

二氧化碳減量成本與策略：臺灣參與國際 排放交易制度與密集度減量模式之意涵

李叢禎、曾瓊瑤、李堅明*

摘 要

本研究針對 1998 年全國能源會議結論之總量減量模式與美國提出之密集度減量模式進行九種不同情境模擬，探討總量減量模式配搭國際排放交易及密集度減量模式下，國際排放交易參與國不同時，對臺灣總體經濟、遵循成本（compliance cost）、能源結構與碳密集度的影響，並據此評析我國因應溫室氣體減量之策略。本研究結果發現：(1)在臺灣單獨減量時，採行總量減量模式之實質 GDP 損失與平均減量成本，均較密集度減量模式為高；(2)臺灣採行總量減量模式、並參與國際排放交易時，實質 GDP 損失與平均遵循成本較碳密集度模式下為低，尤其在全球參與排放交易時，臺灣遵循成本更是顯著下降，凸顯總量管制搭配國際交易制度與全球合作抑制溫室氣體排放的成本有效性特色；(3)不論臺灣採行何種模式作為減量承諾指標，碳密集度、平均碳排放係數與能源密集度均有改善，表示減量將使國內產業朝向使用低碳之潔淨能源，同時能源效率亦會提升；(4)不同減量目標之設定，是造成平均成本差異性的關鍵因素。本研究結果顯示，在總量減量模式情境下，宜積極爭取參與國際合作共同減量之契機，雖囿於我國國際政治地位特殊，然成功加入 WTO 的經驗，或可供為參考；若短期內我國無法參與國際合作機制，則宜積極爭取密集度減量模式作為減量承諾之指標，並與持相同立場的國家結盟，透過集團力量形成引起國際重視的主流模式。

關鍵詞：二氧化碳減量、減量成本、減量策略、國際排放交易、減量模式

JEL 分類代號：Q52, Q54, Q58

* 三位作者分別為國立臺北大學經濟學系助理教授、國立臺北大學經濟學系博士班學生與國立臺北大學自然資源與環境管理研究所助理教授。本研究承蒙國科會（NSC 93-2415-H-305-007）與經濟部能源局部分經費補助，謹誌謝忱。本文初稿發表於「2005 年台灣管理學會學術暨實務研討會」，作者感謝陳家榮教授以及與會學者專家的寶貴建議，而黃宗煌教授與期刊兩位匿名審查委員之指正與意見亦使本文增色不少，文中如有任何謬誤，當屬作者之責。

投稿日期：民國 94 年 7 月 20 日；修訂日期：民國 94 年 12 月 30 日；
接受日期：民國 95 年 1 月 26 日。

經濟研究 (Taipei Economic Inquiry), 41:2(2005), 155-189。

臺北大學經濟學系出版

1. 前言

以限制溫室氣體排放、遏止全球暖化現象為宗旨的國際協議京都議定書 (Kyoto Protocol)，自西元 1997 年提出以來，歷經多次國際上的折衝談判，美國、澳洲的相繼退出，俄羅斯的搖擺不定，終於在 2004 年俄羅斯國會投票通過批准後，跨越「獲國內法定程序通過批准之附件一國家二氧化碳排放量佔所有附件一國家 1990 年總排放量 55% 以上」之生效門檻，並於 2005 年 2 月 16 日生效為具強制力之國際公約。京都議定書的主要精神乃規範工業國家與經濟轉型國家之溫室氣體減量責任，並藉由多方國際合作之「彈性機制」，¹以最具成本有效性的方式，達成全球溫室氣體減量目標。

京都議定書開啓了國際間減量共識，其生效將影響著全球經濟、貿易與環境保護，職是之故，世界各國均積極研擬如何具體落實溫室氣體減量，尤其對面臨減量承諾的國家而言，減少溫室氣體排放意味著必須付出社會與經濟成本，雖然各國家或因減量技術與政治經濟壓力，對於減量策略有不同主張與採行方法，然以最具成本有效性之方式落實減量承諾的精神卻是一致的，其中參與國際排放交易即是附件一國家最重要的減量策略之一。

減量成本之評估誠為研擬成本有效性減量策略的其中一項重要基礎工作，目前國內外諸多研究採用可計算一般均衡 (computable general equilibrium, CGE) 模型，分析溫室氣體減量與國際排放

¹ 為強化跨國合作減量機制之基礎，在議定書的第六、十二、及十七條文分別提出聯合執行 (joint implementation)、清潔發展機制 (clean development mechanism)、以及國際排放交易 (international emission trading) 三種減量政策工具；其中聯合執行與國際排放交易僅適用於附件 B 國家，其允許承諾減量國家藉由跨國減量設備投資與國際排放許可權交易的方法，共同合作達成減量目標；反之，清潔發展機制則為一跨越附件 B 國家與非附件 B 國家之機制，著眼點在於工業國家對開發中國家進行技術及財務協助，以取得排放減量證明 (certified emission reductions)。

交易之運用，對國家總體經濟與減量成本的影響。在國外研究部分，探討國際排放交易的文獻包括 Rose and Stevens (1993) 進行二氧化碳減量的影響評估，該文模擬結果顯示，已開發國家與開發中國家進行交易將可使減量成本下降，參與交易國家均享有利得；Kainuma et al. (1999) 利用亞太整合模型 (Asian-Pacific Integrated Model, AIM) 針對京都議定書之國際排放交易進行模擬分析，其結果指出，在全球參與交易的情境下，各國之邊際減量成本是最低的；Mckibbin et al. (1999) 利用全球一般均衡成長 (Global General Equilibrium Growth, G-Cubed) 模型進行排放交易制度之探討，根據該文結論，在只有附件一國家交易的情境下，澳洲的 GDP 損失最大，其他 OECD 國家次之，而在全球交易的情境下，則 GDP 損失以中國為最高；Ciorba et al. (2001) 針對不同國家參與國際排放交易進行分析，其結果顯示，俄羅斯因擁有熱氣約 111 百萬噸，因此若其加入附件一國家之國際排放交易，將使得排放權價格與附件一國家減量成本大幅下降，而在全球交易時，美國退出國際排放交易將導致排放權價格由每噸碳 120.8 美元下降為 38.8 美元；Stevens and Rose (2002) 利用動態一般均衡模型，針對跨國及跨期交易類型，模擬溫室氣體排放許可權證交易量設限與否，對減量成本之影響，該文結論指出，減量成本與每年購買及銷售許可權證的數量限制、交易國家數目，以及許可權證是否可以跨期交易息息相關，若允許跨期交易，減量成本會降低，惟幅度不大，若允許跨國交易，則減量成本降低的幅度較大；Evans (2003) 認為國際排放交易可以降低碳排放減量的成本，並且促進環境改善，而若能同時混合運用各種國內氣候政策 (包括提升能源使用效率、調整產業結構，以及研擬再生能源政策)，則可更有效地減少溫室氣體排放。

在國內研究方面，吳明芬 (2001) 與林幸樺 (2002) 以澳洲農業與資源經濟局 (Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics, ABARE) 所研發之全球貿易與環境模型

(Global Trade and Environmental Model, GTEM) 來評估京都彈性機制，其中吳明芬(2001)針對附件 B 國家單獨減量、附件 B 國家進行國際排放交易、臺灣單獨減量，以及臺灣與附件 B 國家進行排放交易等四種不同情境進行模擬，該文結果顯示，臺灣國內單獨減量時，GDP 損失會較高，如果能配搭彈性機制之運用，將可舒緩溫室氣體減量之負面經濟衝擊；林幸樺(2002)則分析京都議定書彈性機制之採行對臺灣經濟的影響，其結論指出，在附件一國家承諾減量第一階段，臺灣因無減量責任，是故可以獲致實質 GDP 成長之利得，且此利得在附件一國家未採行彈性機制、個別單獨減量的情境下較高。

