

中華民國 102 年 5 月 9 日

立法院第 8 屆第 3 會期教育與文化委員會第 18 次全體委員會議

行政院國家科學委員會執行
「能源國家型科技計畫第一期程(2009~2013)
目前執行內容與成效」專案報告

行政院國家科學委員會

報告人：朱敬一

「能源國家型科技計畫第一期程(2009~2013)目前執行內容與成效」專案報告

目 錄

壹、口頭報告.....	1
貳、書面報告	
一、前言.....	9
二、計畫之執行現況.....	11
三、計畫經費與成果績效.....	18
四、計畫之主要成果.....	20
五、展望與結語.....	32

壹、口頭報告

壹、口頭報告

主席、各位委員先進：大家好

今天是 大院第 8 屆第 3 會期之教育與文化委員會第 16 次全體委員會議，^{敬一}應邀前來專案報告本會執行「能源國家型科技計畫第一期程(2009 年~2013 年)目前執行內容與成效」，敬請 委員指教。

台灣自然資源不足，環境承載有限，考量能源安全、經濟發展、及環境永續間之均衡，行政院於 97 年公佈「永續能源政策綱領」，提出具體目標，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，以創造跨世代能源、環保與經濟三贏的願景。

民國 98 年，本會整合研發資源與配合節能減碳政策，推動跨部會署合作之「能源國家型科技計畫」。依據行政院「永續能源政策綱領」，瞄準能源政策目標，透過科技研發「提升能源安全」、「改善溫室氣體排放」、「開創能源產業」，篩選國家能源科技重點研發領域，針對能源科技策略提出具未來性、前瞻性之研究計畫。

計畫分為(一)能源科技策略 (二)能源技術 (三)節能減碳與 (四)人才培育等 4 分項，以及「淨煤」、「智慧電網」、「離岸風力」、「天然氣水合物」、「地熱發電」等 5 項主軸計畫。

在 4 個分項部份，能源科技策略係以前瞻角度擘劃我國未來能源科技發展政策，引領能源科技發展方向，

並具體指導我國能源科技發展重點項目。能源技術分成八大類研究內容 10 個子項：有機太陽光電、無機太陽光電、太陽熱能、氫能系統、生質能源、風力發電、儲能技術、核能工程(安全)、地質能源、海洋能源。節能減碳以技術分成 8 個子項：智慧電網與讀表、照明與電器、冷凍空調、植林減碳、交通運輸、工業節能、建築節能和淨煤捕碳儲碳。人才培育以節能減碳為主軸，透過學校教育與大眾教育，全面提升國民的節能減碳素養。

在主軸專案研究計畫部份：「淨煤」主軸計畫規劃燃煤廠 CCS 成本於 2020 及 2040 年分別達每噸二氧化碳 60 與 30 美元；發展 2040 年擁有年封存 1 億噸以上二氧化碳地質封存能力；期以 2050 年創造 2,000 億元以上年產值及 10 萬個以上就業機會。

「智慧電網」主軸計畫則以建構台灣智慧電網，並扶植台灣電力設備產業為目標。由電力、資通訊產學研單位組團隊，推動先進讀表、微電網、智慧家庭系統、先進配電自動化等先導型計畫，發展智慧電網關鍵技術，確保所發展智慧電網系統設備導入台灣電力網路系統之可靠度與產業化之可行性。

「離岸風力」主軸計畫推動執行「台灣離岸風電先導型計畫」，選擇適當的示範場址，以 5 年時間(2012 年至 2016 年)建置完成風海觀測塔及抗颶耐震風機，藉由建置測試及示範運轉過程汲取經驗，促進離岸風電在研究和產業雙方面平行發展，進而推展離岸風電第一期開

發 600~1000MW(民國 2017 年至 2021 年)和第二期開發 600~1000MW(民國 2022 年至 2026 年)。

「天然氣水合物」主軸計畫第 1 年主要評估我國專屬經濟海域之天然氣水合物的資源特性。

「地熱發電」主軸計畫第 1 年計畫目標在建立台灣基本地熱地質相關資料，並評估綠島設立地熱發電廠的可能性和規模大小，規劃設置 1 MWe 深層地熱發電示範電廠協助其為低碳島的政策目標。

本計畫自 98 年起迄今逐年投入經費依次如下 34.4 億元、47.0 億元、53.4 億元、51.8 億元， 60 億元，5 年共投入 247 億元。各部會投入之經費比例，以 101 年為例，經濟部 31.6 億元占 64%，原能會 5.1 億元占 10%，本會所補助之學研機構合計 13.3 億元占 23%。

從研發成果效益的面來看， 98 年度至 101 年度 4 年統計，在知識卓越方面：發表論文 10,560 篇、培育博碩士班學生參與研究計畫計 9,253 人次、在技術創新方面：專利獲得 1,007 件、在經濟效益面：技術移轉 1,069 件，技轉金達 12.7 億元，同時並促進廠商投資 372.6 億元，預估第二期能源計畫將產生極大效益。

以下謹就一些計畫成果說明如下：

四大部門可能之節能方案

我們以電力、住商、工業、運輸等四大耗能部門的可能節能措施，來評估各部門的節能量。若能全數執行，則整體節能效果估計可達 39% 以上。如果將這節能工作

分 10 年實施（目標年 2025 年），預計平均每年可提升 3 % 以上能源效率，即可超過永續綱領之目標。

太陽光電

我國在世界產值排名第四的太陽能電池方面，藉由持續研發，堅實技術基礎，提升水準，加強專利布局下，在金屬貫穿式背電極(MWT)太陽電池與模組技術，提升 5” 電池效率至 18.57%，超越國際指標，提升異值接面(HIT)太陽電池效率至 19.3%，完成建立基準太陽電池校正技術 ISO/IEC 17025 認證實驗室，提供廠商產品測試，並輔導國產材料廠商健全太陽光電模組產業供應鏈，使我國在 2011 年全球不景氣時，仍有 1640 億元產值。

大型離岸風力發電

完成場址評估與遴選，建立環境影響評估現場海象調查資料。完成離岸風力設施規劃，分析先導型離岸風場(兩部 5 MW 風機，以雙饋式感應發電機 DFIG 及永磁同步發電機 PMSG 為主要發電機模型)併聯台電電網時之系統衝擊。

生質能源

在生質柴油方面計為研發甘油三甲基醚 GTME 綠色製程開發；架設戶外密閉型微藻養殖系統及組合新系統—50 公升/分鐘，微藻殘渣纖維電漿產氫之系統。建立

可使用煙道氣 CO₂ 的光合反應器，開發藻體採收與藻油萃取製程與關鍵設備。在生質酒精方面建構第二代纖維酒精之醱酵生產系統，設置噸級纖維酒精工廠，並建立可提供噸級廠運轉需求之廠內酵素生產系統。在生質電力方面完成廢棄物原料焙燒技術、裂解氣化發電、及氣化後合成氣之應用，建立台糖養豬場 30kW 沼氣發電示範場。

淨煤儲碳 (CCSU)

確認我國擁有 100 億噸以上之海、陸地質封存潛能 (觀音高區、彰濱地區)。及國際淨煤示範計畫電力價格與我國天然氣發電價格相當，驗證國內具發展淨煤有利環境。並與中鋼、中油、台電、國內主要業者凝聚產業發展淨煤技術選項之共識。

照明與 LED 技術

100 年我國 LED 產業產值新台幣 1,846 億元，產量居全球第一，101 年起將以部分補助結合節能績效保證模式推動計有：LED 路燈示範城市計畫 (5.3 萬盞, 5.88 億元)、LED 路燈節能示範計畫 (2.3 萬盞, 1.8 億元)、擴大設置 LED 路燈節能專案計畫 (25 萬盞, 20 億) 及 101 年將完成國科會科學園區 LED 路燈試點計畫。

智慧電網與讀表技術

在協助再生能源併入輸、配電系統部份，已完成百瓩級微型電網與市電併網運轉、市電併聯/孤島切換及微電網孤島運轉、市電恢復重新併聯運轉及暫態波型量測之研發。在管理系統方面，完成能源調度系統圖控介面開發、監控訊號資料庫建置及電網即時三相電力潮流分析程式功能。在智慧讀表(AMI)相關技術方面，已與國內大同等四家公司簽訂技轉合約，共同訂定互通的讀表界面，以達到各家介面互通的需求。並於中央、成功及中山大學3校建置智慧電網試範平台。

在考量能源安全、經濟發展、環境永續及與確保持續「穩定」的能源供應政策下，能源國家型科技計畫針對如何達成上述政策與目標，進行一系列的研究與分析我國未來低碳電力之組合，並提出在科學上未來有可能實踐的各種低碳電力方式，在先不考量成本承受性、目前技術可行性的條件下，進行10年以後可能之低碳發電組合分析，列舉可能的組合分析如表三。但各種組合，均有其可行之前提假設及限制。倘若考量成本負擔性、發電量滿足需求性、低排碳性、技術發展時程可行性與人民接受度等，則有許多組合，會有實施上之困難。各項目前技術與成本尚未合宜之發電與儲碳方式，研發規劃時程如表四。希望第二期能源國家型科技計畫，在加強研發與技術引進雙管策略下，突破瓶頸，開創新局。

第一期能源國家型科技計畫投入各項能源科技之研發，已有初步成果，第二期能源國家型科技計畫將在第

一期研究成果基礎上，改採聚焦國內具潛力之研發項目，集中資源，以學術界先導性應用研發，全面引入公民營企業，推動產、學合作，收割第一期之撒網成果。

展望未來，因應全球暖化趨勢，提高國家競爭力與增進全民福祉，是政府之職責，我國自產能源缺乏，99%能源進口，因此，提升能源自主與安全至為重要。溫室氣體排放被聯合國 IPCC 認定為造成全球氣候變遷的主因，因此，減少溫室氣體排放是世界各國的共識。由於全球氣候變遷所引起的嚴重經濟民生問題，目前各國無不致力於新興潔淨能源的開發，以期減少溫室氣體的排放，因此，開創綠色能源產業是我們的產業前景，增進能源使用效率可以減少一個國家的能源密集度、改變其能源結構，進而提升在全球的經濟競爭力。因此，改變能源使用結構為其必要的措施。

綜上，提升能源自主與安全、增進能源使用效率，減少溫室氣體排放，以及開創綠色能源產業，都需要投入資源，進行科技研究發展。但我國是資源有限，經濟規模中等之國家，必須聚焦國內具潛力之能源研發項目，集中資源以主軸專案方式，加速技術瓶頸突破，以發展自有技術與引進先進技術併行的方式，快速增加我國自有再生能源，確保國家安全與達成節能減碳國際之責任。希望各種低碳電力的組合可行性提早來到，除需要再加強研發與技術引進，突破瓶頸與排除其限制前提外，更需要請各位委員大力支持。

以上報告，敬請

各位委員惠予支持與指教，謝謝！報告完畢。

貳、書面報告

貳、書面報告

一、前言

台灣自然資源不足，環境承載有限，考量能源安全、經濟發展、及環境永續間之均衡，行政院於 97 年公佈「永續能源政策綱領」，提出具體目標，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，以創造跨世代能源、環保與經濟三贏的願景，擘劃出短、中、長期明確，且具挑戰性的節能減碳藍圖，以期藉由能源產業的推動，引領台灣高科技，快速開創綠色能源產業，帶動產業中、長期結構性發展。

民國 98 年國科會整合研發資源與配合節能減碳政策，推動跨部會署合作之「能源國家型科技計畫」。依據行政院「永續能源政策綱領」，瞄準能源政策目標，透過科技研發「提升能源安全」、「改善溫室氣體排放」、「開創能源產業」，篩選國家能源科技重點研發領域，針對能源科技策略提出具未來性、前瞻性之研究計畫，尤以再生能源之研究與應用，積極發展替代能源，以及具特色與商業價值之研究，來達成「提升能源自主」、「減少溫室氣體排放」、「創立能源產業」，有效運用再生能源開發潛力，並以 2025 年再生能源占全國總發電裝置容量 15% 為目標；使我國能從能源短缺國家，變成替代能源技術之輸出國。

由於能源科技包涵再生能源之太陽光電、風能、生質能、氫能、地熱、海洋能等；節能減碳之電力、住商、建築、交通節能技術，以及淨煤儲碳和智慧電網等研發項目，十分廣泛，因此第一期能源國家型科技計畫，廣徵國內專家投入各項能源競爭研發外，更以主軸專案的詳細調查評估我國具有地理優勢之離岸風力

風場、可用做淨煤儲碳之海上與陸地鹽水層地質封存潛能、西南海域深具潛力的海底天然氣水合物，以及宜蘭清水、台東縱谷與大屯山之豐富地熱。經過四年多之研發，在太陽能光電、生質能、中小型風機、LED 照明、氫燃料電池、儲能技術與智慧電網管理等各方面，均符合綠能產業旭升方案當初技術突破之要求。此外經由主軸專案計畫之推動，確認我國觀音與彰濱地區擁有 100 億噸以上之地質封存潛能，相當美金 5000 億以上之資產(碳權以每噸 30 美金計)可儲存 100 年；台灣西南海域擁有天然氣水合物，潛能約 2.7 兆立方公尺，保守的估計可開採約 10%，相當於我國 27 年天然氣的使用量，以 1 立方公尺 15 元計算產值達 4 兆元。在地熱方面研究初步估計宜蘭與台東蘊藏量即達 33,640 百萬瓦(MW)，致於台灣東部海域之每秒 1 公尺流速之黑潮洋流，估計有 10G 蘊藏量可供開發。第二期能源國家型科技計畫將在第一期之研究成果基礎上，改採聚焦國內具潛力之研發項目，集中資源以主軸專案方式，加速技術瓶頸突破，以自有技術發展與引進先進技術併行的方式，快速增加我國自有再生能源確保國家安全與達成節能減碳國際之責任進行研發。

二、計畫之執行現況

(一)計畫內容

計畫分為(一)能源科技策略(二)能源技術(三)節能減碳與(四)人才培育等四分項，將各部會署有關計畫依屬性分組後納入本國家型計畫。並選定於 2050 年所產生的減碳效果佔全國排碳量 5%以上的單一技術，於 99 年 10 月起先後推動多項主軸研究計畫，目前進行之主軸包括「淨煤主軸計畫」、「智慧電網主軸計畫」、「離岸風力主軸計畫」、「天然氣水合物主軸計畫」、「地熱發電主軸計畫」。

能源科技策略係以前瞻角度擘劃我國未來能源科技發展政策，引領能源科技發展方向，並具體指導我國能源科技發展重點項目。**能源技術**分成八大類研究內容 10 個子項：有機太陽光電、無機太陽光電、太陽熱能、氫能系統、生質能源、風力發電、儲能技術、核能工程(安全)、地質能源、海洋能源。**節能減碳**以技術分成 8 個子項：智慧電網與讀表、照明與電器、冷凍空調、植林減碳、交通運輸、工業節能、建築節能和淨煤捕碳儲碳。**人才培育**以節能減碳為主軸，透過學校教育與大眾教育，全面提升國民的節能減碳素養；配合節能減碳政策及相關法令，結合政府各相關部門與輔導單位及專家學者，共同推動節能減碳教育，以達成四項目標：提升國民節能減碳素養、深化教育，厚植科技競爭力、加強國際交流，引進新知與技術、促進技術規範建立與產品應用教育。

「淨煤」主軸計畫整體策略以「掌握關鍵技術、扶

植國產產業、創造新興就業、解決排放問題」為願景，規劃燃煤廠 CCS 成本於 2020 及 2040 年分別達每噸二氧化碳 60 與 30 美元；發展 2040 年擁有年封存 1 億噸以上二氧化碳地質封存能力；期以 2050 年創造 2,000 億元以上年產值及 10 萬個以上就業機會。

「智慧電網」主軸計畫則整合國內產、學、研智慧電網研發能量，以建構台灣智慧電網，並扶植台灣電力設備產業。由電力、資通訊產學研單位組團隊，推動先進讀表、微電網、智慧家庭系統、先進配電自動化等先導型計畫，發展智慧電網關鍵技術，確保所發展智慧電網系統設備導入台灣電力網路系統之可靠度與產業化之可行性。

「離岸風力」主軸計畫推動執行「台灣離岸風電先導型計畫」，選擇適當的示範場址，以五年時間(2012 年至 2016 年)建置完成風海觀測塔及抗颱耐震風機，藉由建置測試及示範運轉過程汲取經驗，促進離岸風電在研究和產業雙方面平行發展，進而推展離岸風電第一期開發 600~1000MW(民國 2017 年至 2021 年)和第二期開發 600~1000MW(民國 2022 年至 2026 年)，離岸風電場。

「天然氣水合物」主軸計畫第一年主要評估我國專屬經濟海域之天然氣水合物的資源特性，並研發相關生產技術。美國、日本、印度、韓國及中國大陸等國皆已提出調查、研究與開發期程。加拿大、美國已進行陸上開採試驗，日本則已完成海上開採試驗，成功取出天然氣；日本預估至 2016 年後可開始商業化開採。

「地熱發電」主軸計畫第一年計畫目標在建立台灣

基本地熱地質相關資料，並評估綠島設立地熱發電廠的可能性和規模大小，協助其為低碳島的政策目標。設置 1 MWe 深層地熱發電示範電廠。美國能源部評估深層地熱潛能約有 15,908GW，若利用其中 1% 熱能可建置 160 GWe 電廠，佔美國總裝置容量 20%。美國、歐洲、澳洲與日本皆有先導示範計畫在進行。澳洲、法國和德國正進行商轉等級的深層地熱開發，致力於將該技術商業化。

(二)計畫目標

根據「能源政策綱領」之五項目標，能源國家型科技計畫擬定相對應的具體措施與研究規劃如下。

1. 提升能源自主與安全

我國自產能源缺乏，能源供應有 99% 來自國外進口，因此開發自產能源為解決能源依賴與提升能源安全的具體措施。台灣是一座位於亞熱帶四面環海的中型島嶼，具有豐沛的各類再生能源，例如，太陽能、離岸大型風力發電、能源作物，以及包括：海流能、波浪能、潮汐能、溫差發電等海洋能，因此再生能源技術的研發，將有利於上述潔淨自主能源的開發與應用。另外，我國在地底與海洋底層上具有獨一無二的地質能源，例如地熱與天然氣水合物，這些能源的開發同樣可提升我國的能源安全性與自主性。希望在 2020 年以前，讓台灣的再生能源發電達到占總發電裝置容量 12% 的積極性目標，也就是裝置容量將擴增為現有 3 倍，達 650 萬瓩。

2. 減少溫室氣體排放

溫室氣體排放被認定為造成全球氣候變遷的主因，

2009年臺灣人均溫室氣體排放量10.9公噸二氧化碳當量/人年，約為全球人均溫室氣體排放量4.3公噸二氧化碳當量/人年的2.5倍，依據國際能源總署(IEA)統計，全球排名17位，而台灣溫室氣體排放源主要來自能源的生產與製造，因此減少溫室氣體排放遂成為能源國家型科技計畫的另一項重點工作。其中，碳捕捉與封存技術(CCS)是產業界與電廠減少二氧化碳排放最直接有效的手段。目標是在2016-2020年將二氧化碳之排放量降至2008年的水平、在2025年降至2000年的水準、在2050年則降至2000年的50%。另外，本計畫亦將著重於儲氫技術、產氫技術、運氫技術與氫能載具(燃料電池、氫內燃機)的研究。

