

碳經濟

CARBON ECONOMY

發行人 管中閔
顧問 黃萬翔 吳明機
陳小紅
總編輯 洪德生
執行編輯 黃宗煌 洪瑞彬
編輯委員 李堅明 吳再益
林師模 陳家榮
梁啟源 顧洋
蔣本基 蕭代基
朱麗慧 王金凱
編輯助理 劉光哲 楊晴雯
發行單位 行政院經濟建設委員會
執行單位 台灣經濟研究院
地址 台北市寶慶路3號
台北市德惠街16-8號7樓

專題分析

後多哈談判之2050年低碳路徑評析

簡慧貞

我國低碳能源策略分析

呂錫民

推動低碳永續家園的障礙與融資機制

黃宗煌、葉俊宏、單珮玲、蔡玲儀、林書吟

碳基金制度與林業部門籌措財源之分析

林國慶、柳婉郁

研究前緣

組織機構設置太陽光電系統態度與意願之研究

陳建文、謝國文、蕭志同、鍾俐娟

第28期

2013年2月

NO. 28 Feb 2013

目 錄

編者的話.....	1
專題分析.....	2
後多哈談判之 2050 年低碳路徑評析 /簡慧貞	2
我國低碳能源策略分析 /呂錫民.....	29
推動低碳永續家園的障礙與融資機制 /黃宗煌、葉俊宏、單珮玲、蔡玲儀、林書吟.....	53
碳基金制度與林業部門籌措財源之分析 /林國慶、柳婉郁.....	82
研究前緣.....	106
組織機構設置太陽光電系統態度與意願之研究 /陳建文、謝國文、蕭志同、鍾俐娟.....	106
政策動態.....	117
會議資訊.....	123
文獻新報.....	127

一編輯政策一

- ◇ 本刊以溫室氣體減量之政策及其經濟問題為重點，每季定期發行，當季刊登之文稿截稿日期為前一月的 15 日。本刊資料檢索網站：<http://www.cepd.gov.tw> 點選出版品、碳經濟
- ◇ 本刊歡迎關心溫室氣體減量議題之各界先進賢達踴躍賜稿(包括專題分析、時事評論、政策動態報導、研究成果、出席國內外會議心得等)，亦歡迎讀者就本刊相關議題發表讀後建言或心得。專題分析稿件每篇以不超過 6000 字為原則，其餘不拘。
來稿請將電子檔 email 至執行編輯黃宗煌教授：chhuang@mx.nthu.edu.tw、楊晴雯：jp62001@tri.org.tw。
- ◇ 本刊各篇專論刊登前均經編輯委員會審查，本刊編委會保留刪改權力，惟內容不代表發行單位立場。來稿如不允刪改，請作者事前聲明。

編者的話

去年年底於卡達杜哈舉行的聯合國氣候變遷公約暨京都議定書締約國會議(COP18/CMP8)，為全球因應氣候變遷的重要里程碑，該會議不但延長京都議定書效期，並達成多項促進氣候變遷調適以及改善溫室氣體排放的共識。其中，為加快溫室氣體減排的腳步，決議延長京都議定書有效期至 2020 年。預計於 2014 年提出較第一期更積極之減排承諾。預計於 2015 年之前完成新議定書簽署。可以預期，世界主要國家未來將以更加積極的態度，規劃落實節能減碳與因應氣候變遷調適措施。因此，本期針對節能減碳之趨勢面、策略面以及金融面切入探討。

國際趨勢方面，本期收錄行政院環境保護署簡慧貞執行秘書著作，透過蒐集國際上重要國家與組織對 2050 年長期低碳發展，所做的規劃與努力，進而歸納我國 2050 年前各階段低碳發展的規劃與作法，並根據 UNFCCC 及國際發展趨勢，提出我國 2050 年低碳發展建議。

推動策略方面，有鑑於我國面臨能源供給無法完全自主、溫室氣體排放嚴重，以及耗能嚴重等挑戰，本期收錄灣大學能源研究中心呂錫民研究員著作，針對電力、工業、住商與運輸四大排碳部門，分析「節能減碳措施」以及「低碳基礎建設」等兩項主軸策略，進一步歸納出我國推動低碳能源策略時的重點。

此外，近年來全球受到溫室效應、能源價格飆漲、金融風暴、及糧食安全等四大危機衝擊，各國自 2009 年起紛紛推行「綠色新政」，期望達到兼顧節能減碳與刺激經濟的效果。其中資金來源即為推動綠色經濟成長的主要關鍵。因此，本期收錄台灣綜合研究院黃宗煌副院長等人著作，從政府財政能力、及現有融資問題等層面，分析當前推動低碳永續家園的障礙，並以英國為例，說明其推動的各項節能減碳政策及融資機制。另一方面，由於森林提供的溫室氣體減量貢獻可納入碳排放之抵減值中，加上碳交易市場以及碳基金設立，將刺激綠色金融發展。故本期收錄台灣大學林國慶教授等人著作，分析碳基金制度與林業部門間的關係，以及林業部門在這項財源籌措方式上所扮演的角色。

研究前緣部分，有鑑於再生能源政策推動以來，相關配套措施、法規、程序未臻理想，政府於新政策實施之後，有必要進行產業現況評估與部份獎勵補貼措施方向調整，故本期收錄逢甲大學陳建文教授等人著作，對組織設立太陽光電系統的態度與意願進行研究，提供政府能源政策上，兼顧整體社會福利，與政府之財政長期平衡之具體建議。

專題分析

淺談後「多哈談判」之 2050 年低碳門路

簡慧貞

(行政院環境保護署參事兼溫室氣體減量管理辦公室執行秘書)

一、前言

2007 年聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)第 13 次締約國會議暨京都議定書第 3 次締約國會議(The thirteenth session of the Conference of the Parties/ The thirteenth session of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol, COP 13/CMP 3)通過峇里行動計畫(Bali Action Plan)，確立後京都協商將以減緩(Mitigation)、調適(Adaptation)、技術(Technology)、資金(Finance)為四大基石，並成立長期合作行動特設小組(Ad Hoc Working Group for Long-term Corporation Action, AWG-LCA)以進行 UNFCCC 終極目標的長期行動之協商，啟動後京都議定書承諾期進一步減量承諾之雙軌談判；同時 2005 年成立之京都議定書進一步減量承諾特設小組(Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol, AWG-KP)平行協商，使開發中國家與已開發國家在後京都時期應承擔各自減量之責任，被受國際關注。歷時二年進展多方諮商談判過程，於 2009 年 COP 15/CMP 5 通過「哥本哈根協定」(Copenhagen Accords)，2010 年 COP 16/CMP 6 通過「坎昆協議」(Cancun Agreements)；各國回應 2020 年「中期減緩」規劃，包括發展中國家提出自願性「國家適當減緩行動」(Nationally appropriate mitigation actions, NAMAs)，及已開發國家則提出「國家適當減緩行動與承諾」(Nationally appropriate mitigation actions and commitments, NAMACs)。

依據 COP16 第 1/CP.16 號決議文，長期合作行動特設工作小組陸續於 UNFCCC 下設調適委員會(Adaptation Committee, AC)、技術執行委員會(Technology Executive Committee, TEC)、常務委員會(Standing Committee, SC)，主要在促進附件一國家技術之提供與轉移至非附件一國家、加強推動落實根據 UNFCCC 的調適行動，以及協助締約方會議就公約提供氣候變化融資的財務機制提高其一致性和協調性。2011 年 COP 17/CMP 7 通過「德班平台特設工作小組(Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action, ADP)」附屬機構，主要目的是期望於 2015 年以前完成商定一份具有法律效力的法律文書以適用於所有 UNFCCC 締約方，以於 2020 年開始生效和實施。聯合國氣候變化綱要公約組織架構如圖 1 所示：

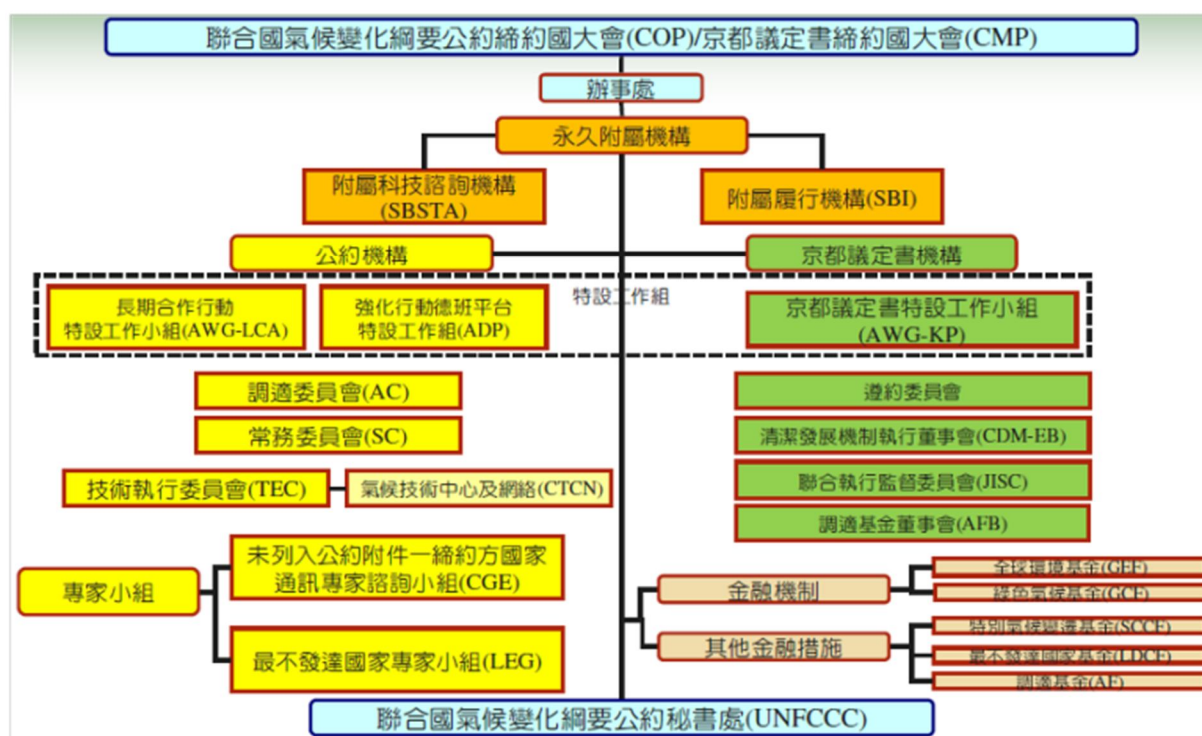


圖 1. 聯合國氣候變化綱要公約組織架構

後京都機制共識已經逐漸成形，並將影響全球因應氣候變遷的作法，2012 年 UNFCCC COP 18/CMP 8 多哈會議在熱切期盼的國際氣氛下，完成了京都議定書多哈修正案(Doha Amendment)，通過京都議定書第二承諾期為期 8 年，至 2020 年止；COP 18/CMP 8 多哈會議更確立了「德班平台特設工作小組(ADP)」及相關重要議題後續的協商時間表。由於多哈會議確定了至 2020 年京都議定書減量的承諾，並為 2020 年以後全球所有締約國長期減緩等合作行動奠定基礎，並為全球中長期因應氣候變化行動規劃做好鋪路，如果將京都議定書第一承諾期視為短期之溫室氣體減量行動，COP 18/CMP 8 主席 Mr. Abdullah Bin Hamad Al-Attiyah 稱 COP 18/CMP 8 會議之決議為「多哈氣候途徑(Doha Climate Gateway)」，即象徵著 UNFCCC 在其終極目標之路，已經由短期（京都議定書第一承諾期）進入中期（2020 年，京都議定書第二承諾期）階段。

根據 COP18 峇里行動計畫協議產出(Agreed outcome pursuant to the Bali Action Plan)決議文研析，UNFCCC 終極目標中期階段工作，除了京都議定書第二承諾期具有法律約束力的減量承諾外，附件一國家可自願性執行 NAMACs，非附件一國家可自願性執行 NAMAs，其執行需遵守可量測、可報告、可驗證(Measurement, Reporting, Verification, MRV)原則，UNFCCC 亦針對非附件一國家亦會有其國內 MRV 規範；另外，附件一國家則需準備研擬低排放發展戰略(Low-emission Development Strategies)，非附件一國家則需研擬低排放發展戰略或計畫(Low-emission Development Strategies or Plans)，以為全球

2050 年長期低碳發展做準備；然而，目前 UNFCCC 尚未定義低排放發展戰略的內涵為何。

本文將彙整研析 UNFCCC 多哈會議關鍵議題、德班平台發展趨勢、京都議定書多哈修正案等內容，以及國際上重要國家與組織，對於 2050 年長期低碳發展所做的規劃與努力，最後歸納我國 2050 年長期低碳發展的規劃與作法，並根據 UNFCCC 及國際變動趨勢，提出我國 2050 年長期低碳發展願景建議。

二、氣候公約談判進展

為回應國際社會對因應氣候變遷之要求，聯合國於 1992 年通過聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)，1997 年再通過京都議定書(Kyoto Protocol)，期盼藉由國際公約規範減少人類活動所排放的溫室氣體。歷經 7 年國際談判後，規範溫室氣體減量的京都議定書終於在 2005 年 2 月 16 日正式生效，一個對碳排放限制的時代正式來臨。

2007 年跨政府間氣候變化專家委員會(IPCC)發表第四次評估報告，更加確信人為溫室氣體排放是造成全球平均溫度上升的原因，科學證據亦指出全球持續變暖，氣候變遷所造成之負面影響將使貧窮人口受害最深；除模擬減量目標及相關經濟影響外，亦提出調適及減緩方案。隨著京都議定書第一承諾期將於 2012 年結束，2007 在印尼峇里島召開聯合國氣候變化綱要公約第十三次締約國大會暨京都議定書第三次締約國會議(COP 13/CMP 3)即為產生新的全球氣候變遷架構鋪路，並開啓後京都時期國際談判工作(國際協商談判發展進程如圖 2)，氣候公約會議自 COP13/CMP3 至今歷年重要協商進展彙整如表 1 所示。

COP18/CMP8 經過兩週諮商談判且密集召開非正式協商，延長會期一天後，取得共識，通過 26 項 COP18 決議及 13 項 CMP8 決議。全球不同團體對其決議產出多數表達不滿意的看法，但其政治諮商談判最終沒有破局，通過「多哈氣候途徑(Doha Climate Gateway)」，以延續執行京都議定書，並維繫原有管理架構與行政體系，不致讓全球僅有唯一執行溫室氣體減量的國際條約中斷，已屬不容易的產出；「多哈氣候途徑」下各項議題之進展時間如圖 3 及表 2 所示。

各界關心之 COP 18/CMP 8 大會決議及重要議題，包括特設工作小組協商進展、氣候融資與綠色氣候基金、遭受氣候變遷損失之融資、國家適當減緩行動登錄機制、國家報告資訊揭露、教育訓練及公眾意識等，彙整內容如下：

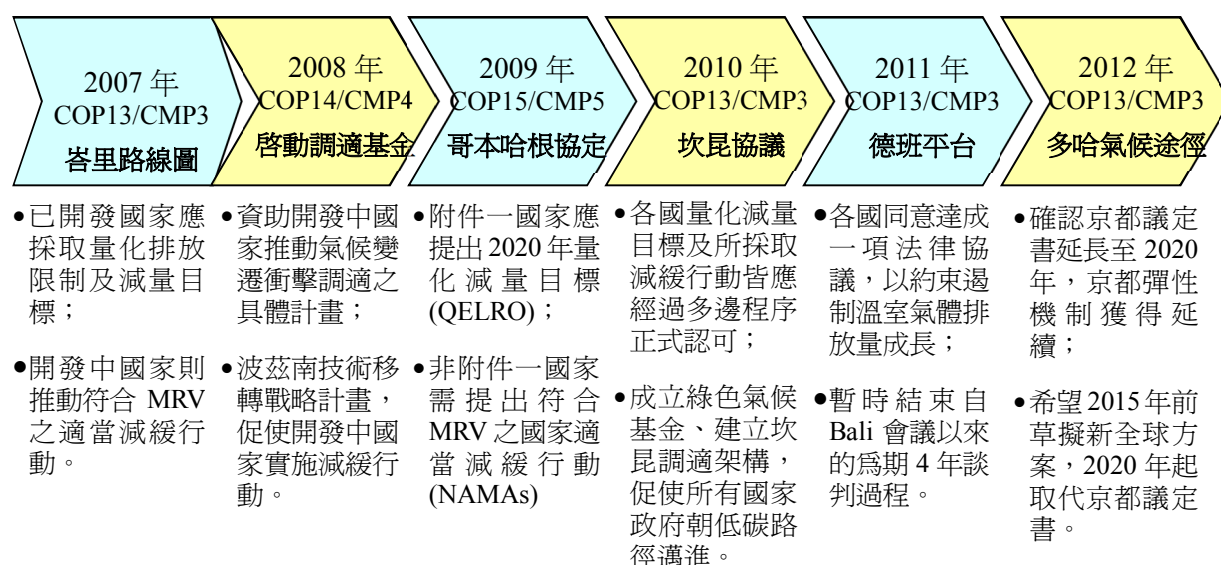


圖 2. 國際協商談判發展進程

表 1. COP13/CMP3 後歷年 UNFCCC 之重要協商進展

會議回合	會議重要產出	主要意涵
COP13/ CMP3 印尼 峇里島	峇里路線圖 (Bali Roadmap)	- 提出峇里行動計畫(Bali Action Plan)，對已開發國家應採取量化排放限制及減量目標，開發中國家則推動可量測(Measurable)、可報告(Reportable)及可查證(Verifiable)之適當減緩行動。 - 將透過長期合作行動之特設工作組之運作，期於 2009 年底完成後京都談判工作。 - 重申需要採取行動以減少發展中國家毀林及森林退化所致排放量，增加森林碳匯儲存。
COP14/ CMP4 波蘭 波茲南	啓動調適基金 (adaptation fund)	- 資助開發中國家推動氣候變遷衝擊調適之具體計畫，由全球環境基金(GEF)作為秘書處、世界銀行(World Bank)擔任基金之信託管理人 - 波茲南技術移轉戰略計畫(Poznan Strategic Programme on Technology Transfer)，由已開發國家領導技術發展及提供足夠技術移轉融資，促使開發中國家實施減緩行動。 - 舉辦減少開發中國家毀林排放量(REDD)相關議題之能力建構研討會。
COP15/ CMP5 丹麥 哥本哈根	哥本哈根協定(The Copenhagen Accord)	- 各締約國應提出具體作為，附件一國家應提出其於 2020 年之量化減量目標，非附件一國家需提出符合 MRV 之國家適當減緩行動 (NAMAs)。 - 通過 REDD-plus 機制，促進減少毀林及森林退化所導致之排放量，加上「森林復育」及「永續管理」概念

		➢ 成立「哥本哈根綠色氣候基金」，支助開發中國家之減量、調適、能力建構、技術發展及轉移之相關計畫、方案、政策與相關活動。
COP16/ CMP6 墨西哥 坎昆	坎昆協議(Cancun Agreement)	➢ 京都議定書締約國同意持續磋商減排目標，並確保在第一期與第二期承諾期之間沒有空窗期；工業化國家的減量目標、開發中國家所採取減緩行動皆應經過多邊程序正式認可。 ➢ 促使所有國家政府堅定地朝向低排放量的未來路徑邁進，並且加強對於開發中世界對氣候變化的因應行動，包括：在締約國會議下成立「綠色氣候基金(Green Climate Fund)」之氣候融資、建立「坎昆調適架構」協助開發中國家妥為規劃及執行調適工作、提供資金及技術協助開發中國家減少毀林及森林退化之溫室氣體排放量及促進減緩與調適面向的技術發展合作。
COP17/ CMP7 南非 德班	德班平台(Durban Platform)	➢ 各國同意達成一項法律協議，以約束遏制溫室氣體排放量成長，暫時結束自 Bali 會議以來的為期 4 年談判過程。 ➢ 所有國家第一次同意重新磋商以達成一項具法律效力成果(an agreed outcome with legal force)，並約束所有國家減少溫室氣體排放量。 ➢ 要求於 2015 年底前應取得所有國家對該協定之同意，以使各國不遲於 2020 年底前開始削減溫室氣體排放量。
COP18/ CMP8 卡達 多哈	多哈氣候途徑(Doha Climate Gateway)	➢ 確認京都議定書延長至 2020 年，歐盟 27 國、澳洲以及瑞士，需於 2014 年時提出其新的減量承諾；京都彈性機制(CDM、JI、ETS)獲得延續。 ➢ 確認綠色氣候基金的額度承諾，已開發國家仍接受 2020 年達到每年至少 1 千億美元為目標。而於 2013 至 2015 年間，其提供的基金額度至少須達 3 百億美元。 ➢ 已開發國家接受損失與損害原則(Loss-and Damage)納入於公約架構中。 ➢ 希望 2015 年前草擬新全球方案，2020 年起取代京都議定書。新協議將約束全球所有國家，協議草擬條文須在 2015 年 5 月前定案。

(一) 長期合作行動特設工作小組(AWG-LCA)

儘管各國在德班同意關閉 AWG-LCA，但是各國代表來到多哈時，對於還有那些工作要做才能達成 2007 年峇里行動計畫賦予 AWG-LCA 之任務，有非常不同的看法。已開發國家強調所有工作已在坎昆與德班完成，包括針對融資、調適、技術及透明度之新機制或機構者；開發中國家則推動對一系列懸而未決議題採納進一步決議。本次會議在大多數領域少有能取得額外進展者，使得各國必須決定當 AWG-LCA 關閉時，這些議題應在何處討論。最後除其他事項外，COP 決定如下：

Timing is important!

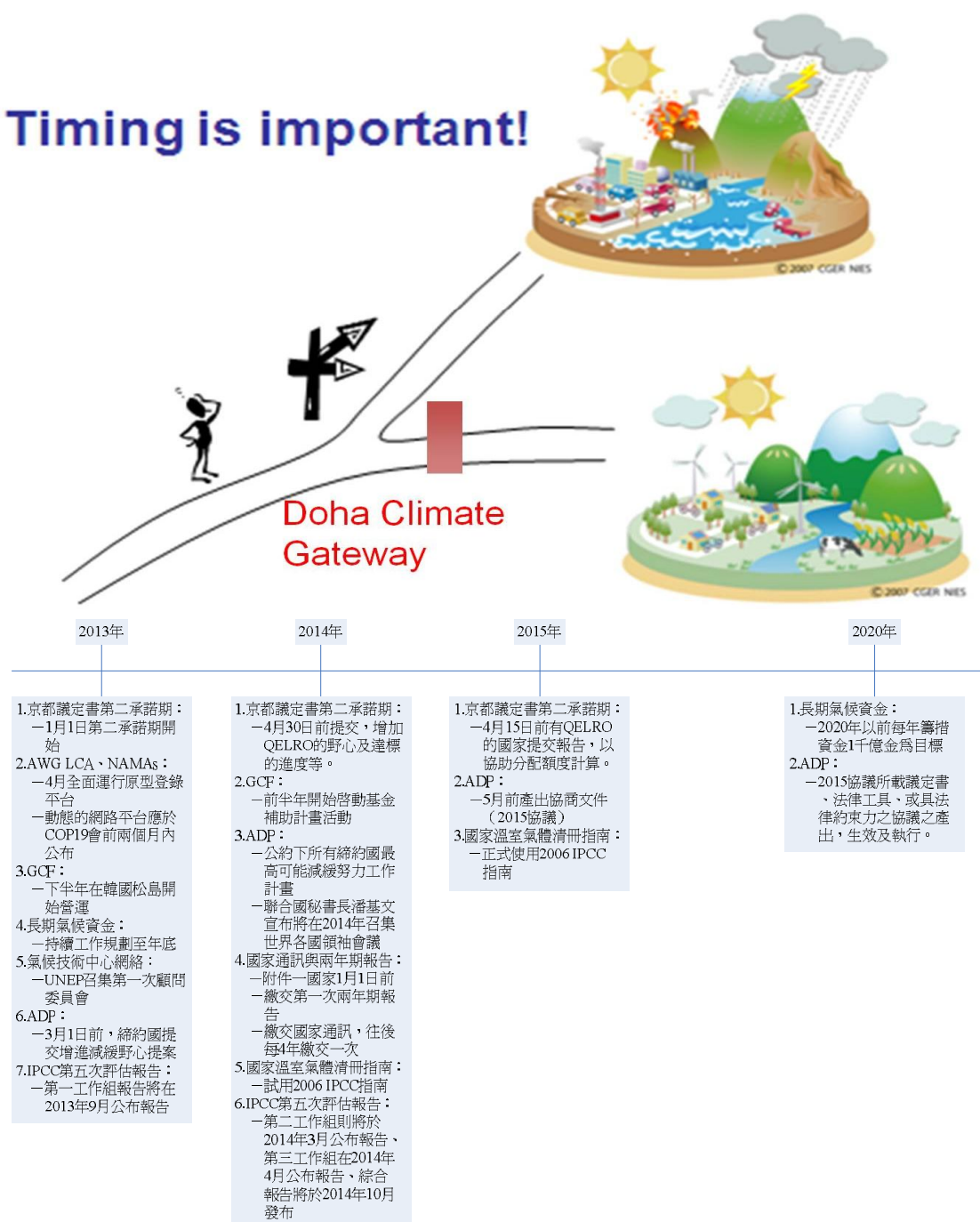


圖 3. 多哈氣候途徑時間示意圖

- 註：1.ADP：德班平台特設工作小組, Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action
2.AR5：第五次評估報告，Fifth assessment report
3.AWG LCA：長期合作行動特設小組, Ad Hoc Working Group for Long-term Corporation Action
4.COP19：第 19 次締約國會議, The nineteenth session of the Conference of the Parties
5.GCF：綠色氣候基金, Green Climate Fund
6.IPCC：政府間氣候變遷專家小組, Intergovernmental Panel on Climate Change
7.NAMAs：國家適當減緩行動, Nationally appropriate mitigation actions
8.QELRO：量化排放限制及減量目標, Quantified Emission Limitation or Reduction Objective
9.UNEP：聯合國環境規劃署, United Nations Environment Programme

表 2. 多哈氣候途徑時間表

	2013 年	2014 年	2015 年	2020 年
京都議定書第二承諾期	• 1 月 1 日第二承諾期開始	• 4 月 30 日前提交，增加 QELRO 的野心及達標的進度等。	• 4 月 15 日前有 QELRO 的國家提交報告，以協助分配額度計算。	
AWG LCA NAMAs	• 4 月全面運行原型登錄平台 • 動態的網路平台應於 COP19 會前兩個月內公布			
GCF	• 下半年在韓國松島開始營運	• 前半年開始啟動基金補助計畫活動		
長期氣候資金	• 持續工作規劃至年底			• 2020 年以前每年籌措資金 1 千億美金為目標
氣候技術中心網絡	• UNEP 召集第一次顧問委員會			
ADP	• 3 月 1 日前，締約國提交增進減緩野心提案	• 公約下所有締約國最高可能減緩努力計畫 • 聯合國秘書長潘基文宣布將在 2014 年召集世界各國領袖會議	• 5 月前產出協商文件(2015 協議)	• 2015 協議所載議定書、法律工具、或具法律約束力協議之產出，生效及執行。
國家通訊與兩年期報告		• 附件一國家 1 月 1 日前 • 繳交第一次兩年期報告 • 繳交國家通訊，往後每 4 年繳交一次		
國家溫室氣體清冊指南		• 試用 2006 IPCC 指南	• 正式使用 2006 IPCC 指南	
IPCC 第五次評估報告 AR5	• 第一工作組報告將在 2013 年 9 月公布報告	• 第二工作組則將於 2014 年 3 月公布報告 • 第三工作組在 2014 年 4 月公布報告 • 綜合報告將於 2014 年 10 月發布		

資料來源：本文研究彙整。

註：1.ADP：德班平台特設工作小組, Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action

2.AR5：第五次評估報告，Fifth assessment report

3.AWG LCA：長期合作行動特設小組, Ad Hoc Working Group for Long-term Cooperation Action

4.COP19：第 19 次締約國會議, The nineteenth session of the Conference of the Parties

5.GCF：綠色氣候基金, Green Climate Fund

6.IPCC：政府間氣候變遷專家小組, Intergovernmental Panel on Climate Change

7.NAMAs：國家適當減緩行動, Nationally appropriate mitigation actions

8.QELRO：量化排放限制及減量目標, Quantified Emission Limitation or Reduction Objective

9.UNEP：聯合國環境規劃署, United Nations Environment Programme

1. 對於長期全球排放量目標為何、或何年全球溫室氣體排放量應達到高峰值仍然無法達成一致意見，唯一解決的是同意全球高峰值應該盡快發生，但是對於開發中國家排放量達到高峰值可以給予更長時間。
2. 在「附屬科技諮詢機構(Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, SBSTA)」下成立一個新工作方案，以繼續澄清已開發國家 2020 年減量目標；在「附屬履行機構(Subsidiary Body for Implementation, SBI)」下成立第二個工作方案，以進一步了解開發中國家適當減緩行動(NAMAs)之多樣性。兩個方案都於 2013 年開始，2014 年結束。
3. 請 SBSTA 針對建立公約下新市場機制（現有市場機制全是在京都議定書下）提供建議，以供 COP 19 採納。
4. 關於「各種方法之綱要(Framework for Various Approaches, FVA)」與「新市場機制(New Market Mechanism, NMM)」議題之討論，歐盟在多哈會議時提出一個詳細綱要架構，但其他締約國認為沒有足夠時間來適當考量。因此各締約國批准一項相當基本的規定條款，其中包含一個綱要架構與新市場機制設計的基本要項。這將作為未來一年的討論和談判基礎，目標是在 COP19 時採納 FVA/NMM 的最終決議文字。然而，締約國們沒有能在多哈通過一項工作計畫，來建立一個 FVA 內的 NMM，以供使用於滿足未來排放目標。一旦 NMM 完成後，將可提供給在京都議定書與公約下具備使用資格之締約國。這將可以提供一種方式給(例如日本、加拿大與美國等)選擇退出京都議定書第二承諾期或從來沒有批准國家，來參加一種在聯合國氣候變化綱要公約內減緩氣候變遷的綱要架構。FVA 的意圖是用來在某種方式下協調可用於減緩目的的各種方法。FVA 將在公約締約國會議的授權和指導下工作。
5. 毀林及森林退化排放溫室氣體之減量(Reduction in Emission from Deforestation and forest Degradation, REDD+)議題將以德班決議為基礎來針對實施這些行動取得進展，然而除建立科技諮詢機構和附屬履行機構之工作方案以外，沒有取得什麼進展。在 2013 年將安排舉辦一系列研討會來討論以成果為基礎的融資議題；包括在波昂舉行的 SBI 38 會議中舉辦會期中研討會，重點將放在市場和非市場的 REDD+方法。REDD+工作方案的目的，是擴大和提高對 REDD+活動之市場和非市場方法進行融資之有效性。
6. 使用部門別方法來實現較大規模的排放減量，乃是在多哈 LCA 下另一個具挑戰性議題。這方面討論因為各締約國之間針對國際空運和海運溫室氣體排放量管制之持續意見差異出現僵局。因為多哈談判對部門別方法議題沒有產生結果，因此 2013 年預計將看到很多在這些議題上的行動和辯論。在激烈的多哈談判中最後出現文字中，SBSTA(該機構負責運輸燃料排放量議題)注意到國際民航組織

(International Civil Aviation Organization, ICAO)與國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)提供的國際航空和海運排放量報告，同時邀請這些機構在未來 SBSTA 會議中繼續報告其行動

7. 決定對於攝氏 2 度目標足夠性之定期審查與其實現進展，將由 SBSTA 與 SBI 聯合組成之「結構性專家對話(structured expert dialogue)」來提供指導，並對 COP 19 與 COP 20 提出報告。該項審查將於 COP 21 結束。
8. 要求新成立的調適委員會考慮建立一個調適論壇，與公約締約國會議同時每年舉行一次。
9. 發起一個工作方案，以考量對減少開發中國家毀林和森林退化(REDD+)排放量之活動提供「基於結果融資(results-based finance)」之選擇方案。
10. 其他兩個美國深刻關注之揮之不去議題為：COP 決議中沒有參照智慧財產權，這乃是美國首選結果；美國正式指出其反對明確參照「單方面措施(unilateral measures)」，即「貿易措施(trade measures)」為在一個探討各締約國減緩努力之經濟與社會後果時應關注的一個議題。

(二) 德班平台特設工作小組(ADP)協商進展

ADP 要求在公約下之 2020 年後協議，具備「議定書、另一份法律文書或具有法律效力之商定結果(a protocol, another legal instrument or an agreed outcome with legal force)」形式，並可「適用於所有締約國(applicable to all Parties)」。ADP 應在不遲於 COP 20 前考量研擬談判文字草案之要項，目標是在 2015 年 5 月前提提交談判文字草案。開發中國家團體將致力於堅持聯合國氣候變化綱要公約的「共同但有區別責任與各自能力原則(common but differentiated responsibilities and respective capabilities)」，已開發國家則堅持認為任何新氣候協議，都需對所有國家（包括先進開發中國家）具備有法律約束力的減量目標。

各國政府已同意迅速工作以達成一個從 2020 年開始涵蓋所有國家的普遍性氣候變化協議，使其於 2015 年前通過；並在 2020 年前找到超越現有承諾的工作努力方法，以遏制溫室氣體排放量，使世界保持最高溫度上升低於商定的攝氏 2 度目標。聯合國秘書長潘基文宣布將在 2014 年召集世界各國領袖會議，以調動政治意願來幫助確保可以符合 2015 年截止日期。ADP 將在 2013 年將舉行兩次會議，以進一步制定出如何縮小目前各國政府整體承諾到 2020 年減少排放量與預計 2020 年排放途徑之間差距，因此這個議題後續展勢必值得密切關注。

(三) 氣候融資與綠色氣候基金

在多哈會議時常年爭議不斷之開發中國家融資議題亦在多個方面浮現。開發中國家試圖尋求各國承諾提供資金給在德班建立但目前仍然毫無資金的「綠色氣候基金(Green Climate Fund)」。

而且因為 2010-2012 年期間的快速啓動資金即將到期，他們要求獲得新融資數值目標，以確保目前到 2020 年時可以繼續取得資金，因為在坎昆協議中規定到 2020 年時應達到每年 1000 億美元氣候資金。然而已開發國家這兩項要求都不同意。

針對融資議題之討論，環繞著綠色氣候基金(GCF)與融資常務委員會。締約國會議批准韓國仁川松島成為 GCF 總部，並注意到 GCF 新任命之 GCF 秘書處臨時主任。展望未來，GCF 將在締約國會議指導下，負責與執行支持開發中國家之計畫、方案、政策與其他活動。此外融資常務委員會與 GCF 董事會被交付任務乃是擬定 COP 與 GCF 之間安排事項，並於明年在華沙締約國會議時提交報告。針對中期和長期氣候融資安排議題的結果仍然是有限的。在多哈決議文字中確認，所有討論將在 2014 年由聯合國秘書長主持的一個高層級氣候部長會議中進行。目前針對長期融資的工作程序，締約國會議同意：

1. 延長一項工作計畫至 2013 年，以鑑別潛在的長期資金來源；
2. 請已開發國家於 COP 19 前提交他們到 2020 年時提高融資之策略；
3. 決定締約國會議與 GCF 之間制度安排，將由 GCF 董事會與新常設財務委員會共同研擬，並在 COP 19 中提交以供通過採納。

（四）應對損失與損害使融資議題複雜性

在多哈最具爭議的議題之一，乃是小島嶼國家與低度開發國家極力推動一項用以解決遭受氣候變遷損失與破壞之機制（通常被視為是經濟賠償之簡寫）。他們認為在缺乏強力減緩承諾與調適資金下，他們面臨日益嚴重與不可避免風險，因此一些補償手段乃日趨重要。

美國與其他已開發國家極力抵制打開任何直接補償途徑之提案，此項僵局幾乎阻止達成整套多哈協議。最後產生之妥協結果，要求在 COP 19 時建立「制度安排，例如一項國際機制(institutional arrangements, such as an international mechanism)」，以因應特別脆弱開發中國家的損失與損害議題。這項決議並未提出責任或賠償的概念。

開發中國家則歡迎這段文字，認為這是邁向正確方向的一個積極行動。然而，一些批評者表示這段文字，可能會導致開發中世界對所發生自然災害，向已開發國家提出龐大的長期資金索賠行動。

此外貿易議題也在融資議題中遭到考量，主要是針對國際航運與航空部門是否可以

被作為一種提供應對氣候變化資金的手段。日本和中國大陸表示，他們反對建立一個專家小組(包括 UNFCCC 秘書處、國際民用航空組織(ICAO)與國際海事組織(IMO)專家組成)來研究這個議題的提案。沙烏地阿拉伯代表還指出，針對運輸或航空部門之國際課稅計畫，將對開發中國家產生負面影響，並將對全球貿易仲裁者形成違反 WTO 成員國義務的行為。

(五) 國家適當減緩行動(NAMAs)登錄機制

NAMAs 登錄機制(NAMA Registry Prototype)目前仍為測試版，卡達多哈會議上將確定最終版本，將會授與締約國成員存取權限，可以讓使用者直接透過該網頁介面上傳 NAMAs 相關資訊。

NAMAs 預擬決議事項，包括：決議要求附屬履行機構持續對 NAMAs 多樣性進行瞭解；發展支持 NAMAs 籌備及執行之量測、報告、及可驗證的規範及指南；在 COP 21 之前向締約國會議報告工作計畫之結果。此外，要求秘書處組織區域性研討會，以促進 NAMAs 籌備及執行之能力建構及心得交換；2013 年 6 月前準備一本 NAMAs 籌備及執行手冊，盡快提供締約國參考；與政府間組織合作，促進協助開發中國家 NAMAs 籌備及執行。

(六) 國家通訊及溫室氣體清冊方法學進展

1. 通過已開發國家締約方兩年期報告指南的通用表格格式。

根據 COP 18 決議文草案，UNFCCC 根據「2006 IPCC 國家溫室氣體清冊指南」提出附件一國家兩年期報告共同表格格式(the common tabular format)，要求附件一國家 2014 年 1 月 1 日前，應結合已開發國家本國情況，並需按照格式，向秘書處提交繳交兩年期報告。

2. 修訂已開發國家締約方兩年期報告和國家通訊報告審議指南

依據 SBI 37 結論，除修訂國家通訊報告審議指南外，還包括兩年期報告、年度溫室氣體清冊及國家清冊體系，第一輪國際審議應在第一輪兩年期報告提交兩月後（2014 年 3 月 1 日）開始，請《公約》附件一所列締約方在 2015 年的年度提交報告時，使用經修訂的“《公約》附件一所列締約方國家通訊報告編制指南，第一部分：《氣候公約》年度清冊報告指南”，提交年度溫室氣體清冊。

(七) 氣候變遷教育、訓練及公眾意識

有關氣候變遷教育、訓練及公眾意識之進行方式如下：

1. 極大化各活動之協同及一致性，在有限的資源下做有效率的管理，避免重複浪費。
2. 協助 UNFCCC 各成員國在啟動及設計活動時之相關資訊流通，並建立鏈結機制。
3. 主要成員為 聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)，聯合國糧農組織(Food and Agriculture Organization, FAO)，聯合國世界環保總署(United Nations Environment Programme, UNEP)，聯合國(United Nations UN)內教育系統、世界氣象組織(World Meteorological Organization, WMO)等，及許多聯合國基金、民間基金會、NGO 組織，UNFCCC 秘書處來負責執行幕僚。
4. 資金來自於有興趣之各會員國、組織、民間企業及非政府組織(Non-Government Organization, NGO)組織參與
5. 自 2012 年 12 月 3 日生效至 2020 年 12 月 31 日結束。

三、京都議定書多哈修正案

COP 18/CMP 8 多哈會議中，AWG-KP 結束了自 2005 年底起 7 年的漫長談判過程，有關京都議定書後續承諾期進一步減量承諾的協商，在歷經雙軌協商及與 UNFCCC 協商合併成單軌協商的爭議後，締約國終於達成共識，以京都議定書修正案的方式，確立執行第二承諾期，而 AWG-KP 也在完成其歷史任務之下，結束特設工作小組的工作。

京都議定書多哈修正案(Doha Amendment)主要是根據京都議定書第三條第 9 款、第二十條第 2 款，以及第二十一條第 7 款，對京都議定書第二承諾期相關規範部分作修改，修改的部分包括：京都議定書附件 B、附件 A、第三條第 1 款之二、第三條第 1 款之三、第三條第 1 款之四、第三條第 7 款之二、第三條第 7 款之三、第三條第 8 款、第三條第 8 款之二、第三條第 12 款之二和之三、第四條第 2 款、第四條第 3 款等；第二個承諾期將於 2013 年 1 月 1 日開始，並決定其於 2020 年 12 月 31 日結束；確認締約方可以按照京都議定書第二十條和第二十一條在生效前暫行適用修正，並決定締約方應將任何此種暫行適用的做法告知保存人；還決定選擇不按照上述暫行適用修正的締約方應以符合其國家法律或國內程式的形式，自 2013 年 1 月 1 日起履行該國與第二個承諾期有關的承諾和其他責任，以待修正按照京都議定書第二十條和第二十一條生效；決定附件一所列的每個締約方將至遲到 2014 年重新審視第二個承諾期的量化的限制和減少排放的承諾。為提高其承諾的追求水準，各該締約方可降低附件 B 第 3 列所定量化限減承諾的百分比，與附件一所列締約方在 2020 年前將蒙特婁議定書未予管制的溫室氣體排放量相比 1990 年的水準總計減少至少 25%到 40%這一要求同步；其中最重要的，京都議定書附件 B(各國量化減量目標)的修正結果，請參見表 3 所示。

表 3. 京都議定書附件 B(各國量化減量目標)修正結果

1	2	3	4	5	6
締約方	量化的限制或減少排放的承諾 (2008-2012 年)(基準年或基準期百分比)	量化的限制或減少排放的承諾 (2013-2020 年)(基準年或基準期百分比)	參考年	量化的限制或減少排放的承諾 (2013-2020 年)(以參考年百分比表示)	2020 年前減少溫室氣體排放的保證 (參考年百分比)
澳大利亞	108	99.5	2000	98	-5 至-15%或-25%
奧地利	92	80	NA	NA	
白俄羅斯		88	1990	NA	-8%
比利時	92	80	NA	NA	
保加利亞	92	80	NA	NA	
克羅地亞	95	80	NA	NA	-20%/-30%
賽浦路斯		80	NA	NA	
捷克	92	80	NA	NA	
丹麥	92	80	NA	NA	
愛沙尼亞	92	80	NA	NA	
歐洲聯盟	92	80	1990	NA	-20%/-30%
芬蘭	92	80	NA	NA	
法國	92	80	NA	NA	
德國	92	80	NA	NA	
希臘	92	80	NA	NA	
匈牙利	94	80	NA	NA	
冰島	110	80	NA	NA	
愛爾蘭	92	80	NA	NA	
義大利	92	80	NA	NA	
哈撒克斯坦		95	1990	95	-7%
拉脫維亞	92	80	NA	NA	
列支敦士登	92	84	1990	84	-20%/30%
立陶宛	92	80	NA	NA	
盧森堡	92	80	NA	NA	
馬爾他		80	NA	NA	
摩納哥	92	78	1990	78	-30%
荷蘭	92	80 ⁴	NA	NA	
挪威	101	84	1990	84	-30%至-40%
波蘭	94	80	NA	NA	
葡萄牙	92	80	NA	NA	
羅馬尼亞	92	80	NA	NA	
斯洛伐克	92	80	NA	NA	
斯洛文尼亞	92	80	NA	NA	
西班牙	92	80	NA	NA	
瑞典	92	80	NA	NA	
瑞士	92	84.2	1990	NA	-20%至-30%
烏克蘭	100	76	1990	NA	-20%
大不列顛及北愛爾蘭聯合王國	92	80	NA	NA	
加拿大	94				
日本	94				
新西蘭	100				
俄羅斯聯邦	100				

