

科技部補助專題研究計畫成果報告 期末報告

低碳都市規劃策略之研究

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：MOST 104-2410-H-004-190-
執行期間：104年08月01日至105年07月31日
執行單位：國立政治大學地政學系

計畫主持人：劉小蘭

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：李志千
碩士班研究生-兼任助理人員：林筱真
碩士班研究生-兼任助理人員：李朝誌

中華民國 105 年 10 月 10 日

中文摘要：面對全球暖化之課題與威脅，各國政府大多以低碳發展，作為發展的訴求及目標，並因此推出許多低碳政策，設法達成此一目標，但關於低碳政策的影響，卻未能清楚地釐清。此外，縣市在空間上包括了異營性的都市系統，以及自營性的環境生態系統，隨著都市發展，雖然產生了許多效益，卻也消耗不少資源，連帶也產生不少碳排放量與環境污染，因此，地方政府在獲得規劃管理權限後，如何在永續的框架中，綜合地衡量各種效益與耗損，調和並予以共存，並且落實於縣市發展政策之中，亦為一重要之課題。目前在低碳發展上的評估，多採用指標評估的方式進行分析，且甚少考慮發展所產生的負的外部性(即非意欲產出)，亦多將非意欲產出忽略不計，故在評估上存在許多侷限與缺失。故本文以台灣各縣市作為實證案例，在考量非意欲產出下(碳排放威脅、環境污染衝擊)，透過資料包絡分析中的不良產出模型，評估縣市低碳發展效率，並藉由Tobit模型，釐清低碳政策對縣市低碳發展效率之影響效果，以作為未來低碳發展或政策研擬之參考。根據不良產出模型的評估結果，顯示臺北市、新竹市、臺東縣、花蓮縣在低碳發展效率上相對具有效率，且已達最適規模水準。而高雄縣是目前亟待改善的首要縣市。另外，透過Tobit模式的實證分析，呈現顯著影響縣市低碳發展效率的低碳政策分析變數，包括工廠家數、資源回收量、市區公車系統路線總長、具綠建築標章的建物數、綠地面積。其中，除工廠家數對縣市低碳發展效率有負向影響外，其餘變數皆呈正向影響效果。

中文關鍵詞：低碳發展、非意欲產出、低碳政策、Tobit模型

英文摘要：Facing the disasters and threats of global warming and climate change, most city governments in the world have set up low-carbon development as goal, and drawn up low-carbon policies to achieve this goal. However, the effect of those low-carbon policies aren't able to clarify. Besides, city/county includes heterotrophic system (such as urban) and autotrophic system (such as ecosystem). Formerly, the development of city/county has brought economic benefits, but also consumed a lot of resources and produced carbon emissions and environmental pollutant. Therefore, how to evaluate benefits and loss comprehensively and offer improvable recommendations is key point in sustainable development of city/county. In the past, most researchers evaluated low-carbon efficiency by indicators, and proceeded the evaluation without considering negative externality from development, therefore, made the inaccurate outcome of low-carbon efficiency evaluation. Thus, this paper assesses low-carbon efficiency of city by Bad Outputs Model, and analyzes its influential policies by Tobit model. According to the result of Bad Outputs Model, Taipei City, Hsinchu City, Taitung County, and Hualien County are efficiency, and achieve optimal scale level. Moreover,

Kaohsiung County is the county in the most urgent need of improvement. Another result of Tobit model indicates that the industrial unit has the negative impact on low-carbon efficiency of city. Moreover, renewable energy of using, resource recovery, the total length of the urban bus route, green building, and green area have the positive impact on low-carbon efficiency of city.

英文關鍵詞：low carbon development, undesirable outputs, low carbon policy, Tobit model

壹、前言

近年來隨著全球氣候暖化，以及所衍生的環境變異與威脅，包括降水型態改變、海平面上升、極端氣候事件(如熱浪、暴雨)的強度與頻率升高、傳染病擴散、糧食安全、水資源與生態系統質損、經濟社會巨變、因資源爭奪引起的衝突等等(Solomon et al., 2007)，已對人類社會產生嚴重的衝擊與威脅。而各國透過會議的交流(1996年日內瓦會議、1997年京都會議、2005年蒙特利爾會議、2009年哥本哈根會議)和協定的簽署(如聯合國氣候變化框架公約、京都協議書、巴里島發展路線圖、哥本哈根協定)，試圖解決氣候暖化所帶來的威脅和危機，也由此顯示氣候暖化實為國際上共同關注焦點。

全球暖化因素，主要導因於溫室氣體的排放，其中又以二氧化碳對環境與氣候影響最為嚴重。二氧化碳的排放源包括自然作用和人為活動，雖然自然作用所產生的碳排放量遠大於人為活動的碳排放量，但因自然作用的碳排放會產生相對應的碳吸收循環過程，因此，對氣候暖化的影響不大，反觀人為活動的碳排放未能產生相對應的碳吸收循環過程，屬於單向式的碳排放，故為全球暖化的主因(Solomon et al., 2007)。目前世界各國自京都協議後均提出碳排放減量之策略；我國亦提出相關之策略，行政院「永續能源政策綱領」提出將於2016年至2020年間回到2005年碳排量，於2025年回到2000年碳排量，並根據此目標提出十大標竿方案，以期達成目標。

綜觀各國之減碳策略多以部門為主，但根據過去之研究，都市為人類活動高度集聚之處，不僅是人口、建築、交通、工業、物流的集中地，同時也是高耗能、高碳排放的集中地(Kennedy et al., 2011)，根據Solomon et al.(2007)的統計，全球大都市消耗的能源占全球的75%，溫室氣體排放量占全球的80%，雖都市對全球溫室氣體排放的影響仍有些爭論(Bastianoni et al., 2004；Satterthwaite, 2008；Dodman, 2009；Hoornweg et al., 2011；Kennedy et al., 2009)，但因都市聚集效應所產生的環境與碳排放的問題，以及因聚集所產生低碳發展優勢，使得都市成為低碳發展的關鍵，都市低碳化亦為有效抑制氣候暖化的關鍵(Bulkeley and Betsill, 2003；Kennedy et al., 2009；Dodman, 2009；Kennedy et al., 2010；Sovacool and Brown, 2010；Hoornweg et al., 2010；Hoornweg et al., 2011)(Phdungsilp 2010；Lin et al. 2010；Zhang et al. 2011；Kennedy et al. 2011)，亦是目前發展的核心議題。

都市發展的低碳化雖是關鍵，但都市仍需相當程度的社經活動，以滿足人們生產、消費活動之需求，同時須保育都市內部及其周遭的環境資源，亦即都市低碳化的同時，仍應以永續為發展框架，兼顧環境、社會、經濟間之平衡，以容許環境、社會、經濟相互間抵換與替代的弱永續發展型態為基礎。

低碳都市在實務與研究上的首要工作，是其內涵有效地界定、衡量與評

估，如此便可呈現都市發展現況、與低碳目標間的差距、引導都市朝向低碳化目標發展、觀測低碳規劃政策執行的效果，以及監控低碳都市的發展狀態，並加以調整。為能有效地衡量與評估低碳都市的發展狀態，需透過評估指標系統之建構方可達成，但審視全球各都市政府，雖相繼以低碳都市作為發展訴求，但不少的都市政府，卻缺乏相對應適合該國或該都市特性之評估指標系統。而過去在低碳發展衡量指標的相關研究，大多偏重某面向的衡量，如碳排放量、低碳經濟或低碳生活型態……等等，較缺乏空間性的衡量。此外，上述指標的提出，多以概念或學理推演說明，僅部分研究進行實際的評估與分析 (Chatham House et al. 2010 ; Wang and Sun 2010 ; Su et al. 2012 ; Price et al. 2013 ; Lin et al. 2014)。故本計畫首先將以弱永續之觀點建構適合台灣都市的低碳評估指標系統，以作為後續研究之基礎。

另外，都市規劃決定著都市經濟社會系統的發展、佈局、規模、結構與資源配置等，而這些因素則與低碳都市建設密切相關，再加上都市規劃作為建設都市和管理都市的主要依據，因此，勢必在低碳都市的建設與發展過程中扮演關鍵角色。各國面對如何減少碳量，多透過都市規劃與都市發展政策來解決，如：倫敦、巴黎、東京、紐約、首爾(Shimada et al. 2007 ; Gomi et al. 2010 ; Zhang 2011)，因其不僅可改變居民生活方式，更可調整都市產業與建設的配置及發展，藉此來降低碳量(Glaeser and Kahn 2010 ; Feliciano and Prospero 2011)。雖然全球各政府體認低碳發展的必要性，亦相繼以低碳都市作為發展目標，但因無法釐清都市發展及其空間結構與碳量間之關係，致使無法制訂具體有效的規劃策略與施行措施，進而使得低碳進展的成效受限。

低碳都市的概念，包括空間和非空間維度。空間維度探討了都市型態、土地利用與運輸系統，非空間維度則著眼於經濟、能源使用和節能產品。過去低碳方面的研究，多聚焦於碳量與經濟發展、能源使用之關係探討上(Xu et al. 2011 ; Bi et al. 2011 ; Wang et al. 2014 ; Zhang et al. 2011)，以及低碳都市評估指標的建構(Chatham House et al. 2010 ; Wang and Sun 2010 ; Su et al. 2012 ; Price et al. 2013 ; Lin et al. 2014)，雖有少數研究闡述都市空間與碳量之關係(Baeumler et al. 2012)，或是低碳都市的規劃與建設(Livingstone 2007)，但因多為概念敘述，缺乏實證分析，且內容多侷限於部分面向，缺乏整體綜合性之考量與分析，致使無法全面且有效地釐清都市發展及其空間結構與碳量間之關係。Kim et al. (2013) 提出不同土地使用間碳排放之差異性之量測，因此本研究第二個目的將以 Kim et al.所建立之量測方法為基礎，綜合考量各種因素來探討台灣地區都市空間結構及都市發展與碳排放間之關係，以做為未來都市規劃之參考依據。

