

經濟部標準檢驗局

能源科技產品標準檢測驗證經濟效益分析  
委辦計畫

期末報告  
(修正版)

財團法人台灣經濟研究院

中華民國 99 年 12 月

經濟部標檢局

「能源科技產品標準檢測驗證經濟效益分析委辦計畫」期末報告(修正版)

財團法人台灣經濟研究院

中華民國九十九年十二月

# 經濟部標準檢驗局 99 年度委辦計畫期末報告

## 審查意見回覆表

計畫名稱：能源科技產品標準檢測驗證經濟效益分析

執行單位：台灣經濟研究院

委員	審查意見	意見回覆
黃聖元委員	<p>1. 本計畫研究目的在於三年時間協助標檢局進行各項再生能源產品中的產品標準、檢測技術及驗證平台之產業及總體經濟效益分析。然模擬情境中係以「綠能投入」的公共政策支出和「新能源產值比率」作為分配比率等做為模型之衝擊變數，所得到的結果和檢測技術及驗證平台效益似無直接關連性。</p> <p>本研究P.58雖然提及檢測平台（機制）難以量化，因此利用政府強化綠能產業的投入做為衝擊因素，對效益有正面貢獻；然此本計畫主要課題應著重於個體研究，尤其是「驗證」僅為產品商業化的必要投入，基本上應是企業的一種成本，其所能創造之效益應視產品驗證在商業化的必要性；建立檢測驗證平台是為了符合企業此種需要，其所創造的效益應是消費者所得到的透明化資訊，促進其購買的動機，故以3E模型總體研究方法針對於個體標的進行研究，似乎並不十分適切，建議未來兩年可修改研究方法。</p> <p>2. 建議定義清楚報告中的CO2減量依據。</p>	<p>1. 關於檢測技術及驗證平台的經濟效益的關連性問題，本研究以「新能源產值比率」之分配作為模型之衝擊變數，主要是由於「檢測技術及驗證平台」無法量化，因此我們尋找一個有助於產品推動及市場化的政策因素，而政府之「強化綠能投資」為近年來一個推動太陽光電與燃料電池發展的政策，且有相關之數量資料，因此本研究基於該政策有助於產業發展與產品的市場化，因而引用此政策之資料。其次，關於委員所提：「...故以 3E 模型總體研究方法針對於個體目標的進行研究，似乎並不十分適切，建議未來兩年可修改研究方法。」我們十分贊同並接受黃委員的建議。</p> <p>2. 已補充本研究之 CO2 計算方法與減量依據，請見本文之附錄(請見期末報告第 75 頁)。</p>
郭鐘亮委員	<p>1. P.27太陽光電模組檢測驗證實驗室的說明部份請補充修改：</p> <p>(1) 加入大電力PV檢測驗證實驗室的介紹。</p> <p>(2) 綠色通訊實驗室的說明將「實驗室中有尚達80%測試系統由工研院量</p>	<p>1. (1)已補充，請見期末報告第 48 頁。 (2)已修改，請見期末報告第 49 頁。</p> <p>2. 原研究內容關於太陽光電檢測驗證實驗室之介紹係取自次級資料，委員對於本研究應訪談實驗室負責人以取得最新第一手資料資之建議十分有道理，然</p>

委員	審查意見	意見回覆
	<p>測中心技術團隊自行研發設計，並與國內廠商合作關鍵製作」修改為「電信技術中心堅持扶植國內廠商的信念，實驗室也有高達95%以上測試系統由台灣廠商自行研發設計與生產製造」。</p> <p>2. 建議訪談國內各PV實驗室負責人取得最新第一手資料。</p>	<p>由於期末審查會議(99.12.14)至修改後期末報告之交稿日(99.12.20)之間的工作天數僅三日，故不及聯絡相關研究室負責人以安排訪談日期，因此我們在之後的研究中，將採委員之建議，實際訪談檢驗證實驗室之負責人以取得第一手資料。</p>
黃國禎委員	<p>1. 可著重經濟效益分析的核心，以符合主題。</p> <p>2. 未來可做比較基礎：如其他綠能產業的效益比較、同質產品比較。</p> <p>3. 研究方法：是否可能對照新3E與其他模型結果？</p> <p>4. CO2減量的定義（碳足跡？碳揭露？）</p> <p>5. 錯字勘誤：  (1) P.17第三行：「考」靠度，應改為「可」。  (2) P.37第一段第三行：非營「泯」，應改為非營「利」。</p>	<p>1. 本研究之內容所涵蓋之範圍確已超過題目之範圍，但為避免違反合約之規定，本研究所包含之內容係為依據標檢局委辦計畫之工作內容辦理。</p> <p>2. 未來將遵照委員之建議辦理。</p> <p>3. 本研究係以台經院之發展之新 3E 模型作為探討經濟效益之研究方法，然而不同之 3E 模型之基礎差異甚大，例如：資料基礎不同、使用之模型不同、運行之方式不同。如此則每建立一個不同之 3E 模型即需建立一套資料庫，此於本計畫之經費規模及時間上實有達成之困難。</p> <p>4. 已補充本研究之 CO2 計算方法與減量依據，請見本文之附錄(請見期末報告第 75 頁)。</p> <p>5. 已修正。</p>
倪士瑋委員	<p>1. 機車產業為我國未來可發展產業，由氫燃料電池機車所衍生燃料電池相關產業，可提出具體比較經濟效益分析。</p> <p>2. 經濟效益所涉CO2減量應有明確定義。</p>	<p>1. 關於發展燃料電池機車產業所衍生之經濟效益，本院於受標準局委託之「氫能燃料電池機車經濟能源環境效益評估與國際接軌委辦計畫」中已有詳盡的分析。</p> <p>2. 已補充本研究之 CO2 計算方法與減量依據，請見本研究之附錄。</p>
王俊超委員	<p>1. 計畫書內部分表格及資料（如圖 4.2.1....）飲用之資料多至2008年，建議可更新至2009年。</p>	<p>1.以依照委員之建議，在資料可取得之情況下，將其更新為最新資料。如圖 4.2.1、表 1.2 之資料已更新。</p>

委員	審查意見	意見回覆
員		
洪一紳委員	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 成果報告宜包含執行情形及進度說明（超前、符合或落後預定進度，查核點執行情形），如有落後情形須包含原因分析，以及包含資源運用情形（經費及人力）等，並建議於報告首頁附摘要表。</li> <li>2. 太陽光電及氫能燃料電池產業國內發展情形與資源與條件分析，建議補充國內廠商於產業鏈之分布整合情形及SWOT分析，並提出具體可行之發展策略。</li> <li>3. 報告中p.2「乙太陽能發電...」建議修正為「太陽能發電」、p.24「熱斑耐受試驗」建議修正為「熱斑耐受試驗」、p.44「ISO / CD 22734」建議修正為「ISO 22734」、「ISO / DIS 16110」建議修正為「ISO 16110」、P.48「定置型燃料電池發電系統之性能測試方法」建議修正為「定置型燃料電池發電系統之性能測試方法」。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.已補充，請見第7~11頁。</li> <li>2.(1)關於委員所提建議補充「產業鏈之分布整合情形」，本研究中已針對燃料電池產業及太陽光電之產業鏈進行說明，並對於太陽光電廠商之分布進行說明（見圖表4.2.3），而燃料電池產業尚未形成聚落，因產業鏈無明顯之分布特性。 (2)SWOT分析已補充，請見期末報告第58頁。 (3)關於發展策略之建議已補充，請見期末報告第71~72頁。</li> <li>3.已修正。</li> </ol>

# 目 錄

一、前言.....	1
(一) 新能源發展與節能技術發展趨勢.....	1
(二) 台灣永續能源發展策略.....	4
二、研究目的與方法.....	5
(一) 本計畫目標.....	5
(二) 本年度計畫目標及說明.....	5
(三) 研究方法.....	6
三、執行進度、經費與人力.....	7
(一) 執行進度及查核點.....	7
(二) 計畫經費與人力.....	9
四、研究結果與討論.....	12
(一) 建立綠能產業 3E 分析模型.....	12
(二) 國內外綠能產業現況與政策分析.....	18
(三) 氫我國發展太陽光電與氫能燃料電池之資源與條件分析.....	37
(四) 運用 3E 模型進行太陽光電與氫能燃料電池產業經濟效益分析.....	61
五、結論與建議.....	70
六、附錄.....	75

## 一、前言

能源提供民生基本需求與經濟發展所需動力，未來的半個世紀伴隨著全球人口及新興國家經濟成長，全球對能源的需求將持續增加。面對能源需求增加與全球暖化課題，新能源無疑為人類發展永續能源供應體系、維持社會活力最佳的選項。新能源科技的進步與產業的發展是調和經濟、能源與環境政策的關鍵要素，此舉可同時刺激經濟復甦，穩固能源供應，開創就業機會、改善能源安全與環境生態，使經濟走向永續發展的道路。在此後京都議定書時代，由於傳統化石能源面臨枯竭和溫室氣體環保議題的持續受到國際關注，各國均從開源與節流二方面同步進行，亦即發展再生能源外，也同步推動節約能源的各項工作。

### (一) 新能源發展與節能技術發展趨勢

再生能源係目前普遍受到國際重視的一種替代能源，各項再生能源之裝置量也持續穩定成長。其中太陽能發電與風力發電成長最為快速，生質燃料成長率亦達 15% 以上。2008 年全球在再生能源方面的投入約美金 1200 億元，約是 2006 年(美金 630 億元)的兩倍(表 1.1)，主要的投資來自於風能(42%)，太陽光電(32%)、生質燃料(13%)、生質熱能與地熱(6%)、小水力(5%)<sup>1</sup>。在推廣制度方面，2009 年有更多的國家或地區訂有再生能源使用目標與再生能源的推廣機制。其中許多國家改變過去再生能源的推廣目標和政策，美國於 2008 年變成全球最大之新再生能源設備投資者，共投入 240 億美金，占全部新投資金額的 20%，目前是全球風能的領導者。西班牙於 2008 年裝設太陽光電 2.5GW 占全球裝置量的一半。我國擁富有再生能源開發潛能，風能大於 3GW，太陽光能地於 12GW，海洋溫差 12 海哩潛能 3.2GW，地熱依未來技術評估大於 7GW (5km 深地層)。發展新能源是成為國際趨勢，每一個國家都是考慮到現實之環境，研擬符合國家長期利益之政策目標。我國近年來在政府推動下，再生能源在台灣逐漸發展，其中乙太陽光電、太陽熱能、生質柴油、氫能燃料電池推動已進入推廣補助階段。生質酒精已進入示範建置階段，第二代纖維轉酒精技術也已開始研發工作。

表 1.1: 全球再生能源發展重要指標表

再生能源發展重要指標	單位	2006	2007	2008
再生能源年度投資金額	億美元	630	1,040	1,200
再生能源累計裝置量 (不含大水力)	GW	207	240	280
再生能源累計裝置量 (含大水力)	GW	1,020	1,070	1,240
風力發電累計裝置量	GW	74	94	121
併網太陽光電累計裝置量	GW	5.1	7.5	13.0
太陽能電池年度產量	GW	2.5	3.7	6.0
太陽熱能累計裝置量	GWth	105	126	145
生質酒精年度產量	萬公秉	3,900	5,000	6,700
生質柴油年度產量	億公升	600	900	1,200

<sup>1</sup> Renewables Global Status Report 2009 update, REN21

再生能源發展重要指標	單位	2006	2007	2008
設定再生能源推廣目標國家			66	73
導入收購電價制度 國家或地區 數目			49	63
導入配比標準法 國家或地區 數目			44	49
強制推廣生質燃料的 國家或地區 數目			53	55

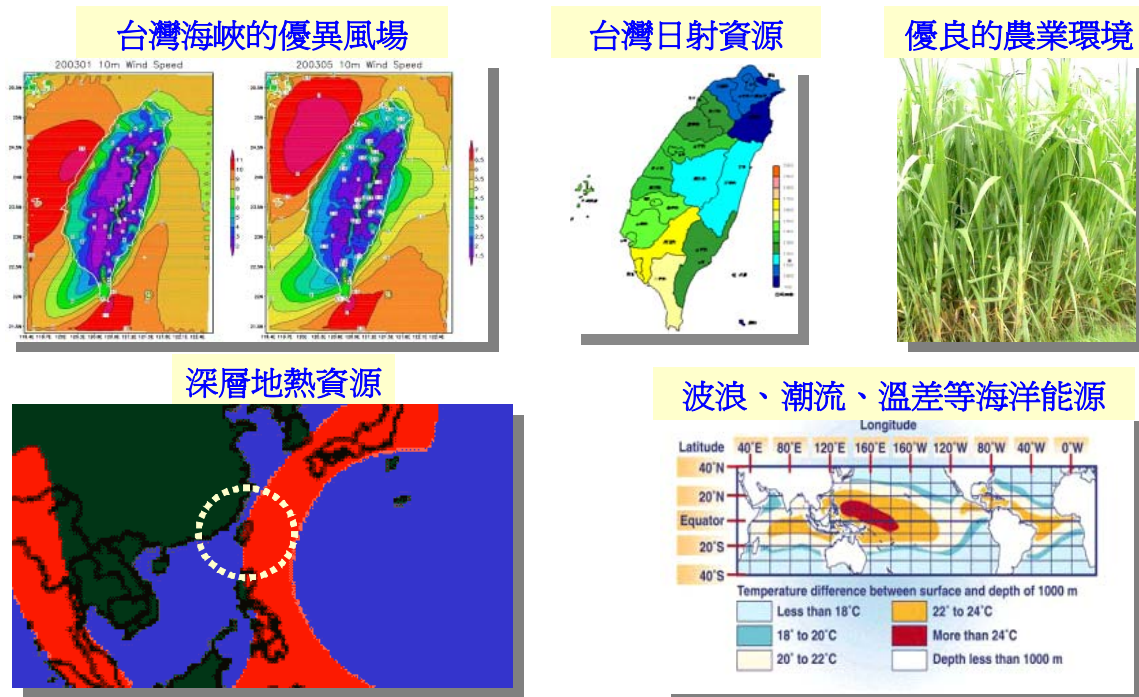
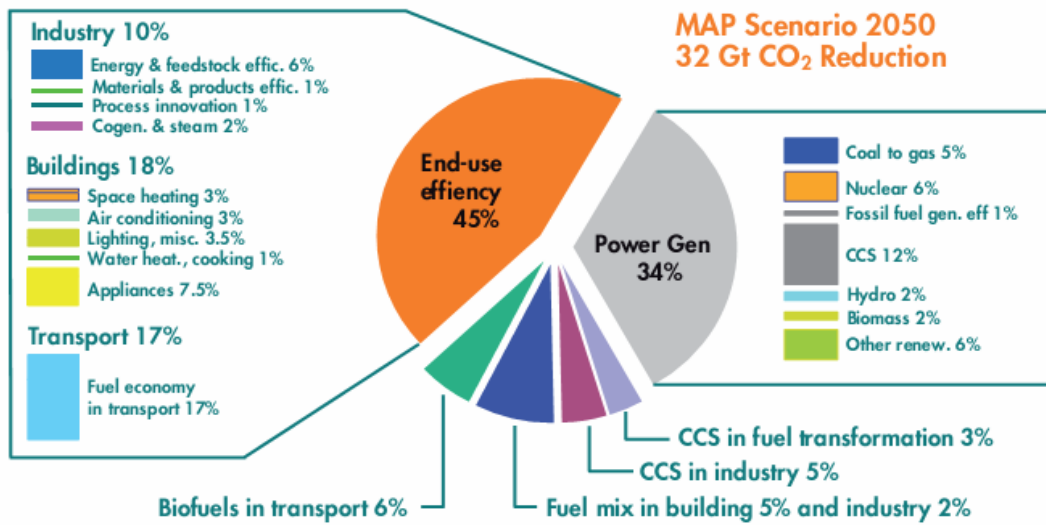


圖 1.1:台灣地區可開發再生源潛勢圖

根據美國能源部 IEA 的研究報告，至 2050 年以技術發展層面對溫室氣體減量提昇能源效益為另一個重要工作，其貢獻度可占約 45%，發電部門對溫室氣體減量貢獻約為 34% (含生質能 2%，其他再生能源 6%) (圖 1-2)。台灣近年國內能源密集度有下降趨勢，是一可喜現象，但溫室氣體排放量仍然呈現成長趨勢，顯示在能源替代與能源節約方面仍有極大的成長空間。觀察世界主要國家的能源密集度與能源生產力的動態，可從其國家每單位能源耗用產生之 GDP (能源生產力) 得知，在亞洲具競爭力國家中，我國能源生產力仍落後於日本、新加坡。意謂我國在節能產業技術方面有更廣的提昇空間，相對的廣泛利用節能技術亦對降低溫室氣體減量提供有效解決方法。



### Emission Reduction by Technology Area ACT Map Scenario



Improved end-use energy efficiency is the most important contributor to reduced emissions

圖 1.2: 2050 年技術發展對溫室氣體減量之效益

表 1.2: 90~98 年台灣能源指標

項目 年(民國)	國內能源消費		實質 GDP (95 年價格)		能源消費彈性值	能源生產力 (元/公升油當量)	能源密集度 (公升油當量/千元)
	千公秉油當量	增加率	百萬元	增加率			
90	88,478.9	5.98	9,570,584	-1.65	-3.62	98.61	10.14
91	92,245.0	4.26	10,074,337	5.26	0.81	100.25	9.98
92	95,824.2	3.88	10,443,993	3.67	1.06	100.07	9.99
93	99,950.8	4.31	11,090,474	6.19	0.70	101.97	9.81
94	101,831.6	1.88	11,612,093	4.70	0.40	104.48	9.57
95	104,311.9	2.44	12,243,471	5.44	0.45	107.65	9.29
96	109,956.3	5.41	12,975,985	5.98	0.90	108.88	9.18
97	107,224.4	-2.48	13,070,904	0.73	-3.40	112.97	8.85
98	104,925.7	-2.14	12,826,682	-1.87	1.14	113.42	8.82

資料來源：經濟部能源局，「中華民國 98 年台灣能源統計年報」，99.06。

在節能產業技術方面，可從開發高效率設備，帶動能源效益的提昇，再藉由管理技術，提昇整體節能成效。在設備效率提昇方面，其中影響節能效益最大的，首推冷凍空調與 LED 照明技術的進步與突破。主要的原因是不論何種行業，由於其不涉產業製程的變動，可以直接進行改善，此部分通常歸類為公用設備。因此，基本上節能涉及產業部分，其製程設備通

常置於較次優先考慮，而以公用設備為主。住商方面，冷凍空調與 LED 照明尤其受到矚目，因為空調與照明用電耗能占比相對較高，在一般的商業空間中，照明用電占總用電量約 32% 左右，僅次於空調用電 47%，所以照明設備的效率對於總用電量的影響甚巨。

## (二)台灣永續能源發展策略

我國行政院於 2008 年 6 月 5 日頒布「永續能源政策綱領」，將加強能源供應面的「淨源」與能源需求面的「節流」，邁向節能減碳的社會。「永續能源政策綱領」中規劃將推動「改造能源結構，提升發電效率」、「降低企業排碳，發展綠色產業」、「建構便捷運網，人本交通環境」、「邁向低碳城市，推廣節能照明」、「全民減碳運動，廢棄回收利用」、「完善法規基礎，建置配套機制」等六項工作，建構「高效率-提高能源使用與生產效率」、「高價值-增加能源利用的附加價值」、「低排放-追求低碳與低污染能源供給與消費方式」及「低依賴-降低對化石能源與進口能源的依存度」之能源消費型態與能源供應系統。而在能源科技方面，未來五年內我國將投入新台幣 300 億元推動「能源國家型科技計畫」與「綠色能源產業旭升方案」。「再生能源發展條例」已於 2009 年 6 月 12 日於立法院三讀通過，獎勵發電總量為 650 萬瓩至 1000 萬瓩。

行政院 2007 年產業科技策略會議，以主軸「能源科技」，分為「節約能源科技」、「再生能源科技」與「前瞻能源科技」，擬定我國能源科技產業提出規劃藍圖，確立台灣能源科技的方向，並制定出創新研發與產業化策略。綠色能源科技進步迅速，各種創新產品與應用不斷推陳出新，台灣為出口導向的海島型經濟國家，國內若可建立與國際相接軌的產品標準、檢測技術及驗證平台，將可提高產品國際競爭力與海外市場的滲透率，而產品標準、檢測技術及驗證平台在國內的推行將加速新能源技術的推廣，並可達到保護消費者目的。若國內可於技術發展早期既整合國內相關產業，建立相關標準加強技術推廣，結合產業優勢將具國際優勢之產業標準或國家標準推向國際，如此可提高國內綠能產業的總產值、降低國內溫室氣體排放、及帶動經濟成長與其他相關周邊效益。

## 二、研究目的與方法

### (一)本計畫目標

為滿足台灣未來節約能源科技、再生能源科技、前瞻能源科技等三項新科技研發與產業推展相關標準與驗證技術之需求，經濟部依據產業科技策會議結論「發展能源科技產品政策」，選定 LED 室內外照明系統、冷凍空調與新興冷媒、太陽光電系統、風力發電系統、植物性替代燃料(非食用農作物)、氫能與燃料電池系統等綠色能源科技產業，積極推動節約能源、再生能源與前瞻能源產業產品標準、檢測技術與驗證平台建置工作。本計畫以三年時間將協助經濟部標準檢驗局分析研究推動 LED 室內外照明系統、冷凍空調與新興冷媒、太陽光電系統、風力發電系統、植物性替代燃料(非食用農作物)、氫能與燃料電池系統等能源科技產業相關產品標準、檢測技術及驗證平台之產業、總體經濟與其它周邊效益。

### (二)本年度計畫目標及說明

本計畫目的將對 LED 照明系統、冷凍空調與新興冷媒、太陽光電系統、風力發電系統、植物性替代燃料(非食用農作物)、氫能與燃料電池系統等綠能產業，透過蒐集分析國內外相關產業資料以及利用本院發展之 3E 模型，針對現階段六大綠能產業技術發展與市場趨勢進行經濟效益評估，99 年度將優先以太陽光電系統與氫能與燃料電池系統產業進行產業發展效益分析。分析之成果將提供經濟部標準檢驗局，作為未來推動綠能產業在產品標準、檢測技術及驗證平台之推動政策參考。

### (三)研究方法

本計畫將蒐集國際太陽光電與氫能與燃料電池技術與產業之發展現況，並就推廣策略與目標、推動示範計畫、市場現況、產業發展現況、產品性能標準與安規等相關資料進行分析等基本資訊。針對太陽光電與氫能與燃料電池技術進步趨勢與成本變化，推動相關產品標準、檢測技術及驗證平台對產業之影響，上述資料將作為模擬情境環境設定參考。新 3E 工作小組於初步設定模型之模擬情境後，將透過情境分析專家小組之討論和檢視，確立提供新 3E 模型模擬之 BAU、保守與積極三種不同的產業發展情境。在將三種情境納入模型中並得到模擬結果後，將會再邀請此專家小組共同檢視模型求算結果之合理性和適切性，從而評估各類情境發展之下太陽光電與氫能與燃料電池產業發展效益評估，提供未來推動綠能產業在產品標準、檢測技術及驗證平台之推動政策參考。本計畫之作業方式如圖 3.1 所示。

