

屏東易淹水區調查與水災保全計畫之整合

Integration between Investigated Prone Flood Areas and Flood Security Plan in Pingtung Area

國立屏東科技大學

土木工程系助理教授

陳智謀

Zhi-Mou Chen

土木工程系教授

葉一隆

Yi-Lung Yeh

研究總中心特聘研究員

陳庭堅

Ting-Chien Chen

土木工程系教授

徐文信

Wen-Shinn Shyu

摘要

近年來的降雨型態急遽的暴雨發生頻率有逐漸增加的趨勢，颱風災害也令人記憶猶新，例如 2009 年莫拉克颱風及 2010 年凡那比颱風。極端暴雨則導致屏東縣許多地勢低窪地區及地層下陷區，所產生積淹水問題不斷困擾著當地居民。不論是中央或地方政府雖已投入大量預算進行區域排水系統整治作業，但仍有許多地區防洪疏水設施功效仍有待提升。

本研究將結合歷年淹水調查成果及經濟部水利署所公告之淹水模擬分析成果。將資料建構於地理資訊系統 (GIS)，分析此地區的之易淹水範圍，完成屏東縣易淹水區範圍劃定作業，並將此資料提供給鄉、鎮、市公所進行資料確認，對於重點區域進行現地踏查作業。

本研究成果目前已提供屏東縣政府，已做為修訂定水災危險潛勢地區保全計畫修訂之主要參考資料，並透過此調查成果用於後續減災、應變及疏散計畫之擬定依據。

關鍵詞：淹水調查，淹水模式，屏東縣易淹水範圍

Abstract

Rapid storm rainfall patterns frequently occurred in recent years, for example, the and Typhoon Morakot in 2009 and Typhoon Fanapi in 2010. The rainfall pattern leads to large or small-scale flood disasters in central and southern Taiwan every year, with the most severe flooding occurring along Pingtung coastal area. Governmental agencies have actively executed the flood control project. However, the effectiveness of existing flood control

drainage facilities is not yet fully upgraded. Therefore, if the area is prone to flooding, the investigation combined the current flood security plan that can provide potential inundation to draw the danger zone.

This study investigated the prone flood areas in Pingtung County. The results were obtained from the survey of past flooding disasters and the simulated results with Flood modeling conducted by Water Resources Department. The information was constructed in Geographic Information Systems (GIS) to analyze the flood type in the region. Provide this information to the township, town and city offices for data confirmation, and conduct on-site inspections in key areas.

The results conducted by this study can provide a reference for governmental agencies to set the flood security area. In addition, the results are also crucial for mitigation, response and evacuation plans soon.

Keywords: Flooding disasters, Flood modeling, Prone flood areas in Pingtung County

一、前言

近年來臺灣地區的颱風災害問題備受矚目，颱風災害所帶來的高強度降雨則是所有人的夢魘。本研究主要研究區域為屏東縣，依據經濟部水利署(2020)所公布的中華民國110年臺灣水文年報資料^[1]，彙整屏東縣縣內雨量站歷年降雨統計資料，如表1所示，由此可知區域內之雨量站過去降雨資料之統計結果：年降雨量介於2000~4300 mm，最大年雨量可達8253 mm(新瑪家雨量站，2003年)，一日最大降雨量可達1897 mm(新瑪家站2009/08/08)，二日最大降雨量可達2478.0 mm(新瑪家站2009/08/07)。

再根據世界氣象組織的世界天氣和氣候極端事件檔案(World Meteorological Organization's World Weather & Climate Extremes Archive)^[2]，降雨延時：1小時是以法屬留尼旺島(La Réunion)為1825 mm為最高，48小時延時以法屬留尼旺島(La Réunion)為2467 mm為最高，再取屏東縣內之瑪家雨量站資料(中央氣象局測站，測站編號：C1R140)^[3]，並檢視2009年莫拉克颱風事件之1小時、24小時及48小時之降雨延時資料，1小時最大可達75.5 mm，24小時最大可達1180.5 mm，48小時最大可達1557.5 mm。再由國家災害防救科技中心及中央氣象局所整理的2009年莫拉克風災期間的日雨量及時雨量資料，如圖1所示^[4-5]，8月8日屏東山區的日降雨量可以達到800 mm以上，平原區可已達400 mm以上，再藉由中央氣象局8月8日上午5:00至6:00的時雨量分布圖可知，來義、泰武、新埤、潮州、南州、東港、林邊等地時雨量可達80 mm以上，部分區域如萬隆農場一帶時雨量可達100 mm以上。再藉由中央氣象局所提供的2010年凡那比風災期間日雨量及時雨量資料，如圖2所示^[5]，由此資料可知9月19日，屏北的山區降雨量已達800 mm以上，平原地區則介於400 mm至600 mm之間，由19日18時至19時之時雨量分布圖可知，屏北的山區時雨量可達80 mm以上，平原地區則可達50 mm。由此可知，屏東降雨量已趨近於世界極端雨量值，可見此地區防災工作之嚴峻。

