

出國報告（出國類別：參加會議）

參加第 8 屆 21 世紀和諧核電系統
國際會議

**8th International Symposium on Symbiotic Nuclear
Power Systems for 21st Century (ISSNP2016)**

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：鄧之平技士

派赴地區：中國大陸

出國期間：105 年 9 月 25 日至 105 年 10 月 2 日

報告日期：105 年 11 月 11 日

摘要

21世紀和諧核電系統國際會議（International Symposium on Symbiotic Nuclear Power Systems for 21st Century, ISSNP）是由日本、韓國及中國大陸三方輪流辦理，每1-2年舉辦一次，今年為第八屆，會議地點於中國大陸四川省成都市舉行，會議期程三天（105年9月26日至28日），由中國大陸核動力研究設計院（Nuclear Power Institute of China, NPIC）主辦，哈爾濱工程大學（Harbin Engineering University, HEU）協辦，出席人數約260餘人，參與者來自美國、丹麥、巴基斯坦、日本、韓國、中國大陸及我國等，本次會議內容討論世界核能科學與技術發展的議題，探討了核能領域的新技術與方法、核能發電系統的安全性和經濟性、21世紀核能發電系統與人類和環境和諧發展，其目的是經由探討先進的核能發電技術，促進核能與人類、環境和社會之共生發展，本屆研討主題分四大類討論：1.核能在經濟、社會及環境方面的安全和風險、2.核能發電系統的人機介面、運作支援、測試維護、運轉、儀控及感測技術、3.能源系統整體面討論（如核能多用途應用、核燃料循環、核電廠除役等）、4.核能工程(如反應器物理、熱流、反應器爐心及核燃料狀態)，僅就本人業務較相關議題節錄會議內容重點，並提出心得與建議。

目 次

	頁次
一、目的.....	3
二、行程.....	3
三、過程紀要.....	4
四、心得與建議.....	19

參考資料

1. Conference Program : 8th International Symposium on Symbiotic Nuclear Power Systems for 21st Century (ISSNP2016)
2. Guideline for Ensuring Safety of Raw Materials and Products Containing Uranium or Thorium,文部科學省 (2009.6.26)

一、目的：

藉由參加第8屆21世紀和諧核能發電系統國際會議，以瞭解各國目前最新之核能發展現況，進而瞭解現今核能於經濟、社會及環境輻射方面的發展與國際趨勢，並與國際相關單位建立資訊交流管道，可提昇我國輻射安全管制作業。

二、行程：

日期	到達地點	工作內容
105.9.25(日)	台北→成都	去程
105.9.26(一)	成都	參加第8屆 ISSNP2016 會議
105.9.27(二)	成都	參加第8屆 ISSNP2016 會議
105.9.28(三)	成都	參加第8屆 ISSNP2016 會議
105.9.29(四)~ 105.10.1(六)	成都	原定返國日當天各航班機票售罄，故延於10/2回國，中間以休假方式處理。
105.10.2(日)	成都→台北	回程

三、過程紀要：

(一)第 8 屆 21 世紀和諧核電系統國際會議 (ISSNP2016)：

第 8 屆 21 世紀和諧核電系統國際會議(會議資料如附件一) 於 2016 年 9 月 26 日至 9 月 28 日在中國大陸四川省成都市召開(圖一)，為期三天的會議，出席人數約 260 餘人，與會之專家學者來自美國、丹麥、巴基斯坦、日本、韓國、中國大陸等，會議形式分為專題演講及技術研討會兩大部分進行，其中專題演講以邀請各領域之專家學者進行經驗分享方式進行，技術研討會則由各國研究人員進行論文發表。藉由各國專家學者之研究與分享，讓與會者瞭解到各國核能發電的現況與技術。



圖一、參加第 8 屆 21 世紀和諧核能發電系統國際會議(ISSNP 2016)

