

出國報告（出國類別：開會）

赴美國奧蘭多參加第 16 屆國際輻射
防護協會 (IRPA) 國際研討會

服務機關：核能安全委員會輻射偵測中心

姓名職稱：高薇喻 簡任技正

派赴國家/地區：美國

出國期間：113 年 7 月 6 日至 13 日

報告日期：113 年 9 月 5 日

摘要

國際輻射防護協會(International Radiation Protection Association, IRPA)舉辦之第 16 屆國際研討會 (IRPA 16th International Congress) 於 2024 年 7 月 7 日至 12 日在美國奧蘭多舉行,會議為期 6 天,會議地點在奧蘭多的 ROSEN SHINGLE CREEK 旅館之會議廳。

藉參加本次 IRPA 國際研討會,了解國際輻射防護最新之趨勢,掌握對於最新輻射防護建議之採納現況以及未來的發展重點,並學習各國對於輻射防護在各個領域之推動經驗。本次會議由美國保健物理協會(Health Physics Society, HPS)與國際輻射防護協會(IRPA)合辦,因在美國舉行,因而獲得了更多有關美國在輻射防護發展的實務做法與發展現況的了解,獲益良多。本中心於 112 年發布台灣最新之國民輻射劑量評估結果,亦藉此機會透過海報論文及口頭發表方式介紹我國最新的評估結果,並於研討會中與執行全球評估之聯合國聯合國原子輻射效應科學委員會(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR)計畫團隊進行討論交流。

為本中心後續推動環境輻射偵測相關工作之技術方向及精進做法之參考,本案具體建議如下:一、為吸收國際經驗及強化對外交流,可持續派員參與國際研討會並發表中心研究成果,有助獲取最新發展技術資訊及與國際接軌,有助於未來作業規畫作業及研究方向之研擬。二、天然放射性物質(NORM)的議題是近年的輻防重點,建議可持續關注其輻射防護的發展及收集其他國家管制經驗,有助於我國精進相關規範,以達到其保護環境及人員安全之目的。三、執行環境偵測係為落實輻射防護管制工作,建議可持續收集最新的偵測作法與經驗,包括偵測數據的加值運用地方向,作為本中心精進環境偵測作業的參考。

目次

摘要

壹、出國目的.....	1
貳、出國行程.....	2
參、出席第十六屆國際輻射防護體系研討會(IPPA 2024)	3
一、會議過程紀要.....	6
二、論文發表.....	22
三、重要輻防議題及研究.....	29
肆、心得與建議	44
伍、附件	46

圖目錄

圖 1、國際輻射防護協會 (IPRA) 會員分布圖	3
圖 2、國際輻射防護協會 (IPRA) 與國際輻防組織間的合作關係	4
圖 3、國際輻射防護協會 (IPRA) 組織架構	5
圖 4、IRPA 16 國際研討會會議舉辦地點	8
圖 5、本中心與會人員於會場合影	8
圖 6、ICRP 16 國際研討會開幕式	9
圖 7、分組研討場地	10
圖 8、輻射事故機動實驗室	10
圖 9、IRPA 16 海報發表場地	16
圖 10、IRPA 16 儀器展示及宣導場地	17
圖 11、各式輻射偵測儀器及設備	17
圖 12、本中心論文海報展示	24
圖 13、本中心與會者及海報論文	24
圖 14、台灣醫療輻射劑量調查研究成果口頭發表(1)	26
圖 15、台灣醫療輻射劑量調查研究成果口頭發表(2)	26
圖 16、歐盟 RadoNorm 計畫的執行架構	33
圖 17、歐盟 RadoNorm 計畫的工作群組和分工	33
圖 18、飲食中放射性核種(不含鉀-40)年有效劑量的占比	40
圖 19、非緊急情況下食品中放射性核種曝露評估執行流程	41
圖 20、日本福島事故影響區域環境輻射數據變化	42
圖 21、日本福島地區曝露劑量評估網頁	43

表目錄

表 1、出國行程	2
表 2、IRPA 16 研討會論文主題及發表數量	11
表 3、IRPA 16 專業加強訓練 (PEP) 課程清單	19
表 4、IRPA 16 繼續教育課程 (CEL) 課程清單	21
表 5、IRPA 16 在職進修課程(Refresher Course)課程清單	21
表 6、UNSCEAR 及本中心之背景輻射調查結果比較	28
表 7、UNSCEAR 2020/2021 全球醫療輻射調查結果	28
表 8、ICRP 曝露情境及曝露類別對應的輻防情境矩陣表	30
表 9、事故期間環境輻射監測工具比較	43

壹、出國目的

游離輻射於國內民生領域已有廣泛使用，尤其在醫療輻射部分近年來更隨著科技的進步有長足的發展，再加上民眾也對環境輻射的相關議題也愈加關心，為與國際各國輻射防護管制最新趨勢接軌並與時俱進，只有持續觀察國際輻射防護協會(International Radiation Protection Association, IRPA)、國際輻射防護委員會(International Commission on Radiological Protection, ICRP)及國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)等國際相關組織為不斷提高的安全要求提出的最新發展，才能在基於輻射防護理念而建立的立法框架下，落實游離輻射管制工作及安全應用；藉由參加國際輻防組織舉辦之研討會，就輻射監測技術與劑量評估方法進行交流，以瞭解輻射防護最新發展趨勢，亦可使我國輻射防護及輻射災害應變更臻完善。

核能安全委員會輻射偵測中心(以下簡稱本中心)本次特赴美國奧蘭多參加由國際輻射防護協會(IRPA)所舉辦的 2024 年第十六屆國際研討會(IRPA 16th International Congress, 簡稱 IRPA16)並進行國民輻射劑量調查相關研究成果發表，以瞭解國際最新輻防管制趨勢並收集相關措施之方向並進行技術交流，可作為台灣執行相關研究及擬訂相關輻防管制政策時之參考，透過研討會的資訊及經驗交流，亦有助於執行相關輻射防護事項時納入國際經驗，進一步精進或更新實務做法，強化我國輻射管制工作之推動。

貳、出國行程

本次因公出國係為參加由國際輻射防護協會(IRPA)所舉辦的 2024 年第十六屆國際研討會(IRPA 16)，行程如表 1:

表 1、出國行程

日期	地點	工作內容
113/7/6(六)	台灣(高雄、台北)、 美國(舊金山、奧蘭多)	路程(高雄→台北→舊金山→奧蘭多)
113/7/7(日)	美國(奧蘭多)	參加第 16 屆國際輻射防護協會 (IRPA)國際研討會
113/7/8(一) -7/10(三)	美國(奧蘭多)	赴第 16 屆國際輻射防護協會(IRPA) 國際研討會發表海報論文
113/7/11(四) -7/13(六)	美國(奧蘭多、舊金山) 、台灣(台北、高雄)	路程(奧蘭多→舊金山→高雄→台北)

叁、出席國際輻射防護協會第十六屆國際研討會(IRPA 16)

國際輻射防護協會(IPRA) 是一個具有跨國、跨領域專業人力的全球輻射防護 (Radiation Protection, RP)協會，透過國家和地區輻射防護協會加入平行整合各國的輻防領域人才。國際輻射防護協會(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(Health Physics Society, HPS)所發起，主要目的是提供一個媒介，讓參與輻射防護活動的國家及組織提供相互溝通管道的平台，以促進世界各地的輻射防護實務推展，目前國際輻射防護協會(IPRA)的會員已有來自68個國家的53個附屬學會(如圖1)；該學會涉足許多專業領域，包含：科學知識、醫學、工程、科技及法令規定，並在以人類利益為前提且避免輻射的危害下，促進輻射應用在醫學、科學與工業的安全。



圖1、國際輻射防護協會(IPRA)會員分布圖

國際輻射防護協會(IPRA) 與國際原子能機構 (IAEA)、國際輻射防護委員會 (ICRP)、聯合國原子輻射效應科學委員會(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR)、歐盟執行委員會 (European Communities, EC)等國際輻射防護相關組織皆有長期合作關係(如圖2)，長期以來一直積極參與輻射防護制度及各類防護議題的討論，國際輻射防護

協會(IPRA)在 2021-2024 年間的重點工作是整理協會世界各國會員對 ICRP 現行輻防系統修訂的意見回饋，以研訂未來推展輻射防護相關研究的優先事項。

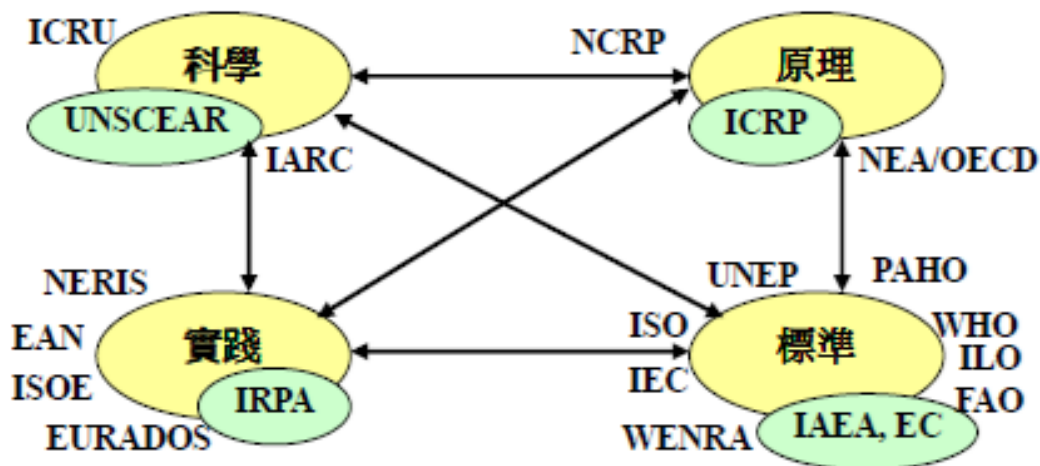


圖 2、國際輻射防護協會(IPRA)與國際輻防組織間的合作關係

*備註：EAN：European ALARA Network(歐洲合理抑低網路)；EC：European Communities(歐盟執行委員會)；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)；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(歐洲核能與輻射緊急應變與復原準備平台)；PAHO：The Pan American Health Organization(泛美衛生組織)；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)；UNEP：United Nations Environment Programme(聯合國環境規劃署)；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)

