

# 水災潛勢風險圖資更新研發及加值應用

## Development and value-added application of flood potential risk maps

主管單位：經濟部水利署

張倉榮<sup>1,2</sup>

譚義績<sup>1</sup>

潘宗毅<sup>1</sup>

Chang, Tsang-Jung<sup>1</sup>

Tan, Yih-Chi<sup>1</sup>

Pan, Tsung-Yi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立臺灣大學氣候天氣災害研究中心

<sup>2</sup> 國立臺灣大學水工試驗所

### 摘要

近年來，全球氣候變遷現象日益顯著，未來極端天氣的產生將更形頻繁，颱風及梅雨期間造成的豪雨所引致之淹水災害已成為每年臺灣地區人民生命財產損失的主要天然災害。已完成的全臺灣的第二代淹水潛勢圖資，及 103 年起逐年更新繪製的第三代淹水潛勢圖資，其目的為提供災前整備應變之用，以降低豪雨所引致之淹水災害。本計畫首要工作是蒐集並系統化彙整全臺灣的第二代及臺中市、高雄市與屏東縣等已完成的第三代之 24 小時降雨情境之淹水潛勢圖資，統一以 97 定位系統及向量圖層，進行圖資轉換並建置圖形資料庫。

在水災危險、脆弱與風險圖資之繪製技術上，是以「水災危險度、脆弱度與風險圖製作技術手冊」為基礎，對於水災危險與脆弱度的評估上，除既有相對分級方法外，另發展絕對分級方法，分別以半定量風險矩陣，各別加值繪製成相對及絕對水災潛勢風險地圖，以強化洪災研判分析能量。水災相對風險圖適用於單一降雨情境下比較全臺所有縣市(或所有鄉鎮市區)之風險度，而水災絕對風險圖則適合比較單一縣市(或單一鄉鎮市區)在不同降雨情境間的風險變化情形。

此外，本計畫研發水災潛勢風險圖資應用服務系統，平時可讓使用者更有效率應用圖資，以各類條件進行交互查詢及相關圖資產出，且為因應颱風期間防災應變之需求，此系統平台擬介接中央氣象局的雨量觀測及預報資料進行動態分析，並隨降雨範圍之轉移，加值成淹水潛勢圖資及水災潛勢風險地圖，並優選出中高風險之地區，提供水災潛勢風險之更新資訊，以期提供更有效率、更實務的資訊，作為政府相關水利單位決策之依據。

**關鍵詞：**水災、淹水潛勢圖、脆弱度、風險、平台

### Abstract

In Taiwan, the flooding disasters caused by typhoons and April showers are one of the major natural disasters in Taiwan that cause the losses of people's life and property.

Recently, climate change is becoming more significant and thus the extreme weather events which lead to the flooding disasters have been increasing. To reduce the impact of flooding disasters, Water Resources Agency (WRA) has presented the updated edition (2nd edition) of inundation potential maps of Taiwan. In addition, WRA has created the vulnerability maps in Taiwan. Based on mapping the inundation and the vulnerability, WRA has developed the flood risk maps of Taiwan, which can provide the useful information to the authorities for making the strategic decisions of the flood disasters. However, the lack of an online service platform that combines the benefit of flood risk database, local search engine and dynamic analysis reduces the accuracy and the efficiency of flood risk assessment for the authorities. Hence, the project aims at establishing an online service platform incorporating the latest rainfall data, the historical flood risk maps and dynamic flood risk assessment in Taiwan for the authorities and the public. The outcomes of this project will enhance the flood disasters prevention and preparedness.

**Keywords : flooding disasters, inundation potential maps, vulnerability, risk.**

## 一、計畫緣起與目的

從民國88年起至90年度止，防災國家型科技計畫辦公室(現為國家災害防救科技中心)辦理全臺第一次淹水潛勢圖工作，完成臺灣地區22縣市淹水潛勢圖的分析與製作。從民國95至98年間水利署逐年完成全臺第二次的淹水潛勢圖之更新。但由於淹水潛勢圖無法整合，水利署於102年執行『全國淹水潛勢圖資更新及整合先期計畫』完成「淹水潛勢圖製作及測試手冊(草案)」，以確保未來全臺淹水潛勢圖更新及整合之品質。於103年起，開始辦理第三代淹水潛勢圖資之更新繪製作業，目前已完成臺中市、高雄市及屏東縣3個縣市之第三代淹水潛勢圖資，並於104年推動宜蘭縣、新竹縣市、苗栗縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣市及臺南市等6個縣市之第三代淹水潛勢圖資繪製計畫。