資料來源：UNFCCC 文件 FCCC/KP/CMP/2012/L.9。

表 4. 京都議定書第一、二承諾期規範比較

	第一承諾期	第二承諾期
承諾期間	2008.01.01~2012.12.31，五年	2013.01.01~2020.12.31，八年
生效條件	簽署的附件 B 約締約國 1990 年 CO₂ 排放量大於附件一國家排放量 55%(實際達 63.7%)、55 國以上。	- 通過京都議定書修正案決議，即生效；但締約國須補提同意書。 - 目前願意加入的締約國，其 1990 年 CO₂ 排放量僅為所有附件一國家排放量 15%。
減量承諾	低於 1990 年 5.2%	低於 1990 年 18%
界定之溫室氣體	六類 Carbon dioxide (CO ₂) Methane (CH ₄) Nitrous oxide (N ₂ O) Hydrofluorocarbons (HFCs) Perfluorocarbons (PFCs) Sulphur hexafluoride (SF ₆)	七類 Carbon dioxide (CO ₂) Methane (CH ₄) Nitrous oxide (N ₂ O) Hydrofluorocarbons (HFCs) Perfluorocarbons (PFCs) Sulphur hexafluoride (SF ₆) Nitrogen trifluoride (NF ₃)
排放限額計算	締約國排放上限=AAUs+RMUs+(ERUs+CERs+tCERs+lCERs)±自 IET 取得或轉換的 KP 單位	
量化排放量限制和減量目標 (QELRO)	舊附件 B 僅含第一承諾期承諾	修正之附件 B 含 QELRO，~20%，將於 2014 年再檢討。
CERs	售出所得 2%納入調適基金	
額度結轉		- 未被取消或留存之 ERUs、CERs，各可保留最高 2.5%的 AAUs 至第二承諾期。 - 未被使用或取消之第一期 AAUs，將至於剩餘儲存帳戶，可以用於第二期遵約額度，最高不超過第一期 AAUs 的 2%。

資料來源：本文研究彙整。

註：附件 B 國：「京都議定書」規範 38 個工業國家及歐盟國家

註：1.AAUs：配額單位，Assigned Amount Unit

2.RMUs：移除單位，Removal unit

3.ERUs：排放減量單位，Emission Reduction Unit

4.CERs：已驗證減量額度，Certified emissions reductions

5.tCERs：植林專案之臨時減量核可額度，Temporary certified emission reduction

6.lCERs：植林專案之長期減量核可額度，long-term CER，

京都議定書修正後，其彈性機制「清潔發展機制(Clean Development Mechanism, CDM)、共同執行(Joint Implementation, JI)與排放交易(Emissions Trade, ET)」可於 2013 年延續推動。雖然京都議定書修正案，同意將第一承諾期末使用完之配額單位(Assigned Amount Unit, AAUs)部分結轉至第二承諾期中使用，但是澳洲、歐盟、日本、列支敦士登、摩納哥和瑞士宣布不會將任何多餘 AAUs 排放額度，結轉到京都議定書第二承諾期。京都議定書修正案中，第一、二承諾期規範比較如表 4 所示；惟日本、加拿大、俄羅斯等國已經表明不參與京都議定書第二承諾期。

觀察京都議定書第二承諾期規範，可知第一承諾期京都機制規範完整保留到第二承諾期，象徵著附件一國家減量工作將不中斷的實施至 2020 年，京都議定書開創的碳市場機制也將得以保留；雖然修正後附件 B 之減量幅度確實較第一承諾期減量承諾幅度更大，但是因為日本、加拿大、俄羅斯未加入第二承諾期，使得整體加入第二承諾期的國家，所占 1990 年附件一國家整體 CO₂ 排放量僅達約 15%，對於減量效益在環境整體性層面而言，代表性大不如第一承諾期，而且會影響國際碳市場的行情，因為日本在第一承諾期是已驗證減量額度(Certified Emissions Reductions, CERs)大宗的需求端，目前日本對減碳額度的需求消失，對於國際碳市場的影響如何，是一項值得關注的新議題，同時也是京都議定書第二承諾期碳市場最大的挑戰；另外，ADP 長期階段的協商，也是未來影響碳市場關鍵的因素。

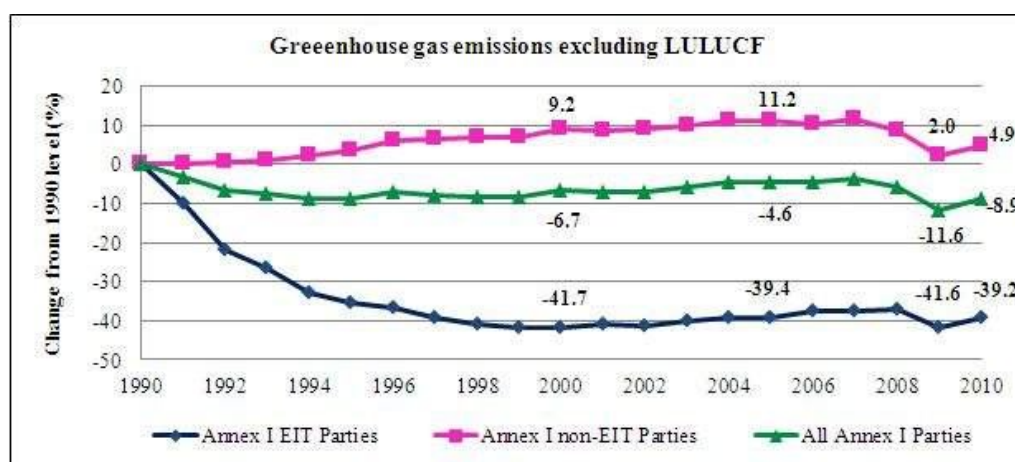
四、2050 年各國低碳發展規劃

基於 UNFCCC 後京都協商的鋪陳，全球的溫室氣體減量行動及因應氣候變遷等工作，得以延續至 2020 年，並開始規劃至 2050 年低碳排放發展的政策措施；而近期全球面對接踵而來的新威脅，包括：福島核災事件後重新思考替代電力政策、中東民主化浪潮與資源衝突動亂、水及糧食與石油供需安全備受關注，以及全球經濟復甦與綠色貿易競爭力浪潮，使得各國對於溫室氣體減量壓力倍增；檢視全球溫室氣體排放趨勢與減量缺口，對照國際間推動低碳發展策略，各主要國家確已開始積極規劃與推動 2050 年低碳發展計畫。

(一)全球溫室氣體排放趨勢與減量缺口

公約秘書處附件一國家溫室氣體排放趨勢報告(National greenhouse gas inventory data for the period 1990-2010, UNFCCC)：2012 年氣候公約秘書處顯示，雖然從 1990 年到 2010 年，附件一國家的總排放量降低了 8.9%，但這種降低主要是由於東歐和中歐一些國家轉型期間經濟下滑而削減排放量 39.2%。如果不算東歐和中歐處於經濟轉型期國

家的削減量，則工業化國家在上述期間的排放量實際上增加了 4.9%，如圖 4 所示。從 1990 年到 2009 年，國際航空和海運的排放量上升了 63.6%及 7.8%。



資料來源：FCCC 文件 FCCC/SBI/2012/31

圖 4. 1990 年至 2010 年附件一國家溫室氣體排放趨勢

根據歐盟溫室氣體全球排放趨勢報告(Trends in global CO₂ emissions, EU)，全球二氧化碳排放量於 2011 年增加 3%，達到歷史新高之 340 億公噸。2011 年，中國大陸人均排放量 7.2 公噸，接近歐盟 7.5 公噸。開發中國家與已開發國家之排放量比率分別為 55% 和 41%（其餘的 3%，來自國際航空和海運）。1990 年，具備京都議定書減量目標的工業化國家(包括沒有批准京都議定書之美國)總溫室氣體排放量占全球二氧化碳排放量 68%，而開發中國家則占 29%。

聯合國環境規劃署報告(Bridging the Emissions Gap, UNEP)：目前缺口差距乃是 60 至 110 億公噸二氧化碳當量，即使各國遵守減量承諾，仍然只能提供不讓平均氣溫上升超過攝氏 2 度所需減量之 60%。針對如何縮小排放差距(gap)，2005 年至 2020 年首要工作為提供能源效率：能源密集度需要每年下降 1~2%，其他措施包括加快推行再生能源、燃料轉換和部門改善，例如增加公共交通和節油機動車的比例，及改進農業和廢物部門等皆能有助於減少排放，以確保全球升溫在 21 世紀內保持在 2°C 以下(或 1.5°C)。

綜合以上分析，京都議定書第一承諾期已經促成已開發國家溫室氣體的減量，開發中國家溫室氣體排放量已經高於已開發國家之排放量，且為確保全球升溫在 21 世紀內保持在 2°C 以下，全球仍有減量缺口；在此情況之下，全球亟需共同進行減量，推動綠色經濟及促進低碳技術開發，以利朝向低碳排放發展。

(二)美國

美國環保署提案限制大型排放源排放量，清淨空氣法(The Clean Air, CAA)下之溫室氣體(Greenhouse gas, GHG)管制自 2011 年 1 月即開始，但是針對新建/修改廠與現有廠規定不同：

1. 針對新建廠與現有擴建廠實施 PSD 授證計畫: 2011 年 1 月起現有設施進行主要修改/擴建(導致每年排放量超過 7.5 萬公噸 CO₂e 時)需要取得操作許可證。(預估將需要發出 550 張證書，主要為垃圾掩埋場與製造業設施)。由各州依據最佳可行控制技術(Best Available Control Technology, BACT)做為是否給證依據。依據環保署 2010 年 10 月公布 BACT 指引文件規定，廠商需要使用最具能源效率措施，但不管使用燃料等細節。2011 年 7 月至 2013 年 6 月針對每年排放量超過 10 萬公噸新廠與現有擴建廠超過 7.5 萬公噸者實施。
2. 針對新廠與現有廠實施新排放源績效標準計畫(New Source Performance Standards, NSPS): 2011 年 9 月頒發針對新建與現有發電廠 NSPS 草案，2011 年 12 月頒發針對煉油業 NSPS 草案。預計於 2012 年 5 月與 12 月分別頒發最終標準。NSPS 將設定較嚴格標準。

另外，美國亦執行美國再生能源電力未來研究評估，針對到 2050 年時美國所有發電量中，由再生能源技術供應電力水準從 30%到 90%不等之衝擊與挑戰，並特別注重 80%情境者；要具備如此高度再生能源發電比率之未來乃是可能的，要使這個未來實現，需要進行電力系統轉型。這種轉型，涉及到電力網路上從系統規劃到操作的每一個要項，都需要確保有足夠的規劃與操作儲備容量，增加電力系統靈活性與擴展多態傳輸基礎設施，並有可能需要依靠技術進展之開發與應用，新的作業程序、演變推出之商業模式及新的市場規則等，該研究之主要結果包括：

1. 再生能源技術的佈署

- (1) 透過市售發電技術之再生能源資源，可以充分供應在 2050 年時美國發電總量的 80%，同時平衡每小時的用電供應和需求。
- (2) 美國所有地區在 2050 年都可以在與當地再生資源基礎一致下，貢獻大量的再生能源電力供應。
- (3) 要達到高度再生能源發電未來存在有眾多技術途徑。關於電力傳輸基礎設施、電網靈活性或使用特定類型資源之假設限制，能夠透過使用其他資源、技術與方法來獲得補償。
- (4) 使再生能源發電量增加之年度再生能源發電裝置容量添增量，係與目前全球產能一致的，但顯著高於各種考量技術之美國最近年度新增裝置容量。關於再生能源發電技術、製造能力、原材料供應、勞動力供應等項目，沒

有鑑別出不可逾越的長期限制因素。

2. 網路操作性與每小時資源充足性

- (1) 根據針對 2050 年電力系統操作進行模擬，一年內在美國每個區域中電力供應與需求量可以每一小時平衡至接近 80%電力來自再生資源，包括多變再生能源發電接近 50%。
- (2) 針對電力系統規劃與操作的額外挑戰，將出現於一個高度再生能源發電未來者，包括低需求時期管理與削減多餘發電量。
- (3) 針對電力部門模擬結果顯示，需要更彈性系統方能適應不斷提高的再生能源發電水準。系統靈活性/彈性可以使用供應面與需求面選擇方案之廣泛組合方式來增加；還可能需要技術進展、新作業程序、演變的商業模式及新的市場規則。

3. 電力傳輸之擴展

隨著再生能源發電量增加，需要額外的電力傳輸基礎設施方能提供具成本效益的遠程再生資源電力至電力負載中心，使儲備容量(reserve)得以在更遠距離內共享，以及透過更高度地理空間多樣性來平穩多變資源的輸出配置。

4. 高度再生電力未來之成本與對環境衝擊

- (1) 高度再生能源電力未來可以導致大幅度削減電力部門溫室氣體排放量與水使用量。
- (2) 與再生能源發電直接相關的增量成本，與已經公佈之清潔能源情境之成本估計類似程度。再生能源技術之性能與成本改進，乃是減少這種增量成本最有影響力的方式。

5. 需求成長之效應

隨著電力需求成長，高度再生能源發電，將會提高對於資源和電網整合的挑戰。

(三)歐盟

歐盟以推動 2050 年低碳經濟發展藍圖為基礎，會員國已承諾減少 20%的溫室氣體排放，增加再生能源在歐盟能源結構中的份額成為 20%，並且在 2020 年之前實現 20%

的能源效率目標。為了使氣候變化小於 2°C，歐盟議會已在 2011 年 2 月再次確認了歐盟的目標，與 1990 年相比較，要在 2050 年之前減少溫室氣體的排放達 80-95%。

這將需要大量且持續的投資。在未來的四十年之平均，根據計算在公共及私人投資上的增加大約達到每年 2,700 億歐元。這代表 2009 年在目前整體的投資占歐盟國內生產總值(Gross Domestic Product, GDP)的 19%之上，往後每年歐盟都需要有額外約 1.5%的歐盟國內生產總值的投資，歸納總體成本效益評估如下：

1. 在整個四十年的期間，據估計，其能源效率以及切換至境內生產的低碳能源來源，每年將可以使得歐盟的平均燃料成本減少 1,750 億歐元到 3,200 億歐元。
2. 及早在低碳經濟上投資將逐步刺激經濟的結構性變化，並且能夠創造新的就業機會，無論是在短期-和中期，有可能在 2020 年之前增加就業總量達到 150 萬個就業機會。
3. 溫室氣體減排和空氣品質的措施合併後的效果，與 2005 年相比較，在 2030 年將可減少超過 65%的空氣污染。在 2030 年，用於控制傳統的空氣污染物的年成本將可能降低超過 100 億歐元，而且在 2050 年時，每一年將可以節省近 500 億歐元。這些情形的發展同時也將減少死亡率，預期的收益在 2030 年將達到 170 億歐元，而且在 2050 年將高達 380 億歐元。

(四)德國

德國以推動 2050 年 100%再生能源供電目標，德國政府已經宣佈其減量目標 2020 年為 40%且到 2050 年為 80-95%。未來的能源供應系統很可能包括的三種情況特性簡述如下：

1. 區域網路的情況：一個國家的所有區域廣泛地的使用他們區域之再生能源的潛力。電力在整個國家內交換。
2. 地區能源自給自足的情況：在此情況下，大量使用小規模分散之再生能源系統來滿足他們自己的電力而沒有輸入電力。這些系統使用最大效率的技術和當地的電力儲存設施。
3. 國際大規模的情況：在歐洲和它附近的地區，電的生產和儲存是基於大規模的科技專案。電是透過一個先進的輸送網路來分配。電的生產是透過整個歐洲最有效之再生能源的供應。

基此，德國聯邦環境局(The Federal Environment Agency, UBA)評估欲達成 100%再生能源電力供給，必須：能源需求量須顯著減少、排放交易機制(ETS)須加嚴或執行考

量能源外部成本的稅制改革、優化和擴大電力網路並且開發能源儲存設備和輸送系統，以及在過渡時期，能源產業需有彈性的燃氣發電廠及汽電共生廠。

(五)澳洲

推動確保潔淨能源未來-澳洲政府氣候變遷計劃，在 2020 時，比 2000 年減少 5%，2050 年時，要比 2000 年減少 80%。依照排碳費制度，澳洲約有 500 個最大的污染製造者需要依照每公斤製造的碳污染向政府納捐。在 2012 年開始的固定費率階段，排碳費為每公噸 \$23，每年提高 2.5%。自 2015 年 7 月 1 日起，排碳費由市場決定。政府投注大量資金，促進潔淨能源創新的原因，包括了投入 \$100 億成立「Clean Energy Finance Corporation」（潔淨能源金融企業公司）政府結合排碳費的再生能源目標，以目前的幣值計算，在 2020 年在再生能源的投資將會達到 200 億美元的投資。相當於在 2020 年時，澳洲將有 20% 的電力是來自再生能源。

(六)英國

應國政府發表「規劃我們的電力未來：關於發展安全、價格適宜和低碳電力的白皮書」，宣示將提高低碳能源發電占比，到 2020 年將再生能源的比例提高到 15%，到 2050 年將碳排放量削減 80%，並要求簽訂長期合約的新系統，該系統採取的方式是：實施上網電價、簽訂差價合約，從而為投資於低碳發電的投資者提供明確、穩定和可預測的收入。推出碳最低保證價計畫來減少不確定性，保證碳價的公允合理，更有力地激勵投資者投資於低碳發電。這項計畫已經在 2011 年碳預算中宣佈，是向投資者發出的早期和長期信號，即政府在非常嚴肅地鼓勵投資。排放績效標準設定年度排放限額 450 克二氧化碳/千瓦時，對新建化石燃料發電站的碳排放量發出明確的監管信號。將要求在建造新燃煤發電站時，必須安裝碳儲存和捕捉裝置。

(七)日本

日本以新版全球溫暖對策法草案為基礎，在所有主要經濟體建立一個公平和有效國際綱要架構並對具企圖心排放減量目標達成協議前提下，承諾於 2020 年時比較 1990 年排放水準減少 25% 排放量；至 2050 年時比較 1990 年排放水準降低 80%，致力與所有經濟體共享於 2050 年時至少降低 50% 年全球排放量之願景。再生能源目標方面，於 2020 年前提高再生能源佔初級能源供應量比率至 10%。

考量全球高度依賴一個安全和永續發展的世界經濟，各國正積極推動各項加強低碳發展國際氣候協議行動，可以預見的各國 2050 年低碳排放發展規劃，將會大量投資於更具領導力、雄心和遠見之綠色經濟軟硬體建設；同時，展望氣候變遷下的綠色商機的

未來發展，各國加強綠色技術的引導與扶持，主動將投資轉向綠色經濟領域，開創嶄新的就業機會，改善生產和消費的經濟模式，降低環境生態風險，追求地球低碳未來目標的實現。

五、我國 2050 年低碳發展布局

我國歷年長期重視因應氣候變遷，主要的因應方式乃遵循 UNFCCC 與京都議定書議題發展，及國內國情現況，擬定相關政策措施；例如，UNFCCC COP 15/CMP 5 通過哥本哈協定後，我國亦宣示支持哥本哈根協定，並行政院節能減碳推動會持續執行政府部門節能減碳行動方案至今。茲將 2008 年起至 2012 年介於京都議定書第一承諾期之間，我國因應氣候變遷政策措施，彙整於表 5 所示；綜合表 5 可知，我國在 UNFCCC 終極目標短期階段，除了重視節能減碳外，亦開始重視氣候變遷衝擊調適工作，在此時期亦有規劃執行至 2020 年進入 UNFCCC 中期階段之節能減碳行動方案。

國內對於 2050 年長期減量願景目標評估亦逐漸受到重視，國內已有相關單位機構投入執行長期減碳策略評估相關研究計畫，包括：「臺灣溫室氣體減量成本曲線」、「我國 BAU 情境之能源分析與住宅暨服務業部門模型之驗證分析」、「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型之應用」及「綠能產業發展策略研究與推動」等，重要內容與成果彙整說明如表 6 所示：

綜合以上研究計畫，可知我國在長期減量評估模擬工作，已經跨入 UNFCCC 對於長期階段之研究規劃趨勢；惟相關研究內容，分散在不同單位中，而且研究內容也都侷限於其各所屬單位所負責領域，相對缺乏有關氣候變遷情境及衝擊調適等領域的搭配，按目前的我國長期減碳評估現況，實需建立一套完整的 2050 年低排放發展戰略布局，學習主要國家之規劃作法，並以符合我國國情內容，設計評估情境、相關假設條件及估算方法，藉以提出分析過程嚴謹、考量層面完備且可為全國各界接受的我國 2050 年低碳發展戰略。

過去國內減碳策略思維多侷限於技術面的評估分析，規劃長遠的低碳戰略布局時，應綜合考量社會、環境、能源及經濟等各面向並進行整體系統分析，藉由探討我國 2050 年社會經濟變遷發展、再生能源需求及供應、使用程度及作法等可能發展情境，期能達成最大效益及國家資源之妥善利用。臺灣達成「再生能源百分百」之可行性及必要性，是一個跨領域、跨部門、跨層級的社會運動，需有長期全面戰略規劃(如圖 5 所示)，可藉由相關利益團體共同參與過程，進行全面評估及交流溝通，討論各種情境之假設條件所可能衍生的問題並適時釐清，尋找克服可能遭遇之技術、財務、法律等障礙的方法，

形塑社會各界共識，共同尋找合理可行方案來長期推動，並促進公民參與、提升社會認知、優化能源結構及產業結構，促進國家的永續發展。

表 5. 我國因應氣候變遷政策歷程

政策措施	推動時間	說明
永續能源政策綱領	2008.6.5	提出揭示永續能源發展應兼顧「能源安全」、「經濟發展」與「環境保護」，以滿足未來世代發展的需要。
節能減碳獎勵及輔導措施	2008.7.31	推動電費折扣方案，對住宅用戶及國中小學提出省電經濟誘因；強化對相關產業之節能減碳輔導工作，新增融資保證額度，協助中小企業購置節能減碳機器設備。
政府機關及學校全面節能減碳措施	2008.8.6	推動政府機關及學校「四省(省電、省油、省水、省紙)專案」計畫，以精進政府機關及學校節約能源成效，示範引導民間採行節約能源措施，落實全國、全民、全面節能減碳行動，將台灣推向低碳社會。
行政院國家永續發展委員會節能減碳與氣候變遷分組	2008.12.25	任務係協調推動節約能源、溫室氣體減量、氣候變遷衝擊評估及調適行動規劃等相關業務，並協調推展氣候變遷相關國際合作事務。
第三次全國能源會議	2009.4.14~ 2009.4.15	宣示朝向「低碳永續家園」邁進，將「低碳施政」作為施政重大議題，在「確保我國能源供應安全」、「善盡地球村公民責任及因應氣候變遷危機」及「產業結構調整」的共識下，確立我國未來須朝積極建構低碳社會與低碳經濟的方向發展。
綠色能源產業旭升方案	2009.4.23	選定太陽光電、LED 照明光電、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等 7 項為發展主軸；以技術突圍、關鍵投資、環境塑造、出口轉進、內需擴大等五大總體策略，加速產業技術滲透與升級，建立具國際競爭力之產業能量。
綠色能源產業躍升方案	2012.8	研提推動太陽光電、發光二極體(Light-Emitting Diode, LED)照明光電、風力發電及能源資通訊(Energy Information and Communication Technology, EICT)等 4 項主軸產業；導入「三化四創」新策略與措施，三化即綠能產業在地化、服務化及國際化等 3 項新策略，四創即導入創新技術、創意設計、創投資金及創業行銷等 4 項新措施。
能源國家型科技計畫	2009.8	加強能源科技跨部會整合，由國科會推動與相關部會應對能源科技擬訂長期發展策略，以戰略觀點鼓勵本土能源之研究開發，增加對節約能源、潔淨能源研究資金。
行政院節能減碳推動會	2009.12.11	為綜整國家節能減碳總計畫，推展包含能源、產業、運輸、建築及生活等多面向的具體減量行動，加速落實各部門節能減碳策略措施並實踐分年目標，藉由政策全面引導低碳經濟發展，並形塑節能減碳社會。
行政院新能源發展推動會	2009.12.30	為推動節能減碳，有效形成國家政策，提升自主能源比例及能源使用效率，促進能源供應安全，推動能源科技發展與應用，進而發展我國新能源產業。
低碳永續家園推動方案	2011.12	推動地方區域層級低碳永續性自我評等分級認證，鼓勵民眾、社區、鄉鎮、城市等自發參與，落實低碳永續家園發展與營造。輔以「生態綠化」、「建築節能」、「設備節能」、「再生能源」、「綠色運輸」、「資源循環及低碳生活」、「防救災與調適」、「法律與經濟財稅工具」及「社會行為科學與評比工具」等十大運作機能，督促各縣市政府成立低碳永續家園推動辦公室，強化中央與地方政府橫向與縱向協調整合，共同推動低碳永續村里及社區。
國家氣候變遷調適政策綱領	2012.6.25	研析災害、維生基礎設施、水資源、土地使用、海岸、能源供給及產業、農業生產及生物多樣性與健康等八項領域遭受氣候變遷的衝擊與挑戰，並且提出完整的因應調適策略，及落實執行的推動機制與配合措施；在政策綱領的架構之下，各部會及所屬機關將持續進行調適行動方案與計畫的規劃、執行及控制，以具體落實氣候變遷調適目標。

表 6. 國內長期減碳策略評估相關研究計畫彙整

計畫名稱	單位機構	重點內容與成果
臺灣溫室氣體減量成本曲線	行政院國家科學委員會委辦；台灣大學、中華經濟研究院及美商麥肯錫亞洲股份有限公司執行	- 藉由與國內產、官、學、研各界及專家學者的合作，結合麥肯錫公司方法論暨全球資料庫與國內相關資料，以「由下而上」的方法，評估台灣全國及各個部門在 2015、2020、2025、2030 四個年度內 133 種溫室氣體減量技術在台灣的減量潛力及減量成本，並將之繪成減量成本曲線以提供國內進行溫室氣體減量與未來能源及經濟政策制定之事實基礎。 - 台灣在 2010 年的溫室氣體排放量為 263 MtCO₂e，而在基準情境下 2030 年的排放量將較 2010 年增加 72%，到達 452 MtCO₂e，每年年複合成長率為 2.7%。電力部門排放總量達 316 MtCO₂e，為全體部門之首，其次為鋼鐵部門及公路運輸部門。 - 在成本方面，2030 年達到負減量成本，亦即執行減量措施所節省之營運成本大於所付出之資本支出及營運成本，減量措施將合計約 130 MtCO₂e，代表台灣超過 50%之減量潛力可在經濟上回本的情形下執行。另外，由於麥肯錫模型係「由下而上」逐項估計各種技術的減碳機會，消費行為和產業結構的改變則非其焦點，故減量成本也不包含消費行為改變和產業結構調整的代價。
我國 BAU 情境之能源分析與住宅暨服務業部門模型之驗證分析	行政院原子能委員會核能研究所	- 驗證分析的重點有兩項，一為參考國家現行重要政策進行基線情境(BAU)假設條件修改，另一項為完成住宅暨服務業部門技術資料的更新與減量策略模型驗證分析。 - 引進了能源工程模型彈性需求模組(MARKAL-ED)，以更精細地調整模型並呈現能源服務需求價格彈性的影響，研究發現： - 引進彈性需求模組有利於呈現兩部門中個別能源服務需求之變化。 - BAU 情境下 2025 及 2050 年時，總 CO₂排放量分別為 402.85 與 554.34 Mt。 - 透過電價的調整於 2025/2050 年時，各可較 BAU 情境減少年度 CO₂排放量的 9.6% (38.8Mt) / 7.9% (43.94Mt)；其中於 2050 年有 32.8%的減碳貢獻來自於服務業部門，15.9%來自住宅部門。 - 於目標情境中 2025/2050 年時，年排放量較參考情境總計可減少 46.63% (187.83Mt) / 80.9% (456.2Mt)，其中有 22.9%減碳貢獻來自於服務業部門，11.2%來自於住宅部門。
運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型之應用	交通部運輸研究所委辦；台灣綜合研究院執行	- 以「可計算一般均衡(CGE)」概念，作為模型建立的基礎架構。從運輸規劃、能源技術與總體經濟面整體考量並評估運輸部門之節能減碳政策，並可納入相關之經濟、能源策略與措施，以及運輸需求等相關變數，同時綜合評估運輸部門節能減碳策略與措施之成效。 - 建置「運輸部門因應氣候變遷政策評估決策支援系統」，功能內容包括：運輸部門排放政策目標評估、運輸部門內部排放政策目

		標評估、總體型(top-down)減量行動計畫評估、行動計畫綜整評估、滾動式檢核，以及回饋國家節能減碳總計畫與綜合應用資訊平台既有資源等。
綠能產業發展策略研究與推動	經濟部能源局委辦；工業技術研究院執行	➤ 研議我國再生能源短中長期發展策略、發展目標、與推動方案，建置能源、經濟與環境之 3E 整合評估模型，建立綠能政策與產業低碳化整合評估模型，擬定我國再生能源發電裝置容量之中長期發展目標，提供綠能發展與產業低碳化各情境模擬提供具體建議，促使我國再生能源產業穩定成長。



圖 5. 我國長期低碳戰略布局規劃架構

六、結語

2012 年 COP18/CMP 8 多哈會議多國努力協商，通過了「京都議定書修正案」，確定第二承諾期保留第一承諾期的運作規則，其執行期間至 2020 年，而 UNFCCC 下的「德班平台特設工作小組(ADP)」協商，亦將規範全球法律約束力協議工作，期限訂為 2015 年通過決議，2020 年以前正式生效，以接替京都議定書第二承諾期期間(2013~2020 年)。UNFCCC 執行溫室氣體減緩，達成終極目標之期程，分成短期(2008~2012 年)、中期(2013~2020 年)、長期(2020~2050 年)等階段，短期階段為京都議定書第一承諾期，主要實施京都機制做為國際減緩的基礎，中期階段為京都議定書第二承諾期，除了京都機制外，將實施 NAMAs、NAMACs 及調適、財務與技術執行等委員會，以落實氣候衝擊調適工作，而長期階段以控制增溫攝氏 2 度以下為目標，各締約國將規劃執行低碳排放發展戰略。

低碳發展是長期的趨勢願景，儘管許多技術展望、氣候變遷情境、社會情景仍難以預料，但仍應儘早規劃，各主要國家即已投入研究，並提出 2050 年路線圖或 2050 年低

碳發展戰略等，作為施政的目標與主軸，例如：美國、歐盟、德國、英國、澳洲及日本等，其中美國、德國、英國及歐盟皆提出再生能源電力的規劃，而德國更以 100%再生能源電力進行規劃。另，2012 年德國的冷卻地球報告(Global Cooling)中亦提出多項可行的氣候變遷保護政策措施，包括政府主管機關對重新引導全球資金流動之必要性與效應、以有效政府法規來引導民間資金流向氣候保護、設廠許可證問題、有效率的氣候保護所需的法規、金融業是推動氣候保護的關鍵角色等措施；我國在 UNFCCC 短期階段，已經實施若干政策措施，部分措施預計將實施至 2020 年，未來 2050 年低碳排放規劃之路徑及發展是為全球重要議題。

新的減量協議影響層面及時程擴大

新協議生效與執行期間為 2020 年後，顯見國際氣候談判時程長期為目標，此協議內容涵蓋範圍亦可能擴及所有締約國，亦即已開發國家與開發中國家均可被納入；目前談判以峇里路線圖減緩、調適、技術、資金四大基石為基礎，多元方案、新市場機制、及雙邊抵換額度機制等皆逐漸成形，綜合之低碳發展路徑為：

1. 以 2050 年長期因應為規劃，整合減緩、調適、技術、資金等政策機制；
2. 發展綜合性政策績效評價系統與工具，在政策形成做整體評估，政策推動後進行整體績效評估，並定期檢討。
3. 建構與國際接軌的國內可量測、可報告、可查證(Measurable Reportable & Verifiable, MRV)管理規範與碳市場機制，而強化雙邊或多邊的氣候合作機制。
4. 試行推動雙邊抵換額度機制，建立可行的碳市場機制。

確立整合評估模型，探討我國 2050 年再生能源在低碳發展所扮演的角色，掌握低碳發展新契機

美國及德國針對「再生能源百分百」發展，面臨最大挑戰亦是「成本」，開發潛能及技術皆為不易但可克服障礙。再生能源發展之起點亦兼顧效率提升，若 50%再生能源，另 50%工作就是效率提升，國際能源總署(The International Energy Agency, IEA)2050 報告亦提出 48%能效在減碳重要貢獻，較合理符合現實，更符合臺灣技術需求，掌握低碳發展新契機。藉由與利害關係者充分溝通過程，探討提升再生能源發電占比時，我國的既有能源系統、社會型態、產業結構等將面臨的改變，與大家溝通我們未來所要的是何種發展情境，同時透過模型架構建立，確定可能優選項目，並追縱瞭解全球低碳倡議趨勢，發展適合我國國情之因應氣候變遷整合系統架構，推動短中長期之整體分析與規劃，整合各界研究能量及角色責任，來推動 2050 年國家長期減碳願景，期能達成最大效益及國家資源之妥善利用。

參考文獻

- 行政院環境保護署(2012)。《我國低碳路徑發展藍圖規劃(第二年)》，環境保護署委託計畫期末報告。
- 行政院環境保護署(2013)。《我國低碳排放發展策略研析規劃》，環境保護署委託計畫期中報告。
- 行政院環境保護署(2012)。《實務推動參與氣候公約策略研析規劃》，環境保護署委託計畫期末報告。
- 行政院環境保護署。參與聯合國氣候變化綱要公約締約國會議 COP13~COP18 歷次出國報告。
- 簡慧貞、吳奕霖、胡文正、楊日昌(2010)。「氣候協議進展及應對行動初探」，台電工程月刊，第 11 期，頁 1-30。
- 簡慧貞、呂鴻光、蔡妙嫻、楊斐喬、郭瑾瑋、周裕豐(2009)。「從國際低碳社會建構看我國節能減碳推動」，碳經濟，第 13 期，頁 2-33。
- 簡慧貞、胡文正、呂鴻光(2009)。「溫室氣體減量及碳排放交易路線」，碳經濟，第 12 期，第 39-61 頁。
- 簡慧貞、胡文正、黃偉鳴、盧裕倉、王俊勝、楊日昌(2011)。「台灣氣候政策：比較性研究」，碳經濟，第 22 期，頁 2-28。
- 簡慧貞、盧裕倉、呂鴻光、胡文正(2009)。「國家溫室氣體統計之政策啓發及應用」，工業污染防治，第 109 期，頁 111-144。
- Commonwealth of Australia (2011). *Strong Growth, Low Pollution — Modelling a Carbon Price*.
http://cache.treasury.gov.au/treasury/carbonpricemodelling/content/report/downloads/Modelling_Report_Consolidated.pdf
- European Commission (2011). A Roadmap for Moving to a Competitive Low Carbon Economy in 2050.” Brussels, 8.3.2011, COM(2011) 112 final.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:EN:PDF>
- German Advisory Council on the Environment (2012). *Pathways Towards A 100 % Renewable Electricity System*. Special Report, Berlin.
http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/EN/02_Special_Reports/2011_10_Special_Report_Pathways_renewables.pdf;jsessionid=8F65C48F6C7B6BC2EBCAC7ABCCFFDE9F.1_cid325?__blob=publicationFile
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2011). *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. IPCC Special Report, prepared by Working Group III, Cambridge University Press.
- International Energy Agency (2011). *Prospect of Limiting the Global Increase in Temperature to 2°C Is Getting Bleaker*. Paris.
- International Energy Agency (2010). *Energy Technology Perspectives 2010- Scenarios & Strategies to 2050*. Paris.
- Jos G.J. Olivier, Greet Janssens-Maenhout, Jeroen A.H.W. Peters (2012). *Trends in Global CO₂ Emissions 2012 Report*. EU Joint Research Center.
- OECD (2010). Low-Emission Development Strategies (LEDS): Technical, Institutional and Policy

Lessons. COM/ENV/EPOC/IEA/SLT(2010)2.

United Nations Environment Programme (2012). *The Emission Gap Report 2012 – A UNEP Synthesis Report*.

United Nations Environment Programme (2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers*.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2012). Agreed Outcome Pursuant to the Bali Action Plan. Draft decision -/CP.18.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2012). *Outcome of the Work of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol*. FCCC/KP/CMP/2012/L.9, Draft decision -/CMP.8.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2012). *National Greenhouse Gas Inventory Data for The Period 1990–2010*. FCCC/SBI/2012/31.

Hans –Josef Fell(2012), *Global Cooling Strategies for Climate Change*, CRC Press, June 22nd 2012.

我國低碳能源策略分析

呂錫民（國立台灣大學能源研究中心研究員）

一、前言

臺灣目前能源結構所面臨的危機，計有下列三項：

- （1）能源供應完全無法獨立自主 — 臺灣能源需求 99% 以上來自國外進口，且大部分來自政治不穩定的中東地區，這確實是能源自主政策上最大的隱憂。例如，於 2010 年，臺灣進口能源 144.5 百萬公秉油當量，花費金額 15,943 億元，占當年 GDP 的 11.74%（能源局，2011a）。
- （2）溫室氣體排放嚴重 — 2009 年臺灣年人均溫室氣體排放量為 10.9 t/CO₂e，約為全球人均溫室氣體排放量 4.3 t/CO₂e 的 2.5 倍，全球排名 17 位（能源局，2011b）。主要原因在於化石能源使用過度，而化石燃料燃燒所產生的二氧化碳，公認是造成全球氣候變遷的大氣層溫室效應之主因。
- （3）耗能嚴重 — 2008 年人均耗能量 4.9 公噸油當量，約為全球人均耗能量 1.7 公噸油當量的 3 倍。單位耗能是國家經濟競爭力指標，對於以出口為導向的我國，低的單位產品耗能代表在外銷市場上具有較高的銷售競爭力。

基於上述理由，開發自產潔淨能源（尤其是再生能源）遂列為國家施政重點。如表 1 所示，臺灣擁有充沛的再生能源，預估發展潛力為 78.02 kWh/pd，約為目前全國電力供給 29.43 kWh/pd 的 2.65 倍（能源局，2011a），加上 2011 年日本 311 核災的發生，各國無不傾向以發展非核能源作為主要能源政策，因此，大量開發再生能源很有可能成為臺灣未來永續經營的必經途徑。

表1. 臺灣各項再生能源蘊藏電力統計

單位：kWh/pd

	太陽能	風能	生質能	海洋能	地熱	水力能	合計
蘊藏量	24.27	29.90	1.82	4.57	0.67	16.79	78.02
占比	31.3 %	38.3 %	2.3 %	5.8 %	0.8 %	21.5 %	100%

資料來源：Chen *et al.*（2010）。

就工程與科技觀點而言，由於核電排碳量接近零，燃料體積小又可大量儲存，

故核電可同樣視為一種潔淨自產能源，同時，核電容量因子高且操作穩定，又可被當作基載電力，這是再生能源發電所沒有的優點。其次，依據統計資料（British Petroleum, 2011），2010 年全球天然氣和煤炭蘊藏量尚可開採 59 年與 118 年，因此雖然化石能源溫室氣體排放量高，但因為常當作基載發電，加上蘊藏量豐富，所以近年來各國無不致力淨煤技術或碳捕捉與封存技術的研發。考慮上述理由，因此在國際上，核電常被列入低碳發電選項之一，而具有「**碳捕捉與封存**」(Carbon Capture and Sequestration, CCS) 的化石燃料發電也被寄予厚望。

本文針對電力、工業、住商與運輸四大排碳部門，分析「節能減碳措施」以及「低碳基礎建設」等兩項主軸策略，其中電力部門以廢核、淨煤、和再生能源等低碳能源建構我國電力結構；工業部門以國際能源組織所擬定的「最佳可行技術」(Best Available Technologies, BAT) 作為節能減碳機制；住商部門則以實施美國「能源之星」(Energy Star) 電器設備，尋求最高節能減排效果；運輸部門在獲取節能減碳與便捷流通的雙贏局面下，運用運具軌道化和電氣化策略，構建國家綠色運輸基礎建設。

在上述四大部門中，因為電力部門耗能排碳約占全國五成，故本文特別針對淨源主流-低碳電力結構提出分析，假設 CCS 技術未來能成功應用在燃煤與燃氣發電上，屆時，則不管是否有廢核，在無須大幅擴充再生能源與核電，並在化石燃料發電容量接近「原有趨勢」(Business As Usual, BAU) 的情況下，整體發電與減排目標皆能充分滿足，而發電成本最多增加約 34%。

本研究結論是：在詳細數據分析與策略規劃下，台灣在 2030 年可充分達成「永續能源政策綱領」與 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 所訂定的國家減排目標。CCS 是臺灣達成低碳電力結構最經濟且最有效的方法。不過，CCS 短中期內能否商業化尚是一個疑問，加上台灣缺乏化石能源，而再生能源則蘊藏豐富，不可諱言，再生能源即使短中期內無法成為發電主流，但是，科技長期進步與累積，終必克服其供電不穩定與價格偏高的缺點，以能源安全角度來看，再生能源的發展絕對是臺灣能源政策上不可或缺的一環。

二、全球與臺灣減排目標

全球暖化所引發的氣候變遷是目前最重要的議題，而溫室氣體過度排放所形成的溫室效應又公認為全球暖化的主因，因此各國無不將降低溫室氣體排放列為施政重點，並紛紛制定排放標準。

（一）全球碳排放現況與 IPCC 之 B1 排放情境

根據研究結果顯示，由於人類活動的關係，全球在 2000～2006 年間的年均碳排放量為 91 億噸（相當於 334 億噸的二氧化碳），其中化石燃料的燃燒占 76 億噸，而其餘 15 億噸則來自土地使用的改變。這些進入大氣中的碳在同期間平均每年有 28 億噸為植被與土壤所吸收，22 億噸進入海洋，剩餘的 41 億噸存留在大氣之中。因此，由於人類活動而產生的二氧化碳近年來約有 45% 是無法為海洋、土壤或植被所吸收的，而此比例仍在逐漸增加之中，這也是溫室效應不斷增強的原因（Canadell，2007）。

若以工業革命前的西元 1750 年為基準，大氣中的二氧化碳濃度在 1750 年之前的一千年間，一直穩定地處在 280ppm 附近，但在 1750 年之後，二氧化碳濃度逐漸上升，估計 2000～2006 年間的平均年增率為 1.93ppm，而在 2006 年達到了 381ppm（Canadell，2007）。這個數值不但是 65 萬年來的最大濃度（Siegenthaler，2005），很可能也是過去 2000 萬年來的最高值（Pearson，2000）。根據美國國家大氣與海洋總署最新的觀測結果，2010 年大氣中的二氧化碳濃度已達 388ppm。

目前已知全球在 2010 年排放的溫室氣體總排放量約為 470 億噸 CO₂e。IPCC 根據全球未來數十年的經濟發展與人口成長的不同可能趨勢，預估不同碳排放情境，其中最樂觀（最低排放）的排放情境（亦即 B1 情境）為：2030 年的 540 億 tCO₂e，在 2100 年降至 230 億 tCO₂e（Metz，2007）。

若將此 B1 排放情境使用 19 種不同的氣象模型做模擬計算，2100 年時地表平均氣溫將升高攝氏 1.4～2.9 度（相較於 1980 到 2000 之均溫）（Vermeer，2009）。因此在 2009 年底舉行的哥本哈根世界氣候大會將「2°C」訂為全球抗暖化的目標升溫上限，以期能將全球暖化對人類生存造成的衝擊控制在最低限度。為了達到 B1 排放情境，若僅考慮二氧化碳的排放，則 2030 年全球二氧化碳排放總量應為 400 億噸（Metz，2007）。因為當年全球人口數預估為 80 億人（United Nations，2004），可得 2030 年之全球人均二氧化碳排放量限制為 5 噸。此 B1 情境將使大氣中二氧化碳濃度達到 550ppm。目前全球人均溫室氣體排放量每年約為 3 噸二氧化碳，而大氣的二氧化碳濃度約為 388ppm。

（二）台灣因應全球暖化之減排目標

台灣在 2010 年的人年均二氧化碳排放量是 11 噸（能源局，2011c）。若需在 2030 年降至 IPCC 之 B1 情境--全球人年均排放量 5 噸的標準，則在 2010～2030 年

