

他山之石，可以攻錯
—以亞洲綠色城市的評比觀點，
檢視臺中市邁向低碳之都的
永續課題

研究機關：臺中市政府研究發展考核委員會

單位：綜合規劃組

研究人員：組員 劉呈恩 助理研究員 王俞人

研究期間：101年2月1日至101年8月31日

中華民國 101 年 8 月 31 日

目 錄

壹、研究緣起與目的.....	1
貳、研究方法與內容.....	2
一、研究方法.....	2
二、研究架構與內容.....	3
參、研究發現與結論.....	4
一、「能源與二氧化碳排放」面向.....	8
二、「土地利用與建築」面向.....	10
三、「交通運輸」面向.....	18
四、「廢棄物管理」面向.....	24
五、「水資源」面向.....	29
六、「衛生設施」面向.....	35
七、「空氣品質」面向.....	38
肆、研究建議.....	44
一、立即可行建議.....	44
二、長遠性建議.....	46
伍、參考文獻.....	49

表 次

表 1 《2011 亞洲綠色城市評比》結果表.....	4
表 2 國內五都與亞洲績優綠色城市之環境績效評比一覽表.....	5
表 3 臺中市與大阪市各種運具使用率比較表.....	22

摘 要

面對全球綠色趨勢及永續發展，愈來愈多的國家積極投入低碳環保議題的推動，以提升整體競爭力，為建構本市成為一個低碳城市，並實踐市長「低碳生活不是政策選項(policy option)而是人類共同的必然依歸(ultimate destiny)」的低碳理念，需要完善的政策評估和正確的策略引導，方能將低碳城市的目標落實於各項施政作為中。有鑑於此，如何進行臺中低碳城市環境績效的整體評估，以及評估之後的推動策略成為本研究所欲探討的課題，期能藉此提升臺中的綠色競爭力，並提供相關具體建議，作為未來邁向國際優質綠都的願景目標。

臺灣將 2010 年訂為「節能減碳年」，整合中央各部會成立節能減碳推動委員會，並推出從低碳社區到低碳城市的總計畫，希望 2 年內，能建立 50 個示範低碳社區、至少 4 個示範低碳城市的目標，藉整合地方政府資源推行減碳城鎮，2014 年推動 6 個低碳城市，於 2020 年完成北、中、南、東 4 個低碳生活圈（行政院環境保護署，2010）。本市在 2011 年歷經環保署兩階段評選後，以「無碳無憂（Carbon Free Trouble Free）」的低碳城市願景及六大行動計畫勝出，獲選為「中區低碳示範城市」。

本研究採用《亞洲綠色城市評比》的 7 個評比面向（包括：「能源及二氧化碳」、「土地使用及建築」、「交通運輸」、「廢棄物處理」、「水資源」、「衛生設施」以及「空氣品質」）及所屬指標，自行蒐集臺灣五都於這些指標上的數據資料，運用次級資料研究法與文獻分析法，衡量臺灣五都推動綠色環保的績效以及本市的相對成果，並進一步與亞洲績優綠色城市及亞洲 22 個城市的平均值進行比較，以了解本市目前在各項環境面向上的國際表現。另外，本研究也將進一步了解，於該評比面向及指標上具有優異成績的亞洲績優綠色城市的施政作為，以作為本市未來推動低碳政策的借鏡。

本研究於文末提出研究建議，並分 10 項立即可行建議以及 3 項長遠建議，希冀未來提供本市推動低碳城市相關政策作為參考。

他山之石，可以攻錯

一 以亞洲綠色城市的評比觀點，檢視臺中市邁向低碳之都的永續課題

壹、研究緣起與目的

臺灣西門子總裁Peter Weiss曾針對國際重視的生態及永續議題表示：「城市消耗全球75%的能源，排放全人類80%的二氧化碳。亞洲城市持續擴張帶來沉重的環境壓力，必須及早規劃『綠色城市』的實戰策略，才能因應氣候變遷，確保永續的發展。」（陳淑如，2012）。Weiss一席話道出亞洲城市正面臨溫室氣體帶來的氣候變遷壓力，同時也指出了低碳生活、綠色城市的前瞻規劃才是永久解決之道。

面對全球綠色趨勢及永續發展，愈來愈多的國家積極投入低碳環保議題的推動，以提升整體競爭力；再者，根據聯合國人居署的統計，目前全球一半人口居住在城市中，到了 2050 年，居住在城市中的人口將佔全球人口比例的 70%（王雅楠、袁亮，2011）。面對高度都市化的發展與急遽增加的人口，讓環境與空間有限的亞洲都會區，面臨著嶄新生活的考驗。因此，城市居民與政府的環保意識顯得相形重要，若能相互配合與推動，勢必能對環境的永續品質帶來更多的正面效益。

臺灣將 2010 年訂為「節能減碳年」，整合中央各部會成立節能減碳推動委員會，並推出從低碳社區到低碳城市的總計畫，希望 2 年內，能建立 50 個示範低碳社區、至少 4 個示範低碳城市的目標，藉整合地方政府資源推行減碳城鎮，2014 年推動 6 個低碳城市，於 2020 年完成北、中、南、東 4 個低碳生活圈（行政院環境保護署，2010）。本市在 2011 年歷經環保署兩階段評選後，以「無碳無憂（Carbon Free Trouble Free）」的低碳城市願景及六大行動計畫勝出，獲選為「中區低碳示範城市」。

為建構本市成為一個低碳城市，並實踐市長「低碳生活不是政策選項(policy option)而是人類共同的必然依歸(ultimate destiny)」的低碳理念，需要完善的政策評估和正確的策略引導，方能將低碳城市的目標落實於各項施政作為中。有鑑於此，如何進行臺中低碳城市環境績效的整體評估，以及評估之後的推動策略成為本研究所欲探討的課題，期能藉此提升臺中的綠色競爭力，並提供相關具體建議，作為未來邁向國際優

質綠都的願景目標。

近年來隨著世界各先進國家致力推動低碳生活的趨勢逐漸發酵，城市的永續發展評比也隨之受到重視。因此，由德國西門子公司委託經濟學人研究機構(EIU)自 2009 年起，分年陸續進行《歐洲綠色城市評比》、《拉丁美洲綠色城市評比》(2010 年)、《亞洲綠色城市評比》(2011 年)，並依各洲環境不同制訂適宜的指標，以求客觀。

2011 年的《亞洲綠色城市評比》挑選亞洲 22 個主要城市及金融中心(P.4 表 1)進行環境績效的整體評估，其中共有 7 個量化的評比面向，每個面向各有其指標。雖然臺灣僅有臺北市被列入評比，但本市已入選為臺灣「中區低碳示範城市」，也積極推動低碳作為。因此，本研究採用《亞洲綠色城市評比》的 7 個評比面向及所屬指標，自行蒐集臺灣五都於這些指標上的數據資料，以衡量臺灣五都推動綠色環保的績效以及本市的相對成果，並進一步與亞洲績優綠色城市及亞洲 22 個城市的平均值進行比較，以了解本市目前在各項環境面向上的國際表現。另外，本研究也將進一步了解，於該評比面向及指標上具有優異成績的亞洲績優綠色城市的施政作為，以作為本市未來推動低碳政策的借鏡。

貳、研究方法與內容

一、研究方法

本研究採質性研究方法，主要以下列兩種方式：

1. 次級資料研究法(secondary research)

本研究係以德國西門子公司委託經濟學人研究機構(EIU)所進行的 2011 年《亞洲綠色城市評比》為基礎，其以 7 個評比面向檢視亞洲 22 個主要城市及金融中心在環境績效的整體表現。7 個評比面向包括：「能源及二氧化碳」、「土地使用及建築」、「交通運輸」、「廢棄物處理」、「水資源」、「衛生設施」以及「空氣品質」。

評比方式由 EIU 與全球主要的城市專家共同開發，專家成員包括：經濟合作與發展組織(OECD)代表、世界銀行，以及亞洲地方政府區域網路的城市網(CITYNET)等(EIU, 2011)，頗具公信力，而臺灣僅有臺北市納入評比。該研究結果指出，

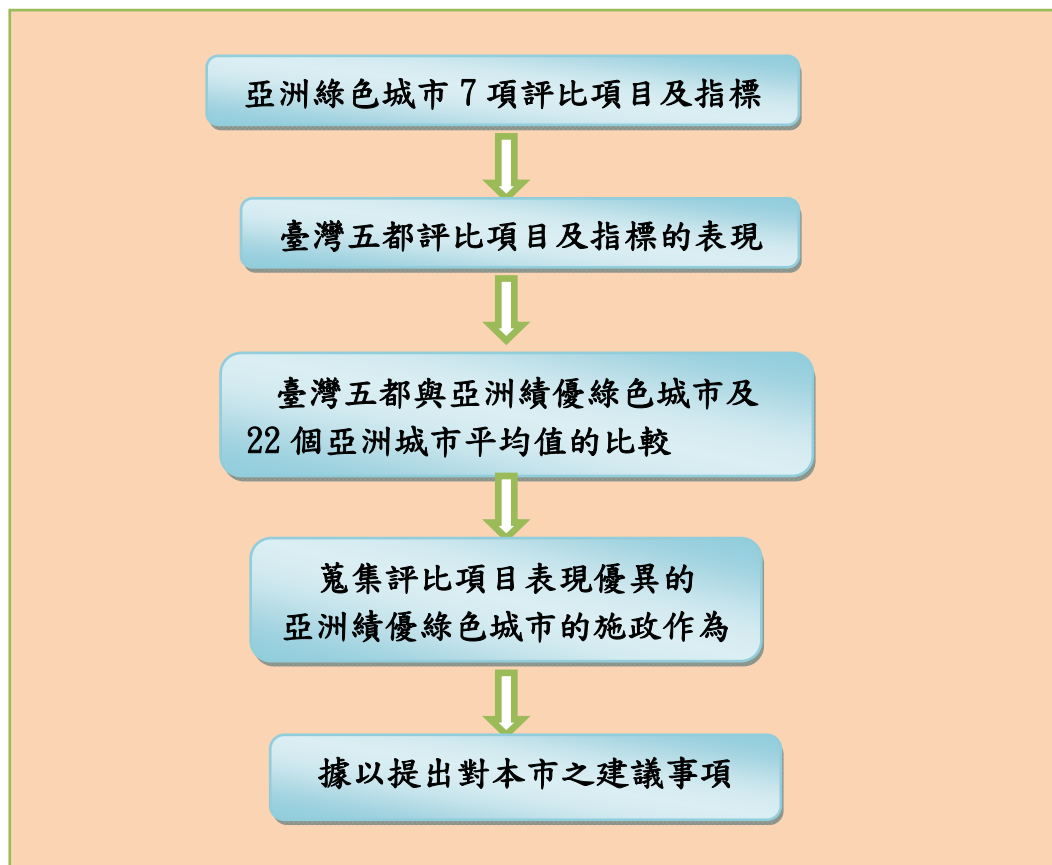
22 個城市中「遠超出平均」的城市為新加坡，「超出平均」的城市共有 6 個：香港、大阪、首爾、臺北、東京、橫濱(P.4 表 1)。

本研究以該研究之 7 個評比面向及所屬指標作為衡量綠色城市績效之基礎，並將「遠超出平均」及「超出平均」的 6 個亞洲城市(除了臺北市)列為「亞洲績優綠色城市」。本研究再自行蒐集國內其他四都(臺中市、新北市、臺南市及高雄市)並更新臺北市的數據資料，以進行國內五都綠色城市指標表現的比較，並可進一步與 6 個亞洲績優綠色城市以及亞洲 22 個城市的平均值相較，以了解本市及臺灣五都在整體亞洲綠色城市指標上的表現績效。

2. 文獻分析法(literature analysis)

透過文獻蒐集 6 個「亞洲績優綠色城市」其在表現優異的評比面向之相關政策及作為，如：「土地利用與建築」之新加坡及東京；「交通運輸」之首爾與大阪；「廢棄物管理」之新加坡與橫濱等所實施之施政作為，以作為本市未來努力之參考方向。

二、研究架構與內容



參、研究發現與結論

《2011 亞洲綠色城市評比》針對亞洲 22 個主要城市及金融中心的評比結果如下表 1，本研究所述之「亞洲績優綠色城市」即為「遠超出平均」及「超出平均」之新加坡、香港、大阪、首爾、東京、橫濱，因本研究將臺北納入臺灣五都的評比中，因此本研究所述之「亞洲績優綠色城市」不包括臺北。

表 1 《2011 亞洲綠色城市評比》結果表

遠低於平均	低於平均	平均	超出平均	遠超出平均
喀拉蚩	班加羅爾	曼谷	香港	新加坡
	河內	北京	大阪	
	加爾各答	德里	首爾	
	馬尼拉	廣州	臺北	
	孟買	雅加達	東京	
		吉隆坡	橫濱	
		南京		
		上海		
		武漢		