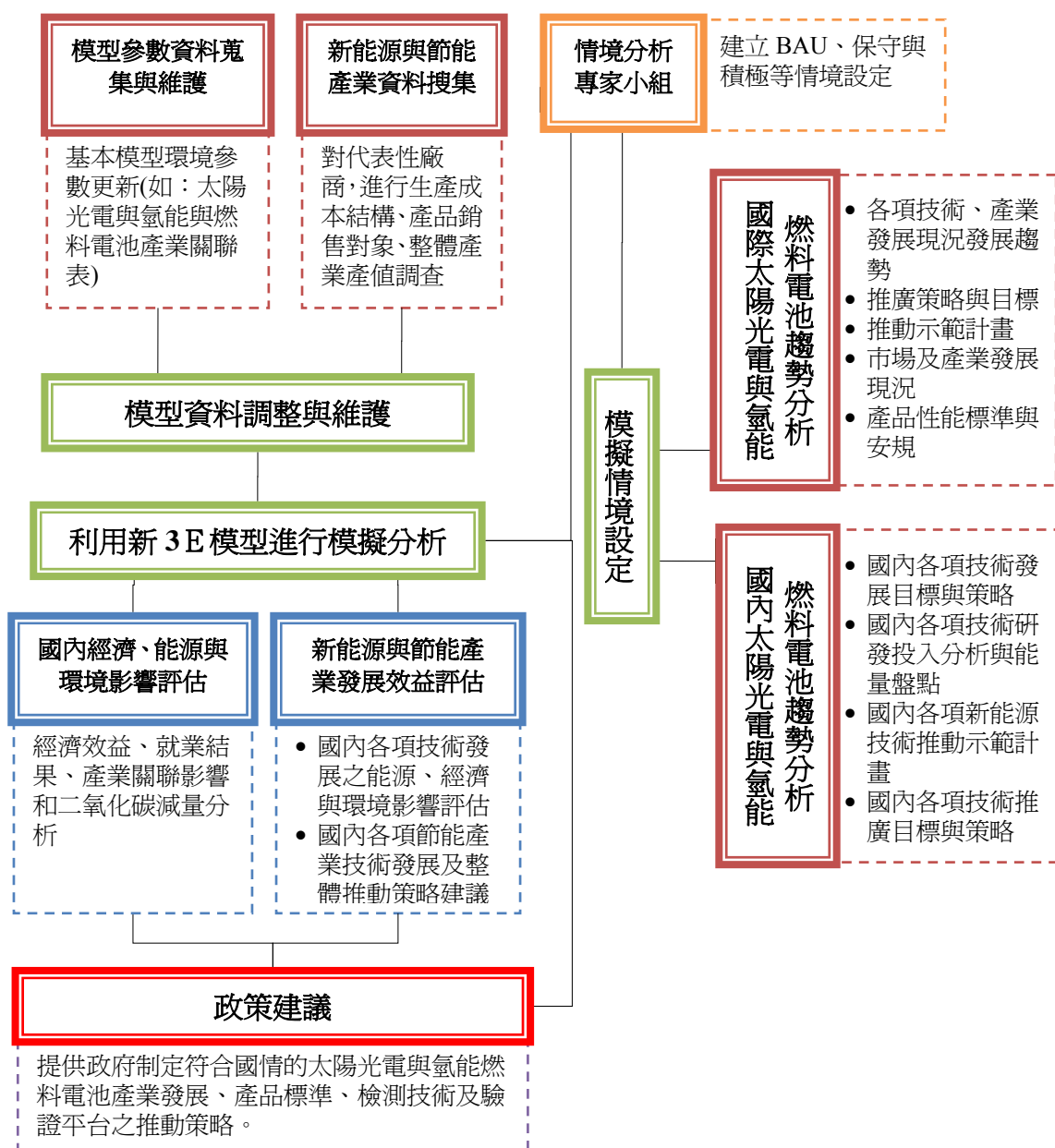


圖 3.1: 本計畫研究實施方式示意圖

### 三、執行進度、經費與人力

#### (一)執行進度及查核點

##### 1.執行進度

工作項目	99 年							
	第一季	第二季	第三季	第四季				
<b>1. 建立綠能產業 3E 分析模型</b>								
(1) 分析產品標準、檢測技術及驗證平台對各種影響因素影響模式				A1				
(2) 完成台經院 3E 模型基準情境的設定				A2				
<b>2. 國內外綠能產業現況與政策分析</b>								
(1) 國外太陽光電技術與產業之發展資料蒐集				B1				
(2) 國外氫能燃料電池技術與產業之發展資料蒐集				B2				
(3) 國外太陽光電技術發展最新概況分析						B3		
(4) 國外氫能燃料電池技術發展最新概況分析						B4		
<b>3. 國內發展太陽光電與氫能燃料電池產業資源與條件分析</b>								
(1) 國內太陽光電產業關聯資料庫建立					C1			
(2) 國內氫能燃料電池產業關聯資料庫建立					C2			
(3) 搜集現行太陽光電政府推策略				C3				
(4) 搜集氫能燃料電池產業政府推策略				C4				
(5) 國內太陽光電產業之發展模式與條件分析								C5
(6) 國內氫能燃料電池產業之發展模式與條件分析								C6
<b>4. 運用 3E 模型進行太陽光電與氫能燃料電池產業經濟效益分析</b>								
(1) 建立 3E 模型中太陽光電產業模擬情境						D1		
(2) 建立 3E 模型中氫能燃料電池產業模擬情境						D2		
(3) 建立 3E 模型中太陽光電產業分析模式								D3
(4) 建立 3E 模型中氫能燃料電池產業分析模式								D4
(5) 分析評估太陽光產品標準、檢測技術及驗證平台之預期效果								D5
(6) 分析評估氫能燃料電產品標準、檢測技術及驗證平台之預期效果								D6
累計進度百分比	10%	20%	35%	50%	70%	90%	95%	100%

## 2.計畫查核點

<p><b>子計畫一</b> 建立綠能產業 3E 分析模型</p>	<p><b>A1.</b>完成產品標準、檢測技術及驗證平台對各種影響因素影響模式建立 <b>A2.</b>完成 3E 模型基準情境的設定</p>
<p><b>子計畫二</b> 國內外際綠能產業現況與政策分析</p>	<p><b>B1.</b>國外太陽光電技術與產業之發展資料蒐集 <b>B2.</b>國外氫能燃料電池技術與產業之發展資料蒐集 <b>B3.</b>完成國外太陽光電技術發展最新概況分析 <b>B4.</b>完成國外氫能燃料電池技術發展最新概況分析</p>
<p><b>子計畫三</b> 國內發展太陽光電與氫能燃料電池產業資源與條件分析</p>	<p><b>C1.</b>完成國內太陽光電產業關聯資料庫建立 <b>C2.</b>完成國內氫能燃料電池產業關聯資料庫建立 <b>C3.</b>完成搜集現行太陽光電政府推策略 <b>C4.</b>完成搜集氫能燃料電池產業之政府推策略 <b>C5.</b>完成國內太陽光電產業之發展模式與條件分析 <b>C6.</b>完成國內氫能燃料電池產業之發展模式與條件分析</p>
<p><b>子計畫四</b> 運用 3E 模型進行太陽光電與氫能燃料電池產業經濟效益分析</p>	<p><b>D1.</b>完成建立 3E 模型中太陽光電產業模擬情境 <b>D2.</b>完成建立 3E 模型中氫能燃料電池產業模擬情境 <b>D3.</b>完成建立 3E 模型中太陽光電產業分析模式 <b>D4.</b>完成建立 3E 模型中氫能燃料電池產業分析模式 <b>D5.</b>完成分析評估太陽光產品標準、檢測技術及驗證平台之預期效果 <b>D6.</b>完成分析評估氫能燃料電產品標準、檢測技術及驗證平台之預期效果</p>

## (二)計畫經費與人力

### 1.計畫經費

表 3.2.1:經費總表

經費項目	金額	備註
<b>一、直接費用</b>	<b>1,100,000</b>	
直接薪資	768,247	請詳見表 3.5.2 說明
其他直接費用	231,753	請詳見表 3.5.3 說明
管理費	100,000	以直接薪資與其他直接費用總和之 10%計算
<b>二、公費</b>	<b>100,000</b>	依規定，額度以不超過直接薪資及管理費用之 30%為限
合計	<b>1,200,000</b>	

說明：實際執行數見附件 1（期末報告之最後一頁）。

表 3.2.2:直接薪資

	月薪資 (元/人月)	工作人月	金額
1.計畫主持人	123,113	1 人月	123,113
3.副研究員	85,146	3 人月	255,438
3.助理研究員	61,086	5 人月	305,430
4.研究助理	42,133	2 人月	84,266
合計		<b>11 人月</b>	<b>768,247</b>

表 3.2.3:其他直接費用

項目名稱	說明	單位	數量	單價	金額
國內差旅費	因會議溝通技術交流等所發生之費用	人次		400	50,000
印刷影印費	印製資料、報告及各類文件印刷與裝訂費用	月	10	3,800	38,000
資料收集費	國內外電動機車相關資訊蒐集及購買與計畫相關之文獻資料				60,000
撰稿及翻譯費用	邀請專家就相關議題進行撰稿及國外相關文獻之翻譯費用	千字		1,500	40,000
電腦耗材與設備費用	碳粉匣、光碟片、影印紙等電腦耗材與相關設備使用費用(如同伺服器、連線費、雷射與彩色印表機、掃描器等使用費)	月	10	1,000	10,000
文具用品費用	購買文具用品、辦公用品等相關費用	月	10	1,200	12,000
郵電費	計畫業務聯繫、協調之電話費、郵費及網際網路連線費用等相關費用	月	10	1,500	15,000
雜費	未編製於上述各項科目之雜項支出				6,753
<b>合計</b>					<b>231,753</b>



## 2.人力配置

類別	姓名	服務機構/系所	職稱	在本研究計畫內擔任之具體工作性質、項目及範圍	每週平均投入工作時數比率(%)
計畫主持人	左峻德	台灣經濟研究院/研究一所	所長/研究員	擬訂計畫執行策略與總管考	30%
研究人員	張行直	台灣經濟研究院/研究一所	副研究員	國內外際綠能產業現況與政策分析；國內發展氫能燃料電池產業資源與條件分析	50%
研究人員	陳彥豪	台灣經濟研究院/研究一所	副研究員	建立綠能產業 3E 分析模型；運用 3E 模型進行太陽光電與氫能燃料電池產業經濟效益分析	60%
研究人員	許加政	台灣經濟研究院/研究一所	助理研究員	國內發展氫能燃料電池產業資源與條件分析	50%
研究人員	林祐民	台灣經濟研究院/研究一所	助理研究員	運用 3E 模型進行太陽光電與氫能燃料電池產業經濟效益分析；國內發展太陽光電產業資源與條	80%
研究助理	陳心儀	台灣經濟研究院/研究一所	研究助理	計畫進度控管、計畫各項報告彙編、財務管理	100%

#### 四、研究結果與討論

##### (一)建立綠能產業 3E 分析模型

##### 1.產品標準、檢測及驗證平台的影響因素

一項產品的標準、檢測及驗證平台的產生主要是基於產品市場化的需求。在一項新產品剛問世之初，各廠商依據自身的特色與標準進行研發，然而一旦同時進入市場，對消費者而言可能會產生不相容的情形，因此進行產品的標準化就變成了必須；其次，產品的檢測也是新產品進入市場所必須的，包括產品的安全標準、耐用程度或年限等，以保持產品的最低標準，以符合公眾的利益。因此，影響產品標準、檢測及驗證機制或平台的因素，主要在於產品未來的市場規模、廠商的技術水準、以及政府投入的支持度（圖 4.1.1）。

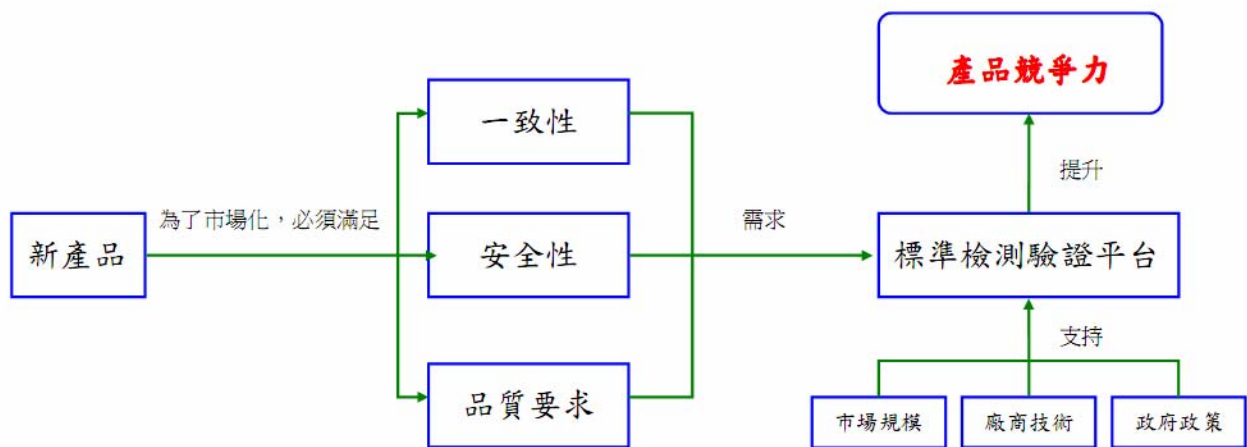


圖 4.1.1: 標準檢測驗證平台的影響因素

本研究的目的是在於評估標準檢測驗證平台（或機制）的經濟效益。標準檢測驗證機制或平台的經濟效益主要在於下列方面：

##### 1)投入產出的提升效果

以投入產出的角度來看，能源科技產品的標準檢測驗證可視為綠色產品的中間投入，故可增加能源科技產品的產出，提升整體的經濟效益。

##### 2)降低生產的機會成本

從機會成本的角度來看，一定的資本投在傳統產業或污染性產品的生產上也會有相對的產出，可提高一國的 GDP，但它卻使該投資的機會成本增加。相反的，標準檢測機制或平台的設立，可以帶動節能產業的發展，故可以降低產業生產的機會成本。

##### 3)促進產業結構的完整

節能產業的投資大致涵蓋以下幾個部分：一是對節能產品的技術研發；二是對傳統產

業的節能化；三是提升節能產品生產者與管理者的素質和水準；四是形成節能產業和綠色產品的規範化、標準化生產，使節能科技產品廠商能夠經由系統性開發和建設，形成集生產、包裝、組織管理、研發與銷售於一體的產業發展模式。因此，標準檢測機制或平台，實為構成一個完整產業不可缺少的重要因素。

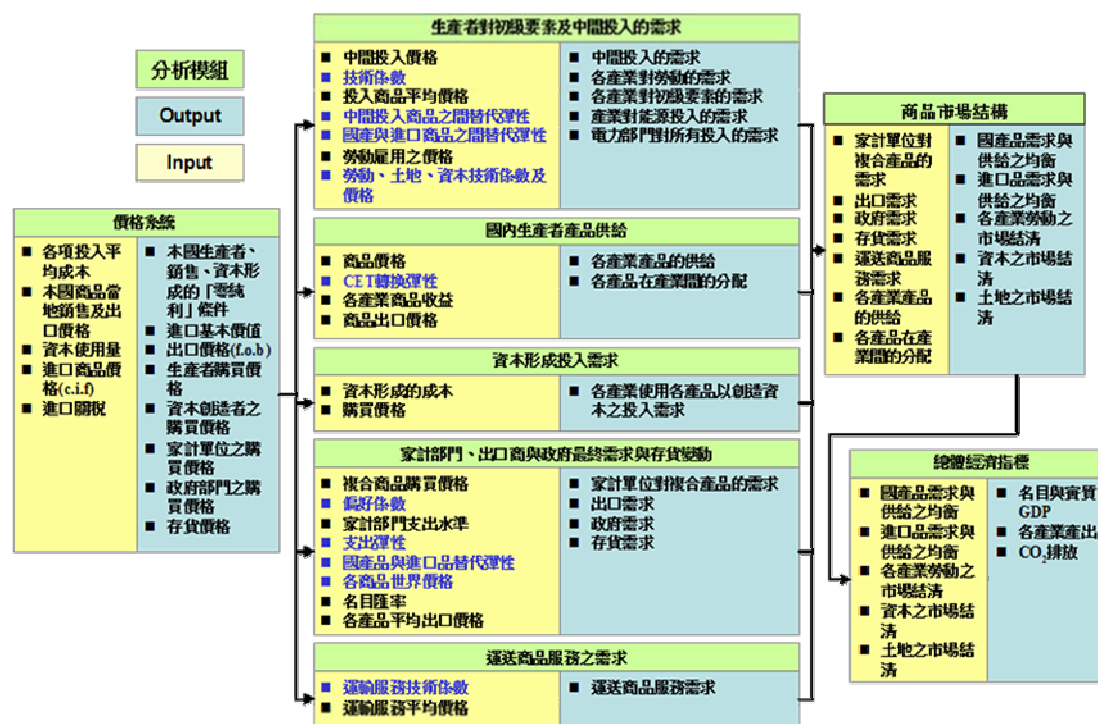
綜合而言，經由標準化以及相關技術檢測的實施，可以整合並引導社會資源，推動創新與研發，以加速技術積累、科技進步、成果推廣、創新擴散、產業升級以及經濟、社會、環境的全面、協調、永續發展。換言之，標準檢測驗證平台的推動與完備，有助於產品的市場化，及提升產品的競爭力，是產業發展的重要推力。

## 2. 3E 模型適於能源政策分析的原因

3E 模型是進行經濟、能源與環境政策分析的理想工具，它是建立在可計算一般均衡模型 (CGE) 之上，能夠精確評估政府之經濟、能源與環境政策對總體經濟以及產業部門間的影響，其原因主要在於：

- 1) **3E 模型不僅能夠分析政策對整體經濟的影響，也能分析對特定部門的影響。**一般的政策的效果分析往往只考慮該項政策的部分效果，而忽視了由於政策所導致的經濟整體的行為變化，例如探討政策對價格和產出的影響，但忽視了消費者的反應。再者，一項政策的實施亦可能改變企業的成本結構，因而導致生產行為的改變(比如價格和產量的變化)，這又會導致消費行為的改變。3E 模型考慮了政策對各部門產生的交互影響，可以將經濟主體對外部刺激的反應行為納入其分析架構中，並且可經由將經濟體分解為各個不同部門，並且在生產和需求方面考慮部門以及商品之間的相互關係。
- 2) **3E 模型在環境政策分析方面較其他模型更具優勢。**3E 模型是建立在 CGE 模型之上，CGE 模型用非線性函數替代了傳統的投入產出模型中的線性函數，考慮經濟主體的最適化行為，也考慮了生產要素之間的替代以及需求之間的轉換。在 CGE 模型中產量和相對價格都是內生的，引入了經由價格誘因作用的市場機制和政策工具，將生產、需求、國際貿易和價格之間的關連結合在一起，使得價格和產量在模擬政策變動所產生的結果時，能夠同時反應。因此，3E 模型能夠更加真實地刻劃經濟體中不同產業、不同消費者對政策衝擊所引致的反應。
- 3) **3E 模型克服了多種模型同時存在的問題。**總體經濟模型的一個主要缺點在於不同的模型具有不同的理論基礎，傳統的總體經濟模型並未考慮個體因素，近年來則結合了經濟個體的行為因素。CGE 模型是以一般均衡分析理論為基礎所架構的總體經濟模型，其中對於所有經濟個體或部門的最適化行為假設，使得在進行政策分析時個體行為與一般均衡具有很強的相關性。因此，利用 CGE 模型進行政策分析所得出的結論一種是在考慮個體行為下所得到的結果，有別於傳統總體模型忽略個體行為。
- 4) **3E 模型還適合類比不同政策之間的相互作用。**例如 3E 模型在能源政策分析中的另一

個重要的應用就是分析污染控制政策對經濟系統的影響。一般說來，污染控制政策包括兩類：第一類是控制型政策，以各種強制執行的環境法規和標準為主體的命令；第二類是以市場為基礎的經濟手段(包括污染稅費、排汙權交易等等)。CGE 模型對這兩類污染控制政策都可做分析，包括：環境法規和標準的社會成本及對福利的影響；原料稅、燃料稅或污染排放稅對經濟的影響及為了實現某一污染控制目標所需要的稅率水準；污染排放稅對環境品質改善的影響等。



### 3.台經院經濟、能源與環境效益評估模型簡介

經濟、能源、環境效益評估模型(簡稱 3E 模型)，是日本最早為應對能源(Energy)、環境(Environment)與經濟(Economy)發展的三重矛盾而提出的。該模型採用了部門活動水準分析、計量經濟分析和線性規劃分析等方法，可應用於能源政策變動對經濟與環境影響之分析。因此，本研究擬以 3E 模型探討太陽光電、燃料電池檢測平台的完備，對於我國經濟、能源與環境所可能產生的影響。以下概要介紹 3E 模型之內涵。

#### (1)3E 政策評估模型應有的功能

一般而言，利用政策評估模型來分析政策的經濟影響之主要目的有四：第一，所模擬出的結果須具參考性，可用以協助決策者選擇較具有效率或具成本有效性的政策工具；第二，可使決策者清楚地瞭解政策效果的方向、影響範圍以及所造成的相關效果，並可做為評量施政績效的指標；第三，可根據模擬結果與實際情況進行比較，檢討造成理論與實際之間可能差異的程度與原因，以瞭解實務上可能面臨的各種限制，以做為政策修正的參考依據；第四，可根據評估結果而研擬具體可行的因應對策，如此不但可以進行事前與事後的分析，亦可促

進政策目標的達成。

## (2)國內現有的 3E 模型

3E 政策評估模型主要可分為部分均衡模型與一般均衡模型兩大類。在部分均衡模型中，還可分為個別部門模型與工程模型；一般均衡模型則又可分為單國模型與多國模型(見下表)。

**表 4.1.1: 政策評估模型的分類**

部分均衡模型	單部門模型	
	工程模型	數學規畫模型
一般均衡模型	最適化模型	部分均衡模型
		總體最適模型
	單國模型	
多國模型		

資料來源：台經院。

目前國內學術單位研發的 3E 相關模型主要有：工研院能資所的 MARKAL-MACRO 模型，清大永續發展研究室所研發的 TAIGEM-III 模型、TaiSEND 模型，中華經濟研究院的 ENFORE 模型與台灣經濟研究院所研發的新 3E 模型(見下表)。本研究所採用之模型為台經院所研發的新 3E 模型，因此以下即概要說明台經院新 3E 模型的特點。

**表 4.1.2: 國內 3E 政策評估模型的屬性與特色**

模型	模型屬性	特色
MARKAL-MACRO	數學規畫模型	1. 結合 top-down 與 bottom-up 2. 發電技術描述詳細 3. 以成本最小化進行規劃
TAIGEM-III	單國動態 CGE 模型	1. 為單國動態 CGE 模型 2. 以結合發電技術之 bottom-up 3. 以 pareto 最適求解
TaiSEND	單國動態 CGE 模型	1. 結合 top-down 與 bottom-up 2. 發電技術描述詳細 3. 詳細描述發電技術之選擇愈淘汰 4. 以 pareto 最適求解
ENFORE	時間序列預測模型	1. 為一時間序列模型 2. 可進行能源價格與需求之預測
新 3E	單國動態 CGE 模型	1. 為單國動態 CGE 模型 2. 以結合發電技術之 bottom-up 3. 以 pareto 最適求解 4. 模型納入風力、太陽光電、太陽能熱水器、生質酒精、生質柴油、氫能與燃料電池、淨煤技術等新能源與再生能源技術產業資料，可進行發展相關產業之 3E 分析

資料來源：台經院。

### (3) 台經院新 3E 模型的特點

台經院所研發之新 3E 模型源自澳洲 Monash 大學 CoPS 新的 ORANI 模型、MONASH 模型，屬於單國動態 CGE 模型，為由下而上(bottom-up)的分析模型(見下圖)<sup>2</sup>。新 3E 模型在發電部門 bottom-up 結合技術配套的方式，成為整合 top-down 與 bottom-up 分析方式的政策評估模型。新 3E 模型的決策目標是 Pareto 最適解，其對產業關聯描述相當詳盡，並隨時進行更新，因此相當適宜做為經濟、能源與環境政策的評估，並且對於生產函數結構、發電部門與整體經濟有詳盡的刻劃。尤其新 3E 模型在發電技術方面，除了包含既有的 10 種發電技術再加上汽電公升之外，另外經由 2006 年台經院對新能源產業的調查，納入了風力發電、太陽光電、太陽電熱水器、生質酒精、生質柴油、氫能與燃料電池，以及淨煤等不同類型的再生能源與新能源技術之產業關聯資料。因此，台經院新 3E 模型在考慮再生能源與新能源技術方面，是我國目前較為完整的政策評估模型。

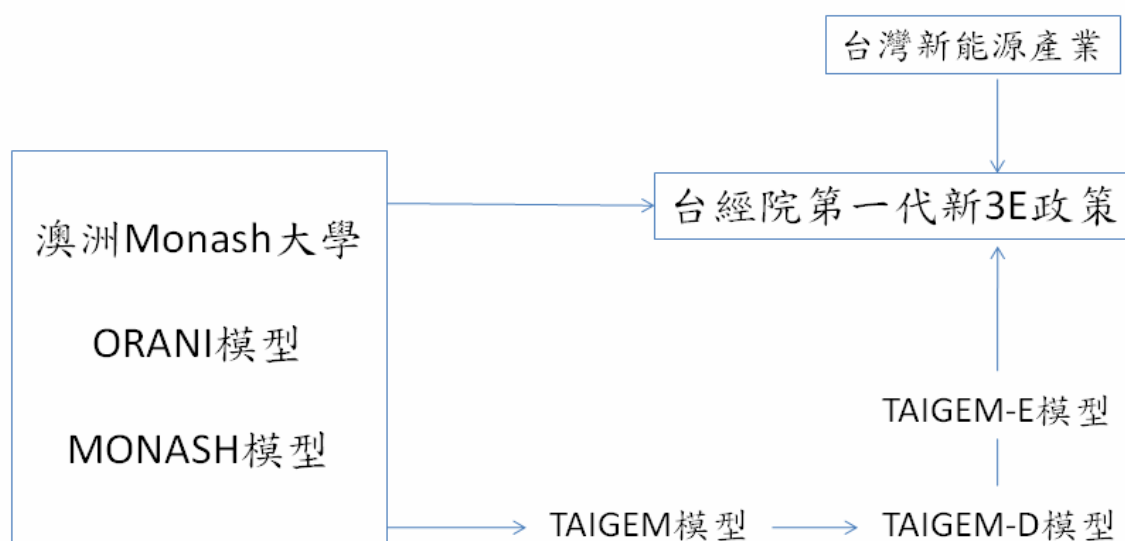


圖 4.1.2: 台經院新 3E 模型之沿革

<sup>2</sup> 所謂由上而下(top-down)的總體經濟觀點，以能源系統為例，是指從經濟發展對部門的影響的觀點，觀察總體經濟變化所引起的能源供需的變化情況。由下而上(bottom-up)的工程角度，是觀察最低層的技术變化所引起的綜合效應與對經濟、能源與的影響。