間，需將人年均排放量減少 54.5%。

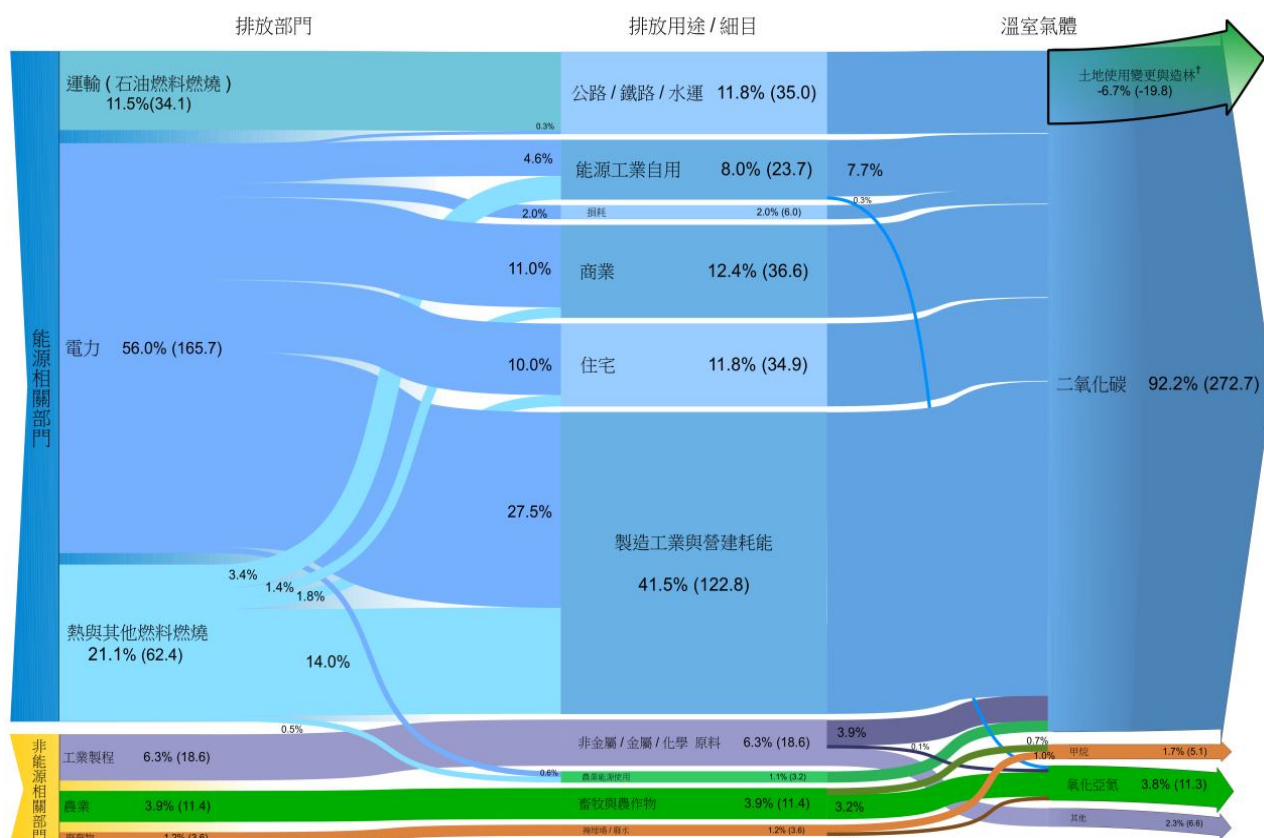
台灣於 2008 年發佈「永續能源政策綱領」，提出了永續能源政策應將有限資源作有效率的使用，開發對環境友善的潔淨能源，與確保持續穩定的能源供應等三大目標。其中對於發展潔淨能源一項，特別制訂了「全國二氧化碳排放減量，2016 年至 2020 年回到 2008 年排放量，2025 年回到 2000 年排放量，2050 年回到 2000 年排放量的一半」的排放標準。根據此項國內標準，台灣在 2030 年的人均二氧化碳排放量則需降為 8.3 公噸，相當於在 2010-2030 年間，將人均排放量減少 24.5%，很明顯地，此排放標準較 2030 年 IPCC 之 B1 情境排放標準寬鬆許多。

三、低碳策略

如圖 1 所示，我國能源結構上游的電力部門是主要排碳部門，占比高達 56.0%。在同樣能源結構下游的最終能源消耗部門，依排碳比例的高低，分別為：工業部門（41.5%）、商業部門（12.4%）、運輸部門（11.8%）和住宅部門（11.8%），總占比高達 77.5%。因此，本文所揭櫫的我國低碳能源政策—「淨源節流」，其重點對象即在於減少電力部門的高碳排放源，減少終端消費部門的能源消費，雙管齊下，共同減少我國溫室氣體排放，達到我國與全球的減排目標。

「淨源節流」策略的內容歸納如下：

1. 淨源手段：針對能源供應端的電力部門，開發低碳能源發電技術—再生能源、燃氣發電、高效率燃煤發電、核能—以達到減碳目的。情景以成熟的發電技術為主。
2. 節流手段：針對主要消費端，工業、運輸、住商三大部門，實施節約能源技術，非但達成節能，同時達到減碳目的。其中，
 - (1) 工業部門：研究對象包括六大耗能產業-石化、機電、鋼鐵、水泥、造紙、紡織。情境重點為 BAT 的部署。
 - (2) 運輸部門：情境重點包括電動車、軌道運具、高效率車輛、生質燃料。
 - (3) 住商部門：情境重點為低耗能照明，例如，LED，以及高效率電器。



註：(1) 其中百分比代表該項目占溫室氣體之排放比例，括弧內數字為實際排放量，以百萬噸為單位。排放量占 0.1% 以下者皆未列入其中。
(2) 我國能源結構：能源流+排碳流；初級能源→電力+熱能→能源消費端（工業、運輸、住商）。

圖 1. 台灣溫室氣體排放流（2008）

四、四大部門節能減碳規劃

根據上述的「淨源節流」策略，本節依據減排貢獻度，從大到小說明四大部門的節能減碳措施與低碳基礎建設如下：

（一）電力部門

1. 電力部門目標發電量與排碳量

根據經濟部能源局於 2010 年所作預測，臺灣於 2010～2029 年之年平均供電量成長率為 2.8%，2029 年所需之供電量將達到 3,762.6 億度。假設此年平均成長率不變，則 2030 年所需之供電量將達到 3,867.9 億度。

上述供電預測可稱為 BAU 情境，該情境考慮了台灣未來經濟成長率、產業結構占比、人口成長率、氣溫、電價、需求面管理、大型開發案或規劃案、以及發電燃料價格等八項因素之外，並考慮臺灣在積極減排政策的推動下，例如，能源

效率的提升、國家再生能源發展目標、擴大使用天然氣等方案。

在 2030 年總供電量為 3,867.9 億度的情況下，假設 2030 年全國人口為 23.3 百萬人，則每日之人均供電量為 45.5 度。此即為本研究所設定之 2030 年目標供電量。

依據經濟部能源局資料，我國 2010 年排碳量為 254.4Mt-CO₂，在電力係數 0.612kg-CO₂e 發電量 247.0TWh/y 的情況下，台灣電力部門占全國溫室氣體排放比例為 59.4%。本研究假設在 BAU 情境下，此比例至 2030 年仍將維持不變，則該年全國排碳量將有 40.6% 屬於無法以電力取代之雜項排碳。

如前所述，若以人均排放量 5.0 公噸為臺灣 2030 年的減排目標，則相對於 2010 年的 11.0 公噸，全國 CO₂ 排放量約需減少 54.5%。本研究合理地假設，佔有 40.6% 排碳量的雜項排碳部門在全國各領域積極進行減排的情況下，其排碳量於 2030 年同樣也可減排 54.5%。因此 2030 年時，此類無法以電力取代的雜項排碳源產生之人均排碳量將減為 $11.0 \times 40.6\% \times (1-54.5\%) = 2.03$ 公噸。

由此可得 2030 年電力部門人均排碳量之上限為 $5.0 - 2.03 = 2.97$ 公噸，相當於每日人均排碳量 8.14 公斤，此即為本研究所設定之 2030 年目標發電排碳量。

同理推論，根據臺灣於 2008 年發佈之「永續能源政策綱領」，2025 年全國總排碳量需回到 2000 年之水準（9.7 tCO₂/人年），相同於上述 2030 年 IPPC 排碳標準的計算方式（亦即， $9.7 - ((11.0 \times 40.6\%) \times (1-11.8\%)) = 5.76$ 公噸），此相當於 2025 年發電部門人均排放量需減為 6.37 噸。而 2025 全國預期之總供電量需求將達到 3,496.4 億度，人口數預計 23.4 百萬，則我們可得到當年的供電量為 40.9 度/人日。

此處我們定義「供電量」為電廠「發電量」扣除電廠本身自用電力，如果採用經濟部能源局資料，臺灣於 2010 年能源部門自用電力百分比 8.09%，則臺灣於 2025 年和 2030 年的「總發電量」應該分別為 44.5 度/人日和 49.5 度/人日。因此，本研究規劃臺灣電力結構的總發電量和總排碳量兩項依據分別是「永續能源政策綱領」2025 年的 44.5 度/人日與 5.76 tCO₂/人年，和「IPCC」2030 年的 49.5 度/人日與 2.97 tCO₂/人年。

2. 臺灣現有電力結構與未來開發方案

如表 2 所示，依據經濟部能源局統計資料，2010 年臺灣傳統能源發電裝置容量為 43.05GW，占比 92.83%。又如表 3 所示，再生能源發電裝置容量為 3.31GW，

占比 7.14%，實際上再生能源的發電量僅占 3.37%。另外，2010 年臺灣能源部門二氧化碳總排放量為 167.32Mt-CO₂，占比 65.7%，發電量 247,045GWh，能源部門是臺灣目前主要溫室氣體排放部門，主要原因是使用化石燃料的火力電廠發電量占比太高，有 78.35%。

表 2. 臺灣各類傳統能源發展現況與規劃（BAU）

年 能源類別	2010		2025		2030	
	裝置容量 (GW)	占比(%)	裝置容量 (GW)	占比(%)	裝置容量 (GW)	占比 (%)
燃煤	18.01	38.84	27.2	40.57	31.3	41.14
燃氣	15.72	33.91	23.8	35.49	27.3	35.88
燃油	4.18	9.02	2.87	4.28	2.43	3.19
核電	5.14	11.09	2.70	6.38	2.70	5.62
合計	43.05	92.83	58.14	86.71	65.31	85.84

表 3. 臺灣各類再生能源發展現況與規劃（BAU）

年 能源類別	2010		2025		2030	
	裝置容量 (GW)	占比(%)	裝置容量(GW)	占比 (%)	裝置容量 (GW)	占比 (%)
慣常水力	1.98	4.27	2.50	3.73	2.67	3.51
風力發電	0.48	1.04	2.45	3.65	3.11	4.09
太陽光電	0.02	0.04	2.00	2.98	2.66	3.50
生質能發電	0.18	0.39	0.30	0.45	0.34	0.45
廢棄物發電	0.65	1.40	1.10	1.64	1.25	1.64
地熱發電	-	-	0.15	0.22	0.2	0.26
燃料電池	-	-	0.20	0.30	0.27	0.35
海洋能發電	-	-	0.20	0.30	0.27	0.35
合計	3.31	7.14	8.9	13.27	10.77	14.16

又依據經濟部能源局參考文獻，2025 年臺灣傳統能源發電容量規劃目標為 61.71GW，占比 87.4%，年平均成長率為 2.89%，再生能源則為 8.9GW，占比 12.6%，年平均成長率為 11.2%，顯然臺灣政府在未來電力結構規劃方面，已經在朝低碳電力方向進行。值得一提的是，臺灣目前有三座核能電廠在運作，另有一座新的核電廠在建造當中，預計在 2016 年以前完工加入營運，此 2.7GW 無碳電力的加入，將對臺灣低碳願景作出卓越貢獻，但是由於 311 日本福島核災的發生，政府決定不再延役舊有的核電廠，因此，2025 年和 2030 年的核電裝置容量有所減少。

其次，我們依據 2010 年至 2025 年的年平均成長速率 11.2%，預估再生能源在 2030 年的裝置容量，總共有 10.77GW，占比 14.16%，如表 3 所示。至於化石燃料電廠在 2030 年的裝置容量，則是以經濟部能源局從 2010 年至 2029 年的長期負載預測與電源開發規劃摘要報告中的年平均成長率 2.8%來預測，連同核電裝置容量，總共有 65.31GW，占比 85.84%（見表 2）。

3. 各種發電技術之特色分析

此處針對各式發電技術的排放量、容量因子、發電成本與淨尖峰出力等參數，分析其等特色與優劣點，以作為本研究規劃臺灣未來低碳電力結構之依據（見表 4）。

表 4. 各種發電廠之排放係數、容量因子、發電成本、淨尖峰出力參數

	排放係數 (kg-CO ₂ /kWh)	容量因子	發電成本 (NTD/kWh)	淨尖峰出力參 數
燃煤	0.9405→0.839	0.78	1.28	0.94
燃煤+CCS	0.125	0.66	1.8	0.80
燃氣	0.475→0.389	0.65	1.57	0.98
燃氣+CCS	0.25	0.55	2.2	0.83
燃油	0.778	0.26	1.42	0.90
核電	0.066	0.92	1.7	0.94
水力	0.010-0.013	0.37	2.539	0.70
風電	0.010-0.090	0.3	1.3~2.2	0.06
PV	0.032	0.15	4.3	0.20
生質能發電	0.014-0.022	0.57	2.3	0.50
廢棄物發電	0.341	0.52	2.0	0.80
地熱發電	0.038	0.9	1.8	0.50
燃料電池	0.664	0.9	2.7	0.85

（1）排放量

各式發電技術之碳排放計算方法，係採用符合 ISO 14000 標準的「生命週期評估法」(Life Cycle Assessment, LCA)，或稱「搖籃至墳墓法」(Cradle to Grave)，計算時考慮各能源材料在整個製造鏈，從原物料開採、提煉、處理、運輸等過程，到最終使用運轉、維修、及除役等過程中消耗或產生能源時，所產生之溫室氣體排放量。

太陽光電、海洋能發電、水力發電、風力發電等再生能源雖在發電過程中不產生溫室氣體，但在製造渦輪機、太陽能板等之過程中仍會釋放少量溫室氣體，

因此只能視為低碳能源，核電的情況也是大致如此。傳統燃煤、氣、油之電廠在發電過程中會產生大量之溫室氣體，但是配合碳捕捉與封存技術，將使發電排碳量大幅降低。但是 CCS 技術將使發電效率降低 10%-25%，並導致發電成本增加 20%-85%。

太陽光電：製造太陽能板所需之矽必需在高溫下，由石英砂中提煉，而此過程將消耗其整個製程 60%之能量。就現有技術言，PV 之排放量約為 0.032 kg-CO₂/kWh，而未來之排放量預期將可降至 0.015 kg-CO₂/kWh。

海洋能發電（波浪與潮汐）：現在尚無商業化量產的數據，其大部分之二氧化碳於製鋼過程中產生，現今製造一組 750kW 之波能轉換器需 665 噸鋼，而其排碳量大約為 0.050 kg-CO₂/kWh，未來可望降至 0.015 kg-CO₂/kWh。

水力發電：排碳分別來自攔水壩之建造（排放量約為 0.010 kg-CO₂/kWh）與發電設施之製造（主要是渦輪發電機，排放量 0.003 kg-CO₂/kWh），其中儲存設施之排碳量較高，因建設儲存設施需大量的混凝土與鋼鐵。在所有的發電技術中，水力發電屬於排碳量最低的能源選項之一，但美中不足的是，水中植物會因腐敗而釋放出甲烷。

風力發電：約有 98%之排碳發生於機組製造與建置過程中（如塔架所需的鋼，基座（Foundation）所需的水泥，葉片所需的玻纖與樹脂等之製造），而在運轉過程中之排碳則發生於維修過程（如潤滑油、材料運輸），依生命週期評估，陸域風機之排碳量約為 0.090 kg-CO₂/kWh，而離岸風機之排碳量則約為 0.010 kg-CO₂/kWh，因為離岸風力地形阻礙較少，風力機發電量大且穩定，是未來風電主流。

生質能發電：生質能發電被視為「碳中和」能源，因為生長周期較短的能源作物或稻草木屑燃燒所釋放二氧化碳之量大約等於其生長期間所吸收二氧化碳之量，但若進一步考量植物生長期間所施加的肥料等，則生質能仍然只能視為低碳能源。因生質能的能量密度較低，大量的運輸載運亦消耗不少能源，因此增加單位能量之二氧化碳排放量。林木的排碳量約在 0.014~0.022 kg-CO₂/kWh 之間。

廢棄物發電：廢棄物發電方式與燃氣發電相似，但不同於生質作物的「碳中和」特性，因此廢棄物發電具有不低的排碳量 0.341 kg-CO₂/kWh。

地熱發電：地熱發電是以地底熔漿為熱源的穩定再生能源，同樣不會產生溫室氣體，廠房和渦輪機等元件的製造過程是唯一的排放源，排碳量僅有 0.038 kg-CO₂/kWh，因此地熱發電可視為一種低碳能源。

燃料電池：燃料電池是一種利用氫氣和氧氣的電化學反應，反應過程當中僅產生電和水，而無二氧化碳的產生，但是目前氫氣和氧氣的主要來源來自天然氣、煤等化石燃料的重整（Reforming）與水的電解（Electrolysis），就生命週期層面評估，燃料電池仍不是一種低碳能源，目前排碳量為 0.664 kg-CO₂/kWh。

核能發電：排碳量為 0.066 kg-CO₂/kWh，因為不需要燃燒，在運轉過程中排碳量僅占 17.4%，大部分的排碳來自於鈾礦開採、濃縮與燃料製備（占排碳量之 38%），其它建廠排碳量占比 12.4%，核廢料後端處理 14%，除役則為約 18.2%。

燃煤發電：燃煤電廠是現今排碳量最大的電廠，如果採用最新氣化複循環技術（IGCC）和超臨界發電（USCSC），發電機組效率可從 36.8% 分別提高至 42.7% 及 44.5%，排碳量從 0.9405 kg-CO₂/kWh 降低至 0.839 kg-CO₂/kWh。

燃煤發電+CCS：上述新型燃煤發電技術（IGCC）配合燃燒前碳捕捉技術，可將排碳量降至更低的 0.125 kg-CO₂/kWh。就 IGCC 發電程序而言，煤炭在燃燒之前將先進行氣化，並分離碳元素，形成所謂的合成氣之後，再進行燃燒發電。

燃氣發電：天然氣是排放量最低的化石燃料，因此是各國競相開發的低碳能源之一，台電汰換老舊燃氣機組，將可使排碳量從 0.475 kg-CO₂/kWh 降至更低的 0.389 kg-CO₂/kWh。

燃氣發電+CCS：上述燃氣發電在天然氣燃燒後，配合燃燒後碳捕捉技術，可使排碳量降至 0.25 kg-CO₂/kWh，此排碳量比燃煤發電+CCS 相對高，主要原因在於燃燒後的碳捕捉效率遠低於的燃燒前的碳捕捉效率。

燃油發電：燃油電廠排碳量僅次於燃煤電廠，大約為 0.778 kg-CO₂/kWh，由於國際油價變動劇烈，為避免遭受財務上的風險，除了離島偏遠地區，因為交通運輸的緣故，現有之燃油發電將逐步淘汰。

（2）容量因子

電廠之容量因子（Capacity Factor）定義為：一段時間內，實際發電量與理論最大發電量的比值。例如，表 4 當中所列的燃煤、氣、油與核電之各個容量因

子之計算，係依據經濟部能源局統計資料所記載 2010 年各類電廠之總發電量（GWh）除以理論最大發電量（總裝置容量（GW）乘以一年小時數 8760）而得。因此，容量因子較高的電廠表示一年當中，其實際供電的時間較長。電廠容量因子的高低除了影響到發電量大小之外，更將影響到電廠的發電成本，一般而言，單位發電成本是以各類成本總和除以發電量來計算，所以發電量愈大，往往發電成本愈低。

（3）發電成本

一般電廠的發電成本可分為內部成本與外部成本，前者包括建廠、燃料與營運成本，後者包括影響環境的社會成本。由於本研究已將排碳量列為形成電力結構標竿之一，所以此處的發電成本係指內部成本，主要係依據英國 MARKAL 模型電力部門的資料庫估算而得。該模型早在 1970 年代即由 Brookhaven National Laboratory 開始發展，之後再由國際能源署（International Energy Agency，IEA）架構下之能源技術系統分析研究計畫（Energy Technology Systems Analysis Program，ETSAP）接手，以大約 20 年時間發展出來之一長期性、多期性之各種能源系統最佳化模型。

（4）備用容量率

為避免於尖峰用電期間發生不可預期之用電需求增加，或發電機組故障而導致「淨尖峰能力」低於「尖峰負載」而造成限電或跳電的危機，各國政府皆要求電力系統之「淨尖峰能力」需大於「尖峰負載」達一定比例以上，此比例稱為「備用容量率」。台灣行政院於 2005 年 10 月 5 日第 2960 次院會中通過政策指示，以 16% 做為電力系統「備用容量率」之規劃目標。「備用容量率」之計算方式為「淨尖峰能力」減去「尖峰負載」後，再除以「尖峰負載」。

「尖峰負載」之定義為一年之中負載最高一小時之平均負載功率。根據經濟部能源局於 2011 年對台灣未來尖峰負載之預測（僅至 2029 年），2025 年之尖峰負載為 53.8GW，而 2010-2029 年之年平均尖峰負載成長率為 2.7%。假設此年平均成長率不變，則 2030 年之尖峰負載將達到 59.6GW。

各發電機組在正常發電情況下，可提供給系統之最大出力，稱為「淨尖峰能力」。火力、核能機組之「淨尖峰能力」為按裝置容量扣除廠用電後之淨出力。水力機組之「淨尖峰能力」係指枯水流量或水位，其流量經調節後集中六小時內使用所得之最大出力或機組於該水位下之最大出力。其餘再生能源發電機組之

「淨尖峰能力」則以可靠度 85%時所相對應之輸出容量估算。

4. 成本最佳化低碳電力組合

根據臺灣能源危機與因應策略、全球與臺灣減排目標、電力部門目標發電量與排碳量、現有電力結構與未來開發方案、以及各種發電技術之特色分析等等，本研究共規劃了八種成本最佳化低碳電力結構情景，詳如表 5 所示，其中構成各情景的發電設施包括了所有各類型電廠：有傳統的燃煤、氣、油、核電，以及再生能源的水力、風力、太陽能、生質能、廢棄物能、地熱、燃料電池、海洋能等共 12 種。CCS 僅實施在燃煤與燃氣發電，由於 CCS 尚屬未商業化技術，所以我們將針對 CCS 的有無進行情景分析。為方便比較「永續能源政策綱領」與 IPCC 所訂定的排放標準，所有情景又分為 2025 年與 2030 年兩大類。雖然核電是一種低碳能源，但在國際一片反核聲浪當中，我們不得不將核電的有無列為發電結構情景規劃分類，並且我們的核電 BAU 仍然遵從政府目前的核能政策：核 4 運轉，現有核電廠屆齡不延役。因此，針對有無 CCS、國內與國際排碳標準、有無核電等三大原則，本研究共規劃八項電力結構情景。本研究在滿足總發電量需求、人年排碳量與備用容量率三大要求下，求取最低發電成本下的各情景之電力結構。

(1) 在無 CCS 下的情景比較與分析

請參考表 5，首先，在無 CCS 的情況下，因為燃煤發電排碳量過高，所以必須摒除在所有發電結構情景之外。在 2025 年有核電的情景一當中，與 BAU 比較，燃氣發電將擴張 0.85 倍，核能發電則擴充 1.17 倍，在如此大幅度擴充傳統能源之下，與 2010 年比較，所得到的發電成本幾乎沒有增加（6.78%），就可達成國家供電與排碳標準，因為發電成本高的再生能源之裝置容量壓低在 2010 年水準。

同樣針對 2025 年國家「能源永續政策綱領」目標，在沒有核電的情景二當中，與 BAU 比較，燃氣發電將擴充 0.76 倍，而再生能源極度擴充 3.75 倍，因此，與 2010 年比較，發電成本大幅增加 18.09%。

如果針對更嚴峻的 2030 年 IPCC 排碳標準，為了滿足更大的供電需求，在有核電的情景三當中，與 BAU 比較，核能大幅擴充 5.3 倍，再生能源擴充 2.9 倍，而燃氣發電則縮減為 0.9 倍，與 2010 年比較，發電成本更又增加 25.23%。

表 5. 臺灣低碳電力結構分析

各類情景		2010 年	再生能源發展潛力	無 CCS				有 CCS			
				2025 年		2030 年		2025 年		2030 年	
				有核電	無核電	有核電	無核電	有核電	無核電	有核電	無核電
				情景一： 現有再生能源、1.85 倍燃氣、0.22 倍燃煤、2.17 倍核能	情景二： 4.75 倍再生能源、1.76 倍燃氣、0.3 倍燃煤	情景三： 3.9 倍再生能源、0.9 倍燃氣、0 倍燃煤、6.3 倍核能	情景四： 14.43 倍再生能源、0.62 倍燃氣、0.1 倍燃煤	情景五： 現有再生能源、1.13 倍 CCS 化石能源	情景六： 現有再生能源、1.24 倍 CCS 化石能源	情景七： 1.41 倍再生能源、1.02 倍 CCS 化石能源	情景八： 1.35 倍再生能源、1.12 倍 CCS 化石能源
發電設施種類及裝置容量 (GW)	燃煤	18.01	-	6.00	8.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	燃煤+CCS	-	-	-	-	-	-	41.50	39.00	39.00	41.80
	燃氣	15.72	-	44.00	42.00	24.50	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	燃氣+CCS	-	-	-	-	-	-	16.50	28.00	23.50	26.80
	燃油	4.19	-	2.87	0.00	0.00	0.00	2.87	0.00	0.00	0.00
	核電	5.14	-	9.30	0.00	27.00	0.00	2.70	0.00	2.70	0.00
	水力	1.98	43.49	1.98	11.00	20.00	43.50	1.98	1.98	4.00	3.00
	風電	0.48	95.51	0.48	18.00	10.00	56.35	0.48	0.48	4.00	4.00
	太陽光電	0.02	155.06	0.02	8.00	5.00	46.00	0.02	0.02	4.00	3.00
	生質能發電	0.18	3.06	0.18	2.10	3.00	3.00	0.18	0.18	0.90	1.50
	廢棄物發電	0.65	0.00	1.10	1.10	1.25	1.25	1.10	1.10	1.25	1.25
	地熱	0.00	0.71	0.00	0.70	0.70	0.70	0.00	0.00	0.45	0.75
	燃料電池	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.20	0.20
	海洋能發電	0.00	14.60	0.00	1.40	2.00	4.60	0.00	0.00	0.60	1.00
比較參數	總發電量 (度/人日)	32.77	78.02	46.60	49.07	57.92	60.17	44.56	44.55	49.70	49.64
	台電長期負載預測與電源開發規劃 (度/人日)			44.50		49.50		44.50		49.50	
	年碳排放量 (ton-CO ₂)	6.50	1.47	6.25	6.36	3.25	3.28	2.57	2.78	2.71	2.88
	標準碳排放量 (公噸二氧化碳/人年)			6.37*		3.28**		6.37*		3.28**	
	再生能源潛力占比 (%)	1.10	100.00	1.10	14.52	15.84	58.34	1.10	1.10	4.92	5.16
	發電成本增加比 (%)	0.00	92.35	6.78	18.09	25.23	54.50	26.95	32.01	32.62	33.91
	備用容量率 (%)	19.35	36.71***	16.12	16.23	16.68	16.22	19.28	23.58	17.01	19.92

*：永續能源政策綱領

**：IPCC

***：2030

如果在 2030 年沒有核電，則情況將更加惡化，在此情境四當中，與 BAU 比較，燃氣發電不增反減成為 0.62 倍，而再生能源則擴充 13.4 倍，與 2010 年比較，發電成本增加 54.50%。

針對上述沒有 CCS 的四個情景，我們可得到的結論是：如果沒有 CCS，在顧及電力需求下，要達到國際減排標準，幾乎不可能。因為在已規劃情景當中，與 BAU 比較，除了再生能源要普遍增加約 3 倍至 14 倍之外，核能也要至少增加一倍，至多則為 5 倍，這些都是達成難度極高的規劃。尤其，在日本 2011 年 311 福島核災後的國際反核聲浪當中，當作本研究核能 BAU 的核四順利運轉與舊有核電廠不再延役的情況已是臺灣核能發展的極限，更何況要作任何 BAU 以外的大幅擴充，這將是不可能的。因此，假設核電順利維持 BAU 容量（4.28GW），燃氣發電略作 0.51 倍擴張，在 0.29 倍低比例燃煤發電情況下，中幅度增加再生能源 2.6 倍，則仍有機會達成國家減排標準，與 2010 年比較發電成本將增加 17.78%，情景一作如此變通，則可行性較高，並且再生能源開發僅占預估總潛力的 9.67%，既使再生能源容量要增加 BAU 的 2.6 倍，但成本相對僅增加 17.78%，在追求節能減碳的既定政策下，此幅度應該是政府財政可容忍的。

（2）在有 CCS 下的情景比較與分析

假設 CCS 能順利運用於化石燃料電廠，在 2025 年有核電的情景五當中，本研究發現只要維持現有的再生能源發電容量與約略相等於 BAU 的 CCS 化石能源發電容量，在滿足供電需求下，情景五可以超低的排碳量達成「能源永續政策綱領」2025 年國家排碳目標，但發電成本僅比 2010 年高出 26.95%。

在 2025 年沒有核電但有 CCS 的情景六當中，再生能源可仍然維持 2010 年裝置容量，化石能源電廠比 BAU 略微增加 0.24 倍，在滿足供電需求下，同樣可以極低的排碳量達成 2025 年國內排碳標準，但是，發電成本僅比 2010 年要高出 32.01%，這是因為 CCS 化石燃料發電成本要比傳統化石燃料發電成本要來得高。

挑戰更嚴峻的 2030 年 IPCC 標準，在有 CCS 且有核電的情景七當中，CCS 化石電廠約保持 BAU 水平，再生能源電廠則為 BAU 的 1.41 倍，發電成本比 2010 年增加 32.62%的情況下，同時滿足供電量與排碳量。

如果在 2030 年沒有核電但有 CCS 的情景八當中，CCS 化石電廠仍然保 BAU

水平（約 1.12 倍），而再生能源電廠僅需略微擴充為 BAU 的 1.35 倍，在發電成本比 2010 年增加 33.91% 的情況下，即可滿足臺灣所需供電量與 IPCC 排碳標準。

由本小節的四個情景分析可知：雖然 CCS 化石燃料電廠排碳量比再生能源電廠略高，但是前者發電成本低且供電穩定，可進而替代核能成為主要低碳電力，但是臺灣缺乏化石能源，相對地，再生能源則蘊藏豐富，就能源安全角度來看，再生能源是臺灣可以倚賴的自產能源。

所以，本研究將「臺灣 2010 年電力結構」與「所有再生能源潛力全部開發」兩情景同列在表 5，在後者總發電量為前者兩倍的情況下，非但備用容量率高出一倍，年排碳量更僅有前者的 20%，遠超出 IPCC 標準百分之五十，但必須付出的代價是發電成本約高 1 倍。關於此點，本研究認為即使再生能源在短中期內的 2020 年或 2030 年內無法成為發電主流，但是在例如 2050 年的長期發展上卻未必如此，尤其是藉由儲能技術與智慧電網發展，將可克服再生能源目前供電不穩定的缺失，藉由科技的日新月異與一日千里，再生能源發電成本低於傳統發電成本的到來是可預期的。

附帶說明：表 1 中各項再生能源蘊藏量（kWh/pd），經過表 5 中容量因子、全國總人口數與年天時等單位轉換，可得到表 5 當中各項再生能源發展潛力之裝置容量（GW）。同時，表 5 結果皆無超過表 1 所述潛力之限制。根據上述分析，在無 CCS 的情況下，為達到 2025 年「永續能源政策綱領」與 2030 年「IPCC」的減排目標與供電標準，燃氣、再生能源與核電必須大量交替使用，這除了會使發電成本大幅增加之外，在可行性上也值得探討，因為相關情景中的電廠裝置容量超出 BAU 裝置容量甚多。如果 CCS 能成功應用在燃煤與燃氣發電，則不管是否有廢核，在較小幅度擴充再生能源下，國內與國際減排目標與供電需求皆能充分滿足，而發電成本也不會作太大幅度的增加。所以，本研究結論是：CCS 是臺灣達成低碳電力結構最經濟最有效的方法，另外，2010 年臺灣的溫室氣體排放量約為 2.54 億噸，而能源部門則為 1.67 億噸，依據「能源國家型科技計畫（NSTPE）」之「淨煤碳捕捉儲存主軸計畫」評估：臺灣地質儲碳潛力有 100 億噸，因此，臺灣的儲碳潛力充分足夠滿足本文所述的 CCS 所需的儲碳容量。然而，不可諱言的，再生能源即使短中期內無法成為發電主流，但是科技長期進步與累積，必能克服其供電不穩定與價格偏高的缺點，況且台灣缺乏化石能源，而再生能源蘊藏豐富，就能源供應安全的角度來看，再生能源的發展可視為國家一項長期能源政策。最後，燃氣發電最近由於美加等能源大國天然氣開採技術的突破，使得發電成本大幅降低，加上燃氣發電本身排放量比燃油與燃煤發電為低，所以

是一種國際寄予厚望的未來低碳發電選項。

電力部門是我國排碳的主要源頭，占比約有 56.0%，主要原因是使用太多的傳統火力電廠，其裝置容量占比約為八成以上。因此，該部門的低碳策略是發展潔淨能源，例如，核能、再生能源與「碳捕捉與儲存技術（Carbon Capture and Sequestration, CCS）」⁷。其中，由於去年日本福島 911 核災事件，在全球一片反核聲浪當中，我國目前的能源政策不得不走向減核方向，既使核電排放甚少並且電價低廉。再生能源為全球綠能產業發展趨勢，除了考慮其永續經營的訴求之外，綠能產業的興起亦有利於經濟發展與創造就業，雖然目前再生能源發電價格偏高且供電不穩定，但是在科技進步的趨勢下，例如，儲能技術的發展，未來再生能源仍有可能成為發電主力。CCS 技術除了可當作低排放發電技術之外，其最大優點是可以使用儲量仍然十分充沛的化石能源，例如，煤炭與天然氣。在全力發展上述低碳發電基礎建設之下，具體措施為：配合少量的核電、將所有火力電廠改換為 CCS 發電技術並且倍增再生能源發電容量。到 2030 年，電力部門排碳將可減少 103.71 百萬公噸二氧化碳，減少幅度為 2010 年排碳量的 40.7%。

（二）住商部門

住商部門主要使用能源形式為電力，部門耗電量約有 697.73 億度，全國耗電占比約為 29.4%，是全國最大的電力消耗部門。住商部門主要電能消耗器具設備為空調和照明，耗電量有 412.23 億度，占比竟然高達六成，因此，空調和照明器具設備是住商部門主要的節能對象，其具體措施為換用高效率器具設備，例如，美國能源之星節能設備與 LED，其中，依據本研究資料分析結果，在照明用具裡面，燈管與燈泡的裝置容量剛好是 1:1，其中，使用 LED 燈管替換 T5 日光燈，可省電 51%，LED 燈泡替換省電燈泡，可省電 26%。請參考下圖 2，在住商部門使用美國之星節能設備和 LED 的結果，在 2030 能減少排碳 17.09 百萬公噸二氧化碳，是 2010 年全國排碳量的 6.7%。詳細節能情景規劃請參考表 6 與表 7。

表6. 住宅部門節能設備節能潛力一覽表

(使用標準：美國能源之星)

類別	電器名稱	消耗電力 (W)	年耗電量 (度)	普及率	耗電量 (億度)	占比 (%)	使用美國能源之星設備	節能率 (%)	節能量 (億度)
空調設備	冷氣機	2000	1200	2.36	113.78	25.19	MWW-12CRN1-MI4	46.62	53.05
	變頻冷氣	1420	860	0.21	8.77	1.94	MR09C1H	52.02	4.56
	除濕機	285	153.9	0.52	6.43	1.42	DHC-250	35.24	2.27
	電扇	66	47.5	3.48	13.28	2.94	AC-153X18	62.43	8.29
	抽風機	30	14.4	0.12	0.14	0.03	SBF110G	13.33	0.02
照明	白熾燈泡	69	74.5	4.92	29.45	6.52	EL/A G40 23W (Philips)	66.66	19.63
	日光燈	25	63	10.09	51.08	11.31	EL/Can T2 9W (Philips)	64.00	32.69
	省電燈泡	17	32	11.49	29.54	6.54	LED	47.05	13.90
動力	電梯	2300	-	-	5.36	1.19	OTT 武漢歐德工業科技	50.02	2.68
廚房類	電冰箱(中)	1100	661.6	0.41	21.80	4.83	ARD1031F*8R/L	22.72	4.95
	電冰箱(大)	1500	700	0.61	34.31	7.60	ARD1031F*11R/L	33.33	11.44
	微波爐	1200	72	0.51	2.95	0.65	RE-0902R	12.25	0.36
	電磁爐	1200	28.8	0.46	1.06	0.24	-	4.17	0.04
	開飲機	800	576	0.68	31.47	6.97	MSK-9918T	15.63	4.92
	電鍋	800	144	1.02	11.80	2.61	-	-	-
	電烤箱	800	19.2	0.66	1.02	0.23	VW210EZES	24.00	0.24
	抽油煙機	350	126	0.93	9.42	2.08	VED-8056S	8.57	0.81
	果汁機	210	2.5	0.17	0.03	0.01	-	-	-
服裝類	烘碗機	200	36	0.02	0.06	0.01	AFN50RS 27"	19.00	0.01
	乾衣機	1200	60	0.21	1.01	0.22%	-	-	-
	電熨斗	800	48	0.4	1.54	0.34	-	-	-
	洗衣機	420	25.2	0.62	1.26	0.28	WM2250C** (LG)	10.00	0.13
視聽類	電視機(20")	140	201.6	0.55	8.91	1.97	E322BV-HD	51.38	4.58
	電視機(29")	166	221.8	0.66	11.76	2.60	E325BV-HD	63.23	7.44
	電視機(33")	210	248.3	0.22	4.39	0.97	E325BD-HD	77.48	3.40
	LCD 電視	140	203.6	0.2	3.27	0.72	-	-	-
	音響	50	18	1.37	1.98	0.44	DX-DVD2	75.00	1.49
	電腦		60	1.24	5.98	1.32	-	-	-
Error Correction					22.41	8.81	-	-	-
總計		16782	3701.4		434.28	100.00	-	40.76	177.02

(三) 工業部門

工業是所有最終能源消費部門最耗能者，占比約有 53.81%，最主要的能源使用類別為熱能與電力，兩者比例約為 2:1，主要耗能設備為鍋爐與馬達，具體節能措施為汽電共生、廢熱回收、高效率馬達、廢料與副產品的再使用等項目。

使用 IEA (國際能源總署) 所公布的「最佳可行技術 (Best Available Technologies, BAT)」, 則我國工業部門約可減排 16.22 百萬公噸二氧化碳, 相當於 2010 排放的 6.4%。詳細節能情景請參考表 8。

(四) 運輸部門

運輸部門全部耗能為 15,546.3 千公秉油當量, 全國占比 12.92%, 運輸部門主要的消費能源形式幾乎全部來自石油產品, 主要消耗能源的陸上運具有三種: 小客車 (50%)、大貨車 (25%)、機車 (15%)。具體節能措施為實施軌道運輸與改成電動運具。在載人運具當中, 捷運的單位耗能量為小客車的 18%, 鼓勵民眾搭乘捷運為都市節能主要方針。在貨運當中, 大貨車的單位能耗約為台鐵的兩倍。因此, 在運輸部門, 如果我們實施「捷運最大化、台鐵高鐵增班多、汽機車部分電動化」的節能方案, 將可減排 10.56 百萬公噸二氧化碳, 與 2010 年比較, 減排潛力有 4.1%。詳細節能情景請參考表 9。

五、總體減碳規模

如圖 2 所示。基本上, 我們使用減排的基礎年為 2010 年, 該年的總排碳量為 254.48 Mt-CO₂, 人均排碳量為 11 tCO₂/人年, 經由第四節四大部門: 電力、住商、工業與運輸的各種節能措施與低碳建設, 在 2030 將達到 106.93 Mt-CO₂ 的年排放量, 因此, 2010 到 2030 二十年間的減排量和減排幅度有 147.55Mt-CO₂ 和 57.9%。經過減碳最大化的人均排碳量為 4.6 t-CO₂/人年, 遠低於永續政策綱領目標的 8.3t-CO₂/人年, 亦達到 IPCC 全球排放目標 5 t-CO₂/人年。其中, 減碳高達 70.3%係由電力部門所貢獻, 住商部門 11.6%, 工業部門 11.0%, 運輸部門 7.1%。本文所歸納出應有的能源結構重點為: 電力部門開發低碳能源; 工業部門實施最佳可行技術; 運輸部門建立電力化運輸系統; 住商部門推廣高效率電器。

六、結論與建議

能源與經濟、環境息息相關, 三者同時也是主宰國家生存的要素。在兼顧此三要素之下, 本文將以「減少能源消耗」與「降低二氧化碳排放」之能源政策, 藉由「開發潔淨能源」與「節約能源消耗」兩大面向, 探討我國應有的能源結構。其中情境含括政府既定政策、目標、方針以及最佳可行「淨源節流」技術、手段之實施, 分析我國於即將到來的 2030 應有能源結構, 包括全國能源消耗和二氧化碳排放, 以及相對今日的節能減碳成效。我們得到的結論是: 依據政府能源政

策或策略，確實能達到節能減碳目標。綜合上面本文論述，在台灣四大排碳部門：電力、工業、住商與運輸，充分使用「淨源節流」與「低碳基礎建設」兩大策略下，將可造就真正的低碳台灣，達成全球嚴峻的排碳標準，善盡全球地球村一份子的責任。

但是要達成此一低碳台灣遠景，我們必須兼顧若干實際境遇與考量，以下是我們具體而微地所提出的三項注意要點。

- (一) 「提高能源價格」是一種「棒子策略」。過去，台灣倚賴低價能源，在以出口為導向的經濟結構裡，藉以賺取微薄利差。但是，近年來，由於第三世界經濟體的崛起，我們無法再以低廉勞力與能源，作為我們對外出口貿易競爭力。在產業方面，我們必須改變能源結構，生產高附價值的產品。因此，提高能源價格，將可促使國內產業結構升級，以高獲利的產品為企業營運目標，更可喚起民眾節能意識，改正以往使用高耗能產品的習慣。雖然提高能源價格可能會造成一時的不便，但卻是國家永續繁榮經營的必經之路
- (二) 電力與運輸是國家的命脈，兩者穩定流暢的供給和運作，更是促進民生福祉與經濟發展的關鍵因素。在不妨礙上述兩要素下，方可實施「淨源節流」與「建構低碳基礎建設」的節能減碳措施與方針，否則將會因噎廢食、本末倒置。

「訂定能源效率標準」與「實施獎勵補貼措施」是一種「蘿蔔策略」。由於「低碳台灣」是一項屬於國家階層的願景，國有國法，家有家規，明白訂定能源效率標準，讓執行公務人員、民眾與企業方有可遵循的尺規，

表7. 商辦部門節能設備節能潛力一覽表

(使用標準：美國能源之星)

	百貨 公司	量販店	便利 超商	醫學 中心	診所	旅館 飯店	辦公 大樓	教育 服務業	運輸 倉儲業	水電 燃氣類	通信業	娛樂 服務業	耗電小計 (億度)	耗電占 比 (%)	能源之星設備 節能潛力 (%)	節能量 (億度)
空調設備	5.89	3.48	3.92	10.23	2.20	15.13	23.29	14.37	11.91	0.71	5.36	4.67	101.15	30.22%	49%	49.56
照明設備	4.03	2.33	2.66	4.23	2.63	8.28	12.59	14.60	3.11	0.71	1.40	2.04	58.61	17.51%	39%	22.86
冷凍冷藏設備	0.61	1.41	2.92	0.55	1.55	2.20	0.43	0.82	0.03	0.02	0.01	0.26	10.81	3.23%	30%	3.24
插座設備	0.97	0.44	2.57	2.44	0.35	1.69	6.24	2.07	3.74	0.13	1.68	0.68	23.01	6.87%	28%	6.44
送排風設備	0.58	0.36	-	0.93	0.26	1.59	2.23	0.97	0.53	0.84	0.24	0.43	8.95	2.67%	17%	1.52
給污水設備	0.42	0.21	-	0.76	0.26	1.72	2.12	1.55	0.47	7.72	0.21	0.71	16.15	4.82%	32%	5.17
電 (扶) 梯設備	0.79	0.50	-	1.07	-	1.76	3.42	1.27	0.60	0.00	0.27	0.38	10.05	3.00%	50%	5.03
其他設備	0.58	0.38	0.13	0.86	0.57	1.42	3.91	1.33	11.06	8.44	4.98	1.03	34.70	10.36%	24%	8.33
耗電小計 (億度)	13.85	9.12	12.20	21.04	7.82	33.78	54.28	36.98	31.43	18.60	14.14	10.21	263.45	78.70%	39%	102.15
耗電占比 (%)	4.14%	2.72%	3.64%	6.29%	2.34%	10.09%	16.22%	11.05%	9.39%	5.55%	4.22%	3.05%	79%	-	-	-