說明 1. 各欄位城市順序係以英文字母排序為主。

2. 灰底區域的城市為本研究定義之「亞洲績優綠色城市」。

本研究根據《2011 亞洲綠色城市評比》的評比面向與指標，自行蒐集國內五都的數據資料整理如下表 2，以與「亞洲績優綠色城市」及「亞洲 22 個城市評比平均值」進行比較，並將蒐集評比指標表現優異之「亞洲績優綠色城市」的相關政策及措施，以作為本市之施政參考。以下茲就 7 大評比面向與指標進行分析。

表 2 國內五都與亞洲績優綠色城市之環境績效評比一覽表

		亞洲績優綠色城市							國內五都					資料備註
面向	評比指標	新加坡	香港	首爾	東京	大阪	橫濱	亞洲 22 城市 評比平均值	臺北市	新北市	臺中市	臺南市	高雄市	
能源與 二氧化碳 排放	人均二氧化碳排放量(公噸/人)	7.4	5.4	3.7	4.8	7.6	5.2	4.6	10.4					經濟部能源局_98 年
	每單位 GDP 能源消耗(兆焦耳/1 美元)	2.9	1.5	3.2	1.2	1.6	2.4	6.0	1.4	—	—	—	—	2011 亞洲綠色城市評比
土地利 用與建 築	人口密度(人/平方公里)	7,025.2	6,362.2	17,288.8	5,946.9	11,981.2	8,441.3	8,200.0	9,753.4	1,908.1	1,202.9	856.4	941.3	統計資訊網_100 年
	人均綠地面積(平方公尺/人)	66.2	105.3	23.4	10.6	4.5	37.4	39.0	2.6	1.3	4.4	4.7	8.3	統計資訊網_100 年

亞洲績優綠色城市									國內五都					資料備註
面向	評比指標	新加坡	香港	首爾	東京	大阪	橫濱	亞洲22城市評比平均值	臺北市	新北市	臺中市	臺南市	高雄市	
交通運輸	大眾運輸網絡(公里/平方公里)	0.21	0.24	0.94	0.14	0.62	0.12	0.17	37.70	26.10	7.60	4.90	6.60	以公共運輸使用率(%)為替代_交通部100年調查P.5
廢棄物管理	垃圾回收處理率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	83.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	統計資訊網_100年
	人均垃圾量(公斤/人/年)	306.6	434.3	995.6	375.1	573.4	300.8	380.0	363.9	269.4	294.2	334.3	358.4	行政院環保署統計資料庫_100年
水資源	人均每日用水量(公升/日/人)	308.5	371.2	311.0	320.2	417.9	300.3	278.0	340.0	291.0	266.0	259.0	266.0	經濟部水利署100年
	自來水漏水率(%)	4.6	21.0	7.0	3.1	6.9	5.5	22.0	22.0	34.8(基隆及新北市北部)/16.9(新北市南部)	29.8(臺中及南投)	13.20	18.6(高雄、屏東及澎湖)	消費者文教基金會98年度

亞洲績優綠色城市									國內五都					資料備註
面向	評比指標	新加坡	香港	首爾	東京	大阪	橫濱	亞洲22城市評比平均值	臺北市	新北市	臺中市	臺南市	高雄市	
衛生設施	衛生設施普及率(%)	100.0	93.0	100.0	99.4	100.0	99.8	70.0	99.0	—	—	—	—	2011 亞洲綠色城市評比
	污水處理率(%)	100.0	98.0	82.0	100.0	100.0	100.0	60.0	100.0	98.8	38.8	34.0	75.9	內政部營建署 101 年 6 月
空氣品質	每日二氧化氮濃度(微克/每立方公尺)	22.0	50.0	71.4	39.5	45.1	39.5	47.0	47.2	34.9	37.0	28.8	37.0	行政院環保署統計資料庫_100 年
	每日二氧化硫濃度(微克/每立方公尺)	9.0	14.0	17.2	5.7	14.3	14.3	23.0	8.6	11.4	8.6	11.4	17.1	統計資訊網_100 年
	每日懸浮微粒濃度(微克/每立方公尺)	56.0	47.0	55.0	33.1	35.3	27.0	108.0	45.4	42.0	55.6	69.8	73.8	行政院環保署統計資料庫_100 年

- 說明 1. 「每單位 GDP 能源消耗」與「衛生設施普及率」評比指標，除臺北市外，未能取得另四都數據資料，因此本研究未列入討論。
2. 「大眾運輸網絡(公里/平方公里)」指標，因國內無相關數據，因此本研究國內五都以「公共運輸使用率(%)」為指標。
3. 有關各項指標之數據來源，亞洲綠色城市係取自於《2011 亞洲綠色城市評比》報告，國內五都則標示於「資料備註」欄位。

一、「能源與二氧化碳排放」面向

在「能源與二氧化碳排放」面向，《2011 亞洲綠色城市評比》採用兩項指標「人均二氧化碳排放量（公噸/人）」及「每單位 GDP 能源消耗(兆焦耳/1 美元)」。「每單位 GDP 能源消耗(兆焦耳/1 美元)」僅有《2011 亞洲綠色城市評比》的臺北市資料，無法取得其他國內四都的數據資料，因此本研究僅探討「人均二氧化碳排放量（公噸/人）」這項指標。而依據經濟部能源局現有（2009 年）資料，係以「臺灣」為調查單位，並未分列統計各縣市之細項數據，囿於資料取得之限制，本研究以臺灣與其他亞洲績優綠色城市進行比較分析。

• 評比指標「人均二氧化碳排放量（公噸/人）」

以臺灣而言，每人平均二氧化碳排放量為 10.4 公噸，相較於亞洲績優綠色城市，比排放量最多的大阪（7.6 公噸/人）竟高出 2.8 公噸，也比亞洲 22 個城市的平均值（4.6 公噸/人）遠高出 5.8 公噸。

由以上數據資料顯示，臺灣的人均二氧化碳排放量偏高，甚至比亞洲 22 個城市的平均值還高，代表臺灣仍需持續加強落實減碳之環保政策。因南韓首爾在本指標的表現優異，在亞洲績優綠色城市中，人口密度相對最高，但人均二氧化碳排放量（僅有 3.7 公噸/人）卻能降到最低。此外，日本東京以首創「獨立碳交易系統（cap and trade system）」形成特色，成效頗佳（唐永青，2011），其人均二氧化碳排放量（僅有 4.8 公噸/人）為亞洲績優綠色城市次低，此二城市應各有可效法之處。因此，本研究將介紹首爾與東京在降低排碳量之政策作為，提供本市未來借鏡。

➤ 首爾

1. 致力減排，使用清潔能源供電（新聞報導，2012）

首爾為了在發生大停電時，防止城市陷入癱瘓並確保穩定供電，在各處建立氫燃料電池發電廠，安裝建築物用氫燃料電池，計劃到 2014 年，建立 29 所氫燃料電池發電廠，安裝 102 個建築物用氫燃料電池，將生產 230MW 的電力，可供 40 萬戶家庭使用。為實現此目標，鼓勵發電事業部門和民間資本的參與。

氫燃料電池比起化石燃料，能源效率高，且大幅減少二氧化碳排放量，佔地面積小，被評為「市區型能源」。首爾計劃將中央集中型電力供應體系轉換為分散型體系，以奠定實現電力能源自給自足的基礎。

2.使用無線充電電動車（新聞報導，2010）

首爾於 2010 年在首爾大公園投入使用無線充電電動車，該車被稱作網上電動車(OLEV)，由植入地面下約 5 厘米處的充電帶提供電力驅動，用以替代使用柴油的穿梭列車(又稱「大象列車」)。

該 OLEV 由韓國高等科學技術學院(KAIST)開發，透過 400 多米長的輸電帶進行無線充電，另外 400 多米的路程則依靠充電電池，特殊的輸電帶創建一個磁場，產生磁力。磁力以無線方式傳輸到汽車並轉換成電能，然後用於為汽車提供動力。

首爾計劃未來使用 OLEV 作為其公共巴士交通系統的一部分，約 30%的交通需求需要由巴士來滿足，無線充電電動巴士是具有吸引力的替代環保方式。為了改善空氣污染和減少溫室氣體排放，計劃到 2020 年在所有公共交通系統中，部署環保汽車（包括計程車和巴士），市政府的辦公用車也將改為環保汽車。

➤ 東京

1.首創獨立碳交易系統

2007 年 6 月，東京制定《東京氣候變化戰略—低碳東京十年計畫的基本政策》，並規劃五項政策和主要行動，其中「強力推進公司減排二氧化碳」政策，即是將減排二氧化碳的責任放在大型二氧化碳排放者身上，目的是彌補日本政府因應氣候變化中長期戰略的缺失，透過配合交通、建築與生活節能等減碳政策，使東京在 2020 年比 2000 年減少 25% 的溫室氣體排放量，相關落實方式如下（陳琳樺，2012）：

(1) 降低大型機關溫室氣體排放量

東京於 2010 年起對大型機關實施二氧化碳排放總量消減義務制度，計劃讓大型機關透過 2011 年開始實施的排放量交易制度，確實降低產業、業務部門的二氧化碳排放量。

(2) 支援中小型機關降低二氧化碳排放量

- a. 配合機關發展形態，3 年內免費提供 1800 件有關節能的提案和運用改善指導。
- b. 以無條件轉讓二氧化碳排放量給東京都為條件，輔助中小型機關導入節能型設備，東京可以因此儲存這些二氧化碳排放量，用於排放量交易制度。

(3) 推動住宅低碳化

- a. 為降低家庭冷暖氣的二氧化碳排放量，將派專家拜訪各個家庭，進行建築物評估並提議節能整修計劃，協助住宅節能改建。
- b. 為在 2010 年內在 4 萬戶家庭內導入太陽能設備，將協助獨棟房屋或公寓設置太陽能設備。

(4) 擴大電動車的普及

- a. 為了在 2013 年度底前普及 15,000 台電動車和可外接充電混合動力汽車，以中小企業為對象，補助與普通汽車差價的四分之一。
- b. 支援導入急速充電器，並計劃在 2013 年底設置 80 座充電設備，讓大家可以安心購買新一代汽車。

(5) 推展環境教育

以東京都內公立小學 5 年級和公立中學 1 年級的學生為對象，實施「降低二氧化碳排放量行動月」活動，讓學生和家人在日常生活共同實踐環保，以具體的方式體驗如何降低二氧化碳排放量。

二、「土地利用與建築」面向

在「土地利用與建築」面向，《2011 亞洲綠色城市評比》採用兩項指標：「人口密度（人/平方公里）」及「人均綠地面積（平方公尺/人）」。

• 評比指標「人口密度（人/平方公里）」

以「人口密度」而言，本市平均每平方公里為 1202.9 人，為五都排名第三，人口密度最低的是臺南市(856.4 人/平方公里)，其次為高雄市(941.3 人/平方公里)；而人口密度最高的為臺北市(9753.4 人/平方公里)，其次為新北市(1908.1 人/平方公里)。

臺灣五都與亞洲績優綠色城市相較，亞洲績優綠色城市人口密度最高者為首爾（17288.8 人/平方公里）、最低者為東京（5946.9 人/平方公里），東京的人口密度僅低於臺北市，但遠高於國內四都的人口密度；而亞洲 22 個城市「人口密度」的平均值為 8,200 人/平方公里，臺灣五都僅臺北市高於此平均值。

人口密度所代表的是一種人地比，利用人地比可以看出環境負載力大小實況，因此更能顯示對環境負載力的潛在需求大小。由以上比較結果可知，五都之中，以臺北市對環境負載力的潛在需求最高，每人的居住與活動空間、土地資源最少；而在亞洲績優綠色城市中，則以首爾對環境負載力的潛在需求最高。

• 評比指標「人均綠地面積（平方公尺/人）」

以「人均綠地面積」指標而言，根據《綠色城市評比（Green City Index）》報告（EIU，2011）之定義，係將公園、休閒場域、綠地，以及其他民眾可接近的公共場合納入，而臺灣的定義方式與其相近，係根據都市計畫區內已闢建之公園、綠地、兒童遊樂場、體育場所及廣場面積數計算。因此，本研究以「每人公園、綠地、兒童遊樂場、體育場所及廣場面積數」為指標與其他亞洲績優綠色城市進行分析比較。

國內五都之中，高雄市以平均每人擁有 8.3 平方公尺之公園綠地面積高居榜首，其次為臺南市的 4.7 平方公尺，本市則以 4.4 平方公尺位居第三，與高雄市的人均綠地面積差距 47%，顯示本市綠化政策的推行仍應持續加強。而新北市僅以 1.3 平方公尺敬陪末座。

放眼亞洲績優綠色城市，以香港（105.3 平方公尺）的人均綠地面積最高，第二、三高則為新加坡（66.2 平方公尺）、橫濱（37.4 平方公尺），而大阪（4.5 平方公尺）則與本市相當，但也為其中人均綠地面積最少的城市。國內五都中表現最好的高雄市也僅優於大阪而已。另外，再以亞洲 22 個城市「人均綠地面積」的平均值（39.0 平方公尺）為比較基準，國內五都的指標表現均遠遠落後。

