

出國報告（出國類別：開會）

參加第 54 屆美國保健物理年會

服務機關：行政院原子能委員會輻射偵測中心

姓名職稱：洪明崎 副主任

派赴國家：美國

出國期間：98 年 7 月 11 日至 98 年 7 月 18 日

報告日期：98 年 9 月 1 日

摘 要

民國 98 年 7 月 12 日至 16 日第 54 屆美國保健物理學會 (AHPS) 年會在美國明尼蘇達州明尼亞波利斯會議中心(Minneapolis Convention Center, Minnesota) 及希爾頓明尼亞波利斯飯店(Hilton Minneapolis Hotel)舉行；年會主要活動包括論文發表分組討論、論文海報張貼展示與現場 Q&A、輻射專業教育訓練、輻射防護與偵測設備相關軟硬體展示、及召開各種小規模保健物理技術會議等；活動內容涵蓋國土安全與應變整備、核能復甦與能源需求、體內劑量測定與生物鑑定、環境輻射監測與劑量評估、輻防法規與放射廢料性管理、核儀器應用與輻射安全、輻射風險溝通、醫療保健、及奈米科技等，涉及專業領域相當廣。本文先摘述年會會議過程，敘述現場展示活動與保健物理教育訓練情形，彙整密集分組會議研討內容與社交活動，提出心得與建議，另附錄今年年會原能會輻射偵測中心(簡稱本中心)發表之一篇論文“Development of the Environmental Gamma Monitoring Network for Emergency Response Purposes in Taiwan”及搜集資料，供有興趣者參考。

目 次

	頁次
一、 目的	3
二、 行程摘錄	3
三、 會議過程紀要	4
(一) 美國保健物理學會年會會議	4
(二) 輻射儀器展示	7
(三) 美國保健物理學會訓練課程	8
(四) 社交活動	9
四、 心得與建議	10
(一) 心得	10
(二) 建議	18
五、 附件	24
附件一、發表型式論文分組主題	24
附件二、海報型式論文分類主題	26
附件三、保健物理學會委員會會議(HPSCM)歸類	26
附件四、保健物理教育訓練課程	28
六、 附錄	32
(一) 參與年會發表文獻	32
(二) 搜集資料	38

一、目的

第54屆美國保健物理學會(AHPS)年會是國際上輻射防護領域中一項重要的會議，它提供一個學術研究與實務經驗交流的平台，參與該年會有助於瞭解現今美國所關注輻射防護與偵測議題及未來其技術發展的重點及方向，以作為我們執行業務之參考。參與年會之主要具體目的為(1)蒐集最新有關保健物理之研究課題及內容；(2)瞭解美國在輻射防護實務管制與偵測上之現況與發展趨勢；(3)瞭解現今美國關注的國土安全與應變整備；(4)環境輻射偵測與緊急應變之評估模式發展情形等。

二、行程摘錄

行 程 內 容 摘 錄		
日 期	地 點	工 作 內 容
07月11日(星期六)	高雄機場(KHH)－日本東京成田機場(NRT)－美國明尼蘇達州明尼亞波利斯/聖保羅機場(MSP)	抵達美國明尼蘇達州(去程)
07月12日(星期日)至16日	明尼亞波利斯(會議中心)及希爾頓明尼亞波利斯飯店	參與 AHS 年會各項主題會議分組討論及保健物理相關教育訓練活動
07月17日至18日(星期六)	美國明尼亞波利斯/聖保羅機場(MSP)－日本東京成田機場(NRT)－高雄(KHH)	返抵國門(回程)

三、會議過程紀要

(一)、美國保健物理學會年會會議

美國保健物理學會 (American Health Physics Society: AHPS) 於民國 98 年 7 月 12 日至 16 日，假美國明尼蘇達州明尼亞波利斯會議中心(Minneapolis Convention Center, Minnesota,圖 1)及希爾頓明尼亞波利斯飯店(Hilton Minneapolis Hotel,圖 2)舉行第 54 屆年會。AHPS 係一國際間頗具規模的輻射防護研究學術組織，成立 50 餘年來，在輻射防護研究學術領域中具有舉足輕重的地位，每年 7 月間召開國際會議一次，聚集保健物理專家與學者，共同探討輻射偵測與防護相關議題。



圖 1. 美國明尼蘇達州明尼亞波利斯會議中心外觀



圖 2. 美國明尼蘇達州希爾頓明尼亞波利斯飯店外觀

今年 AHPs 年會論文討論進行方式分為全體出席集會(大會特邀論文)與分組討論(一般性論文)。7 月 13 日上午 08:30 至 11:50 揭開年會序幕，由 HPS 總裁 理查德圖海(Richard Toohey)博士擔任主席，約計 1 千餘人參加，開幕實況如圖 3 所示。以“體內劑量測定：過去與現在(Internal Dosimetry: Then and Now)”作為揭幕討論之主題，主辦單位邀請五位專家擔任講座，即洛夫來斯呼吸 (Lovelace Respiratory) 研究所 Guilmette 博士、華盛頓大學(Washington State University) James 教授、加州大學(University of California)Raabe 教授、范德比爾特大學(University of Vanderbilt) Stabin 教授及橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory) Eckerman 博士等專家分別講述(a) A History of Internal Dosimetry Research、(b) The US Transuranium & Uranium Registries: Reaping the Benefits of Lifetime Follow-up of Plutonium Worker Health and Internal α -Dose、(c) Health Effects of Internally Deposited Radionuclides、(d) MEDICAL Internal Dose Assessment Progress on Many Fronts、及 (e) ICRP Radiation Protection Recommendations: Impact on US Regulatory Framework 等議題。根據這五位專家報告內容依序概述如后：(a)分析美國和其他國家之體內輻射劑量研究發展歷史，以增進瞭解相關放射源、曝露環境、放射性核種攝入量與其產生的輻射劑量等相互關係。(b)追蹤意外接觸銻、銻、鈾等放射元素之工作者長期健康個案資訊與解剖其捐贈組織檢查數據，結果顯示除極少數個案有非常高的組織劑量外，大部份個案沒有跡象表明有害工作者之健康。(c)由人類和實驗室動物研究結果顯示，低比高輻射劑量率引起累積劑量產生具體的誘發癌症風險是較少的，而且就體內沉積放射性核種引起之長期輻射曝露而言，累積劑量是一不可靠的癌症風險指標。(d)美國放射性藥物管理局要求，進行診斷或治療的病者須評估其體內主要器官及組織等之輻射劑量，又因體內輻射劑量不可能直接測量，須經過評估計算和使用理論模式，致使近年來醫學方面體內輻射劑量評估理論模式有顯著進展，如進行放射性核種治療患者時，觀察生物反應及對細胞、組織和有機體的研究模式應用，增進了對輻射生物學的理解。(e)國際輻射防護委員會(ICRP)在其出版物 103 號發布新的主要輻射防護建議，ICRP 第二委員會劑量計算工作組已經編寫出版物 107 號和 108 號。出版物 107 號取代原出版物 38 號，彙總 1512 個放射性核種排放量；出版物 108 號提供代表成年男性和女性的參考計算假體，這些改變將影響美國輻射防護規範管制架構。



圖 3. AHPs 年會開幕會議(Plenary session)實況

一般性論文以口頭發表及海報張貼等型式進行，其內容涵蓋環境保護與輻射偵測、國土安全、核能復甦與廢料處理、緊急應變硬體設備應用與評估模式發展、輻射防護的法規與管制、奈米科技應用及體內劑量評估等等。口頭發表型式論文分組主題計有 37 類（詳見附件一），進行了 282 場次議題討論，分組討論會議進行情形如圖 4，與會者就所感興趣場次選擇參加。另年會揭幕當日下午展出論文海報張貼計 66 處，海報型式論文分類主題詳見附件二，海報展示會場實況如圖 5 所示。為對上述研討主題進一步深入溝通，年會安排各種小規模保健物理技術溝通會議；又為促進 APHS 發展與其會員間之溝通，舉行一些學會委員會會議(HPS Committee Meetings)等約計 46 場次，與往年場次相當，彙整列於附件三。



圖 4. 民國 98 年 AHPs 年會論文分組討論會議會場實況

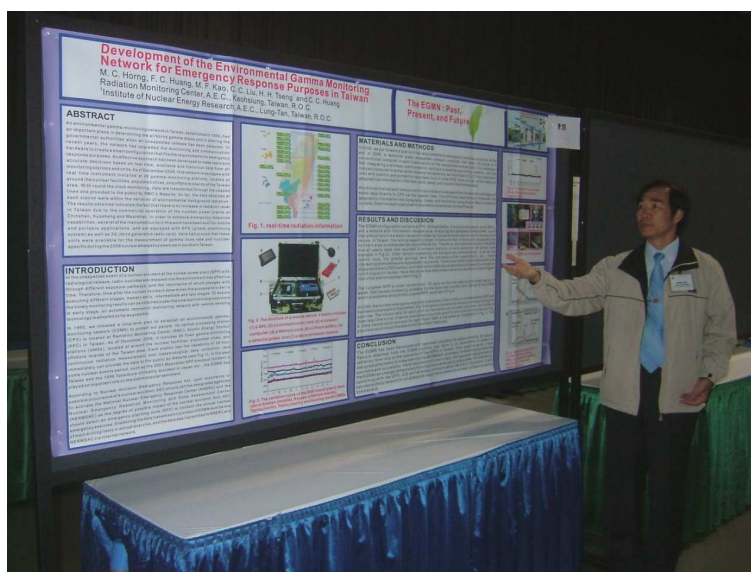


圖 5. 民國 98 年 AHPS 年會海報展示會場實景

(二)、輻射儀器展示

參展單位包括儀器商、學會團體、機關(構)、學校、輻射防護訓練機構及出版商等約計 70 個，輻射防護與偵測設備展示攤位(不含 AHPS 臨時設置攤位)約計 80 處，展示內容涵蓋放射性設施除役與諮詢服務、低放射廢物和混合廢棄物處理服務、輻射監測系統、輻射曝露監測軟體、蓋革管與探針、保健物理就業與顧問諮詢服務、保健物理設備儀器訓練、劑量記錄管理服務、儀器校正與維修服務、射性同位素分析實驗室、輻射防護衣服、氬監測儀器、空氣採樣器與其用品、實驗室分析服務、分析量測儀器、人員監測儀器、人員個人劑量監測、輻射屏蔽設計、輻射監測儀器、氬氣監測、訓練計畫、液體閃爍計數器多頻道分析儀器設備、大學院校概況宣導與招生等等，年會展示實景如圖 6。



