

研析工業與製造業城市推動之低碳措施

摘要

彙整分析國外工業城市推行之減緩策施，指出工業城市多透過建築能源效率、設備與交通等三面向進行改善，並由文獻回顧發現應透過以特定主軸推動措施強化由上而下與由下而上的垂直溝通、以及水平的政府與民間跨部門合作以彙整運用相關資源、透過持續衡量與評估各城市表現與國際組織等合作方式，強化城市之減緩策略。

一、背景

今年 4 月 8 日至 12 日由首爾舉辦的 2015 國際地方永續發展組織(International Council for Local Environmental Initiatives, ICLEI)世界大會，與會 204 個成員城市的市長共同簽署「首爾宣言」，強調會員城市將透過各種行動目標和政策，共同建構永續城市的未來，這項宣言也將成為 ICLEI 2015 至 2021 年的策略目標。ICLEI 於 1990 年成立，3 年舉辦 1 次年會，今年邁向第 9 屆，其集合全球地方政府共同為永續發展的城市未來、低碳城市、環境友善的移動城市等議題，提出解決辦法與策略互相交流。我國共有 11 個縣市為 ICLEI 會員，此次共有 6 個縣市率團出席參與盛會，分別為臺北市、新北市、臺中市、臺南市、高雄市及屏東縣。

今年宣言強調「將透過整合人力驅動、環境友善、和公共或共享運輸的城市設計促使公民更平等使用城市的方式，優先處理都市移動情況，並擴大與加強低碳運輸聯盟(EcoMobility Alliance)」(ENS, 20115)。而我國高雄市政府提出高雄的行動和願景，包含整合公車、捷運、輕軌捷運、公共腳踏車等整體交通策略，並訂定 2020 年減碳 20%、2050 年達到 50%的目標。新北市則推廣與建設大眾運輸、鼓勵使用綠色交通工具如電動機車、電動車、公共自行車等方式，並將

「電動車」列為重點發展產業，持續推動電動車普及化；台北市則規劃 2050 永續願景：經濟面(便捷智慧網路、推動綠色消費)、環境面(生態城市、田園城市、先進節能城市)及社會面向(開放政府、公民參與、安全公義社會)(汽車日報, 2015)。

本文將先回顧城市在全球溫室氣體排放與經濟的重要性，並整理實務面上多數城市所推行之節溫室氣體減緩措施與策略推動施行之要件，並彙整以工業與製造為主要活動之城市所推動之減緩措施，並將措施予以歸納彙整，試圖整理出此類城市多所採行之措施並研提後續我國可參採之策略。

二、 文獻回顧

城市在全球經濟、能源與人口分布上佔有相當重要的角色。根據麥肯錫 2011 年估計，全球 600 個都市的 GDP 佔全球整體的 60%(Mckinsey Global Institute, 2011)，顯見都市在全球經濟成長的重要性。根據 World Bank(2014)資料顯示，2004 年居住在都市的人口佔全球總人口的 48.6%(31 億)，至 2012 年已攀升至 53%(37.6 億)。聯合國並估計 2050 年全球人口將由現在的 70 億成長至 93 億，其中居住在都市的人口將成長至 63 億，佔全球人口比例將達到 67%(Unit Nation, 2011)，越來越都市化已是全球未來趨勢，屆時人類最大的考驗在於資源匱乏、污染、氣候變遷等問題，各國政府花在解決極端氣候所帶來的環境問題上的經費，相對壓縮到經濟建設的費用，因此若沒有階段性的策略對應環境問題，勢必也會拖垮經濟發展。若以能源使用與溫室氣體排放的角度來看，城市佔全球能源使用的 2/3，佔全球溫室氣體排放量的 3/4 (IPCC, 2013)，因此為提升全球能源使用效率並降低溫室氣體排放，都市節能減碳措施的規劃與推動是極為重要的。

