

二氧化碳氣體最適削減模式之研究

蔡明良*

淡江大學技術學院

陳柏宇**

南華大學環境管理研究所

摘要

本研究建構二氧化碳氣體最適削減模式（OSMCC模式），並推論出二氧化碳氣體最適削減策略之四個性質及理論模式之應用與限制，以供決策者在制訂或執行削減計劃之策略準則。本二氧化碳氣體最適削減模式應用時，對污染源如何決定分類之方式，以及如何分配排放總量給各別污染源的方式，提供理論上之依據，以供決策者之參考。

關鍵詞：環境保護系統 理論模式 二氧化碳 溫室氣體 最適削減模式

*淡江大學技術學院

*Tamkang University College of Technology
0933127353

**南華大學環境管理研究所

**Graduate Institute of Environmental Management Nanhua University
02-27263092

一、前言

溫室氣體(GHG)是全球暖化之主要原因，此種溫室效應將使地球之溫度上升，進而影響人類健康、森林、海岸地區和生態系統。其中，二氧化碳占溫室氣體一半以上約為55%，又GHG有70%來自人類燃燒石化燃料而形成。

圖1-1表示此種二氧化碳與溫室效應之關係[Hoeller 1991, Brinner 1991]。

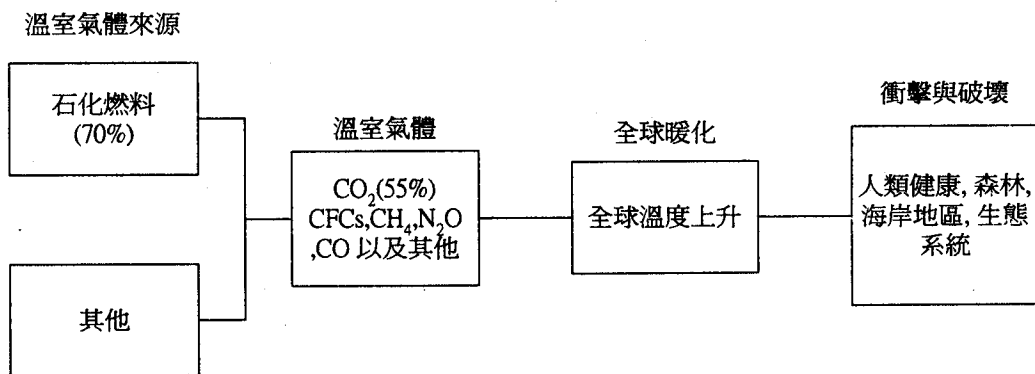


圖1-1二氧化碳與溫室效應關係圖

全球氣候暖化的問題進入90年代以後才逐漸引起世人之注意。根據1997年京都議定書設定之CO₂減量目標為：在2010年全球CO₂排放總量，必須較1990年時全球CO₂排放總量至少減少5.2%，其中歐洲排放量至少比1990年的水準低於8%、日本為6%、美國為7%。本模式就是為著這個問題而研究的。

決策者之目標為在預期之特定時間到達前，必須將CO₂削減到某一水準，且其削減成本和損壞成本之總和為最小(Viguier, 1999)。期初之CO₂排放量為已知。因此，決策者必須決定一個最適之CO₂氣體排放量。又決策者應採取何種最適策略以使總成本最少？本研究即在求得最佳之CO₂排放量和最適削減策略。本模式是藉用動態最佳化理論(Kamien and Schwartz, 1981)來建構的。

相關之重要國外文獻有Manne和Richels(1991)，以Global 2100模式來說

明全球二氧化碳(CO₂)排放減量對美國能源價格提高與經濟所造成之衝擊，並進一步作敏感度分析。Hoeller和Wallin(1991)關於全球暖化與對策，就CO₂排放與能源價格之關係以及碳稅對能源價格之影響等問題作實例分析。Hoel(1991)則認為國際合約(International Agreement)中制定國際CO₂稅率和可交易配額之制度是達到CO₂與其他溫室氣體排放減量所必備的。Whalley和Wigle(1991)在文中指出，因全球CO₂減量確定可能造成的影響程度，並對全球暖化問題，提出評估其影響結果之方法。Brinner等(1991)證明增加汽油稅是減少汽油消費和削減CO₂排放與減緩全球暖化之有效政策。Westskog(1996)分析市場強權介入時，如何影響CO₂配額的價格以及效益損失的程度。Bahn等(1998)更以修正後的模型，在國際CO₂削減合作下，來評估大氣污染減量與能源有效使用之利益。

