

以投入產出結構因素分析與產業關聯分析探討台灣產業二氧化碳排放變動趨勢

張翊峰^{1*} 李孫榮² 張家鳳³ 王志賓²

¹嘉南藥理科技大學溫泉產業研究所

²嘉南藥理科技大學環境工程與科學系

³嘉南藥理科技大學生態工程技術研發中心

摘要

本研究將造成二氧化碳排放量變動的因素歸納有九項，包括：產業能源直接係數、能源排放係數、各能源排放替代、中間投入國產率變化、中間投入結構變化、國內最終需求成長、國內最終需求結構變動、出口成長、出口結構變化。研究結果顯示，80年至85年間二氧化碳排放增量為48,992千公噸，出口成長為最主要增量因素，其次為國內最終需求成長，能源直接係數變化、能源排放係數總量、產業中間投入國產率變化、產業中間投入結構變化、國內最終需求結構變化及出口結構變化因素，皆呈現減量效果。85年至90年間，二氧化碳排放增量為64,251千公噸，相較前五年有顯著增加趨勢，能源需求為帶動增量的主流，其次，排放增量的第二位為出口成長因素，而產業中間投入結構變化、最終需求結構變化以及出口結構變化皆為減量的主要因素。90年至95年間，二氧化碳排放增量為41,561千公噸，出口成長為主要增量因素，其次為產業中間投入國產率變化，而能源直接係數變化、產業中間投入結構變化及國內最終需求結構變化三項因素皆為減量主要因素。

關鍵字：投入產出結構因素分析，產業關聯分析，二氧化碳排放，能源排放係數

*通訊作者：嘉南藥理科技大學溫泉產業研究所

Tel: +886-6-2664911 轉 6151

Fax: +886-6-2662101

E-mail: yihfeng@mail.chna.edu.tw

壹、前言

根據聯合國政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)2007年發佈的第四份氣候變化評估報告指出，人類活動是造成全球氣候逐漸變暖的主要原因(可能性超過90%)。這些人類活動特別是工業生產中燃燒化石燃料排放的水蒸氣(H₂O)、臭氧(O₃)、二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氟氯碳化物(CFCs)、氧化亞氮(N₂O)、六氟化硫(SF₆)、全氟碳化物(PFCs)、氫氟碳化物(HFCs)等易吸收長波輻射，

能將陽光帶來的部分熱量和地表釋放的部分熱量截留在地球大氣中的溫室氣體(Greenhouse Gases, GHG)，當濃度不斷上升會使地球整體保留的熱能增加。尤其是當中的二氧化碳，一旦排放到大氣中，少則50年，最長約200年都不會消失。多數發達國家的溫室氣體排放量遠遠高於世界平均水準，即使在今天，佔世界人口約22%的發達國家仍消耗著全球70%以上的能源，排放50%以上的溫室氣體。因此，發達國家對氣候變化負有不可推



卸的主要責任。台灣屬於面臨全球氣候變遷過程中最具脆弱性的類型。依據現有的海平面上升速度，台灣的國土面積勢將受到衝擊。除了生存的威脅外，對台灣而言，若不能參與聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)所建構的京都機制，將導致台灣產業失去國際競爭力。我國為因應聯合國氣候變化綱要公約國大會在1997年12月初通過的京都議定書中的溫室氣體排放減量目標及相關期程，於1998年1月由行政院蕭院長宣佈，要參與對抗地球溫暖化行動，並於5月舉辦「全國能源會議」，就「氣候變化綱要公約發展趨勢及因應策略」、「能源政策與能源結構調整」、「產業政策與產業結構調整」、「能源效率提升與能源科技發展」及「能源政策工具」五項議題進行深入探討，並達成多項具體共識，集合全國專家學者商討控制溫室氣體的相關策略。會中決定積極推動節約能源及利用再生能源，希望能達到年節約能源1.2%和再生能源佔總能源3%的目標，並每四年檢討一次，以便利用政策工具調整產業結構從而控制溫室氣體排放。自2008年政府團隊已經將節能減碳與因應氣候變遷納入了施政的主軸，並在外交空間上盡力的尋求國際的支持，在海峽兩岸事務上則主動的開啓務實且建設性的對話。2009年初，聯合國各會員國家首次通過邀請台灣政府以觀察員身分正式參與「世界衛生大會(World Health Assembly, WHA)」。同年9月21日台灣正式對外宣布決定爭取有意義參與聯合國專門機構，並以UNFCCC為優先推動目標。現階段政府各相關部會已列為優先推動之重點工作，研擬具體步驟與作法，並洽請國際支持。期能結合各界力量，共同推動台灣參與UNFCCC，實質提升台灣的國際參與及貢獻。

貳、研究方法

一、投入產出分析法

投入產出分析法根據生產理論「原料投入」與「產品產出」關係建立，以探討經濟體系各產業投入與產出的相互關係。

投入產出法可用於分析經濟體系各產業間關聯效應及乘數效果，探討分析各產業部門間生產與

消費之關係。表1為投入產出法之基本架構，本表主要可分為技術交易矩陣(X_{ij})、原始投入矩陣(O_j)、最終需求矩陣(F_i)、總投入(X_j)或總產出(X_i)矩陣及總需求矩陣(T_i)五部分。原始投入顯示各產業對國內生產毛額或國民所得之相對貢獻及國內生產毛額的來源與分配；中間投入顯示整經濟體系各部門各種財貨與勞力來源與去路及各種產業部門生產技術上比例關係；最終需求則呈現出民間與政府部門在經濟結構上的消費、投資與輸出關係(林素貞等，1997)。

$a_{ij} = x_{ij} / X_j$ 投入產出係數又稱技術係數代表j產業每單位產值(元)，所需直接向i產業購買的投入額。故依均衡理論，則投入產出表的橫列關係可由下式表示：

$$[W_i] + [F_i] = [P_i] + [X_i] = [T_i] \tag{1}$$

將式(1)進行演算可得式(2)

$$X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + F_i - P_i \tag{2}$$

將式(2)以矩陣表示，可得式(3)及式(4)

$$X = AX + (F - P) \tag{3}$$

$$X = (I - A)^{-1} (F - P) = B(F - P) \tag{4}$$

其中，X為n-1的總產出向量；A為nxn的技術矩陣；F為nx1的最終需求向量(含進口品)；P為nx1的輸入向量；I為nxn的單位矩陣；B=[b_{ij}]為nxn之(I-A)⁻¹矩陣，b_{ij}為矩陣中的元素。式(4)為考慮國外輸入品投入時的情形，其中(I-A)⁻¹稱為李昂提夫逆矩陣，或稱產業關聯矩陣，矩陣中的原素 b_{ij} 表示生產第j產業一單位最終需求(元)時，對i產業的總需求影響，此值包含直接需求與間接需求所引起的波及效果，故其每一係數(b_{ij})均大於其對應的直接投入係數(a_{ij})。故本研究僅考慮國內生產的產品所造成能源消耗與污染排放之影響，故簡化為X=(I-D)⁻¹Fd，其中，D為nxn的國產品投入係數矩陣；Fd為nx1的不含進口品的最終需求向。

二、產業關聯分析法

某一產業增產時對其他產業產生雙重影響；其一影響促進產業作為原料投入的其他產業生產部門的增產，此種生產與其產品被用成中間需求原料使用的部門間關係稱為向前關聯(Forward Linkage)



表1 投入產出基本表格

	中間需求 產業 1 ... j ... n	中間 需要 合計	最終需要							最終 需要 合計	總 需要 = 總 供給	供給	
			家 計 消 費	政 府 消 費	固 定 支 本 形 成	存 貨 變 動	海 關 輸 出	非 海 關 輸 出	輸 入			國 內 生 產	
中間 投入 業	1	$X_{11} \dots X_{1j} \dots X_{1n}$	W_1	H_1	G_1	B_1	S_1	E_1	N_1	F_1	T_1	P_1	X_1

	i	$X_{i1} \dots X_{ij} \dots X_{in}$	W_i	H_i	G_i	B_i	S_i	E_i	N_i	F_i	T_i	P_i	X_i

n	$X_{n1} \dots X_{nj} \dots X_{nn}$	W_n	H_n	G_n	B_n	S_n	E_n	N_n	F_n	T_n	P_n	X_n	
中間投入 合計	$Y_1 \quad Y_j \quad Y_n$	W_t	H_t	G_t	B_t	S_t	E_t	N_t	F_t	T_t			
原始投入	$O_1 \quad O_j \quad O_n$	O	H	G	B	S	E	N	F	T			
總投入	$X_1 \quad X_j \quad X_n$	X	H	G	B	S	E	N	F				

- X_{ij} : 第 i 產業對第 j 產業的投入總額
- Y_j : 所有產業對第 j 產業的投入總額
- O_j : 第 j 產業的原始投入總額
- O : 所有產業的原始投入總額
- X_i : 第 i 產業的產出總額
- X_j : 第 j 產業的產出總額
- X : 所有產業之國內生產總值
- P_i : 第 i 產業的輸入總額
- W_i : 第 i 產業投入的中間需要總額
- $H_i, G_i, B_i, S_i, E_i, N_i$: 第 i 產業對各最終需要項目之投入總額
- $H_t, G_t, B_t, S_t, E_t, N_t$: 所有產業對各最終需要項目之投入總額
- H, G, B, S, E, N : 各最終需要項目之原始投入總額
- H, G, B, S, E, N : 各最終需要項目之投入總額
- F_i : 第 i 產業投入之最終需要總額
- F_t : 所有產業投入之最終需要總額
- F : 所有最終需要項目原始投入總額
- F : 所有最終需要項目投入總額
- T_i : 第 i 產業總需要(=總供給)
- T_t : 中間投入總需要
- T : 原始投入總需要
- P : 所有產業之輸入總額
- W_j : 第 j 產業投入的中間需要總額

$$(BL_j = \sum_{i=1}^n b_{ij}), \text{ 代表 } j \text{ 產業的向後關聯度。}$$

；另一影響為某產業增產時，其中間需求增加帶動相關原料供應增產，此種生產與原料供應部門間關係稱為向後關聯(Backward Linkage)。

直接關聯效果可由投入係數矩陣中的元素表示，李昂提夫逆矩陣(Leontief Inverse Matrix)包括直接與間接效果。以李昂提夫逆矩陣之橫列而言，當所有產業最終需求變動一單位時，該橫列i產業

$$\text{供給各產業直接及間接的變動量}(FL_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}),$$

代表i產業的向前關聯度。以李昂提夫逆矩陣之縱列來看，表示j產業最終需求增加或減少一單位，

各產業所需配合生產的變動量

三、投入產出結構因素分析法

投入產出結構因素分析方法常用於探討能源消費相關之研究，本研究探討台灣地區整體產業二氧化碳排放變動組成因素分析，並分析各項因素的產業變動效果，以研提相關的策略建議。

引起二氧化碳排放量變動因素包括產業能源直接係數、二氧化碳排放係數、能源二氧化碳排放替代、中間投入國產率變化、中間投入結構變化、國內最終需求成長、國內最終需求結構變動、出口成長、出口結構變動等9項個別因素及總和交叉效果因素。各項引起二氧化碳排放量變動因素整理如表2所示。



表2 二氧化碳排放量結構變動因素及其計算式

排放量變動因素	計算式
二氧化碳排放量變化	$E_t \hat{P}_t (I - D_t)^{-1} Y_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1}$
能源直接係數	$E_t \hat{P}_t (I - D_t)^{-1} Y_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1}$
能源的二氧化碳排放係數	$E_t \hat{P}_t (I - D_t)^{-1} Y_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1}$
各能源二氧化碳排放替代	$E_t \hat{P}_t^{(t-1)} (I - D_t)^{-1} Y_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Y_{t-1}$
中間投入國產率變化	$E_t \hat{P}_t (I - m_t A_t)^{-1} Y_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - m_{t-1} A_{t-1})^{-1} Y_{t-1}$
中間投入結構變化	$E_t \hat{P}_t (I - m_t A_t)^{-1} Y_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - m_{t-1} A_{t-1})^{-1} Y_{t-1}$
國內最終需求成長	$E_t \hat{P}_t (I - D_t)^{-1} Q_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Q_{t-1}$
國內最終需求結構變化	$E_t \hat{P}_t (I - D_t)^{-1} Q_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} Q_{t-1}$
產業出口成長	$E_t \hat{P}_t (I - D_t)^{-1} S_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} S_{t-1}$
產業出口結構變化	$E_t \hat{P}_t (I - D_t)^{-1} S_t - E_{t-1} \hat{P}_{t-1} (I - D_{t-1})^{-1} S_{t-1}$
交叉效果總和	上述因子兩個或兩個以上同時變動所引發的效果

$(I-D)^{-1}$ 為里昂提夫逆矩陣； Y 為最終需求向量； D 為國產品投入係數表； E =能源投入量/國內生產總值，為能源直接係數向量； t 代表產業當期； $t-1$ 為前期； P =二氧化碳排放量/能源消費總量，為二氧化碳排放係數向量；為產業的二氧化碳密集度對角矩陣； m 為產業中間投入中國內產出的比例； A 為生產者價格投入係數表； Q 為國內最終需求； S 代表出口。

四、資料來源與處理

本研究參考行政院主計處(2009)所編制之「中華民國行業標準分類」，將產業關聯表的分類合併成 35 個部門。產業經濟資料主要來自行政院主計處(1993, 1998, 2003, 2008, 2010)所編制之「台灣地區產業關聯表」中「生產者價格交易表」及「國產品交易表」，本研究所引用之產業關聯表包括 1991 與 1994 年之 150 部門、1996 與 1999 年之 160 部門、2001 年之 162 部門以及 2004 年 166 部門。本研究中所引用之能源投入資料主要來自經濟部能委會(2010)所編印之 1982 至 2009 年「台灣能源平衡表(新版)」中之「熱值單位」部份，並依產業進一步分析。二氧化碳排放量則依能源平衡表(2010)，以 IPCC 法推估國內石油化學產業民國 71 至 97 年間的二氧化碳排放量。

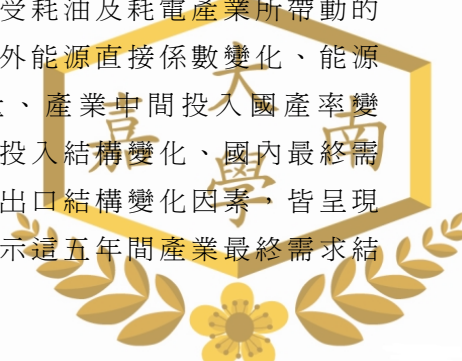
參、結果與討論

本研究主要目的在於利用投入產出結構因素分析方法探討 80~85 年、85~90 年、90~95 年間台灣地區產業二氧化碳排放量變動趨勢及其組成效果，並進一步分析各項因素的產業變動效果，藉以探討台灣產業發展過程二氧化碳排放的特性及關鍵因素，作為因應產業二氧化碳削減策略的參考。

一、二氧化碳排放結構因素分析

(一) 80~85 年結構因素分析

表 3 為 80 年至 85 年間台灣地區產業能源消費二氧化碳排放結構因素分析，此段期間二氧化碳排放量由 80 年的 124,938 千公噸增加為 85 年的 173,930 千公噸，增量達 48,992 千公噸，以能源別而言，油品的排放增量效果較大，同期間電力排放則呈下降，在整體結構方面，出口成長為最主要增量因素，其次為國內最終需求成長，這兩項因素主要受耗油及耗電產業所帶動的增量效果，此外能源直接係數變化、能源排放係數總量、產業中間投入國產率變化、產業中間投入結構變化、國內最終需求結構變化及出口結構變化因素，皆呈現減量效果，顯示這五年間產業最終需求結



構有朝向低耗能發展的趨勢，同樣的產業能源直接係數及能源二氧化碳排放係數兩項因素皆有不錯的減量效果，亦顯示產業能源效益在此五年間有獲得改善，而在能源排放係數替代方面，顯示煤品的排放量增加替代其他三種能源，主要受到這五年間耗煤產業(如鋼鐵業)成長快速所致。此外產業中間投入結構變化呈現減量效果，中間投入國產率變化呈增量效果，主要是受到中間投入石油產品依存度的提升。

(二) 85~90 年結構因素分析

表 4 顯示此期間二氧化碳排放量由 85 年的 173,930 千公噸增加為 90 年的 238,181 千公噸，二氧化碳排放增量達 64,251 千公噸，比起前一個時段成長 48,992 千公噸，其中以電力排放增量躍居為首位，其次為油品排放、煤品排放、天然氣排放，在整體結構方面，產業直接係數變化效果成長幅度最大，擴增所產生的二氧化碳增量幾乎佔總排放增量 40%，顯示這段期間內能源需求為帶動增量的主流，其次排放增量的第二位為出口成長因素，但增量效果約為能源直接排放係數變化成長的 88%，再者是能源二氧化碳排放係數之總量效果，主要受到這五年期間高二氧化碳排放的燃煤火力發電廠增加，所

導致電力排放係數的惡化，此外，產業中間投入結構變化、最終需求結構變化以及出口結構變化皆為減量的主要因素，主要受到中間投入石油產品的依存度下降及進口逐漸取代國產石化原料所致，而在能源排放係數替代方面，油品排放顯著下降，而由電力及天然氣所取代，顯示電力逐漸取代燃油成為產業能源消費的主流。

(三) 90~95 年結構因素分析

表 5 顯示此期間二氧化碳排放量由 90 年的 238,181 千公噸增加為 95 年的 279,742 千公噸，排放增量達 41,561 千公噸，其中以電力排放量 149,826 千公噸為最高，佔 53.56%，其次為油品排放量 96,536 千公噸、佔 34.51%煤品的 27,965 千公噸，佔 10.00%，三者合計共佔 98.04%，顯示國內產業能源在這段期間以消耗高二氧化碳排放之能源為主，在整體結構方面，出口成長為主要增量因素，總排放量為 100,279 千公噸，其次為產業中間投入國產率變化，總排放量為 45,503 千公噸。此外能源直接係數變化、產業中間投入結構變化及國內最終需求結構變化三項因素皆有助於二氧化碳減量，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。

表 3 民國 80 年至 85 年能源消費二氧化碳排放結構因素分析

變化效果	電力排放	煤品排放	油品排放	天然氣排放	總排放
1. 能源直接係數變化效果	-3,367	-2,515	-2,509	-484	-8,876
2. 能源排放係數總量效果	-8,974	-2,377	1,989	-295	-9,657
3. 各能源排放替代效果	-4,627	672	3,378	577	0
(2+3). 能源排放係數變化效果	-13,602	-1,704	5,368	281	-9,657
4. 產業中間投入國產率變化效果	-1,183	84	-799	60	-1,839
5. 產業中間投入結構變化效果	-2,935	-2,915	-1,426	-258	-7,534
6. 國內最終需求成長效果	17,184	7,314	18,234	953	43,685
7. 國內最終需求結構變化效果	-1,301	-182	-4,151	-21	-5,655
8. 出口成長效果	16,414	4,397	15,706	660	37,177
9. 出口結構變化效果	-1,901	78	-921	34	-2,710
(6+7+8+9). 國內排放最終需要變化效果	30,395	11,608	28,868	1,626	72,497
10. 總和交叉效果 join effects	-9,882	-2,518	-110	-397	-12,907
產業變化總效果(千公噸)	-574	2,040	29,391	827	31,684

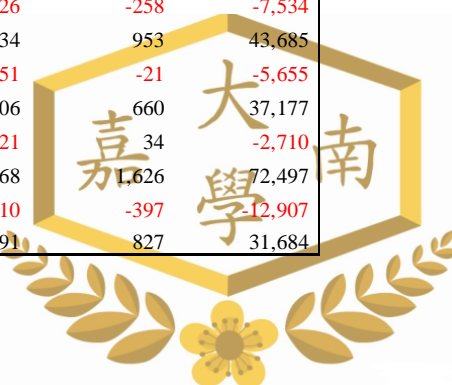


表 4 民國 85 年至 90 年能源消費二氧化碳排放結構因素分析

變化效果	電力排放	煤品排放	油品排放	天然氣排放	總排放
1. 能源直接係數變化效果	11,772	6,160	9,942	-433	27,441
2. 能源排放係數總量效果	7,734	1,017	5,856	170	14,777
3. 各能源排放替代效果	3,544	-26	-2,797	-722	0
(2+3). 能源排放係數變化效果	11,278	992	3,059	-552	14,777
4. 產業中間投入國產率變化效果	2,002	-5,738	4,292	899	1,455
5. 產業中間投入結構變化效果	-1,266	4,042	-2,490	-476	-190
6. 國內最終需求成長效果	5,811	2,113	9,241	417	17,582
7. 國內最終需求結構變化效果	-1,917	-2,431	-4,244	71	-8,520
8. 出口成長效果	8,476	2,764	12,601	498	24,338
9. 出口結構變化效果	-1,992	-372	-2,322	9	-4,678
(6+7+8+9). 國內排放最終需要變化效果	10,377	2,074	15,275	995	28,722
10. 總和交叉效果join effects	4,799	926	1,944	-389	7,280
產業變化總效果(千公噸)	38,961	8,456	32,022	45	79,484

表 5 民國 90 年至 95 年能源消費二氧化碳排放結構因素分析

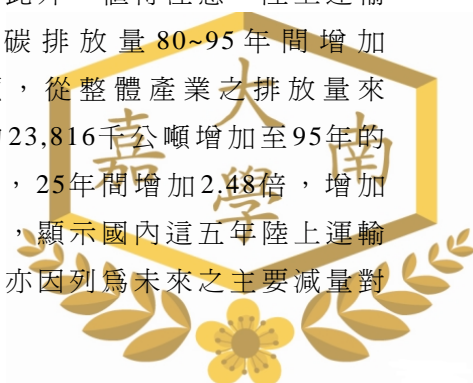
變化效果	電力排放	煤品排放	油品排放	天然氣排放	總排放
1. 能源直接係數變化效果	-20,711	-12,543	-20,130	-942	-54,326
2. 能源排放係數總量效果	6,853	501	736	91	8,180
3. 各能源排放替代效果	6,039	252	-5,488	-802	0
(2+3). 能源排放係數變化效果	12,892	752	-4,753	-712	8,180
4. 產業中間投入國產率變化效果	14,967	10,218	19,647	672	45,503
5. 產業中間投入結構變化效果	-11,514	-6,050	-17,977	-269	-35,810
6. 國內最終需求成長效果	11,350	3,432	13,178	440	28,400
7. 國內最終需求結構變化效果	-1,438	493	-5,048	114	-5,879
8. 出口成長效果	36,295	14,917	47,445	1,622	100,279
9. 出口結構變化效果	1,828	4,727	3,561	446	10,562
(6+7+8+9). 國內排放最終需要變化效果	48,036	23,568	59,136	2,623	133,362
10. 總和交叉效果join effects	-16,067	-11,222	-24,177	-1,447	-52,913
產業變化總效果(千公噸)	27,602	4,723	11,746	-75	43,996

二、各項結構因素分析

(一) 產業二氧化碳排放量變化

民國 80~95 年間產業二氧化碳及其變化情形，在 80~85 年間排放增量較大的產業包括陸上運輸業 18,843 千公噸、化學材料製造業 17,392 千公噸、鋼鐵業 6,093 千公噸、油氣煉製業 3,918 千公噸、及電力供應業的 3,035 千公噸，上述產業為造成二氧化碳增量的最主要排放源。而 85~90 年二氧化碳排放量排名前五名為化學材料製造業、其他服務業、陸上運輸業、鋼鐵業，及電腦通信及零組件製造業，均屬典型的高耗能、高二氧化碳排放產業。化學材料製造及陸上運輸業歷年來為能源耗用最大產業，從 80 年至 95 年二氧化碳排放量排名皆為第一、二名，顯現化學材料製造仍屬

高污染產業。陸上運輸業二氧化碳排放量從 80 年至 95 年皆排名皆位於前三名，顯示路上交通成長驚人，值得注意的是化學材料製造在 95 年用量佔台灣地區產業油品總需求量的 37.9%，鋼鐵業煤品用量佔煤品需求量的 35.6%，此二產業的二氧化碳排放量佔 95 年產業排放量的 30.00%，顯示化學材料製造及鋼鐵業在台灣地區二氧化碳的排放為主要關聯產業，應列為主要排放減量的對象。此外，值得注意，陸上運輸業的二氧化碳排放量 80~95 年間增加 35,336 千公噸，從整體產業之排放量來看，由 80 年的 23,816 千公噸增加至 95 年的 59,152 千公噸，25 年間增加 2.48 倍，增加幅度十分快速，顯示國內這五年陸上運輸業景氣熱絡，亦因列為未來之主要減量對



象。水泥業的二氧化碳排放量由80年的7,926千公噸上升到95年的8,003千公噸，小幅增加了77千公噸，約0.009%，產業結構上，水泥業屬於資本密集、高耗能、高污染及產值偏低的產業，不適宜作大規模的擴充，可見政府對高污染產業之水泥業，已經有逐漸轉向進口產業為依歸。

(二)中間投入結構因素

民國80至95年金融保險及不動產業及其他服務業，整體來看是呈現降低趨勢，表示帶動相關產業發展的貢獻非常小，而化學材料製造業、非鐵金屬業、航空運輸業、橡膠及塑膠製品業、油氣煉製業名列整體之前五名，顯示上述產業對帶動相關產業的貢獻頗佳。此外，鋼鐵業、紡織及成衣業，亦有相當程度的向後關聯效果，且歷年來呈現成長之趨勢，表示對帶動相關產業發展的效果增強。

(三)國內最終需求因素

國內最終需求80年至95年排名前五名分別為，郵政及電信業(成長634.6%)、金屬製品製造業(成長488.6%)、油氣煉製業(成長453.8%)、航空運輸業(成長385.5%)、倉儲及旅運服務業(成長382.0%)，礦業及土石採取業、紡織及成衣業呈負成長，顯示國內對該產業需求有逐漸減弱。

80年至95年產業國內最終需求比例，整體服務業部分佔整體產業最終需求約一半，顯示民間消費增加，政府消費減少。

(四)出口因素

民國80年至95年產業出口及其成長幅變化，80年出口總額2,255,009百萬元至95年7,972,019百萬元共成長3.54倍，年成長率4.97%，近年來，我國出口結構變化頗劇，主要為輸出產品已由勞力密集型逐漸轉為資本或技術型產品。80年至95年之變化情形，出口成長排名依序為油氣煉製業、鋼鐵業、化學材料製造業、批發及零售貿易業、水泥業、電腦通信及零組件製

造業、非鐵金屬業，成長率皆高於5倍，顯示這些產業產品在國內供過於求，然而有些產業亦屬於高污染產業，政府是否需要如此高污染之行業來賺取利潤，有待思考，故應重新考慮改善產業結構。80年至95年產業出口結構比例及其變化，排名前五名為電腦通信及零組件製造業、批發及零售貿易業、化學材料製造業、油氣煉製業、鋼鐵業。電腦通信及零組件製造業由80年的20.51%逐漸成長至95年的38.50%，顯示出口以電腦通信及零組件製造業為主，主要原因為85年起因國內資訊業產業快速發展，出口比重提高，對輸出之依存度轉趨回升。

肆、結論與建議

一、結論

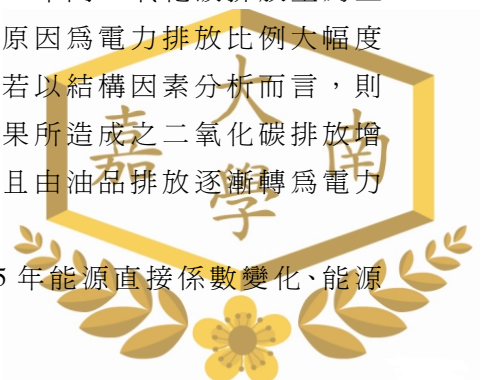
本研究目的為探討80年至85年、85年至90年、90年至95年間台灣地區產業的二氧化碳排放量變動趨勢及其組成效果，藉以研判產業發展過程中二氧化碳排放的特性及關鍵因素，作為未來因應溫室效應之產業二氧化碳削減策略的參考。茲將重要的研究成果及建議摘要如下：

投入產出結構因素分析

(一)台灣地區產業的二氧化碳排放量由80年的124,938千公噸增加為95年的279,742千公噸，增量高達154,804千公噸，本研究結果顯示，路上運輸業、服務業部門、鋼鐵業、石油化學產業與台灣地區二氧化碳的排放具有顯著的關聯，應列為主要排放減量的對象。

(二)80年至95年間二氧化碳排放量為上升趨勢，主要原因為電力排放比例大幅度增加之緣故，若以結構因素分析而言，則以出口成長效果所造成之二氧化碳排放量較為明顯，且由油品排放逐漸轉為電力排放為主。

(三)80年至85年能源直接係數變化、能源



排放係數總量、產業中間投入國產率變化、產業中間投入結構變化、國內最終需求結構變化及出口結構變化因素皆呈現減量效果，顯示這五年間，產業能源效益在此五年間有獲得改善，導致能源排放係數呈現減量因素，產業中間投入國產率以及中間投入結構皆為減量的主要因素，主要受到中間投入石油產品的依存度下降及進口逐漸取代國產石化原料所致，產業最終需求結構有朝向低耗能發展的趨勢，同樣的產業能源直接係數及二氧化碳排放係數兩項因素皆有不錯的減量效果，而在能源排放替代方面，顯示油品的排放量增加替代其他三種能源，主要受到這五年間耗油產業(如化學材料製造業)成長快速所致。

(四) 85年至90年間能源二氧化碳排放係數之總量效果，主要受到這五年期間高二氧化碳排放的燃煤火力發電廠增加，所導致電力排放係數的惡化，此外，中間投入結構變化、國內最終需求結構變化及出口結構變化皆為減量的主要因素，主要受到中間投入石油產品的依存度下降，產業最終需求結構有朝向低耗能發展的趨勢及進口逐漸取代國產石化原料所致，而在能源排放替代方面，油品排放顯著下降，而由電力排放所取代，顯示電力逐漸取代燃油成為產業能源消費的主流。

(五) 90年至95年能源排放係數總量、產業中間投入國產率變化、國內最終需求成長、出口成長、出口結構變化皆為增量主要因素，而能源直接係數變化及產業中間投入結構變化兩項因素皆有助於二氧化碳減量，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。

一、建議

早期石油化學產業仍佔我國能源耗用量大宗工業，其所佔的比重卻隨著產業結構的調整、運輸工具的普及與服務業的興起為略為下降，目前路上運輸是二氧化

碳排放主要來源，佔整體比例約為20.9%，其次才為石油化學工業佔整體比例約為17.9%，住宅部門佔整體比例約為12.2%，服務業部門佔整體比例約為11.4%，鋼鐵業佔整體比例約為7.4%，故綜合上述分析，大致可歸納為以下幾點分述如下：

