

# 研析歐美指標性低碳城市之環保作 為——提供本市建構低碳城市參採



研究機關：研究發展考核委員會 單位：綜合規劃組

研究人員：組員 林厚成

研究期間：101年1月1日至101年8月31日

(本研究純屬研究者個人意見，不代表本機關或市政府意見)

中華民國 101 年 8 月 31 日

# 研析歐美指標性低碳城市之環保作為

## --提供本市建構低碳城市參採

### 摘要

工業革命啟動全球經濟快速發展的樞紐，而經濟成長係建立在大量使用煤、石油等石化燃料。使用石化燃料產生的二氧化碳、氮氧化物等溫室氣體急速增加的結果，造成全球溫度上升，氣候發生極端天然災害的頻率增加。此外，人口及經濟活動匯聚於城市，亦是溫室氣體排放的主要來源。因此，在改變全球氣候變遷的過程中，城市將扮演不可或缺的角色。

近年來臺灣地區大量使用石化能源及人口明顯集中於都市的結果，臺灣地區的氣候也大幅改變：溫度上升的速度或是平均海平面上升的速率，均較同時期全球平均值為高。臺灣本身的地理位置特性原本就易受地震、颱風襲擊，氣候變遷脆弱度與災害風險遠高於其他地區，因此我國必須更積極減緩溫室效應氣體對生態環境之衝擊。

我國為加速朝向「低碳社會」邁進，在民國 98 年全國能源會議中提出 10 年內「打造低碳家園」的願景目標。在 100 年 8 月臺中市獲得行政院環保署遴選為臺灣中區低碳示範城市。本研究目的係研析歐、美指標性低碳城市的經驗與作法，提供該等城市（社區）相關環保作法，作為本市建構低碳城市之參考及啟發創新作為之基礎。

本研究研析美國西雅圖、英國貝丁頓社區、瑞典哈姆濱湖城及馬爾摩、德國弗班區、丹麥桑索島及巴西庫里提巴等指標性低碳城市的環保作為，並以聯合國環境規劃署「城市環境保護協議書」的七大面向為架構進行分析，彙總整理各該城市的獨特措施。另一方面，本研究亦將臺中市建構低碳城市白皮書之各項低碳措施，依照前揭的七大面向分析整理，俾利比較分析。本市與歐、美指標性低碳城市環保作為的差異之處，如能與本市地理環境與人文條件配合者，即可提供作為本市低碳措施的思考或精進方向。

利用七大面向比較之後，本研究提出十二項建議，包括四項短期可行、六項中期可行及二項長期可行之建議。

短期可行之建議係指相關資源(人力、設備或經費)可於原有資源內調撥不致影響正常事務之推動、或有利民間企業發展，可協同民間資源支援，讓本市可於一年內實施推動。建議內容計有：1. 設置專人提供節能減碳專業諮詢；2.

提供市民參與規劃的機會；3.建構「個人碳預算」的思維及 4. 低利補助購買太陽能光電板。

其次，中期可行之建議係指未來二至五年內，透過本市預算編列、訂定自治法規及人力、設備投入推廣，有助於本市的施政作為與世界低碳潮流並駕齊驅。建議內容包括：1. 設置自行車專屬停車場；2.發展 BRT 大眾運輸系統；3. 建置正能源屋，發展低碳教育觀光；4.發展生物棲地指數或綠地指數與綠點數，規範都市開發程度；5.發展大眾運輸導向的生態都市及 6. 以「低衝擊開發」防洪治水等六項。

最後，長期可行之建議，除本市低碳作為的努力外，尚需中央政府政策主導及民間企業相關環保技術之配合，方具成效，可作為本市長期低碳施政的規劃方向。長期建議計有：1. 規範建築物每平方公尺耗能上限及 2. 扶持「生態建築」的發展等二項建議。

「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)」一直是本市的理念，低碳生活儼然已成為全世界共通的語言。期望本研究之建議能幫助臺中市成為世界級的低碳典範城市，並透過「低碳 優活」的成就，讓臺中登上世界舞台。

# 目錄

壹、研究緣起與目的	
一、研究緣起 .....	1
二、研究目的 .....	5
貳、研究方法與內容架構	
一、研究方法 .....	5
二、研究內容架構 .....	5
參、歐美低碳城市之環保作為分析	
一、歐美指標性低碳城市之環保作為 .....	9
二、低碳城市成功要素分析.....	39
肆、本市建構低碳城市之作為	
一、臺中市地理環境之分析.....	46
二、臺中市都市發展現況.....	52
三、臺中市低碳城市建構計畫.....	56
四、比較本市與歐美指標性低碳城市的環保作為.....	70
伍、結論與建議	
一、結論.....	73
二、建議.....	75
參考文獻.....	82

## 圖目錄

圖 1-1 我國「打造低碳家園」具體建構時程 .....	4
圖 1-2 低碳家園建構架構 .....	4
圖 2-1 因應氣候變遷威脅的兩大重要策略 .....	6
圖 2-2 研究內容架構 .....	8
圖 3-1 REAL CHANGE 週報.....	11
圖 3-2 西雅圖免費搭乘區.....	13
圖 3-3 GROWING VINE STREET 自然排水系統 .....	16
圖 3-4 BEDZED 的彩色風帽.....	18
圖 3-5 「哈姆濱湖城」模式.....	21
圖 3-6 哈姆濱湖城垃圾回收系統.....	22
圖 3-7 馬爾摩地標旋轉大樓.....	25
圖 3-8 集中式真空廚餘專用槽系統.....	26
圖 3-9 B001 的雨水渠道和濕地水塘 .....	29
圖 3-10 自行車專用停車站 .....	32
圖 3-11 庫里提巴之 BRT 筒狀車站與三節公車 .....	37
圖 4-1 臺中市地形圖.....	47
圖 4-2 臺灣日射量分布圖.....	50
圖 4-3 臺中十六方位風頻圖.....	51
圖 4-4 梧棲十六方位風頻圖.....	52

圖 4-5 臺中市都市發展區土地使用現況圖.....	53
圖 4-6 臺中市非都市發展區土地使用現況圖.....	54
圖 4-7 臺中市交通運具使用情形.....	55
圖 4-8 臺中市民國 98 年溫室氣體排放比例 .....	56
圖 4-9 臺中市低碳城市願景目標與行動計畫.....	57
圖 4-10 臺中市短、中期減碳目標 .....	58

## 表目錄

表 3-1 指標性低碳城市的獨特措施.....	43
表 4-1 臺中市內氣象測站資訊.....	49
表 4-2 臺中市內氣象測站每月平均全天空日射量.....	49
表 4-3 臺中市內氣象測站逐月平均風速.....	51
表 4-4 臺中市低碳細部子計畫分類.....	62
表 4-5 臺中市低碳具體措施與主辦機關 .....	70

# 研析歐美指標性低碳城市之環保作為

## --提供本市建構低碳城市參採

### 壹、研究緣起與目的

#### 一、研究緣起

由統計資料與科學數據分析，已確切證明人類活動是造成溫室氣體過度排放的原因。大氣中的溫室氣體 (greenhouse gases)，包括水蒸氣 (H<sub>2</sub>O)、臭氧 (O<sub>3</sub>)、二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)、氧化亞氮 (N<sub>2</sub>O)、甲烷 (CH<sub>4</sub>)、氫氟氯碳化物類 (CFCs, HFCs, HCFCs)、全氟碳化物 (PFCs) 及六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 等，由於人類活動的結果，產生溫室氣體濃度升高，造成地球溫度提高，進而引發各種氣候變遷，造成全球環境與社會經濟系統的衝擊。

以全球面向而言，人類大量使用石化能源是造成氣候變遷最重要的因素。工業革命啟動全球經濟快速發展的樞紐，而經濟成長係建立在大量使用煤、石油等石化燃料。隨著人口快速成長，使用石化燃料產生的二氧化碳、氮氧化物等溫室氣體急速增加，全球溫度上升的結果，造成氣候發生極端天然災害的頻率增加，不僅影響自然生態及人類健康，甚至對人類未來的生存產生威脅。

其次，以區域及地方而言，因人口及經濟活動匯聚於城市已是全球的趨勢，都市化的結果是造成氣候變遷另一項重要的因素。城市面積僅占地球表面 1%，卻聚集全球超過半數的人口、消耗全球四分之三的能源<sup>1</sup>。城市是能源主要消費地區，亦是溫室氣體排放的主要來源。因此，在改變全球氣候變遷的過程中，城市將扮演不可或缺的角色。

近年來臺灣地區大量使用石化能源及人口明顯集中於都市的結果，臺灣地區的氣候也大幅改變。依據我國中央研究院地球科學研究所指出，臺灣近 100 年來氣溫已經上升 1.4 度，是全世界的 2 倍(全球溫度近百年來上升 0.6 度)；且最近 30 年溫度上升速度更是全世界的 3 倍。該所表示「地球的溫度正在激烈的調整上升，這是人類改變了地表環境的結果。」

---

<sup>1</sup> Conor Riffle, "Carbon Disclosure Project: Low-Carbon Management", Sept. 2009.

以下引用行政院經濟建設委員會 101 年 6 月訂定之「國家氣候變遷調適政策綱領」資料，分別從溫度、降雨及海平面上升等三方面，略窺臺灣的氣候變遷趨勢。

#### (一)溫度

臺灣暖化現象十分明顯，不論是 100 年、50 年和 30 年的年平均溫度變化都有顯著的上升趨勢。依據臺北、臺中、臺南、恆春、臺東、花蓮等 6 個具 100 年以上完整觀測紀錄的氣象測站資料計算，臺灣平地年平均溫度在 1911 年至 2009 年期間上升了 1.4°C，增溫速率相當於每 10 年上升 0.14°C，較全球平均值高(每 10 年上升 0.07°C)。臺灣近 30 年(1980~2009)氣溫的增幅明顯加快，每 10 年的上升幅度為 0.29°C，幾乎是臺灣百年趨勢值的兩倍，而臺灣東岸測站的增溫趨勢明顯高於西岸。

在季節特性方面，百年變化以秋季溫度的暖化幅度最大，但近 30 年的變化以冬季的增溫幅度大於其他三季。高溫日數百年變化呈現增加的趨勢，以臺北增加幅度最大，約為每 10 年增加 1.4 天，近 50 年與 30 年的極端高溫日數分別增加為每 10 年 2 天與 4 天。極端低溫發生頻率則顯著下降，1985 年之後，寒潮事件明顯偏少，這樣的情況在 1985 年以前不曾出現過。

#### (二)降雨

以年度總降雨量觀之，過去 100 年以來，臺灣年平均雨量並沒有明顯的變化趨勢，但若以數十年為週期來看待，則可觀測到乾季與濕季的降雨變化。

值得注意的是，臺灣降雨日數呈現減少的趨勢，以 100 年來看，趨勢為每 10 年減少 4 天；但若看最近 30 年，則增至每 10 年減少 6 天，顯示降雨日數減少的趨勢愈來愈明顯。最近一次的 2002 年至 2004 年乾旱事件則是 100 年以來降雨日最少的 3 年；四個季節的降雨日都呈現減少趨勢，其中以夏季的減少幅度最大。

同時，統計資料顯示大豪雨日數（日雨量大於 200mm）

在近 50 年和近 30 年皆有明顯增多的趨勢，且近 10 年極端強降雨及颱風數目倍增。與灌溉和水資源保育有關的小雨日數則大幅度減少，近 100 年趨勢為每 10 年減少 2 天，而近 30 年增加為每 10 年減少 4 天，同樣顯示小雨日數減少趨勢的極端化。

### (三)海平面上升

1993 年至 2003 年間臺灣附近平均海平面上升速率為每年 5.7mm，上升速率為過去 50 年的 2 倍，略高於衛星所測得的每年 5.3mm，但此數值大於同時期全球平均值上升速率（每年 3.1mm）。

臺灣周遭海域海平面上升的可能原因，除全球暖化造成的平均海平面上升外，部分原因屬於區域性的現象，包括近幾十年東太平洋海平面持續下降、西太平洋海平面持續上升、聖嬰現象等氣候現象的影響，以及鄰近海域（如南海）海平面的改變。

由上顯示，臺灣不論溫度上升的速度或是平均海平面上升的速率，均較同時期全球平均值為高。除此之外，降雨型態改變、極端天氣事件發生的強度與頻率升高，均可能造成乾旱、暴雨、土石流、生態變遷等災害，甚者釀成更具破壞性的複合性巨災。臺灣本身的地理位置特性原本就易受地震、颱風襲擊，氣候變遷脆弱度（vulnerability）與災害風險遠高於其他地區，因此我國必須更積極減緩溫室效應氣體對生態環境之衝擊，推展各種減碳措施，以符合全球節能減碳趨勢，並確保環境及資源之永續利用。

我國為加速朝向「低碳社會」邁進，在民國 98 年全國能源會議中提出 10 年內「打造低碳家園」的願景目標，具體建構時程如下：（圖 1-1，資料來源：行政院環境保護署，「低碳家園推動策略研討會背景說明」）。

- (一)民國100年每個縣市完成以村里以上為單位的2個低碳示範社區，全國達50個低碳社區
- (二)民國103年推動6個低碳城市。
- (三)於民國109年完成北、中、南、東4個低碳生活圈之目標。

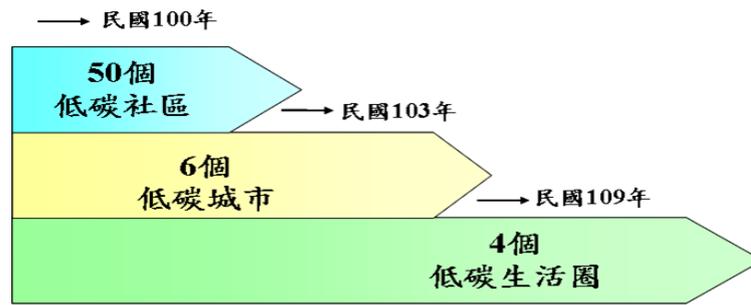


圖 1-1 我國「打造低碳家園」具體建構時程

建構低碳家園是一項極具挑戰的政策規劃與發展工程，不僅需要新科技與新技術支援相關減碳措施，更需要創新的環保觀念及作為，建立民眾環境永續利用之價值觀，進而形成共識，以利低碳社區永續經營。

此外，建構低碳家園之目標並非一蹴可幾，應分階段循序漸進地推動，建構架構如圖 1-2（資料來源：同圖 1-1）。低碳社區是由社區居民凝聚共識，落實節能減碳的觀念、實踐低碳生活，乃為建構低碳家園之短期目標。低碳家園尚需地方政府打造低碳城市，以利連結與協調低碳社區、學術單位間因地制宜的節能減碳策略。最後透過各級政府、民間企業與各環保護志工的共同參與，以低碳城市及低碳消費為基礎，結合低碳能源與低碳產業，形成低碳生活圈。

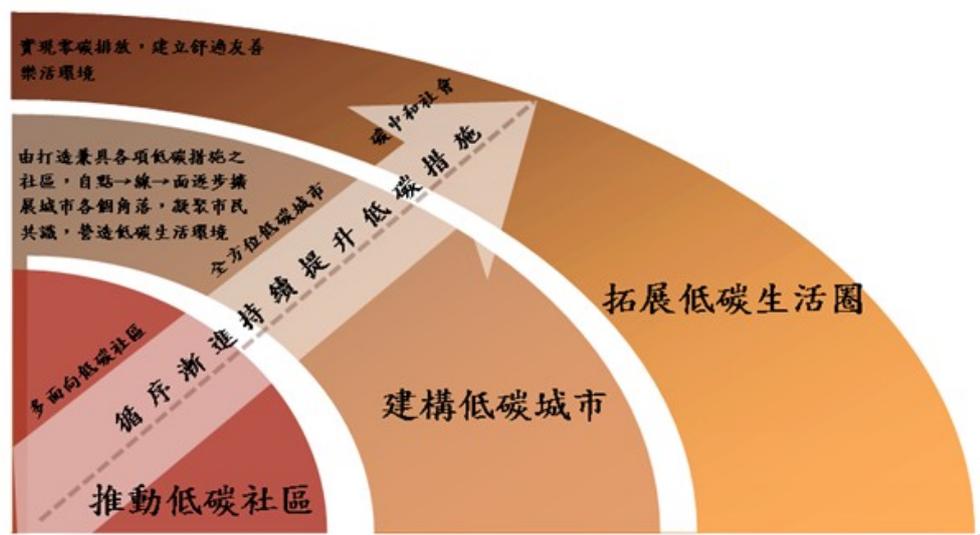


圖 1-2 低碳家園建構架構

## 二、研究目的

依據上述低碳家園建構架構得知，低碳城市在建構過程中扮演承上啟下的角色，位居最重要的樞紐。亦即，縣、市政府一方面必須配合國家政策、法令及經費之分配，達成國家既定之節能減碳目標；另一方面，也必須因地制宜地訂定城市低碳的願景與策略，採用必要的低碳措施，積極輔導、獎勵社區居民發展結合自家社區環境的環保作為、培養居民的自覺與堅持，並爭取民間企業的支持與參與。

100年8月，臺中市獲得行政院環保署遴選為臺灣中區低碳示範城市。臺中市政府為展現推動低碳城市之決心並落實推動各項低碳城市規劃措施，於100年11月1日正式成立「低碳城市推動辦公室」，直屬市長之下，為推動低碳城市建構之專責單位，同時也是全國第一個率先成立直屬於縣市首長辦理低碳推動的專責單位。

本研究目的係研析歐、美指標性低碳城市的經驗與作法，提供該等城市（社區）相關環保作法，作為本市建構低碳城市之參考及啟發創新作為之基礎。

## 貳、研究方法與內容架構

### 一、研究方法

本研究採用的研究方法為文獻蒐集法，蒐集歐、美指標性低碳城市的相關資料，範圍包括：

- (一) 蒐集、閱讀並歸納新聞、雜誌相關報導。
- (二) 蒐集、閱讀並歸納相關學術論文、機關研究報告、公務員出國報告。
- (三) 蒐集相關學術研討會會議資料。
- (四) 查閱相關網站資料。

### 二、研究內容架構

全球氣候變遷已是不爭的事實，世界各國未來都會面臨到不同程度的氣候變遷衝擊與危害。雖然聯合國、各國政府與非政府組織努力推動各種不同措施以減少溫室氣體排放，但是在全全球氣候變遷執行策略中，城市與地方政府是扮演最重要的角色。

目前國際各主要城市不約而同推動「生態城市」、「健康城市」、「綠色城市」、「永續城市」或「低碳城市」，名詞雖異，建構理念卻息息相關；各城市皆致力發展資源循環、節能減碳、生態保育、綠色消費、綠色生產、人口健康、社區發展及環境共生等<sup>2</sup>。為減緩與調適全球氣候變遷衝擊，「低碳永續家園」成為全球共同追求的目標。

然而全球暖化和氣候變遷的趨勢，已非靠人類所能避免。因此，如何透過社會與經濟發展模式的調整，使人類能夠適應氣候變遷所造成的影響，在極端天氣事件與暖化效應下，持續謀求生存、生活與發展，是與減緩同等重要的工作。為此，減緩與調適已同為當前各國政府因應氣候變遷威脅的兩大重要策略<sup>3</sup>。（如圖 2-1，資料來源：行政院經濟建設委員會，「國家氣候變遷調適政策綱領」，中華民國 101 年 6 月。）

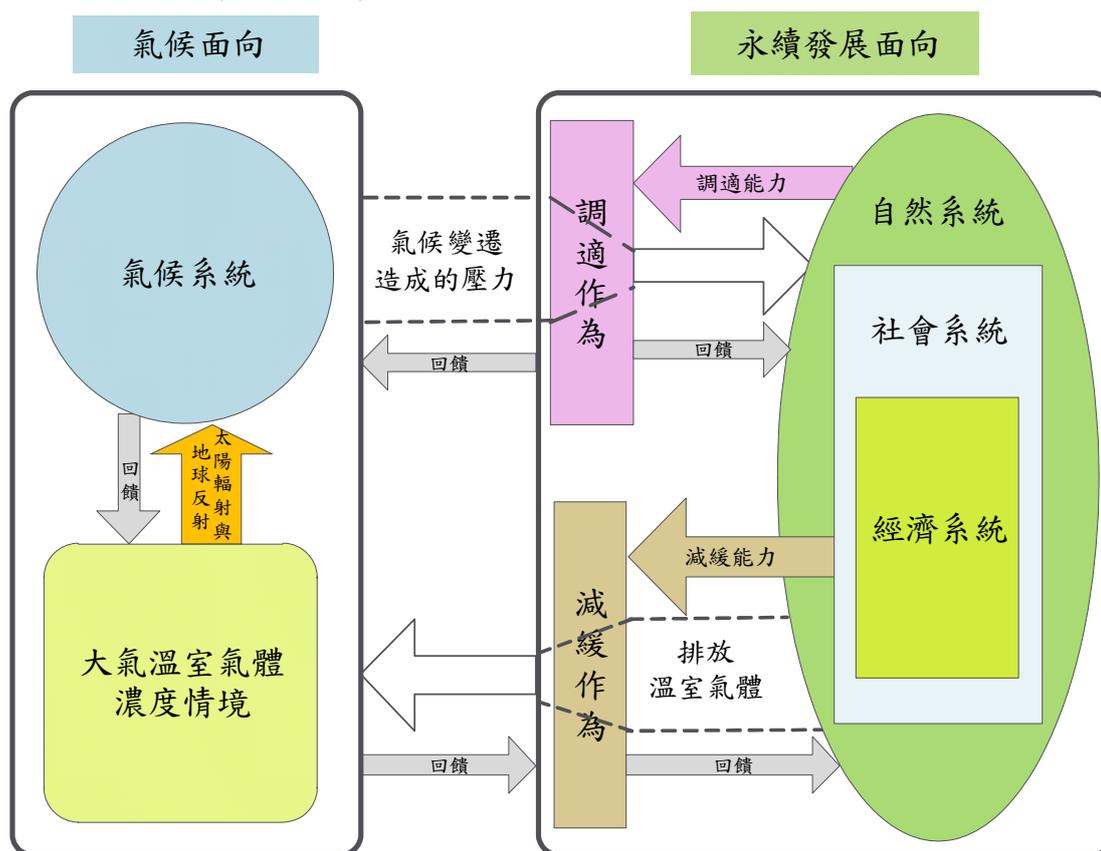


圖 2-1 因應氣候變遷威脅的兩大重要策略

<sup>2</sup> 蔣本基，人間福報 101 年 2 月 9 日第 5 版國際／兩岸。

<sup>3</sup> 行政院經濟建設委員會，「國家氣候變遷調適政策綱領」，中華民國 101 年 6 月。

### (一) 「減緩」(mitigation)

「減緩」係指以人為干預的方式，減少溫室氣體的排放量或增加溫室氣體的儲存量，以減緩氣候變遷問題的發生速度或規模，減緩作為包括：節約能源、提高能源效率、開發新興與再生能源、發展溫室氣體減量技術等。國際上曾召開幾次減緩氣候變遷衝擊的重要會議，目的在於透過全球各國的合作與努力，促使溫室氣體減量，以解除造成氣候變遷的肇因。國際相關會議包括：1992 年在巴西里約召開的地球高峰會，促使全球 154 個國家代表共同簽署「聯合國氣候變化綱要公約 (UNFCCC)」；1997 年在日本京都，各國簽署具有法律約束力的「京都議定書 (Kyoto Protocol)」，明確訂定各國溫室氣體減量的責任與時程。