台灣受到全球暖化與氣候變遷的影響，對於環境、生態系統、資源使用、

居民健康與安全等，亦產生程度不一的威脅與危害。面對此等威脅，其因應對策主要包括減緩(mitigation) 與調適(adaptation) 兩大類。其中低碳化，多只被視為長期性的減緩對策，且其功用多歸於減緩全球氣候暖化，然低碳化因與微氣候、空氣品質、居民生活及健康息息相關，故其亦為重要的地方調適策略(Liu and Shen, 2014)。因此本研究第三個目的將探討空間結構與碳排放間之關係，以及碳排放對微氣候之關聯性，以做為未來都市規劃及土地使用變遷，以及制訂減緩及地方調適策略之依據。

低碳政策的實施者包括政府單位、企業、第三部門、民眾，過去台灣雖然提出不少低碳政策，但由於缺乏民眾及相關權利團體的參與機制，以及具體落實的方式，致使其成效有限。因此應用制度經濟學建構一整合性政策決策框架，並具體研擬低碳政策下之各細部策略與行動方案，以落實政策發展目標。此為本研究第四個目的。

面對全球氣候暖化與低碳發展，應以「全球考量，在地行動」的方式解決，綜合上述，本研究以低碳發展為主軸，先界定低碳都市之發展內涵，並透過結構方程模式之分析，釐清都市發展與其空間型態的變遷對於碳量、環境及健康等面向變化之影響，藉此確定各類都市發展及其空間規劃政策工具之效果，之後，建構一個包括政策研擬、制定、評估、實施與監測反饋等內容之整合性政策決策框架，並具體研擬低碳政策下之各細部策略與行動方案，具體落實政策發展目標，而其結果亦可供作相關單位規劃及政策決策之參考。

本文分為五部分，在本段敘述研究動機、目的、內容後，第二、三段則分別詳述研究設計內容(含分析架構、決策單元、分析方法與模型、衡量指標與分析變數)與實證樣本資料，以作為後續實證分析之基礎，第四段便針對縣市低碳發展效率進行評估，第五段則分析低碳政策對縣市低碳發展效率之影響效果，並釐清其關係，最後，提出本文之結論與建議。

貳、低碳發展與非意欲產出效率之探討

(一)永續、氣候變遷與低碳發展

自工業化以來，人類在生產活動不僅大量消耗自然資源與能源，更產生許多負面外部性，如環境污染、生態威脅等，而在所伴隨的都市化效應，以及強調經濟高度成長的影響下，使得此情況更形惡化，直至 1972 年「The Limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind」一書所引發人口成長、工業化、污染及自然資源耗竭的問題討論，才使得自然環境、資源及能源的議題逐漸受到關注，之後隨著永續發展概念的興起，更使得都市的發展上須著重經濟、社會、環境生態的均衡。

而近來因全球氣候暖化與氣候變遷的影響，致使低碳發展成為全球關注的議題。而高耗能、高碳排放的都市，不僅本身的低碳化是抑制氣候暖化的關鍵，同時亦是落實低碳政策的執行平台(Phdungsilp, 2010；Lin et al., 2010；Zhang et al., 2011；Kennedy et al., 2011)。也因此，低碳都市的發展，不僅須符合永續的發展框架，更具有抑制氣候暖化，降低氣候變遷損害之功能。

低碳發展除強調減碳與節約能源消耗外，更包含效率性及永續發展之概念，也因此須重視發展效率，以及以往被忽略的環境外部成本。為有效衡量社經發展過程中所產生的環境負外部性，並將其納入縣市發展效率評估之中，故本文透過非意欲產出之概念進行效率評估。

(二)我國低碳政策之發展

隨著低碳發展逐漸受到重視，各國提出不少的減碳政策及治理方式(Deetman et al., 2015；Haselip et al., 2015；Choy et al., 2013；Fortes et al., 2013；Skea and Nishioka, 2008)，亦針對該減碳政策提出檢核(Wang and Chang, 2014)。而台灣各行政機關，亦先後著手於相關低碳計畫之研擬與執行。行政院為整合各機關節能減碳之相關計畫，以及期望達成國家永續能源政策綱領中訂定之目標，故於 2010 年訂定「國家節能減碳總計畫」。之後，雖然該計畫的名稱依計畫目的與組織變革而有所變化¹，但我國的低碳政策大致依循此計畫之內容。

該計畫之目標強調「節能」與「減碳」，並訂定十大標竿方案(包括健全法規體制、低碳能源系統改造、打造低碳社區與社會、營造低碳產業結構、建構綠色運輸網絡、營建綠色新景觀與普及綠建築、擴張節能減碳科技能量、節能減碳公共工程、深化節能減碳教育、強化節能減碳宣導與溝通)及 35 項標竿型計畫(行政院，2014)。自 2010 年迄今，該計畫歷年的工作項目數量已達 1,069 項(如表一)，開支經費達 35,077,701 萬元(如表二)。以變化趨勢而言，各年度之計畫數量呈逐年遞減趨勢，而各年度之開支經費亦呈逐年遞減，但於 2014 年則有略為增加的趨勢(如圖一)。

另外，在十大標竿方案中，與低碳都市發展及建設較相關者，包括了：低碳能源系統改造、打造低碳社區與社會、營造低碳產業結構、建構綠色運輸網絡、營建綠色新景觀與普及綠建築、擴張節能減碳科技能量、節能減碳公共工程等，其亦為後續政策變數研擬之考量依據。

表一 各年度工作計畫之工作項目比較表

單位：項數

十大標竿	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
------	-------	-------	-------	-------	-------

¹。「國家節能減碳總計畫」曾更名為「國家節能減碳總行動方案」，目前稱為「國家綠能低碳總行動方案」。

健全法規體制	28	21	16	13	12
低碳能源系統改造	61	46	41	27	22
打造低碳社區與社會	37	15	16	15	15
營造低碳產業結構	76	65	59	54	52
建構綠色運輸網絡	29	26	22	22	20
營建綠色新景觀與普及綠建築	14	12	8	5	4
擴張節能減碳科技能量	23	20	19	16	13
節能減碳公共工程	8	7	9	8	8
深化節能減碳教育	8	5	4	4	4
強化節能減碳宣導與溝通	16	13	11	11	9
總計	300	230	205	175	159

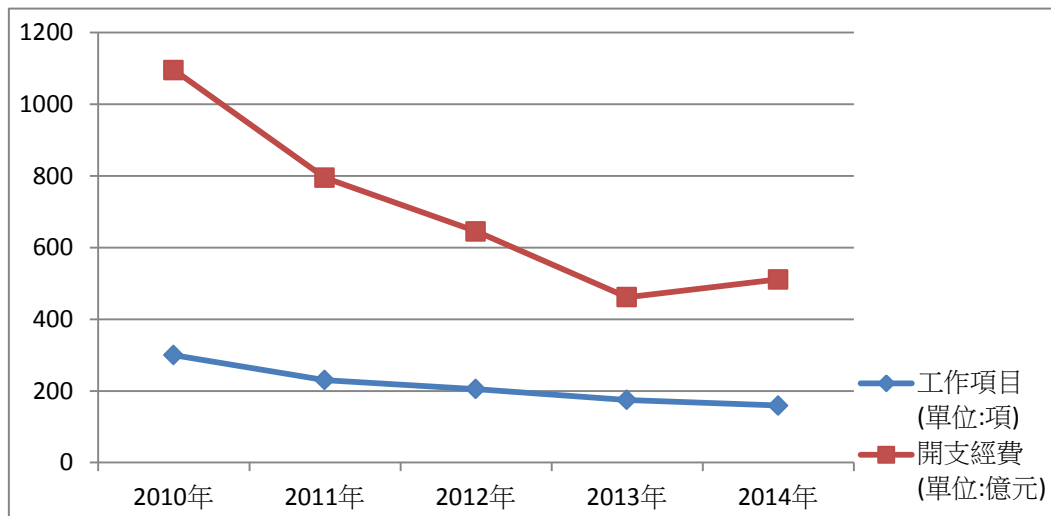
資料來源：整理自國家綠能低碳總行動方案 103 年度工作計畫(14-15 頁)，行政院，2014，臺北市：行政院。

表二 各年度工作計畫之開支經費比較表

單位：萬元

十大標竿	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
健全法規體制	6,554	5,635	3,810	3,710	5,148
低碳能源系統改造	4,295,146	937,834	665,368	305,747	329,126
打造低碳社區與社會	18,363	30,604	26,840	24,770	26,471
營造低碳產業結構	473,437	330,320	312,252	219,592	192,059
建構綠色運輸網絡	5,325,515	6,109,005	4,874,636	3,437,686	3,818,726
營建綠色新景觀與普及綠建築	224,108	281,765	269,870	213,880	185,387
擴張節能減碳科技能量	598,901	237,866	285,694	298,349	541,657
節能減碳公共工程	318	1,107	1,643	2,587	1,696
深化節能減碳教育	8,365	4,330	4,100	3,750	4,464
強化節能減碳宣導與溝通	4,931	7,198	6,216	103,497	4,290
總計	10,955,638	7,945,665	6,450,429	4,613,568	5,109,025

資料來源：整理自國家綠能低碳總行動方案 103 年度工作計畫(15-16 頁)，行政院，2014，臺北市：行政院。



圖一 歷年工作項目及開支經費之變化圖

資料來源：本研究繪製

(三)非意欲產出效率之概念與 DEA 分析模型

在縣市發展的過程中，產出的內容包括受評單位所期望者與非所期望者，前者為意欲產出，後者為非意欲產出。而非意欲產出(Undesirable Outputs)可視為發展過程中所伴隨產生的負外部效果。傳統的 DEA 分析模型(如 CCR 與 BCC 模型等)，都是以意欲產出及投入為主，亦即假設產出可能集合的投入及產出項具強可拋性質。但是，當生產有非意欲產出時，投入量不變，任何產出等比率縮減，包括丟棄或減少非意欲產出時，必須要花費成本或犧牲一些好的意欲產出，所以

產出為弱可拋(Olesen and Petersen, 1995)；而當非意欲產出項為弱可拋時，表示拋棄非意欲產出是必須要付出代價的，若要減少非意欲產出，必須減少總產出，亦即會使意欲產出減少(Olesen and Petersen, 1995)。因此，傳統的分析模式在此時便無法有效進行評估，也促使許多針對非意欲產出效率評估模式的出現。

