

國立政治大學地政學系 碩士論文
私立中國地政研究所

應用經濟-生態效率分析台灣縣市發展之研究

**A Study of the application of Eco-efficiency to Taiwan Cities and
Counties Development**



研究生：李哲宇

指導教授：劉小蘭 博士

中 華 民 國 一 百 年 七 月

摘要

都市經濟發展同時卻也造成環境衝擊的影響，在永續發展理念下，經濟和環境議題調和為重要議題，過去評估都市永續性主要透過永續指標建構、生態足跡、能值分析等方法，但缺乏將環境和經濟兩者同時考量，因而有經濟-生態效率 (Eco-efficiency) 評估方式產生。本文嘗試利用此評估方式於探討台灣在民國 85、90 及 95 年經濟與環境變化情形，並分析哪些縣市為發展上具有效率以及影響縣市經濟-生態效率上差異性原因。本研究第一階段利用可處理多投入及多產出之資料包絡分析計算效率，第二階段則將以都市發展程度等為原因探討對於縣市效率值變動影響情形。

研究結果顯示，縣市中以北部縣市效率值較高而南部效率值較低，個別縣市觀察以台北市、新竹縣、新竹市、台中市、嘉義市和台東縣為三個年度中皆具有效率的縣市。而縣市欲提升效率值則需從汽柴油銷售量及用電量著手；此外，總用水量和二、三級產業就業員工數為縣市經濟-生態效率值之優勢因素。更進一步透過 Tobit 迴歸分析影響縣市效率值差異性原因，都市發展程度及污染性產業比例與效率值呈現負向變動，而每人每年可支配所得高低則呈正向變動。因此，建議政府對產業的汙染管制宜改善，而於都市發展程度較高的縣市提升能源使用效率並降低對環境影響，以提升縣市發展之經濟-生態效率。

關鍵詞：經濟-生態效率、資料包絡分析、Tobit 迴歸分析

Abstract

Urban development creates economic values and results in environmental impact at the same time. Based on the concept of sustainable development, several methods, such as sustainable indicator frameworks, ecological footprints, urban metabolism, were reported to assess urban sustainability. However, these methods seldom focus on the relation between environment and economy. Therefore, World Business Council proposed Eco-efficiency. This research tried to apply Eco-efficiency to analyze which cities/counties are relatively eco-efficient and find causes bringing about discrepancies among twenty-two cities/counties in Taiwan. In the first stage, this research applies Data Envelopment Analysis(DEA) to figure out Eco-efficiency scores and applies Tobit regression method to analyze in the second stage.

The results show that efficiency scores of northern cities/counties are higher than other areas and the ones of southern cities/counties are lower above four areas. Further discussion of analyzing from individual county/city perspectives, the efficiency scores of Taipei city, Hsinchu county, Hsinchu city, Taichung city, Chiayi city and Taitung county are relatively better in 1996, 2001 and 2006. Within comparatively inefficient cities/counties, oil consumption and electricity need to reduce. Water consumption and industry employees are superior factors in twenty-two cities/counties. Furthermore, the intensity of urban development and polluting industry ratio of second and third industries have significant positive effects on the eco-efficiency scores. Disposable income per person per year has significant positive effect on the eco-efficiency scores. Thus, this research suggests that government should improve the regulation on industry pollution. In addition, for those counties/cities with high intensity urban development need to ameliorate energy efficiency and reduce environmental impact.

Key words : Eco-efficiency 、 Data Envelopment Analysis 、 Tobit regression

目錄

第一章	緒論.....	1
第一節	研究動機與目的.....	1
第二節	研究範圍與內容.....	4
第三節	研究方法與流程.....	6
第二章	文獻回顧.....	9
第一節	都市永續性發展.....	9
第二節	經濟-生態效率 (Eco-efficiency).....	12
第三節	評估經濟-生態效率指標之相關因素.....	15
第四節	資料包絡分析相關研究.....	24
第五節	小結.....	29
第三章	台灣地區都市發展背景分析.....	31
第一節	台灣地區經濟發展現況.....	31
第二節	台灣地區環境品質現況.....	37
第三節	台灣地區 22 縣市發展背景.....	43
第四章	研究設計與實證模型建立.....	55
第一節	研究設計.....	56
第二節	DEA 分析程序.....	62
第五章	實證分析.....	71
第一節	DEA 效率分析.....	71
第二節	整體效率值分析.....	91
第三節	Tobit 迴歸分析.....	94
第六章	結論與建議.....	105
第一節	結論.....	105
第二節	建議.....	108
	參考文獻.....	110

圖目錄

圖 1-1 研究空間範圍	4
圖 1-2 研究流程圖	7
圖 3-1 台灣地區各部門佔國內生產毛額比例歷年趨勢圖	31
圖 3-2 22 縣市第二、三級產業就業人口數總和	33
圖 3-3 22 縣市第二級產業就業人口數	33
圖 3-4 22 縣市第三級產業就業人口數	34
圖 3-5 22 縣市第二、三級產業全年生產總額總和	34
圖 3-6 22 縣市二產業全年生產總額	35
圖 3-7 22 縣市第三級產業全年生產總額	36
圖 3-8 各縣市自來水供水量	38
圖 3-9 各縣市電力使用量	39
圖 3-10 各縣市電力汽柴油銷售量	40
圖 3-11 各縣市懸浮微粒值	41
圖 3-12 22 縣市平均每日垃圾總清運量	41
圖 3-13 民國 85 年至 95 年各縣市每年垃圾清運量	42
圖 3-14 民國 85 年各縣市製造業就業員工數佔二、三級產業比例	52
圖 3-15 民國 85 年各縣市污染性產業就業員工數佔二、三級產業比例	53
圖 3-16 民國 95 年各縣市製造業就業員工數佔二、三級產業比例	53
圖 3-17 民國 95 年各縣市污染性產業就業員工數佔二、三級產業比例	54
圖 4-1 DEA 投入導向技術效率與產配置效率	57
圖 4-2 投入及產出導向於不同規模報酬下情況，規模報酬遞減（左）規模報酬 固定（右）	58
圖 5-1 民國 85 年 BCC 模式縣市效率值	76
圖 5-2 民國 90 年 BCC 模式縣市效率值	74
圖 5-3 民國 95 年 BCC 模式縣市效率值	74
圖 5-4 22 縣市民國 85 年至 95 年技術效率變動	87
圖 5-5 22 縣市民國 85 年至 95 年技術變革變動	89
圖 5-6 22 縣市民國 85 年至 95 年麥氏指數變動	90

表目錄

表 2-1 各相關組織對於 Eco-efficiency 定義	13
表 2-2 DEA 相關研究.....	27
表 3-1 台灣地區各部門佔國內生產毛額比例	32
表 3-2 民國 85 年各縣市都市發展情況	43
表 3-3 民國 90 年各縣市都市發展資料	44
表 3-4 民國 95 年各縣市都市發展資料	45
表 3-5 民國 85 年各縣市產值排名前三高行業別	48
表 3-6 民國 90 年各縣市產值排名前三高行業別	50
表 3-7 民國 95 年各縣市產值排名前三高行業別	51
表 4-1 選取之投入產出項目相關係數表	64
表 4-2 第二、三級產業別分類	65
表 4-3 投入產出項目名稱及資料來源	66
表 4-4 投入產出項目單位及資料時間	66
表 4-5 85 年投入產出項目敘述統計量表	67
表 4-6 95 年投入產出項目敘述統計量表	67
表 4-7 規模報酬判斷基準	69
表 5-1 民國 85 年各縣市效率值	72
表 5-2 民國 90 年各縣市效率值	75
表 5-3 民國 95 年各縣市效率值	76
表 5-4 民國 85 年投入導向差額變數分析表	79
表 5-5 民國 95 年投入導向差額變數分析表	81
表 5-6 民國 85 年敏感度分析	83
表 5-7 民國 95 年敏感度分析	85
表 5-8 22 縣市民國 85 年至 95 年技術效率變動	86
表 5-9 22 縣市民國 85 年至 95 年技術變革變動	88
表 5-10 22 縣市民國 85 年至 95 年麥氏指數值	89
表 5-11 各縣市 3 個年度效率值變動	91
表 5-12 民國 85 年 Tobit 迴歸實證模型結果	97
表 5-13 民國 90 年 Tobit 迴歸實證模型結果	99
表 5-14 民國 95 年 Tobit 迴歸實證模型結果	101

第一章 緒論

本章分為研究動機與目的、研究範圍與內容、研究方法與流程三個部分。首先說明本研究之動機和研究目的；其次，依據研究目的的說明研究空間、時間與範圍，概述研究內容；最後，則針對研究內容提出研究方法，以及本研究的研究流程。

第一節 研究動機與目的

一、研究動機

都市為人口及產業聚集的地方。透過聚集經濟效益、科技技術不斷進步、社會網路等方式，都市化現象仍不斷的持續進行著。然而雖獲得經濟快速成長，環境問題卻亦隨之接踵而來，例如都市的空氣污染、廢棄物增加、生活環境品質下降等(黃書禮及徐婉玲, 2001)，但人們的需求仍因科技的研發創新而日益增加，不斷的生產消費帶動經濟的另一波發展，卻也使得都市整體環境更加惡化。

有鑑於此，近年各國都市以「永續發展」做為發展目標更提出「永續都市」的概念，希望能改善都市發展的情形，然而此概念並非僅是著重對於環境的保護，而是社經利益與環境利害和能源之間關係的調和(郭馨蘭, 2004)。

在現今經濟蓬勃發展的社會，如何衡量環境保護並同時將經濟的產出納入考量以達到永續的發展是個重要的議題。永續發展從整體定義而言，可視為人為資本(Man-made Capital)和自然資本(Natural Capital)的使用組合方式，因對於自然資本和人為資本是否可完全替代，有不同的主張包含強永續(Strong Sustainability)及弱永續(Weak Sustainability)兩個論點，然都市發展為人口及產業的聚集，經濟活動則為滿足人們消費需求，但卻也必須確保都市內部及其周遭環境相關資產不會因而被犧牲(World Commission on Environment Development, WCED; 黃書禮, 2000)，因此，是以都市傾向為弱永續的發展型態，即自然資本與人為資本於某種程度上是可以替代。而於台灣各縣市人口及產業發展上聚集程度不同對於能源使用和對環境的影響亦有所不同。而經濟發展為都市中不可或缺的活動，若能以更有效率使用資源的方式發展，將能使都市發展

在環境與經濟能達平衡。於此，本研究透過效率指標為分析工具，探討縣市經濟與環境面發展。

觀察過去對於永續發展評估方式包含永續指標建構、生態足跡及都市能值分析、環境空間 (Environmental spaces) 等方式 (Lewis and Brabec, 2005; 黃書禮、徐婉玲, 2001; 李永展、陳安琪, 2001)。直到 1990 年代世界企業永續發展委員會 (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD) 有別過去個別考量經濟與環境影響提出經濟-生態效率 (Eco-efficiency) 概念將兩者同時考量，期望企業於提高經濟生產效益的同時能兼顧環境品質，即為具有整合經濟成長和資源消耗關係的評估方式，亦認為此為比較有用的永續性衡量工具 (Gutés, 1996; 周加宗, 2000; Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, ESCAP, 2009)。

過去文獻將經濟-生態效率概念應用於工業 (葉利全, 2007; Kharel and Charmondusit, 2008; Caneghem et al., 2010; Charmondusit and Keartpakpraek, 2010)、農業 (Reith and Guidry, 2003)、公司生產方式的評估 (Hahn et al, 2010; Hoffren and Apajalahti, 2009) 等，在都市層級亦被應用於都市實質空間單元 (鄒克萬等人, 2010)。

又相關的都市發展效率研究中，有從整體觀察都市效率，考量都市特質和發展效率間的相關性 (張曜麟, 1997)、工業區發展效率 (麻匡復, 1999)、分析區域與都市層級評估都市環境發展差異 (吳宓珊, 2008)、抑或將產業發展所產出廢棄物或污染之非意欲產出 (Undesirable Output) 納入效率考量其是否會影響縣市效率 (楊志強, 2009) 等，但卻鮮少探討從效率面觀察都市發展中經濟發展產出同時使用能源和對環境衝突間彼此關係。

台灣地區都市發展相當迅速，人口快速集中於都市中，都市地區人口數佔全台灣人口數比例將近 80%，過去人們享有較佳的環境品質，但隨著工業化及經濟發展使用為較無效率的生產、開發方式，造成環境嚴重汙染，且因地理空間上各地區發展情形不同，於資源及能源消耗、產值高低、所得多寡等亦具差異性，過去永續性衡量工具僅能從單一面向了解，而無法明顯地凸顯將環境與經濟間的關係。

本研究有別過去僅從經濟發展效率或從生態環境影響評估角度考量都市發展，而將都市相關經濟產出和所可能產生的環境影響進行一併考量，由於衡量生產效率過去多透過比率分析（Ratio Analysis）、多目標衡量分析（Multi-criteria Analysis）或迴歸分析（Regression Analysis），但無法解決都市中多投入及多產出的分析情況（吳濟華及何柏正，2008）。因而本文選擇可處理多投入及多產出的資料包絡分析（Data Envelopment Analysis）作為研究方法。

綜上所述，基於過去經濟-生態效率概念鮮少用於分析都市永續性發展且僅為單一投入及單一產出進行分析，本研究嘗試以台灣地區 22 個縣市（不含離島縣市）為研究範圍，選取都市經濟效益及環境影響面相關變數，並選擇資料包絡分析為研究方法，並輔以 Tobit 迴歸分析影響縣市效率值差異原因，可供未來作為日後都市土地規劃相關政策以檢視縣市是否朝向永續性發展的參考及建議。

二、 研究目的

根據上述研究動機，本研究將研究目的歸納為下列兩點：

- （一）了解影響台灣地區 22 個縣市於民國 85、90 及 95 年經濟與環境間變化情形，釐清影響經濟-生態效率的因素。
- （二）台灣地區 22 個縣市哪些縣市發展相對有效率，並探討影響縣市效率值差異性原因。

第二節 研究範圍與內容

一、研究範圍

(一) 空間範圍

本研究以台灣地區 22 個縣市，亦即北部區域台北縣、台北市等七個縣市；中部區域苗栗縣、台中縣等六個縣市；南部區域嘉義縣、嘉義市等七個縣市；東部區域則為花蓮縣及台東縣。



圖 1-1 研究空間範圍

(二) 時間範圍

本研究根據經濟面向資料為工商普查資料統計年限，因此選定 85 年、90 年及 95 年作為研究時間範圍。

二、 研究內容

根據本研究目的，本研究內容包含三個部分：

(一) 回顧相關文獻，建立研究基礎

經濟-生態效率應用面向多元，可提供作為永續性發展衡量工具。而經濟和環境兩面向變數則根據過去相關文獻選取作為資料包絡分析之投入、產出項目。

(二) 實證分析 22 個縣市效率值

利用資料包絡分析得出結果，分析縣市效率值，並透過差額變數分析各縣改進面向及服務；敏感度分析則作為判斷投入或產出項目對效率值影響程度；麥氏指數分析則可作為跨期效率變動情形分析。

(三) 透過 Tobit 迴歸分析影響縣市效率值原因

透過文獻回顧及背景分析選取影響變數放入 Tobit 迴歸中，分析影響縣市效率值之因素及其所代表之意義和影響，並透過相關文獻佐證，最後針對實證分析結果提出具體政策與建議。

第三節 研究方法與流程

一、 研究方法

(一) 文獻回顧法

首先說明都市永續性方面概念以及弱永續的發展背景；第二部分彙整對於經濟-生態效率概念，第三部分由於經濟-生態效率已經應用於交通發展、區域發展、產業發展等層面，並提出不同的評估指標，因此本研究透過彙整相關經濟-生態效率指標及影響效率因子；最後則回顧資料包絡分析概念及模式，並整理相關都市發展研究以茲作為後續研究設計之基石。

(二) 資料包絡分析 (Data Envelopment Analysis, DEA)

由於都市為多投入及多產出的型態，因此採取不需設函數型態及能處理多投入多產出之資料包絡分析作為分析方法，透過 DEA 於研究範圍中各地區效率值及變化情形。

(三) Tobit 迴歸分析

本研究整合環境（如污染排放、資源使用情形）與經濟相關資料（如產值）以 DEA 分析方法計算而得之效率值為被解釋變數，利用 Tobit 迴歸模型衡量相關變數對縣市效率值之影響。

二、 研究流程

依據前述的研究內容說明，將本研究的流程繪製如下圖 1-2。第一章為闡明研究動機、目的、時空範圍與研究內容、研究方法與流程；第二章則回顧都市永續性發展、經濟-生態效率定義、相關指標等文獻；第三章台灣縣市現況發展背景；第四章為實證研究設計；第五章為實證分析，第六章為結論與建議。

三、 研究流程圖

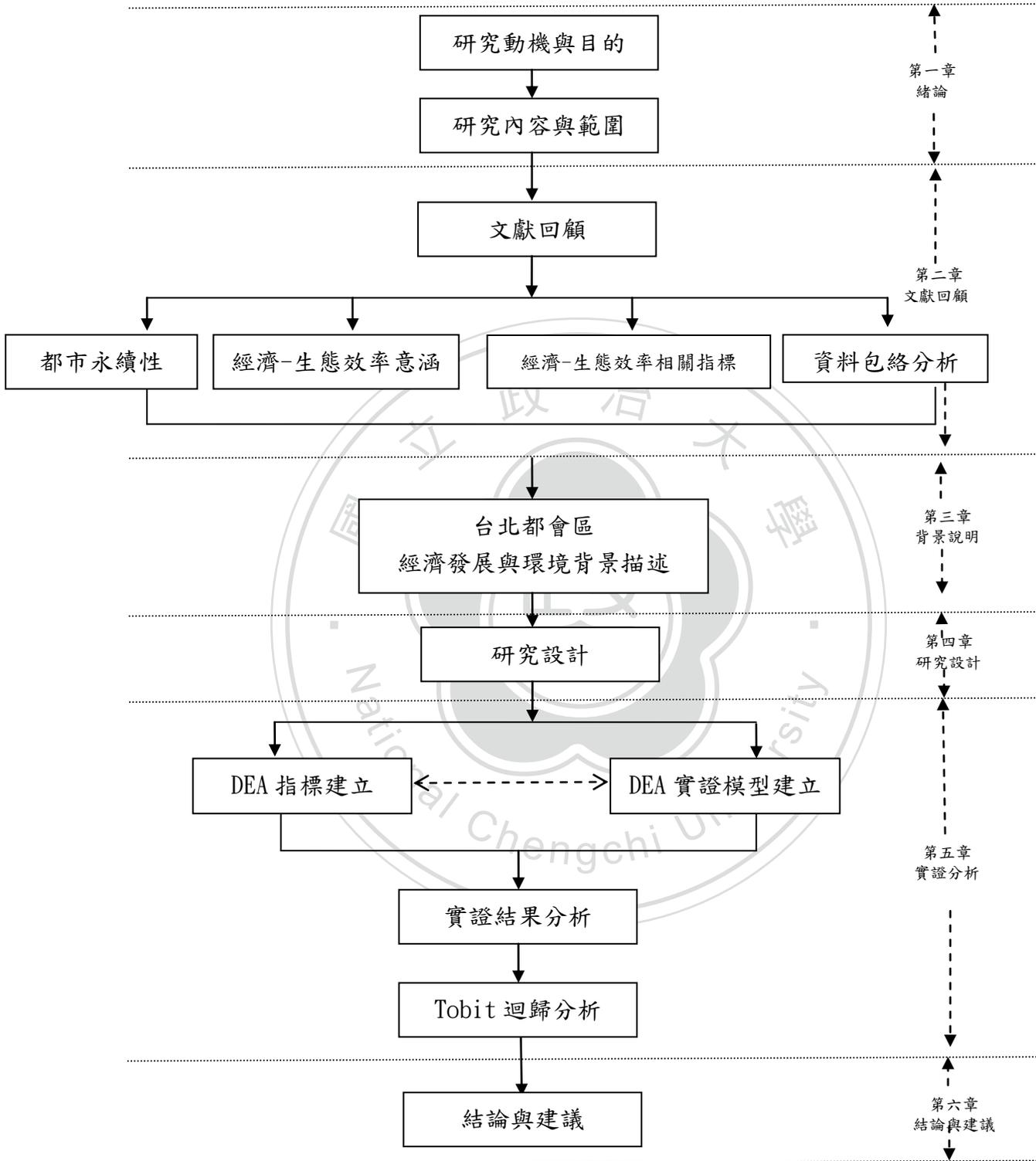


圖 1-2 研究流程圖



第二章 文獻回顧

本研究在於探討都會區中各地區的土地利用情形與經濟-生態效率間的關係，最終目標期望都市能夠朝向永續方向發展，首先將整理過去評估永續發展的方法，擷取相關內容，並整理都市中影響生態面與經濟面的相關因子，作為後續評估經濟-生態效率的變數參考依據。

本章節將分為四個部分，第一節主要針對都市永續性發展介紹；第二節經濟-生態效率的定義，說明此效率生態與經濟面之間關聯性；第三節接續說明經濟-生態效率應用的面向，並整理相關研究所歸納指標，作為後續之投入、產出變數選擇；第四節，回顧過去應用資料包絡分析應用都市發展相關文獻進行統整。最後，歸結前述幾節內容，作為後續研究參考。

第一節 都市永續性發展

永續發展概念首見於 1987 年聯合國「世界永續發展委員會」發表之《我們共同的未來》(Our Common Future) 報告中對「永續發展」一詞定義「能滿足當代人類的需要，同時不損及未來世代滿足其需要的發展」依據其概念已發展出多元的政策，而實踐的價值為「環境」、「經濟」及「公平」。

永續發展下衍生出如生態都市 (Eco-city)、永續都市 (Sustainable City)、綠色城市 (Green City)、生態社區 (Eco-Community; Ecovillage) 發展理念，其差異在於對於空間尺度與著重面向上的差異 (賴弈錚, 2003)。永續提倡的概念從國家的施政方針逐漸落實至都市層級，因而有永續性都市的理念, Nijkamp(1990) 表示永續都市是「一個都市長期增進其都市系統功能，具有改變社經、人口、技術產出品質水準的潛力，雖然在演進中展現多變的安定與不安定及無常的跳動，但可確保都市系統的長期運作」。Roberts、Hunter (1991) 以都會區探討環境管理議題，認為朝向永續都市發展不再採取抑制經濟發展，而是試著尋找一個改善都市發展及全球品質的最佳策略。經濟合作開發組織 (The Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) (1990) 則提出兩基本原則：為機能與自我調節原則及最少廢棄物兩原則，有系統的建立評估經濟發展並且調整生產過去完全忽略對廢棄物處理的觀念；更進一步，於落實政策推行改善時，世

界與環境發展委員會提出三個面向供參考：從汲取個別都市發展經驗、傳播永續都市環境資訊及隨時的檢視改善每個層級的相互合作協議（周加宗，2000；賴弈錚，2003）。

人們於經濟生產活動中消耗大自然所富有之自然資源，過去以來僅著重於高度經濟發展，而忽略自然資源也將會有耗盡情況產生，直到 1968 年的報告《成長的極限》引發人口成長、工業化、污染及自然資源耗竭的問題討論，逐漸於 1970 年開始被廣泛的討論，從第一屆的「聯合國人類環境會議」（United Nation Conference on the Human Environment）發表之《人類環境宣言》到近來於哥本哈根氣候會議制定因應後京都時代的《哥本哈根協議書》，顯示人們對於環境議題的重視（周加宗，2000）。

如何觀察經濟和環境間的相互關係則十分重要，由於人類活動消耗自然資本使得逐漸減少，永續中因對自然資本（Natural Capital）採取觀點不同而有強永續（Strong Sustainability）及弱永續（Weak Sustainability）兩個論點（陳永坤，2007）。弱永續概念主張自然資本與人為資本（Man-made Capital）間的替代程度並無明顯區隔，如過去 Solow（1974）、Stiglitz（1974）等人提出自然資本與人為資本可「完全替代的概念」（Perfect Substitutability Paradigm），只要人造資本的成長率大於自然資本損耗率，且在總資本量沒有減少情況下，則可依目前的消費水準可以永久持續下去（Gutés,1996；Garmendia et al., 2010）；而強永續抱持的觀點則認為自然資源所提供之生態功能及維生服務是難以人類資本所替代，主要意涵為自然資本消耗速度應小於自然資本的蘊藏量，以維持生活品質及生態穩定度（Gutés,1996；周加宗，2000）。兩者的差異即在於對自然資本能否為人為生產資本所替代（Dietz and Neumayer, 2010）。

都市中為求滿足人類的活動、消費需求，則需產業經濟活動發展，當都市經濟大幅成長及擴張時將面臨自然資源短缺、環境惡化及文化流失的問題（Ji, 2011）。因而在經濟發展同時也須考量對環境的保育，都市發展型態可謂是較偏向於弱永續的型態。都市中經濟活動對於環境品質負面影響層面相當廣，如都市人口和生產量的集中，無可避免的產生跨區域的汙染（如一氧化碳），和全國性的汙染（如二氧化碳）（Button, 2002），直接影響到人類健康及生命安全，所造成的影響和經濟活動之間的關係常難以衡量。有鑑於此，近年各國已經陸續發展許多永續性指標系統，藉由將永續發展概念轉化成為實際可操作方式，藉由指標

建構作為檢測發展依據；於地區尺度上判斷地方社區或至整個區域是否朝向或背離永續發展的發展，可歸納為生態足跡（Ecological Footprints）、指標架構（Indicator Frameworks）及都市能值分析（Urban Metabolism）三種衡量方式（Lewis and Brabec, 2005）。

本研究考量都市為經濟活動蓬勃發展及人口高度集中影響環境甚鉅，同時都市中資源有限以及考量生活品質情況下，如何於永續性發展目標下衡量經濟效益與環境影響之間的關係，則需評估方法作為判斷，分析哪些地區為具有效率或較不具效率的發展方式。因此，本研究以都市永續性觀點透過效率衡量方式觀察各縣市環境影響與經濟效益間關係。



第二節 經濟-生態效率 (Eco-efficiency)

經濟-生態效率¹概念可追溯至 1970 年代當時為「環境效率 (Environmental Efficiency)」，後於 1990 年代作為商業與永續發展間的連結，直到 1992 年由世界企業永續發展委員會提出，使得企業界把過去視環保為支出的傳統觀念改變為資源使用效率及生產力的觀點 (Zhang et al., 2008; Li et al., 2010; 周加宗, 2000)。

「Eco-efficiency」，字首「Eco」即可表示經濟 (Economy) 和生態 (Ecological) 兩種意涵，因此，可將此字譯為「環經效率」、「經濟生態效率」與「環境效率」 (周加宗, 2000)。由於「Efficiency」為經濟學中效率之意義，「Eco」應兼顧生態面向意涵，。廣義而言，即表示「有效率地使用自然資源以滿足人類的需求」 (Mickwitz P. et al., 2006)。

ESCAP (2009) 更指出經濟-生態效率指標於應用原則上需遵循永續發展原則、將經濟結構納入考量，於資料取得需評估資料的真實性、可取得性及資料品質，亦適合作為永續發展的策略。

根據上述原則，各個全球性、地方性或國際性的相關組織也依其觀點對經濟-生態效率做定義，如世界企業永續發展委員會將「經濟-生態效率」定義為「生態效益的達成，藉由提供競爭價格產品及服務並滿足人類的需求、達到生活品質，並於提供產品及服務的整個生命週期內，減少對環境影響和資源密度使用的目標，以降低對地球負擔的程度。」，亦有組織將應用於商業範疇擴大至整個經濟層面 (ESCAP, 2009)，綜觀這些機構組織對於經濟-生態效率核心概念希望透過提昇能源使用效率及減少資源的使用進而創造出更高的價值，相關定義整理如下表 2-1 (R. Co[^]te' et al., 2006)。

經濟-生態效率概念亦可由經濟圖形分析，Hahn et al. (2010) 及 Hoffren and Apajalahti (2009) 將經濟價值與環境影響分別為 X、Y 軸，將不同的發展情形分別考量，反應發展過程中經濟利潤與環境影響彼此抵換的情形。

¹ 本研究將「Eco-efficiency」譯為經濟-生態效率為求兼顧生態與經濟兩方面之意涵。有文獻將其譯為「生態效率」(周加宗, 2000)，亦有譯為「生態效益」(經濟部工業局生態效益指標手冊, 2004)、「自然環境效率」(鄒克萬等人, 2010)。

表 2-1 各相關組織對於 Eco-efficiency 定義

組織	定義
世界企業永續發展委員會	透過較少的物質、物質投入以及減少排放獲得更高價值。
經濟合作暨開發組織	生態資源使用的效率以達到人們的需求。
歐洲環境組織	創造更多福利但使用較少的資源。
英國企業環保協議 (UK Envirowise Program)	於給定一定程度物質及能源(或稱為資源使用效率)達到產品、服務產出最大化。
加拿大工業部	一種成本最小成本及最大利益的技術。
大西洋加拿大發展局 (Atlantic Canada Opportunities Agency)	創造產品及服務品質當減少資源的使用、廢棄物及污染在整個價值鏈上(entire value chain)。
澳洲環境保護組織	於提供商業競爭需求時,增加商品及服務價值但也避免造成污染。
BASF 公司	使用較少的資源、能源生產產品,盡可能保持在低度污染且幫助顧客保存自然資源。
環境金融集團-國際財務公司 (Environmental Finance Group-International Finance Corporation)	透過更有效率的生產方法增加資源使用的永續性。

資料來源：R. Coˆte' et al. 2006

下圖 2-1 中 A 點可表示一地區的原始都市狀態,其中等效率線上表示對於經濟-生態效率沒有改變,在此線上任何經濟利潤增加會被環境影響增加所抵消,但任何開發在此線之上表示經濟-生態效率的改善;於 B 方向(及所處正方形區塊)表示較強的改善效率值且是透過經濟價值的增加但附加環境影響面呈現減少,於 C、D 方向則是抵換關係,其中 C 減少對於環境影響,但另一方面經濟則呈現弱勢;D 則是相反,於經濟利潤增加則相對對於環境影響亦增加。利用此圖可了解經濟利潤和環境影響間彼此消長的關係。

