

# 哥本哈根與倫敦的低碳城市措施

## 壹、前言

全球約有五分之一的人口居住在城市，且城市被認為是主要溫室氣體排放來源，根據 2008 World Energy Outlook 估計，城市因能源消費產生的二氧化碳，占全球 70% 的排放量。為因應此問題，前倫敦市長 Ken Livingstone 在 2005 年提出各大城市因針對減碳進行合作，並催生了以城市為單位的減碳聯盟 C40 (Cities Climate Leadership Group) 的誕生，截至 2013 年，全球已有 58 個城市參加該聯盟，從已開發國家的城市，如紐約、柏林、倫敦、東京、首爾與香港，到開發中國家的巴西聖保羅與埃及開羅等各大洲的大城市。然城市亦是全球主要 GDP 來源，在面臨減碳的壓力下，仍維持經濟成長，是許多已開發國家所面臨的挑戰，遂有應致力發展「綠色成長—確保未來經濟成長與環境保護以及轉型為低碳經濟。」的倡議，政府亦應鼓勵綠色企業與低碳環境發展。

本文將藉由哥本哈根與倫敦的低碳城市相關措施，提供市府可參考與措施採取的方向。文章將先對低碳城市做簡要說明，並介紹哥本哈根與倫敦市政府所採取之低碳措施，文末並歸納出兩城市為達低碳城市目標之政策的觀念與方向，期藉由分析兩城市之低碳措施予我國借鏡。

## 影響城市減碳因素

學理上在探討低碳城市認為，城市是一空間載體，可透過技術創新與改良的方式，進行空間規劃與環境管理，並在維持經濟社會運作下，對碳排放量進行管理。而影響排放因素可分為宏觀與微觀的，宏觀因素涵蓋範圍包括城市擴張、技術進步、能源政策等外在因素，而微觀的因素則為生產與消費方面等內生因素。而在低碳城

市建構時，應包括以下幾個要素：1.完整的願景規劃，為創造低碳研究的投資環境，需有長期的確定性，包括明確的指導原則及遵循的依據，如法規或計畫等；2.明確的減碳目標；3.低碳策略措施，包括低碳交通建構、再生能源使用、現有資源利用、環境綠化與改造以及稅制鼓勵或獎懲措施等；4.民間支持與民間參與；5.民間與官方的推動組織；6.成效評估與持續檢討改善機制。

在低碳城市建構過程中，政府的角色相當關鍵，必須透過多元的配套政策建立能夠使個人、企業以及組織，藉由技術、生產與服務的低碳市場參與而受益。需要採取有力且持續的政策與架構，促使消費者達到某種程度上的行為改變，可藉由移除高碳排的選擇與提供消費者接觸低碳機會的手段，進而改變人們的生活方式、轉型成低碳社會，然這需要某種程度的信任以持續並加強相關團體間的對話。在私人企業方面，政府應提供長期的政策訊號，如碳稅等方式，促使私人企業提高減碳意願並致力於成為低碳公司，以及透過加強國際合作，分享專業與實務的低碳經驗。

而在實務上，影響城市減碳的成效相當多元，一份研究歐洲綠色城市指標的報告，針對歐洲所有國家首都進行評鑑，並將環境表現與各項指標做關聯性分析，指出下列幾項發現：城市的富裕程度與環境整體表現呈正相關，富裕的城市在硬體設施的建構與目標設立更有雄心；民眾的態度也影響城市的表現，在一份EFILWC( European Foundation for the Improvement of Living and Working Coditions)的報告指出，個人主動參與組織(如宗教與運動類等團體)的比例越高，城市的表現也越優良；就城市的規模而言，小城的表現較佳，然而人口多寡與城市在減碳上的表現並無明顯正相關。

## 貳、丹麥哥本哈根

專題將介紹丹麥首都—哥本哈根在減碳上的各項措施。哥本哈根被評選為 2013 年歐盟綠色首都指標的首位，市府最新氣候計劃為 CPH 2025，成立於 2009 年，計劃在 2015 年時，二氧化碳排放量較 2005 年減少 20%，到 2025 年成為碳中和城市，第一個目標已於 2011 年達到，比預定時程提早 4 年。市府認為，綠色成長不僅幫助該城市的經濟與就業，亦可達成減碳目標，綠色成長已使該市綠色部門在 2004 年至 2009 年期間成長 55%，並以平均每年 12% 的比率成長。本文將介紹城市的基本資料並簡介歷史演進過程，再說明哥本哈根市府目前已採取的相關措施，包括都市規劃、交通運具設施相關規劃、再生能源發展策略、區域供熱與供冷系統發展、建築物能源效率規範與廢棄物利用等。