聯合國環境署(UNEP, 2012)指出為發展成廣義的永續城市—留給現在與未來世代一個永續的社會經濟與環境—透過轉型成具資源效率城市是必須的，而資源效率城市需具備物質上的永續，即為經濟成長與資源消耗及環境劣化是脫鉤的，然而低碳城市僅只強調與排放拖勾，並不能視為一具資源效率的城市。其亦提出地方政府應採行之措施以及探討城市執行面上必備之要件，將說明如下：

1. 地方政府主要採行措施

UNEP(2012)歸納出 5 個應該推動的基礎設施面向：建築能源效率、交通、廢棄物管理、水與廢水處理與都市生態系統管理；其中城市前三項常被歸類為減緩策略，後兩項則多被視為調適面向(cCR, 2015)，而調適面則依地理等天然環境因素差異懸殊，故本文則不多著墨。

建築能源效率改善為多數城市最常採行的策略，Brian(2012)彙整分析美國城市案例後，甚至提出多數城市將能源效率作為氣候行動的唯一手段。UNEP(2012)指出住宅與商業部門建築占全球電力供給的 60%，城市通常透過導入改建計畫，其包含低碳能源照明到太陽能板、太陽能熱水器、風能、生物堆肥、生質氣體系統、隔熱與降溫產品、節能管理(如省電器具與屋頂綠化)。但建築能源效率改善部門則視建築物類型、氣候條件與電價，而有其成本效益考量，Dusko(2010)探討克羅埃西亞地方政府建築能效改善的投資報酬率，指出其投資報酬率較一般投資案低，或透過販售碳權等市場交易較能提高收益，而 UNEP (2012)則認為在建築能源效率改善部分，西方國家較適合採行改建方式，而中國與南韓等則以新建物建造則較具成本效益。

而政府在促進建築能效方面，主要透過三項策略：建築法規、能源認證、租稅與貸款獎勵(UNEP, 2011)。但就實務推動而言，

建築物的能源效率多由國家規範，規範方式則有強制規範、自願性規範或無規範，如圖一。且 Karl(2011)認為都多數城市大多透過減少市府公有建築物的能源供給，但公有建築占整體建築的比例偏低，即使大範圍的改善公有建築，實質減量仍然有限，較少城市著重於改善私有建築部門的規劃，且即使有所著墨，但政策內容往往並不具體。



資料來源：Bulkeley (2009)

圖一 81 個國家建築物能源標準情況

永續都市交通則是透過改善交通系統以降低能源部門、減少塞車與增加生產力為目標，大眾交通有助於增加工作機會、提高通勤族動能並有助於克服城鄉差距。其策略不外乎降低車輛使用，包括自行車、汽車排放標準、共乘制度、輕軌電車或 BRT 等方式，或透過核發許可證與低碳區域管制(UNEP, 2011)。Karl(2011)則認為城市交通改善策略多提倡軟性的改善大眾運輸建設與自行車推廣，多為具足夠資源之城市提出，或透過市府替換自身使用之低碳燃油車輛等，較少提即較強硬的策略如道路費或塞車稅等，即使該政策被倫敦與斯德哥爾摩等城市證實可有效減少車輛使用(ICCT, 2010)。

廢棄物管理則透過減少掩埋地需求，且另一方面透過廢棄物產生的溫室氣體轉化成能源，透過回收與再使用創造工作機會。許多城市因掩埋土地不易尋找，進而透過提高廢棄物回收等方式減少廢棄物數量，而利用廢棄物產生能源則視各城市生質能發電技術發展情況有所不同。

2. 強化政策措施推動要素

UNEP(2012)彙整案例提出，可透過四種方式強化地方政府推行減緩措施：

1. 跨部門的主題計畫：

城市需具備協調合作、政治眼界與領導能力以主題驅動特定永續議程，其並指出氣候變遷行動往往不是地方採取相關政策的主要因素，多為如空污等議題為其主要驅動力，Karl(2011)更提出因地方政府能源發展策略與中央規劃方向不一定一致，建議應將地方政府角色納入中央能源政策規劃，並在規劃前納入地方政府參與。而地方環境的能源管理等相關政策多屬多層次跨部門管理(Betsill, 2007)，

