

出國報告(出國類別：其他)

出席第 12 屆輻射屏蔽國際會議
(ICRS-12)暨
第 17 屆美洲核能學會輻射防護與
屏蔽部門主題會議(RPSD-2012)

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：杜若婷技正

派赴國家：日本

出國期間：101 年 9 月 1 日至 9 月 8 日

報告日期：101 年 11 月 1 日

目 次

摘 要

壹、 出國目的

貳、 行程

參、 內容

- 一、 參加第 12 屆輻射屏蔽國際會議(ICRS-12)暨第 17 屆美洲核能學會輻射防護與屏蔽部門主題會議(RPSD-2012)
- 二、 參訪同步輻射設施 SPring-8 中心及 X 射線自由電子雷射研究設施 SACLA
- 三、 有關日本輻射防護相關法規之蒐集

肆、 心得與建議

伍、 參考資料

陸、 附錄

摘 要

本次奉派赴日主要是參加第12 屆輻射屏蔽國際會議暨第17 屆美洲核能學會輻射防護與屏蔽部門主題會議(12th International Conference on Radiation Shielding & 17th Topical Meeting of the Radiation Protection and Shielding Division of ANS)，其間經大會安排參訪位於日本兵庫縣 (Hyogo)，為世界上能量最高的第三代同步輻射光源設施SPring-8 (Super Photon ring-8) 及X 射線自由電子雷射研究SACLA (SPring-8 Angstrom Compact free electron LAsEr) 設施。

輻射屏蔽國際會議 (ICRS) 係每4 年舉辦一次，今年為第12 次會議；美洲核能學會輻射防護與屏蔽部門 (RPSD) 主題會議則每2 年舉辦一次，依慣例每四年二個會議會聯合舉辦，該會議一直是輻射屏蔽與防護領域最重要的國際會議。本次會議由日本AESJ (Atomic Energy Society of Japan) 所主辦，會議地點選在日本有多項世界遺產的古都奈良 Nara Prefectural New Public Hall舉行。研討會的重要技術主題為輻射屏蔽應用、各類型之輻射偵檢、高能加速器之發展、計算機程式之發展與應用以及因應去 (100) 年日本福島核電廠重大核能事故之特別探討等等，均為此次研討會之討論議題。我國參與之單位尚有核能研究所、清華大學暨國家同步輻射研究中心均派員出席，其它參與之國家除日本主辦國之外，還包括英、美、中、韓、印、德、法等歐、美、亞、非洲達20 多國，參與成員則來自於這些國家的核設施、醫療機構、工業單位、研究單位、學協會等之人員約385 人；總共發表的口頭論文約180 篇，壁報論文約160 篇。大會同時也設置了展覽場地，提供廠商展示各式輻射偵測儀器、輻射防護屏蔽材質、輻射防護衣、環境輻射偵測儀器以及計算機程式之介紹。此行經由與會各領域專業人員之論文發表，拓展了輻射防護與屏蔽技術層面以及應用層面的見聞與相關知識，並藉此結識數位國際間之專家學者，另會議期間所蒐集之技術資料或管制法規，未來於業務執行上可做為參考之用。

此行參訪了目前世界上能量最高的第三代同步輻射光源設施SPring-8 及X 射線自由電子雷射研究設施SACLA，除對同步輻射及X 射線自由電子雷射二者之應用領域與研究範圍，有更深一層之認識，並對日本政府對此類大型設施之管制及業

者之管理有初步之瞭解，可做為未來國內台灣光子源管制之參考，亦可將之列為民眾宣導或環境教育之教材，對未來執行管制與教育宣導方面助益良多。

壹、出國目的

隨著科技帶來的進步與便利，使用游離輻射作為基礎研究發展、工業生產應用與癌症放射治療更日益廣泛。而我國使用游離輻射之各項應用亦幾與世界同步，如將於2014年完工的3 GeV「台灣光子源」，即可提供跨領域尖端研究用之高亮度光源；另在醫學領域，隨著國人壽命的延長及對健康之重視，癌症治療中與輻射有關的，除傳統放射治療外，亦即將擁有質子治療設施，故相關之放射治療、醫學物理、屏蔽設計、輻射偵檢儀器校正、計算機程式發展乃至劑量評估等，均為國內輻射防護界的重點，藉由與國際輻射防護及屏蔽領域專家、學者之交流，可將最新訊息、最新科技及最實用之方法引進國內。此次國際會議的主題即在高能物理、中子的輻射屏蔽與應用、醫學物理、各類型輻射偵檢儀之推陳出新、各國高能加速器發展現況及各類計算機程式之應用等方面進行學術交流，其重要技術主題包含：Accelerator Facilities、Medical Facilities、Medical Applications、Industrial Applications、Shielding Experiments and Benchmarks、Activation Measurement and Analysis、Standardization of Radiation Field and Measurement、Monte Carlo Methods and Applications、Deterministic Methods and Applications、Visualization and User Interface、Advance Phantoms、Shielding Materials、Radiation Detections and Measurements、Radiation Protections and Dosimetry、Decommissioning and Clearance、Environmental Assessment、Radiation Risk Issues等等，亦為此研討會之討論議題。

去（100）年因日本發生福島核電廠重大意外事故，帶給核能相關領域重大的衝擊，因此針對福島核電廠事故，世界各國及核能相關管制單位，無一不在核災發生原因、核災發生之緊急應變處理、救難與輻射偵測以及事故後的處理、除污、輻射偵測、意外事故防範之檢討、劑量評估、偵測技術、輻射傷害等等議題，進行深入研究。由於此次事件影響了全世界對核電的發

展趨勢以及對核能的觀感，故也反應出在未來的數十年間，日本福島核災的相關議題將會是輻射防護領域中一個新的議題與研究方向；本屆輻射屏蔽國際會議暨美洲核能學會輻射防護與屏蔽部門主題會議即特別安排了一個有關311日本福島核災意外事故的議程，討論主題包括了：Outline of the accident at fukushima accident、Radiation and radioactivity monitoring in the surrounding environment、Environmental assessment and recovery、Dose evaluation to workers and the public、Decommissioning and waste disposal、Future nuclear and radiation safety improvement。當然與核電廠相關的子題如Fission Reactor Facilities、Fusion Reactor Facilities、Fuel Cycle Facilities以及Waste Management Facilities之輻射防護與屏蔽及計算程式之應用亦有論文進行研討。

會議期間，大會安排參訪日本大型同步輻射設施SPring-8 及X 射線自由電子雷射研究設施SACLA，該二設施位於日本兵庫縣佐用郡播磨科學花園城（Harima Science Garden City, Sayo-gun, Hyogo）。SPring-8 是世界上能量最高的第三代同步輻射光源。它的英文名稱SPring-8（Super Photon ring-8），就是指其為“8 GeV的超級光子環”，亦即它的輸出功率為8 千兆電子伏。該設施目前由日本同步輻射研究機構JASRI（Japan Synchrotron Radiation Research Institute）和理化學研究所RIKEN（The Institute of Physical and Chemical Research）共同管理，包括光源的運行、管理、維護、改造、用戶服務、科技研發等等。自1997 年10 月正式啓用至2012 年，SPring-8 已建造62 條光束線站，服務日本及全世界的科學、工業、企業界超過10 餘萬人次；而我國國家同步輻射研究中心也在SPring-8 上租用了兩條臺灣專屬的硬X 光束線，用於生物結構、材料研究及非彈性X 光散射研究等。SACLA 則是X 射線自由電子雷射研究設施（XFEL: X-ray Free Electron Laser），在2011 年3 月建設完成，它的電子束能量經加速器加速後到 8

GeV，可發射出世界上最短波長的X射線自由電子雷射，與原子的大小相同，它雖然被稱為 X-ray 但同時也具備有如雷射般的高強度，除了在原子分解能力的分析技術與開發上或物理現象研究上有所貢獻外，也可應用於醫學、生物學等許多尖端科技領域中，因此世界各國相繼投入開發相關的技術。藉由此次的會議除可一窺國際間於輻射防護與屏蔽之發展方向與趨勢；同時，會議期間與與會人士之交流，更拓展了對輻射相關應用、防護、屏蔽、法規管制方面之視野，對我國輻防實務及管制上具正面意義，另所蒐集之相關資料除可做為未來法規精進時之參考，部分實物應用範例亦可增列於環境游離輻射之教案。

貳、行程

此次輻射屏蔽國際會議(ICRS-12)暨美洲核能學會輻射防護與屏蔽部門主題會議(RPSD-2012)之行程安排如表一。

表一 ICRS-12 暨 RPSD-2012 之行程表

	2 Sep. (Sun)	3 Sep. (Mon)	4 Sep. (Tue)	5 Sep. (Wed)	6 Sep. (Thu)	7 Sep. (Fri)
		8:00 ~ Registration				
8:30 ~ 17:30 ANS Workshop Computational Medical Physics Working Group Workshop		09:00 ~ 09:30 Opening	08:30 ~ 09:20 Plenary 2	08:30 ~ 09:40 Parallel Session 6	08:30 ~ 09:20 Plenary 3	08:30 ~ 10:40 Parallel Session 12
		09:30 ~ 11:40 Plenary 1 (Special)	09:20 ~ 10:30 Poster 1 & Coffee	09:40 ~ 10:50 Poster 2 & Coffee	09:20 ~ 10:30 Poster 3 & Coffee	
		Photo	10:30 ~ 12:00 Parallel Session 3	10:50 ~ 12:00 Parallel Session 7	10:30 ~ 12:00 Parallel Session 9	11:00 ~ 12:00 Closing
		12:00 ~ 13:30 Lunch				
		13:30 ~ 15:20 Parallel Session 1	13:30 ~ 15:20 Parallel Session 4	13:30 ~ 15:20 Parallel Session 8	13:30 ~ 15:20 Parallel Session 10	13:30 ~ 16:30 Tutorial 2
		15:20 ~ 15:50 Coffee			15:20 ~ 15:50 Coffee	
		15:50 ~ 18:00 Parallel Session 2	15:50 ~ 18:00 Parallel Session 5	15:40 ~ 18:40 Tutorial 1	15:50 ~ 17:40 Parallel Session 11	
		18:00 ~ 20:00 Welcome			18:30 ~ 21:30 Banquet	