國際輻射防護協會(IPRA)之組織架構如圖 3，為能使協會有效且永續的運作，依其功能分成三級。對外，由會員大會(General Assembly, GA)做為國際輻射防護協會(IPRA)的代表，協會內部事務則由執行理事會(Executive Council, EC)進行管理，會員大會及理事會的主席及代表都是由會員透過選舉程序後組成。具體任務之推動則由第三層的各式委員會及各式任務小組分工執行。國際輻射防護

協會(IPRA)目前設有 9 個委員會，分別為：出版品委員會(Commission on publications)、規則委員會(Rules committee)、國際大會組織委員會(International congress organising committee)、國際大會專案委員會(International congress programme committee)、國際大會支持委員會(International congress support committee, ICSC)、蒙特利爾基金委員會(Montreal fund committee)、西維特獎委員會(Sievert award committee)、社團准入和發展委員會(Societies admission and development committee)及年輕世代網絡(Young generation network)等。任務小組(Task Group, TG)則是國際輻射防護協會(IPRA)促進輻射防護工作國際合作的最重要一環，負責傳遞資訊並收集有關輻射防護界感興趣的主題和進行回饋，每個任務小組(TG)會由執行委員會(EC)中的成員擔任主席或聯絡人；國際輻射防護協會(IPRA)目前共有 9 個工作小組(TG)，分別為：高等教育、研究和培訓(Higher Education, Research and Training)、輔導(Mentoring)、非游離輻射(Non-Ionising Radiation)、天然放射性物質 NORM (Naturally Occuring Radiative Materials)、大眾理解(Public Understanding)、醫療保健中的輻射安全文化(Radiation Safety Culture in Healthcare)、輻射防護制度檢討(Review of the System of Radiological Protection)、組織反應(Tissue Reactions)及輻射中的女性(Women in Radiation)等 9 大類。



圖 3、國際輻射防護協會(IPRA)組織架構

自 1966 年起，國際輻射防護協會 (IPRA) 每四年舉辦一次國際性輻射防護研討會暨會員大會，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、英國格拉斯哥、南非開普敦、韓國首爾舉行，至今已舉辦 15 屆，每屆會議之參加人數亦初期之 500-800 人增加至 1,000-1,500 人，目前已成為輻防領域相當具規模的國際研討會；本次在美國奧蘭多召開之研討會為第 16 屆，下屆(第 17 屆)預計四年後(2028 年)在西班牙瓦倫西亞辦理。

一、會議過程紀要

近年來國際間關注的輻防議題，主要延續 2023 年在日本東京舉行之第七屆國際輻射防護體系研討會 (ICRP' s 7th International Symposium on the System of Radiological Protection) 的重點議題，包括:低劑量輻射效應及低劑量率不確定性的探討、劑量係數的檢討、醫療輻射管制的精進以及整合環境和人的輻射防護工作發展等；整體而言的精進方向是愈來愈重視背景輻射對民眾造成的影響，以及持續檢討的醫療行為對病患及輻射工作人員之影響。

國際輻射防護協會 (IRPA) 經會員投票，在 2016 年選定本次研討會在美國舉辦，是 50 年來首次在北美舉行；上次在北美舉辦，是 1973 年在華盛頓特區舉行的第三屆國際輻射防護體系研討會 (IRPA 3rd International Congress)。第十六屆國際輻射防護體系研討會 (IRPA 16) 由美國保健物理協會 (HPS) 主辦，加拿大保健物理學會 (Canadian Radiation Protection Association, CRPA) 及墨西哥保健物理學會 (Mexican Radiological Protection Society, SMSR) 共同協辦，本次研討會分成 11 類輻防主題(Main Area, MA) 進行議題討論，這些主題(MA)包括：

MA-1、基礎科學 (Underpinning Sciences)

MA-2、游離輻射及非游離輻射之防護系統(Systems of Protection for Ionizing and Non-ionizing Radiation)

MA-3、溝通和利害關係人參與 (Communication and Stakeholder

Involvement)

- MA-4、劑量測定和測量(Dosimetry and Measurements)
- MA-5、醫療保健中的輻射防護(Radiation Protection in Health Care)
- MA-6、核能和核燃料循環產業的輻射防護(Radiation Protection in Nuclear Power and Fuel Cycle)
- MA-7、工業、農業、獸醫和航太領域應用中的輻射防護(Radiation Protection in Industrial, Agriculture, Veterinary and Aerospace)
- MA-8、非游離輻射應用的輻射防護(Applications radiation Protection in NIR Applications)
- MA-9、核事故與輻射事故(Nuclear and Radiological Emergencies)
- MA-10、放射性廢棄物管理(Radioactive Waste Management)
- MA-11、氡氣和天然放射性物質(Radon and Naturally Occurring Radiation)

本研討會(IRPA 16)於7月7日至7月12日間舉行，共計辦理六天，會議議程詳如附件1；圖4為本中心與會人員與台灣其他單位與會人員(清華大學核子工程與科學系蔡惠予教授)的合影，會議出席認證書如附件2。本研討會(IRPA 16)之會議進行地點為奧蘭多的ROSEN SHINGLE CREEK旅館之會議廳(如圖4)，有超過1,000名各國代表參加；因美國保健物理協會(HPS)為本研討會的主辦單位，故該協會的第69屆年會(69th Annual Meeting of Health Physics Society)也併本次會議辦理。此外，美國另一個輻防相關組織-美國保健物理學會(American Academy of Health Physics, AAHP)，也結合本研討會安排訓練、會員會議、閉門會議等相關議程。經了解，美國保健物理協會(HPS)和美國保健物理學會(AAHP)都是美國重要的輻射防護組織且會員眾多，兩者的差異在於美國保健物理協會(HPS)之會員並無資格或條件限制，只要對輻射防護有興趣者即可參加；而美國保健物理學會(AAHP)的會員，則必須是通過考試取得保健物理師(類似台灣的輻防師)資格的認證保健物理師(Certificated Health Physicist, CHP)，美國保健物理學會(AAHP)也是主

要負責美國保健物理師(CHP)的考試、發證、換證、撤證及處理資格爭議等事項的單位。



圖 4、本中心與會人員於會場合影



圖 5、IRPA 16 國際研討會會議舉辦地點

開幕式(如圖 6)於 7 月 8 日上午舉行，由國際輻射防護協會 (IRPA) 主席伯納德·勒古恩(Bernard le Guen)主持，其致詞後陸續邀請 IRPA 16 籌備委員會總裁凱文·尼爾森(Kevin Nelson)、IRPA 16 國際研討會計畫委員會主席雷納特·沙文斯基(Renate Czarwinski)，以及美國保健物理協會(HPS)總裁伊麗莎白·布拉克特 (Elizabeth Brackett)、IRPA 國際研討會支持委員會 (IRPA-ICSC)主席查理·威爾森(Charles Wilson)分別上台致詞，並邀請美國國家航空暨太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)退休的太空人諾曼·薩格德(Norman Thagard)分享執行太空任務的輻射防護經驗及其研究成果。



圖 6、ICRP 16 國際研討會開幕式

本次會議共收到 11 個主題領域相關研究之摘要，共計 800 多件，經過審查和排名後，在會場安排 128 篇口頭論文發表(如圖 7)及展出 479 篇輻防相關主題的海報發表(如圖 8)。除了開幕式集會演講的大會議廳外，另有安排四個小型會議室進行分場演講，各場次則依 11 個輻防主題在大會議廳及小型會議室進行，本研討會之口頭發表場次共計 32 場，每個主題分別安排 1-6 場的口頭會議；11 個輻防主題下還有次議題(如表 2)，每個場次的會在同一主題

下再做次議題的區分，以確保類似研究間能夠彼此交流；每個場次平均安排 4 個類似或相關研究主題之講者進行口頭發表，每場會另外安排兩位專家學者擔任與談人，引導會議流程的進行及和口頭報告講者進行交流討論。



(a)7月8日分組研討

(b)7月9日分組研討



(c)7月10日分組研討

(d)7月11日分組研討

圖 7、分組研討場地



圖 9、IRPA 16 海報發表場地

表 2、IRPA 16 研討會論文主題及發表數量

主題 (MA)	議題名稱及次議題	論文數量	
		口頭 簡報	海報 論文
1	<p>基礎科學 (Underpinning Sciences)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 游離和非游離輻射生物反應的損傷機制(Mechanisms of damage underlying biological responses to ionizing and non-ionizing radiations) • 關於職業、環境和醫療游離輻射曝露的最新癌症流行病學研究 (Latest cancer epidemiology studies on occupational, environmental, and medical exposures to ionizing radiation) • 關於低劑量和低劑量率下非癌症正常組織影響風險的最新流行病學和實驗結果(Latest epidemiological and experimental findings on risk of non-cancer normal tissue effects at low doses and low dose rates) • 整合生物學和流行病學為風險評估提供資訊(Integration of biology and epidemiology to inform risk assessment) • 太空輻射生物學、影響與風險(Space radiation biology, effects, and risks) • 人工智慧、機器學習、大數據集和輻射基因學在輻射防護的應用(Use of artificial intelligence, machine learning, large datasets, and radio genomics in radiation protection) • 非人類生物群的影響(Effects on non-human biota) • 醫學輻射防護基礎研究 (Basic research in radiation protection in medicine) 	12	25
2	<p>游離輻射及非游離輻射之防護系統(Systems of Protection for Ionizing and Non-ionizing Radiation)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 游離輻射與非游離輻射防護－相似點、差異與未來(Protection against ionizing and non-ionizing radiation - similarities, differences, and the future) • 保護目標和原則(Objectives and principles of protection) • 科學、價值觀與判斷以及建議 (Science, values and judgements, and recommendations) • 防護系統實際應用的挑戰(Challenges with the practical application of the system of protection) 	20	15