比較上述文獻結果可知，即使對相同議題作分析，這些研究之定量(quantitative)結果仍有諸多差異，主要原因包括模型之理論架構與設定不同、資料選取(如國家與部門別分類)的差異，以及模擬情境設計互異等；但有趣的是，這些研究的定性(qualitative)結果卻相當一致，諸如眾多研究均顯示京都機制有助於降低減量成本，舒緩承諾減量國家之經濟壓力；而俄羅斯與美國這兩個主要國際排放權之供給者與需求者動態，顯著地影響排放權價格以及其他參與國的減量成本；全球共同合作有助於大幅降低減量成本。

依據京都議定書第三條第九項之規範，在承諾減量第一階段結束前七年，應開始審議後京都時期締約國承諾之履行進度，並探討未來全球可採取的行動(葉俊榮，2005)。²後京都時期減量模式及參與範圍相當多元，目前已發展出約四十四種不同類型的減量模式，可大致分為延續京都模式(continuing Kyoto)與個別彈性方案兩類，³其中，由美國提出兼具減量與經濟成長的「密集度減量

² 包括溫室氣體長期穩定之水平、減緩氣候變化承諾之模式、減量參與者與時程、減量之嚴厲程度、適應氣候變化之行動模式、迫切性、參與程度以及協商參與者、方式與時程等問題。

³ 個別彈性方案包括收縮與收斂方案(contraction and convergence)、歷

模式」，最受到矚目。李堅明等（2005）以 TAIGEM-III模型評估各種減量模式對我國產業之衝擊，模擬情境包括京都減量模式、美國模式、阿根廷模式等，研究結果發現，減量之經濟成本因模擬情境與減量時程不同而有差異，每公噸 CO₂ 的減量成本約在新台幣 2,500 至 10,000 元間，我國主要耗能產業在各減量情境下所受的衝擊程度互異，而減量對各部門之 GDP 負面效果將隨時間經過而擴大，由於密集度模式兼具減量與經濟成長的調和，所以對經濟之負面衝擊影響較為緩和。

臺灣目前並非聯合國會員國，迄今未獲准簽署「聯合國氣候變化綱要公約（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）」，在京都議定書之國家歸類中，屬性亦不甚明確。雖然截至目前為止，我國短期內尚無減量責任，在附件一國家承諾減量之第一階段，甚至尚有經濟利得（Lee et al., 2005），然承擔減量並非可以永久倖免之事；此外，我國經濟一向極度仰賴國際貿易與對外投資，尤其自西元 2002 年成功加入世界貿易組織、逐步拆除貿易障礙藩籬後，與國際社會的經貿互動日趨頻繁，是故各國因應京都議定書之政策立場與動態，亦會透過國際貿易、跨國投資等管道，影響到我國的總體與產業經濟。因此我國面對京都議定書生效之情境，實有必要未雨綢繆，尤其應以審慎的態度研擬後京都時期之減量對策並及早因應，冀以降低未來減量責任所帶來的潛在經濟衝擊。

基於上述，本研究之主要目的為評析我國二氧化碳減量成本與氣候政策之研擬，內容著重於探討臺灣參與國際排放交易之意涵，

史責任方案(historic responsibility)、混合指標準則(multiple criteria)、GHG 密集度目標(intensity targets)、三聯方案(triptych approach)、等成本方案(equal cost)、調和性政策與措施(coordinated policies and measures)、增進參與及多階段方案(increasing participation and multistage)、偏好分數方案(preference score approach)、Jacoby 規則方案、動態目標(dynamic targets)、永續發展優先(sustainable development first)等多種不同減量模式(李堅明等, 2005)。

並評估倘若臺灣以美國提出的「密集度減量模式」為減量承諾指標時，對國內總體經濟之影響。誠如前述文獻證據顯示，國際排放交易參與國之動態（諸如加入或退出市場、對排放權之購買數量設定上限與否等），將改變市場供需條件，進而影響排放權價格以及其他參與國的減量成本，鑑於全球（多地區）可計算一般均衡模型能捕捉複雜的國際經貿、總體經濟與各產業間緊密的互動關係，是故能有效掌握各國氣候策略動態之跨國效果，本研究採用全球貿易中心（Center for Global Trade Analysis）所研發之多國能源環境模型 GTAP-E（Energy-Environmental version of Global Trade Analysis Project），⁴ 評量與比較各種可能發生情境對我國經濟體系的影響全貌，以提供客觀決策支援訊息，俾使我國在面對瞬息萬變的國際情勢時，得以尋求最適因應之道。

在模擬情境設計方面，本研究針對 1998 年全國能源會議結論之總量減量模式與美國提出之密集度減量模式進行九種不同情境模擬，探討總量減量模式配搭國際排放交易及密集度減量模式下，國際排放交易參與國不同時，對臺灣總體經濟與遵循成本、能源結構與碳密集度的影響，並據此評析我國因應溫室氣體減量之策略。本研究內容包括第一部份前言，第二部分 GTAP-E 模型與資料庫之介紹，第三部分模擬情境設計與結果分析，最後為本研究之結論與政策建議。

2. 模型介紹

GTAP-E 模型為美國普渡大學全球貿易中心所研發的能源環境模型，其中 GTAP 全名為 Global Trade Analysis Project，中文譯

⁴ 國內用以評估溫室氣體減量策略的 CGE 模型包括 TAIGEM、TAIGEM-D、以及 TAIGEM-III 模型等，惟其均屬單國模型，無法充分掌握各國氣候政策動態對臺灣經濟之影響效果，職是之故，本研究採用多國能源環境模型 GTAP-E 從事模擬分析。

名為全球貿易分析模型，係由 Hertel 和 Tsigas 所研發出來的比較靜態、多地區多部門可計算一般均衡模型 (Hertel, 1997)。然囿於 GTAP 模型對於所謂的 3E「經濟－能源－環境」連結 (linkage) 之刻劃並不完全，因此並無法用於探討氣候與環境政策的相關議題，為補充 GTAP 模型之不足，Burniaux and Troung (2002) 在既有的 GTAP 模型架構下，納入各種經濟活動所使用的能源數量與二氧化碳排放資料，利用由上而下 (top-down) 方式刻劃能源替代機制、各國國內能源政策變數 (碳稅)，以及國際排放交易制度，這個擴充模型稱為 GTAP-E 模型，其中的 E 代表能源與環境，顧名思義，這是一個適用於探討氣候政策與相關議題的全球模型。

GTAP-E 模型在國內經濟與國際經貿活動之刻劃上，大致沿襲 GTAP 模型之架構；在經濟體系與能源體系、環境體系的連結上，則作了下列數項擴充。首先，模型納入各種經濟活動所使用的能源數量，目前模型中的能源商品共有五種，分別為煤炭、原油、天然氣、石油煉製品、電力部門，資料來源為國際能源署 (International Energy Agency, IEA) 的能源平衡資料庫 (Burniaux et al., 2002)；其次，導入國內能源政策變數－碳稅，課徵的對象為使用能源的所有經濟個體 (生產部門、私人家計部門、政府部門)，碳稅為一價格政策工具，其係針對能源之碳含量課稅，因此課稅後含碳量較高的能源 (如煤炭) 之相對價格提高；第三，利用固定替代彈性 (constant elasticity of substitution, CES) 函數，刻劃經濟個體的能源替代行為，此項機制可反映與捕捉碳稅創造之價格誘因，對經濟個體能源消費選擇之影響；第四，依據「氣候變化政府間專家小組」(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 的方法推估能源 (化石燃料) 燃燒所排放的二氧化碳 (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997)；最後，建構國際排放交易制度，是故可用以評估京都彈性機制之運用，對各國溫室氣體減量成本的意涵。以下便彙整 GTAP-E 模型之架構，詳細模型及資料庫說明請參閱 Burniaux and Troung (2002) 以及 Burniaux et al. (2002)。

