

「產業永續發展科技研究規劃」

研討論文：推動綠能產業策略

蔣本基

中華民國九十七年十二月三十一日

推動綠能產業策略

蔣本基¹、劉幸如²、張育誠²

¹台灣大學環境工程學研究所教授

²台灣大學環境工程學研究所研究生

一、前言

聯合國「京都議定書」已經在 2008 年進入第一階段檢查期，未來的聯合國氣候綱要公約會議也會提出更為前瞻而具體的國際社會溫室氣體減量目標其成。台灣作為國際社會的成員，以接納聯合國後京都議定書的決議，成為國際減碳先鋒的一分子自許。

為緩和全球暖化貢獻力量，新政府已領先倡議推動全國 CO₂ 總排放的減量：以 2016 年至 2020 年間回到 2008 年的排放量的 50%，做為我國溫室氣體自願減量的規劃目標與期程。這也是聯合國氣候綱要公約賦予附件一 37 個先進國家的減量義務以外，第一個非附件一國家所提出雄心勃勃的國家自願量規劃。

行政院最近也通過永續能源政策綱領，訂定能源「效率」、「潔淨」與「穩定」三面向的目標，策略與措施，已將上述溫室氣體減量目標期程納入「潔淨」面向，並從「淨源」與「節流」二大方向著手推動溫室氣體減量的各項相關措施。上述措施的推動，「淨源」方面，除了訂定相關政策與提供誘因鼓勵各行各業使用清潔能源，藉助再生能源產業（如太陽能光電）、節能產業（如 LED 照明）及節能服務產業的發展，進行能源效率提升外，也要設置「節能減碳研發基金」，致力開發各類新技術，透過研發獎勵與技術移轉，提升我國因應全球變遷的綠色科技實力。

本文將檢討全國能源會議溫室氣體減量成效不佳之主要原因為國家政策目標未定，缺本土化減量技術與管理制度等，目前新政府已訂定明確減量目標與時程，政府並已研訂永續能源政策，因此如何建立本土之綠色能源技術，推動綠能產業將為新政府積極努力方向，本文應從教育研究而提出可行策略與措施。

二、全國能源會議執行成效檢討

第一次及第二次全國能源會議分別於 1998 年及 2005 年間召開，歷經兩次會議討論，各界人士咸認國內溫室氣體減量未能達成目標之原因為：

（一）國家政策目標不明確，合理策略措施研訂不易

1. 我國並非締約國，致使政府未能確定國家立場，提出合理因應措施。
 2. 現有能源政策與產業政策與國際溫室氣體減量管制規定相衝突。
 3. 國家對 GHG 減量目標或管制制度訂定頒布與有效實施期程不明。
- (二) 經濟成長與能源消耗量未能脫勾，不易減量
1. 經濟成長與能源使用量，相對平行成長。
 2. 我國為能源輸入國，依賴「不可再生資源」根深蒂固。
 3. 石化、鋼鐵、紡織、電子及電機等工業為我國主要之產業，對經濟成長貢獻甚多，但其產生之 GHG 亦為大宗。
- (三) 本土化溫室氣體減量技術不易落實，減量成本不符經濟效益
1. 產業界使用節能技術與高效率設備之普及率仍待提升。
 2. 產業界接受新節能或溫室氣體減量管理與技術認同度不高。
 3. 新能源或再生能源之關鍵技術與周邊設備均有賴進口，自製率低，生產成本高。
- (四) 監督管理體系未臻健全，執行成效檢討不易
1. 中央未能設置主管機關統籌 GHG 管理事務工作，研訂合理目標、策率與績效指標。
 2. 未建立 GHG 盤查及登錄體系，定期查核執行成效。
 3. 部門未能研訂總量管制基準(標竿)，分擔減量責任。
- (五) 基本資料/資訊不足，合理策略研訂與成效檢討均不易
1. GHG 排放量基本資料與推算公式仍有爭議。
 2. GHG 盤查指令、驗證、認證及國家審查等制度建置未臻完善。
 3. 能源效率查核與溫室氣體盤查工作，未能整合相輔相成。
- (六) 「國民認知」與「全民參與」共識不足，未形成「夥伴關係」計畫
1. 民間對政府所擬定採取之態度與作為不明瞭，此議題仍多歧見。
 2. 產官學各界溫室氣體相關之教育訓練計畫規劃與執行均不足。
 3. 未能有效整合 NGO、社區大學與民眾，共同推動 GHG 減量與永續能源發展教育。
- (七) 具體行動減量計畫經費計術與人力資源不足，減量成效不彰
1. 國家減量政策及目標未明確前，相關部門編列計畫經費之意願不高。
 2. 缺乏具有實務技術經驗之專業領導管理人才，有效推動或執行專案計畫。
 3. 目前執行之委辦計畫，大多均以「策略規劃」、「資訊建立」、「教育訓練」及「技術輔導」為主，對於實質之減量計術及工程實務計畫

