

氣候變遷下以成長管理觀點研擬城鄉發展區空間規劃

減洪調適韌性策略之研究

The Study on Resilient Strategies for Flood Mitigation and Adaptation for Urban-Rural Development Areas under Climate Change

主管單位：內政部建築研究所

羅偉誠¹

吳杰穎²

蔡綽芳³

白櫻芳³

巫孟璇¹

Lo, Wei-Cheng¹

Wu, Jie-Ying²

Tsai, Chou-Fang³

Bai, Ying-Fang³

Wu, Meng-Hsuan¹

¹ 國立成功大學水利及海洋學系

² 臺北市立大學城市發展學系

³ 內政部建築研究所

摘要

本研究選定橫跨數個都市計畫區之鹽水河流域，佈置其符合都市分區之演算格網。考量流域綜合治理之逕流分擔，透過鹽水河流域各子集水區逕流分擔量，計算各都市計畫區之逕流分擔量。運用成長管理觀念(包括成長總量、區位、優先順序等)結合減洪調適韌性策略，評估易淹水範圍加以限制或降低開發強度，並應用水理模式模擬集水區內的逕流現象，分析可有效減洪之地區及可有效滯洪之區位，以減災布局引導發展出具災害韌性的空間規劃減洪策略。

演算於都市計畫施行前後之逕流體積增幅，在 275mm/24hr 與 350mm/24hr 降雨情境下，各都市計畫施行前後逕流體積平均增幅分別為 3%與 2.4%，以臺南市安平港歷史風貌園區特定區計畫施行前後逕流體積增幅 0.2%為最小，善化都市計畫施行前後逕流體積增幅 15.8%、13%為最大。佈設逕流設施於高速公路永康交流道附近特定區計畫，對鄰近且位於下游之永康六甲頂都市計畫亦有逕流減少之影響。在重現期 10 年(275mm/24hr)降雨情境之逕流模擬下，逕流體積可有比大豪雨(350mm/24hr)降雨情境較佳之減少百分比；臺南科學工業園區特定區計畫因有較高速公路永康交流道附近特定區計畫 2 倍以上之逕流分擔措施總體積，故其逕流體積亦有較大之減少百分比。整體來說，逕流分擔措施在此兩區具有降低逕流百分比 19.32%至 39.75%之成效。

臺南科學工業園區特定區計畫與高速公路永康交流道附近特定區計畫，於氣候變遷降雨情境下，新訂擴大都市計畫施行前後之逕流增加體積分別為 0.68 萬立方公尺、19 立方公尺，增加百分比分別為 0.1%、0.002%。永康新化擴大都市計畫因土地使用分區類型為工業、住宅、農業，與原土地使用分區類型相近，CN 值變化不大，逕流體積增量不多。都市計畫施行後上游地區實施逕流暫存措施前後之逕流減

少體積分別為 8.9 萬立方公尺、0.66 萬立方公尺，減少百分比分別為 1.28%、0.67%。整體來說，在氣候變遷及新訂擴大都市計畫施行之影響下，逕流暫存措施在此兩區仍具有降低逕流百分比 0.67%至 1.28%之成效。因此，新訂擴大都市計畫施行後可考慮利用非都市計畫區之農業用地，降挖 0.5 公尺，提供補償等相關配套措施進行減洪。

關鍵詞：氣候變遷、成長管理、逕流分擔、減洪調適韌性策略

Abstract

This study selected the Yanshui River basin, which spans several urban planning divisions, as the study area. This study was conducted from the viewpoint of growth management and used resilient strategies for flood mitigation and adaptation to evaluate flood-prone areas and limit or reduce the intensity of development of those areas. The hydraulic model was used to simulate the runoff in catchments and analyze effective flood mitigation areas and detention locations. Resilient strategies with spatial planning are then developed while putting into consideration current drainage systems, linking green infrastructures, and the utilization of non-urban land.

For heavy rain events and 10-year return period rainfall, the runoff volume increased by an average of 2.4% and 3% after the enforcement of urban planning, respectively. Anping Harbor historic special district planning had the smallest increase in terms of runoff volume percentage, and Shanhua urban planning had the largest increase. Setting up runoff allocation facilities in the special district planning project near Yongkang Interchange location also reduces the runoff amounts in the Lioujiading (Yongkang) urban planning area downstream of the Yanshui River. Flood mitigation effects were better for 10-year return period rainfall than for heavy rain situations. As the size of runoff allocation facilities in The Tainan Science Park Special District planning area are about two times the size of those in the planning project near Yongkang Interchange, the reduction percentage for runoff volume was also higher. Setting up runoff allocation facilities had the effects of lowering runoff percentage by 19.32% to 39.75%.

Because of the impacts of the enforcement of new or expanded urban planning and the impacts of climate change, runoff volume for the Tainan Science Park Special District planning area and the special district planning project near Yongkang Interchange area increased by 6800 cubic meters and 19 cubic meters, respectively. The CN values of the Expanded Yongkang and Sinhua urban plannings area did not vary greatly from original values due to the types of land use remaining much the same, and runoff increases remained small as a result. Runoff temporary storage can be reduced by 0.67% to 1.28% for the Tainan Science Park Special District planning and the special district planning project near Yongkang Interchange areas when under the effects of climate change and

the enforcement of new or expanded urban planning. After the enforcement of new or expanded urban planning, non-urban planning for detention in agricultural use land or compensation measures can be put under consideration.

Keywords : climate change, growth management, runoff allocation, resilient strategy for flood mitigation and adaptation.

一、前言

由於都市的開發行為會造成大面積鋪面減少入滲土壤的水分、增加地表逕流及改變流路，因而造成洪災風險的增加。受到氣候變遷的影響，亦可能加劇水文環境的變化，故運用成長管理觀念(包括成長總量、區位、優先順序等)結合空間規劃之減洪調適韌性策略，以達到提升未來城鄉發展地區之災害調適韌性能力有其必要。以集水區為例，針對不同的地區應採用不同的管制方式。對於有效減洪地區，可透過附帶條件開發或獎勵等方式進行管制；對於有效滯洪地區，可透過都市計畫公共設施用地多目標使用之方式，讓公共設施用地兼供滯洪或減洪使用，以增加洪水之滯留能力；對於新開發或未來預計開發之土地，則可利用成長管理的方式，規劃其成長管理邊界、成長區位及優先發展順序等，以彙整整體性之減洪調適韌性策略，俾供未來地方層級國土計畫及都市計畫規劃、通盤檢討、審議及開發管理參考，亦期能朝向聯合國永續發展目標——永續城市與社區(Sustainable Cities and Communities)及氣候行動(Climate Action)邁進。