### (二) 「調適」(adaptation)

「調適」係指為了因應實際或預期的氣候衝擊或其影響，而在自然或人類系統所做的調整，以減輕危害或發展有利的機會。調適的目的在於降低人類與自然系統處於氣候變遷影響與效應下的脆弱度，使得人類與自然系統在極端天氣事件與暖化效應下的負面衝擊最小，且配合氣候變化的獲益能夠最大。調適作為例如：為防止暴雨驟降危害人類生命、財產安全，採行減少地表逕流的預防作為，或仿效大自然調節水文的自然排水防洪模式等。

綜上所述，減緩策略著重於削減造成氣候變遷的原因，調適策略著重於妥善處理氣候變遷所造成的衝擊，兩者互相影響。本研究的內容旨在研析歐、美指標性低碳城市的環保作為，將該等城市執行減緩與調適兩大重要策略的創新思維與實際行動，予以條列分述，期待透過他山之石，提供本市建構低碳城市之參考。

另根據聯合國環境規劃署(UNEP)於 2005 年 6 月邀請世界超過 50 個城市首長簽署的「城市環境保護協議書」(Urban Environment Accords)之內容，永續都市所涵蓋的議題面向包含下列七項：

(一)能源：再生能源、能源有效利用、氣候變遷。

(二)廢棄物減量：零廢棄物、製造者責任、消費者責任。

- (三)都市設計：綠建築、都市計畫、貧窮。
- (四)自然都市：公園綠地、棲地復育、野生動物。
- (五)運輸：大眾運輸、潔淨能源的運輸工具、降低擁擠。
- (六)環境健康：有毒物的削減、健康糧食、乾淨的空氣。
- (七)水資源：近乎乾淨的水、水資源保護、廢水減量。

為期研究結構能完整、有系統，本研究內容將比照「城市環境保護協議書」的七大面向，作為分析歐、美低碳城市環保作為的架構，進行資料蒐集與彙整。之後，再比較本市目前推動低碳城市的作為，配合本市的地理環境、民情與人文特色，提供適切的建議。本研究內容架構如圖 2-2(資料來源：本研究)。

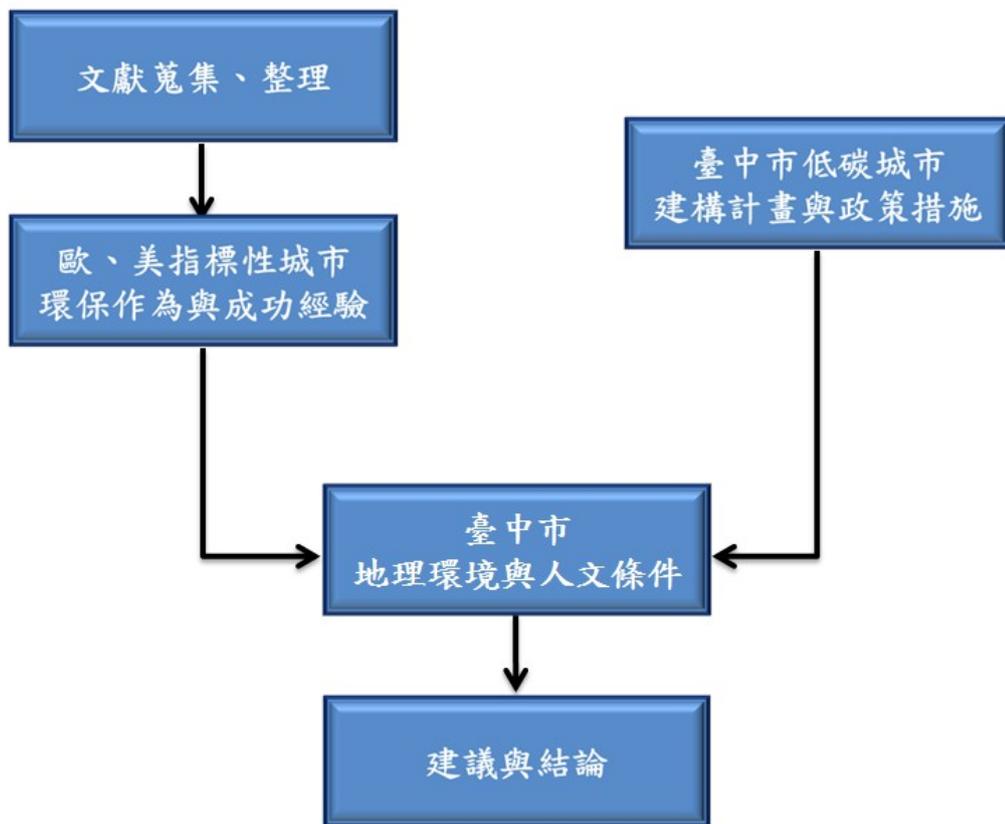


圖 2-2 研究內容架構

### 叁、歐美低碳城市環保作為之分析

#### 一、歐美指標性低碳城市之環保作為

自工業革命後，歐、美國家因經濟發展較早，深刻體會人類活動對自然環境的衝擊。為防制全球氣候變遷及溫室效應加速的現象，聯合國於 1992 年 5 月通過「聯合國氣候變化綱要公約」，其最終目標為控制人為溫室氣體排放，避免因氣候變遷導致環境重大災變，使生態系統能夠自然地適應氣候變化。

近來，亞洲多國也意識到環境永續的重要性，紛紛承襲歐、美低碳城市之經驗，積極發展具備各自特色的低碳城市(社區)。亞洲諸國或許在建構城市(社區)規模或經費動支上勝過歐、美國家，在人口、地理條件等因素亦與我國較為相似，惟為了解低碳城市(社區)之發展全貌及永續觀念之延續，本研究仍以歐、美指標性低碳城市(社區)為研析對象。

##### (一) 美國西雅圖 (Seattle)

西雅圖是美國西北部第一大都市，位於 King County，也是華盛頓州的第一大都市。當美國聯邦政府拒絕簽署京都議定書之際，西雅圖市卻發動全美 850 个城市簽署西雅圖氣候變遷計畫。西雅圖可說是美國環保城市之一，最大關鍵在於從市政府到人民，都有高度的環保認知。

西雅圖環境規劃的最高指導原則就是綜合計畫 (Comprehensive Plan)。該計畫於 1994 年完成，並由市議會審查通過，計畫期間 20 年。計畫除包含州政府成長管理法 (Growth Management Act) 所規定的 5 大部分 (土地使用、交通運輸、住宅、資本門設備與基礎電力設施) 外，還配合 King County 的政策規劃，增加都市村落 (urban village)、經濟發展、鄰里規劃、人力資源發展、文化資源及環境等 6 部分。

綜合計畫第一次修訂工作在 2000 年底完成，計畫名稱是「邁向永續西雅圖」(Toward a Sustainable Seattle)，全市總計有 38 個鄰里社區在市政府鄰里規劃小組 (Neighborhood Planning Unit) 的協助下，針對城市未來的成長及對環境的影響衝擊等議題，廣納各界意見，研擬社區未來發展計畫，並

將這些計畫納入綜合計畫的修訂內容中。

西雅圖的綜合計畫期望將西雅圖建構成為一個永續城市（sustainable urban）。永續城市即為「有效能的（efficiently and effectively）利用資源，並不斷地再利用、再循環；永續城市係建構在自然資源之上，並且了解自然環境的限制，所以盡可能地利用當地既有的資源，在破壞風險最小的情況下利用自然環境，以提供物質和經濟上的保障，並公平地分配這些物質和經濟資源與利益，同時追求成長和穩定的平衡，而謹慎地使用各項資源」。

西雅圖市政府更仿照大自然的運作模式，減少雨水逕流以解決暴雨淹水的問題；限制過度開發和興建綠建築，降低對自然環境的衝擊；舉辦「百年綠地計畫」公投與復育水岸等措施，面對人口增加、綠地不減反增的挑戰。因此，西雅圖的減碳成績已遠遠超越京都議定書所訂定的減碳目標。茲將西雅圖相關環保作為，依聯合國環境規劃署「城市環境保護協議書」的七大面向為架構，分析如下：

#### 1. 能源面向：

- (1) 西雅圖會在屋頂上種植不同種的原生植物，夏季約可降溫華氏2到5度，節省空調耗電量，亦可維持生物與城市風貌的多樣性。
- (2) 西雅圖的i-SHELTER計畫，讓公車候車亭的電力完全來自於候車亭頂上的太陽能板，並採用 LED燈提高電源使用效率。用太陽能來發電不僅環保考量，如果因公車路線或停靠站異動而必須遷移候車亭時，也不用大費周章開挖路面進行電力工程施工。

#### 2. 廢棄物減量面向：

- (1) 依據2011年8月4日西華報（Seattle Chinese Post）的報導，西雅圖的垃圾回收率<sup>4</sup>已經達到53.7%（本市約為47.5%）。這比去年又提高了3%。如果僅統計家庭住

---

<sup>4</sup> 垃圾回收率 = (資源回收量 + 廚餘回收量 + 巨大垃圾回收再利用量) / 垃圾產生量；垃圾產生量係垃圾清運量、巨大垃圾回收再利用量、廚餘回收量及資源回收量之合計。

宅部分，回收率更高達70.3%。西雅圖市政府希望在2012年全面回收率達到60%。

- (2) 西雅圖華盛頓大學的學生，主動發起拒喝瓶裝水的活動。政府部門也率先不編列預算購買瓶裝水，並提供冰箱、飲水機，鼓勵自帶水瓶。
- (3) 通過法規要求興建房屋時必須達到各類環保指標、使用環保或循環經濟產品，並規定建築垃圾回收循環處理比例必須達到50%的標準。

### 3. 都市設計面向：

- (1) 西雅圖市政府要求所有新建超過5000平方英尺(約465平方公尺)的建築，都要符合美國綠色建築委員會(USGBC)頒發的LEED綠色建築認證。所以，西雅圖成為美國擁有綠建築最多的地區之一。
- (2) 華盛頓大學地景建築系教授Nancy Rottle主持策劃的「百年綠地計畫(Open Space Seattle 2100)」，由市民參與提出心目中 100年後西雅圖的綠地空間實況。
- (3) 西雅圖貝爾鎮社區興建中的「生態實驗室」，由美國Weber Thompson建築師事務所設計，「生態實驗室」結合居住區、教育區和公共市場等功能，並以環境永續為主軸，整棟建築的能量消耗和水資源消耗均接近於零。

- (4) 西雅圖的民間團體想出一個創意的辦法來照顧遊民—讓遊民成為《Real Change》(圖3-1，資料來源：廖桂賢部落格網址，<http://blog.yam.com/kueihsienn/article/15312057>)



的零售商。遊民以每份35分美金的成本買進週報，再以1美元賣給大眾，每賣出一份週報賺65分錢，收入雖然微薄，

但他們不必再依賴憐憫，還能夠藉由街頭賣週報傳播知識，讓更多西雅圖市民瞭解貧窮議題，此作法實在是具有一石二鳥的高度創意。

#### 4. 自然都市面向：

- (1) 2010年西雅圖市政府為了精準計算出城市中的「樹」對西雅圖減碳的貢獻，以樹的高度、樹幹直徑、樹葉密度，精準呈現樹的3D樣貌，再加上樹的品種以及健康狀況等資訊，計算出綠樹對西雅圖的經濟價值，做為市政府訂定環保政策的參考依據。
- (2) 增加樹林覆蓋率，減緩開發地區的熱島效益。西雅圖係以2008年的覆蓋率為基準，期望每年增加1%的覆蓋率，直到達成40%覆蓋率的目標。
- (3) 在西雅圖所在地的華盛頓州，對溼地（Wetland）及綠帶（Green Belt）的保護絕不因都市郊區化而讓步，任何會影響到溼地或改變溼地的開發案，都必須經公聽會，而且審核的單位不只是州政府，聯邦政府也會介入，即使是屬於私人的溼地也一樣。
- (4) 為保護樹木，市政府訂定自治法規，限制市民砍樹的自由。
- (5) p-patch市民花園：市民年繳35美元，就可擁有一小塊土地種花，這些花還可帶回家自用，深受市民喜愛，一直有市民排隊等待種植的機會；這也是增加都市綠地的方式。

#### 5. 運輸面向：

- (1) 汽車共乘服務STAR計畫：提供一個共乘服務平台，便利市民使用共乘服務。其他配套措施包括共乘車輛可使用高乘載專用道路、在停車場入口處保留專用車位，以及長期使用共乘服務可獲得獎勵金（使用3個月共乘服務可獲得美金50元，使用6個月可獲得美金100元，另推薦親友加入共乘系統，可額外得到美金50元），獎金可扣抵共乘服務與燃料等費用。若因工作關

係而無法使用共乘服務，STAR計畫亦提供每年8次的免費計程車服務。

(2) 便捷公車系統：

A. 捷運隧道 (Transit-Tunnel)：原僅供公車專用，是世界上第一條投入營運的全封閉地下捷運公車系統 (BRT)，直至2005年方重新整建供公車與中央線輕軌 (Central Link) 行駛。

B. 西雅圖市中心在特定時段屬於免費搭乘區 (Ride Free Area，如圖3-2中虛線內的範圍，資料來源：Kingcounty 官網，網址 <http://metro.kingcounty.gov>)，遊客在免費搭乘區內搭乘公車無需付費。



圖 3-2 西雅圖免費搭乘區

C. 公車均採用油電混合動力，當公車進入捷運隧道時就使用電力行駛，如於地面道路行走，才改用柴油動力。

D. 華盛頓大學幫King County的Metro Transit設計一套公車追蹤系統(Automated Vehicle Location; AVL)的網站Bus View (<http://metro.kingcounty.gov/>)。藉由選擇Bus View網站上的地圖，點選乘客目前所在的位置，地圖上將顯示所點選的位置上有那些公車。如果乘客的行動電話或PDA可以無線上網，更可透過MyBus (<http://www.mybus.org/>) 個人化的設定，系統可以主動通知乘客等待的公車是否早到或晚到。

- E. 華盛頓大學的學生可以買UPASS季票，讓搭公車的學生在一個學期之內無限次搭乘公車，鼓勵學生減少開車。
  - F. 公車提供搭載自行車的服務。
- (3) 軌道大眾運輸系統：1996年11月底，由King、Pierce及 Snohomish三郡進行公民投票，通過提高銷售稅 (sales tax) 和汽車貨物稅 (vehicle excise tax) 作為興建輕軌大眾運輸系統 (包括Central Link及Tacoma Link二條輕軌系統) 的財源。然而西雅圖的單軌電車 (Monorail) 卻在2005年12月的第五次公民投票中慘遭否決，正式結束興建單軌電車的夢想。
- (4) PARK & RIDE系統：在郊區各處沿高速公路旁都設有停車場，讓郊區的民眾方便將車停放在此，利用大眾運輸系統或共乘系統進城。
- (5) 推廣自行車：西雅圖曾贏得全美「最適合騎自行車的城市」。西雅圖能成功推廣自行車最重要的因素，是來自於市政府、市民與私人企業三者之間的協力合作。
- A. 政府、市民共同支持：1997年西雅圖市政府推出了「聰明騎自行車」(Bike Smart) 計畫，展開一連串免費的自行車相關活動，提升市民騎自行車的意願。2006年西雅圖市民公投決定把錢用在為期九年的自行車環境計畫上。隨後，市政府公布一個預算高達臺幣一百多億的「自行車十年總體計畫」(10-year Bicycle Master Plan)，用以建構更完善的自行車環境。除了增加自行車專用道的長度至723公里外，並訂下62%的主要道路都要有自行車道的目標。此外，市政府規定所有捷運及公車都要有搭載自行車的空間及設備，並預先規劃至2017年自行車所需的停車位數量及置物空間。
  - B. 私人企業：除了設立自行車架，維護員工自行車安全外，也提供自行車通勤員工淋浴間及更衣室、舉

辦相關教育推廣活動，如自行車騎乘技巧講座等，甚至提供自行車通勤員工獎勵金。

#### 6. 環境健康面向：

- (1) 整治 Green River：採取獨特河川復育工法，由政府編制內的生態學者執行不與河搶地的自然工法。利用直升機將巨型樹木堆到上游河道中，恢復生態複雜性；中游部分，遷徙住戶、復育洪水平原，建立「洪水控制地區（Flood Control Zone District）」；下游平衡工業區利益與生態保育，研議新式河堤，防洪成效佳、成本又低。
- (2) 在市民水岸聯盟（People's Waterfront Coalition）主動倡議下，經市民認同把影響景觀、製造噪音的雙層高架橋Alaska Way Viaduct，改為四線平面道路，並讓一旁500哩的海岸進行復育。屆時整個海岸將成一片綠地，有利市民生活環境提升，復育的海岸生態同時有利鮭魚棲息。
- (3) 農夫市集：農夫市集主要銷售有機農特產品，農特產品 70%來自單程距離57哩外Puget Sound的農作物，對照美國大部分農作物的運程至少1,500哩，省下不少運輸成本與污染問題。
- (4) Puget Sound的班恩橋島（Bainbridge Island）上的自然生態學校Island Wood，整所學校師生所產生的污水、包含沖馬桶的污水都進行淨化處理，淨化後的水質已達到可以飲用的程度。

#### 7. 水資源面向：

- (1) 2000年開始，西雅圖市政府著手進行自然排水系統計畫。自然排水系統係仿效大自然調節水文的運作模式，將雨水蓄留在當地，然後讓水慢慢滲透到土壤裡，過剩的水才集中到土壤下方的排水管，而後匯流到河川。自然排水系統的硬體工程，不僅造價只有傳統排水設施的一半，且隨著植物的生長永遠不會老舊損

壞，更可提供城市生物棲息的空間。西雅圖採行自然排水系統後，淹水問題大幅改善。

- (2) 如遇少數豪大雨，由於自然排水系統能夠立即處理、容納的逕流量仍屬有限，因此尚需其他的配套措施，例如：在建築物地下室設置儲水池，或在屋緣下放置雨水收集桶來截流雨水，並作為澆花、沖馬桶之用。位於第1大道（1st Avenue）與第5大道（5th Avenue）的Growing Vine Street，是西雅圖自然排水系統結合公共藝術的經典案例。（圖3-3，資料來源：廖桂賢部落格網址，<http://blog.yam.com/kueih sien1/article/11762573>）



圖3-3 Growing Vine Street自然排水系統

## (二) 英國貝丁頓社區(BedZED)

BedZED 社區位於倫敦南郊的 Sutton 行政區內，為貝丁頓零耗能發展計畫（The Beddington Zero Energy Development）

的縮寫，是倫敦最大的房屋協會 Peabody Trust 所開發，完成時間在 2002 年 9 月，佔地約 1.7 公頃，共有 82 戶住宅單元，271 個房間，工作室與商業空間共 3,000 平方公尺。社區中約 2/3 的住宅空間為政府所有，僅供租給中低收入戶使用，其它 1/3 則開放市場自由買賣。

BedZED 的基地是以前污水處理廠用地，基地的選擇完全遵照英國利用「Brownfield」的規劃原則，僅利用已開發過的都市用地或工業用地進行發展，避免侵占農業用地，減少因都市擴張對於環境的衝擊。住宅工程造價雖然是傳統中低價位英式住宅的 2 倍，但後續的使用階段對於環境的破壞卻趨近於零，且維護管理與能源的節省更是可觀，也讓 BedZED 獲得 2003 年英國皇家建築師協會 (RIBA) 永續建築設計大獎的肯定。茲分析 BedZED 相關環保作為如下：

#### 1. 能源面向：

- (1) 能源來源：BedZED 導入太陽能、生質能等再生發電系統，藉此獲得一定程度的能源自足。
- (2) BedZED 所有電力與熱水皆來自一具 130kW 整合式沼氣生質能的熱電機組 (Combined Heat and Power Unit, CHP)，以整理園藝或修剪樹枝的有機木屑做為燃料，供應整個社區的用電量及熱水需求。依據歷年來的統計值，CHP 所產生的熱能與電力足以應付社區的整體用電外，尚有多餘的電力可轉賣給國家電力網絡，藉以籌措社區發展基金。
- (3) 隨時檢視能源耗用程度：走進室內，可輕易看到電表、水表、瓦斯表，供住戶隨時檢視能源耗用程度。

#### 2. 廢棄物減量面向：

- (1) 廚房流理台下安裝資源分類回收的櫃子。每戶設有四種垃圾分類桶，社區內也設有垃圾分類收集點，以落實垃圾分類與 60% 垃圾減量的目標。
- (2) BedZED 所需的鋼材、木材、石材，皆來自環保材料或再生材料，道路鋪面基礎則採用建築廢棄的混凝土

塊，有50%的建材都在以社區為中心的60公里半徑內取得，減少運輸的能源耗費，同時也振興地方產業經濟。

### 3. 都市設計面向：

- (1) 綠建築：精心設計的門窗開口與厚達30公分的超級絕緣層，搭配種植阿爾卑斯植被的綠色屋頂，讓室內得以維持在20°C上下的舒適溫度。
- (2) 自然通風設計：BedZED天際線最引人注目的彩色風帽（圖3-4，資料來源：環境資訊協會網址，<http://e-info.org.tw/node/50204>），扮演不必耗能的自然通風角色，利用風壓與室內、外溫度的不同，讓外界新鮮空氣與室內空氣得以循環交換。如果室外溫度過低，新鮮冷空氣會先經過一個簡單的預熱系統，讓室內溫度不致因空氣交換而產生不必要的熱能散失。



