

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  
 期中進度報告

綠色產品生命週期管控之知識服務系統-子計畫四：分  
權式綠色供應鏈之離廠回收運籌管理

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫  
計畫編號：NSC 97-2221-E-002-263-MY3  
執行期間：98年8月1日至99年7月31日

計畫主持人：洪一薰  
共同主持人：  
計畫參與人員：鄧志鋒、李宜庭、蔡宜璇

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、  
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢  
 涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

執行單位：國立台灣大學工業工程學研究所

中華民國 99年 5月 31日

## 中文摘要

近年來，環境保護的概念逐漸形成新的社會認知及規範，是否能妥善地處理經濟快速發展所造成的電子廢棄物更是廣受注意，因此各國相關的環保法令便因應而生。本研究第二年計畫利用 Stackelberg 模型求得回收體系參與者的最佳決策。依決策時間點而言，政府為先行者，其先發佈回收清除處理費率與補貼費率的訊息，跟隨者(責任業者及資源回收處理業者)接收訊息後，便分別制定最佳製造量及獎勵金水準。其中，為能更貼近市場現況，我們假設消費市場及回收市場分別存在多家責任業者及資源回收處理業者，且彼此之間存在著競爭行為。許多國家現行的回收制度是採用收支平衡的概念進行回收基金的運用與管理，然而，政府為非營利的組織，其應以總體社會福利為考量。本研究第二年計畫，根據現行收支平衡的概念以及總體社會福利最大化的目標，於相同稅收水準的假設下求得結果。接著，本研究利用數值案例進行參數敏感度分析，探討模式可能存在的趨勢。

市場競爭者數量亦會影響到整體社會福利，本研究進一步探討回收基金管理委員會於回收經營權發放的決策問題，以回收市場中資源回收處理業者的數量對總體社會福利、總回收量及補貼費率的影響為探討的主要概念，並佐以數值案例探討環境政策上的管理意涵。

關鍵詞：逆向供應鏈；補貼費率；回收清除處理費率

## 英文摘要

Primarily due to environmental concerns and legislative mandates, the disposition of end-of-life (EOL) electronics products has attracted much attention. Advanced recycling fees (ARFs) and government subsidies may play important roles in encouraging or curtailing the flows of recycled items. In the second year of the research, we study a Stackelberg-type model to determine ARFs and socially optimal subsidy fees in decentralized reverse supply chains where each entity independently acts according to its own interests. The model consists of one leader (the government) and two followers (a group of manufacturers, importers, and sellers (MIS) and a group of recyclers). The MIS and recyclers consist of several independently competitive firms respectively. To maximize social welfare, the government determines the ARFs paid by MIS and the subsidy fees for recyclers when MIS sells new products and recyclers process EOL products. We find that MIS and recyclers behave at the equilibrium status by choosing optimal selling quantity in the market and optimal reward money for customers bringing EOL products to recyclers. Under this approach the two fees achieve the maximum of social welfare at the equilibrium status, while both MIS and recyclers gain the maximum of profits. For comparative purposes, we also develop a conceptual model describing the current practice by which ARFs and the subsidy fees are determined on the basis of fund balance between revenues and costs along with recycling operations. We conclude that our results outperform current practice.

In the second year of the research, we also study how the EPA decides the optimal number of recycling licenses issued by the government and illustrate the impact of the number of recycling licenses on the value of social welfare, total recycling quantity, reward money, and subsidy fees for the proposed model and the current practice model. Several important managerial insights are addressed.

**Keywords** : Reverse supply chains; subsidy and advanced recycling fees;

## 一、研究背景與目的

環境政策工具常被用於減少或控制污染物排放量的方法之一，例如在歐盟制定的環保法令之下，政府的環境政策對於逆向回收物流有重大的影響。學者提出兩階段政策工具(Two-part instrument)，先對生產廠商按產量課稅，使廠商將外部性污染成本內生化以抑制其產量，另外再利用回收補貼的方式促使增加廢棄物的實際回收處理量，以達到環境保護的目的。我國現行資源回收官方系統以兩階段政策工具為基本框架，延伸生產者責任(Extended producer responsibility, EPR)為概念，由製造及輸入業者(以下簡稱為責任業者)向政府繳納其產品最終廢棄時的回收清除處理費用，即污染者付費原則(Polluter pays principle, PPP)，以反映產品於使用過後之負面外部性成本，進而減少污染排放。政府將所徵收之費用成立資源回收基金，由基管會管理，主要用於補貼實際執行回收清除處理相關廢棄物的資源回收業者，希望藉由此種補貼方式達到妥善清除處理廢棄物之目的。

