

氣候情境之淹水災害風險評估與不確定性分析

Flood Risk Assessment Under Climate Scenarios and its Uncertainty Analysis

主管單位：國科會

陳韻如¹

Chen, Yun-Ju

黃亞婷¹

Huang, Ya-Ting

林宣汝¹

Lin, Hsuan-Ju

陳永明¹

Chen, Yung-Ming

劉俊志¹

Liu, Jun-Jih

¹國家災害防救科技中心

摘要

國家災害防救科技中心自 2013 年發展第一版災害風險圖(A1B 情境)，後配合 RCP8.5 情境推出，於 2015 年完成第二版淹水災害風險圖，於 2020 年更完成第三版之開發。因 2013 及 2015 年兩版都是採用的單一大氣環流模式，模式不確定性相對較高，因此第三版淹水災害風險圖，改採用統計降尺度的多模式資料進行風險評估，其相關圖資成果均已展示於氣候變遷災害風險調適平台(簡稱 Dr. A，網址連結：<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/AdvanceTool/TotalRiskDetail1?Kind=1>)。

本計畫採用 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。針對氣候變遷淹水災害風險圖，更額外開發了圖資應用的 R 程式工具，利於使用者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。此外，相較於過去單一模式模擬，新版淹水災害風險圖採用的大氣環流模式增加至 30 多個，可進一步利用訊號比與累積機率不同百分比，評估模式間的表現，並呈現多模式的一致性與不確定性。

關鍵詞：氣候變遷情境、災害風險地圖、環境變遷模擬

Abstract

The National Science and Technology Center for Disaster Reduction (NCDR) developed the first version of the disaster risk map (A1B scenario) in 2013 and launched a second version of the map when RCP8.5 scenario was released. In 2020, third version of the Flood disaster risk map was successfully developed to suit the users need by using statistically downscaled multi-model data for risk assessment. Since the first two editions (2013 and 2015) both adopted a single atmospheric circulation model, the uncertainty of the result is relatively high. Therefore, the third edition of the Flood disaster risk maps utilize 33 models for analysis and all relative maps have been displayed on the Climate Change Disaster Risk Adaptation Platform (“Dr. A” for short, website link: <https://dra.ncdr.nat.gov.tw/>).

This project uses 2°C simulation data to produce the Flood risk map based on the spatial distribution of townships and the smallest demographic area. The risk map is also presented in the scale of administrative units, which can help decision makers to understand the changes in the spatial distribution of Flood risk in future scenarios while considering further response measures. For climate change and Flood disaster risk maps, an additional R program tool has been developed, which is helpful for users to select appropriate map data for subsequent applications according to their research and evaluation purposes. In addition, compared with previous single-model simulations, the new version of the Flood disaster risk map uses more than 30 atmospheric circulation models, which can further analyze the signal to noise ratios (SNR) and the difference in the cumulative probabilities to evaluate the performance of each model and present the consistency index of multiple models to explain uncertainty.

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；111 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」從氣候變遷情境與風險分析、災害風險地圖工具開發，以及風險圖推廣與應用，推動以科學為本的決策制度。

二、氣候變遷情境與風險分析

氣候變遷因應措施與調適政策需利基於科學風險評估，目前國內包含縣市國土計畫、地方城鄉發展、能源轉型等施政規劃皆逐步導入氣候變遷因子，開始出現針對不同氣候變遷風險進行判釋之需求。災防科技中心運用國科會「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，並考量需協助公務單位將氣候情境分析導入現行政策，並接續政策研擬與檢討週期，發現 RCP 情境圖資無法直接與政策推動時程扣合。

本計畫原以產製 RCP8.5 情境下世紀中(2036~2065 年)時期之各區新版風險圖資為主，遂搭配政府各層級可能使用需求，嘗試在 RCP 情境之外，利用 CMIP5 全球模式資料及 TCCIP 計畫產製的 AR5 資料，分析全球暖化達到 2°C 時臺灣區域的氣候變遷淹水風險，並在此資料基礎之上，產製以鄉鎮與最小人口統計區尺度之空間分布之風險圖資（圖 1 為風險圖範例），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。

