



永續臺北 海綿城市

彭振聲／臺北市政府工務局局長

林士斌／臺北市政府工務局科長

余世凱／臺北市政府工務局技士

為邁向永續臺北打造海綿城市，臺北市推動海綿城市政策，將都會區水環境帶入另一個嶄新的階段。臺北海綿宜居城市政策係以「韌性水調適」、「永續水利用」、「友善水環境」勾勒出臺北市未來願景藍圖，並以「健全都市水循環」、「提升防洪容受度」、「多元活絡水利用」、「穩定供水有效用水」、「生態多樣水棲地」、「豐富魅力水遊憩」六大推動目標為努力方針，透過工程及管理相關策略，其重點工作包括人行環境改善計畫、透水鋪面監測模擬、推動建築綠屋頂、落實開發基地保水法規、公私協力共同分擔暴雨逕流、都市流域整體規劃、雨水抽水站自動化、公私協力智慧防災、推動雨水中水多元利用、再生水技術與應用、翡翠專管計畫、推廣節流及管網防漏計畫、都會區濕地保育及環教推廣、野溪生態教室、防洪工程轉化為親水生態園區、浪漫賞螢結合溪溝復育、活絡河岸水域親水活動等，並以公私協力、開放政府及全民參與原則，落實海綿永續城市理念。

關鍵詞：海綿城市、韌性城市、綠色公共工程、再生水、低衝擊開發

前言

臺北市人口密度於國際各大都會區名列前茅^[1]，城市擴張高度都市化下，市區建築林立、不透水的道路廣場鋪面隨處可見，都市透水保水能力不足熱島效應顯著，面對近期氣候變遷極端降雨挑戰，市區積淹水風險亦隨之增加；由於降雨分布不均、都市水資源涵養不足，因而衍生長期水資源穩定使用風險；另於生態及永續發展國際趨勢下，營造民眾多元親水空間以及復育水環境生態棲地，成為臺北市水環境發展之重要課題。

臺北市致力於防洪排水及河川整治工作，歷年來已投注相當人力物力資源，現階段更以海綿城市理念做為臺北市水環境政策的核心，為推動海綿永續城市政策，臺北市以「韌性水調適」、「永續水利用」、「友善水環境」等三大願景，勾勒出安全、永續、生態的臺北市水環境藍圖（圖1），並以「健全都市水循環」、「提升防洪容受度」、「多元活絡水利用」、「穩定供水有效用水」、「生態多樣水棲地」、「豐富魅力水遊憩」為六大推動目標，透過各種工程及管理手段，秉持開放政府、全民參與以及公私協力的原則，進一步落實道路廣場鋪面透水化、提高城市綠覆率、

推廣建築綠屋頂、增加都市貯留滯洪能力、推動污水處理再升級、再生水多元利用、復育保護水環境棲地、營造親水遊憩環境等，使臺北市具備能入滲保水、蒸散調節都市微氣候，面對極端降雨具備足夠災害容受力與回復力，於水資源能永續提供穩定多元之水源，建立成一個民眾可親水且具有豐富多樣水環境生態之永續城市。

國際趨勢

在都市持續擴張及全球氣候變遷挑戰下，世界各國都面臨著不同的水環境風險與挑戰，於近年來亦紛紛提出對應的調適措施及永續發展政策。在健全都市水循環及提升防洪容受度方面，美國於2001年開始提倡「低衝擊開發」（Low Impact Development, LID）的概念，以雨水入滲、貯留、植物淨化的理念，達到提升都市水涵養、減緩地表逕流、同時淨化水質的目的^[2]；德國於1997年於漢堡市之HafenCity推動適應性水岸開發計畫，針對約有2,000位居民及9,000位上班族通勤的舊港區及工業區進行大型的都市更新，打造高於平均海平面7.5公尺之適應性水岸港區^[3]，重新定義公共設施與水的關係，打造耐洪兼具民眾



圖 1 臺北海綿城市政策 3 大願景

親水休憩的水岸城市；日本於 1977 年針對高度都市化流域提出「綜合治水對策」，於治理河川及興修下水道外，並運用流域上游保水、中游滯洪及下游雨水貯留策略面降低市區淹水風險，並於 1987 年提出「高規格堤防」對策，就河川沿岸高度都市化地區併同都市土地利用整體規劃興建緩坡式堤防，提升防洪安全同時更新河岸旁老舊社區，後於 2000 年更提出「流域性洪水有效管理對策」，將流域劃分為森林覆蓋地區、農業區、洪水平原及都市化地區等 4 個部分，運用開口堤、副堤等防洪設施，允許洪水漫淹村落，不再堅持傳統不淹水政策^[4]。此外，國際間還有如紐西蘭推動的低衝擊都市設計與發展（Low Impact Urban Design and Development）、澳洲推動的水敏感都市設計（Water Sensitive Urban Design）、加拿大推動的暴雨源頭控制設計（Stormwater Source Control Design）、英國推動的可持續性排水系統（Sustainable Urban Drainage System）等^[5]。

根據世界經濟論壇（World Economic Forum, WEF）發布之「2016 年全球風險報告」（The Global Risks Report 2016），水資源危機已連續 5 年名列全球前五大威脅，且於氣候變遷趨勢下，恐將成為未來 10 年之首要威脅^[6]。國際間於多元活絡水利用及穩定供水有效用水之推動方面，以色列因位處沙漠降雨量少且不均，屬極端缺水國家，積極開發海水淡化及民生污水再生以補充民生用水及農業灌溉用水，並開發「滴灌法」節水技術以增加灌溉效率與面積^[7]；日本將大型污水處理廠放流水作為環境保育及親水用水，用以補注河川基流及生態復育，另推動建築或社區「封閉型水循環系統」（closed reuse system），利用中水道處理設施進行自用型之水回收做為沖廁用水^[8]；新加坡推動水資源供應多元化及節約用水政策，由該國成立公共設施局統籌整體水資源開

發策略及水資源需求管理，其首座「NEWater」廠於 2000 年完工運轉，再生水以高級工業用水為主，及回送水庫之非直接飲用（Indirect Potable Use）為輔^[9]。

在生態多樣水棲地、豐富魅力水遊憩方面，聯合國於 2005 至 2014 年間推動「生命湖泊」（Living Lakes）10 年計畫，透過保護生物多樣性、淡水資源、湖泊濕地生態系統，以提高湖泊濕地周邊社區的生活質量，深化社區對保護湖泊、濕地和淡水資源生物多樣性的環境意識^[10]；中國在 2009 年於武漢舉辦的第 13 屆世界湖泊大會中，提出「武漢宣言」湖泊流域綜合治理計畫，以湖泊休養戰略為核心理念，由政府機關、民間團體與企業等水資源使用者共同推動，並以發展綠色經濟產業為目標^[10]。2010 年在日本名古屋舉辦的第 10 屆聯合國生物多樣性公約締約國大會中（Convention on Biological Diversity），聯合國大學與日本政府宣布推動「里山倡議國際伙伴關係網絡」，未來將更為重視農業生物多樣性保育、傳統知識保存、農村生計與耕地活化等議題^[10]。此外，國際間亦有英國推動的湖泊復育主題計畫（Lake restoration theme plan）、德國推動的生物多樣性國家戰略（National Strategy on Biological Diversity）等^[10]。

臺北海綿城市 三大願景 六大目標

臺北都會區地狹人稠寸土寸金，根據臺北市主計處 2016 年 5 月統計資料顯示，臺北市人口密度已達每平方公里 9,940 人，與國際各主要都會區人口密度相較名列前茅^[1]，若扣除境內約占 55% 的山坡地範圍，則於臺北市平地都會區之人口密度將高達近每平方公里 2 萬人（圖 2）。於此高度開發人口稠密寸土寸金的都會區，臺北市水環境之發展與治理工作實極具挑戰；另由於都市擴張不透水鋪

