回收之政策的研究，例如早期 Anderson(1977)曾分析了美國聯邦政府爲提高回收率而設立的二種獎勵再生方案：(1) H. R.148– 旨在減少回收者的可課稅所得，使與原料生產者的折舊抵減相當；(2) H. R.10612–給予購買再生原料者所得稅減免。但由於廢紙的價格需求彈性爲及供給彈性都偏低 (分別爲 0.25和 0.49)，故此二項獎勵措施只使回收量增加了 1.4-1.6%，效果並不顯著。Edgren and Moreland(1989)也指出，由於美國廢紙市場的供需彈性均低，若以價格補貼方式（例如每回收一單位給予補貼多少金額）來促進廢紙回收，必須支付龐大的補貼費用，而此巨額的財政負擔要如何解決呢？爲尋求合理的經費來源以解決此財政負擔， Dinan(1993)提出了一個新的方法，來同時鼓勵回收利用並解決財政負擔的困擾：「向商品的所有生產者和進口商課徵垃圾處理費，並補貼給所有最終回收物質的使用者，其中所課的稅額等於該商品未來的處理費用，而補貼的額度則等於目前所節省的處理費用。」其課稅理由乃因消費者使用紙品後才會產生廢紙垃圾，造成環境的污染，故應對其課徵垃圾處理費，以矯正因其消費行爲所帶來的外部成本，如此政府便能以此筆垃圾處理費的所得來支付補貼廢紙回收再生的支出，從而解決因補貼所產生的的財政包袱。

然而 Dinan(1993)並未考慮到現代國際貿易已是經濟活動中重要的一環（對依賴進出口的經濟體系尤其重要），故 Krutilla(1991) 提出開放經濟下的最適環境政策；在制訂政策時，除了考慮如何把外部性內部化的問題，也必須注意政策對貿易上的影響（如關稅稅收與貿易條件等），才能得到使社會福利最大的最適政策。不過， Krutilla的理論只適合單一產品之消費或生產，對於同時涉及紙品與廢紙兩種市場的廢紙回收問題而言，顯然過於單純而難以適用。

在台灣目前的體系下，廢紙回收工作主要是在市場機能下來運作，由回收業者衡量其自身之回收成本、銷售收入、與利潤豐薄而決定其廢紙回收量的多寡。然而在此市場機能運作下，因爲未考慮廢紙回收之環境效

益，故所達成之廢紙回收量往往低於社會福利最大化的最適回收量，因此必須有賴適當的環境政策介入，以矯正市場失靈的現象，其中藉由經濟誘因機制來促使回收業者增加回收，以達到最適回收水準，則是環境經濟學者咸感興趣的研究課題，也是政策上可行的方向。雖然 Dinan(1993)的方法可以舒緩財政負擔的壓力，而 Krutilla(1991)則考慮了貿易因素，但是他們都以完全競爭市場爲對象，而未針對廢紙市場爲不完全競爭的特性，故本文希望在兼顧：(1)廢紙市場不完全競爭特性，(2)紙品與廢紙的進口，(3)財政收支平衡，及(4)各經濟個體的決策行爲等問題下，研擬各項政策性工具應有之最適水準，冀使廢紙回收能達到社會淨效益最大化的目標。

本文第二節說明當前廢紙回收之各項問題癥結及針對外部性之來源而說明本文所選擇之政策性工具。第三節則爲回收體系中之各經濟個體的決策建立合乎現況的理論基礎，第四節則說明最環境政策的建立模式，並比較分析其涵意，第五節則爲本文結論與建議。

2. 開放經濟體系下的最適環境政策

2.1 廢紙回收再生循環體系

由圖 1 的廢紙回收再生循環圖 (recycling loop) 中，可以清楚地了解紙品與廢紙的流程，和各經濟個體之間的關係，其中的行爲主體及其基本活動則列於表 1。至於市場結構的特性則概述：

1.紙品市場—因爲紙品的供給除了紙廠外，還面臨了進口紙品的強烈競爭，故紙品市場的結構爲完全競爭。

2.廢紙市場—由於回收商爲地區性的，其直接從事廢紙之收集工作，遍佈各地方角落，極爲分散，又因爲廢紙很佔空間，重量也很重，故運輸成本較高，因此回收商都會將其所收集來的廢紙賣到該區域附近的供應

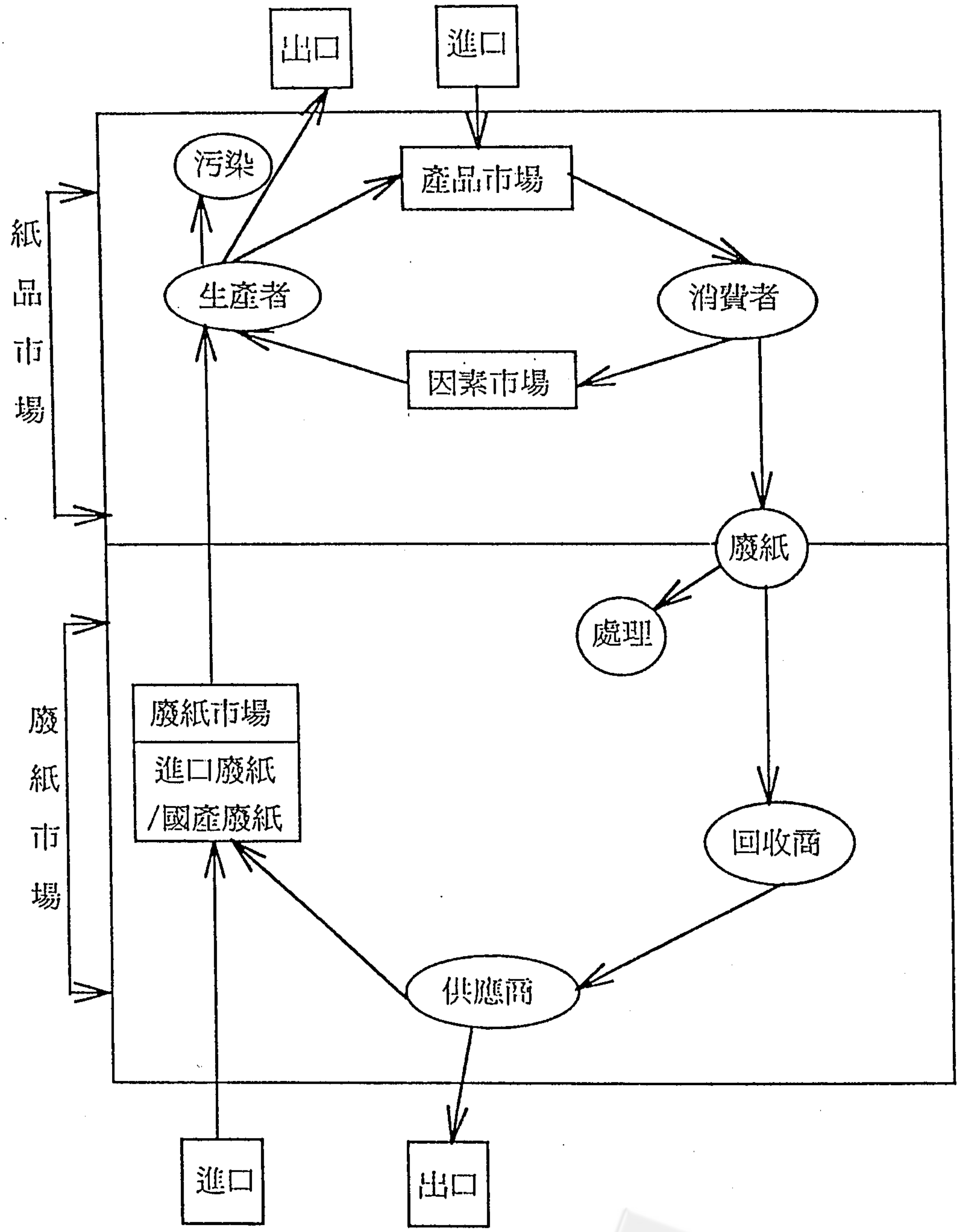

圖 1　廢紙回收再生循環圖

表 1　廢紙回收之主要工作及其行為主體

活動別	行為主體
紙品供給	紙廠、紙品進口商
紙品消費	中間消費者（如印刷業、包裝業、紙器使用者） 終端消費者（如購買紙張、書報、雜誌、以供直接消費者） 紙品出口商
廢紙收集與初分類	中間消費者、終端消費者、拾荒業者、古物商
清運與加工（含再分類、打包與運銷）	廢紙供應商
廢紙再生	紙廠、廢紙出口商

商，且由於每個回收商的廢紙收集量並不多，故為該區域之供應商的價格接受者。在紙廠與供應商的廢紙買賣方面，雖然供應商可能組成合作社或公會來增加其與紙廠之議價能力，但因為國內少數幾家紙廠購買了大部份的國內廢紙，且可購買進口廢紙來替代，故紙廠在議價能力上，仍稍佔優勢，為簡化起見，在此乃假設紙廠為供應商之價格決定者。

2.2 政策性工具之選擇

根據 Dinan(1993)所提的方法，課徵紙品的垃圾處理費與對廢紙的最終使用者給予補貼，在實際應用上應如何安排較為可行呢？課徵紙品的垃圾處理費可能的方式有二種最普遍：第一、在紙品的生產階段上，預收垃圾處理費，即對紙廠的紙品內銷量和進口商的進口量課徵垃圾處理費，其於售出紙品予消費者時，再轉嫁給消費者。第二、在消費者購買紙品時，依其消費數量直接課徵垃圾處理費，此法在應用上，因需間接透過銷售者把課得之垃圾處理費轉交給政府，稍微麻煩，可是在課徵垃圾處理費的觀念接受上，較為直接。但實質上，這兩種方法殊途同歸，都能達到相同的目的，為了觀念上較為明確，本模型擬採用第二種方法，即