(二)會議研習心得及議程：

本次會議於 9 月 26 日上午舉行大會開幕式，由中國大陸核動力研究設計院余紅星(Hongxing Yu)博士主持(圖二)，並代表會議主辦單位對參加會議的各國賓客表示歡迎、對大會技術委員和工作同仁表示感謝，當中也回顧了 ISSNP 的歷史、闡述了 ISSNP 國際會議的和諧核電內涵，期許各與會者為世界核能和平利用和核能與人類社會和諧共生發展共同努力，第一、二天上午安排 5 場專題演講，每場演講安排約 30 分鐘，通過深入研討與交流，讓與會專家學者與學員對彼此的研究都有清楚的瞭解與想法。下午展開的分場技術研討會，是由來自世界各地之研究人員進行簡報，就反應器物理、安全分析、核能安全、儀控設備及核燃料等議題進行討論，會中各與會者討論熱絡，而研討會議之議程詳如表一至三。

為期三天的學術交流中行程緊湊、活動密集，與會的專家學者熱情的參與並提問，此次會議的召開為專家們提供了一個國際間交流與合作的溝通管道，對核能領域之人才培養，以及世界各國核能應用與人類及環境和諧發展有莫大助益。

而會議最後一天從 146 篇投稿論文中選出 8 篇優良作品，由日本共生社會研究會會長 Yoshiikawa 博士及哈爾濱工程大學核學院高璞真教授進行頒獎(圖三)，鼓勵各領域的年輕學者努力提升自我能力與技術，只有先進的核能技術才能保證核能發電的安全與管理，使核能發電與人類、環境和諧發展。唯有讓專家、學者和研究人員共同討論和諧核能系統技術，方能促進國際之間的學術交流和核能領域人才培養，並為核能和平利用和核能與人類社會和諧共生發展產生正面效果。



圖二、開幕會主持人&來賓介紹



圖三、頒獎儀式

表一、研討會議第一天議程表

日期 9/26 時間	議題	報告人/備註
08：30- 09：20	開幕致詞 1. 主辦單位致詞 2. 技術委員會致詞 3. 承辦單位致詞	1. Junchong Yu 2. Kan Wang Hidekazu Yoshikawa 3. Zhijian Zhang (HEU,China) Hongxin Yu (NPIC,China)
09：20- 09：40	照像/休息	
09：40- 12：10	專題演講 1. Perspective to make nuclear power plants more resilient 2. 3-D Thermal-hydraulic computation of KEY NPP Components By CFD Porous Media Model 3. Insights from accident probability calculation for spent fuel transportation and storage 4. Nuclear Reactor Design and Relative Safety Issues Research 5. Research on real-time on-line risk monitor technology in NPP	1. Akio Gofuku (Okayama University) 2. Guanghui Su (Xi'an Jiaotong University) 3. Hyun Gook Kang, (Korea Advanced Institute of Science and Technology) 4. Hongxing Yu, (NPIC) 5. Wang He (HEU)
12：10- 13：30	中餐	
13：30- 15：00	分場技術研討會(分四個主題討論) 1. 反應器物理(6個小題) 2. 安全分析(6個小題) 3. 儀控(6個小題) 4. 設備(6個小題)	每個主題分6個小題 於不同會議室進行
15：00- 15：20	休息	
15：20- 17：20	分場技術研討會(分四個主題討論) 1. 反應器物理(6個小題) 2. 核能安全(6個小題) 3. 儀控(6個小題) 4. 核燃料(6個小題)	每個主題分6個小題 於不同會議室進行

