

出國報告（出國類別：出席國際會議）

## 出席第五屆亞太地區放射化學研討會

服務機關：行政院原子能委員會輻射偵測中心

姓名職稱：劉祺章 技正

蔡文賢 技士

派赴國家：日本

出國期間：102年09月22日～102年09月28日

報告日期：102年10月22日

## 摘要

第五屆亞太地區放射化學研討會是核化學和放射化學研究領域的一個重要會議，今年會議以福島事件的相關議題為主軸，主題包括放射化學分析、輻射教育、核鑑識、核化學等，這次本中心以「多因子設計探討生物樣品銻 90 含量耐變性評估」為題發表論文，內容提及銻 90 分析需要進行繁覆的化學分離步驟，因此透過多因子實驗設計，以最少的樣品找出分析作業中最容易產生失效的因子，並提出各因子可容忍範圍。開會期間出國人員與國際專家學者就相關議題發表論文內容進行經驗與技術交流，並對目前國際間所關注的課題交換意見。本報告將會議中關於福島事件、環境放射分析、核鑑識、質譜儀應用等主題做摘要敘述，並建議未來對於非人類生物輻射劑量評估、環境輻射分析技術精進、核鑑識與質譜儀應用等議題應加以重視。

## 目次

正文 .....	1
(一)、目的 .....	1
(二)、行程與紀要 .....	2
(三)、心得與建議 .....	11
(四)、附件 .....	14

## (一)、目的

2013 年第五屆亞太放射化學研討會(Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry, APSORC 13) 於 2013 年 9 月 22 日至 2013 年 9 月 27 日在日本金澤市舉行。亞太放射化學研討會是由國際純化學和應用化學聯合會 (IUPAC) 認證的國際系列會議，是核化學和放射化學研究領域的一個重要會議，每四年舉辦一次，至今已有 16 年歷史。第一次研討會於(1997 年)在日本熊本舉行，隨後在日本福岡(2001)，中國北京(2005 年)，與美國納帕谷(2009 年)等地辦理，四年後(2017 年)預計在韓國首爾舉行。

APSORC13 研討會雖舉辦國均為亞太地區國家，但實際是為世界各國核化學、放射化學及相關學科與技術的各個領域提供一個針對當前發展和新興問題的研究課題討論與交流平台。尤其是專門為日本在 2011 年三月福島第一核電廠事故所造成的問題的安排特別會議。主辦單位是日本核化學與放射化學學會與金澤大學共同舉辦，參加的國家除亞太各國外，歐洲國家也均有派員參加。

本次研討會規畫的科學主題十分廣泛包括有：

- 1、福島問題
- 2、核化學與放射化學教育
- 3、核鑑識
- 4、核能相關化學
- 5、核化學(基礎化學)
- 6、銅系元素化學
- 7、環境放射化學
- 8、放射性藥物化學(核子醫學)
- 9、材料科學核探針
- 10、活化分析
- 11、放射化學技術的應用。

涵蓋了放射化學領域所有的課題，因此我們也利用這次機會發表一篇論文於環境放射化學的主題，內容關於生物樣品鋇 90 分析的耐變性分析，國內核能研究所發表兩篇論文，成功大學地科所發表一篇論文。希望藉此機會能夠與世界其他國家相關領域的專家們進行技術與經驗交流。並能參考其他國家的研究的方向與內容以及各國關心的課題，做為我們國內未來發展或精進相關技術的借鏡。

## (二)、行程與紀要

行程概要如下：

09月22日	由高雄經桃園機場到達日本小松市再轉搭巴士至金澤市。
09月23日 至 09月27日	於日本金澤市召開「第五屆亞太放射化學研討會」，白天議程為口頭報告，晚間進行壁報發表與討論。
09月28日	由小松機場返回桃園機場回高雄。

## 出國紀要

第五屆「亞太放射化學研討會議」，一開始便是頒發放射分析化學和核化學領域的最高獎項—以諾貝爾獎得主Hevesy命名的「Hevesy獎」。George de Hevesy (1885-1966)是匈牙利的化學家，1943年以其對於使用放射元素示蹤方法研究化學反應程序的貢獻而獲得諾貝爾化學獎。本次大會將此獎頒給波蘭核化學技術研究所的科學家 Dr. Hab. Rajmund S. DYBCZYŃSKI 以表揚他在放射化學中子活化分析方法的與標準物質的建立等重要貢獻，Dr. DYBCZYŃSKI 也以「50年來中子活化分析在放射化學分離方法的應用演進」為題進行專題演講。目前國內因研究用反應器運作時間不高，加上質譜儀日益精進已可運用於相同等級的微量分析，所以使用此方法進行分析的研究並不多。由於參與的研究人員眾多，所以論文發表同時分為兩個場地進行，無法所有的議題均參與討論，以下僅針對幾個與本中心有關的議題做摘要性的介紹：

### 一、福島事件相關議題

福島事件至今已經兩年以上，目前已進入復原階段，但是輻射污染水排放至海水以及現在對於環境累積的影響，都是為大眾所關心議題也是本次大會的重點，因此有相當多的論文都是以福島事件的處理為主題。

過去日本對於輻射污染的處理並不陌生，二次世界大戰時廣島與長崎的核爆、1954年美國於比基尼島核爆試驗時也有在附近作業的漁船第五福龍丸上面的日本漁民受到污染、1999年在日本東海村發生核燃料處理臨界的 JCO 事件等等，加上這次被國際原子能總署列為事故等級 7 的福島事件(最高等級，在此之前只有前蘇聯的車諾比事故達到此等級)，可說是經歷最多輻射事故的國家。