表 1 研究區雨量統計資料

站名 (統計年分)	測站編號	平均年雨量 (mm)	最大年雨量 (mm)	一日最大降雨量 (mm)	二日最大降雨量 (mm)
三地門 (1965-2021)	1730P109	3978.0	4961.0 (2005)	830.0 (2010/09/19)	1010.0 (2009/08/07)
新瑪家 (1975-2021)	1730P123	4244.3	8253.0 (2003)	1897.0 (2009/08/08)	2478.0 (2009/08/07)
古夏 (1951-2021)	1730P021	3066.7	4855.8 (1977)	575.0 (2010/09/19)	829.0 (2005/07/19)
屏東(5) (1938-2021)	1730P060	2179.3	3651.0 (1972)	700.0 (2010/09/19)	834.0 (2010/09/19)
泗林 (2000-2021)	1740P049	2634.4	3942.0 (2016)	708.0 (2009/08/08)	905.0 (2009/08/07)
泰武(2) (2019-2021)	1760P001	4526.0	5757.0 (2021)	704.0 (2021/08/07)	1009.0 (2009/08/07)
南和 (1965-2021)	1760P011	2537.7	4505.3 (1972)	765.0 (1972/07/22)	884.0 (2009/08/07)
新來義 (1972-2021)	1760P013	3643.9	5279.0 (2016)	1190.0 (2009/08/08)	1854.0 (2009/08/07)
大漢山 (1982-2021)	1760P015	3403.2	5614.0 (2001)	729.0 (2005/06/12)	1260.0 (2009/08/07)
牡丹 (1903-2021)	1850P001	3152.9	6275.2 (1953)	1036.0 (2009/08/08)	1665.0 (2009/08/07)

資料來源：經濟部水利署(2022)，民國 110 年度臺灣地區水文年報。

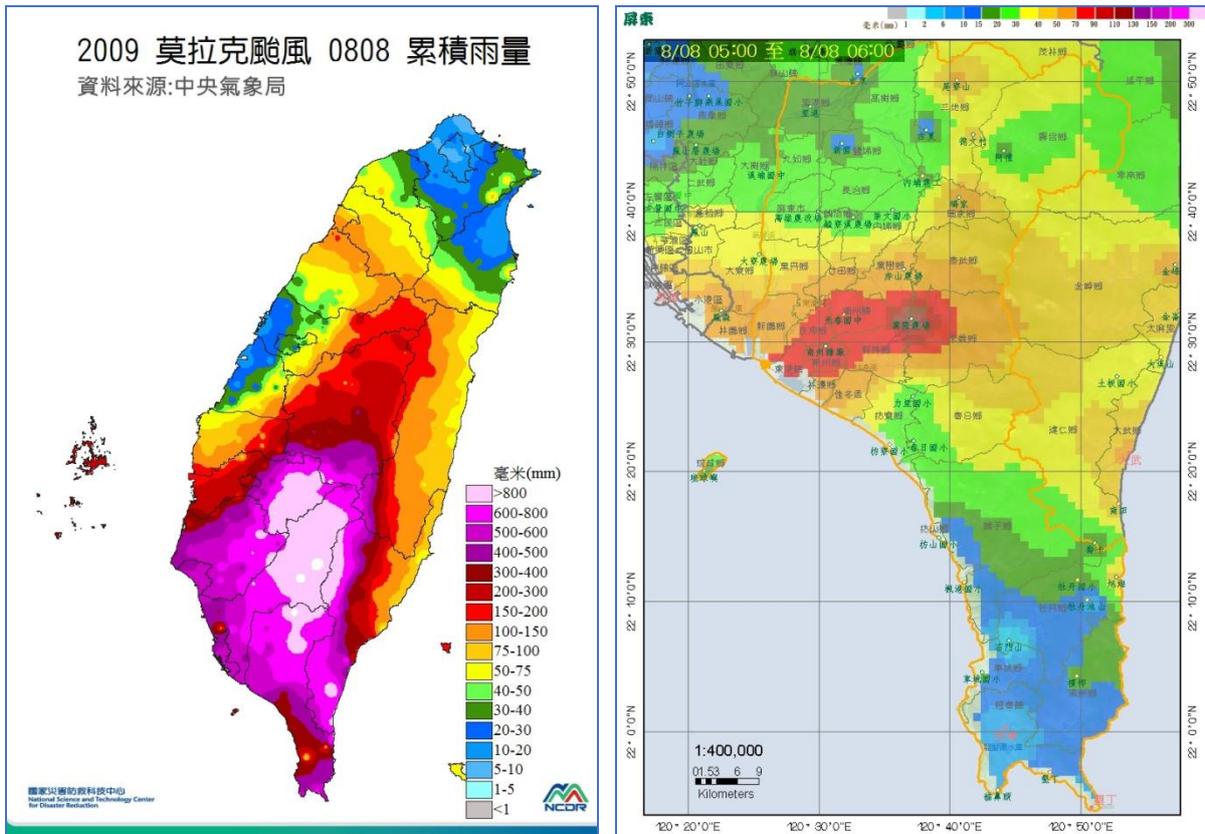


圖 1 莫拉克風災期間之雨量分布圖

資料來源：國家災害防救科技中心，全球災害事件簿(2022)，<https://den.ncdr.nat.gov.tw/>；中央氣象局 TDB 防災颱風資料庫網頁系統(2012)，<http://rdc28.cwb.gov.tw/data.php>。

