

出國報告（出國類別：開會）

赴美「參加 EPRI 2011 夏季研討會」  
暨「參訪 EPRI」報告

（裝訂線）

出國人：服務機關： 台灣電力公司  
職 稱： 董事長 處 長  
姓 名： 陳貴明 徐真明  
805162 063127

出國地點： 美 國

出國期間： 100年7月28日至 8月 4日

報告日期： 中 華 民 國 100年10月 3日

出國計畫： 100 年 度 第 118、107 號

## 出國報告審核表

|  |   |                       |
|--|---|-----------------------|
| 出國報告名稱：赴美參加 EPRI 2011 夏季研討會及參訪 EPRI 報告 |   |                       |
| 出國人姓名                                  | 職 稱   | 服 務 單 位               |
| 陳 貴 明                                  | 董 事 長   | 台灣電力公司                |
| 徐 真 明                                  | 處 長   | 台灣電力公司                |
| 出國期間：100 年 7 月 28 日至 100 年 8 月 4 日     |   | 報告繳交日期：100 年 10 月 3 日 |
| 出國計畫主辦機關審核意見                           | <input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告<br><input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」)<br><input checked="" type="checkbox"/> 3. 內容充實完備<br><input checked="" type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值<br><input checked="" type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦<br><input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考<br><input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因：<br><input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫<br><input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容<br><input type="checkbox"/> 內容空洞簡略<br><input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理<br><input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔<br><input type="checkbox"/> 8. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：<br><input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。<br><input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告<br><input type="checkbox"/> 9. 其他處理意見及方式： |                       |
| 層轉機關審核意見                               | <input type="checkbox"/> 1. 同意主辦機關審核意見<br><input type="checkbox"/> 全部<br><input type="checkbox"/> 部分 _____ (填寫審核意見編號)<br><input type="checkbox"/> 2. 退回補正，原因： _____<br><input type="checkbox"/> 3. 其他處理意見： _____  |                       |

說明：一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。  
 二、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。  
 三、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「出國報告資訊網」為原則。

報告人： 陳貴明 單 位： \_\_\_\_\_ 主 管： \_\_\_\_\_

主管處： \_\_\_\_\_ 主 管： \_\_\_\_\_

董事長： \_\_\_\_\_  
 總經理： 李芳春  
 副總經理： \_\_\_\_\_



## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴美參加 EPRI 2011 夏季研討會及參訪 EPRI 報告

頁數 22 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

陳貴明/台灣電力公司/董事會/董事長/ (02) 2366-6200

徐真明/台灣電力公司/電源開發處/處長/ (02) 2366-6850

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：100 年 7 月 28 日至 8 月 4 日

出國地區：美 國

報告日期：100 年 10 月 3 日

分類號/目：

關鍵詞：EPRI、Summer Seminar、Shaping The Future

內容摘要：(二百至三百字)

為集思廣益共同探討電力產業未來的發展方向，美國電力研究院 (EPRI) 每年都定期舉辦研討會，邀請電力相關機構的負責人或高階主管齊聚一堂，針對電力產業所面臨的重要課題及因應策略進行研討。今年 EPRI 籌辦之夏季研討會—2011 Summer Seminar 訂於 2011 年 8 月 1~2 日假美國加州洛杉磯 Marina de Rey 舉行，本次會議的主題為「形塑未來」(Shaping The Future)，會中研討諸如能源展望、能源效率、再生能源、天然氣資源及其發電技術以及水資源與核能/火力電廠營運等相關技術之挑戰，以及探討這些挑戰對未來發展可能帶來的影響。本次出國主要參加上述研討會議，俾就當前電力產業所面臨的重要課題及因應策略，與其他電力相關機構的負責人與高階主管深入交流。

另外，此行亦順道拜訪位於美國加州舊金山地區 Palo Alto 市的 EPRI 總部，就日本福島核災發生後美國方面的相關反應以及未來雙方可以加強合作的領域，與 EPRI 總裁 Dr. Mike Howard 以及核能部門相關主管 Mr. Neil Wilmshurst、Mrs. Rosa Yang、Mr. Sean Bushart 等交換意見。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://open.nat.gov.tw/OpenFront/RobtaFront/index.jsp>)

## 目 錄

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 壹、計畫緣起 .....               | 1  |
| 貳、出國行程 .....               | 2  |
| 參、工作紀要 .....               | 3  |
| 一、拜訪 EPRI 總部洽談加強合作 .....   | 3  |
| 二、參加 EPRI 2011 夏季研討會 ..... | 6  |
| 肆、結 語 .....                | 19 |

