

綠能與石化產業之產業關聯 效果分析

洪嘉業

工業技術研究院 綠能所 產業發展推動組 研究員

洪明龍

工業技術研究院 綠能所 產業發展推動組 研究員

劉子銜

工業技術研究院 綠能所 產業發展推動組 正工程師兼副組長

摘要

石化產業在我國已經發展多年，屬於整體上下游供應鍊完整的產業，每年為台灣帶來近三兆元的產值，可謂是台灣經濟體中的一個重要支柱；而近年來由於溫室氣體效應與石化原料逐漸枯竭導致替代能源產業的發展，使得台灣的綠能產業逐漸茁壯。本研究以產業關聯效果分析，來探討此兩大產業在台灣產業結構中的差異性，結果顯示，石化產業在台灣確實屬於關鍵性產業，其影響度與感應度皆高於整體產業的平均值，而由於台灣的綠能產業佈局較晚，其影響度與感應度皆低於整體產業的平均值。再分別以就業人口與能源消費的角度觀之，相同的產值創造下，石化產業所能提供的就業人口數較少，綠能產業所能提供的就業人口數較多，換言之，台灣的綠能產業屬於相對性的勞力密集度較高產業。能源消耗而言，石化產業的能源密集度為 81.76 公升油當量/千元；綠能產業為 8.25 公升油當量/千元，換言之，在相同的 GDP 創造下，石化產業的能耗遠大於綠能產業 10 倍。因此，永續綱領中訂定的能源密集度將以每年 2% 程度下降，除了以效率提升外，產業結構的調整將是另一項重點方向。

關鍵字：產業關聯、綠能產業、能源密集度



一、前 言

產業關聯表是指用以陳示一個國家在一定期間內(通常為一年)經濟活動的總成果，又因係以矩陣表示各產業間投入與產出的相互依存關係，統計結果又稱為投入產出表。可用於分析該區域內各產業間的關聯性，並藉此得知該區域內的產業結構與關鍵產業，所謂關鍵產業係指在國家產業結構中是其他產業發展不可或缺之產業，利用產業關聯表所衍生之感應度與影響度分析方法可以定義之，由於當該產業具有較高於全體產業平均的感應度與影響度時，即認定為該產業為我國之關鍵產業。我國歷年來關聯程度較高的產業有鋼鐵、其他金屬、化工材料、塑膠、電子零組件、紙漿紙及紙製品、印刷、紡織、加工食品等，但隨著時間推移，關鍵產業群的組合排列也會產生變化，且隨著國際間對於產業能源使用量的要求，國家的關鍵產業已不能只由產值之前後關聯進行評估，而是必須利用產業關聯表之靜態分析，加以評估其能源消耗量、創造之附加價值與就業人口等因素，本研究利用產業關聯表進行國光石化與綠能產業的差異分析，並期能藉由客觀比較，檢視未來我國產業結構的發展 最適化。

二、文獻回顧

產業關聯分析又可稱為投入-產出分析(input-output analysis)，是經濟計量分析方法之一，產業關聯分析是一種建立在經濟圈中原料投入與產品產出行為中，貨幣流動的關係，其最早的概念可以追溯至 1758 年法國經濟學者奎士內(F. Quesnay)發表的著作「Tableau Economique」中，他使用了圖表來說明地主、農民與工匠之間彼此循環不已的交易行為模式，帶動了整個經濟體系運作的情形。奎士內編制此表之理論基礎為華爾拉斯(L. Walras)的一般均衡原理，其理論體系以每一產業對生產因素的競爭需要，及其產出在消費上之替代性，說明生產部門間之相互依存性。1936 年美國經濟學家李昂提夫(Wassily W. Leontief)參照華爾拉斯的一般均衡理論，將投入產出法應用於美國經濟體系，並於 1941 年發表 The structure of American Economy, 1919~1929-An Empirical Application of Equilibrium Analysis，因而奠定了產業關聯分析理論與架構。

Chang 等人⁽¹⁾利用投入產出結構分解法探討台灣由 1989 年至 2004 年共 15 年間二氧化碳排放增加程度及其成因，結果顯示 15 年間產業能源係數(產業能源消耗量/總國內生產額)與二氧化碳排放因子(二氧化碳排放量/能源消費)是二氧化

碳增加的重要因素之一，而出口成長與國內需求增加亦是導致二氧化碳排放增加的主因。以產業別而言，陸路交通、化學材料、鋼鐵、商業和電子電機產業是主要二氧化碳排放量增加的產業部門。

張翊峰等人⁽²⁾利用投入產出分析法及模糊目標規劃法，推估 1996-2006 年間台灣整體產業各能源 CO₂ 排放量。結果顯示台灣國內生產毛額中以其他服務業占比最高(43.53%)，其次為商品買賣業(11.53%)、倉儲通信業(9.10%)、電機業(7.09%)、陸上運輸及運輸服務(3.32%)，上述五項產業為支持台灣經濟的重要產業；而二氧化碳排放量最高的前五個產業部門包括陸上運輸及運輸服務(19.32%)、住宅部門(12.36%)、石化原料業(11.62%)、鋼鐵業(7.72%)及商品買賣業(5.13%)。