之落實方案較為欠缺。

確認上述執行困境志未能達標之主要因素外，未來宜積極改善之策略措施為：

(一) 確認國家立場之設定及溫室氣體減量目標訂定原則：

1. 參造附件一國家之遵守原則、精神、目標、策略或措施。
2. 國家者，其訂定之目標與相關策略/措施。
3. 政府依建立能源發展之政策環評提出減量目標；並於 2008 年及 2011 年進行成效檢討，其能於 2012 年參造前述建議事項經綜合評析後，提出國家減量目標對國際宣言。

(二) 建立整體策略訂定原則

1. 政府宜訂定減量政策目標與標的，提出具體行動方案與績效查核。
2. 建立盤查制度與標竿(Benchmark)；各部門應推動溫室氣體查核機制，提出溫室氣體減量行動計畫。
3. 建立政府各部門分工、溝通、協商及合作機制，以達成減量成效。
4. 中央與產業界建立合作關係及自願減量輔導與查核機制，以確保減量成效。
5. 研擬 2008 及 2011 全國能源會議議程及預期目標，以落實溫室氣體減量成效檢討。

(三) 配合整體因應策略推動示範計畫：

1. 整合能源、產業、運輸與住商部門之溫室氣體管理、減量、規劃、策略分析及示範計畫，確立各政府部門之權責分工。
2. 推動「整合式污染管制」計畫，將溫室氣體減量議題納入污染防治、工業減廢、清潔生產、綠色生產力及能源效率等相關輔導計畫。
3. 參酌各國推動自發性減量協議(Voluntary Agreement, VA)之經驗，檢討國內各部門執行現況成果，以達擴大推動及減量效果。

(四) 評估分析溫室氣體減量計術

1. 低碳新能源之開發與使用技術。
2. 節能技術之開發與應用。
3. 溫室氣體之回收及再利用技術。
4. 溫室氣體之處理及固定技術。

(五) 建立國際減量合作機制：

1. 應積極尋求 CDM 計畫合作機會，以獲得實質經驗，如與中南美友邦國家進行合作取得實質之運作經驗。
2. 應以為國際接軌預作準備、獲取實質運作經驗、向國際社會表示我國積極推動減量等多項目的，如 CDM 執行國內化之規劃。

3. 應持續推動國際合作，以加強我國於國際法的了解，溝通及談判技巧，並於適當時機表達我國參與意願及減量工作的成果，促進環保外交。

4. 建立溫室氣體排放量之績效管理制度

(六) 建立溫室氣體排放量之績效管理制度

1. 我國溫室氣體排放管理相關標準及執行規範等的制定。

2. 溫室氣體排放認證/驗證整合管理體系的建立。

3. 溫室氣體盤放查核技術的引進、開發及推廣。

4. 強化溫室氣體減量機制與環境管理系統之整合。

三、第三次全國能源會議規劃議題

自 2005 年後全國能源會議後經濟部即積極研訂，能源政策綱領，茲將其願景理念及原則分述如下：

(一) 願景— 永續、潔淨、效率、穩定的能源供應體系。

(二) 理念— 環境、經濟、能源 3E 均衡。

(三) 原則—

1. 潔淨

(1) 建立溫室氣體行政管理制度

(2) 擴大低碳及無碳能源使用

(3) 輔導綠色產業發展

2. 效率

(1) 節約能源與提高能源效率

(2) 輔導產業升級

(3) 強化價格機能，推動市場自由化

3. 穩定

(1) 加強能源整體規劃

(2) 促進能源多元化

(3) 強化國際能源合作

此外，經濟部能源局並與國內學術單位共同召開 2007 年及 2008 年永續能源國際研討會，會議中亦提出中央各部會有關各政策管理層面之建議如下：

(一) 管理架構

1. 建立獨立運作之國家清冊編撰組織，結合各項施政計畫目標與成果，定期更新我國國家通訊暨排放清冊；按 IPCC 最新統計規範，進行燃料燃燒之二氧化碳排放計算，建立燃料燃燒之二氧化碳排放

