

出國報告審核表

出國報告名稱：出席世界核能協會年會暨工作小組會議		
出國人姓名	職稱	服務單位
鄭娜麗	主管核燃料採購	燃料處
出國期間：104年9月6日至104年9月13日		報告繳交日期：104年10月27日
出國計畫	<input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2.格式完整（本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」） <input type="checkbox"/> 3.內容充實完備 <input type="checkbox"/> 4.建議具參考價值	
主辦機關	<input type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考	
審核意見	<input type="checkbox"/> 7.退回補正，原因： <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫</li> <li><input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容</li> <li><input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項</li> <li><input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理</li> <li><input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔</li> </ul> <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： <ul style="list-style-type: none"> <li><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。</li> <li><input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告</li> <li><input type="checkbox"/> 其他</li> </ul> <input type="checkbox"/> 9.其他處理意見及方式：	
層轉機關	<input type="checkbox"/> 1.同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分 （填寫審核意見編號）	
審核意見	<input type="checkbox"/> 2.退回補正，原因： <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、審核作業應於出國報告提交後兩個月內完成。

報告人：直接：單位：總經理：  
 主管：主管：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：出席世界核能協會年會暨工作小組會議

頁數 17 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/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

鄭娜麗/台灣電力公司/燃料處核燃組/主管核燃料採購/23667727

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他：開會

出國期間：104.9.6--104.9.13 出國地區：英國

報告日期：104.10.27

分類號/目

關鍵詞：核能、原料鈾、核燃料

內容摘要：(二百至三百字)

- 一、能源供應的穩定性與可靠性對民生與經濟發展是非常重要的，在追求穩定供應的目標下，完全依靠再生能源提供電力是不可能的任務，供電組合是必需的，供電組合的內容與比例依各國或各區域的獨特性而有不同，我國宜多多吸取他人經驗以訂定最適之能源組合。
- 二、核能發電仍是提供減碳能源的重要選擇，未來將持續成長。市場部份應密切注意核燃料供應商是否能從長期持續之低迷的市場中回復且及時修正與反應。
- 三、隨著環境的改變與技術的研革，積極參與業界活動，以掌握最新之動向，同時可從他人的經驗分享中，發現新的思維，繼而發展出新的做法，是現下國內核能發展前景不明時應全力以赴的目標。
- 四、核能發展已成為全球一體，預期未來核能專業人員在人力的供需平衡上將出現很大的缺口，很多公司均已致力於技術與人力資源的輸出，甚有人力資源公司亦隨之成立，而本公司各核能電廠將逐漸除役，台電核能從業員工應是台電的可增值的重要資產，如何活化與運用，似可參考業界做法，及早整體規劃。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

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

# 行政院所屬各機關出國報告

(出國類別：開會)

## 出席世界核能協會年會暨工作小組會議

服務機關： 台灣電力公司

出國人 職 稱： 主管核燃料採購

姓 名： 鄭娜麗

出國地區：英國

出國期間：104.9.6--104.9.13

報告日期：104.10.27

# 目 錄

壹、出國任務	1
貳、出國行程紀要及會議議程	2
一、行程紀要	2
二、會議議程	2
WNA 年會會議議程	2
工作小組之詳細議程	3
參、工作內容	4
一、出席世界核能協會年會與工作小組會議	9
(一)會員大會	9
(二)重大議題	9
1. 核能發電的展望	9
2. 未來市場發展	13
3. 新建核能計畫之經濟性	13
二、與廠商洽談	13
肆、感想與心得	14

## 壹、出國任務

世界核能協會(World Nuclear Association, WNA)為全世界核燃料循環最重要的民間國際業界組織，其所舉辦之會議為核能工業最重要的論壇及會議，亦為各會員國相互交換經驗及取得資訊之管道，目前會員公司 170 餘個，遍佈 30 餘國，會員所屬電力公司之發電量占全球核能發電之 70%，而會員公司所生產之原料鈾、轉化、濃縮服務將近全世界之所有產量，對於核燃料循環工業之影響極為深遠。

世界核能協會已訂於今年 9 月 9-11 日在協會總部倫敦召開年會，並在 9 月 7-11 日召開各工作小組會議 (Working Group Meeting)，邀請協會所有會員參加，本屆年會主要議題包含(1)核燃料循環供應鏈、(2)能源政策、(3)核燃料供應安全、(4)核能溝通及大眾認知等。