表 2　對廢紙回收問題的意見與評論

問題	紙廠意見	供應商意見	舒解方法
廢紙進口	• 進口是爲了：(1)補足國內供應不足，(2)國內纖維劣化，必須混用國外較佳品質之廢紙。 • 課徵關稅或限量進口將降低紙廠的競爭能力，隨之而至的減量與減用廢紙之惡性循環將不利主客雙方。	• 外國廢紙傾銷國內，售價低，紙廠因而以之替代國內廢紙。 • 進口之雜質量大增，其品質未經檢驗即入關，有些甚至比國內品質還差。 • 應限量進口或課徵關稅，並優先購買國內廢紙。	• 劣質雜紙應按國際標準由主管機關檢驗。 • 設法縮小劣質廢紙與國產廢紙之差價，以減少雜質之進口量，並確保國內總紙之需求。
政府補貼	• 紙廠消化了回收來的廢紙，使回收的廢紙得以回收再生，故政府應對紙廠補貼。	• 回收業者的回收行爲直接減少了社會的垃圾總量，並爲社會減少了處理成本，故政府應對回收業者給予合理的補貼。	• 目前市場機能已有失靈現象，重新調整回收之社會責任成本的分攤乃是根本之道。
課徵廢紙 進口關稅	• 不符合國際貿易自由化及ＧＡＴＴ的精神。 • 紙及其製品的進口亦應比照課徵關稅。 • 將扼傷紙廠的競爭能力，如至發展無望，廢紙的回收亦將受累。	• 可抑制國外廢紙進口。 • 可嚇阻廠商低價高報來達洗錢的目的。 • 沒有明文規定不得課徵廢紙關稅。	• 在紙廠與回收商休戚相關、福禍與共的條件下，設法減少關稅的衝擊實有其必要。 • 進口紙是否真有低價高報之實，有待主管機關查明，但進口價格與進口紙類及其品質確實有極大關係。

依消費者購買的紙品量，加以課徵垃圾處理費。

就補貼而言，有關廢紙回收利用者包括：消費者、回收商（即拾荒業者和古物商）、供應商和紙廠等，應要如何給予補貼呢？如何才較具效率呢？在廢紙回收流程中，最後的需求者爲紙廠，若其需求量增加，則會帶動流程中其他所有參與者增加回收供給，若其需求量不變，則上游參與者所增加的回收量無處銷售，對社會而言，未被利用於再生的廢紙，仍如同未被回收的廢紙一樣 (例如美國就曾因加強回收後，回收量太多，無法消化，最後被迫只好再當成垃圾處理掉)。補貼的主要目的是要促進並加強廢紙的回收利用，減少廢紙垃圾量，故正本清源，要達到減少廢紙垃圾量的目的，則應以補貼廢紙的最終使用者，即以之爲原料投入的紙廠，才是一針見血，較爲直接有效的辦法。但因爲實地造訪供應商時，其認爲他們對資源回收的默默貢獻，應獲得政府的補助，故本文擬以對紙廠所購買的國內廢紙量加以補貼，並且同時對供應商的銷售量補貼，來用以比較兩者對回收量、環境效益、與社會福利的影響。

關稅對於解決外部性問題有別於傳統的皮古稅，也是 Dinan(1993)所未提及而 Krutilla(1991)未深入探討的。一般而言，在無任何外部性下，徵收關稅將會造成社會福利的無謂損失 (deadweight loss)，關稅的課徵並非是項有利的措施；但在涉及外部性的情況下，關稅卻反而可以成爲相當有利而簡便的政策工具，例如課徵廢紙的進口關稅，則可因國內廢紙的替代進口廢紙，而增加廢紙的回收利用量，從而帶來社會的外部效益，故當此外部效益大於關稅產生的無謂損失，則廢紙進口關稅仍不失爲一項有效的政策工具，如此亦可避免因採用補貼而造成的財政負擔問題 。同樣地，徵收紙品的進口關稅，將會減少紙品的總消費量，降低了消費紙品所產生的外部成本，另一方面也使國內紙品的生產量增加來替代進口紙品 (誠如紙廠的要求)，間接促使對國內廢紙需求量的增加，帶來外部效益，故課徵紙品關稅不但可降低外部成本，又可增進外部效益，故爲一項可行的政策工具。 (註 1)

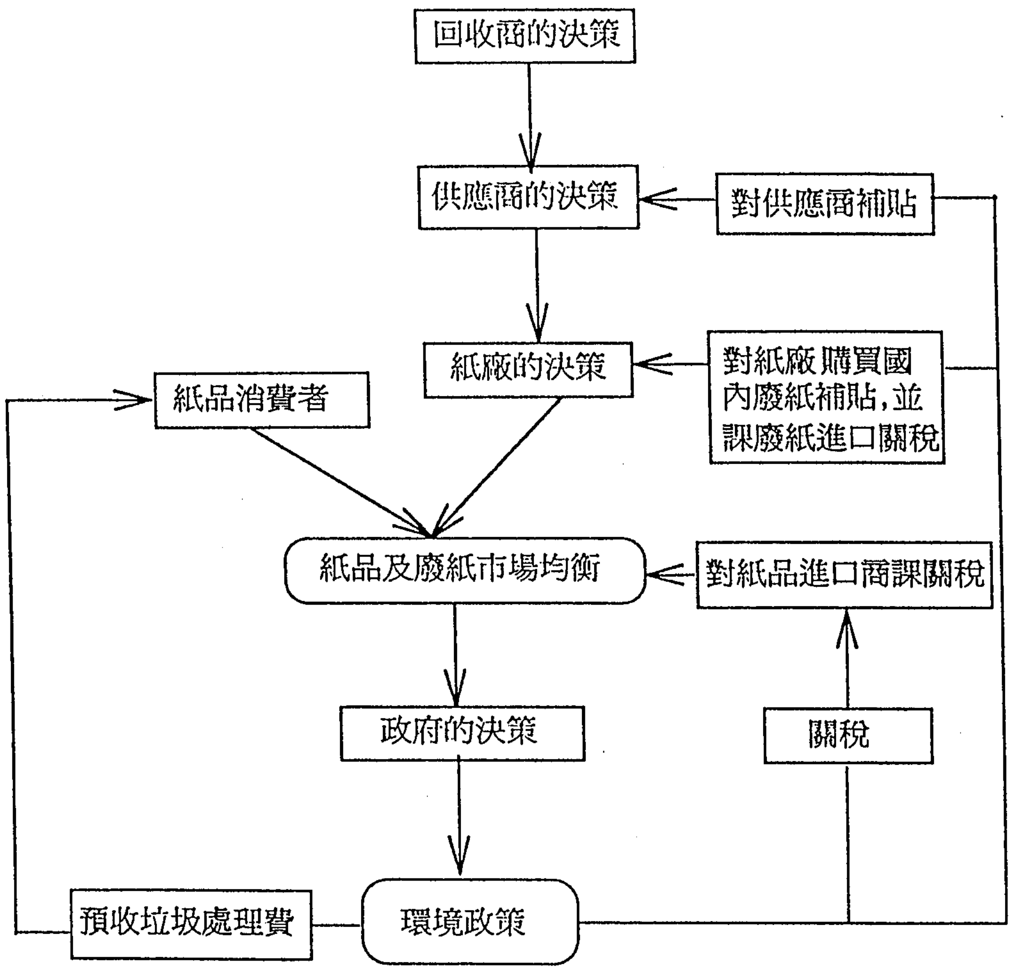

圖 2　本文之理論建構流程

基於上述的說明，本文採用之政策工具計有：對紙品消費者課徵垃圾處理費、對紙廠使用廢紙給予補貼、對供應商回收廢紙給予補貼、對進口紙品和廢紙徵收進口關稅，這些政策工具之優點與缺失則彙總於表 3。

表 3　各項政策工具之優缺點

政策工具	優點	缺點
課徵垃圾處理費	1.符合 Pigouvian tax的原則。 2.可支援廢紙的處理成本。 3.可以價制量，減少紙品的消費量及廢紙的外部成本。 4.事前的積極預防功能。	1.缺乏誘導分類與回收的經濟誘因。 2.減少消費者與生產者剩餘。 3.對回收的經濟效率無直接助益（除非將所有回收處理費做適當的運用）。
按紙品進口量課徵關稅	1.提高紙品價格，增加國內紙品供給。 2.可望間接提高廢紙價格，增加供應商及回收商之利益，有利廢紙回收的持續進行。 3.有關稅收入。 4.執行成本低。	1.紙品消費者剩餘因價格上漲而減少，同時也有無謂損失的產生。 2.不利紙品進口商的經營。 3.易遭設置貿易障礙的指控。
按購買市紙量給予補貼	1.符合 Pigouvian tax（因爲購買市紙創造出正的外部效果）。 2.易於爲業者接受，執行成本小。 3.有利於國內紙業的經營，減少廢紙進口量。 4.可間接提高市紙價格，有利回收業的經營。 5.可望降低國內紙品價格，消費者剩餘可以隨之增加。	1.須有經費來支援補貼金，也有財政負擔的問題。
按供給市紙量給予補貼	1.符合 Pigouvian tax原則，因供給市紙也創造出正的外部效果。 2.易於爲業者接受，執行成本小。 3.有利於國內回收業的經營，減少廢紙進口量。 4.可間接降低市紙價格，有利紙廠經營。	1.須有經費來支援補貼金，也有財政負擔的問題。
按廢紙進口量課徵關稅	1.縮小進口紙與市紙價差，可望抑制廢紙進口 2.執行成本低 3.可望間接提高市紙價格，增加供應商及回收商之利益，有利廢紙回收的持續進行。 4.有關稅收入。	1.不利廠商經營及其市場競爭能力。 2.有無謂損失產生。 3.易遭致設置貿易障礙的指控。 4.產業界抗爭阻力大。