近年來，隨著都市快速發展及極端降雨事件的影響，洪災事件頻傳，都市防災以傳統工程手段做為因應策略亦已趨近極限。面對此一困境，思考以流域整體治理觀點所提出的治水方式成為重要之輔助作法，透過土地使用管制、減災策略等非工程措施進行滯洪及減洪，漸次提高都市防洪能量，強化都市減災、調適能力，俾確保民眾生命財產安全。本研究藉由分析單一集水區之易淹水區，以成長管理觀點研擬因應氣候變遷之城鄉發展區空間規劃減洪調適韌性策略。

二、研究案例選定及資料蒐集

本研究選定一包含多個子集水區之流域，其橫跨數個都市計畫區，包括既有都市計畫與新訂、擴大都市計畫區等，後續以成長管理觀念結合減洪調適韌性策略，評估容易淹水範圍加以限制或降低開發強度，再以減災布局引導發展出具災害韌性的空間規劃減洪策略，並進一步評估減災韌性效果，以增進未來城鄉發展區之災害韌性。在進行研究地區淹水模擬演算之前，需先收集地文性淹排水模式之演算研究地區水文及地文之相關資料，以建置模式輸入檔及佈置演算格網。

根據臺南市政府民政局統計資料，自民國105年至109年共計5年間，人口成長總數於臺南市37區排名前3名為安南區、永康區與善化區，其人口成長總數分別為4,427、3,205、3,154，其中善化區人口成長率為6.62%，在臺南市37個行政區中排名第1名，此外，近五年人口呈正成長之行政區，除仁德區以外，均位於鹽水河流域，顯見鹽水河流域內各行政區人口逐年成長，具都市發展潛力。另依據臺南市國土計畫內容，推估民國125年產業用地之新增需求後，為因應新增產業用地總量需求，考量土地取得、基地完整性、產業群聚情形、避免位於環境敏感地區等原則，提出未來適切發展的產業用地區位，其中，中核心基地共5處，亦均位於鹽水河流域。善化、新市、安定等行政區亦列為第一階段優先辦理整體規劃地區，足見鹽水河流域內城鄉發展成長管理之需求。

綜上所述，本研究選定鹽水河流域為模擬演算範圍，各計畫區及特定區分布位置如圖1所示，演算範圍橫跨數個都市計畫區，包括既有都市計畫與新訂、擴大都市計畫區

等，並蒐集水文等相關資料分述如下。

2.1 上位計畫—臺南市國土計畫

臺南市幅員廣闊，發展歷史悠久，在多元歷史交融的影響下，擁有豐富且多樣性的人文古蹟資源，積累豐富之文化歷史資產；也因臨臺灣海峽及阿里山脈西緣，綿延海岸濕地及山林生態資源；此外，嘉南平原及海岸潟湖地形之利，農產與養殖興盛，仍持續保持農業競爭力，擁有成熟且優良的農業生產技術；近年隨著轉型工業發展及高速公路、高鐵等重大建設開發效益，並於南部科學園區設置後，工商發展成熟，為傳統及高科技製造業之生產重鎮；且臺南都會發展逐漸成型，於升格直轄市後，原縣市之資源得以互補與城鄉結構轉變，為佈局及推動臺南市空間永續發展之契機。

2.1.1 城鄉發展計畫

依全國國土計畫，直轄市、縣(市)國土計畫應研擬城鄉發展模式，研訂發展策略，得就其轄區依空間發展特性、未來發展趨勢提出各地區之空間發展構想及策略，以整合公共設施、城鄉發展與交通建設，提升公共建設服務品質，並促進建設資源有效投入。

1. 城鄉空間發展構想

臺南市國土計畫考量既有都市發展、臺南市整體空間結構及地區均衡發展，劃分都市階層級功能定位，由三個層級之階層來涵蓋都市功能定位，說明如下：

- (1) 一般市鎮(主要發展核心)：府城地區(原臺南市、永康、仁德)、南科(包含善化、新市、安定)、新營，將提供完善且具規模之生活(商業)、產業、休閒等機能。
- (2) 一般市鎮(次核心)：新化、麻豆、官田、佳里、北門、玉井、白河，與核心地區連結，輔助核心地區以提供服務。
- (3) 地方服務中心：其他行政區聚落所在地為主，提供基本生活機能。

2. 策略分區

延續「臺南市區域計畫(草案)」之生活圈內容及依據臺南市各地區發展現況酌予調整生活圈劃分，並參考全國國土計畫所指導都市劃分層級，一般市鎮層級之都市的生活機能完整性、服務可及性為一般性原則，依都市計畫地區為基礎劃分成五大發展區，如圖2所示。

3. 成長管理計畫

《國土計畫法》中，成長管理是指「為確保國家永續發展、提升環境品質、促進經濟發展及維護社會公義之目標，考量自然環境容受力，公共設施服務水準與財務成本、使用權利義務及損益公平性之均衡，規範城鄉發展之總量及型態，並訂定未來發展地區之適當區位及時程，以促進國土有效利用之使用管理政策及作法」，其中城鄉發展總量包括既有城鄉發展地區及未來發展地區。臺南市既有發展地區面積總計59,247公頃，包括都市計畫區、非都市土地鄉村區、工業區及開發許可地區；未來發展地區則因開發期程，分為短期(5年)及中長期(6-20年)未來發展地區，分述如下。

(1) 短期未來發展地區

臺南市短期城鄉發展用地包括9處產業用地(2處產業核心、4處未登記工廠群聚產業用地、1處未登記工廠特定地區、2處屬二級產業用地之開發許可案件)、3處配合重大

建設劃定及刻正辦理之新訂擴大都市計畫；2處其他發展需求用地，計畫面積總計約840公頃。

(2) 中長期未來發展地區

臺南市中長期未來發展地區包括位屬現行非都市土地之8處及都市計畫7處產業用地；13處配合產業發展需求及都市計畫縫合劃設之新訂擴大都市計畫；1處配合臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司港區內闢設土方置放區需求。扣除重疊地區，非都市土地合計面積約6,193公頃。

2.1.2 臺南市國土計畫與本研究之關係

本研究主要以臺南市國土計畫五大發展區的中臺南發展區及南臺南發展區為研究範圍。包括既有之善化都市計畫、臺南科學工業區特定區計畫、安定都市計畫(部分)、新市都市計畫、虎頭埤特定區計畫、新化都市計畫、高速公路永康交流道附近特定區計畫(部分)、永康六甲頂都市計畫、關廟都市計畫(部分)、歸仁都市計畫(部分)、安平港歷史風貌園區特定區計畫及臺南市主要計畫(部分)外，亦包涵經臺南市區域計畫(草案)指認之南科特定區南側擴大都市計畫，以有效管理該地區之發展。

除既有都市計畫及經區域計畫核定之新訂或擴都市計畫外，在臺南市國土計畫未來發展地區中所規劃之新市產業園區及擴大安平港特定區計畫，亦是位於本計畫研究範圍內之預備發展土地。