## 壹、計畫緣起

為集思廣益共同探討電力產業未來的發展方向，美國電力研究院（EPRI）每年都定期舉辦研討會，邀請電力相關機構的負責人或高階主管齊聚一堂，針對電力產業所面臨的重要課題及因應策略進行研討。今年 EPRI 籌辦之夏季研討會—2011 Summer Seminar 訂於 2011 年 8 月 1~2 日假美國加州洛杉磯 Marina de Rey 舉行，本次會議的主題為「形塑未來」（Shaping The Future），會中研討諸如能源展望、能源效率、再生能源、天然氣資源及其發電技術以及水資源與核能/火力電廠營運等相關技術之挑戰外，以及這些挑戰對未來經濟發展可能帶來的影響。本次出國主要參加上述研討會議，俾就當前電力產業所面臨的重要課題及因應策略，與其他電力相關機構的負責人與高階主管深入交流。

另外，此行亦順道拜訪位於美國加州舊金山地區 Palo Alto 市的 EPRI 總部，就日本福島核災發生後美國方面的相關反應以及未來雙方可以加強合作的領域，與 EPRI 總裁 Dr. Mike Howard 及核能部門相關主管 Mr. Neil Wilmshurst、Mrs. Rosa Yang、Mr. Sean Bushart 等交換意見。

## 貳、出國行程

本項出國計畫主要前往美國洛杉磯地區的 Marina Del Rey 市參加 EPRI 2011 夏季研討會，並順道拜訪位於舊金山地區 Palo Alto 市的 EPRI 總部，整個行程摘要如下：

| 時 間                 | 地 點                  | 工作概要               |
|---------------------|----------------------|--------------------|
| 100.07.28           | 台北→舊金山               | 往 程                |
| 100.07.29~100.07.30 | Palo Alto            | 拜訪 EPRI 總部洽談合作     |
| 100.07.31           | 舊金山→洛杉磯→MDR          | 轉 程                |
| 100.08.01~100.08.02 | Marina Del Rey (MDR) | 參加 EPRI 2011 夏季研討會 |
| 100.08.03~100.08.04 | MDR→洛杉磯→台北           | 返 程                |

## 參、工作紀要

### 一、拜訪 EPRI 總部洽談加強合作

7 月 29 日首先拜訪位於舊金山地區 Palo Alto 市的 EPRI 總部，就日本福島核災發生後美國方面的相關反應以及未來雙方在核電營運安全方面可以加強合作的領域，與 EPRI 總裁 Dr. Mike Howard 以及核能部門相關主管 Mr. Neil Wilmshurst、Mrs. Rosa Yang、Mr. Sean Bushart 等交換意見，訪談內容摘要如下：

#### (一) 福島事件後美國方面的相關反應

福島事件發生後，為了讓全球核能設施營運業者正確認知事件發生的真實情況與關鍵問題，核能相關的國際組織如核能發電運轉協會（Institute of Nuclear Power Operation 簡稱 INPO）及世界核能運轉員協會（World Association of Nuclear Operator）等均先後提出「事故報告」供會員參考。另外，為確保營運中核能設施在遭遇極端事件時不致重蹈福島一廠之覆轍，主要國家和地區的核能管制單位如美國核能管制委員會（Nuclear Regulatory Commission 簡稱 NRC）更發佈了所謂的「臨時指引（Temporary instruction）」與「專案小組 90 天初步建議（Task Force 90-Day Recommendations）」，歐洲核能管制者協會（Western European Nuclear Regulator' Association）也提出所謂「壓力測試（Stress Tests）」的要求。

根據上述國際核能組織及管制單位所提出的各項報告、建議、指引或要求，目前美國核能設施的營運業者與其他國家的同業一樣都在進行相關設施核能安全的重新評估與弱點補強，重點項目不外以下幾點：

#### 1. 有關設計基準部份

(1) 驗證原設計基準各項功能與應變對策之有效性

(2) 確認核能設施安全裕度之適切性

2. 超越設計基準部份

(1) 針對個別設施進行潛在危害之評估

(2) 針對個別設施進行潛在弱點之評估

(3) 針對上述潛在危害與弱點建立有效之應變對策

除此之外，整體而言美國社會對於福島事件的反應與歐洲的德國、瑞士等國比較可以說相對冷靜與平和。

**(二) 福島事件後 EPRI 核能相關的研發規劃**

EPRI 核能部門研發計畫之規劃一向以採取國際交流、合作研究的方式為原則，以研發安全、可靠、經濟而且環保的核能技術為目標，研發主軸包含以下 3 項：

1. 極大化既有核能設施之利用
2. 促進先進核能技術的應用
3. 支持核能資源的長期使用

現階段 EPRI 核能相關的研發課題大致如下：

1. 核能設施事故之肇因評估與特徵分析
2. 核能設施系統/風險分析
3. 嚴重核能事故損害減低對策
4. 核燃料設計與用過燃料之貯存/處置
5. 新型設備/系統之性能評估
6. 緊急應變計畫規劃
7. 核廢料之減量與處置
8. 核能設施除役

