

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：開會)

赴澳大利亞參加「第卅五屆國際能源經濟學會年會」


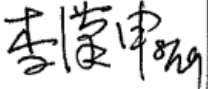
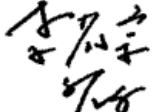
服務機關：台灣電力公司  
出國人職稱：處長  
姓名：鄭運和  
出國地區：澳大利亞  
出國日期：101.06.22~101.06.28  
報告日期：101.8.27



### 出國報告審核表

出國報告名稱：赴澳大利亞參加「第卅五屆國際能源經濟學會年會」		
出國人姓名(2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
鄭運和	處長	企劃處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>國際會議</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：101年6月22日至101年6月28日		報告繳交日期：101年8月27日
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備。 <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：	

- 說明：
- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
  - 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人		審核人	單位主管	主管處主管	總經理  副總經理 
-----	-------------------------------------------------------------------------------------	-----	------	-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

  
 總經理 特別助理  
 101.8.23  
 胡忠興

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴澳大利亞參加「第卅五屆國際能源經濟學會年會」

頁數 80 含附件：是否

出國計畫台灣電力公司/陳德隆/電話(02)23667685

出國人員鄭運和/台灣電力公司/處長/電話(02)23666440

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他（開會）

出國期間：101.06.22~101.06.28

出國地區：澳大利亞

報告日期：101.8.27

分類號/目

關鍵詞：

- 1.亞洲溢價(Asia Premium)
- 2.市電同價(Grid Parity)
- 3.排放交易系統(Emission Trading System, ETS)
- 4.即時電價制(Real time Pricing, RTP)
- 5.隨機邊界分析法(Stochastic frontier analysis, SFA)
- 6.彈性交流輸電系統(Flexible AC Transmission Systems, FACTS)
- 7.傳統啞電網(dumb grid)
- 8.歐盟碳排放交易機制(EU ETS)
- 9.碳捕捉與封存技術(CCS)
- 10.電力收購費率(Feed-in Tariff)
- 11.電力市場條件下輔助服務(Ancillary Services)
- 12.生命週期能源效率(lifecycle energy efficiencies, LEE)
- 13.電冷共生(combined cooling and power, CCP)

內容摘要：(二百至三百字)

赴澳大利亞參加「第卅五屆國際能源經濟學會 IAEE 年會」，本次年會主題係「在全球碳限制下的能源市場改革：評估京都協定與未來展望」，包括該協議對全球能源市場、技術與系統的影響，以及技術與市場發展之情況。探討的問題包括：2012 年以後的能源市場是否將完全反映京都協議書的成果？是否將引發重大的變革潮流？透過評估與檢視，我們可合理期待能源市場在不久的將來會發生什麼？為提升能源市場及環保管制系統的營運效率與功能運作，必須以廣泛、周延、前瞻視野來設計能源市場制度及具環保導向的監管系統。與會人員包含來自產官學界 215 多位菁英，約提出 130 篇論文。討論主題包括：能源政策、能源經濟、能源效率、能源開發、智慧電網、儲能系統成效、後福島時代的核能發展、再生能源、缺電成本、市場機制及碳稅機制等重要資訊。

藉著參加 IAEE 年度研討會掌握最新能源效率發展趨勢及瞭解先進電力科技，以利本公司掌握最新之管理制度與技術發展。譬如其中論及能效標竿比較分析之作法，可供本公司未來推動能源服務(Energy Service Company, ESCO)業務之參考，藉由掌握所有用戶資料，如個別用戶或產業能耗在各部門之佔比，作為細部診斷之依據，此係其他 ESCO 所沒有的優勢。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.nat.gov.tw/reportwork/>)

# 赴澳大利亞參加「第卅五屆國際能源經濟學會年會」

## 出國報告

### 目錄

壹、前言 .....	01
一、出國任務、目標、緣起、實施要領及要求成果.....	01
二、報告內容重點.....	04
貳、國際能源經濟學會 .....	10
一、「國際能源經濟學會」成立宗旨.....	10
二、參與「國際能源經濟學會」緣起與目的.....	11
三、IAEE 2005 年台北年會.....	12
四、2013 年 IAEE 國際年會與地區分會會議.....	13
參、「第卅五屆國際能源經濟學會年會」之重要議題內容.....	14
年會主題：「在全球碳限制下的能源市場改革：評估京都協定與未來展望」..	14
一、現任 IAEE 理事長與大會主席報告重點.....	14
二、全員及分組會議重要議題內容.....	18
(一)能源相關主題.....	18
1. 能源政策 .....	18
2. 能源經濟 .....	34
3. 能源效率 .....	35
4. 能源開發 .....	43
(二)電力相關主題.....	45
1. 智慧電網 .....	45
2. 儲能系統成效 .....	51
3. 後福島時代的核能發展 .....	54
4. 再生能源 .....	58
5. 缺電成本 .....	63
6. 市場機制 .....	65
7. 碳稅機制 .....	71
肆、值得我國借鏡之處 .....	73
一、有關 TOU 應朝向「提高尖峰負載費率及降低部分尖峰與離峰負載的費率」、 「簡化費率結構」與「反映實際供給成本」等方向重新設計.....	73
二、參與東澳自由化電力市場以吸取經驗.....	77
三、當太陽能達「市電同價」時，再大量購置該設備以利降低營運成本..	77
四、本公司負載預測所需我國經濟與產業預測宜評估與三經院合作， 或與能源局共用，無須作兩套，參數假設稍作調整即可 .....	78
五、蒐集客戶或產業在各部門耗能佔比，以利本公司發展節能服務產業利基..	78
六、為克服區域供電及建廠阻礙，應賦予地方政府及用戶配合責任， 並推動區域電價制 .....	78
七、第3座液化天然氣接收站若來不及作業，可評估建置船式天然氣接收站..	79
八、家電數位化的斷電成本可納入本公司家電普查及發展 ESCO 參考.....	79
九、在各項配套措施及配合再生能源本身季節特性下，大規模提高再 生能源佔比不一定需要裝設相對應規模的電池容量.....	79

# 赴澳大利亞參加「第卅五屆國際能源經濟學會年會」

## 壹、前言

### 一、出國任務、目標、緣起、實施要領及要求成果：

#### (一)出國任務、目標：

「第卅五屆國際能源經濟學會 (IAEE) 年會」於 101 年 6 月 24~27 日在澳大利亞伯斯(Perth)的國際會展中心舉辦，年會主題為「在全球碳限制下的能源市場改革：評估京都協定與未來展望」，與會人員包含來自產官學界 215 多位菁英，約 130 篇論文接受發表。討論主題包括：後京都協定的溫室氣體政策、能源供需安全、後福島核災的核能、非傳統能資源的角色、價格波動性、再生與替代性能源、碳捕捉與封存、碳限制下之世界政策考量、分散型發電方式、初級商品生產之能源效率、資源部門的碳稅政策、天然氣市場的發展、跨國能源管制的協調、油氣地緣政治學的發展、碳排放模型建構、碳排放交易計畫(ETS)、油氣市場計量經濟學、氣候變遷經濟學、風險調適方法、備用容量率-發電量-尖載、能源發展與環境等重要議題。期能藉著參加 IAEE 年度研討會掌握最新能源效率發展趨勢及瞭解先進電力科技，以利本公司掌握最新之管理制度與技術發展。

(二)緣起、實施要領及要求成果：

本計畫係由國際能源經濟學會函邀所屬會員參加於澳大利亞伯斯所舉辦之「第卅五屆國際能源經濟學會 (IAEE) 年會」，年會主題為「在全球碳限制下的能源市場改革：評估京都協定與未來展望」，藉由參加前述會議，蒐集瞭解國外電力市場的潔淨能源政策之發展、儲能系統與智慧電網的施行成效、再生能源發展現況與趨勢、能源需求、能源效率與經濟成長的關係、需量反應、後福島核災的能源發展、能源氣候變遷政策與碳稅、全球能源潛力之評估、政府收購電力制度之檢討等相關內容，除掌握最新經濟與能源發展趨勢外，亦可與國際能源經濟學會會員進行經驗交流，俾作為提升本公司技術能力、建構績效指標、釐定經營方向及規劃能源政策的參考依據，並建立本公司與世界各國之合作機制與溝通管道。



### (三)行程紀要

1. 6月22~23日：往程(台北→新加坡→澳大利亞伯斯)

2. 6月24日：報到

3. 6月25日：第1天會議

08:45~09:15 Grand Opening

09:15~10:45 Opening Plenary Session

11:15~12:45 Concurrent Session (1)

12:45~14:45 Lunch

14:45~16:15 Concurrent Session (2)

16:30~18:00 Electricity Markets

19:00~22:00 Conference Banquet

4. 6月26日：第2天會議

09:00~10:30 Energy Technology Perspective

11:00~12:30 Concurrent Session (3)

12:30~14:00 Lunch

14:00~15:30 Concurrent Session (4)

16:00~17:30 International Oil & Gas Markets

19:00~22:00 Cultural Event

5. 6月27日：第3天會議

09:00~10:30 Financing of Energy Projects

11:00~12:30 Concurrent Session (5)

12:30~13:30 Lunch

13:30~15:00 Concurrent Session (6)

15:00~16:30 Carbon Pricing across the Globe

6. 6月28日：返程(澳大利亞伯斯→新加坡→台北)

## 二、報告內容重點

### (一)會議概要

本屆大會由大會主席澳洲科廷(Curtin)大學商學院暨能源與礦產經濟研究中心 Dr. Ronald D. Ripple 教授進行開幕致詞，他表示本次會議目標在評估京都議定書背景下之全球能源部門的動態，包括該協議對全球能源市場、技術與系統的影響，以及技術與市場發展之情況。探討的問題包括：2012 年以後的能源市場是否將完全反映京都協議書的成果？是否將引發重大的變革潮流？透過評估與檢視，我們可合理期待能源市場在不久的將來會發生什麼？

本次會議圍繞在「能源市場如何因應京都議定書而進行演化，以及該協定影響與未影響能源市場與技術路徑之程度。」所衍生的相關議題。從伯斯的有利位置，不難察覺中國與印度的成長對能源市場的影響，以及資源豐富國家(如澳大利亞)促進經濟成長的漣漪效果。

全球政府對福島核能事件的反應，已經對有助於達成碳排放目標與滿足能源需求成長之核能發展途徑，造成短期的衝擊。此外，福島事件，以及美國頁岩天然氣蓬勃發展衝擊全球天然氣市場原有之平衡的雙重效應，帶來新的挑戰。而且隨著低成本天然氣的增加，將威脅再生能源技術進一步提升。最後，持續的技術發展、能源市場重建、能源管制演變、以及碳價的實施等，

都會增加能源市場的複雜度。

IAEE 現任理事長斯德哥爾摩經濟學院院長 Mr. Lars Bergman 介紹 IAEE 目前的發展現況。全員會議 (Plenary Sessions) 主題包括：電力市場、電力技術展望、國際石油與天然氣市場、能源計畫融資方案、全球的碳訂價發展等議題。

分組會議 (Concurrent Sessions) 共 6 個場次，包括 36 項子題與 130 場論文發表。各場會議子題如下：

- 1、第 1 場次子題包括：(1) 澳洲碳排放政策、(2) 電力市場的演進、(3) 電力市場的潔淨政策、(4) 生質燃料 I、(5) 電力議題與 (6) 優秀論文獎發表等 6 個子題，共 24 篇論文發表。
- 2、第 2 場次子題包括：(1) 延伸討論 I：電力-契約、電網與代理人議題、(2) 能源議題 I、(3) 能源市場、(4) 後福島世界的核能、(5) 石油價格與 (6) 能源效率等 6 個子題，共 23 篇論文發表。
- 3、第 3 場次子題包括：(1) 能源與運輸部門、(2) 後京都協定的溫室氣體政策、(3) 能源氣候調適政策、(4) 再生能源議題、(5) 能源效率與節約能源與 (6) 能源與經濟發展等 6 個子題，共 23 篇論文發表。
- 4、第 4 場次子題包括：(1) 延伸討論 II：能源消費與經濟成長、(2) 能源市場的價格風險、(3) 碳排放議題、(4) CO<sub>2</sub> 排放、碳價與氣候變遷、(5) 能源模型建構

與(6)再生能源等 6 個子題，共 22 篇論文發表。

5、第 5 場次子題包括：(1)延伸討論 III：能源模式建構與風險、(2)能源政策、(3)能源議題 II、(4)區域天然氣議題、(5)碳排放政策、燃料替代與運輸與(6)全球能源議題等 6 個子題，共 22 篇論文發表。

6、第 6 場次子題包括：(1)石油市場、(2)能源議題 III、(3)再生能源市場的議題、(4)電力市場、(5)生質燃料 II 與(6)能源市場模式等 6 個子題，共 24 篇論文發表。

與本公司較相關之重要議題包括：電力市場的潔淨能源政策、電力與能源相關議題、發展中的電力市場、能源效率、智慧電網、後福島世界的核能發展、能源氣候變遷政策、再生能源發展、能源消費與經濟成長、儲能系統、時間電價、政府收購電力制度檢討等。

## (二)值得本公司借鏡之處

- ▶ 有關節電優惠議題，應僅限於夏季尖峰，甚至可鼓勵轉移至離峰季用電，以提高閒置資產利用率，只是尖峰時段恐不易落實；另折扣基準應改以多(2~3)年而非僅參考前一年數據做基礎；折扣應逐年降低；採定額補助獎勵及限定節能減碳補助(如更換 LED 路燈)。
- ▶ TOU 應朝向「提高尖峰負載費率及降低部分尖峰與離峰負載的費率」、「簡化費率結構」與「反映實際供給成本」等方向重新設計。
- ▶ 建議本公司可參考香港中電作法藉海外投資直接參與其他海外電力自由化市場(戰場)以取經學習，例如東澳自由化電力市場或可發揮本公司雪梨辦公室綜效。
- ▶ 建議本公司在太陽能裝置容量成本下跌時可達到「市電同價(Grid Parity)」時，再大量投入購置該設備以利降低營運成本。
- ▶ 本公司負載預測所需我國經濟與產業預測宜評估與三經院合作，例如台綜院之 3E 模型或黃宗煌副院長之 TAIGEN 模式，由綜研所出面主導，俾與能源局計畫共用，而無須作兩套，或許某些參數假設稍作調整即可，例如：產業分類及 LNG 用量、CO2 減量目標等。
- ▶ 建議本公司可蒐集各類客戶或產業耗能在各部門佔比，作為細部診斷之依據；隨著未來開徵能源稅或碳稅，燃料及電力成本將隨之上揚，前述資料係本公司

