

高雄極端降雨天氣類型與淹水災害衝擊分析

李宗融¹、林哲宇²、龔楚嫻¹、于宜強¹

1. 國家災害防救科技中心

2. 國立台北教育大學社會與區域發展學系

摘要

地方政府是落實防減災相關政策與操作的最重要基層組織。過去的颱風災害研究，多以「事件」為主體，進行降雨、災因、災害衝擊分析，較難符合地方政府所需。本研究嘗試以「地方政府」的角度出發，分析颱風事件引發之「淹水災害衝擊」以及歷史上可能引發淹水災害的「極端降雨天氣類型」。

根據本中心執行之全台易致災環境調查與評估報告之結果，高雄易致災區的平均淹水深度為全台之最，加上高雄為全台第二大會區，因此本研究以高雄為示範區，搭配本中心研發的台灣颱風災害損失評估系統(TLAS)，了解在易致災的淹水情境下可能對高雄市造成之災害衝擊；另外，也搭配本中心建置之歷史強降雨事件簿，分析可能在高雄市造成淹水災害的降雨特性與天氣類型。

研究初步結果顯示，歷史上在高雄易引發極端強降雨的天氣類型，不論長(12-24 小時)、短延時(1-6 小時)都以颱風、梅雨、西南氣流這 3 類為最主要；在颱風路徑分類上，以 2、3、4、6 路徑颱風最多，其中又以第 2、3 類路徑颱風事件最為顯著。另外，因應高雄都市發展之結果，淹水影響之土地利用類型有明顯地域之別。楠梓、大社以北之行政區以農業用地為主；以南之行政區則以建築用地為主。在經濟損失部分，在易致災的淹水情境下，以大寮區的經損最高。

關鍵字：極端降雨天氣類型、淹水災害衝擊分析、台灣颱風災害損失評估系統(TLAS)

一.前言

在台灣，每年汛期期間總會有許多颱風、豪雨所引發的強降雨，甚至是極端降雨事件。這些天然事件的發生是無可避免之惡，但其引發之淹水、土石流甚至是人命傷亡，則是防災單位投入大量研究、執行人力極力避免之果。

過去針對災害事件的研究與分析多以「事件」為主體，透過分析事件了解不論是事件的降雨特性、災害發生原因以及災害引發的衝擊等等。然而，在本中心參與的多次中央與地方政府的防災對談會議中(例：CEOC 研習會、地方訪評等)，了解到對於落實災害防救相關工

作的地方政府而言，如何以其角度出發，針對在地容易受災的特性進行分析，才是地方政府在執行防災相關工作時的迫切需求。

因此，本研究嘗試以鄉鎮、縣市為分析單元，分別針對地區「降雨特性」以及「災害衝擊」等面向進行分析。希望在災害來臨前，有效率的評估當地易引發災害的天氣類型、降雨強度，以及災害發生時之可能衝擊之產業、機構等。透過預警、減災、救災以及復原等不同階段之應變操作，減低災害造成之損失。

高雄-為台灣大二都會區，由於都會區人口集中、工商發達，災害引發之衝擊面也較為廣泛。在近年的颱風事件中，例如：2001 年潭美、2004 年敏督利、2009 年莫拉克以及 2010

年凡那比都曾造成高雄地區重大的災害。根據本中心出版的全臺灣縣市易致災環境調查與評估報告，高雄市易致災淹水區的平均淹水深度為全台最深，因此，本研究初步選定高雄市為研究區，探討其縣市尺度下之淹水災害衝擊與極端降雨天氣類型分析。