圖3-4 BedZED的彩色風帽

- (3) 住宅空間皆位於南面，以充分利用太陽能。住宅空間的南向立面設有三層樓高的溫室，以提供暖房及發電所需的太陽能，透過開窗來調控室內溫度，室內光量

則由窗簾控制。為了鼓勵當地經濟與減少通勤而設的工作室，則位於北面以利用柔和天光，減少人造光源的使用，並於屋頂正上方設置屋頂花園。

- (4) 社區僅使用已通過實證且價位合理的營建科技，避免增加建造成本與事後的維修費用。在建築立面上，建築師堅持採用當地建材，且在立面設計上反映當地風土建築樣式，如磚、木頭、護牆板等細節。

#### 4. 自然都市面向：

- (1) 在開發之初，基地內所有植栽、老樹都原地保留，既有的乾枯溝渠重新設計，注入水元素作為生態池與景觀用途。
- (2) 生態公園「Eco-Park」提供大面積的城市農園。
- (3) 社區旁蓄滿雨水的生態池，是社區災防與涵養水源的公共自然生態資源。

#### 5. 運輸面向：

- (1) BedZED的汽車共乘制度(Car Pool)，提供社區居民多部電動車，採取事先租用的原則，並設置集中管理的充電停車空間。而電動車的電力則來自每戶住宅屋頂的太陽能光電板，由英國政府與歐盟基金所資助，每年可產生的再生能源足以提供社區40部電動車一整年的需求量。
- (2) 社區每戶皆設有自行車車位，公共場所亦設有自行車架與淋浴設備，鼓勵居民多多利用自行車。
- (3) 在合理步行範圍內有兩條公車路線與一條火車路線可連接鄰近城鎮，減少對於汽車的依賴。社區停車空間皆設於基地周邊，嚴格限制汽車僅能短暫停留在自家門口，以降低空氣污染與維護居民的安全。

#### 6. 環境健康面向：

- (1) 社區設有專人指導種植當地原生植物的相關知識，還提供免費的種子以鼓勵居民自行於屋頂花園栽種。
- (2) 使用環保建材與木地板，減少傳統住宅地毯的塵蟎滋

生與有毒揮發性氣體，也減少誘發過敏與氣喘的機會。

- (3) 綠盒子計畫 (Green Box Scheme)：讓居民得以透過網路與社區合作的超市及農家聯繫，採網路訂購、集體配送的方式，讓居民得以合理的價格享受到當地所生產的有機食材，並減少因為開車購物所造成的浪費與污染。

#### 7. 水資源面向：

- (1) 透過屋頂植被與透水鋪面，讓雨水得滲透至每戶的地下水槽，提供浴廁沖洗與園藝灌溉之用，不再發生因暴雨造成下水道系統無法負荷的水患，也讓每戶每年省下約55,000公升的珍貴飲用水。
- (2) 家庭污水採取生化處理方式直接在社區內淨化，在達到浴廁沖洗及園藝灌溉的淨化水質標準後，導入每戶的地下水槽與雨水一起儲存。

#### (三) 瑞典哈姆濱湖城 (Hammarby Sjöstad) 與馬爾摩 (Malmö)

德國環保團體「德國觀察」在聯合國全球氣候變遷會議上公布，以溫室氣體排放量、排放趨勢和環境政策來評比，瑞典是全世界最注重且力行環保的國家。對瑞典人來說，環保、低碳是一種嚴肅的生活態度，從個人、家庭、城市到國家，綠色瑞典已成為地球暖化時代的國際典範。

自1997年開始，瑞典政府即制定能源政策，目的在於建立有效、永續的能源使用，配合符合成本效益的能源供應方式，達到一個具生態永續發展的社會。為了達成2020年零石油的目標，瑞典政府推出七十幾種環保稅，包括能源稅、垃圾焚燒稅、二氧化碳稅、二氧化氮稅等等，瑞典每年環保稅收入達七百三十億克朗(約三千六百五十億新臺幣)，占總稅收的一成。瑞典完全不用石油發電，至今已有四分之一的能源使用再生能源，是歐洲國家平均的四倍。

在瑞典沒有垃圾，所有的廢棄物都是資源，進行回收再利用。一般而言有高達97%的廢棄物進行回收，從家庭分類開

始，一直到重複回收循環使用。該國環保政策甚至落實到凡是使用環保燃料的計程車，允許可以優先載客之地步。

瑞典首都斯德哥爾摩被評為 2010 年度歐洲綠色首都大獎（Europe Green Capital Award），斯德哥爾摩市政府列出九大面向，一一檢驗，包括土地使用分區、土地污染防治、再生能源、廢水處理、垃圾回收、建材、交通、噪音及綠地。

從 2000 年開始，在斯德哥爾摩市南方延伸地區哈姆濱湖周圍，建造一個最先進的世界環保居住地，這就是著名的哈姆濱湖城。哈姆濱湖城瑞典文的意思是「擁有鐵槌的水城」，曾經是重工業集散地，受到高污染讓人避之唯恐不及。瑞典為了爭取 2004 年奧運主辦權，1990 年代初期，就計畫將此處改建成選手村。雖然後來申奧失敗，但開發哈姆濱湖城的都市更新計畫，仍舊持續進行，進而自創「哈姆濱湖城」模式(圖 3-5，資料來源：GlashusEtt, “Hammarby Sjöstad – a unique environmental project in Stockholm”, June 2007.)，由官方和民間合作，從垃圾、能源及水作整體性改造，造就全球第一個完成碳排放量減半的城市。哈姆濱湖城於 2007 年獲得世界清淨能源獎（2007 World Clean Energy Award）。

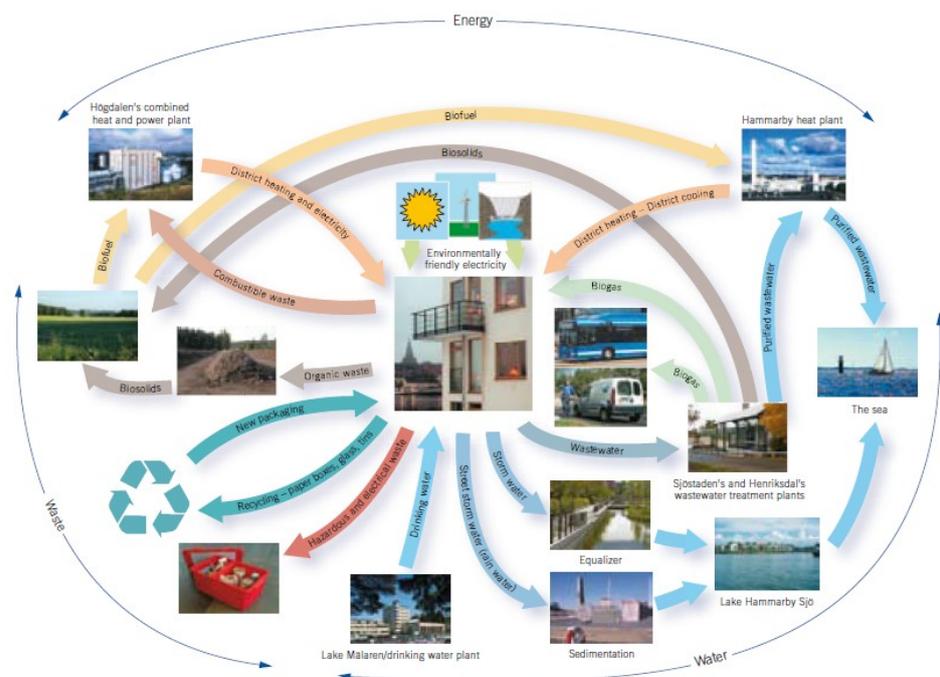


圖 3-5 「哈姆濱湖城」模式

## 哈姆濱湖城

1. 能源面向：自創一套能源使用模式，區內能源大多來自於太陽能、風力等再生能源，同時也整合區內的污水系統、廢棄物系統及新能源轉換設備，透過各自回收處理時所產生之廢熱、沼氣，重新處理成為可再利用的新能源。

- (1) 汽車全面提倡使用生質汽、柴油，估計約有75%的小客車能使用生質油。
- (2) 可燃垃圾會被送到電廠，焚燒後供熱給住戶使用。
- (3) 產生沼氣 (Biogas)：利用垃圾或住家馬桶的廢水，產生沼氣，回到廚房的爐火上。

2. 廢棄物減量面向：

- (1) 每棟樓都有一個分成藍色、綠色、灰色等不同蓋子的垃圾回收系統，可隨時處理每日垃圾（圖3-6，資料來源：經濟部工業局，「網路通訊產業發展推動計畫」出國報告，民國100年11月7日）。垃圾會用真空管吸到兩公里外的集中站。因此，每棟公寓不需要儲放垃圾的空間或占地下室，更不需要開設足以讓垃圾車通過的道路。



圖3-6 哈姆濱湖城垃圾回收系統

- (2) 垃圾分類：分成11個項目，甚至連玻璃瓶也要分成有色

和無色兩種。具有回收價值的，交由每週兩次的垃圾車載走；廚餘、果皮等有機垃圾，處理後成為堆肥。沒有回收價值的，進入發電廠作為燃料產生電力與暖氣，提供家戶使用。

- (3) 有機垃圾可作為燃料、或有機肥，供農民使用，或製成沼氣供汽車、公車使用。
- (4) 從沼氣抽出二氧化碳，用來養殖海藻，作成食物。

### 3. 都市設計面向：

- (1) 瑞典買賣房屋，都必須附設家電用品，斯德哥爾摩市政府要求所有建商附設的家電用品，必須全部採用最高等級的A級省能家電。
- (2) 規劃設計時，公寓每戶只有0.3個停車位，意謂著不鼓勵居民開車。另設有一個環保服務中心，負責全城的能量平衡。
- (3) 不准使用不環保的建材，例如自來水管不能使用銅管、PVC管等。

### 4. 自然都市面向：

- (1) 社區規劃以自然工法建造排水渠道。
- (2) 公共空間設置私人花園，庭院裡分配耕地，使居民不分四季都可種植自己的蔬菜、植物和花朵。

### 5. 運輸面向：

- (1) 免費的社區輕軌電車，可連接到捷運站等大眾交通網。
- (2) 推動搭乘渡輪或汽車共乘，更鼓勵住戶騎自行車上下班。
- (3) 瑞典國家公路管理局和斯德哥爾摩市政府在 2006 年初宣佈試行徵收「道路堵塞稅」的政策，規定對一天之內不同時段之車輛收取10、15、20瑞典克朗之稅金，以減少尖峰時段在市中心行駛之車輛數，讓斯德哥爾摩獲選為2009年全球智慧城市論壇(ICF)的智慧城市。

### 6. 環境健康面向：

- (1) 斯德哥爾摩市政府投資40億克朗（約200億臺幣），將工廠遷移進行殘留溶劑、金屬的土壤淨化工程。

- (2) 連鎖速食店的漢堡，以減少食材運送里程的低碳食物為訴求，降低運輸過程產生的排碳量。漢堡餐廳也會將食物的碳排放量予以量化排行，提供民眾選擇食物種類時的參考，更讓民眾獲得降低碳排放量的回饋。
- (3) 使用玉米皮製作的垃圾袋，由哈姆濱湖城服務中心免費提供。
- (4) 全面使用經生態認證的環保建材，禁用添加有害物質的材料。

#### 7. 水資源面向：

- (1) 擁有全世界數一數二的社區型廢水回收處理場，利用四條獨立的管線收集住家中不同程度的廢水，再集中至處理場做不同等級的處理。
- (2) 雨水經過淨化回流社區，成為社區的人工河。
- (3) 家戶廢水經過淨化後不是直接排到溝渠河流，而是重新灌入地底，再經循環作為飲用水。

### 馬爾摩

馬爾摩位於瑞典最南端，瑞典第三大城，是北歐最早工業化的都市之一，也曾是全球造船業的重鎮，坐落於厄勒海峽地區（Oresund region）的中心，隔著一個海灣就是丹麥的哥本哈根。馬爾摩於 2008 年獲選為美國耶魯大學環境永續指數報告第三名，同年度也獲環保機構 Do Something 評選為世界綠色環保城市之一。馬爾摩更訂出 2020 年達到「氣候平衡」<sup>5</sup>(Climate Neutral)、2030 年全市 100%採用「可再生能源」(Renewable Energy)的永續目標。

---

<sup>5</sup> 氣候平衡的溫室氣體涵蓋範圍，除包括碳中和(Carbon Neutral)的 CO<sub>2</sub> 外，尚包含會造成溫室效應的 CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、HFC、PFC 及 SF<sub>6</sub> 等氣體之排放。資料來源：維基百科網址，<http://en.wikipedia.org/wiki>。

提及馬爾摩，就會浮現乳白色旋轉大樓(Turning Torso，圖 3-7，資料來源：Västra Hamnen The Bo01 Area, A city for people and the environment,2006，瑞典馬爾摩官方網站 <http://www.malmo.se>) 的地標。這棟只租不售的社會住宅，是北歐最高的建築物，也是瑞典綠色建築的經典作品。五十四層樓高、西班牙建築師卡拉塔瓦 (S. Calatrava) 設計像麻花捲，以九十度的大轉彎，鑽進馬爾摩蔚藍無垠的天際。



圖 3-7 馬爾摩地標旋轉大樓

1996 年，瑞典 National Board of Housing, Building and Planning 挑選馬爾摩為 2001 年第一屆歐洲住宅展覽舉辦地，另一方面，連接馬爾摩與丹麥首都哥本哈根的厄勒海峽大橋的興建，給予馬爾摩以市中心為核心向外拓展的都市重建計畫，明日之城 (City of Tomorrow) ---Bo01 也因而誕生。

Bo01 位於馬爾摩的北邊的西港 (Västra Hamnen)，原本是馬爾摩重油污染最嚴重的廢棄工業港口，經定位為「生態城」後，所有改造都從生態環保概念著手。現在西港區的土壤經過重新處理後，該地區已轉變成高科技產業的聚落；全瑞典最年輕的馬爾摩大學，也選擇在此建校。馬爾摩相關的環保作為，研析如下：

#### 1. 能源面向：

- (1) Bo01 在能源策略上，以百分之百能源自給自足為基本概念，最獨特之處在於 Bo01 的區域暖氣、冷氣及電網等能源系統可與城市其他地區連結，達到 100% 再生資源的平

衡。亦即，在一年中的某些時期，Bo01某些地方會跟城市的其他系統借用能源；在其他時間，Bo01就會以其過剩的能源供應其他地區所需。能源策略不只僅著重於供給面，同時也由需求面著手。在2000年秋季，Bo01的能源策略獲得歐盟的能源獎(The Campaign for Take-off Award)之殊榮。

A. 供給方面，全區完全使用以太陽能、風力、以及水力為主的再生能源，並且在當地發電，免除長途輸電成本。另外，建築物的屋頂及牆面裝置了許多太陽能發電板，作為小部分的電力來源。至於暖氣的熱力主要來自海水以及地下水層的熱能。此外，太陽的熱能以及天然氣，甚至由人體排泄物產生的沼氣，也都是暖氣的能源。

B. 供給方面，要求建築物和電器用品的設計要使用最少的電力，並設定家庭用電每年每平方公尺不超過105 kWh的耗能目標。

(5) 馬爾摩是瑞典使用太陽能成效最高的城市之一，曾獲得太陽能協會頒發的成就獎。

(6) 從木頭提煉二代生質酒精，解決生質能源與人類爭糧的困境。

## 2. 廢棄物減量面向：

(1) 水槽中廚餘的處理及集中式真空廚餘專用槽系統，可以追蹤食物浪費（圖3-8，資料來源：同圖3-7）。



圖3-8 集中式真空廚餘專用槽系統

- (2) 社區的回收管：瑞典政府不強制民眾做垃圾分類，但以垃圾重量和累進費率計算費用。因此民眾會將紙類、廚餘、瓶瓶罐罐等，經過詳細的分類後，才送進社區的回收管。社區小巷內每隔一小段路，就會有收集家庭垃圾的回收管。
- (3) 廢棄物回收送到大型資源回收廠，有機物就處理成為沼氣，作為公車、汽車、家庭之用。污染的土壤，處理後作為盆栽土，可燃燒的樹枝花木作為燃料，用來發電。
- (4) 設置可以將廚餘變成沼氣及肥料的設備，也從人體排泄物中擷取養分作為農業肥料使用，而抽除養分後剩下的殘渣則燃燒作為汽車或暖氣的生質能源（bio-fuel）。
- (5) 設置寶特瓶與鋁罐回收機器，讓市民方便退還已預付的押瓶費。
- (6) 每個城市都設有專人為一般社會大眾提供節能諮詢服務，包括更換窗戶、使用節能有效率的燈泡、改變使用不同的暖氣系統等。

### 3. 都市設計面向：

- (1) 都市土地利用方式、能源生產及消耗、交通運輸、廢棄物產出及處置、水利工程等系統的設計，扮演重要的角色而非「幕後工作者」，深深影響都市建築物、馬路、開放空間等表面形式的設計。
- (2) 重視生態的設計不代表犧牲空間的文化及社會面向。西港Bo01的建築、公共空間都令人賞心悅目，許多馬爾摩的當地人也許不知道Bo01背後的生態精神，但都知道那是一處高品質的公共空間以及新穎建築物的地方。
- (3) Bo01全區包括街道在內的公共空間完全針對行人和自行車的需求而設計。
- (4) 以「綠色成績單」挑選合作夥伴：馬爾摩市政府針對個別建設公司進行綠色指標評估，成績優秀的企業，可以優先承包都市更新工程；成績欠佳者，就喪失參加公共工程競標的資格。

- (5) 廣設酒精汽油的加油站，增加民眾加油的便利性：2007年設置E85酒精汽油的加油站共1,226個，占全部加油站總數將近一半，藉以擴增環保車的銷量。
- (6) 房屋建築以IT-Solution做為能源使用、流量的測量與控制，利用寬頻網路提供遠距工作及電流交換的環境，以降低居民對運輸的需求。

#### 4. 自然都市面向：

- (1) 在Bo01，城市綠地不僅為了提升人的生活品質而設立，也是提供其他生物的棲息地，增加城市生物的多樣性。為了確保綠地能發揮生態上的效用，馬爾摩發展出兩個規範性的策略，「綠地指數」(green area factor)及「綠點數」(green points)。「綠地指數」代表一個基地在生態效用上的平均值，建商必須在綠地和植栽的設計上達到規定的指數；除了植栽，像是水塘、鳥箱(bird-box)等非植栽的設施也可以發揮生態的功能，這些設施就可以得到「綠點數」。
- (2) 雨水和融雪也被充分利用，以營造迷你濕地作為水生動物的棲息地。

#### 5. 運輸面向：

- (1) 馬爾摩機場以綠色機場為定位，機場的降落費用是根據飛機的耗油量來徵收，越耗油的機型收得越多，甚至禁止降落。
- (2) 設計各種不同的交通服務模式，鼓勵居民使用對環境友善的交通方式，包括行人與騎自行車者優先措施、每300公尺的公車站牌距離、公車連結主要的城市中心點，及平均每七分鐘的密集發車頻率。
- (3) 馬爾摩的市公車都是使用天然氣和沼氣混和的環保燃油，連Bo01的養護工程車也是環保的電動車。

#### 6. 環境健康面向：

- (1) 建立環境品質的生物指標：觀測馬爾摩機場方圓四公里內蜜蜂數量，作為監測機場環境品質的生物指標。

- (2) 馬爾摩特有的垃圾焚燒塔是一種很有效的廢棄物處理方法，廢氣被釋放進入大氣前會先通過3種不同的洗滌步驟，因此在排放時幾乎不會產生污染。
- (3) 馬爾摩市由食物實踐「永續」的創意：在2020年，達到公部門機構轄下的辦公室、幼兒園、醫院，全面提供有機食物；2012年，先達成各級學校提供有機午餐的短期目標。透過使用有機食材及重新設計午餐菜單，運用大量採購引導供應商及農民的生產方式，降低溫室氣體排放。

#### 7. 水資源面向：

- (1) Bo01設計具有藝術感的開放渠道和濕地水塘(圖3-9，資料來源：同圖3-7)，利用水生植物負起淨化逕流水質的功能，構成都市雨水處理的逕流系統，免除高昂的下水道建造成本，雨水得以自然方式滲入土壤，同時減少逕流對海洋造成的污染。



圖3-9 Bo01的雨水渠道和濕地水塘

- (2) 綠屋頂：對城市來說，綠屋頂是建築物降溫的利器，還

能涵養雨水，減少雨水流入下水道、進入廢水處理廠，更能吸收噪音及空氣上的懸浮微粒，改善空氣品質。馬爾摩市政府規定所有新建物都要施作綠屋頂。

#### (四) 德國弗萊堡市(Freiburg)的弗班區(Vauban District)

德國弗萊堡市的弗班區，每棟房子的共同特色是樓頂上種植著綠油油的草皮，以及太陽能光電板反射出來的耀眼光芒。弗萊堡市位於德、法、瑞邊境交界，而弗班區則位於弗萊堡市南方約 4 公里處。在第二次世界大戰後，這裡曾經是法國軍隊駐紮的營區，東、西德合併之後，為紓解人口居住需求，弗萊堡市政府決定將此開發成為住宅區。

1970 年代發生於弗萊堡的反核運動，促使德國很早就開始發展替代能源。因此，在弗萊堡市政府著手規劃市區時，就以一種新的形態進行規劃——「學習型規劃」(Planning that learns)。此方式結合民眾參與及共同治理的精神，讓市區規劃有足夠的彈性，同時也讓市民進入決策過程，奠定弗班區發展成德國永續社區標竿的基礎。

在開發過程中，市政府只負責制定大方向目標和幾項永續標準，除此之外，街道劃設、建築設計、公共設施等等細部規劃，全部交由當地民眾討論決定。

在 1992 年，弗萊堡即獲得全德國環保及永續城市之首，2004 年再度榮獲德國「永續之都」。以下彙整弗班區相關資料，提供本市建構低碳城市之參考。

##### 1. 能源面向：

(1) 降低能源損失和被動太陽能取得是被動式能源建築<sup>6</sup>(passive house)的基本原則。大量推廣太陽能及社區能源循環系統，促成弗班社區有超過65%的家戶用電來自區域供電系統，造就弗班社區成為全歐洲被動式能源建築密度最高的地區。

