

## 出國報告

(出國類別：開會)

### 參加「第 33 屆國際能源經濟學會 (IAEE)北美年會」

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：趙世舜(企劃處處長)

陳弘育(企劃處企劃控制監)

派赴國家：美國

出國期間：104 年 10 月 24-31 日

報告日期：104 年 12 月 23 日

## 出國報告審核表

出國報告名稱：參加「第 33 屆國際能源經濟學會(IAEE)北美年會」		
出國人姓名	職稱	服務單位
趙世舜	處長	台灣電力公司企劃處
陳弘育	企劃控制監	台灣電力公司企劃處
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>開會</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：104 年 10 月 24 日 至 104 年 10 月 31 日		報告繳交日期： 104 年 12 月 23 日
出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」) 3.無抄襲相關資料 4.內容充實完備. 5..建議具參考價值 6.送本機關參考或研辦 7.送上級機關參考 8.退回補正,原因: (1)不符原核定出國計畫 (2)以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 (3)內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 (4)抄襲相關資料之全部或部分內容 (5)引用相關資料未註明資料來源 (6)電子檔案未依格式辦理 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: (1)辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。 (2)於本機關業務會報提出報告 (3)其他 _____ 10.其他處理意見及方式:

總經理  
特別助理  
104.12.30  
許慧瑛

企劃處  
主管經營分析  
104.12.23  
陳弘育  
企劃處  
處長  
104.12.25

單位：企劃處  
 主管：企劃處 處長  
 104.12.25 趙世舜

主管處  
 主 管：  
 總經理  
 副總經理：

總經理  
104.12.29  
蕭金益

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「公務出國報告資訊網」為原則。

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加「第 33 屆國際能源經濟學會(IAEE)北美年會」

頁數 80 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/陳德隆/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

趙世舜/台灣電力公司/企劃處/處長/(02)236664440

陳弘育/台灣電力公司/企劃處/主管經營分析/(02)23666485

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：104.10.24-104.10.31 出國地區：美國

報告日期：104.12.23

分類號/目

關鍵詞：能源經濟、再生能源、氣候變遷

內容摘要：(二百至三百字)

本次出國任務為參加 2015 年國際能源經濟學會第 33 屆北美年會，本屆年會主題為「動態能源格局 (The Dynamic Energy Landscape)」，會中討論頁岩氣、石油、電力、水資源與再生能源等產業及政策之趨勢發展，並包含多場與未來能源挑戰、能源經濟、能源創新技術、再生能源、化石燃料、核能議題、能源投資、氣候變遷等面向有關之議題研究，與本公司皆息息相關。

透過會議之進行與參與，除了可以蒐集瞭解目前國際最新能源經濟動態、能源管理技術與未來發展趨勢，並與全球電力機構與專家互動，交流彼此的能源經驗及看法，以供本公司未來經營管理及策略發展上作為參考。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

# 目 錄

壹、 前言 .....	1
一、 緣起 .....	1
二、 行程與出國人員 .....	2
三、 會議內容重點 .....	3
貳、 國際經濟能源學會簡介 .....	6
一、 成立宗旨 .....	6
二、 參與「國際經濟能源學會」緣起與目的 .....	6
三、 近年舉辦之 IAEE 全球年會與各區域分會會議 .....	7
參、 美國能源政策與電業概況 .....	10
一、 美國能源現況 .....	10
二、 美國電力市場發展現況（以 PJM 為例） .....	18
三、 美國潔淨能源計畫 .....	22
肆、 「第 33 屆國際能源經濟學會北美年會」重要議題內容 .....	26
一、 能源經濟議題 .....	26
二、 電力市場議題 .....	30
三、 氣候變遷議題 .....	33
四、 再生能源議題 .....	46
五、 核能議題 .....	56
六、 電價相關議題 .....	60
七、 能源科技議題 .....	63
八、 化石燃料議題 .....	66
伍、心得、感想與建議 .....	73
附件 1：大會議程手冊 (Conference Program) .....	a-1
附件 2：會議照片 .....	a-16

## 參加「第 33 屆國際能源經濟學會北美年會」

### 壹、前言

#### 一、緣起

國際能源經濟學會（The International Association for Energy Economics, IAEE）成立於 1977 年，為全球能源經濟領域之重要國際性非官方組織，其會員涵蓋世界 70 國以上之產官學界，主要宗旨為結合全球能源研究之菁英以解決世界能源供需、經濟、科技、及環保問題。

該學會每年擇一會員國召開全球年會或各分會主辦之年會（如北美年會、歐洲年會及亞洲年會等），邀集各國會員與能源經濟相關專家學者與會，於會議期間充份就各項重要能源議題（如石油、天然氣、電力、再生能源、能源政策、氣候變遷、市場自由化等等）之發展、研究與經驗交流、交換意見。

本次第 33 屆國際能源經濟學會北美年會（The 33<sup>RD</sup> IAEE North American Conference）係由美國分會（The United States Association for Energy Economics, USAEE）主辦，於民國 104 年 10 月 25 日至 28 日於美國賓州匹茲堡(Pittsburgh)舉行，今年年會主題為「動態能源格局 (The Dynamic Energy Landscape)」，會中討論頁岩氣、石油、電力、水資源與再生能源等產業及政策之發展，並包含多場與未來能源挑戰、能源經濟、能源創新技術、再生能源、化石燃料、核能議題、能源投資、氣候變遷等面向有關之議題研究，與本公司皆息息相關。

本公司藉參與此項會議，得以與全球各地能源經濟與電力產業相關領域的產官學界代表互動接觸，增進彼此之友好關係，

並能蒐集並瞭解目前國際最新能源經濟動態、能源管理技術與未來發展趨勢，供本公司未來經營運作及策略發展上作為參考。

## 二、行程與出國人員

### (一) 行程紀要

本次出國計畫經奉核定於民國 104 年 10 月 24 日啟程，同年 10 月 31 日返國，共計 8 天。茲將行程摘述如下：

1. 10 月 24 日~25 日：去程（台北→舊金山→匹茲堡）

2. 10 月 25 日：報到

18:00 – 19:00 Opening Reception

19:00 – 20:30 Case Competition

3. 10 月 26 日：第 1 天會議

08:30 – 09:00 Welcome and Introduction

09:00 – 10:30 Opening Plenary

11:00 – 12:45 Concurrent Sessions 1-9

14:30 – 16:00 Dual Plenary (A)

16:30 – 18:15 Concurrent Sessions 10-18

18:30 – 20:00 Poster Session and Networking Reception

4. 10 月 27 日：第 2 天會議

08:30 – 10:15 Concurrent Sessions 19-27

10:45 – 12:15 Dual Plenary (B)

14:00 – 15:45 Concurrent Sessions 28-36

16:15 – 17:45 Dual Plenary (C)

18:30 – 20:30 Reception: Andy Warhol Museum

5. 10月28日：第3天會議

08:30 – 10:00 Dual Plenary (D)

10:30 – 12:15 Concurrent Sessions 37-45

12:15 – 14:00 Closing Plenary

6. 10月29日~31日：返程（匹茲堡→洛杉磯→台北）

（二）出國人員

本次年會共有來自全球各地能源經濟相關專家學者共約 350 人與會，本公司奉核定由企劃處趙處長世舜及陳主管弘育等 2 員出席與會。

### 三、會議內容重點

本次「第 33 屆國際能源經濟學會北美年會」大會主題為「動態能源格局 (The Dynamic Energy Landscape)」，會議共有兩大部分，一部分是「主題座談」(Plenary Sessions)，另一部分是「分組研討會議」(Concurrent Sessions)。

第 1 場的開幕主題座談(Opening Plenary)主題為「動態能源格局：天然氣在美國(Natural Gas in the U.S.)」，由美國權威能源管理顧問機構 Benjamin Schlesinger & Associates (BSA)公司總裁 Benjamin Schlesinger 主持，並由能源研究開發公司 Advanced Resources International 董事長 Vello Kuuskraa、美國三大頁岩氣產地之一的賓州馬塞勒斯頁岩聯盟(Marcellus Shale Coalition)總

裁 David J. Spigelmyer、能源研究機構 RBN Energy 公司總裁 Rusty Braziel 三位進行報告及與談。座談內容主要為美國目前頁岩氣的爆發(booming)現象之闡述，以及此一現象在能源價格、供需市場、消費行為、電業市場、產業供應鏈、整體經濟及公眾安全等面向的影響，以及未來的因應策略。

「主題座談」含開幕、閉幕共有 6 個時段計分 10 個場次，除了開幕座談主題「動態能源格局」外，其他分別為：再生能源整合(Renewable Energy Integration)、頁岩井的水資源—生產、利用與回收(Water at the Well-Site: Production, Handling and Disposal)、工業革命再起(Industrial Resurgence)、煤的未來趨勢(Future of Coal)、氣候變遷(Climate)、電力市場(Electricity Markets)、地緣政治(Geopolitics)、能源基礎設施(Energy Infrastructure)、以及閉幕座談的能源財務與風險管理(Energy Finance & Risk Management)。

另一部分為「分組會議」(Concurrent Sessions)，共分 5 大場次 45 子題，分別針對未來能源趨勢、能源經濟、能源創新技術、再生能源、化石燃料、核能議題、能源投資、能源供給運輸、氣候變遷等議題進行討論，共發表 188 篇的論文。

(一) 第 1 場次(Concurrent Session 1-9)子題包括：1.頁岩氣的衝擊；2.風力發電；3.電力市場；4.能源與水資源議題；5.石油與天然氣市場模型；6.優秀學生論文獎發表；7.減低溫室氣體政策；8.燃煤發電與美國國家環保局的潔淨能源計畫(EPA's CPP—Clean Power Plan)；9.電力市場的技術發展等 9 項子題，共 40 篇論文發表。

(二) 第 2 場次(Concurrent Session 10-18)子題包括：10.液化天然



氣；11.電力與環境；12.太陽能；13.能源效率；14.能源教育單元；15.再生能源經濟；16.能源需求模型；17.溫室氣體減量；18.電價等 9 項子題，共 36 篇論文發表。

(三) 第 3 場次(Concurrent Session 19-27)子題包括：19.再生能源；20.電業與環境政策；21.電動車—汙染、消費與政策；22.能源政策 ABC；23.能源財務與投資；24.儲能技術；25.節能照明與綠建築；26.油價、需求及稅負；27.發電等 9 項子題，共 36 篇論文發表。

(四) 第 4 場次(Concurrent Session 28-36)子題包括：28.頁岩氣與水力壓裂技術；29.電力市場模型；30.工業與政府部門的非正式交流討論；31.燃煤電廠相對於天然氣與再生能源之脆弱性；32.氣候變遷政策；33.再生能源的間歇性課題；34.石油與天然氣市場；35.能源模型；36.能源與環境等 9 項子題，共 36 篇論文發表。

(五) 第 5 場次(Concurrent Session 37-45)子題包括：37.油價的不確定性；38.能源與經濟；39.天然氣市場與輸送管路；40.交通載具之燃料；41.核能議題；42.石油與經濟；43.輸電與配電；44.氣候變遷課題；45.能源與燃料效率等 9 項子題，共 40 篇論文發表。

## 貳、國際經濟能源學會簡介

### 一、成立宗旨

國際能源經濟學會（The International Association for Energy Economics, IAEE）成立於 1977 年，為全球能源經濟領域之重要國際性非官方組織，所屬會員涵蓋世界共 85 國以上的產官學界，並在 28 個國家/地區設有分支機構，具有極大影響力。其主要宗旨為結合全球能源研究的菁英，探討解決世界能源供需、經濟、科技、及環保等問題。

能源是世界社會與經濟快速發展不可或缺之要素，但在過去數世紀以來，整個世界不斷發展之同時，卻帶來能源過度耗用及環境破壞之問題，即使專家學者們不斷發出警訊，並研究如何有效運用及保護環境，卻沒有因此減輕問題之惡化程度。隨著科技與通訊的發展一日千里，全球化進展更為快速，區域間之經濟、社會、環境等變化更具連動性，至今能源及環境問題已不再是單一區域努力就可解決之問題，而是需要全球各國共同研商解決方案且落實執行之全球性議題。

### 二、參與「國際經濟能源學會」緣起與目的

國際經濟能源學會(IAEE)每年擇一會員國召開全球年會、各分會亦不定期主辦年會(如北美年會、歐洲年會及亞洲年會等)，皆邀集各國會員、政府代表、學術能源決策機構、企業代表與能源經濟相關專家學者與會。在年會期間 IAEE 或是各分會廣邀產官學研各界重量級代表，充份就各項重要能源議題，如石油、天然氣、再生能源、核能、電業市場、能源政策、氣候

變遷、市場自由化等等之發展及研究，進行經驗交流與交換意見，在國際能源經濟領域具有極大的聲望與影響力。

其中 IAEE 亞洲年會係由我國主動發起促成：台灣於 2007 年 11 月初由中油公司舉辦第 1 屆 IAEE 亞洲年會，會議參與及討論情形熱絡，各國與會代表亦極為推崇我國之熱心支持 IAEE 亞洲年會之成形，目前已陸續舉辦至第 4 屆。

我國「中華民國能源經濟學會(CAEE)」亦為 IAEE 分會之一，為我國能源部門與 IAEE 間之主要溝通管道。每年藉參與各項 IAEE 會議，與各會員國保持密切之聯繫，除可提升國際能見度、加強國際間能源經濟領域之交流與合作外，更可鞏固我國在國際能源經濟學會之地位。

同時本公司亦為 IAEE 之重要團體成員，每年皆考量 IAEE 或各分會之全球年會暨各項研討會會議主題屬性與適切性，選擇參加 IAEE 或各分會所舉辦之年會及研討會，藉此國際能源活動之重要平台，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水準。

### 三、近年舉辦之 IAEE 全球年會與各區域分會會議

#### (一) IAEE 全球年會

1. 第 37 屆 IAEE 全球年會於去(2014)年 6 月 15-18 日在美國紐約舉行，年會主題為「能源與經濟(Energy & The Economy)」，研討議題包括：能源供需與經濟成長、財務與能源管理、能

源與環境、非化石能源-再生能源與核能、國際能源市場、能源效率、能源研究與發展、能源經濟政策等。

2. 第 38 屆 IAEE 全球年會於今(2015)年 5 月 24-27 日在土耳其安塔利亞(Antalya)舉行，年會主題為「全球之挑戰：能源安全、技術與永續發展 (Energy Security, Technology and Sustainability Challenges Across the Globe)」，研討議題包括：碳交易與碳稅、氣候變遷、再生能源技術、能源市場、分散型電源、能源價格、能源效率、能源與永續發展、能源與環境政策、能源需求與經濟成長、能源市場與管制、地緣政治、溫室氣體減量、間歇性電源整合、自由化市場之投資、油氣運輸與管路、碳捕捉與封存技術、核能發電、能源風險管理、頁岩氣之儲存、經濟與永續等。
3. 第 39 屆全球年會預計明(2016)年 6 月於挪威卑爾根(Bergen)舉行，年會主題為「能源的未來與不確定性 (Energy : Expectation and Uncertainty)」。

## (二) 區域分會會議

1. 第 4 屆 IAEE 亞洲年會於去(2014)年 9 月 18-21 日在中國大陸北京舉行，年會主題為「能源經濟：新挑戰與解決之道 (Energy Economics : New Challenges & Solution)」。該年會由本公司黃重球董事長率李肖宗高級研究員等 4 人參加。
2. 第 14 屆 IAEE 歐洲年會於 2014 年 10 月 28-31 日在義大利羅馬舉行，年會主題為「歐洲永續能源政策(Sustainable Energy Policy Strategies for Europe)」。
3. 第 5 屆拉丁美洲(LAAEE)年會於今(2015)年 3 月 16-18 日在哥倫比亞麥德林(Medellin)舉行，年會主題為「拉丁美洲與加

勒比海的能源前景：挑戰、限制與機會(Energy Outlook in Latin America and Caribbean : Challenges, Constraints and Opportunities)」。

4. 本次第 33 屆北美年會於今年 10 月 25-28 日在美國匹茲堡舉行，大會主題為「動態能源格局」。
5. 第 5 屆亞洲年會預定於明(2016)年 2 月 14-17 日在澳洲柏斯(Perth)舉行，年會主題為「面對亞洲的能源挑戰(Meeting Asia's Energy Challenges)」。
6. 第 1 屆歐亞(Eurasian)年會預定於明年 8 月在亞塞拜然巴庫(Baku, Azerbaijan)舉行，年會主題為「裏海地區能源經濟的崛起：機會與挑戰(Energy Economics Emerging from the Caspian Region: Challenges and Opportunities)」。
7. 第 15 屆北美年會預定於明年 10 月於美國土爾沙(Tulsa)舉行，年會主題為「北美能源自給的啟示(Implications of North American Energy Self-Sufficiency)」。
8. 第 34 屆歐洲年會預定於後(2017)年 9 月於維也納(Vienna)舉行，主題為「邁向永續的能源系統：進化或革命?(Heading Towards Sustainability Energy Systems: by Evolution or Revolution?)」。

## 參、美國能源政策與電業概況

### 一、美國能源現況

#### (一) 頁岩油氣的崛起

1859 年，美國賓州 Titusville 小鎮鑽獲全球第一口油井，其後至第二次世界大戰前，美國石油產出約占全球 65%，為石油出口大國。二次世界大戰至 1970 年代初，由於戰後經濟復甦，石油需求增加與用途多元化，加上德州石油產量減少，美國漸失市場主導權，轉變為石油淨進口國。1973 年 10 月，中東發生贖罪日戰爭，OPEC 對支持以色列的美國等盟國採取石油禁運措施(第一次石油危機)，尼克森為促進能源安全、降低高石油進口依賴與高油價對經濟之衝擊，宣布「能源自主計畫 (Project Independence)」，企求石油自給自足。

1977 年時，美國石油淨進口量約 35%；同年，卡特總統成立能源部 (Department of Energy, DOE)，資助能源供給與再生能源研發計畫，希望重拾能源自主。並即成立氣體研究所 (Gas Research Institute, GRI) 開始規劃東部頁岩氣計畫 (Eastern Gas Shale Project)。

1991 年，GRI 贊助 Mitchell 能源開發公司於德州 Barnett 鑽探頁岩氣。1998 年終於成功以水力壓裂技術 (Hydraulic Fracturing) 鑽取頁岩油氣。其後美國頁岩油氣開始規模化量產，逐步實現能源自主。至 2012 年，天然氣與石油淨進口量分別是百分之 8 與百分之 40，皆為 1990 年後歷史低點，能源自主成效已現。

目前美國已超越俄羅斯，成為全球最大天然氣生產國，國際能源總署 (IEA) 預測，2017 年可能超越沙烏地阿拉伯成為全球最大石油生產國；2035 年美國可望達到能源自給自足 (樂觀情境

預測)。

## (二) 頁岩氣可經濟開採之影響

近年美國能源歸功於水力壓裂法及水平鑽井技術的突破，使美國可經濟開採的天然氣蘊藏量由原先 300 兆立方英尺，增加了 665 兆立方英尺頁岩氣（約 60 年的使用量）；在石油部分，國內可經濟開採的石油蘊藏量原為 265 億桶，則新增 580 億桶頁岩油。

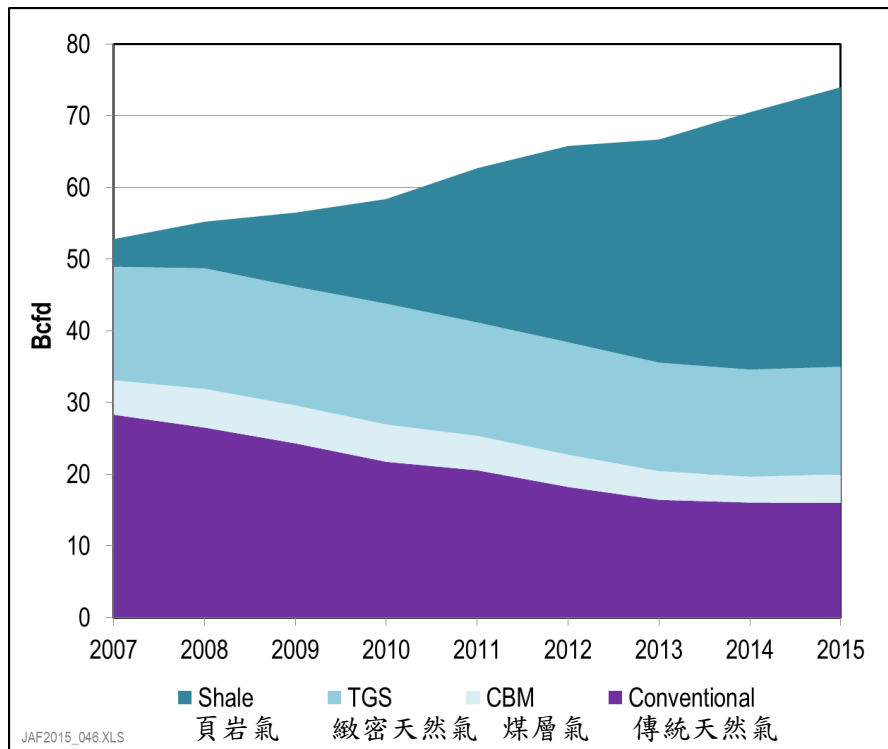


圖 3.1 美國天然氣產量(不含液化天然氣)

### 1. 油頁岩與水力壓裂技術

頁岩油、頁岩氣是從「油頁岩」(Oil Shale)中開採出來，這種細緻的沉積岩內含有機化合物「油母質」(kerogen)，經高溫提煉後即可取得新能源。頁岩氣分布範圍廣、埋藏深度淺、壽命長，然而因為開採成本過高，過去難以利用，直到近年水力壓裂技術突破，才得以規模化開發。

「水力壓裂」是用水壓將岩石層壓裂，讓它釋放出藏在岩層

的天然氣或類原油。水力壓裂技術突破，讓美國得以開採蘊藏在頁岩中的「頁岩油」及「頁岩氣」。不過這項技術中也存在許多生態破壞及環境汙染等問題。

## 2. 頁岩氣之優缺點

### (1) 優點一：頁岩氣儲量豐沛

雖說化石能源絕非取之不盡、用之不竭，但頁岩氣在現今地球上的儲量是十分豐沛的，其中包含北美和中國地區，開採蘊藏量都足以對當今的石油價格產生巨大的影響。

### (2) 優點二：頁岩氣較傳統天然氣價格低

在美國，由於頁岩氣這種新興能源的開採量非常大，甚至有點供過於求，直接導致了頁岩氣在市場上的價格比起傳統液化天然氣來得便宜，比起東亞各國進口液化天然氣的價格，更是便宜了 5 倍之多（價格：US\$3/MBtu，許多廠商都為此搶先進入市場開採，甚至不惜虧本）。

### (3) 優點三：頁岩氣為最乾淨的化石燃料

雖說頁岩氣也是化石能源，但與燃煤相比，天然氣每發一度電可減少約一半的二氧化碳排放，配合其低成本的優勢，絕對是可以同時取代火力發電並且減少碳排放的重要能源。

### (4) 缺點：生態破壞的疑慮

水力壓裂技術突破，讓美國得以開採頁岩油氣，不過這項技術存在許多問題，當天然氣大量釋放，會使空氣中充滿苯、甲苯和二甲苯等毒氣；美國賓州有牛隻體內被驗出放射性元素，此外水污染的案例也愈來愈多。

頁岩氣對生態的破壞主要來自於其採用的水力壓裂法技術，英



國的 Blackpool 和美國俄亥俄州的 Youngstown 兩地就被發現，因為水力壓裂法引發了規模不小的地震；另外，水力壓裂法在開採過程中常會使甲烷和壓裂水流入地下水中，導致當地自來水被污染的情形（自來水自燃）。且除了甲烷滲入地下水的疑慮外，壓裂法後回流水的重金屬含量也大大增加，影響健康。

除了地震和地下水，開採頁岩氣也會造成空氣污染問題：由於要把成本壓低，開採廠商通常會把每次開採多餘無法收集的天然氣直接對空燃燒，這對環境來說亦是一大損害。

綜觀上述優缺點，頁岩氣未來若需持續普及化，必定得透過生產流程的改良來減低對環境的衝擊（目前歐洲許多國家都卻步於水力壓裂法的安全性，且明定反對水力壓裂法的法規，使得頁岩氣市場難以進入歐洲），未來勢必得在流程改良造成的成本提高與原有的低成本優勢間找到好的平衡，頁岩氣才有可能成為全球性的替代能源。

### 3. 頁岩氣對美國經濟的影響

根據國際能源總署(IEA)報告指出，美國未來對外的原油需求將越來越低，估計 2030 年會成為能源淨出口國，長久以來的貿易逆差也將獲得平衡。

除了造成能源價格顯著下降外，頁岩氣對美國製造業、能源密集產業、總體經濟與二氧化碳(CO<sub>2</sub>)減量也產生顯著影響。

- (1) 製造業及能源密集產業：美國製造業之天然氣價格分別約為亞洲與歐洲國家的 1/4 與 1/3，減少總體能源成本 11%，使競爭力大增（EIA, 2013b）。而便宜的液態天然氣（LNG）也提供能源密集產業（如石化業）低價的原料。能源密集產業是美重要基礎產業，約占工業部門就業人數 25%。

- (2) 總體經濟：IHS (2011) 報告指出，2010 年頁岩油氣開發創造之 GDP 值達 769 億美元，頁岩油氣開發直接或間接提供 60 萬個工作機會；預估在 2025 年時，將新增 380 萬個就業機會。
- (3) CO<sub>2</sub> 減量：2006 年為美國頁岩氣產業之轉折年，致使 2012 年 CO<sub>2</sub> 產量 (53 億公噸) 較 2006 年減少 6 億公噸 (11.6%)，主要歸功於天然氣取代燃煤發電。

#### 4. 全球能源的的版圖改變

全球天然氣市場主要分成三大區域：北美 (出口國)、歐洲 (與中東進行管線天然氣交易) 和亞太 (大多為天然氣進口國，需要靠船運輸入成本較高的液化天然氣) 三區，彼此的天然氣價格互不影響。目前頁岩氣的成功開發僅止於美國，其國內的開發基礎設施數量尚待增加，距離成為完全的天然氣進出口國也要等到 2020 年之後，歐洲部分原來對頁岩油氣開發持保守觀點的國家，如英國、西班牙、波蘭與烏克蘭等，政府轉為積極；而法國與德國，對其仍有疑慮。若其他各國無法跟進複製美國的頁岩氣開發模式，頁岩氣革命短時間內並無法擴及全世界。

不過頁岩氣革命仍對全球造成影響：首先是美國周邊國家如墨西哥、加拿大等國可以直接獲得美國低價頁岩氣，同時減少石油的進口，另外這些國家亦可增加燃煤輸出 (國內能源夠用，把多餘的便宜賣出)；相對地歐洲國家進口北美過剩的低價燃煤，促使其內部使用燃煤的比例提高，降低對石油的需求依賴，全球的化石能源價格都將受到抑制。

中國為頁岩油氣蘊藏量的第一大國，政府提出 5 年開發計畫，積極與國際能源公司合作開發。但是其訂定的產量目標恐很難達成，主要原因在於中國原本基礎設施數量不多 (頁岩氣井僅 100

口不到)，加上開採技術與經驗有限，並需要配合不同的地質結構調整新的開採方法，造成產能不如預期。

美國已於 2014 年聯邦能源管理委員會（Federal Energy Regulatory Commission, FERC）審核通過液化天然氣（LNG）的出口計畫。值得關注的是部分待審核計畫如 Cheniere Energy 與 Texas LNG 將採用 HenryHub 為合約定價機制，此將影響國際 LNG 市場傳統上與油價聯動的定價機制。此外，美國 LNG 出口計畫也衝擊加拿大與澳洲，分別面臨必須重新找尋市場或重新評估投資可行性的危機。

## 5. 能源的地緣政治

IEA（2013）指出目前頁岩油生產主要在北美地區，未來若其他國家也順利投產，將沖淡 OPEC 對石油市場的影響力，除非油價大幅下跌阻止頁岩油進入市場。美國未來將可能因頁岩氣成為全球天然氣供給的平衡者。