二. 高雄極端降雨天氣類型分析

周(2009)利用不同延時之降雨強度排序，評估在氣候變遷之情境下極端降雨颱風之發生頻率。而在過去執行防救災相關研究之經驗上，了解不同災害類別的降雨，與其延時的降雨強度有關。本中心(NCDR)整合氣象局之豪大雨標準、水利署、以及中心內部建置之災害警戒值，建立不同延時降雨之門檻值。並藉以篩選歷史上(1992-2013)滿足上述門檻條件之降雨事件。搭配在氣象局之地面天氣圖、衛星雲圖以及氣象局每日發布之天氣概述資訊，分析該降雨事件當日的天氣類型，建立災害性降雨天氣事件簿，共計將所有天氣類型分類為：熱帶氣旋、梅雨季鋒面、西南氣流、鋒面、共伴等 14 類(龔楚嫻等，2013)。

本研究針對高雄各行政區，分別就不同降雨門檻(50mm/1hr；130mm/3hr；200mm/6hr；350mm/12hr；350mm/24hr；600mm/24hr)進行個案篩選，並搭配上上述建置之災害降雨事件簿，建立每個行政區之極端降雨強度與對應天氣類型。圖 1 為高雄市各延時極端降雨天氣類型分類，結果顯示高雄地區在 1 小時極端降雨的天氣類型以夏季降雨最多，梅雨、颱風次之；隨著延時降雨強度增加，夏季降雨的次數明顯減少，轉以颱風、梅雨、西南氣流為最常見之極端降雨天氣類型。在 24 小時 600 毫米的這個門檻上，歷史上更是僅有這 3 種天氣類型可達標準。

由上述分析可知，高雄主要的極端降雨天氣類型以颱風、梅雨、西南氣流為主，圖 2 為

上述各延時之颱風事件路徑分類。高雄以 2、3、4、6 路徑颱風之次數較易降下極端降雨，其中又以 2、3 類路徑為最顯著之路徑類型。而第 5 與第 8 類路徑颱風，過去並未在高雄有過極端降雨事件。

表 1 為高雄市各行政區歷史上(1992-2013)24 小時降雨極值與其對應之天氣事件與類型。顯示，高雄市各行政區之歷史極值分別由潭美颱風(2001)、莫拉克颱風(2009)、凡那比颱風(2010)以及 1994 年 8 月的西南氣流事件所貢獻。24 小時歷史極值降雨強度以湖內區約 520 毫米最小，桃源區近 1500 毫米最高。

透過上述分析可知，高雄地區易發生極端降雨的天氣類型，1 小時的天氣類型較為多元，以夏季降雨事件最多，颱風、梅雨、西南氣流、低壓等天氣類型皆可見，隨延時強度增加，天氣類型逐漸集中在颱風、梅雨、西南氣流此三大天氣類型，又以颱風最多。在颱風路徑分類方面，2、3、4、6 類路徑最為常見，又以 2、3 路徑最為顯著。另外，透過各行政區各延時門檻極值之分析，可快速了解各行政區歷史極端降雨值，未來於降雨事件發生時，便於進行事件之快速類比。

表 1. 高雄市各行政區

Town	Year	Mon	Rain	Type	Name
桃源區	2009	8	1487	TC	莫拉克颱風
茂林區	2009	8	1465	TC	莫拉克颱風
六龜區	2009	8	1262	TC	莫拉克颱風
那瑪夏區	2009	8	1227	TC	莫拉克颱風
甲仙區	2009	8	1162	TC	莫拉克颱風
杉林區	2009	8	1126	TC	莫拉克颱風
橋頭區	2010	9	990	TC	凡那比颱風
梓官區	2010	9	983	TC	凡那比颱風
美濃區	2009	8	983	TC	莫拉克颱風
楠梓區	2010	9	914	TC	凡那比颱風
彌陀區	2010	9	901	TC	凡那比颱風