至於若同時採用此五項政策工具，則應要如何搭配使用呢？其費率分別爲何呢？以下本文將設計一套理論模型來求導此最適環境政策的組合。

3. 廢紙回收與再生之決策

本文的理論建構流程可以圖 2 表示之。茲分別建立廢紙之回收商與供應商、及紙廠之決策模式如下：

3.1 回收商的決策

在此所謂回收商係指實際從事廢紙之收集者而言，故包含了拾荒者和古物商，其將收集得之未整理分類的廢紙 (以 y表示)賣給供應商，供應商加以整理分類（因此廢紙量將有一定比例的損失 (以 $1-a$表示)），再把其整理分類後的廢紙 (以 H_1表示)賣給紙廠，即整理與未整理廢紙間的關係式爲：

$$H_1 = a \cdot y \tag{1}$$

其中 a爲整理分類係數 $(1 > a > 0)$，a值愈高表示整理分類技術愈好，有效供應量會愈多，損失愈少。由此式可知供應商要得到一單位的 H_1，必須投入 $1/a$單位的 y才可。在目前的回收體系下，回收商是不折不扣的價格接受者，而供應商爲其價格決定者，亦即供應商付給回收商的價格等於紙廠所付給供應商的整理分類後之廢紙的單位價格 (以 W_1表示)，減去供應商所決定的一個固定的利潤邊際 (以 α表示)，再除以所需購入之未整理分類前的廢紙量（即 $1/a$單位），因此回收商每單位 y之實收價格乃爲 $P_y = a \cdot (W_1 - \alpha)$。吾人假設回收商的決策係爲求解下列利潤最大化的問題：

$$\underset{\{y\}}{Max} \quad \pi_1 = P_y \cdot y - C_1(y)$$

其中 y 爲回收商所收集並出售的廢紙量，$C_1(y)$ 爲回收商的成本函數，其 $C_1' > 0, C_1'' > 0$，因此其一階條件爲：(註 2)

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial y} = P_y - C_1' = 0 \tag{2}$$

由此可解得：

$$y = y(P_y)$$

其中 $\dfrac{\partial y}{\partial P_y} \equiv y' = \dfrac{1}{C_1''} > 0$，表示回收商所收到的價格愈高，則其供給量將愈多；

$\dfrac{\partial y(a \cdot (W_1 - \alpha))}{\partial \alpha} = -\dfrac{a}{C_1''} < 0$，表示供應商的利潤邊際愈高，將減少回收商的供給量；

$\dfrac{\partial y(a \cdot (W_1 - \alpha))}{\partial W_1} = \dfrac{a}{C_1''} > 0$，表示紙廠所付的價格愈高，將增加廢紙回收量；

$\dfrac{\partial y(a \cdot (W_1 - \alpha))}{\partial a} = \dfrac{W_1 - \alpha}{C_1''} > 0$，表示整理分類係數愈高，將增加廢紙供給量。

3.2 供應商的決策

在考慮政府對供應商的售貨補貼後，供應商的利潤極大化問題爲：

$$\begin{aligned} \underset{\{\alpha\}}{Max} \quad & \pi_2 = W_1 \cdot H_1 - (W_1 - \alpha) \cdot H_1 - C_2(H_1) + s \cdot H_1 \\ s.t. \quad & H_1 = a \cdot y \\ & y = \arg\max\{\pi_1\} \end{aligned}$$

其中 $C_2(H_1)$ 代表進貨成本以外的一切要素成本，其中 $C_2' > 0, C_2'' > 0$，s 爲政府對供應商每售出一單位廢紙的補貼率。因爲供應商爲回收商的價格決定者，故應把回收商的反應函數，即其供給函數 $y = y(P_y)$，併入供

應商自己的規劃中，因此透過式 (1)，其決策亦可表示爲：

$$\underset{\{\alpha\}}{Max} \quad \pi_2 = \alpha \cdot a \cdot y - C_2(a \cdot y) + s \cdot a \cdot y$$

其利潤最大化的一階條件爲：(註 3)

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial \alpha} = y - a \cdot (\alpha - C_2' + s) \cdot y' = 0 \tag{3}$$

亦可表爲：

$$\alpha - C_2' + s = \frac{y}{a \cdot y'} \geq 0$$

等式右邊大於等於零，故必須 $\alpha \geq C_2' - s$（即供應商的利潤邊際必須大於等於扣除補貼後的邊際要素成本）才可能有解，換言之，利潤邊必須足夠大，才能使供應商投入回收事業中。根據式 (3) 可求得：

$$\alpha = \alpha(W_1, x, a) \tag{4}$$

其中 $1 > \frac{\partial \alpha}{\partial W_1} = \frac{\partial \alpha}{\partial s} + 1 > 0$（註4），而 $\frac{\partial \alpha}{\partial a}$ 在數學上符號無法判定，此乃因 a 的增加會使銷售收入與補貼增加 $(= \alpha \cdot a \cdot y + s \cdot a \cdot y)$，但也使得購貨成本提高。

將式 (4) 代入 $y = y(a \cdot (W_1 - \alpha))$ 及式 (1) 後，即可求得供應商對紙廠之供給函數爲：

$$H_1 = a \cdot y(a \cdot (W_1 - \alpha(W_1, s, a))) = H(W_1, s, a) \tag{5}$$

其中 $\frac{\partial H}{\partial W_1} = \frac{\partial H}{\partial s} > 0$(註 5)，表示紙廠所給的價格 W_1 愈高，或是政府所給的補貼 s 愈大，則會等幅地促使供應商的廢紙供應量增加，此乃因爲政府對供應商每供給一單位 H_1 給予補貼 s，加上紙廠所給的價格 W_1，因此供應商之實收價格爲 $W_1 + s$，故 W_1 與 s 對實收價格的邊際影響相同，因此兩者對供應商之供給函數的作用一樣；但 $\frac{\partial H}{\partial a}$ 的符號則仍無法確定。

3.3 紙廠的決策

紙廠是廢紙的最終使用者，其投入國內廢紙、進口廢紙與其他生產要素來製造紙品。其產品在市場上面臨進口紙品的強烈競爭，但仍爲國內廢紙的價格決定者，其在追求利潤極大化時，可以把供應商的反供給函數（可由式 (5) 反解出來，即 $W_1 = W_1(H_1, s, a)$，其中 $\dfrac{\partial W_1}{\partial H_1} > 0, \dfrac{\partial W_1}{\partial s} = -1$（註 6)）視爲供應商的反應函數，而納入自己的規劃之中，因此，其面臨的問題是：

$$\underset{\{K,H_1,H_2\}}{Max} \quad \pi_3 = P_s \cdot F(K, H_1, H_2) - r \cdot K - W_1 \cdot H_1 - (W + \tau) \cdot H_2 + f \cdot H_1$$

$$s.t. \quad W_1 = W_1(H_1, s, a)$$

其中

P_s ＝紙品供給價格；

Q_s ＝$F(K, H_1, H_2)$ 爲紙廠之生產函數，其中 $F_i > 0, F_{ii} < 0, \quad i = K, 1, 2$;

H_1 ＝購自供應商之廢紙量；

H_2 ＝進口之廢紙量；

K ＝代表所有其他的生產要素投入；

r ＝因素 K 之價格；

$W_1(H_1, s, a)$ ＝紙廠依其向供應商購買的廢紙量而給付的價格；

W ＝爲進口廢紙之國際價格；

τ ＝進口廢紙之關稅稅率；

f ＝政府對紙廠購買國內廢紙的補貼率。

求得之一階條件式爲：

$$P_s \cdot F_k = r \tag{6}$$

$$P_s \cdot F_1 + f = W_1' \cdot H_1 + W_1 \tag{7}$$

$$P_s \cdot F_2 = W + \tau \tag{8}$$

其中 $F_k = \dfrac{\partial F}{\partial k}, F_1 = \dfrac{\partial F}{\partial H_1}, F_2 = \dfrac{\partial F}{\partial H_2}, W_1' = \dfrac{\partial W_1}{\partial H_1}$。

式(6)表示其他要素的邊際產值要等於其他要素的價格；式(7)表示國內廢紙的邊際產值加上補貼後，要等於獨買國內廢紙所需增加的邊際購買成本；式(8)表示進口廢紙的邊際產值要等於進口廢紙的價格與關稅之和。

由一階條件式中，即可解得紙廠對其他生產要素、國內廢紙與進口廢紙的需求函數，同時也可間接導出紙廠之產品的供給函數，結果分別如下：

$$K = K(P_s, W, f, s, \tau, r, a) \tag{9a}$$

$$H_1 = H_1(P_s, W, f, s, \tau, r, a) \tag{9b}$$

$$H_2 = H_2(P_s, W, f, s, \tau, r, a) \tag{9c}$$

$$Q_s = Q_s(P_s, W, f, s, \tau, r, a) \tag{9d}$$

由式(9)的比較靜態中(註 7)，可得到下列結論：

1.因素 K 的需求曲線具有負的斜率（即 $\dfrac{\partial K}{\partial r} < 0$）；

2.國際廢紙價格愈高或進口廢紙關稅愈高，則會降低對進口廢紙的需求（即 $\dfrac{\partial H_2}{\partial W} = \dfrac{\partial H_2}{\partial \tau} < 0$）；

3.若 $U = F_{k1} \cdot F_{k2} - F_{kk} \cdot F_{12} < 0$，（此式在進口廢紙與國內廢紙有強烈替代關係時（即 $F_{12} < 0$）較易成立)，則國際廢紙價格下跌將會降低對國內廢紙的需求（即 $\dfrac{\partial H_1}{\partial W} > 0$），因此也會壓低國內廢紙價格（即 $\dfrac{\partial W_1}{\partial W} = \dfrac{\partial W_1}{\partial H_1} \cdot \dfrac{\partial H_1}{\partial W} > 0$），此一結果適足以反應當前國內的廢紙市場狀

況；

4.若 $U<0$，則對進口廢紙課徵關稅將會增加對國內廢紙的需求（即 $\frac{\partial H_1}{\partial \tau}>0$）；

5.政府給予供應商和紙廠的補貼對回收量的影響相同（即 $\frac{\partial H_1}{\partial f}=\frac{\partial H_1}{\partial s}$），由此亦可推知兩者對廢紙回收的淨環境效益（以 $V(H_1)$表示之)的影響亦相同（因為 $\frac{\partial V}{\partial H_1}\cdot\frac{\partial H_1}{\partial f}=\frac{\partial V}{\partial H_1}\cdot\frac{\partial H_1}{\partial s}$），因此這兩項政策工具的作用極為相似。

