

目錄

表目錄	i
圖目錄	ii
第一章 緒論	1
1.1、研究背景與動機	1
1.2、研究目的	2
第二章 文獻回顧	4
2.1、我國資源回收發展	4
2.2、資源回收相關文獻	6
第三章 研究方法	9
3.1、資料包絡分析 (Data Envelopment Analysis ; DEA) 相關研究方法	10
3.1.1、資料包絡分析法	10
3.1.2、DEA-Malmquist 模型	11
3.1.3、Tobit 迴歸	12
3.2、隨機邊界法 (Stochastic Frontier) 相關研究方法	13
3.2.1、一階段聯立估計法	13
3.2.2、異質性非單調隨機邊界模型 (Heteroscedasticity and Non-Monotonic Efficiency Effects of a Stochastic Frontier Model)	14
3.3、其他相關研究方法	15
3.3.1、集群分析法	15
3.3.2、主成分分析法 (Principle Component Analysis)	16
第四章 資料包絡分析實證結果	18
4.1、資料來源與變數定義	18
4.2、集群分析結果	21
4.3、資料包絡分析 (DEA) 結果	22
4.3.1、單期效率分析	22
4.3.2、跨期效率分析	25
4.3.3、Tobit 迴歸分析結果	27
第五章 隨機邊界模型 (Stochastic Frontier) 分析結果	31
5.1、主成分分析結果	31
5.2、一階段聯立估計模型	31
5.3、異質性非單調隨機邊界模型分析結果	35
5.4、隨機邊界法與資料包絡分析模型比較	43
第六章 結論與建議	45
6.1、結論	45
6.2、建議與未來研究方向	46
參考文獻	48

表目錄

表 1、機關加強辦理、資源回收工作輔導暨績效考核計畫評分表.....	3
表 2、資源回收四合一計畫內容.....	5
表 3、投入產出項說明.....	19
表 4、變數敘述統計與相關係數矩陣.....	20
表 5、Duda/Hart index 分析表.....	21
表 6、台灣各縣市集群分析結果.....	21
表 7、資料包絡分析效率結果.....	23
表 8、1999~2004 各年度資源回收效率變動分析.....	26
表 9、1999~2004 各縣市資源回收效率變動分析.....	27
表 10、Tobit 迴歸分析無效率因素.....	29
表 11、以整體技術效率為目標之目標產出.....	30
表 12、以純粹技術效率為目標之目標產出.....	30
表 13、主成分萃取結果.....	31
表 14、特徵向量.....	31
表 15、一階段聯立估計各縣市效率結果.....	32
表 16、一階段聯立估計參數估計結果.....	33
表 17、2004 年各縣市之最適產出目標.....	34
表 18、異質性非單調隨機邊界分析各縣市效率結果.....	35
表 19、異質性非單調隨機邊界參數估計結果.....	36
表 20、各環境變數分組之平均值.....	37
表 21、環境變數對無效率因子邊際效果.....	41
表 22、異質性非單調模型之目標產出.....	42
表 23、三種不同模型效率值之排序結果.....	43
表 24、Spearman 等級相關分析表.....	44

圖目錄

圖 1、歷年資源回收量變化情形.....	5
圖 2、歷年垃圾清運量變化.....	6
圖 3、各縣市 93 年度資源回收率.....	7
圖 4、研究分析流程圖.....	9
圖 5、人均所得分組之平均效率.....	38
圖 6、高等教育人口比例分組之平均效率.....	38
圖 7、老年人口比例分組之平均效率.....	39
圖 8、人口密度分組之平均效率.....	39



第一章 緒論

1.1、研究背景與動機

四十多年來，台灣經濟快速而穩健的發展，民國五十年台灣國內生產毛額為 4.02 千億元台幣（以民國八十五年價格計算），時至今日已高達 10 兆元台幣，如此優越成長的經濟表現，曾一再被國際間譽為「台灣經濟奇蹟」、「開發中國家經濟發展的典範」。確實，追求富裕是任何人類社會的理想，尤其是物質上的富裕；然而物質財富的增加必涉及自然資源投入生產的增加與消費之擴增。以國內能源消費結構為例，民國五十年國內能源最終消費為 4,094 千公秉油當量，然而民國九十二年更激增為 103,412 千公秉油當量（中華民國統計年鑑，2004）。於是乎生產過程連同消費過程兩者皆製造出越來越多的所謂廢棄質能來，構成污染公害之環境問題擴大。因此可以說，台灣地區藉由科技的進步，工商業的快速發展，創造了經濟的奇蹟，卻也伴隨產生了環境污染及生態資源永續利用疑慮問題。

「永續發展」（sustainable development）一詞近年來在國際間極受到重視，目的在使人類生存發展能與大自然相依共存，其中「資源回收再生」與「解決環境污染」更是重要的課題，也是未來的趨勢。陳雄文（2003）指出資源回收再目的在於：為促進資源永續再利用，減少污染產生、降低經濟活動對生活環境衝擊，為兼顧環境保護、經濟與能源發展。台灣地區自然資源有限，資源使用效率便為現階段永續發展的一大目標，因此垃圾廢棄物的回收再利用是亟需重視的問題。

然台灣地區自然資源有限，加上地狹人稠、工廠林立，機動車輛快速成長，造成空氣污染、垃圾污染、廢水污染、噪音污染等等嚴重的環境品質問題；其中一般民眾對於垃圾問題特別敏感。根據環保署資料統計，台灣地區民國八十六年以前平均值垃圾年增率達 6%。過去垃圾處理方式皆以掩埋與焚化為主，雖然近年來垃圾量已有逐年減少的趨勢，但已感受到垃圾掩埋場、焚化爐之不敷使用。民國八十二年大型焚化場將陸續完工，根據「垃圾處理方案」之規定，配合都會區之發展，國內一般廢棄物將以焚化為主，預計於九十四年垃圾焚化處理率達 70%。然而隨著垃圾焚化比率升高，焚化後灰渣量每年約 111 萬公噸，目前灰渣均以掩埋處理，為受限於各地既有掩埋場容積不足及新掩埋場闢建不易之影響，已造成各焚化廠正常操作時之隱憂（陳雄文，2003）。

不過實際上垃圾中可回收資源量佔了不小的比例，根據環保署統計，台灣地區垃圾中可回收資源約佔了總量的 40%，包括：紙類、塑膠類、金屬類、玻璃類等。過去這些資源常被視為一般垃圾丟棄，不但會造成資源的極度浪費，也為垃圾處理上的一大負擔；由此可知，為了達到垃圾減量以及降低掩埋、焚化之處理成本，施行「資源回收」

政策是勢在必行。民國七十八年環保署正式推動資源回收政策，並於民國八十六年修正廢棄物清理法後，積極推動「資源四合一」回收計畫，全面結合社區民眾、回收商、地方政府及回收基金進行資源回收，以期達到垃圾減量與永續發展之綜效。

1.2、研究目的

自民國八十六年推動資源回收四合一政策後，各縣市資源回收成效逐年遞增。然目前尚未有一客觀評估各縣市資源回收績效的標準，雖然近年來行政院環保署制訂「全國執行機關辦理資源回收績效評比方法」，不過該評估方式以 14 項評分標準（表 1）來評估回收績效，在評分上面臨到主觀認定。有鑑於此，希望透過本研究來達成以下目的：

- 1、嘗試建立客觀「投入—產出」模型，來評估各縣市資源回收績效表現。
- 2、瞭解各縣市環保機關績效變化情形。
- 3、瞭解各縣市環保機關發生無效率之原因。
- 4、嘗試提出供執行機關參考之改善目標。



表1 機關加強辦理、資源回收工作輔導暨績效考核計畫評分

項次	考核項目	配分	評分標準					總分	備註
			特優	優	普通	待改進	差		
壹	1、全面實施每週至少隨垃圾車回收資源回收物質二次—權重10%。 2、協助社區、學校、機關、民間團體辦理資源回收工作—權重5%。 3、有效提昇資源回收率—權重10%。 4、社區、學校、機關及團體資源回收量、回收率必須由環保局提供憑證(影本)，供評選委員參考，資料不實或未依規定提報者，將刪減該項評定分數。	25分							全面隨垃圾車回收資源回收物質二次以上者10分，以下者依實施區域比例給分。協助社區、學校、機關、團體部分依實施狀況給分。資源回收率10%以上者10分，以下者依比例減分，並應確認其數據品質。第4項依評定結果乘以第1項加第2項加第3項，應得權重為該項權重應得之分數(第1項+第2項+第3項)*第4項實施狀況=第壹大項實際得分
貳	5、「一般廢棄物分類回收及清除辦法」之實施成果—權重10% 6、降低垃圾量(含限用政策實施成果)—權重15% 7、垃圾量應請環保局提報具體資料逕行分析，確保資料之正確性，資料不實或未依規定提報者，將刪減該項評定分數。	25分							稽查取締100件以上者10分，以下依比例給分。總垃圾減量10%以上者10分，以下依比例給分，並應確認其數據品質。第7項評定結果乘以第5項加第6項應得權重為該項權重應得之分數。(第5項+第6項)*第7項實施狀況=第貳大項實際得分。
參	8、「一般廢棄物分類回收及清除辦法」及連鎖超商、超市、量販店等稽查取締—權重5%。 9、容器商品回收標誌及回收獎勵金標示重點稽查取締及責任業者告發處分執行成果—權重10% 10、清潔隊員在職教育工作—權重5%。	20分							依實際狀況給分。
肆	11、有效運用資源回收車及相關設施—權重10%。 12、有效運用資源回收變賣所得款項—權重5%。	10分							有效運用機具設施者5分，以下者依實施狀況給分。依運用辦法實施者3分，以下者依實施狀況給分，有實際績效者2分。
伍	13、辦理廢機動車輛查報，張貼及拖吊回收工作，建立資源回收制度，做法創新—權重10%。	10分							依實際狀況給分。
陸	14、其他(含廚餘回收處理)—權重10%。	10分							依行政配合狀況及其他協助事項給分。

依實施狀況給分：特優—權重*100%、優—權重*80%、普通—權重*60%、待改善—權重*40%，差—權重*20%

資料來源：環保署基管會

第二章 文獻回顧

2.1、我國資源回收發展

國內最早期資源回收工作，長久以來多由民眾自發性進行，即為俗稱之拾荒業者。民國七十七年「廢棄物清理法」修定時，為積極進行資源回收並避免拾荒業者於進行資源回收過程中，因不當之行為造成環境污染，故於廢棄物清理法中增訂第十條之一，對於資源回收相關事項進行規範，開始改由政府公告強制回收方式（吳南明等，2000）。自民國七十八年至今，吳南明等（2000）認為台灣資源回收制度演進可以分為四個階段：

1、民辦民營階段（民國七十八年一月至八十三年四月）

這個階段的資源回收工作，是環保署透過（1）公告回收項目、應負責回收之業者範圍；（2）訂定發佈回收清除處理辦法；（3）逐年訂定應達成之回收率等三程序逐步執行資源回收工作。該階段中，業者以合組共同回收處理組織之方式自主進行，而政府則扮演監督、管理者的角色。

2、間接式公辦民營階段（民國八十三年四月至八十五年十二月）

此階段資源回收工作，除由上述業者合組回收處理組織進行外，政府也於民國八十三年十月公告「廢機動車輛回收清除處理辦法」中取消業者可自組共同組織之條款，並將廢機動車輛之回收全部交由政府成立的財團法人「一般廢棄物回收清除處理基金會」執行。此階段亦稱作整合階段，走向政府間接介入執行回收之方式。

3、直接式公辦民營階段（民國八十六年一月至八十七年六月）

這是資源回收轉型階段。環保署為推動資源回收「四合一」改革計畫，大幅修改廢棄物清理法，其調整方向包括：（1）擴大適用範圍；（2）回收責任由業者自律改為中央主管機關他律；（3）費率訂定原則明確化；（4）加重罰則。此階段廢除原先由業者自組織共同組織，由政府成立直接主管之資源回收管理基金，強制業者加入，並分別設置八個基金管理委員會，由其負責推動資源回收工作並對基金負保管運用之責。

4、公辦公營階段（民國八十七年七月至今）

由於立法院認為回收清除處理具「公課」性質，應納入政府預算並接受立法院監督，因此在院會時通過決議將資源回收管理基金會納入政府預算，並接受國會監督。同時在上個階段成立的八個公辦民營基金管理委員會，亦於民國八十七年七月一日統籌納入環保署所成立之「資源回收管理基金委員會」下，轉型為「公辦公營」之型態。

然而實際上前三個階段始終成效不彰，直自四合一資源回收計畫（表 2）實施後，才逐漸有顯著的成果。根據環保署統計，四合一計畫執行至今，資源回收量為逐年增加（圖 1）、而垃圾量則是逐年減少（圖 2），顯示出目前資源回收制度已有不錯之成效。

表 2 資源回收四合一計畫內容

<p>1. 社區民眾方面</p> <p>(1) 推廣家戶垃圾分類回收</p> <p>(2) 依據廢清法公告，垃圾必須分類後始得排出</p>	<p>2. 回收業者方面</p> <p>(1) 鼓勵民間企業發展</p> <p>(2) 向民眾、社區與清潔隊收購資源物質</p>
<p>3. 地方政府方面</p> <p>(1) 每週回收資源物質兩次</p> <p>(2) 變賣所得一定比例回饋參與之民眾及工作人員</p> <p>(3) 回饋獎勵制度鼓勵民眾社區參與資源回收</p> <p>(4) 變賣所得至少 30%回饋參與回收之社區團體</p>	<p>4. 回收基金方面</p> <p>(1) 建立有效回收制度</p> <p>(2) 規範回收為製造、輸入、販賣業者之責</p> <p>(3) 挹注經費推動前三者執行</p>