#### (4)新 3E 模型之資料庫

新 3E 模型之資料庫包含生產面及所得面（即產業部門、投資部門、家計部門、政府部門、國外部門間的交易和存貨）之資料，為一具備資源配置效率與所得分配公平性之資料庫。資料庫中的矩陣主要分為五大部分，分別為吸收矩陣（absorption matrix）、投資矩陣（investment matrix）、進口關稅向量（import duty vector）、生產矩陣（make matrix）和二氧化碳矩陣（CO2 matrix）如圖 4.1.3。前四部分是以產業關聯表和國民所得收支帳為主，二氧化碳矩陣則佐以能源平衡表和 IPCC 排放係數求算出各部門之二氧化碳排放。模型中之各彈性係數和參數部分之決定，則是沿用既有資料庫利用計量方法及文獻回顧之方式所推得之係數，包括：(1)國產品與進口品替代彈性；(2)生產投入要素間替代彈性；(3)商品間的轉換彈性；(4)家計部門的需求價格與所得彈性。

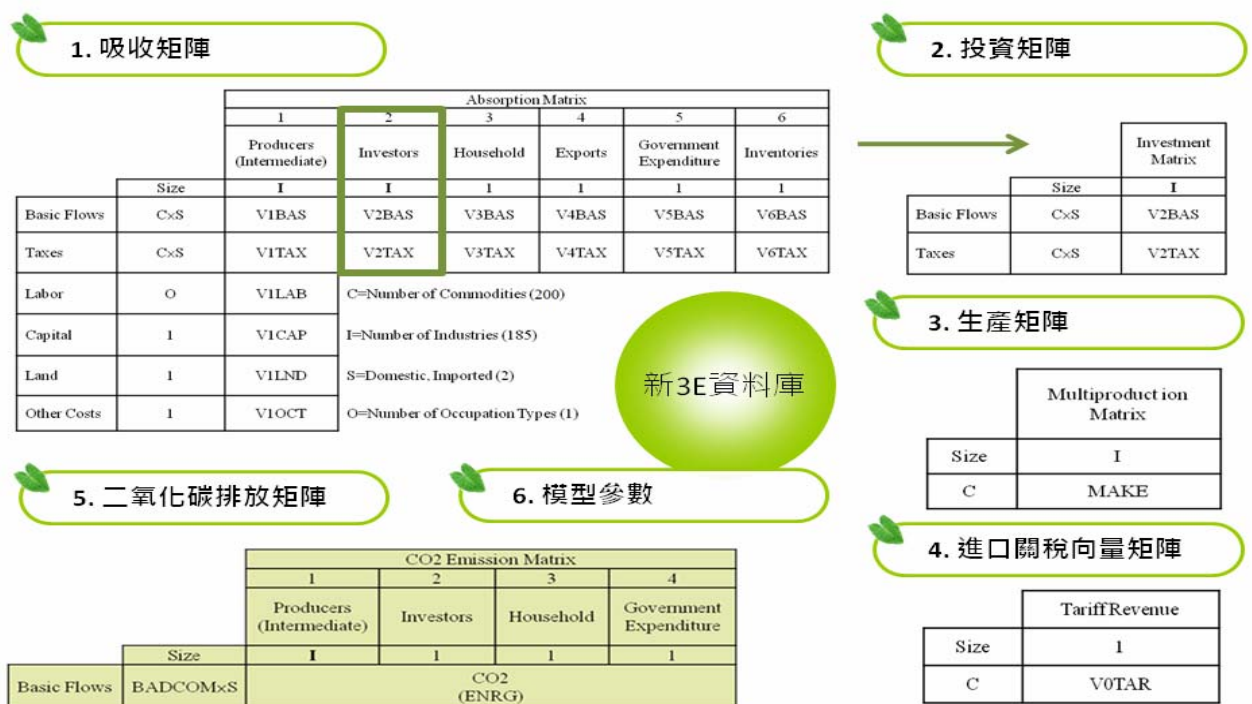


圖 4.1.3: 新 3E 資料庫處理架構

## (二)國內外綠能產業現況與政策分析

### 1. 國內太陽光電產業發展概況

#### (1)產量與產值的成長

台灣太陽光電產業的發展從 2001 年起呈現穩定成長的趨勢，2001 年雖僅有 4MW 的產量，但至 2007 年已達 377MW，2008 年更大幅成長至 854MW，較前一年成長了 126.5%（見圖 4.2.1）。從產值來看，2007 年台灣太陽光電產業產值 535 億元，2008 年增加至 1,011 億元，成長率達 89%，其中約七成的產值來自於中游的太陽能電池，2007 年太陽能電池的產值約 364 億元，2008 年則大幅增加至 814 億元，2009 年因全球金融海嘯的影響，略降為 682 億元（見表 4.2.1）。

以 2009 年來看，太陽能電池產值整體太陽光電產業產值的 69.89%，太陽能矽材料約占 26.39%，下游模組與系統分別占 2.34%與 1.39%。在全球的供應上，台灣太陽能電池約占全球生產的 12%，模組約占 1%。然而，在政府的推動以及許多企業的轉投資之下，台灣對於上、中、下游的投入也逐漸增加，在既有的化工、半導體、材料等基礎產業的支撐下，台灣已發展出完整的太陽能光電產業供應鏈，透過這些資金雄厚的企業支持，台灣在全球太陽光電的產出比例預計也將會持續增加。

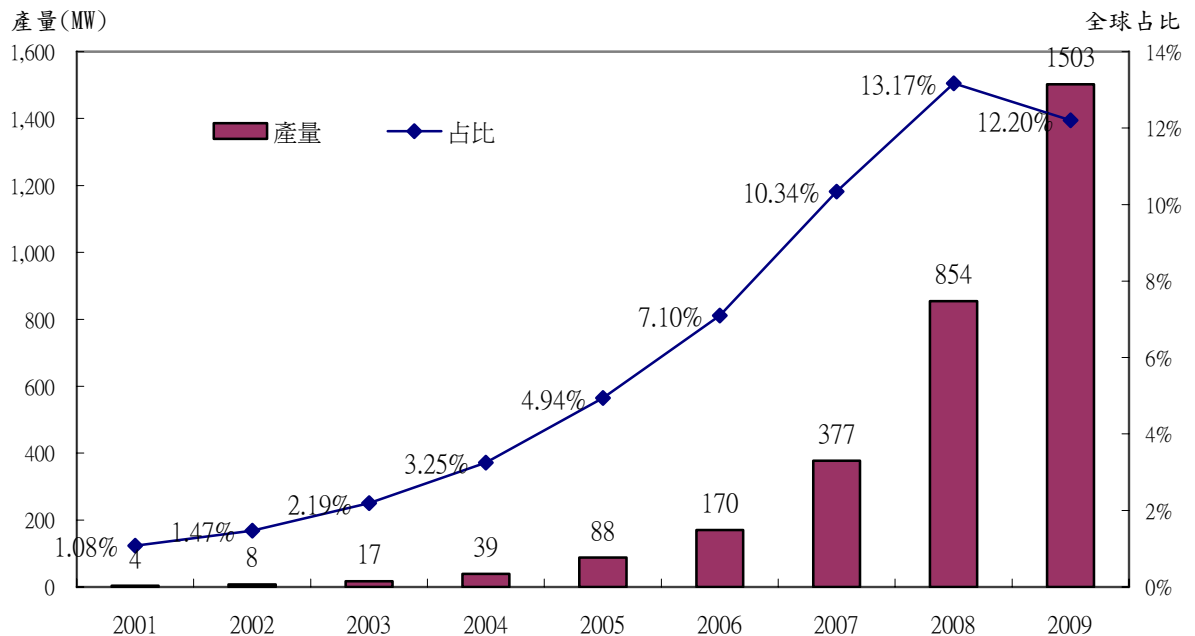


圖 4.2.1: 2001~2008 年我國太陽電池與模組產量及全球占比<sup>3</sup>

<sup>3</sup>資料來源：(1)PV News；(2)工研院 IEK(2009/04)；(3)PHOTON 2010/04。



表 4.2.1：台灣太陽能光電(太陽能電池)製造業產值趨勢

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
生產值(百萬元)	53	34	400	943	2,312	4,090	13,829	36,399	81,368	68,216
成長率(%)	-81.9	-34.46	1062.31	135.57	145.26	76.95	238.08	163.22	123.54	-16.16
外銷比(%)	74.5	74.94	94.52	98.3	99.08	97.87	88.34	88.91	89.34	90.71

資料來源：台經院產經資料庫。

## (2)廠商概況

完整的太陽光電產業包括上游的矽材料、矽晶片，中游的太陽能電池，以及下游的太陽光電模組、太陽光電系統等。早期台灣在上游矽材料純化方面並無廠商生產，中下游部分的太陽能電池、太陽光電模組、太陽光電系統台灣廠商都有量產能力。自 2004 年以來台灣對太陽光電產業的投資逐漸熱絡，至近年來開始有廠商投入上游的矽材料，使台灣的太陽光電產業鏈日趨完整。最近 3 年太陽光電廠商增加最多的是下游的太陽能系統廠商，由 2005 年 25 家增加到 2009 年 40 家。其次是中游的太陽能電池廠商，由 8 家增加到 29 家（如表 4.2.2）。

表 4.2.2: 台灣太陽光電廠商

	多晶矽	矽晶片	太陽電池	模組	系統
	福聚太陽能 山陽科技 旭晶源 科風	中美矽晶 線能科技 合晶科技(上海) 茂迪(昆山) 統懋半導體 台灣半導體 峰毅光電	*結晶矽 茂迪、益通、旺能、 昇陽、新日光、科 冠、太陽光電、台 灣茂矽、太極能 源、耀華、長生能 源、山陽、晶旺光 電、漢能 *非晶矽 大豐能源、鑫笙能 源、聯相光電(晶 能)、昇陽光電 *矽薄膜 嘉晶電子、威奈聯 合、茂矽、綠能、 富陽光電、旭能光 電、宇通光能 *CIS 威士通、光發鍍金 *GaAs 華上、全新、晶元、 海德威(禧通)	頂晶科技、永炬 光電、日光能、 中國電器、知光 能源  奈米龍、金能、 立基  茂晶科技、生耀 光電、伸浦、茂 暘、太陽電科 技、科風	茂迪、中國電器、 永炬光電、奈米 龍、東城科技、冠 宇宙、太陽動力、 鼎鼎、緊恒、金華 成、羅森、夏普、 伸浦、崇越電通、 統昱、永旭能源、 台邦、台達電、傳 典  東城科技、強而 青、興達科技、鯨 威、日光能、茂 迪、大豐、中國電 器、宇太、旭辰
2005 年家數	0	2	8	5	25
2006 年家數	0	2	13	8	27
2007 年家數	2	7	24	14	29
2008 年家數	7	10	29	18	36
2009 年家數	6	10	29	19	40

資料來源：IEK(2009/12)。

### (3)台灣太陽光電產業聚落

台灣太陽光電產業廠商主要以桃竹苗為重心，特別是上游矽材與矽晶圓及中游太陽能電池與模組產業多位於桃竹苗地區，這是因為太陽光電產業與半導體原料與製程近似所致，而半導體產業則以新竹為主要廠商所在地。

以太陽光電產業產業鏈分析台灣太陽光電產業聚落，上中下游廠家數按分布地區統計結果如表 4.2.3。

表 4.2.3：台灣太陽光電廠商分佈情況

地區	上游	中游	下游
台北地區	3	8	20
桃竹苗地區	6	29	10
台中、南投	1	5	8
台南、高雄	5	10	3
宜蘭地區	1	0	0
總計	16	52	41

資料來源：台經院。

下游的太陽光電系統、轉換器、通路及供應商等，則是因為考量市場因素，故以位於台北地區為多。

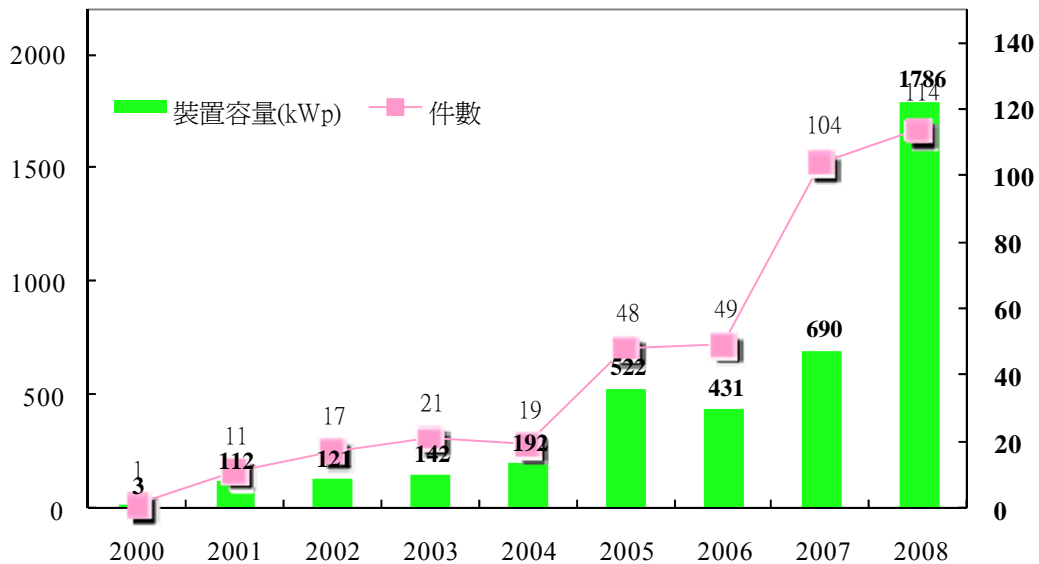


圖 4.2.2: 台灣太陽光電年度裝置量<sup>4</sup>

<sup>4</sup>資料來源：PV News,工研院。

## 2. 國外太陽光電產業發展概況

### (1) 2010 年太陽光電市場供需分析

2009 年由於多晶矽新料源大量開出，太陽光電市場首度出現供過於求，使得太陽能價格大幅滑落，在太陽能長期價跌趨的勢下，使亞洲低生產成本區域的太陽能業者受惠最多。在產業鏈各階段產能方面，多晶矽、太陽能矽晶圓、太陽能電池與太陽能模組產能均超過市場需求，使太陽能光電模組價格下滑（見圖 4.2.3、4.2.4）。依據 DIGITIMES Research 的分析，全球多晶矽、太陽能矽晶圓、太陽能電池與太陽能模組供給狀況，再根據全球太陽光電市場需求預估，預測 2010 年太陽能價格將下跌 10~15%，全球太陽光電市場將成長 40.8%，達 8,590 百萬瓦(MW)。

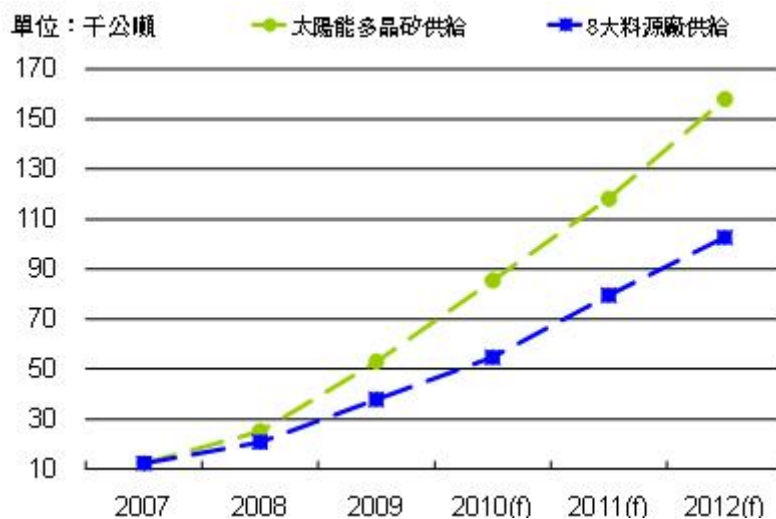


圖 4.2.3: 2007-2012 太陽能多晶矽供給走勢<sup>5</sup>

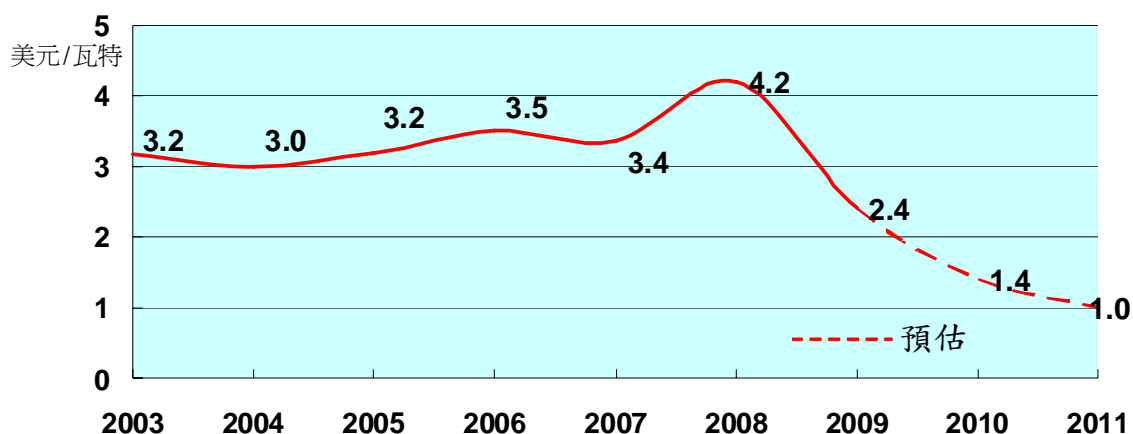


圖 4.2.4: 太陽光電模組價格曲線

<sup>5</sup> 圖 4.2.3、圖 4.2.4 資料來源為 DIGITIMES(2010/3)。

至 2008 年止，全球太陽光電系統累計裝置約 14.7GW，2009 年新增裝置量為 7.3GW，其中以德國 3GW 的新增裝置量占全球市場一半，義大利等歐洲國家占有 27%，其餘美國、日本則分別以 485MW、438MW 分居在後(圖 4.2.5)。2009 年太陽能電池產量為 9.34GW，較前一年成長 36%。台灣目前的太陽能電池產能約占全球 15% (1.4GW)，中國則占 34%，根據相關報導，預計在 2010 年到 2015 年市場將有高成長的機會，預計在 2014 年市場將成長 2.5 倍。<sup>6</sup>

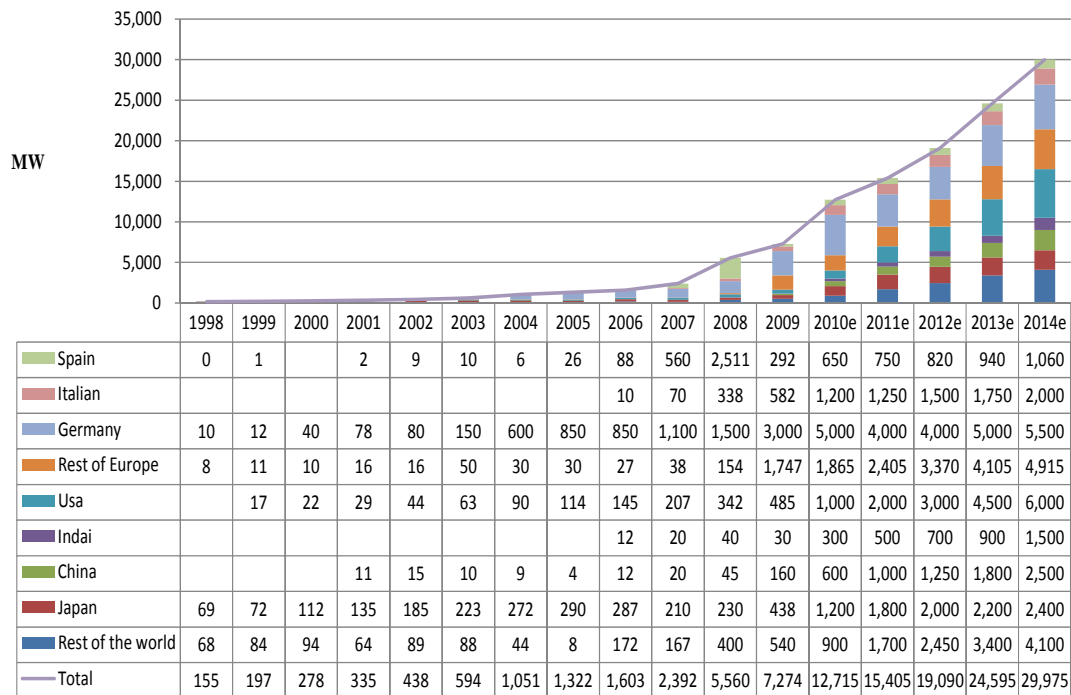


圖 2.4.5: 1998~2014 年全球太陽光電系統新增裝置量<sup>7</sup>

## (2) 國際間太陽能光電發展推動概況

### 美國

美國在發展太陽光電產業上，維持其一貫的策略，對於技術進步、產業扶植以及市場建立，都透過政策推動同時給予協助，包含發展不同的太陽光能、太陽熱能、聚焦型太陽能、不同光電材料應用等技術，也同時積極創造與綠能有關的就業機會，提供太陽能廠商 18.5 億美元貸款保證，興建規模在世上名列前茅的太陽能發電廠。美國的短期目標是在 2015 年前，研發與產出具備競爭價格的太

<sup>6</sup> Digitimes (2010/03/03)估計 2009 年新增裝置容量為 6.1GW。

<sup>7</sup> 資料來源：Solarbuzz, 矢野經濟研究所, Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2009。

陽能發電模式，而長期目標則是逐漸提昇太陽光發電所占整體供電的比例，讓太陽能成為美國重要的能源解決辦法之一。

## 日本

日本不論在太陽光電的技術發展或裝置數量上都是全世界的領先國家，從 1992 年起就有一系列的補助獎勵政策，1999 年在日本推動的「住宅用太陽光發電系統導入計畫」，更開始了日本在全球的發電累積量第一的地位，直到 2005 年才因為補助政策減緩以及德國的大力推動而被超越，不過自 2009 年開始，日本又重新啟動補助政策，修改過去 RPS 制度，改由電業義務收購剩餘電力，住宅收購電價 48 円/度、非住宅收購電價 24 円/度，預計將再推升日本的裝置數量，另一方面，結合新技術，日本也計畫結合定置型燃料電池與智慧型電網技術，共同發展太陽光電，預計於 2020 年累積裝置量達 14 GW、2030 年裝置 53 GW。圖 4.2.6 為日本矢野經濟研究所所推估之日本太陽光電裝置容量趨勢，顯示 2009 年起日本太陽光電的裝置容量將維持穩定成長的趨勢。

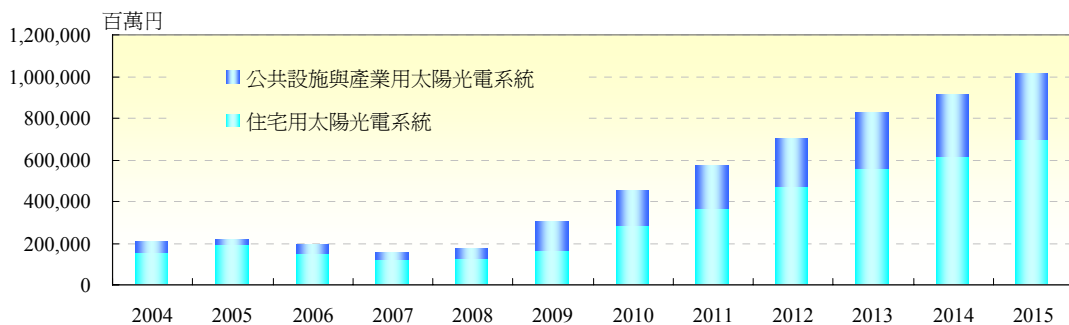


圖 4.2.6: 日本太陽光電 2015 年裝置容量趨勢<sup>8</sup>

## 南韓

南韓由於投入大筆經費，2008 年南韓太陽能裝置量達 284MW 的新高（見圖 4.2.7），但隨財政壓力日高，南韓決定縮手投資，2009 年支援上限僅 50MW，預計將使太陽能裝置量急遽下滑，未來仰賴 RPS 提振內需市場。<sup>9</sup>

