

氣候變遷災害風險圖資查詢平臺

劉俊志、陳韻如、林祺恒、黃亞婷、林宣汝

國家災害防救科技中心 氣候變遷組

摘要

隨著氣候變遷加劇，極端氣象事件的發生頻率與強度持續升高，氣候變遷災害風險可能提高。國家災害防救科技中心(以下簡稱災防科技中心)建構氣候變遷災害風險調適平臺之圖臺，整合最新 IPCC 第六次評估報告氣候推估資料，產製涵蓋不同全球暖化程度與溫室氣體排放情境下之坡地與淹水災害風險圖資。該圖臺支援多空間尺度查詢，搭配圖臺查詢介面與進階分析工具，提供地方政府、調適規劃單位及公眾檢視災害危害、脆弱度、暴露度與風險指標。國內縣市的「氣候變遷調適執行方案」為積極回應聯合國永續發展目標之氣候行動目標，完備減緩與調適行動，已採用最新推估資訊評估氣候變遷相關災害風險，部分縣市藉由「縣市災害情資網」，展示氣候變遷災害風險圖資，提升在地氣候風險評估與調適規劃能力。本文旨在介紹圖臺之資料來源、各項功能與應用實例，以利使用者了解圖臺查詢與應用方式，落實應用於氣候調適政策推動與災害風險管理。

一、前言

「氣候變遷因應法」於 2023 年 2 月 15 日公布實行，其第三章第 17 條提到，以科學為基礎，檢視現有資料、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。「國家氣候變遷調適行動計畫(112-115 年)」於 2023 年 10 月 4 日經行政院核定，地方政府應於 1 年內完成訂修氣候變遷調適執行方案。2025 年 2 月環境部已於網站發布核定正式版 22 個縣市的氣候變遷調適執行方案，地方政府的氣候變遷調適執行方案多數使用 IPCC 第六次評估報告(IPCC Sixth Assessment Report, AR6)最新未來推估資訊進行氣候變遷災害風險評估。其中約 7 成縣市(17/22)地方氣候變遷調適執行方案引用災防科技中心產製之氣候變遷災害風險圖(<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/AdvanceTool/TotalRisk>)，評估各縣市氣候變遷淹水與坡地災害風險。此外，約半數縣市之災害情資網(<https://eocdss.ncdr.nat.gov.tw/web/Entry>)已利用網頁圖臺展示氣候變遷災害風險圖資，使用者可透過網頁操作，點選、平移、放大或查詢各地點的氣候變遷災害風險資訊。

近年來災防科技中心持續開發氣候變遷災害風險圖(陳等人，2019；陳等人，2020；陳等人，2022)並建構氣候變遷災害風險與調適平臺(Disaster Risk and Adaptation of Climate Change Platform，以下簡稱 Dr. A)之圖臺(<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/Tools/ShowMapBoxWMS>)，讓使用者能

夠透過網頁進行瀏覽與查詢資料。隨著氣候推估資料不斷的推陳出新，氣候變遷災害風險圖第一、二、三版本之產製分別採用 AR4 動力、AR5 動力、AR5 統計降尺度氣候推估資料(如圖 1 所示)，目前最新版本為第四版，其應用最新 AR6 統計降尺度多個全球氣候模式(Global Climate Model, GCM)之氣候推估日資料，評估全球暖化程度(Global Warming Level, GWL)與溫室氣體排放情境(Shared Socioeconomic Pathways and Representative Concentration Pathways, SSP-RCPs)下，不同空間尺度之災害風險圖。