自 Pittman(1983)首先將非意欲產出之概念納入生產力評估後，不少研究提出非意欲產出效率的 DEA 分析模型，如 Färe et al.(1989)、Seiford and Zhu(2002)、Färe et al.(2004)、Tone(2001；2003).....等等。而近年來，隨著 SBM 模式(slacks-based measure of efficiency)，以及其修正模式的發展，不少考慮負外部性效果之環境效率評估，皆利用此法進行分析(Zhou et al., 2006；Rao et al., 2012；Chang et al., 2013；Zhang and Choi, 2013；Song et al., 2013)，而本文係處理橫斷面非意欲產出的效率問題，在分析的主題與內容上與前述研究相似，故採用 SBM 的修正模式²進行分析。

(四)非意欲產出效率於地區發展之應用

隨著永續概念的發展，以及環境生態保育的日趨重視，非意欲產出效率的應用範圍亦擴及至產業(Färe et al., 1989；Meng et al., 2013；He et al., 2013；Wu et al., 2013)、能源與資源(Färe et al., 2007；Rao et al., 2012；Wu et al., 2012)、公共設施及運輸(Hu et al., 2012；Huang and Li, 2013；Chang et al., 2013)，以及地區、區域及國家發展上(Zaim and Taskin, 2000；Färe et al., 2004；Kumar, 2006；Zhou et al., 2010；Zhang and Choi, 2013；Song et al., 2013；Li et al., 2013)。

其中，在地區、區域及國家發展方面，Zaim and Taskin(2000)探討 OECD(The Organization for Economic Cooperation and Development)25 個會員國的環境績效，投入項為勞動力與資本，產出項則是國民生產毛額，非意欲產出則是二氧化碳排放量；Zofio and Prieto(2001)分析 14 個 OECD 會員國的製造業環境績效，投入項目為勞動力及資本，產出項則是各國製造業的生產總額，非意欲產出則是二氧化碳排放量；Färe et al (2004)衡量 17 個 OECD 會員國的生產力績效，投入包括能源消耗量、勞工數、資本，產出是國民生產毛額，非意欲產出包括二氧化碳、氮氧化物、硫氧化物；Ramanathan(2005)在考慮能源消耗與二氧化碳排放量的情況下，比較中東與北非國家的環境效率；Arcelus and Arocena(2005)分析與產出與非意欲產出的權衡，投入變數包括勞動(labor)與資本額(capital)，產出項則是國民生產毛額(GDP)，非意欲產出二氧化碳排放量；Barla and Perelman(2005)檢視經濟與環境績效的關係，變數包括勞動、資本，國民生產毛額與二氧化硫；Kumar (2006)檢視合計 41 個已開發與開發中國家的生產力變遷，投入項包括勞動、資本和能源消耗量，產出項是 GDP，非意欲產出項是二氧化碳排放量；Zhou et al. (2006)研究 30 個 OECD 會員國從 1998 至 2002 年的環境績效變遷，投入項包括主要

² 因本文係處理橫斷面非意欲產出的效率問題，且意欲產出與非意欲產出間可作分割，並能分別計算，故採用改良自 SBM 模式的不良產出模式(Bad Outputs Model)進行效率評估。

能源供給和人口數，產出項是 GDP，非意欲產出項則是二氧化碳排放量；Zhou et al (2007)以非射線型 DEA 模型來衡量 26 個 OECD 會員國環境績效，投入項包括勞動和主要能源消耗，產出項是 GDP，非意欲產出則是二氧化碳、一氧化碳、硫氧化物與氮氧化物；Kortelainen(2008)以 Malmquist 生產力指數評估歐盟 20 個會員國的生產力變遷，投入項是 GDP，產出項則是 17 種汙染物(包括一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、硫氧化物與甲烷等汙染物)，Zhou et al (2010)研究二氧化碳排放量全球前 18 大國家的生產效率變遷，投入項包括勞動資本和能源消耗量，產出是 GDP，非意欲產出則是二氧化碳排放量。Sueyoshi and Goto(2011)透過考量非意欲產出的 DEA 模型，測量意欲與非意欲產出，並衡量收益與損失規模比例，藉此進行環境管理與營運。Chiu and Wu(2010)將非意欲產出納入考量，並設置不同 DEA 模型，藉此分析並比較 2000-2003 年中國 27 個省內城市的環境效率。Coli et al.(2011)考量空汙等非意欲產出變項後，利用 DEA 評估 2004 年意大利的環境效率。Wang et al. (2012)以 DEA 模型評價中國 30 個地區在生產要素(資本、勞力)與化石能源輸入，以及意欲產出(GDP)與非意欲產出(SO₂、CO₂)中之效率。Zhang and Choi(2013)考量 SO₂、COD、CO₂ 等非意欲產出，並透過 SBM model 中的不良產出模式，分析中國在 2001-2010 年間，區域經濟的環境能源效率。Lu et al.(2013)從 OECD 選取 32 個國家，透過 DEA 模型，分析 2005 至 2007 年的 CO₂ 排放效率變化，投入包括工業附加價值、勞工數，產出是國民生產毛額，非意欲產出包括二氧化碳。Li et al.(2013)透過納入空汙、廢水、廢棄物等非意欲產出的 DEA 模型，衡量北京過去五年的環境效率。Song et al.(2013)將空汙、廢水、廢棄物等非意欲產出納入考量，透過 SBM model，針對 1998 年至 2009 年中國各省的環境效率進行分析。

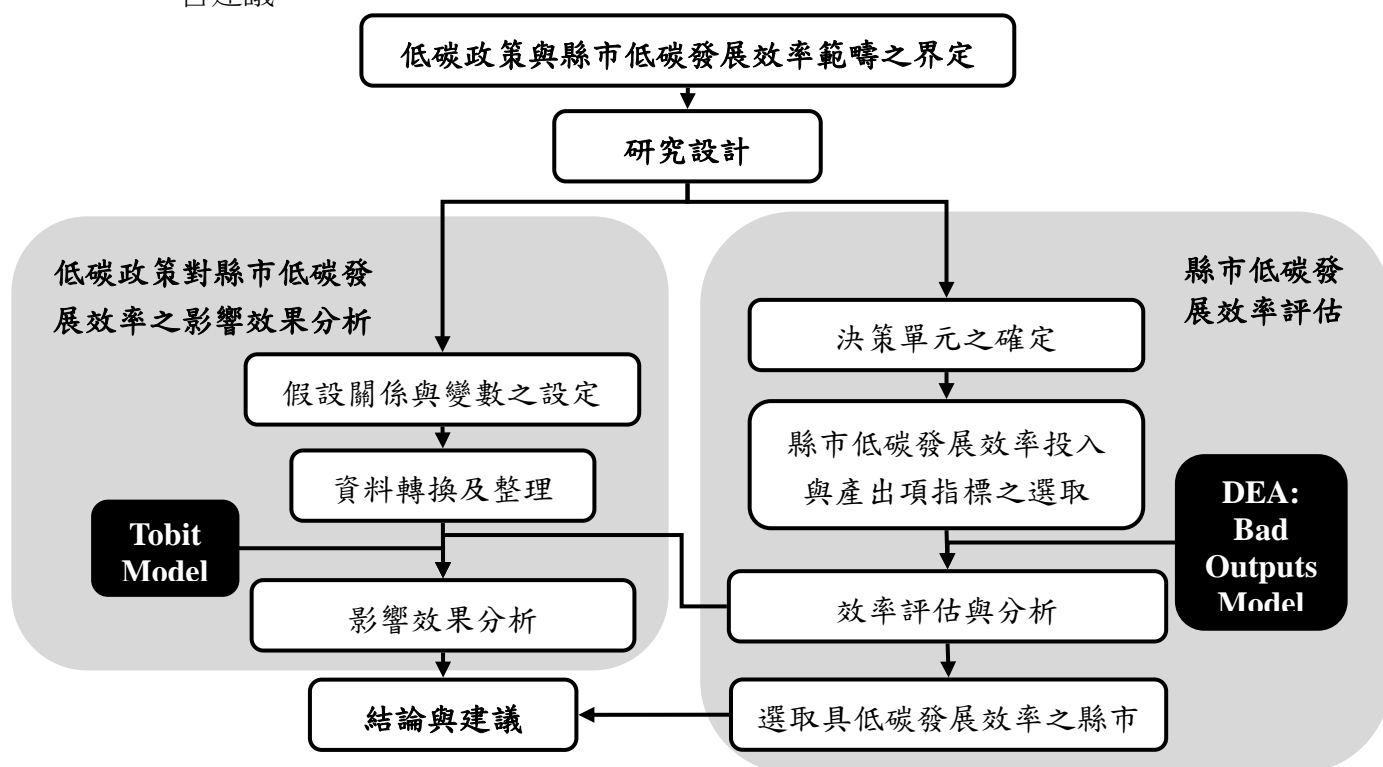
歸納上述研究成果，可發現低碳發展與永續是當前重要之課題，而非意欲產出概念的效率衡量，不僅可藉由考量發展或生產過程的外部成本，達到永續之目的，更可於其中找出相對效率者，以及提供無效率改善之方向，然而，非意欲產出效率過去多應用於產業，近年雖逐漸轉至地區、區域及國家發展上，然其多聚焦於跨國區域或國家的發展，甚少應用於縣市或地方的發展評估上，故本文將以此方法評估縣市低碳發展效率。另外，我國目前雖依據低碳發展目標，推出許多低碳政策，但關於低碳政策的影響，卻未能清楚地釐清，因此，釐清低碳政策對縣市低碳發展效率之影響，亦是本文的探討內容。

