

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

事故後環境輻射劑量與環測分析技術實習

服務機關：台灣電力公司放射試驗室

出國人職稱：輻射計測股長

姓名：張益民

出國地區：美國

出國期間：自 91 年 12 月 9 日

至 91 年 12 月 15 日

報告日期：92 年 1 月 7 日

G3/CO9>00>44

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：事故後環境輻射劑量與環測分析技術實習 C09200244

頁數 14 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：

張益民/台灣電力公司/放射試驗室/輻射計測股長/(02)26381068 轉 302

出國類別：1 考察2 進修3 研究 4 實習5 其他

出國期間：91年12月9日至91年12月15日 出國地區：美國

報告日期：92年1月7日

分類號/目

關鍵詞：環境度量實驗室、加馬能譜分析、總貝他暨總阿伐活度分析、氫核種活度分析、放射性銻核種活度分析、低背景貝他/阿伐比例偵檢器、液體閃爍分析儀、實驗室間比較分析

內容摘要：(二百至三百字)

- 一、奉派赴美國能源部所屬環境度量實驗室(Environmental Measurement Laboratory，以下簡稱 EML 實驗室)實習事故後環境輻射劑量及環測分析技術。本次實習的主要項目為事故後環境試樣核種分析作業(含加馬能譜分析、總貝他暨總阿伐活度分析、水樣氫核種活度分析及放射性銻核種活度分析作業等四項)實習、事故後環測計測系統校正作業實習(含加馬能譜分析計測系統校正、低背景貝他/阿伐比例偵檢器系統校正、液體閃爍分析儀系統校正等三項)及 EML 實驗室間比較分析樣品(QAP Samples)製作觀摩。另外，應受訓單位要求在 EML 實驗室發表題目為”What has the Radiation Laboratory done for the Nuclear Power Stations in Taiwan?”的英語演講一篇。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網(<http://report.gsn.gov.tw>)

目 錄

壹、國外公務之內容與過程 -----	1
貳、國外公務心得與感想 -----	2
參、遭遇困難事項 -----	11
肆、建議與結論 -----	11

壹、國外公務之內容與過程

- 一、出國目的：赴美國能源部環境度量國家實驗室(National Environmental Measurement Laboratory, EML)實習事故後環境輻射劑量與環測分析技術。

(一)、緣起：

1. 為因應我國原能會要求及早建立核子事故後高輻射背景環境試樣分析及輻射偵測技術能力，本公司乃規劃派員至國外具備此類技術能力與經驗的實驗室實習相關技術。
2. 美國能源部所屬 EML 國家實驗室，早期即參與並負責美國核子試爆後，試爆場址環境輻射劑量偵測及環境試樣中放射性核種分析工作，因此累積了相當豐富的事務後環境輻射劑量與環測分析技術能力，該實驗室所建立的環境輻射偵測技術、環境試樣分析及環境輻射劑量評估方法，向為美國核能界的翹楚，而其所建立的標準作業方法亦為美國國內各核能環保單位及國家實驗室的參考準則。
3. 美國 EML 實驗室同時負責執行美國能源部有關環境試樣放射性核種分析之品質保證計劃(Quality Assurance Program)，在美國任何能源或核能環保單位欲執行與美國能源部有關的合約時，均須參與 EML 實驗室的 QAP 計劃。本公司多年前即參與

此一計劃，並獲致多項豐碩成果。

(二)、任務：

1. 學習核子事故後高輻射污染環境下，環境輻射偵測方法及環境樣品製作及試樣核種分析方法。
2. 學習環境試樣核種分析作業，計測儀器系統校正及核種純化過程之相關細節。
3. 利用此次實習機會本室派員順道考察 EML 實驗室，瞭解 QAP 計劃的相關作業細節，並與 EML 實驗室專家進行技術交流，期能對爾後本公司參加 EML 實驗室間比較分析有所助益。

二、出國行程及工作內容

<u>起訖日期</u>	<u>工 作 內 容</u>
91.12.09~10	往程
91.12.11~12	實習事故後環境輻射劑量與 環測分析技術
91.12.13~15	返程

