

暖化環境下之災害評估及調適研究

Study on Disaster Assessment and Adaptation in a Warming Scenario

主管單位：科技部

陳永明¹
Chen, Yung-Ming

陳韻如¹
Chen, Yun-Ju

趙益群¹
Chao, Yi-Chiung

李欣輯¹
Li, Hsin-Chi

劉俊志¹
Liu, Jun-Jih

鄭兆尊¹
Cheng, Chao-Tzuen

¹ 國家災害防救科技中心

摘要

因應氣候變遷，我國政府積極推動「溫管法」、「災害防救基本計畫」及「臺灣永續發展目標」等相關工作以資因應。災防科技中心長期發展氣候變遷災害風險評估技術，提供相關技術、知識及服務需求。過去氣候變遷風險圖受限於使用單一大氣環流模式（GCM），故不確定性高；2019年考量使用者規劃未來調適的需求，運用多模式進行世紀中淹水災害風險評估。此外，考量環境變遷對災害衝擊的影響、分析土地利用變化對淹水災害衝擊的影響，以提供使用者更多資訊以考量未來調適規劃。透過氣候變遷災害風險調適平台網頁（簡稱 Dr. A 網站），提供使用者更多元之氣候變遷災害風險評估成果，並於 2019 年度完成 11 場推廣活動。希冀透過去年度成果，提供國內新的氣候變遷衝擊及風險評估技術，相關氣候變遷災害風險知識及服務，提升我國未來對抗氣候變遷衝擊之能量。

關鍵詞：氣候變遷、調適策略、風險圖、環境變遷、氣候變遷災害風險調適平台

Abstract

Taiwan government actively promotes “Greenhouse Gas Reduction and Management Act”, “Plans of Disaster Prevention and Protection”, and “Taiwan Sustainable Development Goals” to response the climate change. National Science and Technology Center for Disaster Reduction (NCDR) long-term develops disaster assessment method and provides related technologies, knowledge, and service in climate change. Risk maps, in past, were limited by using single atmospheric circulation model (GCM), it induced high uncertainty in the risk maps. This year, we develop multi-GCMs assessment method to reduce single model uncertainty, and establish flooding risk maps in the middle century to response user’s needs. Considering the environmental change impacts in disaster, in addition, we analyze the influence between land use change and

flood disaster. To provide user with more information to recognize adaptation plans in future. Dr. A, a website, supports diversified disaster risk assessment results in climate change. Our team completed 11 promotional activities for Dr. A in this year. It is hoped that through the results of last year, we will provide new domestic climate change impact and risk assessment technologies, and related knowledge and services on climate change disaster risk, so as to enhance energy to combat climate change impacts in future.

Keywords : climate change, adaptation strategy, risk map, environmental change, Dr. A.

一、前言

因應氣候變遷，國內外積極推動相關工作以資因應。我國政府依據聯合國氣候變化綱要公約（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）精神，承擔共同但差異的責任，落實環境正義，善盡共同保護地球環境之責任，確保國家永續發展；訂定「溫室氣體減量及管理法」（簡稱溫管法），並於2015年施行。隨後，環保署依溫管法第9條第1項規定擬訂「國家因應氣候變遷行動綱領」，於2017年奉行政院核定，明確擘劃我國推動溫室氣體減緩及氣候變遷調適政策總方針。此行動綱領參酌巴黎協定及聯合國2030年永續發展目標，秉持減緩與調適兼籌並顧的精神，明列我國因應氣候變遷的10大基本原則，政策內涵包括溫室氣體減量6大部門、氣候變遷調適8大領域及政策配套，並啟動跨部門的因應行動，期能逐步健全我國面對氣候變遷調適能力，並致力達成我國溫室氣體長期減量目標，以確保國家永續發展（環保署，2020）。行動綱領於第四章政策內涵第一項氣候變遷調適第一款明確指出「加強災害風險評估與調適」，內文分別為：(1)落實氣候變遷災害風險評估，檢視過去極端氣候災害所突顯之脆弱度，並評估已採取調適作為是否充分降低風險與脆弱度；(2)強氣候變遷災害風險治理，持續強化預警與應變作為，進行情境模擬、綜合性風險評估與管理、氣候風險分擔及調適方案研擬，以因應極端氣候衝擊並提升防災韌性。