(1) 生產面

GTAP-E 模型假設每一個生產部門使用初級要素、能源投入與其他中間投入作為生產投入組合，依 CES 生產函數產出單一產品，生產者在零利潤的條件下，追求成本極小化。模型中產品的生產結構是由八層巢式結構所組成，如圖 1 與圖 2 所示。在能源替代行為之刻劃上，共可分為兩個步驟：首先，假設能源投入與其他中間投入分離，與初級要素形成總合商品，此總合商品與其他中間投入的替代彈性為零，各單項中間投入可來自國產及進口，依 Armington 假設為不完全替代品，國產品及進口品間、不同國家的產品間之替代彈性分別為 σ_D 與 σ_M ；其次，資本與能源形成總合商品，其中總合能源商品之巢式結構，由上而下依序刻劃電力與非電力、煤炭與非煤炭、天然氣與原油及石油煉製品之替代關係。

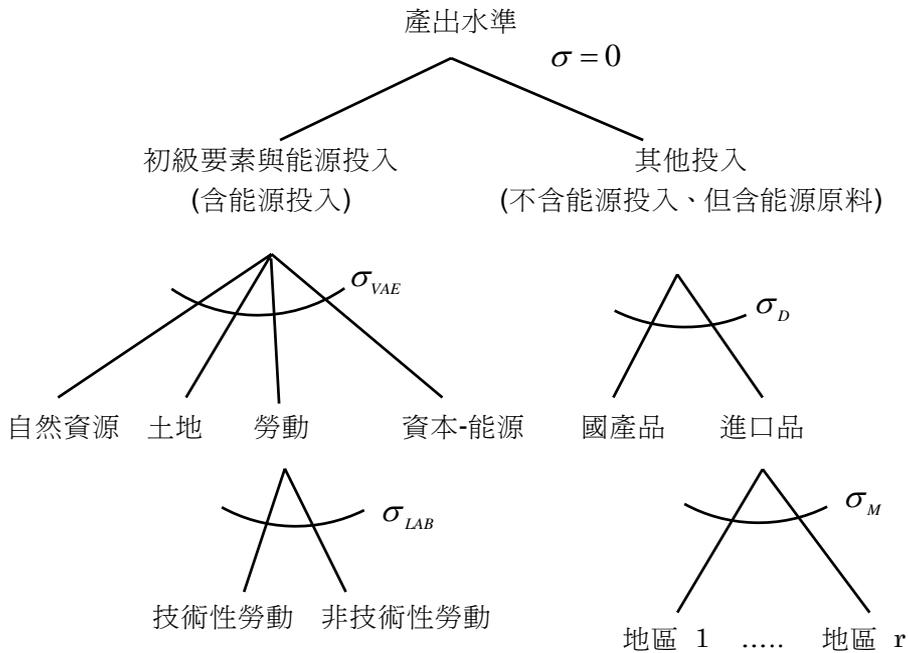


圖 1 GTAP-E 模型生產結構圖

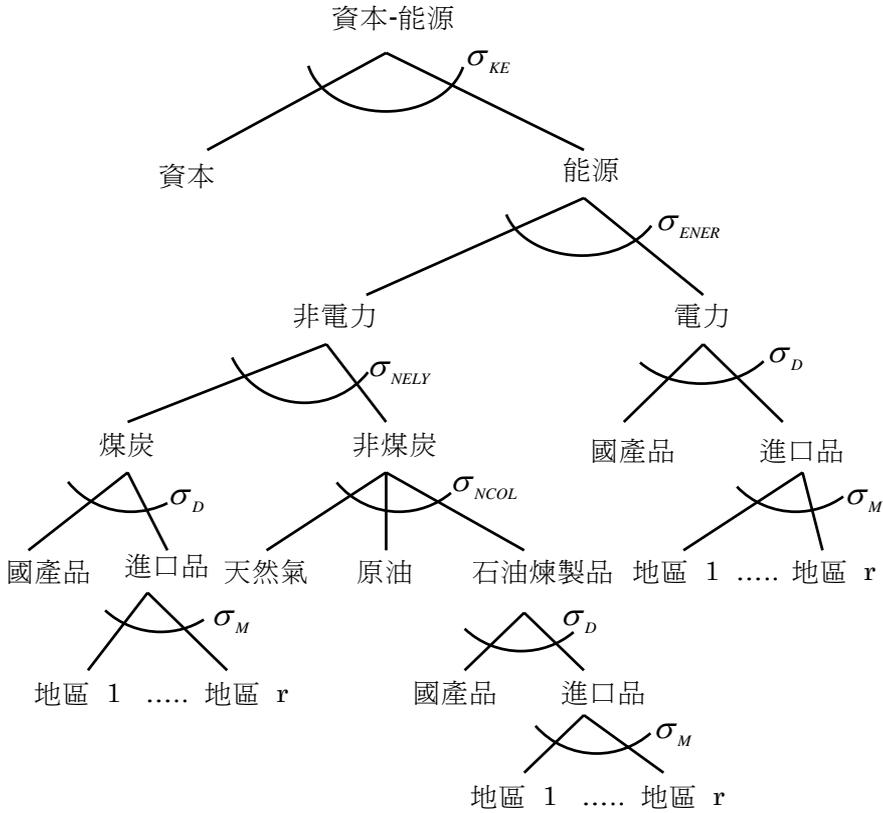


圖 2 GTAP-E 模型資本-能源結構圖

(2) 消費面

在最終需求行為方面，GTAP-E 模型承襲 GTAP 模型的假設，將政府部門與私人計部門之消費分離，其巢式消費結構分別如圖 3 與圖 4 所示。政府效用函數假設為 Cobb-Douglas 型式，首先將能源商品與非能源商品之消費分離，能源商品間的替代係以 CES 函數刻劃。私人計部門的消費則採用非齊序 (non-homothetic) 的固定差異彈性 (constant difference of elasticity, CDE) 效用函數刻劃，並以平均每人為基礎，計算私人計部門消費效用之變動情形，能源商品間的替代設定與政府部門相同，亦是以 CES 函數刻劃。