近來俄羅斯—烏克蘭政局紛爭，歐洲國家除擬積極開發頁岩氣外，也思考進口美國 LNG 之可行性。日前俄羅斯與中國簽署《中俄東線供氣購銷合約》，促使其天然氣出口多元化，以減少對歐盟市場之依賴（俄羅斯出口 30% 至歐盟）。美國頁岩油氣開發對全球能源地緣政治版塊（如美國、中東、歐盟、俄羅斯與中國）之移動值得持續觀察。

## 6. 頁岩氣對再生能源的影響

正面：美國在成功開採頁岩氣後，其能源成本下降，有助於改善國力與財政狀況，將擁有更多的餘力挹注於再生能源的研究與開發，對太陽能和生能源有正面幫助。

負面：頁岩氣的持續發展，有可能延緩再生能源發展，預計

將使美國再生能源延遲 20 年的進度。彭博新能源財經 (McCrone, 2014) 與麻省理工學院 (Ekstrom, 2012) 報告指出，2012 年美國再生能源投資較 2011 年減少 11%，且頁岩油氣開發投資超越再生能源。部分歐洲國家也透過移轉再生能源公共基金、新稅制及能源貸款等政策給予頁岩油氣開發計畫 (EREC, 2013)。近期，這些措施將衝擊高度仰賴政府補助與培植的再生能源產業；但頁岩油氣開發仍面臨基礎設施建設、非零碳能源與環境衝擊等考驗。長期而言，其對再生能源發展之衝擊將視再生能源技術進步與成本下降程度而定。

就目前階段而言，似應把頁岩氣視為一種由化石能源到再生能源間的「過渡能源」，彌補兩者的不足，在再生能源尚未發展成熟、價格呈高的狀況下，頁岩氣提供了更低成本，且較燃煤更乾淨的能源方案。應以此為基礎，支持再生能源進一步的發展。

## 7. 頁岩氣革命對台灣能源發展之影響

2013 年 5 月份的經濟學人評論：「頁岩氣正在轉變美國能源面貌，並提昇美國經濟。」並認為：「頁岩氣帶來的低價天然氣正在使全球能源密集型工業重返美國。」

當世界能源產業進入重大調整時期，台灣將難以置身事外，整體產業拼圖、經濟競爭實力都將受到影響，政府的能源政策遭逢考驗，需要及早因應。

台灣的能源高度仰賴進口，其中輸入天然氣幾乎都以發電目的為主。2014 年 FERC 審核通過液化天然氣 (LNG) 出口計畫，其中 Cameron LNG 計畫已確定供給臺灣，預定自 107 年開始起運，每年供應約 80 萬噸，為期 20 年，是我國能源多元化與國際合作之具體成效，達到分散氣源及降低進口成本的目標。

長期來看，由於美國頁岩氣會抑制全球油價並導致燃煤價格降低，使得全球對再生能源的急迫需求得到舒緩，可能會導致再生能源市電同價的時程（即再生能源價格與電力市價等值的時間點）延緩 10 年以上。進口美國天然氣，因成本受制於航程和基礎設施限制，影響恐怕不大；但若是中國大陸未來能成功大量開採頁岩氣，其地緣關係對我們造成的經濟、能源衝擊，反而將為不容忽視的議題。

參考資料：

1. 2014 年 07 月能源報導
2. 蕭慕俊、邱垂昱、翁榮南：試剖析美國頁岩氣對全球能源架構的改變與影響  
<http://www.cimme.org.tw/new/PDF-file/5802/009-029.pdf>
3. 徐昕煒：頁岩氣革命對能源發展之影響  
<http://pansci.asia/archives/70951>

## 二、美國電力市場發展現況（以 PJM 為例）

美國自從 1990 年代初期推動電力市場自由化以來，由於各州能源屬性、電力系統配置及政經環境需求不同，其電業自由化之程度與市場規劃設計呈現出多樣化情況。其中以在東部之 PJM 電力市場（Pennsylvania-New Jersey-Maryland Interconnection）算是相當穩健，能穩定供電且電價較為平穩。

### （一）PJM 電力市場

本次年會所在地匹茲堡所在之賓州(Pennsylvania)，即為 PJM 最主要之市場所在。美國現今共有 6 個獨立系統調度機構 (Independent System Operator, ISO) 市場及 4 個區域輸電組織 (Regional Transmission Organizations, RTO)，其中以 PJM 電力市場最大，加州(CA-ISO)第二，紐約(New York ISO)第三。

PJM 為美國東部包括賓州、紐澤西(New Jersey)、馬里蘭(Maryland)三個州電力網並聯而成的區域輸電組織(RTO)，為北美最大的電力批發市場，範圍涵蓋美國 13 州和哥倫比亞特區，PJM 除了協調區域內發電業者、輸電外，還管理零售業者容量義務，以確保系統有足夠的發電容量，滿足其可靠性要求。

1927 年 PJM 由 3 州的 3 家綜合電業組成全球第 1 個電力池 (Power Pool)，1997 年成立 PJM，建立第一個能量競標市場。1998 年 PJM 開始運作並成立容量市場。2001 年 PJM 組成美國第一個區域輸電組織(RTO)。之後控制區域不斷擴大，至 2013 年中，其控制地區已擴大至美國數十州，為美國最大的區域輸電組織。

PJM (2013) 涵蓋人口數超過 6,000 萬人，約美國全國的 18.7%，年裝置容量為 181,990 千瓩(MW)，發電量為 790,090 GWh。尖峰負載為 154,344MW，備用容量率約 13%。

## (二) PJM 電力市場分析

許多人對於電業自由化提出質疑，但 PJM 對其本身電力市場發展卻相當有信心，其電力市場自由化亦有相當一段時間，其成功原因大致可分為以下幾點：

### 1. 本身 ISO 經驗悠久

獨立系統調度機構 ISO 為負責控制及管理輸電、發電事宜的機構，PJM 已存在約 80 多年，其間形態雖有些許改變，但相對其他 ISO 如加州為電力市場自由化後的產物，在自由化前並無相關經驗。再且因為 PJM 電力市場較大，2001 年又納入位於西邊的阿勒格尼電力系統 (Allegheny Power System, APS)，使其電力市場腹地更大。因此在運作 ISO 方面 PJM 算是經驗老到。

### 2. ISO 兼具電力交易所(PX)功能

以加州為例，原分設 ISO 與 PX 兩機構，分別執行電力輸電調度及決定電價，導致營運成本過高；另因 ISO 及 PX 各為負責臨時需求的即時電價及一般電價之獨立民營法人，不必對大眾負責，惟董事會成員又多數為電業業者，傾向維持高躉售電價，使其有操縱電價的機會。加上在訊息傳遞與解決問題上面，往往權責或介面不清，造成問題無法解決。目前加州 PX 已結束營運，剩下 ISO。

### 3. 市場開放做法穩健

以加州為例，許多創新制度如買賣雙方同時進場撮合、壅塞管理市場(Congestion Management Market)的調整性競標、輔助服務市場(Ancillary Service Market)的容量競標以及售電業全面開放等一次啟動，並於現貨與期貨市場同時開放，其結果造成業者放棄現貨追逐期貨、並操縱價格從中獲利。反觀 PJM 於 1999 年開始能源

交易，其輔助性服務市場以一次實施一個市場為原則，其做法較保守穩健。

#### **4. 電力供應充足**

相對於加州相當依賴其他州的進口，PJM 區域電力供應充足並且配合未來需求發展，PJM 僅需從其他區域進口約 2%的電力，電力供應無虞。

#### **5. 電廠建造順利**

PJM 新建發電廠工期較快約為 2-3 年，反觀加州卻需約 7-8 年時間，影響其電力供應成長速度。近年 PJM 增加的發電容量遠大於加州，而加州在自由化過程中的不確定性，更使有意建造新電廠者將計畫遞延，雪上加霜。

#### **6. 電源適當配比**

電源配比亦為一重要議題，PJM 其電力來源主要為天然氣、燃煤及核能，較為穩定且易預測其產出。加州天然氣發電量佔全年 30.7%；水力發電佔 15.1%，電價非常容易受到天然氣價格上漲及乾旱的影響。

#### **7. 電力公司可保有發電廠**

PJM 的電力公司仍可保有發電廠，其價格風險可以自行吸收。反觀加州在自由化開始時，規定電力公司其至少必須賣掉 50%發電容量，當時電力公司(配售電業)幾乎將發電廠全賣掉，導致後來任由發電業操控價格。

#### **8. 長期的雙邊合約**

在自由化過程中，PJM 允許公用事業及其他售電業在購電上簽署長期合約，以達到避險效果，基本上其 80~90%的電力是雙邊



合約或自我供應，僅有 10~20%透過現貨市場交易決定價格。而加州在 2000 年電力危機以前限制長期合約，造成消費者必須經由躉售或即期市場購買電力，價格變化相當大，故現在亦採取放寬政策。

## 9. 供電可靠性機制

PJM 擁有較全美其他 RTO 較佳的輸供電網，由於其線路之稠密，即使任何單一路徑受阻，仍可由其他路徑輸送電力。另外亦藉由電能市場之日前市場與即時市場機制，觀測電力交付日的電力供需狀態，並判斷是否啟動緊急操作程序。

整體來說，PJM 為確保供電可靠性，以既有市場結構取得長期電力容量資源，並透過電力市場確保短期與即時供電調度，最後透過緊急操作程序確保即時供電穩定，由歷史經驗觀之，PJM 透過此機制成功度過 2013 年 9 月熱浪與 2014 年 1 月極地氣旋等極端氣候之尖峰負載威脅。

### (三) 他山之石

未來電業自由化後，將有更多電力公司投入市場競爭，台電在發、輸、配、售方面累積豐富經驗，並擁有專業人才、技術與設備，這些優勢乃台電的核心競爭力。美國電業自由化實施多年，累積相當多的經驗，體制相當成熟，其電業改革經驗，應值得我國借鏡。

參考資料：

#### 1. PJM 容量市場

<http://1fdsa16.ee.ttu.edu.tw/power/?q=node/2235>

#### 2. 美國電力自由化政策與法規探討：以賓澤馬及加州為焦點

<http://cidr.nchu.edu.tw/teacher/hsu/blog/wp-content/uploads/2015/03/795-11-01.pdf>

### 三、美國潔淨能源計畫

#### (一) 美國環保署(EPA)潔淨能源計畫 (Clean Power Plan, CPP)

2013年6月25日美國總統歐巴馬針對氣候變遷進行演說，並發表多項能源政策包括：發展低碳潔淨能源、提升能源效率、能源自給等政策方向與觀點。白宮則於2014年5月29日發布能源政策報告「經濟永續成長路徑的全方位能源戰略(An All-of-the-Above Energy Strategy as a Path to Sustainable Economic Growth)」，揭露歐巴馬最高能源政策及國內能源業的重大轉變。

今(2015)年8月3日，歐巴馬與環保署署長麥卡錫(Gina McCarthy)共同宣布最終版「潔淨能源計畫」(Clean Power Plan Final Rule)。這項計畫中野心最大的部分，就是在2030年時，美國能源產業的溫室氣體排放量將降至2005年的68%(減少32%)。在此一目標下，美國現行的能源結構將大幅重組，例如再生能源(水力、風力、太陽能)的占比將從2012年的12%，到2030年時得提升至21%，而燃煤的占比則將從33%減至25%不到。

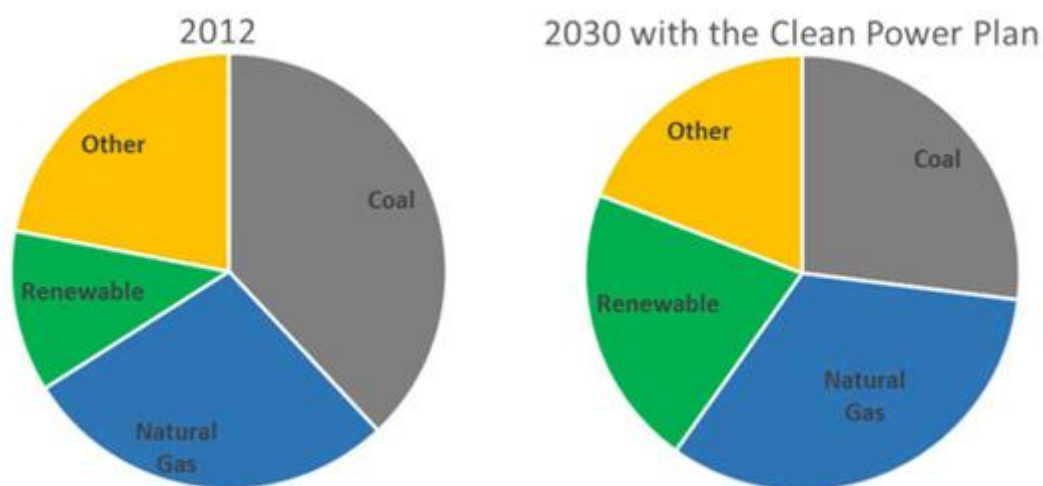


圖 3.2 美國發電來源結構 (2012 vs. 2030 預估)  
資料來源：US EPA

該計畫主要針對美國燃煤電廠的排放，因為電廠佔美國家庭溫室氣體排放的 1/3，同時佔全球電廠排放的四成。同時也首次將二氧化碳視為污染物，如砷、氮化物與硫化物等看齊，管制其排放量。

各州政府在新法案之下，可因應需要關閉煤電廠、增設風力、太陽能等再生能源電站，或是加入加州與東北地區的碳限制和交易系統(cap and trade system, C&T)，即限制碳排放、設立交易市場、容許買賣污染的許可量，從而達到減少碳足跡。各州在 2018 年前必須提交減排目標及電力組合計畫書，但計畫於 2022 年才實行，讓各州有時間準備。

計畫目標還包括獎勵迅速擴大投資於太陽能與風力發電的州份與電力公司，2020-2021 年度已轉用再生能源或已減排的電廠能透過計畫換取金錢。此舉除了鼓勵電廠加快轉用再生能源發電，更堵塞之前電廠以天然氣取代煤電發電的漏洞，變相鼓勵使用另一化石燃料。雖然天然氣比煤電排放少，但開採時風險較大。

環保局期望計畫在 2030 年能有以下成果：

1. 全國碳排放將比 2005 年水平低 32%，相當於超過一半美國家庭一年的排放量。
2. 減低氮化物、硫化物、懸浮粒子等污染物的排放。
3. 避免 6,600 宗早死個案、約 15,000 名兒童患上哮喘以及 49 萬日病假—從而減少 930 億美元的醫療開支。
4. 由於能源效益上升與電力需求下降，電費開支將減少 8%。

「氣候變遷不再是下一代的問題」歐巴馬曾表示，該計畫將有助美國保證達到之前提交聯合國的減排目標：美國承諾 2025 年的碳排放將會比 2005 年水平減少 26-28%。

## (二) 2014 年美國再生能源佔新建發電容量近一半

根據美國聯邦能源管理委員會 (FERC) 最新公布的《Energy Infrastructure Update》報告指出，2014 年美國再生能源（含太陽能、風力、水力發電、生質能及地熱能等）已上線的新建發電容量為 7,663 MW，佔所有能源新建發電容量的比例將近一半，達 49.81%，已超越天然氣（7,485 MW）的 48.65%。

相較於 2013 年，天然氣新建發電容量規模為 7,378 MW，佔比 46.44%；再生能源則為 6,837 MW，佔比 43.03%，其規模成長速度相當於天然氣 3 倍之多。若拿燃煤、核能、頁岩油相比，再生能源新建發電容量相當於上述 3 種能源類型加總的 34 倍。

分析 2014 年再生能源發電容量的成長，風力及太陽能扮演最重要的角色。風力新建發電容量 4,080 MW，佔比則為 26.52%，而太陽能新建發電容量及佔比分別為 3,139 MW 及 20.40%。至於其他再生能源，生質能 254 MW、水力發電 158 MW、地熱能則為 32 MW。

不過，根據美國能源資訊局 (Energy Information Administration, EIA) 於 2014 年 11 月公布的數據顯示，再生能源實際發電量僅佔所有能源發電量的 13.1%，其佔比與發電容量規模有相當差距，主要因為再生能源間歇不穩定的特性，決定該能源類型實際發電量的關鍵其實在於容量因數。也就是說，即使再生能源發電容量相當高，但實際發電量仍遠不及天然氣。

即便如此，對天然氣電力供給占比最高的美國而言，再生能源新建發電容量超越天然氣可說是值得關注的一大步，這同時也

意味著，日後發電容量規模的競賽將是再生能源與天然氣的天下。

參考資料：

1. 能源國際合作資訊網  
<http://apecenergy.tier.org.tw/energy2/usa.asp>
2. 美國公布「潔淨電力計畫」之展望與啟示  
<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=201511&Page=43>
3. 科技新報：擊敗天然氣！2014 美國再生能源占新建置發電容量近一半  
<http://technews.tw/2015/02/06/generating-capacity-of-renewable-energy-beats-natural-gas-in-us-in-2014/>

## 肆、「第 33 屆國際能源經濟學會北美年會」重要議題內容

### 一、能源經濟議題

(一) 天然資源、能源供給與經濟成長：經濟多角化發展的貢獻為何？

(Natural Resources, Energy Supply and Economic Growth: What Does Diversification Achieve?)

#### 1. 概要

一般而言，充足的天然資源、能源供給能力的提升與健全的政策體制皆為經濟穩定成長的重要因素。然而仍有例外，目前許多地區正掙扎於低度經濟成長、工業生產力削弱與其他負面影響的泥沼，此類現象被稱為「資源的詛咒」。主要導因於目前資源依存度高的全球相關經濟體受到商品價格衝擊的廣泛影響，尤其是近年全球原油價格的崩潰，外界對此憂慮也逐漸提升中。當前物價的劇變已經達到了影響政府收入、出口與固定資本投資的程度。經濟多角化發展是否有助於擺脫「資源的詛咒」，也重新成為許多資源密集導向經濟體的熱門議題。多角化對於經濟成長的益處如同其他經濟、人口、地理區域、制度等因素的重要性，且已廣為共識。然而，為何有些經濟體因發展多角化而成功而其他則失敗，仍然難以解釋。更複雜的是，多數實證研究皆無法提供明確證據證明經濟成長與多角化的關係。

針對多角化成長的區域經濟研究仍然不夠充足，多數的計量經濟研究仍缺乏實證，主因研究結果大多取決於研究者所欲了解並選擇之參數。部分視經濟多角化發展為長期經濟成長的策略的研究，雖有助於降低結構性經濟改變，如區域的資源基礎衰減等所帶來的預料外衝擊，卻遭批評多角化是浪費成本且不必要的一種政府干預型態。本論文有助於藉由最新的縱橫斷

面資料模型證明經濟多角化、資源詛咒現象及跨美國、加拿大領域的條件收斂樣貌。研究目標包含三方面：第一項目標—嚴謹地驗證美、加兩國在 1987~2010 年間經濟多角化與成長的關係。第二項目標—運用實證經驗成長模型，建立涵蓋天然資源與既有文獻所整理變數組合之方程式，解釋美、加各省、州以上層級之人均所得成長。

考慮條件成長模型的關鍵功能有助於達成上述兩項研究目標，第三項目標則為重新利用條件收斂假說—說明區域間的差異如何用以分別解釋其如何收斂達到其衡定成長狀態。本議題已經於多篇論文帶出，但仍舊無解。本研究儘管只由美加區域觀點切入，但藉由檢視多角化發展與資源詛咒現象這個一體兩面的議題，將有助於證明其間關係。也因此本研究用以進行實證區域成長分析的最新動態縱橫斷面資料技術工具：一般動差法(Generalized Method of Moments, GMM)所扮演的角色將更為關鍵。

## 2. 研究方法

Solow 成長模型理論架構的提出讓我們了解經濟成長的原動力以及推導經濟環境改變下的長期成長結果。為符合以往研究經濟成長文獻的實證，本研究加入了非正式的成長迴歸法，以便涵蓋數量龐大的解釋變項組合(不只涵蓋主要解釋變項，更包含控制變項與交互作用項)。本研究的實證經濟成長縱橫斷面分析與 Barro 類型的跨部門與靜態縱橫斷面迴歸法相較下更加精進。Mankiew 等人(1992)提出的成長經驗模型使得 Solow 模型可直接被驗證，本研究以此為基礎提出下列公式進行估計：

$$y_{i,t} = \beta \ln Y_{i,0} + \lambda X_{i,t} + \sigma Z_{i,t} + \mu_{i,t}$$

y 代表實質每人 GDP 的成長率，X 包含常用以解釋經濟成

長的傳統經濟變數，而  $Z$  則考慮到內生成長觀點下的附加成長。(Romer, 1986；Mankiew 等人, 1992；以及 Barro, 1991)

如同前面所提及，在條件收斂假設中，預期  $Y_{i,0}$  在決定跨區域間的成長差異終將扮演主要角色。為符合 Solow 理論(1956)，擁有較高  $Y_{i,0}$  值的區域，與人均所得水準較低的地方比較下，預期成長率將較低。

本研究將多樣性基於熱力學第二定律中的熵法則進行模型建立，熵值代表實體環境中失序與不確定的程度；為了運用於經濟學，本研究利用其作為跨產業部門經濟活動的分布樣貌。(Pede, 2013)此係建立在所有產業經濟活動皆為等比例水準的假定上，也就是最理想的多樣化概念。熵指數存在多樣的變異與結構，為了在不同的變化中，提供強而有力的結論，本研究採用了兩種領先指標：Ogive ( $O_i$ )與 Herfindalh ( $H_i$ )指數以協助衡量北美洲產業分類系統(North American Industry Classification System, NAICS)中十大產業部分的就業分布型態。本研究使用四種選擇方案衡量天然資源與能源：(1)礦業之 GDP 結構占比；(2)礦業的就業人數占比；(3)油、氣產業之 GDP 結構占比；(4)油、氣產業的就業人數占比。礦、油、氣產業的 GDP 結構占比皆引用自加拿大統計局與美國經濟分析局所提供基於 NAICS 分類下全部 10 省、50 州產業別 GDP 估算資料。

為了增加計量經濟估計的信賴度，本研究在估算方法上亦採用許多的精進作法。特別須強調的是本研究所關注的整體系統與基於美、加國境內區域之縱橫斷面資料環境下之各種一般動差(GMM)估計式。多數的近期文獻使用跨國最小平方(Ordinary Least Squares, OLS)經驗法，少部分採用固定的影響估計式。本研究假設部分的解釋與控制變數皆內生於特定模型中，



運用於整體系統與各種 GMM 之估計方法將可透過精簡變數、強調內生性與未發現的異質性以消除偏誤，此亦為採用本作法的動機。

### 3. 結果

本研究結果顯示經濟發展的多角化在天然資源面因素對每人實質 GDP 成長形成負面衝擊時扮演重要的緩衝功能。本研究也有足夠的證據顯示，本研究動態縱橫斷面資料估計法在各種多角化的衡量時顯示不同程度強而有力的結論。本研究未悖離本領域近年的其他研究成果，但重要的是整體系統與各種 GMM 之估計方法將可較過去傳統 OLS 與固定影響估計法提供更可信賴之成果。

### 4. 結論

本論文提供一種另類架構以對經濟的多角化-資源詛咒-成長關係進行新的思考與了解。其亦對當前的經濟型態甚至是發生資源詛咒現象時，天然資源與經濟多角化的互動本質提供了解釋。本研究亦顯現來自加拿大各省與美國各州的資料以動態縱橫斷面資料模型分析的成果，明顯優於傳統 OLS 法與靜態縱橫斷面法。

## (二) 裝置容量擴充和改變設備利用的動態能源格局 (Electricity Generating Capacity Expansion and Factor Utilization in the Dynamic Energy Landscape)

### 1. 概要

「電力發電」為一經濟財。不同發電技術組合，關係到長期「永續議題」推動。改變發電方式有二不同機制：(1)建構新

資本，增加裝置容量；(2)提高/降低不同發電設備利用，反映燃料價格的變化。二者間互相關連，且對未來(長期)電力計畫，有很大影響。

## 2. 研究方法

本研究提出一項最佳的電力預測模型。首先建置一部分均衡模型，將設備利用率、產能擴張內(生)化於模型中，同時顧及二者的獨立性。再將部分均衡模型轉成(價格由內生決定的)一般均衡模型。模型同時引入新的固定替代彈性(Constant elasticity of substitution, CES)函數，並假設投入函數為齊序函數。而實證結果也驗證了模型預測能力。

## 3. 結論

模型模擬美國頁岩油氣大量開採，天然氣價格下跌，如何影響美國 2020 年之發電技術和發電方式。研究發現，天然氣價格下降，將提高燃氣電廠的容量因素(包括基載和尖載市場)，帶來資本租金成本的增加和天然氣產能的投資增加。容量因素的增加，會帶來額外的資本收益，從而帶來更多的產能(裝置容量)投資。

## 二、 電力市場議題

### (一) 電力市場的市場力—以法國電力批發市場為例 (Market Power in Power Markets: The Case of French Wholesale Electricity Market)

#### 1. 概要

市場力(market power)是市場開放競爭後待解決的一項議題，指的是特定廠商使市場價格偏離合理競爭水準之能力。本研究

旨在探討法國電力市場，其在 EDF 一家獨大情況下，是否存有市場力之問題。

## 2. 研究方法

本研究利用 Bresnahan-Lau 研究方法，對法國電力市場之市場力進行調查，本項方法的優點在於，只需要知道市場的供給與需求，不需知道市場之邊際成本

## 3. 結果

研究結果顯示，在特定尖載時段，市場力具統計上的顯著性，一般時段，市場力則不顯著。前述結果之可能原因，在於法國電力市場之管制相當嚴格，且批發市場僅占法國國內總電力需求量之 17%，廠商不容易行使市場力。

## 4. 結論

本研究調查 2009 年至 2012 年間，法國電力市場之市場力情況。研究結果顯示，市場集中度與市場力，兩者間之相關性不高。

## (二) 容量市場對發電投資及再生能源之影響 (Electric Capacity Market Performance with Generation Investment and Renewables)

### 1. 概要

各國情況顯示，能量市場(energy-only markets)不足以吸引新的發電投資。為使市場保有充足的發電容量，部分國家遂建立容量市場(capacity market)或採行容量機制(capacity mechanism)之設計。

### 2. 研究方法

本研究利用最佳化技巧及電能及容量市場之均衡模型，據以分析下列兩個不同區域且具有不同特性之電力系統：

☞ 典型之歐洲電力系統：冬季尖載、負載因數稍高。

☞ 典型之美國電力系統：夏季尖載、負載因數偏低。

### 3. 結果

本研究之主要發現如下：

- (1) 以稀缺性作為定價方法(scarcity pricing)，不足以滿足可靠性目標。
- (2) 風力發電之發展與燃料價格之高低具有密切之關聯性。
- (3) 風力發電有可能獲得經濟租(economic rents)。
- (4) 當天然氣價格低，且再生能源投資高時，不利基載機組之更新。

### 4. 結論

電力產業朝潔淨能源及開放市場競爭方向發展時，對發電投資將形成挑戰。由於電能市場不足以吸引足夠之天然氣發電投資，因此有必要建立容量機制，來確保發電容量的充裕性。

## (三) 現今電力產業最佳零售選項 (Optimal Retail Choice in Modern Power Sectors)

### 1. 概要

隨著間歇性再生能源發電技術的驚人發展及滲透率和電力系統基礎建設現代化，本研究提出批發及零售市場的評估，該模式顯示需求面所採用的技術及零售選項，會影響批發市場的

需求、經濟調度及對發電容量的投資，本研究提出有效、平衡的解決方案。

## 2. 研究方法

採用 Convex 及非線性最佳化理論，並運用隨機、部分均衡分析方法。

## 3. 結果

本研究之成果分為方法論及應用部分：

- (1) 方法論：評估零售規劃方案及採行需求面技術的模式；解決上述模式的演算方法。
- (2) 應用：用戶採用需求面管理技術之電費減幅，應多於採行這些技術所產生之額外費用；多數採行最佳零售選項的用戶，其費率應明顯低於平均費率；再生能源發展及滲透率提高、成本降低、需求面技術提升效率等均造成影響，但其影響程度相對溫和。