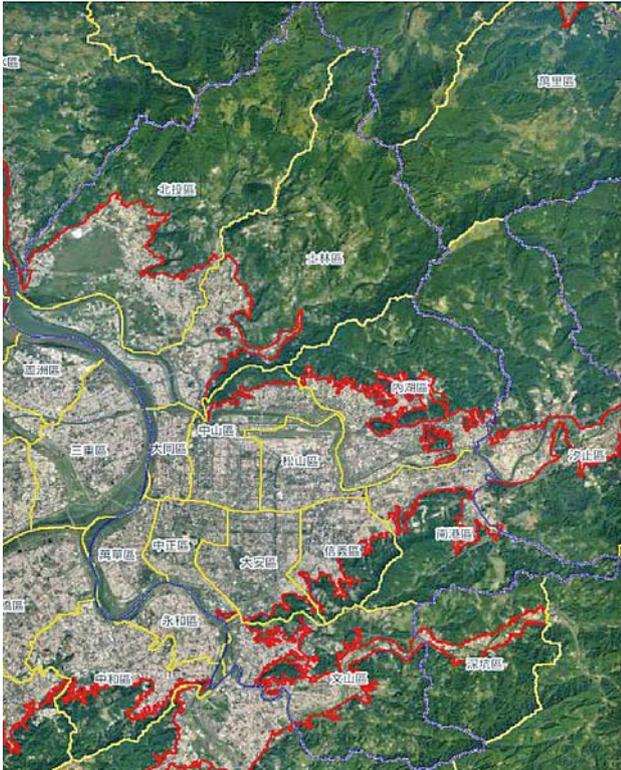


圖 2 臺北市山坡地衛星航照圖^[11]

面增加，不僅都市涵養水源能力降低，更可能因此使地表逕流增加達 35%（圖 3）；研究顯示，在荷蘭的蘭斯台德（Randstad）區域單純因都會區人口集中所導致的土地使用改變，即造成該區域過去 50 年來的洪氾風險因此增加了 7 倍^[3]。此外，加諸氣候變遷極端事件的影響，於生態永續、防洪安全及都市發展各個層面整體考量下，更使臺北市水環境政策推動日趨艱鉅。

臺北市自 1962 年提出「台北市下水道系統規劃報告」^[13]、1966 年「淡水河防洪治本計畫修訂方案」經行政院核定^[14]、1972 年規劃「臺北區衛生下水道綱要計畫」、1975 年「臺北區衛生下水道初期實施方案及財務計畫修正案」經行政院核定^[15]、1982 年「臺北地區防洪計畫」實施^[14]、1986 年實施「台北市污水下水道系統計畫」^[15]等，近半世紀以來已投注相當人力物力資源，建置完成堤防長度逾 109 公里、雨水下水道系統長度逾 522 公里且保護標準達 78.8 公厘／小時、86 座雨水抽水站總抽水量達 2,160 立方公尺每秒，以及污水下水道主幹管長度逾 47 公里、次幹管長度逾 77 公里、分管網長度逾 810 公里、臺北市轄境內迪化及內湖 2 座污水處理廠、污水下水道用戶門牌戶數接管普及率已達約 75%。隨著國際間環境永續與生態保護趨勢，臺北市水環境政策於過去 10 年亦隨之調整腳步，於市區治水工作以上游保水、中游減洪與下游防洪的總合治水理念採系統性規劃推動，於河川整治工作則以河川溪溝水質改

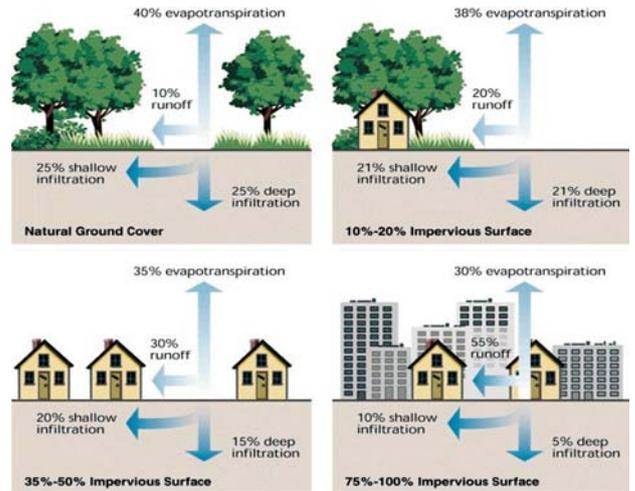


圖 3 都市水循環動態變化^[12]

善、河濱環境營造及服務品質提升、活絡民眾河濱親水及生態環境教育等策略，逐步重建民眾日常生活與河川之連結依存、並復育河川生態重現早期水岸城市之歷史紋理。

近年來全球各大都會區飽受氣候變遷極端氣候威脅挑戰，臺北市高度開發人口密集，在氣候變遷旱澇等極端事件挑戰下亦無法倖免，為解決都市保水透水不足熱島效應問題日趨嚴重、洪氾風險增加、長期水資源供給日趨緊張、並提供民眾多元親水空間及復育都會區水環境生態棲地，臺北市刻正積極推動海綿城市政策，以「韌性水調適」、「永續水利用」、「友善水環境」勾勒出臺北市水環境的三大願景、並以「健全都市水循環」、「提升防洪容受度」、「多元活絡水利用」、「穩定供水有效用水」、「生態多樣水棲地」、「豐富魅力水遊憩」為六大推動目標（圖 4），透過工程面、管理面、法制面相關措施，並納入開放政府、民眾參與及公私協力等理念，研訂相關推動策略及執行計畫，由市政府各權責機關落實推動：

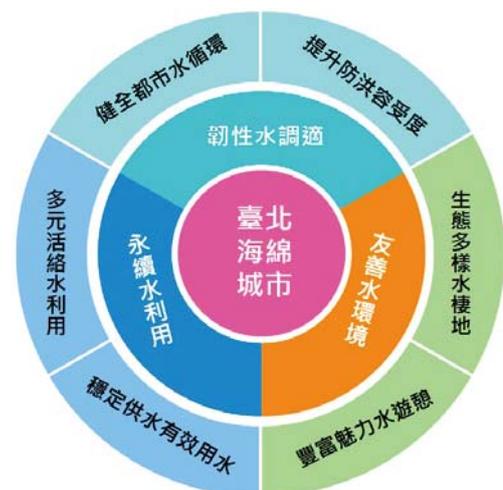


圖 4 臺北市海綿城市政策架構

願景一「韌性水調適」

氣候變遷所引致的極端氣候事件於世界各地持續地增加，聯合國與世界銀行的研究報告警告，就算世界各國皆落實履行並達成歷次聯合國氣候變遷會議所簽訂之協議，在 2100 之前全球平均氣溫仍有 20% 的機會較工業革命前增加至少 4°C 以上，未來極端氣候的挑戰不僅難以減緩並將更為嚴峻^[3,16,17]。面對國際間溫室氣體減量控制的「減緩」(mitigation) 措施似乎緩不濟急，相關「調適」(adaptation) 作為更突顯出其重要性。臺北市打造海綿城市以「韌性水調適」為首要願景，並以「健全都市水循環」及「提升防洪容受度」為二大推動目標，其較過去以工程治理手段為主的水環境政策，更強調如何於都會區與水共存，以預防性的 (anticipatory) 調適策略，強化都市面對極端氣候的韌性 (resilience)，在提升都市面對旱澇災害的容受度與回復力的同時，並能更進一步創造長期都市發展與生態環境共存的雙贏價值^[3]。其中恢復市區雨水入滲土地並蒸散於大氣的自然水循環，不僅可改善都市微氣候降低熱島效應影響，減緩夏季空調排熱所造成之負面循環，並可提供額外降低降雨地表逕流、減少都市能源需求、以及恢復環境生態的附加效益；另調整公共建設施政理念，採都市流域 (Urban Watershed) 規劃理念，於一定程度上採取工程手段持續提升防洪排水保護標準之外，並落實災害風險管理，以開放政府理念公布災害潛勢資訊，建立民眾知災避災離災觀念，更進一步透過立法等措施促進公私協力防災，將災害可能造成的損害降至最低，打造 1 個具韌性、水冷散熱並可因應未來挑戰不斷調適的海綿永續臺北市。

願景二「永續水利用」

我國雖年平均降雨量達約 2,500 釐米為全球平均的 3 倍，然而因地形陡峭、河短流急，加上降雨時空分布不均及氣候變遷，實際可用水量僅約為年降雨量之 1/4，每人每年平均可獲得的水量僅為全球平均的 1/6，屬世界第 18 位的缺水地區^[19]。而在國際上城市永續經營趨勢下，世界城市數據委員會 (World Council on City Data, WCCD) 已建立一套完整的國際標準統計指標體系，並已將穩定供水及廢污水處理等多項水資源永續利用工作納入相關重要指標^[20]。臺北市推動海綿城市，以「永續水利用」為第 2 項推動願景，透過「多元活絡水利用」及「穩定供水有效用水」二大推動目標，以因應未來長期水資源需求壓力與日俱增的挑戰，透過各種公共設施或私有建築之雨水貯留設施回收利用，以及污水處理在質與量的提升進而於再生水 (reclaimed water) 技術面及利用面的推廣，以達到多