(a) AHPS 年會展示廳入口處



(b) 輻防與偵測設備展示情形

圖 6. 民國 98 年 AHPS 年會展示實景

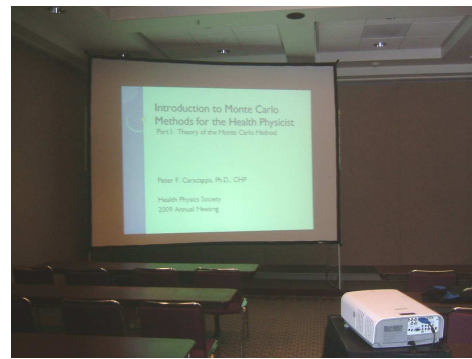
(三)、美國保健物理學會訓練課程

AHPS 屬民間團體，為輻射防護從業人員提供輻射防護與安全方面的訓練，如輻射基本原理、儀器設備、章程、運輸、安全等輻射防護訓練課程之最佳服務與保證，也建構了最佳的網站提供有關輻射防護與安全方面之諮詢和專家學者之協助，有助於輻射從業人員取得 Certified Health Physicist (CHP)之資格，CHP 持有者五年內須參加規定的會議或教育訓練課程時數（稱為 CEC, Continuing Education Credits）才能再核發新 CHP 執照。會議揭幕的前兩天及會議期間每日部份時段，這些時段為 7:00-8:00(上午)、12:15-14:15(中午)及 18:00- 20:00 (晚上)等，辦理一系列的訓練課程，包括 AAHP(American Academy of Health Physics)進修課程、專業精進課程(Professional Enrichment Program: PEP)及繼續教育講座(Continuing Education Lectures: CEL)等，課程內容詳如附件四。AHPS 年會會議之參與者每半天，認可採計 CEC 2 小時，最高認可採計 CEC 12 小時；每場 2 小時 PEP 課程，認可採計 CEC 4 小時；每場 1 小時 CEL 課程，認可採計 CEC 2 小時。今年年會這些訓練課程受到熱烈回響和參與，似乎不受景氣低迷影響，而且訓練課程內容豐富，概述如后。

年會揭幕前，7 月 11 日（星期六）在希爾頓明尼亞波利斯飯店(Hilton Minneapolis Hotel) 舉辦兩場次(每場次 8 小時) AAHP 進修課程即(1)快速能譜模式(Time-Saving Spectroscopy Models)和(2)危險廢物作業和緊急應變標準 (HAZWOPER: Hazardous Waste Operations and Emergency Response Standard)。依 AHPS 提供資料摘述這兩課程內容如后，課程(1)強調重點在於天然放射性核種系列的靈敏度量技術，以便在除役運作裏以最小時間和成本(費用)處理分佈廣(大量)的試樣樣品。課程(2)是為清除危險廢物或接觸或可能接觸到有害物質對健康的危害之一般現場工作人員所設計，內容涵蓋 HAZWOPER 規章、安全和健康計畫、職業安全分析、風險溝通、個人防護與呼吸設備、危險化學品、空氣監測，醫療監督，現場控制及消毒等等。

7 月 12 日(星期日)在明尼亞波利斯會議中心(Minneapolis Convention Center: CC) 舉辦 24 場次(每場次 2 小時)專業增進課程(PEP)，該課程會場實景如圖 7；另 7 月 13 日至 15 日每天 12:15-14:1 也舉辦 PEP 課程，共計 14 場次，各場次 2 小時。這些 PEP 課程內容涵蓋輻射防護儀器相關美國國家標準學會(American National Standards Institute)標準現況介紹、醫療體內劑量計算、保健物理專家雷射安全、鈾再處理設施監測策略(計畫)、運轉中加速器相關保健物理、蒙地卡羅方法介紹、飲用水處理場所 NORM 和 TENORM 介紹、細微空浮微粒過濾與流量控制處理、空浮監測未來方向、體內外劑量測定計畫品質、中子輻射偵測基本原理與核材測定偵測系統、中子輻射曝露和臨界安全與事件、加馬(γ) 與阿伐爾(α)輻射能譜基本原

理介紹、商業核能反應器相關保健物理、建立品質保證系統工程技術、採鈾礦業與製造業介紹、風險溝通、美國國土安全保障輻射偵測介紹、放射性彌散裝置和粗糙核裝置事件第一線反應人員訓練、未來能源與經濟保證--核能發電等等。



(a) PEP 課程上課會場入口處

(b) PEP 課程上課會場內

圖 7. 7 月 12 日 PEP 課程會場實景

7 月 13 日至 16 日每天早上 7:00 至 8:00 時段舉辦，計有 8 場繼續教育講座 (Continuous Education Lecture: CEL); 上課會場實況如圖 8，與會人員參加此課程相當踴躍，可知保健物理這行業在美國需求仍然相當活絡。CEL 教育講座內容涵蓋量測不確定與偏差觀念差介紹、呼吸輻射防護、電腦斷層攝影劑量特性說明、醫院緊急應變計畫、醫療體內輻射劑量測定更新、禁運品偵測系統輻射安全指導方針、及輻射風險溝通等。



圖 8. CEL “輻射風險溝通” 課程會場實景(7 月 16 日)

(四)、社交活動

會議期間除結識一些國外友人外，也遇見數位華人(圖 9)，如 Shih-Yew Chen (陳士友博士)、Charley Yu (余家禮博士)、Jing-Jy Cheng (鄭靜枝系統工程師)、Casper Sun (孫廉陞博士)、Gloria Mei

(張賜元博士)、Donald N. Mei(梅念先博士)、Hung-Cheng Chiou(邱鴻誠博士)、及王正忠博士等。與友人談論過程中，我們體會到美國對其境內國土安全之重視；另核能復甦亦是受關注之焦點，目前輿論對核能看法已有所改變，然接踵而來的就是核能人才之斷層問題，保健物理與核能人才培訓是現階段首當之要務。



圖 9. 鄭靜枝(左 1)、洪明崎(左 2)、余家禮(中左)、陳士友(中右)與張賜元(右 2)及王正忠(右 1)於年會展示場合影紀念

四、心得與建議

(一)、心得

- 1、 觀察 APHS 安排各項研討活動，深深體會到美國投入國土安全方面之經費相當龐大，其自然牽動了各行各業之發展目標，美國保健物理發展方向受相當程度影響，特別是保健物理相關儀器廠商、研究單位、學校機構與實驗室等計畫發展項目制訂亦受影響。本次輻射防護偵測設備展示項目與會議研討多數主題內容，大部份均與國土安全及防恐緊急應變有關。
- 2、 國土安全、減少全球威脅、緊急應變與其儀器設備、社會大眾對放射線恐怖行動之因應準備對策等相關課題，參與者相當熱烈。太平洋西北國家實驗 Stansbury 博士指出「為防止非法裝載的放射性物質進入美國本土，美國國會指示其海關和邊境保護局(Customs and Border Protection:CBP)須掃描 100 %進口貨物，但對合法商業貿易和貨物通行影響應減到最小」。這句話聽起來好像理所當然，然而在貨物通關實務執行可能將面臨很大挑戰，特別是在經濟因素和貨物交易行程的壓力等考慮下，因而在海港碼頭交通流動通常是高速的。裝載貨物(貨櫃)之車輛通過裝於海港碼頭之門框掃描偵檢系統時，車輛行駛

速度愈快，門框掃描偵檢系統偵檢器靈敏度是否能達到預期結果愈受到質疑？目前美國境內國土安全部 Department of Homeland Security: DHS)國內核偵測辦公室(DNDO)、太平洋西北國家實驗室、伊利諾伊州反恐特遣部隊、伊利諾伊州運輸部門、Canberra、ORTEC、等等正積極進行相關設備研發，以提高偵檢技術。

- 3、自 2001 年 9 月 11 日恐怖襲擊，政府是否有能力應對放射性恐怖事件已成爲核心焦點。爲了滿足這種需求和支援國土安全部(DHS)後果管理小組 (Consequence Management Subgroup: CMS) ，能源部 (Department of Energy: DOE) 設立了機構間的行動指導方針專案小組 (Operational Guidelines Task Group: OGT)。OGT 主要目的係提供技術支援 CMS，制定行動準則和發展工具。該專案小組初步制定的行動指導方針內容涵蓋配套軟件援助工具 (RESRAD - RDD) 說明與相關推導，及其應用於放射性散佈裝置(RDD)事件之緊急應變整備和相關作爲。該行動指導方針報告和 RESRAD - RDD 援助工具可透過美國能源部的 OGT 網站試用和提出建議。上述工具及 RDD 事件行動指導方針值得國內輻射彈爆炸事件應變單位及有興趣者參考。
- 4、在 RESRAD - RDD 程式(碼)是由美國阿岡國家實驗室所發展，係一個以計算機爲基礎的支援決策工具，其可應用緊急情況的準備和應付放射性散佈裝置 (RDD) 的事件。根據阿岡國家實驗室余家禮及鄭靜枝等專家指出 RESRAD - RDD 程式納入業經 OGT 制定的方法，同時也考慮到通過各種途徑多個污染面之輻射曝露。RESRAD - RDD 程式可支援評估單一個放射性核種以及一些放射性核種的混合物。用於 RESRAD - RDD 許多參數值取自 RESRAD 數據庫，這些參數包括土壤種植轉移的因素，肉類和奶類轉換因素，劑量轉換係數，衰變半衰期和情景具體佔用因素等。
- 5、美國軍方參與 HPS 年會之人數和提出研討之議題有逐年增加趨勢，其主題著重在醫療保健與預防醫學方面。特別是耗乏鈾(Depleted Uranium)生物鑑定篩選技術。爲了確定潛在的體內攝入耗乏鈾，美國陸軍利用感應耦合電漿-質譜儀 (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry: ICP - MS) 的分析技術對軍人尿液檢驗，以決定尿液中鈾-238(²³⁸U)濃度和 ²³⁵U/²³⁸U 比。使用這種方法，在鈾濃度低至 5 ng U/L 的合成尿液，仍可用於決定耗乏鈾的比率 (²³⁵U/²³⁸U 比率等於 2.17 X 10⁻³)。這種分析方法值得我們學習建置。
- 6、由報章雜誌知，近年來大多數企業，無論大小，已開始進行全面性數據(信息)質量管理計畫。該計畫包括 100 % 的客戶滿意度和產品缺陷。數據(信息)質量管理已被視爲在許多企業成功的一個關鍵因素。

美國內華達州拉斯維加斯國家安全技術公司類似將數據(信息)質量管理概念應用到輻射事件，會議期間發表一則“在聯邦輻射監測和評估中心(Federal Radiological Monitoring and Assessment Center, FRMAC) 製作地圖產品(map products)上增加視覺指標數據(質量)”之一項研究。這地圖是 FRMAC 向公眾說明嚴重污染事件的主要工具。由於不同的人對同一地圖上資訊有可能被解釋多種不同的觀點，而且為使地圖顯示資訊代表保護行動準則(PAGs)的正確性，結合專家意見、現場數據和其他因素等，該公司已完成一套數據質量不確定性之電腦程式，建立視覺指標，以確定最合適的表述。

