

海綿城市之展望

◎李永展／中華經濟研究院第三（臺灣經濟）研究所 研究員

在氣候變遷、全球暖化及都市化現象愈來愈明顯下，本文評述國內外都市治水理念及相關實踐案例，探討因應極端氣候及都市人口密集化的趨勢下，如何透過「海綿城市」概念，使都市在水循環及水治理上能夠更有彈性、更適地的「與水共生」，以減少氣候變遷及全球暖化帶來的水災、旱災等災害，進而建構宜居、永續的韌性城市，本文根據相關研究，彙整出建構海綿城市的五大方向。

關鍵詞：海綿城市、氣候變遷、水治理、韌性

Keywords: sponge city, climate change, water governance, resilience

隨著氣候變遷影響日益顯著，再加上全球暖化議題引起世界各國的關注，氣候變遷及全球暖化已如恐怖主義一般，不分國界。從1992年里約地球高峰會的21世紀議程、1997年的京都議定書、2002年的約翰尼斯堡宣言，到2015年的巴黎協定便可看出世界各國對氣候變遷及全球暖化議題的重視。

氣候變遷的衝擊在都市地區更是明顯，由於都市地區的人口增加、人為活動頻繁、資源使用增多及用地需求複雜，大大改變了都市地區的生態環境，例如不透水層增加、高樓大廈林立及柏油路面對太陽光的蓄熱、交通運輸工具的氣體排放等，都是造成都市地區熱島效應、水循環受阻、易受極端氣候

衝擊的主因。

另一方面，世界各國推動的都市水循環及水治理有逐漸多元的趨勢，例如，美國於1990年代開始提倡「低衝擊開發」（Low Impact Development）概念；德國於1997年在漢堡港城（HafenCity）都市更新計畫中推動創新的防洪技術，規定道路及公共空間必須建於超過7.6公尺高潮線的平台之上；日本自1977年即推動總合治水，而後針對流域內因急速都市化使雨水逕流量增加而提出「總合治水對策」；澳洲倡議「水敏感性都市設計」（Water-sensitive urban design）；英國則提出「永續排水系統」（Sustainable Drainage System）等。

綜上所述，由於都市地區對於氣候變遷與水循環調節更加不易，再加上都市地區人口密集，若發生天然災害時可能導致生命、生計與社會經濟上的重大損失，因此都市地區更應關注都市水循環與水調節系統的運作是否能因應氣候變遷帶來的潛在危機。

海綿城市之意涵

在氣候變遷的挑戰下，極端氣候對都市造成的壓力更為險峻，高度開發的都市猶如不透水的水泥叢林，都市水環境面臨的挑戰，包括極端降雨、熱島效應、透水保水能力改變、水資源管理風險、都市生態棲地破壞及民眾親水需求等。在氣候變遷衝擊下，都市水患近年來成為全球關注的焦點，因為它對都市造成了嚴重的負面影響。而都市面臨水資源短缺、水污染、洪水及水生棲地退化等問題，產生了龐大且複雜的都市發展議題，所以需要全面且綜合的願景及對策，也需要不同利害關係者之間的協力合作。

根據臺灣海綿聯盟的研究，「海綿城市」一詞首次出現於2012年4月23日中國北京大學在深圳召開的「2012低碳城市與區域發展科技論壇」，較完整的論述則於2012年5月14日出現在「低碳生活部落格」。海綿城市的概念類似世界各國積極推動的低衝擊開發概念，但是強調全面將都市內所有不透水鋪面改為透水透氣鋪面。長期以來，人口聚集的都市，建物與道路阻絕水與生態，成為與大自然隔絕的人造環境。海綿城市就是要讓都市轉變為能吸

水保水、能過濾空氣、能過濾污染物的超級大海綿，以達到防洪、抗旱、降溫、捕碳等效益，解決都市阻絕水與生態的問題，以邁向低碳且生態的永續城市。

根據國外相關文獻，德國海綿城市建設重點為排水工程及滯蓄工程；美國提出最佳管理措施、低衝擊開發及綠色基礎設施等三個海綿城市概念；紐西蘭和日本則從法令制度、地區規則及營運管理三個面向建立海綿城市。而從中國的海綿城市案例可整理出三個關鍵策略：水資源於源頭保水或滯洪蓄洪、傳輸過程中減速消能及末端使用者彈性調適。