福島事件後 EPRI 核能相關的研發規劃基本上並無太大的改變，但是在上述第 1 類研發課題下增列了針對福島事件的研究計畫，研究範圍包括：

1. 福島事件發展歷程之調查研究



2. 福島事件完整歷程之重建研究
3. 福島事件經驗教訓之應用研究

為提升核能電廠的營運安全與績效，多年來本公司在核能相關的研究領域與 EPRI 的交流與合作一直相當緊密。福島事件發生後，本公司已經啟動核能電廠有關核安課題之整體評估與弱點補強等改善作業，快速且正確了解福島事件的完整歷程與經驗教訓對於有效執行上述作業至關重要。有關福島事件的研究項目本公司將和 EPRI 方面加強交流與合作。

### (三)EPRI 核能電廠除役技術研發現況

美國國內對於核能設施除役技術的需求大約始於 15 年前，而 EPRI 有關除役技術的研發工作大致從那個時候開始，研發目的主要在協助核能設施營運業者降低設施除役的各種風險與成本。整個研發主軸包括創新技術的研發與驗證、廢料管理優化工具的開發、高風險計畫技術指引的研訂以及挑戰性技術議題相關經驗的分享等等。十多年來，這些研發計畫的推動，除實際提供核能設施除役計畫執行過程中所需要的各項協助外，也為此一領域累積了相當的經驗與技術。目前 EPRI 在核能設施除役作業各階段所擁有的研發成果大致如下：

1. 法訂事項規劃階段
  - (1) 先期規劃作業手冊
  - (2) 執照終止作業規畫
2. 初期準備作業階段
  - (1) 廠址情況特點描述
  - (2) 廠址釋放限制劑量模擬
  - (3) 放射性廢料管理優化
3. 主要拆廠作業階段
  - (1) 反應器一次系統除污作業

- (2) 石墨核心移除作業
- (3) 反應器壓力槽內襯拆解作業
- (4) 主要設備及結構移除作業

#### 4. 廠址釋放作業階段

- (1) 廠址審視及最終釋放
- (2) 廠址地下水特徵研究
- (3) 主要結構物拆解
- (4) 廠址材料處置

#### 5. 拆廠作業結束階段

- (1) 廠址最終審視
- (2) 執照終止作業

福島事件發生後，我國政府已經著手國家能源政策的檢討與修訂，目前檢討的方向，對於運轉中核電廠部份，似有轉為屆齡後不再延役之傾向，該項轉變將使我國因應核電廠除役的前置時間大幅縮短，有關除役技術方面，本公司亦需與 EPRI 加強交流與合作。

## 二、參加 EPRI 2011 夏季研討會

EPRI 2011 夏季研討會於 8 月 1~2 日安排在美國洛杉磯地區 Marina Del Rey 市的 Ritz Carlton Hotel 舉行，會議主題為「形塑未來」(Shaping The Future)。來自全美各地乃至歐亞地區電力相關機構的負責人或高階主管近 200 人齊聚一堂，就電力產業所面臨的重要課題與因應對策進行研討，研討經過摘述如下：

### (一) 研討議程

本次 EPRI 2011 夏季研討會之研討議程如下：

#### 2011 Agenda and Presentations

**Monday, August 1, 2011**

**Opening Announcements**

[Dennis Murphy](#)

Vice President, Marketing, EPRI

**Welcome Address**

[Theodore F. Craver, Jr.](#)

Chairman, President and CEO, Edison International and Chairman,  
EPRI Board of Directors

**Session 1: Innovations in Energy**

**[Innovations in Energy...Shaping the Future](#)**

[Mike Howard](#)

President and CEO, EPRI

**[Catalyzing Energy Breakthroughs for a Secure American Future](#)**

[Arun Majumdar](#)

Director, ARPA-e, and Senior Advisor to the Secretary of Energy

**[Three Things We Don't Know About Electricity Innovation](#)**

[David Victor](#)

Professor and Director of the Laboratory on International Law and  
Regulation, University of California San Diego

**[The Value of Innovation](#)**

[Bryan Hannegan](#)