本公司為正式會員，有積極參與會務之義務，且參與會務，除可蒐集與瞭解最新之市場資訊外，另可維持與其他會員之良好互動，並藉與其他會員交流之機會，得以了解核能業界面臨之各項重大議題與各會員之看法與對策，有助於本公司在目前國內核能營運嚴峻情勢下，及時調整採購與營運策略，故職奉派與會。

## 貳、出國行程紀要及會議議程

### 一、行程紀要

時間	工作行程
9/6(日)	往程：台北—倫敦
9/7~9	Working Group Meeting
9/9~11	WNA 年會
9/12(六) - 9/13(日)	返程：倫敦-台北

### 二、會議議程

#### WNA 年會會議議程

##### 9 September, 2015

16:00 - 18:30 Registration

16:00 - 18:30 Exhibition Launch & Drinks Reception

18:15 - 18:15 Coaches Depart from Park Plaza to Welcome Reception

18:30 - 21:00 Welcome Reception Sponsored by URENCO, Lancaster House

##### 10 September, 2015

Symposium Opening

09:00 - 09:10 Chair's Introduction

09:10 - 09:30 Director General's Address

09:30 - 10:40 **World Nuclear Association Fuel Report**

11:10 - 12:30 **Key Issues**

The Sclerosis in Energy Decision-making

Projected Costs of Generating Electricity: 2015 Update

World's Without Nuclear: A systematic review of 100 % renewables literature

14:00 - 15:30 Novel Reactor Technologies

A Path for Innovating Nuclear Energy

Development Update on the Integral Molten Salt Reactor (IMSR)

Facilitating International Licensing for Small Modular Reactors

Evolution of Korean Advanced Pressurized Water Reactors

15:55 - 17:30 Back End Fuel Cycle and Decommissioning

An Answer to the Spent Fuel Dilemma

CONVERT: a global solution for UK Pu stockpile

Costs and Funding of Decommissioning

Establishing the Centralized Dry SNF Storage and the MOX-fuel Production for Fast Neutron Reactors at MCC Site

##### 11 September, 2015

09:00 - 10:45 Leaders' Perspectives

11:10 - 11:30 Human Resources

11:30 - 12:30 Fuel Cycle Developments  
13:45 - 15:00 Nuclear New Build  
Dimensions of Challenges for Nuclear New Build  
Owner's Update & Perspective Vogtle 3 & 4  
Challenges for Western Nuclear Suppliers in the Emerging Nuclear Power Market in India  
Research to Support the Growing Mission of Nuclear Power: Building New Plants and Extending the Life of Existing Plants  
15:20 - 16:30 High-Level Panel

## 工作小組之詳細議程

### Monday, 7 September 2015

09:30 - 16:30 Advisory Panel  
09:30 - 17:30 Radiological Protection Working Group  
09:30 - 17:00 CORDEL Codes & Standards Task Force  
09:30 - 12:30 CORDEL Probabilistic Safety Goals Task Force  
09:30 - 12:30 CORDEL Design Change Management Task Force  
13:30 - 17:30 Security of the International Fuel Cycle Working Group  
14:00 - 17:00 Fuel Market Report Working Group  
14:00 - 17:30 Sustainable Used Fuel Management Working Group  
14:00 - 17:00 CORDEL Nuclear Safety Standards Task Force

### Tuesday, 8 September 2015

09:30 - 12:30 Radiological Protection Working Group  
09:30 - 12:30 Economics Working Group  
09:30 - 12:30 CORDEL Codes & Standards Task Force  
09:30 - 12:30 Long-Term Operation Task Force  
13:30 - 16:30 Radiological Protection Working Group - Uranium Mining Focus  
14:00 - 17:00 Transport Working Group  
14:00 - 17:00 Communication Group Meeting  
13:30 - 17:30 Law Working Group (including Licensing & Permitting Task Force)  
14:00 - 17:00 New Build Lesson-Learning Task Force  
14:00 - 17:00 CORDEL Digital Instrumentation and Control Task Force  
17:30 - 18:30 CORDEL Steering Committee

### Wednesday, 9 September 2015

09:30 - 12:30 Fuel Cycle Plenary  
09:30 - 17:00 Waste Management & Decommissioning Working Group  
09:30 - 17:00 CORDEL Digital Instrumentation and Control Task Force  
09:30 - 17:00 CORDEL Small Modular Reactor Ad-hoc Group  
12:00 - 16:00 Board Lunch and Meeting, Board Members only  
16:00 - 17:00 AGM