但是海綿城市也面臨一些困境及挑戰，例如，開發成本龐大、營運管理配套措施複雜；海綿城市的實踐大多侷限於都市內部運作，缺乏都市內外部的協調合作，在強調低衝擊開發的同時忽略了老舊設備更新不易、改造難度大的問題。此外，海綿城市建設大多採取低衝擊開發方式，往往只集中在源頭控制措施而忽略周圍生態系（森林、山坡地、丘陵、河流、湖泊、濕地及埤圳等）的關鍵功能，都市水文、環境工程、生態景觀及社會科學等綜合都市供水系統及其支持技術的應用相對薄弱，而缺乏海綿城市整體規劃及示範成果也是相當大的問題。

國外海綿城市案例

一、荷蘭：還地於海、與水共生

數個世紀以來，荷蘭西南地區的三角洲



河口，經常發生海水倒灌造成大洪水，1953年北海大洪水發生後，荷蘭政府成立「三角洲工程委員會」，探討水患原因並研擬各種方法以避免未來再發生水患問題，同時推動「三角洲計畫」（Deltaplan），然後於1958年開始進行世界知名的「三角洲工程」（Delta Works）。三角洲計畫透過建造一系列堤防、水壩、水門與防洪閘門等，來防止海岸被侵蝕，以減少洪水與海水倒灌的發生頻率。

三角洲計畫原本打算興建一個大淡水湖，但如此將產生重大環境衝擊並造成鹽水生態系統及牡蠣的損失。環保人士及漁民紛紛表態，極力反對此計畫，他們說服議會修改原計畫，政府最後同意建立風暴潮屏障。修改後的計畫基本上是一個大水門的長條連結，可以自動關閉來抵禦風暴潮，而風暴潮屏障只有在海平面上升3公尺以上時才會關閉，此項工程最終於2010年8月完工。

另一方面，荷蘭自2003年起開始推動國土規劃，基於「與自然一起營造」的原則，提出了「還地於海」及「與水共生」概念，作為海岸調適計畫的基礎，並採取永續、無悔、韌性的調適措施。主要做法係利用土地使用變更、都市規劃及都市設計手法增加行水及貯水空間，除了透過土地使用管制、都市規劃及都市設計手法將空間還給大自然外，並增加河川的滯洪空間，不只降低水患風險，也考量到水治理的配套措施與政策。

二、澳洲：水敏感性都市設計

澳洲長年為水資源問題所苦，原本降雨

量就不豐沛，再加上持續的沙漠化，使降雨更珍貴，但隨著氣候變遷而愈發集中的降雨量，造成以往罕見的水患。因此，以「水敏感性」概念來規劃和設計都市土地使用，而非以人定勝天的想法面對，審慎考量水敏感性的都市規劃及設計正是澳洲面對這些問題提出的最佳實踐方法。

藉由雨水洪水處理，以及景觀生態與人文社會的互動，再加入多目標綜合規劃，讓都市發展更具美感。「水敏感性都市設計」的效益包含環境保護面、社會公平面及經濟發展面，從而達到永續發展的最終目標。多孔隙鋪面係「水敏感性都市設計」之重要手法，為了降低都市的雨水逕流及水流速度，將原本不透水鋪面改為可讓逕流入滲到土壤的鋪面。另一種做法為雨水花園（雨撲滿），通常會設計成凹洞或淺窪地，目的在收集都市雨水、盡量減低不透水鋪面造成的雨水逕流及水流速度，並使雨水入滲到土壤中，而在入滲過程中藉由土壤及植物根系達到淨化水質的作用。

三、美國：低衝擊開發

美國馬里蘭州喬治王子郡、華盛頓州西雅圖市及俄勒岡州波特蘭市於1990年代末期開始倡議低衝擊開發方式，其概念為透過降低暴雨逕流，進而減少水源污染的機率。1998年喬治王子郡以低衝擊開發計畫獲得美國環保署「城市暴雨管理計畫國家卓越獎」的首獎，並於1999年由美國環保署補助完成低衝擊開發指導手冊，將此理念推廣到美國

其他各州。

低衝擊開發概念在於進行土地開發時，盡量維持該地區之天然水文循環特性，特別是當土地使用型態變成道路、廣場、停車場及建築物等硬鋪面時，勢必會改變原有的水文流動，使尖峰流量增加、集流時間縮短並產生非點源污染，因此必須採取低衝擊開發，亦即透過源頭管理將水貯留在當地，而不是急於將水排出。源頭管理以入滲為主，並將雨水入滲量極大化，使地表逕流、水流速度及污染濃度減少，包括把開放空間留設在低地，作為雨水滯留處；避免在高滲透性的土地進行開發；搭配各種低衝擊開發設施等。

