

第二章 重要執行成果及效益

在12項行動計畫中，共計5項為災害領域優先行動計畫，此為災害領域中最具優先推動性或執行急迫性的重點調適工作。為確保整體調適工作有明確解決氣候變遷之問題，以利後續調適成果效益盤點與追蹤，本年度針對持續執行之4項優先計畫進行關聯性之檢視（「地質調查業務氣候變遷風險評估研究」已於108年完成推動工作，將不於本年度報告中呈現）。

一、成果與氣候變遷或氣候變遷調適之關連性

由於氣候變遷災害領域皆有以災害為本思考的特性，較易在因應對策及實際採取之手段上與傳統防災有及高重疊之處，但在風險評估及行動規劃上，防災與調適規劃細節就有明顯差異。就以風險分析資料來源來說，防災多使用歷史災害資料，而調適則應使用氣候指標及氣候變遷模式做風險推估，採取相對應的措施與規劃，在時間尺度上亦有所不同，防災多以現況做主要考量，調適則以中期(2041-2060)及長期(2081-2100)規劃為主。也因此，是否有將氣候變遷納入評估，是調適中極為核心及關鍵的項目，亦是本領域在論述氣候變遷行動上的重要依據之一。

災害領域優先計畫多以考量氣候變遷情境下，針對降雨改變產生之災害或災害強度提升為主要調適標的，但各項計畫所調適的面向及因應作為則有所不同。「新版氣候變遷災害風險地圖製作」（計畫編號1-1-1-1）以整體淹水風險評估及提供科學資訊為核心，運用國科會臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫（簡稱TCCIP）之氣候變遷降尺度資料，進行淹水災害風險之圖資加值產製，提供使用者查詢風險分佈與後續圖資套疊，同時持續與使用者保持密切溝通，逐年推出更符合使用者需求之產品與資訊，以科研行動支援氣候變遷災害風險辨識與各領域風險治理之落實。

「韌性防災與氣候變遷水環境風險評估研究」（計畫編號1-2-1-1）則是在進行自身治水機制之風險評估外，著墨於智慧監測及治水策略之因應，針對「提升都市防災韌性」，對應之調適措施為「建立暴雨事件時空分布大數據資料庫，繪製淹水機率圖資以支援水災預警，並進行致災特性分析。」另針對「建構韌性提升策略」，對應之調適措施為「研擬洪災韌性提升方案與具體措施；進行水源枯旱風險與經濟影響分析。」此外，本計畫主要依循TaiCCAT支援決策系統架構，建立水情監測與災情評估之調適前期階段，包括「界定問題與設定目標」、「分析現況」及「評估未來風險」，例如更新氣候變遷海岸

情境，進行海岸數值模擬與溢淹風險評估等作為。「建置邊坡安全預警系統」（計畫編號1-3-1-1）則著重考量降雨改變對交通運輸（高鐵）穩定性的影響性分析，藉此提升危害發生時之抵抗力並降低危害發生機率或程度。

相較於前述三項計畫，「文化資產微型氣象站建置及維運計畫」（計畫編號1-1-1-4）就因主要藉由基礎資料的建置逐步累積更貼近在地、古蹟防災與減災需求之保存環境監測數據，提供文化資產管理單位掌握氣候變遷可能對古蹟造成的劣損因子，進而調整日常管理維護計畫，現行無明顯氣候變遷災害調適標的。

二、策略或措施如何融入氣候風險評估或風險管理之概念

氣候變遷風險評估為調適推動過程中的重要環節，可經由氣候變遷科學數據導入至評估方法學，並依所需之空間及時間尺度，協助判斷應調適區域、災害衝擊程度及高風險區位，進而提出相應的調適措施。災害領域共有兩項以風險評估與管理為核心之優先行動計畫，實際使用之評估方法學亦以其執行單位所需評估之標的與災害類型進行選擇及研發，計畫概念如下：

1. 新版氣候變遷風險地圖製作(1-1-1-1)