九月一日：由台北前往日本奈良

九月二日：在正式會議的前一天，由美國核能學會（American Nuclear Society）規劃辦理一個以「Computational Medical Physics Working Group」為主的專題討論，邀請醫學物理領域知名之專家報告其相關研究及未來之重點方向與趨勢的預測。

九月三日：開幕後首先是邀請反應器物理專家Dr. Akio Yamamoto 報告 “The severe accident in Fukushima-Daiichi NPPs and what we are learning about nuclear safety”，介紹福島事件的經過與目前調查結果，以及核能安全相關重要經驗學習與防範。另一位則是由Dr. Hiromi Yamazawa 介紹福島事件的輻射物

質外洩估計與大氣擴散影響。

九月四日：邀請Dr. Kimiaki Saito 說明福島事件外釋放射性核種的分布與遷移，及其周遭環境的影響評估。並開始有Poster Session 展出，方便與會人員和有興趣題目的作者現場討論。此外本日清華大學江祥輝老師亦報告實驗室所發展的 “ A real-time multichannel detector system for large-scale environmental radiation survey” 並尋求國際間有興趣之團隊進行合作，以充份發揮儀器的應用。

九月五日：赴兵庫縣參訪日本大型同步輻射設施 SPring-8 及X 射線自由電子雷射研究設施 SACLA。

九月六日：本日議程有介紹福島事件整體的影響評估，特別是在輻射屏蔽與防護的介紹。延續九月五日分組之主題，本日於 “Monte Carlo Methods and Applications” 仍有諸多之主題研討，亦有許多反應器物理或輻射屏蔽計算方面的議題探討。

九月七日：本屆會議在 “Monte Carlo Methods and Applications” 方面有許多論文發表，包括中國以蒙地卡羅計算機程式為基礎而自行開發的 SuperMC 程式之應用，也在這次會議中報告。



12th International Conference on Radiation Shielding (ICRS-12)
Topical Meeting of RPS Division of the American Nuclear Society (RPSD-2012)
Sept. 2nd - 7th, 2012 / Nara Prefectural New Public Hall, Nara, Japan / Organized by the Atomic Energy Society of Japan

圖一 ICRS-12 暨 RPSD-2012 全體參與人員大合照

參、內容

一、參加第 12 屆輻射屏蔽國際會議(ICRS-12)暨第 17 屆美洲核能學會輻射防護與屏蔽部門主題會議(RPSD-2012)

輻射屏蔽國際會議 (ICRS) 自 1958 年於英國劍橋舉辦過第 1 次會議，之後約每 4 年舉辦一次，今年為第 12 次的會議；美洲核能學會輻射防護與屏蔽部門 (RPSD) 主題會議則每 2 年舉辦一次，RPSD 主要是在輻射防護與屏蔽方面的核輻射相關科學和技術，如輻射場的量測、輻射屏蔽的材質、儀器和技術的相互作用以及輻射屏蔽的設計等。依慣例每四年二個會議會聯合舉辦，該會議一直是輻射屏蔽與防護領域最重要的國際會議。今年的聯合會議地點選在日本古都奈良的 Nara Prefectural New Public Hall 舉行，約有 385 人與會，參與之國家除日本、韓國、中國、台灣、馬來西亞、印度、錫蘭及伊拉克等亞洲國家外，還有來自美國、義大利、德國、法國、英國、瑞士、瑞典、阿根廷甚至於東歐的波蘭、捷克、匈牙利、立陶宛、斯洛伐克以及非洲的北非及奈及利亞等 20 多國，總共發表的口頭論文約 180 篇，壁報論文約 160 篇。

六天的會議依論文發表的性質，可以將探討的主題區分為：

1.Special Session: Accident of Fukushima Nuclear Power

Plant and Its Influence

- Outline of the power plant accident
- Radiation and radioactivity monitoring in the surrounding environment
- Environmental assessment and recovery
- Dose evaluation to workers and the public
- Decommissioning and waste disposal

- Future nuclear and radiation safety improvement
- 2.Fission Reactor Facilities
- 3.Fusion Reactor Facilities
- 4.Fuel Cycle Facilities
- 5.Transportation and Storage Issues
- 6.Waste Management Facilities
- 7.Accelerator Facilities
- 8.Medical Facilities
- 9.Aircraft Dosimetry and Space Technology
- 10.Medical Applications
- 11.Industrial Applications
- 12.Shielding Experiments and Benchmarks
- 13.Source Term Measurement and Evaluation
- 14.Activation Measurement and Analysis
- 15.Standardization of Radiation Field and Measurement
- 16.Monte Carlo Methods and Applications
- 17.Deterministic Methods and Applications
- 18.Empirical Methods and Applications
- 19.Visualization and User Interface
- 20.Nuclear Data
- 21.Advanced Phantoms
- 22.Shielding Materials
- 23.Radiation Detections and Measurements
- 24.Radiation Protections
- 25.Radiation Dosimetry
- 26.Radiation Risk Issues

27.Decommissioning

28.Clearance

29.Environmental Assessment

茲將本次會議主要參與的議題簡述如下：

(一) 計算機程式應用於醫學物理、保健物理、高能物理、輻射屏蔽及風險評估分析等方面之探討

在會議正式開始的前一天，由美國核能學會（American Nuclear Society）規劃辦理一個以「Computational Medical Physics Working Group」為主的專題討論，邀請醫學物理領域知名的專家報告其相關研究及未來的重點方向與趨勢的預測。這個小型的專題討論，其主題可概分為(1)計算機程式發展；(2)醫學相關應用；(3)計算假體劑量之應用三方向。三個主題中除分別介紹 EGS5、MCNP5、PHITS 以及 TITAN 與 PENTRAN 等程式外，也將這些計算機程式在醫學應用及計算假體劑量之發展上進行探討。發現於國外醫學物理之領域中，以 MCNP 程式做治療計畫或 CT 假體劑量似乎是主流大宗；此外也發現日本所發展的 EGS5 與 PHITS 程式，其應用範圍與知名度均大幅落後由美國所開發的 MCNP 程式。專題討論中，還有位來自美國維吉尼亞大學的 Haghight Ali 教授在演說時，利用 TITAN 與 PENTRAN 程式解決了幾個以蒙地卡羅程式難以解決的問題，其效率之高讓與會人員讚嘆不已，不過這程式似乎技術門檻過高，在做應用時須對每一個問題提出相對應的計算與簡化方法，同時還需要大量的數學與簡化技巧，所以要將之拿來直接應用或成為普及化，各界的接受度並不高，所以近年來使用的人已逐漸減少。討論時另有一個引起大家熱烈迴響的議題，就是關於以蒙地卡羅程式所發展的放射治療計劃之探討。而在後

續論文發表的議題中，因蒙地卡羅程式為亂數取樣的統計模擬法則，可用於中子、質子、電子等粒子傳播遷移的計算或空氣動力方面的運算，因此藉著預測放射性核種的遷徙路徑與分佈狀態，可探討在輻射防護或輻射風險上的運用。

本次會議除了專題討論、分組討論外，大會另外還安排了四個技術指導課程(Tutorials)，分別是介紹 PHITS、GEANT4、MARS 與 GEOMIT 程式的功能、應用與實務操作指導，其中前三個程式都是屬於所謂的 All-particle all-energy Monte Carlo codes，主要發展的方向在於擴充追蹤輻射的種類與延伸其適用的能量範圍，因此在很多領域都有廣泛應用，例如反應器設計、輻射屏蔽分析、保健物理、醫學物理、高能物理或其它輻射應用；尤其是 GEANT4 計算機程式的應用，在過去多是被用於宇宙輻射以及高能粒子加速器屏蔽設計的計算，但近年來則被廣泛應用於輻射生物相關的微劑量計算，主要是因它能計算之輻射能量可到達 eV 等級，所以可進行 DNA 損害等微觀現象的機率分佈情形探討，而另二個常用的程式 MCNP 或 PHITS 目前可計算的最低能量尚在 keV 等級，所以對於輻射生物相關的劑量計算存有一定程度的限制，不過有學者專家表示，使用 GEANT4 程式的技術門檻非常高，所以微劑量學的研究學者反而期盼未來能發展出將 MCNP 程式之能量計算能力延伸到 eV 等級。另外，GEOMIT 程式則是利用 CAD 工程圖來建構蒙地卡羅模擬程式的複雜幾何模型。不過因為本身的工作性質尚不需要使用這些計算機程式，因此有關技術指導課程(Tutorials)，僅止於概略瞭解各程式之應用範圍，並未實際參與實務操作訓練。

隨著後續會議論文之發表中，發現在計算機程式的發展上，不只是美、日等國開發了許多應用程式，且各有所長，現

在連中國大陸在這方面的發展亦急起直追，近年來已投入大量的人力與物力進行軟、硬體方面的開發，如此次會議中中國科學院核能安全技術研究所，即發表自行開發的 SuperMC 程式，就是應用蒙地卡羅計算機程式的進階版，它強調應用性的廣泛且易於操作，舉凡核臨界、輻射屏蔽、輻射生物、中子截面處理等問題，均是 SuperMC 程式的發展範疇。此外，中國大陸還另開發應用於放射治療的 ARTS-IMRT (Intensity Modulated Radiotherapy of Accurate/Advanced Radiotherapy System)、ARTS-IGRT (Imaged Guided Radiotherapy of Accurate/Advanced Radiotherapy System) 及 ARTS-DGRT (Dose Guided Radiotherapy of Accurate/Advanced Radiotherapy System) 系統，是一組利用自行研發的 ARTS 計算機程式來提昇放射治療精確性的組件。目前這些程式不但在中國大陸均已技術移轉，還在此次會議中由相關研發人員發表論文，更在展覽區設置攤位，由技術人員及推廣人員向各國強力展示該商品。除此之外，在假體部分，目前中國、日本、韓國均已完成該國民眾之標準人假體，也利用該標準人假體進行輻射防護相關之計算或進行劑量評估，因已考量到該國人民之生理特性，相信其結果應更具有代表性。然而一個國家人民之假體建立，需耗費大量人力與物力，並須結合醫療院所之資源及顧及就診患者之意願等等，我國未來如欲建立台灣標準人假體，可先評估中國、日本、韓國之假體參數，再考量是否需建立我國之標準人假體。

