

坡地災害氣候變遷風險圖研發與應用

Development and Application of Climate Change Risk Map for Landslides

國家災害防救科技中心 氣候變遷組

Climate Change Division, National Science and Technology Center for Disaster Reduction

摘要

氣候變遷是全球性的挑戰，對坡地災害的影響也日益顯著。為因應氣候變遷，並落實「氣候變遷因應法」，本研究以指標法為基礎，評估氣候變遷坡地災害風險。以 CMIP6 氣候情境評估極端降雨的機率，分析不同增溫情境下(≒1°C、1.5°C、2°C和 4°C)坡地災害風險，呈現不同的空間單元(鄉鎮市區、最小統計區、5KM)之坡地災害相對風險等級分布與變化。研究結果顯示，在 4°C溫度增溫情境下，北部與東部山區坡地災害風險明顯增加。本研究建議，若需更細部的空間尺度風險評估，需再利用數值模式評估地文因素和脆弱地質特性，以利推動調適策略。

關鍵字：： 氣候變遷因應法、CMIP6 增溫情境、坡地風險辨識

ABSTRACT

Climate change poses a global challenge and has increasingly significant impacts on landslides. To cope with climate change and implement the 《Climate Change Response Act》, this study assesses landslide risk map under climate change based on the indicator method. The probability of extreme rainfall is evaluated under the CMIP6 climate scenario, and the landslide risk level is analyzed under different global warming scenarios (≒1°C, 1.5°C, 2°C, and 4°C). The spatial distribution and changes of the relative risk levels of landslides in different spatial units (townships, basic statistical area, and 5km grids) are presented. The results show that the landslide risk in the north and east in mountainous areas is significantly increased under the 4°C global warming scenario. This study suggests that if a more detailed spatial scale risk assessment is

needed, numerical models should be used to evaluate landform factors and vulnerable geological characteristics to facilitate the promotion of adaptation strategies.

Key Words: Climate Change Adaptation Act, CMIP6 Warming Scenarios, Risk Identification, indicator method

一、前言

2023 年公布實行「氣候變遷因應法」新增調適專章，提及推估未來可能之氣候變遷，並評估氣候變遷風險，藉以強化風險治理及氣候變遷調適能力。這部分需要藉由風險圖之空間分布，據以列出應優先執行調適措施之高風險區位或對象做為調適參考。中央與部會需進行氣候風險評估，另外在產業應用方面，近年氣候財務揭露報告(TCFD)與企業永續報告(CSR)，皆需藉由氣候變遷災害風險圖的危害-脆弱圖評估氣候變遷情境下災害風險對擔保品的影響。

考量上述政策評估需求與外部不同領域應用需求，且氣候情境與時俱進，本研究利用國科會之「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台(TCCIP)」提供之最新的 CMIP6(Coupled Model Intercomparison Project Phase 6, 簡稱 CMIP6)之日降雨資料作新氣候情境下降雨資料，評估坡地災害的危害度指標，進而應用經濟部地質調查及礦業管理中心(簡稱地礦中心)公告的地質災害潛勢圖資等評估坡地災害脆弱圖，利用不同指標分級方式疊加後完成的圖資，作為空間上風險辨識之參考。

二、專案研究方法

配合國家情境設定便採用最新固定暖化情境的多模式的日降雨資料，採用氣候變遷坡地災害風險圖中，本研究評估的情境包含、2°C、1.5°C、4°C等暖化情境下多個大氣環流模式之降雨衝擊，利用多模式(GCMs)的評估，以降低氣候變遷情境的不確定性，並與現今接近 1°C情境相互比較其未來坡地災害風險等級之空間變化。

風險等級評估方法採用「指標法」，針對坡地災害問題，選擇適用的關鍵因

子指標，計算其風險等級，再以圖資方式呈現臺灣氣候變遷風險熱點區域空間分布。根據 IPCC(2012)之危害度、脆弱度與暴露度三個元素的風險定義，與過去發展的坡地災害風險圖所採用的指標(陳韻如等人，2016)，根據氣候情境資料下的日降雨資料，分析極端降雨機率作為危害度指標，脆弱度指標則採用地質災害潛勢及全台崩塌範圍分析，暴露度則以人口密度作為指標，以評估分析坡地災害風險，相關風險指標如圖 1 所示。