然而，在現今制定費率時，無論是向責任業者徵回收清除處理費用，或是補助資源回收業者的回收清除處理補貼費之水準，為保持基管會基金收支平衡的原則之下，僅考慮能夠準確計算責任業者的產量及資源回收業者的各項成本等相關因素，如產量、銷售量、報廢量、環境影響成本、再利用價值、回收清除處理成本、基管會行政成本等，並分攤計算至年度各項費率內。此種計算方式未能表現出所制定的費率對於業者之誘因效果，即可能因不同的費率水準對於產量有所影響，進而無法充分反應整體社會之福利。此外，現行制度並無考慮到分權式逆向回收物流系統個體決策之均衡問題，例如，政府所制定之補貼費率是否有足夠的誘因使回收業者加入回收系統？業者將徵收費用轉嫁給終端消費者後，如何影響消費者之消費行為？

## 二、文獻探討

環境政策工具常被用於減少或控制污染物排放量的方法之一，通常“經濟誘因工具(Economic approach)”的效果會優於“管制政策工具(Command-and-Control approach)”。管制政策工具意指利用政府權威直接控制被管理者以確保政策的執行，而經濟誘因工具則是政府給予經濟上不同程度的誘因，進而鼓勵被管理者自發性的行為以執行政策，例如補貼與課稅；其中經濟誘因工具的代表為庇古稅(Pigouvian tax)。經濟學者所提倡的庇古稅，主要概念針對廠商在生產產品時，最終產品或生產活動所造成的環境污染，將之稱為環境外部性問題，並且政府以課稅的方式導致污染者內生化環境外部成本，如此一來，雖然會造成產品價格上升及產出減少，但當課稅費率等於邊際社會成本時，整體社會的環境經濟資源配置會達到最適化(Baumol and Oates 1988)，此為庇古稅最大的優點。然而，庇古稅也具有缺點，由於必須針對造成污染的最終產品或生產製造活動課稅，無法利用其他指標或代理對象推論應稅費率及金額，因此會造成在監控汙染行為及量測汙染程度上付出龐大的成本，並且也無法有效防治非法的廢棄物處理行為，上述的缺點造成庇古稅在執行層面上的困難。因此，有許多學者提出兩階段政策工具(Two-part instrument)，兩階段政策工具主要是由推定稅(Presumptive tax)與環境補貼(Environmental subsidy)所結合而成的政策工具，並且 Fullerton and Wovlerton (1997)也證明了實施兩階段政策工具與實施理論上的庇古稅一樣可以達到相當的成效，尚可有效減少執行環境政策工具上的成本，即不需嚴密監控汙染行為及量測汙染量，同時避免廢棄物的非法處理，故對政府而言，在實際執行上兩階段工具會較庇古稅可行。

在探討整體社會福利最適化時，溫麗琪(2005b)以分權式(Decentralization)的角度分別就生產者及回收處理商建構不同的目標函數，說明政府利用課稅及補貼的經濟誘因工具，干預資源回收體系的确會使社會福利達到最適化；另外，也有許多文獻指出利用差異化的環境政策工具可更有效達到減少環境外部性的目標，溫麗琪(2005a)亦提到可依回收處理廠商可資源化比例給予不同水準的補貼，在原本經濟誘因工具均等費率的基礎下，實施差異化補貼費率，將使得回收廠商願意投資回收設備以達到更高的資源化比例，進而獲得更多的補貼，就整體而言會達到更理想的資源回收體系。

在國際上，應用結合課稅與補貼的兩階段政策工具的案例不勝枚舉，更進一步，有文獻說明了在兩階段政策工具的基礎之下，發展出不同的實施方式，目的皆在於極大社會福利與極小環境外部性；Bansal and Gangopadhyay (2003) 與溫麗琪 (2005b) 同樣都是探討政府是否以兩階段政策工具干預，及何種干預方式，對於環境品質及社會福利的影響；但不同之處在於前者以消費者效用為出發點，並以兩階段納許賽局 (Two-stage Nash game) 為研究模型，觀察廠商如何決定自身的環保水準並會影響對方做出何種決策，以獲得較佳的利潤，同時也提供政府資訊決定對哪家廠商採取課稅及補貼的行動，最後也得到以差別化補貼的方式，會使得所有廠商的環保水準及消費者剩餘上升，進而增加社會福利。

在逆向供應鏈回收模式的選擇亦為主要探討之課題。Savaskan and Van Wassenhove (2006) 針對回收管道設計提出看法，當製造商直接回收廢棄物時，整個供應鏈系統之利潤變動回受到回收努力程度之影響，而透過間接回收，也就是經由零售商回收再集中，整個供應鏈利潤會因零售商之間競爭關係而有所影響；Majumder and Groenevelt (2001) 針對兩種廠商競爭下決定再製及製造新品數量之兩階段模型進行探討，第一期 OEM (Original Equipment Manufacturer) 廠商僅利用新料製造新品，決定其生產數量及價格，當市場出現回收商品時，第二期回收商 (Local re-manufacturer) 應如何決定以二次料或是直接利用新料製造新品。上述兩篇文獻相同之處在於，主要研究對象皆為製造新品並進行回收之廠商，探討新品售價的制定，對回收方式的選擇與各自利潤的影響，而非探討收購價格制定對於自身之影響。