<sup>8</sup> 資料來源：經濟產業省，矢野經濟研究所 2009，2009~2015 為預測值。

<sup>9</sup> Digitimes, 2010/02/02。

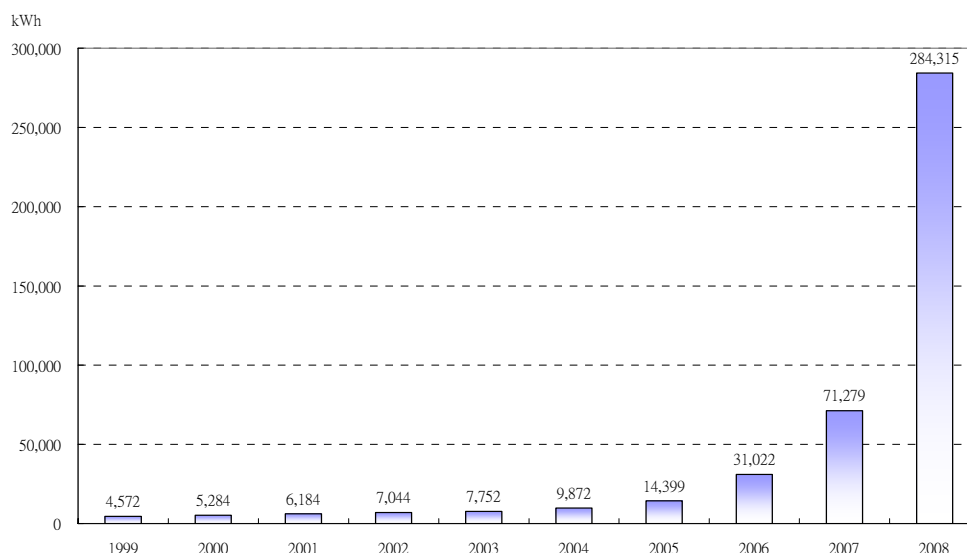


圖 4.2.7: 1999~2008 年南韓歷年太陽能發電量<sup>10</sup>

## 德國

德國在太陽光電的發展上，以持續的補助政策進行推動，加上德國的民眾對於環保的意識較高，就算安裝太陽能發電系統的成本與實際用電成本不符，仍是願意主動安裝，因此自 2004 年開始，德國的安裝量成為全球最多的國家，在 2009 甚至安裝了將近全球 50% 的裝置容量。在進行過多年的補助政策後，隨著太陽能電池、模組的降價，德國在 2010 年也提出電價補助調降的政策，配合模組價格下滑，分兩階段調降收購電價，於 2010 年 7 月後安裝系統，裝置於屋頂系統調降 13%，裝置於空地調降 10%，裝置於廢棄物處理廠或廢棄軍事設施調降 8%。10 月後全部再調降 3%。因此在 2010 年前，德國民眾、企業也會搶在補助優惠結束前大量安裝太陽能系統，預計全球生產的太陽能電池、模組等相關材料都會優先供應給德國，2010 年德國的安裝容量估計會成長 60% 以上，超過 5GW。

## 法國

法國在 2009 年公布新的收購電價，包含 BIPV 的 58 ~ 50 Cent / kWh、建物上 42 Cent / kWh、地面型 37.7 ~ 31.4 Cent / kWh 以及海外領地的 40 Cent / kWh (圖 4.2.8)。預估是暨德國、西班牙之後，帶領歐洲在再生能源發展上繼續成長的主要國家之一，這次的收購電價政策將維持 3 年，從 2010 ~ 2012 年，預估 2013 年開始會遞減。另一方面，法國也從技術的角度，協助發展太陽光電產業，法國在 2006 年建立了國家太陽能研究院，匯集法國太陽光電科技研究人員，研究涵蓋整個供應鏈包括從材料至應用領域，預期開發出高效率與低成本的矽晶太陽電

<sup>10</sup>資料來源：DIGITIMES，2010/1。

池，並在 2020 年前提升效率至 30%。

### 歐洲市場

整體來看，歐洲 2010 年太陽光電市場仍將維持成長，但部分歐洲國家已針對現行收購電價補助費率進行檢討，除法國已公告 2010 年費率調整方案外，德國亦提案大幅調降收購電價，2010 年初依照既訂機制調降 9~11% 外，更規劃年中再度調降 15%；而義大利在達成累計太陽能系統安裝量 1,200MW 目標後，亦會針對現行收購電價作檢討，政策驅動下的全球太陽光電市場，勢必因這些政策改變而發生牽動。歐洲以外的地區，在政策確立且經過一段時間發酵後，美國、大陸與日本都將是 2010 年太陽光電市場成長的最大動能來源。

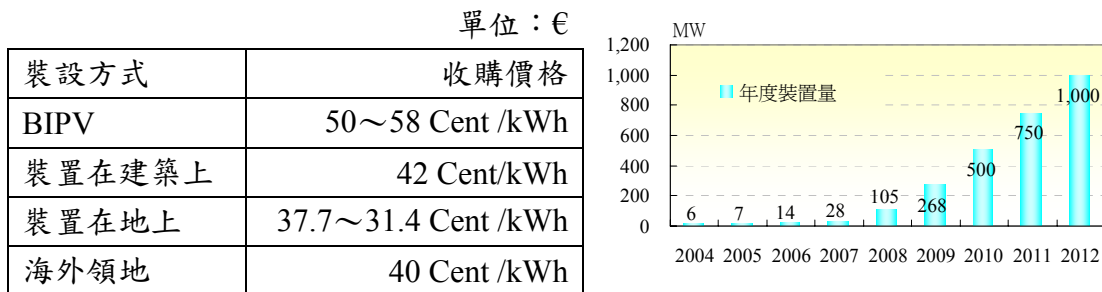


圖 4.2.8: 法國太陽光電收購價格與 2012 年裝置推測<sup>11</sup>

### 中國

中國經濟崛起所帶來的效益，是全世界都在關注的焦點，不論是一般產品、汽車工業、或是新興的能源產業，中國都具備成為全球最大市場的潛力，在太陽光電領域，中國的太陽能電池產量占世界約 43%，模組產量更達到 58% 左右，一般預估中國將會是全球最大的太陽光電供給與需求市場。中國政府在扶植太陽能產業上，提出了全國性的補貼計畫，2009 年三月推出「太陽能屋頂計畫」，七月又提出「金太陽計畫」，獎勵使用建築整合型太陽光電與屋頂太陽能系統。針對中大型 BIPV 提供人民幣 20,000 元/kW 補助，非併網提供人民幣 3,000 元/kW 補助，地方政府包含江蘇、山東海南、浙江、上海、深圳等 20 多個省市，也各自提出光伏激勵政策。預計在歐洲等國結束補助政策後，太陽能安裝的趨勢將轉往亞洲的中國、日本，以及美國，延續太陽光電裝置的成長動力。

<sup>11</sup> 資料來源：cabinet de conseil PricewaterhouseCoopers 2010.

### 3.國內燃料電池產業發展現況與分析

#### (1)產業環境

燃料電池產業鏈從上游到下游的主要產品包括貴金屬觸媒、質子交換膜等、燃料電池組 及其零組件、控制系統與周邊零組件、定置型發電系統、可攜式電源產品、交通運輸工具等，除了上游原材料技術外，國內產業界已擁有豐富的量產經驗與成本優勢，故切入中下游產品市場具有相對市場利基，且台灣在發電機、電子資訊與機車等產業已有良好基礎，導入燃料電池技術後，具有能源效率與環保的特色，產品將更具國際競爭力。目前國內各家廠商都在其各自專長的領域積極研發與拓展市場，多數廠商並組成「燃料電池產業聯盟」，共同致力於台灣燃料電池產業的完整化與商業化，促進燃料電池產業的發展。

目前國內已有 30 多家相關研發機構及業者投入燃料電池相關技術與產品的開發，也具有分工雛型並形成產業價值鏈。有上游的原材料廠商包括：製造 Membrane 的安矩科技、南亞電路板，生產 MEA 的南亞電路板、遠茂光電、光騰光電，生產觸媒的安矩科技，生產 GDL 的碳能科技，生產雙極版的盛英、鼎旭等。在中游有生產電池組的台達電、南亞電路版、大同世界科技、光騰光電、博研、鼎佳、中興電工、亞太等，生產重組器的大同世界科技、碧氫科技，生產熱交換器的有高力熱處理。下游的燃料電池系統及其應用場商，則有思柏科技、南亞電路版、大同世界科技、能碩科技、台達電、光騰光電、揚光綠能、亞太燃料電池、美菲德、鼎佳、中興電工、鼎旭（見表 4.2.4）。

表 4.2.4: 燃料電池產業鏈與廠商

供應鏈	原材料 (上游)	電池組及組件 (中游)	電池系統與應用 (下游)	支援產品
主要廠商	<b>Membrane</b> 安矩科技 南亞電路板 <b>MEA</b> 南亞電路板 遠茂光電 光騰光電 <b>觸媒</b> 安矩科技 <b>GDL</b> 碳能科技 <b>雙極版</b> 盛英、鼎旭	<b>電池組</b> 台達電 南亞電路版 大同世界科技 光騰光電 博研燃料電池 遠茂光電 鼎佳 中興電工 亞太燃料電池 <b>重組器</b> 大同世界科技 碧氫科技 <b>熱交換器</b> 高力熱處理	<b>FC 系統</b> 思柏科技 奇鈇 大同世界科技 能碩科技 台達電 光騰光電 揚光綠能 亞太燃料電池 美菲德 鼎佳 中興電工 鼎旭	<b>氫氣供應</b> 三福氣體 聯華亞東 中油 <b>甲醇供應</b> 伊默克 李長榮公司 <b>甲醇燃料罐</b> 奇鈇 <b>儲氫合金罐</b> 漢氫科技 亞太燃料電池 川飛 博研

資料來源：本研究整理。



## (2)政府的推動政策

在政府政策方面，為協助業者在燃料電池產業的發展，2008 年經濟部能源局曾邀請燃料電池零組件、氫氣生產與儲存設備、發電機、行動電源及機車應用等相關業者，召開「2008 國內氫能與燃料電池產業發展策略業者座談會」，研擬產業發展策略重點，研擬推動產業發展之具體作法，包括：

- 擴大氫能與燃料電池產業研發投資，籌組研發聯盟平台，開發共通核心關鍵組件及材料，加速國內產業整合發展；
- 建立國際氫能與燃料電池供應鏈，藉由政府投入之技術成果移轉與獎勵措施，讓業界迅速進入量產開發並形成產業聚落；
- 建立國際級標準檢測驗證平台，提供與國際調和之法規標準，建置氫能與燃料電池整合展示環境，提升產業競爭力；
- 推動燃料電池應用示範與驗證，提高技術可靠度與民眾接受度，加速技術商品化發展；
- 整合技術開發與創意設計，推廣燃料電池應用產品，並藉由參加或籌辦國際展覽會協助業建立品牌形象；
- 結合國內 4C 產業優勢，導入燃料電池應用技術，共創產業新利基。

能源局於 2008 年亦表示將推動我國燃料電池產業將從萌芽時期發展到 2011 年的新台幣 40 億元、2016 年的 130 億元產值，2020 年有接近千億元的產值，國際市場占有率約達 5%，使我國氫能與燃料電池產品技術、產業規模在國際上占有重要地位。而目前台灣已具有氫能燃料電池的上、中、下游廠商，總數超過 30 家，其中部分廠商投入氫能燃料電池產業將近十年。在 2009 年國內產業界更有重大發展，包括定置型、小型可攜式、重組器及關鍵零組件等產品，廠商也紛紛發表進入量產階段的新技術與產品。

行政院會 2009 年 4 月 23 日通過「新能源兆元產業旗艦計畫」、「綠色能源產業旭升方案」，其中「綠色能源產業旭升方案」政府在未來五年內將補助太陽能光電、LED 光電照明、風力發電、生質燃料、氫能與燃料電池、能源資通訊、及電動車輛第七大產業，共兩百五十億元補助，創造綠能產品的內需市場。顯見近年來節能減碳與綠色經濟已成為主流，政府亦積極推動綠色產業，因此投入大量資源於綠色產業的發展，使得燃料電池產業在未來有相當的發展空間，唯成本尚高與不夠普及仍是目前產業發展的瓶頸所在。

### (3)廠商概況

#### 上游原材料

在上游的廠商方面，主要有南亞電路板公司與碳能科技公司。南亞電路板在 Membrane 與 MEA，已開發出直接甲醇燃料電池膜電極組(Directly Methanol Fuel Cell Membrane Electrode Assembly；DMFC MEA)，與氫氣燃料電池膜電極組產品介紹與應用、氫氣燃料電池膜電極組(Proton Exchange Membrane Fuel Cell Membrane Electrode Assembly；PEMFCMEA)，如圖 4.2.9。

碳能科技主要在生產碳布、碳紙，重點研發方向在於提供燃料電池使用之氣體擴散層。由於在 2008 年以前燃料電池的「氣體擴散層材料」，幾乎完全被外國廠商所掌握，而碳能科技在取得由逢甲大學材料科學與工程學系移轉的氣體擴散層製造技術後，提高了燃料電池的國內自製率，也提升國內燃料電池生產技術並降低生產成本。目前在日本、歐洲、美國均已建立固定客源，公司發展漸入佳境。



左：直接甲醇燃料電池膜電極組；右：氫氣燃料電池邊緣封裝膜電極組

圖 4.2.9: 膜電池組<sup>12</sup>

#### 中游電池組件與下游系統應用

在電池組件方面，南亞電路板在電路板製程及設計擁有相當成熟的能力，成功地應用於燃料電池組的設計製造，目前已量產燃料電池電力模組；IC 設計業者思柏科技則利用其 IC 及電子介面專業切入燃料電池能量管理系統(EMS-Energy Management System)；專業散熱模組廠奇鎡科技則切入燃料電池週邊控制系統設計製造(BOP-Balance of Plant components)。

在燃料電池系統方面，台灣目前有 7 家具有發展千瓦級燃料電池商品能力之系統廠商，包括美菲德、台達、大同、亞太、博研、中興、鼎佳。

系統廠商能碩（EnerMaster）專注於研發可降低成本的系統整合及控制任意

<sup>12</sup> 資料來源：南亞電路版公司網站。

變動的現場產氫，期能解決長期以來，消費者於使用昂貴或高壓儲氫裝置時的疑慮和困擾。能碩科技大力鼓吹將燃料電池結合 Hybrid 電力做為引擎動力，並應用在各種電動車。另透過自有技術整合發展現場產氫（不必充填、無需運送、關機就停產、不會殘留）發電，階段性推出以 EnerMaster 為品牌的發電機，可運用野營休閒、休旅（車、船）熱電共生、外出執勤等在高附加價值利基應用市場。EnerMaster 也是第一個申請 CE 認證的品牌，並摸索出一系列可快速將產品商品化所必備的「元件模組化設計」之成功方程式，可讓股東參與量產設計後的產品認證，也可養成模組組裝設計能力。

大同世界主要的研發以液化石油氣（LPG; Liquefied Petroleum Gas，主要內含丙烷和丁烷）當作燃料的重組型燃料電池為研發重心，並且是以 1.5kW~5kW 的定置型燃料電池組為發展主力。大同世界亦投入電池組、系統控制(BOP)、重組器、換流器與變流器等四大領域的研發。

亞太燃料電池科技主要核心技術為 100W~12kW 質子交換膜燃料電池組的設計與量產能力，以及燃料電池系統的設計技術，並已成功將之應用於電動機車、代步車、輪椅、電動小火車及可攜式發電機等產品。此外，該公司亦掌握低壓金屬儲氫罐與快速接頭之設計製造技術，使用低壓金屬儲氫罐之燃料電池氫氣供應系統技術，以及燃料電池系統發展平台與測試機台的技術。

中興電工與中央大學產學合作進行「kW 級燃料電池儲氫發電製冷技術開發」計畫，研發燃料電池，將氫能應用於燃料電池，或提供定置型發電機產生電力，通訊站與基地台備用電力發電機、偏遠地區小型供電系統等研發成果。

鼎佳能源公司主要在自製燃料電池組，並結合國內關鍵零組件產業，發展應用於備用電力市場的燃料電池供電系統。

2004 年博研公司和加拿大 Palcan 公司在加國簽訂技術移轉和授權約定，針對降低製造成本、商業量產和系統商品研發等進行研製。在成大育成中心研發合作架構下，已成功發展成本極具競爭力的台灣版燃料電池產品。其特色是將加拿大發展的研發雛型改變成 85% 由本地製造的商業產品。目前公司之研發中心已移至台南永康工業區，並與南科園區建立合作計畫。

思柏科技成立於 2005 年，該公司結合電控、化學及機構等人才，獨力開發完成 100W 以下的 FCS5 可攜式燃料電池充電器，成為台灣第一家生產微型化燃料電池的公司，該產品可應用在手機、LED 照明、3C 產品等，讓燃料電池已可快速導入量產。FCS5 是可攜式燃料電池充電器，以直接甲醇燃料電池(DMFC)來供應電力，與鋰、鎳氫二次電池的差異在於，而直接甲醇燃料電池，只要不斷

的補充甲醇燃料，就有源源不絕的電力產生。

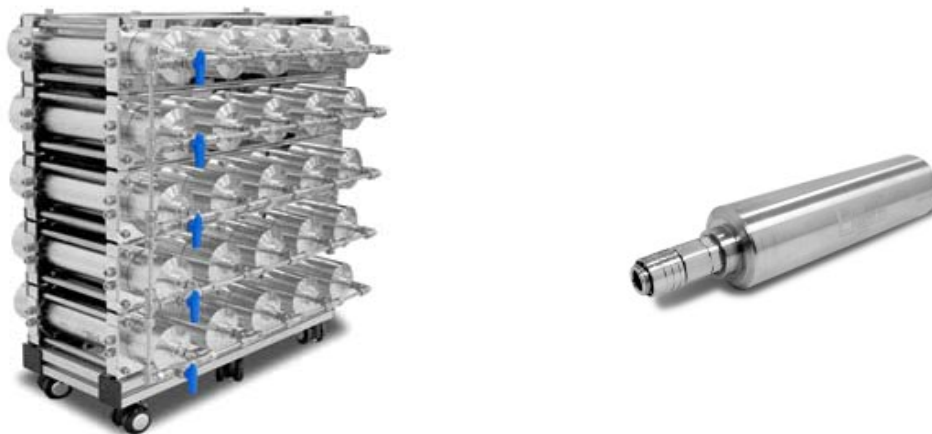
從事燃料電池系統整合服務的泰新能源於 2007 年成立，系統整合服務是整合硬體、軟體及服務為一體，另外亦投入燃料電池測試設備領域，在具備關鍵元件、原物料以及測試系統平台下，除提供系統整合服務，因掌握成本較低的原物料，也自行開發燃料電池教具，進行教育市場推廣。由於泰新是以技術為本的公司，測試系統平台除部分儀器外，幾乎都是自行開發組裝，因此泰新可依照客戶需求量身訂作。

### 周邊支援產品

周邊支援產品主要為氫氣供應與儲氫裝置的製造。在製氫技術開發方面，台電與工研院合作建造再生能源製氫展示系統，碧氫科技開發重組型氫氣產生機，此外，三福氣體完成一座 25 支組先導型儲氫罐充氫站。

在儲氫技術方面，漢氫科技研發與生產合金儲氫罐（圖 4.2.10），同時亞太燃料電池與國外合作也可供應儲氫罐產品。

另外，在化學儲氫方面，雖然有一兩家公司宣稱正在研發硼氫化鈉儲氫技術，但是正式展示離型機組者仍然只有工研院能環所。由於燃料電池的關鍵材料--薄膜（membrane）台灣已可自製，且周邊組件與控制系統技術也可完全掌控，如果市場復甦，台灣的燃料電池產業可謂處於蓄勢待發的狀態，由於上中下游產業鏈完整，其市場爆發力將極為驚人。



16500 Liter 燃料電池固態儲氫器

10 Liter 燃料電池固態儲氫器

圖 4.2.10: 漢氫科技研發生產之合金儲氫罐<sup>13</sup>

<sup>13</sup>資料來源：漢氫科技公司。

#### (4)發展趨勢

目前台灣多數的燃料電池廠商主要以發展小型定置型發電系統為主，而 PEMFC 顯然為百瓦級與千瓦級發電機組的主力，工研院綠能所、中科院、亞太燃料電池公司、南亞電路版、真敏國際公司、台達電子公司、博研燃料電池公司與大同世界科技公司等都在進行相關研發工作。

在車輛應用方面主要有亞太燃料電池科技公司與光陽機車所發展的燃料電池機車，前者已完成道路測試。由於台灣汽車產業不具國際優勢，以及有鑒於傳統汽油引擎機車造成嚴重的空氣污染，台灣對於電動機車曾採取補貼政策以加速推廣。但以傳統電池為動力的電動機車由於充電時間長、續航力低、電池壽命短等缺點，以及都會區充電環境不易改善，即使經過多年的推動，仍無法滿足消費者的需求。目前業者開發的新一代燃料電池電動機車，已完成國內外性能與安全騎乘試驗，無論充電（更換燃料罐）時間、續航力與燃料供應系統均有顯著進步。因此，燃料電池具有成為新型電動機車動力源之潛力，也為電動機車產業開啟了新的選擇空間。

相較美加、日本與歐盟推動燃料電池產品商業化進程，台灣在燃料電池電動機車技術上已經完成技術開發與驗證(Technology development and validation)的階段，而將要進入所謂的初期市場階段。經濟部能源局自 2009 年開始啟動為期三年的燃料電池示範運行補助計畫，同時開始研訂氫能燃料機車的有關技術標準，以期先期進入燃料電池國際市場等，均有助於此新興產業的發展。

另外，由於台灣擁有成熟的 IT 供應鏈，研發人才與技術以及成本製造的特性與優勢，非常適合發展將燃料電池應用於與 IT 產品相關的可攜式 3C 產品。此一應用領域的燃料電池，主要分成 DMFC 與 PEMFC 兩技術領域，其中工研院材化所與核能研究所選擇 DMC，而工研院能環所與中科院材化所一直都是從事 PEMFC 的研發。南亞電路板也開始進入此項領域，新普公司則是最近才投入。大同世界科技公司原本為開發 3 kW 級 PEMFC 發電機組的廠商，但是 2006 年開始自行研發小型重組器與高溫型 PEMFC 電池組，因而加入開發 RMFC 的行列。

台灣具有開發可攜式電池組能力的廠家包括思柏科技、南亞電路板、大同世界科技、揚光綠能、核研所、能碩科技、亞太等，但開發可攜式合金儲氫罐的廠商目前主要是漢氫公司。

#### 4. 國外燃料電池產業發展概況

##### (1) 發展概況

2008 年各地區燃料電池需求以西歐為首，為 1 億 6 千 6 百萬美元，其次為美國的 1 億 4 千萬美元，及日本 1 億 1 千 5 百萬美元。根據 Freedonia Group 預估，至 2018 年，美國燃料電池市場需求將超過西歐，成長至 13 億 5 千萬美元，西歐及日本市場需求亦超過 10 億美元之規模。而中國的成長率則超過全球成長率，由 2008 年 8 億美元成長至 2018 年 260 億美元，成長 32.5 倍，是成長力道最強勁的地區（見圖 4.2.11）。

依據 Fuel Cell Today 報告，2009 年全球所增加的燃料電池應用系統近 25,000 組，其中在定置型部分，成長幅度達 134%（約 9,000 組）；2009 年燃料電池系統成長 41% 的最主要原因即是定置型燃料電池系統的商業化。另外，2009 年全球燃料電池系統累計為 70,000 組，其中交通載具的試行為主要應用項目。

全球對於燃料電池的需求區域，以主要投入研發之美國、歐洲以及日本三個地區為最多。依據 Freedonia Group 報告預測在 2013 年時，全球對於燃料電池的需求將快速成長，其中 2008~2013 年各地區平均成長率都達 20% 以上，在中國方面將大幅成長 48.1%，日本以 32.7% 的成長率為次之。就總需求量來看，歐洲依然是燃料電池的主要市場，預期會有 5.05 億美元的需求量，日本及美國對於燃料電池的需求量則分別為 4.73 億美元以及 4.47 億美元，這三個區域占全球總需求量的七成以上。

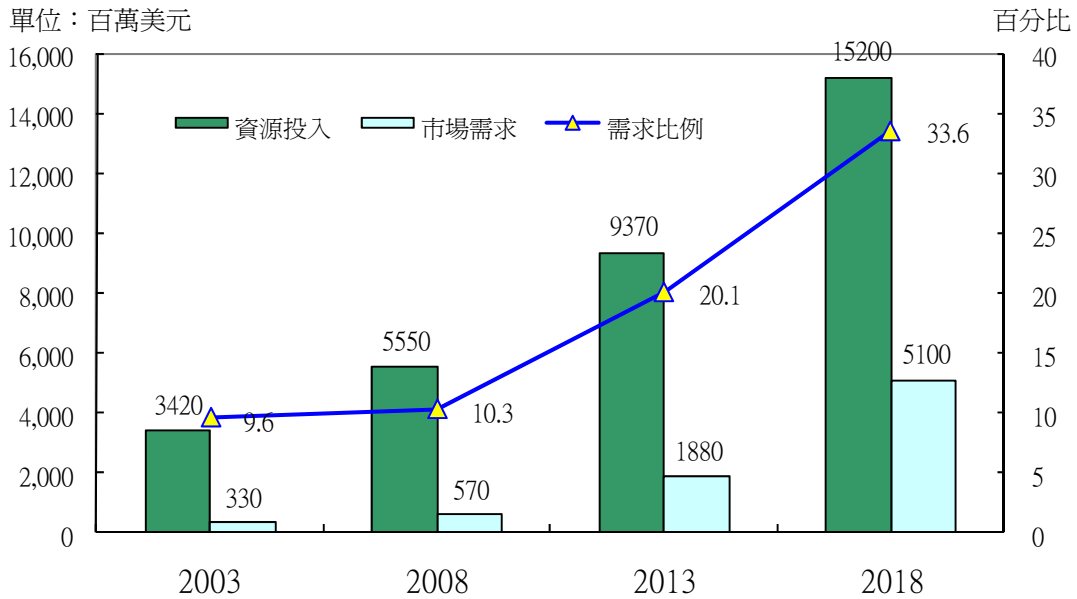


圖 4.2.11: 全球氫能燃料電池市場需求<sup>14</sup>

表 4.2.5: 全球燃料電池市場需求

	2008	2013	2018
商用燃料電池需求	570	1,880	5,100
美國	140	447	1,350
加拿大與墨西哥	38	108	320
西歐	166	505	1,280
中國	8	57	260
日本	115	473	1,060
其他亞太地區	77	223	525
其他地區	26	67	305

資料來源：Freedonia Group, 2009.05.