行政院為因應氣候變遷趨勢及國家災害防救政策需求，依「災害防救法」研擬未來5年之災害防救基本方針及目標策略。期藉凝聚產、官、學界之災害防救領域共識，擴大公、私部門之參與對話，策進前瞻之災害防救對策，擬定「災害防救基本計畫」，總共研定5大基本方針及25項策略目標（中央災害防救委員會，2018）。其中「方針三：強化氣候變遷調適策略暨都會區複合式災害情境模擬及對策」中明定未來需「精進氣候變遷災害風險評估，落實災害調適政策」（策略目標一）、「研提新興氣候變遷災害議題及提供災害調適能力」（策略目標二）及「推動災害潛勢區分析，研議風險控管對策，引導民眾及業者進行風險管理，建置巨災財務風險分擔機制」（策略目標五）。

另外，行政院國家永續發展委員會根據聯合國2015年所通過的2030永續發展議程，於2019年公布「臺灣永續發展目標」。當中「核心目標13：完備減緩調適行動以因應氣候變遷及其影響」點出，未來臺灣在氣候變遷議題上之具體目標為「13.1 增進氣候變遷調適能力、強化韌性並降低脆弱度」及「13.3 提升氣候變遷永續教育與民眾素養」（行政院國家永續發展委員會，2019）。

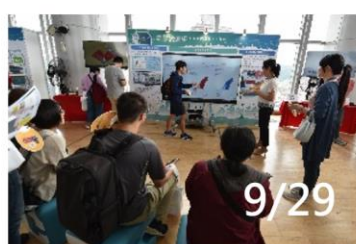
近年來國家災害防救科技中心（以下簡稱災防科技中心），為因應國家政策需求，災防科技中心長期發展氣候變遷災害風險評估技術，例如災害風險地圖製作以及極端災害模擬技術，在國家所推動之氣候變遷議題中，提供相關技術與知識的支援，彌補此議題上的相關技術缺口與服務需求。透過去年度「暖化環境下之災害評估及調適研究」專案計畫，除了「氣候變遷災害風險調適平台」進行推廣應用外，新增環境變遷議題及新版氣候變遷淹水風險圖評估等內容。相關成果分述如下。

二、氣候變遷災害風險調適平台之推廣應用

氣候變遷災害風險調適平台網頁（簡稱Dr. A網站），包含三種大災害風險與調適，六大功能頁籤。網頁除了製作影片介紹網站的操作方式之外，將製作視覺化小冊子以介紹網頁各項頁籤提供的服務功能。初期推廣的對象，主要以防災與氣候變遷議題的相關研究單位以及部會承辦者，為主要的使用者。並配合災防科技中心成果展與應科方案成果展，推廣網站內容。針對國內外相關氣候變遷風險與調適的相關訊息，將持續蒐整並更新於網頁上的相關新聞與最新消息，針對網頁中的進階工具之全流域模擬成果，將持續更新其他流域之氣候變遷之淹水與坡地災害衝擊成果。

Dr. A 網站於 2019 年完成建置正式對外開放。提供氣候變遷災害與風險相關訊息，使用者更容易查詢災害風險評估的方式，部會與學研單位之研究計畫，來電申請與詢問風險圖成果與應用，如農委會、工研院與國防大學等。截至 2020 年 2 月止，網站瀏覽人數約 6,330 人次。2019 年 4 月至 10 間共舉辦 11 場 Dr.A 網站推廣活動，並於臉書（Facebook，簡稱 FB）上推播 8 篇文章。配合推廣活動今年度製作扇子與磁鐵以作為網站宣傳用。相關推廣成果如下。