元水資源供給及活絡其再利用面向的目的，期望在臺北市的每 1 滴水，可以循環再次使用至少 2 次以上 (use each drop of water more than once)；此外，並持續推動節約用水技術及宣導、訂定合理化水價政策，輔以自來水管網更新降低漏水率，加強自來水水源調度能力，以及旱季或颱風期間穩定供水之工程及管理措施，以營造 1 個不僅能涵養水源安全耐災的都市，更能永續利用水資源且供給無虞的海綿臺北。

願景三「友善水環境」

由於都市持續擴張加上氣候變遷影響，都市及其周邊水棲地環境遭受污染破壞日益嚴重，不僅使民眾親近河川水域休閒遊憩場域減少，更造成了嚴重的生態多樣性問題及濕地水棲地環境急遽消失。聯合國首部處理環境議題的「拉姆薩公約」(Ramsar Convention) 於 1975 年 12 月 21 日正式生效，計有 159 個締約國，歸屬於聯合國教科文組織 (UNESCO) 託管，其透過保護濕地及其周邊的動植物生態系統，並明智利用濕地資源，以促進生態的永續發展^[21]。臺北海綿永續城市以打造「友善水環境」為第 3 項推動願景，並以「生態多樣水棲地」及「豐富魅力水遊憩」為其二大推動目標，配合我國濕地保育法施行，研訂臺北市濕地系統整體保育策略綱領，以強化都市水環境保護及水棲地復育，落實濕地功能分區及明智利用精神，持續推動河川水質監測與水污染違規污染稽察取締，期能恢復臺北市水環境棲地之生態多樣性；另持續推動河川溪溝親水環境營造及服務品質提升工作，並評估提升臺北市水環境教育中心能量，進一步透過河岸水域親水活動、水環境教育宣導及在地志工培力推廣，活絡民眾親水遊憩及愛川觀念，縫合臺北市河川水域與市區間之文化歷史紋理，以營造對民眾及生物皆親水生態的友善海綿城市。

推動重點工作與執行成果

韌性水調適

健全都市水循環

人行環境改善計畫

透過道路及廣場等人行空間環境改善，以透水高壓磚、多孔隙瀝青混凝土及帶狀植栽槽等綠色公共工程 (Green Infrastructure)^[5]，取代既有都市高度開發所產生之不透水鋪面等灰色公共工程 (Gray Infrastructure)，透水鋪面於降雨時雨水可入滲土壤，減少地表逕流及路面積水，提升用路安全，另於夏季晴天時，涵養於土壤或植栽之水份可蒸散於大氣，調節都市環境微氣候。臺北市透

過「人行環境改善計畫」(圖 5、6) 於新生南路 3 段、羅斯福路 5、6 段、松江路及復興南北路等設置透水鋪面、貯留入滲設施及帶狀植栽槽，自 2015 年至 2016 年 8 月間，臺北市透水鋪面共新增 4 萬 3,647 平方公尺。於人行環境改善同時，並以人本精神整理人行道上變電箱、路燈燈桿等造成行路障礙之設施，重新定義道路空間行人、自行車以及機動車輛間之路權範圍，從綠色公共工程出發以至於市區自行車道綠色運輸路網及無障礙人行環境 (from Green Infrastructure to Green Transportation)，相關政策理念及推動成果並由國際媒體爭相報導^[22]。(圖 7、8)

透水鋪面監測與模擬

臺北市亦針對透水性混凝土磚的滲透效果、降低都市熱島效應程度、透水性鋪面設計和維護方式等，進行為期 3 年的透水性鋪面監測計畫，並於南港經貿園區北側、環東大道下方的港後公園旁人行道設置長 5 公尺寬 2 公尺的透水性鋪面監測區域，設置透水性混凝土鋪面區及一般

高壓磚鋪面區做為試驗組及對照組，同時埋設溫溼度計、集水管等設備於鋪面的底層及面層，蒐集雨水入滲狀況之數據資訊 (圖 9)。根據監測數據資料顯示，透水性鋪面表面溫度尖峰值出現時間較高壓磚表面溫度遞延約 0.5 至 1 小時，且透水磚與高壓磚表面每日溫度尖峰值最大溫差可達 2.05 至 3.53°C；另於地表逕流量部份，高壓磚對照組之逕流量皆大於透水磚實驗組之逕流量，依降雨強度不同，透水磚逕流量較高壓磚可減少自 7.3% 至 17.85% 不等。除實際監測外，臺北市亦以復興南路大安高工校門口前逾 1,700 平方公尺之自行車道、人行道進行監測規劃及 SWMM 水理模式模擬，針對多孔隙瀝青混凝土透水鋪面、植生滯留槽、透水高壓混凝土磚 (含地下雨水貯留系統) 等設施 (圖 10)，模擬評估其地表逕流消削減效益 (圖 11、12)；透過數場實際降雨資料之模擬結果，初步分析於大安高工校門前所設置之相關透水性設施，將短延時及長延時降雨條件下，將可分別削減地表逕流量達約 18.18% 至 37.57%

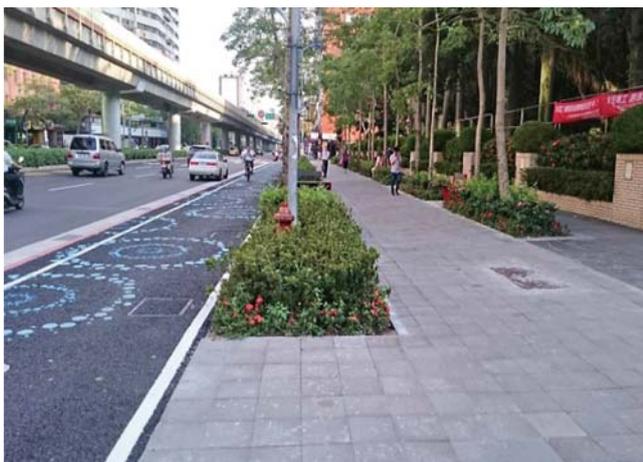


圖 5 復興南路大安高工前人行道高壓透水磚



圖 6 復興南路自行車道多孔隙混凝土



圖 7 英國衛報報導自行車道改變臺北^[22]

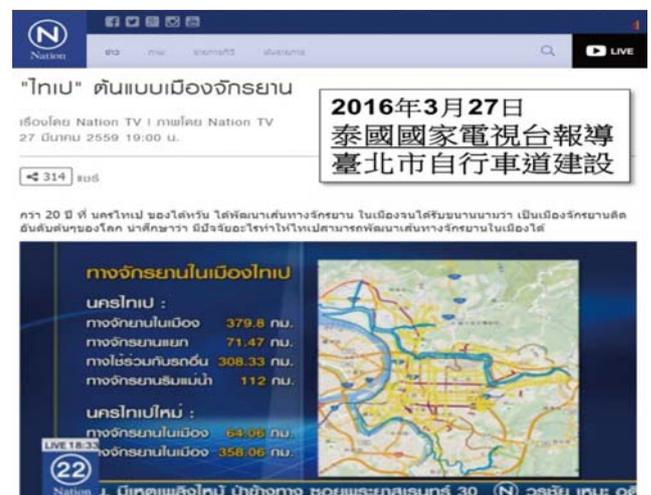


圖 8 泰國國家電視台報導臺北市自行車道建設^[22]

監測場址配置圖

- ◆ 降雨入滲分析：降雨量、入滲量、逕流量等。
- ◆ 溫度效益分析：不同土層溫度。
- ◆ 環境因素：風速、風向、濕度、溫度等環境因素。

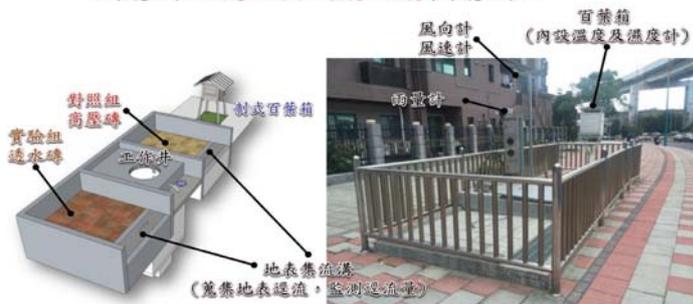


圖 9 透水鋪面衰減效益監測場址 (南港經貿園區港後公園旁)

不等 (表 1)。綜合以上實際監測數據及數值模擬分析結果，可歸納於都市建置透水性鋪面設施，無論對於降低地表逕流減緩雨水下水道系統負荷，或是調整微氣候降低都市熱島效應，皆可提供相當程度之效益。