福島事件因為發生氫爆而大量釋出放射性惰性氣體如氙 133 等，也揮發了碘

131、銫 134、銫 137 等。主要污染分布在電廠周圍，西北方向污染面積延伸到 50 公里。日本政府預估氣態排出的碘 131 與銫 137 總量約在 160 與 15 拍貝克 (PBq)，約只有車諾比事故釋出的 12 分之一與 7 分之一。但是許多學者對於日本政府公布的這數據還是有爭議，可能還要再加以推估修正。但可以確定的是由目前的分析結果顯示，70%的污染物落入了北太平洋。目前基於銫 134/137 的量測結果，污染的範圍與嚴重程度大致已經有了較清楚的認知與共識。但是對於細節如污染物成分複雜(有氣態、微粒等)，空氣與土壤中的碘 131 與銫 137 比例便是一個重要的參考指標。

由於碘 131 的半化期只有大約 8 天，所以要進行污染重建只能依賴半化期較長的碘 129(半化期長達  $1.57 \times 10^7$  年)來反推放射性碘的分布。碘 129 衰變放出能量 40.9 keV 豐度 100%的貝他粒子與 30 keV 豐度值 56.8%的光子。使用放射線方法量測不外乎是使用加馬能譜分析進行光子量測，或是使用液態閃爍計數計進行貝他量測。過去經驗顯示低能量光子因能量校正不易，且有其他的低能光子干擾如銫 137 有能量相近(32 keV)的能峰，所以容易造成誤判。而經化學分離後進行液態閃爍計測則容易受到天然放射核種氙的干擾。所以本次發表關於碘 129 的大部分論文都是以加速器質譜儀來分析，只有少數使用電漿耦合質譜儀加上其他分離方式如八極柱(Octopole)或是動力反應室(Dynamic reaction cell)來進行干擾的去除。目前台灣尚未有加速器質譜儀，所以要做碘 129 的分析就技術而言有一定的困難度。

另外大家認為尚有待加強探討的部分是銥 89/90 與超鈾元素如銻、錒、釷、錒、錒、錒等錒系元素的分析。目前這些元素環測數據與前面所提放射性碘與銫的分析結果相較少了許多，主要原因在於這些核種大多是單純的貝他或阿伐偵測需要較複雜的化學分離前處理步驟。這些元素因為沸點比銫高，所以比較不易受熱揮發，日本東電所公布的數據顯示，高污染地區表土銫 137 活度約為銥 90 的 1000 倍，但在 50 公里內其他地區的表土分析結果則在數百倍到數萬倍之間。超鈾元素的分析結果與福島第一核電廠核燃料組成成分的比較結果發現差異不大，可以確定在釋出過程中並未出現熱分餾的現象。由於超鈾元素的活度在周圍環境十分低，因此本次會議關於這方面發表的研究，必須應用許多微量分析的方法如熱離子質譜儀(Thermal-Ionization Mass Spectroscopy, TIMS)或是次離子質譜儀(Secondary Ion Mass Spectroscopy, SIMS)法進行微粒樣品的量測，這些儀器雖能作精確分析，但也十分昂貴，因此目前國內尚無法進行類似的作業。

來自瑞士的 Dr. McKinley 則由社會學的觀點指出，日本處理福島事件的過程因為過度強調技術面而導致的各項所謂「知識管理」的問題。他比較前蘇聯車諾比事故與福島事故的嚴重性，發現日本福島事故的汙染程度以及復原的難度都較車諾比事故來的低。由蒐集所得資料顯示，雖然民眾與國際社會多有指責，但是由於疏散與食品管制等措施有效施行，當地民眾的輻射風險目前統計結果並不高，接下來透過大規模除汙以及自然清除與衰變，疏散民眾回家就技術來說確實是十分有可能的。當然，大量的汙染廢棄物也仍是技術上很難解決的問題。未來的挑戰在於國際社會如何提供適當的協助幫助此復原行動，並能將此次經驗回饋到其他國家作為降低汙染發生的風險與強化除汙的經驗。目前，最大的問題似乎不是在技術方面，而是在於溝通的規劃。對於除汙過程的作業管理與管制，幾乎是多頭馬車在進行，文部科學省、原子力規制委員會、地方政府、東京電力各自所負責的部分往往讓外界包括日本民眾混淆，所以當國際社會與民眾關心的議題見諸於大眾媒體時，回應的單位往往無法有效整合，進而導致誤傳的信息散布，特別是風險相關的部分。透過知識管理整合的方法來看，讓非技術人員的民眾理解目前福島輻射風險與背景輻射、醫用輻射等相比並不可怕，為未來復原過程最大的挑戰。

## 二、環境輻射偵測與放射化學技術相關議題

這次環境輻射相關議題大多以福島事件為主，但仍有部分論文以分析技術的部分進行探討。如本中心以「多因子設計生物樣品鋇 90 分析步驟耐變性探討」為題，對於目前使用的發煙硝酸鋇 90 分析法的影響因子，解析過程與同仁依工作經驗腦力激盪的結果，選擇了草酸沉澱酸鹼度、發煙硝酸添加量、硝酸作用時間、碳酸沉澱酸鹼度、鉻酸作用時間等五個參數作為探討的目標，並利用多因子設計法設計不同的操作條件，將原須 32 個樣品以上的實驗減少到只需使用 11 個樣品，並利用統計方法分析結果，即可確定各個因子的影響與容忍範圍，並對於較敏感之因子建議進行較為嚴格的品質管控。經分析結果顯示，分析過程各因子的耐變性都在一般操作人員可接受的範圍，只要按平時作業習慣去進行分析操作，對於結果的影響並不顯著。只有發煙硝酸的添加量對於鈣離子的去除有十分敏感的影響，而鈣離子是放射性鋇分析過程干擾最嚴重的因素，所以在分析過程如何精確的要求操作人員注意是最為重要的。