6.若 $U<0$，則補貼率（即 f 或 s）愈高，會增加國內廢紙的需求，並降低對進口廢紙的需求。因此補貼對鼓勵回收並增加國內廢紙之使用量，均能產生正面的作用。

4. 最適環境政策

欲從社會福利最大化的目標來研擬最適環境政策時，除了紙品與廢紙市場中各經濟主體的決策外，亦須考慮政府所面臨的各種限制條件，其中包括預算限制與市場的均衡條件。玆分別說明如下：

4.1 政府的預算限制式

政府的政策可行與否，常常受其預算的限制，一項政策若財源不足，或是支出太過龐大，則將無法推動而胎死腹中，尤其是當今政府推動各項環境政策的花費支出，都希望能自尋經費來源，以達專款專用的原則，並盡量避免造成政府的財政負荷。而在尋求經費來源時，必須有充分適當的課稅理由，同時要明確指出所課得經費要如合分配使用。

由前述可知政府為解決廢紙回收問題時，可採用的五項政策工具中，對紙品消費者課征垃圾處費，和對紙品、廢紙課征進口關稅等稅賦收入，可成為政策的經費來源，再將此經費分配使用於補貼供應商回收和紙廠

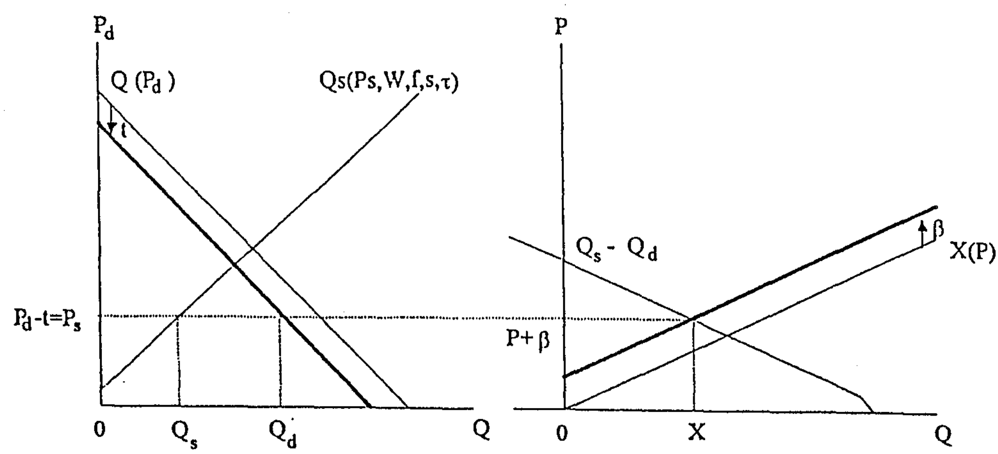

圖 3　紙品市場均衡條件

使用廢紙的行爲。在這些政策工具的配合使用下，不但解決了經費來源的難題，亦充分符合專款專用的精神，若所得經費除了支用於補貼之外，仍有裕餘，則可用以補助垃圾處理經費，或是健全廢紙回收系統（諸如宣導廢紙回收再生的觀念，輔導拾荒者和古物商成爲較有效率的組織，協助供應商解決土地取得與環境保護的問題，化解廢紙交易時所發生的技術困難，及獎勵紙廠的污染防制措施等），使多餘的經費能有適當的分配使用。至於具體的預算限制式，將於下面再述。

4.2 紙品與廢紙市場的均衡條件

在紙品與廢紙的國際貿易方面，本國對紙品與廢紙的進口超額需求 (excess demand)，在市場均衡時必須等於國際對本國的超額供給 (excess supply)，並且可得到均衡數量與價格。例如圖 3 所示，在紙品市場課徵紙品消費稅 t 會使紙品需求曲線 $Q_d(P_d)$ 下移，因此國內對紙品的超額需求乃減少爲：(註 8)

$$Q_d(P_d) - Q_s(P_s, W, f, s, \tau)$$

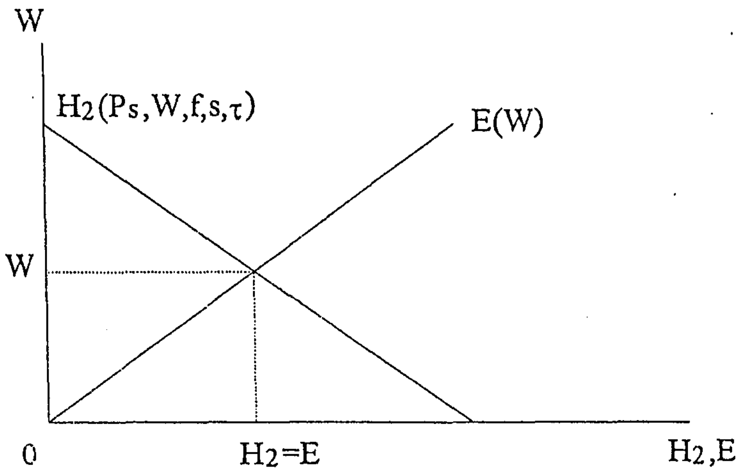

圖 4　廢紙市場均衡條件

而國際對本國的超額供給爲 $X(P)$，其中當紙品國際價格愈高，則超額供給量愈多（即 $\frac{\partial X}{\partial P} > 0$），此超額供給曲線則會因本國課征紙品進口關稅 β而上移。當紙品市場均衡時，必須使超額需求等於超額供給，即：

$$Q_d - Q_s = X \tag{10}$$

並由此均衡數量可得知市場均衡價格必須爲：

$$P + \beta = P_d - t = P_s \tag{11}$$

在均衡時可解出：

$$P_s = P_s(W, t, \beta, f, s, \tau) \tag{12a}$$

$$P_d = P_d(W, t, \beta, f, s, \tau) \tag{12b}$$

$$P = P(W, t, \beta, f, s, \tau) \tag{12c}$$

在廢紙市場方面可由圖 4 說明如下：國內對進口廢紙的需求爲 $H_2(P_s, W, f, s,$

τ)，而國際對本國的廢紙超額供給為 $E(W)$，其中當國際廢紙價格愈高，則超額供給量愈多（即 $\frac{\partial E}{\partial W} > 0$），當廢紙市場均衡條件時，市場均衡價格為 W，而且超額需求必須等於超額供給即：

$$H_2 = E \tag{13}$$

故均衡時，可解出：

$$W = W(P_s, f, s, \tau)$$

此式與式 (12) 聯立可解得：

$$W = w(t, \beta, f, s, \tau) \tag{14a}$$

$$P_s = p_s(t, \beta, f, s, \tau) \tag{14b}$$

$$P_d = p_d(t, \beta, f, s, \tau) \tag{14c}$$

$$P = p(t, \beta, f, s, \tau) \tag{14d}$$

因此可知：

$$X = X(p(t, \beta, f, s, \tau)) \tag{15a}$$

$$Q_d = Q_d(P_d(t, \beta, f, s, \tau)) \tag{15b}$$

$$Q_s = q_s(t, \beta, f, s, \tau) \tag{15c}$$

$$E = E(w(t, \beta, f, s, \tau)) \tag{15d}$$

$$K = k(t, \beta, f, s, \tau) \tag{15e}$$

$$H_1 = h_1(t, \beta, f, s, \tau) \tag{15f}$$

$$H_2 = h_2(t, \beta, f, s, \tau) \tag{15g}$$

亦即所有的數量（即 $X, Q_d, Q_s, E, K, H_1, H_2$）均可表成五項政策工具（即 t, β, f, s, τ）的函數，並且由式 (10)和 (13)市場均衡條件知：

$$\frac{\partial(Q_d - Q_s)}{\partial i} = \frac{\partial X}{\partial P} \cdot \frac{\partial p}{\partial i} \tag{16}$$

$$\frac{\partial h_2}{\partial i} = \frac{\partial E}{\partial W} \cdot \frac{\partial \omega}{\partial i} \qquad \forall\ i = t, \beta, f, s, \tau \tag{17}$$

這些市場均衡條件下的結果 (即式 (10)～ (17))，是下面的求解過程中必須納入考慮的。

4.3 最適環境政策組合

鼓勵廢紙回收再生，以增進社會福利的各項政策工具的費率應如何訂定呢？各項政策間怎樣搭配才是最適呢？如何矯正市場失靈、把環境效益和環境污染的問題內生化？國際貿易對政策工具的影響爲何？要如何反應出廢紙市場不完全競爭的結構？政策工具若受制於預算限制，則結果又會如何呢？本節設定如下的社會福利規劃問題，冀能求得最適的環境政策組合：

$$\underset{\{t,\beta,f,s,\tau\}}{Max} \quad Z = \int_{P_d}^{\infty} Q_d(P_d)dP_d \tag{18}$$