表 8. 我國六大產業耗能與排碳結構

項次	指標	產業耗能/工業部門占比		溫氣排放量	全國產值	能源密集度	排放密集度	節能潛力		減排潛力	主產品	主要耗能製程
	產業別/單位	10 ³ kloe	%	Mt CO ₂	億元	loe/千元	kgCO ₂ /千元	10 ³ kloe	%	Mt CO ₂		
1	石化	30,739.4	47.5	21.9	20,700	14.85	10.58	4,057.6	13.2	10.40	乙烯	蒸餾
2	鋼鐵	6,028.9	9.3	11.8	14,187	4.25	8.32	735.5	12.2	1.89	粗鋼	高爐還原氧化鐵
3	紡織	2,203.9	3.4	3.7	4,280	5.15	8.64	440.8	20.0	1.13	化纖	造纖、紡紗、染整
4	水泥	1,827.2	2.8	5.2	362	50.48	143.65	389.2	21.3	1.00	水泥	熟料鍛燒、研磨
5	半導體	1,617.3	2.5	4.1	16,158	1.00	2.54	436.7	27.0	1.12	積體電路	無塵室空調
6	造紙	1,329.7	2.0	2.5	1,679	7.92	14.89	269.9	20.3	0.69	紙匹	製漿、抄紙
小計		43,746.4	67.5	49.2	57,366	7.63*	8.58**	6,329.7	14.5	16.22		

註：1 × 10³ kloe = 10.47 GWh；熱電轉換效率=0.4；電力排放係數=0.612 kg-CO₂/kWh。*：2010 年全國平均值為 8.46 loe/千元。**：2010 年全國平均值為 7.71kgCO₂/千元。

表 9. 我國陸上運輸節能量分析與方案評估

年份		2010 年				2030 年						
		技術與情景	單位能耗	運量	耗能	節能措施	單位能耗	相對 2010 年之 2030 年運輸節能情景	運量	耗能	節能	
	能耗、運量單位	-	LOE/p-km	百萬人公里	MLOE	-	LOE/p-km	-	百萬人公里	MLOE	MLOE	
載人運具	機車	內燃機	0.0241	66,795	1,610	軌道化與 電動化	0.0124	減少運量轉至捷運，80%電動化	54,579	804	805	
	小客車	內燃機	0.054	99,394	5,367		0.027	減少運量轉至台鐵與高鐵，80%電動化	58,312	1,942	3,425	
	大客車	內燃機	0.024	15,843	380		0.016	80%電動化	15,843	279	101	
	台鐵	60%滿載率	0.011	8,998	99	增加運	0.007	運量增為滿載 1.8 倍	26,995	189	-90	
	捷運	台北	88%滿載率	0.011	4,237	47	量：滿載、	0.01	運量增為滿載 3 倍	14,445	144	-98
		台中	-	-	-	-	增加班	0.01	運量增為 2020 年 2 倍	1,004	10	-10
		高雄	50%滿載率	0.027	201	5	次、增加路	0.01	運量增為滿載 3 倍	1,205	12	-7
	高鐵	49%滿載率	0.015	7,491	112	線	0.0075	運量增為滿載 2 倍	30,576	229	-117	
	其它	-	-	88	40	-	-	-	88	84	-44	
	小計	-	-	203,047	7,661	-	-	-	203,047	3,694	3,967 (-51.8%)	
貨運	能耗、運量單位	LOE/t-km		百萬噸公里	MLOE	-	LOE/t-km	-	百萬噸公里	MLOE	MLOE	
	台鐵	0.025		873	22	增加運量	0.025	增加來自營運大貨車 80%的運量	41,983	1,050	-1,028	
	大貨車	0.046		57,614	2,650	軌道化	0.025	營運運量 80%轉為台鐵	16,503	759	1,891	
	小貨車	0.18		2,900	522	油電混合	0.1439	運量 80%轉為油電混合	2,900	438	84	
	小計	-		61,387	3,194	-	-	-	61,387	2,247	947 (-30%)	
合計		-		-	10,855	-	-	-	-	5,941	4,914 (-45.3%)	

資料來源：經濟部能源局、2010 年能源產業技術白皮書、交通部統計處與運研所。

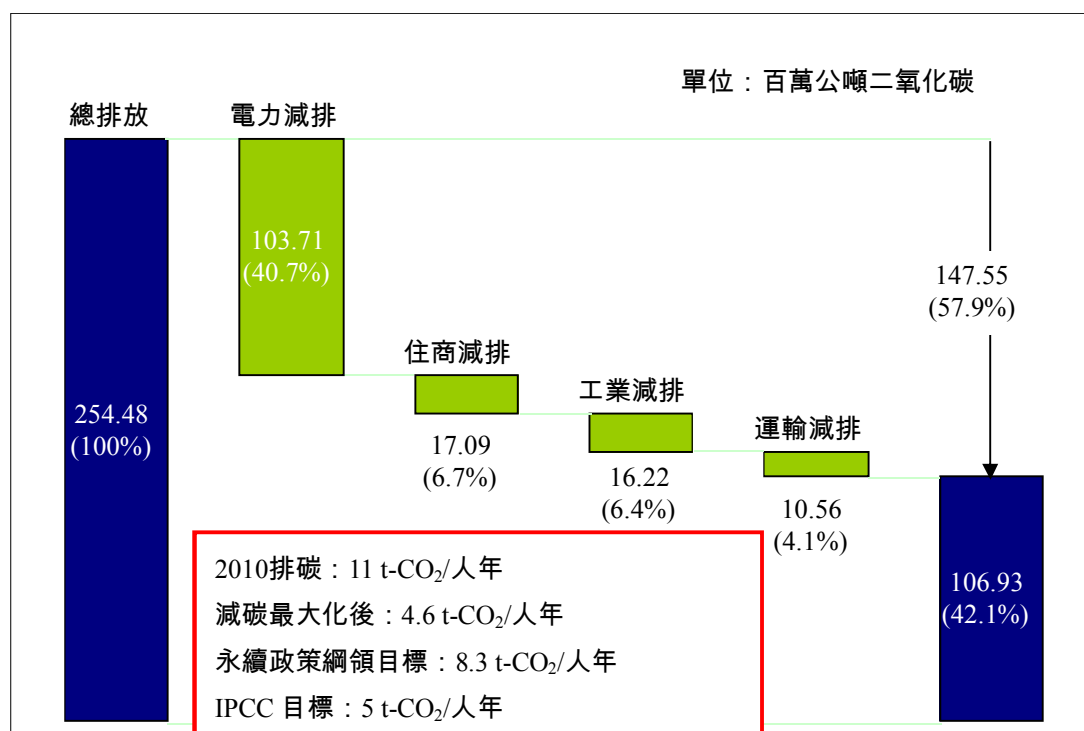


圖 2. 我國總體減碳規模

(三) 方可在堅定的信心下，朝著既有節能減碳目標邁進，另外，實施獎勵補貼措施更是相輔相成、激勵民氣的不二法門。

參考文獻

- 經濟部能源局 (2011a)。能源統計手冊。
- 經濟部能源局 (2011b)。「IEA公布2009年全球碳排放量 臺灣名次較去年改善」，
http://cdnet.stpi.org.tw/techroom/policy/2011/policy_11_046.htm (Accessed Date: 2012.8.1)
- 經濟部能源局 (2011c)。「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計分析」。
- British Petroleum (2011). “BP Statistical Review of World Energy.”
http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf (Accessed Date: 2012.7.31)
- Canadell, J.G. *et al.* (2007). “Contributions to Accelerating Atmospheric CO₂ Growth from Economic Activity, Carbon Intensity, and Efficiency of Natural Sinks.” *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 104: 18866–18870.
- Chen, F., S.M. Lu, K.T. Tseng, S.C. Lee, and E. Wang (2010). “Assessment of Renewable Energy Reserves in Taiwan.” *Renewable and Sustainable Energy Review*, 9: 2511-2528.

- Metz, B., O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, and L.A. Meyer (eds.) (2007). "Climate Change 2007: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change." Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Pearson, P.N. and M.R. Palmer (2000). "Atmospheric Carbon Dioxide Concentrations Over the Past 60 Million Years." *Nature*, 406: 695-699.
- Siegenthaler, U. *et al.* (2005). "Stable Carbon Cycle-Climate Relationship during the Late Pleistocene." *Science*, 310: 1313-1317.
- United Nations: Department of Economic and Social Affairs (2004). World population to 2300, <http://www.un.org/esa/population/publications/longrange2/WorldPop2300final.pdf> (Accessed Date: 2012.8.13)
- Vermeer, M. and S. Rahmstorf (2009). "Global Sea Level Linked to Global Temperature." in *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 106: 21527-21532.

推動低碳永續家園的障礙與融資機制¹

黃宗煌（台灣綜合研究院副院長）

葉俊宏（環境保護署綜合計畫處處長）

單珮玲（淡江大學會計系助理教授）

蔡玲儀（環境保護署綜合計畫處副處長）

林書吟（台灣綜合研究院高級助理研究員）

一、前言

由於溫室效應、能源價格飆漲、金融風暴、及糧食安全等四大危機，各國自 2009 年起紛紛推行「綠色新政」(Green New Deal)，積極發展潔淨低碳能源、建構低碳社會、追求綠色經濟成長和綠色就業，期能透過全民減碳，落實減碳目標。在實際推動過程中，最關鍵的問題在於所需資金不少，可用資源卻甚為有限，致使融資取得成為推動低碳永續家園及綠色經濟成長的主要障礙之一。

政府自 2008 年起即揭示一系列的節能減碳計畫與方案，並在 2009 年「全國能源會議」中宣示朝向「低碳永續家園」邁進，將「節能減碳」列為重大施政議題；行政院節能減碳推動會並於 2010 年 3 月通過「國家節能減碳總計畫」，將「打造低碳社區與社會」列為十大標竿計畫之一，透過建立「低碳城市」，以帶動「低碳文化」，營造民眾「低碳生活」，創造「低碳經濟」，達成「低碳社會」願景。此外，黃金十年中之國家願景的永續環境更明確揭櫫「節能減碳」、「生態家園」、「災害防救」等施政主軸的策略和目標。爰此，環保署於 2012 年積極展開「低碳永續家園」的推動，成立 10 大運作機能（見圖 1），各設「中央技術與資訊諮詢小組」，並與縣市政府成立之「地方政府方案推動與協調小組」構成整合平台，輔導村里社區進行生態綠化、建築節能、設備節能、再生能源、綠色運輸、低碳生活、資源循環及防救災調適等工作。

不過，「低碳永續家園」所涵蓋的範圍極廣，所涉業務領域甚多，所面臨的問題及障礙更是不一而足。因此，本文第二節首先從政府財政能力、現有融資問題、及住家的困境等層面，分析當前推動低碳永續家園的障礙。第三節則以英國為例，說明其所推動的各項節能減碳政策及融資機制，尤其是立基於 2011 年能源法（Energy Act 2011）所推動之「綠色協議機制」(Green Deal scheme, GD) 與「能源公司責任」(Energy Company Obligation, ECO)、為中央與地方建立融資夥伴關係的「Salix 能源效率循環基金」(Salix Energy Efficiency Recycling Fund)、以及普

¹ 本文內容不代表環保署立場，任何繆誤，純屬作者之責。

於 2012 年底成立的「綠色投資銀行」(Green Investment Bank)。第四節則就我國推動低碳永續家園的融資機制提出短、中、長期的藍圖，最後則就我國推動低碳永續家園的融資方式提出具體建議。

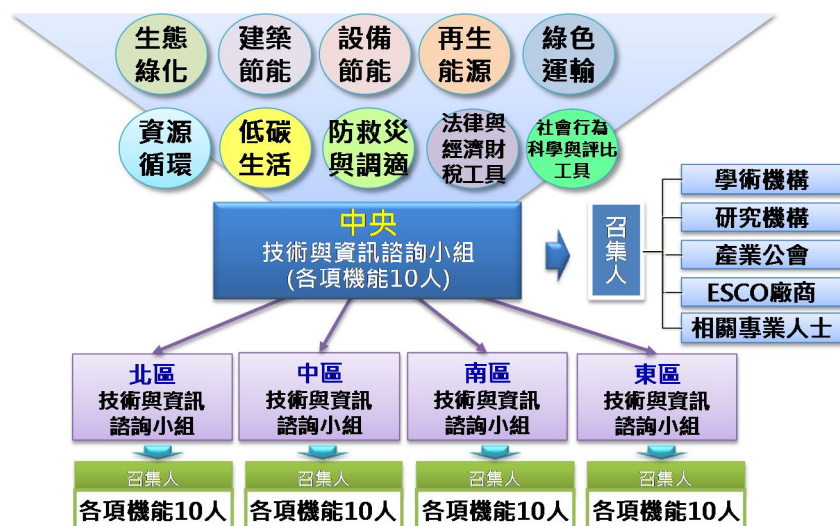


圖 1. 環保署推動低碳永續家園之運作機制與平台

二、推動低碳永續家園的障礙

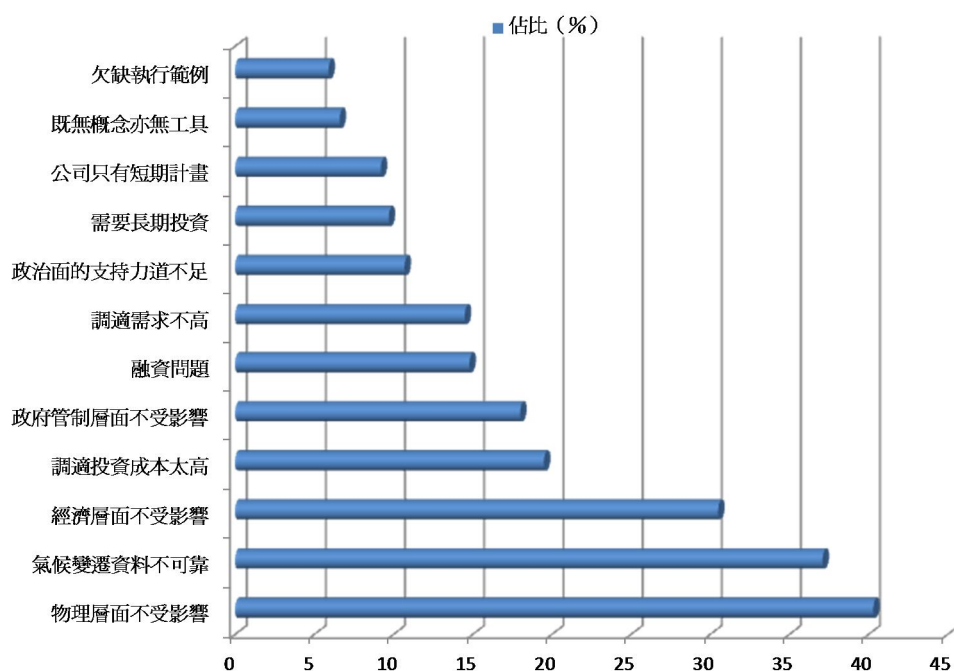
我國推動低碳永續家園所面臨的障礙主要可分為以下四類：(1)財政困境、(2)融資困境、(3)法規困境、以及(4)成本效益等。事實上，這與其他先進國家在推動低碳社區與低碳城市的經驗並無二致。例如 Bardt (2012) 指出，在受氣候變遷衝擊之地區的德國企業，其於推動調適策略時的主要障礙包括「投資成本太高」、及「融資問題」等（見圖 2）；而地方政府所面臨的主要障礙則如圖 3 所示，其中「欠缺財務資源」即屬最關鍵的問題。由此可見，為地方政府、社區、及相關企業研擬適當可行的融資機制，是至關重要的課題。

本節分別從政府財政（包括中央政府及地方低碳示範城市）、融資機制（以能源服務公司（energy service company, ESCO）、及住家處境等三個面向為例，分別說明當前的困境如下。

（一）政府財政困境

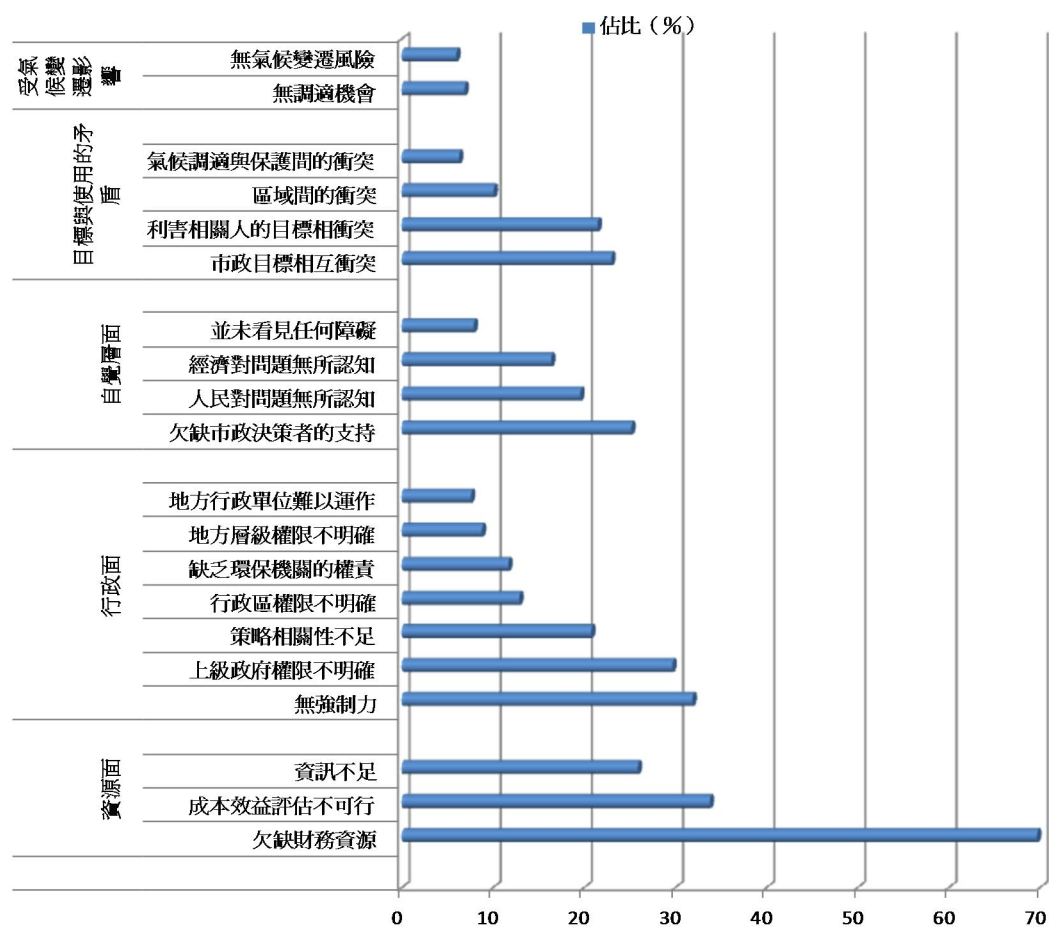
1. 中央政府

統計資料顯示，中央政府的各項財政指標均有惡化現象，茲說明如下：



資料來源：Hubertus Bardt (2012). “Approaches to adaptation in Germany.”

圖 2. 德國企業界推動調適策略的障礙

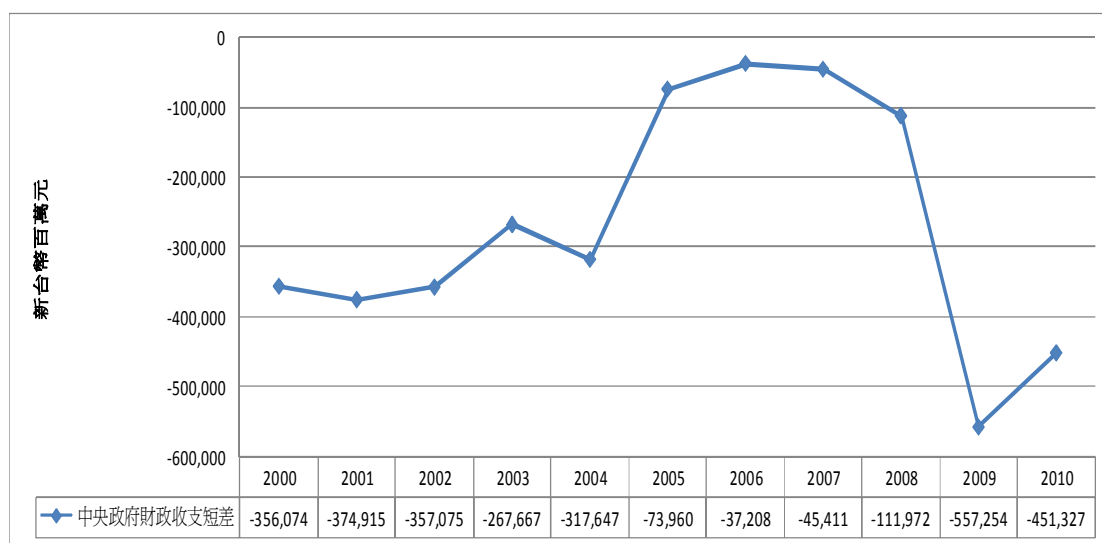


資料來源：同圖 2。

圖 3. 德國地方政府推動調適策略的障礙

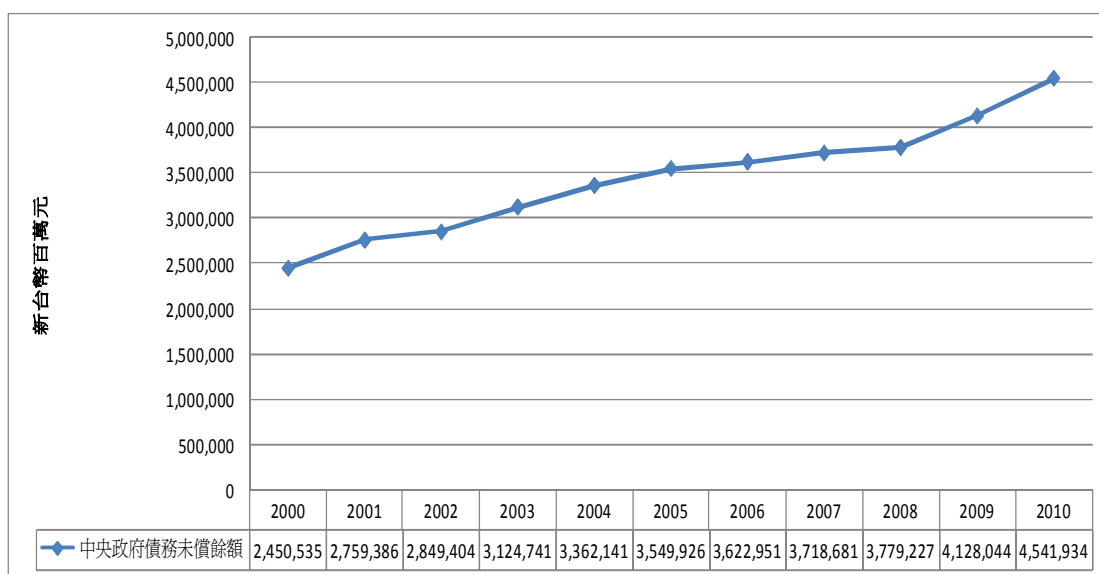
(1) 財政收支短差惡化：中央政府自 2000 年以來，財政收支一直呈現短差現象，由圖 4 顯示，2000 年至 2007 年財政赤字雖有逐步改善，但自 2008 年受到全球金融海嘯的重創，政府收支差距急速擴大，財政赤字已由 2008 年的 1 千多億元，攀升至 2009 年的 5 千多億元，2010 年則略下降為 4 千多億元。

(2) 債務未償餘額不斷攀升：歷年來中央政府財政赤字持續惡化，導致政府每年舉債呈現遞增趨勢，債務未償餘額逐年累增（見圖 5），平均每年增加 2 至 3 千億元。2010 年底債務未償餘額已達 4 兆 5 千億餘元。



資料來源：行政院主計處（2012）；本文作者製圖。

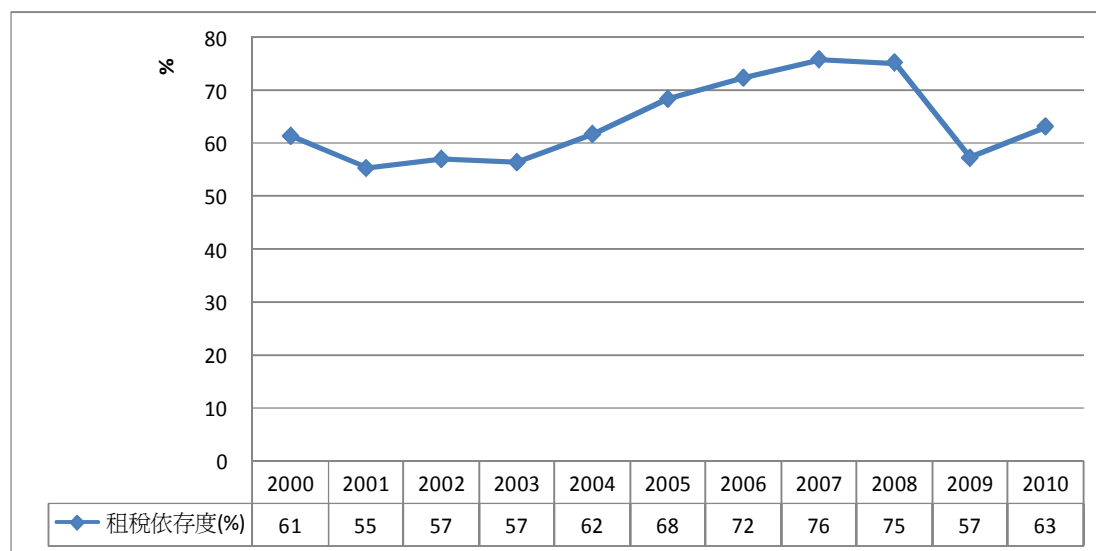
圖 4. 中央政府之財政指標：財政收支餘絀



資料來源：同圖 4。

圖 5. 中央政府之財政指標：債務未償餘額

(3) 租稅依存度偏低：政府歲出的主要財源理當來自稅收，但中央政府在 2000～2010 年間之租稅依存度（亦即稅收占全年歲出比例）平均只達 60%，2008 年底受到全球金融風暴的影響，致使 2009 年更大幅下降為 57%（見圖 6）。未來能否逐年回復到應有水準，猶具不確定性。由此可見，中央政府長期以來均面臨稅收不足以支應全年度歲出之窘境。



資料來源：同圖 4。

圖 6. 中央政府之財政指標：租稅依存度

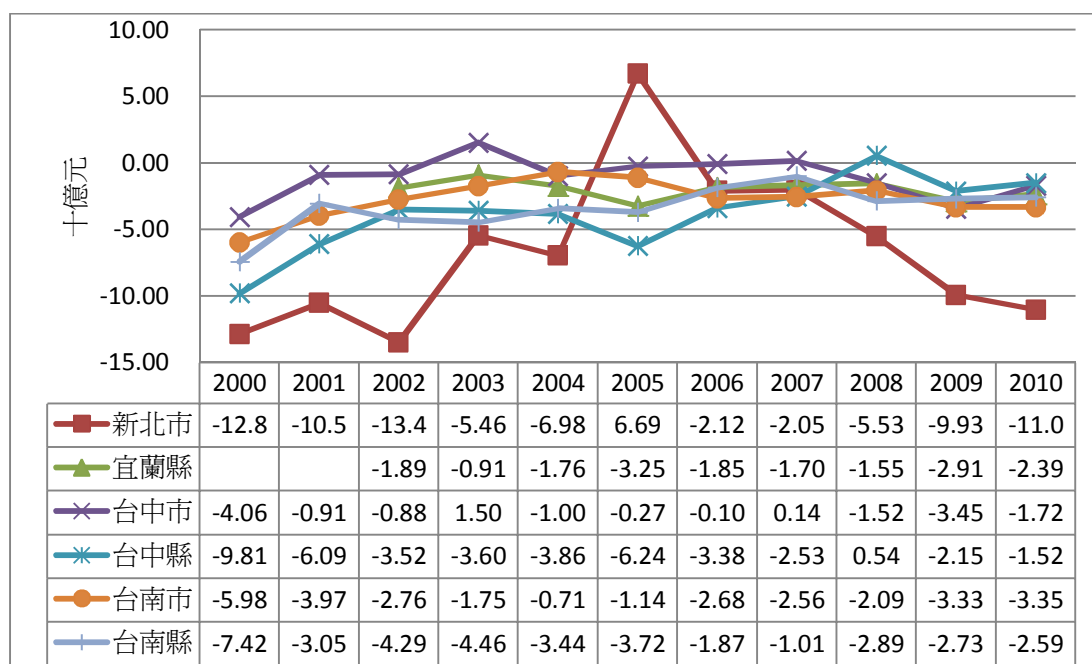
2. 低碳示範城市

此處以新北市、原台中市與台中縣、原台南市與台南縣、及宜蘭縣等六個低碳示範縣市為對象，分析其於 2000 年至 2010 年的各項財政指標（包括財政收支短差、自有財源比例、債務未償餘額、租稅依存度、及補助依存度等），結果亦顯示惡化傾向：

(1) 財政收支餘絀：各縣市之自然環境迥異，工商發展程度不同，財政收支餘絀情況因乃各有所別，惟圖 7 顯示，自 2000 年以來，各縣市政府共同面臨的財政問題，在於財政收入不足支應其施政支出需求，造成不同程度的財政缺口，縱有出現財政盈餘的情況，（例如新北市政府 2005 年財政盈餘 6.69 百萬元、台中市 2007 年財政盈餘 139 百萬元、台中縣 2008 年財政盈餘 536 百萬元²），亦屬曇花一現，其餘各年均呈現財政短絀現象，尤其是在 2008 年全球金融海嘯發生以後，各縣市政府歲入規模大幅下降，普遍出現財政赤字，其中尤以新北市最為嚴重。

(2) 自有財源比率：台灣地方財政困難的關鍵在於地方政府支出成長快速，

² 台中縣於 2008 年爭取自中央政府的補助款大幅成長，故其財政盈餘優於其他縣市（見圖 11）。



資料來源：各縣市政府主計處（2012）；本文作者繪製

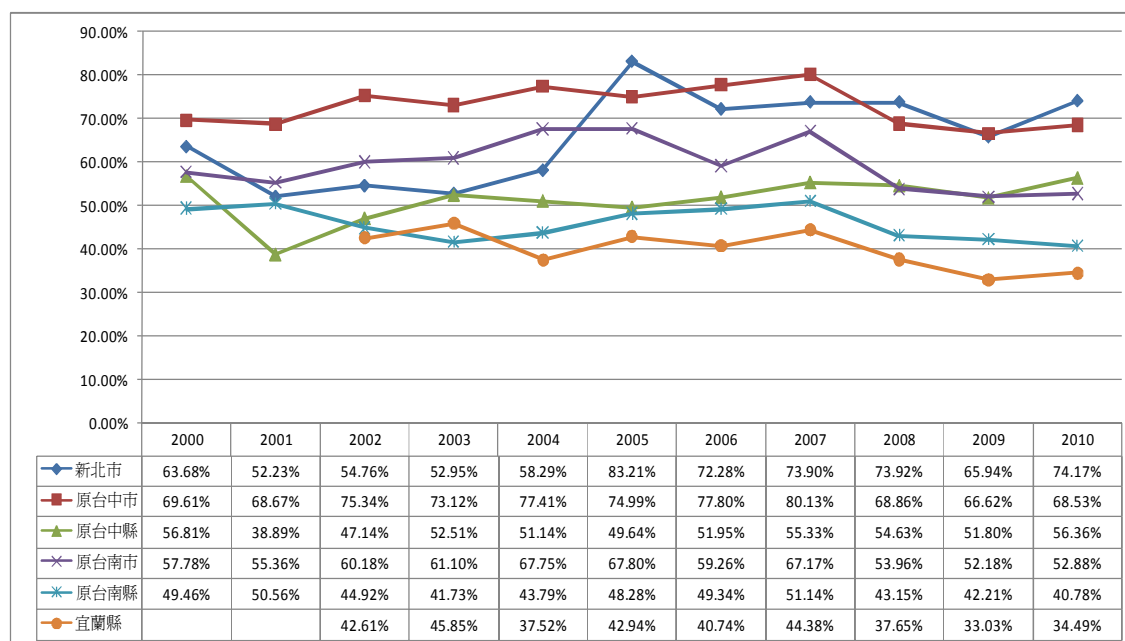
圖 7. 低碳示範城市之財政指標：財政收支短差

自主財源不足。觀察低碳示範城市近 10 年來自有財源占歲出比率，表現最佳的為台中市平均為 72.83%，其次新北市為 65.94%、台南市為 59.58%，台中縣為 51.47%，至於台南縣及宜蘭縣均不及 50%（如圖 8 所示）。由於各縣市入不敷出，導致重大地方資本建設須依賴上級政府補助，而未來為執行低碳家園的各項措施，亟需設計足以提高地方政府自有財源的合理機制，並提升支出效率。

（3）債務未償餘額：近 10 年以來，由於各低碳示範縣市的財政赤字持續惡化，每年舉債數呈現遞增趨勢，致債務未償餘額佔歲出比例不斷攀升（見圖 9），除台中市維持在較低水準外，其餘各縣市均居高不下（宜蘭現在 2010 年更高達 129%）。未來推動低碳永續家園的各項計畫後，如未能創造足夠的營收效益，情況勢必持續惡化。

（4）租稅依存度指標：低碳示範城市在 2000～2010 年間之租稅依存度顯示，各縣市因地區發展不均衡，其稅收財源占全年歲出之比例亦存在極大差異性；例如台中市的租稅依存度平均為 58.30%、新北市為 50.15%、台中縣為 41.87%、台南市為 49.18%、台南縣為 39.07%、宜蘭縣為 31.40%（見圖 10）。由此可見，租稅依存度超過 50%的縣市只有新北市和台中市。

（5）補助依存度指標：由於大多數低碳示範城市自有財源占歲出比例，不僅偏低，且有逐年下降趨勢，在財政自主性普遍偏低情況下，導致地方建設的經費來源長期需仰賴中央補助，無法自給自足。依據 2000～2010 年各縣市政府統計資

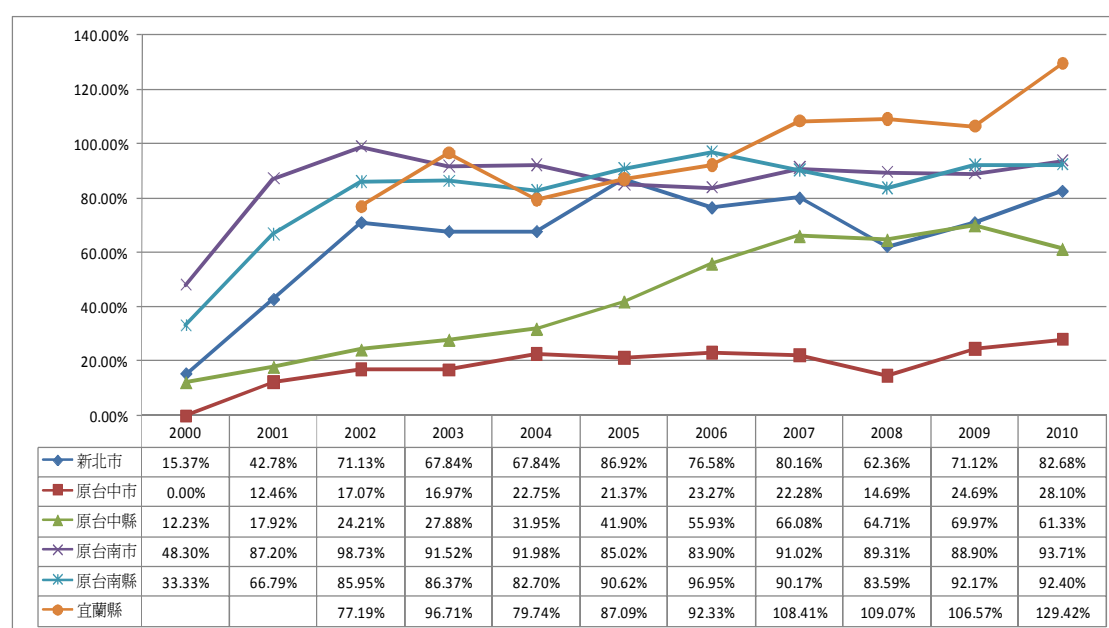


資料來源：同圖 7。

註：自有財源比率=〔(實質收入+移用以前年度歲計賸餘)/歲出〕×100

實質收入=稅課收入+營業盈餘及事業收入+規費、罰款及賠償收入+財產收入+其他(捐獻及信托管理、工程受益費及雜項收入)

圖 8. 低碳示範城市之財政指標：自有財源比率

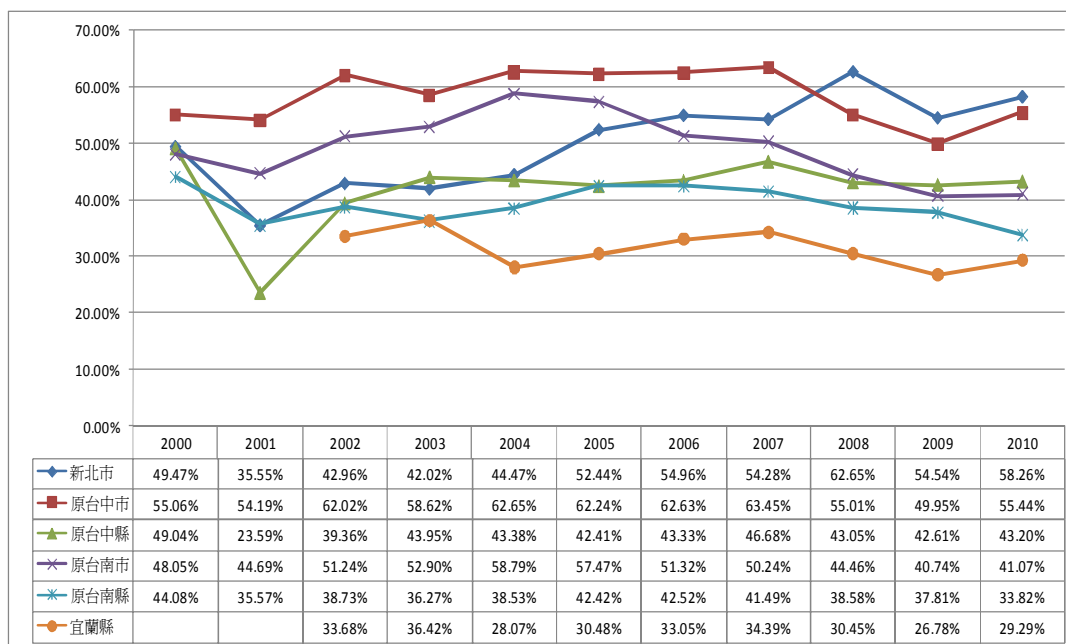


資料來源：同圖 7

圖 9. 低碳示範城市之財政指標：債務未償餘額佔歲出比例

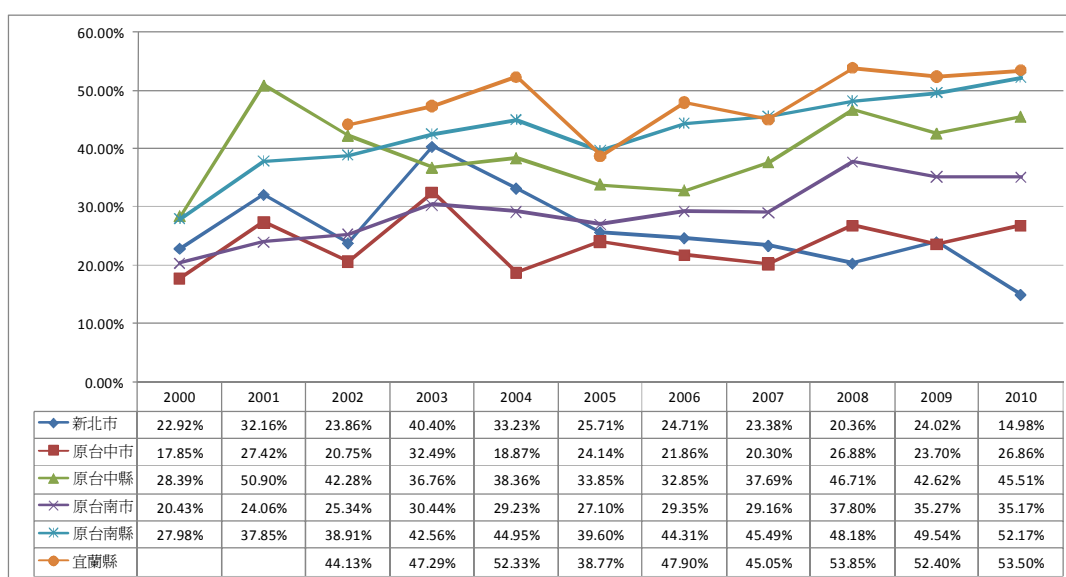
料，顯示各低碳示範城市的歲出長期依賴中央補助款；圖 11 顯示，除新北市政府歲出的補助依存度呈現下降趨勢以外，其餘縣市政府均為上升趨勢。再由各縣市的平均值來看，台中市政府依賴中央補助款程度較低平均為 23.74%，其次新北市

為 25.98%、台南市為 29.40%；至於，台南縣已高達 42.87%、宜蘭縣更達到 48.36%。



資料來源：同圖 7

圖 10. 低碳示範城市之財政指標：租稅依存度



資料來源：同圖 7。

圖 11. 低碳示範城市之財政指標：補助依存度

由以上說明可見，各縣市政府近 10 年來均面臨財政赤字惡化、債務未償餘額攀升、自有財源不足、租稅依存度偏低，以及高度依賴中央補助款的窘境。再者，依現行台灣發展低碳城市之操作模式來看，大都是由中央主管機關提撥經費補助各縣市，中央補助款一去無回，地方用之於補助節能減碳計畫後，亦無成本回收

機制，同樣有去無回。如此操作模式並不符合融資永續性的理念，無法徹底改善地方政府的財政困窘問題，更將成為推動低碳永續家園的最大絆腳石。因此，未來的融資機制，不僅要跳脫長期依賴補助的巢臼，更須根據「黃金法則」(Golden Rule)³、自償性、以及永續性等三大原則來建置。

我國於 2011 年元月正式進入新六都的地方政府時代，而新六都政府亟需推動更觀瞻的市政建設與都會治理，未來財政支出遽增實可預期，而財政治理效率猶有改善空間。為提高六都的財政自主性和經費運用效率，財政資源的重劃分、鼓勵開源節流、有效率地運用與整合資源均屬當務之急，中央與地方政府間更應加強合作，建立財政紀律，並強化監督與負責機制（徐仁輝、鄭敏惠，2011）。

（二）ESCO 的融資困境

ESCO 係以「節能績效保證」的方式，與能源用戶簽訂節能改善契約，並依約提供能源診斷、改善評估、工程設計規劃、施工監造、資金籌措與財務計畫等整體性服務，執行專案投資項目，並以適當方法或程序確證節能效益。ESCO 的精神在於「有節能並省錢後才付費」，故在契約有效期間所獲得的節能效益，優先歸屬於 ESCO，用以償付節能工程之資本成本及銀行貸款利息；契約期滿後的節能效益，則全部歸屬於能源用戶。

藉由 ESCO 來推動節能減碳固有其利基，但因我國 ESCO 具以下特性而致融資障礙重重，相關業務推廣成效不如預期：

（1）節能減碳專案的成本規模大：依內政部營建署統計，2010 年全國公寓大廈管理組織有備案之社區共有 3.1 萬個，其公共用電量每年 62 億度，社區改善專案所需金額高達 140 億元。惟國內 ESCO 業者多屬中小企業，資本額不高，易有資金不足的問題。

（2）節能工程的期初資本成本高，回收期長（大多需要 5 至 7 年才有可能全部回收），投資報酬率不高，其中電價低而影響節能效益、以及可行之節能空間有限等因素均為主因。

（3）由於 ESCO 之投資績效主要是反映在節能效益上，並無實體的產品，以預期的節能效益向銀行融資，往往難獲認可；再者，ESCO 大都為中小企業，提供

³ 此處所稱的「黃金法則」係源自英國所推動的「綠色協議機制」，意指：節能改善措施的成本不能超過該措施所能衍生的節能效益，而完全償付成本所需的時間，也不能超過投資設施的生命有效期限。