表二、研討會議第二天議程表

日期 9/27 時間	議題	報告人/備註
08 : 30- 10 : 30	<p style="text-align: center;">專題演講</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Temporal Aspects of Multilevel Flow Modeling 2. JMCT Monte Carlo Simulation Analysis of BEAVRS and SG-III 3. Design features and demonstration strategy of a Transportable Fluoride salt-cooled High-temperature Reactor (TFHR) 4. Transition of the Mission Success Probability under Severe Accident Conditions: Analysis by the GO-FLOW Methodology and the Consideration of Uncertainty 5. Using Accelerator to simulate Neutron Damage in Reactor: Current Progress, Challenges, and Issues 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Morten Lind (Technical University of Denmark) 2. Li Deng (Institute of Applied Physics and Computational Mathematics) 3. Hu Linwen (Massachusetts Institute of Technology) 4. MATSUOKA Takeshi (Utsunomiya University) 5. Lin Shao (Texas A&M University)
10 : 30- 10 : 50	休息	
10 : 50- 11 : 50	<p style="text-align: center;">分場技術研討會(分四個主題討論)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 反應器物理 (4 個小題) 2. 核能安全 (4 個小題) 3. 儀控 (3 個小題) 4. 設備 (4 個小題) 	每個主題於不同會議室進行
11 : 50- 13 : 30	中餐	
13 : 30- 15 : 00	<p style="text-align: center;">分場技術研討會(分四個主題討論)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 反應器物理 (6 個小題) 2. 核能安全 (5 個小題) 3. 儀控及模擬 (4 個小題) 4. 新式反應器 (6 個小題) 	每個主題於不同會議室進行
15 : 00- 15 : 20	休息	
15 : 20- 16 : 50	<p style="text-align: center;">分場技術研討會(分四個主題討論)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 反應器物理及核燃料 (5 個小題) 2. 熱流 (6 個小題) 3. 熱流 (6 個小題) 4. 安全分析 (6 個小題) 	每個主題於不同會議室進行

表三、研討會議第三天議程表

日期 9/28 時間	議題	報告人/備註
08：30- 10：00	分場技術研討會(分四個主題討論) 1. 熱流(6個小題) 2. 模擬及模型(6個小題) 3. 嚴重事故(5個小題) 4. 反應器實驗(6個小題)	每個主題於不同會議室進行
10：00- 10：20	休息	
10：20- 11：20	分場技術研討會(分四個主題討論) 1. 模擬及模型(4個小題) 2. 核能安全(4個小題) 3. 熱流(4個小題) 4. 核能安全(4個小題)	每個主題於不同會議室進行
11：20- 12：10	頒獎	
12：10- 13：30	中餐	
13：30	參訪中國大陸核動力研究設計院	

(三)會議內容：

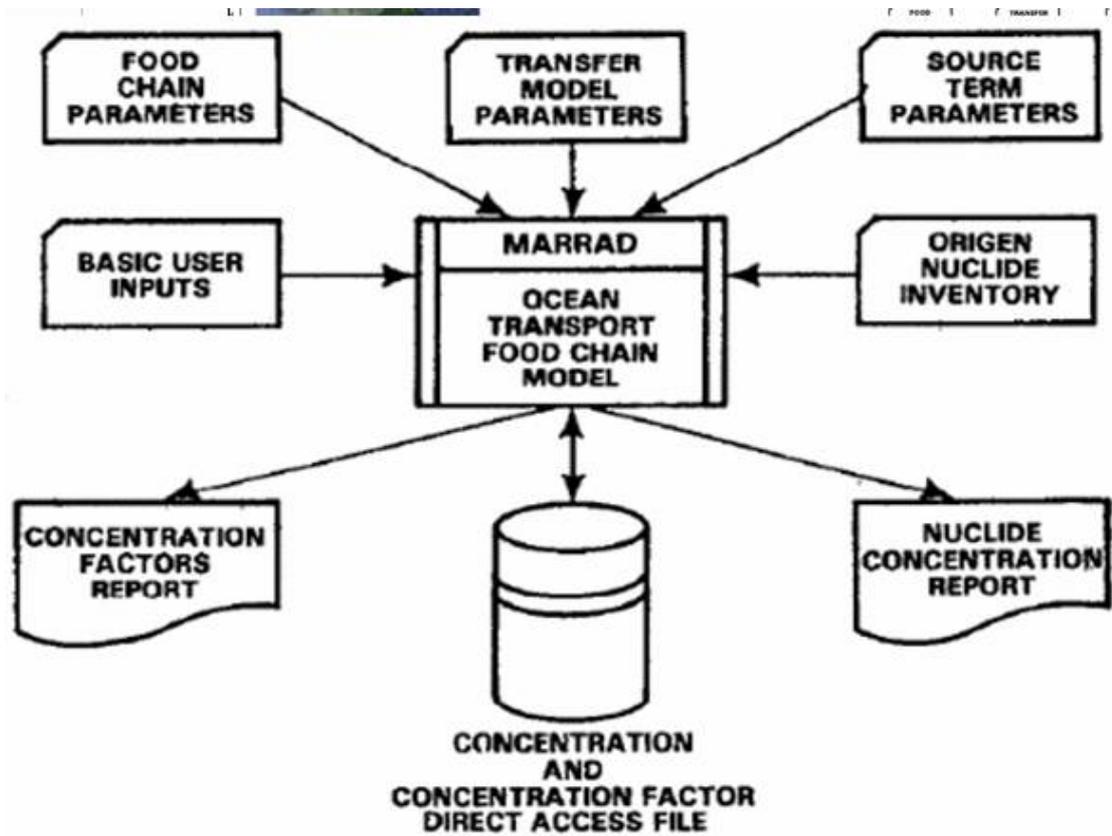
21 世紀，能源與環境成為國際社會在可持續發展中面臨的共同問題。隨著傳統能源的消耗和氣候變化的壓力，核能作為安全、清潔的能源受到許多國家的重視。於此同時，與核能開發有關的核能安全、輻射防護、核廢料的處理、鈾資源的利用、防止核擴散以及民眾接受等問題，也引起各界的廣泛注意。