計算之標準化作業程序及審議機制、建立本土化溫室氣體排放係數、排放強度等基本參數數據，並建立製造業非燃料燃燒溫室氣體排放資料。

2. 持續建置適用於不同產業/部門之溫室氣體盤查、登錄、查核、驗證制度，建立能源及產業部門 CO₂ 盤查、查證與登錄資料庫制度，輔導補助產業溫室氣體排放量盤查與查證。
3. 持續進行溫室氣體排放清冊之資料收集及分析，於總量管制制度實施前，完成全國 300 家以上工廠盤查資料提報，掌握約全國 80% 溫室氣體排放量。

(二) 減量與抵換體制

1. 參照國際規範辦理植林減碳研究計畫，研擬國內企業進行造林減碳之核算機制及標準。配合環保署規劃之碳交易機制，擬訂植林減碳計畫審議機制及規範，落實植林減碳之基礎。
2. 配合溫室氣體減量法(草案)，規劃能源與產業部門溫室氣體總量管制及排放交易制度。藉由掌握國際溫室氣體總量管制及排放交易制度發展趨勢，規劃能源與產業部門排放交易示範系統；另規劃產業溫室氣體減量計畫相關作業標準，推動符合國際規範之自願性減量計畫。
3. 規劃推動溫室氣體國際合作計畫，積極爭取我國參與國際減量機制管道，以提升我國溫室氣體減量能力。

(三) 經濟與金融工具

1. 蒐集國內外碳交易相關之金融管理制度、財稅等相關法令，進行國內碳交易先期研究，以建置完善之溫室氣體盤查資料庫以作為總量管制與交易之基礎，並參考國際管理經驗及方法，規劃國內碳權交易之模擬案例。
2. 建立公平、效率及開放的能源市場，促使能源市場逐步自由化，消除市場進入障礙，提供更優質的能源服務。
3. 配合相關法案及行政院核定之時程與整體配套措施，適時推動「能源稅條例」立法，以反應能源外部成本。

此外，並針對當前核能復甦的課題提出未來政府亟須努力的方向；

(一) 能源政策影響評估

建立以能源安全、潔淨及效率為理念之永續能源政策，利用生命週期工具，進行政策影響評估，確認合理能源配比。

(二) 確保核能安全

落實核能安全文化，提升設備可靠度，運用風險評估技術，精進貫徹安全管理。

(三) 妥善處理核廢料

積極參與國際合作，解決核燃料長期處置問題；運用科技減少低放射性廢棄物產出，達到減量目的；積極規劃尋找最終處置場。

(四) 加強能源教育

做好資訊透明化、溝通與敦親睦鄰，重新喚起民眾信心，蒐集分析國際核能電廠及技術發展趨勢。

(五) 加強四核興建工程品質與營運安全

核四興建工程品質與營運管理影響國內未來核能電廠興建與發展至巨，應確保核能安全與核廢料處理，讓民眾安心、放心。

未來第三次全國能源會議議題建議如下：

(一) 低碳社會與結構轉型

1. 低碳社會的意境與特性
2. 能源結構調整的方向與影響
3. 產業轉型的動力、方向與影響

(二) 能源效率與部門節能減碳推動計畫

1. 能源效率的指標、變動及其驅動力
2. 提升能源效率的潛力及其減排效果
3. 部門節能減碳的潛力與策略創新

(三) 能源科技與產業發展

1. 能源科技發展 Roadmap 的規劃
2. 能源產業發展 Roadmap 的規劃
3. 配套產業發展與基礎設施的規劃

(四) 能源安全與永續發展

1. 能源安全指標體系的建構與增進機制
2. 能源安全與國家安全及產業競爭力的關聯
3. 能源及產業結構調整對能源安全的影響
4. 能源安全與國際能源夥伴關係的建置

(五) 政策工具與執行機制

1. 政策環評的制度創新
2. 經濟工具（能源稅、碳稅、補貼、能源價格管制、排放交易）的選擇與整合
3. 管制工具（減排與能源密集度的目標、排放配額、碳預算）的規劃與執行機制

(六) 夥伴關係與能源教育

1. 民眾參與的能量建置與機制
2. 節能減碳的教育體系規劃與推動方案

3. 資訊與決策透明化的制度創新

四、綠色能源推動策略

馬總統英九先生在其競選環保政策白皮書中之主張提出：

(一) 提出健康永續願景

1. 前瞻而正義的環境政策
2. 循環而多樣的自然生態
3. 再生而節能的低碳家園
4. 潔淨而健康的生活環境
5. 優質而幸福的社會氛圍

(二) 能源減碳之政策主張：

1. 研訂減碳目標，善用市場機制
2. 動員全民節能，邁向零碳城市
3. 實施能源稅制，經社環保三贏
4. 設置減碳基金，發展綠能產業
5. 建構綠色路網，推廣低碳運輸