(二) 有關輻射偵測之探討

此次會議中還有主題探討高能中子量測技術的發展以及輻射偵測儀器之設計，在過去2 年間，一個國際型的研究團隊在大阪大學進行高能中子的量測技術開發，這個研究團隊包含日本

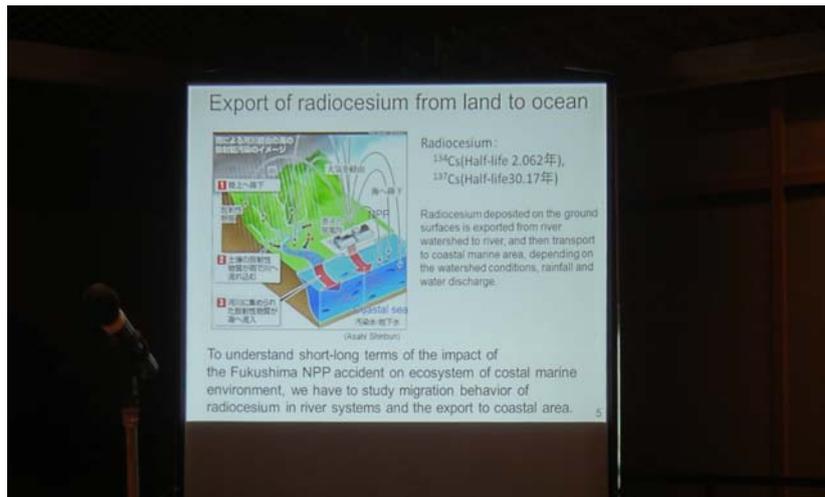
KEK、NMIJ、京都大學、JAEA、大阪大學以及歐洲的 CERN 和德國的 GSF，他們利用自行開發的中子偵檢設備進行高能中子能譜與劑量量測，並將結果進行綜合比較與差異分析。發現對高能粒子加速器屏蔽牆外的輻射劑量，其主要貢獻的來源是為(1)高能中子；(2)20MeV 以下中子；(3)高能光子與 μ 介子；以及(4)低能光子。因此，在偵檢器的設計上傾向一次把所有輻射來源全部涵蓋，而團隊中日本 JAEA 設計的達爾文(DARWIN)偵檢器即可滿足上述需求。複合式偵檢器達爾文的系統設計圖如圖所示，該偵檢器另包含使用者操作介面與人性化的輸出。我國清華大學也報告一篇關於高靈敏度中子偵檢器在加速器環境的應用問題，因為一般常見的商用中子偵檢器最為人詬病之處在於它的低靈敏度，不適用於要求低輻射劑量率的同步輻射設施；因此自行組裝了三組高靈敏度的中子偵檢器，目的是想利用不同中子緩速體的設計達到測量不同能量範圍的中子能譜，卻發現高能加馬射線可能造成中子偵檢器產生數量可觀的 photoneutron，是因為使用了含鉛或其他重金屬 Extended 的中子偵檢器，因此在使用於高能加速器的環境上必須特別注意此點。另外，清華大學江祥輝教授也發表論文，介紹他的實驗室團隊所自行組裝的高靈敏度天然輻射自動度量系統，該系統可度量環境天然輻射的多種成分，包括加馬射線、中子、muon、鈾/鈾/鉀系的天然放射性核種，其特性是靈敏度高加上已整合好的軟硬體自動環境。江教授的團隊因在台灣的測試結果非常好，此次於大會中發表是想利用此一國際會議尋求國際合作，會後立即有中國大陸的中國科學院之保健物理研究人員對將教授的研究表示高度興趣，也許在不久的將來江教授的團隊可以利用此組儀器度量中國大陸青藏鐵路沿線的天然輻射變化，因為該鐵路的高度變化很大且涵蓋了多種不同的地質

特性，測量結果應該可以驗證天然輻射會隨著高度的改變和地質的不同而異，屆時說不定還可做為宣導天然游離輻射無所不在的另一項有趣資料。

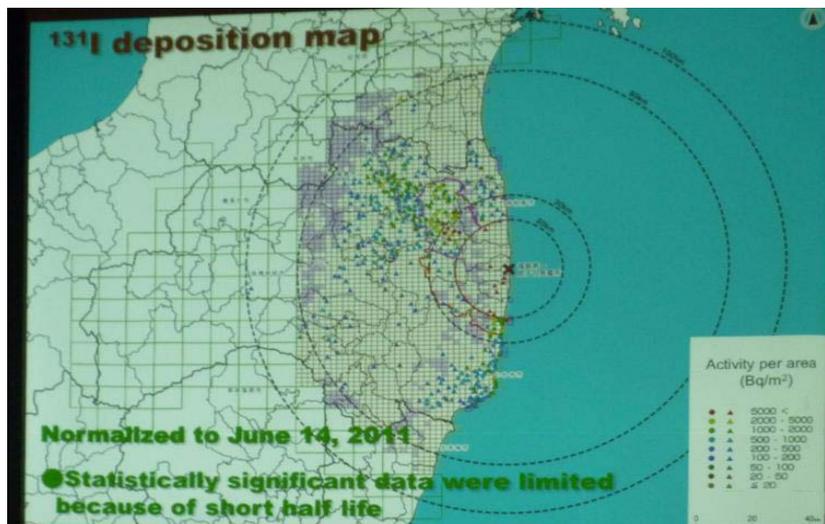
(三) 日本福島電廠意外事故相關議題之探討

去（100）年發生的福島核電廠意外事件，對於未來核能相關層面與各領域的發展影響深遠，以日本為例，核能相關的科技研究與發展短期內受到相當大的打擊，因為日方投入相當龐大的人力與經費到事件的善後處理工作，由從此次會議中日本研究人員的報告與研究方向即可見端倪，日本現在主要集中在福島事故後周遭環境輻射污染的調查、分析與復原清除以及劑量之評估之研究，過去常見的因新型核能設施所引發的輻射屏蔽與防護的問題反而相對變少了。例如由日本簡報的內容發現，核能電廠除排放污染的水至海洋外，還有其它途徑可將 Cs-134 和 Cs-137 排到海洋，係取決於電廠附近的河川系統狀態、下雨量或水的排放情況（見圖二示意圖）。此外，由於這次事故的福島電廠鄰近區域，將近有70%土地是林地，所以森林中各種不同樹木間的污染偵測也是一項重點工作，偵檢後發現，枯死的葉子所含放射性核種的濃度遠高於綠色樹葉、杉樹（cedar）所含放射性核種的濃度高於闊葉樹（broad-leaved）且以年輕杉樹樹頂端所含的量為高；另在土壤污染方面，經量測分析後發現之主要放射性核種計有：Cs-134、Cs-137、I-131、Sr-89、Sr-90，並畫出各種放射性核種的污染地圖（例圖見圖三及圖四）。還有針對福島四周半徑 80 公里處的土壤，量測其污染深度，發現污染深度約達 6 公分，且約略呈現土壤深度越深污染越少的現象（如表二）。這些資料可提供後續污染土壤剷除之參考依據。由於此次有大量的土壤需被剷除以清除放射性的污染，在無適當的存放場所下，各

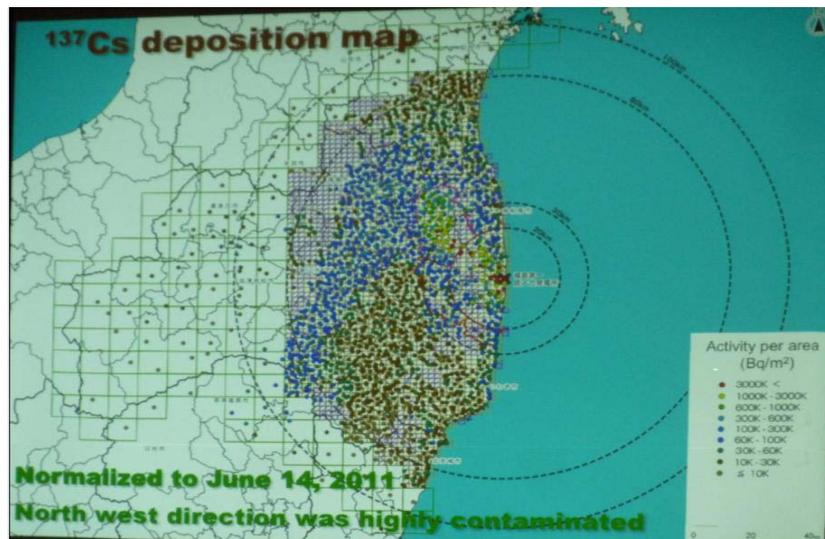
地區先設臨時存放場所，將挖除的土壤以防水墊上下覆蓋後暫時堆放（如圖五）。至於房屋屋頂放射性落塵污染的處理模式，則採取於屋頂上以強力水柱沖洗並清除屋頂爛泥沉積物的方式除污，實際量測後發現確可大幅降低屋頂的劑量率（如圖六）。另在此次意外事故值得一提的事是，事件初期，因發現自來水中含有 I-131，故日本政府對一歲以下的嬰幼兒飲水政策，採取以瓶裝水替代自來水，事後日本原子力研究開發機構（Japan Atomic Energy Agency）以 DSY-chronic 程式計算，在福島四周藉由限制飲用自來水，即可降低一歲以下嬰幼兒的甲狀腺等價劑量達 8.2 毫西弗，這是日本政府在此次意外事故所做的緊急措施中頗為滿意的一件事。議程中也發現許多國家因為福島事故後，除積極持續地瞭解福島事故發生之原因與後續處理之方式外，對其國內在核能或輻射意外事故時的緊急應變狀況也開始進行檢討，以提昇遇事故時的反應能力，當聽到馬來西亞代表提及該國人民對福島事件之恐慌，馬國政府也是加強環境偵測以瞭解福島的放射性落塵是否影響馬國的環境之外，該國還對由日本到馬國的旅客進行輻射偵測以確認旅客是否遭受污染，以及對日本可能受福島事故影響地區所製造生產的食品進口到馬國，也要進行檢測，以確保安全等作為，似乎與去年我國民眾的反應很雷同，看來對「輻射」抱持莫名恐懼態度的人仍是佔多數，也反應了「核能安全」與「輻射安全」更是世人一致渴望的一條路。