未來發展節能服務產業 ESCO 之利基，此係其它 ESCO 業者所不具有之優勢。

- ▶ 為克服區域供電及建廠阻礙，除推動中之台經院版電業法草案外，應賦予地方政府及用戶配合責任外，需加強推動區域電價制(依地區遠近、火力電廠空污及風機噪音污染等差別所設計)，除可達利用非供電設施及電廠附近等地區之高額電價，以補貼供電設施及電廠附近地區民眾的低電價外，屆時亦可達到城鄉繁榮機制；應在 right time 及 right place 施行電費折扣獎勵，可考慮仿照歐美再生能源電力收購制度逐年分階段、分項目之退場機制，取消電費折扣獎勵。
- ▶ 第 3 座液化天然氣接收站若來不及作業，可評估建置船式天然氣接收站 FLNG 可行性。
- ▶ 德國柏林工業大學 Mr. Aaron Pracklknjo 等 2 人，在「斷電對德國住宅用戶直接與間接停電成本之影響」研究得知隨著家庭電子設備數位化及普及率提高後，這些電子設備(如個人電腦、數位時間、網路設備等)大多需要持續的電力，隨著未來家電數位化的發展，亦不可輕忽住宅用戶停電成本。此項結論除可做為本公司家電普及狀況調查之參考，亦可做為本公司提升供電品質及未來發展節能服務產業 ESCO 之參考。
- ▶ 日本東京大學 Mr. Ryoichi Komiyama 等 3 人，在「應用最適化發電組合模式之再生能源大規模調度模擬分

析」之模擬結果顯示，在各項配套措施(燃氣複循環電廠，抽蓄水力儲能 pump-storage hydro、定態納硫 NaS 電池技術、太陽能及風能發電量抑低等)可控制再生能源的間歇特性及配合再生能源季節性負載特性(在日照較少冬季，太陽能發電量的變化性幾乎能予以控制而無需抑低發電量；且於夏季太陽能發電量足夠情況下，並無需啟動燃氣複循環電廠。)前提下，大規模提高再生能源的佔比並不一定需要裝設相對應規模的電池容量。此結論可做為本公司未來將再生能源引進市電時之參考。

## 貳、國際能源經濟學會

### 一、「國際能源經濟學會」成立宗旨

國際能源經濟學會(International Association for Energy Economics, IAEE)成立於 1977 年，其主要宗旨為結合全球能源研究的菁英，探討與解決世界能源供需、經濟、科技及環保等問題，目前涵括全球 26 個分會，以及超過 100 個國家的產官學界 4,000 多位會員，是全球最重要的能源經濟研究組織。1981 年以來 IAEE 提供全球最佳論文獎、最佳新聞報導獎、與協助推廣能源經濟與環保教育等議題。

其宗旨帶領我們思考，在人類歷史的近三個世紀以來，地球上充沛的能源資源，是世界經濟與科學快速發展不可或缺的要素，但在整個世界不斷發展的同時，卻帶來能源資源過度耗用、及環境破壞的問題；雖然專家們在過去的二十年間不斷發出警訊，並研究及教育如何有效運用能源資源及保護環境，卻並沒有因此而減輕問題的惡化程度。加上於近半世紀之科技與通訊發展的一日千里，使地球上人類的距離縮短，全球化之腳步更為快速並逐漸趨向於另一層面的發展，以致各個區域間的經濟、社會、環境等因數更具連動性。因此在進入新紀元的目前，能源及環境的問題，不再是單一地區的努力就可解決的問題，而需要各地區域共同探討研商解決方案且落實執行的全球化問題。



## 二、參與「國際能源經濟學會」緣起與目的

按國際能源經濟學會係一國際性學術機構，每年輪流在各會員國舉辦年會，邀請國際間與能源經濟相關之機構或學者、專家與會。另 IAEE 所屬地區分會亦每年舉辦如歐洲年會、北美年會、亞洲年會等區域性會議。我國為該學會之主要會員國，且中華民國能源經濟學會為其團體會員之一，每年皆藉參與該項會議，與各會員國保持密切之聯繫，除可提升我國與國際間能源經濟資訊之交流與合作外，更可鞏固我國在國際能源經濟學會之地位。

本公司亦為 IAEE 之重要團體成員，每年皆考量 IAEE 或所屬分會之國際年會暨各項學術研討會會議主題屬性與本公司之適切性，選擇參加 IAEE 或地區分會所舉辦之年會及研討會，蒐集各會員國在能源經濟、能源管理及能源技術等方面之經驗與作法，提供本公司釐訂電力經營策略及制定電力能源科技之參考，並提升本公司在能源經濟與能源管理技術方面之研究水準。

### 三、IAEE 第二十八屆 2005 年台北年會

此 IAEE 國際年會係中華民國能源經濟學會(CAEE)多年努力爭取，首度在我國舉辦，由於 IAEE 考量年會區域平衡，預期未來十至廿年內我國將不可能再有機會舉辦。該屆會議由當時之中華經濟研究院蕭董事長萬長擔任大會主席，並由該院負責協調推動各項事宜，主要幕僚為大會執行長，由中經院柏研究員雲昌出任，並順利舉辦國際能源經濟學會第二十八屆國際會議（The 28th Annual IAEE International Conference）於 2005 年 6 月 3-6 日間假台北圓山飯店舉行。

#### 四、2013 年 IAEE 國際年會與地區分會會議

(一)第 36 屆 IAEE 國際年會將於 6 月 16-20 日在韓國大邱 (Daegu)舉行，年會主題為「能源變革與政策挑戰(Energy Transition and Policy Challenges)」。全員與分組會議議題包括：能源挑戰與全球與區域合作、東北亞：中、日、韓、俄、台灣與北韓、氣候變遷與政策挑戰、非傳統石油與天然氣：技術與展望、能源安全與能源貧脊、再生能源與智慧能源系統、城市能源系統、實現能源效率的潛力、電力市場改革與政府角色與能源部門的政府合作等。

(二)其他地區分會之會議：

- 1.第 4 屆拉丁美洲(LAAEE)年會將於 4 月 8~9 日在烏拉圭蒙得維的亞(Montevideo)舉行，年會主題為「拉丁美洲的能源趨勢：邁向區域整合與永續發展(Energy Trends in Latin American: Toward Regional Integration and Sustainability)」。
- 2.第 32 屆北美年會將於 7 月 28-31 日在美國阿拉斯加安克拉治(Anchorage)舉行，年會主題為「產業會見政府：對能源使用與發展之衝擊(Industry Meets Government: Impact on Energy Use & Development)」。
- 3.第 13 屆 IAEE 歐洲年會將於 8 月 18-21 日在德國杜塞道夫(Dusseldorf)舉行，年會主題為「分階段減碳與廢核的能源經濟(Energy Economics of Phasing Out Carbon and Uranium)」。

## 參、「第卅五屆國際能源經濟學會(IAEE)年會」之重要議題內容一

年會主題：「在全球碳限制下的能源市場改革：評估京都協定與未來展望」

### 一、現任 IAEE 理事長與大會主席報告重點

本屆大會由現任大會主席科廷大學能源與礦產經濟研究中心主任暨商學院教授 Dr. Ronald D. Ripple 進行開幕致詞，他表示本次會議目標在評估京都議定書背景下之全球能源部門的動態，包括該協議對全球能源市場、技術與系統的影響，以及技術與市場發展之情況。探討的問題包括：2012 年以後的能源市場是否將完全反映京都協議書的成果？是否將引發重大的變革潮流？透過評估與檢視，我們可合理期待能源市場在不久的將來會發生什麼？

本次會議圍繞在「能源市場如何因應京都議定書而進行演化，以及該協定影響與未影響能源市場與技術路徑之程度。」所衍生的相關議題。從伯斯的有利位置，不難察覺中國與印度的動態成長對能源市場的影響，以及資源豐富國家(如澳大利亞)促進經濟成長的漣漪效果。

全球政府對福島核能事件的反應，已經對有助於達成碳排放目標與滿足能源需求成長之核能發展途徑，造成短期的衝擊。此外，福島事件，以及美國頁岩天然氣蓬勃發展衝擊全球天然氣市場原有之平衡的雙重效應，帶來新的挑戰。而且隨著低成本天然氣的增加，將威脅再生能源技術進一步提升。最後，持續的技術發展、能源市場重建、能源管制演變、以及碳價的實施等，都會增加能源市場的複雜度。

IAEE 現任理事長斯德哥爾摩經濟學院院長 Mr. Lars Bergman 介紹 IAEE 目前的發展現況。截至目前為止，IAEE 擁有來自 100 個國家以上，4000 多位會員，並已成立 26 個附屬分會。西澳大利亞能源部長 Mr. Peter Collier 表示，西澳大利亞是全澳洲最小的自由化市場，其中有 60% 能源來自天然氣(相對於東澳的 80%)，惟輸配電線路較為老舊。

國際能源署(IEA)代理執行長 Richard Jones 表示，我們正面對一個天然氣的黃金時代(Golden Age of Gas)，尤其以非傳統天然氣成長最為顯著，使得天然氣價格到 2017 年仍將維持低於 4 美元/百萬 Btu。由於中國與非 OECD 國家天然氣佔比增加，預期天然氣需求將每年成長 2.7%。

隨著煤層氣(Coal Bed Methane, CBM)、頁岩天然氣與致密砂岩天然氣(Tight Gas)等開採技術不斷進步，天然氣產量將大幅提升，惟這些技術，特別是水裂技術(Fracturing)，可能會造成空氣與水質的汙染，引發環保議題與民眾的顧慮。儘管如此，預估 2035 年各能源佔比仍以化石燃料為主，其中石油佔比最高，其次是天然氣與煤炭，再生能源與核能則分居第四、五位。

FACTS 全球能源顧問公司董事長 Fereidun Fesharaki 博士表示，天然氣的供給與需求比石油更為充足，石油可能已經過時，天然氣則可能更為複雜與艱困，但其投機法則卻較為簡單。未來天然氣開發成本將會增加，且由於目前天然氣價格大部份與石油價格連動(oil-indexed)，致使天然氣價格的

波動劇烈。美國非傳統天然氣之大量開採，將使其成為天然氣出口國，惟最終價格係取決於亞洲溢價(Asia premium)。

所謂「亞洲溢價」，係指亞洲地區購買原油或液化天然氣之價格普遍高於歐美地區採購價格之長期現象。

近年，日本、韓國及台灣等亞洲國家日益重視「亞洲石油溢價」對其外匯支出及國際競爭力之影響。根據日本能源經濟研究所資料顯示，1991 至 2001 年間，亞洲與歐洲原油之價差平均為每桶 0.94 美元。1996 年聯合國同意伊拉克以油換糧後，溢價更呈現上升趨勢，1997 至 2001 年之平均石油溢價增加至每桶 1.18 美元。此溢價也造成顯著的「收入轉移」，歷年來之油價差額使得產油國每年獲取之超額利潤達數十億美元。而亞太地區液化天然氣交易價格公式也多與油價連動，且天然氣在發電系統上扮演不可或缺的角色(係為“must”而非“need”)而產生了亞洲溢價。

### 亞洲溢價之成因

基本上，原油的油價公式 (Pricing Formula) 包括石油標竿價格 (Bench Crude, 參考期貨或現貨市場之價格)，及調節項 (主要為品質差異與運輸成本)。就石油市價而言，亞洲重要的油價參考指標為杜拜油價，然而杜拜油價制定主要係參考其他地區之油價 (如：WTI、Brent)，本質上並無法確切反映亞洲市場之實際供需情況，其可信度具爭議性，也是影響「亞洲石油溢價」的主因之一。

就品質差異而言，亞洲地區國家因其特殊背景，對低硫原油之需求較殷切。如韓國、台灣因環保法規限制較嚴格，油品含硫標準較高；中國大陸因受既有煉油設備限制，亦需引進與其自產原油性質較相近之低硫原油；東南亞及印度則因缺乏自產低硫原油，必須購買中東以外地區價格較高之低硫原油。而中東地區所產之原油所含硫份較高，基本上應較不具價格優勢。再就運輸成本而言，中東地區原油運至亞洲地區相對於歐、美地區而言，其運輸距離及時間較短，成本也較低。

綜上所述，亞洲地區之原油價格應有調降空間。然而，亞洲地區油價仍高於歐美油價，顯示產油國在訂定油價的同時尚考量其他因素在內，「亞洲石油溢價」之疑慮並非空穴來風。(參考 2003 年 05 月能源報導—能源油蹤有關影響能源安全之結構性風險—亞洲石油溢價)

## 二、全員及分組會議重要議題內容

主題係包括能源政策、能源經濟、能源效率、能源開發、智慧電網、儲能系統成效、後福島時代的核能發展、再生能源、缺電成本、市場機制及碳稅機制等相關議題。茲將重點說明如次：

### (一)能源相關主題

#### 1.能源政策

(1)澳洲新南威爾斯大學(NSW) Mr. Zaida Contreras 等 3

人，在「環境稅對澳洲新南威爾斯區電力公司溫室氣體排放之效果」議題，認為評估澳洲 NSW 區的環境稅制與相關措施，對當地溫室氣體減量的效果。分析資料包括 NSW 電力公司的年發電量，以及空氣污染物質的年排放量，並對監控措施與污染減量計畫之參與的影響，進行評估。研究結果如下：

- 除硫氧化物(SO<sub>x</sub>)外，環境稅對其他溫室氣體並沒有顯著的減量效果，這結果主要歸因於：a.特定電力市場之短期與長期的市場特性，例如電力需求的無彈性；b.NSW 的環境稅率相對低於目前的邊際減量成本，因此無法產生足夠誘因而促使發電部門從事溫室氣體減量，或避免排放量超過標準。
- 發電量對空氣污染物質的排放量有絕對正向的效果，但污染減量計畫的參與對溫室氣體減量並非總是有正面的影響。



- 污染減量計畫的參與對溫室氣體減量並非總是有正面的影響。
- 定期監控措施對粗顆粒物質 (coarse particulate matter, CPM) 與細顆粒物質 (fine particulate matter, FPM) 減量有明顯的效果，但持續監控措施對硫氧化物 (SO<sub>x</sub>) 與氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 減量效果卻不如預期，該結果指出 NSW 電力公司目前尚未大量利用低成本的減量選項。

(2) 英國 Leicester 大學 Mr. Julla Gutierrez 在「綠色能源政策對電力市場的衝擊：經濟計量分析」議題，指出低碳經濟是當前世界各國的重要目標，各國政府已制定各項政策支持機制來培植綠能技術，以減少 CO<sub>2</sub> 的排放。歐洲身為氣候變遷承諾之主要推動者，已設定再生能源消費佔比與碳減量之目標。為評估英國綠能政策對批發電價的影響，該研究以歐盟氣候變遷計畫，作為英國綠能管制干預的政策架構，並使用 2001 年到 2011 年各月資料，評估再生能源義務方案 (Renewable Obligation scheme) 與歐盟排放交易系統 (Emission Trading System, ETS) 等政策機制，對英國批發電價之影響進行經濟計量分析。結果指出，各項綠能政策機制對批發電價的影響是不一致的，係因：