根據文獻回顧整理發現，兩階段政策工具中政府提供補貼費給予資源回收業者之政策儼然成型，但是對於補貼資源回收業者的費率及階層問題，並無相似文獻探討。因此本研究針對此問題，建構政府補助資源回收系統的基本模型，考慮資源回收系統中，各階層之廠商分別追求自身最佳決策的情況下，政府所制定的最適化徵收費率及補貼費率為何。

### 三、研究方法

#### 補貼及徵收費率之制訂

資源回收可減低廢棄物量、緩衝廢棄物處置之壓力，而二次料的使用亦可減緩自然資源的消耗；此外，由於污染的負面外部性使得市場無法有效地配置資源從事污染防治的工作，造成市場失靈的情況產生，也提供政府介入的正當性。綜合上述兩點，系統規劃者（如政府）利用以延伸生產者責任為主要概念的兩階段政策工具，建構逆向回收系統。

兩階段政策工具為眾多經濟誘因工具其中之一；現行體系對於製造、進口或銷售產品之責任業者徵回收清除處理費，與補貼資源回收業者的回收清除處理補貼費即是兩階段政策工具的應用。無論是政府、責任業者與資源回收業者對於徵收與補貼的費率均有不同的立場；基本上，責任業者希望繳交的費用越少越好，反之資源回收業者希望回收清除處理補貼費越多越好，而政府則希望能夠藉由所制定的費率，極大化社會福利使得廢棄物的總回收量與總處理量增加。然而，在多數文獻中，費率制定的方法僅在維持系統規劃者收支平衡的前提下，反應回收清除處理的成本與廢棄物未妥善處理而直接影響環境的成本(溫麗琪, 2006)。換言之，所計算出之費率僅代表在資源回收方面的平均成本 (Average cost)，也就是資源回收處理所需的社會成本，而缺乏總體效益 (Aggregate benefit) 的概念，即資源回收對社會帶來的好處，譬如廢棄物減量可減少污染排放量以及自然資源的再利用。因此，針對環境品質之類的公共財，依據經濟學之理論，最適費率是由邊際成本與邊際效益所決定；當邊際成本與邊際效益相等時，對污染者的課稅行為，會使得稅賦金額內生化為污染者的成本，進而提高產品價格、反應產品生產或消費之外部成本，達到減少污染排放，使其經濟活動達到社會最適水準。綜合以上，目前在實務上資源回收系統的費率計算公式，並無法有效率地減低污染量以及達到社會福利極大化的目的。

本研究針對政府、責任業者、資源回收業者與消費者所組成之資源回收系統，探討政

府所訂定之最適費率、責任業者最適產量以及資源回收業者的最適處理量。系統參與者之角色與功能分述如下：

- (1) 系統參與者為政府、責任業者、資源回收業者以及消費者。
- (2) 責任業者為生產、進口與銷售產品之廠商（如資訊物品產業之廠商）。
- (3) 政府負責制定費率，經由第三方組織稽核產品產量及廢棄物回收處理量後，向責任業者徵回收清除處理費用，以及發放回收清除處理補貼費給資源回收業者。
- (4) 消費者購買責任業者所生產之資訊物品，並在產品使用完畢之後，可能會送至資源回收業者。
- (5) 資源回收業者由消費者蒐集回收廢資訊物品，經由加工處理製程，產出可再利用的二次料，於二次料市場中銷售，並妥善處置加工後仍無法再利用之殘渣。

於上述系統參與者中，責任業者與資源回收業者均希望達到利潤極大化，卻對於費率有不同的觀點，例如責任業者希望被收取的清除費率越低，其利潤及產量才越高；資源回收業者則希望補貼費率越高越好。然而，補貼費是從徵收的清除費用中編列而來，兩方所期待的費率水準不盡相同，若制定的費率不夠完善，會使得整個系統趨於不穩定易產生弊端，且缺乏效率。因此，本研究希望制定出資源回收系統最適費率，使整個系統達到均衡狀態，同時極大社會福利及減低負面外部性所帶來的影響。以下針對此逆向供應系統之物流、財務流及資訊流說明現行系統之運作方式。

### 逆向供應鏈

資源回收系統屬於逆向供應鏈其中之一環，與正向供應鏈相同，逆向供應鏈也存在物流（Material flow）、財務流（Cash flow）及資訊流（Information flow）。本研究模型環境之供應鏈流分述如下：

#### (1) 物流

責任業者將自然資源，包含新料及二次料，製造成最終產品或自他國將成品輸入市場，並在市場上銷售。消費者購買該產品，而具環保意識的消費者在使用產品完畢後會將廢棄物送至資源回收業者回收處理。資源回收業者收集消費者的廢資訊物品，經過加工處理，製造成可再次利用的二次料，銷往二次料市場，並妥善處置加工後仍無法再利用之殘渣。在此階段，系統規劃者（政府）稽核責任業者的生產產量及資源回收業者回收處理量，而無直接實質介入。