足夠之實物擔保品的能力不足，貸款不易，利率也較高。

(4) ESCO 的體制未臻完善，組織成員良莠不齊，對能源用戶及金融機構而言，均存在一定的風險，不僅用戶信心不足，一般金融機構的融資意願也不大。

此外，為確保 ESCO 及相關設備品質、施工裝置的服務，亦有待政府建立具有公信力的供應商及設備認證制度。

(三) 住家推動節能減碳措施的障礙

英國的「能源與氣候變遷部」(UK Department of Energy and Climate Change, 2010)指出，一般住家在採行能源效率改善措施時，也面對多種障礙如下：

(1) 資訊不足：許多用戶（特別是能耗量較少的住家）不知道有哪些措施或投資可以有效地減少能耗量及其支出。

(2) 不正確的價格信息：住家的能源需求決策通常不會考慮能源使用所衍生的外部效果 (externality)，而能源價格也未能適度地反映這些外部效果，例如燃料與電力之附加價值稅 (VAT) 的稅率 (5%) 遠低於許多節能設備的 VAT 稅率 (20%)。

(3) 融資不易：尤其是改善能源效率所需的先期資本成本 (upfront capital cost) 較高時，住家往往因不易取得融資而選用成本較低、節能效果較差的設備與服務。

(4) 契約問題：在執行改善能源效率時，房屋的所有權人 (屋主)、租賃人、以及提供服務的業者 (如 ESCO) 之間的合約關係，往往涉及許多不同的狀況，利益也有衝突之處。這等複雜的合約關係有時令能源用戶裹足不前。

(5) 技術不足：有些住戶也因無法取得專家或相關機關適時地提供關於改善能源效率的專業諮詢與技術資訊，以致無法執行必要的投資。

(6) 不確定性：改善能源效率的初期資本成本不僅要經過相當長期才能經由節能效益予以回收，而且效益也受能源價格、能源政策等因素之不確定性的影響，致使用戶投資意願不高。

政府對於住家進行節能減碳的工作一向積極，除推動節能標章、電器能效分級等多種管制措施之外，亦採取電價折扣、直接給付等多元化的鼓勵性補貼。這些做法簡易可行，消費者可立即直接受惠；相對而言，住家對 ESCO 所執行的整體性和結構性的節能措施，在認知度和接受度上則面對上述許多障礙，尤其是施

工後未能像補貼一樣地及時得到節能效益，因此，如何設法降低節能計畫的複雜性與施工對居家生活造成的不便性，同時又可提高完工後的環境美觀與舒適性，誠乃 ESCO 與相關業者需要協力克服的問題。

三、英國推動節能減碳的機制

英國是國際上最早立法管制溫室氣體的國家，並針對低碳永續家園的各面向持續推動許多方案（見沈世宏，2012；黃宗煌等人，2012），本節除了根據最新資訊進行補充之外，將深入說明「綠色協議機制」（Green Deal scheme, GD）與「能源公司責任」（Energy Company Obligation, ECO）、以及多種融資機制。

（一）推動「碳排放減量目標」（The Carbon Emission Reduction Target, CERT）

英國的「瓦斯法」（Gas Act 1986）、「電力法」（Electricity Act 1989）、「公共設施法」（Utilities Act 2000）、「氣候變遷與永續能源法」（Climate Change and Sustainable Energy Act 2006）、以及「氣候變遷法」（Climate Change Act 2008）⁴均賦予國務卿可經由「命令」（order）的方式，要求電力及瓦斯供應業者降低碳排放量，並達到特定的減量目標。

由於英國的家庭能源消費量占全國能耗量的比例將近 30%，能源消費支出每年高達 200 億英鎊，故為政府達成國家減量目標⁵與「碳預算」（Carbon Budgets）所著重的部門之一。英國在 2002～2008 年間，即要求供應商做出「能源效率承諾」（Energy Efficiency Commitment），但自 2008 年 4 月 1 日起，則根據 2008 年的「電力與瓦斯命令」（Electricity and Gas Order，於 2009 年修訂），針對擁有 5 萬名以上住家用戶的能源供應商（包括瓦斯與電力業者）賦予減碳義務，並訂定具體的減量目標，此即所謂的「碳排放減量目標」（CERT），惟業者可自由選擇達成減量義務的策略，例如為用戶提供各種足以改善能源效率或降低能源消費的措施（包括補貼、推廣微型發電等）。

CERT 原訂至 2011 年 3 月 31 日止之總減碳量為 185MtCO₂；但前項命令在 2010 年再度修正，故 CERT 乃延期至 2012 年 12 月底止，而總減碳量則預計再增加 108MtCO₂；之後則以「2011 年能源法」（Energy Act 2011）為基礎，改用 GD 與

⁴ 英國政府為有效降低國內的污染排放量，並確保其現行與未來的減排目標符合國家承諾，爰於 2008 年制定「氣候變遷法案」（Climate Change Act），設立「能源暨氣候變遷部」（The Department for Energy and Climate Change, DECC），用以取代 Defra，主管國家節能減碳的職掌。

⁵ 英國政府在簽署京都議定書時承諾在 2008 至 2012 年間減碳 12.5%（相對於 1990 年的水準），而根據 2008 年之氣候變遷法，在 2050 年碳排放量將更進一步減至 1990 年的 80%。

ECO 取代之。

(二) 推動「住家節能方案」(Home Energy Saving Program, HESP)

鑑於能源稀少性、油價上漲、及氣候變遷等問題，亟須在業界、住家、及政府間建立負責任的夥伴關係，藉以節約能源，減少能源支出，英國首相 Gordon Brown 乃於 2008 年 9 月 11 日宣佈推出一項「住家節能方案」，內含幾種重要的節能措施（見表 1），總預算金額高達 10 億英鎊，用以協助低所得、高脆弱度、以及老年家庭永久性的減少能源支出；為使各家庭認識此一新方案，英國政府曾利用國家電視台及平面媒體廣為宣傳。

表 1. 英國「住家節能方案」所包含的措施項

措施名稱	措施內容	適用對象
● 推動「社區節能方案」(Community Energy Saving Program) (3.5 億英鎊)	● 要求瓦斯及電力之供應商（含發電業者）在實施期間達成減排目標（9.625mt，比 CERT 的減排目標增加約 20%），並為低所得地區之家庭（根據 Indices of Multiple Deprivation 予以界定；在英格蘭以最低之 10% 為對象，在蘇格蘭及威爾斯則以最低之 15% 為對象，目前共約涵蓋 4500 個社區）提供節能措施。 ● 經由社區沿街徵詢方式，由業者就中央供暖或能源效率措施（包括強化牆壁絕緣、購買省電燈泡、燃料轉換、使用智慧電表、節能插座等）提供免費或折扣優惠給有資格的家庭（所有家庭的能源價格一律折價 50%，低所得及老年人則全部免費）。 ● 要求業者鼓勵用戶改用「直接付款」方式來付費（取代費率較高之預付電表），以節省能源支出（每戶家庭的瓦斯費及電費可因此分別節省 92 及 64 英鎊）。 ● 業者除依原有 CERT 年支 28 億英鎊之外，將因本方案而額外年增 9.1 億英鎊的支出，用以節約能源，長期投資新的低碳基礎設施，降低能源價格等。	● 自 2009 年 9 月 1 日起生效，同年 10 月 1 日起施行，直至 2012 年 12 月 31 日止（之後以 GD 及 ECO 取代之）。 ● 客戶達 5 萬戶以上之瓦斯及電力供應商，及年發電量達 10TWh 之發電業者皆為列管對象。
● 增加政府的「溫暖前線方案」(Warm Front Program) 的經費（未來兩年新增 0.74 億英鎊）	● 為一般家庭提供專款補助，改善住家的能源效率。 ● 為低所得家庭及退休人員提供免費中央供暖、能源效率改善措施，降低能源支出負擔，並創造工作機會。	● 低所得家庭及老年人（每戶最高受益可達 2700 英鎊），受益家庭增加 4 萬戶，節省能源支出達 180 英鎊/年。 ● 自 2013 年 1 月 19 日起停止實施。
● 燃料貧困方案 (Fuel Poverty Program) (6 億英鎊)	● 政府主動發放「冬季燃料補助費」(Winter Fuel Payment, WFP) 給老年人，80 歲以上者每人 100 英鎊；但 2013 年起則提高為 300 英鎊。 ● 如果溫度在 11 月 1 日至 3 月 31 日期間低於 0 度連續達	● 1951 年 7 月 5 日前（含）出生的老年人皆可享有 WFP（但有些情況例外）；在 2012

	7 天，低收入戶及老年人每次可再獲享 25 英鎊（此即 Cold Weather Payment, CWP）。 ● 能源供應業者也配合提供燃料費折扣。	年 9 月 23 日達 80 歲以上者可獲較高補助。 ● 在低溫情況下，低收入戶及老年人可獲 CWP。 ● 共有 60 萬戶家庭受惠，冬季之能源支出不會增加的用戶達四分之一。
--	--	---

資料來源：本文作者整理。

（三）實施「氣候變遷捐」與「氣候變遷協議」

為因應氣候變遷的問題，英國政府採納 Lord Marshall (1998)的建議，在 2001 年 4 月 1 日起針對非境內生產之能源產品開徵「氣候變遷捐」(Climate Change Levy, CCL)，應稅能源產品包括產業、商業與公共部門所使用之天然氣、電力、液化石油氣、煤炭、煤和焦煤等（已繳納貨物稅的商品則免徵），主要目的係為提升能源使用效率及降低溫室氣體排放量，而稅收主要用於減輕受規範廠商對勞工的社會安全及福利負擔，其他稅收則用於成立「碳信託基金」(The Carbon Trust)，用以補助企業或提供融資來提升能源效率。為避免重複課稅，氣候變遷捐只在零售端（downstream）課徵。

「氣候變遷協議」(Climate Change Agreements, CCA) 則是英國政府從 2001 年 3 月起⁶與 44 個產業協會所簽訂的協議（後續則增加了 14 個產業部門），主要的在於減輕產業所負擔的氣候變遷捐，以免過度衝擊產業競爭力。根據 CCA，只要個別業者在 2002 至 2010 年間能達到政府分期設定的 5 個節能減碳目標⁷，即可獲得一定額度的氣候變遷捐退費⁸。

參與 CCA 之能源密集產業須符合以下條件任一者：（1）能源成本份額（能源成本佔生產成本之比重）超過 10%者；（2）能源成本份額達 3%~10%，且該產品市場之進口品占比達 50%者（須由政府來認定）。

⁶ 主管 CCA 的政府機關因組織設置調整而迭有變更，2002 年由 Defra 負責行政，之後由能源暨氣候變遷部（DECC）負責（2008 年成立），自 2013 年 4 月 1 日起，則改由 Environmental Agency 負責。

⁷ 從 2001 年起每 2 年為一目標期，共訂有 5 期減量績效目標（各期之減量績效目標包括部門目標及個別廠商之減量目標等兩個層級），第 1 次目標期為 2002 年，第 2 至第 5 目標期分別為 2004、2006、2008 及 2010 年。每一目標期均出版評估報告，第 5 目標期的評估報告已於 2011 年出版。

⁸ 在 CCA 實施初期，所有應稅能源的退費比例一律為 80%，2011 年 4 月起則降至 65%，但從 2013 年 4 月起，能源密集之商業的退費率可達 65%，而電力業則提高為 90%。

由於製造業的特性不一，協議的種類也有所別，因此初期的協議大致上分為三類供列管之產業部門選擇：(1)第一類稱為「部門一體模式」(full sector model)；在此一模型下，只有一個減量績效目標，且必須在一個特定時間達成。不過，初期並無任何部門選擇此一模式。(2)第二類稱為「保護傘模式」(umbrella agreement)，除由產業部門與政府簽訂的協議之外，其下則附帶由次部門(sub-sectors)或個別廠商與政府簽訂的協議；在此一模式下，如果部門的目標達成，所屬的個別廠商全部被認定為達成減量目標，但是如果部門目標未達成，而有次部門或個別廠商達成目標者，則該次部門所屬之所有個別廠商、或個別廠商均可申請重新認證。(3)第三類與第二類類似，惟各產業部門對所屬個別會員的協議內容仍保有管理的權力。此類協議在初期只有 6 件。

就如何達成節能減碳目標的方式來說，各產業部門及個別業者均有相當多元的選擇，包括協議模式、減量目標的決定方式、參與排放交易（2002 年 4 月 1 日起施行）、減量額度貯存及抵換、風險管理等措施。

CCA 從 2013 年 4 月起進入新的階段，改由 Environmental Agency 主管行政業務，同時開始徵收「氣候變遷協議費」(Climate Change Agreement Charges)⁹，以支付制度運作所需成本。

由於英國在 2005 年起開始加入歐盟排放交易體系(EU ETS)，而第一階段(2005-2007)的 EU ETS 與第二階段(2008-2012)對於廠商是否可以退出(op-out)有不同規定，因此參與 CAA 之廠商的減量績效面臨了重複計算的問題。

(四) 實施「CRC 能源效率計畫」(CRC Energy Efficiency Scheme)

英國政府在「2007 年能源白皮書」(2007 Energy White Paper)中首度宣布「碳減量承諾」(Carbon Reduction Commitment, CRC)，並在 2008 年的「氣候變遷法」中建立法源基礎，進而根據「2010 年 CRC 能源效率計畫命令」(CRC Energy Efficiency Scheme Order 2010 SI No. 768)，自 2010 年 4 月 1 日起開徵「CRC 能源效率計畫費」(CRC Energy Efficiency Scheme Charge)，舉凡持有「半小時計量一次之電表」(half-hourly electricity meter, HHM)至少 1 個，半小時用電量超過 6,000MWh，且未受 CCA 及 EU ETS 規範之大規模公私部門組織，均須向 Environment Agency 登錄，並納入 CRC 的規範之列（其總排碳量大約只佔英國總排放量的 10%，相當於 55MtCO₂），每年預定的減排目標至少為 4MtCO₂，直至

⁹ 氣候變遷協議費分為兩種，其一向代表產業之部門協會收取（年費 1,000 英鎊），另一則向個別業者收取，應繳年費 = 185 英鎊 × 廠商擁有之排碳設施個數。

2020 年。

CRC 初期分兩階段執行，第一階段自 2010 年 4 月 1 日至 2014 年 3 月 31 日，第二階段自 2014 年 4 月 1 日至 2019 年 3 月 31 日；在此之後，則再分四階段執行，每階段以 5 年為期。

CRC 內容包含三大部分：

- (1) 列管業者每年均須按照既定的方法監測並申報能源使用量（這使排碳申報成為強制性的開端，而非自願性）；政府的登錄平台將據以計算各列管業者的排碳量，而排放源除須向主管單位購買足夠的排放許可額度外，尚須繳納以下費用：新戶登錄費（950 英鎊）、交易帳戶（亦即「遵行帳戶」）登錄費（285 英鎊）及第三者帳戶登錄費（285 英鎊）、列管單位維護年費（每年 1,290 英鎊）、第三者帳戶維護年費（每年 390 英鎊）、代表人變更規費（70 英鎊）等。
- (2) 從 2012 年起，列管業者可以固定價格（2011 年之價格為 12 英鎊，並維持不變直至 2014 年 3 月底，但自 2014 年 4 月至 2015 年 3 月底將提高為 16 英鎊，之後則按照零售物價指數調整）向政府購買前一年之碳排放量所需之碳排放許可額度，所得收入將由政府保留，不再回歸 CRC 的列管業者。
- (3) 公告列管業者的減量績效並予以評比排序¹⁰。不過，此一規定將在簡化修訂版中予以刪除，而僅公布能耗量及排放量。

由於 CRC 的複雜性及行政成本均偏高，各界普遍不滿。目前 DECC 正根據財政部長 George Osborne 於 2012 年 3 月 21 日針對 CRC 所提出的主張¹¹，進行簡化 CRC 的修訂（關於修訂重點可參考 CRC (2012)），預計在 2013 年 6 月 1 日提出簡化後的 CRC 新命令。

（五）創新「綠色協議機制」及「能源公司義務」

如前所述，英國之建築物（含住宅部門與非住宅部門）的 CO₂ 排放量占全國

¹⁰ 公告的績效指標有三項：（1）先期行動績效（early action metric）：在 2011 年 3 月 31 日以前，列管單位所使用之電力及瓦斯係以自願性自動讀表機所測量的比例（權重 0.5）、以及通過「碳信託標準」（Carbon Trust Standard）所認證之減量所占比例（權重亦為 0.5）。（2）相對於前 5 年之平均排放量的變動比例；（3）相對於前 5 年之平均排放密集度的變動比例。

¹¹ George Osborne 在演說中指出，『CRC 是前任政府所建置的制度，可說是過於複雜、官僚，而且對企業增添了不必要的成本，因此我們找出可以節省行政成本的方法；如果做不到，我將在秋天提出新的法案，以其他環境稅來取代現行 CRC 的稅收。』

總排放量的比例相當高（達 43%），而化石燃料的進口依賴度卻不斷上升，已成為石油及天然氣的淨進口國。因此，提高建築物之能源效率將有助於減少英國之能耗量，降低對進口能源之依賴，並促進國家減量目標的實踐。

前面已經說明英國為提升住宅能源效率的方案（如 CERT、CEST），也說明用以提升企業與政府部門之能源效率的政策（如 CRC、CCA 等），這些政策雖各有其減量效果，也照顧到了弱勢家庭（如冬天燃料補助費、低溫氣候補助費等），但也存在一些問題（例如整合性、複雜性、高行政成本等），更重要的挑戰則在於：

- （1）政府與家計單位、ECSO、以及私部門的融資機構沒有建立完善的夥伴關係；
- （2）住宅部門改善能源效率的投資嚴重依賴政府干預來改善市場失靈問題及潛在的障礙，政府亦以補助為主要工具，完全不具有「資金循環自償性」及「黃金法則」的特性。因此，英國政府決定更弦易張，停辦 CERT、CESP、「溫暖前線方案」（Warm Front Program）等方案，並根據 2011 年能源法，以現有住家與非住家之建築物為對象，改行 GD 及 ECO，並自 2013 年 1 月起實施。

1. GD

GD 以現有的住家與非住家建築物為對象，藉由政府的資訊提供及認證機制，有效地整合「GD 供應商」（GD Provider）¹²、GD 諮詢顧問（GD Adviser）¹³、GD 設備安裝業者（GD Installer）、能源供應商、以及 GD 金融機構，在屋主毋須負擔期初資本成本的前提下，為一般住家、公寓、中小企業、各類機構、或公部門之既有建築，提供能源效率改善措施（GD 可行之節能措施共有 45 項，主要者如表 2 所列），而節能措施所節省下來的能源支出（即節能效益），則可用以償還改善措施的投資成本及負擔的利息。GD 的運作流程如圖 12 所示，融資及費用償付的流程則如圖 13 所示。值得一提的是，建築物的所有權人可利用各種資訊，在競爭市場中自行選購必要的設備，供應商及其提供的產品資訊亦須經政府認證，不僅資訊充分透明且取得便利，增進屋主執行改善計畫的信心，同時也創造工作機會，提升服務及設備的品質。

¹² 「GD 供應商」的主要職能有四：（1）根據經認證之能源評估業者（亦即 GD Adviser）的建議，與屋主簽訂「綠色協議計畫」（GD Plan），計畫中應明訂財務相關的條件、以及保護屋主的條款（如設備與施工保證等）。（2）協助安排經授權之設備安裝業者進行安裝。（3）負責解決完工的後續問題，包括解決屋主的抱怨，提供改善措施的相關資訊給新的屋主等。

¹³ 「GD 諮詢顧問」係經適當訓練且具專業的能源評估人員，須親臨建物鑑識能耗狀況與節能空間，進行能源評鑑（Energy Assessment），建立「能源績效證明」（Energy Performance Certificate），提出 GD 報告（GD Report），並根據以上資訊向屋主建議適當的能源效率改善措施與必要的設備。其中「能源績效證明」可顯示建築物的能源效率（以每年每平方米樓地板面積的能源消耗量衡量之）分為七個等級（由 A 至 G），A 級的能源效率最好，G 級為最差。

表 2. GD 可行之節能措施

1. 供熱控制	7. 閣樓與屋頂絕緣	13. 燈具配置	18. 太陽熱能
2. 地板層下供熱	8. 內牆絕緣	14. 照明控制	19. 太陽光電
3. 熱回收系統	9. 外牆絕緣	15. 創新熱水系統	20. 生質能鍋爐
4. 機械通氣	10. 防熱系統	16. 節水龍頭及沐浴	21. 微型氣電共生
5. 煙氣熱回收設備	11. 地板絕緣	17. 地源和空氣源熱泵	22. 高效能門窗
6. 空腔牆體保溫	12. 供熱系統絕緣		23. 冷凝式鍋爐

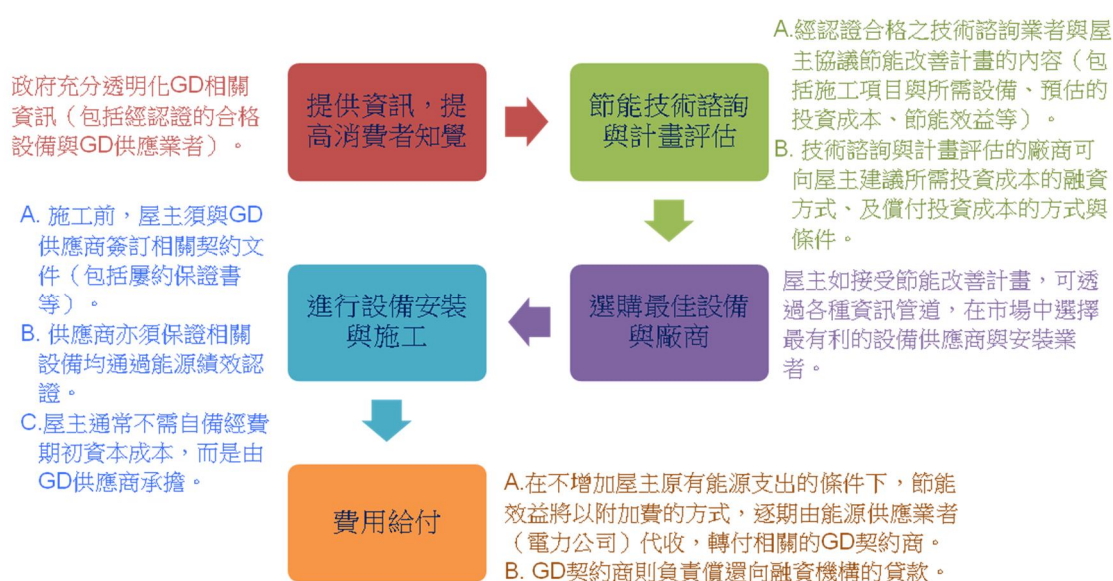


圖 12. 英國 GD 的運作流程

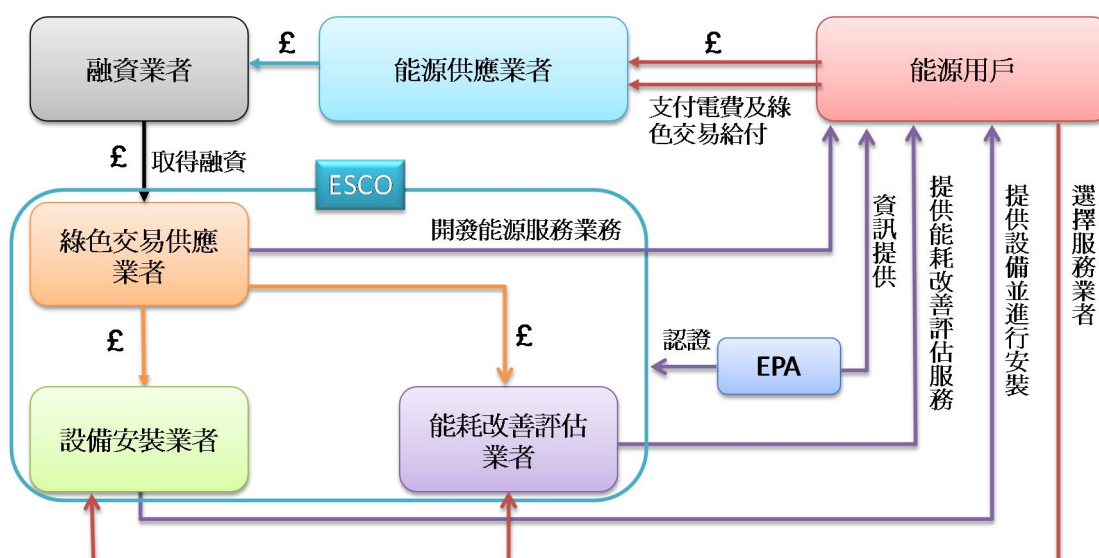


圖 13. 英國綠色協議之融資與運作體系

GD 具有以下特點：

- (1) 有效地創造就業市場：在 GD 機制下，舉凡 GD 供應商、GD 諮詢顧問(GD Adviser)、GD 設備安裝業者等，均須經由政府認證合格後公告之，資訊透明，消費者取得便利，有利於降低交易成本與節能投資的各項成本。
- (2) 確保節能投資的成本效益符合黃金法則，故屋主既可享有能源效率改善後的新環境，又可在不增加既有能源支出的情況下，償付投資成本，克服了資金取得的障礙。
- (3) 如果進行節能改善工程的屋主遷離，所遺留的未償債務將由新屋主概括承受，繼續以同樣模式支付帳單。
- (4) GD 供應商經過政府的認證擔保，而投資計畫又能符合黃金法則，因此大幅提升向融資機構取得貸款的機會，一併解決 ESCO 的融資障礙。
- (5) 為鼓勵屋主加速推動能源效率改善措施，政府在初期也保證編列 4 千萬英鎊的預算，根據屋主所執行的各項措施（如表 2 所示）而分項提供獎勵金（此即「GD Cash Back Scheme」）。

事實上，GD 也面臨不少批評，包括：(1) GD 貸款的利息過高（雖然政府預期年利率不超過 6.92%，但仍顯偏高）；(2) 各計畫未必能通過黃金法則；(3) GD 供應商缺乏競爭；(4) 缺乏足夠的措施來保障新屋主的權益；(5) GD 所節省的費用大都用以支付節能設備，但這些設備的碳足跡（carbon footprint）並不會減少，設備需求增加的結果，最後還可能造成碳排放量的增加。

2. ECO

實施 ECO 之主要目的，除要求能源公司善盡減碳責任外，也要求付出社會責任，對於一些在無特殊支援下就無法進行能源改善計畫的家庭（包括低所得、高脆弱度、及建物較難處理的家庭），提供必要的協助，以降低能源支出。事實上，這些能源公司在過去就承擔了 CERT 及 CESP 的責任，ECO 形同將二者合而為一。

ECO 包含了三大重點義務：(1) 可負擔的「溫暖義務」(affordable warmth obligation)，亦即為低所得、高脆弱度的家庭供應暖氣與熱水的節約措施、各項絕緣措施、微型氣電共生技術等服務。(2) 減碳義務：提供必要的資金，針對較難處理的建物（如實牆房屋），進行絕緣改善措施。(3) 「社區義務」(Carbon Saving Communities Obligation)：為低所得地區（所得在全國最低的 15%）的民眾提供改善措施。

據估計，能源公司為執行上述義務，每年需花費 13 億英鎊，這些成本將轉嫁到一般消費者的帳單上。至於各能源供應商分擔 ECO 的方式，則依照能源供應廠商的市佔率分配之。

（六）推動自償性與循環性的融資基金

為增加公部門對高能源效率與低碳技術的資本投資，協助各地公共機關推動能源效率計畫，以因應溫室效應及能源價格飆漲的危機，英國政府在 2010 年推出了「Salix 能源效率循環基金」(Salix Energy Efficiency Recycling Fund)，其所具有的資金循環自償功能、中央與地方的夥伴關係等特色，堪稱節能減碳之融資機制的另一創新。

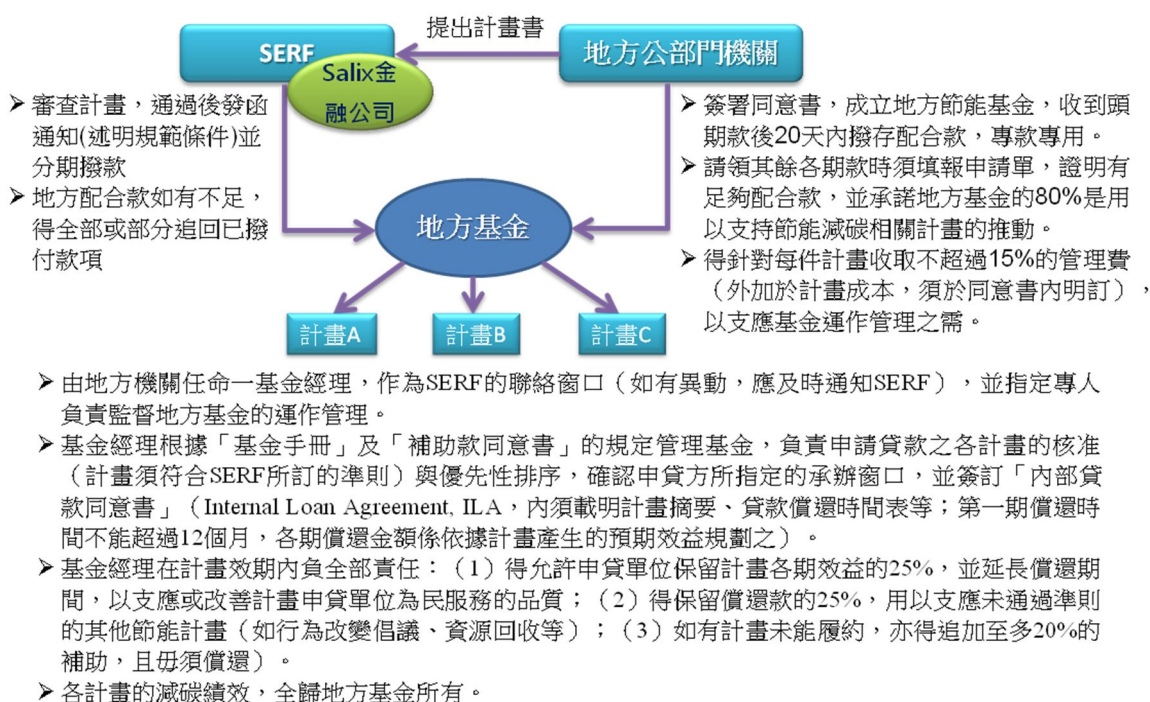
該基金委由一家獨立、非營利的「Salix 金融有限公司」(Salix Finance Ltd) 經營，基金主要來自 DECC 的挹注，威爾斯和蘇格蘭則是透過「碳信托」(Carbon Trust) 間接提供資助。目的為加強公部門機關(包括地方機構、學校、國家健保局(National Health Service)等)從事節能之技術投資，並與英國高等教育大學綠色基金理事會建立夥伴關係。

該基金係採行「有條件之專案補助」(Conditional Grant) 的形式，換言之，向基金申請補助的機關，必須先提出節能減碳計畫，經核可補助後，地方機關必須簽署「接受補助同意書」，並在收到頭期款後 20 天內提撥配合款，共同存入由地方所設置之「地方節能基金」(Local Energy Saving Fund) 的帳戶，專款專用。地方機關在請領其餘各期款項時，必須填報申請單，並證明有足夠配合款，且承諾地方基金的 80% 是用以支持相關計畫的推動。運作體系及相關規定如圖 14 所示。

「地方節能基金」旨為推動節能減碳的計畫¹⁴（但排除私人住宅及運輸的相關的計畫），故能產生較長期之減碳效益的計畫，將可獲得優先貸款，所有貸款都不收取利息，但取得貸款的計畫必須通過下列準則之一（Salix Finance, Ltd, 2010）：

- （1）計畫期限內（life time）之減碳成本平均每公噸低於 100 英鎊，且貸款的回收期不超過 5 年；
- （2）計畫期限內之減碳成本平均每公噸低於 50 英鎊，且貸款的回收期不超過 7.5 年。

¹⁴ 可行的計畫項目如：牆壁絕緣、門窗隔熱、照明、提高熱能效率、資訊技術改善、降低電壓負荷量、游泳池加蓋、採用較佳的鍋爐等。



資料來源：本文作者繪製。

圖 14. 英國 Salix 能源效率循環基金運作體系

除此之外，地方基金經理人在核准各項計畫貸款時，亦應確認以下各要件：

- (1) 是否滿足「額外性」(additionality)？¹⁵
- (2) 計畫所需的全部成本是否已另有經費來源？
- (3) 計畫規模並無最小限制，但是否能包裹在一起，以利行政管理？
- (4) 計畫成本超過 10 萬英鎊者，應事先取得 Salix 金融公司的同意。
- (5) 減少用水量的計畫如具節能效果（例如減少熱水的浪費），亦可考慮貸款。
- (6) 在估計償還年限時，所有的成本（包括計畫成本及管理費）均須涵蓋在內。
- (7) 所有計畫在核定後 9 個月內，須完成執行並提報減量成果。
- (8) 計畫金額超過 2 萬英鎊者，應考慮安裝「自動讀表」(automatic meter reading) 技術，以利節能查核。

此一機制使該基金具備永續自償 (self-sustaining) 能力，並可運作長達 15～20 年。估計該基金將提供資助計畫金額超過 7 億 5 千萬英鎊，並可達約 450 萬噸

¹⁵ 以下狀況都不符合額外性的條件：(1) 根據法規而須推動的計畫；(2) 該計畫在當地是普遍的共同做法；(3) 計畫內容係建築管制或規劃官員所要求。

之二氧化碳減量。截至 2010 年底，該基金核可的融資計畫案件達 8,400 件，融資金額高達 1.78 億英鎊，每年可為公部門撙節 5,300 萬英鎊的能耗量支出。(Salix Finance LTD, 2010)

(七) 建置「綠色金融體系」

為了解決融資的障礙，目前英國已經建立多種融資及綠色計畫投資的金融機構，不僅為相關業者提供必要的融資管道，同時進行多種型態的綠色投資，對於促進綠色經濟成長與綠色就業頗有助益（詳見表 3 所示）。

表 3. 英國的綠色金融機制

融資機構	主要機能
碳信託 (Carbon Trust)	● 係英國政府在 2001 年創辦的非營利性獨立機構，設總部於倫敦。經由改善能源效率、碳管理、及低碳技術發展等諮詢及支援，協助組織減碳。 ● 支持新能源（包括 fuel cell, wave energy, wind energy, solar energy, biomass and biofuels）的開發和應用。 ● 為中小企業提供能源改善計畫的貸款 ● 提供採購與融資服務，協助企業減碳與降低成本 ● 提供自願性的碳足跡量測及認證服務
節能信託 (Energy Saving Trust)	● 由英國多個政府單位與私部門共同出資創辦的非營利機構，成立於 1993 年，旨為提倡能源永續利用、能源保育、減少碳排放。 ● 主要活動包括： ➢ 為消費者提供節能減碳的各項諮詢服務； ➢ 藉其 Green Community Programme 支持社區導向的能源計畫，並提供相關諮詢服務 ➢ 藉其 Transportation Advice Program 提供運輸諮詢服務，以提升車隊的減排績效並降低成本 ➢ 藉其 Energy Saving Trust Recommend 標章，為具高能源效率之產品提供標章授予服務； ➢ 為建築業者提供節能的設計、建造及改善的指導服務 ➢ 協助地方主管單位及住家、協會落實減碳義務 ➢ 與其他商業組織合作，協助其客戶及員工進行節能減碳（包括資源回收、節水等）
綠色協議金融公司(Green Deal Finance Company)	● 由私部門主導成立的會員制公司，旨為 Green Deal 提供融資服務。所有經認證的 Green Deal providers 均可成為會員（創始會員 16 家）。主要機能如下： ➢ 為客戶提供低利貸款 ➢ 促進 Green Deal providers 的良性競爭 ➢ 為 Green Deal 的推動創造誘因
英國綠色銀行 (UK Green Investment Bank, GIB)	● GIB 是公營的有限公司，由英國政府挹注 30 億英鎊在 2012 年 11 月 28 日正式運作。 ● 幾經波折，歐盟在 2012 年 10 月 17 日認可 GIB 符合國家援助規則（state aid rules），但就其投資部門加以限制如下： ➢ 優先部門：包括離岸風力、廢棄物（處理、再生、能源利用）、非住宅能

	源效率。 ➤ 其他部門：運輸用生質燃料、生質能發電、CCS、海洋能、可再生熱能 ● 第一件投資項目是在 Teeside 建立以廢棄物發電的厭氧消化電廠，投資金額高達 800 萬英鎊（另搭配等額的民間投資）。另一項投資為 500 萬英鎊，用以更新一家絕緣面板製造商（Kingspan）的設備和製程，冀能減少能源消費達 15%。此外，GIB 在 2012 年 12 月 20 日亦宣布為 Walney 離岸風力發電場提供 224 百萬英鎊的融資。
--	---

資料來源：本文作者整理。

整體而言，英國節能減碳之制度設計具有以下特點，可供國內研擬融資機制的參考（台綜院，2012）：

- （1）建立完善的融資管道和綠色金融體系：促進節能減碳的政策工具不再偏重補貼，而改以提供便利可及的融資管道，結合政府與民間資金，有計畫地分階段採行各類融資機制。
- （2）建立合作夥伴關係：為落實低碳家園推動方案，有必要建立地方參與機制，強化中央與地方、以及政府與企業的合作夥伴關係，共同推動節能減碳措施。
- （3）遵循黃金法則及融資永續循環利用原則：在此原則下，受規範對象（包括住家與機關）的投資計畫不僅能創造超額的節能和減碳效益，而且可以確保資金的永續循環利用。
- （4）兼顧稅費負擔對企業競爭力的衝擊：為促進節能減碳而開徵稅費的同時，對於採行有效措施而達成節能減碳效果之業者給予稅費減免，以降低對企業的衝擊，維護競爭力。
- （5）稅收的多元化運用：政府開徵稅費所增加的稅收，除用以維持制度運作的行政成本外，亦可用以補助低所得家庭，回饋列管業者，以鼓勵推動節能減碳措施，降低能源需求。
- （6）兼顧公平正義原則：除由政府帶頭執行外，也責成能源供應業者對低收入戶及弱勢家庭給予優惠或補助，以降低其能源支出。
- （7）建置認證與人力培訓：建立節能減碳之相關業者（包括 GD 供應商、GD 諮詢顧問、GD 設備安裝業者等）及產品效能的認證體系，強化節能減碳技術服務人員的訓練，以確保產品與技術的節能減碳效果和專業服務品質。

四、我國未來可行之融資機制設計

本研究參考英國機制，並依據以下原則，研提出短、中、長期的融資機制體

系（見圖 15 所示）：

1. 建立垂直夥伴合作關係：係指建立中央與地方、地方與企業之間互信關係；
2. 工具多元化：考慮地方特性設計不同之整合性工具；
3. 財務永續性：維持中央與地方政府財務自主性，創造減碳成效的市場價值，充實必要之財務資源；
4. 資訊普及化及透明化，降低執行之行政成本；
5. 加強專業人力訓練：確保認證之可信度與滿意度；
6. 兼顧社會正義、照顧低所得及弱勢團體：提供優惠補助措施達成社會公平原則；
7. 建立客觀公平具激勵性的績效評比機制：適時檢討融資機制之可行性與適切性。



資料來源：本文作者繪製。

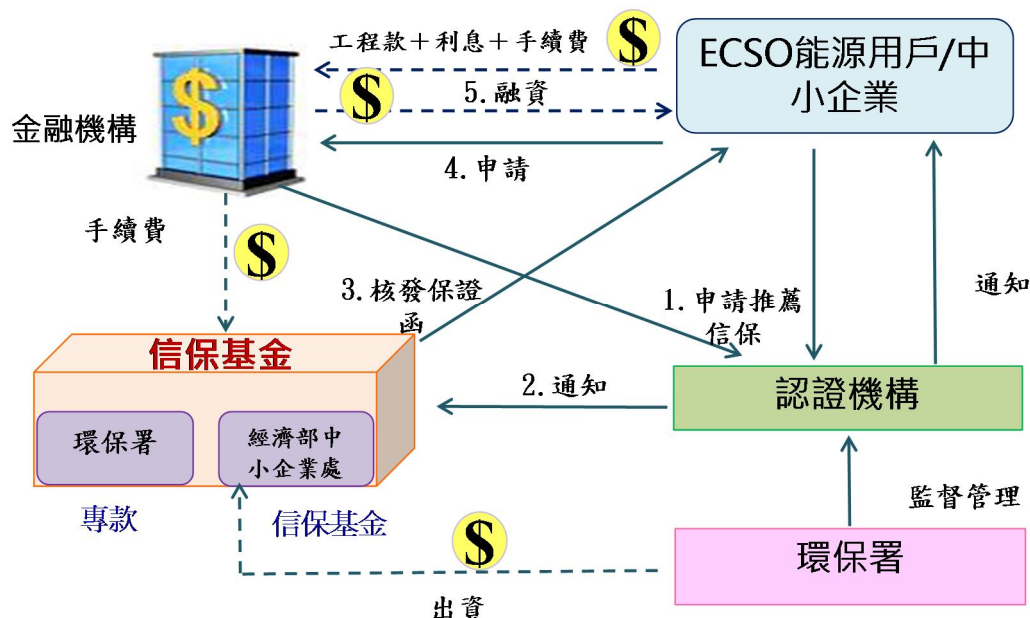
圖 15. 融資機制體系的建置規劃

茲就其中幾項較為重要的機制說明如下：

（一） 低碳永續家園相對信保基金

本機制係參考國內目前已成立的「中小企業信用保證基金」之運作模式及「火金姑專案」，初期可成立「低碳永續家園相對信保基金」，由環保署相關基金（如

空污基金、土壤及地下水污染整治基金等）提撥專款，透過中小企業信保基金以相對保證方式，擴大可貸資金額度，作為中小企業或能源服務公司推動節能減碳工程所需資金的融資來源。運作流程如圖 16 所示。



資料來源：本研究繪製

圖 16. 低碳永續家園相對信保基金之運作流程

此一機制的最大問題在於現行法規限制，例如空污基金運用管理辦法中，關於基金的用途並無貸款項目，因此必須修訂該辦法。此外，亦有必要修訂「中小企業信用保證基金辦理直接信用保證作業要點」與「中小企業信用保證基金資金運用管理辦法」，由中央政府提供信用保證，允許以節能減碳效益為擔保品，提高民間企業參與相關節能投資意願。

目前環保署已研擬「行政院環境保護署推動低碳永續家園減碳貸款實施要點（草案）」，作為未來推動低碳永續家園之可行融資機制。

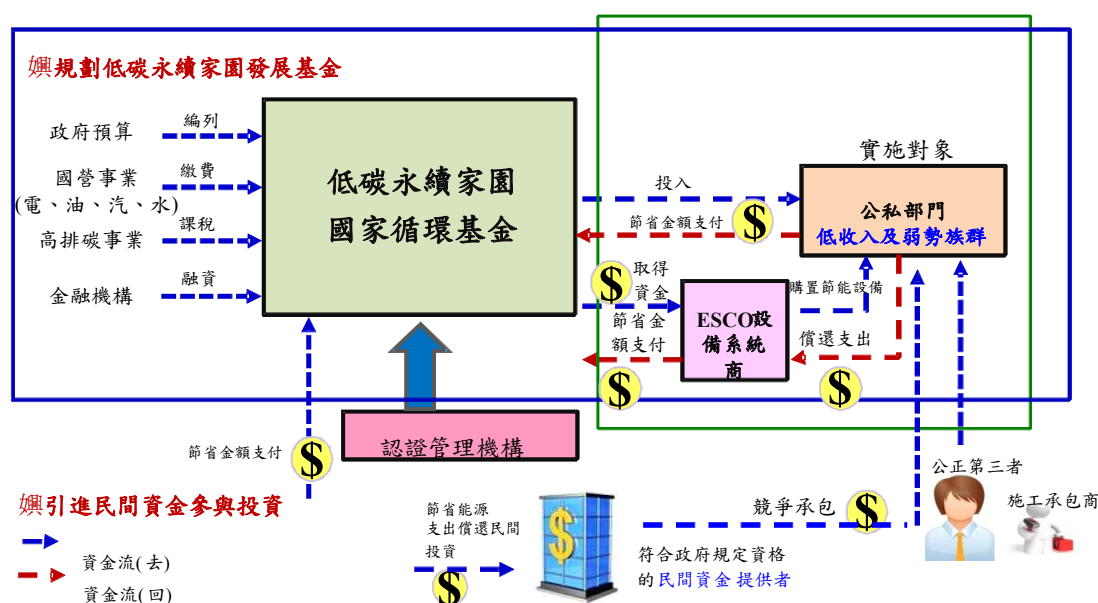
（二）列管排放源清潔發展基金

本機制擬以依環境影響評估要求減量承諾之重大開發案業者及或受溫室氣體減量法規之重大排放源為對象，在有協調及自願性的狀況下，自動出資成立「清潔發展基金」，作為公私建築物、社區、城市、或 ESCO 推動節能減碳計畫的融資來源。執行計畫所產生的節能效益與減碳效益，得由相關業者分享，除可用以償還貸款外，亦可予以認證，作為排放源抵換或交易之用。