淹水災害風險圖依據聯合國氣候變遷專門委員會(IPCC)風險定義，以危害度(H)、脆弱度(V)及暴露度(E)三個指標組成，並針對各個指標之等級進行分級及標準化，再以風險(R)=H x V x E的方式，算出未來淹水風險指數。危害度據TCCIP提供之觀測值與 83個統計降尺度 GCM 模式在基期（1981~2010年）以及不同RCPs情境下（RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0與RCP8.5）世紀中（2036~2065年）時期之網格日資料，進一步分析全球暖化2°C時臺灣區域的氣候變遷情形。淹水脆弱度方面則是以淹水指標為主，並依據經濟部水利署所公告第三代的淹水潛勢圖進行分析繪製淹水脆弱度圖，另考量以人口密度計算之暴露度，採用現況人口（2019年）及2036年未來人口推估資料（詹士樑，2019）來進行分析。以鄉鎮市區為空間單元，分別計算淹水災害風險圖、不確定性分析。

2. 韌性防災與氣候變遷水環境風險評估研究(1-2-1-1)

本計畫涵蓋「因應氣候變遷之海岸風險評估」計畫，建置風險分析所需之「海洋模式」與「淹水模式」，經調校後進行氣候變遷衝擊評估。先以海洋模式配合海象情境條件進行基期與近未來暴潮溢淹模擬，萃取近岸區域河口水位與越波水位資訊後，提供淹水模式下游邊界；再由淹水模式

完成海岸溢淹災害衝擊評估，成果包含下列六點。

- i、基於國內海岸進行風險評估及荷蘭韌性輪，並綜合考慮其他韌性評估方法，建立適合臺灣海岸之韌性評估方式。其中考量之韌性因子涵蓋恢復力、抵抗力、適應力、人口指標、組織力及抵禦力等六大面向，並鏈結24個韌性指標；進一步以此方法針對示範區進行海岸韌性評估，同時研提示範區改善對策建議，瞭解改善對策對韌性提升之成效。
- ii、氣候變遷海象情境方面，已透過數值模式分析方式，估算基期與近未來海象條件（包含設計波高與暴潮偏差），亦有針對海平面上升的資料進行彙整。此外，運用海象統計降尺度方法，分析氣候變遷海象情境條件，進一步與數值模擬分析之情境條件結果進行比對。統計降尺度分析因受篩選機制影響，使其所挑選之GCM模型會忽略較大影響之極端值，且於臺南西南部空間分布較不完整，因而減低降尺度分析之完整性。因此，另外擇選了「數值模擬分析」情境條件，做為氣候變遷之海象情境條件。至於天文潮方面，則運用潮汐能量法估算各區域之代表潮型，再疊加暴潮偏差值，則能獲得各區之暴潮情境。
- iii、海洋模式建構方面，透過區域背景資料蒐集，獲得海堤分布、海域水深、陸域地形及近岸水深地形等資料。配合氣候變遷情境分析成果，針對臺南、高雄及屏東海岸進行基期與近未來暴潮溢淹案例模擬，以探討局部區域海堤是否仍有波浪越堤造成溢淹之情況發生。
- iv、氣候變遷降雨情境方面，延續TCCIP提供之五種GCM模式，並在RCP8.5氣候變遷情境下推估基期與近未來，5公里解析度統計降尺度的逐日雨量資料；進一步透過頻率分析得出在50年重現期下，各個GCM模式日降雨量的空間分布，經比對擇選BCC-CSM1-1模組做為降雨情境條件來源。
- v、淹水模式建置方面，透過內政部最新1公尺精度DTM資料，建置臺南、高雄及屏東地區數值模擬所需網格與地形資料。另蒐集臺南、高雄、屏東的氣象、地文、水文、以及水工構造物資料，完成淹水模式建模，並分別針對暴潮影響、以及降雨暴潮同時影響兩種情境，進行海岸溢淹之模擬。
- vi、海岸風險評估方面，為符合國際趨勢，已依據AR5所定義之風險評估

方法，重新建構國內海岸風險評估方式。其中，納入危害度、脆弱度及曝險度分析，規劃各指標架構，重新繪製海岸風險地圖。依據模擬成果，已分別繪製現況與氣候變遷情境下之海岸災害風險地圖。並於暴潮溢淹因子中考量現有海堤情況給予條件，以利繪製較符合現況之海岸風險地圖。

除上述兩項計畫外，文化部所執行之「文化資產微型氣象站建置及維護計畫(1-1-1-4)」因屬硬體設備建置及基礎環境資料蒐整之前期調適籌備工作，尚未將氣候變遷可能衝擊與評估納入本年度推動工作之中。另高鐵公司執行之「建置邊坡安全預警系統(1-3-1-1)」，本年度同樣尚未有明確風險評估方法或管理之概念，但已考量將重新訂定風險管理計畫或將氣候風險整合到既有的計畫中，未來將研析是否採用策略評估方式融入氣候風險評估，如透過「脆弱性評估」來瞭解氣候變遷對邊坡設施影響最鉅之處，或是透過「情境分析」設想不同情境對邊坡設施的潛在威脅。