Vice President - Environment and Renewable Energy, EPRI

**Session 2: Energy Efficiency**

**[Energy Efficiency...Lessons Learned from EPRI Energy Efficiency Demonstrations](#)**

Moderator : [Hank Courtright](#)

Senior Vice President, Member and External Relations, EPRI

**[Tapping the Full Potential of Efficiency](#)**

[Arshad Mansoor](#)

Senior Vice President, Research and Development, EPRI

**[Deployment of Energy Efficiency Technologies](#)**

[Susan Story](#)

President and CEO, Southern Company Services

**[Scaling in Energy Efficiency and Demand Response](#)**

[Terry Boston](#)

President and CEO, PJM

**Session 3: Innovations in Natural Gas**

**[Innovations in Natural Gas...the Next Generation and Innovation](#)**

Moderator : [Tom Alley](#)

Vice President, Generation, EPRI

**Dynamics in the Natural Gas Industry...Supply, Price and Transitions**

[Jen Snyder](#)

Head of North American Gas Research, Wood MacKenzie

**The Future of Natural Gas**

[Ernie Moniz](#)

Professor of Physics, MIT

**Environmental Aspects of Natural Gas Drilling**

[Scott Anderson](#)

Senior Policy Advisor, Environmental Defense Fund

**Innovations in Natural Gas Turbines...the next 20 years**

[Steve Bolze](#)

President and CEO, GE Power and Water

**Managing the Fleet Transition to Natural Gas**

[Bill Johnson](#)

Chairman, President and CEO, Progress Energy

**Session 4: Water Resources**

**Water, Water, Everywhere but...**

Moderator : [Arshad Mansoor](#)

Senior Vice President, Research and Development, EPRI

**Report to Congress and Roadmap on the National Energy Laboratories Energy-Water Nexus Program**

[Mike Hightower](#)

Water for Energy Project Lead, Sandia National Laboratories

**Water Research – Launch of the Southern Water Center**

[Anthony Topazi](#)

Exec. VP and Chief Operating Officer, Southern Company

**Innovations in Dry Cooling Technologies**

[Steve Lennon](#)

Managing Director, ESKOM

**Tuesday, August 2, 2011**

**Session 5: Innovations in Renewables**

**Innovations in Renewables...**

Moderator : [Bryan Hannegan](#)

Vice President – Environment and Renewable Energy, EPRI

**Innovations in PV and Storage...**

[Dana Christensen](#)

Deputy Laboratory Director for Science and Technology, National Renewable Energy Laboratory

**Bringing Renewables to the Grid**

[John Dumas](#)

Director Wholesale Market Operations, ERCOT

**Enabling Renewables: The Role of the Smart Grid**

[Mark McGranaghan](#)

Vice President, Power Delivery and Utilization, EPRI

**Session 6: Managing our Existing Generation Fleet**

**Managing our Existing Generation Fleet for Long-term Operations**

Moderator : [Neil Wilmshurst](#)

Vice President, Nuclear, EPRI

**Pursuit of Excellence in Managing Our Global Nuclear Fleet**

[Bill Webster](#)

Senior Vice President, Industry Evaluations, INPO

**Future Operations of the Coal Generation Fleet**

[Nick Akins](#)

President, AEP and Vice Chairman, EPRI Board of Directors

**Closing Session**

**Innovation and the Look Ahead...Closing Comments**

[Mike Howard](#)

President and CEO, EPRI

[Theodore F. Craver, Jr.](#)

Chairman, President and CEO, Edison International and Chairman, EPRI Board of Directors

**(二) 研討概要**

本次研討會研討範圍相當廣泛，涵蓋能源展望、能源效率、再生能源、天然氣及其發電技術、水資源及核能/火力發電營運管理等課題，茲將研討內容擇其要點整理如下：

**1. 能源展望方面**

提供用戶安全可靠、符合環保而又負擔得起的電力一直是供電業者努力不懈的目標，但如何讓目前的電力系統轉變得更加可靠、更加乾淨、更有效率則是電力系統所有利害關係者（包括電

力生產、輸送乃至使用的各方關係者) 必須共同面對的挑戰，而創新研發則是因應此一挑戰的關鍵策略。

就以下列幾項電力相關技術的未來發展觀察：例如目前矽晶太陽電池的生產成本有一半以上是花在矽晶圓的製造上，透過創新研發未來可能讓矽晶圓的生產過程，製造成本降低 80%，材料耗用減少 2/3。又如目前電網級的電力轉換及貯存設施都相當龐大而且笨重，使用上頗多限制，透過創新研發未來可能將其體積重量大幅縮減，方便在任何地方使用。還有目前使用中的空調設施性能係數與性能密度大多不如理想，透過創新研發未來可能讓空調設施的這兩項指標獲得大幅改善。除此之外，透過創新研發可能大幅改善電力生產、輸送以迄使用過程中有關環境衝擊、成本負擔、採行不易等問題的例子可謂不勝枚舉，再再顯示創新研發對未來能源發展的重要性。