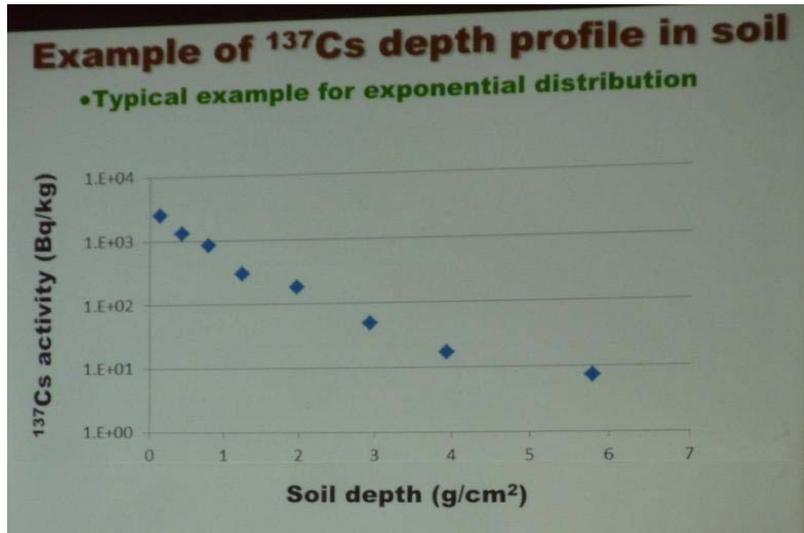
圖二 核電廠意外事故產生放射性銫元素如何到海洋之示意圖



圖三 I-131 污染區域圖



圖四 Cs-137 污染區域圖

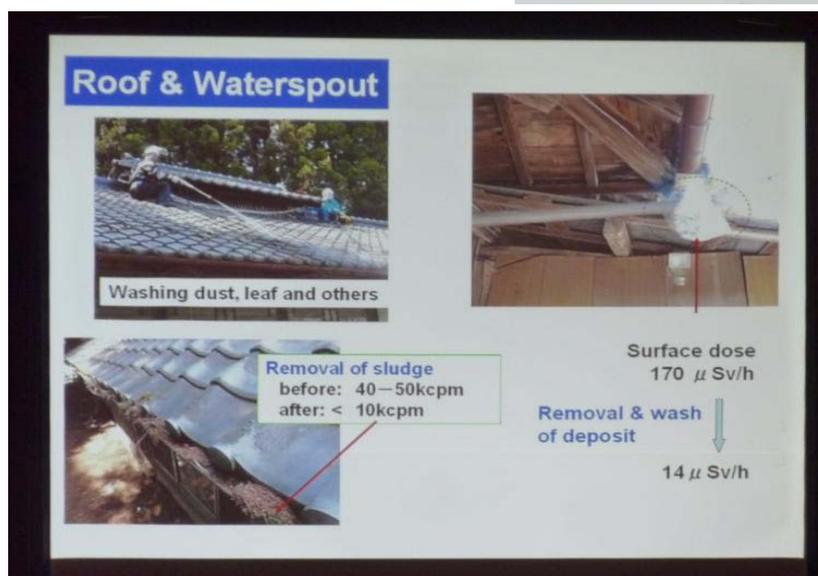


表二 污染土壤之深度與放射性活度關係圖



圖五 挖起的污染土壤暫放圖

Tentative storage for 3 years

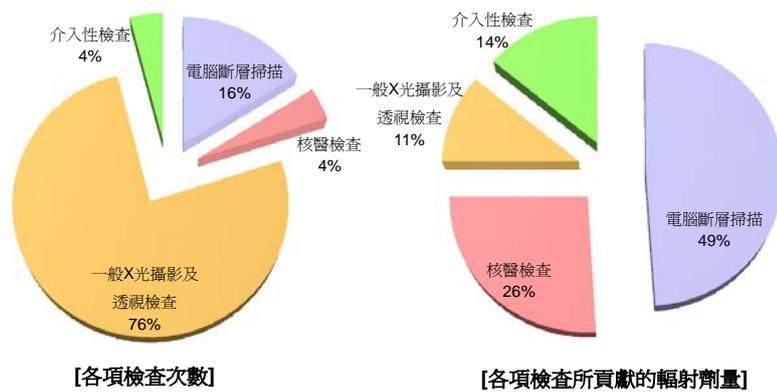


圖六 污染房屋頂之處理圖

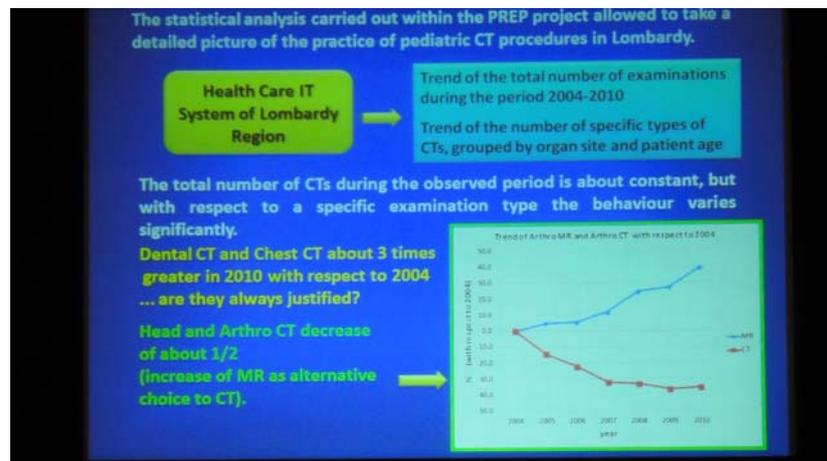
(四) 醫學應用領域之探討與風險議題

在 2006 年美國 NCRP106 號的報告中即指出，電腦斷層掃描的檢查占所有輻射相關檢查之 16%，且其所造成的民眾劑量，也占所有輻射相關檢查之 49%（見圖七）；而國內接受電腦斷層掃描儀（CT）檢查的民眾，依 2010 年行政院衛生署的統計資料顯示已超過 150 萬人次，且每年受檢人數均在成長，所以電腦斷層掃描檢查所造成國人的民眾劑量已不容忽視。於此次會議中來自義大利米蘭理工大學能源工程學院核工所（Politecnico di Milano，Dipartimento di Energia，Sezione di Ingegneria Nucleare）的 Maria Vittoria Introini 發表論文直指出兒童（0 至 18 歲）電腦斷層的檢查應更加謹慎，以降低這些受檢兒童未來餘命得到癌症的風險。該研究是藉由調查分析義大利 LOMBARDY 州（人口數約 1 千萬人）2004 年到 2010 年間接受電腦斷層掃描檢查人數的數據分析，發現這期間接受電腦斷層攝影的量上升 6%，進一步分析 0 歲至 18 歲兒童的數據發現，於門診開立的電腦斷層掃描檢查之上升數量比發生意外事故兒童所接受之電腦斷層掃描檢查要多很多；再以接受電腦斷層照射的部位來分析，面部、胸部及牙科電腦斷層檢查的數量大幅提高，頭部與關節部位的檢查數量卻呈現下滑趨勢，且發現這些下滑的檢查數量是改為選擇非游離輻射如 MRI 的檢查（見圖八），所以電腦斷層攝影使用程序的正當性，特別是在兒童階段的使用狀況，應值得注意。故該州政府推動「Radiodiagnostic Procedures in Pediatrics (PREP)」計畫，就是希望對 0 至 18 歲病人使用電腦斷層掃描檢查之程序正當性做系統評估並繼續蒐集相關資料，以研究兒童使用電腦斷層攝影的風險；當然，有關小兒科醫師、醫療及相關技術人員需接受有關輻射防護、放射診斷與輻射風險等

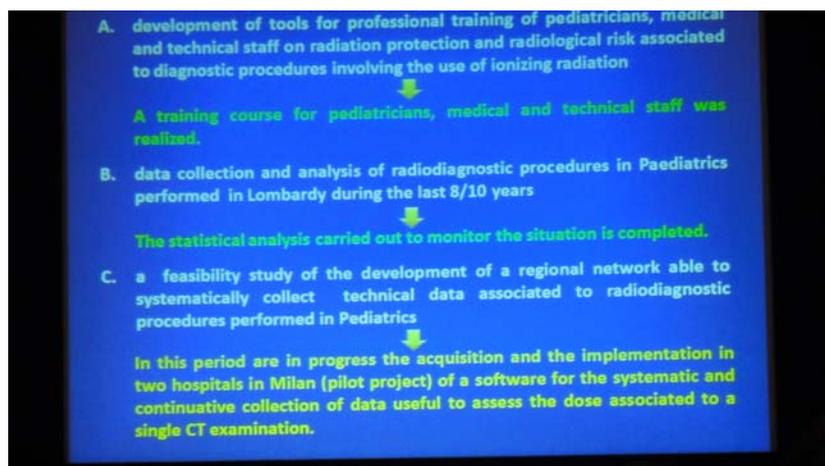
的專業訓練，也同時包括在這個計畫中（見圖九）。基於照護民眾健康的立場，原能會在 100 年 7 月 29 日已將電腦斷層掃描儀納入法規，成為應執行輻射醫療曝露品質保證作業的診斷型輻射醫療設備。在電腦斷層掃描儀未納入品保作業之前，依原能會的訪查結果顯示，以往國內對於兒童電腦斷層掃描檢查應設定的掃描參數，多未特別設定，然而在 100 年 7 月施行電腦斷層掃描儀之輻射醫療曝露品質保證作業並開始執行檢查以後，兒童劑量已顯著降低，可減少 35% 的劑量，故品保制度之施行，對尚未發育完全的兒童是一大保障。