此一機制的優點在於：(1)不須由信保基金出資，可減輕政府之財政壓力；(2)出資的排放源可經由減碳效益而取得碳權，並可用以抵換或進行交易。(3)可改善大排放源的企業形象，並有助於國內的節能減碳績效。(4)貸款不需擔保品，而改以信用保證、技術保證、及績效保證等方式代替，以解決擔保品不足的障礙。

(三) 低碳永續家園國家循環基金

由於低碳永續家園所設層面至廣，所需經費甚為龐大，單獨依賴環保署的基金，實在不可能滿足所需，因此有必要協調各相關部會（包括交通部、經濟部、內政部等）共同出資，建立一個國家層級的「低碳永續家園國家循環基金」，由政府成立金融公司運作管理，在永續自償性的原則下，提供有條件的貸款和補助。申請本基金的適用對象區分為二大類，一為公部門（包括低碳社區或城市）、ESCO或設備系統商，二為低收入家庭，前者提供優惠的融資條件（如低利或無息貸款、免抵押品貸款等），後者則以專案補助方式提供獎勵。（運作流程圖參考圖 17）



資料來源：本研究繪製

圖 17. 低碳永續家園國家循環基金之運作流程

本基金的來源除來自政府部門的預算編列之外，也可容許其他民間資金的投資挹注，故基金來源可分為主要來源與次要來源，主要來源包括中央政府預算、能源稅收入、政府相關基金挹注、國營事業繳費等，次要來源包含民間投資資金。

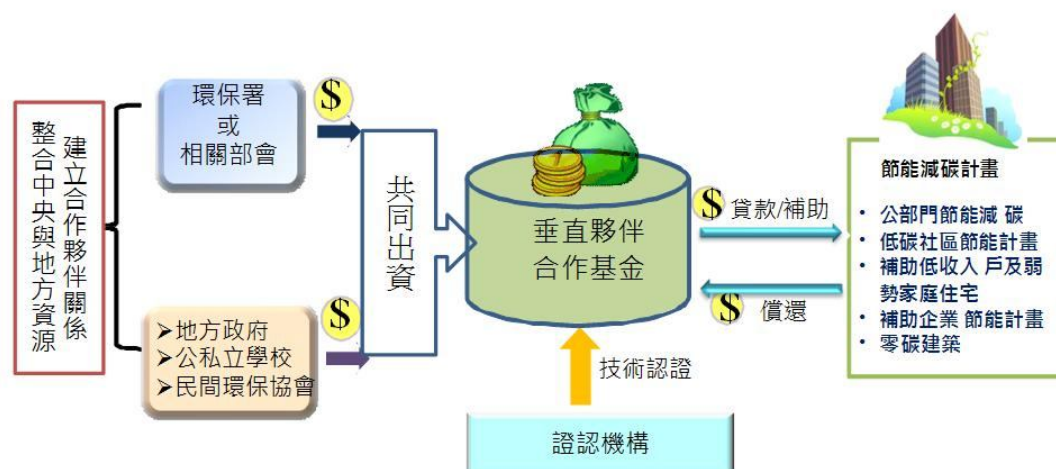
本基金的優勢在於：(1) 建立跨部會的夥伴關係，並可擴大基金來源與規模，滿足推動永續家園的經費需求。(2) 提供較優惠的貸款條件，解決現有的融資障

礙，同時兼顧社會正義，照顧弱勢家庭的需求，徹底解決能源貧窮的問題。(3) 節能效益除用以償還貸款之外，減碳效益亦可予以認證，由政府與私部門按出資比例分享之。

(四) 垂直夥伴合作基金

此一機制可直接仿照英國的 Salix 能源效率循環基金的模式予以建置(見圖 14)。換言之，首先由中央成立「低碳永續家園基金」，並委由金融公司經營，負責審核節能減碳計畫，並以有條件的方式補助地方，而地方則須提撥對應的配合款，並成立「地方節能減碳基金」(此即圖 18 所示的「垂直夥伴合作基金」)，用以支持相關的節能減碳計畫，並由地方自行監管地方基金的運作。

此一基金的特色，在於：(1) 允許地方的公私立學校或環保團體共同集資，建立較具地方色彩的夥伴關係。(2) 允許地方機關有較大的自主權，自行審核相關的節能減碳計畫，並根據地方的環境條件與需要，決定計畫的優先性。(3) 地方基金也同樣具有自償性。



資料來源：本研究繪製

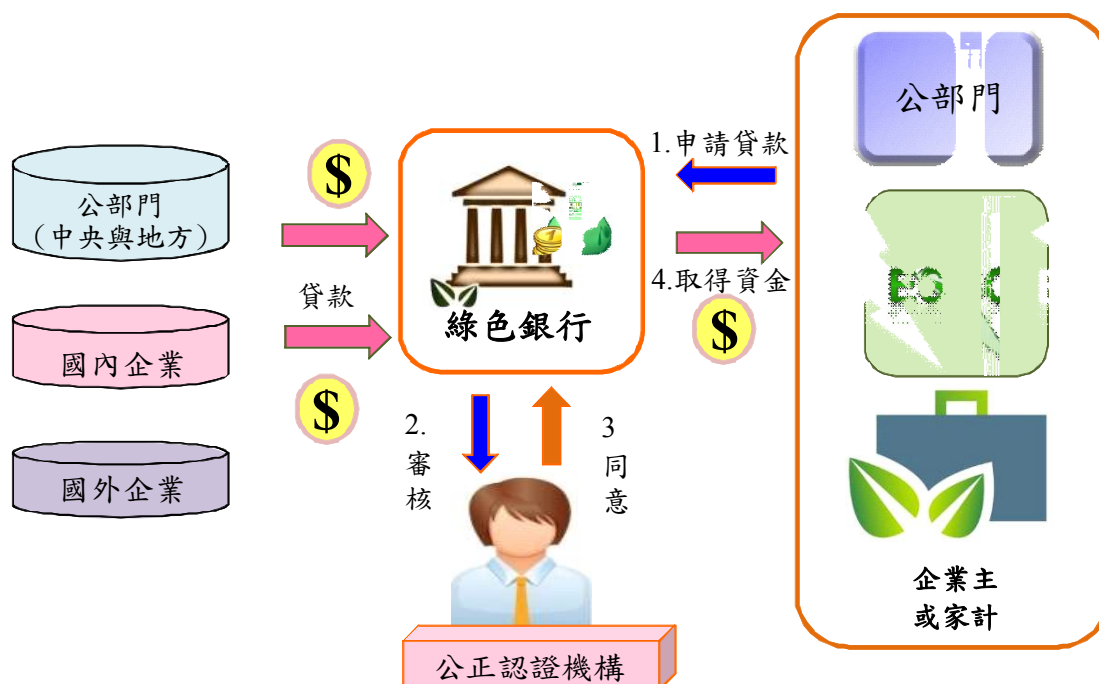
圖 18. 低碳家園垂直夥伴合作基金之運作流程

(五) 綠色投資銀行

「綠色投資銀行」的建置，主要是參酌英國「綠色投資銀行」及「歐洲復興開發銀行」(European Bank for Reconstruction and Development, EBRD)的營運模式，由中央負責集資成立(出資對象可以多元化，以容納民間資金)。關於放款的對象，則可配合國內節能減碳目標或黃金十年施政重點而規劃出優先領域(例如照明、太陽光電等)。運作流程如圖 19 所示。

（六）租稅增額融通機制（Tax Increment Financing, TIF）

此一制度最早源自於美國，基本上為一種具備自償能力之地方建設財源籌措融資的有效工具，相關文獻及應用實例也不少。目前國內僅曾用於交通運輸計畫的融資，環保署也考慮應用到河川整治的課題上，但在其他面向尚無具體的應用實務。未來可配合各縣市的都市更新計畫，並增訂必要的地方自治法規，妥善加以推廣運用，應有助於促進地方永續發展，並解決地方財政的困境。



資料來源：本研究繪製

圖 19. 綠色投資銀行之運作流程

五、結論

推動「低碳永續家園」是政府的重要施政之一，在全國能源會議、「國家節能減碳總計畫」、以及黃金十年的政策願景中，均有其重要地位和目標，惟其所需資金不少，可用資源卻甚為有限，致使融資取得成為推動低碳永續家園及綠色經濟成長的主要障礙。

本文首先從政府財政能力及現有融資問題等層面，分析當前推動低碳永續家園的障礙，並以英國為例，說明其所推動之各項節能減碳政策及融資機制（尤其是 2010 年啟動之「Salix 能源效率循環基金」、及普於 2012 年底成立的「綠色投資銀行」），最後則就我國推動低碳永續家園的融資機制提出短、中、長期的藍圖。

本文提出的各項融資機制各有其特色和利弊，但都需要配合法規的倡議或修訂，更要取得中央各部會之間、中央與地方之間、以及政府與私部門之間的共識，並建立完善的夥伴關係，始能有效推動。

當然，本文所提出之各項機制的輕重緩急及其可行性，仍有待進一步檢討和評估。無論如何，政府還是需要充分掌握各項機制的利弊，選擇較為可行的模式，並研訂務實的時間表，依序加以推動，冀能早日落實低碳永續家園的願景和目標。

參考文獻

- 台灣綜合研究院（2012）。《推動低碳永續家園之法律、經濟、財稅工具相關規劃》，環保署委辦專案計畫（EPA-100-E101-02-250）期末報告。
- 沈世宏（2012）。「創新並整合經濟誘因機制，打造低碳永續家園」，碳經濟，第 24 期，頁 2-12。
- 徐仁輝、鄭敏惠（2011）。「新六都時代地方財政的挑戰與展望」，研考雙月刊，第 35 卷 6 期，頁 57-70。
- 曾巨威（2010）。「學習美國實施 TIF 的寶貴經驗」，國政評論，財團法人國家政策研討基金會。
- 黃宗煌、林書吟、周婉玲、單珮玲、呂政道（2012）。「發展低碳永續家園的融資機制」，兩岸節能減碳之技術創新與產業發展研討會論文集，頁 413-424。清華大學能源與環境研究中心。
- Andersqn, J.E. (1990). "Tax Increment Financing: Municipal Adoption and Growth." *National Tax Journal*, 43(2): 155-163.
- Ares, Elena (2013). "Green Investment Bank." Standard Note, SNSC-5977, House of Commons.
- Bardt, Hubertus (2012). "Approaches to Adaptation in Germany." Paper presented at the International Symposium on Climate Change Adaptation Technology, 15 September 2012, Taiwan.
- Brzakalik, Deborah (2009). *Climate Change Agreements — Results of The Fourth Target Period*. Report for Department of Energy & Climate Change (DECC), Report No. AEAT/ENV/R/2758, AEA Technology plc.
- CRC (2012). "An Overview of Simplification of the CRC Energy Efficiency Scheme." <http://manageco2.com/index.php/downloads/finish/3-white-papers/5-overview-of-simplification-of-the-crc-energy-efficiency-scheme>
- Defra (2007). *Climate Change Agreements — Results of The Third Target Period Assessment*. Queen's Printer and Controller of HMSO.

- Dye, R.F. (2000). "The Effects of Tax Increment Financing on Economic Development." *Journal of Urban Economics*, 47: 306-328.
- Environmental Audit Committee (2011). *The Green Investment Bank*. Second Report of Session 2010–11, the House of Commons. London: The Stationery Office Ltd.
- Hamilton, Blair *et al.* (2010). *A Comparison of Energy Efficiency Programmes for Existing Homes in Eleven Countries*. Prepared for the Department of Energy and Climate Change United Kingdom, by Vermont Energy Investment Corporation, the Regulatory Assistance Project.
- Hitchcock, D. (1995). "CreaTIFity Helps Cities Find Development Dollars." *The American City and County*, 110 (6): 40-49.
- Huddleston, J. (1986). "Distribution of Development Costs under Tax Increment Financing." *Journal of the American Planning Association*, 52 : 194-198.
- Huddleston, John (2004). *Climate Change Agreements — Results of The First Target Period Assessment*. Future Energy Solutions, AEA Technology, Report No. 01838/1, Version 1.2.
- Lattanzio, Richard K. (2011). *International Climate Change Financing: The Green Climate Fund (GCF)*. Congressional Research Service (CRS) Report for Congress, 7-5700.
- Naccarato, R.(2007). *Tax Increment Financing Opportunities and Concerns*. A Publication of the Tennessee Advisory Commission on Intergovernmental Relations.
- Paetsch, J. R. and R. K. Dahlstorm (1990). "Tax Increment Financing: What It Is and How It Works." In Bingham, R.D., *et al.* (eds.), *Financing Economic Development: An Institutional Response*. Newbury Park, CA: Sage.
- Salix Finance Ltd. (2010). *Salix Energy Efficiency Recycling Fund*. Fund Manual, <http://www.salixfinance.co.uk/>
- UK Department of Energy and Climate Change (2010). Extending the Carbon Emissions Reduction Target to December 2012. IA No: DECC0001.
- UK Department of Energy and Climate Change (2011). *The Green Deal and Energy Company Obligation: Consultation Document*. URN 11D/886, UK DECC.
- UK Environment Agency (2012). CRC Charging Scheme and Guidance. http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Business/CRC_Charging_scheme_and_guidance_2012.pdf
- Woolever, A. (2008). "Tax Increment Financing, Government Grants, and Developer Tax Consequences: An Analysis of Statutes, Regulations, Case Law and Related Policy Considerations." *The Urban Lawyer*, 40(2): 299-301.
- World, Jessica and Paul Scott (2011). *Climate Change Agreements — Results of The Fifth Target Period*. Report for Department of Energy & Climate Change (DECC), Report No. AEAT/ED43694/R1, AEA Technology plc.

碳基金制度與林業部門籌措財源之分析

林國慶（國立臺灣大學農業經濟學系教授）

柳婉郁（真理大學觀光數位知識學系副教授）

一、緒論

近年來全球面臨暖化的威脅，主要是由人類活動引發的溫室效應所造成（Kolstad，1996）。為解決日益嚴重的地球暖化問題，限制二氧化碳等溫室氣體排放，是當前國際社會共同努力的目標（Pearce，1991；邱祈榮等，2010）。聯合國在 1992 年通過氣候變化綱要公約，討論如何解決暖化問題；並在 1997 年通過京都議定書，訂出對各國二氧化碳的減量要求與時程。我國身為國際社會的成員，有必要規劃並實施各種防止地球暖化的因應措施，加強氣候變化的相關研究，協助各界勵行節約能源，促進經濟發展，為全球的永續發展共同努力（郭博堯，2001；王京明，2007；林國慶、柳婉郁，2009）。

就林業部門而言，京都議定書內容中明確規範，森林提供的溫室氣體減量貢獻可納入碳排放之抵減值中（UNFCCC，2007），亦即在 1990 年 1 月 1 日後進行森林經營之森林，如平地造林、全民造林與跡地造林等均可納入減量範圍內。我國政府自 1996 年以來實施許多造林獎勵政策，包括 1996 年實施全民造林政策（每公頃 20 年給付 53 萬元），2002 年實施平地景觀造林政策（每公頃 20 年給付 161 萬元），2008 年實施綠海計畫（每公頃 20 年給付 180 萬元）與 2009 年實施的綠色造林計畫（每公頃 20 年給付 240 萬元）。我國政府為能提升地主之造林誘因，增加平地之森林覆蓋率、農地之利用效率以及綠美化鄉村景觀等（林國慶，2007；行政院農業委員會林務局，2004），積極推動各項造林獎勵措施，然而在國家財政日益短絀的情況下，每年增加的造林獎勵金支出可能造成政府財政負擔，因此，獎勵造林所需財源之籌措亦成為林業部門關注之議題。由於造林能夠形成碳匯，減緩氣候變遷，因此我國林業部門期待未來能合理利用碳基金來做為造林財源籌措方式之一。

早期的政府政策主要是以命令與管制措施為主，近年來各國逐漸採用「碳稅或能源稅」之課徵（以排放量決定稅額），以經濟誘因和手段將排放二氧化碳的外部成本內生化，並由排放者負擔，逐漸落實「污染者付費」或「使用者付費」之原則。要達成我國二氧化碳低排放之方式有三，一為強化減排目標責任制之監督，二為嚴格管制新增的二氧化碳排放量，三為改善環境經濟政策。政府若能將

部分徵收的碳稅或能源稅提供給林業部門使用，以新植造林、林相變更、撫育等經營管理方法提高我國森林之碳吸存，進而增加碳匯、減少溫室氣體之淨排放，則可將該溫室氣體減量之貢獻納入碳排放抵減值中，透過總量管制與排放權交易的方式產生經濟價值。在碳稅或能源稅方面，芬蘭、瑞典、丹麥、挪威和荷蘭等國家已陸續開徵（Seung，2007）。若我國能適當的實施碳稅或能源稅相關制度，除能對林業部門提供部份財源之外，亦可展現我國政府在全球暖化議題上的重視，對溫室氣體減量做出實質貢獻，藉此提昇我國在國際上之形象。

在京都議定書中總共規劃三種碳市場交易機制，包括清潔發展機制（Clean Development Mechanism，CDM，規範於京都議定書第十二條）、聯合減量（Joint Implementation，JI，規範於京都議定書第十七條）以及排放權交易（Emission Trade，ET，規範於京都議定書第六條）。聯合國氣候變化公約締約國可以使用此三種方式，來進行減排單位之轉讓或取得（UNFCCC，2007）。由於溫室氣體中以二氧化碳為大宗，故此類交易以每噸二氧化碳當量（tCO₂）為計算單位，稱為碳交易，而其交易市場則稱為碳市場（Carbon Market）。碳基金（Carbon Fund，CF）為國際碳市場投融資的重要工具，如世界銀行碳基金與歐洲企業碳基金等。近年來，許多學者專家建議我國應引進碳基金制度（王京明，2007；梁啓源，2008a；梁啓源，2008b；邱祈榮等，2010），除可與國際接軌外，又具有投資清潔發展機制的功能，另外，若我國能建立碳基金制度，並將碳基金用於林業部門，將能發揮碳減量之功能。

為因應全球氣候變遷，實現溫室氣體減排，亞洲開發銀行（Asian Development Bank，ADB）於 2009 年 1 月成立規模 2 億美元的「未來碳基金」（Future Carbon Fund，FCF），以資金援助或技術移轉等方式，協助亞洲開發銀行之開發中國家會員國（如柬埔寨和寮國等）減少二氧化碳排放，再將減排配額移轉給參與計畫的已開發國家。「未來碳基金」於 2009 年 7 月開始接受申請，並於 2009 年 10 月起提供融資。亞洲開發銀行的「未來碳基金」之參與者涵蓋 67 個會員國的公部門與民間部門。此外，亞洲開發銀行已獲得芬蘭、瑞典等國之承諾投入 1 億美元以上的碳基金，亞洲開發銀行亦規劃邀請其會員國之民間企業參與該基金。我國為亞洲開發銀行創始會員國，若政府及民間部門參與亞洲開發銀行 CDM 計畫，將可強化我國與亞洲國家之經貿合作關係，並拓展台灣廠商在國際碳交易市場的商機。我國目前正推動溫室氣體減量法（草案）等溫室氣體減量之相關法制化工作，其中溫室氣體減量法（草案）第 13 條之一明定，中央主管機關應成立溫室氣體減量基金，以作為溫室氣體減量及調適工作之使用。據此，本研究之目的為分析碳基金制度與林業部門間之關係，以及林業部門在這項財源籌措方式上所扮演之角色。

本研究共分五節，第二節為碳基金與林業部門之關係，第三節為以碳稅或碳基金收入挹注林業部門之情境分析，第四節為專家學者對碳稅及碳基金與林業部門關係之調查分析，第五節為結論與建議。

二、碳基金與林業部門之關係

聯合國氣候變化綱要公約第三次締約國大會通過的京都議定書（Kyoto Protocol）中，明訂各種相關溫室氣體減量之措施及方法，當中的京都機制包括：（1）已開發國家之間可以進行排放額度買賣的「排放權交易（Emission Trading，ET）」，亦即，無法順利達成溫室氣體減量目標的國家，可向超額完成削減氣體排放之國家購買其超出的額度；（2）可以採用清潔發展機制（Clean Development Mechanism，CDM），促使附件一國家（多為已開發國家）和非附件一國家共同削減溫室氣體之排放；（3）採用「聯合減量（Joint Implementation，JI）」，例如歐盟內部的許多國家可視為一個整體，採取有的國家削減，有的國家可以增加碳排放的方法，在總體上完成溫室氣體削減之目標。以上三種市場機制統稱為京都機制（Kyoto Mechanism）（UNFCCC，2007；IPCC，2007；林國慶，2005、2006），聯合國氣候變化綱要公約締約國可利用此京都機制，進行減排單位之轉讓或取得。其中溫室氣體因以二氧化碳為大宗，故此類交易以每噸二氧化碳當量（tCO₂）為計算單位，稱為碳交易，而其交易市場則稱為碳市場（Carbon Market）（Humphreys，1996；Mitchell and Parson，2001；Dutschke，2001）。

（一）碳基金之定義

碳基金（Carbon Fund，CF）為國際碳市場投資或融資的重要工具，如世界銀行碳基金與歐洲企業碳基金等。近年來，許多專家學者建議國內應引進碳基金制度，既可與國際接軌，又具有投資清潔發展機制（Clean Development Mechanism，CDM）之功能。按資金來源的不同，碳基金可分類為國家碳基金、企業碳基金、銀行碳基金與碳匯投資基金等（World Bank，2008）。若我國能有效建立碳基金制度，將有助於我國以更有效率的方式從事碳排放減量。根據國際碳基金（International Carbon Fund，ICF）的出版品International's Carbon Procurement Vehicles Investor's Guide 在2007年指出，碳基金（Carbon Fund）或碳機制（Carbon Vehicle）為大眾可以參與投資，以協助碳排放減量之機制與投資方案。碳基金與碳機制發起者向可能之投資者籌募資金，並運用此資金購買來自於溫室氣體排放減量計畫的碳權證，通常是清潔發展機制與聯合減量。在某個期間內，碳基金會給予投資者碳抵減權證或現金作為報酬。嚴格定義的碳基金包括實質運作與投機資本共同投資的基金，不僅是集合投資者的資金來購買碳權證，還藉由專業的管

理從事清潔發展機制或聯合減量計畫的操作。

（二）與林業相關之碳基金

由於森林具有碳保存與碳吸存之功能，有益於溫室氣體減量，因此亦成為碳基金之交易標的。而與林業有關之碳基金，其設置目的在於減少毀林及森林退化所造成的溫室氣體排放（Reducing Emission from Deforestation in Developing Countries, REDD）及相關活動之計畫（Programmes of Activities, PoA）等。由於 REDD 與 PoA 在正式成為清潔發展機制活動前仍需經過許多驗證，因此，開發銀行與各國政府在此類型計劃中扮演重要角色。以下是有關林業部門成立之相關碳基金：

1. 支援 REDD 活動的亞馬遜基金（Amazon Fund）及森林碳夥伴基金（Forest Carbon Partnership Facility）等。
2. 支援 PoA 活動的開發碳基金（Development Carbon Fund）、氣候投資基金（Climate Investment Fund）及森林碳夥伴基金（Forest Carbon Partnership Facility）等。
3. 保育與社區碳基金（Conservation and Community Carbon Fund）：用以支持減緩全球暖化、實現生物多樣性及地方社區福利等基於森林而設計的碳計畫。

以下針對與森林相關之重要碳基金進行分析，這些基金包括保育與社區碳基金、亞馬遜基金、森林碳夥伴基金以及生態碳基金。

（一）保育與社區碳基金(Conservation and Community Carbon Fund, CCCF)

保育與社區碳基金（Conservation and Community Carbon Fund, CCCF）是新成立的基金，用以支持減緩全球暖化、實現生物多樣性及地方社區福利等基於森林而設計的碳計畫。森林焚燒及熱帶雨林砍伐至少占每年20%的溫室氣體釋放，此對氣候變遷的影響遠大於全球汽車及飛機碳排放量的加總。由於全世界1.6億的貧窮人口仰賴森林維持生計，因此藉由人類生活方式的改變，進而改善土地利用方式，改善居住於森林附近居民的生活，是終止或減少熱帶雨林破壞，減緩溫室氣體釋放最直接的方法。

保育與社區碳基金是由國際保育組織（Conservation International, CI）管理，負責支持森林初期階段之復育及保育計畫。有關商業性的碳抵減交易與服務則交由另一非官方部門的合夥公司管理。保育與社區碳基金提供因應氣候變遷而自願

參與森林碳抵減之相關企業之媒介。成立保育與社區碳基金之目的包括：（1）對於以森林為基礎的碳減量計畫給予補助獎勵；（2）對於以森林為基礎之碳減量計畫提供融資，以確保補助獎勵的永續性。此融資來源很重要，其為這類計畫主要的非官方融資來源。

保育與社區碳基金主動尋求地方社區與本土居民等以非營利為目的的合作夥伴。參與此計畫之夥伴身處重要的生物多樣性區域，且願意遵守氣候、社區與生物多樣性等相關標準（Climate, Community and Biodiversity Standards, CCB）。基金所支援與投資的計畫必須遵守這些標準，才能使保育與社區碳基金的投資組合同時達成健全的碳抵減、支持地方社區，且保育稀少或受威脅物種的目的。基金會針對其所選擇的補助計畫，根據其實施可能性，訂立具有強制性的補助金。其考量因素包括提升地區生產力、落實健全的碳抵減、以及建立碳減量相關政策與市場制度。國際保育協會將對保育與社區基金之相關議題提供建議，對計畫完成程度提供評鑑，同時與地方合作夥伴保持聯繫，與提供專業技術服務與諮詢。

設立保育與社區碳基金之目的包括：（1）支持森林的維護；（2）在溫室氣體減量方面提供新的工具；（3）對於氣候變遷的第一線社區團體提供支援。保育與社區碳基金之成立立基於對自然保育之重視，認為無論在防制氣候變遷或增進人類福利方面，自然保育是刻不容緩且必要的工作。保育與社區碳基金在成立五年內的目標包括：（1）至少增加150個防制氣候變遷的合作夥伴，包括弱勢的社會團體與當地居民；（2）對至少50個以上之森林碳計畫或具有影響力的國家提供誘因，協助其執行減少因毀林及森林退化造成的溫室氣體排放（Reducing Emissions from Deforestation and Degradation, REDD）計畫；（3）藉由創造多層次的投資組合來強化長期融資計畫，以完成250萬噸二氧化碳的抵減；（4）在至少20個本土居民團體與其他仰賴森林維生的地方社區，協助其提出森林碳計畫；（5）在協助提出計畫方面，至少需增加25萬美金，在與工作夥伴間之碳抵減交易的授權方面，至少分配250萬美金。

國際保育組織在森林碳計畫的研提、碳抵減交易市場及設計，包括森林碳抵減的氣候政策上具有專門技術與知識。國際保育協會與其合作夥伴對社區工作、本地居民與農家，在增進森林碳抵減的土地利用計畫上具有專業技術，且在減少毀林及森林退化造成的溫室氣體排放策略上已與各國政府進行合作。由國際保育組織及其合作夥伴成功推動的計畫包括：（1）在馬達加斯加所推動的計畫，保育及復育425,000公頃的雨林，共可抵減約10萬公噸碳。此計畫不但為地方社區創造就業機會，且發展出更多永續的農地造林，而此計畫也是第一個由世界銀行生

物碳基金（World Bank BioCarbon Fund）支持的計畫；（2）由國際保育協會、雲南森林部門及美國自然保育協會（Nature Conservancy）合作在中國推動的藤冲森林計畫（Tengchong Forest Project），是一符合UNFCCC清潔發展機制嚴格要求的小型森林計畫。此計畫以自然物種復育上百公頃的林地，約可在30年間抵減167,000公噸碳；（3）與Maquipucuna基金合作在厄瓜多建立的方案，已復育上百公頃的牧地再造林。參與者將在牧草地種植15種原生樹種，並與現存上百種物種的森林作連結。此計畫也是厄瓜多第一個清潔發展機制的造林與再造林計畫（Conservation International，2008）。

（二）亞馬遜基金（Amazon Fund）與巴西森林議題

根據巴西國家太空研究署（National Institute for Space Research, INPE）於2008年11月28日公佈之統計資料，亞馬遜森林原本趨緩的伐林速度再次惡化，2007年8月至2008年7月間，巴西西北部的亞馬遜行政區（Legal Amazon）共有11,968平方公里的森林被砍伐，較2006年增加3.8%。根據巴西國家太空研究署（INPE）的統計，2003年至2004年的伐林面積是每年27,423平方公里，到2006年至2007年下降為11,532平方公里。若與之前砍伐速度減少的趨勢相對照，2008年的增長引起環保團體與巴西政府之關注。

巴西總統魯拉在2008年8月推出「亞馬遜基金」（The Amazon Fund）¹⁶，魯拉亦在2008年底，向來自全球的百位國會議員致詞時表示，富裕國家應為保育亞馬遜雨林成立基金，以對抗全球暖化。世界前20大林業公司的資深主管也在會議中宣佈，在2015年之前熱帶林業將得到永續森林管理的認證。巴西政府以經濟手段獎勵森林保育，但世界野生動物基金會（World Wildlife Fund, WWF）提醒，基金應該只是做為最後的政策手段。WWF指出，「我們希望設立亞馬遜基金能鼓勵創新、創意、實驗精神與公民社群參與，而不是用來填補政府施政上的缺失與遺漏」，挪威總理史托騰柏格（Jens Stoltenberg）亦在2008年底捐贈十億美元給「亞馬遜基金」（Amazon Fund），協助防止森林砍伐。

巴西環境部長明克（Carlos Minc）亦在2008年12月1日公佈與森林相關之碳排放減量目標，以防止伐林更趨嚴重，並與全國對抗氣候變化的工作相互結合。其次，巴西政府提出以管制信貸的方式，要求地主遵守環境相關規定，包括伐林證照、對管制區與永久保留區的規範、加強巡邏、參與州或市政府的防止伐林行動等來加強對森林的管理。WWF對這些措施特別表示肯定，其執行總裁哈慕

¹⁶ 巴西總統魯拉（Luiz Inacio Lula da Silva）在2008年創立此基金，資助森林保育和永續發展。

(Denise Hamú) 亦提出「非法土地侵佔與濫用是亞馬遜地區伐林最主要，也是最特殊之原因，管制信貸剛好可以切中問題核心¹⁷。」在2008年12月舉辦的第14次締約國大會（波蘭氣候協商會議）中，巴西提出透過減少伐林以降低碳排放的措施，占議題主導地位。當時WWF巴西分會的保育主任斯卡拉姆滋(Carlos Alberto de Mattos Scaramuzz)指出，對抗伐林的行動必須「四」管齊下，包括(1)規劃並落實保育區，以有效保護森林；(2)在亞馬遜地區強化森林管理能力，提倡自然資源永續利用；(3)加強巡邏監控，解決農業公司與大型開發工程非法侵佔土地所帶來的威脅；(4)透過財政措施獎勵保護森林的人。

國會議員氣候變遷論壇於2008年5月在巴西巴西利亞舉行，這是一系列世界氣候論壇的重要會議，也是屬於八大工業國(G8)的相關活動。會議由巴西國會主辦，由「全球議員環境平衡組織(Globe International)」與「永續發展溝通聯盟(Com+ Alliance)」兩大團體發起。與會的國會議員包括來自美、加、英、法、德、義、日、俄等G8成員國，與巴西、中國、印度、南非、墨西哥等新興經濟體，共同研擬氣候變遷相關提案，並於2008年7月在日本舉行的G8領袖高峰會議中討論。巴西總統魯拉建議富裕國家以自願捐款的方式，支付減少伐林與保護森林的費用，他在聯合國2006年與2007年在肯亞奈洛比與印尼峇里島舉行的兩次氣候會議中都會提出此項提案。透過Globe組織，林業公司的主管持續與各國資深國會議員、公民團體及國際組織代表針對非法伐林與永續林業進行溝通。據估計，非法伐林每年造成開發中國家政府損失超過150億美元的收入。

(三) 森林碳夥伴基金(Forest Carbon Partnership Facility, FCPF)

2007年聯合國氣候變化綱要公約第十三屆締約國大會於印尼峇里島舉行，會議上提出「峇里路線圖」(Bali Roadmap)。此次會議有兩項重要成果，一是各國同意成立由全球環境基金(Global Environment Facility)管理的「調適基金」(Adaptation Fund)，其二為提出「降低因伐林與森林退化所導致的碳排放」(Reducing Emissions from Deforestation and Degradation, REDD)。這兩項旨在解決全球溫室氣體問題的方案，目前仍屬研議中的初步計畫。

其中，調適基金的概念源自於京都議定書，其目的為幫助那些在氣候變化過程中特別容易受到不利影響的發展中國家，尤其是屬最不發達或小島型的發展中國家，提供這些國家實施氣候調適措施之資金需求。對於這些國家而言，調適基金確有其必要。氣候暖化之影響遍及全球每一個角落，調適基金可以讓這些未因

¹⁷ 哈慕曾提出，若巴西對森林漠視，巴西將成為全球暖化的主要貢獻者，目前已經排名世界第四名。

資本主義獲益，反深受其害的無辜民眾，獲得些許補償。2007年5月於美國華盛頓召開的「太平洋群島領袖會議」中，與會國即決定動用全球環境基金，提供低窪的太平洋島國一億美元的協助。根據「峇里路線圖」，開發中國家於2012年，可由全球環境基金獲得五億美元的調適基金。在財源方面，部分專家建議由「清潔發展機制」(Clean Development Mechanism, CDM)中，抽取資本主義工業已開發國家排放權交易收入的2%作為基金。透過該機制，可以讓北方國家金援開發中國家，推展潔淨能源的各項建設(倪世傑，2008)。

森林消退與森林劣化是造成全球暖化的次要因素，僅次於石化燃油的使用。在京都議定書協商過程中，毀林未被列入議程內，然而，此議題逐漸受到重視。當今之衛星技術發達，利用Google Earth即可辨識出地理疆界，因此觀測森林消失的速率與面積不再是一件困難的事。在此技術的基礎上，監測全球森林資源變化將是一件可行與重要的事。在防止溫室氣體暖化的因應策略上，採取避免森林毀壞之戰略，將從根本上改變一些國家在全球氣候變化政治學中的位置。印尼與巴西這兩個擁有廣大熱帶雨林的國家，就會躍升到世界溫室氣體排放國排名的第三和第四名，從而加重部分開發中國家的責任。「峇里路線圖」提出「降低森林消退所導致的碳排放」，其下擁有兩個不同的機制：「就緒機制」(Readiness Mechanism)與「碳融資機制」(Carbon Finance Mechanism)。前者募集一億美元的資金，幫助20個國家減少因森林砍伐和森林退化所導致的溫室氣體排放，並建立適當的監視系統。後者籌集2億美元，將讓森林資源豐富的國家，在全球碳交易市場上向已開發國家「出售」他們的碳減排額度。在那一次全球氣候變遷會議中，世界銀行宣布成立的「森林碳夥伴基金」(Forest Carbon Partnership Facility, FCPF)，便是為達成以上目的而設置。

森林碳夥伴機構於2007年在印尼峇里島召開之聯合國氣候變化綱要公約第十三屆締約國大會會議期間成立。由於森林保育之REDD在第十三屆印尼峇里島締約國大會中通過¹⁸，故世界銀行總裁左力克(Robert Zoellick)在峇里島會議期間宣佈FCPF之成立。其主要投資對象僅限於開發中國家或是低度開發國家所發起的大型計畫(Large Scale)。該類計畫之目的主要為避免森林覆蓋面積之降低或避免去森林化(即大型REED計畫)，符合這些條件的計畫可以向FCPF提出申請，以得到此基金的支助。此基金設置目的為均衡區域發展，並使各個公約締約國之非附件一國家都能享受清潔發展機制的利益。

京都議定書的第一階段承諾減量期間將在2012年屆止，但是各國對第二階段

¹⁸ 在此次會議中提及，森林消退與森林劣化是造成全球暖化的次要因素，僅次於石化燃油的使用。

減量期間的減量目標尚未達成共識，有可能在這段期間內發生兩個減量時程不能銜接的問題。某些在2012年後運作的清潔發展機制計畫或是大型減量計畫，會因此而產生不確定性與投資風險。投資方在購買這些在2012年之後產出的額度時，將會面臨不確定的風險，因此需要一個財務機構處理某些在2012年後仍運作的計畫，避免對碳交易市場產生衝擊。為解決與緩和以上問題，因此成立碳夥伴基金（Carbon Partnership Facility, CPF），此基金預計募集的資金規模大約是五十億歐元（蘇義淵，2009）。

（四）生態碳基金（BioCarbon Fund）

「生態碳基金」成立於2006年，此基金是運用造林（Afforestation）或再造林（Reforestation）計畫來購買碳權，這種抵換模式符合京都議定書所制定的「清潔發展機制」。近年來世界銀行啟動一系列碳基金（Carbon Fund），其中生物碳基金（BioCarbon Fund）的投資著重於森林和農業生態系統的碳吸存或保存功能，其在馬達加斯加、宏都拉斯和哥倫比亞都有不錯的成績。若從「生態系統的服務給付」（Payment for Ecosystem Services, PES）的角度著眼，墨西哥和哥斯大黎加都有很成功的案例可供參考，但這些案例都不屬於國家型計畫（National Approach），而是以個別計畫為基礎（Project-Based）。若要有效落實REDD，仍須靠各個雨林國家建立全國性的碳會計制度（National Accounting System）。

「生態碳基金」是一個多邊的信託基金，由四個國家及十個私法人捐贈約一億美元資金予世界銀行，並由該銀行設立信託，採用原始型碳基金的運作方式進行管理。該基金的成立是呼應前聯合國秘書長安南在聯合國氣候變化綱要公約第十二屆肯亞奈洛比大會的呼籲，要將清潔發展機制的利益普及到各個區域，因此倡議Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation（REDD），亦即工業化國家利用資金鼓勵開發中國家，尤其是低度開發國家去從事森林保護、森林復育、植林等，降低森林消失的活動，以吸附、保存碳匯，並且保存森林中的生態多樣性。因此建議由世界銀行成立此一基金，進行相關計畫的投資，此一建議亦在第十三屆印尼締約國大會中通過。所以本基金的投資對象僅限於開發中國家或是低度開發國家所發起的LULUCF計畫，其目的為提供避免森林覆蓋面積降低或避免去森林化的相關計畫資金援助，在馬達加斯加、宏都拉斯以及哥倫比亞各進行一個計畫（蘇義淵，2009）。

「尼羅河流域再造林計畫」是由烏干達國家林務局結合在地社區推動，其資金來自世界銀行所提供的「生物碳基金」，補助烏干達在其境內的草原上種植松樹與非洲原生樹種混合林。由於林木生長可吸收大氣中的溫室氣體二氧化碳，這

項位於烏干達維多利亞湖上游「魯沃霍中央森林保護區」的造林計畫，可列入京都議定書所認可的碳權抵換額度，此創下非洲首例¹⁹。目前，符合京都議定書「清潔發展機制」（CDM）的造林抵換碳權計畫，全球只有八個，烏干達計畫是其中之一。該計畫中有三分之一的土地變更使用型態，並登記在「生物碳基金」名下²⁰（易俊宏，2009）。

（五） REDD與碳基金市場之關係

2007年聯合國第13次締約國大會（印尼峇里島締約國會議）出現REDD（減少毀林及森林退化造成的溫室氣體排放，Reduction in Emission from Deforestation and Forest Degradation）新方案，內容為已開發國家應協助開發中國家保護森林，提供信貸。原則上是由富國協助窮國保護其森林，並取得碳減量信用額度。REDD之概念清楚，但遊戲規則卻十分模糊，其牽涉利益分配等現實問題，引發各界疑慮。減少毀林與森林退化不只可減緩溫室效應，對於棲地與物種保育也有助益。然而，在大力推廣森林保育時，REDD同時也可能帶來危機，因為世界上多數雨林嚴重消退的國家（如印尼、剛果與奈及利亞）皆有共同的問題，例如貪汙腐敗的政府體系。此特性使專業人士無法信任這些地區能有效的執行減少毀林的工作，甚至因減少毀林可以獲得金錢資助，然而在這些國家監督資金運用具有困難性。此外，REDD可能誘使政府對土地與森林更加嚴格的控管，這可能會使得原居在林地的原住民權益（包括土地所有權與自然資源使用權等）受到侵犯。而在2008年之聯合國第14次締約國大會（波蘭波茲南會議）中，在關於REDD的決議文中刪除原住民「權利」之文字，更加深這層憂慮，也促使國際間各原住民族團體之抗議，強調「沒有權利，免談REDD」（No Rights, No REDD）。

即使 REDD 的實際設計尚在摸索當中，還有許多原則性問題尚未解決，國際間仍加速腳步，繼續規劃。例如世界銀行推出「森林碳夥伴基金（Forest Carbon Partnership Facility）」，其目的為針對森林資源永續利用，建立正面誘因與資金流動系統，基金規模為 3 億美元。其中 1 億美元將用於開發中國家之能力建構，另 2 億美元將用於小規模示範計畫。雖然購買這些減量額度者多為自願推動減量組織，但是許多保育人士與金融人士早已開始自行設計各項拯救森林之行動概念與計畫。另外，美國自然保育組織（The Nature Conservancy, TNC）、兩間美國電力公司

¹⁹ 世界銀行在烏干達的經理 Kundhavi Kadiresan 表示，「這對烏干達而言是一個里程碑，特別是這項再造林計畫從籌備到批准階段，充滿諸多困難...我很欣慰這項計畫不僅提供實質的財務資源，還給當地居民創造多達 700 個工作機會」。

²⁰ 「生物碳基金」經理 Ellysar Baroudy 表示，「烏干達計畫是第一個透過聯合國清潔發展機制的管道進行註冊，而且參與雙方都能獲得極大益處的計畫，例如地方社區有較高的收入，且對氣候變遷也有更大的適應能力。」

以及石油業者於 1997 年付給玻利維亞政府一千多萬美元，要在 30 年間讓諾依可佩夫國家公園 170 萬公頃園區內之森林健康生長。另外針對鄉村地區設計的碳抵減機制「生存計畫」(Plan Vivo)，在墨西哥、莫三鼻克、烏干達等國，提供資金保護鄰近森林或願意進行植樹活動之村落。在預期排放減量經查證後，由 Plan Vivo 頒發相對碳額度給原始出資者。又如美林投資銀行(今為美國銀行)，計畫在印尼亞齊省協助保育大片森林。該銀行將出資協助印尼政府加強執行森林法規，並且提供非法伐林者替代的謀生方法，目的為透過參與取得 REDD 碳額度。英國的固碳資產管理公司「樹冠資本」(Canopy Capital) 著眼於蓋亞的那伊沃克拉瑪(Iwokrama)森林所提供之各項功能(例如碳儲存、保護野生動物與孕育雨水等)。此各項功能具有經濟價值，因此此公司願意付款來保護此森林，以取得森林所提供生態服務之部分權利。雖在國際政治協商的架構下，各國仍然無法對 REDD 產生具體共識，但在 2009 年之聯合國第 15 次締約國大會(哥本哈根會議)上，REDD 成為重要討論議題，經熱烈討論後共識逐漸形成，而 REDD 議題則形成一股風潮²¹。在 2008 年波茲南會議中，對造林計畫的討論很少，但在 REDD 周邊會議中卻有相當多的討論。然而，對於 REDD 的規則設計與概念仍有許多問題，包括能否以 REDD 計畫中獲取的碳減量額度，而後在碳市場上進行交易？其實減少毀林與造林一樣，都涉及繁複的方法學，且與計畫範圍的當地文化有相互關係。總之，REDD 的困難並不亞於造林計畫，目前尚未有完備的規則(王茹涵，2008)。

三、以碳稅或碳基金收入挹注林業部門之情境分析

以我國而言，由於造林獎勵金逐年增加，從 2002 年之平地景觀造林政策 20 年每公頃 161 萬元，增加至 2008 年綠海計畫 20 年每公頃 180 萬元，而 2009 年之綠色造林計畫，其獎勵金更增加至 20 年每公頃 240 萬元，確實造成政府財政負擔。在既定之政策目標之下，挹注林業部門的資金中，本研究以造林獎勵金為探討對象，且假定碳排放廠商有碳排放量限制之規範下，本研究依照碳稅政策實施與否、造林基金成立與否以及碳基金設置與否，共分成八種情境，如表 1 所示。下面就此八種情境分述之。