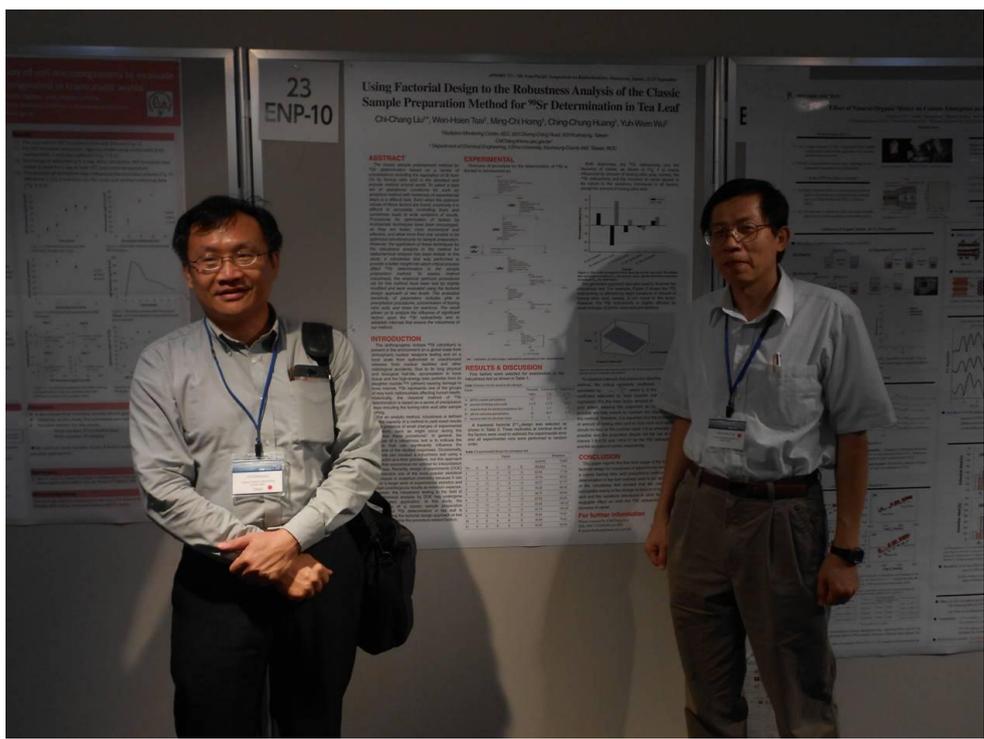


圖 1 本中心於會議現場進行海報論文發表。

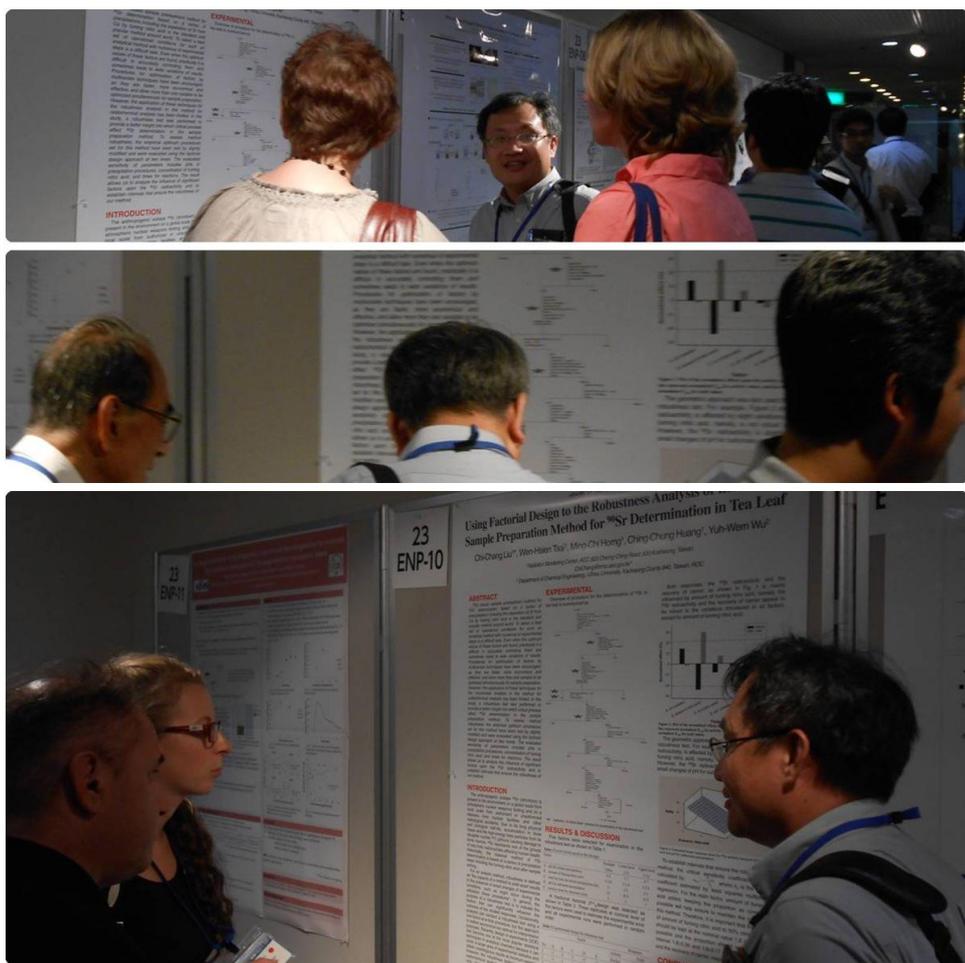


圖 2 會議現場與各國學者討論分析技術問題。

來自克羅埃西亞的 Dr. Milanovic 與 Dr. Grahek 也做相關的研究，因此對於我們的做法相當有興趣。Dr. Milanovic 她們發表的主題有兩個，分別是銻 89/90 半自動化的分析系統建立與銻 90 與鐵 55 利用樹脂法分離的探討。所謂半自動系統是利用自動進樣裝置，設定好時間將含汙染物待分離的水樣自動定速打進樹脂管柱 AnaLig-01 或 SuperLig 620，並利用不同的酸鹼度將其他干擾離子分離，最後將銻同位素以水沖洗出來後加入閃爍液，利用謝倫可夫液態閃爍計測法分時段計測，再進行衰變修正，即可得到銻 89 與銻 90 活度。至於鐵 55 的干擾分離，由於以本中心的做法，鐵 55 必須用另外的程序分離，否則容易受鈾 90 共沉的干擾而無法確切得到正確的值，該研究顯示利用鉛樹脂並適當調整酸鹼值便可輕易分出鐵 55 與銻 90。克羅埃西亞國內目前並沒有核能電廠，但在未獨立前與斯洛維尼亞共同建立的核電廠就在邊境附近，因此對於環境輻射監測相關的研究仍持續進行。

本次會議在環境的相關研究方面對於放射性核種(尤其是放射性銻)在植物的遷移係數的研究很多，由於這涉及到各地的土壤化學特性造成放射性物質有不同的化學型態(Chemical speciation)，進而影響生態圈生物對於這些汙染物的吸收與散布有很大的差異。廣島大學利用 X 光吸收光譜分析土壤(樣品以黏土為主)中放射性碘與銻的分佈，結果就顯示大部分的銻容易鍵結於土壤礦物成分中不易被生物體吸收，但是碘則是呈現以有機態為主，所以雖然事故至今兩者在土壤分布深度都仍在表土 5 公分內，但是化學機制卻是完全不同，所以在進行除汙的考量方式也會有所差異。另外筑波大學使用百脈根這種植物對放射性銻的吸收實驗也發現，鉀離子濃度會加強銻的吸收效果。福島大學則實際做田野試驗，確實對於施用鉀肥的稻田所收穫的糙米所含放射性銻，高於未施用鉀肥的稻田。可見鉀離子確實對於放射性銻在環境的影響會有相互干擾的作用。