

# 氣候變遷之災害衝擊與調適

## — 面對未來的災害風險

陳韻如／國家災害防救科技中心副研究員

林欣靜／國家電腦高速網路計算中心助理工程師

黃熾蓁／國家災害防救科技中心專案佐理研究員

陳永明／國家災害防救科技中心副研究員

### 摘要

近年來全球受到氣候變遷的衝擊影響，使得高降雨強度、高颱風頻率，以及劇烈乾旱程度等極端氣候事件之頻率增加，造成了各地災害等事件層出不窮，不僅對臺灣國土環境的破壞造成了威脅，也使得人民生命財產的損失風險提高。應科方案課題三「氣候變遷之災害衝擊與調適」，希望藉由整合國內氣候變遷推估資料與災害風險評估技術，進而推動災害風險評估與調適政策，降低氣候變遷所導致之災害風險，強化整體防救災調適能力。本文中介紹目前國內產製之氣候變遷情境的資料，與未來氣候變遷衝擊下氣候因子（降雨、溫度）變化趨勢，與利用氣候情境資料評估全台淹水、海岸、乾旱與坡地災害風險圖，以及國內部會應用共同的情境資料所分析的災害衝擊評估結果。藉由瞭解臺灣災害之高風險區域與環境脆弱度高之區域，以作為未來國家安全與調適策略制定時的參考。

### 前言

聯合國於 1988 設立「政府間氣候變化綱要公約談判委員會」(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)，並於並於 1990 年公布 IPCC 第一次氣候變遷評估報告 (First Assessment Report, FAR) 以 1992 年通過「聯合國氣候變遷綱要公約」(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)，氣候變遷議題便受到國際間的重視，不僅針對溫室氣體管制與減量提出具體目標之外，亦開始針對氣候變遷可能造成的衝擊進行評估。在 1996 年 IPCC 公布第二次氣候變遷評估報告 (Second Assessment Report, SAR)，對京都議定書

協議內容產生重大影響。國內在 1990 ~ 2000 年間國科會（現名為科技部）氣候變遷相關研究計畫，以補助個人型申請計畫為主，領域則是以氣候變遷與大氣與水文農業議題相關為主。

2001 年至 2009 年期間，IPCC 於 2001 年公布第三次氣候變遷評估報告 (Third Assessment Report, TAR)，聚焦於衝擊的問題，並強調調適的重要性。加上國內外極端事件發生頻率增加，國內開始重視極端氣候對各領域衝擊，科技部與部會便開使進行相關氣候變遷衝擊評估計畫。2006 年國科會執行三前期之整合型計畫「氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究」，由國內氣象、淹水災害、土砂災害、水資源與社經風險評估等專家學者，共同評估氣候變遷可能的衝擊。由於當時國內尚欠缺台灣地區的氣候變遷情境資料，多數以假設情境與鄰近點的大尺度的氣候環流模式 (GCM) 進行未來氣候情境評估。2007 年 IPCC 發佈第四次氣候變遷評估報告 (Fourth Assessment Report, AR4)，針對後京都議定書時代，提出增溫控制在 2°C 的終極目標。國內行政院「強化災害防救科技研發與落實運作方案」，開始納入氣候變遷議題，整合國內學術與部會相關氣候變遷衝擊評估的研究。2008 年規劃第八次全國科技會議議題，於次年年初通過「制定國家調適政策綱領」。國內部會署開始著重於風險評估與調適策略等氣候變遷科研課題。

2009 年國科會開始規劃大型防災計畫，執行三大整合型計畫，包含發展台灣大氣環流模式、提供台灣氣候變遷情境資料、脆弱度與調適評估衝擊等，分別是「氣候變遷聯盟」(Consortium for Climate Change Study, CCLiCS，

科技部，2011)、「台灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫」(Taiwan Climate Change Projection and Information Platform, TCCIP, 科技部，2010)、「臺灣氣候變遷調適科技整合研究計畫」(Taiwan Climate Adaptation Knowledge Platform, TaiCCAT, 科技部，2011)。藉由整合型計畫提供共同台灣氣候變遷情境資料，並與部會合作，將各項資料落實於各部會氣候變遷研究計畫。國內部會署出版重要氣候變遷報告，包含行政院經濟建設委員會(2012)之「台灣氣候變遷調適政策綱領與行動方案」與科技部之台灣氣候變遷科學報告「許昆雄、吳宜昭、周佳、陳正達、陳永明、盧孟明，2011」。將調適策略議題開始從國家層級落實到地方政府，並對於國內過去氣候特性與未來氣候的趨勢，有更進一步科學證據與瞭解。