- 關於碳排放配額 (CO<sub>2</sub> Emission Allowance, EA) 之

政策機制，EA 市場價格對英國批發電價有正面的效果，即 EA 價格提高，將引發英國批發電價上漲；惟此效果的程度不如預期地大，顯示發電業者並非總是有誘因地將所有碳成本轉嫁給能源消費者，特別是低碳密集度的經濟體。

- 關於再生能源義務憑證(Renewable Obligation Certificates, ROC)之政策機制，當 ROC 價格較低時，對英國批發電價有負面效果，當 ROC 價格較高時，則對英國批發電價有正面效果。較高的 ROC 價格指出缺乏足夠的再生能源發電業者符合供應商的要求，如果供應商沒有極高的價格獲得足夠的 ROC，最終迫使其採取買斷條款(buy-out clause)。反之，低 ROC 價格則證明政策的成功，因為這意味著市場上有足夠的再生能源發電業者，與正確的投資誘因來滿足供應商的責任。
- 原本 ROC 係以每千度發電量為基礎，分配 1 張 ROC 給特定種類的再生能源技術，以致於短期成本較低的技術(如風力)將主導整個市場，並排擠其他成本較高但長期具發展潛力的技術。於是，英國電力市場在 2009 年 4 月導入等級制度(Banding System, BS)，藉以培育整體再生能源技術的發展。BS 機制能以每千度的發電量為基準，根據再生能源技術的發展階段，分配超過 1 張 ROC 給不

同種類的再生能源技術。其中，成熟的技術比不成熟的技術獲得較少的支援。市場預期 BS 的導入將提高電價約 7%，致使每千度再生能源的發電量能轉嫁更多的成本給最終消費者。

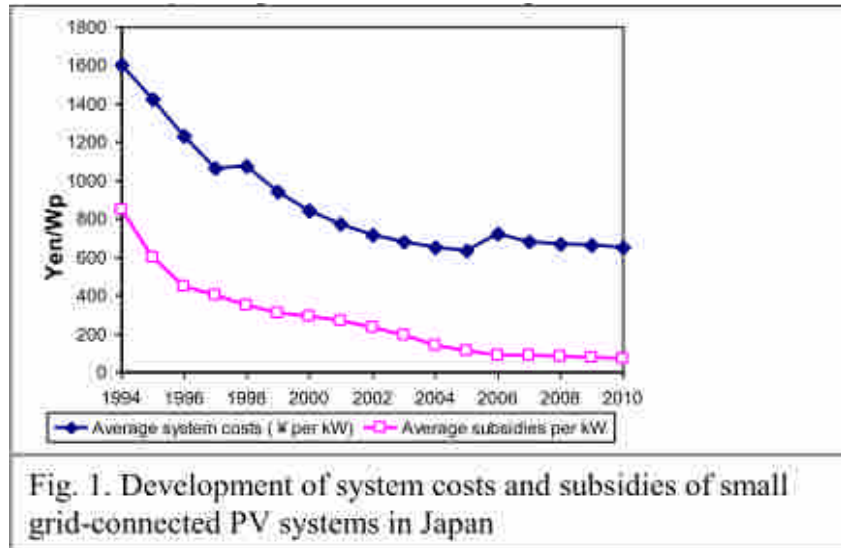
BS 的最初目的是找到技術推廣與轉嫁成本的平衡點，但根據市場監管機構的預估，BS 有助於不具經濟效益的技術進入市場，並對最終消費者帶來不利的影響。惟分析結果顯示，BS 導入後對英國批發電價則有負面的效果，不如預期地會引發電價的上漲。渠等認為此結果可能包含 2008 年能源法案對電價的效果。因此與預期推論不同。

- 上述結果隱含政策能夠改變電力部門碳排放行為的程度，並未透過批發電價來完全反映。

(3)維也納科技大學能源經濟團隊 Mr. Reinhard Haas 等 2 人在「歐洲太陽能與核能之經濟性比較」議題，認為核能發電相對於太陽能發電成本低，但近幾年西歐並未計畫興建新的核電廠，而太陽能產業雖然在批發電力市場仍未具競爭力，但近來德國太陽能發電成本已逐漸下降，並接近家庭電價。甚至有些專家認為，太陽能發電成本已經比核能發電成本還低 (Blackburn, 2010)。為了解太陽能發電在未來幾年內可達到「市電同價(grid parity)」，渠等對歐洲、日本與美國的太陽能產業進行評估，並分析比較太陽能

及核能之近期成本發展與當前趨勢。研究結果與結論如下：

- 日本太陽能系統平均成本與小型太陽能系統補貼逐年下降，成本自 1994 年的每瓩 1,600 日元，下降至 2010 年接近每瓩 600 日元。



- 德國於 2003 年與 2005 年間採用新的太陽能電力收購制度(fee-in-tariff, FIT)，促使太陽能系統裝置量明顯增加。在財務誘因提高而太陽能系統供應不足之情況下，成本從 2003 年到 2007 年暫時性地提高，但隨後因市場競爭而明顯下滑，導致德國太陽能裝置容量大幅增加。

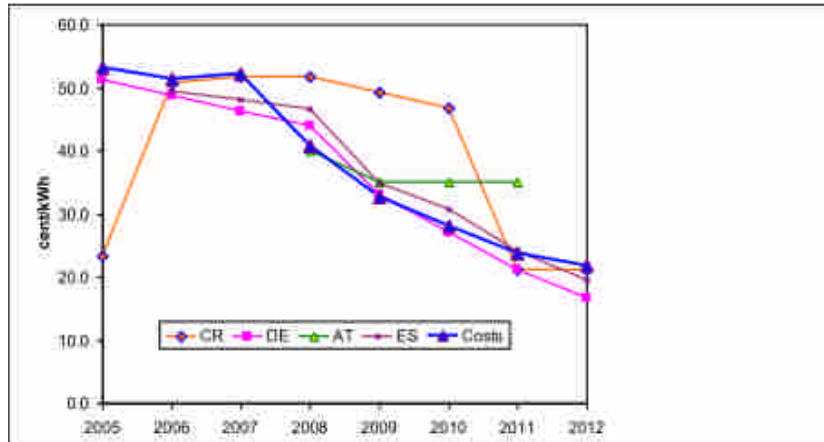


Fig. 2. Feed-in-tariffs (FITs), in major European countries 2005 - 2010 (historically) and 2011-2012 (forecast) and PV costs

- 以芬蘭 Olkiluoto 新建核電廠為例，核電廠完工時間延後 4 年，將導致興建成本從每度 5.1 美分提高到每度 7.1 美分，主要是因為利息成本增加。此外，除了 2008 年 Olkiluoto 之核能每千度發電總成本高於歐洲電力市場價格外，法國 Civeaux 核電廠 (CIV-2)、德國 Temelín 核電廠 (TEM) 與 Olkiluoto 核電廠 (OLK) 在其他年度之核能發電成本皆高於歐洲電力市場價格，顯示核能發電未必具有競爭力(如下圖)。

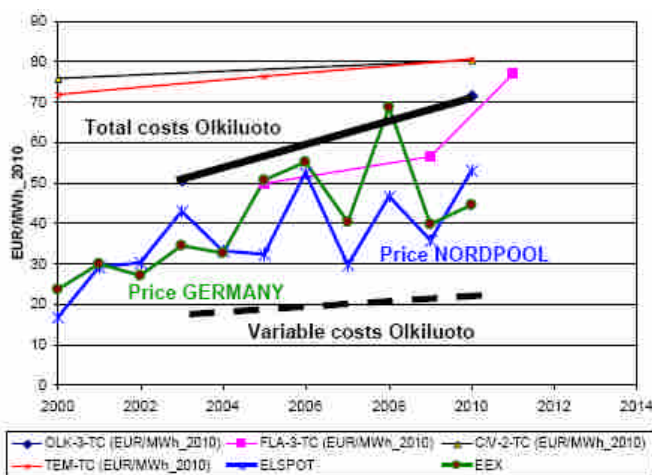


Fig. 5. Total costs developments of nuclear power plants vs European electricity market prices from 2000 to 2011

- 依據傳統的投資成本分析，2011 年核能在批發電力市場仍較太陽能便宜，但隨著太陽能成本不斷遞減，以及投資風險明顯下降之趨勢下，渠推估未來 5 年內太陽能將能提供比核能發電還便宜的電力，預計 2015~2017 年間在許多國家將達到「市電同價」。所謂「市電同價(grid parity)」，係指安裝在屋頂上之太陽能系統 5 年內投資報酬率達 100%，而其負債不超過整體安裝成本的 25%。

(4)法國巴黎都芬內大學 Mr. Iva Hristova，在「CDM 計畫的決定因素：主辦國特性的角色」議題，認為由於自 2003 年有些開發中國家正著手發展清潔發展機制(Clean Development Mechanism, CDM)計畫，以作為國外直接投資(foreign direct investment, FDI)與官方發展援助(official development assistance, ODA)的輔助方案。相較 FDI 與 ODA 的重要性，CDM 在當前的角色較不顯得重要。惟 CDM 在過去 5 年穩定成長，且為達成氣候變遷、開發與科技移轉目標的工具，預期未來幾年內將會對開發中國家造成衝擊。茲將重點說明如次：

- 為了解部份區域或國家(如中國)如此重視 CDM 的原因，因此 Mr. Iva Hristova 探索各種主辦國特性(包括調適特性、經濟特性及技術特性等)與 CDM 吸引力之間的關聯度，結果顯示：

- ▶主辦國的調適特性與 CDM 吸引力之間的關聯度最為顯著，所有調適特性變數，包括低成本選項、規模經濟、全球調適能力與再生能源佔比等，對 CDM 的吸引力有正向的關係。
- ▶此外，較佳的體制水準、經濟發展狀況、現有的基礎建設與人力資本對 CDM 吸引力也有正向的關聯。惟 FDI 對 CDM 吸引力的影響仍不明確，未來仍需進一步釐清 FDI 與 CDM 的可能互動。

(5)澳洲國立大學 Mr. Matthew Doman 等 2 人，在「海島型開發中國家的再生能源技術與風險調適：以斐濟電力部門為例」議題，認為再生能源技術對小島型開發中國家(small island developing states, SIDS)而言，可作為對抗油價波動的風險調適措施。但至今仍沒有相關文獻來衡量再生能源技術對這類國家財務風險的影響。重點說明如次：

- 以投資組合理論為基礎，評估斐濟擴展電網使用再生能源技術，對平均發電成本與財務風險的影響：
  - ▶對再生能源技術的投資，能減少一半以上的財務風險，因此再生能源技術投資對斐濟電網具有風險調適的效益。
  - ▶額外增加低成本、低風險再生能源技術的投資，如地熱、能源效率改善、生質能與甘蔗渣燃料技

術，能替代石油的使用，進一步減少平均發電成本與電網的財務風險。

▶對成本較高但趨於成熟的再生能源技術之投資，如風能與太陽能，能減少財務風險，但卻會增加平均發電成本。

▶對水力發電的投資，可能會減少財務風險，但對發電成本沒有太大的影響。

●鑑於上述結果，該研究建議斐濟政府在增加電力供應的同時，應多鼓勵再生能源技術的投資，尤其是低成本、低風險再生能源技術的投資應優先於水力電廠。其他 SIDS 國家在規劃發電產能之投資時，應考量財務風險與發電成本的重要性。成本效益分析僅能呈現部份的再生能源投資效益，投資組合分析能以更平衡的方法，評估不同的再生能源技術與其投資的優先順序。

(6)瑞典隆德大學 Mr. Luis Mundaca 等 2 人，在「低碳科技的交易成本」之文獻探討議題，認為許多溫室氣體(greenhouse gas, GHG)調適選項，特別是效率改善方面，具有經濟上極大的吸引力。這是因為長期能源成本節省與資本投資具高度相關，以致於 GHG 減量的淨成本偏低，甚至為負。但是，大多數 GHG 調適選項卻鮮少廣泛地執行，主要是受到交易成本(transaction cost, TC)的影響。TC 是邁向低碳經濟成



長的主要挑戰，低碳經濟成長需要引進新的技術與政策架構，因此存在較高的 TC。渠等廣泛地針對 TC 相關文獻進行評論，包括能源效率、再生能源與碳交易市場等領域，並調查影響 TC 的重要因素。結果指出：

- TC 與研究背景具高度關聯，因此不應該發展為政策設計的一般化模型。
- 由於 TC 在能源效率文獻的來源較多，TC 佔總計畫成本的比率範圍從 10% 到 40%；而 TC 在再生能源文獻的來源相對較少，因此 TC 佔總計畫成本的比率約為 1% 到 20%。至於 TC 在碳交易市場文獻的來源更為稀少。
- TC 包括市場失靈的成本(如缺乏資訊或資訊不對稱的成本)與程序成本(如計畫批准、活動監控與產品驗證的成本)。其中程序成本是碳交易市場的基本要素。
- 影響低碳技術 TC 的本質、規模與負擔的因素是不同的，其中內因因素包括 GHG 調適技術的類型、規模、目標與成效；外因因素包括政策工具的法律架構、特定能源市場條件、與地理背景；本質因素包括觀念的選取、量化方法、研究範圍的假設。
- 為降低 TC，穩健而簡化的法律架構，考量 TC 的

成本會計制度，事前監控與驗證方法、政策的組合、行政流程的效率化、以及資訊交換平台應該予以評估與執行。

(7)法電 EDF 及法國巴黎科技礦業學院 Mr. Mathieu Bordigoni 等 3 人，在「碳稅對歐洲製造產業與 CO<sub>2</sub> 全球供應鏈的短期衝擊」議題，認為歐盟最大的碳排放產業皆已包括在歐洲排放交易計畫(European Trading Scheme, ETS)。歐盟委員會在 2011 年 4 月宣佈新能源稅條例，所有製造部門將統一課徵每噸 CO<sub>2</sub> 20 歐元的碳稅。歐洲碳稅政策不僅影響碳排放產業，也會影響相關聯的下游產業。事實上，製造部門間與國家間的相對碳稅負擔，可能是歐洲碳稅政策的主要障礙。Mr. Mathieu Bordigoni 等 3 人應用「投入產出」架構，來解釋歐洲產業製造商品的「隱性(hidden)」碳流動，並對 28 個歐盟會員國的 59 個部門，以及非歐盟會員國的 17 個部門，量化碳稅所產生的絕對成本與相對成本(即從價稅)，其結果如下：

- 絕對成本方面：

- ▶碳稅成本將影響大多數碳排量較大的歐洲產業，如鋼鐵業，非金屬礦業與基礎化學業。在每噸 CO<sub>2</sub> 20 歐元的碳稅下，這些部門將增加超過 50 億歐元的額外成本。其中，鋼鐵業與基礎化

