

出國報告(出國類別：其他)

## 赴英國格拉斯哥(Glasgow)參加第十三屆國際輻射防護協會(IRPA)會議

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：朱亦丹 技士

派赴國家：英國 格拉斯哥(Glasgow)

出國期間：101年05月11日至101年05月20日

報告日期：101年07月20日

## 摘要

國際輻射防護協會(International Radiation Protection Association, IPRA)每四年舉辦一次國際性會議。第十三屆IRPA於今年5月13至18日在英國格拉斯哥(Glasgow)舉行，來自世界各地八十多個國家，超過1,500位以上的專家和學者與會，共發表論文近1,500篇。

本次公差行程於5/11~5/20赴英國格拉斯哥參加IRPA 13國際性學術研討會議，主要目的是了解各國政府及民間團體之間的輻防專業對談，交換管理實務經驗，以收他山之石之效，提升我國之輻防管制水準。經由參與國際性之輻射安全管制研討會議，可了解先進國家的中央主管機關在特定議題之管制方式與民間輻防相關組織關切之事項，此會議討論的輻射管理內容相當廣泛，且均為主管機關與業者實際面臨的議題，並可藉由積極參與國際技術交流活動，建立資訊交流管道，可有效提昇我國輻射安全管制作業。而會中會呈現出世界各國的最新動態和未來發展趨勢，可作為國內輻射防護發展規劃及研究依據。

# 目次

(頁碼)

## 摘要

一、目的	-----	1
二、過程	-----	2
三、心得	-----	31
四、建議事項	-----	33
五、附件	-----	34

# 一、目的

本次公差之目的有：

隨著輻射設備應用日廣，輻射安全與國民生活息息相關，已是國際間所共同面對的問題，我國在輻射之應用規模已與先進國家不相上下，管制法規也與國際標準一致。本計畫即是透過參加第十三屆國際輻射防護協會會議(IRPA-13)，了解各國政府及國際輻防組織的輻防專業發展趨勢，交換管理實務經驗，以收他山之石之效，提升我國之輻防管制水準。經由參與國際性之輻射安全管制研討會議，可了解先進國家的中央主管機關在特定議題之管制方式與民間輻防相關組織關切之事項，此會議討論的輻射管理內容相當廣泛，且均為主管機關與業者實際面臨的議題，並可藉由積極參與國際技術交流活動，建立資訊交流管道，可有效提昇我國輻射安全管制作業。本次會議特別開設日本福島核災事件之輻射防護議題討論，可獲取寶貴的輻射防護實務經驗和專業知識收集，助於提昇我國因應鄰近國家地區核子事故緊急應變能力與技術發展。

## 二、過程

### (一)本次公差行程(101年5月11日至5月20日，共計10日)

本次公差之行程與主要工作內容如下：

日期	天數	地點	工作內容
101.5.11(五)~ 101.5.12(六)	2	台北→阿姆斯特丹(轉機)→ Glasgow	路程(台北→Glasgow)
101.5.13(日)~ 101.5.18(五)	5	Glasgow 蘇格蘭展覽會議中心(Scottish Exhibition and Conference Centre, SECC)	會議報到 參加2012年國際輻射防 護協會(IRPA)研討會議
101.5.18(五)~ 101.5.20(日)	3	Glasgow→阿姆斯特丹(轉機)→台 北	路程(Glasgow→台北)
合計	10		



圖1：蘇格蘭展覽會議中心 - Armadillo



圖2：蘇格蘭展覽會議中心



圖3：報到處

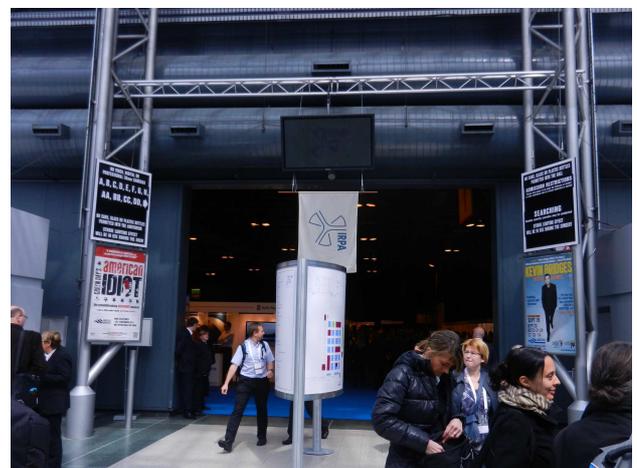


圖4：壁報展示會場

## (二)參加IRPA-13會議過程

國際輻射防護協會(International Radiation Protection Association, IPRA)係輻射防護專業領域的國際性組織，該組織係於1965年由美國保健物理學會發起，主要目的是要提供一個媒介，對參與輻射防護活動的國家提供相互溝通的管道，經由這個程序來促進世界各地的輻射防護實務推展。其中包含許多專業領域，例如科學知識、醫學、工程、科技與法律，為人們提供輻射防護專業服務，避免輻射的危害，並在以人類利益為前提下，促進醫學、科學與工業上輻射應用的安全，這些活動有許多係藉由國際性與區域性會議來達成，是輻射防護在科學與實用經驗上，互動及溝通的良好機會。該組織與其他國際性輻射防護相關組織之間的關係如圖5。

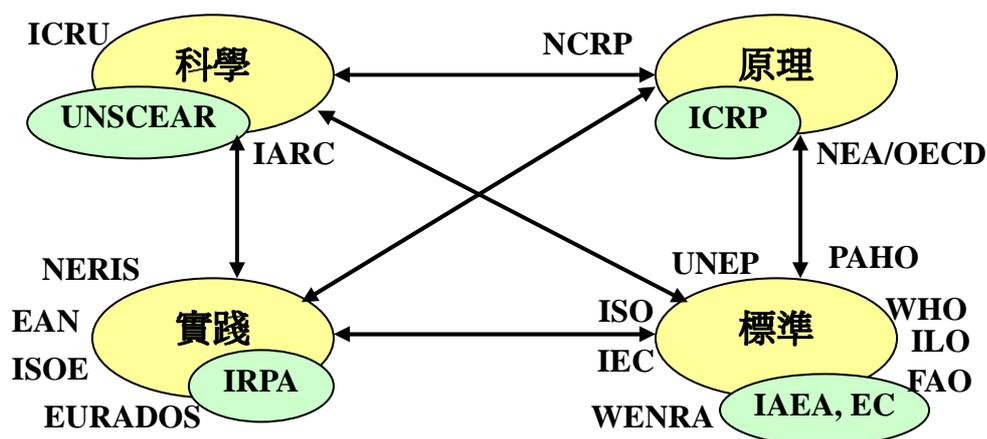


圖5：組織與其他國際性輻射防護相關組織之間的關係

(摘自IRPA電子出版報告” IRPA - Present and Future” )

縮寫	英文全名	中譯名稱
EAN	European ALARA Network	歐洲合理抑低網路
EC	European Communities	歐盟
EURADOS	The European Radiation Dosimetry Group	歐洲輻射劑量學團體
FAO	Food and Agriculture Organization	聯合國糧食及農業組織
IAEA	International Atomic Energy Agency	國際原子能總署

IARC	International Agency for Research on Cancer	國際癌症研究署
ICRP	International Commission on Radiological Protection	國際輻射防護委員會
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements	國際輻射單位與度量委員會
IEC	International Electrotechnical Commission	國際電工技術委員會
ILO	International Labour Organization	國際勞工組織
IRPA	International Radiation Protection Association	國際輻射防護協會
ISO	International Organization for Standardization	國際標準化組織
ISOE	Information System on Occupational Exposure	職業曝露資訊系統
NCRP	National Council on Radiation Protection & Measurements	美國輻射防護與度量委員會
NEA/OECD	Nuclear Energy Agency/ Economic Co-operation and Development	經濟合作與發展組織核能局
NERIS	European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery	核能與輻射緊急應變與復原準備歐洲平台
PAHO	The Pan American Health Organization	泛美衛生組織
UNEP	United Nations Environment Programme	聯合國環境規劃署
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation	聯合國原子輻射效應科學委員會
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association	西歐核能管制者協會
WHO	World Health Organization	聯合國世界衛生組織

自1966年起，每四年舉辦一次國際性輻射防護論文發表會及會員大會，至今已舉辦十二屆，依次在義大利羅馬、英國布萊頓、美國華盛頓、法國巴黎、以色列耶路撒冷、德國柏林、澳洲雪梨、加拿大蒙特婁、奧地利維也納、日本廣島、西班牙馬德里、阿根廷布宜諾斯艾利斯舉行；今年在英國，下一屆則訂於南非開普敦舉行。每屆會議參加人數眾多，前七屆約有600-850人，自第八屆起則增至1,150-1,300人，本屆預估有1,500人與會。另外，在北美、南美、西歐、東歐、非洲、亞洲及澳洲皆有區域性之輻射防護協會，如美國的保健物理學會(HPS)，性質雷同IRPA。

第十三屆IRPA於今年5月13~18日在英國格拉斯哥(Glasgow)舉行，來自78個國家，

超過1,500位以上的專家和學者與會，共論文發表了近1,500篇。國內與會人士有原子能委員會輻防處以及核能研究所保健物理組各派1人參加，核能研究所並發表壁報展示論文3篇。本次大會主題為「與輻射共存，與社會共榮」(Living with Radiation - Engaging with Society)，此主題的第一部份是面對我們平常就會受到各式各樣來源的輻射曝露之事實，包括志願的受照射，如牙科X光攝影；或非志願的受照射，如宇宙射線。第二部份則是探討社會參與的價值及其代表性，在決策形成過程中鼓勵相關人士投入以增加認同，經驗顯示若沒有利害關係人有意的參與，策略就難順利推動。

## 1. 會議議程

會議共計五天半，以專題演講與論文發表(口頭簡報、壁報展示)方式進行，另有提供額外付費的再教育課程(Refresher Courses)和技術專題討論會(Workshops)與輻射防護相關設施技術參訪(Technical Visits)的行程，為因經費有限，上述額外付費之行程並未報名參加。其中除了邀請國際輻射單位委員會(ICRP)主席報告 ICRP 2005年未來關注趨向與新建議外，亦安排聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)、國際輻射防護委員會(ICRP)、國際輻射單位與度量委員會(ICRU)、國際原子能總署(IAEA)、瑞典皇家科學學院(Swedish Royal Academy of Science)、各國政府輻射防護管制部門等單位報告現況和未來發展。論文發表分成12個主題，口頭簡報分別在六個會場同時舉行，壁報展示則由於篇數過多，分成前兩日與後兩日展示於第四大會場內，其各主題及篇數如下表，會議議程簡表如圖6。

	主題	口頭簡報場次	壁報展示篇數
1	游離輻射的生物與健康效應(Biological and Health Effects of Ionising Radiation) <ul style="list-style-type: none"> <li>• 輻射生物學(Radiation Biology)</li> <li>• 流行病學(Epidemiology)</li> <li>• 人體健康效應與風險因子(Human Health Effects and Risk Factors)</li> </ul>	17	107

2	<p>量測與劑量學(Measurements and Dosimetry)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 體外曝露評估(External Exposure Assessment)</li> <li>• 體內曝露評估(Internal Exposure Assessment)</li> <li>• 生物劑量學與模式(Biological Dosimetry and Modelling)</li> <li>• 儀器與量測(Instrumentation and Measurement)</li> <li>• 方法學與劑量學標準(Metrology and Dosimetry Standards)</li> <li>• 數值/電腦運算劑量學(Numerical/Computational Dosimetry)</li> </ul>	52	297
3	<p>輻射防護體系的發展與成就(Radiation Protection System Development and Implementation)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 輻射防護體系的演進與成就(Evolution and Implementation of the System of Radiological Protection)</li> <li>• 法規與標準(Regulations and Standards)</li> <li>• 管理角色、責任與體系(Management Roles, Responsibilities and Systems)</li> <li>• 教育、訓練與資源(Education, Training and Resources)</li> <li>• 輻射防護文化(Radiation Protection Culture)</li> <li>• 倫理觀點(Ethical Aspects)</li> <li>• 法律觀點(Legal Aspects)</li> </ul>	45	105
4	<p>利害關係人之參與及投入(Stakeholder Engagement and Involvement)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 利害關係人之參與及決策的經驗(Experience in Stakeholder Engagement and Decision Making)</li> <li>• 利害關係人之參與的程序、方法與工具(Processes, Methodologies and Tools in Stakeholder Engagement)</li> <li>• 風險溝通、理解與對話的發展(Risk Communication, Developing Understanding and Dialogue)</li> <li>• 公眾影響之經驗(Experience with Affected Populations)</li> </ul>	23	30
5	<p>非游離輻射(Non-Ionising Radiation)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 靜電場、功率頻率與中頻電磁場(Static, Power Frequency and</li> </ul>	5	30

	<p>Intermediate Electrical and Magnetic Fields)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 射頻輻射(Radio-frequency Radiation)</li> <li>• 光學輻射、UV 輻射、雷射、超音波與超低頻音(Optical Radiations, UV Radiation, Lasers, Ultrasound and Infrasound)</li> <li>• 電信與新興 EMF 技術(Telecommunications and Emerging EMF Technologies)</li> <li>• 生物效應(Biological Effects)</li> <li>• 流行病學(Epidemiology)</li> <li>• 健康風險評估(Health Risk Assessment)</li> <li>• 量測與劑量學(Measurement and Dosimetry)</li> <li>• 防護體系(System of Protection)</li> <li>• 公眾、職業與醫療曝露(Public, Occupational and Medical Exposure)</li> </ul>		
6	<p>計畫性曝露情節：工業與研究(Planned Exposure Situations: Industry and Research)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 核燃料循環(Nuclear Fuel Cycle)</li> <li>• 新建核設施(New Nuclear Build)</li> <li>• 射源之管理與保安(Management and Security of Sources)</li> <li>• 礦業與工業之天然放射性物質(NORM) (Naturally Occuring Radioactive Material (NORM) in Mining and Industry)</li> <li>• 加速器與核融合(Accelerators and Fusion)</li> <li>• 非核能工業與研究(Non-nuclear Industry and Research)</li> <li>• 保安掃描(Security Screening)</li> <li>• 放射性物質運送(Transport of Radioactive Materials)</li> <li>• 除役(Decommissioning)</li> </ul>	39	96
7	<p>計畫性曝露情節：醫療(Planned Exposure Situations: Medicine)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 輻射於醫療使用的正當性(Justification in Medical use of Radiation)</li> <li>• 倫理與病患之參與(Ethics and Patient Engagement)</li> <li>• 兒科的考量(Paediatric Considerations)</li> </ul>	45	173