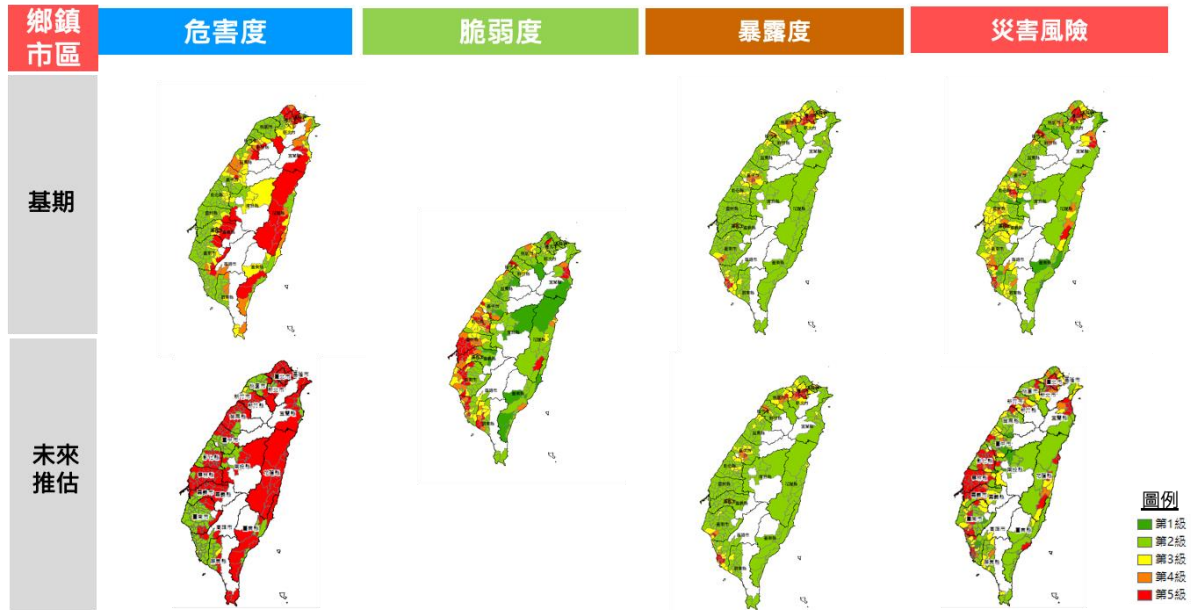
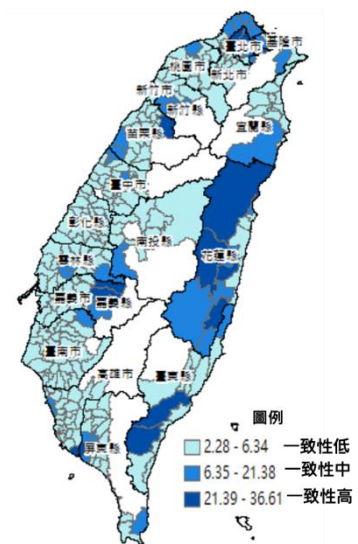


圖 1. 2°C 情境下-淹水災害風險圖(鄉鎮市區)

此外，因第三代氣候變遷淹水風險圖資皆以多模式推估資料進行圖資繪製，考量多模式有其不確定性，本計畫透過研究信噪比(Signal to Noise, SNR)，直覺呈現淹水風險的模式一致性情形(如右圖 2 所示)。此外，另行利用統計超越機率排序方式，分別呈現 90%、75%、50%與 10%下的風險等級分布，呈現風險等級不確定性(如圖 3)，以用於呈現溝通風險發生之可能信及該結果之信心程度，以利決策者合理運用此成果。

右圖 2. 以訊號雜訊比(SNR)呈現風險圖風險可信度。其中 SNR 越大代表模式一致性較高，亦意味著風險等級的可信度高。由此可看出，模式評估結果而言，北部與東部及雲嘉地區模式一致性高。