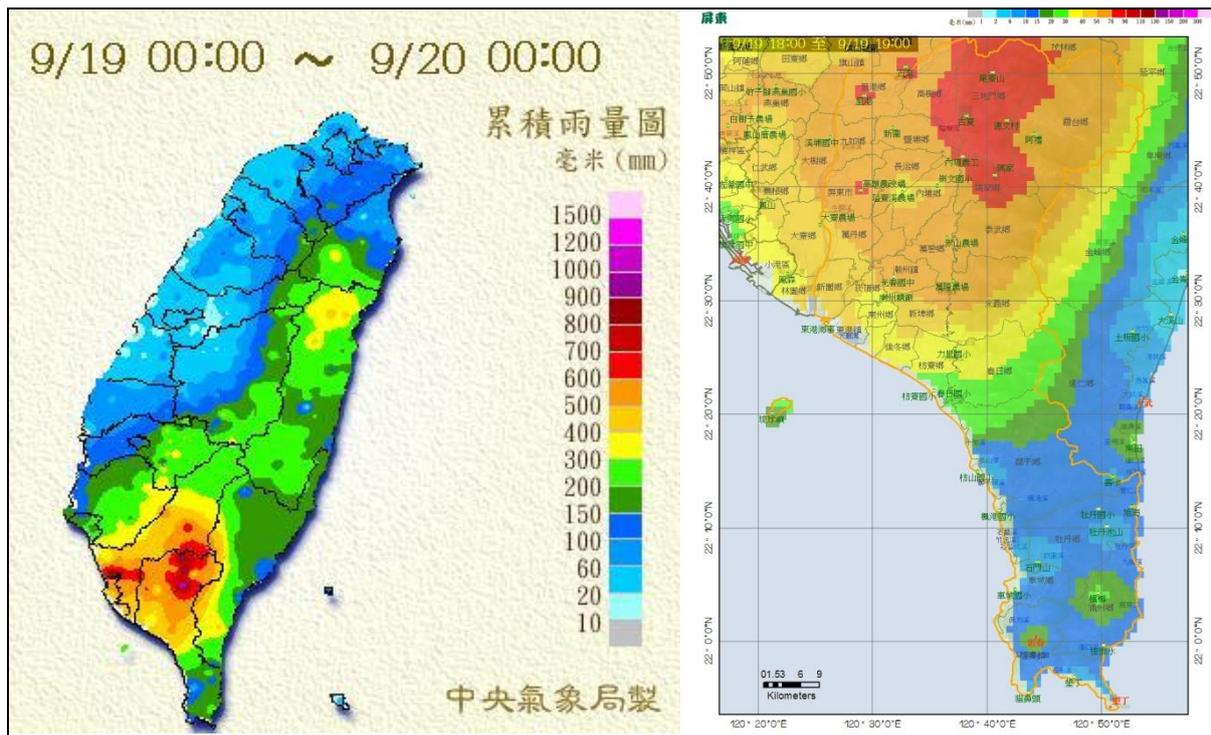


圖 2 凡那比風災期間之雨量分布圖

資料來源：中央氣象局 TDB 防災颱風資料庫網頁系統(2012)，<http://rdc28.cwb.gov.tw/data.php>。

由過去災後政府各單位，因搶救災及災害後重建之需求，儘快獲取各地區之災害情資則是首要任務之一。本研究將就檢視經濟部水利署颱風或豪雨事件淹水災害調查作業注意事項^[6]，再檢討及修正屏東縣之淹水災害之調查作業程序，以因應日後大規模颶洪災害後須儘速取得淹水範圍調查資料之需求。本研究探討淹水災害發生時，如何透過社區組織，啟動災情回報作業，並藉由完備的調查程序，於災後取得明確的災害情資及較合理的淹水範圍概估，藉由提供搶救災單位及災害復原重建單位之重要資訊。面對對未來不可預知災害，進行必要的整備及研究作業，以提升現有的防災整備能力，故本研究亦彙整 2006 年至 2020 年屏東縣淹水災害範圍調查圖資，以供屏東縣政府後續防災計畫研擬及災害應變期間災害情資研判之所需。

二、前人研究

對於淹水災害事件及其災難性的後果等相關研究，Adhikari 等(2010)^[7]彙整多個跨國的災害資料庫系統，針對全球淹水災害問題建置 GFI 資料庫(Global Flood Inventory)，藉此資料庫的綜整，如圖 3 所示，可知淹水災害是許多國家所面臨的問題。

有鑑於洪水災害的威脅，許多國家提出許多流域治理方案及減災對策，Lumbroso 等(2011)^[8]針對英格蘭、威爾士、法國和荷蘭等的國家之淹水災害風險管理政策進行研究，當地政府藉由過去淹水災害之調查作業了解區域內淹水災害損失及各地區之淹水災害風險，各國針對各地區之淹水問題召開地區性的災害防救會議(Local Resilience Forum)，因此英國提出 Multi-Agency Flood Plan，法國則提出 Plan Communaux de