其不僅涵蓋中央與地方間垂直的管理關係，亦包含平行的公私部門與社會團體，再者轉型為綠色城市並不只是技術議題，亦同時是文化與政治議題，因此管理與民主相當重要，故私部門在創意政策、規劃與規範的討論相當重要 (UNEP, 2011)。

2. 建立中間網絡平台：

綠色城市政策推動並不能僅靠典型的由上而下或由下而上的方式，應包含國家、地方社會團體、私部門與機構如大學等相關團體聯盟，如地方團體有助於釐清當地特殊地理或自然生態狀況，機構與學術單位則可透過專業分析強化策略有效性，私部門則可透過創新變革等方式引進多樣機制活化策略，然而為強化公眾參與使其能發揮所長，資訊公開為必要條件，表一為可參採之資訊提供方式。

表一 強化資訊提供方式

項目	內容
透過網路使用	提高可使用網路途徑，並將相關資訊公開上網
公眾諮詢	當地社區約定，並與當地政治人物公開辯論發展計畫
地方活動	透過社居計畫發展有益於改善生活與環境的地方行動
透明	確保即大化特名度並強化資訊法令自由
E化民主	E化管理與參與的角色，並提供資訊與監測途徑以達到永續性目標

資料來源：UNEP(2011)

3. 建立監測與評估體制之計畫：

透過持續評估與監測城市本身與跨部會工作措施方式，追蹤各面向與各項政策之成本效益，以利跨部門間的相互學習與持續檢討執行成效並視時修正政策工具，表二為可參考之監測量測工具。

表二 監測量測工具

項目	內容
環境表現衡量工具	計算或是可參酌之城市層級的環境表現標準
環境表現目標	設定清楚的時間與部門目標的指標
碳預算	確保都市發展策略或政策涵蓋所有碳排放效益
生態預算	自然資源與環境品質政策的預算管理系統
城市多樣性指標	量化或與生態系統相關結合的指標
GIS	整合所有分析工具使城市能更完善的追蹤與規劃發展

資料來源：UNEP(2011)

4. 建立與全球的連結：

國際機構已發展許多溫室氣體盤查工具，如環境保護署訂定「縣市層級溫室氣體盤查計算指引」推動縣市政府推動盤查工作，該指引參酌 ICLEI 於 2009 年公布之國際地方政府溫室氣體分析議定書 (International Local Government Greenhouse Gas Emissions Analysis 3 Protocol，簡稱 IEAP)，ICLEI 透過執行經驗，於 2009 年出版國際地方政府溫室氣體分析議定書，提供城市排放量化的統一標準(環保署, 2009)。透過國際機構提出之工具或加入組織皆可加速永續社會發展與汲取全球都市發展經驗，使能透過相互學習方式加速政策推動有效性。

三、 案例研析

2014 年 9 月的紐約聯合國氣候峰會上組成的「市長聯盟」，是全世界最主要的城市對抗氣候變遷聯盟，將採用「城市層級溫室氣體排放盤查的全球協議」(Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories, GPC)設定氣候目標並在平台上報告執行進度。所有報告的數據由市長聯盟指定的「全球城市碳申報與登錄平台」(cCR) 整合和公佈，本文利用統計 cCR 資料庫中將經

濟型態分類為農林漁業、製造業與工業以及商業城市，並透過各城市提報措施中發現製造業與工業城市推動減緩措施多偏重於建築、設備與交通。

表三案例分類多依據 Bulkeley(2009)的環境建構：地方政府的自我管理為地方政府透過管理自身行動、設備提供為透過提供服務與資金方式促使減碳行為，或地方政府透過法令進行規範、或利用夥伴關係的資訊提供及提高意識與自願性合約方式推動相關減緩措施，而本表主要探討以製造業與工業為主要經濟活動城市所推動之措施。

考量我國各縣市人口可參酌之政策措施，主要列舉資料之人口數為 50-100 萬或 100-500 萬，然各項措施推行數量則包含自 5-10 萬至 1000 萬等，且由於各國語言限制問題，僅列出各城市已提供之英文相關報告進行細部分類，但仍以該城市提報「全球城市碳申報與登錄平台」為統計依據。