### Thursday, 10 September 2015

09:30 - 13:30 MDEP/CORDEL Information Exchange Meeting  
14:00 - 18:00 CORDEL Working Group

### Friday, 11 September 2015

09:00 - 13:00 CORDEL Working Group

## 參、工作內容

世界核能協會之前身為鈾礦協會(Uranium Institute)，成立於 1975 年，由於組織持續擴大因此於 2001 年改名為世界核能協會(World Nuclear Association)，為全世界核能業界最重要的民間組織之一。

世界核能協會宗旨即在提倡全球核能之和平用途。業務範圍涵蓋所有核能發電相關事項，如核燃料循環各階段：原料鈾探勘、開採、轉化服務、濃縮服務、核燃料製造、核電廠運作、核燃料運輸及用過燃料之安全處置等。

會員遍佈全世界 35 餘國，包括主要的核燃料各階段供應商，反應器供應商，電力公司，核能工程建造及廢料管理廠商，相關研究機構，以及提供核能運輸、保險、法律諮詢、中間商、相關分析及財務廠商，目前共計 170 餘個，分佈如下圖。依最近一次統計(2014)，以類別而言，發電類與供應類各約佔 1/4，其餘則為一般類。以職位而言，50%屬於高階決策人員(如 CEO/GM/VP 等)，29%為資深管理人員，4%為工程師或分析師，故對核能業界的影響不可謂不大。

43	Americas	Argentina, Brazil, Canada, USA
53	Europe	Belgium, Bulgaria, Czech Republic, Finland, France, Germany, Italy, Lithuania, Luxembourg, Netherlands, Poland, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, Ukraine, United Kingdom
13	Russia and Central Asia	Kazakhstan, Russia, Uzbekistan
8	Africa and Middle East	Israel, Jordan, Namibia, South Africa, United Arab Emirates
54	Asia-Pacific	Australia, China mainland and Taiwan, India, Japan, Singapore, South Korea



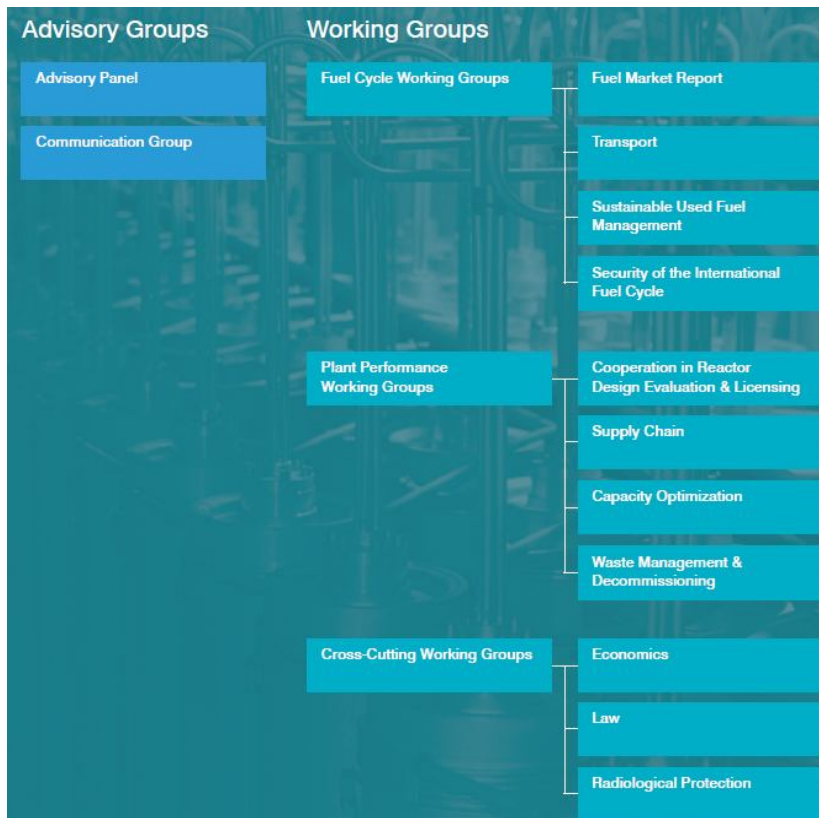
會員所屬電力公司之發電量占全球核能發電之 70%，而會員公司所生



產之原料鈾、轉化、濃縮服務將近全世界之所有產量，對於核燃料循環工業之影響極為深遠。

該組織除提供所有會員交換技術、商務及策略之服務外，還利用網頁資訊服務(Public Information Service 及 World Nuclear News)提供核能相關資料及發布重大核能資訊、定期舉辦國際會議及訓練課程(World Nuclear University)以促進國際核能交流與合作及對大眾宣導核能技術。此外 WNA 並與國際原子能總署(The International Atomic Energy Agency, IAEA)及世界核能發電協會(The World Association of Nuclear Operators, WANO)密切合作，共同致力於核能的推展與資訊經驗分享。