主題 (MA)	議題名稱及次議題	論文數量	
		口頭 簡報	海報 論文
3	溝通和利害關係人參與(Communication and Stakeholder Involvement) <ul style="list-style-type: none"> • 風險認知與溝通(Risk perception and communication) • 利害關係人參與(Stakeholder participation) • 社會經濟問題(Societal and economic issues) • 道德問題，包括性別觀點(Ethical issues including gender perspective) • 輻射防護文化(Radiological protection culture) • 教育與培訓(Education and training) • 知識管理與知識轉移 (Knowledge management and knowledge transfer) • 輻射防護協會的經驗(Experience from radiation protection societies) 	16	62
4	劑量測定和測量(Dosimetry and Measurements) <ul style="list-style-type: none"> • 標準與法規(Standards and regulations) • 外部曝露特性(External exposure characterization) • 內部曝露評估(Internal exposure assessment) • 生物劑量測定及曝露生物標記(Biological dosimetry and biomarkers of exposure) • 數值與計算劑量測定 (Numerical and computational dosimetry) • 環境劑量測定、監測與建模(Environmental dosimetry, monitoring and modelling) • 太空輻射劑量測定(Space radiation dosimetry) • 輻射防護協會的經驗(Experience from radiation protection societies) • 回溯劑量測定之數值與計算 (Numerical and computational retrospective dosimetry) • 污染特徵(Contamination characterization) 	24	135

主題 (MA)	議題名稱及次議題	論文數量	
		口頭 簡報	海報 論文
5	醫療保健中的輻射防護(Radiation Protection in Health Care) <ul style="list-style-type: none"> • 標準和法規(Standards and regulations) • 醫學保護與安全的論證、最佳化(Justification, optimization of protection and safety in medicine) • 輻射效益-風險對話(Radiation benefit-risk dialogue) • 診斷影像與介入放射學 (Diagnostic imaging and interventional radiology) • 放射治療(Radiation therapy) • 安全文化，包括品質保證、病人安全和醫療輻射事故的預防 (Safety culture, including quality assurance, patient safety, and prevention of medical radiation incidents) • 衛生專業人員的輻射防護(Radiation protection of health professionals) • 醫療輻射防護訓練與教育(Healthcare radiation protection training and education) • 過度曝露後的醫療(Medical treatment after overexposure) 	20	66
6	核能和核燃料循環產業的輻射防護(Radiation Protection in Nuclear Power and Fuel Cycle) <ul style="list-style-type: none"> • 法律、法規與標準 (Legal aspects, regulations and standards) • 核燃料循環產業輻射防護(Radiation protection in nuclear fuel cycle industries) • 核能發電中的輻射防護(Radiation protection in nuclear power generation) • 核子材料和放射性材料運輸中的輻射防護 (Radiation protection in transport of nuclear and radioactive materials) • 公眾和環境之保護 (Protection of the public and the environment) • 新技術(New technologies) 	12	16

主題 (MA)	議題名稱及次議題	論文數量	
		口頭 簡報	海報 論文
7	工業、農業、獸醫和航太應用的輻射防護(Radiation Protection in Industrial, Agriculture, Veterinary and Aerospace) <ul style="list-style-type: none"> • 標準、指令與法規(Standards, directives, and regulations) • 工業和農業應用(Industrial and agricultural applications) • 獸醫應用(Veterinary applications) • 航太應用(Aerospace practicalitie) • 軍事應用(Military applications) • 射源的安全與保安(Safety and security of radioactive sources) 	16	42
8	非游離輻射應用的輻射防護(Applications adiation Protection in NIR Applications) <ul style="list-style-type: none"> • 標準與規定(Standards and regulations) • 電磁場與靜電場(Electromagnetic and static fields) • 光輻射（紫外線、可見光和紅外線）和雷射輻射(Optical radiation (ultraviolet, visible and infrared) and laser radiation) • 超音波和次聲波(Ultrasound and infrasound) 	4	6
9	核事故與輻射事故(Nuclear and Radiological Emergencies) <ul style="list-style-type: none"> • 標準與規定(Standards and regulations) • 劑量評估、健康後果與防護行動：重大事故的教訓(Dose assessment, health consequences and protective actions: lessons from major accidents) • 緊急曝露評估和人群監測的方法(Methodologies for emergency exposure assessment and population monitoring) • 能力發展 (Capacity development) • 事件與事故通報系統(Incident and accident reporting systems) • 復原和補救活動(Recovery and remediation activities) • 地緣政治背景與 Covid-19 大流行中的輻防管(Management of RP in geopolitical context and Covid-19 pandemic) • 道德方面的管理和緊急情況下的溝通(Management of ethical aspects and communication in an emergency) 	12	38

主題 (MA)	議題名稱及次議題	論文數量	
		口頭 簡報	海報 論文
10	放射性廢棄物管理(Radioactive Waste Management) <ul style="list-style-type: none"> • 標準與規定(Standards and regulations) • 除役，包括補救活動(Decommissioning including remediation activities) • 含天然放射性物質廢棄物（尾礦和殘渣）的影響(Impacts of NORM wastes (tailing and residues)) • 營運管理，包括儲存和回收(Operational management including storage and recycling) • 處置(Disposal) • 法律和監管方面(Legal and regulatory aspects) 	16	21
11	氡氣和天然放射性物質 (Radon and Naturally Occurring Radiation) <ul style="list-style-type: none"> • 法律、標準與法規(Legal aspects, standards and regulations) • 氡氣：實務與研究(Radon: practice and research) • 天然放射性物質和自然背景輻射(NORM and natural background radiation) • 天然放射性物質影響評估(NORM impact assessment) • 含有天然放射性物質的材料的使用、回收和再利用(Use, recovery and re-use of materials containing NORM) • 國家評估天然放射性物質影響的能力(National capabilities for assessment of impacts of NORM) • 含有天然放射性物質的材料運輸(Transport of materials containing NORM) • 具有天然放射性物質的新興產業或領域(Emerging industries or areas with NORM) 	16	53

本次研討會之口頭發表，除了各類研究的成果外，亦另外邀請頂尖學者進行專題演講；此外，佛羅里達州政府也提供在處理輻射事故的輻射事故機動實驗室(如圖 9)在現場進行展示。



圖 8、輻射事故機動實驗室

此外，主辦單位同時也規劃一展示宣導專區(圖 10)，邀請輻射防護相關行業進行設攤宣導，包括：核管會(U.S. Nuclear Regulatory Commission, NRC)、環保署(U.S. Environmental Protection Agency, USEPA)、國家航空暨太空總署(NASA)、美國核能協會(American Nuclear Society, ANS)、保健物理學會(HPS)等美國國內輻射防護相關政府機關及大專院校(如：科羅拉多州立大學、愛荷華州立大學、奧勒岡州立大學、普度大學、阿拉巴馬大學、法蘭西斯-馬瑞恩大學)以及各國的輻射防護協會設攤宣導。本次研討會結束後，國際輻射防護協會(IRPA)會員投票選定澳大利亞達爾文為 2032 年 IRPA 18 會議的舉辦地，本次爭取會議舉辦的競爭者包括中國、巴西、馬來西亞，上述各國之保健物理協會也在會場擺攤宣傳造勢爭取其他會員支持。

此外，也有邀請各類儀器廠商到場展示行銷，約莫有 20 家儀器公司展示最先進的輻射偵測儀器，以美國的廠商為主，現場提供各類型輻射偵測儀器、檢測設備及人員劑量計的展示和介紹(如圖 11)。本次展示的儀器種類十分廣泛，包含各類型手持式輻射偵檢器、中子偵測儀器、快速篩檢功能放射性分析設備、影像式輻射偵射儀、車載式輻射偵測儀器、液態閃爍偵檢器(檢測總 α 和總 β 活性)、個人輻射劑量計、超高流量空浮微粒自動分析儀器、人員快速全身計測設備等。



圖 10、IRPA 16 儀器展示及宣導場地



(a) 輕便型輻射偵檢儀



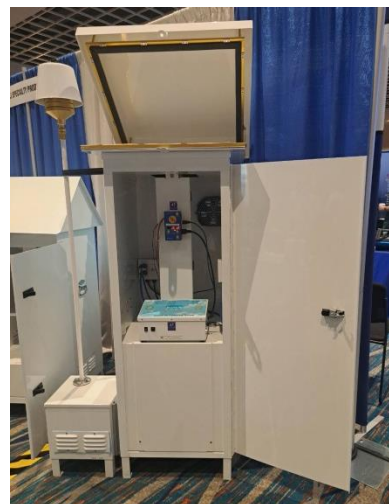
(b) 輻射偵測套裝設備



(c) 顯示型劑量配章



(d) 中子偵測儀



(e) 高流量空氣採樣器

圖 11、各式輻射偵測儀器及設備

另外，會議期間亦安排有專業加強訓練(Professional Enrichment Program, PEP)、繼續教育講座(Continuing Education Lectures, CEL)、在職進修課程(Refresher Course)及美國保健物理學會繼續教育課程(AAHP Continuing Education Courses)等教育訓練課程，供與會人員視需要參加。

(一) 專業加強訓練 (PEP)：

統一安排在開幕式前一日(7月7日) 辦理，每項課程授課時數2小時，共有24項課程(如表2)，因每場訓練需另外支付訓練費用美金 \$ 105 元，本次因行程安排及經費考量並未報名參加；PEP訓練課程如表3。

(二) 繼續教育課程 (CEL)：

於7月9日至7月12日研討會辦理期間，安排於每天會議前的早上7點45分到8點45分辦理，每項課程授課時數1小時，共4堂；本項課程為免費參加，CEL訓練課程如表4。

(三) 在職進修課程(Refresher Course)：

於7月9日至7月11日研討會辦理期間，也是安排在每天會議前的早上7點45分到8點45分辦理，每項課程授課時數1小時，共12堂；本項課程亦為免費參加，進修課程安排如表5。

(四) 美國保健物理學會繼續教育課程(AAHP Continuing Education Courses)

這是由美國保健物理學會 (AAHP)配合IRPA16國際研討會所開設的付費在職訓練，主要是提供給其會員(亦即取得美國認證保健物理師 CHP者) 的繼續教育課程，但不僅限開放於美國認證保健物理師(CHP)，有興趣者皆可付費參加；但本項訓練與IRPA 16研討會無關，欲參加者需另外透過美國保健物理學會 (AAHP)網站註冊報名。會議期間共計規劃有7堂課，每堂課時間為2到8小時不等，每完成1小時的訓練可獲得 2 個積分，該積分並可做為未來獲得保健物理師(CHP)重新認證的資格條件之一。