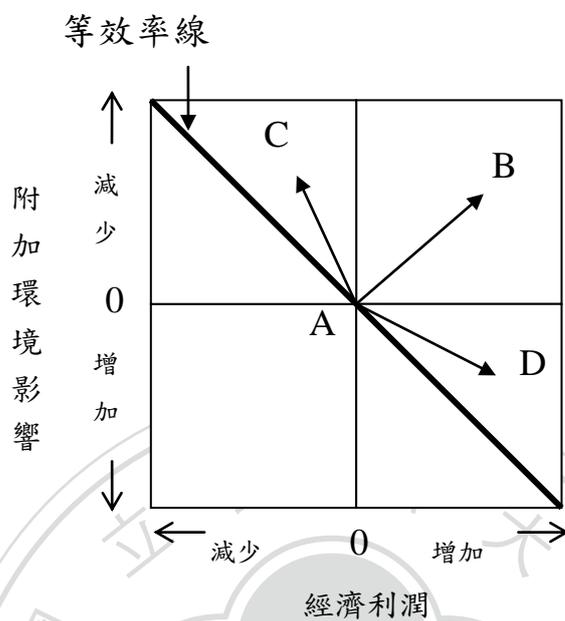


圖 2-1 經濟利潤與環境影響抵換關係

資料來源：修改自 Hahn et al., 2010

因此，透過彙整經濟-生態效率定義基本概念為「在生產服務或產品時，盡可能的減少對於環境的衝擊及所使用的資源，但不減損所欲達到的需求目標。」

第三節 評估經濟-生態效率指標之相關因素

近來，於衡量永續發展有相當多的評估方式，生態足跡、永續性指標等，即使是環境永續性指數（Environmental Sustainability Index）及環境績效指數（Environmental Performance Index），但都缺乏連結環境與經濟的關係，有別於永續性指標為加總指數，無法清楚反應於經濟、環境或社會的改變（ESCAP, 2009）；因而於觀察環境狀態，經濟-生態效率指標已經被視為具公信的一項工具，於一段時間內連結環境影響和經濟資訊，表達出明確的、有系統的且一致的意義（Van Caneghem et al., 2010），也可作為衡量永續性的工具（Zhang et al., 2008）。

藉由指標衡量，是最具有成本效益概念的方法，以及以改善經濟-生態效率為目標提出政策改善方案，較易被接受（Kuosmanen and Kortelainen, 2005），並且簡單及明瞭，但於分析上仍依提供對象及強調面向不同有所差異。如Mickwitz et al (2006) 將參與式方法（Participatory Approach）納入評估則考量。作為提供地方決策的便利、程序的設計及分析真實經驗；Jollands et al (2004) 利用主成分分析方法（Principal Components Analysis, PCA）加總所有指標作為國家環境政策評估經濟-生態效率；Wursthorn et al (2010) 則有別於過去文獻將著重了解個別經濟活動的經濟-生態效率值，而是將工業業別細分並探討，同時環境影響層面更為細分有助於明確了解細分行業於經濟-生態效率之表現。因此，經濟-生態效率透過結合統計分析方法及側重面向進行調整。

關於經濟-生態效率應用面向於尺度上宏觀至整個經濟體，微觀以可到各別產業，以下第一部分為經濟-生態效率應用層面及結果，第二部分為經濟活動及相關環境指標，透過指標變數整理可供未來資料包絡分析投入產出因子的選擇。

一、 經濟-生態效率應用

經濟-生態效率的其應用範圍相當具有彈性，大至整個國家經濟體，小至單一產品的部分生產線皆為適用的對象（生態效益指標手冊，2004）。其應用對象有農業（Reith and Guidry, 2003）、工業（葉利全，2007； Kharel and Charmondusit, 2008； Caneghem et al., 2010； Charmondusit and Keartpakpraek, 2010）、製造業（Wang et al., 2010）、區域工業系統（Zhang et al., 2008）、區域發展（Seppälä et al., 2005； Mickwitz et al., 2006）、公司管理（Hahn et al., 2010； Hoffren and Apajalahti,

2009)、住宅發展評估 (Li et al., 2010) 及觀光業 (Gössling et al., 2005) 等。彙整上述文獻應用面向可歸納為產業、區域發展、交通、住宅及公司管理發展數種。

於產業面向，工業雖帶來經濟產值卻也對環境影響較大的產業。Caneghem et al. (2010) 雖工業為主要的污染來源，但透過佛蘭芒 (Flemish) 政府的管制，比利時工業生產量增加同時卻減少了溫室氣體、硫化物等污染的排放。Kharel and Charmondusit (2008) 應用於尼泊爾 (Nepal) 鐵棍 (Iron Rod) 工業，欲達成減少對環境污染、能源及資源使用和增加創新產品及服務，研究中將環境影響分為能源、原料、水、廢棄物、CO₂ 五項分別和經濟產出之產品價值作為效率計算，於 2001 年至 2005 年歷年變化情形，效率值趨勢呈現上升，上升幅度超過 100%，表示整體而言工業生產之資源及廢棄物對環境的影響逐漸下降，但於有效地改善使用自然資源生產效率，卻也可能造成經濟產出的下降。

Charmondusit and Keartpakpraek (2010) 研究對象為泰國曼達普 (Map Ta Phut) 工業區石油及石油化學兩類產業，並分為上、中、下游淨銷售和生產毛利及附帶的環境影響，結果顯示上游於水、能源及廢棄物三項環境指標值皆呈現較高，另一方面下游部分工廠效率值則效率值呈現較佳情況，有著於宏觀及微觀了解工業層級環境管理系統，以達到發展之目標。另外 Wang et al (2010) 亦用於分析觀察中國山東省紙漿造紙業於施行較嚴格的环境規範評估，結果顯示經濟-生態效率值有明顯的改善，亦使得對環境影響衝擊大的工廠因而消失，給予較具經濟-生態效率的廠商市場規模擴大，同時山東地區的總產量及產值更明顯的增加。

Reith and Guidry (2003) 利用經濟-生態效率概念嘗試應用於農業，觀察美國路易西安娜州農業研究試驗農場，其資源的投入與產品產出之間的效率關係。研究中採用系統性、宏觀性的觀點，整合資源的使用和生產力相關的投入、產出，而後計算經濟-生態效率值。結果顯示能源的消耗和產品產出之間具有落差，需透過設定目標、執行改善衡量的系統等手段以改善經濟-生態效率值。

區域發展中資源的分配、產業產值和環境總體的關係亦為可做為生態經濟評估的對象，Seppälä et al (2005) 將生態效率應用於區域，觀察區域發展的經濟-生態效率，整合生產過程中上下游的投入要素和對環境影響之間的評估。

Michwitz et al (2006) 為了解芬蘭 Kymenlaakso 區域實施經濟-生態效率的成果，將地方參與程序納入經濟-生態效率，使決策者能夠於做政策決定時可提

供資訊並作參考的依據，改善過去因資訊缺乏加以分享及資訊不對稱的情形，研究顯示透過納入參與過程的考量，使得研究者和政策執行者關係更加密切。

然而，住宅開發過程中無效率自然資源和能源的使用也將導致環境污染。都市內部住宅主要功能提供樓地板面積，於興建同時，工程中所耗用的資源以及所產生的廢棄物之間的比率即為經濟-生態效率的應用，而改善的效率可以透過增加回收使用情形、適當的增加高樓等方法 (Li et al., 2010)。

另外，亦有文獻從發展機制面探討，建立替代能源開發及區域合作評估指標，Cha et al (2008) 由於近來全球暖化，京都議定書中制定減溫室氣體減量排放，於其中京都機制 (Kyoto Mechanisms) 有三種跨國合作，分別為清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM)、共同執行 (Joint Implementation, JI) 及排放交易 (Emission Trading)，研究中為評估經濟與生態的效率含全球暖化經濟-生態效率 (Global Warming Eco-efficiency, GWEE)，將上述機制基於經濟-生態效率概念分別建構指標，針對替代能源生產的六種方案，包含風力、光電、潮汐發電等五種，計算個別創造的效益、成本及溫室氣體對環境影響之間的比率，於效率值高者可作為投資發展的方案。

都市道路運輸為影響溫室效應及酸化問題之一，Kuosmanen and Kortelainen (2005) 分析和計算芬蘭三個城鎮之間因交通而對環境產生影響彼此間的效率值，結果顯示透過目前的技術於減少排放是較難達成的。

於公司管理方面，Hoffren and Apajalahti (2009) 檢驗 2006 年芬蘭公司執行經濟-生態效率的情況，實際執行狀況仍相當低，環境保護或是永續發展對於大型或中小型公司仍不是重要的議題，因此對於經濟-生態效率採行的比例則更低。Hahn et al (2010) 則是應用機會成本概念分析公司的經濟-生態效率分析，透過將機會成本的邏輯概念應用於整合評估公司的永續性表現。研究中探討影響公司的成本效益比率的三個因子，公司報酬、環境影響及基準 (Benchmark) 的效率，研究發現對於公司決策者，經濟-生態效率的方法仍較難以了解，也不適合作為公司生態經濟評估的分析，從機會成本概念之經濟-生態效率分析方法可以改善這兩個問題。

根據經濟-生態效率於各種應用面向皆提供決策者或生產者於產出效益和環境間的相對關係，於區域可了解地方發展同時對環境的影響程度，於產業可了解

生產環節中哪些部分中對於環境衝擊較大可進行改善，而對於產業的影響仍須考量市場競爭及資源間的關係方能判斷對於經濟產出是否會有影響；於企業中應用仍屬少數，可能原因由於公司企業仍忽略經濟與環境的連結關係（Hoffren and Apajalahti, 2009）；在政府層級則可能為缺乏可供為衡量及報告政策決策者的資訊（Jollands et al., 2004）。

二、經濟活動及環境影響相關指標

經濟-生態效率為經濟、生態向度的永續性衡量工具（周加宗，2000），在衡量都市地區及產業發展及考量對環境形成的衝擊，指標選取便十分重要。以下分別從經濟、環境面向了解不同的衡量指標以作為後續應用分析效率投入產出變數的參考。

（一）經濟面向

都市中經濟活動為滿足人們生產、消費及分配需求，人們及產業活動的聚集創造產值也提供就業機會，過去相關研究於評估都市經濟活動相關變數與指標歸納如下：

根據都市服務所提供效衡量指標含居住人口、就業機會、公共設施服務水準（柯佩婷，2006；鄒克萬等人，2010）。此外，產業產值間比例如服務業佔 GDP 比例（葉俊榮、施奕任，2005）、污染性產業產值佔製造業產值比例（葉俊榮、施奕任，2005），而污染性產業產值佔，資源消耗量與產值間比例指標如工業用水量占工業生產價值比率（劉錦添等人，2005）、土地使用面積與國內生產毛額（GDP）以及水資源的密度、能源使用密度、土地使用面積及物質投入分別與國內生產毛額比例（ESCAP，2009）。

都市經濟中就業員工亦為重要部分，相關文獻利用第二、三級就業員工數、單位面積之第二、三級產業人口（吳宓珊，2008）或工商服務業土地使用面積（張曜麟，1997）作為指標衡量縣市差異性發展之變數；經濟發展對於所得一可能為影響因素之一，如縣市之家計所得差異（Chang et al., 1995）；至於勞動生產效率指標則有利用二、三級產業土地生產力（吳宓珊，2008）、製造業勞動生產力指數（劉錦添等人，2005）

整體而言，衡量都市經濟面向可透過能源或物質消耗量分別與產業活動產值、國內生產毛額的比例當做指標或就業員工數可為代表，以衡量都市產業與人口經濟發展情況。

(二) 能源消耗與環境影響面向

生產活動及開發依消耗物質或能源及環境影響，可包含能源消耗情況、資源投入情形及環境衝擊 (ESCAP, 2009)，又環境衝擊可分為自然資源消耗、環境干擾 (如氮氧化物、二氧化硫等) (Seppälä et al., 2005)，而本研究依據相關文獻彙整成能源消耗、資源使用及環境衝擊三個面向分析於發展所對於資源的使用情形和環境衝擊。

1. 能源消耗與能源效率

都市當中運輸、產業等活動皆需消耗能源，而能源消耗長期而言對於實質經濟產出具有關聯性 (Hondroyannis et al., 2002)。然而，能源有限以及所產生的排放物質對環境造成破壞，因而提昇能源效率為因應氣候變遷的重要策略之一，亦為各國主要抑制溫室氣體排放的政策 (李堅明及曾瓊瑤, 2003)。而能源使用的效率性與集約性可判斷是否邁向永續性發展 (王國權, 2005)。

開發活動中減少能源消耗能創造出更多的產出，表示具有能源效率 (Energy Efficiency)，而能源效率依其經濟或物理特性可分為熱力、物理熱力、經濟熱力及經濟能源效率指標四種 (M. G. Patterson, 1999)，其中能源效率指標意涵為由市場價值作為衡量能源效率的變動，能源投入及提供服務以貨幣單位做衡量，本研究探討縣市發展效率以經濟面向與能源投入為效率衡量依據，因此以經濟能源效率較符合本研究評估方式。

王國權 (2005) 分析台北都會區都市營運發展各個部門能源使用效率，研究中提出建設部門、工業及商業生產能源消耗量與新增設面積及相對應產值之比值作為衡量依據，表示能源使用的效率系。整體性的概念以平均產值與總能源消耗之間的比值有助於了解產值和能源消耗間關係。研究顯示台北市能源消耗集約性、效率都有所提昇，其中以工業生產與住宅使用為較高能源消耗部門。劉錦添 (2005) 也考量經濟活動與環境資源使用提出能源使用密集度的相關指標，以能源消耗總量和實質 GDP 作為計算。盧怡靜 (2002) 則針對台灣工業部分能源消耗與二氧化碳排放之間做探討。於民國 70 年至 90 年間，能源消耗量前兩項產業為石化原料和鋼鐵業，其能源消耗平均年成長率更高於整體部門。

緣此，能源效率指標可作為預警、檢測的功用，有助於部門能源效率提升政策的參考依據及辨別哪種產業消耗能源抑或排放二氧化碳的較多，進而可提出降低能源消耗的都市規劃策略。

2. 資源使用

都市中個人、家戶及產業各式各樣活動都將耗用資源，如水資源、電力、天然氣等，以水資源為例，家庭用水量顯見的逐年增加，產業部分則台灣耗水產業比例較高，因此對於人類活動對於水資源需求有增加的趨勢（劉怡廷和駱尚廉，2005）。過去研究都市發展將用水量（徐嫚君，2006；Charmondusit and Keartpakpraek, 2010；Kharel and Charmondusit, 2008；吳宓珊，2008）、電力（徐嫚君，2006；徐森雄等人，2007；林世強，2007；Zhang et al., 2008；吳宓珊，2008）分析產業資源耗用情形及都市不同時間效率值與生產力之變化。

徐森雄等人（2007）分析都市化現象導致用電量和都市氣溫之影響有高度相關聯性。林世強（2007）將用電量納入研究，分析島嶼地區—金門永續性發展策略，研究指出預期金門地區的島嶼生活型態較台灣本島地區相較於自然低消費，發展也較為簡約，改善方式可配合新開發閒置空間或軍事用地釋出才能達島嶼永續發展。吳宓珊（2008）利用都市用水量、都市用電量作為衡量都市活動消耗資源的指標，證實這兩個變數為影響台灣主要都市環境發展效率的因子。

3. 環境衝擊

對於環境衝擊部分，於產業活動中投入生產消耗能源，並於生產產品及提供服務過程中將對環境造成影響，如空氣污染物質、廢棄物產出、溫室氣體排放等（王俊傑，2008）。人們也因滿足經濟及生活需求而造成都市土地使用變遷，更造成環境的衝擊，產生都市熱島、地表逕流增加、棲地多樣性減少的負面影響（柯佩婷，2006；鄒克萬等人，2010）。而於經濟-生態效率評估，環境影響面向多以對空氣污染因子及溫室氣體的排放、廢棄物的產出（Zhang et al., 2008；Kharel and Charmondusit, 2008；Wursthorn et al., 2010；Charmondusit and Keartpakpraek, 2010；Caneghem, 2010）或為優養化、溫室效應（Van Caneghem et al., 2010）。

以下就本研究則彙整上述評估影響面向，本研究將根據上述經濟-生態效率評估相關研究對自然環境影響層面定為空氣污染、溫室氣體、廢棄物產出及水資源污染，以下分別說明：

（1）空氣污染及相關物質排放

空氣污染組成成分多元，有懸浮微粒（ PM_{10} ）、臭氧（ O_3 ）、二氧化碳（ CO_2 ）、

二氧化硫 (SO_2) 及氮化合物 (NO_x) (王俊傑, 2008), 主要以懸浮微粒 (PM_{10}) 和臭氧 (O_3) 影響較鉅 (潘慧芳, 2004), 於產業燃燒燃料生產時空氣污染源包含有落塵、懸浮微粒、一氧化碳等, 燃燒亦將釋放出大量二氧化碳 (CO_2) (鄭婷尹, 2009)。鄭婷尹 (2009) 探討捷運、人口及產業對於台北市空氣品質影響, 研究中將空氣品質部分中考量污染來源因此挑選懸浮微粒作為空氣污染的污染變數。結果顯示人口、產業確實對於空氣品質會造成影響, 於捷運興建後空氣品質有獲得改善。

陳美智 (2007) 利用系統動態學概念分析台北市地區空氣污染的根源, 並以機動車輛作為分析對象, 污染源則選擇氮氧化物 (NO_x) 為模擬之空氣污染源。研究結果顯示建議政府於土地總量管制政策, 透過合理的管制土地開發情形, 不僅可以維持綠覆率的面積, 長期則有助於改善台北市空氣及環境品質的情況。盧怡靜 (2002) 觀察產業和所產生的影響變動提出環境指標做衡量依據, 其以各產業單位產值之 CO_2 、 SO_2 及 NO_x 排放量作為指標 (Wang et al., 2010)。

本研究考量空氣品質資料完整性及成因, 選擇懸浮微粒作為空氣品質代表指標, 由於懸浮微粒成因較為單純且佔空氣品質不良污染物比重高, 因而選擇懸浮微粒為變數 (王麗敏, 2005; 蔡怡君, 2008; 鄭婷尹, 2009)

(2) 溫室氣體

能源消耗是溫室氣體最重要的成因 (IPCC, 2007)。近來地球暖化情形加劇, 因此各國致力於降低產業及人類活動釋放的溫室氣體量, 都市也變成減少能源相關溫室氣體排放關注的焦點 (Lin et al., 2010)。

溫室氣體包含二氧化碳 (CO_2)、甲烷 (CH_4)、氧化亞氮 (N_2O)、氫氟碳化物 (HFCs)、全氟碳化物 (PFCs) 及六氟化硫 (SF_6)。又以後三類氣體造成溫室效應影響最大, 其中又以二氧化碳對於溫室效應影響佔最大部分, 比例約為 55% (中華民國能源之星)。

郭馨蘭 (2004) 將二氧化碳作為了解都市中各種產業及部門對於能源消耗和產生污染排放的指標環境影響考量的變數之一。林世強 (2007) 利用二氧化碳探討島嶼民生消費與開發建設間關係, 其中二氧化碳排放量最高為建設資財部分。Cha et al (2008) 依照京都機制限制二氧化碳以減緩溫室效應作為目標, 將二氧化碳作為評估不同能源生產方式方案是否具有環境效率及經濟生產力的基準。

依經濟部能源局（2010）統計資料顯示，2009 年能源部門排放量佔總排放量 65.9%，較 2008 年減少 5.6%，工業部分則佔 15.9%，二氧化碳對於造成溫室效應影響甚大，因此對於高排放之相關部門產業活動著手進行改進。

因此，從過去研究中顯示，二氧化碳為溫室氣體組成分（約佔 90.9%）（行政院環保署，2010），以及過去文獻以二氧化碳為探討公司、產業及區域發展之經濟-生態效率重要的溫室氣體排放量代表指標項目之一（Kharel and Charmondusit, 2010；Hahn et al., 2010；Charmondusit and Kearpakpraek, 2010；Cha et al., 2008；Wang et al., 2010），但台灣統計二氧化碳排放量僅為各部門統計並無縣市別資料尺度，且排放量的推估預測於縣市別亦有失真可能性，因而未將二氧化碳納入環境影響的投入項目分析以茲說明。

（3）廢棄物質

消耗能源生產產品，無可避免的過程及最終也將產生廢棄物、廢水及其他有害環境污染物質。都市發展中各產業部門、家庭等使用資源後所產生的附加產品，其來源可能來自於土地開發、商品製造、工程興建、一級產業等相關活動，採廣義的定義則包含有固態、液態或氣態的廢棄物種類。

近來都市的規模擴大，線性的代謝作用模式對環境影響較大分析台北地區都市建設發展所需要的自然資源利用及所產生的營建廢棄物對於整體都市永續性發展的影響，研究發現雖於台北市地區道路及捷運興建對空氣污染、交通有助益，但廢棄土及資源使用量仍相當龐大，使得人類活動對於地表活動造成多次破壞（黃書禮、徐婉玲，2001）。產業部分如 Charmondusit and Keartpakpraek（2010）將有毒廢棄物作為檢驗泰國工業區發展環境發展之經濟-生態效率指標，結果顯示於上游地區相較其他地區產生較多的工業廢棄物，但九成以上也已安全的土地掩埋處理；唐晨欣（2005）則以垃圾清運量²為變數分析區域差異和產業發展對垃圾量影響，結果顯示於民國 81~91 年間垃圾清運量並無地方化差異，但於台北市和高雄市具地方化差異，可能與其垃圾政策有關；而產業發展程度則對垃圾量產生影響。

本研究考量可取得資料之尺度和年限，又垃圾量與產業發展具相關聯性，因此選擇每年垃圾清運量作為廢棄物之代表變數。

² 此處為「固態廢棄物」或「垃圾」（唐晨欣，2005）

(4) 水資源污染

水資源相關污染物質包含有機污染物、重金屬、清潔劑、廚餘等，由於污染物質進入水體呈現綜合變化，因此評估指標有機污染物多寡的生化需氧量 (Biochemical Oxygen Demand, BOD)、化學需氧量 (Chemical Oxygen Demand, COD) 及衡量水中固體雜質的懸浮固體 (Suspended Oxygen, SS) 為排放項目，而品質部分則是加入重金屬項目、溶氧 (Dissolved Oxygen, DO)、氨氮 ($\text{NH}_3\text{-H}$)、氫離子濃度指數 (pH 值)、大腸桿菌等 (綠色國民所得帳編制報告，2008)。

任家弘等人 (2004) 則利用水質指數 (Water Quality Index, WQI) 及河川污染指數 (River Pollution Index, RPI) 分析高屏地區水質、水資源及水污染的變化情形，研究指出高屏溪為主要自來水供應來源但卻遭受工業廢水、養豬廢水及家庭廢水而影響飲用水品質，原因在於都市、工業區及養殖業的快速發展且對於資源的需求日益增加所導致。Zhang et al (2008) 則以每平方公里化學需氧量作為水資源污染之替代指標。

本研究尺度為台灣 22 縣市，環保署水污染監測時期較晚，於資料量較空氣污染層面向不齊全 (吳麗敏，2005)，以及若根據河川流域分析則可能出現污染情形於流域間產生差異因而有失真實性，引此根據本研究縣市別資料形式並未將水污染情形納入分析考量於此說明。

第四節 資料包絡分析相關研究

一、概述及模式說明

Farrell (1957) 為最早探討現代效率衡量方法的學者，而資料包絡分析最早由 Charnes, Cooper 與 Rhodes (1978) 根據 Farrell (1957) 之效率模型提出。而 DEA 橫量建立於柏拉圖最適境界效率上，意即於不損及他人利益情況下，而增加另一方的利益。計算方法運用比率的方式衡量效率概念，而擴展出多項及多產出之效率衡量 (吳宓珊，2008)。DEA 以投入、產出之總和比例作為衡量生產效率的指標，透過數學規劃方式而有極大值與極小值的情況而構成效率的前緣 (Efficiency Frontier)，而於前緣上的效率值為 1，原點效率值為 0。而被評估的單元為「決策單元」(Decision Making Unit, DMU)。

而 DEA 評估方法為依照決策單元和效率前緣上求得相對效率，而無需先行假設投入項和產出項間函數關係，而以效率前緣所連接而之包絡線為最佳解，而為「無母數方法」(Nonparametric Approach) (許君毅，2004)。關於 DEA 模式最普遍的兩種模式為 Charnes、Cooper 及 Rhode 發展出之 CCR 模式；以及 Banker、Charnes 與 Cooper 提出 BCC 模式。CCR 模式假設決策單元以固定規模報酬下營運衡量生產效率，但生產無效率可能部分為營運規模不恰當使然，非技術無效率，因而有 BCC 的模式，並進而將固定規模報酬限制，而 BCC 及 CCR 模式為最廣泛應用的兩個模式 (吳濟華、何柏正，2008)。

由於 DEA 可作為評估不同比較對象的相對效率，且具下列優點 (江佩玉，2001; 吳濟華、何柏正，2008)：

- (一)可處理多投入及多產出的資料。
- (二)無須預先於生產函數之形式及估計函數之參數。
- (三)有別過去利用平均值做衡量，以各個評估單位最適準則做評量。
- (四)提供組織相關改善資訊，能告知無效率應該減少投入或增加產出，以達到最有效之情況，故可提供管理者擬定改善方案時決策的參考依據。

二、 相關研究

DEA 最先發展目的為提供非營利機構的效率評估，後被應用到生產事業及公部門組織上。適用尺度可從某公司之內部支機構相對效率到衡量跨地理區域（如鄉鎮、縣市、等）空間（組織）效率（吳濟華、何柏正，2008）。

與都市相關研究顯示 DEA 運用層面相當廣泛，含工業用地（麻匡復，1999;許君毅，2004）、交通運輸（Kuosmanen and Kortelainen，2005）、自然環境效率（柯佩婷，2006；吳宓珊，2008；鄒克萬等人，2010）、整體都市發展情形（Chang et al，1995；張曜麟，1997）、產業生產效率（江佩玉，2001; Zhang et al，2010）等。

地區經濟研究中如 Zhang et al（2010）以使用自然資源為投入要素，產出分為意欲（Desirable Output）及非意欲（Undesirable Output）包含二氧化硫排放等污染物排放及產值為因素分析效率值，並和國內生產毛額（GDP）進行比較，顯示中國大陸多數省份中有較高的 GDP 的省份伴隨較高的經濟-生態效率。

Halkos and Tzeremes（2009）觀察希臘區域經濟效率，於 2003 年至 2006 年經濟政策及區域開發政策的調整，於實證分析結果顯示對於部分經濟表現不佳區域仍未產生改善，問題在於未對地方賦與權責並增強以區域為劃分的方式改善經濟問題。

於區域間考量能源投入及生產力，徐嫚君（2005）利用 DEA 建立兩績效模型將能源變數納入與否，以台灣各縣市為單位，投入變數七項（各縣市政府年度歲出、就業人口、垃圾處理量、家庭用電量、其他用電、汽油銷售量及柴油銷售量），產出為各縣市年度所得。並利用 Malmquist 生產力指數及利用能源生產力推導能源密集度衡量台灣各縣市各年度能源使用率。於電量能源使用效率呈現惡化現象、總要素生產力變動部分，五年整體生產力呈現衰退，主要原因為技術及效率不佳的影響。

在產業及運輸活動方面，如考量地區間交通運輸的能源使用效率及所提供的服務間哪些地區相對有效率，並透過 DEA 分析了解哪些部分需要改善，Pina and Torres（2001）利用資料包絡分析並結合複迴歸、羅吉特（Logit）及群落（Cluster）分析，於提供都市交通服務，其對象為公部門或私人部門中經營效率上是否存在差異性，也考量如人口密度、車輛數等外生變數對效率影響的差異，分析結果發

現於私人經營管理相較於政府部門於效率部分並無產生差異。產業中工業相對污染程度高，麻匡復（1999）凸顯編定工業區都市計畫工業區存在差異，並於開發效率與管理情形皆存在影響，結果顯示編定工業區表現較都市計畫工業區佳，因而透過分析可作為都市中未來工業用地編定、規劃及發展的參考依據。

都市土地使用的變遷將影響土地使用進而對自然環境產生影響，柯佩婷（2006）將環境面考量納入考量是否會影響都市效率的發展，由於都市擴張影響土地使用，對都市熱島效應、都市排蓄水能力及都市生態環境多樣性皆產生負面影響，透過資料包絡分析並輔以迴歸分析，考量空間差異性的環境衝擊反應都市計劃區位特性及規劃元素，透過土地使用環境績效評估作為都市計劃檢討的依據。結果顯示，因建地的擴張及現況都市再發展與否皆會影響環境績效值高低。

楊智強（2009）研究台灣地區 22 縣市於加入非意欲產出項目，對於縣市發展效率的影響，投入項以就業人口數、縣市政府歲出及汽柴油使用量，產出項則以平均每人每年可支配所得，此為意欲產出項目，而加入二氧化硫含量為非意欲產出項，結果顯示高污染縣市因二氧化硫含量變數加入使得於縣市效率發展排名往後，而東部縣市則因環境品質較佳而排名往前，因而於分析縣市發展效率時，若未考量因活動發展對於環境的影響，將有可能錯估縣市發展效率排名。

鄒克萬等人（2010）亦利用資料包絡分析實證於土地使用變遷下自然環境效率改變情形。結果顯示，未來永康市整體自然環境效率提昇的重點在於減少都市熱島效應值、增加公共設施服務水準和及業人口數。

另外，有研究將財政因素考量對都市發展的影響，因而將有限預算平衡區域發展，並決定區域計畫開發的先後次序，以全台灣 23 個行政區為範圍，部分行政區較緩慢的區域開發比較需要急迫性的國家開發計畫（Chang et al.,1995）。

資料包絡分析廣泛用於都市相關研究，透入投入及產出項目選取計算效率值，可提供機關、政府等決策者改進方向和效率值有效的方法。因此，本研究利用資料包絡分析法計算台灣 22 縣市使用資源創造相關經濟產出與對環境造成的衝擊發展效率值，作為各縣市經濟發展上決策的參考。

表 2-2 DEA 相關研究

作者	出版年	投入變數	產出變數
張曜麟	1997	1. 歲出決算 2. 都市發展用地 3. 就業員工 4. 人口密度	1. 各都市民眾總收入 2. 課稅收入 3. 都市土地價值 4. 公共設施面積
麻匡復	1999	1. 土地 2. 勞力 3. 資本 4. 市鄉鎮人口	1. 產值 2. 薪資
江珮玉	2001	1. 土地 2. 勞力 3. 資本	1. 生產總額 2. 薪資
許君毅	2004	1. 樓地板面積 2. 員工人數 3. 實際運用資產淨額	1. 全年薪資 2. 生產總值
Kuosmanen, T. and Kortelainen, M.	2005	1. 人口 2. 運輸成本 3. 道路長度 4. 燃料消耗量	1. 二氧化碳排放量 2. 酸性物質 3. 煙霧組成量 4. 粉塵量
徐嫚君	2006	1. 各縣市政府實質歲出 2. 就業人數 3. 垃圾處理量 4. 家庭用電量 5. 其他用電量 6. 汽油銷售量	各縣市實質年度所得