- 中心成果展 ● 4/19 防災大會師 ● 5/16 TGA 展覽 ● 5/28 應科成果展 ● 6/25 地球觀測展覽 ● 7/22 全國中小學科展 ● 8/12 埔里酒廠之[喚醒防災 DNA 展] ● 9/26 水利工程研討會 ● 9/29 中心 open house ● 10/22 TCCIP 國際研討會 ● 10/25 農業工程研討會



國內外新聞 網站上每周蒐集國內外氣候變遷與防災調適等新聞，提供使用者線上

更新 查詢與閱讀。
國外新聞:111 筆 ，國內新聞:122 筆

FB 推播 自 8 月開始推播懶人包內容與風險圖，共推播 8 篇文章。

其他網站連結設定

推廣 Dr.A 的宣傳品



1. Dr.A 文宣品-簡介



2. Dr.A 宣傳品-強力磁鐵

3. Dr. A 宣傳品-扇子

三、環境變遷對淹水災害衝擊之測試應用

環境的變化及擾動通常為自然生態演化過程或受人類活動影響所導致；故長期氣候變化及土地利用變遷均屬於環境變遷範疇之內。過往多數氣候變遷衝擊研究，多假設未來社會經濟發展不變的情況下，進行未來情境推估式的災害衝擊研究，如氣候變遷下五大流域極端災害的衝擊模擬，來呈現未來極端災害衝擊模擬的全貌。故2019年度主要針對示範區進行環境變遷（主要著重於土地利用變遷）工具開發及透過相關發展情境進行應用測試。相關成果說明如下。

為瞭解未來土地利用之改變是否加劇災害危險，故今年利用近年人口增長率最高之桃園市為測試區，利用Verburg et al. (2009)所發展的DynaCLUE模式，透過2008年及2017年土地利用分佈建立土地利用變遷模式。首先藉由法規命令及限制開發區等設定土地利用轉換許可，再透過二元羅吉斯迴歸建立土地利用變遷機率模式與2008年至2017年間各年度各類別土地利用需求量，進行模式建置與驗證，相關成果，如圖1。2017年模式推估結果與2017年土地利用調查結果有高度相關 (Kappa值為0.76)，顯示此模式可作為未來土地利用空間分派推估使用。

依據2008年至2017年土地利用演變或然率矩陣推估未來土地利用變化（方法一：馬可夫鏈法）及未來人口變化（Wang et al., 2017）推估未來土地利用變化（方法二：人口發展情境）。相關未來土地利用需求推估成果差異，如圖2所示。最後透

