

## 成功大學協助臺南市政府災害應變情資研判分析

李心平、黃志偉、蔡秀芝、廖菴辰、李威霖

國立成功大學防災研究中心

---

---

### 摘要

由於臺灣區域環境特性，地震、颱風、豪雨等天然災害常造成臺灣地區嚴重的災害損失與傷亡，除此之外隨著工商業的發展，人為災害的風險也大幅提高，為減低災害可能的衝擊我國政府於 2000 年通過災害防救法並於 2003 年推動區域大學協助地方政府災害防救業務，透過法令的訂定以及防災科技的引入加速提升各級政府災害防救作業能力，遂有縣市政府防災協力機構的建構，利用大學內多元的研究動能強化地方政府災害防救作業能力；成功大學於 2004 年起擔任臺南市政府防災協力機構，從災害潛勢評估、防災體系檢討、災害應變對策與防災計畫擬定、訓練與演練等，協助提升臺南市政府部門防災專業與應變能力；但各類型防救能力的強化都將於應變期間接受災害的檢驗與考驗，然而在應變作業中必須精確瞭解區域的耐災能力、外力的衝擊、體系的運作以及防救災資源能量方能進行完整的應變情資研判以提供指揮官防救災決策的參考，本文以成大防災協力機構協助臺南市政府於水災災害應變作業情資分析研判為案例進行探討，透過背景資料收集、模式開發、天氣分析、水情守視及應變協勤作業等提供市府災害應變作業研判情資以供市府防災應變決策及資源調度之參考。

## 壹、前言

臺灣位處板塊交界且為西太平洋颱風移動路徑上，地震、颱風等天然災害的威脅經常造成民眾嚴重的傷亡與財產損失，此外由於高人口密度及工商業的發展，爆炸、毒化災等人為災害也對各大都會區造成威脅；由於災害常容易造成社會嚴重的衝擊，因此重大災害所造成的影響常是社會關注與媒體的焦點，為避免災害所帶來的損失，災害防救工作也成為各級政府努力施政的重點；但由於政府體系公部門欠缺防災專業知識也欠缺專職人員，面對逐漸增加的天然災害威脅，為在短時間提升政府公部門的防災專業技術與能力，行政院於 2003 年中央災害防救會報決議利用大學內強大的研究能量，協助政府進行災害潛勢評估、防災體系檢討、災害應變對策與防災計畫擬定、人員的訓練與演練等工作，遂有所謂「災害防救協力機構」計畫的推動，由大學內專業的研究團隊協助地方政府進行防災計畫、整備、應變以及人員訓練的工作；但無論是防災計畫的擬定、防救災整備以及人員的訓練等相關工作的推動都將於應變期間接受災害的考驗與檢核，因此災害應變作業的成功與失敗除檢驗各防災工作推動的成效外也將直接影響災害的損失與傷亡，因此災害應變工作遂成為防救災工作最重要的一個環節。然而在災害應變作業過程中如何運用預先建置之災害潛勢、防救災資源，結合即時監測資訊進行應變情資研判以提供應變中心指揮官精確防救災決策及資源調度參考，將有可能影響整體防救災應變作業的成敗；近年地方政府透過政府體系的運作配合防災協力團隊的協助已逐漸提升應變情資的精度，有效的減低災害可能的衝擊與傷害，本文以臺南市政府與成大協力團隊之運作模式與應變經驗進行探討，希冀相關作法可提供國內相關機構災害應變情資研判作業之參考。

## 貳、臺南市災害衝擊分析

臺南市位於臺灣本島南部之嘉南平原中心，北以八掌溪與嘉義縣為鄰，南鄰高雄市茄萣區，東連烏山嶺與高雄市為界，西毗臺灣海峽；地勢東高西低平，東側有丘陵，屬於阿里山山脈的尾段，最高峰為大凍山（標高 1,241 公尺）主要河川由北至南為八掌溪、急水溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪。主要水庫包含曾文、烏山頭、白河、南化、尖山埤、德元埤、鹿寮、虎頭埤及鏡面等水庫(如圖 1)。南市轄內行政區共有 37 區、752 里，現住人口數統計有 1,886,160 人，全市最多人口數為永康區 232,540 人，全市最少人口數為龍崎區 4,091 人，轄內城鄉差距非常明顯。

針對臺南的區域環境特性及過去的歷史災害分析，主要威脅臺南市的災害以水災、地震、崩塌、土石流、海嘯及人為災害為主；茲將臺南市相關天然災害特性說明如下。

臺南市因地勢低平，潮溝、漁塢、濕地密佈，隨著臺南市之發展漸漸淤填雨水宣泄不易，每逢汛期常有洪水災情傳出。依中央地質調查所公告臺灣地區活動斷層資料(2010年)，臺南地區處於西部地震帶上，轄內計有 6 條活動斷層，分別為觸口斷層、木屐寮斷層、六甲斷層、左鎮斷層、新化斷層及後甲里斷層等；近年來分別於 1946 年 12 月 5 日於新化地區、1964 年 1 月 18 日白河地區及 2016 年 2 月 6 日永康等地區發生過致災型地震，造成嚴重的傷亡。坡地災害中依農委會水保局公開資訊，臺南市轄內土石流潛勢溪流共計有 48 條；分佈於白河、東山、六甲、玉井、南化、楠西及龍崎地區，此外亦有順向坡與崩塌的分布。至於海嘯災害部分，Kirby (2006) 依照馬尼拉海溝走向的不同，將馬尼拉海溝分成六個破裂面，其中有三個破裂面(A-C)離臺灣較近，可能造成海嘯襲擊臺灣並造成災害機率較高，一旦板塊錯動所引致的海嘯將可能影響臺南沿海地區。

為瞭解臺南市可能的災害衝擊，成大協力團隊除蒐集國內各部會災害潛勢分析資料，如：經濟部水利署、經濟部地質調查所、農委會水保局、災害防救科技中心等外，同時自主掌握災害潛勢模擬能力(如表 1 所示)，配合基本資料的蒐集與災害案例的分析，利用歷史災害案例校正災害潛勢分析模型，發展出符合臺南市區域環境特性災害模擬工具，可針對不同環境特性及區域工程概況精確掌握災害可能的區位與衝擊，提供較細緻化災害情資分析訊息。