推動建築綠屋頂

利用都市建築物屋頂空間營造具植栽綠意空間，不僅可增加都市水涵養、促進蒸散調節微氣候以減緩都市熱島效應，並可改善都會區生態景觀及提供一定程度雨

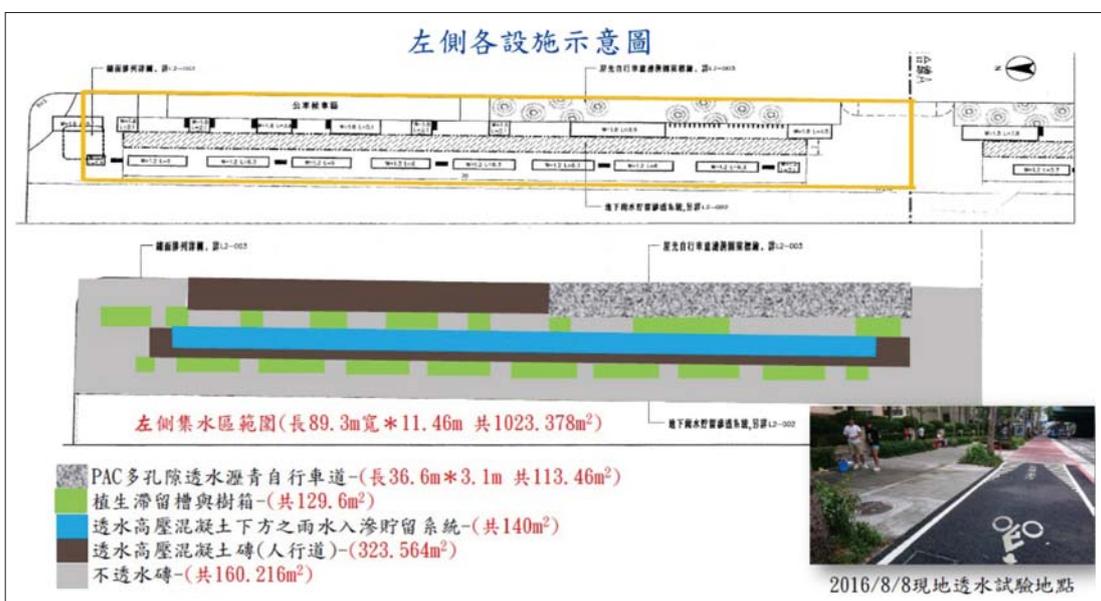


圖 10 大安高工前平面示意圖

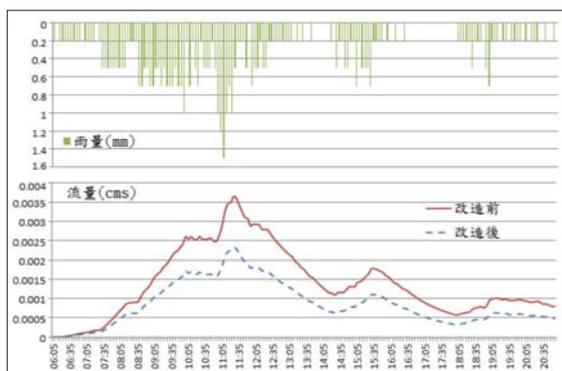


圖 11 SWMM 水理模式地表逕流消削減效益評估 (長延時降雨)

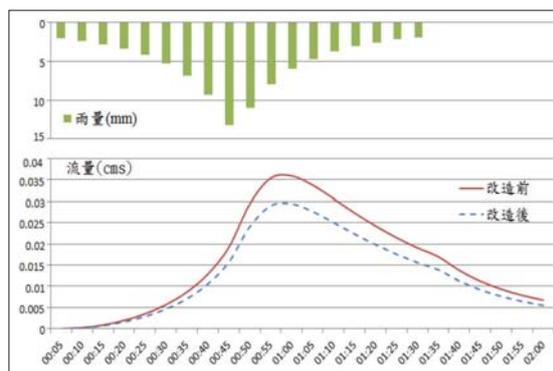


圖 12 SWMM 水理模式地表逕流消削減效益評估 (五年重現期降雨事件)

表 1 SWMM 水理模式進行透水貯留設施之地表逕流消削減效益模擬評估

透水貯留設施	長延時降雨逕流消削減效益 (%)	短延時暴雨逕流消削減效益 (%)
多孔隙瀝青混凝土透水鋪面 (294.5m ²)	15.03	9.82
高壓透水磚 + 地下雨水貯留系統 (709.3m ²)	15.78	6.36
植生滯留槽 (230.2m ²)	6.011	1.82
總逕流削減量 (%)	37.57	18.18

水滯留功效。國外研究顯示，綠屋頂平均可涵養 10 至 20 公厘之降雨量，以荷蘭鹿特丹為例，相當於每個綠屋頂平均貯留 100 至 200 立方公尺的水量^[23]；另根據國內學者研究，假設臺北市有 70% 的建物屋頂設置 10 公分、0.3 孔隙率的薄層綠屋頂，則全臺北市全年總逕流量平均將可消減達 20% 以上^[23]。為推動臺北市建築物設置綠屋頂，臺北市政府前於 2014 年 11 月 10 日制定發布「臺北市綠建築自治條例」，並於 2016 年 6 月 2 日發布施行「臺北市新建建築物綠化實施規則」，新建建築物屋頂平臺應實施綠化，除都市計畫或其他法令另有規定致無法綠化者外，新建建築物屋頂平臺綠化面積應達該屋頂平臺面積之百分之五十，綠化面積以實際被覆面積計算。除新建建築物外，臺北市亦推動「綠屋頂及綠能示範社區工程補助申請」，以鼓勵並補助社區既有建築物參與綠建築改善，且針對屋頂新增綠化面積大者將優先補助^[24]。臺北市積極推動綠屋頂政策，透過立法強制及獎勵補助方式，由公私部門協力逐步建置，期待達到增加都市水涵養改善都市微氣候、隔熱降溫降低都市能源需求、貯留雨水減緩都市暴雨地表逕流等目的，並進一步達到提供提升都市景觀淨化空氣、提供生物跳島、穩定二氧化碳等附加效益，共同營造海綿臺北市（圖 13、14）。



圖 13 中山區崇實區民活動中心綠屋頂^[25]



圖 14 信義區公所綠屋頂^[25]

落實開發基地保水法規

增加都會區開發基地的保水能力，為提升都市涵養水源能力打造海綿城市相當重要的工作之一，臺北市同樣以公私協力立法推動的理念推動落實。於公共建設部分，臺北市持續推動公園綠地、停車場、體育場館、校園等之透水鋪面設置，依據「臺北市公共設施用地開發保水作業要點」規定，於符合一定條件其開發面積達 800 平方公尺以上者，應依照臺北市公共設施用地開發保水設計技術規範進行促進水涵養、貯留、滲透雨水功能之設計，並由相關主管機關辦理審查、案件列管及抽查工作，經統計至 2016 年 8 月底止，臺北市公共設施用地開發保水案件送審列管已達百件之譜。另於公私有新建建築物部分，為進一步落實建築基地保水設計，於「臺北市綠建築自治條例」已明訂較建築技術規則更加嚴格的規定，相關建築基地之保水設計指標，應大於 0.55 與基地內應保留法定空地比率之乘積；此外，於臺北市都市設計及土地使用開發許可審議委員會審議參考範例中，並已納入增加基地保水相關技術性要求。冀透過公私協力、法令強制要求雙管齊下推動，落實臺北市開發基地促進水涵養、保水貯留及滲透能力，以增加土地雨水涵養，晴天蒸發降溫，健全都市水循環及緩解熱島效應。

提升防洪容受度

公私協力共同分擔暴雨逕流

臺北市高度都市化地狹人稠，雖雨水下水道系統保護標準已達每小時 78.8 公厘，但近年來面對氣候變遷，於有限預算下之工程建設及其保護標準，趕不上屢破紀錄之極端降雨，僅靠政府以工程措施投入大量經費興築排水防洪設施，仍然無法完全免除市區積淹水風險；面對未來氣候變遷極端降雨挑戰，除了靠政府推動防洪排水建設落實維護管理外，更須整合民間力量，透過公私協力共同努力。依據「臺北市下水道管理自治條例」第 9 條規定，基地開發時應依據所排入之雨水下水道逕流量標準，排放雨水逕流，並對所設置之相關流出抑制設施負維護責任；另依據「臺北市基地開發排入雨水下水道逕流量標準」規定，建築物於新建或改建等行為時，應設置「雨水流出抑制設施」（圖 15、16），其單位開發面積最小保水量須達每平方公尺貯留 0.078 立方公尺的雨量、最大排放量不得超過每平方公尺每秒鐘 0.0000173 立方公尺之雨水體積，截至 2016 年 8 月底止，臺北市已有 255 件開發建案件通過審查，以目前平均開發面積約 1,300 平方公尺估算，以上 255 件開發案總計已分擔超過 2 萬 5,000 立方公尺之雨水貯留及調節空間，可說是臺北市防洪排水系統最堅強的盟友及後盾，