馬維揚⁽³⁾利用產業關聯分析方式，評估我國在 2000 年期間，對 TFT-LCD 產業等重大投資增加 100 億元，且此投資全數由本國所提供時，約可使全國各產業產值增加 198.81 億元，國內生產毛額增加 76.98 億元，另創造 100 百人就業機會。以 1998-2001 年實際投資於國內總額新台幣 800 億元來計算，約可使全國各產業產值增加 1590.53 億元，使國內生產毛額增加 615.86 億元，創造 798.84 百人就業機會。

林幸君、王智薇⁽⁴⁾藉由投入產出法分析探討新能源系統建置投資及生產對於經濟層面的影響評估，其結果顯示，當每個新能源產業部門各增產或投資 100 億元(共計 1,000 億元)時總產出效果為 1,281 億元，其中以氫能產出效果最大，其次是農林漁產業、娛樂文化服務業、金融保險服務、專業技術服務與電機及其他電器業。其研究結果亦顯示生質酒精、生質柴油、太陽能熱水器、氫能及燃料電池皆明顯帶動其上游關鍵零組件產業之發展，而汽電共生產業則是能積極推動下游產業之發展。

陳人豪⁽⁵⁾以投入產出結構因素分析法探討 1989-2004 年間台灣地區水泥業者的二氧化碳排放量結構變動因素，包括排放係數、能源配比、能源總密集度、生產總值、產業中間投入、產業中間供給、國內最終需求、出口等八項因素。其結果顯示 1989-1994 年間台灣地區水泥產業二氧化碳排放量增加主要受到國內最終需求增加所致；而 1994-1999 年間 CO₂ 排放量減少主要為產業中間原料供給下降與能源總密集度改善所致；1999-2004 年間 CO₂ 排放量增加主要是受到能源總密集度惡化及出口增加所致。

林幸君、張靜貞⁽⁶⁾以產業關聯表進行台灣農業與相關產業之估算及分析後，發現農業初級產品部門產值雖僅占全國產值 2.2%，附加價值僅占全國 GDP 的



2.1%，惟若同時考慮直接及間接誘發效果，並以需求面投入產出模型進一步計算，2000年至2003年農業初級產品部門所創造的附加價值比重合計將可達到全國GDP的13%。

黃群達⁽⁷⁾研究台灣住商部門的能源消費與二氧化碳排放特性，其結果顯示我國住商部門能源消費結構配比以電力為主要能源消費，油品及天然氣所占比例較小。二氧化碳排放趨勢方面，以燃料類別而言，住商部門的電力排放平均配比高達70%以上。在因素分解方面，住宅部門主要影響二氧化碳排放增量的因素為每人居住樓板面積的增加，其次為全國住宅戶口總數，而每戶人口數則為減量因素；商業部門方面，經濟成長、結構配比及排放係數三者皆為增量因素，其中以經濟成長影響最大，其次是排放係數，而能源密集度則是唯一的減量因素。

三、研究方法

產業關聯表代表一個經濟體系的交易活動，產業關聯效果可以利用投入產出模型加以描述，一個簡單的李昂提夫投入產出模型建立在三個基本假設下：(1)單一產品假設，是指每個產業只生產一種產品，一個廠商如果生產兩種或是兩種以上產品則將其歸類在主要生產的產品之產業內；(2)固定係數假設，假設投入產出之技術關係為固定不變，生產的特性為固定規模報酬；(3)固定比例假設，假設生產一種產品所需的生產要素之間的比例固定不變，而且該比例不受產量水準的影響，即生產要素間無替代性關係存在⁽⁸⁾。

由於產業關聯表中存在著下列矩陣方程式關係

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{11} & \cdot & \cdot & X_{1n} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ X_{n1} & \cdot & \cdot & X_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \cdot \\ \cdot \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ F_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

X_i 表示第*i*產業的產出總額， X_{ij} 表示從*i*產業部門投入至*j*產業的總額， F_i 表示經濟體系對第*i*個產業的最終需求。

其中

由基本假設中，生產要素之投入與總產出間有一個固定比例常數，固定比例係數定義如下，利用各項投入值除以該部門生產總額：

$$D_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j} \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2)$$

在(2)式中 D_{ij} 稱為投入係數(input coefficients)又稱技術係數，可表示在現存技術條件下，直接所需各部門產品之投入比例，若使用國產品交易表，則此比例表示直接所需各部門僅由國內生產之產品或服務之比例。將(2)式改寫為下列方程式，並帶入(1)式中，可得：

$$X_{(nx1)} = D_{(n \times n)} X_{(nx1)} + F_{(nx1)} \quad (5)$$

即

$$X - DX = F$$

$$X(I-D) = F$$

其中 I 表示單一矩陣，若 $(I-D)$ 是非奇異矩陣(nonsingular)，則可以將上式改寫成：

$$X = (I-D)^{-1} F \quad (6)$$

式中 $(I-D)^{-1}$ 稱為直接加間接需求係數矩陣，或產業關聯程度係數矩陣，或李昂提夫逆矩陣，令矩陣內之元素以 b_{ij} 表示，其代表意義為當 j 產業增加一單位的最終需求時，第 i 產業所必須配合增加之生產額，因此此矩陣不僅可以計算直接產值增加量，亦可獲得間接產值增加額。