圖 1 坡地災害風險圖各指標定義示意圖

三、 專案亮點成果

1. 了解全台氣候變遷情境下坡地災害風險趨勢

不同增情境下坡地危害度及危害-脆弱圖(圖 2)，可看出 4°C(長期)情境下危害度等級與空間分布則較明顯與現況(≒1°C)危害度等級加重，其高脆弱度區域集中於中央山脈兩側，兩指標疊加後之坡地危害-脆弱圖，明顯也比≒1°C(現況)等級加重許多，新竹、苗栗與宜蘭與嘉義、台南、高雄、屏東等山區其危害-脆弱等級高，可針對高風險區位優先規劃調適措施。

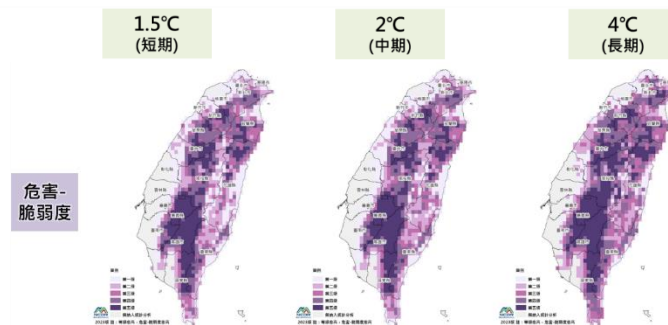


圖 2 不同全球增情境下坡地危害度及危害-脆弱圖(5km 網格)

以空間單元為最小統計區的全台坡地災害風險圖，如圖 3 評估相對高風險區位，呈現不同全球增情境下坡地災害風險因人口集中於西部近平地的區域，其坡地災害風險較高。於 4°C 增溫情境下風險等級增加的地區較多，主要為苗栗以北縣市山區、中部及花東山區較多。

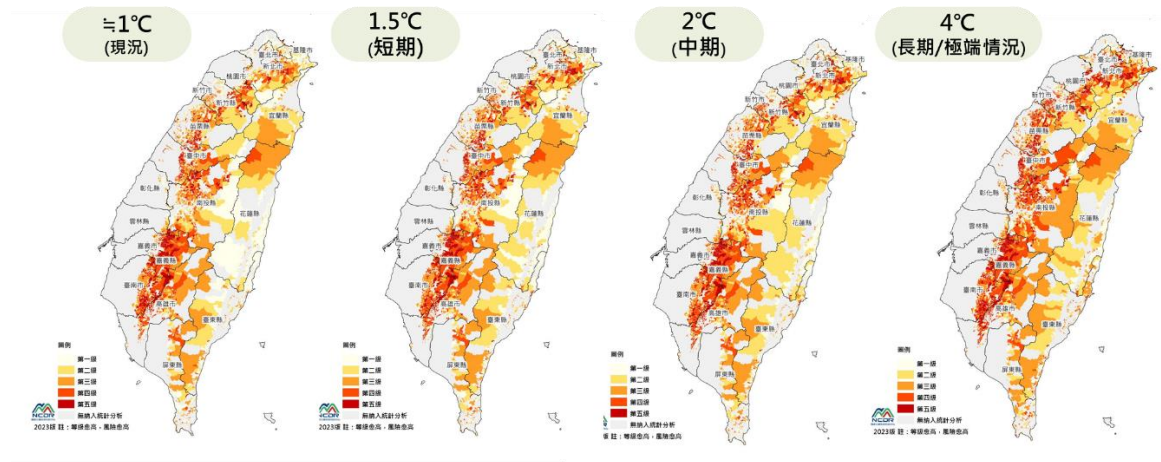


圖 3 不同全球增情境下坡地危害度及風險圖比較(最小統計區)