2.2 水文資料

水文資料包括雨量、水位、流量及潮位等，降雨歷程作為本研究地文性淹排水模式之演算輸入水文條件，潮位歷程為模式演算之下游邊界條件，水位及流量則可供模式進行檢定與驗證之用。演算範圍內設置有許多水文記錄測站，包括雨量測站、記錄水位、流量等水文測站及潮位測站等，分別說明如下。

鹽水河流域所有中央氣象局及水利署所轄測站之雨量資料總計16站，其中氣象局14站，水利署2站，分布位置如圖3所示。鹽水河流域內共計有水位站30站，其中屬於水利署架設有10站，臺南市政府架設有20站。其中鹽水溪新市站亦同時記錄流量資料，各水文測站之分布位置如圖4所示。蒐集鹽水溪河口水利署四草站潮位資料作為下游演算條件，潮位測站分布位置如圖4所示。

2.2 地文資料

地文資料包括地形地勢、交通系統、土地利用、都市計畫土地使用分區、水利設施、都市計畫概況等，上述地文資料作為本研究地文性淹排水模式布置研究都市非結構性網之依據。演算範圍內各項地文資料分別說明如下。

鹽水河流域之高程，大致上皆為西向東遞減，除了臺南市山上區、新化區、左鎮區、關廟區及龍崎區地勢較高達50公尺以上，其餘地區高程皆為小於50公尺的平原地區，沿海地區高程，高程分布情形詳如圖5。演算範圍聯外交通路線發達，除了高鐵及臺鐵之外，尚有國道一號公路(中山高速公路)、國道三號公路(南部第二高速公路)、國道八號公路、臺86線(東西向快速道路)、臺1線、臺3線、臺17線、臺17甲線、臺17乙線、臺19線、臺19甲線、臺20線、臺39線及縣道178、180、182與其他市區道路等聯外道路，交

通路網分布情形如圖6所示。

根據內政部營建署城鄉發展分署民國106年至108年都市計畫土地使用分區資料，鹽水溪流域內涵蓋臺南市主要計畫、臺南市安平港歷史風貌園區特定區計畫、臺南科學工業園區特定區計畫、高速公路永康交流道附近特定區計畫、永康六甲頂都市計畫、新市都市計畫、新化都市計畫、善化都市計畫、安定都市計畫、歸仁都市計畫、關廟都市計畫及虎頭埤特定區計畫等12個都市計畫區，本計畫依據都市計畫土地使用分區類別表及「都市計畫書圖製作要點」規定其RGB顏色及圖例，分別繪製都市計畫與特定區計畫之土地使用分區如圖7所示。

演算範圍內之水利設施依防洪構造物、水門、抽水站、滯蓄洪設施分別說明如下。

鹽水溪主流現有防洪構造物共計堤防55,668公尺、護岸4,824公尺，其中左岸有安平堤防、鄭子寮堤防、鹽行堤防、三民堤防、車行堤防等；右岸有四草堤防、溪心寮堤防、安順堤防、大洲堤防、北勢堤防等；那拔林溪現有防洪構造物共計3,492公尺、護岸1,767公尺。根據臺南市水利局地理資訊平台資料，鹽水溪流域內水門資料共計307筆，水門分布位置如圖8所示。鹽水溪流域共有19處滯洪池，總滯洪量為361.612萬噸，主要集中在新市區的南部科學工業園區，由南部科學工業園區管理局和樹谷園區服務中心管理，多為兼具景觀及遊憩功能之滯洪池，其次則是永康區的永康科技工業園區和安南區的曾文溪排水，分布位置如圖9所示。抽水站共有63站，其中包含固定式抽水站25站(總抽水量249.6cms)及移動式抽水站38站，分布位置如圖10所示。

位於演算範圍內之都市計畫區共有 12 個，包括臺南工業園區特定區計畫、永康六甲頂都市計畫、安定都市計畫、虎頭埤特定區計畫、高速公路永康交流道附近特定區計畫、善化都市計畫、新化都市計畫、新市都市計畫、臺南市主要計畫、臺南市安平港歷史風貌園區特定區計畫、歸仁都市計畫及關廟都市計畫。本研究針對這 12 個都市計畫區之住宅區、商業區、工業區及農業區進行整理，並蒐集近期公布之通盤檢討報告書大部分都市計畫相關分區之開闢率。