作者	出版年	投入變數	產出變數
柯佩婷	2006	1. 都市熱島 2. 都市排蓄水能力 3. 都市生態環境多樣性	1. 居住人口數 2. 就業機會 3. 公共設施服務水準
吳宓珊	2008	1. 都市用水量 2. 都市用電量 3. 已發展用地面積 4. 空氣污染量、地下水汙染量。	1. 單位面積二級產業人口 2. 單位面積三級產業人口 3. 二級產業土地生產力 4. 三級產業土地生產力
Halkos and Tzeremes	2009	1. 私人投資 2. 公共投資 3. 勞動力	平均每人GDP
楊智強	2009	1. 就業人口數 2. 縣市政府歲出 3. 汽柴油使用量	意欲產出 (desirable output): 平均每人每年可支配所得 非意欲產出 (undesirable output): 二氧化硫含量
鄒克萬等人	2010	1. 都市熱島效應值 2. 地表逕流量 3. 棲地多樣性	1. 都市居住人口數 2. 公共設施服務水準 3. 就業人口數 4. 工商業產值
Zhang et al	2010	1. 水資源 2. 採礦原料 3. 能源	<u>意欲產出 (Desirable output):</u> 工業增加值 <u>非意欲產出 (Undesirable output):</u> 1. 化學需氧量排放 (Chemical oxygen demand, COD) 2. 氮排放量 3. 二氧化硫排放 4. 煤煙 (Soot) 5. 落塵量 6. 工業固態廢棄物

第五節 小結

都市為一動態且複雜的系統，涵蓋層面包含自然、社會、文化等層面，影響因子亦相當多，因此透過效率的衡量可了解於地區上投入資源使用的程度及是否有效的運用，供日後政策研擬時具體的評量依據。

首先，經濟-生態效率如果僅將經濟-生態效率應用於微觀層面，將無法紓解人們自然資本所造成的龐大壓力，在提高效用的同時要注意資源使用，以免產生反彈效果 (Rebound-effect)，因此經濟-生態效率不僅用於微觀層面，更要用於生產與消費的宏觀層面 (ESCAP, 2009)。回顧過去文獻將經濟-生態效率用於農業、工業、區域發展評估、住宅管理等層面，其核心目的在於了解自然資本消耗對於環境衝擊和創造出的經濟相關效益之間的關係，透過效率值的計算可看出相對有效率的決策單位。

其次，於計算經濟-生態效率，包含兩層面，一為環境影響面，另一為經濟產出面，綜觀過去文獻提出指標，環境影響面囊括空氣污染、溫室氣體排放及廢棄物產出及水資源污染；經濟面則為產業產值、國民生產毛額、就業人口數及土地使用情形幾類。

最後，由於 DEA 適合用於分析不同類型及資料型態的特點，透過第二節中的指標與變數歸納出本研究所欲採用之變數，以環境面向指標作為投入變數而經濟面向則為產出變數，經由變動規模報酬模式 BCC 及固定規模報酬模式 CCR 計算縣市之效率值，於效率值計算後將利用 Tobit 迴歸分析判別哪些變數對於後續分析的決策單位效率值影響 (章定煊等人，2002)。

綜合以上，透過文獻回顧可將本研究之研究目的清楚釐清，並作為後續研究設計及選取變數上的立基，有利於進行後續實證分析操作。



第三章 台灣地區都市發展背景分析

台灣地區為多元產業發展地區，都市經濟快速的發展使得資源快速消耗，同時也產生環境問題如空氣污染、廢棄物、河川水污染等。現今世界面臨溫室效應導致全球暖化問題，進而提出永續發展的發展方式，台灣於過去歷經快速的工商業發展，於各縣市因政策、資源分配、地理區位的差異而呈現發展上的差異，於經濟發展所創造出的利潤，卻也面臨環境影響的隱憂。為了解過去發展的趨勢，以下就民國 85、90 及 95 年台灣地區各縣市的經濟發展和環境現況進行說明。

第一節 台灣地區經濟發展現況

台灣地區經濟整體發展與世界主要經濟體發展趨勢相同，逐漸從一級產業轉變為二、三級產業，以下就台灣地區各級產業之國內生產毛額結構進行說明，以了解台灣整體經濟之情勢。

一、台灣地區整體發展趨勢

從下圖 3-1 顯示農業生產對國內生產毛額貢獻逐年下降，而工業部分亦為同樣的趨勢，而服務業則是呈現逐年上升。

農業部門所佔國內生產總額比例從 3.68% 下降至 98 年的 1.74%；而工業比例逐年下降後持平約佔 30%；服務業部門從民國 80 年之 57% 逐漸上升至 98 年約為 70%。顯示台灣地區服務業已為國內生產總額重要的主力部分。

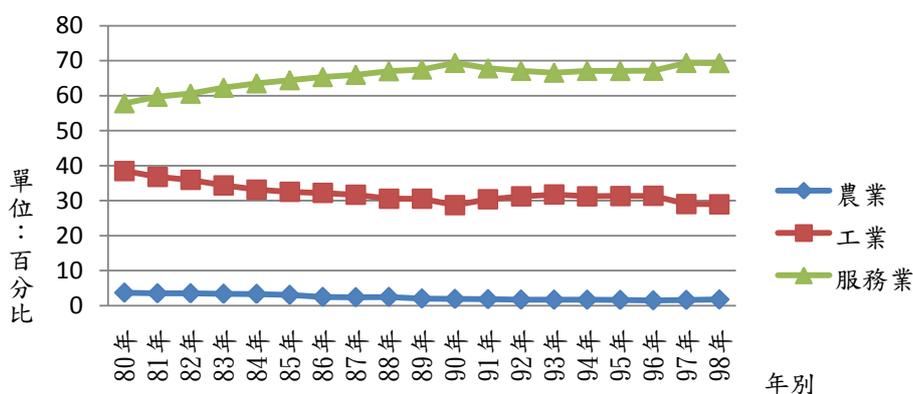


圖 3-1 台灣地區各部門佔國內生產毛額比例歷年趨勢圖

資料來源：行政院主計處。

表 3-1 台灣地區各部門佔國內生產毛額比例

單位：%

項目	農業	工業	服務業
80 年	3.68	38.48	57.84
81 年	3.5	36.81	59.69
82 年	3.5	35.91	60.59
83 年	3.37	34.37	62.27
84 年	3.33	33.14	63.52
85 年	3.06	32.5	64.43
86 年	2.46	32.22	65.32
87 年	2.38	31.66	65.96
88 年	2.45	30.55	67
89 年	2.02	30.52	67.47
90 年	1.9	28.74	69.36
91 年	1.82	30.38	67.8
92 年	1.71	31.2	67.08
93 年	1.68	31.75	66.57
94 年	1.67	31.26	67.08
95 年	1.61	31.33	67.06
96 年	1.49	31.38	67.12
97 年	1.6	29.05	69.35
98 年	1.74	28.96	69.3

資料來源：行政院主計處。

於了解台灣地區整體趨勢以服務業為主要發展類型，而於各縣市因地理因素、政策導向等因素不同，因而發展的產業類型仍有所差異。以下就二級、三級產業的就業員工數及全年生產總額進行說明：

二、各縣市第二、三級就業員工數

根據工商及服務業普查資料，就二、三級就業員工數總和部分，於 85 年、90 年及 95 年，整體趨勢隨時間就業員工數呈現增加趨勢。其中又以台北縣、台北市及桃園縣為就業員工數最高的前三名。

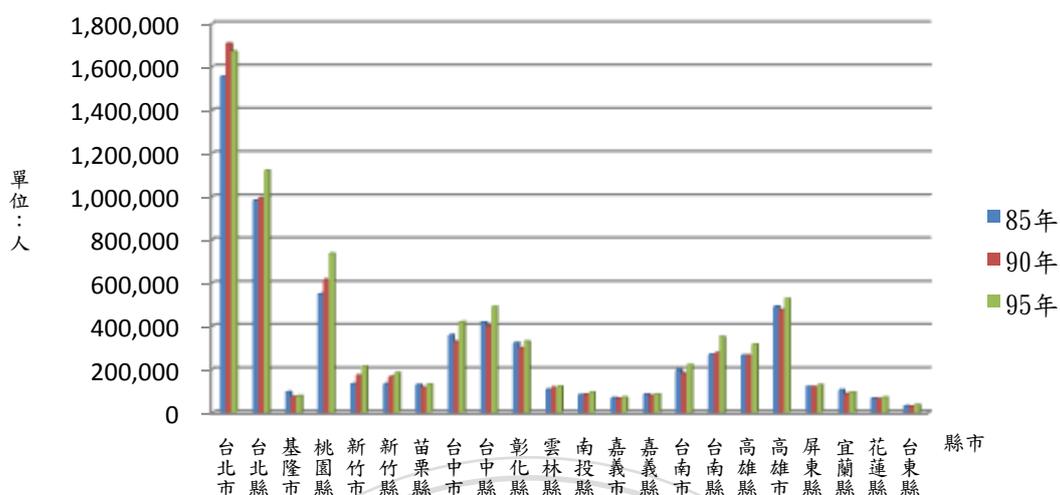


圖 3-2 22 縣市第二、三級產業就業人口數總和

分別觀察第二級產業各縣市的情況，第二級產業就業人口數較高分布於台北縣市、桃園縣、台南縣及高雄縣市。台北縣於民國 85 年積極開發周邊新市鎮，因而加速第二級產業的發展，其中又以製造業比例較高，至民國 95 年第二級產業就業人口數則微幅下降；而桃園縣於民國 85 年到 95 年，第二級產業員工數上升 19.91%，製造業亦為主要的產業類型；台北市雖以第三級產業為主，但於台灣地區第二級產業人口則亦為重要分布地區。台南縣及高雄縣市則亦以製造業為主要第二級產業發展，其中台南縣則因南部科學園區設置，成為光電產業科技重鎮。

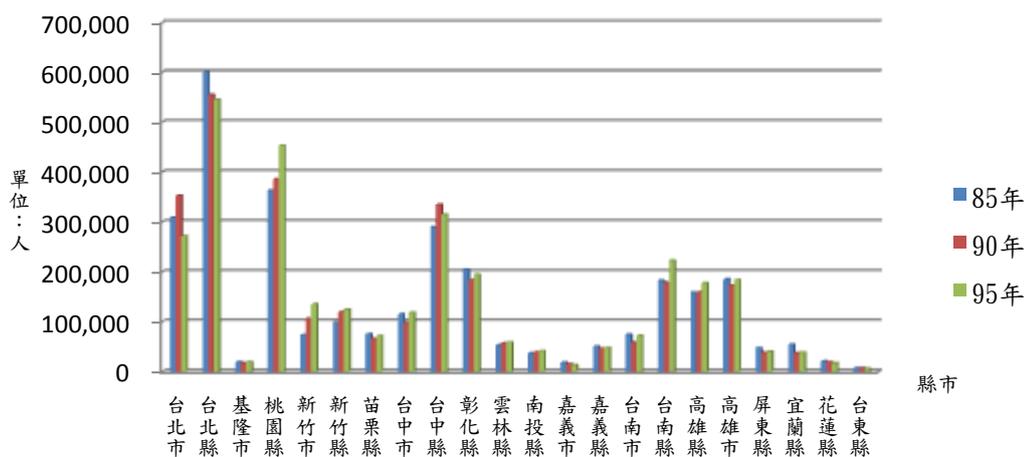


圖 3-3 22 縣市第二級產業就業人口數

第三級產業中，以首善之都台北市為最高總數逾 140 萬人，而相鄰台北縣居次第三級產業人口總數達 59 萬人，第三則為高雄市的 33 萬人。自民國 85 年到 95 年中的增加幅度觀察，以新竹縣、新竹市和台南縣為前三名，此三個縣市皆以專業、科學及技術和支援服務業為增長幅度最多。

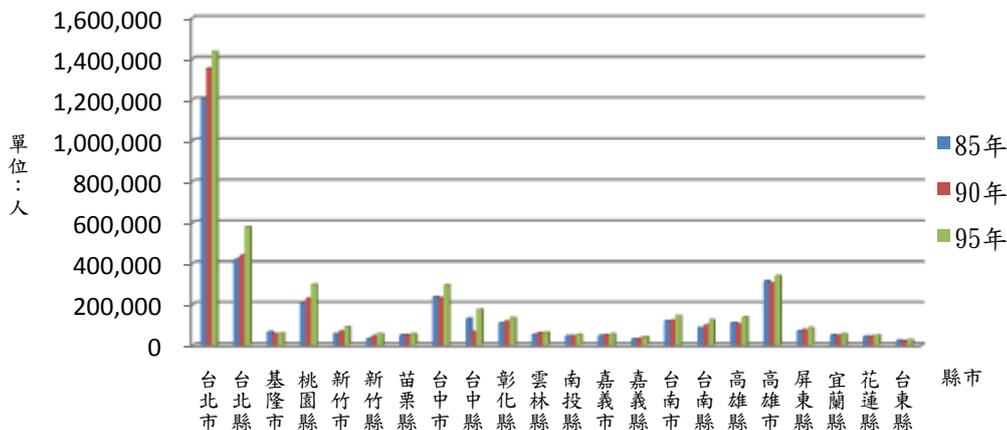


圖 3-4 22 縣市第三級產業就業人口數

三、 全年生產總額

全年生產總額代表於一年中廠商生產產品或提供服務、服務在市場上銷售的價格。22 縣市中台北市全年生產總額與其餘縣市有相當大的差距，而台北市生產總額成長比率仍持續增加，從時間觀察大部分縣市於民國 90 年時呈現下降，而到民國 95 年則呈現上升趨勢。

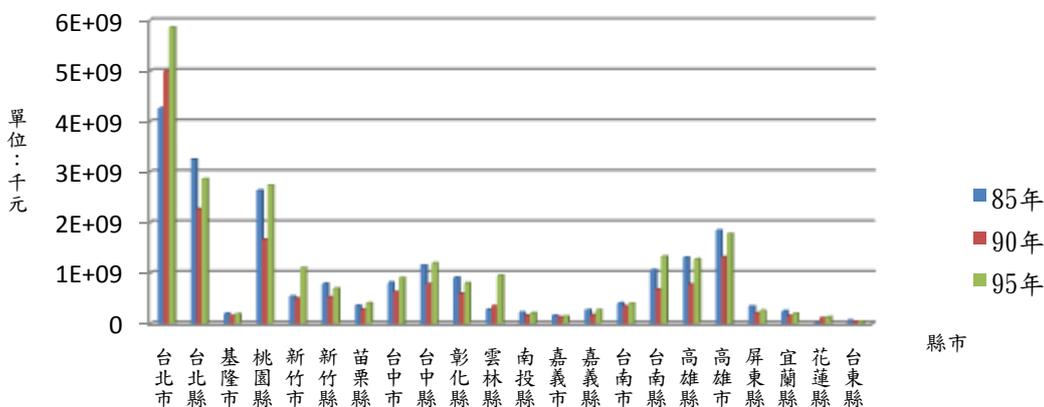


圖 3-5 22 縣市第二、三級產業全年生產總額總和

民國 90 年下降之原因和當時資訊產業衰退，我國以出口導向的發展因而受較大影響。爾後又因當時美國恐怖攻擊事件及水災，因而影響國內、外需求，因而生產總額大幅下降（工商普查報告，2001）。

分別觀察各縣市第二、三級產業產值情形，二級產業部分北部地區以桃園縣較高，和其境內多處綜合性工業區³開發有關，創造較高的經濟產值。中部地區則以新竹市及雲林縣的增長幅度最多，新竹市主要受惠於半導體、光電產業景氣擴張及全球消費性電子產品需求激增所致；雲林縣的生產總額主要來自於多處的工業區設置，其中又以六輕的量產致使對生產總額貢獻最多；南部地區則以台南縣和高雄縣市為最高，台南縣因境內南部科學園區帶動發展，高雄縣則因工業區擴張，高雄市主要已石油及煤製品製造業為主要發展。

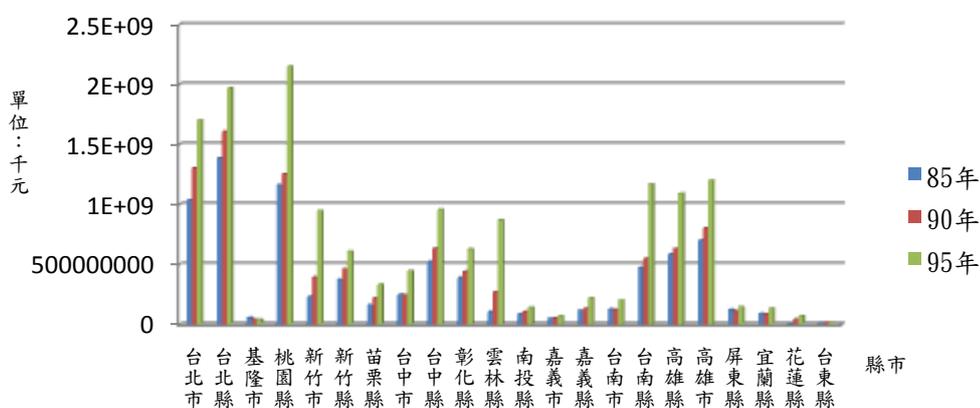


圖 3-6 22 縣市二產業全年生產總額

第三級產業部分，台北市為全國政治、經濟中心，同時亦為金融機構的聚集地，主要第三級產業類型為金融中介業，另外批發零售比例亦佔全國第一。其次為鄰近的台北縣和桃園縣，中部地區台中市和高雄市也有相對較高的生產總額。

從民國 85 年到 95 年增長幅度觀察，幅度最高為東部地區花蓮縣，第二、第三為新竹縣和台中縣，花蓮縣則以藝術、娛樂及休閒服務業部分增長最多。

³ 已開發工業區計有大園、中壢、平鎮、幼獅、龜山、觀音、林口（工三）、林口（工四）等 8 個工業區，均屬綜合性工業區（工商普查資料-桃園縣，2006）。

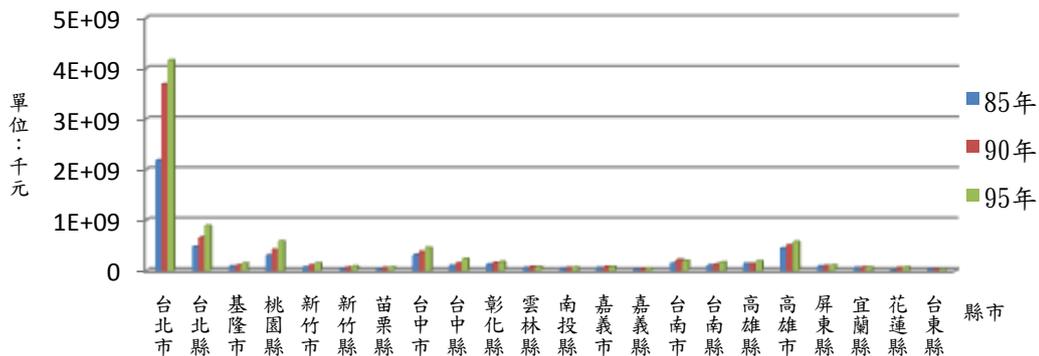


圖 3-7 22 縣市第三級產業全年生產總額

四、 小結

全台 22 縣市於過去 10 年中，第二級和第三級產業大致趨勢呈現逐年遞增成長，無論從就業人口總數或全年生產總額以北部區域的台北縣、台北市和桃園縣，以及南部區域的高雄縣市和台南縣為相對較高；從產業類別觀察，北部的第二級產業和第三級產業幾乎為 1:1 情形，而南部區域則仍以第二級產業為主要的發展形式（閻永祺，2004）。

第二節 台灣地區環境品質現況

於初步了解台灣地區 22 縣市經濟發展情況，以下說明環境品質現況以了解各縣市人口及產業活動對環境的影響，以下就空氣品質、垃圾清運量、能源消耗情形三個部分進行分析，以利後續進行各縣市生態經濟效率實證分析研究。

一、能源使用情況

台灣地狹人稠，自產能源相當少，因而多數能源為進口，進口能源達九成。由於產業結構的轉變，台灣從過去以第一級產業為主轉變至以第二、三級產業，能源使用類型也從可再生能源的陽光、空氣、水等轉為不可再生的石化燃料如氣、石油、煤等，並以不同的形態投入於都市的發展系統中。

於都市裡產業活動及日常生活皆仰賴能源，如水資源、電力、石油等，以下分別就民國 85 年至民國 95 年台灣地區水資源、電力和汽柴油使用量進行敘述說明。

(一) 水資源

下圖 3-8 為民國 85、90 及 95 年各縣市總用水量。民國 85 年台灣地區總用水量為 3,103,510,988 立方公尺，總用水量包含兩部分為自來水供生活用水以及自來水供工業用水。自來水供生活用水前三高縣市中以台北市為最高，其次依序為台北縣和高雄市。從統計資料中顯示工業用水部分則以高雄市最高，第二及第三高為高雄縣和台北縣。

民國 90 年總用水量上升至 4,005,932,067 立方公尺，生活用水部分以台北市、台北縣和桃園縣；工業用水則仍以高雄市、高雄縣和台北縣為前三高。

民國 95 年整體供水量微幅上升至 4,073,630,020 立方公尺，生活用水量則變為台北縣為最高，其次為兩直轄市的台北市和高雄市；高雄市、高雄縣和桃園縣仍佔整體工業用水部分絕大部分，其中桃園縣則大幅的上升，推測可能與境內工業區製造業需求有關。

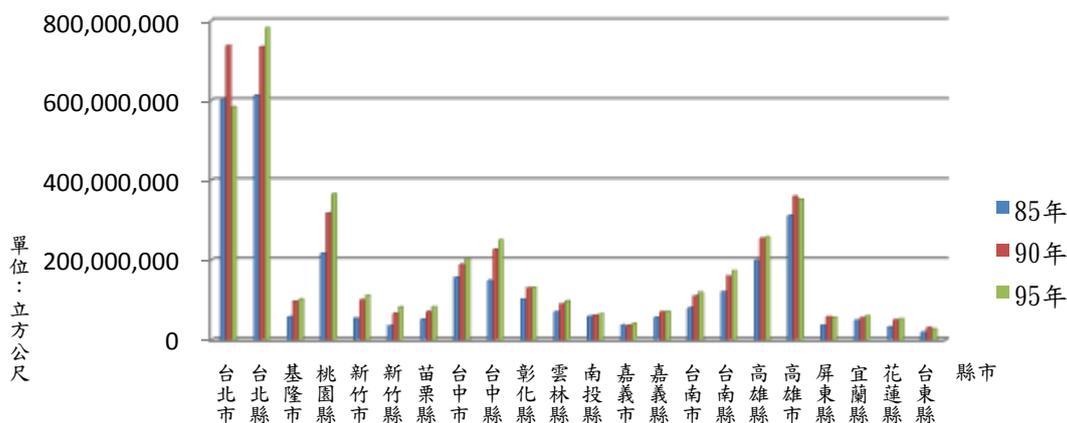


圖 3-8 各縣市自來水供水量

總體而言，從民國 85 年至 90 年上升幅度約 22.53%，而 90 年至 95 年則幅度較緩為 1.66%，顯示 22 縣市整體自來水用水量增加幅度趨緩。從縣市別觀察，總用水量前三高縣市集於北部區域的台北縣市和桃園縣，而工業區較多的縣市用水量如桃園縣、高雄縣等也較其他縣市高。

(二) 電力

電力的使用從下圖 3-9 中顯示隨著時間增加整體趨勢呈現增長的趨勢，而電力的總消耗以北部區域的三個縣市為最高，分別為桃園縣、台北縣和台北市，值得觀察桃園縣於過去 10 年間增長幅度相當的明顯，推測與人口的遷徙和工業區的持續發展有關；中部區以台中縣為最高；南部區域則是高雄市為最高，但增長幅度以台南縣為最大。

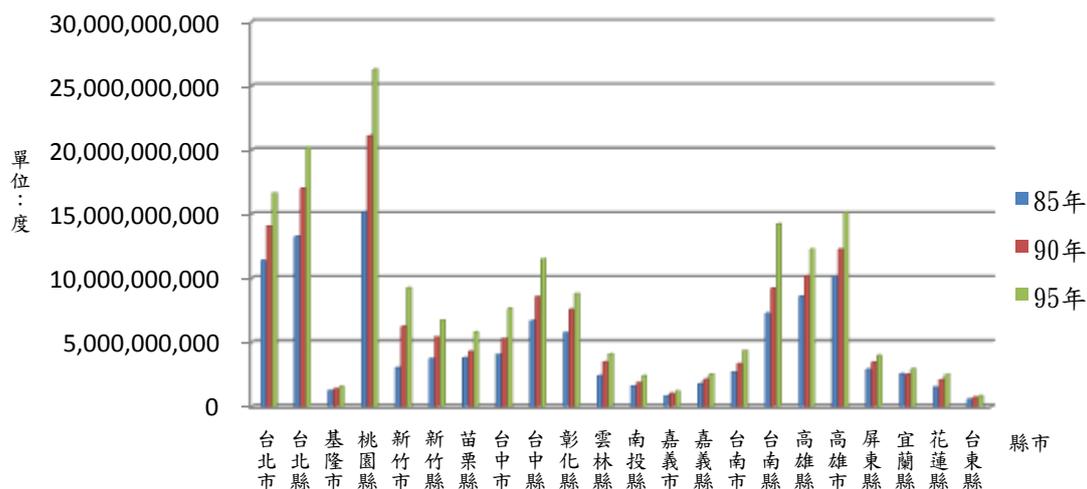


圖 3-9 各縣市電力使用量⁴

(三) 汽柴油銷售量

汽柴油為產業生產機具、交通工具或日常生活中不可或缺的石化產品，本研究汽柴油消耗量以加油站銷售量作為資料來源。而加油站除中國石油公司外以及民營的加油站，此外台灣煉油容量超過國內石油製品消耗量，中國石油擁有三座煉油廠分佈於大林、高雄及桃園，而台塑亦於 2000 年在雲林縣麥寮設置煉油廠。從整體 22 個縣市汽柴油銷售量從民國 85 年的 12,080,679 公秉上升至民國 95 年 14,041,292 公秉，除台北市和嘉義市外，其餘縣市都呈現上漲趨勢，10 年間整體上升幅度為 13.96%。

⁴ 此處電力含電燈使用量。

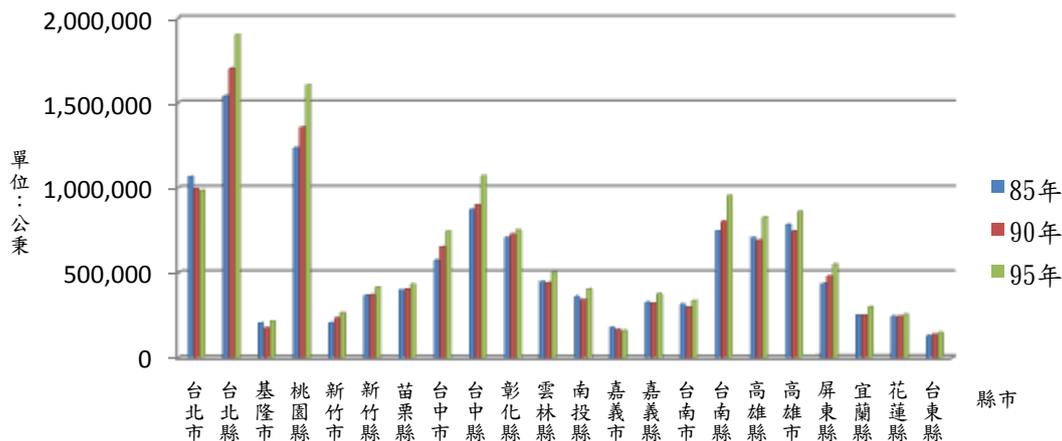


圖 3-10 各縣市電力汽柴油銷售量

二、 環境污染情況

環境的品質和都市發展背景息息相關，無論產業、日常生活皆對環境產生一定程度影響。台灣地區人口、交通工具、產業不斷快速的發展，除能源消耗量的需求增加外，更產生空氣品質的惡化、垃圾產出量的增加或水污染等情況。但由於本研究為探討各縣市之相對發展效率情形，並根據第二章文獻回顧之相關評估效率值影響指標彙整成空氣污染、垃圾清運量及水污染部分。但因水污染資源資料與本研究研究尺度並不適當⁵，因而以下就空氣污染和垃圾清運量兩部分說明：

(一) 空氣污染

國內主要污染物分別為懸浮微粒 (PM₁₀) 以及臭氧 (O₃) (環保署，2011)。懸浮微粒主要來源包括道路揚塵、車輛排放廢棄、露天燃燒、營建施工及農地耕作等，或者透過原生性污染物轉成二次污染物，而由於其粒徑細小，因而可深入人體肺部造成影響⁶ (環保署，2011)；臭氧為氧化物、反應性碳氫化合物及日光照射後產生之二次污染物，對人類呼吸道具刺激性。因而本研究考量臭氧為二次污染物成因相對較為複雜 (鄭婷伊，2009)，因而選定相對較為單純的懸浮微粒作為變數。

⁵ 水污染一般以河川污染為探討，但河川無法符合縣市的尺度需求，由於流域會跨經多個縣市，因而不採用河川污染；此外，地下水因基隆市地下水資料無法取得因而產生資料缺漏，因而未將水污染情形納入，於此說明。

⁶ 資料來源：<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/pda/PsiInfo.aspx#pm10>

綜觀民國 85 年至 95 年懸浮微粒變化，懸浮微粒於 85 年時最差為台北市，但隨時間演變，數值有明顯的下降。而各縣市於 10 年間懸浮微粒值有逐漸下降的趨勢，顯示空氣品質有逐漸改善。