2010年至2014年期間，行政院災害防救應用科技方案(以下簡稱應科方案)，將氣候變遷災害衝擊與調適納入課題三，希望藉由不同面向整合氣候變遷評估工作，在科技面上建立較新的氣候變遷推估資料，以及災害風險評估技術，因應氣候變遷之不確定性與災害風險，優先推動科學整合評估工作，在工程開發面上，針對氣候變遷之可能災害衝擊，進行工程建設與開發政策檢討，在政策面上藉由政策整合與推動災害風險評估與調適政策，降低氣候變遷所導致之災害風險，強化整體防救災調適能力。應科方案中主要參與氣候變遷課題的主要部會，包含行政院災害防救辦公室、經濟部水利署、交通部氣象局、農委會水土保持局、內政部建築研究所、國研院科技政策研究中心、行政法人國家災害防救科技中心等單位。下文中將說明此課題里程碑規劃與目前各項重要成果進行說明，包含氣候情境資料、災害衝擊分析與災害風險圖等。

### 氣候變遷議題發展里程

應科方案中氣候變遷課題規劃，希望藉由各部會與研究單位的協助，整合國內各項研究能量，其研發技術里程碑如圖1。發展技術內容第一階段為氣候變遷的推估，工作內容包含歷史資料與全球氣候變遷推估資料蒐整，以及區域氣候變遷推估資料產製，工作目標則以建立氣候變遷災害衝擊與推估資料，此部分工作主要由科技部 TCCIP 整合型計畫與氣象局共同協助完成，包含歷史觀測趨勢與未來氣候變遷情境資料產製。

第二階段工作為災害衝擊分析，工作內容主要包含氣候變遷災害衝擊研究、氣候與環境變遷之災害風險評估技術的建立以及複合型與極端災害衝擊之研究，工

作目標為建立氣候變遷災害衝擊之關鍵技術，此部分工作主要由水利署、水保局、災防中心等協助完成淹水災害、水資源、土砂災害衝擊評估與災害風險圖。

第三階段為調適科技與策略之擬訂，工作內容主要為氣候變遷防災調適科技研究、氣候變遷防災調適政策與災害管理研究以及氣候變遷防災國土規劃策略研究，工作目標為建構氣候變遷調適科技與防災調適策略能力。此工作由科技部 TACCITA (2011) 整合型計畫提出調適評估方式，以及水利署針對防洪、海岸等區域提出相關防災調適策略。

### 氣候變遷情境資料

#### 歷史觀測氣候趨勢

行政院國家科學委員會(2011)之台灣氣候變遷科學報告利用六個百年測站(臺北、臺中、臺南、恆春、臺東、花蓮)資料評估臺灣平地年均溫百年變遷趨勢，圖2顯示台灣暖化現象十分明顯，平地年平均溫度在1911年至2009年期間上升了1.4°C，增溫速率相當於每10年上升0.14°C，較全球平均值高(每10年上升0.074°C)。臺灣近30年(1980~2009)氣溫的增加明顯加快，每10年的上升幅度為0.29°C，幾乎是百年趨勢值的兩倍，與IPCC第四次評估報告結論一致。近30年台灣的西岸的測站增溫趨勢明顯高於東岸的測站。在季節特性方面，百年變化以秋季溫度的暖化幅度最大，但近30年的變化以冬季的增溫最為明顯。高溫日數變化呈現增加的趨勢，以台北增加幅度最大，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。

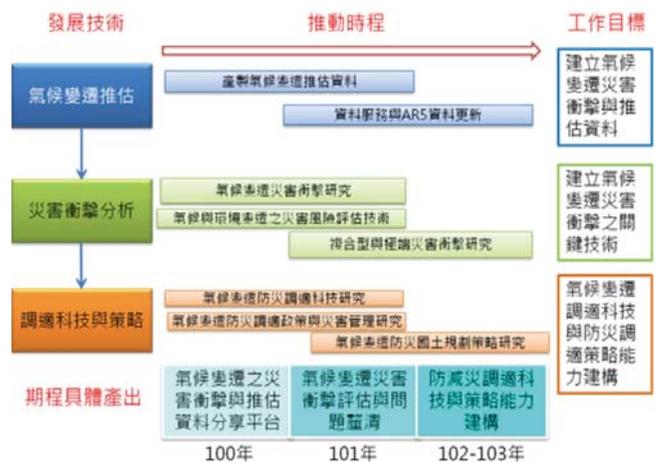


圖1 氣候變遷課題之里程碑圖(100~103年)

分析百年觀測降雨資料，顯示台灣在總降雨日數的變化趨勢方面，在 100 年、50 年與 30 年的紀錄中，其變化都有明顯下降趨勢，100 年的趨勢為每 10 年減少 4 天，30 年則增至每 10 年減少 6 天。台灣的大豪雨日（日雨量大於 200 mm）在近 50 年和近 30 年有明顯增多的趨勢，存在著大約 50 ~ 60 年週期的年代際變化現象，如圖 3 所示。台灣小雨日數則大幅度減少，百年趨勢為每 10 年減少 2 天，近 30 年增加為每 10 年減少 4 天（行政院國家科學委員會，2011）。