## 一、城市背景

### 1. 相關基本資料

人口	50.4 萬
每人 GDP(PPP)	43,640 歐元
每人每年 CO <sub>2</sub> 排放量	5.38 公噸
每人每年能源消費量	1.73 公秉油當量
再生能源比例	18.76%
上班族利用大眾交通工具或腳踏車比例	68%
排放源	電力 51% ；暖氣 25% ； 交通 22%

資料來源：Economist Intelligence Unit (2009), European Green City Index

### 2. 城市歷史

在二次大戰之後，丹麥政府由具社會民主傾向的政黨所領導，政治與社會的永續性發展動機可追溯至 1960 年代晚期，受到巴黎青年革命(Youth Revolution)影響，思想包括應致力於永續發展，包括人權、婦女權與環境關懷，並將這些議題引入政策發展，加以社會主義與環境意識於 1960 年與 1970 期間快速發展，致使丹麥在社會福利系統方面快速發展，並著重社會福祉勝於個人利益。同時丹麥首都的哥本哈根，亦大多由社會民主黨所治理，迄今已超過 100 年，即使管理者有所更迭，但關心環境、永續發展與氣候變遷與減緩調適，一直是該市的治理重心。1970 年代的能源危機，促使城市對所有「綠」色行為有興趣，包含步行、騎自行車、大眾交通與都市生態等，並使環境意識在丹麥更加成長茁壯，因當時丹麥用來作為提供暖氣使用的化石能源幾乎全部仰賴進口，該次的價格衝擊，使丹麥政府在能源獨立方面，有更強烈的意願及壓力來採取行動，並於 1970 年通過環境保護法(The Environmental Protection Act)，提供丹麥在永續性進展的一個法令基礎，此定義了環境保護架構的基本目標，丹麥的環境保護法為全球第一個被實行的環境法。並於 1987 年制定環境與發展行動計畫(Environment and Development Action plan)，目的是為能朝向永續發展邁進。

## 二、能源政策

### 1.都市規劃

哥本哈根市府藉由都市規劃，建設相關硬體設備以培養塑造市民的生活型態。現今的哥本哈根都市藍圖是根據 1940 年中期的都市計畫 The Finger Plan 所建造，計畫目的是為因應哥本哈根都市發展而建立相關發展策略，重點是為提供在市中心工作的居民，便捷交通與日常生活服務，新的都市區域能夠提供有效的短程通勤，並提供保護動植物棲地的綠色空間。都市規劃

以市中心為掌心，如同 5 個手指向外延伸發展交通，透過公路與 S 軌道路線，將學校、商店、服務與住家設立在車站附近。居民可以步行或利用大眾交通工具，輕易且快速的使用到基本的民生服務，而不需要透過汽車，在手指間的綠色空間與農地則被保護著，可讓每位居民能夠輕易地接觸綠地。

## 2.交通方面

哥本哈根市政府認為，市民必須選擇騎自行車，而不是使用汽車，居民於 1960 年代開始努力將車道的權力，從汽車取回予大眾與行人，目前哥本哈根市已有三分之一的人利用自行車通勤，預計在 2015 年將達到 50%，據調查，市民認為在市區內騎自行車是安全的，由 57% 上升至 80%。而市政府花費在自行車設施，每年大約花費 4000 萬丹麥克朗(約 2.08 億台幣)，並每兩年定期使用特殊儀器監測單車道表面，以確保單車道的平整與使用的安全性。

哥本哈根市政府在自行車方面做了相當多的規劃，以鼓勵居民利用自行車做為其交通工具的，如推行 Green Wave 計畫，藉由調整路口的紅綠燈，致使自行車在市區內盡可能暢行而不需停等交通號誌，自行車在市區內的車速，能達到每小時 20 公里。同時並設立自行車道計數器，告知市民市區內單車行駛數量，且透過親子自行車設計，便於父母能與孩童一同騎駛自行車。廣泛鋪設自行車車道，使居民可利用自行車到達市內所有目的地，市區內目前已有 350 公里的獨立單車道，傳統單車道寬 2.2 公尺，新規定並加寬至為 2.5 公尺。在火車與地鐵站廣設停放設施，並可將單車攜至火車，亦可搭乘地鐵，只是不可在尖峰時間搭乘地鐵；以及提供免費自行車，目前共有 120 個單車站可免費使用與歸還自行車。然而在 1990 年代大眾單車倡議初期並不成功，因為大量的免費單車遭竊與不完備的相關設

施，然透過市政府與私人投資，致力於興建與改善相關設備並提升防盜設備機制，特別在免費單車系統方面，透過廣告資金等方式使計畫可持續運行，私人投資是此計劃可持續的主要因素。

