

# 高衝擊氣候情境之災害風險評估

## Disaster Risk Assessment for High Impact Climate Scenarios

主管單位：科技部

陳永明<sup>1</sup>

Chen, Yung-Ming

趙益群<sup>1</sup>

Chao, Yi-Chiung

鄭兆尊<sup>1</sup>

Cheng, Chao-Tzuen

陳韻如<sup>1</sup>

Chen, Yun-Ju

李欣輯<sup>1</sup>

Li, Hsin-Chi

<sup>1</sup> 國家災害防救科技中心

### 摘要

聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (IPCC) 第一工作小組第六次氣候變遷評估報告 (AR6) 於 2021 年 8 月正式公告；本計畫依據 IPCC 所釋出之最新氣候變遷情境資料以及科技部臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫 (TCCIP) 產製的臺灣本土降尺度資料針對與災害有關的氣候變數 (包含極端降雨、極端高溫、以及豐枯水期降雨型態變化等) 進行極端災害情境評估模擬；並完成：「IPCC AR6 最新氣候情境分析與災害應用評析報告」研析 IPCC AR6 推估的災害情境，並與過去 AR5 的結果做比對。本計畫利用 1.5°C、2°C 與 4°C 的固定暖化情境推估資料進行氣候變遷災害風險地圖情境資料分析，了解不同暖化情境下淹水災害風險，提供決策者參考與風險評估應用。人口變化以及土地利用的變遷亦會造成災害型態的改變；本計畫以臺南鹽水溪 (舊臺南市) 為示範區，使用環境變遷模擬工具模擬示範區土地利用變化逐年的變遷，討論示範區的土地利用變遷與都市發展後之淹水影響的變化。此成果可供後續相關區域調適策略研擬之參考。

**關鍵詞：**氣候變遷情境、災害風險地圖、環境變遷模擬

## **Abstract**

United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) released its Sixth Assessment Report on Climate Change (AR6) (Working Group I) on August 10th, 2021. Our project focuses on utilizing the latest climate change scenario data released by IPCC and the downscaling data provided by Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform (TCCIP). We examine the disaster-related climate variables, including extreme rainfall, extreme heat, and changes in rainfall patterns during wet and dry periods. Relative climate data were further evaluated and simulated to project future climate trends and how the AR6 results may differ from the AR5 version.

This year we attempt to produce "Climate Change Disaster Risk Maps" based on the 1.5°C, 2°C, and 4°C warming scenarios. We have also considered the potential shift in disaster patterns related to population and land-use changes; we, therefore, use Tainan Yanshuixi (former Tainan City) as a demonstration site and utilize environmental change simulation tools to simulate the year-by-year changes in land use at this particular area. We further look at how land use and urban development may alter the impacts of inundation to provide the decision-makers with a scientific basis for their regional climate change and development strategies.

**Keywords** : Climate change scenarios, Disaster Risk Map, Environmental Change Simulation

## 一、前言

國家災害防科技中心（以下簡稱災防科技中心）以「推動與整合災害防救研發能量，運用各項災害防救科技研發成果，研提災害調適策略，協助政府強化災害防救作業效能與提昇社會整體抗災能力，減輕災害事件所造成之衝擊與損失」為發展總目標，並透過科學方法與科技研發之移轉與落實應用，提高我國災害防救之實務作業效能。

災防科技中心長期投入氣候變遷災害風險評估相關研究，相關成果持續支援國家政策推動之需求提供科學技術支援；110 年度分支計畫二：「災害應用技術之推動與決策支援」子計畫 2.1「高衝擊氣候情境之災害風險評估」分別從極端災害情境分析、氣候變遷災害風險地圖應用研析，以及環境變遷災害模擬應用分析等方面運用災害防救科技研發相關成果，提供學研單位、部會與私部門氣候變遷災害風險評估與調適策略參考。

## 二、極端災害情境分析

本計畫依據聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (IPCC) 第一工作小組第六次氣候變遷評估報告 (AR6) 釋出的最新氣候變遷情境資料以及科技部臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫 (TCCIP) 產製的臺灣本土降尺度資料針對與災害有關的極端降雨、極端高溫、以及降雨型態變化等氣候變數進行極端災害情境分析。