(三) 推動綠能產業策略

1. 標竿管制計畫

- (1) 規劃推動全國的CO₂ 排放減量，於 2016 年至 2020 年間回到 2008 年排放量，於 2025 年回到 2000 年 排放量，於 2050 年回到 2000 年排放量的 50%，作為減量目標
- (2) 促進能源多元化，發電策略積極朝低碳能源超過 50% 方向推動
- (3) 未來八年以每年提高能源效率 2% 為目標
- (4) 政府能源相關研究經費 4 年內由每年 50 億元倍增至 100 億元

2. 建置法規制度

- (1) 加速訂定「溫室氣體減量法」
- (2) 建立公平有效率及開放的能源市場
- (3) 規劃碳權交易
- (4) 訂定有節能誘因的電價、水價及油價
- (5) 實施能源稅
- (6) 積極推動「再生能源法」
- (7) 設置減碳節能基金(綠能基金)推動訂定「環境教育法」

3. 加強教育宣導與研究發展

- (1) 推動全國低碳節能運動，落實機關學校企業及社區減碳及節能教育宣導
- (2) 加強研發油電混合、氫燃料及空氣動力車輛與設施，提高交通工具能源效率與減碳率

(3)宣導鼓勵企業綠色設計、生產與服務的研發與推廣，防制環境荷爾蒙產品

4. 推動與建構方案

- (1) 推動「復育與增值」並行規劃，輔導管理海岸山林產業活動
- (2) 建構全國萬里步道、西部濱海綠色廊道
- (3) 獎勵「低碳節能綠建築」，公部門特定區域及重大開發案建築，須符合綠建築規定
- (4) 規劃「零碳綠建築」的里程碑
- (5) 建設大眾運輸網(含輕軌運輸)、公車專用道、腳踏車道等「綠色交通網」
- (6) 推廣步行、腳踏車、手推車及大眾運輸等生態移行(eco-mobility)，採取措施逐步限制個人耗能運具運量
- (7) 補助加氣站建設及車輛改裝，推廣計程車、公務車、汽油車、柴油客貨車改用液化石油氣及天然氣，並降低油電混合車稅賦。
- (8) 推動生態化環保科技園區，既有工業園區生態化，建立綠色產業供應鏈，降低環境成本
- (9) 推動北、中、南部填埋剩餘土石方的國土再生計畫。
- (10) 全台焚化爐逐步轉型為造林植草及農業剩餘資材氣化發電的地區生質能源中心。

五、推動綠色科技教育

國內未來將面臨國際上 CO2 減量的壓力和極可能的貿易制裁，因此，我們必須發展對人類與環境友善的綠色科技。面向 21 世紀，一個能源逐漸匱乏的世紀，一個希能持續經濟發展又能兼顧環境永續的世紀，同時也是一個無法迴避充滿能源與環境挑戰的世紀。因此教育部日前正推動綠色科技的人才培育計畫，從建立綠色科技教學環境到實際參與綠色科技國際化活動，從整合國內產學研界綠色科技相關之資源到建立綠色科技學習網路環境，是達成總目標的最佳方法，以期能培育出具有綠色科技創意之優秀人才，解決經濟與環境如何兼顧的兩難問題，為永續發展奠定根基。

本計畫主要推動重點在於能源、環境、土木、機械、建築、化工等跨領域綠色科技創意人才的培育，期能有效協助傳統產業轉型，提高產品製造之附加價值，並發展知識密集之綠色產業，以及開發具有高附加價值且無可取代或低替代性之關鍵技術和產品，初步規劃範疇涵蓋：