此外，產業關聯程度係數矩陣又可將關聯效果區分為向後與向前關聯兩種，其關係如圖 1 所示。向後關聯效果是指當 j 產品增加一單位最終需求時，經濟體系總產出的變化量，亦即在 j 產品增加一單位的最終需求時，用於生產 j 產品的中間投入量也將連動增加，使其總生產額增加，用以滿足 j 產品的最終需求增加量。此一增產總效果即為向後關聯效果，可以表示為：

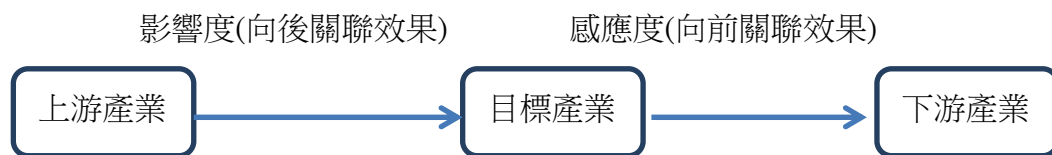


圖 1 向前向後關聯效果示意圖

$$BL_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (7)$$

而向前關聯效果則是指當所有產業部門都增加一單位的最終需求時， i 產業必須增產以滿足所有部門對中間投入量的需求，此一增產總效果即為向前關聯效



果，可以表示為：

$$FL_j = \sum_{j=1}^n b_{ij} \quad (8)$$

另外，可以將向前向後關聯效果標準化，即可以形成影響度指數(index of power of dispersion) 和感應度指數(index of sensitivity of dispersion)，前者用以衡量向後關聯效果，後者用以衡量向前關聯效果。其中影響度指數可以表示為：

$$RB_j = \frac{\sum_{i=1}^n b_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}} \quad (9)$$

而感應度指數可以表示為：

$$RF_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}} \quad (10)$$

換言之即是各產業部門的向前關聯與向後關聯除以總產業部門的關聯係數之平均值，當 $RB_j > 1$ 時，表示 j 產業影響度大於全體產業影響度的平均值，影響度高的產業，其中間投入率大多較高，表示發展該產業需要其他產業投入的需求較大。當 $RF_i > 1$ 表示 i 產業受感應程度大於全體產業受感應程度的平均值，感應度高的產業，其產品多屬於中間材料或服務，通常是其他產業的上游原料或服務。

再者，可以利用產業關聯表進行靜態分析，探討最終需求變動時，對整體產業的結構影響，可以利用(6)式進行改寫成為：

$$\Delta X = (I - D)^{-1} \Delta F \quad (11)$$

利用(11)將最終需求變動的產業部門投入產業關聯表中，可以計算求得各產業為了滿足該產業部門的最終需求變動而需要增加或減少產值。本研究中即利用此方式評估國光石化興建階段，各產業部門產值的增加量。

而在處理環境乘數部分，利用產業關聯表的基本假設中之固定比例假設，可將各產業部門的能源需求、就業人口的實際值，利用該產業部門的總產值轉換成為環境乘數，就業人口係數是指該產業部門的實際就業人口除以該部門的總產值，而就業人口可由主計處人力運用調查報告⁽⁹⁾或工商及服務業普查報告⁽¹⁰⁾中取得，能源係數可以由能源局的能源平衡表⁽¹¹⁾取得，搭配下列方程式則可獲得就業人數與能源消耗變動。

$$\Delta L = l(I - D)^{-1} \Delta F = l\Delta X \quad (13)$$

$$\Delta E = e(I - D)^{-1} \Delta F = e\Delta X \quad (14)$$

其中 L 表示就業人數變動量， E 表示能源消費變動量， l 表示就業人口係數(環境乘數)， e 表示能源消費係數。

四、綠能與石化產業關聯效果分析

本次研究報告是利用主計處於 99 年 1 月公布的 95 年產業關聯表⁽¹²⁾進行計算與分析結果。我國石化工業所屬產業為石油及煤製品與化學材料(52 部門中的主分類)；而發光二極體與太陽光電產業屬於電子零組件(52 部門分類)中的子部門光電材料及元件(166 部門分類)之孫項目發光二極體與太陽能電池及其模組。透過整併可將原先 52 部門分類的產業關聯表，解析成我國 54 部門的產業關聯表(將發光二極體與太陽能電池及其模組由孫項目中提出)。