過上述空間分派推估模式，進行未來土地利用之空間分派，其分派成果如，圖3所示。

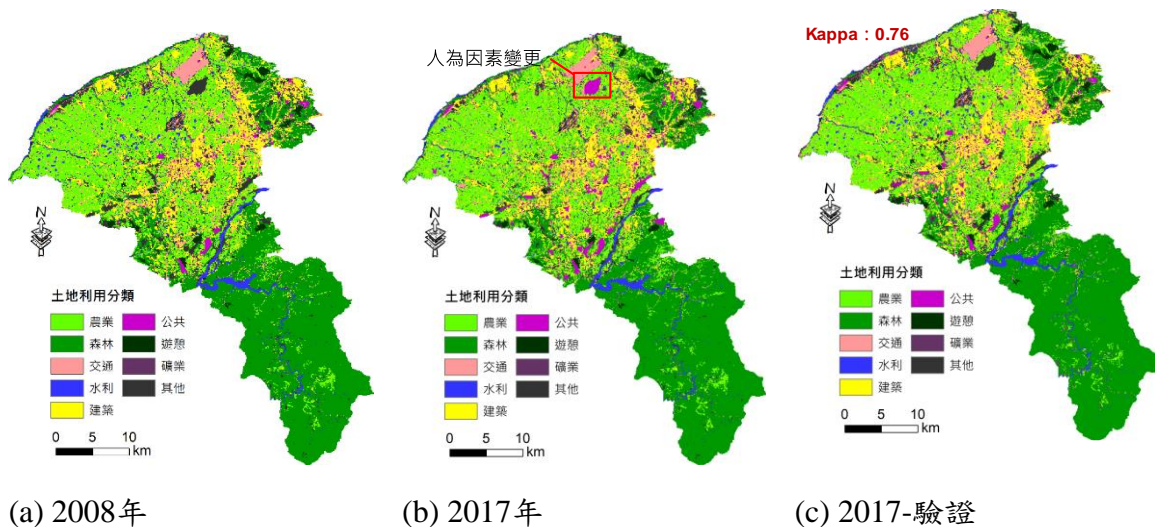


圖1、土地利用變遷模式驗證成果

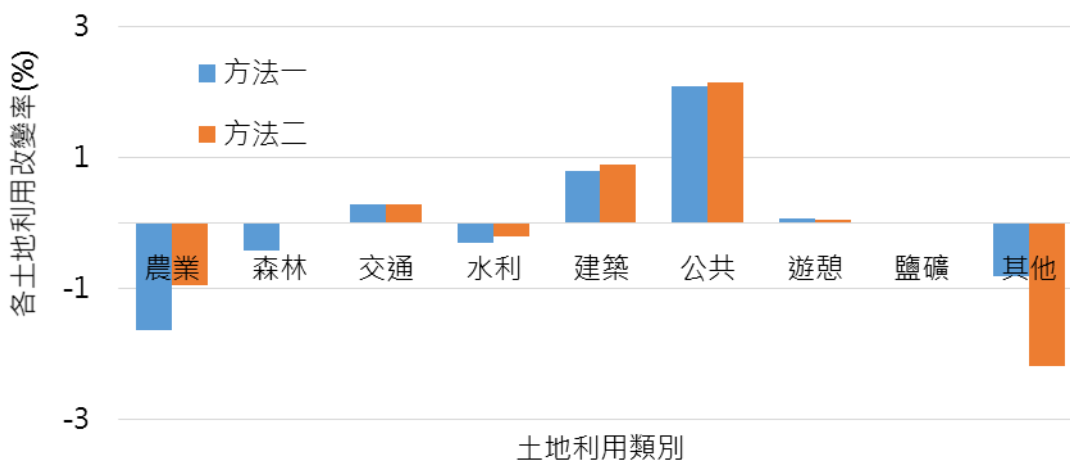
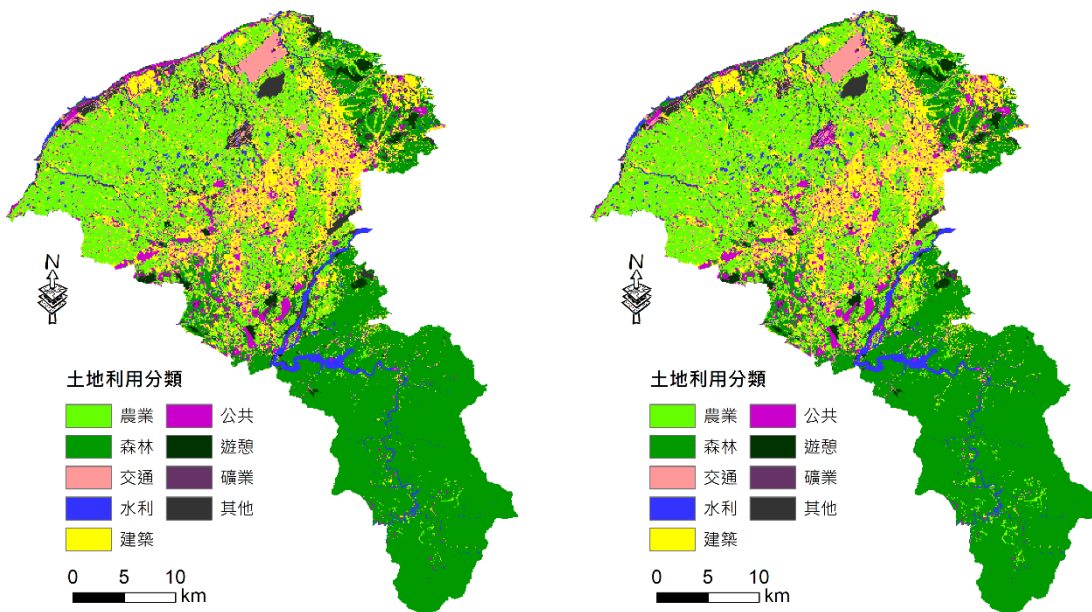