2008 年全球共有 55.5 億美元投入氫能燃料電池產業，但市場需求僅 5.7 億左右（圖 4.3.2），目前投入在研發的經費遠高於市場吸納，但投入相關研發的機構（政府、企業以及非營利組織）認為未來世界各國在因應替代能源與潔淨能源各項議題與措施時，將提高氫能燃料電池的需求量。

目前各國在燃料電池應用方面多著重在定置型發電系統與汽車方面，且國際汽車大廠均宣稱 2015 年是燃料電池汽車進入商業化的關鍵時機。在開發應用產品之際，國際間對於燃料電池技術標準及安規制定方面也同步進行，以配合商業化的需求。國際上對於各式燃料電池應用產品有不同的技術目標（見表 4.2.6）。以 2~3 kW 之輕型載具為例，成本目標為每 kW 50~100 美元，耐久目標為 4,000~

<sup>14</sup>資料來源：Freedonia Group, 2009.05.

5,000 小時，預計 2011 年即可進入商品化量產。而小客車則必須至 2015 年才可能進入量產階段。

表 4.2.6: 國際燃料電池商品化技術目標

應用產品		輕型載具	小客車	小型發電機	3C 應用產品
FC市場 需求與 現況	輸出功率	2~3kW	50~80kW	1~10 kW	0.1~200W
	成本目標	\$50~100/kW		<\$1/W	<\$50/W
	成本現況	\$800~1,200/kW		\$1/W	\$50~100/W
	耐久目標	4,000~5,000 小時		5,000小時	3,000小時
	耐久現況	~3,000 小時(Stack)		1,000~2,000 小時	
主要技術類型		PEMFC		PEMFC DMFC	DMFC、RMFC
商品化量產		2011年~	2015~2018年	2009年~	2010年~
市場拉力		綠色能源、低碳社會		能源效率 綠色能源	電力需求時間 增加

資料來源: 1.FY 2008 Annual Progress Report, DOE Hydrogen Program.

2.台灣燃料電池夥伴聯盟整理 2009.2.

目前各國及國際標準及安規制定方面，涵蓋了以下範圍：

- 1)機動車輛安全標準、車上氫氣儲存標準（包括容器與壓力）、電池堆系統連接裝置。
- 2)氫氣製造、運輸、分送、儲存和使用上之供應設施，包括高壓儲氫容器法規、加氫站設置法規等。
- 3)儲氫罐(metal hydride)、燃料充填系統(refueling systems)、產品等標準。
- 4)家庭、大樓、社區、發電廠等有關之法規、零件及產品標準、安裝及電力回饋連接之標準、氫氣儲存標準。

## (2)各國發展概況

目前國外的燃料電池市場主要在北美，其次是歐洲與日本。在亞洲除了日本之外，中國與韓國亦積極投入燃料電池的發展，由於日本政府的積極補助，日本是亞洲燃料電池產業發展最為快速的國家。



## 美國

美國主要是以能源部主導燃料電池的發展，從 1992 年到 2001 年，美國能源部及投入了七億美元研發燃料電池。目前美國能源部已更加重視燃料電池的發展，至 2010 年以後，美國能源高級研究計劃署 (ARPA-E) 在電的技術的研發上，投資重點之一便是燃料電池的研發。

根據美國能源部 2010 年氫能預算書，2009 年氫能燃料電池預算是 169 百萬美元，五月份能源部提出的 2010 年度預算，將燃料電池技術研發預算大砍了 101 百萬美元，只剩 68 百萬美元，然而經過美國參眾兩院與白宮數月協調結果，終於確定為 174 百萬美元，比 2009 年還多了 5 百萬美元，由此可知，美國今年能源國家型計畫，氫能從原本最優先項目改列為次優先項目，主因受 2009 年 4 月到美國能源部部長朱隸文刪減原始預算書影響，但因美國各界強烈呼籲而恢復並小幅成長。

美國通用、福特與克萊斯勒等汽車公司，在美國能源部的大力支持下研發質子交換膜燃料電池汽車，並陸續推出各自的實驗車。

## 加拿大

在加拿大，早期研究燃料電池發展係在多倫多大學，以及位於首都渥太華的國防研究單位和國家研究委員會 (National Research Council, NRC) 進行。早期研究工作大多集中在鹼性和磷酸型燃料電池上。1983 年，Ballard Research 公司開始質子交換膜燃料電池的研究發展。過去 20 年間，在加國政府的支持下，對於燃料電池和相關產品的發展及商品化已占有領先全球的地位。除了純學術性的研究計畫，相關單位也直接參與燃料電池的研究，包括：加拿大氫氣協會 (CHA)、氫氣研究所 (HRI)、魁北克大學的 Trois-Rivieres (UQTR)、維多利亞大學整合性能源系統中心 (IESVIC) 及加拿大國家研究委員會 (NRC) 等。

加拿大的燃料電池產業大多是中小型企業，提供燃料電池感測設備、控制系統、燃料系統的整合和儲存。目前已經有超過 40 家燃料電池的公司，共僱用 1,800 位以上工程技術人員，其中位於西岸的英屬哥倫比亞就占 1,200 多人以上，全球市場產值預計在 2011 年可達 460 億美元。可預期的是，自 2005 年市場已經開始加速成長，包含可攜式、分散式和定置式燃料電池之應用，將比在車輛方面的用途更完全地商業化。而是否達成預期關鍵，在於增加系統安全性、符合環保標準及技術能力的改進。

## 德國

德國燃料電池的發展，主要是將其應用在運輸工具上，在 1993 年初，Benz 公司即開始投資於 PEMFC 汽車的研發，投入金額達 3400 萬美元，至 1995 年 3 月該公司所研製的歐洲第一輛燃料電池車開始進行道路測試，該車可乘坐 6 人，時速可達到 110 公里，補充一次燃料可行駛 250 公里。1999 年 3 月推出 Nekar-4 型 PEMFC 汽車，以液態氫做為燃料，補充一次燃料可行駛 450 公里。目前 Benz 公司已推出以甲醇為燃料的燃料電池汽車。除了 Benz 公司之外，德國的 BMW 公司亦積極燃料電池汽車，2007 年推出完全以液態氫為燃料的 BMW Hydrogen 7，其行駛過程中除排放薄霧般的蒸氣外，幾乎毫無任何有害廢氣產生。

## 日本

日本政府為達成 2050 年前溫室氣體減半目標，在推動的 21 項能源科技中，有有關燃料電池及氫能源技術發展有三項：定置型燃料電池、汽車燃料電池及氫氣產製技術。為推動燃料電池及氫能源產業發展，日本政府於 2008 年投入 210 億日圓預算，目前以推動定置型燃料電池及汽車燃料電池兩項為主。

日本政府自 2002 至 2008 年大規模推動定置型燃料電池示範計畫(單機裝置容量約為 1kW)，一共裝置 3,307 台，2009 年起開始推動上市。目前以氫燃料電池為主的家庭用熱電系統，一台約需日幣 300 萬元，政府補助日幣 140 萬元。另外，2002 年起推動國家型「氫能燃料電池示範計畫」，第一階段(JHFC-1)從 2002 至 2005 年，內容為燃料電池汽車與巴士之示範與驗證；第二階段(JHFC-2)從 2006 年開始至 2010 年，加入電動輪椅與代步車示範驗證。預估 2015 年起上市，2030 年大規模普及。

目前日本許多車廠都積極投入氫燃料電池汽車之研究，如豐田(TOYOTA)、日產(NISSAN)、本田(HONDA)、鈴木(SUZUKI)、馬自達(MAZDA)與克萊斯勒(DAIMLER CHRYSLER)、通用(GM)等，每部車成本大約是日幣 1 億元。<sup>15</sup>日本本田公司於 2010 年 4 月宣稱：推估至 2015 年，燃料電池小汽車每輛可降至 5 萬美元。

日本市調機構富士經濟公布的調查數據顯示，2020 年度日本燃料電池系統市場規模將達 7,883 億日圓(約 86.7 億美元)，約為 2009 年度的 48 倍。

---

<sup>15</sup> 經建會 98 年 9 月 14 日新聞稿。

### (三)我國發展太陽光電與氫料電池產業之資源與條件分析

#### 1.政府政策與策略

##### (1)太陽光電產業

在政策方面，經濟部能源局從 2000 年開始推動太陽光電發電系統設置補助作業，至今已十年，每年申請件數從最早期的 8 件成長到 2009 年的 178 件，成功推動國內太陽光電裝置量與太陽光電產業。台灣已於民國 2009 年通過「再生能源發展條例」，經濟部亦於本年度公告「再生能源電能躉購費率及其計算公式」，太陽光發電躉購電價每度電約 11 元，引起踴躍申請設立。依據經濟部能源局規劃，台灣將於 2020 年裝設太陽光電 1,250MW，2030 年 2,500 MW。

另外，行政院於 2009 年 4 月啟動的「綠色能源產業旭升方案」，將太陽光電列為發展重點，目標設定為 2015 年擁有完整太陽光電產業群聚，成為全球第 3 大太陽能電池生產國，年產值由 2009 年的 1,011 億元增加至 4,500 億元，創造 4.5 萬名就業人力，使台灣成為前三大太陽能生產大國與太陽能技術研發重鎮，形成完整聚落，因此太陽光電產業可望成為我國未來帶動經濟成長的動力之一。

在策略上，為加強發展臺灣太陽能產業，成為綠色能源大國，行政院針對出口轉進、環境塑造、關鍵投資、技術突圍與內需擴大等五大方向提出配套措施，希望透過政策推動創造市場拉力，提升台灣太陽能產業競爭力。在出口轉進部分，擬藉由兩岸搭橋計畫擴大兩岸市場商機，協助廠商切入國際大廠供應鏈，同時配合「新鄭和計畫」拓銷海外新興市場。環境塑造方面，透過建構「太陽光電產品標準及檢測平台」，與國際同步訂定產品相關法規與標準，並建置相關驗證實驗室，提供產品驗證平台，提升業者產品可靠度，增加外銷實力。關鍵投資方面，政府將把大型太陽光電發展計畫列入國發基金優先重點投資項目，同時成立「太陽光電產業服務團隊」，協助業者排除投資障礙。

政府有意推動太陽能成為台灣下一個「兆元級產業」，然而，政府如何取得跨部會整合上的共識，將是政策能否落實的關鍵。由於台灣普通電價僅德、日等國的八分之一，推動太陽能發電仍須靠政府補助才得以推展，且台灣地狹人稠，取得土地不易，興建大型電廠恐會墊高成本，需要相關單位的協助。

## (2)燃料電池產業

在政府政策方面，為協助業者在燃料電池產業的發展，2008 年經濟部能源局曾邀請燃料電池零組件、氫氣生產與儲存設備、發電機、行動電源及機車應用等相關業者，召開「2008 國內氫能與燃料電池產業發展策略業者座談會」，研擬產業發展策略重點，研擬推動產業發展之具體作法，包括：

- 擴大氫能與燃料電池產業研發投資，籌組研發聯盟平台，開發共通核心關鍵組件及材料，加速國內產業整合發展；
- 建立國際氫能與燃料電池供應鏈，藉由政府投入之技術成果移轉與獎勵措施，讓業界迅速進入量產開發並形成產業聚落；
- 建立國際級標準檢測驗證平台，提供與國際調和之法規標準，建置氫能與燃料電池整合展示環境，提升產業競爭力；
- 推動燃料電池應用示範與驗證，提高技術可靠度與民眾接受度，加速技術商品化發展；
- 整合技術開發與創意設計，推廣燃料電池應用產品，並藉由參加或籌辦國際展覽會協助業建立品牌形象；
- 結合國內 4C 產業優勢，導入燃料電池應用技術，共創產業新利基。

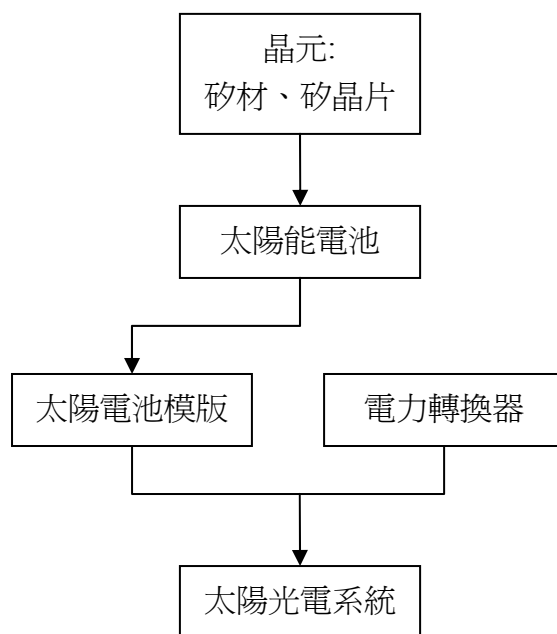
能源局於 2008 年亦表示將推動我國燃料電池產業將從萌芽時期發展到 2011 年的新台幣 40 億元、2016 年的 130 億元產值，2020 年有接近千億元的產值，國際市場占有率約達 5%，使我國氫能與燃料電池產品技術、產業規模在國際上占有重要地位。而目前台灣已具有氫能燃料電池的上、中、下游廠商，總數超過 30 家，其中部分廠商投入氫能燃料電池產業將近十年。在 2009 年國內產業界更有重大發展，包括定置型、小型可攜式、重組器及關鍵零組件等產品，廠商也紛紛發表進入量產階段的新技術與產品。

行政院會 2009 年 4 月 23 日通過「新能源兆元產業旗艦計畫」、「綠色能源產業旭升方案」，其中「綠色能源產業旭升方案」政府在未來五年內將補助太陽能光電、LED 光電照明、風力發電、生質燃料、氫能與燃料電池、能源資通訊、及電動車輛第七大產業，共兩百五十億元補助，創造綠能產品的內需市場。顯見近年來節能減碳與綠色經濟已成為主流，政府亦積極推動綠色產業，因此投入大量資源於綠色產業的發展，使得燃料電池產業在未來有相當的發展空間，唯成本尚高與不夠普及仍是目前產業發展的瓶頸所在。

## 2. 產業技術概況

### (1) 太陽光電

國內太陽光電產業上中下游共約 117 家廠商，產業上中下游架構如下圖，上中游可分為矽原料、PASTE 膠料、矽晶圓、電阻電容電子元件、PCB 板、塑膠成型品、金屬零件。



太陽光電的產業的供應鏈，主要包括上游矽材(Polysilicon material)製造，以及取得矽材之後經過長晶爐熔煉、拉晶／長晶成矽晶錠、精密切割、拋光成晶片；中游的太陽電池生產製造、模組封裝，以及下游的系統設計與安裝運用。

台灣太陽光電產業主要是以中游的太陽電池生產製造為投資主力，依使用材料與製程不同，可分為矽晶與薄膜太陽電池產業，大多是以引進國外整廠輸入技術與設備為主。經濟部工業局曾統計在 2008 年共有 12 家廠商相繼或規劃投入多晶矽、矽甲烷、三氟化氮、玻璃等太陽能上游材料領域，這將使得台灣光電產業的供應鏈更加完整。(由於金融海嘯的影響，部分廠商對於前述投資持以觀望的態度)

此外，在高聚光型太陽光電系統(HCPV)方面，全球目前有 30 多家 HCPV 系統廠商，有 13 家屬高效率 III-V 族聚光型太陽電池廠，其中有三家即為台廠，由於台灣相關業者看好 HCPV 未來的國際競爭力，陸續已有 22 家公司投入相關的下游產業。

2007 年行政院原子能委員會核研所完成一套 100kW 的 HCPV 驗證系統，2009 年將開始 1MW 之驗證系統，業界亦積極規劃建置驗證系統，亦有國內廠商已通過國外大廠之驗證，並進入量產階段。

目前主流仍以矽晶太陽電池（第一代），但薄膜型（第二代）近來成長快速，另外被視為第三代太陽能電池技術的聚光型太陽光電技術，以其高轉換效率的特性，在高日照地區的電廠、消費性電子產品等市場積極發展。而至 2009 年止，國內有 6 家矽晶圓廠、29 家太陽電池廠（17 家矽晶、12 家薄膜），19 家模組廠，與 40 家系統及應用產品廠。

## (2) 燃料電池

目前台灣多數的燃料電池廠商主要以發展小型定置型發電系統為主，而 PEMFC 顯然為百瓦級與千瓦級發電機組的主力，工研院綠能所、中科院、亞太燃料電池公司、南亞電路版、真敏國際公司、台達電子公司、博研燃料電池公司與大同世界科技公司等都在進行相關研發工作。

在車輛應用方面主要有亞太燃料電池科技公司與光陽機車所發展的燃料電池機車，前者已完成道路測試。由於台灣汽車產業不具國際優勢，以及有鑒於傳統汽油引擎機車造成嚴重的空氣污染，台灣對於電動機車曾採取補貼政策以加速推廣。但以傳統電池為動力的電動機車由於充電時間長、續航力低、電池壽命短等缺點，以及都會區充電環境不易改善，即使經過多年的推動，仍無法滿足消費者的需求。目前業者開發的新一代燃料電池電動機車，已完成國內外性能與安全騎乘試驗，無論充電（更換燃料罐）時間、續航力與燃料供應系統均有顯著進步。因此，燃料電池具有成為新型電動機車動力源之潛力，也為電動機車產業開啟了新的選擇空間。

相較美加、日本與歐盟推動燃料電池產品商業化進程，台灣在燃料電池電動機車技術上已經完成技術開發與驗證(Technology development and validation)的階段，而將要進入所謂的初期市場階段。經濟部能源局自 2009 年開始啟動為期三年的燃料電池示範運行補助計畫，同時開始研訂氫能燃料機車的有關技術標準，以期先期進入燃料電池國際市場等，均有助於此新興產業的發展。

另外，由於台灣擁有成熟的 IT 供應鏈，研發人才與技術以及成本製造的特性與優勢，非常適合發展將燃料電池應用於與 IT 產品相關的可攜式 3C 產品。此一應用領域的燃料電池，主要分成 DMFC 與 PEMFC 兩技術領域，其中工研院材化所與核能研究所選擇 DMFC，而工研院能環所與中科院材化所一直都是從事 PEMFC 的研發。南亞電路板也開始進入此項領域，新普公司則是最近才投入。

大同世界科技公司原本為開發 3 kW 級 PEMFC 發電機組的廠商，但是 2006 年開始自行研發小型重組器與高溫型 PEMFC 電池組，因而加入開發 RMFC 的行列。

台灣具有開發可攜式電池組能力的廠家包括思柏科技、南亞電路板、大同世界科技、揚光綠能、核研所、能碩科技、亞太等，但開發可攜式合金儲氫罐的廠商目前主要是漢氫公司。

### 3.標準檢測驗證平臺發展現況

#### (1)太陽光電產品標準與檢測驗證

目前進行太陽光電檢測認證的主要機構包含國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)及優力國際安全認證實驗室(Underwriters Laboratories, UL)兩組織。其中 IEC 61215/IEC 61646/IEC 61703 為目前歐洲太陽光電市場主要通行的認證標準，而 UL 1703 則為北美地區慣用的認證標準。

IEC 61215 (矽晶太陽能電池模組性能測試標準) 為矽晶模組專用的檢測標準，共包含 19 項檢測項目 (表 4.3.1)，其中檢測項目依照其類型可區分為六種，包括：電性測試、診斷測試、環境測試、安全測試、照射測試及機械測試。

表 4.3.1: IEC 61215 檢測項目

檢測類型	電性測試	診斷測試	環境測試
檢測項目	熱循環測試 最大功率測定 溫度係數測量 標準工作溫度測量 標準工作溫度下性能 標準測試條件下性能 在低照射光下性能	熱斑耐受測試 目視檢查 旁路二極體熱測試	濕冷凍循環測試 冰雹衝擊測試 濕熱測試
檢測類型	安全測試	照射測試	機械測試
檢測項目	電氣絕緣測試 濕漏電流測試	戶外曝曬測試 紫外線照射測試	機械負荷測試 連接端穩定測試

資料來源：MIC，2010 年 6 月。

IEC 61646 (薄膜太陽能電池模組性能測試標準) 為薄膜模組專用的檢測標準，目前檢測版本為 2008 年 5 月發行的最新版本，共檢測 20 項目 (表 4.3.2)。其中與 IEC 61215 的檢測項目大多相同，但考量薄膜與矽晶材料特性差異，IEC 61646 則是調整熱斑耐受及旁路二極體熱測試兩項檢測項目之通過條件，以及新增光暴露測試項目，以符合薄膜模組特性。



表 4.3.2: IEC 61646 檢測項目

檢測類型	電性測試	診斷測試	環境測試
檢測項目	熱循環測試 最大功率測定 溫度係數測量 標準工作溫度測量 標準工作溫度下性能 標準測試條件下性能 在低照射光下性能	目視檢查 熱斑耐受測試 光暴露測試 旁路二極體熱測試	濕冷凍循環測試 冰雹衝擊測試 濕熱測試
檢測類型	安全測試	照射測試	機械測試
檢測項目	電氣絕緣測試 濕漏電流測試	戶外曝曬測試 紫外線照射測試 光曝曬測試	機械負荷測試 連接端穩定測試

資料來源：MIC，2010 年 6 月。

IEC 61730（太陽能組件安全及性能測試標準）為針對太陽能電池之性能、結構及安全進行檢測的標準，可謂強化版的 IEC 61215 檢測標準，共檢測 23 個項目(表 4.3.3)。其中 12 項檢測項目與 IEC 61215 重複，不同的部分在於 IEC 61730 新增組件破損量試驗、局部放電試驗、導線管彎曲試驗、接線盒敲打試驗、脈衝電壓試驗、接近性測試、反向過電流試驗、剪切試驗、防火試驗及溫度試驗。

表 4.3.3: IEC 61730 檢測項目

檢測類型	電性測試	診斷測試	環境測試
檢測項目	熱循環測試 標準測試條件下性能	溫度測試 目視檢查 熱斑耐受測試 旁路二極體熱測試	濕冷凍循環測試 濕熱測試 防火試驗
檢測類型	安全測試	照射測試	機械測試
檢測項目	接地連續性試驗 電氣絕緣測試 脈衝電壓試驗 接近性測試 反向過電流試驗 剪切試驗 濕漏電流測試	紫外線照射測試	機械負荷測試 連接端穩定測試 組件破損量試驗 局部放電試驗 導線管彎曲試驗 接線盒敲打試驗

資料來源：MIC，2010 年 6 月。

UL 1703 (平板型太陽能組件安全認證標準) 現行的檢測版本為 2002 年版，共檢測 24 個項目 (表 4.3.4)。UL 1703 檢測項目與 IEC 61730 類似，亦具備針對模組結構應力與與用安全檢測的項目，為目前北美地區慣用的太陽能模組檢測標準。

