國際碳排放責任分擔之跨國比較分析

林師模*、楊皓荃**、林晉勗***

摘 要

國際碳排放之責任歸屬一直是一個熱門且爭議的話題，本文採用一個多國產業關聯的架構，利用歐盟所編製的多國投入產出資料庫 (WIOD)，進行不同觀點之國際碳排放責任分擔設算，並分析不同類型之國家所承擔責任隨時間之變化情況。實證結果發現，以人均碳排放及碳密集度作爲分擔基準時，大部分已開發國家在 Zhou et al. (2010) 的責任分擔原則下會較爲有利，而新興工業化國家則是在 Marques et al. (2012) 的收入或所得觀點下承擔相對較少的責任。我國方面，若採消費者責任分擔方式所需承擔的排放責任最小，而以 Zhou et al. (2010) 的原則計算時所需承擔的排放責任最高，其次則爲收入觀點責任，顯示我國不只需要有效提升能源使用效率以降低生產過程的碳排放，還需要想辦法調整出口地區結構，盡量以採用清潔生產技術之國家爲出口對象，才能夠減低可能需要承擔之排放責任。本文也發現，Marques et al. (2012) 以所得爲基礎的責任分擔原則因係從國家所得的觀點分配各國之碳排放責任，相對上較爲有效及公平。在此原則下，已開發國家將會尋找對環境影響最小的地方進行生產，新興國家則有動力降低其產品之

* 中原大學國際經營與貿易系教授暨應用經濟模型研究中心主任，本文之聯繫作者。電話：(03)2655207。Email：shihmolin@gmail.com。

** 行政院原子能委員會核能研究所能源經濟及策略研究中心助理研發師。

*** 中原大學國際經營與貿易系副教授。

DOI：10.3966/054696002017060101003

碳密集度，且採用清潔生產技術的國家之貿易選擇機會也會比較多。

關鍵詞：多國投入產出模型、世界投入產出表、碳排放責任分擔
JEL 分類代號：C67、Q54、Q56

國際碳排放責任分擔之跨國比較分析

林師模、楊皓荃、林晉勗

壹、前言

1992 年以來，地球高峰會持續致力於協商出一個可以減少溫室氣體排放及確認責任歸屬的全球性協議，然而截至目前爲止，唯一具體的結果只有聯合國氣候變化綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 締約國大會於 1997 年所訂定的京都議定書。根據該協議，每個簽署國需要建立溫室氣體排放清冊，以公布其國家領土及其擁有管轄權的近海區域內之溫室氣體排放量。對於批准該公約的附件一國家來說，其溫室氣體排放量的約束性指標爲在 2008 年至 2012 年間，需降低至少相對於 1995 年的 5% (平均) 之水準 (UNFCCC, 1998)，以期降低氣候變遷所可能衍生的各種成本。

UNFCCC 於 2015 年 11 月 30 日至 12 月 12 日在法國巴黎召開第 21 屆締約國大會 (COP21)，邀請各締約國於會前提交國家自主減排貢獻 (Intended Nationally Determined Contributions，簡稱 INDCs) 以期達成全球升溫不超過 2°C 的目標。國際上視此爲自 1997 年京都議定書 (Kyoto Protocol) 之後最重要的會議，因爲此次會議通過獲得全體締約國共識的巴黎協定 (Paris Agreement)，爲規範全球溫室氣體排放與因應氣候變遷的重要國際協議。於此同時，我國於 2016 年 6 月通過並施行「溫室氣體減量及管理法」，同年 9 月環保署提出 INDCs，設定 2030 年溫室氣體排放量爲現況發展趨勢推估情境 (Business as Usual, BAU) 減量 50%，相當於 2005 年排放量再減 20%，在 2050 年則降至 2005 年排

放量之 50% 以下，這些階段性減碳目標，將向國際傳達台灣以實際行動展現我國在環境議題上永續經營的積極作爲 (行政院環境保護署，2015)。

京都議定書將一個國家所需承擔的排放責任界定在所有於其境內透過生產過程所產生的排放量，而此種計算該國所有直接排放的責任觀點通常被稱爲生產排放責任 (production-based responsibility)。然而，這種以地理邊界所建立的溫室氣體排放量計算基準並沒有考慮到碳排放會透過國際貿易而轉移，因此有所謂的碳遺漏 (carbon leakage) 問題 (Pedersen and Haan, 2006; Peters et al., 2011)。而且，以生產者觀點計算的碳排放責任分擔方式有其侷限性，特別是當中國或美國這些排放大國拒絕簽署該協議或承諾減量目標時，將更爲明顯[1]。

要克服生產者責任觀點之限制以解決競爭力與碳遺漏問題的一種想法是將生產過程間接產生的排放納入計算 (Eder and Narodoslawsky, 1999; Peters and Hertwich, 2008b)，此即消費者觀點的計算原則 (Munksgaard et al., 2009)。有關從消費的角度探討責任分擔方式的文獻已有不少，其中許多文獻探討其對氣候變遷產生影響的可能性，也探討以其作爲生產者責任分擔觀點之替代方案，所可以克服其限制的可能程度 (如：Andrew and Forgie, 2008; Bastianoni et al., 2004; Davis and Caldeira, 2010; Eder and Narodoslawsky, 1999; Munksgaard and Pedersen, 2001; Peters, 2008b; Peters and Hertwich, 2008a, 2009; Peters et al., 2011)。

不同於以生產者責任觀點所估算的排放量，消費者責任觀點主要計算經由國際貿易所產生的排放量部分，因此可將碳遺漏的程度降至最低 (Andrew and Forgie, 2008; Bruckner et al., 2010; Marques et al., 2011; Peters, 2008a)。事實上，消費者責任隱含碳貿易平衡的觀點[2]，主要由 Rodrigues et al. (2010) 及 Serrano and Dietzenbacher (2010) 以及 Kanemoto et al. (2012) 所提出。像中國大陸這類開發中國家通常支持採用這類的責任分

---

[1] 這些國家主要著眼於公平性及擔心國家競爭力受損的問題 (Whalley and Walsh, 2009)。

[2] 碳貿易平衡的觀點係指消費者責任觀點所估算的國家溫室氣體排放量與現行生產者責任觀點估算結果之差異亦爲出口品的碳含量減進口品的碳含量。

擔觀點，因爲中國大陸大約有 20% 的碳排放量是歸屬於出口產品，也因此中國大陸一直倡議應考量到一國所生產的產品並不是完全爲了滿足本國的消費，有一部分是爲了滿足其他國家的消費，特別是已開發國家，而這些產品生產過程所產生的碳排放量理應由消費者負擔，而不是生產者 (BBC, 2009)。

雖然生產者責任及消費者責任觀點均有其理論基礎，但從利益原則來看，生產與消費都須爲排放二氧化碳負責 (Ferng, 2003)。在此背景下，一方面近年來研究排放責任分擔的問題逐漸被重視，另一方面將出口部份的責任完全由消費方承擔的方式並不是那麼容易讓各國接受，因此，各種針對跨國的生產者與消費者之間責任應如何分擔的構想，已陸續被提出來探討 (Ferng, 2003; Bastianoni et al., 2004; Gallego and Lenzen, 2005; Lenzen et al., 2007; Peters, 2008a; Rodrigues et al., 2006; Rodrigues and Domingos, 2008; Zhou et al., 2010; Cadarso et al., 2012) [3]。

關於這一主題的文獻主要可從兩種不同類別的分擔方式進行探討。最初，責任分擔之觀念係指將國內所產生的 CO_2 排放總量，如何在部門間進行分配，亦即如何在中間需求的下游生產者、最終消費者和出口三者間進行排放責任分擔。例如，Bastianoni et al. (2004) 曾提出「附加碳排放 (carbon emission added, CEA)」方法。該方法使一個國家之溫室氣體排放總量在產業間進行重新分配，惟這個方法的缺點爲即使消費者選擇具有最佳清潔技術之生產者，消費者仍需爲整個生產鏈中大部分的排放量負責，反之，生產者則承擔較少的排放責任。Rodrigues et al. (2006) 提出考量間接影響的責任指標，此一指標將經濟互動關係下的間接影響納入考量，意謂各部門需爲其對環境造成傷害並藉此獲得之經濟利益部分負責。Lenzen et al. (2007) 應用類似的觀念，提出採用附加價值佔投入的比例來定義供應鏈中上游和下游參與者排放責任之比例，此分配架構的邏輯在於，生產過程掌控能力越高的份子需負擔較高份額的生態足跡責任，因爲 Lenzen et al. (2007) 認爲掌控能力高即代表該參與者在生產過程中能創造出較高之附加價值。

---

[3] 共同責任的主要優點之一是其有利於推動發展中國家參與 2015 年 11 月的巴黎會議 (COP21)，以進行全球新氣候協議的簽署。

上述之外，Ferng (2003) 及 Peters (2008a) 也提出責任分擔之架構，但與上述不同的地方在於他們將出口及進口的CO_2排放責任分配給生產和消費國，其中，Peters (2008a) 認爲使用多國產業關聯 (multi-regional input-output, MRIO) 架構較可以考量最終消費的貿易流動及中間消費貿易的部分。Zhou et al. (2010) 及 Cadarso et al. (2012) 則在 Lenzen et al. (2007) 的基礎上定義共同責任的分配準則，並以產業爲基礎分析國際貿易對 CO_2 排放量的影響。另外，Marques et al. (2012) 則從所得或收入的角度出發，依照國家的收入來進行排放責任的分配，即使一國具有低的生產者觀點和消費者觀點之排放責任，但若其收入來源使其他國付出大量的二氧化碳排放成本，則該國仍需承擔這部分的碳排放責任。Marques et al. (2012) 的研究顯示，收入責任觀點是能夠量化這種類型之情況，而以生產或消費爲基礎的排放責任計算原則則無法做到。延用此一觀點，Chang (2013) 透過投入產出分析結合碳關稅觀念，提出一個新的衡量架構以計算各國的共同排放責任分擔。