參、研究設計

一、分析架構

為有效地評估縣市低碳發展效率，以及分析低碳政策對縣市低碳發展效率之影響，故研提本文之分析架構(詳如圖二)，其內容包括：

- (一) 低碳政策與縣市低碳發展效率範疇之界定—界定研究主題與內容，並決定欲進行實證分析的地理空間範圍。
- (二) 研究設計—根據研究主題與目的，研擬研究架構，並選定適合的分析方法。
- (三) 縣市低碳發展效率評估—1.依研究主題與目的，確定欲進行效率評估的決策單元(decision making unit, DMU)；2.選取反映縣市低碳發展效率之投入項(即資源與能源投入、財政支出與資本投入、勞動力投入等變數)與產出項(即「意欲產出」的經濟產出效益、市政建設及發展效益、生活品質效益等變數；「非意欲產出」的碳排放威脅、環境污染衝擊等變數)，並進行相關資料的蒐集與整理；3.透過 DEA 中的不良產出模型(Bad Outputs Model)，針對縣市低碳發展效率，進行效率分析、參考集合分析與差額變數分析；4.經由效率評估與分析後，選取具低碳發展效率之縣市。
- (四) 低碳政策對縣市低碳發展效率之影響效果分析—1.根據研究主題與文獻回顧，設定假設關係與分析變數，並進行相關資料的蒐集與整理；2.透過 Tobit 模式，進行低碳政策對縣市低碳發展效率之影響效果分析，試圖找出影響縣市低碳發展效率之關鍵政策。
- (五) 結論與建議—根據上述實證分析結果，歸納結論，並提出相對應的政略及改善建議。



圖二 分析架構圖
資料來源：本研究繪製

二、決策單元

在進行資料包絡分析時，基於資料的一致性、分析的精確性與連慣性，故本文以台灣本島改制前的 22 縣市作為決策單元(Decision Making Unit, DMU)。而其數量符合資料包絡分析中決策單元數量決定的經驗法則，亦即受評的決策單元個數須大於投入項及產出項個數總和的二倍，以避免讓過多的受評單元落在效率前緣上，喪失資料包絡分析的鑑別力。

三、分析方法與模型

(一)DEA 效率評估技術

資料包絡分析是一種無母數效率前緣(non-parametric efficiency frontier)分析方法，屬於毋須預先設立投入及產出項目間函數之無母數分析方法，可用來評估多投入與多產出決策單元之相對效率。該方法之效率衡量乃建構於柏拉圖最適境界效率之觀念，利用數學規劃於幾何空間上解釋資源被經濟地使用程度，並藉由選定投入及產出項目，建構效率前緣邊界(efficiency frontier)，落在此邊界上之分析單元則是相對具有效率，落在效率邊緣線內則是相對無效率，而此些不具效率的決策單元，則就其分佈狀況給予其介於 0 與 1 之間的效率值。另外，DEA 可藉由參考集合分析，檢視具相對有效率決策單元的穩健程度；並可藉由差額變數分析，瞭解無效率決策單元改進的資訊，並透過增加投入或減少產出，以達有效率目標。

而資料包絡分析涵蓋許多模式，包括了 CCR 模式、BCC 模式、加法模式、乘法模式、SBM 模式、移動視窗、麥氏指數……等等(Cooper et al., 2007)。然而在縣市發展的過程中，產出的內容包括受評單位所期望者(意欲產出)與非所期望者(非意欲產出)，且意欲產出與非意欲產出間可作分割，並能分別計算之，故本文採用不良產出模式(Bad Outputs Model)進行縣市低碳發展效率之評估。而不良產出模式係為 SBM 的修正模式，其可調整意欲產出與非意欲產出間之相對權重³，並具有單位不變性、同向性的優點，亦可改正 CCR 與 BBC 模式等比率調整缺失，以及加法模式單位非不變性之缺失，其模式內容簡述如附錄一，而詳細之計算公式可參閱 Tone(2003)。

(二)Tobit 迴歸分析

Tobit 迴歸屬於應變數受到限制的一種模型，其概念最早是由 Tobin 於 1958 年所提出，之後由 Goldberger 首度採用(Greene, 2012)。在進行影響因子探討時，須把 DEA 所計算出的縣市低碳發展效率值作為應變數，但其值域範圍介於 0 與 1 間，亦即任一 DMU 的效率值最大不超過 1，且最小不低於 0，故屬於截斷資料，

³ 本文在透過不良產出模式進行效率評估時，因視意欲產出與非意欲產出同等重要，故將兩者之相對權重設定為 1:1。

因此，若直接以效率值為被解釋變數建立計量模型，並利用一般最小平方方法 (Ordinary Least Squares, OLS) 進行迴歸估計，會因為無法完整地呈現資料，使得參數估計是有偏且不一致的；但採用遵循最大概似法估計的 Tobit 模型則能有效地解決此問題，故本文透過 Tobit 模型分析低碳政策對縣市低碳發展效率之影響效果。

本文所設定的 Tobit 模型如式(1)及式(2)所示，其中 y_i 是由 DEA 所計算出的縣市低碳發展效率值； y_i^* 是潛變量； x_{ij} 是影響各縣市低碳發展效率值的低碳政策； ε_i 是誤差項； τ_1 及 τ_2 則各表示 y_i^* 設限時， y_i 的指定值，本文此二值皆設定為 0。另外，因本文樣本並非十分龐大，故以拔靴反覆抽樣法(bootstrap resampling method)反覆抽取 100,000 個樣本，以之作為參數估計與推論來源。而拔靴反覆抽樣法係 Efron (1979) 所提出之無母數統計方法，是採放回後再抽樣的反覆抽樣過程，藉此估計統計量分配，即使樣本過小，也能經過此方式精確估計。

$$y_i^* = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i \dots\dots\dots(1)$$

$$\begin{cases} y_i = \tau_1 & \text{if } y_i^* \leq 0 \\ y_i = y_i^* & \text{if } 0 < y_i^* < 1 \dots\dots\dots(2) \\ y_i = \tau_2 & \text{if } y_i^* \geq 1 \end{cases}$$

四、衡量指標與分析變數

(一)DEA 評估指標⁴

1.投入項

縣市發展需要各類能源與資源的投入，而個人、家戶及產業的各類活動亦會耗用資源，如水資源、電力、化石能源等(Tyteca, 1996；Zhou et al., 2007；Zhou et al., 2010；Chiu and Wu, 2010；Wu et al., 2012；Wang et al., 2012；Li et al., 2013；Song et al., 2013；Meng et al., 2013；He et al., 2013)，以往研究透過用水量(Kharel and Charmondusit, 2008；Charmondusit and Keartpakpraek, 2010)、電力消耗量(Zhang et al., 2008；Chiu and Wu, 2010；Wu et al., 2013)、化石能源消耗量，分析都市及產業資源耗用情形，並分析績效與發展效率之變化。

另外，縣市的發展亦需要資本與勞動力要素的投入(Färe et al., 2004；Chiu and Wu, 2010；Wang et al., 2012；Zhang and Choi, 2013；Lu et al., 2013；Li et al., 2013；Song et al., 2013；Meng et al., 2013；He et al., 2013)，並藉此推動縣市各類活動與事務(如社經發展、實質建設)，以達縣市發展目標。以往用來評估資本要素的指標，包括產業資本總額、各類產業投資資金，而用來評估勞動力要素的指標，包

⁴ 基於 DEA 的建模經驗法則，投入項及產出項個數總和須小於受評的決策單元個數的 1/2，故為求 DEA 分析結果的有效性與合理性，不宜過多的評估指標，因此，下述相似衡量主題與目的的指標，將透過附錄二式(5)的轉換後，計算其平均值，以此作為該類主題指標的綜合值。

括產業就業員工率、勞動生產效率、勞動人口、就業員工數。

承上述，基於研究目的及指標的代表性，本文共選取 3 類評估指標(見表三)，分別是「資源與能源投入」、「財政支出與資本投入」、「勞動力投入」。其中，「資源與能源投入」是水資源消耗量、電力消耗量、化石能源消耗量等三變數，經過附錄二式(5)轉換後，所計算的平均值；「財政支出與資本投入」是財政歲出水準、產業資本總額等二變數，經過附錄二式(5)轉換後，所計算的平均值；「勞動力投入」則以縣市總就業員工數作衡量。

2.產出項

產出項包括衡量意欲產出及非意欲產出的相關指標，其內容詳述如下：

(1)意欲產出

縣市發展的意欲產出，係指縣市發展上期望產出的正向效果，包括經濟活動的產出、實體建設與發展的產出、生活品質的產出。縣市中經濟活動的產出，係為滿足人們生產、消費及分配需求，過去用以評估的相關指標，包括產業產值、產業產值間之比例、資源消耗量與產值間比例等(Zofio and Prieto, 2001; Färe et al., 2001; Arcelus and Arocena, 2005; Wu et al., 2012; Wu et al., 2013; Meng et al., 2013; He et al., 2013; Chang et al., 2013)。而實體建設與發展的產出，則是縣市透過實際的建設，滿足人們各類活動需求，過去用來評估的相關指標，包括公共設施用地面積、道路建設面積與長度、都市計畫區面積、醫療院所數、醫療病床數、公共圖書館數、自來水供水普及率、雨水下水道建設長度。另外，生活品質的產出上，則是縣市發展作用於居民生活幸福感的呈現，以往用來評估的相關指標，包括死亡率、平均壽命、自有住宅數、住宅面積。

承上述，基於研究目的及指標的代表性，本文共選取 3 類評估指標(見表三)，分別是「經濟產出效益」、「市政建設及發展效益」、「生活品質效益」。其中，「經濟產出效益」是以縣市各類產業的總產值作衡量；「市政建設及發展效益」是公共設施用地面積、醫療病床數、公共圖書館數、自來水供水普及率、雨水及污水下水道已建設長度的綜合值等變數，經過附錄二式(5)轉換後的平均值；「生活品質效益」是自有住宅數、平均壽命經過附錄二式(5)轉換後，所計算的平均值。

(2)非意欲產出

縣市發展的非意欲產出，包括碳排放量、環境污染，其是伴隨各類活動所產生，亦為縣市發展上非所期望產出者，是發展過程中伴隨產生的負外部效果。以往在評估碳排放量上，多以二氧化碳排放量為主。而在環境污染的評估上，多選取空氣污染物質(含總懸浮微粒、臭氧、一氧化碳、二氧化硫、氮化合物)、溫室氣體排放量、廢水排放量、水值品質(重金屬、溶氧、氨氮、氫離子濃度指數、大腸桿菌)、廢棄物產出量、廢棄物清運量、廢棄物處理率(Tyteca, 1996; Kharel and