表 3、IRPA 16 專業加強訓練 (PEP) 課程清單

時間	課程名稱
8:00 ~ 10:00	<p>PEP 1-A、 「輻射騙局」 案例研究 (Case Studies in “Radiation Deception” : Practical Strategies for Avoiding Fraud Based on Lessons Learned)</p> <p>PEP 1-B、 成為社群媒體中的科學傳播者(Becoming a science communicator in social media)</p> <p>PEP 1-C、 牙科錐狀射束斷層掃描的使用經驗(Experiences with Dental Cone Beam CTs, Thoughts after 10 years Since their Introduction)</p> <p>PEP 1-D、 評估使用或處理放射性核種的危害(Evaluating Hazards When Using Or Processing Radionuclides)</p> <p>PEP 1-E、 適用於核電廠和醫學影像技術應用的新圖像化 CZT 3D 檢測系統(New Pixelated CZT 3D Detection Systems for Applications in Nuclear Power Plants & Medical Imaging Technology)</p> <p>PEP 1-F、 認知失調：風險認知中的啟發法與邏輯謬誤 (Cognitive Dissonance; Heuristics & Logical Fallacies in Risk Perception: Why It’ s So Natural For So Many To Believe So Much That Is So Wrong)</p>
10:30 ~ 12:30	<p>PEP 2-A、 有效輻射安全計畫的要素-作為輻射安全官員(So Now You Are the Radiation Safety Officer - Elements of an Effective Radiation Safety Program)</p> <p>PEP 2-B、 保健物理學家在緊急應變與資訊溝通的注意事項(Emergency Response and Information Communication - Considerations for the Health Physicist)</p> <p>PEP 2-C、 醫學體內輻射劑量測定的基本原則(Fundamental Principles of Medical Internal Radiation Dosimetry)</p> <p>PEP 2-D、 輻射屏蔽和體外劑量測定的基礎(Foundations of Radiation Shielding and External Dosimetry)</p> <p>PEP 2-E、 環境放射評估和劑量計算的概念和應用(Environmental Health Physics - Concepts and Applications for Environmental Radiological Assessment and Dose Calculation)</p> <p>PEP 2-F、 增強組織輻射安全文化的道德決策工具(Ethical Decision Making Tools for Enhancing Organizational Radiological Safety Culture)</p>

時間	課程名稱
13:00 ~ 15:00	<p>PEP 3-A、遠端操作地面機器人、無人機和潛水器的標準測試方法 (Standard Test Methods for Remotely Operated Ground Robots, Aerial Drones, and Submersibles)</p> <p>PEP 3-B、將以科學為基礎的指引納入核電廠輻射緊急應變和復育規劃 (Incorporating science-based guidance into the nuclear power plant radiological emergency response and recovery planning paradigm)</p> <p>PEP 3-C、醫用自屏蔽迴旋加速器的設計、安裝和調整注意事項：健康物理學家指南(Design, Installation and Commissioning Considerations Of A Self-Shielded Cyclotron For Healthcare: A Health Physicist's Guide)</p> <p>PEP 3-D、核能安全輻射防護的基本要素(Essential Elements of Nuclear Security for Radiation Protection)</p> <p>PEP 3-E、回顧事故劑量測定的進展：急性和慢性劑量評估技術 (Advancements in Retrospective and Accident Physical Dosimetry: Techniques for Acute and Chronic Dose Assessment)</p> <p>PEP 3-F、健康物理學家的阿爾法能譜(Alpha Spectroscopy for the Health Physicist)</p>
15:30 ~ 17:30	<p>PEP 4-A、劑量和效應：從車諾比、福島和國際太空站的鳥類、蜜蜂、狗和植物中學到的教訓(Dose and Effect: Lessons Learned from Birds, Bees, Dogs and Plants in Chernobyl, Fukushima & the International Space Station)</p> <p>PEP 4-B、Am-241 擴散及相關風險的研究(Studies on Dispersion of Am-241 and Associated Risk)</p> <p>PEP 4-C、多專科Y-90微球計畫中的輻射安全和風險緩解(Radiation Safety and Risk Mitigation in a Multi-disciplinary Y-90 Microsphere Program)</p> <p>PEP 4-D、Attila在厚屏蔽大房間的劑量率計算中的應用(Application of Attila for Dose Rate Calculations in Large Rooms with Thick Shielding)</p> <p>PEP 4-E、生物樣本中錒系元素的放射化學測量 (Radiochemical Measurements of Actinides in Biological Samples: Guide for Research Laboratories for a MARLAP-Based Approach to Uncertainty and Quality Management)</p> <p>PEP 4-F、保健物理學家的伽瑪能譜(Gamma Spectroscopy for the Health Physicist)</p>

表 4、IRPA 16 繼續教育課程 (CEL) 課程清單

時間	課程名稱
7月9日	CEL-1、如何減少透視診斷操作人員的輻射曝露(How to Reduce Radiation Exposure to Fluoroscopy Operators)
7月10日	CEL-2、在大學環境中實現雷射安全(Achieving Laser Safety in the University Setting)
7月11日	CEL-3、使用 X 射線和伽馬射線的放射生物學研究(Radio-biological Studies Using X and Gamma Rays)
7月12日	CEL-4、三哩島事件的過去、現在與未來(Three Mile Island: Past, Present & Future)

表 5、IRPA 16 在職進修課程(Refresher Course)課程清單

時間	課程名稱
7月9日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 現行游離輻射防護體系概述(Overview of the Current System of Radiological Protection for Ionizing Radiation) 2. 低劑量領域近期流行病學調查結果概述(Overview of recent epidemiological findings in the field of low doses) 3. 氡氣 / 釷氣研究現況及未來展望(Present Status and Future Perspective On Radon/Thoron Studies) 4. 輻射、放射性和輻射劑量測定中的數量和單位的初學者介紹 (Beginner' s Introduction to Quantities and Units in Radiation, Radioactivity and Radiation Dosimetry)
7月10日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 國際對非游離輻射防護系統的回顧(Review of the ICNIRP System of Protection) 2. 輻射危害：概念與計算方法(Radiation Detriment: Concept and Calculation Methodology) 3. 天然放射性物質管理(NORM Management) 4. 輻射/核事件醫療管理概述(Overview of Medical Management of Radiological/ Nuclear (R/N) Incidents Presentation Sessions)
7月11日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非游離輻射引起之游離輻射問題(When NIR Causes IR Problems) 2. 輻射生物學的生物有效性的基礎知識及其應用(The Basics of Relative Biological Effectiveness and Its Applications in Radiobiology) 3. 輻射防護的倫理價值及其應用(Ethical values in radiological protection and their implementation) 4. 鈾礦產業工作人員之體內劑量測定(Internal dosimetry of Uranium Workers. An update)

二、 論文發表

此次出國公差除了出席參加 IRPA 16 國際研討會收集最新的輻防議題，更於會中發表本中心執行「108-111 年執行國民輻射劑量評估計畫」的研究成果，包含海報論文及口頭論文各發表 1 篇，共計 2 篇。海報論文「Evaluation for Committed Effective Dose from ingestion of Dietary Foods for Taiwanese Adults(台灣成人從攝食導致之有效劑量評估)」，為「108-112 年執行國民輻射劑量評估計畫」中有關背景輻射體內曝露劑量之研究成果；口頭論文「Comprehensive Assessment of Medical Radiation Dose in Taiwan:Trends and Implications(台灣醫療輻射劑量綜合評估：趨勢和影響)」，則是「108-111 年執行國民輻射劑量評估計畫」中在醫療輻射劑量評估部分之研究成果，該部分之研究係本中心委託財團法人中華民國輻射防護協會執行，本次口頭發表由該研究團隊之計畫主持人-國立清華大學核子工程與科學研究所蔡惠予教授代表報告。

國民輻射劑量係台灣全體國民之平均年有效劑量(Effective dose per individual per year in Taiwan, E_{Taiwan})之簡稱，該數據可以代表每個國家天然輻射及各類輻射運用的情況，因此，美、日等世界各國及聯合國都會進行持續調查並不定期更新評估結果；全球性評估作業由聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)執行，也在本研討會發表最新的評估結果。經與相關與會來賓互動交流，顯示兩份研究在輻射度量及評估技術已達國際水準，相關之量測數據及評估結果具有代表性及公信力。

(一) 海報論文

本中心發表的海報論文「Evaluation for Committed Effective Dose from ingestion of Dietary Foods for Taiwanese Adults(台灣成人從攝食導致之有效劑量評估)」，為本中心執行「108-111 年執行國民輻射劑量評估計畫」在背景輻射體內曝露劑量之研究成果；本研究論文被歸類在「MA1：基礎科學 (Underpinning Sciences)」，展示位置為海報攤位第 118 號，在

研討會的海報張貼情形如圖 12、圖 13，並安排在議程中 7 月 9 日的海報發表時間說明介紹研究成果；海報論文內容詳附件 3。

本研究彙整本中心民國 106-110 年間「台灣地區放射性落塵與食品調查半年報」報告中之檢測數據為統計母數；劑量轉換因子採用現行之游離輻射防護安全標準公告之劑量轉換因子，且依不同年齡群評估；攝食情境的部分，採用衛生福利部食品藥物管理署所建置之「國家攝食資料庫」所提供的國人飲食習慣的調查結果，以更貼近國人的飲食習性，完成鉀-40、鈾-210、鈾-232、鈾-238、銫-137 及銈-90 等 6 個核種之體內劑量評估。

經評估，國人經由攝食途徑導致體內輻射曝露之國民輻射劑量(E_{Taiwan})為每年 0.542 毫西弗；以鈾-210 之 0.377 毫西弗最高，其次是鉀-40 之 0.152 毫西弗及碳-14 之 0.012 毫西弗，在整體攝食曝露劑量之占比分別為 69.6%、28.1%及 2.2%，三者都是天然核種。同時評估的還有人造核種銫-137 及銈-90，其來源為境外核設施、核試爆或核子事故排放之放射性落塵長期累積而來，經逐年衰變，目前經攝食所造成體內劑量為每年 0.37 微西弗，在整體攝食曝露劑量的占比約只有 0.06%，與 87 年評估之每年 1.2 微西弗相比已有明顯的下降。