大樹區	2010	9	883	TC	凡那比颱風
仁武區	2010	9	875	TC	凡那比颱風
大社區	2010	9	850	TC	凡那比颱風
內門區	2009	8	837	TC	莫拉克颱風
燕巢區	2010	9	836	TC	凡那比颱風
岡山區	2010	9	788	TC	凡那比颱風
旗山區	2010	9	785	TC	凡那比颱風
鳥松區	2010	9	763	TC	凡那比颱風
林園區	1994	8	715	SW	
小港區	1994	8	714	SW	
左營區	2010	9	695	TC	凡那比颱風
三民區	2010	9	653	TC	凡那比颱風
鼓山區	2001	7	651	TC	潭美颱風
田寮區	2009	8	629	TC	莫拉克颱風
鹽埕區	2001	7	627	TC	潭美颱風
鳳山區	2010	9	620	TC	凡那比颱風
新興區	2001	7	617	TC	潭美颱風
前金區	2001	7	616	TC	潭美颱風
苓雅區	2001	7	609	TC	潭美颱風
大寮區	1994	8	608	SW	
旗津區	2001	7	601	TC	潭美颱風
永安區	2010	9	592	TC	凡那比颱風
前鎮區	2001	7	591	TC	潭美颱風
阿蓮區	2010	9	562	TC	凡那比颱風
路竹區	1994	8	539	SW	
茄萣區	1994	8	533	SW	
湖內區	1994	8	523	SW	

三. 淹水災害衝擊分析

為了提升災害損失評估之效率，2012 年本中心根據過去文獻研究，以及歷年的災損調查資料，開發出臺灣颱風洪災損評估系統(Taiwan Typhoon Loss Assessment System，簡稱為 TLAS)。TLAS 是一套藉由 ESRI ArcGIS 地理資訊系統分析軟體中的 ArcMap 流程化工具(Model Builder)快速處理、計算的災損評估系統。系統發展完成後經過擴充及多次模組參數修改，以及歷史事件之評估驗證(李欣輯等，2013)，是

國內目前現有發展最完全、計算最有效率以及評估準確率最佳的颱風災損評估系統。該系統可針對災害範圍內影響戶數、土地利用類型、經濟損失等項目進行快速評估。本研究將使用本系統作為淹水災害衝擊評估之分析工具。

淹水資料選取的部分，本研究採用的是本中心於民國 97 年開始執行兩年一次之易致災調查。該調查蒐集全台各縣市之淹水、坡地易致災地區的相關圖層資料。而所謂易致災指的即是過去經常發生災害或未來發生災害潛勢高的地區。根據高雄市 101 年易致災環境調查與評估報告(NCDR 101-004)，高雄市淹水易致災行政區共計有 30 區 99 里(如圖 3)。圖 4 為利用 TLAS 系統配合高雄市易致災淹水調查範圍，評估之高雄市各行政區主要受淹水影響之土地利用類型結果。由分析結果發現，高雄市易淹水區影響之土地利用類型有明顯的地域之別，楠梓、大社以北之行政區以農業用地為主；以南之行政區則以建築用地為主。圖 5 則是 TLAS 系統評估之高雄市各行政區淹水損失金額。主要災損較高的行政區集中在高雄市高屏溪、阿公店溪之兩側，其中以高屏溪流經之大寮區評估災損金額最高，主要係因大寮區易致災淹水區之土地利用類別最高為建築用地，而其中又以工業用地之損失最高、其次為商業(圖 6)。

Cutter(1996)提出研究地方的災害脆弱性評估模式(Hazard of Place Model of Vulnerability)，將災害脆弱性分為社會脆弱性與自然脆弱性兩大部分，最後再將社會與自然脆弱性指標相互結合，進而評估地方脆弱性指標。本研究採用 Cutter(1996)之方法，評估高雄市各行政區淹水災害之地方脆弱性潛勢。自然脆弱性的部分以各行政區之淹水面積為分析元素，社會脆弱性的部分，參考蕭煥章(2008)以女性人口、65 歲以上人口、14 歲以下人口、不識字人口、身心障礙人口、獨居老人人口、低收入戶以及 TLAS 評估之影響戶數、損失金額為分析元素。圖 7