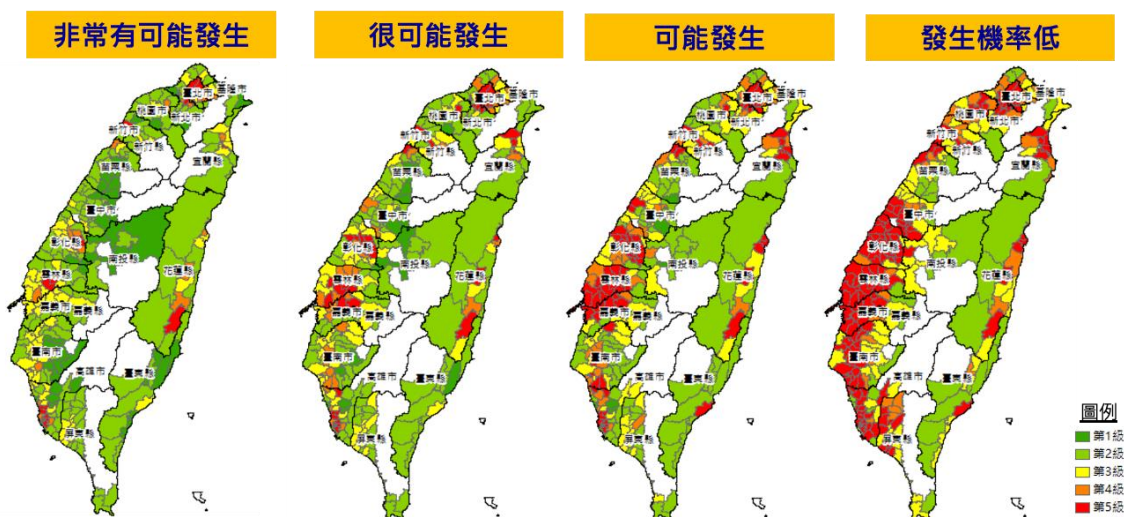


圖 3. 以現況風險圖比較增溫 1.5°C、2°C與 4°C不同暖化情境下的風險圖等級變化

三、氣候變遷災害風險地圖應用工具開發

第三代氣候變遷淹水風險圖之上線服務後，本計畫進行多次圖資推廣活動，多數使用者提出客製化產製之需求，且考量圖資應用需配合大量不同標的之疊圖工作，便展開相關應用工具之開發工作。在應用輔助方面，本計畫採用開源系統，且在數據分析方面已較為普及之 R 軟體為主要格式，並以此基礎進行風險圖計算工具研發，以便讓使用者能了解風險圖標準化和分級流程，並自行操作分析風險圖之計算。R 工具能讓使用者自行依照其需求置換危害度、脆弱度、暴露度資料，同時可輸出多種格式之檔案，亦能自行置換疊圖標的，以產製符合其評估方向之圖資。

在 R 軟體輔助工具外，本計畫亦產製資料應用與工具說明書，並公布於 Dr.A 平台，(<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/AdvanceTool/ToolManual>，如圖 4)，至 2022 年底，已有 370 次此項工具之相關下載(包含淹水災害風險 R 執行檔及說明書)。

圖 4. R 軟體於 Dr.A 網站上提供服務

四、圖資應用推廣及技術支援工作

本計畫為提高圖資實用性，持續進行資料應用之推廣及技術支援工作，協助營建署推動之國土計畫評估，且後其出版之「直轄市、縣(市)國土計畫規劃」手冊，亦涵蓋風險圖之資料，已供縣市政府規劃參考。此外，因地方縣市政府(如台南市、新竹縣市、宜蘭縣、台中市、屏東縣、苗栗縣)皆提出針對氣候變遷風險圖資諮詢與概念說明之需求，本計畫亦與相關團隊進行說明會議，加強決策中的科學正確性，減少圖資應用不當或資訊錯置可能性。本計畫亦於 2022 年底配合中程綱要計畫分項六：「極端災害下之韌性城鄉與防災調適」之期中報告會議進行圖資運用說明(圖 5-7)，針對 22 個地方計畫(約 18 個學研團隊、25 所大專院校)，分享現行中央與地方掌握之情資，並說明氣候變遷評估概念，為地方執行單位知識打底。同時，為延續該次推廣成果，本計畫加開三場線上說明會議(分別於 2023 年 1 月 15 日、1 月 18 日及 2 月 10 日辦理，如圖 8-10 所示)，與第一線使用者蒐集使用經驗並協助排除應用難題。