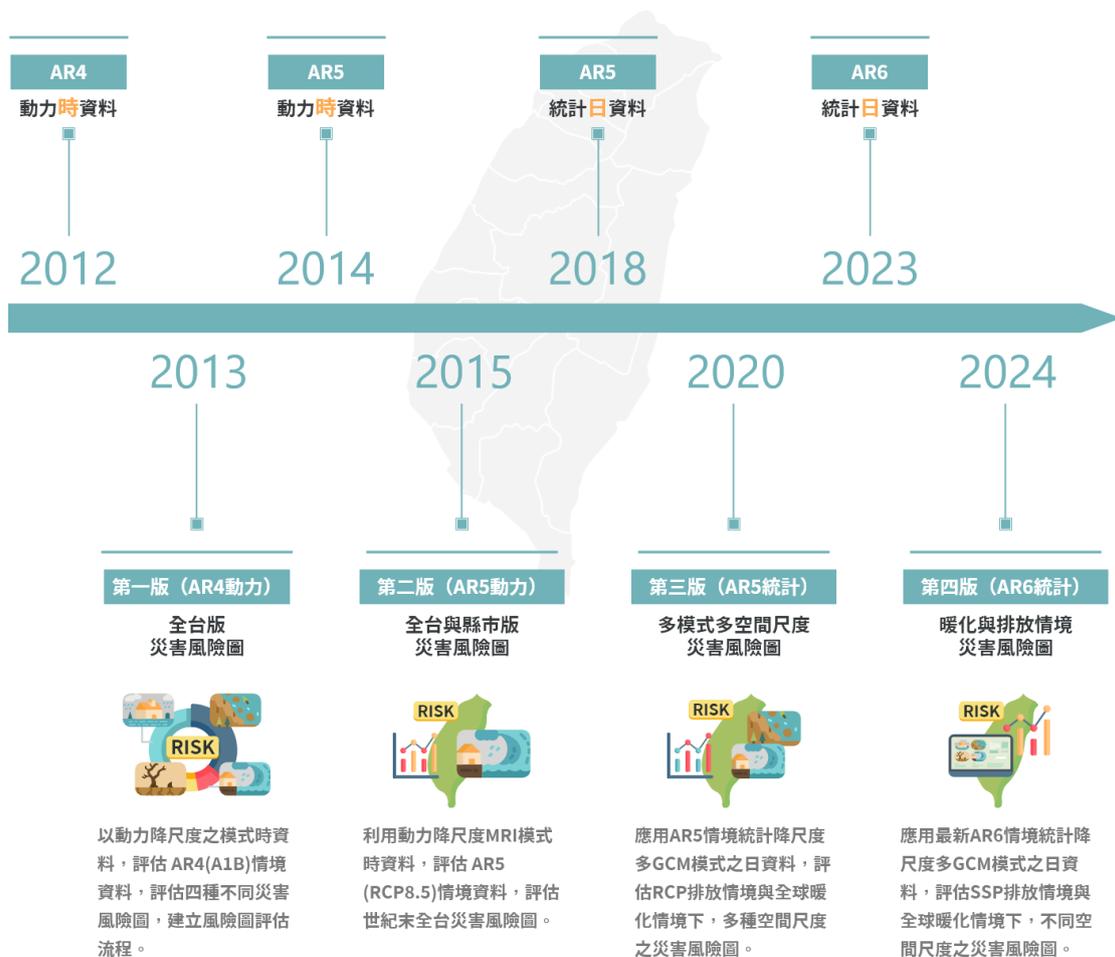


圖 1、Dr. A 風險圖之發展歷程

新版成果可至 Dr. A 圖臺查詢。Dr. A 風險圖之產製詳細說明，可參考災害防救電子報介紹全球暖化程度下的淹水與坡地災害風險圖之產製與應用(黃等人，2023；陳等人，2023)。本文著重於說明 Dr. A 圖臺之各項功能，使用者可利用 Dr. A 圖臺查詢各種空間尺度之氣候變遷淹水與坡地災害風險。

Dr. A 風險圖研發工作之定位可歸類在國家調適行動計畫中「能力建構下的科研接軌」，運用科學資料進行風險圖資的測試開發，因此風險圖屬於「科學圖資」，而圖臺建置的旨在於促進各界更容易了解風險圖資的應用潛力，同時也必須提醒使用者注意其在實際應用上的限制。例如(1)本圖資所使用之氣候變遷推估資料具有高度不確定性，氣候推估資料之原始空間解析度為網格 5km，經內插處理為其它空間尺度後，可能增加更高的空間不確定性，應用時需審慎評估其限制；(2)圖資結果係以統計降尺度方法，整合多個 GCM 模式後取眾數(系集眾數)進行呈現，僅適用於辨識氣候變遷災害風險之相對高低，不保證可用於任何特定目的，亦不得作為開發限制、法律依據或監管用途。

二、 氣候變遷下淹水與坡地災害風險圖

Dr. A 風險圖之氣候變遷情境包括 AR6 不同全球暖化程度與溫室氣體排放情境兩類，說明如後。

(一) 全球暖化程度下災害風險圖

AR6 不同全球暖化程度包括 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 1.5°C 、 2°C 與 4°C ，GWL 為以工業革命前(1850-1900 年)為基準評估全球年均溫上升的幅度，GWL $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 為相較工業革命前全球均溫上升 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (時期為 1995-2014 年) 的情況，GWL 1.5°C 、 2°C 與 4°C 風險圖均以 GWL $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 為基準，推估之災害風險變化。各種 GWL 之詳細說明，可參閱臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台(Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform, TCCIP) 網頁之知識服務 (https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/tr_02.aspx?category_id=20230321144517&faq_id=20230321145350)。「112-116 年的國家氣候變遷調適行動方案」設定現況約 GWL 1°C ，並將 GWL 1.5°C 、 2°C 分別設為短期(2021-2040 年)、中期(2041-2060 年)調應用情境。

Dr. A 風險圖之危害、脆弱、暴露與風險指標之定義與計算詳閱陳等人(2019；2020；2022)與蘇等人(2024)相關文獻。Dr. A 圖臺可查詢全球暖化程度下坡地災害危害脆弱度圖(如圖 2)，包含 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 1.5°C 、 2.0°C 、 4.0°C 四種全球暖化程度可以選擇。相對應 GWL 危害脆弱度圖則於下方地圖即時呈現，可點選三種空間尺度(鄉鎮市區、最小人口統計區與網格 5km)，或者點選不同風險指標(包括風險圖、危害度、脆弱度、危害脆弱度、暴露度)，地圖則更新展示該空