Sauvegarde，荷蘭則有 Safety Region Plans，這些報告中均提到洪水災害圖資應用於災害應變有其必要性，量化各次洪水災害的影響程度，劃定洪水易致災區域，研擬應變對策，對於防災作業將由實質的幫助。

為了研擬具體可行的淹水災害防救計畫，常會透過淹水災害範圍調查，並藉由過去水文資料分析掌握區域之降雨型態，再藉由水理模型進行各種降雨逕流分析，評估區域於不同降雨條件下之淹水潛勢。對於區域的洪水災害調查分析研究，Romanescu and Nistor (2011)^[9]針對羅馬尼亞 Siret River 流域進行災害研究，透過地理資訊系統彙整流域內空間資料，包含：豪雨事件期間水文監測資料分析、淹水範圍的調查和衛星影像的研判等，藉由空間分布資料探討致災原因及繪製災害圖資，由此成果可凸顯出災後調查的重要性，此資料將可提供政府單位於擬定土地開發政策、減災計畫和災中應急管理之參考。王俞婷等(2011)^[10]彙整國家災害防救科技中心近年來擬定許多易淹水區域調查研究方法，由此研究可知，調查程序需與政府機關、學術團隊及民間團體緊密結合，藉由災害調查表單填寫作業，逐步建立區域災害資料庫，並透過專家問卷，了解區域災害脆弱度因子，這些研究之成果也因災害資料庫逐漸完備，而成為政府部門於區域減災整備作業、工程治理、災中應變及災後復原之重要參考依據。經濟部水利署第七河川局曾委託自強工程顧問有限公司(2011)^[11]執行屏東的東港溪集水區及林邊溪集水區之淹水範圍調查，此研究整合 LiDAR 測量及地面近景測量技術，此方法落實於 2009 年莫拉克颱風及 2010 年凡那比颱風兩次區域淹水調查任務。有鑑於區域淹水災害調查之重要性，倘若能於災害發生後迅速繪製災區範圍圖，將對於搶救災之工作提供重要情報，對於救災機具的派遣亦是重要訊息，顏利玲(2001)^[12]提出利用網際網路進行災情回報作業，並建災情推估系統，其研究亦提到於災中緊急應變決策階段提供淹水災情空間分布資料，可作為救災與疏散決策之參考，進一步減少生命財產的損失。

除了藉由過去淹水調查資料，再針對研究區過去淹水潛勢分析相關研究進行了解，包含：1. 許銘熙等(2001)^[13]曾利用以二維零慣性波 (non-inertia wave) 傳遞理論為基礎，利用二維交替方向顯式 (ADE) 差分法建立二維地表漫地流數值模式，以模擬地表漫地流之水流動態、淹水範圍及淹水深度；2. 洪夢祺等(2002)^[14]利用美國陸軍工程師團水文工程中心所開發的 HEC-RAS 模式，針對東港溪流域進行 2 年及 50 年洪水頻率之可能淹水範圍劃設。3. 蔡長泰等(2002)^[15]曾針對屏東縣沿海地層下陷區應用地文性淹水模式進行降雨逕流演算，模擬 1996 年賀伯颱風、2001 年納莉颱風及重現期 100 年等降雨條件下的屏東縣最大淹水深度；4. 張哲豪等(2004)^[16]以擬似二維核胞模式不確定性分析，建構屏東縣東港溪流域東港溪流域淹水潛勢模型；5. 張哲豪等(2004)^[17]以荷蘭水工試驗所發展的 SOBEK 模式，進行台灣沿海地區淹水潛勢之研究，在此研究中亦針對本研究區之東港溪及林邊溪進行不同降雨條件下之淹水模擬；6. 葉一隆等(2007)^[18]曾以 FLO-2D 二維淹水模式，針對東港溪流域進行淹水潛勢分析；7. 經濟部水利署(2007)委託中興工程顧問股份有限公司^[19]以 SINOTOPO 淹水評估模式進行屏東縣淹水潛勢圖繪製作業，此方法係以擬似二維變量流模式(Quasi Two Dimensional Inundation Model)並結合河道一維變量流水理模式進行演算；8. Chen 等人(2006)^[20]曾針對台灣地區所建構的淹水潛勢分析資料庫進行詳盡說明，台灣政府單位透過許多計畫之推動，並立法程序，建

置可靠的淹水潛勢分析成果，提供的防洪減災方面的重要資訊，幫助公眾認識到對環境的潛在的洪水風險。江俊賢(2009)^[21]提出藉由二維格網式淹水潛勢分析，並結合機率型態之風險分級劃設之方法，可客觀評估土地利用管理辦法，藉由減少於高災害風險區域的開發行為，降低區域災害損失及人員的傷亡。楊昌儒與蔡長泰(2011)^[22]針對不同降雨頻率年之設計暴雨進行淹水潛勢分析，計算年期望淹水深度，做為淹水潛勢指標，據以標定淹水潛勢區，並進行危險度分級，以得淹水潛勢區分佈態勢。