圖七 NCRP106 號報告有關電腦斷層掃描之檢查百分比及其造成民眾劑量所佔百分比



圖八 2004 年至 2010 年使用關節 CT 和 MRI 的曲線變化圖



圖九 PREP 計畫之內容

關於兒童因癌症而接受放射治療後，再引發的第二個癌症議題上，美國 The University of Texas MD Anderson Cancer Center 以 9 例兒童的腦髓質母細胞瘤 (medulloblastoma)，在該中心以質子照射腦脊髓的放射治療 (CSI) 為例，以蒙地卡羅程式模擬估算腦脊髓以外之器官或組織的等價劑量；再以相同的 9 例治療計畫，使用假體及熱發光劑量計但以光子照射，估算腦脊髓以外之器官或組織的等價劑量，以此來評估引發二次癌症的風險大小，結果發現光子的 CSI 治療所預期引發的二次癌症風險是質子 CSI 治療的 2 倍；該中心的報告人 Taddei 博士以為，這些得到兒童癌症的病童，可能先天基因上已不正常，所以因輻射照射再引發二次癌症的風險相對比大人為高，因此如能以質子治療降低周邊正常器官或組織的等價劑量，有效地保護正常組織，則對病童生活品質的增進及減少二次癌症的發生是有助益的。由於未來台灣也即將有質子治療設施加入放射治療的行列中，因此這項國外的研究資料應可為我國未來質子治療的癌症病患優先順序上之重要參考經驗。

二、參訪同步輻射設施 SPring-8 中心及 X 射線自由電子雷射研究設施 SACLA

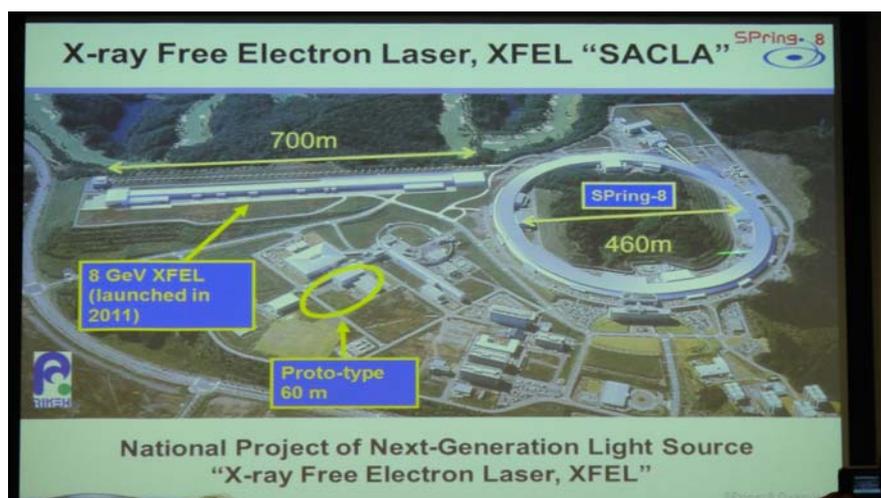
SPring-8 是世界上能量最高的第三代同步輻射光源，位於兵庫縣的播磨科學花園城 (Harima Science Garden City, Hyogo)，稱為 SPring-8 (Super Photon ring-8)，意為“8GeV 的超級光子環”，即輸出功率 8 千兆電子伏。目前世界上第二高及第三高能量的第三代同步輻射光源分別位於美國芝加哥 Argon 的先進光子源及法國 Grenoble 的歐洲同步輻射光源，我國國家同步輻射研究中心於 2010 年動工的「台灣光子源」則為 3GeV。

Third Generation Synchrotron Radiation Facilities in the world			
Facility name	SPring-8 Super Photon Ring 8 GeV	APS Advanced Photon Source	ESRF European Synchrotron Radiation Facility
Established by	JAERI/RIKEN JASRI	U.S. Department of Energy	Europe 18 countries
Located at	Harima, Hyogo pref.	Argonne (Chicago)	Grenoble (France)
Energy	8 GeV	7 GeV	6 GeV
Circumference	1436 m	1104 m	844 m
BLs	62	68	56
Launch	1997~	1996~	1994~



表三 現今世界上三大第三代高能量同步輻射光源設施之比較

SPring-8 設施於 1997 年竣工後開放使用，目前由日本同步輻射研究機構 JASRI (Japan Synchrotron Radiation Research Institute) 和理化學研究所 (RIKEN) 共同管理，包括光源的運行、維護、改造、用戶服務、科技研發等。自 1997 年 10 月正式啓用至 2012 年，SPring-8 已建成 62 條光束線站，服務日本及全世界科學、工業、企業界超過 10 餘萬人次。而我國國家同步輻射研究中心亦在 SPring-8 上有兩條台灣專屬的硬 X 光束線，用於生物結構、材料研究及非彈性 X 光散射研究等。負責管理，包括光源的運行、維護、改造、用戶服務、科技研發等。JASRI 並非政府單位而是私人且非盈利性質，至 2012 年 4 月才成為財團法人，雇有員工 1000 多名，其中 80% 為研究和技術人員。SPring-8 與 SACLA 的鳥瞰圖如圖十。



圖十 Spring-8 與 SACLA 全景鳥瞰圖

廣義來說，所有的電磁波都可以叫做「光」，而藉由不同波長的「光」科學界可以用來觀察及研究大自然。如波長最長的無線電波可以用來觀察宇宙恆星巨大的世界，紅外線是夜視系統和飛彈追蹤熱源所用的波長，可見光是人類肉眼唯一看得見的波長範圍，紫外線是用於觀察氣體分子及凝態物理的電子結構，X光則是研究晶體結構極佳的工具，波長最短的伽瑪射線是可用於探索原子核內的世界。而同步輻射是速度接近光速的帶電粒子在磁場中作圓周運動時，會沿著偏轉軌道切線方向發射出連續能譜的電磁波，範圍涵蓋了紅外線、可見光、紫外線及軟 X 射線及硬 X 射線等，係於 1947 年在電子同步加速器上首次觀測到這種電磁波，並稱為同步輻射，現在已成為有廣泛應用性的高性能光源。同步輻射光源的特性是頻譜寬且波長連續、亮度極高、偏振性高、純淨性高、脈衝窄、精確度高、穩定性高、準直性佳、光束截面積小等等，由於其波段的亮度比傳統 X 光機強百萬倍以上，所以傳統上用 X 光機需幾個月才能完成的實驗，以同步輻射光源只需幾分鐘即可，而且還分析的非常清楚，所以才可成為凝聚態物理、材料科學、生命科學、環境科學、工業及微電子技術等等研究科學領域的重要平台。至

於第一代、第二代或第三代的區分是，第一代同步輻射光源的電子儲存環是為高能物理實驗設計，所以只能由偏轉磁鐵引出高能物理實驗所不需使用的同步輻射光源，故也有人稱「兼用光源」；第二代同步輻射光源的電子儲存環則已是專門為同步輻射光源而設計，主要從偏轉磁鐵引出同步輻射光；第三代同步輻射光源的電子儲存環則是對電子髮束的射度等進行了優化設計，使其較第二代為小，但同步輻射光的亮度卻大幅提高，例如可利用加入波蕩器等插入件引出高亮度的准單色光。

Spring-8 同步輻射設施之結構可簡單分為（1）注射器：即使用 140 米長的直線加速器（Linac）將電子束加速到 1GeV 的能量後，進入（2）增能環：為一個周長有 396 米的環型結構，繼續將電子加速至 8GeV 的能量再注入（3）儲存環：Spring-8 有大、小 2 個儲存環，大儲存環周長達 1436 米，可以儲存 8GeV 電子束超過百小時，用於高亮度 X 射線的研究；小儲存環周長為 119 米，為儲存 1.5GeV 的電子束，可用於軟 X 射線的研究，最後利用偏轉磁鐵引出（4）光束線：它就像加速器光源與實驗站間的一座橋樑，最後再引進（5）實驗站：提供給用戶使用。目前 Spring-8 的光束線使用狀況如下表：



Type of SPring-8 Beamlines	
Public Beamline	Intended for public use (open to public) 26 Beamlines
Contract Beamline	Intended for exclusive use (owned by independent parties) 18 Beamlines Japan Atomic Energy Agency Osaka University University of Tokyo Kyoto University National Institute for Material Science Taiwan NSRRC Hyogo Prefecture Industrial Consortium Pharmaceutical Consortium Advanced Softmaterial Beamline Consortium Toyota
RIKEN Beamline	Intended for Riken use 9 Beamlines Diagnosis 2 Beamlines