資料來源：環保署；廖金環（2003）

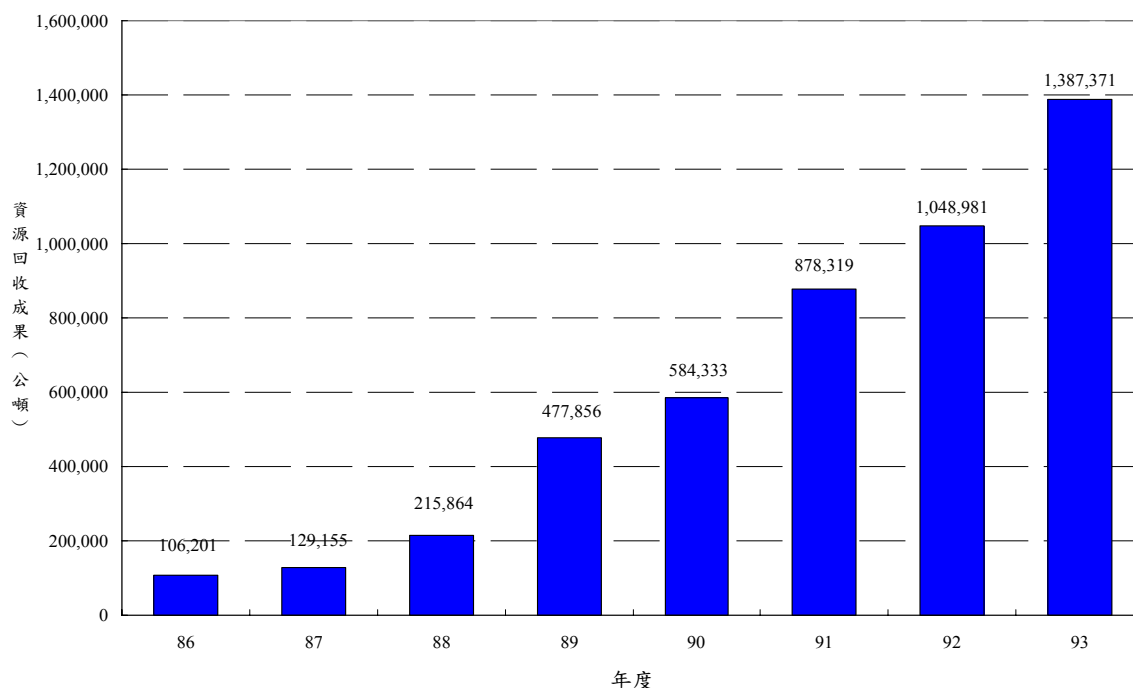


圖 1 歷年資源回收量變化情形

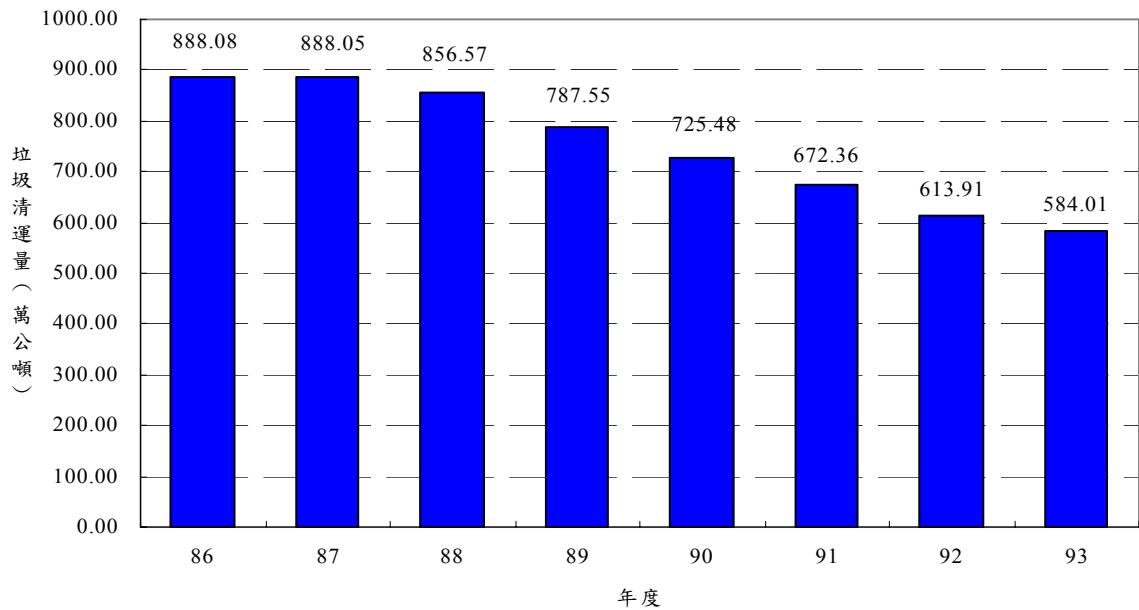


圖 2 歷年垃圾清運量變化



2.2、資源回收相關文獻

過去有關國內、外資源回收之研究主要有三大方向：第一是從制度面探討資源回收計畫 (Folz, 1999; 張瓊婷, 1999; 吳南明等, 2000; 柏雲昌, 2000)，探討政策制度的利弊得失；第二是作業方法上的分析 (Sibley and Butterman, 1995; 陳志恆, 2001; 陳雄文, 2003)；第三則是從個人或家計單位角度研究資源回收行為 (Carcés et al., 2002; 葉國樑等, 2000)。較少談及與分析到各縣市資源回收方面的成效。然而仔細檢視各縣市單位之資源回收統計結果，其實可以發現各縣市環保單位回收成效之間有很明顯的差異：依據環保署統計，2004 年資源回收率最高的台北市達 31.15%，但最低的嘉義市則僅有 7.27% (圖 3)；這在在顯示了台灣地區各縣市資源回收績效上存在了極大的差異，意味著分析各縣市回收績效有其重要性。Worthington and Dollery (2002) 也認為研究地方行政系統的效率對於民眾服務、都市計畫、經濟、社會及環境發展是必要的，因此研究地方政府廢棄物管理效率對未來環境管理績效是相當地重要。

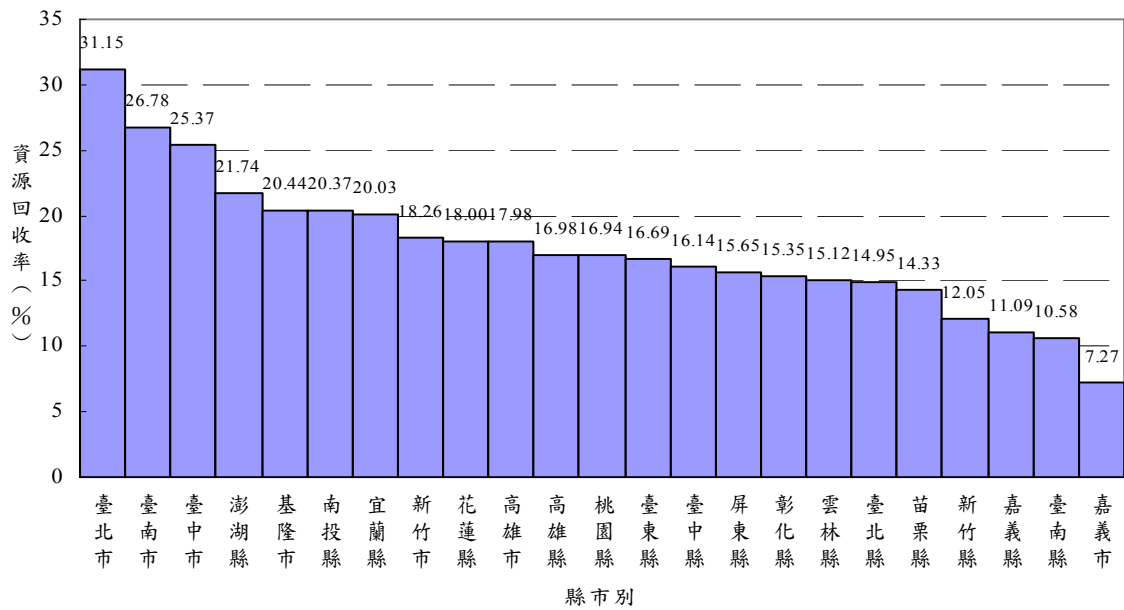


圖 3 各縣市 93 年度資源回收率

蔣立中 (2001) 認為各縣市在資源回收工作的施行方式與條件有明顯差異，導致回收成效因地而異，故該研究探討國內主要都市資源回收施行方式與成效間之關係，並探討施行制度、機具設施等因子對資源回收成效的影響。研究結果發現國內主要都市的資源回收成效差異極大；並認為政策制度面上的差異對資源回收率有很大的影響力，採取較積極的強制措施或提高垃圾清除處理費，對垃圾回收率可有效大幅提升。不過其討論範圍僅限於六個主要都市，未能涵蓋整個台灣各縣市，且僅是以敘述性統計在分析上有些薄弱。

其實近年來行政院環保署制訂「全國執行機關辦理資源回收績效評比方法」，依照台灣各縣市環境背景（各縣市的行政組織、污染負荷及執行人力與困難度）分為三組進行績效評比。此法優點在於考量到各縣市相關背景，使績效評比不致因縣市規模差異而有所偏誤；但其缺點在於未能將「投入—產出」的概念納入，意即單就回收成果與主觀標準做評估卻沒有考慮到人力、機具或是經費投入為免有失公允。

廖金環 (2003) 考慮到投入、產出架構，以民國九十一年資料，利用灰色關連結合資料包絡分析法建構資源回收績效評估指標。其產出項為垃圾清運量與資源回收量，投入項變數為垃圾處理人力、垃圾處理車輛、垃圾管理經費。研究結果發現垃圾清運量與回收量大的縣市（如：台北縣）的效率較高，而澎湖縣等縣市績效評比則落後。不過該研究並未考慮各縣市相關環境背景，且以總量為產出項，對規模較小的縣市或許有失公平。

Lozano et al. (2004) 以產出導向資料包絡分析法分析西班牙都市的玻璃回收績效。該研究以玻璃容器回收量為單一產出，人口、餐廳數量為投入。該研究同樣以總量的觀念進行評估，且僅以玻璃回收為產出可能無法達到全面性的評估結果。

Worthington and Dollery (2001) 以資料包絡分析模型分析澳洲 New South Wales 地方政府資源回收效率。該研究選取六項投入變數，包括執行頻率、都市密度、人口分佈、廢棄物排放成本指標、總回收成本、地方政府資產，以及三項產出變數（垃圾處理量、垃圾回收量與回收率）分析，並且以均數檢定來分析不同類型地方政府之間回收效率的差異。

Worthington and Dollery (2002) 以單一投入（回收支出）、四產出（回收執行次數、垃圾處理量、回收量、資源回收率）資料包絡分析模型分析澳洲 New South Wales 地方政府回收效率，並且以 Malmquist 指標分析效率以及生產力的變化情形。雖然該研究依據區域分 11 個子群體分別分析地方政府效率，但其重點放在效率在兩期間的變化卻忽略可能影響效率的環境因素，這對管理者未來行政目標會有所限制。

有鑑於上述問題，本文將以台灣各縣市為研究對象，嘗試以資料包絡分析法以及隨機邊界法（stochastic frontier；SF）評估 1998 年至 2004 年間各縣市環保機關之資源回收效率、各縣市環保機關效率變化情形、並瞭解各縣市環保機關發生無效率之原因及其改善目標。



第三章 研究方法

本研究之目的在於建立適當之投入—產出模型，以評估臺灣各縣市資源回收績效表現。本研究分析流程如圖 4 所示：

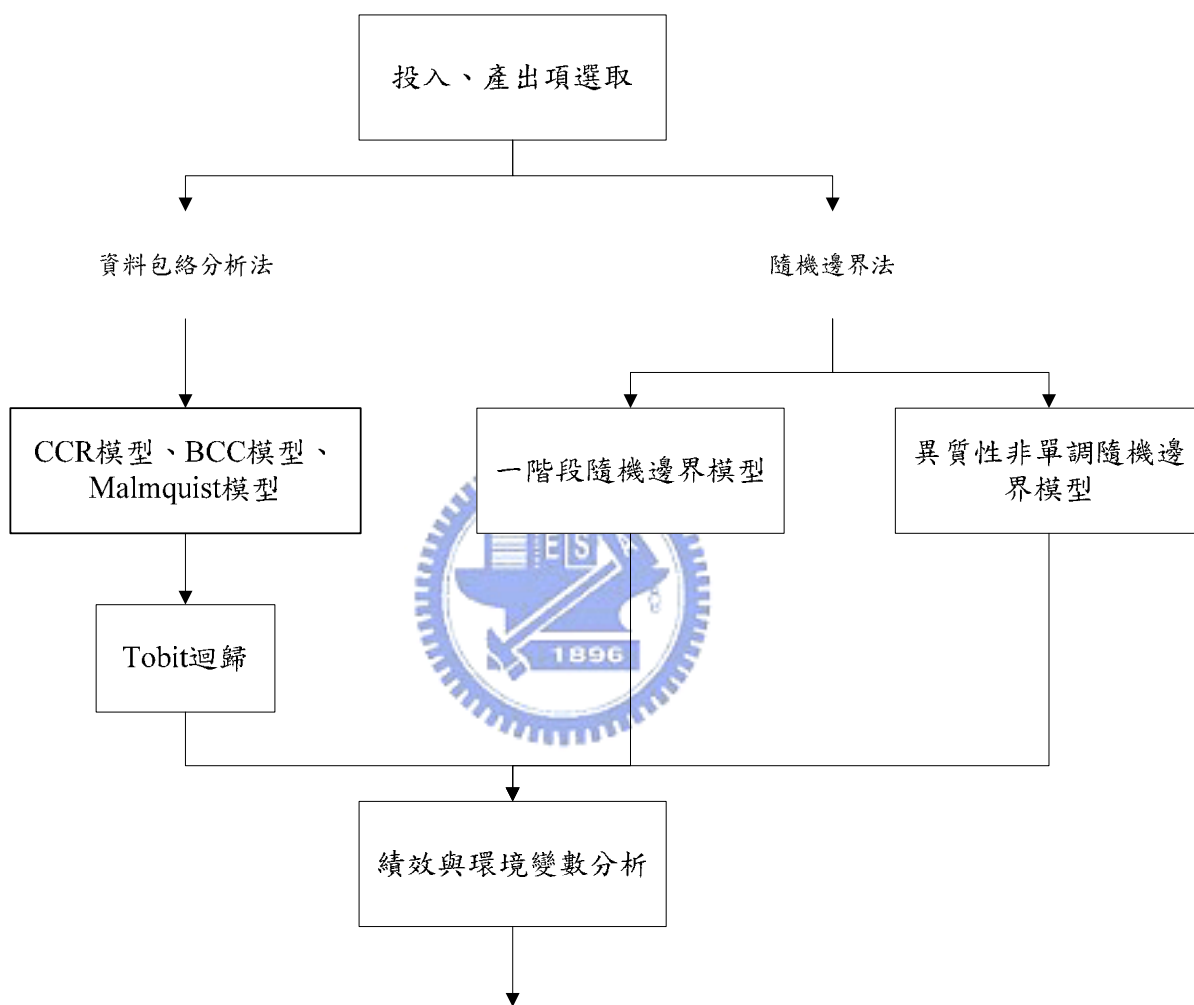


圖 4 研究分析流程圖

本文研究流程將是先選取適當之投入產出變數後，分為兩個主要分析方法（資料包絡分析法、隨機邊界法）來做回收績效之評估，同時也會探討環境變數對於績效的影響，最後做出結論以及建議。其中投入產出項選取、績效與環境變數分析，將於第四章說明；結論與建議則會在第五章提出。資料包絡分析方法（CCR 模型、BCC 模型、Malmquist 模型）、隨機邊界法（一階段隨機邊界模型、異質性非單調隨機邊界模型）及其他相關分析法將詳述於下：