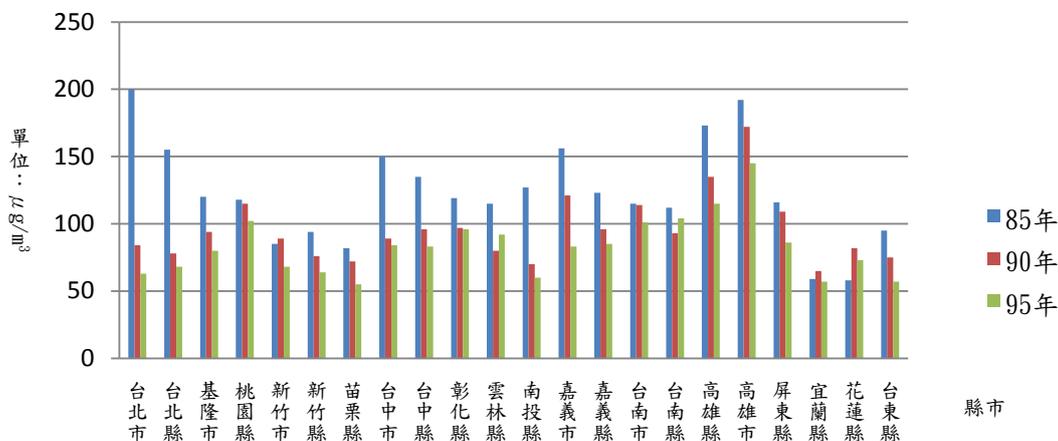


圖 3-11 各縣市懸浮微粒值

(二) 垃圾清運量

垃圾為人類從事生產或消費等經濟活動的剩餘，為一種副產品。隨著經濟活動的快速成長，廢棄物成長速率超過環境本身可自淨的能力，因而致使環境品質的惡化。影響垃圾清運量的原因之一為產業因素，產業的迅速發展及結構轉變造成二、三級產業增加，需求的增加投入資源發展因而致使垃圾量的增加(唐晨欣，2005)。過去十年內 22 縣市平均每日垃圾清運量呈現逐年下降趨勢。而從個別縣市觀之，宜蘭縣、花蓮縣及台北市為減少比率最高的前三名縣市。

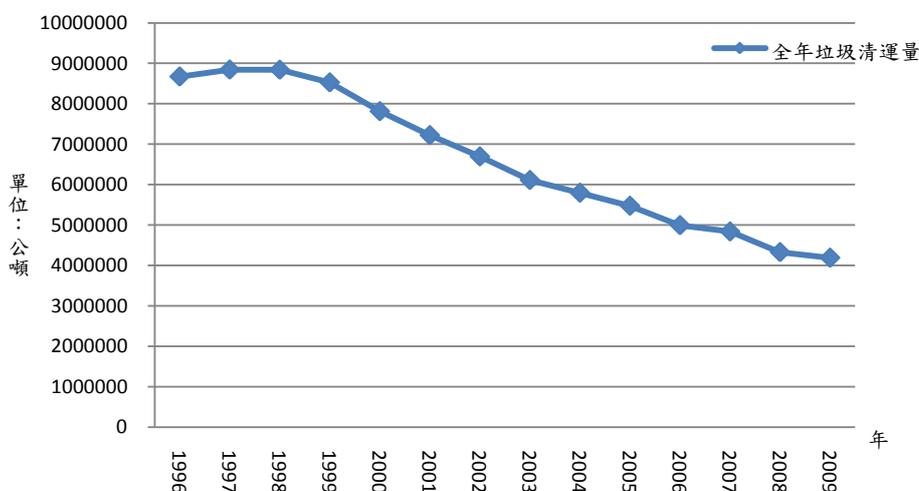


圖 3-12 22 縣市平均每日垃圾總清運量

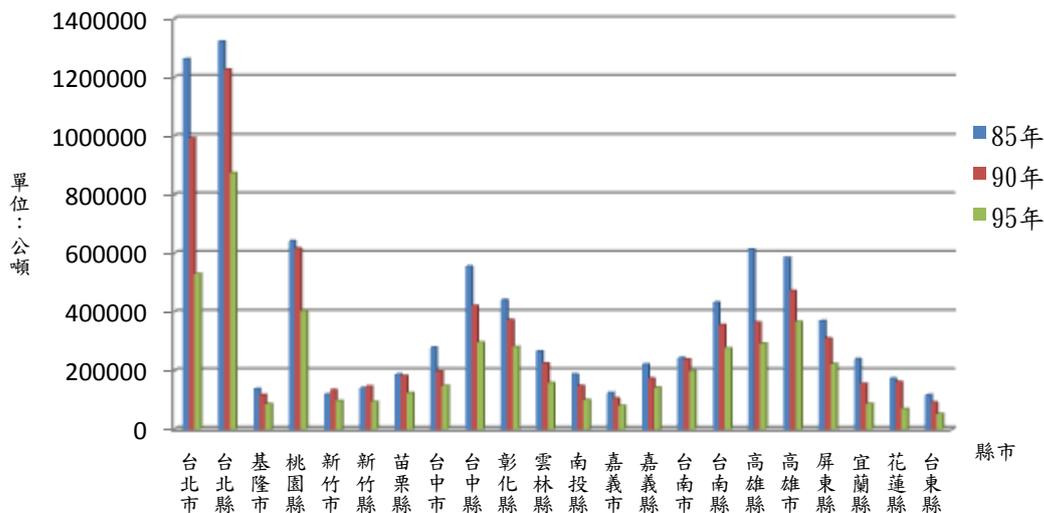


圖 3-13 民國 85 年至 95 年各縣市每年垃圾清運量⁷

(三) 小結

從能源部分，水資源、電力和汽油使用趨勢隨著時間增加而增加，其中又以北部區域台北縣、台北市、桃園縣和中部區域的台中縣、彰化縣及南部區域台南縣、高雄縣、高雄市相較於其他縣市使用量較高。

環境污染部分空氣品質中的懸浮微粒值有逐年降低的趨勢，而產業活動及一般生活所產生的垃圾量亦有降低的趨勢，可能為垃圾減量、資源回收等相關政策所致。

⁷ 此處為每日清運量乘上一年 365 天計，以此說明。

第三節 台灣地區 22 縣市發展背景

一、各縣市都市計畫發展背景

本研究彙整民國 85 年至民國 95 年全國 22 縣市都市發展情況，整理各縣市都市計畫面積、土地面積、都市計畫面積佔總面積、現況人口及都市計畫區內現況人口佔總人口比例，如下表 3-2, 3-3, 3-4。

表 3-2 民國 85 年各縣市都市發展情況

區域	縣市	都市計畫面積	土地面積	都市計畫面積佔總面積	現況人口	都市計畫區內現況人口佔總人口比例
北部區域	台北市	271.8	271.80	100	2,605,374	100
	台北縣	1175.34	2,052.57	57.3	3,355,299	94.6
	基隆市	71.43	132.76	53.8	374,199	99.3
	宜蘭縣	101.4	2,137.46	4.7	465,120	64.4
	桃園縣	307.44	1,220.95	25.2	1,570,456	72.3
	新竹市	46.36	104.10	44.5	345,954	83.2
	新竹縣	48.32	1,427.59	3.4	414,932	51
中部區域	苗栗縣	69.88	1,820.31	3.8	560,099	51.9
	台中市	159	163.43	97.3	876,384	100
	台中縣	352.9	2,051.47	17.2	1,427,378	70.6
	彰化縣	126.77	1,074.40	11.8	1,292,482	51.9
	雲林縣	104.06	1,290.84	8.1	752,427	38.4
	南投縣	130.11	4,106.44	3.2	545,667	61.9
南部區域	嘉義市	52.61	60.03	87.6	262,860	98
	嘉義縣	155.09	1,901.67	8.1	565,700	36
	台南市	175.65	175.65	100	710,954	100
	台南縣	307.52	2,016.01	15.3	1,088,986	61.6
	高雄縣	265.2	2,792.66	9.5	1,208,128	74.2
	高雄市	141.17	153.60	91.9	1,433,621	97.8
東部區域	屏東縣	167.29	2,775.60	6	912,850	49.6
	花蓮縣	81.35	4,628.57	1.8	368,660	68.5
	台東縣	87.87	3,515.25	2.5	253,831	52.5
合計		-	35,873.15	-	21,381,361	-

資料來源：都市及區域統計彙編，1996 年。

都市計畫面積以台北縣為最大，最小為花蓮縣；土地面積則以花蓮縣為整體縣市中最大而嘉義市最小；而都市計畫佔總面積比率，台北市和台南市全市境內皆為都市計畫面積，其餘縣市又以花蓮市為最小；現況人口則以台北縣、台北市為最多；都市計畫區內中現況人口佔總人口比例台北市、台中市境內全部為現況人口，而較低的則為雲林縣。

表 3-3 民國 90 年各縣市都市發展資料

區域	縣市	都市計畫面積	土地面積	都市計畫面積佔總面積	現況人口	都市計畫區內現況人口佔總人口比例
北部區域	台北市	271.8	271.80	100	2,633,802	100
	台北縣	1206.46	2,052.57	58.8	3,610,252	93.6
	基隆市	71.47	132.76	53.8	390,966	99.3
	宜蘭縣	76.35	2,143.63	3.6	465,799	61
	桃園縣	322.6	1,220.95	26.4	1,762,963	70.1
	新竹市	46.36	104.10	44.5	373,296	78.9
	新竹縣	51.41	1,427.59	3.6	446,300	61
中部區域	苗栗縣	69.88	1,820.31	3.8	560,640	53.7
	台中市	159	163.43	97.3	983,694	100
	台中縣	333.18	2,051.47	16.2	1,502,274	74
	彰化縣	127.67	1,074.40	11.9	1,313,994	51.9
	雲林縣	95.38	1,290.84	7.2	743,562	38.1
	南投縣	128.78	4,106.44	3.1	541,818	51.7
南部區域	嘉義市	52.61	60.03	87.6	267,993	97.4
	嘉義縣	164.77	1,901.67	8.7	563,365	40.2
	台南市	175.65	175.65	100	740,846	100
	台南縣	321.93	2,016.01	16	1,107,397	67.8
	高雄縣	265.02	2,792.66	9.5	1,236,958	77.8
	高雄市	143.81	153.60	93.6	1,494,457	97.9
	屏東縣	167.29	2,775.60	6	909,364	50
東部區域	花蓮縣	123.46	4,628.57	2.7	353,139	71.2
	台東縣	87.87	3,515.25	2.5	244,612	53.9
合計		4462.75	35,879.32	-	22,247,491	

資料來源：都市及區域統計彙編，2001 年。

台灣地區人口大致上往都市計畫地區集中，而集中趨勢逐漸減緩；而從民國 85 年至 95 年都市計畫面積仍緩慢增加（許珮璇，2007）。若以都市計畫區內現況人口佔總人口比例以台北市、台北縣、基隆市、台中市、嘉義市及高雄市為比重較高。

表 3-4 民國 95 年各縣市都市發展資料

區域	縣市	都市計畫面積	土地面積	都市計畫面積佔總面積	現況人口	都市計畫區內現況人口佔總人口比例
北部區域	台北市	271.8	271.80	100	2,632,242	100
	台北縣	1209.87	2,052.57	58.9	3,767,095	95
	基隆市	74.75	132.76	56.3	390,633	100
	宜蘭縣	76.38	2,143.63	3.6	460,426	64.3
	桃園縣	322.9	1,220.95	26.4	1,911,161	70.6
	新竹市	44.42	104.15	42.6	394,757	79.5
	新竹縣	53.6	1,427.54	3.8	487,692	57.8
中部區域	苗栗縣	69.85	1,820.31	3.8	559,986	57.6
	台中市	161.91	163.43	99.1	1,044,392	100
	台中縣	332.93	2,051.47	16.2	1,543,436	70.6
	彰化縣	127.89	1,074.40	11.9	1,315,034	53.1
	雲林縣	97.69	1,290.83	7.6	728,490	38.1
	南投縣	126.43	4,106.44	3.1	535,205	53.6
南部區域	嘉義市	54.58	60.03	90.9	272,364	100
	嘉義縣	164.62	1,901.68	8.7	553,841	41.4
	台南市	175.64	175.65	100	760,037	100
	台南縣	340.18	2,016.01	16.9	1,106,690	67.2
	高雄縣	269.79	2,792.67	9.7	1,245,474	71
	高雄市	165.16	153.59	94.8	1,514,706	99
	屏東縣	165.16	2,775.60	6	893,544	58.2
東部區域	花蓮縣	123.31	4,628.57	2.7	345,303	75.1
	台東縣	87.96	3,515.25	2.5	235,957	55.4
合計		4516.82	35,879.32	-	22,698,465	-

資料來源：都市及區域統計彙編，2006 年。

二、台灣地區及各縣市產業發展情形

台灣過去以第一級產業發展，於 1985 年後漸以第三級產業為主（行政院經濟建設委員會，2005）以縣市觀之，台灣各縣市產業的類型也不盡相同，於內外發展的壓力下，產業部門分布空間則有不均勻、區域內部中心和邊陲的不均等問題（周志龍，2000）。

回顧過去台灣從製造導向的勞力密集產業，到投資導向的重化產業及高科技產業，近來以創新為導向的新興高科技產業以及全球競爭產業，顯示台灣產業重心不斷的改變（閻永祺，2004）。

然而為了解各縣市的產業結構型態，以下分為兩部分說明，第一部分就工商普查全年生產總額資料整理彙整成下表 3-5 至 3-8，並將各縣市中第二、三級產業發展情形以了解各縣市主要的產業活動類型，大體而言多數縣市皆以製造業為產值最高產業，其次為批發、零售及餐飲業。第二部分則介紹各縣市製造業及污染性較高產業於各縣市之比例，以了解對環境衝擊性較高的產業於各縣市的發展比例。

（一）各縣市全年生產總額⁸

將台灣 22 縣市分成北、中、南、東四個區域分別主要的產業，依研究年限分為民國 85 年、90 年及 95 年並簡述各縣市主要發展產業類別。

1. 北部縣市：

北部有台北市、台北縣、基隆市、桃園縣、新竹縣及新竹市，台北市為金融產業聚集因而為產值較高，而製造業中以電力及電子機械器材製造修配業比重最重，而到民國 95 年則轉以批發業及電腦、電子產品及光學製品製造業為主。

台北縣民國 85 年產值中以第二級為主，並以資訊電子業為最多，到 95 年電腦、電子產品及光學製品製造業則躍居第一成為本縣主要產業。基隆市由於地理因素平地小、氣候因素形成發展上的限制，但因鄰近之海岸地形因而運輸倉儲及通訊業十分發達，於民國 85 年至 95 年皆為基隆縣之主要產值貢獻產業。

桃園縣因政府積極設置工業區設置及開發新社區，因而工業化比例相當高，亦帶動服務業的發展，過去以重工業為發展重心，以資訊電子業為產值最高，而到民國 95 年以電子零組件製造業為最高，為全國排名第二。

新竹縣政府設置新竹工業區及科學園區的發展，因而致使資訊電子業為最多，

⁸ 參考 1996、2001 及 2006 年工商普查資料。

科技業蓬勃的發展。從更小類別觀察，機車及其零件製造業為全國該行業最高的縣市，而半導體產業為排名次之的產業。

新竹市同樣因科學園區設置影響，因此電腦、電子產品及光學製品製造業中之光學儀器及設備製造業、視聽電子產品製造業與通訊傳播設備製造業全年生產總額為全國前三名的產業。

2. 中部縣市

苗栗縣由於地形緣故，工商發展較為緩慢，以運輸工具、化學材料、非金屬礦物製品、紡織等四種製造業之生產總額最多。另外受新竹科學工業園區竹南基地的影響，電子零組件業也創造相當高的經濟產值；而石油及天然氣礦業部分為全台灣產值最高縣市。

台中市民國 85 年以機械設備製造修配業佔生產總額為最多，而到 95 年因新興工業區設置影響，電子零組件業亦為台中市主要的產值貢獻產業；此外，台中都會區逐漸形成，台中縣民國 85 年工商普查資料顯示以製造業金屬機械工業為產值最高的產業，而 95 年以機械設備製造業為最高，而同時在全國產值比重中也為首位。

彰化縣民國 85 年仍以傳統產業為主，其中又以金屬機械業比重最高，而至 95 年仍以金屬製品業為主要產值貢獻的產業，其次為化學材料與紡織業，於各縣市中為傳統產業的重鎮；雲林縣過去以第一級產業為主，爾後設置雲林科技工業區、離島工業區等，逐漸帶動其重工業的發展，而近來則以油及煤製品製造業快速的開發，因而生產總額大幅提昇。

唯一內陸的南投縣過去同樣以農林漁牧業為主，但後漸轉為第二、三級產業，惟因地理因素因而導致製造業發展受限，而 95 年而製造業為主要的電子零組件業呈現較 90 年下降。

表 3-5 民國 85 年各縣市產值排名前三高行業別

區域	縣市/ 項目	產值排名前三高		
北部 區域	台北市	金融保險及不動產業	製造業	批發、零售及餐飲業
	台北縣	製造業	批發、零售及餐飲業	營造業
	基隆市	製造業	運輸倉儲及通信業	批發、零售及餐飲業
	宜蘭縣	製造業	營造業	批發、零售及餐飲業
	桃園縣	製造業	批發、零售及餐飲業	運輸倉儲及通信業
	新竹市	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	新竹縣	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
中部 區域	苗栗縣	製造業	營造業	批發、零售及餐飲業
	台中市	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	台中縣	製造業	批發、零售及餐飲業	營造業
	彰化縣	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	雲林縣	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	南投縣	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
南部 區域	嘉義市	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	嘉義縣	製造業	批發、零售及餐飲業	營造業
	台南市	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	台南縣	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	高雄縣	製造業	批發、零售及餐飲業	營造業
	高雄市	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	屏東縣	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
東部 區域	花蓮縣	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業	運輸倉儲及通信業
	台東縣	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業	營造業

資料來源：工商業及服務業普查資料，1996。

3. 南部縣市

嘉義市過去以第二級產業以石油及煤製品製造業生產總額最高，第三級產業則是社會服務及個人服務業，民國95年仍以石油及煤製品製造業維持生產總額最高之製造業業種，其次為零售業和醫療保健業。

嘉義縣民國85年時以第二級產業中化學工業為主，且以重工業發展為主，佔第二級產業近四成，而第三級產業則以批發零售及餐飲業。至95年仍以化學材料製造業產值最高，其次為電子零組件製造業和塑膠製品製造業。

台南縣民國85年以民生工業、金屬機械工業及化學工業為三大主要業別。在南部科學工業園區開發後，電子零組件製造業後於95年為生產總額最高的產業，

其中和光電材料及元件製造業於全國中此二種產業排名第一。

台南市為工商業均重地區，於民國 85 年第二級產業中以以塑膠製品、電力及電子機械器材、金屬製品、運輸工具等四種製造業佔四成以上 而民國 95 年以批發業、零售業和電子零組件製造業為前三高產值產業，第二、三級產業產值比重仍相當。

高雄市過去為台灣地區重工業發展的主要縣市，過去仍以金屬機械工業為主，但第三級產業亦蓬勃發展中，此外因有國際港口和機場等交通建設，所以運輸倉儲業也為高雄市重要產業；石油及煤製品製造業為僅次於嘉義市之縣市，第二、三為基本金屬製造業和電子零組件製造業，皆為製造業，這也顯示於高雄市第二級產業產值佔整體產值超過六成的原因。

高雄縣和高雄市皆為重要的重工業發展區域，民國 85 年以金屬、化學及名聲工業產值為主要。近年由於政府擴大數個工業區，因而化學材料製造業、基本金屬製造業和金屬製品製造業仍為製造業生產總額三大來源。

屏東縣以食品及飲料、金屬基本工業、電力及電子機械器材為主要產業，型態係為輕工業；而近來以零售業、汽車及其零件製造業、食品製造業為主，本縣市仍以第二級產業發展為主。

4. 東部縣市

台東縣民國 85 年第二級產業以紙漿、紙及紙製品製造業、食品及飲料製造業及非金屬礦物製品製造業為主，但本縣第三級產業生產總額較高，顯示以第三級產業為主要發展類型。而 95 年以零售業、醫療保健服務業金融中介業為生產總額最高的前三名產業。

花蓮縣蘊藏豐富礦產，但地理因素縣市而致使發展較為緩慢。民國 85 年以非金屬礦物製品製造業為生產總額最高產業，而至民國 95 年依然為分金屬礦物製品製造業貢獻區生產總額獻良多。花蓮縣和台東縣情形相似，生產總值仍以第三級產業為主。

表 3-6 民國 90 年各縣市產值排名前三高行業別

區域	縣市/ 項目	產值排名前三高		
北部 區域	台北市	金融保險及不動產業	製造業	批發、零售及餐飲業
	台北縣	製造業	批發、零售及餐飲業	營造業
	基隆市	運輸倉儲及通訊業	製造業	批發、零售及餐飲業
	宜蘭縣	製造業	批發、零售及餐飲業	營造業
	桃園縣	製造業	批發、零售及餐飲業	運輸倉儲及通訊業
	新竹市	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	新竹縣	製造業	專業、科學及技術服務業	批發零售
中部 區域	苗栗縣	製造業	水電燃氣業	批發零售
	台中市	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	台中縣	製造業	營造業	水電燃氣業
	彰化縣	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	雲林縣	製造業	批發、零售及餐飲業	水電燃氣業
	南投縣	製造業	批發、零售及餐飲業	水電燃氣業
南部 區域	嘉義市	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	嘉義縣	製造業	批發、零售及餐飲業	營造業
	台南市	製造業	批發、零售及餐飲業	文化運動及休閒服務業
	台南縣	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
	高雄縣	製造業	批發、零售及餐飲業	營造業
	高雄市	製造業	批發、零售及餐飲業	運輸倉儲及通訊業
	屏東縣	製造業	批發、零售及餐飲業	金融保險及不動產業
東部 區域	花蓮縣	製造業	批發、零售及餐飲業	營造業
	台東縣	製造業	金融保險及不動產業	營造業

資料來源：工商業及服務業普查資料，2001。

表 3-7 民國 95 年各縣市產值排名前三高行業別

區域	縣市/ 項目	產值排名前三高		
北部 區域	台北市	金融及保險業、 強制性社會安全	製造業	批發及零售業
	台北縣	製造業	批發及零售業	營造業
	基隆市	運輸倉儲及通訊業	製造業	批發及零售業
	宜蘭縣	製造業	批發及零售業	營造業
	桃園縣	製造業	批發及零售業	運輸倉儲及通訊業
	新竹市	製造業	批發及零售業	營造業
	新竹縣	製造業	批發及零售業	營造業
中部 區域	苗栗縣	製造業	批發及零售業	營造業
	台中市	製造業	批發及零售業	營造業
	台中縣	製造業	批發及零售業	營造業
	彰化縣	製造業	批發及零售業	醫療保健及社會工作服務業
	雲林縣	製造業	批發及零售業	電力及燃氣供應業
南投縣	製造業	批發及零售業	營造業	
南部 區域	嘉義市	製造業	批發及零售業	金融及保險業、 強制性社會安全
	嘉義縣	製造業	批發及零售業	營造業
	台南市	製造業	批發及零售業	金融及保險業、 強制性社會安全
	台南縣	製造業	批發及零售業	營造業
	高雄縣	製造業	批發及零售業	營造業
	高雄市	製造業	批發及零售業	運輸倉儲及通訊業
	屏東縣	製造業	批發及零售業	金融及保險業、 強制性社會安全
東部 區域	花蓮縣	製造業	批發及零售業	電力及燃氣供應業
	台東縣	批發及零售業	製造業	金融及保險業、 強制性社會安全

資料來源：工商業及服務業普查資料，2006。

(二) 22 縣市製造業產業結構分析

承前述 22 縣市中全年生產總額多數以製造業為主，而製造業為高污染、高耗能及高用水量之產業（洪于婷，2006）對環境衝擊較大。以下為了解過去 10 年間改變情形因而僅以民國 85 年和 95 年分別說明縣市製造業發展比例，更進一步將縣市製造業中相對較污染性產業比例說明：

1. 民國 85 年

下圖 3-14 為各縣市製造業就業員工數佔二、三級產業員工數比例，其中以台北市和台東縣為製造業比例較低的縣市，而比例最高為新竹縣，台北縣、桃園縣、台中縣、彰化縣、台南縣和高雄縣亦為製造業比重較高的縣市。

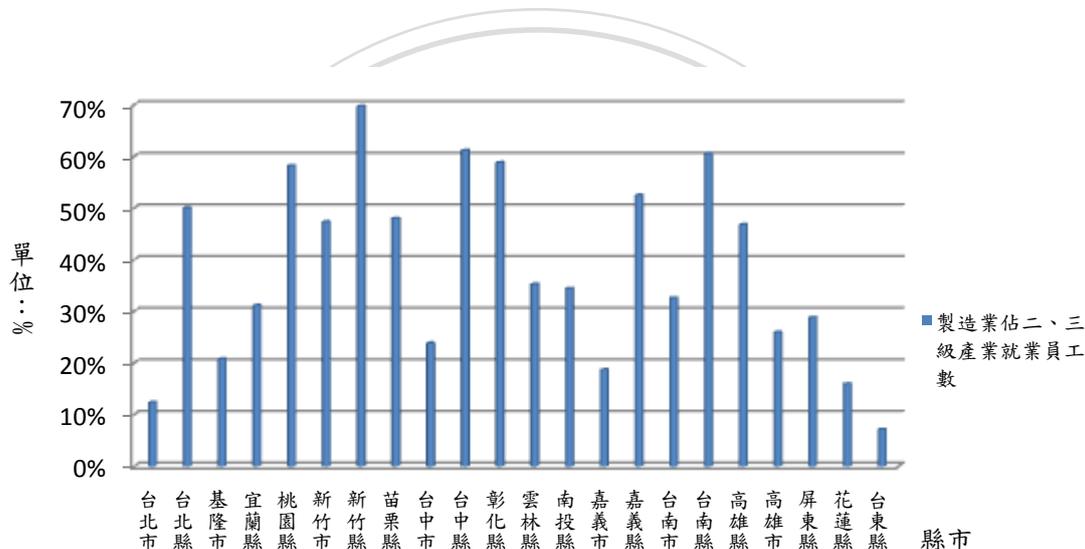


圖 3-14 民國 85 年各縣市製造業就業員工數佔二、三級產業比例

更進一步將對環境衝擊性較高的產業分析，依世界銀行定義污染性產業為造紙業、印刷業、化學材料業、化學製品業、石油及煤製品業、非金屬礦物製品業及基本金屬業六種，並以其佔二、三級產業就業員工數比例可了解於縣市產業發展中污染性產業比重哪些縣市較高，由於這類型產業需消耗較多能源如水資源以及對環境衝擊如懸浮微粒、臭氧、揮發性有機物 (volatile organic compounds, VOC) (劉希平，2008) 等物質增加，

下圖 3-15 民國 85 年各縣市污染性產業佔二、三級產業員工數比例，以新竹縣、苗栗縣、高雄縣、台南縣等縣市比例較高，而比例最低的縣市為花蓮縣，僅佔約 0.2%。

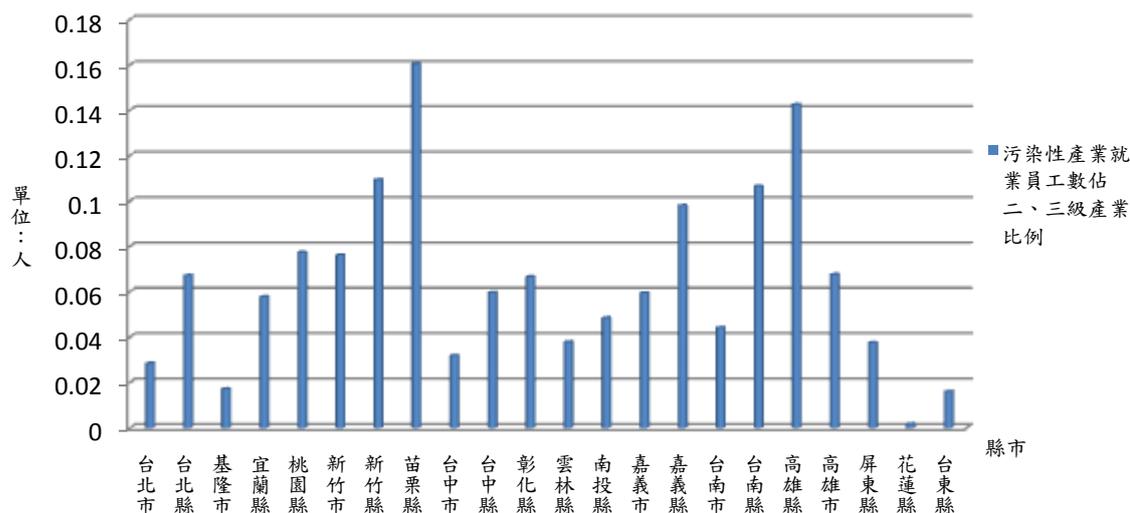


圖 3-15 民國 85 年各縣市污染性產業就業員工數佔二、三級產業比例

2. 民國 95 年

下圖 3-16 為各縣市製造業就業員工數佔二、三級產業員工數比例，22 縣市中以新竹縣比例最高達 63%，顯示製造業為新竹縣重點產業，而台南縣、桃園縣、新竹市、台中縣及彰化縣等縣市製造業亦佔較高的比重，而於東部花蓮縣與台東縣則製造業較不發達；台北市亦主要為三級產業發展傾向，因而製造業比重較低。