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 診斷放射學與放射介入性手術(Diagnostic Radiology and Interventional Procedures)</li> <li>• 核子醫學(Nuclear Medicine)</li> <li>• 放射治療( Radiotherapy)</li> <li>• 醫療的新技術(New Techniques in Medicine)</li> <li>• 輻射意外(Radiation Incidents)</li> <li>• 品質保證與稽查(Quality Assurance and Audit)</li> </ul>		
8	<p>計畫性曝露情節：放射性廢棄物管理(Planned Exposure Situations: Radioactive Waste Management)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 廢棄物管理政策、策略與標準(Waste Management Policy, Strategy and Standards)</li> <li>• 豁免管制與解除管制(Exemption and Clearance)</li> <li>• 前置處理廢棄物管理(Pre-disposal Waste Management)</li> <li>• 運轉排放：包含模式分析與監控之公眾曝露評估(Operational Discharges: Public Exposure Assessment including Modelling and Surveillance)</li> <li>• 廢棄物貯存廠與安全評估(Waste Storage Facilities and Safety Assessments)</li> <li>• 廢棄物處置廠與安全評估(Waste Disposal Facilities and Safety Assessments)</li> </ul>	14	39
9	<p>緊急曝露情節(Emergency Exposure Situations)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 緊急事件準備與應變(Emergency Preparedness and Response)</li> <li>• 最適化與劑量參考水平(Optimisation and Dose Reference Levels)</li> <li>• 短期與長期意外事故後續管理(Short and Long-term Post-accident Consequence Management)</li> <li>• 受曝露人員之管理(Management of Exposed Persons)</li> <li>• 異常事件與事故後學到的教訓(Past Incidents and Accidents and Lessons Learned)</li> </ul>	20	67

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 惡意行爲與新的威脅(Malevolent Acts and New Threats)</li> </ul>		
10	<p>即存曝露情節(Existing Exposure Situations)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 空中旅行與太空飛行(Air Travel and Space Flight)</li> <li>• 氡氣(Radon)</li> <li>• 輻射曝露的其他天然來源(Other Natural Sources of Radiation Exposure)</li> <li>• 受污染土地與地區的生活與復原(Living in and Rehabilitation of Contaminated Land and Territories)</li> <li>• 法律規範與整治(Legacy Management and Remediation)</li> </ul>	26	88
11	<p>環境保護(Protection of the Environment)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 保護政策與標準(Protection Policy and Standards)</li> <li>• 動植物與生態系統的生物效應(Biological Effects on Biota and Ecosystems)</li> <li>• 環境量測與劑量學(Environmental Measurements and Dosimetry)</li> <li>• 動植物與生態系統之曝露評估(Biota and Ecosystem Exposure Assessment)</li> <li>• 環境保護方案(Environmental Protection Programmes)</li> </ul>	9	52
12	日本福島核災事故(The Fukushima Accident)	28	66

Time	Monday 14 May	Tuesday 15 May	Wednesday 16 May	Thursday 17 May	Friday 18 May
08:00-08:15	RC1 Lomond	RC5 Carron	RC11 Carron	RC16 Carron	RC21 Friths Bar
08:15-08:30	RC2 Alth	RC7 Alth	RC12 Alth	RC17 Alth	RC22 Gala
08:30-08:45	RC3 Boisdale	RC8 Boisdale	RC13 Boisdale	RC18 Boisdale	RC23 Clyde
08:45-09:00	RC4 Dochart	RC9 Dochart	RC14 Dochart	RC19 Dochart	RC24 Leven
08:45-09:00	RC5 Carron	RC10 Lomond	RC15 Lomond	RC20 Lomond	RC25 Forth
09:00-09:15	Opening Ceremony Clyde Auditorium				
09:15-09:30	Sievert Lecture Clyde Auditorium				
09:30-09:45	Coffee Break, Exhibition, Poster Viewing Hall 4				
09:45-10:00	Underpinning Science: State of the Art Clyde Auditorium				
10:00-10:15	Lunch, Exhibition, Poster Viewing, Commercial Sponsored Sessions Hall 4				
10:15-10:30	Engaging with Society Clyde				
10:30-10:45	Coffee Break - Exhibition Hall 4				
10:45-11:00	Poster Session A Hall 4				
11:00-11:15	Coffee Break - Exhibition Hall 4				
11:15-11:30	Poster Session B Hall 4				
11:30-11:45	Lunch, Exhibition, Poster Viewing, Commercial Sponsored Sessions Hall 4				
11:45-12:00	Engaging with Society Clyde				
12:00-12:15	Coffee Break - Exhibition Hall 4				
12:15-12:30	Poster Session C Hall 4				
12:30-12:45	Lunch, Exhibition, Poster Viewing, Commercial Sponsored Sessions Hall 4				
12:45-13:00	Engaging with Society Clyde				
13:00-13:15	Coffee Break - Exhibition Hall 4				
13:15-13:30	Poster Session D Hall 4				
13:30-13:45	Lunch, Exhibition, Poster Viewing, Commercial Sponsored Sessions Hall 4				
13:45-14:00	Engaging with Society Clyde				
14:00-14:15	Coffee Break - Exhibition Hall 4				
14:15-14:30	Poster Session A Hall 4				
14:30-14:45	Lunch, Exhibition, Poster Viewing, Commercial Sponsored Sessions Hall 4				
14:45-15:00	Engaging with Society Clyde				
15:00-15:15	Coffee Break - Exhibition Hall 4				
15:15-15:30	Poster Session B Hall 4				
15:30-15:45	Lunch, Exhibition, Poster Viewing, Commercial Sponsored Sessions Hall 4				
15:45-16:00	Engaging with Society Clyde				
16:00-16:15	Coffee Break - Exhibition Hall 4				
16:15-16:30	Poster Session C Hall 4				
16:30-16:45	Lunch, Exhibition, Poster Viewing, Commercial Sponsored Sessions Hall 4				
16:45-17:00	Engaging with Society Clyde				
17:00-17:15	Coffee Break - Exhibition Hall 4				
17:15-17:30	Poster Session D Hall 4				
17:30-17:45	Lunch, Exhibition, Poster Viewing, Commercial Sponsored Sessions Hall 4				
17:45-18:00	Engaging with Society Clyde				
18:00-18:15	Closing Ceremony Clyde				
18:15-18:30	Closing Ceremony Clyde				

Programme at a glance

Session No.	Session Title	Session time	Poster Session
Area 1. Biological and Health Effects of Ionising Radiation			
TS1a	Radiation Biology	Monday 17:00-18:30	A and B
TS1b	Epidemiology	Tuesday 9:00-10:30	A and B
TS1c	Health Effects and Risk Factors	Tuesday 11:00-12:30	A and B
Area 2. Measurements and Dosimetry			
TS2a	External Exposure Assessment	Monday 14:00-15:30	A and B
TS2b	Internal Exposure Assessment	Monday 17:00-18:30	A and B
TS2c	Biological Dosimetry and Modelling	Tuesday 11:00-12:30	A and B
TS2d	Instrumentation and Modelling I	Wednesday 11:30-13:00	C and D
TS2e	Instrumentation and Modelling II	Thursday 9:00-10:30	C and D
TS2f	Metrology and Dosimetry Standards	Thursday 11:00-12:30	C and D
TS2g	Numerical and Computational Dosimetry	Thursday 14:15-15:45	C and D

Continued overleaf ▶

圖6 IRPA-13的會議議程簡表

2. 各主題摘要

分為(1)游離輻射的生物與健康效應(Biological and Health Effects of Ionising Radiation)、(2)量測與劑量學(Measurements and Dosimetry)、(3)輻射防護體系的發展與成就(Radiation Protection System Development and Implementation)、(4)利害關係人之參與及投入(Stakeholder Engagement and Involvement)、(5)非游離輻射(Non-Ionising Radiation)、(6)計畫性曝露情節：工業與研究(Planned Exposure Situations: Industry and Research)、(7)計畫性曝露情節：醫療(Planned Exposure Situations: Medicine)、(8)計畫性曝露情節：放射性廢棄物管理(Planned Exposure Situations: Radioactive Waste Management)、(9)緊急曝露情節(Emergency Exposure Situations)、(10)即存曝露情節(Existing Exposure Situations)、(11)環境

保護(Protection of the Environment)、(12)日本福島核災事故(The Fukushima Accident)等十二個主題，分別說明如下：

## 2.1 游離輻射的生物與健康效應

本次會全體會議的第一個演講議題為“氙的故事”，以呼應本屆大會主題“與輻射共存，與社會共榮”。1934年發現氙之後，氙已成為大氣與水文科學上常用的示蹤劑。氙可由核反應器中產生，特別是重水反應器，也可用於核武與許多工業應用上，因而引起輻射防護的研究課題，本次大會邀請加拿大Dr. Osborne, RV進行演講，Dr. Osborne長期從事氙核種對公眾環境的安全機制研究，包括動力學、劑量學、擴散、監測技術、生物效應及流行病學等研究。目前對氙之放射特性的了解雖能滿足輻射防護目的，但有些氙的相關研究領域仍有其意義。例如哺乳動物輻射致癌的實驗研究、氙標誌化合物之劑量學以及核能工作人員的流行病學研究等。有些領域涉及新的技術所導致的新問題，例如核融合設施的含氙粒子。而公眾持續關注氙的健康效應則反映出對於低劑量輻射曝露效應的關切。這促使我們檢視現有防護模式及對低劑量的氙輻射健康效應的機制研究。

大會全體會議的第二個大會講題是“低劑量/劑量率的癌症流行病學回顧”，日本原子核爆生還者研究涵蓋約三萬名受到5-100 mGy以及約三萬八千名受到5 mGy以下的生存者，其癌症風險的劑量於受曝露後持續記錄了60年以上。所有實體癌症的原子核爆劑量反應曲線顯示每單位劑量的風險在低劑量時未必低於在高劑量時。然而，原子核爆研究並不能用來說明在低劑量率連續之延長照射(protracted)或高分次(highly fractionated)輻射曝露之癌症風險遇到的主要議題。在受低劑量曝露下，多數敏感的適應症風險是兒童的甲狀腺癌與兒童或胎兒的血癌。此外，職業、環境與醫療輻射曝露的主要研究提供低劑量 / 低劑量率之輻射效應的證據。由如此龐大的研究中得出一個假說：由於敏感度的異質性，在低劑量及低劑量率仍有風險，亦即在一群體中必有高輻射敏感的人存在。已有合理事證顯示，在年齡小時受曝露的輻射致癌風險較成年時受曝露的高，我們確認在一般群體中，可複製的遺傳敏感性因子對於低劑量輻射致癌風險有相當的影響。主要影響途徑包括DNA損害的修復、細胞循環控制、基因體不穩

定、轉錄反應與訊號傳導等，但這都需要更複雜地檢驗。

大會全體會議的第三個講題是“非致癌效應，特別是循環系統疾病”，雖然高劑量游離輻射曝露與對心臟及冠狀動脈傷害之間的關聯性已建立得不錯，但直到最近才有高劑量人員劑量學引入的研究來對伴隨化療做調整的風險量化。較低劑量曝露與晚期發生的循環疾病之間關聯性只有最近於日本核爆存活者及各種職業受曝群體中開始顯現，而此議題仍然有爭議。在中度與低劑量流行病學研究中，每單位劑量的超額相對風險(Excess relative risks)有點差異，可能是因為被已知(但沒觀察到的)風險因子與混亂的結果所干擾；至少對於除了心臟疾病外的端點(endpoints)來說，風險之間在統計上有明顯( $p < 0.001$ )的異質性。已知1 Gy以上的高輻射劑量會誘發後囊下白內障。由日本核爆生存者、車諾比電廠清理工人、美國太空人及其他各類受曝群體的累積事證顯示皮質白內障也會被游離輻射誘發，而核性白內障則較少事證認為是由輻射造成。儘管累積的事證顯示有線性劑量反應，但適當的限值(不超過0.6 Gy)仍不排除。在接受到中度 / 低劑量曝露後的各群體中已觀察到其他種種非惡性效應，特別是呼吸與消化道疾病，以及中樞神經系統(特別是神經認知方面)損傷。然而，因為這些效應一般只有在單獨群體中觀察到，或因為事證性質差異大，使得這些關聯性必須小心處理。

大會全體會議的第四個講題是“低劑量 / 劑量率的輻射生物機制的更新”，過去十幾年，在細胞輻射反應有兩個論點：輻射造成DNA傷害會導致基因突變、劑量-傷害反應是線性的。然而某些情況的大量事證驅使我們重新思考這兩個論點。這對於傳統中心思想的最大挑戰是輻射曝露的影響如何推展。這包括在組織層級而非在細胞層級發生的輻射反應之協調、非致癌晚期健康效應之DNA缺損或無性繁殖擴展基礎的病因學、非遺傳規範優勢作為對環境壓力的主要反應等。有關效應發生的認知之基本原理漸變的同時，劑量與劑量率效應之後果的觀念也有改變。在整個劑量範圍都是一致的生物反應的這種假設雖是方便，然而在低劑量 / 劑量率有越來越多的事證顯示的非線性反應並非不可信。本演講會提出一些事證來支持一個新的論點：多細胞間、非線性劑量反應會引起除了DNA傷害以外的生物變化。

## 2.2 量測與劑量學

以下就會議中報告與本主題相關的內容作一摘要說明：

### 2.2.1 螢光原位結合染色法(FISH)的易位(translocation)偵測當作回溯性生物劑量計

螢光原位結合染色法(FISH)可輕易的偵測易位，這方法可用在生物劑量學上以評估受游離輻射意外超曝露的某些案例上。以往遭受游離輻射超曝露者的淋巴細胞上可偵測到易位。染色體2、4與12利用螢光原位雜交染色來標誌。在57個分析案例中，有33個案例呈現劑量與易位的正向關係。可量測的最低劑量為0.3 Gy。在事故後2至6個月之間，易位所量測的劑量比雙中節所量測的準確。超過6個月，只有利用易位才可能用來評估劑量，因為雙中節的劑量評估為零。利用易位可以偵測長達30年以上的超曝露。這技術有助於確認受曝露者，且其敏感度比以計數雙中節的傳統細胞遺傳技術高。

### 2.2.2 英國之臨界事故劑量學的現況

1990年代的俄羅斯Sarov臨界事故與日本東海村(Tokaimura)核事故告訴我們世界仍受臨界事故的威脅，雖然發生機率低，但無法完全避免。依1999年英國的游離輻射防護法規，可能曝露於高劑量游離輻射的風險之環境就需要臨界事故劑量學(Criticality Accident Dosimetry, CAD)。對於處理分裂物質的輻射工作人員仍有需要臨界事故劑量學。今日所用的多數CAD系統皆是1960年代發展的，儘管仍可滿足現有活動，但在過去幾十年，由於臨界事故的發生不多，導致CAD領域的專家漸少。隨著新的技術與方法，對於臨界事故的相關法規部份也應更新，這需要現代的CAD系統與劑量評估技術。在英國原子武器研究機構(Atomic Weapons Establishment, AWRE)與臨界事故劑量學使用小組合作，以確保臨界事故劑量學能符合核能製造工業與國家管制單位的需求。

