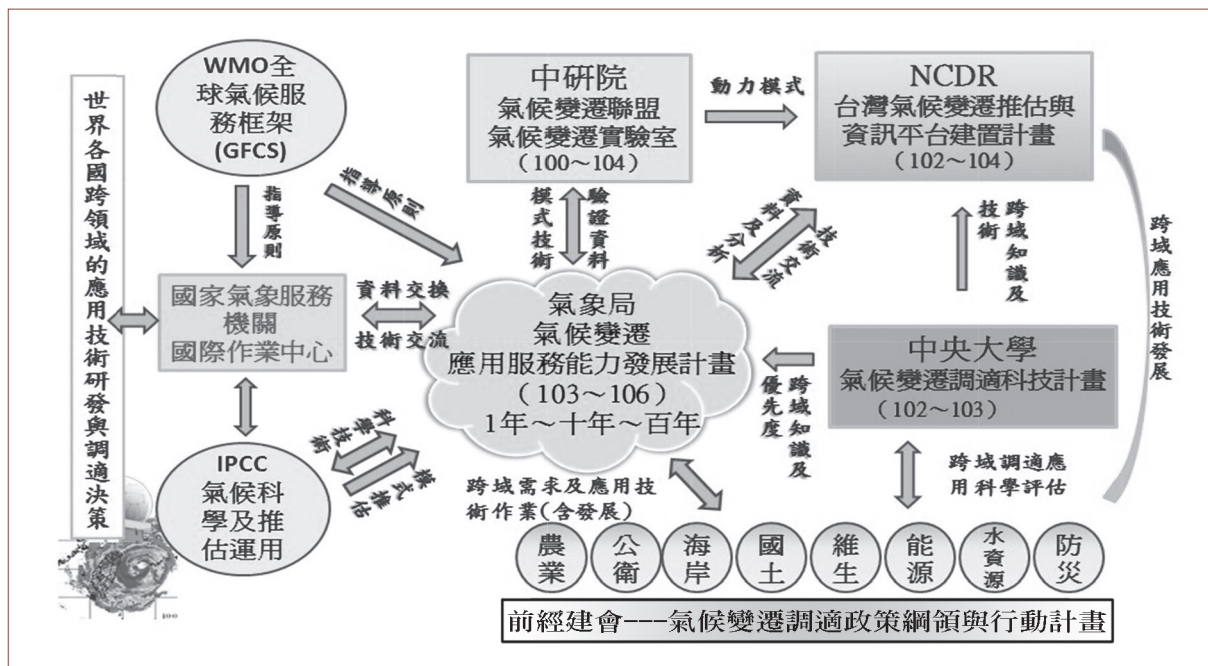
發展計畫有關提供政府調適領域所需資訊，包括氣象測報及氣候變遷分析與推估資訊，可以由中央氣象局與國家災害防

救科技中心合作推動，透過與調適應用端的溝通，建立調適資訊提供架構（種類、管道及方式等）後，由中央氣象局以作業化方式提供滿足跨領域需求的應用資訊予調適應用單位，包括在國家氣候變遷調適政策綱領架構下與 8 個調適領域相關的各政府單位，協助其推動調適相關工作。此外，亦可回饋應用端需求予中央研究院結合其氣候系統模式研發，以提升國內氣候動力模式技術；而中央大學「氣候變遷調適科技計畫」有關氣候變遷環境系統分析及脆弱度評估之研究成果，則可提供本計畫做為在支援政府進行氣候變遷調適應用領域優先度的參考。

在與國際相關計畫的互動方面，WMO 推動的 GFCS 已建立氣候服務的最高指導原則，中央氣象局與其他國家的氣象單位可以依循其精心設計的框架推展相關業務；各國氣象單位之間亦可以進行資料交換與技術交流，互蒙其利，並發展跨國、跨領域的應用技術和調適決策。此外，氣候變遷的權威機構 IPCC 持續從氣象及相關研究單位整理不同領域的研究成果以推廣氣候科學與調適認知，其所收集整理的大量氣候變遷模擬資料可提供氣象局及各國氣象服務機關進行分析與推估應用。

綜上所述，本計畫與國內外相關計畫之互動關係如圖 7 所示，其與目前國內進

圖 7 「氣候監測預報服務能力發展計畫」與國內外相關計畫互動關係



資料來源：作者自行整理繪製。

行之氣候變遷相關計畫可充分發揮互補功能並建立技術能力，同時與國外相關計畫交流並吸收其經驗與資訊，相關研發成果除可用於評估未來臺灣氣候的變異特徵與災害性天氣的變化趨勢外，並可結合應用領域建立相關氣候風險評估方法，及規律性產製氣候及其變遷的測報資訊，供相關領域進行氣候風險控管與調適應用。

#### 四、「氣候監測預報服務能力發展計畫」在「國家氣候變遷調適政策綱領與行動計畫」中所扮演的角色

中央氣象局推動執行的「氣候變遷應用服務能力發展計畫」與「災害性天氣監測與預報作業建置計畫」因應氣候變遷、掌握災害天氣 2 項子計畫，共提列 9 個（其中災害 3 個、海岸 2 個、健康 2 個及維生 2 個）行動計畫來支援國家發展委員會的國家氣候變遷調適政策綱領。其中，中央氣象局部分行動計畫，歸類至總體調適部分實施，所配合工作為「強化短期氣候預報能力與長期氣候變遷推估能力，提供風險評估及調適決策之參考」。另經國家發展委員會挑選中央氣象局 3 項計畫納入優先行動計畫項目，其中 2 項為災害領