學業有低於 25 億的成本來自本身的碳排放。這些產業的平均產品價格將會增加，可能蒙受國際競爭力的損失。

▶ 從歐盟或從非歐盟國家的投入價格上升，亦將影響下游產業。如汽車業、塑膠產品業或運輸設備業，將承擔 10 到 20 億歐元的成本。雖然這些產業的成本與價格增加幅度相對較低，但仍高於其他能源密集產業，導致這些下游產業亦可能遭受國際競爭的威脅。

● 相對成本方面：

▶ 以從價稅形式課徵的碳稅也會影響碳排放較大的產業，如非金屬礦產業、鋼鐵業、基礎化學業與玻璃業之產品價格將分別增加 3.5%、3.1%、2% 與 1.9%。然而能源密集產業並非唯一受影響的產業，其他如塑膠產品業或運輸設備業的產品價格皆上漲 0.9%。

▶ 在國家方面，不同產業結構、生產與能源效率與進口量會導致相同碳稅下，各國呈現截然不同的結果。其中，保加利亞與羅馬尼亞的產業產品價格分別上漲 1.7% 與 1.6%，增加幅度比法國的 0.6% 或瑞典的 0.4% 還多 3 倍。

● 碳邊境稅調整(carbon tax border adjustment)顯然將不利於歐盟東境的大多數國家，如愛沙尼亞、

拉脫維亞或羅馬尼亞。這些國家與俄羅斯及前蘇維埃共和國有較大的貿易量。相反地，俄羅斯、中東國家與中國的平均出口價格受碳邊境稅的影響最大，平均關稅將分別提高 4.6%、3.2% 與 2.6%，顯示歐盟單方面的實施碳邊境稅將遭遇相當的困難。

- 歐洲碳稅將導致產業間與國家間不平衡的稅賦負擔，而區域邊界稅可能造成歐洲國家與非歐盟生產者競爭力的扭曲。由於各歐盟會員國電力碳排放量變異大，甚至可能改變電力密集產業的分布位置。

(8) 台灣中華經濟研究院 Yu Ju Cheng 與王京明博士等 2 人，在「台灣政府電力收購制度的設定與重新設計」議題，渠等認為台灣在 2009 年制定再生能源發展條例，並針對各種再生能源技術推行政府電力收購費率(feed-in tariffs, FIT)，達成再生能源佈建目標與綠色產業發展，是設定再生能源 FIT 的兩大目標。因此，合理誘因的費率制度，再生能源發展目標的實現及再生能源基金的募集，是 FIT 成功的關鍵因素。重點如次：

- 強調 FIT 費率設定對應不同的再生能源佈建階段的重要性，並對台灣現行 FIT 的價值與缺點進行評估。台灣 FIT 費率的計算是以均化成本(levelized

cost)為基礎，要說明所有成本項目、內部報酬率與再生能源年發電量的變化是現行費率的主要挑戰之一。FIT 必須定期調整來考量技術成本的改變與不同的市場條件，台灣 2011 年引進出價系統 (bidding system) 來改善固定費率的太陽光電 FIT，惟渠等認為仍有許多改善的空間：

- ▶ 現行出價機制的費率設定是採用「以出價方式成交 (pay-as-you-bid)」的法則，僅適用於不完全競爭市場，但不適用於完全競爭市場，建議費率設定能逐漸轉化為「市場結清價格 (market clear price)」法則。
- ▶ 為減少交易成本，應修訂現行固定 FIT 的出價機制，以適用於大規模的再生能源。
- ▶ 為克服現行出價機制有時會出現供應不足的情況，建議應謹慎地設定較高的 FIT 上限價格，並縮短與簡化行政流程。另外，應引進再生能源投資配比標準 (renewable portfolio standards, RPS) 的優惠概念，以提高再生能源的需求。
- ▶ 目前台灣的電力用戶無法選擇使用綠色電力或灰色電力，建議應設計再生能源證書 (Renewable Energy Certificate, REC) 市場或自願綠色電力市場，並導入台灣的電力市場。
- 台灣現行 FIT 使用均化成本方法來設定費率，適

用於再生能源發展的初期階段。然而在長期下，費率設定的流程應納入再生能源對電力系統與用戶的利益與價值。當低碳電力系統在未來廣泛地採用時，需求端的出價方法應引進於現行以成本為基礎的出價或競價流程，藉以建立再生能源的市場機制。最後，在轉換到市場機制之前，應考慮採用加州的「再生能源招標機制 (Renewable Auction Mechanism, RAM)」，即交付時間的 (time-of-delivery) 或特定地點的 (location-specific) 再生能源費率。

(9)有關全員會議中能源技術部份

- 殼牌商業副總裁 Mr. Doug Buckley 表示澳洲天然氣係由殼牌公司負責提供，目前該公司正與中國大陸石油公司合作研發頁岩氣開採技術。
- 服務於澳洲科學與工業研究組織 (CSIRO) Mr. Peter Coppin 針對具間歇性能源的儲存方式、電力輔助服務方式；若進行特殊設計風力發電設備可去除不受歡迎之噪音，則電池容量可不必太大；日本在沖繩島懸崖邊進行電力儲存設備。
- 日本能源經濟研究所 (The Institute of Energy Economics, Japan) 進行電力負載預測，認為未來最大壓力係來自於居高不下之化石燃料成本；日本 2011 年 GDP 下滑 0.6%、關西電力用電量下滑

14.9%，東京電力用電量下滑 18% (主要用戶用電量下滑 29%、住宅用戶用電量下滑 6%)。

(10)全員會議中澳盛銀行主管 Mr. Rob Koh 就能源融資計畫提出說明，其表示西澳融資需求分別為油、氣 (尤其是液態天然氣)>電網>煤>發電，在 2011~2016 年總融資金額達 2,500 億澳幣。

## 2.能源經濟

(1)澳洲維多利亞大學 Mr. Brantley Liddle 等 2 人，在「能源消費與 GDP 的因果關係：已開發與開發中國家的新發現」議題，重點如次：

- 能源消費與收入關係密切，特別是開發中國家，隨著經濟發展快速成長，促使國民所得提高，再加上電氣化程度的增加，將提高能源消費。但對於已開發國家，則能源消費與 GDP 的關聯度有限，主要原因是電氣化已普及化。
- 能源消費亦與製造業供應鏈密切相關，如台灣 IT 產業。

(2)新加坡南亞科技大學 Mr. Siang Leng Wong 等 3 人，在「OECD 經濟體的能源消費、能源研發與經濟成長」議題，認為再生能源發展可提高 GDP，能源消費與能源研發之間有雙向的因果關係。



### 3.能源效率

#### (1) 伊朗伊瑪目薩迪克大學 (Imam Sadiq University)

Imam Sadiq University Mr. Manzoor 等 3 人在「在能源價格受管制與不完全市場條件下提昇電力效率的減資成效」議題中，認為能源效率改善會改變整體經濟勞動力與資本的分配，文獻上關於能源效率改善對能源部門的投資與資本有兩個不同的觀點：

- 資本成長之「規模效果(scale effect)」顯著時的觀點：Brookes 認為，能源效率改善可能增加生產要素投入的邊際生產力，致使所有部門的資本增加，進而擴展生產可能曲線並增加國內能源供給，最後導致電價下降。電價下降創造新的衍生需求，因此增加能源部門的投資。
- 資本成長之「規模效果」較小時的「部門間資本重分配效果」觀點：Turner 則認為能源價格因能源需求減少而下跌，將導致供給者收入與利潤減少，因此預期能源投資將會減少。這過程的直接效果稱之「減資效果(disinvestment effect)」，係指能源需求減少可能減少資本報酬率，因此可能發生資本與勞動力外流的情況。即所謂的，此時規模效果較小。
- 上述兩觀點皆假設處在價格自由調整且資本與勞動力可跨部門完全移動的完全要素市場。

然而在價格受到管制與不完全要素市場下，上述結論將可能不同。渠等以不完全市場之伊朗經濟體為例，分析電力效率改善的短期減資效果。他們認為當資本無法輕易地在部門間移動，減資效果可能受到限制，再加上電價受到管制，彈回效果(rebound effect)可能不明顯，因此電力產業活動衰退的幅度可能更大。

分析結果顯示，伊朗在整體經濟的電力效率改善 10%後，電力需求短期減少 9.76%。由於電價受到政府管制，電力需求的移動對電價幾乎沒有影響，導致電力產業的產量衰退，進而電力部門對資本與勞動力的需求將會減少。最後導致電力產業資本減少 9.53%。同時，就業率也下滑 9.48%。儘管勞動力與資本無法跨部門完全移動，服務業、工業與農業等非能源部門仍分別吸收能源部門 69%、23%與 5%的超額資本，以及 80%、14%與 1%的超額勞動力。顯示減資效果在短期仍舊存在。基於上述結果，減資效果的大小與部門資本的變動，不僅仰賴能源與初級要素的替代彈性，同時也會受到部門間要素移動程度的影響。

(2) 瑞士能源政策經濟中心(CEPE) Mr. Massimo Fillppini 於「美國能源需求與能源效率：隨機需求邊界法之應用」議題中，認為能源效率可能與能源密

集度脫鉤。其與英國索瑞大學能源經濟中心(SEEC) Mr. Laster C Hunt，採用隨機邊界分析法(stochastic frontier analysis, SFA)，針對美國47州1995年到2007年的資料來估計潛在的總能源需求函數，並可獲得各州潛在能源(無)效率的衡量指標。分析結果顯示：

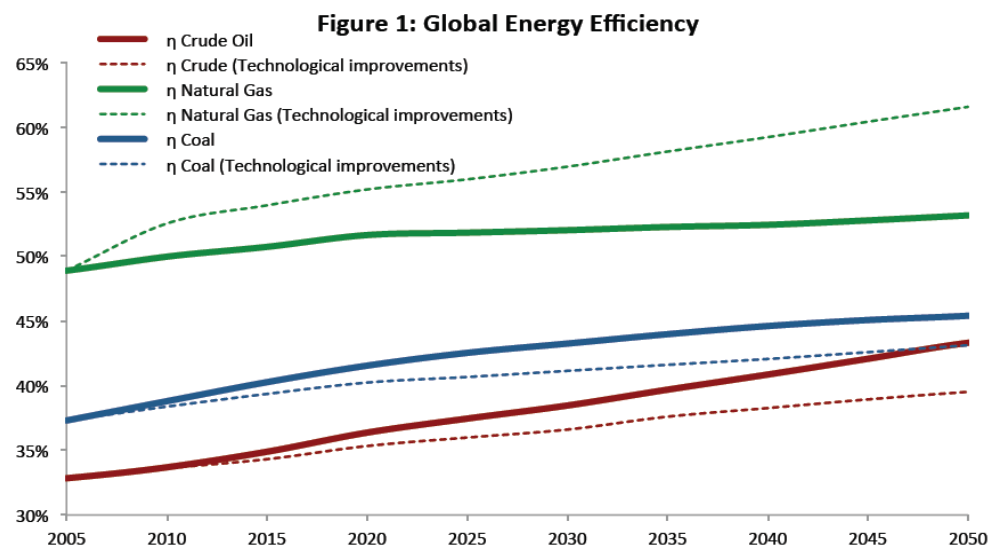
- 美國各州的能源效率水準相當一致，但仍有些州的能源無效率程度較高(猶他州最具能源效率，德州的能源效率最差)。
- 該研究所估計的「潛在能源效率(underlying energy efficiency)」與能源密集度之間的關聯度相對地低。因此建議，除非採用所提出的分析方法來考量經濟變數與其他變數，否則無法得知一國的能源密集度是否為能源效率合適的代理指標。
- 所以政策決策者除了評估能源密集度，應同時評估「潛在能源效率」，以避免政策結論受到能源密集度的可能誤導。

(3)美國加州大學 Davis 分校 Mr. Sonia Yeh 等5人於「全球與區域化石初級能源的生命週期能源效率：趨勢與未來情境」議題中，認為生命週期能源效率(lifecycle energy efficiencies, LEE)能獲取從初級能源取得，到運送與轉換為次級能源(如電力)、到傳送與輸配最終能源，到運輸、營建與工業部門生產有用能源及傳遞能源服務(有用能源)之整個生命週期所

發生的能源損失。燃料使用能源效率的衡量主要取決於兩個因素：a.從能源取得到最終使用服務之整個燃料途徑的「整體能源轉換損失」；b.跨部門與區域之不同燃料路徑的「燃料使用佔比」。這兩因素緊密相關：因為能決定需要滿足服務需求的燃料量，所以特定能源路徑的效率會影響不同燃料的佔比。同時，技術的選擇部份基於該技術的效率，兩個因素也會受到社會經濟狀態、經濟成長與文化差異等因素的影響。整體能源消費與不同技術在特定能源途徑，例如原油→煉油→電力→氫→運輸能源服務，在各階段的佔比取決於技術的特質(如能源供給成本、效率、與可取得性)、國家碳政策與設想的經濟趨動力(即人口與 GDP 成長)。惟過去沒有文獻對 LEE 進行預測，並分析其對不同碳政策與除碳技術發展替代情境之間的關係。透過燃料路徑來衡量能源效率，能提供有關能源損失與燃料總生產力的有用資訊，提供對環境衝擊(如資源使用與 GHG 排放)的重要觀點。鑑此，美國加州大學 Davis 分校 Mr. Sonia Yeh 等 6 人，應用太平洋西北國家實驗室的 GCAM 整合評估模型，來比較三個化石初級能源(原油、天然氣與煤)的 LEE，在 14 個區域與 3 個最終使用部門(運輸、營建與工業)，從 2005 年至 2050 年的趨勢與變動情形，並點出這些變動的基本機

制。此外，更探索在碳政策與除碳能源系統發展的替代情境下，對化石初級能源 LEE 的衝擊。其分析結果與結論分述如下：

- 在基本情境下，油、氣、煤之全球平均能源效率從 2005 年的 33%、48%、37%，上升到 2050 年的 41%、53%、46%(如下圖實線部份)。虛線代表使用各種化石燃料技術之效率改善。其與實線之間的差距可歸因於產業結構的改變。在油與煤的情況，結構改變與技術改善對效率的整體提升有貢獻。但在天然氣的情況，結構改變會抵銷全球技術效率改善的效果。這是因為天然氣用於發電的佔比將隨時間增加，雖然電力產業有較高的最終到有用能源之轉換效率，但卻因初級到次級、次級到最終能源存在轉換損失而有較低的 LEE。



- 不同化石燃料之 LEE 到 2050 年的趨勢有明顯的區域差異(如下圖)。一般開發中國家相對於已開發

國家在石油方面有較高的效率，但在天然氣方面則有較低的效率，主要是因為產業結構與採用技術的不同。

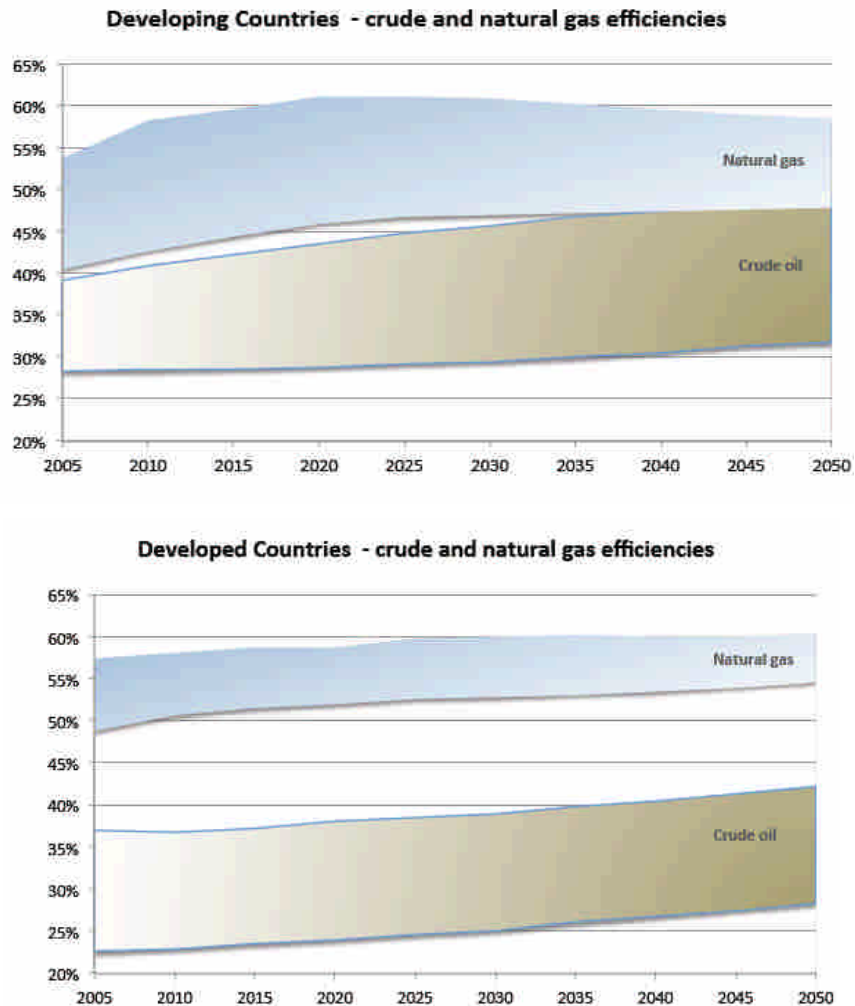


Figure 2. Country average energy efficiencies for refine oil (top figure) and natural gas (bottom figures) between developed and developing countries.

- 例如，即使開發中國家的技術相較於已開發國家無效率，但開發中國家部門能源效率較高的工業部門有較高的石油產品佔比。在運輸部門中，高效率柴油引擎之飛機與公眾運輸系統，在開發中國家佔比較高，但低效率石油引擎的私用車卻主

宰已開發國家的公路運輸。對於天然氣與煤，已開發國家與開發中國家之間的差異，來自已開發國家的較高的轉換率與最終使用技術的效率(如下圖)。

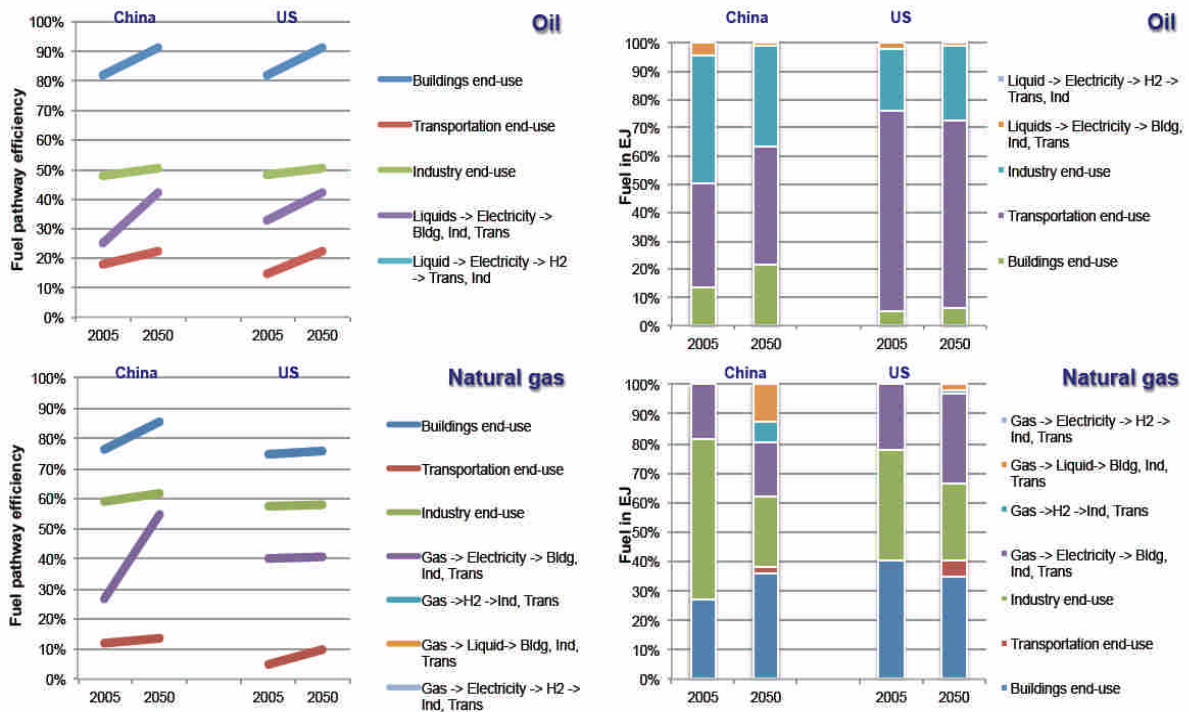


Figure 3. Comparisons of fuel share and fuel pathway efficiency for oil (top), gas (bottom figures) between China and the U.S.

- 碳價將可能導致更有效率使用化石燃料，但延緩進入全球碳市場將降低基本情境之開發中國家的化石燃料價格(特別是煤與石油)，鼓勵採用較低效率的能源途徑而降低整體 LEE。雖然高 LEE 與低 GHG 排放量有關，但碳捕捉與封存技術(carbon capture and storage, CCS)的採用將減少 GHG 排放量。再生能源與核能的快速發展對化石能源 LEE 有兩個不同方向的影響：一方面透過降低化石能源價格來助長無效率的能源使用，另一方面透過轉

移化石能資源的使用從電力途徑到更直接的能源轉換途徑(即直接到最終使用或有用的能源技術)，將產生較高 LEE。



#### 4.能源開發

(1)澳洲科廷大學 Mr. Jose Saavedra-Rosas 等 3 人提出

「能源礦採規劃：作業研究的觀點」議題，其中所論及之能效標竿比較分析之作法，可供本公司未來推動能源服務(Energy Service Company, ESCO)業務參考。

- 本公司掌握所有用戶資料，因而可收集相當多之資訊，如個別用戶或產業能耗在各部門之佔比，作為細部診斷之依據，且此為其他 ESCO 所沒有的優勢。
- 未來隨著能源稅/碳稅的開徵，以及燃料成本上升，而推動電價水漲船高，將強化本公司此類 ESCO 利基。

(2)澳洲科廷大學能源與礦物經濟研究中心 Mr. Robert

F. Aguilera，在「評估全球油氣、核能與再生能源潛力」議題，認為提供世界各國便捷能源服務之關鍵因素係因能源產業有能力提供量產及經濟的能源所致。理論上油氣、核能與再生能源的潛在儲量是巨大的，惟將這些資源轉成有用的能源，則需巨額投資與持續技術發展。而開發上述能源需考慮量的問題(蘊藏量 reserves、資源量 resources、產出量 occurrence)及成本問題(現在及未來)，本篇係解釋開採上述能源時有關技術提昇成效對目前及未來供給

成本的影響，重點如次：

- 供給成本曲線呈現出各類能源蘊藏量、資源量與產出量，在長期下如何隨生產成本變化，亦呈現2050年前每年技術進展對生產成本的效果。
  - ▶ 雖然油氣與核能足以因應未來的能源需求，但短期能源的可取得性仍有許多爭議。雖然全球能源之資源量與產出量豐富，但即時提供能源服務的能力卻受限某些因素，包括可能上漲的探勘、生產與行銷成本、對環境的過度衝擊、遞減的能源比率(energy ratio)、技術變動率與環境政策。
  - ▶ 再生能源來源雖然也很豐富，但在轉換這些來源為有用能源的同時，仍需要仰賴先進的技術來因應低能源密度與具間歇性的供應特性。

## (二)電力相關主題

### 1.智慧電網

(1)台灣中華經濟研究院王京明等 2 人在「有無智慧電錶下之智慧電價」議題，認為過去幾年台灣電力公司已執行多項智慧訂價方案來評估用戶的需量反應，其中時間電價(time-of-use, TOU)計畫適用於有安裝智慧讀表器的用戶，而需求減量誘因(demand reduced incentive, DRI)計畫則適用於尚未安裝智慧讀表器的住宅用戶。渠針對台灣 TOU 與 DRI 計畫之成效進行評估，並提出建議如下：

- TOU 計畫的執行成果並未成功，至今參與率仍小於 1%。造成參與率過低的原因包括：
  - ▶目前 TOU 尖離峰費率價差太小，致無法鼓勵用戶改變電力消費行為，甚至導致台電在尖峰期間生產較多高成本的電力，進而產生巨額損失。
  - ▶目前 TOU 費率設計過於複雜，致用戶難以了解電費的計算。
  - ▶目前 TOU 所採用的尖峰、半尖峰與離峰期間，並不與實際負載期間情況相符合，費率結構也不能反映經濟調度成本。
  - ▶因此建議 TOU 應朝向「提高尖峰負載費率及降低部分尖峰與離峰負載的費率」、「簡化費率結構」與「反映實際供給成本」等方向重新設計。

- 為鼓勵節約能源，台電自 2008 年 7 月執行兩項 DRI 計畫：電費折扣獎勵結果措施(Basic Tariff Discount, BDT) 與縣市節電競賽 (County Competition Tariff Discounts, CCTD)，此兩項 DRI 計畫已成功推行於全國的住宅用戶，超過三分之一用戶因此獲利。基於經濟效率的觀點，應該在供電短缺或電力需求過高時鼓勵節電，但目前 DRI 計畫不論用戶節電的時機與地點為何皆提供折扣優惠，恐使電力資源分配扭曲，導致節電未能在正確時機與地點發生。此外，透過縣市節電競賽來找出需要節電的區域並藉以進行電力調度，亦非效率的做法。因此建議 DRI 計畫應反映電力系統的供需情況來重新設計。

(2)澳洲雪梨大學蓋茨堡學院 Mr. Rimvydas Baltaduonls 等 4 人在「不同電價合約下的零售需量反應」議題，認為電力產業解除管制，將促使電力市場必須立即吸引零售用戶進入全新的市場。重點說明如次：

- 不同的零售電價方案，從傳統的固定電價(flat rate) 到時間電價(time-of-use, TOU)、緊急尖峰電價(critical-peak pricing, CPP)、甚至即時電價(real-time pricing, RTP)等價格機制已被提出與採行，但卻鮮少有文獻評估這些電價方案的相對效益。

- 採用實驗經濟學的方法來直接比較固定電價、TOU 與 RTP 等電價方案的效益，同時也評估這些電價方案對需量反應的執行效率，以及對供給面的成本衝擊之效果。結果顯示：動態性較少的電價方案(如固定電價或 TOU)，資源分配無效率的情況越明顯。然而，RTP 的效益未必優於 TOU，唯有在批發電價沒有資訊不對稱的情形下，RTP 才會產生最具效率的零售消費型態。

(3)美國賓州大學 Mr.Seth Blumsack 在「智慧電網時代已經來臨」議題，以智慧電網的發展，以及對電力產業可能引發的根本轉變進行概觀的評析，並提出相關政策之建議如次：

- Mr. Blumsack 認為傳統啞電網(dumb grid)結構正面臨三大挑戰：
  - ▶供電品質改善遭遇瓶頸，重大停電頻率遲遲未能下降。
  - ▶無法調度的再生能源佔比逐漸提高。
  - ▶電力市場受到管制，導致需求端無法參與市場開放，用戶仍無法得知尖峰電力需求的服務成本。
- 美國與許多其他國家深信，啞電網所面對的挑戰可透過智慧電網來克服。智慧電網最大的問題不在硬體，而是在軟體、控制系統與政策等層面，一般而言，智慧電網具備三種效益：

- ▶智慧電網能改善高壓輸電網的監控與運轉品質：透過彈性交流輸電系統 (flexible AC transmission systems, FACTS)的建置，使系統營運者能夠更精確地控制電網的電力流，透過同步相量量測裝置 (phasor measurement unit) 的佈建，能夠強化電力系統的可靠度。
- ▶智慧電網能增加配電網路變電所自動化與控制的能力：配電系統自動化允許電力公司提高配電網路的連結性，減少停電事故發生的停電戶數，並能自動化的控制用戶的負載。
- ▶用戶端智慧電錶 (smart meter) 的引進：智慧電錶能夠儲存電力使用情況，允許電力公司與用戶進行雙向溝通，使電力公司能依據用戶的用電行為，傳送電價資訊或系統狀態給用戶。
- Mr. Blumsack 認為智慧電網將對未來的能源情境，產生 4 個重大的改變與影響：
  - ▶對電價敏感的 (price-responsive) 電力需求：智慧電網，尤其是先進讀表器 (advanced metering) 的引進，將促進對電價敏感的需求得以彈性調整，電力需求將從尖峰時段轉移到離峰時段，進而減少全系統年碳排放量至多 10%，並大幅降低尖載發電設備需求。Spees 與 Lave 估計，美國尖峰電力需求減少 5%，將能夠減少 50% 的尖載發電設

備需求。惟依據我國能源局的評估，藉由 AMI 的推動，可抑低尖峰負載 65.2 萬瓩，節電 97.5 億度，並降低 CO2 排放 439 萬噸。

- ▶ 再生能源的整合：風能與太陽能的間歇性為確保電力供需平衡的電力系統業者帶來挑戰。利用水壩、燃氣單循環機(simple-cycle gas turbines)等發電設備做為後備並不具成本效益。智慧電網能有效控制負載，幫助電力系統業者以較低廉、潔淨且簡易的方式來補償風能與太陽能發電的波動性。
- ▶ 電氣化運輸工具的引進：透過電源命令與控制規格(command and control)及經濟誘因(如時間電價)的結合，智慧電網能自動化地協調電動車的充電作業，而電動車的電池也可作為電網的供電來源，有助於運輸工具從化石燃料時代過渡到電力發動時代。
- ▶ 分散型發電(distributed generation, DG)與微型電網(micro-grid)：汽電共生(combined heat and power, CHP)與冷電共生(combined cooling and power, CCP)能大幅提升分散型能源系統的效能達到 90%，至今分散型發電的槓桿成本仍大於集中式發電的槓桿成本，但藉由智慧電網能減少電網過度使用，進而加強電力可靠度。

●Mr. Blumsack 提出 5 項與智慧電網相關的政策建議：

- ▶智慧電網的實施必須考量成本效益。
- ▶智慧電網應廣泛地實施，甚至跨越管制的疆界。
- ▶研究者與政策制定者須建構更好的模型來評估智慧電網的績效。
- ▶管制政策必須承認智慧電網將為電力產業帶來根本性的改變，特別是分散型發電與微電網。
- ▶智慧電網的發展必須考量安全與隱私權的議題。



## 2.儲能系統成效

(1)澳洲昆士蘭大學全球變遷學院 Mr. Craig Froome 等 3 人在「澳洲國家電力市場儲能系統抑低尖載需求成效」議題，認為能源需求預估在未來 10 年內大幅增加，其中再生能源之佈建與智慧電網技術將相對應地提高與快速發展，透過電力需求面管理來因應未來預期增加的需求是當前的趨勢。渠等認為澳洲系統營運者的負載控制能力，以及在國家電力市場 (National Electricity Market, NEM) 中釋出儲存電力之能力，將對電力用戶的尖峰負載與平均電價有不同的影響，所提重點如次：

- 因應尖峰負載成長趨勢而增加電力基礎建設之需求，將延緩 3 到 5 年。在澳洲電力市場未來 5 年內電價將每年增加 8-13% 的情況下，資本支出之延緩對零售電價有穩定效果。
- 澳洲能源市場經營者 (Australian Energy Market Operator) 利用儲能系統抑低尖峰負載的能力，以及透過需求面管理來滿足電力需求的能力，將減少電力公司評估投資訊號的不確定性。隨著基載電力未有新的實質投資，再加上氣候政策平緩需求波動的不確定，將對批發電價產生較大的衝擊。然而，尖載電力資產需求之延緩將使電價趨於穩定。

- 電力公司進行電力需求面管理可減少電力需求，但其效果有限；若想更進一步減少需求，可搭配儲能設備與智慧電網技術之佈建來達成。

(2)德國 Duisburg-Essen 大學 Mr. Jessica Raasch 等 3 人在「澳洲電力市場對蓄電池系統的觀點」議題，說明澳洲能源系統的主要特色是低人口密集度，意味著有些地區的電網僅供應給少數用戶。隨著電力需求不斷遞增，誘使澳洲積極尋找不用擴張電網的替代方案：一項關鍵的策略是增設分散型發電設備，特別是太陽能裝置與儲能系統的合併。所提重點如下：

- 分析儲能系統能否達到成本效益，這對價格波動性高的澳洲國家電力市場來說是可能的結果。隨著汽車產業在先進電池儲能技術之發展砸下巨額投資，預期成本可在近幾年內明顯減少。此外，電池儲能系統具備不受地理特徵限制、容易營運與維護、以及不需與其他基礎設施相連結等多項優勢，因此對人口密度低的澳洲電力市場特別有用。
- 渠等選擇兩種適用於大型儲能系統的鉛酸電池技術，分別為鋰離子電池(lithium-ion battery)與鈎氧化還原液電池(vanadium-redox-flow battery)，進行投資成本的淨現值分析，結果顯示電池技術的折

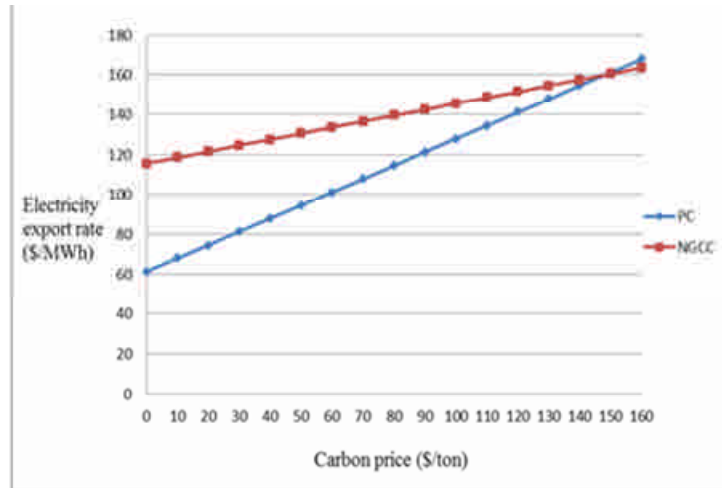
現收入遠低於目前的投資成本；除釩氧化還原液電池以外，造成低折現收入結果的原因是，充電週期(charging cycle)的限制，即無法使用電池所有的日曆壽命(calendar lifetime)。另外，在考慮電池損耗的影響後，兩種鉛酸電池皆可達到成本效益，或在近幾年內達到獲利。最適營運策略將導致較低的淨現值與較低的可負擔投資成本。鉛酸電池在減少成本 50%後將接近損益兩平，並可於近幾年內達成。

### 3.後福島時代的核能發展

原子能委員會核能研究所葛復光副研究員與卓金和博士等 2 人在「日本福島核災後台灣基載電力選項分析」議題，認為由於受到日本福島核災的影響與資源的限制，台灣核能與再生能源顯得更難以發展，於是燃氣複循環發電技術(natural gas combined cycle, NGCC)成為解決台灣能源問題的新選項。然而相對於歐盟與美國，台灣天然氣價格較高且上漲幅度大，為因應 NGCC 的高成本與高風險，以及未來的減碳目標，碳捕捉與封存技術(carbon capture and storage, CCS)的發展，對台灣能源政策決策者顯得至關重要。因此渠等進行相關的財務分析，以評估台灣的粉煤鍋爐發電技術(pulverized coal, PC)、NGCC 與有 CCS 的 IGCC 之生存能力。各項計畫的成本效益分析係採用內部報酬率法(internal rate of return, IRR)，若計畫的 IRR 等於或大於必要的投資報酬率，則該項計畫具可行性(台電公司認為投資計畫在 IRR 等於或大於 3%時具可行性)。分析結果分述如下：

- 無碳捕捉技術的情況：2010 年台灣 PC 與 NGCC 的電力輸出費率(electricity export rate)與碳價格之對應如下圖。在碳價為零的情況下，NGCC 的電力輸出費率(每千度 115.4 美元)高於 PC 的電力輸出費率(每千度 61.2 美元)，主要是因為台灣天然

氣價格太高。其次，NGCC 唯有在高碳價(約每噸 150 到 160 美元)的情境下才具成本效益，但在低碳價的情境下，PC 相對 NGCC 有競爭力。



**Figure 3 Electricity export rate and carbon price in Taiwan in 2010**

- 有碳捕捉技術的情況：比較美國、歐盟與台灣 2020 年整合氣化複循環發電技術(integrated gasification combined-cycle, IGCC)、NGCC 與有碳捕捉技術 IGCC 之電力輸出費率與碳價的關係如下圖。有碳捕捉技術 IGCC 的電力輸出費率在歐盟與台灣皆低於 NGCC 的電力輸出費率，表示不論是否有碳價，有碳捕捉技術 IGCC 比 NGCC 具競爭力。惟該研究未將碳封存納入考量，故仍有很大的不確定。因此，有碳捕捉技術 IGCC 在天然氣價格較低的美國與歐盟，並非是最具競爭力的技術。此外，在碳價約為每噸 CO<sub>2</sub> 35 到 45 美元時，有碳捕捉技術 IGCC 將成為可行的計畫。

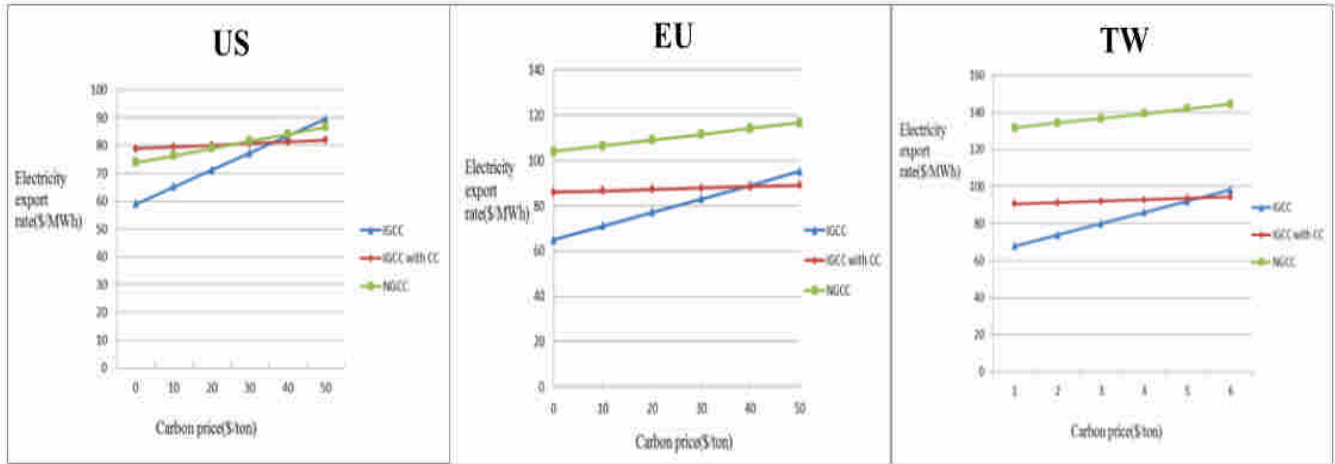
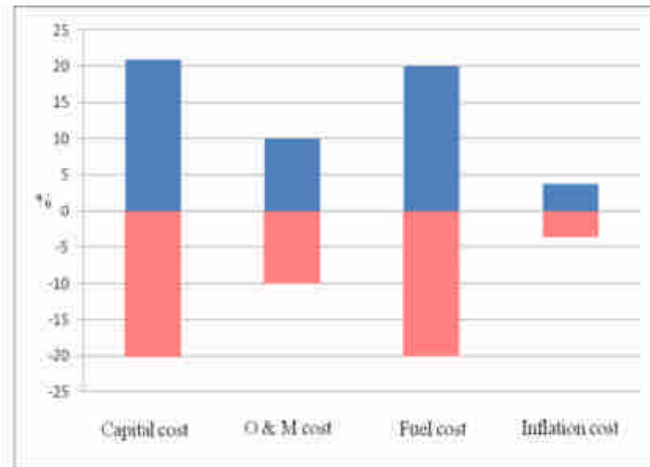


Figure 4 Electricity export rate and carbon price among US, EU and Taiwan in 2020

- 敏感度分析：國際能源署 (International Energy Agency, IEA) 與能源資訊管理局 (Energy Information Administration, EIA) 對 CCS 隔夜成本 (overnight cost) 的預測結果並不相同 (預測值從每瓩 3,837.51 美元到 5,287 美元)，考量資料的不確定，作者針對資本、運維 (operations and maintenance, O&M)、燃料與通膨成本進行敏感度分析。有碳捕捉技術 IGCC 的電力輸出費率增減 50%，對各項成本之敏感度分析結果如下圖。電力輸出費率對有碳捕捉技術 IGCC 之資本成本與燃料成本有較大的敏感度。因此，資本與燃料成本的不確定性，將影響有碳捕捉技術的 IGCC 的競爭力。



**Figure 5 Impact of  $\pm 50\%$  variation in parameter**

#### 4.再生能源

(1)日本東京大學 Mr. Ryoichi Komiyama 等 3 人，在「應用最適化發電組合模式之再生能源大規模調度模擬分析」之議題，指出為解決全球暖化與石油生產國家政治不穩定所衍生的氣候變遷與能源安全議題，再生能源在近年獲得相當的重視。重點說明如次：

- 渠等應用最佳化發電組合模式來分析間歇性太陽能與風力發電對電力系統的影響，評估福島核災事件後的未來核能情況，模擬太陽能與風力發電在日本 2030 年電力市場進行大規模調度的結果，並進行核電廠的敏感度分析。全日本太陽能與風能的發電量型態之每日負載曲線如下圖。



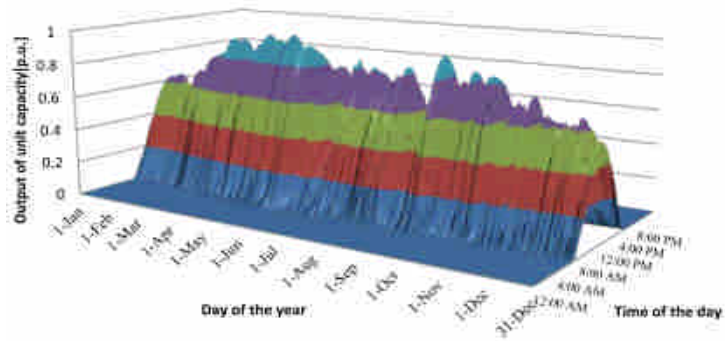


Fig.1 PV output pattern of Japan in 365 days at 10 minutes' interval (2007)

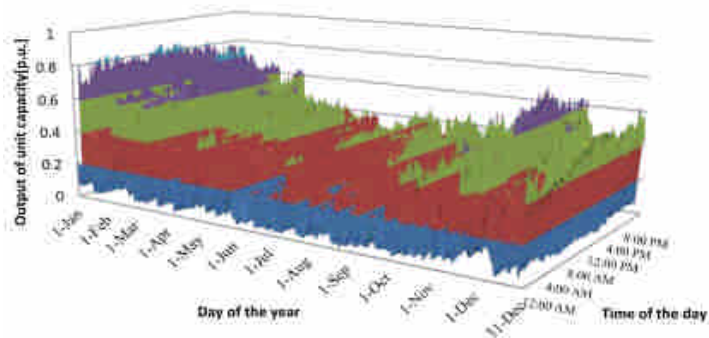


Fig.2 Wind output pattern of Japan in 365 days at 10 minutes' interval (2007)

- 模擬結果顯示，高再生能源佔比所衍生的間歇性波動，能透過燃氣複循環電廠，抽蓄水力儲能 (pump-storage hydro)、定態納硫(NaS)電池技術與太陽能及風能發電量抑低等配套措施來進行控制，因此有必要協調與最適化多種技術措施的來控制具間歇特性的再生能源。但是，這些配套技術的調度結構，會隨再生能源每季的發電型態而有明顯改變(如下圖)。例如，在日照較少的冬季，太陽能發電量的變化性幾乎能予以控制而不需要抑低發電量，而且在夏季太陽能發電量足夠的情

況下，並不需要啟動燃氣複循環電廠。這結果也證明大規模提高再生能源的佔比不必然需要裝設對應規模的電池容量。

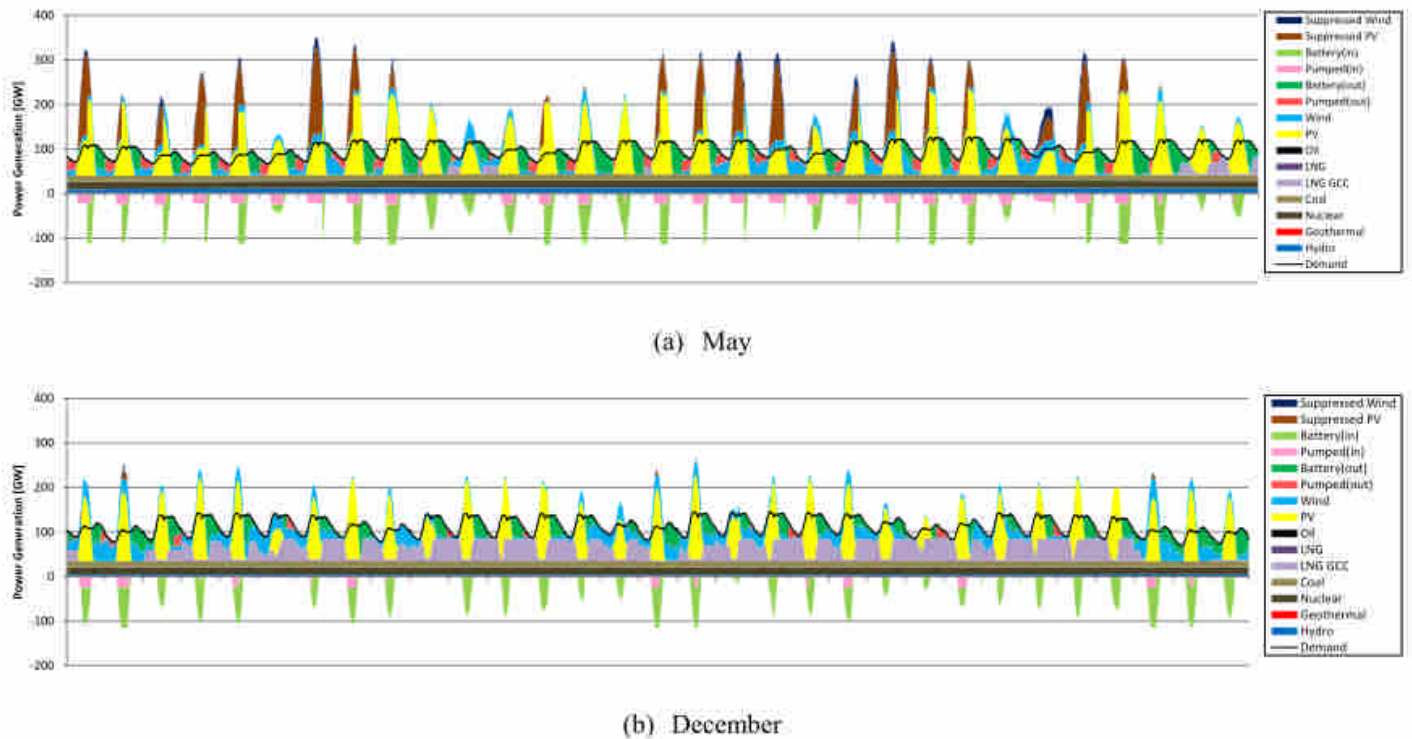


Fig. 3. Monthly power generation profile of Japan in 2030 at 10 minutes' interval.

(2)澳洲聯邦科學暨工業研究組織(CSIRO)的 Jennifer Hayward 等 2 人，在「再生能源經驗曲線的不同形式：全球與區域電力市場模式」之議題，認為技術學習效果已在許多不同的產業或製程中觀察到，然而學習率並非持續固定不變，通常會因技術發展階段的不同而改變，一般學習效果會隨技術成熟度增加而下降。茲將重點說明如次：

- 渠等將此學習效果應用在具有內生技術學習效果的「全球與區域學習模型(global and local learning

model, GALLM)」，藉以預測各種電力發電技術未來的資本成本。GALLM 涵蓋三個區域(已開發國家，未開發國家與澳洲)與 22 個不同的發電技術與政策(如碳稅)；並針對三種不同的再生能源技術經驗曲線進行分析比較，包括 a.基本情境、b.學習率隨時間變動的情境、以及 c.能源資訊管理局(Energy Information Administration, EIA)國家電力模型(National Electricity Market, NEM)的兩階段學習情境。三種情境最大的不同是每項技術的學習率與學習率的採行時機；所評估的再生能源技術包括太陽光電、太陽熱能、燃料電池與波浪與海流能源(或離岸風力)。結果指出，再生能源的成長趨勢在三種經驗曲線之間沒有太大差異，但這些技術的資本成本則有顯著的不同：

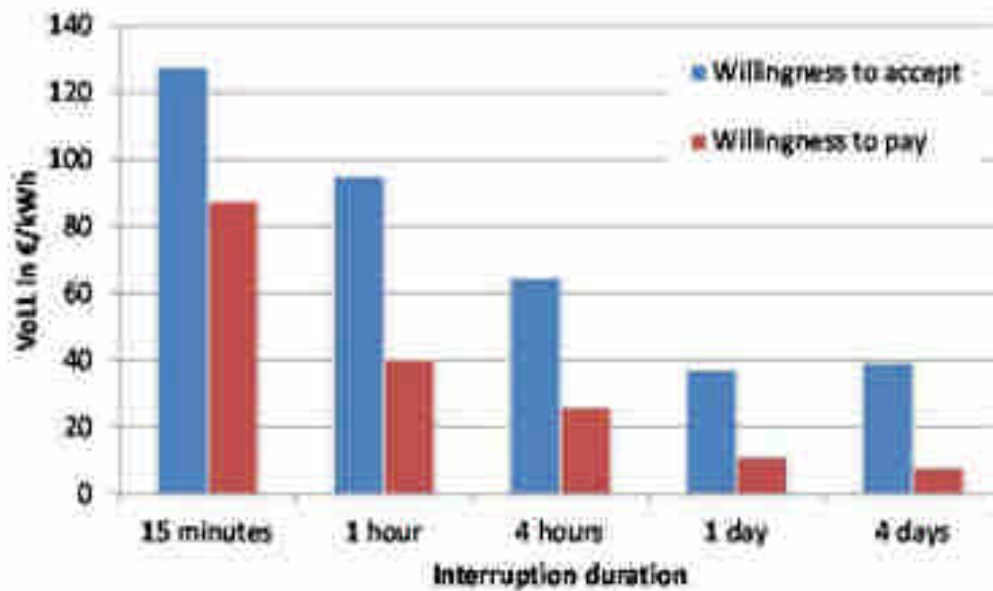
- ▶ 即使在低碳價的情境下，基本情境的結果顯示，再生能源技術在 2050 年前將強勢成長，這些技術將貢獻 40% 的總發電佔比，其中以太陽光電佔比最大，其次是太陽熱能與風力。
- ▶ 在學習率會隨時間變動之情境下，再生能源技術在 2050 年前也擁有相同的成長態勢，但技術之間的佔比稍微不同。其中太陽熱能的佔比較高，但風力與波浪能的佔比較少。

- ▶ 無碳捕捉與封存技術(CCS)的燃煤電廠，在基本情境下將持續發電直到 2050 年，但在學習率會隨時間變動之情境下，所有燃煤電廠在 2044 年前將全數退役。

## 5. 缺電成本

德國柏林工業大學 Mr. Aaron Pralijnjo 等 2 人，在「斷電對德國住宅用戶直接與間接停電成本之影響」議題，評估德國住宅用戶的停電成本：包括不同停電持續時間(15 分鐘、1 小時、4 小時、1 天與 4 天)對直接與間接成本的影響，以及直接成本與間接成本的關係。對住宅用戶來說，直接停電成本包括食物損壞與資料損失的成本，間接停電成本則主要是機會損失的成本，即沒有辦法從事各類家庭活動(如嗜好或家庭雜務)的成本。該研究使用兩種方法來確認住宅用戶的停電成本：a. 停電後願意接受補償的金額(willingness to accept, WTA)、以及 b. 為避免停電願意支付的金額(willingness to pay, WTP)。超過 650 位受訪者參與線上問卷調查。研究結果分述如下：

- 對於德國住宅用戶，連續供電具高度的價值(如下圖)。連續停電 1 小時將導致平均 40 歐元的 WTP 與平均約 90 歐元的 WTA。一般，WTA 高於 WTP，顯示德國電力用戶大多認為電力公司有提供不中斷電力的義務。

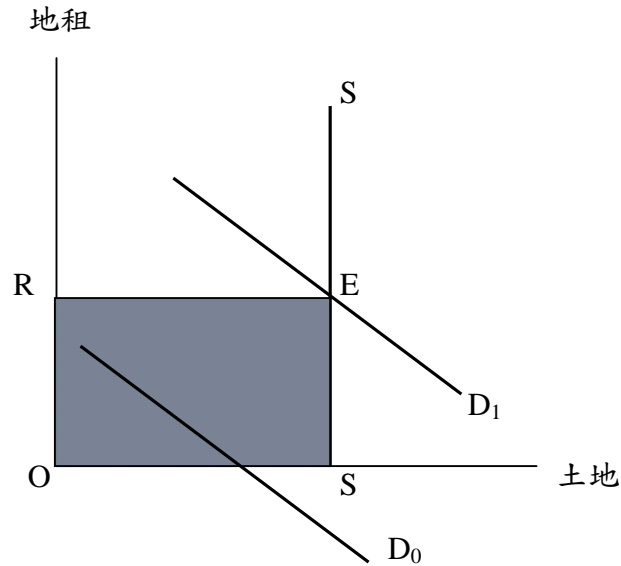


- 不論是直接停電成本或間接停電成本，短停電時間的停電成本比長停電時間的停電成本還高，但對直接停電成本則較為明顯。這結果顯示，供電不中斷對有些住宅用戶變得相對重要，數位化提高住宅用戶電子設備的普及率，這些電子設備(如個人電腦、數位時間、網路設備等)大多需要持續的電力。
- 即使是住宅用戶，停電對德國會產生重大的成本。特別是短停電時間，直接成本在總停電成本中開始扮演重要角色。隨著目前數位化的發展，這些影響將來可能增加。

## 6.市場機制

(1)澳洲維多利亞大學碳市場經濟研究小組 Mr. Bruce Mountain 在「南澳洲風場、電力市場與市場獨占力：觀察、結論與意涵」議題，提出 2011 年風力發電在澳洲國家電力市場(National Electricity Market, NEM)發電量佔比為 2.9%，南澳洲 23%的發電量卻來自風力發電。風力發電的經濟成本與利益，對極力擴展再生能源電力的澳洲與其他國家而言是一項重要議題。惟文獻上仍缺乏有關風力發電對電力市場衝擊的實際市場分析。渠評估南澳洲風力發電對批發電價、發電量與需電量的影響，分析結果與結論分述如下：

- 南澳洲即期電價是以邊際生產成本為基礎，在風力發電量與需電量的關聯度不大，且供給成本曲線相對平坦的情況下，南澳洲風力發電對即期電價的影響並不顯著。當即期電價反應市場存在稀有性地租(scarcity rent，即指在土地的供給有限下，隨土地需求增加而產生的地租，如下圖的土地需求從  $D_0$  增加到  $D_1$  時，將產生橘色區塊的地租 ORES 的地租)，風力發電對即期電價沒有影響，這可能是因為市場獨占力的存在。



- 在尖峰電價期間，風力發電對年平均即期電價有顯著的影響，導致電價在 2006 年到 2011 年間平均增加 72%。傳統發電技術的價格也受到影響，相對風力發電的 33%。褐煤電價增加 51%，而開放式循環氣渦輪機(open cycle gas turbine, OCGT) 電價增加 429%。主要是因為尖峰期間發電量較低，減弱風力發電在尖峰電價期間對即期電價的影響程度，此外市場獨占力的存在更加劇減弱的效果。
- 市場獨占力的運用似乎有利於傳統發電技術，而較不利於風力發電。此結論方向與 Green 與 Vasilakos 預估英國 2020 年電力市場之結論一致。但實際分析結果發現，南澳洲偏離風力發電的程度顯著大於 Green 與 Vasilakos 對英國的預測。



- 南澳洲風力發電對電價的影響甚至小於過去文獻對德國、西班牙與愛爾蘭等國家的分析結果。換句話說，其他國家電力市場的經驗認為，雖然能源使用者支付部份的補貼，但傳統發電也已透過因用電需求減少的低電價來分攤部分的負擔，並使風力發電從傳統發電獲取市佔率。儘管南澳洲風力發電從傳統發電獲取市佔率，但對電價的影響似乎小於其他地方。

(2)紐西蘭奧塔哥大學 Mr. Paul Thorsnes 等 3 人在「奧克蘭之靜態時間電價的需量反應」議題，說明紐西蘭發電與配電的邊際成本會隨著每日用電需求變化而變動，特別是冬季屋內供熱的需求較高的時候。因傳統電錶表不能提供電力使用時間，大多數住宅或小型商業用戶採用固定的零售價格，使平均成本電價可能導致在尖峰時段或離峰時段無效率地過高或過低地供電與用電。紐西蘭目前已安裝許多先進讀表設備，並能每半小時提供讀表數據。這些先進讀表設備讓電力零售業者能夠隨每日電力需求變化來制定變動的電價，使電價在低成本的離峰時段低於平均電價，在高成本的尖峰時段高於平均電價。茲將重點說明如次：

- 對 Mercury 能源公司的一項固定時間電價實驗進行分析，該實驗以奧克蘭郊區的用戶為研究對

象，以不同的尖離峰價差(0¢、4¢、10¢與 20¢)分成 4 組，每組皆另提供一頁的提供省電資訊，分析結果如下：

- ▶除了冬季期間，用電量與電費支出平均增加約 50%，其餘季節沒有明顯增加。即使是夏季，在奧克蘭很少有人使用冷氣。
- ▶冬季尖峰時段有明顯的省電效果，其中資訊組(尖離峰價差為零)省電達 9%，只有尖離峰價差最大的組之省電結果稍微再多一點。因此，省電資訊的提供對省電有較大的效果，但尖峰電價對省電的效果卻很小。冬季離峰時段則節電較多(約 12%)，導致較大的離峰電價彈性。此外，每半小時的資料分析顯示，用電量會在早晚尖離峰分界時段增加。
- ▶實驗參與者對訂價的短期反應，可提供現有尖離峰用電量的對照評估：較小的尖峰電價彈性，暗示尖峰用電量可能沒有太多；相對地，較大的離峰電價反應，暗示離峰用電量可能無效率地太低。時間電價可能導致低價基載電力用電量的增加(在紐西蘭主要是水力發電)，以及高價尖載電力用電量的稍微減少(主要是火力發電)。

(3)沙烏地阿拉伯法德親王石油礦大學 Mr. Reza

Fathollahzadeh Aghdam 等 2 人在「電力經濟關係與市

場導向電力改革之總體經濟影響評估」議題，茲說明重點如次：

- 自 1990 年代初期全球電力產業已歷經重大變革。除了因應各國家特性外，這場電力市場變革大多數皆採取相同的改革模式。這改革模式強調以投標為基礎的市場結構來促進競爭，並幾乎已經改變電力產業的所有制度面向：
  - 組織設定：傳統垂直整合的組織已功能性(發、輸、配電)的分離。
  - 市場結構：電力產業的市場結構從傳統的優劣順序(order-of-merit)機制，轉變為強制的投標系統。
  - 管制架構：已導入全國性與全聯盟性管制架構，來監督與協調各州或區域的活動。
  - 所有權的重分配：已經有相當多的電力公司民營化。
- 電力市場改革背後的基本理念是，透過改革來改善電力產業的生產力，降低電價，最終提升人民的福祉，並有利於經濟成長。過去文獻大多聚焦於分析個體面(電力改革對電力產業生產力的影響)與總體面(電力改革對經濟成長或 GDP 的影響)兩大範疇。在總體面研究方面，有兩項議題仍待解決：a.如何確認電力與經濟關連的因果關係；b.如何評估電力市場改革對經濟成長的短、中、長期的影響。為分析上

述兩項議題，Mr. Aghdam 等 2 人，渠等針對 1970 到 2008 年期間 19 個 OECD 國家與澳大利亞 8 個州進行分析，結果如下：

- 電力需求與 GDP 成長具有雙向關係，即電力需求會影響經濟成長，同時經濟成長也會影響電力需求。
- 大多數國家的電力改革對經濟成長有重大的影響，但大部分只發生在產業組織結構的改變(即功能性的分離)，同時也反映產業管理結構的改變。然而，市場結構與所有權的改變對電力需求與 GDP 成長沒有顯著的影響。

(4)紐西蘭奧克蘭大學 Mr. Stephen Poletti 等 3 人提出「電力市場的獨占力：來自紐西蘭的證據」議題，其分析紐西蘭獨特電力市場特性肇因，加州電力市場亦為極佳案例。就我國而言，為克服區域輸電瓶頸及建廠阻撓，除應積極推動台經院電業法草案，並賦予地方政府/用戶配合責任外，應加強推動區域差別電價。

(5)有關全員會議中電力市場部份

- 倫敦帝國理工學院(Imperial college) Mr. Richard Green 評估每年用戶需支付 2,500 澳幣的電價，相當於新台幣 75,000 台幣的電費。
- 倫敦帝國理工學院 Mr. David Newbery 表示歐洲 CO2 將減排 80%，ETS 將固定總量。

## 7.碳稅機制

(1)為對抗氣候變遷問題，澳洲加入歐盟和紐西蘭的行列，開徵極具爭議性的碳稅。吉拉德政府盼透過碳稅的開徵，讓澳洲在 2020 年前，達到每年排碳量起碼減少 1.59 億噸的目標，相當於路上少了 4,500 萬輛汽車行駛。由於依賴煤炭發電，澳洲的人均排碳量高居已開發國家之冠。屆時新碳稅前 3 年每公噸排碳達 23 澳元，高達歐盟的 2 倍。茲將重點說明如下：

- 此新制碳稅計畫要點，從燃煤火力發電廠到冶煉廠，澳洲約 350 家排碳量高的污染大戶，每製造 1 噸二氧化碳就得繳交 23 澳元（23 美元）碳稅，是歐盟地區 2 倍多，歐盟目前徵收碳稅每噸約 8.15 歐元（10 美元）。
- 澳洲財政部估計，碳稅將使澳洲消費者物價指數（CPI）在 2012~13 年升高 0.7 個百分點。這段期間，澳洲電價預估將調漲 10%，一般家庭電費預料每週將因此增加 3.3 澳元。惟政府將提供平均每個家庭每週 10.1 澳元的補貼。
- 澳洲這項碳稅計畫也將自 2015 年起開放碳交易，污染者與投資人可收購海外碳權，或與已建立碳稅機制的歐盟與紐西蘭進行碳交易，南韓與大陸等正在研擬相關制度的國家也是未來的交易對

象。

● 澳洲碳稅計畫要點：

- 前三年採固定價，2012~13 年度每噸 CO2 徵收 23 澳元，2014~15 年度漲至每噸 CO2 徵收 25.4 澳元。
- 2015~16 年度始實施碳交易，碳價上限 20 澳元，其後 2 個財政年度調升 5%；碳價下限 15 澳元，每年調升 4%。
- 2014 年澳洲政府將設定時效 5 年之全國碳排放上限，以求 2020 年前達成全澳排碳較 2000 年減少 5% 的最低目標。
- 2015 年中開放與國際間的碳額度交易，但收購進口的碳額度限制在全國排碳量的二分之一。

(2) 斐濟再生能源燃料進口成本佔 GDP12%，2015 年之前再生能源預估將佔 90%，其再生能源以生質能及甘蔗渣為主，無太陽能發電應與缺乏運轉維護能力有關。

#### 肆、值得我國借鏡之處

一、與中華經濟研究院王京明博士就節電優惠，紐西蘭及西澳均為獨立電網，政府電力收購費率(feed-in tariffs, FIT)，及「有無智慧電錶下之智慧電價」之時間電價(time-of-use, TOU 係計畫適用於有安裝智慧讀表器的用戶)及需求減量誘因(demand reduced incentive, DRI 係適用於尚未安裝智慧讀表器的住宅用戶)進行交換意見。

(一)有關節電優惠議題，應僅限於夏季尖峰，惟在離峰季甚至可鼓勵用電，以提高閒置資產利用率，只是尖峰時段恐不易落實；至於設計標準將考慮以多(2~3)年而非僅 1 或 2 年數據做基礎；折扣應逐年降低；採定額補助獎勵及限定節能減碳補助(如更換 LED 路燈)。

(二)紐西蘭及西澳均為獨立電網(西澳未與東澳聯網，惟亦自由化)議題，其個別裝置容量規模均小於台灣，王博士指出，台灣可嘗試有條件推動電業自由化。

(三)有關政府電力收購費率(feed-in tariffs, FIT)部份，鑑於合理誘因的費率制度、再生能源發展目標的實現及再生能源基金的募集，係 FIT 成功的關鍵因素，惟我國 FIT 費率的計算係以均化成本(levelized cost)為基礎，要明列所有成本項目、內部報酬率與再生能源年發電量的變化是現行費率的主要挑戰之一。未來我國設計該制度時應注意的是：

1. 現行出價機制之費率設定係採「以出價方式成交 (pay-as-you-bid)」的法則，僅適用於不完全競爭市場，而非適用於完全競爭市場，因此王博士建議以「市場結清價格 (market clear price)」法則來設計費率。
2. 為減少交易成本，應修訂現行固定 FIT 的出價機制，以適用於大規模的再生能源。
3. 為克服現行出價機制有時會出現供應不足的情況，建議應謹慎地設定較高的 FIT 上限價格，並縮短與簡化行政流程。另應引進再生能源投資配比標準 (renewable portfolio standards, RPS) 優惠概念，以提高再生能源的需求。
4. 目前我國的電力用戶無法選擇使用綠色電力或灰色電力，建議應設計再生能源證書 (Renewable Energy Certificate, REC) 市場或自願綠色電力市場，並導入我國的電力市場。
5. 台灣現行 FIT 使用均化成本方法來設定費率，適用於再生能源發展的初期階段。惟考慮長期發展，費率設定的流程應納入再生能源對電力系統與用戶的利益與價值。當低碳電力系統在未來廣泛地採用時，需求端的出價方法應引進於現行以成本為基礎的出價或競價流程，藉以建立再生能源的市場機制。最後，在轉換到市場機制之前，應考慮採用加州的「再生能源招標機制 (Renewable Auction Mechanism, RAM)」，即交付時間的 (time-of-delivery) 或特定地點的 (location-specific) 再生能源費率。



(四)建議未來本公司適用於有安裝智慧讀表器的用戶之 TOU 應朝向「提高尖峰負載費率及降低部分尖峰與離峰負載的費率」、「簡化費率結構」與「反映實際供給成本」等方向重新設計。係因：

- 1.目前 TOU 尖離峰費率價差太小，致無法鼓勵用戶改變電力消費行為，甚至導致台電在尖峰期間生產較高成本的電力，進而產生巨額損失。
- 2.目前 TOU 費率設計過於複雜，致用戶難以了解電費的計算。
- 3.目前 TOU 所採用的尖峰、半尖峰與離峰期間，並不與實際負載期間情況相符合，費率結構也不能反映經濟調度成本。

(五)為鼓勵節約能源本公司未來在執行兩項需求減量誘因(demand reduced incentive, DRI)計畫(DRI 係適用於尚未安裝智慧讀表器的住宅用戶)：電費折扣獎勵結果措施(Basic Tariff Discount, BDT)與縣市節電競賽(County Competition Tariff Discounts, CCTD)，應在供電短缺或電力需求過高時鼓勵節電，而非目前 DRI 計畫不論任何時段與地點皆提供折扣優惠，恐使電力資源分配扭曲，導致電費折扣獎勵未能出現在 right time 及 right place；透過縣市節電競賽來找出需要節電的區域並藉以進行電力調度，亦非效率的做法，因此建議 DRI 計畫應反映電力系統的供需情況來重新設計。

至於電費折扣獎勵部份，應反映電力系統的供需情況來重新設計，例如可降低南電北送以減少線損，而將所減少損失的部份作為補貼電費折扣獎勵；至於電費折扣退場機制部份，可考慮仿照歐美再生能源電力收購制度 (feed-in-tariff, FIT) 逐年分階段、分項目取消電費折扣獎勵。

## 二、參與東澳自由化電力市場以吸取經驗

與 Infratil Energy Australia 之 CEO Mr. Darryl Flukes 論及東澳自由化經驗：

- (一)該公司係電力市場新進入者，渠認為進入障礙較低；
- (二)除輸配電係由聯邦獨立管制其費率、規則(含自由價格受管制，包括零售規則等)；
- (三)由於零售與發電業者已合併為所謂之“Gentailer”，目前 3 大 Gentailer 幾達 70~80% 市佔率，彼此競爭激烈而不容許另一家獨大；
- (四)澳洲每一省輸配電業者係屬獨佔，有些省為公營；
- (五)香港中電已投資東澳自由化電力市場，建議本公司可考慮直接參與海外自由化市場(戰場)以取經學習，例如發揮本公司雪梨辦公室綜效。

三、建議本公司在太陽能裝置容量成本下跌時可達到「市電同價 (Grid Parity)」時，再大量投入購置該設備以利降低營運成本。

維也納科技大學能源經濟團隊 Reinhard Haas 等 2 人在「歐洲太陽能與核能之經濟性比較」議題，認為核能發電相對於太陽能發電成本低，但近幾年西歐並未計畫興建新的核電廠，而太陽能產業雖然在批發電力市場仍未具競爭力，但近來德國太陽能發電成本已逐漸下降，並接近家庭電價。甚至有些專家認為，太陽能發電成本已經比核能發電成本還低 (Blackburn, 2010)。為了解太陽能發電在未來幾年內可達到

「市電同價(Grid Parity)」，惟歐洲 2015~17 年屆時僅是太陽能裝置容量將與核能裝置容量相當，而非發電量相當，若屆時太陽能裝置容量未過剩，則太陽能發電價格將上揚。

惟與會專家學者認為核能無技術學習性、具認知成本、易招致工期延宕增加利息成本。

上述這些經驗值得作為本公司參考，是否可考慮在太陽能裝置容量成本下跌時可達到「市電同價(Grid Parity)」時，再大量投入購置該設備以利降低營運成本。

四、本公司負載預測所需我國經濟與產業預測宜評估與三經院合作，例如台綜院之 3E 模型或黃宗煌副院長之 TAIGEN 模式，由綜研所出面主導，俾與能源局計畫共用，而無須作兩套，或許某些參數假設稍作調整即可，例如：產業分類及 LNG 用量、CO<sub>2</sub> 減量目標等。

五、建議本公司可蒐集各類客戶或產業耗能在各部門佔比，作為細部診斷之依據；隨著未來開徵能源稅或碳稅，屆時燃料及電力成本上揚，將更進一步強化本公司發展節能服務產業之利基，此係其它業者所不具優勢。

六、為克服區域供電及建廠阻礙，除推動中之台經院版電業法草案外，應賦予地方政府及用戶配合責任外，需加強推動區域電價制，譬如可依距離該電力設施遠近，來設計區域差別電價(依地區遠近、火力電廠空污及風機噪音污染等差別所設計)，除可達利用非供電設施及電廠附近等地區之高額電價，以補貼供電設施及電廠附近地區民眾的低電價外，屆時

亦可達到城鄉繁榮機制。

七、第 3 座液化天然氣接收站若來不及作業，可評估建置船式天然氣接收站 Floating LNG 之可行性。

八、德國柏林工業大學 Mr. Aaron Prakilknjo 等 2 人，在「斷電對德國住宅用戶直接與間接停電成本之影響」研究得知隨著家庭電子設備數位化及普及率提高後，這些電子設備(如個人電腦、數位時間、網路設備等)大多需要持續的電力，隨著未來家電數位化的發展，亦不可輕忽住宅用戶停電成本。此項結論除可做為本公司家電普及狀況調查之參考，亦可做為本公司提升供電品質及未來發展節能服務產業 ESCO 之參考。

這結果顯示，供電不中斷對有些住宅用戶變得相對重要，數位化提高住宅用戶電子設備的普及率，這些電子設備大多需要持續的電力。

即使是住宅用戶，停電對德國會產生重大的成本。特別是短停電時間，直接成本在總停電成本中開始扮演重要角色。隨著目前數位化的發展，這些影響將來可能增加。

九、日本東京大學 Mr. Ryoichi Komiyama 等 3 人，在「應用最適化發電組合模式之再生能源大規模調度模擬分析」此研究結果證明在各項配套措施控制再生能源的間歇特性及再生能源配合季節特性下，大規模提高再生能源的佔比並不一定需要裝設相對應規模的電池容量。此結論可做為本公司未來將再生能源引進市電時之參考。

本研究之模擬結果顯示，高再生能源佔比所衍生間歇性波動，可藉由燃氣複循環電廠，抽蓄水力儲能(pump-storage hydro)、定態納硫(NaS)電池技術與太陽能及風能發電量抑低等配套措施來控制再生能源的間歇特性。惟將隨再生能源每季的發電型態而有明顯改變，例如：在日照較少冬季，太陽能發電量的變化性幾乎能予以控制而無需抑低發電量；且於夏季太陽能發電量足夠情況下，並無需啟動燃氣複循環電廠。