IEC 61730 (太陽能組件安全及性能測試標準) 為針對太陽能電池之性能、結構及安全進行檢測的標準，可謂強化版的 IEC 61215 檢測標準，共檢測 23 項目 (下表)。其中 12 項檢測項目與 IEC 61215 重複，不同的部分在於 IEC 61730 新增組件破損量試驗、局部放電試驗、導線管彎曲試驗、接線盒敲打試驗、脈衝電壓試驗、接近性測試、反向過電流試驗、剪切試驗、防火試驗及溫度試驗。UL 1703 與 IEC 61215/IEC 61646 有多項重複的部分，而其特有的項目為：線扣拉力測試、推擠測試、切割測試、端子扭矩測試、衝擊測試、耐電壓測試、接和路徑電阻測試、金屬塗層厚度測試、洩漏電流測試、加速老化測試、氣體腐蝕測試及灑水測試。

**表 4.3.4: UL 1703 檢測項目**

檢測類型	電性測試	診斷測試	環境測試
檢測項目	熱循環測試 標準工作溫度下性能 標準測試條件下性能 接和路徑電阻測試 金屬塗層厚度測試 濕絕緣電阻測試	熱斑耐受測試	濕冷凍循環測試 高溫測試 加速老化測試 氣體腐蝕測試 灑水測試 防火試驗
檢測類型	安全測試	照射測試	機械測試
檢測項目	電弧試驗 反向過電流試驗 耐電壓測試 洩漏電流測試	紫外線照射測試	線扣拉力測試 推擠測試 切割測試 端子扭矩測試 衝擊測試 機械負荷測試 佈線穩定性測試

資料來源：MIC，2010 年 6 月。

比較前四項太陽光電檢測標準，可發現各項標準著重之檢測類型及目的有所不同，其中 IEC 61215 與 IEC 61646 多數相同，其主要差異在於 IEC 61646 針對薄膜材料特性新增光暴露測試；IEC 61730 的檢測項目與 UL 1703 較為類似，均強調檢測電性及機械測試，兩者差異在於 IEC 61730 著重檢測模組使用安全性，

而 UL 1703 則是著重檢視模組的抗環境變異能力。

## (2)台灣目前檢測驗證概況---太陽光電產業

台灣雖然因為擁有投入資金高、建廠速度快的優勢，使得國內太陽光電產能每年以十億瓦（1GW）的速度快速擴張，但是面對鄰近國家日本、中國等地的強勢競爭，90%以上仰賴外銷市場的台灣太陽光電產品，必須擁有更多致勝的條件才能成功擴展國際市場，而「驗證」即是其中一個重要的條件。

由於太陽能材料成本高，太陽光電模組的有效使用年限，必須達到二、三十年以上，才可將發電的成本攤平至合理範圍。因此，相較於一般產品而言，太陽能電池產品對於安全、品質與使用壽命的要求標準也更高。由於太陽能產品的功能與品質穩定度很重要，所以下游模組業者特別在乎電池的驗證，如果有任何不穩定，都會引起民眾抱怨，降低安裝意願。因此，直接面對消費市場壓力的系統業者，絕對會以購買通過驗證的產品為優先考量。目前國際上為了有效掌握太陽光電模組的品質，已針對矽晶型太陽光電模組，訂有一套共通的檢驗標準「IEC 61215」，未來所有要行銷國內外的太陽光電模組，都必須通過此一驗證。

在台灣，被視為是下一個兆元產業新希望的太陽光電，政府雖已制定相關國家標準（表 4.3.5）但受限於多數產品必須送至國外進行驗證，使得國內僅有少數產品獲得驗證，間接阻礙了國內太陽光電模組產品拓展海外市場的機會。由於太陽光電產品送到國外驗證的成本高、時程長，而且驗證結果無法用來協助廠商改良製程，這三個主要的困難點是國內產品獲得驗證數量少的直接原因。

以驗證費用來看，測試費用和送至國外實驗室的運費，估計平均每次至少要花費新台幣二百萬元，再加上測試過程本身需要半年的時間，從申請、運送到完成驗證，時間大約需要一年到一年半左右，這麼高的驗證成本，對於國內產業的長期發展相當不利。此外，國外認證實驗室所送回的檢驗報告中，僅僅註明哪些項目測試失敗，對於失敗原因或改善方式卻絲毫未提，亦徒增廠商改進材料或技術時的困難度。

從產業界的角度來看，缺乏驗證的太陽能產品，最直接的影響則是會左右出售價格的高低。因此，台灣太陽能電池產業要往國際市場發展，必須跨越的一道關卡。特別是對於仰賴外銷市場的國內太陽光電廠商來說，如何以降低產品驗證成本、縮短驗證時程的方式，通過符合國際標準規格的認證，是擴廠、增產之外最迫切的需求。有鑑於此，政府在近幾年便開始積極推動太陽能產品檢測驗證。

表 4.3.5: 太陽光電國家標準制定情況

CNS 13059-1 光電伏打元件 (第一部: 光電伏打電流-電壓特性量測) CNS 13059-2 光電伏打元件 (第二部: 基準太陽電池之要求) CNS 13059-3 光電伏打元件 (第三部: 具光譜照射光參考數據之陸上光電伏打(PV)太陽元件量測原理)	81.11.20 公布
CNS 13059-5 光電伏打元件 (第五部: 利用開路電壓法決定光電伏打元件之等效電池溫度) CNS 13059-6 光電伏打元件 (第六部: 基準太陽電池模組之要求) CNS 13059-7 光電伏打元件 (第七部: 光電伏打元件測試中所產生光譜不匹配誤差之計算) CNS 13059-8 光電伏打元件 (第八部: 光電伏打元件光譜響應之量測) CNS 13059-9 光電伏打元件 (第九部: 太陽模擬器之性能要求) CNS 13059-10 光電伏打元件 (第十部: 線性量測法)	91.12.5 公布
CNS 15113 太陽光電能源系統: 名詞與符號 CNS 15114 結晶矽陸上太陽光電模組-設計確認和型式認可 CNS 15115 薄膜矽陸上太陽光電模組-設計確認和型式認可 CNS 15116 太陽光電模組紫外線測試 CNS 15117 太陽光電系統-電力調節器-量測效率之程序 CNS 15118-1 太陽光電模組之安全確認-第1部: 構造要求 CNS 15118-2 太陽光電模組之安全確認-第2部: 測試要求 CNS 15119 太陽光電系統之性能監測-量測、數據交換與分析指南 CNS 15120 太陽光電發電系統用之二次電池-一般要求與測試方法	96.9.14 公布
CNS 15195 地面用太陽光電發電系統-概述與指南 IEC 61277 CNS 15196 太陽光電模組之鹽霧腐蝕試驗 CNS 15197 太陽光電模組抗衝擊能力試驗 (撞擊抵抗力測試) CNS 15198 結晶矽太陽光電陣列之 I-V 現場測試 CNS 15199 建築物電之設立-第 7-712 部特別設立地點之要求-太陽光電電力供應系統	97.6.27 公佈。

資料來源: 標檢局。

### 太陽光電模組檢測驗證實驗室

目前工研院量測中心接受經濟部能源局委託, 負責太陽光電模組驗證實驗室的營運, 與德國萊茵技術顧問公司 (TUV Rheinland) 技轉合作成立國內首座獲得國際認證的「太陽光電模組檢測驗證實驗室」, 希望能藉此為國內產業爭取更多機會與時間。此實驗室在完成國際認證後, 不但能有效提升國產太陽能電池模組品質與安全性, 也能協助廠商針對產品的封裝材料及封裝技術加以改善。

### 綠色通訊實驗室-太陽光電模組驗證

UL (Underwriters Laboratories) 與財團法人電信技術中心 (Telecom Technology Center; TTC) 共同合作的「綠色通訊實驗室-太陽光電模組驗證」, 為台灣廠商提供廣泛的太陽能光電模組測試服務, 協助政府加速推動綠色能源產業旭升計劃。除了與電信技術中心在台合作設立測試能力, UL 也已協助國內多家大廠機

建構立自主的太陽能模組測試實驗室，滿足台灣太陽光電產業的認證需求。

該實驗室是 UL 在台灣第一家簽署合作的太陽光電模組委外實驗室，可執行 UL 1703 及部份 IEC 61215、IEC 61646、IEC 61730-2 等矽晶和薄膜太陽能模組標準的測試。這是 UL 繼美國、中國、日本、德國後，再次擴展其太陽光電模組認證全球版圖與產業承諾的新里程。

該實驗室可進行「戶外曝曬試驗」、「衝擊、推擠、冰雹之試驗」、「紫外線預處理試驗」、「太陽光模擬試驗」、「灑水及剪切試驗」等太陽能模版產品認證所需進行的測試計畫，同時擁有國內唯一一座 AAA 級穩態太陽光模擬器，其高達 2.2 米 x2.6 米的最大量測模組面積，可充分因應大尺寸太陽光電模組產品的檢測。電信技術中心堅持扶植國內廠商的信念，實驗室也有高達 95% 以上測試系統由台灣廠商自行研發設計與生產製造。

過去銷往國外的模組產品都需送至國外檢測，驗證成本昂貴，未來在國內便能進行 IEC 61215 驗證測試，有助於節省驗證測試時間，並降低測試費用達 3 分之 1。

### **德國萊因工業大雅實驗室**

台灣德國萊因工業位於台中大雅的實驗室具備完整的太陽能驗證測試功能，可提供台灣廠商全面性的太陽能驗證測試程序，只要 4~6 個月即可完成，大幅縮短檢測驗證的時間及成本。2010 德國萊因將在印度成立另一座太陽能實驗室，屆時包括德國科隆、日本橫濱、美國亞歷桑那、中國上海、台灣台中大雅，德國萊因在全球將擁有 6 座太陽能實驗室。

台灣德國萊因也與工研院 (ITRI) 在太陽能驗證檢測維持 3 年的合作關係，不僅可滿足台灣廠商的需求，同時也可以因應全亞洲太陽能產品的驗證檢測需要，德國有些太陽能驗證程序也委由台中大雅廠來完成。因為這個實驗室具備符合 IEC 標準所規定的 19 項太陽能產品驗證檢程序，包括 IEC 61215 的結晶矽陸上太陽光電模組設計驗證和型式認可、IEC 61646 的薄膜矽陸上太陽光電模組性能測試、以及 IEC 61730 的太陽光電模組安全測試等。德國萊因也將繼續與友達光電密切合作，使其第二波太陽能模組產品符合歐洲市場的規範。

往後設立的實驗室須以解決下一代檢測需求為依歸，如何達到掌控二十年的檢測實力，將是台灣掌握機先的關鍵機會。

## 財團法人台灣大電力研究試驗中心

財團法人台灣大電力研究試驗中心係於 1978 年依行政院「科學技術會議」決議，成立「重電機高電壓檢驗中心」，由台灣電力公司與國內十三家重電機製造業聯合捐助，創立基金新台幣 550 萬元，於 1979 年四月正式成立，屬於經濟事務非營利財團法人機構，目前設置地點分佈於 觀音及樹林二個地區。主要任務為：1.協助政府推動經濟建設，促進電機工業發展。2.交換大電力研究與試驗之學術經驗，建立大電力研究與試驗之世界性地位。3.配合產業界需求，持續在各專業領域中發揮服務功能，成為業界最強而有力的技術後盾。

本中心在經濟部標準檢驗局指導下已經完成設置「二次基準太陽電池校正實驗室」、「太陽光電模組檢測實驗室」及「太陽光電模組燃燒實驗室」。

台灣大電力與標準檢驗局正全力投入太陽光電相關檢測能量的建置與檢測標準的擬定。在檢測能量的建置部份，現已與標準檢驗局一同建立太陽光電基準電池校正實驗室、太陽光電模組性能及安規實驗室及太陽光電模組燃燒實驗室；而在檢測標準的擬定方面，目前也協助標準檢驗局定立太陽光電基準電池校正及太陽光電模組檢測之一系列國家標準，另對於產業所急需的太陽光電電源轉換器檢測國家標準也將於今年(99)底完成制定，為產業提供所需的檢測服務與遵循標準。

台灣大電力研究試驗中心也與 UL(Underwriters Laboratories®)共同簽署合作備忘錄(MoU)。雙方宣布合作並將運用雙方專長，發展風力以及其他替代能源電力系統，包含太陽光電、風力發電與再生能源變頻器之檢測驗證技術，讓台灣綠色新能源驗證技術與國際同步。

### (3) 氫能燃料電池產業之檢測驗證概況

目前國際間已公佈或制定中的氫能燃料電池技術標準，主要為國際組織 ISO 針對氫技術和 IEC 針對燃料電池技術在各國合作下所制定的標準，此外，在政府的推動與支持之下，許多組織均在制定相關標準，而美國是最積極制定標準的國家，其中如 CSA America、SAE、UL 等機構。而歐盟國家的氫能與燃料電池標準，主要是引用 ISO 和 IEC 的標準。日本在 2009 年則針對高分子電解質燃料電池(PEFC)公告一系列標準，近年來亦針對燃料電池汽車，由日本經濟產業省提議，豐田汽車、松下電器、東京瓦斯、三洋電機等在燃料開發方面有實力的企業聯合組建燃料電池開發公司；美國通用汽車和德國寶馬汽車組成的燃料電池汽車開發聯盟也已開始運作，這些大企業的合作將逐漸壟斷氫能及燃料電池的技術標準。

在國內，氫能燃料電池的標準現正處於積極審議中。以下先就國際主要標準機構研定之氫能燃料電池標準現況進行說明。

#### 國際電工委員會(IEC)

在國際標準制定上，IEC 之技術委員會 TC 105 針對定置型、車輛用、可攜式和微型等燃料電池系統之安全與性能標準，從 2004 年起開始陸續公佈。IEC/TC 105 先後共成立 11 個工作小組，分別制訂燃料電池的術語、燃料電池模組、定置型燃料電池發電系統之安全、性能測試方法和安裝、車輛推進和輔助動力裝置之燃料電池系統、可攜式燃料電池發電系統之安全、微型燃料電池系統之安全、性能測試方法和燃料匣交換性、高分子電解質燃料電池之測試方式等燃料電池技術標準(見表 4.3.6)。IEC/TC 105 燃料電池標將陸續公佈，大致上是以 IEC 62282- 為標準代號，-1 術語、-2 模組、-3 定置型、-4 車輛動力與輔助電力系統、-5 可攜式、以及-6 代表小型燃料電池系統等，其中再分為安全、性能與可換性三項。

表 4.3.6: IEC/TC 105 燃料電池技術標準制定現況

分類	標準	現況
術語	IEC/TS 62282-1 Fuel Cell Technologies Part 1: Terminology	2005 年 3 月出版 CNS 15026-1 燃料電池技術－第 1 部:術語(2006/8)
模組	IEC 62282-2 Fuel Cell Technologies Part 2: Fuel Cell modules	2004 年 7 月出版 2007 年 3 月出版
定置型系統	IEC 62282-3-1 Fuel Cell Technologies Part 3-1: Stationary fuel cell power systems – Safety(安全)	2007 年 4 月出版
	IEC 62282-3-2 Fuel Cell Technologies Part 3-2: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods(性能測試方法)	2006 年 3 月出版
	IEC 62282-3-201 Fuel Cell Technologies – Part 3-201: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small polymer electrolyte fuel power systems	預定 2012 年出版
	IEC 62282-3 Fuel Cell Technologies Part 3-3: Stationary fuel cell power systems – Installation(安裝)	2007 年 11 月出版
輔助動力裝置	IEC 62282-4 Fuel Cell Technologies Part 4: Fuel cell system for propulsion and auxiliary power units (APU)	制定中
可攜式系統	IEC 62282-5-1 Fuel Cell Technologies Part 5-1: Portable Fuel cell power systems – Safety(安全)	2007 年 2 月出版
微型系統	IEC/PAS 62282-6-1 Fuel Cell Technologies Part 6-1: Micro Fuel Cell power systems – Safety(安全)	2006 年 2 月出版
	IEC 62282-6-100 Fuel Cell Technologies Part 6-100: Micro Fuel Cell power systems – Safety(安全)	2010 年 2 月出版
	IEC 62282-6-200 Fuel Cell Technologies Part 6-200: Micro Fuel Cell power systems – Performance test methods(性能測試方法)	2007 年 11 月出版
	IEC 62282-6-300 Fuel Cell Technologies Part 6-300: Micro Fuel Cell power systems – Fuel Cartridge Interchangeability(燃料匣交換性)	2009 年 6 月出版
	IEC 62282-6-301 Micro Fuel Cell power systems – Power and Data Interchangeability	制定中(請見說明)
單電池測試	IEC 62282-7-1 Fuel Cell Technologies Part 7-1: Single cell test method for polymer electrolyte fuel cell (PEFC)	2010 年 6 月出版

資料來源：1.工研院能環所曹芳海、林祥輝 97.12。

2.www.iec.ch

3.台灣經濟研究院整理 99.10。

說明：IEC 62282-6-301: The first meeting was held in October 2010, with the first committee draft scheduled for March 2011.

### 國際標準組織(ISO)

ISO 國際標準組織技術委員會 TC 197 的標準制定工作，主要是針對氫氣之製造、儲存、運輸、測量與使用之系統與裝置制定相關標準。目前 TC 197 直接負責制定的 ISO 標準共九個，現有成員國 31 個，下設九個 WG (工作組) (表 4.3.7)。



表 4.3.7: TC 197 工作組負責工作內容

分組	內容
WG1	負責液氫地面電動車燃料箱
WG5	負責氣態氫地面電動車燃料添加連接件
WG6	負責氣態氫和混合氫燃料地面電動車燃料箱
WG8	負責採用裂解水方法的產氫氣
WG9	負責採用燃料加工技術的產氫氣
WG10	負責可輸運的氣態氫儲存裝置—其中氫氣被吸附於可重複利用的金屬氫化物中
WG11	氣態氫服務站
WG12	負責氫燃料產品技術要求
WG13	負責氫檢測器方面的標準化工作

資料來源：[www.iso.org/iso/home.html](http://www.iso.org/iso/home.html)。

ISO/TC 197 有關氫燃料產品規格，特別針對質子交換膜（Proton Exchange Membrane）燃料電池車輛所使用的氫規格，從原 ISO 14687 氫燃料產品規格中，單獨制定另一份 ISO14687-2 氫燃料產品規格標準，以規範質子交換膜燃料電池車輛特殊需求的氫氣規格。目前 ISO14687:1999/Cor 2:2008 Hydrogen fuel—Product specification 這份標準已修訂成 CNS 15122 氫燃料標準。有關氫氣系統的基本要求，可參考 ISO/TR 15916 標準，以及預防氫氣洩漏所需的氫氣偵測器（ISO 26142）標準。在製氫方面，規範了水電解製氫（ISO 22734）和燃料重組製氫（ISO 16110）兩種產氫技術。在儲存方面，包括金屬氫化物儲氫裝置（ISO/TS 16111）、液態氫燃料箱（ISO 13985）、氣態氫燃料箱（ISO 15869.3）等三份標準。此外，當車輛的氫燃料箱要加氫時，需要液態氫加氫系統介面（ISO 13984）或高壓氫或加氫系統介面（ISO 13984）或高壓氫氣加氫連接裝置（ISO 17268），以及加氫站（ISO/TS 20100）等標準規範。其中液態氫加氫系統介面（ISO 13984）已修訂成 CNS 標準（CNS 15124 液態氫—陸用車輛加氫系統介面）。以上這些標準可提供燃料電池應用產品，特別是燃料電池車輛基礎設施建置規範，但因各國發展環境不同，某些技術標準並不需要比照研定使用。

2009 年 2 月 ISO/TC 197 WG9 正發展一種國際標準測試方法，利用燃料處理技術的產氫機性能測試方法，檔編號 16110-2，屬於一種測量標準。另 ISO/TC197 WG3 亦正發展一種氫氣保護裝置的國家標準，目前已進入國際標準草稿階段。2009 年 ISO/TC197（氫能技術）技術委員會第 18 次會議於 2009 年 10 月 14 日在南韓首爾舉行，對於制定中的標準有些微修正，目前所定標準如表 4.3.8 所示。

表 4.3.8: ISO/TC 197 氫氣技術標準制定現況

分類	標準	現況
氫燃料規格	ISO 14689:1999/Cor 2:2008 Hydrogen fuel – Product specification	1999 年出版，2008 年修訂 CNS15122 氫燃料
	ISO(TS→IS)14687-2:2008 Hydrogen fuel – Product specification Part 2: Proton exchange membrane fuel cell applications for road vehicles	2001 年 4 月出版
	ISO/TR 15916:2004 Basic considerations for the safety of hydrogen systems	2004 年 2 月出版
氫氣安全	ISO 26142 Hydrogen detection apparatus – Stationary applications(hydrogen detector)	2010 年 5 月出版
製氫	ISO 22734 Hydrogen generators using water electrolysis process(水電解製氫) Part 1: Industrial and commercial applications	2008 年 6 月出版
	Part 2: Residential applications	2011 年 5 月出版
	ISO 16110:2006 Hydrogen generators using fuel processing technologies(燃料重組製氫) Part 1: Safety	2007 年 3 月出版
	Part 2: Test methods for performance (Procedures to determine efficiency)	2010 年 4 月出版
儲氫	ISO/TS 16111:2006 Transportable gas storage devices – Hydrogen absorbed in reversible metal hydride (金屬氫化物儲氫裝置)	2006 年 10 月出版
燃料箱	ISO 13985:2006 Liquid hydrogen – Land vehicle fuel tanks(液態氫燃料箱)	2006 年 10 月出版
	ISO/TS 15869:2009 Gaseous hydrogen and hydrogen blends – Land vehicle fuel tanks(液態氫燃料箱)	2009 年 2 月出版
加氫介面	ISO 13984:1999 Liquid hydrogen – Land vehicle fuelling system interface	1999 年出版 CNS 15124 液態氫 – 陸用車輛加氫系統介面
	ISO 17268: Gaseous hydrogen land (2006 Compressed hydrogen surface) vehicle refueling connection devices	2006 年 3 月出版 2009 年 10 月修正內容
	ISO 20100(TS→IS) Gaseous hydrogen – Fuelling stations (修正 TS 版內容)	2012 年 5 月出版(TS:2008 年)

資料來源：1.工研院能環所曹芳海、林祥輝 97.12。

2.www.iec.ch

3.台灣經濟研究院整理 99.2。

### 日本 JIS 燃料電池標準

2008 年 7 月由日本燃料電池普及團體所舉辦的「燃料電池實用化推進協議會」上宣佈 2010 年之前將制定燃料電池車加（補）氫站的標準規格，以統一業界的氫氣填充壓力和填充方法，以利於 2015 年著手建立商用加氫站，推動燃料電池車的普及。

2010 年 3 月日本東京第六屆國際氫能燃料電池展，日本豐田、日產、鈴木、本田等車廠仍然展出其燃料電池汽車，其所使用的為 PEM 技術。基於過去成功推動 PEM 家用 1kW 燃料電池經驗，BOP 在高性能與高功能與高功能方面均有進展，使得日本 PEMFC 的性能標準更能有效掌握，此亦應歸功於 NEDO 執行的 PEMFC 技術發展計畫，並產出 JIS 燃料電池標準。

參考日本通產省 2008 年重新規劃的氫能與燃料電池示範運行計畫 (Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project, JHCF)，預計 2020 年生產燃料電池汽車 500 萬輛，2030 年達 1500 萬輛，可見日本在氫能的基礎建設上有通盤的規劃，特別是在 2008 年公佈了多項 JIS 燃料電池標準。磷酸燃料電池 (Phosphoric Acid

Fuel Cell) 是最早商業化的技術，日本目前有 5 項磷酸燃料電池的相關標準，高分子電解質燃料電池 (Polymer Electrolyte Fuel Cell) 在配合商業化的推動之下，針對小型 PEMFC 發電系統的測試，以 2005~2008 年推動 1kW 家用型燃料電池熱電系統所累積的經驗，也將公告一系列技術標準。

在固態氧化物燃料電池方面 (Solid Oxide Fuel Cells)，雖然商業化腳步較慢，但日本在 2007 年就開始推動 SOFC 家用型燃料電池，2009 年起納入示範運轉補助計畫，在 2007~2009 年之間共裝置 132 台。預計這些 SOFC 技術的相關標準在示範運轉計畫結束後，也能如 PEM 一樣有客觀的性能標準產出。日本燃料電池標準制定現況，如表 4.3.9 所示。

### 中國氫能燃料電池標準

中國燃料電池技術標準化起步雖晚，但目前緊跟國際標準的步伐，同步跟進與採用 IEC 標準。某些研究領域，如國際標準新項目「質子交換膜燃料電池單體電池測試方法」，中國的研究和發展則較為先進。中國對於 IEC 燃料電池標準化發展的考量與其發展方向相吻合，有利其加強推動前瞻性的標準化工作。進程方面，由於中國大陸已成為世界產品生產工廠，其產品技術規格雖然並不高，但也多半參考國際標準制定。中國有關氫能標準由全國氫能標準化技術委員會負責，主要工作範圍是：提出燃料電池標準化的方針、措施和規劃，負責組織、提出燃料電池標準的研究、制訂和修訂，標準草案的審查，組織標準的宣導和相關諮詢等，並與國際標準組織 ISO/TC 197 與 IEC/TC 105 保持密切聯繫。