至 111 年底，Dr. A 網站 7 萬多瀏覽人次，風險圖資下載已達 825 人次，其中以鄉鎮市區尺度之圖資使用度最高(下載數達 1500 次，網格 5km 尺度下載數 1300、最小統計區下載數 700)。由於氣候變遷評估需求逐漸增加，服務對象應會持續擴展，本計畫現已提供使用者查詢風險分佈與圖資套疊功能，使用者亦可透過網站聯繫方式，與本計畫保持密切溝通，與使用者共同研議推出更符合需求之產品與資訊，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。



圖 5-7. 於中程綱要計畫分項六期中報告進行風險圖資推廣



圖 8. 中程綱要計畫分項六線上說明會議(第一場)

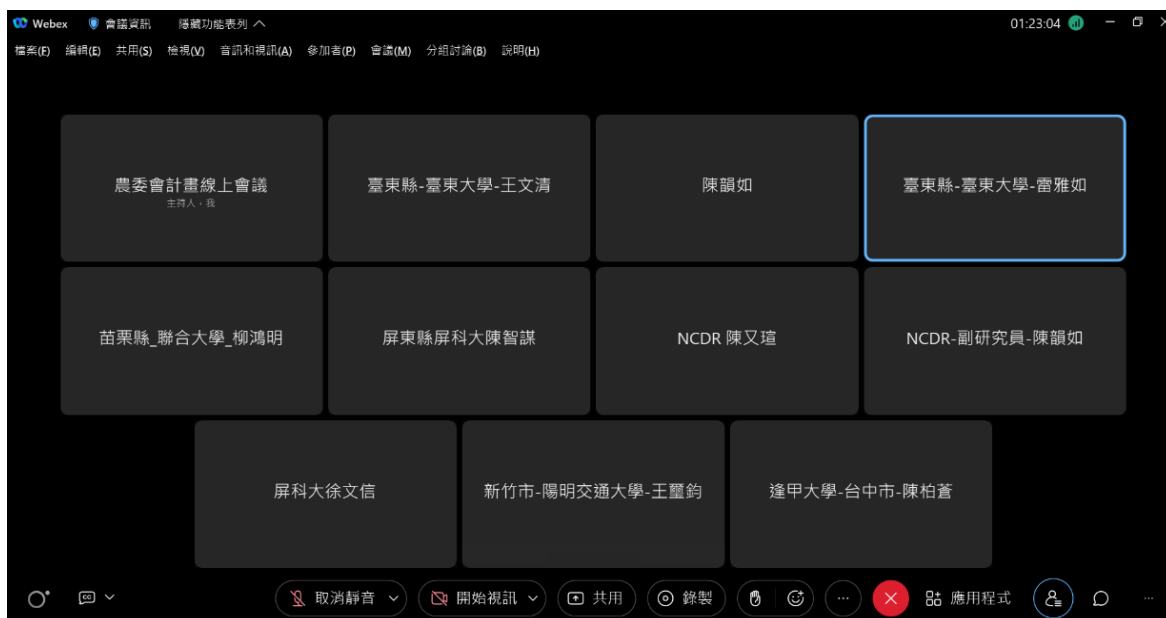


圖 9. 中程綱要計畫分項六線上說明會議(第二場)



圖 10. 中程綱要計畫分項六線上說明會議(第三場)

五、結論與建議

本計畫因涉及圖資應用，需面對不同層級之使用者(含公私部門、學研單位等)。但因氣候變遷風險圖資皆依推估資料產製，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、呈現方式與自身使用需求不符，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。遂後續需溝通氣候變遷風險圖資之不確定性及尺度差異性應長期且持續進行，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，並優先規劃合適之氣候變遷因應策略。

第三版淹水災害風險圖公布後，服務對象逐漸在擴增，但由於氣候變遷趨勢亦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持續針對最新科學資料進行深入分析研究，進而推動調適細部設計與規劃的更新，本計畫將持續追蹤 TCCIP 計畫所公布之最新 AR6 降尺度資料，以進行災害風險圖更新，持續與相關部會進行交流討論，評估再版之風險圖製作與呈現方式可調整之處。

參考文獻

陳韻如、林宣汝、劉俊志、黃亞婷，2022: 2 度 C 情境下淹水災害風險圖不確定性分析。國家災害防救科技中心。農工研討會。