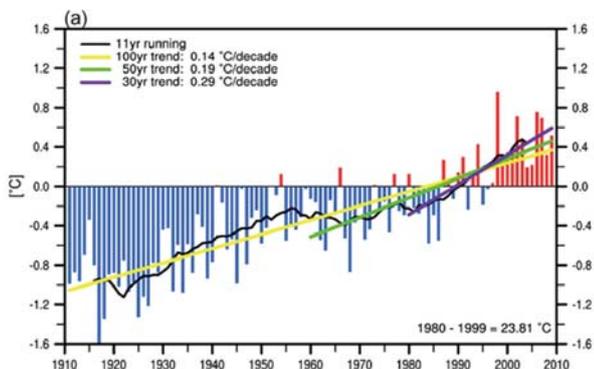


圖 2 歷史溫度變化趨勢（行政院國家科學委員會，2011）

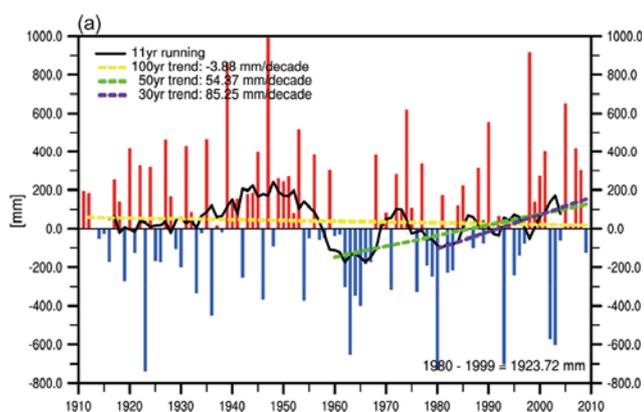


圖 3 歷史降雨變化趨勢（行政院國家科學委員會，2011）

### 高解析度的情境資料

過去台灣使用的氣候情境資料，多以 IPCC 提供的 200 ~ 300 km 的解析度資料，進行衝擊評估。由於解析度過粗，於台灣周圍只有少數幾個的網格點資料，無法直接應用於流域集水區或是都會地區衝擊評估，藉由台灣氣候變遷情境推估資料，精進了空間解析度，如圖 4 所示，從原本的 300 km 的解析度，提升到 25 km 與 5 km，可以看到更細緻的降雨與溫度的空間變化。

氣候情境資料的提供包含了動力降尺度與統計降尺度資料，動力降尺度資料目前只有單一日本 MRI 模

式，而統計降尺度資料為 IPCC 提供的所有大氣環流模式下的 5 km 解析度的氣候資料。針對不同的災害衝擊評估應用，可提供不同的氣候情境資料。

藉由應科方案的整合，部會署不僅可應用高解析度的氣候情境資料，且可整合採用相同的排放情境資料，進行災害衝擊分析。

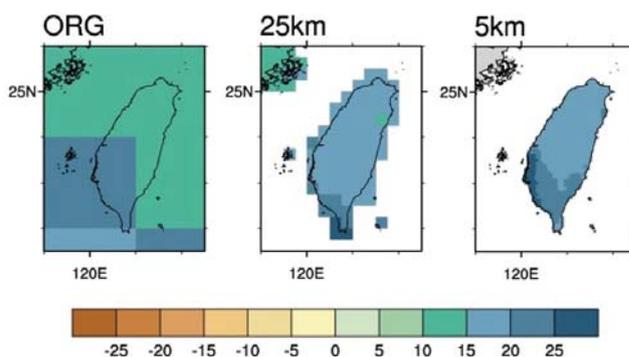


圖 4 氣候變遷情境資料解析度的精進

### 未來氣候變遷趨勢

根據 IPCC 最新的氣候情境第五次評估報告（Fifth Assessment Report, AR5），經過統計降尺度後，在未來最嚴峻的暖化情境下（Representative Concentration Pathways 8.5, RCP8.5），在近未來與世紀末期間，溫度與降雨的中位數空間分布變化如圖 5 與圖 6。

圖 5 顯示 RCP8.5 模式推估全台的溫度變化量，近未來期間溫度增加約 0.5°C ~ 1°C，到世紀末期間溫度主要是介於 2.75°C ~ 3.75°C 之間，臺灣西北部的變化比東南部推估的範圍更大。

臺灣地區降雨之變化率如圖 6 所示，近未來期間降雨改變率變化不大，到世紀末期間降雨改變率以中南部的降雨量明顯增多的趨勢。臺灣地區春、冬兩季在未來發展中會呈現越來越乾的趨勢，而夏、秋兩季則會越來