此外比較福島 2011 年與 2012 年在不進行任何除汙作業的狀況下所生產的糙米也發現，第二年的糙米放射性銻 137 含量為前一年 40%，顯示易於被生物吸收的不穩定銻已經逐漸減少，即使不特別做任何除汙，在有汙染的土地上種植的生物也會因為銻固著於土壤的礦物質而不易被吸收，導致所生產的作物放射性物質含量逐年減少。此外靜岡大學也針對茶葉進行測試，將新鮮茶葉泡在含銻 137 的氯化銻溶液，取出後先以清水沖洗再以遠紅外線燈略為乾燥一晚上。再分別使用不同溫度的水(冰水、常溫與熱水)去泡茶，結果顯示放射性銻會被茶葉經由表面吸收但是並不穩定，

所以容易再被萃出。溫度降低會略為減緩銫 137 萃出的速度，但是即使是用攝氏 4 度的冰水經過 10 分鐘後，也可將茶葉所吸附 90% 以上的銫 137 溶出。如果使用的是礦泉水，因水體中原本就具有無放射性的穩定銫離子，則會使得銫 137 的溶出量較少。這結果顯示，放射性落塵的確會直接被植物葉子的表面吸收，即使用清水沖洗也無法將污染物完全洗掉，但是這類吸收似乎不是穩定的化學鍵結，所以透過浸泡過程還是可以把污染物溶出。如果使用室溫的水約 3 到 5 分鐘便可將放射性銫幾乎完全溶出。所以在污染區域必須食用葉菜類時，也可建議使用乾淨的水清洗與浸泡後再料理食用即可大幅降低污染的攝入，至於茶葉的飲用一般國人習慣將第一泡捨棄，第二泡再飲用，由此實驗看來不無道理，因為如此可有效減少來自落塵污染的攝入。這些實驗結果目前都還在驗證的階段，未來也將持續再考量更多干擾因素的影響，因此都認為是初步的研究成果，但已具備有相當高的參考價值。

來自巴西 Sao Paulo 大學的 Dr. Elias 發表了一篇十分有趣的論文是關於狗飼料中的鈾含量調查。當初原本進行的計畫內容，是因為當地曾發生狗飼料被惡意加入三聚氰胺導致有許多寵物狗腎衰竭死亡的案例，所以提出採用中子活化分析法進行狗飼料中重金屬成分的調查。分析結果意外發現在 61 件狗飼料中有 14 件有鈾的反應，濃度最高約 3.61 毫克每公斤(約 45 貝克每公斤)，由於國際間對於寵物飼料的放射性物質含量尚沒有強制規定限值，因此過去很少對於這個領域進行過調查與分析。Dr. Elias 經查訪製造過程發現廠商為了加強鈣元素的比重，因此添加無機的磷酸二鈣(dicalcium phosphate, DCP)做為養分的補充劑，而天然磷酸鹽礦通常會有偏高的鈾，所以才導致狗飼料中的鈾含量偏高。由於她們使用的是中子活化分析法而非加馬能譜分析，所以對於我提出鐳的含量也可能偏高的論點表示認同，也會再做進一步的測試與調查。