---

<sup>6</sup> 根據 Darmstadt 機構的定義，被動式能源建築係指一棟在冬季不需使用暖氣系統、夏季不需使用空調系統，即可達到高度舒適的建築物。

- (2) 至2006年底，弗萊堡太陽光電板鋪設面積已達1萬1,000平方公尺，總鋪設量達到7,300kWp（kWp，峰瓦；每峰瓦可輸出1瓦電力之太陽電池容量）。平均每位居民擁有36.7kWp的太陽光能容量，不僅是全德之冠，更在全球名列前茅。
- (3) 在弗萊堡，居民在屋頂上加裝太陽能光電板，可獲得10年至20年不等的低息貸款，以補助設備與施工成本，更可獲得20年保證收購太陽能發電的優惠電價措施。
- (4) 德國在1991年即規定電力公司有義務收購當地所有運用再生能源所產生的電力，收購價格還高於平均電價的90%。因此，投資太陽能光電板只要8到10年，即可回本、賺錢。

## 2. 都市設計面向：

- (1) 開發過程中，市政府只負責制定大方向目標和幾項永續標準，其餘如街道劃設、建築設計、公共設施等等細部規劃，全部交由當地民眾組成的「弗班論壇」（Vauban Forum）討論決定。
- (2) 規劃社區公共空間的配置時，參與弗班論壇的團體就有一致的共識，將學校、托兒所、兒童遊樂區、市場納入考量，讓所有家戶都能以步行的方式抵達這些公共場所。
- (3) 弗班社區的獨棟式老舊建築會被拆除，取而代之的是設計用來降低熱能損失以及極佳化能源耗用的四、五樓層連棟住宅，避免房屋外牆消耗大量能源。
- (4) 改造舊有建築：弗萊堡大學的學生宿舍在屋頂上加設143平方公尺的太陽能光電板，利用太陽能轉換成熱能，取代之前冬季時間每天需使用天然氣作為加熱的能源，以供應學生使用的熱水。

## 3. 運輸面向：

- (1) 弗班區距離弗萊堡市中心只有4公里的距離，對外交通大部分可以仰賴自行車或大眾運輸工具。為鼓勵民眾

以自行車代步，車站旁邊設一個自行車專用的停車站（圖3-10，資料來源：洪啟昌等21人，臺北縣政府，「98年度環境教育參訪考察與國際交流出國報告」，民國99年01月29日），通勤族可採日租、月租或年租的方式租用。



圖3-10 自行車專用停車站

- (2) 共乘的「通勤套餐」：只要居民繳交一定費用購買套餐服務，就可以全年享有無限次數的共乘接駁車服務，同時還可以免費轉乘弗萊堡內任何大眾運輸工具，這項服務範圍涵蓋弗萊堡周圍半徑60公里的區域。
- (3) 「零容忍停車政策」(zero-tolerance parking policy)：住戶即使擁有自小客車，都必須將車輛停在社區外的公共停車場內。因此持有汽車的成本除了保養車輛的費用外，車主還必須付擔購買或租用公共車位的成本，加上從住家往返停車位的時間和精力，使得弗班區的家戶車輛擁有率只有德國平均數的三分之一。

#### 4. 環境健康面向：

- (1) 使用者付費：所有公共空間的使用權，包含道路，都應

該是由全體居民共享的。個人小客車占用公共空間，同時製造的噪音、排放的廢氣又損及社區民眾的生活品質，是在使用者付費的觀念下，最後的通勤選項。

- (1) 「郊區生活與汽車分離」的典範：根據歐洲環境總署的統計，小客車排放的溫室氣體約佔歐洲總排放量的百分之十二—此數據還在成長中。都市計畫專家正盡力推廣弗萊堡的「無車社區」概念，讓郊區更密集、居民更容易利用大眾運輸，並規劃較少的停車空間。
- (2) 弗萊堡因太陽能的利用，聚集了80家大小不一的太陽能應用公司，提供上千名工作機會給弗萊堡市民。
- (3) 低碳的建築群聚：走出弗萊堡火車站的遊客，馬上就會被出口處兩旁大樓所吸引。一個是右邊19層高的太陽塔（Solar Tower）；另一個是聳立在左邊的13層高樓，兩棟大樓太陽光電板的面積共有536平方公尺，容量也有55.4kWp。離火車站200公尺的維多利亞旅館，是全世界知名的太陽能旅館，就連知名的女裝店Kaiser，也採用太陽光電板。

#### （五）丹麥桑索島（Samsø）

1970年代全球能源危機，九成仰賴石油能源的丹麥除推行「無車日」或「商店夜間關燈省電」等節能措施外，更積極轉向可再生能源的研究與發展。

桑索島位於丹麥 Kattegat 海峽中心（北緯 55.8°、東經 10.5°），面積 114 平方公里，是一個南北長 26 公里、東西寬 7 公里的小島。桑索島曾經是維京時代重要的交通、軍事樞紐，隨著海權時代的結束，交通軍事要塞的地位也由盛轉衰，漸漸成為人口外流且失去活力的凋零小島。丹麥為了島嶼未來的發展，計畫打造一座舉世無雙的新能源島。

1997年，重視生態環保的丹麥能源署（Danish Energy Agency）舉辦了一項國內競賽，由各島嶼提出在十年內完全達到百分之百能源永續利用的計畫，桑索島在競賽中脫穎而

出，獲選為發展可再生能源的實驗地區，設定在 10 年內達到零碳足跡的目標。

1. 能源面向：

- (1) 以風能為電力基礎，執行分散能源政策。海上風場將提供運輸工具的短、中期電力使用；長期而言，離岸風力發電才是確保永續發展的電力供給。
- (2) 地區熱能以生質能、太陽能和其他熱能為主。
- (3) 荒野地區熱能以太陽能、生質能產生，並由熱能供應站負責提供。

2. 廢棄物減量面向：

- (1) 苜蓿之類的農作物收成後殘留的莖稈集中在高效能的窯爐中焚燒，作為冬天家用熱水的燃料。
- (2) 焚燒後的農作物灰燼撒回農地，作為種植下一輪苜蓿的肥料。
- (3) 生產生質柴油的芥花殘渣副產品，可充當動物營養的素食飼料。
- (4) 酪農在儲乳槽附近安裝熱能轉換器，將冷卻牛乳釋出的熱能轉換成房屋的暖氣，而熱能轉換器所需電力則來自風力發電機。

3. 都市設計面向：由舊建築物保存設立的生態博物館，逕以海沙當作地板，以自然風貌向遊客展示島上的新能源計劃。

4. 自然都市面向：在島上充滿了大自然豐富色彩和聲音，幾百年來的傳統農業和聚落，每年吸引到此過夜的觀光客多達 500,000 人次。

5. 運輸面向：

- (1) 使用柴油的農耕用牽引機及渡輪：經改良柴油引擎後，可使用冷壓處理的芥花油（canola oil）作為燃油。
- (2) 氫氣貨車：研發設立氫氣工廠，以製造氫氣作為汽車的替代燃料。

6. 環境健康面向：

- (1) 居民支持當地有機農業，盡量不食用生長過程中施以化

學肥料的進口農作物。

- (2) 居民利用合資的方式，共同擁有風力發電機，將生產過剩的電力賣給電力供應系統，賺取投資收益。不僅讓丹麥的風力發電比例占總耗電量的20%，更開創丹麥製造風力發電機的商機。

#### (六) 巴西庫里提巴(Curitiba)

巴西庫里提巴是帕拉那省的首府，面積約為 431 平方公里，屬開發中國家的中型城市，為巴西重要的工商業中心。原本運輸系統雜亂、每人擁有綠地面積僅為臺北的十分之一，經過的一系列的改善規劃，包括公車捷運化、綠色交換機制處理廢棄物、收購土地創造綠帶、舊公車與建築再利用、河岸周邊的土地規劃等，蛻變成為現今的綠色都市，更受到聯合國教科文組織和許多國際組織讚揚為「最適合人類居住的城市」之一。

庫里提巴市的私人運具持有率為巴西第二高之城市，僅次於首都巴西利亞，但駕駛次數卻是全國最低，高達四分之三的通勤族使用公車捷運系統，由此可知庫里提巴公車捷運系統 (Bus Rapid Transit ; BRT) 之成就。

BRT 的營運方式係公車業者按營運里程而非乘客人數來獲取報酬。同時，設計出與公車高度相當的透明玻璃筒狀車站，方便乘客上下車；貼心地設計購票進站、出入車站動線及無障礙通道；利用比一般車身長三倍的公車及每分鐘一班的密集發車，載客量與效率不比軌道捷運低，還可節省約 42% 的耗油。以下，針對庫里提巴市的環保作為進行分析，尤其聚焦於 BRT 系統。

1. 能源面向：大量使用甘蔗提煉出來的乙醇，作為汽車的燃料。
2. 廢棄物減量面向：
  - (1) 「垃圾換食物」：市民拿出一袋袋的垃圾來交換食物，而大多數的食品是政府向農民購買生產過剩的農產品。此舉一方面解決廢棄物問題；另一方面也改善低收入戶的

生活品質，同時也處理農產品過剩的問題。

- (2) 舊型公車車體被利用為行動圖書館、育兒中心或是公車餐廳。
- (3) 為鼓勵民眾回收，市政府與當地電視台和廣播站合作，每天在播報氣象的同時播報當天各項垃圾的回收量，讓民眾能感受參與回收的成就。

### 3. 都市設計面向：

- (1) 老舊市中心區經過整合後，主要街道已變成行人徒步區，火車站周邊充滿歐洲殖民色彩的商店，街道場景頗能媲美巴黎香榭大道。
- (2) 庫里提巴市中心的發展已達飽和，未來將以幾條主要走廊發展為導向，並提供行人可及性之規劃，特別在交通擁擠地區更重視行人與大眾運輸系統相關設施的建置。
- (3) 將市區及周邊重要景點串成一條旅遊路線，遊客可在任一個旅遊點搭乘觀光巴士，在車上可以取得英、西、葡三種語言的導覽解說，了解各處觀光據點的資訊，滿足遊客需求。
- (4) 通過整體區域保存的法律，將城市醜陋、破敗之處轉化成具有地方特殊意義的歷史再生空間。例如：棄置不用的火車站成了Shopping Mall，還設置鐵路博物館；污染性的膠水工廠改成「文化創意中心」等。

### 4. 自然都市面向：

- (1) 禁止河岸開發，讓河灘地變成市民最好的休憩空間，平均每個週末，都有超過15萬人來河邊使用這些新興綠地。改善之後的庫里提巴，每人平均擁有51平方公尺的綠地，遠高於其他大型國際城市。
- (2) 庫里提巴市區內大型公園有30座以上，小型公園和廣場更是不計其數。從繁忙市中心商業區走5分鐘就有一座免費參觀的市立巴西奧公園，擁有廣大綠地、湖泊。
- (3) 以廢棄採石場改建成人工瀑布湖區的藤括公園，是化腐朽為神奇的公園代表。

5. 運輸面向：為解決城市塞車的交通問題，庫里提巴市的公共運輸系統基於財政及現實環境的考量，不以建造軌道捷運系統來因應，而是發展出一套獨特的公車捷運系統

(1) 路網規劃：庫里提巴之BRT 系統具有三種不同服務層次之路線功能系統，分別為：

A. 快速路線：共有五條快速道路軸線，每條軸線包含三條平行的道路，稱為三重道路系統(Trinary Road System)，即兩條單向行駛的街道中間夾著一條雙向的公車專用道的路線。

B. 區間路線：提供環狀區間接駁路線服務。

C. 接駁路線：提供住宅區至五大軸線端點之接駁服務，五個快速公車路線的端點皆有公車集散站。

(2) 場站：BRT 設施工程主要分為車站、車道、優先號誌、收費系統與轉運站。

A. 車站：在站台大小部分，主要考量車輛長度，也考量無障礙空間的設計。月台的高度配合車體底盤高度，公車靠站後於車門外翻鐵板覆蓋至站台地面，使得公車內部到站台的地面維持齊平，提升上下車速度。最特別之處則是封閉式的筒狀室內候車亭，大大的改善搭車與轉乘的等車環境(圖3-11，資料來源：維基百科，網址<http://zh.wikipedia.org>)。



圖3-11 庫里提巴之BRT筒狀車站與三節公車

B. 車道：全線維持雙向各一公車專用道，車站部分並

無超車道設計。

- C. 優先號誌：主幹線上，公車駕駛可直接操作交通號誌，以優先號誌提供公車之優先權。
  - D. 收費系統：以往傳統公車投幣收費的方式往往是延遲上下車速度的主要原因，庫里提巴市之公車系統是世界第一個採取車外收費，以十字旋轉門配合人工收票，控制進入車站的乘客。近來則以電子票證系統之收費方式。提供車外高效率的收費系統可以屏除因收費所造成列車運轉時間的延誤。
  - E. 轉運站：每條快速道路上，約每兩公里設置一處轉運站，站內擁有電話亭、郵局或報亭等設施。
- (3) 車輛：依據不同路線需求而建造不同容量之公車，以容量分成三種車輛：傳統公車、雙節公車與三節公車；並以紅色、綠色、橙色、白色、銀色與黃色等六種顏色區分路線，亦即透過公車外殼顏色即可區別路線型態。
- (4) 費率：一票到底的票價，免費無限轉乘，公車可延伸至城市郊區，解決因經濟負擔能力(市中心的房價較高)所造成空間上的社會區隔。
- (5) 與軌道系統之比較
- A. 採用公車捷運系統的最大優勢在於建設與維修成本相較軌道系統低很多，同時建設時程短、效率高。
  - B. 建置與營運的靈活度高於軌道系統，同時可根據城市本身之財政狀況分階段實施。
- (6) 市區限時停車制度：進入市區內的車輛，不論停放在公有或私有停車位，都以三小時為上限。凡停車時間超過三小時的車輛，警察得以違規予以取締。

## 6. 環境健康面向：

- (1) 民眾自發性的組成許多河岸巡守隊，維護河川的整潔，例如名為「泉水計畫」(Water Spring Program)的計畫，就是沿著庫里提巴四周的河岸設置90個觀測站，由學生和民眾共同維護環境，將河川巡守納入學校環境教育。

至今已有超過25 萬人參與這項計畫，每年清除300 噸以上的垃圾。

#### 7. 水資源面向：

- (1) 頒布河岸保護法令，禁止河岸邊的各種大型開發，並且引進向市政府登記使用統一篷車的攤販。如此不僅解決攤販不易管理的問題，也維持攤販整齊一致的樣貌，增添沿岸河道和湖泊的景觀。
- (2) 規範新興建築前方必須保留五碼做為綠地空間，並禁止在空地鋪設柏油，讓雨水可以滲入地下，而不致產生大量的地表逕流造成淹水。

## 二、低碳城市成功要素分析

綜合歐、美指標性低碳城市的環保相關作為，本研究將透過上述資料之分析，歸納出推動低碳城市之成功要素，俾利本市日後建構低碳城市之經驗傳承與政策訂定、執行的參考。

本研究所選定之指標性低碳城市，共同的成功要素歸納如下：

### (一) 明確的永續發展政策

指標性低碳城市第一項共通的特色均係由明確的永續發展政策所主導。政府永續發展政策包含完整的願景規劃、明確的減碳目標。在既定願景的引領下，制定相關的法令規定，為了整體城市的永續發展，市民願意相對地犧牲部分自由與權利，配合執行低碳計畫，一步一步朝減碳的目標前進。

以西雅圖為例，西雅圖於1994年7月經過市議會審查，完成綜合計畫的立法程序，並於2000年底完成第一次修訂工作(稱之為「邁向永續西雅圖」)，作為環境規劃的最高指導原則。綜合計畫的計畫期間涵蓋西雅圖未來20年的發展，草擬期間更長達5年，包括市民、學者、民意代表及市府官員超過上千場次的交叉辯論、討論與意見交換，最後凝聚共識訂出西雅圖的四大核心價值(Seattle's core values)：社區(Community)、環境監管(environment stewardship)、經濟發展機會與安全(Economic Opportunity and Security)及社會公平

(Social Equity)，作為日後指導各項政策的基本原則及衡量政策成敗的最終依據，期望將西雅圖建構成為一個永續城市。

永續城市應包含經濟永續性、環境永續性及社會永續性三個層面。在三個層面中，環境永續性更是一切的基礎。環境監管是西雅圖綜合計畫最重要的核心價值，在西雅圖都市成長與服務市民的決策過程中，環境監管也是扮演決定性的角色。當西雅圖市民或環境可能遭受嚴重或無法回復的損害時，市政府必須採取預防行動，避免人民健康或環境遭受破壞，以確保現在和未來世代的生活品質。西雅圖市政府主要透過土地使用政策及社區營造計畫，達到環境監管的永續目標。

綜合計畫要求西雅圖應持續成為全美環境監管的領導者。自然環境與文化產物都是珍貴的資源，必須善加保存、保護，並提升它的價值。當環境保護的目標與其他方面（如經濟發展）牴觸時，市政府將以保護自然環境與避免危害市民的身心健康為第一優先。因此，在此明確願景的引導下，西雅圖制定自治法規，限制市民砍樹的自由、限制市民開發溼地或改變溼地的自由。

另外，市民對於環境保育的共識也展現在市民公投的決議。市民公投贊成華盛頓大學地景建築系教授 Nancy Rottle 主持的綠色未來研究室（Green Futures Institute）所策畫的「百年綠地計畫」（Open Space Seattle 2100）。這項計畫由 23 隊市民親自動手，畫出市民心目中 100 年後西雅圖的綠地空間實況，再交由市府執行。

所以，當美國聯邦政府拒絕簽署京都議定書之際，西雅圖市卻發動全美 850 個城市簽署西雅圖氣候變遷計畫。在明確願景與相關環保作為下，現在西雅圖的減碳成績早已遠遠超越京都議定書所訂定的減碳目標。

## （二）配合地理環境、人文條件，發展獨特的環保措施

指標性低碳城市所處的緯度、高度、氣溫、日照、風力等自然環境各有所異，指標性城市皆能配合地理環境、天然資源與人文條

件，創造出屬於自己的獨特魅力。魅力或許來自第一(the Number One)，或許來自唯一(the Only One)，不變的是配合自身的地理條件，在低碳潮流中發展出引領改變世界的低碳措施。表 3-1(資料來源：本研究)係依據「城市環境保護協議書」永續都市涵蓋的面向，彙總比較指標性低碳城市的獨特措施。

永續面向	城市名稱	低碳措施
能源	貝丁頓	建立整合式沼氣生質能的熱電機組，多餘電力轉賣以籌措社區發展基金。
	哈姆濱湖城	汽車全面使用生質汽柴油，並利用垃圾或住家馬桶的廢水產生沼氣。
	馬爾摩	Bo01 在能源上以百分之百自給自足為基礎，並設定每年家庭用電的耗能上限；從木頭提煉二代生質酒精。
	弗班區	利用低利貸款推廣太陽能及社區能源循環系統，造就全歐洲被動式能源建築密度最高地區。
	桑索島	以風能為電力基礎，執行分散能源政策，並發展生質能與太陽能。
	庫里提巴	大量使用甘蔗提煉出來的乙醇，做為汽車的燃料。
廢棄物減量	西雅圖	大學生主動發起拒喝瓶裝水的活動，政府部門也率先不編列預算購買瓶裝水。
	貝丁頓	廚房流理台下安裝資源分類回收的櫃子。
	哈姆濱湖城	真空管吸引式垃圾回收系統；從沼氣抽出的二氧化碳，用來養海藻。
	馬爾摩	集中式真空廚餘專用槽系統；每個城市都設有專人為一般社會大眾提供節能諮詢服務。
	桑索島	收成後的莖稈焚燒作為加熱用；灰燼撒回農地當肥料；安裝熱能轉換器將冷卻牛乳釋出的熱能作為房屋的暖氣。
	庫里提巴	推行「垃圾換食物」政策；舊型公車車體被利用為行動圖書館、育兒中心或是公車餐廳。
都市設計	西雅圖	新建超過一定面積的建築，都要符合綠色建築認證；發行《Real Change》週報照顧遊民。
	貝丁頓	利用風帽進行自然通風；住宅空間皆位於南面，以充分利用太陽能。

	哈姆濱湖城	附設家電用品必須全部採用最高等級的 A 級節能家電；公寓每戶只有 0.3 個停車位；不准使用不環保的建材。
	馬爾摩	以「綠色成績單」挑選合作夥伴；廣設酒精汽油的加油站；公共空間完全針對行人和腳踏的需求而設計。
	弗班區	開發過程之細部規劃全部交由「弗班論壇」討論決定。
	庫里提巴	老舊市中心區主要街道變成行人徒步區；通過整體區域保存的法律，將舊有建物轉化成具有地方特殊意義的歷史空間。
自然都市	西雅圖	計算樹的減碳貢獻；限制市民砍樹的自由；推行 p-patch 市民花園，增加都市綠美化。
	貝丁頓	「Eco-Park」提供大面積的城市農園；社區旁的雨水蓄水池，是社區災防與涵養水源的自然生態資源。
	馬爾摩	發展出「綠地指數」及「綠點數」的規範。
	庫里提巴	河岸禁止開發，變成綠地；廢棄採石場改建成公園。
運輸	西雅圖	汽車共乘服務可獲得獎勵金；公車提供搭載自行車的服務；通過提高銷售稅和汽車貨物稅作為興建輕軌大眾運輸系統的財源；郊區設置公有停車場，方便利用大眾運輸系統或共乘系統進城。
	貝丁頓	提供電動車供社區居民共乘；合理步行範圍內有大眾運輸系統，社區停車空間皆設於基地周邊。
	哈姆濱湖城	徵收「道路堵塞稅」。
	馬爾摩	機場的降落費用是根據耗油量來徵收；市公車皆使用環保燃油。
	弗班區	實施「零容忍停車政策」；設置自行車專用的停車站。
	桑索島	氫氣貨車。
	庫里提巴	發展出一套獨特的公車捷運系統；市區限時停車制度。
環境健康	西雅圖	防洪採取不與河搶地的自然工法，建立「洪水控制地區」；拆除高架橋，進行海岸復育。
	貝丁頓	綠盒子計畫（Green Box Scheme）：讓居民得以透過網路與社區合作，讓居民享受到當地所生產