#### (2) 財務流

資源回收系統所使用的兩階段政策工具，即是責任業者繳交回收清除處理費用給政府，再由政府發放回收清除處理補貼費給資源回收業者。此外，壽期結束產品之回收成本納入回收清除處理補貼費中，資源回收業者可視回收市場自行決定是否補貼及補貼金額多寡給予消費者，本系統之運作方式可參考現行行政院環保署基管會目前作法<sup>1</sup>。

#### (3) 資訊流

現行資源回收系統的資訊流僅包含兩大項目，其一是政府向責任業者與資源回收業者公告各項相關費率，其二為政府稽核各階段物品數量，皆為使資源回收系統正常運作所需之資訊。但本研究的資訊流著重於在制定費率階段及流程，因此與現行系統的資訊流有所不同。實務上，政府在審議費率時，審議時機較費率公告實行為早，政府必須考量與估計各種相關因素之數值以制定費率。因此在所有系統參與者中，政府為最先決定策略或決策的角色，此點符合 Stackelberg 模型之情境假設（基本 Stackelberg 模型之介紹如後）。故本研究將基管會設定為 Stackelberg 模型中市場領導者的角色，而責任業者與資源回收業者均設定為市場跟隨者。

在第一階段時，假設政府已制定出回收清除處理費用以及回收清除處理補貼費，並公

<sup>1</sup> 現行資源回收作法可參考：資源回收網 <http://recycle.epa.gov.tw/>

告實行。第二階段當責任業者與資源回收業者預期得到該費率訊息後，必然會改變其生產策略，以因應費率對利潤所造成的影響。本研究假設，政府可得知在公告的費率水準之下，責任業者與資源回收業者之產量會如何改變，再調整其費率即可得到最適費率水準，使整體系統達到社會福利最佳之均衡狀態，決策過程如圖 1 所示。

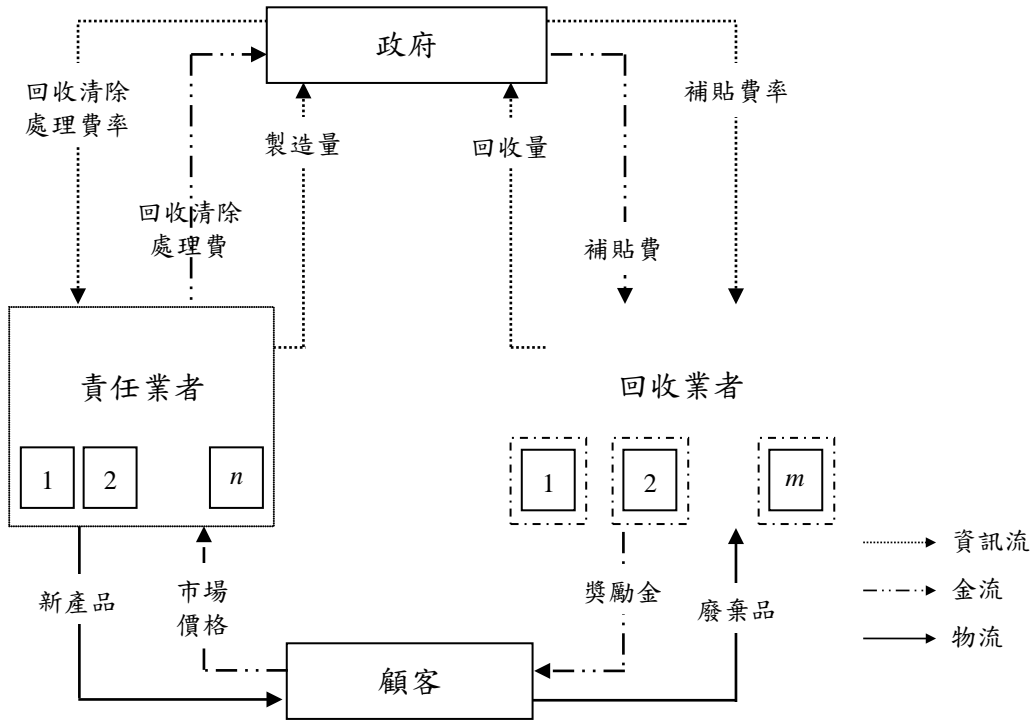


圖 1：供應鏈流

### 資源回收系統社會福利極大化基本模型

由於政府在制定費率並公告實行的時間點，均較責任業者與資源回收處理業者實際執行業務之時間點早，而責任業者與資源回收處理業者會因應基管會所制定之費率改變其生產策略，故政府相似於 Stackelberg 模型中之市場領導者，而責任業者與資源回收處理業者則相似市場跟隨者。因此，本研究應用 Stackelberg 模型作為費率模型之發展理論基礎，以政府為決策之先行者，而責任業者及回收業者為決策的跟隨者。相關之參數解釋如下：