近年來各種自由貿易協定的簽訂，促使國際貿易量大幅成長，預期對全球環境的壓力將只會有增無減，而隨之衍生的各種環境問題也將更不容忽視 (Machado et al., 2001; Copeland and Taylor, 2005)，因此，控制及減少溫室氣體的排放量已是刻不容緩的課題 (EEA, 2010; OECD, 2008; UNEP, 2007)，惟要有效控制和減少這些由經濟活動所產生的負外部性，仍有必要先對這些環境壓力進行量化的測量，同時也需要更明確地認定各個經濟體所應承擔的排放責任。目前國際上的共識是：全球性的氣候變遷問題需要全球性的行動來解決，因爲假設一個大量排放溫室氣體的經濟體不承擔其所應承擔的責任及達成其減排目標時，其他國家的各種減排行動及努力也不可能彌補其所產生的溫室氣體排放量[4]。因此爲了使更多國家參與並接受他們的減排目標，一個可以被開發中國家所接受，且公平對待已開發及開發中國家的責任分擔方案，也會對目標的達成情況有一定程度的影響 (Vojnovic, 1995; Shin, 1998; Ferng, 2003; Peters, 2008a)。

[4] 事實上，全球參與的程度對是否能夠達成氣候變化綱要公約的各種目標具有關鍵性影響，因爲全球參與率越高，採取減排行動的成本就會越低 (OECD, 2003)。

綜合上述，雖然國際貿易及國際產業分工本身即爲達成全球資源稟賦運用更有效率的一種方式，惟從國際碳排放的角度，要有效減少整體碳排放及碳遺漏，則尋求公平、合理的碳排放責任分擔方式將會有其必要，而不是單僅追求貨品可以在國際間有效流通而已。而在公平方面，尋求合理的碳排放責任分擔方式是希望在開發中國家與已開發國家間找到一個平衡點，而不是特別偏袒某一方；不過，基於各國情況不同，特定分擔方式對特定國家有利，對其他國家則可能不利，眞正面臨談判時，如何取得共識還會是一個大問題。

基於目前相關研究仍多著重於將所提出之責任分擔方式與生產者及消費者觀點計算原則進行比較，幾乎沒有在相同的資料基礎上將各種分擔方式的結果同時予以比較，本文的主要目的乃在計算及比較各種不同責任分擔方式下，各國在 2009 年的共同排放責任及變化情形；也就是說，本文基本上僅是從提供資訊的角度進行分析，各個國家在實際參與談判時仍會基於各自利益的考慮而有不同的主張及取捨[5]。實務分析上，本文則係採用多國間產業關聯的架構，利用歐盟所編製的多國投入產出資料庫 (world input-output database, WIOD)，以期在相同的資料及分析基礎上進行相關的計算，提供不同發展階段國家在貿易談判及制定相關政策時之參考。本文全文共分爲四節，除本節外，第二節介紹本文所採用的理論、實證方法及資料；第三節爲實證結果及分析，並針對結果之政策意涵進行探討；最後一節則爲結論及建議。

[5] 雖然國際責任的分擔牽涉到政治角力、遊說團體影響等，且可能涉及賽局、國際關係等範疇，但本文並未觸及各國責任分擔的談判策略問題，主要是希望從國際間各國產品生產及國際貿易的關係面向，探討在不同責任分擔的思維下，各國所需負擔的碳排放責任爲何。也因此，本文並未從賽局、國際關係的角度加以探討。此外，我們同時計算了 1995-2009 年所有 41 個國家或地區所有年度之排放責任，但基於篇幅有限，除了中國大陸的人均排放趨勢外，主要僅列出 2009 年的結果。

貳、研究方法與資料說明

一、跨國投入產出模型

不管是從生產者、消費者或共同承擔的角度來看，MRIO 模型都被公認是比較適合用來分析國際貿易中碳含量的工具。此方法可以衡量各個國家間進出口貿易中隱含多少碳排放，並以國家與國外經濟體之間需求與供給的關係作呈現。基於此，本文亦採用世界投入產出表來構建出一個涵蓋 41 個國家或地區，可以描述整體國際經濟環境的跨國投入產出模型，來進行相關的分析。以下說明多國投入產出架構的相關理論及應用。

假設世界上有 N 個國家，其中每個國家有 m 個產業部門，跨國投入產出模型可以沿襲傳統投入產出分析的架構，建構其方程式如下 (Peters and Hertwich, 2009)：

$$x = Ax + y \tag{1.1}$$

以矩陣方式表示如下：

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{1,1} & \cdots & A_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n,1} & \cdots & A_{n,n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_{1,1} + \sum_{s \neq 1} y_{1,s} \\ \vdots \\ y_{n,n} + \sum_{s \neq s} y_{n,s} \end{bmatrix} \tag{1.2}$$

(1.2) 式中 x_n 爲 n 國的部門總產出，$n = 1, 2, \ldots n$；A 代表全世界各國各產業間的投入係數矩陣。總體 A 矩陣中的每個子矩陣爲跨區域投入產出係數矩陣，表示不同國家間的交互需求狀態；例如：$A_{n,1}$ 表示國家 1 與國家 n 的產業間需求係數矩陣；$y_{n,n}$ 爲一條第 n 國國內生產產品在本國作爲最終消費使用之向量，而 $\sum_s y_{1,s}$ 代表 n 國出口其產品給外國消費者的最終消費需求向量。

MRIO 模型可以表示爲：

$$x = (I - A)^{-1} y \tag{1.3}$$

其中 $(I - A)^{-1}$ 爲 Leontief 逆矩陣，又稱爲產業關聯程度矩陣，其矩陣內的元素爲 $b_{i,j}$，代表 j 產品的最終需求變動一單位，對於 i 產品所造成的直接與間接的產量變化，I 爲單位矩陣。

(1.3) 式以矩陣形式表示爲：

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I - A_{1,1} & \cdots & I - A_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ I - A_{n,1} & \cdots & I - A_{n,n} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} y_{1,1} + \sum_{s \neq 1} y_{1,s} \\ \vdots \\ y_{n,n} + \sum_{s \neq s} y_{n,s} \end{bmatrix} \tag{1.4}$$

(一)生產者與消費者排放責任

如前言所述，國際間有幾種分配國家排放責任的方法，包括生產者與消費者觀點及共享責任觀點，以下簡要說明各種責任觀點之內涵。Peters (2008a) 指出，MRIO 模型可經由給定的最終消費或生產向量，配合各個國家的排放係數，計算得到各國的 CO_2 排放責任。假設 $s = 1,2,\ldots,n$，而 s 國的最終消費向量爲：

$$c^s = \begin{bmatrix} y_{1,s} \\ \vdots \\ y_{s,s} \\ \vdots \\ y_{n,s} \end{bmatrix} \tag{1.5}$$

其中，$y_{s,s}$ 爲 s 國對國內生產產品的最終需求；而 $y_{n,s}$ 爲 s 國向 n 國進口最終商品的消費

量，n = 1,2,3,….. n, $n \neq s$；反之 $y_{s,n}$ 爲 s 國出口商品至 n 國的消費者，將 s 國的國內最終需求以及 s 國出口至各國的最終需求加總，即得 s 國的最終生產向量，如 (1.6) 式：

$$p^s = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ y_{s,s} + \sum_{n \neq s} y_{s,n} \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \tag{1.6}$$

將 MRIO 模型搭配最終生產向量可計算出各國的生產者責任觀點 CO_2 排放責任，如 (1.7) 式：

$$PR^s = f(I - A)^{-1} p^s \tag{1.7}$$

其中，f 爲一列向量，向量中的各個元素爲整個世界經濟體中每個產業部門的 CO_2 排放係數；A 爲 (1.2) 式中的區域投入係數矩陣；I 是單位矩陣；p^s 是 s 國的最終生產向量，在考慮雙邊貿易的情形下，全球總排放量爲所有區域的排放量加總。

至於消費者觀點的 CO_2 排放責任則是搭配最終消費向量進行計算：

$$CR^s = f(I - A)^{-1} c^s \tag{1.8}$$

(二)共同分擔排放責任

Zhou et al. (2010) 提出將一個國家各個產業部門產生的排放以一個特定比例 (根據附加價值訂出) 在這個產業與其下游需要者間作責任分攤，此下游需求包括下游製造商的中間需要 (C2)，以及最終消費與出口 (C3) (Lenzen et al., 2007; Lenzen, 2007)。將上述概念，利用 MRIO 模型計算如下：

$$PR = [f(Ax + y)] = f[(I - \alpha)(Ax + y)] + f(\alpha Ax) + f(\alpha y) \tag{1.9}$$

其中，$f[(I-\alpha)(Ax+y)]$ 爲上游製造商；$f(\alpha Ax)$ 代表下游生產者；最後是 $f(\alpha y)$ 屬最終消費與出口。α 是一個對角矩陣，其矩陣中的每個對角元素 α_i^r 表示 r 國 i 產業部門的非初級要素投入與 i 產業部門的總外部投入間的比例。$1-\alpha_i^r$ 是初級要素投入與總外部投入的比例，定義如下：

$$1 - \alpha_i^r = \frac{v_i^r}{(x_i^r - \alpha_{ii}^{rr} x_i^r)} \tag{1.10}$$

其中，v_i^r 爲 r 國 i 產業部門的附加價值，代表初級要素投入；$(x_i^r - \alpha_{ii}^{rr} x_i^r)$ 是 r 國 i 產業部門的總外部投入，也稱爲淨產出。

由 (1.9) 式得出供給與需求關係，代入 MRIO 模型的方式如下：

$$SR_{Zhou} = [f(I - \alpha A)^{-1}] \times \{[(I - \alpha)(Ax + y)] + \alpha y\} \tag{1.11}$$

$f(I-\alpha A)^{-1}[(I-\alpha)(Ax+y)]$ 爲上游生產者需承擔的排放責任；$f(I-\alpha A)^{-1}\alpha y$ 則是下游消費者負擔的排放責任，本文採用 (1.11) 式作爲 Zhou et al. (2010) 的 CO_2 責任分擔方法，以作爲比較。

Cadarso et al. (2012) 認爲共同分擔環境責任分配的想法是讓各國承擔其與貿易國間國際貿易相關部分的 CO_2 排放責任。應用於 MRIO 模型計算共同分擔 CO_2 排放責任之展開式如下：

$$SR_{Cadarso} = (1 - \alpha)PR + \alpha CR \tag{1.12}$$

Cadarso et al. (2012) 的貢獻在於將計算一個開放經濟體的共同排放責任從跨部門排放的角度出發。本文以 (1.12) 式作爲 Cadarso et al. (2012) 的責任分擔公式代表，以與其