由此可見，欲成為績優綠色城市，綠地面積的保留與增加為關鍵影響因素之一。綜觀亞洲 22 個城市的平均值，為本市的 8.86 倍，顯示本市仍須在保留及拓展綠地的政策上努力加強。鑑於新加坡以營造「花園

城市」(Garden City)聞名，而東京則以推行「綠屋頂」政策，展現全球綠色城市典範的企圖心。本研究以新加坡與東京之綠化政策為出發點，進行分析與探討。

➤ 新加坡

1. 「花園城市」

向來以花園城市(Garden City)聞名的新加坡，雖然地小人稠，但對於綠地的保留卻一點也不吝嗇。政府規定全國各處每1,000人就建設0.8公頃的綠地和開放空間，致力於公路、街道兩旁栽種樹木，並盡量克服在人口密集的地方建造公園，提供休閒活動的空間，並且非常注重後續的養護工作，連寸土寸金的「時尚大道-烏節路」也不例外。新加坡政府極力推動綠美化工作，融合城市建築與綠色植物，不但創造出涼爽遮蔭的環境，也成為吸引觀光旅客的賣點。

新加坡的綠地計畫是循序漸進的，自1960年開始進行花園城市的建設，並於1973年成立「花園城市行動委員會」，為全國之綠地系統把關及制定新政策。其主要政策包括：a.公園綠地面積之大量提昇；b.自然保育區之保育、自然森林與水源；c.新生地之綠化；d.消除水泥之全面綠化；e.藉由綠道作為各層級綠地公園之串連媒介(王偉帆，2009)。

新加坡花園城市的形成可以說是藉由城市的道路綠帶設計予以達成：

(1) 複層式之植栽綠美化設計

新加坡道路因有寬廣的帶狀綠地，所以有足夠腹地以複層式之植栽綠美化，並有多種設計變化，如運用植物的高度、色彩、質感等組合，讓景觀產生豐富變化，呈現赤道附近熱帶城市的特色。而這種複層式綠帶，也可將道路灰暗及繁忙的交通所帶來的不舒適、不安全感的感覺予以降低，有賞心悅目舒適的感受。



(2) 公園廊道計畫

新加坡於90年代開始推動「公園廊道」計畫，著手建立連接各大公園、自然保護區、居住區公園的廊道系統，計劃建立數條「綠色走廊」將全國的公園都連接起來，走廊至少6米寬，其中包括4米的路面。提供居民不受機動車輛的干擾下，可以通過步行、騎自行車遊覽各公園，充分享用這些休閒地。

新加坡預計在2015年前，除了目前已完成的北岸—南岸的公園串連廊道外，將完成總長170公里的公園串連廊道，加強新加坡的街道景觀，並提出五種主題街道景觀設計，包括迎送公路、公園道路、鄉間道路、濱海公路、森林公路等之景觀設計均制定指導原則(陳嘉欽、蔡福貴等，2007)。

(3) 空中綠意

在地狹人稠的高度發展區，鼓勵高樓、屋頂、陽台、天橋的綠化，使小點狀的綠化空間可以作為各綠化單元(如公園)間的媒介，並達到視覺上的連續性。

都市期望達成綠美化目標，可藉由點線面三個層級來進行規劃，包括建築基地的綠化等都市綠點的留設，公園綠地間藉由綠廊串連等線性綠道的建設，以及擴展到都市綠地網絡的計畫等全面性

規劃。另外，綠廊現多結合自行車道路線的規劃，以塑造良好的都市休憩環境(王偉帆，2009)。

2. 推行「綠色儲蓄」，樹木速成遍佈全國

自1960年代後期開始，新加坡前總理李光耀即開始為國民進行「綠色儲蓄」，盼望營造「島上處處是花園，滿眼皆綠色」的場景，既可以愉悅心情，也會提升競爭優勢。為了建設更好的新加坡，1976年即成立了專門的公共綠化部門（國家公園局），作為指導新加坡實施綠化的機構。

該局鼓勵在全國種植易移植成熟的「速成樹木」，大



街小巷、停車場、過街天橋、辦公大樓等「無一漏網」，均

▲ 新加坡辦公大樓大力推動綠化

要栽種爬山虎之類的攀援植物，在國家公園局的管理下，新加坡取得了一系列成就—世界上僅有的保留有大片原始熱帶雨林的兩個城市之一（新聞報導，2011）。而在《亞洲綠色城市評比》的統計資料也顯示，新加坡人均綠地面積66.2平方公尺/人遠高於亞洲城市的平均水準(39.0平方公尺/人)。

3. 垂直綠化打造「空中花園」，設立「花園城市基金」

進入21世紀，新加坡開始覺得只是「花園城市」還不夠，要成為「花園中的城市」；只有地面綠化遠遠不夠，還要努力建設「空中花園」，推廣垂直綠化。國家公園局與市區重建局合作，以稅收折扣等優惠的刺激政策，鼓勵開發商和建設商在大廈的垂直面積上種植密集的綠色植物。目前已綠化面積的建築已有10多公頃，其中大多為私人建築。開發商也把「毗鄰即將新建的花園」作為房地產項目

的宣傳亮點。

此外，國家公園局還設立「花園城市基金」，主要用於公園建設或垂直綠化項目，資金主要來自於開發商、非政府機構以及個人贊助等；政府同時也重視生物多樣性，還刻意從溫帶引進了能吸引鳥、蝴蝶和蜻蜓的樹種以及各種顏色的蝴蝶和鳥類，目前已有3900多種樹種、295種蝴蝶、117種蜻蜓，每年有360多種鳥飛來，讓城市回歸大自然，這項規劃也成為了一種示範。

目前，新加坡建設垂直綠化的重點代表即是「太陽能超級樹」，座落於新加坡濱海灣花園，配備與環境相容的自我生存設施，高度從25至50米不等，占地613畝，主要種植熱帶花攀援植物、蕨類和附生植物，園內18棵高聳的超級樹充當垂直花園，可蒐集雨水，利用太陽能光伏電池發電，同時充當溫室的通風管道，未來公園落成後，必將成為世人矚目的奇妙所在（新聞報導，2011）。



▲ 新加坡太陽能超級樹—壯觀的人造森林

4.居民參與共建「社區花園」

「錦簇社區」是國家公園局自2005年所推出的一項社區園藝計劃，居民可以自己購買樹苗和花種，在公共住宅區、學校、醫院的公共草坪，或私人住宅區的路邊草坪種植喜歡的花卉、蔬菜、藥草、香料和果樹，建立自己的「社區花園」，成功形成一群活躍的社區園

藝族。由公共住宅區的居民委員會、社區服務中心等負責照料，國家公園局會幫助居民選擇合適的地點、設計佈局，並根據園圃條件選擇適當植物，以及提供園藝種植和植物護理的基本知識。

社區中的學校師生也都共同參與栽種、除草及去蟲等園藝工作，學生經由觸摸植物來感受大自然，並通過嗅香料來瞭解它們的特性，教師利用花園的香料烹煮各式佳餚，與學生分享。

「錦簇社區」計劃也設有多個獎項，旨在鼓勵與推廣園藝活動，每兩年舉行一次，分為白金、金、銀及銅四個等級。評分標準包括花園美感、園藝素質、社區參與、維持及推廣興趣的主動性。

此外，國家公園局也印製「錦簇社區」袖珍手冊（宣傳品），詳細列明100種植物的學名和常用名，並以簡潔、形象的符號標註對應植物的喜水性、喜陽性、耐旱性，觀賞葉還是觀賞花，甚至是否吸引蝴蝶。自「錦簇社區」計畫的成功實施以來，已為居民增添了350座社區花園，不僅提高了新加坡城市綠化覆蓋率，也有效促進了社區居民的鄰里關係（新聞報導，2011）。



▲ 「錦簇社區」得獎者運用竹子和舊雞蛋托盤、椰殼等回收廢物，在陽臺的牆上架起花架，把50盆各類植物綁在花架上，長成一片花園錦簇的花牆



▲ 得獎者拍攝記錄營造「社區花園」的過程

➤ 東京-「綠屋頂」政策

屋頂綠化在廣義上，即是將建築物的屋頂，由人工的方式整建植栽的基礎進行綠化的工作，目的是將建築物屋頂藉由草皮、屋頂農園、綠化屋頂等各種型式達到綠化型態。

東京的綠屋頂之所以普及，起因在2001年時，東京訂定了東京都自然保護條例，之前，東京都政府對佔地在1000 m²以上的建築物，不論新建或增建，都必須接受建築20%以上的綠化指導計畫。在西元2004年4月以後，包括建築物外部面積及可利用的屋頂面積都有必要實施綠化義務。

2000年12月修改自然保護條例，將屋頂綠化工作成為民間所必須參與的義務，若違反將處罰20萬日元的規定。2000年時，創造

5萬2428 m²，到了2001年，增加了一倍達10萬4412 m²；之後每年也逐年增加，至2005年已達20萬 m²，6年內已達84萬 m²。



日本綠屋頂政策沿革

- **東京都**：2001年4月起修正「東京都自然保護條例」，規定占地1000 m²以上的新建築物 (公有建築250 m²以上)，屋頂須綠化至少20%，違者最高罰20萬日圓 (約7萬2000元台幣)
- **兵庫縣**：2002年10月起跟進
- **中央政府**：2005年10月實施綠建築法規，要求樓地板面積1萬 m²以上的大樓，須達到「綠化量」等四項指標，綠屋頂即屬「綠化量」指標
- **2006年4月起** 大阪府跟進綠屋頂政策
- **2007年4月起** 京都府跟進綠屋頂政策
- **2009年10月** 東京都提高標準，5000 m²以上(公有建築1000 m²以上)的基地，綠屋頂面積須達25%；若屬聯合開發、區域開發的大基地，綠屋頂須達35%。都政府所屬各行政區也可自行提高標準。
- **補助與減稅**：政府補助綠屋頂工程費最高1/2，並得減稅



製表／鄭朝陽

綠屋頂的好處

- 截留雨水，減輕排水系統負擔
- 為城市吸塵減碳
- 保護建築，延長屋頂的壽命
- 提供生物棲地，增進生物多樣性
- 降低噪音
- 減少冷氣及能源消耗量
- 遊憩好去處
- 為城市降溫
- 城市好好看
- 療癒復建，紓解壓力、緩和情緒



資料來源／奧格斯騰堡屋頂植物園

製表／梁玉芳

當屋頂綠化工作成為義務之後，不僅擴大了地面綠化，也增加綠屋頂的面積，2005年起，日本對於容積在1萬 m^2 以上的大型大樓，要求具有達到：1.建築物斷熱指標；2.設備節能指標；3.建築物長壽指標；4.綠化量指標等四項的評價及義務。

在住宅大樓的銷售廣告上，就必須依環境性能『☆』依其優劣性呈現星號，表示相關性能得到星星的評價數量，其中，綠屋頂就包含在「綠化量指標評價」上，如果是非住宅大樓類的大樓，必須提出「環境計畫書」以供審查（涂智益，2006）。

三、「交通運輸」面向

在「交通運輸」面向，《2011 亞洲綠色城市評比》採用之指標為「大眾運輸網絡（公里/平方公里）」，由於臺灣未有相關之數據資料，為分析此面向，本研究根據 100 年度「民眾日常使用運具狀況調查」（交通部統計處，2012）所統計之「公共運輸使用率(%)」為替代指標，以進一步了解國內五都在此指標之表現。

• 評比指標「公共運輸使用率(%)」、「大眾運輸網絡(公里/平方公里)」

以「公共運輸使用率」指標而言，國內五都之中，臺北市民眾公共運輸使用率最高，達 37.7%，其次為新北市（26.1%），本市（7.6%）則位居第三，高雄市雖有捷運但公共運輸使用率僅有 6.6%，臺南市公共運輸使用率最低為 4.9%。

上述差異主因為，大臺北地區之大眾運輸系統完善，捷運系統逐年建置，已由路線形成路網，輔以市區公車轉乘、鐵路系統等，大幅提升民眾搭乘公共運輸系統之便利性。再加上大臺北地區人口密集，導致市區交通壅塞以及自行開車之停車成本等因素，民眾使用公共運輸系統之意願自然提高，因此呈現大臺北地區（臺北市、新北市）的公共運輸使用率較中南部三都（臺中市、臺南市、高雄市）還要高出許多的現象。

本市自去（100）年 6 月起開始實施市公車刷卡 8 公里免費，帶動公車運量大幅成長，因此提升了「公共運輸使用率」，較去年（6.8%）增加了 0.8%。目前亦正積極推動興建快捷巴士（BRT），將採用油電混合低底盤節能車輛，預期能減少空氣污染，降低二氧化碳的排放。