中國與 ISO/TC 197 氫能標準化技術委員會的對應工作主要由中國標準化研究院資源與環境標準化研究所負責；與 IEC/TC 105 燃料電池技術委員會的對應工作由大連新源動力股份有限公司負責。自 1985 年 GB 4962 氫氣使用安全技術規程發布以來，中國已有 20 年有關氫能標準化的歷史，已發布的標準包括產品、安全使用、氫氣站設計、制氫儲氫等方面的測試方法和技術條件等國家標準和行業標準，與國內發展相關者如表 4.3.10 所示。中國標準化研究院與全國氫能技術標準委員會共同負責氫能技術與相關標準的推動。中國已初步建立氫能標準體系，目前正研訂的國家標準，主要為納入國家重大科技專項的燃料電池標準，包括質子交換燃料電池術語 (已頒布)、質子交換膜燃料電池標準體系、質子交換膜燃料電池堆、可攜式質子交換膜燃料電池、固定式質子交換膜燃料電池發電系統、電動汽車用電機及其控制器技術規範、電動汽車用電機及其控制器測試規範、氫能—水電解製氫技術要求、變壓吸附提供純氫的技術要求等。

另外中國標準化研究院與全國燃料電池技術標準委員會也針對燃料電池技

術的國家標準進行研訂工作，主要還是參考 IEC/TC105 的標準，目前公告的燃料電池 GB 標準如表 4.3.11 所示。

**表 4.3.9: 日本 JIS 燃料電池標準制定現況**

分類	標準	現況
術語	JIS C 8800 Glossary of Terms for Fuel Cell Power Systems	2008 年出版
磷酸型燃料電池 (PAFC)	JIS C 8801 General Rules for Phosphoric Acid Fuel Cell Power Generating System 針對 50-500kW 套裝系統指定建造、外部連接和檢查要求	2002 年出版
	JIS C 8802 Test Methods for Durability of Phosphoric Acid Fuel Cell Power Facility PAFC 發電設施的耐久性測試方法	2003 年出版
	JIS C 8803 Indication of Phosphoric Acid Fuel Cell (nameplate information) PAFC 發電設施的銘牌標示	2005 年出版
	JIS TR C 0003 Test Methods for Performance of Phosphoric Acid Fuel Cell Power Facility PAFC 發電設施的性能測試方法	出版
	JIS TR C 0004 Test Methods for Environment and Maintenance of Phosphoric Acid Fuel Cell Power Facility PAFC 發電設施的性能測試方法	出版
高分子電解質燃料電池 (PEFC)	JIS C 8811 Indication of Polymer Electrolyte Fuel Cell Power Facility (nameplate information) PEFC 發電設施的銘牌標示	2005 年出版
	JIS C 8821 General Rules for SMALL Polymer Electrolyte Fuel Cell Power systems 小型 PEFC 發電系統的一般要求	2008 年出版
	JIS C 8822 General Safety Code for SMALL Polymer Electrolyte Fuel Cell Power systems 小型 PEFC 發電系統的一般安全要求	2008 年出版
	JIS C 8823 Testing Methods for SMALL Polymer Electrolyte Fuel Cell Power systems 小型 PEFC 發電系統的測試方法	2008 年出版
	JIS C 8824 Testing Methods for Environment of SMALL Polymer Electrolyte Fuel Cell Power systems 小型 PEFC 發電系統的環境測試方法	2008 年出版
	JIS C 8825 (EMC) Testing and Measurement Techniques of SMALL Polymer Electrolyte Fuel Cell Power systems 小型 PEFC 發電系統的測試和測量技術(EMC)	2008 年出版
	JIS C 8826 Testing Methods of Power Conditioner for Grid Interconnected SMALL Polymer Electrolyte Fuel Cell Power systems 電網連結的小型 PEFC 發電系統的電力調節器測試方法	2008 年出版
	JIS C 8831 Safety Evaluation Test for stationary Polymer Electrolyte Fuel Cell Stack 定置型 PEFC 電池組的安全評估測試	2008 年出版
	JIS C 8832 Performance Test for stationary Polymer Electrolyte Fuel Cell Stack 定置型 PEFC 電池組的性能測試	2008 年出版
	JIS Draft Testing Methods of Independent Operation Detecting System of Power Conditioner for Grid Interconnected Polymer Electrolyte Fuel Cell Power Systems 電網連結的 PEFC 發電系統的獨立操作偵測系統測試方法	制定中
	JIS Draft Standard Load Pattern for Performance Test for Polymer Electrolyte Fuel Cell Systems PEFC 系統性能測試的標準負載曲線	制定中
固態氧化物燃料電池 (SOFC)	JIS Draft General Safety Code for Solid Oxide Fuel Cell Systems SOFC 系統的一般安全規則	制定中
	JIS Draft Testing Methods for Solid Oxide Fuel Cell Power Systems SOFC 發電系統的測試方法	制定中
	JIS Draft Performance Testing for Solid Oxide Fuel Cell Power Systems SOFC 發電系統的性能方法	制定中

資料來源：1. www.fuelcellstandards.com。

2. 工研院能環所曹芳海、林祥輝 97.12。

3. 日本 FCDIC 2009.10。

表 4.3.10: 中國主要氫氣標準

標準內容	內容
GB/T 3634-1995	氫氣
GB 4962-1985	氫氣使用安全技術規程
GB/T 7445-1995	純氫、高純氫和超純氫
GB/T 16942-1997	電子工業用氣體—氫
GB/T 19773-2005	變壓吸附提純氫系統技術要求
GB/T 19774-2005	水電解制氫系統技術要求
GB/T 20042.1-2005	質子交換膜燃料電池—術語
GB 50177-2005	氫氣站設計規範
GJB 5064-2004	水電解制氫安全要求
JB/T 5903-1996	水電解制氫設備
JB/T 9082-1999	水電解制氫設備—術語
QJ 2298-1992	用氫安全技術規範
SJ/T 31458-1994	氫氣純化設備完好要求和檢查評定方法

資料來源：中國標準服務網，上海標準化服務網 2009.6。

表 4.3.11: 中國主要燃料電池標準

標準	內容
GB / T 8897.1-2008	原電池 第一部分：總則
GB / T 20042.1-2005	質子交換膜燃料電池：術語
GB / T 20042.2-2008	質子交換膜燃料電池：電池堆通用技術條件
GB / T 20042.3-2009	質子交換膜燃料電池 第三部分：質子交換膜測試方法
GB / T 20042.4-2009	質子交換膜燃料電池 第四部分：電催化劑測試方法
GB / T 20042.5-2009	質子交換膜燃料電池 第五部分：膜電極測試方法
GB / T 23645-2009	乘用車用燃料電池發電系統測試方法
GB / T 23646-2009	電動自行車用燃料電池發電系統：技術條件
GB / T 23751.1-2009	微型燃料電池發電系統 第一部分：安全
GB / T 23751.2-2009	微型燃料電池發電系統 第二部分：性能測試方法
GB / Z 21742-2008	便攜式質子交換膜燃料電池發電系統
GB / Z 21743-2008	固定式質子交換膜燃料電池發電系統 (獨立型)性能試驗方法

資料來源：中國標準服務網 2010.2。

## (5) 台灣氫能燃料電池國家標準

經濟部標準檢驗局於 2006 年 8 月已公布 CNS 15026「燃料電池技術—第 1 部：術語」、CNS 15122「氫燃料」及 CNS 15124「液態氫—陸用車輛加氫系統介面」等 3 種氫能與燃料電池國家標準，並正進行「燃料電池模組」、「定置型燃料電池發電系統之安全性測試方法」、「定置型燃料電池發電系統之性能測試方法」及「可攜式燃料電池發電系統之安全性測試方法」等 5 種國家標準之制定作業。另已制定 CNS 14386 電動機器腳踏車系列國家標準共 15 種(以鉛酸電池為電源)相關國家標準。

經濟部標準檢驗局於 2008 年 12 月 29 日召開之「98 及 99 年度電機工程國家標準制修定方向會議」，已決議將燃料電池電動機車相關國家標準之制、修訂納入編修計畫，擬以國際間現有之國際標準及技術標準為基礎，搭配本局「建置節約能源、再生能源與前瞻性能源產業產品標準、檢測技術及驗證平台」科專計畫所提供之技術資源，制定符合國內產業所需之標準，帶動產業發展。

## (6) 台灣目前檢測驗證平台概況

台灣目前有部分機構與廠商對於燃料電池具有檢測的能力，例如：

- 1) 元智大學：具多種燃料電池測試設備（以提供實驗為主）；
- 2) 亞太燃料電池科技：燃料電池測試設備製造；
- 3) UL：提供燃料電池之測試驗證（但須送至國外）；
- 4) 台裕：燃料電池測試設備進口。

表 4.3.12 為這些機構的部分測試機台。

表 4.3.12: 燃料電池測試機台



溫高壓多功能燃料電池整合測試平台(元智)



燃料電池系統整合測試平台與展示機(元智)



500W 燃料電池測試平台(元智)



Automatic Single Cell Tester (亞太)



FCED - P 50 (亞太)



FCED - P 200 (亞太)

資料來源：亞太燃料電池科技公司、元智大學燃料電池中心。

## 4.發展優劣勢分析

### (1)國內外太陽光電產業 SWOT 分析

#### 優勢

在優勢方面，由於台灣在半導體與平面顯示器之製造與管理經驗相當豐富，而太陽光電與這兩種產業具有許多共同點，特別是在矽晶片的製造方面，當產業投入太陽光電產業時較容易，豐富的經驗可以降低相當多的投入成本與進入障礙。另外，台灣廠商應變彈性大，籌資與擴充產能快速，可爭取太陽電池與晶片市場成長之先機（見表 4.3.13）。

#### 劣勢

在劣勢方面，由於台灣太陽光電廠商的規模相對較外國小，因此廠商研發能力相對不足，仍以代工為主。其次，台灣太陽光電產業廠商缺乏矽材原料的製造，需依賴外國進口。再者，相對於國際大廠的垂直整合能力，台廠以代工為主，整合能力較為薄弱。

表 4.3.13:國內外太陽光電 SWOT 分析

優勢	劣勢
<ol style="list-style-type: none"><li>1. 在矽晶片方面，國內半導體製造管理經驗豐富，容易轉入太陽電池用矽晶片生產，降低生產成本。</li><li>2. 在太陽能電池方面，國內有雄厚的半導體人才，因此發展結晶矽太陽電池進入障礙低。</li><li>3. 台灣廠商應變彈性大，籌資與擴充產能快速，可爭取太陽電池與晶片市場成長之先機。</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 本國太陽光電廠商研發能力相對不足，仍以代工為主。</li><li>2. 多晶矽材料供應及技術掌握在歐、美、日廠商。</li><li>3. 相對於國際大廠，台廠的整合能力較低。</li><li>4. 國內太陽光電系統市場規模太小。</li></ol>
機會	威脅
<ol style="list-style-type: none"><li>1. 京都議定書實施，再生能源受到重視，加速了太陽光電產業的開發。</li><li>2. 低碳生活的重視，使全球太陽光電市場快速成長。</li><li>3. 各國太陽光電補助政策提供用戶購電優惠，以及太陽能電池結合建築的應用風氣，使市場需求增加。</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 中國廠商在其國家政策的協助以及內需市場的誘因下快速整合。</li><li>2. 南韓廠商亦已開始急起直追。</li><li>3. 印度、泰國等國家加入低價模組生產行列。</li></ol>

資料來源：工研院 IEK(2009)。



## 機會

在機會方面，京都議定書於 2005 年 2 月 16 日開始實施以來，全球對溫室氣體排放減量的意識逐漸提高，使得使用再生能源的需求大為提升，因而使得全球太陽光電市場持續快速成長，在加上各國太陽光電補助政策提供用戶購電優惠，以及太陽能電池結合建築的應用風氣，使市場需求更為增加，而這也正是台灣投入發展太陽光電產業的好機會。

## 威脅

在威脅方面，中國太陽光電廠商在其國家政策的協助以及內需市場的誘因下正在快速整合；其次，南韓廠商亦已開始急起直追；而印度、泰國等國家加入低價模組生產行列。這些開發中國家的投入競爭，將是台廠的主要威脅。

## (2)國內外燃料電池產業 SWOT 分析

### 優勢

在優勢方面，台灣產、學、研界在發展燃料電池科技相關之精密機械、電子電機、熱傳、流力、化學與材料領域已有相當成熟的技術。其次，台灣燃料電池產業鏈完整，具關鍵零組件技術能力，原材料充份掌握。第三，政府訂定獎勵措施，並逐年增加相關研發經費預算，協助國內廠商的產品儘速商業他與普及化。最後，國內燃料電池利基產業明確，有助領導其進入商品化市場，且拓銷國際。（見表 4.3.14）

### 劣勢

在劣勢方面，國內專業人才培育仍不足，需要更多資源投入，且具有客觀、公信力之技術驗證平台尚未完善。符合國際燃料電池技術標準相關法規、檢驗機制等尚未建置，初期產品尚無法市場化。政府政策誘因不足，廠商缺乏市場導向經營策略，產業發展遲緩，易坐失良機。

### 機會

在機會方面，京都議定書的生效及實施，潔淨能源產業發展日漸蓬勃；原油價格持續飆漲，有利促進新能源開發速度；台灣「再生能源發展條例」通過，有助新能源技術與產業之發展；政府推動示範計畫，發展燃料電池產業具指標作用。

### 劣勢

在劣勢方面，美、日、歐盟等先進國家在全球能源市場中，具備大部分上游材料、關鍵零組件、研發人才與設備之優勢。中國與韓國皆已積極投入資源研發燃料電池科技，將有未來國內廠商爭取國際市場之重要競爭對手。國際上燃料電池機車廠商潛心研發，對我國發展燃料電池利基產業形成潛在威脅。

**表 4.3.14:國內外燃料電池產業 SWOT 分析**

優勢	劣勢
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 台灣產、學、研界在發展燃料電池科技相關之精密機械、電子電機、熱傳、流力、化學與材料領域已有相當成熟的技術。</li> <li>2. 台灣燃料電池產業鏈完整，具關鍵零組件技術能力，原材料充份掌握。</li> <li>3. 政府訂定獎勵措施，並逐年增加相關研發經費預算，協助國內廠商的產品儘速商業化與普及化。</li> <li>4. 國內燃料電池利基產業明確，有助領導其進入商品化市場，且拓銷國際。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 國內專業人才培育仍不足，需要更多資源投入，且具有客觀、公信力之技術驗證平台尚未完善。</li> <li>2. 符合國際燃料電池技術標準相關法規、檢驗機制等尚未建置，初期產品尚無法市場化。</li> <li>3. 政府政策誘因不足，廠商缺乏市場導向經營策略，產業發展遲緩，易坐失良機。</li> </ol>
機會	威脅
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 京都議定書已於 2005 年 2 月 16 日正式生效，潔淨能源產業發展日漸蓬勃。</li> <li>2. 原油價格持續飆漲，有利促進新能源開發速度。</li> <li>3. 「再生能源發展條例」通過，有助新能源技術與產業之發展。</li> <li>4. 政府推動示範計畫，發展燃料電池產業具指標作用。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 美、日、歐盟等先進國家在全球能源市場中，具備大部分上游材料、關鍵零組件、研發人才與設備之優勢。</li> <li>2. 中國與韓國皆已積極投入資源研發燃料電池科技，將有未來國內廠商爭取國際市場之重要競爭對手。</li> <li>3. 國際上燃料電池機車廠商潛心研發，對我國發展燃料電池利基產業形成潛在威脅。</li> </ol>

資料來源：王智薇（2008）。

#### (四)運用 3E 模型進行綠能產業經濟效益分析

##### 1.台灣 2025 年經濟、能源與發展情境設定

基線預測(baseline forecasting)的基準情境(BAU)是指某國家或地區在不考慮其他政策措施情形下，假設其人口、技術與經濟成長率等外在變數成長值，任由自由市場力量引導的經濟成長下，相關內生變數成長率的預測值。本研究進行 BAU 預測時，2007 年至 2025 年主要經濟變數的外生成長率變動之設定值如表 4.4.1，所引用之統計資料包括行政院主計處出版之「物價統計」、「中華民國統計月報」、「國民所得統計」、「家庭收支調查報告」、「人力資源統計」、「國民經濟動向統計季報」，勞委會職訓局「就業服務統計」；經濟部能源局「中華民國 98 年能源統計手冊」；國際貨幣基金(International Monetary Fund, IMF)「國際金融統計」。<sup>16</sup>

其中，在就業、家庭戶數和消費者物價指數(CPI)成長率方面，本研究先利用 ARIMA 模型進行預測，以做為 2011-2025 年此三外生變數成長率的設定值。以下各節將就本年度研究於 3E 模型中所設計的基準情境設定原則做一重點描述。

##### (1)台灣 2025 年社會經濟環境設定原則

本年度 3E 模型之基準情境，將透過以下基本假設條件來計算模擬推估：

- 1)人口預估：根據行政院主計處公布資料，我國 2008 年人口成長率為 3.42%，2009 年為 3.59%。根據經建會 2008 年之「中華民國臺灣 97 年至 145 年人口推計-中推計」，以 2007 年為基年，2013 年年底總人口成長率為 3.1%，2018 年為 2.1%，2026 至 2027 年間將達到人口零成長。
- 2)GDP 成長率：根據行政院主計處公布資料，我國 2008 年經濟成長率為 0.73%，2009 年為-1.91%，預估 2010 年為 8.24%，2011 年為 4.64%。
- 3)消費者物價指數：過去研究大多假設未來各年之消費者物價指數為一固定常數，這樣的假設過於簡易而誤差甚大。本研究根據主計處公布之歷史消費者物價指數年增率，採 5 年移動平均法進行估算。
- 4)能源需求參考條件：行政院 2009 年 11 月 23 日提出之「節能減碳施政績效」指出，我國能源密集度由 2005 年的 9.54 公升油當量/千元，2006 年降低至 9.32 公升油當量/千元，2007 年降低至 9.27 公升油當量/千元，2008 年為 8.99 公升

<sup>16</sup> IMF, World Economic Outlook. April 2010.

油當量/千元，平均每年降低 2%，未來仍將朝此一水準來提升能源使用效率。

## (2) 再生能源發展目標設定

目前台灣之能源供應體系仍為政府政策決定(外生決定)，而非一個自由競爭結果(內生決定)。能源局已經提出再生能源之期程與推廣目標，如表 4.4.3 所示。此外，根據 2009 年 4 月 23 日行政院會報之經濟部綠色能源產業旭升方案指出，2008 年我國綠色能源產業產值為 1,603 億元(占製造業總產值 1.2%；其中太陽光電 1,011 億元，LED 照明 460 億元，氫能與燃料電池 4 億元，風力發電 35 億元，生質燃料 10 億元，能源資通訊 80 億元，電動車輛 2.8 億元)；而 2009 年全國能源會議建議，對我國未來能源產業發展應「選定重點產業，依產業特性與技術潛力加以扶植」；透過旭升方案，將引領台灣產業朝向低碳及高值化發展，經濟部預估 2015 年我國綠色能源產業產值將可提高至 1 兆 1,580 億元(占製造業總產值 6.6%；其中太陽光電 4,500 億元，LED 照明 5,400 億元，其他合計 1,680 億元)。

## (3) 國家型計畫各領域經費投入表

為推動能源科技協助國家發展永續能源供應體系，行政院國家科學委員會依據行政院能源政策及科技發展指導小組各次會議決議，和 96 年 11 月召開之全國產業科技會議所擬定之 15 項能源科技發展主軸，及 96 年 12 月行政院科技會報第 23 次會議之決議推動「能源國家型科技計畫」，該計畫 99 年之各能源領域之預算投入資料如表 4.4.2。

表 4.4.1: 預測 BAU 之外生衝擊的設定值: 2007~2025 年

總體經濟變數成長率(%)	2007年	2008年	2009年	2010年	2011-2025年
家計消費 (C)	0.43	-1.49	0.04	1.11	內生
總投資 (I)	0.55	-11.17	-11.06	17.10	內生
政府消費 (G)	3.53	2.85	2.85	2.20	內生
出口 (X)	10.12	3.63	-20.32	33.23	內生
就業	1.81	1.06	-1.2	1.84	外生*
家庭戶數	1.45	1.76	1.9	1.64	外生*
消費者物價指數	1.21	1.97	1.47	1.23	外生*

\*利用 ARIMA 模型進行預測，以做為 3E 模型之設定值。  
資料來源: 本研究整理。

表 4.4.2: 「能源國家型科技計畫」99 年之各能源領域之預算投入

經費單位：千元

子項	核定件數	核定經費	子項	核定件數	核定經費
太陽光電	18	128,309	淨煤捕碳儲碳	6	82,069
太陽熱能	2	11,490	冷凍空調	1	5,573
風力	8	36,466	建築節能	3	13,626
生質能	14	88,995	交通運輸	3	18,498
海洋能源	4	33,095	工業節能	6	19,786
氫能	2	12,817	照明與電器	5	33,056
核能	5	43,135	植林減碳	3	17,10
地質能源	1	27,880	智慧電網與讀表	7	55,210
儲能技術	5	32,574			
能源政策	8	43,368	能源管理	2	3,355
節能減碳	2	8,217	能源產業	5	16,986

資料來源：能源國家型計畫-能源計畫辦公室。

#### (4)國內太陽光電產品之上中下游成本架構

太陽光電轉換效率持續進步，然而發電成本未如預期下降是市場無法快速成長重要因素，因此，致力於發電成本的下降將是未來技術發展重要課題，在模組製造方面，影響因素包含模組製造成本、模組高性能化、模組壽命延長、原料的問題等；在系統面包括：電源處理器、太陽光電蓄電池技術、設置工事、販賣經費等。本計畫已完成國內太陽光電產業上中下游成本分析架構，上中游成本組成可分為矽原料、PASTE 膠料、矽晶圓、直接人工、電阻電容電子元件、PCB 板、塑膠成型品、金屬零件、玻璃製品、汙染處理費、能源消耗、模組、代/加工、土地、建物、投入設備、折舊、運費、銷貨費用、研發、非營業收入-財務金融等項目；太陽光電系統廠之成本組可分為太陽電池模組、範本支撐架、直流電力匯流盤（含保護裝置）、直流交流電轉換器、配電盤（含電表、開關）、蓄電池（含架台）、配電材料、系統規劃設計監造、證照及簽證、安裝施工及基礎工事費、監測及展示設備、安裝人工成本、營業費用、間接人員費用、研發費用等項目。下游部份已完成國內三傢俱代表性廠商(東君能源、金華成金屬工程公司、聚恆科技)之成本結構調查如表 4.4.4。上游部份以中美矽晶、綠能，中游部份以利用國內前三大矽晶、茂迪、益通等太陽能電池公司 2008 年財務報表，初步完成成本分析。

表 4.4.3: 台灣再生能源推廣目標量

單位: MW

年度 類別	2009		2010		2011		2015		2020		2025		2030	
	累計	新增	累計	新增	累計	2012-2015 新增	累計	2016-2020 新增	累計	2021-2025 新增	累計	2026-2030 新增	累計	
水力	1,938.7 (1,938.7)	6.34	1,945	61 (61)	2,006 (2,000)	46 (41)	2,052 (2,041)	60 (60)	2,112 (2,100)	390 (290)	2,502 (2,390)	0	2,502 (2,390)	
風力 發電	陸域	436 (436)	70	506 (436)	70	576 (436)	230	806 (436)	150	956 (436)	100	1,056 (436)	100	1,156 (436)
	離岸	-	-	-	-	-	150	150	750	900	500	1,400	600	2,000
太陽 光電	11 (11)	64	75 (11)	70	145 (11)	285	430 (11)	820	1250 (11)	750	2,000 (11)	500	2,500 (11)	
生質能 發電	廢棄物	790 (790)	0	790 (790)	0	790 (790)	58 (18)	848 (808)	77	925 (783)	444	1,369 (365)	0	1,369 (365)
	沼氣	24.5 (24.5)	0	24.5 (24.5)	0	24.5 (24.5)	4.7	29.2 (24.5)	0	29 (24.5)	2	31 (24.5)	0	31 (24.5)
海洋能	-	-	-	-	-	1	1	29	30	170	200	400	600	
地熱能	-	-	-	-	-	4	4	62	66	84	150	50	200	
氫能燃 料電池	-	0.07 (0.07)	0.07 (0.07)	0.15 (0.15)	0.22 (0.22)	6.7 (6.7)	7 (7)	53 (50)	60 (57)	140 (123)	200 (180)	300 (245)	500 (425)	
合計	3,200 (3,200)	140.4	3,340	201.2	3,541	785.4	4,327	2,001	6,328	2,580	8,908	1,950	10,858 (3,652)	