他責任分擔方式進行比較。上述之外，Marques et al. (2012) 提出 Income-based 的環境責任分擔觀點，其使用 GTAP7.1 資料庫來構建 2004 年的多國投入產出模型 (Peters et al., 2011)，Income-based 的計算公式如下：

$$SR_{Marques} = \hat{v}(I^{-1} - \hat{x}^{-1}Z)^{-1}(\hat{x}^{-1}e) \tag{1.13}$$

其中，小寫表示向量，大寫爲矩陣，向量爲列的格式；，表示轉置，∧爲對角矩陣。用於計算的資料有：Z 是部門間的交易矩陣，x 爲最終需求的向量，v 爲附加價值的向量，而 x 爲總產出之向量，e 爲整個世界經濟體中所有產業部門的直接 CO_2 排放量。

Rodrigues et al. (2010) 推導出 (1.13) 式，其特別的地方在於 (1.13) 式中使用的 $(I^{-1} - \hat{x}^{-1}Z)^{-1}(\hat{x}^{-1}e)$ 爲 Ghosh 逆矩陣 (Ghosh, 1958)，亦即從收入角度來衡量與各個國家所有收入相關的直接及間接排放量。本文採用 (1.13) 式做爲 Marques et al. (2012) 的責任分擔代表公式，以進行相關之分析與比較。

爲了容易瞭解，我們將上述所提的各種責任分擔方法整理後列於表 1，以清楚說明各個責任分擔方法。該表將一個國家與排放相關之內容透過跨國投入產出表架構分爲四大部分，首先是國內中間財消費之碳含量 (EDIC)，爲一個國家消費中間財所產生之相關碳排放，排放量爲 a；其次是國內最終需求消費之碳含量 (EDFC)，爲該國家對於最終需求自產自銷所產生之相關碳排放，排放量爲 b；接著，最終消費出口之碳含量 (EEFC) 爲一個國家出口最終產品給其他國家消費而產生之碳排放，排放量爲 c；最後則爲最終消費進口之碳含量 (EIFC)，係指一個國家消費向其他國家進口之最終產品所產生之碳排放，排放量爲 d。以生產者觀點爲例，表 1 指出生產者責任觀點認爲一國之排放責任由 EDIC，EDFC 及 EEFC 所組成，因此該國的排放責任爲 $(a+b+\mathrm{c})$。依此類推，消費者責任觀點下，一國之排放責任爲 $(a+b+d)$，Zhou et al. (2010) 之責任分擔方法中，一國之排放責任爲 $(a*\frac{VA}{NO}+b+c)$，而 Cadarso et al. (2012) 則認爲一個國家之排放責任爲 $[a+b+c*\frac{VA}{NO}+d*(1-\frac{VA}{NO})]$。

表 1　本文所引用責任分擔方法之概要

	EDIC	EDFC	EEFC	EIFC
PR	a	b	c	0
CR	a	b	0	d
Zhou et al. (2010)	$a*\frac{VA}{NO}$	b	c	0
Cadarso et al. (2012)	a	b	$c*\frac{VA}{NO}$	$d*(1-\frac{VA}{NO})$

註：1. EDP：爲國內中間財消費之碳含量；EDFC 爲國內最終需求消費之碳含量；EEFC 爲最終消費出口之碳含量；EIFC 爲最終消費進口之碳含量；VA 爲特定產業部門之附加價值，NO 爲該產業部門產出扣除附加價值後的部分，也稱爲淨產出。

2. 由於 Marques et al. (2012) 所提出收入觀點之責任分擔方法係運用 Ghosh 逆矩陣進行運算，與上述採用 Leontief 逆矩陣計算責任分擔之部分並不相同，故未列入此表比較。

二、資料說明

本文使用歐盟之世界投入產出資料庫 (WIOD) 作爲資料來源。WIOD 納入 41 個國家及地區 (40 個國家加上一個世界其他地區)，並包含 35 個產業部門大量且詳細之時間序列資料，包括國際貿易、能源消費、碳排放、社會會計帳等，且 WIOD 資料庫的資料即是依照多國投入產出架構設計編製完成，適合用於多國多產業間貿易流、能源流等之能源與經濟分析。本文採用的第一種資料爲 WIOD 中的環境會計資料，其中包含了部門的溫室氣體與 CO_2 排放量，資料期間從 1995 到 2009 年。第二種資料則是包含所有國家與產業部門的世界投入產出表及雙邊貿易資料庫。不過，WIOD 亦有其侷限性，例如，該資料庫是由歐盟所贊助，因此國家別主要爲歐盟成員國，共 27 個，其他的國家或地區則僅包括 2 個北美地區國家、2 個拉丁美洲國家與 9 個亞太地區國家，也就是說，WIOD

資料並未區隔出多數之東南亞國家，也未區分非洲國家，這對分析與這些國家有關之議題將有其侷限性。世界投入產出表 (WIOT) 爲單國投入產出表概念的延伸，其架構如表 2 所示 (以 3 個國家爲例)。

表 2　區域間世界投入產出表概要

		Country A	Country B	Country C	Country A	Country B	Country C	Total Output
		Intermediate Industry	Intermediate Industry	Intermediate Industry	Final Demand	Final Demand	Final Demand	
Country A	Industry	$Z_{A,A}$	$Z_{A,B}$	$Z_{A,C}$	$Y_{A,A}$	$Y_{A,B}$	$Y_{A,C}$	X_A
Country B	Industry	$Z_{B,A}$	$Z_{B,B}$	$Z_{B,C}$	$Y_{B,A}$	$Y_{B,B}$	$Y_{B,C}$	X_B
Country C	Industry	$Z_{C,A}$	$Z_{C,B}$	$Z_{C,C}$	$Y_{C,A}$	$Y_{C,B}$	$Y_{C,C}$	X_C
Value Added		VA_A	VA_B	VA_C				
Total Output		X_A	X_B	X_C				

參、實證結果與分析

基於已開發國家與開發中國家之立場不同，國際上對於碳排放責任之計算方式一直無法定案，準此，若要分析碳排放責任分擔方式是否能夠公平且具有差異性，可以將國家進行分類，以方便比較。首先，我們先由透過經驗及主觀認知，將所有國家區分爲三個群體：已開發國家、前期與後起的新興工業化國家；接著，藉由 Kaya 公式[6]進一步將個別國家碳排放的主要驅動因素分解爲人口、人均碳排放、單位碳排放之能源使用、碳密集度及能源生產力等五個因素，然後透過計算得到各個國家驅動因素的分解結果；最

[6] Kaya 公式將一個國家的 CO_2 排放的主要驅動因素分別由人口、人均 GDP、能源密集度、及能源碳排放係數組成。

後，我們針對三個群體的個別驅動因素結果分別進行變異數分析，藉此驗證三個群體在個別驅動因素的平均數是否有顯著的不同，以證明本文所採用的區分方式是有其根據。三個群體之區分爲：已開發國家，包含美國 (USA)、日本 (JPN)、德國 (DEU)、法國 (FRA)、英國 (GBR)、澳洲 (AUS)、及加拿大 (CAN)；新興工業化國家，包括南韓 (KOR)、台灣 (TWN)、希臘 (GRC)、葡萄牙 (PRT)及西班牙 (ESP)；後起新興工業化國家，包括中國 (CHN)、印度 (IND)、巴西 (BRA)、墨西哥 (MEX)、土耳其 (TUR) 及印尼 (IDN)。

變異數分析之結果如表 3 所示。分析結果發現，不同發展階段國家的名目人均 GDP、能源密集度、能源碳排放係數、碳密集度及人均碳排放皆達顯著水準，即不同發展階段之國家間具有顯著的差異。換言之，本文採用的分群方式能有效將國家分類成不同的發展階段。

表 3　不同國家群體五個碳排放驅動因素之變異數分析結果 (1995-2009 年)

驅動因素	F 值	P 值
名目人均 GDP	127.938	0.0000*
能源密集度	47.527	0.0000*
能源碳排放係數	427.857	0.0000*
碳密集度	74.704	0.0000*
人均碳排放	1225.196	0.0000*

註：*表示 $P < 0.05$。

一、生產者、消費者及共同分擔排放責任之比較

所有 41 個國家及地區根據不同觀點所計算的排放責任列於附表 1 (2005 年) 及附表 2 (2009 年) 中。首先，我們以生產者責任計算原則與其他不同的責任分擔計算原則做比較，惟基於篇幅的限制，僅列出 2009 年的比較結果；接著，再考量兩個與碳排放有關的重要驅動因素：碳密集度與人均碳排放，進行不同責任分擔計算原則變化之比較，同樣

是針對 2009 年的結果。比較時，我們呈現的方式是以生產者責任的結果除該種方式計算的結果，乘以 100% 後再減去 100%。例如，若消費者責任計算結果除以生產者責任結果爲 1.2，則 1.2 乘以 100% 再減去 100%，將會得到 20%；反之，如果相除的結果是 0.8，則 0.8 乘以 100% 再減去 100%，將會得到 –20%。

另外，由於各產業之碳排放係數亦爲計算排放責任時之重要參數，本文列出部分國家及產業之碳排放係數比較，以供讀者參考。表 4 爲 2005 年及 2009 年各國高碳密集度產業之 CO_2 排放係數計算結果，由於篇幅有限，該表僅從三種不同發展階段的國家群組中，各列舉兩個國家以及這些國家較高 CO_2 排放係數的產業進行比較。表中數值顯示，六個國家幾乎都以水電燃氣供應業的 CO_2 排放係數最高，只有台灣在 2005 年爲礦業及土石採取業，而該產業亦是台灣 CO_2 排放係數在 2005-2009 年間改善幅度最大的產業之一，於 2009 年每單位產出比 2005 年少排放 10.8 公斤的二氧化碳。另外，2009 年六個國家間以印度之水電燃氣供應業的 CO_2 排放係數最高，每單位產出排放 12.5 公斤的二氧化碳。