圖1、鹽水溪流域內都市計畫區及特定區地理位置分布圖



圖2、臺南市空間發展策略分區示意圖



圖3、鹽水溪流流域雨量站分布圖



圖4、鹽水溪流流域水文站分布圖

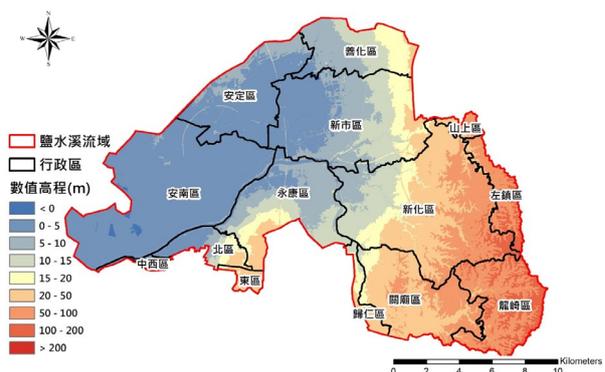


圖5、鹽水溪流流域數值高程圖

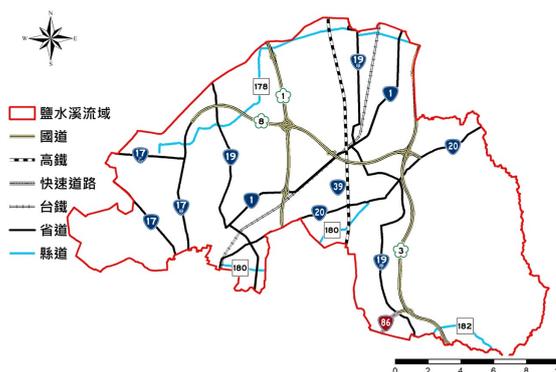


圖6、鹽水溪流流域交通路網圖

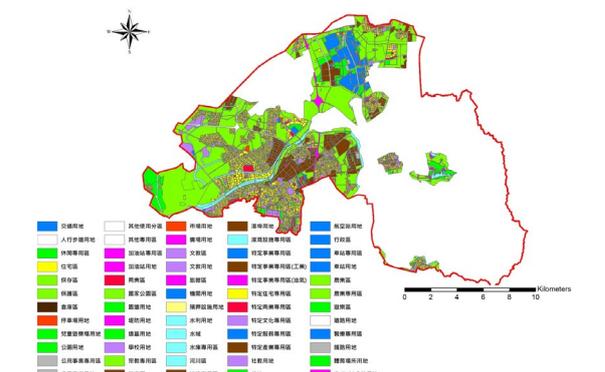


圖7、鹽水溪流流域都市計畫土地使用分區

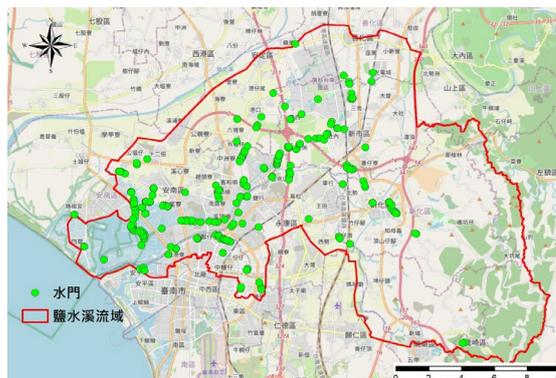


圖8、鹽水溪流流域水門分布圖



圖9、鹽水溪流流域滯蓄洪設施分布圖



圖10、研究區域內抽水站分布圖

三、地文性淹排水模式建置與演算分析

都市地表逕流與降雨之時空分布及地面水流動現象有關，因此在進行都市地表逕流模擬時，需考慮區域內之水文、地文條件。本研究分析研究區域內之地形地貌，佈置演算格網，以擬似二維流觀念建置城鄉發展區空間減洪水理演算模式演算核心，應用於氣候變遷下以成長管理觀點研擬城鄉發展區空間規劃減洪調適韌性策略之研究。

依地文資料將演算範圍布置為相對均勻且適當之演算格網，每一網格即為一演算格區，其個別之形狀及大小，因地形、地貌、地物而異。演算範圍之地形可利用數值高程資料得之，分析數值高程資料以給定每一演算格區之高程值。位於平原都市區域之格網因排水路與交通系統密布其中，故道路、堤防均視為格區邊界，都市中之路塹型重要街道可視同水路，劃分為街道演算格區。圖 11 為本研究以上述原則劃分演算範圍演算網格之成果圖，演算範圍面積約 343.17 平方公里，共劃分為 7,433 格，格網精度為 705.8 平方公尺至 384,622 平方公尺。再以數值地形高程並參考河道大斷面測量資料建置地文性淹排水模式之演算地形條件，並以民國 108 年 0813 豪雨作為演算案例進行檢定與驗證。鹽水河流域於 0813 豪雨期間模式演算之淹水範圍如圖 12 所示，淹水範圍位於永康排水與鹽水溪匯流處附近、安南區新吉工業區周邊及十二佃附近，下游安南區鹽水溪以北至鹽水溪排水及鹽水溪排水以北多為魚塢區。鹽水溪新市測站、安順橋測站及鹽水溪排水郡安路三段測站模擬與實測水位資料與納許效率係數(Nash-Sutcliffe efficiency coefficient)NSE 值如圖 13 所示，模式模擬之峰值、發生時間與實測水位相比趨勢相同。