圖 2 為產值關聯程度之各產業影響度與感應度，我國產業關聯表中影響度與感應度皆大於平均值者有四項產業，加工食品產業、紡織品產業、塑膠製品產業及金屬製品。

石化產業所屬的石油及煤製品與化學材料兩部門落在第四象限，表示石化產業作為帶動國內其他產業發展的力道低於產業平均值；但其影響度高於平均，表示石化產業是國內其他產業發展不可或缺的主要原料或服務。而綠能產業中發光二極體與太陽光電落在第二象限，表示發展綠能產業帶動國內其他相關產業的力道高於產業平均值，其中帶動效果較大之產業部門為電子零組件、化學材料與專業科學及技術服務產業；但綠能產業的感應度低於平均，顯示綠能產業並非國內發展其他產業所不可或缺的產品或服務。

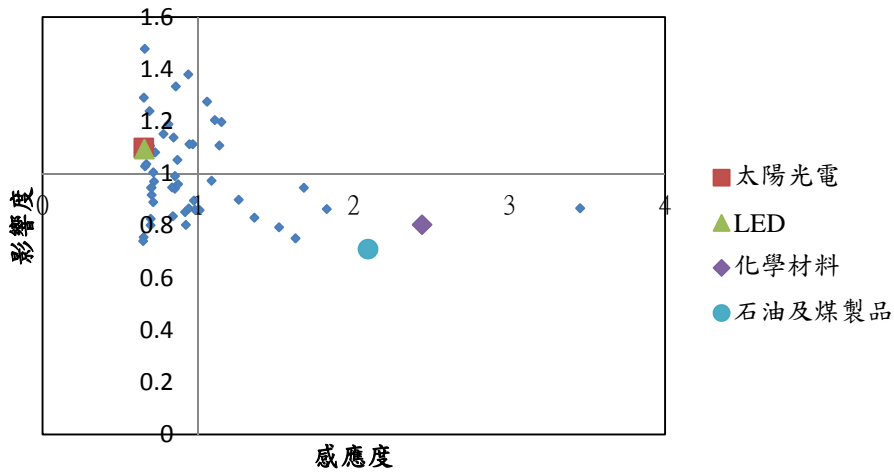


圖 2 產值關聯程度之各產業影響度與感應度

石化產業其興建期間主要投資項目集中在機械設備、鋼鐵、機械修配與營造工程等產業，投產後以每年年產值投入產業關聯表中可以計算得到其帶動效果為 1.23，附加價值率為 15.01%。

我國發光二極體產業在 2010 年底共計有 730 家相關廠商，該年總投資金額為 234.3 億元，創造高達 1,626 億元的直接產值。將發光二極體所創造出之產值投入產業關聯表中，結果顯示發光二極體產業連動的國內生產總額達 275,665 百萬元，所創造的附加價值為 73,004 百萬元，占全國國內生產毛額的 0.597%，而其附加價值率高達 26.483%(我國整體製造業附加價值率為 19.84%)，產值帶動效果為 1.70。

我國太陽光電產業在 2010 年新投資金額為 400.3 億元，總廠商家數超過 140 家，集中在太陽能產業的中下游階段，主要產品為太陽能電池與模組，年產量已達 3GW，僅次於中國大陸居全球第 2 位，創造約 2,000 億元的總產值。利用投入產出關係，配合產業關聯表可以獲得各產業因太陽光電發展而產生的連動效果，結果顯示，直接與間接總產值高達 340,523 百萬元，扣除太陽光電之直接產值則可獲得因發展太陽光電而連帶關聯的其他產業間接產值高達 140,523 百萬元，其中 2010 年太陽光電整體連動的附加價值為 90,181 百萬元，約占全國國內生產毛額的 0.737%，而其附加價值率為 26.48%，帶動效果為 1.70。

一個產業的發展，或說當產業的最終需求量增加時，勢必連動使就業市場需求增加，而利用產業關聯表可以將各產業的產業關聯程度係數矩陣與就業係數矩陣相乘後，用以求得各產業部門的就業人口增加之關聯程度。我國就業人口增加

之關聯程度中，感應度與影響度均大於平均值者為農產、畜產、林產、成衣及服飾品、皮革皮毛及其製品、印刷及資料儲存媒體複製、金屬製品、營造工程、住宿及餐飲、支援服務、教育服務、醫療保健及社會工作服務以及藝術娛樂及休閒服務等 13 個產業部門。而本研究所著重的四個產業部門其感應度與影響度均低於平均，顯示不管石化產業或太陽光電、LED 等產業對於失業率的改善能力皆低於所有產業的平均值。

我國發光二極體在 2010 年間創造約 1,626 億元的產值，其直接需求就業人口約為 2 萬 4 千人，創造的間接就業人口約為 2 萬 8 千人。而太陽光電產業在 2010 年間創造約 2,000 億元的產值，其直接需求就業人口約為 1 萬 9 千人，創造的間接就業人口約為 3 萬 4 千人。由於發光二極體產業在 95 年間的就業人口約為 6 千人，因此經估計總就業人數增加至 3 萬人；太陽光電於 95 年間就業人口約為 1.6 千人，因此經產業關聯評估後，其總就業人數增加至 20.6 千人。根據行政院六大新興產業旭升方案統計，99 年間 LED 的總就業人數約為 29.95 千人，太陽光電為 21.8 千人。