三、有無考慮氣候變遷調適情況下對本領域內相關計畫之差異性

因災害領域1-1-1-4及1-3-1-1計畫，屬調適規劃前期的資料蒐集及籌備工作，尚無進入氣候變遷調適階段，其中在邊坡安全預警系統計畫上，執行單位雖已判別可能面臨的氣候變遷衝擊為強降雨、不確定的極端天氣尺度或豪雨頻率增加、破紀錄氣象事件發生的時間、地點與規模等，但相關的定性的現象與定量的資訊，都需進一步設定，才可提出相對應之因應氣候變遷調適策略計畫。現行未採取明確氣候情境與調適方針，著重於依彙整分析高鐵過往沿線邊坡坍塌事件之降雨強度及訂定降雨強度之警戒值與行動值，進行邊坡安全預警系統建置。

而在以氣候變遷衝擊評估為主軸之計畫中，「新版氣候變遷災害風險地圖製作」（計畫編號1-1-1-1）以氣候變遷資料分析及風險圖資產製為核心內容，但並未做任何實質氣候變遷調適之工作。此項計畫所產製之資訊，可供相關調適操作單位作為輔助調適規劃與決策的工具之一。若在不特別考慮氣候變遷調適情況下，淹水災害風險與現行已在實施之降低淹水措施，包含現有排水設施、機動抽水設備等較有直接關聯。因水利署為淹水災害之主要權責機關，其公告之第三代淹水潛勢圖資，便是呈現在現有排水安排下，考量地形地貌及過去歷史災害事件，較可能淹水之區位。而同樣針對水相關災害之「韌性防災與氣候變遷水環境風險評估研究」（計畫編號1-2-1-1），屬TaiCCAT支援決策系統架

構中之前期步驟，包括「界定問題與設定目標」、「分析現況」及「評估未來風險」，為建立氣候變遷下水情監測、預警、風險評估與韌性提升之調適原則。

四、整體氣候變遷調適面向之成果效益

災害領域計畫總成果可分為三大項：氣候變遷科學推估資訊產製與工具研發、基礎資料蒐集與分析、設施維運與資源管理策略研擬，詳細成果如表4所列。

表4、災害領域優先行動計畫調適成果效益

成果類型	計畫名稱	執行單位	成果說明
氣候變遷科學推估資訊產製與工具研發	「新版氣候變遷災害風險地圖製作」(計畫編號 1-1-1-1)	國家災害防救科技中心	<ol style="list-style-type: none"> 1. 考量各層級單位對氣候變遷風險評估之需求更為多元，本年度採用2°C情境資料評估以鄉鎮與最小人口統計區尺度之空間分布下淹水災害風險圖，以行政單元呈現風險圖，可利於管理者了解未來情境下淹水災害風險空間分布變化，並進一步採取相關調適措施。使用者可依據其研究及評估目的，選擇合適之圖資進行後續套疊應用。 2. 針對第三版氣候變遷淹水災害風險圖，本計畫更額外開發了圖資應用的R程式工具，並公布於「氣候變遷災害風險調適平台(Dr. A)」(http://dra.ncdr.nat.gov.tw)讓使用者免費下載使用。 3. R程式工具能讓使用者自行操作分析風險圖之計算，並依照其需求置換危害度、脆弱度、暴露度資料，亦能輸出多種格式之檔案或置換疊圖標的，以產製符合其評估方向之圖資，更利於加強其政策規劃與決策之科學性。截至110年底，R軟體及其說明書已已累計有370次下載數。
	「韌性防災與氣候變遷水環境風險評估研究」(計畫編號	經濟部水利署	針對氣候變遷情境造成海岸溢淹與水源供應短缺風險，應用數值模擬評估及風險或經濟分析，研擬最適水旱災調適策

