

極端氣候災害情境推估與調適路徑評估方法

Disaster Scenario Projection for Extreme climate and Adaptation Path Evaluation

主管單位：科技部

陳永明¹

Chen, Yung-Ming

趙益群¹

Chao, Yi-Chiung

陳韻如¹

Chen, Yun-Ju

張珈瑋¹

Chang, Chia-Wei

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。國家災害防救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。本年度完成「氣候變遷推估大數據分析與防災應用」、「調適個案分析與調適路徑研擬」與「環境變遷整合模式應用分析」等 3 個主要成果。其中，透過氣候變遷大數據完成全臺與各縣市共 2,376 套淹水災害風險圖；並召開 5 場風險圖應用討論會議，以利此成果於下一階段各縣市國土計畫通盤檢討時可進一步使用。另以 102-106 年度「國家氣候變遷調適行動方案」中災害領域之調適行動計畫為對象，盤點具直接氣候變遷關聯性之計畫共計 23 項。配合出席 3 次環保署所舉辦的國家氣候變遷調適會議。最後，完成土地發展模式與二維淹水模式之整合，完整量化單就土地開發及考量環境變遷所帶來的淹水衝擊評估結果。希冀能透過此成果，有效提升我國氣候變遷調適之量能。

關鍵詞：氣候變遷、大數據、減災、調適、整合模型

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. Three major achievements were completed: “Big Data Analysis and Disaster Prevention Application in Climate Change”, “Climate Change Adaptation Case and Adaptation Path Study”, and “Flood Simulation Application in Environmental Change Integrated Model”. Among them, a total of 2,376 sets of flood hazard risk maps for the whole Taiwan and region were completed through climate change big data set; and 5 risk map application meetings were held to facilitate the overall review of Region Spatial

Planning Act can be used in the next stage. In addition, checking the “National Climate Change Adaptation Plan” as a target of the disaster field from 2012 to 2016, these have a total of 23 projects which are directly related to climate change. Cooperating to attend three times the national climate change adaptation conferences organized by the Environmental Protection Administration. Finally, the land development model and two-dimensional flooding model were integrated successfully, and complete the inundation impact assessment under environmental change scenario. It is hope through the results can effectively enhance the capability of climate change adaptation in Taiwan.

Keywords : climate change, big data, disaster risk reduction, adaptation, integrated model.

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）。行動綱領於第肆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。今年度共有(1)新版氣候變遷災害風險地圖產製與應用、(2)調適個案分析與調適路徑研擬及(3)環境變遷整合模式應用分析等主要成果。

二、氣候變遷推估大數據分析與防災應用

今年度完成全台與17個縣市的33種模式在4種不同空間尺度下的淹水災害風險圖，共產製2,376套圖資（1萬4千多張圖）。在風險圖應用方面，研究案例以新北市為例，套疊國土計畫相關圖資，以做為下一階段區域計畫通盤檢討時，可進一步利用此風險圖資（陳韻如等，2021）。相關成果分述如下。

2.1 完成四種空間尺度與 33 個模式下，氣候變遷下受影響人口之淹水災害風險圖共一萬四千張

過去第二版淹水災害風險圖，因只有單一模式鄉鎮尺度，全台與17個縣市都各只有6張圖，總計108張圖。今年度第三版全台淹水災害風險圖，考量多模式多空間尺度，以及推估未來人口等，包含統計分析圖資，全台與17個縣市共出了14,832張圖，新舊版氣候變遷淹水災害風險圖差異比較，如圖1所示。

	2016 第二版	2020 第三版	
模式資料	單一GCM模式 動力降尺度(時資料)	33個GCM模式 統計降尺度(日資料)	更具統計特性
空間尺度	鄉鎮	鄉鎮、最小統計人口、 5km與40m網格	更細緻 化尺度
圖資(套)	18套圖 (全台+17縣市)	33種*4種空間尺度*18套圖 (全台+17縣市)	更多選擇
總圖資	108張	14,832張	
危害度指標	600mm/24hr極端降雨	650mm/day極端降雨	
脆弱度指標	NCDR淹水模擬圖	第三代淹水潛勢圖	
暴露度指標	現況人口	現況與2036年人口推估	