## 4. 結論

前述之方法及應用，各個因素的影響力相對有限，建議管制機構及決策者，要規劃更複雜的零售選項或需求面基礎建設之前，必須小心檢視其影響。

### 三、氣候變遷議題

- (一) 在電力批發市場中策略性地遵守潔淨能源計畫 (Overlapping Regulatory Authorities: Strategic State Compliance with the Clean Power Plan in Wholesale Electricity Markets)

#### 1. 概要

為降低溫室氣體排放污染，美國國家環保署（Environmental Protection Agency, EPA）在 2015 年 8 月制定新規定，現存電廠必須在 2030 年之前，以 2005 年為基準年削減 32% 碳排放，這項《潔淨能源計畫》（Clean Power Plan, CPP），要求各州減少現有燃煤發電廠的碳排放量，限制加權碳排放強度須低於或等於以費率基礎計算的碳排放目標。

另一個方式是，每一州政府可要求發電機組（Electricity Generation Units, EGUs）總排放量（以短噸二氧化碳計算）須少於或等於以排放量基礎計算的標準，這項標準也是由 CPP 制定。預計各州將於 2022 年跟隨預先指定的排放限制或 CPP 制定的「減排路徑」開始遵守這項目趨嚴格的標準，直到最嚴格的減排標準在 2030 年得以實現。

要建立每一州以費率與排放量作基礎之碳排放標準，EPA 認為可透過最佳減量系統（Best System of Emissions Reduction, BSER）達成。BSER 立基於三項重點：改善現有燃煤電廠熱效率、利用重新調校提高天然氣發電的產能利用率、增加再生能源發電。美國國家環保署配合潔淨能源計畫所提出的管制影響分析指出，預料各州主要將能夠使用這三種方法中的任何可行的組合，並加上其他兩個減排途徑：保留或擴大現有核電機組、提高需求面能源效率，來減少發電機組的碳排放。

各州皆以高配合度符合潔淨能源計畫的要求。不過，目前還不清楚各州遵守的選擇會如何影響批發電力市場的現有配置。在市場接受集中調度的發電機組跨越多個州，並由區域輸電組織（RTO）或獨立系統調度機構（ISO）進行調度。當各州的策略選擇深受現實影響，也就是說，對於許多州來說，發電機組（EGUs）是在 RTO/ISO 調度下，本研究探討的是潔淨能源

計畫的成本會是多少。這與我們之前還停留在潔淨能源計畫構想階段所做的並不相同，本研究的模型假設在最終潔淨能源計畫下，明確地同時考慮了 RTO 跨州調度是如何影響各州的決策，以及各州的選擇又是如何（或許會或不會）改變現有的電力市場的配置。

## 2. 研究方法

一個系統化的電力網絡是由跨越兩個州（每州的兩個節點）的四個節點所組成，當三種類型的發電機（燃煤，天然氣複循環和燃油/燃氣機組）之一於負載期間每小時作出回應，即設定市場結算電價。在潔淨能源計畫之前，本研究假設這 2 州的發電機組都接受獨立 RTO 的中央調度，區域系統操作員解決了電力流向最佳化的問題，平衡了電力供需，並使生產者和消費者剩餘最大化。

如果只有某一州採取碳交易就緒的計畫，交易不會發生。此外，如果某一州採取碳交易就緒並以費率作基礎之碳排放標準，而其他州選擇以排放量作基礎之碳排放標準，交易也不會出現，因為 CPP 只允許交易碳權或特許權。因此，為了使交易出現，這兩個州必須選擇以費率作基礎或以排放量作基礎之碳排放標準，且這兩個州必須選擇採取碳交易就緒計畫。

其次，如果某一州決定遵守 CPP 但不採取碳交易就緒計畫，它可以維持機組在其範圍內接受 RTO 調度或接管調度。在這情形下，本研究假設每州成立一個專責調度機構，採取大致與 RTO 相同的方式的進行調度（例如：使生產者和消費者剩餘最大化的調度決策）。從現狀 RTO 調度改由多州各自調度並不需要達成一致意見，但維持由 RTO 調度則需要一致同意。如果各州選擇遵守碳交易或成立聯盟，我們不允許各州自行調

度，因為本研究假設這些州並沒有誘因脫離 RTO 的調度。

### 3. 結果

本研究說明了發電機組在接受地區或各州調度下，各州在符合 CPP 而做出的可行選項是如何影響 CPP 的成本。本研究發現，各州的選擇可能對現在美國的電力批發市場的當前配置具有重要意義，一個州的一致性選擇蘊含著擴散效應，可能會改變其他州的選擇。例如，某一州可以對發電機組的碳排放量徵收碳價，也可就再生能源和能源效率進行投資，這兩者都可能改變該州現有發電機組群在 RTO 的調度，同時也會增加其他州的發電成本。

對某些州來說，這可能會產生接管調度發電機組的誘因，但當該州調度業者根據自己的權限及部分資訊進行調度而獨惠用戶與發電業者，在這樣的狀況下，意味著 CPP 會帶來額外的效率成本。

除了選擇應用以費率基礎或排放量基礎計算的排放標準外，各州還有多種選擇可符合 CPP 的規定：他們可以自行研提碳交易完備與否的個別計畫，也可與其他州聯盟共同提交計畫。如果該州採自行研提，則需提交一份實施計畫，詳細說明該州的發電機組在 2030 年前這段過渡期，將如何遵守其偏好以費率計算或排放量計算的碳排放標準，並給予在設計自己的「減排路徑」時有一些彈性。各州還必須決定是否讓他們的計畫完成「碳交易就緒」。若某一州採用以費率基礎的碳排放標準，以及碳交易就緒計畫，該計畫即允許州內的發電機組與其它州或聯盟州同樣採以費率基礎計算排碳標準的發電機組進行碳權交易。相反地，若某一州採用排放量基礎計算的排放標準的碳交易就緒計畫，該計畫即允許州內的發電機組與其它州或聯盟州



同樣採以排放量基礎計算排碳標準的發電機組進行碳權交易。如果各州合為聯盟，共同提交實施計畫，聯盟州內所有的發電機組必須達到該州以費率基礎計算排碳標準之加權平均數，或是聯盟州的排放上限等於各州的排放量總和。

#### 4. 結論

本研究探討了各州遵守的選擇會如何影響並受到既有電力批發市場的現有配置。本研究闡述了 CPP 准許前所未有的彈性是如何授權各州考量自身利益作出決策，這可能對這些市場具有重要意義，也增加 CPP 的成本。這些結果是描繪性的，並不意味著預測選擇，因為尚有許多其他重要方面不包括在本分析內。

### (二) 在氣候變遷與財務限制下的動態總體經濟 (Dynamic Macroeconomics Under Ecological and Financial Constraints)

#### 1. 概要

過去文獻發現在探討氣候變遷的經濟成本時幾乎沒有將全球崩潰(global collapse)考量進去，即使後來 Meadow 和 Motesharrai 等人有將其納入模型分析，然而卻沒有將總體經濟成長財務面的要素考量進去。這裡以 Goodwin-Keen 模型為基礎發展總體成長模型，將氣候變遷造成的環境限制和財務的私有負債(private debt)納入考量。

#### 2. 研究方法

(1) 經濟成長的計算是以生產水準受到氣候變遷造成的破壞所壓抑為基礎，因此環境模組的部分會將生產水準跟二氧化碳排放、氣溫升高和隨後造成的破壞聯結。

(2) 另外導入負債公式來預期潛在財務風險。

(3) 最終的模型還透過三個方程式反應在環境限制下的失業率、平均工資率和私有負債。

### 3. 結果

根據模型推導，在之後二十幾年內，即使氣候變遷對世界整體 GDP 的影響極小，還是會對私人部門的利潤造成重大影響，若缺乏投資將導致 GDP 在中期進一步縮減，最後私人部門的負債將因為利潤的持續下降而衝高，導致全球經濟的崩壞。

### 4. 結論

本研究目的：致力探求在氣候變遷的損害下，未來經濟成長的軌跡，發現對於破壞造成的復原的投資需求，將造成巨大的負債水準，而最終導致整體經濟崩壞。

## (三) 減緩在不確定因素下頁岩氣對於氣候的衝擊 (Mitigating the Climate Impacts of Shale Gas Development under Uncertainty)

### 1. 概要

以天然氣取代燃煤發電可減少約一半二氧化碳(CO<sub>2</sub>)排放量，因此頁岩氣開發(shale gas development, SGD)被譽為緩和氣候變遷的福音。一些學者認為，天然氣可取代高排碳燃料，做為低碳能源成熟並主導市場之前的「過渡性燃料」。但是另一方面反而認為，近年豐富的頁岩氣開發將更加壓低化石燃料價格、從而增加消耗量，最後導致碳排放不減反增。

更令人不安的是，豐富的天然氣可能排擠低碳能源的投資和發展。現有文獻也指出，單靠 SGD 無法邁向低碳的未來。

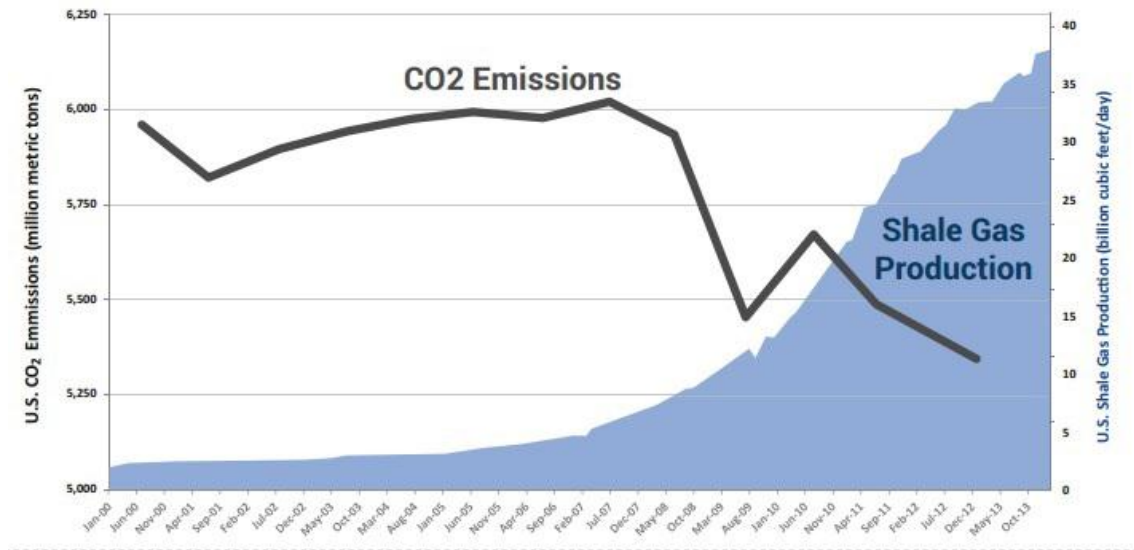


圖 4.1 天然氣發電可減少約一半二氧化碳排放量

為達降低大氣中溫室氣體（GreenHouse Gas, GHG）濃度的最終目標，未來必須加強投資於新能源技術來減少排放。眾多研究探討調整發電能源配比以符合溫室氣體管制標準，並提出可行之道，其總成本取決於包括技術限制、經驗曲線、人口增長以及全球經濟景氣等等因素。

未來電源開發投資組合的最低成本將取決於天然氣價格：若價格走低，至少在短中期對於燃氣電廠的投資將增加。基於此論點，在二氧化碳排放受管制情形下，當局者在制定政策時，可藉由禁止或允許頁岩氣開發，減低或增加天然氣供給，進而影響價格，以減少對高排碳燃料的依賴。

以 SGD 管控氣候緩和成本之成敗，取決於頁岩氣如何影響天然氣供給。在全球頁岩氣開發過程初期，有兩點具相當大的不確定性：估計最終採收量（Estimated Ultimate Recovery, EUR）及生產成本。在這種情況下，決策者面臨被迫在充滿不確定下做出投資決策。發電技術昂貴且持續性長；若對天然氣供給曲線假設不正確，做出不當的技術投資，將會導致昂貴且適得其反的錯誤。

本研究首先提出一套計算某電力投資組合途徑之歷時總成本的方法，並以天然氣價格為主要輸入值。其次，在估計最終採收量及生產成本之不確定性的基礎上，製作天然氣供給線分布圖。接著評估減少這些不確定性的價值。最後，為決策者在制定低碳發電政策時提供建議，理解並降低不當投資所帶來的風險。

## 2. 研究方法

資訊價值評估(Value of information assessment)。

## 3. 結果

比較不同的電力投資組合後發現，總成本呈現主要差異的原因，絕大多數屬決策者無法自行掌握之因素。廉價的天然氣助長燃氣電廠的投資，也提升天然氣發電佔比。而燃氣電廠對於裝置碳捕捉及封存設備偏好與否，端視 SGD 對天然氣供給的影響。降低政策性因素不確定性，相對於非政策性因素的排除反而較不具價值，但，投資組合的選擇對於長期總成本的影響，能透過長期投資和學習效應而有明顯的改善。

## 4. 結論

對於氣候議題具敏感度的決策者，只在沒有其他政策可以減緩溫室氣體濃度時，才會傾向禁止 SGD。在當前氣候限制條件下，頁岩氣可視為一種寶貴資源，用於過渡到美好的低碳未來。然而，SGD 本身具有對投資成本及技術投資可行性的不確定性風險。如能提高頁岩氣開發對於天然氣供給的確定性，將有助於決策者制定未來數十年的發電技術投資策略。

(四) 潔淨能源計畫之區域市場影響分析：以量或以價為基準？

( Analysis of Regional Market Impact of EPA's Clean Power Plan :  
mass-based vs. rate-based standard )

## 1. 概要

美國的氣候政策由於華盛頓特區的政治僵局或其他原因，一直以來是由州或地區在努力推動，例如美國東北部的區域溫室氣體減排行動(Regional Greenhouse Gas Initiative, RGGI)。

近來最主要的變化是美國環保局(EPA)推出的潔淨能源計畫 ( Clean Power Plan, CPP)。這項聯邦政策以削減現有的化石燃料電廠 CO2 排放量為目標，希望至 2030 年能較 2005 年的水平降低 30%。為實現目標它保留了各州策略的靈活性：其提議建立一個各州不同「基石」的特定目標，使州及其部門在削減策略的選擇上擁有相當的彈性。更具體來說，一個國家可以決定採用：(1)以現行的「以價為準」標準，其中發電之二氧化碳排出量以每度電計算；或(2)等效的「以量為準」標準，例如基於 GDP 增長預測基礎上的二氧化碳「總量管制與交易制度」(cap-and-trade, C&T)。

經濟學理論認為，這兩種方法將對企業的生產決策，提供完全不同方向的激勵機制 (Bushnell et al, 2015)。此外，儘管該政策所提供的靈活性在很大程度上有利於各州及民間部門，但事實上由於美國區域電力市場（如 PJM）具有跨州及多州的性質，使其在政策有效性的評估上極具挑戰。

## 2. 研究方法

本研究的主要目標是探索 CPP 政策的有效性和分配效應，以及其對於公用事業部門和交通的碳排放影響。實施不同類型的政策如：以量或以價為準，對於同一區域電力市場內的各州，可能

會導致一些意想不到的後果。生產商可能透過各州對政策的選擇，在消費者的開支中得益，從而導致經濟租（Economic rent，指要素收入和其機會成本之間的差額）分佈的顯著失真。

本研究分兩方面進行。首先，我們使用不同技術的兩個公司的例子，來建立一個可追蹤的理論模型，來產生可競爭性的假設，其結果驗證了若干理論。

接著，我們開發了一個大型的自下而上以程序為基礎的能源市場模式，以 PJM 電力市場在 2012 年的條件為準，來量化影響的程度。除了從 SNL (snl.com) 取得之專有數據，亦使用了下列公開的數據：(1)在電力供應方面，EIA-860 的技術資訊、EIA-923 的燃料成本和其他運維資訊；(2)在需求方面：從 PJM 網站獲得之消費或負載數據。該基準模型以 EPA 的連續排放監測系統 (Continuous Emission Monitoring System, CEMS) 為準，記錄了每小時的運維數據，以及 eGrid 排放與發電資源整合數據庫 (Emission & Generation Resource Integrated Database) 每年的廠級運維數據。

本研究模擬了多種政策情境，包括沒有管制、PJM 以單一價為標準、PJM 以單一量為標準，各州不同量之以價為準的標準、各州以量為準的標準、和兩者混合之標準，在 RGGI 排放上限以下的州和無上限的州所組成之跨州聯盟。

### 3. 結果

初步結果顯示，在各州之靈活政策運用下，生產商可能透過各州對政策的選擇，在消費者的開支中得益，從而導致經濟租分佈的顯著失真。

### 4. 結論

本研究在本年會中提出初步成果，並點出執行這項政策的挑戰。

## (五) 超低碳電力系統：間歇性 or 基載？( Ultra Low Carbon Electricity Systems: Intermittent or Baseload?)

### 1. 概要

美國環保局《潔淨能源計畫》設定中期目標到 2030 年各州共同減少碳排放至 32%。反過來說，各州負責制定州實施計劃來減少碳排放到達指定的額度。《潔淨能源計畫》的量化指標很明顯的表示各州將試圖以最小化的成本在 2030 年達到給定的目標（至少從州的角度來看）。我們會在本次研究是否這個理念在遙遠未來日益嚴格的碳排放限制下能產生的最低的系統標準成本。

我們研究對碳約束日益嚴格的影響，因為它會影響對低碳發電機的使用。無論是風能、太陽能或基載都無法完美配合晝夜或季節性對電力的需求模式，而電力的儲存是昂貴的。因此有可能無論採用何種技術都無法達到最佳的成本效益，因為它不能維持充分利用。我們發現當碳排放限制逐漸增加時，高利用效率才是決定所有發電機能夠降低系統成本的主要因素。因此，更積極的碳排放限制往往偏好更高利用率的發電機作為最低成本的選項，而不是假設完全利用率具有最低單位發電成本(LCOE)的系統。總而言之，目前認為風能，太陽能，以及（低碳）基本負荷發電機依其順序增加成本。然而，在極端嚴格的碳排放限制下，成本最小化的排名將會逆轉，起因於負載以及更高利用率的正相關性。

### 2. 研究方法

我們構建了德州獨立電網「德州電力可靠性會議」(Electric Reliability Council of Texas, ERCOT) 電力系統每小時經濟調度模

型，以闡明嚴格的碳約束是如何影響低碳利用，進而系統成本。從 ERCOT 網站下載從 2012 年開始的每小時的需求及每小時生產風。藉由使用可再生能源實驗室的太陽能顧問模型 (SAM)，以及德州 10 個不同的地點的資料建構出每小時太陽能的產量。我們假定風能，太陽能，和基本負荷發電機的等效負載承載能力 (ELCC) 分別為 25%，50%和 95%，風力和太陽能發電機在等效負載承載能力 (ELCC) 的貢獻在較高穿透下是減少的。我們認為等效負載承載能力的價值為 330 美元 /MW 天。

### 3. 結果

從本研究的結果顯示在下面圖 4.2。我們假定，低碳基載技術的成本是 \$100 /MWh 時，而風能和太陽能的成本則是降低 \$ 15 或 \$30 /MWh，即風能和太陽能的成本為 \$85 或 \$70 /MWh。至於儲電方面，我們假設家家戶戶皆有安裝用電端電源管理以及 Tesla 家用蓄電池。用電端電源管理系統是由兩個電池組成一其中一個是作調峰使用，而另一個則供給持續型用電最高達 12 小時。DSM 最大有 50GWh 總容量及 9GW 的峰值容量。我們同時假設德州家家戶戶都有安裝 Tesla 家用蓄電池。每個家用蓄電池顯示具有 7kWh 的存儲容量和 2kW 容量。這相當於整個系統的電池有 17GW 和 60GWh 的容量。DSM 和 Tesla 家用蓄電池組成的「電池系統」容量為 110GWh。

圖 4.2 顯示了當低碳能源的需求佔總需求比例低於 60%時，必須大量採用低成本發電（風能和太陽能）以將發電成本降至最低。然而，隨著此比例超過 60%，低碳基載技術則變得越發有競爭力，因為它們可以維持更高的利用率。我們可以注意到，當低碳能源的需求佔總需求比例越高時圖型會下彎，這代表即使在目前低碳排放的標準下最符合成本效益的發電方式，在未來可預期



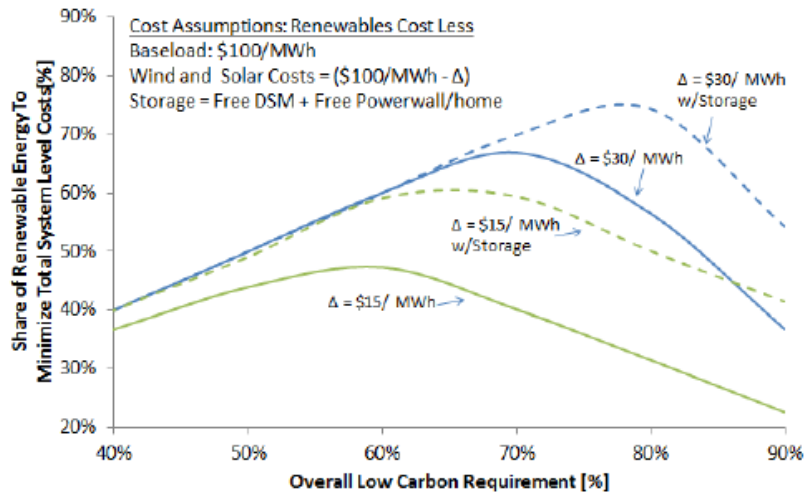


Figure 1: Cost Minimizing Combinations of intermittent and low carbon baseload technologies under increasingly aggressive requirement for low carbon energy.

圖 4.2 成本最佳化之下，再生能源比重與碳排放量規定之關係

更加嚴格的排放標準下將不見得會是最符合效益的方式（即使發電成本仍是較低）。

#### 4. 結論

從此項研究可得到三個主要結論。影響未來供電網絡組成的主要因素為以下三者（重要性依次遞減）：（1）再生能源與基載能源之成本差異；（2）碳排放量上限；（3）儲電系統。圖 4.1 顯示，再生能源的發電成本仍是主要因素。然而，隨著對低碳能源的需求逐漸增加，間歇性發電無法隨時滿足用電需因而降低利用率。這也意味著，再生能源可以具有較低的發電成本，但仍具較高的系統成本。儲電系統可以增加再生能源的利用率，但效果並不見得如大家預期的好。由間歇性發電所建構的系統往往有季節性供過於求和供不應求的問題，而儲電系統無法應付季節性的能源消耗。儲電系統同時也可以增加基本負載發電機在夜間和冬季期間供過於求的利用率。我們的結論是間歇性與基本負載發電之間的爭論仍是發電成本的問題，當碳排放的規格提高，同時也造成發電效率的重要性跟著提高，因此也降低可再生能源的競爭力。

#### 四、 再生能源議題

##### (一) 為提高市場機會的風能儲存及調度最佳化 (Optimization of Wind and Storage Dispatch for Enhanced Market)

###### 1. 概要

在過去十年中，隨著用電需求提高、能源發電技術創新、環保意識及環保法規改變，已經導致了全世界朝向再生能源，如風力發電的發展。如今，風力發電已是最快速發展的電力來源之一。到 2013 年底，世界風力發電裝機容量已達到 318,529MW。儘管如此，以風力發電取代傳統的能源仍然是一個夢想。

事實上，風力發電是間歇性而難以預料的。由於風力發電難以調度的特性，風力發電併入電網時需考慮許多問題。為了防止電網不穩定，文獻中常見的方法是將風力發電搭配電力儲存系統 (EES)，以使電力輸出穩定，並將其調整以配合需求週期。

電力儲存可以提高一段時間內風力發電的可用性。然而，目前電力儲存技術需要高投資和操作成本，這使風力發電仍須依靠補貼。在這種情況下，任何金融或經濟危機均可能造成風力發電場業主的一大威脅。由於他們無法安排其產出，以致有時他們被迫以負價格售出電力，他們亦不能如傳統發電機業者可受益於尖峰負載時的高售出價格。

為了抵消電力儲存系統的高設置成本，增加市場機會，以減輕其對補貼的依賴，風力電場需要一個最佳的系統調度模型以調度電力儲存系統的充放電週期。由於風力發電的價值在其容量及可靠性，風力發電場加上電力儲存系統及最佳的調度模型將可提高其市場性。

電力儲存量大小和調度已經獲得了很多關注，另一些研究人員則從不同觀點進行研究。主要的兩種方法包括：直接計算及通過最佳化。本研究集中在電池容量的最佳化問題，並提出了一解決併網風力發電場在電力儲存系統充放電循環調度問題的模型。模型中假設已知實時市場價格預測，前一天市場價格和風力發電機輸出功率的預測。

## 2. 研究方法

在能量系統配置中，電力儲存系統與風力機組及電網可互交換資訊。當設定於最佳化時，系統可由風力機組及電網充電，或將電力送至電網中。模型中的輸入參數包括風機出力預測每小時值、每小時市場價格、實時市場價格預測值、儲存系統參數，如容量  $S$ 、充電率  $R_i$ 、放電率  $R_o$ 、和來回效率  $\eta$ 。考慮到充放電容量和限制，並隨著風力發電場預期產能的市場資訊，該模型提供了一個決策方式，可供決定電力市場競標每小時價格，及在一定時間內能有效送電所需的充放電資訊。風力發電場業主最關切的是如何找到最優的操作方式，以最大化其每日盈收，本研究採用 24 小時現貨庫存模型。遞歸方程式如下：

$$\theta t(x) \triangleq \text{maximum}_{\mu t} \{ p(t) \cdot (wt - \mu t) \cdot [\Gamma(wt - \mu t)] + c(t) \cdot (\mu t - wt) \cdot [\Gamma(\mu t - wt)] + \theta t + 1(\eta \cdot (x + \mu t)) \}$$

## 3. 結果

前述庫存模型可提供特定時段中，針對該系統的所有可能狀態下，最佳的操作策略。對風力發電場和儲存調度問題而言，該模型的輸出為競標價格和充放電排程，並假設的系統的各项狀態均為已知。本研究中係用 NYISO 的 E 地區資料加以模擬。假設位於該區域某 100MW 風力電場，配有 100MWh 電力儲存設備，充放電率為 40MW，初始充電量為 6MWh。下圖 4.3 即為 1 日中的最

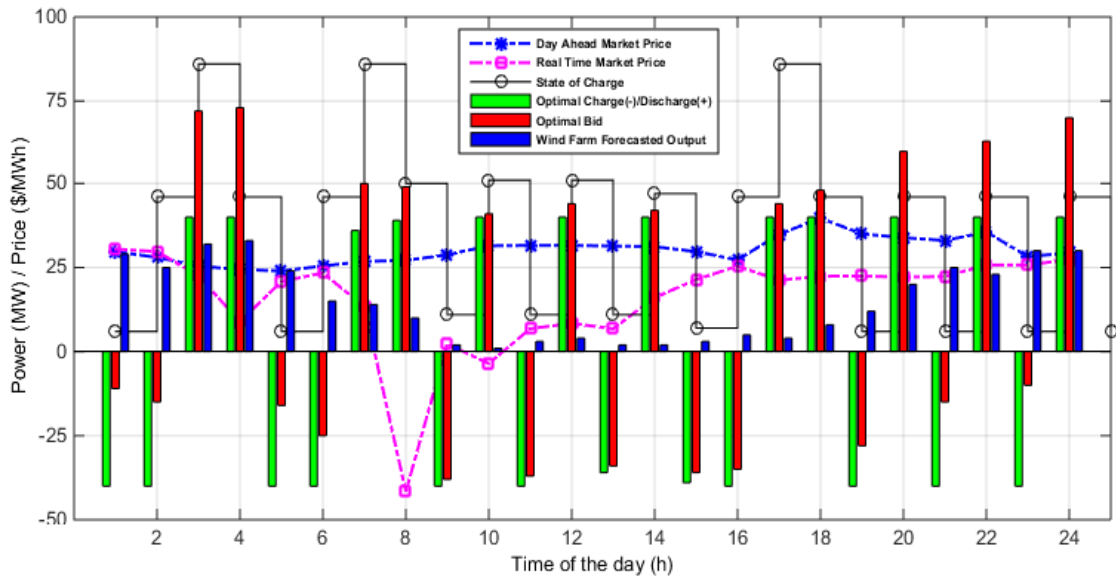


圖 4.3 24 小時最佳風能和儲存調度- NYISO -E 區

佳操作排程。圖中顯示調度人員除風力機組所發電力外，亦自市場購入電力充電至電力儲存設備，並於隨後數小時中再將電力售出。本研究的優點為提供操作人員一可依靠的決策工具。該模型的附加價值是不容置疑的，在模擬當日，最佳化調度將該風力發電場的營收從\$7,280 提高至\$25,203。