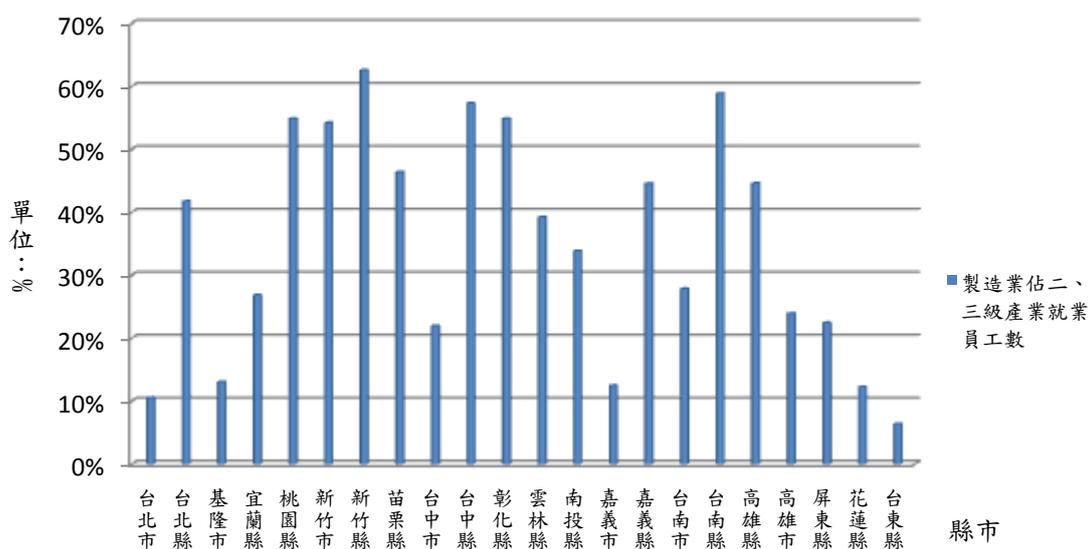


圖 3-16 民國 95 年各縣市製造業就業員工數佔二、三級產業比例

關於污染性產業部分，不同於民國 85 年，雲林縣為比例最高的縣市，而其次為高雄縣、苗栗縣、嘉義縣，而基隆市、嘉義市和台東縣為污染性產業較低的縣市。

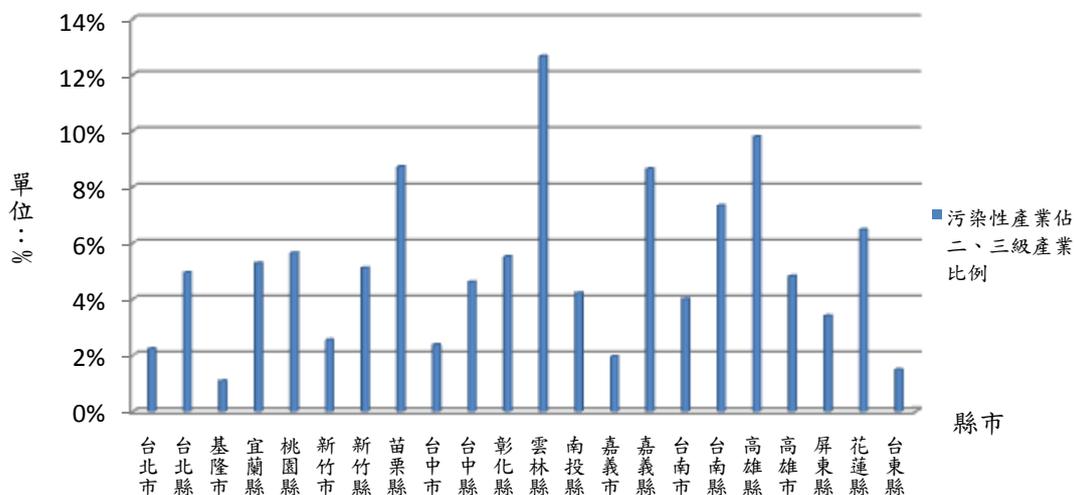


圖 3-17 民國 95 年各縣市污染性產業就業員工數佔二、三級產業比例

三、 小結

於都市計畫現況發展，現況人口以台北縣為人口數最多的縣市，而桃園縣、台中縣、彰化縣、台南縣、高雄縣及高雄市人口總數皆超過一百萬人的縣市，為相對規模較大的縣市；產業結構方面，多數縣市生產總額仍以二級產業中製造業為主要，而製造業中又以新竹縣、桃園縣、台中縣等縣為相對比重較高的縣市，將行業別分類出則對環境衝擊較大的污染性產業比例於民國 85 年苗栗縣、高雄縣、新竹縣、台南縣為較高的縣市，而民國 95 年則以雲林縣、苗栗縣、嘉義縣及高雄縣比例較高。

都市計畫的背景和產業結構的分析可了解現況人口與產業的發展情形，於資源使用消耗、環境衝擊及經濟發展強度，以茲作為後續實證分析的參考。

第四章 研究設計與實證模型建立

承前兩章節文獻回顧和背景說明可得知從經濟-生態效率分析影響縣市發展因素可能有經濟活動和環境影響兩層面，縣市發展於消耗能源獲得經濟發展，但無可避免的也對環境造成影響，而縣市發展人口數量、產業結構及都市計畫之變動都可能影響縣市發展是否具效率。

於研究設計中，透過投入及產出項目的選取，經由 DEA 的運算後，進一步探究影響縣市發展效率值的原因，因而選用 Tobit 迴歸並選擇外生變數如產業結構、人口密度等，以了解哪些縣市於發展效率是否有效率，而分析造成相對有效率和無效率縣市存在的差異性原因。

本章第一節為研究設計，說明資料包絡分析理論及分析模式；第二節 DEA 分析程序，說明利用 DEA-Solver7.0 軟體計算效率後，並採取差額變數等效率分析以及 Tobit 迴歸分析。

第一節 研究設計

一、資料包絡分析 (Data Envelopment Analysis) 理論

Farrell(1957)為最早探討現代效率衡量方法的學者，資料包絡分析(DEA)最早由 Charnes, Cooper 與 Rhodes (1978) 根據 Farrell (1957) 之效率模型提出。於資料包絡分析中最具影響力的兩個模式為 CCR 及 BCC 模式，前者為 Charnes, Cooper, Rhodes 於 1978 年改善 Farrell 模式提出的 CCR 模式；後者為 Banker, Charnes, Cooper 於 1984 年將 CCR 模式修改而提出 BCC 模式。

DEA 由生產力理論中發展而出，而 DEA 生產力衡量建立於柏拉圖最適境界效率觀念上而得，而 DEA 則是利用數學規劃方法於幾何空間上解釋資源被經濟地使用程度。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具有效率，而落於效率邊緣線內則是相對無效率。透過增加投入抑或是減少產出以達有效率目標，而 DEA 亦可提供無效率單元改進資訊。此外，DEA 毋須預先設立投入及產出項目間為無母數分析方法，因此為一無母數的統計方法。

二、Farrell 生產效率、CCR 及 BCC 模式介紹⁹

(一) Farrell 生產效率衡量

Farrell (1957) 為最早探討現代效率衡量的學者。於規模報酬不變、效率生產函數已知的假設中以等產量線 (isoquant) 及等成本線 (isocost) 分析生產效率，並分成投入導向 (input-oriented) 及產出導向 (output-oriented) 分析，前者則探討不減少產出數量，決策單元如何改變投入的組合達到技術效率生產境界，後者為分析為不改變投入使用數量下，達到技術效率境界，而整體效率值為技術效率和配置效率的乘積。

1. 投入導向

下列圖形假設某決策單位 P 採用較多投入數量生產同一單位產出，並投入 X_1 及 X_2 產出 Y 以圖形分析如下：

⁹ 以下模式介紹參考吳濟華和何柏正 (2008)

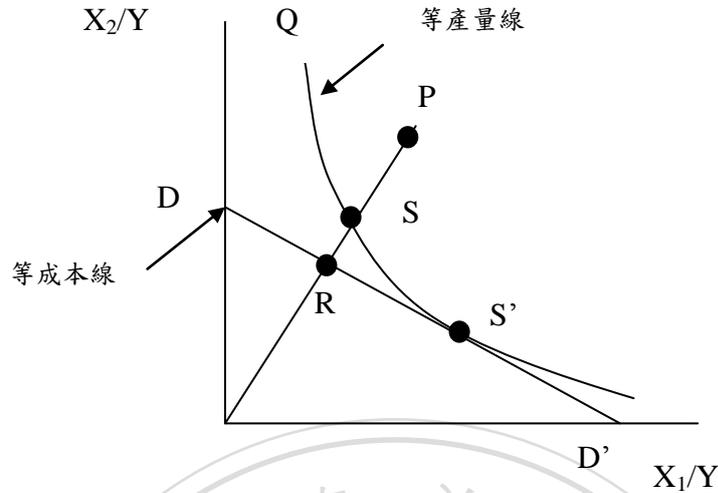


圖 4-1 DEA 投入導向技術效率與產配置

(1) 技術效率 (technical efficiency/TE)

技術效率表示為 OS 除以 OP，又於等產量線上 S 為具完全技術效率，因而若 OS/OP 值等於 1 即表示具有效率。

(2) 配置效率 (allocative efficiency/AE)

配置效率表示具相同成本下有最大產出。因此，於此可以投入價格比率為等成本線的 DD' 計算出配置效率為 OR/OS，P 和 S 具同樣投入要素比率，因此 P 之配置效率亦為 OR/OS。

(3) 整體效率 (overall efficiency/OE)

整體效率為配置效率和技術效率相乘。

$$OE = (OS/OP) \times (OR/OS) = OR/OP$$

2. 產出導向

產出導向和投入導向的差異可由下列圖形解釋，由於生產規模可分為生產規模報酬遞減和生產規模報酬固定，於 Farrell 中投入導向技術效率為 CI/CD，產出導向中則為 AB/AI，僅有在生產規模報酬固定投入導向及產出導向的技術效率才

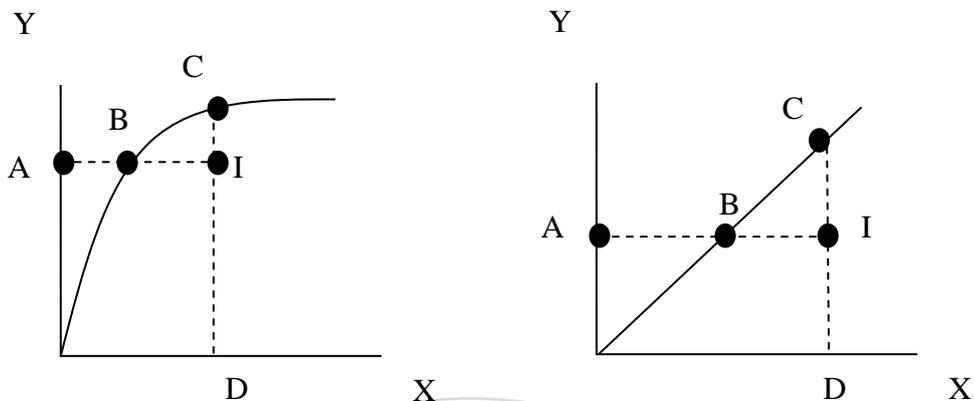


圖 4-2 投入及產出導向於不同規模報酬下情況，規模報酬遞減（左）規模報酬固定（右）

以下假設一生產無效率單位 A，等收益線為 TT' ，生產可能曲線為 QQ' 。

(1) 技術效率

AB 間距離表示 A 的技術無效率，以 OA/OB 表示生產單位 A 生產 Y_1 、 Y_2 情形。

(2) 配置效率

又如價格資訊可取得的情形下， OB/OC 可表示 A 之配置效率

(3) 整體效率

同樣地，整體效率為技術效率和配置效率兩者乘積，為 $(OA/OB) \times (OB/OC)$ 。

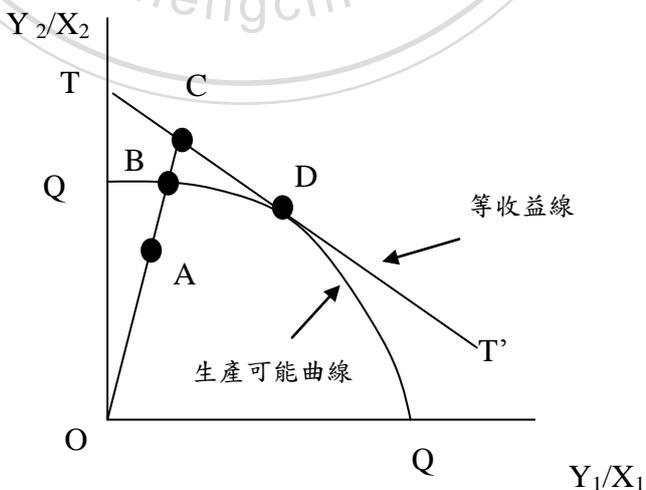


圖 4-3 DEA 產出導向技術效率與產配置效率

(二) CCR 模式

此模式為 Charnes, Cooper, Rhodes 於 1978 年所提出因而稱為 CCR 模式，此模式仍假設規模報酬為固定型態下分析，以下以投入導向的 CCR 模式介紹概念以數學規劃式表示為

$$Max E_k = \frac{\sum_{r=1}^m u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^n v_i X_{ij}} \text{-----} (1)$$

$$s.t. \frac{\sum_{r=1}^m W_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^n V_i X_{ij}} \leq 1$$

$j = 1, \dots, t$ 表示有 t 個決策單元，本研究中為 22 個縣市。

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0 \quad r = 1, \dots, m, i = 1, \dots, n$$

E_k 表示決策的單元

W_r 和 V_i 為權重，權重值需為正值，而 Charnes 等人稱 ε 為非阿基米德數 (non-Archimedean number)。 Y_{rj} 為第 j 個決策單元的第 r 項產出數量 X_{ij} 為第 j 個決策單元第 i 項投入數量。

本研究中投入項目為總用水量、用電量、汽柴油銷售量、總懸浮微粒量及全年垃圾清運量五項；產出項目為全年生產總額及二、三級就業員工數兩個項目。

於上述數學式中將會產生無窮多組解，因而 Charnes 與 Cooper 將其轉換為線性規劃模式 (linear programming) 上述數學式將變為

$$\text{令 } u_r = \mu_r / t, v = V_r / t, t^{-1} = \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}$$

$$\text{Max } g_k = \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} \text{-----} (2)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n V_r X_{ij} = 1 \\ \text{s.t.} & \quad \quad \quad j = 1, \dots, t \\ & \sum_{r=1}^m \mu_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^n V_i X_{ij} \leq 0 \end{aligned}$$

$$\mu_r \geq \varepsilon \geq 0 \quad V_i \geq \varepsilon \geq 0 \quad r = 1, \dots, s, \quad i = 1, \dots, n$$

將原先的數學式變為限制式多於原先的多目標式，因此將上述 (2) 改為對偶問題 (dual problem) 以利求解

$$\text{Min } Z_0 = \theta - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^m S_r^+ + \sum_{i=1}^n S_i^- \right)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} & \quad \sum_{j=1}^t \lambda_j X_{ij} - \theta X_{ij} + S_i^- = 0 \quad r = 1, \dots, m \\ & \quad \sum_j \lambda_j Y_{rj} - Y_{rj} - S_r^+ = 0 \quad i = 1, \dots, n \end{aligned}$$

$$\lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad j = 1, \dots, n.$$

透過目標函數， θ 為射線效率， S_i^- 和 S_r^+ 表示為在總用水量、汽柴油銷售量、用電量、總懸浮微粒量等投入項目與全年生產總額、總就業員工數產出項差額變數 (slack variables)，意思為縮減因素。即表達 $\theta = 1$, $S_i^- = 0$, $S_r^+ = 0$ 則相對應決策單元為有效率。

(三) BCC 模式

Banker, Charnes, Cooper 於 1984 年將而 CCR 模式中的固定規模報酬假設修正為變動規模報酬，因而此模式稱為 BCC 模式。與 CCR 模式相比，BCC 模式增加一變數 u_0 ，而此變數表示規模報酬型態。

$$\text{Max} E_k = \frac{\sum_{r=1}^m u_r Y_{rj} - u_0}{\sum_{i=1}^n v_i X_{ij}}$$

$$s.t. \frac{\sum_{r=1}^m W_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^n V_i X_{ij}} \leq 1$$

$j=1, \dots, t$ 表示有 t 個決策單元，於此表示 22 縣市。

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0 \quad r=1, \dots, m, i=1, \dots, n$$

E_k 表示決策的單元

W_r 和 V_i 為權重，權重值需為正值，而 Charnes 等人稱 ε 為非阿基米德數 (non-Archimedean number)。

Y_{rj} 為第 j 個決策單元的第 r 項產出數量； X_{ij} 為第 j 個決策單元第 i 項投入數量，而同樣的將數學式轉為對偶型式將變為：

$$\text{Min } Z_0 = \theta - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^m S_r^+ + \sum_{i=1}^n S_i^- \right)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j=1}^t \lambda_j X_{ij} - \theta X_{ij} + S_i^- = 0 & r=1, \dots, m \\ \sum_j \lambda_j Y_{rj} - Y_{rj} - S_r^+ = 0 & i=1, \dots, n \end{cases}$$

$$\lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad j=1, \dots, n.$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

BCC 模式增加凸性限制式 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ ，使得 BCC 模式所產生資料包絡線與 CCR 模式相比更為緊密，

CCR 模式所計算所得之效率值為總技術效率 (technical efficiency, TE)，而 BCC 所計算效率值為純技術效率 (pure technical efficiency, PTE)。總技術效率為純技術效率與規模效率 (scale efficiency) 相乘所得。

於前述介紹 DEA 模型之 BCC 及 CCR 模式，而本研究分別採取兩個模式計算縣市之經濟-生態效率值，並以 BCC 求得之效率值為主要分析模式。

第二節 DEA 分析程序

DEA 模型分析程序為如下圖 4-4 為本研究之研究設計流程圖

- (一) 確定分析目的
- (二) 定義及選擇欲分析之決策單元
- (三) 選定投入、產出項目，以分析決策單元間相對效率
- (四) 選定 DEA 分析模式，並分析結果。

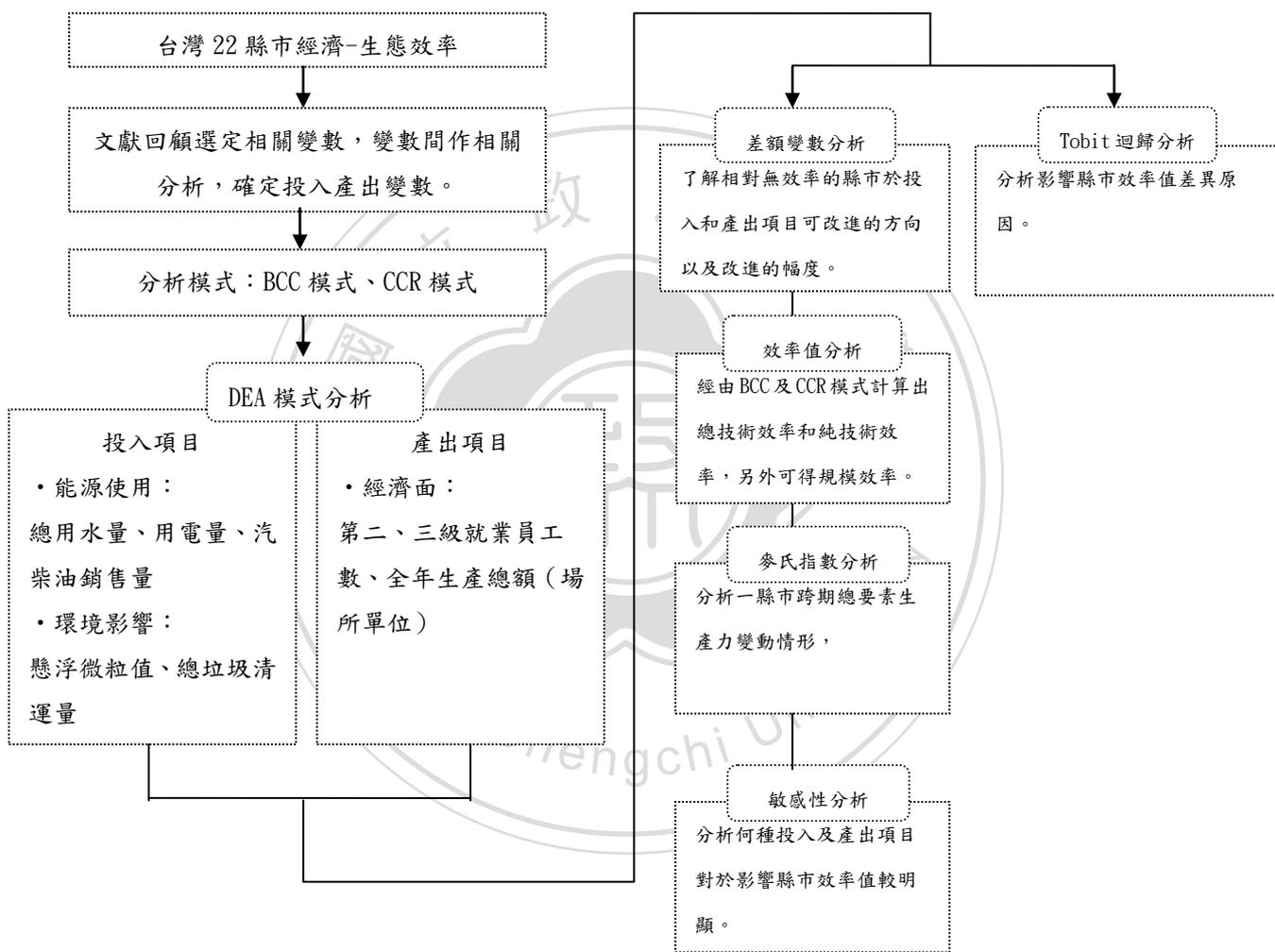


圖 4-4 研究設計流程圖

一、DEA 效率評估衡量說明

決策單元 (decision making units, DMU) 選取考量因素：

(一) 同質性及完整性

由於 DEA 中衡量投入及產出項目間的相對效率值，因此需具有相同的基準及相同種類的投入資源和生產相同種類的產品或服務，當參與的 DMU 為相似的且可衡量的。另外，需考量 DMU 之完整性，若因 DMU 的遺漏或 DMU 資料取得不易因而刪除部分 DMU，則可能造成效率值偏差 (許君毅，2004；吳濟華及何柏正，2008)。本研究考量台灣地區 22 個縣市具地方政府自治單位的同質性，具有相似的投入產出因素及具備相似地方組織目標 (林金祥，2002)，因而選擇作為決策單元。

(二) DMU 數量

投入產出項目的個數可能影響 DMU 效率高低。且根據過去經驗法則，Banker et al(1989)建議 DMU 個數應為投入項和產出項個數和之三倍以上 (章定煊等人，2003；許君毅，2004)，而為確保實證分析正確性 DMU 至少應為投入項和產出項目個數總和兩倍 (麻匡復，1999)。

本研究投入產出項目分別為五項和兩項，共計七項，達投入項和產出項目總和的三倍¹⁰。

二、投入產出項目選取

效率計算乃基於投入及產出項目，因而選擇適當的項目選擇實屬重要。而一般則使用經驗判斷、迴歸分析及 DEA 的試行方法。於 DEA 模型分析選擇適當投入項目和產出項目，否則將影響效率值分析。

根據文獻回顧整理變數投入項目分為兩部分對環境的衝擊及能源使用，環境影響部分選擇懸浮微粒量及垃圾清運量，能源使用則為總生活用水量、用電量、汽柴油銷售量；產出項目為經濟面以就業人口數、全年生產總額為代表。

應用 DEA 模式分析時，需考量投入與產出項目必須具備正相關之特性，以符合正向擴張之要求，以下表 4-1 為投入產出項目之相關係數：

¹⁰ $22 > 7 \times 3$ 。

表 4-1 選取之投入產出項目相關係數表

投入項 產出項	總用水量	用電量	汽柴油銷售量	總垃圾清運量	懸浮微粒值	就業員工數	生產總額
總用水量	1	0.807761098	0.84601231	0.9635904	0.6852619	0.94787568	0.91414166
用電量	0.807761098	1	0.94497962	0.8538126	0.5358648	0.77652264	0.77479025
汽柴油銷售量	0.84601231	0.944979623	1	0.9092776	0.5458079	0.79947098	0.76002544
總垃圾清運量	0.963590391	0.85381257	0.90927762	1	0.6370863	0.92791416	0.89420793
懸浮微粒值	0.685261933	0.535864751	0.5458079	0.6370863	1	0.64271638	0.63787792
就業員工數	0.947875682	0.776522641	0.79947098	0.9279142	0.6427164	1	0.98796044
生產總額	0.914141658	0.774790253	0.76002544	0.8942079	0.6378779	0.98796044	1

於選取之投入產出項目間符合正向擴張，以下就投入產出項目變數進行說明：

(一) 投入及產出項目選取說明及資料處理

本研究為探討為經濟和環境間投入產出效率，根據文獻回顧整理及考量資料的取得性，所以選擇變數如下：

1. 總用水量

本研究為探討縣市發展能否能於創造相同產出而使用較少的資源，而使得縣市發展較為永續，水資源為日常生活及產業發展所必須使用能源，因而本研究以總用水量為代表變數，包含兩部分含自來水供生活用水及自來水供工業用水量，並採用民國 85、90 及 95 年三個年度 22 個縣市總用水量作為實證變數。

2. 用電量

電力為都市發展密不可分的資源，電力的供給與需求攸關生活品質，電力的能源使用能否有效率也攸關永續的發展（孫革非，2010）。本研究選用縣市用電量包含電燈和電力兩部分，作為投入項目。

3. 汽柴油銷售量

都市中運輸工具、產業等部門發展皆需使用汽柴油並根據第二章文獻回顧指標整理，並考量研究尺度為縣市，因此以經濟部能源局加油站汽柴油銷售量作為汽柴油消耗量代表變數。

4. 懸浮微粒值

由於懸浮微粒成因較為單純及資料齊全程度，而懸浮微粒值成因包含工業製程、營建工程或交通工具等（鄭婷伊，2009；吳麗敏，2005），因此將此變數作

為空氣影響層面代表並為投入項目之。

5. 總垃圾清運量

垃圾為反應人們生產、消費行為的產物，第二、三級產業的發展也對垃圾量有顯著的影響（唐晨欣，2004），因而縣市之平均每日垃圾清運量乘以一年日數後作為投入項目。

6. 第二、三級¹¹就業人口數

本研究此處之就業員工數為根據工商及服務業普查資料，為場所單位年底就業員工數，就業員工數為了解一地區社會經濟發展重要的指標，可看一地區之產業結構（王譯賢，2003；鄒克萬、張曜麟，2004；張伊芳，2010）。而第二、三級產業依下表 4-1 進行分類，從事礦業、製造業等產業歸類為第二級產業就業人口，而從事批發及零售業、運輸及倉儲業等歸類成第三級產業就業人口。

7. 第二、三級產業全年生產總額

於都市經濟中產出可以生產總額進行分析，代表一地區之產業和經濟發展狀況（鄒克萬等人，2010）。另外，縣市主要的產業發展為第二、三級產業，因此本研究經濟面另一產出項目選擇生產總額，反應縣市經濟發展情形。

表 4-2 第二、三級產業別分類

產業別	第二級產業	第三級產業	
分類 情形	礦業及土石採取業	批發及零售業	專業、科學及技術服務業
	製造業	運輸及倉儲業	支援服務業
	電力及燃氣供應業	住宿及餐飲業	強制性社會安全
	用水供應及污染整治業	資訊及通訊傳播業	教育服務業
	營造業	金融及保險業	醫療保健及社會工作 服務業
		不動產業	藝術、娛樂及休閒服務業
			其他服務業

資料來源：工商普查資料。

根據上述變數說明將投入及產出項目之資料來源、名稱、單位及年限彙整成下表 4-2 及表 4-3。

¹¹ 分類依據為 1996 年及 2006 年工商及服務業普查分類。

表 4-3 投入產出項目名稱及資料來源

項目	面向	項目名稱	資料來源
投入項目	能源使用	總用水量	《台灣地區生活用水量統計報告》
		用電量	台灣電力公司經營績效中縣市別用電統計量
		汽柴油銷售量	經濟部能源局加油站汽柴油銷售量統計
	環境影響	懸浮微粒值	《都市及區域統計發展彙編》
		總垃圾清運量	《都市及區域統計發展彙編》
產出項目	經濟面向	第二、三級就業人口數	行政院主計處工商及服務業普查資料年底員工數(場所單位 ¹²)
		第二、三級產業全年生產總額	行政院主計處工商及服務業普查資料(場所單位)

表 4-4 投入產出項目單位及資料時間

變數名稱	單位	資料期間
總用水量 ¹³	立方公尺(m ³)	85、95年
用電量	度	85、95年
汽柴油銷售量	公秉	87 ¹⁴ 、95年
懸浮微粒值	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	85 ¹⁵ 、95年
總垃圾清運量	公噸	85、95年
二、三級就業員工數	人	85、95年
全年生產總額	百萬元	85、95年

為了解實證變數資料特性，針對變數進行敘述統計分析，於民國 85 及 95 兩個年度進行敘述統計分析。能源消耗部分總用水量、用電量及汽柴油銷售量於 85 年至 95 年間平均值和標準差都呈現上升趨勢，亦即縣市間能源使用差異情形可能有擴大趨勢。

而環境影響部分的總懸浮微粒及平均每日垃圾清運量則隨著時間下降，但最

¹² 工商普查資料分為場所單位和企業單位，本研究所有產業的產出視為產出，因而選擇場所單位(江佩玉，2001)。

¹³ 總生活用水量包含自來水供生活用水和自來水供工業用水(台灣地區生活用水量統計報告，1996)。

¹⁴ 由於資料取得問題，因此民國 85 年資料以 87 年代替。

¹⁵ 因《都市及區域統計發展彙編》民國 85 年資料部分縣市缺漏，因而以 87 年為代表。

大值和最小值差距甚大。另外，產出部分，二、三級就業員工數平均值從 298,835 人上升至 340,786 人；而全年生產總額平均值亦從 3,665,401 百萬元上升至 6,197,000 百萬元。

表 4-5 85 年投入產出項目敘述統計量表

項目	投入項目					產出項目	
類別	總用水量	用電量	汽柴油 銷售量	總垃圾 清運量	懸浮 微粒值	二、三級就業 員工數	全年生產總額
單位	立方公尺(m ³)	度	公秉	公噸	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	人	百萬元
最大值	612,250,659	15,174,189,396	1,540,361	1,322,395	200	1,556,399	3665401
最小值	18,916,250	583,337,943	129,674	117,165	58	31,519	47186
平均值	140,704,238	5,039,954,088	549,121	394,217	122	298,835	624042
標準差	163,435,007	4,134,716,854	364,428	329,217	36	348,966	795333

表 4-6 95 年投入產出項目敘述統計量表

項目	投入項目					產出項目	
類別	總用水量	用電量	汽柴油 銷售量	總垃圾 清運量	懸浮 微粒值	二、三級就業 員工數	全年生產總額
單位	立方公尺(m ³)	度	公秉	公噸	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	人	百萬元
最大值	781,565,307	26,272,743,533	1,899,564	874,752	145	1,670,679	6197000
最小值	27,353,791	842,594,559	147,075	53,049	55	35,691	65191
平均值	184,742,018	8,224,253,875	638,240	227,049	83	340,786	1097438
標準差	185,466,979	6,698,237,453	448,382	187,324	22	386,368	1340902