		的有機食材。
	哈姆濱湖城	將工廠遷移進行土壤淨化工程；使用玉米皮製作的垃圾袋。
	馬爾摩	以蜜蜂數量作為環境品質的生物指標；不會產生污染的特有垃圾焚燒塔；2012 年達成各級學校提供有機午餐。
	弗班區	塑造「郊區生活與汽車分離」的典範。
	桑索島	居民合資共同擁有風力發電機。
	庫里提巴	民眾自發性組成河岸巡守隊，維護河川的整潔。
水資源面	西雅圖	都市內採自然排水系統計畫，並設置結合藝術的儲水池或雨水收集桶。
	貝丁頓	家庭污水採取生化處理方式直接在社區內淨化。
	哈姆濱湖城	社區型廢水回收處理場。
	馬爾摩	具有藝術感的開放渠道和濕地水塘。
	庫里提巴	新興建築前方必須保留五碼作為綠地空間，並禁止在空地鋪設柏油，讓雨水可以滲入地下水。

表 3-1 指標性低碳城市的獨特措施

由上得知，歐、美低碳城市的發展除了配合明確的政策外，亦必須顧及當地特有的生態環境及人文條件，方可達到與自然和諧共處的雙贏目的。

### (三) 妥適的財務計畫

低碳城市發展的財務計畫可分為租稅政策、獎勵補貼及公共投資三方面，三者相輔相成。

1. 租稅政策：租稅政策可採取租稅課徵或租稅優惠。前者如瑞典徵收的「道路堵塞稅」、西雅圖通過提高銷售稅和汽車貨物稅作為興建輕軌大眾運輸系統的財源；後者如購買電動車的租稅減免、投資節能設備或技術的投資抵減等。
2. 獎勵補貼：獎勵補貼係以經濟誘因，鼓勵市民依循既定的低碳目標前進。
  - (1) 融資補貼：提供市民購置節能設備或投資再生能源設備的貸款利息補貼。例如：弗班區居民在屋頂上加裝太陽能光電板，可獲得10年至20年不等的低息貸款。

(2) 使用補貼：以金錢補貼方式，鼓勵市民多利用大眾交通系統，或設置再生能源相關設備。

A. 西雅圖的免費搭乘區；汽車共乘服務STAR計畫，長期使用共乘服務可獲得獎勵金。

B. BedZED設置的太陽能光電板，部分由英國政府資助。

C. 哈姆濱湖城免費的社區輕軌電車。

(3) 其他補貼：

A. BedZED多餘的電力可轉賣給國家電力網絡，籌措社區發展基金。

B. 弗班區居民可獲得20年保證收購太陽能發電的優惠電價措施，收購價格高於平均電價的90%。

3. 公共投資：依據政策或相關法令，由各級政府編列預算據以執行低碳投資計畫。一般而言，若要從低碳社區擴大到低碳城市及低碳生活圈，必須要有政府的預算支持，尤其在交通議題上最為顯著。在加強推廣綠色交通之相關措施，例如：瑞典(哈姆濱湖城、馬爾摩)推廣環保燃油車輛、生質能公務車、興建自行車道路網及補助購買環保車輛；德國(弗班、弗萊堡)建設自行車步道及自行車停車位，以電車和公共汽車作為大眾運輸工具等，皆仰賴政府預算的投入。

除發展大眾運輸系統外，扶持低碳產業的發展亦是支持低碳城市成功所必需的另一項公共投資。以馬爾摩為例，在綠建築的實踐面向，全是因為上有政府政策輔助，下有建築與能源業者形成強而有力的產業鏈結，演變成為今日的主流意識。其次，再以弗班區的再生替代能源而言，1970年代的反核運動，逐漸改變人民對於能源使用的觀念，在1991年德國政府規定電力公司有義務收購運用再生能源所產生的電力，提高業者的投資意願，匯集80家大小不一的太陽能應用公司，除了研發新的能源技術外，更提供上千名工作機會。

(四)居民自決與參與：低碳城市成功的必要條件絕對是居民的自決

與參與。在居民日常生活的選項中，就存在許多減碳的機會，例如：多吃蔬食、吃在地，食當季、搭乘大眾交通工具等，即可在日常生活中降低碳排放量，更可進一步配合城市從事減碳措施，如資源回收再利用、環境綠美化等。低碳措施必須經由市民的實踐，改變原有的生活習慣，方能培養全民減碳新思維、新行動。

居民自決與參與的最高層次表現在弗萊堡市政府規劃弗班區。在規劃之初，弗萊堡市政府就結合民眾參與及共同治理的精神，讓市民能夠進入決策過程的「學習型規劃」，奠定弗班區發展成德國永續社區標竿的基礎。

另依據歐、美低碳城市之經驗，即使身處最環保之社區，仍有多數民眾無法知悉背後的生態精神。如同馬爾摩的經驗，部分當地人仍然不知道建造 Bo01 的生態精神，僅知道那是一處有著高品質的公共空間以及新穎建築物的地方。因此對於一般民眾的環境教育就非常重要。環境教育不僅可讓民眾配合簡易的節能行動外，更會直接影響到民眾參與的意願及程度。

#### (五)創意的發揮

成功的低碳城市係依各個城市之地理位置、城市型態、環境及人文等條件，發揮因地制宜的創意作為。

在丹麥桑索島，由於居民是中高齡人口組成，如僅以高調的環保理想主義在桑索島是行不通的。因此，發展出的務實策略是發展新能源等於拓展商機和新興產業。島上和海面上的大型風力發電機都是利用合資的方式讓居民共同擁有，風力生產過剩的電力出售給丹麥的主要電力供應系統，不僅讓居民賺取投資收益，也使丹麥的風力發電比例提高。更因風力發電機的需求旺盛，促使風力發電機產業發達，並外銷德國及西班牙，如今已在全球市場占有一席之地。

許多城市困擾不已的廢棄物處理問題，在庫里奇巴創新的「垃圾換食物」的政策推動下迎刃而解。庫里奇巴貧民住宅區的小巷沒有鋪設柏油路面，垃圾車無法駛入進行垃圾清

運工作。因此，庫里奇巴市便利用定點停放的小型卡車，鼓勵市民拿出垃圾來交換食物。而大多數的食品是政府向農民購買生產過剩的農產品。此政策一方面解決廢棄物問題，另一方面也改善低收入戶的生活品質，同時也處理農產品過剩的問題。

綜上，指標性低碳城市的共通點均係由政府主導明確的方向並提供有利低碳發展的環境政策，由社團及民眾共同參與，自發性推動各種低碳或永續措施，配合企業界引進新的低碳技術、觀念及低碳產業商務模式，包括再生替代能源、綠色交通運輸、推廣綠建築(綠屋頂、被動式建築等)與低碳生活等，以獨特創意降低能源消耗並減少溫室氣體排放，達成永續發展之目標。

#### 肆、本市建構低碳城市之作為

##### 一、臺中市地理環境分析

誠如前述，低碳城市之發展應...依各城市之地理位置、氣候條件、城市特色及人文條件等因素因地制宜。為建構本市成為低碳示範城市，首先應就本市所處之地理環境因素加以分析。

##### (一) 地形<sup>7</sup>

中臺灣地勢東高西低，東半部為中央山脈高山地區，西半部則是平原地形，大肚山臺地與八卦山座落其間，並與東側低山地區形成臺中盆地；北方苗栗有竹南、苗栗丘陵與北部區域為界，西部沿海地區由苗栗平原，接連臺中沿海平原，往南則為寬闊的彰化、雲林平原。

而臺中市東屏中央山脈、西臨臺灣海峽、北接苗栗、南臨彰化、南投，位於臺灣中央山脈西側之西部平原間，地形變化大體上由西往東漸起伏，可分成西部沿海平原、西部臺地、臺中盆地、丘陵地、山地五個地區(如圖 4-1，資料來源：同附註 7)。茲分述如下：

<sup>7</sup> 地形資料引自陳文治，「城市競爭力與都市土地開發之研究 -以臺中縣市合併為例」，臺中市政府自行研究發展報告，中華民國 99 年 8 月。

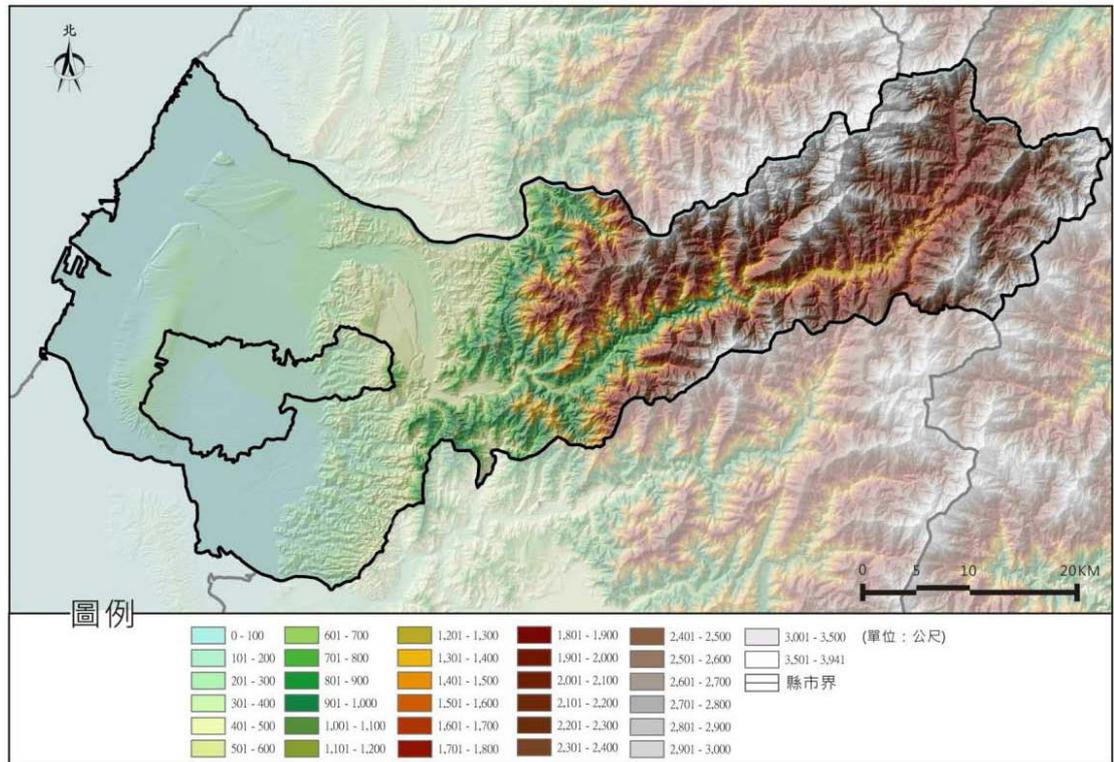


圖 4-1 臺中市地形圖

### 1. 西部沿海平原

位於大肚山以西，大肚溪與大安溪之間，由大甲扇狀平原合成，長約 35 公里，寬約 6 公里之南北狹長平原，平原東部緊臨大肚山西緣，地勢平坦，海拔在 10 公尺以下，地勢由西向東漸起伏，其坡度在 1% 以下，是縱貫鐵路海線經過的地方；清水附近的海岸平原以清水斷層與大肚山臺地相接大度山海拔在 250 公尺以下，其坡度則在 8 % 以下。

### 2. 西部臺地

包括后里臺地及大肚山臺地，后里臺地位於大甲扇形平原之東側，為東西向長方形，大致呈東高西低之緩坡面，面積僅約 30 平方公里，臺地坡度除北部和西北部較陡外，其餘均在 15% 以下。大肚山臺地位於后里臺地南面，東西兩面各為臺中盆地及海岸平原，其西面坡度較陡峻，東面則較為平緩，其中有清水斷層向北延伸可以接上大甲斷層，因此海岸平原與臺地之間的界線十分整齊，清水、沙鹿、龍井一帶都有沿斷層流出的泉水。

### 3. 臺中盆地

臺中盆地位於大肚山臺地以東至丘陵地間，為一南北狹長形的沖積盆地，原為一構造盆地，東側是衝上斷層地塊的丘陵，以車籠埔斷層與盆地分側，山麓線平直，但因臺中盆地平原係由許多大小沖積扇聯合而成的，因而埋沒了斷層線。盆地的最低地點在西南部之王田一帶，海拔約 25 公尺，最高地點則在東北角豐原翁子附近，海拔約 260 公尺，地勢由東、北兩端向中央傾斜，坡度約在 5 % 以下，盆地因係沉積而成，農業生產條件頗佳，盆地北部現已發展為臺中市及豐原市兩個大都市。

### 4. 丘陵地

臺中盆地至阿里山山脈之間為標高 1,000 公尺以下的層階地形，在東勢之西方有東勢丘陵，此丘陵呈一丁字形，其高度以丘陵東南端附近之新伯公山（649 公尺）為最高峰，其他的山峰與稜線大致維持 450 ~ 700 公尺之高度，分布於大甲溪之南，由石岡迄烏溪止一帶丘陵，全長約 30 公里，寬 10 公里，此丘陵大致呈一向斜山稜，並呈所謂「火炎山地形」之惡地地形，其中頭嵙山標高 859 公尺，火炎山 760 公尺。而鄰臺中盆地之丘陵地，則地勢較平緩，標高均在 600 公尺以下。

### 5. 山地

臺中市境內之山脈悉與臺灣島本軸平行，自北向南依其高低可分為三條平行之山脈，即中央山脈、雪山山脈及阿里山山脈，阿里山山脈與丘陵地為鄰。（1）中央山脈：自北至南依序有南湖北山、南湖大山、南湖南山、中央尖山及畢祿山，均屬極陡峻高山，標高均在 3,000 公尺以上。（2）雪山山脈：位於中央山脈之西，呈北東—南西走向，標高為 1,000 ~ 3,000 公尺，仍為陡峻之高山。（3）阿里山山脈：屬於西部衝上斷層山地，此山地起初形成複摺皺構造，然後形成幾條衝上斷層而成為覆瓦狀構造，標高介於 1,000 ~ 1,200 公尺之間，地形較前二者大為平緩。

## (二) 氣候條件之統計

本研究有關臺中市氣候條件之統計資料節錄自 2010 年 12 月內政部建築研究所委託中華民國建築學會「零碳綠建築發展與策略規劃之研究」報告，其中中央氣象局 21 處一級測站位於臺中市內計有臺中與梧棲 2 站，測站資訊如表 4-1 所示（資料來源：內政部建築研究所委託中華民國建築學會「零碳綠建築發展與策略規劃之研究」，2010 年 12 月）。

站號	站名	海拔高度	經度	緯度
467490	臺中	84.04M	120° 40' 33" E	24° 08' 51" N
467770	梧棲	31.73M	120° 30' 54" E	24° 15' 31" N

表4-1 臺中市內氣象測站資訊

## 5. 日射量統計

在建構低碳城市考量的因素中，日射統計牽涉太陽能光電的應用與熱的應用，也會涉及建築物外殼隔熱設計（室內能源的消耗）。表4-2(資料來源：同表4-1)列示臺中市內氣象測站每月平均全天空日射量（資料統計期間1999-2009年）。

單位：kWh/m<sup>2</sup>.day

地點	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	總計	平均
臺中	2.6	2.9	3.0	3.4	4.2	3.8	4.4	3.8	3.8	3.8	3.1	2.7	41.6	3.5
梧棲	2.1	2.4	2.8	3.2	3.9	3.9	4.5	4.0	3.6	3.3	2.5	2.3	38.6	3.2

表4-2 臺中市內氣象測站每月平均全天空日射量

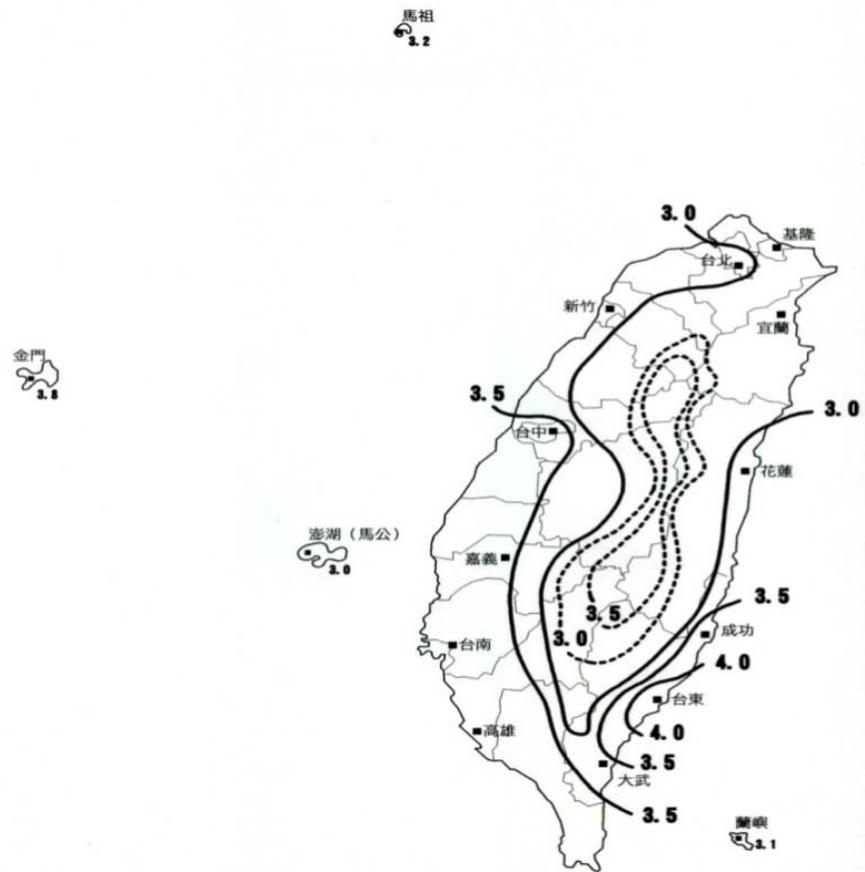


圖4-2 臺灣日射量分布圖(單位：kWh/m<sup>2</sup>.day)

依據前揭「零碳綠建築發展與策略規劃之研究」報告，臺灣每日平均單位面積之日射量分布圖（圖4-2，資料來源：同表4-1），日射量分布情形，整體而言在海拔五百公尺以下的區域，大致上呈現由東北往西南方向遞增的現象。中部地區冬季月份之日射量仍有2.5 (kWh/m<sup>2</sup>.day) 以上，夏季則大多大於4 (kWh/m<sup>2</sup>.day)，具太陽能利用潛力。

## 6. 風速統計

風速統計可據以評估風能之利用，臺中市內氣象測站統計資料期間為1998-2009年，如表4-3(資料來源：同表4-1)。風速每秒5公尺以上，即具備開發風力發電的價值。

單位：m/s

地點	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	總計	標準差
臺中	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.7	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.6	0.1
梧棲	6.2	5.7	5.0	4.0	3.7	3.9	3.9	3.4	4.2	5.6	5.9	6.3	4.8	1.1