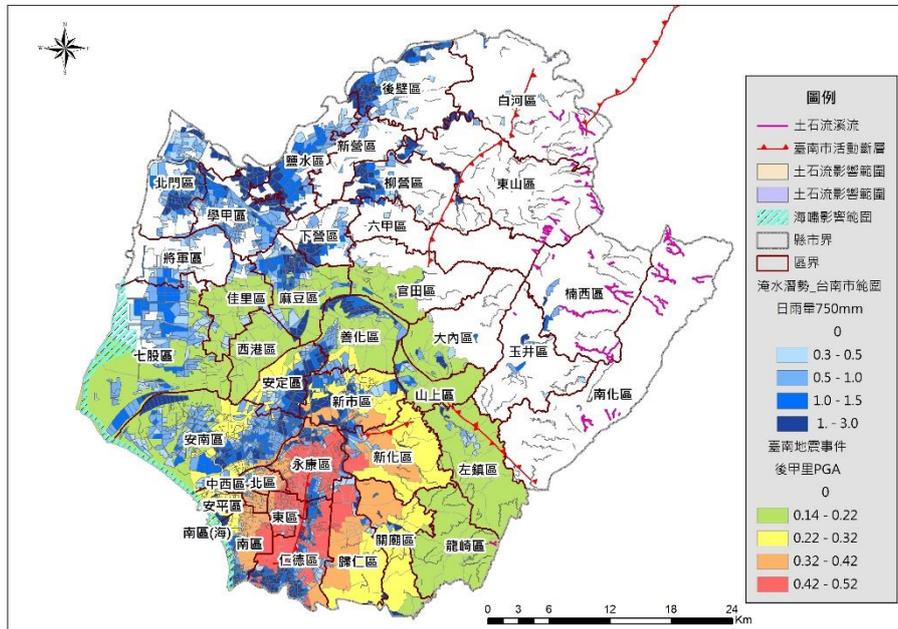


圖 1、臺南市災害潛勢分析

表 1、成大防災協力團隊災害潛勢模擬採用模式說明

災害類別	災害潛勢分析	開發單位
水災	地文性淹水(PI Model)、 SOBEK	成大水利及海洋學系、 Deltares
地震	TELES 災損模式	國家地震中心(NCREE)
土石流	二維土石流沖淤模式	成大防災研究中心
人為災害	北美應變手冊/Aloha	EPA(USA)
海嘯災害	COMCOT Model	Cornell Univ.(USA)

### 參、近年重大水災災害特性分析

分析臺南市的區域環境及近年水災災害歷史資料(如表 2 與圖 2)，臺南地區受到地形、地勢及土地利用變遷的影響，造成臺南市淹水災情的天氣型態分別有 5~6 月之梅雨期及 7~9 月午後熱對流降雨以及 6~10 月颱風或豪雨等，回顧近 10 年重大歷史淹水事件如 2005 年 0612 豪雨、2009 年莫拉克颱風、2010 年凡那比颱風、2013 年康芮颱風等事件，除莫拉克颱風屬長延時、高強度及廣域的降雨型態而致災外，其他淹水原因多為降雨集中、地勢相對低窪等內水問題。

除降雨型態所造成的淹水災害外，各水系因水域環境、地形特性、工程保護能力、土地利用型態的差異也造成不同的淹水特性；如八掌溪至急水河流域間屬地勢低窪之社區(如後壁後廊社區、平安社區及北門錦湖社區)、急水溪至曾文河流域間的七股龍山社區則為潮汐與低窪地勢因素時常有淹水災情、曾文溪至鹽水溪部分則因遇漲潮時段致使曾文溪水及區域排水無法順利排出而造成地區淹水災情(如安定區新吉里及安南區海尾寮等)、鹽水溪至二仁河流域則為下游地勢低窪平緩且部分橋樑樑底過低以及通水對面與高度不足等因素，使得關廟區的新仁橋-新埔二街常有災情傳出。此外，由於臺南市沿海地區多由原濕地、潟湖淤積而成，因此有很多區其地形高程及與海平面高程相當，近年來受到氣候變遷影響，颱風氣壓與強度都有明顯改變，颱風的低壓、強風所引發的暴潮配合劇烈的降雨，導致沿海地區排水系統因下游受潮位頂托而喪失排水效能而導致大規模淹水的災情，如 2016 年梅姬颱風(如圖 3~圖 5)即屬此一類型災害，隨氣候變遷、海平面的抬升，此一類型的淹水災害發生的頻率隨著侵臺颱風中心氣壓、風速的逐漸改變類似似的災害型態將有可能逐漸增高。

為能於災害應變期間提供地方政府精確地的情資研判資訊須能充分了解區域的災害特性、設施保護能力、外力可能的強度以及可能致災的衝擊分析等，因此對於區域災

害的細部分析、歷史災害的調查以及模擬重現並配合外力強度推估可能的衝擊，方能精確掌握災害的型態、區位、規模等訊息，以提供應變中心指揮官應變情資以供決策分析參考。

表 2、臺南市歷年颱風、豪雨災情資料表

時間	名稱	災情
2001 年 9 月 15 日	納莉颱風	鹽水區、新營區、柳營區、東山區。
2004 年 6 月 28 日	敏督利颱風	永康區、新營區、後壁區、左鎮區及學甲區。
2005 年 6 月 12 日	0612 豪雨	永康區、七股區、大內區、北門區、麻豆區。
2005 年 7 月 16 日	海棠颱風	麻豆區、學甲區、佳里區、下營區、將軍區、北門區。
2005 年 8 月 30 日	泰利颱風	永康區、安定區、白河區、善化區、新市區、仁德區、學甲區、仁德區、大內區、永康區、北門區。
2008 年 7 月 16 日	卡玫基颱風	官田區、大內區、玉井區、楠西區、左鎮區、白河區、東山區、新營區、柳營區、後壁區。
2009 年 8 月 8 日	莫拉克颱風	後壁區、鹽水區、北門區、七股區、六甲區、柳營區、學甲區、玉井區、南化區、楠西區、山區上、新化區、歸仁區、左鎮區、西港區、安定區、善化區、麻豆區、新市區、安定區、大內區、官田區、將軍區、安南區、仁德區。
2010 年 9 月 18 日	凡那比颱風	麻豆區、永康區、歸仁區、仁德區、關廟區、新化區。
2013 年 8 月 29 日	康芮颱風	山上區、大內區、新化區、仁德區、新營區、歸仁區。
2014 年 8 月 7 日	0807 豪雨	安南區、仁德區、永康區、南區、安定區。
2015 年 9 月 27 日	杜鵑颱風	後壁區、鹽水區、北門區、下營區。
2016 年 9 月 6 日	0906 豪雨	仁德區、永康區、安南區。
2016 年 9 月 26 日	梅姬颱風	仁德區、永康區、七股區、將軍區、新化區、安平區。