貳、國外公務心得與感想

一、參觀美國能源部 EML 國家實驗室

1. 實驗室位址：美國能源部 EML 國家實驗室位於紐約市曼哈頓

區下城(Down Town) Varick Street (7th Ave.) 201 號聯邦政府大樓
內第五層樓。

2. 前身：其前身為執行美國核能設施環境輻射偵測及評估輻射劑量安全的專責單位 Health and Safety Laboratory(HASL)，其所編寫的標準作業程序 HASL-300 Procedure，歷經 50 餘年仍為業界所廣泛採用。
3. 目前任務：負責美國國內核能設施環境輻射偵測技術、環境輻射劑量度量與評估、環境試樣中放射性核種分析作業方法等研發及相關規範之制訂，及環境試樣放射性核種分析品質保證計劃之推動。
4. 未來工作：2001 年美國紐約發生九一一攻擊事件後，美國布希總統籌設國土安全部(Department of Homeland Security, DHS)，EML 實驗室因具有輻射偵測的專業能力，因此將於 2003 年三月一日起，被正式徵召加入新成立的國土安全部，負責規劃放射性污染物偵測的反恐任務。

二、事故後環境輻射劑量與環測分析技術實習

1. 事故後環境試樣核種分析作業實習：

(1). 加馬能譜分析作業：

EML 實驗室使用 EG&G ORTEC 高純度鍍加馬計測系統配

合 CANBERRA SAMPO90 加馬能譜分析軟體。此部分設備與本室現有設備大致相同，其中較大差異處在於 EML 實驗室對於每一個環境試樣均做試樣密度對加馬核種計測效率之修正，本室則與國內其他環測實驗室相同，未針對環境試樣逐一修正。為了考慮效率校正作業的方便性，EML 實驗室對於環境試樣加馬核種計測效率對密度的修正，係採經驗值配合數學計算模式估算。

(2). 總貝他暨總阿伐活度分析作業：

除了環境水樣 EML 實驗室使用液體閃爍計測系統 PACKARD 2250 度量全能域貝他及阿伐的總計數率值外，其他試樣(主要為空氣微粒試樣)仍使用傳統的低背景阿伐/貝他比例計測系統。由於 EML 實驗室所使用的液體閃爍計測系統配備有貝他/阿伐能譜鑑別軟體，因此可以輕易區分試樣中分別來自於兩者的活度值，堪稱十分方便。關於環境試樣的總貝他暨總阿伐活度量，本室目前仍使用傳統的低背景阿伐/貝他比例計測系統，雖然該系統的準確及穩定性仍值得肯定，但計測系統的效率校正作業卻相當繁雜，因此採用液體閃爍計測系統度量環境水樣的總貝他活度，確是一條值得參考的途徑。

(3). 水樣氚核種活度分析作業：

EML 實驗室使用液體閃爍計測系統配合 PACKARD 出品的 ALTIMA-GOLD LLT 閃爍液，度量環境水樣中氚核種活度。此計測系統與本室現有計測系統相似，所不同的是系統計測效率的校正方法。EML 實驗室效率校正作業採用儀器廠商所提供的效率校正射源組直接進行淬息(Quenching)對計測效率之校正，其所持理由為根據廠商報告試樣體積與閃爍液種類對計測效率的淬息指標 tSIE 值幾乎不會造成影響，因此不再修正；如此將因不需另行配製氚標準射源，且不必模擬淬息條件而使計測效率校正作業變得較為單純。然因原廠校正射源的體積與本室現行使用試樣體積差距頗大，且原廠校正射源採密封處理與例行作業情形不同，其間所存在的水淬息(Water Quenching)及氧淬息(Oxygen Quenching)差異是否可以忽略，需要進一步確認方可參酌使用。

(4). 放射性鋇核種活度分析作業：

基本上，EML 實驗室僅分析環境中較常測得的長半衰期放射性鋇核種，即鋇-90 核種活度。其所使用的化學分析步驟與本室過去所使用的作業方法相近；EML 使用發煙硝酸法而本室使用濃硝酸法，其作用原理均是利用硝酸鋇沈澱可與主要干