目前世界核能協會下設有咨詢小組(Advisory Groups)及工作小組(Working Groups) (詳如下列)。工作小組專責研討各類核能相關之議題，並提供各類重要核能研究報告，發布重大核能資訊，定期舉辦論壇會議，促進國際核能交流與合作，其中 Fuel Cycle Working Groups 主要負責核燃料循環相關需求與供應，每 2 年出版之 Nuclear Fuel Report 是廣為核能業界參考使用之報告。每年 1 月於倫敦召集會議，訂定當年度各該工作小組的計畫，並於 4 月 World Nuclear Fuel Cycle 及 9 月 WNA 年會時開會討論。



今年第 40 屆年會於 9 月 10 至 11 日在倫敦 the Park Plaza Westminster in London 召開，有來自 38 個國家大約 650 名代表與會。

會場外為展示區，幾乎所有的主要集團都有設點，如 AREVA, Cameco, URENCO, ROSATOM, Toshiba/Westinghouse 等，此外設點的還有市場報導公司如 TRADETECH, UxC 亦趁機與各個客戶洽談以收集資訊，其中比較特別的是韓國電力公司(KEPCO)，職很好奇電力公司賣什麼，原來是 KEPCO 推銷反應器暨整廠輸出，解說人員看起來非常年輕，語文能力很好，他表示除了硬體之外，他們亦協助客戶做一些當地核能溝通的事宜，職表示在台灣核能發電面臨諸多的抗爭，但是核能發電在韓國接受度遠高於台灣，台灣與韓國有什麼不同呢？

KEPCO 表示他們在進行溝通時主要的論述包括低碳排放，經濟性與安全性，主要的方式包括不定期舉辦活動、提供全方位各式研習、獎學金與實習機會(intern)以推廣核能通識同時廣建核能相關人才庫，與台電無多大不同，差異可能是環境的原因吧。有趣的是有一家 FinNuclear 公司，芬蘭的上市公司，今年剛加入 WNA，因為芬蘭的相關公司規模

都不大，由他們代表來參加 WNA，再分享會議資訊，此外這家公司還提供相關買賣及諮詢等服務，職乍聽之下以為是所有的買賣均由他們統籌辦理，他們聽到職的提問愣了一下，才回答不是，由各個公司自行決定，可見環境對人的思考限制有多大，對職而言，統籌辦理是常見的，對他們而言，應屬於極少數，預設想法太坑人了吧。



WNA 有鑑於競爭的重要性，特別要求所有會員於會議中或會議後遵守下列原則。



## Competition Guidelines

Recognizing the importance of compliance with all applicable competition (sometimes called antitrust) laws, the World Nuclear Association (WNA) asks all members to adhere to the following principles at its meetings and in any informal discussions before or after such formal meetings.

Competitors should not discuss and in any way agree or otherwise co-ordinate their activities in relation to any of the following

- prices;
- discounts or terms or conditions of sale of products or services;
- pricing methods;
- profits;
- profit margins;
- production cost data;
- future volume of production;
- market shares;
- sales territories or markets;
- customers; or
- anything else one would not want a competitor to know if wanting to compete against them as vigorously as possible.

They should certainly **not** suggest or hint that each should:

- adhere to specified output levels;
- leave certain customers to supplier A and other customers to supplier B;
- market products in country A in the expectation that others will "leave you alone" in country B; and
- serve certain customers who take certain actions or either agree or refuse to adhere to certain conditions.

---

These principles are taken from the **WNA's Competition Guidelines**, which are available on the WNA members' website. Members should familiarize themselves with these guidelines.