不過電力相關的創新研發也存在不確定的因素，例如新發電技術的建廠投資就有相當大的不確定性，根據 IEA/NEA 出版的“Projected Costs of Generating Electricity : 2010 Edition”，採用第 3 代以上核反應器技術之各型核電廠的單位建廠投資 (2010 Overnight Cost) 大約在 1,500 到 5,500 US\$/kWe 之間，高低差距超過 3 倍。又如政府的創新研發策略也存在相當程度的不確定性，根據統計，美國聯邦政府過去 30 年間每年對於能源研發的投入曾經達到 70 億的水準，但也出現過低於 25 億的情況，而展望未來，類似的現象依舊存在。還有天然氣價格的未來走勢也存在極大的不確定性，這與未來頁岩氣實際可開採的數量密切相關。而這些不確定因素都將影響未來電力相關創新研發的最終結果。

為進一步探討創新研發對未來電力發展的影響與價值，今年 EPRI 特別利用其開發的區域電力經濟模型 Prism / MERGE，針對維持目前做法、推動 CO<sub>2</sub> 管制以及訂定潔能標準等 3 種政策情

境，評估比較未來電力技術的發展出現兩種截然不同的情況時(即創新有限或大幅創新)，對於國家長期電源結構及供電價格可能產生的影響。評估結果顯示：在維持目前做法的政策情境下，未來電力技術的發展不論出現創新有限或大幅創新的情況，國家長期電源結構及供電價格的變動幅度並不太大，惟大幅創新的情況較有利於主要電源的平衡發展與供電價格的平穩抑制。至於在推動CO<sub>2</sub> 管制與訂定潔能標準兩種政策情境下，則未來電力技術的發展屬創新有限或大幅創新，對於國家長期的電源結構及供電價格會有極為顯著的影響，而大幅創新的情況顯然較有利於電源結構的多元發展與供電價格的平穩抑制。

## 2. 能源效率方面

為加速高效率用戶端技術的推廣應用，EPRI 正有計畫的進行一系列先進終端技術的測試/驗證計畫，初步結果顯示：

### (1) 住宅部門節能技術方面

- 無管熱泵技術—節能效果約可達到 15~20%
- 熱泵水加熱器—效能係數約在 1.0~2.5 之間
- 超高效率家電—洗衣機部份平均節能 20%  
電冰箱部份平均節能 49%

### (2) 商業部門節能技術方面

- VRF 空調技術—節能效果約可達到 25~47%
- 資料中心節能—直流供電約可節能 15%  
更新電源約可節能 20%  
氣流管理約可節能 77%
- LED 照明技術—節能效果約可達到 25%

過去 10 年來，在法規/標準與能源效率提升計畫的導引下，美國電力用戶在節約能源方面的支出已有明顯的增加，但由於電子產品的不斷推陳出新以及用戶端電氣化的持續普及與深化，全國

的電力需求仍呈小幅成長，而且用電結構也有明顯改變，例如電視、電腦、空調等方面的用電即大幅增加。展望未來，技術創新與政府政策將如何影響整體社會的電氣化？值得進一步探討。以目前觀察，像電視網路化、遊戲線上化、資料數位化…等等似已成為必然的趨勢，而近年來有關資料中心需求的成長數據也顯示未來大約每 5 年即可能再翻一倍，依此推算，則 2030 年以前美國境內資料中心的用電需求即可能達到全國用電需求的 20%。為因應這樣的情勢，美國政府已經在法規/標準上針對諸如電視、電源供應器等用電器具訂定較高的效率要求，而提高效率要求當然有助於高效率用電器具的研發與推廣，進而抑低用電需求的成長。根據美國 EIA (Energy Information Administration) 出版的 2011 AEO (Annual Energy Outlook) 估計，迄 2030 年，全國住宅及商業用戶在暖氣、冷氣、熱水、冷凍以及照明等終端用電方面的節能成效大致如下：

| 部門別 | 暖氣   | 冷氣   | 熱水   | 冰箱   | 照明   |
|-----|------|------|------|------|------|
| 住宅  | -24% | -18% | -21% | -29% | -47% |
| 商業  | -22% | -7%  | -19% | -25% | -8%  |