然而災中預警及決策支援所需之資訊除最大淹水深度及淹水範圍外，亦需掌握較易受災之區域，方能及早進行防救災能量之部署，因此水利署於民國98年以淹水潛勢圖為基礎，考慮人文社會、經濟活動、土地利用、淹水損失等與國家發展及民生相關之因子，針對淹水潛勢資料進行加值分析，以強化水災研判分析能量，發展適合應用於災害應變之水災風險圖與脆弱度圖資，完成「脆弱度及風險地圖分析方法研究」。該研究將水災風險圖區分為生命及財產兩面向，以提供淹水災害防救之決策支援參考。其研究亦針對水利署未來產製各縣市、流域之淹水脆弱度及風險圖，完成「水災危險度、脆弱度與風險圖製作技術手冊」之研擬，以確保研究成果品質。同年至民國102年，水利署以「水災危險度、脆弱度與風險圖製作技術手冊」為基礎，完成全臺水災危險度、脆弱度及風險地圖製作示範。

因此本計畫蒐集既有(第二代)及新版(第三代)淹水潛勢圖資，依照「水災危險度、脆弱度與風險圖製作技術手冊」將淹水潛勢圖資加值為水災風險地圖，擴充水利署現有水災風險圖資。透過水災風險地圖之產製，可呈現各縣市轄區內遇到不同情境之降雨時易發生人命傷亡以及財產損失之鄉鎮；並結合颱風期間之降雨預測資訊，建置可即時評估水災風險之加值應用系統，以提供災中預警及決策支援之充足資訊。

## 二、淹水潛勢圖資之資料蒐集及彙整

本計畫為後續加值成水災風險地圖，蒐集彙整全臺灣各縣市之第二代淹水潛勢圖資及部分已完成之第三代淹水潛勢圖資(臺中市、高雄市及屏東縣)，第二代與第三代淹水潛勢圖資之繪製技術比較，如表1所示。本計畫同時檢核並確認所有淹水潛勢圖資之品質，並修正所發現之錯誤。

淹水潛勢圖資數量龐大，為方便使用者瀏覽及快速找到需要的情境，本計畫將已蒐集完成的第二代與第三代淹水潛勢圖資，分別依照縣市別及降雨情境進行分類彙整。

表1 第二、三代淹水潛勢圖比較表

第二代淹水潛勢圖	第三代淹水潛勢圖
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 時間：96 年~98 年。</li> <li>2. 網格精度：40m×40m</li> <li>3. DTM：採內政部於民國 94 年更新完成之數值高程，無第一代之人工地塹情況。</li> <li>4. 模式選定：全國分區採數種模式製作，存在邊界銜接問題。</li> <li>5. 依據「淹水潛勢圖製作及更新作業暫行規範」。(格式及程序未完全統一)</li> <li>6. 共 14 種 24 小時降雨情境 (定量降雨：全區 200、350、450、600mm； 重現期：1.1、2、5、10、20、25、50、100、200、500 年)。</li> <li>7. 淹水模擬：加入暴潮、加入外水溢流因素。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 103 年~至今</li> <li>2. 網格精度：40m×40m</li> <li>3. DTM：採內政部提供最新年份(民國 95 年)完成之數值高程。</li> <li>4. 模式選定：制訂模式檢定驗證標準，去除縣市邊界銜接問題。</li> <li>5. 依據「淹水潛勢圖資製作及測試手(草案)」。(統一格式及程序)</li> <li>6. 共 18 種 24 小時降雨情境 (定量降雨：150、200、250、300、350、400、450、500、550、600mm； 重現期：2、5、10、25、50、100、200、500 年)。</li> <li>7. 淹水模擬：加入雨水下水道系統、區域排水、易淹水地區治理規劃已治理完成者、防洪設施(滯洪池及抽水站)、越波量、暴潮。</li> </ol>

### 三、淹水潛勢圖資之格式整合、轉換及資料庫建置

本計畫依據第貳章節所蒐集與彙整之淹水潛勢圖資進行格式整合、轉換及資料庫系統建置，將不同圖資格式的各降雨情境之淹水潛勢圖資統一轉換為97座標系統及向量圖層，並以不同行政區進行資料庫系統建置與分類，以利後續資料庫系統查詢、危險度計算、降雨預報網格銜接、水災潛勢風險分析以及防災應變即時輸出之應用。經整合統一第二代淹水潛勢圖資後，其檔案容量小且各類資訊如淹水深度與淹水範圍可充分呈現，適合各單位使用者查詢使用。

本計畫亦比較第二代24小時定量降雨與第三代24小時定量降雨之淹水潛勢圖資間之差異，比較結果顯示，由於第三代淹水潛勢圖的模擬情境，有多加考慮區域排水系統、雨水下水道、水門與抽水站等，降雨產生之逕流可藉由排水設施較快速地導入地表下，而減少地表逕流，因此第三代淹水潛勢圖所呈現的淹水範圍會大幅縮減。