三、 結果分析

(一) 總技術效率分析

評估結果分析，藉由 DEA 求得決策單位間相互效率，本研究採取投入導向，為縣市產出相同情況下，投入項目的調整使得決策單元可達有效率的境界，意即於固定規模報酬下計算各縣市於產出都市效益過程和環境影響間轉換相對於其他縣市發展情形。

依效率值可依整體效率值分為強勢效率單位、邊緣效率單位、邊緣非效率單位、及明顯非效率單位，以供結果顯現與分析 (Norman and Stoker, 1991)¹⁶：

1. 強勢效率單位

效率值為 1 的決策單位屬之。

2. 邊緣效率單位

效率值為 1 之單位，而參考集合次數為 1 次或 2 次，只要產出項目或投入項目微幅調整效率值即可達有效率。

3. 邊緣非效率單位

效率值介於 1 及 0.90 之間之決策單位，此種決策單位容易提升變為有效率單位。

4. 明顯非效率單位

效率值小於 0.90 之單位，需大幅度調整方能提升效率。

(二) 純技術效率

此效率值由 DEA 中 BCC 模式於變動規模報酬下計算之效率，即環境污染和都市經濟效益間比較所得效率值。

(三) 規模效率及規模報酬分析

規模效率為了解縣市發展是否處於最適規模。於本研究中規模報酬為分析各縣市處於何種規模報酬階段，可分為規模報酬遞增、規模報酬固定及規模報酬遞減，如規模報酬遞增則表示縣市仍須擴大其規模增加產出面的經濟效益以達有效率發展。而 BCC 模式與 CCR 模式兩個模式判斷規模報酬基準如下表：

¹⁶ 參考許君毅 (2004)

表 4-7 規模報酬判斷基準

模式	判別依據	規模報酬階段
	$\sum \lambda_i > 1$	表示規模報酬遞減(Decrease Return to Scale)
BCC 模式	$\sum \lambda_i = 1$	表示規模報酬固定(Constant Return to Scale)
	$\sum \lambda_i < 1$	表示規模報酬遞增(Increase Return to Scale)
	$U_0^* > 0$	處於規模報酬遞減(Decrease Return to Scale)
CCR 模式	$U_0^* = 0$	處於規模報酬固定(Constant Return to Scale)
	$U_0^* < 0$	處於規模報酬遞增(Increase Return to Scale)

資料來源：參考自許君毅，2004。

五、麥氏指數(Malmquist Index)分析¹⁷

本研究為了解縣市間跨期效率變動情形，因而選用麥氏指數進行分析，而依據 Fare et al (1994) 生產力分為技術效率變動 (technical efficiency change) 以及技術變革 (technical change)。

麥氏指數可作為衡量跨期總要素生產力變動，由技術效率變動與技術變革相乘而得，技術效率變動為決策單元的技術效率之改進或是衰退程度，技術變革為反應兩時期間效率邊界變動情形。

而麥氏指數的距離函數為技術效率變動和技術變革相乘結果，期間為 p 期到 q 期：

$$MI = \frac{d_i^q(x_q, y_q)}{d_i^p(x_p, y_p)} \left[\frac{d_i^p(x_p, y_p)}{d_i^q(x_p, y_p)} \times \frac{d_i^p(x_q, y_q)}{d_i^q(x_q, y_q)} \right]^{1/2} = \left[\frac{d_i^p(x_q, y_q)}{d_i^p(x_p, y_p)} \times \frac{d_i^q(x_q, y_q)}{d_i^q(x_p, y_p)} \right]^{1/2} \quad (1)$$

由上述數學式可 $d_i^p(x_p, y_p)$ 、 $d_i^q(x_q, y_q)$ 、 $d_i^q(x_p, y_p)$ 、 $d_i^p(x_q, y_q)$ 為四個距離函數， $d_i^p(x_p, y_p)$ 、 $d_i^q(x_q, y_q)$ 為同一時期觀測值與效率邊界距離，而 $d_i^q(x_p, y_p)$ 、 $d_i^p(x_q, y_q)$ 為跨時期效率值指數。

而數值衡量，麥氏指數大於 1，表示決策單位從 p 期到 q 期的總要素生產力呈現進步；麥氏指數等於 1，表示總要素生產力維持不變；若麥氏指數小於 1，

¹⁷ 參考 Fare et al., (1994) 吳濟華、何柏正 (2008)

代表總要素生產力呈現下降趨勢 (Yu and Wen., 2010 ; Zhou et al., 2008 ; 吳濟華、何柏正, 2008)。此外, 麥氏指數亦可分為投入導向和產出導向, 本研究從投入導向進行分析。

六、Tobit 迴歸檢測

根據本研究資料特性和意義, 經由第一階段 DEA 計算效率值後, 欲分析影響縣市經濟-生態效率值的原因, 本研究採取 Tobit 迴歸分析, 而非使用一般最小平方法 (ordinary least squares, OLS), 乃因可能產生偏誤的參數估計 (biased parameter estimates) (Richard and Paul, 1994)。

利用 DEA 求出之效率值作為應變數, 而將前述二級產業、製造業及污染性製造業分別佔二、三級產業比例、都市計畫區內現況人口佔總人口比例及每人每年可支配所得作為解釋變數, 而本研究為投入導向, 因而效率值介於 0~1 之間, 而 Tobit 迴歸型態為下式:

$$\begin{aligned} EFF_i &= \beta x_i + e_i & \text{if } EFF_i^* < 1 \\ EFF_i &= 1 & \text{if } EFF_i^* \geq 1 \end{aligned}$$

而 EFF_i 為 DEA 求算出之效率值, x_i 為外生變數, e_i ($e_i \sim N(0, \sigma^2)$) 為隨機干擾項。

第五章 實證分析

本章將對實證結果進行解釋與分析，包含第一階段 DEA 效率及第二階段 Tobit 迴歸分析，第一階段透過 DEA-Solver7.0 軟體中 CCR 及 BCC 兩模式計算出效率值，第二階段採 Tobit 迴歸分析。第一節為 DEA 效率分析；第二節則對效率值初步分析；第三節則更進一步分析影響縣市效率值差異性原因。

第一節 DEA 效率分析

第一階段利用資料包絡分析進行效率分析，採用 CCR 及 BCC 模式分析，以台灣 22 個縣市為決策單元分別計算效率值，並從投入導向 (input oriented) 模式分析，目的在於了解在不影響經濟面向情況下，各縣市可以減少對環境的影響而達到發展有效率發展的境界。

而本節效率值分析分為總技術效率、純技術效率和規模效率。總技術效率為各縣市於投入面且固定規模報酬下 (CCR 模式) 消耗資源以及環境影響是否為有效的運用以達投入最小化或產出最大化，純技術效率則為變動規模報酬下 (BCC 模式) 進行評估；規模效率則是評估各縣市投入和產出比例是否適當，而根據規模效率值可判斷無效率的縣市是否應擴大、縮減或是維持其規模以達有效率的發展。

一、各縣市效率分析

(一) 民國 85 年

經由 DEA 分析結果顯示，以總技術效率觀察各縣市效率值，北部區域平均效率值為四個區域最高，而南部區域最低。純技術效率部分仍是北部區域最高，而最低為南部區域。規模效率最低則為東部區域。從各縣市分析，以 BCC 模式觀察，具強勢效率的縣市有台北市、新竹縣、台中市及彰化縣，而邊緣效率的縣市則有基隆縣、宜蘭縣、台中市、彰化縣及屏東縣，其餘縣市為明顯非效率，其中效率值最低的縣市為高雄縣，整體效率值如下表 5-1。

表 5-1 民國 85 年各縣市效率值

項目	決策單位	經濟-生態效率			規模報酬	參考集合 次數
		總技術效率= (CCR 模式)	純技術效率 (BCC 模式)	x 規模效率		
北部區域	台北市	1	1	1	Constant	11
	台北縣	0.8133589	0.92939	0.875153#	Increasing	0
	基隆市	0.6464533	1	0.646453#	Increasing	1
	宜蘭縣	0.7151529	1	0.715153#	Increasing	2
	桃園縣	0.9558137	0.997002	0.958688#	Increasing	0
	新竹市	0.9358873	1	0.935887#	Increasing	6
	新竹縣	1	1	1	Constant	7
平均		0.866667	0.989485	0.875905	-	-
中部區域	苗栗縣	0.7659234	0.9381623	0.816408#	Increasing	0
	台中市	1	1	1	Constant	1
	台中縣	0.9377313	0.9405862*	0.996965	Constant	0
	彰化縣	1	1	1	Constant	2
	雲林縣	0.5419544	0.6836774*	0.792705	Increasing	0
	南投縣	0.524625	0.7638558	0.686812#	Increasing	0
平均		0.795039	0.887714	0.882148	-	-
南部區域	嘉義市	0.7049748	1	0.704975#	Increasing	0
	嘉義縣	0.542789	0.7116657*	0.762702	Increasing	0
	台南市	0.8824342	0.9461877	0.932621#	Increasing	0
	台南縣	0.7590526	0.8181526*	0.927764	Increasing	0
	高雄縣	0.4948856	0.549294*	0.900949	Increasing	0
	高雄市	0.6722639	0.6828134*	0.98455	Increasing	0
	屏東縣	0.9468095	1	0.946809#	Increasing	1
平均		0.714744	0.815445	0.880053	-	-
東部區域	花蓮縣	0.6918811	1	0.691881#	Increasing	5
	台東縣	0.5992256	1	0.599226#	Increasing	4
平均		0.645553	1	0.645553	-	-
總平均		0.778692	0.907309	0.857986	-	-

註：Increasing 表示規模報酬遞增；Constant 表示規模報酬固定。

規模報酬部分，台北市、新竹縣、台中縣、台中市及彰化縣為規模報酬固定，其餘縣市仍未達期最適規模報酬，而處於規模報酬遞增階段，顯示縣市仍需增加經濟面向之就業員工數和生產總額。

(二) 民國 90 年

從區域觀察，以總技術效率觀察仍以北部區域的 0.755 平均為台灣四個地區最高，其次為中部地區，而依序為南部區域、東部區域，如下表 5-2 所示；而純技術效率中，各區域平均效率值高低依序為北部、東部、中部和南部區域，而 BCC 模式中，進一步觀察各個縣市效率值，具強勢效率的縣市有台北市、宜蘭縣、新竹縣、新竹市、台中市、嘉義市和台東縣，而其餘縣市為相對無效率單位，又排名最低為高雄縣的 0.529。

從規模報酬分析，台北市、桃園縣、新竹縣及彰化縣為規模報酬固定處於最適規模階段，而其餘的 18 個縣市處於規模報酬遞增階段，表示大多縣市於投入項目的使用仍須擴大增加其對應經濟面向的相關產出。

(三) 民國 95 年

CCR 模式總技術效率中，四個區域以中部地區平均值最高，其次為北部區域、南部區域及東部區域；BCC 模式平均值高低依序為中部、東部、北部及南部區域，縣市別中以台北市、新竹縣、新竹市等九個為效率值 1 的強勢效率縣市，如圖 5-3 所示。

從規模報酬分析，僅台北市處於規模報酬固定外，其餘 21 個縣市都處於規模報酬遞增階段，顯示大部分縣市並未達最適發展規模階段，仍須擴大增加就業員工數和生產總額以達有效率的發展。

於前述透過兩模式於不同假設情況下計算出效率值，本研究考量 BCC 模式所計算出效率值較符合縣市發展情形¹⁸，於此透過地理資訊系統軟體 (Arc GIS) 於空間上展示民國 85、90 及 95 年 BCC 效率值，後續分析亦採取以 BCC 效率值分析為主。

¹⁸ 本研究考量縣市發展在資源的投入並未和產出成等比例增加，因而假設都市為變動規模報酬，因而於此僅展示變動規模報酬下 BCC 模式之效率值於此說明。

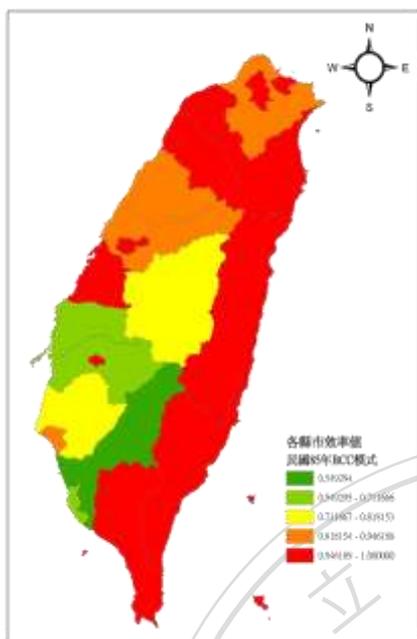


圖 5-1 民國 85 年 BCC 模式縣市效率值

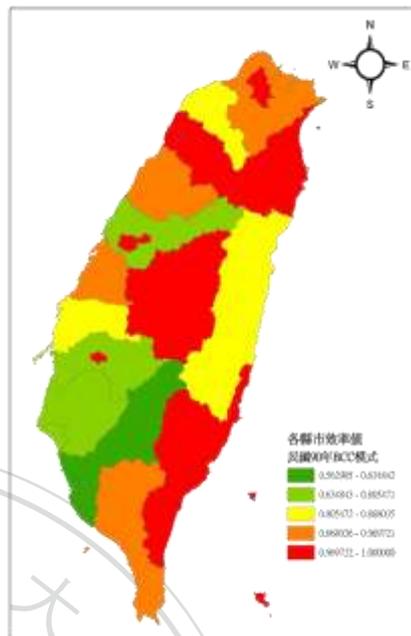


圖 5-2 民國 90 年 BCC 模式縣市效率值

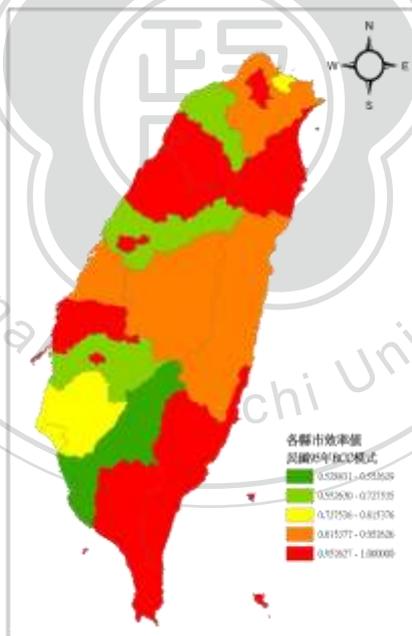


圖 5-3 民國 95 年 BCC 模式縣市效率值

表 5-2 民國 90 年各縣市效率值

項目	決策單位	經濟-生態效率			規模報酬	參考集合 次數
		總技術效率= (CCR 模式)	純技術效率 x (BCC 模式)	規模效率		
北部區域	台北市	1	1	1	Constant	15
	台北縣	0.6271398	0.9697209	0.646722#	Increasing	0
	基隆市	0.4291608	0.9444249	0.454415#	Increasing	0
	宜蘭縣	0.6585507	1	0.658551#	Increasing	9
	桃園縣	0.8210898	0.8250307*	0.995223	Constant	0
	新竹市	0.7511105	1	0.751111#	Increasing	2
	新竹縣	1	1	1	Constant	12
平均		0.755293	0.96274	0.786574	-	-
中部區域	苗栗縣	0.6775823	0.9337871	0.725628#	Increasing	0
	台中市	0.9669072	1	0.966907#	Increasing	2
	台中縣	0.7469625	0.7735966*	0.965571	Increasing	0
	彰化縣	0.951409	0.9607582*	0.990269	Constant	0
	雲林縣	0.5556613	0.8543324	0.650404#	Increasing	0
	南投縣	0.5924445	0.9989317	0.593078#	Increasing	0
平均		0.748494	0.920234	0.81531	-	-
南部區域	嘉義市	0.7771146	1	0.777115#	Increasing	3
	嘉義縣	0.4913537	0.7499772	0.655158#	Increasing	0
	台南市	0.7041138	0.8054712*	0.874164	Increasing	0
	台南縣	0.7225301	0.7770745*	0.929808	Increasing	0
	高雄縣	0.4453043	0.5629046*	0.791083	Increasing	0
	高雄市	0.5859353	0.6348419*	0.922963	Increasing	0
	屏東縣	0.8533104	0.9228559*	0.924641	Increasing	0
平均		0.654237	0.779018	0.839276	-	-
東部區域	花蓮縣	0.5335353	0.8680346	0.614648#	Increasing	0
	台東縣	0.4108714	1	0.410871#	Increasing	7
平均		0.472203	0.934017	0.512759	-	-
總平均		0.695549	0.890079	0.786288	-	-

註：Increasing 表示規模報酬遞增；Constant 表示規模報酬固定。

表 5-3 民國 95 年各縣市效率值

項目	決策單位	經濟-生態效率			規模報酬	參考集合 次數
		總技術效率 = 純技術效率 x 規模效率 (CCR 模式) (BCC 模式)				
北部區域	台北市	1	1	1	Constant	12
	台北縣	0.6214679	0.8844438	0.702665#	Increasing	0
	基隆市	0.4894916	0.7924524	0.617692#	Increasing	0
	宜蘭縣	0.5523541	0.9894459	0.558246#	Increasing	0
	桃園縣	0.7040607	0.7251448*	0.970924	Increasing	0
	新竹市	0.9295559	1	0.929556#	Increasing	2
	新竹縣	0.8246071	1	0.824607#	Increasing	1
	平均	0.7316482	0.9130696	0.8005272	-	-
中部區域	苗栗縣	0.5517919	1	0.551792#	Increasing	4
	台中市	0.8962066	1	0.896207#	Increasing	1
	台中縣	0.6852936	0.727535*	0.941939	Increasing	0
	彰化縣	0.8809019	0.9526258	0.924709#	Increasing	0
	雲林縣	0.9429885	1	0.942989#	Increasing	1
	南投縣	0.5153169	0.9454716	0.545037#	Increasing	0
	平均	0.7454166	0.9376054	0.8004454	-	-
南部區域	嘉義市	0.5970224	1	0.597022#	Increasing	0
	嘉義縣	0.4196827	0.6704345	0.625986#	Increasing	0
	台南市	0.6523326	0.7622327*	0.855818	Increasing	0
	台南縣	0.7453191	0.8153765*	0.91408	Increasing	0
	高雄縣	0.4702487	0.528831*	0.889223	Increasing	0
	高雄市	0.5234515	0.5526289*	0.947202	Increasing	0
	屏東縣	0.805641	1	0.805641#	Increasing	5
	平均	0.6019569	0.7613577	0.8049961	-	-
東部區域	花蓮縣	0.4692617	0.8791986	0.533738#	Increasing	0
	台東縣	0.4557926	1	0.455793#	Increasing	10
	平均	0.4625271	0.9395993	0.4947653	-	-
總平均		0.669672	0.873901	0.77413	-	-

註：1. Increasing 表示規模報酬遞增；Constant 表示規模報酬固定。2. * 表示與規模效率相比下技術效率值較低縣市。3. # 表示與技術效率相比下規模效率值較低縣市。

二、 差額變數¹⁹分析

差額變數中可供縣市具體的改善方向和幅度，但因縣市差異性存在因而差額便數量為改進之參考（林文信，2001），本研究以差額變數分析供各縣市於達經濟-生態效率的發展參考，以下僅以民國 85 年和 95 年進行說明：

（一） 民國 85 年差額變數分析

1. 投入項目

下表 5-4 中顯示各縣市於投入項目過多，需減少能源的使用、垃圾的產出及總懸浮微粒濃度。

（1）總用水量

改進幅度比例最高的縣市為高雄縣，而改進幅度為 46%，顯示高雄縣於使用水資源過量，需減少其投入以達有效率發展。而高雄縣較其他縣市相比較高可能和工業用水需求²⁰有相關。

（2）用電量

高雄市、新竹市和桃園縣為改進比例最高的三個縣市，其中桃園縣為最高縮減幅度達六成，原因推測可能與其境內數量較多和面積廣闊的工業區快速發展有關（林再興，2002）。

（3）汽柴油銷售量

台北縣、桃園縣和南投縣於汽柴油量部分需縮減比例最高的縣市。

（4）平均垃圾清運量

而需減少垃圾清運量的縣市主要在於南部。這可能與縣市產業發展結構及縣市資源分配差異有關（唐晨欣，2004），而比例較高的為高雄縣、台北縣，顯示這些縣市需減少垃圾的產出減輕對環境衝擊。

（5）總懸浮微粒量

於縣市中總懸浮微粒量需減少較高的縣市為雲林縣、高雄縣及高雄市，而需改善總懸浮微粒量的縣市多為台南及高雄縣市一帶，顯示這些縣市於空氣品質上仍待加強。

¹⁹差額分為射線差額（radial slack）和非射線差額（non-radial slack）兩種，而本研究採需改進的幅度包含前述兩者，以此說明。

²⁰此處工業用水為自來水供水供工業用水。

2. 產出項目

而產出項目第二、三級就業員工數和全年生產總額則仍須增加。

(1) 第二、三級就業員工數

若欲達有效率的發展，僅高雄縣和桃園縣需增加第二、三級就業員工數，以高雄縣為例，若欲達有效率除降低總用水量、用電量、總懸浮微粒量等投入項目減少外亦需增加第二、三級就業員工數。

(2) 全年生產總額

需增加生產總額比例最高為台南市，其次為雲林縣和台北縣。雲林縣和台北縣除需減少總用水量、汽柴油消耗量等投入項目外，亦需於經濟面中提昇全年生產總額部分以達有效率的發展。



表 5-4 民國 85 年投入導向差額變數分析表

85 年	總用水量	電力	汽柴油消耗量	平均垃圾清運量	總懸浮微粒	就業員工數	生產總額
台北市	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
台北縣	-37.70%	-40.53%	-51.85%	-35.19%	-7.06%	0.00%	25.30%
基隆市	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
桃園縣	-0.30%	-63.47%	-55.03%	-20.52%	-0.30%	3.77%	0.00%
新竹市	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
新竹縣	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
苗栗縣	-6.18%	-29.74%	-26.03%	-6.18%	-6.18%	0.00%	19.03%
台中市	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
台中縣	-5.94%	-7.31%	-15.62%	-9.26%	-7.26%	0.00%	3.89%
彰化縣	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
雲林縣	-32.69%	-31.63%	-49.87%	-31.63%	-31.63%	0.00%	27.10%
南投縣	-33.80%	-23.61%	-54.19%	-23.61%	-23.61%	0.00%	16.66%
嘉義市	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
嘉義縣	-30.56%	-28.83%	-42.82%	-28.83%	-28.83%	0.00%	15.71%
台南市	-5.38%	-5.38%	-7.78%	-5.38%	-9.15%	0.00%	63.07%
台南縣	-18.18%	-42.88%	-43.60%	-26.41%	-18.18%	0.00%	0.00%
高雄縣	-45.07%	-54.59%	-45.07%	-52.90%	-45.07%	10.90%	0.00%
高雄市	-36.64%	-50.40%	-35.26%	-31.72%	-31.72%	0.00%	2.41%
屏東縣	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
宜蘭縣	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
花蓮縣	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
台東縣	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
平均	-11.47%	-17.20%	-19.41%	-12.35%	-9.50%	0.67%	7.87%

(一) 民國 95 年差額變數分析

1. 投入項目

(1) 總生活用水量

以台北縣、高雄縣和高雄市為縮減幅度前三名，表示這些縣市若要達有效率的發展情況需減少總生活用水量。

(2) 用電量

22 縣市中而桃園縣、高雄縣和高雄市為需要減少幅度最大前三名，桃園縣二級產業高度發展；高雄縣可能與境內工業區設置需求量增加有關，而未來用電量呈現增加態勢為消耗電力高之高科技產業聚集地

(3) 汽柴油銷售量

減少幅度以桃園縣、台中縣和高雄縣為前三高的縣市，顯示於此些縣市汽柴油銷售量過高可能與境內人口及產業較為聚集所導致，因而需降低以達有效率的發展。

(4) 平均垃圾清運量

台北縣為垃圾清運量需縮減幅度最高的縣市，改善幅度主要以嘉義縣和台南、高雄縣市一帶為較高，而需減少量約為 40% 至 50%，顯示這些縣市發展過程中仍須減少垃圾清運量。

(5) 總懸浮微粒量

北部區域以桃園縣為縮減幅度較高，中部則以台中縣縮減幅度較高，南部的高雄市為縮減幅度較高的縣市，東部地區花蓮縣則需減少約 18%。縣市中以高雄市縮減幅度最高，可能與其產業發展中以二級產業工廠較多所導致。

2. 產出項目

(1) 第二、三級就業員工數

22 縣市中僅以嘉義縣和高雄縣於減少能源使用和空氣品質、垃圾量改善外，而欲達據經濟-生態效率發展則仍需在經濟面增加第二、三級就業員工數。

(2) 全年生產總額

22 縣市中需提生產總額的縣市幅度最高為台南市，其次為花蓮縣、台中縣。於台南市雖設有南部科學園區，但於效率評估後除減少投入項目外全年生產總額亦需明顯提升，顯示台南市發展於經濟面生產總額要提升而能源使用和環境影響需降低；

花蓮縣則可能由於地形和產業發展不如其他縣市發展，因而欲達有效率仍須大幅增加全年生產總額。

表 5-5 民國 95 年投入導向差額變數分析表

95 年	總生活用水量	電力	汽柴油消耗量	平均垃圾清運量	總懸浮微粒	就業員工數	生產總額
台北市	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
台北縣	-48.22%	-36.80%	-58.61%	-55.91%	-11.56%	0.00%	44.68%
基隆市	-59.30%	-20.75%	-21.49%	-25.78%	-28.56%	0.00%	7.94%
桃園縣	-27.49%	-68.92%	-63.07%	-27.49%	-34.77%	0.00%	2.76%
新竹市	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
新竹縣	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
苗栗縣	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
台中市	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
台中縣	-27.25%	-53.33%	-62.59%	-34.42%	-27.25%	0.00%	48.06%
彰化縣	-4.74%	-35.95%	-19.29%	-5.92%	-13.56%	0.00%	27.22%
雲林縣	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
南投縣	-18.78%	-5.45%	-43.87%	-21.50%	-5.45%	0.00%	34.87%
嘉義市	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
嘉義縣	-34.63%	-32.96%	-48.65%	-49.97%	-32.96%	1.11%	0.00%
台南市	-23.78%	-37.43%	-23.78%	-43.34%	-41.81%	0.00%	72.43%
台南縣	-18.46%	-46.05%	-49.16%	-46.08%	-36.59%	0.00%	0.00%
高雄縣	-47.12%	-54.98%	-62.61%	-52.26%	-47.12%	7.03%	0.00%
高雄市	-44.74%	-62.48%	-51.90%	-44.74%	-58.62%	0.00%	12.91%
屏東縣	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
宜蘭縣	-7.56%	-3.37%	-12.73%	-1.06%	-1.06%	0.00%	38.98%
花蓮縣	-17.35%	-12.08%	-29.30%	-12.08%	-18.86%	0.00%	59.27%
台東縣	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
平均	-17.25%	-21.39%	-24.87%	-19.12%	-16.28%	0.37%	15.87%

三、 敏感度分析

選擇不同的投入與產出項目、決策單元數量或投入及產出項數值變動等三種情況都將可能影響效率值評估（林金祥，2002；吳濟華與何柏正，2008）。因而資料包絡分析中敏感度分析為透過增加或減少一投入或產出項，觀察效率值變化，亦可互相比較各決策單元間優劣勢項目，以下本研究每次採取減少一個變項藉以觀察求得之效率值與原始效率值之間變動情形，以下就 22 縣市於民國 85 年和 95 年敏感度分析進行說明：

（一） 民國 85 年敏感度分析

去除總用水量，除桃園縣、苗栗縣、台中縣、彰化縣、台南縣、台南市和高雄縣及屏東縣下降外，其餘縣市效率值不變，其中又以屏東縣幅度最大，顯示總用水量對於屏東縣發展績效有正面影響。

去除用電量，整體效率值變動幅度較小，整體縣市平均值從 0.907 下降至 0.883，原始值為相對有效率值的縣市除嘉義市下降外其餘未變動，而屏東縣仍為效率值相對下降幅度較大。

去除汽柴油消耗量，整體效率平均值僅微幅下降而整體平均值四捨五入後仍呈現未變動，其中變動情形除高雄縣微幅下降，其餘縣市未有變動，表示汽柴油消耗量於縣市經濟-生態效率發展影響並不明顯。

去除垃圾清運量，整體效率平均值亦微幅下降，相對具有效率值縣市中僅有基隆市下降至 0.848，表示對於基隆市。

去除懸浮微粒量，整體效率平均值下降幅度較為明顯，相對有效率縣市中宜蘭縣和花蓮縣為下降幅度較為明顯的縣市；相對無效率縣市則以台北縣、苗栗縣下降幅度較為明顯。

去除就業員工數整體效率平均值為所有項目中下降最為明顯項目，多數縣市效率值呈現下降，彰化縣從效率值 1 下降至 0.742，屏東縣則從效率值 1 下降至 0.759，顯示就業員工數對於縣市經濟-生態效率發展具明顯影響，表示就業員工數為大部分縣市之優勢項目。

去除生產總額對於整體效率平均值影響不大，僅桃園縣、台南縣及高雄縣效率值微幅下降。

歸納上述，經濟-生態效率中以總用水量和就業員工數為影響較明顯的項目；而敏感性較低的因素為汽柴油消耗量。於原始效率值中具有效率發展的縣市，台北市、

新竹縣、新竹市和台東縣於分別刪除各個投入與產出項目皆未對效率值造成影，而變動較明顯如彰化縣去除總用水量項目、台北縣去除總懸浮微粒濃度項目。

表 5-6 民國 85 年敏感度分析

85 年	原始效率值	去除除 總用水量	去除電力	去除汽柴油 消耗量	去除垃圾清 運量	去除總懸浮 微粒濃度	去除就業員 工數	去除全年生 產總額
台北市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
台北縣	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.612	0.811	0.929
基隆市	1.000	1.000	0.871	1.000	0.848	0.997	0.996	1.000
桃園縣	0.997	0.916	0.997	0.997	0.997	0.929	0.997	0.965
新竹市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
新竹縣	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
苗栗縣	0.938	0.900	0.938	0.938	0.919	0.795	0.894	0.938
台中市	1.000	1.000	1.000	1.000	0.881	1.000	0.857	1.000
台中縣	0.941	0.722	0.941	0.941	0.941	0.941	0.722	0.941
彰化縣	1.000	0.747	1.000	1.000	1.000	1.000	0.742	1.000
雲林縣	0.684	0.684	0.621	0.684	0.667	0.631	0.644	0.684
南投縣	0.764	0.764	0.669	0.764	0.701	0.702	0.735	0.764
嘉義市	1.000	1.000	0.943	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
嘉義縣	0.712	0.712	0.644	0.712	0.692	0.672	0.690	0.712
台南市	0.946	0.881	0.919	0.946	0.946	0.946	0.746	0.946
台南縣	0.818	0.716	0.818	0.818	0.818	0.712	0.776	0.817
高雄縣	0.549	0.516	0.549	0.541	0.549	0.521	0.549	0.508
高雄市	0.683	0.683	0.683	0.683	0.600	0.679	0.620	0.683
屏東縣	1.000	0.599	0.896	1.000	1.000	1.000	0.759	1.000
宜蘭縣	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.854	1.000	1.000
花蓮縣	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.876	1.000	1.000
台東縣	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
平均值	0.907	0.853	0.883	0.907	0.886	0.857	0.843	0.904