表 4　部分國家高碳密集產業之 CO_2 排放係數

(單位：公斤 CO_2/美元)	USA		JPN		KOR		TWN		CHN		IND	
	2005	2009	2005	2009	2005	2009	2005	2009	2005	2009	2005	2009
礦業及土石採取業	0.3	0.3	0.7	0.7	2.6	3.1	16.9	6.1	0.6	0.4	2.0	2.6
非金屬礦物製品製造業	1.2	1.2	1.1	0.9	1.5	1.4	2.4	2.3	2.8	1.8	3.7	2.5
水電燃氣供應業	5.8	5.3	1.5	1.2	4.1	4.5	8.0	7.2	10.0	6.9	13.8	12.5
水路運輸	1.6	1.7	1.4	1.1	1.3	1.4	3.2	7.2	1.3	0.9	1.3	1.8
航空運輸	1.2	1.2	0.6	0.6	1.5	1.9	2.6	2.5	1.8	1.8	0.9	0.8

(一)生產者責任觀點與各種方法之比較

如果將消費者責任觀點與生產者責任觀點計算所得結果做比較，可分析出哪些國家屬於二氧化碳的淨出口國，而哪些爲二氧化碳的淨進口國。當一國的消費者責任大於生產者責任時即表示該國爲二氧化碳的淨進口國；反之，則表示該國爲二氧化碳的淨出口國。

在比較生產者責任與不同觀點責任觀點計算之結果前，我們先比較國際能源總署(International Energy Agency, IEA) 於 2011 年公布的「燃料燃燒產生之二氧化碳排放量摘錄」統計，所列出之 40 國二氧化碳排放量與本文以 MRIO 架構計算的生產者觀點碳排放責任之結果，並將之列於表 5。

表 5 顯示，兩者之間差距最大的國家爲瑞典，於 2009 年，本文所計算的生產者觀點排放責任高於 IEA 統計的排放量約 77% 左右，其次爲丹麥、愛爾蘭、立陶宛共和國，三個國家的排放數據於 2005 年之落差較大，達 50% 以上。不過，若以全球的 CO2 排放總量觀察可以發現，本文生產者責任計算結果與 IEA 的統計差距僅約 1%。

表 6 爲 41 個國家或地區的生產者責任與不同觀點責任之比較表，在以消費者責任與生產者責任進行比較時可發現，所有的已開發國家均爲二氧化碳的淨進口國；新興工業化國家中，西班牙、希臘與葡萄牙爲二氧化碳的淨進口國，台灣與韓國則爲二氧化碳的淨出口國，後起新興工業化國家方面，除了墨西哥、印尼的生產者責任等於消費者責任，表示這兩個國家的碳出口等於碳進口，而巴西與土耳其爲二氧化碳的淨進口國，其餘像是中國與印度則爲二氧化碳的淨出口國。

而以類似觀念將 SR_{Zhou} 與生產者責任進行比較時則出現不同的變化，已開發國家中的德國、法國、英國、日本與美國的 SR_{Zhou} 均比其生產者責任還低，德國與英國低 6%、日本爲 5%，美國則爲 4%，法國低最多達 20%。新興工業化國家方面，西班牙、希臘與葡萄牙的排放責任比生產者責任低，分別爲 13%、10% 與 8%；而台灣及韓國則各高於其生產者責任，分別爲 18%、5%。後起新興工業化國家中，巴西、墨西哥均小於其生產者責任，而土耳其不變，印度、印尼及中國都大於其生產者責任。

表 5　2005 與 2009 年 IEA 估計碳排放與生產者責任計算結果之差距

國家代碼	國家名稱	IEA 統計 CO_2 排放量	生產者排放責任	差距	IEA 統計 CO_2 排放量	生產者排放責任	差距
		2005			2009		
AUS	澳洲	389.1	401.9	3%	394.9	410.2	4%
AUT	奧地利	75.0	95.9	28%	63.4	83.1	31%
BEL	比利時	112.6	152.2	35%	100.7	144.1	43%
BGR	保加利亞	46.0	42.9	–7%	42.2	42.4	0%
BRA	巴西	322.2	317.2	–2%	337.8	349.8	4%
CAN	加拿大	558.8	528.8	–5%	520.7	516.2	–1%
CHN	中國大陸	5103.1	4635.6	–9%	6877.2	6318.6	–8%
CYP	塞浦勒斯	7.0	9.8	40%	7.5	10.2	36%
CZE	捷克	119.6	116.1	–3%	109.8	106.9	–3%
DEU	德國	811.8	1012.4	25%	750.2	898.2	20%
DNK	丹麥	48.3	76.8	59%	46.8	69.7	49%
ESP	西班牙	339.7	427.4	26%	283.4	348.2	23%
EST	愛沙尼亞	16.9	16.9	0%	14.7	13.6	–7%
FIN	芬蘭	55.3	71.5	29%	55.0	68.1	24%
FRA	法國	388.4	546.9	41%	354.3	489.2	38%
GBR	英國	533.1	689.7	29%	465.8	594.8	28%
GRC	希臘	95.0	133.2	40%	90.2	127.1	41%
HUN	匈牙利	56.4	78.9	40%	48.2	61.0	27%
IDN	印尼	336.4	325.7	–3%	376.3	381.0	1%
IND	印度	1160.4	1203.2	4%	1585.8	1656.0	4%
IRL	愛爾蘭	43.6	66.1	52%	39.5	58.5	48%
ITA	義大利	460.8	616.4	34%	389.3	531.7	37%
JPN	日本	1220.7	1351.1	11%	1092.9	1193.8	9%
KOR	韓國	467.9	553.8	18%	515.5	550.0	7%
LTU	立陶宛	13.5	20.1	49%	12.4	17.6	42%
LUX	盧森堡	11.3	8.2	–27%	10.0	6.8	–32%
LVA	拉脫維亞	7.6	10.7	41%	6.8	9.9	45%
MEX	墨西哥	385.5	456.8	18%	399.7	450.9	13%
MLT	馬爾他	2.7	3.1	17%	2.4	3.2	33%
NLD	荷蘭	176.1	232.7	32%	182.7	221.7	21%

表 5　2005 與 2009 年 IEA 估計碳排放與生產者責任計算結果之差距（續）

國家代碼	國家名稱	IEA 統計 CO_2 排放量	生產者排放責任	差距	IEA 統計 CO_2 排放量	生產者排放責任	差距
		2005 年			2009 年		
POL	波蘭	292.9	314.2	7%	286.8	309.7	8%
PRT	葡萄牙	62.8	80.2	28%	53.1	67.1	26%
ROU	羅馬尼亞	91.9	105.3	15%	78.4	95.3	22%
RUS	俄羅斯	1516.2	1119.5	–26%	1532.6	1185.2	–23%
SVK	斯洛伐克	38.1	39.4	3%	33.2	38.7	17%
SVN	斯洛維尼亞	15.6	19.9	28%	15.2	20.0	32%
SWE	瑞典	50.3	85.3	70%	41.7	74.0	77%
TUR	土耳其	216.4	300.7	39%	256.3	298.9	17%
TWN	台灣	258.9	261.8	1%	250.1	230.9	–8%
USA	美國	5771.7	6018.8	4%	5195.0	5311.0	2%
ROW	世界其他地區	5649.2	4863.7	–14%	6226.5	5485.7	–12%
world		29333.8	29416.2	0%	31154.0	30858.3	–1%

資料來源：IEA (2011), CO_2 Emissions from Fuel Combustion Highlights；本研究計算。

註：IEA 統計資料與生產者責任[7]之差距由 $\frac{\text{生產者責任} - \textit{IEA}\text{統計資料}}{\textit{IEA}\text{統計資料}}$ 計算得來。

[7] 此處所列生產者觀點排放責任由於將家庭消費產生的碳排放納入考量，因此統計數值會高於附錄中記錄的生產者排放責任，而此種差異係因本研究的主要目的在於觀察各個國家採用此五種碳排放責任分擔計算方式之結果變化與比較，而家庭消費產生的碳排放並不影響碳排放責任分擔的比較結果，因此於研究中並無考量家庭消費產生的碳排放。

表 6　生產者責任與消費者、共同分擔排放責任之比較 (2009 年)

國家代碼	國家名稱	Consumption	Zhou et al.	Cadarso et al.	Marques et al.
AUS	澳洲	12%	1%	4%	29%
AUT	奧地利	17%	–17%	5%	1%
BEL	比利時	1%	–13%	2%	–6%
BGR	保加利亞	–13%	3%	–4%	–12%
BRA	巴西	7%	–6%	2%	6%
CAN	加拿大	9%	3%	3%	19%
CHN	中國大陸	–11%	5%	–3%	–6%
CYP	塞浦勒斯	13%	–14%	5%	–39%
CZE	捷克	–10%	1%	–3%	–2%
DEU	德國	8%	–6%	2%	11%
DNK	丹麥	–10%	–9%	0%	9%
ESP	西班牙	8%	–13%	3%	–20%
EST	愛沙尼亞	–10%	10%	–5%	3%
FIN	芬蘭	3%	–7%	1%	2%
FRA	法國	16%	–20%	6%	–12%
GBR	英國	14%	–6%	4%	4%
GRC	希臘	11%	–10%	3%	–12%
HUN	匈牙利	–7%	–13%	–1%	–19%
IDN	印尼	0%	4%	-1%	21%
IND	印度	–4%	0%	–1%	–13%
IRL	愛爾蘭	1%	–23%	0%	9%
ITA	義大利	3%	–18%	1%	–28%
JPN	日本	7%	–5%	2%	0%
KOR	韓國	–10%	5%	–4%	–12%
LTU	立陶宛	13%	–16%	4%	–11%
LUX	盧森堡	24%	–27%	10%	151%
LVA	拉脫維亞	11%	–10%	4%	–4%
MEX	墨西哥	0%	–4%	0%	–3%
MLT	馬爾他	13%	–4%	3%	–17%
NLD	荷蘭	–6%	–13%	0%	–2%
POL	波蘭	–7%	1%	–2%	–10%
PRT	葡萄牙	7%	–8%	2%	–17%
ROU	羅馬尼亞	1%	–3%	–1%	–18%