- 7、 美國佛羅里達大學和喬治亞理工學院等專家學者各提出一體內污染篩選與量測評估技術，兩者共同處是均採用輕便型(掌上型)光譜儀作為一體內污染篩選工具，而不是以傳統方式進行調查研究，該光譜儀易於操作使用並具有放射性核種鑑定功能。一般體內污染篩選輕便型光譜儀採用了具 3.55 cm x 5.08 cm 之碘化鈉(鉍)閃爍偵測器，該光譜儀的功能已透過人體組織模擬測試，而且利用這些測量結果驗證 MCNP 程式模擬偵測器模型，以增進模擬評估技術。建立快速篩選體內污染輻射與量測評估方法，將可提高對一放射性污染事件或 RDD 事件之應變處理能力。上述體內污染篩選方法與技術，值得國內輻射彈爆炸現場應變單位參考與建置。
- 8、 放射性散佈裝置(RDDs)或髒彈恐怖事件發生晚期問題爭議及需要研究發展等相關文獻不多。會議期間，美國伊利諾伊州阿岡國家實驗室環保技術和復原重建計畫主持人(主任)陳士友博士提出有關輻射恐怖事件晚期問題之看法與因應事件需要發展之必要性。陳博士指出關於簡易核裝置(improvised nuclear devices, INDs) 或放射性散佈裝置(RDDs)恐怖事件，我們主要關心是潛在的輻射影響。除了曝露之人口潛在的災難性的健康影響(包括急性和慢性)外，INDs 可能會造成基礎設施相當大的破壞和引起廣泛放射性污染。雖然 RDDs 會造成一個較小規模的輻射影響，但廣泛的污染仍然是一個可能性。民國 97 年美國國土安全部發表了一份「IND 或 RDD 事件後保護和恢復規劃指導文件」，它建議保護行動指南(PAGs)分為初、中級階段應變。而晚期(復原)階段，僅一「最佳化」過程是被提出建議。基於 IND 或 RDD 事件後清理行動將涉及大量的不確定因素和制約(限制)因素，如大量的費用和污染清除程度，因此很難或甚至不可能，發行一套適當的標準。因涉及長期復原最佳化過程的決策，將迫切須要對緊急應變計畫作進一步說明與精進，陳博士指出今後的發展應包括：
(1)解決放射性廢物(料)處置政策問題；(2) 進行規劃污染的適當特徵化與監測；(3)實施適當和有效的消毒與淨化技術；(4)風險和成本

權衡考慮；和(5)發展一個有效的利益相關者(stakeholder involvement)的參與和互動的過程(interaction process)。上述晚期(復原)階段觀念，值得國內核安和輻安應變單位參考。

- 9、為因應世界能源需求持續增加及保障沒有溫室氣體排放之全球能源成長，Sandia 國家實驗室 Mark Miller 及與會專家學者提出“核能發電”是未來保障我們的能源與經濟發展重要考慮之一。民國 97 年底美國核管制委員會(NRC)已收到申請電廠建造和營運計 26 個新單位(17 個地點)，由此可見「核能復甦」已露出美好曙光。「核能復甦」引發之後續一些問題，諸如核能人才短缺、民眾對核能安全信心等等。今年 PHS 年會專家學者提出不少解決方案，其包括(1)NRC 第 50 部分(NRC PART 50)和附錄一規章更新、(2)現有及未來核能電廠環境和公眾輻射曝露考慮、(3)核電廠內保健物理技術人員短缺問題等，針對這三個主題依序敘述如后。(1) 民國 64 年 NRC 採 ALARA 原則，為核電廠的放射性氣體和液體排放制訂規章。NRC PART 50 及附錄一包含這些規定和數值規範，這劑量標準是根據 ICRP 2 全身器官劑量和關鍵概念所制訂。NRC 專家指出，在過去的十年中曾經與利益相關者(stakeholders)討論有關更新附錄一設計目標和其支持的指導文件。他們擔憂的是，使用一種過時的劑量計算方法，表達不同全身和重要器官的劑量，對執照者(licensees)和 NRC 是沒有效率的，也不符合當前全球化的核能發電工業。因此 NRC 提出 NRC PART 50 和附錄一規章更新之必要性。(2) 愛達荷州立大學和伊利諾伊州大學等教授指出經過去幾年觀察，美國商用核電廠已經建立了一個性能和安全性的優異記錄，這一成就有助於奠定了新一代的核電廠的堅實基礎。然而，即使有良好的安全記錄與新建造，核電廠仍必須關心及解決有可能影響環境和公眾之放射性排放。所有商業核電廠釋放氣體和液體放射性廢水排入環境裏是被當作發電的副產品。上述排放物必須被監測及評估其影響。此外，無計畫的排放物必須非常仔細地進行監測和採取措施，以儘量減少其影響。最近，美國一些核電廠無意中釋放氫，有許多進入地下水，已導致增加被政府管理部門和一般民眾等監視和監督，負面宣傳可能會延誤或破壞這些新工廠的建造。因此解決當前和未來有關無論計畫內和計畫外核電廠放射性物質釋放的問題，是「核能復甦」期間不能被忽視課題。(3)與會的核電專家學者均感受今天商業核能廠廠內保健物理技術人員(Health Physics Technicians：HPT)的需求，遠遠超過了供應。由於技術人員退休、晉升、職業的變化等因素，造成 HPTs 的人數明顯下降。隨著新的核電廠到來再加上許可大多數現有工廠營運執照展期，致使即將產生 HPT 短缺問題，這是民國 89 年初被 AHPS 和美國核能研究機構公認的。要解決 HPT 短缺問題，美國各地核能電廠紛紛尋求與其當地大學或學

院合作關係，進行 HP 培訓計畫，甚至提供 HP 培訓技術人員的獎學金計畫，促使年輕世代有機會參加未來核電廠的工作和增進核工業發展。近年來，這種合作關係一直在擴大和延伸到其他相關領域。自民國 95 年以來，NRC 已經發起了教育助學計畫 (Education Grant Program Funding Opportunity)。在第一次獎助期間，有 28 個機關學校獲得這一補助金。美國密西西比州奧爾康州立大學(Alcorn State University: ASU) 是獲 NRC 補助金之大學院校之一，該大學專家以產業政府學術(Industry-Government-Academic: IGA)合作，提高保健物理方面勞動力發展為主題，提出實務執行經驗，供與會者分享其成功案例，對因應核能復甦解決 HPT 短缺問題有莫大助益。上述美國政府和核電業者因應核能復甦之作為與觀點，值得國內參考。

- 10、 20 世紀 70 年代末，美國核工業和化工業以“風險溝通”消解公眾對核化技術的擔憂。一般人認為需要明確、易懂的信息，使人們認清風險不像其所擔憂的那樣。直至今日，很多人仍然認為風險溝通能使信息變得易懂。依報章文獻知，幾十年來，這種方法沒有產生效果，大多數風險溝通專家認為它是不適當的。溝通專家馬克(Mark Radonich)博士認為事實上輻射風險溝通行動被感知“失敗”原因時常是由於溝通計畫和執行之所有問題過度單純化或誤解而造成。典型的人與人之間的溝通模式，往往專家與民眾之間想法落差很大，且甚至可能造成嚴重誤解。“我們的正常工作中遇到那一個是最困難的問題，技術問題或人的問題？”保健物理(HP)專家總是說：人的問題是最困難的。與會專家 Johnson 博士認為許多人的問題是由於輻射神話(沒有事實根據的觀點)所導致。一個神話是一集體的意見、信念、幻覺(假象錯誤的觀念)、妄想(迷惑錯覺)、或理想，是基於錯誤的前提或歪理邪說的結果。人們聽到關於“致命的輻射”已經歷很長的時間將這些話當信條。“輻射”帶來了可怕的東西之害怕印象，必然地，他們不惜一切代價加以避免。更有趣的是一位輻射技術公司專家以多年來美國洛杉磯市好萊塢對輻射看法為主題，分析在過去的一個世紀裏輻射神話曾發生變化之趨勢。媒體是讓廣大民眾獲得話題的信息來源之一，以“輻射”相關事件作為科幻電影題材愈來愈多，可藉此獲知一般民眾對“輻射”反應與感受。電影製造商以炸彈爆炸為題材已經有足夠多的資料以拍攝整個新類型的電影，後來“核電廠和其相關事故”逐漸成為電影主題中最突出的題材，加深了人們對這類電影的興趣與關注。如何藉由媒體導正民眾對“輻射”觀念，正是這世紀核能主管單位及輻射從業者應有之作為，而溝通是促成專家與民眾(含媒體)之間最佳橋樑，近年來 APHS 年會也感受“輻射風險溝通”課題之重要性。

11、 奈米科技(Nano-technology)逐漸受 PHS 年會重視,今年揭幕之第一天下午特設 2 小時分組專題討論會,主題包括 “奈米材料是未來的希望”、“奈米粒子保健物理推測”、奈米技術應用於當前和未來的醫療、奈米技術風險效益與倫理(Risk-Benefit and Ethics)等。美國路易斯安那州大學(Louisiana State University: LSU)和美國洛斯阿拉莫斯國家實驗室(Los Alamos National Laboratory: LANL)現正積極針對這些課題研究開發,至今已經有成千上萬的公司利用奈米技術諸如智慧型紡織品(smart textiles),材料塗層(material coatings),診斷和醫療應用,過濾和淨化,催化劑,半導體及交換機等方面。依據美國路易斯安那州大學專家指出醫療應用奈米技術大致分爲診斷和治療等方式,奈米技術應用於醫療領域前途是光明的,而且未來是完全不同於我們任何人 10 年前能夠想像的。保健物理學放射性奈米粒子是處於萌芽狀態,奈米粒子類似輻射,我們無法看到、味道、感覺或觸摸它們;我們必須制定適當的傳感器,以探測和跟蹤它們,目前奈米粒子的研究仍依賴於昂貴的電子顯微鏡測量,努力研究開發奈米技術應用之際,仍須積極瞭解奈米粒子研究的問題和潛在風險。

12、 依年會論文分組會場氣氛,感知“環境”相關議題亦是受與會者專家熱絡討論課題之一。加拿大衛生部專家們提出參加今年(民國 98 年)1 月 19 日至 23 日奧地利維也納會議有關“輻射安全和保護環境 EMRAS II (Environmental Modelling for Radiation Safety II) 計畫”之心得,供大家分享。該會議來自 40 個國家計 110 個專家參與,EMRAS II 計畫主要目標係幫助各國建立和協調能力,將環境中的放射性核種的變遷模式化。爲了精進估計影響的放射性核種釋放,該計畫藉由參與國家的不同情節下測試模式並進行比較。EMRAS II 係 3 年期計畫,包含三大主題:常規排放(routine discharges)、保護非人類動植物群(protection of non-human biota)及意外排放(accidental releases)。上述計畫執行模式與結果,值得我們參考與學習。另美國佛羅里達國際大學及太平洋西北國家實驗室等專家針對在美國各地區進行體外加馬輻射劑量率研究成果供大家分享。自民國 49 年以來,他們受美國政府資助進行空間加馬輻射測量(aerial photon radiation measurements),從而導致一組非常大的數據資料。進行審查和分析這些空間加馬射線光譜測定數據,以提供並建立美國各地方輻射水平的基準數據,以及土壤中原始放射性核種 ^{232}Th (釷-232), ^{238}U (鈾-238) 及 ^{40}K (鉀 40)和宇宙輻射的分布情形。根據經度和緯度,利用聯邦資訊處理標準代碼及地理資訊系統(geographical information systems)指定一測定點(計 3102 個)。統計分析結果顯示,美國土壤中天然存在的放射性核種 ^{232}Th , ^{238}U 和