在大眾交通方面則利用共用車票方式，公車、火車與地鐵的車票可共用，三種交通工具可免費換乘，並立法禁止不同業者制定不同票價，並提供路線行程規劃工具，利用 GPS 與無線電技術管理號誌燈，使公車更暢行無阻，並計劃未來將所有的公共交通工具和市議會車輛，由原本的使用汽油和柴油，改為電力和生質能。

在打擊私人用車方面，市府已對汽車課徵高稅額，不鼓勵私人擁有並利用汽車代步。雖然市府近年提出塞車費的徵收未被議會所通過，對市政府的城市規劃是一個打擊，但希望可藉此提議改善大眾交通，並儘可能提升使用公共交通乘客人數。

### 3.再生能源發展

市府希望通過相關措施，如在城市內安裝 100 座風力渦輪機，在建築物上裝太陽能電池板，以生質能和垃圾來代替煤成為集中供熱和發電站所燃燒的材料，擴張 Amager 區的地熱設施等，以發展城市的再生能源。在風力發電方面，與多數國家一樣提供補貼、保證收購價格與投資免稅方式，另哥本哈根推行的風機集體所有制，利用風力合作社，一半由市府的公共事業所有，一半出售給當地社區 8,650 位成員，每股代表每年 1,000 千瓦時電力，一股售價 570 歐元，以克服“再生能源很好，但是別在自家後院建立”的心態，新的法令更規範必須售予住在距離風機 4.5 公里的居民，至少 20% 的股份，此地區的風場已占城市 3% 的電力供給。

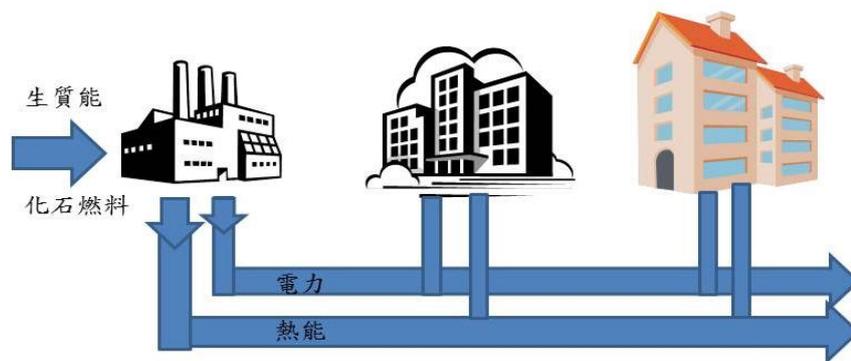
市府並施行以生質能取代煤炭發電的措施，如 Amager Power Plant 是哥本哈根市亦是丹麥第一個主動在汽電共生(CHP)區域供熱系統中，要求最低生質能比例的發電廠，該發電廠主要為生質能發電，並以煤炭做為期備用燃料。

#### 4. 汽電共生的區域供熱與供冷系統

哥本哈根的區域供熱系統被視為是成功且最具規模之一的系統，該系統已提供市區 97% 的需求，目前已有 1,500 公里雙管線鋪設，可供應 50 萬居民的需求，能源來源組成為 30% 生質能、22% 煤、21% 天然氣、12% 垃圾、10% 化石燃料廢棄物與 5% 石油。區域供熱系統於 1920 年代中期首次建立，並隨著城鎮發展而陸續普及，並於 70 年代能源危機發生期間快速發展，為發展主要關鍵期，因供熱系統所需能源 100% 仰賴進口，致使丹麥政府體認到必須盡速採取相關措施，以確保在能源價格飆漲情況下，能持續提供熱能，而提出以下倡議：1. 發展全區的系統供熱計畫；2. 改善建築物的絕緣情況；3. 發展高效率的供熱以及絕緣管線系統，並降低建造成本；4. 降低區域供熱的溫度並以最經濟的方式運作。

哥本哈根的區域供熱系統由 5 個規模不盡相同的區政府合作，於 1984 年聯合創立，由 CTR(Metropolitan Copenhagen Heating Transmission) 負責管理與維修，系統包括 4 個汽電共生站、3 個焚化爐與 14 個鍋爐負責提供熱能，並利用中央分配系統傳送熱能，並且將住宅區與商業區劃分在特定區域，利用地下管線予以連結使其能夠透過中心配送熱水與冷水，並將冷水回收重新加熱再重新注入系統中(如圖一)。供應系統由 26 個熱交換器與 3 個增壓泵所組成，而為達節能效果同時符合各家戶的熱能需求，利用循環泵控制流速，針對不同熱能需求之家庭配以不同流速。在運轉方面，允許管線傳輸公司能夠彈性的選