石化產業投產階段其可創造的就業機會集中在本業需求，可帶動效果僅 0.98，意指除本業就業需求之外，連動其他產業的就業需求人口數與本業幾乎相同；但綠能產業的帶動效果中，發光二極體的帶動效果為 1.16，太陽光電更高達 1.85，顯示當發展綠能產業時，除了本業的就業人口需求增加之外，仍須其他產業的人力投入，且投入的就業人口多於本業需求，以太陽光電為例，當發展太陽光電需求人力增加一單位時，需要帶來其他產業共 1.85 單位的人力需求來滿足發展太陽光電。換言之，相較於石化產業，綠能產業的推動有助於多元化整體產業就業市場，並消化失業率。而以平均每人所創造的產值來比較，石化產業投產階段平均每人可創造的產值高達 12,535 千元，而發光二極體僅 5,332 千元，太陽光電為 6,413 千元。

由於石化產業的附加價值率較低，即使平均每人所能創造的產值遠高於綠能產業，但以每人所能創造的附加價值而言，僅微幅高於綠能產業。由於石化產業在台灣發展超過數十年，得力於自動化控制後，需求人力降低，致使每人所能創造的附加價值得以提升。不管綠能產業或石化產業在台灣其人均 GDP 均高於平均值 1,181 千元，顯示此二者在台灣皆不屬於勞動密集度較高的產業。

產業的發展，除了帶動整體經濟成長之外，亦會使得能源消費量增加，惟發展不同的產業其能源消費之直接影響與間接影響有很大的差異，我國 95 年全國整體之能源密集度約為 9.29 公升油當量/千元，其中可以利用產業關聯表之能源



消耗的感應度與影響度觀察發展各產業的能源消費之向前與向後關聯影響。能源消耗之感應度與影響度均高於平均值者有漁業、紡織品、紙漿紙及紙製品、化學材料、塑膠製品、非金屬礦物製品、鋼鐵、電力供應、用水供應、運輸倉儲及其他服務產業部門。其中紙漿紙及紙製品、化學材料、非金屬礦物製品、鋼鐵業等是我國的四大耗能產業，由於其能源密集度高，因此當發展該產業時，其直接與間接之能源消耗遠高於平均值。尤其是化學材料產業，其向前關聯與向後關聯更是遠遠高於其他產業，顯示當該產業之最終需求增加時，總能源需求量增加幅度相對較大。而太陽光電與 LED 產業之能源消費感應度與影響度皆低於平均值，顯示當此產業被發展時其直接與間接之能源消耗增加程度較低。我國永續能源政策綱領中明訂必須提高能源使用效率，且以未來 8 年每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上；並藉由技術突破及配套措施，2025 年下降 50% 以上。由此觀之，台灣除了在產業的能源效率提升之外，必須對於未來產業發展進行整體性規劃，選擇能源密集度較低的產業進行開發，有利於達到政策綱領的目標。

石化產業在投產階段期能源消耗量非常龐大，主要的能源消耗有 96% 集中在本產業部門，而以能源別觀之油的消耗量最大，其次為電力。發展綠能產業的同時亦需要能源的消費，當 LED 產業年產值達 1,626 億元時，其能源消費量增加 602 千公秉油當量，相當於全國能源總消費量的 0.62%，其中最大能源需求產業是發光二極體本身占 40.3%，其次是化學材料產業占 23.3%。以能源別觀之，最大的能源消耗是電力，達 444 千公秉油當量其中本產業部門占 54.7%，其次是電子零組件產業部門占 18.7%。當太陽能電池產業總產值增加 2,000 億元時，其總能源消費量增加 744 千公秉油當量，相當於全國總能源消費量的 0.77%，其中消費最多的產業部門為本產業部門占 40%，其次是化學材料產業部門占 23.3%。以能源別來看，發展太陽光電所需最大的能源是電力，達 548 千公秉油當量。

當發展綠能產業時，其能源密集度(每千元 GDP 所需能源消耗量)為 8.25 公升油當量/千元，而發展石化產業其能源密集度高達 81.76 公升油當量/千元。顯示石化產業在我國產業結構中屬於能源消費量較大，卻無法產出對應的附加價值之產業，對比於綠能產業有高達 10 倍大之譜。我國永續能源政策綱領中指出，能源密集度的目標訂定將以 2%/年的程度下降，以 2006 年的全國產業能源密集度約為 9.29 公升油當量/千元而言，若過渡發展石化產業，將使能源消費增加程度大於 GDP 成長速度；而綠能產業的發展則可以使產業結構中，能源消費增加量減少，而能創造幾乎相同比例的附加價值。

根據產業關聯分析結果顯示，石化產業的興建過程雖然可以為國家帶來整體經濟利益，但是在投產階段時，其直接與間接之附加價值率僅 15.01% 低於製造業平均，亦低於綠能產業的附加價值率，且由於石化產業之能源需求之向後關聯較高、能源密集度較高等因素，導致大量的能源需求卻僅能換取少量的附加價值。與綠能產業相比之結果整理如表 1 所示。

發展綠能產業與石化產業之不同處在於，其中除了人均附加價值率之外，不管在產值帶動效果、就業帶動效果及能源密集度的議題中，均優於石化產業。顯示在台灣發展綠能產業不僅具備帶動其他產業發展的效果，並能創造更多就業機會，且使能源密集度降低。

表 1 石化產業與綠能產業之比較

	石化產業	發光二極體	太陽光電
產值前後關聯 (大者為佳)	2.80(石油及煤製品) 3.241(化學材料)	1.75	1.75
就業前後關聯 (大者為佳)	0.17(石油及煤製品) 0.61(化學材料)	0.68	0.522
能源前後關聯 (小者為佳)	2.86(石油及煤製品) 15.84(化學材料)	0.82	0.82
產值帶動效果	1.23	1.70	1.70
就業帶動效果	0.98	1.16	1.85
附加價值率	15.01%	26.48%	26.48%
人均 GDP (千元/人)	1,882	1,412	1,698
能源密集度 (公升油當量/千元)	81.76	8.25	8.25

其中石化產業僅在前後關聯與人均附加價值中勝出，這是由於石化產業在台灣發展已久，有完整的上下游產業鍊，導致石化產業的關聯性遠高於其他產業，且由於自動化設備的進駐，導致傳統的化工產業之人力需求減緩，而致使人均產值得以提升，即便石化產業之高值化效果不佳，但其人均附加價值仍領先綠能產業，這是因為綠能產業在台灣仍相對屬於勞力密集工業所致。而包括能源前後關聯、產值帶動效果、就業帶動效果與能源密集度等議題，太陽光電產業均領先石化產業甚多。



根據行政院綠色能源產業旭升方案選定七大綠能產業作為我國未來綠能發展的新方針，文中並預估各產業的年產值如表 2 所示。

表 2 新興綠能產業產值預估

產值(單位:億)	07'	08'	09'	10'	11'(f)	12'(f)	13'(f)	14'(f)	15'(f)
太陽光電	535	1,011	1,057	2,000	2,200	2,480	2,855	3,525	4,500
LED 照明光電	354	460	936	1,626	2,200	2,800	3,500	4,500	5,400
風力發電	17	35	46	57	65	80	110	140	200
生質燃料	3	10	8	15	22	23	23	24	130
能源資通訊	70	80	90	100	125	140	160	320	500
氫能與燃料電池	3	3	3	3	4	4	8	29	106
電動車輛	3	3	18	100	150	250	400	600	850
達成/預測合計	985	1,602	2,144	3,901	4,766	5,777	7,056	9,138	11,686

資料來源：綠色能源產業旭升方案⁽¹³⁾

其中太陽光電與 LED 照明產業為主力產業，稱為能源光電雙雄，因其在國內已有良好的產業基礎，具有躍升能量。在 2010 年的直接產值分別為太陽光電 2,000 億元與 LED 1,626 億元。將直接產值之預估投入產業關聯表中，可以計算因此直接產值而衍生的間接產值、附加價值與就業人口增加量，其結果如圖 3 所示。

國內發展 LED 產業其產值帶動效果達 1.695，顯示當 LED 產業的直接產值增加一單位可以帶動其他產業共 0.695 單位的產值，而預估到 2014 年 LED 產業的直接產值將超越太陽光電，成為綠能產業的首冠，並於 2015 年 LED 本業年產值達到 5,400 億元，因此約可以帶動約 3,755 億元的連動產值，並創造 172 千人就業機會，由於其整體帶動的產值之附加價值率高達 26.48%，因此在 2015 年 LED 產業之直接與間接產業關聯所創造的 GDP 將增加 2,425 億元，約占 95 年全國國內生產毛額的 2%。

太陽光電在 2010 年年產值為綠能產業之冠，達到 2,000 億元，並預估在 2015 年，其直接產值將可達到 4,500 億元，由於太陽光電之產業帶動效果為 1.703，顯示當國內的太陽光電總直接產值增加 1 單位時，其連動之其他產業產值將增加

0.703 單位的總產值，因此在 2015 年，由於太陽光電的發展，將使國內的相關產業之總產值達到 7,662 億元，帶動約 120 千人就業機會，並創造 2,030 億元的附加價值，如圖 3 所示，此附加價值約占 95 年的全國國內生產毛額之 1.7%。

風力發電、生質燃料、氫能與燃料電池、能源資通訊、電動車輛等其他綠能產業於我國屬於潛力產業，並合稱為能源風火輪，意指此五大綠能產業之國內技術處於研發階段，具備有產業發展條件，但仍未能確實蓬勃發展。本報告以風力發電為另一研究對象，由於產業關聯表中並沒有風力發電產業，亦不能將其歸類於其中之任何部門，因此在進行風力發電的產業關聯分析時，必須拆解風力發電機在台灣的成本結構與自製率(梁啟源,2009)，其中風力發電的成本結構如表 3 與表 4 所示