由於產業(生產者)與民生(消費者)所需的能源，大多是取之於燃燒大量的煤、天然氣、石油等石化燃料，其所產生的廢氣非但造成空氣污染，也是造成全球暖化的主要原因。台灣學者因應全球暖化針對CO₂等溫室氣體排放減量問題相關之研究文獻有：(i) 關於政策工具方面：張四立(1995)探討氣候變遷對經濟及產業面之衝擊。黃宗煌等(1996, 1998)對CO₂等溫室氣體排放減量之政策工具作過比較。蕭代基等(1998)對政策工具作過一般均衡分析。目前國內外對溫室氣體的抑制，仍以環境法規、提升能源效率、節約能源等手段為主，而經濟工具則以碳稅與可轉讓之排放許可證為國際社會所重視之兩種經濟工具。(ii) 關於評估GHG之總體經濟與產業衝擊之影響：徐世勳等(1999)對建立多國評估模型作了先驅之規劃等之研究。陳澤義等(1997)以可計算一般均衡(Computable General Equilibrium; CGE)模型來研究二氧化碳減量對台灣產業發展之影響及因應對策，又指出佔台灣CO₂排放最大比率第一是發電部門，第二是涉及民生(消費者)之鐵路運輸，第三是鋼鐵水泥和石化等產業。(iii) 關於評估政策工具的方法：有梁啓源(1987)、黃宗煌等(1998)、陳澤義等(1997)、張四立等(1992,1995)以及徐世勳等(1999)利用模型對這個課題，如開徵碳稅、能源稅等加以評估。

從上述台灣論文中可以發現一個共同現象，所有引用之模型大部份都屬CGE模型。本研究則是利用動態最佳化而建構模式的。對CO₂氣體最適削減模式中，在特定的時間到達前，為削減CO₂氣體到某一水準之限制條件下，且滿足總防治與損害成本的最小的目標下，找出最適之削減策略之研究。

二、CO₂氣體最適削減模式之建構

2.1 符號之定義和假設

$Q(t)$ ：在時間 t 時，CO₂之排放量，簡寫為 Q ，

$$Q \in C^2[0, T], Q > 0$$

意為在削減計劃期 $[0, T]$ ， Q 為二次連續可微函數。

$Q'(t)$ ：CO₂削減變化量，簡寫為 Q' ， Q' 為 Q 之導函數。

$Q'(t)/Q(t)$ ：CO₂削減變化量比率，簡寫為 Q'/Q

$[0, T]$ ：CO₂削減計劃期間

Q_0 ：期初 $t=0$ 時，CO₂之排放量，即 $Q(0)=Q_0$

Q_T ：期末 $t=T$ 時，CO₂之期末排放量，即 $Q(T)=Q_T$

$a_1 \cdot Q'(t)/Q(t)$ ：假設CO₂之單位削減成本與削減變化量比率為線性關係，即

$a_1 \cdot Q'(t)/Q(t)$ 為CO₂之單位削減成本， $a_1 > 0$ ，所以， $[a_1 \cdot Q'(t)/Q(t)] \cdot Q'(t)$ 為

CO₂之削減總成本。 a_1 為一單位削減變化量比率之成本，為一已知常數，它與削減CO₂之技術和設備支出(即環境保護設備支出之預算)有關。

a_2 ：為CO₂之單位損壞成本， $a_2 > 0$ ，亦即 $a_2 \cdot Q(t)$ 為CO₂之損壞成本。假設決策者必須依據國際合約(Bahn 1998, Hoeller 1991, Manne 1991)支付碳稅。故 a_2 可視為國際CO₂之稅率。