(一) 規劃策略

1. 建立綠色科技基礎資訊和應用技術之核心課程。
2. 推動綠色科技相關創意人才培訓和資源統整。
3. 建立 e 化綠色科技整合教學環境平台。

4. 動綠色科技相關產學合作應用案例。

(二) 規劃原則：

1. 配合教育部推動綠色科技學程，並建立符合本院各系之能源科技及綠色色區等學程。
2. 課程規劃課參酌前述有關學院院景發展藍圖建議事項。
3. 綠色科技學程規劃原則：
 - (1) 綠色科技學程可形成 Cluster，Cluster 可研討六至八門課。
 - (2) 課程規劃可分基礎、核心及一般課程，為宜注意各課程規劃範疇與內容，其廣度及深度。
 - (3) 校方應提出具體承諾(commitment)，俾使本學程規劃具永續性。
 - (4) 訂定各學程規劃之 KPIs，建議指標如下：
 - A. 質化績效指標：
 - a. 培育跨領域人才，激發教師與學生創意思考，強化整合創作能力。
 - b. 建立與產業界交流合作平台，開發創新產品，提供我國綠色能源科技產業人才競爭力。
 - c. 整合院系所軟體設備、師資、建立團隊合作機制，成為綠色科技人才培育中心。
 - d. 強化學生就業能力，兼具學理與實作專業知識技能。
 - B. 量化績效指標：
 - a. 課程內容完整性(六門以上)
 - b. 課程持續性
 - c. 新開課程時數(新開課程數目占全部學程課程比率)
 - d. 完成教學教材(教科書目或講義編寫)
 - e. 修課學生人數
 - f. 產學交流，包括：審查課程、產業演講、產業授課及職業參觀實習等。

(三) 目前已有多所學校規劃執行跨領域綠色科技學程，將具代表性之學程及其規劃主要內容概述如下：

1. 潔綠永續科技學程（國立雲林科技大學 環境與安全衛生工程系/所（萬騰州））

編撰潔綠永續科技學程教材、舉辦綠色科技實作課程成果發表會、整合產學研資源，推動產學研合作，共同建立專案人才培育機制、發展學校強化實務課程及教學。
2. 綠色科技學程（國立高雄大學亞太工商管理學系(李博志)）

本學程分為「綠色科技基礎觀念」、「綠色程序技術」、「綠色管理技術」、與「創意與產業化」四個區塊。

3. 綠色科技特色學程（國立成功大學機械系（陳家豪））
整合「綠色科技創新設計」、「綠色設計」、「綠色材料」、「能源科技概論」、「綠色創新與產品開發」、「資源再生工程」、「燃料電池應用技術」等課程成一「綠色科技」特色學程。
4. 綠色設計學程（朝陽科技大學設計學院（何友鋒））
本計畫預期成果包括各領域綠色科技的整理分析，以及在專業領域之應用，發展 12 門課程之教材，包括建築系、都景系、工設系、視傳系，由學生選擇 6 至 8 門選修，並採漸進式教學。
5. 綠色能源科技學程（國立高雄應用科技大學模具工程系（艾和昌））
結合 e-Learning 教學平台與虛擬互動之網站介面設計，讓師生可於該平台上進行相關教材之複習與及時更新教材、問題討論等互動，該學程教材編訂也朝向結合多媒體方式編製。
6. 綠色能源科技學程(大葉大學工學院（鄧作梁）)
本學程規劃為以下六類課程：核心課程、再生能源、能源技術、永續管理、綠色設計，以及通識課程，共將開設 8 門課程，涵蓋綠能源、綠化工、綠建築、綠設計，以及綠產品等領域。
7. 綠色科技和永續發展學程(國立中央大學機械系（陳志臣）)
以 UNESCO DESD 及先進國家 Engineering Education for Sustainable Development 為藍本，促進本院教師對相關課題的了解和重視，建立本院系所學程配合永續發展議題
8. 綠色科技與永續學程(東吳大學教務處（黃顯宗）)
本計畫之特色在科技與人文社會的跨領域整合、著重創意實作實踐式教學的《綠色科技與永續發展實習》，將建置學程網站與學習網站。並將實施的過程與成果建置電子報。
9. 綠色能源技術學程(元智大學機械系/所（蘇艾）)
本計畫將以跨系所方式，結合數領域專長師資開設「綠色能源學程」。研擬核心課程及相關選修科目、建立教學實驗室、並舉辦校內綠色能源教具及應用載具設計競賽。

六、結論建議

綠色能源科技之發展主要是為「重視環境保護，追求永續發展」，節能減碳應視為新政府推動綠色能源科技之首要目標。再生能源、能源新利用及節約能源技術應為推動重點。

此外，教育部目前亦將積極推動綠色科技人才培育計畫規劃綠色能源(Green Energy)、綠色化學(Green Chemistry)、綠色設計(Green Design)、綠色產品(Green Product)、及綠建築(Green Building)等課程，規劃內容包含與綠色科技相關之基礎、專業、應用和創意實作等課程，期能培育出具有綠色科技整合應用人才，有助發展我國綠色產業，使永續經

營得以推動，解決經濟與環境如何兼顧的兩難問題，為永續發展奠定根基。

最後本人認為建立國際學術研究合作機制及落實國內綠色科技人才培育計畫，將成為國人育成永續發展尖端科技的基礎。

七、參考資料

教育部顧問室，綠色科技人才培育先導型計畫

蔣本基，綠色科技發展策略，台灣大學環境工程學研究所