

打造咱的海綿台灣 五大都市轉型效益說明

發佈日期：102.03.21

「打造咱的海綿台灣」倡議提出選擇城市道路做為倡議的起點，並拋磚引玉提出 JW 生態工法，以此工法推估試算台灣五大都市道路轉型為透水、透氣道路的整體效益。

究竟五大都市道路轉型可創造多少環境效益呢？以下依序說明各項目計算之考量與推估量化效益結果。

(1) 推估可供轉型調整的待改善鋪面面積

要創造海綿城市，城市內的所有人工鋪面(包含人行與車行鋪面)，都必需改變為高承載高透水高透氣鋪面。

人行鋪面：包含如人行道、後巷、停車場、廣場、私人車道等，由於僅能知道人行道面積，其他數據缺乏統計，因此我們以都市計畫區內都市發展地區之住宅、商業、工業、行政、文教等 5 類用地總面積之 10%，假設為人工鋪面面積。

車行鋪面：以「都市計畫區內道路面積」計算，指依都市計畫設置之計畫道路或依法指定建築線之巷道用地(不包含私人車道)。此部分使用政府公開資訊，取自中華民國統計資訊網 -縣市都市計畫重要統計指標。

上述兩組數據相加，即為「待改善鋪面總面積」。

(2) 計算城市生態面積

城市生態面積除一般認為的公園、綠地面積外，我們認為高承載高透水高透氣鋪面之下樹根蔓延，微生物物種豐盛，實乃地下濕地生態系統。因此城市生態面積應該是：地上公園、綠地面積加上地下高承載高透水高透氣鋪面。

公園、綠地面積取自內政部營建署 100 年營建統計年報。由於都市計畫裡面，許多原本規劃為公園、綠地的土地，最後並未如期開闢，因此我們使用都市計畫公共設施用地「已開闢」面積之公園與綠地計算；地下高承載高透水高透氣鋪面，則使用第(1)點所計算之待改善鋪面總面積。

(3) 計算滯洪、儲水效益

高承載高透水高透氣鋪面，若強降雨來襲時，可有效滯延與消減洪峰，達到類似滯洪池的效益。

滯洪池儲水效益是假設高承載高透水高透氣鋪面下之碎石層厚度 100 公分、孔隙率為 0.3 (指石頭之間的空隙佔整個空間約 30%)，也就是說下大雨時，鋪面下碎石層可儲存雨水高達 30 公分深(100*0.3)。

進一步乘上「待改善鋪面總面積」，就等於一次大雨最高滯洪、儲水效益。滯洪池年蓄水量則是將「待改善鋪面總面積」乘上年雨量，假設每次下雨均能充分儲水。

(4) 儲水效益，相當於增加新的滯洪池或地下水庫

世界各先進國家都已了解與水共存，增加都市保水之重要性。以鄰近之日本、韓國為例，日本東京在神田川環狀七號線，費時 15 年興建地下調節池，以在暴雨時蓄水 54 萬噸。南韓首爾市則是在拆除高架道路後，復原清溪川，作為都市儲水系統一環，估計儲水量約為 45 萬噸上下。

我們透過前述第(3)點計算之最高滯洪、儲水效益，與日本、韓國估計儲水量相比，即可知道相當於增加多少新的滯洪池或地下水庫。

「待改善鋪面總面積」成功轉型為高承載高透水高透氣鋪面相當於在地下蓋起一座座的小滯洪池或地下水庫，除可調節都市溫度外，更可透過管線設計，作為平日提供都市地區綠化與環境清潔之所需用水。

(5) 降低都市熱島效應，調溫間接節能

夏季高溫期間，若市區地面下儲滿水，其部分可供都市綠化降溫，部分則可直接被蒸發，達到抑制都市熱島的功能。根據經驗，地下濕地至少可減少一半的都市熱島效應。

以台中為例，台中熱島增溫可達 3.2oC，主要在台中市市區、台中工業區以及台中港港區。而根據能源局提供資訊，冷氣空調設定溫度每提高 1oC，就約可省電 5~6% 左右。都市大量儲水，可直接促成都市降溫至少 1.6oC，達到整體用電減少，以及相對應之二氧化碳排放減少。

(6) 計算直接捕捉汽機車排放二氧放碳

依據 Liu et al. (2012b) 的研究，汽車所排放的廢熱與空氣污染物質，至少會有 50% 進入到透水鋪面之下，因此市區空氣品質將會因為移動污染源排放量減少至少 50%，而出現顯著改善。同時，高承載高透水性鋪面之下的濕地形成，也將可捕捉汽車排放 CO₂ 至少 70%。

透過查詢交通部公路局監理資訊，可知車輛總數，進一步假設平均車行哩程 (4,500 公里)、單位哩程二氧化碳排放量 (236 公克/公里，柳等，2012)，即可知道車輛移動源二氧化碳總排放。再用假設捕碳效率為 70% (Liu et al., 2012b) 計算，即可知道捕捉汽車排放二氧放碳量。