### 2.2.3 常規體內劑量監測與評估：國際標準與指引的實務應用

攝入放射性核種的監測與評估是個複雜的過程，已有發展出各種方法。目前所想的是致力於建立最可靠的導則與標準，以協助調和這些方法。最近有關的出版物是ISO的“職業曝露於放射性物質體內污染之風險的工作人員監測(Monitoring of

Workers Occupationally Exposed to a Risk of Internal Contamination with Radioactive Material)” [ISO 20553]和“體內輻射曝露之工作人員監測的劑量評估(Dose assessment for the monitoring of workers for internal radiation exposure)” [ISO 27048]、歐盟IDEAS專案與導則。這些出版品定義了一些基本原理目的與方法，然而這些仍需要納入工作程序與實務應用上。首要的是決定何時要執行常規監測的程序，以上出版品皆有建議，但仍有很大的主觀性程度，且無量化的參考。ISO(ISO 20553)對於需要執行監測方案的建議如下，但這對一個新的運作環境並無過去的相關經驗以供判斷。

需要監測的類型	基準	建議水平
工作場所監測(例如工作場所空氣取樣)	若工作人員受職業曝露且放射性核種攝入所造成貢獻顯著	若年約定有效劑量可能超過 1 mSv
個人監測(例如活體監測、排泄物取樣、人員空氣樣品)	若工作人員的體內曝露超過劑量限值的 30%	若年總劑量可能超過 6 mSv

這裡則發展一個決定是否需要常規劑量監測方案的流程方案序以降低主觀性，如圖7。

第二個挑戰是劑量評估與量測不確定性的干擾，特別是生化分析樣品的超鈾元素量測。對於較低程度的潛在曝露監測所仰賴的生化分析可能會相當接近其偵測限度。這意味著有相當明顯的不確定度。目前的IDEAS的劑量評估導則是利用一個演算法，而決策點則由評估者根據各種評估策略訂定。這是個有用的工具，但當有明顯的量測不確定度引入這程序會要成為問題。不確定度會隨評估過程而放大，不只影響到模式與最終劑量，也會衝擊到演算法的決策點。因此，在評估過程中由於純粹隨機因數造成階躍變化的風險，例如相同曝露可能因為量測的不確定性造成明顯不同的評估結果。利用理論模擬的數值資料組搭配IDEAS的方法可檢驗其不確定性。

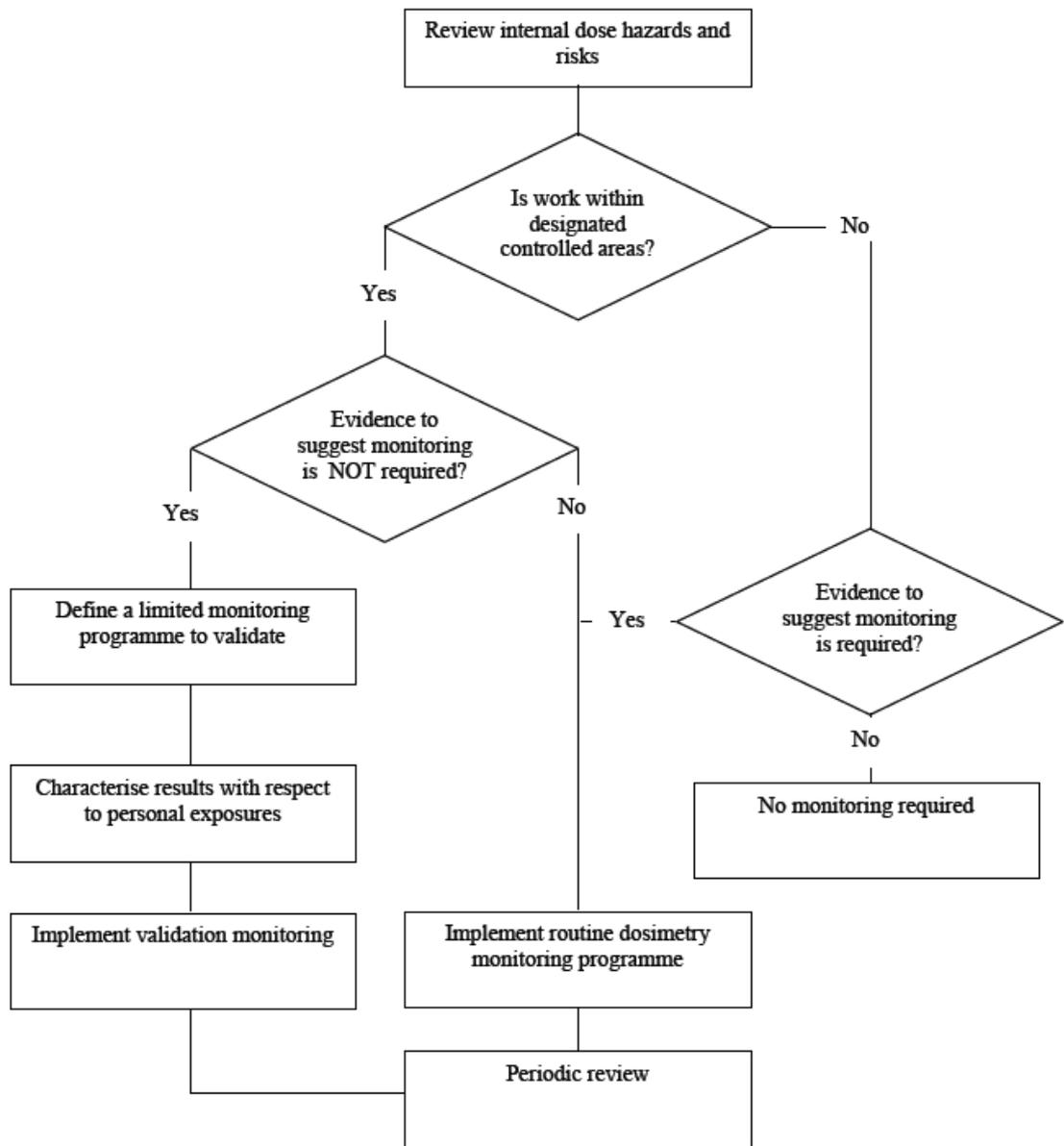


圖7. 決定是否需要常規劑量監測方案的流程方案

### 2.2.2 利益關係者的參與：挑戰與陷阱

利益關係者的參與這觀念高尚而令人欽佩，但實務上常遇到不專業的反應。IRPA提出一份“輻射防護專業在利益關係者參與的指導原則”，有十項原則：(1) 確認參與的機會；(2) 早點開始與發展適當的計畫；(3) 確保透明度；(4) 找出適切的利益相關者和專家；(5) 清楚地定義角色與責任；(6) 發展目標與範圍；(7) 推展一個分享的文化；(8) 尊重不同的觀點；(9) 善用回饋，不斷改進；(10) 根據IRPA倫理規範行事。這裡針對第二項再作說明：(1) 過程中提供實際且能讓人感受的透明度；(2) 計畫應說明誰應可參與以及如何溝通；(3) 計畫要定義參與者的角色；(4) 計畫應提供如何達成

決議以及議題決議的範圍；(5)計畫要有彈性，在過程中可依據回饋進行修訂。而透明度的挑戰包括個人隱私、資訊保密層級、計畫要提供資料類型與提的對象。參與者的選擇則要考慮到：(1)選擇人員的偏頗(強烈反對者、頻繁自願參與者、人員的邀請代表一個社會的橫斷面)；(2)專家 vs. 非專家(對兩者意見定義如何評估或分配權重)；(3)本地 vs. 區域 vs. 國家(決策之決定與提供資訊或意見 – 完全參與、有限參與、不能參與)；(4)參與者變更的預先準備。

### 2.3 輻射防護體系的發展與成就

大會全體會議的第八個講題是“防護體系：未來發展 – ICRP觀點”，在最近幾年與輻射防護有關的各個組織面臨了許多挑戰。ICRP自1928年提出輻射防護體系以協助發展標準及提供指引和建議。ICRP由主委員會、五個常務委員會、科學秘書處以及爲了研究與撰寫特定報告所建立的任務小組所構成。ICRP已制定了2011-2017年的策略計畫以定義其結構和運作，也訂定了重要的挑戰、目標以及指導今後工作方案的措施。在此演講介紹了其策略計劃和輻射防護委員會的工作重點。

大會全體會議的第九個講題是“防護體系：歐盟觀點”，歐洲盟已通過了一個“歐洲原子能共同體條約下的基本安全標準指令(Basic Safety Standards Directive under the Euratom Treaty)”修訂的提案。本指令非常類似IAEA的國際基本安全標準(International Basic Safety Standard)，因爲兩者間合作密切且皆是源自於ICRP第103號報告。但對於ICRP的理念有不同的詮釋。“計劃性曝露情節”的概念在正當性的原理背景(“引進新的輻射源”)與管理責任的背景有不同的解讀。劑量限值的可能性應用也與正當性概念密切相關，在歐洲原子能共同體基本安全標準有更超越的觀點，其導致的結論是飛航機組人員曝露是屬於計劃性曝露情節，劑量限值適用於任何有氦氣之工作場所的職業曝露。ICRP第103號報告在確保對所有曝露情節中的輻射防護上，雖然於有一致方式這項已向前邁出重要的一步，但防護系統仍然非常複雜且令一般大眾難以理解。福島核災緊急情況更將這缺點凸顯出來。來自福島核災事件的一個的教訓是要適當的應用輻射防護系統對國家當局需要大量良好的判斷力，但決策所需的資源和時間往往不足。因此需要有一個明確

和簡單的指引，使它能更容易說明給一般大眾與政治決策者了解，特別是對可能受污染的貨物的國際貿易。現行的國際標準，例如放射性物質運送和標準與豁免水平，在正常情況下是良好做法，但在緊急情況後則否。

## 2.4 利害關係人之參與及投入

大會全體會議的第六個講題是“重建輻射防護科學的價值”，關於環境整治行動中若有放射性污染存在的決策都必須在堅實的科學基礎中，其成功不僅需要利益相關者的投入，還要利益相關者能接受。然而，這些決策背後的輻射防護科學基礎卻不容易被大多數人理解，且大部分是明顯的不信任。這演講討論在這種情況下為什麼是必須建立在利益相關者的信任上，並將確認建立這種信任的基本要素。另外還討論實現利益相關者信任的方法，並提供參考案例。

大會全體會議的第七個講題是“對於風險管理決策的利益相關者投入之經驗”，“風險治理(“risk governance)”的概念指的是如何處理環境問題的綜合概念，所謂特別的複雜、模糊和不確定的影響。這些想法已被跨領域研究所周知，包括對生態的行為社會心理學的研究、科學與技術研究(STS)以及研究政策的科學家和涉及管理風格與體制制度的法律學者。治理的概念涉及多種方式，也涉及所有有關行動者、個人和機構、公共和私人、處理影響環境的干預，和人類社會服務。它包括正式的機構和行政權和非正式協議。長期的包容性治理是指一個政策風格不同的數行為者，特別是政府行為者、專家、私人公司和民間社會的代表被邀請和歡迎與決策者商議，甚至共同決定減少與緩減風險的關鍵政策和決定。為此目的，利益相關者參與的新程序已經嘗試推展。除了包容性環境政策水平面必須與垂直面對齊之外，從本地開始，擴及區域、國家乃至歐盟或甚至國際層級。這兩個方向，即縱向和橫向的治理方面，面臨著許多挑戰和問題。該講座介紹了包容性的治理模式應用的主要經驗，包括對風險管理決策的處理，如設施選址技術，基礎設施規劃和能源消耗。

在小型會議的一個報告主題“在學校講授輻射防護”中，提及今日輻射防護領域的挑戰RP涉及讓輻射防護工作更對年輕人有吸引力的措施和提供誘人的就業機會，且支持

年輕學生和專業人士取得和保持高層次的輻射防護知識。歐洲輻射防護II教育與訓練網路(European Network for Education and Training in Radiation Protection II, ENETRAPII)特別關注如何吸引輻射防護的專業新世代。建立吸引年輕人投入游離輻射應用或輻射防護方面的策略有幾個參考案例研究：

- 對輻射防護發展有興趣之國內與國際年輕人進行調查
- 分析輻射防護的人力資源缺額與定義適合輻射防護的人力資源措施
- 對科學教師與初階輻射防護教師設計輻射防護行動計畫以提供持續專業發展

在輻射防護人力資源缺額分析案例研究中，是爲了找出輻射防護人力資源缺額的原因，並訂出適合的措施以募集及教育年輕人成爲輻射防護的專家、教師與專業人士。主要發現強調了年輕人有逃避學習科學的趨向。爲了扭轉這趨向，必須吸引年輕人於在學期間對輻射應用與輻射防護的興趣能夠覺醒，之後在大學、成人教育或訓練等能再加理解與思考輻射防護的內容。

## 2.5 非游離輻射

大會全體會議的第五個講題是“EMF(電磁場)的健康效應 – 最新科學資訊”，有關電磁場健康效應的知識於最近幾年有長足進展，這令國際非游離輻射防護委員會(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP)可根據更確實的原理基礎來修訂曝露指引。整體而言，綜合回顧文獻的結論還不至於改變以前的評價：ICNIRP仍然維持 – 可用的科學資訊只能建立急性效應，且依此形成曝露限制的基礎(長期、低水平曝露的可用科學資訊被認爲尚不足以制定量化限值)。再細分不同頻率範圍來看，儘管在2 Tesla以上仍有些困擾的事證(幻視與眩暈)存在，高至8 Tesla靜磁場的不良健康影響(adverse health effects)已被確認。

對於低頻(LF)電磁場，興奮組織的刺激已被確認為主要交互作用機制；先前指引的版本在有關不良健康影響的對應限值方面已屬完善。在低頻範圍的較低部份證明有磁幻視的刺激；儘管幻視並不代表健康風險，但可視爲神經系統對外部磁場的先期反應，使得在曝露限值的定義上需要多一些考量。