圖1、新舊版本氣候變遷淹水災害風險圖差異比較

2.2 召開 5 場風險圖討論會議

針對風險圖製作與應用與專家及利害關係人進行討論，期望部會能共同推動淹水災害風險圖，以及落實應用於未來縣市國土計畫中氣候變遷衝擊調適領域章節中。

- 2/14-水利署專家訪談討論會（圖 2 左）
- 2/27-台北大學不動產系詹士樑老師與顧嘉安老師
- 5/21-台北大學不動產系詹士樑老師針對大台北地區風險圖案例說明
- 6/21-水規所專家訪談（圖 2 右）
- 8/7-氣候變遷淹水災害風險圖應用於國土計畫討論



圖2、專家訪談

2.3 不同空間尺度之氣候變遷淹水災害風險圖之應用

今年度產製的四種空間尺度淹水災害風險圖，如圖 3 所示，未來各領域可依需求，應用的不同空間解析尺度風險圖資，全台版本風險圖，建議以鄉鎮與 5km 網格尺度，較易辨識差異，縣市版本尺度，則建議以最小統計區與 40m 網格，呈現空間細緻度的風險變化，圖 4 則根據不同空間尺度風險圖應用提供相關建議。

空間尺度	風險圖		危害-脆弱度圖	
	鄉鎮市區	最小統計區	網格5km	網格40m
全台版本				
縣市版本 新北市 ▼				

圖3、不同空間尺度下氣候變遷淹水災害風險

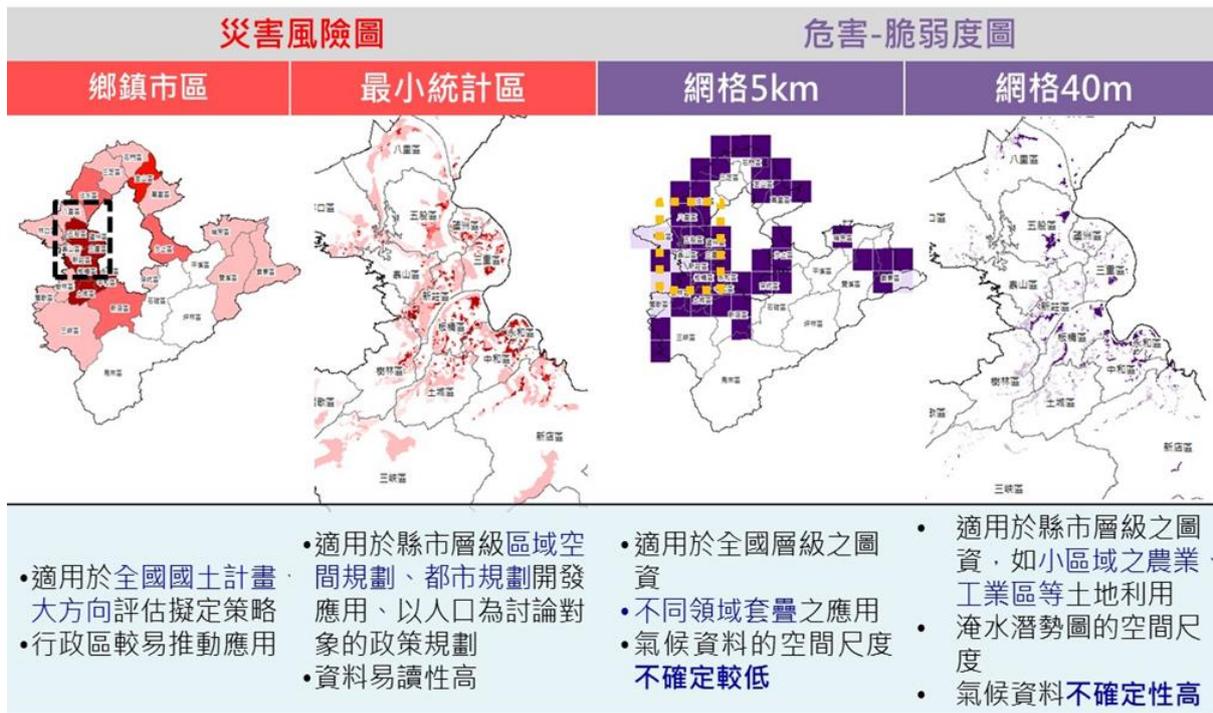


圖4、不同空間度淹水災害風險圖應用建議

2.4 協助營建署審議 18 個縣市國土計畫草案氣候變遷章節內容

今(109)年度各縣市政府將完成之縣市國土計畫報部審議，相關估做詳見圖 5。

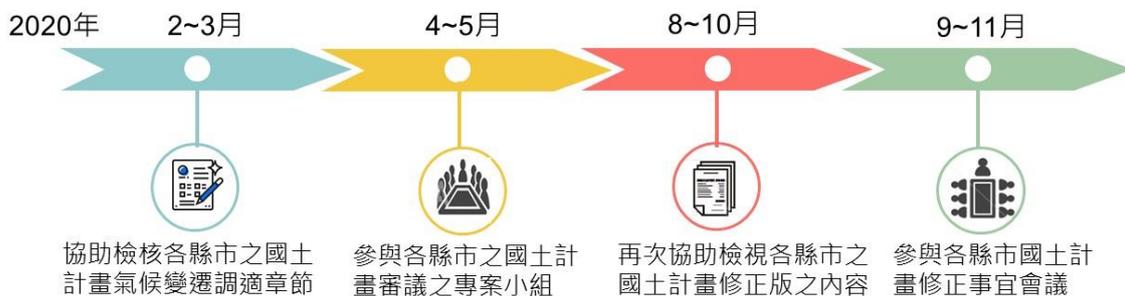


圖5、協助營建署審議縣市國土計畫情形

三、調適個案分析與調適路徑研擬

3.1 防災調適個案示範性研究

減災(Disaster Risk Reduction, DRR)與調適 (Climate Change Adaptation, CCA)於定義上雖有不同，但兩者的目標、工作內容及關鍵因子都相當雷同，在執行面上時常無法輕易將兩者做實質區分。本研究透過國際文獻分析兩體系之特性，進一步歸納其異同，並初步提出 DRR 與 CCA 計畫判識之通則。除此之外，本次研究更以 102-106 年度「國家氣候變遷調適行動方案」中災害領域之調適行動計畫為主要研究對象，透過彙整各單位提報之行動計畫成果，深入了解我國災害相關之調適計畫實際執行方向及成效，本年度完整蒐整災害領域行動計畫清冊後，另盤點具直接氣候變遷關聯性之計畫共計 23 項，但因受資料齊全度之限制，僅能針對 9 項計畫進行深度研究，並確認相

關計畫是否合乎本研究中所提出之通則規範，藉此判別各類調適計畫中所需之氣候模擬推估資料、災害風險評估、科學數據等資訊缺口（張珈瑋等，2021）。

3.2 108 年度國家調適行動計畫災害領域成果報告彙整及審查討論會彙報

此部分主要成果為參與環保署氣候變遷相關會議，成果如下。

- 配合出席 109 年 3 月 3 日環保署召開之「溫室氣體減量及管理法強化調適法規專家諮詢會議」，並提供修法建議。
- 配合出席 109 年 5 月 5 日環保署召開之「108 年度調適報告彙整研商會議」，於會中提出跨部會溝通方法等建議，另遵循該會最新決議，新增填寫「成果摘要表」一項執行項目。
- 完成 108 年度「新版氣候變遷災害風險地圖製作」、「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」及災害領域總體之調適成果摘要表、年度成果報告與機關自評表等資料，並於期限內繳交至行動方案主管機關（環保署），同時於指定之線上系統（同舟共濟，<https://adapt.epa.gov.tw/>）完成填報。
- 配合出席 109 年 9 月 29 日環保署辦理之「國家氣候變遷調適成果報告審查討論會」，於會中代表報告災害領域各項優先計畫之成果，如圖 6 所示。



圖 6、「國家氣候變遷調適成果報告審查討論會」(左)災害領域調適成果報告簡報；(右)報告人本中心氣候變遷組陳永明組長

四、環境變遷整合模式應用分析

在進行氣候變遷與環境變遷的整合模擬研究與測試中，完成土地開發模式與二維淹水模式之整合，量化單就土地開發及考量環境變遷所帶來的淹水衝擊評估結果（趙益群等，2021）。相關成果如下。

4.1 完成氣候變遷降雨頻率分析

運用科技部「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台」計畫（文後簡稱 TCCIP）所提供的 WRF-HiRAM 氣候變遷資料（TCCIP，2020），完成暖化影響下基期（1980~2008 年）與世紀中（2039~2065）RCP 8.5 暖化情境下的水文頻率分析，如圖 7 所示。現況為水利署（2019）針對鹽水溪區域排水降雨頻率分析結果；基期與世紀中分別為本年度分析結果。鹽水溪排水在未來暖化影響下，降雨強度將明顯增加，如世紀中 10

年重現期距降雨量將增加至 566 mm，比基期增加約 79%；此重現期雨量值甚至比基期 100 年重現期距雨量大。此結果顯示受暖化影響下，未來極端降雨將對該區現今的排水系統造成極大之負擔。

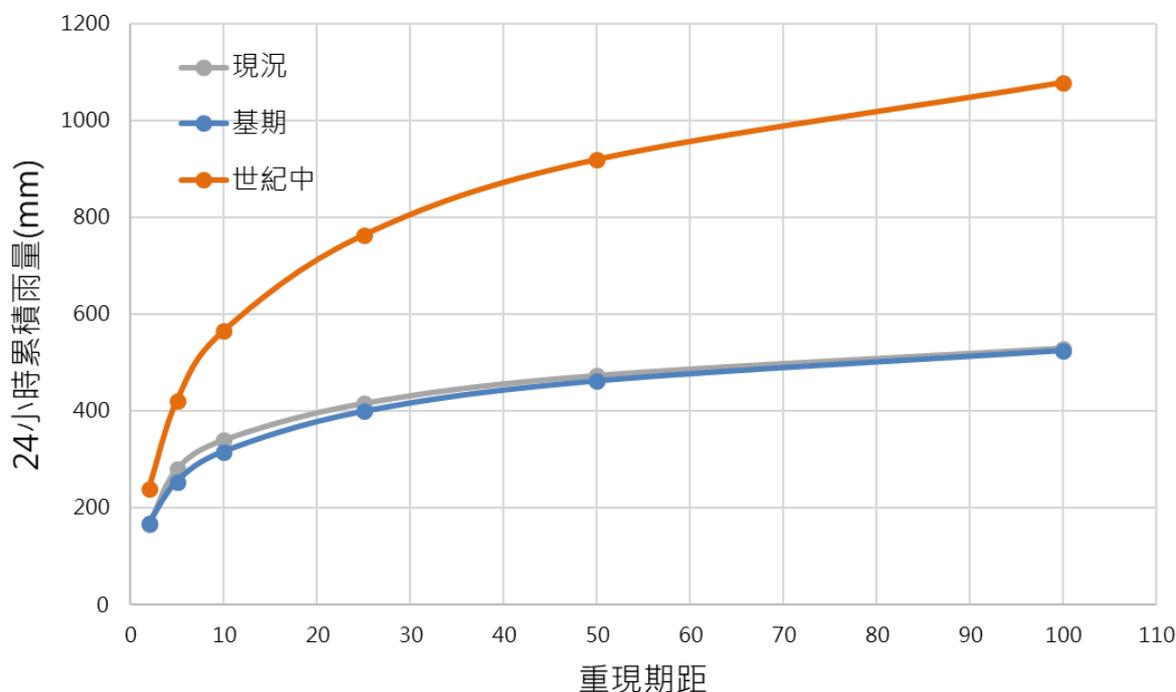