本次會議投稿數目多達 146 篇，會議主題分四類討論：1.核能在經濟、社會及環境方面的安全和風險、2.核能發電系統的人機介面、運作支援、測試維護、運轉、儀控及感測技術、3.能源系統整體面討論（如核能多用途應用、核燃料循環、核電廠除役等）、4.核能工程(如反應器物理、熱流、反應器爐心及核燃料狀態)等四類討論，研討會所涵蓋的範圍非常廣泛，以下僅就與本人業務較相關之輻射防護議題節錄會議內容重點。

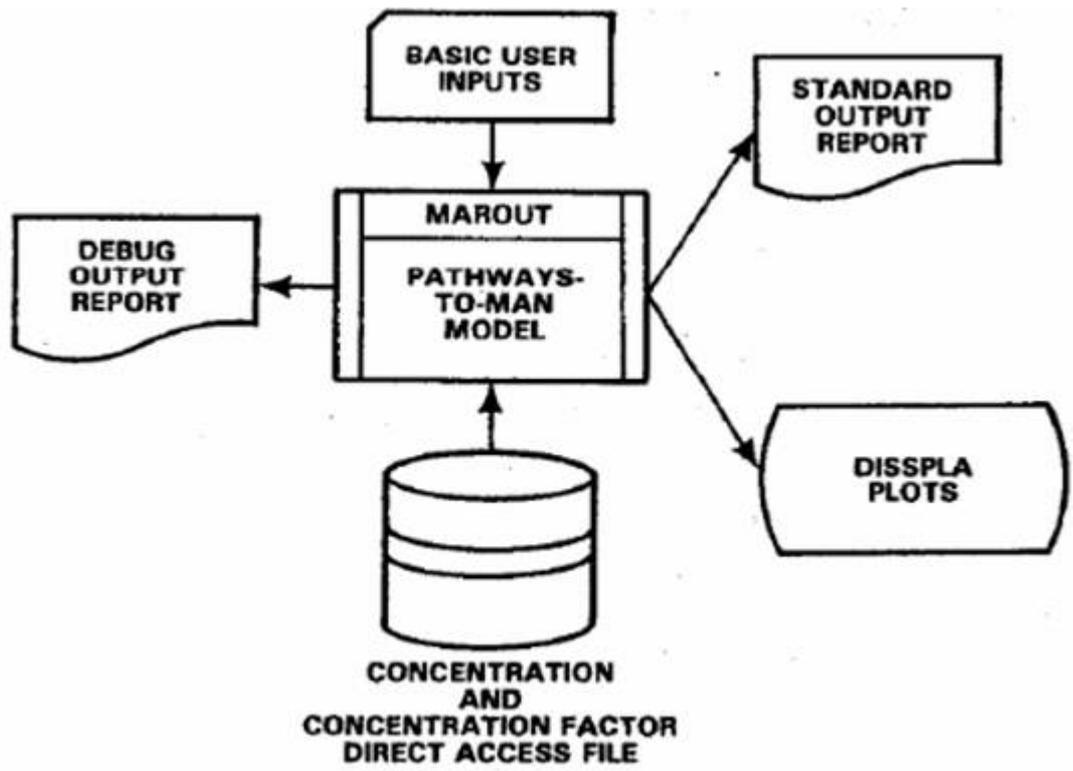
1. 第 1 位演講者為 Hyun Gook KANG，任職於韓國科學技術院核與量子工程系教授（Korea Advanced Institute of Science and Technology），演講題目為瞭解用過核燃料之運輸及儲存的意外事故機率（Insights from accident probability calculation for spent fuel transportation and storage，圖四），其講述韓國核燃料處置已成為各發展核電國家的重大的議題，韓國境內 23 座核能發電廠內的用過核燃料儲存池容量使用率約 70%，預計於 2024 年達到飽和狀態，屆時必須將用過核燃料從廠區移出至適當場所存放，因此須對用過核燃料在運送過程及貯存時可能遇到的風險進行評估，本篇提到有三種的意外事故情境可能發生，分別是海上運送時發生碰撞，飛機衝撞貯存設施及燃料於廠區運送至碼頭可能發生的意外風險，當中也提到海上運送意外發生時所造成的放射性影響評估，劑量評估計算係使用 MARINRAD 軟體(專門評估海洋中放射性廢料造成的影響)，MARINRAD 軟體分為海洋遷移模式(Ocean Transport Model)、穩態食物鏈模式(Steady-State Food-Chain Model)及對人的途徑模式(Pathways-to-man Model)，其中 MARINRAD 軟體之輔助程式分為 MARRAD(用來計算海洋遷移模式及穩態食物鏈模式，圖五)及 MAROUT(用來計算對人的途徑模式，圖六)。