3.1、資料包絡分析 (Data Envelopment Analysis ; DEA) 相關研究方法

3.1.1、資料包絡分析法

Farrel (1957) 從成本極小化問題出發，將經濟 (成本) 效率分解成技術 (生產) 效率與配置效率。Charnes et al. (1978) 便由 Farrel 的觀念為基礎以線性規劃 (linear programming ; LP) 方法求解效率，發展出 CCR 模型，也就是現在的資料包絡分析法。一般在使用 DEA 模型中，可以選擇採用投入導向 (input orientation) 與產出導向 (output orientation) 兩種型式，前者是在既有的產出量之下，以最小投入量的方式進行效率評估；後者則著重於現有投入資源的限制下，以最大產出量來比較決策單位效率之高低。研究中應該視研究變數、社會環境背景來決定採用何種型式；而在本研究中選取的變數 (例如：教育宣導、環保人力、經費) 在社會輿論壓力下，環保機關較難以直接控制，故本研究採用產出導向的 CCR 模型，其以求出在現有人力、物力下最佳之資源回收表現。假設 N 個決策單位 (decision making unit ; DMU，在本研究為某縣市) 有 K 個投入、M 個產出項，其對第 i 個決策單位之線性規劃求解效率如下 (Charnes et al., 1978) :

$$\begin{aligned} & \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ & \text{s.t.} \quad -\phi y_i + Y \lambda \geq 0, \\ & \quad \quad x_i - X \lambda \geq 0, \\ & \quad \quad \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{1}$$

其中 X 為 K×N 的投入矩陣、Y 為 M×N 的產出矩陣；而 ϕ 為一純量並定義 $1/\phi$ 為效率值，介於 0 至 1 之間； λ 為 N×1 的向量，代表第 i 個 DMU 對其他 DMU 的模仿權重。此 CCR 模型在本研究中以 Coelli 教授提供之 DEAP 2.1 軟體來分析之，針對個別 DMU 分別求出該線性規劃求解式中的參數。

上述 CCR 模型中假設固定規模報酬，而 Banker et al. (1984) 將該模型假設放寬，允許變動規模報酬之生產技術，一般稱為 BCC 模型。假設 N 個 DMU 有 K 個投入、M 個產出項，其對第 i 個決策單位之線性規劃求解效率如下 (Banker et al., 1984) :

$$\begin{aligned} & \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ & \text{s.t.} \quad -\phi y_i + Y \lambda \geq 0, \\ & \quad \quad x_i - X \lambda \geq 0, \\ & \quad \quad N1' \lambda = 1, \\ & \quad \quad \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{2}$$

其中參數定義與 CCR 模型相同：X 為 K×N 的投入矩陣、Y 為 M×N 的產出矩陣；而 ϕ 為一純量並定義 $1/\phi$ 為效率值，介於 0 至 1 之間； λ 為 N×1 的向量，代表第 i 個 DMU 對其他 DMU 的模仿權重；本模型多了一條限制式，即同時限制第 i 個 DMU 對其他 DMU 的模仿權重和為 1。此 BCC 模型在本研究中亦用 DEAP XP 軟體來進行分析。需要注意的是，允許變動規模報酬的 BCC 模型所得到之效率一般稱為純粹技術效率（pure technical efficiency；PTE），而固定規模報酬的 CCR 模型所得到之效率一般稱為整體技術效率（overall technical efficiency；OTE）。PTE 與 OTE 之間的比例關係可稱為規模效率（scale efficiency；SE），其關係式如下：

$$SE = \frac{OTE}{PTE} \quad (3)$$

所謂規模效率係指，在某一既定產出水準與最適規模邊界的距離。其中 SE=1 表示決策單位正位於最適規模效率水準，SE<1 則表示決策單位處於規模無效率狀態。

3.1.2、DEA-Malmquist 模型

由於上述 DEA 模型（CCR 與 BCC 模型）只能針對單一年度各個決策單位予以比較，而無法以連續數個年度作縱斷面的分析，故本研究採用 DEA 所延伸出之產出導向的 Malmquist 總要素生產力指標。並求出技術效率變動（technical efficiency change）、技術變動（technological change）、純粹技術效率變動（pure technical efficiency change）、規模效率變動（scale efficiency change）、生產力變動（total factor productivity（TFP）change）等 Malmquist 生產力指數，來評估各縣市歷年的回收效率變動情況。

DEA-Malmquist 模型估算方法乃是依據 Färe et al.（1994）所提出之模型，在固定規模報酬下生產力變動可以分解為技術變動與整體技術效率變動。技術變動可表示為：

$$\text{技術變動 (TECHCH)} = \left[\frac{d_o^s(y_t, x_t)}{d_o^t(y_t, x_t)} \times \frac{d_o^s(y_s, x_s)}{d_o^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (4)$$

其中 $d_o^s(y_s, x_s)$ 為基期 s 產出距離函數， $d_o^t(y_t, x_t)$ 為第 t 期產出距離函數， $d_o^t(y_s, x_s)$ 為以基期投入產出為基準衡量的第 t 之產出距離函數， $d_o^s(y_t, x_t)$ 為以第 t 期投入產出為基準衡量的基期之產出距離函數。而整體技術效率變動之計算如下：

$$\text{整體技術效率變動 (OTECH)} = \frac{d_o^t(y_t, x_t)}{d_o^s(y_s, x_s)} \quad (5)$$

若將固定規模報酬假設放寬，允許變動規模報酬之生產函數，則可求出純粹技術效率變動，如下式：

$$\text{純粹技術效率變動 (PTECH)} = \frac{d_v^t(y_t, x_t)}{d_v^s(y_s, x_s)} \quad (6)$$

其中 $d_v^t(y_t, x_t)$ 為第 t 期變動規模報酬的產出距離函數， $d_v^s(y_s, x_s)$ 為基期變動規模報酬下產出距離函數。至於規模效率變動 (SECH) 便可由 (5)、(6) 兩式相除獲得：

$$\text{SECH} = \frac{\text{OTECH}}{\text{PTECH}} \quad (7)$$

本文採用 DEAP 2.1 軟體求各種效率變動值，而本研究僅就技術效率變動、純粹技術效率變動與規模效率變動做探討，以作為之後各縣市資源回收績效的變動比較。

3.1.3、Tobit 迴歸

本研究欲進一步探討影響效率之因子，Coelli et al. (1998) 建議引入 Tobit 迴歸來分析。在線性迴歸模式中，整個樣本所有變項的值都是已知，當依變項的資料不完整，例如設限 (censoring)、截尾 (truncation)，統稱為受限結果 (limited outcome)。此若以最小平方法去估計參數，會發生偏誤 (biased) 與不一致性 (inconsistent) 的現象。由於本研究中 DEA 分析結果之效率值介於 0 至 1 之間，故應以設限模型 (censored samples model) 去估計，因此本研究採用限制的 Tobit 迴歸模型來分析。Tobit 迴歸為 Tobin (1958) 所提出，其標準的 Tobit 迴歸模型如下：

$$Y_t = \begin{cases} \alpha + \beta X_t + u_t & \text{if } Y_t > 0 \text{ or } u_t > -\alpha - \beta X_t \\ 0 & \text{if } Y_t \leq 0 \text{ or } u_t \leq -\alpha - \beta X_t \end{cases} \quad (8)$$

上式中， Y_t 為依變項，在本研究中操作上定義為「效率值倒數減 1」，其變項分佈範圍從 $0 \sim +\infty$ ； X_t 為自變項，在本研究中為影響無效率因子的環境變數； u_t 為服從 i.i.d. 之常態分配。本研究利用 Stata 9.0 統計軟體分析之。

3.2、隨機邊界法（Stochastic Frontier）相關研究方法

3.2.1、一階段聯立估計法

隨機邊界法是由 Aigner et al. (1977) 與 Meeusen and van der Broeck (1977) 同時發展出來的模型，修正了過去 Aigner and Chu (1968) 對於生產函數為確定性邊界的假設。有關確定性邊界法，均假設廠商面對相同的技術水準，存在一共同生產邊界，任何產出差異皆因個別廠商的生產技術相對於生產邊界是否有效率，並認為誤差項的產生均肇因於人為錯誤，如技術水準、訊息不足或管理失當等，但是 Meeusen and van dan Breck (1977) 認為將產出之誤差項歸於人為管理或技術之差異，未考慮自然環境因素對產出所造成之影響，此較不合理，因此隨機邊界之研究者將不可控制的隨機因素加以考慮，以組合誤差之型式進行分析，一部份是廠商無法控制之對稱性常態干擾項 (v)，假設成常態分配；另一部份則為衡量技術無效率之項目 (u)，技術無效率分配假設為單邊性質的半常態或截斷式分配。假設有 N 個決策單位， K 種投入，則該隨機邊界生產模型 (stochastic frontier production model) 如下：

$$\ln(y_i) = x_i\beta + v_i - u_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (9)$$

其中 y_i 為實際產出、 x_i 為 $(K+1)$ 列之向量投入要素（已取對數）、 β 為 $(K+1)$ 欄之待估計參數向量、 v_i 為可正可負之隨機干擾項 (random shock) 是廠商無法控制， v_i 服從 i.i.d. 之常態分配； u_i 為非負的技術無效率因子，假設為單邊性質的半常態或截斷式分配。若假設則廠商的生產技術效率 (technical efficiency; TE) 可表示為：

$$TE_i = \exp(-u_i) \quad (10)$$

由於隨機邊界法並不強迫 β 係數和為 1（在不考慮交叉項下），故該生產函數為可變動規模報酬之生產函數，則由隨機邊界法所求得的技术效率，應與 DEA 中的純粹技術效率 (PTE) 相同概念。這也是之後本研究會將兩者作一比較之基礎。

隨機邊界模型之後被許多學者延伸至縱橫面資料 (panel data) 以探討各家廠商跨期間的效率表現：較早期的模型 (Pitt and Lee, 1981; Schmidt and Sickles, 1984) 是認為技術無效率因子在跨期間是不變的 (time invariant)；但這假設在現實中未必能滿足，因此亦有學者將模型修正為技術無效率因子會隨時間改變 (time-varying inefficiency model) (Battese and Coelli, 1992; Lee and Schmidt, 1993)。至於其他外在可能影響無效率因子的變數，Battese and Coelli (1995) 將模型延伸出一階段聯立估計模型，來分析外在環境變數對無效率的影響，不再只侷限於時間因子的影響，其方法為下列兩式聯立估計：

$$\ln(y_{it}) = x_{it}\beta + v_{it} - u_{it} \quad v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2), u_{it} \sim N^+(\mu_{it}, \sigma_{it}^2) \quad (11)$$

$$\mu_{it} = Z_{it}\delta \quad (12)$$

上式中 (11) 與 (9) 相同，而 (12) 式中 μ_{it} 為無效率因子 u_{it} 的平均數， Z_{it} 為外在環境變數， δ 為待估計參數。以 (11)、(12) 兩式聯立估計生產函數及影響無效率之因素。而一階段聯立估計在本研究中乃是利用 FRONTIER Version 4.1 來計算。

3.2.2、異質性非單調隨機邊界模型 (Heteroscedasticity and Non-Monotonic Efficiency Effects of a Stochastic Frontier Model)

變異數異質性問題 (heteroscedasticity) 常會影響線性迴歸模型估計上的有效與否，而此問題在隨機邊界模型中，也會導致估計上的偏誤 (Wang, 2003)。由於無效率因子 u_{it} 服從半常態分配或截斷式分配，平均數為 μ_{it} 、變異數為 σ_{it}^2 ；在操作上可以透過設定平均數及變異數不為常數來避免異質性問題：Kumbhakar et al. (1991)、Huang and Liu (1994) 以及 Battese and Coelli (1995) 的模型中都設定 μ_{it} 會因為觀察體不同而改變；Caudill et al. (1995) 則是假設 μ_{it} 固定，而 σ_{it}^2 則會隨著觀察體不同而改變。有鑑於此，Wang (2002) 結合過去傳統隨機邊界模型與上述學者的模型，提出 μ_{it} 、 σ_{it}^2 皆可隨著觀察體不同而改變的模型，進而提出異質性非單調隨機邊界模型。該模型較傳統的隨機邊界模型，增加考慮無效率因子的變異數存在「異質性」，不再假設無效率因子同質性變異數。同時傳統討論環境變數對無效率因子影響時，都是假設所有 DMU 面對系統性的無效率因子遞增或遞減，即所謂單調遞增或單調遞減，Wang (2002) 衍生的異質性非單調隨機邊界模型則可以考慮到環境變數對無效率因子的邊際效果，不再假設環境變數對無效率因子的系統性影響。其模型先以下列式子求取參數：

$$\begin{aligned} \ln(y_{it}) &= x_{it}\beta + v_{it} - u_{it} \quad v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2), u_{it} \sim N^+(\mu_{it}, \sigma_{it}^2) \\ \mu_{it} &= Z_{it}\delta \\ \sigma_{it}^2 &= \exp(Z_{it}\gamma) \end{aligned} \quad (13)$$

σ_{it}^2 為無效率因子 u_{it} 的變異數， Z_{it} 為外在環境變數， γ 為外在環境變數對變異數的影響效果，其他參數定義同一階段聯立估計法中 (11)、(12) 兩式。由於並無現成軟體可以進行計算，因此本研究參考 Wang (2002) 提供之最大概似函數，以 Stata 9.0 軟體估計之。其概似函數如下：

$$\ln[f(y_{it})] = -\frac{1}{2}\ln(\sigma_v^2 + \sigma_{it}^2) + \ln\left[\phi\left(\frac{y_{it} - X_{it}\beta + \mu_{it}}{\sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_{it}^2}}\right)\right] - \ln\left[\Phi\left(\frac{\mu_{it}}{\sigma_{it}}\right)\right] + \ln\left[\Phi\left(\frac{\tilde{\mu}_{it}}{\tilde{\sigma}_{it}}\right)\right] \quad (14)$$

$$\tilde{\mu}_{it} = \frac{\sigma_v^2 \mu_{it} - \sigma_{it}^2 (y_{it} - X_{it}\beta)}{\sigma_v^2 + \sigma_{it}^2} \quad (15)$$

$$\tilde{\sigma}_{it}^2 = \frac{\sigma_v^2 \sigma_{it}^2}{\sigma_v^2 + \sigma_{it}^2} \quad (16)$$

其中 ϕ 與 Φ 分別為標準常態分配機率密度與累積密度函數。估計出參數後再以下列式子計算環境變數對無效率因子的邊際效果：

$$\frac{\partial E(u_{it})}{\partial z[j]} = \delta[j] \left[1 - \Lambda \left[\frac{\phi(\Lambda)}{\Phi(\Lambda)} \right] - \left[\frac{\phi(\Lambda)}{\Phi(\Lambda)} \right]^2 \right] + \gamma[j] \frac{\sigma_{it}}{2} \left[(1 + \Lambda^2) \left[\frac{\phi(\Lambda)}{\Phi(\Lambda)} \right] + \Lambda \left[\frac{\phi(\Lambda)}{\Phi(\Lambda)} \right]^2 \right] \quad (17)$$

上式中， $\Lambda = \mu_{it} / \sigma_{it}$ ， $z[j]$ 為 Z （外在環境變數）的第 j 個環境變數對無效率因子平均數的邊際效果 $\delta[j]$ 、 $\gamma[j]$ 為第 k 個變數相對應的係數向量。同樣以 Stata 9.0 計算之。至於外在環境變數對於無效率因子變異數的邊際效果，在本研究中較不具實際上的解釋意義，故在本文中不加以討論。

3.3、其他相關研究方法

3.3.1、集群分析法

在進行資料包絡分析及隨機邊界模型之前，本研究先以集群分析將 23 縣市分為數群同質性高的群組。其主要目的乃是因為本文除了評估各縣市的回收績效外，還希望能夠給予各縣市未來回收工作上的努力目標；以上努力目標有二：第一，建議各縣市學習的對象（即同一集群中績效最高者）、第二，提供各縣市未來制訂資源回收率目標值。因此在學習對象建議上若沒有進行集群分析，則可能會出現澎湖縣應模仿台北市如此不實際之結論。