另外，電力公司本身也可從所謂 Smart Power、Smart Grid 以及 Smart Choices 等方向對節能減碳做努力。Smart Power 方面，電力公司可以努力的項目包括：透過維護/改良提升既有機組發電效率、新設機組採用高效率發電技術、擴大利用再生能源發電、適度增加貯能設備能量、加強系統績效的監測/調度…等等。其次 Smart Grid 方面，電力公司可以努力的項目包括：強化輸配電網路及其監測/控制系統、提升輸配電系統自我診斷/復原等智慧化功能、建置先進用電資訊量測/交流/傳輸系統…等等。至於 Smart Choices 方面，電力公司可以努力的項目包括：提供用戶



即時/動態/合理的電價資訊、提供用戶客製化的用電管理資訊/工具、提供用戶節能減碳具體做法的相關資訊、提供用戶適當的節能減碳誘因…等等。其實這方面不少用戶業已建立相當多成功的經驗與實例，應可蒐集整理供其他用戶參考。

### 3. 再生能源方面

擴大再生能源利用，在國際組織及主要國家減碳政策的引導下，已成為全世界的一種趨勢。但由於與生俱來的特性，再生能源通常都有技術較不成熟、輸出較不穩定、空間需求較大、成本相對較高等問題。因此，在推動開發再生能源並讓其併入電網營運的同時，應該審慎思考如何確保電力系統的供電品質以及減低其對供電成本乃至生活環境的影響。

為了建立將再生能源發電技術以及其他先進的通訊、控制及資訊等技術有效整合進全國現有老舊電網所需要的各項技術，美國國家再生能源實驗室(National Renewable Energy Laboratory, 簡稱 NREL) 特別在其 South Table Mountain Site 規劃設置一套研試設施—Energy Systems Integration Facility (ESIF)，該項設施的設計功能將以研究解決電力系統導入高比例再生能源後在系統整合上可能遭遇的困難問題為主要目標，完成後將作為產業界與 NREL 合作進行系統整合相關研究的基礎平台。未來 ESIF 研究探討的主要對象預計包括：

- (1) 建築物及其設施系統
- (2) 社區級發電設施及微電網系統
- (3) 電業級發電設施
- (4) 整合再生能源、節能技術以及其他系統組件的電網系統

ESIF 設施工程已於今(2011)年正式動工，預計 2013 年中可以完工啟用。

EPRI 對於再生能源於各級網路上(包括用戶系統、配電系統

以及輸電系統等) 併聯的議題也有相當廣泛的研究。以配電系統為例，再生能源併網的主要挑戰，在規劃設計階段係線路容量，在系統運轉階段則為電壓控制與系統保護。根據 EPRI 針對全國超過 100 處併聯於配電網路上太陽光電系統所做的輸出變化研究顯示，即使是併聯於同一配電區域內的幾個太陽光電系統，其發電輸出不論從時間或空間觀察都有相當劇烈的變化。為因應此一問題，目前已有諸如有智慧換流器、固態變壓器、分散型貯能系統以及太陽能輔助充電系統等技術在發展當中，未來成功導入應用並與配電管理系統順利整合後，當可提供有效的解決方案。至於併聯輸電系統方面，牽涉的問題則相對複雜，諸如輸電線路可用與否的問題、彈性平衡資源充裕與否的問題以及系統調度決策支援工具齊備與否的問題等等均需一一澄清並獲得解決，才可能讓再生能源順利併入輸電系統。

另外，美國有些供電區域由於再生能源發展迅速對於相關的併網問題也累積了不少的實務經驗，譬如 ERCOT 就是明顯的例子。ERCOT 系統涵蓋德州 75% 的面積，且供應 85% 的負載。其尖峰負載紀錄已經達到 65,776 MW 的水準，目前風力發電的裝置容量總計 9,500 MW，已經提出申請尚在審查當中的風電容量還有 36,124 MW。ERCOT 目前在風力發電資源預測、輔助服務需求估計、包含風電之系統調度以及風電大幅升降之預警等方面的實際做法值得同業參考。

#### (1) 風力發電資源預測方面

在風力發電資源預測方面，ERCOT 目前係採對外採購而由 AWS Truepower 公司透過網際網路提供長期資訊服務的方式處理。依照合約 ERCOT 每小時都會收到 1 次對未來 48 小時所做的風電出力更新預測。預測內容包括：