圖2、不同土地利用需求推估方法2036年與2017年各土地利用總量差異比較



(a) 方法一：馬可夫鏈

(b) 方法二：人口發展情境

圖3、未來土地利用空間分佈推估成果

為瞭解土地利用變遷對淹水災害的影響，去年度先透過方法一的2036年推估結果與2017年土地利用進行淹水模擬。此外為測試土地利用變遷模式，亦透過臺北大學提供的2036年人口分佈，選定中壢及桃園區人口集中區域，設定為階段性限制開發區，於2020年限制兩區之開發行為，並透過淹水模擬一起進行比較。結果顯示，土地利用變遷確實會增加淹水災規模，但透過階段性限制開發行為，可減緩未來的淹水規模，如圖4所示。

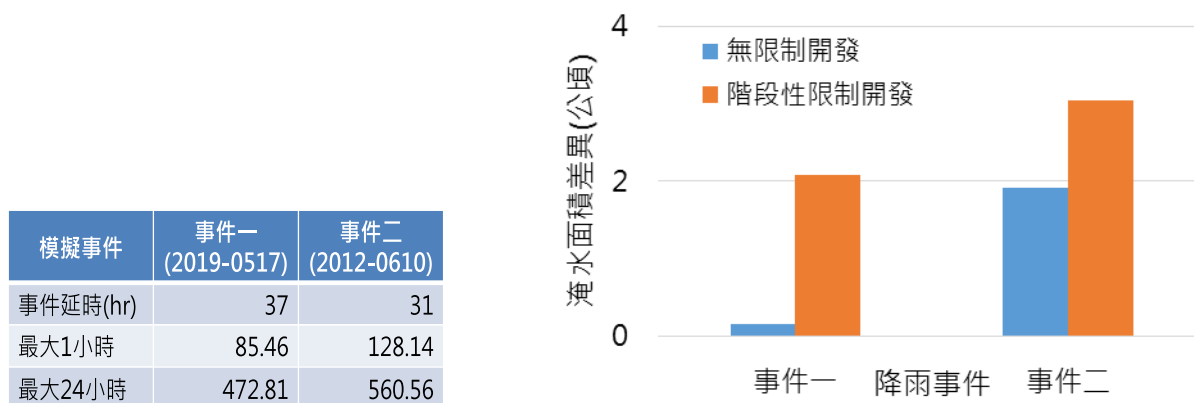


圖4、土地利用變遷與淹水災害測試結果

四、多情境氣候變遷淹水風險圖資更新

因應外界對氣候變遷全球暖化下未來極端降雨事件情境推估的需求，本組致力於氣候變遷資料的產製與應用已有多多年，隨著可供應用的資料越來越豐富，有助於提供更可靠的推估結果。新的統計降尺度的日資料已可提供多模式多情境極端降雨與極端高溫的頻率，此統計降尺度資料與IPCC評估報告所採用的是相同的資料；新

統計降尺度日降雨資料進行頻率分析後，應用於製作災害風險圖之危害度圖，測試統計降尺度資料之特性。另外，再配合水利署公告新版的淹水潛勢圖，並進一步以示範案例與過去的動力降尺度成果進行比較。評估新版多模式的統計降尺度結果之不確定性，增加未來風險圖在應用上的參考價值。相關成果分述如下。

首先以統計降尺度33個模式之RCP8.5情境之日雨量資料，進行門檻值推估，修正基期雨量偏低之問題，利用觀測站時雨量，校正基期的雨量，進而分析各網格之350mm與650mm雨量為門檻值發生機率，以及網格與鄉鎮的頻率分析，圖5如圖5。目前以世紀中（2036至2065年）分析氣候變遷下可能的淹水風險。