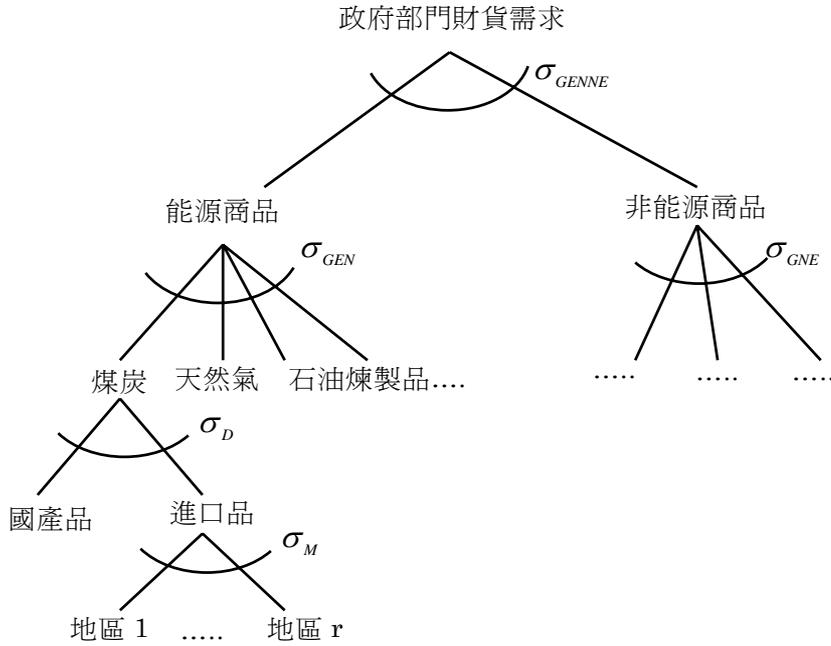


圖 3 GTAP-E 模型政府部門消費結構圖

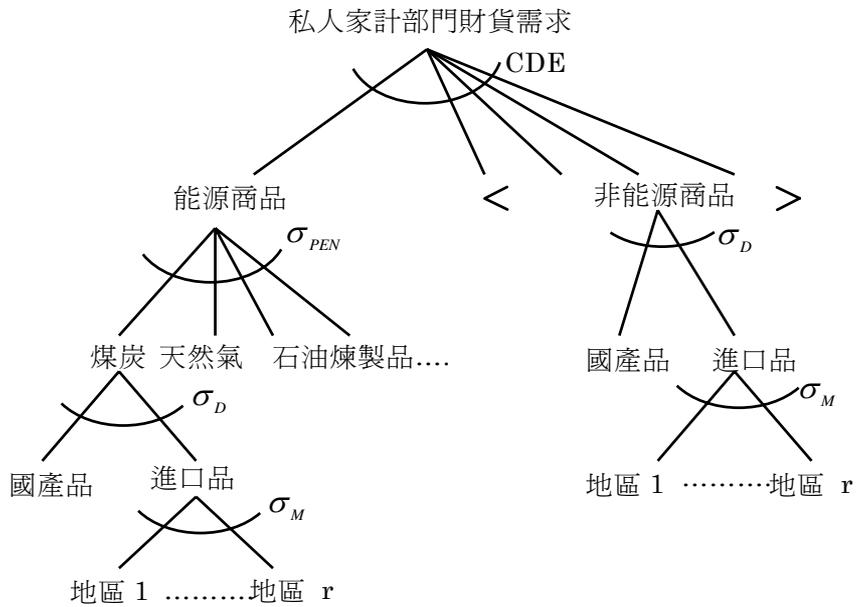


圖 4 GTAP-E 模型私人計部門消費結構圖

(3) 碳稅、國際排放交易與碳密集度方程式之說明

目前 GTAP-E 模型之溫室氣體減量政策工具包括國內碳稅與國際排放交易兩種，本研究亦因應模擬情境之需擴充模型，增列碳密集度減量模式方程式，以下便針對這些設定，作一扼要說明。

① 碳稅

在 GTAP-E 模型中，碳稅課徵的對象係為使用能源、排放二氧化碳的所有經濟個體，因此模型在生產部門、私人家計部門與政府之相關價格連結方程式中導入碳稅，以將政策衝擊（shock）所創造的經濟誘因傳導至行為方程式。至於封閉法則（closure rule）設定方面，當模擬一國家及地區單獨減量而未參與國際排放交易制度時，模型內生求解出的碳稅水準數值相當於達成既定減量目標之邊際減量成本。

② 國際排放交易

模型中對於各國家及地區是否參與國際排放交易係以二元參數（binary parameter）D_MARK 來刻劃，當某一地區之 D_MARK 數值設定為 1，表示其參與國際排放交易，設定為 0 則表示未參加。國際間進行排放交易（至少有兩個國家及地區的 D_MARK = 1）時，封閉法則的設定為各國家及地區減量承諾（gco2q）與國際市場減量數量（gmarkco2t）為外生，其中國際市場減量數量為國際排放交易參與國減量承諾之加權平均，權數為基期時各參與國排放量除以所有參與交易國家之排放量總和；地區名目碳稅稅率 NCTXA 與國際排放權價格 MARKCTAX 為內生，當國際排放交易市場達成均衡時，內生求解得到的參與國地區名目碳稅稅率與國際排放權價格相等，其數值相當於達成既定減量目標之邊際減量成本，易言之，在均衡時所有參與國際排放交易的國家邊際減量成本相同。在國際排放交易金額支付的封閉法則設定上，假設「貿易帳」（DTBAL）

與「國際排放權交易淨額」(DVCO2TRA)兩者總和 DTBALCTRA 爲外生變數，由於模擬情境並未衝擊此一外生變數，因此其數值變動百分比爲零，易言之，「貿易帳」與「國際排放權交易淨額」兩者總和在模擬前後並未變動，此一封閉法則之設定意味著若一國購買排放權，則其必須出口較多的財貨與勞務作爲支付。

③ 碳密集度方程式

本研究之碳密集度指標係根據美國模式，定義爲碳排放量除以 GDP。GTAP-E 模型以澳洲 Monash 大學政策研究中心 (Center of Policy Studies, CoPS) 所發展的 GEMPACK (General Equilibrium Modeling PACKage) 軟體求算模擬結果，利用 GEMPACK 軟體撰寫程式語言時，需將上述定義轉換成百分比變動型式，亦即各國國內碳密集度變動百分比 (cinten) 等於其國內排放量變動百分比 (gco2t) 減去實質 GDP 成長率 (qgdp)，再利用多步驟插補法 (multi-step extrapolation) 求解，得出之均衡解值亦是以百分比變動的型式呈現。在封閉法則設定方面，當模擬碳密集度模式作爲減量承諾指標時，國內碳密集度變動百分比 (cinten) 設定爲外生，正值表示國內碳密集度成長，反之則反是，此時國內排放量變動百分比、實質 GDP 成長率以及名目碳稅稅率由模型內生求解。

(4) 模型資料庫加總

本研究採用 GTAP 第 5.4 版資料庫，基期年爲 1997 年，共有 78 個地區與 57 個部門產業關聯表及時間序列雙邊貿易資料。⁵ 在地區別加總方面，依據《京都議定書》之國家屬性，將世界經濟體系加總爲十二個地區，包括美國、歐盟、前蘇聯（俄羅斯以外的前

⁵ GTAP 第 5.4 版資料庫對地區作了更細緻的劃分，與第 5 版資料庫相較下，第 5.4 版資料庫多了俄羅斯和阿爾巴尼亞，並將歐洲地區細分，增加了保加利亞、克羅埃西亞、賽普勒斯、捷克共和國、愛沙尼亞、拉脫維亞、立陶宛、馬爾他、羅馬尼亞、斯洛伐克、斯拉維尼亞。

蘇聯其他地區)、日本、其他附件一國家、石油輸出國家、中國、印度、臺灣、俄羅斯、澳洲，以及其他地區；至於部門別加總方面，則是將能源及能源密集產業作細緻劃分，其餘產業則作較高度的加總，加總後計有八個產業部門，分別為農業、煤炭、原油、天然氣、石油煉製品、電力、能源密集產業，以及其他產業與服務業，詳細之地區與部門分類對照請參閱附錄 1。