#### 4. 結論

能源產業正位於一個持續創新的初期。其未來有賴於再生能源的普及程度。而再生能源的普及程度則視其可用性而定。本研究提出的工具可降低風力發電場難以調度及排程的特性，從而減少阻礙再生能源長期發展的風險。本研究中之風力發電場，除併入電網外並搭配電力儲存系統。研究中引用供應鏈管理的庫存模型，並以動態規劃及 Matlab 計算電力儲存系統的充放電問題。根據預測價格信號（DAMP，RTMP）和風力發電情形，進行風力發電場的充放電及電力的購入及出售，以求營收的最大化。結果顯示，藉由營收的大幅提高可部分抵消電池的高成本。後續我們

將在分析中納入預測錯誤，儲存規模和相關費用等，以提供併網之風力發電機更精確的操作策略。

## (二) 等待的價值—以風力發電為例 (The Value Of Waiting For The Wind)

### 1. 概要

再生能源計畫的實際場址是影響到其盈利能力的極大要素。在做計畫的投資決策時，(隨機的)發電量分佈的評估是一個重要的變數。然而，評估本身的不確定性極高，因為它是從現場觀察的有限樣本數而得，這種不確定性可以通過對現場情況的補充觀察結果而隨著時間減少。因此投資者往往面臨著不知該如何抉擇的情況：現在放棄、現在開發、還是繼續等待，直到收集夠多的資訊。

本研究詳細介紹了決策過程中，除了放棄或開發外的另一個選項：等待與學習。本研究為等待的價值給出一個確切的定義，並以貝葉斯方法(Bayesian methods)為基礎，建立資訊價值的實際計算模型。該模型目前已被應用於挪威多個潛在位址的投資決策過程。

### 2. 研究方法

為簡化流程，本研究考慮在已知的投資成本和固定價格下的風機投資決策。場址風速以對數常態分佈(log-normal distribution)假設建立模型。並以風速的事後預測分佈(predictive posterior distribution)用於計算發電量以及來自風力電廠收入的預期淨值。將觀測更多的風速數據後該計畫的預期淨值，與目前估計的預期淨值做比較，其差值就是推遲開發決定的價值 (Howard, 1988;

Yokota and Thompson, 2004)。

本統計模型是使用 MCMC (Markov Chain Monte Carlo) 的估計方法，而以事後預測分佈結果來預測該計畫的預期淨值，以及更多的風速數據觀測後，該計畫的預期淨現值之計算。該 MCMC 方法是事後分佈的標準吉布斯取樣。(Robert and Casella, 2004)。

### 3. 結果

本研究使用近 12 年挪威 60 個不同地點的詳細風速數據。場址分為三類：(1)立即廢棄的場址；(2)立即開發的場址；以及(3)以推遲決定為資訊價值最佳化的場址。本研究發現隨著得到更多可用的風速數據，資訊的附加價值將隨之下降。如果決策者在某特定場址上僅有有限的資訊，將會得到一個模糊的事前分佈(prior distribution)。對大部分的發電計畫來說，相較於事前擁有較多的資訊，推遲決定、並收集更多數據是較理想的。

### 4. 結論

新建發電計畫的投資決策，尤其對於間歇性發電計畫來說，對發電潛能的評估不確定性因素極大。收集更多的數據，並獲得更好的發電潛能評估，其價值是十分正面的。本研究對於等待（和收集更多數據）的價值進行了嚴格的定義，並為資訊預期值的估計和計算介紹了必要的 MCMC 方法。雖然本研究中使用的例子是風力發電，該方法也適用於許多其它類型的項目，例如太陽能和水力發電。

## (三) 以社區為基礎的再生能源選項 (Community-Based Renewable Energy Solutions)

## 1. 概要

經濟且可靠地獲得潔淨能源，對於人類福利和經濟發展來說是必要的。我們生產、分配和使用能源的方式，在經濟和社會的各個方面都造成持久的影響。在美國傳統的「能源干預措施」（例如任何目的是為了影響行為的法規、政策、規劃、措施、活動或事件）乃專注於單獨的個人選擇。然而現今任何考慮個人、科技資訊及社會制度之間的集體行為和複雜人際關係的方法，可能會更有效運用在再生能源技術的推廣方面，因為它們建立在共享知識、互信網絡和現有社區的力量上。

「社區能源」是一種集體行為方法。本研究將其定義為一個由一組人通過共同的地理位置（鎮級或更小）和/或共同的利益聯合發起的計畫，其中一些或全部的利益和成本皆應用到同樣的一群人，並牽涉到基於再生能源或節能減碳的分散式發電技術。這是一個非常大的創新，尤其是在美國很少有人知道為何這些群體會採取如此的技術及解決方案。

本研究已建置美國第一個社區再生能源計畫的資料庫，以及展示一個以州為單位，對於計畫類型、地點、再生能源技術、財務模型以及組織結構的分析結果。本研究從資料庫中建立一組社區能源計畫模型，以代表最常採用的技術、財務模型、組織結構和政策激勵，並比較各再生能源場址的財務可行性（通過淨現值、投資回收期、及能源的水準成本）。

## 2. 研究方法資料

本研究以上述「社區能源」的定義，針對美國的社區能源計畫進行全面的網路搜尋，建立了美國社區能源資料庫（CED）。初步的現有時間與人力無法進行更全面包含其他再生能源和節能

減碳項目的資訊蒐集，因此目前 CED 只關注於社區再生能源計畫。

根據 CED 分類，本研究有絕大部分為太陽光電計畫。初步資料庫結果顯示，與個別家用太陽能的經濟性比較，社區太陽能的財務和組織模式較為優勢。

本研究使用國家再生能源實驗室(National Renewable Energy Laboratory)的系統模型計算年發電量、淨現值、投資回收期、以及水準成本，依據個別家用太陽能光電系統及三種目前社區模式：Solarize (類似鄰里合辦的購買計畫)、社區太陽能電場以及第三方購電協議 (PPA)。

### 3. 結果

首先，本研究呈現從美國 CED 針對 5~10 個以社區能源領先的州的敘述性分析結果。其次將呈現經濟性比較的結果，指出在某種條件下，社區太陽能與個別家用太陽能比較，是一個更具吸引力的經濟效益投資。第三將說明目前正在開發的 CED 調查訪談計畫，目的是為了更加了解美國社區能源發展的限制與機會。

### 4. 結論

社區能源計畫正在美國各地實施，如亞利桑那州、加利福尼亞州、科羅拉多州、馬薩諸塞州及新澤西州在項目數量及人均裝置容量方面均為領先。社區能源計畫可創造更高的淨現值、較短的投資回收期、以及與同等大小的個別家用計畫有較低的成本。

這些計畫項目形式可通過財務模型和組織結構進行分類。目前最常見的記錄項目是公立小學(K12)通過一次性資金（稅收、捐贈補助或其他內部資金）設立的社區太陽能電場，其次是如 Solarize 的購買計畫，以及第三方購電協議 PPA。第三方購電協



議 PPA 允許非盈利組織和政府機構設立具成本效益的再生能源計畫。社區太陽能電場能讓無足夠屋頂空間的民眾投資於具成本效益的太陽能家用裝置。購買計畫如 Solarize，則使居民能以團體的方式實現更低的安裝成本。

我們將再繼續調查及探訪社區太陽能項目的參與者，以評估此類再生能源的障礙、機會、優勢和劣勢。

#### (四) 美-日合作交流之增強型地熱發電系統計畫 (US - Japan Bilateral Enhanced Geothermal System Project)

##### 1. 概要

日本在 2011 年因福島事故而進行核電廠停機後，開始恢復其地熱資源的探勘。為了重新平衡其電力來源，日本更加注重如地熱能之類的再生能源。地熱發電通常能替代由高碳燃料如煤、石油和天然氣所產出的可靠基載電力。新的地熱發電計畫在未來減少溫室氣體排放下，能夠增加能源的合理搭配、減少供應風險。在討論均衡的能源組合時，地熱經濟能顯示出更大的效益。

增強型地熱發電系統 (Enhanced Geothermal System, EGS) 開發技術的研究，將有助於開發者降低鑽井成本，並開發現有地熱系統的邊際利用。自 2011 年以來日本 EGS 實驗試圖在相對不透水的岩層進行水力壓裂技術的研究，並應用於無論重新開發現有地熱區的部分不透水岩層，或是佈局新開發的場址。

日本約有 2 千萬瓩的地熱潛力，目前僅開發約 2-3%，並將持續在潔淨能源方面做較長期的投資。

##### 2. 研究方法

本 EGS 實驗由位於 Geysers 地熱區西北部的 Calpine 公司進行。日本前二個 EGS 實驗場址 Hijiori 及 Ogachi 有成功的經驗，能夠利用微震映射技術鑽入震源雲，而不需鑽兩個或更多個井。這兩個實驗顯示，天然裂隙系統及區域應力場的研究對於有效地鑽井更有幫助。

### 3. 結果

本研究主要為雙邊資訊的交流，在第一階段審視了 Geysers 地熱區的水力注入及刺激措施，水力注入自 90 年代末以來一直是持續生產的關鍵。該 Geysers 西北部的 EGS 實驗場由美國能源部資助，並顯示出高溫場址發展的潛力。

雙邊資訊交流的第二階段審視了當前地震監測方法來識別技術差距，並勾勒出從現地學到的方法與經驗。這項研究包括微震數據如何被用來跟踪或標出美國和日本地熱場的裂隙體積，尤其是在福島縣的應用。

### 4. 結論

確保準確的鑽井作業是在地熱探勘開發中的一個主要經濟因素。在日本許多高潛力的地熱場址是位於國家公園裡，但由於週邊社區的環境問題，使得地震在開發地熱系統和 EGS 壓裂實驗變得相對重要。

所有的地熱系統內的地震一般發生在非常低的水平，震度大於 3 的有感地震則很少發生。在環境敏感的國家公園周邊運維儘管聽起來不合理，研究顯示改善 EGS 地震潛能監測將可降低更多風險。

在潔淨能源的評估方面，選址仍然一個重要的考慮因素，然而通過模型的建立和有用的注入及增產措施，亦能減少鑽井範圍

並降低資本支出。日本正積極評估約 20 個場址的發展潛能，這時地震監測系統將十分重要。

## (五) 間歇性再生發電對於批發電價之衝擊 (The Impact of Intermittent Renewable Energy Sources on Wholesale Electricity Prices)

### 1. 概要

間歇性再生能源(RES)可用率受限於氣候條件(例如:風速、太陽日照)，因此，再生能源發電量可用率是間歇及不確定性，能源結構變化影響電力市場及改變電價結構。

本研究旨在分析間歇性再生發電對於批發電價之衝擊，即均衡電價及價格波動。研究結果顯示，當間歇性再生能源 可用率達到飽和階段，並於模型納入不確定性，將增加批發電價波動性。

### 2. 研究方法

本研究採用線型規劃模型，即為電力系統生產成本極小化，符合完全競爭市場均衡定價。關鍵性限制:每小時電力供需維持均衡，產能不可超過裝置容量，運轉容量之產能必須高於局部負載 (partial load)要求。另為彰顯風力發電不確定性，本研究採用隨機規劃模型。

研究使用不同模式以分析電力系統關鍵因素對於批發電價之衝擊，從簡易模式逐步調整至更符合真實情境，以區分間歇性再生能源飽和(供給>需求)、啟動要求及不確定等效果之差異。

### 3. 結果

初步結果顯示間歇性再生能源對於批發電價之衝擊並不顯著，

意即完全競爭市場，再生能源並不影響市場均衡電價及價格波動，結果雖令人驚訝，然而，原理並不難推敲，市場均衡批發電價必須抵消總熱能成本，只要投資並提供資金所需熱能，市場均衡批發電價必隨之升高。只要熱能投資成本不受風力發電影響，則無論系統風力發電可用率高低，市場均衡批發電價仍維持不變。

前揭結果是在完全競爭市場前提下成立，但是當模型調整更符合真實情境時，研究結果確有所改變，意即間歇性再生能源可用率達到飽和階段並納入不確定因素時，將增加批發電價波動性。當風能縮減數小時後，批發電價幾乎趨近於零(風力邊際成本)，意即當風力無法發電時，則無批發電價，不確定性因素將加速價格波動。可說明在離峰時段，抵消總產能成本之批發電價愈高。

#### 4. 結論

本篇研究分析間歇性再生能源(RES) 可用率對於電力市場之衝擊，特別是電力批發價格。間歇性再生能源可用率變化加速電價波動，風力啟動及縮減時電價波動愈大，實際風力不確定性增加價格波動效果。

### 五、核能議題

#### (一) 歐洲核電分階段退場 (Phasing Out Nuclear Power in Europe)

##### 1. 概要

2011 年日本福島事件，引發核安疑慮及反核聲浪，並導致比利時、德國、瑞士等國，決定分階段關閉既有之核電廠。

本研究旨在探討如果其他歐洲國家跟隨前述三國之腳步，分階段關閉既有核電廠，核電退場後之供電缺口，應由何種發電技術來替補？核電退場後之發電配比為何？

## 2. 研究方法

本研究採用 multi-good multi-period LIBEMOD 模式，來分析核電分階段退場之影響，研究對象包括歐盟 27 個會員國及愛爾蘭、挪威、瑞士共 30 個國家之能源產業，並假設各國皆可以各種發電技術進行電力生產，且 2030 年時電力市場皆已開放競爭。

## 3. 結果

本研究之成果有下列三項：

- (1) 可利用本模型分析太陽能及風力投資能否獲利。
- (2) 可利用本模型估算各種發電技術之發電成本。
- (3) 可分析核電退場對歐洲 30 個國家之影響。

## 4. 結論

儘管 2009 年時，核電占歐洲總發電量比例為 25%，但本研究發現，2030 年時即便歐洲各國關閉所有之核電廠，對電力生產之影響並不大，原因在於核電退場將引發市場投資新的發電容量，核電退場後之供電缺口，將由以生質能及風力發電為主之再生能源替補

## (二) 全球核電廠之歷史建廠成本 (Historical Construction Costs of Global Nuclear Power)

### 1. 概要

核能發電廠的建設成本對於核能工業的未來、以及減緩氣候變遷的努力來說，是至關重要的。核電的成本估算，是建立能源系統模型和減緩氣候變遷情境中最重要變數之一。

常用的方法是分析歷史經驗，以幫助了解核電的前景和挑戰。

過去的研究顯示除了成本急劇上升外，還有「無法從做中學」（即無法藉學習曲線而大幅降低成本）的現象，表示了「內部成本」的必然增加。這些結果對於進行評估的專家和決策者都有一定的影響。

現有的文獻狹隘地專注於 1970 到 1980 年的國家，特別是美、法。Kooimey & Hultman (2007)、Escobar-Rangel & Lévêque (2015)研究了這兩個國家的 157 座核電廠（現今已有 31 國擁有核電）僅佔總數的 26%，並不能完全代表核電建設發展的完整畫面。本研究延伸了研究範圍，涵蓋了早期、近期以及國際建設經驗的新數據，並以更加全面和複雜的層面，呈現出核電建設成本的趨勢，相對於以往的研究結果，有更多的變化和不確定性。

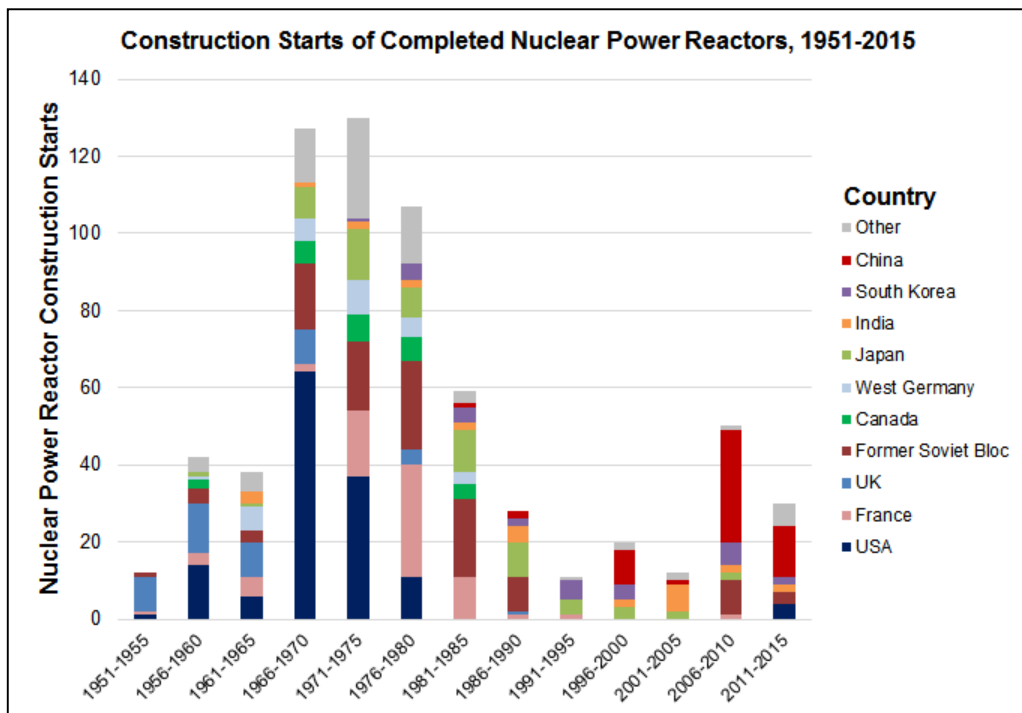


圖 4.4 全球核電廠的建廠啟始時間

## 2. 研究方法

這項研究中嚴格地列出特定反應堆建設隔夜成本（overnight

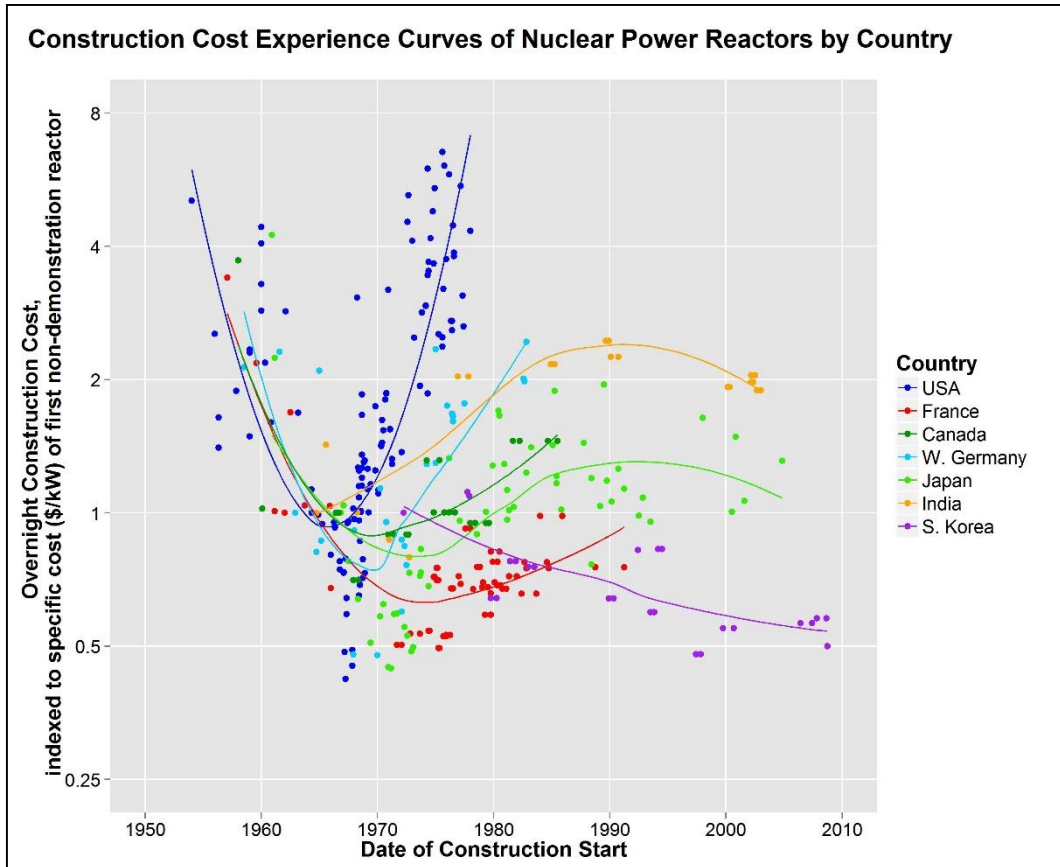


圖 4.5 核電廠的建廠成本經驗曲線 (依國家別)

construction cost, OCC) 的歷史數據，特別是那些在文獻中被忽視的。本研究依據國際原子能機構(IAEA)和其他國家所提供之歷史數據，針對美國、法國、加拿大、西德、日本、印度和韓國等國的總成本進行了全面和即時的審視、分析和比較，並重新評價了核電廠建設中所顯然缺乏的「學習效應」。本研究亦調查了三哩島和車諾比事故中，建設隔夜成本 OCC 和建設工期的角色。

### 3. 結果

本研究從 7 個主要國家的 349 數據中，產生了對核電廠歷史成本新的認識。本研究發現隨著時代、國家和經驗不同，在成本趨勢的程度和結構也有顯著的不同。除了有部分國家的建廠成本顯著上升，另外亦有一些較溫和甚至下降的核電建設成本數據。

從全球經驗的實證比較，不管是方法論或是實務方面，對於

分析和應用的學習率、技術變革背後的的驅動程序(例如研發、運作經驗、規範變化、規模經濟、技術轉移和國際技術外溢，而非傳統的邊學邊做)，我們也有了新的解讀。

#### 4. 結論

本研究分析了對全球核電建設的歷史經驗，提供了一個對於成本趨勢比文獻中更全面的視角，成本趨勢的不同變化也澄清了單方面成本顯著上升的說法。本研究對於建立模型的假設及能源情境都有顯著的意義，並邀請研究人員、模型分析人員和決策者重新考慮核電建設的實際成本。

## 六、電價相關議題

### (一) 電價、所得以及住宅用電 (Electricity Prices, Income and Residential Electricity Consumption)

#### 1. 概要

美國住宅用電消費占比約 22%、用電量占比則超過 37%，其在降低溫室氣體排放及提升能源使用效率上應予以重視。

由於消費者對投資節能項目的預算限制、未來電價的不確定性及對電力市場資訊的不完整，使提升能源效率未有明顯的成功。致消費者電能需求端的節能備受關注，尤其因環境法規造成的電價政策及變動，已成為影響節能的重要關鍵。

本研究是將 48 州的追蹤調查資料(panel data)，以動態部分調整模型，估計住宅用電之電價和所得需求彈性

#### 2. 研究方法

動態部分調整估計，偏誤修正最小虛擬變數模型，廣義矩陣



估計系統。

### 3. 結果

研究顯示忽略電價的內生性，將會低估其對價格的反應，故當校正價格之測量誤差，將造成需求量更具有價格彈性。

研究發現不論長、短期，所得水準相對較高的州，將比所得水準相對較低的州，更具有價格彈性。

### 4. 結論

電價提高在短期內不會帶給用戶動力，去大幅調整其節能使用與投資，以期減少用電量；但長期而言，面對來自法規政策面造成的電價提升，消費者則較願意配合調整。對人均 GDP 較高的州，透過提高電價以降低其用電消費，將更具成效。

## (二) 能源價格及能源效率投資：以中國大陸 1997 至 2004 為例 (Energy Prices and Investment in Energy Efficiency: Evidence from Chinese Industry 1997-2004)

### 1. 概要

本研究旨在探求能源價格在中國工業中降低能源密集度的角色。短期而言，本研究估計了同期能源價格之彈性；長期而言，本研究檢驗能源價格對節能投資的影響。本研究的主要目的是確認中國工業界是最大的能源消費族群，並可能也是對能源價格最敏感的族群。

本研究架構如下：第 2 節說明數據庫來源，並總結了能源強度和價格、以及對中國工業來說能源價格實際上的異質性；第 3 節介紹了估算模型，闡述了公司層面能源價格的內生性，並估計

短期及長期、全體樣本和個別工業部門不同的價格彈性；第 4 節介紹了兩種不同的投資模型。第 5 節討論了兩個模型的校準和涵義；第 6 節透過間接推論估算彈—黏(putty-clay)投資的產出比例，並利用此估算模型定量評估能源價格對總體變量的影響；第 7 節為結論。

## 2. 研究方法

迴歸分析；隨機一般均衡模型；間接推論(indirect inference)。

## 3. 結果

- (1) 在政府監管下，通常能源價格最低的是國營企業 (SOEs)，其次是國內的民間企業，最高的為外商企業。
- (2) 若將能源密集度按降序排列，六大高耗能產業有：發電業、石油加工及煉油業、煤炭開採、化學製品、非金屬製品及有色金屬製品。這六項產業相對於其他採礦業和製造業來說，亦面臨較低的能源價格。
- (3) 短期而言，國營企業往往比其國內的民間企業以及外商企業反應稍差。但從長期來看，國營企業通過新的節能投資往往能更好地反應能源價格的上漲；同樣的價格投資通道 (price-investment channels) 對民間企業或外資企業較不可行。

## 4. 結論

本研究研究了能源價格在中國工業中降低能源密集度的角色。短期而言，本研究估計了同期能源價格之彈性；長期而言，本研究檢驗了能源價格對節能投資的影響。

本研究透過分析某面板廠商企業面的能源消耗和價格資訊，指出三個典型事實：

- (1) 在政府監管下，通常能源價格最低的是國營企業（SOEs），其次是國內的民間企業，最高的為外商企業。
- (2) 若將能源密集度按降序排列，六大高耗能產業有：發電業、石油加工及煉油業、煤炭開採、化學製品、非金屬製品及有色金屬製品。這六項產業相對於其他採礦業和製造業來說，亦面臨較低的能源價格。
- (3) 短期而言，國營企業的反應往往比其國內的民間企業同行以及外商企業稍差。但從長期來看，國營企業通過新的節能投資往往能更好地反應能源價格的上漲；同樣的價格投資通道(price-investment channels)對民間企業或外資企業不太可靠。

最後，本研究以彈－黏(putty-clay)與黏－黏(putty-putty)融合之 DSGE 投資模型，透過間接推論來進行投資生產的份額估算。

## 七、能源科技議題

### (一) 從化石燃料到再生能源：電力儲存之角色 (From Fossil Fuels to Renewables : The Role of Electricity Storage)

#### 1. 概要

電力儲存是一把雙面刃，其可大量將風能、太陽能等再生能源發電儲存下來，也可能使其他類型發電業者有利可乘。本研究旨在探討影響電力儲存技術創新之關鍵因素，並進一步得知電力儲存技術如何影響再生能源及傳統能源發電技術之創新

#### 2. 研究方法

本研究發展出定向技術變化理論模型(theoretical model of

directed technological change), 首先分析驅使電力儲存技術創新之因素, 並探討其從傳統型發電移轉至再生能源發電之角色定位。再模擬 3 種類型之創新: 再生能源、傳統發電和電力儲存, 最後以全球性企業級數據庫進行實證分析。

### 3. 結果

本研究之理論分析及實證分析成果闡明如下:

- (1) 目前再生能源與傳統能源間之替代性對於電力儲存技術創新之影響顯著。
- (2) 電力儲存技術之創新對於公司在再生能源及傳統能源技術之創新上有顯著影響。因此, 在加速再生能源發展之政策上應多加注意。

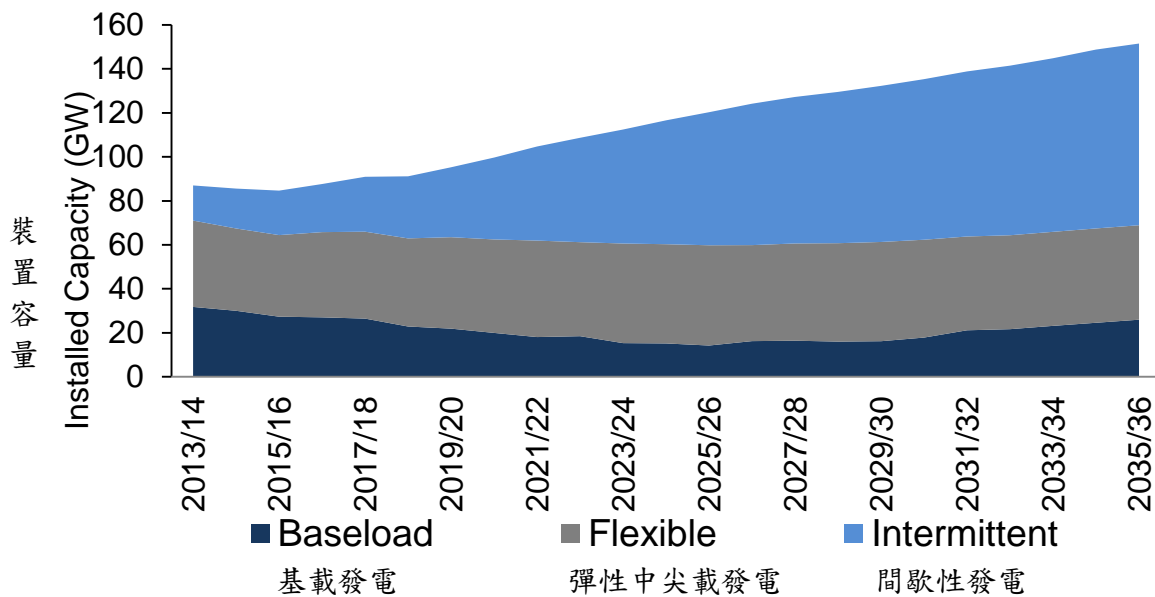


圖 4.6 間歇性發電比例大增

### 4. 結論

- (1) 電力儲存技術將影響電力領域技術之改變速度及方向, 其對再生能源及較佳儲存技術之創新均有正向影響。

(2) 在現行電力儲存技術下，較高之化石燃料價格反而將同時抑制再生能源及傳統型能源創新技術之發展。

## (二) 運用優化儲能系統以利發展再生能源 (Optimizing Energy Storage to Balance High Levels of Intermittent Renewable Generation)

### 1. 概要

本研究係由英國倫敦大學 University College London 之 Paul E. Dodds 所提出有關運用優化儲能系統，以利發展及平衡具間歇特性之再生能源，旨在探討新能源系統模型(UKTM)對不同儲能型式之價值。

### 2. 研究方法

藉由新能源系統模型(UKTM)來檢視不同儲能方式之價值，UKTM 係採自下而上、動態及局部均衡經濟之優化模型，以分析英國進口和自產能源。該模型探討各式各樣能源儲存技術之潛力，包括：機械、重力、電子化學、熱能和化學方式等技術。

### 3. 結果

採用 UKTM 模型(透過軟體連結以進行調度)探討英國 2050 年低碳之儲能情境，儲能方式包括：(1)電網電能儲存(Grid-scale storage)；(2)電力轉換為天然氣(Power-to-gas)；(3)熱能(Thermal)。其中電網電能儲存將在系統的平衡中角色極小，儘管目前是英國儲能研究的重點；電力轉換為天然氣將有較大作用；但熱能將是儲能技術最重要的一組，占比最大，剩餘的電力將轉換為熱能，並用於滿足熱能的需求。

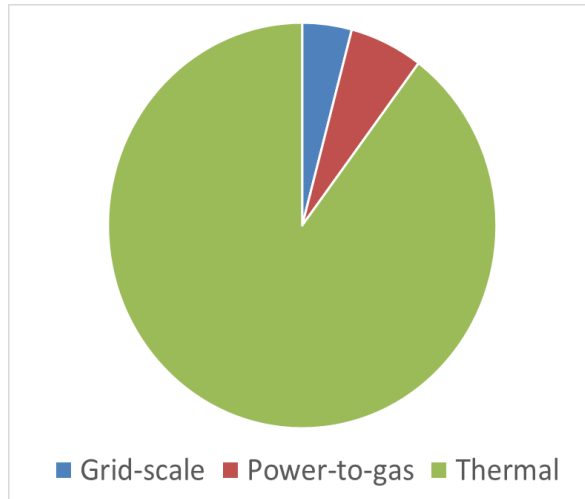


圖 4.7 英國 2050 年低碳之儲能情境

#### 4. 結論

(1) 儘管目前大多數儲能方式及其發展偏好電網儲能，惟本項研究認為未來儲熱和電力轉換為天然氣等儲能方式，將可發揮更大之作用。

(2) 須克服各種儲能方式的缺點。

### 八、化石燃料議題

(一) 美國燃煤發電未來之侷限：環保局潔淨能源計畫或是可開採儲煤礦總量? (Limits to the Future of U.S. Coal-Fired Electricity Generation : EPA’s Clean Power Plan or Available Reserves?)

#### 1. 概要

美國經常在媒體宣稱煤蘊藏量可供應 200 年，隨後亦被英國石油世界能源統計評論證實。雖然英國石油所公布之可開採量，是根據自行統計之煤量數據而來，並聲稱煤總探明儲量(total proved reserves of coal reserves)，經地質與工程相關資料佐證，在目前經濟與營運條件下，未來可望恢復煤蘊藏量。然而英國石油

所提出之煤探明儲量之數據序列，不需按照公司等級，依定義、指導方針和演練要求來測定探明儲量，亦不受國家認定。美國能源資訊局(EIA)所提供之煤統計數據，係引用煤公司自行公布煤蘊藏量之數字，美國能源資訊局也承認當初採用數據之準則沒有考量經濟可行性等因素。EIA 公布之煤可開採率顯示，還有將近 20 年之煤蘊藏量盤存，而造成英國石油與美國能源資訊局煤統計數據落差之原因，可能在於雙方界定蘊藏量之差異所致。另一方面，美國幾家指標性產煤公司面臨財務危機，意味美國煤蘊藏量可能不像先前宣稱那般樂觀。

美國環保局(EPA)已制定新空氣品質條例，以減少電廠二氧化碳排放。潔淨能源計畫，需要各燃煤電廠投注大量資金在購買清潔發電設備，以符合環保局新空氣品質管制之要求，然而管制條例卻衍生許多法律訴訟爭議。燃煤電廠所有者揚言關閉數千家擁有百萬瓦特容量之電廠，以達到潔淨能源計畫條例之要求。然而燃煤發電是維持美國電力基載之主力，此舉對美國電力產業勢必造成重大影響。

本論文分析內容包括：檢視英國石油和美國能源資訊局煤蘊藏之公開數據、美國指標性煤礦開採公司財務狀況及美國環保局推動潔淨能源計畫對電力產業衝擊，進而影響未來燃煤發電產業之發展。

## 2. 研究方法

本研究使用調查探討法(survey review)，針對政府公開之公報、數據及美國指標性煤礦開採公司之財務報導分析。除了使用公開數據進行調查探討，亦補充學術論文及煤蘊藏量相關之工程報導。

## 3. 結果

美國地質調查分析指出，許多煤炭開採公司為了獲利而過量開採煤礦。美國前幾大煤礦開採公司，已面臨逐年虧損數億元及數十億美元即將在 5 至 10 年到期之債務之窘境。許多煤礦開採公司之債券被評比為「垃圾債券」，開採剩餘礦坑愈加困難且耗資昂貴，而煤礦開採公司亦無力開發出改良之高科技設備，以大符減少支出及創造利潤。天然氣價格又採取「薄利多銷」策略，在 2015 年 5 月發電量首度超越煤炭。鑑於燃油發電係美國主力發電方式，煤蘊藏量與開採問題更需謹慎評估。

另外有關環保局推動之潔淨能源計畫造成之影響亦不容小覷，雖然未立法通過，但未來因配合潔淨能源計畫所造成之關廠效應，對美國未來煤炭生產和消費帶來影響。

#### 4. 結論

EIA 承認公告之煤「蘊藏量」數據，並未納入經濟復紓因素，已影響依賴政府公布數據之決策制定者。目前美國前幾大煤礦開採公司之經濟狀況，更讓人質疑是否還要持續依賴燃煤發電作為發電之主力。另一方面，姑且不論美國煤蘊藏總量多少，燃煤電廠為因應潔淨能源計畫之要求所需付上的代價，也可能侷限美國未來燃煤發電產業發展。

### (二) 了解 2001 至 2003 年美國電力部門天然氣裝置容量之爆發潮 (Understanding the 2001-2003 Boom in Natural Gas Capacity in the U.S. Electricity Sector)

#### 1. 概要

美國電力產業的裝置容量在 2001 至 2003 年間，歷經了最大幅度的增長，其中有 95% 的增長來自於天然氣複循環或天然氣電



廠。這波在預期之外的天然氣產能激增發生在 2007 年的頁岩氣熱潮之前。有研究指出數個原因，包括能源技術變革的可行性、燃油價格、能源需求、資源運輸基礎設施，以及能源與環境政策。具體來說，在 90 年代中期的電力自由化以及電力事業重組，透過下放裝置容量之規劃和開放現貨市場之機會，亦造成了天然氣裝置容量的增長。另外，1997 年國家環境空氣品質標準（NAAQS）對臭氧和粒狀污染物的標準變嚴格，可能也推動了天然氣發電(相較於燃煤發電)的發展。

以往研究普遍認為，各種技術和能源政策因素沒有量化的影響。本研究特別分析了天然氣產能熱潮，特別是考慮到政策因素，尤其在某些領域是有實際上的控制與影響。

本研究使用固定效果模型與概率模型，來評估 NAAQS 標準、放鬆管制、能源需求和燃料供給因素對 1996-2009 天然氣產能變化的影響。這些政策的演變也透過前後時期的政策性變數，來測試是否政策的鬆綁或嚴緊變化對產能增長有任何影響。

## 2. 研究方法

本研究使用以時間趨勢、固定效應、大城市群聚效應和穩健標準差為變數之固定效果模型與概率模型。

## 3. 結果

在六個測試模型中，僅有二個顯示暫時不鬆綁管制時經歷了統計上天然氣產能的顯著增加，且影響很小。大部分模型顯示，以 1997 年 NAAQS 為臭氧標準的未達標地區，在政策實行之前經歷了統計上天然氣產能的顯著增加。

固定效果模型與概率模型的分析顯示，決定建設與否或容量的多寡，其結果僅略有不同。無論新建電廠或是既有電廠擴充，

在容量的變化並無太大的差別。

#### 4. 結論

研究結果顯示，許多區域可能已經趕在更嚴格的法規生效之前，建立較低碳的天然氣發電廠。這些發現對於「電力自由化造成裝置容量激增」的觀點產生了挑戰，並提供「預期環境法規所造成衝擊」的另一種情境。透過觀察政策發展的不同階段，可對新產能之長期投資決策因素得到更全面的了解。

近期政策對於氣候變遷的致力呼籲，使得原本未被充分利用的天然氣之發電量增加，並增加了低或零排放的電力設備裝置容量。本研究揭示了過去政策對近期天然氣產能熱潮的有效性，並提供決策者作為減少電力部門的排放量的策略考量。

### (三) 天然氣是否仍為通往未來的橋樑? (Is Natural Gas Still a Bridge to the Future?)

#### 1. 概要

一直到最近，天然氣才被認為是通向未來的橋樑、走向脫碳經濟的過渡燃料。

全球接近 90%的能源消耗（不包括開發中國家之木材和生物質）是由化石燃料：石油，煤炭和天然氣而來。儘管有「哥本哈根共識」（為了避免氣候暖化帶來的嚴重後果，本世紀末地球溫度被限制在升高攝氏 2 度以內），但大多數能源預測顯示，在未來幾年化石燃料的消耗將持續增加。為實現哥本哈根共識目標，二氧化碳(CO<sub>2</sub>)排放量必須降低 50%，在 2050 年之前大多數「已開發」國家需達超過 70%的二氧化碳減排目標，使開發中國家能適量排放以兼顧經濟發展。

天然氣仍是目前為止最潔淨的化石燃料。天然氣燃燒時幾乎不排放污染物，除了若干數量的 CO<sub>2</sub>，其排放量約為燃煤發電的一半和石油的 30%。因此，天然氣可能是邁向脫碳能源—幫助應對氣候暖化的關鍵因素—的橋樑。

天然氣的發展程度因區域而異。在美國，頁岩氣產量的巨幅增長，對國內產業影響顯著：成本極低，不到\$3/MMBTU 或\$18/桶油當量。也因此造就許多就業機會並美國的 GDP 的成長，包括石化工業的強勁復甦。在 2015 年年底，美國將翻轉局勢，成為液化天然氣出口國。

在其他區域如歐洲，尤其是德國，再生能源大量發展已經改變了能源的局勢。但由於其間歇性及生產成本高，當發電量不足時仍需化石燃料支應發電，這時反而使用燃煤，因為美國天然氣爆發的排擠效應，因此將煤出口到歐洲，仍比天然氣更便宜。目前歐洲的再生能源由於生產成本高卻又產量過剩，財務狀況相當緊張，因此多數德國電力生產商如 E.On 和 RWE 皆進行了事業部的分割以因應這種狀況。

亞洲對於天然氣的潛在需求是巨大的。在中國，煤炭消費量接近 20 億噸油當量，而對天然氣的需求量僅 1 億 6 千萬噸油當量；儘管水力與核電佔相當比例，燃煤發電約佔電力 75%以上，每年皆約新建 20~30 個燃煤發電廠（約 1GW）並逐年遞增，未來煤炭仍應為主要燃料。不過，目前主要城市令人擔憂的空氣污染，已成為中國政府的優先事項，潔淨燃料如天然氣亦逐漸受到重視。目前中國可從俄羅斯、中亞地區、澳大利亞，甚至美國進口大量的天然氣，未來甚至可能從東非進口。但由於高運輸成本，在中國和印度的天然氣發電成本仍相對較高。

非洲將來可能成為相當大的天然氣市場，目前已被廣泛應用

在阿爾及利亞和埃及，在撒哈拉以南其消費量極其有限，未來的發展潛力大。在非洲只有 30%的人口用電，近十億人口中有 600 多萬無法用電。在 2050 年非洲人口可能達到 20 億，超過十億人需要用電，為使經濟發展，天然氣將很快被應用於發電。

未來，美國 2020 年液化天然氣出口將達到 80bcm 以上。在澳大利亞很快陸續會有大型生產設施。接下來，莫三比克 (Mozambique) 和坦桑尼亞 (Tanzania) 將有潛在的巨大儲藏量和出口。

## 2. 研究方法

本研究詳細檢視了世界各地天然氣/液化天然氣的儲量和生產潛力，包括北美、俄羅斯、非洲、澳大利亞。並探索那些具有頁岩氣儲藏和生產的潛力、但目前發展仍受限的一些國家。

## 3. 結果

設想未來不同情境的結果，大多數預測天然氣需求會有強勁增長，消耗也將比其他燃料更快。

## 4. 結論

天然氣的未來仍是光明的，其具有清潔、沒有污染的特性，另外目前中國和印度等新興國家需求仍小，未來將成為潛在的天然氣消費大國。特別是如果碳稅實施的話，天然氣將成為全球各地未來的主流。

## 伍、心得、感想與建議

### 一、心得

#### (一) 當紅的氣候變遷議題

巴黎氣候變遷會議剛剛閉幕(2015 United Nations Climate Change Conference “COP 21”, 11/30~12/12)，全球氣候變遷的議題正火熱。對於氣候變遷議題，美國歐巴馬政府早有因應對策，其中最重要的就是潔淨能源計畫(CPP)，本報告於第參、(三)章已有相關說明。

而在本次能源年會當中，亦可發現有多項與 CPP 或是氣候變遷密切相關的討論與研究，其中光是相關論文報告就有約 37 場，佔約 20%，足見美國無論是政府或是民間，皆對此議題有所投入，並早已有所準備。而我們在會議現場討論交流時，亦遇到多位環境與氣候相關領域之學者專家，其中一位甚至為台灣籍美國學者。足見氣候變遷不但是當紅的普世性議題，亦是目前公共政策、學術研究或專業實務領域所關注並真正投入的方向。

#### (二) 再生能源科技的崛起

##### 1. 能源儲存科技

再生能源不穩定的供電特性，對電網的供電品質一直是潛存的危機與威脅，尤其是在全球大力推動綠能與節能減碳之際，再生能源的占比逐年迅速提高，若無適當的儲能設施，將嚴重危及電網供電的穩定。尤其在台灣，其獨立型電網在無其他區

域及國家互通電網支援下，儲能科技的研究與開發更形重要。

其實儲能技術的概念早已開發並有成熟的應用，大至電網級的儲能技術—以抽蓄儲能最為普及，佔了全球儲電容量 99% 以上，但也受限於地理條件限制。而小規模蓄電池的發展已有兩百年以上的歷史，是日常生活中相當普遍的儲能裝置，舉凡手機的行動電源、電動車皆為大眾熟知儲存電能的方法。

歐、美、日等國近年在儲能技術的開發及示範運轉投入大量資金，為未來的應用預作準備，除了電池本身，還包括電網端及負載端的電能管理技術皆為重點。目前發展最有潛力的包括鋰離子電池、鈉硫電池以及液流電池等，這三種各有其優缺點，在不同的應用領域中各領風騷，但建置成本太高以及先進專利技術掌握在部份企業手中，皆為其未來發展應用之隱憂。

參與本次能源年會可發現，因全球氣候變遷、美國潔淨能源計畫的議題發燒，**再生能源相關科技的重要性及必要性亦逐漸浮上檯面**。相關論文報告有 35 場，佔有 19%。

## 2. 「頁岩氣革命」與再生能源的衝突

自美國崛起的頁岩氣革命方興未艾，但對於其是否會影響、甚至延誤了再生能源的發展，目前有諸多疑慮，學者專家亦各持意見、論辯不休。本報告於第參、(一)章已有述及。

以筆者在本次年會現場的觀察所得，歸納心得如下：

- (1) 單就本次年會論文的研究、議題的討論、議程的安排以及協辦單位性質等層面，即可以明顯感受到，頁岩氣對於再

生能源有非常明顯的排擠效應，更遑論後續在實務的預算投資及研究發展與應用層面，相信應更為明顯。

- (2) 平心而論，頁岩氣革命與再生能源本來即為當今能源領域的兩大趨勢，重要性不言可喻；惟兩者之間不同的是，頁岩氣開發已迅速進入經濟開採、可大量收益的階段，其減碳效果亦快速發酵（由美國在氣候峰會的積極轉變可略知一二）；而再生能源（及相關科技）似乎仍有很大的發展空間，未來能夠充分發展應用的日子，遙遙無期。
- (3) 在美國而言，近期頁岩氣勢必衝擊高度仰賴政府補助與培植的再生能源產業；但長期而言，由於頁岩氣開發仍有基礎建設、環境衝擊等考驗，兩者之競合仍將視再生能源技術持續發展與成本下降之程度而定。
- (4) 就現階段而言，理想狀況為把頁岩氣視為由化石能源到再生能源間的「過渡能源」，彌補再生能源的尚未成熟、以及其他化石能源的高碳，畢竟頁岩氣成本較低，且較其他火力發電乾淨。之後再以此為基礎，支持再生能源進一步的發展。但，現實情況與未來發展仍待觀察。

### （三）核能議題的消長

相對於氣候變遷、頁岩氣議題的火紅，本次年會的核能議題則較為受到忽視以及壓抑，相關論文報告僅有 4 場，佔約有 2%。而且其研究標題甚至多偏重於核電退場機制、歷史建廠成本之研究等，看待立場並非十分正面。一方面自然是因日本 311 福島事故之後，連帶影響先進國家（尤其是歐洲）對於核能

議題的退縮；另一方面其實主因仍應為頁岩氣開發對於其他議題的排擠效應。

以本次年會現場的觀察分析，目前美國各界對於核電的避而不談及諱莫如深為理所當然，但其實核能對於基載電力、產業經濟、能源安全以及減碳之重要性，眾人也都了然於心。未來無論美國或是全球，在再生能源持續發展情況下，減碳、核安的兩大方向，似仍將繼續。

#### (四) 議程內容的巧思

我國「中華民國能源經濟學會(CAEE)」為國際能源學會分會之一，本公司亦為 IAEE 之重要團體成員，過去曾於 2007 年主辦過第一屆 IAEE 亞洲年會，未來亦有機會再度主辦。本次年會有多項議題內容與議程安排，均為以往國際會議中較少見之創意展現，值得本公司未來舉辦類似國際會議時借鏡。

##### 1. 贊助方式

本次年會中全部休息時間的茶會(coffe break)，皆有由能源相關機構或公司掛名贊助(例如：國際能源公司康菲公司 ConocoPhillips, 石油天然氣業者威廉斯公司 Williams, 全球風險管理專業人士協會 Global Association of Risk Professionals, GARP 等等)，並直接於會場裡面進駐擺設攤位，亦提供相關資料擺放供參，甚至有些還有小巧的精美紀念品(耳機、集線器)供與會者索取，可說是相當貼心。

由於與會者皆為能源相關領域的學者專家，甚至有一些為



該領域之意見領袖及公共決策者，所以這種近似收買卻完全合理合法的行為，對於自由民主資本掛帥的美國來說應相當適合且有效；而從這 4 天每個時段幾乎都由不同廠商掛名贊助來看，相信此舉應收到大大成效及迴響。

## 2. 學生研究個案競賽 (Case Competition)

本次年會議程有個特別的「學生研究個案競賽」項目為以往國際會議中較為少見之創意展現，值得借鏡。

大會特地以開放給在校或剛畢業的學生組成的團隊為對象，在特定的期程間將指定題目給予參賽隊伍，參賽團隊必須在 3 週內提交書面報告，詳細說明方法和解決方案。最佳的 3 隊將被邀請在本次年會上展示成果。而理所當然的，本項目亦有廠商掛名贊助(能源研究機構 King Abdullah Petroleum Studies and Research Center, KAPSARC)。

今年的問題涉及石油企業決策中有關偏移生產(shifting production)和消費模式的主題背景。主辦單位表示，參賽團隊通常需要以所學背景包括經濟學、工程學和政策分析等為基礎，來完整的解決問題。

在會議設置如此的項目，**其實對主辦單位、贊助單位及與會學生皆為三贏**：通過參加個案競賽，學生能夠贏得獎金、證明自己的能力和創意、並可能因此獲得工作機會；贊助單位身為潛在的雇主，可以藉此輕易獲得素質優異的員工；而主辦單位不但擴大學生會員的參與程度，同時促進提出對當前能源經濟問題具有挑戰性的解決方案。

### 3. 接待茶會(Reception)主題與當地風俗結合



交流茶會(Networking Reception)與萬聖節主題結合

本次年會主辦單位另外有一些接待茶會的安排，讓與會者印象深刻，列舉如下：

- (1) 茶會與萬聖節主題(theme)結合：由於會議舉行該週的週六(10/31)恰巧為萬聖節(Halloween)，因此主辦單位特地於10/26(一)的海報研究交流茶會(Poster Session and Networking Reception)當中加入萬聖節主題，現場有女巫、科學怪人等奇怪扮相的服務生駐點，還有一些相關主題的點心與擺飾，十分新奇吸睛。
- (2) 茶會選在當地知名美術館舉辦：除了在飯店內舉辦的茶會，

大會另特地於 10/27 (二)就近於匹茲堡當地有名的安迪沃荷美術館(Andy Warhol Museum)舉辦了派對性質的接待茶會。安迪沃荷(Andy Warhol)是當代普普藝術的先驅，亦已成為匹茲堡當地的代表性文化人物。在美術館的文藝氣息當中，暢談能源經濟領域之話題，感受科技與人文的美妙結合。

## 二、感想與建議

經過這幾天的會議，我們對於目前國際最新能源經濟動態、政策議題走向、能源管理技術與全球未來發展趨勢，舉凡再生能源技術、頁岩氣開發、氣候變遷議題、潔淨能源政策、電力市場制度等等，都有相當全面的蒐集與瞭解，未來將供本公司經營運維及策略發展上作為參考。

對個人成長而言，藉由參與本會議，導入國際最新知識，一窺未來電業發展大勢，以強化自我核心競爭力。而大會對於展場與議題的巧妙安排，使我們對於議題能更深入的瞭解，並進而與全球學者專家互動，交流彼此的能源經驗及看法，除了拓展視野、對各種議題的看法亦更加全面宏觀。

再者，全球能源產業的變動快速且複雜，各國均大力栽培能源經濟技術及政策相關專才，並積極培養其國際化能力與國際參與。建議應積極給予具潛力的人才參加國際性會議活動，拓展視野，並投入培育資源，不僅提升其在能源經濟領域之知識與技術程度，亦協助強化參與國際合作與發表的能力。

另外，透過補助國內相關單位爭取主辦國際性的研討會，除能夠爭取全球各地產官學研界或重要國際組織代表來台，甚至協助國內研究人才團隊參加國際競標或國際合作活動等，促進國內外產官學研交流，進而建立長期合作管道，以汲取最新知識技術與政策制度，另外亦能強化我國在能源經濟領域的參與，協助我國與國際社會接軌，增加能見度。

附件 1：大會議程手冊 (Conference Program)



FINAL PROGRAM

PLATINUM SPONSORS



GOLD SPONSORS



SILVER SPONSORS



PARTNERS



COMMUNICATIONS PARTNERS



HOSTED BY



SUPPORTING ORGANIZATIONS



**SUNDAY, OCTOBER 25****REGISTRATION**

12:00 noon - 7:00 pm ■ Duquesne Room

**USAEE COUNCIL LUNCH (BY INVITATION)**

12:00 noon - 1:00 pm ■ Sky Lounge - 24th Floor

*Sponsored By: Williams***USAEE COUNCIL MEETING**

1:00 pm - 4:00 pm ■ Benedum Room

**OPENING RECEPTION**

6:00 pm - 7:30 pm ■ Commonwealth 1, 2

**CASE COMPETITION**

7:30 pm - 9:30 pm ■ Benedum Room

**Eric Hittinger** (*Presiding*)  
ASSISTANT PROFESSOR,  
ROCHESTER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

**Team #1 - Oil Solutions International**

**Hanjiro Ambrose**  
**Arash Saboori**  
**Ben White**  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA, DAVIS

**Team #2 - CMU EPP**

**Nathaniel Horner**  
**Erin Mayfield**  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**Team #3 - Haas Energy Team**

**Stephanie Moon**  
**Avanti Tamhane**  
**Yuriy Pryadko**  
**Andrey Gutkovsky**  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY

**STUDENT MENTORING SESSION**

7:30 pm - 10:00 pm ■ Sterlings 1, 2, 3

**MONDAY, OCTOBER 26****REGISTRATION**

7:00 am - 7:00 pm ■ Duquesne Room

**STUDENT BREAKFAST MEETING**

7:30 am - 8:30 am ■ Commonwealth 1

**CONTINENTAL BREAKFAST**

7:45 am - 8:30 am ■ Kings Garden 4 &amp; 5 Foyer

*Sponsored By: ConocoPhillips***PRESIDER'S HUDDLE**

8:10 am - 8:25 am ■ Liberty Room

**WELCOME AND INTRODUCTION**

8:30 am - 9:00 am ■ Kings Garden 1, 2, 3

**OPENING PLENARY:****THE DYNAMIC ENERGY LANDSCAPE:  
NATURAL GAS IN THE U.S.**

9:00 am - 10:30 am ■ Kings Garden 1, 2, 3

The astonishing growth of natural gas production from Marcellus and Utica shales raises bold possibilities throughout the region, the nation and the rest of the world. A panel of leading energy economists and stakeholders will define and probe the extent of the domestic and global resource, and discuss opportunities and challenges in capturing and sustaining the broad economic, employment, trade and even environmental benefits of shale gas, while ensuring public health and safety.

