

# 因應氣候與環境變遷之防減災調適策略-

## 氣候變遷風險地圖製作

### Producing of Risk Maps in a Changing Climate

陳韻如、陳偉柏、林又青、劉佩鈴  
施虹如、蘇元風、陳永明、張志新

國家災害防救科技中心

#### 摘要

氣候變遷衝擊可能造成臺灣將面臨更嚴重之氣象危害，其發生嚴重程度加重，且發生頻率與影響時間更加持久，如劇烈極端降雨、侵台颱風強度增加、嚴重乾旱等危害。這些危害將會造成災害風險提高，特別是對於原本就位於高脆弱度特性之區域。本研究藉由定義災害風險與建立評估風險圖評估流程，建立臺灣氣候變遷衝擊下災害風險圖，研究中分析近未來與世紀末兩個推估時期下，淹水、海岸、乾旱與坡地災害風險圖。風險圖是由危害度指標與脆弱度指標所組成，氣候變遷情境資料是採用日本氣象廳模擬之全球環流模式（簡稱MRI模式）的20km網格點資料，配合天氣研究與預報模式系統（簡稱為WRF模式）降尺度至臺灣5km之網格點氣候資料，進而應用於評估暴雨發生的頻率（日雨量超過350mm與600mm之機率）、颱風造成之暴潮衝擊以及乾旱特性，將分析氣象特性分別作為坡地災害、淹水、海岸與乾旱災害之危害度指標。脆弱度指標方面則是由環境脆弱度（如淹水潛勢、乾旱特性、平均潮差等）與社會脆弱度指標（如人口密度、社會發展指標、產值等）所評估。研究中利用地理資訊系統，評估全台鄉鎮災害風險等級，以展示氣候變遷衝擊下基期（1979~2003）、近未來（2015~2039）與世紀末（2075~2099）三個推估期下的四種不同災害風險之熱點分布。未來決策者便可依據此風險圖，提出合適的調適策略以降低災害風險。目前研究中採用單一動力降尺度模式分析氣候變遷衝擊，未來研究將採用統計降尺度資料，採用合多模式結果並配合天氣合成模式，評估各災害類別之危害度發生的可能性，以降低目前採用單一模式之不確定性。

**關鍵詞：**危害度、脆弱度、熱點、動力降尺度

#### Abstract

Climate change is making hazards with more intense, more frequent, and longer lasting, such as floods, cyclones and droughts. These will increase risk of disasters,

especially in area of high vulnerability levels. This study identifies risk of disasters and assesses the risk map of Taiwan due to climate change for the near future and end of century period. The risk map is composed of hazard and vulnerability index. The 5km high-resolution data dynamic downscaling from WRF model and JMA/MRI general circulation model is applied to assess the probability of occurred of storm(over 350mm/day; 600 mm/day) and maximal storm surge and for landslide, flooding, coastal and drought disaster, as hazard indexes. The vulnerability is evaluated from environmental (e.g., potential Inundation, drought characteristic, average tidal etc.) and socio-economic index (e.g., population density, Human development index, output value etc.). The Geographical Information Systems (GIS) is used to map and display counties of Taiwan rankings for four specific hazards associated with climate change: flooding, storm surge, drought and landslide disaster during period of baseline (1979~2003), near future (2015~2039) and the end of century (2075~2099).The results identify hotspots of high risk under changing climatic scenario and show the spatial variation tendency of hotspot in the three time periods. According to these maps, policymakers can provide appropriate adaptation strategies for reducing disaster risk. In the future study, the multi-model results from statistical downscaling and weather generator will be used to estimate probability of occurred of hazard to reduce the uncertainty which use a single-mode (MRI) to analysis climate change scenarios.