擇自成本最低的廠購買一單位的熱，暖氣傳輸公司向熱能生產廠購熱，藉由自身管道輸送並販售給合作的市政府，再由區域市政府做進一步運輸販售給個別消費者，此制度最大的優點是熱能傳輸公司可自由選擇不同的熱能生產廠，藉由選擇最低廉並符合環境規範的產熱廠，以降低其成本，此系統相當具有彈性。在傳輸管線材質方面，初期使用金屬與混泥土，然而有管線腐蝕問題，為克服此問題便以礦棉取代，但卻遭遇成本過高問題，直到單粒絕緣區域供熱管線開發，才解決此問題，現已由鐵製管線以絕緣且密集的非腐蝕的聚氨酯塑料護套包覆，另外電極也被建立在絕緣層內以確認是否有溢漏情況發生。



圖一

區域供熱的優點為可利用汽電共生(CHP)，來捕捉發電過程中被浪費的熱能，汽電共生機組可將 94%的燃料能源轉為能源使用，相較傳統發電廠效率的 40%效率為高，就排放量而言較單個氣體鍋爐低 40%和燃油鍋爐低 50%。對居民而言，使用區域供熱系統的花費大約為燃油的一半，以平均每個家庭消費 18.1MWh，使用區域供熱約花費 1,500 歐元，相較燃油 2,900 歐元。為促進區域供熱的發展，並於 1979 年 Heat Supply Act 法令中，規範所有新建與超過特定大小的既存建築物，必須連接到此系統；同時在 1980 年代提供稅基誘因，如果使用區域供熱系統將可獲得聯邦政府提供電力燃油稅金的減稅優惠。為導入生

質能機組，於 2001 年運轉的 Avedore 發電廠，裝置容量約 570MW，特色在於可使用多種原料作為發電燃油，可利用木材(生質能)、石油、天然氣與稻草。

在偏遠地區建立分散式的汽電共生廠，以暖氣需求與中央電力供應連結作為設計基礎，換句話說就是只在暖氣需求達到一定程度才會開始運轉。並應用儀器監測暖氣使用量，暖氣供應公司可利用遠端觀測，並設立預設值，一旦超過使用預設值，將立即發出通知，以監測是否有溢漏的情況發生，消費者亦可利用網路查詢暖氣消費量。

此系統自 1990 年代晚期開始提供製冷服務，利用集中化生產和分配冷水(部分為海水)系統，提供免費製冷與熱力製冷取代電能製冷，降低用電需求。其方式為運用區域供熱系統管道，並將冷水通過地下隔絕溫度管道運送至建築物中，降低室內空氣溫度。據估計製冷服務，相較傳統空調可減少 80% 的電力消費與 70% 的碳排放量。

## 5. 建築物能源效率規範

哥本哈根在 1990 年代就致力於低碳建築與都市生態改造，自 1998 年開始改造 1880 年代殘破的建築，包含幾項創新的概念，如太陽能運用、創新的採光技術、雨水蒐集、生態庭院與廢棄物回收與管理。據估計約需 14 億丹麥克朗(約 72 億台幣)整修能源設備，其中包括更換低耗能的 LED 照明路燈，持續改造老舊建築物與新型建築物以符合能源規範，並針對校園與運動設施進行翻修，舊型建築物並須更換老式窗戶、牆壁與門窗地板須具備隔絕效果，新型建築物必須利用綠色屋頂及通風控制與雨水蒐集與再利用。

丹麥在 1960 年代開始建立能源相關的建築規範，主要分為三方面，建築物的絕緣效果、窗戶區域的限制與主要能源消費計算，在 2006 年與 2008 年規範房屋的每年能源消費上限，且每平方公尺的能源使用可影響新建案執照發放的時間。永續建築標準法令規定新市府辦公室或建築物內，每人每天不能使用超過 34 公升的水，暖氣、冷氣與熱水消費不能超過 30k Wh/m<sup>2</sup>。因建築法規的規範，使丹麥在建築物建造時減少環境衝擊方面，有相當大的進展，然而在再生能源運用，如利用太陽能板等建築，只有在少數如示範建築有運用到，主因房屋的屋齡與建置成本回收時程過長的緣故，所以大致上來說，再生能源的運用並未被廣泛的應用在一般的住宅建築。

然在住宅建築物改造面臨一些問題，哥本哈根市約有 70% 的建築物是在丹麥引進能源效率標準之前所建造，在住宅建築物有許多可改善能源效率部分，但許多居民為房屋承屋者，並非持有者，且不論是租屋者或是房東都沒有將房屋改善為更具能源效率的經濟誘因，市長目前期望能透節能服務團隊(Energy Service Company, ESCo)，以改善房屋能源效率，並由房東或是租屋者支付此費用。