間尺度之GWL下坡地災害風險指標圖，如圖3所示。

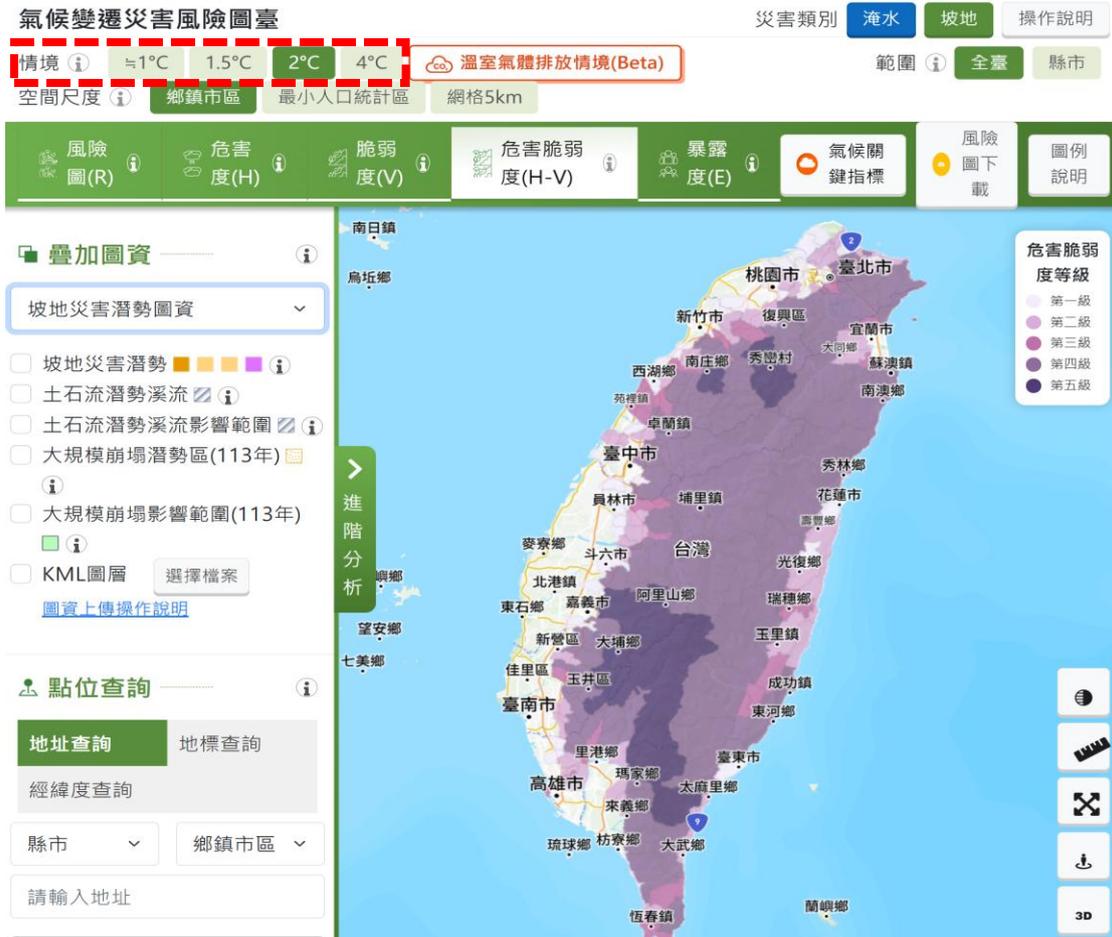


圖 2、全球暖化程度下坡地危害-脆弱圖(空間尺度：鄉鎮市區)



圖 3、全球暖化程度下坡地災害風險圖(空間尺度：鄉鎮市區)

(二) 溫室氣體排放情境下災害風險圖

溫室氣體排放情境為「共享社會經濟路徑」與「代表濃度路徑」搭配，簡稱 SSP-RCPs，代表在不同社會經濟發展之下產生輻射強迫力的差異，分別有 SSP1-2.6(低)、SSP2-4.5(中)、SSP3-7.0(高)與 SSP5-8.5(極高)等四種情境。未來時期包括短期(2021-2040 年)、中期(2041-2060 年)與長期(2081-2100 年)。詳細情境說明請參閱 TCCIP 網頁 (https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ds_02_06_ar6.aspx)。

Dr. A 圖臺可查詢溫室氣體排放情境下淹水災害風險圖，選擇溫室氣體排放情境後，有四種低、中、高、極高排放量，以及三種短、中、長期時段可選擇，並有全臺與不同縣市範圍可供選擇(如圖4)。圖臺亦收集不同空間尺度(包含鄉鎮市區、最小人口統計區、網格 5km 與網格 40m)與風險指標(包括危害度、脆弱度、危害-脆弱度、暴露度等)之圖資可供查詢。點選不同風險指標與空間尺度，地圖則更新展示該空間尺度之溫室氣體排放情境下各項淹水災害風險指標圖資，如圖 5 所示。

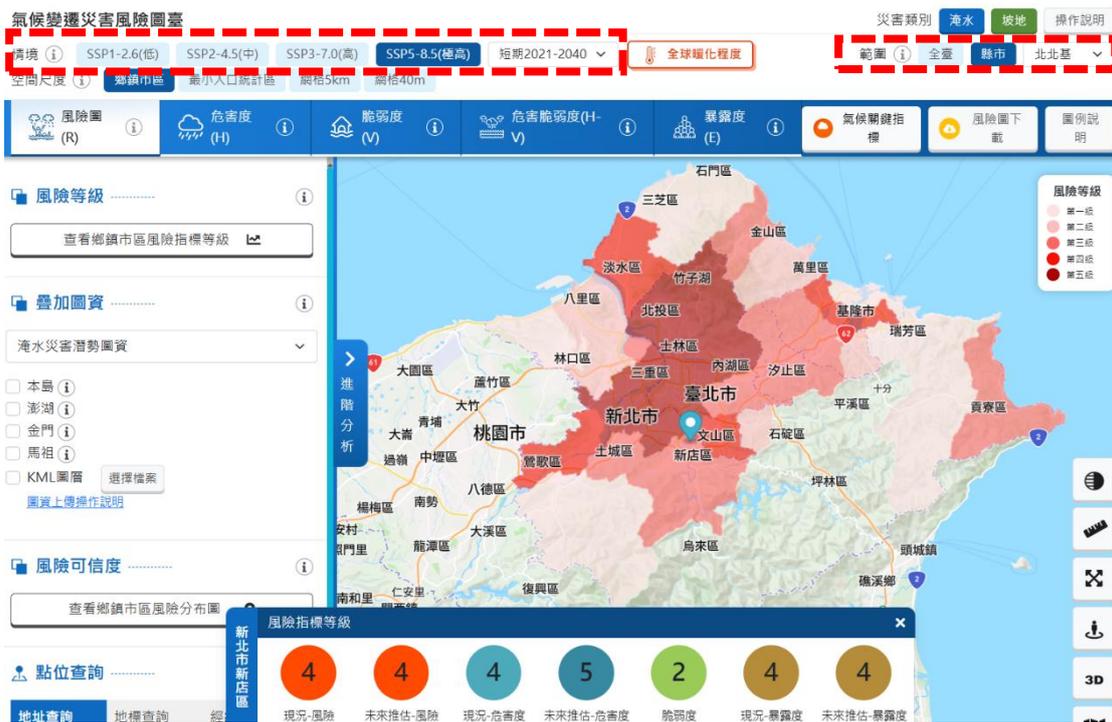


圖 4、縣市範圍之溫室氣體排放情境下(SSP585-短期)淹水災害風險圖(空間尺度：鄉鎮市區)