ρ : 折現耗減率, $0 \leq \rho \leq 1$

因為決策者所訂定運用之削減CO₂政策, 必須在某一時間 T 到達前, CO₂氣體排放量必須減至 $Q(T) = Q_T$ 之目標值, 而且總削減成本和損壞成本之現值為最小。否則, 決策者將會受到巨額之懲罰。

2.2 CO₂氣體最適削減模式

依據上面之假設, 對控制CO₂氣體以防止全球暖化之問題, 利用動態最佳化理論建構成CO₂氣體最適削減模式(Optimal Strategy Model of Cutting CO₂ Gases Emissions : OSMCC)如下 :

$$Z[Q] = Z = \int_0^T \left\{ a_1 \cdot \frac{[Q'(t)]^2}{Q(t)} + a_2 \cdot Q(t) \right\} \cdot e^{-\rho t} \cdot dt$$

令

則OSMCC模式為 :

$$\begin{cases} \underset{Q}{\text{Minimize}} Z[Q] & (1-1) \\ \text{Subject to } Q(0) = Q_0, Q(T) = Q_T & (1-2) \\ Q'(t) \leq 0, \forall t \in [0, T] & (1-3) \end{cases}$$

式中, $Q_0 > Q_T > 0$ 為已知常數。 $Q(t)$ 為待決定之控制變數, 而方程式(1-1)為本模式之目標函數。方程式(1-3)中, $Q'(t) \leq 0$ 意即 $Q(t)$ 是 t 之遞減函數。

三、CO₂氣體最適削減模式之求解與最佳策略

3.1 模式之求解

從OSMCC模式中, 先忽略 $Q(t) \leq 0$ 之限制, 得其標準型 :

$$\begin{cases} \text{Minimize } \int_0^T \left[a_1 \cdot \frac{[Q'(t)]^2}{Q(t)} + a_2 \cdot Q(t) \right] \cdot e^{-\rho t} \cdot dt, & t \in [0, T] \\ \text{Subject to } Q(0) = Q_0, Q(T) = Q_T \end{cases}$$

令 $Q^* = Q^*(t)$ 和 $\hat{Q} = \hat{Q}(t)$ 分別為 OSMCC 模式及其標準型之最佳解。

利用變分法可求得 $\hat{Q} = \hat{Q}(t)$ 如下：

$$\begin{aligned} \hat{Q}(t) &= Q_0 \cdot \exp \left[\int_0^t \frac{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{1 - e^{-(z+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}} \cdot dz + \left(\rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}} \right) \cdot t \right], \\ &= \exp \left[\int_0^t \frac{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{1 - e^{-(z+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}} \cdot dz + \left(\rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}} \right) \cdot t + \ln Q_0 \right] \end{aligned} \quad (1-4)$$

式中積分常數 k 可由邊界條件 $\hat{Q}(T) = Q_T$ 求得。

若 $t+k \leq 0$ ，可證明(1-4)式為 t 之遞增函數。故 $Q^*(t)$ 和 $\hat{Q}(t)$ 皆為；

$$Q^*(t) = \hat{Q}(t) = \exp \left[\int_0^t \frac{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{1 - e^{-(z+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}} \cdot dz + \left(\rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}} \right) \cdot t + \ln Q_0 \right] \quad (1-5)$$

故上式 (1-5) 為 CO_2 最適削減模式之最佳解 $Q^*(t)$ ，亦為其標準型之最佳解。

3.2 最佳解之特性

經由 $Q^{*'}(t)$ ， Q_T ， $Q^{*'}(t)/Q^*(t)$ 和 $Q^{*''}(t)$ 之分析，可得最佳解之特性，茲分別以二種情況說明如下；

情況1; $t+k \leq 0$

1) $Q^*(t)$; 最適CO₂削減變化量

由上式(1-5), 對 t 微分得;

$$Q^*(t) = Q_0 \cdot \exp \left[\int_0^t \frac{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{1 - e^{-\frac{(z+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}} \cdot dz + \left(\rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}} \right) \cdot t \right]$$

$$\cdot \left[\frac{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{1 - e^{-\frac{(t+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}} + \rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}} \right], \forall t \in [0, T] \quad (1-6)$$

因 $t+k \leq 0$, 故知

$$\left[\frac{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{1 - e^{-\frac{(t+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}} + \rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}} \right] < 0,$$