擾離子如鈣、鈷、錳等有效分離。然計測方法則有較大的差異。EML 實驗室銻-90 核種的測定方式，係採將靜置待測溶液至銻/鈾-90 核種達到永久平衡(至少兩週)，再將待測溶液經氫氧化鈾沈澱分離，然後以低背景貝他計測系統測定鈾-90 核種的貝他活度，再反求出銻-90 核種活度的方式；而本室則是以液體閃爍計測系統兩次度量待測溶液中謝倫可夫輻射的計數率，再以兩次計測所得的計數率方程式，解聯立方程式，求出銻-89 和銻-90 的核種活度。EML 實驗室的度量方式雖然比較單純，但祇能求取長半衰期核種銻-90 的活度，而無法同時測得銻-89 核種之活度；根據 EML 實驗室的專家解釋，該實驗室僅度量長半衰期的銻-90 核種而不考慮短半衰期的銻-89 核種(50.5 天)是因為環境中銻-89 核種含量極低。然本室因受國內環境輻射相關法規規範，且核能電廠的液體排放途徑中銻-89 核種亦為主要來源項目(Source Term)，必需同時執行銻-89 及銻-90 核種活度分析，因此無法採用 EML 實驗室的計測方法。

惟 EML 實驗室的放射性銻核種純化方法(化學分離步驟)仍有許多值得借鏡之處。根據 EML 實驗室 Anna Berne 博士建議，本室放射性銻核種純化作業仍有下列幾點可以參考改進：

- (a). 鈾載體溶液之配製：本室以硝酸鈾稱重、加水溶解直接配製鈾載體溶液，可能會因為硝酸鈾易受潮而使濃度發生誤差，因此建議本室改以氧化鈾(Y_2O_3)稱重，再用鹽酸或硝酸溶解後，配製鈾載體溶液。
- (b). 待測溶液靜置至鋇/鈾-90 達永久平衡前即應加入鈾載體溶液，以避免微量鈾-90 核種吸附在容器壁上或鈾-90 核種與鈾載體發生同位素交換的時間不夠，無法將鈾-90 核種全數收集下來，而發生漏失現象。
- (c). 環境生物試樣應在攝氏 600 度以上高溫灰化。若不在此高溫下灰化處理，生物試樣進行消化處理時，會發生結塊現象致放射性鋇核種被包覆而發生漏失，因此建議本室另外添置一小型高溫爐專職灰化生物試樣。
- (d). 放射性鋇純化作業不應以碳酸鋇稱重法測定化學回收率，建議本室應以配有單頻道分析器(Single Channel Analyzer)的井型碘化鈉(鈾)偵檢器(Well-type NaI(Tl) Detector)度量純化作業前後鋇-85 示蹤劑的加馬能峰計數率。關於此建議本人回覆 Anna Berne 博士已於最近改用碘化鈉偵檢器測量純化作業前後鋇-85 核種計數率，估算純化作業回收率；惟 Berne 博士仍強調鋇-85 核種的累

積計數值應達 10000 個計數以上，才可低降低計測誤差至合理水準。

(e).利用鈾-90 核種活度反推鋇-90 核種活度時，所使用的氫氧化鈾沈澱步驟，鈾的化學回收率不應理所當然的視為 100%，應至少重復執行氫氧化鈾沈澱步驟兩次，且必需以原子吸收光譜儀或電漿耦合能譜分析儀追蹤鈾離子的回收率，才可完整地利用鈾-90 核種活度估算出鋇-90 核種活度。由於本課目前並無前述非放射性度量設備，且已購置碘化鈉偵檢器，因此回答將以鈾-88 核種作示蹤劑，利用度量氫氧化鈾沈澱過程前後鈾-88 核種的計數率估算此步驟的回收率，以確保不致因鈾離子沈澱不完全而造成鋇-90 核種活度的錯估。