表 4-3 臺中市內氣象測站逐月平均風速

臺中氣象測站的統計資料，風速無季節差異；梧棲氣象測站則明顯呈現 10 月至翌年 3 月的風速較 4 月至 9 月的風速為高。

### 7. 風向統計

風向統計上，將臺中及梧棲之風速風向分佈，依春、夏、秋、冬四季與日、夜間分別繪製十六方位風頻圖，如圖 4-3 及圖 4-4(以上資料來源：同表 4-1)所示。

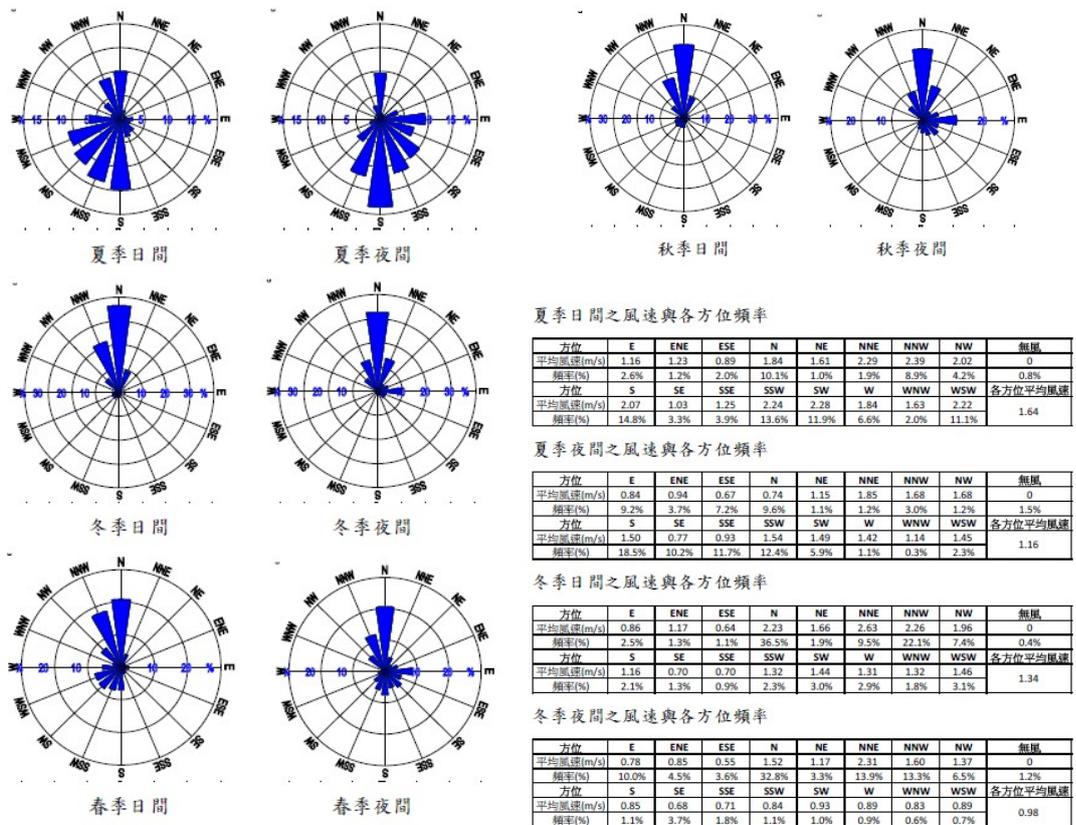


圖 4-3 臺中十六方位風頻圖

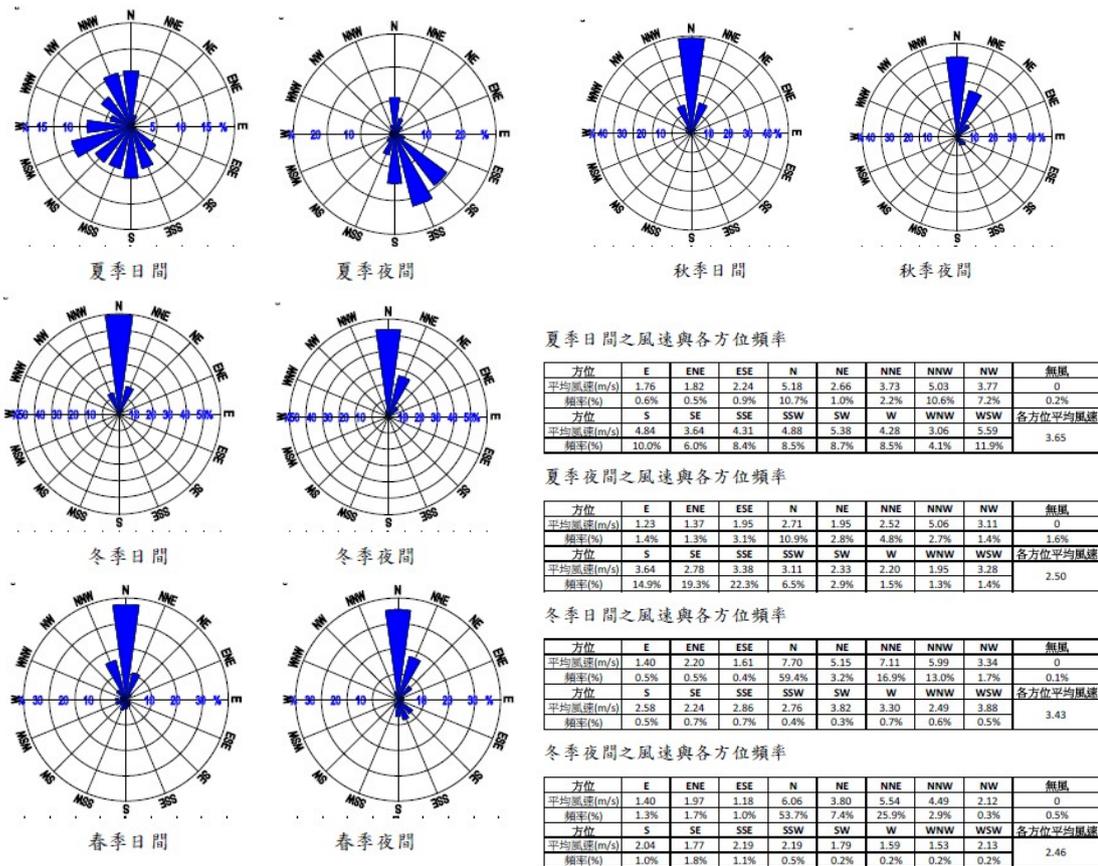


圖 4-4 梧棲十六方位風頻圖

以上資料顯示，臺中及梧棲地區春、秋及冬季皆以北風頻率最高。至於夏季，臺中日、夜間皆以南風及南南西風頻率較高；梧棲日間風向較為不定，以西南西風頻率為高，夜間以南南東風頻率較高。

## 二、臺中市都市發展現況<sup>8</sup>

### (一) 人口分布

臺中市的人口變化，自民國 89 年之 2,460,098 人成長至 100 年之 2,664,394 人，總戶數為 867,854 戶，平均每戶約 3.1 人、人口密度為 1202.9 人/平方公里；而人口增加率則自民國 91 年之 1.0% 下降至 100 年之 0.6%。

### (二) 土地使用

臺中市面積計 2,214.9 平方公里，為都市鄉村混合區。

<sup>8</sup> 以下資料來源：臺中市政府低碳城市建構白皮書，中華民國 101 年 3 月。

已登錄土地總面積為 1,924.9 平方公里，其中屬於非都市部分(甲種建築、乙種建築、丙種建築、丁種建築、農牧、林業、養殖、礦業、窯業、交通、水利、遊憩、國土保安、墳墓、特定目的事業、其他與暫未編定用地)共為 754.56 平方公里，占登錄地之 39.2%；規劃都市用地部分為 1,170.34 平方公里，占登錄地之 60.8%。

都市發展區依使用面積分析如圖 4-5(資料來源：同附註 8)，占地最廣的是公用設施用地，共 99.6 平方公里占全市已開發都市發展區總面積之 31.79%，包含 19 所大專院校，47 所高中職及公園(含行政區內小型公園)418 餘處。其次為住宅區 92.4 平方公里，占 29.5%；再者依序為工業區 25.3 平方公里，占 8.1%，農業區為 24.8 平方公里，占 7.9%，商業區為 9.5 平方公里，占 3.05%。

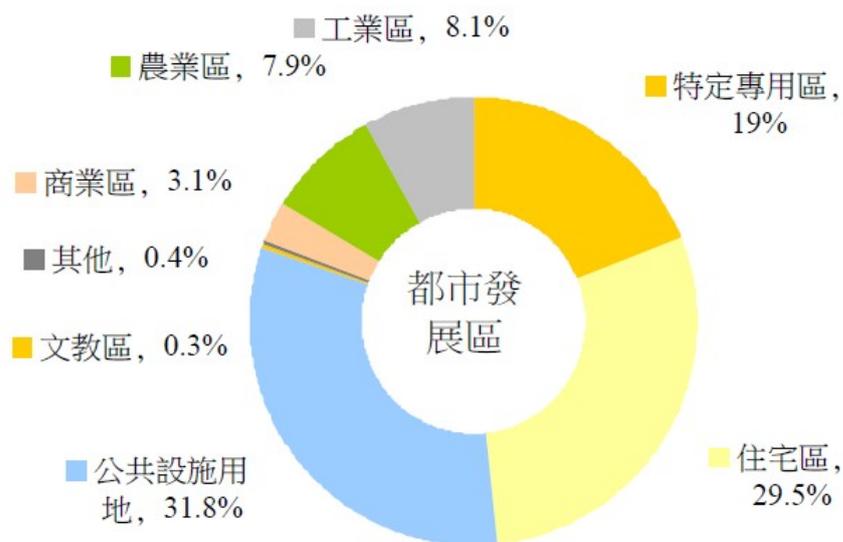


圖 4-5 臺中市都市發展區土地使用現況圖

非都市發展區以農業區占地最廣，共 109.3 平方公里，占 72.9%，其次為保護區 30.8 平方公里，占 20.6%，再者為其他區 6.2 平方公里，占 4.1%，河川區 3.6 平方公里，占 2.4%，各規劃區分如圖 4-6(資料來源：同附註 8)。

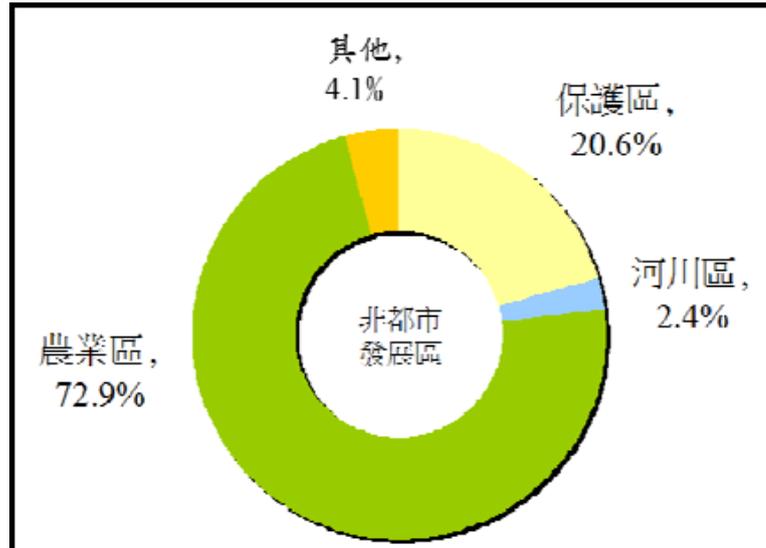
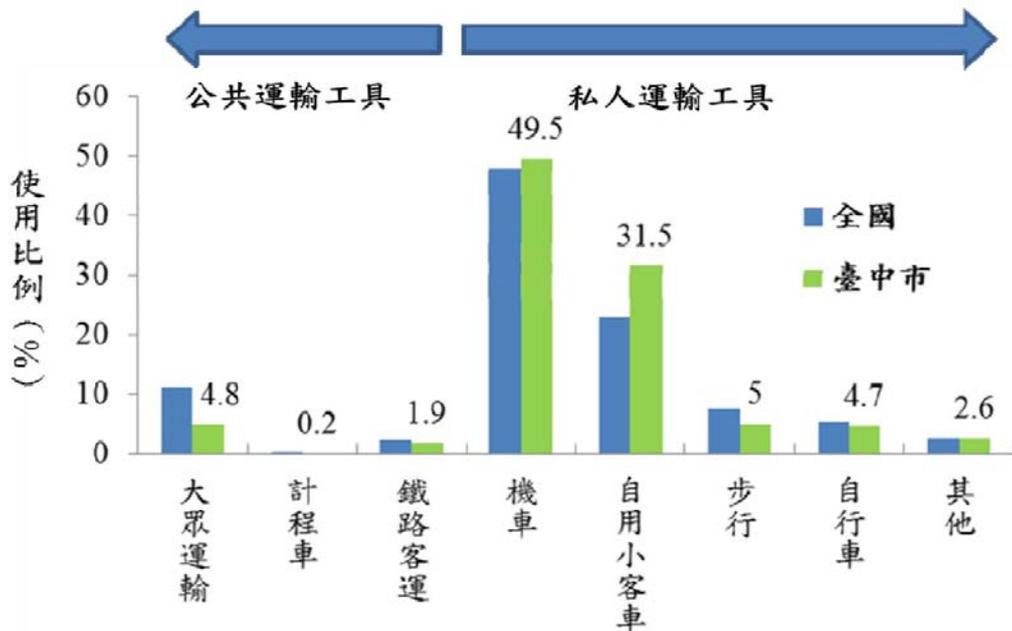


圖 4-6 臺中市非都市發展區土地使用現況圖

### (三) 交通運輸

臺中市位處臺灣中心，有臺中港、清泉崗國際機場及高鐵等海陸空三港，除了是臺灣南北交通運輸中心以外，同時也是東北亞、東南亞的海空運航線中心點，通往亞洲各國極為方便。清泉崗國際機場目前已有 4 條國內航線，及兩岸定期與不定期航線。國內交通方面，國道 1 號及國道 3 號為臺中市主要交通幹道，並有鐵路山、海線及高鐵烏日站。綠色路網方面，臺中市自行車道已設置 42 條，長度共計達 356.8 公里，計畫中自行車道共計 152.5 公里。

臺中市民眾公共運輸工具使用率為 6.8%，較全國之使用率 13.9%，低 7.1%；私人運輸工具使用率為 83.6%，較全國之使用率 70.7%，高 12.9%。另比較全國及臺中市依各種不同運輸方式之使用率，由公共運輸工具來看，以使用大眾運輸(約 4.8%)之比例最高；而以私人運輸工具來看，以機車(約 49.5%)及自用小客車(約 31.5%)使用比例最高，使用率皆高於全國(如圖 4-7，資料來源：同附註 8)。



- 註1. 公共運輸工具係指：大眾運輸(包含捷運、市區公車、交通車、免費接駁公車)、鐵路客運(包含公路客運、國道客運、臺鐵、高鐵)、計程車
2. 私人運輸工具係指：步行、自行車(含電動車)、機車、自用小客車(含小客貨兩用車)、其他
3. 交通部統計處「民眾日常使用運具狀況調查」摘要分析，100年

圖 4-7 臺中市交通運具使用情形

#### (四) 溫室氣體排放現況

依據臺中市政府低碳城市建構白皮書，臺中市溫室氣體排放量係以「能資源」(電/油/氣/水/廢棄物)用量，乘上「行政院環境保護署-國家溫室氣體登錄平台」公告之溫室氣體排放係數加總得出。臺中市民國 89 年溫室氣體年排放總量為 900.85 萬公噸，人均排放量約為 3.66 公噸/人；民國 98 年溫室氣體年排放總量為 994.16 萬公噸，人均排放量約為 3.77 公噸/人。臺中市近 10 年溫室氣體總排放量增加了 10.4%，人均排放量增加了 0.11 公噸/人。

臺中市民國 98 年能資源(電/油/氣/水/廢棄物)溫室氣體排放量，其中以用電排放量所占比例最多，占 45.2%，其次為用油排放量占 42.9%(含汽油 30.5%、柴油 12.4%) (如圖 4-8，資料來源：同附註 8)。

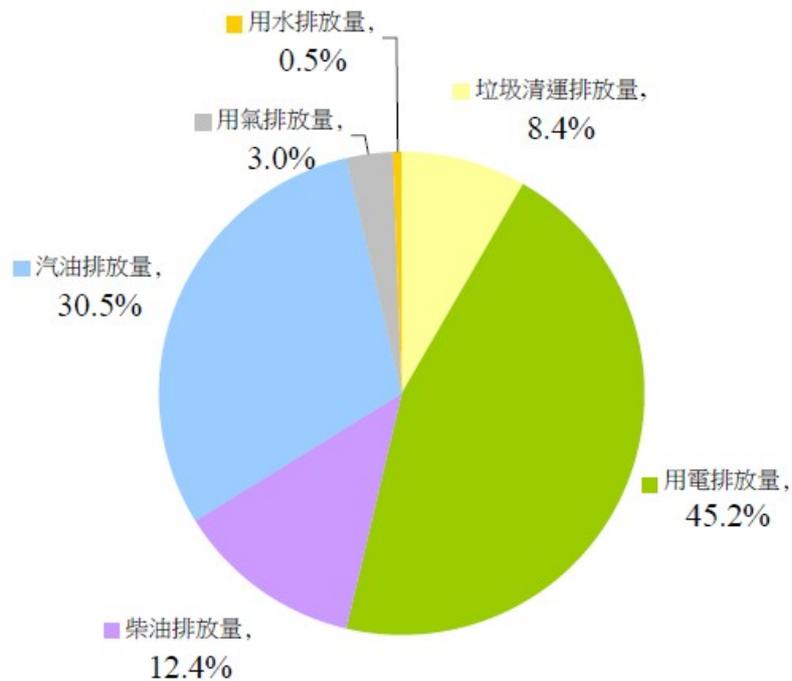


圖 4-8 臺中市民國 98 年溫室氣體排放比例

### 三、臺中市低碳城市建構計畫

#### (一) 低碳城市藍圖與減碳目標

##### 1. 低碳城市藍圖

臺中市參考國際節能減碳策略，以「無碳無憂」(Carbon Free Trouble Free) 為願景，延伸到生活、生產、生態三個面向，三大目標分別隱涵「生活、生產、生態」的精神，延伸發展出六大策略，分別是「形塑永續觀光(Sustainable tourism)」、「深耕環境教育(Plowing environmental education)」、「發展低碳社區(Regenerating low carbon community)」、「開創能源科技(Innovation energy technology)」、「推動綠色運輸(Network of green transportation)」、「擴增綠活空間(Green living space expansion)」六大策略所蘊涵的" SPRING "精神，研擬 6 大旗艦計畫，分別為「智慧型交通運輸系統計畫」、「全回收零廢棄再利用計畫」、「風光共構綠建築計畫」、「低碳旅遊行動計畫」、「水滸低碳經貿示範園區計畫」、「全民綠

生活實踐計畫」，以徹底執行與實踐計畫願景（如圖 4-9，資料來源：本研究）。

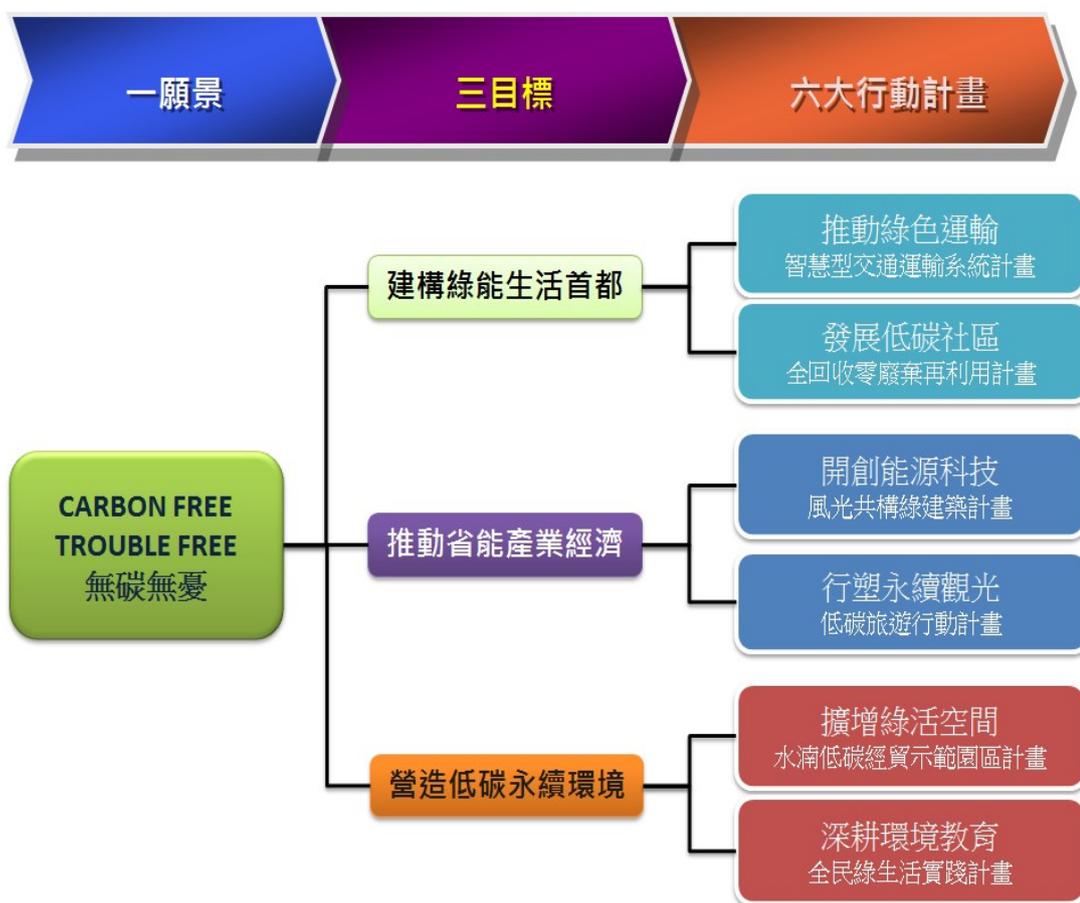


圖 4-9 臺中市低碳城市願景目標與行動計畫

## 2. 減碳目標

臺中市建構低碳城市之推動期程分為短、中期二階段（如圖 4-10，資料來源：同附註 8），分述如下：

### (1) 短期目標（101~103 年）

民國 103 年，溫室氣體排放量回到民國 98 年水準並再降 10%，減量 151.99 萬公噸。

### (2) 中期目標（104~109 年）

民國 109 年，溫室氣體排放量回到民國 98 年水

準並再減 20%，減量 322.92 萬公噸。

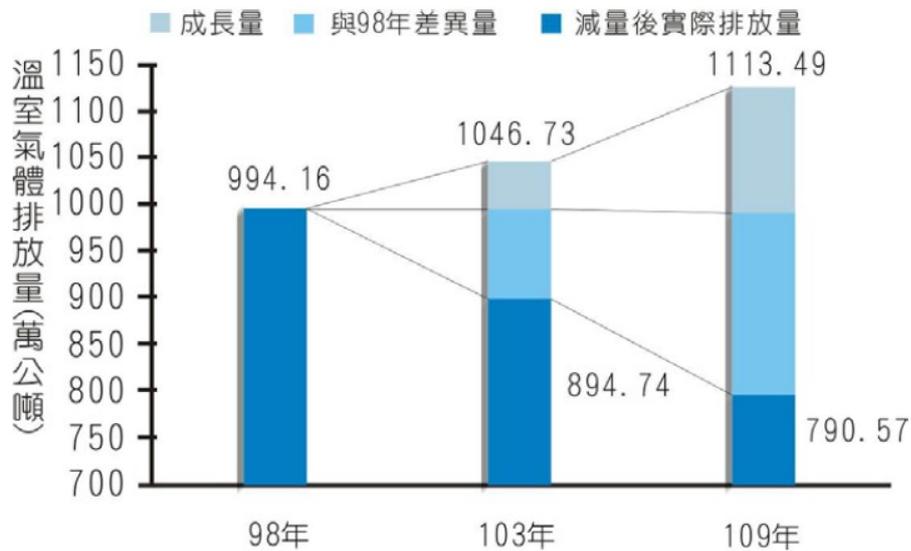


圖 4-10 臺中市短、中期減碳目標

臺中市的短期減碳目標係以減少能資源消耗為優先考量，以政府之力量建置低碳城市發展之基礎，營造低碳生活環境作為發展之重點，重要內容包括推動低碳運具之整體規劃，健全低碳運輸環境及全面推動減碳行動，並藉由獎勵補助機制，促使各種自主性低碳行為之發展。中期目標乃透過市民自主性複製各項低碳措施成功經驗，進而擴大規模建立低碳生活圈。

## (二) 短期減碳目標分配

臺中市低碳城市建構白皮書內擬定之短期目標係於民國 103 年溫室氣體排放量回到民國 98 年水準並再降 10%，亦即至民國 103 年應減量 151.99 萬公噸。依此減少量為目標，6 大旗艦計畫各別減量目標分別設定為「智慧型交通運輸系統計畫」148,493 公噸、「全回收零廢棄再利用計畫」1,619,933 公噸、「風光共構綠建築計畫」9,513 公噸、「低碳旅遊行動計畫」1,206 公噸、「水滸低碳經貿示範園區計畫」4,052 公噸及「全民綠生活實踐計畫」22,592 公噸，共計減量 1,805,789