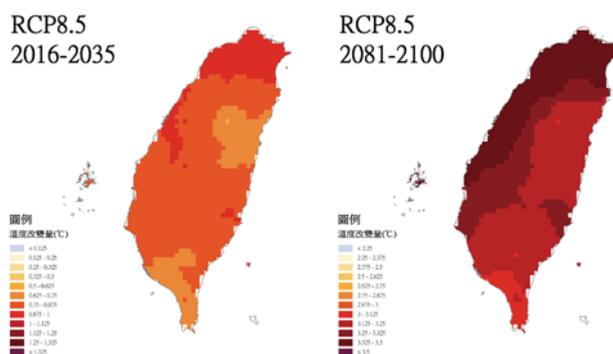


圖 5 近未來與世紀末未來溫度增加量（RCP8.5）

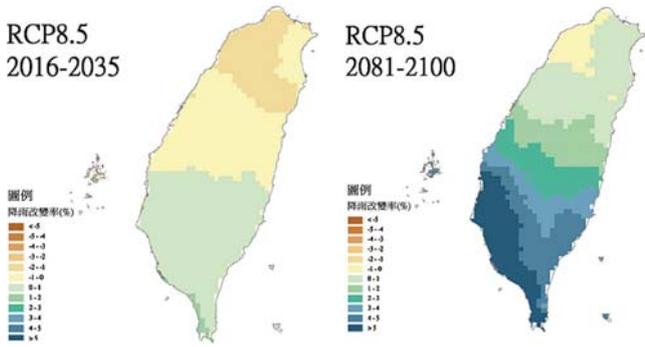


圖 6 近未來與世紀末下未來降雨改變率 (RCP8.5)

越濕。RCP8.5 情境的推估結果中，顯示春、夏與冬三季的全臺分布狀況差異不大，僅有秋季的空間分布上差異較為明顯，呈現臺灣西部與南部降雨變化率最多（變化率在 5 ~ 10%），其次是中部與北部（變化率為 0 ~ 5%），最少的是東北部地區（0 ~ -5% 左右）。

### 氣候變遷下災害衝擊

國內部會署針對氣候變遷議題所評估的災害衝擊成果，包含流域防洪、土砂災害衝擊、海堤、水資源衝擊與坡地災害等，相關成果說明如下。

### 氣候變遷對水文情境評估

經濟部水利署針對臺灣地區常見之四種降雨類型，進行分析其不同類型降雨事件的發生頻率與降雨量之統計特性，完成 83 個雨量站中氣候變遷下時降雨序列模擬資料、頻率分析結果與設計雨型資料雨量情境資料分析，圖 7 為全臺灣之重現期距 100 年降雨延時 24 小時設計雨量區域分析圖。北部地區 100 年重現期距 24 小時降雨延時的設計雨量變化率約為 -7 ~ 84%；中部地區的變化幅度約 -1 ~ 33% 的情形；南部地區之增加幅度約為 0.4 ~ 34%；東部地區之設計雨量變化幅度為 -1 ~ 13%。整體來說，未來氣候變遷下重現期距 100 年降雨延時 24 小時的設計雨量，統計降尺度的設計雨量有增加的趨勢。

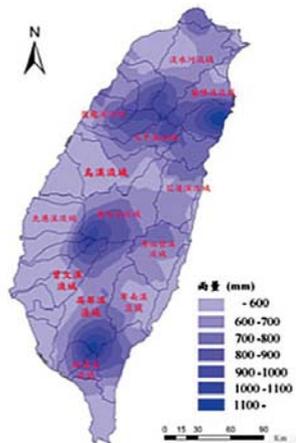


圖 7 氣候變遷下 100 年頻率年 24 小時設計雨量空間分佈圖 (資料來源：經濟部水利署 (2013))

### 氣候變遷對流域防洪與土砂災害影響

經濟部水利署規劃試驗所 (2013) 針對淡水河、大甲溪、曾文溪、高屏溪、濁水溪等流域進行評估，完成整合應用水文環境變化、衝擊評估、脆弱度及風險評估等成果。檢討氣候變遷下水文環境特性之變化，評估對防洪標準與設施之衝擊，與相關土砂環境特性之改變對水利事業之衝擊，繪製風險地圖，檢討現行預警系統並提出建議，並研擬水土災害處理對策及其行動調適策略方案。圖 8 為評估近未來期間四大流域防洪設施的衝擊情形，其中曾文溪流域的防洪設施的風險相對較高。圖 9 為氣候變遷衝擊下流域土砂的產量推估，則以濁水溪流域之清水溪的推估土砂量最為多。

