

# 嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

計畫編號：CNEM94-05

計畫名稱：產業能源、經濟與環境永續決策支援系統之建立  
與應用

執行期間：94年1月1日至94年12月31日

整合型計畫

個別型計畫

計畫總主持人：

計畫主持人：張翊峰

子計畫主持人：

中華民國 94 年 12 月 31 日

## 摘要

本研究以投入產出結構因素分析方法探討 1996~2001 年間台灣地區產業的 CO<sub>2</sub> 排放量變動趨勢及其組成效果，藉以研判產業發展過程中 CO<sub>2</sub> 排放的特性及關鍵因素，期作為未來產業因應 CO<sub>2</sub> 減量策略之參考。本研究將造成 CO<sub>2</sub> 排放量變動的因素歸納成九項，包括：(1) 產業能源直接係數、(2) 能源排放係數、(3) 各能源排放替代、(4) 中間投入國產率變化、(5) 中間投入結構變化、(6) 國內最終需求成長、(7) 國內最終需求結構變動、(8) 出口成長、(9) 出口結構變化。研究結果顯示，在 1991~1996 年間，CO<sub>2</sub> 排放增量為 39,745 公噸，國內最終需求及出口成長皆為增量主要因素，而能源直接係數及產業中間投入結構兩項因素皆有助於 CO<sub>2</sub> 減量，顯示此期間產業節約能源及產業結構改善皆有相當的成效；1996~2001 年間，CO<sub>2</sub> 排放增量為 50,748 公噸，出口成長及國內最終需求成長為最主要增量因素，此外，國內最終需求結構變化、產業中間投入結構變化及出口結構變化皆呈現減量效果，顯示這五年間，國內產業最終需求結構有朝向低能源消耗之趨勢。本研究建議相關單位應積極改善能源密集度，降低耗能產業之比例與投資，加強節能與提高能源使用效率，降低對化石燃料之依賴度，並加強推動再生能源之使用率，以因應京都議定書未來對台灣產業所帶來之衝擊。

## ABSTRACT

Carbon dioxide emission in Taiwan is a serious problem that demands continuous efforts of policy makers. By decomposing the changes in CO<sub>2</sub> emission into nine factors for the periods 1991 – 1996 and 1996-2001, the input-output structural decomposition method can identify key factors of CO<sub>2</sub> emission changes and important trends regarding the industrial development process in Taiwan. Among the decomposed nine factors, the industrial energy coefficient and CO<sub>2</sub> emission factor are most important for the determination of the highway, steel and iron, cement, and petrochemical industries as the major sources of increased CO<sub>2</sub> emission in the past 10 years. The five year increment with the largest increase of CO<sub>2</sub> emission was 1996-2001, due to the rapid increase of electricity emission. From 1991-2001, the level of domestic final demand and the level of exports were the largest contributors to the

increase in total increment of CO<sub>2</sub> change. During 1996-2001, the industrial energy coefficient and CO<sub>2</sub> emission factor, which were of minimal significance

during 1991-1996, became extremely important, joining the domestic final demand and the level of exports factors as the major causes of the increased increment. This indicates a heavy reliance upon high energy and CO<sub>2</sub> intensity for Taiwan's industries; therefore, continuous efforts to improve energy intensity and fuel mix toward lower carbon are important for CO<sub>2</sub> reduction, especially for electricity and power generation. Relevant strategies for reducing CO<sub>2</sub> emissions from major industries are also highlighted.

## 一、前言

京都議定書已於2005年2月15日正式生效，如何因應溫室氣體減量策略已成為全球經貿與環境議題的重要焦點。我國雖非京都議定書締約國，目前亦不是第一階段被規範的國家。然而，我國溫室氣體排放量約佔全球總量的1%，在全球排名第22位，這樣的排放量及每年平均6.2%的成長率，很有可能被列為下一波要求減量的對象。為積極準備未來對外的談判籌碼及因應京都會議後國際的溫室氣體管制，我國於1997年已組成跨部會之「國家永續發展委員會」，協助推動各部會研擬因應策略，2005年經濟部能源局於6月20、21日亦舉辦「全國能源會議」，以因應後京都議定書之溫室氣體減量規劃。由於全球CO<sub>2</sub>的排放量約佔溫室氣體總量的55%，且其與產業製程所需的化石燃料關係最為密切，已成為國際間控制溫室效應的主要減量對象。面對未來CO<sub>2</sub>減量的壓力，規劃台灣地區產業CO<sub>2</sub>減量工作及評估重要產業部門的減量潛力亦刻不容緩。本研究利用投入產出結構因素分析方法探討1996~2001年間台灣地區產業的CO<sub>2</sub>排放量變動趨勢及其組成效果，藉以研判產業發展過程中CO<sub>2</sub>排放的特性及關鍵因素，以作為未來國內產業CO<sub>2</sub>減量政策與相關策略之參考。

## 二、研究方法

投入產出結構因素分析(Input-output structural decomposition analysis)方法常用於探討能源消費相關之研究分析<sup>(1~5)</sup>，近年來亦應用在環境相關的研究分析<sup>(6~8)</sup>。本研究主要目的為探討台灣地區於1991~2001年間，以5年為區隔探討整體產業CO<sub>2</sub>排放變動組成因素分析，並進一步分析各項因素的產業變動效果，以研提相關的策略建議。研究方法的詳細過程如下列所示：

由投入產出分析得知，總產值可以由下式表示：

$$X = (I - D)^{-1}Y \quad (1)$$

其中，X 為國內生產總值向量(n\*1)

$(I-D)^{-1}$  為里昂提夫逆矩陣(n\*n)，以國內交易表(D)為基礎。

Y 為最終需求向量(n\*1)

n=1~34 個產業

又已知，

E=能源投入量／國內生產總值，為能源直接係數向量(1\*n)

P=CO<sub>2</sub> 排放量／能源消費總量，為 CO<sub>2</sub> 排放係數向量(1\*n)

故產業總 CO<sub>2</sub> 排放量(PE)可以下式表示：

$$\underline{PE} = E \hat{P} X = E \hat{P} (I - D)^{-1} Y \quad (2)$$

其中， $\hat{P}$  為產業的 CO<sub>2</sub> 密集度對角矩陣(n\*n)

根據因素分析方法，前後兩期 CO<sub>2</sub> 排放量差異可以表示為

$$\Delta \underline{PE} = E_t \hat{P}_t (I - D_t)^{-1} Y_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} \quad (3)$$

$$= E_t \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} \quad ①$$

$$+ E_{t-1} \hat{P}_t (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} \quad ②$$

$$+ E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_t)^{-1} Y_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} \quad ③$$

$$+ E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} \quad ④$$

$$+ \text{join effects (交叉效果)} \quad ⑤$$

其中，第①項可表示各產業能源直接係數變化造成 CO<sub>2</sub> 排放量變動的效果

第②項可表示各產業能源的 CO<sub>2</sub> 排放係數變化造成污染物排放量變動的效果

第③項可表示中間投入變化造成 CO<sub>2</sub> 排放量變動的效果

第④項可表示各產業最終需求變化造成 CO<sub>2</sub> 排放量變動的效果

第⑤項可表示上述因素兩個或兩個以上同時變動時的交叉效果總和

t 代表產業當期，t-1 為前期

考量 CO<sub>2</sub> 排放量分別由電力、煤及其產品、油及其產品、天然氣等四項能源最終消費所產生，故 CO<sub>2</sub> 排放係數可表示為

$$P_t = \sum_{i=1}^m P_{it}, \quad (i=\text{電、煤、油、氣})$$

今定義

$$P_{i^{t(t-1)}} = P_t \frac{\sum_{i=1}^m P_{i(t-1)}}{\sum_{i=1}^m P_{it}} \quad (4)$$

(4)式代表各產業*i*能源的CO<sub>2</sub>排放係數維持在*t*年，但總量與*t-1*年相同。

則第②項可以繼續再分解為

$$E_{t-1} \hat{P}_t (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} \quad \textcircled{2}$$

$$= E_{t-1} \hat{P}_t (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} - E_{t-1} \hat{P}^{t(t-1)} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} \quad \textcircled{2-1}$$

$$+ E_{t-1} \hat{P}^{t(t-1)} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} \quad \textcircled{2-2}$$

其中，②-1 式代表各產業各能源 CO<sub>2</sub> 排放係數前後兩期結構維持不變，但總量變化所導致 CO<sub>2</sub> 排放量的改變，意即代表能源排放係數變化（量）所引起的 CO<sub>2</sub> 排放量的改變。

②-2 式代表各能源的 CO<sub>2</sub> 排放之替代效果，即在前後兩期的能源排放係數總量不變下，但能源結構的改變致使 CO<sub>2</sub> 排放的結構產生差異，其中總效果為零。

此外，又已知  $D = mA$  即  $d_{ij} = m_{ij} * a_{ij}$

其中，*D* 為國產品投入係數表， $d_{ij}$  為國產品中間投入係數值

*m* 為產業中間投入中國內產出的比例， $m_{ij}$  為其比例值

*A* 為生產者價格投入係數表(含進口品)， $a_{ij}$  為中間投入係數值

則第③項可再進一步分解為

$$E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_t)^{-1} Y_{t-1} - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} \quad \textcircled{3}$$

$$= E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - mA_t)^{-1} Y_{t-1} - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - m_{t-1} A_t)^{-1} Y_{t-1} \quad \textcircled{3-1}$$

$$+ E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - m_{t-1} A_t)^{-1} Y_{t-1} - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - m_{t-1} A_{t-1})^{-1} Y_{t-1} \quad \textcircled{3-2}$$

其中，③-1 式代表各產業中間投入國產比例變化效果，即代表中間投入產品由國內產出的比例變動所造成 CO<sub>2</sub> 排放量變動效果。

③-2 式代表產業中間投入結構變化效果，意即各產業向後關聯（代表可帶動下游產業發展之強度）變動所引起的 CO<sub>2</sub> 排放量變化效果。

同樣，今定義

$$Y^{t(t-1)} = Y_t \frac{\sum_{i=1}^n Y_{(t-1)}}{\sum_{i=1}^n Y_i}, i=1\sim 34 \text{ 個產業(5)}$$

(5)式代表各產業最終需求結構維持在 t 年，但最終需求總量與 t-1 年相同。

又已知最終需求 Y 可表示為國內最終需求加上出口，即  $Y=Q+S$

其中，Q 為國內最終需求，S 代表出口

則第④項可再分解為

$$E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1} \text{ ④}$$

$$= E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Q_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Q^{(t-1)} \text{ ④-1}$$

$$+ E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Q^{(t-1)} - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Q_{t-1} \text{ ④-2}$$

$$+ E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} S_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} S^{(t-1)} \text{ ④-3}$$

$$+ E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} S^{(t-1)} - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} S_{t-1} \text{ ④-4}$$

其中，④-1 式為產業國內最終需求成長所造成的 CO<sub>2</sub> 排放量變化效果。

④-2 式為產業國內最終需求結構變化所引起的 CO<sub>2</sub> 排放量變化。

④-3 式為產業出口成長所造成的 CO<sub>2</sub> 排放量變化效果。

④-4 式為產業出口結構變化所引起的 CO<sub>2</sub> 排放量變化。

綜上所述，則各項引起 CO<sub>2</sub> 排放量變動因素包括產業能源直接係數[式①]、CO<sub>2</sub> 排放係數[式②-1]、能源 CO<sub>2</sub> 排放替代[式②-2]、中間投入國產率變化[式③-1]、中間投入結構變化[式③-2]、國內最終需求成長[式④-1]、國內最終需求結構變動[式④-2]、出口成長[式④-3]、出口結構變動[式④-4]等 9 項個別因素及總和交叉效果因素，

### 三、結果與討論

表 1 為 1996~2001 年台灣地區二氧化碳排放結構因素分析，此段期間 CO<sub>2</sub> 排放增量達 50,748 千公噸，其中以電力排放增加 34,823 千公噸最高，其次為煤品的 9,116 千公噸、油品的 7,515 千公噸，而天然氣則呈減量效應（706 千公噸）。根據整體結構因素分析，出口成長為最主要的增量因素，其次為國內最終需求成長，主要為耗油及耗電產業成長所致，而能源排放係數及能源直接係數亦有相當可觀的增量，顯示這段期間能源效益惡化十分嚴重，主因為電力部門排放係數增

加，造成耗電產業成長所形成之 CO<sub>2</sub> 增量效果。

### (1) 產業 CO<sub>2</sub> 排放量變化

就產業排放而言，表 1 顯示 2001 年路上運輸為主要 CO<sub>2</sub> 排放源，其次包括鋼鐵、石化原料、商品買賣、其他服務及電機業等，而在 1996~2001 年間排放增量較大的產業包括石化原料業、鋼鐵業、電機業、商品買賣及路上運輸，上述產業為造成 CO<sub>2</sub> 增量的最主要排放源，其中石化原料業在這五年間 CO<sub>2</sub> 排放量增加接近 4.2 倍，主要因為台塑公司第六輕油裂解廠於 1999 年完工加入運作所造成。鋼鐵業則因於 1997 年完成第四期擴建計畫，鋼鐵產量大幅增加所造成的顯著增量效果。值得注意的是，石化原料業與路上運輸在 2001 年油品用量佔台灣地區產業油品總需求量的 57.3%，鋼鐵業煤品用量佔煤品需求量的 58.7%，上述三個產業的 CO<sub>2</sub> 排放量佔 2001 年產業排放量的 38.1%，這五年間 CO<sub>2</sub> 增量佔全部增量的 52.1%，顯示石化原料業、路上運輸及鋼鐵業與台灣地區 CO<sub>2</sub> 的排放具有極為顯著的關聯，應列為主要排放源減量的對象。另外，由於近年來台灣產業逐漸轉型為商品買賣與服務業，使上述兩個產業規模快速擴增，亦為未來減量不可忽視之對象。

### (2) 能源直接係數因素

表 1 顯示能源直接係數(能源耗量÷國內生產總值)因素造成這五年間 CO<sub>2</sub> 增量效果為 13,130 千公噸，主要為耗電及耗煤產業的排放量增加，造成能源效益之惡化。就產業而言，表 5 顯示 2001 年台灣地區整體產業能源直接係數為 2.65 千萬千卡/百萬元，較 1996 年微幅上升 0.01，其中石化原料、陸上運輸、水泥、鋼鐵、其他化工原料及人造纖維業的能源直接係數皆超過 10，顯示上述產業為典型之高耗能產業，反觀營造工程、其他服務、印刷、倉儲通信業、塑膠製品、運輸工具及電機業則有較低的能源直接係數，就能源效益觀點而言，這些產業可鼓勵擴充發展，尤其值得注意的是，人造纖維業能源係數由民國 70 年的 4.0、75 年的 4.3、80 年的 6.2、85 年的 7.4 及 90 年的 10.4 千萬千卡/百萬元，持續大幅增加，故宜加強人纖業的節能措施及提高其產品產值。

### (3) 能源 CO<sub>2</sub> 排放係數

CO<sub>2</sub> 排放係數(CO<sub>2</sub> 排放量/能源總消費量)為 1996~2001 年間主要增量因素之一，表 1 顯示增量效果達 14,141 千公噸，其中電力排放量增加幅度最大，顯示電力耗用及電力排放係數在這段期間有增加的趨勢。就產業而言，表 1 顯示

2001 年整體產業能源 CO<sub>2</sub> 排放係數為 3.80 噸/千萬千卡，相較 1996 年微幅增加 0.22 噸/千萬千卡，排放係數較高的產業包括電力供應、自來水業、倉儲通信、煤製品、塑膠原料、木竹製品及人造纖維業，上述產業多屬高耗電型產業，而由於電力排放係數從 1996 年的 6.19 公噸 CO<sub>2</sub>/千萬千卡大幅增加至 2001 年 7.36 公噸/千萬千卡，故造成上述產業本項因素效益不佳，由此可知這段期間燃煤發電佔總發電力之比重升高，顯示未來電廠需增加天然氣/非化石燃料的使用率及提高發電的效率，以減少台灣地區電力業 CO<sub>2</sub> 排放。

#### (4) 中間投入自產率因素

中間投入自產率因素可視為生產部門的原料進口替代效果，當自產率越低，代表生產過程中原料的進口比率越高。表 1 顯示中間投入自產率因素為 2,989 千公噸，代表因產業中間投入的自產比率增加使 CO<sub>2</sub> 排放增加，其中進口增量較高的多集中在耗油及耗電性產業。表 1 顯示國內中間投入總自產率在 2001 年為 71.8%，較 1996 年間微幅下降 1.5%，但由於高向前關聯（代表可支持上游產業發展之強度）的產業如油氣煉製、石化原料及塑膠原料等產業自產率皆增加，故本項因素仍呈增量效應，而塑膠原料業及人造纖維業在 1996~2001 年間自產率分別增加 14.4% 及 8.7%，顯示因台塑六輕投產後，國內相關石化產業自產比率大幅增加。此外，水泥業在 2001 年能源直接係數位居總產業的第 3 位，但自產率在 2001 年仍高達 87.7%，排序為所有產業第 4 位，顯示水泥原料應可增加進口比例，將有助於 CO<sub>2</sub> 減量及提升產業之能源效益。

#### (5) 中間投入結構因素

表 1 顯示產業中間投入結構因素減量效果約為 6,991 千公噸，為所有減量因素之首位，顯示 1996~2001 年間臺灣地區產業技術結構有朝向低耗能或高能源效益產業發產的趨勢，本項因素為產業向後關聯所引起的變化效果，各產業向後關聯的總和可代表產業的向後關聯度，其值越高者代表產業中間投入越高，亦即該產業生產所需耗用的中間產品價值越大，具有帶動整體產業發展的效果。

#### (6) 國內最終需求因素

國內最終需求可分為需求成長及需求結構變化兩項因素，其中國內最終需求成長為重要的 CO<sub>2</sub> 增量因素。表 1 顯示增量效果高達 14,794 千公噸，其中耗油產業約佔增量效果的 42.7%，顯示臺灣地區對內需要仍以石油產品為主。表 5 顯示 2001 年臺灣地區最終需要較高的產業包括其他服務業、商品買賣、營造工



程、食品菸酒及電機業等，上述產業若以國內最終需要的型態分類，其中商品買賣及食品菸酒大多為家計消費所需，其他服務業則包括家計及政府消費兩方面，電機業多消費於家計及固定資本形成兩項，而營造工程皆用於固定資本形成。另一方面，2001 年間整體產業國內最終需求較 1996 年增加約 20.7%，增量最高的前 3 個產業包括其他服務、營造工程及倉儲通信業，皆為內需型產業，原因為此時段國內經濟成長大致良好，國人購買力增加所致。另外，表 1 顯示需求結構變化因素減量為 6,835 千公噸，顯示國內最終需求結構有朝向能源效益較佳的產業(如其他服務及商品買賣業等)之趨勢。

#### (7) 出口因素

出口亦可分為出口成長及出口結構兩項因素，表 1 顯示出口成長造成的 CO<sub>2</sub> 增量為 21,242 千公噸，為最重要的增量因素。表 1 顯示在 2001 年台灣地區出口產值最高的前五個產業包括電機業、商品買賣、紡織成衣業、機械業及其他服務業，上述這五個產業輸出總值佔總輸出的 65.9%，為帶動台灣經濟發展最主要的產業；而在 1996~2001 年間，產業出口成長幅度高達 31.3%，其中電機業及機械業成長量佔總增量的 67.3%，顯示台灣產業出口結構已逐漸由以往的勞力密集產業(如紡織、製衣及皮革業等)導向技術密集的產業(電子產品、電機及機械業等)，表 1 中出口結構因素為減量 4,789 千公噸，顯示在 1996~2001 年間出口結構已逐漸朝向高能源效益之產業發展。

### 四、結論與建議

本研究結果顯示石化原料業、路上運輸及鋼鐵業與國內產業 CO<sub>2</sub> 的排放具有相當顯著的關聯，未來應列為 CO<sub>2</sub> 主要減量的對象，其中石化原料業由於耗油量龐大，宜由改善製程能源利用及加強節能管理著手，以提升能源使用效益。路上運輸應朝鼓勵大眾運輸、汰換老舊車輛及使用清淨燃料(如電動車及瓦斯車)等方面著手；鋼鐵業宜加強改善製程，增加電弧爐比例及提高煤炭使用效率等方向努力。人造纖維業由於能源效益持續惡化，故未來宜加強產業的節能措施及提高其產品產值。水泥業目前生產過程中原料自產率相當高，未來須考慮增加進口比例，或鼓勵國外設廠生產回銷國內，將有助於減少整體的 CO<sub>2</sub> 排放量。此外，由於能源使用中以電力排放增量最高，顯示國內電力部門在未來擴充機組時，宜

增加非化石燃料/天然氣的使用比例及提高發電效率，以有效降低總體 CO<sub>2</sub> 的排放。京都議定書通過後，氣候變遷為目前全球最關注的環境問題，此外國際趨勢亦顯示，朝向低耗能、低污染及高附加價值的產業發展為各國努力的方向，為順應國際情勢及提昇台灣產業之能源與環境效益，產業升級與能源結構調整亦不容遲疑，且應加強科技研究與國際合作，研擬相關政策與促進資訊與技術交流，以加速保守產業科技及綠色能源研發。此外，選擇合理的經濟誘因，鼓勵產業界主動參與自願減量計畫配合相關措施之推動，皆是未來促進二氧化碳減量的重要途徑。

## 參考文獻

1. Gould, B. and S. Kulshreshtha(1986), "An interindustry analysis of structural change and energy use linkage in the Saskatchewan economy," *Energy Economics* 8, pp.186-196,.
2. Rose, A. and C.Y. Chen(1991), "Sources of change in energy use in the U.S. economy, 1972-1982," *Resources and Energy* 13, pp.1-21.
3. Park, S.(1992), "Decomposition of Industrial Energy Consumption -An Alternative Method", *Energy Economics* 14, pp.265~270.
4. Han, X. and T.K. Lakshmanan(1994), "Structural Changes and Energy Consumption in the Japanese Economy 1975-85: An Input-Output Analysis," *The Energy Journal*, 15(3), pp.165-188.
5. C. Y. Chen, R. H.Wu(1994), "Sources of change in industrial electricity use in the Taiwan economy, 1976-86." *Energy Economics* 16(2), pp.115-120.
6. Yih F. Chang, Sue J. Lin(1998), "Structural Decomposition of Industrial CO<sub>2</sub> Emission in Taiwan: An Input-Output Approach", *Energy Policy*, v26, no.1, pp.5-12.
7. C.F. Lee, Sun J. Lin(2001). "Structural decomposition of CO<sub>2</sub> emissions from Taiwan's petrochemical industries." *Energy Policy* 29, pp.237-247.
8. Nobuko Yabe(2004). "An analysis of CO<sub>2</sub> emissions of Japanese industries during the period between 1985 and 1995." *Energy Policy* 32, pp.595-610.
9. 行政院主計處(1995),「1991年台灣地區產業關聯表(150部門)」。
10. 行政院主計處(2000),「1996年台灣地區產業關聯表(160部門)」。
11. 行政院主計處(2005),「2001年台灣地區產業關聯表(162部門)」。
12. 經濟部能源委員會,「2002年台灣能源平衡表」, 2003。
13. 楊任徵, 蔡政修,「我國能源有關溫室氣體排放統計(2000年4月更新)」, 工業技術研究院能源與資源研究所, 2000。

表 1 1996~2001 年能源消費二氧化碳排放結構因素分析

單位：千公噸

因素別	能源別	電力排放	煤品排放	油品排放	天然氣排放	總排放
1.能源直接係數因素		7,321	6,285	278	-753	13,130
2.能源 CO <sub>2</sub> 排放係數因素		8,416	1,969	3,476	281	14,141
3.能源排放係數替代因素		5,713	-383	-4,201	-1,128	0
4.中間投入國產率變化因素		901	590	1,440	58	2,989
5.中間投入結構變化因素		-1,098	-4,370	-982	270	-6,991
6.國內最終需求成長因素		5,737	2,269	6,329	459	14,794
7.國內最終需求結構變化因素		-1,647	2,660	-2,593	65	-6,835
8.出口成長因素		8,422	3,494	8,799	527	21,242
9.出口結構變化因素		-1,434	-302	-3,064	12	-4,789
10.總和交叉效果 joint effects		3,304	2,227	-1,967	-496	3,068
產業變化總效果(千公噸)		34,823	9,116	7,515	-706	50,748