令  $q_{x_i}$  為第  $i$  家責任業者之製造量， $i = 1, 2, \dots, n$ 。總回收量  $Q_x$  為所有責任業者製造量之總和，也就是  $Q_x = \sum_{i=1}^n q_{x_i}$ 。令需求函數為  $P_x = a - bQ_x$ ，其中  $P_x$  代表市場價格， $a$  為截距參數， $b$  為斜率參數。令  $C_{v_i}$  為第  $i$  家責任業者的單位製造成本。此外，政府向責任業者徵收單位為  $t$  的回收清除處理費，因此第  $i$  家責任業者的利潤函數為：

$$\text{Max}_{q_{x_i} \geq 0} \prod_{MIS_i} = (P_x - C_{v_i} - t)q_{x_i} \quad (1)$$

令  $c_j$  為第  $j$  家資源回收處理業者的市場截距和斜率參數， $j = 1, 2, \dots, m$ 。此外，對第  $j$  家資源回收處理業者而言，除了自身獎勵金水準的高低會影響自身的回收量外，其他家業者的獎勵金水準也會影響到其回收量。造成上述現象的主要原因是因為顧客沒有地域性的限制等因素。因此，我們以參數  $k_l^j$  代表第  $j$  家資源回收處理業者因為第  $l$  家資源回收處理業者提高一單位的獎勵金水準所減少的回收量。令  $P_{w_j}$  和  $q_{c_j}$  代表第  $j$  家資源回收處理業者的獎勵金水準及回收量，此兩者之間的關係如下：

$$q_{c_j} = c_j + d_j P_{w_j} - \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^m k_l^j P_{w_l} \quad (2)$$

令  $r_j$  代表第  $j$  家資源回收處理業者進行回收相關工作時的單位處理成本。此外，政府會根據資源回收處理業者回收量的多寡進行補貼。其中，單位補貼費率為  $s$ ，因此第  $j$  家資源回收處理業者的利潤函數為：

$$\text{Max}_{P_{w_j} \geq 0} \Pi_{rec_j} = (s - r_j - P_{w_j})q_{c_j} \quad (3)$$

在資源回收系統費率基本模型中，政府的主要目標是最大化社會福利值。在本研究當中，社會福利值主要包括四個部分：生產者剩餘、消費者剩餘、政府本身的利潤、及環境外部性成本 (Bansal and Gangopadhyay, 2003)，將此四個部分整合即得到政府的利潤函數如下所示：

$$\begin{aligned} \text{Max}_{t, s \geq 0} \Pi_{gov} = & \sum_{i=1}^n (P_x - C_{v_i} - t)q_{x_i} + \sum_{j=1}^m (s - P_{w_j} - r_j)q_{c_j} + \frac{1}{2}bQ_x^2 + \\ & \sum_{j=1}^m (P_{w_j}q_{c_j} - \frac{1}{2}d_j P_{w_j}^2) + \left( t \sum_{i=1}^n q_{x_i} - s \sum_{j=1}^m q_{c_j} \right) - E \left( \tau Q_x - \sum_{j=1}^m q_{c_j} \right) - eQ_x \end{aligned} \quad (4)$$

此外，我們合理地假設政府在制定費率時，預期責任業者和資源回收處理業者會根據政府的所公布的費率各自選擇他們的最佳策略。為了簡化符號，我們令  $B = d_j - \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^m \frac{k_l^j (d_j - d_l)}{2d_l + k_l^j}$  和

$C = d_j r_j + c_j + \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^m \frac{k_l^j (-d_j r_j - c_j + d_l r_l + c_l)}{2d_l + k_l^j}$ 。接著，利用一階導函數為零的概念，得到政府

的最佳回收清除處理費率和補貼費率如下所示：

$$t^* = \frac{1}{n^2} \left( (n+1)(nE\tau + ne) - na + \sum_{i=1}^n C_{v_i} \right) \quad (5)$$

$$s^* = \frac{\sum_{j=1}^m \left( d_j \left( E - r_j + \left( \frac{B}{A} \right) \left( r_j - E + \frac{C}{A} \right) \right) \right)}{\sum_{j=1}^m \left( d_j \left( \frac{B}{A} \right)^2 \right)} \quad (6)$$

其中  $A = 2d_j - \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^m \frac{k_l^j (2d_l + k_l^j)}{2d_l + k_l^j}$ 。

### 收支平衡模型

台灣現行的電子廢棄物回收系統，是以收支平衡的概念為基礎來制定回收清除處理費率和補貼費率，其主要概念是政府徵收的總回收清除處理費等於政府支出的總補貼費 (Lee et al., 2000)。在收支平衡模型當中，供應鏈流如物流、金流、及資訊流皆和上述所建立的資源回收系統費率基本模型的供應鏈流相同，如圖 1 所示。此外，在收支平衡模型中的參數亦和資源回收系統費率基本模型的參數相同。令  $t'$  代表此模型的單位回收清除處理費率， $q_{x_i}'$  代表第  $i$  家責任業者的製造量， $Q_x' = \sum_{i=1}^n q_{x_i}'$  代表責任業者的總製造量。需求函數同樣為一線性函數， $P_x' = a - bQ_x'$ ，其中  $P_x'$  代表市場價格，因此第  $i$  家責任業者的利潤函數為：

$$\text{Max}_{q_{x_i}' \geq 0} \Pi_{MS_i} = (P_x' - C_{v_i} - t')q_{x_i}' \quad (7)$$