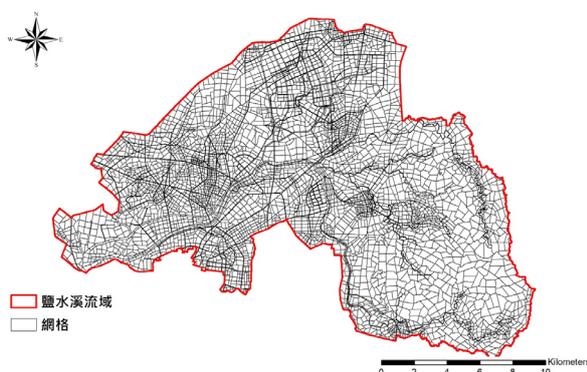


圖 11、鹽水河流域演算格網布置

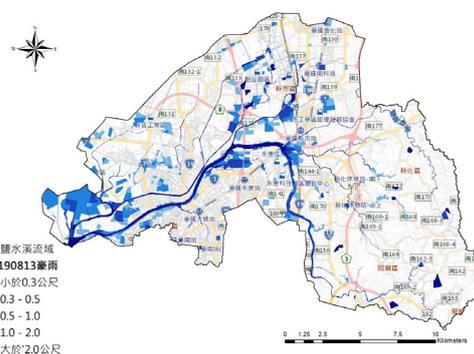


圖 12、研究區域於 0813 豪雨期間模式演算之淹水範圍與淹水站之水深比較圖

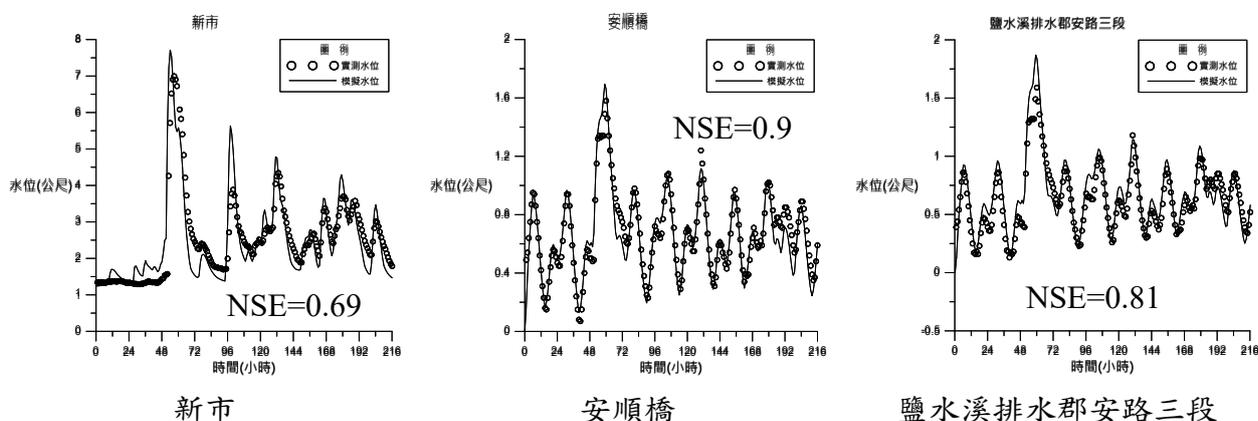


圖 13、0813 豪雨期間模式演算之洪水歷程與測站實測資料比較圖

四、逕流分擔計畫應用於都市計畫土地使用分區之減洪調適策略

隨著都市快速發展，大量的建築與開發讓不透水性鋪面的使用大為增加。然而大量的不透水性鋪面設計，相對地減少自然植生的被覆面，導致雨水滲入地面的機會大減，進而提高都市洪水的發生率。過去都市防洪的觀念，是在降雨發生時，透過工程手段儘速將雨水排除，但此做法卻造成都市公共排水設施的負擔，當短時間強降雨發生時，反而容易淹水。如果防洪不考慮土地透水保水的程度，將造成環境的破壞及經費的耗損，應透過「成長管理」的手段，配合「土地使用分區管制」規定開發行為之逕流分擔需求量，才能有效提升土地之承洪能力。依據前述淹水模擬結果，選擇「臺南科學工業園區特定區」及「高速公路永康交流道附近特定區」兩個都市計畫地區，作為實施減洪調適策略之示範區。不僅係因該範圍內具有淹水風險，且兩者發展情況差異較大，前者除科學工業園區外之地區大多仍未開發；後者則為都市計畫開發率較高之地區。針對不同開發程度之都市計畫地區，其所適用之逕流分擔措施亦不相同。本節主要係參考自逕流分擔技術手冊，針對都市計畫範圍內之公共設施用地及土地使用分區，實施逕流分擔計畫的「逕流抑制」及「逕流暫存」措施。逕流抑制措施是透過增加土地入滲保水能力等方式，以減少進入水道之逕流量；逕流暫存措施則是利用新增滯、蓄洪空間調節集水區出流量，進而降低洪峰流量及延滯洪峰到達時間。有關「逕流抑制」及「逕流暫存」措施應用於土地使用分區之類型及說明如下(圖14)，參考《都市計畫法臺南市施行細則》、《臺南市都市設計審議原則》、《建築技術規則建築設計施工編》、「變更臺南科學工業園區特定區計畫(科學園區部分)土地使用分區管制要點」、「變更臺南科學工業園區特定區計畫(不含科學園區部分)土地使用分區管制要點」、「區段徵收或市地重劃地區開發案之審議程序暨滯洪設施設計原則」及「經濟部水利署逕流分擔技術手冊」等相關規範計算逕流分擔量體，計算公式如表1。

「高速公路永康交流道附近特定區計畫」，因其發展較早，目前住宅區及工業區開闢率已超過85%、商業區開闢率亦將近70%。「臺南科學工業園區特定區計畫」現況則以科學工業園區為主要發展地區，外圍部分區塊仍尚未開發。選定兩個開闢率差異之操作地區，透過分析其土地使用分區及公共設施用地分別占計畫面積之比例，找出可操作逕流分擔措施之用地項目別，並考量其「土地使用發展率」及「公共設施開闢率」，且考量各土地使用之發展率及公共設施之開闢率，篩選出適合該區域之「逕流抑制」及「逕流暫存」措施。依據「變更臺南科學工業園區特定區計畫(科學園區部分)(第三次通盤檢討)案」、「變更臺南科學工業園區特定區計畫(不含科學園區部分)(部分農業區為科學園區範圍)(配合南科臺南園區擴建計畫)案」及「變更高速公路永康交流道附近特定區計畫(第四次通盤檢討)(土地使用分區管制要點)(第一階段)案」之計畫書內容，將三個都市計畫可操作「逕流抑制」及「逕流暫存」措施之土地使用分區及公共設施用地整理後將該分區(或用地)占整體都市計畫面積比例超過1%者，作為實際可操作之對象。

臺南科學工業園區特定區計畫(科學園區部分)適合實施「逕流抑制措施」之土地使用分區(或公共設施用地)為「事業專用區」、「公園用地」、「公園(兼滯洪池)用地」及「綠地用地」；適合實施「逕流暫存措施」之土地使用分區(或公共設施用地)為「公園用地」、「公園(兼滯洪池)用地」及「綠地用地」。考量該都市計畫在土地使用分區

部分，因住宅區占計畫面積比例不到1%，又事業專用區發展率大於90%，若要進行相關之逕流抑制措施相較困難；在公共設施部分，綠地用地開闢率亦達93.88%。故調整適合操作「逕流抑制措施」之土地使用分區(或公共設施用地)為「公園用地」及「公園(兼滯洪池)用地」，操作「逕流暫存措施」之土地使用分區(或公共設施用地)為「公園用地」及「公園(兼滯洪池)用地」。

臺南科學工業園區特定區計畫(不含科學園區部分)土地及公共設施大多尚未開發，故僅以其分區(或用地)占整體都市計畫面積比例超過1%者，作為實際可操作之對象。該都市計畫適合實施「逕流抑制措施」之土地使用分區(或公共設施用地)為「工業區」、「零星工業區」、「生活服務區」、「公園用地」及「公園(兼滯洪池)用地」；適合實施「逕流暫存措施」之土地使用分區(或公共設施用地)為「公園用地」、「公園(兼滯洪池)用地」及「農業區」。

高速公路永康交流道附近特定區計畫適合實施「逕流抑制措施」之土地使用分區(或公共設施用地)為「住宅區」、「商業區」、「工業區」、「公園用地」、「學校用地」及「機關用地」；適合實施「逕流暫存措施」之土地使用分區(或公共設施用地)為「公園用地」、「學校用地」、「機關用地」及「農業區」。考量該都市計畫為既有發展地區，其「土地使用發展」及「公共設施開闢」程度較高，住宅區、工業區及零星工業區之發展率皆超過80%，機關用地之開闢率更達到94.96%，若要進行相關之逕流抑制及逕流暫存措施相較困難。故調整適合操作「逕流抑制措施」之土地使用分區(或公共設施用地)為「商業區」、「公園用地」及「學校用地」，操作「逕流暫存措施」之土地使用分區(或公共設施用地)為「公園用地」、「學校用地」及「農業區」。

將前述逕流抑制措施及逕流暫存措施佈設於臺南科學工業園區特定區計畫及高速公路永康交流道附近特定區計畫區內，於此二區內設置之逕流抑制措施與逕流暫存措施位置分布如圖15所示，其逕流分擔總體積如表2所示，逕流分擔總體積分別為552.8萬立方公尺與268.6萬立方公尺。

以鹽水溪原治理規劃之重現期10年降雨(275mm/24hr)與氣象局雨量分級定義之大豪雨(350mm/24hr)作為定量降雨分析之演算情境，下游演算邊界採用臺南沿海重現期10年之潮位，進行逕流分擔佈設後之逕流演算，演算此兩區佈設逕流分擔措施前後之淹水體積減幅如表3所示。由表3可看出，佈設逕流設施於高速公路永康交流道附近特定區計畫，對鄰近且位於下游之永康六甲頂都市計畫亦有逕流減少之影響。在重現期10年(275mm/24hr)降雨情境之逕流模擬下，逕流體積可有比大豪雨(350mm/24hr)降雨情境較佳之減少百分比；臺南科學工業園區特定區計畫因有較高速公路永康交流道附近特定區計畫2倍以上之逕流分擔措施總體積，故其逕流體積亦有較大之減少百分比。整體來說，逕流分擔措施在此兩區具有降低逕流體積百分比19.32%至39.75%、面積百分比63.5%至77.11%之成效。

表1、逕流抑制及逕流暫存措施逕流分擔量體公式表

減洪調適措施	土地使用之類型	公式
逕流抑制	公園/兒童遊樂場用地	$V_{\text{抑}} = 0.9 \times A \times (1 - C) \times f \times T$