綜觀亞洲績優綠色城市，以首爾的單位大眾運輸網絡最高，平均每平方公里就有 0.94 公里的大眾運輸系統；其次為大阪，平均每平方公里有 0.62 公里的大眾運輸系統。而以橫濱最低，平均每平方公里僅有 0.12 公里。

再以亞洲 22 城市之平均值 (0.17) 來看，6 座亞洲績優綠色城市即有 4 座城市 (首爾、大阪、香港、新加坡) 高於此平均值，顯示建構完善的大眾運輸網絡，為朝向低碳城市之重要政策方向之一。

而首爾的指標數據(0.94)大幅高出第二名大阪(0.62 公里)約 0.32 公里、第三名香港 (0.24 公里) 約 0.7 公里，足見其勝出有因。另外一點值得注意的是，在《2011 亞洲綠色城市評比》報告中，日本大阪是唯一在此面向受評為「遠超出平均水準 (well above average)」的城市，相關市政作為亦值得參考。以下將介紹首爾與大阪在「大眾運輸網絡」所推動的相關政策，提供本市借鏡。

➤ 首爾－完善的交通運輸政策

1. 「汽車星期制」配合無線識別系統

首爾自 2003 年 7 月實施「汽車星期制」，屬於一項市民自覺參與的實踐活動，從周一到周五中選定一天為汽車休息日，出門不駕駛汽車，以有效節約能源，保障道路暢通，改善城市環境和保持市容清潔(新聞報導，2006)。

首爾以參與汽車星期制的車輛為對象，提供「減免汽車稅」和「降低保險費」兩項優惠政策，即：汽車稅一年期間可享受 5% 的優惠，汽車保費可享受 2.7% 的優惠。



▲參與汽車星期制之車輛電子標記

為有效地管理並督促市民自覺遵守，另配合採用「無線識別系統」，將其設置在首爾市內各大交通要道，通過此裝置解讀參與「汽車星期制」車輛上所附著的電子標記的訊息，判斷該車輛是否遵守；若因緊急情況在汽車休息日駕駛汽車，如果一年內未超過兩次時，已減免的汽車稅不再進行徵收，但如果超過三次時，則將徵收減免的稅額。汽車保費方面，即使只有一次違反，也不能享有優惠。此外，已參與「汽車星期制」的車輛，還可享受公營停車場停車費打八折等優惠。

2. 「智慧綠色運輸」(Smart Green Transportation) (2011 城市環境協議光州高峰會出席會議報告，2011)：

- (1) 「無碳公共自行車系統」的完成：2011 年已建置完成，並結合智慧技術 (IT)，包括 440 輛自行車及 43 個租借站，租借次數每天達 54,760 人次，使用率為 85.6%，未來預定提升租借使用率到 94.7%。
- (2) 「電動汽車 (Electronic Vehicle)」的運用：將電動汽車使用於 Seoul Grand Park，並透過磁力推動汽車，地面建立固定式磁力軌道，以推進汽車行駛。
- (3) 「電動公車」的測試運轉：電動公車的電池使用快速充電系統，在 40 公里的行駛條件下，持續行駛里程為 100 公里。
- (4) 市區「快捷公車 (BRT)」的應用：成效為準時 (誤差僅為 1~2 分鐘)、快速 (速率增加 18~82%)、安全 (事故減少 13.6%) 及方便舒適 (乘客增加 15~38%)。
- (5) 全市應用「智慧運輸系統 (ITS)」：包含公車資訊中心、公車管理系統、運輸卡系統、高速公路交通管理系統、先進交通管理系統、停車資訊系統及自動化取締違規系統等。

3. 推動「騎自行車上班」風氣

自 2007 年開始，首爾增加超過 100 公里的自行車道，不同於臺北河濱自行車道以休閒用途為目的，首爾主要是為了推動騎自行車上班的風氣。

此外，為提高自行車使用率，首爾市政府於2008年發布「自行車車道綜合治理計畫」，採取對原有道路進行瘦身，騰出一個車道來修建自行車專用車道，及擴建自行車專用路面、在地鐵站建設自行車停放、保管、租賃和維修等措施，預計2012年自行車將分擔整個首爾市交通輸送量的4.4%，到2020年將提升到10%的水準，屆時預估騎自行車通勤的上班族，將自2008年的40萬大幅成長至150萬人，2020年將超過三百萬人。

4. 持續擴充「捷運系統」路線

2011年首爾捷運總里程已達到312.4公里，地鐵站點總數達到293個，日運送乘客近630萬人次，是該市公共運輸的絕對主力，預計到2017年將在目前9條幹線的基礎上增建8條總長為70公里，目前仍持續開展多條路線的延長工程。

➤ 大阪—長遠的電動車推行規劃

1. 完善的大眾運輸系統

電車、捷運與市區鐵路系統取代大阪居民自行開車的需求，據統計資料顯示，有32%居民搭乘火車或捷運、27%以步行方式、23%以自行車代步，而自行開車比例僅15%，搭乘公車只有2%（唐永青，2011）。另外，將大阪市與本市民眾各種運具使用率進行比較（如表3），本市民眾私人機動運具使用率（含機車與自用小客車）高達83.1%，而大阪僅有15%，本市大幅高出大阪68.1%，顯示本市民眾仍偏好使用私人交通工具。

表3 臺中市與大阪市各種運具使用率比較表

單位：%

城市 \ 運具	火車與捷運	步行	自行車	自行開車	公車	合計
臺中市	0.8	4.1	4.1	83.1	3.2	95.3
大阪市	32	27	23	15	2	99

- 說明：1.為方便比較，本表有關臺中市運具使用率部分，因未包含列出計程車、公路客運、國道客運與高鐵使用率，故合計僅為95.3%。
- 2.表列自行開車項目，係包括機車與自用小客車兩種私人運具。
- 3.有關大阪市運具使用率部分，因進位方式取至個位數，故合計約為99%。
- 4.臺中市資料來源為交通部統計處。

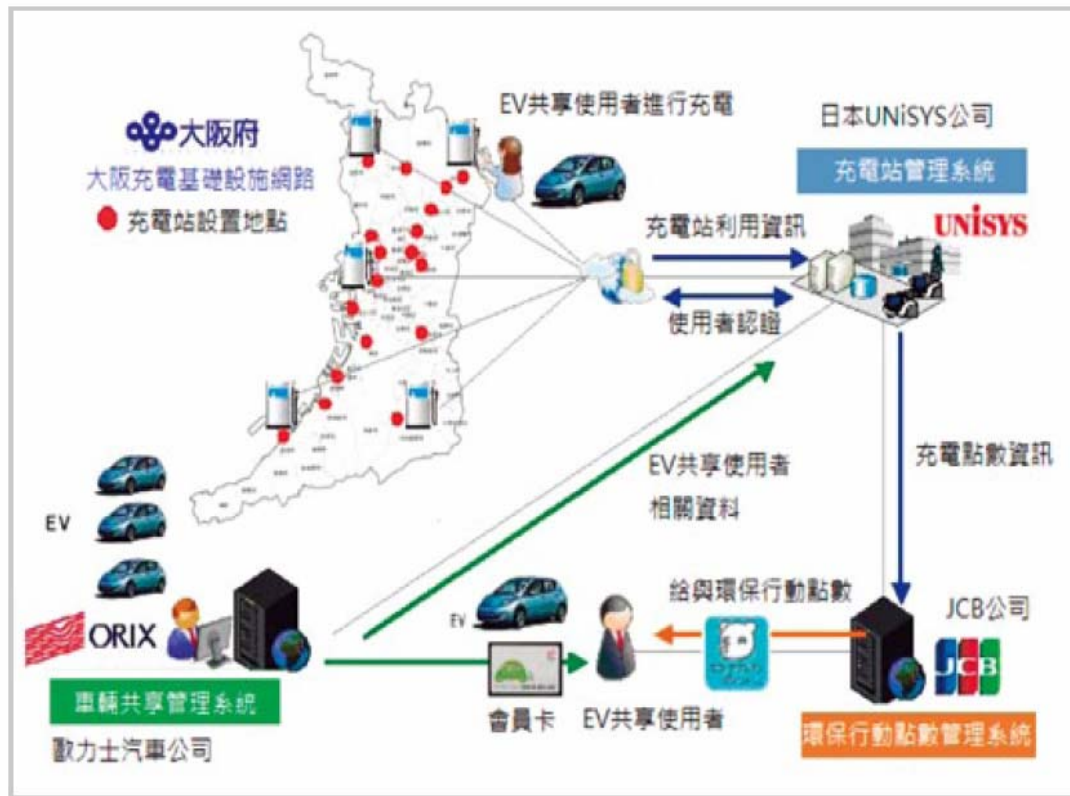
2. 低排放車輛推動政策

大阪為日本電動車示範運行所選擇的城市之一，為鼓勵民眾使用電動車等低排放車輛，導入電動車示範運行規劃，並於2009年訂定策略方向，規劃預計2019年建置成為電動車推動領先城市，2025年成為具有豐富水源以及新能源的城市，以此為目標展開各年度計劃，將2010到2017年分為三個階段：

- (1) 第一階段（2010-2011年）：主要目標在於電動車普及的初步推動以及充電設備的建置；
- (2) 第二階段（2012-2016年）：主要目標在於將電動車導入社會交通系統中大量運行，以及建置成為新能源產業的生產據點；
- (3) 第三階段（2017年之後）：主要目標在於公共交通運輸工具，以及個人用車大量普及電動車，並且使大阪的新能源產業集結具有一定之規模（林素琴，2011）。

此外，近幾年大阪針對電動車的推動，以及充電站的建置也提出多項促進方案：

- (1) 電動車推動導入方案：主要推行方式為提供實質費用補助與停車宣導等做法：
 - a. 購車補助部份：選定32家計程車業者，共導入50輛電動車在大阪的計程車車隊中運行，選定業者每輛電動車最高可享有100萬日圓的補助；另外，也在JR大阪站以及梅田站設有電動計程車專用的停車位，以方便顧客搭乘，電動車於大阪境內的公設停車場停車以及通過ETC均可享有半價優惠。
 - b. 行銷部份：包括舉辦電動計程車外觀設計比賽，讓50輛運行的電動計程車都可以具有一致的外觀，也在2011年的2月15日至3月9日推動電動計程車免費搭乘，讓一般民眾對於電動車的認知度提升（林素琴，2011）。
- (2) 電動車充電裝置導入方案：「便利充電」是讓電動車被使用的接受度提高所必須具備的條件，因此在充電裝置的建置也相當積極，以2011年大阪充電站的設備而言，普通充電站部分，在5月已設置137個充電站，其中55個可享有免費充電的優惠，其他的充電收費一小時約在200至210日圓間；而快速充電站部分，在6月已設置有23個。未來則規劃在2015年前，預計完成33個快充站設置，2020年要完成1,300個普通充電站的設置目標（林素琴，2011）。
- (3) 自助式電動車租賃服務：大阪於2011年底推出全年無休24小時營業的Autolib自助式電動車租賃服務(如下圖)，在市區內設置電動車專用的停車站，使用者可以上網預約車輛，也可直接到最近的Autolib專用停車站取車，到達目的地後僅需將電動車停放至附近的專用停車格並接上充電插座即可。而系統也會計算消費者這趟旅程所節省的二氧化碳排放量，並給予使用者「環保行動點數」，憑點數可向旅館、餐廳等53家企業兌換商品，增加民眾使用、購買電動車的誘因（曾祐強、鄭凱文，2011）。



▲大阪 Autolib 示意圖

四、「廢棄物管理」面向

在「廢棄物管理」面向，「2011 亞洲綠色城市評比」採用兩項指標：「垃圾回收處理率 (%)」及「人均垃圾量 (公斤/人/年)」。

• 評比指標「垃圾回收處理率 (%)」

以「垃圾回收處理率」而言，國內五都與亞洲績優綠色城市均已達 100%，也比亞洲 22 城市評比之平均值 (83%) 高出 17%，顯示此項指標的表現已成為邁向國際低碳城市的基本要件。

• 評比指標「人均垃圾量 (公斤/人/年)」

以「人均垃圾量」而言，臺灣五都中以新北市每人每年 269.4 公斤的垃圾量最低，其次為本市的 294.2 公斤，而人均垃圾量最高的為臺北市的 363.9 公斤，次高者為高雄市的 358.4 公斤。

以臺灣五都與亞洲績優綠色城市相較，其中人均垃圾量最高者為南韓首爾的 995.6 公斤，最低者為日本橫濱的 300.8 公斤，次低者為新加

坡的 306.6 公斤。臺灣五都中僅本市與新北市的表現優於橫濱與新加坡，其餘三都(臺北市、臺南市及高雄市)的表現則略遜於橫濱與新加坡，但優於香港、首爾、東京及大阪。此外，亞洲 22 個城市的「人均垃圾量」平均值為 380 公斤，臺灣五都均低於此平均值，惟臺北市及高雄市已接近此平均值，在此指標表現上需再加強改進。