因而得一結論為; 當 Q_0 值愈大, $Q^*(t)$ 之值愈小, 當 $t \in [0, T]$. 又因 $Q^*(t) \leq 0$

, 故 $Q^*(t)$ 之值愈小, 則意即 $Q^*(t)$ 之變化愈大。所以得到削減CO₂排放之最適策略性質一為;

最適削減策略性質一: 在期初時, CO₂氣體排放存量愈大, 則在計劃期之任何時間, 削減CO₂氣體之變化率(量)則愈大(快)。反之, 在期初時, CO₂氣體排放存量愈小, 則在計劃期之任何時間, 削減CO₂氣體之變化率(量)則愈小(慢)。

2) Q_T ; 邊界條件

積分常數 k 可由 $\hat{Q}(t) = Q_T$ 之邊界條件求得, 其中 Q_T 為已知正常數, 此意即

k 與 Q_T 有關。故定義 $k = k(Q_T)$ 。

由(1-4)式，若 $t = T$ ，則得；

$$\frac{\hat{Q}(T)}{Q_0} = \exp \left[\int_0^T \frac{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{1 - e^{-(z+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}} dz + \left(\rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}} \right) \cdot T \right] \quad (1-7)$$

上式(1-7) 兩邊取對數得；

$$\ln \frac{\hat{Q}(T)}{Q_0} = \left[\int_0^T \frac{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{1 - e^{-(z+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}} dz + \left(\rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}} \right) \cdot T \right]$$

$$\frac{\left(\ln \frac{Q_T}{Q_0} \right) - \left(\rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}} \right) \cdot T}{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}} = \int_0^T \frac{1}{1 - e^{-t\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}} \cdot e^{-k\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}} dz$$

令 $K = e^{-k\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}$

此可證明若 Q_T 增加則 K 亦增加，即 $e^{-k\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}$ 亦增加。所以，可知當 k 增加

時， Q_T 亦增加(由參數 $k\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}$ 推得)。若 k 減少，因 $t+k \leq 0$ ，由式(1-4)可知 $Q^{*'}(t)$ 亦會增加，反之，若 k 增加，則 $Q^{*'}(t)$ 減少。

故得到結論為； Q_T 愈大， $Q^{*'}(t)$ 亦愈大。因 $Q^{*'}(t) \leq 0$ ，故 $Q^{*'}(t)$ 愈大($|Q^{*'}(t)|$

絕對值增加)，此意即 $Q^{*'}(t)$ 之削減變化量減少或減緩。

故又得削減 CO_2 排放量之最適策略性質二為；

最適削減策略性質二：在期末 T 時， CO_2 排放目標量愈大，則在計劃期之任何時間，削減變化率愈小(慢)。反之，在期末 T 時，GHG 排放目標量愈小，則在計劃期之任何時間，削減變化率愈大(快)。

3) 最適削減變化量比率; $Q^{*'}(t)/Q^*(t)$

(1-6)式 除以(1-5)式 得;

$$\frac{Q^{*'}}{Q^*} = \frac{1}{\left[\frac{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{1 - e^{-\frac{(t+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}} + \left(\rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}} \right)} \right]}$$

因 $t+k \leq 0$ ，故 $Q^{*'}(t)/Q^*(t) < 0$ 。此意謂 CO_2 削減變化量比率為遞減函數而滿足下式;

$$\frac{Q^{*'}}{Q^*} = \frac{1}{\left[\frac{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{1 - e^{-\frac{(t+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}} + \left(\rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}} \right)} \right]} < 0 \quad (1-8)$$

由上式(1-8)，可得最適削減策略性質三為;

最適削減策略性質三：一旦 CO_2 削減開始，決策者需以 $Q^{*'}(t)/Q^*(t)$ 之最適削減變化量比率持續進行之。

4) $Q^{*''}(t)$; 最適 CO_2 削減變化量之加速率

$$\text{令 } D_1(t) = \left[\int_0^t \frac{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{1 - e^{-\frac{(z+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}} \cdot dz + \left(\rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}} \right) \cdot t \right] \quad (1-9)$$

$$\text{則 } D_1'(t) = D_2'(t) = \left[\frac{2\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{1 - e^{-\frac{(t+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{a_1}}} + \rho - \sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}} \right] \quad (1-10)$$