IPCC 前一版評估報告 (AR5) 以四組代表濃度路徑 (Representative Concentration Pathways, RCPs) 表示各種人為與自然輻射驅動因子對氣候的貢獻；以溫室氣體排放狀況設定未來發展情境。最新的 AR6 則以「共享社會經濟路徑」(Shared Socioeconomic Pathways, SSPs)，設定社會經濟發展的故事軸線：SSP1 情境代表全世界將氣候變遷視為重大議題，共同應對；SSP2 情境代表全世界持續依循現行發展路徑進行；SSP3 情境表示各國以提高自身國家競爭力為經濟發展目標，無視跨區域性的環境影響；SSP4 情境表示已開發與低開發、開發中國家之差距日益明顯，導致各國家對氣候變遷重視程度不一；SSP5 情境代表能源與資源密集、全球市場趨於整合；因有成功的環境問題解決經驗，各界相信即使全力發展化石燃料，仍可邁向永續發展 (簡等，2022)。

本計畫便參考 AR6 氣候衝擊驅動因子 (Climate Impact Drivers, CIDs) 概念，整理出以下氣候變遷之趨勢，並透過與科技部 TCCIP 團隊、中研院環變中心、氣象局以及師大地科系共同發表之「IPCC 氣候變遷第六次評估報告之科學重點摘錄與臺灣氣候變遷評析更新報告」，提供本土極端災害衝擊後續分析參考：

- 臺灣各地氣溫未來推估將持續上升。全球暖化最劣情境 (SSP5-8.5) 下，21 世紀中、末之年平均氣溫可能上升超過 2.0 °C、3.6 °C；理想減緩情境 (SSP1-2.6) 下，可能增加 1.5°C、1.6°C (圖 1)。

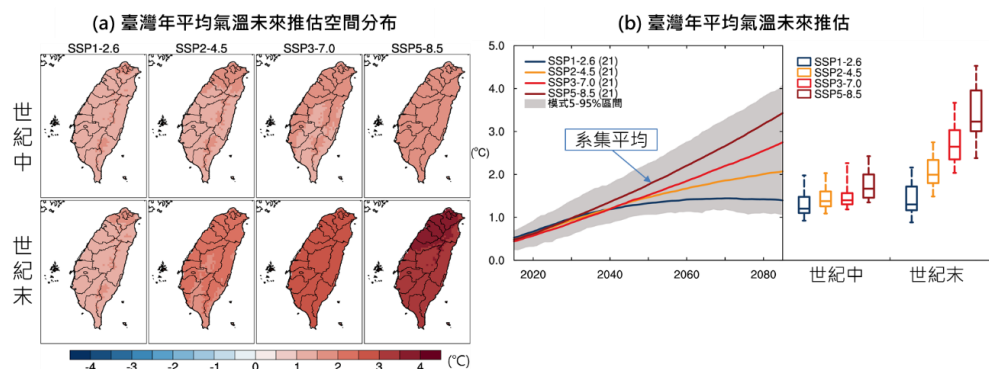


圖 1 (a) 臺灣地區未來氣溫模式推估趨勢分布圖；(b) 臺灣地區未來氣溫模式推估趨勢。(藍色為 SSP1-2.6 情境、橙色為 SSP2-4.5 情境、紅色為 SSP3-7.0 情境和暗紅色為 SSP5-8.5 情境，趨勢線為模式系集平均，灰色區塊為模式 5~95% 區間；盒鬚圖分別表示 5%、25%、50%、75% 與 95%)，單位:°C。

- 全臺各地高溫日數增加：理想減緩情境下，增加幅度皆約 7 日；最劣情境下，21 世紀中、末，增加幅度分別約 9 日、48 日 (圖 2)。

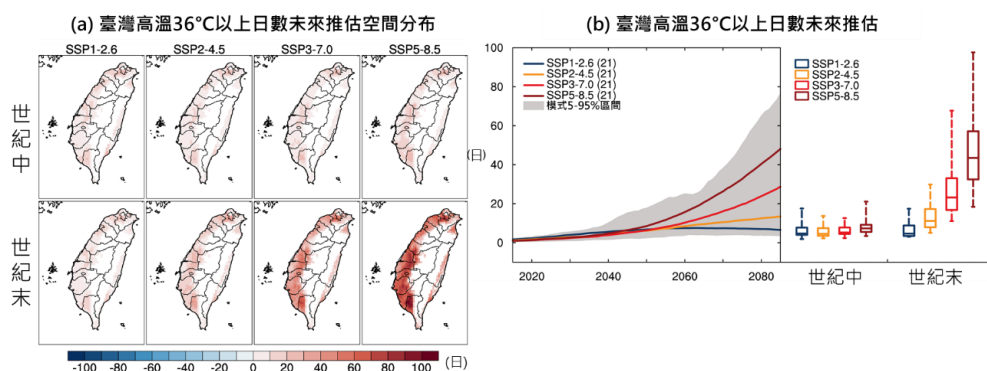


圖 2. 同圖 1；但為高溫超過 36°C 日數。單位:日。

- 未來臺灣年總降雨量有增加的趨勢，在最劣情境下，21 世紀中、末平均年總降雨量增加幅度約為 13%、29%；而理想減緩情境下，增加幅度在世紀中約為 11%、世紀末 15%，兩時期的差異不大。