中國大陸北京大學發表了關於氡氣的調查結果，顯示目前大陸地區氡氣的濃度與過去調查結果相比高了約一倍。原因初步推估是近幾年來大陸地區發展快速，各項建築所需建材在環保單位利誘鼓勵下，大量採用礦渣等原物料廢棄物回收利用，由於這些回收廢棄物施用於建材所含鐳系列與釷系列放射性核種含量偏高，導致其子核氡氣濃度也隨之大幅增加。推估部分高輻射背景區域家庭年劑量可高達 10 毫西弗。國內因為普遍氡氣濃度不高，但歷年來氡氣量測結果也發現有增高的趨勢，推測是因為國人使用冷氣空調的習慣增加，降低室內換氣率，導

致氫濃度累積較過去高，但仍均在建議改善濃度的範圍內。

### 三、核鑑識議題

核鑑識是近年來核子保安強調的課題，主要在於建立核子威脅時，提出有效得證據確認核原料種類與來源。由於此議題是今年才開始設立，所以本次會議中關於核鑑識發表的各論文主題內容差異頗大。日本原子力機構(Japan Atomic Energy Agency, JAEA, Japan)提出利用微粒銻與微粒銻/鈾同位素活度比例，對於未知混合核原料進行定年。由於提供做為鑑識的跡證，可能是取自沾黏於物件表面的微量汙染物，因此如何進行大小僅數微米的微粒特性分析有很高的困難度。該實驗室使用標準的核燃料樣品，微粒大小僅約數個微米，經樹脂法進行前處理加以純化分離後，使用高解析度電漿耦合質譜儀(HR-ICP-MS)進行分析。由於樣品量十分稀少，為了提高分析靈敏度在進樣口加上 Apex-Q 去溶劑霧化系統，可大幅降低偵測極限，再利用已知的不同製造年份回推同位素比與實驗結果進行比對，結果顯示十分吻合，未來可利用此方法推估未知核原料的製造時間。雖然對於時間校正的過程與樣品數量太少而有人提出質疑，但是仍肯定是一個可行的方式。只是因該技術發展剛在起步階段，需進行更多的實驗驗證，降低其定年的不確定度。

美國羅倫斯國家實驗室(Lawrence Livermore National Laboratory, USA)則發表了使用中能量質子誘發鈾 238 分裂之分裂產物分率量測結果。鈾 238 在自然界存在於土壤之中，並不容易進行核分裂反應，因此關於此核種的分裂產物元素分布比例過去資料很少。這方面的研究可提供萬一發生有疑似小型核彈攻擊時，由分裂產物分布的分析可研判比對是哪一種核種分裂的結果。上述的研究需十分昂貴的儀器設備與人力，目前國內尚無法進行相關的研究。

與環測業務較有關係的是美國內華達大學 Dr. Sudowe 所發表關於樣品基質影響銻 90 與超鈾元素分析的探討。目前輻射偵測中心除例行環測外，也需支援緊急應變的輻射偵測作業，而緊急應變除核設施的核子事故外還包括恐怖攻擊的輻射散布裝置(即所謂髒彈)。可是目前大部分的分析作業程序書都是以環境樣品如空浮微粒、水樣、生物樣品等，面對恐怖攻擊時執法單位要求所需分析的樣品可能和傳統環境分析大不相同，例如可能是鋼筋、水泥、熔化玻璃、瀝青甚至生物樣品包括人骨等，以目前的前處理方式是否能符合緊急應變甚至執法單位鑑識

的需求則需要加以確認。因此，他的實驗採用骨灰、鋼筋、水泥、熔化玻璃、瀝青等作為樣品，作鋇 90 分析的樣品加入干擾雜質包括鎂、鋁、磷、鉀、鈣、鉻、鐵、鎳、銅與鉛。作超鈾元素(鈾、鈾、鈾)分析的樣品則加入鐵、鉛、鉍、鋇、銻、鉍、釷等。分析結果顯示，鈣離子與鉀離子對於骨灰樣品鋇分析會造成濃度低估的干擾，鎂離子較特殊當濃度低時會造成低估，但濃度增加後則反而影響變小。其他的離子則不會有任何的干擾影響，可利用樹脂完全的分離。至於都會區樣品如鋼筋水泥與玻璃等，鐵、鉻、錳、鋁等離子濃度在 0.1M 濃度以下不會有干擾，濃度高時反而會造成鋇吸附效果增加的現象。同樣的使用不同的硝酸濃度也會造成樹脂對於不同離子的吸附能力造成影響，進而影響吸附的效果，這是在進行相關分析時必須特別注意的。

#### 四、質譜儀應用相關議題

由於本中心目前正積極籌劃建立質譜儀實驗室，因此對這次研討會議中質譜分析技術相關議題特別關注。來自中國北京大學及日本國立放射學研究所團隊表示，超鈾元素的分析特別是鈾元素，由於毒性強且半化期長，已成為相關單研究興趣主題，但如何準確及精確分析環境中超微量鈾仍是放射化學分析的一個極待克服的難題。該團隊利用色層分析法及磁場式電感耦合等離子體質譜(sector-field ICP-MS)檢測海水中超微量鈾同位素，並估算若採傳統阿伐能譜分析儀檢測，將需要非常大量的樣品(約 200L)方能進行檢測，而 ICP-MS 以其靈敏度的優勢，可為目前環境超微量鈾分析的重要工具。該團隊進一步指出目前使用 ICP-MS 量測鈾的最大問題為來自鈾的干擾。因為鈾的濃度比鈾高的，且存在大量具有相同質量數的粒子，如  $^{238}\text{UH}^+$  和  $^{238}\text{UH}^{2+}$ ，極容易產生干擾，因此樣品前處理上除去干擾物就變得格外重要而色層分析可為一有效方法。該團隊另一研討會報告，探討福島事故後 20-30 km 區沈積物的微量鈾同位素分析，沈積物樣品 2g 採酸浸出處理 4 小時，同樣利用層析法及 ICP-MS 以進行量測。日本海洋生物環境研究所團隊則於日本全國取樣 15 點，取 50g 土壤進行樣品前處理及分析，並以磁場式電感耦合等離子體質譜分析鈾及鈾等同位素比例，未發現比例值因福島事故而明顯改變。