2. 縣市版坡地災害風險圖

提供全台 17 個市版的坡地災害風險圖，以各縣市內 5km 網格、鄉鎮市區及最小統計區等空間尺度範圍來分析比較，以高雄市為例說明，受高暴露度近平地區域、危害度降雨機率增加影響的關係，甲仙、六龜、杉林、美濃區等區有較高的風險。

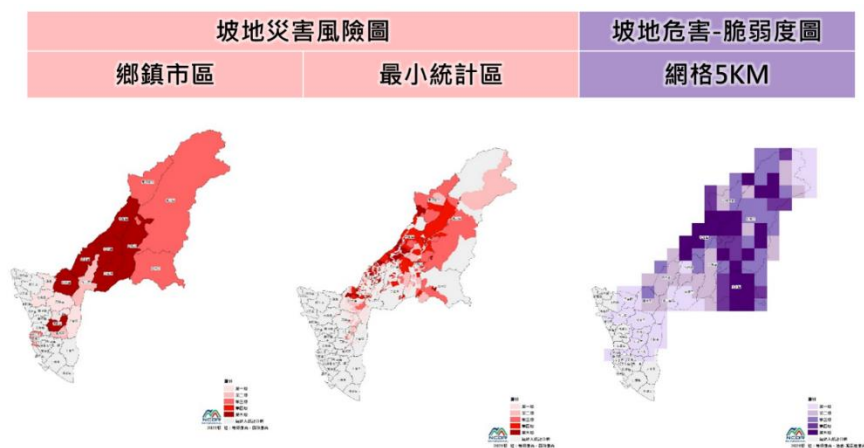


圖 4 不同空間尺度縣市版坡地災害風險圖(以高雄市為例)

3. 提供線上圖台展示系統

氣候變遷災害風險調適平台(Dr. A)提供新版圖台展示系統，透過直觀的使用者界面查詢，方便使用者切換圖資與查詢。圖台提供多種空間尺度如圖 5 中右上角鄉鎮市區、最小人口統計區、5km)與全台、17 個縣市範圍之氣候變遷情境下坡地災害風險圖資，藉由比較 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 與不同增溫 1.5°C 、 2°C 、 4°C 情境，可辨識風險等級之變化，可幫助您了解過去和未來氣候變遷災害風險的趨勢，圖 5 中左側「風險等級」查詢，移動地圖上的地標便可查詢不同鄉鎮市區的各指標等級，方便使用者了解風險等級。也提供使用者歷史災點與災害潛勢等圖資，套疊與查詢，亦可利用 KML 檔案上傳圖資疊加，了解其空間分布特性。