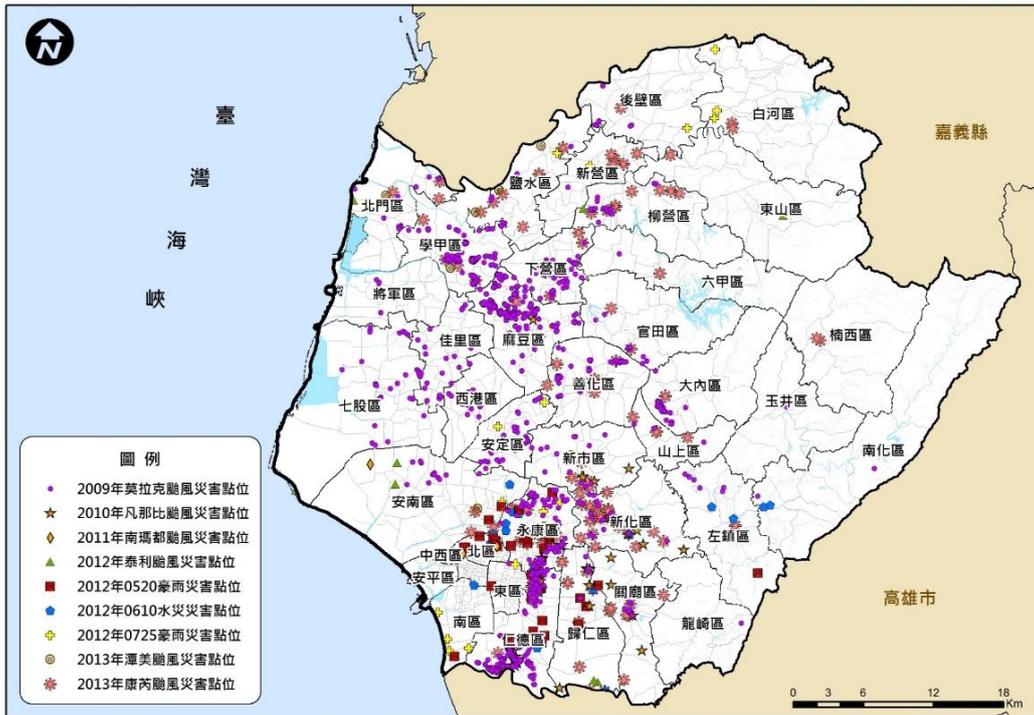


圖 2、臺南市近 10 年淹水災害通報點位

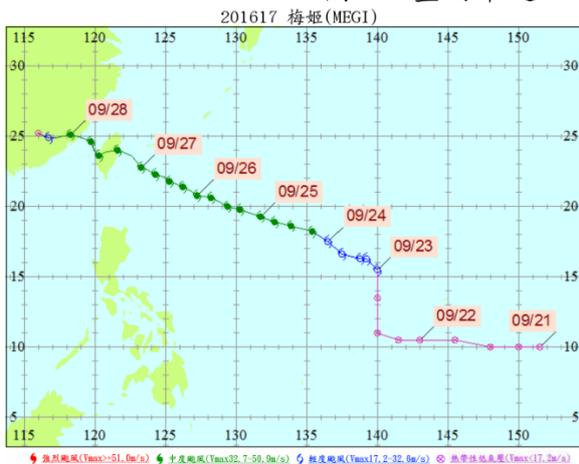


圖 3、2016 年梅姬颱風移動路徑

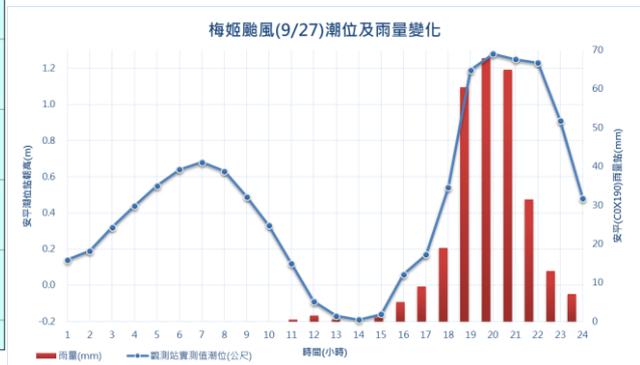


圖 4、2016 年梅姬颱風潮位及雨量分布

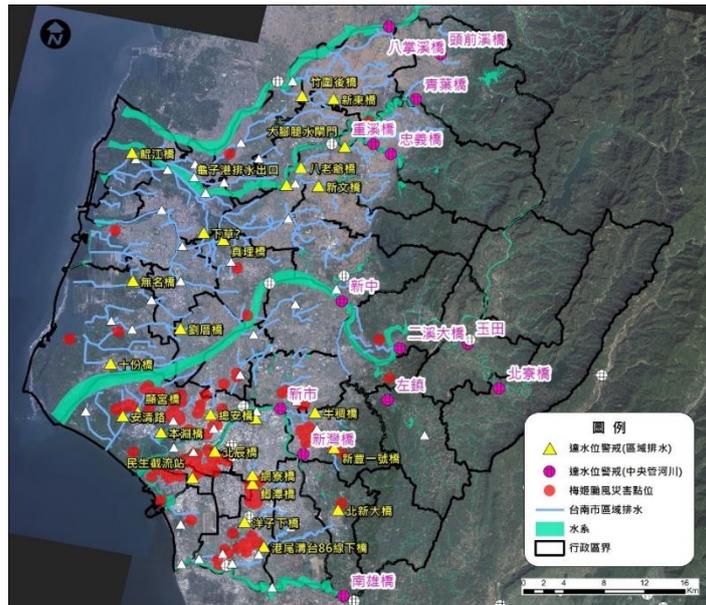


圖 5、2016 年梅姬颱風臺南市淹水通報點位

## 肆、情資研判與災害應變協勤作業

由於水災為臺南市發生頻率最高且歷年都有災情傳出的災害類型，本研究謹以成大防災協力團隊與臺南市政府就因應水災應變作業情資分析研判所需資訊及作業模式進行探討，以供後續相關作業精進之參考。

由於水災災害的發生時間點主要仍落於汛期(5~11 月)，因此配合應變作業流程在天氣資訊的提供部分分為平時資訊提供、劇烈天候預報、災害應變期間及災後調查等四階段，並依各階段之概況提供不同資訊給臺南市政府相關人員。

對於天氣預報資料的整合與分析研判訊息提供主要的目的仍在於推估與提醒後續可能降雨的時間點、空間分布以及規模，以利市府規劃防災應變作業人力與機具；但降雨可能導致淹水的區位並不能完全由降雨的分布來獲得，為推估降雨在時間與空間分布的不同型態可能致災的區位，成大協力團隊也同步進行淹水模式的更新並整合降雨預報、觀測及水位、潮位資訊進行淹水區位預警預報作業，強化應變情資的在時間與空間上的精確度，其整體作業架構如圖 6 所示，對於水災應變所需氣象資訊與水災情資類型與應用則如表 3 所示。