由(1-6)式，已證得 $D_1'(t) = D_2'(t) < 0$ 。故可知 $D_1(t) < 0$ 。

$$\text{又 } D_2'(t) = \frac{-\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}} \cdot e^{-\frac{(t+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{a_1}}}{\left(1 - e^{-\frac{(t+k)\sqrt{\rho^2 + \frac{a_2}{a_1}}}{a_1}}\right)^2} < 0 \quad (1-11)$$

(1-6)式兩邊對 t 微分得；

$$Q''(t) = Q^*(t) = [D_1'(t)D_2(t) + D_1(t)D_2'(t)] \quad (1-12)$$

由(1-6)， $D_1'(t) = D_2'(t) < 0$ 和(1-11)，可知 $Q''(t) > 0$ 。此意即加速率 $Q''(t)$ 為遞減函數。

故又得削減CO₂排放之最適削減策略性質四為；

最適削減策略性質四：決策者一旦開始削減CO₂後，就應以最適削減變化量加速率 $Q''(t)$ 持續進行之。

情況2: $t + k > 0$

由(1-6)式，可以證明 $t_0 \in (0, T)$ 存在且滿足 $Q''(t) = 0$ 當 $t \in [0, t_0]$ 。時間 t_0 之後，最適削減變化量為 $Q''(t) < 0$ ，當 $t \in (t_0, T)$ ，故 t_0 以後之情形與 情況1 相同。

四、理論模式之應用與限制

本文引用動態最佳化理論來建構CO₂氣體最適削減基本模式。進而得到此基

本模式之最佳解如(1-5)式所示。然後再考慮如何利用此基本模式，透過集體分工合作方式，使得各自污染源主體皆能在其可掌控範圍內，有效削減所分配之CO₂氣體。因此，整個問題之內容重點尚包括：排放CO₂氣體之污染源主體如何分類，以及將CO₂氣體待削減總量 $Q_T - Q_0$ (Q_T 為未來 T 時點CO₂氣體在單位時間內之排放量，而 Q_0 為目前CO₂氣體之單位時間排放量) 分配給不同污染源主體，以便責成各污染源主體分別承擔並控制削減其所分配之CO₂氣體數量。

本研究雖名之謂削減CO₂氣體排放，但其研究結果亦可應用於各種溫室氣體或其他污染物之控制計劃。事實上，只要各種溫室氣體或其他污染物之排放具有本模式結構之同質性即可應用。

4.1理論模式之應用

上述之期末 T 時之排放量目標 Q_T 即是被決定之單位時間內之CO₂氣體排放量。 Q_T 水準之決定乃是依據1997年京都議定書之規定：某一國家之CO₂排放量在2010年時必須低於該國在1990年排放量水準7%。

第一決策階段：將CO₂污染源分類

一般而言，一個國家空氣污染有許多來源，同時，這些來源也有許多不同之分類方式（如移動污染源與固定污染源等分類方式）。現假設某國CO₂之空氣污染源已被分類成 m 個污染源，其相關內容及所代表之符號如下：

a_{1i} ：第 i 種CO₂污染源在單位時間內，一單位削減變化量比率之成本，

a_{2i} ：第 i 種CO₂污染源在單位時間內，因污染所造成之損壞成本，

Q_{0i} ：第 i 種CO₂污染源在目前 $t = 0$ 之排放量（單位時間內之排放量），其

$$\sum_{i=1}^m Q_{0i} = Q_0$$

Q_{Ti} ：第 i 種 CO_2 污染源在未來 $t=T$ 時之排放量。

先考慮 CO_2 污染源類別之分類方式已完成後之事，並假設此分類方式之細分程度使得每一個類別之 a_{1i} 和 a_{2i} 皆可透過實務資料之收集與估計出來。接著進行下列二個決策階段：

第二決策階段：決定 Q_T 之分配方式（即決定每一類別之減污配額）

將 Q_T 分成 $Q_{T1}, Q_{T2}, \dots, Q_{Tm}$ 等 m 個類別， $\sum_{i=1}^m Q_{Ti} = Q_T$ ，並指派第 i 個污染源