### 四、水災危險度、脆弱度及風險圖之繪製

本計畫蒐集國內外有關風險度研究與定義之相關研究文獻，經研讀後發現適合臺灣水災應用之風險度定義，應該同時考量水災之威脅(危險度)及受威脅對象之狀態(脆

弱度)，依照「水災危險度、脆弱度與風險圖製作技術手冊」，危險度、脆弱度即風險度可分為生命與財產兩大面向討論，其各項評估因子架構如圖 1。危險度、脆弱度及風險度層級分為非常高、高、中、低及非常低等 5 個等級，於表 2 說明各層級之意義。

表 2 危險度、脆弱度與風險度各層級之意義

	危險度	脆弱度	風險度
非常高	水災發生無法執行救援行動	水災造成可能發生傷亡潛勢(或財產損失)最高	災中無法策略性減低傷亡潛勢(或財產損失)
高	水災發生影響救援行動	水災造成可能發生傷亡潛勢(或財產損失)次高	災中困難策略性減低傷亡潛勢(或財產損失)
中	水災發生影響成人撤離行動	水災造成可能發生傷亡潛勢(或財產損失)中等	災中可以策略性減低傷亡潛勢(或財產損失)
低	水災發生影響孩童撤離行動	水災造成可能發生傷亡潛勢(或財產損失)偏低	災中有效策略性減低傷亡潛勢(或財產損失)
非常低	水災發生對撤離行動影響低	水災造成可能發生傷亡潛勢(或財產損失)最低	災中有效且容易策略性減低傷亡潛勢(或財產損失)

\*策略性：運用災害預警通報與聯繫、疏散撤離、緊急救援等策略。

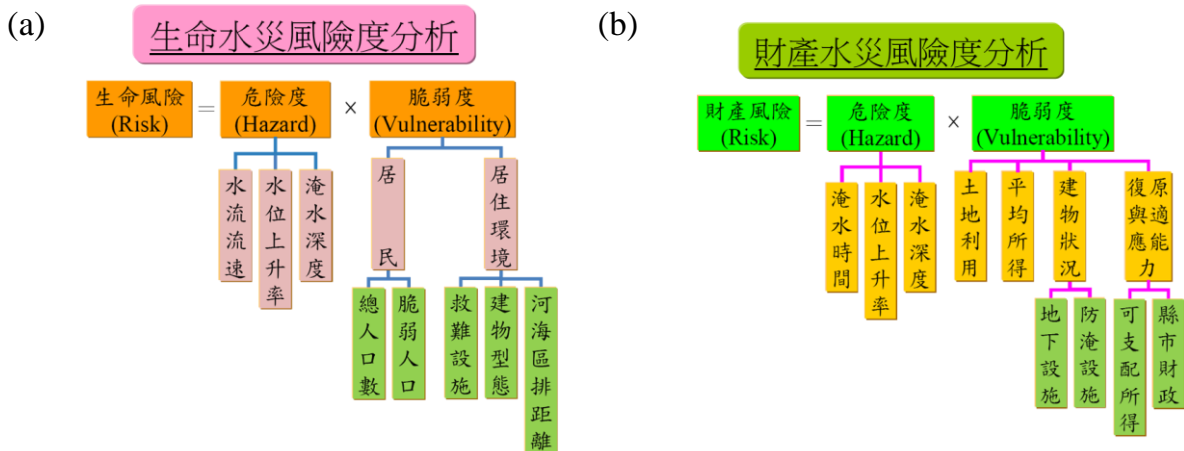


圖 1 水災危險度及水災脆弱度之評估因子，(a)生命面向、(b)財產面向

#### 4.1 水災危險度

由於第二代淹水潛勢圖僅有最大淹水深度的水災模擬資訊，在第二代淹水潛勢圖繪製之水災危險圖時，僅以最大淹水深度作為危險度評估因子進行製作，並採用絕對分級，即以淹水深度0.3m、0.5m、1.0m與3.0m作為淹水深度門檻，其各自對應之分級分數為0.5、0.7、0.9與1.0；危險分數小於0.5為非常低危險度、界於0.5至0.7為低、界於0.7至0.9為中、界於0.9至1為高、等於1為非常高。本計畫製作第二代淹水潛勢圖4種定量降雨情境(200、350、450及600mm)之水災危險圖，圖2為定量降雨200mm之危險圖。4種定量降雨情境中，皆有非常高及高危險度鄉鎮之縣市有新北市、桃園市、臺中市、南投縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、臺南市、宜蘭縣及臺東縣等。