集群分析是一種邏輯程序，探討如何將欲測對象分為類似的群體。其最主要目的，乃是利用客觀的計量方法，將事物根據某些屬性歸集在各個群體之中，使得在同一個集群內的事物都具有相同的特性（homogeneity），而在不同的集群之間卻有顯著。集群分

析的運算方法眾多，主要可以分為兩大類：(1)階層式(hierarchical)的集群分析；(2)非階層式(non-hierarchical)的集群分析。而此兩種方法主要的不同在於非階層式集群分析法中元素在不同階段可能被重新分派到不同的族群；而在階層式集群分析法中，一旦元素被分派到某一族群時，就不可能再被分派到其他族群中。另外非階層式集群分析法中必須事先確定分群數目；而在階層式集群分析法中並不需要。

為結合兩種方法的優點，並消弭兩者的缺點，本研究嘗試先以階層式集群法中的 Ward's method (又稱最小變異法) 確定分群數目，再以非階層式集群法中的 K-means method 做最後分群結果，旨在將臺灣各縣市作一分群，以便後續分析。以下分別簡單介紹 Ward's method 與 K-means method：

Ward's method—該法先將所有事物均視為群集，然後依據為群集之組內總變異量最小者優先進行合併，越早合併表示相似度越高。

K-means method—該方法主要有三個步驟，(1)將各個觀察體分割成 K 個原始集群；(2)計算某一觀察體到各集群中心(平均數)距離(通常採用歐氏距離)，接著將一些觀察體分派到距離最近的那個集群，最後則重新計算得到新觀察體及喪失該等觀察體的兩個集群之新中心；重複第二步驟，直到各觀察體都不必重新分派到其他集群為止。

集群分析在本研究中同樣是以 Stata 9.0 軟體分析。

3.3.2、主成分分析法 (Principle Component Analysis)

由於本文中的隨機邊界模型難以處理多產出的分析，故為與資料包絡分析法作一比較，便事先以主成分分析法將多產出組合成單一產出指標，以便隨機邊界法之分析。實際上主成份分析之主要目的乃是希望用較少的變數去解釋原來資料中的大部分變異，亦即期望能將我們手中許多相關性很高的變數以線性組合轉化成彼此互相獨立的變數，能由其中選取較原始變數個數少，並能解釋大部分資料之變異的幾個新變數，也就是所謂的主成份，而這幾個主成份也就成為我們用來解釋資料的總和性指標。

假設研究中有 K 個原始變數 (X_1, X_2, \dots, X_k)，則主成分分析所建構之模式為 K 個原始變數的線性組合，方程式如下：

$$\begin{aligned}
Y_1 &= w_{11}X_1 + w_{12}X_2 + \dots + w_{1k}X_k \\
Y_2 &= w_{21}X_1 + w_{22}X_2 + \dots + w_{2k}X_k \\
&\vdots \\
&\vdots \\
&\vdots \\
Y_p &= w_{p1}X_1 + w_{p2}X_2 + \dots + w_{pk}X_k \quad k=1,2,\dots,K
\end{aligned}
\tag{18}$$

其中， Y_1 、 Y_2 稱為第一主成分、第二主成分，以此類推至第 p 主成分（有 K 個原始變數將可建構出 K 個主成分）； X_k 代表第 K 個原始變數； w_k 為第 K 個原始變數之線性組合權重，又稱主成分權重。通常原始資料有 K 個 X 變數時，經過轉換後，仍可找出 K 個出來，然而原本我們最多只選擇 p 個主成分（ $p \leq K$ ），希望此愈小愈好，但解釋能力卻能達到約 80% 以上。除此之外， p 個主成分與原來的 K 個變數 X ，最大之差別乃是：原本之變數群中，多為彼此相關連的變數，而經過線性轉換後所產生的 p 個主成分則為彼此獨立之新變數。



第四章 資料包絡分析實證結果

4.1、資料來源與變數定義

DEA 乃是衡量決策單位 (decision making unit; DMU) 多投入與多產出項之績效評估方法。不過在應用 DEA 評估之前，必須考量到重要的細節：投入產出項的篩選，至少投入產出項之間不能違反同向性。若以上細節沒有顧及到，則將會扭曲效率評估的結果。有鑑於此，在投入產出項的篩選上，將參考之前學者作過資源回收成果影響因子研究，再以相關分析找出適當的投入產出項。接著才進行 DEA 分析各縣市的資源回收效率。

有關產出項選取方面，Worthington and Dollery (2001) 以垃圾處理量、垃圾回收量與回收率作為產出項；而廖金環 (2003) 以垃圾清運量與資源回收量作為其研究之產出項。本研究認為，若以總量觀念作為產出項選取，勢必會因為縣市的規模差異而造成分析上的不公平。因此本研究選取兩個均量概念的產出項：(1) 人均資源回收量 (資源回收量/縣市人口)；(2) 資源回收率 (資源回收量/垃圾清運量)。

而投入項選取方面，Worthington and Dollery (2001) 以執行頻率、都市密度、人口分佈、廢棄物排放成本指標、總回收成本、地方政府資產六項作為投入項；Worthington and Dollery (2002) 僅以執行回收總支出一項作為投入項；廖金環 (2003) 以垃圾處理人力、垃圾處理車輛、垃圾管理經費三項作為投入項；至於蔣立中 (2001) 雖非投入產出模型之研究，但該研究指出清潔隊、社區、學校團體為資源回收三大管道，研究結果發現清潔隊回收人力與清運機具將可能為影響回收成效之因子，而教育宣導將是提升社區、學校團體回收成效的重要影響因子。綜合以上，本研究認為都市密度、人口分佈等變數，並非環保機關能加以控制，故將之排除；此外考慮到資料完整性，以及配合產出項之均量概念，本研究選擇四項投入：(1) 人均環保經費；(2) 人均垃圾處理車輛 (垃圾處理車輛數/縣市人口)；(3) 單位面積清運人員數 (清運人員數/縣市面積)；(4) 參與教育宣導比率 (教育宣導總參加人次/縣市人口)。表 3 將本研究之投入、產出項作一整理及說明。

至於之後運用 Tobit 迴歸分析環境變數對無效率因子影響效果方面，Worthington and Dollery (2001) 所提出的投入項一都市密度、人口分佈等變數，作者認為在觀念上是影響到執行勤務困難度，但本研究覺得放在投入項不適，故選擇作為影響無效率之環境變數。另外 Carcés (2002) 研究家戶資源回收行為時，認為所得、學歷、年齡將會影響到家戶回收行為，本研究將該觀念擴大至縣市層級，期瞭解上述變數是否會影響到資源回

收效率。有鑑於此，本研究選取五項環境變數：（1）人口密度；（2）都市人口比例；（3）高等教育人口比例；（4）人均實質可支配所得（以 2001 年為基期）；（5）老年人口比例。

表 3 投入產出項說明

變數名稱	性質	定義
人均資源回收量	產出項	平均每人資源回收量（公斤/人）
資源回收率	產出項	資源回收量佔垃圾處理量比例（%）
人均環保經費	投入項	平均每人環保經費（千元/人）
人均垃圾處理車輛	投入項	每千人擁有垃圾處理車輛數（輛/千人）
單位面積清運人員數	投入項	每單位面積清運人員數（人/平方公里）
參與教育宣導比率	投入項	平均每人參與教育宣導比率（次/人）

另外在進行 DEA 之前本研究先進行了集群分析，此部分收集各縣市環境、社會結構、經濟、地理位置等背景資訊進行集群分析，以便在分析上能夠更為客觀比較；而這些資訊包括：人口密度、工廠密度、機動車密度（以上環保署所稱之「環境負荷量」，其資料來自環保統計年報）、家庭收入（平均每人每年可支配所得）、都市計畫區面積比例、就業結構（第二級與第三級就業人口比例）、教育程度（大專以上人口比例）、地理位置，這些資料則採用自行政院主計處第三局資料統計中心網頁。

本研究中有關資源回收統計資料來源為行政院環保署之「中華民國台灣地區環境保護統計年報」，因為本研究有作跨期的分析比較，故選擇的年度為 1999~2005 之七年資料（數據為 1998~2004 年）。其餘環境變數資料來源則是行政院主計處第三局資料統計中心網頁。

下頁表 4 為本研究選取之投入、產出、環境變數之敘述統計分析及相關係數矩陣資料。

表 4 變數敘述統計與相關係數

變數	Mean	S.D.	人均回收量	資源回收率	人均環保經費	垃圾處理車	清運人員	參與宣導率	人口密度	都市人口比例	高等教育程度	人均實質所得	老年人口比例
人均回收量	31.1410	22.7985	—										
資源回收率	8.7875	6.8604	0.9608*	—									
人均環保經費	0.9501	0.4088	0.2347*	0.1985*	—								
垃圾處理車	0.4753	0.1826	0.4774*	0.4112*	0.3897*	—							
清運人員	2.6940	5.2684	0.1079	0.0888	0.6865*	0.3722*	—						
參與宣導率	0.1977	0.3281	0.1093	0.1075	-0.1907*	0.0920	-0.1650*	—					
人口密度	2162.24	2843.06	0.2254*	0.2247*	0.6894*	0.2645*	0.8922*	-0.1759*	—				
都市人口比例	70.5803	21.6684	0.2119*	0.1937*	0.5666*	-0.0377	0.5695*	-0.1627*	0.7389*	—			
高等教育程度	22.2359	8.6615	0.4011*	0.4199*	0.6690*	0.1581*	0.6865*	-0.0932	0.8378*	0.7607*	—		
人均所得	317.291	235.662	0.5656*	0.5671*	0.1939*	0.2249*	0.1240	-0.0473	0.1764*	0.1545	0.3592*	—	
老年人口比例	9.7142	2.0339	0.1321	0.0978	-0.3305*	0.3585*	-0.2712*	0.2122*	-0.4402*	-0.7481*	-0.4245*	0.0290	—

註：*為 p-value<0.05

4.2、集群分析結果

本研究先以階層性集群法之 Ward's cluster method 進行分群，確定集群個數後，再以非階層性集群法之 K-means method 做最後的分群。本研究參考 Duda and Hart (1973) 所提出 Duda/Hart index 來決定集群個數，結果如下表 5：

表 5 Duda/Hart index 相關分析表

集群個數	Je(2)/Je(1)	T-squared
1	0.4431	26.40
2	0.5540	4.83
3	0.7433	4.49
4	0.7096	4.91
5	0.3571	1.80
6	0.7174	3.94
7	0.5772	2.20
8	0.0000	—
9	0.6110	3.18
10	0.4602	2.35

Duda/Hart index 選取準則為 Je(2)/Je(1) 越高而 T-squared 越低越好，因此由上表結果決定選取三群，即將臺灣二十三縣市分為三個集群。決定分群個數後，採用 K-means method 來做最後分群，其分群結果如下表 6 所列：

表 6 台灣各縣市集群分群結果

集群一	集群二	集群三
桃園縣	台北縣	宜蘭縣
新竹縣	基隆市	苗栗縣
台中縣	新竹市	雲林縣
彰化縣	台中市	南投縣
台南縣	嘉義市	嘉義縣
高雄縣	台南市	屏東縣
	高雄市	台東縣
	台北市	花蓮縣
		澎湖縣

上表所列三集群，第二集群為北高直轄市、五個省轄市以及台北縣；第三集群分佈最廣，包括了花東還有離島澎湖縣。仔細探究各集群的分析變數，可以將此三集群的特性作一命名：第一集群為工商業起步中的縣市、第二集群為工商業進步的縣市、而第三集群則為工商業落後的縣市。該結果將在後面分析影響效率之環境因子時，納入為討論對象。至於分析上，本研究引入兩虛擬變數—集群一、集群三（以集群二為參考組）來探討。

4.3、資料包絡分析（DEA）結果

在評估各縣市資源回收績效時，應同時考慮到兩個面向：（1）1998~2004 年各年度各縣市的績效評比；（2）1998~2004 跨期績效表現分析。在作資料包絡分析之前，必須確認同向性問題。根據表 4 所列，本研究所採取兩產出（人均回收量、回收率）與四投入（人均環保經費、人均垃圾處理車、清運人員、參與宣導比率）變數之間的相關係數皆不為負，顯示通過同向性檢定。

4.3.1、單期效率分析

在各年度評估上，本研究以 DEA 中 BCC 模型分別求出整體效率值（OTE）、純淨技術效率值（PTE）以及規模效率值（SE）。表 7 為各年度分析結果。

由單期分析的結果，以各年度來看，1998 年有 11 縣市整體效率為 1、台南市為最差；1999 年僅剩 5 縣市為有效率、台南市績效仍然最差；2000 年有 6 個縣市為有效率、該年度以高雄市表現最差；2001 年有 5 縣市資源回收效率為 1、嘉義市績效最差；2002 年有 8 縣市整體效率為 1、而台北縣則是表現最差；2003 年有 10 縣市為有效率、屏東縣則是最差；2004 年也有 10 縣市整體效率為 1、嘉義市的回收績效則是最差。而以各縣市表現來看，基隆市在研究期間內 7 年皆為有效率，是所有縣市中績效最好的；台東縣與台中市除了 1998 年外，其他 6 年整體效率也都為 1，回收績效僅次於基隆市；至於表現較差的縣市，以台北縣、屏東縣較差，都各有 5 次表現為該年度最後五名之列，嘉義市則有 4 次名列較差名次。

以上是以整體 23 縣市的評比，以下則是依照集群分析結果分別來看各集群的表現。首先第一集群表現最佳的是高雄縣、桃園縣第二，最差的則是新竹縣，亦即在本群中的標竿縣市為高雄縣，值得其他縣市作為環保工作之參考。第二級群為經濟發展較好的縣市，其中績效表現最佳的標竿縣市為基隆市、台中市居次，而以台北縣的表現最差，故在此集群中表現不好的單位應以基隆市為學習對象。最後的第三集群以花

蓮縣、台東縣兩東部縣市的表現最好，而最差的則是屏東縣，故這些表現不佳的縣市應首先學習東部兩縣市在資源回收工作上的作法。

接著來看各年度平均表現，1998 年整體效率、純粹技術效率、規模效率平均分別為 0.762、0.910、0.830，而 2004 年則分別為 0.900、0.953、0.942，另外觀察中間五年，可以知道研究期間內，臺灣 23 縣市資源回收效率的平均值是呈向上趨勢。不過要注意的是，這裡所說平均值上升並不一定代表是絕對效率的提高，必須另外作跨期分析才能明白；但至少可以確定研究期間內，23 縣市的資源回收效率最高與最低相對落差逐年在縮小。因此為了瞭解這段期間內的效率變化，接下來本研究便採取跨期效率分析。