表三 全球工業城市減緩措施

國家	人口(萬)	都市	措施	面向	建築節能	設備	廢棄物	交通	住宅部門	工商業	
日本	100-500	Fukuoka City(福岡)	市政府	自我管理	改善市府設備的電力系統						
				法令規範							
				設備與服務提供			回收與發電	補貼電動車採購	住宅部門裝設再生能源設備補貼	提供商業進行節能技術之財務協助	
			夥伴關係	資訊提供與提高意識					1.綠色植生牆 2.生態活動競賽		
				自願性合約							
韓國	100-500	City of Changwon (昌原)	市政府	自我管理	市政府碳能源目標管理實施	公共部門的再生能源發電	甲烷沼氣淨化設施				
				法令規範						工業溫室氣體能源目標管理制度的實施(公私部門合作)	
				設備與服務提供		LED 替換		1.大眾運輸使用加壓天然氣與燃氣站 2.整合交通營運系統 3.大眾自行車系統	太陽能房屋建造計畫		
			夥伴關係	資訊提供與提高意識	綠色屋頂計畫				綠色公寓競賽 百萬綠家庭計畫		
		自願性合約						個人碳足跡系統			

國家	人口 (萬)	都市	措施	面向	建築節能	設備	廢棄物	交通	住宅部門	工商業
			係						(Carbon Mileage System)	
美國	100-500	City of Chicago (芝加哥)	市政府	自我管理	節能表現合約 LEED 建築認證 市府建築改建	LED 交通設備更換				
				法令規範			建築廢料回收條例			
			設備與服務提供		智慧電網投資		1.自行車道建置 2.公共自行車 3.BRT 建置 4.建置電動車充電站 5.共乘制(I GO) 6.轉運站改善計畫 7.採購油電混合車	1.資助太陽能屋頂 2.資助能源效率改善	資助太陽能屋頂 芝加哥基礎設施信託	
			夥伴關係	資訊提供與提高意識			路邊資源回收桶 廢棄物蒐集網絡			
			夥伴關係	自願性合約	更好建築物挑戰			1.替代燃油政策		綠色辦公室競賽 商業建築改建倡議
美國	100-500	City of Houston(休士頓)	市政府	自我管理	1.透過 ESCO 改建政府建築 2.改善機場建築能源管理 3.新建物採用 LEED 認證 4.改善機場系統	替換 LED 交通號誌		採購油電混合公車		

國家	人口(萬)	都市	措施	面向	建築節能	設備	廢棄物	交通	住宅部門	工商業	
					能源效率						
				法令規範			園藝廢棄物條例			商業建築能源標準	
				設備與服務提供		購置風力發電		1.自行車道建置 2.公用自行車 3.建置輕軌電車 4.建置電動車充電站		能源效率獎勵	
			夥伴關係	資訊提供與提高意識					城市花園倡議		
				自願性合約							
日本	50-100	Okayama City (岡山市)	市政府	自我管理							
				法令規範							
				設備與服務提供				補貼電動車採購與增建充電設備	補貼民眾建置太陽能設備		
			夥伴關係	資訊提供與提高意識		城市自有能源設備計畫			關燈活動		
				自願性合約							
馬來西亞	50-100	Shah Alam City Council (沙阿南)	市政府	自我管理							
				法令規範							
				設備與服務提供			公園廢棄物堆肥 廢食用油回收	增建通勤車站之停車場增建腳踏車道與行人道			
			夥伴關係	資訊提供與提高意識			廢棄物回收推廣				
				自願性合約							