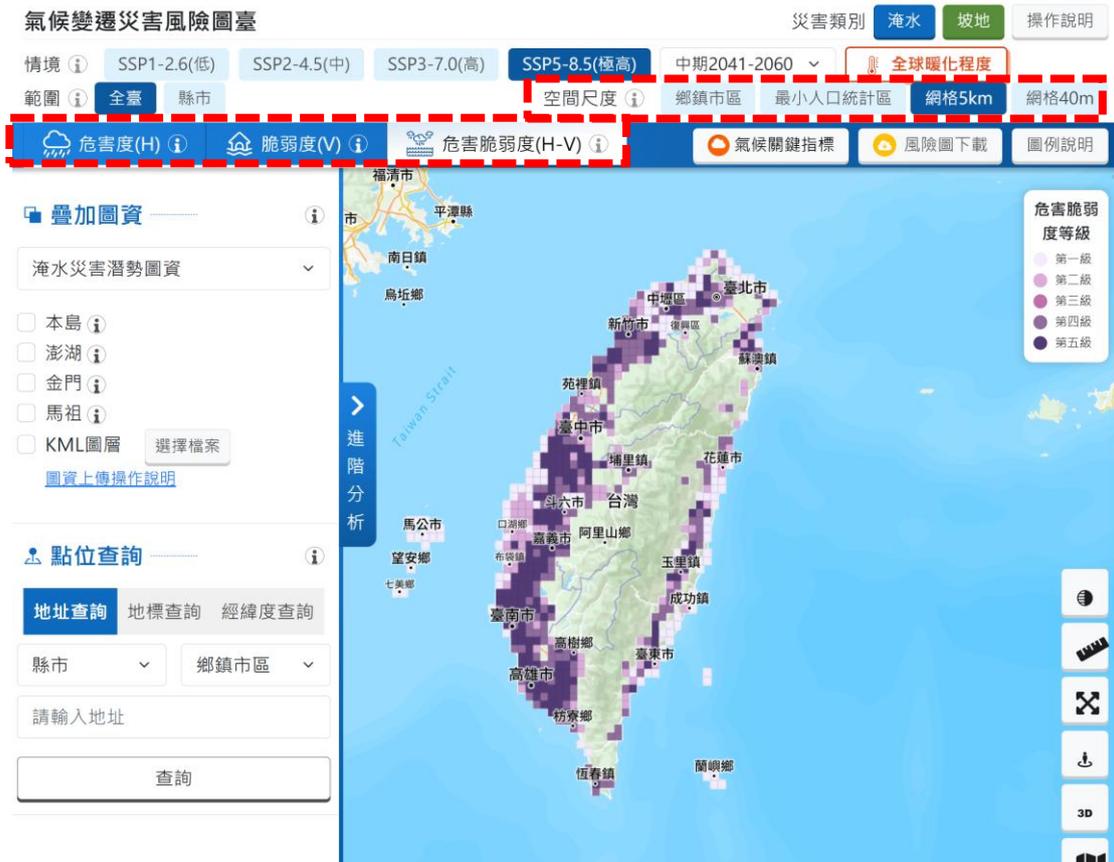


圖 5、溫室氣體排放情境下淹水危害-脆弱圖(空間尺度：網格 5km)

(三) 圖資空間尺度

Dr.A 圖臺展示四種空間尺度之氣候變遷淹水風險圖，以因應使用者的各項需求。但空間尺度愈小的風險圖並非代表愈精確，其空間尺度愈小的風險圖不確定性更高，要小心應用與解讀。因產製風險圖時，經常無法收集到同樣空間尺度的所有資料(包括危害、暴露、脆弱)，當資料由原本空間尺度轉換至更高或更細空間尺度時，會使用空間尺度轉換計算。因而，轉換空間尺度後資料相較於原本資料而言有更高的不確定性，應用時需注意其不確定性與限制。

以下就氣候變遷淹水風險圖的四種空間尺度進行說明：

- 1、 鄉鎮市區：以行政單元劃設，若在全臺空間分布上，較容易辨識其差異性，但同時有區域均質化的現象，此空間尺度建議應用於全國層級之規劃或跨縣市之議題討論。
- 2、 最小人口統計區：為內政部統計人口或社會經濟彙整資料之最小空間單元(約為村里尺度)，每一單元人口數小於 400 人，其圖資建議用於縣市層級之區域規劃。
- 3、 網格 5km：為 TCCIP 提供氣候推估資料之 5km 網格大小，有區域均質化的狀況，無法辨識出細緻尺度之空間差異，圖資建議使用於全國層級之規劃，與不同領域之應用(如工業區、農業、漁業等產業)。
- 4、 網格 40m：以淹水潛勢圖之空間尺度分析，受限於淹水潛勢圖的版本，不確定性高，未來有新版淹水潛勢圖將配合更新，圖資建議適用於縣市層級或是小區域之土地利用規劃。

氣候變遷坡地災害風險圖則有三種空間尺度(鄉鎮市區、最小人口統計區與網格 5km)，可參照上述氣候變遷淹水災害風險圖相同空間尺度之說明。

三、 Dr.A 圖臺各項功能介紹

Dr. A 圖臺利用 Mapbox 圖臺開發展示各項風險圖資，如圖 6 所

示。Dr. A 圖臺上將複雜的科學數據轉化成易於理解的空間分布圖，展示淹水與坡地災害風險評估成果，透過更具互動性與美觀性的使用者介面，方便使用者切換圖資與查詢。以下介紹 Dr. A 圖臺各項功能，利於使用者進一步了解圖臺之操作。

1 工具列

點選各項災害資料條件，篩選出所需的風險圖資

2 地圖

可選定區域，縮放檢視

3 進階分析

用於疊加圖資、輸入點位資料等，進一步檢視詳細資訊

4 小工具

提供 3D、實景等不同形式圖資



圖 6、Dr.A 圖臺與主要功能畫面

(一) Dr. A 圖臺的主要功能

Dr. A 圖臺可概分為四個主要功能，分別是工具列、地圖、進階分析與小工具，分述如下：

- 1、 **工具列**：可選擇各項災害資料條件，展示所需的風險圖資。可選擇各項災害資料條件包括災害類別(淹水或坡地)、範圍(全臺或縣市)、情境(全球暖化程度≡1°C、1.5°C、2°C、4°C或溫室

氣體排放情境)、空間尺度(鄉鎮市區、最小人口統計區、網格 5km 或網格 40m)、風險指標(風險圖 R、危害度 H、脆弱度 V、危害脆弱度 H-V 或暴露度 E)。

- 2、 **地圖**：可利用滑鼠操作網頁，選定或平移區域、進行圖資之縮放與檢視。地圖右上方圖例，顯示風險不同等級之色階，愈深色代表等級愈嚴重。
- 3、 **進階分析**：包括風險等級、疊加圖資、風險可信度、點位查詢四大功能，可進一步檢視風險圖資更詳細之資訊。
- 4、 **小工具**：提供一般圖臺呈現圖資的基本功能，包括圖資透明度之設定、圖面距離測量工具、全螢幕功能鍵與底圖切換。此外，圖臺利用 Mapbox 3D 呈現三維立體圖資，利於查看地形起伏與建物高程，並介接 Google 現地實景功能，以利使用者了解現地狀況。

(二) Dr.A 圖臺的災害類別與氣候情境

查詢風險圖資時，第一步驟先挑選災害類別查詢淹水或坡地災害之現況(≡1°C)風險，可切換不同災害類別，查詢淹水或坡地的災害風險分布，此外，可以配合全球暖化程度或溫室氣體排放情境之切換，了解在不同情境下的風險程度。

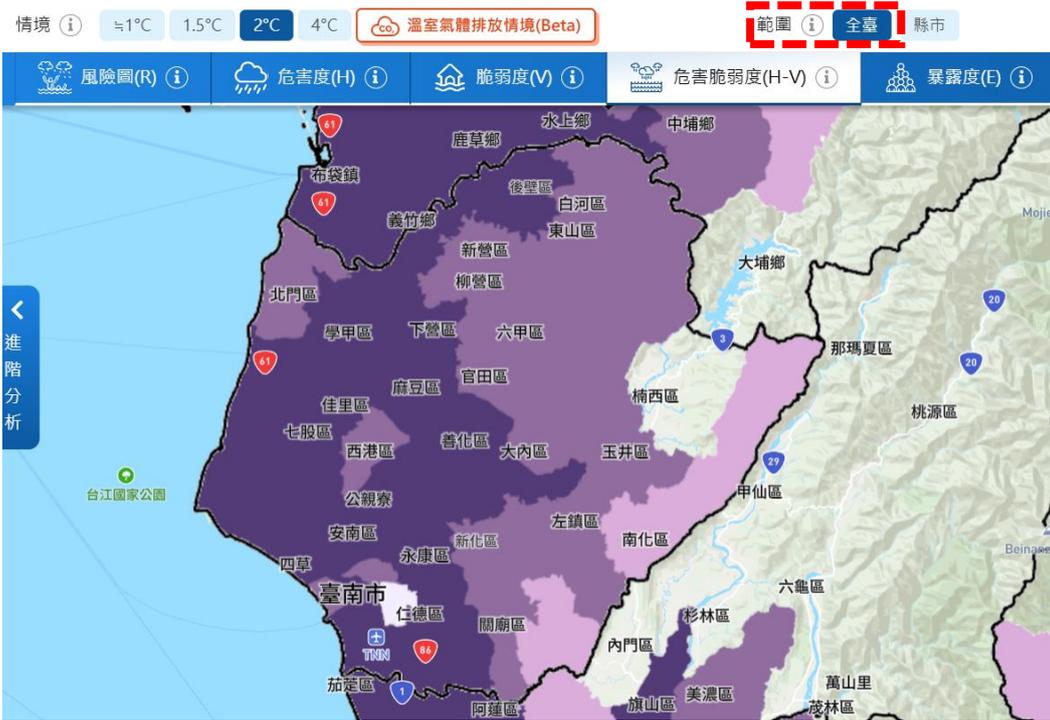
由 Dr.A 圖臺之工具列色系可區分災害類別，淹水以藍色系呈

現，坡地則以綠色呈現(如圖 2)。以圖 6 為例，圖臺預設選取災害類別為淹水，故圖 6 上方 Dr.A 圖臺之工具列色系為藍色，同時，圖臺預設選取 $GWL2^{\circ}C$ ，故而圖 6 地圖顯示 $GWL2^{\circ}C$ 下淹水風險圖資。

(三) Dr.A 圖臺的區域範圍查詢與各項風險指標

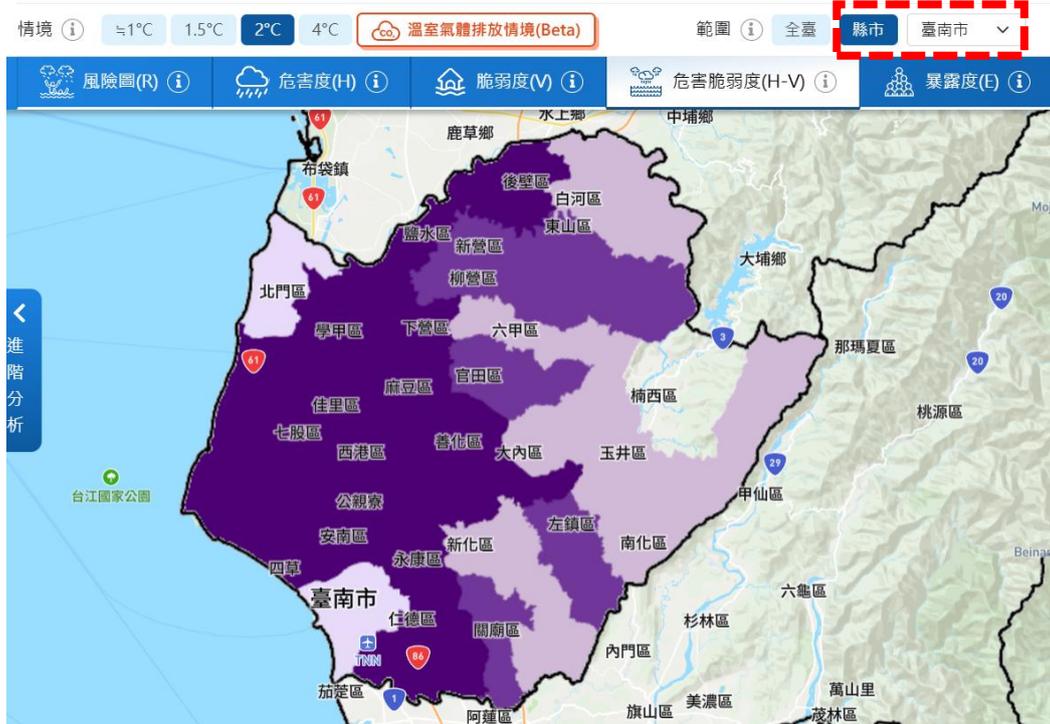
圖臺提供全臺或縣市範圍的圖資查詢，可於工具列中的範圍選項(全臺或縣市)進行選擇。查詢全臺與縣市版氣候變遷淹水危害脆弱度圖為例，並局部放大臺南市(如圖 7(a))，圖 7 顯示全臺與縣市版之危害脆弱度圖，由於全臺版是使用全臺所有鄉鎮市區資料進行排序與分級，因此會與縣市版(圖 7(b))採用縣市所有鄉鎮市區資料進行排序與分級之結果不同。縣市範圍並非是全臺的放大檢視，可依據查詢需求選擇範圍，查詢縣市內鄉鎮等級比較，建議選擇該縣市範圍呈現(圖 7(b))，若欲評估全臺鄉鎮市區之相對等級，則選擇全臺範圍(如圖 7(a))。

氣候變遷災害風險圖臺



(a)全臺版

氣候變遷災害風險圖臺



(b)縣市版

圖 7、Dr.A 圖臺之切換區域範圍查詢危害脆弱度等級

(四) Dr.A 圖臺的各項風險指標圖資

風險指標包括風險圖、危害度、脆弱度、危害脆弱度與暴露度，如圖 6，此外，由於暴露度採用人口統計或人口推估資料計算而得，目前並無網格 5km 與網格 40m 空間尺度之人口資料，因此並無產製網格 5km 與網格 40m 空間尺度之暴露度與風險圖。

查詢縣市版氣候變遷淹水災害之風險圖與暴露度圖，以臺南市為例，查詢淹水災害風險指標之空間分布(如圖 8)，各種風險指標圖資的顏色越深表示該鄉鎮市區風險等級越高。

風險為危害、脆弱、與暴露因子之綜合影響。圖 7(b)顯示臺南市沿海與中部區域鄉鎮未來淹水可能性較高，而圖 8 臺南市淹水災害之風險圖(R)顯示中間區域淹水災害風險等級較高，參照圖 8 臺南市淹水災害之暴露度圖(E)後，可發現是因為人口稠密(暴露等級較高)之影響。

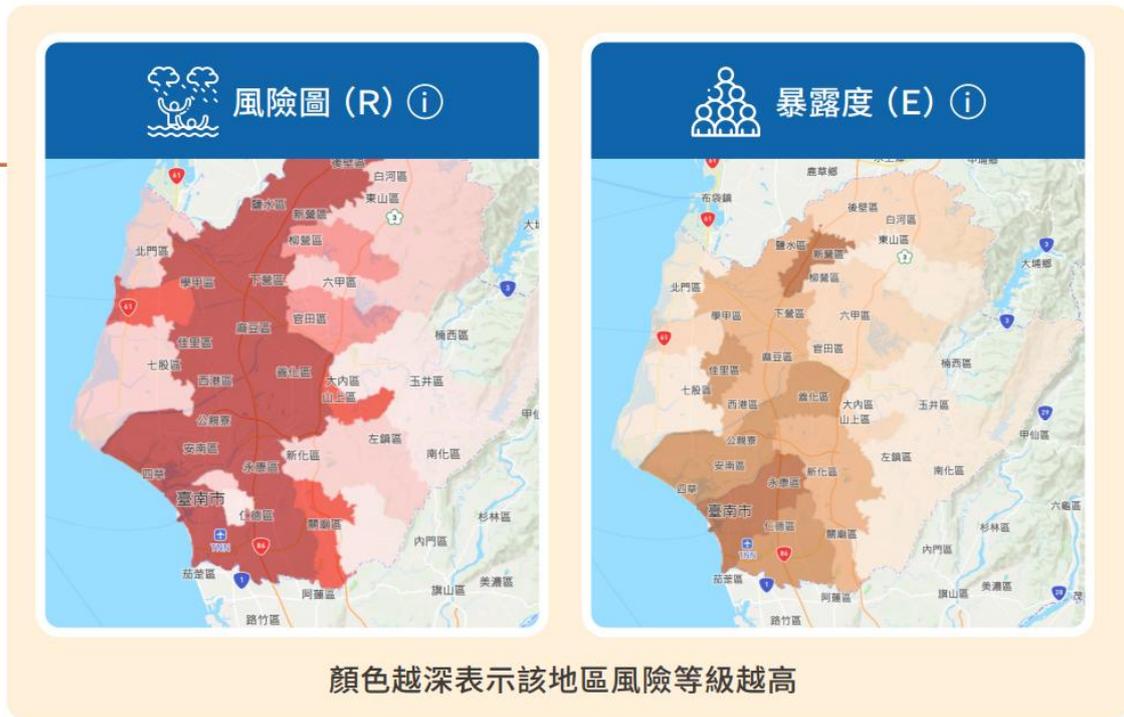


圖 8、Dr.A 圖臺之不同風險指標圖資

(五) Dr.A 圖臺的不同空間尺度圖資

圖臺的氣候變遷淹水災害危害脆弱度圖，提供四種空間尺度，包括鄉鎮市區、最小人口統計區、網格 5km 與網格 40m，而坡地則有三種空間尺度(包括鄉鎮市區、最小人口統計區與網格 5km)。

GWL2°C下淹水災害危害脆弱度圖之空間尺度選擇最小人口統計區後(如圖 9 所示)，可查詢最小人口統計區之 GWL2°C下淹水災害危害脆弱度等級，此外將最小人口統計區空間尺度圖資(圖 9)與鄉鎮市區空間尺度(圖 7(b))進行比較，可看出最小人口統計區空間尺度圖資(相較於鄉鎮市區空間尺度圖資)有更細尺度之空間資訊，使用者可視需求查詢合適之空間尺度圖資。

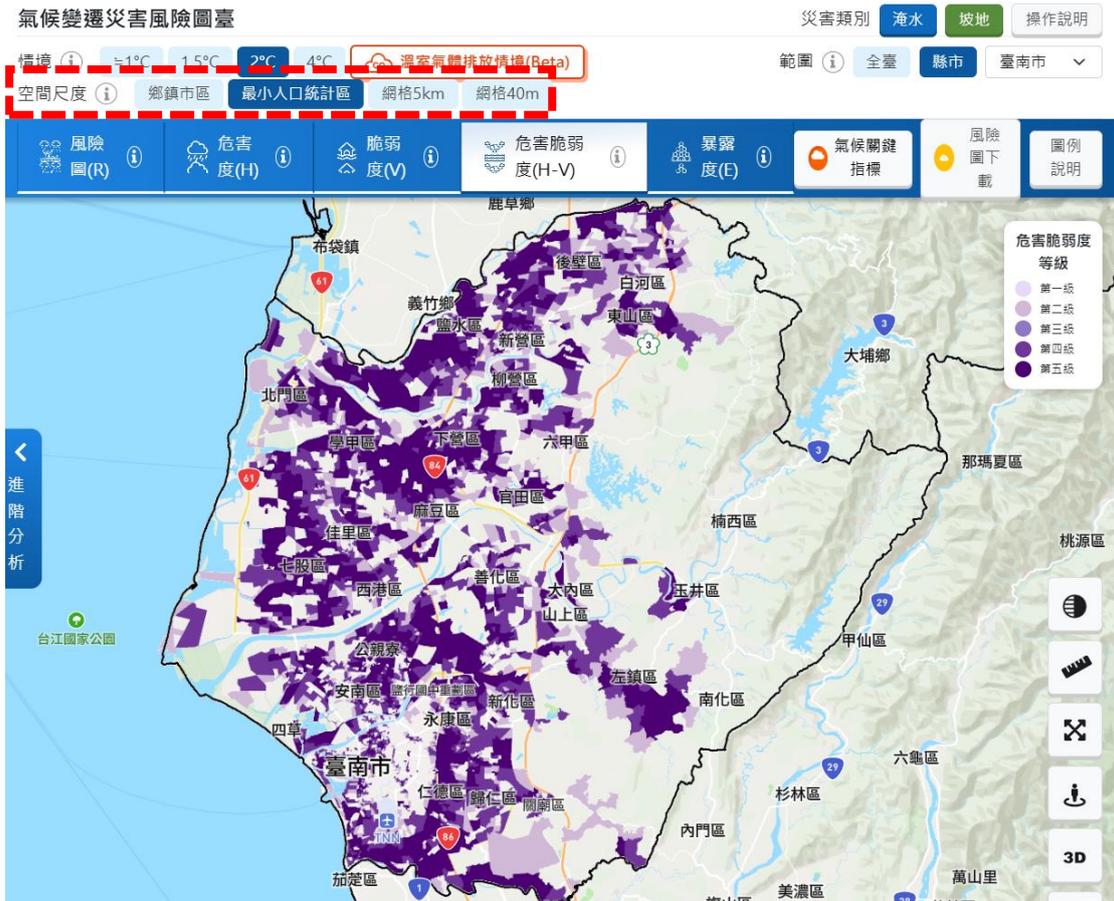


圖 9、Dr.A 圖臺之選用不同空間尺度(最小人口統計區)圖資

(六) Dr.A 圖臺的疊加圖資功能

圖臺的左邊進階分析區中的「疊加圖資」功能，提供五類圖資可套疊，包含淹水災害潛勢、坡地災害潛勢圖資、歷史災害圖資、交通運輸圖資與其他基礎圖資等，可供選取相關圖資疊加於 Dr.A 圖臺之各項風險圖，進行空間套疊與查詢風險等級。

以查詢交通要道於 GWL2°C 下淹水發生的可能性為例，首先，GWL2°C 下淹水災害危害脆弱度圖之空間尺度選擇最小人口統計區後，再疊加交通運輸圖資(例如高速鐵路與鐵路)，如圖 10，可顯示臺南市新市區的高速鐵路與鐵路交通要道於 GWL2°C 下，淹水災害危害脆弱度等級的查詢結果。

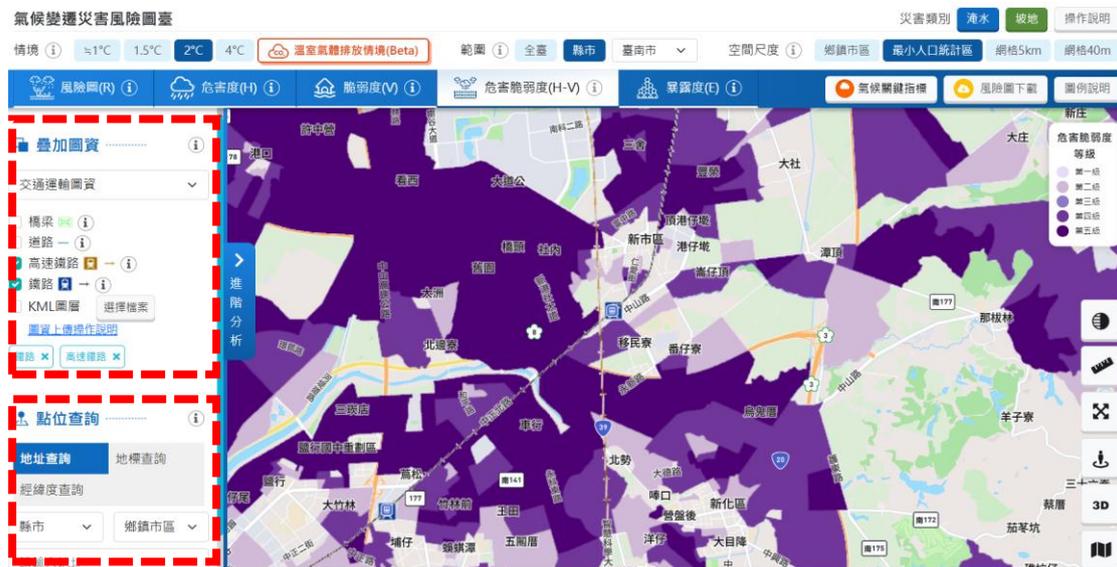


圖 10、Dr.A 圖臺之疊加圖資

此外，亦可使用「疊加圖資」中的「KML 圖層」，直接上傳多個點位的資料，進行空間套疊比較，或者使用進階分析區中的「點

位查詢」功能，查詢特定地標或地址的未來淹水風險等級。

(七) Dr.A 圖臺的查詢全臺版風險指標等級

圖臺中進階分析區之「風險等級」可快速查詢全臺版特定鄉鎮市區多項指標(如圖 10)，例如臺南市六甲區的現況風險、未來推估風險、現況危害度、未來推估危害度、脆弱度、現況暴露度與未來推估暴露度的等級。若要查詢其他鄉鎮市區的多項指標，可移動地圖上之釘選圖釘，即可快速查詢評估其他鄉鎮市區的各项災害風險指標。



圖 10、Dr.A 圖臺之查詢全臺版鄉鎮災害風險指標等級

四、 結論

災防科技中心之氣候變遷災害風險調適平臺之圖臺提供氣候變遷下風險圖資之查詢，使用者可利用 Dr.A 圖臺查詢各種空間尺度之氣候變遷淹水與坡地災害風險，針對圖臺風險圖資查詢之操作重點如下：

1. 提供的氣候情境：目前為第四版氣候變遷淹水與坡地災害風險圖，提供的氣候情境包括全球暖化程度與溫室氣體排放情境兩種，其中，基期設定為 1995-2014 年，全球暖化程度包括 $\Delta T = 1^{\circ}\text{C}$ 、 1.5°C 、 2°C 、 4°C ，溫室氣體排放情境之未來時期設定包括短期(2021-2040 年)、中期(2041-2060 年)與長期(2081-2100 年)。
2. 圖臺功能：圖臺畫面主要四項功能，工具列、地圖、進階分析與小工具，用以展示淹水與坡地災害風險各項成果，透過更具互動性使用者介面，方便使用者切換圖資與查詢。
3. 圖資進階應用：風險圖資依照範圍區分為全臺版與縣市版，可分別查詢各空間尺度之全臺或縣市排序後之等級；四種空間尺度之風險圖資(包括鄉鎮市區、最小人口統計區、網格 5km 與網格 40m)可依使用者需求進行選擇；圖臺之進階分析區之「疊加圖資」可供使用者疊加各種主題圖層，配合風

險圖資進行空間分析，進階分析區之「風險等級」可快速查詢全臺版特定鄉鎮市區多項指標。

參考文獻

1. 陳韻如、林宣汝、劉俊志、連琮勛、陳永明(2019)。應用統計降尺度日資料於淹水災害風險圖。國家災害防救科技中心技術報告。
2. 陳韻如、林宣汝、劉俊志、黃亞婷、童裕翔、陳永明(2022)。暖化情境下坡地災害風險辨識，國家災害防救科技中心技術報告。
3. 陳韻如、林宣汝、黃亞婷、劉俊志、連琮勛、陳永明(2020)。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。
4. 陳韻如、劉俊志、林宣汝、陳永明(2023)。暖化情境下氣候變遷坡地災害風險圖。國家災害防救科技中心災害防救電子報第 217 期。
5. 黃亞婷、陳韻如、劉俊志、林宣汝(2022)。氣候變遷災害風險圖台展示與應用。2022 台灣地理資訊學會年會暨學術研討會。
6. 黃亞婷、陳韻如、劉俊志、林宣汝、陳永明(2023)。全球暖化情

境下氣候變遷淹水災害風險圖。國家災害防救科技中心災害防
救電子報第 211 期。

7. 蘇元風、劉俊志、陳韻如(2024)。氣候變遷資料偏差校正及水文
頻率分析之探討。土木水利，第五十一卷，第一期，第 24-28
頁。