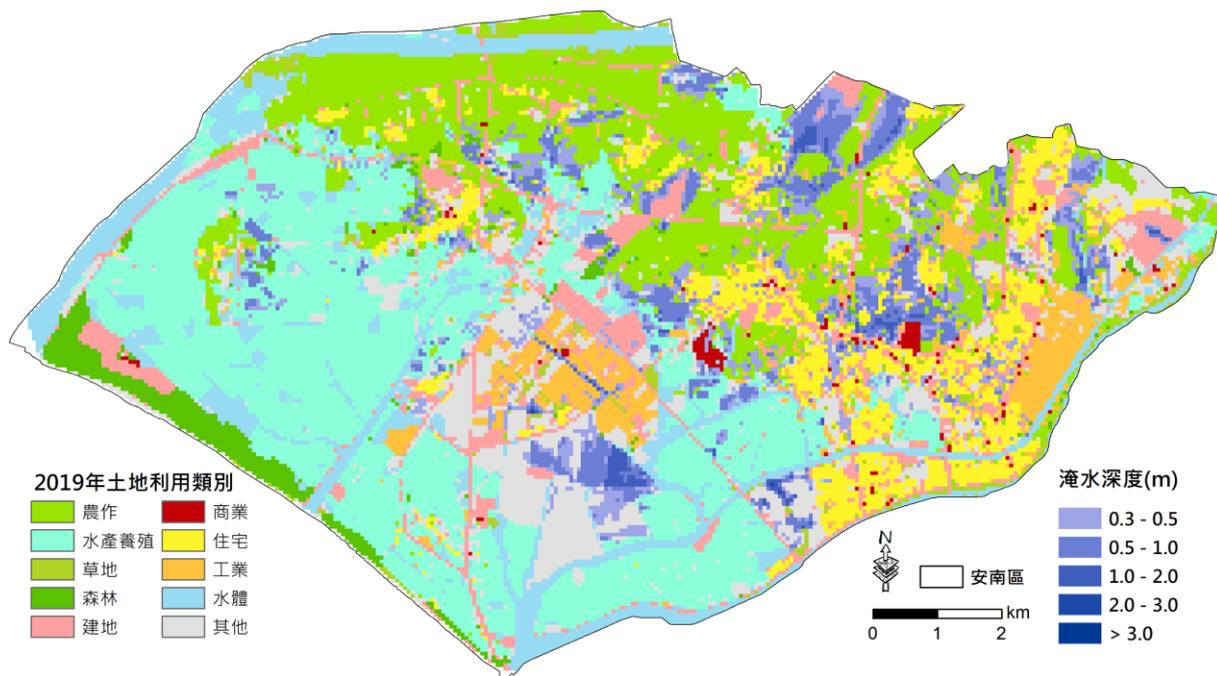
圖7、暖化情況下鹽水溪排水水文頻率分析結果

4.2 完成土地利用發展模式與二維淹水模式整合

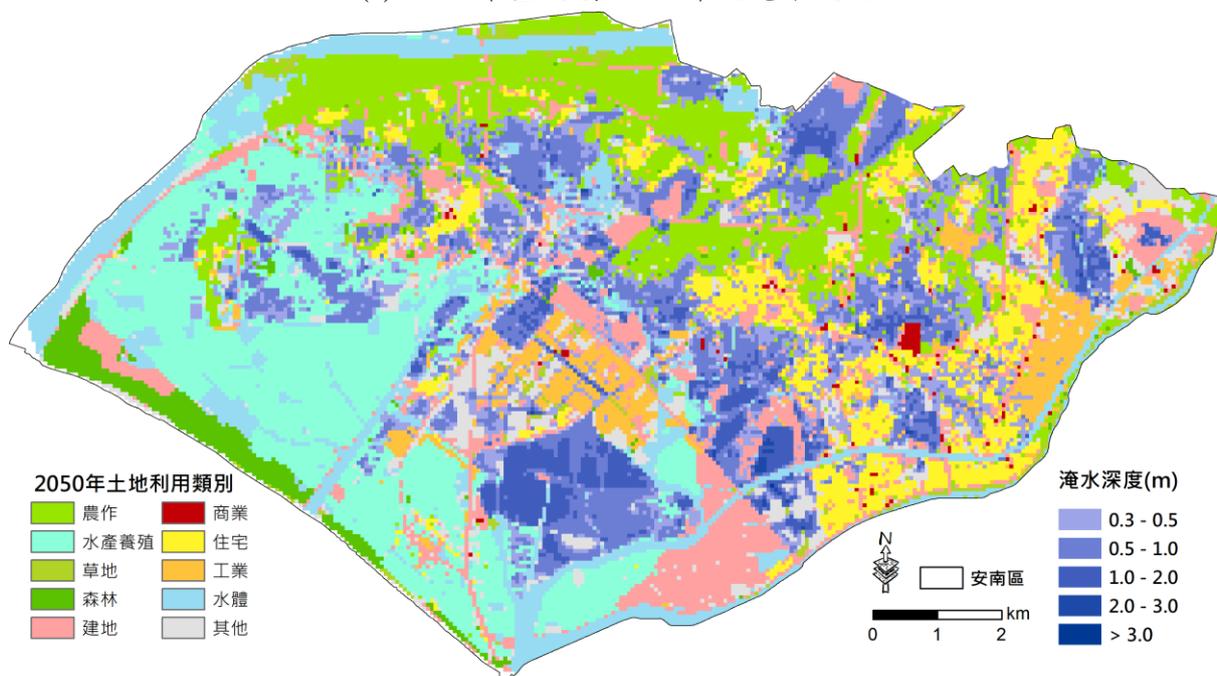
今年度首先使用馬可夫鏈模式進行安南區未來各土地利用需求量推估，接續透過二元羅吉斯迴歸建立土地利用變遷機率模式，進行土地利用空間發展模擬。最後，將此土地利用空間發展結果與二維淹水模式進行整合，並進行土地發展與氣候變遷整合的二維淹水模擬，結果如圖 8 所示。分析結果顯示，在土地開發與氣候變遷雙重影響下，安南區整體淹水範圍將增加 15%；而受氣候變遷所造成的淹水災害將遠大於土地利用改變所造成的影響。

五、結論與建議

本年度透過「氣候變遷推估大數據分析與防災應用」、「調適個案分析與調適路徑研擬」與「環境變遷整合模式應用分析」等 3 個成果，嘗試透過與土地管理部門對話，在淹水調適上加入整體流域的土地管理調適方式，進行氣候變遷調適永續方案之規劃，共創雙贏局面。並積極配合科技部進行國家氣候變遷政策支援，參與議事會議及執行調適行動方案相關內容，協助行動方案主管機關（環保署）追蹤調適行動計畫執行情形並給予推動建議，達到規範滾動修正及定期策略檢討之目的，有效從制度面提升我國氣候變遷調識之量能。



(a) 2019 年重現期距 10 年之淹水現況



(b) 2050 年氣候變遷下重現期距 10 年之淹水模擬結果

圖8、土地發展與氣候變遷資訊整合淹水模擬成果

參考文獻

1. 中央災害防救委員會(2018)，「災害防救基本計畫」。
2. 行政院國家永續發展委員會(2019)，「臺灣永續發展目標」。
3. 張珈瑋、陳永明、湯宗達(2021)，「國家氣候變遷調適行動方案：優先行動計畫成果彙整與政策支援」，國家災害防救科技中心業務報告，NCDR 109-A09。
4. 陳韻如、林宣汝、黃亞婷、劉俊志、連琮勛、陳永明(2021)，「多模式多空間尺度之氣候變遷淹水災害風險圖」，國家災害防救科技中心技術報告，NCDR 109-T06。
5. 臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台(2020)，<https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/index.aspx>。
6. 趙益群、陳俊哲、蕭逸華、李欣輯、許至聰、陳永明(2021)，「土地變遷模式與二維淹水模式整合初探：以臺南市安南區淹水減災為例」，國家災害防救科技中心技術報告，NCDR 109-T17。
7. 環保署(2020)，<https://ghgrule.epa.gov.tw/front/>。