**Keywords : Hazard, Vulnerability, Hotspot, Dynamic downscaling.**

## 一、前言

本研究利用國科會『臺灣氣候變遷推估情境之平台建置計畫』（以下簡稱TCCIP）內之動力降尺度技術所產製之臺灣氣候變遷推估資料，進一步分析氣候變遷衝擊下之淹水、坡地、海岸與乾旱等四種災害之風險，並藉由風險評估流程，以危害度與脆弱度之分析方式來繪製四種災害風險圖，並提供氣候變遷衝擊下，於近未來與世紀末兩個推估時期之不同災害風險圖在熱點區域空間上的變化，以作為未來部會署推動氣候變遷調適政策綱領及行動計畫之參考。

災害風險圖能協助決策者、民眾以及利害關係人相對於各種災害風險之有效溝通，並提供各級政府單位進行更進一步之國土規劃、空間發展、防減災政策規劃之參考。以下將分別說明：(1)風險圖資之檢討與修正；(2)各災害類別風險圖製作與成果；(3)應科平台圖資展示等。

## 二、檢討與修正淹水坡地乾旱海岸災害四種風險圖資

回顧國家災害防救科技中心過去產製風險圖資的歷程，並檢討與修正之，最後確定風險圖分析方法與危害度指標之定義等工作。分述如下：

### 2.1 使風險定義一致性

過去危害度與脆弱度因子無法明確區分，且部分災害類別無納入氣候變遷因子，部分將環境變遷視為危害度，且過去指標計算方式不同，部分指標有權重。今年定義 $R=H*V$ （氣候變遷造成之危害\*環境脆弱度\*社會脆弱度），且已此三類指標等權重方式繪製風險圖。

### 2.2 確認風險圖分析方法

採用一致性風險圖評估流程如下圖所示，風險圖是由危害度與脆弱度組成（ $R=H \times V$ ），風險定義為氣候變遷衝擊對自然系統與人類社會經濟系統造成的可能損害程度。危害度定義為主要考量氣候變遷導致之氣候特性變化衝擊。而脆弱度定義為系統面臨氣候變遷危害所造成的衝擊，考量環境脆弱度與社經脆弱度。風險圖單純由指標套疊，評估未來氣候變遷衝擊，不同災害類別依據分析之鄉鎮展示風險圖。

風險圖以氣候變遷衝擊為主要考量，氣候變遷衝擊以氣象指標呈現危害度，災害風險則是以現況災害不將模式中尚未能模擬未來的災害狀況。暫不考慮調適指標，而是以此風險圖作為調適的參考。且不考慮環境變遷之衝擊，以現況環境表示，並以2020年的推估人口資料表示人口變化。

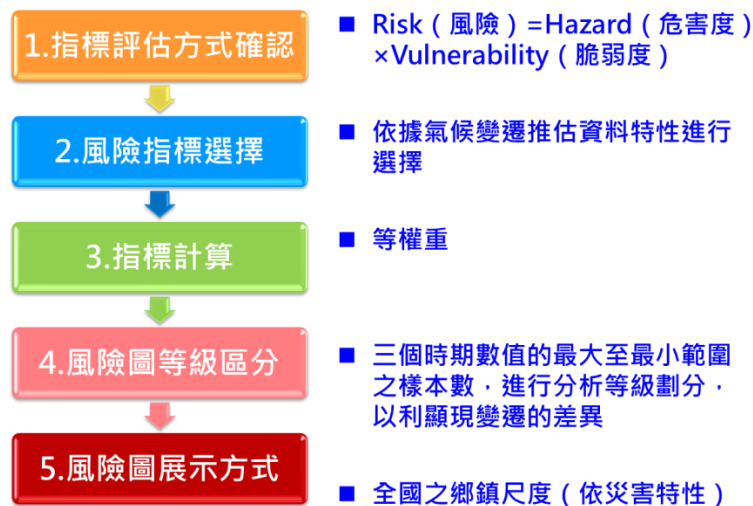


圖1 風險圖評估流程

### 2.3 確定危害度指標

過去依據可蒐集的資料，單純指標相互疊加，適用性尚須修正，且部分風險圖指標過多之問題。針對各個災害類別重新確認各項指標，修改後指標如下表。

表1 風險圖採用指標

風險圖	危害度	環境脆弱度	社會脆弱度
淹水災害風險圖	24hr雨量超過600mm發生之機率	淹水潛勢 (600mm/24hr) 地層下陷深度	人口密度 人類發展指標
坡地災害風險圖	24hr雨量超過350mm發生機率	歷史崩塌率 坡度 地質災害面積	人口密度 人類發展指標
海岸災害風險圖	颱風造成的暴潮偏差量	海岸坡度 平均潮差	人口密度 人類發展指標
旱災風險圖	公共用水乾旱風險圖	SPI3指標計算乾旱強度	民生缺水潛勢 (WRA <sup>1</sup> ) 人口密度 工業產值
	農業乾旱風險圖	SPI3指標計算乾旱強度	農業缺水潛勢 (WRA <sup>1</sup> ) 水稻產量