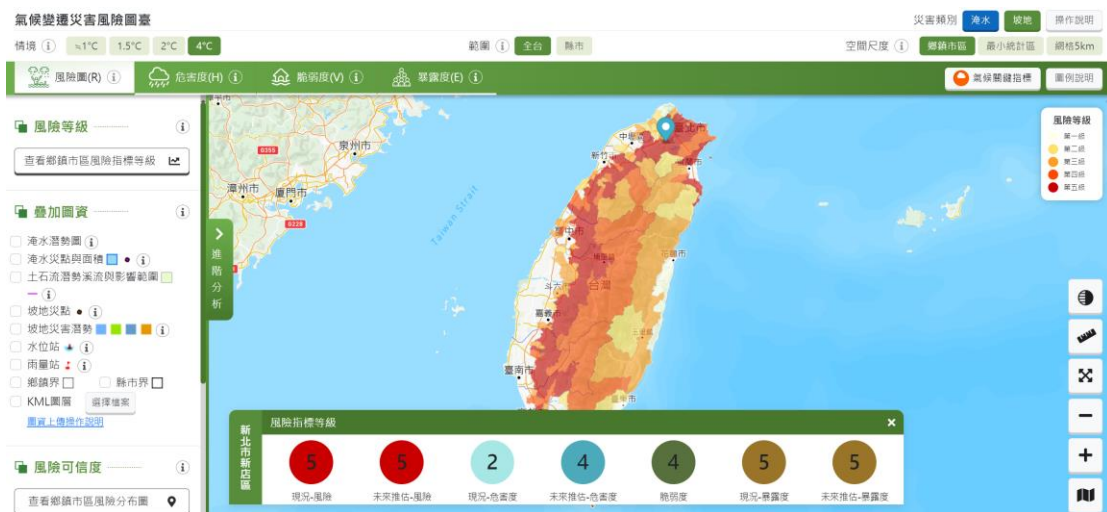


圖 5 氣候變遷災害風險調適平台之圖台

四、 結論與建議 / 未來執行與規劃

災防科技中心利用最新 AR6 的增溫情境降雨資料，評估氣候變遷情境下坡地災害風險圖，主要是作為提供上位的決策者，辨識坡地風險等級，了解未來風險空間變化趨勢，進一步規劃調適策略參考。完成 5km 網格、鄉鎮市區、最小人口統計區等三種空間尺度圖資呈現。以 5km 網格尺度的不確定性相對較低，便於使用者加值應用。鄉鎮市區空間尺度，則是方便管理者針對行政區辨識高風險的區位，方便推動氣候變遷調適行動計畫。最小人口統

計尺度，可更了解更細緻化風險等級的空間分布，建議可以利用縣市範圍呈現該項圖資較易辨識風險高低。

隨著增溫情境的溫度上升，在 4°C 情境下，北部與東部山區坡地災害風險明顯等級增加。危害度指標現況南部山區危害度等級較高，在 4°C (世紀末期間) 情境下，北部桃園、新竹、苗栗與東北部山區危害度增加，脆弱度指標則是依據現況的資料評估，中央山脈兩側的鄉鎮區有較高的脆弱度等級。

新版氣候變遷災害風險圖台開發，提供不同增溫情境查詢坡地災害風險趨勢變化、以及搭配氣候關鍵指標的時序變化，可以了解氣候變化，亦可查詢各鄉鎮市區的風險等級，並提供使用者線上疊加圖資等功能。希望能提供我國政府部會及執行單位推動氣候變遷政策與調適行動方案之參考。

本研究坡地災害風險圖受限氣候變遷情境資料解析度，其空間尺度較粗，雖易於溝通，但對於邊坡與集水區空間尺度無法反映細部坡災特性、量化、規模，如坡面、坡向等地文因素，建議使用者可進一步利用數值模式模擬流域崩塌衝擊評估模式，以了解流域內坡面穩定性，或利用更細部尺度(如坡地部落、集水區的範圍或邊坡單元)之脆弱度與暴露度資料。

五、 參考文獻

1. 林又青、張志新、黃柏誠、陳永明、詹士樑(2011)。從土地利用分析探討高坡地災害風險地區的減災策略。第九屆土地研究學術研討會論文集，12 頁。
2. 行政院國家發展委員會(2012)。國家氣候變遷調適政策綱領。台北市，臺灣。
3. 張志新、林又青、陳映彤(2012)。坡地災害風險區調適基準探討-以土地利用為例。中華水土保持學會年會及學術研討會論文集 P1-P15。

4. 邱怡禎、陳美心、周姝君(2013)。脆弱度分析於山坡地保育區域規劃之研究。社團法人中華水土保持學會 102 年度年會。
5. 陳韻如、陳偉柏、林又青、劉佩鈴、施虹如、蘇元風、陳永明、張志新(2014)。氣候變遷衝擊下災害風險地圖。國家災害防救科技中心。
6. 國家發展委員會(2014)。國家氣候變遷調適行動計畫 102~106 年。國家發展委員會。
7. 陳韻如、林宣汝、張駿暉、陳永明(2016)。應用 RCP8.5 氣候情境評估氣候變遷下之災害風險圖。國家災害防救科技中心。
8. 陳韻如、林宣汝、陳永明(2016)。氣候變遷下淹水及坡地災害風險地圖圖集。國家災害防救科技中心。
9. 童裕翔、陳正達、劉俊志、陳永明(2019)。統計降尺度(日)資料評估與應用。國家災害防救科技中心。
10. 黃國慶、詹士樑、蘇冠臻、王姿懿(2019)。臺灣都市階層體系變動趨勢之探討。中華民國都市計劃學會。第四十八卷，第一期，P.1~P.26。
11. IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX). Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
12. IPCC (2014). The Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC.