

政府科技計畫成果效益報告

計畫名稱：我國能源科技及產業政策評估能力建置

(群組) (領域)

性質：

研究型

非研究型 (人才培育、國際合作、法規訂定、產業輔導及推動)

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：核能研究所

目 錄

壹、基本資料.....	1
貳、計畫目的、計畫架構與主要內容.....	1
一、計畫目的.....	1
二、計畫架構(含樹狀圖).....	3
三、計畫主要內容.....	5
四、本年度預期目標及實際達成情形.....	7
參、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (含質化與量化成果 outputs).....	15
一、本計畫重要成果及重大突破.....	15
二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破.....	17
肆、主要成就及成果所產生之價值與貢獻度(outcomes).....	21
一、學術成就(科技基礎研究) (權重 35%).....	21
二、技術創新(科技整合創新) (權重 10%).....	29
三、經濟效益(產業經濟發展) (權重 20%).....	31
四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續) (權重 15%).....	32
五、其它效益(科技政策管理及其它) (權重 20%).....	34
伍、本年度計畫經費與人力執行情形.....	36
一、計畫經費執行情形.....	36
(一)計畫結構與經費.....	36
(二)經資門經費表.....	37
二、計畫人力運用情形.....	38
(一)計畫人力.....	38
(二)中綱計畫執行期間累計主要人力(副研究員級以上)投入情形 ...	39
陸、本計畫可能產生專利智財或可移轉之潛力技術(knowhow)說明.....	40
柒、與相關計畫之配合.....	40
捌、後續工作構想之重點.....	41
玖、檢討與展望.....	41
附錄一、佐證資料表.....	43
附錄二、佐證圖表.....	49
附錄三、101 年度期中審查意見回覆辦理情形.....	錯誤! 尚未定義書籤。
附錄四、101 年度期末審查意見回覆.....	錯誤! 尚未定義書籤。

第二部分：政府科技計畫成果效益報告

壹、基本資料

計畫名稱：我國能源科技及產業政策評估能力建置(1/4)

主持人：葛復光

審議編號：101-2001-06-癸-09

全程期間：101年01月01日至104年12月31日

本年度期間：101年01月01日至101年12月31日

年度經費：16,471千元 全程經費規劃：104,132千元

執行單位：核能研究所

貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

註：請依原綱要(細部)計畫書上所列計畫目的、架構、主要內容填寫

一、計畫目的

(計畫全程以及各年度之具體目標填報)

本計畫主要為**低碳能源(含核能)技術之發展策略研究與成本效益分析之能力建立**，研究成果除可作為擬定國家能源政策與減碳總體策略的依據外，亦可支援經濟及能源部評估各項低碳技術的合理配比、分期進程、產業效益並建立進退場機制，進而有效加速能源低碳化及擴大民間投資，並減少政府於相關技術引進與政策推動上的財政負擔。其主要目標如下：

1. **建立公信力** - 本所為能源研發公務機構，當為國家建立完整且有公信力之**能源策略規劃 3E(Energy、Economic、Environment)資料庫**，建構國內相關分析之基礎資料平台。
2. **強化策略分析** - 為使本所成為能源政策支援之領頭機構，有必要積極投入足夠之經費及人力建置相關分析能力。
3. **整合及委託重要學研單位**，完成相關評估分析，並建立能源研究所能力、合作關係及能經領域之影響力，以有效支援政府能源及產業施政之所需。

本計畫包含(1)能源技術系統分析，(2)能源技術經濟及產業評估，兩個分項計畫，其各年度目標分別為：

(1) 能源技術系統分析

第一年：

- 利用 MED 進行 BAU 的校準，並利用能源價格變動、能源政策等測試各個能源服務需求彈性的合理性，並研析能源價格變動及能源環境稅等能源政策對於 BAU 情景中各類能源服務需求的影響。
- **開始引進 TIMES 模型**，初期將重點放在熟悉模型架構與操作方式，並應用 MARKAL 模型的建構經驗，建置 TIMES 模型資料庫。102 年改隸經濟及能源部後，與工研院模型將於部級長官督導下進行分工與整合。

第二年：

- MED 模型經過兩年的建置與驗證，開始針對各部門進行**最適減量規劃評估**。針對電力部門進行評估，包含各式減量情景、新/再生能源技術推廣、核能技術推廣、CCS 技術發展等情景進行模擬，量化各式情景的電力部門規劃與對經濟的影響。
- 在 TIMES 模型建置方面，將**持續更新技術的細部資料**，並進行基準情景的驗證與分析。

第三年以後：

- 預計 TIMES 模型將進入成熟且可信任階段，**模擬的工作將漸次由 MARKAL 模型轉移至 TIMES 模型**。
- 由於 TIMES 模型在設計上更具彈性，因此可以更細膩地模擬在短期的能源規劃，以分析短期能源政策之影響；同時，由於工業、運輸及住商的架構也更具彈性，因此能更清楚地模擬出外在環境變化與能源政策推行對各個能源需求彈性的影響。
- 評估能源政策推動對於各種主要工業、運輸及住商等部門的敏感度，並可以進一步評估各部門之最適減量方案。

(2) 能源技術經濟及產業評估

第一年：

- **完成火力電廠與核能電廠之技術經濟評估**。由於火力與核能電廠為我國之基載電力，亦為主要電力來源，因此先進行評估，以供後續作為基載電力規劃之參考依據。
- 完成生質酒精、CCS 之產業與生命週期評估。我國是否發展生質酒精產業及其發展方向有諸多爭議，因此將詳加探討生質酒精產業的

各種可能性，並評估其成本效益及產值，供相關單位參考。CCS 為 CO₂ 減量之重要技術，我國是否可以在相關產業佔有一席之地，或是成為關鍵零組件之供應商均是備受關切的問題，因此本計畫將深入探討其產業效益。

第二年：

- **完成風力發電及太陽光電之技術經濟評估。**目前我國再生能源的使用，最主要的是水力發電，但未來再生能源發展將更倚重於風力發電及太陽光電，但在資源有限下，兩者應如何規劃與發展，則需視成本效益的差異做出決定。
- **針對風力發電進行產業評估。**目前我國為推廣再生能源，訂有再生能源電力躉購費率，該費率亦是考量各種技術之成本結構，與產業發展的重要因素。

第三年以後：

- **完成燃料電池及智慧型電網之技術經濟、產業評估。**上述兩項技術之產業化仍然有一段距離，因此在投入研發資金前，研析其技術之成本效益，與未來產業化後之效益，將有助於國家研發資源之運用。

二、計畫架構(含樹狀圖)

本計畫包含 2 個分項計畫，並分別運用能源模型與經濟評估等方法進行研究(圖 1)。能源系統技術系統分析部分，由 MARKAL 模型逐步轉往 TIMES 模型為方向，並針對國家的各種政策情境，分別對各種相關產業進行能源模擬(圖 2)。技術經濟及產業評估部分，依序分析我國的基載電力、再生能源，與評估碳捕捉與封存(CCS)與智慧電網等技術(圖 3)。

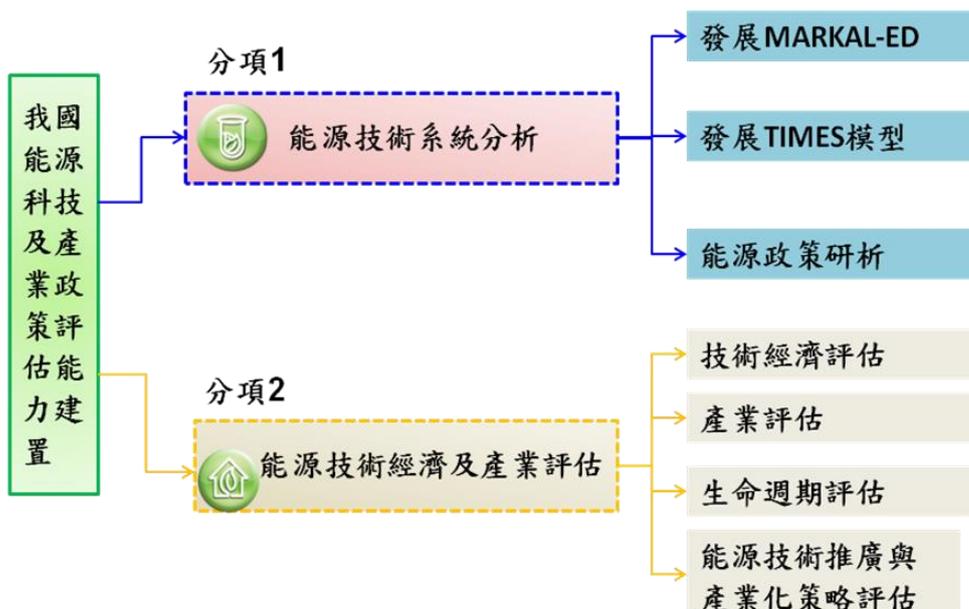
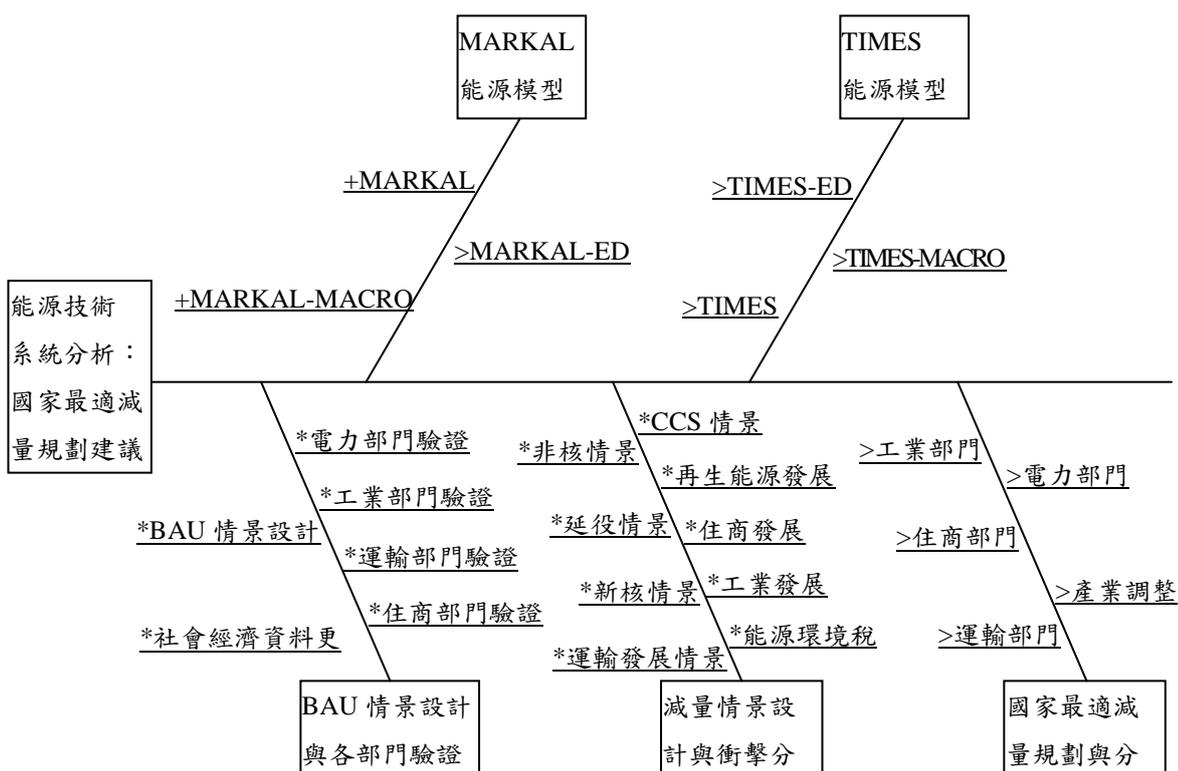


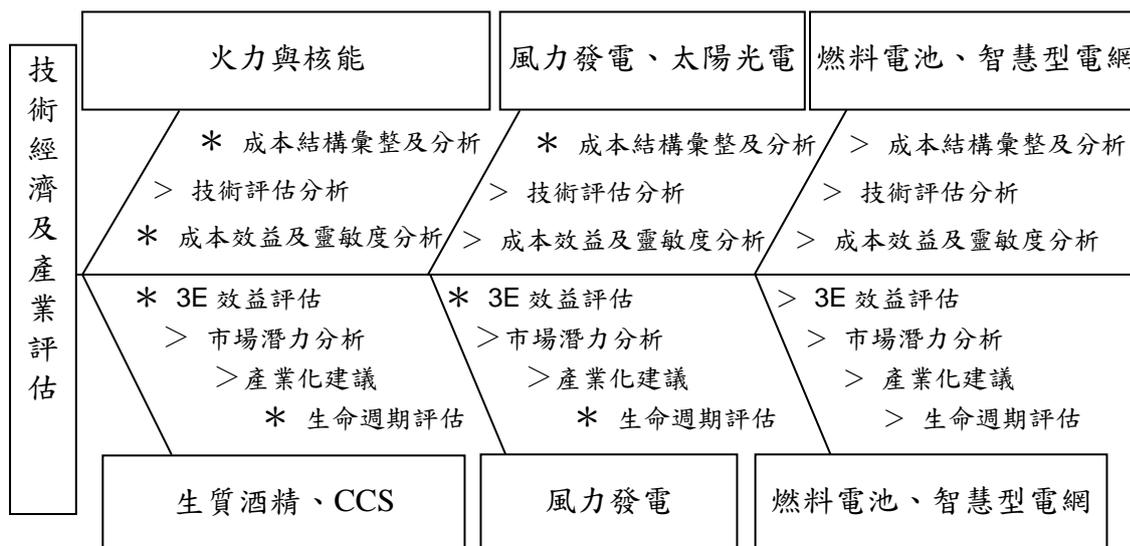
圖 1 計畫整體架構與研究方法



(註)科技成熟度之標註：

- ＋：已有之產品或技術
- *：正發展中之產品或技術
- >：尚未發展中產品或技術

圖 2 能源技術系統分析研究架構



(註)科技成熟度之標註：
 +：已有之產品或技術
 *：正發展中之產品或技術
 >：尚未發展中產品或技術

圖 3 技術經濟及產業評估研究架構

三、計畫主要內容

(計畫之內容摘要原則 2 頁)

目前國內部分能源及減碳政策在規劃上宣示意義往往大於實質，或因缺乏成本效益與價格機制之考量，易導致規劃與實際情況多有落差。故本計畫在執行時是以 MARKAL 模型及技術經濟分析重新評估相關目標之可行性與成本，並依據現實條件提出低碳能源合理配比之修正建議及逐期落實規劃。在實施步驟上將優先以能源技術模型建構我國能源供需全貌與評估未來規劃，再透過逐期完成之技術經濟資料，針對個別核心技術進行修訂，力求模型更趨合理完整。本計畫在能源技術分項的經濟規劃次序主要考量如下：

1. 該技術對能源安全與減碳貢獻的影響性
2. 政府對於該技術相關政策的明朗度與延續性
3. 該技術現階段的商品化成熟度與市場接受度

本計畫執行時將引進 MED 及 TIMES 模型、納入技術經濟與 CGE 等分析之結果，以強化整體研究之經濟分析。同時在資料蒐集上，除政府已公開資訊外，亦將納入國科會相關前瞻性計畫及分析非政府組織

(non-governmental organization, NGO) 之構想，期望能呈現多樣化的觀點與釐清各界對能源發展、減碳規劃上之迷思，進而建立可行之低碳能源及經濟發展規劃。最終研究團隊亦希望協助政府機關整合國內能源政策相關模型與研究能量，以促成政策溝通平台之完成。

對於相關能源技術、技術經濟及產業化之分析與評估工作重點如下：

1. **技術評估分析**：評估各類能源技術特性、成本及其可能發展路徑，用以釐清低碳能源由 2015~2050 年間對於減碳貢獻之多寡與成本。此外，針對各類能源技術間的競合關係進行評估。
2. **技術成本結構彙整**：建置本土化技術成本資料庫，為了避免所蒐集資料與國內產業界相去甚遠，已加強與相關研究單位、廠商或產業組織等的聯繫工作。另若干本土化資料不足部分，則藉由蒐集整理國外數據暫時填補。
3. **成本效益及靈敏度分析**：依本土化成本數據評估各類技術的成本效益，並進行敏感度分析找出核心影響，分析範圍包含各種技術及經濟條件，如：自製率、能源價格、碳價格、折現率、容量因素及效率等。
4. **3E 效益評估**：綜合考慮各類能源技術之內外部成本，包含各種經濟效益評估，如：產值、GDP、能源密集度、碳密集度、就業人口以及單位減碳成本預估。
5. **市場潛力分析**：評估低碳能源產業之國內外市場規模，是否可達到發展所需之規模經濟條件；另釐清台灣產業與國際競爭上，所具有的絕對與相對優勢條件。
6. **產業化建議**：經研析後提出綜合建議，包含：(1)該不該自行發展，(2)需自行發展之核心技術，(3)自行發展所需之配套條件，(4)產業化時程與整體貢獻(產值預估、減碳成本及國內可裝置量)。

另因希望能與國際研究相接軌，故在研究方法上多採用已獲國際研究機構長期使用之知名套裝軟體（如 MARKAL、TIMES、RETSSCREEN、CGE 等）為基礎。各模型定位如下：MED 是針對可調整個別能源服務之需求探性，呈現各最終部門之需求變化；另引進 RETSCREEN 作為國內能源技術經濟與評估之工具；委外開發之 CGE 模型則是強調能源產業之關連研究與經濟效益。而相關模型數據、設定條件、減碳研析的正確性與研究結果的公信力，團隊則是透過定期的所內外專家審查、國外顧問諮

詢和參與公開會議、學術期刊發表等方式，確保研究品質。本研究近期重要成果如下：

1. 3/19 台日能源會議，日本能源經濟研究所代表提問台灣 NAMAs BAU 2020 年高達 521 Mt 偏高。本年度計畫更新二氧化碳排放基準情境 (Business as Usual, BAU) 分析，該結果與國內各單位呈報行政院 2020 年、2025 年時的 CO₂ 總排放量預估值 (無減量措施) 最為接近。
2. 引進需求彈性 (MARKAL Elastic Demands, MED) 模型，完成『核研所 MARKAL-ED 住宅暨服務業部門模型之驗證分析』報告。
3. 由於過去國內應用 MED 模型時，直接套用英國之價格彈性參數，本計畫亦蒐集我國相關數據，配合計量方法推估出更符合我國實際情況之各類能源服務需求彈性，以充份發揮 MED 模型可針對各能源服務需求設定不同價格彈性之優點。完成鋼鐵產業及電力部門 CCS 技術資料庫的更新。
4. 隨著核能發電的佔比逐漸減少及燃煤電廠興建困難，基載電力比例不足將日趨嚴重，然而國內近年對基載電力研究甚少，因此有必要研究未來的基載電力(含 CCS)來源與效益分析，並確立技術經濟研究的方法論。本年度引進 RETScreen 模型並透過技術經濟方法論，估算出我國 2010 年、2020 年燃氣、燃煤 (含 CCS) 與核能等主要電力的均化成本、上網電價，另進行在未來建造成本、折現率、碳價格與燃料價格可能變化下的不確定性分析。
5. 完成「台灣碳捕獲與封存技術經濟評估之現況與展望」研究報告並收錄於國家圖書館出版品(101 年度本研究團隊並未繼續參與淨煤捕探儲碳主軸計畫的執行，全力執行本計畫。本計畫認為國內應投入更深更廣之 CCS 評估研究，以提供政府正確政策之制訂支援，因此負責該出版品之全部分析與撰寫，淨煤捕碳儲碳主軸計畫負責行政支援與建議)。完成國家圖書館出版品「台灣發展高效率分散型能源技術藍圖暨產業化策略之芻議」之第四章：我國發展 SOFC CHP 高效率分散型能源技術及其產業化之潛在效益(本計畫負責全部分析與撰寫)。

四、本年度預期目標及實際達成情形

(說明本年度執行的成效，以及實際成效與預期成效之差異說明。若進度落後，請提出彌補方法與措施。)

年度預期目標(查核點)	實際達成情形	差異分析
<p>分項 1 能源技術系統分析 (1) 利用 MED 進行 BAU 的校準、考慮能源價格變動等因素，測試 BAU 個別能源需求彈性的合理性。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 已初步建立 MED 模型，並撰寫「核研所 MARKAL 模型能力之建立—我國 BAU 情景之能源分析及住宅暨服務業部門模型之驗證分析」，於 3/16 完成所內專家審查，6/25 完成所外專家審查。 ■ 針對住商、工業與運輸部門彈性估計的文獻與方法進行整理，先釐清變數定義並針對估計所需要的資料進行蒐集；並已舉辦「MARKAL 模型住商部門能源服務需求價格彈性推估專家座談會」、「MARKAL 模型工業與運輸部門能源服務需求價格彈性推估專家座談會」，以建立本土彈性估計數據，提供 MARKAL-elastic demand 模型分析，測試 BAU 個別能源需求彈性的合理性。 ■ 更新 MARKAL 工業部門之鋼鐵技術，並邀請中鋼公司歐正章博士、豐興鋼鐵林志剛副總經理來所參加專家座談會，討論模型中煉鋼相關所需之 1.能源投入 2.技術成本及 3.二氧化碳排放 4.可能的技術等數據資料與未來產業可能之發展。透過該過程除可與產業建立交流管道外，亦有利於瞭解相關節能技術的實際應用與推廣規劃。 ■ 舉辦「MARKAL 模型 CCS 技術」專家座談會，邀請坤騰科技開發公司李文伯博士、台電綜合研究所楊明偉博士、華普飛機引擎科技公司黃彰斌博士，就 CCS 技術相關議題進行討論。 	無差異
<p>分項 1 能源技術系統分析 (2) 研析能源價格變動及能源環境稅等能</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 利用 MED 模型設計以下兩情境並進行結果之分析比較：1.在不同能源進口成本下，CO₂ 排放量與部門能源服務需求的變化。2.設定不同 	無差異

<p>源政策對於 BAU 情景中，各類能源需求服務的影響。</p>	<p>碳稅情境下 (\$23、\$50、\$150 USD/tCO₂)，CO₂ 排放量與不同部門能源服務需求的變化。以驗證模型價格模擬機制之操作程序。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 與本所合作之台灣三益策略發展協會，已完成「價格工具對我國節能減碳目標之效益與衝擊評估」研究，顯示電價合理化之政策，除了有助於國家溫室氣體減量，亦可能在 2021 年補足台電虧損後，藉由回沖綜所稅而降低電價調整對 GDP 的衝擊；本研究在 10 月 9 日於集思台大會議中心「我國節能減碳政策工具應用效益評估研討會」發表。 ■ 本所委託台灣綜合研究所執行「產業結構調整對於達成我國節能減碳目標之影響與效益評估」計畫，評估基準情境與黃金十年政策情境下之中長期經濟成長率水準及產業結構變化趨勢。評估結果顯示政府若將節能減碳政策目標的達成寄託在產業結構的調整似不合宜。若政策或技術無重大突破，由於現行產業結構的調整、低碳能源應用或電力排放係數的降低均有其限制下，國家節能減碳目標之達成將頗為困難。 ■ 本所委託成大發展基金會執行「各部門提升能源使用效率之節能減碳效益評估」，本研究將未來人口、市場與資源價格預測等外在因子納入考量，整合技術評估結果，完整且具科學論證性地指出詳細的能源願景，並描繪出短期(2020)能源系統發展藍圖。 	
<p>分項 1 能源技術系統分析 (3) MED 之 CCS 減量情境模擬分析與成果</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 完成火力電廠技術經濟評估，作為後續基載電源規劃之依據：蒐集國內外 CCS 相關資料並進行技術經濟分析，完成「台灣碳捕獲與封存技 	

發表	<p>術經濟評估之現況與展望」報告一本，並出版為政府出版品。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 完成投稿碳經濟期刊「二氧化碳捕獲、輸送與封存技術發展趨勢分析」(作者：劉家豪、葛復光)，已於 5 月刊登，並獲經建會編輯肯定。 ■ 發表「CCS 技術發展趨勢與情境分析」(作者：劉家豪、葛復光)於 10/18「2012 再生能源、減碳技術及能源安全」研討會。 ■ 葛復光發表「碳捕獲與封存技術之發展趨勢及經濟分析」於清大能源與環境研究中心與台綜院主辦(本所協辦)之「兩岸節能減碳之技術創新與產業發展研討會」。 ■ 6 月 5 日辦理 101 年度委託研究計畫案『再生能源產業之技術經濟及成本效益評估』期中報告專家審查會議，邀請台電綜合研究所電力經濟研究室洪紹平主任、台北大學自然資源與環境管理研究所李育明教授、坤騰科技開發有限公司李文伯博士及化學組李明德博士擔任審查委員，針對該案期中報告進行報告審查及建議討論。 	
分項 1 能源技術系統分析 (4) 引進 TIMES 模型、熟悉模型架構與操作方式。	<ul style="list-style-type: none"> ■ 本所已購進 TIMES 模型軟體，並邀請 IEA/ETSAP 計畫推薦之 e4sma 顧問公司總裁 Maurizio Gargiulo 於 9 月 24-28 日於本所授課，內容包含模型架構、參數設定、上機實作及案例說明等，並在課程進行中完成重要部門之雛形架構。參訓人員包含能源經濟研究室、中原大學應用經濟模型研究中心及近期將報到之替代役人員，共計 13 人。 	無差異
分項 2 技術經濟及產業評估 (1) 完成我國基載電力，火力(含 CCS)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 完成「2012 海峽兩岸氣候變遷與能源永續發展論壇」之「二氧化碳捕獲與封存技術經濟評估」(作者：葛復光、卓金和) 論文發表。該論壇 	無差異

<p>與核能電廠技術經濟評估。</p>	<p>主辦單位為中國工程院能源與礦業工程學部、武漢大學。會後拜訪中國科學院科技政策與管理科學研究所范英主任與中國地質大學 MBA 教育中心吳巧生副主任（原經濟管理學院副院長）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 發表「Techno-Economic Assessment of CCS in Taiwan」於淨煤主軸計畫主辦之「2012 Taiwan Symposium on Carbon Dioxide Capture, Storage and Utilization」 ■ 研擬低碳能源產業化建議：研析我國 SOFC CHP 單位投資成本和發電成本下降趨勢推估、總體經濟效益分析及發展 SOFC CHP 產業對產值及就業之影響。該研究成果也被收錄於政府出版品「台灣發展高效率分散型能源技術藍圖暨產業化策略之芻議」。 ■ 發表「我國發展 SOFC CHP 高效率分散型能源技術及其產業化之潛在效益」於台經月刊 9 月號刊登（作者：柴蕙質、葛復光）。 ■ 發表「SOFC CHP 產業之潛在效益及推動策略初探」（作者：柴蕙質、葛復光）於 10/18 「2012 再生能源、減碳技術及能源安全」研討會。 ■ 完成我國基載電力 2010/2020 技術經濟評估與本土化數據修訂：完成基載發電技術經濟評估質化目標中 2020 年 Nuclear, IGCC, USPC, NGCC, IGCC/CCS 基載電力均化成本、碳排放係數以及敏感度分析，並進行碳價及技術進步等情境分析。研究重點在協助釐清我國 1.減碳政策 2.新能源政策及 3.電價調整等成本效益，盡量採用本土化條件以加強政策論述的適切性與可落實性。並於 10/22 辦理 101 年度「基 	
---------------------	--	--

	<p>載發電技術經濟評估」專家座談會議，邀請台電電源開發處鐘輝乾組長、坤騰科技開發有限公司李文伯博士，針對我國主要電力經濟性評估進行審查及建議討論。也根據技術經濟分析結果提出以下建議：(1) 2020 年代前興建預留加裝 CCS 空間之燃煤發電廠並購買碳權，未來則再視時機加裝 CCS 設備，應仍是穩健減核政策下最務實的作法。(2) 除非未來天然氣價格漲幅遠低於預期，否則 IGCC/CCS 於 2025 年從經濟性、低碳性與能源安全性均應較 NGCC 具競爭性，更適合作為基載電力，建議將 CCS 技術納入能源政策之低碳能源選項。(3) 及早興建 CCS 示範廠，以透過示範計畫釐清 CCS 可行性與降低財務收益的不確定性，並且利用最小的淨成本代價學習 CCS 的技術。若能透過 CCS 示範廠建立淨煤與二氧化碳封存的領先技術並與國際接軌，除可滿足國內淨碳需求之外，更有機會爭取開發中國家淨碳技術商機。此外，透過 CCS 示範廠的興建與運轉才能確立社會對 CCS 的接受度並據以後續規劃。</p> <p>■ 發表「Taiwan's Base-load Power Option Analysis after the Fukushima Nuclear Accident」(作者：葛復光、卓金和)於 IAEE Conference(澳洲柏斯)。</p>	
<p>分項 2 技術經濟及產業評估 (2) 研析產業結構調整、效率提升與需求抑低、價格機制等政策規劃及影響。</p>	<p>■ 各委託計畫皆於本年度順利完成期末報告與專家審查會議： - 10 月 26 辦理 101 年度委託計畫「價格工具對於達成我國節能減碳目標之效益與衝擊評估」期末專家審查會議，評審委員共三位-台北大學魏國棟教授，台北商業技術學院楊浩</p>	<p>無差異</p>

	<p>彥教授，台經院楊豐碩所長。與會人員：柏雲昌教授、賴偉文博士及能經室同仁。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10月26日於本所進行「產業結構調整對於達成我國節能減碳目標之影響與效益評估」委託計畫期末審查會議，審查委員有淡江大學廖惠珠教授、中央大學劉錦龍教授、台北商業技術學院楊浩彥教授。 - 11月9日於本所進行委託計畫「各部門提升能源使用效率之節能減碳效益評估」期末成果審查會議，該會議邀請國立台灣大學馬鴻文教授、國立聯合大學陳律言助理教授及國立台北科技大學曾昭衡副教授三位委員，對前開計畫成果進行審查並提供建議。 ■ 彙整各委託計畫之成果並完成「能源服務需求管理之減碳效益評估」報告乙份。 ■ 於10月9日假台大集思國際會議中心與台綜院共同主辦、成大研究發展基金會、台灣三益策略發展協會協辦之『我國節能減碳政策工具應用效益評估研討會』，會中邀請馬殷邦所長蒞臨致詞，邱太銘副所長及施建樑主持人擔任主持人。與會專家有中興大學許志義教授、台北大學張四立教授、台北商技楊浩彥教授、工研院綠能所詹益亮副組長、淡江大學廖惠珠教授、台綜院黃宗煌副所長、成功大學陳家榮教授等。針對能源技術及效率提升、價格工具應用及產業結構調整等節能減碳政策工具應用研究進行專題報告與資訊交流，以促進我國能源經濟及節能減碳議題之探討。會議參加人數逾120人，並於會議期間中，針對相關研究方法論與政策規 	
--	--	--

	<p>劃皆有熱烈之討論。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 委辦『英、日、韓及我國現行電價策略分析與資料庫建置』，由計畫執行單位中經院王京明研究員於10/24、11/30 進行工作簡報，瞭解先期作業與目前工作進度。會中王研究員指出我國現行電價機制造成我國能源使用效率降低，並提出短期和長期的建議方向。 	
<p>分項 2 技術經濟及產業評估 (3) 完成生質酒精、CCS 之產業評估。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 委託中原大學應用經濟模型研究中心林師模教授團隊執行 101 年度委託計畫『再生能源產業之技術經濟及成本效益評估』。本計畫利用 3E 評估模型—GEMEET 為基礎，搭配各種技術經濟評估方法，針對生質酒精產業及碳捕捉與封存 (CCS) 技術，完成產業評估分析、成本效益分析、3E 效益評估。 ■ 5 月 18 日辦理『淨煤技術資料討論會議』會議，邀請淨煤技術團隊與中原大學應用經濟模型研究中心進行淨煤技術資料交流討論，與會者為林晉勗教授、馮君強、溫珮伶、核能研究所淨煤計畫主持人邱耀平、陳柏壯博士、余慶聰博士及能經室同仁。 ■ 10 月 18 日本所與中原大學於福華文教會館共同主辦「2012 再生能源、減碳技術及能源安全」研討會。研討會邀請中原大學副校長陳夏宗蒞臨致詞，經建會李高朝顧問進行專題演講。與會專家有台經院五所陳詩豪副所長、台北大學張四立教授等。會中核能研究所柴蕙質與劉家豪博士報告相關研究成果，劉家豪報告題目「CCS 技術發展趨勢與情境分析」。柴蕙質報告題目為「我國發展 SOFC CHP 產業之潛在效益及推動策略初探」 	<p>無差異</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ■ 委託計畫於 10 月 31 日前順利完成期末報告與專家審查會議。專家審查會於 10 月 30 日上午十點於 013 館一樓舉行，與會人員包含化學組邱耀平博士、張德明博士、葛復光副研究員、中原大學國貿系林師模教授、林晉勗教授、溫珮伶博士候選人。 	
--	---	--

參、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (含質化與量化成果 outputs)

一、本計畫重要成果及重大突破

說明：

請就本計畫涉及之 (1)學術成就、 (2)技術創新、 (3)經濟效益、 (4)社會影響、 (5)非研究類成就、 (6)其他效益方面說明重要之成果及重大之突破，凡勾選(可複選)之項目請以文字方式分列說明。

預期成果	實際成果	差異分析
(1) 學術成就 - 論文 6 篇 - 辦理學術活動 1 場	(1) 學術成就 <ul style="list-style-type: none"> ■ 已發表 2 份國家出版品 (1 份獨力完成/1 份參與製作) ■ 已發表國際期刊 3 篇 ■ 已發表國內期刊 3 篇。 ■ 已發表國際研討會論文 4 篇。 ■ 已發表國內研討會論文 3 篇。 ■ 舉辦學術研討會 2 場。 ■ 舉辦學術座談會 3 場。 	高於預期 主要集中於本土化 MED 模型之 CCS 研究與基載電力技術經濟分析，相關成果皆受到相關單位之重視。
(2) 技術創新	(2) 技術創新 <ul style="list-style-type: none"> ■ 引進 TIMES 模型 ■ MED 價格彈性本土化 ■ 引用本土化，利用技術經濟進行基載電力均 	符合預期 各項結果有助於釐清目前有關 1.電價調整，2.新能源政策及，3.減碳規劃等成本效益等問題。

	化成本與不確定性分析。	
(3) 經濟效益	<p>(3) 經濟效益</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 透過 CGE 模型進行 CCS 技術之推估，以研析該技術於國內自主發展的可能性與重要性。 ■ 本研究進行台灣「固態氧化物燃料電池熱電合併系統」(SOFC CHP) 之技術經濟評估。 	<p>符合預期</p> <p>透過 CGE 模型與學習曲線模型，顯示此不同低碳能源技術系統對於產業化效益，對能源安全、減碳及總體經濟之助益。並以此研究鼓勵產業進行相關之投資，建議政府進行相關標準與政策之制定。</p>
(4) 社會影響	<p>(4) 社會影響</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 出版「台灣碳捕獲與封存技術經濟評估之現況與展望」政府出版品一本。 ■ 研擬低碳能源產業化建議：研析我國 SOFC CHP 單位投資成本和發電成本下降趨勢推估、總體經濟效益分析及發展 SOFC CHP 產業對產值及就業之影響。該研究成果也被收錄於政府出版品「台灣發展高效率分散型能源技術藍圖暨產業化策略之芻議」。 	<p>符合預期</p> <p>其中獨立完成『台灣碳捕獲與封存技術經濟評估之現況與展望』國家出版品，成果深獲各界讚許。</p>

二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破

1. 請依本計畫(涉及)設定之成果項目以量化績效指標方式及佐證資料格式填寫主要之量化成果(如學術成就代表性重要論文、技術移轉經費/項數、技術創新項數、技術服務項數、重大專利及項數、著作權項數等項目，含量化與質化部分)。
2. 請選擇合適綱要計畫評估之項目填寫初級產出、效益及重大突破(填寫說明如表格內容，未使用之指標及填寫說明文字請刪除)
3. 請於附錄一中填寫「佐證資料表」，輔佐說明下表。

績效屬性	績效指標	預期產出 量化值	實際產出 量化值	效益說明	重大突破
學術成就(科技基礎研究)	A 論文	6	論文 6 篇，包含 <ul style="list-style-type: none"> ■ 國際期刊 3 篇(2 篇 SCI) ■ 國內期刊 3 篇。 	本計畫發表之 6 篇國內外期刊論文分別以電力部門之再生能源發展及節能減碳評估為主題，成果不僅建議國家應持續支持再生能源研究，更提供政府單位在進行新能源展業規劃時完整之效益面資訊及可能之節能減碳方向。此外，研究過程中持續進行技術交流，有效提高研究團隊國內與國際能見度及學術研究公信力。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究團隊以產業關聯分析說明電力部門可能之減碳方向除了過去提及之提高燃燒效率及降低燃料用量外，更需關注並設法降低產業關聯效果導致之間接溫室氣體排放量。 2. 研究團隊利用一般均衡分析探討再生能源研發技術的改變及 FIT 之間的關係。研究結果可作為政府機關制定 FIT 最適費率的參考。 3. 過去 SOFC CHP 相關文獻多著重於技術發展介紹，對於 SOFC CHP 之效益僅止於概念性之描述，本團隊則以具體之量化方式評估其產業化對 a. 能源安全 b. 減碳 c. 總體經濟等三個面向之潛在效益。

B 研究團隊養成	2	與中原大學商學院應用經濟模型研究中心、台灣經濟研究院、台灣三益策略發展協會以及成大環境系統工程研究室等四個團隊進行研究合作。	與學術界以及專業研究機構合作，形成至少 2 個跨領域研究團隊；並在本所構建並強化專業能源經濟模型，推展合作研究。	「能源服務需求管理之策略與減碳效益評估」委託計畫分別探討產業結構調整、效率提升與價格機制政策對達成我國節能減碳目標之貢獻及對經濟之影響。另外「再生能源產業之技術經濟及成本效益評估」委託計畫也對我國可能發展的能源技術（生質酒精及 CCS）進行其產業化的評估。
C 博碩士培育	5	博士 2 名、碩士 2 名。	增進本所與國內相關研究領域之接觸，並為國家培養優秀研究人才	
D 研究報告	5	核能所研究報告 8 本 國家圖書館出版品 2 本。	將成果文件化，以供經驗傳承，並增進本所研發效益。	主要集中於本土化 MED 模型之 CCS 研究與基載電力技術經濟分析，使研究成果更符合我國實際國情，並揭示出未來產業發展上的優劣得失。
E 辦理學術活動	1	2 場次。	1. 於 10 月 9 日假台大集思國際會議中心與台綜院共同主辦、成大研究發展基金會、台灣三益策略發展協會協辦之『我國節能減碳政策工具應用效益評估研討會』 2. 10/18 假福華文教會館與中原大學應用經濟模型中心合辦	

				「2012 再生能源、減碳技術及能源安全」研討會	
I 技術活動	1	<ul style="list-style-type: none"> ■ 國際研討會論文 4 篇。 ■ 國內研討會論文 3 篇。 	<p>1. 2012 年 IAEE Global Conference (Perth, Australia) 發表會議論文 1 篇。</p> <p>2. 「2012 Taiwan Symposium on Carbon Dioxide Capture, Storage and Utilization」發表會議論文 1 篇。</p> <p>3. 於 The 2nd Congress of the East Asian Association of Environmental and Resource Economics 發表 R&D, Technological Change and the Rate of Feed-in Tariff 文章 1 篇</p>	<p>1. 即使沒有碳稅的壓力下，未來 IGCC with CCS 的上網電價會比 NGCC 來的便宜。在 2020 年碳價為 60~70(\$/ton)時，IGCC 和 IGCC with CC 將會有交點，故 IGCC with CC 可取代 IGCC 發電廠。此結果可以做為未來政府發電佔比規劃的參考。</p> <p>2. 2020 年代前興建預留加裝 CCS 空間之燃煤發電廠並購買碳權，未來再視時機加裝 CCS 設備，應是穩健減核政策下最務實的作法。</p> <p>3. 提出根據再生能源技術 R&D 及技術進步調整 FIT，提供政府擬定 FIT 時之政策參考。</p>	

依上述選定績效指標作如下之敘述：

項目	年度目標	年度衡量指標	實際達成度
總計畫	<p>(1) 利用MED進行BAU的校準，並研析能源價格變動及能源環境稅等能源政策對於BAU情景中各類能源服務需求的影響。</p> <p>(2) 同時本年度將開始引進TIMES模型，初期將重點放在熟悉模型架構與操作方式，並應用MARKAL模型的建構經驗，建置TIMES模型資料庫。</p> <p>(3) 完成火力電廠與核能電廠之技術經濟評估，供後續作為基載電力規劃之參考依據。</p> <p>(4) 完成生質酒精、CCS之產業與生命週期評估，並評估其成本效益及產值，供相關單位參考。</p>	<p>(1) 辦理業務講習會、教育訓練數(教育宣導、研習觀摩) 1場</p> <p>(2) 辦理業務研討會、座談會 1場</p> <p>(3) 建置業務資訊系統 2案</p> <p>(4) 辦理業務研究計畫 4案</p>	<p>(1) 100%</p> <p>(2) 200%</p> <p>(3) 100%</p> <p>(4) 100%</p>
分項一 (子計畫一)	MED模型建置及需求彈性研究	<p>(1) 論文</p> <p>(2) 研究報告</p>	(1) 發表3篇論文、包含1篇SCI

	(1) 學術成就 (2) 技術創新	(3) 技術活動	(2) 3 本研究報告 (3) 完成專家座談會 2 場次。
分項二 (子計畫二)	火力電廠與燃煤 CCS 相關資料蒐集 彙整 (1) 學術成就 (2) 技術創新	(1) 學術成就 - 投稿國際/國內期 刊論文 1 篇 - 舉辦研討會 (2) 技術創新 - 發表於國際/國內 研討會 1 篇	(1) 發表 3 篇論文，包 括 1 篇 SCI。 (2) 舉辦 2 場研討會 (3) 發表於國際/國內 研討會 6 篇

肆、主要成就及成果所產生之價值與貢獻度(outcomes)

說明：

1. 請填面向之權重，加總共 100%。
2. 請依前述重要成果及重大突破所勾選之內容說明其價值與貢獻度：
 - 一、學術成就(科技基礎研究)
 - (一)論文.....
 - (二)研究團隊養成....
 -
 - 二技術創新(科技整合創新)
 - (一)專利.....
 - (二)技術報告....
 -
 - 等依此類推...
3. 例如：有學術成就者(科技基礎研究)請說明 A 論文、B 研究團隊養成、C 碩博士培育、D 研究報告、E 辦理學術活動、F 形成教材、其他等。主要成就之各項權重總和應為 100%.....其他請以此類推。

一、學術成就(科技基礎研究) (權重 35%)

A. 期刊論文

(1) 論文題目：Renewable energy and renewable R&D in EU countries: A cointegration analysis，(卓金和，投稿於 International Journal of Green Energy)。

This paper investigates the relationships among the share of renewable electricity in gross electricity consumption, GDP, the oil price as well as the R&D of renewable energy for EU countries, using a newly-developed panel unit root and cointegration framework. We find that higher income and oil prices in the future will help EU countries to boost the share of renewable electricity in gross electricity consumption. Moreover, governments in EU countries could use the so-called technology-push climate policy to persistently stimulate the share of renewable electricity in gross electricity consumption and meet the targets laid down by the EU commission.

價值與貢獻度：今年度研究團隊全力投入本計畫的相關研究(並無參與其他計畫)，此論文為過去研究之延續成果，本篇論文探討哪一些因子可以促進再生能源的發展，其中近年經濟不景氣造成 GDP 下降使再生能源的發展受到限制。因此為了提升再生能源的發展，再

生能源的 R&D 扮演重要的腳色，因此本研究建議政府未來可持續進行再生能源的 R&D 投入刺激再生能源發展。

(2) 論文題目：我國發展 SOFC CHP 高效率分散型能源技術及產業化之潛在效益 (作者：柴蕙質 葛復光)，台經月刊,第 35 卷第 9 期, p.102-111, 2012。

2011 年 3 月 11 日本福島的核能事故，讓各國重新審視核能發電的安全問題，馬總統亦於 2011 年 11 月 3 日召開記者會，宣告我國將在不限電、維持合理電價及達成國際減碳承諾等三原則下，逐步邁向非核家園。減少核能發電必將造成減碳缺口，台灣土地面積有限、自然資源不足、人口密度高及能源安全度低，發展高效率分散型能源技術應為填補此減碳缺口之可行方式。固態氧化物燃料電池熱電共生系統 (solid oxide fuel cell-combined heat and power, 以下簡稱 SOFC CHP) 具有能源利用效率高、進料多元及以碳排放相對較低等優點，應為適合台灣發展之能源技術選項。有鑑於目前 SOFC CHP 相關文獻多著重於技術發展介紹，對於 SOFC CHP 之效益僅止於概念性之描述，未能具體或量化評估其潛在效益，因此本文將由下列三個面向分析其潛在效益：一、發展 SOFC CHP 對於能源安全之助益；二、SOFC CHP 對於減碳之直接及間接貢獻；三、我國 SOFC CHP 單位投資成本和發電成本下降趨勢推估及總體經濟效益分析 (包含發展 SOFC CHP 產業對產值及就業之影響)。**價值與貢獻度：**過去 SOFC CHP 相關文獻多著重於技術發展介紹，對於 SOFC CHP 之效益僅止於概念性之描述，本文則以具體之量化方式評估其產業化對 **a. 能源安全 b. 減碳 c. 總體經濟等三個面向之潛在效益**。研究結果提供政府在進行新能源產業發展規劃時更完整之效益面資訊。

(3) 論文題目：「由韓國經驗看台灣產業轉型政策」(作者：陳中舜，柴蕙質)，經濟前瞻, 144 號, 頁 122-125, 2012。

計畫性經濟雖然短期內可帶來顯著的經濟成長，但長期而言將會阻礙市場機制發展與弱化企業競爭力。本文即是以韓國 1997 年前後的轉變做為例子，說明政府在經濟發展上應扮演好制度維護者而非積極干預的角色。**價值與貢獻度：**本文藉由韓國長期以來計劃性經濟及其在金融風暴遭受重大衝擊之經驗，作為我國採行類似方式扶植產業時之借鏡。研究結果提供政府在推動經濟成長時，應扮演干預者或市場制度維護者角色之新思維。

(4) 論文題目：「Environmental Impacts of Electricity Sector in Taiwan by Using Input-Output Life Cycle Assessment: The Role of Carbon Dioxide Emissions」(作者：劉家豪、林素貞、陸喬克)，Aerosol and Air Quality Research, 12(5), p.733-744 (SCI)。

此論文為過去研究之延續成果，本研究利用投入產出生命週期評估 (IO-LCA) 探討台灣電力部門在 2001、2004 與 2006 年之直接與間接環境衝擊。結果顯示，電力部門直接 CO₂ 排放量顯著提高溫室效應潛勢，而間接溫室氣體排放量亦逐年上升中。此外，電力部門對「溫室效應」、「非再生能源消費」、「非致癌物衝擊」、「吸入性無機物衝擊」及「陸域生態毒性衝擊」有較顯著之環境衝擊潛勢。**價值與貢獻度：**本研究強調我國電力部門不僅應持續減少燃料燃燒導致之二氧化碳排放量，更需關注並設法降低產業關聯效果導致之間接溫

室氣體排放量。研究結果可提供政府單位與企業在擬定溫室氣體減量策略時之思考方向。

(5) 論文題目：「CO₂ Emission Multiplier Effects of Taiwan's Electricity Sector by Input-output Analysis」(作者：林素貞、劉家豪、陸喬克)，Aerosol and Air Quality Research 12(2), p.180-190 (SCI)。

此論文為過去研究之延續成果，本研究以產業關聯分析法探討台灣電力部門與其他產業之關聯效果與 CO₂ 排放乘數效果，結果顯示各產業在考量乘數效果後，人纖業、煤製品業、水泥業與陸上運輸業的 CO₂ 排放乘數最為顯著。電力部門之向前關聯效果對煤油氣礦業與油氣煉製業影響最大，而向後關聯效果對基本化工原料業、塑膠原料業與人纖業有較顯著影響。電力部門為我國最主要的二氧化碳排放源，在面對溫室氣體減量及能源供給有限的雙重挑戰下，台灣電力部門需朝向綠色電力發展，以滿足社會永續發展所需的能源需求。**價值與貢獻度：**本研究從乘數效應及關聯效果角度提出電力部門可能的減碳方向，可作為因應後京都議定書之策略參考。

(6) 論文題目：「二氧化碳捕獲、輸送與封存技術發展趨勢分析」(作者：劉家豪、葛復光)，碳經濟，第 25 期，頁 83-93，2012。於 5 月刊登。

本研究彙整 CCS 技術的國際發展趨勢，並進行成本與技術參數分析，研究結果顯示目前國際上電力業之二氧化碳捕獲技術以燃燒前系統與燃燒後系統為發展主流。在台灣，燃燒後系統適用於既有電廠進行機組新增、改裝及系統整合，而燃燒前系統在發電、煉油及煉鋼廠臨聚區域，可建立多聯產氣化中心，降低投資成本並提升供應可靠度與環保效益。CCS 技術的捕獲階段約佔全部投資成本的 70-80%，運輸與封存分別為 5% 及 20-25%。未來台灣宜加強與國際接軌，積極引進優質技術，考慮發展高效率捕獲與封存技術以降低操作成本。**價值與貢獻度：**日本福島事故發生後，我國能源政策朝向穩健減核發展，除了持續推廣再生能源外，發展 CCS 技術將是台灣邁向低碳能源供給的必要選項。研究結果期能作為相關單位進行後續研究時之參考基礎。

B. 國家圖書館出版品

(1) 完成「台灣碳捕獲與封存技術經濟評估之現況與展望」研究報告並收錄於國家圖書館出版品(本計畫負責全部分析與撰寫，淨煤捕碳儲碳主軸計畫負責行政支援與建議)。

鑒於淨煤能源技術產業化耗時特別長之特質，穩定之發展策略可收事半功倍之效，而其必須根基於前瞻準確的經營環境及技術發展預測，因此本報告聚焦於比較我國淨煤電廠 (IGCC/CCS) 與天然氣複循環電廠 (NGCC) 二種技術之選擇對我國長期電力經濟與碳足跡之可能影響。研究結果顯示由於台灣的天然氣價格較其他國家高，故 NGCC 的上網電價明顯偏高，因此即使在沒有碳稅的壓力下，未來 IGCC 裝載 CCS 的上網電價會比 NGCC 便宜。此外，在考慮未來減碳壓力對於發電成本的影響，本研究發現當碳價為 60(\$/ton) 時，IGCC 加載 CCS 之發電成本較低，可取代 IGCC 發電廠，因此碳的價格將是左右 CCS 技術是否能成功商轉的關鍵因素之一。故本研究認為 IGCC 裝載 CCS 為值得發展的低碳發電機組。在面對國際節能減碳及政府穩健減核的發展趨勢，CCS 電廠未來在台灣電力部門的發電結構佔比必然持續增加。本研究提出以下建議：(1) 將排碳的代價納入發電成本。(2)

興建 CCS 示範廠。(3)發展 IGCC 加裝 CC 取代 NGCC。**價值與貢獻度**：研究結果能**建立我國 CCS 技術經濟數據庫及分析能力**，釐清我國淨煤相關技術產業話瓶頸並提出合宜之因應對策，加速提升我國 CCS 技術之國際競爭力。

(2) 完成國家圖書館出版品「台灣發展高效率分散型能源技術藍圖暨產業化策略之芻議」之第四章：我國發展 SOFC CHP 高效率分散型能源技術及其產業化之潛在效益(本計畫負責全部分析與撰寫)。

本研究指出 SOFC CHP 為適合台灣發展之能源技術選項。SOFC CHP 不僅具能源利用效率高、進料多元、碳排放相對較低等優點；其結構模組化、安裝迅速、前置期短、且不受地理及天候條件限制、無噪音等特色皆為該技術適合在台灣發展的原因。研究內容特別針對 (1)我國發展 SOFC CHP 之潛在效益 (2) SOFC CHP 產業化時程推估 (成本下降曲線推估) (3) SOFC CHP 產業化所帶來的總體經濟效益(包含產出及就業效果)進行說明。研究結果顯示發展 SOFC CHP 可有效分散能源進口比重，進而提升能源安全；其次，當 SOFC CHP 發電效率達 60%時，排碳量僅約為目前的一半，若考慮熱能利用，對減碳具有直接效益。此外，SOFC CHP 因具有分散式備載與發電效率高特性，亦可提升再生能源普及率。在研究假設下，推估台灣目前 SOFC CHP 發電成本近 15 NTD/kWh (\$0.536 /kWh)，若政府的裝機補助為 50%以上，便可使 SOFC CHP 之發電成本可降至約 10 NTD/kWh 以下。另外，到 2015 年為止，發電成本約為 7.2 NTD/kWh 將遠低於氣渦輪機之發電成本，至 2020 年發電成本下降至 4.5 NTD/kWh。**價值與貢獻度**：根據 CGE 模型的政策模擬結果，以總投資 10 億元依據各部門投資比重乘上投資金額，來作為生產 SOFC CHP 對各產業部門增加的最終需求，模擬結果指出**就業人數將增加 724 人**，多集中在資本密集度高之產業例如鋼鐵初級製品、金屬加工機械與基本化學材料等行業，而總產出 **GDP 增加幅度**則高達 36.7 億元。上述研究成果對於國家未來 SOFC CHP 產業的推動發展與政策評估極具重要參考價值。

C. 研究團隊養成

(1) 與中原大學商學院應用經濟模型研究中心、台灣綜合研究院、台灣三益策略發展協會以及成大環境系統工程研究室等四個團隊進行研究合作，並協助其**研究團隊養成**。

D. 碩博士培育

(1)研究之執行中，培育參與本計畫之研究團隊成員，協助培育國內能源科技與產業政策專業人才，含博士研究生三人，碩士研究生五人。

D. 研究報告

核研所研究報告 7 篇。

- (1) 台灣碳捕獲與封存技術經濟評估之現況與展望 (作者:葛復光、卓金和、劉家豪)，報告編號: INER-9161。
- (2) 研發、技術創新以及躉購電價 (作者:林師模、林晉勗、馮君強、葛復光)，報告編號: INER-8981。

- (3) RETScreen 軟體之引進與分析能力建立 (作者:卓金和、陳中舜、葛復光), 報告編號: INER-9034R。
- (4) 我國發展 SOFC CHP 高效率分散型能源技術及其產業化之潛在效益 (作者:柴蕙質、葛復光), 報告編號: INER-9060。
- (5) 福島核災後台灣基載電力選項分析(作者:葛復光、卓金和), 報告編號: INER-9290。
- (6) INER MARKAL 鋼鐵業模型資料庫(作者:廖偉辰), 報告編號: INER-9689R。
- (7) 我國節能減碳政策工具應用效益評估精簡報告(作者:邱戊吉、柴蕙質、劉家豪), 報告編號: INER-A2678R。

E. 會議論文

- (1) 論文題目: R&D, Technological Change and the Rate of Feed-in Tariff, (葛復光等人, 發表於 The East Asian Association of Environmental and Resource Economics Conference)。

Research and development (R&D) is one of the main driving forces of technological change in many industries, including renewable energy industries. For this reason, governments intended to promote renewable energies have inevitably engaged, directly or indirectly, in all sorts of renewable-related R&D activities. On the other hand, to provide enough incentive to attract renewable energy investment, governments have mostly implemented the so-called feed-in tariff (FIT) system. Since technological advancement will gradually lower the cost of generation by renewables, it is reasonable to adjust the rate of FIT from period to period, keeping it only up to a level that maintains enough incentive for investing in renewable energies. This paper aims at integrating renewable energy R&D, technological change, and the determination of FIT rate in a computable general equilibrium (CGE) framework, and analyzing the potential path of adjustment for FIT rates in Taiwan. Our results may serve as a reference path to the government agency for making decisions in annual FIT rate adjustment. **價值與貢獻度:** R&D 在每一個產業都扮演十分重要的角色, 其中也包括再生能源產業。因此政府為了達到吸引足夠的再生能源投資, 一個可行的方法則是 feed in tariff (FIT)。本篇文章利用一般均衡分析探討再生能源 R&D 技術的改變以及 FIT 之間的關係。此研究結果可作為政府機關制定 FIT 最適費率的參考。

- (2) 論文題目: Taiwan's Base-load Power Option Analysis after the Fukushima Nuclear Accident, (葛復光等人, 發表於 IAEE 2012 Conference)。

In recent years, much attention has been drawn to carbon dioxide emissions, as industrialized countries have had to find ways of using nuclear, renewable energy and LNG as clear energy in order to meet Kyoto targets. In terms of nuclear and renewable energy in Taiwan, they are difficult to develop based on the Fukushima nuclear accident and the resource. Thus, NGCC is an emerging option for Taiwan. However, in comparison with the EU and US countries, the gas price in Taiwan is much more expensive as well as rises sharply. In order to face a higher cost and risk in NGCC and reduce carbon emissions in the future, to develop the technology of CCS are critically important for Taiwan policy-makers. In this paper we perform financial

analysis to evaluate the viability of PC, NGCC as well as PC with CCS in Taiwan, using RETScreen model. Furthermore, the overnight cost of CCS is significantly different (range from 3837.51 to 5287 US dollars / kW) from the projection of IEA and EIA. In order to take account of data uncertain, CCS capital cost and LNG price sensitivity analysis are performed. From the analysis results, with upward pressure on the carbon emission and LNG price, the technology of IGCC with CCS instead of NGCC will play an important role for electricity generation in Taiwan even without any carbon tax. **價值與貢獻度:** 本研究發現即使沒有碳稅的壓力下，未來 IGCC+CCS 的上網電價會比 NGCC 來的便宜。在 2020 年碳價為 60~70(\$/ton)時，IGCC 和 IGCC+CC 將會有交點，故 IGCC+CC 可取代 IGCC 發電廠。此結果可以做為未來政府規劃 燃煤發電+CCS 發電的參考。

(3) 論文題目：二氧化碳捕獲與封存技術經濟評估，(葛復光等人，發表於 2012 海峽兩岸氣候變遷與能源永續發展論壇)。

相對於美國與歐洲，台灣天然氣價格相對昂貴許多；因此使用燃煤 IGCC+CCS 在台灣將更具優勢。本研究採用 IEA 參數設定與美國、歐洲及台灣燃料價格，以 RETScreen 進行技術經濟分析，計算 2020 年 IGCC、IGCC+CC(S)與 NGCC 電廠之上網電價、最適碳價及經濟可行的時間。結果顯示 2020 年 NGCC 上網電價(146.70 美元/MWh)高於 IGCC+CC 電價(111.60 美元/MWh)與考慮碳運輸與儲存成本的 IGCC+CCS(127 美元/MWh)，其代表意含為儘管在沒有碳稅的前提下，IGCC+CCS 在台灣仍較具優勢。相較之下，美國因為天然氣價格便宜，其 IGCC+CCS 在 2030-2035 年才有機會代替 NGCC。台灣實證也顯示當 CO₂ 價格在 2020 年為 60-70 USD/t-CO₂，IGCC+CC 較 IGCC 加上碳交易划算；當考慮碳運輸與儲存成本後，CO₂ 價格必須高達 90-100 USD/t-CO₂，IGCC+CCS 才划算。本研究建議:(1) 將 CCS 技術納入台灣能源政策之低碳能源選項。(2) 及早興建 CCS 示範電廠 (3) 發展 IGCC+CCS 取代 NGCC。 **價值與貢獻度:** 本研究發現當考慮碳運輸與儲存成本後，CO₂ 價格必須高達 90-100 USD/t-CO₂，IGCC+CCS 才划算，顯示運儲成本不可忽略，但 CCS 在台灣之經濟效益仍遠高於美國。

(4) 論文題目：「Techno-Economic Assessment of CCS in Taiwan」，葛復光於 11 月 26 日淨煤主軸計畫主辦之「2012 Taiwan Symposium on Carbon Dioxide Capture, Storage and Utilization」，並受邀發表「Techno-Economic Assessment of CCS in Taiwan」論文。

According to the analysis of International Energy Agency(IEA), carbon capture and storage (CCS) is an important emissions reduction technology, contributing one-fifth of the total emissions reductions globally through 2050. CCS is the only currently available technology that can allow industrial sectors, such as iron and steel, cement, natural gas processing, etc., to meet deep emissions reduction goals. To date, no large power plants (i.e., hundreds of megawatts [MW] and up) with CCS exist and progress in CCS is not as expected, so the CCS development trends and the economic feasibility are critically essential to control effectively the global warming. In recent years, the constructions of nuclear and coal-fired power plants are faced with great difficulties in Taiwan,, resulting in the rapid increase of expensive natural gas

combined-cycle plant (NGCC) with the proportion of 24.6%. After the Fukushima nuclear accident, Taiwan government announced a new energy policy, that the existing nuclear power plants do not extend their life. Therefore, the abnormal NGCC phenomenon will become increasingly serious. The analysis result of the study shows that if energy prices continue to climb, the integrated gasification combined cycle power plant with CCS (IGCC/CCS) would be more cost-effective than IGCC plants when CO₂ price is as high as 75\$/t-CO₂. Because natural gas import prices into Taiwan are 3.9 times and 1.6 times of that into the United States and European Union, in the consideration of reducing carbon emissions without purchasing carbon credit, IGCC/CCS is competitive with NGCC in 2020-2025. If LNG Price growth rate is lower as expected, the IGCC/CCS economically feasible point may be delayed for 5-10 years. It is recommended that CCS technology can be included in the low-carbon energy options of Taiwan energy policy, generating more positive benefits in the perspectives of the economy, low-carbon emissions and energy security. **價值與貢獻度:** 本研究利用技術經濟分析探討 2020-2035 年發電技術均化成本。結果顯示由近年台灣競爭力不若過去且不支持核電，隨著核能發電的佔比逐漸減少及燃煤電廠興建困難，基載電力比例不足將日趨嚴重，建議 2020 年代前興建預留加裝 CCS 空間之燃煤發電廠並視需要購買碳權，未來再視時機加裝 CCS 設備，應是穩健減核政策下最務實的作法。

(5) 論文題目：「碳捕獲與封存技術之發展趨勢及經濟分析」，葛復光於 11 月 24 日參加清大能源與環境研究中心與台綜院主辦（本所協辦）之「兩岸節能減碳之技術創新與產業發展研討會，並受邀發表「碳捕獲與封存技術之發展趨勢及經濟分析」論文。

根據國際能源總署分析，碳捕獲與封存(Carbon Capture and Storage, CCS)技術於 2050 年可貢獻全球減碳貢獻的 20%，而 CCS 也是目前唯一可滿足工業部門大幅減碳之可行技術，然而至今全球仍無 MW 級以上應用 CCS 之發電廠，整體進展也不如預期，故 CCS 技術之發展趨勢與經濟可行性對全球溫升之有效控制至關重要。我國近年在興建核電與燃煤電廠均遭遇極大困難，導致昂貴的燃氣複循環電廠(NGCC)發電占比快速增加，已達 24.6%；日本福島事故後，政府宣布核電不延役之新能源政策，上述現象將會日趨嚴重。本研究結果顯示若能源價格持續攀升，即便在低折現率情景，CO₂ 價格也必須高達 75\$/t-CO₂，含 CCS 之整合氣化複循環電廠 (IGCC/CCS) 才會較 IGCC 電廠划算；因此，2020 年代前興建預留加裝 CCS 空間之燃煤發電廠並購買碳權，未來再視時機加裝 CCS 設備，應是穩健減核政策下最務實的作法。若期望自主減碳，由於我國進口天然氣價格分別為美國及歐洲之 3.9 倍與 1.6 倍，低折現率情景之 IGCC/CCS 於 2020-2025 年較 NGCC 具競爭性，若 LNG 價格成長率低，則 IGCC/CCS 之經濟可行時點有可能延後 5 年，建議可將 CCS 技術納入能源政策之低碳能源選項，在能源、經濟、減碳及安全方面，將均有更正面之效益。**價值與貢獻度:** 本研究利用技術經濟分析探討 2020-2035 年發電技術均化成本。在權衡未來 NGCC 及 IGCC/CCS:(1)效率提升及(2)台灣燃料價格上升的效果下，即便不課碳稅，台灣 IGCC/CCS 的均化發電成本在 2020 年也僅比 NGCC 略高 5%，反觀 IGCC/CCS 之發電成本在歐洲及美國分別比 NGCC 高 22%及 76%，不若在台灣發展有利，可以看出 IGCC/CCS 在美國勝出 NGCC 之時點將較台灣及歐洲延遲。該結果將可提供作為政府評

估引進相關基載電力機組時之參考依據。

(6) 論文題目：「我國發展 SOFC CHP 產業之潛在效益及推動策略初探」，柴蕙質於 10 月 18 日參加「2012 再生能源、減碳技術及能源安全研討會」，會議地點：台北福華文教會館，主辦單位：行政院原子能委員會核能研究所、中原大學國際經營與貿易學系。與會貴賓：中原大學副校長陳夏宗、行政院經濟建設委員會顧問李高朝，主持人則為中原大學國貿系陳任偉主任、台北大學張四立教授、核研所葛復光研究員。本所柴蕙質與劉家豪於會議中報告相關研究成果，劉家豪報告題目「CCS 技術發展趨勢與情境分析」。柴蕙質報告題目為「我國發展 SOFC CHP 產業之潛在效益及推動策略初探」。

柴蕙質報告摘要：鑑於目前固態氧化物燃料電池熱電合併系統 (solid oxide fuel cell-combined heat and power, SOFC CHP) 相關文獻多著重於技術發展介紹，對於其產業化之效益僅止於概念性之描述，未能具體或量化評估其潛在效益。因此本研究由-能源安全、減碳貢獻及總體經濟等三個面向分析其潛在效益。本研究亦根據我國發展 SOFC CHP 本身之優劣條件及外在環境，探討推動此產業可能遭遇之困難，並提出政府在供給、需求及通路面可行之因應策略。**價值與貢獻度**：本文除了就 SOFC 產業化可能產生的潛在效益分析外，亦根據我國發展 SOFC CHP 本身之優劣條件及外在環境，探討推動此產業可能遭遇之瓶頸。研究結果指出若要推動此 SOFC 產業化，在供給、需求及通路面，皆有許多急需政府著力推動之處，可作為政府推動此產業之參考。

(7) 論文題目「台灣地區服務業部門能源使用效率評估-三階段資料包絡分析模型之應用」，孫廷瑞於 12 月 11 日參加「2012 年海峽兩岸沿海區資源、環境與永續發展學術研討會」，會議地點：淡江大學覺生國際會議廳，主辦單位：淡江大學水資源暨環境工程學系、天津大學環境科學與工程學院。與會貴賓：淡江大學國際事務副校長戴萬欽、淡江大學工學院院長何啟東、馮林基金會董事林清涼教授。本所孫廷瑞於會議中報告相關研究成果，孫廷瑞報告題目「台灣地區服務業部門能源使用效率評估-三階段資料包絡分析模型之應用」。

孫廷瑞報告摘要：在能源日益稀少與全球暖化壓力下，如何有效提升能源使用效率將是台灣地區各產業發展上的重要課題。鑒於台灣地區產業發展逐漸轉型以服務業為重之產業結構，且服務業能源使用逐年提升之情勢下，隱含服務業部門具極高節能潛力，因此檢視服務業廠商之能源使用效率，將有助於提供服務業廠商之改善方向與幅度，進而達到整體服務業部門能源效率提升之目的。此外，考量服務業廠商之建築用途與樓地板面積等環境因素亦會影響其能源使用，故本研究係以台灣地區能源局委託台灣綠色生力基金會執行之「非生產性質行業能源查核」所建構之查核資料為基礎，嘗試利用 Fried et al. (2002)所提出考量環境因素與隨機誤差效果之三階段資料包絡分析模型(Three-Stage DEA Model)衡量服務業廠商之能源使用效率，做為政府相關節能輔導單位在落實廠商節約能源之參考依據。**價值與貢獻度**：本文除了評估我國服務業部門中較受到重視的兩大產業(批發及零售業、住宿及飲業)各能源大用戶的能源效率表現外，另利用三階段 DEA 模型之分析結果，進一步估算各用戶在各終端能源使用設備上之節能潛力，此研究結果一方面可作為批發及零售業及住宿及飲業相關能源管理人員在落實產業節能之參考依據，另一方面也可根據各產業能源效率及節能潛力的高低，做為政府在擇選重點節能輔導用戶之優先順序。

二、技術創新(科技整合創新)(權重 10%)

A. RETScreen 軟體更新

在 RETScreen 軟體的部分，目前國內外仍未運用在碳捕捉與封存技術經濟評估上，因此本團隊積極投入研究，創新其研究應用領域。RETScreen 軟體不僅可提供成本分析、溫室氣體分析、財務分析，更可進行敏感度和風險分析來驗證參數設定的差異性，在面對未來能源供需、價格不確定時，可據以進行計畫投資評估。此外，由於過去國內應用 MED 時，直接套用英國之價格彈性參數，並無本土數據，本計畫已完成國內外能源價格彈性文獻整理，作為針對個別能源服務需求設定參考，並著手蒐集我國相關數據，配合計量方法推估符合我國實際情況之彈性參數，除可作為國內資料補遺外，亦可當作 MARKAL/TIMES 模型的參數使用，以分析價格或成本變動對減碳之影響。

B. 辦理學術活動

項目 \ 類別	會議數(場)
國內	4
國外	3

(1) 本計畫 10 月 9 日假台大集思國際會議中心與台綜院共同主辦、成大研究發展基金會、台灣三益策略發展協會協辦之『我國節能減碳政策工具應用效益評估研討會』，會中邀請馬殷邦所長蒞臨致詞，邱太銘副所長及施建樑主持人擔任主持人。與會專家有中興大學許志義教授、台北大學張四立教授、台北商技楊浩彥教授、工研院綠能所詹益亮副組長、淡江大學廖慧珠教授、台綜院黃宗煌副所長、成功大學陳家榮教授等。針對能源技術及效率提升、價格工具應用及產業結構調整等節能減碳政策工具應用研究進行專題報告與資訊交流，以促進我國能源經濟及節能減碳議題之探討。會議參加人數逾 120 人，並於會議期間中，針對相關**研究方法論與政策規劃**皆有熱烈之討論。

(2) 本計畫 10 月 18 日本所與中原大學於福華文教會館共同主辦「2012 再生能源、減碳技術及能源安全」研討會。由於我國的碳排放量已高於許多先進國家，本研討會針對全球再生能源之利用、減碳技術之成本效益與能源安全等議題，進行交流，以促進我國**新能源技術與相關政策評估之發展**。研討會邀請中原大學副校長陳夏宗蒞臨致詞，經建會李高朝顧問進行專題演講。與會專家有台經院五所陳詩豪副所長、台北大學張四立教授等。會中核能研究所柴蕙質與劉家豪博士報告相關研究成果，劉家豪報告題目「CCS 技術發展趨勢與情境分析」。柴蕙質報告題目為「我國發展 SOFC CHP 產業之潛在效益及推動策略初探」。

(3) 10月24-25日協辦於集思交通部國際會議中心舉行之「**兩岸節能減碳之技術創新與產業發展研討會**」(清大能源與環境研究中心與台綜院主辦)。研討會主題為政策法規、優選方法、成本效益、及影響評估、節能減碳之技術創新與產業發展在開放的國際市場中均將面臨強烈競爭，能否成功地實現產業發展初衷，繫乎政策配套、制約因素、優選方法、成本效益、及其3E(能源、經濟、環境)+C(競爭力)+D(分配效果)+S(安全)的效果。本研討會期能端正科技發展方向的正確性，並**提高科技創新與產業發展的效率性**。

C. 學術座談會

(1) 6月25日舉辦MARKAL住商部門模型所外專家審查及座談會。由邱副所長主持，邀請：台北科技大學蔡尤溪教授、冠呈能源環控有限公司王獻堂總經理、環保署簡慧貞副處長、能源局翁素真組長等四位所外專家擔任審查委員。

(2) 10月22日，辦理101年度『**基載發電技術經濟評估**』專家座談會議，邀請台電綜合研究所電力經濟研究室洪紹平主任、台電電源開發處鐘輝乾組長、坤騰科技開發有限公司李文伯博士，針對我國主要電力選項進行審查及建議討論。

(3) 10月22日舉辦「**INER MARKAL 模型鋼鐵業專家座談會**」，由廖偉辰博士進行簡報，邀請中鋼公司歐正章專案工程師及豐興鋼鐵林志綱副總經理進行模型參數審查。

(4) 10月30日舉辦「**MARKAL 模型 CCS 技術**」專家座談會，由劉家豪博士進行簡報，並邀請坤騰科技開發公司李文伯博士、台電綜合研究所楊明偉博士、華普飛機引擎科技公司黃彰斌博士就 CCS 技術相關議題進行討論。

(5) 11月2日舉辦「**MARKAL 模型住商部門能源服務需求價格彈性推估**」專家座談會，邀請學者專家共三位：台北商業技術學院楊浩彥教授，中原大學林師模教授，工研院 IEK 林志勳組長；主持人：施建樑專案主持人(報告人：柴蕙質)。推估方式及數據之合理性已獲專家認同。

(6) 11月2日舉辦「**工業與運輸部門能源服務需求價格彈性推估**」座談會。座談會由施建樑專案主持人主持，並邀請台北商業技術學院財金系楊浩彥教授，交通大學運輸科技與管理系蕭傑諭教授，鼎漢國際工程顧問公司鍾慧諭副總經理參與座談(報告人：袁正達)。會中對於 MARKAL 模型運輸與工業部門彈性定義多有討論，可做為後續進行變數調整與彈性估計的參考。

D. 委託計畫之會議論文

(1) 委託「中原大學應用經濟模型研究中心」林師模教授團隊執行101年度委託計畫『**再生能源產業之技術經濟及成本效益評估**』。本計畫利用3E評估模型—GEMEET為基礎，搭配各種技術經濟評估方法，針對生質酒精產業及碳捕捉與封存(CCS)技術，完成技術評估分析、成本效益分析、3E效益評估等，並於福華文教會館與本所共同主辦舉辦「2012 再

生能源、減碳技術及能源安全」研討會與發表相關研究成果。研討會邀請中原大學副校長陳夏宗蒞臨致詞，經建會李高朝顧問進行專題演講。

(2) 委託台灣綜合研究院執行『產業結構調整對於達成我國節能減碳目標之影響與效益評估』計畫。本研究採用可計算一般均衡模型搭配多目標規劃模型，評估產業結構調整對台灣經濟與減碳目標的影響效果。研究成果發表於10月9日本所與台綜院共同主辦之「我國節能減碳政策工具應用效益評估研討會」(台北)，題目為『產業結構調整對於達成我國節能減碳目標之影響與效益評估』，會中簡報指出「黃金十年」政策對我國產業結構轉型產生之減碳效果有限，無法抵銷其經濟成長所造成之排碳增量，宜檢討如何兼顧我國產業政策與減碳目標。

三、經濟效益(產業經濟發展)(權重 20%)

(1) 透過 CGE 模型進行 CCS 技術之推估，以研析該技術於國內自主發展的可能性與重要性。台灣較有可能發展的碳捕捉為燃煤電廠，若以發展 CCS 時可捕捉量設計 S2 減量情境(2021 至 2050 累計共減 1,687 百萬噸)，但並未實際採用 CCS，則將衝擊經濟生產活動，GDP 由 2020 至 2050 累計將受到 39 兆的負面衝擊，累計就業人次則減少 343.1 萬人次。但若有發展燃煤+CCS 發電技術，則經濟體系將因有低碳的 CCS 而可較 S2 情境發更多的電，此時 GDP 將僅受到 14 兆的衝擊。

(2) 生質酒精之技術經濟及產業評估，建議酒精廠之設置順序：中區優先，南區次之，北區是最末選項。影響酒精成本的關鍵因素為纖維酒精的轉換技術，當酒精轉換率提高 10% 時，南區酒精廠即成為可接受的投資項目。纖維酒精的售價相對汽油掛牌價格仍然偏高，但若考量纖維酒精的添加有助於運輸部門降低二氧化碳排放，以及其料源可使用平日被隨意燃燒或棄置的農產廢棄物，也不會產生第一代生質酒精與民爭糧、與糧爭地的疑慮，纖維酒精產業的發展仍有其必要性。

(3) 本研究進行台灣「固態氧化物燃料電池熱電合併系統」(SOFC CHP)之技術經濟評估。顯示此燃料電池系統具產業化效益，對能源安全、減碳及總體經濟皆有所助益(產出乘數約 3.67)。並以此研究鼓勵產業進行 SOFC CHP 之投資，建議政府進行相關標準與政策之制定。

(4) 以 Enfore-Green 模型針對石油產品與電力價格兩種政策進行模擬。除分析單一能源價格工具的變動對我國總體經濟的衝擊影響以及對節能減碳效果的效果評估之外，亦就我國節能減碳相關之稅制、法案與配套措施的設計，進行模擬長期的總體經濟及產業結構衝擊結果。研究結果發現，能源之市場價格誘因機制雖能有效達成節能減碳的效果，但卻必須付出負向經濟成長的代價。施行配套財政措施使經濟負面衝擊減緩，仍能有效壓抑能源產品消費量，達成環境保護，節約能源的目標。

(5) 委託台灣綜合研究所執行「產業結構調整對於達成我國節能減碳目標之影響與效益評估」計畫，評估基準情境與黃金十年政策情境下之中長期經濟成長率水準及產業結構變化趨勢。在基線下，我國經濟體系的成長將逐漸縮減並趨於穩定，預計實質 GDP 將在 2025 年達到 22.05 兆元，2013 年至 2030 年平均 GDP 成長率則為 2.72%。考慮黃金十年政策，未來我國經濟將由高附加價值服務業推動。2013 年至 2030 年我國實質國民生產毛額成長率約可提升 0.67 至 1.33 個百分點，並在 2025 年達到 25.49 兆元(三級產業結構占比分別為 1.42%、27.37%及 71.21%)。此外，相較基線，2011 年至 2030 年實質總產值之平均成長率可望增加 0.74 個百分點，並於 2025 年帶來約 1,223 萬個就業機會(年均就業需求增長 0.86%)。參酌與經濟部 2020 年產業發展策略及石化及鋼鐵政策環評等重點發展政策，2025 年製造業實質附加價值雖提升到 6.12 兆元，然其占比則降至 24.01%。且因政府寄望降低中間財產業在製造業的比重，故電子資訊業之 2025 年之實質附加價值成長到 3.52 兆元，但其占比卻相較基準情境降低 0.47 百分點 (13.80%)。而金屬機械業之實質附加價值占比在 2025 年則提升到 5.60%，2025 年將達到 1.43 兆元。另在產業朝向低能源密集方向轉型的條件下，石化業與鋼鐵業未來將以進口作為滿足需求缺口，故其規模皆將受限。2025 年石化業之實質附加價值僅有 2,005 億元，占比萎縮至 0.79%，均低於基準情境不少，甚至較 2010 年之規模還有所萎縮；鋼鐵業之發展亦同，2025 年實質附加價值 2,336 億元、占比 0.92%。整體而言，製造業朝向較低能源密集、較高值方向轉型。即使如此，本計畫發現產業結構轉型仍難以帶來顯著的減碳效果。2025 黃金十年的產業結構調整僅能帶來 1,029 萬噸的相對減量效果，無法抵銷經濟成長所造成之排放增量，故使 CO₂ 排放較基線仍增加 1,597 萬噸。然即使假設我國於 2025 年達到 2009 日本的產業結構水準，並與黃金十年比較，可發現絕大多數的減量仍來自效率改善(7,871 萬噸 CO₂)，純粹由產業結構調整所帶來的相對減量(1,611 萬噸 CO₂)其實相差無幾。亦可見目前政府若將節能減碳政策目標的達成寄託在產業結構的調整似不合宜。若政策或技術無重大突破，由於現行產業結構的調整、低碳能源應用或電力排放係數的降低均有其限制下，國家節能減碳目標之達成將頗為困難。

(6) 委託成大發展基金會執行「各部門提升能源使用效率之節能減碳效益評估」，本研究將未來人口、市場與資源價格預測等外在因子納入考量，整合技術評估結果，完整且具科學論證性地指出詳細的能源願景，並描繪出短期(2020)能源系統發展藍圖。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 15%)

A. 民生社會發展：就業創造

本研究於本所投入研發工作而創造之就業人數計有博士級研究人員 7 人，碩士級研究人員 2 人。另外，研究之執行中，培育參與本計畫之研究團隊成員，協助培育國內能源科技與產業政策專業人才，含博士研究生 3 人，碩士研究生 5 人。

B. 環境永續安全：環保節能

(1) 應用 MARKAL 模型進行減碳成本推估：完成 MARKAL-ED 模型基準情境更新設定與驗證分析，並就相關結果進行專家審查：1.6 月 25 日完成所外專家審查會議並依審查意見

修改相關書面報告內容，進行住商部門參數修訂與情境設定調整。另亦完成能源服務需求彈性文獻蒐集、相關方法論回顧及國內外推估數值彙整比較；2.盤點 MARKAL 模型與相對應的住商部門、工業部門、運輸部門等相關數據，並於 10 月 22 日及 30 日分別召開鋼鐵部門及 CCS 等系列所外專家座談會。其成果對於評估各類技術對我國減碳貢獻與成本甚有助益，亦可作為政府相關單位進行部門減量核配、產業發展規劃與能源價格調整或碳稅...等重大經濟民生政策制訂時的參考。

(2) 應用技術經濟進行基載電力均化成本估算：透過 RETScreen 軟體的引進與技術經濟分析能力的建立，針對我國基載電力均化成本進行估算，提供數據之本土化與不確定性分析，結果有助於釐清目前有關 1.電價調整，2.新能源政策，3.減碳規劃等成本效益等問題。並於 10/22 舉辦『基載發電技術經濟評估』專家座談會議，邀請台電綜合研究所電力經濟研究室洪紹平主任、台電電源開發處鐘輝乾組長、坤騰科技開發有限公司李文伯博士，針對我國主要電力經濟性評估進行審查及建議討論。該結果除可釐清核能等電力相關成本數據，亦可作為國家未來規劃相關基載電力措施之依據。

(3) 需求彈性研究：由於國內能源服務需求價格彈性的推估研究尚不完整，故研究團隊針對能源服務需求價格彈性之方法論進行研究，並蒐集我國相關數據推估出本土價格彈性，本研究除可作為國內資料補遺外，亦可當作 MARKAL/TIMES 模型的參數使用，以分析價格或成本對減碳之影響。

(4) SOFC 產業化效益研究：大部分之 SOFC 相關研究多著重於探討其技術發展，對 SOFC CHP 潛在效益僅止於概念性之描述，本文除了從能源安全、直接及間接的減碳效果探討其潛在效益外，並提供量化的總體經濟效益評估數據。SOFC CHP 高效率、進料種類多元之特性，將有利於提升我國能源安全，其碳排放量最低可達目前平均發電碳排放量的一半，若再計入 SOFC CHP 同時提供熱能之部分，其減碳效益更大。另外亦可作為再生能源之備用電力，提升再生能源之使用率，間接達到減碳效果。從總體經濟效益來看，發展 SOFC CHP 產業亦將造成不小的產出帶動效果，因此 SOFC CHP 應為值得我國投資發展的新能源產業。唯目前的單位投資成本偏高，短期內不易進入商業量產，因此政府宜分別對供給、通路及需求面採取相應的策略，包含(a) 透過國家型計劃整合國內產官學研發能量，藉由跨國合作尋求我國 SOFC CHP 具比較利益之研發及生產項目，並加速相關標準制定打入國際供應鏈 (b) 鼓勵天然氣、鍋爐等相關利益產業共同投資。(c) 早期鎖定示範運轉對象進行獎勵，並開發出口市場 (CHP 及天然氣需求高之國家); 晚期則採課碳稅、碳排放管制等措施，促使國內擴大採用。

(5) 出版「台灣碳捕獲與封存技術經濟評估之現況與展望」國家圖書館出版品(本計畫負責全部分析與撰寫，淨煤捕碳儲碳主軸計畫負責行政支援與建議)：鑒於淨煤能源技術產業化耗時特別長之特質，穩定之發展策略可收事半功倍之效，而其必須根基於前瞻準確的經營環境及技術發展預測，因此本報告聚焦於比較我國淨煤電廠 (IGCC/CCS) 與天然氣複循環電廠 (NGCC) 二種技術之選擇對我國長期電力經濟與碳足跡之可能影響，研究結果能

建立我國 CCS 技術經濟數據庫及分析能力，釐清我國淨煤相關技術產業話瓶頸並提出合宜之因應對策，期能加速提升我國 CCS 技術之國際競爭力。

(6) 完成國家圖書館出版品「台灣發展高效率分散型能源技術藍圖暨產業化策略之芻議」之第四章：我國發展 SOFC CHP 高效率分散型能源技術及其產業化之潛在效益(本計畫負責全部分析與撰寫)。本研究指出 SOFC CHP 為適合台灣發展之能源技術選項。SOFC CHP 不僅具能源利用效率高、進料多元、碳排放相對較低等優點；其結構模組化、安裝迅速、前置期短、且不受地理及天候條件限制、無噪音等特色皆為該技術適合在台灣發展的原因。研究內容特別針對 (1)我國發展 SOFC CHP 之潛在效益 (2) SOFC CHP 產業化時程推估(成本下降曲線推估) (3) SOFC CHP 產業化所帶來的總體經濟效益(包含產出及就業效果)進行說明。研究結果顯示發展 SOFC CHP 可有效分散能源進口比重，進而提升能源安全；其次，當 SOFC CHP 發電效率達 60%時，排碳量僅約為目前的一半，若考慮熱能利用，對減碳具有直接效益。此外，SOFC CHP 因具有分散式備載與發電效率高等特性，亦可提升再生能源普及率。在研究假設下，推估台灣目前 SOFC CHP 發電成本近 15 NTD/kWh (\$0.536/kWh)，若政府的裝機補助為 50%以上，便可使 SOFC CHP 之發電成本可降至約 10 NTD/kWh 以下。另外，到 2015 年為止，發電成本約為 7.2 NTD/kWh 將遠低於氣渦輪機之發電成本，至 2020 年發電成本下降至 4.5 NTD/kWh。最後，根據 CGE 模型的政策模擬結果，以總投資 10 億元依據各部門投資比重乘上投資金額，來作為生產 SOFC CHP 對各產業部門增加的最終需求，模擬結果指出就業人數將增加 724 人，多集中在資本密集度高之產業例如鋼鐵初級製品、金屬加工機械與基本化學材料等行業，而總產出 GDP 增加幅度則高達 36.7 億元。上述研究成果對於國家未來 SOFC CHP 產業的推動發展與政策評估極具重要參考價值。

五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 20%)

A. 建置計畫管理平台

本計畫建置計畫管理平台，該平台具有以下效益：

- 分組內成員可利用網路連線存取進行檔案分享與歸檔，有效提升資料流通效率。
- 進行分組討論及會議時能即時取得所需檔案及資料，提升開會效能。
- 備份資料。

另外，並繼續規劃籌建能源資訊平台，希望藉由將相關研究成果與數據庫的公開，加強與其他計畫及相關單位的聯繫交流，進而擴大彼此成果的乘數效果與應用範圍。

B. 教育訓練

類別	舉辦次數(次)	參加人數(人)
項目		

所內	2 (1+1)	15/37
所外	1	9

(1) 經濟部長官指示本所進行設置能源經濟與策略研究中心初步規劃：進行中長期能源策略規劃研習課程講師之邀請，相關講員如下：蕭代基（中央研究院研究員）、黃宗煌（台綜院副院長）、王健全（中經院副院長）、陳啟明（環興公司團隊）、彭錦鵬（台大政治系教授）、劉坤億（台大政治系教授）、林子倫（台大政治系教授）、許志義（中興大學產業發展研究中心主任）、蔡璞（虎尾科大企管系教授）、陳旭昇（台大經濟系教授）及丘昌泰（台北大公行系教授）等共計 11 人。專題課程包含：能源經濟與政策研究、產業經濟、能源政策與永續發展、技術地圖、政策立法與溝通、能源政策與發展、計量方法與實證研究、成本效益分析實、經濟學概論、政策行銷與實務等講座。舉辦系列培訓講座於 8 月至 12 月舉行，完成 13 次講座課程，共 92 小時；平均參訓學員數：23 人/場。透過該系列課程的舉行，邀請知名學者專家來所進行專題演講，除有助於本研究計畫之政策研擬工作廣度，亦可增進本所與所外專家之聯繫與交流，提升本研究品質。

(2) TIMES 模型引進：本所已購進 TIMES 模型軟體，並邀請 IEA/ETSAP 計畫推薦之 E4SMA 顧問公司總裁 Maurizio Gargiulo 於 9 月 24-28 日於本所授課，內容包含模型架構、參數設定、上機實作及案例說明等，並在課程進行中完成重要部門之雛形架構。並計畫於 102 年度逐步建置台灣 TIMES 模型。TIMES 是在 MARKAL 的基礎上加以改進的模型，提供更有彈性的建模能力，可以增進本所能源與溫室氣體減量政策之分析評估能力，並為我國未來能源政策規劃提供助益。

(3) 卓金和、柴蕙質、劉家豪、袁正達赴中原大學參加 CGE 模型訓練課程，針對模型理論及建置技巧規劃進行教育訓練，共計 8 天次，課程主題含：『投入產出表與產業關聯度說明』、『能源投入產出分析原理與實做』、『CGE 模型基本理論與 ORANI-G 模型之基本架構』與『核研所模型之建置介紹與實做練習』。授課講師：中原大學商學院 林師模教授。

(4) 卓金和、柴蕙質、劉家豪、袁正達參加中原大學商學院林師模教授、林晉勳教授所講解社會會計矩陣(Social Accounting Matrix, SAM) 課程，並實際編制 95 年與 99 年之 81 部門社會會計矩陣，未來可將該方法應用於能源議題為主軸的政策分析。

(5) 葛復光利用周末(3 月 31 日-7 月 8 日) 參加工研院產業學院舉辦之「產業分析師資格認證班」(120 小時) 結業並取得證書。陳中舜、劉家豪赴中衛發展中心參加「ISO 50001 能源管理系統內部稽核師證照班」訓練，並取得證照。

(6) 11/20-21 邱戊吉、陳治均參加台綜院辦理之能源與溫室氣體統計研討會，本研討會之主題為能源效率指標與電力排放係數之計算與內涵，並邀請日本 IEEJ EMDC 宮川卓也主任研究員與日本國立環境研究所 芦名秀一研究員分享日本之經驗。會間與台綜院候仁義主任討論我國二氧化碳排放統計之相關問題並交換意見。

(7) 為提升『能源與減碳政策評估』計畫工作效率，購置數學及科學計算軟體 Maple，以利執行數學公式之建立、檢驗與除錯，6月7日邱戊吉、柴蕙質、廖偉辰、卓金和赴思渤科技公司參加該軟體之研習課程。

註：若綱要計畫期程為4年期第1年執行者，請明確寫出本綱要計畫為第1年執行，固無主要成就及成果之價值與貢獻度；其他非第1年執行者請填寫起始年累積至今主要成就及成果之價值與貢獻度(例如：執行期程為第3年之綱要計畫即寫第1年到現在所有成果之 outcome)。

伍、本年度計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形

(一)計畫結構與經費

細部計畫 (分支計畫)		研究計畫 (分項計畫)		主持人	執行機關	備註
名稱	經費(千元)	名稱	經費(千元)			
我國能源科技及產業政策評估能力建置	16,417			葛復光	核能研究所	國家型， 1000萬元以上
		能源技術系統分析	8,194	邱戊吉		
		能源技術經濟及產業評估	8,223	卓金和		

(註1)計畫請依國家型、由院列管、1000萬元以上及1000萬元以下分類標示。

(二)經資門經費表

預算執行數統計截止日期 101.12.31 (已審, 截止日期為 102.1.15)

會計科目	項目	預算數(執行數)/元			備註	
		主管機關預算 (累計分配數)	自籌款	合計		
				流用後預算數 (實際執行數)		占總預算數% (執行率%)
一、經常支出						
1.人事費						
2.業務費						
3.差旅費						
4.管理費						
5.營業稅						
小計						
二、資本支出						
1.設備費						
小計						
合計	金額	16,417,000 (16,417,000)		16,417,000 (16,368,749)	100.00% (99.71%)	
	占總經費% =分配數÷預算數 (執行率=執行數÷ 流用後預算數)	100.00%		(99.71%)		

請將預算數及執行數並列，以括弧表示執行數。

註：本計畫人事費編於專業服務費項下，4名替代役，共250萬元。限於規定，編制與專業支援人事費用均不能編列於此中央施政計畫。

與原計畫規劃差異說明：

(三)100萬以上儀器設備

總期程累計(中綱計畫執行期間累計)：

No.	年度	儀器設備名稱	支出金額
1	101	TIMES 模型介面軟體 VEDA-BE 及 VEDA-FE	1,072,071
	合計		1,072,071

二、計畫人力運用情形

(一)計畫人力

人力統計截止日期 101.12.31

說明：

年度	執行情形	總人力 (人月)	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
總期程累計(中 綱計畫執行期 間累計)	原訂	96	24	48	24	0
	實際	96	24	48	24	0
	差異	0	0	0	0	0

研究員級：研究員、教授、主治醫師、簡任技正、若非以上職稱則相當於博士滿三年、或碩士滿六年、或學士滿九年之研究經驗者。

副研究員級：副研究員、副教授、總醫師、薦任技正、若非以上職稱則相當於博士、碩士滿三年、學士滿六年以上之研究經驗者。

助理研究員級：助理研究員、講師、住院醫師、技士、若非以上職稱則相當於碩士、或學士滿三年以上之研究經驗者。

助理：研究助理、助教、實習醫師、若非以上職稱則相當於學士、或專科滿三年以上之研究經驗者。

(二) 中綱計畫執行期間累計主要人力(副研究員級以上)投入情形

(列出主要人員清單，如副研究員以上、計畫主持人等)

中綱計畫執行期間累計：

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及 人月數	學、經歷及專長	
				學歷	專長
	葛復光	分支計畫 主持人	負責計畫督導與 管理/12	學歷	碩士
				經歷	核研所能源系統與經濟研究室負責人
				專長	系統模擬、政策評估、能源經濟分析
	卓金和	分項計畫 主持人	淨煤技術發展資 料收集、技術經 濟評估/12	學歷	博士
				經歷	核研所能源系統與經濟研究室研究員
				專長	能源經濟分析
	陳中舜	研究員	淨煤技術發展資 料收集、技術經 濟評估、 MARKAL 模型 住宅及服務業部 門分析/12	學歷	博士
				經歷	核研所能源系統與經濟研究室研究員
				專長	能源經濟模型、技術經濟分析
	柴蕙質	研究員	技術經濟評估/12	學歷	博士
				經歷	核研所能源系統與經濟研究室研究員
				專長	能源經濟分析
	劉家豪	研究員	淨煤技術發展資 料收集、模型分 析/12	學歷	博士
				經歷	核研所能源系統與經濟研究室研究員
				專長	環境管理
	廖偉辰	研究員	MARKAL 模型 鋼鐵及石化業資 料蒐集與模型參 數修訂/12	學歷	博士
				經歷	國立臺灣科技大學博士後研究 核研所能源系統與經濟研究室研究員
				專長	熱力學模擬
	陳治均	研究員	數據蒐集整理、 二氧化碳排放量 計算、MARKAL 模型運輸部門 /3.5	學歷	博士
				經歷	核研所能源系統與經濟研究室研究員
				專長	核電廠安全分析

陸、本計畫可能產生專利智財或可移轉之潛力技術(knowhow)說明

本計畫無此類研究項目。

柒、與相關計畫之配合

(執行中的合作情形以及未來之合作計畫，若有國際合作關係也請說明。)

- (1) 與淨煤主軸計畫合作完成我國 CCS 發電技術經濟分析，並將相關成果出版為政府出版品「台灣碳捕獲與封存技術經濟評估之現況與展望」。(本計畫負責全部分析與撰寫，淨煤捕碳儲碳主軸計畫負責行政支援與建議)
- (2) 協助淨煤主軸計畫完成 SOFC CHP 單位投資成本和發電成本下降趨勢推估、總體經濟效益分析及發展 SOFC CHP 產業對產值及就業之影響。該成果被收錄於政府出版品「台灣發展高效率分散型能源技術藍圖暨產業化策略之芻議」。(本計畫負責第四章之全部分析與撰寫，淨煤捕碳儲碳主軸計畫負責行政支援與建議)
- (3) 辦理本所加入國際能源經濟學會 (International Association for Energy Economics, IAEE) 學術機構團體會員，並由邱副所長擔任團體代表，期能與世界各能源經濟研究組織建立更密切的溝通及合作管道。
- (4) 與台灣綜合研究院、台灣三益策略發展協會、中原大學、成功大學進行計畫合作與交流。10月9日與台灣綜合研究院合辦「我國節能減碳政策工具應用效益評估」研討會。10月18日與中原大學合辦「2012 再生能源、減碳技術及能源安全」研討會。
- (5) 協助清華大學「能源科技研究中心推動計畫—能源產業科技策略研究」舉辦節能減碳之技術創新與產業發展研討會。
- (6) 葛復光於10月24日上午參加運研所委託台綜院執行之「運輸部門能消耗與溫室氣體減量評估模型之應用」計畫專家學者座談會。
- (7) 11/20-21 邱戊吉、陳治均參加台綜院辦理之能源與溫室氣體統計研討會，本研討會之主題為能源效率指標與電力排放係數之計算與內涵，並邀請日本 IEEJ EMDC 宮川卓也主任研究員與日本國立環境研究所 芦名秀一研究員分享日本之經驗。會間與台綜院侯仁義主任討論我國二氧化碳排放統計之相關問題並交換意見。
- (8) 提供相關資料給所長參加經濟部能源會報及能源研發策略規劃小組使用。
- (9) 參加台經院「再生能源躉購及基金費率研析」計畫「我國再生能源電能躉購制度策略」會議及「再生能源推廣目標規劃專家會議-多目標規劃模型資料建置」會議。
- (10) 參加環保署舉行之全國氣候變遷系列會議。
- (11) 參加能源局舉行之能源發展綱領研商會議。
- (12) 葛復光於11月15日上午參加能源局委託工研院 IEK 執行之「節約能源與效率提升整體策略研究」計畫「能源消費者行為調查」委辦案評選審查。

- (13) 葛復光於 11 月 15 日下午參加工業局委託綠基會執行之「節能減碳政策對製造業之影響評估（製造業節能減碳政策影響評估模型之模擬）」暨「能源稅（碳稅）徵收與支出用途研議規劃」專家諮詢會議。
- (14) 葛復光於 12 月 6 日上午赴工業局參加「節能減碳政策對製造業之影響評估」暨「能源稅徵收與支出用途研議規劃」專家諮詢會議。
- (15) 葛復光於 12 月 13 日赴政治大學參加教育部大專人才培育計畫種子教師培訓進階教材 (B6 單元-能源對經濟、社會與環境的影響)編撰第一次會議並負責 6.5 節-核能發電的角色與爭議。

捌、後續工作構想之重點

針對模型發展進程，強化對各議題的分析，102 年度將維持以 MARKAL-ED 為主要分析工具，並開始建置 TIMES 模型，並定期依社經環境與技術發展，更新能源供需規劃與減量策略評估報告，提出國家各部門最適減量規劃建議，並積極籌建能源資訊中心與政策溝通平台。

完成風力發電、燃料電池、智慧型電網之產業評估，可協助訂定我國燃料電池產業化政策，以及智慧型電網產業發展策略。完成燃料電池、智慧型電網之技術經濟分析，擬定相關技術發展進程與推廣策略。研析產業間碳排放交易相關政策規劃及影響。本計畫後續會將先進發電技術逐期納入分析，如 102 年將分析海洋能與離岸風電等。

預期產出：

1. 完成該年結案報告
2. 投稿國內、外期刊論文共一篇
3. 發表於國際/國內研討會兩篇(將以發表於國際研討會優先，但如出國名額有限，則改為國內研討會)
4. 舉辦研討會
5. 提出政策建議

玖、檢討與展望

未來本研究團隊將逐步走向策略規劃研究與強化諮議職能。除(1)積極投入將 MED 升級至更為靈活的 TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System) 模型以作為各類低碳能源技術之發展進程規劃外，亦將(2)繼續著重於技術經濟對相關技術的成本效益與外部成本比較，以逐步累積策略研析之能量，並(3)逐期將相關本土化數據與研究成果經由能源資訊平台的建置對外公佈，以提供給政府及產業界作為擬訂能源政策、技術推動之參考。

附錄一、佐證資料表

(就下述指標填報佐證資料，若該指標無成果請刪除該表，標題粗體為必填欄位)

一、學術成就表

年度	計畫名稱	中文題名	英文題名	第一作者	其他作者	發表年度	論文出處	文獻類別代碼	重要期刊資料庫簡稱	SCI impact factor	引用情形代碼	獲獎情形代碼	獎項名稱
						採西元年 如：2005	期刊名稱，卷期，頁 如：科學發展月刊， 409期，頁6-15	a 表國內 一般期刊 b 表國內 重要期刊 c 表國外 一般期刊 d 表國外 重要期刊 e 表國內 研討會 f 表國際 研討會 g 著作專書	例如： SCI、 SSCI、 EI、AHCI、 TSSCI		Y1:被 論文引 用 Y2:被 專利引 用 N:否	Y:有獲 獎 N:否	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	歐洲再生能源與再生能源 R&D				2012	International journal of green energy 投稿中	d			N	N	
101	我國能	我國發展				2012	台經月刊，35	a			N	N	

	源科技及產業政策評估能力建置	SOFC CHP 高效率分散型能源技術及其產業化之潛在效益					期，頁 102-111						
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	由韓國經驗看台灣產業轉型政策				2012	經濟前瞻，	a			N	N	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	福島核災後台灣基載電力選項分析				2012	International Association for Energy Economics	f			N	N	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	研發、技術創新以及躉購電價				2012	The East Asian Association of Environmental and Resource Economics	f			N	N	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	再生能源與能源安全				2012	IAEE Asian Conference (日本京都)	f			N	N	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	台灣研發躉購電價及再生能源目標				2012	Interdisciplinary Workshop on Energy-Economy Modeling (新加坡南洋理工大學)	f			N	N	

101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	氣候變遷與碳捕獲與封存技術				2012	Interdisciplinary Workshop on Energy-Economy Modeling (新加坡南洋理工大學)	f			N	N	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	研發、技術創新以及躉購電價				2012	國際會議論文	f			N	N	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	我國發展 SOFC CHP 產業之潛在效益及推動策略初探				2012	2012 再生能源、減碳技術及能源安全研討會	e			N	N	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	CCS 技術發展趨勢與情境分析				2012	2012 再生能源、減碳技術及能源安全研討會	e			N	N	
101	我國能源科技及產業政策評估能力	台灣電力部門之投入產出生命週期評估	Environmental impacts of Taiwan's electricity sector by input output life cycle assessment			2012	Aerosol and Air Quality Research, 12(5), p.733-744 (SCI)	d	SCI	2.827	N	N	

	建置												
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	台灣電力部門二氧化碳排放之乘數分析	CO ₂ emission multiplier effects of Taiwan's electricity sector by input-output analysis			2012	Aerosol and Air Quality Research 12(2), p.180-190 (SCI)	d	SCI	2.827	N	N	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	二氧化碳捕獲、輸送與封存技術發展趨勢分析				2012	破經濟，第 25 期，p.83-93	a			N	N	

二、培育人才表 (參與本計畫博碩士研究生基本資料)

年度	計畫名稱	姓名	學歷代碼	屬性	連絡地址	電話	E-MAIL	備註
			a 博士 b 碩士	a 培育 b 培訓				
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	馮 0 強	a	a				
101	我國能源科技及產業政策評估能力建	溫 0 伶	a	a				

	置							
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	張 0 崇	b	a				
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	詹 0 婷	b	a				

三、技術報告表

年度	計畫名稱	報告名稱	作者姓名	出版年	頁數	出版單位	備註
			作者姓名間以半型分號「;」隔開	採西元年 如：2005			
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	台灣碳捕獲與封存技術經濟評估之現況與展望		2012	63	核能研究所	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	研發、技術創新以及躉購電價		2012	16	核能研究所	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	RETSscreen 軟體之引進與分析能力建立		2012	71	核能研究所	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	我國發展 SOFC CHP 高效率分散型能源技術及其產業化之潛在效益		2012	37	核能研究所	

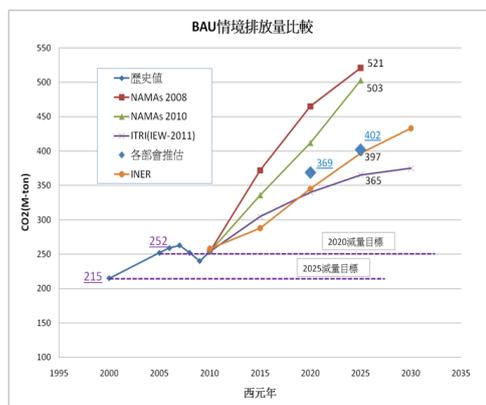
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	福島核災後台灣基載電力選項分析		2012	13	核能研究所	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	INER MARKAL 鋼鐵業模型資料庫		2012	96	核能研究所	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	我國節能減碳政策工具應用效益評估精簡報告		2012	41	核能研究所	
101	我國能源科技及產業政策評估能力建置	二氧化碳捕獲、輸送與封存技術發展趨勢及參數分析		2012	34	核能研究所	

附錄二、佐證圖表

(1) MARKAL/TIMES 模型建置

1. 更新基準情境並比較

項目	情境	
	2010 NAMAs BAU	INER MARKAL BAU
2011 - 2020 GDP 平均成長率	4.45% (2011~2020)	4.37%
電力	天然氣	維持2008用量約 822 萬噸 年用量不低於1100 萬噸
	再生能源發電裝置容量	維持2010年水準 2020年 ≤ 8.34 GW 2025年 ≤ 10.58 GW 2030年 ≤ 13.37 GW 2050年 ≤ 33.63 GW
	核能	不延役，核四視為減量措施 (BAU 中無核四) 不延役，核四商轉
石化業	無國光石化，有六輕五期	無國光石化，有六輕五期
自發性能源技術效率提升	每年0.4%	不設定 (模型計算後之結果年改善率為1.37%)



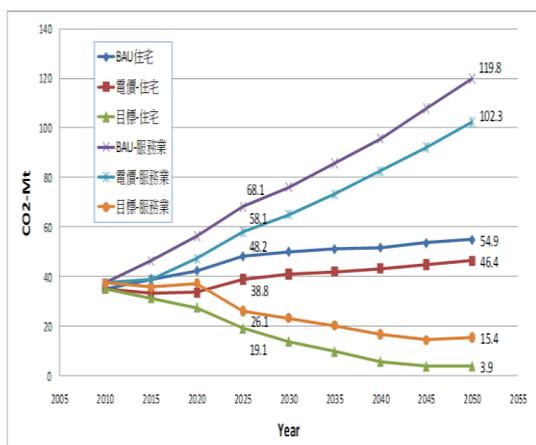
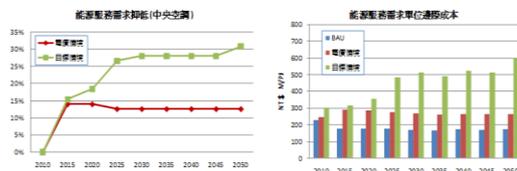
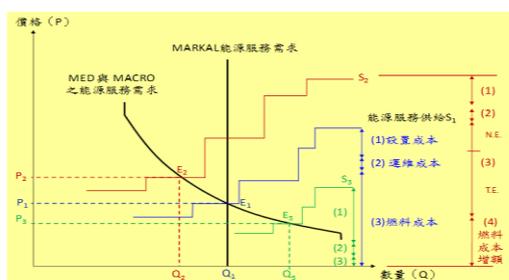
INER-MARKAL BAU情境：

- 更新基準年至2010年資料，並考慮穩健減核、擴大天然氣與再生能源使用等政策。
- 工業是最大的CO₂排放部門，服務業則是CO₂成長最快之部門。
- INER BAU情境排放量相對接近於政府各部會自行推估之總量 (參考行政院節能減碳推動會2010年統計)。

3

2. MARKAL-Elastic Demand 模型功能驗證

a. 住宅及服務業模型驗證分析

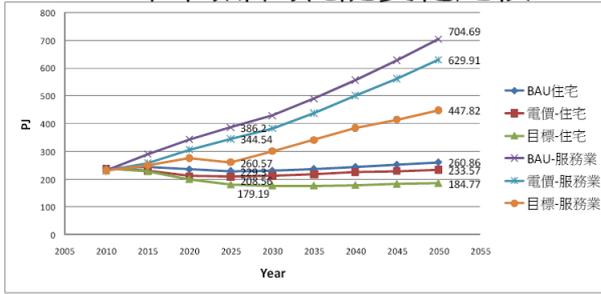


研究主要發現：

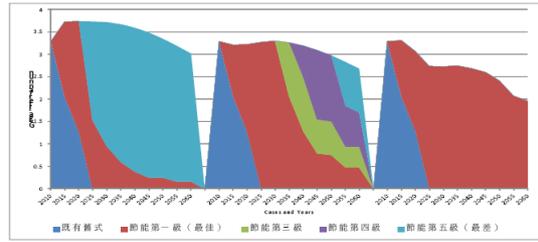
- 引進MED模組，針對個別能源服務需求設定彈性，以呈現部門中個別能源服務需求對於價格之變化，並求解出BAU情境下2025及2050年時，總CO₂排放量分別為402.85與554.34Mt。
- 透過電價的調整於2025/2050年時，可較BAU情境減少年度CO₂排放量的9.6% (38.8 Mt) /7.9% (43.94Mt)；其中於2050年有32.8%的減碳貢獻來自於服務業部門，15.9%來自於住宅部門。
- 於目標情境中2025/2050年時，年排放量較參考情境總計可減少46.63% (187.83 Mt) /80.9% (456.2Mt)，其中有22.9%減碳貢獻來自於服務業部門，11.2%來自於住宅部門。

(1/3來在服務需求抑低，2/3來自低碳電力上線)

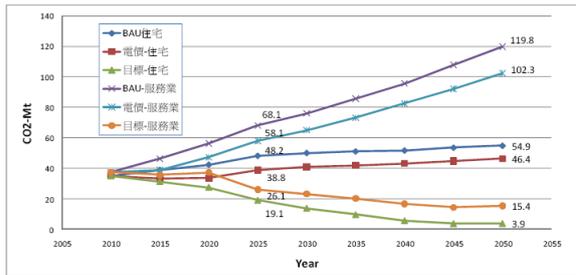
住商部門耗能變化比較



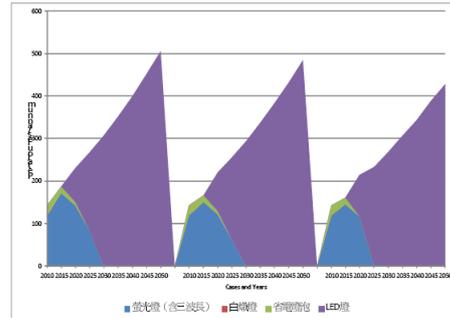
住宅冰箱技術配置



住商部門CO2排放量比較

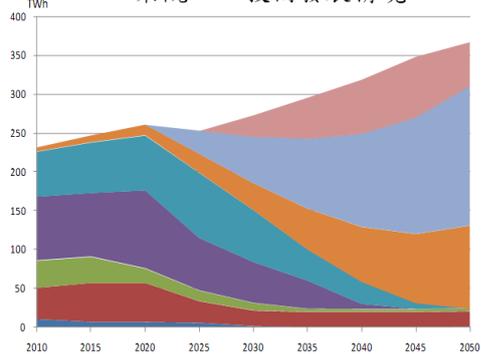


商業部門照明技術配置

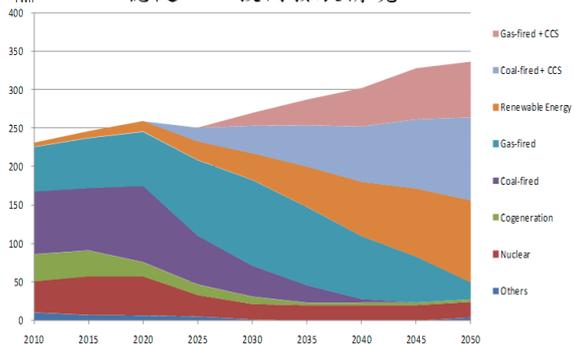


b. CCS 技術情境分析

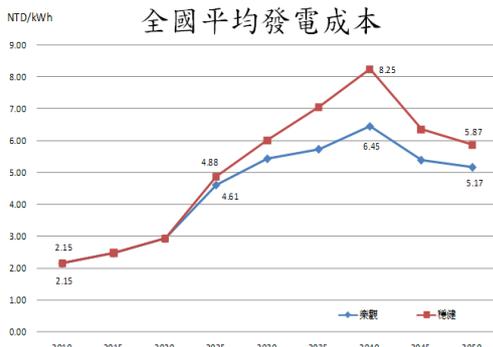
樂觀CCS技術發展情境



穩健CCS技術發展情境



全國平均發電成本

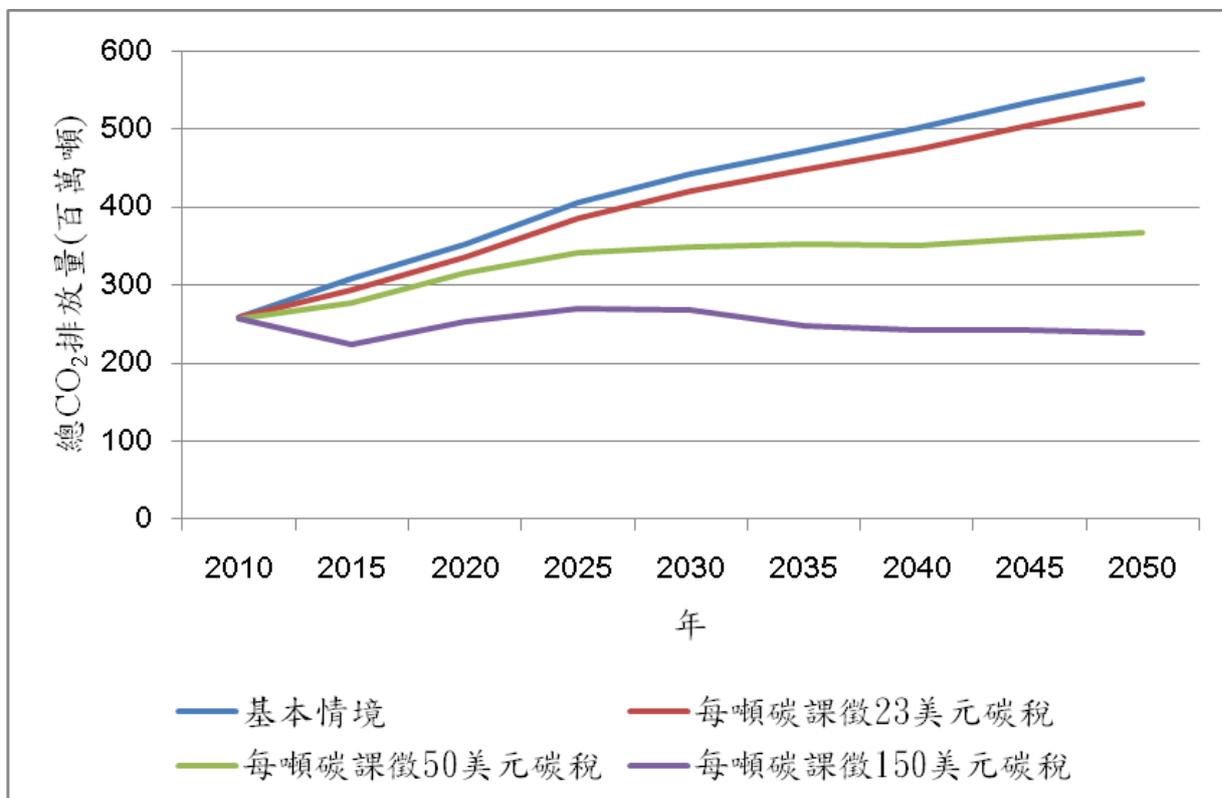


- 利用 MARKAL-ED 模型考慮於穩健減核政策下，分析發電系統導入 CCS 技術的不同發展情境。
- 在樂觀情境中，2050 年具備 CCS 技術之火力發電廠在其發電量將達到 237 TWh，佔台灣總發電量的 64%，而再生能源發電量佔比則為 29% (107 TWh)。
- 在穩健情境中，在 2050 年台灣總發電量之 53% (180 TWh) 將來自具備 CCS 技術的火力發電，同期再生能源發電量仍維持與樂觀情境值相同 (107 TWh)，發電量佔比略增為 32%。

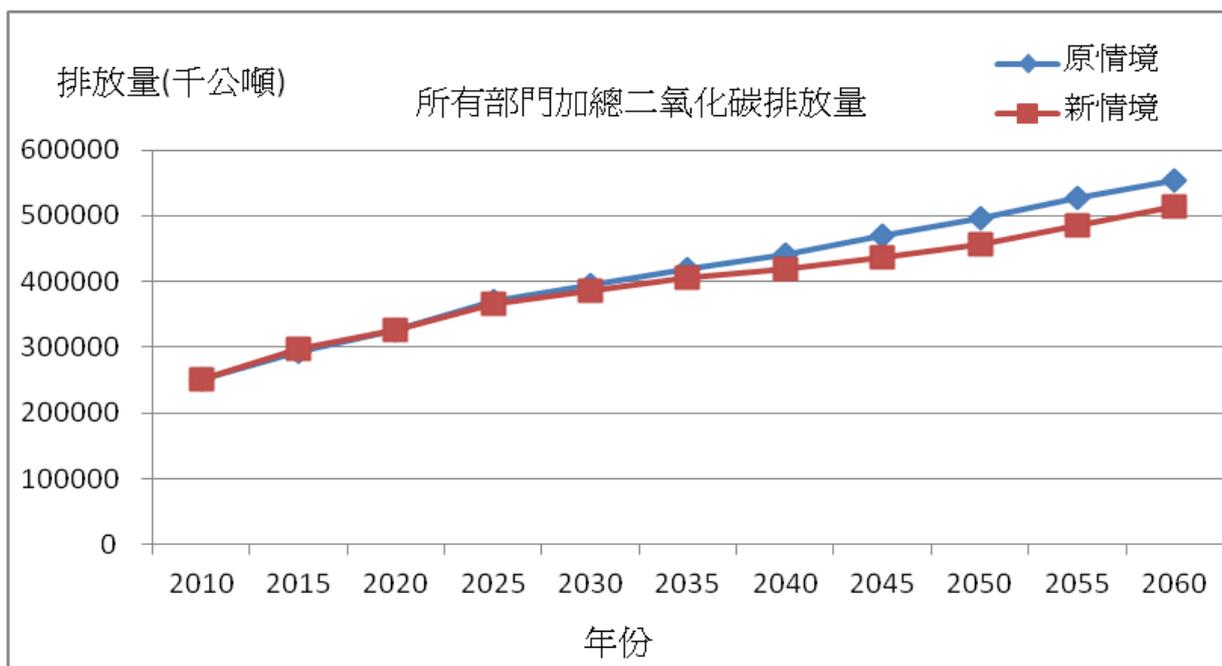
發電成本補充說明：2025 年因燃煤 CCS 電廠進入發電序列，且太陽光電與離岸風機發電系統亦持續成長，導致全國平均發電成本增加。後續因燃氣發電比例持續上升，導致成本持續遞增。2040 年後，因再生能源發電比例漸增，天然氣需求降低，使成本下降。此外，因樂觀情境之成本低於穩健情境之成本，顯示當 CCS 電廠之裝置容量增加時，國內發電部門可獲得較低的全國平均發電成本。

c. 碳稅模擬及能源價格情境分析

參考澳洲與瑞典等國已實施之碳稅稅率，假設每噸碳課徵 23 美元、50 美元、150 美元三種情境，以 MARKAL-ED 模擬至 2050 年，並與基本情境比較整體 CO₂ 排放量的變化與不同部門之能源服務需求變化率。

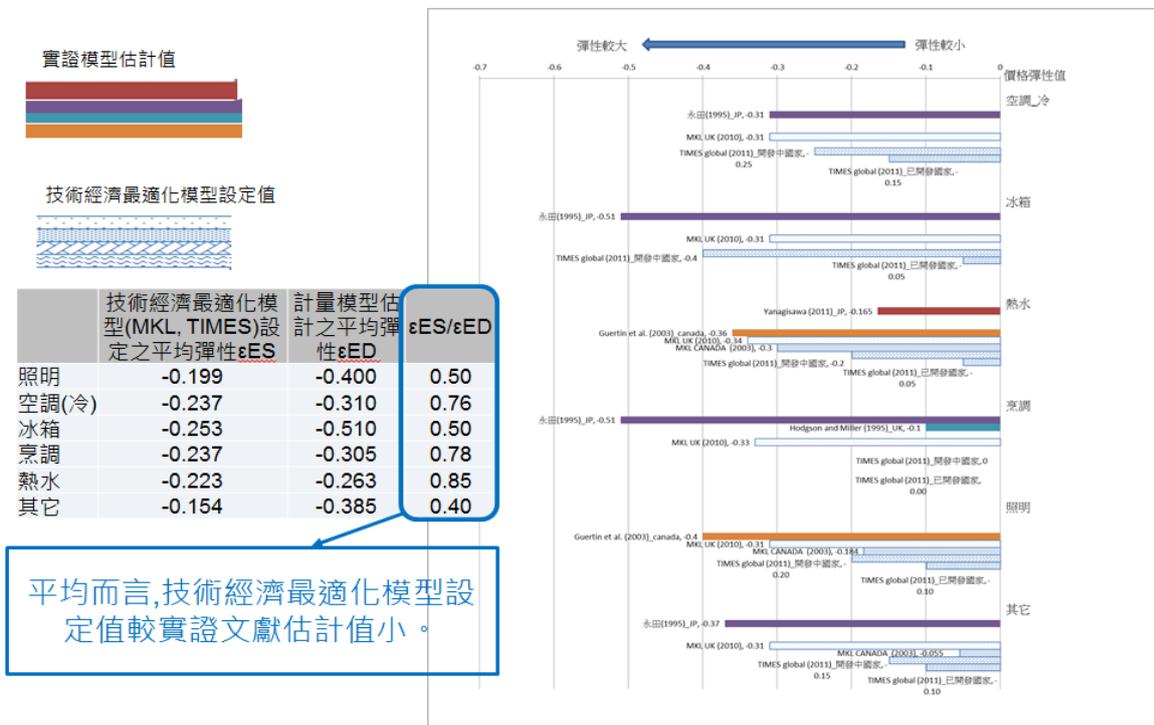


以新近之能源價格預測作為新情景中的能源進口成本，並利用 MARKAL-ED 模型進行結果比較。



3. 我國能源服務需求價格彈性推估

MARKAL-ED 模型中「能源服務需求」價格彈性與「能源需求」彈性不同，在模型中是非常重要的參數。然而以往國內缺乏相關研究與推估，本計畫參考國內外文獻所使用之方法以推估我國能源服務需求價格彈性。目前的成果以住宅及服務業部門為主。

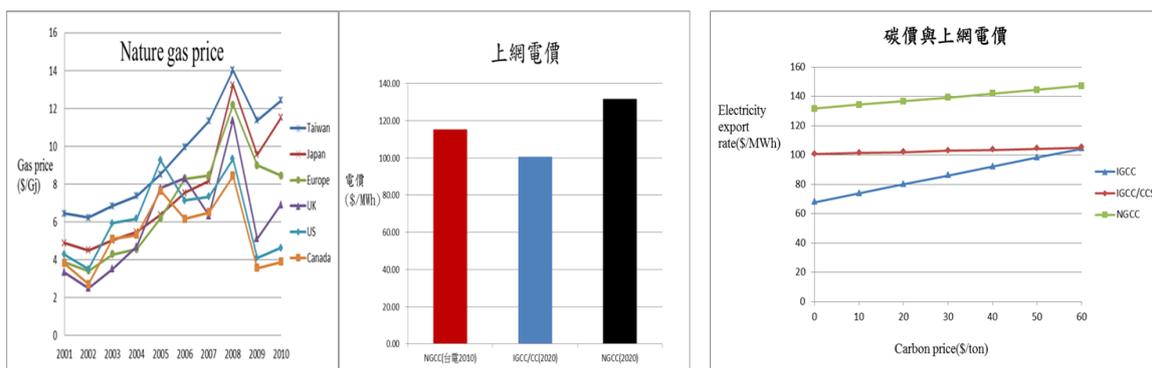


住宅部門	能源服務需求彈性上限 (以長期係數推算)	能源服務需求彈性下限 (以短期係數推算)
照明	-0.51	-0.33
空調(冷)	-0.71	-0.39
冰箱	-0.53	-0.30
烹調	-0.45 ^{註2}	-0.28 ^{註2}
熱水	-0.53 ^{註2}	-0.39 ^{註2}
其它	-0.12	-0.12 ^{註3}
各項能源服務平均	-0.48	0.29

服務業部門	能源服務需求彈性上限 (以長期係數推算)	能源服務需求彈性下限 (以短期係數推算)
服務業空調	-0.38	-0.38 ^{註7}
服務業照明	-0.55	-0.42
服務業其它設備	-0.65	-0.42
各項能源服務平均	-0.53	-0.41

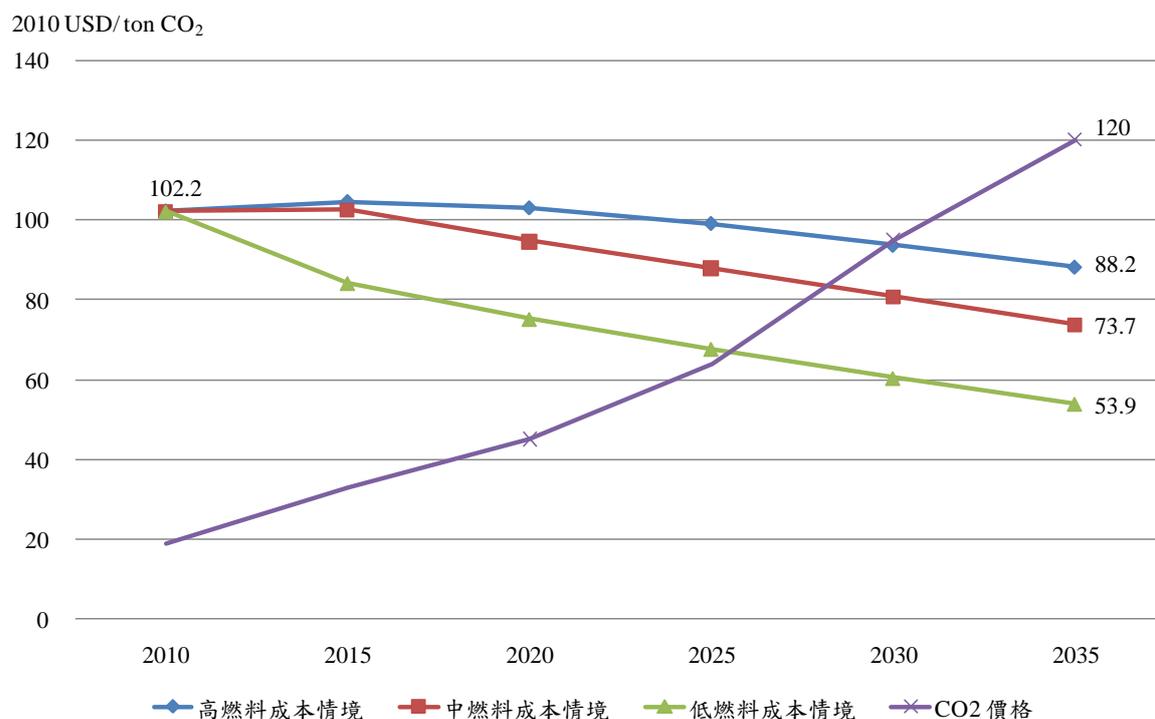
(2)能源技術經濟分析

1. IGCC/CCS 發電技術經濟分析



- 天然氣發電為我國近期十分倚重的發電技術，但在考慮未來燃料價格、能源安全以及減排壓力的情境下，以IGCC/CCS來取代NGCC已成為國內積極著手研究的方向。
- 比較2010年台電NGCC實機上網電價為115.4 (美元/MWh)，已高於2020年IGCC/CCS。若再權衡未來NGCC:(1)效率提升以及(2)台灣天然氣燃料價格上升的效果下，結果顯示**即使在沒有碳稅的前提下，IGCC在台灣發展已具未來性。**
- 利用技術經濟分析上網電價及碳價間的關係，結果發現當碳價為60(US\$/ton)時，IGCC和IGCC/CCS將會有交點，即支付的碳稅總額等於加裝CCS設備總成本，故IGCC/CCS可取代IGCC發電廠。

CCS 技術約在 2025-2030 年較碳價具競爭優勢，其減碳成本將低於國際交易成本。CCS 成本與 CO₂ 價格變動趨勢如下圖。

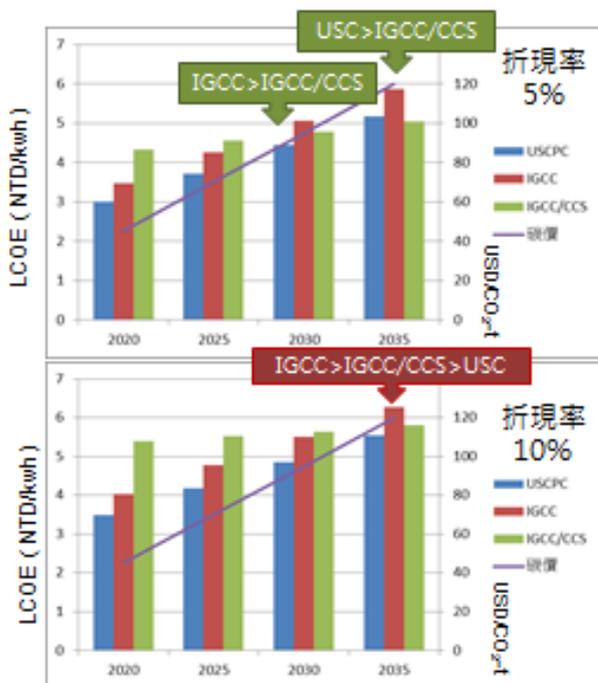


2. 基載電力技術經濟分析

為了研究未來減碳壓力對於基載發電技術均化成本的影響，本計畫共採用兩種不同的二氧化碳價格情境：現有政策情境及 450ppm 情境進行分析，結果如下圖所示。



450ppm情境碳價的影響



折現率5%

在2030年IGCC/CCS的均化成本低於IGCC。
在2035年IGCC/CCS的均化成本低於USCPC

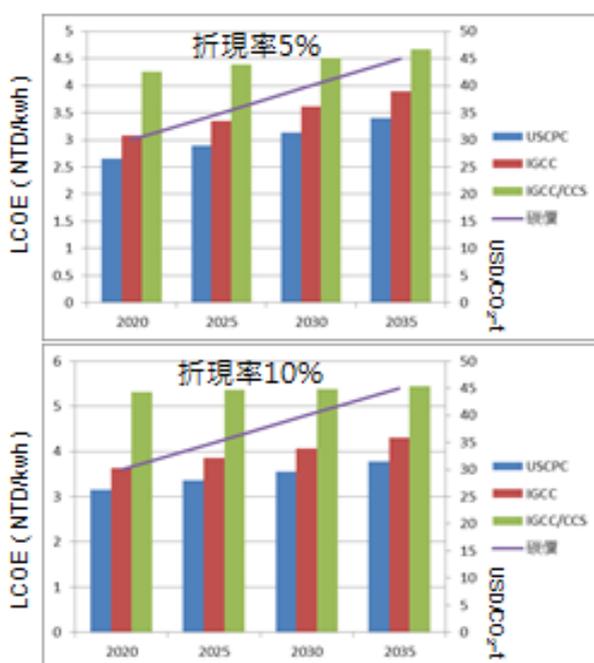
折現率10%

在2035年IGCC/CCS的均化成本低於IGCC。
然而IGCC/CCS的均化成本將仍高於USCPC。

在碳價的大幅走高下 (45→120USD/CO₂-ton)，會使IGCC/CCS技術逐漸具有競爭力，若隨著投資風險的降低 (反映在折現率上)，2035年時有機會成為最低成本之選擇方案。



現有政策情境碳價的影響



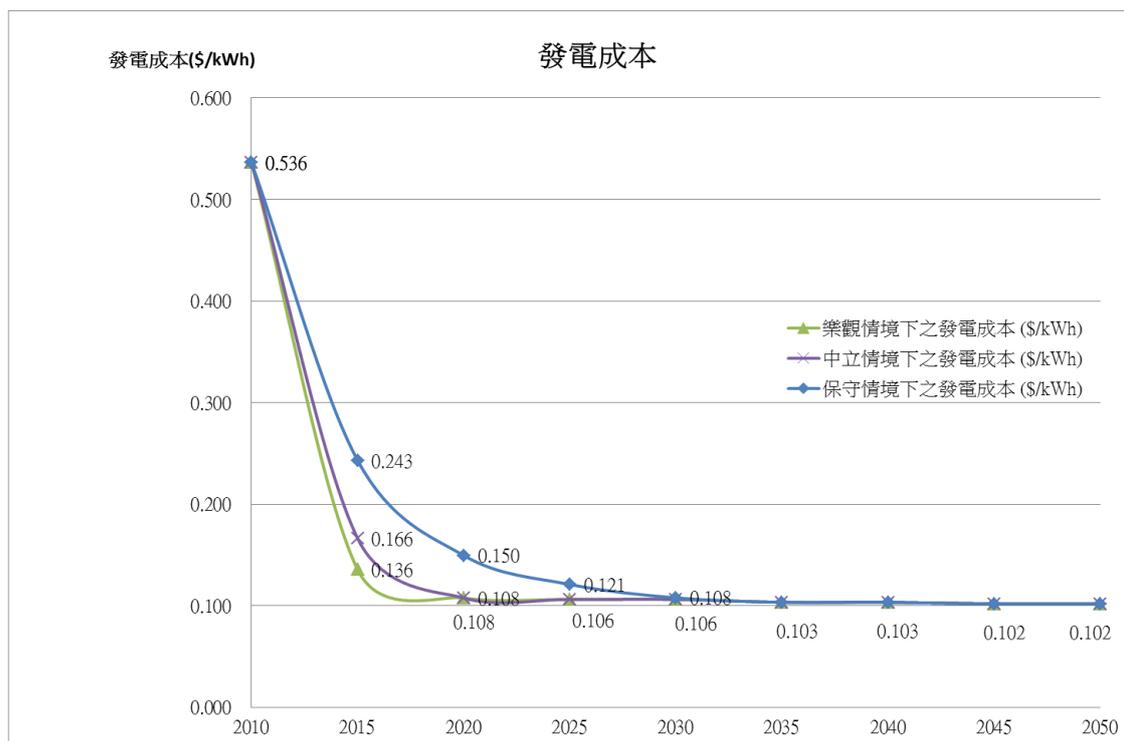
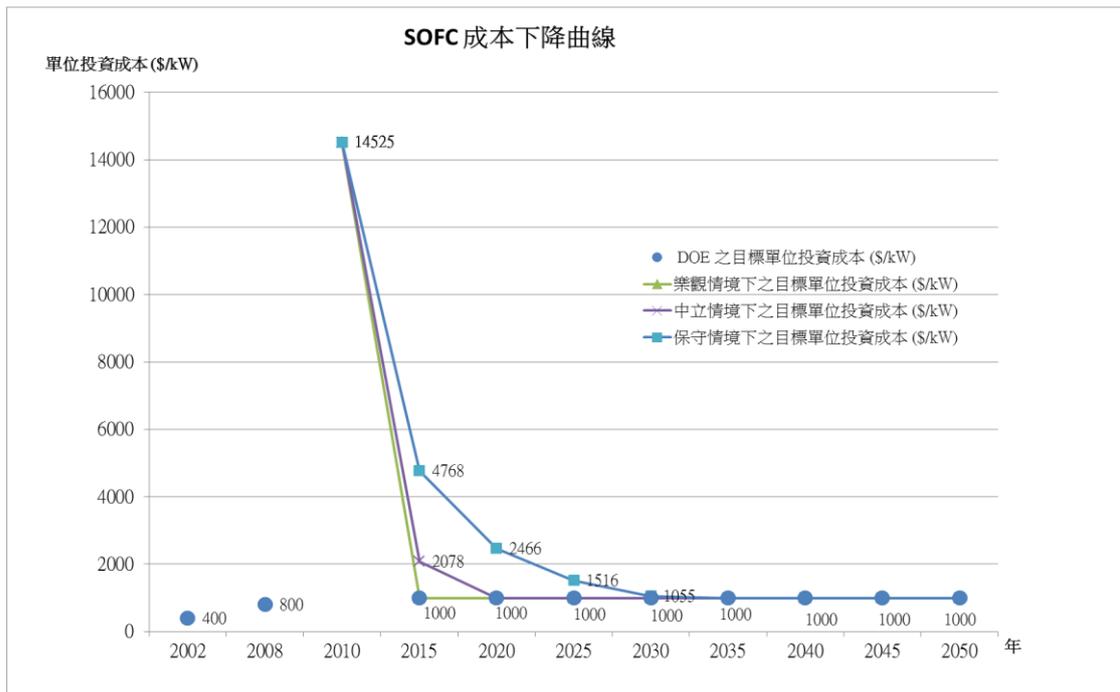
現有政策

- 在考慮未來技術進步造成成本下降以及燃料成本上漲兩種因素後。在5%以及10%的折現率下，IGCC/CCS的均化成本仍較IGCC及USC高。

由於碳價漲幅有限 (30→45USD/CO₂-ton)，無論在何種折現率與時間點下LCOE皆維持：USC < IGCC < IGCC/CCS，換言之，在本情境中USC都是較佳之選擇方案。

3. SOFC 效益分析

分析 SOFC CHP 未來在不同假設下的成本下降曲線與發電成本。



4. 生質酒精技術經濟分析(委託計畫)

從料源豐富度與料源分佈程度觀點建議酒精廠之設置順序：中區優先，南區次之，北區是最末選項，因此本研究考慮中區及南區設廠。由本研究之結果建議政府可利用價格補貼方式鼓勵廠商生產纖維酒精，補貼價格建議依農產廢棄物環境質損進行換算，以民國 99 年的綠色國民所得帳為基準，補貼價格訂為 8.2 NTD/L。若以中區酒精廠(產能規模 15 萬公秉)來看，酒精銷售價格可降至 29.95 NTD/L (=設算銷售價格 38.15-補貼價格 8.2)。如此一來，可以解決酒精的高價問題，有利於提昇纖維酒精的價格競爭。

生質酒精技術分析結果

	中區纖維酒精廠	南區甘蔗酒精廠	小計
酒精產量(KL/yr)	20 萬	10 萬	30 萬
酒精總生產成本(百萬元/yr)	7,150	2,650	9,800
CO2 減量(t/yr)	420,000	139,000	559,000
農業產值(百萬元/yr)	3,311	2,043	5,354
酒精廠產值(百萬元/yr)	7,000	3,500	10,500
CO2 減量效益(百萬元/yr)	1,246^a	412^a	1,658
	118	39	157
環境效益(百萬元/yr)	1,616		1,616
產業效益合計(百萬元/yr)	13,173	5,955	19,128
	12,045	5,582	17,627
益本比(不加計農業產值)	1.38		
	1.22		

5. CGE 模型應用於 CCS 經濟效益分析(委託計畫)

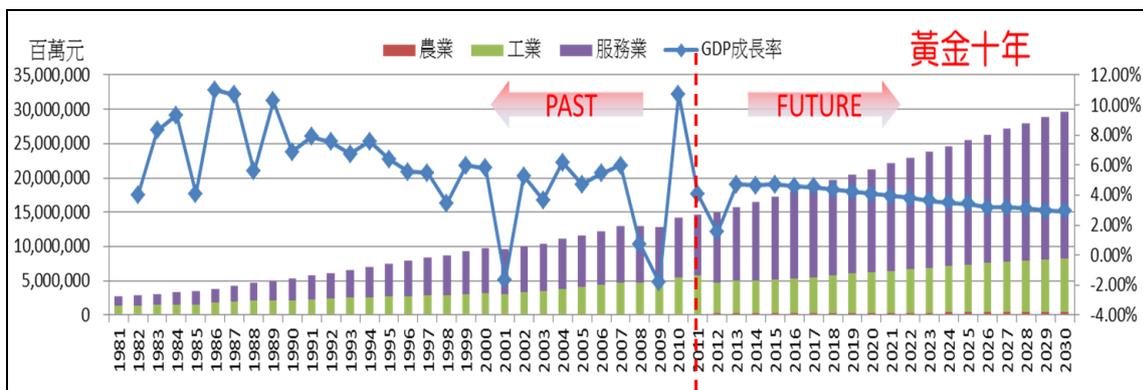
利用 GEMEET 模型探討台灣發展 CCS 之經濟與環境效益。

情境			模擬結果 (與 BAU 相比, 從 2021 至 2050 年之累計變化量)		
	CCS 目標	CO ₂ 排放限制	實質 GDP 變動量 (單位:十億台幣)	就業量變動量 (單位:千人次)	CO ₂ 變動量 (單位:千公噸)
BAU	—	—	-	-	-
S1	○	—	1,339	63.89	-995,039
S2	—	○	-39,674	-3,431.97	-1,687,611
S3	○	○	-14,275	-1,670.15	-1,690,117

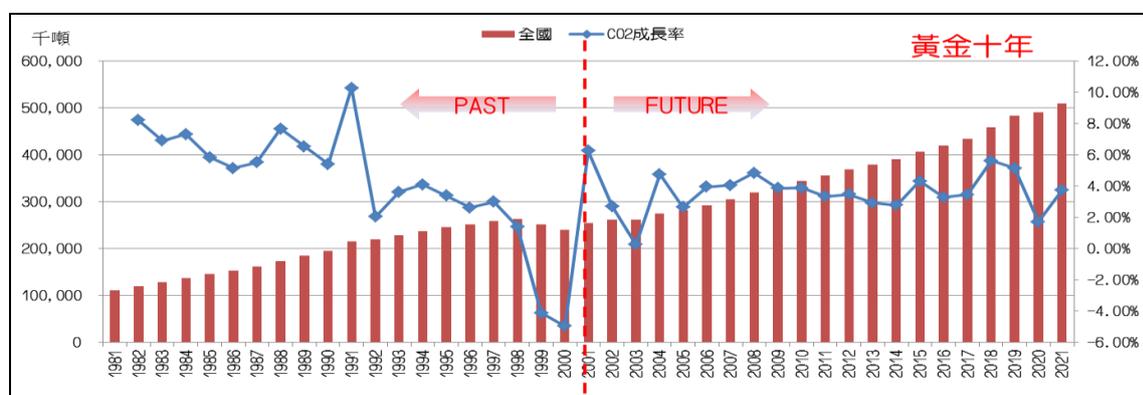
台灣較有可能發展的碳捕捉為燃煤電廠,若台灣自 2021 年起,每年增加 0.8GW 的 CCS 裝置,則至 2050 年將累計有 24GW 的 CCS 裝置,而此 24GW 的裝置可年捕捉 104 百萬噸的 CO₂,自 2021 年至 2050 年則累計可捕捉 1,687 百萬噸,然而若在沒有減量的壓力下,經濟體系卻累計僅減 995 百萬噸,主要原因乃因為經濟體必須要生產更多設備業來支應 CCS 發電技術,且由於捕捉處理 CO₂ 的過程也需要使用大約其發電量 1/3 的電力,導致發電效率會較低,所以實際上的 CO₂ 捕捉量會較原先預估的還要少。若以發展 CCS 時可捕捉量設計減量情境 (2021 至 2050 累計共減 1,687 百萬噸),但經濟體系卻未發展 CCS,則將衝擊經濟生產活動,GDP 由 2020 至 2050 累計將受到 39 兆的負面衝擊,累計就業人次則減少 343.1 萬人次。但若有發展 CCS,則經濟體系將因有低碳的 CCS 而可較 S2 發更多的電,此時 GDP 將僅受到 14 兆的衝擊。

(3)我國節能減碳政策工具應用效益評估(委託計畫)

1. 產業結構調整



GDP 預測

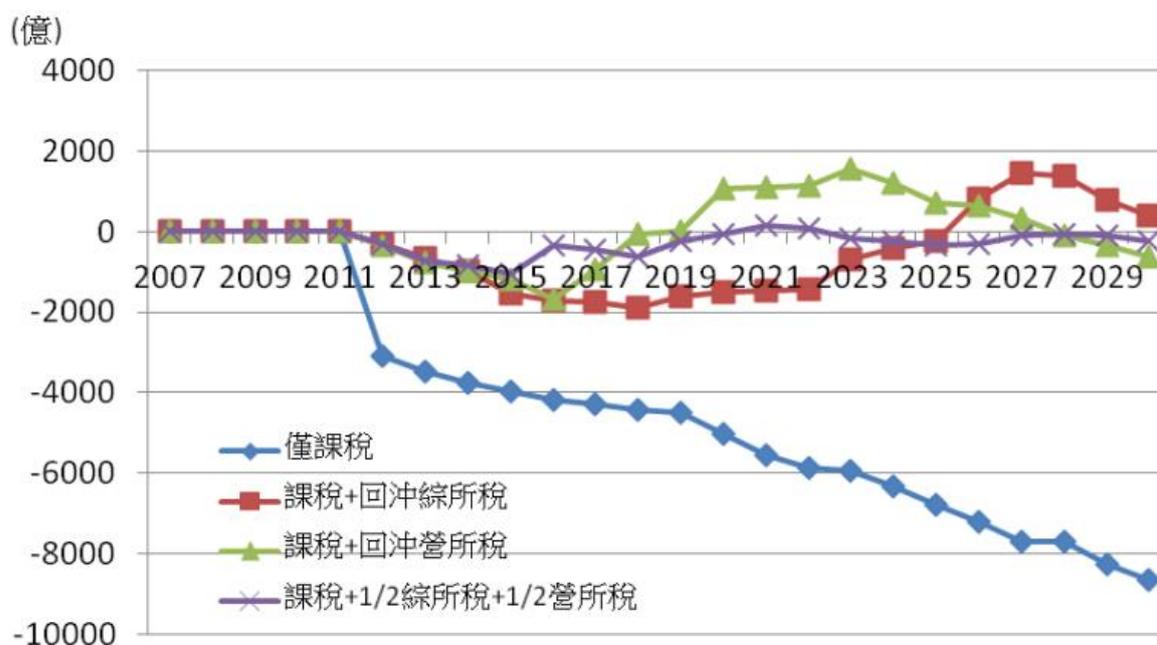


CO₂ 排放量預測

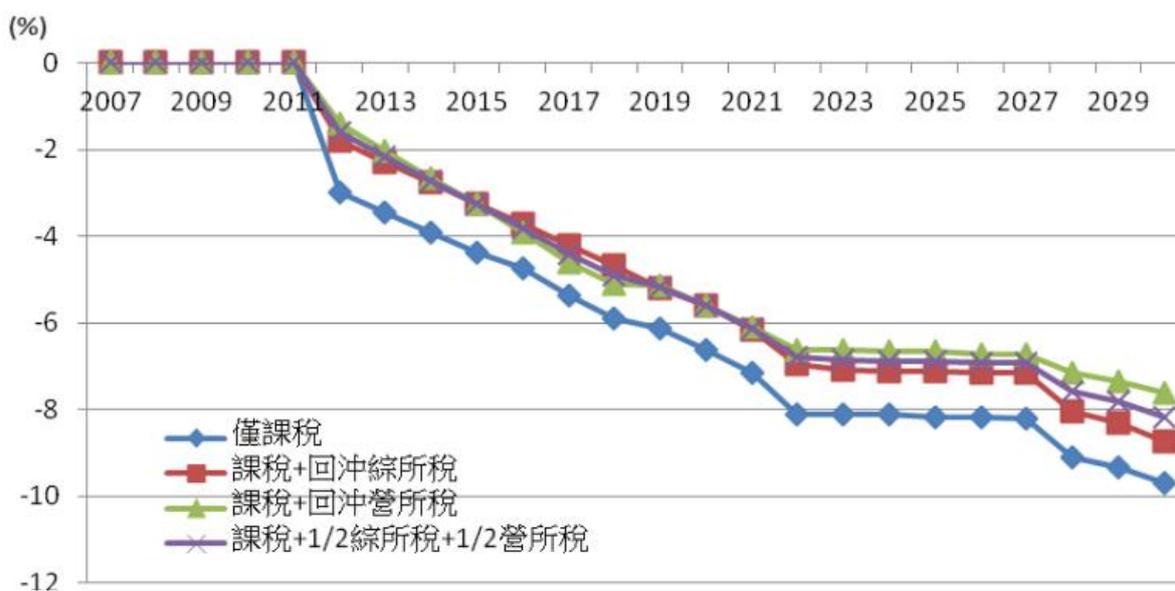
考慮黃金十年政策，未來我國經濟將由高附加價值服務業推動。參酌與經濟部 2020 年產業發展策略及石化及鋼鐵政策環評等重點發展政策，另在產業朝向低能源密集方向轉型的條件下，石化業與鋼鐵業未來將以進口作為滿足需求缺口，故其規模皆將受限。整體而言，製造業朝向較低能源密集、較高值方向轉型。本計畫發現產業結構轉型仍難以帶來顯著的減碳效果，若政策或技術無重大突破，由於現行產業結構的調整、低碳能源應用或電力排放係數的降低均有其限制下，國家節能減碳目標之達成將頗為困難。

2. 價格工具政策

單一能源稅制之市場價格誘因機制雖能有效達成節能減碳的效果，但卻必須付出負向經濟成長的代價。而藉由能源價格工具之不同調整幅度，可在經濟波動與節能減碳目標之間取得適當的折衷(trade off)位置，端視其政策目標為節能減碳或經濟穩定。透過規劃相關配套措施與實施能源稅制之市場價格誘因機制，能兼顧國內產業競爭力與稅制合理化，有利未來推動相關的溫室氣體減量政策；不當的長期管制電價手段則不符合經濟效率原則。



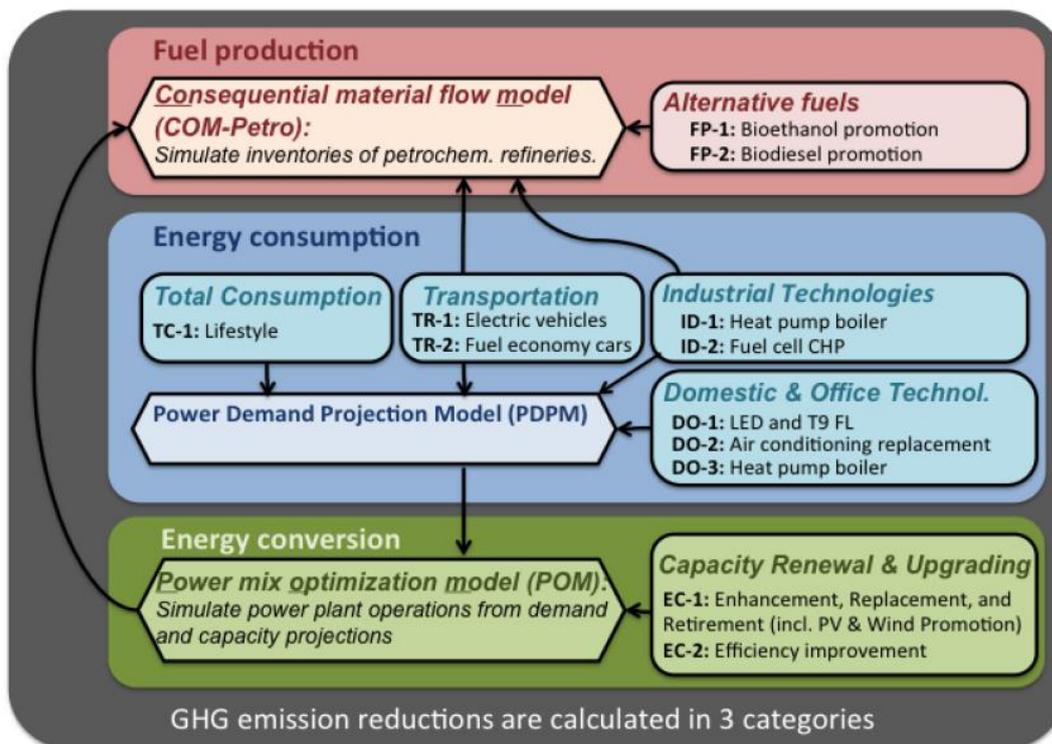
實質 GDP 損失 (與基期相比)



CO₂ 排放量累計變化 (與基期相比)

3. 提升能源使用效率

本研究以台灣節能技術發展藍圖作為雛型架構進行研究分析，而此藍圖之願景將作為國家能源發展的目標。將未來人口、市場與資源價格預測等外在因子納入考量，整合技術評估結果，完整且具科學論證性地指出詳細的能源願景，並描繪出短期(2020)能源系統發展藍圖。建立 COM-Petro(煉油), POM(電力), PDPM(用電需求預測)等模型並加以整合以分析能源效率改善之整體效益。



在不同設定情境下利用前述架構分析能源效率改善的減量效果。