備註:1.資料來自水利署 (WRA) 相關成果報告。

### 三、各個災害類別風險圖製作與成果

依據上述的指標進行各項災害類別的風險圖的繪製，將危害度、環境脆弱度與社經脆弱度，三面向指標以等權重相乘後，進行風險分級。將各指標之原始數值，以等分位法1分級分成1-5級，等級越高，脆弱度與危害度越高。分析單元依據各風險圖影響鄉鎮數量進行等級劃分。並以最大變動範圍劃分等級：危害度指標以三個時期數值的最大至最小範圍之樣本數，進行分析等級劃分，以利顯現變遷的差異。風險圖展示方式，以基期 (1979-2003年)、近未來 (2015-2039年)、世紀末 (2075-2099年) 三推估時期之風險圖呈現，並針對各個災害只展示影響鄉鎮範圍。各個災害類別製作方式與成果如下圖1~圖8所示。

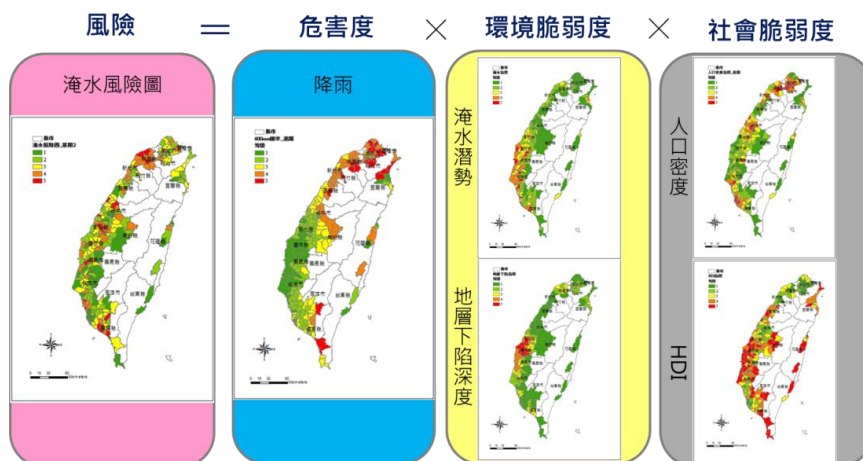


圖2 淹水風險圖製作

淹水風險圖主要受降雨影響有所變化，針對淹水潛勢高的雲彰南地區，雖近未來極端降雨發生機率較小但世紀末發生機率提高，使得淹水風險逐漸提高且範圍變廣，延伸至彰雲等較內陸的區域及往南延伸至高雄沿海鄉鎮。