由於質譜技術的快速發展，不同質譜儀已被應用於放射性核種的同位素測量，但在質譜儀上機前仍需進行待測核種的分離純化以去除干擾及提高感度，由

研討會可看出目前樹脂法為主流方法。京都及北海道大學團隊發表以 UTEVA 樹脂進行分離後，建立以 ICP-MS 或 TIMS 分析土壤及植物等環境樣品中  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  比例的方法。法國原子能委員會團隊則發表以 TRU 及 TOGA 樹脂進行分離濃縮，以 ICP-MS 分析水樣中 Zr 及 U。韓國原子能研究所團隊 Dr. Park 等人則以 TRU 樹脂進行分離，以 TIMS 分析廢料中 U、Pu 及 AM 等核種；該團隊另一報告亦指出身為 IAEA 分析實驗室網路(Network of Analytical Laboratories, NWAL)，為盡國際社會核子保防(nuclear safeguards)責任，自 2009 年該實驗室致力技術建立，並發表以 UTEVA 樹脂進行分離純化，以 TIMS 分析  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  及  $^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}$  比例的方法。除樹脂法的應用外，在質譜儀進樣的改良上，除上述提及日本原子力機構在進樣口加上去溶劑霧化系統提高靈敏度以進行微粒特性分析外，德國 Dr. Kratz 則發表以雷射激發方式直接汽化進樣，配合 RIMS (Resonance Ionization Mass Spectrometry) 超微量分析 Pu、U、Np、Am 等核種，達到快速分析的效果。

### (三)、心得與建議

一、福島事件是環境輻射相關課題很重要的一個案例，因此有許多學者都投入於此議題的研究，並有許多值得參考的結果。然而，在日本期間正值東京電力對於輻射污水處理的疏失導致大量污水流入海中，新聞媒體也不斷譴責相關管理措施的不當。回國當天正值周末，等接駁公車準備前往機場時，發現有警察開始在路口指揮交通，過了不久就遇到當地反核團體的遊行活動，要求與金澤同樣位於石川縣的北陸電力志賀核電廠廢爐。該遊行活動一路上呼喊口號，在平時淡雅幽靜的金澤市區顯得熱鬧許多，一般民眾有些支持有些漠然，警察則以保護與維持交通次序為主，沿路協助交通指揮並有一部警車協助開道。在一個多元社會中，這樣的活動並不足為奇，民眾理性的表達意見，供政府施政的參考。在日本電價持續高漲並且加稅的同時，在金澤市這幾天看一般民眾平時生活依然任勞任怨一板一眼的做著份內的工作，抗議遊行也顯得理性，令人對於其民族特性感到敬佩。



圖 3 金澤市要求志賀核電廠廢爐反核遊行。

二、本次會議各國所發表關於阿伐與貝他核種分析的前處理作業，已經幾乎全都改為利用樹脂分離的方式來進行與中心的作業方式不同。本中心鋇 90 所使用的發煙硝酸法雖然仍是世界各國公認的標準作業方法，但是要將各種離子完全分離所需的化學作業繁複，且需要的作業時間較長，加上所使用的發煙硝酸危險度高是管制藥品，價格近年來逐漸增高。所以國際間已逐漸不被各放射化學分析實驗室所使用。採用樹脂法雖然方便與相對較為安全，但其成本高且容易因為樣品種類差異，導致基質干擾的問題需要作業人員特別注意，且其分析的最低可偵測極限也比發煙硝酸法略高。然而，考量緊急應變的狀況，能夠盡量縮短分析時間以盡快得到具參考價值的資訊供決策者參考是十分重要的，而採用樹脂法確實在時間的縮短上有其無法替代的優勢。因此建議本中心對於放射性鋇與超鈾元素的樹脂前處理法加以測試探討，並作成本效益的評估，以確定是否適用於國內的狀況。

三、國際輻射防護委員會(ICRP)在其第 91 號報告建議，人類應對於其他物種的輻射防護負起責任，建立如人類防護體系般的防護架構。接著在 2008 年第 108 號報告建議中類比於使用參考人作為人類輻射防護的參數依據，在非人類物種的防護上也同樣提出了參考動物與參考植物，以分類學及生活習性分別在大型哺乳動物、小型哺乳動物、鳥類、兩棲生物、水體魚類、底棲魚類、腹足動物、昆蟲、喬木、草本植物及海藻 12 種指定參考物種的建議假體形狀、重量等，供劑量學評估計算。2009 年第 114 號報告進而提出參考物種的劑量轉換因子與劑量學建議計算模式。最新的建議報告對於不同暴露情境的環境保護建議草案，則剛結束公開徵詢意見階段尚在委員會工作小組會議審議中。由此可知，對於非人類的生物輻射防護架構雖然不是十分急迫的議題，但也逐漸為大家關心。這次巴西發現部分狗飼料有輻射物質反應，雖然由其所發表的數據看來，放射活度大約與土壤相當，以 ICRP 建議的劑量模式應用於小型哺乳動物來推算，評估所造成的劑量並不會對於寵物健康造成威脅。雖然如此，但這也給我們一個省思：目前國際社會對於相關產品並未有一致性的法規要求，例如巴西就沒有針對狗飼料的放射性物質含量設定任何的管制標準。在會議現場，有許多女性與會者加入討論，同時分享彼此的寵物心得，顯示豢養寵物在國際間是十分普遍的現象，因此對此議題均表現高度的興趣。國內豢養寵物的情況也十分普及，但是對於寵物的食品目前也