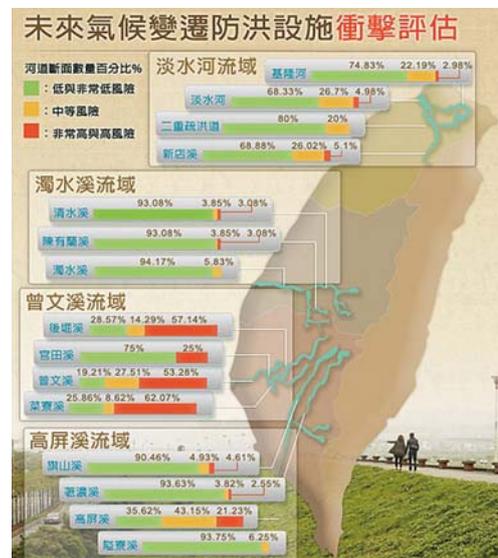


圖 8 氣候變遷下流域防洪設施衝擊評估 (資料來源：水利署)



圖 9 氣候變遷下流域土砂災害衝擊評估 (資料來源：經濟部水利署 (2013))

## 氣候變遷對海岸災害衝擊

經濟部水利署(2011,2013,2014)評估台灣東北、西北、西南與南部等海域,未來氣候變遷衝擊下海平面上升的衝擊、最大波高增加量與最大暴潮為增加量等,其成果如圖 10 所示。海平面上升以西南的嘉南地區可能的上升量最高約 14.57 cm,且最大暴潮為增加 39%;東北地區的波高增加約 61%。未來台灣東北與西北地區海堤大部分無法抵禦 50 年重現波浪而有溢流安全危機。

提出的海岸災害調適策略可區分為保護性策略、適應性策略以及後撤性策略三類,行動方案則分近程、中程、遠程之建議。中長期調適策略建議包含:(1) 強化海平面監測能量、(2) 強化海岸防護設施能力、(3) 居民後撤與遷離之評估、(4) 建立區域性颱風暴潮預警機制、(5) 評估複合型海岸災害風險、(6) 強化災害警戒資訊公布管道、(7) 減緩波浪對海堤之衝擊、(8) 強化低漥排水能力、(9) 地層下陷防治、(10) 控制海岸侵蝕、(11) 自然海岸生態維護、(12) 整合性海岸地區管理、(13) 規劃災害救難計畫、(14) 落實防災教育。

## 氣候變遷對水資源影響

經濟部水利署水利規劃試驗所(2013)以近未來之 A1B 假設最劣情境為例,產製產製全台灣水資源脆弱度、危害度與風險地圖,包含生活、工業及

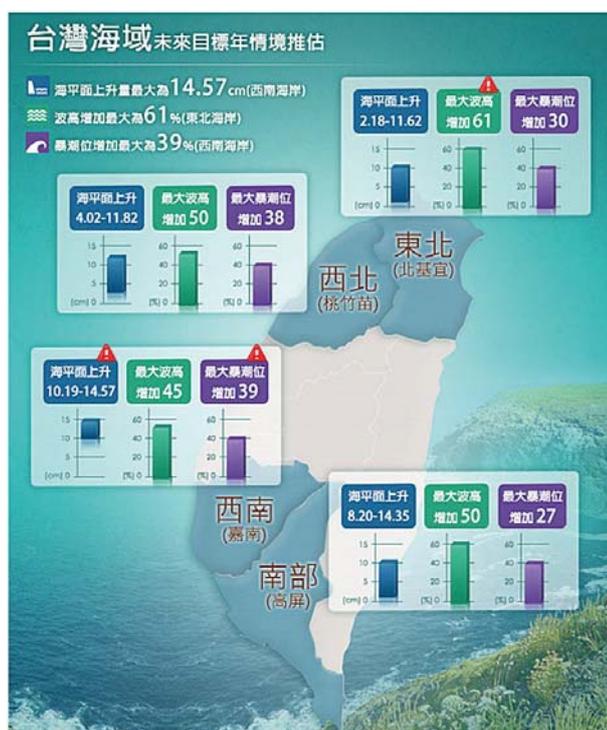


圖 10 氣候變遷下海岸災害衝擊評估  
(資料來源:經濟部水利署(2013))

農業用水三個用水之風險地圖,如圖 11 所示。公共用水之高風險區包括:(1) 桃園、(2) 新竹、(3) 彰化、(4) 台南以及 (5) 高雄。以水資源經理基本計畫為基礎,評估民國 120 年(考慮氣候變遷)仍發生供水缺口的地區包括:(1) 苗栗、(2) 台中、(3) 彰化、(4) 嘉義、(5) 台南、(6) 高雄以及 (7) 屏東。

## 氣候變遷對崩塌災害發生潛勢影響

行政院農業委員會水土保持局(2013)針對氣候變遷下坡地災害潛勢評估及調適策略制定進行研究,以石門水庫上游及蘭陽溪集水區為例,如圖 12 所示,研究結果顯示高崩塌與土石流災害風險增加比例皆在 75% 以上,未來氣候變遷情境下,全台灣於短期所面臨的為與基期相比多出七成以上的高風險坡地災害。研究中建議未來可先針對坡地災害風險之村里進行現地調查及細部防災規劃,以增加未來因應坡地災害之承受能力。