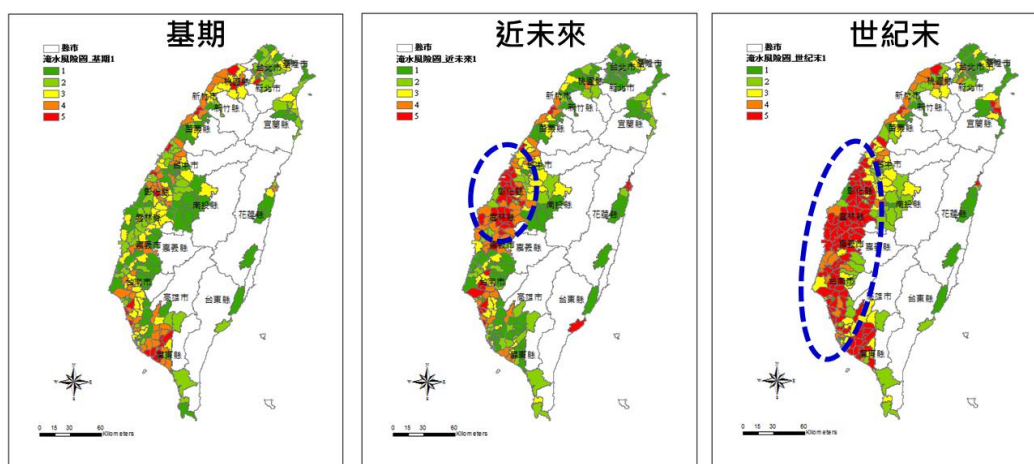


圖3 淹水風險圖成果（不考慮地層下陷）

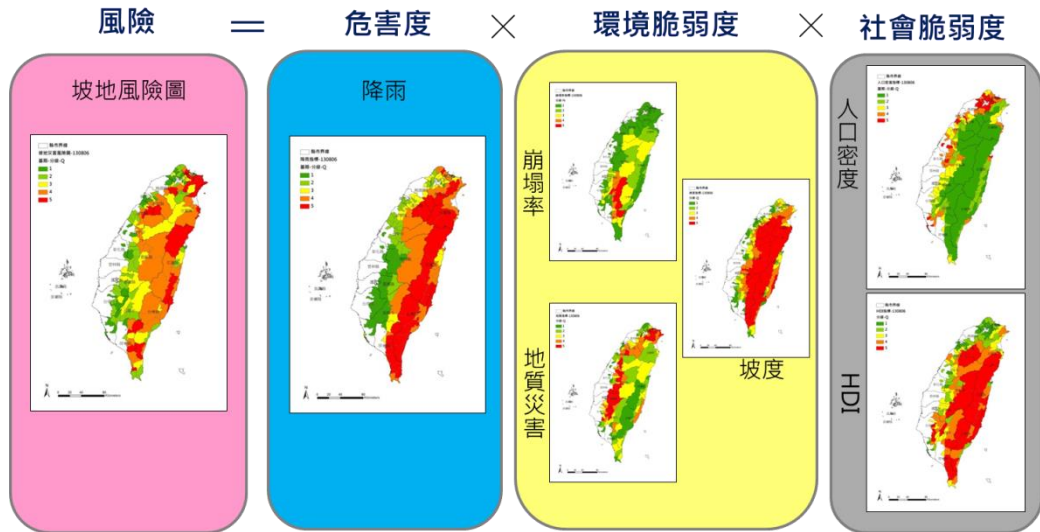


圖3 坡地風險圖製作

坡地災害風險圖主要受環境脆弱度與危害度指標影響，環境脆弱度高的區域集中於中南部與新竹與花蓮山區，在世紀末極端降雨發生機率提高，加重中部與南部與花蓮等山區之坡地災害風險。

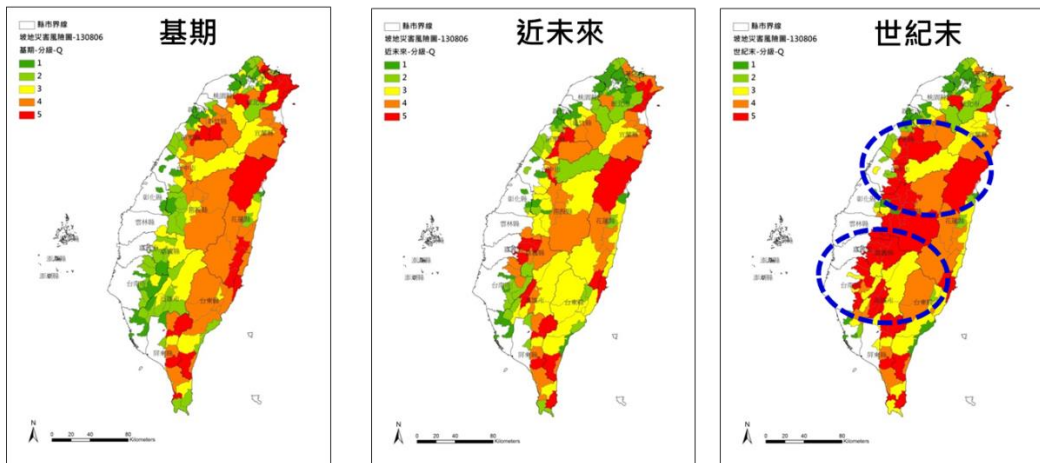


圖4 坡地風險圖成果





圖5 海岸風險圖製作

海岸風險圖以東北角與西南沿海鄉鎮之發生海岸溢淹風險等級較高，北部沿海鄉鎮瑞芳區、淡水河口南岸因較多颱風事件路徑從台灣上方經過，造成暴潮影響較大，而西南沿海之嘉義布袋、台南安南、屏東林邊因本身環境脆弱度偏高且在氣候變遷衝擊下使得海岸災害風險又提高。東部海岸因陡峭之岩岸地形，海水不易溯升至陸地，故其風險相對較低。