成果類型	計畫名稱	執行單位	成果說明
	1-2-1-1)		
基礎資料 蒐集與分 析	「文化資產 微型氣象站 建置及維運 計畫」(計 畫編號 1-1- 1-4)	文化部文 化資產局	<ol style="list-style-type: none"> 1. 監測與蒐集古蹟周邊風速、風向、溫濕度、雨量、氣壓、日照、紫外線等環境數據。 2. 每月統計分析各文化資產氣象風險及建立長期氣候風險地圖，輔助管理單位日常管理維護與保存修復計畫推動工作。
	「韌性防災 與氣候變遷 水環境風險 評估研究」 (計畫編號 1-2-1-1)	經濟部水 利署	<ol style="list-style-type: none"> 1. 強化都市災害智慧感測設備與預警系統建置，冀於颱風豪雨來襲前掌握可能災情。 2. 整合氣象觀測與即時預報資訊，針對流域、重要水庫集水區、淹水熱點，強化水情與災情預警技術，並精進情資分析與傳遞技術，以及早完成整備及災害因應措施。
設施維運 與資源管 理策略研 擬	「韌性防災 與氣候變遷 水環境風險 評估研究」 (計畫編號 1-2-1-1)	經濟部水 利署	參考國外治水策略，針對國內環境及民眾需求，研擬整合各項韌性提升措施，降低環境衝擊，與地方政府合作提升在地整體水韌性
	「建置邊坡 安全預警系 統」(計畫 編號 1-3-1- 1)	臺灣高速 鐵路股份 有限公司	面對極端氣候所帶來之暴雨、強雨、洪水與其他災害，持續由本公司熟稔土建設施、養護業務部門，持續每年於汛前進行高鐵河川橋沖刷風險評估，據以採行或研擬未來之相關因應作為(包括風險管理、法令及設計規範、預警應變、工程建設、跨越整合、未來調適方向...等面向)

第三章 未來規劃及需求

一、調適計畫執行期間面臨之困難與障礙

整體而言，災害領域調適計畫面臨到的多為風險評估問題及資料應用問題。以文化資產來說，其種類眾多且所處位置環境條件不同，不同地點對環境監測資訊需求的風險評估重點不同，如地理空間、材料劣化、氣候災害等風險因子的考量不盡相同，目前國定文化資產計有121處，解決調適問題需分類型、材料、所在位置之氣候災害等進行個案研究，才能明確判斷出可能調適方向與策略。

此外，部分單位不易於辨識氣候變異或氣候變遷所造成之風險，且氣候變遷風險圖資與評估皆有其不確定性，使用者若對圖資及指標特性理解不深，或圖資尺度與自身需求不符，可能影響圖資套疊應用的正確性，連帶對改變高風險區位之解讀及後續決策方向。溝通氣候變遷風險圖資之不確定性及尺度差異性需長期且持續進行，以協助各單位使用者在不同政策制定及決策階段，能正確應用風險圖於區位進行評估，並優先規劃合適之調適策略。且目前亦遇到缺乏整合性的評估工具及機制，來深入及完整的規劃因應氣候變遷之調適策略及行動方案的困境。

二、未來規劃與需求

災害領域現階段皆以風險評估為主要工作，後續將逐步將相關評估結果導入政策及氣候變遷因應策略。就第三版淹水災害風險圖而言，由於氣候變遷趨勢會根據科學資料的精進而有所調整，縣市及其他層級之決策團隊也將會有針對最新科學資料進行深入分析研究之需求，以推動調適細部設計與規劃的更新。為因應該需求，後續將追蹤風險圖資於部會之應用情形，持續與相關部會進行交流討論，並依據TCCIP計畫完成IPCC最新公布之AR6降尺度資料進行更新，評估再版之風險圖製作與呈現方式可調整之處。

在「文化資產微型氣象站建置及維運計畫」上，文化部現已完成階段性任務，未來將持續蒐集文化古蹟之監測資料，提供管理單位日常管理維護與保存修復計畫推動工作參考。而高鐵邊坡於極端氣候下之穩定性需持續強化，高鐵公司現已辦理邊坡總體檢，並依據總體檢評估結果辦理預防性維護工程，未來將在此基礎上提出精進方案，持續辦理邊監測以及邊坡專業巡檢，評估高陡邊坡在極端氣候下之安全性。在全國水資源管理方面，經濟部水利署將以強化整

合氣候、國土、經濟學等學門之研究能量為目標，以提升災害管理質化成效，並在以永續發展目標下，因應氣候變遷之環境、社會與經濟影響，達成調適策略方案實踐應用。