^{40}K 的活度濃度分別為 2.8~97.4、4.9~56.4 和 34~939 貝克/千克。由此產生的地面上 1 米處之體外吸收劑量率(空間加馬吸收劑量率)和相應的年有效劑量範圍分別為 6.74 ~ 93.6 nGy. h⁻¹和 40.5 ~ 565 μ Sv. a⁻¹。人口加權加馬劑量平均值經估算，吸收劑量率和年有效劑量分別為 38.2 \pm 12.4 nGy. h⁻¹和 234 \pm 75 μ Sv. a⁻¹。有關人口的加權平均值方面，1987 年 NCRP 報告中美國人口輻射曝露之吸收劑量率和年有效劑量分別為 50 nGy. h⁻¹和 280 μ Sv. a⁻¹，而在 2000 年 UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) 報告中全球平均之吸收劑量率和年有效劑量分別為 55 nGy. h⁻¹和 480 μ Sv. a⁻¹。

13、在 DOE 資助下，美國奧勒崗州大學專家進行預測 ^{36}Cl (氯-36)在環境中行爲之研究。 ^{36}Cl 是一長半化期和能高快速移動的放射性核種，長期以來，它還沒有引起廣泛關注。專家學者興趣的是 ^{36}Cl 係放射性廢(棄)物處置引起長期潛在劑量之一個重要貢獻者，而且最近出版的國際聯盟 Radioecologists 提出加強進行“ ^{36}Cl 的環境行爲”研究之必要性。專家學者曾經以一個實驗性之研究，調查在海洋系統中鹵蟲(Artemia)吸收 ^{36}Cl 情形，即在一個污染的系統採用鹵蟲生長機制，測量鹵蟲的身體負擔(重量)隨著時間變化。另一系列的實驗係種植黑麥草(做飼料用)，它靠著受 ^{36}Cl 污染的灌溉水而生長，隨著時間追蹤它的吸收和經土壤傳輸情形。在上述兩實驗結果可證明生物系統顯著地濃縮了 ^{36}Cl ，而且鹵蟲或黑麥草等每一情況均吸收超過 50 % 的活度。 ^{36}Cl 在環境行爲之調查，有助於放射性廢(棄)物處置管理機構評估處置場所安全與否之一項指標。

14、民國 96 年 APHS 年會曾熱絡討論民國 95 年英國倫敦發生輻射毒物 ^{210}Po 案情，其是英國史無前例的民眾可能曝露於輻射風險事件，英國健康保護局的輻射科學專家快速發展一套尿液檢測程序，展開對民眾健康調查提出專業性的見解，英國當局除忙於進行防止事件蔓延外，同時確保民眾接收到最新的相關資訊，持續數週後才告一段落。自該事件後 ^{210}Po 相關議題近兩年陸續受重視，特別是探討 ^{210}Po 造成人類傷害及其特性研究。 ^{210}Po 造成人類傷害主要形式係吸煙誘導輻射劑量，而上述英國倫敦發生輻射毒物 ^{210}Po 事件係屬攝入體內造成危害。民國 53 年科學家在哈佛大學公共衛生學院 (HSPH) 報告說，煙草含有相對高濃度的天然發生的 ^{210}Po 。希臘亞里斯多德大學(Aristotle University)原子和核物理實驗室收集各地菸葉，以估計吸煙引起的有效輻射劑量，該劑量是由天然放射性核種造成，如釷系列 ^{226}Ra 和 ^{210}Pb 、釷系列 ^{228}Ra ，以及人爲產生的放射性核種，如核種指源起車諾比爾(Chernobyl)事故之 ^{137}Cs 。研究結果顯示，對於吸煙者來自天然

放射性核種造成之年平均有效劑量為 $251.5 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ ，高於來自源起於車諾比爾之銻-137 貢獻造成之年平均有效劑量為 $199.3 \text{ nSv}\cdot\text{a}^{-1}$ 。根據 UNSCEAR 民國 89 年報告世界各地的平均曝露於天然輻射源為 $2.6 \text{ mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ ，其中吸入部分占 $1.26 \text{ mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ 。哈佛研究團隊指出當吸煙者開始吸煙， ^{210}Po 是被揮發並沉積在他/她的肺部。該研究團隊曾針對 40 位肺癌患者(吸煙者和非吸煙者)進行研究分析肺組織中 ^{210}Po ，結果顯示 ^{210}Po 優先沉積在支氣管上皮細胞，這些組織產生的劑量率估計為 $160 \text{ mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ 。該研究團隊的結論是"根據現有證據顯示， ^{210}Po 可能是造成人類患支氣管癌之一重要因素。" 近年來美國環境保護署曾提出一研究結論"來自 ^{210}Po 之 α 粒子對香煙的煙霧中化學致癌物質有加成效應，致使吸煙者相較於未吸煙者造成終生患肺癌的危險增加。民國 97 年美國超過 16 萬人 (44 % 是婦女) 因患肺癌而失去寶貴生命，估計 85 % 至 90 % (即 14 萬) 致死之主要原因係由香煙引起，事實上，其是美國排名第一位癌症殺手。總之，香煙是毫無疑問不必要的，且是極其有害的及能使人類成癮的輻射源。"

- 15、 在美國境內因氡氣造成民眾劑量遠遠超過正常運轉之核能電廠，美國專業們常藉著研究結果教育民眾關於輻射各種來源及其相對劑量率與相關輻射風險，以加強民眾對核能發電之信心。今年氡議題偏重於室內環境，特別是測量技術探討及住宅氡流行病學調查 (Residential Radon Epidemiology)。最近媒體報導來自廚具系列的花崗岩(granite)流理台輻射相關信息，住宅室內裝飾性的石材引起之輻射曝露隨之又重新受到民眾重視。美國消費者團體(Consumer groups)已經表示關注氡造成之體外加劑量與曝露。美國聖約翰大學與石材供應商合作，分析調查各類花崗岩板材放射性含量。研究調查結果顯示，平均表面劑量率介於 30 至 $600 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ；天然放射性核種鈾系列、釷系列和鉀-40 比活度範圍分別為 20 至 $5000 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ， 20 至 $1300 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 300 至 $3000 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。上述結果與本中心長期調查建材之結果大同小異，且量測分析做法相似。長期曝露於住宅裏氡子核係我們生活環境中主要健康風險之一，美國境內氡子核曝露相較於其他所有引起癌症的原因，其是導致癌症死亡率第七位。關於世界衛生組織(World Health Organization: WHO)的國際氡計畫之最新信息也正被專家學者重視且嚴肅討論中。美國環保局(Environmental Protection Agency: EPA)提出一室內氡計畫，將室內氡限度立法，風險程度將被記錄於該計畫中。由上述可知住宅氡造成風險受美國政府與民眾重視，反觀國內對住宅氡就沒有如此受關注，這可能是住宅結構、地理位置與氣候條件之差異所致。

- 16、 當今美國受 911 恐怖事件和英國倫敦發生輻射毒物 ^{210}Po 事件等影

響，體內劑量測定和生物鑑定技術頗受專家學者重視，今年部分議題脫離不了與上述事件有關，如(1)利用輻射或核事件現場環境空氣試樣分析結果預估體內劑量、(2)動物體內 ^{210}Po 新陳代謝最新研究、及(3)ICRP(International Commission on Radiological Protection) 30 與 ICRP 66 呼吸模式比較等等議題。民國 49 年初期，羅契斯特大學科學家已經進行了體內 ^{210}Po 新陳代謝全面性的研究；民國 79 年初美國科學家共同進行關於成年雌性狒狒(Female Baboons)體內 ^{210}Po 新陳代謝(METABOLISM)研究，大多數以生物體內分佈和排泄分析等方面作為研究調查方式。今年 2 月和 3 月加拿大衛生部及加拿大原子能有限公司等保健物理專家調查老鼠尿、糞和通過呼吸之排泄物，以探討其體內 ^{210}Po 新陳代謝情形和評估輻射劑量。由此可知，體內劑量測定評估大部分以放射性核種 ^{210}Po 作為研究調查標的。另近年來呼吸系統相關輻射劑量研究，放射性核種 ^{210}Po 亦扮演一重要角色。紐約大學醫學院學者專家利用呼吸系統模式探討 ICRP 30 與 ICRP 66 間之差異性，針對吸煙者和非吸煙者體內 ^{210}Po 作為研究主要標的。其研究結果證實了從氣管與支氣管樹和肺薄壁組織經模式評估所公佈的數據。就吸煙者體內 ^{210}Po 而言，ICRP 30 預測支氣管樹和肺腔室分別為 4 和 290 mBq，而 ICRP 66 預測支氣管樹和肺腔室分別為 240 和 120 mBq。由此可知 ICRP 30 與 ICRP 66 呼吸模式對上述組織中 ^{210}Po 評估結果差異很大，可能是兩模式使用之參數(含組織加權因素)與假設條件不同所致。

- 17、量測不確定度分析係現階段數據統計與表現量測結果之一迫切課題，會議揭幕當日早上 07 至 08 點，PHS 特地安排“Uncertainty, Variability, Bias, Error, and Blunder” 議題作為 PH 繼續教育課程(CEL)，講授專家深入淺出介紹不確定度相關之觀念、建置方法與模式，其評估過程與國內做法大同小異。參與此課程專家學者相當多，幾乎擠滿整間會場，由此可知這類課程受重視程度，值得國內輻射防護界教育訓練仿效與參考。

(二)、建議

- 1、美國經歷 911 攻擊事件後，政府是否有能力應對放射性恐怖事件已成為安定民心之核心焦點。放射性恐怖事件(或所謂髒彈)發生，可能已造成傷害，應變重點在於如何將損害降至最低，因此現行美國聯邦、州及地方政府間之放射性恐怖事件危機處理與因應措施分工明確，而且地方政府具輻射偵測能力及配備有偵測與分析之儀器，執行第一線現場輻射偵測任務，可迅速確實掌握應變先機。反觀我國地方應變過

分依賴中央，至今地方政府仍無完整輻射偵測計畫及分析設備與能力，一旦發生放射性恐怖事件，第一線警消人員恐將無法因應，既使通知本會前往處理也緩不濟急，不管事件大小，民怨必排山倒海而來，政府形象必受影響，因此如何協助地方政府建立實質應變能力將刻不容緩。建議明確規範中央與地方政府之間放射性恐怖事件危機處理與因應措施相關事宜，並檢討現行相關作業程序，以避免從地方到中央對放射性恐怖事件災情第一手資訊掌控失靈或發生地方與中央應變不同調現象。另建議各級政府依權責宜訂定輻射事件應變計畫，內容涵蓋輻射偵測、取樣計測分析、輻射劑量評估及防護行動建議等等應變機制。