註：陰影部分表示與原始效率值比較下降縣市。

(二) 民國 95 年敏感度分析

去除總用水量，整體縣市平均效率值明顯下降，新竹縣、雲林縣及屏東縣原為相對有效率下降變為無效率，其中又以屏東縣下降幅度較為明顯，

去除總用電量，除基隆市、南投縣及嘉義縣效率值下降，其餘縣市未有變動，顯示總用電量對於縣市發展影響程度較小。

去除汽柴油消耗量則僅嘉義市和台南市呈現下降，顯示汽柴油消耗量對於效率值評估敏感度較小；去除垃圾清運量桃園縣、台中市、高雄縣及花蓮縣效率值較原始值下降。

去除懸浮微粒濃度項目，苗栗縣從相對有效率變成無效率縣市，效率值再去除後下降的還有台北縣、台中縣、南投縣、嘉義縣、高雄縣和宜蘭縣，整體效率平均值為最低，顯示懸浮微粒濃度項目為分析縣市經濟-生態效率值重要的項目。

去除就業員工數效率值下降幅度最為明顯，表示就業員工數為敏感度最高的項目。多數縣市效率值呈現下降，其中以彰化縣、屏東縣為下降幅度較大的縣市；去除生產總額僅台南縣和高雄縣下降，其餘縣市呈現不變。

總歸前述，於民國 95 年經濟-生態效率對於總用水量和就業員工數為敏感度較高的項目，而去除汽柴油消耗量和電力項目則對於縣市效率未有明顯變動。而台北市、新竹市和台東縣於分別刪除各項目後效率值仍保持為相對有效率的發展。

表 5-7 民國 95 年敏感度分析

95 年	原始效率值	去除除 總用水量	去除電力	去除汽柴油 消耗量	去除垃圾清 運量	去除總懸浮 微粒濃度	去除就業員 工數	去除全年生 產總額
台北市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
台北縣	0.884	0.884	0.884	0.884	0.884	0.560	0.858	0.884
基隆市	0.792	0.792	0.780	0.792	0.792	0.792	0.775	0.792
桃園縣	0.725	0.630	0.725	0.725	0.723	0.725	0.685	0.725
新竹市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
新竹縣	1.000	0.978	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
苗栗縣	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.742	1.000	1.000
台中市	1.000	1.000	1.000	1.000	0.774	1.000	0.738	1.000
台中縣	0.728	0.694	0.728	0.728	0.728	0.726	0.675	0.728
彰化縣	0.953	0.596	0.953	0.953	0.953	0.953	0.694	0.953
雲林縣	1.000	0.778	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.620
南投縣	0.945	0.945	0.932	0.945	0.945	0.736	0.942	0.945
嘉義市	1.000	1.000	1.000	0.975	1.000	1.000	0.982	1.000
嘉義縣	0.670	0.670	0.669	0.670	0.670	0.626	0.670	0.670
台南市	0.762	0.713	0.762	0.755	0.762	0.762	0.584	0.762
台南縣	0.815	0.560	0.815	0.815	0.815	0.815	0.785	0.768
高雄縣	0.529	0.506	0.529	0.529	0.529	0.518	0.529	0.500
高雄市	0.553	0.525	0.553	0.553	0.551	0.553	0.480	0.553
屏東縣	1.000	0.661	1.000	1.000	1.000	1.000	0.775	1.000
宜蘭縣	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.808	0.986	0.989
花蓮縣	0.879	0.879	0.879	0.879	0.780	0.879	0.804	0.879
台東縣	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
平均值	0.874	0.809	0.873	0.872	0.859	0.827	0.816	0.853

註：陰影部分表示與原始效率值比較效率值下降縣市。

四、麥氏指數分析

本研究欲透過麥氏指數分析跨期效率變動情形，而分析情形於固定規模報酬下較為可靠 (Grifell-Tatje and Lovell, 1995; Odeck, 2009)，從投入面改善效率，評估從民國 85 年到 90 年、90 年到 95 年間兩個時期各個縣市投入導向的技術效率變動 (technical efficiency change) 及技術變革 (technique change)，最後為麥氏指數的衡量分析於總要素生產力變動情形，若麥氏指數值大於 1 的縣市表示有於效率面有明顯的進步將投入項轉為產出項 (Yu and Wen, 2010; Raymanathan, 2005)。

(一) 技術效率變動

下表 5-4 為民國 85 年到 90 年和 90 年到 95 年的技術效率變動情況，並透過 GIS 空間上展示如下圖 5-4，民國 85 年到 90 年僅台北市和雲林縣技術效率變動值大於 1，技術效率呈現進步，而其餘縣市呈現衰退現象；民國 90 年到 95 年則以台北市、新竹市、雲林縣、高雄縣及台東縣共五個縣市技術效率變動呈現進步。於兩個跨期十年內，各縣市中技術效率變動平均值，僅台北市和雲林縣呈現進步，其餘縣市則為衰退趨勢，這顯示大多數縣市於經濟發展同時對於能源使用量較多且環境影響也較大，導致經濟-生態效率值較低。

表 5-8 22 縣市民國 85 年至 95 年技術效率變動

技術效率變動	85 年→90 年	90 年→95 年	平均技術效率變動
台北市	1.211	1.085	1.148
台北縣	0.829	0.903	0.866
基隆市	0.603	0.913	0.758
宜蘭縣	0.774	0.947	0.860
桃園縣	0.667	0.974	0.821
新竹市	0.786	1.122	0.954
新竹縣	0.866	0.403	0.635
苗栗縣	0.692	0.941	0.817
台中市	0.423	0.963	0.693
台中縣	0.547	0.967	0.757
彰化縣	0.351	0.912	0.631
雲林縣	1.118	1.155	1.136
南投縣	0.926	0.882	0.904

嘉義市	0.869	0.760	0.814
嘉義縣	0.835	0.945	0.890
台南市	0.675	0.942	0.808
台南縣	0.765	1.061	0.913
高雄縣	0.851	1.011	0.931
高雄市	0.841	0.875	0.858
屏東縣	0.504	0.870	0.687
花蓮縣	0.630	0.971	0.800
台東縣	0.661	1.102	0.882
年平均	0.746	0.941	0.844

註：陰影的數值表示大於 1

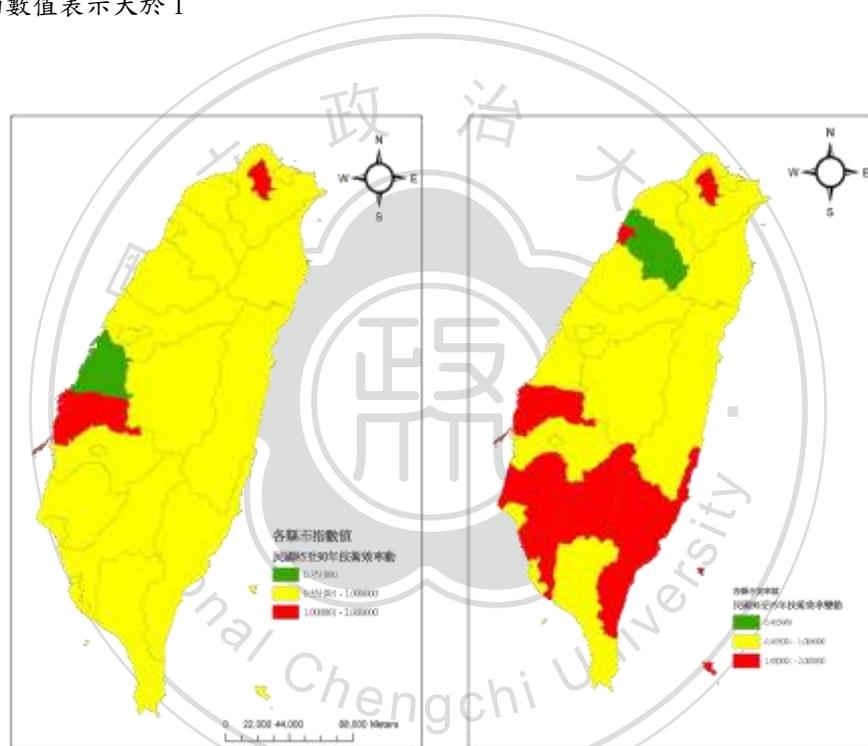


圖 5-4 22 縣市民國 85 年至 95 年技術效率變動

(二) 技術變革結果分析

下表 5-7 為 22 縣市民國 85 年至 95 年技術變革變動，並透過 GIS 空間上展示如下圖 5-5，民國 85 年到 90 年技術效率變革除桃園縣、苗栗縣、台中縣、台南市及屏東縣小於 1 外，其餘縣市技術變革值皆大於 1，表示大多縣市呈現進步現象；民國 90 年到 95 年，所有縣市皆技術變革值皆大於 1，表示所有縣市皆呈現進步。而兩個跨期技術變革平均值所有縣市技術於過去 10 年間發展市呈現進步趨勢，其中又以台中市平均技術變革最大。

表 5-9 22 縣市民國 85 年至 95 年技術變革變動

技術變革 變動	85 年→90 年	90 年→95 年	平均技術變革
台北市	1.120	1.121	1.121
台北縣	1.908	1.373	1.640
基隆市	1.231	1.309	1.270
宜蘭縣	1.251	1.407	1.329
桃園縣	0.937	1.919	1.428
新竹市	1.156	1.909	1.532
新竹縣	1.044	2.867	1.956
苗栗縣	0.719	1.416	1.068
台中市	2.384	1.983	2.184
台中縣	0.919	1.427	1.173
彰化縣	1.112	2.081	1.596
雲林縣	1.227	2.169	1.698
南投縣	1.215	1.371	1.293
嘉義市	1.170	1.320	1.245
嘉義縣	1.204	1.331	1.267
台南市	0.741	1.360	1.051
台南縣	1.295	2.037	1.666
高雄縣	1.293	1.398	1.346
高雄市	1.331	1.396	1.364
屏東縣	0.742	1.369	1.055
花蓮縣	1.207	1.404	1.305
台東縣	1.165	1.325	1.245
年平均	1.199	1.604	1.401

註：陰影的數值表示大於 1

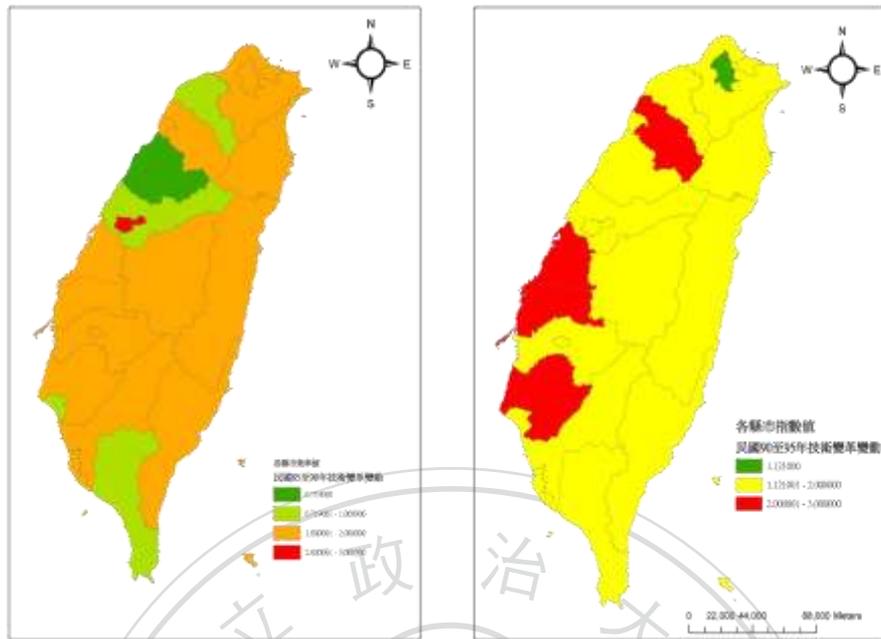


圖 5-5 22 縣市民國 85 年至 95 年技術變革變動

(三) 麥氏指數分析

下表 5-8 為 22 縣市民國 85 年至 95 年麥氏指數變動情形，民國 85 年到 90 年台北縣市、台中市、雲林縣、南投縣、嘉義縣市及高雄縣市值大於 1，表示總要素生產力進步外，其餘縣市為衰退情況；而民國 90 年至 95 年，麥氏指數皆大於 1，顯示所有縣市皆呈現進步，最明顯的縣市為新竹市、雲林縣和台南縣，這可能與境內科學園區設置及工業有關。

由麥氏指數分析顯示於民國 85 年至 95 年，除基隆市、苗栗縣、台南市及屏東縣呈現衰退外，其餘皆呈現進步情況，而進步最大為雲林縣。整體的顯示台灣 22 縣市於過去十年的發展於經濟發展下有呈現進步，不影響經濟發展情況下對於能源的使用較以往有效率且對環境的衝擊亦有減輕的趨勢。

表 5-10 22 縣市民國 85 年至 95 年麥氏指數值

麥氏指數	85 年→90 年	90 年→95 年	麥氏指數
台北市	1.356	1.216	1.286
台北縣	1.582	1.240	1.411
基隆市	0.742	1.195	0.968
宜蘭縣	0.968	1.332	1.150
桃園縣	0.625	1.869	1.247

新竹市	0.908	2.142	1.525
新竹縣	0.904	1.157	1.030
苗栗縣	0.498	1.333	0.915
台中市	1.010	1.909	1.460
台中縣	0.503	1.380	0.942
彰化縣	0.390	1.899	1.144
雲林縣	1.371	2.504	1.938
南投縣	1.124	1.209	1.167
嘉義市	1.016	1.003	1.010
嘉義縣	1.006	1.258	1.132
台南市	0.500	1.282	0.891
台南縣	0.990	2.161	1.576
高雄縣	1.101	1.414	1.257
高雄市	1.119	1.222	1.171
屏東縣	0.374	1.191	0.782
花蓮縣	0.760	1.363	1.062
台東縣	0.770	1.461	1.116
年平均	0.892	1.488	1.190

註：陰影的數值表示大於 1

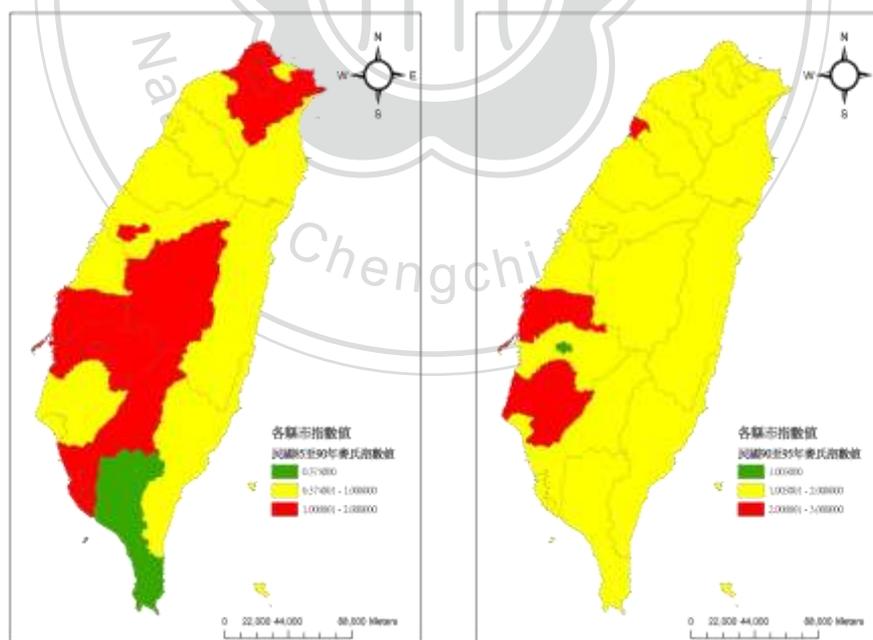


圖 5-6 22 縣市民國 85 年至 95 年麥氏指數變動

第二節 整體效率值分析

透過資料包絡分析求得民國 85、90 及 95 年各縣市之效率值，以下就此三個年度在 BCC 模式下所求得之效率值變動情形及可能影響效率之原因。

根據第一節初步效率值分析，依據民國 85、90 及 95 年效率值在 BCC 模式下效率值彙整如下表 5-11，說明如下

表 5-11 各縣市 3 個年度效率值變動

項目	縣市	85 年	90 年	95 年
北部區域	台北市	1	1	1
	台北縣	0.92939	0.9697209	0.8844438
	基隆市	1	0.9444249	0.7924524
	宜蘭縣	1	1	0.9894459
	桃園縣	0.997002	0.8250307	0.7251448
	新竹市	1	1	1
	新竹縣	1	1	1
中部區域	苗栗縣	0.9381623	0.9337871	1
	台中市	1	1	1
	台中縣	0.9405862	0.7735966	0.727535
	彰化縣	1	0.9607582	0.9526258
	雲林縣	0.6836774	0.8543324	1
	南投縣	0.7638558	0.9989317	0.9454716
南部區域	嘉義市	1	1	1
	嘉義縣	0.7116657	0.7499772	0.6704345
	台南市	0.9461877	0.8054712	0.7622327
	台南縣	0.8181526	0.7770745	0.8153765
	高雄縣	0.549294	0.5629046	0.528831
	高雄市	0.6828134	0.6348419	0.5526289
	屏東縣	1	0.9228559	1
東部區域	花蓮縣	1	0.8680346	0.8791986
	台東縣	1	1	1
縣市總平均		0.907309	0.890079	0.873901
效率值等於 1		11	7	9
效率值大於 0.9		5	6	3
效率值大於 0.8		1	4	3
效率值低於平均值		6	9	7

以年期觀察，民國 85 年，效率值為 1 的縣市有十一個，低於平均值的縣市有六個以南部縣市較多，整體縣市平均值為 0.907；民國 90 年則相對具有效率的縣市有七個，低於平均值的有九個縣市且以南部較多，整體縣市平均值為 0.89；民國 95 年則有九個縣市為相對有效率，低於平均值的有七個縣市，而整體效率平均值為 0.873。

更進一步分析，於民國 85 年，相對有效率縣市為台北市、基隆市、宜蘭縣、新竹縣、新竹市、台中市、彰化縣、嘉義市、屏東縣、台東縣和花蓮縣共十一個縣市，近一步觀察此些相對有效率縣市之發展情形，以台北市、新竹縣和台中市為例。台北市主要以第三級產業為主要發展類型，而第三級產業相較於第二級產業為污染性較低之產業類型，而根據生產總額觀察台北市三級產業總額比例為全國之冠，因而可能使其為發展相對有效率之縣市；新竹縣境內設置新竹科學園區，於生產總額貢獻良多，而主要以電子零組件製造業為主²¹，可能由於經濟產值較其於縣市高因相對其他縣市為有效率發展；台中市於 22 縣市中污染性產業比重較低的，而根據前述資料包絡分析統計資料顯示能源使用、空氣污染和垃圾量皆相較於其餘縣市低，緣此台中市較具經濟-生態效率之縣市；

相對無效率縣市中又以雲林縣、高雄縣和高雄市為較低，分別為 0.684、0.542 和 0.682，以高雄縣為例，其污染性產業比例較高，境內有多處如仁武、大社石化工業園區，因而可能致使發展相對不具效率的原因。

民國 90 年則以台北市、宜蘭縣、新竹縣、新竹市、台中市、嘉義市和台東縣共九個縣市為相對有效率縣市。以新竹市為例，受惠於科學園區設置為半導體產業高度發展之地區，創造出高額產值，可能使其成為相對有效率之縣市。此外，22 縣市中仍然以高雄縣及高雄市相對效率值較低。

民國 95 年，相對有效率縣市為台北市、新竹市、新竹縣、苗栗縣、台中市、雲林縣、嘉義市、屏東縣和台東縣共有九個縣市。以雲林縣為例說明，雲林縣中由於六輕創造出較高的經濟產值和就業機會，以及在前述麥氏指數分析雲林縣為指數值最高的縣市，可能因此而提升成為具經濟-生態效率的縣市。相對無效率的縣市中高雄縣和高雄市仍是效率值最低的兩個縣市。

²¹ 參考 <http://www.hsinchu.gov.tw/idipc/idipc/C11.asp>。

以區域角度觀察，北部區域為平均效率值較高的區域；中部區域則於四大區域中排名次於北部區域和東部區域；南部區域為因長久以來傳統重工業及都市發展，忽略經濟發展與環境間的平衡，此種高耗能、高污染性的產業發展可能致使平均縣市效率值較低（蔡蕙安，2007）。

總結上述，各縣市可能由於因產業發展類型不同、都市發展程度高低不同等因素導致效率值產生差異，而對於效率值的影響因素及程度則待下一節 Tobit 迴歸進行分析。



第三節 Tobit 迴歸分析

本研究第二階段根據依變數為第一階段 DEA 求得之效率值，具有切齊(censored)的特性，因而採用 Tobit 截斷式迴歸模型分析。以第一節計算出之效率值作為依變數，而經由第二章整理出可能影響的自變數分別為代表都市發展程度的各縣市現況人口佔總人口比例、每人每年可支配所得及二級產業製造業類型。

一、變數選取說明

(一) DEA 效率值

本研究欲分析哪些縣市發展相對具有效率而哪些縣市相對無效率，並進而分析影響縣市效率值差異性之原因。衡量經濟-生態效率於假設固定規模報酬或變動規模報酬情況仍未明確²² (Lozano et al., 2009)。而於本研究考量縣市發展在資源的投入並未和產出成等比例增加，因而假設都市為變動規模報酬，因此於效率值的分析採用 BCC 模式計算出的效率值作為依變數，以此說明。

(二) 所得

因經濟發展造成所得的增加和環境資源的消耗增加，而所得的增加和環境污染亦存在因果關係 (吳麗敏，2005；Yu and Wen, 2010)。Zhang et al (2008) 表示經濟-生態效率和 GDP 有關。而由於縣市尺度並未有平均每人國民所得統計，本研究將以平均每人每年可支配所得做代表變數。

(三) 都市發展程度

都市發展較高的地區可能為為政治、經濟或文化的中心，於管理系統較為成熟，因而可能使得發展較為有效率但也可能人口及產業較聚集使得能源消耗量較大致使無效率。本研究中考量人口、產業活動較集中於都市計畫區內，反應活動對於環境實質的影響與發展程度，因此選擇都市計畫區內現況人口佔總人口比例以茲代表都市發展程度變數代表。

(四) 產業結構

台灣各都市間發展產業發展仍處於製造業為主，雖有逐漸轉型趨勢 (江佩玉，2001)，但根據前述第三章背景分析中顯示多數縣市生產總額仍以製造業為主要發展

²² 有相關研究於 CCR 模式下分析指出效率衡量模式擴增為多元投入及產出項，則 DMU 可能受到不完全競爭或其它限制的影響，而在規模報酬遞增或遞減下生產，為避免規模報酬的影響，因此選擇 BCC 模式作為衡量 (王肇蘭、許義忠及徐偉初，2008)。

類型，除此之外，本研究考量二級產業發展型態為耗能高及相對污染性高的產業，對於環境衝擊大。又欲了解二級產業中不同產業類型對效率值影響，因此根據世界銀行定義污染性產業包含造紙業、印刷業、化學材料業、化學製品業、石油及煤製品業、非金屬礦物製品業及基本金屬業六種（永續台灣評量系統）²³，由於這些產業需消耗大量能源生產產品及服務且對環境污染性較大，因而選擇作為影響變數更進一步分析對於效率值的影響。

二、Tobit 迴歸結果分析

（一）模型實證結果說明

由於依變數特性使用 Tobit 迴歸，於上限值設定為 1 而下限值為無設限，若依變數超出範圍則記錄為定值（Limit= $\infty, 1$ ）。為了解縣市之經濟-生態效率隨時間發展自變數的影響情形，因此選擇民國 85、90 及 95 年效率值作為依變數。在迴歸結果分析部分，由於 Tobit 非線性模型而不採取線性模型之 F 檢定，而採 Likelihood Ratio test（賴靖雯，2008），根據實證結果為，分別對經濟-生態效率部分、純技術效率及規模效率進行說明。而由於 Tobit 迴歸僅對觀測值解釋，並非如一般迴歸可直接得知對依變數影響，因此以下僅能分析係數之正負及顯著性影響與否（賴靖雯，2008）。以下分別以民國 85 年及 95 年進行說明：

1. 民國 85 年

模型實證結果如下表。

（1）二級產業佔二、三級產業比例（模型一）

LR 檢定卡方值達顯著水準，顯示受限制模型和無受限制模型具顯著差異。各變數顯著情形：二級產業比例、每人每年可支配所得達 10% 顯著水準。

產業部分，二級產業佔二三級產業比例呈現負向變動，顯示二級產業對於效率值具一定程度影響；經濟部分，每人每年可支配所得與效率值呈現正向變動，表示當縣市每人每年可支配所得增加效率值亦增加。

（2）製造業佔二、三級產業比例（模型二）

LR 檢定卡方值達顯著水準，顯示受限制模型和無受限制模型具顯著差異。各變數顯著情形中僅每人每年可支配所得達 10% 顯著水準，而每人每年可支配所得與效率值呈現正向變動，當所得增加效率值亦增加。

²³ 參考世界銀行，<http://www.worldbank.org/nipr>。

(3) 污染性產業佔二、三級產業比例 (模型三)

更進一步將污染性產業進行分析，LR 檢定卡方值達顯著水準，顯示受限制模型和無受限制模型具顯著差異，Tobit 模型配適度良好。

各變數污染性產業佔二、三級產業比例及每人每年可支配所得皆通過 5% 顯著水準，而污染性產業比例與效率值呈負向變動，而每人每年可支配所得則為正向變動。



表 5-12 民國 85 年 Tobit 迴歸實證模型結果

變數名稱	二級產業 (模型一)			變數名稱	製造業 (模型二)		
	係數	標準誤	P 值		係數	標準誤	P 值
常數項	0.502	0.456	0.285	常數項	0.309	0.440	0.492
二級產業佔二、三級產業比例	-0.726	0.405	0.089*	製造業佔二、三級產業比例	-0.591	0.356	0.113
都市計畫區內現況人口比例佔總人口比例	-0.005	0.004	0.187	都市計畫區內現況人口比例佔總人口比例	-0.005	0.004	0.243
每人每年可支配所得	1.16e-07	8.15e-07	0.062*	每人每年可支配所得	1.62e-06	8.29e-07	0.065*
LR test	7.59 (p value=0.055)			LR test	7.02 (p value=0.071)		
Right censored	11			Right censored	11		
Left censored	0			Left censored	0		

註：*、**分別代表係數在 10%、5%的顯著水準下，顯著易於 0。

變數名稱	污染性產業 (模型三)		
	係數	標準誤	P 值
常數項	0.308	0.385	0.433
污染性產業人口數佔二三級就業人口	-3.090	1.200	0.019**
都市計畫區內現況人口佔總人口比例	-0.004	0.003	0.180
每人每年可支配所得	1.56e-06	7.07e-07	0.040**
LR test	10.72 (p value=0.013)		
Right censored	11		
Left censored	0		

註：*、**分別代表係數在 10%、5%的顯著水準下，顯著易於 0。

2. 民國 90 年

(1) 二級產業佔二、三級產業比例 (模型四)

在 0.1 顯著水準下，LR 檢定卡方值達顯著水準，顯示受限制模型和無受限制模型具顯著差異。各變數顯著情形：二級產業比例、每人每年可支配所得及都市計畫區內現況人口比例分別達 10%、10%及 5%顯著水準。

產業部分，二級產業佔二三級產業比例變數未達顯著，顯示二級產業對於效率值不具顯著影響；經濟部分，每人每年可支配所得與效率值呈現正向變動，表示當縣市每人每年可支配所得增加效率值亦增加；人口部分，都市計畫區內現況人口比例與效率值呈現不顯著影響。

(2) 製造業佔二、三級產業比例 (模型五)

在 0.1 顯著水準下，LR 檢定卡方值達顯著水準，顯示受限制模型和無受限制模型具顯著差異。各變數中僅每人每年可支配所得達 10%顯著水準且呈正向變動，其餘兩個變數則呈現不顯著影響。

(3) 污染性產業佔二、三級產業比例 (模型六)

更進一步將污染性產業進行分析，在 0.05 顯著水準下，LR 檢定卡方值達顯著水準，顯示受限制模型和無受限制模型具顯著差異。

各變數顯著情形如下：每人每年可支配所得、污染性產業佔二、三級產業比例皆通過 5%顯著水準；變動情形為每人每年可支配所得與效率值呈正向變動，污染性產業比例與效率值呈負向變動。

表 5- 13 民國 90 年 Tobit 迴歸實證模型結果

變數名稱	二級產業 (模型四)			變數名稱	製造業 (模型五)		
	係數	標準誤	P 值		係數	標準誤	P 值
常數項	0.790	0.279	0.011**	常數項	0.681	0.258	0.016**
二級產業佔二、三級產業比例	-0.387	0.239	0.123	製造業佔二、三級產業比例	-0.292	0.214	0.187
都市計畫區內現況人口佔總人口比例	-0.003	0.122	0.122	都市計畫區內現況人口佔總人口比例	-0.003	0.002	0.154
每人每年可支配所得	2.43e-06	1.22e-06	0.061*	每人每年可支配所得	2.52e-06	1.23e-06	0.055*
LR test	7.35 (p=0.061)			LR test	6.66 (p=0.084)		
Right censored	7			Right censored	7		
Left censored	0			Left censored	0		