本研究主要改以攝食法評估背景輻射的體內曝露劑量。與過去常用的全身計測法相比，以攝食法評估體內曝露會有高估的情況，故以往多用於具輻防目的、需採保守的管制行為上；背景輻射屬既存曝露，過去研究多採用全身計測法或組織成分法做評估。經收集國外重要文獻及回顧本中心民國 87 年之第一次執行國民輻射評估的經驗，考量台灣民眾具有喜食海鮮和食用動物內臟習慣，若以全身計測法，會低估天然放射性物質鈾-210 之體內曝露劑量；故本研究除了鉀-40 外，其餘核種均改以攝食法評估體內曝露劑量。

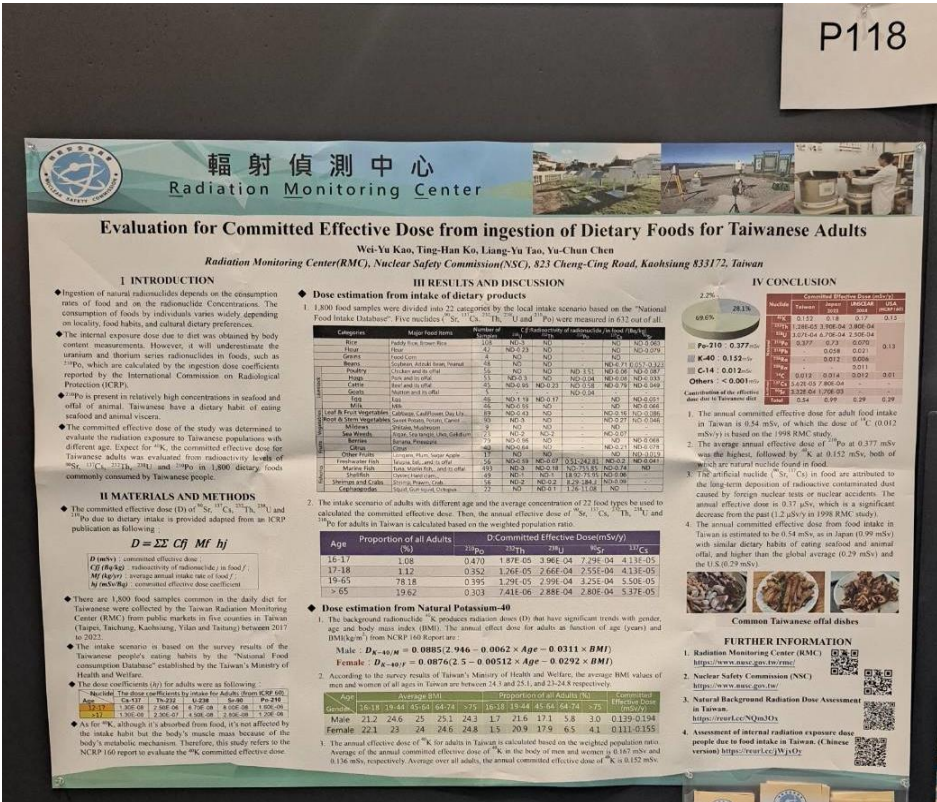


圖 12、本中心論文海報展示

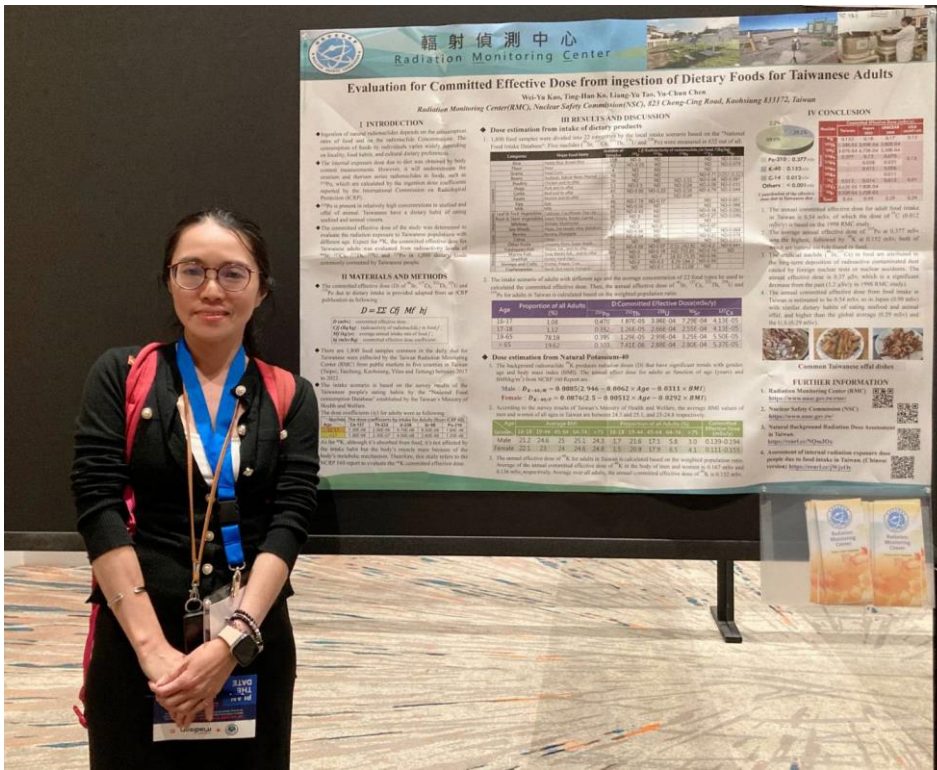


圖 13、本中心與會者及海報論文

(二) 口頭簡報

本中心執行「108-111 年執行國民輻射劑量評估計畫」，其中，醫療輻射劑量評估部分係委託財團法人中華民國輻射防護協會執行，該研究團隊之清大蔡惠予教授將相關研究成果整理成「Comprehensive Assessment of Medical Radiation Dose in Taiwan:Trends and Implications(台灣醫療輻射劑量綜合評估：趨勢和影響)」，本研究屬於大會主題的「MA5：醫療保健中的輻射防護(Radiation Protection in Health Care)」，被安排在 7 月 11 日上午 MA5 領域的第 4 場分組會議進行口頭發表，在研討會的發表演情如圖 14、圖 15。

此研究採用系統性方法調查台灣的醫療輻射劑量，結合台灣之國民健康保險資料庫來統計及估算曝露於醫療輻射的人數，收集了約 14 萬筆醫療輻射照射資料紀錄；再透過代表性醫院的實地調查，收集電腦斷層掃描、核子醫學、心臟介入透視、非心臟介入透視、常規透視、普通常規 X 光、乳房 X 光攝影、牙科 X 光檢查等 8 個檢查類別的放射學參數和輻射劑量輸出數據，歷時 3 年 6 個月完成，研究成果提供台灣最全面的醫療輻射診斷的曝露評估成果。

根據國民健康保險資料庫分析使用人數，確定了 51 個具有顯著輻射劑量影響的檢查程序；並針對每個類別開發了相應的醫療輻射劑量評估模型，以計算各類診斷的個人年有效劑量(Average annual Effective dose, E_{EXP})；再透過將這些劑量與曝露人群數據的分佈相結合來估計集體有效劑量(Annual collective effective dose, S)；最後，根據全國總人口推導出台灣在醫療診斷上的全體國民之平均年有效劑量(E_{Taiwan})，亦及醫療曝露之國民輻射劑量(E_{Taiwan})。研究主要結果分為四個部分：(1) 綜合分析國民健康保險資料庫，評估 1990 年至 2017 年醫療放射檢查趨勢；(2) 赴 12 家醫院、96 科室進行 8 個檢查類別現場調查；(3) 針對已確定的 51 個檢查序列開發輻射劑量評估模型，先計算各類診斷的個人年有效劑量(E_{EXP})，使用國民健康保險資料庫 2017 年之就診人數，從而對 8 個類別的集體有效劑量(S)進行



圖 14、台灣醫療輻射劑量調查研究成果口頭發表(1)



圖 15、台灣醫療輻射劑量調查研究成果口頭發表(2)

評估；(4)集體有效劑量除上台灣總人口，即可評估台灣 2017 年醫療輻射各類別之台灣民眾個人年有效劑量 (E_{Taiwan})，亦即國民輻射劑量(E_{Taiwan})；(5)：台灣醫療曝露之國民輻射劑量(E_{Taiwan})評估如下：電腦斷層掃描每年 1.02 毫西弗 (ICRP 60)/0.98 毫西弗(ICRP 103)；心臟介入透視每年 0.19 毫西弗 (ICRP 60)/0.20 毫西弗(ICRP 103)；非心臟介入透視 每年 0.05 毫西弗(ICRP 60)/0.05 毫西弗(ICRP 103)；常規透視每年 0.01 毫西弗(ICRP 60)/0.01 毫西弗(ICRP 103)；一般常規 X 射線每年 0.08 毫西弗(ICRP 60)/0.08 毫西弗(ICRP 103)；乳房 X 光檢查每年 0.001 毫西弗(ICRP 60)/0.003 毫西弗 (ICRP 103)；牙科射線照相每年 0.001 毫西弗(ICRP 60)/0.005 毫西弗(ICRP 103)；核子醫學每年 0.16 毫西弗(ICRP 60)。台灣醫療輻射劑量的主要貢獻者是電腦斷層掃描、心臟介入透視和核醫學，平均年有效劑量(E_{Taiwan})約為每年 1.51 毫西弗。口頭簡報內容詳附件 4。

(三) 論文交流紀要

上述兩篇發表的研究論文都是本中心執行「108-111 年執行國民輻射劑量評估計畫」之相關研究成果，主要評估台灣民眾全體國民之平均年有效劑量(E_{Taiwan})，研討會中也有類似的研究，中心也趁次機會於會中與相關領域專家就此研究議題進行討論交流；其中，最重要的交流對象就是執行全球性評估之聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)之計畫團隊。

聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)於本次研討會中報告，預告會在今(2024)年公布最新的全球民眾背景輻射調查結果，這也是繼 2008 年來，聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)針對背景輻射部分的首次數據更新。本次報告將調高全球民眾背景輻射的年有效劑量(Effective dose per individual per year in global population, E_{global})為每年 3.0 毫西弗 (原 2.4 毫西弗/年)，包含宇宙射線 0.3 毫西弗/年、地表輻射 0.4 毫西弗/年、氬氣吸入 1.8 毫西弗/年、食物攝入 0.5 毫西弗/年；調整趨勢與本中心 112 年公布的評估結果一致(比較如表 6)，本中心的調查結果為台灣民眾的平均年有效劑量(E_{Taiwan})為 2.37 毫西弗(原 1.62 毫西弗/年)，包含宇宙射線