3. 模擬情境設定與結果分析

(1) 模擬情境設定

本研究針對 1998 年全國能源會議結論之總量減量模式與美國提出之密集度減量模式進行模擬，探討總量減量模式配搭國際排放交易及密集度減量模式下，國際排放交易參與國不同時，對臺灣總體經濟、遵循成本、能源結構與碳密集度的影響，並據此評析我國因應溫室氣體減量之策略。具體而言，本研究進行以下九個情境（scenarios）模擬，其中模擬一為臺灣無減量責任，附件一國家以京都議定書規範之總量減量目標作為承諾指標，並進行國際排放交易，共同合作達成減量目標；模擬二至五中臺灣以 1998 年全國能源會議結論之總量減量模式作為減量承諾之指標，其中模擬二為國內單獨減量情境，模擬三至五則為國內減量配搭參與國際排放交易，但國際排放交易對象分別為附件一國家、全球（不含美國與澳洲）以及全球等三種不同情境；模擬六至九中臺灣未參與國際排放交易，以美國提出之密集度減量模式作為減量承諾之指標，⁶其餘設定分別對應模擬二至五，各模擬情境設計彙整如表 1 所示。

⁶ 美國減量模式為碳密集度自 2011 年開始下降，並於 2020 年止降幅達 2010 年密集度的 18%（李堅明等，2005）。

表 1 模擬情境設計一覽表

模擬情境	臺灣減量承諾指標	臺灣是否參與國際排放交易	國際排放交易參與國
模擬一	無	否	歐盟、前蘇聯、日本、其他附件一國家、俄羅斯
模擬二	總量	否	無（臺灣單獨減量情境，世界其他國家並無減量）
模擬三	總量	是	歐盟、前蘇聯、日本、其他附件一國家、俄羅斯、臺灣
模擬四	總量	是	歐盟、前蘇聯、日本、其他附件一國家、俄羅斯、臺灣、石油輸出國家、中國、印度、其他地區
模擬五	總量	是	美國、澳洲、歐盟、前蘇聯、日本、其他附件一國家、俄羅斯、臺灣、石油輸出國家、中國、印度、其他地區
模擬六	密集度	否	無（臺灣單獨減量情境，世界其他國家並無減量）
模擬七	密集度	否	歐盟、前蘇聯、日本、其他附件一國家、俄羅斯
模擬八	密集度	否	歐盟、前蘇聯、日本、其他附件一國家、俄羅斯、石油輸出國家、中國、印度、其他地區
模擬九	密集度	否	美國、澳洲、歐盟、前蘇聯、日本、其他附件一國家、俄羅斯、石油輸出國家、中國、印度、其他地區

資料來源：本研究整理

表 2 為九個模擬中各國家及地區之減量目標設定，除了臺灣外，各國家及地區之減量數值取自於 GTAP-E 模型 (Burniaux and Truong, 2002)，原始資料來源為 OECD 的 GREEN 模型 (OECD, 1999)。這些數值為附件一國家由 2008 至 2012 年（承諾減量之第一階段）相對於過去趨勢 (business as usual, BAU) 情境下，所

必須減少的排放量百分比，其中負值代表附件一國家必須達成之京都議定書規範減量承諾，分別為美國-35.60%、歐盟-22.40%、日本-31.80%、其他附件一國家-35.70%，俄羅斯一欄中的正值 12.87% 為其可於國際排放交易市場出售之熱氣。臺灣地區的減量目標設定包括總量減量（模擬二至五）與密集度減量（模擬六至九）兩種，其中模擬二至五總量減量之數值係使用 TAIGEM-III 模型進行基線預測，求算出減量幅度為-32.87%；⁷ 模擬六至九密集度減量目標比照美國模式，減量幅度均為-18.00%。

(2) 模擬結果分析

茲將本研究之模擬結果彙整為五大部分，包括各模擬情境之成本有效性減量措施與邊際減量成本、遵循成本分析、能源結構分析、兩種減量模式之比較分析，以及碳密集度解析，現分述如下。

① 成本有效性減量措施與邊際減量成本

表 3 為模擬一至九各國家及地區成本有效性減量措施模擬結果，參與國際排放交易的國家及地區可利用「國內減量」與「購買排放權」兩種方式達到減量目標，其中「國內減量」一列中負值代表各國家及地區境內減量，「排放權」一列負（正）值代表排放權買（賣）方，各模擬中各國家及地區之「國內減量」與「排放權」兩列數值總和等於表 2 中之減量承諾。⁸ 表 3 結果顯示，在附件一國家及地區中，除了前蘇聯與俄羅斯因擁有熱氣與其減量成本較低為國際排放交易之賣方外，其他附件一國家及地區都是買方；反之，

⁷ 根據 1998 年全國能源會議之結論，我國於 2011 年至 2020 年進行二氧化碳減量，並於 2020 年回復至 2000 年水準，由 TAIGEM-III 基線預測值可以求出減量幅度為 32.87%。

⁸ 唯一例外的是模擬六至九中，臺灣地區以碳密集度作為減量承諾指標，根據模型中 GEMPACK 程式語言，碳密集度變動百分比等於國內排放量變動百分比減去實質 GDP 成長率，因此這四個模擬情境中內生求解得到的臺灣國內排放量變動百分比，等於碳密集度變動百分比加上實質 GDP 成長率。

除臺灣外，其他非附件一國家及地區均是國際排放交易之賣方，比較模擬三與七、四與八、五與九等三組對照模擬可知，由於臺灣為買方，當臺灣採行密集度減量模式而未參與國際排放交易時，其他買方國家及地區會購買較多的排放權，降低其國內自行減量的比例；比較模擬四與五、模擬八與九可知，由於美國是國際排放權的主要需求者，因此其加入將使得其他國際排放交易買方國家及地區境內減量提高，購買排放權的比例降低。

表 4 為本研究各模擬情境下之排放權價格與臺灣國內碳稅水準，表中亦列舉其他模型所估算之附件一國家及地區進行國際排放交易的排放權價格，這些結果可與本研究之模擬一比較，表 4 中數值顯示，除了 G-Cubed 和 WorldScan 模型所推估之排放權價格較 GTAP-E 模型之模擬結果為低外，其他模型所推估之排放權價格均較高。本研究所推估之排放權價格與其他模型不同的原因包括：(1) 模型的架構與 BAU 情境之設定（如成長率的選取）不同；(2) 對於碳節約（carbon-saving）技術的可利用性（availability）與成本所作的假設大相逕庭，諸如模型中能源替代行為之刻劃、替代彈性等參數值的設定，以及有無如再生能源等之替代能源（energy alternative）可供選擇；(3) 不同模型對最終消費、價格，以及稅率之處理有所差異。值得特別注意的是，由於各研究關心的焦點議題及其模型架構重點互異，吾人在比較不同模型之評估結果時，必須全盤了解各模型運作機制之異同，同時應避免在擷取不同來源之數據後，未究各模型差異之前，便逕相比較或驟下定論。

表 4 結果顯示模擬八的排放權價格是所有情境中最低的，此係因非附件一國家及地區參與全球交易使得排放權供給增加，復因美國與臺灣未參與交易使得需求減少所致；模擬三的排放權價格是所有情境中最高的，此乃因臺灣為排放權買方，當臺灣與附件一國家及地區進行國際排放交易時，排放權價格會較模擬一與模擬七只有附件一國家交易時為高；模擬三與七、四與八、五與九等三組對照模擬結果則說明在其他設定相同下，臺灣未參與交易使得需求減少，排放權價格小幅下降；比較模擬四與五、八與九可知，由於美

國加入排放交易將使需求大幅上升，在供給固定的情況下，排放權價格上升相當顯著。上述模擬結果顯示，國際排放交易參與國加入或退出市場，將改變市場供需條件，進而影響排放權價格以及其他參與國的減量成本。此項結果說明國際合作機制參與國之政策決策與效果實為相互影響，我國未來爭取加入國際排放交易制度或其他國際合作減量機制時，需通盤掌握參與國之政策立場與動態，並考慮與評估各種可能發生情境對我國的影響，以提供客觀決策支援訊息，作為政策制定之參考。