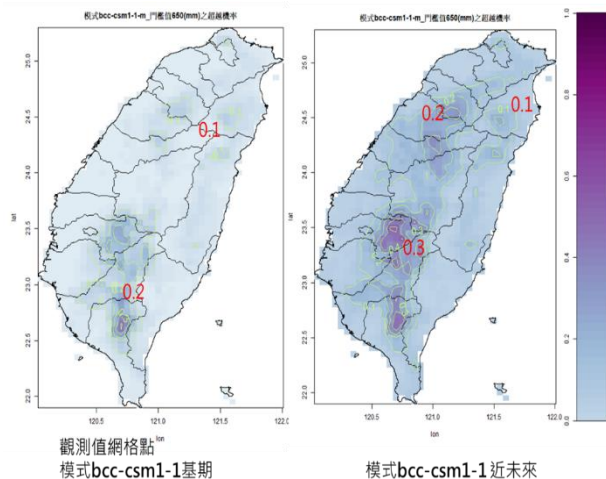


圖5、650mm雨量門檻值發生機率

配合前述的統計降尺度基期之雨量修正，為了能呈現出未來災害風險之變化，研究中以觀測值之風險等級級距，作為分析未來災害風險各等級評估。各指標都是先以Z-score方式將指標標準化後，進而進行等級分析後，三項項指標再以等權重方式，計算淹水災害風險。多模式災害風險圖評估流程，如圖6所示。

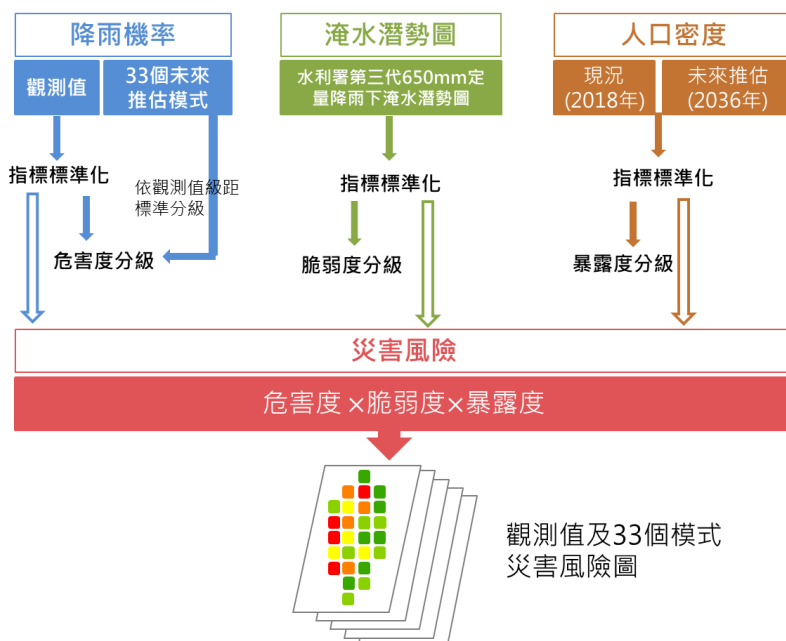


圖6、多模式災害風險圖評估流程圖

採用統計降尺度資料更新危害度之外，脆弱度圖也以第三代淹水潛勢圖進行更新。暴露度是與台北大學合作，推估2036年的人口數，進而更新近未來的暴露度。應用統計降尺度日資料完成之世紀中，完成世紀中氣候變遷災害風險圖，如圖7所示。更新後淹水災害風險圖顯示淹水高風險地區主要在西部及南部地區。

最後，為瞭解風險圖之可信度，本計畫透過Chen et al. (2014)提出之訊號雜訊比（Signal-to-noise ratio, SNR）來評估此33個模式所產製之風險圖結果之一致性，其數值越高可信度越高；其中44個鄉鎮之SNR值最大，以近山區的訊號雜訊比較高，代表模式一致性高，可信度亦高之結果，如圖7所示