另外，在《2011 亞洲綠色城市評比》報告指出，橫濱的垃圾減量成效佳，為推廣垃圾分類回收政策，二年內召開 11,000 場說明會，並把握夏季慶典及新社區成立時機，向民眾宣傳垃圾減量的重要性，由於各項公關活動與公民教育成效卓著，以致垃圾減量效果佳，進而取消預定興建兩座焚化爐的計畫，並關閉現役的一座焚化爐，為人民荷包省下 13 億美元。而新加坡每年的人均垃圾量位居亞洲績優綠色城市第二低，只比橫濱多出 5.8 公斤，也值得關注其垃圾減量之政策。因此，本研究以下分別介紹橫濱與新加坡在此部分之市政作為，提供本市推動參考。

➤ 橫濱—「多如牛毛」的垃圾分類

橫濱將生活垃圾按等級分成 10 類，市政府特別發送市民手冊，指導如何對垃圾進行正確分類，手冊共列 518 項條款，如其中規定：唇膏屬於可燃物，但是唇膏用完後的脣膏管則被歸類為「小型金屬物」或塑膠類；鍋壺丟棄前，須先拿尺測量，若口徑超過 12 吋，即非屬小型垃圾，須歸類為大型垃圾；襪子的丟棄亦分單雙，單只襪子為可燃物，成雙的歸為舊衣料；領帶也歸類為舊衣料，但需先洗過並晾乾。

值得我們反思的是，日本幾乎所有民眾都照著指示守法地進行垃圾分類，而且回收筒中除了資源回收物外，已不容易見到一般垃圾，除了公共場合有很多的回收筒外，許多社區也都有自有的資源回收場，一方面便於社區居民隨時可將家中的資源送至回收場，解決家中垃圾囤積的問題，也使資源垃圾更易集中處理，廠商會在合約約定的時間前來收取資源物資，已經完全落實到生活之中(郭敏華，2007)。

➤ 新加坡

1. 政府與企業合作簽署「新加坡包裝協議」

新加坡國家環境局為降低國內各項商品過度包裝的現象，減少家庭和工業垃圾量，從而在源頭上抑制垃圾數量的增長，並鼓勵企業設計更好的環保產品，自2007年6月5日（世界環境日）起，與5個行業協會（超過500家公司）、2個非政府組織、新加坡廢物管理與回收利用協會(WMRAS)，以及4個公共廢物回收機構共同簽署「新加坡包裝協議」(The Singapore packaging agreement, SPA)。



▲ 簽署「新加坡包裝協議」

該協議自2007年7月1日開始實施，為期5年，旨在為企業與政府合作減少包裝廢棄物提供一個平臺和架構，並採自願參加方式，以利企業根據自身情況靈活使用，確定其減少廢棄物的解決方案。協議中同時也研究如何減少5種類型的食品和飲料包裝材料（如：塑膠、鐵、含金屬材料及玻璃等），並訂定具體目標：到2012年為止，包裝材料要實現60%的再回收率，其中，50%的玻璃、95%的鐵類金屬、90%的非鐵類金屬、55%的紙料和23%的塑膠，都必須回收使用。

政府部門設有特定監管委員負責監督包裝協議的實施，簽署協議的企業與機構將蒐集包裝材料的使用量和再回收量，供各方參考；企業、政府機構和非政府組織都將進行積極的宣傳活動，提高消費者對環保包裝產品的接受程度(新聞報導，2007)。

2. 廢棄廚餘變黃金，集中處理可發電

新加坡由於幅員有限、耕地小，仰賴進口農業，因此廚餘不需堆肥，而被當成垃圾一併處理。根據新加坡國家環境局統計，過去每年平均50萬噸廚餘運送至垃圾場，廚餘回收率僅13%。為有效改善

回收問題，自2006年開始，政府投入設立廚餘工廠，經過特殊處理，廚餘攪拌成漿，送進大型儲存槽，21天後，沼氣儲存於「沼氣球」，即可用於發電功能。

此外，廚餘發酵過後的殘渣部分，機器把較大的殘渣過濾之後，成為可做堆肥的有機泥土，拿起

來聞，已完全無臭味，最後可用於銷售有機肥，提供民眾種植，由此可見新加坡在潔淨能源上的努力(TVBS，2009)。



▲ 新加坡廚餘工廠的「沼氣球」

3. 垃圾填海造地建造美麗生態島嶼

新加坡地狹人稠，每天製造多達7,200公噸的垃圾量，並以每10年增加2倍的速度成長，為了解決與日俱增的垃圾量，政府於1995年動工建置實馬高垃圾處理場，這是世界上第一個主要用垃圾填埋成的人工島嶼，人工海堤依據附近海底的地形而建，把兩個小島緊緊地連在一起，並把附近的海域圍成了一個巨大的圓形區域，區域內是垃圾填埋區，長約7公里的海堤，由砂子、石塊和

泥土堆砌而成，同時鋪設聚乙烯土工膜以防止垃圾場內的有害物質向海水滲透，焚燒過後的垃圾灰燼將會被運送到這裡進行填埋處理，上面再鋪上泥土，然後再種上棕櫚樹或者其他植物。



▲ 新加坡—實馬高垃圾處理場

(1) 保護生物多樣性

實馬高垃圾處理場是學校學生進行環保教育的重要地點，有700多種不同種類的動物和植物和諧共處，其中還包括許多珍稀物種。為了保護島上珍貴的野生動植物，新加坡政府在周邊種植了兩片紅樹林，紅樹林是很好的自然生態標誌。如果有紅樹落葉或變黃，就說明附近的水質在改變，這時候就必須留意是否有污染問題。

(2) 垃圾島成旅遊勝地

根據新加坡政府統計，前來實馬高島旅遊的人數已從2005年開放之初的4,000人上升到2010年的1萬3,000人，五年間，遊客的人數增長了3倍。實馬高島還是唯一一個鼓勵公眾參訪的垃圾填埋場，遊客可以在星期一至星期五期間登島遊覽，該島東部預留填埋場，西部已於2005年起對遊客開放，經過十多年開發後，小島東部也已經納入發展規劃，預計最早可以在2015年開始接受垃圾填埋(新華網，2009)。

4. 綠色道路—垃圾灰燼鋪路再利用

新加坡每天4家垃圾焚化廠製造出垃圾爐底灰燼，共計1,400公噸，需花費每公噸77新元的埋置費，送到實馬高岸外垃圾處理場填埋。為解決垃圾灰燼問題，新加坡政府將公路完全由再循環產品鋪成，除由提煉鋼鐵過程中的廢料製造鋪路材料外，還以垃圾灰燼來鋪路，不但可減少每年埋置在垃圾場的爐底灰，還可廢物再利用，減少進口天然鋪路石粒。



▲ 新加坡以垃圾灰燼鋪路再利用

新加坡國家環境局經半年測試後發現，以垃圾灰燼鋪路，效果和天然花崗岩石粒不相上下，路面不會出現窟窿，沒有安全問題，也不會釋放出有毒的重金屬污染水源。

現階段，新加坡政府正與廠商研擬，討論如何把垃圾灰燼大量

生產為鋪路石粒的細節，包括：投資成本、灰燼作為原料的價格、製成石粒後的銷售潛能等商業生產詳情，以利營造全國「綠色道路」的願景目標(新聞報導，2003)。

五、「水資源」面向

在水資源面向，「2011 亞洲綠色城市評比」採用兩項指標「人均每日用水量(公升/日/人)」及「自來水漏水率(%)」。

• 評比指標「人均每日用水量(公升/日/人)」

以「人均每日用水量」而言，本市平均每人每日用水量為 266 公升，五都中與高雄市並列第二，表現最優者為臺南市的 259 公升。相較而言，新北市及臺北市的人均每日用水量偏高，新北市為 291 公升、臺北市為 340 公升。

與亞洲績優綠色城市相較，亞洲績優綠色城市的人均每日用水量均超過 300 公升，其中用水量最少者為日本橫濱的 300.3 公升，其次為新加坡的 308.5 公升；最多者為日本大阪的 417.9 公升，其次為香港的 371.2 公升。臺灣五都中除了臺北市以外，其他四都於用水量的表現明顯優於亞洲績優綠色城市。而亞洲 22 個城市「人均每日用水量」的平均值為 278 公升，較亞洲績優綠色城市的用水量還低，本市、臺南市與高雄市的用水量則比亞洲 22 個城市的平均值表現更好。

這個比較結果顯示，相較其他亞洲城市，亞洲先進城市的用水量偏高；臺灣的水價雖然相對低廉，但近年來積極呼籲節水省水觀念，展現於用水量上似乎已發揮一定的成效。

擁有「亞洲最佳綠色城市」封號的新加坡，其在用水量的統計上名列亞洲績優綠色城市第二名，因此以下將介紹新加坡的節水緣由及相關措施。

因新加坡的蓄水面積有限，無法滿足其每日約 136 萬噸之用水需求，因此積極開發水源。目前新加坡以「四大水喉」計畫，四種水源包括進口水、新生水、集水區的水源及海水淡化等，以因應國內的水源需求。

1. 進口水

新加坡與鄰國馬來西亞於1961年和1962年分別簽署2份長期供水協定，約定從馬來西亞購買通過長堤輸水管道輸入原水，該2份協定將分別於2011年和2061年到期。新加坡一直努力不懈地追求供水自給自足的永續發展目標，到2061年第2份供水協定到期，即使沒有馬來西亞更新供水協定，也可達到完全自給自足的目標。

2. 新生水(NEWater)

新生水是一種回收水，透過微孔過濾、逆向滲透和紫外線消毒，將經過二級處理的生活用水進一步淨化而產生的；新加坡從1970年代就開始研發用後水再生技術，2002年新生水技術研發成功，2003年開始推廣使用，其清潔度至少比世界衛生組織規定的國際飲用水標準高出50倍，且售價比自來水便宜至少10%。新加坡共有5座新生水廠，每天可滿足30%用水需求，預估2020年可擴大到40%，目前主要供應給當地晶圓廠和煉油廠工業所需，另全國每天用水量的3%是新生水，先進入蓄水池，與蓄水池的水源混合，經水廠加工後再進入家庭。



▲ 新加坡新生水製造工廠

3. 集水區的水源

新加坡的氣候屬熱帶雨林氣候，雨量充沛，集水區即是蒐集雨水，全國有一半的面積是屬於集水區，2011年集水區面積將增加到三分之二，集水區具有供水、排水和休閒的三合一功能。新加坡為了確保獲得乾淨、安全、充足和可靠的長期水供，鼓勵國人應積極參與，協助節省用水，保持集水區乾淨，及利用水源設施進行休閒活動，加強善用水源的責任感。

4. 海水淡化

新加坡從1998年開始實施向海水要淡水的計劃，透過自行設計、建造和營運，鼓勵私人企業參與開發海水淡化行動。2005年9月，投資2億新幣的第一家海水淡化廠啟用，每天可以生產13萬6千立方米的淡水，可滿足全國10%用水量的需求，這是新加坡公用事業局第一項與私人企業合作的項目，也是全世界規模最大的薄膜科技海水淡化廠之一(國家文官學院第2期績優學員海外研習營成果報告，2010)。

另外，新加坡積極性的節水措施有許多值得本市借鏡之處，新加坡政府對於企業的節水措施，除了透過調節水費外，大力推行三個節水補助計畫，以減少企業大幅升級節水設備時遇到的資金困難，包括：

1. **節水專案投資補貼計畫：**政府對於節水項目進行投資的公司將給予補貼，對於節水量大於 50%的專案，政府將提供高達儀器設備總投資額 50%的補貼。
2. **單位資源生產率計畫：**為企業提供出租、分期付款或抵押貸款來購置節水設備，如該專案能夠將節水量提高 50%而且能夠按月償還的話，可以 6.5%的低息得到最多 1 千萬新元的貸款。
3. **單位資源生產率研究計畫：**企業參與本項計畫，如果使用顧問來研究節水自動控制，就有可能得到 50%，最高可達 10 萬新元的獎金。

新加坡的節水政策還包括：

1. 公共場所強制推廣節水設備

政府強制在公用洗手間內安裝延時自關水龍頭、水流調節器及減壓閥等節水設施。公用事業局定期檢查這些設施，以確保其正確安裝和正常使用。

此外，公用事業局推出了「省水之家計畫」，免費提供節水環、省水袋、安裝說明書及節水指南等，協助各個家庭節約用水，該計畫在水龍頭和淋浴器裝上節水環和節水閥，可以節約用水量10%。省水袋可以安裝在9公升的馬桶水箱裡，減少抽水量。

2. 工業用水再回收，鼓勵使用新生水（NEWater）

新加坡鼓勵工業（特別是電子和電鍍行業）重複利用水源，例如：晶片加工廠在產品的工藝流程中，需要使用大量的水，在公用事業局的協助下，開發了一個內部水循環系統，該系統可重新利用50%的用水，通過進一步技術革新後，這個比例可望達到70%。