圖四、演講者 Hyun Gook KANG 教授



圖五、MARRAD 資料流程圖



圖六、MAROUT 資料流程圖

- 第 2 位演講者為 Akio Gofuku ，任職於日本岡山大學（Okayama University），為自然科學與生命醫學工程學院之教授，演講題目為:使核電廠更安全的措施（Perspective to make nuclear power plants more resilient，圖七）內容講述透過分析福島事故發生的原因及經驗回饋，使核能電廠更加安全，其中提到可藉由改善硬體設備(添購安全器材及備妥移動設備)、更新軟體設計(監測廠內情況及針對突發事件的判斷)及加強員工教育訓練(技術及非技術層面)，發生事故時為使電廠更安全，人為因素的考量是非常重要的，另為避免人為疏失發展電腦運算程序(Computer Based-Procedures,CBP)及推展教育訓練，都可將增加員工應變能力，避免事故發生。



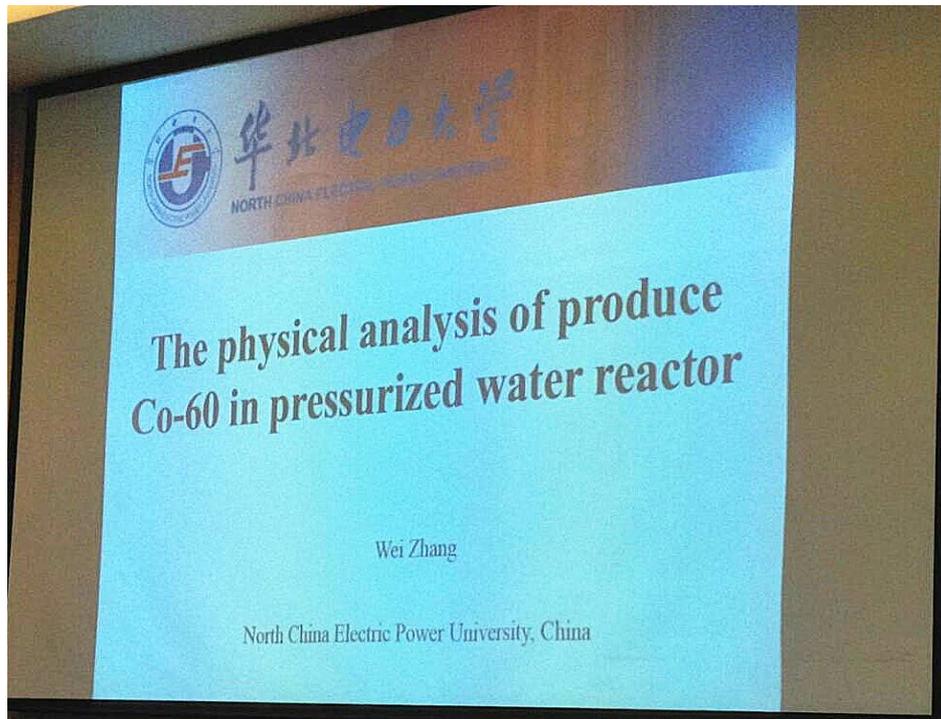
圖七、演講者 Akio Gofuku

3. 第 3 位演講者為 Yun Mirae，為韓國科學技術院核與量子工程系研究生（Korea Advanced Institute of Science and Technology），演講題目為：用過核燃料於海上運送意外時釋放出之放射性物質濃度分析（Analysis of concentration of released radioactive material from a maritime spent fuel transportation accident，圖八），內容講述自福島電廠事故後，人們擔心放射性物質釋出到海洋後所造成的影響，但許多研究顯示海洋中的放射性濃度在幾年後就會被稀釋到背景值範圍，而海洋中放射性物質的擴散與洋流的移動密不可分，如果意外發生在韓國核電廠，因韓國電廠建於海岸線，因此放射性物質會擴散和污染海中生物，故本篇主要在分析及研究放射性物質擴散的結果。