對於射頻(RF)電磁場，最近的研究強化了以前的結論：電磁能量的吸收只是建立交互作用機制，而相關的熱效應只是建立健康風險。有關在建議限值以下的慢性曝露之長期效應的可能性仍然有不確定性。一些流行病學研究顯示曝露於功率頻磁場與兒童白血病之間有所關聯，但這些研究發現的因果關係解釋未得到生物研究的支持。在射頻場的研究主要集中在手機上 - 在腦腫瘤或其他長期效應的研究並沒有提供一致的證據。流行病學證據與低頻領域相比較弱，且未能在體內和體外生物學研究結果得到支持。國際非游離輻射防護委員會認為目前的證據無法形成曝露限值定義的基礎。但在2011年，國際癌症研究署(IARC, INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER)基於人類與動物實驗關於致癌性的有限事證，將低頻和射頻電磁場列入對人類可能致癌因子分類表，並預期在2012年出版論著來詳細說明這分類。WHO的電磁場專家小組將審視射頻場所可能造成的健康影響，其最終報告將發表為2013年的環境健康指導(Environmental Health Criteria)，ICNIRP再根據這報告考慮更新其指引。然而，國際癌症研究署的分類意味著在長期效應問題上需要更多的研究以提供更明確的答案。

## 2.6 計畫性曝露情節：工業與研究

以下就會議中報告與本主題相關的內容作一摘要說明：

### 2.6.1 目前工業放射攝影的職業輻射防護實務(IAEA調查)

IAEA於2009年開啓了醫療、工業與研究的職業曝露資訊系統(Information System on Occupational Exposure in Medicine, Industry and Research, ISEMIR)專案，協助改善醫療、工業與研究的輻射使用場所所有非平常職業曝露發生時的職業輻射防護。其中工業放射攝影的工作小組(WGIR)成立於2010年。WGIR發展問卷調查表來理解全世界之工業放射攝影的職業輻射防護 - 分別針對工業放射攝影者、非破壞檢測(NDT)業者、各國或地方管理機構。每個問卷調查表有輻射防護訓練、意外、攝影者與一般人及輻射源之安全、視察、緊急計畫與個人劑量監測等議題。該調查表用一年期間分發至世界各地，得到來自31個國家的432位工業放射攝影者、來自29個國家的NDT業者、59個管理機構的回應。

工業放射攝影者於輻射防護的職前訓練顯示有良好建置，且普遍有包含實務訓練。再教育的要求方面則無良好建置。在過去五年，約20%的工業放射攝影者曾遭遇事故、虛驚事故或偏差，約每年每1000名作業員發生8件事故的發生率。約每年每一管理機構有一起意外的通告。

所有管理機構皆要求以被動式劑量計執行個人監測，另有80%也要求使用主動式劑量計。所有NDT業者皆有提供被動式劑量計，而超過90%有提供主動式劑量計。在2009年裡的工業放射攝影者平均年有效劑量，據工業放射攝影者報告，為3.4 mSv，最大為30 mSv。管理機構提供資料為平均2.9 mSv、最大158 mSv。在2009年裡的作業者最大月劑量約有4%超過5 mSv，而管理機構提供資料為2%。由作業員工作量資料推導每次放射攝影曝露的平均職業劑量經評估為 $2.9 \pm 1.2 \mu\text{Sv}$ 。NDT訓練水準、使用的輻射源、輻射源放射活度、準直的使用、或事件的發生率等等的差異在次評估中並未有統計上明顯的影響。這調查的結果將用在：設計ISEMIR資料庫以用在工業放射攝影的職業輻射防護之最佳化執行的推展，並發展一個指示工具以確使NDT業者能評估自身輻射防護之成效。

#### 2.6.2 搜尋未經登記的放射性射源 - 斯洛維尼亞

根據高活度密封放射性射源與無主射源之管控(HASS)指令，歐盟各國有責任引領找出無主射源的行動與有一套緊急應變系統。為了避免人員處理時因射源特性未知而受到曝露與避免環境污染，需要有行動注意事項。另外的威脅來自使用無主射源的惡意行動，因為它們容易取得與使用。再者，當射源被融化或在資源回收站被發現的經濟衝擊會導致管制機關與工業界防禦體系的準備。防禦體系可由地方管制單位或工業業者自行建置，有配備專門設計偵測無主射源的設備。另外就是射源的國際資料庫，射源的狀態資料庫必須根據防禦系統與射源相關文件更新。然而對管制機關有效的憑證有一計畫上的缺陷。斯洛維尼亞核能安全局(SNSA)針對未經登記射源引領一個系統性視察活動，根據其經驗在過去發現的射源有多數不在法規管制之下。一般來說，未經登記射源的擁有者並未警覺到他們在持有射源。這類射源未經管制的使用原因各有不同，如軍方安全標準與民間的不同，或教育機構工作人員

常常低估風險。

SNSA預防行動於2004年主要透過有計畫之視察方案對包括研究教育機構與軍方的幾百個射源進行確認。直到2011年為止，有100次以上視察以特定方式執行。為人所知的放射性同位素能譜與各種鈾化合物皆被確認。射源的物理狀態各有不同，有些會造成工作場所或環境的污染。非常規之射源也被找出。無有效憑證的射源通常擁有者是知道的。被找到的射源相關的風險則以不同得規範來分析，例如放射毒性、污染可能性、輻射場。提供輻射安全的解決之道。由SNSA對未經登記射源行動學到的教訓可供其他成員國作為建立行動計畫的參考。

### 2.6.3 天然放射性物質曝露的輻射防護挑戰

在最近二十年對於天然放射性物質(NORM)曝露的技術與法規發展導致國際間對於NORM的曝露管理有普遍的共識。然而標準與法規仍須依國情調整，尤其是發展中國家的資源有限而須特別協調。IAEA於2011年出版新的國際基本安全標準(BSS)提供要求以反映計畫性、現存與緊急曝露情節的觀念，和ICRP的2007年建議一致。持續受到天然射源曝露一般是以現存曝露情節的要求來管制。NORM方面的主要輻射防護挑戰有 - 各國之間法規與標準的差異、工業界需要專門的NORM曝露管制方式、鈾礦開採業和全球快速擴張的鈾礦勘探活動的復甦、曝露情節的分類與此種曝露如何最佳地使用、參考水平與劑量約束、採用非常保守與謹慎的態度、對於工業過程與無事證顯示需要管制的殘餘物給予過度專注、政策與法規決策所需有事證基礎的方法、ICRP 2007年建議的詮釋問題，特別是現存曝露情節與計畫曝露情節之間、對於標準的詮釋差異，特別是排除管制(exclusion) / 豁免管制(exemption) / 解除管制(clearance)三種概念、工作人員曝露、工作場所的氬氣、運送議題、工業界經訓練的輻射防護專業者短缺等等。這皆是IAEA未來所需處理的問題。

### 2.6.4 粒子加速器設計與運轉的輻射安全

美國國家標準協會於2011年11月終於出版了新修訂的N.43.1 “粒子加速器設計與運轉的輻射安全(Radiation Safety for the Design and Operation of Particle Accelerators)”。摘要介紹修訂特色：(1)該標準將更有彈性，涵蓋非醫用加速器、所

有粒子類型、能量。(2)涵蓋加速器設施由設計至除役的所有階段。(3)提供輻射防護相關的技術與管理觀念。(4)提出對於工作人員、一般民眾、環境的防護要求與建議。(5)以分級方式以風險進行危機管控。(6)提出工程與連鎖安全系統，以提供輻射防護與加速器運轉安全。

## 2.7 計畫性曝露情節：醫療

以下就會議中報告與本主題相關的內容作一摘要說明：

### 2.7.1 病患在放射醫學上的劑量管理：何種模式能達到最佳化？

全世界在X光攝影的使用上仍持續成長。在某些工業化國家，醫療曝露的劑量已經成為民眾劑量的最大組成。有效管理輻射的使用需要健全的安排曝露正當化與防護最適化以確保劑量是滿足臨床目的的最低限度需求。

世界各國正在開展病患劑量的調查，但這些不保證能達到病患防護的最適化。在不同國家對病人劑量管理已經進行有組織地安排調查，這是基於醫學物理的作為精進，但以各國研究者實務上的知識，來對醫院、衛生行政部門、私人顧問或政府機構可進行，往往只是大學研究項目的一部分，只具有學術價值，而不見得能提供作為政策參考依據。為了使劑量調查有意義，根據調查結果必須採取適當的問題因應行動，但調查者與醫院工作人員之間可能沒有有效的連結以確保這能做到。本文將考慮不同模式可能的優勢和劣勢，並提供世界各國採用的常見方法，最後總結出最有可能有效地實現病患防護最適化的放射學程序的方法，並為病人劑量管理的有效方案之發展提出建議。

### 2.7.2 目前有關CT掃描的風險流行病學研究

以輻射防護為目的而通過直接觀察民眾受輻射曝露的健康影響之流行病學研究很有價值，其研究結果與計算相對較快且有用的風險模型可相輔相成。對所有醫療輻射曝露，全世界超過300,000個醫學中心有使用CT掃描且儀器數目持續增加，對來自有關的輻射研究和公共健康的興趣亦見增長。雖然大多數的CT掃描對患者是有利的，但對CT掃描伴隨相對高的輻射劑量之憂慮亦漸升高(例如對胃部造成的劑量，腹

部CT是腹部X光攝影的50倍左右)，特別是可能增加未來的癌症風險。應用為成人病患設置的CT掃描檢查在孩童上，會使其接受超過所需的輻射劑量。CT掃描的風險推估是基於以原子彈資料為主的外插方式。當CT掃描的使用持續成長且更為廣泛與技術變革，任何涉及病患的風險了解更為重要。本次演講會摘要介紹這方面進行中的研究。

## 2.8 計畫性曝露情節：放射性廢棄物管理

以下就會議中報告與本主題相關的內容作一摘要說明：

### 2.8.1 IAEA輻射、運輸與廢棄物安全部門的處置活動

IAEA輻射、運輸與廢棄物安全部門的放射性廢棄物處置活動集中在三個主要領域：(1)國際安全標準的發展；(2)安全標準的應用；(3)不同處置類型在安全案例的國際協調方案。隨著最近與放射性廢棄物安全需求的出版，安全標準的發展有助於一系列之設施安全指引的完善(近地表處置與地質處置)與放射性廢棄物處置設施監測、監督及安全評估的主題式安全指引的完成。在安全標準的主要應用上主要活度之一是連接至歐盟成員國的協助，利用訓練任務、夥伴關係、科學參訪等安排來強化成員國在放射性廢棄物處置設施安全審查及發展的能力。此外，應成員國要求，透過放射性廢棄物管理方案的同業評審來提供協助。另有兩個放射性廢棄物處置安全的國際協調方案正在執行：(1)有關近地表處置設施安全示範的方案(PRISM)；(2)地質處置設施安全示範的方案(GEOSAF)。國際協調方案亦提供論壇以交換在安全性評估及安全案例發展的經驗與想法，以改善方法學的觀點和朝向協同方式作業來達成安全。

### 2.8.2 ICRP對長壽期固體放射性廢棄物地質處置的輻射防護建議

ICRP於2011年八月出版了“長壽期固體放射性廢棄物地質處置的輻射防護(Radiological Protection in Geological Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste)”報告草案，預計在2012年審查完各方意見後完成報告最終版本。這報告解釋了如何將ICRP第103號報告中的2007年ICRP輻射防護體系應用到長壽期固體放射

性廢棄物的地質處置上，如圖8。

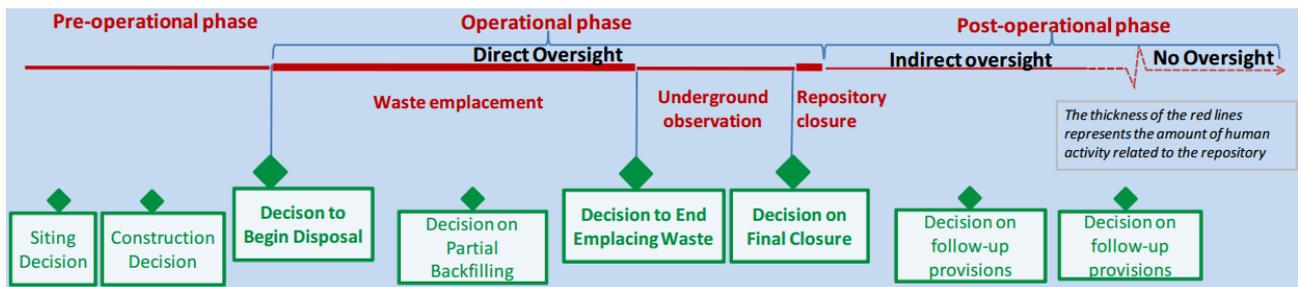


圖8. 處置設施一生的各個階段和有關監管時期

並描述地質處置設施的壽命中不同階段策略以及可能遭遇之各種曝露情節的輻射防護原理應用。尤其是影響處置設施的生命週期中不同階段應用輻防體系的關鍵因素是目前的監管狀態。監管狀態影響到抑減或避免曝露的能力。依輻射防護的目的，有三種時間歷程需要考量：當處置設施運作且進行直接監管之時；當處置設施封閉且間接監管運作以代表社會提供額外保證之時；由於歷時長久，當監管不再運作之時。在這些時間歷程期間於ICRP第103號報告的三種曝露情節與劑量限值、約束及參考水平如下表。

處置場狀態	處置場演進與存在的輻射曝露情節與監管類型		
	直接監管	間接監管	不監管
設計基準演進 <sup>1</sup>	計畫曝露情節 <sup>2</sup>	計畫曝露情節 <sup>2</sup>	計畫曝露情節 <sup>2,3</sup>
涉及對環境與民眾有明顯曝露的非設計基準演進	在一個現存曝露情節之後的緊急曝露情節的曝露之時 <sup>4</sup>	在一個現存曝露情節之後的緊急曝露情節的曝露之時 <sup>4</sup>	緊急曝露情節和 / 或現存曝露情節
不當的人為入侵 (Inadvertent Human Intrusion)	不相關	不相關	緊急曝露情節和 / 或現存曝露情節

1 設計基準是設計一個設施時採用的預期而不太可能的極難發生事件。

2 設計上：對工作人員一年 20 mSv 的劑量限值與運轉員規範的劑量約束；對一般大眾一年 1 mSv 的劑量限值與一年 0.3 mSv 的劑量約束，建議在設計基準的極難發生事件之一般人風險約束為每年  $10^{-5}$ 。

3 在無監管期間預期無人員劑量。

4 建議緊急曝露情節的參考水平介於每年 20 至 100 mSv 之間；對於現存曝露情節的參考劑量應選擇在每年 1 至 20 mSv 之範圍的較低值，亦即每年幾 mSv 的範圍。