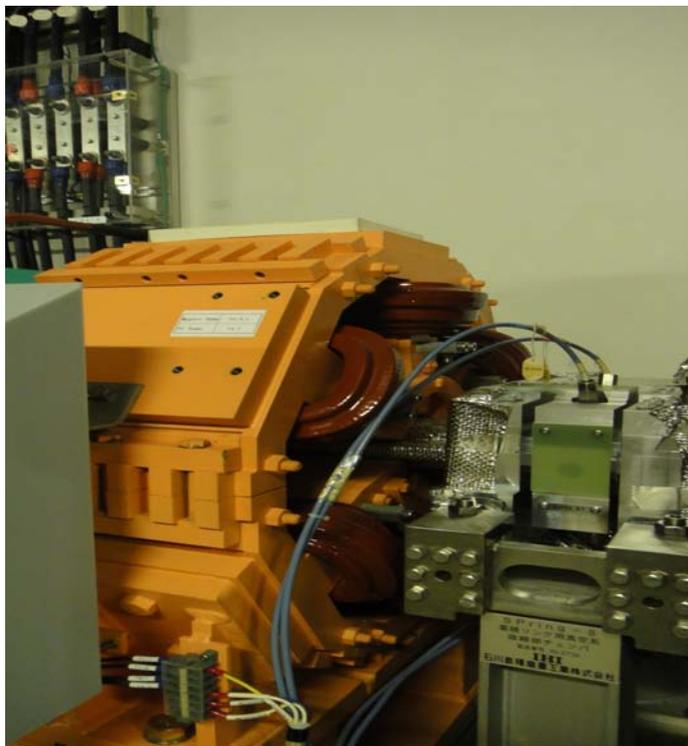
表四 Spring-8 的光束線使用狀況

由表中可見到我國國家同步輻射研究中心亦在 SPring-8 上租用了兩條臺灣專屬的硬 X 光束線，用於生物結構、材料研究及非彈性 X 光散射研究等。



圖十一 在同步輻射儲存環的隧道內

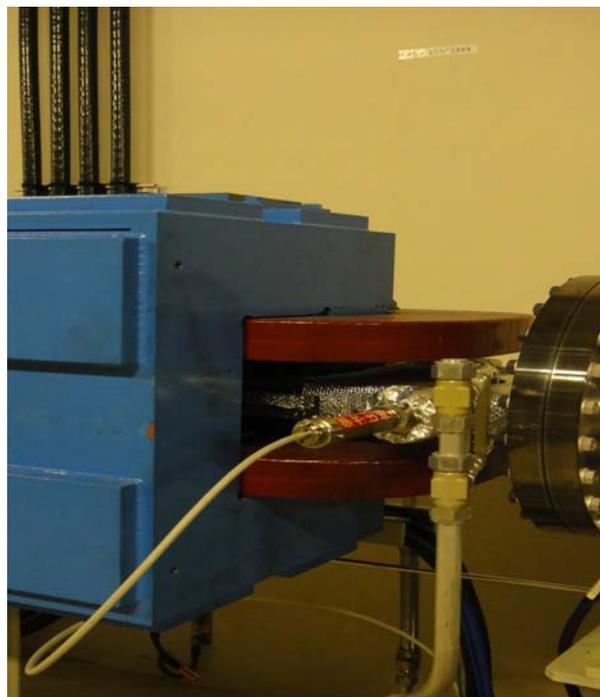
圖十二 緊急按鈕



圖十三 六極磁鐵：穩定電子束之用



圖十四 四極磁鐵：聚焦電子束之用

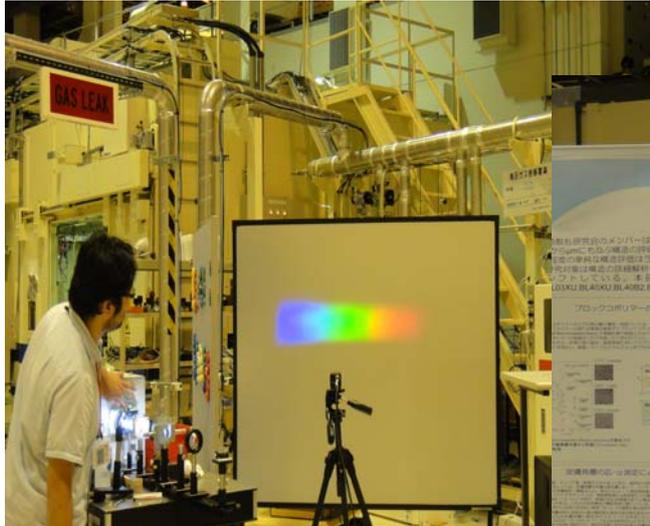


圖十五 偏轉磁鐵：產生同步輻射光

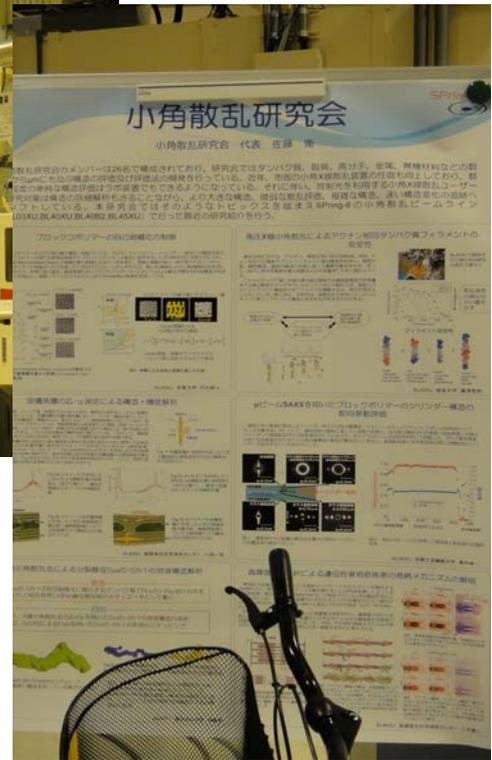


圖十六 進入時之輻射示警標誌及輻射作業注意事項

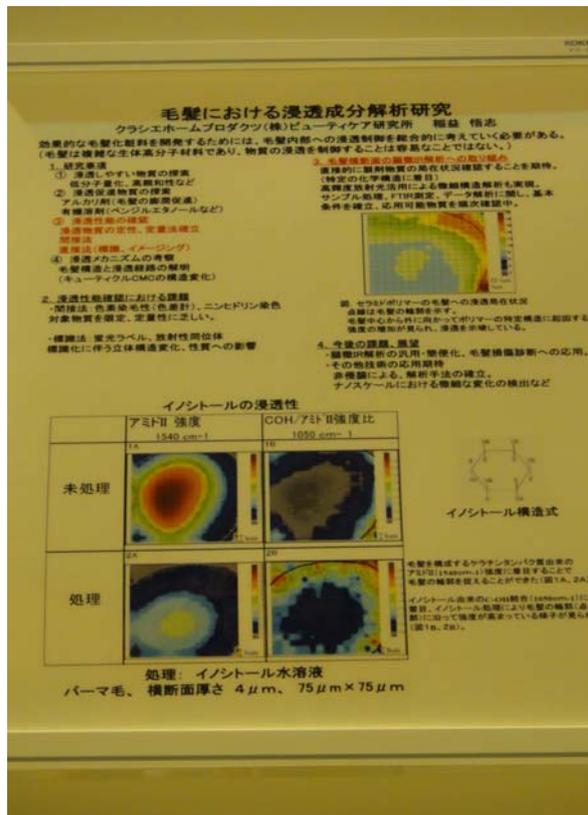
Spring-8 同步輻射的研究應用領域分常廣，舉凡如.光譜分析、材料科學、生命醫學、生物科技、基礎物理與化學、環境科學、地球和宇宙科學、工業應用、核物理等，甚至在 2011 年福島事件後，科學家也開始利用同步輻射光源進行藻類吸附放射性物質之研究，希望以藻類吸附濃縮水中所含的放射性物質，再將放射性物質由藻類取出，以發展一項新的放射性除污技術。Spring-8 不僅在研究領域的範圍廣擴，在工業應用上也有多方面的表現，像在半導體、電子元件、電池、儲存設備、機械、製藥、化工產品、環境及工業產品等方面。此次參觀該設施時，走過許多實驗站，看到有人正在做實驗，也有實驗站將其成果做成海報張貼在實驗站上，這才實際體認到同步輻射光源應用範圍之廣闊，台灣的產經學界為什麼要在有了「國家同步輻射研究中心」之後，還要再建「台灣光子源」。另外還要提的是，這麼大的場地，有很多人進進出出，但所到之處是乾淨是清潔的，另外管理者對應張貼之各類警示標示（含游離輻射）或工作守則均張貼於顯眼易見處且不會讓人覺得混亂，甚至連各式各樣的管線都平整的置放於專用架上，隨處都可見到管理的細心、用心。



圖十七 實驗站正在進行光束實驗



圖十八 小角度散射之研究



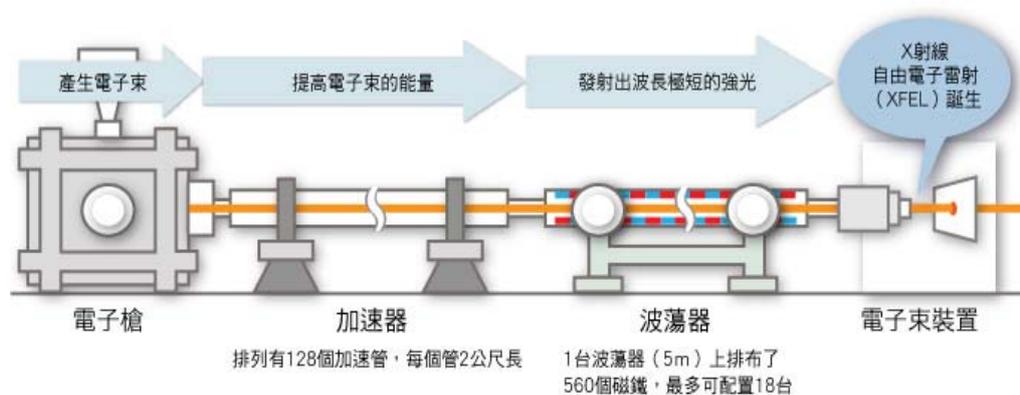
圖十九 護髮產品對毛囊浸潤度之研究



圖二十一 大腸桿菌經由同步輻射光源得到之內部結構圖

X 射線的波長很短對物質的穿透力大，可以觀察到物質中單個原子的三維結構，但因所產生的光仍不甚均勻，且干擾性仍高，因此科學家們竭盡心力探索一種新的技術，即 X 射線自由電子雷射（XFEL: X-ray Free Electron Laser），它同時可兼具 X 射線和雷射的雙重特性，被稱為最具科學探索和發現價值的未來新光源，所以也被稱作「科學時代的新曙光」，由於它可工作於整個 X 射線波段區，在亮度、抗干擾性等都優於第三代同步輻射光源，所以亦被國際公認為是“第四代光源”的可行技術路線之一。另本次還參觀了 SACLA (SPring-8 Angstrom Compact free electron LAsEr) 設施，它是在 2011 年 3 月完工後開始對外開放使用，該設施可把電子束的能量經加速器加速後達 8GeV，發射出世界上最短波長的 X 射線自由電子雷射 (XFEL)，和 SPring-8 產生的同步輻射 X 射線相比，XFEL 產生的光要比 SPring-8