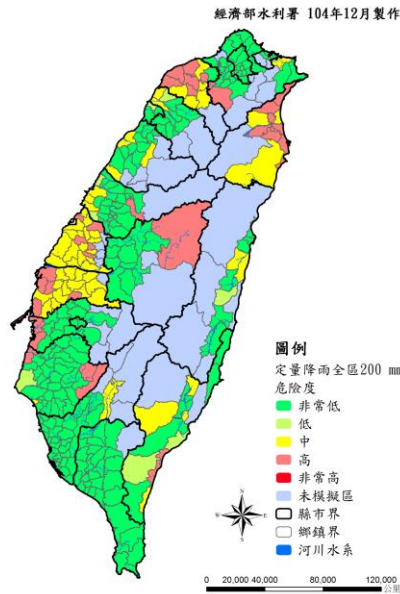


圖2 24小時定量降雨全區200mm之全臺水災絕對危險圖

本計畫同時製作第三代淹水潛勢圖之水災危險圖，其中臺中市、高雄市及屏東縣3縣市以第三代淹水潛勢圖加值，其餘縣市則維持第二代淹水潛勢圖加值結果。第三代淹水潛勢圖包含水流流速及水位上升率等資訊，危險度評估方式與第二代不同，為繪製全臺危險圖故採相對分級，將各鄉鎮依其危險度分數由大至小排序，排名0~20%之鄉鎮屬於非常高危險度，排名20%~40%為高危險度，排名40%~60%為中危險度，排名60%~80%為低危險度，排名80%~100%為非常低危險度。圖3為定量降雨200mm之危險圖。

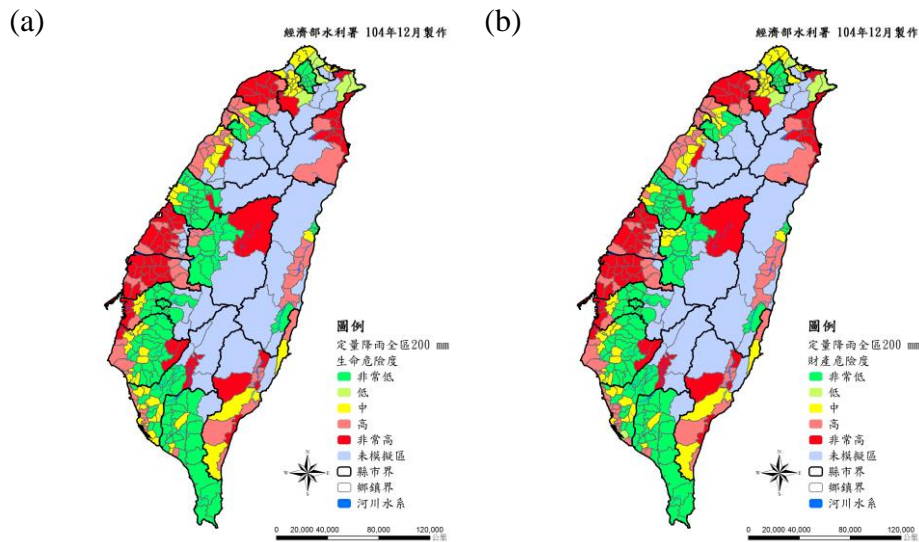


圖3 24小時定量降雨全區200mm之水災相對危險圖，(a)生命面向、(b)財產面向

## 4.2 水災脆弱度

針對水災災害對於生命面向脆弱度之評估，主要以社經因子為主，分為居民特性及居住環境兩主要評估因子，其各自對應之次評估因子分別為總人口數與脆弱人口數，及救難設施、建物型態與河川距離。財產面向脆弱度之評估，主要評估因子包含土地用途、平均所得、防淹設備、地下設施、可支配所得與縣市財政。本計畫並將所有評估因子分



級皆改為絕對分級，計算出脆弱度分數後，分數界於0.2至0.4為非常低脆弱度、界於0.4至0.6為低、界於0.6至0.8為中、界於0.8至1為非常高。圖4為水災脆弱度圖。

以生命面向而言，新北市、桃園市、臺中市、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、臺南市、高雄市與屏東縣，其高或非常高的生命絕對脆弱度之鄉鎮數分別為17個、10個、25個、13個、15個、12個、26個、20個與11個。高脆弱度的主要成因，居民因子在脆弱人口因子與總人口因子的評估分數皆偏高，居住環境因子則是河川距離因子的評估分數偏高，此表示較高的總人口數與脆弱人口數之鄉鎮，假如又距離河海較近，其具有相對高的生命絕對脆弱度。就財產面向而言，苗栗縣與臺東縣內皆有16個具高或非常高的財產絕對脆弱度之鄉鎮，造成原因為平均所得因子與復原適應因子的評估分數同時偏低(屬高脆弱度)。