## 2.9 緊急曝露情節

以下就會議中報告與本主題相關的內容作一摘要說明：

### 2.9.1 來自均勻與非均勻輻射之早期效應的當前思惟

就像受到其他傷害一樣，受到嚴重照射的人若能立即接受適當醫療，存活的機會也較大。但為了發展提供治療的對策，我們必須清楚了解傷害與物理反應之間的生物學。然而，儘管幾十年的模式和臨床先期研究，隨著來自輻射事件的傷亡經驗增加，我們對輻射損傷之複雜性的認識不斷進步。這裡會探討高劑量照射後立即與早期反應的目前所知，包括異質曝露可能見到的差異。這包括不在正統地所考量急性輻射症狀(ARS)部份的近期評論的症狀。此外，也會探索防護與緩和的潛在目標。

### 2.9.2 體內輻射的早期效應：改進評估的知識狀態與需求

體內有受到放射性核種高程度曝露的人可能引起嚴重的體內污染。潛在的早期健康效應可能發生，藉由適當的醫療對策管理以避免有害效應。

這個演講回顧了先前在流行病學或動物研究中所述的健康端點(endpoint)。這將強調曝露朝向其潛在毒理效應的條件相對重要性(放射性核種的性質、形態、污染途徑.....)。一些人類認識不多的幾種放射性核種已被確認，但對涉及人類污染的意外情節應避免以簡單地外插由動物實驗所報告的多數數據。除此以外，只有一些“主要”的放射性核種之毒理學數據可用。對於“次要”的放射性核種，化學類似物已經被認為這些化合物可能的行為就像“主要”的放射性核種的代用品，引起相同的造成不良健康效應。但早期的時候在某些情況下，沒有足夠的數據可用於預測潛在的不利影響、它們的可逆性或它們的時間演變。

因此，有需要確定成為健康效應之前的診斷生物效應之早期生物標誌的研究。生物標誌的識別將是非常有益的，不僅是對受污染族群的正確對策調整，也對一個大型輻射緊急情況下優先考慮受災人口適用。

### 2.9.3 幹細胞治療作為體外輻射灼傷的醫療對策

過去七年，源自熱灼傷或電灼傷管理的傳統治療方法對於受到游離輻射意外超曝露之後的嚴重輻射灼傷的醫療照護是個難處理挑戰。輻射引發的損害變化常常變得不能控制且最終處置採用的手術行為導致高發病率和殘疾。基於臨床前期結果，

成人幹細胞治療被假設能有利於輻射灼傷癒合過程。法國輻防與核安機構(Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety, IRSN)團隊已成功地證明了間質幹細胞(Mesenchymal Stem Cell)的局部管理有利於高劑量的輻射照射後潰爛的皮膚和肌肉恢復。在促進癒合皮膚輻射併發症(cutaneous radiation syndrome, CRS)方面，手術結合間質幹細胞與否的臨床益處已被Percy軍事醫院團隊成功證明。最後，爲了提高受輻射照射的環境組織抵制有害影響的幹細胞療法之療效，還需要制定若干策略。

#### 2.9.4 處理體內放射性核種沈積的醫療對策

放射性核種的體內污染呈現出一個問題：輻射劑量以放射性核種的物理和生物半衰期慢性地傳送給宿主。因此若在體內的放射性核種滯留時間可以減少或加速排出，就有機會減低健康風險。這就是促排治療的目的。這裡會摘要對促排各式放射性核種的有用方法。物理一除法如手術切除、胃腸道刺激與支氣管肺泡灌洗可用於對於其初始沈積處(傷口、腸胃道、肺臟)的沈積放射性核種。

相反地，如果沉積的放射性核種爲生理可溶性，則利用合成、螯合、與阻斷劑的化學方法已被證明有不同程度的療效。最近新增的傳統促排方法和藥劑也將摘要說明 - 有些成功，有些失敗。最後將描述未來的研究需求和方向。

#### 2.10 即存曝露情節

以下就會議中報告與本主題相關的內容作一摘要說明：

##### 2.10.1 室內氡氣、抽煙與肺癌之關係

最近的流行病學數據使能估計在普通家庭因氡氣導致肺癌的程度。它們還提供了解吸煙減輕氡氣與肺癌相關風險的方式。這些新的數據對於控制氡氣相關肺癌的最佳策略有重大意義。在講者牛津大學Darby S的分析研究中，於控制干擾因子後，氡氣濃度每增加100 Bq/m<sup>3</sup>所造成的肺癌超額相對風險爲0.08(95%可信賴區間0.03-0.16, p = 0.0007)。劑量-反應關係呈現線性而未顯示出閾值的存在。無事證顯示超額相對風險會隨年齡、性別及抽煙史而變。若將氡氣曝露量測的隨機不確定度偏差去除，則每增加100 Bq/m<sup>3</sup>所造成的肺癌超額相對風險爲0.016(95%可信賴區間

0.05-0.31)。經此修正，評估終身不抽煙者在0、100與400 Bq/m<sup>3</sup>相較於終身不抽煙也未受氡氣曝露者的風險為1.0、1.2與1.6倍，一天抽15至24根煙者在0、100與400 Bq/m<sup>3</sup>相較於終身不抽煙也未受氡氣曝露者的風險為25.8、29.9、與42.3倍。

### 2.10.2 ICRP對氡氣的建議

委員會依據新的一般建議(第103與101號報告)更新氡氣曝露防護的建議。未來報告能將維持先前第65號報告對於氡氣的部份。它也考量最近的第115號報告對於來自氡氣與其子核的肺癌風險。住宅、工作場所與混合使用之建築物的氡氣曝露漸被關注。因為風險的大部分來自在家中受到的曝露，因此主要應以公共健康的角度來處理。處理方式的發展是整合(不論居住者，盡可能聚焦在建築物管理)，分級(根據職責，尤其是在工作場所)和有心處理(旨在降低最高風險和整體風險)。建議的策略是透過國家行動計劃的實施，主要是基於低於參考水平的防護最佳化結合預防和緩和。在工作場所裡，曝露根據量化標準(參考水平)或定性標準(氡容易發生的工作活動正面列表)來認定是職業曝露。預期該方法適用於所有現有的曝露情況。

## 2.11 環境保護

以下就會議中報告與本主題相關的內容作一摘要說明：

### 2.11.1 對於電廠周圍族群的長期輻射曝露效應

本篇由俄羅斯的生物學研究機構的Geras'kin, SA報告。生態風險評估實施上的主要困難之一是缺乏有關放射性受污染者的長期低曝露之效應的知識。為了正確地了解真實世界受污染者曝露的效應，我們一定要注意野外的實際狀況。然而，對於許多野生族群與端點，極少研究涉及自然情境中的累積、長期曝露與生物效應。

在車諾比核電廠30公里範圍、在附近的放射性廢物貯存設施(列寧格勒地區)、在鐳生產工業存儲單元的土地(科米共和國)、在受到車諾比事故的布良斯克地區、在塞米巴拉金斯克試驗場等處的長期野外觀察，哈薩克針對不同種類的野生和農業植物已進行過討論。雖然放射性核種在分子層級上引起原發損害，有人口層級有緊急影響，只從受污染者被影響的基本機制的知識是無法完全預測。在一區域裡的電

廠鄰近族群成長與相對低程度之污染物的特點是細胞遺傳變異與基因多樣性的增加。細胞變異的累積在之後可能會影響族群重要的生物參數如健康與繁殖。

這裡提出的資料顯示居住在嚴重污染土地的電廠鄰近族群有細胞遺傳損傷與伴隨的繁殖能力下降。然而在污染較輕的地方，缺乏可用的資料，要精確地建立細胞遺傳效應與繁殖能力之間的關係是不可能的。電廠周圍環境的放射性污染啟動了基因機制，改變了族群對曝露的抗性。

#### 2.11.2 RBE與輻射加權因數應用在游離輻射的環境保護脈絡中

長期以來，人們一直認為，給定一個游離輻射吸收劑量對於有機體的生物影響程度取決於涉及的輻射種類而可能有所不同。這差異經實驗量化為特定輻射類型的“相對生物效應”(RBE)。在包括人類與動物細胞的試管實驗中多種端點就如同動物活體實驗一樣已測量RBE值。研究顯示生物效應的程度不只與劑量、輻射種類與能量有關，也與劑量率以及更重要的端點有關。這需要應用人類輻射防護知識導入RBE資料的集合與分析來發展所謂的“輻射加權因數”。

最近幾年，輻射防護有較廣的含意，包括對環境的保護。然而輻射加權因數在評估對動植物的生物顯著劑量脈絡中的應用是無庸爭辯。保護動植物免受游離輻射影響大多聚焦在有關的族群層級的端點，如減少生殖上的健康。這意味著利用輻射加權因數推導機率效應的評估來作為人類防護體系顯得不適當。此演示文稿討論努力發展一個有邏輯、透明、禁得起考驗的方法在建立用於評估影響到非人類生物群的輻射加權因數。也考量到區分來自確定性與機率性影響的挑戰。

#### 2.12 日本福島核災事故

大會全體會議的第十一個講題是“福島事件的教訓與日本的挑戰”，2011年3月11日14:46(日本時間)於太平洋海岸發生的日本311大地震及其後的海嘯重擊東京電力公司的福島核能電廠，這次核能事故在規模與時間範圍是前所未有的。日本福島核能電廠事故有以下幾個特點：它是由天然災害引發的，導致了嚴重的事故與核燃料、反應壓力容

器和一次圍阻體損壞，並在同一時間涉及多個反應器出現的事故。此外，需要中期和長期的措施來解決這情況，這對社會一個很大的負擔，如長期疏散附近的許多居民，以及對工業活動主要衝擊，包括在相關地區的農業和畜牧業。因此，有許多方面與過去的三哩島和車諾比爾核電廠事故不同。同時，該事故也有以下幾個方面的特點：在地震和海嘯摧毀了附近的社會基礎設施，如供電、通信和運輸系統的情況下進行緊急應變行動；頻繁發生餘震阻礙了各種事故應變行動。這事故造成嚴重事故，動搖了大眾的信任，且對核能工作者於核能安全的過度自信提出警告，重要的是從這事故中學到教訓。

大會全體會議的第十一個講題是“福島災害後的公民監督”，由法國的西歐放射性平行監測協會(Association pour le Contrôle de la Radioactivité de l'Ouest, ACRO)成員報告。在發生核事故的情況下，放射性測量的取得變得至關重要。政府當局有實驗室和專家回答他們的問題，以在他們的決策過程提供幫助。公民也需要偵檢器、實驗室和專家來回答他們的問題，並幫助他們作出決定。福島災難已經表明，自上而下的決策過程，在事故後的情況下是無效率的。為有效保護，政府當局和居民應分擔對風險相同的看法。但核災之後挑戰未能確保安全的政府當局專業知識，要對其有信心和尊重是非常困難的。政府當局應鼓勵多樣的測量管道。日本政府當局已將個人劑量計分發給福島縣民眾，這有助於尋找熱點(高劑量或高污染處)和保護民眾。比較值得注意的，當初民眾倉促購買簡單的劑量率偵檢器並發藉此現許多熱點，有些存在的比福島事故的更早。他們的第一次調查結果並沒有得到政府當局接受，因為被視為非專業的行為。但由於發現遠離福島第一核電廠的放射性熱點的震驚，使得日本終於發布指引以幫助民眾和地方官員檢測受污染地區的和安全地清理。居民在大學專家協助教導他們如何使用輻射測量設備，創造了在南相馬市原町區最精確的污染地圖。民眾必要權利的下一步是為他們提供直接聯繫可以分析各類樣品的污染實驗室的途徑。2011年3月11日起，在日本已經出現許多公民倡議的獨立運作實驗室。一些是非政府組織，而非其他私營公司。這些測量站的大部分都配備簡單的碘化鈉閃爍偵檢器，這並不足夠。這些措施需要一個官方的認可和認證系統。法國非政府組織ACRO已運作一個由法國當局認可的實驗室，並分析了從日本來的超過300個樣本，在許多方面已經幫助了日本獨立開放的實驗室。根據完成的分析來回

答民眾問題，種類繁多的樣品進行了測試對比結果。所有的結果以三種語言(日語，英語和法語)呈現。特別是ACRO分析了許多日本兒童收集尿液樣本和吸塵器收集的屋內灰塵。ACRO也已開始在日本建立一個更強大的實驗室，裝備有鍍半導體譜儀以協助許多配備簡單偵檢器的組織。ACRO與日本的大學還啓動了一個網絡平台，以確保網絡成員提供的結果是可靠的，且民眾和當局能夠信任。

### 三、心得

- 1、國際輻射防護協會(International Radiation Protection Association, IRPA)所舉辦的國際會議為每四年舉行一次，參與的國際人士來自世界各地，人數也相當多，已是關鍵性的國際輻射防護文化交流活動，藉由參與此次會議技術交流，可瞭解世界各地與國際輻射防護相關組織的各方面的發展及關注議題和輻射防護的趨勢，就如今年會議特別開設日本福島核災事件之輻射防護議題討論，可獲取寶貴的輻射防護實務經驗和專業知識收集，助於提昇我國輻射防護的能力。
- 2、此次奉派赴英國格拉斯哥參加IRPA 13國際性學術研討會議，本會核能研究所於大會中發表在緊急應變、醫學物理方面的研發論文壁報三篇，名稱分別為：一、「Clinical Application of GAFCHROMIC EBT Film for in Vivo Dose Measurements from Total Body Irradiation」；二、「The Application of Web GIS and Google Earth for Emergency Response and Relative Training」；三「Evaluation of the Emergency Planning Zone for Nuclear Power Plants in Taiwan After Fukushima Daiichi Nuclear Accident」，顯示我國在此劑量量測、緊急應變等領域所發展的相關技術，與大會上其他國家的論文所發表的類似技術相比較毫不遜色，並藉此會議與國際專家互相交流，維持我國輻射防護技術領域之國際水準，助於提升在國際輻射防護領域之研究聲譽。
- 3、此次大會的會議標題是：與輻射共存，與社會共榮 “Living with Radiation - Engaging with Society”，藉以強調輻射與人類生活息息相連，需要社會、民眾的理解與認識，藉而能對輻射防護的相關作為有所認同，大會並將焦點放在輻射防護專業人員與地方社區及其他利益關係者進行接觸與交流的重要性，顯示輻射防護不能再以複雜的技術為重點，窩在自個的專業象牙塔裡思考。未來趨向已轉為著種在如何讓社會大眾了解輻射，接受輻射，以及對輻射防護的作為與決策過程有充分的參與。
- 4、本次大會同時也首次嘗試採用線上網路轉播開幕式及全體會議之會議實況，以及開發智慧型手機的APP線上Q&A平台、申請Twitter、Facebook等社群網站的社團首頁，希望藉由開放的網路平台加強參與會議人士之間的溝通，提昇輻射防護專業知識的透明度。
- 5、日本福島事故之後，最大挑戰性是在於如何讓社會大眾對輻射有充足的認識及對輻射防