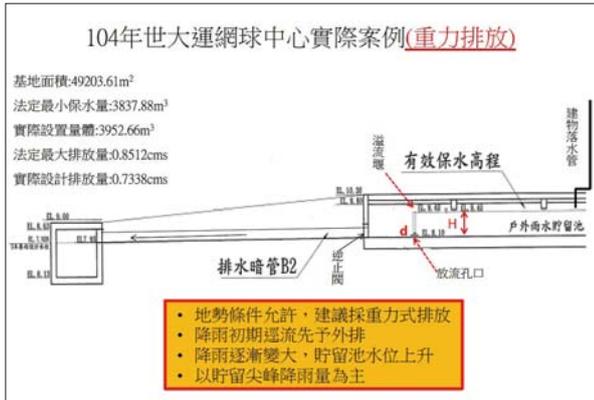


圖 15 世大運網球中心雨水流出抑制設施

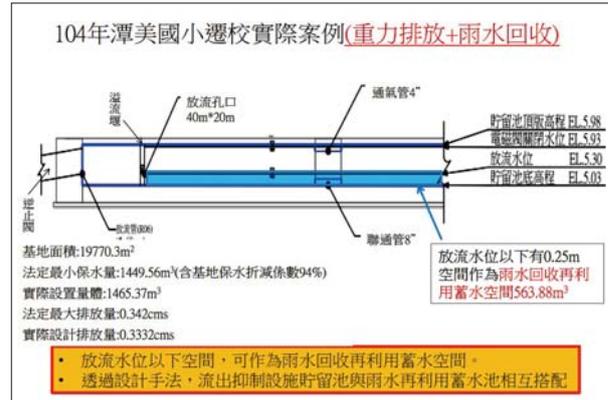


圖 16 潭美國小遷校雨水流出抑制設施

透過公私部門通力合作，以積少成多聚沙成塔的精神，逐步提升本市防洪容受度，未來配合臺北市老舊社區都市更新，更能進一步提升臺北市整體防洪排水能力。

都市流域整體規劃

為解決都市高度開發下防洪排水問題，臺北市以總合治水理念持續推動都市流域整體規劃，透過上游保水（水土保持）、中游減洪（分洪、滯洪、調洪）、下游防洪（堤防、抽水站）策略，進一步提升臺北市防洪能力。臺北市目前正積極推動之「文山區整體排水改善計畫」（圖 17），即是透過都市流域整體規劃，於辛亥路 4 段興隆幹線雨水下水道中段游段辦理「文山區辛亥路憲兵營區停車場滯洪池新建工程」，其設計滯洪量約為 46,000 立方公尺，配合「文

山運動中心北側用地滯洪池新建工程」設計滯洪量約 6,000 立方公尺，其總設計滯洪量可達約 52,000 立方公尺；另辦理「福興路排水分流新建工程」，以潛盾工法設置直徑 2.8 公尺、長度 631 公尺之分洪渠道，搭配「興隆路 3 段 304 巷排水分流及側溝擴建工程」，以分擔減輕雨水下水道系統瓶頸段之負擔；最後於雨水下水道下游辦理「景美抽水站機組增建工程」，於該抽水站增設 9 台抽水機組提升至共 13 台抽水機組，抽水容量自每秒 64 立方公尺提升至每秒 84 立方公尺，相當於每 23 秒就可以抽光 1 個標準游泳池的水量。「文山區整體排水改善計畫」整合滯洪、分洪以及排洪策略，以都市流域整體規劃，有效提升區域整體防洪效能，而計畫中 2 座滯洪池同時也是臺北市首例都會型地



圖 17 文山區整體排水改善計畫

下滯洪池，除極具指標性外，相關工程完工後並可大幅提升文山區雨水下水道系統排水保護標準及防洪容受度。

推動雨水抽水站自動化

臺北市 86 座抽水站共 413 台抽水機組，其總抽水量達每秒 2,160 立方公尺，意即 86 個抽水站同時運作時，約 1 秒鐘就可抽光 1 個標準游泳池的水量。為妥善操作管理如此複雜龐大的防洪最後一道防線，臺北市率全國之先首創「抽水站自動化監控系統」(圖 18)，將抽水站操作管理自動化、電腦化，提升抽水機組操作之精準度；系統自動偵測及回饋機組運轉狀態，可提前進行預防性維護，降低機組臨時故障機率；另由管理中心可透過網路操控所轄數個抽水站的機組設備，藉由系統集中即時監控，於緊急事件可於第一時間指揮調度、應變處理。透過「抽水站—分區管理中心—總管理中心」3 階層的組織架構(圖 19)，各抽水站即時將機組設備之實際運轉資訊及影像，傳回分區管理中心緊急應變處理；總管理中心則協助分區管理中心，監視全市抽水站運轉狀況，並適時發揮指揮調度及機組運轉管理效能；目前第一、第二分區管理中心已建置並發揮防汛功效，第三分區管理中心預計於 2016 年完工啟動，發揮自動運轉、遠端控制、遠端監視、保全防盜、消防告警、即時視訊等 6 大功能，隨著雨水抽水站自動化的建置，將進一步提升臺北市抗災及耐災能力。

公私協力智慧防災

臺北市於 2015 年 7 月訂定「強降雨防減災工作方案」，透過推動「防減災工作方案內容」、「公布淹水模擬地圖」(圖 20)、「公布防水閘門(板)補助試辦計畫」等措施，以