還找不到放射性相關的管制建議，所以包括中心在內並不曾有單位對此類樣品進行過任何的調查。初步進行小規模的市場調查，採集各國進口的寵物飼料，以了解目前國內各項寵物食品是否含有放射性物質，似乎是一個可以進行的課題，因此建議未來能將此議題納入內部研究的課題，以確認是否國內動物飼料無輻射安全之虞。

四、本次會議特別將核鑑識(Nuclear Forensic)列為一個專題進行討論。國際原子能總署在 2006 年就提出基於反恐需求，放射化學分析實驗室應盡量發展鑑識的支援能力，以提供執法機構進行恐怖分子追查時面對放射性證物的鑑識能力。其內容初步以核原料的定年與產地鑑識為主，因此以超鈾元素的分析為重點，尤其是放射性同位素的比例更是重要的指標。然而，這個議題近幾年來在國際間的推廣進展十分有限，目前已具有核燃料處理能力的美國、日本、法國、澳洲、英國、德國與中國較具優勢，對於其他國家而言都還是屬於一個新的領域。主要是因為這些國家本身因為核燃料的處理所需，已具有足夠的設備進行相關的分析，其他不具核燃料循環工業的國家包括台灣，在設備與分析技術上缺乏足夠的經驗。以這次會議所發表的研究內容來看，所使用的儀器設備都十分昂貴，非國內在短期內可達到的。然而，目前國際間交流頻繁，貨物與旅客在世界各國的移動十分迅速，身為全球和平擁護的一分子，很難將台灣自絕於國際反恐的陣線之外，因此勢必應該積極配合進行相關的規劃。本中心目前的業務中也包含支援緊急應變時之現場輻射偵測作業，當面臨輻射相關的恐怖攻擊時，勢必須前往面對處理。當務之急可能須建立輻射相關犯罪現場的整合作業，配合執法單位建立適當的證物採集，以現有的放射核種鑑別分析能力為基礎，進而加強除例行環測樣品外，不同基質的干擾探討與微量樣品分析能力的精進。對於核原料分析的部分，則因為國內對於核燃料再處理經驗付之闕如，本中心專長在於環境樣品分析，對於核原料的特性了解也不夠，所以應尋求國際支援與合作，盡量引進國外已成熟的分析技術及資料庫支援，訓練平時進行例行環測的同仁有能力處理緊急事故時的樣品，除提供輻射防護相關資訊以外並有能力提供執法單位所需的鑑識資訊，以作為犯罪追查的依據。

五、質譜分析技術雖為未來分析長半化期核種的主流技術，仍然有相當多問題有待克服。首先在樣品消化部分，雖然微波消化為目前最為有效率的一種方

式，但可處理樣品量小通常需小於 1 克，較適用於緊急事故核種濃度較高的樣品。若於非事故時一般環境樣品，長半化期核種濃度相當低，因此需增加樣品量以提高待測核種濃度，樣品量一增加則需採用傳統酸萃取法極為耗時，經詢問日本原子力機構在進樣口加上去溶劑霧化進樣系統，感度一般可提高  $10^2$  以上，價格在百萬台幣以內，本中心目前正積極籌劃建立質譜儀實驗室，未來可考量添購去溶劑霧化進樣系統以提高感度使質譜儀於平時環境背景微量偵測及緊急事故時皆能妥善發揮功能。

#### (四)、附件

1. 第五屆「亞太地區放射化學會議」議程。
2. 本中心發表之海報內容。

附件 1 第五屆「亞太地區放射化學會議」議程。

Sunday, 22 September		Monday, 23 September				Tuesday, 24 September			
Time	Robby	Hall	Meeting Room		Hall	Meeting Room			
09:00-09:10					9:00	PL-03	Plenary		
09:10-09:20		Arrangement for presentation					A. Tuerler		
09:20-09:30					9:30	PL-04	Plenary		
09:30-09:40		Opening Ceremony					S. Nagao		
09:40-09:50					10:00	Coffee Break			
09:50-10:00					10:20	ENO-01	Invited	NCI-01	
10:00-10:10							H. Foerstendorf	S. Dmitriev	
10:10-10:20					10:50	ENO-01	General	NCI-02	
10:20-10:30							Z.J. Guo	Invited	
10:30-10:40					11:10	ENO-02	General	Ch.E. Duellmann	
10:40-10:50							H. Tuovinen	Invited	
10:50-11:00					11:30	ENO-03	General		
11:00-11:10							M.-C. Wu	H. Haba	
11:10-11:20					11:50	ENO-04	General	NCO-06	
11:20-11:30							T. Ohnuki	V. Pershina	
11:30-11:40					12:10	Lunch Time			
11:40-11:50					12:20	ENO-05	General	NCO-07	
11:50-12:00							S. Sachs	D. Rudolph	
12:00-12:10					13:40	ENO-06	General	NCO-08	
12:10-13:20							Y. Iwahana	A. Yakushev	
13:20-13:30					14:00	ENO-07	General	NCO-09	
13:30-13:40							J. Krmela	General	
13:40-13:50					14:20	ENO-08	General	NCO-10	
13:50-14:00							K. Masumoto	H. Nitsche	
14:00-14:10					14:40	ENO-09	General	NCO-11	
14:10-14:20							H.W. Gaeggeler	R. Eichler	
14:20-14:30					15:00	ENO-10	General	NCO-12	
14:30-14:40							A. Sakaguchi	T.K. Sato	
14:40-14:50					15:20	Coffee Break			
14:50-15:00					15:40	ENI-02	Invited	NED-01	
15:00-15:10							J.V. Krtaz	Z.F. Chai	
15:10-15:20					16:10	ENO-11	General	NED-02	
15:20-15:30							J.H. Park	Invited	
15:30-15:40					16:30	ENO-12	General	A. Goswami	
15:40-15:50							J. Zheng	General	
15:50-16:00					16:50	ENO-13	General	NED-03	
16:00-16:10							I. Milanovic	E. Loeffstroem-Engdahl	
16:10-16:20					17:10	FKI-05	Invited	NED-04	
16:20-16:30							K. Minato	General	
16:30-16:40					17:40	FKO-09	General	NED-05	
16:40-16:50							Y. Oura	A. Braatz	
16:50-17:00					18:00	FKO-10	General	General	
17:00-17:10							K. Hirose	R. Chen	
17:10-17:20									
17:20-17:30									
17:30-17:40									
17:40-17:50									
17:50-18:00									
18:00-18:10									
18:10-18:20									
18:20-18:30									
18:30-18:40									
18:40-18:50									
18:50-19:00									
19:00-19:20									
19:20-19:40									
19:40-20:00									
20:00-									