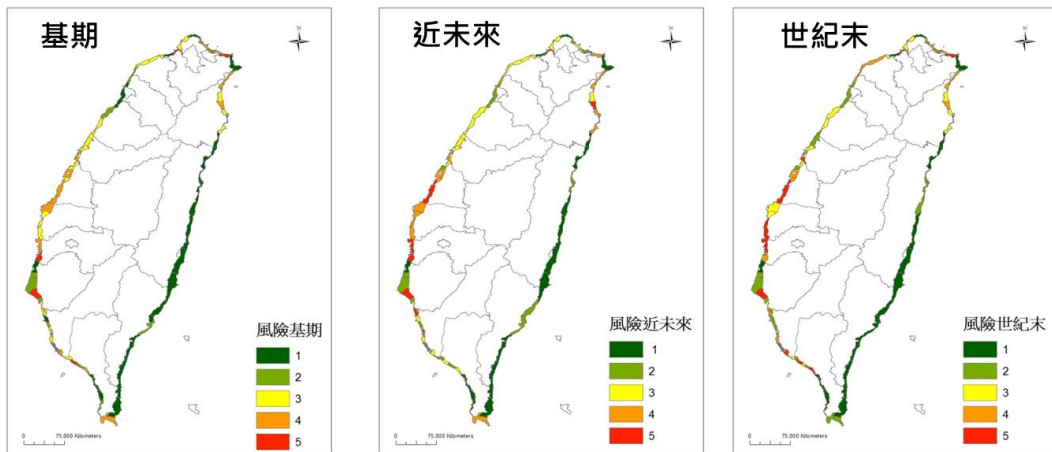


圖6 海岸風險圖成果

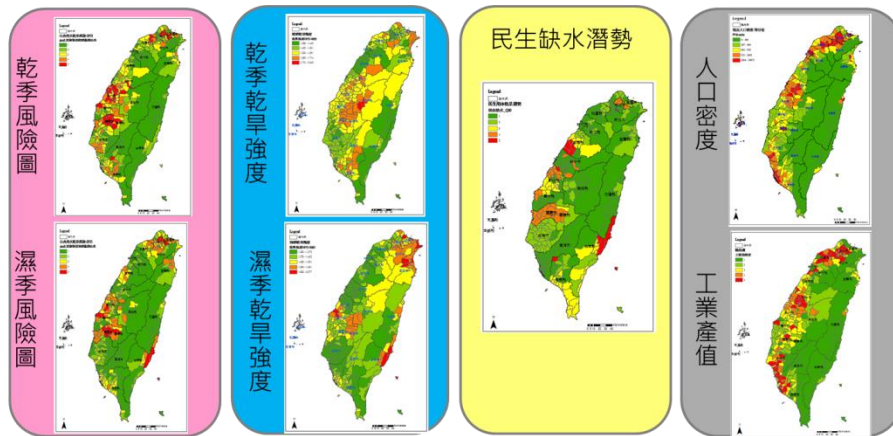


圖7 乾旱風險圖製作

公共用水風險圖基期乾季高風險區域集中在台北彰化是因社會脆弱度偏高導致，而嘉義則是缺水潛勢高原因。乾季世紀末乾旱危害度影響較大，故高風險區域從中部擴大至苗栗與台南區域。基期濕季公共用水風險圖，高風險區域集中在雲嘉台東地區主要是因危害度與缺水潛勢高之影響，而台北則是因社會脆弱度高之原因。濕季則是因危害度指標近未來的衝擊大於世紀末，濕季高風險區域擴大至苗栗與高雄區域。