0.35 毫西弗/年、地表輻射 0.58 毫西弗/年、氡氣吸入 0.90 毫西弗/年、食物攝入 0.54 毫西弗/年。

聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)這份最新的評估結果也調高了食品攝入的劑量；經了解，主要也是除了鉀-40 外，其於核種均改以攝食法評估體內曝露劑量所致。

表 6、UNSCEAR 及本中心之背景輻射調查結果比較

單位：毫西弗/年

	台灣 (E_{Taiwan})		UNSCEAR (E_{Global})	
	1998 年	2023 年	2008 年	2024 年
宇宙射線	0.26	0.35	0.39	0.3
地表輻射	0.64	0.58	0.48	0.4
氡氣吸入	0.28	0.90	1.26	1.8
食物攝入	0.44	0.54	0.29	0.5
合計	1.62	2.37	2.42	3.0

醫療輻射部分，台灣的研究的方法和評估結果可以為其他尋求評估和減輕醫療輻射曝露的國家和機構提供有價值的參考。依據聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)2022 年公布的 UNSCEAR 2020/2021 全球醫療輻射調查報告之調查結果(如表 7)，台灣民眾的醫療輻射平均年有效劑量約為每年 1.51 毫西弗，主要介於國家收入在中間偏高及高之間；醫療輻射主要劑量貢獻來源則與其他國家一樣，電腦斷層掃描都是醫療輻射最主要的貢獻者。

表 7、UNSCEAR 2020/2021 全球醫療輻射調查結果

國家分類 (依收入高低)	高	中間偏高	中間偏低	低
年有效劑量(mSv)	1.71	0.46	0.31	0.13

民眾輻射劑量的調查為持續性的工作，聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)及世界各國的評估作業平均每 15-20 年才會做更新。本次聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)更新的 UNSCEAR 2024 報告雖尚未出版，但目前已送大會審查中，預計年底公布，台灣最新的評估結果並未納入。

聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)表示，預計在 2026 年會針對 UNSCEAR 2024 報告有一個再版，若能提供相關文獻，台灣的調查結果有機會在後續的再版報告中呈現；惟因台灣人口占比不大，雖然台灣的研究雖可提供非常寶貴的研究數據及方法論，但因聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)評估之全球民眾背景輻射的年有效劑量(E_{global})會考量人口占比，台灣的數據納入與否應不致影響全球的加權平均值。

三、重要輻防議題及研究

國際輻射防護體系研討會 (IRPA 16)是保健物理界的全球討論會，所涉議題多元，參加人員涵蓋產、官、學界，性質上不像是一般的學術研討會，展示的論文的性質相當多樣，除了深度探討某特定領域的學術研究外，也有很多輻射領域最新資訊的交換與實務經驗的交流，包含法規調整及管制實務現況的說明。由本次研討會各類主題的論文數量(表 2)，「MA4：劑量測定和測量(Dosimetry and Measurements)」、「MA5：醫療保健中的輻射防護(Radiation Protection in Health Care)」和「MA3：溝通和利害關係人參與(Communication and Stakeholder Involvement)」三個主題數量最多，可以看出這些主題是較多人投入的研究方向，但因投稿時每篇論文只能選擇一個領域，這個論文數據統計結果並無法反映部分跨領域研究的分布狀況。

由於研討會的議程安排是同時間在不同會議廳有多場會議同時舉行，無法每一場都到場聆聽，僅能優先參加與中心業務較為相關之場次；另因大會僅要求作者提供摘要並未要求完整論文，且會後也未將較完整的口頭簡報及海報內容提供給參加者，茲就參加會議所收集資訊，摘錄與本中心執掌輻射偵測較相關及可供未來我國輻射防護管制發展與研究參考之部分彙整如下。

(一) ICRP 輻防管制架構的精進

現行的輻防體系仍以輻防三原則-正當化 (Justification)、最適化 (Optimization) 與劑量限制 (Limitation) 為中心。目前最新的輻防系統是依據 ICRP 2007 年發表的 ICRP 第 103 號報告，將曝露情境分為計劃曝露情境 (Planned exposure situation)、緊急曝露情境 (Emergency exposure situation) 和既存曝露情境 (Existing exposure situation) 等三情境；曝露類別則區分成輻射工作人員的職業曝露 (Occupational exposure)、一般民眾的公眾曝露 (Public exposure) 及病人的醫療曝露 (Medical exposure)。ICRP 所建議的曝露情境及曝露類別對應所的輻防情境矩陣關係如表 8；對應不同的曝露情境與防護對象，就有不同的劑量標準可供依循，如參考基準 (Reference Levels)、劑量約束 (Dose Constraints)、劑量限值 (Dose Limits)。

表 8、ICRP 曝露情境及曝露類別對應所的輻防情境矩陣表

曝露種類 曝露情境	職業曝露 Occupational Exposure	公眾曝露 Public Exposure	醫療曝露 Medical Exposure
既存曝露 Existing Exposure Situation	太空人、飛航人員的宇宙射線曝露 (e.g. aircrew and astronauts exposed to cosmic radiation)	背景輻射，包含、食品攝入、氡氣吸入、地表輻射、宇宙射線 (e.g. radon gas in the home)	
計劃曝露 Planned Exposure Situation	輻射工作人員 (e.g. working in a hospital, uranium mine, or nuclear power plant)	陪病者、核電廠附近的居民 (e.g. visiting a hospital, living near a nuclear power plant)	接受輻射治療的患者 (e.g. getting an x-ray, CT scan, or radiation treatment)
緊急曝露 Emergency Exposure Situation	事故應變期間的緊急曝露 (e.g. in the immediate response to an accident)	重大事故後的曝露 (e.g. during a major accident)	

來源：http://icrpaedia.org/Exposure_Categories_and_Situations

為能使輻射防護更有效的被推行，國際放射防護委員會（ICRP）已著手對放射防護系統進行審查和修訂，進一步完善並最終取代 ICRP 在 2007 年出版的 103 號報告。爰此，國際放射防護委員會（ICRP）在 2021 年發表了「Keeping the ICRP Recommendations Fit for Purpose（保持 ICRP 建議適用性）」論文，鼓勵各界討論現行的輻防架構及提出哪些領域最需要進行審查，並啟動合作努力；此外，國際放射防護委員會（ICRP）也於 2022 年 9 月在葡萄牙埃斯托利辦理工作坊，自此世界各國也陸續開啟相關研究並回饋 2007 年架構執行至今的經驗。

承上，國際放射防護協會（IRPA）也為此成立專門的工作群組，彙整協會各國成員對於這項修正倡議的意見，後續也會將修正方向的共識和專業範圍內的觀點回饋給國際放射防護委員會（ICRP）。

綜整國際放射防護協會（IRPA）成員對現行架構在執行輻防護工作提出的修正建議摘錄如下：(1)職業曝露和公眾曝露的劑量限值之間的缺乏區別，且可用於防護的工具整合似乎與定義曝露情況的問題無關；(2)需要更廣泛的視角來確定誰可以被視為利害關係人，並建議重新評估不同曝露情況下劑量和可推測風險的可接受性，並定量化輻射風險與其他風險的比較；(3)在推動輻射防護系統部分，輻射風險是公眾溝通的關鍵問題，為了解決這問題，建議可使用自然背景及其變異性來改善輻射風險的溝通；(4)另外，在優化和合理性部分，建議強調優化不等於最小化，重要的是促進使用合理的謹慎來避免過度保守；(5)在計算輻射有效劑量和風險時，應引入年齡和性別特異性權重因子，以改善個體風險評估，特別是在醫療曝露劑量的評估；(6)許多輻射曝露不完全適合目前三種類型曝露情境的其中一種，這是管制輻射應用的關鍵問題，這表明現行系統需要進一步澄清；(7)有鑑於日本福島事件後對公眾劑量限值(1 毫西弗/年)的放寬所引起的溝通問題，建議應對現行的公眾劑量限值(1 毫西弗/年)僅用於計劃曝露情況的使用有更清晰的解釋。

(二) 歐盟「RadoNorm 計畫」

一般民眾的既存曝露主要由存在環境中的背景輻射所造成，而氡氣(Radon)為背景輻射最主要的劑量來源；根據 1987 年發表的 ICRP 50 號報告，不論是住宅和工作場所，氡氣曝露都是造成肺癌的重要風險來源之一；氡氣屬天然輻射，但在背景輻射占比高，防護作法又有別於人造輻射，因此，氡氣的監控管制在世界各國國家一直是重要議題。為了解決民眾生活中氡氣和天然放射性物質(Naturally Occurring Radiation Material, NORM)曝露的問題並提供答案，以及研議個人和公眾降低輻射風險提供合理、可行和適用的解決方案，自 2020 年起，在歐洲原子能共同體研究培訓 (EURATOM Horizon 2020) 計畫的資助下，歐盟開始一個跨國的氡氣管理專案 - 「RadoNorm 計畫」，旨在基於改進的科學證據和社會考慮的有效輻射防護下，有效管理氡氣和天然放射性物質(NORM)曝露的風險。這個計畫透過專案研究和技術開發，減少氡氣和天然放射性物質(NORM)管理在科學、技術和社會的不確定性，以支持歐盟成員國和歐盟委員會持續實踐歐洲輻射防護基本安全標準；該計畫共有 22 個國家、57 個組織參加，計畫執行期間共計 60 個月，重點放在改善氡氣和天然放射性物質(NORM)的輻射風險及強化相關技術的知識管理，執行架構如圖 16。