- The Wind Generation Resource Production Potential (簡

稱 WGRPP)：係指有 80%的機率會超過的風電出力。

- The Short-Term Wind Power Forecast (簡稱 STWPF)：係指有 50%的機率會超過的風電出力。

## (2) 輔助服務需求估計方面

在大量風力發電資源加入系統營運後，ECORT 對於系統輔助服務需求的估計方式做了一些調整，其原則大致如下：

- 調頻備轉容量 (指 AGC 機組之備轉容量)
  - 須將下月新增的風力發電容量納入考慮
  - 如果過去 30 天的平均頻率控制成效標準 CPS1 (Control Performance Standard) 得分低於 100，須再準備調頻需求可能增加之容量
- 非熱機備轉容量 (指 30 分鐘內可用之備轉容量)
  - 須能應付氣溫敏感性尖峰負載發生時段系統喪失最大一部機 1375 MW 之情況
  - 須將負載與風電之預測風險納入考量

## (3) 包含風電之系統調度方面

風電加入後 ECORT 在系統調度方面基本上仍採 Security-Constrained Economic Dispatch (簡稱 SCED) 的方式，其重點包括：

- 採 SCED 方式依序調度所有發電資源，原則如下：
  - 決定系統中所有發電機組 (含風力機組) 的運轉基準點
  - 確保送達 ERCOT 負載中心之風電電力獲得最大的利用
  - 容許風力發電在公平基礎上與其他發電機組競爭
- 正確衡量風力發電在能量不足與能量過多兩種不同情況下所擁有的價值以及應該支付的價格。
- ERCOT 系統輸電壅塞的問題一併納入管理。

#### (4) 風電大幅升降之預警方面

為減緩風力發電突然發生大幅升降 (ramp) 事件對系統運轉造成的衝擊，ECORT 還建立了相關的預警系統，概要如下：

- 本系統的預警工具係 AWS 公司透過網際網路介面提供的
- 本系統使用的資料與前述 ERCOT 提供作為風力發電資源預測所用的資料完全相同。
- 本系統提供的預警資訊包括：
  - 估計未來特定時間內發生特定 ramp 事件 (即 1 小時爬升超過 1,000 MW 事件) 之機率
  - 極可能導致 ramp 事件的氣象相關資訊 (如冷鋒)
  - 預警 ramp 事件的其他相關資訊包括最可能的開始時間、持續時間及最大爬升率等
  - 預警 ramp 事件發生機率的時間變化圖俾對相關情勢有進一步的了解
- 預警時間涵蓋從現在開始到未來 6 小時的期間

#### 4. 天然氣及其發電技術方面

由於頁岩氣源的持續發現與開發，美國 EIA 的 2011 AEO 預測未來頁岩氣將成為全國天然氣供應的最大來源。另外，FERC (Federal Energy Regulation Commission) 的 Market Oversight 也估計：未來 5 年國內的天然氣價格將持續穩定在 \$4 ~ 6/mmBtu 左右。此外，由於氣渦輪機技術的持續精進，燃氣複循環機組的發電效率已經超過 60%，加上碳排放量較少、電廠申設容易以及建廠成本較低、建廠工期較短等優勢，天然氣發電幾已成為供電業者擴充電源最直覺的選項。然而天然氣也是許多產業營運所需的原料，整體市場需求不易準確掌握，而且開採這些非傳統氣源到底存在那些環境議題事實上也還不清楚，此外國內天然氣價格

未來會不會受到國際市場的影響目前亦不明朗，因此天然氣與天然氣發電的未來展望仍然值得持續關注。

首先頁岩氣源的開發本身即存在相當風險，氣田的實際蘊藏量往往與原先的預期會有出入，換言之實際的開採成本可能與原先的估計出現落差。其次氣源開發的環境議題迄今尚非完全清楚，譬如開發用水的來源問題、用水回收的比例問題等等都需要持續澄清並協調解決。另外，氣源開發未來也可能在資金與人力的取得方面遭遇來自油源開發的強力競爭，氣源開發由於投資回收的速度較慢，在資金競爭上確實較為不利。不過，天然氣也具備一些獨特的優勢，未來可能會有許多原屬其他能源的使用者轉而加入天然氣的使用行列，譬如汰換燃煤機組的新設電源、改用乾淨燃料的生產設備、以天然氣為燃料的汽車…等等，這些潛力市場的可能性正在逐漸提升。此外，日本福島核災發生後，已使亞太地區的天然氣供應轉趨緊張，美國國內新生氣源的大幅出現可能使北美地區成為澳洲天然氣的替代來源。