政府與民眾共同防災理念，將重點工作區分為政府防範淹水措施及民眾協同防災措施二大部分，並依災前整備、災中應變及災後復原 3 階段進行。臺北市政府除依既定短中長期防



圖 18 抽水站自動化



圖 19 「抽水站—分區管理中心—總管理中心」3 階層的組織架構

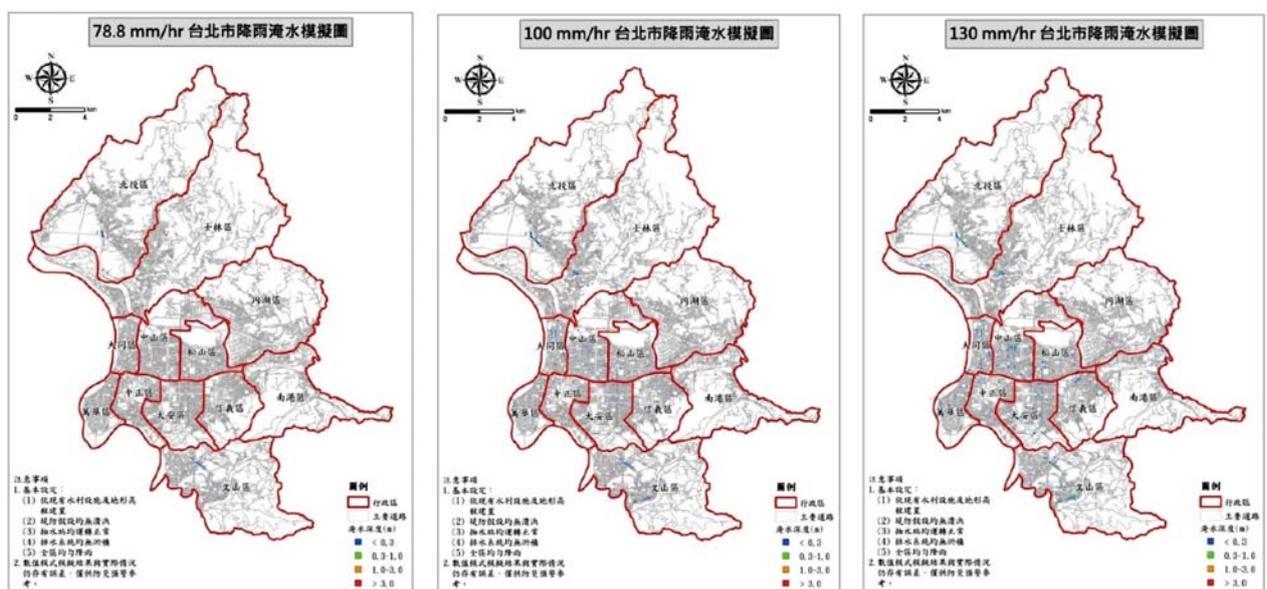


圖 20 臺北市降雨淹水模擬圖

洪工程計畫逐步提升防洪排水能力外，亦秉持開放政府精神公布淹水模擬地圖，透過區公所及里長使仍有積水風險地區的民眾瞭解自家環境風險，提早做好防災準備。另外臺北市亦推動水災受災戶鼓勵設置防水閘門（板）補助試辦計畫，以鼓勵民眾於建築物或車道出入口設置防洪閘板等設施。此外，臺北市並由過去「被動式的接受民眾詢問」轉變為「主動式告知災害預警訊息」服務，於「臺北市防災資訊網」建置「民眾接收水情訊息服務平台」，民眾可透過網站登錄，即可接收相關雨量觀測警戒值簡訊，使民眾更能及早採取防災措施，以達到避災的效果。臺北市以公私協力智慧防災理念，持續強化防汛緊急應變系統，由家戶自主防災設施推廣補助、災害風險圖資公告、以至於警戒資訊簡訊預告、災中搶救團隊及災後復原團隊，使民眾能夠知災、避災、離災，將災害可能帶來的損失降至最低。

永續水利用

多元活絡水利用

我國年平均降雨量約 900 億噸，受降雨時空分布與天然地形特性影響，致可用之水資源僅 180 億噸，2015 年上半年我國面臨 60 幾年以來最嚴重之供水短缺^[18]，傳統水資源供應穩定度備受挑戰，另於改善供水穩定問題，擴大水資源利用來源，除雨水貯留利用外，生活污水再生利用亦為未來發展趨勢^[19]。臺北市得天獨厚有翡翠水庫供給水質優良之用水，短期雖較無因旱缺水風險，然仍有因颱風水源濁度超標所導致的供水問題，居安思危，水資源之多元開發及有效利用，實為水資源政策長期前瞻的方向。

推動雨水中水多元利用

臺北市積極推動公園綠地、停車場、體育場館、校園等公共設施場域設置雨水貯集槽或雨撲滿，於降雨時貯留

雨水，用以供應景觀造景用水、植栽澆灌或道路沖洗之用，以活絡並永續使用水資源。臺北市新生公園於 99 年完成設置可儲存約 250 立方公尺之雨撲滿，使用成效良好，今 2016 年度更進一步推動於中強公園增設 247 立方公尺儲水量之雨撲滿，工程結合排水花渠更新，整體儲水量可達約 380 立方公尺，預計 2017 年 2 月完工（圖 21），完工後將結合基地保水與生態教育示範，滿足民眾遊憩活動之需求，於基地內雨水逕流較大區域並避開樹根密集區設置雨撲滿，並在不影響現有西側雨水排水箱涵排水效率下，將排水箱涵更新為具滲透功能之排水花渠—綠色排水帶，特別是於工程施作前，先於雨撲滿設置區先進行鬆土之土壤改良措施，期以完工後增加整體綠覆率、雨水儲存量及入滲量，延長雨水停留時間，減緩表土沖刷及熱島效應，促進基地水循環，創造都市微氣候，營造友善生態環境。此外，雨水及中水回收再利用亦為綠建築之重要指標之一，並已推動多年，依據「臺北市綠建築自治條例」規定，新建建築物總樓地板面積達 5,000 平方公尺以上者，應設置雨水貯留利用系統或生活雜排水回收再利用系統，透過建築之雨水及中水回收再利用系統，可供應景觀、澆灌或沖洗等次級用水之需求，由公私部門共同提升臺北市水資源多元利用成效。

推廣再生水技術與應用

依據 2015 年 12 月 30 日公布施行的「再生水資源發展條例」，於水源供應短缺之虞地區，其用水單位須強制使用一定比例再生水。臺北市雖非屬水源供應短缺之虞地區，然污水下水道接管率為全國第一，且轄內之迪化及內湖屬二級處理之污水處理廠，其設計污水處理量分別為每日 50 萬立方公尺及每日 15 萬立方公尺，污水處理廠操作水質穩定，並設有三級處理水回收再利用設備，於「供水端」非常適合

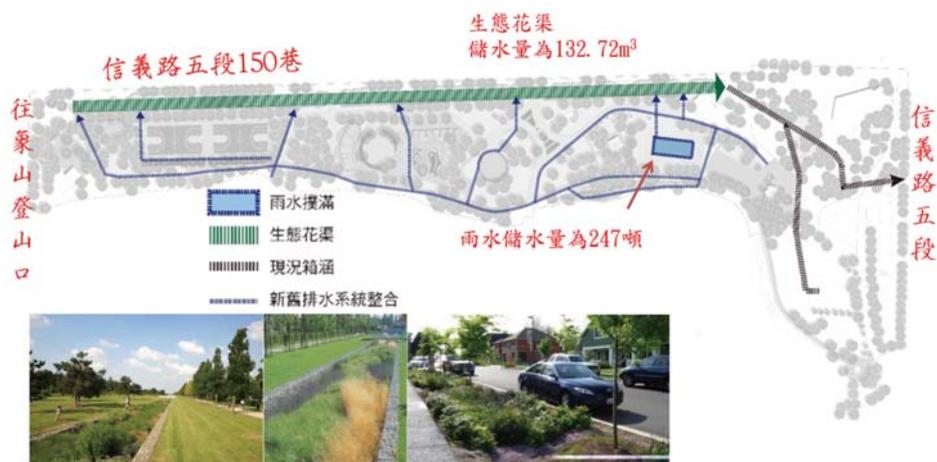


圖 21 臺北市中強公園雨水再利用示意圖

推動再生水利用。目前臺北市再生水利用係以都市次級用水及環境雜用水 2 大類為主，其再生水量於迪化及內湖污水處理廠分別為每日 1 萬立方公尺及每日 2 萬立方公尺，經處理後提供廠區沖洗、植栽用水，以及提供道路灑水降溫、抑制揚塵、植栽綠地澆灌等，並持續鼓勵提供民眾取用；另為提升臺北市污水處理之質與量，內湖污水處理廠並於今 2016 年完成處理量提升至每日 24 萬立方公尺。另為進一步推廣再生水利用永續臺北市水資源，目前並研擬評估於市區適當地點增設如 MBR (Membrane Bioreactor) 系統等之小型污水再生設施，以提供更多元的再生水取水點以活絡其利用，並同時分散且降低大臺北污水下水道系統處理負荷，以達到水資源再生及生態補注復育之整體複合效益。

穩定供水有效用水

翡翠專管計畫

受氣候變遷極端氣候影響，臺北市遭受颱風侵襲的頻率於各年度雖或有交替，但其強度皆有增強趨勢，以去年 (2015 年) 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風帶來短延時之強降雨為例，即造成南勢溪流域多處崩塌，原水濁度提高，超過淨水廠之處理能力。穩定供應水源為民生之基本需求，大臺北地區 97.5% 水源來自於新店溪，其中 75% 來自於上游南勢溪，故南勢溪原水濁度過高時，將影響供水。因應新店溪上游南勢溪之原水濁度問題日益嚴重，爰推動實施翡翠專管計畫 (直潭二原延伸段工程)，於南勢溪高濁度時，透過專用管路直接取用較乾淨之水源；初步規劃於翡翠水庫下游北勢溪上增設取水口，設置專管銜接至粗坑堰下游，共用臺灣電力公司粗坑電廠頭水路，銜接至二原輸水幹管，長度約為 2.5

公里，初估經費約 20 億元，總計畫期程 7 年，計畫完成後，可確保大臺北地區供水穩定及 600 萬人用水安全 (圖 22)。

推廣節流及管網防漏計畫

有鑒於水資源於我國之珍貴性，除推動水資源彈性調度穩定供給外，節約用水也是永續水資源利用不可或缺的重要措施。臺北供水區的家庭用戶占整體用水量的 7 成，故臺北市由「家庭」、「學校」、「社區」以至於「社會」等 4 個管道，循序漸進推動節水計畫及節水宣導，以降低用水量。目前每人每日生活用水量由 2007 年的 352 公升，已降低至 2015 年的 330 公升，節約用水量達每人每日 22 公升。另考量家庭節水推動已到階段瓶頸，並進一步配合水價調整，擴大差別費率實施，目標以使自來水大用戶能自主推動節水措施，尤其是月用量 1,000 度以上之用戶，將配套實施大用戶節水輔導；另亦推動管制臺北市政府所屬機關學校用水每年節水 2%。多年努力下臺北市自來水事業處轄區每日配水量從 2006 年 231 萬噸下降至 2015 年 186 萬噸，每日節省配水量達 45 萬噸。另臺北市並規劃 20 年「供水管網改善及管理計畫」長程策略方針，目前以管線汰換、水壓管理、主動檢測漏水及修漏速率品質等作為 4 大主軸方向，多管齊下改善供水管網系統，並推動小區計量工法管控漏水，以達推廣節流及管網防漏之全面改善成效。