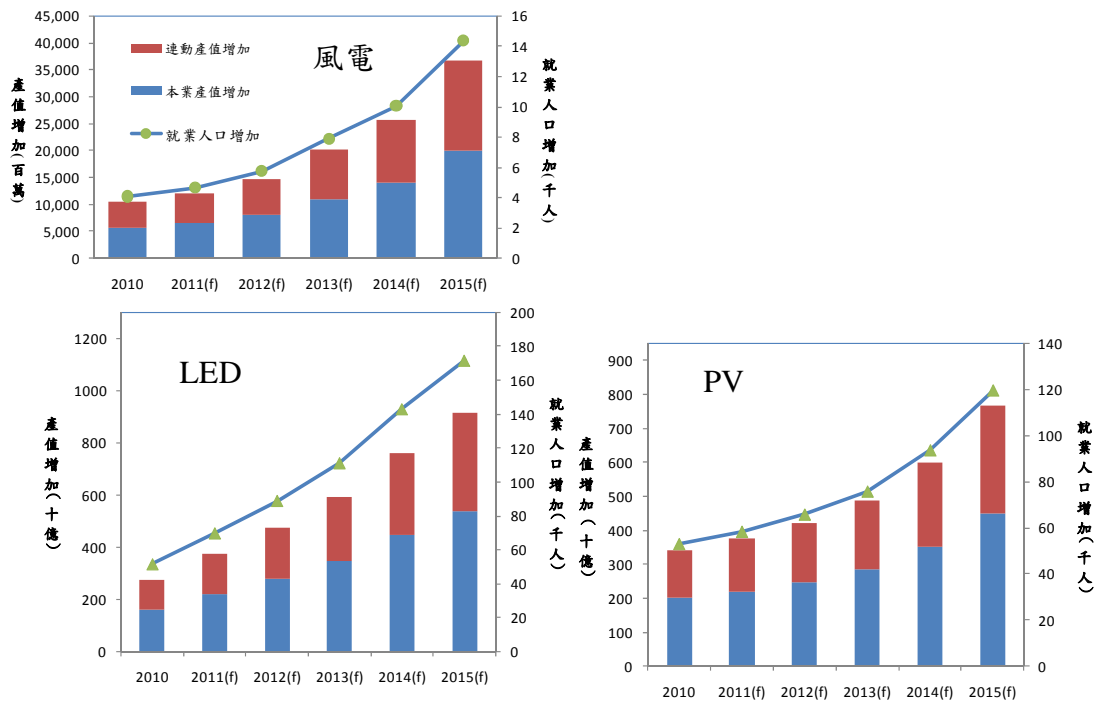


圖 3 綠能產業產值與就業人口預估



表 3 風力發電成本結構與自製率

成本細目表 (以澎湖中屯發電為例)	百分比	產業關聯表部門分類 166 部門	產業關聯表部門分類 52 部門
風力機組	65.50%	089 發電輸電及配電設備	27 電力設備
塔架及基礎	12.10%	118 其他營造工程	37 營造工程
吊車費用	1.90%	118 其他營造工程	37 營造工程
施工機具	1.00%	118 其他營造工程	37 營造工程
監控系統	0.00%	083 電腦產品	26 電腦電子及光學產品
風力通訊管線	0.20%	085 通信器材	26 電腦電子及光學產品
PC 監控盤	0.10%	083 電腦產品	26 電腦電子及光學產品
800KVA 變壓器	3.90%	089 發電輸電及配電設備	27 電力設備
15KV 配電盤	3.10%	089 發電輸電及配電設備	27 電力設備
廠內高壓管線	0.60%	090 電線及電纜	27 電力設備
廠內低壓管線	0.30%	090 電線及電纜	27 電力設備
電纜溝	0.50%	118 其他營造工程	37 營造工程
11.4KV 輸電線	8.70%	090 電線及電纜	27 電力設備
接地設施	0.20%	090 電線及電纜	27 電力設備
照明及航空警示燈	0.20%	091 照明設備	27 電力設備
消防及警報設施	0.10%	093 其他電機器材	27 電力設備
電器室通風設備	0.00%	093 其他電機器材	27 電力設備
備品	1.60%	093 其他電機器材	27 電力設備
合計	100.00%		

表 4 風力發電成本結構與自製率(續)

產業關聯表部門分類 166 部門	百分比 (A)	自製率 (B)	產業關聯表部門分類 52 部門
083 電腦產品	0.10%	43.84%	26 電腦電子及光學產品
085 通信器材	0.20%	50.08%	26 電腦電子及光學產品
089 發電輸電及配電設備	72.50%	10.00%	27 電力設備
090 電線及電纜	9.80%	49.65%	27 電力設備
091 照明設備	0.20%	69.41%	27 電力設備
093 其他電機器材	1.70%	64.63%	27 電力設備
118 其他營造工程	15.50%	86.76%	37 營造工程