美國麻省理工學院新近完成的一項研究即顯示：近年來頁岩氣的持續發現與開發所造成的天然氣供應新情勢，已經顯著提高天然氣在諸如電業、工業、建築乃至交通等領域替代其他能源的可能性。在工業鍋爐方面，新推出的超高效率燃氣鍋爐其使用成本已顯著下降，足與配備煙氣淨化系統的燃煤鍋爐競爭。在建築節能方面，由於能源效率的衡量有逐漸朝以整個燃料循環來考量的趨勢，這將改變消費者、建築商乃至政策制訂者對能源使用的抉擇。當然衡量整體能源效率時，必須將各地區在氣候以及能源源供應結構上的差異一併納入考量。在交通運輸方面，如果目前這種高油氣價格比的趨勢持續不變，將對未來天然氣進入車用燃料市場產生催化作用，而車輛成本、燃料成本、加氣基礎設施以及車輛使用模式等將是衡量的主要因素。至於電力產業方面，如

果要在短期間內達成大規模的減碳目標，以燃氣複循環機組替代燃煤發電就被認為是相當重要的選項。另外，為因應未來間歇性再生能源大量加入系統後所產生的供電可靠問題，以燃氣複循環機組作為備援亦被認為是短期內比較可行的解決方案。

根據美商奇異公司的評估，未來 10 年全球新增發電設備的總容量將高達 2,300GW，其中新增風力、太陽能及天然氣發電的占比都上升，新增燃煤發電的占比則下降，而且對天然氣發電設備的需求又高於對風力及太陽能的需求。換言之，天然氣發電未來在電力產業中的地位將愈見重要。鑒於未來電力系統中間歇性再生能源的比重逐漸升高後，氣渦輪相關機組能夠維持滿載運轉的機會勢將相對減少，為了適應這樣的新情勢，這些年來氣渦輪機相關發電技術的創新研發，不再只專注在機組發電效率的提升，對於機組其他性能如冷機啟動速度、負載追隨能力、低載運轉效率、低載下限出力等的精進亦有相當投入。美商奇異公司新近推出的 FlexEfficiency\* 50 複循環發電技術即為這種概念下的創新產品，其重要性能如下：

- 510 MW, 50Hz, … 基載運轉效率：61%<sup>+</sup>
- 啟動至滿載：28 分鐘
- 升降載速率：>50 MW/分鐘
- 最低出力：40%

未來奇異公司還將在諸如 3-D 壓縮機葉片、先進燃燒系統、先進冷卻/氣封、先進絕熱塗層以及陶瓷複材渦輪葉片等方面持續投入創新研發，期待天然氣複循環機組之發電效率能夠很快達到 65% 的水準。

## 肆、結語

此次奉派前往美國洛杉磯 Marina Del Rey 參加 EPRI 2011 夏季研討會，順道拜訪位於舊金山 Palo Alto 市的 EPRI 總部，行程緊湊而且充實，謹就所見所聞略誌心得、建議數則如下以為結語：

- 一、福島事件發生後，美國方面除核能相關組織先後提出事故報告，核能管制單位依序發佈臨時指引及專案小組 90 天初步建議，核能設施營運業者根據上述報告、建議或指引進行相關設施核能安全的重新評估與弱點補強，整體社會的反應與德國、瑞士比較相對冷靜、平和許多，其背後因素值得深入探討。另外，我國國家能源政策目前的檢討方向，核一、二、三廠屆齡後似有轉為不再延役之傾向，該項轉變將使我國因應核電廠除役的前置時間大幅縮短，對於核電廠除役相關作業的準備工作宜及早進行。
- 二、目前我國國家能源政策的檢討方向，對於核一、二、三廠屆齡除役後所留下的供電缺口，傾向採取再生能源發電極大化及天然氣發電極大化兩項策略因應。果如是，則勢必會對我國未來電力系統的供電可靠、CO<sub>2</sub> 排放以及供電成本造成重大衝擊。以國內當前的環境來看，抑制電力需求成長應為同時減緩這些衝擊的最佳策略，提升用戶端能源效率則是抑低電力需求成長的有效途徑。近年來有關用戶端能源效率提升技術的發展相當快速，問題在如何評估確認成本效益並建立配套措施，方能有效推廣。
- 三、再生能源發電極大化政策實施的結果，將使再生能源未來在電力系統中的占比快速提升，當這些間歇性、不穩定的電源大量加入系統運轉後，必然會對電力系統造成一定程度的衝擊。本公司為國內唯一之綜合電業，對於電力系統的穩定運轉負有無可旁貸的責任，宜及早借鏡先進國家經驗，逐步建立各種必要的平衡資源與運轉技術，以確保未來供電的安全與穩定。