表 4 模擬一至九之排放權價格與臺灣國內碳稅水準¹

單位：美元/噸碳

模型	模擬情境	排放權價格	臺灣國內碳稅水準
GTAP-E	模擬一	48.96	
	模擬二		145.53
	模擬三	51.17	51.17
	模擬四	12.08	12.08
	模擬五	31.79	31.79
	模擬六		58.51
	模擬七	49.09	63.15
	模擬八	11.33	62.51
	模擬九	31.06	68.62
SGM	附件一國家及地區交易	76.00	
MERGE	附件一國家及地區交易	114.00	
G-Cubed	附件一國家及地區交易	37.00	
POLES	附件一國家及地區交易	112.00	
GTEM	附件一國家及地區交易	123.00	
WorldScan	附件一國家及地區交易	20.00	
GREEN	附件一國家及地區交易	67.00	
AIM	附件一國家及地區交易	65.00	

資料來源：GTAP-E 模型模擬結果為本研究整理，其他模型結果取自 Baron and Lanza (2000)。

註 1. 排放權價格與國內碳稅水準，係為達成既定減量目標之邊際成本，在臺灣參與國際排放交易時，排放權價格與國內碳稅水準相等。

排放權價格之模擬結果可詮釋為所有參與排放交易國家之邊際減量成本，而各國國內碳稅則為該國達成既定減量目標之邊際減量成本，根據成本有效性減量的觀點，若一國參與國際排放交易時，排放權價格與國內碳稅水準會相等，這項結論可由模擬三至五臺灣的模擬結果得到驗證。比較模擬二與六可知，當臺灣未參與國際排放交易，由國內自行減量時，總量減量模式之邊際成本為密集度減量模式的兩倍以上；反之，模擬三與七、四與八、五與九等三組對照模擬結果則說明若臺灣加入國際排放交易時，總量減量模式之邊際成本反而是較低的。此外，雖然在模擬六至九中，臺灣均以密集度減量模式作為承諾指標，惟對應的碳稅水準不甚相同，這是因為在這四個模擬情境下，國際間各國負擔的減量義務不同，而這些國家減量政策之效果，會透過多國模型所刻劃的國際經貿互動機制，對我國經濟體系造成不同程度的衝擊；模擬七至九結果顯示，當其他國家及地區進行排放權交易、而臺灣採行密集度減量模式時，臺灣國內邊際成本較其他國家及地區為高。綜合而言，雖然在國內自行減量時，爭取密集度減量模式可舒緩減量的經濟壓力，然而加入國際排放交易可進一步取得低成本減量之契機。

② 遵循成本分析

表 5 為基期年與各模擬情境下臺灣的實質 GDP 與變動百分比，模擬一結果顯示，當臺灣沒有任何減量承諾，而附件一國家參與國際排放交易達到減量目標時，臺灣可獲致實質 GDP 成長之利得；模擬二至九中，臺灣實質 GDP 變動與表 4 之國內邊際減量成本模擬結果呈現亦步亦趨的關係，當國內邊際減量成本較低時，GDP 的損失亦較小；比較模擬二與模擬六，當臺灣未參與國際排放交易、由國內單獨減量時，採行總量減量模式的實質 GDP 損失較採行密集度減量模式為大，亦即單獨減量時採行密集度減量模式對實質 GDP 衝擊較小；當臺灣採行總量減量模式配搭國際排放交易時（模擬三至五），實質 GDP 損失較國內單獨總量減量（模擬二）或是密

集度減量（模擬六至九）為小。

表 6 為模擬二至九之臺灣溫室氣體減量平均遵循成本計算方式與結果，此處所計算的平均遵循成本，係為「平均總體經濟遵循成本」，用以衡量在既定減量情境下，每減少一噸碳排放所造成的實質 GDP 損失與購買國際排放權支出。表 6 的結果共分爲三部分，第一部分為總遵循成本，為實質 GDP 損失與購買國際排放權支出兩者之總和，第二部分為各情境下之碳排放減量，包括國內自行減量與排放權購買量，第三部分為平均遵循成本，計算方式為總遵循成本除以碳排放減量。比較模擬二與六這兩個臺灣國內單獨減量之情境可知，由國內自行減量時，總量減量模式的平均遵循成本較密集度減量模式為高，亦即由國內自行減量時，密集度減量模式相對較為有利，與李堅明等（2005）結論相同；反之，若臺灣採行總量減量模式並參與國際排放交易時（模擬三至五），平均遵循成本反較密集度減量模式（模擬七至九）為低，這是因為有一部份減量由購買排放權來滿足，國內自行減量比例降低有助於減少實質 GDP 損失，且排放權價格較國內單獨減量之邊際成本低，因此總遵循成本較小，復因總量減量模式下（模擬三至五）碳排放減量較多，是故平均遵循成本較低。

③ 能源結構分析

表 7 為各模擬情境下臺灣能源結構配比，與基準情境相較下，煤炭佔總能源使用之比重，除了模擬一是增加之外，其餘八個模擬都是下降的情形，這是因為臺灣在模擬一中並無減量責任，所以產生增用的情形，而其餘八個模擬則是由於二氧化碳減量課徵碳稅之故，朝向使用碳含量相對較低的潔淨能源，因此煤炭所佔比重下降；反之，石油煉製品與電力的比重在九個模擬都是增加的，這是因為減少使用碳含量較高的煤炭所產生的能源替代行為所致；此外，九個模擬中天然氣所佔比重並無太大的改變，在採行密集度減量模式（模擬六至九）與總量管制模式（模擬二）略微下降。

④ 兩種減量模式之比較分析

模擬二至五的碳排放減量目標為 32.87%，而模擬六至九的密集度減量目標為 18.00%，由表 3 與表 6 列示之模擬結果得知，密集度減量模式下，模型內生求解之碳排放減量為 18.22%，兩種模式對應之碳排放減量數量與遵循成本均不甚相同。由於減量目標與對應減量數量之不同，攸關減量成本之模擬結果，因此本研究進一步以「平均遵循成本」為基準，探討兩種模式減量目標設定於何種水準時，平均遵循成本會趨近於相等。此處我們以總量減量模式配搭國際排放交易之模擬結果為基礎（模擬三至五），調整碳密集度減量模式目標（模擬七至九），使兩模式下之對應情境（模擬三與七、四與八、五與九）平均成本相等，調整結果如表 8 所示。當模擬七碳密集度減量目標降為 10~11%，平均遵循成本降為每噸 60.62~62.62 美元，接近模擬三的 62.40 美元；當模擬八碳密集度減量目標降為 0.8%~0.9%，平均遵循成本降為每噸 13.68~17.44 美元，接近模擬四的 16.56 美元；當模擬九碳密集度減量目標降為 5.5%~6.0%，平均遵循成本降為每噸 37.87~40.47 美元，接近模擬五的 38.19 美元。以上數據顯示，若欲於密集度減量模式下，獲致與參與國際排放交易相同的平均遵循成本，則須將密集度減量目標降低，惟對應的碳排放減量總量將會較先前各情境下更低，尤其在全球交易（不含美澳）的情境下，碳密集度減量目標須降為 0.8%~0.9%，恐不易獲得國際上的認同與支持。

⑤ 碳密集度解析

表 9 為模擬一至九之臺灣碳密集度解析（decomposition），其計算方式如（式 1）。

$$\frac{\text{碳排放量}}{\text{GDP}} = \frac{\text{碳排放量}}{\text{能源使用量}} \times \frac{\text{能源使用量}}{\text{GDP}} \quad (\text{式 1})$$