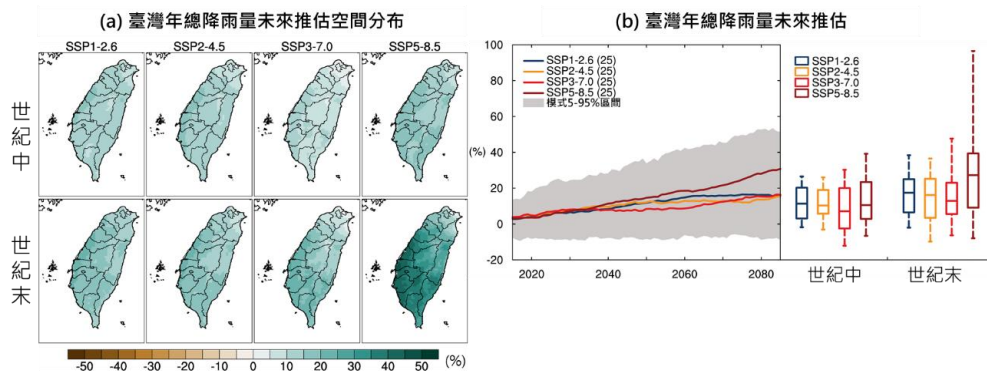


圖 3. 同圖 1；但為年總降雨量。單位:%。

- 未來臺灣年最大 1 日暴雨強度有增加趨勢。最劣情境下，21 世紀中、末平均年最大 1 日暴雨強度增加幅度約為 22%、43%；理想減緩情境下，增加幅度皆約為 17%，顯示在此情境下，最大 1 日暴雨改變率隨著推估時間增加，仍控制在相似的變化範圍內（圖 4）。

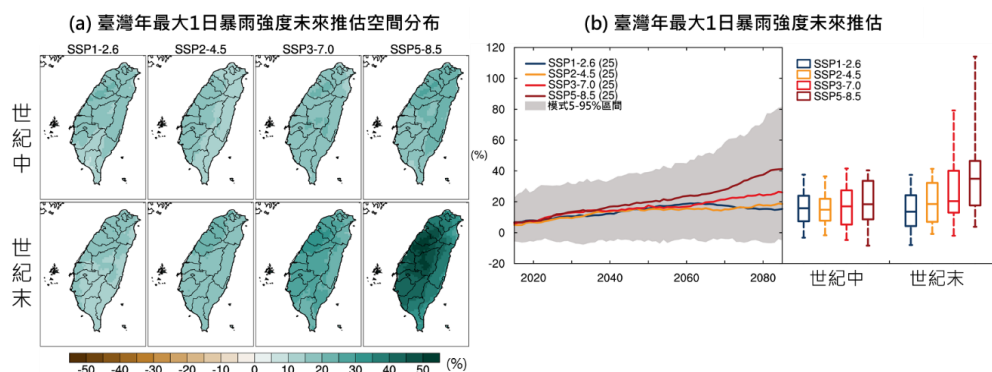


圖 4. 同圖 1；但為年最大 1 日暴雨強度。單位:%。

### 三、氣候變遷災害風險地圖應用之研析

除了 SSP-RCP 情境外，IPCC AR6 也大幅使用增溫 1.5°C、2°C 與 4°C 的固定暖化情境呈現未來氣候變遷的狀況；固定暖化情境可不考慮排放情境與推估模式期挑選等限制，透過多組的系集模擬以減少推估資訊的不確定性。且考量國家氣候變遷調適行動綱領之國家氣候情境設定需要，2°C 與 4°C 暖化條件下的推估資料有其研發之必要性。本計畫因而利用 IPCC 固定暖化情境推估資料進行氣候變遷災害風險地圖情境分析。不同固定暖化情境下淹水災害風險圖（圖 5）顯示，彰雲嘉與臺北等地區在不同情境下都屬高風險區位，臺南與高雄地區則是在 4°C 情境下，有較多高風險區位。以現況風險圖比較 1.5°C、2°C 及 4°C 三種不同增溫情境下的風險圖等級變化則如圖 6。