## 6. 廢棄物處理

市府推出 2008 年廢棄物計畫，目的為自 2005 至 2008 年期間減少並改善廢棄物管理，計畫每 4 年回顧一次並持續監測 12 年，以確認能解決長期問題。廢棄物計畫分三方面進行：廢棄物減少，鼓勵減少包裝或建立回收方案(如家具)；廢棄物分類，只清理已分類的廢棄物，且部分商店需要回收自己的廢棄物；廢棄物處理，藉由焚化廢棄物的處理提供區域供熱系統所需能源。計畫執行後，廢棄物數量已大量減少，據統計，建築物的廢棄物已有 85% 被回收，而一般性廢棄物只有 3% 進入掩埋場。

### 三、小結

哥本哈根市雖然已在 2012 年較 2005 年減少 20% 的排放量，但市府承認應更進一步減少能源的使用，因生質能燃燒產生的熱能和電能，遠比燃煤產生的熱電昂貴，故必須減少能源消耗，以抵消能源價格上漲的費用，同時對房屋和公寓進行能源效率改造投資，減少能源使用量。市府認為其邁向永續發展成功，有 3 個主要因素：

1. 政治體制上傳統的合作與共識的建立：廣泛的政治承諾、合作與團結被認為是丹麥文化的規範，哥本哈根市府致力於不同政府部門單位間與跨黨派合作，並有在不同政黨與市政府建立共識的傾向，以及嚴謹的跨地方政府管理機制，因此推行的政策皆能夠被市民所接受。市府委員會使所有利益關係人，在決策與計畫過程中參與，而當在立國家層級法令時，亦會諮詢當地政府，在立法與計畫規劃過程中，這種強烈的傳統合作方式是必備基礎，如哥本哈根氣候變遷計畫 (Copenhagen Climate Change Plan) 與調適計畫 (Adaptation Plan) 就是在此情況下進行。
2. 具遠見並超越主流的倡議：哥本哈根市府提出的計畫都相當有規模並具有雄心，有些計畫甚至達數十年，並持續性的每 4 年與 12 年進行循環檢視，以確認目標能即時更新，並能規律的衡量以及修正規劃，確保持續性的改善。
3. 高教育水準的人力，可提供基於事實並符合科學的倡議：教育在丹麥有很高的評價，且教育是免費的，致使哥本哈根普遍具備高教育水準，而市府亦容易雇用到專家與科學家針對倡議做相關深入研究。

## 參、英國倫敦

### 一、城市背景

#### 1.相關基本資料

人口	780 萬
每人 GDP(PPP)	44,890 歐元
每人每年 CO <sub>2</sub> 排放量	5.84 公噸
每人每年能源消費量	2.07 公秉油當量
再生能源比例	1.2%
上班族利用大眾交通工具或腳踏車比例	63%
排放源	商業 42%；住宅 36%； 運輸 22%

資料來源：Economist Intelligence Unit (2009), European Green City Index

#### 2.城市發展背景

英國在污染物的排放管制方面已相當有經驗，這是基於歷史經驗所記取的教訓。在 1952 年 12 月，逆溫層籠罩倫敦，連續數日無風，當時倫敦市區內多使用燃煤取暖，而煤炭燃燒所產生的粉塵、有毒氣體和污染物累積在城市上空，因而引發連續數日的大霧，整座城市瀰漫著濃烈的惡臭。數日間許多倫敦市民感到呼吸困難、眼睛刺痛以及發生咳嗽等呼吸道疾病，導致當月死亡人數高達 4,000 多人，在此之後兩個月內，又有近 8,000 人死於呼吸系統疾病。於是英國政府便決心整治環境，並於 1956 年制定首部空氣污染防治法 Clean Air Act，這是第一次以立法的形式對家庭和工廠排放的廢氣進行管制，規範城鎮燃

煤使用標準，並將發電廠和重工業遷移至郊區等，英國開始重視污染對人體健康的影響，後續亦陸續訂立法令以規範並管制污染物的排放。

在溫室氣體管制方面，前倫敦市長 Ken Livingstone 亦於 2005 年倡議，以城市組成聯盟，並透過城市間的合作致力於減碳；現任倫敦市長 Boris Johnson 並訂定城市的減量目標，預計在 2015 年倫敦的排放量將較 1990 年減少 20%，至 2025 年減少 60%，到 2050 年應至少減少 80%。為達成城市減量目標，了解城市的排放結構是必須的，倫敦的排放結構中，建築物的排放量占整個城市的 80%（商業 42%、家庭 36%、運輸 22%），且預計在 2050 年時，既有建築物約有 80% 仍存在，故市府將減碳重心置於現有建築的排放量改善。