2. 事故後環測計測系統校正作業實習

(1).加馬能譜分析計測系統校正作業

EML 實驗室加馬能譜分析計測系統使用高純度鍳加馬偵檢器搭配個人電腦下執行的多階能譜分析儀(PC-MCA)及 SAMPO90 加馬能譜分析軟體。校正射源使用多能峰混合加馬射源(Mixed Gamma Source)，計測容器僅使用高約 3 公分，直徑約 5 公分的鮪魚罐(Tuna Can)形狀；校正時使用點校正射源

校正，再利用數學方法模擬出計測皿形狀及試樣密度對各加馬能峰的修正因子。此與本室校正作業採用洋菜凍模擬實體計測形狀製作校正射源的做法不同，本室做法雖較繁複但原理較為簡單，且與實物形狀接近誤差較小；惟無法執行密度修正是較大的困擾。

(2). 低背景貝他/阿伐比例偵檢器系統校正

EML 實驗室利用比例偵檢器系統度量空氣微粒的總貝他暨總阿伐活度及鋇-90 核種活度(事實上是度量釷-90 核種活度反推)，因此計測儀器之系統校正作業包含總貝他、總阿伐及釷-90 核種三類。總貝他及總阿伐計測效率校正分別使用鋇/釷-90 平衡射源和釷-230 射源做為校正射源；配製射源的設備則使用該實驗室自行開發的自動分注設備。釷-90 核種效率校正則利用不同重量草酸釷沈澱物對釷-90 核種計測效率曲線求得。

(3). 液體閃爍分析儀系統校正

EML 實驗室利用液體閃爍分析儀度量水樣總貝他、總阿伐活度及氡核種活度。水樣總貝他、總阿伐活度分析的計測效率校正如同空氣微粒試樣，係分別使用鋇/釷-90 平衡射源和釷-230 射源做為校正射源；而氡核種活度分析計測效率校正則

是使用 PACKARD 原廠提供的校正射源組直接校正。

3. EML 實驗室間比較分析樣品(QAP Samples)製作觀摩

(1). 水樣：

使用外購的各式液體標準射源(主要購自美國 Analyst 公司或英國 Amersham 公司)加入鹽酸及去離子水，配製成當量濃度為 1N 的鹽酸溶液。

(2). 蔬菜試樣：

主要是以 EML 實驗室採自核爆場址附近受污染的植物試樣粉末(如小麥、包心菜、菠菜等)摻雜不同比例的未受污染植物試樣粉末(如玉米、胡蘿蔔、麵粉等)調製而成。各種植物試樣粉末交替加入一個 V 型混合設備，再以一定的轉速翻轉一定時間(通常數十分鐘)後，均勻地抽取一定量灰樣供加馬能譜分析度量，俾能確保混合作業之均勻性。由於是使用具有輻射污染的實際樣品配製，因此植物試樣中的活度標準值或參考值係以 EML 實驗室的實測活度值為準；惟為了加強分析之可信度，每組試樣的放射性核種分析均需執行 40 次以上，再經平均處理後始可求得參考活度值。

(3). 土壤試樣

土壤試樣的配製方式與植物試樣相同，亦是採用輻射污染地區

的土壤試樣和未受污染的土壤相混合，唯一不同處是為確保較大顆粒的砂粒或土壤硬塊摻雜可能造成試樣的不均勻，不論是否污染的土壤試樣均是利用風管吹入混合槽的方式進行。

4. 臺電公司核能發電概況及放射試驗室作業介紹

本次實習 EML 實驗室為了增進對臺灣核能發電業務瞭解、掌握本次實習的真正需求及促進雙方技術交流等目的，特別要求職對 EML 實驗室同仁做 1 小時的英語業務簡報。職除了播放本室多媒體英語影片外，亦準備一篇題目為”What has the Radiation Laboratory done for Nuclear Power Stations in Taiwan?”的英語演講，演講中亦提及本室近年來參加 EML 實驗室間放射性核種比較分析的實際成果，以供對方參考。

參、遭遇困難事項

無。

肆、建議與結論

1. 職本次實習的 EML 國家實驗室原本隸屬美國能源部，負責能源部有關環境輻射偵測及環境試樣放射性分析方面的研發工作及推動與能源部有關國家、聯邦、大學或民營實驗室環測試樣放射性核種分析的品質保證計劃。惟據職等所悉(Dr. Berne 邀請職參加該單位的 Town Meeting) EML 實驗室將於 2003 年 3 月 1 日