3. 教育和宣傳計畫

公用事業局聯合學校、工業協會、出版社等機構進行節水教育、分享節水經驗等，公用事業局每年都要從盈餘中抽出數百萬新元進行節水宣傳活動，政府以「全民水源：節省、珍惜、享用」(Water for All: Conserve, Value, Enjoy) 為口號，開展全民教育運動，旨在提醒國人增強責任感，積極參與節約用水。



▲ 新加坡水資源教育展示，把全球各大城市的用水量標示出來作比較

由於新加坡政府將水視為重要資源，對於水資源的利用有許多配套政策，如：廣設水資源教育館進行國民紮根教育、制訂高於臺灣5倍的水價達到節制用水的目標，以新加坡的節水政策為榜樣，臺灣也可思考

全面性的節約用水教育，尤其是農業用水的管理，更是目前亟需正視的問題，應以解決地層下陷問題，及提高水資源利用效益，向新加坡看齊。

• 評比指標「自來水漏水率(%)」

水資源面向的另一個指標為「自來水漏水率」，因受限於資料來源，臺灣漏水率的統計僅能依臺灣自來水公司的區處別(供水管轄範圍)予以區分，因此除了臺北市、臺南市為獨立的漏水率資料以外，本市漏水率的計算範圍涵蓋南投縣；高雄市的計算範圍涵蓋屏東及澎湖；而新北市則分為「基隆及新北市北部」及「新北市南部」。

在「自來水漏水率」這個指標的表現上，臺灣五都中，以臺南市的13.20%表現最好，其次為高雄市的18.6%，再次為臺北市的22.0%；本市漏水率29.8%僅優於新北市的34.8%。

與亞洲績優綠色城市比較，除了香港的漏水率達21%以外，其他城市的漏水率大多低於10%，如東京的3.1%、新加坡的4.6%、橫濱的5.5%、大阪的6.9%、首爾的7.0%。而亞洲22個城市漏水率的平均值為22.0%，也較本市及新北市的漏水率低。由此可見，臺灣在漏水率上仍有許多需努力加強之處。

依據臺灣自來水公司針對「漏水率」的定義，「漏水率」即無效水量(含不明水量)。但不包括可計數水量(如抄見水量)及未計收水量(如水錶不感度、違章竊水、消防用水及工程事業用水等量)。漏水的產生因素大致為：管線接頭縫過大、破管或爆管、管線老化腐蝕現象、消防栓及閘栓閉鎖不牢、道路施工挖掘、交通運輸超載。其所提出之減少漏水措施包括：加強管線汰換、選用優良管種、加強巷道給水管整合、加強檢修漏、積極實施小區管網、加強配水量及水壓管理等。

在臺灣，自來水雖屬自來水公司之權責，與地方政府較無關係，不過藉由亞洲績優綠色城市的施政作為仍可提供借鏡之處，以期改善臺灣嚴重的自來水漏水問題。

➤ 東京

東京是目前亞洲績優綠色城市中自來水漏水率最低的城市，但在二次世界大戰時期，東京的自來水管線受到嚴重破壞，當時漏水率高達80%，1945年起開始汰換老舊漏水管線以致力於降低漏水率，並導入「巡迴調查作業」。之後於1970年代導入「篩選測量作業法」（小區計量表及最小流量測定法），不僅大幅降低因巡迴調查的測漏方式所需耗費的大量人力，測漏率也大幅提升。同時，也因配合使用電磁流量計、自動記錄器及高精度漏水偵測器等儀器，提高漏水發現率。經過50年努力投資數千億經費，1995年漏水率已降低至9.3%，在2008年已汰換98%的老舊管線，因此2009年漏水率已降至3%（許培中，2007；彭伊呂、潘永生，2008；唐永青，2011）。

東京都水道局每10年閘栓巡查維護一輪，幾乎100%可正常使用，而臺灣臺北自來水處之閘栓巡查雖然更密集，尤其大口徑每6個月即巡查一次，但埋沒及故障卻達1/3以上，究其原因是巡查維護工作未落實及未能隨報隨修所致，建議可採專案方式辦理以提升緊急修復（彭伊呂、潘永生，2008）。

此外，東京都水道局之給水站共有38處，每處供水系統及電力系統均設計2套以確保正常供水，另東京為地震頻繁地區各配水池隨時保持最少1/3之容量以備緊急狀況發生時使用。在水質監控方面，東京都水道局共設置45個水質監控站，隨時將水質資料傳回（彭伊呂、潘永生，2008）。新加坡公用事業局則成立污染監視小組，執行例行的野外勘測來監視及阻止在集水區傾倒廢物等污染活動。另外，每日由公用事業局中央供水檢驗室檢驗從原水的水源、淨水廠、淨水庫、配水網路及客戶處抽取的樣本，通過這些日常的監測，確保了供水符合世界衛生組織所發佈的規範。

➤ 橫濱

橫濱在水質淨化與保育均相當用心，建設中的水質淨化場，不但是全日本最大，更採用創新的「陶瓷奈米過濾薄膜技術」來加強推動中的「橫濱好水計畫」，淨水廠的電力也採用水力及太陽能等乾淨能源。橫濱市水道局不但致力於涵養水源地（道志川保育森林）、善

用公關活動積極和大眾溝通、亦號召民眾熱心參與國際合作，協助改善非洲的水質環境。經過長期推動，橫濱的自來水也可生飲，並包裝為瓶裝水公開販售(唐永青，2011)。

六、「衛生設施」面向

在衛生設施面向，「2011 亞洲綠色城市評比」採用兩項指標「衛生設施普及率(%)」及「污水處理率(%)」。因研究者無法於臺灣之相關統計資料中找到與「衛生設施普及率」較為相符的資訊，因此在此面向上，研究者僅採用「污水處理率」這個指標與亞洲績優綠色城市進行比較。

• 評比指標「污水處理率(%)」

以「污水處理率」而言，臺北市及新北市的表現最優，臺北市已達100%、新北市則為98.8%，其次為高雄市的75.9%，本市的38.8%僅優於臺南市的34.0%。

與亞洲績優綠色城市相較，除了香港的污水處理率為98%、首爾為82%以外，其他亞洲績優綠色城市的污水處理率都已達到100%。而亞洲22個城市「污水處理率」的平均值也有達到60%。臺灣五都中，除了臺北市與新北市的污水處理率可達到亞洲績優綠色城市的水準，高雄市超過亞洲22個城市的平均值以外，本市與臺南市的污水處理率都需要再積極加強，才可邁入所謂的綠色城市之列。

新加坡及日本的東京、大阪及橫濱之污水處理率均已達到100%，以下將參照亞洲績優綠色城市的施政作為。

➤ 新加坡

新加坡是一個水資源匱乏的國家，因此積極地保護他們的集水區。新加坡政府在策劃新的供水發展計畫時，要評估現有的環境條件，嚴厲管制與供水計畫不相稱的作業，控制新的作業，保護集水區以確保原水的水質，包括立法、管制土地的應用、徵用土地、遷徙非法住戶和反污染等，例如：將有污染工業和有潛在污染的工業安置在非集水區；禁止在集水區內設立養豬廠及飼養有蹄動物；在蓄水池的周圍建立綠化帶；當發展新鎮公共組屋時，建築物的密度

必須受到限制等等。

新加坡政府除了執行反污染管制外，還管理新加坡污水系統，污水處理廠將污水處理到符合標準的水質後排入大海，針對工廠、居住區、商業區，都有詳細的排污規則，並按時進行升級和改進，具體作為如下：

1. 如果工廠排出的污水不符合所規定的標準，其必須建立自己的污水處理廠；
2. 所有的建築物必須裝置現代化的衛生設備；
3. 所有住宅區內的溝渠都必須加蓋；
4. 更新垃圾蒐集中心及垃圾槽的設計，以減少污水的洩漏；
5. 更改組屋樓下地面傾斜度，以利清洗地面後的水能夠排入污水管；
6. 在建築工地實行各項控制污染措施；
7. 將小販遷移到有完整廢物排放設施的小販中心或場所。

新加坡為了儲備城市未來所需的水源，新加坡採用「深層污水隧道處理系統(deep tunnel sewage system)」以傾斜角度設計集水隧道「同流合污」，並輸水到樟宜水資源回收廠進行處理，回收廠採國際標準，每天處理高達80立方公尺的污水，污水淨化處理後部分放流大海，部分則成為可飲用的新生水（唐永青，2011）。

➤ 日本

污水下水道建設為基礎公共建設，可有效維護河川水質清淨，改善環境衛生，進而創造優質居住環境。日本自從1900年下水道法公布施行以來，積極地推展水污染防治工作，以確保環境水質。2004年12月底全日本之下水道處理人口普及率已高達68.1%（黃進興、黃文祥，2006），大城市的污水處理率如本研究的東京、大阪、橫濱都已達到100%，因此日本的污水下水道政策具有借鏡及參考的價值，以提供作為本市及臺灣未來施政的參考。

1. 回收再生水

日本在污水下水道資源回收作法非常具有遠見，污水處理廠所得之回收再生水，除了提供廠區操作維護用水及消防用水等外，亦

提供公園道路、街道樹木、花草之澆灌系統使用，且部分回收為可以生飲之自來水，以節省水資源之浪費，因此在日本大部分污水處理廠已改稱為「水再生中心」。

2. 污水處理廠地下化

「污水處理廠」在臺灣屬於「鄰避設施」，而所謂的「鄰避設施」係在公共設施的項目中有部份設施具有「服務廣大地區民眾，但可能對生活環境、居民健康與生命財產造成威脅，以致於居民不希望設置在其住家附近」的特性，此即鄰避設施（NIMBY，Not-In-My-Back-Yard）（李永展，1999）。

日本都會區之水再生中心（即污水處理廠）大多坐落於人口稠密市區，用地取得不易。為爭取附近民眾認同及減少抗爭，因此在水再生中心之規劃階段時，均朝多目標使用方式設計，亦即主結構槽體採地下多層次興建外，同時地面上以公園化設計，並闢建市民活動開放空間及設置休閒娛樂、運動設施等多功能目標，使日本國民多已改變對污水處理廠之惡臭、髒亂觀感。本市或臺灣未來對於污水處理廠的規劃興建，亦應朝美綠化、公園化、開放空間及運動設施等多目標方式設計，以增加市民的接受度。

3. 增進民眾對污水下水道工程之支持

為使民眾了解污水下水道之重要性，並建立民眾對下水道工程之支持，日本下水道機關採取措施有：(1)邀請民眾參觀下水道建設，舉辦公聽會，並聽取民眾建議意見。(2)大量印製宣導海報、利用新聞媒體宣導。(3)將下水道建設效益等基本知識，列入小學校外教學課程。(4)配合活動辦理徵文、繪畫、標語比賽活動，一則宣揚政府之施政政績，再則有利於教育民眾。污水下水道的建設成效並非立竿見影，因此民眾無法感受其對於生活環境的重要性，日本的宣導策略值得本市學習。

4. 污泥資源化的利用

污水處理廠在污水處理過程中，必然會產生污泥，因此不論是堆肥、焚化、熔融等中間處理方式，皆須考量其產物的量及出處。至於污泥資源化的利用(如污泥肥料、污泥透水磚、熔渣骨材等)，也應有相關法令配套管理，以避免衍生新的環保公害。日本在污泥資

源回收方面，肥料之製作及污泥焚化後之建材替用品之研發，為污泥資源回收，建立起新的環保商業價值，非常值得我們效法。

5. 使用者付費的原則

以日本都會區的標準家庭污水量使用費率而言，每噸平均僅約為100日圓，負擔不重。基於目前政府財政困難，臺灣未來為能有效推動下水道建設，仍需藉由明確政策與法規，在落實「使用者付費」原則的同時，亦須提供民眾合理、低廉的收費標準，方能順利推展下水道建設。

6. 促進民間參與公共建設

基於政府財政困難及促進民間參與公共建設，下水道之興建營運管理業務，委託民間業者辦理將是政府必須面臨的課題。為提高其品質管理，政府部門應制訂管理與監控機制，除評選「財務健全」(financially stable)、「具有相關經驗」(experienced)以及「能提供足夠能力」(ability)之業者加入甄選外，亦應訂定品質手冊及規劃設計、施工、管理及營運各階段之品質作業程序(黃進興、黃文祥，2006)。

七、「空氣品質」面向

根據 2006 年世界衛生組織報告，在大多數亞洲城市裡，空氣污染仍是影響健康和生活品質的最大威脅。儘管各國政府努力防治汽車排廢氣量，但報告指出，這項努力仍敵不過汽車增加的數量，而都市化也加速了車輛和能源排放廢氣的速度和程度，這是亞洲城市所面對的威脅，惟有加強空氣品質管制才是有效對策(新聞報導，2006)。

在空氣品質面向，「2011 亞洲綠色城市評比」採用三項指標「每日二氧化氮濃度(微克/每立方公尺)」、「每日二氧化硫濃度(微克/每立方公尺)」及「每日懸浮微粒濃度(微克/每立方公尺)」。