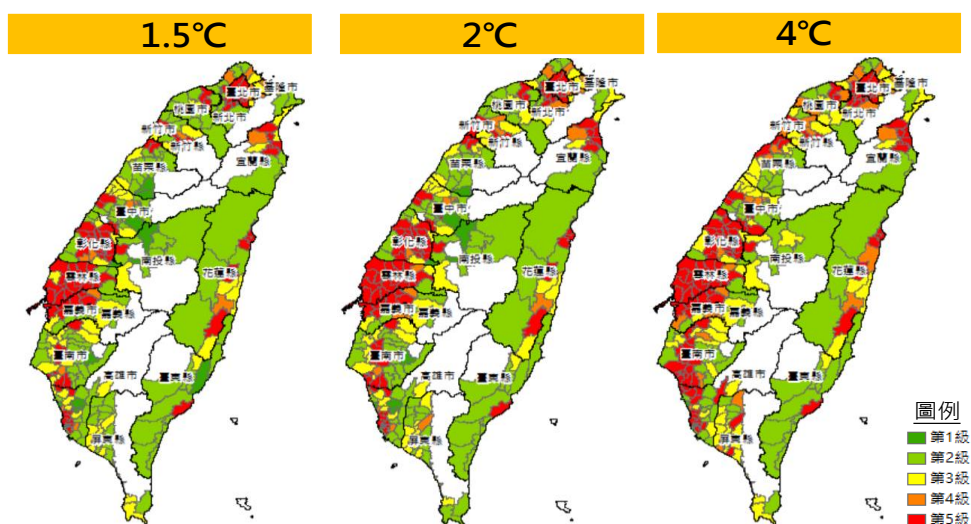


圖 5. 增溫 1.5°C、2°C 與 4°C 三種不同暖化情境下淹水災害風險圖

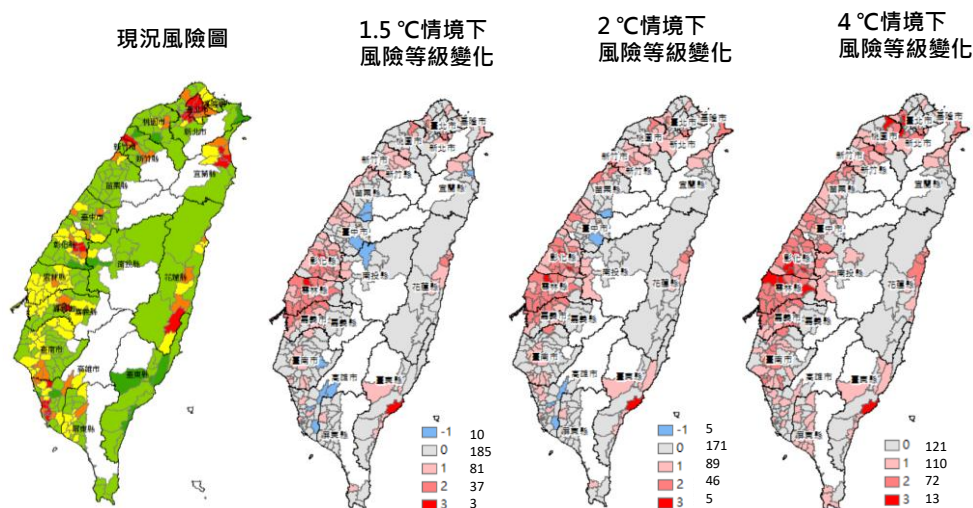


圖 6. 以現況風險圖比較增溫 1.5°C、2°C 與 4°C 不同暖化情境下的風險圖等級變化

此外，本計畫於去年度所產製之第三代淹水災害風險圖(2020 年版，為 AR5 多模式分析後的四種空間尺度之圖資)，亦持續透過 [Dr.A 網站](#) 進行宣傳及圖資服務。本年度(110 年)已有許多公部門(營建署、農委會)、產業(如中石化、工研院)與多家金融機構針對淹水風險圖資做下載的詢問，後續應用方向更涵蓋鄉村規劃、產區風險評估、金融氣候相關財務揭露(TCDF)等。Dr.A 年度網頁瀏覽量約 47000 人，圖資與報告下載次數約 1800 筆，下載資料使用者約 270 人。使用者下載全台風險圖、鄉鎮尺度居多，下載圖資分析軟體的數量亦增多，但總體而言，絕大多數仍透過此風險圖原始可套疊圖資 (SFP file) 進行後續加值應用 (圖 7)。