護技術領域之信任。在福島事故處理經驗中顯示，除須有科學理論基礎外，最重要的是廣納利益關係者的意見與決策參與，透過共同溝通、參與安全管制的機制，才能獲取最大利益與各個利益關係者的認同接受。然而為達成上述的目標是極具有挑戰性的，這也才導致輻射防護科學理論基礎不容易被大多數人理解及信任的主因。以現今狀況來說，什麼是因、什麼是果已是無法清楚釐清，唯有透過執政者、專家學者不斷從事各項議題溝通與研究，才能試圖找到一個平衡點，共創與輻射和諧相處的社會。

- 6、本次會議中選定韓國為2020年大會的舉辦地，競爭者包括澳大利亞、巴西，韓國甫於今年3月成功舉辦首爾核能高峰會議，可說為本次成功申辦助一臂之力，而韓國也在會場上作一番努力的宣傳造勢，展現對於作為2020年大會舉辦地的重視，令人體認到韓國近年來積極舉辦各項國際會議的雄心。
- 7、展覽會場有許多輻射偵測儀器廠商、放射性廢棄物處理廠商、保健物理訓練機構、學校、研究機構、政府部門、輻射防護相關組織參展，其中研究機構、政府部門是為了人力招募或政策宣導，輻射防護相關組織主要在推銷所出版的刊物，而學校或訓練機構則是進行保健物理相關科系的招生或專業課程訓練資源的介紹。至於參展主力的輻射偵測儀器廠商，多派有專業工程師提供諮詢，若對於儀器設備有想獲得更詳細的內容，多半能得到不錯的回答。
- 8、參加此類大型國際學術研討會議除了可以瞭解世界各國的最新研發現況、法規 / 技術 / 規範之演進與國際社會所關心的共同議題之外，更可以經由與各國學者、專家的當面討論，獲得各項實際的經驗交流，有助於解決各項研發計畫上所遭遇的實際問題。藉由參與此會議，得以瞭解國際上輻射防護領域的發展，包括劑量評估、輻射防護、緊急應變、環境監測等議題，做作為未來政府部門研議科技計畫之方向的參考。

## 四、建議

本次公差建議事項條列如下：

- 1、IRPA會議為國際輻射防護的產、官、學界齊聚之大規模的會議，可提供與會專家、學者、官員等人士瞭解輻射防護的最新觀念與實務，並藉以相互的交流。循例由國際輻射防護著名專家做最新輻射防護觀念之介紹，所以十分值得提供會議訊息與鼓勵國內輻射防護相關的產業界、管制單位、學者、專家等參加。而會議中提供的再教育課程、專題討論會、技術參訪等，對特定主題可深入的介紹，只是課程費用較高，若經費無慮匱乏，建議與會同仁積極參加，得以獲知更為紮實的輻射防護觀念。
- 2、建議國內對於輻射之基礎知識應向下扎根，從中小學教育著手，以強化民眾對輻射風險與輻射防護安全文化的基本概念，建立放射科學的理論基礎，提升知識透明度，並思考如何讓民眾投入輻射防護的教育，如何在法規修訂與進行輻防相關決策時，讓利益關係者能參與及納入其意見，才能得到各個利益關係者的認同與接受。
- 3、建議國內持續積極參與IRPA或其他國際輻射防護組織之相關區域會議及國際會議，吸取來自國際各專家對輻射防護、保健物理與游離輻射量測標準之實務作法與未來發展趨勢，同時亦可瞭解國際組織間的相互運作理念與輻射防護關切議題，有助於擴增國內在研究及管制面的宏觀性，且能與國際輻射防護脈動接軌，未來更應透過積極參與國際會議及爭取參與組織事務，擴展國際觀與國際能見度。

# 五、附件

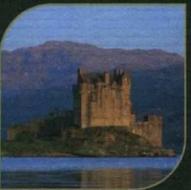
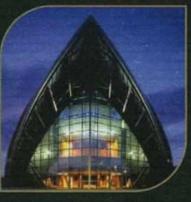
## (一)會議出席認證書



13 - 18 May 2012 ■ SECC ■ Glasgow ■ Scotland

**IRPA13 ■ Glasgow**  
13th International Congress  
of the International Radiation  
Protection Association  
13 - 18 May 2012

for more information see  
[www.irpa13glasgow.com](http://www.irpa13glasgow.com)



13 - 18 May 2012 ■ SECC ■ Glasgow ■ Scotland

Hosted by: 



**Certificate  
of Attendance**

We have pleasure in confirming the attendance of

**Yi-Dan Ju**  
**Taiwan**

at the

**13<sup>th</sup> International Congress  
of the International Radiation  
Protection Association**

13 - 18 May 2012 ■ SECC ■ Glasgow ■ Scotland

**Roger Coates**

**Roger Coates**  
Congress President &  
Chair of the Organising Committee, IRPA13

**Living with Radiation - Engaging with Society**

**Congress Organisers**  
IRPA13, Congrex UK Ltd, Unit 4B, 50 Speirs Wharf, Port Dundas, Glasgow G4 9TH, Scotland, UK  
Tel: +44(0)141 331 0123 ■ Fax: +44(0)141 331 0234 ■ Email: [info@irpa13glasgow.com](mailto:info@irpa13glasgow.com)  
Website: [www.irpa13glasgow.com](http://www.irpa13glasgow.com)

(二)本次核研所發表壁報論文三篇

1. P02.29, Clinical Application of GAFCHROMIC EBT Film for in Vivo Dose Measurements from Total Body Irradiation

*Lee, KW<sup>1</sup>; Wu, JK<sup>2</sup>; Chang, SJ<sup>\*1</sup>; Jason Cheng, CH<sup>2</sup>*  
*1Institute of Nuclear Energy Research, Taoyuan, Taiwan;*  
*2National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan*

**Purpose:** To investigate the in vivo absorbed doses for total body irradiation (TBI) by GAFCHROMIC EBT film, post processing procedure including pixel-by-pixel values, film uniformity, and sensitometric curve were established to evaluate dose uniformity on the patient.

**Method and Materials:** The 10MV photon beam by Siemens Primus linac was used for TBI. The Rando phantom was set in the treatment position with bilateral opposing TBI technique with a source-to-axis distance of 455 cm and 2136 monitor-unit irradiation(per orientation). The distance from skin entrance to umbilicus was 14.5cm for 150cGy prescribed dose. Four thermoluminescent dosimeters (TLDs) and one EBT film with the size of 3cm x 3cm were placed together at the surface of 6 anatomical regions including umbilicus, genitals, both temples, and chest wall. Epson 1680 color transmission flatbed scanner was used as film scanning system, with only the red-colorchannel response extracted from irradiated EBT films converted to the pixel-to-dose sensitometric fitting curve. Furthermore, EBT films were tested for the in vivo surface dose measurements on two patients undergoing TBI.

**Results:** The overall dose uncertainty determined in EBT film was 3% as compared to the farmer-type ion chamber. In phantom test, the average surface doses measured by TLDs and EBT films at 6 anatomical regions were 2.00 and 2.03Gy(left temple), 2.00 and 2.03Gy(right temple), 1.83 and 1.86Gy(left chest), 1.86 and 1.90Gy(right chest), 2.18 and 2.21Gy(umbilicus), and 1.54 and 1.57Gy(genitals), respectively. It showed the good agreement in phantom between EBT films and TLDs measurements with the average difference of  $1.7\pm 0.3\%$ . The average doses measured by EBT films at the corresponding regions on two patients were 1.79Gy/1.78Gy, 1.71Gy/1.64Gy, 1.17Gy/1.21Gy, 1.15Gy/1.17Gy, 2.46Gy/2.32Gy, and 1.65Gy/1.79Gy, respectively.

**Conclusions:** The performance of EBT film for TBI dosimetry was satisfactory, with the dose difference of 1.7% between EBT film and TLD measurement. The use of EBT film for in vivo dose verification of TBI technique may be applicable and convenient.



2. P09.09, The Application of Web GIS and Google Earth for Emergency Response and Relative Training

Fang, Hsin-Fa<sup>\*1</sup>; Chang, Bor-Jing<sup>2</sup>; Lu, Chung-Hsin<sup>2</sup>; Wang, Chu-Fang<sup>3</sup>; Wang, Chu-Fang<sup>3</sup>  
 1Institute of Nuclear Energy Research, Taoyuan, Taiwan;  
 2Institute of Nuclear Energy Research, Taoyuan, Taiwan;

INER ( Institute of Nuclear Energy Research, Taiwan) has developed an Emergency Response Information Integration System (ERIIS) by using Web GIS and Google Earth. ERIIS can integrate and display the required information and data on the windows of Web GIS and Google Earth in the same monitor screen at the same time. The data integrated by Web GIS include atmospheric dispersion evaluation results, dose assessment results, and radiation survey results. ERIIS also can provide convenient accident location input methods, including digits input and map position input that can save the response time of evaluation and decision making. Google Earth is very useful to public communication that can easily announce the information which the public need to know by internet. From the experience of testing ERIIS, we can find that the visualized data will be understood more easily and quickly. Modern information technologies provide many ways to benefit emergency response.

Key words: Web GIS, Google Earth, Emergency Response Information Integration System.



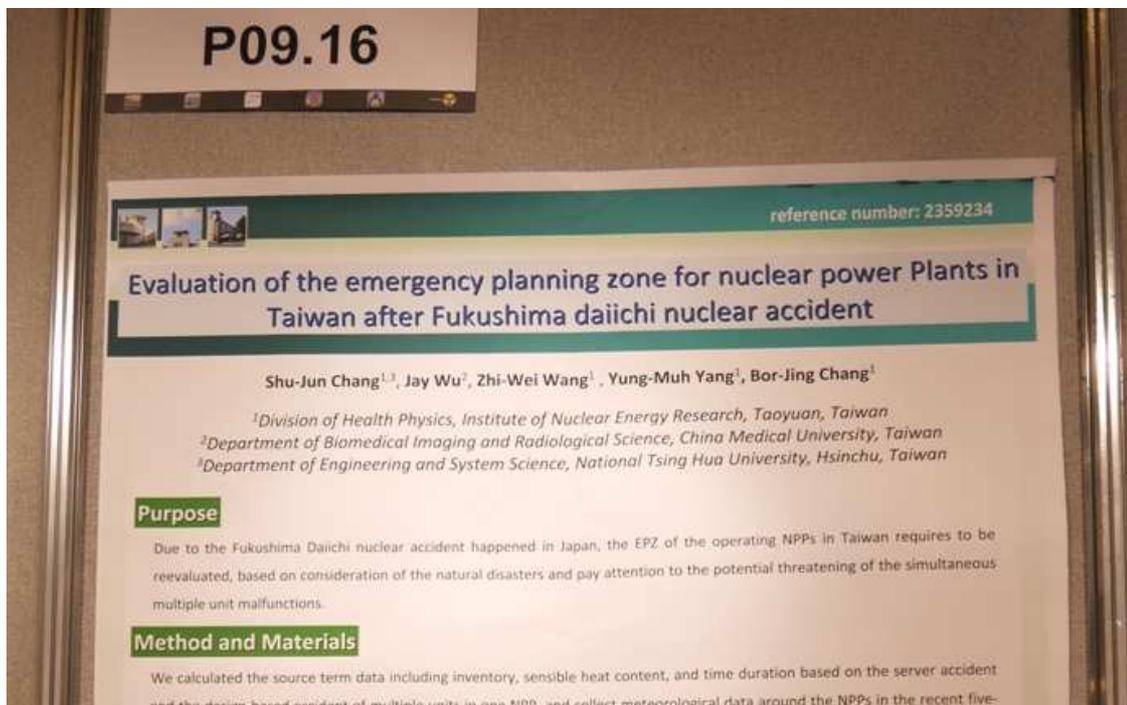
3. P09.16, Evaluation of the Emergency Planning Zone for Nuclear Power Plants in Taiwan After Fukushima Daiichi Nuclear Accident

Chang, SJ<sup>\*1</sup>; Wu, J<sup>2</sup>; Wang, ZW<sup>1</sup>; Yang, YM<sup>1</sup>; Chang, BJ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Nuclear Energy Research, Taoyuan, Taiwan;

<sup>2</sup>China Medical University, Taichung, Taiwan

There are three nuclear power plants operating in Taiwan, Chinshan, Kuosheng, and Maanshan; the fourth one, Longmen, is under construction. According to government regulations, the emergency planning zone (EPZ) of the nuclear power plant (NPP) has been announced within 5-km radius for all plants, and must be reevaluated every 5 years. In 2011, the EPZ of the three operating NPPs requires to be reevaluated. However, due to the Fukushima Daiichi nuclear accident happened in Japan, the Taiwan government started to consider the natural disasters and pay attention to the potential threatening of the simultaneous multiple unit malfunctions. In this study, we calculated the source term data including inventory, sensible heat content, and time duration based on the server accident and the design-based accident of multiple units in one NPP, and collect meteorological data around the NPPs in the recent five-year interval. The effective dose and thyroid dose together with the individual risk and societal risk were calculated using the MELCOR Accident Consequence Code System 2 (MACCS2) developed by Sandia National Laboratory. The EPZs were estimated as a function of distance from the sites under the consideration of the population distribution and the reasonable risk which can be tolerated in terms of social economy. The results showed that the EPZs of the three NPPs should be enlarged from 5 km legislated in the Nuclear Emergency Response Act in Taiwan to a suitable 8-km radius. Subsequently, the emergency response plan (ERP) has to be re-schemed correspondingly.



(三)本次會議發表之各項主題目錄一覽表

Home

Next page

Previous page

## Plenary

**PL1.1.** The Sievert Lecture: The Story of Tritium

**PL2.1.** Overview of Low Dose/Dose-Rate Cancer Epidemiology

**PL2.2.** Non-Cancer Effects, Especially Circulatory Diseases

**PL2.3.** Update on radiobiological mechanisms at low doses/  
dose-rates

**PL2.4.** Health Effects of EMF – Scientific Update

**PL3.2.** Rebuilding Trust in the Science of Radiation Protection

**PL3.4.** Experiences in Stakeholder Engagement for Risk  
Management Decisions

**PL4.2.** The System of Protection: Future Developments –  
ICRP Perspective

**PL4.4.** System of Radiation Protection: EC Perspective

**PL4.11.** New ICRP Recommendations and Regulatory  
Development – Findings of The 2010 European IRPA Congress

**PL5.4.** Fukushima Lessons and Challenges in Japan

**PL5.7.** Citizen Monitoring Following the Fukushima Disaster

## Symposium

**S3.1.3.** IRPA Radiation Safety Culture; The Criteria Of Success:

**S3.1.4.** Assessment tools for the IRPA Guiding Principles for  
Establishing a Radiation Protection Culture

**S3.1.5.** Engage Stakeholders and the Role of RP Professionals  
and IRPA Associate Societies

**S4.1.3.** The Chernobyl Accident: Understanding Its Wider  
Impact on the People of Belarus

**S4.1.5.** Past Experiences and Lessons Learned Under the  
Rongelap Resettlement Program

**S4.2.1.** Recipe For Successful Science Teacher Workshops

**S4.2.2.** Teaching Radiation Protection in Schools

**S4.2.3.** Radiation Protection Culture at School: Feedback  
Experience and Perspective

**S4.2.4.** A Swiss-German Approach to Introducing Pupils,  
Students, and Young Professionals to Radiation Protection

**S4.2.5.** The Project of the Spanish Nuclear Industry  
Forum to Elaborate a Didactic Interactive Material on  
Radiological Protection.