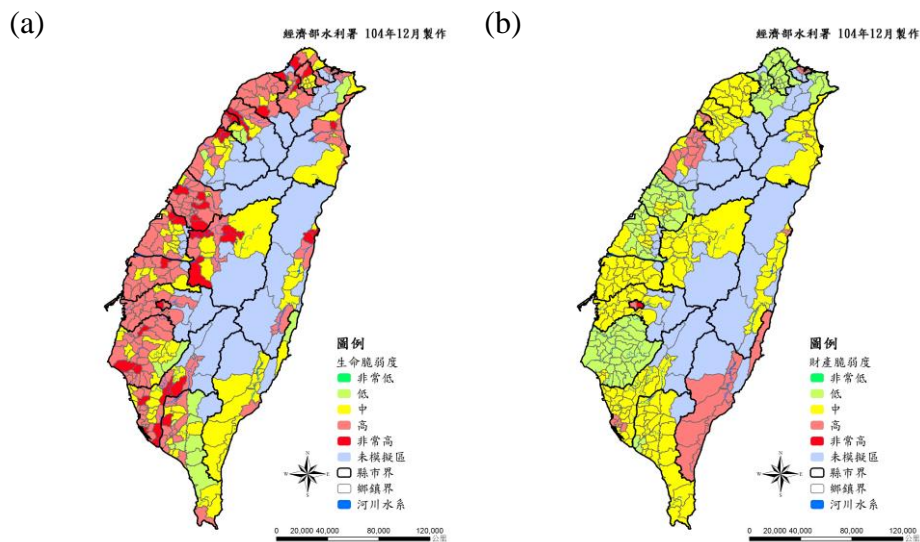


圖4 全臺水災脆弱圖，(a)生命面向、(b)財產面向

### 4.3 水災風險度

本計畫採用一般對於風險之定義，即風險為危險度與脆弱度之乘積，風險度之分級方法係參照半定量風險矩陣定義求得。半定量風險矩陣如圖5表示。

以絕對水災危險圖搭配脆弱圖繪製之絕對水災風險圖，如圖6所示為定量降雨200mm情境之絕對風險圖。本計畫在全臺北中南三個縣市(桃園市、彰化縣、嘉義縣)中，各挑選一個鄉鎮，其在4種降雨情境中皆屬於非常高水災風險度之區域，進行水災生命絕對風險度的成因分析。

#### (1)桃園市龍潭區

A、成因：龍潭區雖然屬於中度水災危險度區域，但其非常高的水災生命脆弱度，造成非常高的水災生命風險度。該區的總人口數因子及脆弱人口因子的評估分數高(約0.9分)，加上其救難設施因子與河海區排距離因子的評估分數皆為1分(非常高脆弱)，顯示龍潭區內的人口過度集中，居住環境也相較脆弱。

B、降低風險之對策：降低水災脆弱度，可加強救難設施、增設消防隊、提早水災預警時間及災前撤離民眾等。

(2)彰化縣彰化市

A、成因：水災危險度與水災脆弱度皆屬於非常高等級，非常高水災脆弱度的主因為總人口數因子、脆弱人口因子、救難設施因子與河海區排距離因子的分數皆為1(非常高脆弱)。

B、降低風險之對策：降低水災危險度，可加強該區之工程性排水設施；降低水災脆弱度，可加強救難設施、增設消防隊、提早水災預警時間及災前撤離民眾等。

(3)嘉義縣東石鄉

A、成因：水災危險度與水災脆弱度皆屬於高等級，總人口數因子(1分)、脆弱人口因子(1分)、救難設施因子(1分)、河海區排距離因子(1分)與建物型態(0.7分)為造成高水災脆弱度之主要原因。

B、降低風險之對策：降低水災危險度，可加強該區之工程性排水設施；降低水災脆弱度，除增設消防隊、提早水災預警時間等，另可針對在建築物防災設施進行加強，可參考使用防水隔板，阻絕洪水進入建築物。此外，居住於低樓層之民眾，應加強防災準備或提早撤離，可減少災害傷亡。

		危險度				
		非常低 (1)	低 (2)	中等 (3)	高 (4)	非常高 (5)
脆弱度	非常低 (1)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	低 (2)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	中等 (3)	(3)	(6)	(9)	(12)	(15)
	高 (4)	(4)	(8)	(12)	(16)	(20)
	非常高 (5)	(5)	(10)	(15)	(20)	(25)

圖5 半定量5x5風險評估矩陣模式

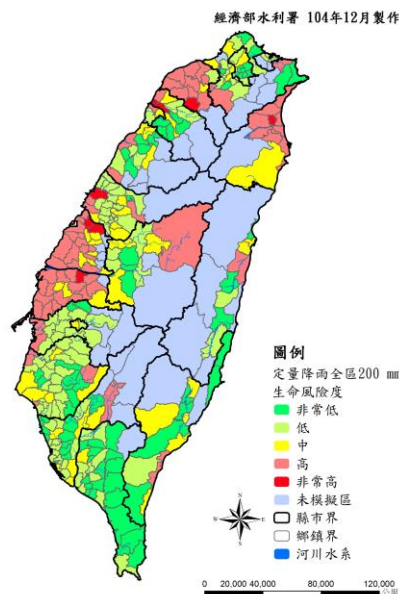


圖6 24小時定量降雨全區200mm之全臺水災生命絕對風險度圖



以相對水災危險圖搭配脆弱圖繪製之相對水災風險圖，如圖7所示為定量降雨200mm情境之相對風險圖。針對臺中市、高雄市及屏東縣等3縣市，比較由兩種不同淹水潛勢資料而成的水災相對風險圖之差異，可觀察到3縣市中屬於高風險度鄉鎮數量在第三代水災風險圖中皆較少，主要是因為第三代淹水潛勢圖之模擬情境，有考慮雨水下水道排水系統及易淹水地區治理規劃已治理完成者，其淹水程度較第二代淹水潛勢圖大幅降低，且第三代危險圖考慮多項危險度因子(淹水深度、水位上升率與淹水時間)，造成第三代風險圖中3縣市鄉鎮大多屬於中風險度及低風險度。