備註:()表非獎勵量。

資料來源: 再生能源年度推廣目標及配比, 經濟部能源局, 99年3月26日。

表 4.4.4: 國內太陽光電成本結構

成本項目	比重	成本項目	比重
<b>3.5kW 系統安裝</b>			
太陽能電池模組	35%	轉換器	5%
範本支撐與結構物件	10%	監控系統	10%
配電材料	5%	申請與管理費用	5%
設計與施工	12.5%	稅金	5%
人工成本	7.5%	營業費用	5%
<b>電池</b>			
矽材料	52.8%	機房設備	10.5%
膠料	10.6%	房屋及建業	4.5%
化學原料	3.2%	管理費用	1.4%
直接人工	2.7%	推銷費用	0.1%
製造費用	8.5%	研發費用	1.4%
營業外投資	2.9%	所得稅	0.2%
<b>上游原料</b>			
矽原料	38.2%	房屋及建業	9.7%
晶棒	5.7%	管理費用	0.5%
加工成本	3.6%	推銷費用	1.6%
直接人工	2.5%	研發費用	2.9%
製造費用	10.7%	所得稅	1.2%
機房設備	23.4%		

資料來源：本研究。

#### (4) 國外燃料電池上中下游成本調查分析

由於目前台灣燃料電池產業仍處於初期發展階段，廠商對於其成本結構十分保密，因此關於台灣燃料電池廠商產品之成本結構資料付之闕如，故本研究參考外國之資料以進行分析。依據美國 DOE 的報告指出，在燃料電池系統部分，燃料電池組(stack)占了 61.2%，超過全部成本一半以上；而在燃料電池組中主要核心元件 MEAs 占了 80%以上；在 MEAs 中主要由三大部分所組成，分別為質子交換膜(56.5%)、觸媒(17.6%)以及氣體擴散層(21.8%)。目前日本已經商用化的家庭用燃料電池系統成本結構請參考表 4.4.5。

表 4.4.5: 燃料電池成本分析

零件項目	成本比例	零件項目	成本比例
<b>表膜電極組(MEA)</b>		<b>燃料電池組(Stack)</b>	
質子交換膜(Membranes)	56.50%	雙極板(Bipolar Plates)	14.40%
觸媒(Catalyst Ink)	17.60%	膜電極組(MEAs)	80.30%
氣體擴散層(GDLs)	21.80%	墊片(Gasket)	2.70%
外殼/ 墊片(MEA Frame/Gaskets)	2.80%	端板(End Plates)	1.10%
其他	1.30%	集電板(Current Collectors)	0.20%
合計	100%	勞務	1%
<b>家庭用定置型燃料電池系統(熱電共生,CHP)</b>		其他	0.20%
燃料電池組(Stack)	28%	合計	100%
BOP(Balance of plant)	35%	<b>BOP 成本分析</b>	
電流變流器(Inverter/converter)	4%	電池框架(Mounting Frames)	1.30%
重組器	12%	氣體迴路(Air Loop)	33.70%
熱回收系統	8%	加溼器(Humidifier & Water Recovery Loop)	6.90%
系統組裝	13%	冷卻迴路(Coolant Loop)	6.80%
合計	100%	排放迴路(Exhaust Loop)	2.20%
<b>燃料電池系統(System)</b>		燃料迴路(Fuel Loop)	12%
燃料電池組(Stack)	61.20%	電控系統與感測器(System Controller/Sensors)	3.90%
BOP(Balance of plant)	38.10%	氫氣濃度感測器(Hydrogen Sensors)	21.90%
系統裝配與測試	0.80%	其他	11.30%
合計	100%	合計	100%

資料來源： DOE, H2 Program Review, 2009。



## 2.發展綠能產業之 3E 效益分析

本節將以 3E 模型為分析工具，探討發展太陽光電及氫能燃料電池對台灣整體經濟、能源與環境的影響並分析未來可帶來的效益。目前國際間用來做為分析能源、環境、經濟政策評估模型工具以可計算一般均衡(Computable General Equilibrium, CGE)模型為主流(Horridge, 2003; Jaccard, et al., 2004; Kemfert, 2005)，而我國目前發展亦以此為圭臬。本研究將採用台灣經濟研究院於 2006 年開始建制之 3E 模型(Economic, Energy and Environment, 3E)為工具，其以澳洲 Monash 大學 ORANI-G 模型為基礎，納入新能源技術產業、產業關聯資料及 CO2 排放矩陣，分析我國發展新能源產業所帶動之其他產業效益與總體經濟效益，同時亦可針對各種二氧化碳減量模式下，對我國各項總體經濟指標所造成的經濟影響，尋求對我國經濟成長率負面效果最低的減量模式。以下將先說明模擬情境的設定，再分析實證模擬結果。

### (1)模擬情境的設定

目前政府規劃綠能投入的計畫有三項，分別是(1)4 年新台幣 5,000 億元振興經濟擴大公共投資計畫中，每年編列 10% (約 500 億元)，投入綠能相關產業；(2)新能源旗艦計畫；(3)能源國家型計畫。其中，新能源旗艦計畫的經費支出分為技術研發與產業推廣，以及示範導入補助兩大部分。示範導入補助的金額為 5 年 109.15 億元，而新能源旗艦計畫與能源國家型計畫在太陽光電、風能、生質燃料、氫能與燃料電池等能源研發經費每年新台幣 10 億元。

在模擬衝擊設定部分，本研究將振興經濟擴大公共投資計畫之綠能投入部分，作為政府針對所有新能源技術的支出，以新能源產值比率作為分配之比率。此外，對於新能源旗艦計畫中的示範導入補助部分，則亦以政府支出為衝擊變數，衝擊比率根據計畫每年投入對太陽光電、風能、生質燃料、氫能與燃料電池等產業的經費計算。對於新能源旗艦計畫與能源國家型計畫在太陽光電、風能、生質燃料、氫能與燃料電池等能源研發經費每年新台幣 10 億元，則是針對各新能源技術產業的研發進行衝擊 (表 4.4.6)。

表 4.4.6: 模擬情境說明

	未強化綠能投資 (BAU)	強化綠能投入
擴大內需	4 年新台幣 5000 億元振興經濟擴大公共投資計畫全數投入一般擴大公共工程建設。	4 年新台幣 5000 億元振興經濟擴大公共投資計畫，每年編列 10% (約 500 億元)，平均投入各項新能源產業。
研發投入	未推行能源國家型及新能源旗艦計畫。	能源國家型及新能源旗艦計畫在太陽光電能源研發經費維持每年平均投入新台幣 10 億元。
示範補助	未推行新能源旗艦計畫。	新能源旗艦計畫投入太陽光電示範補助，每年平均投入約新台幣 7 億元。
新能源推廣	2016 推廣成果： <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 太陽光電裝置量：72 MW</li> <li>■ 燃料電池裝置量：1.6MW</li> </ul>	2016 推廣成果： <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 太陽光電裝置量：320 MW</li> <li>■ 燃料電池裝置量：7MW*</li> </ul>

\*依據能源局之推廣目標。

## (2)政策效益模擬分析與實證結果

由表 4.4.7 及表 4.4.8 可以分別看出強化推廣太陽光電及氫能燃料電池產業對總體經濟的影響。在強化推動太陽光電產業的情況下，會帶動實質 GDP 的成長，對 GDP 成長率的增加效果在 2010 年為 0.03%，至 2016 年將增加至 0.08%。在氫能燃料電池方面，在 2010 年可促進 GDP 成長率增加 0.007%，至 2016 年可增加 0.04%。

在促進就業上，當政府增加太陽光電產業投資，連帶會帶動太陽光電產業的發展，而引發太陽光電相關產業的勞動需求。由模擬結果可以看出，在 2010 年就業人數可以較基線增加 10,461 人，而隨著投入的增加，整體就業人數也會隨之提升，到了 2016 年，就業人數將會較基線增加 39,912 人，使太陽光電產業的就業人數在 2010 年至 2016 年成長 281.53%。就氫能燃料電池產業而言，估計可使整體就業人數在 2010 年較基線增加 693 人，至 2016 年將比基線增加 18,703 人。

加強推動綠能產業，亦會引發產業的關連效果，影響其他產業的總產值。模擬分析太陽光電產業總產值可由 2010 年的 1,579.73 億元提升至 2016 年 4,924.32 億元，為 2010 年產值的 3.12 倍。在氫能燃料電池方面，產值可由 2010 年的 6.31 億增至 2016 年的 187.03 億元。

對於 CO<sub>2</sub> 減量的影響，由於綠能產業的發展將會減少最終對化石能源的使用，進而造成 CO<sub>2</sub> 的減量。模擬分析在強化推動太陽光電產業下，CO<sub>2</sub> 的減量將

由 2010 年的約 15 萬公噸，逐漸增加至 2016 年的 CO<sub>2</sub> 減量為 26.95 萬公噸。在氫能燃料電池方面，對 CO<sub>2</sub> 減量的貢獻，將由 2010 年的 2.04 萬公噸，增至 2016 年的 15.28 萬公噸。

**表 4.4.7: 發展太陽光電產業的經濟效益**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
實質 GDP 成長	0.03%	0.04%	0.04%	0.05%	0.06%	0.08%	0.08%
產值 (百萬元)	157,973	173,377	219,543	275,967	347,780	439,085	492,432
新增就業人數 (人)	10,461	13,047	16,521	20,767	26,171	33,042	39,912
CO <sub>2</sub> 減量 (萬公噸)	14.99	17.05	19.52	21.59	23.48	24.93	26.95

資料來源：本研究模擬結果。

**表 4.4.8: 發展氫能燃料電池產業的經濟效益**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
實質 GDP 成長	0.007%	0.01%	0.013%	0.02%	0.025%	0.03%	0.04%
產值 (百萬元)	631	1,890	3,539	5,744	8,554	12,234	14,446
新增就業人數 (人)	693	1,322	2,514	5,787	8,241	12,397	18,703
CO <sub>2</sub> 減量 (萬公噸)	2.04	4.11	6.52	8.74	10.94	12.92	15.28

資料來源：本研究模擬結果。

### (3) 檢測驗證之經濟效益

本研究於章節四(一)中的分析提到，檢測驗證平台(機制)是為了滿足及促進產品市場化及提升其競爭力的重要因素，然而檢測驗證平台(機制)難以量化，而由於政府強化推動綠能產業之目標與檢測驗證平台之完備一致，因此本研究以政府強化推展綠能產業為衝擊因素來進行模擬分析。經由前一小節之對於強化推展綠能產業的效益分析結果可知，檢測驗證平台的完備，對於實質 GDP 成長的促進、產值及就業人數的增加、CO<sub>2</sub> 減量的貢獻，均有正面的影響。

## 五、結論與建議

本計畫擬以三年時間協助經濟部標準檢驗局分析研究推動 LED 室內外照明系統、冷凍空調與新興冷媒、太陽光電系統、風力發電系統、植物性替代燃料(非食用農作物)、氫能與燃料電池系統等能源科技產業相關產品標準、檢測技術及驗證平台之產業、總體經濟與其它周邊效益。99 年度將先針對太陽光電與氫能與燃料電池產業進行產業發展效益分析。將分析之成果提供經濟部標準檢驗局，作為未來推動綠能產業在產品標準、檢測技術及驗證平台之推動政策參考。99 年度之工作成果概述如下：

### 1. 國內外太陽光電、氫能燃料電池產業現況與政策分析

本研究蒐集並整理國內外太陽光電及氫能燃料電池產業之發展狀況，結果顯示由於溫室氣體排放議題深受國際重視，近年來先進國家皆積極發展綠能產業，其政府持續投入資源於綠能產業的發展，因此對於太陽能及燃料電池產業而言亦是積極投入。由於太陽能產業的發展較燃料電池早，目前在先進國家已逐漸普及與商業化，雖然台灣的太陽能產品的產值占世界的產量超過 10%，但由於台灣地狹人稠及雨量多，以致使用太陽能發電的設置普及率不高。台灣的太陽能電池戰太陽能產業產值的 70%以上，且平均 90%以上外銷，而產品本身在台灣目前仍多處於示範運行的階段。至於燃料電池產業，目前台灣廠商雖已有量產能力，但受限於目前市場規模小，甚至尚未形成，廠商除了積極開拓市場外，尚須政府的補助，此種情形即使在先進國家也是如此。

在推動政策上，近年來政府對於推動綠能產業十分積極，在國外除了早期的補助研發之外，近年來以實施電價補助為主，而台灣自 2008 年以來陸續推出「新能源產業旗艦計畫」、「能源國家型計畫」與「綠色能源產業旭升方案」等推動綠能產業發展之政策，2009 年並通過〈再生能源發展條例〉，開始進入對再生能源進行電價補助的階段，顯示在台灣在發展綠色能源的政策上正朝著與先進國家一致的方向前進。

### 2. 國內外太陽光電、氫能燃料電池產品檢測驗證標準資料之蒐集與現況分析

本研究已蒐集國內外太陽光電、氫能燃料電池產品檢測驗證標準之資料，並針對台灣於此兩種產業之檢測驗證情形進行分析。就太陽光電而言，目前的檢測驗證標準較為完備，例如 IEC、UL 及台灣的 CNS 國家標準等，而一些機構如工研院、電信技術中心等，已與外國檢測驗證機構合作在台灣設立檢測驗證實驗室，此減少了台灣太陽光電廠商的檢測驗證所需的時間與成本，對於台灣的太陽光電產業發展提供了相當大的貢獻。

在燃料電池方面，目前的檢測驗證標準仍以外國較為完備，如 IEC/TC 105、ISO/TC197、日本的 JIS 及中國的 GB 標準等。而台灣目前主要有 CNS 15026「燃料電池技術—第 1 部：術語」、CNS 15122「氫燃料」及 CNS 15124「液態氫—陸用車輛加氫系統介面」等三種氫能與燃料電池國家標準，並正進行「燃料電池模組」、「定置型燃料電池發電系統之安全性測試方法」、「定置型燃料電池發電系統之性能測試方法」及「可攜式燃料電池發電系統之安全性測試方法」等五種國家標準之制定作業。

### 3.發展太陽光電、氫能燃料電池產業之經濟效益分析

在進行發展太陽光電、氫能燃料電池產業之經濟效益分析方面，本研究首先以此二種產業為主建立綠能產業之 3E 分析模型，並依據各部會發佈之資料進行模擬情境之設定，以 3E 模型評估發展太陽光電、氫能燃料電池產業之經濟效益，並以此為基礎分析兩種產業檢測驗證平台的經濟效益。結果顯示強化推展綠能產業以及檢測驗證平台的完備，對於實質 GDP 成長的促進、產值及就業人數的增加、CO<sub>2</sub> 減量的貢獻，均有正面的影響。

在建議上，首先，關於綠色產業的推動方面，由於 3E 分析的結果有助於經濟的發展與溫室氣體的減量，因此建議政府應積極落實所提出之綠色能源發展計畫，如新能源產業旗艦計畫、能源國家型計畫與綠色能源產業旭升方案等，方能達成所預期之效果。

在具體策略建議上，在太陽光電產業方面：

台灣的太陽光電產品的推廣正處於初期市場建立階段，由於其高發電成本的特性，目前市場發展極需政策的補助或由政府協助提供系統設置之貸款補助，以降低進入之門檻。因此政府在制定或規劃相關推廣措施時必須考慮有關的金融配套措施，才能有效推廣綠能產業於國內的發展，也唯有如此才可提供國內上中下游綠能產業健康的發展空間。在太陽光發電成本方面，長期而言隨著原料價格與模組成本下降，系統之安裝成本將逐漸主導太陽光發電成本，因此政府也需盡早推動模組或安裝工事之標準化，以期未來讓國內太陽發電市場可早日成熟，展現台灣在推動再生能源之努力與成果。

分析台灣的自然環境與相關條件，國內的太陽能系統設置必須依照不同區域做規畫，才能達到其發展的經濟效益，加上台灣地狹人稠和市電成本偏低，不僅供電的比例上有其限制，政策補助也應作適量的規劃，避免發生由於政策錯誤而造成的西班牙事件。在推動再生能源的政策下，不僅可以增設裝置容量，同時也帶動產業產值與就業人口增加。因此在這樣的背景下，相關的配套措施應就執行

面的實際問題，進行相關法規修正或放寬，依照推動再生能源的大方向，在現有的制度下執行更有效率的處理程序，將有助於政策的達成以及民眾與產業界的期待。推廣綠色能源不是只有口號，唯有透過實際的運作，才能帶來更多環境上的效益。

而關於燃料電池產業的具體策略建議，包括：

燃料電池雖轉換效率高，可節省能源使用，惟目前生產成本仍高，且電池有耗損的問題，大量商業化尚待技術突破，因此，目前各國在燃料電池產品的發展上大多處於產品試行的階段，離產品量產還有很長的一段時間。

由於台灣的燃料電池技術已具相當的水準也具有完整的產業鏈，若具備相當的市場需求，則台灣燃料電池產業必能順勢而起。雖然目前台灣燃料電池市場仍小，但衡量台灣廠商的技術比較優勢，在產品開發策略上可朝以下列幾點發展：

- (1) 將產品定位在 1~5kw 的燃料電池 PEMFC 發電機，再持續發展 10~20kW 的燃料電池系統；
- (2) 初期以發展不斷電系統、家用緊急發電裝置或攜帶式產品電源為主，再依據市場的反應擴充至其他應用產品；
- (3) 將燃料電池應用在台灣產業在技術上具比較利益的產品，例如 3C 電子產品與機車上。

另外，在市場行銷推廣的策略上則可：

- 1) 加強產學合作，學術或研究單位培養人才、發展技術，並將技術移轉給廠商，廠商加速應用產品的開發；
- 2) 在市場行銷策略上，初期可採用租賃與整合服務的方式，以推廣產品；
- 3) 國內廠商應尋求彼此互補的合作機會，以降低成本與開發時程，或尋求與國外先進廠商合作機會。

最後，在檢測驗證標準平台的推動上，本研究的建議如下：

- 1) 經濟部標檢局正積極進行前瞻能源產業產品的技術標準建置，在與國際接軌的目標之下，宜積極參與國際標準組織相關工作小組會議，以對太陽光電、氫能燃料電池的技術應用標準發展方向有最新的瞭解，提供國內建置相關技術標準參考。
- 2) 在定置型燃料電池性能標準方面，由於 IEC 等國際標準組織已陸續公告，我

國可參考調和，較無創新機會。因此，如能尋求與國際燃料電池具差異性產品，研提獨創技術標準，將可帶動我國相關產業發展。

- 3) 現階段宜先行研究我國產品所需標準項目，並就其技術標準經由業界共識形成產業標準，再利用參與國際標準會議中提出討論與審查，以增進產品跨足國際之機會。

## 參考文獻

1. Horridge, M., 2003, ORANI-G: A Generic Single-Country Computable General Equilibrium Model. Australia: Centre of Policy Studies and Impact Project, Monash University.
2. Jaccard, M., R. Murphy, and N. Rivers, 2004, Energy-environment policy modeling of endogenous technological change with personal vehicles: Combining top-down and bottom-up methods. *Ecological Economics*, 51 (1-2), pp. 31-46.
3. Kemfert, C., 2005, Induced technological change in a multi-regional, multi-sectoral integrated assessment model (WIAGEM): Impact assessment of climate policy strategies. *Ecological Economics*, 54 (2-3), pp. 293-305.
4. 王智薇, 「淺談新興能源科技產業—氫能與燃料電池」, 產經資訊, NO:61, 2008 年。
5. 台灣經濟研究院, 「經濟、能源與環境(3E)政策評估模型之功能擴充、維護與應用計畫期中報告」, NSC 98-3114-P-301-001, 2010 年 7 月。
6. 台灣經濟研究院, 「2010 台灣各產業景氣趨勢調查報告」, 2009 年 12 月。
7. 北京中科縱橫信息技術研究院, 「2010—2020 年創新中國之燃料電池產業創新升級戰略研究報告」, 2010 年 8 月。
8. 邱昱芳, 「太陽能光電製造業基本資料」, 台經院產經資料庫, 2010。
9. 徐世勳、李秉正, 「總體經濟政策對空氣污染影響之評估」, 國科會/環保署科技合作研究報告, - NSC 88-EPA-Z-002-020-, 1999。
10. 經濟部能源局, 「2010 年能源產業技術白皮書」, 2010 年 4 月。

## 網站資料

1. DigiTimes, <http://www.digitimes.com.tw/DT/order/order.asp>
2. 中時電子報, <http://news.chinatimes.com/>
3. 太陽光電資訊網, <http://solarpv.itri.org.tw/>
4. 台灣經濟研究院產經資料庫, <http://tie.tier.org.tw/>
5. 行政院主計處, <http://www.dgbas.gov.tw/>
6. 知識贏家, <http://kmw.ctgin.com/>



## 附錄：

本研究中之 CO<sub>2</sub> 減量之依據，係依據本院所編制之 CO<sub>2</sub> 排放矩陣經由 3E 模型所計算之結果。而本院編製二氧化碳排放矩陣的原始資料來源為經濟部能源局提供之能源平衡表，能源平衡表提供了不同使用者的各種能源使用量數據，包括使用量的原始單位、熱值單位、與油當量單位三種表。

在著手進行編製之前，部分能源局提供的資訊需要再做調整(合併加總或析出)。首先我們必須找出能源平衡表中哪些能源產品是符合模型中定義的 BADCOM，並將屬於同一分類的予以合併。下表為能源平衡表中各類能源產品與模型定義之 15 類能源產品對照表，其中能源平衡表中並無其他非金屬礦物製品一項。模型定義中的其他非金屬礦物製品主要成分是石灰石，雖不具有熱值，但會在水泥及鋼鐵產業的製程中排放出二氧化碳。因此，我們必須另外計算其他非金屬礦物製品的二氧化碳排放量，但為了對照的方便性，接下來的二氧化碳排放矩陣中並不包含其他非金屬礦物製品的二氧化碳排放量。

第一種編製方式採用 EPA 的編製方法，首先找出能源平衡表熱值單位表中的 15 種能源產品消費總量。此處，  
消費總量=發電廠及汽電共生廠的轉變投入(14~17 列)+能源部門自用(19 列)+能源消費(31 列)。

用此消費總量以及產業關聯表(國產品交易表、生產者價格交易表(進口品按 C.I.F.計值))中各部門使用 15 種能源產品的比例進行攤提，得到各產業的各能源產品使用量。再採用 IPCC 公布的二氧化碳排放量計算公式，將矩陣中各使用量換算為二氧化碳排放量。最後，將模型中屬於同一分類的二氧化碳排放量予以加總，得到各部門 15 種 BADCOM 的二氧化碳排放量，即為一 15\*2\*184 的二氧化碳排放量矩陣。

附表 1:二氧化碳排放矩陣格式

	產業中間投入 (001, 002, ..., 181)	投資者	家計部門消費	政府部門消費
01520 煤				
01220 天然氣				
06990 其他非金屬礦物製品				
04910 車用汽油				
04920 柴油				
04930 航空燃油				
04940 燃料油				
04950 煤油				
04960 潤滑油				
04970 石油腦				
04980 煉油氣				
04991 瀝青				
04992 其他石油煉製品				
05000 焦炭及其他煤製品				
10900 燃氣				

附表 2:能源平衡表各類能源產品與模型定義之 15 類能源產品對照

台灣經濟研究院 3E 模型資料庫分類	能源平衡表分類
01520 煤	2 煙煤-煉焦煤
	3 煙煤-燃料煤
	4 無煙煤
	5 亞煙煤
01220 天然氣	38 (自產) 天然氣
	39 (進口) 液化天然氣
06990 其他非金屬礦物製品	N/A N/A
04910 車用汽油	22 車用汽油
04920 柴油	28 柴油
04930 航空燃油	24 航空汽油
	25 航空燃油-汽油型
	26 航空燃油-煤油型
04940 燃料油	29 燃料油
04950 煤油	27 煤油
04960 潤滑油	31 潤滑油
04970 石油腦	21 石油腦
04980 煉油氣	17 煉油氣
	18 液化石油氣
04991 瀝青	32 柏油
04992 其他石油煉製品	35 石油焦
	36 其他石油產品
05000 焦炭及其他煤製品	8 焦炭
	11 高爐氣
	12 轉爐氣
10900 燃氣	10 焦爐氣

資料來源:台灣經濟研究院,「京都議定書經濟影響評估模型之建立、持續維護及調整(1/5)」,行政院經濟建設委員會九十四年度委託研究計畫研究報告,94122202-01,2006。

計畫經費收支明細報告表

主持人：洪德生

執行機構：財團法人台灣經濟研究院

計畫編號：1D15981028-148

計畫名稱：能源科技產品標準檢測驗證經濟效益分析委辦計畫

執行期限：99.01.01-99.11.30

補助項目	核定清算金額	收			付			備	計
		實收金額	支出憑證		實付金額	結餘金額			
			起訖	訖院					
一、直接薪資	768,247	537,773			768,247	(230,474)			
二、其他直接費用	231,753	162,227			262,194	(99,967)	實付金額中30,441元超出核定清單金額		
三、管理費	100,000	70,000			100,000	(30,000)			
四、公費	100,000	70,000			100,000	(30,000)			
合計	1,200,000	840,000			1,230,441	(390,441)			

製表：



主辦會計：



單位主管：



機關首長：