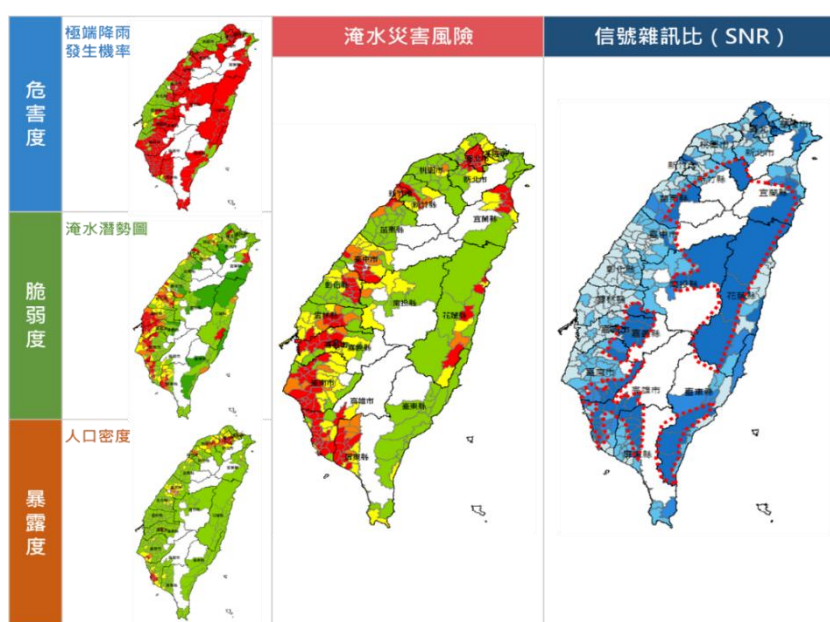


圖7、世紀中氣候變遷情境下淹水災害風險圖

五、結論與建議

因應氣候變遷，我國政府積極推動「溫管法」、「災害防救基本計畫」及「臺灣永續發展目標」等相關工作以資因應。災防科技中心長期發展氣候變遷災害風險評估技術，提供相關技術、知識及服務需求，2019年度創服計畫相關成果如下。

氣候變遷災害風險調適平台網頁（簡稱Dr. A）透過相關活動與場合，推廣網站內容。同時針對國內外相關氣候變遷風險與調適的相關訊息，持續蒐整並更新於網頁上的相關新聞與最新消息。再者，過往在未來情境推估式的災害衝擊研究，多半著墨於氣候變遷的研究，尚缺搭配環境變遷的研究；故今年度完成土地利用變遷機率模式建置，進行土地利用變遷空間分佈推估，並整合淹水模式，完成淹水災害測試。最後，新的統計降尺度的日資料已可提供多模式多情境極端降雨與極端高溫的頻率，本年度利用新統計降尺度日降雨資料進行頻率分析後，應用於製作災害風險

圖之危害度圖。另外，再配合水利署公告新版的淹水潛勢圖，並進一步以示範案例與過去的動力降尺度成果進行比較。評估新版多模式的統計降尺度結果之不確定性，增加未來風險圖在應用上的參考價值。

參考文獻

1. 環保署(2020)，<https://ghgrule.epa.gov.tw/front/>。
2. 中央災害防救委員會(2018)，「災害防救基本計畫」。
3. 行政院國家永續發展委員會(2019)，「臺灣永續發展目標」。
4. Wang, C.H., Chen, Na and Chan, S.L. (2017) A gravity model integrating high-speed rail and seismic-hazard mitigation through land-use planning: Application to California development. *Habitat International*, 62, 51-61.
5. Verburg, P.H. and Overmars, K.P. (2009) Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model. *Landscape Ecology*, 24(9), 1167.
6. Chen, H., Sun, X., Chen, X. (2014) Projection and uncertainty analysis of global precipitation-related extremes using CMIP5 models. *International Journal of Climatology*, 34(8), 2730-2748.