公噸，超越原訂 151.99 公噸之目標。

### (三) 低碳細部子計畫及具體措施

為達到上述短期減量目標，6 大旗艦計畫各別訂有細部子計畫與具體措施。為統籌、協調市府內部機關與資源，成立「臺中市政府低碳城市推動小組」，並設有直接隸屬於市長之下的低碳城市推動辦公室，負責監督、評估各項具體措施，並督促各項具體措施的主辦機關負起執行之責。

為了與歐、美指標性低碳城市的低碳措施作比較，本研究將臺中市低碳城市相關作為，亦依聯合國環境規劃署「城市環境保護協議書」的七大面向分類，如下表 4-4 (資料來源：本研究)。

永續面向	旗艦計畫	低碳細部子計畫
能源	水湳低碳經貿示範園區計畫	公共建築引進太陽光電、風力發電等替代能源 水湳園區再生能源及節約能源 *全區再生能源使用率 *智慧型電表裝設比率 *園區內公有設施使用節能設備
	風光共構綠建築計畫	再生能源輔導計畫 *沿海再生能源發電示範帶建構計畫 *獎勵屋頂設置太陽能發電設施 *推動建物設置太陽能熱水器 *清淨能源使用推廣計畫 推動住商節能 *推動商圈評鑑 *辦理企業節能輔導 *汰換公有市場節能燈具 *路燈汰換計畫 文山焚化廠轉型為生質能源中心
	低碳旅遊行動計畫	建構逢甲低碳商圈 *商圈店家及列管之攤販集中區汰換省電燈具 節能旅館評比計畫
廢棄物減量	水湳低碳經貿示範園區計畫	水湳園區生態循環 *營建廢棄物、廢棄土方再利用

	全回收零廢棄再利用計畫	<p>低碳農業推廣</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*稻草資源回收再利用</li> <li>*推動景觀綠肥作物</li> <li>*菇類太空包回收再利用</li> </ul> <p>垃圾零廢棄推廣</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*寶之林二手家具再生</li> <li>*掩埋場沼氣回收再利用</li> <li>*焚化底渣再利用</li> <li>*水肥處理</li> <li>*實施垃圾費隨袋徵收</li> <li>*廚餘、堆肥系統建立</li> <li>*資源回收系統之強化</li> </ul> <p>藍精靈生活污水再利用計畫</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*訂定生活污水納管水質標準，管制納入的污水水質</li> <li>*提升用戶接管數，增加水資源回收中心處理水量</li> </ul>
都市設計	水滄低碳經貿示範園區計畫	<p>水滄園區低碳建築</p> <p>園區內 BAF 指標推廣</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*公共建築取得綠建築標章</li> </ul>
	風光共構綠建築計畫	<p>綠建築推廣計畫</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*高樓建築物應取得候選綠建築證書或綠建築標章</li> <li>*要求建築物於申請建築執照時檢討綠建築</li> <li>*建築工程工地施工圍籬綠美化</li> </ul> <p>建構低碳示範公寓大廈</p> <p>建構工業區智慧產業聚落</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*推廣園區裝設數位電表與數位水表</li> <li>*污水處理廠裝置監測廢水排放量系統</li> <li>*建置園區內之 e 化平台</li> <li>*公共設施管理智慧便捷化</li> <li>*太陽光電發電系統推廣</li> </ul>
自然都市	水滄低碳經貿示範園區計畫	<p>水滄園區植栽綠化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*營區既存樹木保留</li> <li>*全區增加植栽綠化</li> <li>*設置中央生態公園</li> <li>*園區內建物實施屋頂綠化、立體綠化及建築基地之綠美化</li> </ul>

	全民綠生活 實踐計畫	<p>綠樹成蔭計畫</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*台糖湖濱生態公園開發</li> <li>*推動環保生態園區植栽綠化</li> <li>*推動打造綠色臺中港計畫</li> <li>*休閒自行車道維護植栽綠化</li> <li>*草悟道計畫</li> <li>*都市環境景觀改善計畫</li> <li>*增加市民每人享有綠地面積</li> <li>*打造大臺中花園城市</li> </ul> <p>秋紅谷園區示範區</p> <p>建構筏仔溪親水空間</p> <p>海區藍寶石計畫—高美野生動物保護區</p> <p>山區綠寶石計畫—霧峰青桐林</p> <p>東勢漂流木藝術園區</p>
運輸	智慧型交通 運輸系統計 畫	<p>公車搭乘轉乘優惠計畫</p> <p>BRT 綠能雙節公車</p> <p>推動捷運烏日文心北屯線建設計畫</p> <p>綠能運具推廣計畫</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*加速客運業者車輛汰舊換新(綠能車輛)計畫</li> <li>*電動汽車推廣</li> </ul> <p>發展智慧型運輸系統</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*擴建智慧型站牌</li> <li>*擴充連線號誌</li> <li>*增設車輛偵測器或車輛辨識設備</li> <li>*建置資訊可變標誌</li> <li>*建置即時交通資訊網及設備管理平台</li> </ul> <p>通勤及觀光自行車道系統規劃</p> <p>大臺中觀光旅遊導覽專車</p>
	水湳低碳經 貿示範園區 計畫	<p>水湳園區綠色運輸</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*優化人本運輸使用環境</li> <li>*落實停車及車輛使用管理</li> <li>*優先發展公共運輸並導入低碳運具</li> </ul>
	低碳旅遊行 動計畫	<p>建構逢甲低碳商圈</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*人行徒步區之規劃</li> <li>*規劃電動接駁車</li> <li>*大眾運輸接駁服務平台</li> </ul> <p>大坑生態纜車計畫</p> <p>發行低碳旅遊護照</p>

環境健康	全民綠生活實踐計畫	推動有機農業及建立農產品地產地銷系統 *建立農產品地產地銷系統及品牌 *推動有機農業 推動低碳校園 *推廣與落實校園環境教育 *環保志工之培訓 每週擇一蔬食日並推動綠色消費
水資源面	水滷低碳經貿示範園區計畫	水滷園區生態循環 *水資源再利用 *生活污水回收再利用 *園區道路工程、排水工程、停車場設施落實生態化
	全民綠生活實踐計畫	愛水城市 *親水河岸計畫 *公私部門節水 *民間共同參與節水
	全回收零廢棄再利用計畫	藍精靈生活污水再利用計畫 *建置水再生程序或設施，提升再利用水之水質 *建立多元化水再利用管道 *充份利用處理後之生活污水

表 4-4 臺中市低碳細部子計畫分類

對於本市低碳細部子計畫有一般性的概念後，以下將進一步提供各子計畫項下的具體措施及主辦機關，建立分層負責體系，據以執行本市建構低碳城市的相關作為(表 4-5，資料來源：臺中市政府低碳城市建構白皮書)。

旗艦計畫	細部子計畫	具體措施	主辦機關
智慧型交通運輸系統旗艦計畫	1. 公車搭乘轉乘優惠計畫	擴大 TTJ 捷運公車服務-闢駛免費公車路線及乘車優惠、建構長途客運巴士轉運站、提供 8 公里免費乘車、實施停車累進費率措施	交通局

	2. 公車捷運系統 (BRT) 建設計畫	使用綠能雙節公車		
	3. 推動捷運烏日文心北屯線建設計畫	推動捷運烏日文心北屯線之建設		
	4. 健全大眾運輸路網及加速客運業者車輛汰舊換新 (綠能車輛) 計畫	加速客運業者汰換老舊公車		
	5. 發展智慧型運輸系統	建置智慧型站牌、擴充連線號誌、增設車輛偵測器或車輛辨識設備、建置資訊可變標誌		
	6. 通勤自行車租賃系統	配合公共運輸轉乘需求規劃自行車租賃系統		
	7. 電動汽車運行及周邊充電站設置	逐年建設充電站、電動汽車推廣		環保局
	8. 新建與延伸自行車道計畫	規劃新建或延伸臺中市自行車道、串聯現有自行車道		觀光局
	水滄低碳經貿示範園區旗艦計畫	1. BAF 指標推廣		規範建蔽率、綠建築、景觀綠美化 (法定空地綠化、屋頂綠化)
2. 綠色運輸-落實停車及車輛使用管理		新建建築物應附設自行車停車位及電動車充電系統		
3. 再生能源-全區再生能源使用率		鼓勵設置太陽光電、風力發電等替代能源		
4. 節約能源-智慧型電表裝設比率		建立智慧電網系統，智慧電表裝設用戶達 100%		
5. 公共建築引進太陽光電、風力發電等替代能源		引入綠色屋頂/雨水資源利用/太陽能集熱氣/風力發電機/太陽能電池/地源熱泵技術/除濕空氣處理裝置/自然通風煙囪效應		
6. 再生能源-臺灣塔再生能源使用		取得銀級以上綠建築標章，臺灣塔提供再生能源		

	率	測試空間	
	7. 開發期達碳中和	減碳、植樹固碳及碳抵換	
	8. 水滴園區植栽綠化	新建建物應全面實施屋頂或立面綠化	
	9. 水滴會展中心低碳開發計畫-水滴第二種經貿專用區	規範低碳建築及第二種經貿專用區低碳配合原則	經發局
	10. BAF 指標推廣	訂定水滴區段徵收工程完成階段性之各土地使用分區 BAF 值	
	11. 水資源再利用	提升雨水排水收集、中水回收設施之設置	
	12. 營建廢棄物、廢棄土方再利用	區段徵收基盤工程妥善再利用營建廢棄物及廢棄土	
	13. 園區道路工程、排水工程、停車場設施落實生態化	公共基盤工程秉持生態化、綠色基礎設施之理念進行規劃設計及施作	
	14. 公用設備盡量利用節能設備及替代能源	全區道路均使用 LED 路燈照明	
	15. 落實停車及車輛使用管理	道路設置相關法規及規定、停車空間規劃、自行車道規劃、公車捷運系統路線(BRT)	建設局
	16. 水滴園區植栽綠化	營區既存樹木保留、全區增加植栽綠化、設置中央生態公園、建築物加強屋頂綠化、立體綠化及建築基地之綠美化	
	17. 中央公園再生能源使用率	風力、太陽能發電板，利用各種環境設備和環保生態材質	
	18. 低碳建築-城市文化館	取得銀級以上綠建築標章，公共建築引進太陽光電、風力發電等替代能源	

	19. 綠色運輸-落實停車及車輛使用管理	園區南北主入口設置大型停車場、園區車輛使用管理計畫	交通局
	20. 綠色運輸-優先發展公共運輸並導入低碳運具	引導開放綠能運具，配合園區外完善公車、BRT接駁系統，以及規劃園區外聯外公車捷運路網接駁系統	
	21. 綠色運輸-優化人本運輸	使用環境自行車/租賃系統、大眾運具轉乘系統、大眾運輸工具可附載自行車及營造優質的人行空間動線	
	22. 中臺灣電影推廣園區低碳建築/再生能源使用	提供再生能源測試空間、取得銀級以上綠建築標章	新聞局
風光共構綠建築旗艦計畫	1. 文山焚化廠轉型為生質能源中心	設置文山生質能中心，生質能中心產出的煤炭轉售臺中火力發電廠作為燃煤原料	環保局
	2. 實施環境影響評估之高樓	建築物綠建築計畫臺中市應實施環境影響評估之高樓建築物應取得候選綠建築證書(或綠建築標章)	
	3. 港區機關學校設置風力、太陽能等再生能源發電比例	規劃再生能源發電示範帶，補助機關學校申請設置風力發電之再生能源設備	經發局
	4. 推動建物設置太陽能熱水器	補助太陽能熱水系統之裝設，公有零售市場示範推廣太陽能熱水器	
	5. 推動住商節能-公有市場	公有市場汰換燈具為省電燈具	
	6. 推動住商節能-節能輔導	辦理商圈評鑑及用電量訪查計畫	
	7. 建構工業區智慧	裝設數位電表與數位水	

	產業聚落	表、裝置監測廢水排放量系統、建置園區內之 e 化平台、公共設施管理智慧便捷化、太陽光電發電系統	
	8. 至 109 年 10% 民生用電量為清淨能源(風、太陽、水)	協助台電及民間企業如期完成再生能源電廠開發	
	9. 101 年起公有新建建築物均應取得綠建築	擴大公有新建建築物綠建築標章	建設局
	10. 路燈照明節能	汰換 200W 舊型水銀燈具及燈泡為 100W(含以下)LED 省電燈具	
	11. 屋頂設置太陽能發電設施數量	建築物屋頂設置太陽能發電設施補助	都發局
	12. 利用綠建築設計準則要求建築物於申請建築執照時檢討綠建築	抽查方式要求建築物達綠建築設計準則、私有建築物 2 億以上取得綠建築標章	
	13. 建築工程工地施工圍籬綠美化	辦理圍籬綠美化選拔、要求建築工地施工圍籬設置綠美化措施	
	14. 全市都市環境景觀改善	自然與人文景觀之整合/修補/串連、推動景觀總顧問及社區規劃師職能調整、鼓勵採具地方特色及創新之生態城鄉規劃理念、鼓勵採用綠建築技術	
低碳旅遊旗艦計畫	1. 大臺中觀光旅遊導覽專車	規劃山海花都 1 日遊程、規劃 1 日深度旅遊行程	觀光局
	2. 臺中市節能旅館評比計畫	加強旅館業節能減碳之宣導、推廣使用環保材料	
	3. 大坑生態纜車計畫	採 BOT 模式進行大坑至新社的纜車興建案	

	4. 發行低碳旅遊護照—大玩臺中旅遊手冊	介紹主要交通動線沿線景點鼓勵民眾搭乘大眾運輸系統旅遊	經發局
	5. 建構逢甲低碳商圈大眾運輸接駁服務平台	協調旅館與公車業者，建立平台透過 DRTS 系統，提供及時需求資訊	
	6. 建構逢甲低碳商圈-規劃電動接駁車	規劃電動接駁車	
	7. 建構逢甲低碳商圈-商圈店家及列管之攤販集中區逐年汰換省電燈具	商圈店家及列管之攤販集中區逐年汰換省電燈具	
	8. 建構逢甲低碳商圈-擴大建置人行徒步區	擴大建置人行徒步區	
全民綠生活 旗艦計畫	1. 草悟道計畫	增植樹木推動綠樹成蔭	建設局
	2. 增加市民每人享有公園綠地面積	藉由新闢公園，營造環境綠化及民眾休憩地點	
	3. 建構西屯藍綠帶生態廊道串連計畫-增強景觀、遮蔭及淨化空氣的功能	擴大都市景觀綠化面積	
	4. 建構西屯藍綠帶生態廊道串連計畫-建立道路及綠園道人行環境串連	加強道路環境綠化中人行環境串連	
	5. 台糖湖濱生態公園開發	規劃建置湖濱生態公園	地政局
	6. 建構低碳示範公寓大廈	建立低碳公寓大廈輔導機制	環保局
	7. 臺中市低碳城市推動論壇	召集相關之專家學者及 NGO 組織成員共同交互討論	
	8. 推動環保生態園	進行封閉垃圾場復育植栽	

	區植栽綠化	綠化工作	
	9. 推動打造綠色臺中港計畫	協助臺中市工業區、科學園區等企業、工廠裸露地植樹綠化	
	10. 環保志工培訓	環保志工培訓	
	11. 推動綠色消費	辦理綠色消費宣傳場次	
	12. 推動每週一蔬食宣導	辦理相關講座、課程或媒體	
	13. 建構親水空間	規劃環境營造相關周邊設施	
	14. 推動低碳連鎖超商認證	建立低碳連鎖超商評選審查機制及認證作業	
	15. 旗艦型休閒自行車道維護植栽綠化	旗艦型休閒自行車道廣植大型喬木	觀光局
	16. 愛水城市-親水河岸計畫	豐原葫蘆墩圳景觀改善，增加河岸綠化面積及透水性	水利局
	17. 建構西屯藍綠帶生態廊道串連計畫-秋紅谷示範園區	營塑出西屯區活動集中於南北軸線的整體感	經發局
	18. 推廣學校每週擇一蔬食日暨學校選用地食材	積極鼓勵學校將節能減碳內容融入課程中實施，宣導「低碳飲食」概念	
	19. 推動臺中市低碳校園認證學校	推動符合低碳概念之校園環境	
	20. 全市校園節能照明達 100%降低用電比例	各校節能照明可達 100%	教育局
	21. 臺中市所屬學校降低用電比例	擬訂「臺中市各級學校節能減碳評比要點」、學校自主管理	
	22. 推廣與落實校園環境教育	配合學校課程規劃辦理環境教育	

	23. 建構漂流木藝術園區	利用園區基礎建設進行漂流木藝術創作	農業局
	24. 年完成造林面積-造林面積	輔導辦理長期之造林措施	
	25. 建立農產品產地地銷系統	設置假日農夫市集，並推動臺中市優質農特產品牌	
	26. 推動有機農業	設置有機專區，輔導有機栽培農戶	
	27. 海區藍寶石計畫	清水區「高美濕地野生動物保護區」	
	28. 山區綠寶石計畫	霧峰青桐林計畫	
全回收零廢棄物再利用旗艦	1. 推動景觀綠肥作物	補助冬季休閒期綠肥作物推廣計畫，鐵馬道或主要道路（如國道、高鐵）沿線兩旁或稻田毗鄰集中 20 公頃以上之田區，作為景觀綠肥專區	農業局
	2. 回收菇類太空包再利用	回收廢棄菇類太空包	
	3. 防止稻草露天燃燒再利用	辦理稻草切斷就地翻耕掩埋作業防止焚燒稻草，回收方式將稻草再利用	
	4. 全市實施垃圾費隨袋徵收，減少垃圾清運量	清運路線沿線稽查、避免民眾使用偽袋、代售垃圾袋系統佈建	環保局
	5. 建立資源回收系統	推動資源回收四合一計畫、推動「築巢安居」和「五星計畫」分級管理回收業者、推動「綠行動愛地球」綠色生活改造行動方案	
	6. 寶之林二手家具再生(含后里廢棄家具館)	促進二手家具等巨大廢棄物多元再利用，積極推動環境教育減碳宣導	
	7. 掩埋場沼氣回收再利用	進行沼氣污染防治暨生質能發電	
	8. 焚化底渣再利用	焚化底渣經再利用處理程	

		序後可作為級配粒料基層、基地及路堤填築、控制性低強度回填材料、無筋混凝土添加料、瀝青混凝土添加料及磚品添加料等	
	9. 水肥處理	將水肥資源處理中心改作為單純水肥投入口	
	10. 廚餘、堆肥系統建置	辦理堆肥成品認證、推動綠巨人專案、推行「紅螞蟻廚餘堆肥計畫」	
	11. 生活污水再利用計畫	訂定生活污水納管水質標準、增加水資源回收中心處理水量、加強水質處理品質、建立多元化水再利用管道、建置水再生程序或設施	建設局

表 4-5 臺中市低碳具體措施與主辦機關

#### 四、比較本市與歐美指標性低碳城市的環保作為

利用七大面向分析本市具體低碳措施後，以下將比較本市與歐美指標性低碳城市環保作為的異、同之處。差異之處如能與本市地理環境與人文條件配合，即可提供作為本市低碳措施的思考或精進方向。

##### (一)能源面向

1. 相同點：低碳城市皆重視再生能源的利用，包括太陽能、風能等，用以發電或提供熱能，減少石化能源的使用量。

2. 差異點：

# 德國弗班區之居民在屋頂加裝太陽能光電板，可獲得低利貸款。

# 生質能的運用：馬爾摩從木頭提煉生質酒精；庫里提巴使用甘蔗提煉生質燃料。

# 建立社區的能源循環中心：包括哈姆濱湖城、馬爾摩、貝丁頓社區及桑索島等，作為社區能源調度中心，多餘的電

力尚可出售，用以籌措社區發展基金。

# 建築物耗能規定：馬爾摩設定家庭每年每平方公尺的耗能不得超過 105kWh。

## (二) 廢棄物減量面向

1. 相同點：推動落實 3R 政策 (Reduce、Reuse 及 Recycle)，辦理垃圾減量、分類與資源回收。

2. 差異點：

# 設有專人提供節能服務：馬爾摩每個城市都設有專人為一般社會大眾提供節能諮詢服務。

# 回收與計價方式：瑞典政府以垃圾重量及累進費率計算費用，並以真空吸引方式回收垃圾及廚餘。

# 二氧化碳養海藻：哈姆濱湖城從沼氣中抽出二氧化碳養海藻。

## (三) 都市設計面向

1. 相同點：都市新開發的基地係利用已開發過的都市用地或工業用地 (即棕地，brownfield) 重新開發，避免侵占農業用地，並要求建築物在建造過程必須符合低碳要求、建築物本身要求取得綠建築認證。

2. 差異點：

# 「綠色成績單」挑選合作夥伴：馬爾摩市政府對建設公司進行綠色指標評估，績效優異的公司可以優先承包都市更新工程。

# 市民參與都市規劃：弗班社區進行開發之初就結合民眾參與決策過程，街道劃設、建築設計、公共設施等等細部規劃，全部交由當地民眾討論決定。

# 優先建置循環回收系統：哈姆濱湖城開發之初，即以垃圾、能源及水資源做整體改造，並以此為主體做為建設都市的基礎，獨創出哈姆濱湖城模式。

## (四) 自然都市面向

1. 相同點：致力擴大都市景觀綠化面積，以植栽綠化、設立生態公園、廢棄廠房或封閉場站改建成公園，增加都市綠地，

並重視城市中的生物棲地。

2. 差異點：

# 綠地指數與綠點數：馬爾摩以綠地指數與綠點數限制基地開發，確保都市中的綠色覆蓋面積(green cover)，避免過度開發破壞都市自然生態。

# 計算樹的減碳貢獻：西雅圖市政府派員核估樹木的減碳效益，作為訂定環保政策的參考依據。

(五) 運輸

1. 相同點：興建公車或軌道式大眾運輸系統，並適度採取補貼政策，鼓勵市民利用大眾運輸系統；步行或使用自行車，以減少汽車的使用。相關的配套措施還包括：採用環保公車、妥適規劃汽車停車地點、發展完善的自行車道系統等。