機率安全評估(probabilistic safety assessment, PSA)方法是用來分析當船隻於海上運送用過核燃料時不小心發生碰撞後，其釋出的放射性物質的影響情況。然擴散的放射性物質會於短時間被稀釋並不會造成嚴重的健康效應。更進一步的說，因健康效應的評估需考量海洋中各食物鏈生物體中所含的放射性濃度及年攝食率來決定，而經各因素考量評估，核電廠事故所釋放出放射性物質到海洋對民眾健康影響不大。



圖八、演講者 Yun Mirae

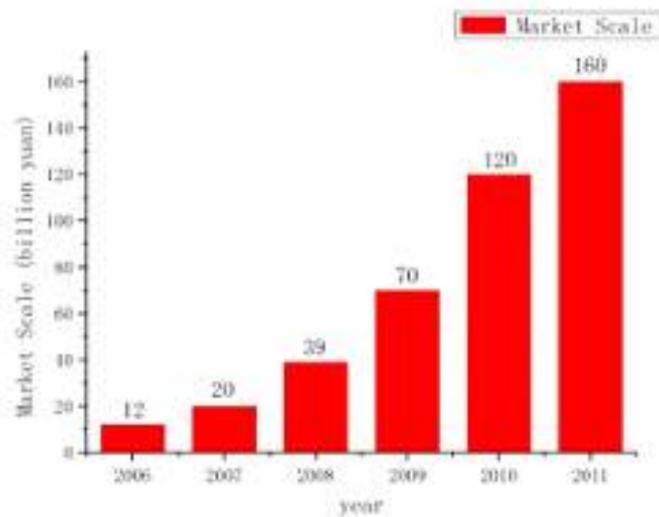
4. 第 4 位演講者為 Wei Zhang，為中國大陸華北電力大學研究所學生，演講題目為：壓水式反應器產生鈷-60 的物理特性分析 (The physical analysis of produce Co-60 in pressurized water reactor，圖九)，內容講述目前鈷-60 廣泛應用於農業、工業及醫療上，由於鈷-60 的廣泛應用，因此、如何大量生產高比活度的鈷-60，是許多國家的熱門研究。通常鈷-60 是經由 $59\text{Co} (n, \gamma) 60\text{Co}$ 產生的，為得到高比活度之鈷-60，一般係在反應器內放置一含天然鈷或含有鈷材質的靶，經中子活化而造成。目前可以生產放射性同位素鈷-60 的商用核電廠只有 6 座，如表一。最近幾年對鈷-60 的需求顯著增加，從 2006 到 2011 年鈷-60 的市場產值如圖十，且根據 Roskill 公司預測，近年來對鈷需求的成長率將超過 6%，預估 2017 年全球對鈷的需求量會達到 10 萬噸，然而，鈷的產量明顯供不於求，因此利用壓水式反應爐 (PWR) 找出更有效率的方法來補足此需求是明顯重要的。