方程式左邊代表碳密集度，其為平均碳排放係數（右邊第一項）與

能源密集度（右邊第二項）兩者之乘積，其中平均碳排放係數等於各模擬情境下的「總碳排放量」除以「總能源使用量」，能源密集度定義為各模擬情境下的「總能源使用量」除以「GDP」，其中總碳排放量、總能源使用量，以及 GDP 在模型中均為內生變數，因此這兩個指標均由模型內生決定，當平均碳排放係數上升時，表示朝向使用碳含量較高的能源，反之使用較潔淨的能源；能源密集度下降，表示能源效率提升，反之代表能源使用較無效率。

表 9 模擬一至九之臺灣碳密集度解析

	碳密集度= (千噸碳/百萬美元)	平均碳排放係數 (千噸碳/千 toe)	×	能源密集度 (千 toe/百萬美元)
基期年	0.187	0.709		0.263
模擬一	0.189	0.710		0.265
模擬二	0.127	0.654		0.194
模擬三	0.158	0.684		0.231
模擬四	0.179	0.703		0.255
模擬五	0.179	0.703		0.255
模擬六	0.154	0.681		0.226
模擬七	0.154	0.681		0.226
模擬八	0.154	0.680		0.226
模擬九	0.154	0.680		0.226

資料來源：本研究整理

本文模擬結果顯示，九種模擬情境下，只有模擬一相較於基期情境的碳密集度與平均碳排放係數惡化，其他情境下這兩個指標均有改善，這意味著減量將使得能源使用朝向碳含量較低的潔淨能源，同時能源效率亦會提升。此模擬結果可由「要素與投入替代」及「能源替代」兩項機制解釋之，茲分述如下。首先，在「要素與投入替代」方面，由於課徵碳稅將使得能源總合商品（energy composite）相對價格提高，因此廠商會選擇多用其它要素與投入替代能源；其次，由於碳稅係依各類能源之碳含量課徵，含碳量較

高的能源（如煤炭）之相對價格提高，透過模型中「能源替代」機制之設定，經濟個體會選擇以相對較為便宜（亦是較為潔淨）的能源替代之，因此能源消費之組成朝向潔淨能源，使得平均排放係數下降。

4. 結論與政策建議

京都議定書生效後，附件一國家之氣候政策與實施方法對全球經濟體系與溫室氣體減量成效造成舉足輕重的影響，臺灣雖非京都議定書明列之規範減量國家，然並非可以永久倖免於減量行列之外；此外，我國經濟一向極度仰賴國際貿易與對外投資，尤其自西元 2002 年成功加入世界貿易組織、逐步拆除貿易障礙藩籬後，與國際社會的經貿互動日趨頻繁，是故各國因應京都議定書之政策立場與動態，亦會透過國際貿易、跨國投資而影響到我國的總體與產業經濟。因此我國面對京都議定書生效之情境，實有必要未雨綢繆，以審慎的態度研擬因應對策，冀以降低未來減量責任所帶來的潛在衝擊。

由於減少溫室氣體排放必須付出社會與經濟成本，如何以最具成本有效性之方式落實減量承諾，可以說是各國追求的相同目標之一，減量成本的評估也因此成為研擬減量策略的其中一項重要基礎工作。本研究採用 GTAP-E 模型，針對 1998 年全國能源會議結論之總量減量模式與美國提出之密集度減量模式進行模擬，探討總量減量模式配搭國際排放交易及密集度減量模式下，國際排放交易參與國不同時，對臺灣總體經濟、遵循成本、能源結構與碳密集度的影響，並據此評析我國因應溫室氣體減量之策略。

本研究結果發現：(1)在附件一國家承諾減量之第一階段，臺灣因無減量責任，是故可以獲致經濟利得（實質 GDP 成長）；(2)在臺灣單獨減量時，採行總量減量模式之實質 GDP 損失與平均減量成本，均較密集度減量模式為高；(3)臺灣採行總量減量模式、並參

與國際排放交易時，實質 GDP 損失與平均遵循成本較碳密集度模式下為低，尤其在全球參與排放交易時，臺灣遵循成本更是顯著下降，凸顯總量管制搭配國際交易制度與全球合作抑制溫室氣體排放的成本有效性特色；(4)與基準情境相較下，不論臺灣採行何種模式作為減量承諾指標，碳密集度、平均碳排放係數與能源密集度均有改善，表示減量將使國內產業朝向使用低碳之潔淨能源，同時能源效率亦會提升；(5)不同減量目標之設定，是造成平均遵循成本差異性的關鍵因素。

本文模擬結果提供我國溫室氣體減量政策研擬之決策支援訊息，並對國內利用單國模型之相關文獻作重要補充。由前文分析可以瞭解，參與國際排放交易可以有效降低我國的減量成本及經濟衝擊，有利於產業與國家永續發展目標之追求，是故為我國因應溫室氣體減量的重要調適政策之一。短期內，若臺灣無法參與國際排放交易，則建議應採行減量成本較低的密集度模式，具有兼顧環境保護與經濟發展的雙贏策略（win-win strategy）之功能。由於我國國際政治地位特殊，以國家名義參與國際排放交易，也許近期內不易成功，然而政府主管機關應及早建置國內排放交易制度，利用「做中學」（learning by doing），提升國內企業參與排放交易的能力，以作為未來進入國際排放交易市場之基礎。而國際排放交易制度亦受到 WTO 的關注，特別是有關國際排放交易制度設計是否與 WTO 貿易自由化牴觸，以及排放權是否被認定為「貿易服務一般協定」（GATS）等課題，WTO 正積極與 UNFCCC 協調之中，我國是 WTO 的正式會員國，應密切關注上開問題之發展，並利用此平台，作為未來我國進入國際排放交易市場的管道。

此外，清潔發展機制（clean development mechanism, CDM）之運用逐漸受到各國政府的矚目與青睞，亦為後京都時期最具發展潛力的彈性機制之一，我國雖非聯合國會員國，但宜積極爭取以「非會員國」身份參與跨國合作減量機制的機會，惟此面向政策之研擬與推動，有賴進一步客觀評估。爭取參與跨國合作減量機制之工作

所牽涉的層面甚廣，在政策研擬與對外談判協商上，宜組成跨部會小組共同合作之，諸如環保署、能源局、經建會等相關研究計畫提供決策支援訊息，並藉由經濟部推動我國加入世界貿易組織的經驗，協助「氣候變遷暨京都議定書因應小組」的國際合作與互動，並輔以外交部人力與援等。

由於本研究採用之 GTAP-E 模型屬靜態模型，模型中並無資本累積與能源部門技術進步等動態機制之刻劃，是故並無法用於探討基線預測與減量時程規劃等議題，是為本研究之限制。未來研究可以此模型為基礎，擴充模型架構，利用多國 CGE 模型詳盡刻劃國際經貿活動連結與互動之特色，分析其他與臺灣切身相關的氣候政策議題，諸如參與 CDM 機制之可行性及其影響評估、貿易自由化與溫室氣體減量之調合與綜合評估、溫室氣體減量與國家競爭力之整合評估等，以作為研擬我國參與國際溫室氣體減量合作機制策略之參考。