資料來源：梁啟源⁽¹⁴⁾

利用成本結構與自製率的乘積進行加權可以求得風力發電機在台灣其產值隸屬於產業關聯表中的部門分類。由表可以看出，風電隸屬電腦電子及光學產品、電力設備、營造工程等產業，其中電力設備的成本結構較大，而營造工程的

自製率較大。利用行政院綠色產業旭升方案中台灣風電市場的直接產值統計與預估，可以將其投入產業關聯程度係數表中，並求得其連動其他產業的產值發展、附加價值率以及就業市場增加程度，其結果如圖 3 所示。

我國風電市場在 2010 年的直接產值約為 57 億元，其帶動效果為 1.838，顯示由於發展風電 1 個單位會使其他產業投入 0.838 個單位產值用以滿足風電的發展，因此在 2015 年時，預估風電市場的直接產值達到 200 億元，可連動其他產業約 168 億元的產值增加，並創造 14 千人的工作機會，其產生的附加價值為 105 億元(附加價值率為 28.6%)，約佔 95 年全國國內生產毛額的 0.09%。風電市場在台灣仍屬小眾市場，不管是產量或市場的推廣，但風電是未來綠色能源供給的重要一環，台灣擁有眾多電子電機產業作根基，應可在世界風電市場中搶佔一席。

五、結論與建議

根據經濟部工業局發佈的產業發展綱領(2011)中為因應國際產業發展趨勢與挑戰，並重視國內區域產業發展平衡，而架構之未來十年各產業發展策略方向中明訂，轉型多元產業結構，善盡國際環保節能責任與提升產業附加價值、促進區域均衡發展，扶持中小企業並創造多元就業機會，實踐樂活台灣。並在發展目標中指出希望 2020 年前達成「台灣整體製造業附加價值率」由 2008 年 21% 提升至 28%；「台灣整體產業無形資產占固定資本形成比重」由 2008 年 7% 提升至 15%；「台灣綠能等新興產業占整體製造業實質產值」由 2008 年 4% 提升至 30% 等目標。其中綠能產業部分包括如太陽光電、LED、風力發電、電動車、氫能與燃料電池、生質能與能源資通訊等。本研究報告藉由評估石化產業與綠能產業的差異性，得到的具體結果如下所示：

- (一)我國石化產業的附加價值率較低，僅 15%。而綠能產業的附加價值率為 26.48%。
- (二)石化產業的人均 GDP 較高，達 1,882 千元/人，綠能產業則較低，發光二極體僅 1,412 千元/人，太陽光電為 1,698 千元/人。
- (三)石化產業需求大量的能源，其能源密集度高達 81.76 公升油當量/千元，綠能產業則較低，約為 8.25 公升油當量/千元。
- (四)綠能產業中，太陽光電、LED 與風電產業預估在 2015 年直接產值可佔台灣製造業實質產值的 12.7%。
- (五)綠能產業中，太陽光電、LED 與風電產業預估在 2015 年可以創造綠色就業機會達 305.8 千人，並創造 455,862 百萬的附加價值。



參考文獻

1. Chang, Y.F., Lewis, C., and Lin, S.J., Comprehensive evaluation of industrial CO₂ emission (1989-2004) in Taiwan by input-output structure decomposition. *Energy Policy* 36, pp.2471-2480, 2008.
2. 張翊峰、余元傑、吳嘉榮、張家鳳、李沛鈴，「台灣地區電力事業效能提升及燃料替代對產業關聯之影響分析」，*嘉南學報*第 33 期，第 225-236 頁，2007。
3. 馬維揚，「TFT-LCD 產業重大投資之產業關聯分析」，*產業金融*，第 111 期，第 40-56 頁，2001。
4. 林幸君、王智薇，「我國新能源產業之產業關聯分析」，*台灣競技研究月刊*第 29 卷第 7 期，第 55-61 頁，2006。
5. 陳人豪，「台灣地區水泥業二氧化碳排放變動效果因素分析-投入產出結構分析法之應用」，*嘉南藥理科技大學環境工程與科學所碩士論文*，2008。
6. 林幸君、張靜貞，「台灣農業與相關產業之附加價值與投入產出分析」，*農業經濟叢刊*第 10 卷第 1 期，第 1-24 頁，2004。
7. 黃群達，「住宅與商業部門能源消費及二氧化碳排放特性與趨勢變動分析」，*成功大學環境工程所碩士論文*，2008。
8. 王塗發，「投入產出分析及其應用-台灣地區實證研究」，*台灣銀行季刊*第 37 卷第 1 期，第 186-218 頁，1986。
9. 行政院主計處，「人力運用調查報告」，2006。
10. 行政院主計處，「95 年工商及服務業普查報告」，2008。
11. 經濟部能源局，「95 年能源平衡表」，2006。
12. 行政院主計處，「95 年產業關聯編制報告」，2010。
13. 經濟部，「綠色能源產業旭升方案」行動計畫(核定本)，2009。
14. 梁啟源，「我國再生能源發展方案之評估」，*臺灣銀行季刊*第 60 卷第 4 期，第 116~168 頁，2009。