還要亮 10 億倍，脈衝比 X 射線短 1000 倍，所產生最短的波長可至 0.63 埃，使用這種光束，可以對物質進行在原子、電子方面細微的觀察。例如，可對細胞膜中所含的蛋白質構造，以每一個分子為單位進行分析，此外，XFEL 的發光時間很短，短到 100 兆分之 1 秒，這有如超高速的閃光燈攝影，可以瞬間捕捉到原子的運動和其極快速的化學反應。SACLA 設施的全長約 700 公尺（見圖十），是由加速器隧道（約 400 公尺）、光源棟（約 240 公尺）和實驗研究樓（約 60 公尺）三者所組成。X 射線自由電子雷射的產生簡單敘述是電子槍產生電子束後，通過直線型的加速器被加速到光速，再通過一系列排滿強磁鐵的波蕩器裝置而生成，示意簡圖如圖二十一。目前 XFEL 研究應用的領域為解析蛋白質結構：希望可在生物上和醫學上有所突破，為新藥之開發助一臂之力、納米技術：利用超短波的 XFEL 可有助於創造新的材料，此外借助 XFEL，科學家們還能夠觀察天文、離子科學和基礎物理的極端現象。



圖二十一 產生 X 射線自由電子雷射示意圖

三、有關日本輻射防護相關法規之蒐集

在大會所安排之參訪活動中，曾請教 Spring-8 實驗部門主任，有關申請進入實驗站之人員，是否需在輻射安全上要求人員資格或接受訓練後才可操作同步輻射光源？得到的答覆是不需特別要求人員資

格，但需接受關於實驗室安全的簡單訓練。而這些訓練則包括同步輻射實驗站之操作守則、安全規定、工安與消防等等。之後再與中國科學院物理研究所及美國高能物理實驗室之人員詢問，答覆均與日方相同，顯見我國在輻射操作人員管制上之規定相對嚴格，因此在後面之行程特別詢問日本輻射防護相關之法規。

日本的輻射防護管制大致為：在可發生游離輻射設備部份除醫療用途外，需達到 1 MeV 以上才予管制，且輻射源管理原則是一個設施一張證照（見附錄一許可證樣張），再依整個設施的規模大小採行對全設施進行檢查之制度，以預防輻射危害。而使用輻射源之設施經營者則依其輻射作業規模的大小及其危險程度的不同，據以要求設立不同等級的輻射防護人員（Radiation Protection Supervisor），設立之規定見附錄二。因此，日本法規中對使用輻射源之設施經營者並未規定設立操作人員或運轉人員。另外日本在輻射防護人員之等級與資格部分，可區分為三種（級），第三種（級）輻射防護人員的位階最低，只需要接受認可機構所辦理的 10 小時講習課程即可取得證照。第二種（級）輻射防護人員的取得，需先接受測驗，俟測驗合格後再接受認可機構所辦理的 18 小時講習課程，結訓後才可取得證照。第一種（級）輻射防護人員的取得，也要先接受測驗，俟測驗合格後再接受認可機構所辦理的 30 小時講習課程，也一樣要結訓後才取得證照。另附各種（級）輻射防護人員講習時數及課目之規定如附錄三，第一種（級）、第二種（級）輻射防護人員取得之途徑簡述圖如附錄四。目前日本經文部科學省認可辦理輻射防護人員測驗的單位，為財團法人原子安全技術中心（Nuclear Safety Technology Center **【NUSTEC】**）、經認可辦理輻射防護人員講習的單位則有（1）財團法人原子安全技術中心（NUSTEC）/可辦理第二級和第三級輻射防護人員講習、（2）財團法人日本放射性同位素協會（Japan Radioisotope Association **【JRIA】**）/可辦理第一級

和第三級輻射防護人員講習、(3) 日本原子力研究開發機構 (Japan Atomic Energy Agency 【JAEA】) /可辦理第一級和第三級輻射防護人員講習。這些人員的管制規定與我國現行規定不同，未來本會如有法規修正討論時，應可將這部分內容融合我國國情，探討我國操作人員之資格取得門檻是否過高。

肆、心得與建議

- 一、隨著科技的進步，游離輻射之應用除在核能電廠外，近年來以其作為基礎研究、工業生產應用與癌症放射治療更是發展快速。反觀過去在輻射防護與屏蔽的領域中核能電廠相關應用佔了一席之地，但在去年發生日本福島核電廠意外事故之後，世界各地恐核電、反核電之生浪不斷，在世人對福島核災記憶尤新且對核電政策質疑之時，可約略由這種大型會議所討論之主題看出端倪，此次會議與核能電廠相關之探討主題均圍繞著福島核災後的後續處理以及劑量評估方面，福島事故也是核電發展的醒思機會，讓未來有更多的學者專家投入核電廠安全的強化、意外事故的處理、環境輻射的偵測、污染的調查、評估、環境污染遷徙模型之精進與防止污染之擴散以至最終的讓環境恢復及居民身心重建等課題之探討研議或技術之研發，也惟有在核能安全、輻射安全與災害防救都準備妥適後，才能讓一般民眾在能源短缺、溫室效應不斷上昇但綠色能源無法接續的情況下，再一次選擇並接受核能是可以發電的方式之一，這也應是核能界未來應努力的工作重點之一。
- 二、雖然受到福島核災的衝擊，但在研究領域上，人類探索未知及宇宙的野心並未稍減；在醫療領域上，欲征服癌症曾進人類健康福祉的慾望亦未打折，因此在高能物理、加速器、中子屏蔽、計算機程式及醫學物理之探討、研究或發展，仍相當熱絡。但研討會後卻有感於我國在部份領域上，或受限於人才後繼無力，或受限於國情或研發經費之限制等因素，無法與亞洲其它國家一般發展，例如在醫學物理的領域中，假體是評估醫療劑量的重要工具之一，目前在中國、日本及韓國均已完成該國民眾之標準人假體，也利用該標準人假體進行輻射防護相關之計算或劑量評估。倘如考慮歐美人種與亞洲人種之生理差異性，在

未建立國人假體之前，建議可考量評估以此二類不同人種假體所量測出來的劑量差異度並予校正，如此可使量測出之劑量值更接近國人實際接受之劑量。

三、日本輻防管制實務與我國之管制體系有所不同，如日本所有輻射源之證照管理均採一個設施一張證照，是採總量管理的概念與本會非密封放射性物質之管制模式類似，但本會在可發生游離輻射設備及密封放射性物質之管制上，是採一個輻射源一張證照，除造成本會行政人力之負荷外，於實務上設施經營者也較不易建立「整廠」管理的觀念，因此易有同公司但有不同部門在使用輻射源，卻彼此不清楚另一個部門使用輻射源之狀況。另外，在人員證照管理部份，日本只有一類輻射防護人員（Radiation Protection Supervisor），分三種等級，設施需依使用輻射源規模之大小指定設立（或不需設立）輻射防護人員，其中第 3 種輻射防護人員僅需接受 10 小時訓練課程，結訓後即可執行整廠之輻射管理工作；反觀我國，操作人員之資格就可分為 3 小時教學需要訓練、18 小時訓練、輻安證書（36 小時）、運轉人員證書、輻射防護員及輻射防護師等多個等級，行政程序較為繁鎖，如能參考日本經驗，對現行管制法規之作法進行探討，在輻射安全不變的前提下，精簡操作資格之分類等級、訓練時數與資格之取得，應可使法規更務實、更簡政便民。

四、此次日本行，在參訪世界上能量最高的第三代同步輻射光源 SPring-8 及 SACLA X 射線自由電子雷射設施後，對同步輻射及 X 射線自由電子雷射二者應用領域之廣與研究範圍之深，上可至探索宇宙下可至研究地球，精深如原子之構造解析，平凡如毛囊對護髮產品之吸收，乃至人人關心的健康、環保等議題均有其發揮的空間，留下非常深刻的印

象，並對此類大型設施於各項安全檢查之要求，包含輻射安全之自主管理，亦深感其管理者之用心。這部份可為未來國內台灣光子源管制之參考，另相關之研究領域與研發成果亦可摘取部份有趣之內容，將之列為環境游離輻射之教案或民眾宣導教材之一，對未來執行管制與教育宣導方面應有助益。

五、在日本的行程中，讓我國參加人員印象都很深的事是，日本力行「節能」的決心。每天在奈良市街道上所看到的機車數量，一隻手的手指頭就夠數，民眾的交通工具以走路、腳踏車或大眾運輸工具為大宗、大會一報到後，每位與會者均拿到一把扇子，而會場的冷氣也開的不強，扇子就成為各國與會者最好的消熱方子；在路上、大眾運輸工具上看到的日本人也多自帶扇子、毛巾、帽子；在超級市場或便利商店的店家展示櫃，常見到暗暗的一片，原來是因要「節能」而將美觀用的展示燈切掉不使用、公廁或電扶梯等公眾場所也使用節電裝置，感應到沒人時就不開啓…，這些在日本人眼中「順理成章」的事，在台灣卻會引起「抱怨」，所以當民眾在喊「節能減碳」、「環保愛地球」、「不要核電」…的同時，是不是也該自我反省，除了口號外，我們還能用什麼實際行動為地球多盡一分力量。

伍、參考資料及感謝

本篇報告所述各內容來源除為第 12 屆輻射屏蔽國際會議 (ICRS-12) 暨第 17 屆美洲核能學會輻射防護與屏蔽部門主題會議 (RPSD-2012) 之資料外，另感謝日本同步輻射設施 Spring-8 及我國國家同步輻射研究中心提供有關同步輻射應用研究之相關資料，以及 Spring-8 Center Executive Director Mr.Osamu Shimomura 之解說。此外，財團法人日本放射性同位素協會 (JRIA)、財團法人原子安全技術中心 (NUSTEC) 亦提供部份法規訊息，在此特別致謝。附錄除選用與本次報告有關之部份參考資料外，還提供數張此次日本行之相片，讓讀者一窺此次輻射防護界盛會一隅。