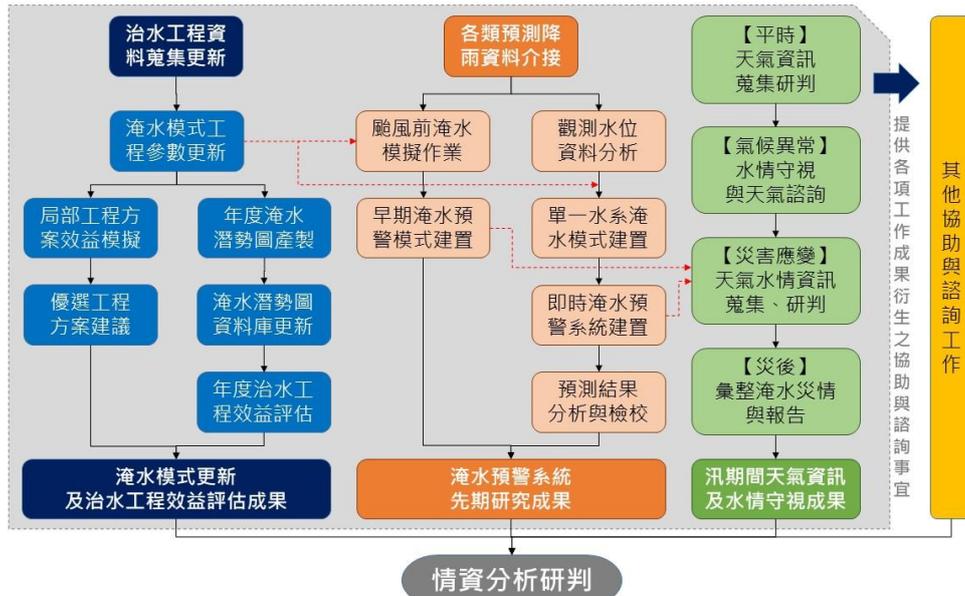


圖 6、成大防災協力團隊提供淹水預警情資訊息作業架構

表 3、氣象資訊與水災情資類型、來源及應用

水情類型	資訊來源	應用
天氣圖	中央氣象局、日本氣象廳	天氣現況說明
氣象資訊	中央氣象局、日本氣象廳、香港天文臺、美國海軍氣象暨海洋數值中心、歐洲中期天氣預報中心	提供短期及一週預報
雨量站觀測	中央氣象局、經濟部水利署、臺南市水利局	降雨即時資料
QPESUMES/ETQPF	中央氣象局	劇烈天氣概況及降雨預測、淹水模擬
WINS	中央氣象局	劇烈天氣概況及降雨預測
定量降雨預報	中央氣象局、臺灣颱風洪水研究中心	12、24 小時降雨預報
潮汐預報	中央氣象局	一週潮汐預報
颱風資訊	中央氣象局、香港天文臺、日本氣象廳、美國海軍氣象暨海洋數值中心	天氣現況、颱風路徑及降雨評估
水位站觀測	水利署、臺南市水利局	即時水位資訊
潮位站觀測	中央氣象局、經濟部水利署	暴潮預報、淹水模擬
警戒資訊	經濟部水利署	淹水警戒、水位警戒、水庫洩洪
水災災情資訊	內政部消防署、經濟部水利署、臺南市政府	災情地圖產製

對於各階段天氣訊息提供情資說明如下：

## 一、平時天氣資訊蒐集與研判

主要提供內容為未來一週天氣概況，目的在於提醒市府各單位天氣變化資訊，特別於假日非上班時段，是否須提前預置人力與機具，因此規劃於每週週四提供，使用的資料來源包括中央氣象局各類天氣圖與氣象資訊、雨量站觀測雨量值、QPESUMS 雷達回波資料等(如表 3)，來執行預報分析作業。

水情預報分析成果提送內容包括 5 項主要內容，分別為天氣現況說明、氣象預報模式成果說明(綜觀尺度、臺灣尺度)、一週潮汐預報、降雨資訊說明，最後綜合說明臺南地區未來一週天氣概況；此外，為便利於快速閱覽，亦提供簡易版的一週天氣預報說明。(如圖 7、圖 8)除提供預報資訊外，協力團隊議題供天氣諮詢服務，並邀請前中央氣象局預報中心主任吳德榮擔任本計畫之氣象顧問，協助檢視每週提供之天氣預報提供修改建議以及相關氣象諮詢服務。

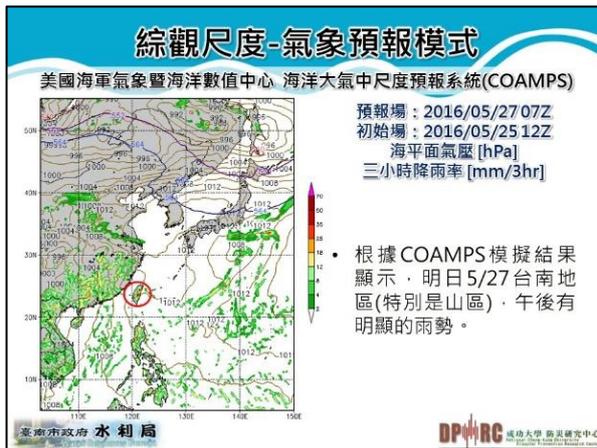


圖 7、平時提天氣資訊(綜觀尺度)

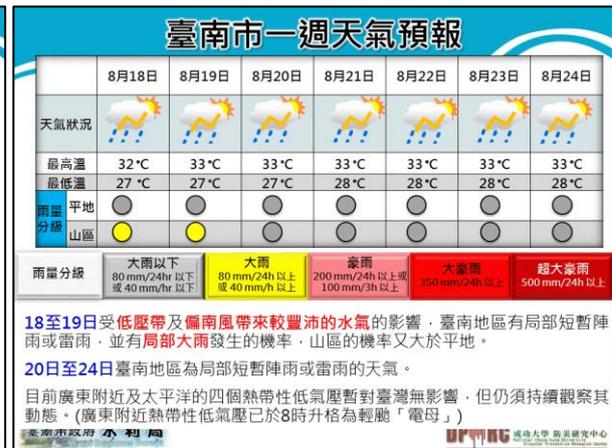


圖 8、平時提簡易版一週天氣預報

## 二、劇烈天氣期間-水情守視作業與天氣分析諮詢

當水情預報分析未來一週裡臺南地區將可能面臨到豪雨、大豪雨、超大豪雨或颱風等劇烈降雨天氣型態，則啟動水情守視作業協助臺南市政府提升土砂及淹水災害的應變作業效能。水情守視作業流程與內容如圖 9 所示，主要分為三種通報機制，當水情守視期間有各種警戒狀況時，將分別以即時自動簡訊發送、電話聯繫通知和劇烈天氣提醒等服務通報水利局相關人員。

此外，為了即時提供相關水情與天氣圖資資訊由水利局單位主管與成大團隊成員於 LINE 建立「臺南水情資訊」群組，可於第一時間提供天氣資訊及諮詢服務，主要應用於午後雷陣雨及臺灣周圍之低氣壓未來可能生成颱風等相關訊息提醒。

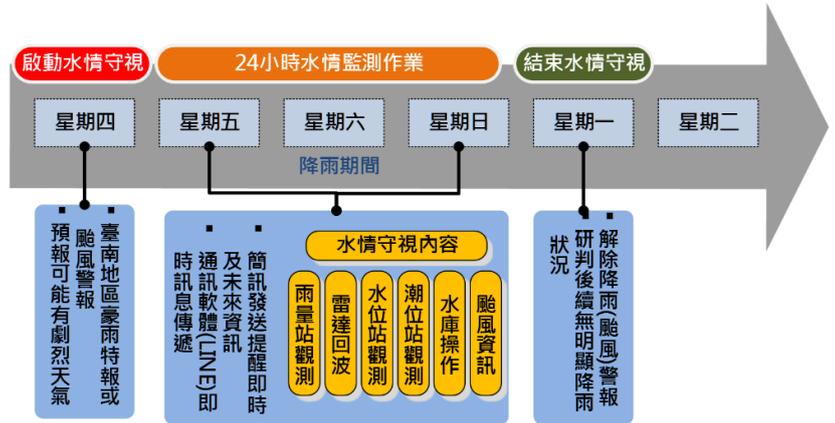


圖 9、天氣資訊提供及水情守視作業內容與流程圖

### 三、災害應變期間資訊蒐集與研判分析

#### (一)、情資研判分析

當臺南市災害應變中心二級以上開設期間，成大協力團隊除定時提供天氣情資分析研判成果，其內容包含天氣現況分析、降雨量分析(平地及山區)、颱風路徑預估、定量降雨預報、潮汐預報、各種警戒資訊(積淹水、區域排水、河川水位、土石流)等資訊，並透過氣象局所提供即時降雨觀測資料、預報降雨(QPESUMS、ETQPF、WIN 等) 及水利署即時水位、水庫洩洪資料外，市府同時邀集中央氣象局臺灣南區氣象中心至災害應變進行氣象分析研判作業，提供即時與預報天氣說明，相關內容如圖 10。