$$+\ P_s \cdot F(K, H_1, H_2) - r \cdot K - W_1 \cdot H_1 - (W + \tau)$$

$$\cdot H_2 + f \cdot H_1 \tag{19}$$

$$+\ \alpha \cdot H_1 - C_2(H_1) + s \cdot H_1 \tag{20}$$

$$+\ \alpha \cdot (W_1 - \alpha) \cdot y - C_1(y) \tag{21}$$

$$-\ B(Q_d) + V(H_1) \tag{22}$$

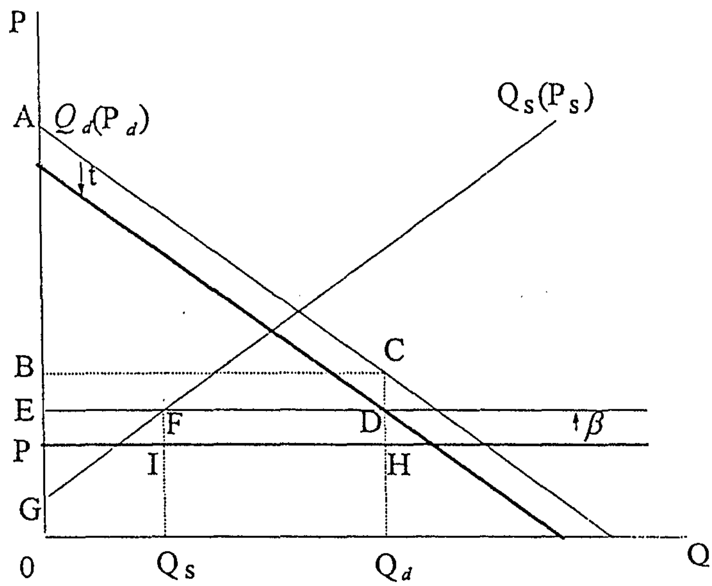

圖 5　社會福利函數的組成

$$+t\cdot Q_d+\beta\cdot(Q_d-Q_s)+\tau\cdot H_2-s\cdot H_1-f\cdot H_1 \tag{23}$$

其中式 (18)表示紙品消費者剩餘，式 (19)、(20)、(21)分別表紙廠、供應商與回收商的生產者利潤；式 (22)中之 $B(Q_d)$表紙品消費之環境成本，其隨著紙品消費量之增加而增加（即 $\frac{\partial B}{\partial Q_d}>0$），而 $V(H_1)$則代表廢紙回收之淨環境效益，其隨著廢紙回收量之增加而增加（即 $\frac{\partial V}{\partial H_1}>0$），式 (23)分別表政府的垃圾處理費收入、紙品和廢紙的關稅收入，及對供應商和紙廠之補貼支出。上述最大化問題可以經過政府移轉性支付的沖銷與化簡後可得：

$$\underset{\{t,\beta,f,s,\tau\}}{Max}\quad Z=\int_{Pd}^{\infty}Q_d(P_d)dP_d+t\cdot Q_d+\beta\cdot(Q_d-Q_s)$$

$$+P_s\cdot F(K,H_1,H_2)-C_1(y)-C_2(H_1)-r\cdot K-W\cdot H_2$$

$$-B(Q_d) + V(H_1)$$

$$s.t. \qquad s \cdot H_1 + f \cdot H_1 \leq t \cdot Q_d + \beta \cdot (Q_d - Q_s) + \tau \cdot H_2 \tag{24}$$

$$P + \beta = P_d - t = P_s$$

$$Q_d - Q_s = X$$

$$H_2 = E$$

其中式 (24)爲政府的預算限制式。(註 9)經此化簡後之社會福利函數的組成，亦可以圖 5 來分析說明。在圖 5 中吾人可知：

消費者剩餘爲 $\int_{P_d}^{\infty} Q_d(P_d)dP_d = \triangle ABC$；

垃圾處理費收入 $t \cdot Q_d = \square BCDE$；

紙品進口關稅收入 $\beta \cdot (Q_d - Q_s) = \square FDHI$；

生產者剩餘 $P_s \cdot Q_s - C_1(y) - C_2(H_1) - r \cdot K - W \cdot H_2 = \triangle EFG$（即銷售收入減去社會所需投入之生產成本與向國外購買廢紙的費用）。

而此問題之 Lagrangian equation爲：

$$L = \int_{P_d}^{\infty} Q_d(P_d)dP_d + P_s \cdot F(K, H_1, H_2) - r \cdot K - W \cdot H_2$$

$$-C_1(y) - C_2(H_1) - B(Q_d) + V(H_1) + t \cdot Q_d + \beta \cdot (Q_d - Q_s)$$

$$+\lambda(t \cdot Q_d + \beta \cdot (Q_d - Q_s) + \tau \cdot H_2 - f \cdot H_1 - s \cdot H_1)$$

其中 λ爲 Lagrange multiplier，而求得的 Kuhn–Tucker conditions 爲：

$$\frac{\partial L}{\partial t} = -Q_d \cdot \frac{\partial P_d}{\partial t} + Q_s \cdot \frac{\partial P_s}{\partial t} + P_s \cdot F_k \cdot \frac{\partial k}{\partial t} + P_s \cdot F_1 \cdot \frac{\partial h_1}{\partial t}$$

$$+P_s \cdot F_2 \frac{\partial h_2}{\partial t} - r \cdot \frac{\partial k}{\partial t}$$

$$-W \cdot \frac{\partial h_2}{\partial t} - H_2 \cdot \frac{\partial w}{\partial t} - C_2' \cdot \frac{\partial h_1}{\partial t} - C_1' \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{\partial h_1}{\partial t} - \frac{\partial B}{\partial Q_d} \cdot \frac{\partial Q_d}{\partial P_d}$$

$$\cdot \frac{\partial p_d}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial H_1} \cdot \frac{\partial h_1}{\partial t}$$

$$+Q_d + t \cdot \frac{\partial Q_d}{\partial P_d} \cdot \frac{\partial p_d}{\partial t} + \beta \cdot \frac{\partial (Q_d - Q_s)}{\partial t} + \lambda \cdot (Q_d + t \cdot \frac{\partial Q_d}{\partial P_d} \cdot \frac{\partial p_d}{\partial t}$$

$$+\beta \cdot (\frac{\partial Q_d}{\partial P_d} \cdot \frac{\partial p_d}{\partial t} - \frac{\partial Q_s}{\partial P_s} \cdot \frac{\partial p_s}{\partial t}) + \tau \cdot \frac{\partial h_2}{\partial t} - (f+s) \cdot \frac{\partial h_1}{\partial t}) = 0$$

由式 (2)、(3)和 (11)知：

$$C_1' = a \cdot (W_1 - \alpha) \tag{25}$$

$$C_2' = \alpha + s - \frac{y}{a \cdot y'} \tag{26}$$

$$\frac{\partial P_d}{\partial t} = \frac{\partial p}{\partial t} + 1 \tag{27}$$

$$\frac{\partial p_s}{\partial t} = \frac{\partial p}{\partial t} \tag{28}$$

把此四式和紙廠決策的一階條件式 (6)、(7)、(8)與市場均衡條件式 (16)及 (17)等，一併代入化簡可得：

$$((1+\lambda) \cdot t - \frac{\partial B}{\partial Q_d}) \cdot \frac{\partial Q_d}{\partial P_d} \frac{\partial p_d}{\partial t} + ((1+\lambda) \cdot \beta \cdot \frac{\partial X}{\partial P} - (Q_d - Q_s)) \cdot \frac{\partial p}{\partial t}$$

$$-((1+\lambda) \cdot (f+s) - \frac{\partial V}{\partial H_1} - W_1' \cdot H_1 - \frac{y}{a \cdot y'}) \cdot \frac{\partial h_1}{\partial t}$$

$$+((1+\lambda) \cdot \tau \cdot \frac{\partial E}{\partial W} - H_2) \cdot \frac{\partial w}{\partial t} + \lambda \cdot Q_d = 0$$

以同樣地方法，可分別求出其他的條件式，因此整組一階條件式可以矩陣表爲：

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial t} & \frac{\partial p}{\partial t} & -\frac{\partial h_1}{\partial t} & \frac{\partial w}{\partial t} \\ \frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial \beta} & \frac{\partial p}{\partial \beta} & -\frac{\partial h_1}{\partial \beta} & \frac{\partial w}{\partial \beta} \\ \frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial f} & \frac{\partial p}{\partial f} & -\frac{\partial h_1}{\partial f} & \frac{\partial w}{\partial f} \\ \frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial s} & \frac{\partial p}{\partial s} & -\frac{\partial h_1}{\partial s} & \frac{\partial w}{\partial s} \\ \frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial \tau} & \frac{\partial p}{\partial \tau} & -\frac{\partial h_1}{\partial \tau} & \frac{\partial w}{\partial \tau} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (1+\lambda)\cdot t-\frac{\partial B}{\partial Q_d} \\ (1+\lambda)\cdot\beta\cdot\frac{\partial X}{\partial P}-(Q_d-Q_s) \\ (1+\lambda)\cdot(f+s)-\frac{\partial V}{\partial H_1}-W_1'\cdot H_1-\frac{y}{a\cdot y'} \\ (1+\lambda)\cdot\tau\cdot\frac{\partial E}{\partial W}-H_2 \end{bmatrix}$$

$$=-\lambda\cdot\begin{bmatrix} Q_d \\ Q_d-Q_s \\ -H_1 \\ -H_1 \\ H_2 \end{bmatrix}$$

此外，$\dfrac{\partial L}{\partial \lambda}=(t\cdot Q_d+\beta\cdot(Q_d-Q_s)+\tau\cdot H_2-f\cdot H_1-s\cdot H_1)\geq 0$，
$\lambda\geq 0$，$\lambda\cdot\dfrac{\partial L}{\partial \lambda}=0$。
當 $\lambda=0$或 $\dfrac{\partial L}{\partial \lambda}>0$時（即政策工具滿足預算限制而不受束縛 (unbinding)時），令：

$$A_1=t-\frac{\partial B}{\partial Q_d} \tag{30a}$$

$$A_2=\beta\cdot\frac{\partial X}{\partial P}-(Q_d-Q_s) \tag{30b}$$

$$A_3=(f+s)-\frac{\partial V}{\partial H_1}-W_1'\cdot H_1-\frac{y}{a\cdot y'} \tag{30c}$$

$$A_4=\tau\cdot\frac{\partial E}{\partial W}-H_2 \tag{30d}$$

因此式 (29)可簡化爲：

$$\frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial t}\cdot A_1+\frac{\partial p}{\partial t}\cdot A_2-\frac{\partial h_1}{\partial t}\cdot A_3-\frac{\partial w}{\partial t}\cdot A_4=0 \tag{31a}$$

$$\frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial \beta}\cdot A_1+\frac{\partial p}{\partial \beta}\cdot A_2-\frac{\partial h_1}{\partial \beta}\cdot A_3-\frac{\partial w}{\partial \beta}\cdot A_4=0 \tag{31b}$$

$$\frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial f}\cdot A_1+\frac{\partial p}{\partial f}\cdot A_2-\frac{\partial h_1}{\partial f}\cdot A_3-\frac{\partial w}{\partial s}\cdot A_4=0 \tag{31c}$$

$$\frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial s}\cdot A_1+\frac{\partial p}{\partial s}\cdot A_2-\frac{\partial h_1}{\partial s}\cdot A_3-\frac{\partial w}{\partial s}\cdot A_4=0 \tag{31d}$$

$$\frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial \tau}\cdot A_1+\frac{\partial p}{\partial \tau}\cdot A_2-\frac{\partial h_1}{\partial \tau}\cdot A_3-\frac{\partial w}{\partial \tau}\cdot A_4=0 \tag{31e}$$