		$\begin{cases} A \leq 5 \times 10^4 m^2 & C \leq 0.15 \\ A > 5 \times 10^4 m^2 & C \leq 0.12 \end{cases}$
	綠地用地	$V_{\text{抑}} = A \times (1 - C) \times f \times T$, $C \leq 0.12$
	停車場用地	平面 $V_{\text{抑}} = 0.4 \times A \times f \times T$ 立體 $V_{\text{抑}} = 0.8 \times A \times (1 - C) \times f \times T$, $C \leq 0.8$
	廣場用地	$V_{\text{抑}} = 0.4 \times A \times f \times T$
	學校用地	$V_{\text{抑}} = 0.8 \times A \times (1 - C) \times f \times T$, $C \leq 0.5$
	機關用地、社教用地、體育場用地	$V_{\text{抑}} = 0.8 \times A \times (1 - C) \times f \times T$, $C \leq 0.6$
	住宅區	$V_{\text{抑}} = 0.5 \times A \times (1 - C) \times f \times T$, $C \leq 0.6$
	商業區	$V_{\text{抑}} = 0.5 \times A \times (1 - C) \times f \times T$, $C \leq 0.8$
	工業區	$V_{\text{抑}} = 0.5 \times A \times (1 - C) \times f \times T$, $C \leq 0.7$
	事業專用區	$V_{\text{抑}} = 0.5 \times A \times (1 - C) \times f \times T$, $C \leq 0.6$
	生活服務區	$V_{\text{抑}} = 0.5 \times A \times (1 - C) \times f \times T$, $C \leq 0.7$
逕流暫存	公園/兒童遊樂場用地	$V_{\text{暫}} = 0.2 \times A \times 2 = 0.4A$, $A > 10^4 m^2$
	綠地用地	$V_{\text{暫}} = 0.25 \times A \times 0.3 = 0.075A$
	停車場用地(平面使用)	$V_{\text{暫}} = 0.7 \times A \times 0.3 = 0.21A$
	廣場用地	$V_{\text{暫}} = 0.7 \times A \times 0.3 = 0.21A$
	學校用地	$V_{\text{暫}} = 0.3 \times A \times 0.3 = 0.09A$
	機關用地	$V_{\text{暫}} = 0.15 \times A \times 0.3 = 0.045A$
	農業區	$V_{\text{暫}} = 0.4 \times A \times 0.5 = 0.2A$

表2、佈設逕流抑制措施與逕流暫存措施之總體積

都市計畫	逕流分擔措施類型		逕流抑制措施		逕流暫存措施		總體積
	公共設施用地	土地使用分區	公共設施用地	土地使用分區	公共設施用地	土地使用分區	
臺南科學工業園區特定區計畫	2,072,669		3,454,918				5,527,587
	1,618,834	453,835	393,247	3,061,671			
高速公路永康交流道附近特定區計畫	680,246		2,005,741				2,685,987
	638,770	41,476	303,277	1,702,464			

單位：立方公尺

表3、佈設逕流抑制措施與逕流暫存措施前後之逕流體積與面積減幅

都市計畫	定量降雨演算情境		275mm/24hr		350mm/24hr	
	減幅	體積	面積	體積	面積	面積
臺南科學工業園區特定區計畫		39.75%	63.87%	24.50%	63.50%	
高速公路永康交流道附近特定區計畫		24.19%	72.99%	19.32%	77.11%	
永康六甲頂都市計畫		6.17%	4.36%	1.90%	5.13%	