圖九、演講投影片

表一、The supply of commercial nuclear power plants

number	Production unit	Supply/year (ten thousand Ci)
1	Russia MAYAK Leningrad nuclear power plant (graphite reactor)	800
2	the Canadian CANDU Reactor	1000-1500
3	Argentina CANDU Reactor	200-300
4	the reactor of Qinshan CANDU	500
5	the Clinton power plant(BWR)	Unclear
6	Hope Creek reactors (BWR)	Unclear



图十、The analysis of Market Scale of Co-60 from 2006 to 2011 (billion yuan)

(四)其它：

本次參加 ISSNP2016 國際會議，場合中與三位日本專家學者（五福明夫 岡山大學教授；吉川榮和 共生社會研究會會長；松剛猛 宇都宮大學講師）交流，並藉此討論目前日本對含天然放射性物質的管理方式，相信可幫助本會未來在天然放射性物質管理辦法修正上更加嚴謹。而日本文部科學省於 2009 年 6 月提出一份管理導則資料(附件二：Guideline for Ensuring Safety of Raw Materials and Products Containing Uranium or Thorium)，對於處理天然放射性物質（NORM）之原物料的製造商及進口商，導則建議可先行要求其自主管理，而並非立法強制管制，摘譯該導則重點如下，提供參考：

有關使用含鈾、鈾等 NORM 原料的製造商或商品進口商之部份，該導則要求其應實施自主管理。經過適當的自主管理，對於工作人員、附近的居民及商品使用者都能減少不必要的輻射曝露，增進輻射安全。目前國際間對於含鈾、鈾原料之管制標準，有下列文獻可資參考：

- 1、ICRP-82號報告對於產品的干預豁免標準為1毫西弗/年。
- 2、IAEA-115號報告(BSS)針對材料未達1公噸級別的豁免管制值為10微西弗/年，對鈾、鈾的濃度設定為1貝克/克。
- 3、IAEA Safety Guide No. RS-G-1.7報告針對材料達1公噸級別或更重鈾、鈾的濃度豁免管制值為1貝克/克。(UNSCEAR 2000報告，此數值約為全球土壤分布中含放射性鈾、鈾濃度偵測結果之上限)。
- 4、2007年IAEA舉辦的第五屆天然放射性物質國際研討會結論提到，對 NORM而言，將10微西弗/年改為1毫西弗/年是較合宜的。

綜合考慮上述國際趨勢，該導則對天然放射性鈾或鈾之活度濃度標準採用 1 貝克/克；而劑量限值標準採用 1 毫西弗/年。對於精煉的鈾、鈾原物料，由於幾乎不含子核種，其輻射曝露率與平衡狀態下之鈾、鈾原物料比較，僅約為十分之一，所以豁免值採 10 貝克/克。

而該導則對於含 NORM 商品的規範項目如下：

- 1、確保原料、產品等之曝露率小於 1 毫西弗/年。
- 2、直接接觸人體的商品每件需小於 8000 貝克。
- 3、精煉的鈾、鈾所製成直接接觸人體的商品每件需小於 80000 貝克。

另有關 NORM 之相關資訊可參考日本國立研究開發量子科學技術研究開發機構(NIRS)放射線醫學綜合研究所網站 (<http://www.nirs.go.jp/index.shtml>)查詢 (圖十一)。

The screenshot shows the website interface for the National Institute of Radiological Sciences (NIRS). The main heading is '自然起源放射性物質 (NORM) データベース'. Below the heading, there are navigation tabs: '劑量計算', '天然放射性物質的', '管制信息', '詳細數據', '詞彙表', and '專業信息'. The '詳細數據' tab is selected. The main content area displays a list of materials under the heading '■自然資源'. The list is organized into two columns: '-金屬礦石和非金屬礦石' and '-石和礦物'. Each item in the list is a link to detailed information.