圖 7. Dr.A 網站風險圖資下載與詢問狀況

#### 四、環境變遷災害模擬應用分析

本計畫以臺南鹽水溪(舊臺南市)為示範區，使用環境變遷模擬工具進行土地利用變化逐年的變遷模擬，推估氣候變遷與環境變遷下未來可能的災害衝擊。109 年度完成示範區暖化情境下降雨頻率分析；除了氣候變遷，人口變化以及土地利用的變遷亦會造成災害型態的改變；今(110)年使用環境變遷模擬工具 Dyna-CLUE 模式進行土地利用變化逐年的變遷模擬；討論示範區的土地利用變遷與都市發展後之

淹水影響的變化。

本計畫使用 Dyna-CLUE 模式進行土地利用變遷模擬。此模式主要由土地利用需求量及土地利用分配模組所組成；先瞭解未來土地利用需求量，再透過土地利用推估模組進行地區層級在空間上之分配。各土地利用類別需求量，如土地使用面積等；此需求量可透過未來發展趨勢、情境需求或相關經濟模型獲得。土地利用分配模組則是依據地文因子（地形、高程、坡度等），社會與經濟因子（與道路距離、人口密度、距大眾交通工具距離等），建立土地利用變化的轉換矩陣。

為增加未來土地利用分配結果之可信度，本研究考慮不同時間的動態人口因子（圖 8）。從臺南市政府公開資料取得 2013~2020 年間之人口數；利用國發會「全國人口推估」為基礎，再透過自然增加人口推估 2021~2036 年間示範區域人口數。

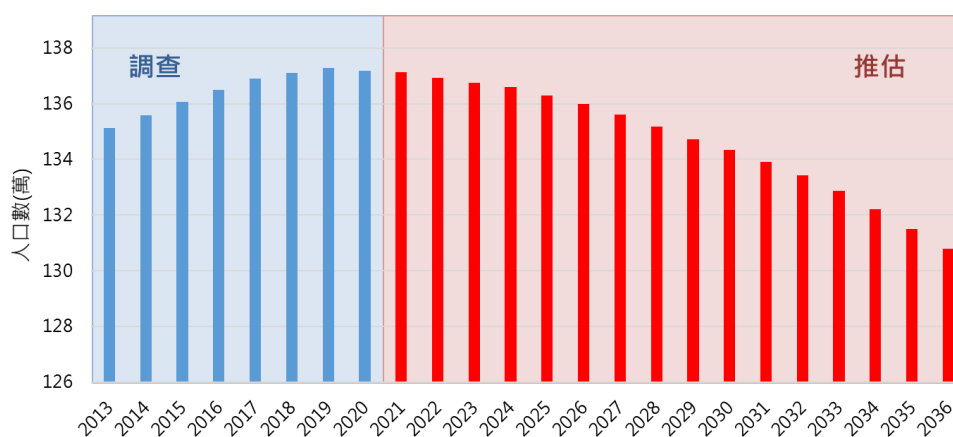


圖 8. 2013 年至 2036 年模擬區域人口統計及推估數

透過上述的研發過程，完成 2019 年至 2036 年間各類土地利用變化的推估分析；對社會經濟發展影響較大的商業、住宅及工業等區在 2036 年的土地利用發展情況如圖 9 所示。2036 年商業區的發展除了在安南區有些許擴張外，主要集中於南臺南站副都心及臺南高鐵站周邊。住宅區除零散的擴張在各區域外，主要集中於安南區和順寮農場開發及臺南高鐵站周邊。而工業區的開發，除了集中於臺南科技工業區及沙崙綠能科學城外，亦集中發展於南區及仁德區；而仁德區的發展則沿著三爺溪周圍發展。整體而言，2036 年淹水總面積較 2019 年的淹水總面積增加約 21%（表 1），以淹水深度 1~2 公尺時增加 33% 為最多。