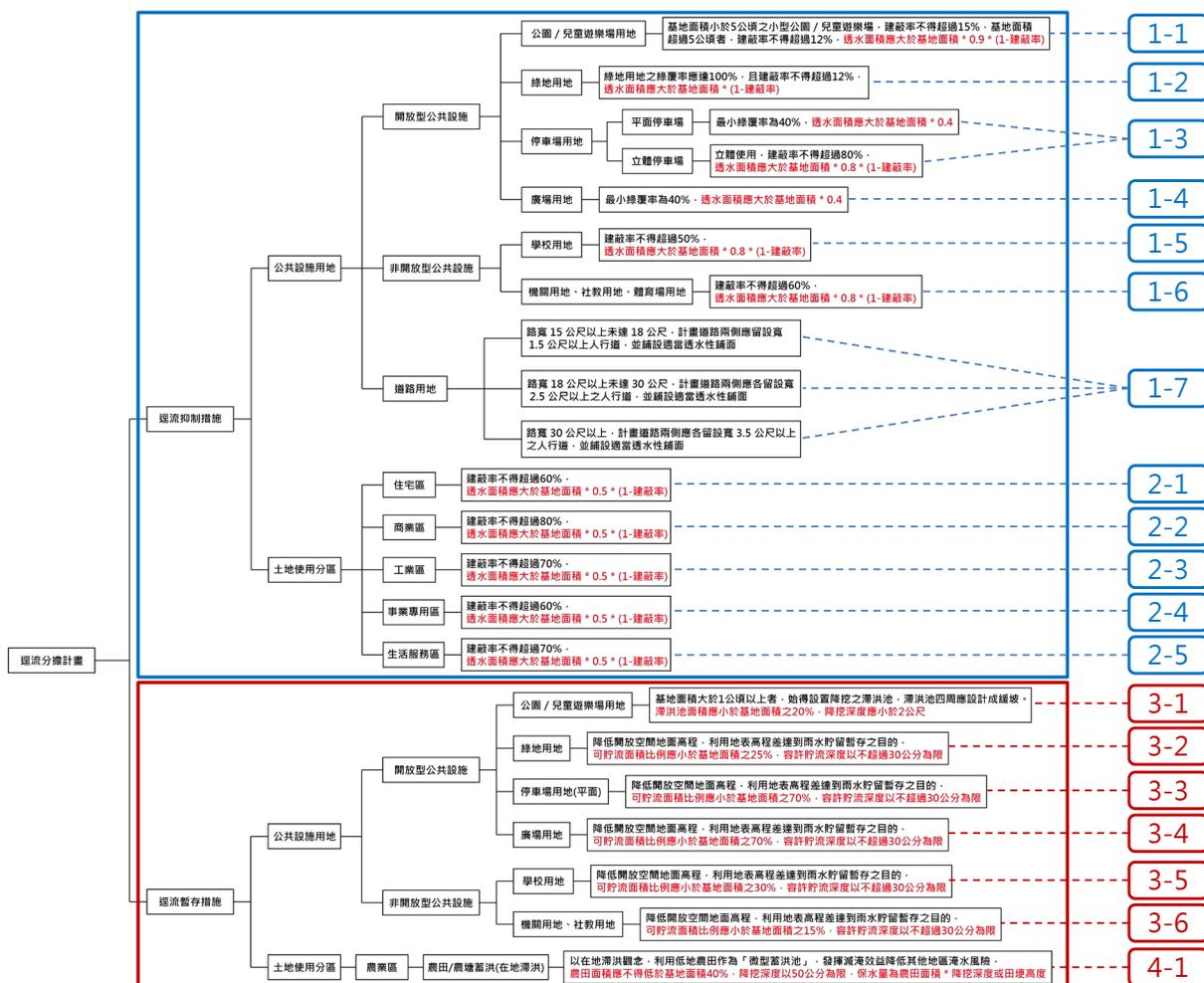


圖14、土地使用減洪措施初擬圖

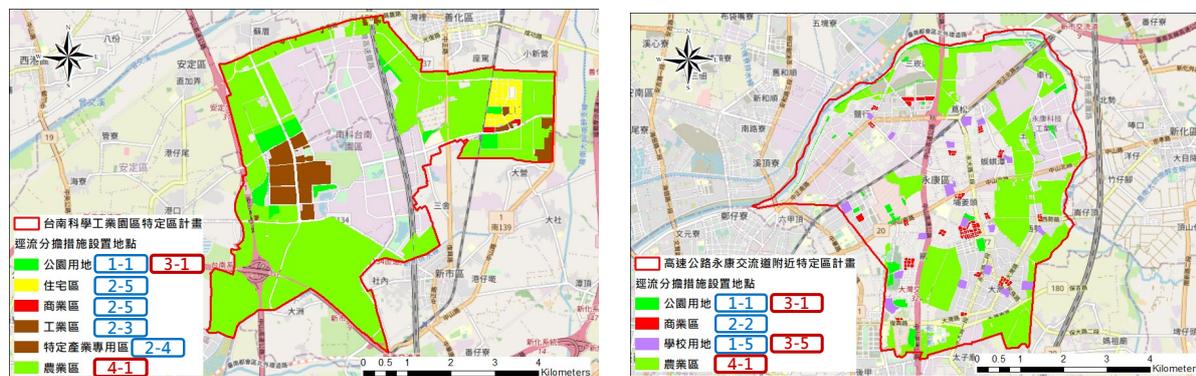


圖15、佈設逕流分擔措施位置分布圖

五、氣候變遷下以水環境為基礎之成長管理計畫

受到氣候變遷的影響，暴雨導致的洪災頻傳，以傳統防洪工程手段已無法因應氣候變遷帶來之衝擊。為減少都市地區的淹水風險，若能將位於「既有都市計畫地區周邊之土地」或「流域中上游之非都市土地」，推動相關逕流暫存措施，透過將整體流域之逕流狀況納入成長管理機制中，使其範圍內得以容納更多降雨逕流，將可減少流域

下游地區之淹水風險。

未來當「新市」及「永康新化」新訂擴大都市計畫實施後，勢必會提升鹽水溪流域周邊土地淹水風險，尤其在氣候變遷影響下，洪災發生的頻率增加，對於民眾生命財產的安全已造成威脅。如要減緩洪災的發生，與水共存及還地於河是相當重要的概念，未來針對非都市土地可執行之策略包括：(1) 將範圍內合適土地做為水的留置區域，以達到與水共存之目的。(2) 結合水、自然、沼澤等環境，創造圍繞水的小型生活及遊憩空間。(3) 將生產性農作集中於生產力高之區域；非高生產力地區，經評估後將其還地於水(姜芝妍、羅振倫、陳俊傑，2017)。本研究針對氣候變遷之降雨情境進行模擬，推估鹽水溪流域整體逕流量的變化；透過成長管理的觀點，利用上游非都市土地實施相關減洪調適措施，並推估中下游未來發展地區逕流量之變化。有關操作範圍選取之步驟如下：(1) 挑選出流域上游非都市土地，其使用分區為一般農業區、使用編定為農牧用地之土地；(2) 劃設與下游欲實施新訂擴大都市計畫相同面積之土地，以操作減洪調適措施。因「新市」及「永康新化」新訂擴大都市計畫分屬不同子集水區範圍，必須從各子集水區上游地區，選取與該新訂擴大都市計畫相同範圍(或面積)之非都市土地。故分別選取上游地區約 500 公頃且其使用分區為一般農業區、使用編定為農牧用地之土地，範圍如圖 16 所示。考量農牧用地可能包含農舍、農作產銷措施等使用，本研究選取範圍內農牧用地 60%的土地作為實施逕流抑制的減洪措施，因此，推估將於「新市」及「永康新化」新訂擴大都市計畫子集水區上游分別劃設 300 公頃之農牧用地，並透過農地降挖 50 公分之方式，減少鹽水溪流域整體之逕流量，實現以成長管理觀點進行之減洪調適規劃。

為因應氣候變遷及擴大都市計畫造成之逕流影響，透過成長管理的觀點，利用上游非都市土地實施相關減洪調適措施，於「新市」及「永康新化」新訂擴大都市計畫子集水區上游分別劃設約 300 公頃之農牧用地，並透過農地降挖 50 公分之方式設置逕流暫存措施，期能減少鹽水溪流域整體之逕流量，實現以成長管理觀點進行之減洪調適規劃。前述之新訂擴大都市計畫範圍及上游地區實施逕流抑制措施範圍如圖 17 所示，「新市」為縫合型之新訂擴大都市計畫，面積為 588 公頃；「永康新化」為產業型之新訂擴大都市計畫，面積為 434 公頃。

本研究採用國家災害防救科技中心所提供動力降尺度雨量資料(AR5 基期(1980~2008)以及 RCP8.5 情境 21 世紀中(2039~2065))之 4 組系集時雨量資料進行頻率分析，並分析 4 組系集模擬 2、5、10 及 25 年重現期雨量相較於基期重現期雨量之變化比例，做為現況重現期雨量增減幅度之參考。另考慮都市土地承受洪水之能力，選擇在重現期 2 年雨量增幅較小的 C0 為氣候變遷之雨量演算情境，應用上述氣候變遷情境重現期 10 年降雨條件，下游演算邊界採用臺南沿海重現期 10 年之潮位，進行新訂擴大都市計畫施行後上游地區實施逕流抑制措施前後之逕流模擬演算。演算臺南科學工業園區特定區計畫與高速公路永康交流道附近特定區計畫，氣候變遷降雨情境下，新訂擴大都市計畫施行前後之逕流增加體積分別為 0.68 萬立方公尺、19 立方公尺，增加百分比分別為 0.1%、0.002%。永康新化擴大都市計畫因土地使用分區類型為工業、住宅、農業，經比對與現況土地使用分區類型相近，故 CN 值變化不大，逕流