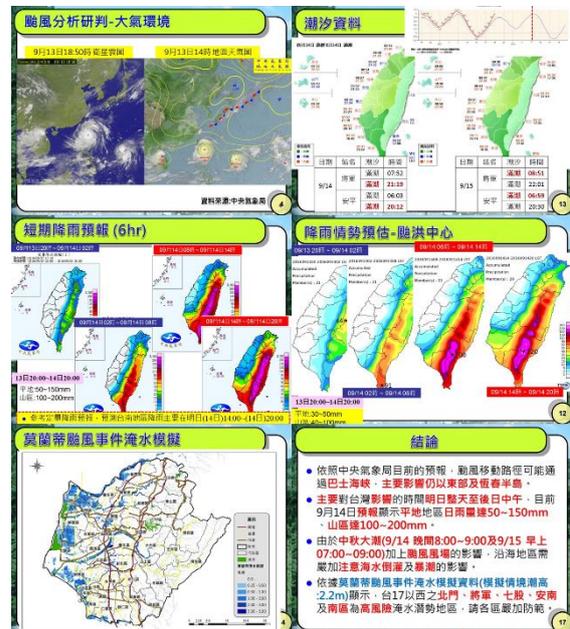


圖 10、應變期間情資研判分析內容

#### (二)、即時演算模擬

成大協力團隊則整合前述自行分析研判情資及南區氣象中心分析成果，透過臺南市所建構地文性淹水模式及歷史災害資料庫進行淹水區位評估，以提供早期與即時淹水模擬訊息，提供未來可能淹水區位、規模等情資。於 105 年莫蘭蒂颱風時，中央氣象局曾預測將軍地區於 9 月 15 日 5 時左右可能發生暴潮現象潮高預估將達到 2.5m 左右(圖 10)，因臺南沿海地區隸屬於低窪地區屆時可能發生海水倒灌之現象，因此協力團隊綜合雨量預估(ETQPF)及預測暴潮高度等資訊運用地文性淹水模式進行即時淹水模擬分析(如圖

11) ，提供水利局及區公所進行整備及因應。

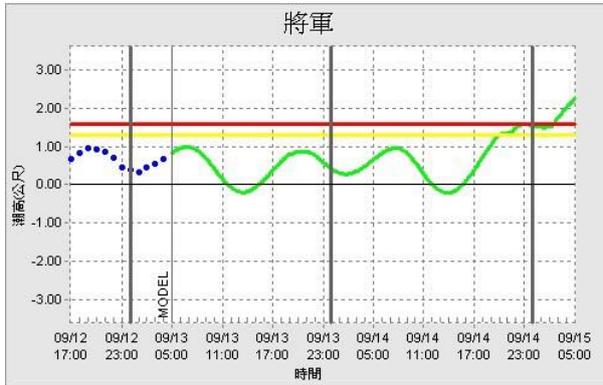


圖 10、2015 年莫蘭蒂颱風暴潮預報

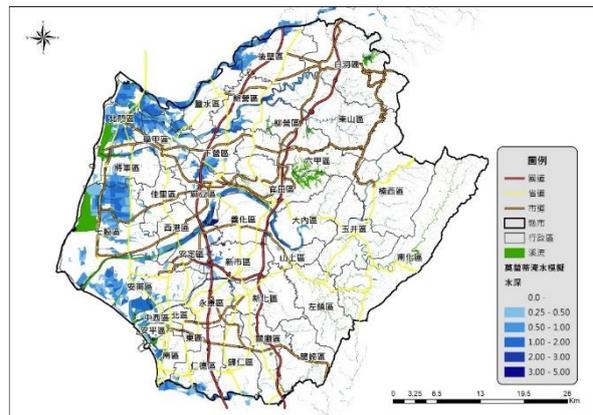


圖 11、2015 年莫蘭蒂颱風  
預報降雨淹水模擬

### (三)、災情彙整

除各種天氣及水情預警資訊外，在災害應變期間協助蒐集降雨、水位、水庫警戒資訊提供預警分析及災情預判之參考；當有災情通報時則協助災情彙整並產製災情地圖及淹水範圍評估，以提供應變中心瞭解災害分布點位、規模及未來可能的情勢分析，以供應變中心疏散撤離、機具及物資調度之參考。

相關作業流程如圖 12 所示(以 2016 年梅姬颱風為例)，主要災害點位來源包含民政局統計、EMIC、水利署等所蒐集之資料進行數化作業，並產製事件淹水災害點位分布情形，並利用所蒐集之災害點位資訊進行加值運用產製初步階段之淹水範圍，供相關單位進行加值運用。

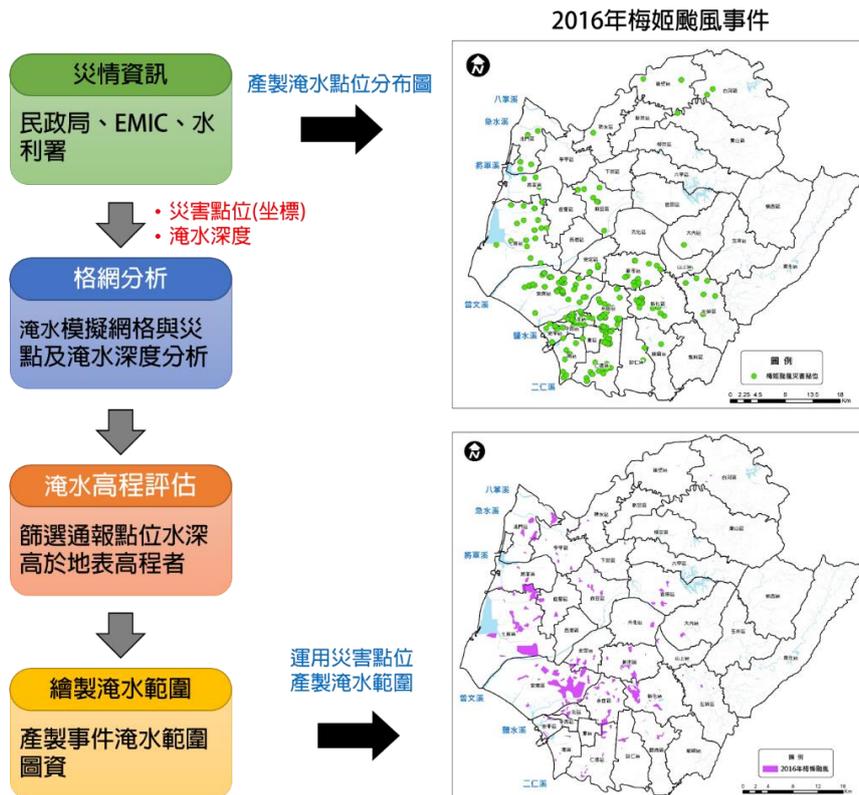


圖 10、災情資訊蒐集及運用分析及產製圖

#### 四、災害調查與災因分析

為瞭解不同的降雨情境與災害的關聯性，協力團隊於每次災害過後都將配合市府進行災害調查並進行水文、災因急淹水範圍分析並協助進行檢討報告的製作，水災災害調查主要為確認淹水的成因為降雨強度與防護標準的評估、致災成因(內水或外水)、淹水範圍及深度、工程治理成效等，透過淹水災害調查重新評估不同降雨情境可能的衝擊並提供後續工程施作參考，此外將淹水調查成果提供淹水模式及淹水範圍評估參數修訂之依據，相關調查成果將提供後續情資研判分析修訂之參考。

以三爺溪流域為例，經數十次調整與測試後，歸納出目前之淹水預警作業可能出現之誤差原因約有幾點，以 105 年 0906 豪雨事件為例(圖 12、圖 13)，相關說明如下：