最後，將本研究 2036 年土地利用空間分布推估結果套疊水利署第三代淹水潛勢圖，結果如圖 10。此成果可供後續相關區域調適策略研擬之參考。



圖 9. 商業、住宅及工業 2019 年及 2036 年空間動態變化圖

表 1. 商業、住宅及工業區淹水潛勢圖總淹水面積變化表

淹水面積(公頃)	2019 年	2036 年	改變率
0.3-0.5m	457	531	16%
0.5-1.0m	515	623	21%
1.0-2.0m	186	248	33%
2.0-3.0m	19	22	15%
>3.0m	7	8	17%
<b>整體</b>	<b>1,185</b>	<b>1,432</b>	<b>21%</b>

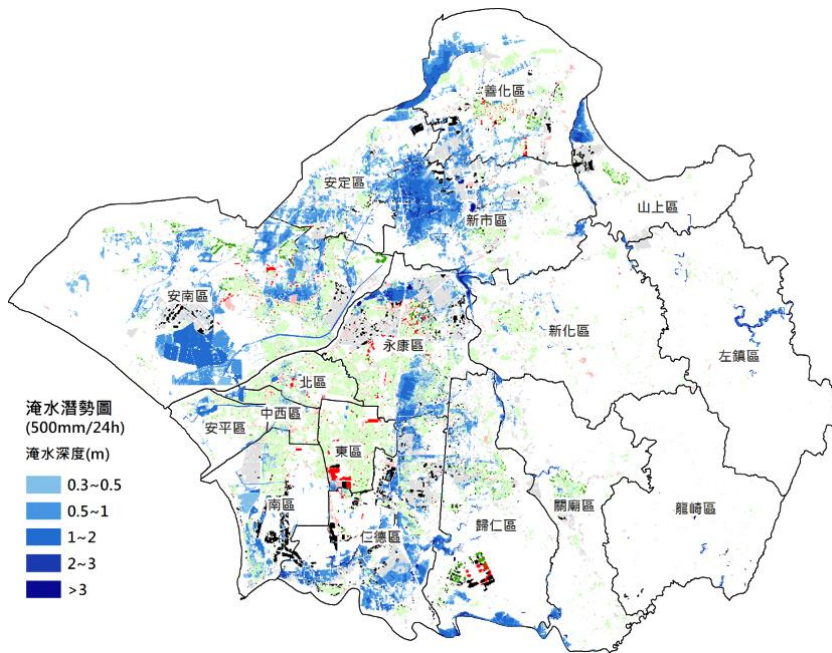


圖 10. 空間發展下之淹水災害評估結果 (淹水潛勢圖 500 mm / 24 時)



## 五、結論與建議

防災科技中心被賦予規劃協調、政策研議、技術支援與落實應用等任務。透過各項任務的推動整合應用國內防災科技研發能量、提昇社會整體抗災能力、減輕災害事件所造成之衝擊與損失。本計畫秉持此目的，持續累氣候變遷科學研究能量、促進氣候變遷跨領域風險溝通、增加調適行動推動的共識，進而協助降低極端災害於未來可能產生之風險與災害損失。

110 年度透過高衝擊氣候情境之災害風險評估結果，本計畫及時針對聯合國最新 AR6 氣候變遷報告之科學說明進行回應，以供國內在極端災害情境上的認知及後續評估參考。

氣候變遷災害風險地圖應用部份，則持續推廣過去利用 AR5 多模式分析之四種空間尺度全臺及縣市圖資，並輔以圖資分析及套圖軟體，供使用者有效客製化其氣候變遷風險衝擊分析所需之圖資。此外，更進一步嘗試利用固定暖化情境推估資料進行氣候變遷災害風險地圖情境資料研析，以加強後續風險圖於部會及地方政府決策之應用。

在環境變遷災害模擬應用分析方面，109 年度與 110 年度以臺南鹽水溪（舊臺南市）為示範區，進行環境變遷與氣候變遷之極端災害整合模擬。109 年度完成示範區暖化情境下降雨頻率分析；本(110)年度則討論示範區的土地利用變遷與都市發展後之淹水影響的變化，並將相關研究結果套疊至水利署第三代淹水潛勢圖可供後續調適策略研擬參考。

## 參考文獻

簡毓瑋、劉曉薇、張珈瑋、王俊寓、鄭兆尊、陳永明，2022：IPCC AR6 最新氣候情境分析與災害應用評析報告。國家災害防救科技中心，NCDR-110T22。

趙益群、蕭逸華、李欣輯、陳永明，2022：土地利用變遷工具於都市淹水分析之應用。國家災害防救科技中心。國家災害防救科技中心，NCDR-110A23。