**Benjamin Schlesinger** (*Presiding*)  
PRESIDENT, BENJAMIN SCHLESINGER & ASSOCIATES LLC

**Vello Kuuskraa**  
PRESIDENT AND CHAIRMAN,  
ADVANCED RESOURCES INTERNATIONAL, INC.

**David J Spigelmyer**  
PRESIDENT, MARCELLUS SHALE COALITION

**Rusty Brazier**  
PRESIDENT, RBN ENERGY

**COFFEE BREAK**

10:30 am - 11:00 am ■ Bridges Room

**CONCURRENT SESSIONS: 1 TO 9**

11:00 am - 12:45 pm

**1. Shale Gas Impacts**

■ Kings Garden 1,2

**Diana Stares** (*Presiding*)  
DIRECTOR, CENTER FOR ENERGY POLICY & MANAGEMENT  
WASHINGTON AND JEFFERSON COLLEGE

**Shale Gas Development and Japan**

**Clifford A. Lipscomb**  
GREENFIELD ADVISORS

**Hisanori Nei**  
NATIONAL GRADUATE INSTITUTE FOR POLICY STUDIES

**Sarah J. Kilpatrick**  
UNAFFILIATED

**Yongsheng Wang**  
WASHINGTON AND JEFFERSON COLLEGE

**Mitigating the Climate Impacts of Shale Gas  
Development under Uncertainty**

**Zachary A Wendling**  
INDIANA UNIVERSITY BLOOMINGTON

**Direct Economic Impact of a Marcellus Shale Well**

**William E Hefley**  
CLINICAL PROFESSOR, UNIVERSITY OF TEXAS AT DALLAS

**How Much do States Really Tax Oil and Gas  
Extraction? Effective Tax Rates Across U.S. States**

**Yongsheng Wang**  
**Max Chomas**  
WASHINGTON AND JEFFERSON COLLEGE

**Jeremy Weber**  
UNIVERSITY OF PITTSBURGH

**2. Wind Energy**

■ Commonwealth 1

**Varun Rai** (*Presiding*)  
ASSISTANT PROFESSOR, UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN

**Is Willingness to Pay for Visualized Landscape  
Amenities Sensitive to Screen Size When Using  
Web Surveys?**

**Pablo A Hevia-Koch**  
TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK

**Jacob Ladenburg**  
KORA

**Improved Experience Curve Indicates Large  
Future Cost Reductions for Wind Power**

**Eric Williams**  
**Eric Hittinger**  
**Ryan Williams**  
ROCHESTER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

**Optimization of Wind and Storage Dispatch  
for Enhanced Market Opportunities**

**Kwami Senam Sedzro**  
**Larry Snyder**  
LEHIGH UNIVERSITY

**Optimal Wind Farm Siting Decisions in the Midwest**

**Julian Lamy**  
**Paulina Jaramillo**  
**Ines Azevedo**  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**The Value of Waiting for the Wind**

**Olvar Bergland**  
PROFESSOR, NORWEGIAN UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES

MONDAY, OCTOBER 26, CONTINUED

**3. Electricity Market**

- Commonwealth 2

**Peter R. Hartley** *(Presiding)*  
PROFESSOR & BAKER INSTITUTE SCHOLAR, RICE UNIVERSITY

**Market Power in Power Markets:  
The Case of French Wholesale Electricity Market**  
**Sophie Meritet**  
CENTRE OF GEOPOLITICS OF ENERGY AND RAW MATERIALS

**Thao Pham**  
UNIVERSITE PARIS DAUPHINE

**The Missing Money Problem**

**Nora Schindler**  
**Klaus Gugler**  
**Mario Liebensteiner**  
**Adhurim Huxhimusa**  
UNIVERSITY OF ECONOMICS AND BUSINESS VIENNA (WU)

**The Economics of Commercial Demand  
Response for Spinning Reserve**

**Michael J Fisher**  
**Fallaw Sowell**  
**Jay Apt**  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**The Private and Social Value of Blackout  
Risk Reduction**

**Anand Govindarajan**  
**Seth Blumsack**  
PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY

**Electric Capacity Market Performance with  
Generation Investment and Renewables**

**Cynthia Bothwell**  
**Benjamin F. Hobbs**  
JOHNS HOPKINS UNIVERSITY

**4. Energy-Water Nexus**

- Benedum

**Kevin Forbes** *(Presiding)*  
ASSOCIATE PROFESSOR, CATHOLIC UNIVERSITY OF AMERICA

**Drivers of Dry Cooling Adoption  
at Electric Power Plants**

**Fletcher Fields**  
U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

**Pricing Scarcity in the Shale Industry:  
Incentivizing Reduced Freshwater Use  
and Increased Wastewater Recycling**

**Shanti Gamper-Rabindran**  
ASSOCIATE PROFESSOR, UNIVERSITY OF PITTSBURGH

**Exploring Energy-Water Issues across  
the United States**

**Peter Kobos**  
**Vincent Tidwell**  
**Barbie Moreland**  
SANDIA NATIONAL LABORATORIES

**Hari Mantripragada**  
**Haibo Zhai**  
**Edward Rubin**  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**The Energy Water Nexus: A Dynamic Spatial Study  
of Natural Gas in the San Juan Basin, New Mexico**

**Katie Zemlick**  
**Janie Chermak**  
**Bruce M Thomson**  
**Elmira Kalhor**  
UNIVERSITY OF NEW MEXICO

**Vincent C Tidwell**  
SANDIA NATIONAL LABORATORIES

**A Network Formulation of Competing  
Demands For Water and Energy:  
Transaction Costs, Property Rights, and Rents**

**Patrick O'Reilly**  
PH.D. CANDIDATE, MINERAL AND ENERGY ECONOMICS,  
COLORADO SCHOOL OF MINES

**5. Modeling Oil and Gas Markets**

- Brigade

**Mine Yucel** *(Presiding)*  
SVP AND RESEARCH DIRECTOR, FEDERAL RESERVE BANK OF DALLAS

**The Components of Natural Gas Price Volatility**

**Matthew Brigida**  
ASSOCIATE PROFESSOR OF FINANCE,  
CLARION UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA

**The Welfare Impact of a Production Sharing Contract**

**Fazel M Farimani**  
**Xiaoyi Mu**  
UNIVERSITY OF DUNDEE-CENTER FOR ENERGY,  
PETROLEUM AND MINERAL LAW AND POLICY

**A Structural Econometric Model of  
The Dynamic Game Between Petroleum  
Producers in The World Petroleum Market**

**Khaled H Kheiravar**  
**Amy Myers Jaffe**  
**C.-Y. Cynthia Lin**  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA AT DAVIS

**Modelling Oil Markets**

**Janie M Chermak**  
UNIVERSITY OF NEW MEXICO

**Robert H Patrick**  
RUTGERS UNIVERSITY

**Modelling the Australian Gas Sector:  
Economic Impacts of Western Australia's  
Gas Reservation Policy**

**Kelly Neill**  
UNIVERSITY OF WESTERN AUSTRALIA

**6. Dennis J. O'Brien USAEE/IAEE  
Best Student Paper Award Competition**

- Sterlings 1

**Thomas E. Drennen** *(Presiding)*  
PROFESSOR OF ECONOMICS, HOBART AND WILLIAM SMITH COLLEGES

**Energy Prices and Investment in Energy Efficiency:  
Evidence from Chinese Industry 1997-2004**

**Sarah Le Tang**  
BRANDEIS UNIVERSITY

**Optimal Investment in Competitive Energy-only Markets**

**Hamid Aghaie**  
AIT AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

**Drilling Down the Bakken Learning Curve**

**Michael Redlinger**  
COLORADO SCHOOL OF MINES

**Wind Power Producers' Costs And Associated  
Market Regulations: The Source of Wind Power  
Producers' Market Power**

**Yang Yu**  
STANFORD UNIVERSITY

**7. CO<sub>2</sub> Abatement Policies**

- Kings Plaza

**Ozge Kaplan** *(Presiding)*  
RESEARCH ENGINEER, US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

**Robust Optimal Taxation and  
Environmental Externalities**

**Ted Temzelides**  
RICE UNIVERSITY

**Borghan Narajabad**  
FEDERAL RESERVE BOARD

**Xin Li**  
IMF

**Environmental Policies that Maximise Social  
Welfare: The Role of Intergenerational Inequality**

**Frédéric Gonand**  
UNIVERSITY OF PARIS-DAUPHINE

**Pierre-André Jovuet**  
UNIVERSITE OF PARIS-NANTERRE

**Intergenerational Emissions Inequality in  
Germany: Are The Younger Generations more  
Environmentally Conscious?**

**Dragana Nikodinoska**  
CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITY OF KIEL

**Assessing Economic Effects Of Malaysia's CO<sub>2</sub>  
Emission Abatement Policies: A CGE Analysis**

**Masoud Yahoo**  
**Jamal Othman**  
NATIONAL UNIVERSITY OF MALAYSIA

**8. Coal, Generation, and the  
EPA's Clean Power Plan**

- Sterlings 3

**Christophe Bonnerly** *(Presiding)*  
DIRECTOR, ECONOMICS & PROSPECTIVE, ERDF

**Drivers of Coal-Fired Capacity  
Retirements in Electricity Markets**

**Eric Bowen**  
WEST VIRGINIA UNIVERSITY,  
BUREAU OF BUSINESS AND ECONOMIC RESEARCH

**Stratford Douglas**  
WEST VIRGINIA UNIVERSITY DEPARTMENT OF ECONOMICS

**Power Grid Reliability: Implications of  
Environmental Regulation and Coal Plant  
Retirement in Systems with Large Scale  
Penetration of Wind Power**

**Mohsen Rahmani**  
**Gabriela Hug**  
**Paulina Jaramillo**  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

## MONDAY, OCTOBER 26, CONTINUED

## Limits to the Future of U.S. Coal-Fired Electricity Generation: EPA'S Clean Power Plan or Available Reserves?

**Lori Smith Schell**  
PRESIDENT, EMPOWERED ENERGY

## Coal Mining Technology and the Allocation of Income

**Stratford M Douglas**  
**Shuichiro Nishioka**  
WVU DEPARTMENT OF ECONOMICS

## 9. Emerging Technologies in the Electricity Market

■ Kings Terrace

**Mina M. Dlouh** (*Presiding*)  
PRESIDENT, DLOUH ENERGY CONSULTING

## Community-Based Renewable Energy Solutions

**Sharon Klein**  
**Stephanie Coffey**  
UNIVERSITY OF MAINE

## An Analysis on the Economics of Smart Community Connecting Commercial and Residential Sectors and their Future Subjects

**Yoshiki Ogawa**  
PROFESSOR, TOYO UNIVERSITY

## Estimating the Annual Microeconomic Benefits of Vehicle-to-Grid Services in New York City

**Gerad M Freeman**  
GRADUATE STUDENT, UNIVERSITY OF ROCHESTER

## From Fossil Fuels to Renewables: The Role of Electricity Storage

**Linda Nøstbakken**  
NORWEGIAN SCHOOL OF ECONOMICS

**Martino Pelli**  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

**Itziar Lazkano**  
UNIVERSITY OF WISCONSIN - MILWAUKEE

## AWARDS LUNCHEON

12:45 pm - 2:30 pm ■ Kings Garden 4 & 5

USAEE Adelman Frankel Award to:  
**Adam E. Sieminski and Howard Gruenspecht**

USAEE Senior Fellow Awards to:  
**Robert Borgstrom, Amy Jaffe and Andrew Slaughter**

IAEE Outstanding Contributions to the Profession Award to:  
**Severin Borenstein**

**David A Hounshell** (*Keynote Speaker*)  
DAVID M. RODERICK PROFESSOR OF TECHNOLOGY AND SOCIAL CHANGE, CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

"Two Centuries of Energy Transitions in the Pittsburgh Region"

DUAL PLenary SESSION:  
RENEWABLE ENERGY INTEGRATION

2:30 pm - 4:00 pm ■ Kings Garden 1 & 2

Most agree that renewable energy will play a significant role our future energy needs. Simply complying with existing federal and state environmental policies will add several GW to the U.S. electricity grid over the next decade. However, integrating renewables to the grid is not without cost and technical challenges. This session hosts three panelists that are leaders in different aspects of the energy industry (regulatory, project development/finance, and academia) to discuss these challenges and possible solutions.

**Julian Lamy** (*Presiding*)  
RESEARCH ASSISTANT, CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**Jay Apt**  
PROFESSOR TEPPER SCHOOL OF BUSINESS AND ENGINEERING AND PUBLIC POLICY, CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**Mike Speerschneider**  
CHIEF PERMITTING & PUBLIC POLICY OFFICER, EVERPOWER

**Resmi Surendran**  
SENIOR MANAGER, MARKET ANALYSIS AND DESIGN, ERCOT

**Severin Borenstein**  
E.T. GREYER PROFESSOR OF BUSINESS ADMINISTRATION AND PUBLIC POLICY, HAAS SCHOOL OF BUSINESS, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY

## USAEE/SPE DUAL PLenary SESSION:

WATER AT THE WELL-SITE:  
PRODUCTION, HANDLING AND DISPOSAL

2:30 pm - 4:00 pm ■ Commonwealth 2

The rapid growth of oil and gas production from unconventional resource plays has raised concerns about water withdrawal and use in well completion as well as post-completion water handling. While the intersections between energy and water are significantly deeper than just water use for oil and gas production, the recent concerns regarding water at the well-site have led to a wave of interest in developing new technologies and establishing new regulatory frameworks to allay any stresses. Speakers will address these issues in a technically-oriented discussion to shed light on emerging policy actions and new technological innovations aimed at alleviating concerns over water at the well-site.

**Kenneth B Medlock** (*Co-Presiding*)  
SENIOR DIRECTOR OF THE CENTER FOR ENERGY STUDIES (CES), JAMES A. BAKER III AND SUSAN G. BAKER FELLOW IN ENERGY RESOURCE ECONOMICS, BAKER INSTITUTE, RICE UNIVERSITY

**William Furlow** (*Co-Presiding*)  
SENIOR MANAGER BUSINESS DEVELOPMENT, SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS

**Meagan Mauter**  
ASSISTANT PROFESSOR, CIVIL & ENVIRONMENTAL ENGINEERING, ENGINEERING AND PUBLIC POLICY, CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**John Walsh**  
DIRECTOR OF CONSULTING SERVICES, CETCO ENERGY SERVICES

## COFFEE BREAK

4:00 pm - 4:30 pm ■ Bridges Room

## CONCURRENT SESSIONS: 10 TO 18

4:30 pm - 6:15 pm

## 10. Liquefied Natural Gas (LNG)

■ Kings Garden 1,2

**Ronald D Ripple** (*Presiding*)  
PROFESSOR OF ENERGY BUS AND FINANCE, THE UNIVERSITY OF TULSA

## Future of LNG: Market, Geopolitical and Innovation Trends to 2034

**Andrew J Pickford**  
**Mark Stickells**  
UNIVERSITY OF WESTERN AUSTRALIA

## Impact of New Waves of LNG in the Asia Pacific Gas Market: Future of LNG Market in Asia

**Junseok Sung**  
GUBKIN RUSSIAN STATE UNIVERSITY OF OIL AND GAS

## Life Cycle Greenhouse Gas Emissions From U.S. Liquefied Natural Gas Exports: Implications for End Uses

**Leslie S Abrahams**  
**Constantine Samaras**  
**W Michael Griffin**  
**H Scott Matthews**  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

## G2M2: A New Model of the Global Market for Natural Gas

**Robert E Brooks**  
PRESIDENT, RBAC, INC.

## The Relationship between LNG, Oil and Coal Prices in Asia

**Peter R Hartley**  
**Abdullahi Alim**  
**Yihui Lan**  
UNIVERSITY OF WESTERN AUSTRALIA

## 11. Electricity and the Environment

■ Commonwealth 1

**Joel Theis** (*Presiding*)  
ECONOMIST, U.S. DEPARTMENT OF ENERGY - NETL

## Assessing the System-Wide Merits of Flexible Carbon Capture and Sequestration Power Plants in Complying with the Clean Power Plan

**Michael T Craig**  
**Haibo Zhai**  
**Paulina Jaramillo**  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

*Session Continued* ↓



MONDAY, OCTOBER 26, CONTINUED

Analysis of Regional Market Impact of EPA's Clean Power Plan: Mass-based vs. Rate-based Standard

Duan Zhang  
Yihsu Chen  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA SANTA CRUZ

Makoto Tanaka  
GRIPS (GRADUATE INSTITUTE FOR POLICY STUDIES)

What are the Welfare Consequences of Environmental Considerations in Power System Operations?

Alberto J Lamadrid  
LEHIGH UNIVERSITY  
Daniel L Shawhan  
RFF

Overlapping Regulatory Authorities: Strategic State Compliance with the Clean Power Plan within Wholesale Electricity Markets

Joel R Landry  
Chiara Lo Prete  
THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY

12. Solar Energy

■ Commonwealth 2

Maureen Lorenzetti (Presiding)  
SENIOR COMMUNICATIONS OFFICER, WORLD BANK GROUP

Evaluation of Influential Factors in the Choice of Micro-generation Solar Systems

Mehrshad Radmehr  
NEWCASTLE UNIVERSITY

Store or Sell? The Emissions and Economic Effects of Taking Rooftop Solar Off-grid

Eric Hittinger  
ASSISTANT PROFESSOR,  
RÖCHESTER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Evaluating the Economics of Solar PV for Residential, Commercial, and Industrial Customers

Shelly Hagerman  
Paulina Jaramillo  
Morgan Granger  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

Middle Ground in Customer-Utility Relationship? Analyzing the Drivers of Variations in Deployment Models for Community Solar

Erik J Funkhouser  
Griselda Blackburn  
Clare Magee  
Varun Rai  
UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN

13. Energy Efficiency

■ Benedum

Clifford Lipscomb (Presiding)  
DIRECTOR, ECONOMIC RESEARCH,  
GREENFIELD ADVISORS

The Effect of U.S. Electricity Prices on the Purchase of Energy - Efficient Appliances and Implications for the Effects of Carbon Pricing

Peter M Schwarz  
Craig Depken  
UNC CHARLOTTE

Michael Herron  
PREMIER HEALTH ALLIANCE

Benjamin Correll  
PRICEWATERHOUSE COOPERS

The Peculiar Economics of Federal Energy Management

Michael E Canes  
DISTINGUISHED FELLOW, LMI

Do Consumers know how much Electricity is used by their Appliances?

Vedran Lesic  
Wandi Bruine de Bruin  
CENTRE FOR DECISION RESEARCH,  
LEEDS UNIVERSITY BUSINESS SCHOOL

Ines Lima Azevedo  
Tamar Krishnamurti  
DEPARTMENT OF ENGINEERING AND PUBLIC POLICY,  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

Matthew Davis  
SOCIO-TECHNOLOGICAL CENTRE,  
LEEDS UNIVERSITY BUSINESS SCHOOL

Is our Everyday Comfort for Sale? Preferences for Demand Management on the Electricity Market

Lars Persson  
Thomas Broberg  
UMEÅ UNIVERSITY

Firm Characteristics and Compliance Behavior in China's Industrial Energy Conservation Program

Da Zhang  
Valerie Karplus  
MIT

14. The State of Energy Economics Education Session

■ Brigade

UNIVERSITY PANELISTS

Sanya Carley, Co-President  
INDIANA UNIVERSITY, THE MPA/MS IN PUBLIC AFFAIRS AND ENVIRONMENTAL SCIENCE

Seth Blumsack, Co-President  
PENN STATE, THE B.S. IN ENERGY BUSINESS AND FINANCE

Harrison Fall  
COLORADO SCHOOL OF MINES,  
THE PH.D. PROGRAM IN ENERGY AND MINERAL ECONOMICS

PRACTITIONER PANELISTS

Troy Thompson  
CHEVRON

Peter Balash  
NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY

Diana Stares  
CENTER FOR ENERGY POLICY AND MANAGEMENT,  
WASHINGTON & JEFFERSON COLLEGE

Student interest in energy economics and policy has been growing to the point where many educational programs that are broadly focused on economic and policy studies are either creating energy-specific degree options (e.g. an energy-focused MBA degree) or creating separate energy-focused degree programs entirely. This evolution is occurring at all levels of higher education, but in the race to create competitive energy-focused degree options or programs there have been very few broad conversations surrounding best practices for these programs, how energy-focused programs could or should be different or special, and how curriculum design should be aligned with the needs of the practitioner sector. This concurrent session is intended to start a broader conversation between the university educators and practitioners, focused on education specific to energy economics and policy studies. The session will feature brief presentations from university speakers representing undergraduate, professional degree, and research-based graduate programs. Practitioners from the industry, government and non-profit sectors will react to what they have heard, and identify needs or gaps in existing university programs. The session structure will allow ample time for open discussion.

15. Renewable Energy Economics

■ Sterlings 1

Kim F. Coffman (Presiding)  
ECONOMIST, US BUREAU OF OCEAN ENERGY MANAGEMENT

Water Scarcity, Market Power and Reservoir Management in Hydro Based Electricity Market – Evidence from New Zealand

Oliver R Browne  
UNIVERSITY OF CHICAGO

Wind and Solar for Electricity – Experiences in Europe and Germany

Hermann-Josef Wagner  
RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM,  
LEHRSTUHL ENERGIESYSTEME UND ENERGIEWIRTSCHAFT

How to Measure the Cost per Tonne of CO<sub>2</sub> Avoided via Renewables

James L. Plummer  
PRESIDENT, CLIMATE ECONOMICS FOUNDATION

Stochastic Techno-economic Evaluation of Cellulosic Biofuel Pathways

Xin Zhao  
Wallace E Tynor  
PURDUE UNIVERSITY

Tristan R Brown  
STATE UNIVERSITY OF NEW YORK,  
COLLEGE OF ENVIRONMENTAL SCIENCE & FORESTRY

United States - Japan Bilateral Enhanced Geothermal Systems Project

Andrew J Coleman  
ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE  
Gene Suemnicht  
EGS, INC.

Session Continued →

## MONDAY, OCTOBER 26, CONTINUED

## 16. Energy Demand Modeling

■ Kings Plaza

**David H. Knapp** (*Presiding*)MANAGING DIRECTOR - ENERGY INTELLIGENCE RESEARCH  
DIVISION, ENERGY INTELLIGENCE GROUPEnergy Demand Elasticities and  
Weather Worldwide**Carlo Andrea Bollino**  
**Simona Bigerna**  
UNIVERSITY OF PERUGIA**Tarek Atallah**  
KAPSARCModelling GCC Residential Energy Demand:  
The Importance of Weather and Stochastic Trends**Tarek N Atallah**  
**Lester C Hunt**  
KAPSARC

## Rational Habits in Residential Electricity Demand

**Bettina Hir**  
UNIVERSITÀ DELLA SVIZZERA ITALIANA**Massimo Filippini**UNIVERSITÀ DELLA SVIZZERA ITALIANA,  
FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH**Giuliano Masiero**

UNIVERSITÀ DELLA SVIZZERA ITALIANA, UNIVERSITY OF BERGAMO

U.S. Energy Surprises Have Become More Frequent:  
Retrospective Analysis of U.S. Energy Forecasts**Evan D Sherwin**  
**Inês L Azevedo**  
CARNegie MELLON UNIVERSITY**Max Henrion**

LUMINA DECISION SYSTEMS, INC.

## 17. Greenhouse Gas (GHG) Mitigation

■ Sterlings 3

**Benjamin Schlesinger** (*Presiding*)

PRESIDENT, BENJAMIN SCHLESINGER &amp; ASSOC. LLC

Prioritizing GHG Mitigation Options in Georgia:  
Development of Marginal Abatement  
Cost Curves for the Building Sector**Govinda R Timilsina**  
THE WORLD BANK**Eduard Karapoghosyan**CENTER OF THE SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF ENERGY,  
YEREVAN, ARMENIA**Anna Sikharulidze**SUSTAINABLE DEVELOPMENT CENTRE REMISSA,  
TBILISI, GEORGIACost-aware Load Shifting for  
Geographically Distributed Data Centers**Nathaniel Horner****Yuvraj Agarwal**  
**Inês Azevedo**  
CARNegie MELLON UNIVERSITYMarginal Cost Curves for Ozone Abatement  
in the Electricity Sector**Nicholas H Johnson**  
**Seth Blumsack**

PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY

**James McCann**

ENVIRON CORPORATION

**Evan Couzo**

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

**Clayton Barrows**

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY

**J J West****William Vizuet**

UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA

Cost-effectiveness of Power Plant Cooling  
System Retrofits as a Climate Adaptation Strategy**Aviva Loew****Haibo Zhai****Paulina Jaramillo**

CARNegie MELLON UNIVERSITY

## 18. Electricity Price

■ Kings Terrace

**Clarence L Lyons** (*Presiding*)

PROJECT MANAGER, ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

Welfare Impacts of Single-Provider  
Residential-Electricity-Service Price  
Discrimination - Part 2 With Conjectural  
Changes in Building Stock Floorspace**Daniel M Hamblin**

PRESIDENT, DAN HAMBLIN &amp; ASSOCIATES, INC.