- 2、 我們知道輻射看不見、聽不到、聞不出，因此第一線輻射事件應變人員無法感知或察覺輻射的存在，無形中構成其威脅與輻射風險。以輻射彈(髒彈)爆炸事件為例，初期赴現場處理事件之應變人員最有可能是各縣市消防人員。雖然本會已提供輕便型偵檢器及電子式輻射劑量計至各消防單位，以利消防人員應變輻射事件並減少其輻射風險，然而事故發生時消防人員(第一線應變人員)礙於其工作性質及救人優先理念，兼顧執行偵測現場輻射可能性很低。為確保第一線應變人員執行之安全與減少輻射風險，建議本會協調各縣市消防單位 將“輻射彈(髒彈)爆炸事件應變處理”比照一般災害事件，納入各消防單位每年定期教育訓練或演練之必要課程，以提升各縣市消防人員對輻射事件應變觀念與處理能力。
- 3、 阿岡國家實驗室 (ANL) RESRAD 團隊在陳士友博士及余家禮博士領導下發展數套著名之評估程式，早期包括 R E S R A D、RESRAD-OFFSITE、R E S R A D - B U I L D、R E S R A D - R E C Y C L E 及 R I S K I N D 等，這些程式功能簡述如下：1· R E S R A D：剩餘放射性物質之劑量評估，可作為廠址污染清除標準之準則。2· RESRAD-OFFSITE：評估核種隨地下水遷移到場址以外區域。3· R E S R A D - B U I L D：對建築物中的放射性核種，評估其內部人員可能受到的輻射劑量與風險。4· R E S R A D - R E C Y C L E：輻射污染物質回收之作業與運送過程及集體劑量評估。5· R I S K I N D：用於燃料運送之輻射影響及健康風險度評估。在美國政府資助下，RESRAD 團隊積極發展 RESRAD - RDD 程式，其係一個以計算機為基礎的支援決策工具，可應用於緊急情況的準備和應付放射性散佈裝置 (RDD) 的事件。今年 PHS 年會中有多篇論文已驗證其應用於輻射彈污染事件應變之可行性。現階段本中心負責南部地區輻射彈爆炸事件應變任務，建議引進上述 RESRAD - RDD 劑量評估程式以作為

緊急應變評估劑量輔助工具之一。

- 4、 我們知道深地層處置 (Deep Geological Disposal : DGD) 是大部份國家為高階核廢料找一個適當(或許最後)貯存處所，也是目前最安全處置核廢料的方法。深地層置放處所到底有多安全，就須先探討廢料裏的放射性核種究竟怎樣遷移，核種必須經過地層中的遷移才能達到處置場所周圍環境(生物圈)。地下水與廢料體作用，可能造成放射性核種外釋。在 DOE 資助下，美國奧勒崗州大學進行預測 ^{36}Cl (氯- 36) 在環境中行爲之研究，以往這類研究在環境偵測還沒有引起廣泛關注。放射性核種 ^{36}Cl 是廢料體中具有較快遷移速度之一核種，其較易離開處置場周圍外，因此監測處置場所周圍環境中放射性核種 ^{36}Cl 含量，可以瞭解放處所放射性核種外釋狀況。建議本中心建立放射性核種 ^{36}Cl 度量分析方法與技術，或許對(未來高階)核廢料貯存處所周圍環測作業有所助益。
- 5、 911 恐怖攻擊事件前，在防恐上美國已投入相當多的經費預算及採取嚴密的措施，但仍然無法避免此一恐怖事件發生，惟有萬全的準備才能將損失降至最低。依我國核子事故緊急應變法規定，為有效執行核子事故緊急應變，核子事故發生或有發生之虞時，依事故可能影響程度，中央主管機關成立核子事故中央災害應變中心及輻射監測中心；國防部成立核子事故支援中心；地方主管機關成立核子事故地方災害應變中心。該法第十五條規定中央主管機關應定期擇定一緊急應變計畫區，依核定之緊急應變基本計畫辦理演習。可知核子事故發生地點可掌握，而且應變平時整備作業規劃也較完備，然輻射彈(髒彈)爆炸事件與核子事故相異性很大，任何地點都可能發生，最可能的地點或許是繁榮且人口密集的鬧區和大眾運輸車站，諸如捷運站及火車站。輻射彈爆炸散播的放射性物質必須依靠輻射偵測儀器才能發現，民眾無法察覺是否受到傷害。應變時效十分重要，否則民眾在不自覺的情況下造成的污染擴散會增加處理上的困難度。當民眾得知輻射意外事故，心理的恐慌與焦慮較一般事故大的多。一旦發生輻射彈爆炸恐怖攻擊事件時，由各直轄市、縣(市)政府開設地方災害應變中心負責現場緊急防救之指揮，並立即通知原能會啟動緊急應變小組，派員執行輻射偵測及劑量評估作業與提供民眾防護行動建議，必要時，得依規定請求國軍部隊支援執行輻射污染清除工作。每年配合「萬安演習」模擬輻射彈爆炸事件緊急應變操演，參與演習之各級地方政府或許演練重視項目不同，負責現場緊急防救之指揮單位層級不一，雖主管單位和演練單位均很用心，演習過程逼真順利，然而萬一真實事件發生，可能就不是如此順利，更何況至今未參與演練過此類應變之直轄市、縣(市)政府仍占多數，惟有多一份準備，才能少一份恐慌，建

議本會可能的話，請每年主辦輻射彈爆炸事件緊急應變之直轄市或縣(市)政府邀請未參演之其他單位觀摩並提供相關緊急應變作業程序書參考，並擬定事件發生初期、中期及後期之權責單位、交換情報介面管道及可能遭遇風險與問題，以防範與因應輻射事件發生。

- 6、適逢世界能源需求持續增加及保障無碳能源需求成長之際，依我國政府機關及美國核能協會（American Nuclear Society：ANS）民調數據顯示，支持核能的比例超過 60%以上，雖然有條件支持核能比往年樂觀，但一般民眾對核能仍有質疑與擔憂，這或許如 Johnson 博士所認為的輻射神話所導致，又往往 PH 專家與民眾之間想法落差大，甚至於造成誤解。至今“輻射”帶來了可怕的東西之害怕印象，已刻印在一般民眾心中。輻射並不可怕，其實人們生活在大自然，無時無刻不在接受著各種天然放射線的照射，包括宇宙射線、陸地加馬射線等。因為天然放射線在環境中的分布十分廣泛。在岩石、土壤、空氣、水、動植物、建築材料、食品甚至人體內都有天然放射性核種的踪跡。陽光也是一種天然輻射，適當的陽光照射對人體是有益的，幫助人體合成許多必須的營養物質。天然背景輻射已為人類所適應。隨著人類進步和物質文明提高，使人們“有機會”“主動”接受更多輻射照射。諸如此類例子很多，抽煙、帶夜光表、乘飛機、X 光透視等過程中，人們都在接受人為的額外放射性照射。基於以上觀點，每一位 HP 或從事輻射專業人員有責任有義務將“輻射”真實一面告訴廣大民眾，教育人們如何作出自己的評價，以迎接核能復甦來臨。建議核能事業者或核能主管機關宜以教育著手，培養“認識輻射”相關題材種子教師和邀請已退休之輻射專業先進或義工(志工)參與此教育活動，針對不同年齡層，適時廣泛推展教育宣導，以生活上或周遭環境中既存之天然輻射來消弭或糾正長期已存在人們心中之所謂“輻射神話”。
- 7、氡氣係屬放射性氣體，無色、無味、無臭，當存於泥土及岩石裏（特別是花崗岩）的鐳放射衰變分解時，便會產生氡氣。氡氣經衰變，會形成一系列具輻射的微粒。當氡氣或微粒被吸入肺部，部份會積聚並繼續散發輻射，使吸入者患肺癌的機會提高，而且，依美國 APHS 專家學者曾研究調查指出氡氣是造成美國民眾輻射劑量最大來源。或許國內民眾生活受氡氣(如住宅氡)影響不如美國，氡氣相關議題討論與研究似乎不多，本中心職掌全國環境輻射偵測業務，多年來對國內氡氣量測調查相當重視且持續進行中，為了提高監測效益與品質，建議逐年由國外引進成熟的氡氣偵測儀器，精進既有之量測技術，加強人才培育，避免人才斷層與相關技術流失。
- 8、自民國 95 年英國倫敦發生輻射毒物 ^{210}Po 事件後，世界各國對於放射性 ^{210}Po 核種相關研究如雨後春筍般的在各類文獻上出現。民國 53

年 ^{210}Po 核種之蹤跡就已在煙草中被科學家發現，因此研究者對香煙中放射性物質含量調查相當有興趣，世界上較大的煙草公司亦一直持續針對香煙裏放射性 ^{210}Po 核種進行研究調查，可知放射性 ^{210}Po 含量調查受到世界各國專家重視。為提升本中心 α 量測技術能力及探討國內香煙中放射性 ^{210}Po 含量，建議精進既有之量測技術，建立快速分析方法與簡易評估程序，以因應本中心未來偵測業務實際需求與推展。

- 9、 環境中的土壤和岩石含有許多天然放射性核種，有些係自地球誕生以來即存在地殼中，有些係來自外太空之宇宙射線所產生，這些天然生成且含有鈾、釷、鉀等天然放射性核種或其衰變後產生的放射性核種之物質，一般被稱為天然放射性物質 (Naturally Occurring Radioactive Materials: NORM)。另含釷 (^{232}Th) 及鈾 (^{235}U 、 ^{238}U) 的稀有金屬礦物如獨居石、鈦礦石和磷礦石等，其具有較高的放射性核種濃度，因此也具有較強輻射劑量。在這些礦物之開採過程、精煉過程、其相關產業製程和產品利用等均可能使人類受到天然放射性物質 (Technologically Enhanced NORM: TENORM) 的輻射曝露。長期以來，NORM 和 TENORM 相關研究議題引起 PH 專家學者重視與興趣，今年 PHS 特別安排“飲用水處理場所 NORM 和 TENORM” 議題當作專業精進課程 (PEP) 之一。隨著民生科技發展，天然放射性物質 TENORM 逐漸為人們所重視，其衍生之輻射現象不是單一法規可以規範，我國已經訂有「天然放射性物質衍生廢棄物管理辦法」、「天然放射性物質管理辦法」及有關建築材料用事業廢棄物之放射性含量限制要點等等，為了國人消費用品輻射安全與民生的發展，建議宜關注國際上先進國家相關技術發展及可能衍生問題，視實際需要訂定相關管理規範。另建議精進飲用水或地下水中之 NORM 量測技術，並開發水樣中放射性物質(如 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 及人造核種)快速分析法，以提升核子事故或 RDD 事件緊急應變能力，甚至於可應用於調查國內各地區溫泉水水中放射性物質含量之相關研究。
- 10、 欲評估因一核設施或大型加速器運轉所造成的輻射劑量，必須先調查天然背景輻射，包括來自宇宙射線、地殼的天然放射性核種、大氣中的核爆落塵、建築物內的輻射背景等等。天然背景輻射所造成的劑量每個地方都不太一樣，會隨著高度、地球緯度和天然地理環境而變化，就台灣地區而言，天然背景輻射的總劑量大約是每年 $2000 \mu\text{Sv}$ ，其中體外加馬射線的天然背景劑量率約為 $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 左右，中子劑量率則遠小於加馬射線只有約為 $0.003 \mu\text{Sv/h}$ ，相差約 30 多倍。體外劑量評估測定係 PHS 歷年分組討論重要議題之一，今年年會也不例外，環境加馬射線和中子評估測定研究與調查相關議題絕不缺席，甚至 PHS 安排