體積增量不多。兩個都市計畫在氣候變遷降雨情境下，都市計畫施行後上游地區實施逕流暫存措施前後之逕流減少體積分別為 8.9 萬立方公尺、0.66 萬立方公尺，減少百分比分別為 1.28%、0.67%；逕流減少面積分別為 174.34 萬平方公尺、75.55 萬平方公尺，減少百分比分別為 15.44%、15.26%。整體來說，在氣候變遷及新訂擴大都市計畫施行之影響下，逕流暫存措施在此兩區仍具有降低逕流體積百分比 0.67%至 1.28%之成效。因此，新訂擴大都市計畫施行後可考慮利用非都市計畫區之農業用地，降挖 0.5 公尺，提供補償等相關配套措施進行減洪。

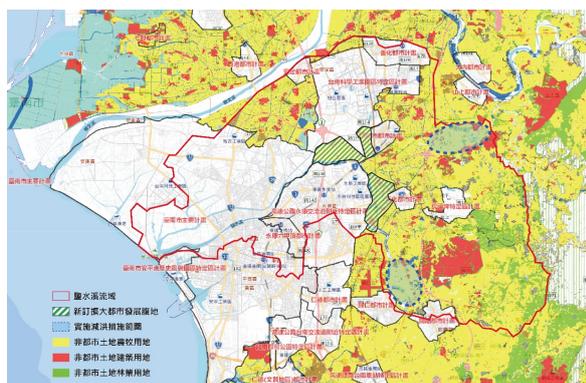


圖16、鹽水河流域上游實施減洪調適措施範圍圖



圖17、新訂擴大都市計畫範圍及上游地區實施逕流抑制措施範圍圖

六、結論與建議

本研究利用演算區域水文及地文資料完成格網布置及整合有效降雨量演算模組之地文性淹排水模式建置。演算 24 小時定量降雨 350mm 及規劃設計降雨 275mm/24hr 之降雨條件之地表逕流情形，參考逕流分擔技術手冊，針對都市計畫範圍內之公共設施用地及私有建地實施逕流抑制措施及逕流暫存措施。公共設施方面，主要分為開放型公共設施(如公園/兒童遊樂場用地、停車場用地)及非開放型公共設施(如學校用地、機關用地)，私有建地方面則以住宅區、商業區及工業區為主，期望透過留設一定比例透水面積或是降挖蓄水之方式，藉由增加逕流暫存空間，達到延遲雨水逕流之目的。在逕流現象模擬分析後，評估易淹水範圍，檢視淹水高風險區之土地分區、都市計畫之情形等，由鹽水溪原治理規劃降雨情境及大豪雨降雨情境淹水模擬結果，全區位於鹽水河流域內且未來開發需考量都市計畫內有易淹水地區，選定臺南科學工業園區特定區計畫及高速公路永康交流附近特定區計畫，作為具災害韌性的空間規劃減洪策略規劃操作之研究地區。為淹水範圍與淹水深度評估其減災韌性效果，再以氣候變遷(C0)重現期 10 年之降雨情境模擬，檢視都市發展後是否足以因應氣候變遷造成之影響，進而可研提減災調適策略，以提升未來城鄉發展區因應氣候變遷之災害韌性。

6.1 結論

1. 演算於都市計畫施行前後之逕流體積增幅，在 275mm/24hr 與 350mm/24hr 降雨情境下，各都市計畫施行前後逕流體積平均增幅分別為 3%與 2.4%，以臺南市安平港歷史風貌園區特定區計畫施行前後逕流體積增幅 0.2%為最小，善化都市計畫施行前後逕流體積增幅 15.8%、13%為最大。

2. 佈設逕流設施於高速公路永康交流道附近特定區計畫，對鄰近且位於下游之永康六甲頂都市計畫亦有逕流減少之影響。在重現期 10 年(275mm/24hr)降雨情境之逕流模擬下，逕流體積可有比大豪雨(350mm/24hr)降雨情境較佳之減少百分比；臺南科學工業園區特定區計畫因有較高速公路永康交流道附近特定區計畫 2 倍以上之逕流分擔措施總體積，故其逕流體積亦有較大之減少百分比。整體來說，逕流分擔措施在此兩區具有降低逕流百分比 19.32%至 39.75%之成效。
3. 臺南科學工業園區特定區計畫與高速公路永康交流道附近特定區計畫，於氣候變遷降雨情境下，新訂擴大都市計畫施行前後之逕流增加體積分別為 0.68 萬立方公尺、19 立方公尺，增加百分比分別為 0.1%、0.002%。永康新化擴大都市計畫因土地使用分區類型為工業、住宅、農業，與原土地使用分區類型相近，CN 值變化不大，逕流體積增量不多。
4. 臺南科學工業園區特定區計畫與高速公路永康交流道附近特定區計畫，於氣候變遷降雨情境下，都市計畫施行後上游地區實施逕流暫存措施前後之逕流減少體積分別為 8.9 萬立方公尺、0.66 萬立方公尺，減少百分比分別為 1.28%、0.67%。整體來說，在氣候變遷及新訂擴大都市計畫施行之影響下，逕流暫存措施在此兩區仍具有降低逕流百分比 0.67%至 1.28%之成效。新訂擴大都市計畫施行後可考慮利用非都市計畫區之農業用地降挖 0.5 公尺，提供補償等相關配套措施進行減洪。

6.2 建議

1. 建議將城鄉發展區空間規劃減洪調適韌性策略應用於實務，以因應未來都市發展與氣候變遷造成之逕流影響。
2. 建議在進行因應氣候變遷之調適策略規劃時，應同時考量氣候變遷及新訂擴大都市計畫施行之影響，新訂擴大都市計畫施行後可考慮利用非都市計畫區之農業用地，降挖0.5公尺，提供補償等相關配套措施進行減洪。
3. 建議可以本年度研究成果為基礎繼續深化，突破傳統僅從單一都市或地區檢討減洪調適規劃模式，而從上、中下游整體流域之跨區位思考，並扣合第九屆行政院災害防救專家諮詢委員會(行政院專諮會)決議主題「極端災害下之韌性城市」所提政策之建議八大要素之城鄉發展與設計應考量災害風險，在城鄉發展的同時考量災害風險，演算分析逕流分擔措施等減緩調適行動之成效，建議城鄉發展區調洪規劃，強化都市韌性，以因應氣候變遷之影響。

參考文獻

1. 內政部營建署城鄉發展分署，2019，「直轄市、縣(市)國土計畫規劃手冊」。
2. 姜芝妍、羅振倫、陳俊傑，2017，「從都市規劃思維來看韌性城市」，新北市政府城鄉發展局，新北市政府 106 年自行研究計畫。
3. 經濟部水利署，2020，「逕流分擔技術手冊」。
4. 臺南市政府，2021，「臺南市國土計畫」。
5. 臺南市政府都市發展局，2019，「變更仁德都市計畫(主要計畫及細部計畫分離專案通盤檢討)(土地使用分區管制要點)細部計畫書」。