3. 開創能源產業

由於全球氣候變遷所引起的嚴重經濟民生問題，目前各國無不致力於新興潔淨能源的開發，以期減少溫室氣體的排放，緣此，經濟部提出「綠色能源產業旭升方案」，推動範疇包括已有產業良好基礎、具躍升能量的太陽光電與LED照明光電產業，以及技術發展處於研發階段、具產業發展條件的風力發電、生質燃料與儲能技術，這些都是未來的全球能源之星。目前我國綠色能源相關產業已具有相當的基礎，97年總產值約1,603億元(占我國製造業1.2%)，預估在104年達到1兆1,580億元的產值(約為該年製造業總產值的6.6%)，在此龐大目標之下，更需要在相關能源技術作重大的突破，例如，太陽能中的有機太陽能電池、半導體太陽能電池與高聚光太陽能發電系統；風力發電中的風力機關鍵技術、測試

與認證平台和陸/海域風力機研發；生質能源中的生質酒精、生質柴油、沼氣、裂解油、生質丁醇、氫氣；以及儲能技術的鋰電池、超級電容器、電動車具等。

4. 提升能源使用效率

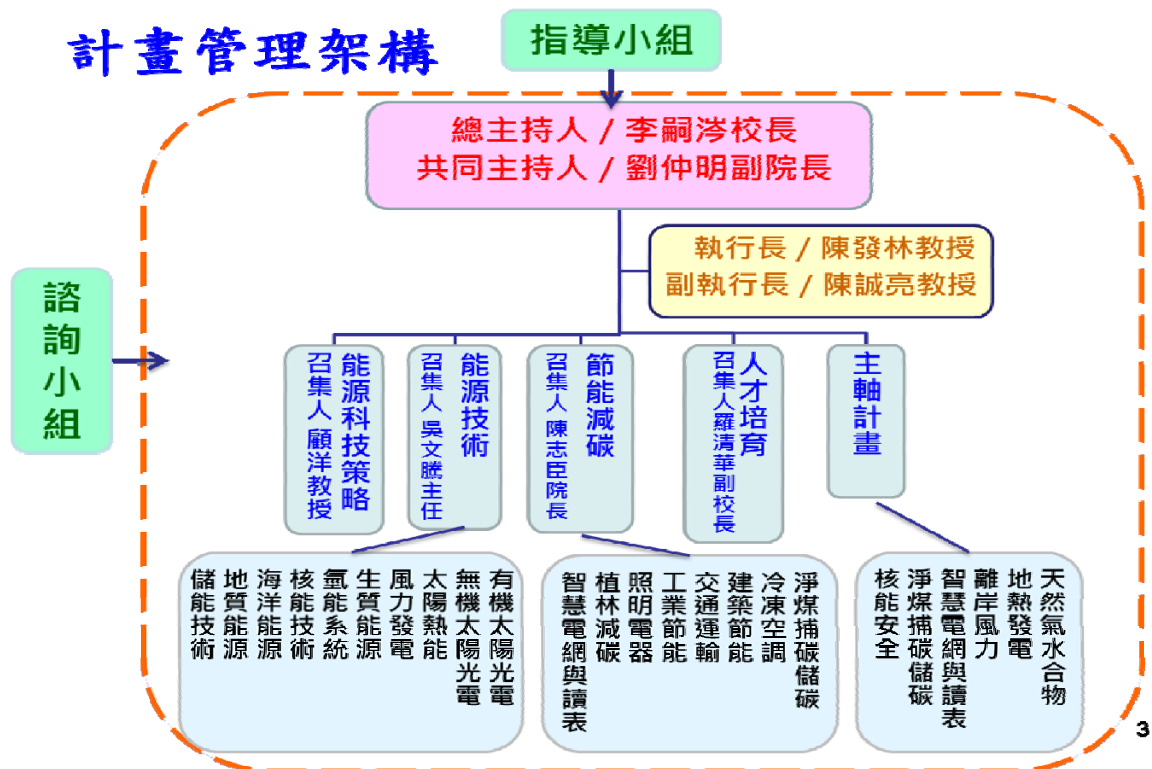
提升能源使用效率可以減少一個國家的能源密集度、改變其能源結構，進而提升在全球的經濟競爭力，其含括的措施範圍十分廣泛，例如，交通運輸中的健全綠色運輸系統及提升運輸系統能源使用效率；冷凍空調中的提升冷凍空調系統節能及創新技術研發；以及照明與電器中的建立高效率先進光源系統與電器技術及節能管理技術。具體目標作為是在2009-2016年之間，每年提升能源效率2%，屆時，可減少二氧化碳排放54.83 Mt/y，相當於節約能源85,806GWh/y，約相當於目前核能電廠一年發電量的兩倍。

5. 改變能源使用結構

在提升能源使用效率目標下，改變能源使用結構為其必要的措施之一，其範圍包括：建築節能中建築能源管理的提升、節能材料的加強與再生建材利用技術的研發；其次，將以先進資訊、通訊與電力電子技術建構全台智慧型電網，創造一個優質、高效率、服務導向及環保之電力網路；另外，利用現有電表與網路技術，完成高壓與低壓用戶的電力資通訊網路基礎建設並全面運轉；最後，將實施工業節能，以調整產業結構及開發製程節能技術。最終目標是完成行政院的能量結構改變目標：在2025年時，讓我國的低碳能源占比達到55%以上。

(三)計畫推動之架構

能源國家型科技計畫規劃範圍包括：能源技術、節能減碳、能源技術策略、主軸計畫和人才培育等五項分項計畫。此外，亦配合計畫推動產學合作及國際合作。能源國家型科技計畫設有總主持人負責之計畫辦公室負責計畫之協調、推動、管理與考核計畫執行之進度與績效，總主持人每季召開各分項與主軸計畫召集人工作會，聽取各召集人報告計畫之執行情形，協調解決相關問題並不定期參加由國科會副主任委員召集之跨部會工作協調會，聽取計畫辦公室報告計畫執行情形與協調需各部會共同協助之事宜。每半年計畫辦公室進行各執行計畫績效評估後，本會召開指導小組會議聽取計畫進度績效評估報告；全程計畫執行過半由本會與行政院科技會報聘請專家組成績效評估小組進行期中績效評估。



圖一、能源國家型科技計畫組織運作架構圖

(四)計畫參與的機關與研究機構

能源國家型計畫係政府相關部會署共同參與之跨部會大型整合型目標導向計畫，參與之機關計有經濟部之技術處、工業局、能源局、標檢局、地質調查研究所；原子能委員會、農業委員會、教育部、交通部、內政部建研所及本會，執行研究計畫的計有財團法人工研院、資策會、金工中心、核能研究所、中科院、公私立大學院校、及合作參與之國營企事業與民間企業。