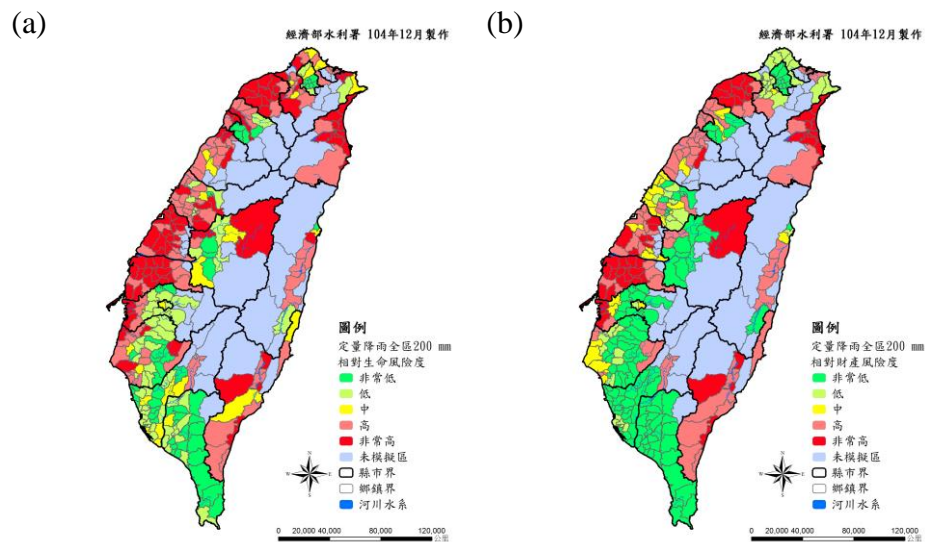


圖7 24小時定量降雨全區200mm之水災相對風險度圖，(a)生命面向、(b)財產面向

## 五、研發水災危險度、脆弱度及風險圖資應用服務系統

### 5.1 服務系統之基本架構

本計畫所採用的是包含前台與後台架構的動態網頁。「前台架構」為一般網站的瀏覽介面，其主要作用是讓網站瀏覽者能夠瀏覽網站上之內容與獲取各項資訊；「後台架構」主要在進行資料庫處理，供應前台使用者之需求。本計畫整合各縣市淹水潛勢圖、危險度、脆弱度與風險地圖及各縣市歷史事件於平台中展示，為提供水利署開設災害應變中心，在颱風應變時期，能快速取得各地區淹水潛勢資料及水災風險資料，作為災害決策之參考。圖8所示為平台基本網頁，網頁功能主要分為首頁、淹水潛勢圖、風險圖一般查詢(流程如圖9)、風險圖動態查詢(流程如圖10)及過去歷史事件等。