Electricity Prices, Income and Residential  
Electricity Consumption**Yanming Sun**

EAST CHINA NORMAL UNIVERSITY

## Volatility in Electricity Prices: A Study of Recent Shifts

**Roy Endré Dahl**

UNIVERSITY OF STAVANGER

Welfare Effects of Dynamic Retail Pricing in  
The Presence of Fluctuating Renewable Energy  
Supply, Carbon Taxation And Planning Reserve  
Margin Constraints**Christian Gambardella****Michael Pahle**

POTSDAM INSTITUTE FOR CLIMATE IMPACT RESEARCH (PIK)

**Wolf-Peter Schill**

GERMAN INSTITUTE FOR ECONOMIC RESEARCH (DIW BERLIN)

The Effect of Hydro and Wind Generation on the  
Mean and Volatility of Electricity Prices in Spain**Joao Pereira****Vasco Pesquita**

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Paulo Rodrigues**

BANCO DE PORTUGAL

## USAEE CHAPTER LEADERSHIP MEETING

5:15 pm - 6:15 pm ■ Liberty Room

POSTER SESSION &  
NETWORKING RECEPTION

6:30 pm - 8:00 pm ■ Kings Garden 4 &amp; 5

1. Understanding the Potential for Electricity  
Savings and Assessing Feasibility of a Transition  
towards DC Powered Buildings**Brock Glasgo**  
**Chris Hendrickson**  
**Ines Azevedo**

CARNegie MELLON UNIVERSITY

2. Potential Impacts of Materials on Future  
Low Carbon Transition: A Case of Low Carbon  
Technologies in Road-transport Sector**Seyed Mehdi Mohaghegh**

UCL INSTITUTE OF SUSTAINABLE RESOURCES (UCL ISR)

**Ilkka Keppo**

UCL ENERGY INSTITUTE

**Christophe McGlade**

UCL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE RESOURCES

3. The Impact of Climate Change and  
Air Pollution Information on Support For  
CO<sub>2</sub> Emissions Regulations**Brian Sergi****Alex Davis****Inês Azevedo**DEPARTMENT OF ENGINEERING & PUBLIC POLICY,  
CARNegie MELLON UNIVERSITY4. Can The Interdependence Between  
Energy and Matter Resources Lead to An  
Economic Collapse?**Fatma Rostom**

UNIVERSITY PARIS 1 PANTHÉON-SORBONNE

**Gaël Giraud**

AGENCE FRANÇAISE DU DÉVELOPPEMENT

**Olivier Vidal**

UNIVERSITY JOSEPH FOURIER

5. An Analysis for Promoting Residential-scale  
Solar Photovoltaic (PV) in Bangkok**Aksornchan Chaianong****Carey W. King**

THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN

6. Adjustment Costs, Uncertainty, and the  
Proved Reserves of Crude Oil**Xiaoli Zheng**

UNIVERSITY OF CALGARY

Sessions Continued &gt;

**MONDAY, OCTOBER 26, CONT.**

**7. Willingness to Pay to Avoid Environmental Impacts of Electricity Generation**

**Cristobal De La Maza**  
Alex Davis  
Ines Azevedo  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY  
**Claudia Aravena**  
TRINITY COLLEGE

**8. Portfolio Analysis of Renewable Energies**

**Mehdi Shahriari**  
**Seth Blumsack**  
PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY

**9. Introducing Probability into Energy Forecasting**

**Lynn H Kaack**  
**Jay Apt**  
Granger Morgan  
Evan Sherwin  
Inés Azevedo  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**10. The Impact of Virtual Trading on Wholesale Electricity Markets**

**Juan S Giraldo**  
**Paul V Preckel**  
PURDUE UNIVERSITY

**11. Efficiency and Productivity of Cross – Country Electricity Generation: A Parametric Approach**

**Victor A Ajayi**  
**Anthony Glass**  
**Tom Weyman-Jones**  
LOUGHBOROUGH UNIVERSITY

**12. Energy Price Increases and Firm Entry**

**Soma Patra**  
SOUTHERN METHODIST UNIVERSITY

**13. Economic Analysis of Gas Subsidy Reform and FIT Mechanism in the Malaysia Electricity Sector Based on the CGE Model**

**Fatemeh Chatri**  
**Masoud Yahoo**  
NATIONAL UNIVERSITY OF MALAYSIA

**STUDENT RECEPTION**

8:00 pm - 10:00 pm

■ Olive or Twist  
140 6th Street  
Pittsburgh, PA 15222

**TUESDAY, OCTOBER 27**

**REGISTRATION**

7:00 am - 6:30 pm ■ Duquesne Room

**BERGEN CONFERENCE PLANNING MEETING**

7:30 am - 8:30 am ■ Sterlings 2 Room

**CONTINENTAL BREAKFAST**

7:45 am - 8:30 am ■ Bridges Room

**PRESIDER'S HUDDLE**

8:10am - 8:25am ■ Liberty Room

**CONCURRENT SESSIONS: 19 TO 27**

8:30 am - 10:15 am

**19. Renewable Energy**

■ Kings Garden 1,2

**Jay Apt (Presiding)**  
PROFESSOR, CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**Geographic Smoothing of Solar PV: Results from Gujarat**

**Kelly Kiima**  
**Jerome Apt**  
ENGINEERING & PUBLIC POLICY, CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**Bankability of Concentrated Solar Power in India: A Plant-Configuration Case Study in Hyderabad, Bangalore, and Mumbai**

**Zhimin Mao**  
**Oluwatobi Oluwatola**  
PARDEE RAND GRADUATE SCHOOL

**Thirumalai NC**  
CENTER FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY (CSTEP)

**Aimee Curtright**  
RAND CORPORATION

**Energy Storage for Renewable Deployment in India: Potential, Economics and Technology Options**

**Mridula D Bharadwaj**  
**Mohd. Saqib**  
**Bishal M Mazumdar**  
CENTER FOR STUDY OF SCIENCE, TECHNOLOGY & POLICY

**Aimee Curtright**  
RAND CORPORATION

**Let there be Light: Green Industrial Policy and Energy Poverty in India**

**Tobi A Oluwatola**  
PARDEE RAND GRADUATE SCHOOL

**Sharath Rao**  
CENTER FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY (CSTEP)

**Aimee Curtright**  
RAND CORPORATION

**20. Environmental Policy and the Electricity Sector**

■ Commonwealth 1

**Seth Blumsack (Presiding)**  
ASSOCIATE PROFESSOR, PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY

**Evaluation of Policy Instruments to Reduce Electricity Consumption**

**Steven L Puller**  
TEXAS A&M UNIVERSITY

**Gonzalo Sanchez**  
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE LITORAL

**Michael K Price**  
GEORGIA STATE

**Jose Pellerano**  
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

**Buy, Lease, Or PPA? Drivers of the Mode of Consumer Energy Technology Adoption**

**Varun Rai**  
**D. Cale Reeves**  
THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN

**Robert Margolis**  
NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY

**Regulatory Distortions To Capital: Coal Stockpiles at U.S Power Plants**

**Akshaya Jha**  
ASSISTANT PROFESSOR, CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**Environmental Benefit-Cost Analysis And The National Accounts**

**Nicholas Muller**  
CARNEGIE MELLON AND NBER

**21. Electric Vehicles: Studies on Pollution, Consumers, and Policies**

■ Commonwealth 2

**Ines Azevedo (Presiding)**  
ASSOCIATE PROFESSOR, CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**Spatial Heterogeneity in the Environmental Benefit from Driving Electric Vehicles**

**Andrew J Yates**  
UNC-CHAPEL HILL

**Erin T Mansur**  
DARTMOUTH COLLEGE

**Nicholas Z Muller**  
MIDDLEBURY COLLEGE

**Stephen P Holland**  
UNC-G

**The Electric Vehicle Attitude-behavior Gap: Moving Beyond the Early Adopters**

**Sanya Carley**  
**Kyle Clark-Sutton**  
**John D Graham**  
SCHOOL OF PUBLIC AND ENVIRONMENTAL AFFAIRS, INDIANA UNIVERSITY

Session Continued →

## TUESDAY, OCTOBER 27, CONTINUED

Bradley Lane  
Rachel Krause

SCHOOL OF PUBLIC AFFAIRS & ADMINISTRATION,  
UNIVERSITY OF KANSAS

Saba Siddiki  
Jerome Dumortier

SCHOOL OF PUBLIC AND ENVIRONMENTAL AFFAIRS, IUPUI

Unintended Consequences: Why U.S. Alternative  
Fuel Vehicle Adoption Increases Gasoline  
Consumption and Greenhouse Gas Emissions

Jeremy J Michalek  
Inés Azevedo

Alan Jenn  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

Life Cycle Air Emissions Externality Implications of  
Electric Vehicle Adoption in the U.S.: A Comparison  
of Empirical and Normative Approaches

Paulina Jaramillo  
Jeremy Michalek

Allison Weis  
Ines Azevedo  
Chris Hendrickson  
Mili-Ann Tamayao

CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

## 22. ABCs of Energy Policy

■ Benedum

Lori Smith Schell *Presenter*  
PRESIDENT, EMPOWERED ENERGY

Conference delegates who are relatively new to energy will benefit from this interactive tutorial providing an alphabetical introduction to many issues that impact or are impacted by energy policy. Questions will be answered as they arise to maximize delegate participation and the knowledge gained from the tutorial.

## 23. Energy Investment and Finance

■ Brigade

Anas Alhaji *(Presiding)*

CHIEF ECONOMIST, NBP ENERGY CAPITAL MANAGEMENT

What Motivates the Merger and Acquisition  
Activities in the U.S. Oil and Gas Upstream  
Sectors?

Zhen Zhu

Kuang-Chung Hsu  
UNIVERSITY OF CENTRAL OKLAHOMA

Michael A Wright  
UNIVERSITY OF NORTH TEXAS

Public-Private Partnership (PPP) Financing  
Model for Micro-Grids

Kaveh Gharieh  
Khashayar Mahani  
Mohsen A Jafari  
RUTGERS

Risk and Abnormal Returns in Markets  
for Financial Transmission Rights

Rimvydas Baltaduonis  
James Myers  
Nathan Blyler  
GETTYSBURG COLLEGE

Financial Arbitrage And Efficient Dispatch  
In Wholesale Electricity Markets

John Parsons

SLOAN SCHOOL OF MANAGEMENT, MIT

Cathleen Colbert  
Erin Mastrangelo  
Jeremy Larrieu  
Taylor Martin

FERC

Oil Market Effects of Recent, Planned and  
Potential Fossil Fuel Subsidies Reforms

Kristine M Grimsrud

Lars Lindholt  
STATISTICS NORWAY

## 24. Electricity Storage

■ Sterlings 1

Andrew Coleman *(Presiding)*

SENIOR TECHNICAL EXECUTIVE, EPRI

The Value of Electricity Storage Systems  
with Multiple Discharge Opportunities in  
Energy and Ancillary Markets

Andrew N Kleit

Joohyun Cho  
PENN STATE UNIVERSITY

Energy Storage Optimization: A Techno-economic  
Analysis of Battery Chemistries in Hybrid Microgrids

Rebecca Ciez

Jay F Whitacre  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

Optimising Energy Storage to Balance High  
Levels of Intermittent Renewable Generation

Paul E Dodds

UNIVERSITY COLLEGE LONDON

Hydrogen Energy Storage and Power-to-Gas:  
Establishing Criteria for Successful Business Cases

Joshua Eichman

Marc Melaina  
NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY

I Can't Do It On My Own: The Economics of Distributed  
PV/Battery Systems to Reduce Grid Reliance

Roger Lueken

Philip Hanser  
THE BRATTLE GROUP

## 25. Efficient Lighting and Green Building

■ Kings Plaza

Bojat Hojati *(Presiding)*

INDUSTRY ECONOMIST, ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION

What's Driving Energy Efficient LED Lighting  
Lamp Purchase Propensity?

Yan Li

Xiaoqun Jiang  
RENMIN UNIVERSITY OF CHINA

Factors Influencing Commercial Buildings  
To Obtain Green Certificates

Yueming Qiu

ARIZONA STATE UNIVERSITY

Xin Su

RENMIN UNIVERSITY OF CHINA

Energy: Intensity, Technology and Institutions

Francisco Javier Ramos-Real

Carmen Alvarez Albelo  
Gustavo Marrero Diaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Trends in Efficient Lighting Adoption  
Across the U.S.

Jihoon Min

Jeremy Michalek  
Ines Azevedo

CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

Energy Lean Urban Development

Gunnar S Eskeland

NORWEGIAN SCHOOL OF ECONOMICS

Somik Lall

WORLD BANK

## 26. Gasoline Price, Demand and Taxes

■ Sterlings 3

Robert E. Borgstrom *(Presiding)*

ADVISOR ON ENERGY REGULATION, INDEPENDENT CONSULTANT

Evidence of Asymmetric Behavioral Responses  
to Changes in Gasoline Prices and Taxes for  
Different Fuel Types

Raul Bajo-Buenestado

RICE UNIVERSITY

The Heterogeneous Effects of Gasoline Taxes:  
Why Where We Live Matters

Heather M Stephens

WEST VIRGINIA UNIVERSITY

Elisheba Spiller

ENVIRONMENTAL DEFENSE FUND

Yong Chen

OREGON STATE UNIVERSITY

Price and Carbon Tax Effects on Gasoline  
and Diesel Demand

Jean-Thomas Bernard

Maral Kichian  
UNIVERSITE D'OTTAWA

Grant Guenther

TRANSPORT CANADA

How to Estimate Gasoline Price Elasticities  
of Automobile Travel Demand

Julian Dieler

IFD INSTITUTE

Colin Vance

RWI

Frank Goetzke

UNIVERSITY OF LOUISVILLE

Heterogeneity in the Response to Gasoline  
Prices: Evidence from Pennsylvania and  
Implications for the Rebound Effect

Alan Jenn

Ines Azevedo

Alan Jenn

CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

Kenneth Gillingham

YALE UNIVERSITY

**TUESDAY, OCTOBER 27, CONTINUED**

**27. Electricity Generation**

■ Kings Terrace

**Kim F. Coffman** *(Presiding)*

ECONOMIST, U.S. BUREAU OF OCEAN ENERGY MANAGEMENT

**On The Economic Optimization of National Power Generation Mix in Iran: "A Markowitz' Portfolio-Based Approach"**

**Arash Farnoosh**

PROFESSOR, IPEN/WFP SCHOOL

**Electricity Generating Capacity Expansion and Factor Utilization in the Dynamic Energy Landscape**

**Jeffrey C Peters**

**Thomas W Hertel**

CENTER FOR GLOBAL TRADE ANALYSIS - PURDUE UNIVERSITY

**Outage Loss Differentials and Self-Generation: Evidence from African Business Enterprises**

**Musiliu O Oseni**

**Michael Pollitt**

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, UK

**Understanding the 2001-2003 Boom in Natural Gas Capacity in the U.S. Electricity Sector**

**Kelly A Stevens**

MAXWELL SCHOOL, SYRACUSE UNIVERSITY

**COFFEE BREAK**

10:15 am - 10:45 am ■ Bridges Room

DUAL PLENARY SESSION:

**INDUSTRIAL RESURGENCE**

10:45 am - 12:15 pm ■ Kings Garden 1 & 2

U.S. Industrial Renaissance Panel — Energy abundance is expected to revive production of key products and innovative activity in the U.S. Three panelists are planned: one who will address the potential manufacturing sectors that will thrive in this new environment and one who will focus exclusively on the petrochemical space. The third and final speaker will focus on technology's contribution to encouraging either a return of key economic sectors or the birth of new ones.

**Mine K Yucel** *(Presiding)*

SENIOR VICE PRESIDENT AND RESEARCH DIRECTOR, FEDERAL RESERVE BANK OF DALLAS

**Peter C Balash**

SENIOR ECONOMIST, U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

**Martha Gilchrist Moore**

SENIOR DIRECTOR - POLICY ANALYSIS AND ECONOMICS, AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL

**Tom Duesterberg**

PROGRAM DIRECTOR, RETIRED EXECUTIVE DIRECTOR, MANUFACTURING AND SOCIETY IN THE 21ST CENTURY, ASPEN INSTITUTE

DUAL PLENARY SESSION:

**FUTURE OF COAL**

10:45 am - 12:15 pm ■ Commonwealth 2

The combined uncertainty in energy and environmental policy and the increasing competition from natural gas bring increasing pressure on the coal and power sectors. What is the future of coal in this environment? Can research in coal utilization and carbon management affect the demand for coal both in the US and abroad? A panel of experts will consider technical and policy issues important in understanding the dynamics and future of coal in the current environment.

**Jerald J Fletcher** *(Presiding)*

PROFESSOR AND DIRECTOR NATURAL RESOURCE ANALYSIS CENTER, WEST VIRGINIA UNIVERSITY

**James F Wood**

DIRECTOR OF THE ADVANCED COAL TECHNOLOGY, US-CHINA CLEAN ENERGY RESEARCH CENTER, WEST VIRGINIA UNIVERSITY

**Steve Winberg**

PROGRAM MANAGER, GLOBAL LABORATORY OPERATIONS, BATTELLE GLOBAL LABORATORY OPERATIONS

**Christopher Nichols**

SENIOR ANALYST, DOE-NETL OFFICE OF STRATEGIC ENERGY ANALYSIS AND PLANNING (SEAP), U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

**Awards Luncheon**

12:15 pm - 2:00 pm ■ Kings Garden 4 & 5

*IAEE Journalism Award to:*

**John Kingston**

*Student & Other Awards/Recognitions*

**CONCURRENT SESSIONS: 28 TO 36**

2:00 pm - 3:45 pm

**28. Hydraulic Fracturing and Shale Gas**

■ Kings Garden 1,2

**Shree Vikas** *(Presiding)*

DIRECTOR, TECH & PROJECTS, CONOCOPHILLIPS

**A Structural Overview of the U.S. Hydraulic Fracturing Industry**

**Troy N Thompson**

**Vignesh Natrajan**

**Amy Brock**

CHEVRON

**Richard Spears**

SPEARS AND ASSOCIATES

**Competition for Water: Farming vs. Fracking**

**Claudia M Hitaj**

ECONOMIC RESEARCH SERVICE, USDA

**Jeremy G Weber**

UNIVERSITY OF PITTSBURGH

**Andrew Boslett**

UNIVERSITY OF RHODE ISLAND

**Shale Gas Development and Mineral Rights: A Hedonic Valuation of Environmental Costs of Drilling in Western Colorado**

**Andrew J Boslett**

**Todd Guilfoos**

UNIVERSITY OF RHODE ISLAND

**Shale Gas Production in the U.S.: Projecting Investment, Technology and Cost Impacts on Reserves**

**Peter H Kobos**

**La Tonya N Walker**

**Leonard A Malczynski**

SANDIA NATIONAL LABORATORIES

**Labor Market Dynamics and The Unconventional Natural Gas Boom: Evidence from the Marcellus Region**

**Timothy M Komarek**

OLD DOMINION UNIVERSITY

**29. Electricity Market Modeling**

■ Commonwealth 1

**Sanya Carley** *(Presiding)*

ASSOC PROFESSOR, INDIANA UNIVERSITY

**A Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) Analysis of Privatization Impact on Bangladesh Electricity Sector**

**Sakib Amin**

**Laura Marsiliani**

**Thomas I Renstrom**

DURHAM UNIVERSITY BUSINESS SCHOOL

**Optimal Retail Choice in Modern Power Sectors**

**Felipe I Castro**

**Duncan S Callaway**

UC BERKELEY

**Modeling Grid Operations in China's Partially-Restructured Electricity Market**

**Michael R Davidson**

**Valerie J Karplus**

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

**Ignacio Perez-Arriaga**

COMILLAS PONTIFICIAL UNIVERSITY, SPAIN

**Assessing Environmental and Reliability Impacts of Flexible Ramp Products in Midcontinent ISO**

**Adam Cornelius**

**Dalia Patino-Echeverri**

**Rubenka Bandyopadhyay**

DUKE UNIVERSITY

**Optimal Portfolios for Risk-averse Generators**

**Vitali Avagyan**

**Richard Green**

IMPERIAL COLLEGE BUSINESS SCHOOL

## TUESDAY, OCTOBER 27, CONTINUED

**30. Informal Exchange with Industry & Government**

## ■ Commonwealth 2

**Alberto Lamadrid** (*Co-President*)  
ASSISTANT PROFESSOR, LEHIGH UNIVERSITY

**Paulina Jaramillo** (*Co-President*)  
ASSISTANT PROFESSOR, CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**Industry, Government, and Academia: A Speed Networking Session**

The U.S. energy system has undergone significant transformations during the last decades. In the midst of these changes, advances in electrified transportation, a greater awareness of the environmental effects of the energy supply chain amongst other factors has prompted a movement to re-invent our energy system. The new objectives include a better understanding and accounting of planning and operational uncertainty, improved environmental sustainability by reducing emissions of greenhouse gases and other air and water pollutants and increasing resource efficiency, and economic and reliable operation of existing assets.

This session seeks to engage Industry participants, Government, and Academia in a dialogue about the challenges and opportunities of this new energy revolution. Through a "speed networking" format, academic participants will rotate through a sequence of tables; each table will have a pre-selected representative from industry or government. In this format, participants will participate in brief exchanges during a set period of time (15 minutes per table) with the aim of creating opportunities for interactions and sharing of ideas that could later lead to collaborations.

**31. Vulnerability of the Fleet of Coal-fired Power Plants to Renewables and Natural Gas**

## ■ Benedum

**Kelly Klima** (*Presiding*)  
ASSISTANT PROFESSOR, LEHIGH UNIVERSITY

**Estimating the Need for New Electricity Capacity Due to Operational Shortfalls in the Existing Fleet**

**Chris Nichols**  
**Gavin Pickenpaugh**  
US DOE NETL

**Electricity Generation Missing Markets with CO<sub>2</sub> Emission Constraints**

**David K Schmalzer**  
**Donald A Hanson**  
ARGONNE NATIONAL LABORATORY

**Peter C Balash**  
**Christopher Nichols**  
NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY

**Construction and Simulation of Robust Electric Power Futures**

**Donald A Hanson**  
**David K Schmalzer**  
ARGONNE NATIONAL LABORATORY

**Peter C Balash**  
**Christopher Nichols**  
NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY

**Cost Impacts of Cycling Coal-Fired Power Plants to Meet Future CO<sub>2</sub> Regulations**

**Eric Grol**  
U.S. DEPARTMENT OF ENERGY,  
NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY

**32. Climate Policies**

## ■ Brigade

**Haibo Zhai** (*Presiding*)  
ASSISTANT RESEARCH PROFESSOR,  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**The Relationship between Shale Gas Production and Carbon Capture and Storage under CO<sub>2</sub> Taxes: MARKAL Modeling**

**Nadejda Victor**  
BOOZ ALLEN HAMILTON

**Chris Nichols**  
NETL DOE

**Is Natural Gas Still a Bridge to the Future?**

**Jean-Pierre M Favennec**  
PRESIDENT, WDCOPERATION

**Public Acceptance of the German Energy Transition - An Experimental Study on Distributional Preferences**

**Ole Kutzschbauch**  
**Stefan Traub**  
HELMUT SCHMIDT UNIVERSITY HAMBURG

**U.S. Emissions and Technology Pathways in Meeting 2050 Goals: The Roles of Temporal Flexibility and Technological Uncertainty**

**John E Bistline**  
ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

**Large Dams in the Amazon vs. Other Energy Alternatives: A Comparison of Costs, GHG Emissions and Land Use**

**Felipe Faria**  
**Paulina Jaramillo**  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**33. Renewable Energy-Intermittency Issues**

## ■ Sterlings 1

**Eric Hittinger** (*Presiding*)  
ASSISTANT PROFESSOR, ROCHESTER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

**Has Wind Energy Forecasting Solved the Challenge Posed by Intermittency? Evidence from the United Kingdom**

**Kevin F Forbes**  
**Ernest M Zampelli**  
CATHOLIC UNIVERSITY OF AMERICA

**The Impact of Intermittent Renewable Energy Sources on Wholesale Electricity Prices**

**Felix Muesgens**  
TECHNICAL UNIVERSITY OF BRANDENBURG

**Thomas Moebius**  
TECHNICAL UNIVERSITY OF COTTBUS

**Does Wind Volatility Matter? Findings from the Northwest: A Region with Utility-Scale Storage**

**Derek Nixon**  
PHD CANDIDATE, RESOURCE ECONOMICS DEPARTMENT,  
UC DAVIS

**Ultra Low Carbon Electricity Systems: Intermittent (Renewables) or Baseload (Nuclear and CCS)?**

**Jared Moore**  
INDEPENDENT RESEARCHER, MERIDIAN ENERGY POLICY

**34. Oil and Gas Market**

## ■ Kings Plaza

**James L. Smith** (*Presiding*)  
PROFESSOR OF FINANCE, SOUTHERN METHODIST UNIVERSITY

**Security of Gas Supply and Energy Market Regulation: Outlook and Implications in the EU**

**Tade Oyewunmi**  
CENTER FOR CLIMATE CHANGE, ENERGY AND ENVIRONMENTAL LAW, UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

**Evaluating the Stability of China's Natural Gas Supply: Ecological Network Analysis**

**Faheemullah Shaikh**  
FAHEEM SHAIKH, CENTRE FOR ENERGY & ENVIRONMENT POLICY RESEARCH, INSTITUTE OF POLICY & MANAGEMENT, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

**Aggregate Demand Change and Oil Production: Reconsideration**

**Narjes Zamani**  
**Masao Ogaki**  
KEIO UNIVERSITY

**On the Limits of Cooperation in the Arctic to Stabilize Energy Supply**

**Lisa Schulten**  
**Alberto Vesperoni**  
UNIVERSITY OF SIEGEN

**35. Energy Modeling**

## ■ Sterlings 3

**Anastasia Shcherbakova** (*Presiding*)  
CLINICAL ASST PROFESSOR, UNIVERSITY OF TEXAS AT DALLAS

**Growth and Competition in Renewable Energy Industries: Insights from an Integrated Assessment Model with Strategic Firms**

**Benjamin D Leibowicz**  
STANFORD UNIVERSITY

**The Energy Market Shocks and the Inter-market Linkages**

**Ahmed AA Khalifa**  
QATAR UNIVERSITY

**AbduWahab AlSarhan**  
THE PUBLIC AUTHORITY FOR APPLIED EDUCATION AND TRAINING

**Pietro Bertuccelli**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MESSINA

Sessions Continued 1

**TUESDAY, OCTOBER 27, CONTINUED**

**Modelling Bioenergy Technologies in Malaysia's Power Sector - Long Term Planning Strategies**

**Dayang Ratnasari Abu Bakar  
Gabrial Anandarajah**  
UNIVERSITY COLLEGE LONDON

**The Effect of Clean Electricity on CO<sub>2</sub> Emissions from Plug-in Electric Vehicles**

**Joseph F DeCarolis  
Samaneh Babae**  
NC STATE UNIVERSITY

**A Patent Citation Growth Model for Assessing Quality of Energy Innovation**

**Zhongyang He  
Dashun Wang  
Zhen Lei**  
PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY

**36. Energy and the Environment**

■ Kings Terrace

**Mike Troilo (Presiding)**  
UNIVERSITY OF TULSA

**The Impact of Economic Growth and Trade on the Environment: The Canadian Case**

**Kayode E Olaide**  
STUDENT, MEMORIAL UNIVERSITY OF NEWFOUNDLAND

**Multicriteria Analysis of Innovation Policies in Favor of Solar Mobility in France by 2030**

**Nathalie Popiolek**  
SENIOR EXPERT, CEA, PARIS-SACLAY UNIVERSITY

**Rare Earth Substitutability in Clean Energy Technology: Using Expert Elicitation to Estimate Elasticities**

**Braeton J Smith  
Roderick G Eggert**  
DIVISION OF ECONOMICS AND BUSINESS,  
COLORADO SCHOOL OF MINES

**Reforming Energy Consumption Subsidies Supported by Direct Deposit to Consumers**

**Hossein Mirzapour  
Michèle Breton**  
HEC MONTREAL

**COFFEE BREAK**

3:45 pm - 4:15 pm ■ Bridges Room

**DUAL PLENARY SESSION:  
CLIMATE**

4:15 pm - 5:45 pm ■ Kings Garden 1 & 2

This is an important year for international climate negotiations, as diplomats gear up for the twenty-first session of the

*Session Continued* J

Conference of Parties to the UN Framework Convention on Climate Change set to take place in Paris this December. The goal of COP 21 is to forge a binding international agreement to address climate change by reducing greenhouse gas emissions at the national level. An expert panel will convene to discuss the importance of reaching an agreement, the challenges that must be overcome in order to negotiate an effective deal and the panelists will offer their views regarding potential Paris outcomes.

**Jared Anderson (Presiding)**  
EDITOR, BREAKING ENERGY

**Eliza Northrop**  
RESEARCH ANALYST II FOR THE INTERNATIONAL CLIMATE ACTION INITIATIVE, WORLD RESOURCES INSTITUTE

**M Granger Morgan**  
HAMERSCHLAG UNIVERSITY PROFESSOR OF ENGINEERING,  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**Kevin Massy**  
DIRECTOR INTERNATIONAL AFFAIRS, STATOIL

**DUAL PLENARY SESSION:**

**ELECTRICITY MARKETS**

4:15 pm - 5:45 pm ■ Commonwealth 2

Wholesale electricity markets and electricity deregulation have been in place almost 20 years, and yet markets are still constantly evolving. Changes to ISO/RTO area footprints, the energy and capacity market structures, along with various layers of regulatory uncertainty and the unique perspective of the players create a dynamic environment. This session will profile some of the market opportunities and challenges facing the electricity industry today.

**Steve Bossart (Presiding)**  
SENIOR ENERGY ANALYST, NETL

**Mario S DePillis**  
PRINCIPAL, ECONOMIC AND ENERGY ANALYSIS

**Ingmar Sterzing**  
VP, POWER SUPPLY AND ENERGY SERVICE,  
FEDERNALES ELECTRIC COOPERATIVE

**Howard Haas**  
CHIEF ECONOMIST, MONITORING ANALYTICS

**USAEE GENERAL MEMBERSHIP MEETING**

5:45 pm - 6:15 pm ■ Sterlings 2

**RECEPTION: ANDY WARHOL MUSEUM**

6:30pm - 8:30pm

■ The Andy Warhol Museum  
117 Sandusky Street, Pittsburgh, PA 15212

Light hors d'oeuvres and drinks served. Buses will begin loading at 6:00pm at the hotel front entrance. Transportation will be provided to and from the Reception. **Weather abiding, we encourage those able to take the short 15 minute walk to the museum** - see walking directions toward the back of the program. There is parking in the surrounding areas of the Warhol, should you wish to drive yourself. Please note, you must bring both your name badge as well as drink tickets with you to attend this event.