三、計畫經費與成果績效

本計畫五年投入經費如下：98 年 34.4 億元、99 年 47.0 億元、100 年 53.4 億元、101 年 51.8 億元，102 年 60 億元，五年投入 247 億元。以 101 年度預算 51.8 億元為例，其中經濟部 31.6 億元占 64%，為最大宗，其次是本會 13.3 億元占 23%、原能會 5.1 億元占 10%，各部會投入經費詳如表一。從研發成果效益的產出面來看，98 年度至 101 年度四年統計，在知識卓越方面：發表論文 10,560 篇、培育博碩士班學生參與研究計畫計 9,253 人次、在技術創新面專利獲得 1,007 件、在經濟效益面：技術移轉 1,069 件，技轉金達 12.7 億元，同時並促進廠商投資 372.6 億元，成果績效十分豐碩，除技轉件數一項外，都已遠超越「五年總目標」的設定值，詳如表二。若以 1 億元投入經費產生發表論文 100 篇、博碩士生培育 100 人、專利獲得 10 件、技術移轉收入 3 百萬元、促進廠商投資 3 億元之五大績效指標評估，則本計畫投入產出綜合指數已超過 90 以上。

表一、101 年各部會預算與執行經費

	計畫件數	預算數 (單位：千元)	執行經費 (單位：千元)	執行經費佔比
經濟部	45	3,163,520	3,145,403	64%
工業局	4	111,138	111,138	2%
地調所	1	54,745	54,419	1%
技術處	8	1,197,411	1,191,519	24%
能源局	26	1,726,750	1,714,775	35%
標檢局	6	73,476	73,552	1%
內政部建研所	1	4,853	4,555	0%
交通部	11	43,968	44,793	1%
教育部	1	88,282	88,282	2%
原能會	8	514,525	499,257	10%
農委會	8	26,694	23,412	0%
國科會	137	1,334,461	1,124,950	23%
總 計	211	5,176,303	4,930,652	100%

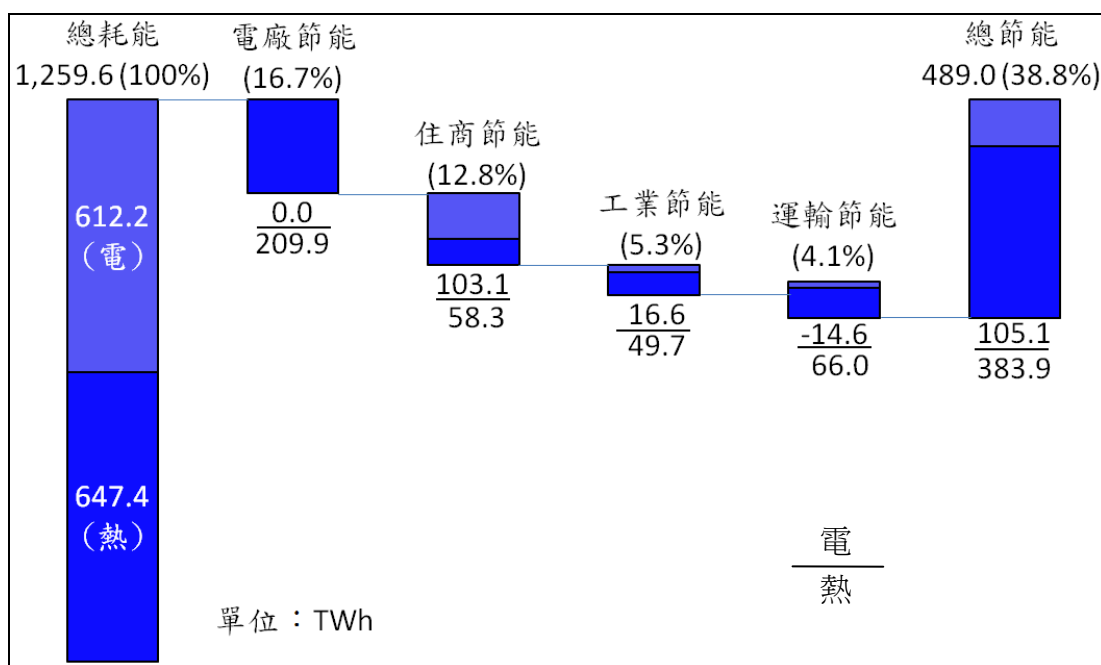
表二、成果績效統計

績效指標	98年	99年	100年	101年	98-101 合計	五年達成率 (五年目標)	
投入經費	34.4 億	47.0 億	53.4 億	49.3 億 (51.8 億)	184.1 億	(303.3 億)	
論文 (目標)	692 篇 (400 篇)	2,754 篇 (500 篇)	3,450 篇 (600 篇)	3,664 篇 (700 篇)	10,560 篇	352% (3,000 篇)	
博碩士 (目標)	391 名 (400 名)	3,297 名 (500 名)	2,644 名 (600 名)	2,921 名 (700 名)	9,253 名	308% (3,000 名)	
研討會 (目標)	2 場 (2 場)	8 場 (3 場)	4 場 (4 場)	4 場 (4 場)	18 場	106% (17 場)	
專利 (目標)	獲得 146 件 (25 件)	獲得 186 件 (45 件)	獲得 274 件 (75 件)	獲得 401 件 (150 件)	1,007 件	203% (495 件)	
技術 移轉	件數 (目標)	142 件 (150 件)	264 件 (200 件)	315 件 (250 件)	348 件 (300 件)	1,069 件	85% (1,250 件)
	簽約金 (目標)	1.3 億 (1.5 億)	3.2 億 (2.0 億)	4.8 億 (2.5 億)	3.4 億 (3.0 億)	12.7 億	102% (12.5 億)
促進投資 (目標)	23 億 (25 億)	134.6 億 (30 億)	112 億 (35 億)	103 億 (40 億)	372.6 億	213% (175 億)	

四、計畫之主要成果

(一)四大部門可能之節能方案

我們以電力、住商、工業、運輸等四大耗能部門的可能節能措施，來評估各部門的節能量，其結果如圖二所示。若能全數執行，則整體節能效果估計可達 39% 以上。如果將這節能工作分 10 年實施（目標年 2025 年），預計平均每年可提升 3% 以上能源效率，即可超過永續綱領目標。



圖二、在實施電力、住商、運輸、工業等四大部門的節能措施後，各部門與全國之最大節能效益。

各部門的詳細節能內容及減碳內容如下：

1. 工業部門

我國工業部門的最終能源消耗是所有部門最高者，在過去十年裡，高居全國耗能占比 45-54%，經濟規模占國內生產總值 40-45%。歷年工業部門二氧化碳排放百分

比則接近 50%。由此可知，要降低我國的能源密集度、提升國家經濟競爭力，首先要從工業部門節能作起。

臺灣工業部門前六大耗能產業，分別為：化學材料、電機、鋼鐵、紡織、水泥和造紙。依據經濟部 2010 年統計數字，此六大產業的耗能占工業部門耗能 83.48%，占全國最終能源消費 44.92%。