“保健物理關心的中子曝露、臨界安全及臨界事件”作為繼續教育課程之一。反觀國內，或許如上述所提在海平面環境中子劑量率遠遠小於天然背景加馬輻射劑量率，因而我們生活環境裏前者(環境中子劑量率)比後者(加馬輻射劑量率)較不易檢測到，甚至有些專家學者認為核設施周圍環境偵測加馬輻射劑量調查已足以取代中子量測，致使國內現行環境輻射偵測調查大部份以加馬射線為主要監測對象。然而，環境中子監測技術在歐、美、澳、日等地區已相當成熟，甚至於各國建構之環境中子監測站已結合成一全球中子監測網，長期以來該監測網以全天候 24 小時觀察宇宙射線變動情形，成果相當好。因台灣地區接近地磁赤道，能量不夠高的宇宙射線帶電粒子會被地球磁場偏折回太空，因此宇宙射線強度較弱，但其平均能量卻較高。儘管在文獻中宇宙射線中子隨高度與緯度的分布有相當多測量或計算的數據，然大多集中在中高地磁緯度地區(如歐、美、日)，對於低地磁緯度區域之數據缺乏，因此台灣地區若能獲得相關數據正可彌補其不足。基於上述分析，建議宜參考國外技術進行中子測定技術研究發展，可能的話，未來視實際需要逐年評估將中子測定納入計畫監測項目，以促使環境輻射監測計畫更完整。另建議宜規劃並建立我國中子監測網，對核電廠設施廠界中子輻射場進行長期調查，以增進環境偵測計畫之完整性；同時，未來若該監測網能透過網路與國際上之全球中子監測網聯結，互相分享資訊，預期將可提高本中心中子監測技術及增加參與國際社會活動機會。

五、附件

附件一、發表型式論文分組主題：

日期：7月13日

- 1 · Waste Management
- 2 · Bio-kinetics/ Bio-effects
- 3 · Risk Analysis/Communication
- 4 · Internal Dosimetry and Bioassay I
- 5 · Decommissioning,
- 6 · Stakeholder Engagement : IRPA Guiding Principles for Radiation Protection Professionals on Stakeholder Engagement (Special Session)
- 7 · Nanotechnology (Special Session)

日期：7月14日

- 8 · 25 Years and Counting: Indoor Radon Since Watras (Environmental Special Session)
- 9 · Medical I
- 10 · Accelerator section I (Special Session)
- 11 · Power Reactor Special Session: Radiation Protection in a Nuclear Power Renaissance I
- 12 · Homeland Security, Radioactive Material Monitoring and Security I (Special Session)
- 13 · Why Society Needs Health Physics: Biological Effects and Challenged I (AAHP Special Session)
- 14 · Regulatory/Legal
- 15 · Medical II
- 16 · Accelerator section II (Special Session)
- 17 · Accelerator
- 18 · Power Reactor Special Session: Radiation Protection in a

Nuclear Power Renaissance II

- 19 · Homeland Security, Radioactive Material Monitoring and Security II (Special Session)
- 20 · Why Society Needs Health Physics: Biological Effects and Challenges (AAHP Special Session) II

日期：7月15日

- 21 · Environmental I
- 22 · Current Topics in Medical Health Physics (Special Session)
- 23 · External Dosimetry I
- 24 · Federal Government Nuclear Detonation Preparedness (Special Session),
- 25 · Military Health Physics Session
- 26 · Case Studies in Health Physics, Student Reports from the Masters in Health Physics Program at the Illinois Institute of Technology I (Special Session)
- 27 · HESHAPs – Radioactive Air Meeting
- 28 · External Dosimetry II
- 29 · Internal Dosimetry and Bioassay II
- 30 · Homeland Security
- 31 · Military Health Physics Session
- 32 · Case Studies in Health Physics, Student Reports from the Masters in Health Physics Program at the Illinois Institute of Technology II (Special Session)
- 33 · Aerosol Measurements (Adjunct Special Session)

日期：7月16日

- 34 · Operational Health Physics
- 35 · Emergency Planning and Response
- 36 · Instrumentation

附件二、海報型式論文分類主題

展示日期：7月13日至15日

1. Accelerator
2. Bio-kinetics / Bio-effects
3. Decommissioning
4. Environmental
5. External Dosimetry
6. Homeland Security
7. Instrumentation
8. Emergency Planning and Response
9. Internal Dosimetry and Bioassay
10. Medical
11. Operational
12. Power reactor
13. Waste Management

附件三、保健物理學會委員會會議(HPSCM)歸類

會議日期：7月11日至16日

開會地點：Hilton Minneapolis Hotel (H)；Minneapolis Convention Center
(CC)

1. ABHP BOARD MEETING (H)
2. FINANCE COMMITTEE (H)
3. ABHP BOARD MEETING (H)
4. HPS EXECUTIVE COMMITTEE (H)

5. AAHP EXECUTIVE COMMITTEE (H)
6. HP/ORS JOURNAL BOARD MEETING (H)
7. HPS BOARD OF DIRECTORS (H)
8. AAHP EXECUTIVE COMMITTEE (H)
9. PROGRAM COMMITTEE (CC)
10. NOMINATING COMMITTEE (CC)
11. CHAPTER COUNCIL MEETING (CC)
12. HISTORY COMMITTEE (CC)
13. HPS WEB EDITORS (CC)
14. ANSI/HPS N13.1 REVISION WORKING GROUP I (CC)
15. RULES COMMITTEE (CC)
16. AEC SUBCOMMITTEE OF ACCREDITATION (CC)
17. ABHP PART I PANEL OF EXAMINERS PASSING POINT WORKSHOP (CC)
18. HPS SECTION COUNCIL (CC)
19. AAHP NOMINATING COMMITTEE (CC)
20. SCIENTIFIC AND PUBLIC ISSUES COMMITTEE (CC)
21. AWARDS COMMITTEE (CC),
22. ACCELERATOR EXECUTIVE COMMITTEE (H)
23. DECOMMISSIONING BOARD MEETING (H)
24. ANSI N13.12 (CC)
25. LAB. ACCREDITATION POLICY COMMITTEE (CC)
26. LAB. ACCREDITATION ASSESSMENT COMMITTEE (CC)
27. HP PROGRAM DIRECTORS ORGANIZATION (CC)
28. PUBLIC INFORMATION COMMITTEE (CC)
29. SOCIETY SUPPORT COMMITTEE PART I (H)
30. GOVERNMENT & SOCIETY RELATIONS COMMITTEE (CC)

31. ANSI/HPS N13.1 REVISION WORKING GROUP PART II (CC)
32. ANSI N323A/B (CC)
33. CSU RECEPTION - ALL ARE WELCOME (CC)
34. SCIENCE SUPPORT COMMITTEE (CC)
35. INTERNATIONAL COLLABORATION COMMITTEE (CC)
36. STUDENT BRANCH MEETING (CC)
37. MILITARY HP SECTION EXECUCTIVE BOARD (CC)
38. SOCIETY SUPPORT COMMITTEE PART II (CC)
39. MEMBERSHIP COMMITTEE (CC)
40. CONTINUING EDUCATION COMMITTEE (H)
41. STANDARDS/HPSSC MEETING (H)
42. ACADEMIC EDUCATION COMMITTEE (CC)
43. HOMELAND SECURITY COMMITTEE (H)
44. LOCAL ARRANGEMENTS COMMITTEE (CC)
45. HPS BOARD OF DIRECTORS MEETING (H)
46. PROGRAM COMMITTEE (H)

附件四、保健物理教育訓練課程

(一) AAHP (American Academy of Health Physics)

日期：7月11日(星期六)

1. Time-Saving Spectroscopy Models
2. 8-hour HAZWOPER Refresher Course

(二) PEP (Professional Enrichment Program)

日期：7月12日(星期日)至15日

1. EH&S “Boot Camp” for University and Hospital Radiation Safety Professionals: A Unique 3 Part PEP Course Series I
2. Status of ANSI N42 Standards for Health Physics Instrumentation
3. Medical Internal Dose Calculation-Concepts, Methods, and Examples
4. Operational Accelerator Health Physics I
5. Laser Safety for Health Physicists
6. Monitoring Strategies for uranium Recovery Facilities
7. High Reliability Operations in Nuclear Settings
8. Introduction to Monte Carlo Methods for the Health Physicist
9. EH&S “Boot Camp” for University and Hospital Radiation Safety Professionals: A Unique 3 Part PEP Course Series II
10. ANSI N42 Standards
11. Neutrons - A Primer
12. Operational Accelerator Health Physics II
13. Quality Implementation in Internal and External Dosimetry Programs
14. Filtration and Flow-Control Fundamentals for Sampling Airborne Nanoparticles and Other Ultrafine Aerosols
15. NORM and TENORM at Drinking Water Treatment Facilities
16. Introduction to Monte Carlo Methods for the Health Physicist (Part II - Practical Applications)
17. EH&S “Boot Camp” for University and Hospital Radiation Safety Professionals: A Unique 3 Part PEP Course Series III
18. Field Application of the IAEA’ s EPR-First Responders 2006 “Manual for First Responders to a Radiological Emergency”
19. Fundamentals of Neutron Detection and Detection Systems for Assay of Nuclear Material
20. Fundamentals of Gamma Spectroscopy

21. Health Physics at Commercial Nuclear Power Reactors: Environmental and Occupational Issues
22. Heat Stress for Health Physicists
23. OSL Applied Concepts Training
24. A System-Engineering Approach to Establishing Quality Assurance
25. Making Meaning of Health Physics: For Us and Them
26. When Legacy Sources Become Front and Center; How to Implement a Program
27. Uses & Misuses of Dosimetric Terms in Radiation Protection
28. Uranium Mining and Milling
29. How to Become a Radiation Myth Buster
30. Radiation Science & Public Discourse: A Risk Comm Approach to Agreement and Understanding
31. Introduction to HLS Radiation Detection
32. Nuclear Power as Part of Our Energy Surely & Economic Security Future
33. Training First Responders on Rad Dispersal Devices (RDDs) AND improvised Nuclear Devices (INDs) Events
34. 8,000 Interactions and Counting - What We Learned and What You Can Learn About Public Communication from the HPS ATE Program
35. Fundamentals of Alpha Spectroscopy
36. 47 CRP part 15 Radio Frequency Devices
37. Health Physics Concerns of Neutron Exposures, Criticality Safety and Criticality Accidents
38. Future Directions in Air Monitoring at LANL

(三) CEL (Continuing Education Lectures)

日期：7月13日至16日

1. Uncertainty, Variability, Bias, Error, and Blunder
2. Respiratory Protection Refresher for HPs
3. The Characterization of Dose in Computed Tomography
4. System of Radiation Safety Monitoring for the Personnel Working at the Chernobyl Object Shelter
5. Single Integrated Emergency Response Plan for Hospitals
6. Update on Med Internal Radiation Dosimetry: 2009 MIRD Comm Recommendations for Unifying MIRD and ICRP Formulas, Quantities, and Units
7. Radiation Safety Guidelines for Contraband Detection Systems
8. Complexity Science AND Radiation Risk Communication

六、附錄

(一) 參與年會發表文獻

Development of the Environmental Gamma Monitoring Network for Emergency Response Purposes in Taiwan

M. C. Horng*, F. C. Huang, M. F. Kao, C. C. Liu, H. H. Tseng¹ and C. C. Huang
Radiation Monitoring Center, A.E.C., Kaohsiung, Taiwan, R.O.C.