-金屬礦石和非金屬礦石	-石和礦物
鋅礦 (閃鋅礦等)	安山岩
鋁礦石 (如礬土)	高嶺土
鈾礦 (瀝青鈾礦等)	花崗岩
鉻礦 (如鉻鐵礦)	花崗閃長岩
鉛礦石 (鉛石，如二氧化鉛礦)	橄欖
鎢礦 (鎢酸鐵等)	輝石岩
鈦礦 (金紅石，鈦鐵礦等)	凝灰岩
鐵礦石 (如切鐵)	玄武岩
銅礦 (如黃銅礦)	石板
錳礦 (例如水錳礦)	石灰石
鉬礦 (如硫化鉬)	千枚岩

圖十一、放射線醫學綜合研究所網站頁面

四、心得與建議：

(一) 心得：

1. 此次參加由中國大陸舉辦的第 8 屆 21 世紀和諧核電系統國際會議 (ISSNP2016)，參與國家有美國、丹麥、巴基斯坦、日本及韓國等，出席人數約 260 餘人，規模盛大，齊聚了各國的研究人員，本會議除可獲得最新國際資訊，另藉國際會議場合與各國專家學者建立溝通管道，俾可完善與精進我國輻防管制體系，確保民眾安全。
2. 本次會議與日本學者交流討論對含天然放射性物質商品的管理方式，日本導則對處理天然放射性物質之原物料的製造商及進口商是要求其自主管理，相信此管理方式可幫助本會未來在天然放射性物質管理辦法修訂上更加嚴謹。
3. 本次於中國大陸參訪期間，其在大眾運輸地點（如機場、車站及地鐵）中都設有安全檢查，其中機場及車站裝有人體安檢儀、行李 X 光安檢儀及金屬門框探測器，而地鐵設有行李 X 光安檢儀及金屬門框探測器，民眾進入前必須先經過安檢無問題後方可搭乘，然此人體安檢儀引起當地民眾恐慌，而報導也指說檢查人員當下未準確告知孕婦照射 X 光的風險，而是說為防止意外摔倒，請老人、小孩、孕婦、殘疾人走人工安檢通道（圖十二），事後經大陸當局調查發現，此 X 射線人體安檢設備依「射線裝置分類辦法」屬於「其它高於豁免水平的 X 射線機」，為第Ⅲ類射線裝置，應根據「放射性同位素與射線裝置安全和防護條例」和「放射性同位素與射線裝置安全許可管理辦法」的相關要求，填報相關登記表和取得輻射安全許可證，因此大陸當局已要求未經許可生產和使用此類設備的單位，立即停止使用，而台灣目前並無使用該類設備，未來若有使用，本會將依相關法規進行管制。

4. 我國核能發電正邁向「非核家園」的過程，未來在除役與貯存階段也需注意與人類、環境和社會之共生發展。



圖十二、機場與地鐵之安檢措施

(二) 建議：

1. 為加強學術交流，持續精進技術並與國際接軌，建議我國仍應多參加相關國際會議，助益我國在核能研究領域的量能，以確保核安及輻安管制，讓民眾心安。
2. 有關天然放射性物質（NORM）之管理，各國迄今無一致的管理規定，本次與日本專家討論日本導則相關內容，建議我國可參採日本對 NORM 之自主管理精神並持續掌握國際間對 NORM 之管理，可使本會在天然放射性物質管理辦法修正上更加嚴謹。
3. 我國能源政策方向乃積極開發綠色新能源，然為持續精進目前核能電廠之安全管理並完善電廠除役輻射防護管制技術，建議仍應積極培育新一代輻射防護人才，確保民眾安全及落實經驗傳承。