Charmondusit, 2008 ; Zhang et al., 2008 ; Charmondusit and Keartpakpraek, 2010 ; Chiu and Wu, 2010 ; Li et al., 2013 ; Song et al., 2013 ; Meng et al., 2013 ; He et al., 2013 ; Tao and Zhang, 2013)作為指標。

承上述，基於研究目的及指標的代表性，本文共選取 2 類評估指標(見表三)，分別是「碳排放威脅」、「環境污染衝擊」。其中，「碳排放威脅」是以各縣市二氧化碳的排放量作衡量；「環境污染衝擊」是 PSI>100 日數比率、汗水排放量、垃圾產生量三變數，經過附錄二式(5)轉換後，所計算的平均值。

表三 DEA 評估指標及其內涵

投入/產出項		評估指標	指標內涵	單位
投入項	資源投入	資源與能源投入	水資源消耗量、電力消耗量、化石能源消耗量的綜合值	-
		財政支出與資本投入	財政歲出水準、產業資本總額的綜合值	-
		勞動力投入	縣市總就業員工數	千人
產出項	意欲產出	經濟產出效益	縣市各類產業的總產值	千元
		市政建設及發展效益	公共設施用地面積、醫療病床數、公共圖書館數、自來水供水普及率、雨水及汗水下水道已建設長度的綜合值	-
		生活品質效益	自有住宅數、平均壽命的綜合值	-
	非意欲產出	碳排放威脅	二氧化碳的排放量	公噸
		環境污染衝擊	PSI>100日數比率、汗水排放量、垃圾產生量的綜合值	-

資料來源：本研究整理

(二)Tobit 迴歸變數與假說研提

本文透過 Tobit 模型的分析，檢視低碳政策對縣市低碳發展效率之影響效果。而所界定的低碳政策包括：產業結構、再生能源設備發展、資源循環利用、低碳運輸、低碳建築、低碳都市型態、碳匯規劃。而基於本章的研究目的、分析變數的代表性、分析結果的效度與可應用性，故所選定用以表述各低碳政策之分析變數則分別是：工廠家數、太陽能熱水系統安裝件數、資源回收量、市區公車系統路線總長、具綠建築標章的建物數、都市發展密度、綠地面積(詳見表四)。以下分別說明各低碳政策變數對縣市低碳發展效率之預期關係：

在工廠家數方面，當其值增加時，會消耗更多的投入資源，亦會產生更多的碳排放量與環境污染，對自然生態環境造成威脅(Barney, 1991 ; Russo and Fouts,

1997; Aragon-Correa, 1998; Ravetz, 2000; Bi et al., 2011; Zhang et al., 2011; Dodman, 2011; Wang et al., 2014), 但同時亦會增加產業產值, 促進經濟發展, 故與縣市低碳發展效率之關係是為正向或為負向, 須視意欲產出與非意欲產出何者為大, 因此, 本文設定工廠家數與縣市低碳發展效率的預期關係為正亦可能為負。

而在太陽能熱水系統安裝件數方面, 當其值增加時, 會節省不可更新資源的使用, 並降低碳排放量與環境污染的威脅, 進而提高該縣市的低碳發展效率。因此, 本文預期太陽能熱水系統安裝件數愈多, 會使得縣市的低碳發展效率提高, 亦即兩者呈正向關係。

在資源回收量方面, 當其值增加時, 表示資源循環利用程度愈高, 其除可節省所投入資源與能源外, 更能降低碳排放量與環境污染的威脅(Chen and Zhu, 2013; Oh, 2014), 進而提高該縣市的低碳發展效率。因此, 本文預期資源回收量愈多, 會使得縣市的低碳發展效率提升, 亦即兩者呈正向關係。

在市區公車系統路線總長方面, 當其值增加時, 表示公共運輸服務系統愈發達, 其除可節省所投入資源與能源外, 更能降低碳排放量與環境污染的威脅, 進而提高該縣市的低碳發展效率。因此, 本文預期市區公車系統路線總長愈多, 會使得縣市的低碳發展效率提升, 亦即兩者呈正向關係。

在具綠建築標章的建物數方面, 當其值增加時, 除了可節省所投入資源與能源外, 更能降低碳排放量與環境污染的威脅, 以及提高生活品質效益, 並進而提高該縣市的低碳發展效率。因此, 本文預期具綠建築標章的建物數愈多, 會使得縣市的低碳發展效率提升, 亦即兩者呈正向關係。

在都市發展密度方面, 當其值增加時, 能夠縮短旅運距離與需求(Ewing et al., 2003; Giuliano and Narayan, 2003; Perkins and Hamnett, 2005; 林楨家與楊恩捷, 2006; Grazi et al., 2008; Barkalow et al., 2007), 並促進公共交通系統和步行被使用(Cervero, 1996; Dunphy and Fisher, 1996; Cervero and Kockelman, 1997; Grazi et al., 2008), 藉此減少運輸的能源消耗和二氧化碳排放。但都市密度愈高, 愈易造成交通堵塞, 同時會因車輛的走走停停, 造成引擎空轉, 增加二氧化碳排放。而與縣市低碳發展效率之關係是為正向或為負向, 須視上述效果何者為大, 故本文預期都市發展密度與縣市低碳發展效率的關係為正亦可能為負。

在綠地面積方面, 因綠地本身碳吸存的作用, 對減緩碳量有著直接且正面的影響(Vaccari et al., 2013; Weissert et al., 2014)。當其值增加時, 除可提高生活品質效益外, 更能降低碳排放量與環境污染的威脅, 並進而提高該縣市的低碳發展

效率。因此，本文預期綠地面積愈大，會使得縣市的低碳發展效率提升，亦即兩者呈正向關係。

綜合上述，本文各低碳政策變數與縣市低碳發展效率值之預期關係(如表四)，包括：

1. 「工廠家數」對「縣市低碳發展效率」產生影響，但效果未定；
2. 「太陽能熱水系統安裝件數」對「縣市低碳發展效率」產生正向影響效果；
3. 「資源回收量」對「縣市低碳發展效率」產生正向影響效果；
4. 「市區公車系統路線總長」對「縣市低碳發展效率」產生正向影響效果；
5. 「具綠建築標章的建物數」對「縣市低碳發展效率」產生正向影響效果；
6. 「都市發展密度」對「縣市低碳發展效率」產生影響，但效果未定；
7. 「綠地面積」對「縣市低碳發展效率」產生正向影響效果。

表四 影響縣市低碳發展效率值之低碳政策變數

低碳政策	分析變數	單位	與縣市低碳發展效率值之預期關係
產業結構	工廠家數	家	+/-
再生能源設備發展	太陽能熱水系統安裝件數	件	+
資源循環利用	資源回收量	公噸	+
低碳運輸	市區公車系統路線總長	公里	+
低碳建築	具綠建築標章的建物數	個	+
低碳都市型態	都市發展密度 ^a	%	+/-
碳匯規劃	綠地 ^b 面積	公頃	+

註：^a都市發展密度=都市計畫區面積/縣市土地總面積；^b綠地包括林地、草地。

資料來源：本研究整理

肆、樣本資料說明

一、實證地區與空間範圍

在進行縣市低碳發展效率評估，以及低碳政策對縣市低碳發展效率之影響效果分析時，基於資料一致性、分析精確性與連慣性的考量，故本文實證案例地區，以台灣本島改制前的 22 縣市為主。

二、資料來源說明

DEA 投入及產出項的評估指標，以及 Tobit 模型中的各類變數皆為數值型態，其衡量單位可詳見表三、表四。另外，由於本文係採用多個政府單位之次級資料，而各單位資料建置年份不一，故受限於政府各單位建置資料之年份，並顧及資料分析的一致性與連慣性，所以將各變數資料的時點，統一設定為 2010 年。

在衡量變數的資料取得上，上述所有變數皆以次級資料搜集取得為主，其分別整理自 2010 年的都市及區域發展統計彙編、工商及服務業普查報告、各縣市統計資料庫、行政院主計總處、內政部與環保署網站資料，以及台灣電力公司與經濟部能源局內部所提供的資料。

伍、縣市低碳發展效率評估

一、效率分析

在不良產出模式的效率分析結果中，包括總技術效率(Technical Efficiency, TE)、純技術效率(Pure Technical Efficiency, PTE)與規模效率(Scale Efficiency, SE)三類分析結果。檢視全台 22 縣市在低碳發展效率上的表現(見表五)，具相對總技術效率者有 4 個(佔 18.18%)，多數縣市處於相對無效率狀態，而在相對無效率的縣市中，59.09%為中度相對效率者⁵，22.73%為低度相對效率者⁶。

而在低碳發展效率上具有總技術效率的縣市，包括臺北市、新竹市、臺東縣、花蓮縣(如表五)，表示其在納入非意欲產出的外部性考量後(即碳排放威脅、環境污染衝擊)，亦具有相對發展效率。而此 4 縣市中，臺北市為全台政經文化核心，不僅發展程度較高、都市建設較完備，且集聚中高程度以上的三級產業，使其在意欲產出(即經濟產出效益、市政建設及發展效益、生活品質效益)的表現極佳，再加上其產業多非為污染性產業，以及適宜的環保政策(如垃圾費隨袋徵收)與環境管制機制，致使其環境汙染與資源消耗皆較其他縣市佳，故具有低碳發展效率，亦符合弱永續的發展型態；而新竹市則因科學園區的設置、適宜的環保政策與環境管制機制，使其亦具有低碳發展效率；相對於上述二都市，臺東縣與花蓮縣則因開發較少，且所遭受的環境破壞較少，再加上當地多為觀光產業，甚少有高污染性的產業，以及環境保育機制的施行，致使其亦同樣具有低碳發展效率。

上述具有總技術效率的縣市，同時亦具有純技術效率與規模效率(如表五)。而在總技術效率上相對無效率的縣市中，如臺南市、嘉義市、臺中市、臺北縣、高雄市，因其具有純技術效率(如表五)，故可知其無效率是肇因於規模的無效率，而非技術的無效率；而餘下的縣市，皆存在程度不等的規模與技術的無效率。