職除了參加 WNA 年會與工作小組會議外，並利用會議空檔，就若干核燃料營運事宜與參加會議之相關廠商代表交換意見，茲分別摘要如下，基於 WNA 會議簡報資料之專屬權或/與廠商討論內容涉及廠家之業務機密考量內容詳見於相關附件，僅供本公司內部參用，將不上傳行政院。



## 一、出席世界核能協會年會與工作小組會議

### (一)會員大會

WNA 依英國公司法召開會員大會(Member's Council and Annual General Meeting)討論及決議如下：

- 本年度重大支出事項為 WNA 辦公室租約到期，重新設置。祕書長 Ms. Agneta Rising 表示要兼顧經濟性與地理位置之便利性，在倫敦區實在不容易，感謝各方協助，新辦公室租約最終得以在預算內達成。
- 主席宣布確認 2016 年之會費結構及 WNA 營運預算(Operating Budgets)將不變，會費將反映英國之通膨(消費者物價指數及零售物價指數之平均)調整 1.2%。理事會接受及通過上述會費調整。

註：反映通膨上漲調整會費為過往慣例，本次依 CPI 及 RPI 兩項指數平均後為 1.2%，前已通知本公司，本公司審查同意，故職代表本司投同意票。

### (二)重大議題

本次討論的重點集中核能發電在世界未來能源供應組合中所扮演的角色，核能發電是低二氧化碳排化的能源以及可當為穩定基載的特性在本次大會中一再被強調，會中討論之重大議題歸結如下。

#### 1. 核能發電的展望

現任祕書長 Ms. Agneta Rising 於開幕致詞時指出，若要達成 IEA-NEA 2015 年 Technology Roadmap 中 2050 年溫度上升不高於 2°C，新核能發電需成長 680 GWe，佔所有來源中的 17%，然而基於核能發電不排放二氧化碳的優勢與供應的穩定性，核能發電的比例應提高至 25%，即核能發電裝置容量至 2050 年時應達 1000GWe，如此需每年有 10~33 部機併聯方可達成，相較過去的紀錄每年最高達 31 部機併聯，Ms.

Agneta Rising 認為這個目標是可達成的。

倫敦帝國學院(Imperial College)之榮譽高級研究員 Mr. Malcolm Grimston 與 Think Climate Consulting 公司之經理 Mr. Ben Heard 在隨後之發言指出，目前核能業界在進行公眾溝通時多著重於強調核能的安全性，其實更應強調能源組合的重要性，單一能源無法提供足夠的供應穩定性，100%的再生能源是如童話般美好的不實際與不可達成，實際上依據 Mr. Ben Heard 帶領團隊的研究指出，反而是應增加更多的核能發電。

人力資源是支撐所有發展的最重要基石，在核能業界新機組興建中斷這麼長時間以來，人力斷層與經驗傳承一直是一重大課題，如何提供未來新一代核能新機組所需之人力，Thomas Thor Associates 的執行長 Callum Thomas 表示，該組織(organization)針對目前核能業界到 2030 年所需要的各型專家與數量解析，又依專業區分為核能與非核能，發現未來在人力的供需平衡上出現很大的缺口，特是核能專業這部份供應不足，並強調人力資源管理的重要性。



## **Global Demand – Nuclear Skills**

### **2015 (figures from WNA August 2015)**

- 436 Operable Reactors
- Over 100 Reactors in Decommissioning
- 67 Reactors under construction

### **2020 – Estimates**

- 440 Operable Reactors
- 140-160 Reactors in Decommissioning + 40-60%
- 100-150 Reactors under construction + 50-150%

### **2030 – Estimates**

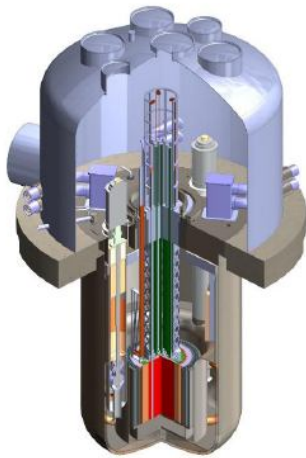
- 530 Operable Reactors + 20%
- 200-300 Reactors in Decommissioning + 100-200%
- 100-150 Reactors under construction + 50-150%

OECD NEA 之 Dr. Geoffrey Rothwell 與 IAEA 之 Dr. Victoria Alexeeva

亦發表他們分析未來核能發電人力聘僱的結果，人力均化後需求與供應的情形，人力均化只適合用於評比各型能源所需之平均需求，但是人力需求是依階段而有不同的，暫態不平衡是存在的常態，呼籲大家一起配合努力。