## 推動氣候風險調適與跨域應用服務

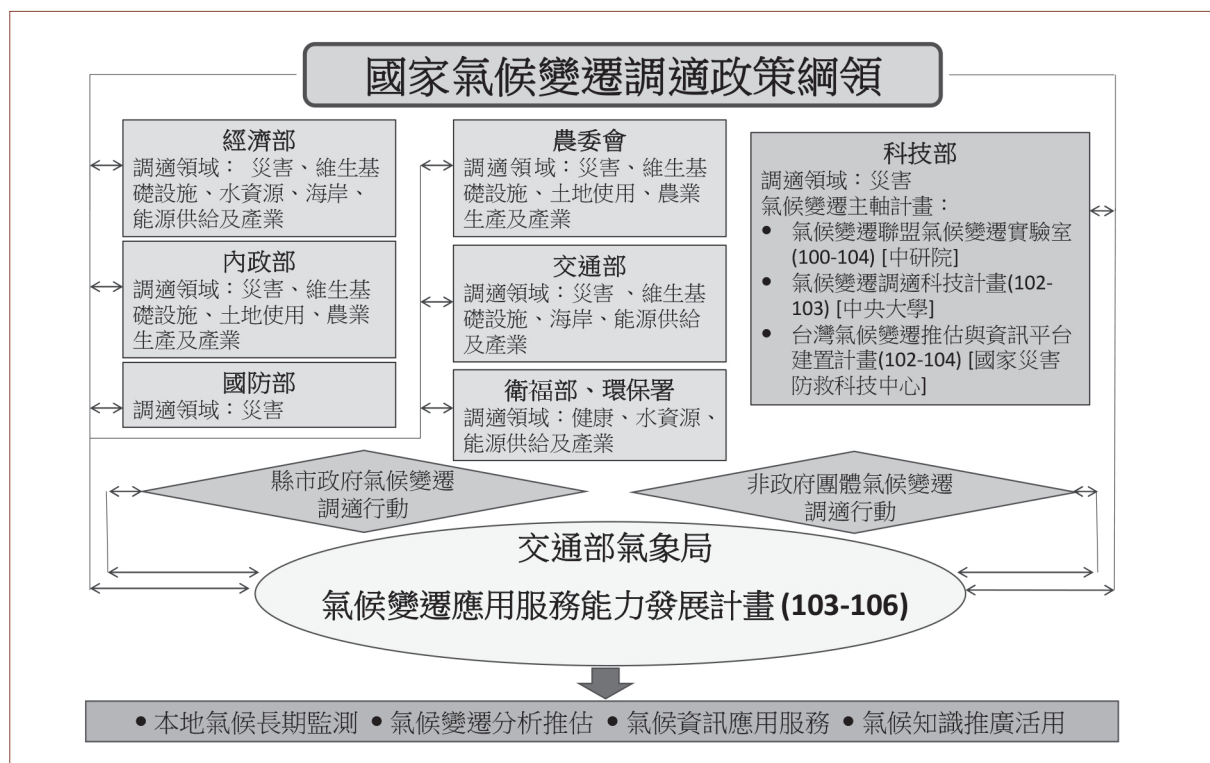
域，另外 1 項為海岸領域。氣候變遷應用服務能力發展計畫與國家氣候變遷調適政策綱領各調適領域主管部會的互動關係如圖 8 所示。

### 肆、結語

世界氣象組織大力倡議透過世界上各個國家氣象機構的資料交流與技術合作，建立全球氣候服務架構（GFCS），重點除加強觀測、研發與預測、整合與運用 3 個

面向的氣候科技能力發展外，並強調跨領域的互動與應用科技研發，緊密接合，相互支援。中央氣象局配合此架構推動氣候業務的發展，依循整備及分析長期氣候資料、發展氣候監測分析與預測能力及拓展氣候資訊應用服務 3 個脈絡，以有效將資料、技術及應用服務加以整合，提高臺灣於氣候議題的科學認知及作業技術之水準，建構我國氣候相關應用服務的機制，消除氣象科學成果與資訊應用間的障礙，產製適當的應用服務資訊，適時適所的提

圖 8 本計畫與國家氣候變遷調適政策綱領的關係圖



資料來源：作者自行整理繪製。

供相關測報資訊予災害防救、農林漁牧、生產事業、交通遊憩、生活保健、國土保育及資源管理所需之生活與氣候風險調適決策應用，以滿足下游之各式應用需求，落實天氣與氣候等測報資訊於政府與社會的應用。

目前持續進行中的跨領域氣候資訊服務推展，不僅已與我國農、林、漁、牧、水資源、防災、公衛、能源等政府的管理與研發機構，建立跨領域的互動合作關係，也同時進行氣象資訊應用服務的經濟價值分析，透過直接訪談農漁等使用戶，瞭解受訪者使用氣象資訊的需求、管道、使用狀況，以及產生的經濟價值。此外，亦接續舉辦跨領域氣候應用資訊論壇及研討會，邀請政府及學研等相關業務單位、

相關產業從業人員等與會，進行橫向溝通，除可瞭解使用者的需求，並可推廣氣象服務及開發氣象資訊的應用服務價值。相關跨域應用服務，於消極層面將可加強政府風險管理機制與減輕氣象災害，積極層面將可幫助政府，對能源、水利、農林漁牧等進行產業規劃，提高經濟效益；此外，於國際方面，將可藉由中央氣象局建立的氣候專業知能，判斷其他國家所發布有關氣候警訊的虛實或準確度，避免產生對錯誤反應可能造成的社會與經濟傷害。此外也唯有本身具有國際肯定專業知能，方可助我國積極參與國際氣候變遷議題的討論，加強我國的發言權，提升我國的國際地位。◆

（作者現任交通部中央氣象局資訊中心主任）