##### (一)、魚塢壩效應

三爺溪下游段內有相當多魚塢，相鄰之一般區域積水便會往相對低窪的魚塢流動，進而形成超大型滯洪池之現象。因此在水體交換上多為與外界阻隔之情形(非大型降雨事件)，為模擬此一現象，進一步將魚塢與外界間設定一較高(0.3~1.0公尺不等)之交界高程，以避免其形成滯洪池之錯誤現象。

##### (二)、下水道流況

既有的地文性淹水模式並無法模擬下水道之流況，因此模擬實係將下水道做

為明渠計算，常會高估下水道滿管時之流量；此外，現實之下水道係經由測溝、集流井等收集陸地逕流後再匯入下水道，其過程並非十分暢通與快速，然既有模式計算時因採明渠形式，故容易高估陸地網格水體往下水道宣洩的速度。為改善上述問題，初步先於下水道出口折減係數降低下水道流量、陸地匯入下水道之交界長度則參考集流井數量與尺寸進行修正，以概略反應陸地水體匯入下水道以及下水道流動時之阻礙現象。

### (三)、工程進度

因工程進度資訊並非即時資訊，且河道現況資訊掌握不足，因此給定河道尺寸參數時係假定該工程完工後之尺寸(如規劃報告或治理計畫內容)，但這可能與現實狀況不符。部分中、小排因缺乏断面現況資訊，常以規劃報告中的計畫断面進行設定，但實際狀況可能並未治理，目前僅能以 1m x 1m 數值地形資料概算其断面尺寸，作為模式工程參數修正之依據。

### (四)、其他誤差

如閘門之設置與否(取決於閘門資料的完整度)、閘門操作方式、網格對於地形特徵的適用性調整、下水道尺寸資料之更新、滯洪池實際容量與其操作方式等亦皆是可能影響誤差的因子，透過測試過程中已進行多次檢核與調整。

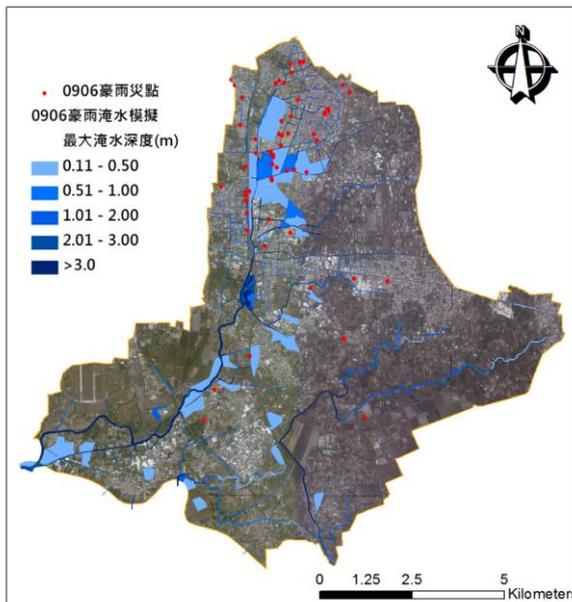


圖 12、0906 豪雨事件淹水範圍與實際災害點位圖(模式調整前)

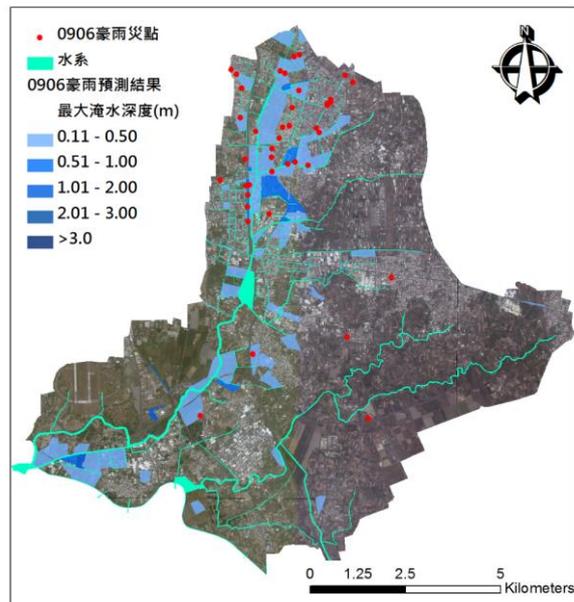


圖 13、0906 豪雨事件淹水範圍與實際災害點位圖(模式調整後)

## 伍、災害調查與檢討

### 一、災害調查作業流程

為瞭解各地區在颱風、豪雨期間或災害過後，受災區淹水的範圍、深度、影響及後續的衝擊等，災害過後應即透過應變期間所彙整災情進行現地災因調查，調查成果將有助於災後復建、後續治理規劃參考以及災害防救工作規劃的參考。對於災害調查作業流程成大協力團隊參考機濟部水利局水災調查作業流程建構協力團隊與市府水災災害調查作業流程(如圖 14 所示)，並於重大水災事件後配合市府進行災害調查工作並完成颱風、豪雨事件水災災害檢討報告製作。

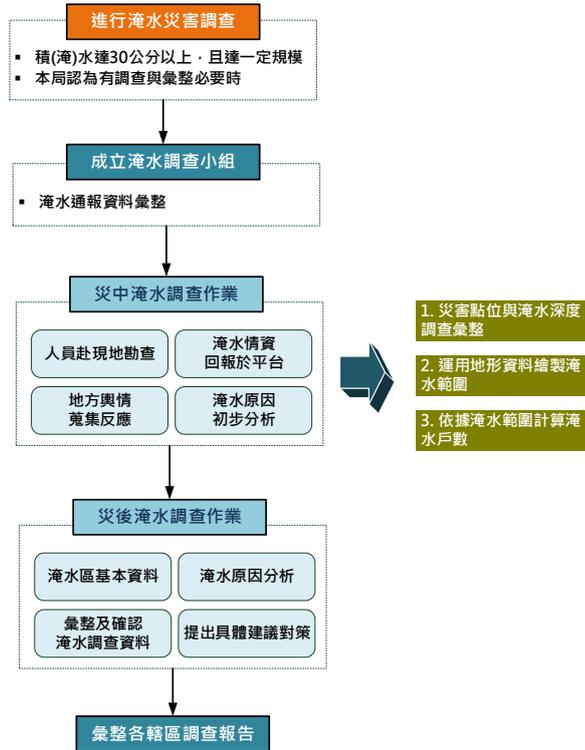


圖 14、淹水調查作業流程圖

## 二、災害調查與分析

以梅姬颱風為例，梅姬颱風期間中央氣象局於 2016 年 09 月 26 日 14 時 30 分將臺南地區納入警戒區域，受颱風風勢之影響臺南、高雄及屏東地區皆有路樹倒塌及民眾受路邊掉落物扎傷等狀況，亦造成不少民眾受傷。其中 9 月 28 日上午受到梅姬颱風及其外圍環流影響，為臺南、高雄及屏東地區帶來可觀雨量(臺南累積雨量如圖 15)。臺南地區更因為強降雨以及颱風期間適逢大潮而有多件淹水相關災情傳出。