另外，以規模報酬而言，臺北市、新竹市、臺東縣、花蓮縣達規模報酬固定，表示已處於最適規模；其餘縣市皆呈現規模報酬遞增狀態，表示需適度擴大規模，以提昇整體效率。

⁵ 其餘指效率值介於 0.4 至 0.7 者。

⁶ 其餘指效率值介於 0.001 至 0.399 者。

表五 效率分析結果表

縣市	總技術效率	純技術效率	規模效率	參考集合次數
臺北市	1	1	1	19
新竹市	1	1	1	5
臺東縣	1	1	1	8
花蓮縣	1	1	1	11
臺南市	0.6611	1	0.6611	
嘉義市	0.5903	1	0.5903	
臺中市	0.5702	1	0.5702	
宜蘭縣	0.5264	0.7047	0.7470	
臺北縣	0.5100	1	0.5100	
高雄市	0.5074	1	0.5074	
臺南縣	0.4776	0.6391	0.7473	
屏東縣	0.4660	0.5329	0.8745	
苗栗縣	0.4657	0.4807	0.9688	
基隆市	0.4545	0.4704	0.9662	
嘉義縣	0.4516	0.4789	0.9429	
雲林縣	0.4346	0.5766	0.7537	
臺中縣	0.4146	0.6471	0.6407	
新竹縣	0.3977	0.5003	0.7948	
南投縣	0.3954	0.5022	0.7873	
桃園縣	0.3908	0.4932	0.7924	
彰化縣	0.3832	0.5520	0.6941	
高雄縣	0.3287	0.4042	0.8132	

資料來源：本研究整理

二、參考集合分析

參考集合分析用於檢視具相對有效率的決策單元被無效率決策單元作為改善效率的參考對象與次數，若某一決策單元被其他決策單元參考次數愈多，表示其相對有效率的穩健性愈強。而本研究藉此鑒別決策單元的有效率程度，除能避免有效率的決策單元過多，更能區別有效率決策單元的效率穩健程度。

根據 DEA 參考集合分析的結果顯示(見表五)，臺北市被參考次數最多，高達 19 次；花蓮縣次之，被參考 11 次；而新竹市則最少，僅被參考 5 次。因此，相較於其他有效率的縣市，臺北市的效率穩健性最強，而新竹市則最弱。

三、差額變數分析

差額變數分析可就無效率單位的資源使用情形，提供改善的方向與程度，藉

以瞭解決策單元與效率目標的差距程度與改善空間的大小。在應用上主要與效率值相結合，以進行投影分析，分析結果可提供相對效率值小於 1 之受評估單位，瞭解本身在投入資源及產出績效上須作多少程度的改善，方可達到相對有效率的境界。

各縣市在資源投入的減少上(見表六)，如資源與能源投入、財政支出方面，皆顯示高雄縣、桃園縣需改善程度最大；在勞動力投入方面，則顯示彰化縣、新竹縣需改善程度最大。另在意欲產出的增加上，如市政建設及發展效益方面，顯示彰化縣、雲林縣待改善程度最大；而生活品質效益方面，則以高雄縣、臺中縣需改善程度最大。在非意欲產出的減少上，如碳排放威脅方面，以彰化縣、高雄縣需改善程度最大；環境污染衝擊方面，則以雲林縣、桃園縣需改善程度為最大。

此外，以行政區的改善而言(見表六)，高雄縣是目前亟待改善的首要縣市，由於此縣市存在過量的資源投入，而且對環境與碳排放造成不少威脅，再加上經濟未發揮較佳的效益，因此，造成此縣市待改善的面向及程度為最大。

表六 差額變數分析結果摘要表

減少資源投入	資源與能源投入	財政支出與資本投入	勞動力投入
縣市	桃園縣、高雄縣	高雄縣、桃園縣	彰化縣、新竹縣
增加意欲產出	市政建設及發展效益		生活品質效益
縣市	彰化縣、雲林縣		高雄縣、臺中縣
減少非意欲產出	碳排放威脅		環境污染衝擊
縣市	彰化縣、高雄縣		雲林縣、桃園縣

資料來源：本研究整理

陸、低碳政策對縣市低碳發展效率之影響關係

本文透過 Tobit 模式分析低碳政策對縣市低碳發展效率之影響效果。首先，透過共線性檢定，其結果顯示(如表七)，各變數彼此間不具共線性；另依據 LR 卡方值檢定所顯示的結果(如表七)，則表示 Tobit 模式整體配適度良好。此外，根據 Tobit 的分析結果(如表七)，顯示顯著影響縣市低碳發展效率的低碳政策分析變數，包括工廠家數、資源回收量、市區公車系統路線總長、具綠建築標章的建物數、綠地面積，亦即表示產業結構、資源循環利用、低碳運輸、低碳建築、碳匯規劃等低碳政策，對於縣市低碳發展效率是顯著有效的。以下分別詳述低碳政策各分析變數對於縣市低碳發展效率之影響效果：

一、「工廠家數」對「縣市低碳發展效率」之影響

工廠家數會對縣市低碳發展效率，產生顯著的負向影響效果，其係數值為 -0.2163，符合預期關係。此顯示當縣市的工廠家數增多時，表示該縣市二級產業

數量愈多，其會消耗更多的資源投入，也會產生更多的碳排放量與環境污染的威脅，並降低生活品質，進而降低該縣市的低碳發展效率，相似於 Bi et al.(2011)、Zhang et al.(2011)、Dodman(2011)、Wang et al.(2014)之研究成果。該結果亦證實產業結構的低碳政策中，二級產業數量會負向影響縣市低碳發展效率值。

二、「太陽能熱水系統安裝件數」對「縣市低碳發展效率」之影響

太陽能熱水系統安裝件數對縣市低碳發展效率影響效果為不顯著，不符合預期關係。透過變數資料的檢視，顯示太陽能熱水系統裝設，嚴重受到日照因素(如日照天數、日照強度)的影響，而台灣北部的日照條件遠不如中南部，也因此，使得台灣中南部的裝設數量遠遠超過北部，故此變數無法有效呈現對縣市低碳發展效率之影響效果。

三、「資源回收量」對「縣市低碳發展效率」之影響

資源回收量會對縣市低碳發展效率，產生顯著的正向影響效果，其係數值為 0.1927，符合預期關係。該結果顯示當縣市的資源回收量愈多時，表示資源循環利用程度愈高，其除可節省所投入資源與能源外，更能降低碳排放量與環境污染的威脅，進而提高該縣市的低碳發展效率，其與 Chen and Zhu(2013)、Oh(2014)之研究成果相似。該結果亦可證實資源循環利用的低碳政策，會正向影響縣市低碳發展效率。

四、「市區公車系統路線總長」對「縣市低碳發展效率」之影響

市區公車系統路線總長會對縣市低碳發展效率，產生顯著的正向影響效果，其係數值為 0.0535，符合預期關係。該結果顯示當縣市的市區公車系統路線總長愈長時，表示公共運輸服務系統愈發達，其除可節省所投入資源與能源外，更能降低碳排放量與環境污染的威脅，進而提高該縣市低碳發展效率。該結果亦可證實低碳運輸政策，會正向影響縣市低碳發展效率。

五、「具綠建築標章的建物數」對「縣市低碳發展效率」之影響

具綠建築標章的建物數會對縣市低碳發展效率，產生顯著的正向影響效果，其係數值為 0.0131，符合預期關係。該結果顯示當縣市的具綠建築標章的建物數愈多時，其除可節省所投入資源與能源外，更能降低碳排放量與環境污染的威脅，以及提高生活品質效益，並進而提高該縣市的低碳發展效率。該結果亦可證實低碳建築的政策，會正向影響縣市低碳發展效率。

六、「都市發展密度」對「縣市低碳發展效率」之影響

都市發展密度對縣市低碳發展效率影響效果為不顯著，不符合預期關係。而透過變數資料的檢視，顯示都市發展密度與縣市低碳發展效率間非存在線性關係，表示兩變數間非呈現線性的因果影響關係。

七、「綠地面積」對「縣市低碳發展效率」之影響

綠地面積會對縣市低碳發展效率，產生顯著的正向影響效果，其係數值為 0.2756，符合預期關係。該結果顯示當縣市綠地面積愈多時，其除可提高生活品質效益外，更能降低碳排放量與環境污染的威脅，並進而提高該縣市的低碳發展效率，其與 Vaccari et al.(2013)、Weissert et al.(2014)之研究成果相似。該結果亦可證實碳匯規劃的低碳政策，會正向影響縣市低碳發展效率。

表七 Tobit 模式分析結果表

低碳政策	分析變數	係數	P-value	VIF
產業結構	工廠家數*	-0.2163	0.041	3.069
再生能源設備發展	太陽能熱水系統安裝件數	-0.0006	0.392	7.694
資源循環利用	資源回收量*	0.1927	0.029	5.319
低碳運輸	市區公車系統路線總長*	0.0535	0.038	3.517
低碳建築	具綠建築標章的建物數*	0.0131	0.048	3.869
低碳都市型態	都市發展密度	0.00019	0.275	5.228
碳匯規劃	綠地面積**	0.2756	0.009	4.651
-	截距項	0.1503	0.056	
LR $\chi^2(8)$	48.98**			

Number of observations: 22 ; uncensored observations: 18

left-censored observations (at $y \leq 0$): 0 ; right-censored observations (at $y \geq 1$): 4

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

資料來源：本研究整理

柒、結論與建議

近年來，低碳發展議題備受全球重視，而各政府不僅相繼以低碳都市為發展目標，更推出許多低碳政策，設法達到此一目標。但關於低碳政策的影響，卻未有相關研究能加以釐清。另外，縣市在低碳的發展上，不應只強調目標的達成，更應著重發展效率的層面，並且應納入環境外部成本之考量。有鑑於此，本文納入縣市發展的負外部性(即非意欲產出)，在考量非意欲產出下(碳排放威脅、環境污染衝擊)，藉由 DEA 中的 Bad Outputs Model 評估台灣縣市低碳發展效率，並透過 Tobit Model 分析低碳政策對縣市低碳發展效率之影響效果，其成果可供作未來低碳政策與發展規劃之參考。而根據實證分析，發現以下之結果：