令  $s'$  代表此模型的單位補貼費率， $P_{w_j}'$  和  $q_{c_j}'$  代表第  $j$  家資源回收處理業者的獎勵金水準及回收量， $Q_c' = \sum_{j=1}^m q_{c_j}'$  代表總回收量。參數  $c_j$ 、 $d_j$ 、 $r_j$ 、 $k_l^j$  皆和資源回收系統費率基本模型的參數相同， $j = 1, 2, \dots, m$ ，因此第  $j$  家資源回收處理業者的利潤函數為：

$$\text{Max}_{P_{w_j}' \geq 0} \Pi_{rec_j} = (s' - r_j - P_{w_j}')q_{c_j}' \quad (8)$$

在政府的決策方面，收支平衡的主要概念是政府徵收的總回收清除處理費等於政府支出的

總補貼費，以數學式來表示為：

$$t'Q_x'^* = s'Q_c'^* \quad (9)$$

此外，為了使資源回收系統費率基本模型和收支平衡模型有相同的比較基準點，我們假設此兩模型的總稅收金額相等，以數學式來表示如下所示：

$$t'Q_x'^* = t^*Q_x^* \quad (10)$$

利用上述兩個式子，可求得此模型的最佳回收清除處理費率和補貼費率如下所示：

$$t' = \frac{1}{n^2} \left( (n+1)(nE\tau + ne) - na + \sum_{i=1}^n C_{v_i} \right) \quad (11)$$

$$s' = \frac{-H + \sqrt{H^2 + 4 \left( \sum_{j=1}^m \frac{d_j^2 - F_j}{A} \right) D}}{2 \left( \sum_{j=1}^m \frac{d_j^2 - F_j}{A} \right)} \quad (12)$$

其中

$$D = \frac{\left( -\sum_{i=1}^n C_{v_i} - ne - nE\tau + na \right) \left( \sum_{i=1}^n C_{v_i} - na + n(n+1)(e + E\tau) \right)}{n^3 b}, \quad H = \sum_{j=1}^m \frac{-d_j^2 r_j + d_j c_j + G_j}{A}。$$

### 最佳回收執照發放數

在此節中，我們主要探討回收市場回收執照發放數量的影響，因此責任業者相關的決策變數，包括責任業者的最佳製造量及單位回收清除處理費率  $t$  皆不會改變。在資源回收系統費率基本模型當中，給定回收市場存在有  $m$  家資源回收處理業者，也就是說政府將回收市場劃分成  $m$  個回收區域。令  $P_w$  和  $q_c$  代表各家資源回收處理業者的獎勵金水準及回收量，並假設資源回收處理業者為同質性個體。根據上述模型所提到獎勵金水準和回收量之間的線性關係，我們可以得到在此章節中的兩者之間的關係如下所示：

$$q_c = c + (d - mk + k)P_w \quad (13)$$

根據同質性個體的假設，各家資源回收處理業者的獎勵金水準及回收量如下所示：

$$P_w^* = \frac{1}{d} (E - r)(d - mk + k) \quad (14)$$

$$q_c^* = c + \frac{1}{d} (E - r)(d - mk + k)^2 \quad (15)$$

將所有資源回收處理業者的回收量加總，得到總回收量：

$$Q_c = m \left( c + \frac{1}{d} (E - r)(d - mk + k)^2 \right) \quad (16)$$

同樣地，政府在最大化社會福利值的目標下制定回收清除處理費率和補貼費率。在同質性個體的假設下，社會福利總值如下所示：

$$\sum_{i=1}^n (P_x - C_{v_i} - t)q_{x_i} + m(s - P_w - r)q_c + \frac{1}{2}bQ_x^2 + \quad (17)$$

$$m(P_w q_c - \frac{1}{2}dP_w^2) + (tQ_x - m(s q_c)) - E(\tau Q_x - m q_c) - eQ_x$$

在同質性個體的假設下，單位補貼費率如下所示：

$$s^* = \frac{(E - r)(2d - mk + k)(d - mk + k)}{d^2} + \frac{dr + c}{d} \quad (18)$$

在收支平衡模型當中，給定回收市場存在有  $m'$  家資源回收處理業者，也就是說政府將回收市場劃分成  $m'$  個回收區域。令  $P_w'$  和  $q_c'$  代表各家資源回收處理業者的獎勵金水準及回收量，並假設資源回收處理業者為同質性個體。根據上述所提到獎勵金水準和回收量之間