為高雄地區自然(淹水面積)脆弱性之分級結果，顯示自然脆弱性等級最高者依序為旗山區、大樹區、大寮區、林園區、岡山區、橋頭區與茄荳區，其他行政區皆在三級以下。圖 8 則為高雄市各行政區社會脆弱性之評估結果。社會脆弱性等級最高者依序三民區、鳳山區、大寮區、小港區、前鎮區、前金區、苓雅區、左營區與楠梓區，其他行政區皆在三級以下。圖 9 則為高雄地方脆弱性之評估結果，結果顯示脆弱性較高者皆緊鄰主要溪流，例如旗山區、大樹區、大寮區與林園區鄰近高屏溪；岡山區有阿公店溪流經；橋頭、楠梓及仁武區境內則分別有典寶溪、後勁溪與獅龍溪流經等。

綜合比對上述分析結果，雖然部分行政區之社會脆弱性高，但其自然脆弱性較低，故其方脆弱性等級未必較高，如三民區、鳳山區等；反之，整體社會脆弱性指標等級較低的行政區如旗山、大樹區等，其自然脆弱性指標等級皆高，相乘後之地方脆弱性指標等級皆顯著提高。由此可知高雄市各行政區之地方脆弱性等級主要由自然脆弱性所主宰。因此，未來針對水災之防減災策略，地方脆弱性高，應首重避免淹水災害之發生；反之針對社會脆弱性高，但自然脆弱性低的行政區，應首重疏散撤離等策略。

四. 結論

由於台灣的地理位置與人口稠密的特性，天然災害的發生頻率相當高，其中又以颱風災害最多，而颱風災害最主要的致災原因之一就是極端的降雨。過去的颱風災害研究，多以「事件」為分析主體，較難符合地方政府所需。本研究嘗試以「地方政府」的角度出發，選定高雄市為示範區，分析其極端降雨之特性與極端降雨引發之淹水災害可能造成對經濟、社會造成之衝擊。

歷史上高雄地區易發生極端降雨的天氣

類型，在 1 之 3 小時極端降雨部分，以夏季降雨，颱風、梅雨、西南氣流、低壓等天氣類型為主。隨延時強度增加，天氣類型逐漸集中在颱風、梅雨、西南氣流此三大天氣類型，又以颱風最多。另外，在颱風路徑分類方面，2、3、4、6 類路徑最為常見，又以 2、3 路徑最為顯著。

淹水可能造成之經濟損失評估部分，各行政區淹水區主要土地利用類型有明顯的地域之別，楠梓、大社以北之行政區以農業用地為主；以南之行政區則以建築用地為主。另外，經濟損失評估最高的行政區為大寮，主要係因大寮區易致災淹水區之土地利用類別最高為建築用地，而其中又集中在工業用地與商業用地，導致損失金額最高。

另外，透過 Cutter(1996)提出之地方脆弱性指標評估之結果，顯示高雄地方脆弱性與自然脆弱性的分布較為相似，與社會脆弱性相關較低。因此，未來針對水災之防減災策略，應因應該行政區之災害脆弱特性，而有不同之操作策略。

五. 參考文獻

- 龔楚嫻、于宜強、李宗融、林李耀，2013：冬季東北部致災降雨事件之天氣類型分析。102 年天氣分析與預報研討會，龍潭。
- 李欣輯、陳怡臻、郭玫君、李香潔，2013：臺灣颱風災害損失評估系統之建置。國家災害防救科技中心，NCDR 101-T17。
- 101 年高雄市易致災環境調查與評估期末報告。國家災害防救科技中心，NCDR 101-O04。
- 周仲島、陳永明，2009：臺灣地區劇烈降雨與侵臺颱風變異趨勢與辨識研究，氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究—子計畫一。
- 蕭煥章，2008：水災脆弱性評估模式之建立—

以污止市為例。中國文化大學 地學研究所博士論文。

Cutter, S. L., Mitchell, J. T., & Scott, M. S. (1996). *Handbook for Conducting a GIS-Based Hazards Assessment at the County Level*. Hazards Research Lab, Department of Geography University of South Carolina.