主體，在未來時間 T 之單位時間的污染排放量（上限）為 Q_{Ti} 。為了說明方便，以下本文用符號 $P = [Q_{T1}, Q_{T2}, \dots, Q_{Tm}]$ 代表一種分配 Q_T 之方式，並用 IP 代表所有 Q_T 分配方式所成之集合，即：

$$IP = \left\{ P \mid P = [Q_{T1}, Q_{T2}, \dots, Q_{Tm}] \mid \sum_{i=1}^m Q_{Ti} = Q_T \right\}$$

(1-13)

對任一特定分配方式 P ，第 i 類污染源主體所面臨之污染源削減模式可表示如下：

$$Z_i = \underset{Q_i}{\text{Min}} \int_0^T \left[a_{1i} \frac{[Q_i'(t)]^2}{Q_i(t)} + a_{2i} Q_i(t) \right] dt,$$

(1-14)

限於：

$$Q_i(0) = Q_{0i}, \quad Q_i(T) = Q_{Ti}, \quad Q_i'(t) \leq 0 \quad (1-15)$$

式中， Q_{0i} 為第 i 個污染源主體目前污染排放量， Q_{Ti} 為第 i 個污染源主體在未來 $t=T$ 時之被指定的污染排放量， $Q_i'(t) \leq 0$ 意即 $Q_i(t)$ 為 t 的減函數。

利用上節模式之求解過程，可得每 i 個CO₂污染源排放量之最適控制函數 $Q_i^* = Q_i^*(t)$ ，及其所對應之最佳目標值 $Z_i^* = Z_i^*(Q_{Ti})$ 。易知， $Q_i^*(t)$ 與 Z_i^* 皆隨被指定之 Q_{Ti} 不同而不同，記作：

$$Z^*(P) = Z^*[Q_{T1}, Q_{T2}, \dots, Q_{Tm}] = \sum_{i=1}^m Z_i^*(Q_{Ti}) \quad (1-16)$$

式中， Z^* 為分配方式 $P = [Q_{T1}, Q_{T2}, \dots, Q_{Tm}]$ 之下各污染源主體所對應之總成本。

隨後，再決定所有分配方式 IP 中那一種分類可使得總成本最小，即：

$$\underset{P \in IP}{\text{Min}} Z^*(P)$$

第三決策階段：如果目前所選取之分配方式 P 不合適（包含不易估計其所對應之 a_{1i}, a_{2i} 或對其所對應之目標值不滿意），亦可再回去檢討第一決策階段狀態重新考量原來之分類方式及後續之分配方式。

4.2 應用之限制

由於單位削減變化量比率之成本 a_1 ，單位損壞成本 a_2 ，很難估計準確。因而造成在各時點之最佳排放量控制函數 $Q(t)$ 也很難被估計精確。這些都攸關本理論模式在實務上之應用。然因應全球暖化，有關1997年京都議定書限定各國CO₂排放量(Q_T)隨時可能簽定。為因應這個二氧化碳排放量削減計劃，故本理論模式仍有其應用上之價值。

五、結論

本研究建構成二氧化碳氣體最適削減模式(OSMCC模式)，並推論出CO₂氣體最適削減策略之四個性質，供決策者在制訂或執行削減計劃時之策略準則。

本CO₂氣體最適削減模式應用時，又針對：如何決定污染源之分類方式
(第一決策階段：將CO₂污染源分類)、如何分配排放總量 Q_T 給各別污染源之方法
(第二決策階段：決定 Q_T 之分配方式)，以及如何決定所有分配方式 IP 中那一種
分配可使得總成本最小(第三決策階段：如果目前所選取之分配方式 P 不合適，
亦可再回去檢討第一決策階段狀態重新考量原來之分類方式及後續之分配方
式)。本文提供理論上之根據，以供決策者之參考。