圖8 水災潛勢風險地圖網頁

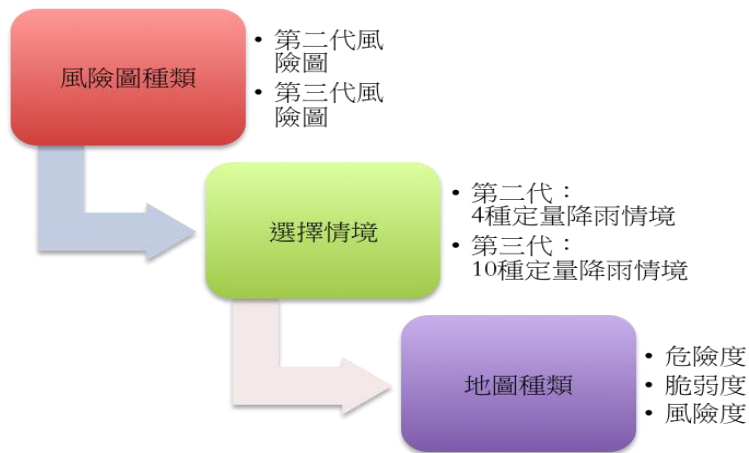


圖9 風險圖一般查詢流程

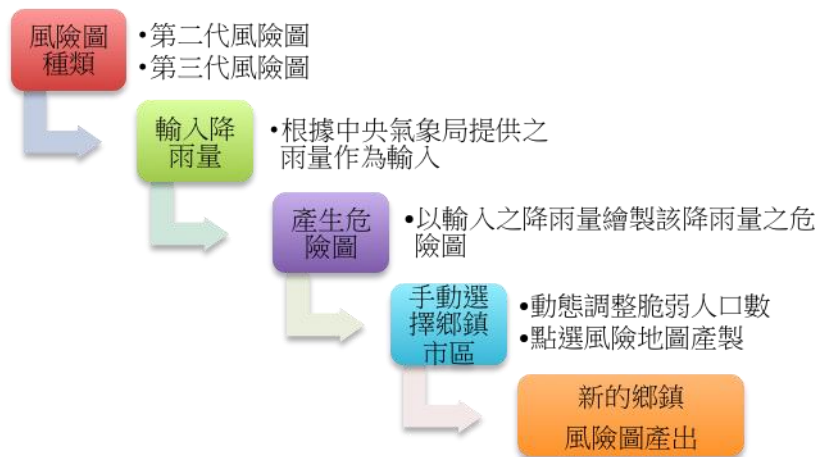


圖10 風險圖動態查詢流程

## 5.2 服務系統功能—靜態查詢

風險圖一般查詢，蒐集了以第二代淹水潛勢圖建置而成的4種24小時定量降雨情境(200、350、450及600mm)之水災危險圖資、水災脆弱圖資(生命面向與財產面向)及水災風險圖資(生命面向與財產面向)，以供查詢。查詢方式提供「依降雨情境查詢」及「依地段地號查詢」兩種，圖11為依地段地號查詢示範圖。



圖11 24小時重現期200年降雨情境之地段地號之淹水潛勢圖查詢

## 5.3 服務系統功能—動態查詢

風險圖動態查詢，本平台提供使用者經由中央氣象局雨量預報系統，得知的即時降雨量資訊時，可選取相對應的降雨條件，立即產出特定區域的水災風險地圖。另外，本平台提供水災生命脆弱度即時運算系統，可針對單一鄉鎮市區進行脆弱人口數撤離疏散之評估。以圖12的臺北市松山區為例，選擇降雨情境(圖12步驟1)，而後選定縣市及鄉鎮市區(圖12步驟2)，再進行脆弱人口數的動態調配(圖12步驟3)，平台會立即繪製出該調配策略下的水災脆弱圖及水災風險圖，可作為決策時的輔助資料。



圖12 動態調整臺北市松山區之脆弱人口數

## 陸、結論與建議

### 6.1 結論

1. 計畫蒐集4種24小時定量降雨情境與10種24小時重現期降雨情境之全臺第二代淹水潛勢圖圖資，以及10種24小時定量降雨情境與8種24小時重現期降雨情境之全臺第三代淹水潛勢圖圖資，同時以97座標系統進行座標定位及統一以向量圖檔格式輸出，並各別依「縣市」與「降雨情境」作為分類並建立圖資資料庫。
2. 依第二代淹水潛勢圖圖資為基礎，以最大淹水深度為危險度評估因子，繪製全臺水災危險圖；考慮「生命」與「財產」面向之脆弱度，蒐集並更新脆弱度因子資料，繪製全臺水災生命脆弱圖與全臺水災財產脆弱圖；結合水災危險圖與水災脆弱圖，以半定量風險分析方式，產出全臺水災生命風險圖與全臺水災財產風險圖。
3. 依第三代淹水潛勢圖圖資為基礎，包含臺中市、高雄市及屏東縣等三縣市，搭配其餘縣市的第二代淹水潛勢圖圖資，以相對方級方式，產出全臺水災生命相對危險圖與全臺水災財產相對危險圖，搭配全臺水災相對脆弱圖，加值成全臺水災生命相對風險圖與4幅全臺水災財產相對風險圖。
4. 比較兩種淹水潛勢資料繪製而成的水災相對危險圖之差異，即全臺第二代24小時定量降雨及第二代結合第三代24小時定量降雨。結果顯示，由於第三代淹水潛勢圖的模擬情境，有考慮等排水設施，降雨產生之逕流，會藉由排水設施的模擬，先導入地表下，因而減少地表逕流，使得第三代淹水潛勢圖所呈現的淹水範圍會大幅縮減。因此，以第三代淹水潛勢圖圖資(臺中市、高雄市、屏東縣)所繪製的水災危險圖，此三縣市之鄉鎮的水災危險度大多介於中或低危險等級。
5. 水災相對風險圖適用於單一降雨情境下比較全臺所有縣市(或所有鄉鎮市區)之風險度，而水災絕對風險圖則適合比較單一縣市(或單一鄉鎮市區)在不同降雨情境間的風險變化情形。
6. 本平台的淹水潛勢圖查詢功能，除提供各降雨情境的全臺淹水潛勢圖外，亦可提供使用地段地號來查詢局部淹水情形。此功能可作為國土開發、地區綜合發展計畫及都市計畫之參考，以期減少受水災影響之風險。
7. 本平台的風險一般查詢功能，提供以全臺第二代淹水潛勢資料繪製而成的水災危險圖、水災脆弱圖(生命及財產面向)及水災風險地圖(生命及財產)之查詢。
8. 當災害應變中心開設時，本平台的動態查詢系統功能，可依據即時的降雨量資訊，評估符合當時降雨情境的水災風險度。另外，可針對單一鄉鎮市區進行脆弱人口數撤離疏散之動態評估，作為決策時的輔助資料。