(一) 路上運輸及運輸服務業應朝鼓勵大眾運輸、汰換老舊車輛及使用清淨燃料等方面著手，而鋼鐵業應加強改善製程，提高煤炭使用效率等方向努力，化學材料製造業由於二氧化碳密集度高居所有產業首位，且惡化十分嚴重，故本產業在未來尚未改善能源效率之前，應考慮減少投資或擴廠，持續改善能源密集度、以提高產品附加價值，減少二氧化碳排放量及相關能源污染物，為石化工業未來永續發展之關鍵，此外，對於能源使用量多及污染密集度較高產業，可由政府機關給予相關能源及污染之資訊諮詢及技術服務；對於新興產業的發展則以鼓勵高附加價值、低耗能、低污染及高產業關聯效果為前提。

(二) 就能源別來分，歷年來電力排放增量最高，顯示國內電力部門在未來擴充機組時，應增加非化石燃料/天然氣的使用及提高發電的效率以減少台灣地區二氧化碳的排放，政府可多鼓勵並增加誘因促使民間與政府部門皆願意投入大量的時間、精力與資金於再生能源的推廣應用及技術研發則成為我國政府能源政策的重要目標。

(三) 由於近年來台灣地區生活水準提昇，對於高品質的生活方式需求增加，導致服務業部門能源消費量年年上升，尤其以電力消費為主要上升項目，目前政府大量提倡節能減碳口號，但仍無法阻止能源消費量和二氧化碳排放量上升的趨勢，因此如何有效降低其能源消費量及二氧化碳排放量，其相關政策和措施是主要的研究重點。



參考文獻

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), Climate Change 2007, the Fourth Assessment Report (AR4) of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change (1998), Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations.
3. 林素貞、張子見、李正豐、張翊峰、王丹平 (1997)，產業經濟、能源與環境效應關聯分析及評估(I)，國科會研究計劃，NSC 85-2212-E006-106。
4. 行政院主計處(2009)，中華民國行業標準分類系統表，行政院主計處，台北。
5. 行政院主計處(1993)，1989 年台灣地區產業關聯表(123 部門)，行政院主計處，台北。
6. 行政院主計處(1998)，1994 年台灣地區產業關聯表(150 部門)，行政院主計處，台北。
7. 行政院主計處(2003)，1999 年台灣地區產業關聯表(160 部門)，行政院主計處，台北。
8. 行政院主計處(2008)，2004 年台灣地區產業關聯表(161 部門)，行政院主計處，台北。
9. 行政院主計處(2010)，2006 年台灣地區產業關聯表(166 部門)，行政院主計處，台北。
10. 經濟部能源委員會(2010)，台灣地區能源平衡表-熱值單位(新版)，經濟部能源委員會，台北。



A study of the Trend of Industrial CO₂ Emission in Taiwan by Input-Output Structural Decomposition and Interindustry Interdependence Analysis

Yih Feng Chang^{1*} Suen Zone Lee² Chia Feng Chan³ Zhi Bin Wang²

¹ Department of Hot Spring Industry,

² Department of Environmental Engineering and Science,

³ Research and Development Center of Ecological Engineering and Technology,
Chia-Nan University of Pharmacy and Science,
Tainan, Taiwan 71710, R.O.C.

ABSTRACT

Change of CO₂ emission can be decomposed into nine factors: the industrial energy coefficient, CO₂ emission factor, interfuel substitution, the rate of domestic production to intermediate input, structural change of intermediate input, the level of domestic final demand, the change of domestic final demand, the level of exports and the structural change of exports. According to the result of this study, the amount of CO₂ emission increased 48,992 kilotons during 1991~1996. In addition, the level of domestic final demand and the level of exports are increment factors, the industrial energy coefficient, the CO₂ emission factor, the rate of domestic production to intermediate input, the structural change of intermediate input, the change of domestic final demand and the structural change of exports caused decrement effect. From 1996 to 2001, the increment of CO₂ emission compared with the pass five years period was 64,251 kilotons. The main increment factor was the energy demand. The level of exports and the structural change of intermediate input and the change of domestic final demand was the primary decrement factor. The amount of CO₂ emission rise up to 41,561 kilotons between 2001 and 2006. The level of exports and the rate of domestic production to intermediate input are increment factors. The industrial energy coefficient, structural change of intermediate input and the change of domestic final demand were caused by the decrement effect.

Key words: Input-Output Structural Decomposition Factor Analysis, Industrial Input-Output Analysis, CO₂ Emission, energy coefficient emission

*Correspondence: Department of Hot Spring Industry, Chia-Nan University of Pharmacy and Science,
Tainan, Taiwan 71710, R.O.C.
Tel: +886-6-2664911 ext. 6151
Fax: +886-6-2662101
E-mail: yihfeng@mail.chna.edu.tw