2. 差異點：

# 市區限時停車：進入庫里提巴市區的汽車，停車以三小時為限，逾時予以取締。

# 課徵租稅：瑞典政府推出道路堵塞稅，增加尖峰時間使用汽車的成本，達到寓徵於禁的效果。

(六) 環境健康面向

1. 相同點：推廣蔬食、有機飲食及綠色消費，減少食物運送的碳足跡，藉以減少空氣污染，並針對使用過後遭受污染的土壤進行淨化工程。

2. 差異點：

# 環境品質生物指標：馬爾摩以機場附近的蜜蜂數量作為環境指標，偵測環境的健康狀況。

# 發展農夫市集：西雅圖成功推廣農夫市集達成農戶、消費者與土地環境三贏的正面循環。

(七) 水資源面向

1. 相同點：加強日常生活節水行動、強化雨水截流及再利用、廢水處理再利用、執行親水政策，增加河岸綠化面積、以「低衝擊開發」(Low Impact Development; LID) 增加地面透水性，減少地表逕流量。

## 2. 差異點：

# 社區型廢水回收：貝丁頓社區及哈姆濱湖城設立社區型廢水回收處理場，社區廢水就地淨化再利用。

## 伍、結論與建議

### 一、結論

繼工業革命、資訊革命後，綠色環保正大行其道，而下一波改變世界的「藍色革命<sup>9</sup>（又稱藍色經濟；Blue Economy）」刻正興起，一套仿效自然生態完全不留廢棄物的運用資源方法，將打造真正的永續發展系統，必定成為未來生活主流模式。

臺灣的能源供應有 98% 必須仰賴進口，而且臺灣地區近 100 年來氣溫上升的幅度是全世界平均的 2 倍；最近 30 年溫度上升速度更是全世界平均的 3 倍。面對現今油電雙漲及氣溫上升引發氣候異常的局面，低碳生活不僅影響個人的荷包支出，亦牽涉到國家整體發展及全球人類生存的機會。

如果一般民眾對溫室效應產生的不利影響一直抱持著不願面對的態度，或認為營造節能減碳有利環境又「不差我一個」的心態，將違背世界低碳與資源永續循環利用的潮流，最終必遭受全世界的抵制與制裁。因此，建立全民節能減碳的意識、形塑低碳生活，必須從心理的調適與永續環境教育做起。之後，以全民低碳意識及低碳生活為基礎，逐步發展低碳社區形成多面向的點，藉由大眾運輸系統及地方政府統籌都市規劃串連成低碳城市的線，推而擴大成為低碳生活圈，達到全面的低碳家園。

雖然每一個社區、城市都有其獨特的人文特色、環境資源與條件，相關低碳措施無法完全複製，但是歐、美低碳城市先進的環保意識、創新的環保作為與推動經驗，仍足供本市參採。

依據歐、美經驗，明確的國家政策及領先民眾的前衛環保思維是低碳城市成功的第一步。誠如瑞典政府在政策上採取領先的作法，以「政治不能正確，科學真理優先」之原則，擬訂明確的國家

---

<sup>9</sup> Gunter Pauli 著，洪慧芳譯，藍色革命—愛地球的 100 個商業創新（第一版第五次印行），天下雜誌，2012 年 5 月。

政策目標，並往前思考未來 30 年的政策目標，例如在 1990 年就決定在 2020 年要減碳 50%，一切措施就朝此政策目標邁進，同時也提供公務員在制定法規及執行措施時明確的遵循方向，造就今日瑞典政府在環保議題上贏得全世界矚目與讚嘆的成就。

其次，低碳社區成功的關鍵因素是居民的環境保護共識。觀察歐、美低碳城市的發展歷程，地方政府在過程中所需扮演的角色是導入低碳相關知識、誘發社區居民討論、提供擬訂社區整體發展計畫之技術、建立社區經驗觀摩平台，最後才是透過經費的補助或獎勵輔導低碳社區。換句話說，社區居民形成環境共識後，政府輔導社區形成財源上可以獨立運作的個體，依照居民自行規劃低碳、資源永續循環利用的運作模式，藉以籌措社區發展基金，並脫離政府補助。誠如哈姆濱湖城開發案新聞主任 Erik Freudenthal 所言，「成功的關鍵是整個社區建設成為一個整合的體系，可以說是 From toilet to omelet.（把馬桶的廢水轉換成煎蛋捲的爐火）」。

再者，成功形塑多面向的低碳社區後，必須解決社區居民移動的需求，這是建構低碳城市最關鍵的環節，也是低碳城市的挑戰之一。如何使用最少能源、對環境生態友善的前提下，便利地達成居民的移動需求，過去建立在汽、機車的移動便利性，是不符最少耗能與環境友善的前提。

移動性是居民在於任何時間去任何地點的自由與便利，必須建立在移動需求的分層管理。如果步行可及之處就能滿足生活機能，當然是最理想的都市生活；若有中距離交通的需求，可由自行車或市區大眾運輸系統取代；較長距離則需仰賴區域性的大眾交通系統。因此，規劃生活機能健全的鄰里、舒適的人行環境與自行車專用道、便利的大眾交通系統等，是邁向低碳城市的重要策略。

最後，未來都市地區的開發範圍，應避免侵占現存的綠地和農地，應以「再開發」的模式為主。亦即，應優先選擇都市內已開發過的地區為主，例如：荒廢的工業用地、閒置空地、過去的軍事基地等。甚至，應將已廢棄的開發地區還原成綠地，歸還給大自然。

綜觀本市的低碳城市建構白皮書，民國 103 年的短期目標之達成，大力仰賴公共部門的作為與資源，尤其大眾運輸系統及污水下

水道之建設，更必須仰賴中央全力支持。本府積極的低碳環保作為帶領市民實踐低碳生活，以身作則建立模範不啻為一良好的示範策略；惟為達成民國 109 年中期目標，必須廣泛結合民間企業與全體市民的努力，方能有功。本府達成中期目標努力的方向應學習德國弗班社區，市府僅負責訂定大方向目標及永續標準等原則，由源頭規範開發的限制與上限，讓民間企業與市民在既定政策下發揮無限創意，共同打造獨特魅力的低碳城市。

「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)」一直是本市的理念，低碳生活儼然已成為全世界共通的語言，臺灣的國際處境因現實政治的考量雖不甚理想，但獨具特色的環保作為確實可以在地球村中引起廣大的迴響。一個低碳城市的成功，足以影響全世界對臺灣的印象。因此，打造臺中成為世界級的低碳典範，藉著「低碳 優活」的成就，足夠讓臺中登上世界舞台，臺灣更會成為世界環保人士注目的焦點。

以下，本研究將配合臺中市人文特色與自然環境，參考歐美之環保創意及經驗，提出具體、可行之建議，期望建構本市成一個無碳無憂、世界級的低碳示範城市。

## 二、建議

建議事項分為短期、中期與長期。短期可行之建議係指相關資源(人力、設備或經費)可於原有資源內調撥不致影響正常事務之推動、或有利民間企業發展，可協同民間資源支援，讓本市可於一年內實施推動。

中期可行之建議係指未來二至五年內，透過本市預算編列、訂定自治法規及人力、設備投入推廣，有助於本市的施政作為與世界低碳潮流並駕齊驅；另長期可行之建議，除本市低碳作為的努力外，尚需中央政府政策主導及民間企業相關環保技術之配合，方具成效，可作為本市長期低碳施政的規劃方向。以下，臚列本研究的短、中、長期建議如下（純屬研究者個人意見，不代表本機關或市政府意見）：

建議一、設置專人提供節能減碳專業諮詢：短期可行

主辦機關：環保局、經濟發展局

結合民間企業設置諮詢櫃檯，以經濟誘因、運用成本效益分析，提供社區、公寓大樓或住家節能減碳或設置太陽能光電板的專業諮詢，藉以提升市民建置再生能源設備的意願。在此油電雙漲的時機，推廣再生能源的利用，正可創造環境、業者及市民三贏的局面。

建議二、提供市民參與規劃的機會：短期可行

主辦機關：環保局

規劃創意比賽以鼓勵、刺激及獎勵民間自發性的活動及建議，妥善發揮市民的無限創意，形塑本市獨特的環保作為，將可使本市低碳計畫更趨豐富與完善，並有利市民環保共識的形成。

建議三：建構「個人碳預算」的思維：短期可行

主辦機關：教育局、環保局

「低碳生活」、「低碳社區」的基礎就是環保意識，而環保意識並須透過日常生活的強化(enforcement)才能持久。巴西庫里提巴市為鼓勵市民回收，市政府與當地電視台及廣播業者合作，於每日播報氣象時間一併報導當天各項的回收量，讓民眾感受參與回收的成就，而後增強市民持續配合回收的意願，最終達到資源回收與環境清理的豐碩成果。

節能減碳應從生活中實踐，由內化觀念轉化到外在行為的改變。建構「個人碳預算」即是作為實踐市民低碳生活的強化作用，用以衡量行為改變的回饋機制。例如：臺中市「全民綠生活旗艦計畫」的每週擇一蔬食日，鼓勵民眾多吃蔬菜，因為吃蔬菜是直接對減少碳排放量是有貢獻的。如果民眾知道因為蔬食可以減少多少碳排放量，「個人碳預算」立即給予數字回饋，可以強化民眾參與感與成就感，激勵行為的持續性。

除蔬食外，其他如烹調方式，也會對於減碳量產生不同的影響。例如：日本或歐美人士習慣冷食，吃冷的食物能節省加熱的能源，更有利節能減碳。

#### 建議四、低利補助購買太陽能光電板：短期可行

主辦機關：經濟發展局

目前本市每年皆編列預算一次性補助建築物裝設太陽能發電設施，惟依據設置太陽能光電板發電的現金流量，係一次現金流出(設施投資)後，在未來太陽能光電板的經濟年限內，逐月減少電費支出(即產生現金流入)。此現金流量模式與銀行貸款之模式相同。為使本府補助預算能達最大效益，建議採行利息補助方式辦理，一方面可藉由槓桿作用擴大民間投入資金(設備成本的貸款)，另一方面市民可透過未來電費的節省作為還本的來源，並有利我國光電產業的發展，可以形成市民、銀行、產業及環境多贏的局面。

#### 建議五、設置自行車專屬停車場：中期可行

主辦機關：交通局

臺中市道路平坦、天氣晴朗少雨，相當適合騎乘自行車。為建置民眾住家與公車、捷運路線間最後一哩路，除步行外，最佳的選擇就是自行車。要提升民眾騎自行車通勤的意願，除打造自行車友善環境、規劃適宜的路線，自行車的停車空間及防竊作為，亦是影響民眾意願的因素。尤其騎乘舒適性較高的高價自行車，防竊考量在市民交通工具的選擇，絕對是最重要因素。設置自行車專屬停車場並結合管理措施，消弭自行車失竊的可能性，有助於提升騎乘自行車通勤意願，或可取代通勤自行車租賃系統的建置。

#### 建議六、發展 BRT 大眾運輸系統：中期可行

主辦機關：交通局

低碳城市重要挑戰就是建構大眾運輸系統，並提高居民使用大眾運輸系統的比例，滿足居民移動的需求，減少汽、機車的使用。歐、美低碳城市的大眾運輸系統不外乎使用軌道運輸系統(MRT、LRT)與捷運公車(BRT)系統二類。發展大眾運輸系統所需經費龐大，非地方政府所能負擔，故需中央經費全力支援。

臺中市升格為直轄市後，面積廣達 2,214.9 平方公里，地形從海拔 10 公尺的平原到海拔 3,000 公尺以上的高山，加上人口集中的

城市、聚落散佈各地，建構大眾運輸系統讓民眾便利使用，實為一大挑戰。

考量臺中市的地理條件、人口分布、財政狀況等因素，參酌歐美發展大眾運輸之經驗，發展公車捷運 BRT 應是本市大眾運輸的首選。BRT 主要是透過公車專用道路權優先的概念，使用低污染的車輛，輔以快速便利的收費系統、智慧型運輸等系統技術，達到快速、準時、班次密集的服務，與軌道運輸系統的 MRT、LRT 等相比，BRT 是一種成本較低、路線彈性較大，而且可以逐步建置的大眾運輸系統。

建議七、建置正能源屋(plus energy house)，發展低碳教育觀光：中期可行

主辦機關：建設局、教育局、觀光局

建築，是與人生活最緊密的場域，各種生活能源與物質耗用皆與建築息息相關，因此建築本身的物質與能源耗用已成為當前節能減碳風潮下關心的焦點。按照德國在 2002 年實施的新建築節能規範 (EnEV2002)，將新建築物分為三級，分別為「低耗能」「被動式：每人每年用不到 5 度電」，以及「不釋放溫室氣體」三種。其中，「不釋放溫室氣體」也可稱為正能源屋，亦即該建築物不僅本身所需的能源要完全自己自足，甚至建築物產生的能源要比消耗的能源還多。

依據中央氣象局的資料顯示，梧棲氣象測站(即本市海線地區)歷年 4 月至 9 月的每月平均全天空日射量均在 3.2 (kWh/m<sup>2</sup>.day) 以上，具有太陽能利用潛力。至於 10 月至翌年 3 月，全天空日射量略低於 3(kWh/m<sup>2</sup>.day)，但該期間的每月平均風速均達每秒 5 公尺以上，具有風力發電潛能。因此，本市海線地區深具發展正能源屋的潛能。

建置正能源屋不僅運用建築設計、節能材料、高效能設備及整合潔淨能源之技術，同時也充份傳達節能減碳精神。正能源屋不僅深具環境保護教育意義，依據歐、美的低碳發展的經驗，將吸引相關專業人員、教育單位前來學習觀摩，也可配合高美溼地等環保觀光資源，逐步帶來觀光效益。

建議八、發展生物棲地指數或綠地指數與綠點數，規範都市開發程度：中期可行

主辦機關：都市發展局

都市中的物種越多樣，對都市生態環境越有利。為改善城市環境、增加適當的公共空間，以提升都市生活品質，德國發展出一套衡量指標，稱為生物棲地指數(Biotope Area Factor；BAF)。瑞典的馬爾摩市依據BAF改良成綠地指數與綠點數，用以衡量及確保都市中生物棲息地的保存和創造。

以德國BAF為例，無論是現有已開發或是新開發基地都要達到一定的標準，以保存生物棲息地。例如：新開發住宅區的最小BAF指數要求為0.6，公共設施為0.6，商業區及學校為0.3。德國將BAF納入都市景觀計畫，作為環境規劃的衡量標準，開發商必須達到規定的BAF值，否則無法取得建築物執照。

本市低碳城市建構白皮書僅「水滴低碳經貿示範園區計畫」規範文教區BAF應達0.6、各種生態住宅區及文化商業區應達0.5、經貿專用區應達0.3，日後應逐步推廣至新開發基地，確保本市都市中生物棲息地的保存和創造。

建議九、發展大眾運輸導向的生態都市：中期可行

主辦機關：交通局、都市發展局

當低碳社區規劃生活機能健全的鄰里、舒適的人行環境與自行車專用道後，利用便利的大眾交通系統串聯多個低碳社區，是邁向低碳城市的重要策略。

大眾運輸導向發展(Transit-Oriented Development, TOD)係指以大眾運輸可及性作為都市土地使用規劃之基準，透過緊湊發展之模式，提升大眾運輸系統之使用效能及站區土地使用之效率，以減少汽車的使用，使步行、自行車和搭乘大眾運輸的機會增加，可大幅減少碳排放量，有利生態都市的發展。本市隨著公車BRT的建置，未來新開發地區應循大眾運輸導向發展模式建構低碳社區。

## 建議十、以「低衝擊開發」防洪治水：中期可行

主辦機關：水利局

雨水下水道系統是現代都市為應付下雨時不透水鋪面所產生的逕流，以避免積水及淹水的水利工程。然而，此系統的設計阻絕雨水補充地下水的機會，同時因雨水下水道直接排放到河流中，污染物將影響河川水質及生態。此外，面對氣候變遷暴雨機率大增的情況下，雨水下水道系統在暴雨來臨時卻嚴重失靈，造成重大生命、財產損失。

低碳城市的水利系統應是尊重自然水文的運作，並且巧妙結合人為工程的水文生態系統，亦即以「低衝擊開發」辦理防洪治水，如屋頂的雨水蒐集系統、都市內的防洪池、道路旁的生態溝等，整合水資源利用、河川與水患管理，並以大自然水循環系統作為中心思想。

## 建議十一、規範建築物每平方公尺耗能上限：長期可行

建築物的生命週期可達 40 至 120 年，且是各種設備運轉之系統載具，故任何建築節能措施的效果，將遠比其他產業貢獻大而且具體，是節能減碳最需積極推動的重點產業。

「只要先從建築物的隔熱和保暖建材著手，再考慮家電用品的省電設計，即可省下 60~70% 的電力，剩下的 30% 可以從積極發展綠色能源得來。因此建築物的革新成為理性使用能源的首要工作，其要項包括以生態建築為基礎概念，考慮實用建材，並配合節約能源的設計以提高建築物的能源使用效能。<sup>10</sup>」

因此要減少石化能源使用，建築物的能源消耗量必須要減至最低，直接以法規或自治條例訂定建築物每平方公尺耗能上限，是直接可行的方式。

## 建議十二、扶持「生態建築」的發展：長期可行

主辦機關：經濟發展局

生態建築係指建築物融入當地的環境特色與相關自然因子(如

---

<sup>10</sup> 能源報導，他山之石－永續發展，能源優先：談瑞典馬爾摩市能源會議的內容要項，2005 年 7 月。

陽光、空氣、水)，使人類居住舒適，避免破壞當地環境因子循環，並且降低各種不利於人類身心的任何環境因素作用，以確保當地生態體系健全運作。

生態建築中第一步應解決的是建築物本身耗能的問題。據經濟部能源局資料顯示，建築物耗用的能源占全部使用能源約三分之一，越是進步的國家比重越高(臺灣目前大約是 30~35%)。零耗能建築 (Zero-energy Building) 或低耗能建築，即完全利用物理導流、自然採光、通風調溫濕、雙層氣密窗及冷熱絕緣牆、無毒健康室內品質、太陽光電屋頂等物理性生態環境條件，達到建築物淨能源使用等於或小於零。

在 2011 年 6 月 24 日，工研院鏈結產業界代表，成立零耗能建築技術發展聯盟(ZEBTA)，以建築設計、建材與設備、再生能源及智慧網控運作等四方面，發展零耗能建築技術。本市西部海線地區的地理條件，具備再生能源(太陽能及風力)發展條件，配合相關建築技術，深具發展零耗能建築群聚之潛力。

建構低碳家園需要循序漸進，由低碳社區、擴展為低碳城市、再形成低碳生活圈，過程中涵蓋多面向的專業領域，需創新科技的支援，並引導民間資金投入。臺中市獲選為臺灣中區低碳示範城市後，積極利用自身地理優勢，妥善運用有限的人力、物力及預算，以發展低碳城市。本研究提供歐、美低碳城市作為與經驗，期望能幫助本市迎合世界的低碳發展趨勢，建構無碳無憂、低碳樂活的臺中市。

## 參考文獻

- Annika Kruuse, “the Green Space Factor and the Green Points System”, GRaBS Expert Paper 6.
- Björn Cederquist, “Facts and figures on Hammarby Sjöstad”, March 2010.
- Conor Riffle, “Carbon Disclosure Project: Low-Carbon Management”, Sept. 2009.
- GlashusEtt, “Hammarby Sjöstad – a unique environmental project in Stockholm”, June 2007.
- United Nations Environment Programme, “Urban Environmental Accords”, June 2005.
- Gunter Pauli 著，洪慧芳譯，藍色革命—愛地球的 100 個商業創新(第一版第五次印行)，天下雜誌，2012 年 5 月。
- Gunter Pauli 著，顏和正譯，藍色經濟—我的零浪費小革命(第一版第二次印行)，天下雜誌，2012 年 2 月。
- 行政院經濟建設委員會，「國家氣候變遷調適政策綱領」，中華民國 101 年 6 月。
- 行政院經濟建設委員會，「全球永續都市專案調查計畫」，中華民國 96 年 12 月。
- 行政院經濟建設委員會，「台灣二十一世紀議程:國家永續發展願景與策略綱領」，2004 年 11 月 8 日。
- 監察院九十九年度專案調查研究報告，「因應低碳生活趨勢，政府相關作為與措施之探討專案調查研究」。
- 行政院環境保護署，「碳中和實施與宣告指引」，2011 年 7 月 8 日。
- 內政部建築研究所，「零碳綠建築發展與策略規劃之研究」，中華民國 99 年 12 月。
- 臺中市政府低碳城市建構白皮書，中華民國 101 年 3 月。
- 陳文治，「城市競爭力與都市土地開發之研究--以臺中縣市合併為例」，臺中市政府自行研究發展報告，中華民國 99 年 8 月。
- 黃韻儒，「創新綠能與減碳環境之建構」，臺中市政府自行研究發展報告，中華民國 99 年 8 月。

洪啟昌等 21 人，臺北縣政府，「98 年度環境教育參訪考察與國際交流出國報告」，民國 99 年 01 月 29 日。

經濟部工業局，「網路通訊產業發展推動計畫」出國報告，民國 100 年 11 月 7 日。

林冠嘉、余騰耀、張莉茹、周林森，「低碳城市推動要素與效益評估」，2011 海峽兩岸氣候變遷與能源永續發展論壇。

陳貞吟、陳揚文，「台灣綠建築趨勢報告」，台達電子文教基金會，2006 年 12 月 29 日。

邱美蘭，「社區生態教育」，科學發展第 456 期，2010 年 12 月。

林冠嘉、張莉茹、周林森，「低碳城市成功因素剖析」，綠基會通訊，中華民國 99 年 7 月。

顏君聿，「國內低碳城市推動現況」，能源報導，2009 年 6 月。

能源報導，他山之石－永續發展，能源優先：談瑞典馬爾摩市能源會議的內容要項，2005 年 7 月。

## 網站

環境資訊中心：<http://e-info.org.tw/>

低碳社區知識入口網：<http://lcc.fixy.com.tw/>

臺中市低碳城市建構專屬網站：<http://taichung.sambacode.com/>

台達電子文教基金會：<http://www.delta-foundation.org.tw/>

行政院環境保護署：<http://www.epa.gov.tw>

臺中市政府環境保護局：<http://www.epb.taichung.gov.tw/>

瑞典馬爾摩官方網站：<http://www.malmo.se>

內政部建築研究所：<http://www.abri.gov.tw>

Kingcounty 官方網站：[http:// metro.kingcounty.gov](http://metro.kingcounty.gov)