## 二、城市規劃與措施

倫敦市府希望藉由大規模的公共投資以吸引私部門的投資，而為推行市長的計畫需要 1,400 萬英鎊(約 6.4 億元台幣)的經費，其減碳行動方案由 4 個主要計畫組成：Green Homes，藉由補貼絕緣與高能源效率設備，以減少住宅部門 50% 的排放量；Green Organizations，鼓勵企業減少能源使用，透過照明器材與 IT 設備的開關機管理，並改善建築物的能源效率；Green Energy，倫敦自有電力供給，將取代國家電網四分之一的供應，透過更有效率的當地能源管理系統；Green Transport，鼓勵大眾交通工具使用並徵收塞車費，以及鼓勵使用更有效率的機動車。

實際計畫內容包括：建立奧林匹克村的小型智慧電網，改建綠色大學與醫院，更新 200 所學校照明設備、監測與管理系統，更換交通燈號誌燈，再生能源風場建置，低碳住家整修，植樹與建置低碳資金以協助中小企業的低碳相關計畫等。

## 1.建築物的減碳措施

倫敦人口已達 780 萬，共有 330 萬戶住宅，估計約有 80% 的房屋在 2050 年仍持續存在，市府的目標為在 2025 年翻修倫敦市內半數的房屋。英國政府已於 2007 年對所有房屋節能程度進行「綠色評級」，藉由通盤了解房屋的能源效率情況，以檢討並提高能源效率，並利用 Standard Assessment Procedure(SAP)標準進行建築物能源效率評估，分數由 1 分(不節能)至 100 分(非常節能)，據估計在 1996 年時全國平均為 42 分，至 2009 年已成長至 53 分。

據統計，住宅部門自 1970 年至 2009 年的能源使用量增加 17%，平均每年成長 0.4%。暖氣為住宅部門最大的能源消費，約 6 成；照明僅占 3% 能源使用，然自 1970 至 2008 年成長將近 60%，但隨著節能燈泡逐漸普及，自 2002 年開始有下降的趨勢；家電數量在過去 40 年成長 3 倍，能源使用占比由 1970 年的 5% 成長至 12%，歸因於 3 種因素：更多種類的家用電器，如洗衣機與吹風機等；更廣泛的家電運用，如以電腦取代過去紙本作業；以及冷凍庫與大型冰箱的普及。炊具的能源使用則呈現下降，由 6% 下降至 3%，可能是為更有效率的炊具儀器，如微波爐與烤箱，另一方面有可能是微波食品與外帶食物更普及導致生活型態改變，影響能源使用的關係。

透過住宅部門能源使用分析，市府認為應多著墨在能源效率改善方面的措施，特別是建築物的能源效率表現。第一次建築法令規範著墨在節能方面是在 1965 年的 Part L 法案，之後陸續被重新檢討並加強能源規範管理。雖建築物的能源效率規範已逐漸提高，然卻只能規範新建案的能源表現，且新建房屋在 2050 年也僅占房屋總量的 1%，而既有的老舊建築卻不須強制依循新規範。在倫敦約有 30% 的房屋，是於 1919 年以前建的典型

聯排屋，其所使用的暖氣消費約是現行法令規範的 3 倍，市府遂提出應儘速改善倫敦的既有老舊建築物，藉由節能方式達成減碳到目標，並提出 Re-new 與 Re-fit 計畫進行整修工作。

Re-new 計畫：市府預計在 2015 年以前翻新 120 萬戶房屋，資金來源則透過 Green Deal 計畫或是保證收購制度(FIT)，透過利用節能支付的模式，使家庭可免費翻修。同時英國政府已推行 warm front 計畫，針對弱勢團體改善建築物的絕緣效果並維修或替換暖氣設備，該措施已使弱勢團體家庭的年平均電費下降，由 580 英鎊下降至 493。然市府面臨到房屋翻修面臨到房屋所有權與使用者不同的問題，在倫敦約只有 50% 的居住者是房屋所有權人，其餘為租賃者，對於房東而言並無誘因促使其翻修房屋，因翻修後節能的受益者為承租人，而翻修期間又無房租收益，承租人雖有意願翻修以改善房屋能源效率，但其非房屋所有者，並無實質同意權，此問題使計畫在執行層面受到某種程度的挑戰。

Re-fit 計畫：翻修倫敦的公共建築，目前 42 個先期計畫建築物已確認每年可節約 100 萬英鎊，由 Greater London Authority (GLA) 執行，並透過 C40 的 Clinton Climate Initiative (CCI) 推廣，藉由建築物的能源效率改善與能源消費減少，創造永續的財務節約。能源費用節約與建築物碳足跡的減少由能源服務公司 (ESCo) 進行建築物能源效率的評估，透過符合 ESCo 團體設計並實施的節能方式，提供一定程度節能的保證，並提供一段期間的財務節約合約，此建築物節能的風險由 ESCo 承擔，而不由建築物的所有人承擔，稱為能源表現合約(Energy Performance Contracting ,EPC)。此標準的合約模式使公部門的買家能更方便，並減少雙方交易成本與時間花費，目前約有 14.6 萬平方公尺的公部門建築物實施，約可減少 7,000 公噸的碳排放量並平均減少 28% 的能源使用，大約需要花費 700 萬英鎊，耗時 7 年回