**WEDNESDAY, OCTOBER 28**

**REGISTRATION**

7:00 am - 6:00 pm ■ Duquesne Room

**TULSA CONFERENCE PLANNING MEETING**

7:30 am - 8:30 am ■ Sterlings 2 Room

**CONTINENTAL BREAKFAST**

7:45 am - 8:30 am ■ Bridges Room

**PRESIDERS' HUDDLE**

8:10 am - 8:25 am ■ Liberty Room

**DUAL PLENARY SESSION:**

**GEOPOLITICS**

8:30 am - 10:00 am ■ Kings Garden 1 & 2

Oil and to a lesser extent natural gas markets have gone through a period of reduced impact from geopolitical events in 2014 and 2015. But the events and their future importance in particular to oil supplies and oil prices should certainly be remembered. The evolution of market geography with demand for energy in general shifting eastward creates a new potentially more difficult set of geopolitical uncertainties.

**David H Knapp (Presiding)**  
MANAGING DIRECTOR - ENERGY INTELLIGENCE RESEARCH DIVISION, ENERGY INTELLIGENCE GROUP

**Guy Caruso**  
SENIOR ADVISOR, ENERGY AND NATIONAL SECURITY PROGRAM, CSIS

**Edward Morse**  
MANAGING DIRECTOR, CITIGROUP

**Frank Linden**  
SENIOR RISK MANAGEMENT OFFICER,  
MULTILATERAL INVESTMENT GUARANTEE AGENCY

**DUAL PLENARY SESSION:**

**ENERGY INFRASTRUCTURE**

8:30 am - 10:00 am ■ Commonwealth 2

America's energy infrastructure - consisting of millions of miles of pipelines, railways and electricity lines - serves a vital role in the transmission, storage and delivery of the nation's energy. This panel will present different perspectives from across a variety of energy delivery modes.

**Christopher Nichols (Presiding)**  
SENIOR ANALYST, DOE-NETL OFFICE OF STRATEGIC ENERGY ANALYSIS AND PLANNING (SEAP), U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

**John Schmitter**  
PRESIDENT, KEP, LLC

**Donald F Santa**  
PRESIDENT AND CEO,  
INTERSTATE NATURAL GAS ASSOCIATION OF AMERICA

**William F Hederman**  
DEPUTY DIRECTOR FOR SYSTEMS INTEGRATION AND SR ADVISOR TO THE SECRETARY, U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

## WEDNESDAY, OCTOBER 28, CONTINUED

## COFFEE BREAK

10:00 am - 10:30 am ■ Bridges Room

## CONCURRENT SESSIONS: 37 TO 45

10:30 am - 12:15 noon

## 37. Oil Price Uncertainty

■ Kings Garden 1,2

**Troy N. Thompson** (*Presiding*)  
BUSINESS PLANNING & ANALYTICS MGR, CHEVRON

**OPEC in the News:  
The Effect of OPEC on Oil Price Uncertainty**

**Michael Plante**  
SENIOR RESEARCH ECONOMIST,  
FEDERAL RESERVE BANK OF DALLAS

**Implications of US Oil Production on Oil Prices**

**Nourah A AlYousef**  
KING SAUD UNIVERSITY

**Causes and Consequences of Oil Price Shocks:  
A VECM-based Decomposition Analysis**

**Gbadebo Oladosu**  
OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY

**Volatility Spillovers in North American  
Energy Markets**

**Neil A Wilmot**  
UNIVERSITY OF MINNESOTA DULUTH

**A Small Open Economy DSGE Model For Oil  
Exporting Emerging Economy**

**Fred Ogli Iklaga**  
UNIVERSITY OF SURREY

## 38. Energy and the Economy

■ Commonwealth 1

**Karl J Nalepa** (*Presiding*)  
PRESIDENT, RESOLVED ENERGY CONSULTING

**Wage Inflation in Alberta's Oil and Gas Sector**

**Noha A Razek**  
CHINA INSTITUTE, UNIVERSITY OF ALBERTA

**Emilson Silva**  
SCHOOL OF BUSINESS, UNIVERSITY OF ALBERTA

**Natural Resources, Energy Supply and Economic  
Growth: What Does Diversification Achieve?**

**Fred B Olayele**  
DIRECTOR, CANADA AFRICA PARTNERSHIP FOR  
ENERGY AND INFRASTRUCTURE

**Capturing Rents from Natural Resource  
Abundance: Private Royalties from U.S. Onshore  
Oil and Gas Production**

**Jason P Brown**  
**Timothy Fitzgerald**  
FEDERAL RESERVE BANK OF KANSAS CITY

**Jeremy G Weber**  
UNIVERSITY OF PITTSBURGH

**Employment Impacts of Oil and Gas Drilling:  
What's Next?**

**Mark J Agerton**  
RICE UNIVERSITY

**Technological Change in Resource Extraction  
and Endogenous Growth**

**Martin Stuermer**  
FEDERAL RESERVE BANK OF DALLAS, RESEARCH DEPARTMENT

**Gregor Schwerhoff**  
POTSDAM INSTITUTE FOR CLIMATE IMPACT RESEARCH

## 39. Natural Gas Market and Pipelines

■ Commonwealth 2

**Robert Kleinberg** (*Presiding*)  
UNCONVENTIONAL RESOURCES, SCHLUMBERGER RESEARCH

**Estimating the Market Impact of Natural Gas  
Pipeline Expansion**

**Andrew N Kleit**  
**Seth N Blumsack**  
**Chiara N Lo Prete**  
**Nongchao N Guo**  
PENN STATE UNIVERSITY

**Regulatory Reform and Network Expansion:  
The Case of the Japanese Natural Gas Industry**

**Masahiro Ishii**  
SOPHIA UNIVERSITY

**Koichiro Tezuka**  
NIHON UNIVERSITY

**Satoru Hashimoto**  
TEIKYO UNIVERSITY

**Analysis of Declining Henry Hub Liquidity  
in North American Gas Market**

**Bradford Leach**  
ENERGY ADVISORY SERVICES LLC  
**Benjamin Schlesinger**  
BENJAMIN SCHLESINGER AND ASSOCIATES

**Flaring of Associated Natural Gas in the  
Bakken Shale**

**Timothy Fitzgerald**  
**Case Stiglbauer**  
MONTANA STATE UNIVERSITY

## 40. Transportation Fuels

■ Benedum

**Ahmed Khalifa** (*Presiding*)  
DEPT OF FINANCE & ECONOMICS, QATAR UNIVERSITY

**Spatial Analysis of Air Quality Impacts from using  
Natural Gas for Road Transportation**

**Fan Tong**  
**Ines Azevedo**  
**Paulina Jaramillo**  
CARNegie MELLON UNIVERSITY

**Historical and Contemporary Consumer  
Valuations of Fuel Economy and Other Measures  
of Vehicle Utility**

**Richard A Simmons**  
**Wallace E Tyner**  
PURDUE UNIVERSITY

**Assesment of Engine Technologies and Fuels  
for Environmentally Friendly Sea Transport with  
Focus on Cost, Emissions and Environmental Impact**

**Haakon-Elizabeth Lindstad**  
MARINTEK  
**Gunnar S Eskeland**  
NORWEGIAN SCHOOL OF FINANCE

**Estimating the Fuel Economy of  
Autonomous Vehicles**

**Avi C Mersky**  
**Constantine Samaras**  
CARNegie MELLON UNIVERSITY

**Alternative Transportation Fuel Investment  
Risks Due to Technological and Petroleum  
Price Uncertainty**

**Marc W Melaina**  
**Yongling Sun**  
**Brian Bush**  
NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY

## 41. Nuclear Energy

■ Brigade

**Hisanori Nei** (*Presiding*)  
PROFESSOR, NATIONAL GRADUATE INSTITUTE FOR POLICY STUDIES

**Phasing out Nuclear Power in Europe**

**Rolf Golombek**  
**Hilde Hallre Le Tissier**  
FRISCH CENTRE

**Finn R Aune**  
STATISTICS NORWAY

**Quantifying the Social Costs of Nuclear Energy:  
Perceived Risk of Accident at Nuclear Power Plant**

**Anni Huhtala**  
**Piia Remes**  
VATT INSTITUTE FOR ECONOMIC RESEARCH

**Historical Construction Costs of Global  
Nuclear Power**

**Arthur Yip**  
**Jessica Lovering**  
**Ted Nordhaus**  
BREAKTHROUGH INSTITUTE

**Estimating the Costs of Uranium Recovery  
from Phosphoric Acid in the United States**

**Haeyeon Kim**  
**Roderick Eggert**  
COLORADO SCHOOL OF MINES

## 42. Petroleum and the Economy

■ Sterlings 1

**Latika Lagalo** (*Presiding*)  
ASSISTANT PROFESSOR OF ECONOMICS,  
MICHIGAN TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

**Dilemmas in Energy Consumption, International  
Trade and Employment: Analyzing the Impact  
of Embodied Energy in Traded Goods on  
Employment in China**

**Xu Tang**  
**Zhu Sun**  
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM

Sessions Continued 7



WEDNESDAY, OCTOBER 28, CONTINUED

**Oil Price Fluctuations and Unemployment in Kern County: An ARDL Bounds Testing Approach**

**Nyakundi M Michieka**  
**Richard S Gearhart**  
CALIFORNIA STATE UNIVERSITY, BAKERSFIELD

**The Impact of Oil Prices on Heart Attacks and Diabetes in Central-Southern California**

**Richard S Gearhart**  
**Nyakundi M Michieka**  
CALIFORNIA STATE UNIVERSITY, BAKERSFIELD

**The Impact of Oil Expenses and Credit on the U.S. GDP**

**Florent John Mc Isaac**  
UNIVERSITY OF PARIS 1 - PANTHÉON-SORBONNE

**Demand and Supply Shocks in the Oil Market: Evidence from Developed Countries**

**Latika Lagalo**  
**Yeonwoo Rho**  
MICHIGAN TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

**43. Electricity Transmission and Distribution**

■ Kings Plaza

**Thomas E Drennen** (*Presiding*)  
PROFESSOR OF ECONOMICS,  
HOBART AND WILLIAM SMITH COLLEGES

**Quality of Service Regulation, Firm Size, Technical Efficiency and Productivity in Electricity Distribution**

**Livingstone Senyonga**  
**Olvar Bergland**  
NMBU-SCHOOL OF ECONOMICS AND BUSINESS

**Short-term Energy Storage for Stabilizing the High Voltage Transmission Grid: A Real Options Analysis**

**Reinhard Madlener**  
**Katrin Ilian**  
RWTH AACHEN UNIVERSITY

**Making the Case for Interregional Transmission Projects: Evaluation of Benefits and Allocation of Costs**

**Jose F Prada**  
**Marija D Ilic**  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**Potential Benefits of Long-distance Electricity Transmission in China for Air Quality and Climate**

**Wei Peng**  
**Denise L Mauzerall**  
PRINCETON UNIVERSITY

**Yu Zhao**  
NANJING UNIVERSITY

**Mehyun Lin**  
NOAA GEOPHYSICAL FLUID DYNAMICS LABORATORY

**Jiahai Yuan**  
NORTH CHINA ELECTRIC POWER UNIVERSITY

**Qiang Zhang**  
TSINGHUA UNIVERSITY

**44. Climate Change Issues**

■ Sterlings 3

**Scott Nystrom** (*Presiding*)  
SENIOR ECONOMIC ASSOCIATE, REGIONAL ECONOMIC MODELS INC

**Asymmetric Effects of the Business Cycle on Carbon Dioxide Emissions: A New Layer of Climate Change Uncertainty**

**Tamara L Sheldon**  
UNIVERSITY OF SOUTH CAROLINA

**Water Use of Thermoelectric Power Plants under Low-Carbon Futures: A Case Study in New Mexico**

**Jeffrey J Anderson**  
**Haibo Zhai**  
**Edward S Rubin**  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**Peter H Kobos**  
**Vincent C Tidwell**  
SANDIA NATIONAL LABORATORIES

**Dynamic Macroeconomics Under Ecological and Financial Constraints**

**Ekaterina Zatsepina**  
UNIVERSITY PARIS 1 PANTHEON SORBONNE

**Gaël Giraud**  
AFD

**Uncertainty in Climate Effects of Power from Coal and Natural Gas with CCS**

**Greg Schivley**  
**Paulina Jaramillo**  
**Constantine Samaras**  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

**45. Energy and Fuel Efficiency**

■ Kings Terrace

**Robert J. Brecha** (*Presiding*)  
PROFESSOR, UNIVERSITY OF DAYTON

**The Impact of Coal-electricity Linkage Policy on the Cost Efficiency of China's Thermal Power Plants**

**Bai-Chen Xie**  
**Na Duan**  
TIANJIN UNIVERSITY

**Stochastic Techno-Economic Analysis of Alcohol-to-Jet Fuel Pathway from Three Different Feedstocks**

**Guolin Yao**  
**Wallace E Tyner**  
PURDUE UNIVERSITY

**Robert Malina**  
**Mark D Staples**  
MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

**Maximizing Vehicle Fuel Economy Improvement in APEC Region**

**Atit Tippichai**  
ASIA PACIFIC ENERGY RESEARCH CENTRE

**Does Diesel Price Matter? Estimate the Elasticities of Trucking Behaviors with Respect to Fuel Prices**

**Jen Z He**  
PH.D. STUDENT, UNIVERSITY OF MARYLAND

**CLOSING PLENARY SESSION:**

**ENERGY FINANCE & RISK MANAGEMENT**

12:15 pm - 1:45 pm ■ Kings Garden 1 & 2

The collapse in global oil prices caught market participants by surprise and is redefining the energy landscape – particularly for U.S. onshore shale oil & gas producers. A panel of leading energy economists, financial and risk managers will discuss events which led up the fall in global oil price, implications for the energy market and what may lie ahead.

**Tina Vital** (*Presiding*)  
ENERGY INVESTMENT ANALYST

**Michael Sell**  
SENIOR VICE PRESIDENT, ERP PROGRAM MANAGER,  
GLOBAL ASSOCIATION OF RISK PROFESSIONALS (GARF)

**Glen Swindle**  
MANAGING PARTNER, SCOVILLE RISK PARTNERS

**Amy M Jaffe**  
EXECUTIVE DIRECTOR OF ENERGY AND SUSTAINABILITY,  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA, DAVIS

**WORKSHOP:**

**CARBON CAPTURE, UTILIZATION AND STORAGE**

2:00 pm - 5:00 pm ■ Commonwealth 1, 2

*Sponsored By: Rice University's Baker Institute Center for Energy Studies*

**Kenneth Medlock** (*Presiding*)  
RICE UNIVERSITY'S BAKER INSTITUTE FOR PUBLIC POLICY

**Traci Rodosta**  
NETL

**Chuck Zelek**  
NETL

**Peter Kobos**  
SANDIA NATIONAL LABORATORIES

**Haibo Zhai**  
CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

Carbon capture, utilization and storage (CCUS) is gaining attention in energy policy discussions, particularly as policies aimed at reducing carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions gain traction. Reconciling climate change policy with the existing deep and well-established fossil fuel supply chains presents a challenge that technology has the potential to address through carbon capture and storage. However, any new technology must be commercially viable in its own right to have an economically sustainable footprint. Thus, the potential value proposition in utilizing CO<sub>2</sub> to enhance profitability in the extractive industries has grabbed significant attention. This workshop will address the technical challenges of CCUS and demonstrate multiple efforts aimed at modeling the implications of expanded CCUS on energy markets.

*Separate registration required. Please visit registration office.*

## ELECTRONIC COMMUNICATIONS

Since many delegates find it more convenient to access and search documents online rather than carry around a lot of paper, the Extended Abstracts have not been printed. These documents are available for complimentary download from our website located at [www.usaee.org/usaee2015/program.aspx](http://www.usaee.org/usaee2015/program.aspx). You may download these materials on your own computer or handheld device as well. Further, the conference registration list and speaker biographies have not been printed. These materials are also available on the conferences' mobile site. Visit [www.usaee.org/usaee2015/mobile/](http://www.usaee.org/usaee2015/mobile/) to gain access to the mobile site.

## USAEE CASE COMPETITION

The United States Association for Energy Economics (USAEE) Case Competition is a team-based competition focused on energy economics, open to teams of students across the globe. This year, the topic for the competition involves oil company decision-making in the context of shifting production and consumption patterns. Participating teams worked on the designated case problem over a period of three weeks and submitted a written report detailing their methods and solution to USAEE. The three teams with the best solutions will be presenting their results in a special session following the Sunday night Opening Reception from 7:30 – 9:30pm in the Benedum Room. These three teams will be competing for first, second and third place with cash prizes to be awarded.

*This program would not be possible without the financial support of the following organization:*



Besides a special thanks to our sponsor, we are also grateful to the USAEE Case Competition committee that has worked quite hard over the past year to ensure the success of this event!

## PLACEMENT ASSISTANCE

Students who register for the 2015 USAEE/IAEE North American Conference in Pittsburgh and who are seeking employment or are interested in arranging internships, should submit their resume to the IAEE resume bank (you need to log into the IAEE website and visit [www.iaee.org/en/Resources/careers/addcandidate.aspx](http://www.iaee.org/en/Resources/careers/addcandidate.aspx) to upload your resume). Be sure to indicate you are attending the USAEE/IAEE Pittsburgh conference.

Derek Nixon, USAEE's student representative, will work to facilitate introductions to suitable companies in an effort to generate face-to-face interviews at the Pittsburgh conference. Potential matching will be based on the experiences and interests listed in your resume. You can also email Derek ([rdnixon@ucdavis.edu](mailto:rdnixon@ucdavis.edu)) with the subject Pittsburgh Conference Job Search if you would like to discuss in depth what you are looking for. Resumes should be confined to one page if at all possible, and **not more than two pages**. They should indicate your time available for work or internship, particular interests, and contact information.

## ANDY WARHOL MUSEUM RECEPTION

Tuesday, October 27, 2015 • 6:30pm-8:30pm

The Andy Warhol Museum, 117 Sandusky Street, Pittsburgh, PA 15212



Walking directions from the Wyndham (600 Commonwealth Place Pittsburgh, PA 15222). Roughly a 15 minute walk.

- Head south on Commonwealth Place toward Liberty Avenue
- Turn left onto Liberty Avenue
- Continue onto Penn Avenue
- Turn left onto 6th Street
- Turn right onto Fort Duquesne Boulevard
- Turn left onto 7th St/Andy Warhol Bridge
- Continue onto Sandusky St, and the Museum will be on your left.

## PROGRAM COMMITTEE

GENERAL CONFERENCE CHAIR

**Troy Thompson**, *Chevron*

PLENARY SESSION COORDINATOR

**Tina Vital**, *APG Asset Management*

CONCURRENT SESSION CHAIR

**Mina Dioun**, *Dioun Energy Consulting*

POSTER SESSION CHAIR

**John Holding**, *Independent Practitioner*

CASE COMPETITION CHAIR

**Eric Hittinger**, *Rochester Institute of Technology*

TECHNICAL TOUR COORDINATORS

**Julian Lamy**, *Carnegie Mellon University*

**R. Omar O. Cabrales**, *Federal Energy Regulatory Commission*

SPONSORSHIP COMMITTEE CHAIR

**Karl J. Nalepa**, *Resolved Energy Consulting*

PROGRAM COMMITTEE

**Peter Balash**, *National Energy Technology Laboratory*

**Jerry Fletcher**, *West Virginia University*

**Peter Hartley**, *Rice University*

**Paulina Jaramillo**, *Carnegie Mellon University*

**Fred Joutz**, *KAPSARC*

**Julian Lamy**, *Carnegie Mellon University*

**Ken Medlock**, *Rice University*

**Peter H. Kobos**, *Sandia National Laboratories*

**Benjamin Schlesinger**,

*Benjamin Schlesinger and Associates, LLC*

**Deborah Sterzing**, *Carnegie Mellon University*

**Ingmar Sterzing**, *Pedernales Electric Cooperative*

**Mine Yuca**, *Federal Reserve Bank of Dallas*

**David Knapp**, *Energy Intelligence Group*

**Christopher Nichols**, *U.S. Department of Energy*

**Lori Smith Schell**, *Empowered Energy*

**Arnold B. Baker**, *ABB Consulting*

**Seth Blumsack**, *Penn State University*

**Sanya Carley**, *Indiana University*

**Matt King**, *ConocoPhillips*

**Shree Vikas**, *ConocoPhillips*

**Tom Drennen**, *Hobart and Williams Smith College*

**Jared Anderson**, *Breaking Media*

STUDENT PROGRAM COORDINATOR

**Derek Nixon**, *University of California Davis*

ARRANGEMENTS CHAIR

**David Williams**, *USAEE Executive Director*

CONFERENCE MANAGEMENT COMPANY

**Administrative Management Services, Inc.**

*Meal tickets are only valid for conference provided meal functions. Meal tickets are not transferrable to general hotel restaurants or bars.*

## FUTURE IAAE EVENTS

**FEBRUARY 14-17, 2016**

Perth, Australia

**5th IAAE Asian Conference**

*Meeting Asia's Energy Challenges*

**APRIL 24-26, 2016**

Abuja, Nigeria

**9th NAAE/IAEE International Conference**

*Energising Emerging Economies: Role of Natural Gas & Renewables for a Sustainable Energy Market and Economic Development*

**JUNE 19-22, 2016**

Bergen, Norway

**39th IAAE International Conference**

*Energy: Expectations and Uncertainty*

**OCTOBER 23-26, 2016**

Tulsa, OK, USA

**34th USAEE/IAEE North American Conference**

*Implications of North American Energy Self-Sufficiency*

**JUNE 18-21, 2017**

Singapore

**40th IAAE International Conference**

*Meeting the Energy Demands of Emerging Economic Powers: Implications for Energy And Environmental Markets*

**SEPTEMBER 3-6, 2017**

Vienna, Austria

**15th IAAE European Conference**

*Heading Towards Sustainability Energy Systems: by Evolution or Revolution?*

**JUNE 10-13, 2018**

Groningen, The Netherlands

**41st IAAE International Conference**

*Security of Supply, Sustainability and Affordability: Assessing the Trade-offs Of Energy Policy*



## USAEE SUSTAINING MEMBERS

Advanced Resources International

American Petroleum Institute

Aramco Services Co.

Center for Energy Studies,  
Louisiana State University

Chevron Corporation

ConocoPhillips, Inc.

ExxonMobil Corporation

IHS Energy

Institute of Transportation Studies,  
University of California, Davis

National Renewable Energy Laboratory

NGP Energy Capital Management

Resource Management,  
West Virginia University

Rice University, Baker Institute

Shell Oil Products US

Toyota Motor North America, USA

University of Tulsa

## USAEE/IAEE'S NORTH AMERICAN CONFERENCE REMAINS GREEN!

In an effort to minimize the environmental impact of our meeting by increasing the use of recycled materials where possible and reducing the amount of solid waste, our conference has implemented the following measures to help reduce our carbon imprint with this meeting.

### Look for these changes at our conference:

- No fabricated conference registration bag/satchel produced.
- Less conference generated print material (promotional materials placed on publication display tables rather than provided to all delegates in registration bags).
- Use of china, glass, silverware, and biodegradable/recyclable plates, cups, etc. during meal functions and breaks.
- Recyclable plastic badge holders and lanyards.
- Food leftovers composted.

## IAEE INSTITUTIONAL MEMBERS

Administración del Mercado Eléctrico, *Uruguay*

Aramco Services Co., *USA*

Berlin University of Technology, *Germany*

BKW FMB Energie AG, *Switzerland*

BP Plc., *UK*

Carleton University, Faculty of Public Affairs,  
*Canada*

ConocoPhillips, *USA*

Curtin Business School, *Perth, Australia*

Energy Information Administration, *USA*

Energy Market Authority, *Singapore*

Energy Research Institute, *Russia*

ESCP Europe Business School, *UK*

Institut Francais Du Petrole, *France*

Institute of Transportation Studies,  
University of California, Davis, *USA*

Institute of Energy Economics, *Japan*

Institute of Nuclear Energy Research, *Taiwan*

Inter-American Development Bank, *USA*

Korea Electric Power Corporation, *South Korea*

National Energy Board, Alberta, *Canada*

Norwegian School of Economics  
and Business Administration, *Norway*

Rice University, Baker Institute, *USA*

Shell International, Ltd., *Netherlands*

UCL SERAus, *Australia*

University of Alberta, *Canada*

University of Auckland, *New Zealand*

University of Stavanger, *Norway*

University of Western Australia, *Australia*

UTE, *Uruguay*

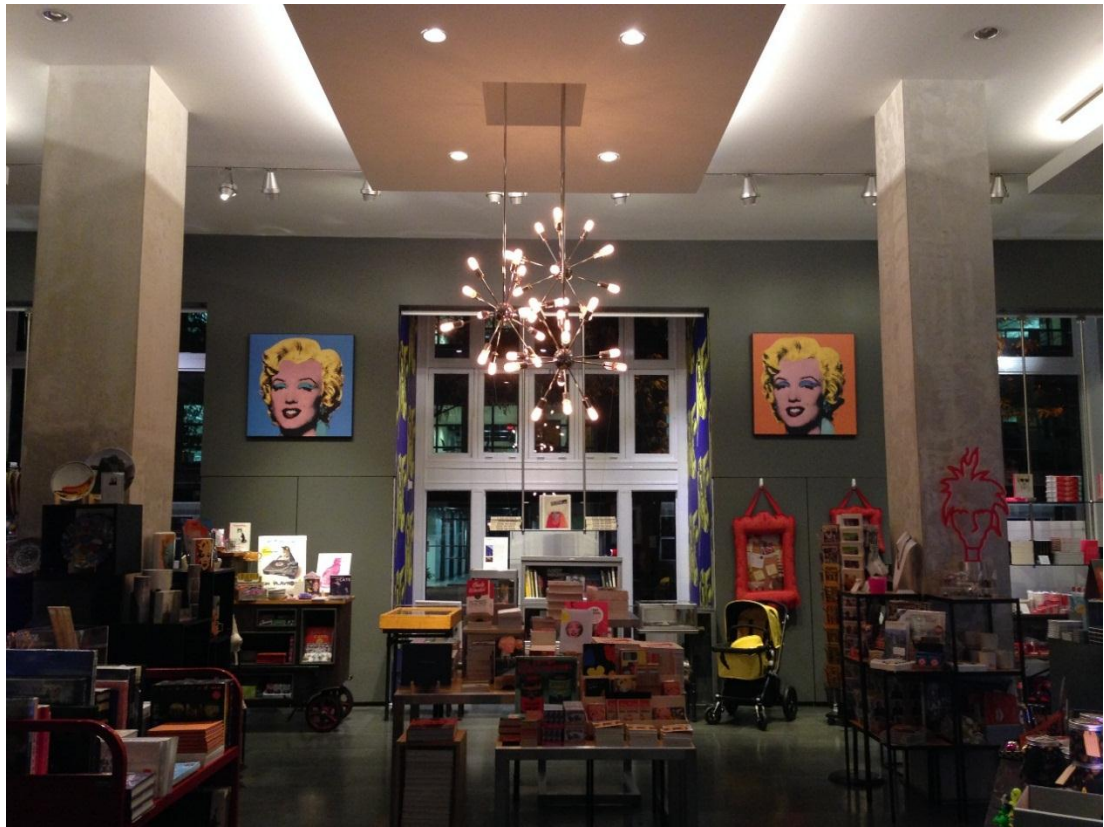
## 附件 2：會議照片



說明：開幕主題座談(Opening Plenary)，主題為「動態能源格局：天然氣在美國(Natural Gas in the U.S.)」



說明：海報研究主題茶會(Poster Session and Networking Reception)



說明：在美術館舉辦接待茶會(Reception @ Andy Warhol Museum)



說明：閉幕主題座談(Closing Plenary)



說明：與大會海報合影



說明：與大會海報合影