表 6　生產者責任與消費者、共同分擔排放責任之比較 (2009 年)（續）

國家代碼	國家名稱	Consumption	Zhou et al.	Cadarso et al.	Marques et al.
RUS	俄羅斯	4%	29%	1%	60%
SVK	斯洛伐克	–5%	–11%	0%	–18%
SVN	斯洛維尼亞	3%	–7%	–1%	–11%
SWE	瑞典	12%	–17%	5%	19%
TUR	土耳其	7%	0%	2%	2%
TWN	台灣	–10%	18%	–2%	8%
USA	美國	8%	–4%	2%	–7%
ROW	世界其他地區	0%	0%	0%	4%

由表 6 也可得知，不論發展階段，各個國家的 SR_{Cadrso} 之方向均與消費者責任一致，唯一不同在於各個國家的排放責任與消費者責任相比，均低 5% 至 10% 不等，顯示此法在與生產者責任進行比較時，與消費者責任方向大致雷同，並無太大差異。

最後以 $SR_{Marques}$ 與生產者責任進行比較。對已開發國家而言，澳洲、加拿大、德國及英國等國需負擔之責任皆大於其生產者責任，分別多 29%、19%、11% 及 4%，而法國與美國則低於其生產者責任，分別低 12%、7%，日本則剛好相等。新興工業化國家方面，唯有台灣大於其生產者責任約 8%，其他國家之排放責任較低，其降低幅度分別是西班牙 20%、希臘與韓國均爲 12%，葡萄牙則是 17%。最後，後起新興工業化國家方面，巴西、印尼及土耳其皆大於其生產者責任，分別多 6%、21% 及 2%；中國、印度與墨西哥則小於其生產者責任，分別低 6%、13% 與 3%。

綜上來說，SR_{Zhou} 與 SR_{Cadrso} 皆屬於降低生產者責任觀點與消費者責任觀點之間差距的共同責任分擔原則，而收入責任觀點則與這兩種方法不同。相較於其他責任分擔原則，收入責任觀點可以超脫生產者責任與消費者責任之框架來衡量，例如，印尼由於以石油與天然氣作爲其主要出口項目，因此利用收入責任觀點衡量時，印尼的排放責任會大幅增加。

(二)以不同責任觀點計算碳密集度之比較

此部分主要運用不同排放責任計算原則，衡量不同發展階段國家的碳密集度 (carbon intensity)。碳密集度是國際間用來衡量一個國家整體能源使用效率的指標，它所代表的是一個國家產出每一單位國內生產毛額 (GDP) 所需要排放的二氧化碳，計算方式是以二氧化碳的總排放量除以 GDP。如果一個國家有著高碳密集度，即表示該國將碳排放轉換成 GDP 的排放成本很高。如同上述，若以生產者排放責任觀點來衡量此一指標，對不同發展階段之國家是不公平的，此點可由表 7 比較呈現出來，表中之數字代表該國家的碳密集度與世界平均之差距，當數字爲負數時，該國藉由此種責任分擔原則計算碳密集度時，其表現優於世界平均的碳密集度。

表 7 中的結果顯示，已開發國家中，澳洲比較會受到不同衡量方法改變其碳排放密集度之效率，尤其是以 $SR_{Marques}$ 法衡量時，其碳密集度高於世界平均達 10%，而可能原因在於澳洲的收入來源主要係以出口煤炭爲主。至於其他已開發國家之碳排放密集度，不管使用哪種方法衡量均小於全世界之平均，其中以法國之碳排放密集度與全世界平均差異最大，約有 60% 至 72% 之間。開發中國家則可看出不管以哪一種方法衡量，西班牙、希臘及葡萄牙的碳排放密集度均小於全世界之平均，其中能源使用效率表現最好的是西班牙，優於平均大約 49% 到 62% 之間。而台灣及韓國則劣於世界平均，且依照 SR_{Zhou} 法衡量時差異更高達 56% 與 61%，由此可看出相較於其他國家，台灣與韓國上游生產者之生產技術較不具有碳效率。

最後，後起新興工業化國家中，除了巴西的碳排放密集度優於世界平均，以及墨西哥與土耳其略等於世界平均外，中國、印度與印尼的碳排放密集度均比世界平均差，其中，中國以 SR_{Zhou} 法衡量其碳排放密集度時與世界平均之差高達約 1.8 倍之多，印度則約 1.6 倍。

表 7　各國與世界碳密集度平均之比較 (2009 年)

國家代碼	國家名稱	Production	Consumption	Zhou et al.	Cadarso et al.	Marques et al.
AUS	澳洲	–14%	–4%	–14%	–11%	10%
AUT	奧地利	–58%	–51%	–65%	–56%	–58%
BEL	比利時	–42%	–42%	–50%	–41%	–46%
BGR	保加利亞	101%	75%	108%	93%	76%
BRA	巴西	–58%	–55%	–61%	–57%	–55%
CAN	加拿大	–24%	–17%	–22%	–22%	–10%
CHN	中國大陸	165%	135%	178%	157%	151%
CYP	塞浦勒斯	–10%	2%	–23%	–5%	–45%
CZE	捷克	18%	6%	19%	14%	16%
DEU	德國	–48%	–44%	–51%	–47%	–42%
DNK	丹麥	–51%	–56%	–55%	–51%	–47%
ESP	西班牙	–55%	–52%	–61%	–54%	–64%
EST	愛沙尼亞	58%	42%	75%	50%	63%
FIN	芬蘭	–37%	–35%	–41%	–36%	–36%
FRA	法國	–67%	–62%	–74%	–65%	–71%
GBR	英國	–50%	–43%	–53%	–48%	–48%
GRC	希臘	–17%	–8%	–25%	–15%	–27%
HUN	匈牙利	–5%	–11%	–17%	–6%	–23%
IDN	印尼	33%	33%	38%	32%	62%
IND	印度	161%	151%	162%	158%	127%
IRL	愛爾蘭	–54%	–53%	–64%	–54%	–49%
ITA	義大利	–50%	–49%	–59%	–50%	–64%
JPN	日本	–51%	–48%	–54%	–51%	–52%
KOR	韓國	40%	26%	47%	35%	24%

表 7　各國與世界碳密集度平均之比較 (2009 年)（續）

國家代碼	國家名稱	Production	Consumption	Zhou et al.	Cadarso et al.	Marques et al.
LTU	立陶宛	–5%	7%	–21%	–2%	–16%
LUX	盧森堡	–78%	–72%	–84%	–75%	–44%
LVA	拉脫維亞	–19%	–10%	–27%	–16%	–22%
MEX	墨西哥	–1%	–1%	–5%	–1%	–3%
MLT	馬爾他	–13%	–2%	–16%	–10%	–28%
NLD	荷蘭	–45%	–49%	–52%	–45%	–46%
POL	波蘭	48%	38%	50%	45%	34%
PRT	葡萄牙	–40%	–36%	–45%	–38%	–50%
ROU	羅馬尼亞	19%	20%	16%	18%	–2%
RUS	俄羅斯	101%	109%	159%	103%	222%
SVK	斯洛伐克	–4%	–9%	–15%	–4%	–22%
SVN	斯洛維尼亞	–24%	–21%	–29%	–24%	–32%
SWE	瑞典	–62%	–57%	–68%	–60%	–54%
TUR	土耳其	–5%	1%	–6%	–4%	–4%
TWN	台灣	29%	16%	52%	26%	38%
USA	美國	–28%	–22%	–31%	–26%	–32%
ROW	世界其他地區	38%	38%	38%	38%	43%

綜觀不同發展階段國家的四種責任分擔計算結果可以發現，SR_{Zhou} 法衡量各國碳排放密集度與世界平均之差額時，大部分國家之方向與生產者責任相同，唯一不同在於，運用 SR_{Zhou} 計算碳排放密集度時，以生產者責任計算之結果相比，SR_{Zhou} 會提高該國家與世界平均之差異。與之相反的，SR_{Cadrso} 則強調以消費者責任計算之碳排放密集度與世界平均之差異。最後，由於 $SR_{Marques}$ 法是以收入角度衡量各國之碳排放，相較於上述兩個方法，$SR_{Marques}$ 法可跳脫出上述兩個方法單方面偏向某一類觀點之缺點，且值得一提的是澳洲以生產者責任觀點衡量時，其碳排放密集度優於世界平均，但以 $SR_{Marques}$ 法衡量時卻

劣於世界平均，顯示以出口化石燃料等會產生碳排放之原料給技術較不具有碳效率的國家時，這些出口國需要承擔的責任會提高[8]。

(三)以不同責任觀點計算人均排放量之比較

此部分主要運用不同責任觀點，衡量不同發展階段國家的人均排放量，再與世界之人均排放量進行比較。每一種責任觀點所衡量之人均排放量均有其特別意義，例如，生產者觀點所衡量之人均排放意謂該國領土內平均每個居民因爲生產而產生多少 CO_2 排放；消費者觀點所衡量之人均排放則表示，爲滿足該國一個居民的最終商品與服務需求所產生的排放量。表 8 中之結果代表該國與世界平均之差異，負數表示該排放責任計算原則所計算的人均排放量低於世界人均排放量，亦即該國家的人均排放量之表現優於世界人均排放量。

由表 8 我們發現，不論哪種責任觀點，所有的已開發國家均超過世界平均，其中，表現最差的爲澳洲，尤其是以 $SR_{Marques}$ 法衡量時更高達 5 倍，主要原因是由於澳洲的能源供給與收入主要以煤炭爲主，加上人口少，使其人均排放相對偏高。其次爲美國與加拿大，其中，加拿大以 $SR_{Marques}$ 法衡量時與世界平均之差將近 3 倍。根據 Environment Canada (2012)，加拿大產製煤炭、原油和天然氣等化石燃料以供外銷的過程中有大量的溫室氣體排放，嚴重污染環境，而另一項造成加拿大汙染加劇的主要來源是仍有許多駕

[8] WIOD 統計之附加價值向量爲國內勞動要素與資本要素的生產價值總和，其中國內勞動要素不但包含本國人於境內取得之勞動報酬，亦包含外國工作者在本國獲得之勞動報酬。雖然亦有方法將附加價值簡易拆分爲分配給本國人與外國人之勞動報酬，但是由於本研究採取多國投入產出架構，因此每一個國家的外國人之勞動報酬須進一步依照外國人所屬國家分配給該國家，其中包含本國人於國內獲得之附加價值以及本國人於國外獲得之附加價值，因此若只是將勞動報酬區分出本國人與外國人將還是無法釐清環境責任的分擔，也將對結果產生一些偏誤。