收，採取的措施包括照明的管理與升級、空調系統改善、建築物的管控系統、建築物材質、不同速度的風扇與宕、電腦關機軟體、電壓最適化與低碳能源產生等方式以減少建築物的能源消費，並已於 2008 年達到 ESCo 保證的 25% 節能成效。

另外亦已成立專家小組提供商業與法令有關分散式能源供給的建議，期藉由商業化與大規模的投資於分散式的能源供給設備，使建築物能更符合低碳目標。

## **2.交通部門的減碳措施**

倫敦交通碳排放量主要源於汽車，塞車更造成國內生產總值的 4% 的經濟損失，倫敦因此率先在 2003 年開徵塞車稅，凡在尖峰時刻開車進入或停放汽車於市中心(約 22 平方公里)，透過固定式攝影機捕捉車牌號碼的方式，規定車主必須繳交每天 8 英鎊的費用，當地居民與殘障人士註冊的車輛則可豁免，並在 2007 年擴大一倍的管制區。據統計已減少 20% 機動車(約 7.5 萬車輛)進入市區的數量，每年減少 4,000 至 5,000 萬公升的燃料油使用，以及 10 萬公噸的二氧化碳排放減少，每年可收取約 1.22 億英鎊，此經費依法令規定專用於改善倫敦交通，車主若未按時繳費則處以 100 英鎊的罰鍰，此措施不僅降低排碳量，亦降低 NO<sub>x</sub> 以及 PM<sub>10</sub> 的排放量，並改善倫敦的空氣汙染。

同時倫敦並致力於電動車推廣，新增電動車充電設備建置，使倫敦地區能提供 10 萬台電動車之充電需求，於 2012 年底提供 300 台油電混合公車，並計畫與計程車業者合作，期望在 2020 年可提供可負擔的零碳計程車。

## **3.低碳社區與企業推廣**

市府提出 Re-connect 以推廣低碳社區，目前已有 10 個低碳社區成立，並連署在 2012 年達成 20.12% 的減碳目標，期藉由社

區、家庭與工作場所的能源效率與能源供應改善，以地方社區為單位達成目標。透過區域性的合作有許多優點，社區能自由選擇合適的減碳方式，並設計與管理減碳計畫，以及能提供更好的綜合服務與傳達更有意義的行為改變，以社區推動減碳可提供具規模的資金募集，並搭配智慧電錶，監測住宅與商業電力使用、能源輸配、網路監測，將產出與需求數量化並有利於重新配置。而在城市空間規劃上，設計綠色企業低碳區，並提供相關誘因鼓勵綠色企業設置於倫敦，同時設立綠色基金以協助中小企業在低碳倡議方面的計畫。

### 三、小結

因倫敦市的經濟結構主要為金融商業，且其碳排主要來自於建築物，故市府所提出的減碳計畫主要著力於建築的節能發展，然因倫敦市發展歷史久遠，人口與既有住宅數量皆相當可觀，在住宅與商業建築物改建的時程與經費面臨相當大的挑戰。

整體而言，倫敦市府經費除用於既有建築物的節能整修外，其餘主要經費用於機構建立、調查與研究，較少應用在將低碳技術轉移成實質減碳計畫上，市府主要透過提供誘因予民間團體，期望團體藉由活動發起來啟發大眾的減碳意識。雖有研究報告顯示技術進步導致每人年排放量降低與行為改變的效果相同，然在可預期人口持續增長且城市擴張的情況下，技術進步導致的減量將迅速的被抵銷，而行為的改變是可持續的，但民間團體所設計的行為改變，則有衡量評估上的困難。另外市府較少著墨在建築物與交通運具在再生能源方面的應用。

### 肆、低碳城市範例對我國的啟示

哥本哈根與倫敦雖然城市的大小差異懸殊，哥本哈根為 50 萬人口而倫敦為 780 萬，但在減碳目標設定上都相當具有雄心，亦訂立

不同時程的短期與中長期減碳目標。在研擬節能減碳措施前皆應針對城市的特性以及排放結構做分析，並對不同部門提出依目前技術可行的減碳方案，兩個城市皆為該國的首都，產業結構以商業為主，故主要排放源為商業以及住宅部門，交通部門的排放次之。