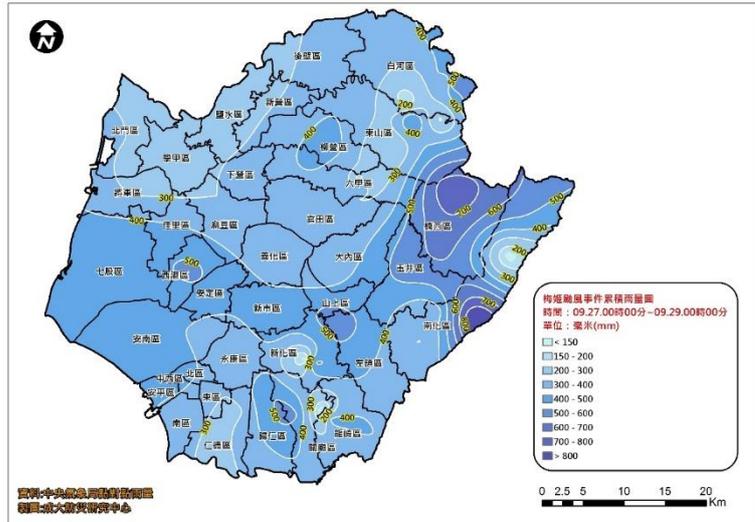


圖 15、梅姬颱風臺南地區累積雨量圖

本次颱風事件臺南市主要淹水地區包含七股區、仁德區、麻豆區、將軍區、歸仁區、永康區、東區、南區、北區、安平區及安南區等 27 個行政區，多為瞬間雨勢過大而導致路面有積淹水之現象，或受大潮影響排水不及而導致之積淹水現象。此次災害發生的位置，於曾文溪以北地區，主要發生於沿海地窪易受大潮影響之地區，僅有少數災情來自八掌溪與急水溪的中上游區域，於曾文溪以南地區，除沿海低窪易受大潮影響之地區外，曾文溪以南、鹽水溪和二仁溪等中上游區域皆有相當數量之災情傳出。

梅姬颱風總淹水面積約 51.62 公頃，若扣除農田、魚塢等天然蓄水區則為 31.81 公頃，根據民政局調查統計資料(彙整時間截至 09 月 28 日 1900)顯示，影響戶數約 6,623 戶、淹水高度約逾 30 公分者有 12 區 3,904 戶，根據統計結果可知淹水深度大多為 30 公分左右，亦有部分地區達 50 公分以上，且淹水時間皆在 2~3 小時間雨勢停歇後即退水。

而因颱風期間適逢大潮且雨勢不斷，使得沿海低窪易受大潮影響之地

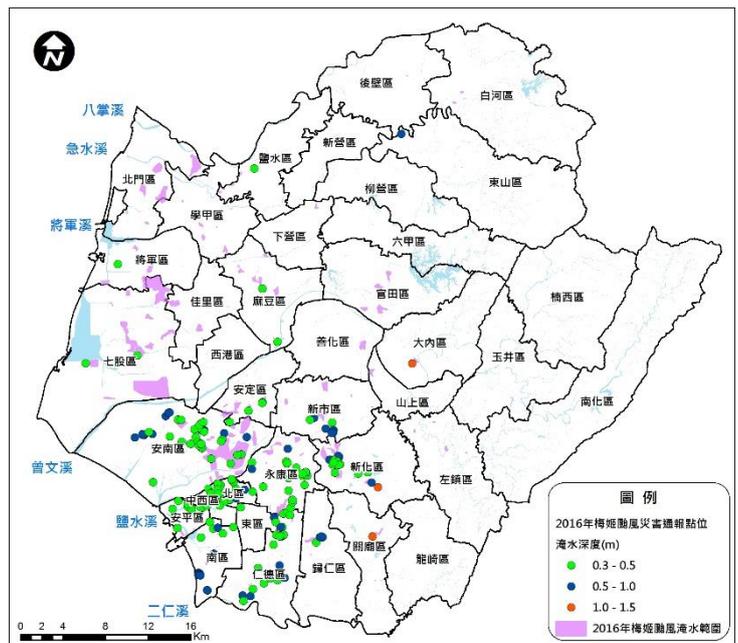


圖 16、梅姬颱風事件淹水概況圖

區發生有積淹水現象，包括臺南運河溢淹造成兩旁住戶遭受水患侵襲；另外，部分地區因外水水位過高而導致內水無法即時排出，例如永康區、新市區和新化區等鹽水溪中上游兩岸住戶。有關臺南市梅姬颱風淹水概況如圖 16 所示。

## 二、治理成效評估

此外，協力團隊透過淹水模擬針對三爺宮溪近年重點治理區之工程效益進行探討，分別以各重點治理區治理前後之日雨量 300mm 事件(代表 10 年重現期)模擬成果進行比較，其模擬成果如圖 17 所示，由治理前後淹水潛勢圖比較可看出治理後淹水面積與規模有明顯減少，將模擬結果之數值加以統計分析，可得各種淹水深度之淹水面積統計資料如表 4 所示，由表可看出治理後各種深度之淹水面積皆已較治理前減少。三爺溪排水工程設計標準約為 10 年重現期，因此在日雨量 300mm 降雨事件下，淹水面積可由治理前之 350 公頃縮減為治理後之 235 公頃，減少淹水面積約 115 公頃，近年治水之成效相當顯著。

以類似降雨情境的實際災害淹水面積來進行探討，三爺溪流域水系自 101 年 0520 豪雨、103 年 0812 豪雨、105 年梅姬颱風及 106 年海棠颱風事件來看，淹水面積由 1,576 公頃減低至 374 公頃(如圖 18 所示)，可見歷年所施作之工程已發揮其治水成效。

表 4、三爺溪及港尾溝溪排水治水前後淹水模擬面積比較表

區別	日雨量(mm)	條件	積水面積(ha) (0.25~0.5m)	淹水面積(ha) ( > 0.5m)
三爺溪 排水	300	治理前	469.1	350.5
	300	治理後	326.7	235.2
港尾溝 溪排水	300	治理前	176.8	239.8
	300	治理後	53.6	168.9