起改隸美國國土安全部，其主要職掌亦將更改為放射性污染物的反恐偵測為主，其目前的環測作業人員也可能更換職務或異動，所推動的實驗室環測試樣放射性核種分析的品質保證計劃(即 EML 實驗室間比較分析計劃)亦將終止或由能源部另覓其他實驗室接手；如此將使本室的國外實驗室間比較分析作業中斷，本室的放射性核種分析的品質保證計劃亦將受到沖擊，因此本室除應密切注意能源部對環測試樣放射性核種分析的品質保證計劃的決策動向外，也應對此事的未來發展擬定腹案，俾能確保本室環測放射性核種分析之作業品質於不墜。

2. 事故後環境試樣或放射性核種實驗室間比較分析試樣具備較高核種活度，為顧慮可能污染例行的環境試樣；一般而言，執行放射性核種分析(尤其是鈾-90 核種分析)時，通常不再進行二次灰化。惟此次與 Dr. Berne 討論後，環境試樣如不執行高溫灰化將使樣品消化作業變得不易進行，本室多年來環境試樣鈾-90 分析成績一直不穩定，很可能與消化作業不完全有關；為此建議本室應規劃一個可以執行較高活度試樣的高溫灰化爐(真正高污染試樣可以利用本室放射化學課的高溫灰化設備灰化)，俾使實驗室間比較鈾-90 核種分析作業品質能有所提升。
3. 職本次能有機會與 EML 實驗室實際從事環測放射性核種分析

的資深專家們直接請益收獲頗多；尤其是與負責放射性核種分析的部門主管 Dr. Berne 的對談更是明顯。Dr. Berne 首先要求職將本室目前的放射性核種分析作業以流程圖的方式口述出來，然後逐一針對本室放射性核種分析作業的每一步驟要求職提出設計原理，再由其提出可能造成誤差或漏失的問題點，並要求職當場提出確認或可能的解決方法；在職提出確認或改善方案後，Dr. Berne 再表達其對改善方案的正確性和可行性評估，並提出她心中的改善方法。接著，由 Dr. Berne 介紹 EML 實驗室的作業方法，以及其何以如此設計的原由，並由職提出相關問題詢問(若干步驟職雖未提出問題，Dr. Berne 仍會反問何以職未針對此步驟提出問題或看法，然後自問自答地提出其看法)。經過如此來回討論後，職對環測放射性核種分析作業的每一細節終能完全瞭解，也更能掌握將來的改善方向。

4. 由於 EML 實驗室為美國環境輻射偵測及環境試樣放射性核種分析之牛耳，奉派出國實習者最好為對相關業務嫻熟的資深人員且對欲實習或觀摩事項應有全盤、深入瞭解，否則遇到受訪專家提出相對質詢時，將無法進行技術交流。相反地，實習人員對欲實習內容若能有充分準備，則收獲將會相當可觀。另外，由於本次實習屬於較為繁複的技術領域，一週的實習期間(扣除

路程其實祇有兩個工作天)實在不夠，因此若有可能宜適度地延長實習時間。

5. 本次應受訪單位 EML 實驗室要求，由職準備一篇英語演講於受訪單位的會議室(較本室二樓會議室略大)內發表，發表前並由秘書人員正式貼出公告及擴音機廣播，邀請相關人員聽講及現場發問；尤其是與會人員對臺灣的核能發電現況、政策取向及核廢料的處置情形最為關切，所提出的問題也不一定屬個人專業領域，因此必需以即席演講方式回答問題及提出個人對該問題的看法，更是為受訓人員提供最實際的語言及專業技術之嚴格磨練。此種設計除了可以增進雙方瞭解外，經過此場英語演講的洗禮後，職對於英語表達能力的自信心確實提升不少。因此，職建議爾後人員派訓出國時應儘可能地要求於受訪或受實習單位舉辦類似的英語演講，此舉除可增加受訪單位對本室之認識外，更可使受訓人員的英語表達能力大幅提升。