但是其中式 (31c)與 (31d)爲相依方程式 (註 10)，其隱含政府給予紙廠或供應商的補貼對社會福利的影響相同（即 $\frac{\partial Z}{\partial f}=\frac{\partial Z}{\partial s}$）。故只剩四條方程式與四個變數 A_1、 A_2、 A_3、 A_4，因此，

$$若\begin{vmatrix}\frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial t} & \frac{\partial p}{\partial t} & -\frac{\partial h_1}{\partial t} & \frac{\partial w}{\partial t}\\ \frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial \beta} & \frac{\partial p}{\partial \beta} & -\frac{\partial h_1}{\partial \beta} & \frac{\partial w}{\partial \beta}\\ \frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial f} & \frac{\partial p}{\partial f} & -\frac{\partial h_1}{\partial f} & \frac{\partial w}{\partial f}\\ \frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p_d}{\partial \tau} & \frac{\partial p}{\partial \tau} & -\frac{\partial h_1}{\partial \tau} & \frac{\partial w}{\partial \tau}\end{vmatrix}\neq 0，$$

則僅有唯一解： $A_1=A_2=A_3=A_4=0$，故由式 (30)可得所欲求得之最適環境政策組合爲：

$$t^*=\frac{\partial B}{\partial Q_d} \tag{32}$$

$$\beta^*=\frac{Q_d-Q_s}{\frac{\partial X}{\partial P}}=\frac{P}{\eta_X} \tag{33}$$

$$f^*+s^*=\frac{\partial V}{\partial H_1}+W_1'\cdot H_1+\frac{y}{a\cdot y'} \tag{34}$$

$$\tau^*=\frac{H_2}{\frac{\partial E}{\partial W}}=\frac{W}{\eta_E} \tag{35}$$

由此組解可分析得到下列結果：

1.式 (32)表示最適的垃圾處理費應等於消費紙品對環境產生的邊際污染成本；式 (33)表最適的紙品關稅爲紙品國際價格除以國際超額供給彈性 η_X（此即國際貿易理論中的最適關稅稅率 (optimal tariff)的必要條件）；式 (34)表示對紙廠與供應商的補貼額度總和應等於回收再生國內廢紙產生的邊際淨環境效益加上供應商與回收商之邊際利潤之和 (註 11)，其政策含意有二：

(a) f^*與 s^*之個別的唯一解並不存在（這是因爲 f和 s對於回收量 H_1、廢紙回收的淨環境效益 $V(H_1)$、及社會福利 Z的影響都相同，所以無法個別求出）；換言之，補貼的對象可以是任何一方或雙方（因此，政府可以只單獨對供應商補貼，而不對紙廠補貼，或者只單獨對紙廠補貼，而不對供應商補貼，兩者效果相同），而給雙方的補貼率可有各種不同的組合，故政府可視其他條件而爲必要之選擇。(b)除了回收再生國內廢紙產生的邊際環境效益之外，對紙廠與供應商的補貼額度總和之所以還包含供應商與回收商之邊際利潤，則是因爲：(i)此一補貼政策會增加紙廠對國內廢紙的需求，從而提高其所付出的購買價格，並使回收商與供應商之總收入增加 $W_1' \cdot H_1$，(ii)廢紙價格提高也使回收商之供給增加，從而導致供應商之購買價格降低，使其購買成本節省了 $y/a \cdot y'$。由於 $W_1' \cdot H_1 + (y/a \cdot y') \geq 0$，故補貼額度之和將大於等於邊際淨環境效益。唯有當供應商與回收商的供給彈性爲無窮大 ($\dfrac{\partial H_1}{\partial W} = \infty$或 $W_1' = 0$)，則 $y' = \infty$，表示此兩項邊際利潤皆爲零，此時紙廠與供應商便無法享有獨買的優勢，補貼總和將只等於邊際淨環境效益而已。

式 (48)表示最適的廢紙關稅應等於廢紙國際價格除以國際超額供給彈性 η_E（亦爲國際貿易理論中的最適關稅稅率之必要條件）。由此最適解的組合可以觀察得到，每項政策工具的費率大小，都將等於其最直接的影響，而不涉及其所產生的間接影響，如此才是最有效率與最適當的組合。

2.將此組最適解代入式 (15f)，可得社會最適回收水準爲：

$$H_1^* = h_1(t^*, \beta^*, f^*, s^*, \tau^*)$$

並且得知此最適回收水準與式 (32)–(35) 等式右邊之各項因素有關。其與紙品消費量 $Q_d^* = Q_d(p_d(t^*, \beta^*, f^*, s^*, \tau^*))$ 相除可得最適回收率 (recovery rate) 爲：

$$R^* = \frac{H_1^*}{Q_d^*}$$

由此可知，最適回收率在本質上應考量各項有關之政策工具的水準而制定，反觀我國之主管機關訂定各類廢棄物之回收率的方式，顯然未能充分考量此一本質。

3.由於消費紙品產生的環境污染與回收廢紙產生的淨環境效益相近，例如若把消費後的紙品焚化處理掉，必須花費一筆焚化處理費，反之若將其回收再生，則可節省此筆經費，故消費紙品的邊際污染成本大致上會等於回收再生廢紙的邊際淨環境效益。假若兩者相等，（即 $\frac{\partial V}{\partial H_1} = \frac{\partial B}{\partial Q_d}$），則由式 (32) 和 (34) 合併可得 f、s、τ 等三項政策工具間的關係式爲：

$$f^* + s^* - t^* = W_1' \cdot H_1 + \frac{y}{a \cdot y'} \tag{36}$$

即對紙廠再生與供應商回收廢紙的補貼，扣除對消費紙品課徵的垃圾處理費，應等於供應商與回收商的邊際利潤之和。因此，這三項政策工具可在滿足此關係式下，交互搭配使用，使政策的選擇上能更具有彈性，如此有利於施政上的考量。

4.若將式 (32)–(35) 代入預算限制式 (24) 可得：

$$\left(\frac{\partial V}{\partial H_1} + W_1' \cdot H_1 + \frac{y}{a \cdot y'}\right) \cdot H_1 \leq \frac{\partial B}{\partial Q_d} \cdot Q_d + \frac{P}{\eta_X} \cdot (Q_d - Q_s) + \frac{W}{\eta_E} \cdot H_2 \tag{37}$$

如果：(a)回收廢紙的邊際淨環境效益等於消費紙品的邊際污染成本 ($\frac{\partial V}{\partial H_1}=\frac{\partial B}{\partial Q_d}$)，(b)國內廢紙回收量低於紙品消費量 ($H_1 < Q_d$)(註 12)，(c)供應商與回收商的供給彈性無限大 ($W_1'=0$， $y'=\infty$)，則式 (37)顯然成立，亦即政府將有預算剩餘。反之，若供應商與回收商的彈性爲零 ($W_1'=\infty$， $y'=\infty$)，並且紙品與廢紙的國際超額供給彈性爲無窮大 ($\eta_X=\eta_E=\infty$)，則式 (37)無法成立，此時將產生預算赤字，從而違反預算限制，故最適政策組合將無法達成。

當政府預算平衡（支出等於收入）時，最適解受到預算束縛 (binding)，因此 λ的值將大於零，與未受束縛時的 $\lambda=0$不同。不過當 $\lambda>0$時，因整組一階條件的數學結構與 $\lambda=0$時的結構完全不同，因此無法透過相同的解題技巧，而得到具有經濟義意的結果來；而在數學上，若要把此五項政策工具解出爲所有其他外生變數的函數，則必須把整個模型中的函數都明白地予以設定，才有辦法透過數學運算而求出解來；或者必須仰賴實証研究，透過統計方法，以估算出確切的數據。

本文理論模型的精神是對 Dinan(1993)與 Krutilla(1991)的理論結果給予整合、補足，並依據廢紙市場特性而做出修正與調整，故本文結果上與他們之間會有所異同，茲將其整理表列於表 4，而其間的異同則主要產生於下列四項因素:

1.開放經濟所帶來的影響;

2.紙品市場與廢紙市場的合併;

3.廢紙市場的不完全競爭結構;

4.政府預算平衡的限制。

由於本文函蓋了這四項因素，因此更能針對廢紙與紙品的客觀環境限制，而提出一套更爲有效解決廢紙回收問題的方法。

表 4　本文與 Krutilla (1991) 及 Dinan (1993) 之結果比較

作者	相同點	相異點
Krutilla	1.考慮了國際貿易的影響，並且得到貿易理論中的最適關稅 (optimal tariff)。 2.對於產生環境效益者給予補貼，而對產生環境污染者給予課稅。	1. Krutilla只針對單一完全競爭市場，而本文則把完全競爭的紙品市場與不完全競爭的廢紙市場兩者合併，同時探討兩個市場。 2. Krutilla的補貼率等於邊際環境效益，而本文則需加上生產者的邊際利潤。 3. Krutilla並未探討預算平衡限制，故結果與本文在預算平衡限制下的結果會有不同。 4. Krutilla只單一採用補貼或課稅，本文則同時採用課稅與補貼，雙管齊下，故其可能會遭遇財政負擔，且不符專款專用的原則，本文則否。
Dinan	1.同時考慮生產面和消費面兩個市場。 2.同時對於產生環境效益者給予補貼，和對產生環境污染者課稅。 3.擁有經費來源，以用於補貼支出，可降低政府財政負擔，並符合專款專用的原則。	1. Dinan 並未含納入國際貿易對環境政策的影響，本文則有。 2. Dinan 並未探討預算衡的限制，本文則加以討論。 3. Dinan 對生產面和消費面市場皆設定爲完全競爭，而本文在生產面是不完全競爭市場。 4. Dinan 的補貼率等於邊際環境效益，而本文則需加上生產者的邊際利潤。