「RadoNorm 計畫」針對氡氣和 NORM 曝露情況的輻射風險管理週期的所有相關步驟進行相關研究和技術開發，將教育和培訓納入所有研究和發展活動，以及透過有針對性的行動向公眾、利害關係人和監管機構傳播專案成果。為了實現其目標，「RadoNorm 計畫」由八個工作群組 (Working Package, WP) 組成(如圖 17)，由德國聯邦安全局(BFS)、法國放射防護與核安研究所(IRSN)、匈牙利能源研究中心(EK)、芬蘭輻射與核子安全局(STUK)、捷克國家輻射防護研究所(SURO)、比利時核子研究中心(SCK-CEN)、瑞典斯德哥爾摩大學(SU)、斯洛維尼亞米蘭維德瑪電氣公司(EIMV)等不同國家的輻防管制單位分別負責「協調、管理和行政(Coordination, Management and Administration)」、「曝露(Exposure)」、「劑量測定(Dosimetry)」、「影響和風險(Effects and Risks)」、「減輕(Mitigation)」、「社會方面(Societal

Impact of RadoNorm and RP of humans and the environment

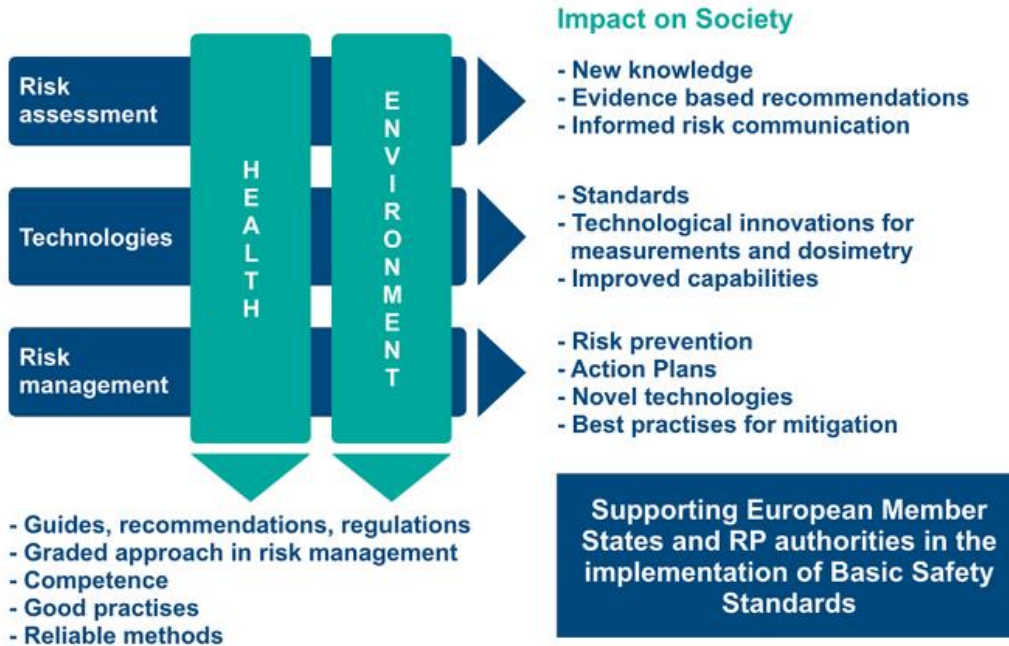


圖 16、歐盟 RadoNorm 計畫的執行架構

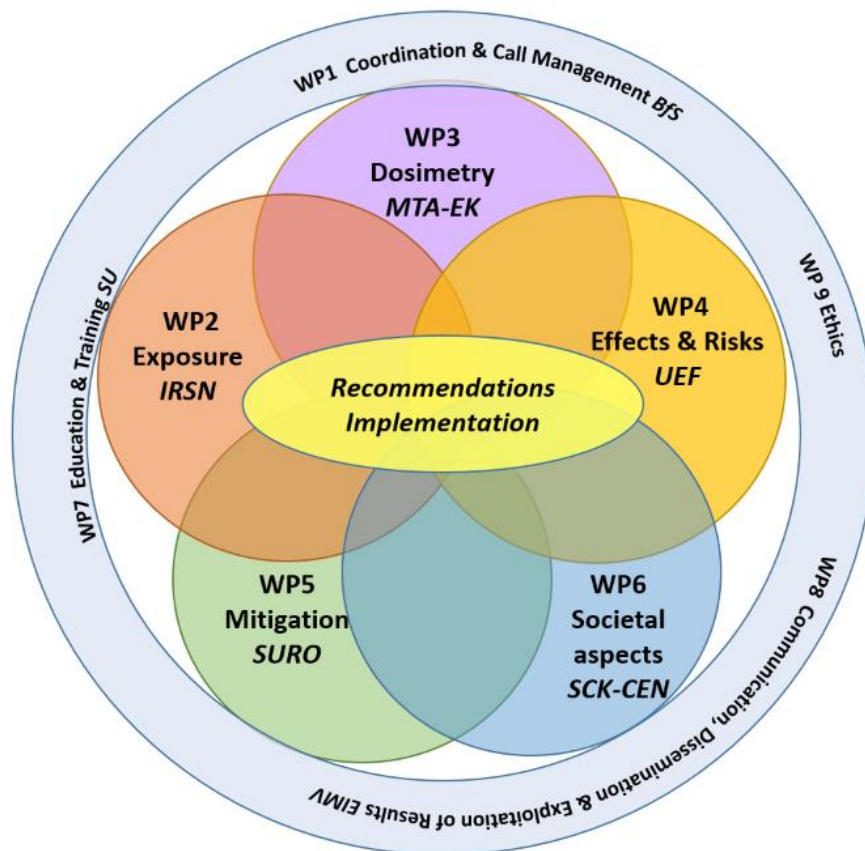


圖 17、歐盟 RadoNorm 計畫的工作群組和分工

aspects)」、「教育訓練(Education and Training)」、「結果的溝通、傳播和利用(Communication, dissemination and exploitation of results)」等工作項目的合作；相關執行成果在本次研討會中在「MA11：氡氣和天然輻射(Radon and Naturally Occurring Radiation)」、「MA3：溝通和利害關係人與(Communication and Stakeholder Involvement)」等主題中有不少的成果發表。

歐盟的「RadoNorm 計畫」執行至今，已產出了相當多氡氣和 NORM 管制行動的執行成果和研究論文，且皆公開在其專案計畫網頁供下載(<https://www.radonorm.eu/publications/scientific-papers/>)。氡氣的相關研究相當多，但回歸到氡氣之管制面，提高民眾對氡氣的認知仍是當務之急；民眾及工作人員都需要了解住宅、工作場所可能存在的氡氣問題，政府單位則需要從風險管理的角度建立相關的法規及建築規範，過程中也需要強化利害關係人參與之機制。此外，氡氣的問題與天然放射性物質(NORM)之輻防管制相關，天然放射性物質(NORM)之輻射作業具有多樣化特徵，且涉及廣泛之工業部門，在過去許多作業之輻射安全並未受到管制，包括決定管制哪些材料以及如何管制，並沒有可適用於管制所有工業活動之作業流程的方法，未來對於天然放射性物質(NORM)之輻防管制，對於各國的主管機關和業者都是挑戰。

國內目前並未針對室內氡氣之活度濃度訂定相關之管制規定，而國際組織針對氡氣活度濃度標準僅作為建議值，上述資訊可做為將氡氣活度濃度納入法令管制之參考。

(三) 太空人的輻防管制

太空任務中，近地軌道會失去地球大氣層提供對宇宙輻射的自然屏蔽，在太空深處中還會失去地球強磁場的屏蔽。因此，為了實現對太空人的輻射健康目標，輻射劑量測量是每次載人太空任務的重要部分，意即監測、描述

和量化太空人生活和工作的輻射環境，包括：計算太空人在太空漫步期間的曝露估算、評估航天器上攜帶的任何輻射產生設備，以及進行太空人曝露的全面計算機建模。太空站的太空人經常佩戴物理劑量計來測量其累積曝露量，並在飛行後提供血液樣本以測量輻射對血細胞染色體的損傷。此外，在太空站也有進行了利用成人體軀幹放置劑量計(300 多個)的實驗，以確定在太空飛行期間人體特定器官吸收的宇宙輻射量。

太空人的輻射防護主要分成任務規劃、工程防護和飲食調整等三類手段來達到效果。

1. 任務規劃：即透過任務規劃限制太空人執行太空任務的時間。這主要透過將太空站上的總任務時間縮短到 3-6 個月、減少太空人在航天器外執行太空漫步的時間，以及在太陽風暴活動減少的時期規劃太空任務等方式來實現。然而，由於未來探索月球及其他深空的長期任務時間更長（往返火星至少需要 2 年），會使太空人曝露於更具破壞性的輻射類型，因此在太空人能夠在太空深處長時間停留之前，必須採取更好的屏蔽和緩解策略。
2. 工程防護：工程防護措施是指利用屏蔽讓太空人免受輻射的結構或工具。太空人生活和工作地點的屏蔽要求，會因曝露於不同類型和水平的輻射而有所不同；屏蔽中的原子與太空輻射粒子發生相互作用時，還會產生次級粒子（如中子）；若屏蔽不夠厚來阻擋這些次級粒子，那麼進入飛船內部的次級粒子可能比原來的宇宙射線對太空人的健康危害更大。研究顯示，由輕量碳和氫原子組成的聚乙烯塑料（稱為 RFX1）在屏蔽太陽耀斑和的銀河宇宙射線效果分別比鋁好 50%、15%；富含氫的水也可以吸收輻射，但水比聚乙烯更重，發射成本更高。太空站上佔用時間較長的地方（如睡眠區和餐廳）會使用聚乙烯材料作為屏蔽，以減少太空人日常的宇宙射線曝露；在近地軌道作業的太空站，因輻射數量和能量較低且有地球大氣層保護，所需的屏蔽較少；月球上的

輻射屏蔽則需要非常厚，以防止高能質子和重離子等初級宇宙射線穿透，這種屏蔽可以包括航天器或居住模塊的金屬外殼、一層絕緣的月球水，或者兩者兼有。其他發展中的屏蔽方法還有電靜輻射屏蔽 (electrostatic radiation shields) 和月壤 (lunar regolith)，前者是通過產生正負電荷來偏轉來自太空的帶電輻射粒子造成屏蔽的效果，後者則是月球表面的粉碎塵埃材料。儘管現有的屏蔽可以解決一些輻射問題，但這些屏蔽不能完全防止輻射；厚度為五到七公分的屏蔽只能阻擋 30% 到 35% 的輻射。由於這個原因，也會對透過飲食調整來減輕游離輻射對太空人的影響。