的線性關係，我們可以得到在此章節中的兩者之間的關係如下所示：

$$q_c' = c + (d - m'k + k)P_w' \quad (19)$$

根據同質性個體的假設，各家資源回收處理業者的獎勵金水準及回收量如下所示：

$$P_w^* = \frac{\left( -\frac{dm'(c - (d - m'k + k)r)}{(2d - m'k + k)} + \sqrt{\frac{4Dm'd(d - m'k + k)}{(2d - m'k + k)} + \frac{m'^2 d^2 (c - (d - m'k + k)r)^2}{(2d - m'k + k)^2}} \right)}{2m'(d - m'k + k)} - \frac{dr + c}{(2d - m'k + k)} \quad (20)$$

$$q_c^* = c + \frac{-d(c - (d - m'k + k)r)}{2(2d - m'k + k)} + \frac{1}{2m'} \sqrt{\frac{4Dm'd(d - m'k + k)}{(2d - m'k + k)} + \frac{m'^2 d^2 (c - (d - m'k + k)r)^2}{(2d - m'k + k)^2}} - \frac{(d - m'k + k)}{(2d - m'k + k)}(dr + c) \quad (21)$$

將所有資源回收處理業者的回收量加總，得到總回收量如下：

$$Q_c^* = m'c + \frac{dm'(c - (d - m'k + k)r)}{2(2d - m'k + k)} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4Dm'd(d - m'k + k)}{(2d - m'k + k)} + \frac{m'^2 d^2 (c - (d - m'k + k)r)^2}{(2d - m'k + k)^2}} - \frac{m'(d - m'k + k)}{(2d - m'k + k)}(dr + c) \quad (22)$$

在收支平衡模型中，政府制定費率時是以收支平衡的概念為基礎。然而，為了與資源回收系統費率基本模型有相同的比較基準點，在收支平衡模型當中，我們亦探討回收執照發放數量對總體社會福利值的影響。在同質性個體的假設下，社會福利總值如下所示：

$$\sum_{i=1}^n (P_x - C_{v_i} - t)q_{x_i} + m'(s' - P_w' - r)q_c' + \frac{1}{2}bQ_x^2 + m'(P_w'q_c' - \frac{1}{2}dP_w'^2) + (tQ_x - m'(s'q_c')) - E(\tau Q_x - m'q_c') - eQ_x \quad (23)$$

在同質性個體的假設下，單位補貼費率如下所示：

$$s^* = \frac{\left( -dm'(c - (d - m'k + k)r) + (2d - m'k + k) \cdot \sqrt{\frac{4Dm'd(d - m'k + k)}{(2d - m'k + k)} + \frac{m'^2 d^2 (c - (d - m'k + k)r)^2}{(2d - m'k + k)^2}} \right)}{2m'd(d - m'k + k)} \quad (24)$$

## 五、計畫成果自評及建議

在此章節中，我們以國內筆記電電腦的市場做為主要的探討對象，並利用數值案例分析的方式說明資源回收系統費率基本模型和收支平衡模型的運作。子題 1：針對特定幾個參數進行敏感度分析觀察可能的趨勢。首先，探討消費市場對於社會福利值的影響，也就是參數  $a$  和  $b$  對於社會福利值的影響。分析結果如圖 2 所示：