5. 結　論

廢紙回收利用雖已行之多年，但民國 82年的廢紙罷收運動，卻點醒了人們對於廢紙回收問題的重視，只憑市場機能來運作，會忽略廢紙回收所產生的環境效益，而使回收量低於最適回收水準，故須有適當的環境政策介入，以鼓勵回收再生。在傳統理論上，是根據皮古稅 (Pigouvian tax)的原則來對廢紙回收業者給予補貼使其增加回收量，以達社會最適回收水準，但是由於廢紙市場的供需彈性低，補貼回收也將造成政府巨額的財政負擔，爲此 Dinan(1993)建議向紙品消費者課徵垃圾處理費以作爲補貼經費的來源，以解決財政上的困擾。另一方面，由於紙品與廢紙的貿易頻繁，因此 Krutilla(1991)認爲適當的環境政策必須把其對關稅收入與貿易條件的影響考慮在內，所以綜合 Dinan(1993)與 Krutilla(1991) 的見解，加上吾人發覺關稅對於解決環境外部性問題的有效性，本文考慮了五項可行的政策工具：對紙品消費者課徵垃圾處理費、對紙廠購買及對供應商供給廢紙給予補貼、和對進口紙品及廢紙課徵關稅等。

至於此套政策工具間要如何搭配使用呢？稅率應如何訂定呢？本文因此乃設計了一套理論模型來求解此最適的環境政策組合，首先由回收再生循環體系中的參與者，逐一分析回收商、供應商、和紙廠的行爲決策，了解紙品與廢紙的市場結構，和說明政府收入與支出的預算限制等，完成理論模型的基本架構，再來追求最大的社會福利，此社會福利是假設由紙品消費者剩餘、廢紙回收商、供應商、和紙廠之生產者利潤、與政府的收入及支出來代表，求解時可透過紙品與廢紙市場均衡條件來推導，其結果顯示：在有預算剩餘的情況下，最適政策工具解的組合爲：(a)垃圾處理費等於消費紙品對環境造成的邊際污染成本；(b)紙品關稅等於紙品國際價格除以紙品國際超額供給彈性；(c)對紙廠與供應商補貼額度的總和等於回收再生廢紙產生的邊際淨環境效益加上供應商與回收商

的邊際利潤之和（此即兩階段的補貼方式）；(d)廢紙關稅等於廢紙國際價格除以廢紙國際超額供給彈性。由此五項政策工具搭配使用，便可達到最大社會福利。給予紙廠和供應商的補貼對廢紙回收量、環境效益、與社會福利的影響一樣，因此，補貼的對象可以是任何一方或雙方（因此，政府可以只單獨對供應商補貼，而不對紙廠補貼，或者只單獨對紙廠補貼，而不對供應商補貼，兩者效果相同），而給雙方的補貼率可有各種不同的組合，故政府可視其他條件而為必要之選擇。此外，若消費紙品造成的邊際污染成本等於回收再生廢紙產生的邊際淨環境效益，則在補貼額度總和減去垃圾處理費必須等於供應商與回收商的邊際利潤之和的限制下，對紙廠及供應商的補貼與垃圾處理費此三項政策工具可以相互搭配使用，如此對於政策的運用上，將更為靈活和方便，有利於施政上的考量。在預算平衡時，因數學結構過於複雜，唯有把模型中的函數形式加以設定，或須仰賴實證研究，方可求解。

因為廢紙回收所牽涉的問題十分龐雜，本文雖已盡可能地符合廢紙回收的現況，來解決廢紙回收之社會成本的合理分攤問題，然而仍有些議題可以進一步地改善與發展，茲分述如下，以供未來研究的參考：

1.本文所採用的政策工具均屬於價格法 (price approach)，若採用數量法 (quantity approach)，如直接訂定最適回收率)，其經濟效率是否較高，並未在本文中分析。

2.缺乏實証研究的配合來檢定和彰顯本文理論的結果，例如實証研究可以幫助了解廢紙市場之不完全競爭結構的態勢、紙品與廢紙市場之供需彈性、國際貿易往來、與政府預算剩餘或預算平衡下之最適政策工具解的值等。

3.尚未探討供應商的存貨問題，由於存貨會產生倉儲成本，而另一方面卻也解決了臨時供給不足的風險，因此存貨對於供應商之行為決策會有顯著的影響，而須加以考慮。

4.未考慮廢紙在再生過程中品質惡化的問題。廢紙經過多次再生使用後，

纖維終將無法再用來製漿造紙（大約只能重複使用四～七次），因此，要求紙廠長期使用國內廢紙難免會面臨品質不符所需的困境，因此，在未來的分析中，亦有必要將紙質惡化的問題納入考慮。

5. 本文只針對短期中的紙品消費和廢紙回收來探討，尙未擴及到他們的長期趨勢，和廢紙再生循環週期，因此政策工具的長期影響仍有待研究。

6. 由於廢紙的國際價格波動相當劇烈，回收再生業者將會如何面對此風險呢？此風險對於廢紙回收量的長期影響爲何呢？又該如何穩定市場呢？這些亦是值得探討的問題。

註　解

1. 但關稅的課徵可能會有兩項阻力；第一、會使消費者、生產者和政府間的利益重分配，利益受損者會產生抗拒，如紙廠不願意廢紙的進口關稅提高，消費者不願紙品的進口關稅提高。第二、提高關稅與貿易自由化的風潮抵觸，此舉可能會招致貿易夥伴的控訴。

2. 其二階條件爲 $C_1'' < 0$，顯然成立。

3. 當 $y'' < 0$，其二階條件爲：

$$\frac{\partial^2 \pi_2}{\partial \alpha^2} = -a^2 \cdot (2 \cdot y' + a^2 \cdot (y')^2 \cdot C_2'' - a \cdot (\alpha - C_2' + s) \cdot y'') < 0$$

4. 由比較靜態得知：

$$\frac{\partial \alpha}{\partial W_1} = 1 - \frac{y'}{2 \cdot y' + a^2 \cdot (y')^2 \cdot C_2'' - a \cdot (\alpha - C_2' + s) \cdot y''} > 0$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial s} = -\frac{y'}{2 \cdot y' + a^2 \cdot (y')^2 \cdot C_2'' - a \cdot (\alpha - C_2' + s) \cdot y''} = \frac{\partial \alpha}{\partial W_1} - 1 < 0$$

$$\frac{\partial a}{\partial a} = \frac{M - N}{L} \gtreqless 0$$

其中$M=y'\cdot(W_1-\alpha)+a^2\cdot(y')^2\cdot C_2''\cdot(W_1-\alpha)+C_2''\cdot a\cdot y\cdot y'$

$$N=(\alpha-C_2'+s)\cdot y'+(\alpha-C'2+s)\cdot a\cdot y''\cdot(W_1-\alpha)$$

$$L=a\cdot(2\cdot y'+a^2\cdot(y')^2\cdot C_2''-a\cdot(\alpha-C_2'+s)\cdot y'')$$

5.其比較靜態爲：

$$\frac{\partial H}{\partial W_1}=a^2\cdot y'\cdot(1-\frac{\partial\alpha}{\partial W_1})>0$$

$$\frac{\partial H}{\partial s}=-a^2\cdot y'\cdot\frac{\partial\alpha}{\partial s}=a^2\cdot y'\cdot(1-\frac{\partial\alpha}{\partial W_1})=\frac{\partial H}{\partial W_1}>0$$

$$\frac{\partial H}{\partial a}=y+a\cdot y'\cdot((W_1-\alpha)-a\cdot\frac{\partial\alpha}{\partial a})\gtrless 0$$

6.把反供給函數 $W_1(H_1,s,a)$代回供給函數 $H_1=H(W_1,s,a)$可得：$H_1=H(W_1(H_1,s,a),s,a)$故當 H_1和 a固定時對 s微分求得：

$O=\frac{\partial H}{\partial W_1}\cdot\frac{\partial W_1}{\partial W_1}+\frac{\partial H}{\partial s}$，因此透過(註5)得知：$\frac{\partial W_1}{\partial s}=-\frac{\frac{\partial H}{\partial s}}{\frac{\partial H}{\partial W_1}}=-1$。

7.令 J爲 Hessian determinant,故其比較靜態爲：

$$\frac{\partial K}{\partial P_s}=\{-P_s\cdot(P_s\cdot F_1\cdot(F_{12},F_{k2}-F_{22}\cdot F_{k1})+F_2\cdot(P_s\cdot F_{12}\cdot F_{k1}-F_{k2}$$

$$\cdot(P_s\cdot F_{11}-2\cdot W_1'-H_1\cdot W_1''))+F_k\cdot(F_{22}\cdot(P_s\cdot F_{11}-2\cdot W_1'$$

$$-H_1\cdot W_1'')-P_s\cdot F_{12}^2)\}/J$$

$$\frac{\partial H_1}{\partial P_s}=-P_s^2\cdot(F_1\cdot(F_{22}\cdot F_{kk}-F_{k2}^2)+F_2\cdot(F_{k1}\cdot F_{k2}-F_{kk}\cdot F_{12})$$

$$\frac{\partial H_2}{\partial P_s}=-P_s\cdot(P_s\cdot F_1\cdot(F_{k1}\cdot F_{k2}-F_{12}\cdot F_{kk})+F_2\cdot(F_{kk}\cdot(P_s\cdot F_{11}$$

$$-2\cdot W_1'-H_1\cdot W_1''-P_s\cdot F_{k1}^2)+F_k\cdot(P_s\cdot F_{12}\cdot F_{k1}-F_{k2}$$

$$\cdot(P_s \cdot F_{11} - 2 \cdot W_1' - H_1 \cdot W_1''))/J,$$

$$\frac{\partial K}{\partial \tau} = \frac{\partial K}{\partial W} = (P_s^2 \cdot F_{12} \cdot F_{k1} - P_s \cdot F_{k2} \cdot (P_s \cdot F_{11} - 2 \cdot W_1' - H_1 \cdot W_1''))/J,$$