表 7 DEA 效率分析結果

縣市別	1998				1999				2000			
	OTE	PTE	SE	RTS	OTE	PTE	SE	RTS	OTE	PTE	SE	RTS
台北縣	0.341	0.435	0.784	drs	0.274	0.316	0.864	drs	0.328	0.330	0.995	drs
宜蘭縣	0.814	1.000	0.814	irs	0.604	0.657	0.920	drs	1.000	1.000	1.000	crs
桃園縣	1.000	1.000	1.000	crs	0.650	1.000	0.650	irs	1.000	1.000	1.000	crs
新竹縣	1.000	1.000	1.000	crs	0.422	0.438	0.963	drs	0.973	1.000	0.973	irs
苗栗縣	0.612	0.673	0.909	drs	0.352	0.403	0.874	drs	0.602	0.614	0.981	drs
台中縣	1.000	1.000	1.000	crs	0.824	0.842	0.978	irs	0.960	0.965	0.995	irs
彰化縣	0.626	1.000	0.626	irs	0.450	1.000	0.450	irs	0.815	1.000	0.815	irs
南投縣	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs
雲林縣	0.392	1.000	0.392	irs	0.504	1.000	0.504	irs	0.524	0.559	0.937	irs
嘉義縣	1.000	1.000	1.000	crs	0.782	1.000	0.782	irs	0.735	1.000	0.735	irs
台南縣	0.268	0.475	0.564	irs	0.541	1.000	0.541	irs	0.696	1.000	0.696	irs
高雄縣	1.000	1.000	1.000	crs	0.554	0.579	0.956	irs	0.833	1.000	0.833	irs
屏東縣	0.737	1.000	0.737	irs	0.397	0.401	0.989	drs	0.375	0.376	0.998	irs
台東縣	0.548	1.000	0.548	irs	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs
花蓮縣	1.000	1.000	1.000	crs	0.360	1.000	0.360	irs	0.621	1.000	0.621	irs
澎湖縣	0.339	0.425	0.797	drs	0.696	0.880	0.791	drs	0.622	0.854	0.728	drs
基隆市	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs
新竹市	1.000	1.000	1.000	crs	0.171	0.220	0.778	irs	0.461	0.462	0.997	irs
台中市	0.801	0.924	0.867	drs	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs
嘉義市	0.929	1.000	0.929	irs	0.688	1.000	0.688	irs	0.852	0.852	1.000	crs
台南市	0.126	1.000	0.126	irs	0.110	0.113	0.970	drs	0.864	1.000	0.864	irs
台北市	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs	0.386	0.418	0.924	drs
高雄市	1.000	1.000	1.000	crs	0.816	0.849	0.961	drs	0.277	0.521	0.532	drs
Mean	0.762	0.910	0.830		0.617	0.769	0.827		0.736	0.824	0.897	

表 7 DEA 效率分析結果 (續)

縣市別	2001				2002				2003			
	OTE	PTE	SE	RTS	OTE	PTE	SE	RTS	OTE	PTE	SE	RTS
台北縣	0.320	0.346	0.925	irs	0.316	0.333	0.949	drs	0.740	0.754	0.982	drs
宜蘭縣	0.961	1.000	0.961	irs	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs
桃園縣	0.634	1.000	0.634	irs	0.664	0.865	0.767	irs	0.988	0.993	0.995	drs
新竹縣	0.794	1.000	0.794	irs	0.563	0.581	0.969	irs	0.663	0.681	0.973	irs
苗栗縣	0.643	0.668	0.963	irs	0.720	0.722	0.997	irs	0.676	0.776	0.871	irs
台中縣	0.974	1.000	0.974	irs	1.000	1.000	1.000	crs	0.739	0.800	0.924	drs
彰化縣	0.568	1.000	0.568	irs	0.797	1.000	0.797	irs	1.000	1.000	1.000	crs
南投縣	0.793	1.000	0.793	irs	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs
雲林縣	0.612	0.908	0.674	irs	0.836	1.000	0.836	irs	1.000	1.000	1.000	crs
嘉義縣	0.753	1.000	0.753	irs	0.706	1.000	0.706	irs	0.664	1.000	0.664	irs
台南縣	0.740	1.000	0.740	irs	0.917	1.000	0.917	irs	0.881	1.000	0.881	irs
高雄縣	0.856	1.000	0.856	irs	0.912	1.000	0.912	irs	1.000	1.000	1.000	crs
屏東縣	0.423	0.543	0.780	irs	0.367	0.473	0.775	irs	0.400	1.000	0.400	irs
台東縣	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs
花蓮縣	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs	0.952	1.000	0.952	irs
澎湖縣	1.000	1.000	1.000	crs	0.616	0.752	0.819	drs	0.798	1.000	0.798	drs
基隆市	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs
新竹市	0.994	1.000	0.994	irs	0.930	1.000	0.930	irs	0.862	0.869	0.992	drs
台中市	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs
嘉義市	0.180	0.214	0.843	drs	0.376	0.394	0.953	drs	0.567	1.000	0.567	irs
台南市	0.640	0.763	0.839	drs	0.763	0.884	0.863	drs	1.000	1.000	1.000	crs
台北市	0.305	0.387	0.789	drs	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs
高雄市	0.571	0.672	0.851	drs	0.515	0.545	0.945	drs	0.649	0.773	0.840	drs
Mean	0.729	0.848	0.858		0.782	0.850	0.919		0.851	0.941	0.906	

表 7 DEA 效率分析結果 (續)

縣市別	2004			
	OTE	PTE	SE	RTS
台北縣	0.988	1.000	0.988	irs
宜蘭縣	0.894	0.992	0.901	drs
桃園縣	1.000	1.000	1.000	crs
新竹縣	0.633	0.733	0.864	irs
苗栗縣	0.876	1.000	0.876	irs
台中縣	0.835	0.875	0.954	drs
彰化縣	0.946	1.000	0.946	irs
南投縣	1.000	1.000	1.000	crs
雲林縣	0.964	1.000	0.964	irs
嘉義縣	0.719	1.000	0.719	irs
台南縣	0.748	1.000	0.748	irs
高雄縣	1.000	1.000	1.000	crs
屏東縣	1.000	1.000	1.000	crs
台東縣	1.000	1.000	1.000	crs
花蓮縣	1.000	1.000	1.000	crs
澎湖縣	0.901	1.000	0.901	drs
基隆市	1.000	1.000	1.000	crs
新竹市	0.925	1.000	0.925	drs
台中市	1.000	1.000	1.000	crs
嘉義市	0.298	0.325	0.916	drs
台南市	1.000	1.000	1.000	crs
台北市	0.966	1.000	0.966	drs
高雄市	1.000	1.000	1.000	crs
Mean	0.900	0.953	0.942	

註：OTE 為整體技術效率；PTE 為純粹技術效率；SE 為規模效率；

RTS 表示規模報酬程度，其中 crs 為固定規模報酬；irs 為規模報酬遞增；drs 為規模報酬遞減

4.3.2、跨期效率分析

跨期效率評估的部分，本研究採用 DEA-Malmquist Model 分析。研究結果如表 8、表 9 所列。表 8 與表 9 中整體技術效率變動(O TECH)、純粹技術效率變動(P TECH)、

規模效率變動 (SECH) 大於 1 代表該年度較前一年效率提升，若小於 1 則代表較前一年效率衰退，等於 1 則不變。

表 8 所列為 23 縣市在研究期間內各年度平均的變化。從結果中可以發現，僅有 1999 年、2001 年兩年度的整體技術效率較前一年衰退，其他年整體效率皆提升，研究期間七年平均整體技術效率呈現上升的趨勢。純粹技術效率變動也呈現類似的上升趨勢，僅在 1999 年大幅衰退、2004 年小幅降低。至於規模效率變動 (SECH) 情況則是在 2001、2003 年兩年小幅衰退，整體趨勢為效率提高。仔細來看整體技術效率衰退的那兩年，可以知道 1999 年是因為純粹技術效率大幅降低所導致，而 2001 年則是因為規模效率降低所引起。不過總括來看，在 1998~2004 年間，臺灣 23 縣市的資源回收效率平均而言是上升的，這正是我們所樂見的現象。

表 8 1999~2004 各年度平均回收效率變動

年度	整體技術效率變動	純粹技術效率變動	規模效率變動
1999/1998	0.795	0.770	1.033
2000/1999	1.269	1.145	1.109
2001/2000	0.979	1.021	0.959
2002/2001	1.103	1.023	1.078
2003/2002	1.119	1.152	0.971
2004/2003	1.056	0.999	1.057
Mean	1.043	1.010	1.033

表 9 則是各縣市在研究期間內效率的變動情形，可以方便我們找出研究期間內那些縣市回收效率是提升，而哪些縣市是降低的。從結果來看，共有 10 個縣市的整體技術效率有所提升，分別為：台北縣、宜蘭縣、苗栗縣、彰化縣、雲林縣、台南縣、屏東縣、台東縣、澎湖縣、台中市、台南市；其中又以台南市與台北縣的效率提升最多因為這兩縣市都是由原本效率很低而逐年爬升上來；之前提到單年度績效比較，台中市、台東縣績效僅次於基隆市，而這兩縣市也出現在效率提升之列。至於效率衰退的共有 6 個縣市，包括：新竹縣、台中縣、嘉義縣、新竹市、嘉義市、台北市，其中又以嘉義市效率下降最為嚴重，尤其 2004 年整體效率平均 0.900，嘉義市卻只有 0.298，這是非常嚴重的警訊，需要相關單位所重視。

表 9 1999~2004 各縣市資源回收效率變動

縣市別	整體技術效率變動	純粹技術效率變動	規模效率變動
台北縣	1.194	1.149	1.039
宜蘭縣	1.016	0.999	1.017
桃園縣	1.000	1.000	1.000
新竹縣	0.927	0.949	0.976
苗栗縣	1.062	1.068	0.994
台中縣	0.970	0.978	0.992
彰化縣	1.071	1.000	1.071
南投縣	1.000	1.000	1.000
雲林縣	1.162	1.000	1.162
嘉義縣	0.947	1.000	0.947
台南縣	1.187	1.132	1.048
高雄縣	1.000	1.000	1.000
屏東縣	1.052	1.000	1.052
台東縣	1.106	1.000	1.106
花蓮縣	1.000	1.000	1.000
澎湖縣	1.177	1.153	1.021
基隆市	1.000	1.000	1.000
新竹市	0.987	1.000	0.987
台中市	1.038	1.013	1.024
嘉義市	0.827	0.829	0.998
台南市	1.413	1.000	1.413
台北市	0.994	1.000	0.994
高雄市	1.000	1.000	1.000
Mean	1.043	1.010	1.033

4.3.3、Tobit 迴歸分析結果

以上兩小節（4.3.1、4.3.2）僅以單期效率、跨期效率分析各縣市資源回收績效，並未深入加以探討造成如此效率差異的原因。由於各縣市所處的人文地理環境不竟相同，Coelli et al. (1998) 認為如此環境上差異會影響到 DMU 無法控制的無效率因子部分，並建議以 Tobit 迴歸分析之。本研究將重點擺在分析環境變數對整體技術效率及純粹技術效率影響之上，該迴歸式如（19）、（20）式，其結果如表 10。

$$(\text{整體技術無效率因子})_{it} = \beta_0 + \beta_1(\text{人均可支配所得})_{it} + \beta_2(\text{高等教育人口比例})_{it} + \beta_3(\text{老年人口比例})_{it} + \beta_4(\text{人口密度})_{it} + \beta_5(\text{都市人口比例})_{it} + \beta_6(\text{集群一})_{it} + \beta_7(\text{集群二})_{it} + \varepsilon_{it} \quad (19)$$

$$(\text{純粹技術無效率因子})_{it} = \beta_0 + \beta_1(\text{人均可支配所得})_{it} + \beta_2(\text{高等教育人口比例})_{it} + \beta_3(\text{老年人口比例})_{it} + \beta_4(\text{人口密度})_{it} + \beta_5(\text{都市人口比例})_{it} + \beta_6(\text{集群一})_{it} + \beta_7(\text{集群二})_{it} + \varepsilon_{it} \quad (20)$$

上式中 i 為各縣市， t 為 1998~2004 其中第 t 年

從表 10 結果可以知道環境變數對於整體技術無效率因子及純粹技術無效率因子的影響。集群一、集群三（集群分析結果）之係數皆為負數，即無效率因子平均而言皆明顯小於集群二（該組包括北高直轄市），顯示雖然觀念上集群二的縣市經濟發展優於另外兩群，但在資源回收的績效卻明顯落後；可能的解釋為工商業發達的集群二各縣市，居民比較願意將時間以及精神花費在「生產」收入上，較不願意把時間花在進行資源回收工作。在控制集群之變數後，接著看其他的環境變數之影響：人均可支

表 10 Tobit 迴歸分析無效率因素

自變數（環境變數）	整體技術無效率因子	純粹技術無效率因子
人均可支配所得	-0.0053*** (0.0018)	-0.0041*** (0.0013)
高等教育人口比例	-0.1924* (0.1048)	-0.0061 (0.0629)
老年人口比例	-0.5637** (0.2677)	-0.4745** (0.2359)
人口密度	0.0002 (0.0002)	0.0001 (0.0001)
都市人口比例	-0.0913** (0.0437)	-0.0929*** (0.0360)
集群一	-5.9231*** (2.2325)	-4.6587*** (1.5744)
集群三	-6.3878** (2.6659)	-4.9705** (1.9785)
常數項	24.1209*** (5.4589)	16.6822*** (4.3952)
Log likelihood	-472.7402	-354.6908

註：*為 $p\text{-value} < 0.1$ ；**為 $p\text{-value} < 0.05$ ；***為 $p\text{-value} < 0.01$ ，括弧內為 standard error

配所得、高等教育人口比例越高的縣市，其回收無效率越低，代表該縣市人口平均值教育水平相對較高，可能對於垃圾減量、資源回收等環保觀念較易接受與執行，同時對於環保機關所發起的環保教育宣導活動，也較容易吸收與配合表示。老年人口比例越高的縣市，其回收無效率也越低，此結果與 Carces et al. (2002) 的結果相仿。至於都市人口比例越高的縣市，其資源回收效率會越好；顯示人口越集中於都市，執行機關在職行勤務時的困難度越低以致回收效率提升，此結果與 Worthington and Dollery (2001) 所提出人口集中度越高，回收資源（清運人力、物力）越不易分散、清運成本將降低的概念一致。

環境變數對純粹技術無效率因子影響的部分，其結果與環境變數對整體技術無效率因子影響的結果幾乎一致，僅高等教育人口變成不顯著，但方向仍是為負。而此部分的結果也將與之後隨機邊界模型結果做比較。

綜合單期、跨期效率分析與 Tobit 迴歸可以得出以下小結：1998~2004 年間，臺灣 23 縣市的資源回收效率整體而言是呈現提升的現象，同時 23 縣市的資源回收效率之間的差距則是逐年在縮小，對於環境保護是一大好事。另外基隆市、台中市、台東市績效表現最好；台北縣、屏東縣、嘉義市績效最差，不過台北縣、屏東縣的效率已經呈現上升值得嘉許，而嘉義市還出現嚴重衰退，亟需改善。人均可支配所得、高等教育人口比例、老年人口比例、都市人口比例越高的縣市，其資源回收效率也隨之提高。