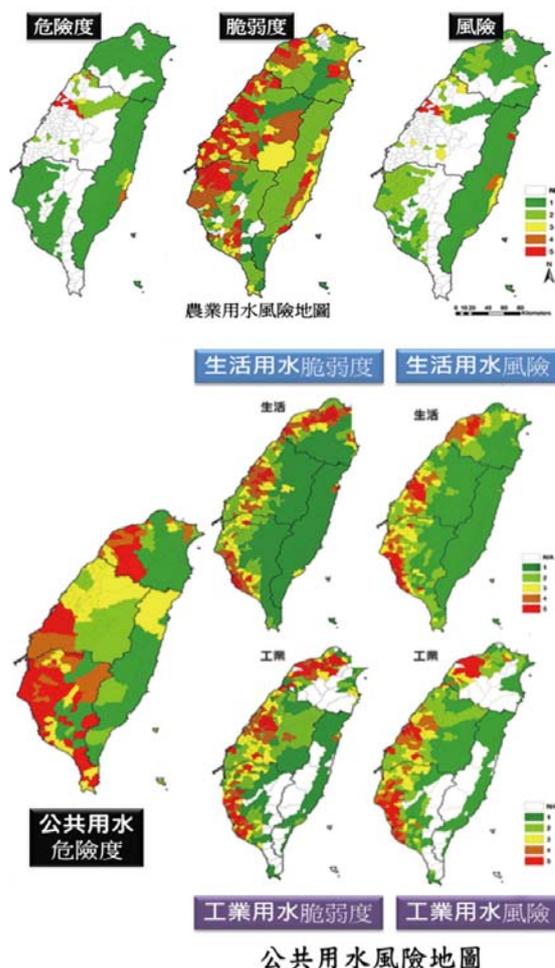


圖 11 氣候變遷下水資源風險圖  
(資料來源:經濟部水利署水利規劃試驗所(2013))

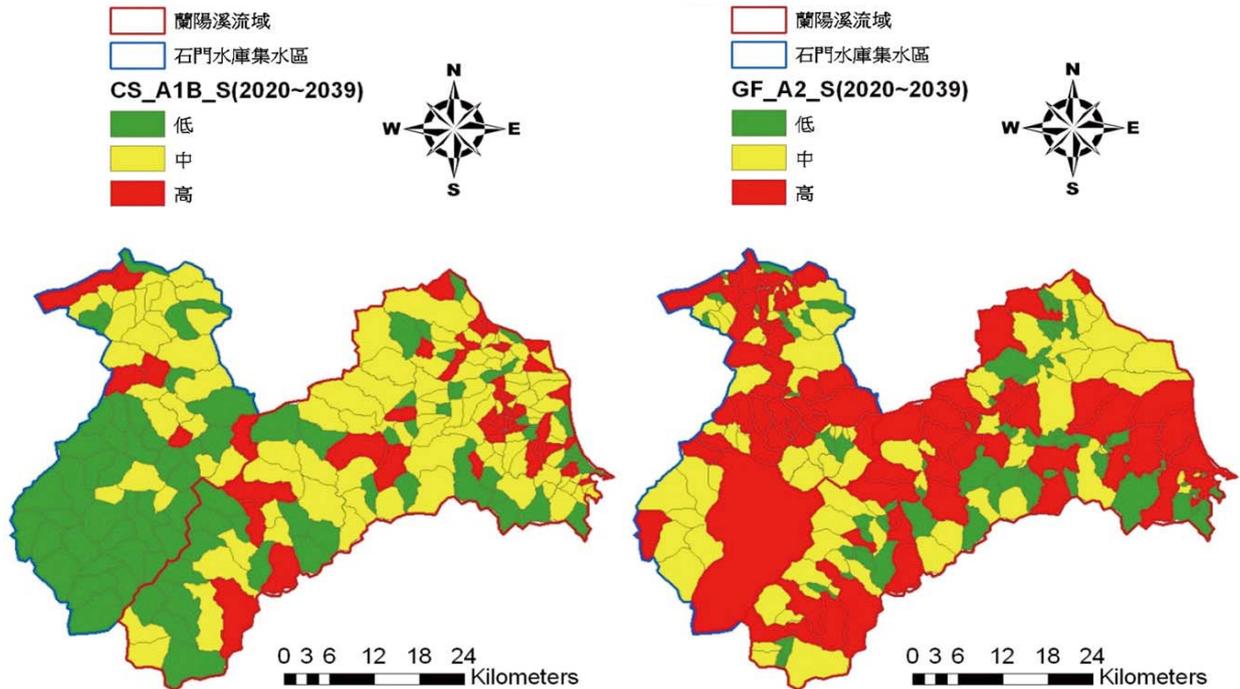


圖 12 石門水庫及蘭陽溪集水區內之 (a) 崩塌及 (b) 土石流災害風險圖成果 (資料來源：政院農業委員會水土保持局，2013)