$$\frac{\partial H_1}{\partial \tau} = \frac{\partial H_1}{\partial W} = P_s^2 \cdot (F_{k1} \cdot F_{k2} - F_{12} \cdot F_{kk})/J$$

$$= P_s^2 \cdot U/J > 0, if \quad U < 0,$$

$$\frac{\partial H_2}{\partial \tau} = \frac{\partial H_2}{\partial W} = (P_s \cdot F_{kk} \cdot (P_s \cdot F_{11} - 2.W_1' - H_1 \cdot W_1'') - P_s^2 \cdot F_{k1}^2)/J < 0,$$

$$\frac{\partial K}{\partial f} = \frac{\partial K}{\partial s} = P_s^2 \cdot (F_{22} \cdot F_{k1} - F_{12} \cdot F_{k1})/J,$$

$$\frac{\partial H_1}{\partial f} = \frac{\partial H_1}{\partial s} = P_s^2 \cdot (F_{k2}^2 - F_{22} \cdot F_{kk})/J > 0,$$

$$\frac{\partial H_2}{\partial f} = \frac{\partial H_2}{\partial s} = P_s^2 \cdot (F_{kk} \cdot F_{12} - F_{k1} \cdot F_{k2})/J$$

$$= -P_s^2 \cdot U/J < 0, if \quad U < 0,$$

$$\frac{\partial K}{\partial r} = (P_s \cdot F_{22} \cdot (P_s \cdot F_{11} - 2 \cdot W_1' - H_1 \cdot W_1'') - P_s^2 \cdot F_{12}^2)/J < 0,$$

$$\frac{\partial H_1}{\partial r} = P_s^2 \cdot (F_{12} \cdot F_{k2} - F_{22} \cdot F_{k1})/J,$$

$$\frac{\partial H_2}{\partial r} = (P_s^2 \cdot F_{12} \cdot F_{k1} - P_S \cdot F_{k2} \cdot (P_s \cdot F_{11} - 2 \cdot W_1' - H_1 \cdot W_1''))/J.$$

8. 由式 (9d)知：$Q_s = Q_s(P_s, W, f, s, \tau, r, a)$，代表紙廠對國內紙品的供給，在此爲清楚明瞭起見，而簡化爲 $Q_s = Q_s(P_s, W, f, s, \tau)$，如此並不會影響結果。

9. 本限制式顯示政府的稅收只用於補貼廢紙的回收，其他可能的支出（例如用於處理未回收之廢紙所需費用）則未在考慮之列。

10. 因此式 (31c)與 (31d)兩式之係數全部相等，亦即：

$$\frac{\partial Q_d}{\partial P_d} \cdot \frac{\partial p_d}{\partial f} = \frac{\partial Q_d}{\partial P_d} \cdot \frac{\partial p_d}{\partial s}，\frac{\partial p}{\partial f} = \frac{\partial p}{\partial s}，\frac{\partial h_1}{\partial f} = \frac{\partial h_1}{\partial s}，\frac{\partial w}{\partial f} = \frac{\partial w}{\partial s}。$$

玆証明如下：

由式 (10)、(11)、(13) 知：

$$Q_d(p(t,\beta,f,s,\tau)+\beta+t)-Q_s(p(t,\beta,f,s,\tau)$$

$$+\beta,w(t,\beta,f,s,\tau),f,s,\tau)$$

$$=X(p(t,\beta,f,s,\tau))$$

$$H_2(p(t,\beta,f,s,\tau)+\beta,w(t,\beta,f,s,\tau),f,s,\tau)=E(w(t,\beta,f,s,\tau))$$

此兩式分別對 f 與 s 微分得：

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial Q_d}{\partial P_d}-\frac{\partial Q_s}{\partial P_s}-\frac{\partial X}{\partial P} & -\frac{\partial Q_s}{\partial W} \\ \frac{\partial H_2}{\partial P_s} & \frac{\partial H_2}{\partial W}-\frac{\partial E}{\partial W} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial p}{\partial f} \\ \frac{\partial w}{\partial f} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial Q_s}{\partial f} \\ -\frac{\partial H_2}{\partial f} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial Q_d}{\partial P_d}-\frac{\partial Q_s}{\partial P_s}-\frac{\partial S}{\partial P} & -\frac{\partial Q_s}{\partial W} \\ \frac{\partial H_2}{\partial P_s} & \frac{\partial H_2}{\partial W}-\frac{\partial E}{\partial W} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial p}{\partial s} \\ \frac{\partial w}{\partial s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial Q_s}{\partial s} \\ -\frac{\partial H_2}{\partial s} \end{bmatrix}$$

因由紙廠之比較靜態得知：$\frac{\partial H_2}{\partial f}=\frac{\partial H_2}{\partial s}$，$\frac{\partial Q_s}{\partial f}=\frac{\partial Q_s}{\partial s}$，故：$\frac{\partial p}{\partial f}=\frac{\partial p}{\partial s}$，$\frac{\partial w}{\partial f}=\frac{\partial w}{\partial s}$，且因此 $\frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p}{\partial f}=\frac{\partial Q_d}{\partial P_d}\cdot\frac{\partial p}{\partial s}$；又：$H_1(p_s(t,\beta,f,s,\tau),w(t,\beta,f,s,\tau),f,s,\tau)=h_1(t,\beta,f,s,\tau)$

此式分別對 f 與 s 微分得：

$$\frac{\partial H_1}{\partial P_s}\cdot\frac{\partial p_s}{\partial f}+\frac{\partial H_1}{\partial W}\cdot\frac{\partial w}{\partial f}+\frac{\partial H_1}{\partial f}=\frac{\partial h_1}{\partial f}$$

$$\frac{\partial H_1}{\partial P_s}\cdot\frac{\partial p_s}{\partial s}+\frac{\partial H_1}{\partial W}\cdot\frac{\partial w}{\partial s}+\frac{\partial H_1}{\partial s}=\frac{\partial h_1}{\partial s}$$

因由上述結果知：$\frac{\partial p_s}{\partial f}=\frac{\partial p}{\partial f}=\frac{\partial p}{\partial s}=\frac{\partial p_s}{\partial s}$，$\frac{\partial w}{\partial f}=\frac{\partial w}{\partial s}$

又由紙廠之比較靜態可得：$\dfrac{\partial H_1}{\partial f}=\dfrac{\partial H_1}{\partial s}$，

故：$\dfrac{\partial h_1}{\partial f}=\dfrac{\partial h_1}{\partial s}$。

11. $$\frac{\partial \pi_1}{\partial H_1}=\frac{\partial(a\cdot(W_1-\alpha)\cdot y-C_1(y))}{\partial H_1}=W_1'\cdot H_1-\frac{\partial \alpha}{\partial W_1}\cdot W_1'\cdot H_1$$

此式表示回收商之邊際利潤爲：隨廢紙價格提高而使回收商與供應商增加之總收入 $W_1'\cdot H_1$，扣除供應商所得到的份額 $\dfrac{\partial \alpha}{\partial W_1}\cdot W_1'\cdot H_1$。

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial H_1}=\frac{\partial(\alpha\cdot H_1-C_2(H_1)+s\cdot H_1)}{\partial H_1}=\frac{\partial \alpha}{\partial W_1}\cdot W_1'\cdot H_1+\frac{y}{a\cdot y'}$$

此式表示供應商之邊際利潤爲：供應商所得到的份額 $\dfrac{\partial \alpha}{\partial W_1}\cdot W_1'\cdot H_1$，加上因廢紙價格提高使得回收商之供給增加，所導致供應商之購買價格降低（降幅爲 $\dfrac{\partial a\cdot(W_1-\alpha)}{\partial H_1}=\dfrac{1}{a\cdot y'}$），而節省下之購買成本（$\dfrac{y}{a\cdot y'}$）。

綜合上述兩項結果可知：

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial H_1}+\frac{\partial \pi_2}{\partial H_1}=W_1'\cdot H_1+\frac{y}{a\cdot y'}$$

12. 因爲紙品之消費到回收的時間週期很短，很少回收的廢紙是由前幾期所累積下來的，因此所回收的廢紙多爲當期所消費的紙品，故同一期內廢紙回收量會小於紙品消費量。

參考文獻

工研院化工所 (1993)「廢一般容器減量回收及處理整合方案之研究」，經濟部工業局八十二年度專案計畫執行成果報告。

行政院環境保護署廢棄物管理處 (1992)「台灣地區廢紙回收現況及政策分析」。

黃宗煌等 (1993)「廢紙回收調查及評估」，行政院環境保護署委託計劃報告。

蕭代基 (1993,6)「廢一般容器清除處理之成本分析」，行政院環境保護署委託計劃報告。

Anderson, R. C. (1977) “Public Policies Toward the Use of Scrap Materials,” American Economic Review, 67:1, 355-358.

Dinan, T. M. (1993) "Economic Efficiency Effects of Alternative Policies for Reducing Waste Disposal," Journal of Environmental Economics and Management, 25, 242-256.

Edgren, J. A. and K. W. Moreland (1989) "An Econometric Analysis of Paper and Wastepaper Markets," Resources and Energy, 11, 299-319.

Krutilla, K. (1991) "Environmental Regulation in an Open Economy," Journal of Environmental Economics and Management, 20, 127-142.

Optimal Environmental Policies for Waste Paper Recycling

Chung-Huang Huang and Chong-Ming Su

Department of Economics, National Tsing Hua University

Several policy instruments are taken into account to formulate a general equilibrium model to address the optimal environmental policies for waste paper recycling. In a hierarchical oligopsonic waste paper market, the sum of the subsidies to the supplier and the demander of waste papers should be greater than the marginal environmental benefit from waste paper recycling, unless both groups are purely competitive agents. With budget surplus, the optimal tariffs on imported waste papers and paper commodities are conformable with those derived from the classical trade theories. The only difference is that such tariffs will be no longer independent of the prevailing environmental policies. Furthermore, it is shown that who should be subsidized more is not a relevant issue from the perspectives of efficiency. It could be made based on other criteria, and may not cause distortion in efficiency as long as the required conditions not violated.