我們以 IEA 的評估邏輯，採用現有最佳可行技術 (Best Available Technology, BAT) 或現有成本上可行之 BAT 技術，並以 2010 年為基礎年，來評估這六大產業的節能空間。結果顯示，就個別產業言，石化產業的節能幅度雖然只有 13.2%，但因耗能約占工業耗能 47.5%，其節能量高達 425 億度電，約占六大產業總節能量之 64.6%，應屬推廣工業節能的首選產業。其餘產業之節能空間則依序為鋼鐵(77.0 億度電)、紡織(46.1 億度)、半導體(45.7 億度)、水泥(40.7 億度電)、造紙(28.3 億度)。就全國而言，臺灣工業部門之總節能潛力為 663 億度電(初級能源)，此節能潛力約占同年工業耗能之 9.8%，占全國耗能的 5.2%。其中，熱能消耗約為電能消耗的 2 倍。同時，熱能節約 497 億度電，幅度 16.2%；電能節約 166 億度電，幅度 10.7%。相對地，此六大產業的最大減排潛力將達 16.2Mt-CO₂，此數值將占工業部門排放量的 13.2%，占全國排放量的 6.4%。

2. 住商部門

在住宅部門方面，2010 年之總能源消費 12,885.1MLOE (千公秉油當量)，占全國能源消費 10.71%。其中，電力消費 43,428.6GWh，相當於

10,470.0MLOE，佔該部門的 80.5%，其中，空調約占 28.2%，照明 25.4%，冰箱 12.9%，開飲機 7.2%，電視 6.5%。石油產品和天然氣能源消費分別為 1,317.5 千公秉 (MLOE)和 772.7 千公秉 (MLOE)，在該部門的占比分別為 10.2%和 6.0%。

在商辦部門方面，其總耗能為 13,173.3MOLE，占全國總耗能的 10.95%，其中電力消耗為 46,978.3GWh，相當於 11,217.4MLOE，占該部門的 85.2%。其餘為石油產品和天然氣，分別約為 1,150.2MLOE 和 460.9MLOE，分別佔該部門的 8.7%和 3.5%。以設備看，該部門最耗能的使用設備為空調(30.22%)、照明(17.51%)和插座(6.87%)等項目。以建築看，較耗能的商辦為辦公大樓(16.22%)、學校(11.05%)和旅館飯店(10.09%)等建築項目。

將住、商兩部門的耗能加總，電能為 227,066GWh(百萬度電)，熱能為 45,764GWh，總耗能為 272,830GWh，二氧化碳排放為 67.27Mt-CO₂ (百萬噸)，全國耗能與排碳占比分別為 21.7%和 26.5%。依照住商與商辦之節能統計分析，該部門在實施電器與設備最佳節能標準之下，將有 161,400GWh 的節能量，節能潛力 9.2%，減少溫室氣體排放 28.7Mt-CO₂。

3. 運輸部門

在運輸部門方面，2011年交通運輸總耗能13,524 千公秉油當量，全國最終能源消耗占比12.08%，其中，本計畫所考慮的公路耗能就占了94.94%，分析其節能減碳將足以代表全國運輸部門的節能減碳效果。另外，2011年交通運輸部門排碳量36.161 Mt-CO₂，全國排碳占比

14.4%。運輸部門要執行節能減碳，因所牽涉層面跨及各部門與領域，故欲分析節能減碳的潛力和所需採用方法，在理論上和實際上均是一大挑戰。有鑑於此，本計畫利用台灣人口分佈的特色所引致的特殊交通條件，提出以軌道運輸取代目前的公路運輸的大膽假設，來估算所能達成的節能減碳潛力。其出發點乃根據IEA的報告所指：軌道運輸的能源效率可高達公路運輸的10倍以上；再配合台灣人口95%以上集中在狹窄的西部走廊，此人口集中的特色，相當適合軌道運輸的設計。但仍有一些無法由軌道運輸取代的部份，則將汽油車輛改成電動車輛，具體作法如將捷運運量最大化、台鐵高鐵增班多、汽機車部分電動化等。

具體作法方面，我們建議採「捷運最大化、台鐵與高鐵班次增加、汽機車部分電動化」，可將台灣的載人運輸車具，能耗量由原本的 7,661 MOLE，降至 3,694 MOLE，節能量與節能幅度分別高達 3,967 MOLE 與 51.8%。其中，由於小客車能耗約占整個陸上運輸能耗五成，大貨車居次為二成五，因此此兩項運輸工具的節能措施關係到整個運輸部門節能減碳成敗所在。

4. 電力部門

節約能源最大的空間在電力部門。假設台灣能源使用量是 100，其中有 41 是用作發電，但只有 16 到用戶手中（就是我們用掉的 27 度/人日），其他 25 都因能源效率差而浪費掉了，絕大多數是電廠效率所致。若現在 15GW 的燃煤電廠全數更新成「超超臨界燃煤電廠」，平均效率可從 35% 提升至 50% 以上，前述浪費掉的 25 至少

可以拿回 5。這個「5」，就是「9 度/人日」。若全數煤電廠改成複循環的燃氣電廠，效率可進一步提升至 60% 以上。1 度/人日約等值 78 億台幣採購燃料成本。9 度/人日=702 億台幣。這是提升煤電廠效率 20%（從現在的 30~35%，升到到 50%是「超超臨界煤電廠」的市場規格）。700 億差不多就是建造 1GW「超超臨界燃煤電廠」的建廠成本。

(二)太陽光電之重要成果

在世界產值排名第四的太陽能電池方面，我國藉由持續研發，堅實技術基礎，提升水準，加強專利布局，在金屬貫穿式背電極(MWT)太陽電池與模組技術，提升 5 吋電池效率至 18.57% 超越國際指標，提升異值接面(HIT)太陽電池效率至 19.3%，完成建立基準太陽電池校正技術 ISO/IEC 17025 認證實驗室，提供廠商產品測試，並輔導國產材料廠商健全太陽光電模組產業供應鏈，使我國在 2011 年全球不景氣時，仍有 1640 億元產值。由於研發注重產業效益，加強太陽光電技術之發展、完整佈局相關專利、促進產學研技術移轉與廠商投資，提升台灣產品在國際上競爭力，台灣繼續保有全球太陽光電產業重鎮地位。在 CIGS 薄膜太陽電池成功製備大面積(6×6cm²)元件，與無鎘全濺鍍製程，在整合軟性基板 In₂S₃ 無鎘緩衝層，獲美國再生能源實驗室(NREL)認證效率 11.5%，超越美國指標廠商水準；在矽薄膜太陽電池雙疊層(a-Si/a-Si、a-Si/ μ c-Si)矽薄膜太陽電池穩定效率達 9%及 10.5%。此外，促成「長晶爐國產化研發聯盟」及「CIGS 產業聯盟」，並協助推動