- 一、根據非意欲產出效率評估的實証結果顯示，臺北市、新竹市、臺東縣、花蓮縣在低碳發展效率上相對具有效率，且已達最適規模水準。其中，以臺北市的效率穩健性最強，而新竹市則最弱。另外，綜觀上述 4 縣市的發展，臺北

市與新竹市的相對有效率，倚賴於高發展程度、完備的都市建設、健全的環保政策與管制機制，以及高經濟效益的少污染性產業(如三級產業、高科技產業)等要素；而臺東縣與花蓮縣的相對有效率，則倚賴於較少的開發行為、健全的環保政策與管制機制，以及非污染性的觀光產業等要素。

二、依據差額變數分析結果，發現高雄縣是目前亟待改善的首要縣市，由於此縣市存在過量的資源投入，而且對環境與碳排放造成不少威脅，再加上經濟未發揮較佳的效益，因此，造成此縣市待改善的面向及程度為最大。

三、透過 Tobit 模式的實證分析，呈現顯著影響縣市低碳發展效率的低碳政策分析變數，包括工廠家數、資源回收量、市區公車系統路線總長、具綠建築標章的建物數、綠地面積。其中，除工廠家數對縣市低碳發展效率有負向影響外，其餘變數皆呈正向影響效果。此外，由此亦得知產業結構、資源循環利用、低碳運輸、低碳建築、碳匯規劃等低碳政策，對於縣市低碳發展效率是顯著有效的。

最後，本文根據實證結果，提出幾項低碳政策與發展上的建議：

一、產業轉型與發展

以往二級產業發展多以利潤最大化為唯一訴求，並常將製造過程中所產生的環境汙染外部化，致使其在促進經濟發展的同時，也對自然及生態環境造成危害。在面對氣候變遷與永續發展的趨勢下，建議各縣市應對高污染性的二級產業，配合當地資源與特色，朝低汙染、低能耗、高效、高經濟效益的產業作轉型與發展，或設計適當的配套措施。

二、再生能源產品的發展與應用

台灣在再生能源相關產品的發展及使用上，仍顯不足，未來除透過技術合作及自我研發，來加強開發技術外，亦應透過更實質的獎勵或補助機制，推廣再生能源產品(如電動車)的使用。

三、環境保育與資源循環利用政策機制的設計及執行

過去因各縣市不同的環保政策(如垃圾隨袋徵收)與資源循環利用機制(如資源回收計畫、廢棄物的文藝創作)，致使各縣市的環境品質、碳排放與資源投入狀態高低不同，雖然這些政策具有一定成效，但仍顯不足。為了提高縣市的低碳發展效率，建議應適當適地的調整環境保育與資源循環利用政策，並且加強其執行機制。

四、低碳都市的發展與規劃設計

低碳都市除須根據自身特性及定位，全面且按序地發展及建設外，更須藉由實際規劃的實踐來達成。根據實證結果，具體且有效的規劃設計策略包括：

1. 都市運輸系統規劃宜低碳化，並應提高大眾運輸系統的服務量/載客量、品質與水準，藉此減少私人運具的使用，進而減少運輸能源消耗與碳排放。
2. 所有建築必須是綠建築或高性能的節能建築，所有的設計必須符合節能減排的要求。而此些設計和控制必須納入低碳都市的長遠規劃、監督。
3. 建設高品質的綠色基盤設施及網絡，並適時管理與維護，保持綠地的多功能性和多樣化，藉此增加碳吸存量。

附錄一

非意欲產出效率模式中的不良產出模型(Bad Outputs Model)簡要說明如下：

假設一評估系統內有 n 個決策單元，而每個決策單元分別有投入、意欲產出、非意欲產出三類，分別以 $x \in R^m$ 、 $y^g \in R^{S1}$ 、 $y^b \in R^{S2}$ 三個向量作表示，並定義 X 、 Y^g 、 Y^b 三個向量矩陣分別為： $X = [x_1, \dots, x_n] \in R^{m \times n}$ 、 $Y^g = [y_1^g, \dots, y_n^g] \in R^{S1 \times n}$ 、 $Y^b = [y_1^b, \dots, y_n^b] \in R^{S2 \times n}$ ，且 $X > 0$ 、 $Y^g > 0$ 、 $Y^b > 0$ ，其生產可能集合則定義如式(3)所示。

$$P = \{(x, y^g, y^b) \mid x \geq X\lambda, y^g \leq Y^g \lambda, y^b \leq Y^b \lambda, \lambda \geq 0\} \dots \dots \dots (3)$$

根據式(3)，則不良產出模型則列式如下式(4)。其中， s^- 為投入過剩數量， s^g 為意欲產出過剩數量， s^b 為非意欲產出過剩數量：

$$\text{Min } \rho^* = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{io}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s1} \frac{s_r^g}{y_{ro}^g} + \sum_{r=1}^{s2} \frac{s_r^b}{y_{ro}^b} \right)} \dots \dots \dots (4)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & x_o = X\lambda + s^- \\ & y_o^g = Y^g \lambda + s^g \\ & y_o^b = Y^b \lambda + s^b \\ & \lambda, s^-, s^g, s^b \geq 0 \end{aligned}$$

在式(4)中， $0 < \rho^* \leq 1$ 。若 $\rho^* = 1$ ，則 $s^- = 0, s^g = 0, s^b = 0$ ，表示該決策單元在不良產出模型中具相對效率；若 $\rho^* < 1$ ，表示該決策單元在不良產出模型中為無效率者。

附錄二

由於 DEA 部分評估指標的原始數據與單位不盡相同，且指標數值間相差懸殊，故透過式(5)進行轉換處理(鄧振源，2005)。

$$x_l^c = (x_l - x_{min}) / (x_{max} - x_{min}) \dots \dots \dots (5)$$

x_l^c : 變數轉換後的指標值

x_l : 原始的指標值

x_{max} : 該指標中的最大值

x_{min} : 該指標中的最小值

參考文獻

- 行政院(2014)。國家綠能低碳總行動方案 103 年度工作計畫。臺北：行政院。
- 林楨家、楊恩捷(2006)。都市型態對旅運需求影響之結構化分析。運輸學刊，18(4)，391-416。
- 鄧振源(2005)。計畫評估：方法與應用。基隆：運籌規劃與管理研究中心。
- Aragon-Correa, J.A. (1998). Strategic proactivity and firm approach to the natural environment. *The Academy of Management Journal*, 41(5), 556-567.
- Arcelus, F., and Arocena, P.(2005). Productivity differences across OECD countries in the presence of environmental constraints. *Journal of the Operational Research Society*, 56(12), 1352-1362.
- Barkalow, G., G. Bemis, N. McKeever, S. Phinney, and J. Vinton. (2007). *The Role of Land Use in Meeting California's Energy and Climate Change Goals*. California: California Energy Commission.
- Barla, P., and Perelman, S.(2005). Sulphur emissions and productivity growth in industrialised countries. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 76(2), 275-300.
- Barney, J. B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.
- Bi, J., R.R. Zhang, H.K. Wang, M.M. Liu, and Y. Wu. (2011). The benchmarks of carbon emissions and policy implications for China's cities: Case of Nanjing. *Energy Policy*, 39(9), 4785-4794.
- Boussofiane, A., R. G. Dyson, and E. Thanassoulis. (1991). Applied Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 52, 1-15.
- Cai, B.F., J.N. Wang, W.S. Yang, L.C. Liu, and D. Cao. (2012). Low carbon society in China: Research and practice. *Advances in Climate Change Research*, 3(2), 106-120.
- Cervero, R. (1996). Mixed land-uses and commuting: Evidence from the American housing survey. *Transportation Research Part A: Policy And Practice*, 30(5), 361-377.
- Cervero, R. and K. Kockelman. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 99-219.
- Chang, Y.T., Zhang, N., Danao, D., and Zhang, N.(2013). Environmental efficiency analysis of transportation system in China: A non-radial DEA approach. *Energy Policy*, 58, 277-283.
- Charmondusit, K. And K. Keartpakpraek K. (2010). Eco-Efficiency Evaluation of the Petroleum and Petrochemical Group in the Map Ta Phut Industrial Estate, Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 19(2-3), 241-252.

- Deetman, S., Hof, A.F., and van Vuuren, D.P. (2015). Deep CO₂ emission reductions in a global bottom-up model approach. *Climate Policy*, **15**(2), 253-271.
- Demchuk, P., and Zelenyuk, V. (2009). Testing differences in efficiency of regions within a country: the case of Ukraine. *Journal of Productivity Analysis*, **32**(2), 81-102.
- Dodman, D. (2011). Forces driving urban greenhouse gas emissions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **3**(3), 121-125.
- Dunphy, R.T., and K. Fisher. (1996). Transportation, congestion, and density: New insights. *Transportation research record: Journal of the Transportation Research Board*, **1552**, 89-96.
- Ewing, R., R. Pendall, and D. Chen. (2003). Measuring sprawl and its transportation impacts. *Transportation research record: Journal of the Transportation Research Board*, **1831**, 175-183.
- Färe, R., Grosskopf, S., and Hernandez-Sancho, F. (2004). Environmental performance: An index number approach. *Resource and Energy Economics*, **26**(4), 343-352.
- Färe, R., Grosskopf, S., and Pasurka, C.A. (2001). Accounting for air pollution emissions in measures of state manufacturing productivity growth. *Journal of Regional Science*, **41**(3), 381-409.
- Färe, R., Grosskopf, S., and Pasurka, C.A. (2007). Environmental production functions and environmental directional distance functions. *Energy*, **32**(7), 1055-1066.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C. A. K., and Pasurka, C. (1989). Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: A nonparametric approach. *The Review of Economics and Statistics*, **71**(1), 90-98.
- Fortes, P., Simoes, S., Seixas, J., Van Regemorter, D., and Ferreira, F. (2013). Top-down and bottom-up modelling to support low-carbon scenarios: climate policy implications. *Climate Policy*, **13**(3), 285-304.
- Giuliano, G., and D. Narayan. (2003). Another look at travel patterns and urban form: The US and Great Britain. *Urban studies*, **40**(11), 2295-2312.
- Grazi, F., van den Bergh, J.C.J.M., and van Ommeren, J.N. (2008). An empirical analysis of urban form, transport, and global warming. *Energy Journal*, **29**(4), 97-122.
- Honma, S., and Hu, J. L. (2008). Total-factor energy efficiency of regions in Japan. *Energy Policy*, **36**(2), 821-833.
- Honma, S., and Hu, J. L. (2009). Efficient waste and pollution abatements for regions in Japan. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, **16**(4), 270-285.
- Hu, H.H., Qi, Q.H., and Yang, C.H.(2012). Analysis of hospital technical efficiency in China: Effect of health insurance reform. *China Economic Review*, **23**(4), 865-877.
- Hu, J.L., and Wang, S.C. (2006). Total-Factor Energy Efficiency of Regions in China. *Energy Policy*, **34**(17), 3206-3217.
- Hu, J.L., Wang, S.C., and Yeh, F.Y.(2006). Total-factor water efficiency of regions in China. *Resources Policy*, **31**(4), 217-230.
- Huang, R., and Li, Y.(2013).Undesirable input-output two-phase DEA model in an environmental performance audit. *Mathematical and Computer Modelling*, **58**(5-6), 971-979.