### 6.2 建議

1. 由於水災風險圖是由淹水潛勢圖圖資加值而成，因此淹水潛勢圖圖資的正確性影響風險圖可應用程度甚高，建議淹水潛勢圖圖資製作過程，除原有模擬結果，需納入實際淹水調查報告，提高與現況的一致性。另外，嚴謹的驗證機制必須建立，透過驗證案例，確保淹水潛勢圖圖資之精確度。
2. 生命脆弱度評估因子中的救難設施，倘若在淹水深度過高或水流流速過快時，消防

車可能無法行駛，單以消防車為考量對象確有不周，未來對於救難設施此評估因子，會以較符合現況的方式來量化其脆弱度。

3. 水災生命風險分析，有關生命脆弱度之居住環境評估分析因子，建議考量非工程措施因子，如水患自主防災社區成立、抽水機預佈、洪水淹水預警系統建置等，未來脆弱度的評估因子，除能充分描述現況外，另需考量因子的可變動性。
4. 在第三代淹水潛勢圖全部完成製作及經過依水災潛勢資料公開辦法審議通過後，應依照「水災危險度、脆弱度與風險圖製作手冊」，進行以第三代淹水潛勢圖而成的水災風險圖之更新繪製工作。
5. 完成全臺淹水潛勢圖及水災風險圖的後台資料庫建置，且確定前台展示內容項目。因應OpenData趨勢，本平台納入GeoServer達到政府開放資料目的，未來可提供網路地圖服務(web map service, WMS)、網路圖徵服務(web feature service, WFS)及網路網格資料服務(web coverage service, WCS)。

## 參考文獻

1. 經濟部水利署，2013，「高雄市淹水潛勢圖第二次更新計畫」。
2. 經濟部水利署，2013，「臺中市淹水潛勢圖第二次更新計畫」。
3. 經濟部水利署，2013，「屏東縣淹水潛勢圖第二次更新計畫」。
4. 經濟部水利署，2013，「全國淹水潛勢圖資更新及整合先期計畫」。
5. 經濟部水利署，2013，「台灣脆弱度及風險地圖製作與整合應用(2/2)」。
6. 經濟部水利署，2012，「台灣脆弱度及風險地圖製作與整合應用(1/2)」。
7. 經濟部水利署，2011，「曾文溪、北港溪、八掌溪、朴子溪、急水河流域與台南市、嘉義市、嘉義縣脆弱度及風險地圖製作」。
8. 經濟部水利署，2010，「高屏溪、東港溪及高雄市、高雄縣、屏東縣脆弱度及風險地圖製作示範」。
9. 經濟部水利署，2009，「淡水河流域及臺北市、臺北縣、桃園縣與基隆市淹水潛勢圖更新計畫」。
10. 經濟部水利署，2009，「曾文溪、北港溪、八掌溪、朴子溪、急水河流域與臺南市、嘉義市、臺南縣與嘉義縣淹水潛勢圖更新計畫」。
11. 經濟部水利署，2009，「脆弱度及風險地圖分析方法之研究」。
12. 經濟部水利署，2008，「濁水河流域及彰化縣與雲林縣淹水潛勢圖更新計畫」。
13. 經濟部水利署，2008，「頭前溪、後龍溪、中港河流域及新竹縣、新竹市與苗栗縣淹水潛勢圖更新計畫」。
14. 經濟部水利署，2008，「蘭陽溪、花蓮溪、秀姑巒溪流域、卑南溪及宜蘭縣、花蓮縣與臺東縣淹水潛勢圖更新計畫」。
15. 經濟部水利署，2007，「烏河流域及台中縣、台中市與南投縣淹水潛勢圖更新計畫」。
16. 經濟部水利署，2007，「高屏河流域及高雄縣、高雄市與屏東縣淹水潛勢圖更新計畫」。

畫」。

17. 網站資料：經濟部水利署縣市政府水情中心建置規劃之研究-水災保全計畫資料下載專區(<http://www.dprc.ncku.edu.tw/download/main.htm>)，淹水潛勢圖。
18. Balica, S.F., Popescu, I., Beevers, L., Wright, N.G., “Parametric and physically based modelling techniques for flood risk and vulnerability assessment: A comparison.” *Journal of Environmental Modelling & Software*, 41, 84-92, 2013.
19. GeoServer 2.7.x User Manual (<http://docs.geoserver.org/stable/en/user/>)
20. Top 10 Mobile Technologies and Capabilities for 2015 and 2016 (<http://www.gartner.com/doc/2665315>)