海綿城市之倡議

受到氣候變遷及極端氣候的影響，在生態永續、防洪安全及都市發展等層面下，使得都市水治理日趨困難。政府應透過工程及非工程手段，秉持民眾參與及公私合夥的原則，提高綠覆率、落實鋪面透水化、推廣綠建築綠屋頂、增加貯留滯洪能力、推動污水處理及再生水多元利用、保護水生棲地、營造親水環境等，使都市具備入滲保水能力、蒸散調節都市微氣候，而在面對極端氣候時能具備足夠災害容受力與恢復力、提供穩定多元之水資源，以建立民眾可親水且具豐富多樣水環境的海綿城市。本文根據相關研究，彙整出落實海綿城市建設的五大方向。

一、韌性水調控

以臺北市為例，韌性水調控主要在強調

水太多時如何調適與控管，面對都市排水防洪之韌性治理、流域對策與智慧防災，希望能達到還地於河、與水共生的理念。重點在於透過上游保水（水土保持、計畫蓄水量、洪峰削減量）、中游減洪（分洪、滯洪、調洪）及下游防洪（堤防、抽水站、壓力箱涵）策略，進一步提升都市防洪能力，並推動基地開發排放逕流量標準（如開發者必須負擔因開發所增加之逕流量、基地開發最小保水量及允許最大排放量等）。

二、永續水利用

以臺北市為例，永續水利用主要在強調水太少時如何讓市區內的現有水源能夠再利用，因此以「穩定供水有效用水」及「多元活絡水利用」為永續水利用的目標，希望透過提升污水處理與淨化原水濁度的效能，並利用再生水條例的實施與再生水設施的運用，讓水質能透過淨化而再度使用；在水量的調控上，透過貯水及輸水設施的改善，防止水量流失與散逸，讓水量能穩定供應。

三、合宜水環境

以臺北市為例，合宜水環境主要在強調水量剛好且無災害的情況下，讓市民能夠享有合宜友善的親水環境，享受與水共生的效益及各項親水活動，因此以「豐富魅力水遊憩」及「生態多樣水棲地」作為合宜水環境的目標。重點在於增加生物棲息地、建置生態教室，並將不透水層的使用降至最低。此外，應活絡河岸水域親水活動，使親水成為民眾日常生活的一環，然後依不同季節推出



適合不同族群的系列活動。

四、適性評估指標

因應臺灣都市高溫、高濕、多雨且多風的氣候特色，以及市中心區人口密度高、熱島效應明顯、空氣污染嚴重等特質，都市應訂定適性評估指標，可參考高雄市建置綠、水、生物微氣候、能源、綠色交通、資源循環、數位化、土地使用、污染及熱島等評估指標。這些指標除了參考相關永續指標外，並可融入導風、遮蔭、節能、資源循環、水管理與綠質量等作法，作為適性評估的依據。

五、適地自治條例

都市應針對地區特色，利用「都市計畫區土地使用管制要點」，規定都市計畫地區之新開發建築物必須設置雨水貯留設施。或依都市特色訂定相關的自治條例，例如可參考新北市政府訂定「辦理公共設施用地開發透水保水實施要點」及「辦理建築基地保水指標執行要點」，規定公共設施用地及建築基地開發時須設置透水保水設施，使建設後的保水量與未開發前的保水量比值符合標準。或者像臺北市推動宜居永續城市環境影響評估審議規範相關審查基準，規定一定規模以上的建築開發，開發其中百分之四用水量需由雨水利用替代，以及採行各種雨水滲透措施降低開發後之逕流量。

結語

本文旨在探討為因應氣候變遷、極端氣

候及都市化，同時配合國際間氣候變遷減緩調適議題的趨勢，如何透過引介不同國家的海綿城市案例，讓都市在因應氣候變遷及全球暖化的水環境時能夠彈性地調適、合宜地治理，以減少氣候變遷帶來的水旱災等衝擊。

根據國內外海綿城市案例的綜整，希望在韌性水調控、永續水利用、合宜水環境、適性評估指標、適地自治條例五大方向下，配合相關配套措施進行實質規劃與實際行動，並透過公私部門協力合作、治水工程精進應用、國際趨勢案例參考及中央地方政策配合，逐步落實海綿城市理念。

臺灣大約有80%的人口居住在都市計畫地區，人口都市化現象原本就相當明顯，再加上氣候變遷及全球暖化的挑戰，臺灣各地都應該審慎地將減少極端氣候衝擊列入施政建設的重點，如此才能將「已日常化的氣候異常」妥善納入政府運作及人民生計中共生共榮。