會中亦討論有關未來第 4 代反應器應具備的特性，除了傳統之安全與經濟性外，去化用過燃料亦為必備條件，如下圖。

## Advanced Nuclear Reactors



Potential advantages including:

- Ability to operate flexibly
- Inherent safety improvements
- Ability to burn used fuel
- Less waste generation
- Increased utilization and extension of uranium resources
- Higher energy conversion efficiencies
- Excess weapons plutonium disposition, and
- Access to markets for non-electric products via higher temperatures
  - Desalination
  - Hydrogen production

美國最大核能發電力公司 Exelon Generation 之執行副總 Mr. Michael Pacilio 表示，在美國電力公司有二種售電方式，一種是直接出售能源，由於頁岩氣開採技術的成熟，未來可見價格持續低廉，另一種則是在電力市場上出售，提供電力輸送者(Transmission System Operator, TSO) 電力，並獲取一定的津貼，相對的若電力公司違約(未如要求供電)，必須支付巨額的違約金。以 2013~2014 年間對北極風暴(Polar Vortex)對美國供電系統造成嚴苛的考驗，那時候煤堆結凍，造成煤電廠無法運轉發電，而天燃氣供應系統不足供應電力需求，而有核能發電仍保持穩定運轉，TSO 已認知核能發電的穩定性並給予肯定，渠旗下之核能電廠 Quad City 與 Byron 均已於近期之電力拍賣中售出未來數年之發電

量，Mr. Pacilio 表示下一階段的努力目標將是核能發電對環境的正向觀點。

經濟合作暨發展組織(OECD)核能署(NEA)之核能發展處(Nuclear Development Division) 處長 Mr. Jaejoo Ha 特別針對價格風險表示：相較於天燃氣發電，核能發電與再生能源電廠之建廠成本高，當市場價格不佳，天燃氣發電之投資可隨時喊停或調整，投資者的損失不大，但是核能發電與再生能源電廠已投入約 80% 成本，對投資者而言是很大的價格風險，是所以在自由市場這二種發電類型是很自然的被排除在考量之內，Mr. Ha 強調"自由市場與減碳是無法綁在一起的(A liberalised market and decarbonisation cannot marry together.)"(註：美國近二年來已有 5 部核能機因經濟原因提前除役)。他認為核能發電有其不可忽略的優勢，應該避免這種競爭的發生，例如中國或俄羅斯在土耳其之 Akkuyu 新核電廠一樣，興建前即確認售價，減少市場不確定的影響，以提高投資者的意願。

匈牙利總理辦公室(Prime Minister's Office)主管 PAKS II 的委員 (Commissioner) Mr. Attila Aszodi 則認為自由市場不是問題，他認為是對再生能源的補貼扭曲了市場機制，目前補貼將近 200 億歐元，已相當於售電總價。

對核能業界法規管制者所扮演的角色，英國核能管制辦公室(UK's office for Nuclear Regulation)前主任 Mr. Mike Weightman 指出管制者必須接納業界的改變，他認為新設計應於早期就有法規管制者參與，可以使新設計請照過程更有效率。此外，回顧核電發展史上重大事故，大部份是與制度相關(institutional failures)而非技術的問題，福島事故更証實如此，Mr. Weightman 目前正於劍橋大學(Cambridge University)進行如何將核能分析中之安全評估方法論用於評估制度上強度 (institutional robustness)，以進一步提昇核能發電的安全性。



## 2. 未來市場發展

WNA 於工作小組與年會中均對本年度新發行之 The 2015 Nuclear Fuel Report 詳細說明，主要結論為未來核能發電需求持續成長，核能發電到 2035 年前以較 1990 年代更為快速成長率成長，大部份的新需求來自亞洲區。鈾料供應可以充份滿足需求，但是現有礦區將逐漸耗乏，仍需新礦加入，二次供應是影響市場價格變化的重要因素。加工服務部份（轉化、濃縮與製造），總體而言供應可以滿足需求，2020 年以後對俄羅斯所設之貿易限制將解除，供應將更加充份詳如附件 A。

## 3. 新建核能計畫之經濟性

經濟合作暨發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)核能署(Nuclear Energy Agency, NEA) 之核能發展處(Nuclear Development Division) 處長 Mr. Jaejoo Ha 發表最新版有關發電之成本分析，本分析是一長期之研究計畫，由核能署於 1981 年開始，1989 年以後 IEA 加入，本次為第 8 版更新。