其中二氧化氮及二氧化硫兩項指標於行政院環保署統計資料中的單位為「ppm」，研究者為與其他亞洲績優綠色城市比較，將單位轉換為「微克/每立方公尺」。

• 評比指標「每日二氧化氮濃度(微克/每立方公尺)」

以「每日二氧化氮濃度」而言，本市與高雄市相同，每日二氧化氮濃度為 37.0 微克／每立方公尺，為國內五都第二高，表現最優者為臺南市的 28.8 微克／每立方公尺，其次為新北市的 34.9 微克／每立方公尺，而臺北市以 47.2 微克／每立方公尺表現最差。

與亞洲績優綠色城市相較，亞洲績優綠色城市以南韓首爾的每日二氧化氮濃度最高，高達 71.4 微克／每立方公尺；新加坡的每日二氧化氮濃度最低，僅有 22 微克／每立方公尺，表現最佳。臺灣五都除了臺北市的濃度較高，其餘四都的每日二氧化氮濃度與亞洲績優綠色城市相差不多，但比起最優的新加坡仍遜色不少，因此在空氣品質的管理上仍需向新加坡看齊。亞洲 22 個城市「每日二氧化氮濃度」的平均值為 47.0 微克／每立方公尺，臺灣五都除了臺北市與之相差不多，其餘四都都優於平均值。

由上述分析可發現新加坡的每日二氧化氮濃度最低，可進一步探究新加坡的施政作為，作為本市未來之施政參考。

• 評比指標「每日二氧化硫濃度(微克/每立方公尺)」

以「每日二氧化硫濃度」而言，本市與臺北市相同，每日二氧化硫濃度為 8.6 微克／每立方公尺，為國內五都最低，表現最優；其次為新北市與臺南市的 11.4 微克／每立方公尺，而高雄市以 17.1 微克／每立方公尺表現最差。

以臺灣五都與亞洲績優綠色城市相較，東京的每日二氧化硫濃度僅有 5.7 微克／每立方公尺，是亞洲績優綠色城市中表現最優的，其次為新加坡的 9.0 微克／每立方公尺；首爾則以 17.2 微克／每立方公尺，表現最差。臺灣五都中，本市及臺北市的每日二氧化流濃度略差於東京、但略優於新加坡，可達亞洲績優綠色城市之水準。其餘三都，尤其高雄市的每日二氧化硫濃度偏高，有待加強改善。亞洲 22 個城市「每日二氧化硫濃度」的平均值為 23.0 微克／每立方公尺，均大幅高於國內五都與亞洲績優綠色城市。

由上述分析顯示，日本東京在此指標的空氣品質表現顯著較好，可進一步深入了解其施政作為，作為本市未來之施政參考。

• 評比指標「每日懸浮微粒濃度(微克/每立方公尺)」

隨著工業發展及都會區車輛密度的增加，都會區的空氣品質明顯受到衝擊，其中又以懸浮微粒及臭氧的污染情況最為嚴重。「懸浮微粒」是指懸浮在空氣中的細小顆粒，其來源可分為自然產生及人為排放兩類，前者如火山爆發、森林火災、海水飛沫、生物作用等；後者則以工業污染及車輛廢氣為主。自然產生的懸浮微粒早已存在於環境中，是生態系統運作的重要環節之一，但是人為污染所產生的懸浮微粒卻是生態系統的入侵者，對於環境的影響十分廣泛，包括將使得地表的太陽輻射減少；影響大氣層的能量平衡；降低大氣能見度；以及威脅人類及生物的健康(周崇光，2010)。

為了保護民眾健康，世界各主要國家都對大氣環境中懸浮微粒的濃度訂有空氣品質標準，但是在懸浮微粒的「粒徑」上卻有不同的進程。早期的空氣品質標準是以空氣中「總懸浮微粒」為管制基準(我國目前仍訂有此標準)，之後改成以「可吸入性」(inhalable)的微粒做為管制標的，以「空氣動力等似直徑(Aerodynamic Diameter)小於或等於 10 微米的粒狀物質量濃度」訂定空氣品質標準，此即目前國際上普遍採行的 PM10 標準。本研究採用的「每日懸浮微粒濃度」即使用 PM10 的標準。依據我國的 PM10 年平均濃度的標準為 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，日平均濃度的標準為 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；世界衛生組織(WHO)空氣品質指引建議之 PM10 年平均濃度的標準為 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，日平均濃度的標準為 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (周崇光，2010)。

另一方面，有許多研究明確指出懸浮微粒的健康危害主要是由粒徑顯著小於 10 微米的細小微粒所造成，PM10 標準仍無法充分保障民眾的健康，美國環保署因而於 1997 年在其空氣品質標準中增訂了「細懸浮微粒」的濃度規範，「細懸浮微粒」的科學定義為「空氣動力等似直徑小於或等於 2.5 微米的粒狀物」，也就是通稱的 PM2.5。目前已有美國和日本將 PM2.5 納入國家空氣品質標準之中，但是在保障民眾健康的共識之下，以「細懸浮微粒」為重心的空氣品質管制策略已經逐漸成為國際趨勢(周崇光，2010)。

以「每日懸浮微粒濃度」而言，臺灣五都呈現愈往南、濃度愈高的現象，臺北市及新北市最低，分別為 45.4 微克/每立方公尺及 42.0 微克/每立方公尺，其次為本市的 55.6 微克/每立方公尺，臺南市及高雄

市則較高，為 69.8 微克／每立方公尺及 73.8 微克／每立方公尺。

若與亞洲績優綠色城市相較，除了新加坡的 56.0 微克／每立方公尺及首爾的 55.0 微克／每立方公尺、香港的 47.0 微克／每立方公尺較高以外，日本東京、大阪及橫濱的每日懸浮微粒濃度都低於 36.0 微克／每立方公尺。本市的每日懸浮微粒濃度明顯高於亞洲績優綠色城市，有待加強改善。而亞洲 22 個城市「每日懸浮微粒濃度」的平均值為 108.0 微克／每立方公尺，均大幅高於國內五都與亞洲績優綠色城市。

以整體空氣品質而言，臺灣五都中，各城市在三項指標的表現上互有優劣；而亞洲績優綠色城市中，則以日本東京在三項指標表現均優，新加坡除了「每日懸浮微粒濃度」較高以外，其他兩項指標也都是超越其他亞洲績優綠色城市。而韓國首爾在三項指標表現均差，是亞洲績優綠色城市中，空氣品質較差者。

因此，本研究將進一步探究新加坡及東京的空氣品質政策，以作為本市施政參考。

➤ 新加坡

新加坡的裕廊島石化工業區成功擴建，卻擁有比臺灣更乾淨的空氣品質。原因在於新加坡對於空氣品質嚴格把關，預計到2014年針對所有計程車、2020年針對所有公共汽車全面施行歐盟4號排放標準，對工業排放也定期檢查，並對超出標準者處以罰鍰(唐永青，2011)。

其空氣品質政策的主要目標包括：

1. 以整年度來看，85%時間的空氣品質維持在「好」的狀態，另外15%時間則維持在「中等」。
2. 在2014年前降低空氣中的粒狀污染物，達到 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

其策略包括：

1. 減少污染排放物：根據推動工業污染減少的議題，新加坡的環境及水資源部在土地分區計畫中考量污染控制並設定管理工廠的污染排放。
2. 降低可移動污染源的溫室氣體排放量：對於新交通工具管制溫室氣體排放量，對於舊交通工具進行檢驗與監控，以控管溫室氣體

排放量。

3. 獎勵措施：例如綠色運輸工具折扣計畫來增加乾淨的/綠色的運輸工具。

➤ 東京-首都圈柴油車管制規範

在空氣污染方面，隨著汽車交通及柴油車輛廢氣增加，東京大氣層中二氧化氮的濃度及懸浮粒子含量，在達至環境質素標準率方面，成績並不理想。例如於2003年，在34個車輛廢氣量度站中，符合二氧化氮環境質素標準的有18個。至於懸浮粒子方面，則在34個量度站中，只有4個符合環境質素標準。因此，東京市政府於2003年10月起，與8個縣市合作，帶頭實施柴油車輛廢氣管制計劃。

1. 大貨車與大客車等柴油車加裝微粒子除去裝置(濾煙器)之義務

依據東京都公害防止條例之修正案，在都內通行之大型客貨車，若無法改裝為汽油車者，則必須加裝濾煙器，去除效率在80%以上。此一措施在歐洲2005年，以及美國2007年以後的新車同時也將實施。

2. 柴油車輛若無法符合同級汽油車之排放標準，將限制於都會區內使用

依據東京都公害防止條例之修正案，在一定之緩衝時間之後，將以汽油車與LPG車輛之氮氧化物排放標準為標準，要求相同等級之柴油車遵守，若無法合格者將限制於都內使用。

3. 促進使用低公害機動車輛

一定規模以上之事業者，必須提出「東京都指定低公害」使用計畫以及實績報告，同時車輛銷售業者，也必須提出低公害車輛銷售實績報告，以符合東京都公害防止條例之修正案之要求，此外也將積極推動低公害車用燃料(包括壓縮天然氣、液化天然氣、液化石油氣等)標準的配套計畫、價格優惠偶補助方案等，以促進低公害車輛的普及率。

4. 車輛環境相關環境資訊公開說明之義務

未來東京都將會把車輛相關之環境資訊提供給大眾，以供使用者在選購時之參考，項目包括能源消耗與二氧化碳排放情形、廢氣

排放濃度與是否符合標準、冷煤是否破壞臭氧層、鉛使用量、廢車可分解比例、再生材質使用比例以及車外噪音等因素。

5. 輕油優惠稅率制度修正

東京都與全國大都市自治體將共同訂定輕油優惠稅率，稅前雖柴油較汽油便宜4.5日元，經稅後柴油則較輕油貴17日元，應可造成差價推動汽油車之使用。

6. 輕油含硫份持續降低之長期預告

2007年時，柴油車車排放廢氣新長期規制實施前，汽車製造商也要有所因應，目前輕油中含硫份500ppm，未來將降到50ppm，石油業及相關產業應予配合。依據估算，石油業將必須投資5,000~6,000億日元，預計要十年來回收此一投資成本。由於油品改善為一既定的政策與方向，經網際網路上的廣泛討論，未來日本將仿照美國加州率先公告此一新的含硫基準，切實履行。

7. 按最新東京都內車行型態修正車輛排氣檢測方法

由於東京都內的車行型態有別於法規中所訂之基本車行形態，平均車速較慢，因此估計平成六年氮氧化物濃度相對於平成元年的削減量與實際削減量比較結果發現，原本預計皆要削減17%，結果中型車只削減7.1%，大型車削減3.9%，造成此一差異的原因即為車行形態的差異。為校正此一誤差，避免因錯誤的車行速度造成減量的錯覺，因此未來將依照東京都實際的車行型態進行排氣測試。

8. 強化車檢制度中有關黑煙與環境方面之檢測

除貫徹強化現有車檢制度中，關於黑煙與環境方面之檢測外，亦邀請居民參與黑煙監視制度以強化體質。未來也將參照美國加州的黑煙通報制度，對於民眾陳情之烏賊車召回檢測，改善情形則回報陳情民眾。

9. 確立長期燃料電池車之策略

東京之清潔空氣計畫中，將下一代燃料電池車當作自動車公害的長期策略。經由氫氣與氧氣結合所造成的電池反應，燃料電池車並無任何廢氣排放的問題，是目前認為最乾淨的機動車輛。目前世界各大車廠紛紛投入設計與競賽，預計在2004年前後可以開始量產上市，除將取代都民的交通以外，對於都會區間的貨物運輸，也

將考慮擴大海上運輸與鐵道運輸部門的容量，以降低柴油車輛的使用。(黃莉琳、楊梅華等，2004)

肆、研究建議

一、立即可行建議

1. 加強空氣維護與交通宣導

可參考新加坡「綠色交通指南」之手冊內容，於大型公開活動邀請專業人員，教導有車族如何定期維修車輛、選擇機油、確保發動機順暢運作、不要超速駕駛等良好駕車習慣，有助減少汽車油耗，為環保做出貢獻。

2. 補助購置電動車及廣設充電站

目前本市正在推行電動車試行計畫，並將電動車應用於公務車及巡邏車等，為了普及於一般民眾或企業，可參考日本東京及大阪的做法，東京以中小企業為對象，補助與普通汽車差價的四分之一，以減低企業購置電動車的金額。而大阪則補助計程車業者購置、於地鐵車站設置電動計程車專用停車位、提供停車及通過ETC之優惠，以增加誘因。另一方面，這兩個城市也都廣設充電站/器，增加民眾使用電動車的便利性。

3. 推動環境綠色植栽

本市規定於建商於建築工地外牆需種植綠色植栽，以降低建築營造過程對於環境排放二氧化碳的傷害，這也是全國創舉之作法。

進一步而言，可參考新加坡於大街小巷、停車場、過街天橋、辦公大樓等栽種攀援植物，或參考東京的綠屋頂政策，建請中央透過稅賦減免方式，或由本市編列經費提供獎金誘因等優惠政策，鼓勵開發商、建商及民眾在大廈的垂直面積、屋頂種植密集的綠色植物，以提升本市人均綠地面積，打造綠意盎然的都市。