表 8　各國與世界人均碳排放之比較 (2009 年)

國家代碼	國家名稱	Production	Consumption	Zhou et al.	Cadarso et al.	Marques et al.
AUS	澳洲	368%	422%	371%	384%	501%
AUT	奧地利	120%	157%	82%	131%	121%
BEL	比利時	192%	195%	153%	199%	175%
BGR	保加利亞	39%	21%	43%	33%	22%
BRA	巴西	–60%	–58%	–63%	–60%	–58%
CAN	加拿大	248%	280%	258%	259%	315%
CHN	中國大陸	20%	7%	26%	17%	14%
CYP	塞浦勒斯	116%	144%	85%	127%	33%
CZE	捷克	150%	125%	153%	142%	145%
DEU	德國	141%	161%	126%	145%	167%
DNK	丹麥	205%	176%	179%	207%	233%
ESP	西班牙	65%	79%	43%	70%	32%
EST	愛沙尼亞	152%	126%	178%	140%	159%
FIN	芬蘭	217%	226%	195%	221%	224%
FRA	法國	55%	79%	24%	64%	36%
GBR	英國	102%	131%	90%	110%	111%
GRC	希臘	170%	199%	144%	178%	137%
HUN	匈牙利	36%	27%	18%	34%	10%
IDN	印尼	–63%	–63%	–62%	–63%	–55%
IND	印度	–65%	–66%	–65%	–65%	–70%
IRL	愛爾蘭	164%	166%	104%	164%	189%
ITA	義大利	99%	105%	63%	102%	43%
JPN	日本	125%	142%	113%	129%	124%
KOR	韓國	179%	150%	192%	168%	146%
LTU	立陶宛	24%	40%	4%	29%	10%

表 8　各國與世界人均碳排放之比較 (2009 年)（續）

國家代碼	國家名稱	Production	Consumption	Zhou et al.	Cadarso et al.	Marques et al.
LUX	盧森堡	176%	242%	102%	203%	592%
LVA	拉脫維亞	12%	25%	1%	16%	7%
MEX	墨西哥	–11%	–11%	–15%	–11%	–14%
MLT	馬爾他	92%	116%	84%	97%	59%
NLD	荷蘭	205%	185%	166%	203%	200%
POL	波蘭	93%	80%	95%	88%	74%
PRT	葡萄牙	51%	61%	38%	54%	25%
ROU	羅馬尼亞	9%	10%	6%	8%	–10%
RUS	俄羅斯	93%	101%	149%	95%	210%
SVK	斯洛伐克	83%	75%	63%	83%	50%
SVN	斯洛維尼亞	107%	114%	93%	106%	85%
SWE	瑞典	88%	110%	55%	97%	124%
TUR	土耳其	–7%	0%	–7%	–5%	–5%
TWN	台灣	148%	124%	192%	143%	166%
USA	美國	301%	333%	284%	309%	275%
ROW	世界其他地區	–49%	–49%	–49%	–49%	–47%

駛人選擇高耗能的汽車。至於在美國方面，不論使用哪種責任觀點其與世界平均的差距都近乎 3 倍，尤以消費者責任觀點最高，顯示消費行爲也是造成美國碳排放居高不下的主要原因。

在新興工業化國家方面，西班牙及葡萄牙與世界人均排放間之差距較小，尤其是以 $SR_{Marques}$ 法衡量下兩國與世界平均之差距最低，大約爲 30%。希臘、韓國與台灣大於世界人均排放之幅度在新興工業化國家中最大，以消費者責任觀點來比較時，希臘之人均碳排放相當於世界平均的三倍，與美、加兩國相同。而在台灣與韓國方面，以 SR_{Zhou} 法衡量時與世界平均差距最多，約有 2 倍，顯示兩國之產業結構仍較傾重於高耗能且高污染

之產業。

後起新興工業化國家與已開發國家及新興工業化國家的情況則明顯不同。在 2009 年，除了中國大陸外，其他後起新興工業化國家的人均碳排放均小於世界平均，尤以巴西、印度及印尼小於世界人均最多，不論以哪種責任分擔方法衡量，其差距幅度均達約 60% 左右。中國大陸與台灣、韓國具有類似情況，以 SR_{Zhou} 法衡量時其人均排放與世界人均碳排放之差距最大，約 26%，顯示中國大陸之產業結構也較著重於高耗能、高汙染產業。

圖 1 爲台灣 1995-2009 年人均碳排放與世界人均碳排放之五種不同排放責任計算結果差距。圖 1 結果顯示，台灣從 1995 年至 2009 年的人均排放量皆高出世界平均約 1.5 至 2.5 倍，其中以 1999 年至 2006 年爲台灣人均碳排放之最高峰，均爲世界均值的 2 倍以上；2007 年以後則開始降回至 1997 年前的水準，其中以採用消費者觀點的人均碳排放最低，2009 年則降至世界均值的 1.25 倍左右。台灣的人均碳排放自 2002 年起即僅低於美、加、澳等主要已開發國家，但人均 GDP 卻低於上述已開發國家，因此，即便以消費者責任觀點計算人均碳排放亦高於世界均值一倍以上，顯示台灣之能源使用效率低於多數已開發國家。

圖 2 則爲運用五種不同排放責任計算方式計算中國大陸從 1995 年到 2009 年的人均碳排放與世界人均碳排放之差距。圖 2 顯示，中國大陸的人均排放在 1995 年至 2001 年間大約維持在小於世界人均排放 30% 的水準，之後中國大陸與世界人均排放之差距開始縮小，並在 2005 年至 2008 年間開始超出世界人均排放水準。其中，以 Zhou et al. (2010) 的責任分擔法所計算之人均碳排放在 2005 年開始即會超過世界平均水準；反之，若是採用消費者排放責任法計算，人均碳排放則會到 2008 年才超出世界平均水準。2005 年後，中國大陸經濟成長快速，生產活動明顯增加，對基礎建設的投入更是積極，而這些建設需要用到大量的水泥。在水泥生產過程中除了會燃燒化石燃料外，亦是產生二氧化碳的主要來源，而中國大陸 2007 年水泥生產量成長了 15%，產量占全世界水泥生產量亦達 50% 左右。

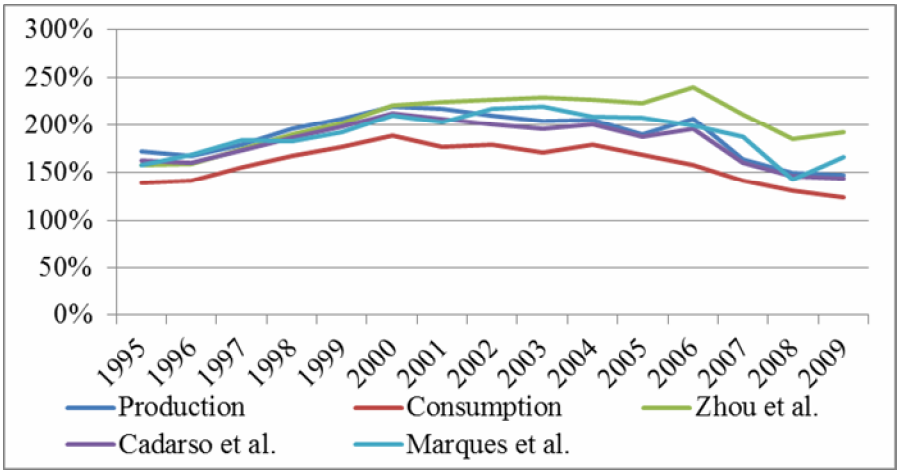

圖1　台灣歷年人均排放與世界平均排放之差距

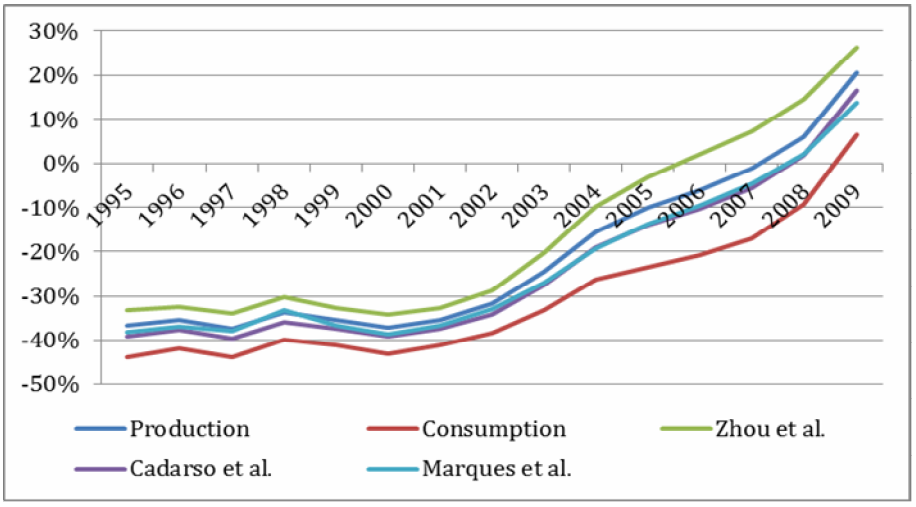

圖 2　中國大陸歷年人均排放量與世界平均之差距變化趨勢圖

綜合上述，可以看到已開發國家與新興工業化國家的人均碳排放均大於世界平均，尤其澳洲、加拿大與美國情況最爲嚴重。而另外值得關注的是，中國大陸雖然一直主張

碳排放的共同責任分擔應以人均爲依據，但中國大陸以人均碳排放來衡量其排放責任在2008 年後已不再具有優勢。

肆、結論與建議

本文採用多國產業關聯的架構，利用歐盟所編製的多國投入產出資料庫，進行五種不同觀點之國際碳排放責任分擔設算，並分析不同類型之國家所承擔責任之變化情況。經由人均碳排放及碳密集度兩項指標比較不同責任分擔觀點後發現，除了加拿大與澳洲是以生產者責任觀點原則衡量表現較佳外，大部分已開發國家係以 Zhou et al. (2010) 所提出的責任分擔原則衡量會較爲有利，因爲在 Zhou et al. (2010) 的責任分擔原則下，將一個國家的碳排放責任分爲上游生產者及下游消費者兩部分之責任，而 Zhou et al. (2010) 認爲上游生產者相較於下游消費者需負擔較大的排放責任。由於大部分已開發國家爲消費型國家，因此以 Zhou et al. (2010) 的責任分擔原則計算排放責任在各種衡量指標上表現較爲出色。