²¹ 2007 年巴西大量的閒置土地或許能為全球糧食危機提供部份的解決方案，然而，高漲的糧食價格卻可能導致在亞馬遜雨林增加焚燒森林的威脅。專家表示，亞馬遜地區砍伐森林的情況與全球糧食市場的走勢非常一致。因為，擁有廣大農田的巴西農民為了因應更多獲利的前景，而砍伐森林、焚燒土地來種植牧草或穀物。澳洲政府在 2007 年將用其「全球森林與氣候行動計劃」20 億澳幣的部分經費，建立一個新的全球系統，來監測森林覆蓋與碳吸存含量。

表 1. 以碳稅或碳基金之資金挹注林業部門之可能情境

	情境一	情境二	情境三	情境四	情境五	情境六	情境七	情境八
碳稅	×	✓	×	×	✓	×	✓	✓
造林基金	×	×	✓	×	✓	✓	×	✓
碳基金	×	×	×	✓	×	✓	✓	✓

資料來源：本研究整理

（一）不存在碳稅、造林基金與碳基金

第一種情境如圖 1，當社會上不存在碳稅政策，亦無造林基金設置，也沒有碳基金機制之下，碳排放廠商為了達成碳排放規範要求，可自行投資造林獲取碳權，或與造林地主進行碳交易，獲得碳權。因此造林地主之收入，可能來自於政府統收統支之預算提撥之造林獎勵金，或是賣碳權給廠商而獲得收入。

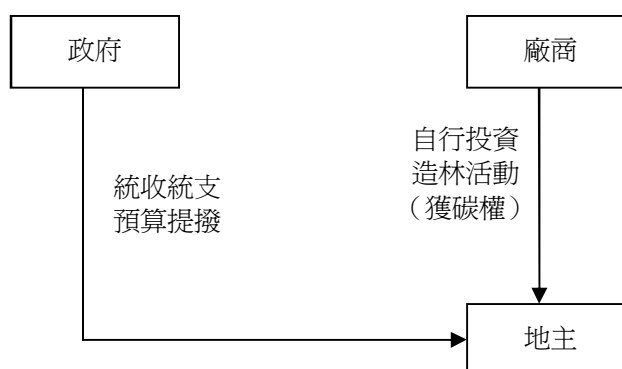


圖 1. 不存在碳稅、碳基金與造林基金之情境

（二）存在碳稅，不存在造林基金與碳基金

當社會上不存在造林基金與碳基金，而存在碳稅政策後，廠商除可選擇繳交碳稅給政府外，亦可選擇自行投資造林來獲取碳權或與造林地主進行碳交易獲得碳權，如圖 2 所示。而政府的碳稅收入可經由統收統支，編列造林獎勵金預算，獎勵地主造林，但以地主立場而言，地主僅能選擇將碳權賣給政府（收到造林獎勵金），或賣給廠商（收到碳權收入）。

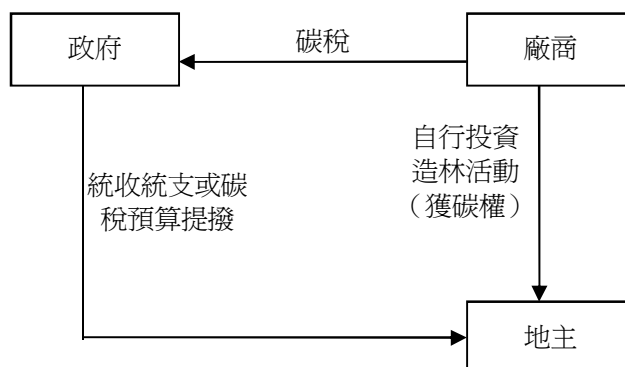


圖 2. 存在碳稅、不存在碳基金與造林基金之情境

(三) 存在造林基金，不存在碳稅與碳基金

當不存在碳稅與碳基金，而僅存在造林基金，且由中央主管機關成立造林基金時，則政府可採取統收統支將預算提撥一部份，或由碳稅收入提撥預算至造林基金，進而再從造林基金提供地主造林獎勵金。以廠商立場而言，為達減量標準，亦可自行投資造林方案獲得碳權，而造林地主可獲取碳權收入，如圖 3 所示。

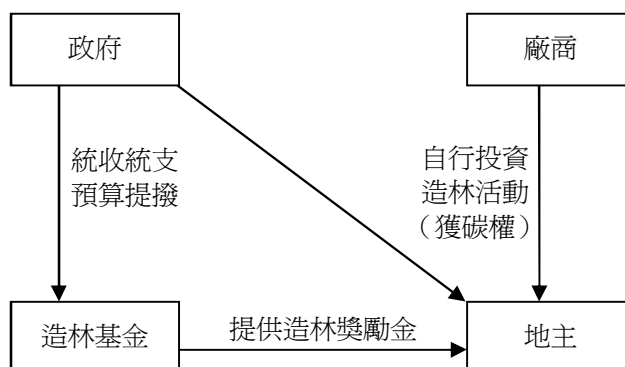


圖 3. 存在造林基金，不存在碳稅與碳基金之情境

(四) 存在碳基金，不存在碳稅與造林基金

當社會上僅存在碳基金，而不存在碳稅與造林基金時，則碳排放廠商為達減量規範，可自行投資造林活動以獲碳權，或購買碳基金，使廠商更容易獲得碳權，而碳基金扮演中介角色，或地主直接由政府統收統支之預算提撥中得到造林獎勵金，如圖 4 所示。

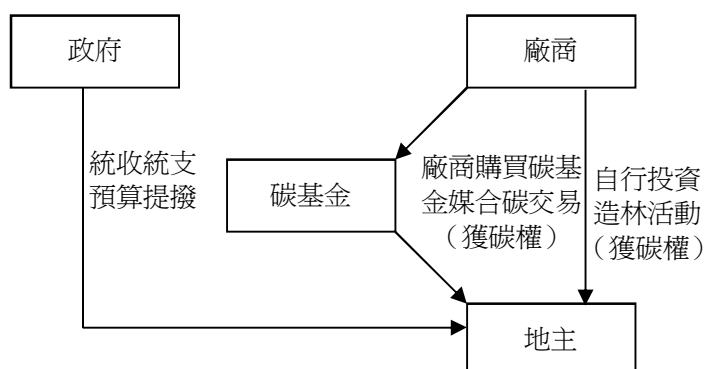


圖 4. 存在碳基金，不存在碳稅與造林基金之情境

(五) 存在碳稅與造林基金，不存在碳基金

當存在碳稅與造林基金，而不存在碳基金時，則碳排放廠商為達減量規範，可自行投資造林方案，或繳納碳稅給政府，政府可採用統收統支預算提撥或從碳稅收入提撥至造林基金，而由造林基金提供地主造林獎勵金。除了上述方式之外，政府亦可直接由碳稅收入提撥給地主作為造林獎勵金，如圖 5 所示。

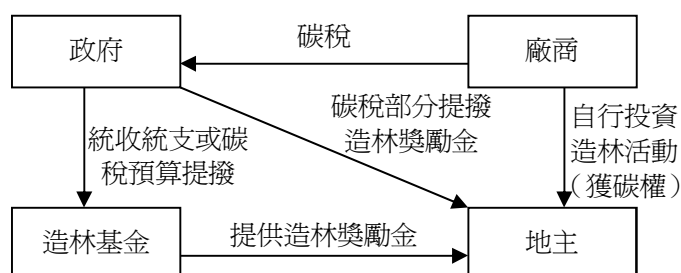


圖 5. 存在碳稅與造林基金，不存在碳基金之情境

(六) 存在造林基金與碳基金，不存在碳稅

當存在碳基金與造林基金，而不存在碳稅時，政府可以一般預算提撥至造林基金，再以造林基金提供地主造林獎勵金。廠商為了要達到減量標準，必須自行投資造林獲得碳權，或購買碳基金，以得到碳權來作為排放抵減之用，而碳基金部分可投資在造林方案上，使造林地主因賣碳權而獲得收入，如圖 6 所示。

(七) 存在碳稅與碳基金，不存在造林基金

當存在碳稅與碳基金，而不存在造林基金時，則廠商為要達到碳排放減量標準，除可繳交碳稅外，亦可自行投資造林活動，或購買碳基金，以進一步獲得之

碳權來作為排放抵減之用，而碳基金可部分投資在造林方案上，而造林地主可賣碳權而獲得收入，如圖 7 所示。

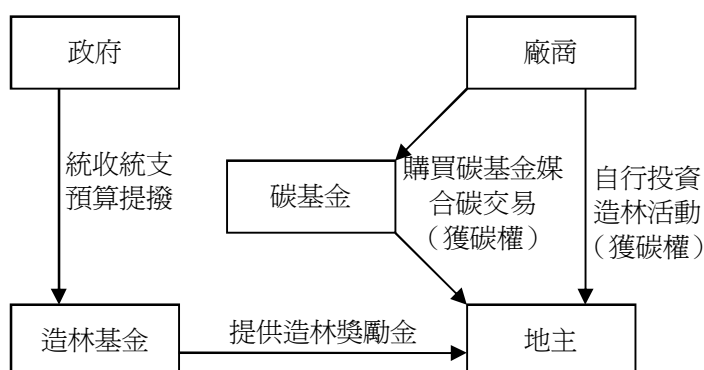


圖 6. 存在碳基金與造林基金，不存在碳稅之情境

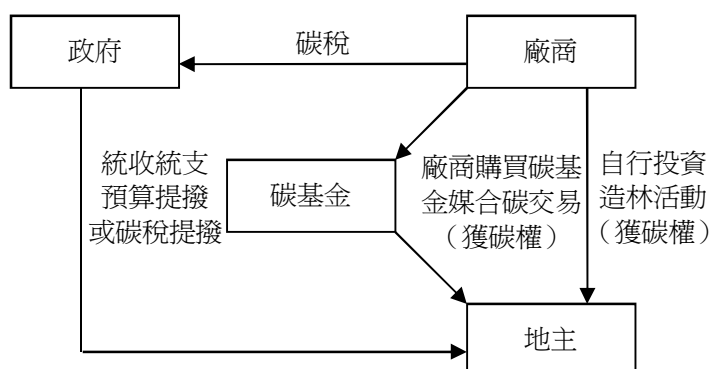


圖 7. 存在碳稅與碳基金，不存在造林基金之情境

(八) 存在碳稅、碳基金與造林基金

當存在碳稅、碳基金與造林基金時，廠商為達到碳排放減量標準，除可繳交碳稅外，亦可自行投資造林活動，或購買碳基金，以進一步獲得之碳權來作為排放抵減之用。就政府立場而言，政府可提供統收統支預算編列至造林基金，或由碳稅收入提撥至造林基金，再由造林基金提供地主造林獎勵金。政府亦可以其碳稅收入提撥部分資金來購買碳基金，碳基金募集所有資金後，投資在造林方案上，造林地主可賣碳權而獲得收入，如圖 8 所示。

四、專家學者對碳稅及碳基金與林業部門關係之調查分析

爲了解專家學者對碳稅及碳基金之看法，以及以碳稅或碳基金支持林業部門之認同程度，本研究設計問卷對專家學者進行問卷調查。總共訪問 35 位相關領域之專家學者，包括環境經濟領域 18 位，環境政治領域 3 位，環境工程領域 4 位，林業與環境保育領域 7 位，管理領域 2 位，能源領域 1 位。性別方面，男性佔 82.86%，女性佔 17.14%；教育程度方面，大學畢業之比例爲 14.29%，碩士佔 28.57%，博士佔 57.14%。

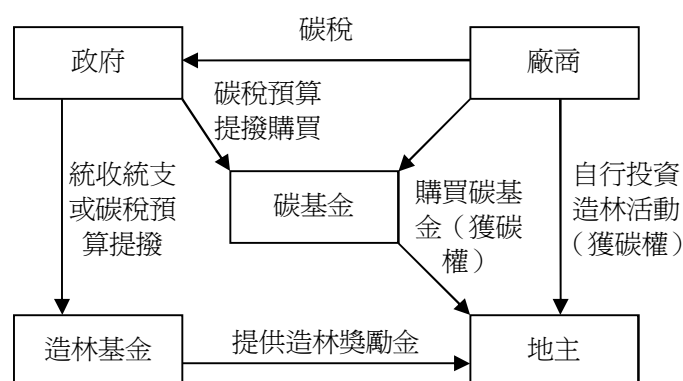


圖 8. 存在碳稅、碳基金與造林基金之情境

(一) 對碳基金之看法

受訪者對碳基金之瞭解程度方面，如表 2 所示，瞭解程度之平均數爲 2.71²²，僅有 31.43%之受訪者表示對碳基金「瞭解」，有近半數的受訪者（47.72%）表示不瞭解或非常不瞭解碳基金。受訪者大多屬環境相關領域之專家學者，卻仍有近半數者不瞭解碳基金，顯見碳基金的概念在我國仍不普遍。有關碳基金之研究與相關觀念之推廣與普及仍有待加強，否則要推動相關制度之困難度將很高。

表 2. 受訪者對於碳基金之瞭解程度

瞭解程度	非常瞭解	瞭解	普通	不瞭解	非常不瞭解	平均數	標準差
個數	0	11	8	11	5	2.71	1.08
百分比	0.00	31.43	22.86	31.43	14.29		

其次，受訪者對於政府/私人成立碳基金之同意程度方面，如表 3 所示，同意程度之平均數爲 3.66。有 65.72%之受訪者表示，同意或非常同意政府/私人成立碳

²² 瞭解程度分爲五個尺度，分別爲非常瞭解、瞭解、普通、不瞭解及非常不瞭解。在作統計分析時分別給予 5,4,3,2,1 之分數，並作平均數與標準差之統計。若平均數大於 3，即表示瞭解者占多數。針對碳基金瞭解程度之平均數爲 2.71，顯示整體而言，受訪者中不瞭解者占多數。

基金，僅有 8.57%之受訪者表示不同意或非常不同意，顯示雖然近半數的受訪者對於碳基金不瞭解，但有近三分之二之受訪者同意政府或私人成立碳基金來進行減碳工作。

(二) 以碳基金支持林業部門之看法

再者，受訪者對於以碳基金之一部份收入用於林業部門碳減量之認同程度方面，如表 4 所示，其平均數為 3.83，表示多數者同意或非常同意此問項。有 77.14%之受訪者表示同意或非常同意以碳基金之一部份收入用於林業部門之碳減量，僅有 8.57%之受訪者表示不同意或非常不同意，顯示大部分受訪者同意將碳基金之一部分用來進行減碳工作。

表 3. 受訪者對於政府/私人成立碳基金之同意程度

同意程度	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意	平均數	標準差
個數	4	19	9	2	1	3.66	0.89
百分比	11.43	54.29	25.71	5.71	2.86		

表 4. 受訪者對於以碳基金之一部份收入用於林業部門碳減量之同意程度

同意程度	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意	平均數	標準差
個數	6	21	5	2	1	3.83	0.90
百分比	17.14	60.00	14.29	5.71	2.86		

進一步，本研究詢問受訪者同意以碳基金支持林業部門之相關工作項目，如表 5 所示，大部分受訪者同意以碳基金支持新植造林、森林撫育及維護已成林三項工作，同意者占受訪者之比例均超過 7 成。以碳基金用於補貼疏伐工作之同意比例較低，僅有 31.43%。

表 5. 受訪者同意以碳基金支持林業部門相關工作項目之比例

相關工作項目	新植造林	森林撫育	疏伐工作補貼	繼續維護已成林	不同意支持任何林業工作項目
同意個數	25	27	11	25	1
同意百分比	71.43	77.14	31.43	71.43	2.86

(三) 對碳稅之看法

受訪者對於碳稅之瞭解程度，如表 6 所示，瞭解程度之平均數為 3.09，顯示瞭解者比不瞭解者略多。37.15%之受訪者表示瞭解或非常瞭解碳稅之內涵，而有 28.57%之受訪者表示不瞭解或非常不瞭解碳稅。若與碳基金之瞭解程度作比較，受訪者對碳稅有較多的瞭解，此反應碳稅的相關議題已在我國討論多年，而碳基金屬於較新的議題。另外，亦反應碳稅在我國實施的可能性與可行性比碳基金為高，因此受關注的程度較大。

再者，受訪者對於我國實施碳稅制度之認同程度方面，如表 7 所示，認同程度之平均數為 3.86，顯示同意者比不同意者多。有 77.4%之受訪者表示同意或非常同意我國實施碳稅制度，僅有 8.57%之受訪者表示不同意或非常不同意，顯示絕大多數受訪者同意在我國實施碳稅制度。

表 6. 受訪者對於碳稅之瞭解程度

瞭解程度	非常瞭解	瞭解	普通	不瞭解	非常不瞭解	平均數	標準差
個數	1	12	12	9	1	3.09	0.92
百分比	2.86	34.29	34.29	25.71	2.86		

表 7. 受訪者對於我國實施碳稅制度之同意程度

同意程度	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意	平均數	標準差
個數	6	21	5	2	1	3.83	0.90
百分比	17.14	60.00	14.29	5.71	2.86		

(四) 以碳稅支持林業部門之看法

受訪者對於以碳稅收入用於林業部門碳減量之支持程度，如表 8 所示，支持程度之平均數為 3.91，表示大多數的受訪者支持此問項。有 82.86%之受訪者表示同意或非常同意以碳稅收入用於林業部門之碳減量，僅有 5.72%之受訪者表示不同意或非常不同意，顯示絕大多數受訪者同意我國以實施碳稅之收入用於林業部門之碳減量工作。

表 8. 受訪者對於以碳稅收入用於林業部門碳減量之同意程度

同意程度	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意	平均數	標準差
個數	5	24	4	1	1	3.91	0.81
百分比	14.29	68.57	11.43	2.86	2.86		

進一步，本研究詢問受訪者同意以碳稅支持林業部門相關工作之項目，如表 9 所示，大部分受訪者同意以碳稅支持新植造林、森林撫育及維護已成林三項工作，同意者占受訪者之比例均超過 7 成，而同意以碳稅用於補貼疏伐工作之比例較低，僅有 37.14%。

表 9. 受訪者同意以碳稅收入支持林業部門相關工作項目之比例

相關工作項目	新植造林	造林撫育	疏伐工作補貼	繼續維護已成林	不同意支持任何林業工作項目
同意個數	27	25	13	25	3
同意百分比	77.14	71.43	37.14	71.43	8.57

(五) 小結

由上述之訪談結果分析可知，雖有近半數的受訪者表示對於碳基金不瞭解，但有近三分之二之受訪者同意政府或私人成立碳基金來進行減碳工作，且有 7 成以上之受訪者同意將碳基金收入之一部份用於林業部門，尤其在新植造林、森林撫育及維護已成林三種工作項目上，但疏伐項目之同意程度較低。另外，雖然了解碳稅之受訪者略多於不瞭解者，但了解者僅占 37.15%。即便如此，受訪者中有近 8 成同意我國實施碳稅制度，且有 7 成以上受訪者支持我國將碳稅收入之一部分用於林業部門碳減量工作，其中疏伐項目之支持程度較低。

五、結論與建議

由於造林能夠形成碳匯，減緩氣候變遷，而京都議定書內容明確規範森林提供的溫室氣體減量貢獻可納入碳排放之抵減值中，因此，我國重視林業部門在碳減排方面之功能。另一方面，我國政府為能提升地主之造林誘因，增加平地之森林覆蓋率、農地之利用效率以及綠美化鄉村景觀等，積極推動各項造林獎勵措施，然而，在國家財政日益短絀的情況下，每年增加的造林獎勵金支出可能造成政府財政負擔，因此，我國林業部門期待未來能合理利用碳稅、造林基金與碳基金來做為造林財源籌措方式之一。本研究提出以下的重要結論與建議：

- (一) 除碳稅與碳基金可作為我國林業部門造林財源籌措方式外，透過是否課徵碳稅、設置造林基金、以及建置碳基金機制之不同組合，共可產生挹注林業部門造林資金來源之八種不同的情境與方式。若碳稅、造林基金與碳基金機制均存在並能發揮其功能時，林業部門將能透過多元化管道籌措財源，以順利推動相關造林以及協助碳減量之政策。

以碳稅而言，目前世界各國較少將碳稅稅收作為林業部門之經費來源，但日本環境省曾於 2004 年、2005 年及 2006 年提出碳稅法案，內容包括日本政府將以碳稅收入補貼減緩氣候變遷之計畫，以及作為林業部門造林碳匯及碳減量之用，但三次碳稅法案皆遭到否決。由於我國政府財政日益短絀，造林獎勵金卻大幅增加，政府可考慮透過碳稅稅收作為補助林業部門造林獎勵金之來源。

以碳基金而言，碳基金以其資金投資清潔發展機制(CDM)或聯合減量機制(JI)，獲得碳抵減權證，並以碳抵減權證與現金作為基金投資者之報酬。林業部門通常為減量機制之碳抵減權證供給方，廠商可透過參與造林、減少毀林與森林退化以及森林經營管理而得到碳減排權證。目前世界上重要之碳基金，如保育與社區碳基金、亞馬遜基金及森林碳夥伴基金等均以林業作為碳基金之投資標的。因此就我國而言，林業部門可透過政府建立碳基金來增加投資造林之財源，而另一方面，廠商也可透過參與林業部門之造林計畫來取得所需要之碳排放權證。

當政府實施課徵碳稅制度，且同時存在由中央主管機關設置之造林基金，以及有碳基金時，廠商為達到碳排放減量標準，除可繳交碳稅之外，亦可自行投資造林活動，或購買碳基金，以進一步獲得碳權來作為排放抵減之用。就政府立場而言，除利用統收統支編列一部份預算至造林基金，亦可提撥一部份碳稅收入至造林基金，再由造林基金提供一部份資金給地主作為造林獎勵金之用，而政府亦可以其碳稅收入提撥部分資金來購買碳基金。碳基金募集所有資金後，可將其資金投資在造林方案上，而造林地主可藉由販賣碳權而獲得收入。

(二) 政府自行成立碳基金可適度緩解林業部門財政負擔，參與國際碳基金可為公私營單位取得國際認可的碳權，兩者均可減少碳排放廠商之減量成本，增進國際地位；換言之，碳基金之建立可有效強化與國際接軌、提昇碳減量效率之功能。政府可透過碳基金之建立與開發中國家合作，參與減少毀林與森林退化之計畫，以取得碳排放抵減權證，並降低整體碳減量成本。

在我國特殊的國際地位以及國際公約的限制下，利用邦交國參與國際碳基金方式可為我國公、私營機構取得碳額度，為相關產業舒緩溫室氣體減量壓力，創造經濟財源，降低廠商的經營成本。針對碳基金之成立，我國可與國外機構接洽，參酌與學習必要之經驗。我國在國際上的身分特殊，若以國

家為單位直接參與碳權的採購或投標計畫，會產生如何計算碳排放總量與碳排放權歸屬的問題。另外，若以基金投資清潔發展機制、聯合減量等機制之計畫是否能夠合理與順利的將取得的碳權轉換成我國的碳排放額度，也充滿不確定性。若我國碳基金的業務範圍不包含於世界銀行架構下進行之碳權證交易、清潔發展或聯合減量機制，僅可用於支持國內之二氧化碳減排計畫與二氧化碳排放總量管制上，則碳基金不需依附於世界銀行，亦不受必須在我國成立公法人之限制。

因此，若要實施碳基金，則須加強公信力與資金運用之合理性。無論碳基金由政府或是私人部門出資設置，基金的審查與控管機制均需完善，且市場需具透明力與公信力之特色。以我國而言，未來建立的碳基金可朝向類似過去建立的空污基金，由中央主管機關成立，用於輔助政府相關政策。由於森林具有碳匯功能，因此透過募集眾多資金之碳基金，可投資於林業部門之相關活動。亦即造林方案可作為碳基金之投資標的，增加林業部門之財源，緩解林業部門財政負擔，協助解決造林獎勵金逐年短缺之問題。

（三）由於我國採取自願減量方式，故廠商缺乏減排誘因，造成碳基金之碳減量排放權證需求不足，故政府應審慎評估實施廠商義務碳減量責任之可行性；部分學者認為造林非屬永久性的碳排放減量，質疑以造林之碳匯作為碳基金碳排放減量權證供給方之角色。為確認碳匯之合法財產權以及成為在碳交易市場之合法交易標的，政府應積極規劃造林碳匯之認證制度。

相較於其他溫室氣體減量的措施，造林減量並非永久性，這是造成目前碳匯市場參與度不高的主要因素。由於國內採取自願減量，故推動碳基金並沒有實際壓力。除非未來實施強制減量，每個廠商都會有二氧化碳的排放配額，並且有有效率的監測與認證機制，否則廠商不會有認真作碳減量的壓力，則碳基金將不容易運作。目前在沒有實際壓力的情形下，企業投入造林的目的大多為提升企業形象。我國為亞洲銀行創始會員國，政府若能成立具有公信力之碳基金，或參與國際間之碳基金（如亞洲銀行成立之未來碳基金），將可強化我國與亞洲國家之經貿合作關係，並拓展台灣廠商在國際碳交易市場的商機。

（四）無論碳基金是由政府或私人部門出資設置，政府均應協助建立完善之審查與控管機制，以及建立透明化且具公信力之碳交易市場。若政府建立碳稅與碳基金制度，無論是否將此制度之資金挹注於林業部門，

政府都應建立明確且完整的碳匯資料庫，因健全碳匯資料與碳匯計算方式是碳排放權交易之基礎。

無論未來我國政府是要以碳稅或是碳基金做為造林或撫育資金的來源，建立碳匯量記錄管理(Management Recording Volume, MRV)制度是林業部門當前最迫切的工作。若沒有建立起完整的人工林碳匯的量化資料，就無法取得碳排放抵免的證據，亦無法讓碳稅與碳基金順利將資金挹注在造林獎勵上。針對碳量計算方式，我國宜儘早建立健全之制度。若政府考慮以碳稅或碳基金收入來提供林業部門獎勵造林之經費，則所提供之經費額度應考量林業部門在二氧化碳減排之貢獻程度。為估算林業部門之貢獻，政府應建立健全且具有公信力之碳匯量計算方式。

(五) 在碳排放權與碳基金機制實施前，林業單位應先完成碳匯認證與財產權歸屬之相關事宜，同時應強化與非林業部門之溝通，使其瞭解與重視林業部門在碳匯的重要功能，並在建立碳稅與碳基金制度的過程中，能加入林業部門所關切之議題。

碳基金之成立依目的不同可分為兩種，一種是由國家政府與世界銀行及亞洲開發銀行等體系所建立之碳排放權交易平台，以促進碳排放權之有效率交易，此交易平台非以營利為目的。另外則是以營利為目的，提供碳減排服務，買賣碳排放權而成立之基金。只有當在世界上已有足夠數量的碳排放權證時，才有可能產生以營利為目的之碳基金。一般而言，碳基金之運作非屬一國範圍內之運作，而屬區域性跨國性之運作，因此若在我國成立碳基金，也是由政府先建立排放權，以及碳排放權交易平台。另外，也可以投資在亞洲開發銀行等相關碳基金與國際接軌。在此機制之基礎上，林業部門可以與碳基金接軌，在此機制運作之前，林業部門必須做好準備，包括碳匯之認證，碳排放權證之認證與供給等。碳基金建立在碳排放權之交易基礎上，因此必須先明確界定碳排放權，以及政府能依法明確與有效率的執行此財產權，才會產生明確的排放權之買方與需求，以及排放權之賣方與供給。目前我國在此方面尚需努力，必須對此部分的財產權加以明確界定，才能建立此交易平台與機制。有關碳稅與碳基金制度之建立，林業部門目前所扮演的角色與影響力較小。目前林業部門應強化其在碳排放減量之功能，以及政府與非林業部門需加以支持之理論基礎與正當性，進而建立將碳匯與碳減排之功能加以財產化之相關準備工作與法制建立，使在建立碳稅與碳基金制度的過程中，能加入林業部門所關切之議題。

參考文獻

- 王京明 (2007)。《溫室氣體減量之國際經驗》。行政院經濟建設委員會委託研究計畫報告。財團法人中華經濟研究院第二研究所。
- 王茹涵 (2008)。「REDD 是拯救森林的萬靈丹?」。台灣環境資訊協會環境資訊中心。取自 <http://e-info.org.tw/node/40292>
- 行政院農業委員會林務局 (2004)。「平地森林資源多目標永續利用策略」。
- 取自 <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=6112>
- 易俊宏 (2009)。「烏干達開非洲先例，植樹可抵換碳權」。台灣環境資訊協會環境資訊中心。取自 <http://e-info.org.tw/node/48113>
- 林國慶 (2005)。「京都議定書與平地景觀造林政策之研究」。行政院農業委員會林務局委託研究計畫。94-00-5-01。國立台灣大學農業經濟研究所。
- 林國慶 (2006)。「因應國際溫室氣體減量台灣森林資源經營管理政策之調整(I)」。
- 行政院農業委員會委託研究計畫。95 農科-12.2.3-務-e1。國立台灣大學農業經濟研究所。
- 林國慶 (2007)。「因應國際溫室氣體減量台灣森林資源經營管理政策之調整(II)」。
- 行政院農業委員會委託研究計畫。96 農科-7.1.5-務-e1(2)。國立台灣大學農業經濟研究所。
- 林國慶、柳婉郁 (2009)。「日本因應溫室氣體減量之森林資源經營管理政策分析」。台灣林業，35 卷 4 期，頁 42-48。
- 邱祈榮、林俊成、陳莉坪 (2010)。《植林碳匯專案管理》。台北：國立臺灣大學森林環境暨資源學系。
- 倪世傑 (2008)。「峇里路線圖：減排市場化的深化」。立報教育專題。取自 <http://www.mashow.com.tw/phpBB3/viewtopic.php?f=5&t=932#p3984>
- 梁啓源 (2008a)。「能源稅、碳稅及碳權交易制之整合」。石油市場雙週報，10 月 29 日。
- 梁啓源 (2008b)。「DGEMT 模型與總體計量模型之整合評估」。發表於 2008 兩岸能源、環境及經濟整合評估模型之理論與實務研討會。臺北：行政院原子能委員會核能研究所與中原大學。
- 郭博堯 (2001)。「因應氣候變遷 莫忽視世界趨勢」。永續 (研) 090-132 號，財團法人國家政策研究基金會。
- 蘇義淵 (2009)。「碳信託基金之比較」。科技法律論叢。6 卷 1 期，頁 169-205。
- Conservation International (2008). *Conservation and Community Carbon Fund: Overview*. Arlington: Conservation International. Available from http://www.conservation.org/Documents/CCCCF_Overview_Nov_2008.pdf
- Dutschke, M. (2001). "Permanence of CDM Forests or Non-Permanence of Land Use Related Credits?" HWWA Hamburg Discussion Paper, No. 134.
- Humphreys, D. (1996). *Forest Politics: The Evolution of International Co-operation*.

- London: Earthscan.
- IPCC (2007). Available from http://www.mnp.nl/ipcc/pages_media/AR4-chapters.html
- Kolstad, C.D. (1996). "Learning and Stock Effects in Environmental Regulation: the Case of Greenhouse Gas Emissions." *Journal of Environmental Economics and Management*. 31(1); 1-18.
- Mitchell, R. B. and E. A. Parson (2001). "Implementing the Climate Change Regime's Clean Development Mechanism." *The Journal of Environment and Development*. 10(2): 125-146.
- Pearce, D. (1991). "The Role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming." *The Economic Journal*. 101; 938-948.
- Seung, J. P. (2007). "A Carbon Tax or An Environmental Tax Reform: Difficult Decision for Japan," paper presented at The Eighth Global Conference on Environmental Taxation. Munich, October 18-20.
- UNFCCC (2007). Available from http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php.
- World Bank (2008). *State and Trends of the Carbon Market 2008*. Washington, D.C. Available from <http://tinyurl.com/5rnwfn>

研究前緣

組織機構設置太陽光電系統態度與意願之研究

陳建文（逢甲大學企業管理學系副教授）

謝國文（國立交通大學管理科學系教授）

蕭志同（東海大學經濟學系副教授）

鍾俐娟（工業技術研究院綠能與環境研究所工程師）

一、前言

地球日漸暖化，節能減碳已成為國際間共同的責任，低碳城市或是低碳生活圈已逐漸成為全球性環境經濟領域的關鍵議題。因此，許多國家及城市均積極推動各項低碳生活圈策略與計畫，期望能邁向低碳經濟，減少能源使用與二氧化碳的排放（CEPD, 2002；Trappey *et al.*, 2012）。為加強節能減碳政策的執行，並落實長期減碳目標的達成，台灣節能服務產業發展協會（Taiwan Association of Energy Service Companies, TAESCO）在經濟部能源局與財團法人台灣綠色生產力基金會（簡稱綠基會）的支持下，於 2005 年 6 月 17 日正式成立，以推廣能源服務業（Energy Service Company, ESCO）。TAESCO 之組織定位是以提供業者 ESCO 專業知識與技術支援，擔任政府、ESCO 業者與能源用戶之間的溝通橋樑，並提供政府相關之能源政策建議（簡慧貞等，2009）。

為進一步落實整體 ESCO 產業推動發展，ESCO 相關業者於 2008 年 8 月 14 日成立「中華民國能源技術服務商業同業公會」（Taiwan Energy Service Association, TESA），除了延續 TAESCO 之產業推動計畫，以維持 ESCO 產業秩序，使 ESCO 產業永續發展為主要任務。此外，政府並分別成立產業、商業、政府機關節能技術服務團，以及協調全國工業總會及其所屬之六個產業公會簽署自願性節能減量協議。

TAESCO 產業初期推動之難題，主要在於三方面：（1）未訂定明確節能法源，節能成效無法獲得一致的認定；（2）缺乏驗證機制，投資成本及節能成效無法數據化、無法估算節能效益與投資回收期限；（3）市場未提供融資配套方案，初期投資不易。在企業需同時對產品碳足跡和商業流程中的碳排放進行審查改進下，如何建立有效盤查機制、整合上下游供應鏈廠商、管理文件及人事，將是企業的

重要課題。因此，對於二氧化碳排放量、碳足跡等的計算與統計，改善企業流程以提高營運效率，將是驅動能源管理軟體與 ESCO 節能服務市場發展的重要因素（經濟部能源局 2010，2011；Tsai & Chou，2005）。

全球太陽光電產業從技術競爭、市場需求、產業體系、政策方向、競爭關鍵等構面，可歸納為五大趨勢。首先，多類技術競合於不同的應用市場；其次，市場急漲急跌，產銷拿捏不易。由於發電成本仍高於市電，政策激勵仍為關鍵。在各國政府權衡、資源、掌控能力不同的情況下，市場需求極易急漲急跌，致使廠商產銷拿捏的難度提高，政府政策規劃完整性與操控靈活度影響甚鉅；再者，隨著矽材供應來源增加，過去廠商因缺料而向上整合之情勢逆轉，在往系統商整合的新趨勢下，由於資金周轉較慢、系統建設涉入地方政府行政業務較深，財務能力與當地經營網絡成為太陽光電廠商不可或缺之資源；此外，在能源短缺、環境惡化的趨勢下，各國政府對介入綠能產業的競爭逐步加劇。除了既有的需求激發、技術協助之外，為求克服銀根緊縮障礙、掌握國際市場需求，補強融資、保險等產業體系，並協助廠商於系統建置之營運模式創新，成為新的挑戰；最後，產業主導因素將逐步由政府的價格補貼轉變為市場決定，屆時競爭關鍵將從單純的發電成本擴大至美觀、應用等多重構面。在全球太陽光電大發展趨勢下，當前台灣太陽光電產業存在著「激勵內需市場」、「補強既有價值鏈」、「開創未來技術競爭力」等三大努力方向（李珣宗、施勵行，2011；陳英靜，2008；朱博祥等，2010；蘇炯龍，2010；Lu，2003；Yu *et al.*，2011）。然而，2008 年之後全球金融海嘯造成景氣低迷，各國 PV 製造商產能擴大，產能供過於求成為廠商的新困境。

2009 年 6 月 12 日我國在立法院三讀通過「再生能源發展條例」，並於同年 7 月 8 日總統令公佈實施。此時，經濟部能源局自 2000 年推動太陽光電政策以來，由期初推動設備補助措施，後來旋即轉為購售電機制（鍾俐娟，2010）。然而，2011 年初新政策執行以來，相關配套措施、法規、程序未臻理想，政府於新政策實施之後，有必要進行產業現況評估與部份獎勵補貼措施方向調整，期能符合整體社會福利，並兼顧政府之財政長期平衡。換言之，政策執行與補助措施之調整後，有必要針對太陽光電系統已申設者或潛在申設者（政府部門、財團法人、廠商、學校等組織機構或家戶單位），對其投資設置態度、意願與滿意度之現況追蹤調查；是否因部份獎勵補貼辦法變動，而受到影響，以及未來 PV 市場之景氣會如何？這些重要議題都是政府當務之急的事。

二、研究方法

本文以國內、外期刊論文所提及之影響 PV 系統設置意願的重要因素為基礎，

設計企業、政府等機關再生能源設置意願之問卷，利用統計方法進行相關變數關聯模式建構及路徑分析（謝國文等 2011），所利用的方法與研究架構說明如下：

Ford *et al.*（1999）認為「重要性-績效」分析(Importance-Performance Analysis, IPA)是績效衡量的一個有效評估工具，它可以將「重要性-績效」區域區分成爲四個區：分別表示第一區是顧客重視且績效佳的項目，是應該維持現狀的部分；第二區爲顧客重視但績效不佳的項目，是目前極待改善的部份；第三區爲顧客不太重視但現有績效良好的項目，是資源過份使用的地方；第四區爲顧客不重視且績效不佳的項目，是目前不需急於改善的部份。因此，本文將政策措施分爲「重要性」與「績效」兩構面；其中「重要性」是根據再生能源業者（或潛在企業）對政府所提供再生能源服務項目重視程度所給予評分（1~7 分）；「績效」是再生能源業者（或潛在企業）對政府所提供再生能源服務項目實際地感受所給予評分（0~100 分），藉此探討政府哪些服務項目是極待改善的項目，以作爲施政參考依據。

本研究假設反應變數（「PV 設置意願」、「PV 設置滿意度」和「PV 設置態度」）受構面變數（「政策誘因」、「環境建構」、「經濟誘因」、「成本因素」、「社會誘因」、「能源安全」）之影響並試圖加以模式化。再者，反應變數間亦可能存在特定關聯，例如「PV 設置滿意度」可能單獨受到「PV 設置態度」所影響；而「PV 設置意願」可能會受「PV 設置滿意度」和「PV 設置態度」所影響。換言之，本文實證上述變數是否存在顯著統計關聯，以及路徑關係，如圖 1 所示。

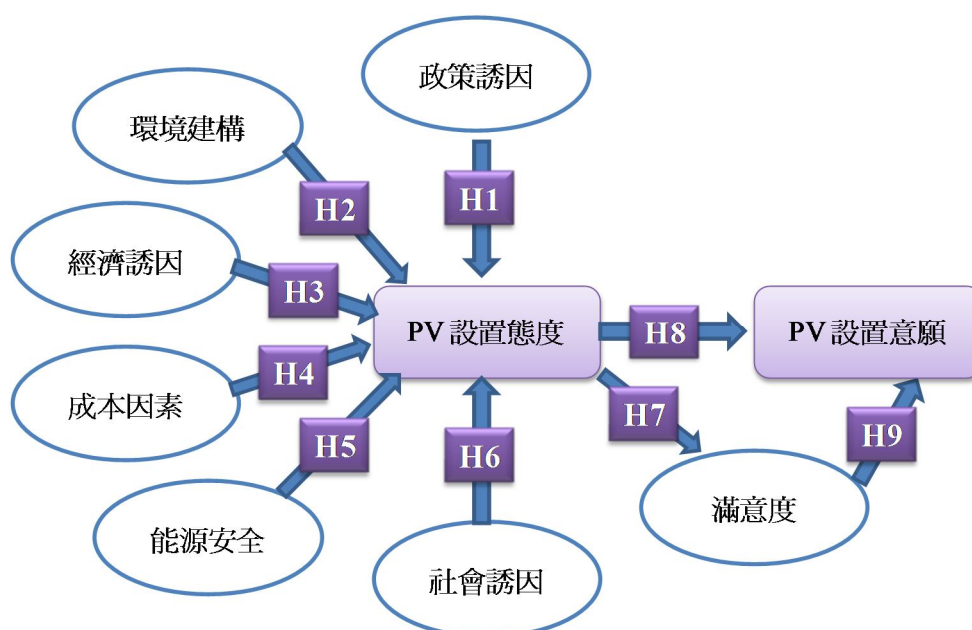


圖 1. 研究架構圖

將上述構面之變數，透過統計方法來驗證其顯著性之統計關係假設(H1~H9)，並以普通最小平方法（OLS）推定一線性迴歸模型如式（1）所示：

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^6 b_i X_i + e \quad (1)$$

其中被解釋變數 Y 代表「PV 設置意願」；而各種解釋變數分別為 X1 表示「政策誘因」；X2 表示「環境建構」；X3 表示「經濟誘因」；X4 表示「成本因素」；X5 表示「社會誘因」；X6 表示「能源安全」；e 是殘差項。

此外，「PV 設置滿意度」受「PV 設置態度」影響，而「PV 設置意願」則受「PV 設置滿意度」和「PV 設置態度」影響（見圖 1 所示）。因此，本文也另行推估結構類似式（1）的兩條線性迴歸模型。

本研究以 2010 年 1 月~2011 年 6 月台灣地區太陽光電系統申設者與潛在申請者為調查對象，包括政府機關、財團法人、廠商、學校等組織機構或家戶單位。以問卷調查結果為基礎，進行類別資料整理，並利用統計方法進行相關變數迴歸模式建構及路徑分析。

三、資料分析與結果

將上述構面之變數，透過統計方法來驗證其顯著性之統計關係假設(H1~H9)，可以建構迴歸分析模型、配適出最佳迴歸方程式，驗證顯著性與解釋能力。

（一）敘述統計

調查母體之資料係透過工研院綠能所協助，進行台灣地區太陽光電系統設置態度、意願與政策滿意度之問卷調查。係以 2010 年 1 月~2011 年 6 月台灣地區太陽光電系統申設者與潛在申請者為調查對象，包括政府機關、財團法人、廠商、學校等組織機構或家戶單位約 700 個樣本。透過普查方式之問券調查後，總共回收 169 份有效問卷樣本，所屬族群為企業有 72 份（42.61%）最多，第二為政府機構有 63 人（37.28%），第三為學校有 30 份（17.75%），回卷者以企業和政府機構為主，兩者約佔 80 %。曾經有設置 PV 系統的佔 75.82%（116 份），沒有設置 PV 系統經驗的佔 24.18%；在有設置 PV 系統經驗的機構中，設置總件數為 10 件以下者有 89 份（佔 85.58%）最多，設置總金額為 1,000 萬元以下者有 60 份最多（佔 63.83%），第二為 1,000 萬元~2,000 萬元者有 8 份（佔 8.51%），顯示大部分設置 PV 系統的總金額仍不到 2,000 萬元（72.34%）。有設置 PV 系統

經驗的機構中，曾接受經濟部能源局有設備補助案 10 件以下者共 90 份(佔 92.79%) 最多；而且有設置 PV 系統經驗的機構中，接受經濟部能源局補助金額 500 萬元以下者共 64 份(佔 70.34%) 最多；有設置 PV 系統經驗機構之設備通過認證金額規模為 2,000 萬元以下者(佔 69.09%) 最多，第二為 2,000 萬元~4,000 萬元者共 6 份(佔 10.91%)，兩者合計佔 80%。

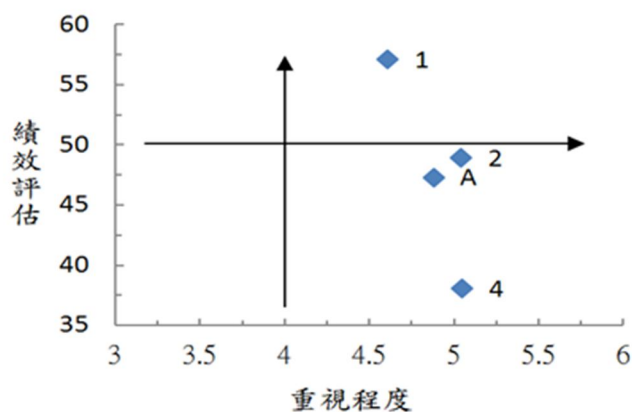
(二) 驅動因素分析

基於樣本類別不同，本文將資料分類成以政府($n=63$)、學校($n=30$)及企業($n=72$)為分析樣本。各項驅動因素、績效評估、設置態度、滿意程度、投資意願等變數皆以其問卷項目子題平均數代表。六項因素經變異數分析結果發現各項重視程度不因三種團體而有顯著差異，平均分數如：政策誘因(4.88)、環境建構(4.92)、經濟誘因(5.19)、成本因素(5.14)、社會誘因(5.40)、能源需求(4.75)。