**S4.2.6.** Teaching of Radiation Protection in Primary and  
Secondary Schools

**S7.1.2.** Management of Patient Dose in Radiology: Which  
Models can achieve Optimisation?

**S7.1.3.** Current Epidemiology Studies of Risks Associated With  
CT Scans

**S9.1.1.** Current Thinking on the Early Effects from Uniform and  
Non-Uniform Radiation.

**S9.1.2.** Early Effects from Internal Radiation: State-of-  
knowledge and Need for an Improved Assessment

**S9.1.4.** Stem Cell Therapy As Medical Countermeasures For  
External Radiation Burns

**S9.1.5.** Medical Countermeasures for Treating Internal Deposits  
of Radionuclides

**S10.1.1.** Residential Radon, Smoking and Lung Cancer

**S10.1.2.** ICRP Radon recommendations

**S10.1.3.** The Impact of UK Government Targets for  
Smoking Cessation on the Effectiveness of the Radon  
Remediation Programme.

**S10.1.4.** The National Radon Program – a Success Story  
Continuing in Canada

**S10.1.5.** A Nationwide Radon Survey in Finland - Prevention in  
new Construction

**S11.1.1.** Effects of Chronic Radiation Exposure on  
Plant Populations

**S11.1.3.** RBE and Radiation Weighting Factors as Applied  
in the Context of Protection of the Environment from  
Ionising Radiation

**S12.1.1.** Fukushima Panel Discussion

## Forum

**F2.1.1.** Current and Recent ICRU Activities in Radiation  
Protection Dosimetry and Measurements

**F2.1.2.** Operational Quantities for External Radiation Exposure -  
Actual Shortcomings and Alternative Options

**F2.1.3.** ICRU Report 86: A Consideration of Low-Dose Metrics

**F3.1.2.** The Precautionary Principle and the Ethical Foundation  
of the Radiation Protection System

**F3.1.3.** A Cross-Cultural Approach to Questions of Ethics in  
Radiation Protection

Home

Next page

Previous page

**F7.1.1.** The Role of MPE/QE/RPO – The View of the IOMP

**F7.1.3.** The IAEA Inter-Regional Project on Harmonization of Medical Physicist Roles and Responsibilities in Radiation Medicine

**F7.1.6.** The Role of MPE/QE/RPO in Hospitals – The African Perspective

## Technical Sessions

**TS1a.1.** Inflammatory Response in Radiation Induced Late Effects

**TS1a.2.** Signs of Late Radiation-induced Genomic Instability in Persons Chronically Exposed to Radiation

**TS1a.3.** Oral Administration of Multiple Antioxidants Reduced Damage in Lethally Gamma-Irradiated Animals

**TS1a.4.** Global Gene Expression Responses to Low- or High-dose-rate Radiation in the Thymus of ICR and AKR/J mice

**TS1a.5.** Informativity Of Regulatory Proteins At Estimation Of Radiation-Induced Changes Of Immune Homeostasis In Nuclear Workers

**TS1a.6\*.** Possible Consequences of Inhomogeneous Suborgan Distribution of Dose and the Linear No-Threshold Dose-Effect Relationship

**TS1b.1.** Risk of Lung Cancer Death Associated to Radon Exposure Corrected for Measurement Error Among Uranium Miners

**TS1b.2.** Cardiovascular And Cerebrovascular Diseases In The Extended Cohort Of MAYAK Nuclear Workers

**TS1b.3.** Livelong Accumulated Radiation Exposure Dose from Medical Radiography and Nuclear Medicine in a Population Representative Sample

**TS1b.4.** Risk Of Radiation-Induced Cataract For Interventional Cardiologists: Results Of The O'CLOCStudy

**TS1b.5\*.** Study on the Prevalence of Thyroid Disease in Healthcare Workers at the Hospital of Pisa in Relation with Occupational Exposure to Ionizing Radiation

**TS1c.1.** Radon Risk in Uranium Mining and ICRP

**TS1c.2.** A Risk Assessment of the Potential Impacts of Radon, Terrestrial Gamma and Cosmic Rays on Childhood Leukaemia in France

**TS1c.3.** A New Look At Ionizing Radiation Carcinogenesis

**TS1c.4.** Genetic Hypersensitivity to Ionizing Radiation in Imaging and Treatment

**TS1c.5.** Dynamics of Hematopoiesis in Residents of Techa Riverside Villages Chronically Exposed to Ionizing Radiation: Clinical and Model

**TS1c.6.** High Congenital Malformations Rates in a Chernobyl Ionizing Radiation Impacted Population Isolate in Ukraine and Call for Research Co-Investigators

**TS2a.1.** Characterization of the Neutron Fields Around Cernavoda NPP

**TS2a.2.** Radiation Dose to Interventional Radiology Staff – Can It Be Assessed by Only One Radiation Badge: Trunk, Head or Finger?

**TS2a.3.** Guidelines to Optimize Extremity Monitoring and to Reduce Skin Doses in Nuclear Medicine. Results of the ORAMED Project

**TS2a.4.** An Assessment of Eye Doses in the UK, Ireland, USA and France.

**TS2a.5.** The Status of Criticality Accident Dosimetry in the UK

**TS2a.7\*.** Skin Dose Assessments Using Varskin.

**TS2a.8\*.** Modelling and Comparison of Hot Cell Shielding Capabilities during a Criticality Excursion

**TS2a.9\*.** Interpretation of Measured Dose Data in X-ray Imaging

**TS2b.1.** Routine Internal Dosimetry Monitoring And Assessment: The Practical Application Of International Standards And Guidance

**TS2b.2\*.** Evaluation of In Utero Doses from Maternal Ingestion of Strontium Radionuclides at the Techa River

**TS2b.3.** A Probabilistic Approach for the Assessment of Internal Dose to Chronic Lymphocytic Leukemia Precursor Cell

**TS2b.4.** Individual Monitoring of Internal Exposures for Argentina Nuclear Medicine Workers

**TS2b.5.** Development of mobile laboratories for Routine and Large Accident Monitoring of Internal Contamination

**TS2b.6.** Modeling Of DTPA Decorporation Therapy -- Still Puzzling After All These Years

**TS2b.7.** Evaluation Of The Amount Of <sup>210</sup>Po Ingested By The Spanish Population And Its Relation To Their Diet Habits

[Home](#)

[Next page](#)

[Previous page](#)

**TS2b.8\***. Estimation of Radionuclide Biokinetics Dependence on Intake Conditions for Internal Exposure

**TS2b.9**. What Studies of Radioactive Aerosols can tell us about the Translocation of Nanoparticles

**TS2c.1**. Structural Genomic Damages In Plutonium Workers

**TS2c.2**. Performance Of The Dicentric Assay In A Recent NATO Exercise Of Established And Emerging Biodosimetry Methods

**TS2c.3**. The Dicentric Assay in Triage Mode as Reliable Biodosimetric Scoring Strategy for Population Triage in Large Scale Radiation Accidents

**TS2c.4**. Contribution of the Biological Dosimetry for Treatment Decisions in Patients with Differentiated Thyroid Carcinoma (DTC) under Radioiodine-131 Therapy

**TS2c.5**. Retrospective Dosimetry on Human Nails using X-band EPR Spectrometry.

**TS2c.6\***. Assessment of Frequency of Dicentrics of Ukrainian Children from Parents Exposed to Radiation Fall-out After the Chernobyl Accident

**TS2c.7**. FISH Translocation Practice as a Retrospective Biodosimeter: a Review.

**TS2d.1**. Improvement of Construction of Recombination Chamber for Mixed Radiation Dosimetry at Workplaces

**TS2d.2**. Nordic Intercomparison Campaign for Whole Body Counters – Evaluation of the Performance of the Facilities and Inventory of Regional Resources

**TS2d.3**. A Novel Dosimetry System for Military Use in Response of Nuclear Emergencies

**TS2d.4**. Design and Setup of a New HPGc Detector Based Body Counter Capable of Detecting Also Low Energy Photon Emitters

**TS2d.5**. Wearing More Than One Dosimeter - How Do We Explain the Differences?

**TS2d.6**. Measurement of Radio-nuclides in Radioactive Aerosols Produced in a 120-GeV Proton Target Station

**TS2d.7**. Radon Exhalation from Mine Tailings Dams in South Africa

**TS2d.8**. Use of Phoswich Detector for Simultaneous Monitoring of High Energy Photon and its Applications in In vivo Lung Counting

**TS2e.1**. The use of New Eye Lens Dosimeter for Medical Staff

**TS2e.2**. Type Test Information Of The New Instadose Personal Dosimeter

**TS2e.3**. A Personnel Neutron Albedo Dosimeter Badge using Aluminum Oxide Pellets

**TS2e.4**. A Personal Dosimetry System in a Box

**TS2e.5**. Characterization of a Research Reactor's Fast Neutron Irradiator Using Silicon Bipolar Transistors and Calcium Fluoride Thermoluminescent Dosimetry.

**TS2e.6**. What can you say when there is almost nothing? Decision thresholds associated with multiple measurements and their use for environmental monitoring.

**TS2f.1**. Eurados Intercomparisons for Individual Monitoring Services: Results and Conclusions from the First Three Exercises

**TS2f.2**. International Co-Operation, Basic Principles And Ongoing Developments In Radiation Protection Metrology And Measurements

**TS2f.3**. Radiation Protection Dosimetry in Pulsed Radiation Fields

**TS2f.4**. ISO/TC 85/SC2 Radiological Protection

**TS2f.5**. Characterization of an  $^{241}\text{AmBe}$  neutron irradiation facility by different spectrometric techniques

**TS2f.6\***. Radiation Protection of Patients: Status of Primary Standard Dosimetry of High-Energy Photon and Electron Beams in Austria

**TS2g.1\***. Library of Mesh and NURBS Female Phantoms for Pulmonary in Vivo Body Counting Studies

**TS2g.2**. Impact of ICRP-89 Based Models on Dose Estimates for Radiopharmaceuticals and CT Exams

**TS2g.3**. Influence of Head Shape on Measured Activity of Actinides

**TS2g.4**. Comparison Of Internal And External Dose Conversion Factors Using ICRP Adult Male And Meetman Voxel Model Phantoms.

**TS2g.5**. Age Dependence of Dose Rates in the Enamel of Teeth Contaminated by  $^{90}\text{Sr}$

**TS2g.6**. Absorbed Fractions for Multi-Region Models of the Kidneys in ICRP/ICRU Voxel Phantoms

**TS3a.1**. 20 years of ALARA Management, Research and Development at the Belgian Nuclear Research Centre SCK•CEN

**TS3a.2**. The Critical Examination of Radiological Installations

[Home](#)

[Next page](#)

[Previous page](#)

**TS3a.3.** Development and Dissemination of ALARA Culture

**TS3a.4.** Development and Implementation of USNRC's Safety Culture Policy Statement for Radioactive Materials

**TS3a.5.** Improving the Radiation Protection Safety Culture in the UK

**TS3a.6.** Conditions and Means of Developing a Radiation Protection Practical Culture within the Population in Post-Accident Situations

**TS3b.1.** IAEA's Education and Training Programme for Strengthening Radiation Protection in Member States

**TS3b.2.** Accreditation of Health Physics Academic Programs in the U.S.

**TS3b.3.** The Development And Implementation Of A System To Accredite Ionising Radiation Instrumentation Specialists.

**TS3b.4\*.** Enetrapp II: WP5. Develop And Apply Mechanisms For The Evaluation Of Training Providers

**TS3b.5.** Delivering a Radiation Protection Dividend: Systemic Capacity-Building for the Radiation Safety Profession in Africa

**TS3b.6.** Radiation And Radiological Protection. Guidelines For Primary And Secondary Schools

**TS3c.1.** The Euratom Basic Safety Standards Directive

**TS3c.2.** Ongoing efforts of HERCA on the Harmonisation of the Radiological Monitoring Systems for Outside Workers

**TS3c.3.** Why an Effective National Regulatory Infrastructure is Essential for a Country's Radiation Protection System.

**TS3c.4.** Radiation Protection Challenges in Kenya

**TS3c.5.** Considerations of Transfrontier Shipment of NORM Waste from the North Sea Oil and Gas Industries

**TS3c.6.** Regulatory Stantards to Control Radiological and Nuclear Fuel Cycle Facilities

**TS3d.1.** NEA Stakeholder Involvement in the Development of ICRP Recommendations

**TS3d.2.** Dose Constraints and other Policy and Practical Issues in Occupational Radiation Protection

**TS3d.3.** Findings from a Workshop on the Practical Implementation of the new ICRP Recommendations: a Contribution of the NERIS Platform

**TS3d.4\*.** The Influence of ICRP 103 on Current Actions of the U.S. Environmental Protection Agency

**TS3d.5.** What Resources Were Needed to Implement ICRP 60, and What Resources May Be Needed to Implement ICRP 103?

**TS4a.1.** Stakeholder Engagement: The UK Experience

**TS4a.3.** Early Stakeholder Involvement in Environmental Rulemaking for Uranium

**TS4a.4.** Activities of the Moroccan Association of Radiation Protection as one African Experience in the Field of Associative Work.