至於在新興工業化國家方面，大部分則以 Marques et al. (2012) 的所得觀點衡量之排放責任表現較好，顯示大部分新興工業化國家出口原料給進口國生產產品所產生之碳排放較低，大多數屬需再加工產品而不是化石燃料或其他會產生高排放之原料。不過，我國是以消費者責任觀點衡量的表現較好，而以 Zhou et al. (2010) 的責任分擔原則計算之碳排放責任最高，其次則爲收入觀點排放責任。這些結果顯示，基於我國已於 2015 年 7 月頒布「溫室氣體減量及管理法」，若我國未來在計算碳排放責任時，擁有選擇碳排放責任分攤衡量方式的權利時，應選擇消費者責任觀點的衡量方式，較有利於我國達成溫室氣體減量目標；而最不應考慮的是 Zhou et al. (2010) 與收入觀點的責任分擔原則，因爲上述兩種衡量方式皆易使我國的碳排放責任增加 (相較於生產者責任觀點原則)。至於在無法改變碳排放責任的計算方式時，建議我國應提升能源使用的效率以降低生產之碳排

放，同時亦需調整出口貿易之地區結構，選擇較具清潔生產技術之國家爲出口對象，以降低碳排放責任。在後起新興工業化國家中，則是分歧較大，中國與印尼以消費者責任觀點衡量表現較佳，而巴西、墨西哥與土耳其則以 Zhou et al. (2010) 的責任分擔原則衡量較爲有利；印度則是以收入觀點衡量表現較爲突出。

具體而言，本文結果顯示 Zhou et al. (2010) 與 Cadarso et al. (2012) 所提出的責任分擔原則，只是加大各個國家的生產者責任原則與消費者責任原則之排放責任，並無實際上做到公平、有區別的責任分擔原則。在綜合比較各種原則及分析結果後，我們認爲採用 Marques et al. (2012) 所提出之以所得爲基礎的環境責任分擔計算原則較爲理想，因爲，其從國家收入的觀點分配各個國家之碳排放責任，並不會有上述兩者方法衍生之問題。收入觀點責任分擔原則認爲消費國係受益於消費產品，而生產國的生產過程爲本國提供了就業、政府收入和企業利潤，因此，用於生產出口產品的原料所產生的碳排放應該部分由最終消費者承擔；而因爲生產活動的收入有利於生產國，因此與這些收入有關之排放應部分由生產國承擔。在收入觀點的分擔原則下，已開發國家將會尋找對環境影響及其他成本最小化之地方進行生產，新興國家則有動力降低其生產之碳密集度，而碳密集度的降低則可以透過使用再生能源和清潔生產的投資來達成。也就是說，在收入觀點的責任分擔原則下，碳排放的責任應歸屬藉由碳排放而獲利的國家，因此能避免特定國家爲了降低其碳密集度，而以提升收入 (即提高 GDP) 使分母擴大而導致碳密集度下降的情形。因此，如果特定國家不是基於發展低碳能源 (如：再生能源) 或低碳技術 (如：清潔生產技術) 的產出來賺取收入時，此國家基於收入責任觀點衡量的碳排放責任亦會同時增加，而透過發展再生能源及增加清潔生產投資應爲降低碳密集度的較可行方法。

(收件日期爲民國 104 年 9 月 25 日，接受日期爲民國 105 年 10 月 12 日)

附　錄

附表1　2005 年生產者、消費者、共同分擔排放責任

單位：千噸 CO_2

國家代碼	國家名稱	Production	Consumption	Zhou et al.	Cadarso et al.	Marques et al.
AUS	澳洲	362,869	403,828	368,813	376,083	450,580
AUT	奧地利	77,036	88,826	63,476	80,660	75,114
BEL	比利時	120,996	122,120	106,332	123,899	116,627
BGR	保加利亞	37,719	34,747	41,430	36,565	34,445
BRA	巴西	249,241	250,804	245,005	249,806	274,985
CAN	加拿大	436,932	460,294	455,166	444,535	565,392
CHN	中國大陸	4,239,000	3,608,215	4,565,787	4,050,374	4,066,372
CYP	塞浦勒斯	8,332	9,729	7,181	8,861	5,703
CZE	捷克	103,854	95,044	103,736	101,408	87,245
DEU	德國	805,557	859,591	737,892	820,058	853,425
DNK	丹麥	67,105	62,404	64,725	65,787	81,160
ESP	西班牙	351,032	377,940	305,965	360,198	269,882
EST	愛沙尼亞	15,392	16,969	15,423	16,106	13,220
FIN	芬蘭	64,328	65,996	58,443	64,794	63,435
FRA	法國	412,326	462,190	327,982	431,627	353,541
GBR	英國	539,106	634,148	489,886	568,325	569,885
GRC	希臘	114,620	133,364	102,292	122,567	101,129
HUN	匈牙利	63,774	61,867	51,566	63,357	42,581
IDN	印尼	265,793	254,921	285,158	259,629	304,273

附表 1　2005 年生產者、消費者、共同分擔排放責任（續）

國家代碼	國家名稱	Production	Consumption	Zhou et al.	Cadarso et al.	Marques et al.
IND	印度	1,090,562	1,064,742	1,099,879	1,081,662	953,522
IRL	愛爾蘭	51,639	49,331	39,521	50,887	53,899
ITA	義大利	506,966	520,184	425,028	513,503	397,240
JPN	日本	1,189,348	1,284,343	1,099,738	1,208,273	1,191,786
KOR	韓國	502,885	470,071	497,402	488,768	460,532
LTU	立陶宛	16,843	17,834	13,655	17,110	13,165
LUX	盧森堡	6,445	7,861	4,650	6,995	14,704
LVA	拉脫維亞	9,293	10,517	8,067	9,700	7,705
MEX	墨西哥	390,084	394,312	363,192	391,584	393,037
MLT	馬爾他	2,830	3,250	2,583	2,961	1,997
NLD	荷蘭	193,917	177,503	168,092	190,265	186,989
POL	波蘭	274,732	253,650	277,865	267,834	248,262
PRT	葡萄牙	70,304	74,396	63,730	71,596	54,864
ROU	羅馬尼亞	91,128	89,245	89,829	89,452	66,689
RUS	俄羅斯	943,497	941,495	1,317,162	935,662	1,616,567
SVK	斯洛伐克	35,597	33,178	34,546	35,094	30,042
SVN	斯洛維尼亞	15,419	15,362	14,169	15,201	13,825
SWE	瑞典	73,072	79,113	57,943	75,582	84,307
TUR	土耳其	256,177	252,662	221,599	253,565	173,921
TWN	台灣	238,486	221,054	265,037	235,712	253,063
USA	美國	5,152,687	5,642,353	4,815,458	5,302,000	4,465,097
ROW	世界其他地區	4,129,791	3,971,260	4,301,312	4,088,667	4,566,507

附表 2　2009 年生產者、消費者、共同分擔排放責任

單位：千噸 CO_2

國家代碼	國家名稱	Production	Consumption	Zhou et al.	Cadarso et al.	Marques et al.
AUS	澳洲	369,008	412,405	371,559	382,230	474,190
AUT	奧地利	66,869	78,342	55,323	70,406	67,270
BEL	比利時	114,553	116,015	99,218	117,315	107,871
BGR	保加利亞	37,564	32,759	38,855	36,079	32,980
BRA	巴西	278,345	299,026	260,436	284,852	295,360
CAN	加拿大	426,418	464,871	437,799	439,384	508,297
CHN	中國大陸	5,836,204	5,168,941	6,110,328	5,644,788	5,511,005
CYP	塞浦勒斯	8,581	9,674	7,356	9,011	5,265
CZE	捷克	95,134	85,550	96,042	92,051	93,084
DEU	德國	717,864	777,741	673,559	730,048	796,546
DNK	丹麥	61,394	55,504	56,158	61,684	66,927
ESP	西班牙	278,920	301,495	242,039	287,278	222,686
EST	愛沙尼亞	12,264	11,017	13,537	11,675	12,616
FIN	芬蘭	61,531	63,357	57,240	62,297	62,911
FRA	法國	363,917	422,112	291,639	386,280	319,104
GBR	英國	458,510	522,485	429,377	476,277	477,249
GRC	希臘	110,852	122,818	100,064	114,090	97,185
HUN	匈牙利	49,594	46,229	43,117	48,975	40,221
IDN	印尼	319,382	318,820	331,335	316,997	387,618
IND	印度	1,515,111	1,454,022	1,518,374	1,496,794	1,316,583
IRL	愛爾蘭	43,547	43,942	33,668	43,495	47,612
ITA	義大利	436,294	449,182	357,684	441,605	312,931
JPN	日本	1,045,608	1,122,263	990,923	1,062,234	1,041,596
KOR	韓國	498,864	447,535	522,755	479,844	440,795

附表 2　2009 年生產者、消費者、共同分擔排放責任（續）

國家代碼	國家名稱	Production	Consumption	Zhou et al.	Cadarso et al.	Marques et al.
LTU	立陶宛	14,260	16,088	11,923	14,796	12,621
LUX	盧森堡	4,991	6,198	3,653	5,480	12,540
LVA	拉脫維亞	8,721	9,719	7,875	9,042	8,360
MEX	墨西哥	375,507	375,141	360,028	375,446	364,504
MLT	馬爾他	2,877	3,242	2,763	2,964	2,385
NLD	荷蘭	183,204	171,598	159,875	182,361	180,396
POL	波蘭	267,876	249,663	270,516	261,456	241,262
PRT	葡萄牙	57,984	61,890	53,221	59,246	48,213
ROU	羅馬尼亞	80,681	81,437	78,583	79,940	66,425
RUS	俄羅斯	997,358	1,035,915	1,284,494	1,008,235	1,599,613
SVK	斯洛伐克	35,890	34,221	32,026	35,905	29,303
SVN	斯洛維尼亞	15,389	15,892	14,305	15,295	13,703
SWE	瑞典	63,501	70,967	52,598	66,669	75,665
TUR	土耳其	242,097	258,489	241,286	246,325	246,434
TWN	台灣	207,476	187,479	244,654	203,923	223,050
USA	美國	4,473,318	4,832,108	4,282,906	4,570,297	4,181,146
ROW	世界其他地區	4,632,523	4,633,822	4,630,890	4,636,911	4,826,454

參考文獻

一、中文部分

行政院環境保護署，2015，中華民國 (臺灣)「國家自定預期貢獻」(核定本)，臺北：行政院環境保護署。

二、英文部分

Andrew, R. and V. Forgie, 2008, "A Three-perspective View of Greenhouse Gas Emission Responsibilities in New Zealand", *Ecological Economics*, 68: 194-204.