三、屏東淹水災害調查

檢視經濟部水利署颱風或豪雨事件淹水災害調查作業注意事項可知，於災害調查前之作業包含：1. 應建置災害調查資料庫，彙整歷史淹水災害調查資料；2. 定期更新完工工程資料；3. 於災害熱點布設洪痕水尺、水位計等輔助設施；4. 備妥淹水潛勢區淹水範圍、航照圖、地形圖；5. 轄區水系基本圖資製作及建置；6. 應成立災害調查小組，定期辦理人員訓練；7.各項調查物品、裝備之點檢等作業，應於汛期前完成整備。一旦啟動災害調查，則依據各項作業規定，1. 成立調查小組；2. 依據啟動時機，完成初步調查與專案調查；3. 於災害調查作業結束後，製作並提送調查報告。

下列則是彙整 2020 年至 2021 年期間，本研究團隊成員參與屏東縣災害應變中心作業，並於災後彙整淹水災害調查資料之經過，以供參考。於災前，可先透過 LINE 通訊軟體，建立屏東縣政府防災群組、防災社區群組、防災士群組及消防局 119 勤務中心群組。於災中，儘速彙整各地之災情回報資料(包含：文字與照片)，並迅速利用 Google Earth 或 ESRI Story map 彙整災害情資，如圖 3 及圖 4 所示，藉由當下立即彙整的空間資料並另用各地之即時監控影像(CCTV)，可提供縣災害應變中心掌握各地災害分布與現場情境。