**TS4a.5.** Fukushima Facts: Science, Journalism and the Way Events are Perceived.

**TS4b.1.** Public Participation in Decision Making on Nuclear Installations

**TS4b.2.** Comparison Between Two Local-National Forums for Emergency and Recovery Strategies

**TS4b.3.** Maximizing Public Engagement in Radiological Monitoring as a Means of Furthering Public Understanding of Ionizing Radiation

**TS4b.4.** Stakeholder-Managed Independent Review: A Local Committee's Initiative to Assess the Radiological Impact of the Soulaines LILW Disposal Facility

**TS4b.5.** Moral Emotions and Risky Technologies: Including Moral Emotions In Risk Communication And Political Decision Making

**TS4b.6.** Tools and Techniques for Effective Message Mapping and Radiological Risk Communications with the Public During Radiological Emergencies

**TS5a.1.** The Urgent Need to Apply the ICRP Criteria to Non Ionizing Radiation

**TS5a.2.** Implantable Cardioverter Defibrillator and 50 Hz Magnetic Field Exposure in the Workplace

**TS5a.3.** Paradigm Change for Optical Radiation – Temporary Blinding from Optical Radiation as Part of the Risk Assessment

**TS5a.4.** Laser and LED Retina Hazard Assessment with an eye Simulator

**TS5a.5.** Measurements of the Magnitude and Direction of the Electric Field of a Mobile Phone in the Near Field

**TS6a.1.** Updating the UNSCEAR Methodology for Estimating Human Exposures due to Radioactive Discharges

**TS6a.2.** Radiation Protection Aspects of Water Chemistry and Source-Term Management with a view of an ISOE Expert Group

[Home](#)

[Next page](#)

[Previous page](#)

**TS6a.3.** An Update on the UK Generic Design Process for Potential Nuclear New Build Reactors - the AREVA EPR and the Westinghouse AP1000

**TS6a.4.** Radiological Protection Aspects of the Generic Design Assessment of Potential New Nuclear Reactors in the UK

**TS6a.5.** The Evaluation of the Radiological Impact for a New Nuclear Facility on a Multi-facility Site

**TS6a.6.** Assessment Of The Impact On The Irish Public Arising From Liquid Discharges From Potential New Build Power Plants In The United Kingdom

**TS6a.7.** Industrial Radiography at Nuclear Power Plants

**TS6b.1.** Radiation Protection during Decommissioning of Nuclear Facilities – Experiences and Challenges

**TS6b.2.** Radiological Protection During the Dismantling of Nuclear Facilities

**TS6b.3.** Harwell's Liquid Effluent Treatment Plant: Past, Present and Future Challenges in Radiation Protection

**TS6b.4.** Pharmaceutical-Producing Cyclotron Characterization, Removal, and Disposition

**TS6b.5.** Final Radiological Release of the Radiochemical Laboratory at the Joint Research Centre in Ispra

**TS6c.1.** Radiation Protection Challenges for Exposures to Naturally Occurring Radioactive Material (NORM)

**TS6c.2.** Estimates of Effective Doses Among Czech Uranium Miners

**TS6c.3.** Problems Experienced when dealing with the Decommissioning of NORM Contaminated Oil Production Installations and Vessels.

**TS6c.4.** Dose Assessments Uncertainties for NORM Management in Conventional Hazardous Waste Disposals

**TS6c.5.** A Prospective Radiological Risk Assessment for a Phosphate Industry Project

**TS6c.6.** Radioactivity in Raw Materials and Waste from NORM industries in China

**TS6d.2.** Improving the Security of Radioactive Sources in Industrial Radiography in South East Asia

**TS6d.3.** Search for Non-registered Radioactive Sources - an Important Part of the National Inspection Programme

**TS6d.4.** Radiation Safety at the PRIMA facility: A Review of Shielding Solutions and Personnel Dose Assessment

**TS6d.5.** Current Practice of Occupational Radiation Protection in Industrial Radiography

**TS6d.6\*.** Probabilistic Radiological Risk Assessments for Radiation Facilities with Vague Information

**TS6d.7.** The Safety Case for Transporting Spent Nuclear Fuel

**TS7a.2.** IAEA Quality Audits in Radiotherapy

**TS7a.3.** Peripheral Doses in Children Undergoing Gamma Knife Radiosurgery

**TS7a.4.** Comparison of Primary Doses Obtained in Three 6 MV Photon Beams Using a Small Attenuator

**TS7a.5.** Multi-institutional Study for IMRT Dose Quality Assurance in Korea

**TS7a.6.** Treatment Errors And Near-Misses In A Radiotherapy Department

**TS7b.1.** Challenges in Nuclear Medicine Radiation Dosimetry

**TS7b.2.** Impact of the New Reconstruction Algorithm trueX at Siemens PET/CT-scanners

**TS7b.3.** Iodine 131 Treatment for Patients on Hemodialysis: Radiation Safety Considerations

**TS7b.4.** Personalised Dosimetry in 90y-Microspheres Therapy of Liver Cancer Using the Oedipe Software and SPECT/CT Images

**TS7b.5.** Optimization of a Routine Method for Bone Marrow Estimation in <sup>177</sup>Lu-EDTMP Therapy- Experience in Uruguay.

**TS7b.6.** Organ Dose Reconstruction for Hyperthyroid Patients Treated with <sup>131</sup>I

**TS7c.1.** Strengthening Justification of Medical Exposure in Diagnostic Imaging

**TS7c.2.** Justification and Medical Exposures: Context and Implementation Issues in Practice

**TS7c.3.** DEBATE: 'The rapid expansion of CT can be adequately justified through the existing framework of referral criteria'

**TS7d.1.** Quality Control and Patient Dosimetry on line for Computed Tomography

**TS7d.2.** Radiation Dose Optimization Approach At Dubai Health Authority Hospitals: The Control Of Patient CT Radiation Exposures During 2008-2010

**TS7d.3.** An Effective Method of Patient Radiation Safety Assessment in a University Medical Center

[Home](#) [Next page](#) [Previous page](#)

**TS7d.4.** Latin American Results in Diagnostic Mammography under IAEA Programme: Radiological Protection of Patients in Medical Exposures (TSA3)

**TS7d.5.** A New Method for Dosimetry and Image Quality Assurance in Mammography and Breast Tomosynthesis

**TS7d.6\*.** Implementation of Acceptability Criteria for Medical Radiological Equipment in Belgium

**TS7d.7.** Radiation Protection of the Australian Public via the Introduction of a National Diagnostic Reference Level Scheme.

**TS7e.1.** Challenges in Paediatric Interventional Fluoroscopy

**TS7e.2.** International Project on Individual Monitoring and Radiation Exposure Levels in Interventional Cardiology

**TS7e.3.** Monitoring the Eye Lens

**TS7e.4.** Paediatric Computed Tomography Exposure and Radiation-Induced Cancer: The French Ongoing Cohort of Childhood CT Scan

**TS7e.5.** Basic Recommendations for Interventional Procedures

**TS7e.6.** Randomized Comparison of Occupational Dose between Radial and Femoral Access for Percutaneous Coronary Intervention, Radifemoproc

**TS7e.7\*.** Estimation of Occupational Radiation Dose Levels of Interventional Cardiologists at the Philippine Heart Center

**TS8a.1.** ICRP Recommendations on Radiological Protection in Geological Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste

**TS8a.3.** Radiological Assessments in Support of the UK Review of Exemption Orders for Radioactive Waste

**TS8a.4.** Comparison of Provisions for Exclusion and Exemption of NORM Radionuclides Associated with the Oil and Gas Industry in the North Sea

**TS8a.5.** Optimization of Management of Liquid Radioactive Waste Generated in Research and Education Centers

**TS8b.1.** The Importance And Uncertainties Of Parameters Related To The Radiological Analysis Of NORM For Use In Public Dose Assessments

**TS8b.2.** Doses to Public Arising From the Use of Radioisotopes in Radionuclide Laboratories and Hospitals in Finland

**TS8b.3.** Radiological Protection Challenges of Retrieval of Legacy Intermediate Level Wastes (ILW) at the Solid Waste Plant B462 RSRL Harwell

**TS8b.4.** Disposal Activities Within The IAEA Division Of Radiation, Transport And Waste Safety

**TS8b.5.** Radiological Impact Assessment in the LLWR's 2011 Environmental Safety Case

**TS9a.1.** Preparedness and Response to Radiological Emergencies

**TS9a.2.** Promoting Use of Local Volunteer Radiation Professionals in Emergency Response to Assist in Population Monitoring and Public Shelter Operations

**TS9a.3.** Radiological Emergency Preparedness and Response Training and Capability Development in South East Asia

**TS9a.4.** Implementation of an Awareness Tool to Post-Accidental Issues for Local Actors

**TS9a.5.** MOIRA-PLUS use in Decision Making on the Long-term Management of Contaminated Freshwater Bodies and Catchments

**TS9b.1.** Biodosimetric Response to Radiation Emergencies: Accidental Exposures in Latin America- Examples of Recent Responses Under IAEA-RANET System

**TS9b.2.** A New Strategy for the Delimitation of the Post-Accidental Zoning after a Nuclear Accident

**TS9b.3.** The Calculation of Dose to Externally Contaminated Livestock and Animal Triage for Livestock Handling and Processing

**TS9b.4.** Canadian Radiation Emergency Medical Management Guide

**TS9b.5.** MULTIBIODOSE: multi-disciplinary biodosimetric tools to manage high scale radiological casualties

**TS9c.1.** Nuclear Security for the 2010 FIFA World Cup in South Africa: Part 2: Summary of Logistics and Results

**TS9c.2.** INEX 4 Exercise on Consequence Management and the Transition to Recovery

**TS9c.3.** Lessons From Three Major Fires In The UK Non-Nuclear Sector

**TS9c.4.** Revisiting the Dose Calculation Methodologies in European Decision Support Systems

**TS9c.5.** Nuclear Security and Emergencies in Case of Malevolent Acts Against Nuclear Power Plants

**TS10a.1.** Management of Operational and Existing Exposure Situations Due to NORM and Natural Radiation: Radiation Protection and Scientific Challenges

[Home](#)

[Next page](#)

[Previous page](#)

**TS10a.2\***. Comparisons of Carrington-Class Solar Particle Event Radiation Exposure Estimates on Mars utilizing the CAM, CAF, MAX, and FAX Human Body Models

**TS10a.3**. Exposure Caused By Natural Radionuclides In Building Materials: Current Practice And Regulation And Future Radiation Protection Requirements

**TS10a.4**. Distribution pattern of NORM on Red Sea Shore Sediments in Relation to Non-Nuclear Industries

**TS10a.5**. Rapid Method for Determination of Po isotopes in Biological Matter

**TS10a.6**. Necessity of World Wide Regulation for Radioactive Consumer Products in Current Markets

**TS10b.1**. A Quarter of a Century with Chernobyl Contamination – Norwegian Experiences

**TS10b.2**. Key Radiation Protection Issues In Regulatory Supervision Of Nuclear Legacies

**TS10b.3**. CORPORE, A Tool for Interpreting Whole Body Monitoring Results

**TS10b.4**. Optimising Decision Making For Late-Phase Recovery From Nuclear Or Radiological Terrorism Incidents In The US

**TS10b.5**. Regulatory Supervision and Assessment of the Radiation Situation in the Areas of the Former Military Technical Bases

**TS10b.6**. Challenges in The Nuclear Legacy Regulation

**TS10b.7**. Guidance on the Assessment of Exposure from Land Contaminated with Heterogeneously Distributed Radioactive Material

**TS10b.8**. Radiological Characterisation and Decommissioning in the UK Non-nuclear Industry: Project Experience, Challenges and Solutions

**TS10c.1**. Recent Developments in the Regulatory Control of Radon Exposure in Spain

**TS10c.2**. The Effect of New Building Concepts on Indoor Radon

**TS10c.3**. Radon prevention and remediation in EU countries, RADPAR questionnaire study

**TS10c.4**. Short and Long- Term Radon Measurements in Domestic Premises: Reporting results in terms of the HPA Action and Target Levels

**TS10c.5**. Reverse Seasonal Variations Of Indoor Radon Concentration

**TS10c.6**. Role Of Residential Radon In Childhood Leukaemia Incidence: The Geocap Program.

**TS10c.7**. A Long-term Programme to Measure and Mitigate Radon Gas in English Schools - Progress Review and Lessons Learned

**TS11a.1**. Radiological Protection of Flora and Fauna Throughout Australia – Developing a National Approach

**TS11a.2**. Modelling radiation dose effects to wildlife populations

**TS11a.3**. Emerging Issues in Radiation Protection of Biota– The Impact of Non-Targeted Radiobiological Effects

**TS11a.4**. Inhibition of DNA Double-Strand Break Repair in Zebrafish and Links with Effects on Reproduction and Development

**TS11a.5**. Assessment of the Radiological Impact and Associated Risk to Non-human Biota at Decommissioned Niobium (Nb) Mining Site in Norway

**TS11a.6**. Review of Environmental Radiological Monitoring Programmes and Development of an Environmental Radiological Monitoring Guide

**TS12a.1**. Assessment of Atmospheric Dispersion for the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident

**TS12a.2**. Measurements and Dispersion Calculations by the Deutscher Wetterdienst Regarding the Release of Radionuclides at Fukushima-Daiichi Nuclear Power Plant

**TS12a.3\***. Monitoring of Radionuclides in the Air in the Czech Republic After the Fukushima NPP Accident

**TS12a.4**. Operational Use of Atmospheric Dispersion Models in Denmark Supporting Decision Making During the Fukushima Daiichi Accident

**TS12a.5**. Comparison Of Dispersion Model Outputs And Radioactivity Measurements Made In Ireland Following The Fukushima Accident

**TS12b.1**. Public Reaction to the Fukushima Accident in Korea and its Implications in Nuclear Safety and Risk Communication

**TS12b.2**. Responding to Public Fears on Transboundary Radioactive Contamination from Fukushima Daiichi Accident

**TS12b.3**. Content Analysis of the Media Reporting on the Fukushima Nuclear Accident in three European Countries

**TS12b.4**. Japanese Earthquake And Tsunami: Implications For The UK Nuclear Industry



[Home](#)

[Next page](#)

[Previous page](#)

**TS12b.5.** Radiation Protection and Emergency Preparedness Aspects of the U.S. Nuclear Energy Industry Response to the Fukushima Dai-ichi Accident

**TS12b.6.** Decontamination and Recovery Aspects of the Fukushima Accident

**TS12b.7.** The IAEA's Incident And Emergency Centre: Response To The Accident At Tepco's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

**TS12c.1.** Key Issues on Radiological Protection from Radioactive Waste Management in Existing Exposure Situation

**TS12c.2.** Comparative Analysis Of The Radionuclide Composition In Fallout After The Chernobyl And The Fukushima Accidents

**TS12c.3.** Practical Retrospective Dosimetry: Looking Back to Chernobyl with a View Forward at Fukushima

**TS12c.4.** Assessment on the 66th Day of Projected External Dose for Populations Living in the North-West Fallout Zone of the Fukushima Nuclear Accident

**TS12c.5.** Radiation and Radioactivity Monitoring in the Surrounding Environment after Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident 1. Overview

**TS12c.6.** Estimation of Internal Exposure Dose of the Population Caused by Inhaled Radioactive Materials Released in Early Stage of Fukushima Nuclear Disaster