設備大廠德國 Manz 公司在台成立研發中心。有機太陽電池改善高分子太陽電池效率達 5.2% 超越國際水準為高分子基礎混摻量子點太陽電池最高效率。2011 年全球新裝置 29.7 GWp (成長 163%)。全球前五大市場為德國、義大利、日本、西班牙與美國，義大利與中國市場的成長迅速。IEA 預估至 2050 年，全球太陽發電占比將達 11%。

(三)大型離岸風力發電之重要成果

完成場址評估與遴選，確定風海觀測塔以非人工島嶼興建免環評但風力機需進入環評作業程序。建立環境影響評估現場海象調查資料，包含波浪、海潮流、海域地形調查、海洋生態相關資料庫。完成離岸風力設施規劃，分析先導型離岸式風場(兩部 5 MW 風機，以雙饋式感應發電機 DFIG 及永磁同步發電機 PMSG 為主要發電機模型)併聯台電電網時之系統衝擊，先導型 10 MW 的風場併聯至澎湖電力系統與台中梧棲變電所的情況。另，完成國內離岸風電海事工程設備、技術能量分析及相關海事工程重點項目規劃，及離岸風力設置作業規劃，協助政府評估躉購電價及投資補貼政策的財務效益，建立成本估計方程式。此外完成國內營運安全之研究，研擬離岸風機性能(軟體監控)和狀態(硬體監控)監測流程架構以及對風電機組五大部件(主軸、主軸承、變速箱、發電機、控制箱)擬定標準保養及維修作業程序，完成漳濱工業區「在地居民與環保團體宣導活動及說明會」與根據實際風力發電機輸出與風速資料估算風機發電功率的實際產值。全球離岸風電 2012 年累計裝置量

約 5.4GW，預計 2013 年將再新增 1.4GW。全球有 12 國家已開發離岸風場，主要在歐洲，亞洲有中國及日本已有離岸風場。離岸風力機以 3.5MW 為主流機種，正在朝向 5MW 發展，最大已達 7.5MW(德國 Enercon)。

(四)生質能源之重要成果

在生質柴油方面計為研發甘油三甲基醚 GTME 綠色製程開發；架設戶外密閉型微藻養殖系統及組合新系統—50 公升/分鐘微藻殘渣纖維電漿產氫之系統。建立可使用煙道氣 CO₂ 的光合反應器，開發藻體採收與藻油萃取製程與關鍵設備。在生質酒精方面建構第二代纖維酒精之醱酵生產系統，設置噸級場之纖維酒精工廠，並建立可提供噸級廠運轉需求之廠內酵素生產系統。在生質電力方面為廢棄物原料焙燒技術、裂解氣化發電、及氣化後合成氣之應用建立台糖養豬場 30kW 沼氣發電示範場。產業推動與效益方面有工研院與美國微藻研發聯盟簽署微藻採收技術合作備忘錄，與美國 NREL 國家實驗室與美國加州理工學院合作；在產業推動方面協助能源局推動 B1、B2，並已有 10 家生質柴油廠商取得經濟部許可，促進廠商投資 3.2 億元。2012 年全球生質酒精產量約 8,241 萬公秉，佔全球生質燃料 84%，較 2011 年減產 2.61%。第一大生產國為美國，其次為巴西，但都是第一代生質酒精。

(五)淨煤儲碳 (CCSU)之研發成果

確認我國擁有 100 億噸以上之海、陸地質封存潛能(觀音高區、彰濱地區)。及國際淨煤示範計畫電力價格與我國天然氣發電價格相當，驗證國內具發展淨煤有利

環境。並與中鋼、中油、台電、台泥、臺塑重工、臺塑石化、永豐餘、中興工程顧問、中鼎工程顧問、吉興工程顧問、台經院等凝聚國內產業發展淨煤技術選項之共識。量化指標及研發技術達國際一流水準。年發表期刊論文 445 篇(SCI:93 篇)，專利申請 33 件，專利獲得 20 件，技術移轉權利金 1825 萬，並有多項材料及產品性能達世界一流水準。目前全球包括運轉、執行、規劃、評估及界定中的大型碳捕獲與封存計畫共計有 72 個，正在運轉或執行的計畫為 16 個。全球因 CCS 技術減少的 CO₂ 排放量將近 2,500 萬噸；預計 2013 年的碳捕獲與封存市場規模將達到 77.8 億美元。

(六)照明與LED技術之重要成果

100 年我國 LED 產業產值新台幣 1,846 億元，產量居全球第一，101 年起將以部分補助結合節能績效保證模式推動計有：LED 路燈示範城市計畫 (5.3 萬盞，5.88 億元)、LED 路燈節能示範計畫 (2.3 萬盞，1.8 億元)、擴大設置 LED 路燈節能專案計畫 (25 萬盞，20 億)及 101 年將完成國科會科學園區 LED 路燈試點計畫。另，101 年起將建立綠色照明智庫，推廣綠色照明應用，建構節能光環境設計服務系統，以建構我國優質之生活環境，智慧照明與人因科技將更受重視。申請專利 294 件，獲得 145 件；技術移轉 55 件，金額 1 億 5 千 5 百萬元；促進投資 51 億 3 千 5 百萬元。

白光 LED 效率已達 156 lm/W，達成年度目標。並將奈米圖形化基板技術專利，技轉至晶元光電，導入不同應用之產品，預估可創造數億元產值。完成薄膜 LED

封裝技術與專利授權，助業界建立高導熱薄膜 LED 封裝創新技術平台，加速 LED 智慧光引擎商品化，開拓智慧照明應用商機。並將 AC LED 專利 97 件讓予晶電公司，以自有技術穩固我國 LED 照明產業利基，並與日本大廠豐田合成締結專利授權，突破專利壁壘，促成產業界領先全球產品，打入 Philips 等國外廠商供應鏈。技轉超高亮度模組技術予 KARL STORZ 公司，創造新興的 LED 醫療照明應用市場，搶攻全球 1111 億美元之 LED 醫療照明市場。分析國際大廠投射燈與泛光燈等產品，掌握國內外指標廠 LED 高亮度照明應用產品布局評析，協助國內廠商提升產品品質與創新產品開發。

(七)儲能技術之重要成果

行政院為達到節能減碳的目的，需發展電動車及相關技術，其中以「儲能技術」的突破最為重要，如果「儲能技術」能獲得重大突破，必能帶動太陽光電、風力發電等再生能源產業的發展。因此，要將「儲能技術」列為國家級的重大研究計畫。儲能技術子項計畫共申請專利 156 件，獲得 10 件；技術移轉 31 件，金額逾 9 千 7 百萬元，促進投資逾 2 億 8 千萬元。未來將持續著重在鋰離子電池及超高電容器上研究，並期望由工研院持續進行產業推動，整合帶動學校計畫之學術研究，使學術研究-產業發展得以整合，帶動台灣儲能產業之供應鏈。期望由新型儲電元件之發展，使台灣的能源產業能加緊腳步並站上世界之先驅。台灣鋰電池產業投資已超過 300 億台幣，最近能元(已投資 NT30 億)、有量(募資 NT30 億中)更積極擴廠來生產動力鋰電池。磷酸鋰鐵正