表 11 以整體技術效率為目標之目標產

縣市別	目前人均回收量 (公斤/人)	目標人均回收量 (公斤/人)	目前資源回收率 (%)	目標資源回收率 (%)
台北縣	52.288	59.924	14.95	15.497
宜蘭縣	61.790	69.135	20.03	22.411
新竹縣	37.376	59.040	12.05	19.035
苗栗縣	44.872	53.692	14.33	16.364
台中縣	46.797	62.378	16.14	19.328
彰化縣	44.092	53.451	15.35	16.222
雲林縣	45.106	52.014	15.12	15.690
嘉義縣	37.670	52.383	11.09	16.357
台南縣	33.963	48.346	10.58	14.150
澎湖縣	84.851	94.146	21.74	26.573
新竹市	70.571	76.287	18.26	21.324
嘉義市	26.549	89.104	7.27	24.727
台北市	109.498	113.356	31.15	32.250

本章最後以 DEA 模型結果可以分析各縣市為求達到回收效率為 1 的產出目標，可供相關單位作為努力的目標。表 11 為在整體技術效率為 1 時的目標產出，表 12 為在純粹技術效率為 1 時的產出目標（同樣皆以 2004 年無效率之縣市為對象）：

表 12 以純粹技術效率為目標之目標產

縣市別	目前人均回收 量（公斤/人）	目標人均回收 量（公斤/人）	目前資源回 收率（%）	目標資源回 收率（%）
宜蘭縣	61.790	62.305	20.03	20.197
新竹縣	37.376	52.490	12.05	16.445
台中縣	46.797	59.781	16.14	18.440
嘉義市	26.549	81.592	7.27	22.342



第五章 隨機邊界模型 (Stochastic Frontier) 分析結果

5.1、主成分分析結果

由於隨機邊界法在分析多產出時相當困難，同時為與 DEA 兩產出四投入之模型比較，本研究在隨機邊界模型前，先採取主成分分析法，將兩產出合併為單一產出指標，其結果如表 13、表 14 所示：

表 13 主成分萃取結果

主成分	特徵值	解釋變異量	累積解釋變異量
主成分 1	563.499	0.9941	0.9941
主成分 2	3.339	0.0059	1.0000

表 14 特徵向量

變數名稱	主成分 1	主成分 2
人均回收量	0.9602	-0.2794
資源回收率	0.2794	0.9602

本研究是以共變數矩陣進行主成分分析。本研究目的在於將兩產出合併為單一產出指標，因此選擇 1 個主成分，而主成分 1 可以解釋原始變異的 99.41%，顯示該單一產出指標非常適合用來代表原始的兩產出變數。由表 14 結果，我們便可以利用下式計算出各縣市各年度的產出指標，並以此進行之後的隨機邊界模型估計：

$$\text{產出指標} = 0.9602 \times \text{人均回收量} + 0.2794 \times \text{資源回收率} \quad (21)$$

5.2、一階段聯立估計模型

本研究接著使用參數法之隨機邊界模型，考慮到環境中隨機干擾因素影響，來估計各縣市回收效率。由於隨機邊界法是以變動規模報酬為基礎，故所得出之技術效率應是與 DEA 中純粹技術效率的概念相同。由於本研究乃是採用 Battese and Coelli (1995) 所提出一階段聯立估計，此法可同時求出各縣市效率值以及效率環境變數對無效率因子的影響，結果如表 15 與表 16 所示：

表 15 列出各年度各縣市的回收效率值，由於隨機邊界法考慮了環境隨機干擾項，因此不會出現效率值等於 1 的情況。從結果來看，不難發現整體平均效率隨著時間一年比一年進步，也符合 DEA 所得效率趨勢提升的現象。至於縣市績效評比的部分，整體平均績效表現最佳的是台中市（0.7083）、其次為基隆市（0.6741）以及台東縣（0.6680），其結果也與 DEA 所得績效評比相當類似，僅排序有些微不同。而績效表現最差的三縣市則是高雄市（0.3332）、台北縣（0.3371）和屏東縣（0.3414），其結果也與 DEA 所得績效評比類似，台北縣與屏東縣同列績效倒數三名，而嘉義市在此模型中排名倒數第四（0.4011）。

表 15 一階段聯立估計各縣市效率結果

縣市別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
台北縣	0.0739	0.1200	0.1942	0.2438	0.3101	0.5523	0.8664
宜蘭縣	0.1331	0.3270	0.6195	0.6139	0.6636	0.7105	0.8748
桃園縣	0.2198	0.2531	0.4724	0.4701	0.5839	0.7456	0.9199
新竹縣	0.1556	0.2286	0.5096	0.6018	0.3985	0.5643	0.8338
苗栗縣	0.0827	0.1724	0.3394	0.4267	0.5123	0.5748	0.8415
台中縣	0.2310	0.3799	0.4914	0.5461	0.5932	0.5059	0.8368
彰化縣	0.1248	0.1922	0.4038	0.4072	0.5827	0.7535	0.8806
南投縣	0.1251	0.5449	0.4816	0.5063	0.6365	0.6190	0.9088
雲林縣	0.0844	0.1931	0.2713	0.4034	0.5434	0.7841	0.8604
嘉義縣	0.2007	0.3322	0.4097	0.4516	0.5028	0.5621	0.7823
台南縣	0.0694	0.1302	0.3708	0.5112	0.6305	0.6649	0.8125
高雄縣	0.2579	0.2471	0.3633	0.4981	0.5729	0.7356	0.8885
屏東縣	0.1437	0.2075	0.2102	0.3099	0.2809	0.3489	0.8880
台東縣	0.0431	0.5189	0.7617	0.8115	0.8397	0.8438	0.8559
花蓮縣	0.1008	0.1866	0.4344	0.6220	0.7833	0.7522	0.9036
澎湖縣	0.0716	0.3182	0.4291	0.5326	0.5040	0.6658	0.8606
基隆市	0.2383	0.4014	0.7438	0.7915	0.8384	0.7823	0.9240
新竹市	0.0748	0.0700	0.2880	0.7458	0.6981	0.6773	0.9230
台中市	0.1920	0.4660	0.7150	0.8700	0.9110	0.8761	0.9280
嘉義市	0.1970	0.2646	0.5809	0.2243	0.4356	0.5483	0.5573
台南市	0.0240	0.0527	0.3306	0.6720	0.8092	0.8476	0.9385
台北市	0.1177	0.1020	0.1764	0.2008	0.7111	0.7845	0.9157
高雄市	0.0885	0.1451	0.1917	0.2782	0.3611	0.5050	0.7627
Mean	0.1327	0.2545	0.4256	0.5104	0.5958	0.6697	0.8594

接著分別來看各集群的表現：第一群中的標竿縣市為桃園縣、高雄縣居次，與 DEA 之結果相差不多。第二集群則是以台中市最佳、基隆市第二，而高雄市則是績效最後一名，其結果也和 DEA 相去不遠，應以台中市或基隆市為其他縣市學習之對象。第三集群中同樣是以台東市為模範縣市、屏東縣最差。

表 16 一階段聯立估計參數估計結果

自變數（環境變數）	係數	標準誤差
<i>生產函數</i>		
常數項	4.8940***	0.2136
人均環保經費	0.0012	0.1812
人均垃圾處理車	0.7281***	0.2492
清運人員	0.1165***	0.0457
參與教育宣導率	0.0576	0.0362
<i>影響無效率因子</i>		
常數項	10.4308***	2.4040
人均可支配所得	-0.0073***	0.0027
高等教育人口比例	-0.0703*	0.0365
老年人口比例	-0.2981**	0.1307
人口密度	0.0002***	0.0001
都市人口比例	-0.0454***	0.0165
集群一	-1.5446***	0.6500
集群三	-1.5985**	0.7991
Log likelihood	-150.0031	

* p-value<0.1 ** p-value<0.05 *** p-value<0.01

表 16 則列出隨機邊界模型的參數估計結果，也可從結果中看出環境變數對於無效率因子的影響。其結果與 Tobit 迴歸分析環境變數對純粹技術效率影響的結果相似—集群二為三集群中效率最差，人均可支配所得、老年人口比例、都市人口比例越高的縣市，資源回收效率越高；而隨機邊界模型結果中，高等教育人口比例與無效率因子呈顯著負相關。較值得注意的是在本模型結果中，人口密度與無效率因子呈現顯著正相關，意即人口密度越高的縣市，其回收效率將會越低；因為人口密度越高將導致縣市回收機關執行勤務時，單位時間或單位面積所需工作之負荷量提升，這也與 Worthington and Dollery (2001) 認為城市擁擠、人口密度大所產生執行困難度的概念相仿。

仿效資料包絡分析的應用，根據一階段聯立估計各縣市效率之結果，我們也可以利用該結果來計算各縣市在 2004 年時，以當時人力、物力所應達到純粹技術效率為 1 時的最大產出。由於隨機邊界法是以總和之單一產出指標當作產出項，因此在計算轉換後最大產出時會發生無限多解，故在本研究中假設人均回收量與資源回收率等比例放大調整（radial adjustment）。結果如下表 17 所示：

表 17 2004 年各縣市之最適產出目標

縣市別	目前人均回收量 (公斤/人)	目標人均回收量 (公斤/人)	目前資源回 收率 (%)	目標資源回 收率 (%)
台北縣	52.28835	60.35128	14.95	17.25531
宜蘭縣	61.79045	70.63380	20.03	22.89666
桃園縣	59.33860	64.50549	16.94	18.41505
新竹縣	37.37572	44.82576	12.05	14.45191
苗栗縣	44.87152	53.32326	14.33	17.02911
台中縣	46.79732	55.92414	16.14	19.28776
彰化縣	44.09171	50.07008	15.35	17.43130
南投縣	59.43381	65.39812	20.37	22.41417
雲林縣	45.10648	52.42501	15.12	17.57322
嘉義縣	37.66975	48.15256	11.09	14.17615
台南縣	33.96313	41.80078	10.58	13.02154
高雄縣	54.82944	61.71012	16.98	19.11086
屏東縣	52.94464	59.62234	15.65	17.62387
台東縣	56.87555	66.45116	16.69	19.49994
花蓮縣	71.98643	79.66626	18.00	19.92032
澎湖縣	84.85143	98.59567	21.74	25.26145
基隆市	75.47337	81.68114	20.44	22.12121
新竹市	70.57080	76.45807	18.26	19.78332
台中市	68.14888	73.43629	25.37	27.33836
嘉義市	26.54911	47.63881	7.27	13.04504
台南市	115.43610	123.00060	26.78	28.53490
台北市	109.49770	119.57810	31.15	34.01769
高雄市	59.34944	77.81492	17.98	23.57414

5.3、異質性非單調隨機邊界模型分析結果

本研究嘗試以新的模型—異質性非單調隨機邊界模型來分析各年度各縣市的回收績效，以及進一步分析環境變數對於無效率因子的影響。該模型比一階段估計模型還多考慮了變異數異質性的問題以及邊際效果的分析。表 18、表 19 為本模型的結果：

表 18 列出各年度各縣市的回收效率值。從結果來看，各縣市整體平均效率隨著時間也是一年比一年進步，與之前傳統模型所得效率趨勢提升的現象相同。至於縣市績效評比的部分，整體平均績效表現最佳的是新竹縣(0.7974)、其次為彰化縣(0.7929)以及台中市(0.7861)；而績效表現最差的三縣市則是高雄市(0.1373)、台北市(0.1896)和台北縣(0.4021)。

表 18 異質性非單調隨機邊界分析各縣市效率結果

縣市別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
台北縣	0.1122	0.1773	0.2422	0.3112	0.3900	0.6054	0.9766
宜蘭縣	0.4598	0.6903	0.7306	0.7561	0.7617	0.7901	0.9712
桃園縣	0.5889	0.6464	0.7247	0.7406	0.7847	0.8197	0.9950
新竹縣	0.6564	0.7333	0.8110	0.8124	0.7525	0.8201	0.9963
苗栗縣	0.2600	0.4715	0.5485	0.6459	0.6789	0.6960	0.9736
台中縣	0.5926	0.7282	0.6561	0.7167	0.7237	0.6930	0.9812
彰化縣	0.6229	0.7067	0.7756	0.7788	0.8223	0.8535	0.9911
南投縣	0.4512	0.8312	0.6974	0.7347	0.7738	0.7620	0.9792
雲林縣	0.3964	0.5212	0.4751	0.6062	0.6515	0.7299	0.9093
嘉義縣	0.5819	0.6938	0.6355	0.6491	0.6497	0.6284	0.8605
台南縣	0.3246	0.5413	0.6749	0.7608	0.7741	0.7976	0.9826
高雄縣	0.6109	0.5433	0.5453	0.6787	0.6944	0.7736	0.9646
屏東縣	0.5227	0.5665	0.4680	0.6115	0.6115	0.6349	0.9736
台東縣	0.1516	0.7218	0.7276	0.7615	0.7716	0.7798	0.9378
花蓮縣	0.3332	0.5186	0.5899	0.7291	0.7735	0.7545	0.9607
澎湖縣	0.1809	0.4000	0.3243	0.4374	0.3973	0.4320	0.8091
基隆市	0.5788	0.6777	0.7382	0.7781	0.7842	0.7517	0.9722
新竹市	0.2199	0.2269	0.4831	0.8003	0.7484	0.7783	0.9981
台中市	0.4473	0.7260	0.7795	0.8439	0.8765	0.8494	0.9798
嘉義市	0.5209	0.5612	0.7164	0.4017	0.5873	0.7147	0.9417
台南市	0.0601	0.1153	0.5161	0.7227	0.7833	0.8138	0.9754
台北市	0.0868	0.0835	0.1053	0.1156	0.2071	0.2328	0.4965
高雄市	0.0652	0.0920	0.0970	0.1256	0.1595	0.1878	0.2339
Mean	0.3837	0.5206	0.5679	0.6312	0.6590	0.6913	0.9070

至於分別看三集群中的表現，第一集群中新竹縣的績效躍居第一、高雄縣則是落到最後一名，不過整個第一集群的表現要優於其他兩組。第二集群中績效最佳的縣市仍然是台中市、基隆市第二，高雄市表現最差；三種方法球出來的評比在該組中最高一致。最後第三集群的排名以南投縣第一（南投縣在其他兩種模型中也都是名列前茅）、而澎湖縣則是績效最差。

由結果我們發現與 DEA、一階段聯立估計所得出的結果有不小的差異，其原因就是考慮了變異數異質性的問題以及邊際效果，因此接著來看本模型的參數估計結果。

表 19 異質性非單調隨機邊界參數估計結果

自變數（環境變數）	係數	標準誤差
<i>生產函數</i>		
常數項	5.2239***	0.2802
人均環保經費	0.5765**	0.2532
人均垃圾處理車	1.5093***	0.2948
清運人員	0.1417*	0.0812
參與教育宣導率	0.0447	0.0427
<i>影響無效率(μ_{it})</i>		
常數項	-0.3718*	0.2012
人均可支配所得	-0.0012***	0.0005
高等教育人口比例	-0.0511*	0.0283
老年人口比例	0.2315**	0.1068
人口密度	0.0007**	0.0003
都市人口比例	-0.0442	0.0364
集群一	-0.9988***	0.3255
集群三	0.3987	0.5281
<i>影響無效率(σ_{it}^2)</i>		
常數項	-0.0247	3.4192
人均可支配所得	-0.0050*	0.0027
高等教育人口比例	-0.0196	0.0553
老年人口比例	-0.1234	0.1755
人口密度	-0.0003*	0.0001
都市人口比例	0.0491	0.0363
集群一	-0.0703	0.7774
集群三	-0.1368	1.0319