Wednesday, 25 September				Thursday, 26 September				Friday, 27 September		Time	
	Hall	Meeting Room			Hall	Meeting Room		Meeting Room			
9:00	PL-05	Plenary		9:00	PL-07	Plenary		9:00	AAI-01	Invited	09:00-09:10
		M. A. Denecke				S. B. Clark				A. Chatt	09:10-09:20
9:30	PL-06	Plenary		9:30	PL-08	Plenary		9:30	AAI-02	Invited	09:20-09:30
		J. Hatazawa				H. Ueno				T. Miura	09:30-09:40
10:00	Coffee Break			10:00	Coffee Break			10:00	Coffee Break		09:40-09:50
											09:50-10:00
10:20	RPI-01	Invited	ACI-01	10:20	NPI-01	Invited	EDI-01	10:20	AAO-01	General	10:00-10:10
		D. S. Wilbur	J. Li			W. Sato	J. John			J.H. Moon	10:10-10:20
10:50	RPI-02	Invited	ACI-02	10:50	NPO-01	General	EDI-02	10:40	AAO-02	General	10:20-10:30
		S. Lahiri	Y. Kitatsuji			K. Nomura	W. Wu			Y. Toh	10:30-10:40
11:20	RPO-01	General	ACO-01	11:10	NPO-02	General	EDI-03	11:00	AAO-03	General	10:40-10:50
		E. Anaheim	A. Kirishima			J. Wang				K. Ninomiya	10:50-11:00
11:40	RPO-02	General	ACO-02	11:30	NPO-03	General		11:20	AAO-04	General	11:00-11:10
		Y. Hatusukawa	H. Hayashi			M. Kaneko	A. Yokoyama			M. Fukushima	11:10-11:20
12:00	Group Photo (Hall)			11:50	NPO-04	General	EDO-01	11:30	AAO-05	General	11:20-11:30
	Lunch Time					G. Yoshida	S. B. Sarmani			N. Shirai	11:30-11:40
13:20	Lunch Time			12:10	Lunch Time			12:00	Lunch Time		11:40-11:50
	Lunch Time										11:50-12:00
13:40	JNRS General Assembly (For Member of JNRS)			13:00	Lunch Time			12:00	Lunch Time		12:00-12:10
	Lunch Time										12:10-12:20
14:00	Lunch Time							13:20	API-03	Invited	12:20-12:30
	Lunch Time									Y. Hamajima	12:30-13:30
14:20	Lunch Time							13:30	API-03	Invited	13:30-13:40
	Lunch Time										13:40-13:50
14:40	Lunch Time							13:50	APO-04	General	13:50-14:00
	Lunch Time									C. Gautier	14:00-14:10
15:00	Lunch Time							14:10	APO-05	General	14:10-14:20
	Lunch Time									T. Yoshimura	14:20-14:30
15:20	Lunch Time							14:30	APO-06	General	14:30-14:40
	Lunch Time									J.D. Despotopoulos	14:40-14:50
15:40	RPO-03	General	ACO-03					14:50	Coffee Break		14:50-15:00
		L. Safavi-Tehrani	T.H. Park								15:00-15:10
16:00	FKO-11	General	ACO-04					15:10	Closing Ceremony		15:10-15:20
		E. Rasmussen	N. Aoyagi								15:20-15:30
16:20	FKO-12	General	NCO-13								15:30-15:40
		K. Minami	A. Toyoshima								15:40-15:50
16:40	FKO-13	General	NCO-14								15:50-16:00
		T. Kawamoto	P. Steinegger								16:00-16:10
17:00	FKO-14	General	NCO-15	17:00							16:10-16:20
		D. Parajuli	R. Tripathi								16:20-16:30
17:20	Coffee Break										16:30-16:40
	Coffee Break										16:40-16:50
17:50	JNRS Award Presentation (Open Session) T. Kimura										16:50-17:00
	JNRS Award Presentation (Open Session) T. Kimura										17:00-17:10
18:30	JNRS Award Presentation (Open Session) T. Kimura										17:10-17:20
	JNRS Award Presentation (Open Session) T. Kimura										17:20-17:30
18:50	Poster Session										17:30-17:40
	Poster Session										17:40-17:50
20:00	Poster Session			19:00	Banquet						17:50-18:00
	Poster Session										18:00-18:10
	Poster Session										18:10-18:20
	Poster Session										18:20-18:30
	Poster Session										18:30-18:40
	Poster Session										18:40-18:50
	Poster Session										18:50-19:00
	Poster Session										19:00-19:20
	Poster Session										19:20-19:40
	Poster Session										19:40-20:00
	Poster Session										20:00-