陸、附錄

附錄一 日本設施許可證樣張

附錄二 日本許可之各類型輻射作業需設置之輻射防護人員列表

附錄三 日本各種輻射防護人員講習時數及課目之規定

附錄四 第一種（級）、第二種（級）輻射防護人員取得途徑之簡述

附錄五 出席會議之照片

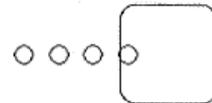
附録一 日本施設許可證様張

放射線同位元素等使用許可証

放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律第9条第1項の規定に基づき本証を交付する。

平成 21年10月 3日

文部科学大臣



許可年月日	昭和 54年 8月 7日 ← ③	許可番号	使第 1000 号 ← ④
氏名又は名称	株式会社 ○○○○ ← ①		
住所	東京都千代田区大手町一丁目○番○号 ← ②		
工場 又は 事業所	名称	株式会社 ○○○○ 東京事業所 ← ⑤	
	所在地	東京都文京区白山三丁目○番○号 ← ⑥	

⑦、⑧：FAX番号及びメールアドレスについては、可能な範囲で記載して下さい。

⑨：許可(承認)証の放射線発生装置に係る頁の、種類及び性能の欄に記載されている事項を記載して下さい。

例 直線加速装置 エックス線最大エネルギー 10MeV
 エックス線最大出力 6Gy/min at 1m(水の吸収線量率)
 電子線最大エネルギー 28MeV
 電子線最大出力 10Gy/min at 1m(水の吸収線量率)

(!) 住所、所在地に記載されているアラビア数字、漢数字は許可(承認)証のとおりに記載して下さい。

附錄二 日本許可之各類型輻射作業需設置之輻射防護人員列表

輻射防護人員之區分	設施經營者之區分	經特定許可之使用業者	射源使用業者	經特定許可使用以外的許可類非密封射性物質使用業者	經登記之使用業者	經登記之銷售業	經登記之借貸業	經許可之廢棄業	經主管機關公告使用應申請登記之業者	經主管機關公告使用應申請許可之業者
	取得資格之條件									
	第1種	第1種試驗，第1種講習	○	○	○	○	○	○	任選一個 或不需要	
	第2種	第2種試驗，第2種講習			○	○	○			
第3種	第3種講習				○	○				

說明：日本登記、許可使用執照之概述圖

	許可使用者	登記使用者
特定許可使用 者		

附録三 日本許可之各類型輻射作業需設置之輻射防護人員列表

講習の時間数等を定める告示

(平成17年7月4日
文部科学省告示第95号)

放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則(昭和55年総理府令第56号)第32条第4項及び第35条の8の規定に基づき、講習の時間数等を定める告示(昭和55年科学技術庁告示第10号)の全部を改正するこの告示を定める。

(資格講習の時間数)

第1条 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律(昭和32年法律第167号。以下「法」という。)第35条第2項の第1種放射線取扱主任者講習(次条において「第1種放射線取扱主任者講習」という。)は、次の表の左欄に掲げる資格講習の項目に応じ、それぞれ同表の右欄に定める時間数により行うものとする。

資格講習の項目	時間数
(1) 放射線の基本的な安全管理に関する項目	7時間
(2) 放射性同位元素及び放射線発生装置の取扱いの実務に関する項目	8時間
(3) 使用施設等及び廃棄物処理施設等の安全管理の実務に関する項目	3時間

(4) 放射線の量及び放射性同位元素による汚染の状況の実務に関する項目	12時間
-------------------------------------	------

2 法第35条第3項の第2種放射線取扱主任者講習(次条において「第2種放射線取扱主任者講習」という。)は、次の表の左欄に掲げる資格講習の項目に応じ、それぞれ同表の右欄に定める時間数により行うものとする。

資格講習の項目	時間数
(1) 放射線の基本的な安全管理に関する項目	4時間
(2) 放射性同位元素(密封されたものに限る。)の取扱いの実務に関する項目	5時間
(3) 使用施設等(密封された放射性同位元素を取り扱うものに限る。)の安全管理の実務に関する項目	2時間
(4) 放射線の量の測定の実務に関する項目	7時間

3 法第35条第4項の第3種放射線取扱主任者講習(次条において「第3種放射線取扱主任者講習」という。)は、次の表の左欄に掲げる資格講習の項目に応じ、それぞれ同表の右欄に定める時間数により行うものとする。

講習の時間数等を定める告示

資格講習の項目	時間数
(1) 法に関する項目	2時間
(2) 放射線及び放射性同位元素の総論	1時間30分
(3) 放射線の人体に与える影響に関する項目	1時間30分
(4) 放射線の基本的な安全管理に関する項目	2時間
(5) 放射線の量の測定及びその実務に関する項目	3時間

(修了試験)

第2条 第1種放射線取扱主任者講習、第2種放射線取扱主任者講習及び第3種放射線取扱主任者講習においては、修了試験を行うものとする。

(定期講習の時間数)

第3条 密封されていない放射性同位元素の使用をする許可届出使用者又は放射線発生装置の使用をする許可使用者が選任した放射線取扱主任者が受講する法第36条の2第1項の定期講習(本条において「定期講習」という。)は、次の表の左欄に掲げる定期講習の項目に応じ、それぞれ同表の右欄に定める時間数により行うものとする。

定期講習の項目	時間数
(1) 法に関する項目	1時間
(2) 密封されていない放射性同位元素の使用をする許可届出使用者が選任した放射線取扱主任者が受講する定期講習にあっては放射性同位元素及び放射性同位元素	1時間30分

(3) 使用施設等の安全管理に関する項目	1時間30分
(4) 放射性同位元素若しくは放射性同位元素によって汚染された物又は放射線発生装置の取扱いの事故の事例に関する項目	1時間

2 放射性同位元素の使用をする許可届出使用者が選任した放射線取扱主任者(第1項に規定する放射線取扱主任者を除く。)が受講する定期講習は、次の表の左欄に掲げる定期講習の項目に応じ、それぞれ同表の右欄に定める時間数により行うものとする。

定期講習の項目	時間数
(1) 法に関する項目	1時間
(2) 放射性同位元素(密封されたものに限る。)の取扱いに関する項目	1時間
(3) 使用施設等(密封された放射性同位元素を取り扱うものに限る。)の安全管理に関する項目	1時間
(4) 放射性同位元素若しくは放射性同位元素によって汚染された物又は放射線発生装置の取扱いの事故の事例	1時間

講習の時間数等を定める告示

に関する課目

3 届出販売業者又は届出貨業者が選任した放射線取扱主任者が受講する定期講習は、次の表の左欄に掲げる定期講習の課目に応じ、それぞれ同表の右欄に定める時間数により行うものとする。

定期講習の課目	時間数
(1) 法に関する課目	1時間
(2) 放射性同位元素若しくは放射性同位元素によって汚染された物又は放射線発生装置の取扱いの事故の事例に関する課目	1時間

4 許可廃業業者が選任した放射線取扱主任者が受講する定期講習は、次の表の左欄に掲げる定期講習の課目に応じ、それぞれ同表の右欄に定める時間数により

行うものとする。

定期講習の課目	時間数
(1) 法に関する課目	1時間
(2) 放射性同位元素及び放射性同位元素によって汚染された物の取扱いに関する課目	1時間
(3) 廃棄物処理施設等の安全管理に関する課目	1時間
(4) 放射性同位元素若しくは放射性同位元素によって汚染された物又は放射線発生装置の取扱いの事故の事例に関する課目	1時間

附 則
この告示は、公布の日から施行する。

教育及び訓練の時間数を定める告示

(平成30年11月15日)
科学技術庁告示第10号)

科特設正 平成17年6月1日 文部科学省告示第79号

放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則（以下「規則」という。）第21条の2第1項第2号の規定により初めて管理区域に立ち入る前に行わなければならない教育及び訓練の時間数は、次の表の項目の項に定める時間数以上とする。

項目	放射線の人体に与える影響	放射性同位元素等又は放射線発生装置の安全取扱い	放射性同位元素及び放射線発生装置による放射線障害の防止に関する法令	放射線障害予防規程
第1項	30分	4時間	1時間	30分
第2項	30分	1時間30分	30分	30分

附 則 (平成17年6月1日 文部科学省告示第79号)
この告示は、公布の日から施行する。

附録四

第一種（級）、第二種（級）輻射防護人員取得途徑之簡述

第1、2種放射線取扱主任者免状取得までの道のり



附錄五 出席會議之照片



圖二十四
大會的歡迎酒會



圖二十五
大會地點奈良縣
新公會堂



圖二十六
大會的主會場



圖二十七

大會的分組討論
會場



圖二十八

晚宴主席致詞
(中村尚司教授)



圖二十九

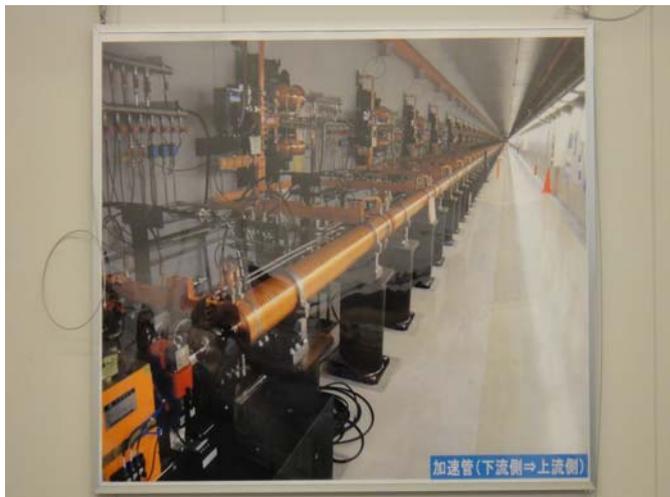
中國科學院論文
主講人



圖三十
清大江教授祥輝
發表論文



圖三十一
在SPring-8設施
內之實驗室工作
人員可騎自行車
代步



圖三十二
SACLA 加速管圖