國家	人口(萬)	都市	措施	面向	建築節能	設備	廢棄物	交通	住宅部門	工商業
比利時	50-100	Antwerp (安特衛普)	市政府	自我管理	市府建築建置能源管理系統、隔熱牆、玻璃、屋頂、照明、區域供熱系統	建置太陽能板		電動車採購共乘制度建立		
				法令規範	新市府建築符合被動式建築標準					
				設備與服務提供				延伸自行車網絡		
			夥伴關係	資訊提供與提高意識	建置校園節能措施			自行車推廣		
				自願性合約						
加拿大	50-100	Edmonton(埃德蒙頓)	市政府	自我管理	1.改造既有建築 2.高能效新建物建造	1.道路照明 LED 替換 2.綠色電力採購	堆肥設施改造	採購混合電動車		
				法令規範						
				設備與服務提供					住宅能效改善獎勵(HOPE 計畫)	
			夥伴關係	資訊提供與提高意識					1.每人環境資源消費指標 2.綠色住宅指南	
				自願性合約			廢棄物轉換為生質燃油工廠			
美國	50-100	City of Seattle(西雅圖)	市政府	自我管理				1.使用油電混合車		
				法令規範	新建物符合環保指標		廢棄物減量規範			

國家	人口(萬)	都市	措施	面向	建築節能	設備	廢棄物	交通	住宅部門	工商業
				設備與服務提供	LEED 建築獎勵	替換為LED路燈	提高廢棄物回收效率			大型商業建築能源貸款與獎勵
			夥伴關係	資訊提供與提高意識				1.電動車設備建構 2.人行道與自行車規劃 3.推行共乘制度		
				自願性合約	高能效表現建築區域					

資料來源：carbons Climate Registry (2015)

因措施多有雷同，下列則對部分措施進行說明：日本岡山市推行透過 NPO 組織於市府基礎建設上建置發電設備並以免費方式提供，而 NPO 則將發電售給電力公司，NPO 則負責維修，計畫結束後則將發電設備轉讓給市政府，此計畫為市政府與市民共同合作，目的為加強地方政府的再生能源，同時並賦予教育推廣民眾再生能源推廣任務。

比利時安特衛普將被動式建築標準應用於 100 棟市府建築(包括公托照護中心與學校)，於 2009 年開始施行並於 2013 年完工。且綠色建築法自 2011 年 4 月 1 日的已生效，並包含永續義務規範如綠色和白色的屋頂，室內自行車停車位等，透過建築規範約束建造與改造建築，且建築開發商必須整合各種空間(如公寓、辦公大樓與零售商店)的中央熱能或是控制系統。其並建造綠色居民住宅 Nieuw Zuid，此前工業區將有 4500 位居民入住，約有 25% 為社會住宅，房舍將為綠屋頂，街道將有雨水回收設施，並有區域供熱網絡。在居民意識推廣部分則興建 EcoHuis 社區中心，其為廢棄的酒倉改造而成，為市民溝通與活動的公共區域，其亦作為提供與更新環境相關訊息的場所，其利用環境友善材質進行改造並配有能源管理系統，包括熱反射、雙層玻璃、通風設備與節電照明與太陽光電板，雨水收集設備與工員及屋頂花園，內部並提供有機餐飲與生態商店。

韓國昌原市推行 2008-2012 年共 5 年期的公共自行車租賃系統(The Nearby Useful Bike, Interesting Joyful Attraction Project, NUBIJA)，已擁有超過 3,300 輛自行車及 163 個停車租賃站。NUBIJA 自行車租賃系統之會員人數已達到 76,579 人，NUBIJA 公共自行車各租賃站均設有 CCTV 監視系統之先進軟硬設備，而自行車租賃系統控制中心可即時監看各站狀況。由昌原市成立之公營公司經營，每年收入主要

為會員年費之，並無廣告營收，短缺部分由昌原市政府編列預算支應。會員使用前 2 小時免費，之後每 30 分鐘計時收費，且公共腳踏車限市民使用，可於網頁或市政府各服務中心繳費申請會員 IC 卡。

四、 結論與對我國之啟示

城市在全球經濟體、人口與溫室氣體排放中扮演重要的角色，然而藉由文獻回顧了解分析建築能源改善與交通為全球側重面向，同時指出多數城市大多採行較為軟性的鼓勵方式，而非法令或使用付費等概念，如以獎勵金鼓勵能源效率建築改造或是再生能源建造，且多以政府自有建築為主要對象，然政府自有建築占整體建築的數量有限，故其成效多有所限制。而在交通則多透過自行車道、免費自行車與延伸大眾交通工具等方式，鼓勵民眾減少車輛使用，較少透過費用支付或稅收等被證實有效等方式施行。