極材料的投資包括台塑長園(已投資 NT8 億/年產能 4800 噸)，立凱(投資 NT10 億/年產能 4800 噸)，大同尚志(投資 NT7 億/年產能 4320 噸)，宏瀨(投資 NT6 億/年產能 3600 噸);磷酸鋰鐵正極材料全世界市場占有率達 43% (2011Q1-IIT 報告:2010 台灣四家廠商總銷售量達 1800 噸/W.W. 4200 噸)。國內已具備從上游材料、中游電池/模組至下游系統及電源管理的產業鏈，台灣鋰電池產業已成功切入動力鋰電池。

(八)智慧電網與讀表技術之重要成果

主軸專案計畫將研究成果融入「台灣智慧電網總體規劃」(2011-2030)，整合經濟部所屬局、處、台灣電力公司及工研院、資策會、核能研究、台灣經濟研究院所、國科會補助之各學研機構及台灣智電產業協會產業界之能量，為未來大量增加再生能源併入輸、配電系統積極準備。已完成百瓩級微型電網試驗場孤島成功運轉，包含三個區域(Zone 1~3)之分散式再生能源、微渦輪機、可控制負載及保護系統，以及 MGCC 即時控制系統圖控介面開發。完微電網與市電併網運轉、市電併聯/孤島切換及微電網孤島運轉、市電恢復重新併聯運轉及暫態波型量測。在能源管理系統方面，完成能源調度系統圖控介面開發、監控訊號資料庫建置及電網即時三相電力潮流分析程式功能。針對 AMI 相關技術，包含憑證管理機制、負載預測等技術，提出 9 件專利申請。且與國內大同、康舒、玖鼎、齊碩等四家公司簽訂技轉合約，共同訂定互通的讀表界面，以達到各家介面互通的需求。AMI 示範平台建置方面，於中央大學場域完整建置

全校高壓電網之電表網路，掌握全校即時用電資訊，另採 PLC 建置宿舍區低壓電網之單相智慧電表網路，成為高低壓並存之 AMI 系統。成功大學場域與「智慧家庭與建築主軸計畫」合作，奇美大樓及電機系館建置 200 節點 AMI 網路。中山大學實驗室進行電表先進功能驗證，包含再生能源雙向計量、遠端遮斷功能、傳統機械表與智慧電表模擬負載計量比較等。重要技術突破與規格方面，參考國外公司標準規範，完成高彈性電表資料有效性演算法，未來可提供任意電力公司，增加及修改規則，管理電表資料。完成關聯式短期負載預測，將電表資料彼此之間的關係納入考量，協助提升負載預測的精準度(誤差 10%以下)，未來可提供輸配電參考，提高電網效率。完成 1 套電表讀取身分認證與動態密碼管理機制，將各種密碼學演算法加以輕量化，設計適合 AMI 系統的安全機制設計及高效率的資料庫運作。美國、歐洲、中國大陸皆已設立發展願景，積極進行大規模投入。美國投資 100 億美元推動 140 項智慧電網計畫；歐洲投入 55 億歐元約 300 個計畫；中國 2011 年整體智慧電網試點工程，累計 29 類 287 項。

在考量能源安全、經濟發展、環境永續及與確保持續「穩定」的能源供應政策下，能源國家型科技計畫針對如何達成上述政策與目標，進行一系列的研究分析我國未來低碳電力之組合，並提出在科學上未來有可能實踐的各種低碳電力方式，在先不考量成本承受性、目前技術可行性的條件下，進行 10 年以後可能之低碳發電組合分析，列舉可能的組合分析如表三。但各種組合，

均有其可行之前提假設及限制。假若考量成本負擔性、發電量滿足需求性、低排碳性、技術發展時程可行性與人民接受度，則有許多組合，會有實施上之困難。各項目目前技術與成本尚未合宜之發電與儲碳方式，研發規劃時程如表四，希望第二期能源國家型科技計畫，在加強研發與技術引進雙管策略下，突破瓶頸，開創新局。

表四 新綠能研發規劃時程

新綠能	研發	開發	實驗生產	商轉
天然氣水合物	1. 2011年~2015年探勘井。 2. 2016年~2018年開發井(I)。	1. 2018年~2020年開發井(II) 2. 2020年證實開發技術可行。	2021年~2026年開發測試井	2026年~開始經濟開發。
深層地熱	1. 2012年~2015年深層地熱探勘井鑽探與1MW先導電廠設立。 2. 2015年證實深層地熱可行。	2016年~2020年深層地熱10MW測試電廠設立。	2021年~2025年全台深層地熱發電量評估。	2025年開始商業運轉。
黑潮發電	第一期3年可行性評估	第二期5年30MW先導型電廠		
離岸風力發電	2015年完成4~6架離岸示範機組		2020年完成300MW~600MW示範風場	2025年完成360架1800MW離岸風場
CCS淨煤儲碳	2017年1萬5千噸(台電)		2020年100萬噸	2025年1000萬噸

五、展望與結語

因應全球暖化趨勢，提高國家競爭力與增進全民福祉，是政府之職責，我國自產能源缺乏，能源供應有99%來自國外進口。因此，提升能源自主與安全至為重要。溫室氣體排放被聯合國IPPC認定為造成全球氣候變遷的主因，因此，減少溫室氣體排放是世界各國的共識。由於全球氣候變遷所引起的嚴重經濟民生問題，目前各國無不致力於新興潔淨能源的開發，以期減少溫室氣體的排放，因此，開創綠色能源產業是我們的產業前景。增進能源使用效率可以減少一個國家的能源密集度、改變其能源結構，進而提升在全球的經濟競爭力。因此，改變能源使用結構為其必要的措施。

綜上，提升能源自主與安全、增進能源使用效率，減少溫室氣體排放，以及開創綠色能源產業，都需要能投入資源，進行科技研究發展。但我國是資源有限，經濟規模中等之國家，必須聚焦國內具潛力之能源研發項目，集中資源以主軸專案方式，加速技術瓶頸突破，以發展自有技術與引進先進技術併行的方式，快速增加我國自有再生能源，確保國家安全與達成節能減碳國際之責任。希望各種低碳發電方式組合的可行性提早來到，除需要再加強研發與技術引進，突破瓶頸與排除限制前題外，更需要請各位委員大力支持。