友善水環境

生態多樣水棲地

臺北市雖為高度都市化的城市，但仍有數個珍貴的生態濕地，不僅保有了臺北市生物的多樣性，亦達到淨化水質與滯洪蓄洪的功能，如關渡自然公園、華江雁鴨自然公



圖 22 翡翠專管工程位置示意圖

園與南港 202 兵工廠周邊濕地等，此外，臺北市並推動金瑞治水園區等親水生態園區，結合生態保育、環境教育與休閒遊憩的功能，也為民眾體驗自然的熱門去處。加上臺北市長期推動污水用戶接管工作，以及 4 座碟間接觸曝氣氧化設施與 12 座污水截流站等貢獻，有效減少都市污水對河川的污染，確保水環境棲地生態不會遭受額外的污染破壞。自濕地保育法公布施行後，臺北市已著手研擬本市地方級重要濕地「南港 202 兵工廠及周邊濕地」之保育利用計畫，將結合地方智慧及公民參與理念，舉辦工作坊及專家學者座談會，並研訂屬於臺北市的濕地保育綱領，由下而上復育臺北市珍貴的濕地資源與多樣生態。

202 兵工廠濕地保育

「南港 202 兵工廠及周邊濕地」屬內政部公告之暫定地方級重要濕地，面積約 2.5 公頃，位於臺北盆地東緣，介於基隆河南岸南港山系之北側，由新庄仔埤與三重埔埤所組成，因兩埤塘位於國防部軍備局生產製造中心第 202 廠廠區內及周邊區域而得名，歷史久遠，昔日與後山埤合稱為「南港三埤」，因周邊圍繞南港山丘陵遂於低窪處積水形成埤塘，經先民整治圍塘供當地農田灌溉及調節水位之用，又因位處軍事用地，長期保有良好的生物多樣性，埤塘中原生淡水魚與貝類形成之共生生態系，為臺北市少有現存的天然埤塘。

「南港 202 兵工廠及周邊濕地」之水域與鄰近淺山森林連結，形成良好天然生態廊道與都市綠地，除提供生物棲息、涵水、滯洪等功能外，更具有調節微氣候，為都會區營造舒適的居住環境，以及保存歷史文化之價值。目前廠區東側興建中的「國家生技研究園區」，將參考過去古三重埔埤位置與生態進行濕地復育，未來與兵工廠內三重埔埤水系互相連結，將可恢復其埤塘原有的生態功能，以利濕地生物多樣性之發展^[26]。為瞭解濕地之環境與生態狀況，以保育瀕絕生物，臺北市陸續進行濕地之水文、地文之調查、資料蒐集及與陸域、水域之生態調查分析，初步發現濕地棲地有面天樹蛙、台北樹蛙、五色鳥、臺灣藍鵲與小彎嘴等臺灣特有種（圖 23 至 26），以及鳳頭蒼鷹、黑鳶、東方鳳鷹、大冠鷲、領角鴉與黃嘴角鴉等瀕臨絕種或珍貴稀有保育類野生動物，後續將依生態資源調查結果，參考該地區從來之使用行為，透過將水資源系統、生態系統等資料與都市計畫套疊分析，據以劃設保育利用計畫範圍與濕地系統功能分區，並兼顧生態保育與濕地滯洪功能，明智且永續的利用濕地資源。



圖 23 新庄仔埤



圖 24 三重埔埤



圖 25 面天樹蛙



圖 26 臺灣藍鵲

社子島濕地保育環教推廣

社子島位於淡水河與基隆河匯流處，為淡鹹水交會處，界於不同生態系統之間，為相當重要的生態位置，該區域計有社六濕地、島頭濕地及社子島濕地等 3 個濕地系統，各具特色，適合各年齡層的民眾前來賞景與休憩。為提供民眾更多親近社子島的管道，臺北市特別於社子大橋附近設置「社子島濕地解說小築」(圖 27)，規劃有室內展示區和戶外景觀平臺，培訓在地河濱生態志工，逐步引入生態導覽及教育課程，並透過社區工作坊進行環境教育，分別設計針對志工、學生、及大眾的環境教育方案，並培訓在地為主的志工團隊，配合對應的教具，推動生態保育知識的宣導與工作。另外，臺北市也與當地里長招募志工收集創作素材，並與藝術家合作發想可食地景，凝聚地方在地意識(圖 28、29)；為讓以灘地為主要棲息場所的小型甲殼類及魚類等生物進駐，增加濕地的生物多樣性，並舉辦濕地工作假期(圖 30)，結合社區民眾共同整理濕地的棲地環境，移除漫生的蘆葦，使灘地面積增加，擴大及浚深濕地水域，並補植多種陸生及水生植物，營造友善的濕地棲地環境。



圖 27 社子島濕地解說小築

豐富魅力水遊憩

近幾年來全球環境意識抬頭，維護自然生態環境已成為主流趨勢，過去所謂的河川溪溝整治工法，其觀念已逐漸轉變成為於尊重大自然法則下，儘量避免對環境造成不必要的工程擾動，以減量、生態、綠色工程(Green Infrastructure)為原則，並營造能兼顧民眾親水休憩，傳達環境教育理念，與在地生態共存共榮。

推動野溪生態教室

內溝溪為基隆河的重要支流，過去河道曾經淤積，每遇豪雨或颱風氾濫成災，臺北市為兼顧防災與生態保育，整治理念採因地制宜、就地取材，考量不同的環境變化、地理、生態等條件，增加生物棲息空間，並將不透水混凝土的使用減至最低。於民眾親水區域，利用原形塊石材料，疊構親水河谷、小水道、親水步道、護岸、親水平台、魚梯等設施，石塊間保有透水的縫隙，為溪流環境營造生機棲息空間，並利用河床設置魚礁，有利恢復魚類生態繁殖(圖 31 至 34)。整治多年後的內溝溪，復育成效良好，目前已成為臺北市近



圖 28 河濱濕地志工隊



圖 29 可食地景創作



圖 30 社六濕地工作假期

郊的山林水鄉蘊育許多珍貴的生態寶藏，堪稱水生昆蟲的樂園；民眾可以發現，都會中的鳥類，其實不是只有麻雀與鴿子，內溝溪被山谷和流環繞，有豐富多樣的鳥類，截至 2015 年共記錄到 80 種；民眾只要來到內溝溪稍作停留，就可以聽見、看見這些飛羽朋友，配合在不同季節辦理相關環境教育主題活動，更期待讓民眾更加親水愛水認識水。

防洪工程轉化為親水生態園區

位於內湖的「金瑞治水園區」占地面積 1.83 公頃，於 2015 年 7 月啟用，其真實身分為集水面積達 231 公頃的調節池，上游屬行政院農業委員會公告的土石流潛勢溪流，而下游內湖路、金龍路等地區，曾於納莉風災時發生積水達 110 公分的災情，該調節池蓄水量達 27,000 立方公尺，位於山坡地與平地交界處，不但可以舒緩上游沖刷而來的土石流，也可調節暴雨帶來的洪水，保護下游內湖路一帶的居民遠離洪水及土石流災害。臺北市從調節池的規劃到施工，為求減少對當地生態的衝擊，並融入自然環境，以工區內挖掘出的土石方就近利用，調節池底保留原本的地質滲透涵養水源，池內並堆置石塊營造多孔隙的水中環境，提供生物棲息繁衍，相關用新使得周遭生態環境不因防洪工程而破壞，反而於池邊常見紅蜻蜓、蝴蝶和青蛙現身，「金瑞治水園區」除設計榮獲「2016 國家卓越建設獎」「最佳規劃設計類—特別獎」外，並成為民眾休閒遊憩的著名去處景點（圖 35）。