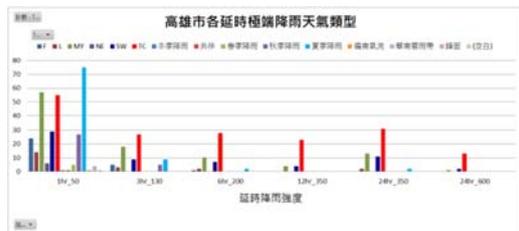


圖 1. 高雄市各延時極端降雨天氣類型分析結果。

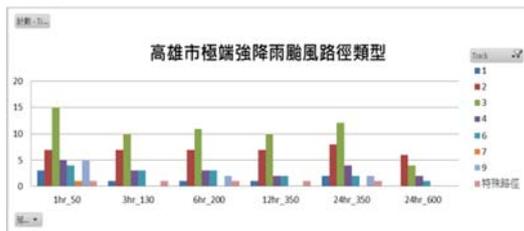


圖 2. 高雄市各延時極端降雨颱風路徑分類。

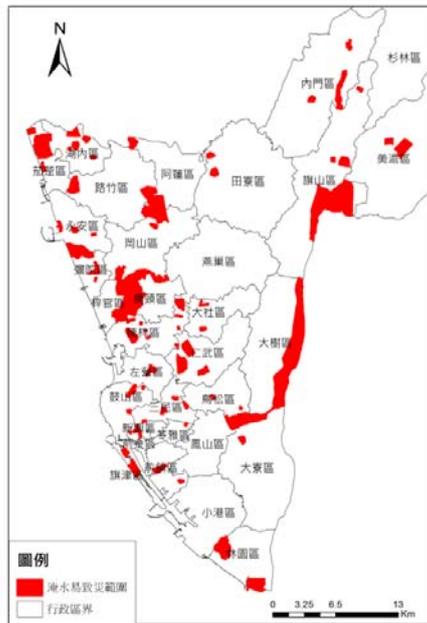


圖 3. 高雄市易致災淹水調查範圍。

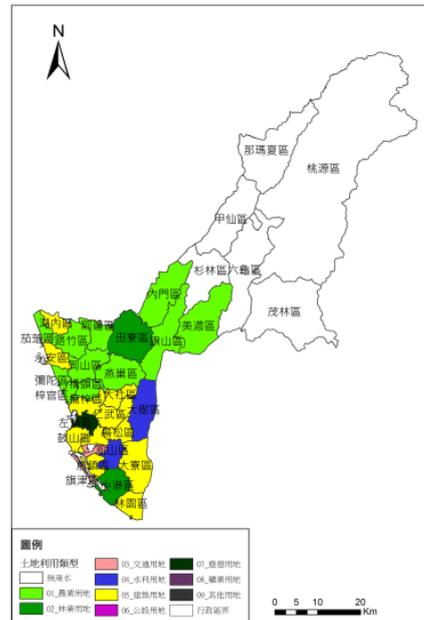


圖 4. TLAS 系統評估高雄市易致災淹水調查範圍之土地利用類型結果。

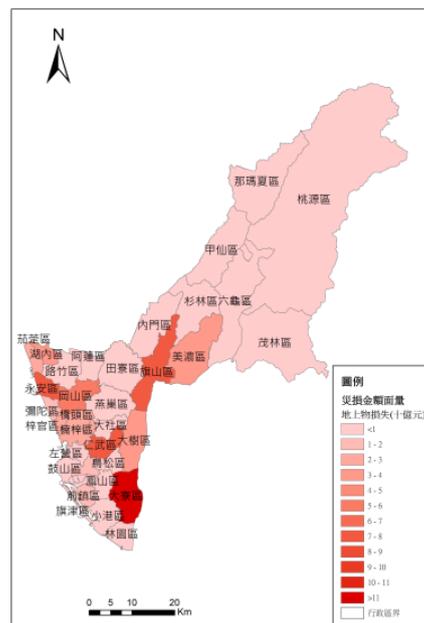