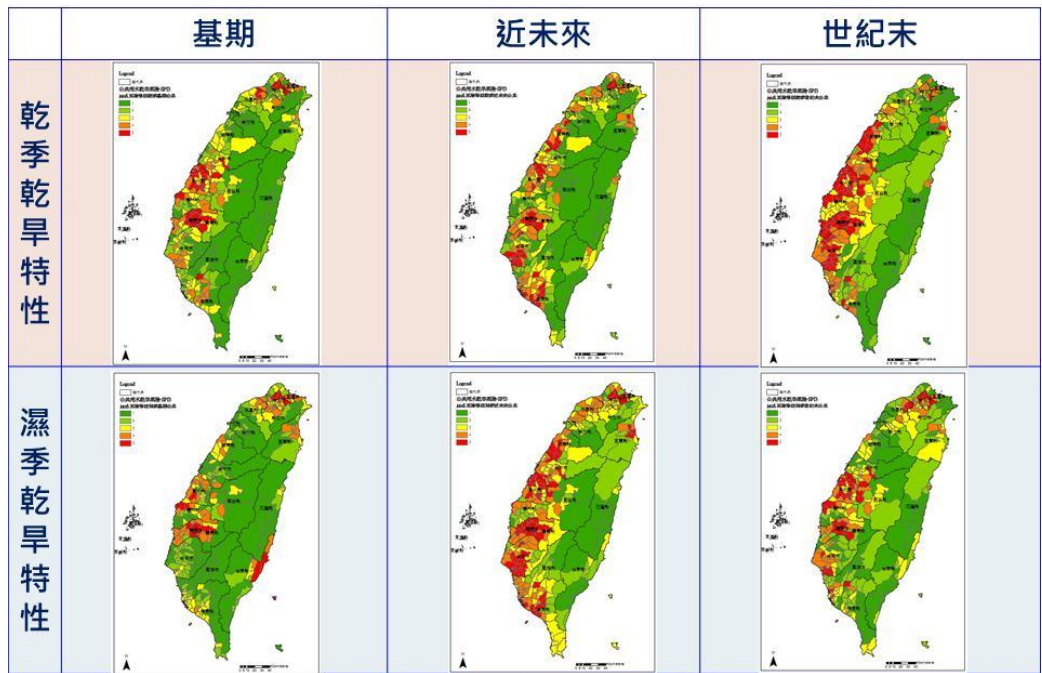


圖8 公共用水乾旱風險圖

#### 四、應科平台圖資展示（淹水圖資）

配合應科平台成果展示，於5/30日於應科成果發表會，以淹水風險圖為案例展示規劃之氣候變遷風險圖展示平台。

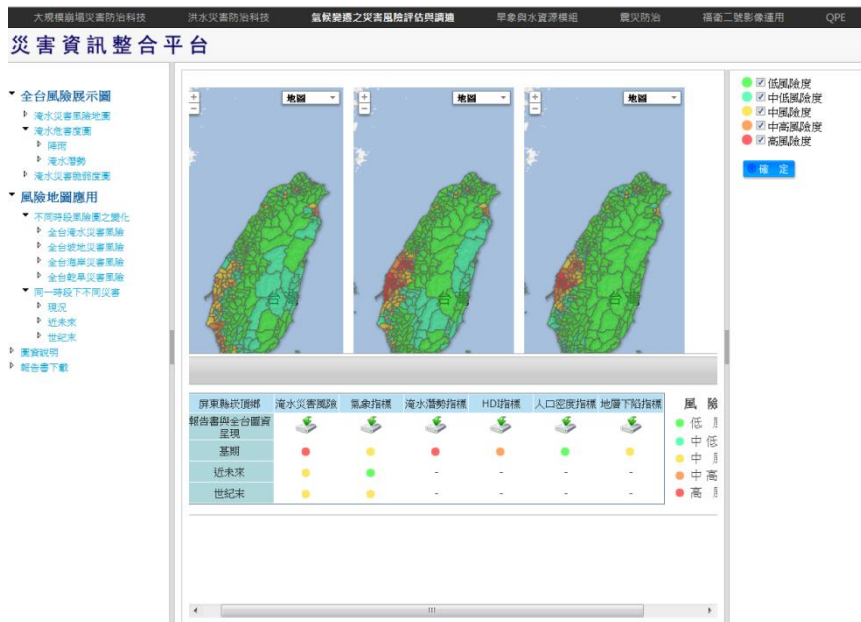


圖9 風險地圖應科平台展示(淹水圖資)