參考文獻

- [1] 徐世勳，李秉正 (1999)，「溫室氣體多國評估模型先驅現劃」，台北：行政院環保署
- [2] 徐世勳，李秉正 (1999)，「總體經濟政策對空氣污染影響之評估」，台北：行政院國家科學委員會
- [3] 陳澤義，劉大年，許志義 (1997)，「二氧化碳排放減量對台灣產業發展之影響及因應對策之研究」，台北：中華經濟研究院，pp.135
- [4] 黃宗煌，李秉正，徐世勳 (1997)，「溫室氣體減量策略之經濟評估－最適碳稅稅率及其經濟評估」，台北：行政院國家科學委員會
- [5] 黃宗煌，李秉正，徐世勳，梁啓源，許志義 (1998)，「溫室氣體減量策略之經濟評估 (二)」，台北：行政院國家科學委員會
- [6] 梁啓源 (1987)，「台灣能源經濟模型之研究」，台北：中央研究院經濟研究所，現代經濟探討叢書，第七種
- [7] 張四立 (1992)，「經濟－能源－環境系統之整合性規劃」，台北：都市與計劃，第20卷 第1期
- [8] 張四立，曾國雄 (1995)，「我國能源環境與經濟發展互助關係之研究」，台北：經濟部能源委員會
- [9] 張四立 (1995)，「溫室氣體減量措施之研擬與評估研究－多目標決策模型之建立與運用」，台北：行政院國家科學委員會
- [10] 蕭代基，徐世勳，李秉正 (1998)，「溫室氣體排放減量國際及國內政策工具的一般均衡分析」，台北：行政院國家科學委員會
- [11] 蕭代基，錢玉蘭等(1999)，"建立防制成本有效性分析"，台北：行政院環保署
- [12] Bahn O., Haurie A., Kyreos S. and Vial J.-P (1998), "Advanced Mathematical Programming Modeling to assess the benefits from international CO₂ abatement cooperation", *Environmental Modeling and Assessment* 3, pp.107-115
- [13] Brinner R. E., Ghelby M. G., Yanchar J. M. and Cristofaro A. (1991), "Optimizing Tax Strategies to Reduce Greenhouse Gases without Curtailing Growth", *The Energy*

Journal, 12 No. 4, pp.1-14.

- [14] Hoel M. (1991), "Efficient International Agreements for Reducing Emissions of CO₂ ", *The Energy Journal* 12, No.2, pp.93-107
- [15] Hoeller P. and Wallin M. (1991), "Energy Prices, Taxes and Carbon Dioxide Emissions", *OECD Economic Studies*, No. 17, pp.91-105
- [16] Kamien M. I., and Schwartz N. L. (1981), *Dynamic Optimization-The calculus of Variation and Optimal Control in Economics and management-4th ed.*, New York: North Holland Inc.
- [17] Manne A. S. and Richels R. G. (1991), "The Costs of Reducing U.S. CO₂ Emissions-Further Sensitivity Analyses", *The Energy Journal*, Volume 11, Number 4, pp.69-78
- [18] Viguier L. (1999), "Emissions of SO₂, NO_x and CO₂ in Transition Economics; Emission Inventories and Divisia Index Analysis", *The Energy Journal* 20, No.2, pp.59-87
- [19] Westskog H. (1996), "Market Power in a System of Tradable CO₂ Quotas", *The Energy Journal*, Vol.17, No.3, pp.85-103
- [20] Whalley J. and Wigle R. (1991), "Cutting CO₂ Emissions; The Effects of Alternative Policy Approaches", *The Energy Journal* 12, No.1, pp.109-124

The Study of The Optimal Strategy Model of Cutting CO₂ Gases Emissions

Ming-Liang Tsai

Tamkang University College of Technology

Po-You Chen

Graduate Institute of Environmental Management Nanhua University

Abstract

In constructing the optimal strategy model of cutting CO₂ gases emissions (OSMCC Model), the four characteristics involved in the model are being reasoned, and the applications of model along with its limitations are described, which result provides a rule of thumb for policymaker to fulfill cutting CO₂ gases emissions. Particularly, in the model's application, we propose the theoretical basis of how to classify the category of mobile and fix pollution sources, and how to distribute the optimal quota permit for each pollution source.

Key words: environment protection system, theoretical model, optimal cutting strategy model, CO₂ gases, greenhouse gases(GHG)