¹Institute of Nuclear Energy Research, A.E.C., Lung-Tan, Taiwan, R.O.C.

*E-mail: horng@trmc.aec.gov.tw

ABSTRACT

An environmental gamma-monitoring network in Taiwan, established in 1990, has an important place in determining the airborne gamma doses and in altering the governmental authorities when an unexpected release has been detected. In recent years, the network has upgraded the monitoring and communication hardware to create a smart configuration that fits the requirements for emergency response purposes. An effective approach has been developed to make rapid and accurate decisions based on real time, available and historical data from all monitoring stations and units. As of December 2008, this network is equipped with real time instrument installed at 28 gamma-monitoring stations, located at around the nuclear facilities, populated cities, and offshore islands of the Taiwan area. With round the clock monitoring, data are transmitted through the Leased lines and provided to the public by RMC's Website. So far, the data obtained at each station were within the variation of environmental background radiation. The results obtained indicated the fact that there is no increase in radiation level in Taiwan due to the commercial operation of the nuclear power plants at Chinshan, Kuosheng and Maanshan. In order to enhance emergency response capabilities, several of the instrument units in this work have been built for mobile and portable applications, and are equipped with GPS (global positioning system) as well as 3G (third generation radio card). Here had proved that these units were available for the measurement of gamma dose rate and nuclide-specific during the 2008 nuclear emergency exercise in southern Taiwan.

Key words: environmental gamma-monitoring; emergency response; dose rate; background radiation

INTRODUCTION

In the unexpected event of a nuclear accident at the nuclear power plant (NPP) with radiological release, radio-nuclides are released into the environment may affect us through different exposure pathways, and the importance of which changes with time. Therefore, time after the nuclear accident determines the successive order in executing different stages, namely early, intermediate and late stages. To assure the timely monitoring results can be obtained under the smallest individual exposure in early stage, an automatic

immission monitoring network with remote sensing technology is adopted as far as possible.

In 1990, we initiated a long-term plan to establish an environmental gamma-monitoring network (EGMN) to protect our people. Its central processing station (CPS) is located at Radiation Monitoring Center (RMC), Atomic Energy Council (AEC) in Taiwan. As of December 2008, it includes 28 fixed gamma-monitoring stations (GMSs), located at around the nuclear facilities, populated cities, and offshore islands of the Taiwan area. Each station has the capability of 24-hour continuous radiation measurement and meteorological

data collection, and immediately can provide the data to the public by Website (see Fig.1). In the past some nuclear events period, such as the 2001 Maanshan NPP blackout incident in Taiwan and the 1999 Tokaimura criticality accident in Japan etc., the EGMN had played an important role on the stable popular sentiment.

According to Nuclear Accident Emergency Response Act (AEC 2003), upon occurrence or possible occurrence of a nuclear accident, AEC should call the designated agencies to activate the National

Nuclear Emergency Response Center (NNERC) and the Nuclear Emergency Radiation Monitoring and Dose Assessment Center (NERMDAC) as the degree of possible impact of the nuclear accident. And, AEC should select an emergency planning zone (EPZ) to conduct the annual nuclear emergency exercise. Examining the data transmission process of EGMN must be one of main drilling items in annual exercise, and the data was transmitted to NNERC and NERMDAC via Internet network.

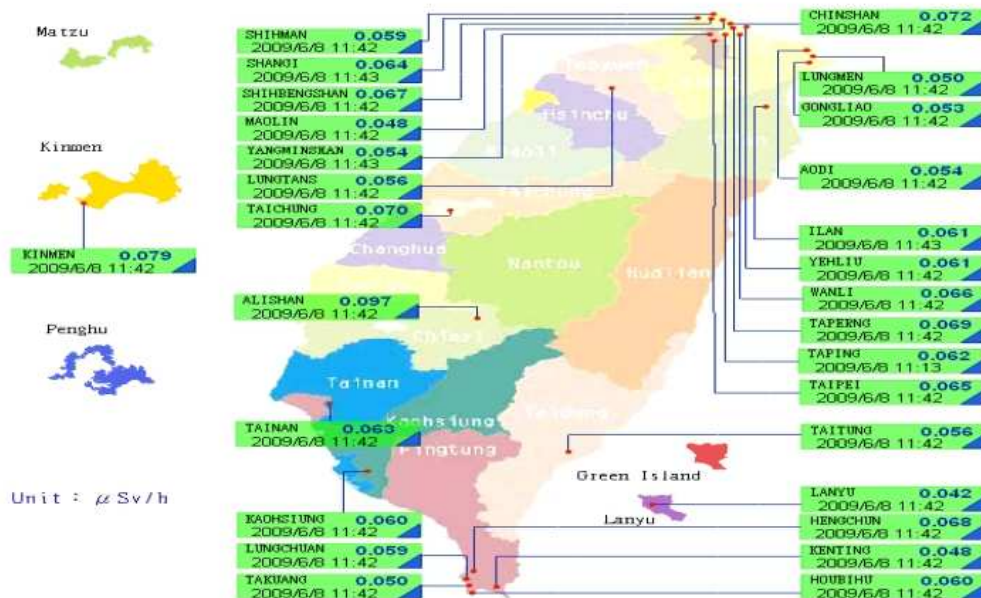


Fig. 1. Fixed gamma Monitoring stations and real-time radiation information. This plot was updated once every one minute (less than 0.2 μSv.h⁻¹: background level; above 0.2 μSv.h⁻¹: investigation level).

MATERIALS AND METHODS

A high-pressure ionization chamber (HPIC) consists of a 7.9-liter spherical ionization chamber filled argon under 25 the atmospheric pressure, and supplies a nearly flat energy response from 0.07 to 10 MeV, an omni-directional response and exceptional accuracy from background levels to 1 mSv.h⁻¹ (Reuter Stokes 1993). Here it has been adopted for outdoor use to measure natural and manmade contribution to the

gamma ray dose rate. Especially, to take account of the absorbed dose rates in air due to cosmic rays, we installed an HPIC in the Fixed GMS located at altitude 500 m above. Since 2000, the different types monitors (e.g. Geiger-Muller counters, proportional counters and scintillation detectors) have been also applied gradually here. To ensure that the data collected must be available, a calibration program has been implemented for each monitor using the gamma calibration laboratory in RMC. The laboratory had the approval of

the Taiwan Accreditation Foundation (TAF).

As technology improved, so did the EGMN, making it more smart and efficient. In 2006, we put forward a plan to fit the requirements for emergency response purposes. The main points of the plan include the equipments compactness, the communication device update, the databank standardization, the integration for data collected and geography information, and the operation procedure facilitation. At the end of 2008, a technical grade embedded compact computer (e.g. MOXA UC-7420) had taken the place of a conventional computer in each fixed station for the equipments compactness. To develop the software code can fit the compact computer, we have made the open-standard software environment with the Linux operating system for a desktop personal computer (PC). The code developed for the PC platform can be stored in a flash memory of the compact computer. It has capabilities as data collection, analysis and transmission etc., and simultaneously may receive and process the data from at least 5 different patterns monitors. In fact, it is necessary that integrating a wireless communication interface card (3G), a satellite-positioning receiver (GPS), a memory card with at least 1 GB, and a lithium battery etc., into this compact computer to enhance the responsive capability, as illustrated in Fig. 2. Four

instrument units with mobility and portability have been built in June 2008. Each unit can collect data and geographical information in the field, save, assay, and transmit them immediately. According to the measurement situations, these units may also equip with a compact camera to collect the local scene view.

At a minute interval each remote station calculates an average of the five seconds readings and sends data directly to CPS via the 512 kbps Leased lines. The CPS has improved and integrated the geographic information like topography, roads, and landmarks, using Google Map to visualize our data. And it controls all communications, data collection and acquisition in automatic mode, data treatment in real time and storage, report generation, and alarm messages. Data from

each station were recorded on and stored into the HP server. An alarm message at CPS will be produced while the radiation level at any one station exceeds pre-set criteria ($0.2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$). Simultaneously, the manager on duty is alerted by a cell-phone.



Fig. 2: The structure of a mobile device, it mainly includes (1) a GPS as positioning receiver; (2) a Wireless communication interface card; (3) a compact computer for the data processing analysis; (4) a Memory card; (5) a Lithium battery; (6) a detector probe as Geiger-Mueller tube, ionization chamber, or scintillation instruments; and (7) a Micro-processor module with a screen monitor.

RESULTS AND DISCUSSION

The EGMN configuration contains a CPS, 28 fixed GMSs, 4 mobility instrument units (MIU), and a website with information transparency. It provides the following capacities mainly: (1) GMS and MIU data acquisition in automatic mode, (2) Data transmission and treatment in real time, (3) MIU position migration track and data display immediately, (4) 3D objects demonstration in Google Earth on the map system, (5) Minutely data transformation to the Nuclear Safety Duty Center in AEC ordinarily and to the NERMDAC in accident period.

Analyzing the history data in our database, found

that precipitation is a major cause of increasing exposure levels above natural background values, and some literatures (Minato 1980; Finck and Persson 1980; Katase et al. 1982; Fujinami 1996; Baker 1999; Horng and Jiang 2004; Takeyasu et al. 2006; Inomata et al. 2007) have proved this phenomenon. In Taiwan, the raining season is longer in the north than in the south, especially the northern area is cold as well as rainy in the winter. Therefore, the variation curve of the 2008 overall yearly dose rate recorded in northern stations is more salient in the winter (see example in Fig.3).