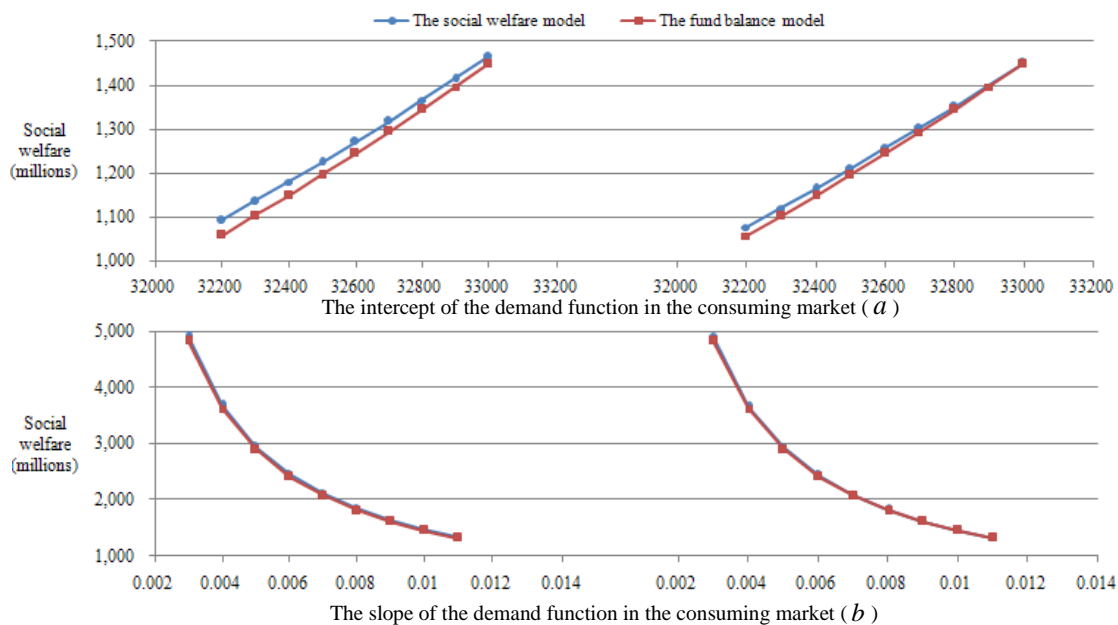


圖 2  $a$  及  $b$  對社會福利值的影響

接著，我們探討回收率對社會福利值的影響。分析結果如圖3所示：

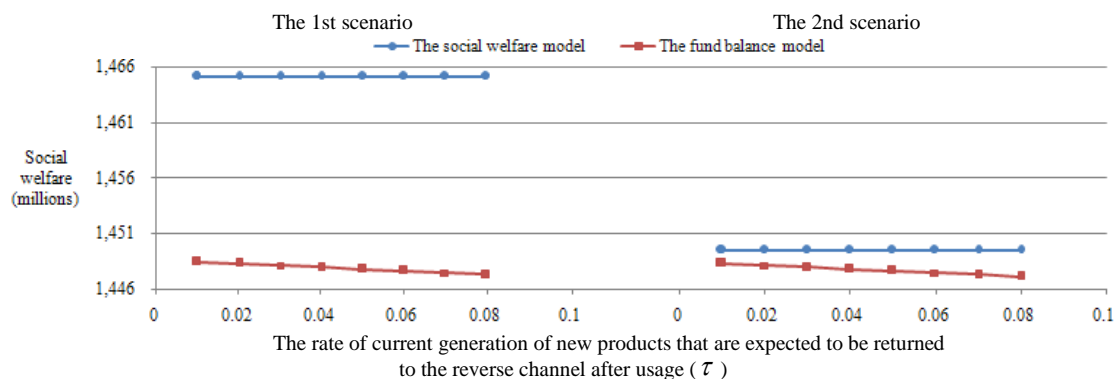


圖 3  $\tau$  對社會福利值的影響

子題 2：利用數值案例探討回收執照發放數量對於總體社會福利值的影響。分析結果如圖 4 所示：

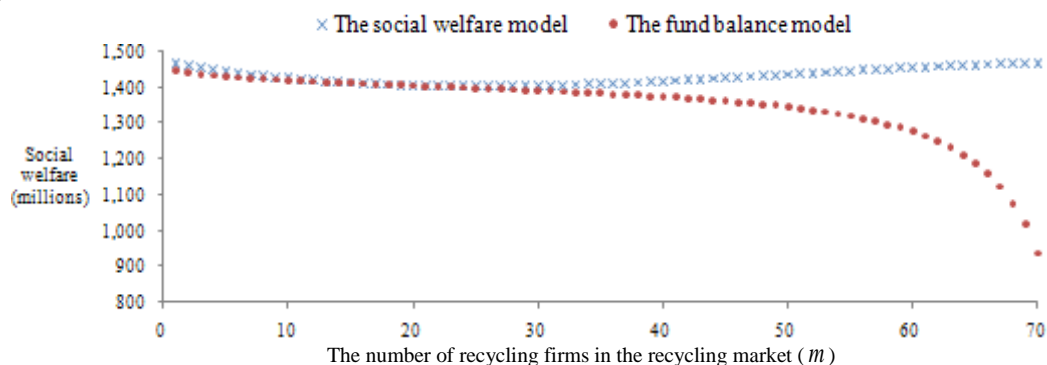


圖 4  $m$  對總體社會福利值的影響

藉由探討此一示例政府補貼費率、獎勵金水準對系統總社會福利之敏感度分析，可做為政府補貼政策及回收執照發放之參考。

## 參考文獻

- Bansal, S., S. Gangopadhyay. 2003. Tax/subsidy policies in presence of environmentally aware consumers. *Journal of Environmental Economics and Management* **45** 333-355.
- Baumol, W. J., W. E. Oates. 1988. *The Theory of Environmental Policy, Second Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Fullerton, D., A. Wolverton. 1997. The case for a two-part instrument presumptive tax and environmental subsidy. *National Bureau of Economic Research, Working paper* 5993.
- Lee, C.-H., Chang, S.-L., Wang, K.-M., Wen, L.-C., 2000. Management of scrap computer recycling in Taiwan. *Journal of Hazardous Materials*. A73, 209-220.
- Majumder, P., H. Groenevelt. 2001. Competition in remanufacturing. *Production and Operations Management* **10**(2) 125-141.
- Savaskan, R. C., L. N. Van Wassenhove. 2006. Reverse channel design: The case of competing retailers. *Management Science* **52**(1) 1-14.
- 溫麗琪, 2005a, 應回收廢棄物回收制度與費率架構檢討評估, 行政院環保署委託研究計劃, 行政院環保署。
- 溫麗琪, 2005b, 廢棄物回收處理費之回收處理市場及誘因效果, 人文及社會科學集刊第十七卷第三期 **94**(9) 491-520。