### 氣候變遷災害風險圖

國家災害防救科技中心 (2014) 利用 AR4 情境下，日本氣象研究組織 (Meteorological Research Institute, MRI) 之 MRI-AGCM 3.2S 模式之動力降尺度資料，繪製的全台淹水、坡地、海岸與乾旱四種災害風險圖，並將分析成果於應科平台之氣候變遷之災害衝擊與調適議題展示，以提供部會署相關承辦人員查詢未來氣候變遷下高風險區位。氣候變遷議題平台首頁如圖 13 所示，平台提供的功能包含『全台風險圖展示』、『縣市風險圖』、『風險地圖應用』、『圖資說明』、『氣候變遷知識庫』等功能，於下文分別介紹平台各項功能。

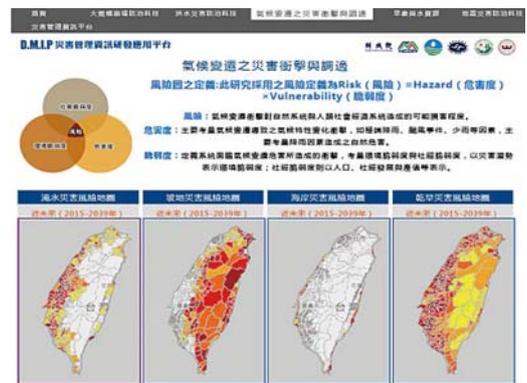


圖 13 氣候變遷災害風險圖展示平台首頁

### 全台災害風險圖

氣候變遷議題平台首頁，展示氣候變遷下於近未來時期 (2015 ~ 2039 年) 淹水災害、坡地災害、海岸災害與乾旱全台四種災害風險圖，點選圖資畫面便可進入各項災害類別，便可查詢在該項災害下，於基期 (1979 ~ 2005 年)、近未來時期 (2015 ~ 2039 年) 與世紀末 (2075 ~ 2099 年) 時，災害風險區位的變化。以全台坡地災害風險圖為例 (如圖 14)，中部的山區在未來氣候變遷情境下發生坡地災害的風險將提高。左側的欄位，可點選風險圖的各項指標，包含危害度指標、環境脆弱度指標與社會脆弱度指標之全台空間分佈。點選圖中的縣市，可進一步查詢各縣市該項災害高風險的原因，藉由不同指標的燈號，可瞭解該項災害的特性。



圖 14 氣候變遷下不同推估期下坡地災害風險圖

### 縣市風險圖查詢

縣市風險圖查詢是可進一步查詢該縣市，災害風險的變化，以及鄉鎮的各項指標的組合與細部的資料。藉由左下角的下拉選單，可查詢其他縣市的風險區位變化。如圖 15 以點選台南地區為例，可知白河區高脆弱度的指標為社會脆弱度因子所影響，且台南地區坡地災害在世紀末則有明顯加重的趨勢。



圖 15 縣市風險圖查詢 (以台南市坡地災害風險圖為例)

### 災害風險圖應用

災害風險圖應用主要是提供使用者進行不同指標組合之應用與套疊其他圖資於風險圖等功能。指標組合是提供使用者，未來可針對不同的衝擊對象，進行風險圖套疊，故提供部分指標勾選，以產製不同的風險圖。例如，使用者可選擇不考慮地層下陷指標的情況下的，淹水災害風險圖，或不考慮人口密度下的風險圖，藉由平台的左側選單勾選不同的指標組合，便可產製風險圖成果。另一項風險圖應用，則是提供使用者圖資套疊風險圖之功能，可將相關的圖資與風險圖進行套疊，目前提供省道與聚落分佈之圖資，使用者可瞭解位在高風險區的聚落或省道相對位置，如圖 16 所示。未來將會再新增上傳圖資套疊之功能，以利使用者將不同的圖資與風險圖進行套疊。

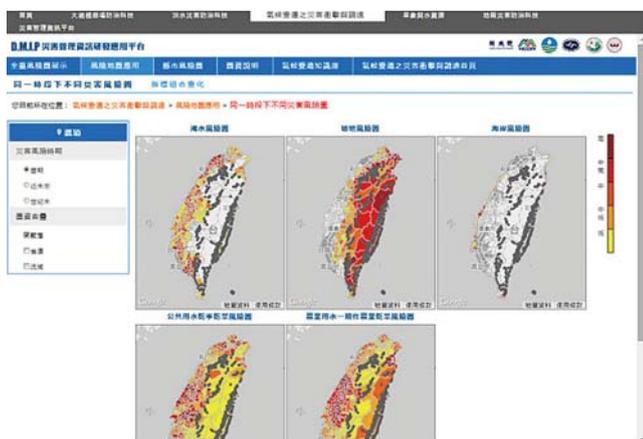


圖 16 風險圖應用—圖資套疊之功能

### 圖資說明與氣候變遷知識庫功能

平台中之圖資說明，為災害風險圖評估方法與過程說明，藉由 PDF 檔展示的方式，提供使用者查詢各個風險圖，採用的評估方法與各項指標成果。於知識庫查詢功能 (如圖 17)，則是提供常見問答、相關風險圖評估報告書下載與國內外相關網站之連結。