註：*為 p-value<0.1；**為 p-value<0.05；***為 p-value<0.01

故接下來本研究來分析各顯著環境變數對於無效率因子的「邊際效果」，以期能解決上述結論相反的疑惑。至於環境變數對無效率因子變異程度的影響，從結果可以發現人均可支配所得越高、人口密度越高可以降低無效率因子的變異性，及技術效率的不確定性可以因之降低。

首先，在分析邊際效果之前，本研究先將環境變數依樣本大小均分為五組（表 20），來看各分組的平均效率有怎樣的型態表現。

表 20 各環境變數分組之平均值

分組平均	人均可支配所得 (千元)	高等教育人口比例 (%)	老年人口比例 (%)	人口密度 (人/平方公里)
第一組	186.4449	13.0753	6.9868	145.055
第二組	204.7684	16.7178	8.3906	348.7662
第三組	225.5340	19.7950	9.7153	736.1675
第四組	255.1919	24.7834	10.8065	2456.792
第五組	701.8508	36.3666	12.5821	6974.044

圖 5 為人均所得分組的平均效率，可以發現人均所得越高，技術效率也有越高之趨勢，不過在第四分組時，平均效率值為最低，顯示人均所得在第四分組之水準下的縣市其回收績效會較差。

圖 6 為高等教育人口比例分組的平均效率，我們可以發現其平均效率的趨勢較不明顯，大約是呈現先上後下的型態。在第三分組的水準下的平均效率最高，而在第四分組水準下的平均回收效率最低。

圖 7 為老年人口比例分組的平均效率，從趨勢上來看是呈現老年人口比例越高，平均效率越高的趨勢。其趨勢與表 15 的結果似有違背，應該是簡單從分組來看平均效率，無法排除掉其他變數的影響，應該再以邊際效果結果來分析。

圖 8 為人口密度分組之平均效率，其趨勢十分明顯為向下，就是人口密度越高的縣市，資源回收效率也就越低，尤其第五分組水準下降的幅度最大。

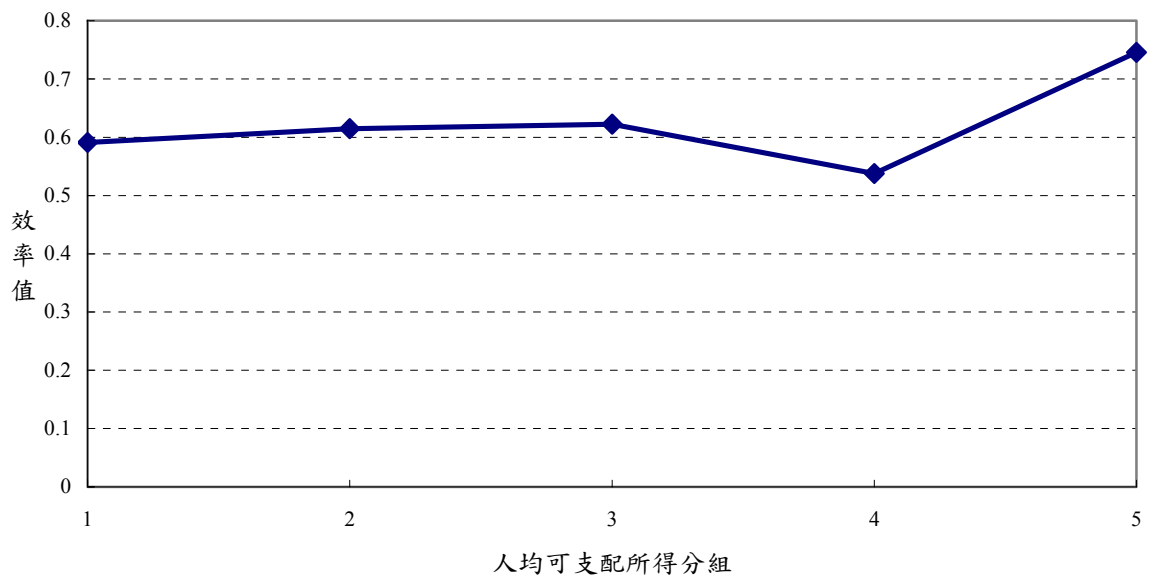


圖 5 人均所得分組之平均效率

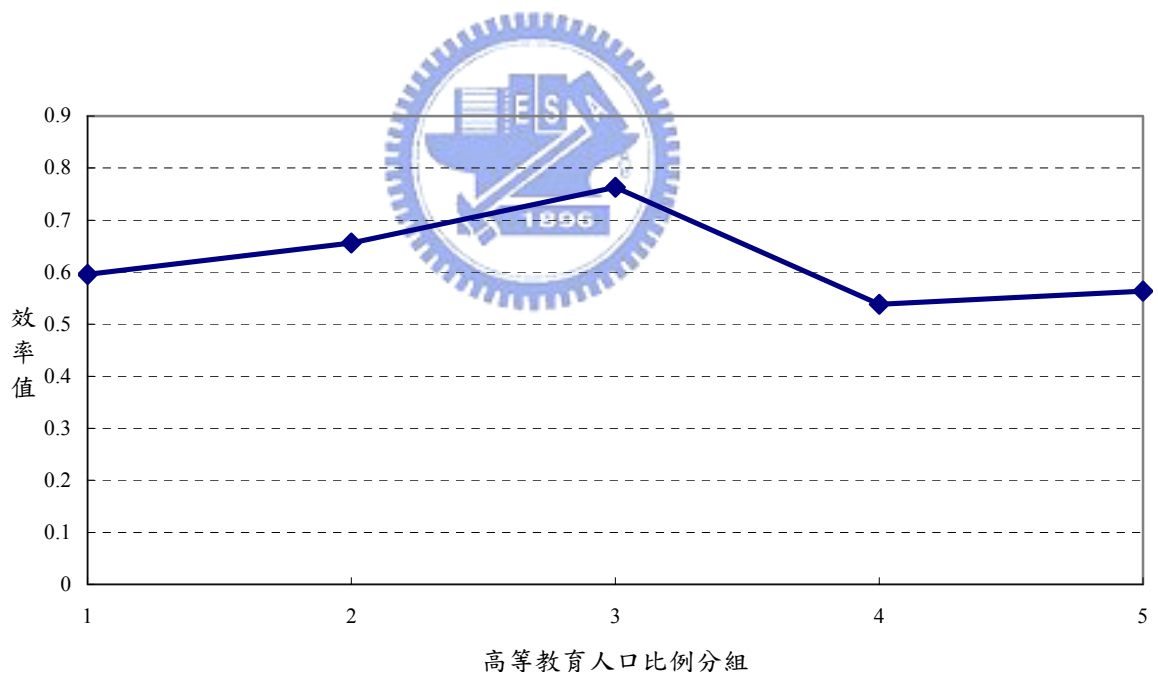


圖 6 高等教育人口比例分組之平均效率

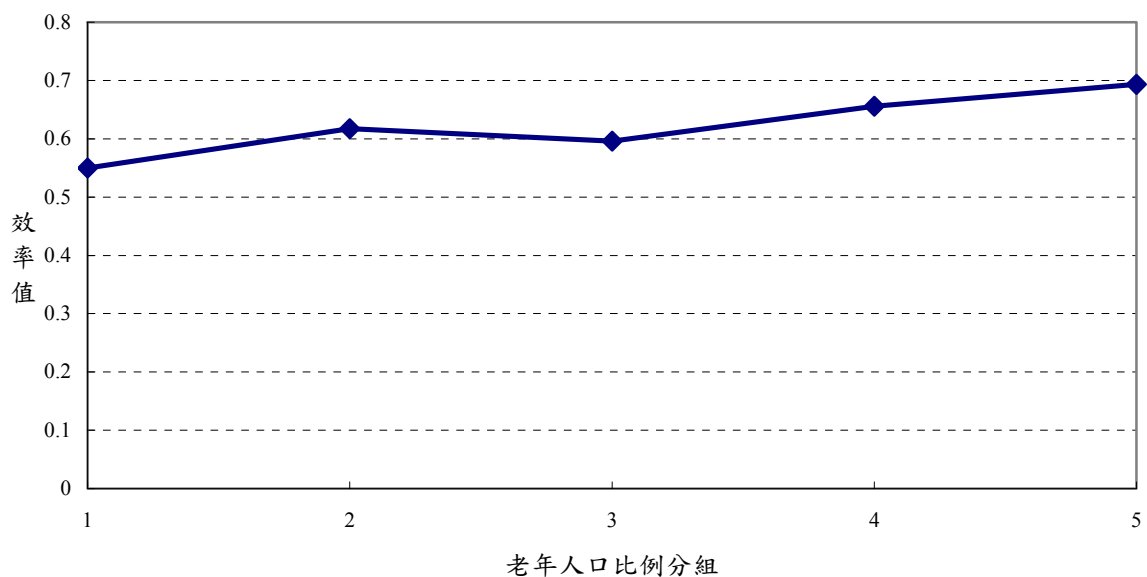


圖 7 老年人口比例分組之平均效率

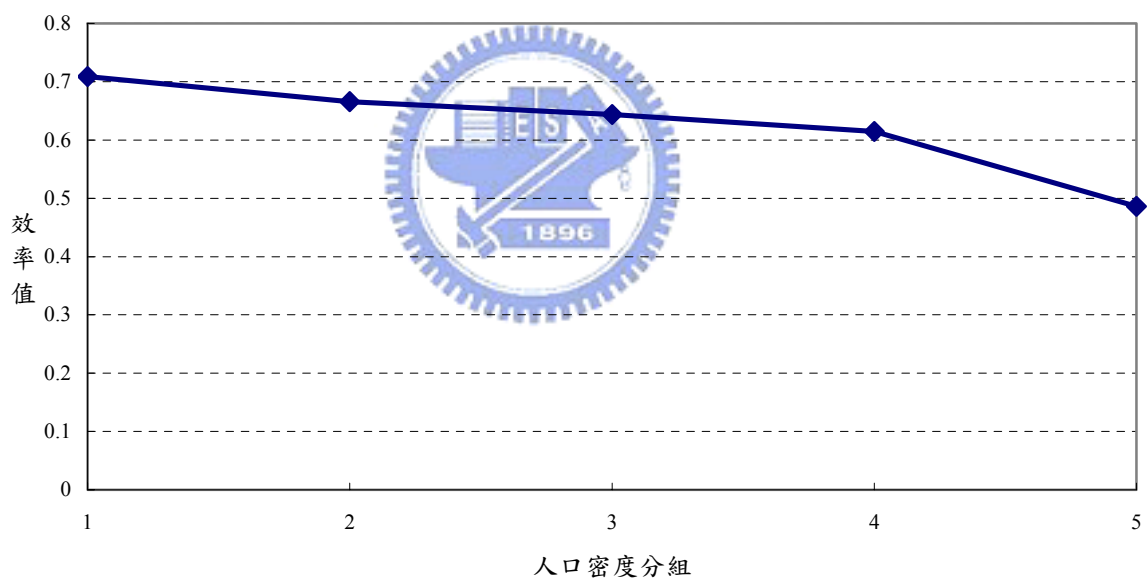


圖 8 人口密度分組之平均效率

以上結果為異質性非單調隨機邊界模型在分析各縣市效率分部的情形，不過如同之前所提到，平均效率的分佈並未控制其他環境變數的影響。因此在分析上必須搭配環境變數對無效率因子的「邊際效果」分析，以控制其他環境變數的影響。

下頁表 21 為環境變數對無效率因子的邊際效果，並對該環境變數依大小分為五組，分別看該組的平均邊際效果為何。首先是人均可支配所得，其整體平均邊際效果為-0.00186，即人均可支配所得越高，回收效率越好，如之前參數估計結果；而分組情況來看，其邊際效果絕對值有先上後下的趨勢。第二，高等教育人口比例，整體平

均邊際效果-0.02073，與參數估計結果相符；而分組情況來看，其邊際效果絕對值有先下後上的趨勢。第三，老年人口比例，整體平均邊際效果為 0.03066，與參數估計結果相符；但仔細來看各分組的平均邊際效果，發現其邊際效果絕對值有先下而後躍升急速的現象。最後是人口密度變項，整體平均邊際效果為 0.00012，符合參數估計結果，而分組平均邊際效果的趨勢不規則，其中第四分組的邊際效果為負。

透過異質性非單調隨機邊界模型，我們可以抓出環境變數對無效率因子均數和變異性程度的影響，同時從邊際效果的地方瞭解到該環境變數到底是怎樣地作用，由此我們也可以從邊際效果來發掘出對回收效率最適的環境變數水準。以人均可支配所得來看，第三分組的邊際效果為負，絕對值最大，代表對於回收效率而言，人均可支配所得在 225 千元時水準的縣市效率將提升最多。以高等教育人口比例來看，最高組也就是高等教育人口比例達 36.37%左右的縣市，回收效率將提升最多。以老年人口比例來看，雖然對無效率因子效果都是正向，但我們可以說老年人口比例約 8.39%的水準是最適的。最後來看人口密度，雖然整體對無效率因子效果為正，但可以發現當人口密度約 2500 人/平方公里水準時，該邊際效果為負，即該水準會使效率提升，故應為最適水準。



表 21 環境變數對無效率因子邊際效果

變數分組	變數平均	平均邊際效果 (對無效率)	標準差
依 人均所得			
第一組	186.4449	-0.00195	0.00049
第二組	204.7684	-0.00216	0.00061
第三組	225.5340	-0.00236	0.00090
第四組	255.1919	-0.00218	0.00089
第五組	701.8508	-0.00066	0.00063
依 高等教育人口			
第一組	13.0753	-0.02339	0.00877
第二組	16.7178	-0.01887	0.00913
第三組	19.7950	-0.01366	0.01192
第四組	24.7834	-0.02046	0.01607
第五組	36.3666	-0.02705	0.01826
依 老年人口比例			
第一組	6.9868	0.00704	0.08738
第二組	8.3906	0.00325	0.07656
第三組	9.7153	0.03117	0.08850
第四組	10.8065	0.02153	0.06227
第五組	12.5821	0.08851	0.08102
依 人口密度			
第一組	145.055	0.00008	0.00012
第二組	348.7662	0.00004	0.00012
第三組	736.1675	0.00021	0.00029
第四組	2456.792	-0.00003	0.00005
第五組	6974.044	0.00031	0.00036

同樣我們也利用該結果來計算各縣市在 2004 年時，以當時人力、物力所應達到純粹技術效率為 1 時的最大產出，同樣也是假設人均回收量與資源回收率等比例放大調整（radial adjustment）。結果如下表 22 所示：