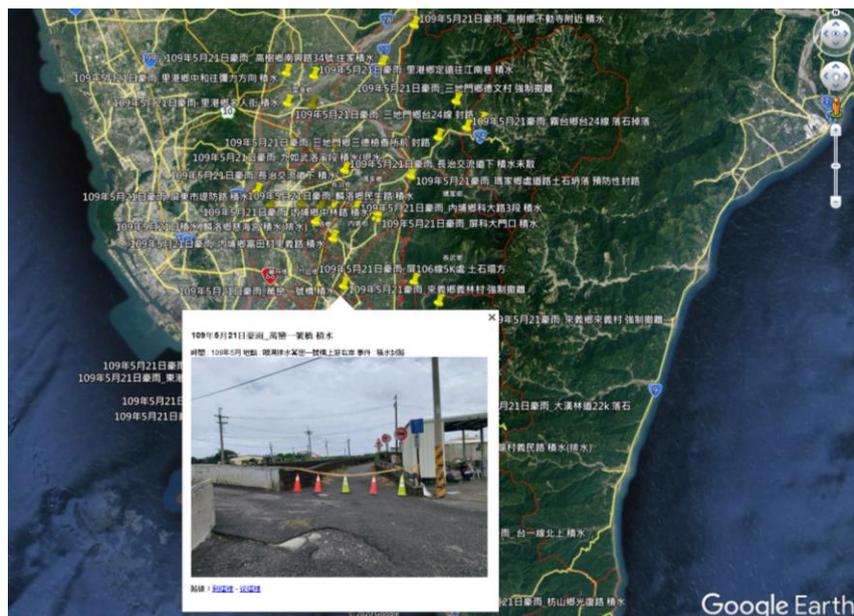


圖 3 2020 年 5 月 21 日豪雨事件之災點

資料來源：國立屏東科技大學災害防救科技研究中心

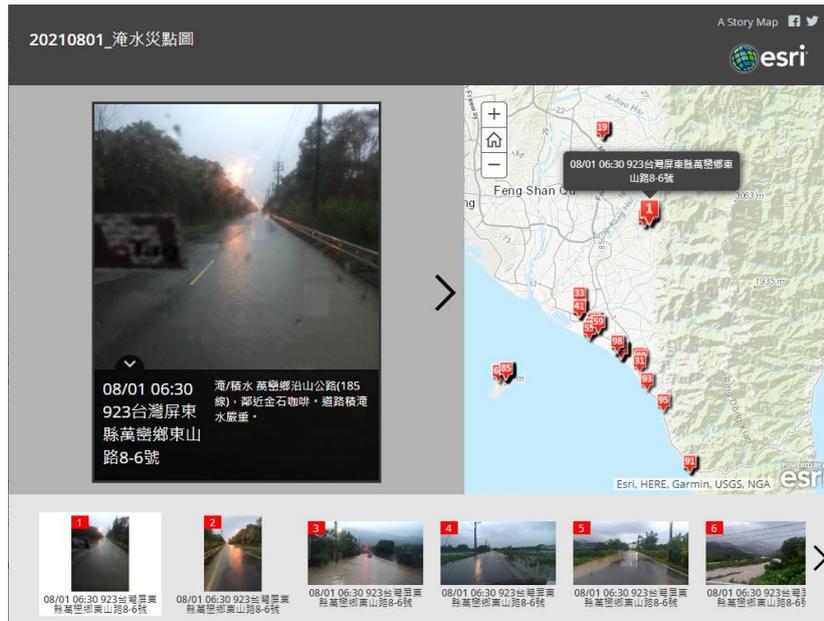


圖 4 2021 年 8 月 1 日熱帶性低氣壓事件之災點

資料來源：國立屏東科技大學災害防救科技研究中心

本研究團隊依據 2021 年參與屏東縣內災害調查作業的經驗，並參考經濟部水利署颱風或豪雨事件淹水災害調查作業注意事項，擬定淹水災害調查程序，如圖 5 所示。

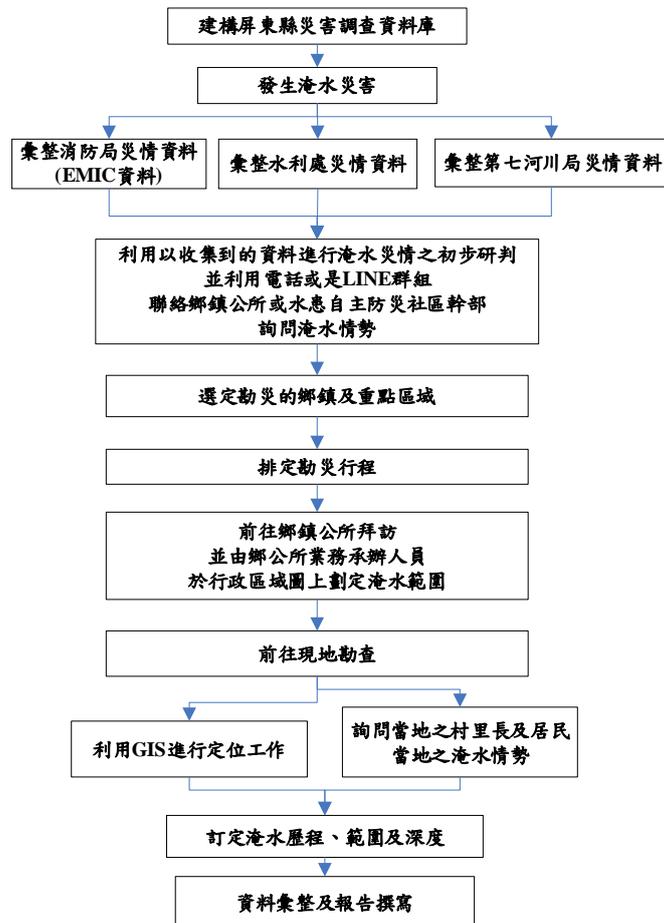


圖 5 淹水災害調查程序

四、屏東易淹水區調查

本研究以經濟部水利署於 2014~2016 年所公告之淹水潛勢圖資^[23]作為基本資料，取用屏東縣 24 小時暴雨 650 毫米淹水潛勢圖之淹水深度 50 公分(含)以上淹水潛勢範圍，如圖 6 所示。再以 2006 年至 2021 年期間屏東縣重大淹水事件範圍圖為劃定依據，如圖 7 所示，針對屏東縣淹水嚴重地區、村落人口聚集處、重要保護標的或歷(近)年颱風豪雨有實際執行水災疏散撤離之區域等原則，據以劃定水災危險潛勢地區。再將劃定之成果與各地鄉(鎮、市)公所充分討論後，劃定屏東縣易淹水範圍，如圖 8 所示。