Bastianoni, S., F. M. Pulselli, and E. Tiezzi, 2004, "The Problem of Assigning Responsibility for Greenhouse Gas Emissions", *Ecological Economic*, 49: 253-257.

BBC, 2009, "China Seeks Exports Carbon Relief", Retrieved March 17, 2009, from: http://news.bbc.co.uk/2/hi/7947438.stm.

Bruckner M., C. Polzin, and S. Giljum, 2010, "Counting CO_2 Emissions in a Globalised World", *DIE Discussion Paper*, No. 9/2010.

Cadarso, M. Á., L. A. López, N. Gómez, and M. Á. Tobarra, 2012, "International Trade and Shared Environmental Responsibility by Sector. An Application to the Spanish Economy", *Ecological Economics*, 83: 221-235.

Chang, N., 2013, "Sharing Responsibility for Carbon Dioxide Emissions: A Perspective on Border Tax Adjustments", *Energy Policy*, 59: 850-856.

Copeland, B. R. and M. S. Taylor, 2005, "Free Trade and Global Warming: A Trade Theory View of the Kyoto Protocol", *Journal of Environmental Economics and Management*, 49:

205-234.

Davis, S. J. and K. Caldeira, 2010, "Consumption-based Accounting of CO_2 Emissions", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107: 5687-5692.

Eder, P. and M. Narodoslawsky, 1999, "What Environmental Pressures Are a Region's Industries Responsible for? A Method of Analysis with Descriptive Indices and Input-output Models", *Ecological Economics*, 29: 359-374.

EEA, 2010, *The European Environment — State and Outlook 2010: Synthesis*, Copenhagen: European Environment Agency Press.

Environment Canada, 2012, *Canada's Emissions Trends 2012*, Retrieved May 20, 2014, from: http://www.ec.gc.ca/Publications/253AE6E6-5E73-4AFC-81B7-9CF440D5D2C5/793-Canada's-Emissions-Trends-2012_e_01.pdf.

Ferng, J. J., 2003, "Allocating the Responsibility of CO_2 Over-emissions from the Perspectives of Benefit Principle and Ecological Deficit", *Ecological Economics*, 46: 121-141.

Gallego, B. and M. Lenzen, 2005, "A Consistent Input-output Formulation of Shared Producer and Consumer Responsibility", *Economic Systems Research*, 17: 365-391.

Ghosh, A., 1958, "Input-output Approach in an Allocation System", *Economica*, 25: 58-64.

IEA, 2011, *CO2 Emissions from Fuel Combustion - Highlights*, Paris: International Energy Agency Press.

Kanemoto, K., M. Lenzen, G. P. Peters, D. D. Moran, and A. Geschke, 2012, "Frameworks for Comparing Emissions Associated with Production, Consumption, and International Trade", *Environmental Science and Technology*, 46: 172-179.

Lenzen, M., 2007, "Aggregation (in-)Variance of Shared Responsibility: A Case Study of Australia", *Ecological Economics*, 64: 19-24.

Lenzen, M., J. Murray, F. Sack, and T. Wiedmann, 2007, "Shared Producer and Consumer Responsibility — Theory and Practice", *Ecological Economics*, 61: 27-42.

Machado, G., R. Schaeffer, and E. Worrell, 2001, "Energy and Carbon Embodied in the International Trade of Brazil: An Input-output Approach", *Ecological Economics*, 39: 409-424.

Marques, A., J. Rodrigues, and T. Domingos, 2011, "Embodied Emissions and the Carbon

Trade Balance between World Regions", in Proceedings of *19th International Input-output Conference*, Virginia, Alexandria.

Marques, A., J. Rodrigues, M. Lenzen, and T. Domingos, 2012, "Income-based Environmental Responsibility", *Ecological Economics*, 84: 57-65.

Munksgaard, J. and K. A. Pedersen, 2001, "CO_2 Accounts for Open Economies: Producer or Consumer Responsibility?", *Energy policy*, 29: 327-334.

Munksgaard, J., J. C. Minx, L. B. Christoffersen, and L. L. Pade, 2009, "Models for National CO2 Accounting", in Suh, S., ed., *Handbook of Input-output Economics in Industrial Ecology*, 533-558, Netherlands: Springer Science+Business Media Press.

OECD, 2003, *Environmental Indicators: Development, Measurement and Use, Reference Paper,* Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development Press.

OECD, 2008, *OECD Key Environmental Indicators*, Paris: OECD Environment Directorate.

Pedersen, O. G. and M. de Haan, 2006, "The System of Environmental and Economic Accounts — 2003 and the Economic Relevance of Physical Flow Accounting", *Journal of Industrial Ecology*, 10: 19-42.

Peters, G. P., 2008a, "From Production-based to Consumption-based National Emission Inventories", *Ecological Economics*, 65: 13-23.

Peters, G. P., 2008b, "Do Industries with Emission Constraints have Legitimate Competitiveness Concerns?" in Proceedings of *International Input-output Meeting on Managing the Environment*, Seville, Spain.

Peters, G. P. and E. G. Hertwich, 2008a, "CO_2 Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy", *Environmental Science and Technology*, 42: 1401-1407.

Peters, G. P. and E. G. Hertwich, 2008b, "Post-kyoto Greenhouse Gas Inventories: Production versus Consumption", *Climatic Change*, 86: 51-66.

Peters, G. P. and E. G. Hertwich, 2009, "The Application of Multi-regional Input-output Analysis to Industrial Ecology", in Suh, S., ed., *Handbook of Input-output Economics in Industrial Ecology*, 848-863, Netherlands: Springer Science+Business Media Press.

Peters, G. P., R. Andrew, and J. Lennox, 2011, "Constructing an Environmentally-extended

Multi-regional Input-output Table Using the GTAP Database", *Economic Systems Research*, 23: 131-152.

Rodrigues, J. and T. Domingos, 2008, "Consumer and Producer Environmental Responsibility: Comparing Two Approaches", *Ecological Economics*, 66: 533-546.

Rodrigues, J. F., T. M. Domingos, and A. P. Marques, 2010, *Carbon Responsibility and Embodied Emissions: Theory and Measurement*, London: Routledge.

Rodrigues, J., T. Domingos, S. Giljum, and F. Schneider, 2006, "Designing an Indicator of Environmental Responsibility", *Ecological Economics*, 59: 256-266.

Serrano, M. and E. Dietzenbacher, 2010, "Responsibility and Trade Emission Balances: An Evaluation of Approaches", *Ecological Economics*, 69: 2224-2232.

Shin, S., 1998, "Developing Country's Perspective on COP3 Development (Kyoto Protocol)", *Energy policy*, 26: 519-526.

UNEP, 2007, *Global Environment Outlook 4,* Nairobi: UNEP Regional Office for Africa Press.

UNFCCC, 1998, *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, Retrieved May 20, 2014, from: https://unfccc.int/resource/docs/con vkp/kpeng.pdf.

Vojnovic, I., 1995, "Intergenerational and Intragenerational Equity Requirements for Sustainability", *Environmental Conservation*, 22: 223-228.

Whalley, J. and S. Walsh, 2009, "Bringing the Copenhagen Global Climate Change Negotiations to Conclusion", *CESifo Economic Studies*, 55: 255-285.

Zhou, X., X. Liu, and S. Kojima, 2010, *Carbon Emissions Embodied in International Trade: An Assessment from the Asian Perspective*, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.

A Cross-Country Comparison of Responsibility Sharing in International Carbon Emissions

Shih-Mo Lin[*], Hau-Chiuan Yang[**], and Jin-Xu Lin[***]

Abstract

Responsibility sharing in international carbon emissions has been a hot and controversial issue in recent days. This paper applies the World Input-Output Database (WIOD) developed by the European Union to compute the share of responsibility of carbon dioxide emissions for 41 countries based on five responsibility-sharing principles, over the period of 1995-2009. Our results show that developed countries will benefit most under the principle proposed by Zhou *et al*. (2010), while newly-developed countries will favor the sharing principle by Marques *et al*. (2012), which accounts the shared responsibility based on the income being received from trade. For Taiwan, the most favorable one will be that based on consumption of goods and services. Conversely, it will be responsible for more emissions under the income-based principle. This implies that Taiwan not only needs to improve its energy efficiency effectively

---

[*] Professor, Department of International Business and Director, Center for Applied Economic Modeling, Chung Yuan Christian University. Corresponding Author. Tel: +886-3-265-5207. Email: shihmolin@gmail.com.

[**] Assistant Researcher, Center of Energy Economics and Strategy Research, Institute of Nuclear Energy Research, Atomic Energy Council, Taiwan.

[***] Associate Professor, Department of International Business, Chung Yuan Christian University.

DOI: 10.3966/054696002017060101003

to reduce the emissions from production, but also needs to adjust its area mix of exports to avoid the added responsibility from exporting. We also find that the income-based principle proposed by Marques et al. (2012) is relatively fair and efficient as compared to other principles. Under the principle, developed countries will have the incentive to move their production to places having less environmental impacts. Newly-developed countries will also have the motive to reduce their products' carbon intensity, while countries pursuing clean production technologies will have more opportunities in choosing trading partners.

Keywords: Multi-regional Input-output Analysis, World Input-output Table, Shared Emission Responsibility

JEL Classification: C67, Q54, Q56