在驅動因素中政策誘因和環境建構其重視程度(1~7)及績效評估(0~100)之平均得分。在政策誘因中，重視程度三種不同團體之分數為 4.61、5.04 和 5.05 全部平均為 4.88，環境建構方面之得分則為 4.74、4.71 和 5.17 總平均為 4.92，重視程度在三個團體中差距不大且整體得分稍高於中間值 4.00，而接近 5.00，然而在對應政府績效評估分數中則呈現遞減趨勢，在政策誘因中，依序為 57.14、48.94、38.04，而環境建構中則是 58.05、47.58 和 38.38。所以政府單位的評等接近一般 60 分，學校團體則是持平的 50 分，然而企業單位則明顯覺得政府提供的協助不符期待(接近 40 分)；經單因子變異數分析證實績效評估因團體不同而存在差異，顯示認同程度不一致。為進一步凸顯重視程度和績效評估的變化，另將平均值作圖，結果顯示除政府單位問券樣本落於第一象限外，其他二者及整體樣本反應表現皆在第四象限中(如圖 2、3)，所以政策誘因和環境建構受到重視但績效表現未獲對等肯定。

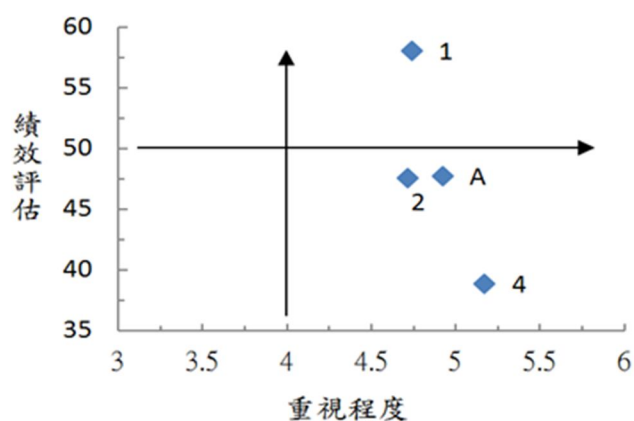
(三) 設置態度與驅動因素

為瞭解設置態度和驅動因素之關係，本文以團體為類別變數，而六種驅動分數為連續變數進行迴歸分析，結果顯示設置態度受驅動因素影響，且二者之線性結構因團體的不同而略有差異，三組方程式之係數如表 1 所列，其中政府部門對於 PV 設置僅受到能源安全構面顯著地影響；學校機構受到能源安全與社會誘因顯著地影響；企業則受環境建構與能源安全因顯著地影響。



(註：1 表政府部門、2 表學校、4 表企業、A 表全部)

圖 2. 「政策誘因」之重要性-績效分析圖



(註：1 表政府部門、2 表學校、4 表企業、A 表全部)

圖 3. 「環境建構」之重要性-績效分析圖

表 1. 設置態度迴歸分析模式係數

變數 團體	截距	政策誘 因	環境 建構	經濟 誘因	成本 因素	社會 誘因	能源 安全	$\bar{R}^2$
政府	2.3386	0.0185	-0.0862	-0.0380	0.1246	0.2175	0.4102*	0.41
學校	1.5088	0.0937	-0.1260	0.0103	0.0989	0.4469*	0.2869*	0.61
企業	6.5533	0.1317	-0.3865*	0.0753	-0.0347	-0.0174	0.1659*	0.21

附註：*表示已達 5%的顯著水準

基於各團體中驅動因素對設置態度的影響因為團體的不同而有差別，特別依其解釋能力貢獻量 (DR^2) 排列，區隔影響因素構面相對重要性，並整理於表 2~表 4 中。

表 2. 政府設置態度模式

重要性	驅動因素	DR^2	累積 $\bar{R}^2$
1	能源安全	0.3699	0.3699
2	社會誘因	0.0352	0.4051
3	成本因素	0.0032	0.4083
4	環境建構	0.0038	0.4121
5	經濟誘因	0.0005	0.4126
6	政策誘因	0.0001	0.4127

表 3. 學校設置態度模式

重要性	驅動因素	DR^2	累積 $\bar{R}^2$
1	社會誘因	0.4881	0.4881
2	能源安全	0.0956	0.5837
3	政策誘因	0.0184	0.6021
4	環境建構	0.0080	0.6101
5	成本因素	0.0031	0.6132
6	經濟誘因	0.0001	0.6133

表 4. 企業設置態度模式

重要性	驅動因素	DR^2	累積 $\bar{R}^2$
1	能源安全	0.0836	0.0836
2	環境建構	0.0822	0.1658
3	政策誘因	0.0357	0.2015
4	經濟誘因	0.0023	0.2038
5	成本因素	0.0017	0.2055
6	社會誘因	0.0002	0.2057

四、PV 設置滿意度、設置意願及對投資的影響

(一) 滿意程度與設置態度

為探討設置態度對滿意程度的影響，本文亦利用團體為基本控制變數進行共變異數分析，結果顯示不僅設置滿意度的確受到態度影響，在基本控制變數上也有其重大差異，明確的迴歸分析結果見表 5；其中企業群的設置態度的斜率值為 -0.4551 和其他兩組之 0.8079 及 0.8077 有明顯不同。

表 5. 滿意度迴歸分析模式係數

團體	截距	設置態度	R^2
政府	0.3763	0.8079	0.46
學校	-0.0698	0.8077	
企業	6.2575	-0.4551	

(二) 設置態度和滿意度對投資意願之影響

在投資意願分析中，以先前設置態度和滿意度加上團體類別進行迴歸分析，結果顯示最精簡模式是投資意願受態度和滿意度影響單位斜率分別為 0.53 和 0.36。而團體不同則有基本截距差異，企業之 0.91 最高、政府和學校則為 0.41 和 0.39，見表 6。

表 6. 投資意願迴歸分析模式係數

團體	截距	設置態度	滿意度	R^2
政府	0.41	0.53	0.36	0.5033
學校	0.39			
企業	0.91			

(三) 投資規劃

在 2011-2014 年投資規劃中，政府和學校單位大部份皆未有計畫，僅有 1/4 (14/60) 和 4/9 (12/27) 表示計劃投資，但在企業方面則呈現近 2/3 有投資構想，詳細統計見表 7。

表 7. 2011-2014 年 PV 投資規劃

團體	未答	無計畫	計畫投資 (件)			
			2011 (半年內)	2012 (半年至 1 年內)	2013 (1~2 年內)	2014 (2~3 年內)
政府	3	46	6	4	2	2
學校	3	15	3	4	3	2
企業	7	23	20	17	1	4

1. 全球市場規模年成長預測

本文依三個不同屬性機構依其全球市場預測進行整理，依實際填答部份統計，絕大多數預測 2015 年 1~10% 和 11~20% 之年平均成長率，但二者之間政府單位顯現

較多認為 11~20%年平均成長率，但在學校和企業方面則較接近未有明顯差距，見表 8。

表 8. 2015 年全球 PV 市場規模成長預測（每年平均成長率）

團體	未答	<-10%	-10~0%	1~10%	11~20%	21~30%	31~40%	>40%
政府	23	0	0	12	17	9	0	2
學校	8	1	0	10	9	1	0	1
企業	17	0	1	19	17	8	5	5

2. 台灣市場規模成長預測

2015 年在國內成長率預測方面政府和企業大多認為 1~10%之預期年平均成長率，但未如前者全球性般高，尤其企業中也有負成長（-10~0%）之判斷，值得深思其特殊考量，見表 9。

表 9. 2015 年台灣 PV 市場規模成長預測（每年平均成長率）

團體	未答	<-10%	-10~0%	1~10%	11~20%	21~30%	31~40%	>40%
政府	21	1	1	26	10	2	1	1
學校	10	2	2	6	5	3	1	1
企業	18	2	8	33	11	0	0	0

四、結論與建議

本文問卷回收 169 份有效問卷，在各項 PV 設置的看法和認知中，不同企業與機構有其重大差異，本文對象之政府、學校和企業三群組中，企業群對驅動因素，設置態度、滿意度及投資意願有顯著不同於其他兩機構群的特徵，值得注意並考量企業意願和需求，進行 PV 設置的輔導。影響政府部門設置態度之驅動因素，重要性由高至低為：1.能源安全、2.社會誘因、3.成本因素、4.環境建構、5.經濟誘因、6.政策誘因；在學校單位方面，重要性由高至低為：1.社會誘因、2.能源安全、3.政策誘因、4.環境建構、5.成本因素、6.經濟誘因；而在企業方面，重要性由高至低為：1.環境建構、2.能源安全、3.政策誘因、4.經濟誘因、5.成本因素、6.社會誘因。

綜合上述發現：若要輔導政府單位與鼓勵學校單位設置 PV 時，應提供能源與社會誘因為主；若要幫助企業設置 PV 時，當以環境建構面向為施政重點，例如，降低系統與電力公司併網難度、法規障礙的解決、行政效率的提升等。而設置 PV

後的滿意度則受到設置態度的影響，政府與學校單位的滿意度與設置態度高低成正向關係，然而企業則是負向關係，原因可能是企業的設置態度越高，則政府越不容易達到其滿意的期待。

在未來投資規劃方面，調查顯示政府和學校單位少數有計畫投資，但在企業方面則呈現近 2/3 有投資構想。最後是對於全球預測與國內市場景氣的調查，不論何種團體，對於全球市場預測絕大多數樂觀地預期有 1~10%和 11~20%之年平均成長率。但是在國內成長率預測方面，政府和企業雖然仍大多認為有 1~10%之預期年平均成長率，但未如對全球市場的預期那麼高，尤其部分企業中對於未來國內市場有負成長（-10~0%）之判斷，值得注意。此外，研究訪談與問卷調查得知，全球與國內的 PV 市場變化很大，政府有需要持續每年對廠商等不同的團體做投資意向與市場預測的調查，以利制定、調整相關的能源與產業政策，並作為各界擬訂策略的參考依據。

致謝

作者感謝工業技術研究院綠能與環境研究所提供計畫經費補助。

參考文獻

- 朱博祥、李聰明、尹承遠（2010）。《2010 年能源產業技術白皮書》。台北：經濟部能源局。
- 李珣宗、施勵行（2011）。「再生能源發展新思維的策略規劃」，經濟前瞻，第 133 卷，頁 82-88。
- 陳芙靜（2008）。「全球風力發電產業現況與產品發展趨勢」，電機月刊，第 209 期，頁 212-216。
- 經濟部能源局（2010）。能源產業溫室氣體減量資訊網-政策與措施。
http://verity.erl.itri.org.tw/EIGIC/policy_detail.aspx?PostID=358。
- 經濟部能源局（2011）。《經濟部能源局 2010 年年報》。台北：經濟部能源局。
- 鍾俐娟等（2010）。「我國太陽光電系統設置意願評估問卷調查分析」，工研院綠能所。
- 簡慧貞、呂鴻光、蔡妙嫻、楊斐喬、郭瑾瑋、周裕豐（2009）。「從國際低碳社會建構看我國節能減碳推動」，碳經濟，第十三期，頁 2-33。
- 蘇炯龍（2010）。《永續發展評估模式之延伸探討—能源要素融入的應用》，國立台北大學自然資源與環境管理研究所，博士論文。
- 謝國文、陳建文、蕭志同（2011）。《太陽光電系統設置意願與滿意度調查報告》，國立交通大學管理科學系，專題研究報告。

- Council for Economic Planning and Development (CEPD) (2002). *Challenge 2008-National Development Plan*. Taipei (Taiwan) : CEPD.
- Ford, J.B., M. Joseph, and B. Joesph (1999). "Importance- Performance Analysis as a Strategic Tool for Service Marketers: the Case of Service Quality Perception of Business Students in New Zealand and The USA." *Journal of Services Marketing*, 13(2): 171-186.
- Lu, W. H. (2003). "Current Status and Perspectives of Wind Power Promotion in Taiwan." *Journal of Solar Energy New Energy Society*, 8(1): 51-53.
- Trappey, A. J. C., C. V. Trappey, C.-T. Hsiao, J-R. Ou, S-J. Li, and K. W. P. Chen (2012). "An Evaluation Model for Low Carbon Island Policy: The Case of Taiwan's Green Transportation Policy." *Energy Policy*, 45(6): 510-515.
- Tsai, W. T. and Y. H. Chou (2005). "Overview of Environmental Impacts, Prospects and Policies for Renewable Energy in Taiwan." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9(2) : 119-147.
- Yu, C. F., W. G. van Sark, and E. A. Alsema (2011). "Unraveling the Photovoltaic Technology Learning Curve by Incorporation of Input Price Changes And Scale Effects." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1): 324-337.

(本文通訊作者：蕭志同博士，E-mail address: cthsiao@thu.edu.tw)

政策動態

✦ 電價調整新機制尚在研議中

針對部分媒體報導「浮動電價最快將於 10 月起實施」，經濟部強調，電價調整將引進反映國際燃料價格變動之新機制，惟其調整方式、實施時間及是否設上限等相關議題，均在研議中，目前尚未定案。

現行依立法院審定之電價計算公式，僅規定如何計算電價，未觸及電價調整機制，電價常因累積多年未調，以致需要調整時必需調整的幅過大，引起社會不安。為使電價調整能真實反映國際燃料成本的變化，有需建立電價調整新機制，使電價調整有客觀的指標及遵循機制，以回歸市場化、制度化及單純化運作。

經濟部表示，未來將定期檢討電價，以合理反映國際燃料成本的變化，民眾也可公開取得數據，並據以計算電價調整情況，即時掌握變動趨勢，不論是調降、調漲或維持不變，都可以迅速瞭解，可減少不必要的錯誤預期。

倘採用上述模式，電價計算公式必須重新研議，並於經濟部「電價諮詢會」中充分討論後，依「國營事業管理法」第 20 條規定，由經濟部(國營會)層轉立法院審議後始能實施。實施後，如果國際燃料價格下降，縱使台電公司仍處於虧損，仍要調降；但如果國際燃料價格上揚，則隨之調升。

經濟部再次強調，推動電價合理化，可使整體經濟資源合理配置，確保我國能源穩定供應，並落實節能減碳政策，符合國家長遠利益。

資料來源：經濟部能源局

✦ 打造澎湖低碳樂活休憩文化

配合行政院澎湖低碳島政策，經濟部能源局於澎湖縣內馬公、湖西、七美、望安及白沙鄉等地之機場、漁港、學校場地完成設置 20 案、裝置容量合計 1,560kWp（瓩）太陽光電發電系統設置，其中建築整合型（Building-Integrated Photovoltaic, BIPV）太陽光電發電系統 7 案、容量合計 900.8kWp，以結合澎湖地方特色來發展觀光休憩文化為理念，協助打造澎湖低碳、樂活之生活環境，預期可為當地民眾與觀光客帶來指標性觀光休憩景點。

經濟部能源局表示，行政院於 100 年通過「公共建築太陽光電示範計畫」，核定補助澎湖縣區域共計 20 案太陽光電設置，設置範圍包括：馬公機場（機車停車場、中央廊道、廊道、公車車棚、機場計程車車棚）、第一漁港戶外休憩光廊、南海遊客中心遮陽廊道、虎井嶼活動中心、虎井嶼虎井國小、東吉嶼發電機房、車船管理處、車船處調度場、中正國小、文光國中、文化局表演場觀賞台遮

陽棚、馬公國中、後寮國小、七美島漁具整補場、七美島體育館、馬公高中、國立澎湖科技大學體育館暨學生活動中心、澎湖國家風景區管理處廣場木架迴廊等處。該等 20 案系統在經濟部能源局、澎湖縣府與工研院等協助下，完成上述太陽光電設置，預計每年可產生約 195 萬度電(約可提供 500 戶家庭使用)及二氧化碳減排效益達 1,193 噸以上。

經濟部能源局進一步說明，馬公機場公共藝術機車停車棚與漁港造街可突顯 BIPV 太陽光電的觀光休憩與應用的結合。以馬公機場太陽光電機車停車棚與中央廊道案為例，以海浪與飛翔之意象來設計造型的指標建築物，共設置九座停車棚，除提供民眾機車遮陽外，所生產之電力可提供周遭機場大樓與地下停車場用電；設置容量高達 499kWp，龐大的建築量體與優美造型將吸引走出馬公機場觀光客的眼光並駐足欣賞。而第一漁港太陽光電戶外休憩光廊案，則是規劃利用容量 306kWp 之 BIPV 建築來為澎湖創造新的觀光景點，以太陽光電造街，配合縣府後續推出的商店街新建工程完工後，民眾將可悠閒地在此景點邊享用美食邊欣賞漁港風光，呈現海港的優雅慢活。自本案系統完工後，其優美的弧形遮陽棚與高聳的太陽能樹已被民眾喻為當地最佳的婚紗攝影場所了。

能源局最後表示，行政院於 100 年 1 月核定經濟部所提「建置澎湖低碳島專案計畫」，澎湖低碳島建設成效豐碩，如 1.56MW 太陽光電設施、1,310 盞 LED 路燈、節能家電補助已達 4,000 台、電動機車累計為 2,037 輛等，預期將於 105 年達成再生能源比例占能源需求 55%以上目標，共同推動澎湖成為世界級低碳島嶼之標竿，成為全國首座且達世界級之低碳示範島。

資料來源：經濟部能源局

經濟部公布「沼氣發電系統推廣計畫補助作業要點」

經濟部為推動多元廢棄物或廢水處理設施產生沼氣及其發電設施之整合系統，以展示沼氣發電整合技術之應用體系，已於 102 年 1 月 22 日公告「沼氣發電系統推廣計畫補助作業要點」，期透過直轄市及縣（市）政府，補助於其轄區內推廣建立多元廢棄物或廢水處理生產沼氣，並設置沼氣發電系統。規劃每年以核定補助 2 案為原則，每案設置容量為 65 kW 以上未達 500 kW，每盃補助金額度以新臺幣三萬五千元為上限，並提供地方政府示範計畫推廣宣導費，以藉由中央與地方政府合作，促成多元生質能源發電應用。

經濟部能源局表示，經評估國內沼氣產出量潛力，以生活污水採厭氧處理約占總潛量 42%為最高、其次為養豬廢水約占 20%。目前國內有 6 座垃圾掩埋場設置沼氣發電機組，總裝置容量約 8.5MW，此外，台糖公司與民營養豬業及食

品亦都裝置沼氣發電設備，所產出之電力供廠區內使用，另有部分業者將沼氣導入鍋爐產生蒸汽供廠區內的製程利用。

能源局表示，國際原油價格節節高漲，能源多元化之聲再起，利用生質廢棄物產生沼氣，除替代化石能源外，同時可降低電費支出與減緩地球暖化，達到永續經營的效益。「再生能源發展條例」於 98 年公布施行，已為我國再生能源奠定長期持續發展之利基，能源局將推動沼氣能源應用，並鼓勵業者參與投資沼氣發電事業，達到兼具能源、環保的雙重效益。

資料來源：經濟部能源局

政府有責任將核四不商轉選項所帶來的影響告訴民眾

有關近期媒體質疑政府以「核四不運轉將造成電價大漲」恐嚇民眾等評論，經濟部表示，政府有責任將核四不商轉選項所帶來的影響告知民眾，電價上漲 40% 係假設臺灣完全沒有核電(包括核四不商轉)，以四座核電廠每年發電量共約 593 億度電估計，若由新建燃氣機組替代發電，所增加的發電成本每年將高達新臺幣 2,718 億元，以每年約 2,000 億度電來分攤，平均每度電的售電成本約將增加 1.36 元，超過目前平均電價每度 2.79 元的 40%。

經濟部進一步說明，前述電價上漲係單純考量以燃氣電廠替代核能電廠所造成之代價，若如同媒體評論依照國際能源燃料趨勢，未來不論全球或臺灣都將面臨「高能源價格時代」，可預見此電價上漲代價。也因為能源是生活必需品、產業生產動力，必須要穩定充足，不能太貴，要買得到、用得起，因此政府在各類能源使用上，必須考量維持合理的能源價格，以保障人民生活與國家經濟發展。

另關於民間團體提出之「電力需求零成長」主張，經濟部已於 101 年 11 月提出評估機制並奉行政院核可，刻由相關部會依機制規劃之內容與期程辦理評估工作，期能透過全民共同努力，確實抑低我國用電量之成長。

資料來源：經濟部能源局

歐巴馬力挺，太陽能露曙光

美國新任總統歐巴馬昨 1 月 22 日在就職演說中，續挺再生能源，有助吸引更多企業投入太陽能發電市場，業者預期將為太陽能市場帶來新利多。

據了解，歐巴馬續任後，在新規劃的經濟振興方案中，計劃將再生態源扣抵金額由原規劃的 100 億美元，倍增至 200 億美元以上，藉此改善全美 200 萬棟房屋能源使用效率，並創造更多的就業機會。由於先前各州政府即相繼提出擴大太

陽能裝置獎勵措施，並鼓勵興設大型地面型發電廠，並給予優惠收購價格，吸引谷歌（Google）等大型企業投入。股神巴菲特旗下中美能源控股公司更宣布以上限 25 億美元（約新台幣 725 億元），投資太陽能合作夥伴美商 SunPower 位於加州的 2 座太陽能電廠。

台灣業者表示，歐巴馬就職演說，持續宣示推動再生能源決心，預料延續推動各州持續擴大太陽能系統的行動。法人分析，太陽能市況雖逐步脫離谷底，但歐巴馬的再生能源政策被業界視為重振需求的重要指標，一旦提升相關補助，將可刺激終端需求回溫。

資料來源：綠色能源產業資訊網

美擬課大陸風電雙反稅

正當中共副總理王岐山訪問美國之際，美國商務部於美東時間 12 月 18 日最終裁定，對大陸輸美風電產品徵收「雙反稅」（反補貼和反傾銷），使美中經貿關係更形緊張。

王岐山訪美，主要為出席十八日至十九日在華盛頓舉行的第廿三屆美中商貿聯委會。這是中共十八大後新領導層首度訪美，也是中共換屆及美國總統歐巴馬連任後，美中高層首次互動。

中新社報導，王岐山 18 日晚將出席美方主辦的晚宴，19 日出席美中商貿聯委會的開幕式，當晚還將出席由美國貿易團體主辦的晚宴並演講，他還計畫與歐巴馬會面。一般預計，王岐山將關切美國對大陸產品的反傾銷措施，美國對大陸進口高科技產品的限制，以及中國在美投資面臨的強大政治阻力。但在美中高層互動前，兩國間的貿易仍齟齬不斷。

美國商務部 18 日終裁，將對大陸輸美應用級風塔課徵百分之廿一點八六至百分之卅四點八一的反補貼稅，以及百分之四十四點九九至七十點六三的反傾銷稅。美國商務部終裁後，再由美國國貿委員會明年一月做出最終認定。此前，由於美國通過關稅法修訂案，針對大陸輸美產品的卅多起展開相關調查，中國大陸則向世界貿易組織提出磋商請求，啟動 WTO 爭端解決機制。2012 年 10 月，美國商務部曾對大陸輸美太陽能電池徵收高額「雙反」關稅，反傾銷最高稅率達百分之二百四十九點九六。

資料來源：綠色能源產業資訊網

✠ 大陸加速開發頁岩氣

大陸全國能源工作會議明確提出，2013 年，將大力開發頁岩氣、煤層氣等非常規油氣資源，同時大力發展分散式光伏發電。深入研究深化能源體制改革的頂層設計和總體規劃，明確改革總體方案、路線圖和時間表，積極開展試點示範。大陸全國能源工作會議 1 月 7、8 日在北京召開，據新華社 9 日報導，據國家能源局發布的最新數據顯示，到 2012 年底，大陸已成為世界第一的能源生產大國。會議還提出 2013 年全年目標，包括：新增水電裝機 2,100 萬千瓦、風電裝機 1,800 萬千瓦、光伏發電裝機 1,000 萬千瓦。

去年全大陸電力裝機達到 11.4 億千瓦。其中，水電裝機達到 2.49 億千瓦，風電裝機達到 6,300 萬千瓦，光伏發電（太陽能發電）裝機達到 700 萬千瓦。目前大陸水力發電、風力發電規模均居世界之冠。國家能源局長劉鐵男，在閉幕式上表示，2013 年將「大力開發頁岩氣、煤層氣等非常規油氣資源，確保全年能源供需總體平穩」。劉鐵男出席全國能源工作會議並發表談話，顯示尚未受到舉報事件影響。報導指出，是次會議還提出，今年大陸全國能源系統還將加強幾項重點工作，包括：大力發展分散式光伏發電、解決無電人口用電問題、推動能源立法等等。頁岩氣是從頁岩層中開採出來的天然氣，由於開採技術的突破，頁岩氣的重要性日益受到重視。

據大陸主要石油公司的統計資料，截至 2012 年 4 月底，中國已開挖出 63 口頁岩氣（油）井。

大陸國土資源部地質勘查司副司長于海峰早前曾表示，初步評估中國頁岩氣可開採資源潛力為 25.08 萬億立方公尺（不含青藏區），與中國陸域常規天然氣相當，與美國 24 萬億立方公尺的頁岩氣儲存水準相近。

資料來源：綠色能源產業資訊網

✠ 荷蘭智慧公路 改變未來道路景觀

荷蘭人勇於築夢，今年將打造一條結合高科技的智慧型公路，它配備能自動感應汽車遠近的互動式節能路燈、能辨識天氣變化主動提醒路況，甚至能讓行駛中的電動車自動充電。國內專家說，這些科技應用，技術都不是問題，關鍵在代價高低與問題的急迫性。

早在 1986 年美國就提出智慧型公路的構想，加州大學柏克萊分校的運輸研究所和加州政府交通部，合作成立的非營利組織「先進交通與公路夥伴」(Partners for Advanced Transit and Highways，簡稱 PATH)，不僅是智慧型公路運輸系統的

創始元老，更和汽車及零組件業界密切合作，提供智慧型運輸系統的解決方案。

交通大學運輸科技與管理學系系主任卓訓榮表示，隨著科技進步，「智慧型公路」的夢越做越大，除了荷蘭這條公路的作法之外，也有構想在公路裝一堆偵測器，實現無人駕駛的目標，車速、車距全能靠科技自動控制，駕駛安全得以確保，高速公路容量也因此擴增數倍。

資料來源：綠色能源產業資訊網

陸砸 190 億，力挺新能源汽車

為支持新能源汽車發展，中新社報導，大陸將斥資人民幣 40 億元（約新台幣 188 億元），支持全新設計開發的新能源汽車車型及動力電池等關鍵零件，規劃示範推廣約 4 萬輛，大手筆展現發展新能源車的決心或將掀起搶購潮。據中新社報導，大陸已啟動「十二五」高技術研究發展計劃、科技支撐計劃電動汽車類項目 39 個，科技計劃經費預算人民幣 13.57 億元。為配合實施「節能與新能源汽車產業發展規劃（2012-2020 年）」，大陸中央財政將安排專項資金人民幣 40 億元，重點支持全新設計開發的新能源汽車車型及動力電池等關鍵零部件。

中國科學技術部介紹新能源汽車科技發展情況稱，截至 2012 年底，全國 25 個節能與新能源汽車示範推廣試點城市共示範推廣各類節能與新能源汽車 2.74 萬輛。預計 2013 年 3 月底示範推廣規模將達到 3.97 萬輛。

第一財經日報指出，這份「規劃」最大的特點，是在各地紛紛推出汽車限購政策下，新能源汽車卻不在限購之列。「規劃」明確提出，要營造有利於產業發展的良好環境，有關地方實施限號行駛、牌照額度拍賣、購車配額指標等措施時，應對新能源汽車區別對待。

業界人士指出，傳統能源汽車限購或將成為常態，未來獲得「綠色通行證」的節能與新能源汽車的市場占比可望快速擴大，今、明年可能將有更多城市推出限購政策，未來數月傳統能源汽車市場很可能掀起搶購潮。

第一財經日報並指出，近年來大陸新能源汽車產業化進展並不理想。相較 2009 年版的新能源產業振興規劃，此次發布的「規劃」對新能源汽車階段目標做了相應調整。根據中國汽車工業協會的統計，2011 年全國銷售新能源汽車僅為 8,159 輛，年均銷量離先前計畫 2015 年達累計 50 萬輛的目標相當遙遠。

資深汽車行業評論員張志勇亦認為，要完成「規劃」目標挑戰仍較大。但受到政策的壓力和動力影響，插電式混合動力市場份額可望迅速擴大。

資料來源：綠色能源產業資訊網

會議資訊

國內會議：

- ✚ 2013「節能減碳世紀土木領域技術應用新思維」論壇
主辦單位：臺灣科技大學、中興大學
時間：102 年 3 月 8 日
地點：中興大學土木環工大樓 B1 第一會議室
資訊：http://www.go-moea.tw/news_info.asp?id=660
會議主題：1.土木領域與節能減碳科技整合方向 2.節能減碳趨勢下土木人才議題
- ✚ 2013 臺德低碳城市論壇-(台北場)
主辦單位：行政院環境保護署、台灣永續能源研究基金會、德國在台協會
時間：102 年 3 月 12 日
地點：交通部運輸研究所 B1 國際會議廳(臺北市松山區敦化北路 240 號)
資訊：http://taise.org.tw/active_areashow.php?cid=208
會議主題：1.智慧城市：建築扮演的角色 2.臺北/臺南低碳城市與低碳建築發展 3. 低碳(高樓)建築之科技應用 4.台灣智慧綠建築
- ✚ 2013 臺德低碳城市論壇-(台南場)
主辦單位：行政院環境保護署、台灣永續能源研究基金會、德國在台協會
時間：102 年 3 月 14 日
地點：台糖長榮酒店(台南市東區中華東路三段 336 巷 1 號)
資訊：http://taise.org.tw/active_areashow.php?cid=208
會議主題：1.智慧城市：建築扮演的角色 2.臺北/臺南低碳城市與低碳建築發展 3. 低碳(高樓)建築之科技應用 4.台灣智慧綠建築
- ✚ 2013 永續性產品與產業管理研討會
主辦單位：義守大學企業管理學系
時間：102 年 3 月 15 日
地點：高雄市大樹區學城路一段 1 號
資訊：http://www.ba.isu.edu.tw/interface/overview.php?dept_mno=82203
會議主題：1.永續產品/服務設計與創新 2.企業與產業永續管理與發展
- ✚ 2013 年農村規劃學術研討會
主辦單位：國立中興大學景觀與遊憩學位學程
時間：102 年 3 月 29 日
地點：中興大學農業暨自然資源學院
資訊：<http://eem.pcc.gov.tw/node/34624>
會議主題：1. 農村社會議題 2.農村產業議題 3.環境生態議題
- ✚ 2013 綠色與運動休閒管理學術研討會
主辦單位：朝陽科技大學休閒事業管理系
時間：102 年 5 月 7 日
地點：台中市霧峰區吉峰東路 168 號 朝陽科技大學休閒事業管理系
資訊：http://sh100.chihlee.edu.tw/files/14-1026-43562_r8-1.php
會議主題：1.綠色旅遊 2.運動休閒 3.餐旅管理 4.休閒產業實務與個案分析

✚ 「能源安全與歐美回應」學術研討會

主辦單位：中央研究院歐美研究所

時間：102 年 5 月 17~18 日

地點：中研院歐美研究所

資訊：<http://www.ea.sinica.edu.tw/>

會議主題：1.歐美地區能源安全 2.歐美地區能源技術合作 3.歐美地區能源政策 4.歐美地區能源法規

✚ 2013 GTEA 綠色科技工程與應用研討會

主辦單位：國立勤益科技大學 化工與材料工程系(所)

時間：101 年 5 月 24 日

地點：國立勤益科技大學 工程館

資訊：<http://gtea2013.ncut.edu.tw/index.php>

會議主題：1.綠色材料 2.綠色化工與資源應用 3.綠色能源與環境 4.建築節能技術 5.綠色節能與冷凍空調 6.綠色設計與生活 7.綠色製造自動化 8.微奈米科技

✚ 2013 年第 14 屆永續發展管理研討會

主辦單位：國立屏東科技大學管理學院

時間：102 年 5 月 24 日

地點：國立屏東科技大學 管理學院（屏東縣內埔鄉學府路一號）

資訊：<http://abm.npust.edu.tw/sdm2013/>

會議主題：1. 農企業經營與管理 2.國際企業管理 3.生產與作業管理 4.行銷管理 5.人力資源與組織管理 6.科技與研發管理 7.知識管理 8.財務管理 9.資訊管理與電子商務 10.時尚設計與管理 11.餐旅與服務管理 12.城鄉、景觀與遊憩管理 13.策略管理 14.創新與創業管理 15.決策分析與數量方法

✚ 台灣國際太陽光電展覽會

主辦單位：外貿協會

時間：102 年 10 月 30 日~11 月 1 日

地點：台北世界貿易中心展覽大樓 A、C、D 區（台北市信義路五段 5 號）

資訊：http://www.pvtaiwan.com/zh_TW/index.html

會議主題：1.太陽能電池材料 2.太陽能電池晶棒 / 晶圓、矽晶片、各類太陽能電池及模組 3.HCPV（高聚光型太陽光電） 4.BIPV（建材一體型太陽電池模板） 5.DSSC（染料敏化太陽能電池） 6.太陽能發電系統 7.電力轉換系統 8.相關系統設備認證與服務

✚ 台灣國際綠色產業展

主辦單位：外貿協會

時間：102 年 10 月 30 日~11 月 2 日

地點：台北世界貿易中心展覽大樓 B 區展場（台北市信義路五段 5 號）

資訊：<http://www.greentaiwan.tw/>

會議主題：1.協助綠色產業至國外參展 2.促進綠色產業國際合作 3.綠色產業廣宣

國際會議：

 2nd Annual International Conference on Sustainable Energy and Environmental Sciences

主辦單位：Global Science and Technology Forum

時間：102 年 2 月 25～26 日

地點：Singapore, Singapore

資訊：<http://www.env-energy.org/>

 SMi Group's 6th annual Unconventional Gas Conference

主辦單位：SMi Group

時間：102 年 3 月 6～7 日

地點：London, United Kingdom

資訊：<http://www.smi-online.co.uk/energy/uk/unconventional-gas>

 2013 International Conference on Electronics and Opto-electronics Science (ICEOS 2013)

主辦單位：IACSIT

時間：102 年 3 月 15～16 日

地點：Istanbul, Turkey

資訊：<http://www.conferencealerts.com/show-event?id=108645>

 6th International Petroleum Technology Conference (IPTC)

主辦單位：CNPC

時間：102 年 3 月 26～28 日

地點：Beijing, China

資訊：<http://www.iptcnet.org/2013/index.php>

 2013 International Conference on Electronics Engineering and Technology (ICEET 2013)

主辦單位：IACSIT

時間：102 年 4 月 8～9 日

地點：Bangkok, Thailand

資訊：<http://www.iceet.org/>

 International Conference on Energy Policies and Climate Protection (ICEPCP' 2013)

主辦單位：Planetary Scientific Research Centre

時間：102 年 4 月 15～16 日

地點：Johannesburg, South Africa

資訊：<http://psrcentre.org/listing.php?subcid=203&mode=detail>

 3rd International Conference on Ecological, Environmental and Biological Sciences (ICEEBS'2013)

主辦單位：Planetary Scientific Research Centre

時間：102 年 4 月 29～30 日

地點：Singapore, Singapore

資訊：<http://psrcentre.org/listing.php?subcid=207&mode=detail>

 2nd International Conference on Chemical, Ecology and Environmental Sciences (ICEES'2013)

主辦單位：Planetary Scientific Research Centre

時間：102 年 5 月 16~17 日

地點：Venice, Italy

資訊：<http://psrcentre.org/listing.php?subcid=217&mode=detail>

 Cappadocia Series: International Energy Economics and Policy

主辦單位：Nevsehir University

時間：102 年 5 月 16~18 日

地點：Nevsehir, Turkey

資訊：<http://energy.nevsehir.edu.tr/en/main-page>

 9th SEE Congress & Exhibition on Energy Efficiency & Renewable Energy (EE & RE)

主辦單位：Via Expo

時間：102 年 5 月 29~31 日

地點：Sofia, Bulgaria

資訊：<http://www.eeandres.viaexpo.com/en/congress>

 2013 2nd International Conference on Software and Computer Applications (ICSCA 2013)

主辦單位：IACSIT

時間：102 年 6 月 1~2 日

地點：Paris, France

資訊：<http://www.icsca.org/>

 ACSEE 2013 - The Third Asian Conference on Sustainability, Energy and the Environment

主辦單位：The International Academic Forum

時間：102 年 6 月 6~9 日

地點：Osaka, Japan

資訊：<http://acsee.iafor.org/>

 2013 2nd International Conference on Environment, Energy and Biotechnology (ICEEB)

主辦單位：CBEEES

時間：102 年 6 月 8~9 日

地點：Kuala, Malaysia

資訊：<http://www.iceeb.org/>

 Materials, Methods and Technologies, 15th International Symposium

主辦單位：Info Invest Ltd

時間：102 年 6 月 10~14 日

地點：Burgas, Bulgaria

資訊：<http://www.sciencebg.net/en/>

文獻新報

一、中文

- 王志吉,陳俊祺(2012),「漫談溶液除濕空調與創新節能應用」,冷凍空調技師季刊,第8卷,第4期,頁52-60。
- 李士畦(2012),「綠建築水環境的設計要點與案例」,水資源管理會刊,第14卷,第2期,頁33-42。
- 李璧伸(2012),「應用不同形式的矽奈米結構以增益矽基太陽能電池的能源獲取」,臺灣奈米會刊,第31期,頁33-36。
- 林文經,林文修,李元陞,劉鎮宗(2012),「以廚餘堆肥化之液肥復育鋅污染土壤與地方回復之研究」,宜蘭大學工程學刊,第8期,頁29-41。
- 林坤誼,梁宇承,李隆盛(2012),「高職農業群課程綱要的能源教育內涵之分析」,中等教育,第63卷,第4期,頁108-121。
- 林欣慧(2012),「國際車輛二氧化碳與耗能管制現況與趨勢介紹」,機械工業,第356期 頁3-10。
- 林郁修,蔡孟仲,楊宏澤(2012),「非侵入式負載監測於智慧家庭之應用」,電機月刊,第22卷,第12期,頁154-166。
- 邵厚潔,李民政,李怡德,黃琬淇(2012),「碳管理構想與碳足跡盤查--臺9線蘇花公路山區路段改善工程作業執行現況」,土木水利,第39卷,第6期,頁35-41。
- 洪榮昭,傅惠筠(2012),「大專校院學生節能減碳行為意圖之研究」,教育心理學報,第44卷,第2期,頁373-387。
- 曹添旺,吳家瑋,陳顥文(2012),「能源稅、所得稅與雙重紅利效果」,經濟論文叢刊,第40卷,第4期,頁461-480。
- 梁閔森,黃德坤,吳素慧,陳大麟(2012),「二氧化碳煤層封存之等溫吸/脫附模式研究」,臺灣鑛業,第64卷,第4期,頁38-51。
- 曾耀鋒(2012),「日本核能災害補償制度暨核能保險之研究」,保險專刊,第28卷,第2期,頁187-210。
- 黃靖惠,洪志誠,許瑛珖(2012),「九年一貫教科書「全球暖化概念」內容分析」,教科書研究,第5卷,第3期,頁27-57。
- 廖泓洲,陳俞君(2012),「節能玻璃技術及應用特色」,工業材料,第312期,頁71-77。
- 鄭淵文(2012),「中國大陸能源效率標識簡介」,標準與檢驗,第168期,頁21-31。

賴炳樹，白仁德(2012)，「我國都市防救災計畫與調適策略規劃現況分析」，土地問題研究季刊，第11卷，第4期，頁12-23。

駱文傑，黃建邦，曹瑋哲，林志忠(2012)，「冷卻水循環隔熱建材之節能效益分析」，冷凍空調技師季刊，第8卷，第4期，頁20-32。

謝書鴻，何倉平，徐擁軍(2012)，「輸電線路節能增效技術發展」，電機月刊，第22卷，第12期，頁102-111。

二、外文

Alessandro Cologni, Matteo Manera (2013) “Exogenous oil shocks, fiscal policies and sector reallocations in oil producing countries” *Energy Economics*, Vol. 35, pg. 42-57.

Andy Boston (2013) “Delivering a secure electricity supply on a low carbon pathway” *Energy Policy*, Vol. 52, pg. 55-59.

Aparna Das, Saikat Kumar Paul (2013) “Changes in energy requirements of the residential sector in India between 1993–94 and 2006–07” *Energy Policy*, Vol. 53, pg. 27-40.

Buhr, Katarina and Mattias Hjerpe (2012) “Expectations on corporate climate action under regulatory uncertainty” *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 4, Iss.4, pg. 403-419.

Caston Sigauke, Andréhette Verster, Delson Chikobvu (2013) “Extreme daily increases in peak electricity demand: Tail-quantile estimation” *Energy Policy*, Vol. 53, pg. 90-96.

Cuevas, Sining (2012) “Examining climate change adaptation measures: an early warning system in the Philippines” *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol.4, Iss. 4, pg. 358-385.

Damodaran, A. (2012) “The economics of coping strategies and financing adaptation action in India's semi-arid ecosystems” *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 4, Iss.4, pg. 386-403.

Enzo Fanone, Andrea Gamba, Marcel Prokopczuk (2013) “The case of negative day-ahead electricity prices” *Energy Economics*, Vol. 35, pg. 22-34

Geoffrey P. Hammond, Peter J.G. Pearson (2013) “Challenges of the transition to a low carbon, more electric future: From here to 2050” *Energy Policy*, Vol. 52, pg. 1-9

Georg Zachmann (2013) “A stochastic fuel switching model for electricity prices” *Energy Economics*, Vol. 35, pg. 5-13.

- Jafray, Tahseen. (2012) “Global trade and climate change challenges” *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 4. Iss.4, pp. 442-451.
- Marcos Escudero, Ángel Jiménez, Celina González, Ignacio López (2013) “Quantitative analysis of potential power production and environmental benefits of Biomass Integrated Gasification Combined Cycles in the European Union” *Energy Policy*, Vol. 53, pg. 63-75.
- Maria Teresa Vespucci, Mario Innorta, Guido Cervigni (2013) “A Mixed Integer Linear Programming model of a zonal electricity market with a dominant producer” *Energy Economics*, Vol. 35, pg. 35-41.
- Nan Zhou, David Fridley, Nina Zheng Khanna, Jing Ke, Michael McNeil, Mark Levine (2013) “China's energy and emissions outlook to 2050: Perspectives from bottom-up energy end-use model ” *Energy Policy*, Vol. 53, pg.51-62.
- Nick Hughes, Neil Strachan, Robert Gross (2013) “The structure of uncertainty in future low carbon pathways” *Energy Policy*, Vol. 52, pg. 45-54.
- Sheng Zhou, Qing Tong, Sha Yu, Yu Wang, Qimin Chai and Xiliang Zhang (2012) “Role of non-fossil energy in meeting China's energy and climate target for 2020” *Energy Policy*, Vol. 51, pg. 14-19.
- Stathis Arapostathis, Anna Carlsson-Hyslop, Peter J G Pearson, Judith Thornton, Maria Gradillas, Scott Laczay, Suzanne Wallis (2013) “Governing transitions: Cases and insights from two periods in the history of the UK gas industry” *Energy Policy*, Vol. 52, pg. 25-44.
- Takeshi Takama, Stanzin Tsephel, Francis X. Johnson (2012) “Evaluating the relative strength of product-specific factors in fuel switching and stove choice decisions in Ethiopia. A discrete choice model of household preferences for clean cooking alternatives” *Energy Economics*, Vol. 34, Iss. 6, pg. 1763-1773.
- Timothy J. Foxon (2013) “Transition pathways for a UK low carbon electricity future” *Energy Policy*, Vol. 52, pg. 10-24.
- Nick Vink, Alain Deloire, Valerie Bonnardot, Joachim Ewert (2012) Joachim. “Climate change and the future of South Africa's wine industry” *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 4. Iss. 4, pp. 420-441.
- Zheng Hu, Jianhui Wang, John Byrne, Lado Kurdgelashvili (2013) “Review of wind power tariff policies in China” *Energy Policy*, Vol. 53, pg. 41-50.