4. 設立專款基金鼓勵綠化

透過設立專款基金（如：新加坡「花園城市基金」）方式建設垂

直綠化設施，資金來源可透過鼓勵開發商、建商或其他贊助者提供。鼓勵綠化方面，建議參考新加坡「錦簇社區」計畫，設立鼓勵獎項，並印製手冊或宣傳品，聘請專業植栽人員協助本市居民建立「社區花園」，亦可同時幫助居民選擇合適地點，由當地社區學校師生共同參與栽種，落實環境教育。

5. 研議汽車星期制，減少二氧化碳排放

韓國首爾的「汽車星期制」，周一到周五中選定一天為汽車休息日，出門不駕駛汽車，以有效節約能源。本市可從一年選定一天為汽車休息日到縮短期程為一個月、一週，以循序漸進的方式，降低對民眾的不便。另可參考首爾的優惠措施，如減免汽車稅、降低保險費、提供停車減免等，以增加民眾參與的誘因。

6. 落實垃圾分類、推動垃圾減量

日本橫濱嚴格且詳細的垃圾分類措施以及新加坡的包裝協議值得本市參考，以降低垃圾的產生量。

包裝協議部分，可與民間企業協議降低產品包裝之方式，或鼓勵設計環保產品，效法「新加坡包裝協議」方式簽署協定，並負責監督實施方式。環保宣導部分，在推動前開協議的同時，可與企業合作進行宣傳活動，提高消費者對環保包裝產品的接受程度。

7. 研發廢棄物資源再利用

新加坡將廢棄廚餘變成沼氣可用於發電，殘渣還可作為堆肥的有機泥土，垃圾灰燼則可用於鋪路，經過研發再利用，一方面減少處理廢棄物的費用，另一方面落實節能環保之政策。

本市可研議透過與大學或相關科技公司以學術研究及技術交流方式，共同研擬廚餘發電或垃圾灰燼再利用的處理機制，研究成果提供本市運用。

8. 鼓勵企業設置節水措施及落實節水教育宣導

建議參考新加坡以專案投資補貼企業、提供分期付款或抵押貸款等計畫方式，協助企業購置節水設備。水資源教育方面，可參考新加坡設置水資源教育館或於大型活動辦理節約用水教育宣導。

9. 污水處理廠地下化及增進民眾支持

日本都會區之污水處理廠多為地下化設計，同時地面上以公園化設計，增加民眾之接受度。本市或臺灣未來對於污水處理廠的規劃興建，亦應朝綠化、公園化、開放空間及運動設施等多目標方式設計。再者，為增進民眾對下水道工程之支持，也可效法日本的做法，舉辦公聽會、印製宣傳海報、列入中小學環境教育課程等。

10. 推廣污水下水道使用者付費概念

日本都會區的標準家庭污水量使用費率，每噸平均僅約為100日圓。基於臺灣目前政府財政困難，未來若要有效推動下水道建設，可參考日本作法，落實「使用者付費」的原則，在合理、低廉的收費標準，方能順利推展下水道建設。

二、長遠性建議

綜觀前述亞洲綠色城市推動的各項減碳策略可知，一個城市要走向真正的低碳發展，除「永續規劃與設計」的基礎觀念是必備要件外，借助智慧化工具，如資通訊等系統之開發，發揮能源使用，以至整體安全醫療服務等的永續智慧，推動成為「智慧生態城市」更是熱門議題與未來趨勢（陳淑如，2012）。

1. 積極建構本市成為「智慧生態城市」

為迎接「智慧生態城市」議題發展的關鍵趨勢，各項市政建設的「智慧化」和「永續」將是未來城市進步的兩大必要條件。基此，為持續提高營運效率以及建設發展，本市積極參與全球智慧社群論壇(Intelligent Community Forum, 簡稱ICF)「智慧城市」評選，並屢獲佳績，如：本市於2011年入選「全球21大智慧城市(SMART21)」，

更於2012年榮獲「全球頂尖7大智慧城市(TOP7)」，顯見在建構智慧城市的資通訊應用成果已具備相當基礎。

本市在已具備「智慧城市」發展基礎的條件下，除賡續透過專業的培訓機構提升人才及產業區域創新，結合產學訓聯盟和創新育成中心聯盟，有效吸引人才及資金挹注之外，建議可結合推動低碳城市各項行動計畫，朝向「智慧生態城市」的目標而邁進

雖說目前世界對於智慧生態城市尚無明確定義，不過各城市的發展目標是相同的，亦即利用最新的技術，建設徹底實現能源利用的高效率和節能，如：導入IT技術，以輸送及管理效率高的智慧電網來提高電力的利用效率、使用太陽能電池等再生能源減輕環境負荷；透過使用混合動力車及電動汽車等電動車輛的運具及運輸系統規劃，實現低碳化排放。同時還注重解決用水管理以及盡可能地減少垃圾和廢棄物的產生。欲實現這些目標，更需要在智慧生態城市中，讓各種產業緊密相連，並採用大量的最新技術(陳淑如，2012)。

2. 培養市民低碳理念，形成低碳生活方式

低碳城市建設，重要的是將低碳城市建設理念深入人心，使市民養成一種良好的低碳生活習慣，形成一種良好的低碳生活方式。發展低碳經濟、建設低碳城市，除取決於低碳技術的開發和應用之外，生活和消費方式的轉變，同樣可以對溫室氣體排放產生重大的影響。聯合國環境規劃署(UNEP)發佈的《改變生活方式：氣候中和聯合國指南》指出，「消除碳依賴或許比想像的更加容易，人們只需要採用氣候友好的生活方式，這既不會對各自的生活方式產生重大的影響，也不需要做出特別大的犧牲」。

因此，低碳城市建設，必須將低碳理念引入到市民生活的衣、食、住、行等各個方面，推進城市生活低碳化。所謂「低碳生活」，是指生活作息時所耗用的能量儘量減少，從而降低碳排放；儘量減少使用消耗能源多的產品，從而減少對大氣的污染，減緩生態惡化。

本市在各項建築物的建設中，可朝向推廣利用太陽能，儘可能利用自然通風採光，選用節能型取暖和製冷系統；選用保溫材料，宣導適宜裝飾；家庭宣導方面，建議推廣使用節能燈和節能電器，

在不影響生活品質的同時，有效降低日常生活中的碳排放量；在交通運輸方面，鼓勵市民短距離步行，長距離多採用公共交通工具，減少運輸工具空駛率；加強智慧管理系統建設，加強電力和清潔能源在交通工具中的使用。

3. 完善的低碳財務規劃政策

發展低碳策略，完善的財務規劃也是非常重要的一環，如何以最節省的資源創造出最大的經濟效益，是成功與否的一個重要關鍵。如：在本市人口密集交通網絡發達的地區推廣共乘，利用現有的條件，能讓單位運具的載客量達到最大，所付出的成本也能降到最低；反之，在人口稀少交通不發達的城市，除了要付出龐大經費建立交通網絡外，還必須考慮到民眾使用率。

除了交通規劃外，在能源政策、廢棄物管理、都市發展形態、公共設施及土地利用上，建議都應有相同的思維，以最少的成本創造出最大的效益。

參考文獻

壹、著作部份

2011 城市環境協議光州高峰會出席會議報告(2011)。未出版，臺北市。
王雅楠、袁亮(2011)。聯合國人居署研討全球城市化挑戰，取自：

http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/news.xinhuanet.com/world/2011-04/12/c_121292186.htm

立法會秘書處(2006)。東京的環境問題，取自：

<http://www.legco.gov.hk/yr05-06/chinese/sec/library/0506in30c.pdf>

行政院環境保護署(2010)。專題：推動低碳示範社區建構。環保政策月刊，9，1-8。

林素琴(2011)。日本大阪府導入電動車示範運行之規劃，產業評析，8，1-4。

林冠嘉、張莉茹、周林森(2010)。低碳城市成功因素剖析。綠基會通訊，7，1-8。

李永展(1999)。鄰避設施設置之研究—環境正義觀點。國科會研究計畫成果報告，NSC88-2415-H-004-025。

周崇光(2010)。「細懸浮微粒」：空氣品質管理的新重心，中央研究院電子週報第271期。

許培中(2007)。淺談日本東京都漏水防制對策之演進(1945-2007)，台灣區水管工程工業同業公會第33次技術研究發展委員會。

涂智益(2006)。日本在綠屋頂上的努力。2012年6月10日，取自：

<http://www.hsiliu.org.tw/shin/greenhouse/greenhouse07-1.htm>

唐永青(2011)。亞洲綠色城市評比—臺北僅次新加坡。臺北產經，5，46-53。

陳琳樺(2012)。高雄市環境保護局城市溫室氣體合作減量機制研析與推廣計畫—2012年東北亞參訪成果報告書，未出版，高雄市。

陳淑如(2012)。從智慧綠建築到智慧生態城市。2012年8月10日，取自：<http://www.ils.org.tw/intelligent/index.aspx>

曾祐強、鄭凱文(2011)。全球主要國家電動車示範運行推動現況。車

輻研測資訊，85。

黃莉琳、楊梅華（2009）。參加 C40 首爾氣候變遷博覽會，臺北市政府環境保護局出國報告書。

黃莉琳、楊梅華、廖淑珠（2004）。日本移動源管制策略及營建工程污染管制措施考察，臺北市政府環境保護局出國報告書。

黃進興、黃文祥（2006）。日本下水道相關建設報告書，行政院第三組出國報告。

彭伊呂、潘永生（2008）。赴日本考察供水調配及水壓管理心得報告，台北自來水事業處出國報告。

郭敏華（2007）。台灣垃圾強制分類政策的成效實證分析，國立政治大學財政學研究所碩士論文。

國家文官學院第 2 期績優學員海外研習營成果報告（2010）。

The Economist Intelligence Unit. (2011). Assessing the environmental performance of Asia's major cities. *Asian Green City Index*, 3-123.

貳、新聞報導部份

「一個城市，改變臺灣」，臺中市獲選為中區低碳示範城市（2012 年 7 月 2 日）。臺中市低碳城市建構專屬網頁。2012 年 7 月 30 日，取自：
<http://taichung.sambacode.com/post/>

汽車“星期制”無線識別系統(2006 年 2 月 20 日)。首爾市官方網站。2012 年 8 月 2 日，取自：
http://tchinese.seoul.go.kr/gtk/news/news_view.php?idx=4827&cPage=254

走訪新加坡實馬高垃圾島(2009 年 09 月 12 日)。新華網。2012 年 8 月 2 日，取自：
http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/news.xinhuanet.com/world/2009-09/12/content_12038978.htm

首爾市增加「氫燃料電池發電廠」以備停電時穩定供電（2012 年 6 月 25 日）。首爾市官方網站。2012 年 8 月 1 日，取自：
http://tchinese.seoul.go.kr/gtk/news/energy_view.php?idx=18377

提高城市現代化管理水平（2011 年 10 月 24 日）。長陽土家族自治縣住

房和城鄉建設局。2012年2月15日，取自：

http://jsj.changyang.gov.cn/art/2011/10/24/art_602_68205.html

新加坡是如何成為「亞洲最綠色城市」的？(2011年2月27日)。新華網。2012年1月3日，取自：

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:k-fby3Ia-t0J:news.xinhuanet.com/world/2011-02/27/c_121126058_4.htm+&cd=1&hl=zh-TW&ct=clnk&gl=tw

新加坡把廚餘變黃金，收集可發電(2009年3月30日)。TVBS網站。2012年8月2日，取自：

<http://tw.myblog.yahoo.com/ccjhs-jay/article?mid=1094&next=1066&l=f&fid=15>

聯合國：台北名列空氣品質管制能力最佳城市(2006)，取自：

<http://www.epochtimes.com/b5/6/12/17/n1559941.htm>

聯合早報：包裝協議是環保新動力(2007年6月7日)。聯合早報網站。2012年8月2日，取自：

<http://www.chinareviewnews.com/doc/1003/8/3/3/100383367.html?coluid=61&kindid=1290&docid=100383367>

環保新招 新加坡將以垃圾灰燼鋪路(2003年2月26日)。大紀元網站。2012年8月2日，取自：

<http://www.epochtimes.com/b5/3/2/26/n280034.htm>

韓國首爾推出無線充電電動車(2010年3月17日)。i Business Home DIY企業部落格。2012年8月1日，取自：

http://www.ihomediary.com.tw/?old_id=%202352%20&p=news&Gtit=%C1%FA%B0%EA%AD%BA%BA%B8%B1%C0%A5X%B5L%BDu%A5R%B9q%B9q%B0%CA%A8%AE

韓國首爾如何破解交通擁堵難題：

http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/news.xinhuanet.com/fortune/2011-04/02/c_121261650_2.htm