### 結論與未來展望

應科方案之氣候變遷課題，主要是針對減災作為之規劃，成果包含資料庫、模式庫與管理等，於資料庫方面提供氣候監測資料、台灣氣候變遷降尺度推估資料，模式庫方面則是透過極端氣候下之複合性災害防治、氣候變異對淹水、土砂、海岸、水資源系統等影響，發展災害風險評估技術模式並產製流域災害風險地圖及全國災害風險地圖等災害風險地圖。這些災害風險地圖的資訊，將可進一步以支援管理層面的調適科技及調適策略的規劃，以針對未來氣候變遷下極端天候所導致之災害能達到減災的目的。

氣候變遷推估資料著重於資料服務，目前已分析完成 AR4 與 AR5 情境資料降尺度與特性分析，部會署亦將 AR4 資料應用於災害衝擊評估，未來 AR5 資料可進一步提供部會署相關計畫應用。在災害衝擊方面，水利署完成示範流域的水資源、防洪設施、海岸溢淹以及土砂災害衝擊與風險評估，且災防中心以曾文溪



圖 17 氣候變遷課題平台之常見問答

流域為例，完成氣候變遷衝擊下複合型與極端災害之研究評估。在調適策略方面，部會署的成果，也都將各項災害列出調適選項參考。

全台災害風險圖以全台鄉鎮尺度表示，根據評估結果未來氣候變遷下，在世紀末時期，以彰化、雲林、嘉義與台南地區沿海鄉鎮，淹水、海岸與乾旱災害風險熱點區域較多，需提早規劃並加強防洪與水資源調適策略規劃。而中南部地區之南投、嘉義與台南等地區之山坡地鄉鎮熱點區域較多，在國土利用規劃時，則需避開高風險地區。

目前完成災防應科方案第一期（100 ~ 103年）成果，未來第二期（104 ~ 107年）將以第一期的研發基礎，強化與精進各項氣候變遷議題的成果，將著重於『極端氣候之災害風險評估與調適策略』為主要內容，係將方案前期所建構之氣候降尺度推估模式與氣候變遷情境下災害衝擊與風險評估技術等，因應極端氣候所引致的災害風險，進行評估與研擬調適策略，並推動防災調適教育推廣。

### 參考文獻

1. 經濟部水利署，2011，強化台灣西南地區因應氣候變遷海岸災害調適能力研究計畫 (2/2)，經濟部水利署計畫成果報告。
2. 經濟部水利署，2013，強化台灣西北及東北地區因應氣候變遷海岸災害調適能力研究計畫 (2/2) 經濟部水利署計畫成果報告。

3. 經濟部水利署，2014，氣候變遷對中部（雲中彰）與花東海岸防護衝擊與調適研究 (1/2)，經濟部水利署計畫成果報告。
4. 經濟部水利署，2013，氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究第2階段管理計畫 (4/4)，經濟部水利署計畫成果報告。
5. 經濟部水利署，2013，氣候變遷水文情境評估研究 (2/2)，經濟部水利署計畫成果報告。
6. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2013，淡水河流域因應氣候變遷防洪及土砂研究計畫 (2/2)，經濟部水利署水利規劃試驗所計畫成果報告。
7. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2013，濁水河流域因應氣候變遷防洪及土砂研究，經濟部水利署水利規劃試驗所計畫成果報告。
8. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2013，高屏河流域因應氣候變遷防洪及土砂更新研究計畫，經濟部水利署水利規劃試驗所計畫成果報告。
9. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2013，曾文河流域因應氣候變遷防洪及土砂研究計畫，經濟部水利署水利規劃試驗所計畫成果報告。
10. 行政院經濟建設委員會，2012，『國家氣候變遷調適政策綱領』，行政院經濟建設委員會委員編。
11. 科技部，2011，氣候變遷研究聯盟研究計畫，中央研究院環境變遷研究中心執行。
12. 科技部，2010，台灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫研究計畫，國家災害防救科技中心執行。
13. 科技部，2011，臺灣氣候變遷調適科技知識平台研究計畫，國立中央大學執行。
14. IPCC Report, [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml)
15. Kitoh, A.; Ose, T.; Kurihara, K.; Kusunoki, S.; Sugi, M., and KAKUSHIN Team-3 Modeling Group, 2009: Projection of changes in future weather extremes using super-high-resolution global and regional atmospheric models in the KAKUSHIN program: Results of preliminary experiments. *Hydrol. Res. Lett.* 3, 49–53.