在彙整歸納全球工業與製造業城市之政策發現，多數推行之政策為建築節能、設備建置與交通改善，而原先預期該類型城市應對工業與產業進行排放或能源效率等相關規範也僅只存在於部分城市，推測因多數產業排放與能源規範多掌握於中央，而地方多以獎勵性質刺激私部門改善。而建築節能與設備建置部份則多透過地方政府的自我管理進行改善，此兩面向措施因可透過減少能源使用之未來財政支出，而受多數地方政府採用；而在交通部份則因低碳交通或大眾運輸建置需較多資金，則可能與以工業及製造業為主要經濟活動之城市較為相關，其經濟活動活絡較有可能有充裕的財務支應。

地方政府的氣候變遷管理與規劃能力往往受國家政府與地方間關係所強烈影響，然而國家架構中往往未考量地方政府在政策行動協調、足夠資源與營運的角色。再者須強化各單位如研究、社會團體等相關機構，以有助於推廣或善用各機關之特性，強化各項措施推行。

再者透過城市層級的溫室氣體盤查有助於監測與比較城市的減緩表現，具一致性與架構式的城市指標可跨時間與區間進行表現評估，亦可使其比較不同部門具成本效益的減量方式，如住宅與商業建築、交通等，同時可透過比較所得、人口與地理相似的城市已了解其主要變革並學習，而不同類型之城市其產業活動與排放差異大。

政策推動是否據有實質效益與政策推動之可行性，每項政策推動都占用國內行政與財務資源，而不同類型城市較適宜採行之策略亦有所差異，透過歸納彙整供我國借鏡，並建議透過指標之建立以定期檢視各政策之低碳推動實質成果，將有助於定期修正或研議政策內容。

參考資料：

1. carbonn Climate Registry,Ccr (2015) 網址：
<http://carbonn.org/climateregistry/>
2. Environment News Service, ENS (2015)100 Mayors Adopt Seoul Declaration for Sustainable Cities (網址：
<http://ens-newswire.com/2015/04/10/100-mayors-adopt-seoul-declaration-for-sustainable-cities/>
3. Harriet Bulkeley, Heike Schroeder, Katy Janda, Jimin Zhao, Andrea Armstrong, Shu Yi Chu, Shibani Ghosh (2009),Cities and Climate Change:The role of institutions, governance and urban planning,
<http://www.eci.ox.ac.uk/publications/downloads/bulkeley-schroeder-janda09.pdf>
4. International Council for Local Environmental Initiatives, ICLEI(2014)
<http://www.iclei.org/>
5. International Council on Clean Transportation ICCT (2010),
Congestion Charging : Challenges and Opportunities
6. IPCC(2013), Working Group III – Mitigation of Climate Change
Chapter 12 Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning
7. Karl Sperling , FredeHvelplund , BrianVadMathiesen (2011)
Centralisationanddecentralisationinstrategicmunicipalenergyplanning
in Denmark, Energy Policy Vol.39, Page1338-1351
8. Mckinsey Global Institute(2011), Urban world : Mapping the
economic power of cities
9. Unit Nation,(2011), World Urbanization Prospects The 2011 Revision
- 10.United Nations Environment Programme, UNEP (2011), Cities
Investing in energy and resource efficiency

11. United Nations Environment Programme, UNEP (2012), Sustainable Resource Efficient Cities-Making it Happen
12. World Bank(2014), Data : Urban Development, Retrieved September 30, 2014 from <http://data.worldbank.org/topic/urban-development>
13. 汽車日報，2015 年，首爾宣言看台灣綠能城市願景
14. 高雄市政府環境保護局，2011 年，韓國昌原低碳運輸會議出國報告書
15. 環保署，2011 年，縣市層級溫室氣體盤查計算指引