註：*、**分別代表係數在 10%、5%的顯著水準下，顯著易於 0。

變數名稱	污染性產業 (模型六)		
	係數	標準誤	P 值
常數項	0.525	0.198	0.016**
污染性產業佔二、三級產業比例	-4.40e-06	1.68e-06	0.017**
都市計畫區內現況人口佔總人口比例	-0.002	0.002	0.373
每人每年可支配所得	2.69e-06	1.10e-06	0.025**
LR test	11.12 (p=0.011)		
Right censored	7		
Left censored	0		

註：*、**、***分別代表係數在 10%、5%及 1%的顯著水準下，顯著易於 0。

3. 民國 95 年

(1) 二級產業佔二、三級產業比例 (模型七)

在 0.05 顯著水準下，LR 檢定卡方值達顯著水準，顯示受限制模型和無受限制模型具顯著差異。各變數顯著情形：二級產業比例、每人每年可支配所得及都市計畫區內現況人口比例分別達 10%、10%及 5%顯著水準。

產業部分，二級產業佔二三級產業比例呈現負向變動，顯示二級產業對於效率值具一定程度影響；經濟部分，每人每年可支配所得與效率值呈現正向變動，表示當縣市每人每年可支配所得增加效率值亦增加；人口部分，都市計畫區內現況人口比例與效率值呈負向變動。

(2) 製造業佔二、三級產業比例 (模型八)

在 0.1 顯著水準下，LR 檢定卡方值達顯著水準，顯示受限制模型和無受限制模型具顯著差異。各變數中每人每年可支配所得與都市計畫區內現況人口比例分別達 10%和 5%顯著水準，而每人每年可支配所得與效率呈正向變動，而都市計畫區內現況人口比例則呈負向變動。

(3) 污染性產業佔二、三級產業比例 (模型九)

更進一步將污染性產業進行分析，在 0.05 顯著水準下，LR 檢定卡方值達顯著水準，顯示受限制模型和無受限制模型具顯著差異。

各變數顯著情形如下：每人每年可支配所得、污染性產業佔二、三級產業比例和都市計畫區內現況人口比例分別通過 10%、5%及 1%顯著水準；變動情形為每人每年可支配所得與效率值呈正向變動，污染性產業比例與效率值呈負向變動，都市計畫區內現況人口與效率呈負向變動。

表 5-14 民國 95 年 Tobit 迴歸實證模型結果

變數名稱	二級產業 (模型七)			變數名稱	製造業 (模型八)		
	係數	標準誤	P 值		係數	標準誤	P 值
常數項	0.948	0.410	0.032**	常數項	0.744	-0.386	0.069*
二級產業佔二、三級產業比例	-0.693	0.341	0.056*	製造業佔二、三級產業比例	-0.502	-0.299	0.109
都市計畫區內現況人口佔總人口比例	-0.009	0.003	0.017**	都市計畫區內現況人口佔總人口比例	-0.008	0.003	0.027**
每人每年可支配所得	3.77e-06	1.83e-06	0.054*	每人每年可支配所得	3.85e-06	1.87e-06	0.054*
LR test	9.21 (p value=0.027)			LR test	7.89 (p value=0.048)		
Right censored	9			Right censored	9		
Left censored	0			Left censored	0		

註：*、**分別代表係數在 10%、5% 的顯著水準下，顯著易於 0。

變數名稱	污染性產業 (模型九)		
	係數	標準誤	P 值
常數項	0.971	0.393	0.023**
污染性產業人口數佔總人口比例	-4.691	1.93	0.025**
都市計畫區內現況人口佔總人口比例	-0.010	0.003	0.009***
每人每年可支配所得	3.65e-06	1.83e-06	0.061*
LR test	10.65 (p value=0.014)		
Right censored	9		
Left censored	0		

註：*、**、***分別代表係數在 10%、5% 及 1% 的顯著水準下，顯著易於 0。

三、模型實證結果分析

本研究以下就各變數實證分析結果分析二級產業場所單位數佔總家數比例、每人每年可支配所得與經濟-生態效率關係。

(一) 產業面

民國 85 年於模型一與模型三顯示於二級產業分類、污染性產業分類下皆與效率值呈現負相關；民國 90 年僅在模型六下呈現顯著負相關；此外，於民國 95 年之模型七及九中皆顯示與表示當縣市之產業結構以二級產業或污染性產業比例較高的縣市，其效率值亦較低。

由於二級產業中包含礦業、製造業、營造業等高耗能、高污染及高用水量之產業類型(洪于婷, 2006)，對環境的衝擊較大；而更進一步分析將污染性產業佔第二、三級產業比例是否對縣市效率值差異產生影響，研究結果顯示呈負向顯著影響。是以，二級產業和污染性產業比例高知縣市其經濟-生態效率值較低。

民國 85 年中效率值較低之縣市如高雄縣，與第三章縣市之污染性產業的比例比較下，高雄縣為污染性產業比重較高的縣市，與其境內多處石化工業區加上工業都會區人口的聚集有關(蕭新煌等人, 2005)，實證結果當污染性產業比例較高對於經濟-生態效率較低，顯示污染性產業雖能創造經濟產值以及就業機會，但於環境間卻也造成衝擊。

民國 95 年苗栗縣與高雄縣仍為污染性產值比例位居前三高的縣市，與 85 年較不同為雲林縣境內污染性產業比例增加，與第六座輕油裂解廠設置有關，創造高額の生產總額及就業員工，而根據前述麥氏指數指出於民國 85 年至 95 年雲林縣為進步幅度最大的縣市，因而可能使其發展仍相對具有效率。

(二) 經濟面

本研究實證結果縣市每人每年可支配所得與效率值呈現正向變動，顯示隨著經濟發展台灣縣市所得上漲，縣市對於資源的利用和對環境污染注重較為改善使得經濟-生態效率值的提升，與相關研究結果一致。

經濟發展與環境間關係可從顧茲耐曲線 (Kuznets Curve) 探討，於經濟發展初期環境開始惡化，爾後經過一轉折點 (turning point) 環境開始改善，即經濟發展和環境發展呈現反 U 型曲線 (inversed curve)。相關也顯示經濟發展之 GDP (Gross domestic product, GDP)、所得與環境影響具有關聯性 (Yu and Wen, 2010；吳麗

敏，2005)。

經濟發展造成所得的提升使人偏好較高的環境品質、對低污染的財貨需求增加及使用潔淨的生產技術，吸引具先進科技廠商和管理技術，提升對於管控污染及使用資源的效率的能力 (Hung and Shaw, 2001; Yu and Wen, 2010)。因此，所得對於縣市之經濟-生態效率是具有正向影響。

(三) 都市計畫層面

實證結果分析顯示都市計畫區內現況人口佔總人口比例增加與效率值呈現負向變動，顯示都市發展程度對於經濟-生態效率具影響，結果符合相關研究，當都市發展程度較高對於能源的消耗量及對環境影響亦增加。

當都市內人口增加於產業、交通等活動需求增加也導致能源使用增加，可能導致空氣品質逐漸惡化 (鄭婷尹，2009)、垃圾量的增加 (唐晨欣，2005) 等。本研究於民國 85 年和 90 年於 Tobit 迴歸顯示都市計畫區內現況人口佔總人口比例並無顯著影響；而民國 95 年實證分析顯示都市計畫區內現況人口佔總人口比例則具顯著性而負相關，大部分縣市都市計畫區內人口比例呈現逐年增加，當人口增加造成都市規模擴大產生使用資源不經濟的情形 (蔡珮雯，2003)，亦即產生空氣污染惡化、垃圾量增加等環境問題。

以宜蘭縣、屏東縣為例，其都市計畫區內現況人口佔總人口比例較低，而其效率值較高；而台北縣和台南市則因比例較高，效率值較低。是以，實證分析結果顯示都市計畫區內人口數量為影響縣市發展之經濟-生態效率值差異性原因之一，若此佔的比例高則使得都市效率值下降。

比較民國 85 年、90 年與 95 年三年個度結果，不同產業分類下、都市計畫區內現況人口佔總人口比例及每人每年可支配所得對縣市效率值的影響。產業分類變數，於二級產業分類下民國 85 與 95 年呈現顯著負相關，製造業分類下則三個年度皆不顯著情形，而在污染性產業比例下則於三個年度皆呈現顯著影響；都市計畫區內人口佔總人口比例則僅於民國 95 年呈現顯著；經濟面則於三個年度皆呈現顯著。總結上述，污染性產業比例、每人每年可支配所得對於三個年度縣市之經濟-生態效率具顯著影響。



第六章 結論與建議

本研究之研究目的為應用經濟-生態效率分析台灣 22 縣市發展及效率值差異性原因。本章分為兩部分，第一部分就本研究之實證分析結果進行統整，歸結出本研究之結論，並據此結果提出都市規劃相關策略；第二部分則為說明本研究不足，提出後續相關研究建議。

第一節 結論

永續發展概念日益發展，於經濟發展和環境保護之間關係受到重視。於台灣過去經濟高度發展雖為都市創造經濟效益，而相對地廢棄物、空氣污染等問題逐漸浮現。而相關永續性衡量工具如永續性衡量指標架構、生態足跡及環境空間等方式缺乏將環境和經濟間關係進行橫量(ESCAP, 2009)，因而有經濟-生態效率的概念產生，主要意涵乃透過資源的有效使用達經濟相關產出的增加而減少污染。

本研究利用經濟-生態效率概念應用於台灣 22 個縣市發展，並考量各縣市產業發展及都市化程度發展不同，因而於資源使用量、經濟發展情況及環境情況也不同，將產生差異性因素分為產業、人口及所得三個部分作為 Tobit 迴歸變數分析。

而第一階段資料包絡分析部分投入項目能源使用分為總用水量、汽柴油消耗量、用電量、總懸浮微粒值和總垃圾清運量；產出項目則以各縣市之就業員工數及生產總額為經濟效益產出；第二部分為 Tobit 迴歸。實證分析後結果如下：

一、 各縣市經濟-生態效率值以北部縣市較高，南部縣市較低。

(一) 整體效率值分析

本研究於民國 85、90 及 95 年三個年度利用資料包絡分析之 BCC 模式檢測各縣市經濟-生態效率值，結果顯示台北市、新竹縣、新竹市、台中市、嘉義市和台東縣為三個年度中皆為具經濟-生態效率的縣市。

台北市效率值較佳原因推測與其以三級產業服務發展為主，較少二級產業的發展，因而能源消耗和環境影響較小，且三級產業高度發展結果產生高額的生產總額和就業員工數，因此效率值呈現較佳；新竹縣及新竹市部分推測與科學園區設置和帶動有關，對產值和就業市場具正面影響，而總懸浮微粒值和垃圾量產生部分衝擊影響較小，因而效率值表現相對較佳；台中市和嘉義市雖都市發展程度亦較高但於能源使用及環境污染部分相對於其他縣市較低因而為效率值較佳的縣市；台東縣污

染性產業比重較低，能源消耗相對較少且總懸浮微粒濃度和年垃圾清運量也較低，因而與其他縣市比較後為相對有效率發展的縣市。此外，民國 85 年、90 年及 95 年中效率值相對最低的縣市為高雄縣，與其境內污染性製造業比例較高對環境衝擊較大，因而使得效率值較低有關。

(二) 差額變數分析

差額變數分析以民國 85 年和 95 年進行分析，於兩個年度中縣市平均改進幅度以汽柴油銷售量和用電量需減少為主要項目。汽柴油銷售量部分以台北縣和桃園縣為改進幅度超過 50%的縣市；而用電量則是以桃園縣、高雄縣和高雄市需減少電力使用量超過 50%的縣市以達有效率的發展。此外，需改善縣市和改進幅度較大的縣市多分布於南部縣市，與南部區域產業發展以耗能型產業較多有關係。

(三) 敏感性分析

敏感性分析亦以民國 85 年和 95 年兩個年度分析，兩個年度皆以總用水量和就業員工數對於效率值影響較為明顯，顯示此二個項目為縣市經濟-生態效率衡量上具優勢的項目。

二、 縣市發展整體效率呈現改善

麥氏指數為了解總要素生產力變動情形。於民國 85 年至 95 年除基隆市、苗栗縣、台南市及屏東縣呈現衰退外，其餘皆呈現進步情況，顯示過去 10 年縣市於經濟發展同時對於環境影響及能源使用上效率值呈現進步，其中又以民國 90 至 95 年各縣市皆呈現進步情形，其中又以新竹市、雲林縣和台南縣改進幅度較大，新竹市和台南縣則受惠於科學園區的設置，而雲林縣則為可能為六輕的設置發展所帶動有關。

三、 都市發展程度高低、產業結構和所得為影響縣市經濟-生態效率因素

藉由選擇變數實證分析結果分為都市發展程度、產業結構及所得三面向，產業又將分為二級產業、製造業及污染性產業與二、三級產業比例，並從民國 85、90 及 95 年三個年期分析，結果顯示民國 85 年產業部分二級產業和污染性產業比例對效率值具顯著負向影響，而所得部分的每人每年可支配所得則皆呈現顯著正向影響；民國 90 年，僅污染性產業比例和所得高低具顯著影響；民國 95 年，產業部分於二級產業和污染性產業比例對效率值具顯著影響，都市發展程度及所得高低亦具顯著

影響。

於民國 95 年結果顯示當都市發展程度越高則經濟-生態效率值則較低，都市發展程度高則人口及產業活動較為集中因而增加對能源的需求和消耗，可能因而導致效率值降低。

污染性產業比例亦與效率值呈現負向變動，當污染性產業比例越高則縣市效率值則愈低。污染性產業具耗水、耗能等特性且排放有毒物質，而產生的經濟效益可能不如三級產業高因而使得效率值下降。

所得高低對於經濟-生態效率值具顯著影響，當所得相對較高的縣市其相對效率值也較高，可能提升對於能源使用效率、技術的改進和改善環境品質，因而使得所得較高縣市效率值亦較高。



第二節 建議

一、 政策建議

(一) 中央與地方對產業污染管制再加強

台灣對於產業發展污染性管制政策為整體性規範，而對於如污染性較高的造紙業、化學材料或石油煤製品等行業則需更需施以較嚴格的管制，而相關研究指出於造紙及紙漿業實施較嚴格管制則對環境產生顯著的改善，而整體環境表現趨勢也較永續的發展 (Wang et al., 2010)。

於此，建議依縣市發展類型及產業層級不同需透過不同的程度的管制，現行管制規範為中央訂定而地方執行，可能造成管制上的成效不彰。因此，地方政府於考量產業發展同時除評估所創造的就業機會和經濟產值外，對於環境所附加的空氣汙染、廢棄物或水汙染等環境問題亦須嚴格管制，特別以南部區域的縣市產業發展，環境管制雖有逐年改善但仍嚴重落後於北部和中部區域(蔡蕙安，2007)。建議地方政府於污染性較高產業管制需加強和中央的聯繫，以減少產業高度發展卻也犧牲了居住的環境品質。

(二) 都市發展程度與縣市發展關係

本研究實證結果顯示都市發展程度為影響縣市經濟-生態效率因素之一，意即於都市發展程度較高之縣市於能源使用產生經濟效益和環境污染較不具效率，因而如何提升於使用能源便是未來值得重視的方向，如透過政府政策推廣減少使用消耗性的資源或透過技術提升改進生產量和減少污染的排放等方式，如此，都市發展程度高之縣市亦能朝向永續發展的方向邁進。

二、 後續研究建議

(一) 影響之變數選取及尺度調整

於資料蒐集過程中，因某些變數統計尺度或資料分類較為不詳盡，因而無法納入作為經濟-生態效率分析作為投入項目。以用電量為例，統計資料為各縣市尺度，若以鄉鎮市則無相關細節資料，因而本研究以縣市電力使用加總作為電力消耗相關指標；此外，汽柴油使用量本研究以全國加油站銷售量為代表，統計資料最早為民國 87 年，因而若欲分析長期趨勢則因資料而受限。至於近年溫室氣體的排放為關注的議題，根據經濟部能源局二氧化碳排放量統計資料為例，統計結果為總體資料並

以各部門如交通運輸部門、住宅部門、工業等部門排放量作為分類，並無縣市排放量相關依據，因而無法納入分析。

因此，根據上述原因建議政府於能源使用及對環境衝擊、污染相關統計資料能更細化及完整，以利後續相關研究能更臻完備。

(二) 選取其他空間單元

本研究空間單元為各縣市作為區分，為考量資料取得尺度，因此選擇台灣 22 縣市作為分析單元。後續相關研究可將不同空間層級及行政自主性，可考量使用鄉鎮市區或以不同標準劃分之都會區或生活圈等，結果可能造成有所差異，除此之外亦可改善於本研究中樣本數之問題。

(三) 選取其他影響變數分析

後續研究可針對污染和能源變數選取上進行改進。污染部分如水污染部分以縣市河川水質分析則可能出現污染源和實際測得水質有地方上落差，因而可能產生評估上的誤差，又如地下水水質分析中，基隆市並未有相關統計資料使得分析上產生資料缺漏情形；能源部分，能源變數上的選取如天然氣、煤品等的使用量對於都市發展亦為重要消耗項目之一，未來研究可將可蒐集相關變數納入分析。

參考文獻

中文參考文獻

1. 專書及手冊

行政院主計處 (2009),『綠色國民所得帳編制報告』,台北。

吳濟華、何柏正(2008),『組織效率與生產力評估』,台北:前程文化事業股份有限公司。

黃書禮 (2000),『生態土地使用規劃』,台北:詹式書局。

經濟部工業局 (2004),『生態效益指標手冊』,台北。

2. 論文期刊

王肇蘭、許義忠及徐偉初,2008,「台灣地區地方政府暨生產力之評估」,應用經濟論叢,84:71-120。

李永展、陳安琪,2001,「台中都會區永續性之衡量—生態足跡分析法之應用」,『國立台灣大學建築與城鄉研究學報』1-17。

周志龍,(2000b),“地方產業經濟流動與區域發展政策”,台灣土地金融.季刊,37(3):27-46

林世強,2007,「以二氧化碳排放量探討島嶼之永續發展策略」,『地理學報』,47:39-57。

徐森雄、唐琦、陳品如、黃雅琳,2007,「台中市之都市化對於氣溫變化之影響」,『作物、環境與生物資訊』,4:307-313

章定煊、劉小蘭、尚瑞國,「我國各縣市財政支出與經營績效之研究」,『台灣土地研究』,5:45-66。

馮正民、蔡育新、吳沛儒及李洋寧,2009,「台灣國土空間結構發展之研擬與評估」,『都市與計畫』,36(3)255-279。

黃書禮及徐婉玲,2001,「台北地區都市建設代謝作用物質流分析與能值評估」,『都市與計畫』,28(2)187-209。

葉俊榮、施奕任,2005,「從學術建構到政策實踐:永續臺灣指標的發展歷程及其對制度運作影響」,『都市與計畫』,32:103-124。

鄒克萬、郭幸福、柯珮婷，2010，「評估都市土地使用變遷之自然環境效率-以永康市為例」，『都市與計畫』，37：143-165。

劉希平，2008，「VOC 自廠排放係數建立之探討與建議」，工業污染防治，116：111-138

劉怡廷、駱尚廉，2005，「環境保護永續評量系統建置方法與問題剖析」，『都市與計畫』，32：125-144

劉錦添、李武隆、林泔薇，2005，「台灣永續經濟壓力指標之回顧與探討」，『都市與計畫』，32：161-177。

蔡蕙安，2007，「南台灣產業結構調整與永續經濟發展」，『都市與計畫』，34(3)317-341。

蕭新煌、朱雲鵬、蔣本基、林俊全、紀俊傑，2005，「地方社會的永續發展之路(II)」：永續台灣 2011 研究，永續科技與政策研討會論文集。

3. 碩博士論文

王俊傑，2008，「台灣產業環境衝擊關聯分析與永續消費型態探討」，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文：台北。

王國強，2005，「台北都會區都市發展對都市能源消耗影響之研究」，國立台北大學都市計畫研究所碩士論文：台北。

王譯賢，2003，「台灣地區產業外部環境對服務業生產力影響之研究」，國立成功大學都市計畫研究所碩士論文：台南。

吳宓珊，2008，「台灣主要都市環境發展效率評估」，國立成功大學都市計畫學系研究所碩士論文：台南。

周加宗，2000，「永續性衡量工具之探討-以台北市為例」，國立政治大學地政學系碩士論文：台北。

林金祥，2002，「台灣地區都市生產者服務業空間效率之研究」，國立中山大學公共事務管理研究所：高雄。

柯佩婷，2006，「都市土地使用發展之環境績效評估—以永康市為例」，國立成功大學都市計畫學系研究所碩士論文：台南。

唐晨欣，2005，「地區差異對垃圾量與垃圾政策之影響探討」，國立政治大學地政研究所：台北。

孫革非，2010，「符合永續發展思維的電力運用」，高雄師範大學環境教育研究所碩士論文：高雄。

- 徐嫚君，2006，「考慮能源投入下之台灣各縣市總要素及部分要素及生產力」，國立交通大學經營管理研究所：新竹。
- 張伊芳，2010，「海平面上升對土地利用變遷與人口遷移影響之研究—以台北都會區為例」，國立政治大學地政學系碩士論文：台北。
- 張曜麟，1997，「台灣地區都市發展效率之研究」，國立成功大學都市計畫學系研究所碩士論文：台南。
- 許君毅，2004，「台灣地區工業用地政策與生產效率之研究」，國立政治大學博士論文：台北。
- 許佩璇，2007，「台灣都市蔓延之影響因素分析」，國立政治大學地政學系碩士論文：台北。
- 陳永坤，2008，「台灣環境永續發展評估指標之建立與應用研究」，國立成功大學資源工程學研究所博士論文：台南。
- 陳美智，2007，「都市空氣污染防治系統動態分析」，國立成功大學都市計畫學系研究所博士論文：台南。
- 麻匡復，1999，「編定工業區與都市計畫工業區開發效率之研究」，國立政治大學地政學系碩士論文：台北。
- 彭煥勛，2009，「財政分權、地方經濟成長與政府效率」，國立中山大學中國與亞太區域研究所博士論文：高雄。
- 楊智強，2008，「台灣 22 縣市之效率評估—Undesirable Output 之應用」，東吳大學經濟研究所碩士論文：台北。
- 潘慧芳，2004，「中部空氣品質區空氣品質之時空分佈特性分析」，國立中興大學環境工程研究所碩士論文：台中。
- 蔡怡君，2008，「不同地區懸浮微粒成分特徵之觀測與模擬分析研究」，國立雲林科技大學環境與安全衛生工程所碩士論文：雲林。
- 鄭婷尹，2009，「捷運、人口、產業對空氣品質之影響—以台北市為例」，國立政治大學地政學系碩士論文：台北。
- 盧怡靜，2003，「台灣地區工業部門能源消費與污染物排放關聯分析」，國立成功大學環境工程研究所碩士論文：台南。
- 賴弈錚，2003，「以生態都市觀點檢視台灣城市發展之環境課題」，國立台北大學都市計畫研究所：台北。

外文參考文獻

- Button K., 2002, "City management and urban environmental indicators," *Ecological Economics*, 40 : 217-233.
- Caneghem J. V., C. Block, H V. Hooste, C. Vandecasteele, 2010, "Eco-efficiency trends of the Flemish industry: decoupling of environmental impact from economic growth," *Journal of Cleaner Production*, 18: 1349-1357.
- Cha K., Lim S., Hur, T. 2008, "Eco-efficiency approach for global warming in the context of Kyoto Mechanism," *Ecological Economics*, 67:274-280.
- Chang P.-L., Hwang S.-N., and Cheng W.-Y., 1995, "Using Data Envelopment Analysis to Measure the Achievement and Change of Regional Development in Taiwan," *Journal of Environment Management*, 43: 49-66.
- Charmondusit K. and Keartpakpraek K., 2010, "Eco-efficiency evaluation of the petroleum and petrochemical group in the map Ta Phut Industrial Estate, Thailand," *Journal of Cleaner Production*, 1-12.
- Co[^] te R., Booth A., Louis B., 2006, "Eco-efficiency and SMEs in Nova Scotia, Canada," *Journal of Cleaner Production*, 14: 542-550.
- D. Shaw and M.-F. Hung, 2001, "Evolution and evaluation of air pollution control policy in Taiwan", *Environmental Economics and Policy Studies*, 4(3): 141-166.
- Dietz S. and Neumayer E., 2010, "Weak and strong sustainability in the SEEA," *Ecological Economics*, 61 : 617-626.
- ESCAP, 2009, "Eco-efficiency Indicators: Measuring Resource-use Efficiency and the Impact of Economic Activities on the Environment," United Nations publication.
- Fare R., Grosskopf S., Norris M. and Zhang Z., "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries," *The American Economic Review* 84(1):66-83
- Garmendia E., Pallezo R., Murillas A. , Escapa M., Gallastegui M., 2010, "Weak and strong sustainability assessment in fisheries," *Ecological Economics*, 70 : 96-106.
- Gössling S., Peeters P., Ceron J.-P., Dubois G., Patterson T., Richardson R. B., .2005, "The eco-efficiency of tourism", *Ecological Economics*, 54 : 417-434.
- Gutés M. C., "The concept of weak sustainability," *Ecological Economics*, 17:147-156.

- Hahn T, Figge, F, Liesen A, Barkemeyer R., 2010, " Opportunity cost based analysis of corporate eco-efficiency: A methodology and its application to the CO2-efficiency of German companies," *Journal of Environmental Management*, 91: 1997-2007.
- Halkos G. E., Tzeremes N. G., 2008, "Measuring regional economic efficiency: the case of Greek prefectures," *The Annals of Regional Science*, 43(1) .
- Hoffrén J. and Apajalahti E.-L., "Emergent eco-efficiency paradigm in corporate environment management," *Journal of Industrial Ecology*, 17 ; 233-243.
- Hoffren J. and Apajalahti E.-L., 2009, "Emergent Eco-Efficiency Paradigm in Corporate Environment Management," *Sustainable Development*, 17:233-243.
- Hondroyannis G., Lolos S., Papapetrou E., 2002, "Energy consumption and economic growth: assessing the evidence from Greece," *Energy Economics*, 24: 391-336.
- IPCC, 2007 , "Fourth Assessment Report(AR4) ," Cambridge University Press, Cambridge.
- Jollands N., Lermitt J., Patterson M., 2004, "Aggregate eco-efficiency indices for New Zealand—a principal component analysis," *Journal of Environmental Management*, 73:293-305.
- Kharel G.P. and Charmondusit K., 2008, " Eco-efficiency evaluation of iron rod industry in Nepal," *Journal of Cleaner Production*, 16:1379-1387.
- Kuosmanen T. and Kortelainen M., 2005, "Measuring Eco-efficiency of Production with Data Envelopment Analysis," *Journal of Industrial Ecology*, 9: 59-72.
- Li D. Z., Hui Eddie C.M., Leung Barbara Y.P., Li Q.M., Xu X., 2010, "A methodology for eco-efficiency evaluation of residential development at city level," *Building and Environment*, 45:566-573.
- Lin J., Cao B., Cui S., Wang W., Bai, X. 2010, " Evaluating the effectiveness of urban energy conservation and GHG mitigation measures: The case of Xiamen city, China," *Energy Policy*, 38 : 5123-5132.
- Lozano S., Irribarren D., Moreira M. T., Feijoo G., " The link between operational efficiency and environmental impacts : A joint application of Life Cycle

- Assessment and Data Envelopment Analyssi," *Science of Total Environment*, 407: 1744-1754.
- M. J. Farrell, 1957, "The Measurement of Productive Efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society*, 253-290.
- McD G.. Lewis, Brabec E. ,"Regional land pattern assessment: development of a resource efficiency measurement method," *Landscape and Urban Planning*, 72:281-296.
- Mickwitz P., Melanen M., Rosenstrom U., Seppälä J., 2006, "Regional eco-efficiency indicators—a participatory," *Journal of Cleaner Production* : 1603-1611.
- Patterson M. G., 1996, "What is energy efficiency," *Energy Policy*, 24(5)377-390
- Pina V., Torres L., "Analysis of the efficiency of local government services deliver. An application to urban public transport," *Transportation Research Part A*, 35: 929-944.
- Quariguasi Frota Neto J., Walther G., Bloemhof J., van Nunen J.A.E.E , "A methodology for assessing eco-efficiency in logistic networks," *European Journal of Operational Research*, 193:670-682.
- Reith C. C., Guidry M.J., 2003, " Eco-efficiency analysis of an agricultural research complex," *Journal of Environmental Management*, 68:219-229.
- Seppälä J., Melanen M., Mäenpää I., Kosleka S., Tenhunen J., and Hiltinen M.-R., "How Can the Eco-efficiency of a Region be Measured and Monitored?," *Journal of Industrial Ecology*, 9:117-130.
- Solow R. M., 1974, "Intergenerational Equity and Exhaustible Resources," *Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources*, 29-46
- Stiglitz J., 1974, "Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and Optimal Growth Path," *Review of Economic Studies, Symposium*, 123-137
- Wang Y., Liu J., Hansson I., Zhang K., Wang R., "Implementing stricter environment regulation to enhance eco-efficiency and sustainability: A case study of Shandong Province's pulp and paper industry," *Journal of Environmental Management*, xxx:1-8

- Wursthorn S., Poganietz W.-R., Schebek L., 2010 “Economic-environmental monitoring indicators for European countries: A disaggregated sector-based approach for monitoring eco-efficiency,” *Ecological Economics*, xxx-xxx.
- X. Ji, 2011, “Ecological accounting and evaluation of urban economy: Taking Beijing city as the case.” *Commun Nonlinear Sci Number Simulat*, 16:1650-1689
- Yu Y., Wen Z., 2010, “Evaluating China's urban environmental sustainability with Data Envelopment Analysis,” *Ecological Economics*, 69:1748-1755
- Zhang B., Bi, J., Fan Z., Yuan Z., Ge J., 2008, “ Eco-efficiency analysis of industrial system in China: A data envelopment analysis approach,” *Ecological Economics*, 68:306-316.
- Zhou P., Ang B.W., Poh K.L., 2008, “A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies,” *European Journal of Operational Research*,189:1-18.

網站

中華民國能源之星：

<http://www.energystar.org.tw/Chtml/WARMAIR002.htm>，取用日期：2010年12月3日。

行政院環保署：

<http://www.epa.gov.tw/ch/artshow.aspx?busin=12379&art=2009011715443552&path=12437>，取用日期：2010年12月3日