主要結論為三種基載電力(新建核能、燃煤與複循環天然氣 CCGT)中，新建核能電廠之建廠成本最高，均化後成本(Levelised Cost of Electricity, LCOE)，燃煤與天然氣之 LCOE 較不受折現率變化之影響，新建核能則變化較大，在 3%折現率下新建核能之 LCOE 低於燃煤與天然氣，7%折現率下新建核能與燃煤差不多，而 10%折現率下高於燃煤與天然氣，詳如附件 B。

## 二、與廠商洽談

核燃料市場是國際性的，分散全球各地，平時往來主要靠電子郵件以英文溝通，職覺得，面對面的溝通不僅直接而且減少誤解，是最有效率的方式，WNA 年會聚集核能業界所有主要的參與者，本次會期中職趁機與各廠商交換意見，主要包括 AREVA、Centrus、ConverDyn、Cameco、NUKEM、URENCO 等，摘要詳如附件 C。

## 肆、感想與心得

能源供應的穩定性與可靠性對民生與經濟發展是非常重要的，在追求穩定供應的目標下，完全依靠再生能源提供電力是不可能的任務，供電組合是必需的，以美國 2013~2014 年間北極風暴(Polar Vortex)對供電系統的影響為例，煤堆結凍燃煤電廠無法運轉，而天然氣供應不足，幸好還有核能發電保持穩定運轉，當時至少有 200 萬人受影響，損失不可估計，至少達 50 億美元以上<sup>1</sup>。再者，能源供應的自主性亦深深影響前述穩定性與可靠性，因此，供電組合的內容與比例依各國或各區域的獨特性而有很大不同。在沒有自產能源的國家，核能發電提供一定程度的自主性，最有名的一句話 "We have no coal, we have no oil, we have no gas, we have no choice." 是法國堅持核能發電的重要論述，法國能源政策目標在 2025 年時核能占比為 50%，日本最近新發表之能源政策，目標在 2030 年時核能占比達 20~22% (約相當於 35 部核能機組運轉)，核能是能源組合中不可或缺的選項。

自 2011 年 3 月 11 日日本福島核子事故發生後，對日本及歐洲各國之核能發展衝擊最大，各國紛紛放緩核能發展的腳步。但在中國，今年新批准了二個新核能計畫，日本於 7 月第一部機組重啟後，業界關注的焦點重新移回對核能發電未來的展望，現任祕書長 Ms. Agneta Rising 於開幕致詞時指出核能發電裝置容量至 2050 年時應達 1000GWe，雖然會中有不同的意見，但是多是針對成長速度的快慢，大家一致認同在走過福島核子事故的考驗後，核能發電仍是提供減碳能源的重要選擇，未來將持續成長。

福島核子事故後核燃料市場因需求減少，市場活動萎靡不振，價格大幅下跌，投資者因經營環境的劣化而退出市場，影響供應面的投資或阻礙新興生產商的發展，雖然長期需求持續成長，然而核燃料供應商

---

<sup>1</sup> "Deep freeze may have cost economy about \$5 billion, analysis shows". Durangoherald.com. 2014-01-10. Retrieved 2014-01-15.

是否能從目前低迷的市場中回復並且及時修正與反應，應密切注意。

隨著環境的改變與技術的研革，積極參與業界活動，以掌握最新之動向，同時可從他人的經驗分享中，發現新的思維，繼而發展出新的做法，是現下國內核能發展前景不明時應全力以赴的目標。以現今的技術來看，環保與經濟只能最適化，但是環保與經濟是否真如魚與熊掌不可得兼，在在考驗眾人的智慧，期盼第 4 代新型反應器能提供這個難題一個最佳方式。

人力資源的有效運用一直是門藝術，如何在對的時間把合適的供應放到需求點上是人力管理的極致追求，現今核能發展已脫離區域性成為全球性，如何建立人力資源平台，同時積極培訓與發展在本次會中多見討論，預期未來核能專業人員在人力的供需平衡上將出現很大的缺口，很多公司，例如 CNNC、KEPCO、ROSATOM 均致力於技術與人力資源的輸出，甚有人力資源公司亦隨之成立，反觀本公司，隨著各核能電廠屆除役，台電核能從業員工應是台電的可增值的重要資產，如何活化與運用，似可參考業界做法，及早整體規劃。