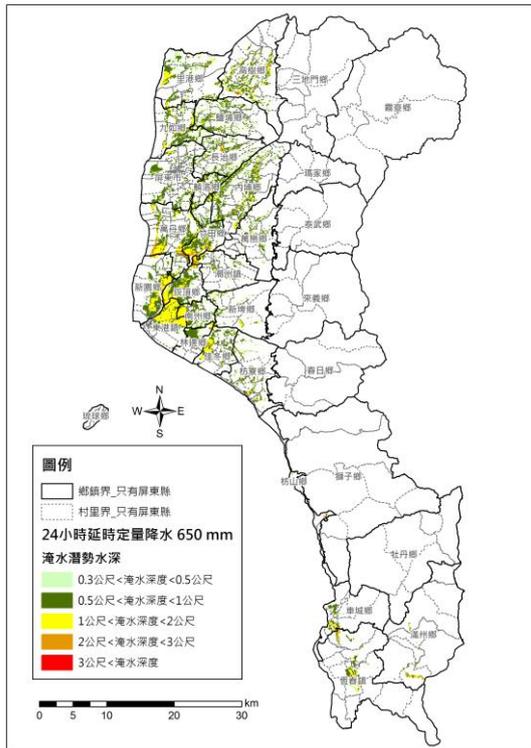


圖 6 經濟部水利署淹水潛勢圖
資料來源：經濟部水利署

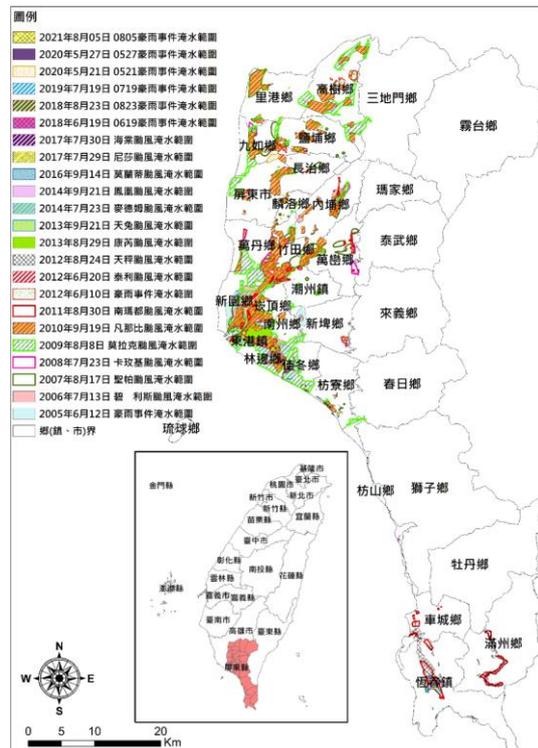


圖 7 屏東縣 2005-2021 年淹水範圍調查
資料來源：國立屏東科技大學災害防救科技研究中心

五、本研究產製圖資之應用

屏東縣易淹水範圍之圖資，目前已應用於屏東縣水災危險潛勢地區保全計畫，以及屏東縣內各平地鄉(鎮、市)公所擬定鄉鎮層級之水災危險潛勢地區保全計畫，透過此範圍的劃定，並結合民政單位之門牌定位圖資，則可為屏東縣政府彙整易淹水範圍內之門牌資料，再針對範圍內之脆弱度人口進行分析(如：獨居老人、身心障礙者及僅有 1 樓之平房住戶等)，有系統的彙整易淹水區之水災危險潛勢區保全戶資料。此外易淹水範圍圖資易可套疊相關基本圖資，建置各鄉(鎮、市)之防災地圖，如圖 9 所示，透過防災地圖可更明確瞭解各地易淹水範圍，於災害期間則可請當地防災社區幹部協助執行災情回報，或請轄管的消防分隊或派出所於災中加強災害範圍巡視作業，水利單位則可根據此圖資，進行移動式抽水機組預佈作業，藉此達到防災減災之成效。



圖 8 屏東縣淹水範圍劃定成果

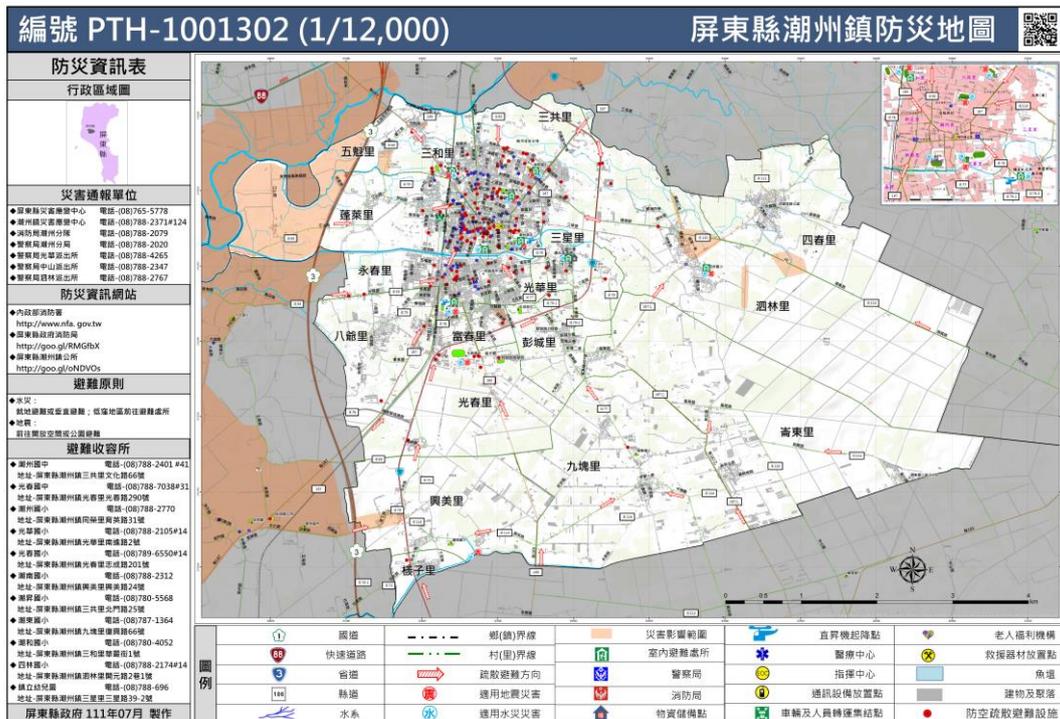


圖 9 屏東縣淹水範圍劃定成果

資料來源：國立屏東科技大學災害防救科技研究中心

六、結論

1. 本研究團隊藉由過去參與屏東縣災害應變中心作業之經驗，擬定淹水調查之程序，可於災中快速彙整各地方回報之災害情資，惟 ESRI Story map 系統製作較為繁瑣，且系統須付相關之費用，故目前建議可採用免費之 Google Earth 系統達成空間資料整合之目的。
2. 災害調查需有完整的災前整備資料，才能有效率的規劃並執行現地調查作業，調查成果圖資，亦應與當地鄉(鎮、市)公所防災業務承辦進行溝通，必要時亦應與村里長進行災因分析，將有助於後續改善工程之推動。
3. 防救災資料不應為封閉資料，建議各政府機關或學術團體因緊密合作，盡量將圖資應用於各類防救災計畫，希望能使當地居民得以避災，而政府單位則可於重點區域進行減災措施。