附錄

附表 1 本研究 12 地區與 GTAP 第 5.4 版資料庫 78 地區分類對照表

本研究 12 地區	GTAP 第 5.4 版資料庫 78 地區
美國	美國
歐盟	奧地利；比利時；丹麥；芬蘭；法國；德國；希臘；英國；愛爾蘭；義大利；盧森堡；荷蘭；葡萄牙；西班牙；瑞典
前蘇聯	匈牙利；波蘭；前蘇聯其他地區
日本	日本
其他附件一國家	紐西蘭；加拿大；瑞士；其他歐盟自由貿易區
石油輸出國家	印尼；馬來西亞；越南；墨西哥；哥倫比亞；委內瑞拉；其他安地斯山契約；阿根廷；其他中東地區；北非其他地區；其他南非國家；非洲次撒哈拉沙漠其他地區；全球其他地區
中國	中國
印度	印度
臺灣	臺灣
俄羅斯	俄羅斯
澳洲	澳洲
其他地區	香港；韓國；菲律賓；新加坡；泰國；孟加拉國；斯里蘭卡；南亞其他地區；中美洲和加勒比；秘魯；巴西；智利；烏拉圭；南美洲其他地區；阿爾巴尼亞；保加利亞；克羅埃西亞；捷克共和國；馬爾他；羅馬尼亞；斯洛伐克；斯拉維尼亞；愛沙尼亞；拉脫維亞；立陶宛；塞普勒斯；土耳其；摩洛哥；博茨瓦納；南非其他聯盟；馬拉維；莫桑比克；坦桑尼亞；贊比亞；津巴布韋；烏干達

資料來源：本研究整理

附表 2 本研究 8 部門與 GTAP 第 5.4 版資料庫 57 部門分類對照表

本研究 8 部門	GTAP 第 5.4 版資料庫 57 部門
農業	稻穀；小麥；其他穀類作物；蔬菜、水果及堅果； 油脂作物；甘蔗與甜菜；纖維作物；其他農作物； 畜產（牛、綿羊、山羊、馬）；畜產品；生乳； 羊毛和桑蠶繭；林產；漁產
煤炭	煤炭
原油	原油
天然氣	天然氣；氣體燃料供應業（燃氣）
石油煉製品	石油產品與煤製品
電力	電力
能源密集產業	其他礦產業；化學及橡膠塑料製品；非金屬礦物 製品；鋼鐵；非鐵金屬
其他產業與服務業	屠宰生肉；肉類製品；食用油脂（蔬菜油和動物 油）；乳製品；米及製粉；糖；其他食品製造業； 飲料和煙草產品；紡織品；成衣；皮革及其產品； 木材製品；紙及製品；金屬製品；汽車和零件； 其他運輸工具；電機及電子產品；機械；其他製 品；自來水；營造工程；貿易；其他運輸；海運； 空運；郵政電信；金融；保險；工商服務；娛樂 休閒和其他服務；公共行政教育及醫療；分類不 明

資料來源：本研究整理

參考文獻

- 李堅明、林幸樺、林師模、黃宗煌、楊晴雯、蘇漢邦（2005），「溫室氣體減量模式、減量情境、減量成本及其影響評估：TAIGEM－III的應用」，臺灣經濟論衡，3：2，1-49。
- 吳明芬（2001），「環境管制對產業國際競爭力及東亞經濟成長之影響－多國動態 CGE 模型之應用」，中原大學國際貿易研究所碩士論文，。
- 林幸樺（2002），「京都議定書彈性機制的採行對臺灣總體經濟影響之研究－可計算一般均衡模型之分析」，臺灣大學農業經濟學研究所博士論文。
- 葉俊榮（2005），「臺灣如何因應後京都議定書時代的發展」，新世紀智庫論壇，29，111-113。
- Baron, R. and A. Lanza (2000), "Kyoto Commitments: Macro and Micro Insights on Trading and the Clean Development Mechanism," *Integrated Assessment*, 1, 137-144.
- Burniaux, J-M. R. McDougall and T. P. Troung (2002), "An Energy Data Base for GTAP," Chapter 17 in *Documentation of GTAP V5 Data Package*, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Burniaux, J-M. and T. P. Troung (2002), "GTAP-E: An Energy-Environmental Version of the GTAP Model," *GTAP Technical Paper*, No. 16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Ciorba, U., A. Lanza and F. Pauli (2001), "Kyoto Protocol and Emission Trading: Does the U.S. Make a Difference?" FEEM Working Paper, No. 90, <http://ssrn.com/abstract=29366>.

- Evans, M. (2003), "Emissions Trading in Transition Economies: the Link between International and Domestic Policy," *Energy Policy*, 31, 879-886.
- Hertel, T. W. (1997), *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*, New York: Cambridge University Press.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA (1997), *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Paris: Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environmental Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency.
- Kainuma, M., Y. Matsuoka and T. Mortia (1999), "Analysis of Post-Kyoto Scenarios: The Asian-Pacific Integrated Model," *The Cost of the Kyoto Protocol: A Multi-Model Evaluation, Energy Journal*, Special Issue, 207-221.
- Lee, T. C., C. M. Lee and C. Y. Tseng (2005), "International Emissions Trading Approach to Meet the Kyoto Protocol: The Implications of Trading Hot Air," selected paper presented at 28th Annual IAEE International Conference, June 3-6, 2005, The Grand Hotel, Taipei, Taiwan.
- Mckibbin, W., M. Ross, R. Shackleton and P. Wilcoxon (1999), "Emissions Trading, Capital Flows and the Kyoto Protocol," *The Cost of the Kyoto Protocol: A Multi-Model Evaluation, Energy Journal*, Special Issue, 287-333.
- OECD (1999), *Action Against Climate Change: The Kyoto Protocol and Beyond*, Paris: Organization for Economic Co-Operation and Development.
- Rose, A. and B. Stevens (1993), "The Efficiency and Equity of Marketable Permits for CO₂ Emissions," *Resource and Energy Economics*, 15: 1, 117-146.

Stevens, B. and A. Rose (2002), “A Dynamic Analysis of the Marketable Permits Approach to Global Warming Policy: A Comparison of Spatial and Temporal Flexibility,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 44, 45-69.

A Study of Cost and Strategy of CO₂ Abatement for Taiwan: The Implications of Participation in IET and Intensity Target

Tsung-Chen Lee

Department of Economics, National Taipei University

Chiung-Yao Tseng

Department of Economics, National Taipei University

Chien-Ming Lee

*Institute of Natural Resource and Environmental Management,
National Taipei University*

Received 20 July 2005; revised 30 December 2005; accepted 26 January 2006

Abstract

The goal of this paper is to explore the cost and strategy of GHG abatement for Taiwan. Based on the conclusion of the total quantity control target drawn from the 1998 national energy conference and the carbon intensity target proposed by the Bush Administration, nine scenarios are simulated to examine the implications of participation in international emission trading and the carbon intensity target on Taiwan's macro-economy, average compliance cost, energy structure, and carbon intensity. The insights which emerge from this paper are summarized as follows: (1) Under the scenarios of domestic abatement in Taiwan, the GDP loss and the average compliance cost of the total quantity control target are higher than those of carbon intensity target; (2) With the participation in international emission trading, the GDP loss and the average compliance cost of the total

quantity control target are, on the contrary, lower than those of carbon intensity target. In particular, the involvement of the non Annex-I countries adds to the potential for lower cost abatement, reflecting the cost effectiveness of global cooperation; (3) No matter what kinds of targets are adopted in Taiwan, GHG abatement leads to an improvement in carbon intensity, average emission factor, and energy efficiency; (4) The cost of abating GHG crucially hinges on the abatement targets. The simulation results of this paper suggest that the Taiwanese government should strive for the opportunity of international cooperation of GHG abatement. Owing to its ambiguous political status, the government might try to make it through the channel of World Trade Organization. In the circumstances of failing to do so, on the other hand, the government could set the target of an improvement in carbon intensity, and collaborates with the ones possessing the same point of view so as to form the mainstream of the global economy.

Keywords: CO₂ Abatement, Abatement Cost, Abatement Strategy, International Emission Trading, Abatement Target

JEL Classification: Q52, Q54, Q58