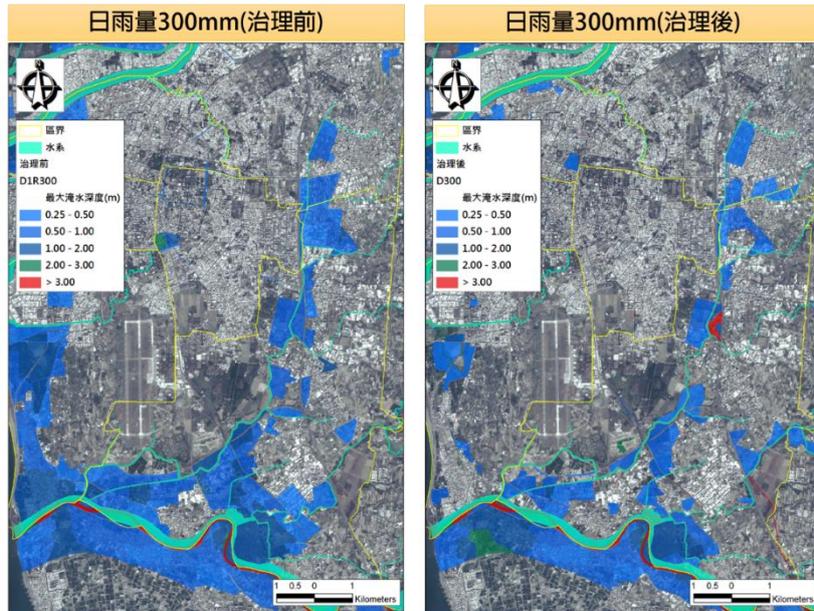


圖 17、三爺溪、港尾溝溪及臺南市南區治理前後淹水潛勢圖

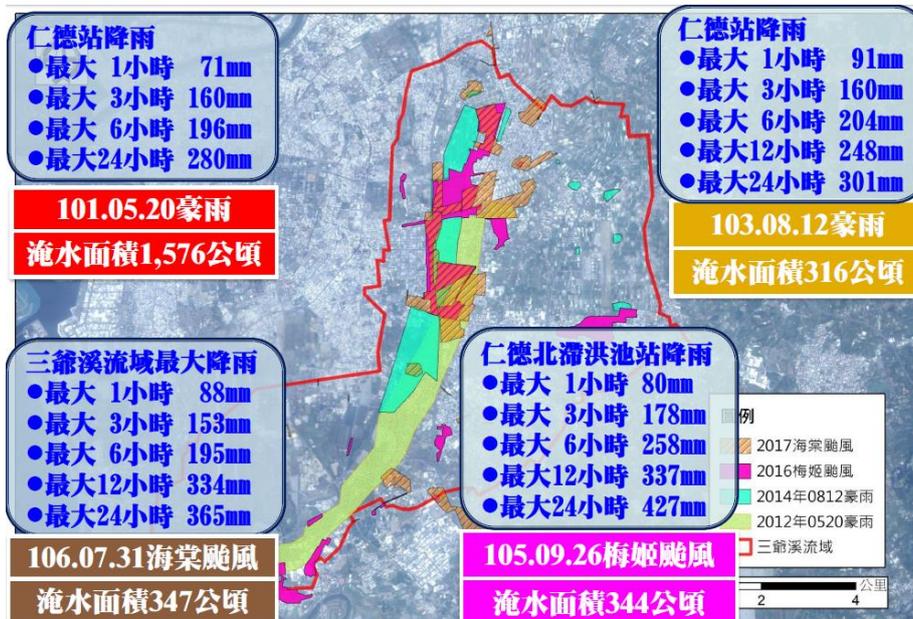


圖 18、相同降雨條件下各事件淹水範圍圖

資料來源：臺南市政府水利局，海棠颱風積淹水檢討報告。

## 陸、結論

臺南市因區域環境及地形與地勢特性，天然災侵襲的風險相對較高，在各種災害類型中以淹水災害發生的頻率最高相對的災害損失也較為嚴重；成大防災協力團隊自 2003 年起協助臺南市政府強化災害防救作業能力，透過災害潛勢分析、防災體系檢討、防救災資源評估及應變對策的檢討，透過防災科技的引入以及人員的訓練、交流逐步整合且強化市府整體防災效能；自 2011 年縣市合併以來至 2016 年梅姬颱風止，成大協力團隊共計參與臺南市府災害應變達 33 次總時數超過 1,500 小

時，透過不斷的災害應變考驗與調整，臺南市政府與成大協力團隊已逐步建構災情應變情資與應變作業整合架構，期待透過雙方的合作能持續精進防災科技的研發與落實應用以減低災害可能的衝擊。

隨著氣候環境的變遷、科技的發展及災害的複雜化，未來災害的類型、規模勢將有所變化，為因應未來災害防救業的挑戰除應持續強化基礎資料的精度並依環境變化更新各類型災害潛勢資料外，須配合災害型態的轉變發展相關模擬技術與情資研判精度，茲將相關發展說明如下：

### **(一)、防災體系的運作架構調整與精進**

配合資通訊科技的快速發展與防災科技的應用，重新檢討防災體系的運作架構並配合資通訊的快速發展強化防災科技的發展與應用；在整府防災體系中無論是中央、地方縱向聯繫及地方局處、鄉鎮市區公所等，在防災整備、災害預警、災情通報等資訊傳達與應用應更加有效率且趨於多元化，相關的防災體系與應變架構亦應配合調整以因應資訊化時代的防災作業。

### **(二)、水災災情監測資訊之強化**

對於水災應變作業資訊的掌握多來自與於雨量及水位(區排、中央管河川)，但在過去所建置之區域排水監測站均以監測河川外水為主，對於近年短延時強降雨所造成的內水淹水災情卻無相關監測站可收集資訊，類似災情的取得過去多仰賴民眾通報取得，但民眾通報常因所在位置、災情描述精度的誤差造成資訊的誤判；近年來隨著物聯網(IoT)技術應用、監測設備的多元化及影像辨釋技術的進展，災情資訊的來源也更多元且有效率，如何應用相關技術提升災害情資並進行後續的加值應用為未來的發展重點。

### **(三)、強化災害模擬技術與因應對策**

城市的防災能力評估自於區域歷史災害、防護能力、外力衝擊及防救災資源等資訊整合分析所得到的成果，但回顧歷史沒有一個災害是以相同的形態出現，每個災害仍有其特殊性不能用過去的應變模式來套用，因此無論是災害潛勢、複合性災害以及新興災害型態仍持續有發展空間，相關的模擬技術、觀測設備、防災體系及應變作業仍需持續調整因應以因應未來災害的挑戰。

### **(四)、災害資料庫建置與擴充應用**

任何一個災害都是耗費大量的財產損失或民眾生命所換取而來的教訓，災害的成因、歷程與災後的處置，都將成為未來面對不同災害時最有效的參考依據，因此災害的完整紀錄將有助於未來防災訓練的養成以及災害處置的參考，成大防災

協力團隊配合臺南市歷年重大災害逐步建構災害資料庫以符合市府防災整備、應變及復原重建之參考，除防災資料庫的建置外，為擴充災害資料庫的應用，相關的數值模擬技術與資訊展示平臺亦逐步配合發展，希望在未來能整合預報資訊進行動態分析並配合歷史災進行比對分析，以精進災害應變分析情資的可靠度，提供應變作業人員決策參考。

## 參考文獻

1. 行政院研究發展考核委員會，2010，〈中央與地方災害防救組織與職能之研究〉。
2. 經濟部水利署，2010，〈水旱災減災及預警策進科技之研究〉。
3. 臺南市政府消防局，2011，〈臺南市災害防救深耕計畫〉。
4. 內政部消防署，2012，〈災害應變中心與現地指揮官之指揮、協調權限探討之研究〉。
5. 經濟部水利署，2012，〈防災減災策略檢討及策進行為〉。
6. 臺南市政府消防局，2013，〈臺南市災害防救深耕計畫〉。
7. 臺南市政府水利局，2013，〈水情監控與預報分析系統擴充建置〉。
8. 經濟部水利署，2013，〈「康芮颱風」臺南地區淹水災情調查報告〉。
9. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2015，〈臺南市淹水潛勢圖第二次更新計畫〉。
10. 臺南市政府消防局，2016，〈臺南市災害防救深耕計畫〉。
11. 臺南市政府水利局，2016，〈105 年度水情監視與預報分析工作〉。
12. 臺南市政府，2017，〈臺南市政府災害應變中心作業要點〉。
13. 臺南市政府水利局，2017，〈海棠颱風積淹水檢討報告〉。
14. 今後の治水対策のあり方に関する有識者会議，2010，日本今後治水対策，日本。
15. 国土交通省河川局，2006，洪水ハザードマップ作成のための「浸水想定区域図データ」利用ガイド，日本。
16. 国土交通省 水管理・国土保全局，2014，浸水想定区域図作成マニュアル（改訂版），日本。
17. Journal of Crisis Management ,2009 Vol. 6 No. 1 災害風險評估研究之探討。
18. SH Kirby, Tsunami source characterization for western Pacific subduction zones: A preliminary report.