- Ioannis, E. T. (2011). Performance assessment of mining operations using nonparametric production analysis: A bootstrapping approach in DEA. *Resources Policy*, **36**(2), 159-167.
- Kennedy, C., J. Steinberger, B. Gasson, Y. Hansen, T. Hillman, M. Havranek, D. Pataki, A. Phdungsilp, A. Ramaswami, and G. V. Mendez. (2011). Greenhouse gas emissions from global cities. *Environmental Science and Technology*, **45**, 3816-3817.
- Kharel, G.P., and K. Charmondusit. (2008). Eco-Efficiency Evaluation of Iron Rod Industry in Nepal. *Journal of Cleaner Production*, **16**, 1379-1387.
- Kortelainen, M. (2008). Dynamic environmental performance analysis: A Malmquist index approach. *Ecological Economics*, **64**(4), 701-715.
- Kumar, S. (2006). Environmentally sensitive productivity growth: A global analysis using Malmquist-Luenberger index. *Ecological Economics*, **56**(2), 280-293.
- Li, X.G., Yang, J., and Liu, X.J. (2013). Analysis of Beijing's environmental efficiency and related factors using a DEA model that considers undesirable outputs. *Mathematical and Computer Modelling*, **58**(5-6), 956-960.
- Lin, J.Y., Cao, B., Cui, S.H., Wang, W., and Bai, X.M. (2010). Evaluating the effectiveness of urban energy conservation and GHG mitigation measures: The case of Xiamen city, China. *Energy Policy*, **38**(9), 5123-5132.
- Lu, C.C., Chiu, Y.H., Shyu, M.K., and Lee, J.H. (2013). Measuring CO₂ emission efficiency in OECD countries: Application of the Hybrid Efficiency model. *Economic Modelling*, **32**, 130-135.
- Meng, F.Y., Fan, L.W., Zhou, P., and Zhou, D.Q. (2013). Measuring environmental performance in China's industrial sectors with non-radial DEA. *Mathematical and Computer Modelling*, **58**(5-6), 1047-1056.
- Oh, D.S. (2014). The comparative analysis on critical planning methods and application condition of low-carbon green city. *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, **15**(4), 2491-2502.
- Olesen, O. B., and Petersen, N. C. (1995). Incorporating quality into data envelopment analysis: A stochastic dominance approach. *International Journal of Production Economics*, **39**(1-2), 117-135.
- Wang, K., Wei, Y.M., and Zhang, X. (2012). A comparative analysis of China's regional energy and emission performance: Which is the better way to deal with undesirable outputs. *Energy Policy*, **46**, 574-584.
- Wang, N.N., and Chang, Y.C. (2014). The development of policy instruments in supporting low-carbon governance in China. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, **35**, 126-135.
- Wang, S., Fang, C., Guan, X., Pang, B., and Ma, H. (2014). Urbanisation, energy consumption, and carbon dioxide emissions in China: A panel data analysis of China's provinces. *Applied Energy*, **136**, 738-749.
- Wu, F., Fan, L.W., Zhou, P., and Zhou, D.Q. (2012). Industrial energy efficiency with CO₂ emissions in China: A nonparametric analysis. *Energy Policy*, **49**, 164-172.
- Wu, J., An, Q.X., Xiong, B.B., and Chen, Y. (2013). Congestion measurement for regional industries in China: A data envelopment analysis approach with undesirable outputs.

Energy Policy, **57**, 7-13.

- Zaim, O., and Taskin, F.(2000).Environmental efficiency in carbon dioxide emissions in the OECD: A non-parametric approach. *Journal of Environmental Management*, **58**(2), 95-107.
- Zhang, B., J. Bi, Z. Fan, Z. Yuan, and J. Ge. (2008). Eco-efficiency analysis of industrial system in China: A data envelopment analysis approach. *Ecological Economics*, **68**, 306-316.
- Zhang, L.X., Feng, Y.Y., and Chen, B. (2011). Alternative scenarios for the development of a low-carbon city: A case study of Beijing, China. *Energies*, **4**(12), 2295-2310.
- Zhang, L.X., Yang, Z.F., Liang, J., and Cai, Y.P. (2011). Spatial variation and distribution of urban energy consumptions from cities in China. *Energies*, **4**(1), 26-38.
- Zhang, N., and Choi, Y. (2013). Environmental energy efficiency of China's regional economies: A non-oriented slacks-based measure analysis. *Social Science Journal*, **50**(2), 225-234.
- Zhou, P., Ang, B. W., and Han, J. Y. (2010). Total factor carbon emission performance: A Malmquist index analysis. *Energy Economics*, **32**(1), 194-201.
- Zhou, P., Ang, B. W., and Poh, K. L.(2006). Slacks-based efficiency measures for modeling environmental performance. *Ecological Economics*, **60**(1), 111-118.
- Zhou, P., Poh, K.L., and Ang, B.W.(2007). A non-radial DEA approach to measuring environmental performance. *European Journal of Operational Research*, **178**(1), 1-9.
- Zofio, J.L., and Prieto, A.M.(2001).Environmental efficiency and regulatory standards: the case of CO2 emissions from OECD industries. *Resource and Energy Economics*, **23**(1), 63-83.

科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2016/10/10

科技部補助計畫	計畫名稱: 低碳都市規劃策略之研究
	計畫主持人: 劉小蘭
	計畫編號: 104-2410-H-004-190- 學門領域: 都市及區域
無研發成果推廣資料	

104年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：劉小蘭			計畫編號：104-2410-H-004-190-				
計畫名稱：低碳都市規劃策略之研究							
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)		
國內	學術性論文	期刊論文		1	篇	縣市低碳發展效率評估與其政策成因之探討, 公共行政學報, 已接受	
		研討會論文		0		低碳智慧都市評估指標系統之建構與分析", 第11屆中國城市住宅研討會, 中國城市住宅研究中心	
		專書		0	本		
		專書論文		0	章		
		技術報告		0	篇		
		其他		0	篇		
	智慧財產權及成果	專利權	發明專利	申請中	0	件	
				已獲得	0		
			新型/設計專利		0		
		商標權		0			
		營業秘密		0			
		積體電路電路布局權		0			
		著作權		0			
		品種權		0			
		其他		0			
	技術移轉	件數		0	件		
		收入		0	千元		
	國外	學術性論文	期刊論文		0	篇	
			研討會論文		0		
			專書		0	本	
專書論文			0	章			
技術報告			0	篇			
其他			0	篇			
智慧財產權及成果		專利權	發明專利	申請中	0	件	
				已獲得	0		
			新型/設計專利		0		
		商標權		0			
		營業秘密		0			
		積體電路電路布局權		0			

		著作權	0		
		品種權	0		
		其他	0		
	技術移轉	件數	0	件	
		收入	0	千元	
參與計畫人力	本國籍	大專生	0	人次	
		碩士生	3		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)					

科技部補助專題研究計畫成果自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現（簡要敘述成果是否具有政策應用參考價值及具影響公共利益之重大發現）或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以100字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形（請於其他欄註明專利及技轉之證號、合約、申請及洽談等詳細資訊）

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以200字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性，以500字為限）

面對全球暖化之課題與威脅，各國政府大多以低碳發展，作為發展的訴求及目標，並因此推出許多低碳政策，設法達成此一目標，但關於低碳政策的影響，卻未能清楚地釐清。隨著都市發展，雖然產生了許多效益，卻也消耗不少資源，連帶也產生不少碳排放量與環境污染，因此，地方政府在獲得規劃管理權限後，如何在永續的框架中，綜合地衡量各種效益與耗損，調和並予以共存，並且落實於縣市發展政策之中，亦為一重要之課題。故本文以台灣各縣市作為實證案例，在考量非意欲產出下(碳排放威脅、環境污染衝擊)，透過資料包絡分析中的不良產出模型，評估縣市低碳發展效率，並藉由Tobit模型，釐清低碳政策對縣市低碳發展效率之影響效果，以作為未來低碳發展或政策研擬之參考。根據不良產出模型的評估結果，顯示臺北市、新竹市、臺東縣、花蓮縣在低碳發展效率上相對具有效率，且已達最適規模水準。而高雄縣是目前亟待改善的首要縣市。

4. 主要發現

本研究具有政策應用參考價值： 否 是，建議提供機關內政部營建署（勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關）

本研究具影響公共利益之重大發現： 否 是

說明：（以150字為限）

本研究以台灣各縣市作為實證案例，在考量非意欲產出下(碳排放威脅、環境污染衝擊)，透過資料包絡分析中的不良產出模型，評估縣市低碳發展效率，並藉由Tobit模型，釐清低碳政策對縣市低碳發展效率之影響效果，以作為未來低碳發展或政策研擬之參考。並無懼影響公共利益之重大發現。