表 22 異質性非單調模型之目標產出

縣市別	目前人均回收量（公斤/人）	目前人均回收量（公斤/人）	目前資源回收率（%）	目前資源回收率（%）
台北縣	52.28835	53.54121	14.95	15.30821
宜蘭縣	61.79045	63.62279	20.03	20.62397
桃園縣	59.33860	59.63678	16.94	17.02513
新竹縣	37.37572	37.51452	12.05	12.09475
苗栗縣	44.87152	46.08825	14.33	14.71857
台中縣	46.79732	47.69397	16.14	16.44925
彰化縣	44.09171	44.48765	15.35	15.48784
南投縣	59.43381	60.69629	20.37	20.80270
雲林縣	45.10648	49.60572	15.12	16.62818
嘉義縣	37.66975	43.77658	11.09	12.88786
台南縣	33.96313	34.56455	10.58	10.76735
高雄縣	54.82944	56.84163	16.98	17.60315
屏東縣	52.94464	54.38028	15.65	16.07436
台東縣	56.87555	60.64785	16.69	17.79697
花蓮縣	71.98643	74.93123	18.00	18.73634
澎湖縣	84.85143	104.8714	21.74	26.86936
基隆市	75.47337	77.63153	20.44	21.02448
新竹市	70.57080	70.70514	18.26	18.29476
台中市	68.14888	69.55387	25.37	25.89304
嘉義市	26.54911	28.19275	7.27	7.72008
台南市	115.4361	118.34740	26.78	27.45540
台北市	109.4977	220.53920	31.15	62.73917
高雄市	59.34944	253.73850	17.98	76.87046

5.4、隨機邊界法與資料包絡分析模型比較

本章最後，我們來比較看看資料包絡分析、一階段聯立估計與異質性非單調隨機邊界模型三者的結果。需要注意的是，資料包絡分析是以純粹技術效率的排序為準，而且因為得出之單期效率值各期無法直接做比較，故在資料包絡分析上，本研究採用混合（pooled）DEA 一次分析所有縣市在七年間的純粹技術效率。同時求取三種模型各縣市的平均效率值，再以 Spearman 等級相關分析三種排序結果之間的關係。下表 23 為各縣市在三種模型下效率評估排序的結果：

表 23 三種不同模型效率值之排序結果

排序方法	資料包絡分析	一階段聯立估計法	異質性非單調隨機邊界
台北縣	23	22	21
宜蘭縣	10	4	7
桃園縣	7	8	4
新竹縣	18	14	1
苗栗縣	20	19	17
台中縣	15	9	8
彰化縣	9	13	2
南投縣	4	5	6
雲林縣	5	17	16
嘉義縣	13	15	12
台南縣	11	16	9
高雄縣	6	10	11
屏東縣	22	21	15
台東縣	3	3	10
花蓮縣	1	6	13
澎湖縣	14	12	20
基隆市	2	2	5
新竹市	17	11	18
台中市	8	1	3
嘉義市	21	20	14
台南市	12	7	19
台北市	16	18	22
高雄市	19	23	23

下表 24 則為 Spearman 等級相關的結果：

表 24 Spearman 等級相關

	資料包絡分析法	一階段聯立估計法	異質性非單調隨機邊界
資料包絡分析法	1.0000		
一階段聯立估計法	0.8024*	1.0000	
異質性非單調隨機邊界	0.4881*	0.5899*	1.0000

註：*代表顯著水準 <0.05

由上表結果可以發現，資料包絡分析的結果與一階段聯立估計結果，在評估各縣市回收績效的排序上有高達 0.8024 的相關性，顯示兩方法所得到的評估模型結果幾乎一致。至於異質性非單調隨機邊界模型於其他兩個模型的相關性相對較低，不過仍是有顯著的正相關，顯示在排序的結果上仍然可以與其他兩模型相並論。

而在產出目標調整上，由於資料包絡分析法在 2004 年評估時有高達 19 個縣市純粹技術效率為 1，因此在調整上需要調整的縣市不多，其中僅嘉義市需調整的程度達三倍之多。一階段聯立估計在 2004 年評估結果各縣市的效率已有顯著增加，不過調整的部分仍然是嘉義市需要達 2 倍產出目標。最後異質性非單調隨機邊界模型考慮到各環境變數之邊際效果，因此對於人口密度極大的北高兩直轄市的評比是大打折扣，台北市必須增加產出兩倍、高雄市必須增加四倍，該目標產出在實務上似難以達到（60% 以上回收率），但也可以透過其他單位的努力，將該地區的環境改善至最適水準，以提升績效評比。

第六章 結論與建議

6.1、結論

本研究為探討台灣地區各縣市環保機關對於資源回收政策的執行績效，採用資料包絡分析法針對投入資源與產出績效做一客觀公平的效率評估。根據本研究的結果，可以做出以下幾點結論：

第一，在不違反投入產出同向性假設前提下，本研究採用了人均環保經費、單位面積清運人力、參與環保教育宣導活動率與人均垃圾處理車輛等四個投入項；而產出項則考慮人均回收量與回收率。以多產出多投入的評估模型，將較能達到公平客觀之原則。

第二，根據 DEA 模型結果顯示，1998~2004 年間，臺灣 23 縣市的資源回收效率之間的差距則是逐年在縮小。另外基隆市、台中市、台東市績效表現最好；台北縣、屏東縣、嘉義市績效最差。由資料中可以發現，台北縣與嘉義市的問題出在人均環保經費相對雖高，但是該縣市的資源回收成果卻是相對差；顯示台北縣與嘉義市在環保經費運用上，尤其在環保宣導文宣品使用的成效不彰，可能為一般民眾對「文宣品」的閱讀意願低所致；此外宣導活動參與率偏低也是導致台北縣回收成效低一大主因，顯示經費與活動的編列固然重要，但要能確實傳遞並落實到民眾的生活中才是更重要的。至於屏東縣效率改善的方式，應從環境變數著手，包括提高高等教育人口比例與增加都市人口比例。不過台北縣、屏東縣的效率已經呈現上升，而嘉義市則還出現嚴重衰退。就這些無效率的縣市單位，本文也提供無效率縣市單位在現有人力物力下應努力達成的產出目標。

第三，本研究以 DEA-Malmquist 指標來衡量 1998~2004 年間效率變化情形。共有 10 個縣市的整體技術效率有所提升，其中又以台南市與台北縣的效率提升最多；但仍有效率衰退的共有 6 個縣市，包括：新竹縣、台中縣、嘉義縣、新竹市、嘉義市、台北市，其中又以嘉義市效率下降最為嚴重。以上三點結論可以提供各級環保機關相關資訊，期能對資源回收政策推行產生裨益。

第四，本研究以 Tobit 迴歸估計影響無效率的環境因素，結果發現人均可支配所得、高等教育人口比例、老年人口比例、都市人口比例越高的縣市，其整體資源回收效率也隨之提高。

第五，本研究以一階段聯立估計之隨機邊界模型，來解決環境中隨機干擾因素效果。該模型得出的結果與 DEA 單期、跨期以及 Tobit 迴歸的結果極為相似：整體平均

績效表現最佳的是台中市、其次為基隆市以及台東縣，其結果也與 DEA 所得績效評比相當類似，僅排序有些微不同。而績效表現最差的三縣市則是高雄市、台北縣和屏東縣，其結果也與 DEA 所得績效評比類似，而嘉義市在此模型中排名倒數第四。較值得注意的是在本模型結果中，人口密度與無效率因子呈現顯著正相關，意即人口密度越高的縣市，其回收效率將會越低；可能因為人口密度越高將導致縣市回收機關執行負荷量提升之故。就這些無效率的縣市單位，本文也提供無效率縣市單位在現有人力物力下應努力達成的產出目標。

第六，本研究最後採用異質性非單調隨機邊界模型，來處理無效率因子異質性和邊際效果的問題。結果在績效評估方面與前面兩種模型（DEA、一階段聯立估計）得出不同的結果，其中老年人口比例在此模型中對無效率因子有顯著正影響，顯示老年人口比例越高的縣市，其資源回收效率將越差，這與之前所得到的結論完全相反，乃是因為邊際效果為正的因素。至於環境變數對無效率因子變異程度的影響，從結果可以發現人均可支配所得越高、人口密度越高可以降低無效率因子的變異性，及技術效率的不確定性可以因之降低。

第七，本研究透過異質性非單調隨機邊界模型的邊際效果分析，找出環境變數對資源回收效率的最適水準：人均可支配所得在 225 千元時水準的縣市效率將提升最多。以高等教育人口比例來看，高等教育人口比例達 36.37% 左右的縣市，回收效率將提升最多。以老年人口比例來看，雖然對無效率因子效果都是正向，但我們可以說老年人口比例約 8.39% 的水準是最適的。最後來看人口密度，雖然整體對無效率因子效果為正，但可以發現當人口密度約 2500 人/平方公里水準時，該邊際效果為負，即該水準會使效率提升，故應為最適水準。就這些無效率的縣市單位，本文也提供無效率縣市單位在現有人力物力下應努力達成的產出目標。

第八，本研究使用之三種評估模型，其排序結果彼此間皆為正相關，顯示三種評估模式的評估之間效果類似。

6.2、建議與未來研究方向

過去文獻大多探討回收制度與作業方法，缺乏有關回收效率之研究；而本研究為探討資源回收效率之實證分析，實能對實務面有所幫助。此外本文利用資料包絡分析法與隨機邊界法不僅可以同時評估多投入多產出項之效率模型，同時能夠估計出有效率下的投入產出量為多少；以上結果將為各縣市環保機關執行回收政策與管理上呈現一清楚且公平的施政目標。

不過關於本研究有幾個地方需要注意：首先，三種評估方法孰優孰劣實在難以有客觀之評斷；另外在資源回收實務工作上，可回收的廢棄物種類繁多（包括：廢紙類、廢鐵罐、廢鋁罐、廢家電、廢輪胎...等多達 14 類），而本研究並無進一步檢視各類廢棄物的回收效率，實可留待後續研究。而本研究在分析上採用的為縣市層級的資料，若能進一步分析個人層級的資料，則應能發現政府部門應該朝哪些特徵的民眾為宣導目標，如此更能為資源回收工作提升成效。

資源回收、垃圾分類、垃圾減量三方法為對抗廢棄物污染的根本之道，其中以資源回收在執行上最為可行，成效也最明顯。而資源回收乃一長期、持續關注的政策施行，本文僅就 1998~2004 年為分析期間，後續應該繼續對此議題做深度與廣度的研究，以期能為政府部門建立長期可信的效率評比方式。



參考文獻

中文部分

- 行政院環境保護署 (1998~2004) , 中華民國環境保護統計年報。
- 吳南明、張志誠與薛宏欣 (2000) , 「我國資源回收法制之演進與評估」, 《環境工程會刊》, 11, 29-37。
- 柯淑婉 (1994) , 「日本資源回收成功都市的分析」, 《環境教育》, 23, 21-30。
- 柏雲昌 (2000) , 「我國資源回收政策的未來發展方向」, 《環境工程會刊》, 11, 21-28。
- 張瓊婷 (1999) , 「臺灣資源回收政策變遷之分析」, 《環境工程會刊》, 10, 19-30。
- 陳志恆 (2001) , 「我國資源回收之展望」, 《台灣鑛業》, 53, 181-192。
- 陳雄文 (2003) , 「資源回收產業發展計畫」, 《工程》, 76, 102-107。
- 葉國樑、趙宏邦與唐貺怡 (2000) , 「臺北地區居民資源回收信念與行為意圖研究」, 《衛生教育學報》, 13, 53-72。
- 廖金環 (2003) , 《結合灰色關連與資料包絡分析臺灣各縣市資源回收績效之研究》, 國防管理學院後勤管理研究所碩士論文。
- 蔣立中 (2001) , 「臺灣地區垃圾資源回收制度與成效之探討」, 《環境與管理研究》, 2, 1-14。

英文部分

- Aigner, D.J. and S.F. Chu (1968), "On estimating the industry production function," *American Economic Review*, 58, 826-839.
- Aigner, D.J., C.A.K. Lovell and P. Schmidt (1977), "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models," *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.
- Banker, R.D., A. Charnes and W.W. Cooper (1984), "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis," *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Battese, G.E. and T.J. Coelli (1992), "Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India," *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169.

- Battese, G.E. and T.J. Coelli (1995), "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data," *Empirical Economics*, 20, 325-332.
- Carcés, C., A. Lafuente, M. Pedraja and P. Rivera (2002), "Urban waste recycling behavior: Antecedents of participation in a selective collection program," *Environmental Management*, 30, 378-390
- Charnes, A., C. T. Cooper and E. Rhodes (1978), "Measuring the efficiency of decision making units," *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Coelli, T., D.S.P Rao and G.E. Battese (1998), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Färe, R., S. Grosskopf and C.A.K. Lovell (1994), *Production Frontiers*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Farrel, M. J. (1957), "The Measurement of productive efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 120, 253-290.
- Folz, H. D. (1999), "Municipal recycling performance: A public sector environmental success story," *Public Administration Review*, 59, 336-345.
- Huang, C.J. and J.T. Liu (1994), "Estimation of a non-neutral stochastic frontier production function," *Journal of Productivity Analysis*, 5, 171-180.
- Kumbhakar, S.C., S. Ghosh and J.T. McGuckin (1991), "A generalized production frontier approach for estimating determinants of inefficiency in U.S. dairy farms," *Journal of Business and Economic Statistics*, 9, 279-286.
- Lee, Y.H. and P. Schmidt (1993), "A production frontier model with flexible temporal variation in technical inefficiency," in Fried, H.O., C.A.K. Lovell and S.S. Schmidt (Eds.), *The Measurement of Productivity Efficiency: Techniques and Application*, Oxford University Press, New York, 237-255.
- Lozano, S., G. Villa and B. Adenso-Diaz (2004), "Centralised target setting for regional operations using DEA," *Omega*, 32, 101-110.
- Meeusen, W. and J. van den Broeck (1977), "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production function with composed error," *International Economic Review*, 18, 435-444.
- Pitt, M.M. and L-F. Lee (1981), "Measurement and source of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry," *Journal of Development Economics*, 9, 943-64.
- Schmidt, P. and R.C. Sickles (1984), "Production frontiers and panel data," *Journal of Business and Economic Statistics*, 2, 367-374.

- Sibley, S.F. and W.C. Buttermann (1995), "Metals recycling in the United State," *Resources, Conservation and Recycling*, 15, 259-267.
- Tobin, J. (1958), "Estimation of relationship for limited dependent variables," *Econometrica*, 26, 24-36.
- Wang H.J. (2002), "Heteroscedasticity and non-monotonic efficiency effects of a stochastic frontier model," *Journal of Productivity Analysis*, 18, 241-253.
- Wang H.J. (2003), "A stochastic frontier analysis of financing constraints of investment: The case of financial liberalization in Taiwan," *Journal of Business and Economic Statistics*, 21, 406-419.
- Worthington, A.C. and B.E. Dollery (2001), "Measuring efficiency in local government: an analysis of New South Wales municipalities' domestic waste management function," *Policy Studies Journal*, 29, 232-249.
- Worthington, A.C. and B.E. Dollery (2002), "Empirical analysis of productivity in Australian local government, 1993/94 to 1995/96," *Public Administration Quarterly*, 26, 234-269.

網路資源部分

各縣市重要統計指標查詢系統，行政院主計處三局統計資料中心建置，
<http://win.dgbas.gov.tw/dgbas03/bs8/city/default.htm> (12/30/2005)

基管會資源回收網，行政院環境保護署資源回收基管會建置，
<http://recycle.epa.gov.tw/main.asp> (12/30/2005)