此估算暫時省略機車排放部分，所以是低估地下濕地故碳笑效益的。

結論：根據上述計算方式，本聯盟推估，如五都道路全數轉型，約可增加城市生態面積 19%~23% (以都市發展地區面積計算)，相當於每位市民平均增加 11~24 平方公尺之多的地下生態濕地；滯洪池儲滿水效益約為 878 到 2,006 萬公噸，相當於新建 20~45 條韓國首爾清溪川、16~37 座東京地下水庫；年蓄水量高達 4,577 到 11,772 萬公噸，相當於增加 0.3-0.9 個日月潭水庫之多；降低都市熱島效應 1.6oC 到 2.4oC；固定二氧化碳 37.9 到 60.9 萬公噸，效益驚人。

表一、五大都市轉型調整為海綿城市的效益比較表(以 JW 生態工法為例)

		台北市	新北市	台中市	台南市	高雄市
待改善鋪面	人工鋪面面積 (km ²) ¹	5.2	10.5	12.9	13.0	13.6
	道路面積 (km ²) ²	24.0	36.0	50.2	45.3	53.3
生態效益	氣孔數(億) ³	29.3	46.6	63.1	58.3	66.9
	原公園綠地面積率(%) ⁴	5.0	7.7	2.6	2.4	6.8
	原人均公園綠地面積(m ² /人)	2.5	1.0	3.0	3.2	7.2
	城市生態面積增加率(%) ⁵	22.5	19.6	21.3	23.4	22.7
	人均城市生態面積(m ²) ⁶	11.0	11.9	23.7	31.1	24.1
儲水、降溫效益	滯洪池儲滿水效益(萬噸) ⁷	878	1,397	1,894	1,749	2,006
	儲滿水後相當於 ^{8,9} (韓國清溪川、東京地下水庫)	20 條、 16 座	31 條、26 座	42 條、35 座	39 條、32 座	45 條、37 座
	年雨量(毫米) ¹⁰	2,155	2,405	1,773	1,698	1,884
	年蓄水量(萬噸) ¹¹	4,577	8,747	11,172	10,714	10,044
	熱島降溫推估(至少) ^{12,13}	2.4°C	2.4°C	1.6°C	2.2°C	1.7°C
固碳效益	汽車登記(萬輛) ¹⁴	74.4	92.5	94.1	59.4	81.5
	道路捕碳量(萬噸 CO ₂) ¹⁵	55.6	68.8	70.0	44.1	60.6

註解：

¹ 假設都市計畫區內都市發展地區之住宅、商業、工業、行政、文教等 5 類用地之 10% 為人工鋪面，如人行道、後巷、停車場、廣場、車道等。都市發展地區面積，取自內政部營建署 100 年營建統計年報。

² 道路路面面積為都市計畫區內道路面積，指依都市計畫設置之計畫道路或依法指定建築線之巷道用地。取自中華民國統計資訊網 - 縣市都市計畫重要統計指標，以 100 年統計資料為準。

³ 氣孔數以每平方公尺 100 個透氣氣孔估算。

⁴ 原公園綠地面積率為公園、綠地面積占都市發展地區面積的比率。公園綠地面積取自內政部營建署 100 年營建統計年報，都市計畫公共設施用地已取得面積之公園與綠地。

⁵ 城市生態面積包括地面上公園、綠地面積，及高承載、高透水、高透氣鋪面下之地下濕地面積，此處的城市生態面積增加率，就是高承載、高透水、高透氣鋪面面積除以都市發展地區面積。

⁶ 人均城市生態面積為前述增加之城市生態面積除以五大都市戶籍登記人口數。戶籍登記人口數，取自中華民國統計資訊網 - 縣市都市計畫重要統計指標，以 100 年統計資料為準。

- ⁷ 假設高承載高透水高透氣鋪面下之碎石層厚度 100 公分、孔隙率 0.3(林等, 2012), 可儲存雨水 30 公分。
- ⁸ 清溪川位於南韓首爾市, 原為高架道路, 復原後, 估計儲水量約為 45 萬噸上下, 每日需自漢江輸入 12 萬噸水調節, 但附近空氣品質大幅改善, 當地氣溫較市中心降低 3.6 度。
- ⁹ 日本東京在神田川環狀七號線, 費時 15 年興建地下調節池, 以在暴雨時蓄水 54 萬噸。
- ¹⁰ 年雨量資料取自交通部中央氣象局, 1981-2010 年近 30 年平均資料。
- ¹¹ 年蓄水量等於年雨量乘以高承載、高透水、高透氣鋪面面積。
- ¹² 熱島降溫乃依過去都市熱島平均增溫的 1/2, 設為最低降溫量。
- ¹³ 假設熱島降溫一度, 夏季空調就可調高一度。依台北市政府估算, 若夏季空調調高 1°C, 冷氣不外洩, 就能省電九億八千六百餘萬度, 約等於 61 萬公噸二氧化碳, 等於每年種樹 5 千萬棵。
- ¹⁴ 汽車登記, 只估算汽車小客車, 取自交通部 - 機動車輛登記數, 以 101 年底統計資料為準。
- ¹⁵ 道路捕碳量計算, 乃依據各城市汽車車輛數, 乘上假設的年平均車行哩程 4,500 公里, 再乘上假設的每部車平均二氧化碳排放量 236 公克/公里, 就可得到當地汽車年總二氧化碳排放量推估, 然後再乘上假設的道路捕碳效率 70% (Liu et al., 2012b), 即可得之。此估算暫時忽略機車排放貢獻。