Other factors increasing the background radiation level, such as the cosmic rays, the granite geology, and the non-destructive examination, etc., these interesting phenomena also appeared in our works. At very high altitudes the absorbed dose rates from the directly ionizing components of cosmic rays at the measuring locations becomes much more important (Lowder and Berck 1986; Hewitt et al. 1980; UNSCEAR 1988; Kendall 2000; Menzel et al. 2000; Horng and Jiang 2002). The ambient background radiations level at Alishan GMS, which is located at an altitude of approximately 2500 meters, was apparently raised due to the cosmic rays. Furthermore, it is reported that Granite is actually rather radioactive and has higher the concentration of uranium compared to other common rock types (Beck 1982; Goddard 2002; El Arabi et al. 2008). Here, an GMS was also established in Kinmen County, which has 150 nautical miles from Kaohsiung in southern Taiwan. This County is very close to the southeastern coast of Mainland China, and rich in granitic terrain (Liang et al. 2005). The background gamma radiation at Kinmen GMS was enhanced by the presence of large granite bodies. As the above mentions, may show that data measured at the two stations were higher than other stations, and it is reasonable. Even the result obtained at Alishan GMS is 2 times the background radiation level at Kenting one which is located in the most south area of Taiwan, as depicted in Fig. 3. In 2008, the annual average absorbed dose rates at Alishan and Kinmen GMSs

were 0.098 and 0.083 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, respectively.

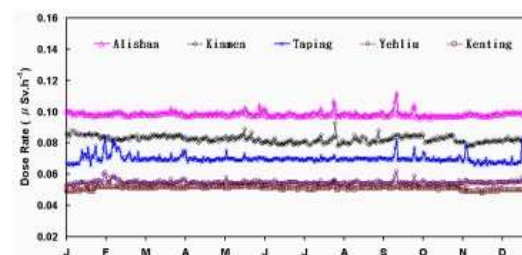


Fig. 3. The variation curve of the 2008 overall yearly dose rate at Alishan (middle), Kinmen (offshore islands), Taping (north), Yehliu (north), and Kenting (south) GMSs. Each point on the chart represents the daily average value.

The Lungmen NPP, the fourth NPP at Taipei County in Taiwan, is under construction. Some important projects in the plant required making use of the radioactive rays to carry on the non-destructive examination of welds, that causes increasing suddenly for the dose rate in some time interval at Aodi GMS which is located at around the Lungmen NPP. The maximum dose rate is approximately 3 times of the ambient radiation background value as shown in Fig.4. Perhaps this case could prove that the EGMN is available while the NPP has an accident.

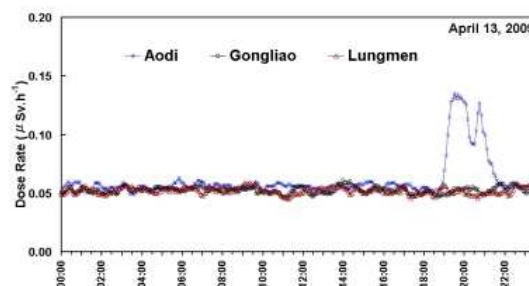


Fig. 4. The variation curve of dose rate at Aodi, Gongliao and Lungmen GMSs around the Lungmen NPP (April 13, 2009). Each point on the chart represents a 5-minute average value.

In 2008, the nuclear emergency exercise took place in the vicinity of the Maanshan NPP in southern

Taiwan and had been completed on September. The NERMDAC was activated and obtained immediately the data from EGMN through Internet network. Simultaneously, it will also provide the data for the NNERC to make a proper decision in case of a nuclear accident. Fig. 5 shows such a data transmission process flowchart, which contains information about MIU measurement (tracks around the Maanshan NPP), CPS in RMC, and working situation for NERMDAC and NNERC. The history data for each point on the tracks can be taken any time, and shown a dose rate-time curve. It can be also shown a nuclide-specific spectrum as illustrated in Fig. 6. Data transmission process for each fixed GMS is the same as illustrated in Fig. 5. The populace could obtain the data by AEC and RMC Websites.



Fig. 5. The EGMN data transmission process was divided into four steps during the 2008 nuclear emergency exercise. The data were transmitted to CPS in RMC in real time, and integrated with the geography information in automatic.

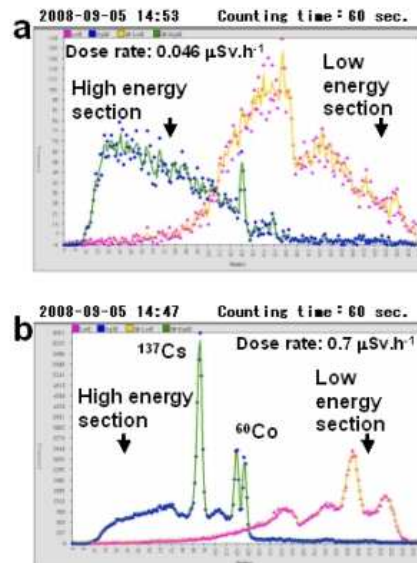


Fig. 6. Results measured using a $\Phi 3'' \times 3''$ NaI detector at Takuang GMS in southern Taiwan : (a)

an ambient background radiation spectrum; (b) a man-made radiation spectrum which was created using $1 \mu\text{Ci } ^{137}\text{Cs}$ and $2 \mu\text{Ci } ^{60}\text{Co}$. The two isotopes were produced on May 3, 1996, and simulated as the hypothesized pollution sources from an accident plant.

CONCLUSION

The EGMN has been developed and operated smoothly for approximately 20 years. Results obtained from the EGMN confirm that there is no detectable increase in radiation level due to the operation of the NPPs in Taiwan. After years of work, it has designed completely to integrate into the NERMDAC, and many times drills proved to be available and successful. Here has also confirmed a fact, the operation mechanism of the EGMN can change immediately from routine to emergency at any time. Furthermore, combining with the GPS, GIS and wireless communication device in this work, it will become a sharp network for an adequate response in case of a nuclear incident or a dirty bomb attack.

Acknowledgments—This work has been financially supported by the Radiation Monitoring Center, Atomic Energy Council, Executive Yuan, Republic of China and the Nuclear Emergency Response Fund in Taiwan.

REFERENCES

- Atomic Energy Council. Nuclear Emergency Response Act. From World Wide Web: <http://www.aec.gov.tw/>. Taipei, Taiwan; 2003.
- Baker, S. I. Detection of Radon decay products in rainwater. *Health Physics*. 77 Suppl. 2: S71-S76; 1999.
- Beck, H. L. The physics of environmental gamma radiation fields, In: *The Natural Radiation Environment II*, USERDA, CONF-720805-p2: 101-134; 1982.
- El Arabi, A. M., Ahmed, N. K., and Salahel Din, K. Assessment of terrestrial gamma radiation doses for some Egyptian granite samples. *Radiat. Prot. Dosimetry* 128: 382 – 385; 2008.
- Finck, R. R., and Persson, B. R. R. In situ Ge(Li)-spectrometric measurements of gamma radiation from radon daughters under different weather conditions, *Proc. Natural Radiation Environment III*, CONF-780422: 357-369; 1980.
- Fujinami, N. Observational study of the scavenging of radon daughters by precipitation from the atmosphere, *Environment International*, 22, Suppl. 1: S181-S185; 1996.
- Goddard, C. C. Measurement of outdoor terrestrial gamma radiation in the sultanate of Oman. *Health Physics*. 82(6):869-874; 2002.
- Hewitt, J. E., Hughes, L., and McCaslin, J. B. Exposure to cosmic-ray neutrons at commercial jet aircraft altitudes, in: *Natural Radiation Environment III*, CONF-780422: 855-881; 1980.
- Hornig, M. C. and Jiang, S. H. In situ measurements of Ge detector. *Journal of Environmental Radioactivity* 88: 74-89; 2006.
- United National Scientific Committee on the Effects of gamma-ray intensity from radon progeny in rainwater. *Radiat. Meas.* Vol. 38: 23-30; 2004.
- Hornig, M. C. and Jiang, S. H. In situ measurements of terrestrial gamma-ray dose rates. In: *High levels of Natural Radiation and Radon Areas: Radiation Dose and Health*, Vol. II, ISSN 0937-4469, BFS, Germany, 2002.
- Liang, W. T., Huang, B. S., Liu, C. C. Broadband array in Taiwan for seismology (BATS) FDSN 2005 Reports. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan.
- Lowder, W. M. and Berck, H. L. Cosmic-ray ionization in the lower atmosphere. *J. Geophys. Res.* 71: 4661; 1966.
- Inomata, Y., Chiba, M., Igarashi, Y., Aoyama, M. and Hirose, K. Seasonal and spatial variations of enhanced gamma ray dose rates derived from ²²²Rn progeny during precipitation in Japan. *Atmospheric Environment* 41: 8043-8057; 2007.
- Katase, A., Narahara, Y., Ishihara, Y., Tanaka, K. and Matsuyama, H. Variation of intensity of environmental gamma rays measured with Ge(Li) spectrometer, *J. Nucl. Sci. Technol.* 19: 918-927; 1982.
- Kendall, G. M. Factors affecting cosmic-ray doses at aircraft altitudes. *Health Physics*. 79(5): 560-562; 2000.
- Menzel, H. G., O'Sullivan, D., Beck, P. and Bartlett, D. European measurements of aircraft crew exposure to cosmic radiation. *Health Physics*. 79(5): 563-567; 2000.
- Minato, S. Analysis of time variations in natural background gamma radiation flux density, *J. Nucl. Sci. Technol.* 17: 461-469; 1980.
- Reuter Stokes. RSS-120/121 gamma radiation sensors operational manual. Version 1.5. Twinsburg, Ohio; 1993.
- Takeyasu, M., Iida, T., Tsujimoto, T., Yamasaki, K. and Ogawa, Y. Concentrations and their ratio of ²²²Rn decay products in rainwater measured by gamma-ray spectrometry using a low-background Atomic Radiation. Sources, effects, and risks of ionizing radiation. United Nations, New York; 1988.

(二) 搜集資料

1. Final Program” 54th Annual Meeting of the Health Physics Society” , American Conference of Radiological Safety, Hilton Minneapolis and Minneapolis Convention Center, Minneapolis, MN USA, 12-16 July, 2009.
2. Health Physics, The Radiation Safety Journal (The Official Journal the Health Physics Society), Vol. 97, No. 1, July 2009.
3. Health Physics, Operational Radiation Safety Journal (The Official Journal the Health Physics Society), Vol. 96, No. 5, May 2009.
4. Summary of the National Infrastructure Protection Plan AND THE sector-Specific Plans, Homeland Security, 2007.
5. ORTEC Product Catalog (APPLIED products, Charged Particles and Photon Detectors) CD, Oak Ridge, TN USA, May 2009.
6. Interagency Operational Guidelines Resource CD, Version 1.0, ESD, ANL USA, July 2009.