浪漫賞螢結合溪溝復育

指南溪周圍群山環繞，在地人稱「草湳地區」，常年無風多霧的氣候型態，保有類似森林環境，經過多年採用以生態理念規劃，孕育出可觀的螢火蟲，近年來已成為文山區的賞螢景點，每逢 4 月至 5 月，便看見黃綠螢成群飛舞。指南溪生態豐富多樣，附近有猴山岳、二格山等多條親山步道，兼具生態保育、教學、休憩等多重功能，適合做為生態教育學習場所。每年 4 月中旬至 5 月中旬正值賞螢高峰期，臺北市亦會推出溪溝賞螢生態導覽服務，與民眾一同欣賞浪漫螢光，體驗夜間溪溝生態環境（圖 36、37）。

活絡河岸水域親水活動

臺北市河川溪溝景色優美，歷經多年努力水質及周遭環境亦獲得相當改善，為更進一步活絡河岸水域活動，使親水成為民眾日常生活中的一環，臺北市依不同的季節，推出各類適合各種族群的系列活動，如「台北河岸音樂季」於每年 7、8 月間民眾皆可到河濱公園邊聽音樂、逛市集（圖 38）；「大稻埕情人日」也成為每年最受民眾期待



圖 31 尋找水上樂園裡的在地居民



圖 32 覓食中的小白鷺



圖 33 賞鳥觀察紀錄



圖 34 溪流探索體驗



圖 35 金瑞治水園區防洪調節池



圖 36 指南溪沿岸環境天然，適合螢火蟲生長



圖 37 螢火蟲翩然起舞

的活動之一，由國內外知名歌手熱情開唱，搭配當日晚間精彩的煙火秀及多元混音的創新配樂，期待讓每位參加者耳目一新；台北河岸音樂季系列活動於 2016 年推出「台北 5 夠水」，免費提供民眾包含輕艇、獨木舟、立式划

槳、舢舨、滑水等 5 大最夯的河道探險體驗，藉由親水活動，使民眾更瞭解臺北市水域遊憩與文化（圖 38、40）；「2016 台灣盃國際滑水賽」透過比賽引導民眾從水域運動中享受與大自然親密接觸的樂趣；舉辦第 3 屆的「大佳



圖 38 河岸音樂季（大佳河濱公園）



圖 39 輕艇教學體驗



圖 40 舢舨文化之旅



圖 41 大稻埕煙火情人日



圖 42 臺北河岸童樂會小朋友現場手搖船



圖 43 「水上鋼鐵人」表演

童樂會」，於大佳河濱公園希望噴泉周邊安排「手搖船」、「水上腳踏車」、「四人座腳踏船」、「手划船」、「恐龍大戰金剛水滑梯」等水上活動，並引入「巨書說故事」、「momo 台哥哥姊姊帶動跳」等河岸活動以及在國外風行多年的水上鋼鐵人，希望讓小朋友的歡樂暑假能在親水遊憩中留下最美好回憶。此外，包括「TLC 台北

野餐日」、「水岸臺北端午嘉年華」、「臺北馬拉松」、「大稻埕古蹟微旅行」等，皆是民眾耳熟能詳的河岸水域活動，經初步統計，臺北市 2016 年下半年至 2017 年底預計將辦理 106 場次河岸水域活動，並將吸引超過 40 萬人次參與（圖 41 至圖 43）。

未來展望

臺北市為打造舒適、安全、永續、親水、生態的海綿城市，在過去多年努力的基礎上，臺北市的水環境正朝嶄新的階段邁進中，未來將在「韌性水調適」、「永續水利用」、「友善水環境」三大願景藍圖下，以「健全都市水循環」、「提升防洪容受度」、「多元活絡水利用」、「穩定供水有效用

水」、「生態多樣水棲地」、「豐富魅力水遊憩」六大推動目標為努力方向，透過公私部門協力合作、開放政府全民參與、由上而下地方智慧，呼應國際趨勢及中央政策，逐步落實海綿永續城市理念，打造 1 個水太多時能吸納涵養水源、水太少時能多元永續供給水源、且能讓生物宜居民眾親水的優質海綿臺北城（圖 44）。

誌謝

本文承蒙臺北科技大學土木工程學系林鎮洋教授及其團隊，協助提供相關透水鋪面水理模式分析模擬，以及臺北自來水事業處協助穩定供水有效用水章節資料彙整，特此感謝。



圖 44 臺北海綿城市

參考文獻

1. 臺北市政府主計處，國際都市統計指標，2016年7月19日。
<http://dbas.gov.taipei/ct.asp?xItem=61707&ctNode=24975&mp=120001>
2. 臺北市政府工務局，「打造海綿宜居城市專題講座」，林鎮洋『從美國 ASCE/LID Conference 談起』，2016年8月17日。
3. 林士斌，「荷蘭阿姆斯特丹自由大學環境資源管理研究所進修報告」，臺北市政府公務出國報告，2013。
http://www.openreport.taipei.gov.tw/OpenFront/report/report_detail.jsp?sysId=C101AW491
4. 忌部正博，「第31屆中日工程技術研討會」，2015年12月。
5. 陳起鳳，「灰色與綠色建設的完美結合 Gray to Green (G2G)」，打造海綿宜居城市專題講座，臺北市政府工務局，2016年8月17日。
6. 世界經濟論壇，全球風險報告，2016年1月14日。
<https://cn.weforum.org/reports/global-risks-2016>。
7. 科技部駐印度代表處科技組，以色列水資源管理簡介-如何開源節流，2015年5月7日。
<http://dryfarm.aerc.org.tw/drymis/Docs/990407-Israel.pdf>
8. Sone K., "Wastewater reuse in Tokyo, Japan", IWA Special Group on Water Reuse Newsletter, 2004, pp2-5.
9. Law, I. B., "Advanced Reuse- from Windhoek to Singapore and beyond", Water Vol. 30(5), 2003, pp31-36.
<https://www.pub.gov.sg/>
10. 臺北市政府工務局，「臺北市濕地保育策略綱領規劃與保育利用計畫擬定」報告書，2015年2月。
11. 安全臺灣平台，圖資倉儲山坡地範圍圖。
<http://www.safetaiwan.tw/web2/main.php>
12. OpenStax CNX
<https://cnx.org/resources/2c4f4bf49a014682014d1f18743d89aacc2fcc9/graphics1.jpg>
13. 歐陽嶠暉等，台灣下水道發展紀實，中興工程科技發展基金會，2003年12月。
14. 顏清連，淡水河評論5，居安思危強化防護台北地區防洪與河川治理，河川清流研討會（上冊），時報文化出版企業有限公司，2000年9月1日。
http://www.yucc.org.tw/publications/books/water/AA0270/aa0270110.pdf/at_download/file
15. 臺北市政府工務局衛生下水道工程處，污水下水道建設發展沿革，2011年8月15日。
<http://www.sso.gov.taipei/lp.asp?ctNode=44995&CtUnit=24740&BaseDSD=7&mp=106041>
16. IPCC, "Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation", A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate, Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp, 2012
17. World Bank, "Turn Down the heat: Why a 4 degree centigrade warmer world must be avoided", A Report for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics. World Bank, Washington, DC, 84 pp., 2012.
18. 行政院國家災害防救科技中心災害防救電子報 第124期「2014-2015年乾旱事件概述」，2015年11月。
19. 經濟部水利署北區水資源局，台灣的【水資源】嚴重不足，2008年11月18日。
<http://www.wranb.gov.tw/ct.asp?xItem=1955&ctNode=577&mp=2>
20. WCCD, Data Portal, Taipei. <http://open.dataforcities.org/>
21. 內政部營建署，國家重要濕地保育計畫，國際拉姆薩濕地地圖。
http://wetland-tw.tcd.gov.tw/WetLandWeb/web-kid/trainingd_info.php?id=918
22. 彭振聲、林士斌，「臺北市應邀訪問泰國曼谷分享自行車道政策與推動經驗」，臺北市政府公務出國報告，2016。
http://www.openreport.taipei.gov.tw/OpenFront/report/report_detail.jsp?sysId=C105AW147
23. 蕭諭勳、廖信凱、陳起鳳，「海峽兩岸沿海區資源、環境與永續發展學術研討會—薄層綠頂設置對台北市暴雨逕流影響分析」，2012。
24. 臺北市政府，綠屋頂及綠能示範社區工程補助申請公告，2016年7月18日。
<http://www.gov.taipei/ct.asp?xItem=202265740&ctNode=5156&mp=100001>
25. 台北市錫瑠環境綠化基金，臺北市屋頂綠化成果介紹，2008年2月26日。
<http://scholar.fju.edu.tw/%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E5%A4%A7%E7%B6%B1/upload/061946/handout/982/G-8261-17970-.pdf>
26. 中央研究院，「國家生技研究園區開發計畫」環境影響說明書，2011。