因產業結構關係，主要排放量皆來自建築物(住宅部門與商業部門)，且因城市發展早，既有建築物為早期建築，節能效率較差且至少超過五成以上的建築物將仍持續存在至 2050 年，故皆著重在既有建築物的翻修與能源效率改善，同時並針對新建築物實施能源效率規範，我國可參考其在建築物節能方面的相關措施。然而兩個城市在住宅部門皆面臨到使用者與所有權者不同的狀況，致使翻修舊有建築物使其更具能源效率的措施無法推動，雖有政府提出欲利用 ESCo 的方式解決，但目前尚未有具成效的實際措施，我國許多人口流入的城市與校園周邊如有整修計畫將亦面臨此問題，建議後續可持續觀察他國的相關措施以茲我國借鏡。

兩個城市的措施亦皆強調改變個人的行為以達成減碳目標，相關措施包括：透過強制性的法令，如倫敦市政府提出徵收塞車費以限制車輛進入市區，哥本哈根對私有汽車課徵高稅額；或透過改善相關硬體設備以鼓勵市民減碳，如倫敦市府協助翻修弱勢家庭住宅，以及哥本哈根市的自行車道與相關設備建置及改善，區域供熱系統的普及；或透過自發性的民間團體所推動的運動，透過舉辦活動或競賽等方式鼓勵行為改變，如倫敦的自願性減碳社區，以及哥本哈根自行車人數計數器，都欲藉由群體的行為以影響個人。

城市的特性與排放源不同，所採取的相關措施也就迥異，市府在實際採取減碳措施之前應先分析城市的特性，並輔以現行技術的可行性評估，才能以最少的資源達到最大的減碳成效。然雖地方政府的低碳措施可有效的執行，但在許多方面仍需要中央政府的協助

才能達成低碳城市的目標，如資金協助、制度建立與調整、法令新增與變更等，都須仰賴整個國家的政策。

## 伍、參考文獻

### 中文文獻

- 1.王亞宏，世界各國治霧霾盤點：倫敦從霧都到生態之城，中國國際廣播電台國際在線
- 2.杜鵬飛，楊永森，李王鋒，低碳生態城市芻議與夏各莊規劃案例分析，循環經濟與節能減碳
- 3.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
- 4.秦耀辰，張麗君，魯風先，閔衛陽，王喜，2010，國外低碳城市研究進展，地理科學進展第 29 卷第 12 期
- 5.丹麥台北代表處經濟組報導，2012，哥本哈根希望到 2025 年時成為世界上第一個完全碳中性的城市

### 英文文獻

1. Base London,2012, A low carbon London – now and beyond
2. City of Copenhagen City Hall, 2012, Global Challenges Copenhagen Solutions – A growing, green city
3. City of Copenhagen City Hall, 2011, Denmark, Sustainability Solutions Group
4. City of Copenhagen City Hall, 2011, Municipal Plan 2011

5. City of Copenhagen City Hall, 2012, Copenhagen Solutions For Sustainable Cities
6. City of Copenhagen City Hall, 2013, CPH Carbon Neutral 2025
7. City of Copenhagen City Hall, 2013, District Heating in Copenhagen : An Energy Efficient, Low Carbon, and Cost Effective Energy System
8. David Cobb, 2012 臺英低碳永續城市論壇, Lessons learned from the UK's low carbon policy mix' low carbon policy mix
9. Economist Intelligence Unit, 2009, European Green City Index
10. Greater London Authority City Hall, 2011, Delivering London's Energy Future
11. Jim Skea, Shuzo Nishioka, 2008, Policies and practices for a low-carbon society, Climate Policy
12. Judith Ryser and Teresa Franchini, 2009, Toward Low Carbon Cities: Madrid and London, 45<sup>th</sup> ISOCARP Congress
13. Justin Gerdes, 2013, Copenhagen makes an ambitious push to be carbon neutral by 2025, Yale Environment 360
14. Mary-Ann Knudstrup, Hanne Tine Ring Hansen, Camilla Brunsgaard, 2009, Approaches to the design of sustainable housing with low CO2 emission in Denmark, Renewable Energy No.34
15. Matthew Pencharz, 2013, London must drive smart innovation and investment, National Geographic Society

16. OECD, 2012, OECD Report on Measuring the Potential of Local Green Growth-An Analysis of Greater Copenhagen
17. Robin Hickman, Olu Ashiru, David Banister, 2011, Transitions to low carbon transport futures: strategic conversations from London and Delhi, Journal of Transport Geography No. 19

### 其他

- 1.網站：C40(<http://www.c40cities.org/>)
- 2.網站：European Commission European Green Capital 2013  
([http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/index_en.htm))
- 3.網站：Danish Board of District Heating  
(<http://www.dbdh.dk/default.asp>)