圖 5. TLAS 系統評估高雄市易致災淹水調查範圍之災損金額。

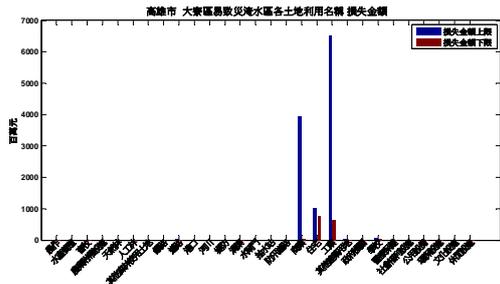


圖 6. 大寮區各土地利用 TLAS 災損金額評估結果。

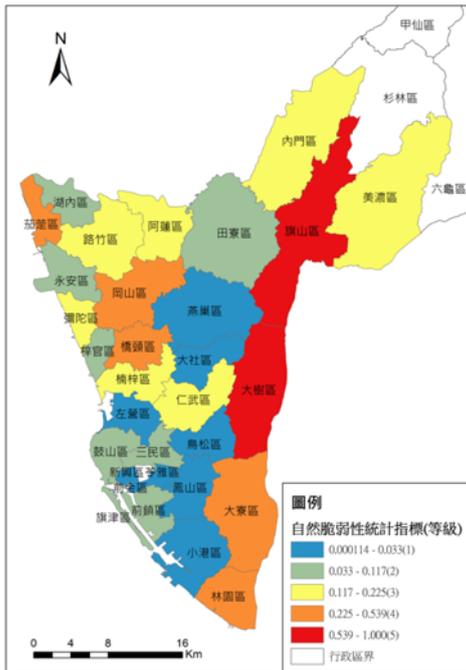


圖 7. 高雄市各行政區自然脆弱性(淹水面積)指標分級結果。

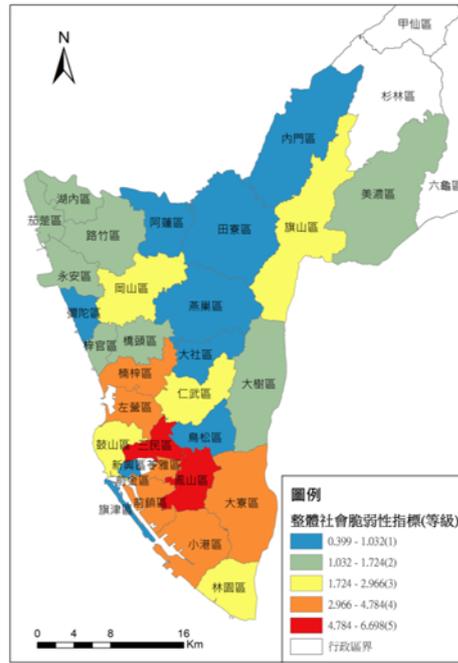


圖 8. 高雄市各行政區綜合社會脆弱性指標分級結果。

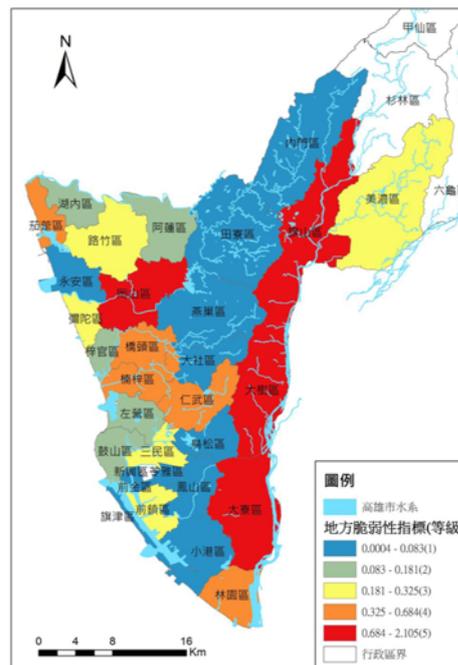


圖 9. 高雄市各行政區地區脆弱性指標分級結果。