七、致謝

本論文之研究受中華民國國家科學及技術委員會之計畫補助，計畫編號為 MOST 111-2119-M-020-00。在此感謝歷年來參與現地調查的研究生，對建立基礎資料所付出之心力，並感謝國家災害科技中心、屏東縣政府、經濟部水利署第七河川局及各鄉(鎮、市)公所在資料及技術之協助，以使本研究工作得以順利完成，在此致上最誠摯之謝意。

參考文獻

1. 經濟部水利署，2022 年，民國 110 年水文年報。
2. Arizona State University, World Meteorological Organization's World Weather & Climate Extremes Archive, url: <https://wmo.asu.edu/#global>, 擷取時間: 2022.10.19.
3. 中央氣象局，觀測資料查詢，url: <https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/index.jsp>, 擷取時間: 2022.10.19。
4. 國家災害防救科技中心，全球災害事件簿，url: <https://den.ncdr.nat.gov.tw/>，擷取時間: 2022.10.19。
5. 中央氣象局，TDB 防災颱風資料庫網頁系統，url: https://www.cwb.gov.tw/V8/C/P/Rainfall/Rainfall_Area.html，擷取時間: 2012.01.01。
6. 經濟部，2022，經濟部水利署颱風或豪雨事件淹水災害調查作業注意事項，url: <https://den.ncdr.nat.gov.tw/>，擷取時間: 2022.10.19。
7. Adhikari, P., Hong, Y., Douglas, K. R., Kirschbaum, D. B., Gourley, J., Adler, R., & Brakenridge, G. R. 2010. A digitized global flood inventory (1998–2008): compilation and preliminary results. *Natural Hazards*, 55(2):405-422.
8. Lumbroso, D. M., Stone, K., & Vinet, F. 2011. An assessment of flood emergency plans in England and Wales, France and the Netherlands. *Natural Hazards*, 58(1):341-363.
9. Romanescu, G., Nistor, I. 2011. The effects of the July 2005 catastrophic inundations in the Siret River's Lower Watershed, Romania. *Natural Hazards*, 57(2): 345-368.
10. 王俞婷、謝龍生、李欣輯、林宣汝、黃俊宏、葉克家，2011，颱風易致災區域調查

技術與應用，國研科技，第 30 期，第 77-89 頁。

11. 自強工程顧問有限公司，2011，淹水範圍調查技術研究(2/2)，經濟部水利署第七河川局委辦計畫。
12. 顏利玲，2001，淹水災情網際網路回報及災情推估系統之建置，碩士學位論文，國立臺灣大學地理環境資源研究所，台北。
13. 許銘熙、簡名毅、鄧慰先、謝龍生、李明旭、黃成甲、葉森海，2001，屏東縣淹水潛勢資料，國家科學委員會防災國家型科技計畫辦公室研究報告。
14. 國立交通大學防災工程研究中心，2003，洪氾區劃設準則及模式研究總報告，計畫主持人：楊錦釗，經濟部水利署水利規劃試驗所委辦計畫。
15. 財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會，2002，地層下陷區土地利用對淹水潛勢影響之研究(2/3)，計畫主持人：蔡長泰，經濟部水利署委辦計畫。
16. 張哲豪、陳天賜、謝德勇、楊錦釗、吳益裕、楊舒雲，2004，擬似二維核胞模式不確定性分析—以屏東縣東港流域為例，第十四屆水利工程研討會，台灣，交通大學，第 A155-A164 頁。
17. 國立台北科技大學，2004，台灣沿海地區淹水潛勢之研究(2/2)，計畫主持人：張哲豪，經濟部水利署委辦計畫。
18. 葉一隆、顏瑞龍、陳智謀，2009，東港流域淹沒潛勢分析與應用，水利學報，第 40 卷，第 7 期，第 838-843 頁。
19. 中興工程顧問股份有限公司，2007，高屏流域及高雄縣、高雄市與屏東縣淹水潛勢圖更新計畫，經濟部水利署委辦計畫。
20. Albert S. Chen, Ming-Hsi Hsu, Wei-Hsien Teng, Chen-Jia Huang, Sen-Hae Yeh, Wan-Yu Lien, 2006, "Establishing the Database of Inundation Potential in Taiwan," *Natural Hazards*, Vol. 37, No. 1-2, pp. 107-132.
21. 江俊賢，2009，模式參數與數值地形不確定性於洪氾區劃設影響之研究，碩士學位論文，國立臺北科技大學土木與防災研究所，台北。
22. 楊昌儒、蔡長泰，2011，應用 GIS 於社區淹水潛勢區分析及潛勢危險區劃分研究，弘光學報，第 63 期，第 210-227 頁。
23. 環興科技股份有限公司，2014 年，屏東縣淹水潛勢圖第二次更新計畫，經濟部水利署水利規劃試驗所委辦計畫。
24. 屏東縣政府，2022 年，屏東縣水災危險潛勢地區保全計畫。