3. 飲食調整：飲食調整措施是指讓太空人補充可減少電離輻射影響的藥物。這些補充劑大致分為兩類，第一類是可防止輻射損害的食品或特定營養素，第二類是可以促進輻射損傷快速恢復的藥物。可防止輻射損害的食品或特定營養素包括：維生素 C 和 A 等抗氧化劑，可以吸收輻射產生的自由基來防止損害。第二類可促進輻射損傷快速恢復的藥物（輻射保護劑），主要是通過刺激存活的幹細胞和前體細胞的生長，或延長檢查和修復受損基因的細胞周期段來達到小果；第二類類的藥物(輻射保護劑)之使用會有噁心、低血壓、無力和疲勞等不良副作用，雖已用於治療輻射曝露或體內污染的人，目前還太空人的防護仍在臨床階段中，預期將會應用在長期太空任務中。此外，因為太空站的屏蔽會阻擋有害的紫外線，影響影響皮膚接受紫外線照射所產生的維生素 D，因此，會讓太空人補充維生素 D，以維護骨骼生長。

(四) 食品中放射性核種的曝露評估

在過去，食品中放射性核種管理的國際標準和指南著重於核子事故等緊急情況後的管制，聯合國糧農組織 (Food and Agriculture Organization, FAO)、世界衛生組織 (WHO) 聯合食品法典委員會 (FAO/WHO Codex

Alimentarius Commission)所訂的國際食品標準「Codex Guideline levels」，即是用於核事故或輻射緊急情況後食品中放射性核種濃度的推導和管制；國際原子能機構（IAEA）則是在其安全標準系列第 GSG-11 號文件「核或輻射事故終止安排(Arrangements for the Termination of a Nuclear or Radiological Emergency)」中，訂定有關事故期間之食品中活度濃度和劑量的計算方式和國際標準。

國際原子能總署(IAEA)於 2014 年發布了 IAEA 安全標準 GSR 第 3 部分「IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3-Radiation Protection And Safety of Radiation Sources : International Basic Safety Standards」(以下簡稱 GSR 第 3 部分)，引入了一項新要求，建議各國需要評估非緊急情況下食品中放射性核種的曝露情況，且需一併考慮來自天然和人造放射性核種的貢獻，並根據國際原子能總署(IAEA)在這份文件所提到的「國際基本安全標準(International BSS)」是將食品中的放射性視為「既存曝露(Existing Exposure)」進行管理，因而使用參考水平(reference levels)而非限值(limits)。

為了支持 2014 年所提「國際基本安全標準(International BSS)」針對非事故期間食品攝入劑量的評估的要求，聯合國糧食及農業組織（FAO）、國際原子能機構(IAEA)、世界衛生組織（WHO）自 2017 年起共同開展了全球食品放射性核種含量調查，以及制定了非事故期間、正常情況下的食品中放射性核種管理方法；本次研討會，IAEA 也特別介紹其完成上述計畫後，分別在 2022 年和 2023 年出版的兩份「非核或輻射事故的食品中放射性核種的曝露(Exposure Due to Radionuclides in Food Other Than During a Nuclear or Radiological Emergency)」相關文件中具體說明，該兩份文件分別為：IAEA 第 114 號安全報告「IAEA Safety Report Series NO. 114 - Exposure Due to Radionuclides in Food Other Than During a Nuclear or Radiological Emergency Part 1:Technical Material」(以下簡稱第 114

號安全報告)和 IAEA 技術文件「IAEA-TECDOC-2011-Exposure Due to Radionuclides in Food Other Than During a Nuclear or Radiological Emergency Part 2: Considerations in Implementing Requirement 51 of IAEA General Safety Requirements Part 3 (International Basic Safety Standards)」。這是國際組織首次針對非緊急情況下食品中放射性核種的管理提供指引，重要內容包括：全球食品中常規存在的放射性核種的數據、應重點關注對輻射劑量貢獻最大的放射性核種，並將介紹在非緊急情況下評估和管理食品曝露的不同方法，旨在推動討論和可能應用這些建議方法來管理非緊急情況下食品中的放射性核種所造成既存曝露之正確評估方式。

上述文件與國民輻射劑量背景輻射估算有關，經檢視與本中心 108-111 年國民輻射劑量評估所用方式一致，建議後續可詳讀該兩份文件，並翻譯轉錄成可用技術文件供後續執行國民輻射劑量調查時參考，僅摘錄這兩份文件部分重要內容如下：

1. 鉀-40 是重要的體內曝露來源，主要透過食品攝取，但因體內鉀的積累由代謝過程控制，體內鉀-40 的含量與食物中鉀-40 的活度濃度無關；因為來自鉀-40 的劑量是無法避免的，故鉀-40 被排除在「IAEA 安全標準系列第 GSG-11 號文件」的範圍之外，意即在估計非事故期間之食品劑量會排除鉀-40 的貢獻。
2. IAEA 安全標準「GSR 第 3 部分」中提到，除了要評估目標群體所接受的劑量外，但也有必要進行定期研究以評估普通人群從飲食中接受的劑量，並建議國家當局使用「每年 1 毫西弗」作為飲食中劑量的參考水平；因此，「第 114 號安全報告」提供了可用於監測放射性核種的方法，包括總飲食研究(Total Diet Study)、市場購物籃研究(Market Basket Study)、重複飲食研究(Duplicate Diet Study)、食堂餐研究(Canteen Meal Study)和個別食品監測(Monitoring of Individual

Foods)，但並沒有首選或推薦的食物取樣方法，選擇哪種方法取決於目標和可用資源。

3. 背景輻射放射性核種攝入劑量之計算方式

$$\sum_{i=1}^n (A_i \times E_i) \times M(A) = D$$

A_i ：各類消費食品所含該核種之活度濃度(Bq/kg)；

D ：攝入年有效劑量 (mSv/yr)；

$M(A)$ ：每年消耗的食物攝取量 (kg/ yr)；

E_i ：攝入每單位放射性核種 (i) 的有效劑量 (mSv/Bq)。

4. 國際原子能總署(IAEA)依據上述方法評估之背景輻射攝入劑量及貢獻比例調整如圖 18。鈾和鈷衰變系列的四種放射性核種在實際接受的劑量中占主導地位，分別為鈾-210 (52%)、鉛-210(19%)、鐳-228(12%)、鐳-226Ra(6%)，其次是碳-14(3%)、銻-90(1%)、銻-134 + 銻-137 (1%)、其他放射性核種(包含天然及人造)6%；碳-14 在環境中自然產生，但也有來自人為活動的額外貢獻，例如來自核設施和核武器爆炸的空中和液體排放。放射性銻和銻-90 是人為製造的放射性核種，例如，它們在核設施中產生，並且也可以在歷史核武器試驗的殘留物中檢測到。經綜整 45 個國家所進行的 158 項膳食調查評估結果，顯示來自所有放射性核種的估計年平均劑量為 0.27 毫西弗(不含鉀 40)；這個數字是全球平均值，在國家、地區、地方和個人習慣上存在差異。

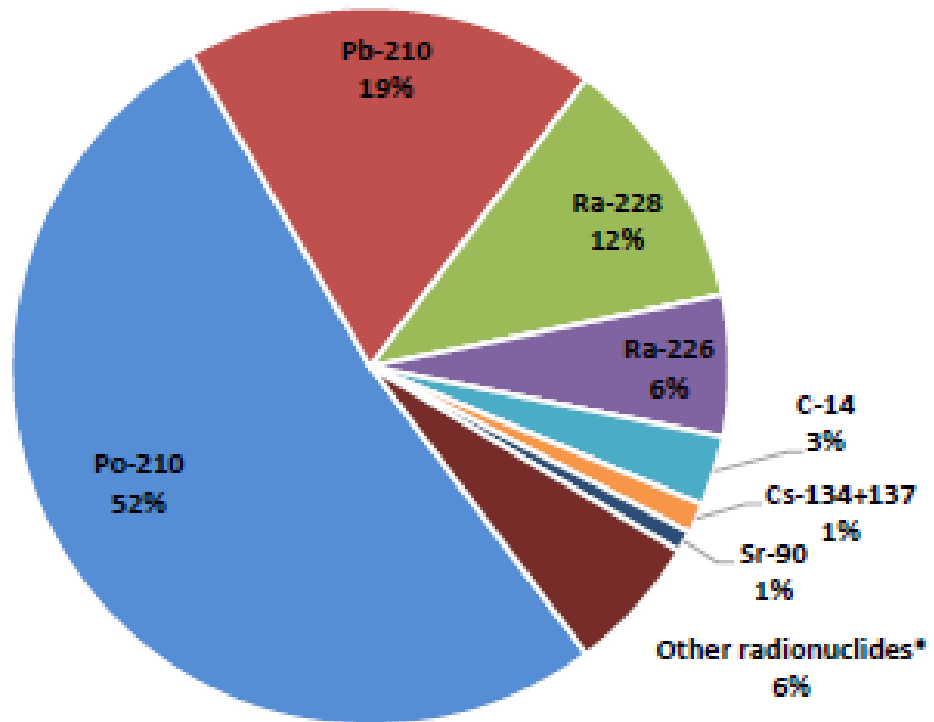


圖 18、飲食中放射性核種(不含鉀-40)年有效劑量的占比

(資料來源：IAEA Safety Report Series NO. 114)

5. 非事故期間的食品中放射性核種調查流程如圖 19。非緊急情況下評估食品中放射性核種曝露有兩種建議方法：

- (1)方法一、評估飲食中的年攝取劑量，計算攝入劑量並與每年約 1 毫西弗的劑量進行比較。
- (2)方法二、考慮單一食物中的活性濃度。個別食品中對輻射劑量影響最大的放射性核種進行測量，並將其活度濃度與這些特定放射性核種的指導水準進行比較。

評估方法及規定部分，核子事故期間之食品管制，主要參考的文件為 IAEA 安全標準 GSR 第 7 部分「IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7-Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency」及聯合國糧農組織、世界衛生組織聯合食品法典委員會 (FAO/WHO Codex Alimentarius Commission) 所訂的國際食品標準「Codex Guideline levels」；非事故期間的評估依據則為 IAEA 安全標準 GSR 第 3 部分、第 114 號安全報告和技術文件 IAEA-TECDOC-2011。

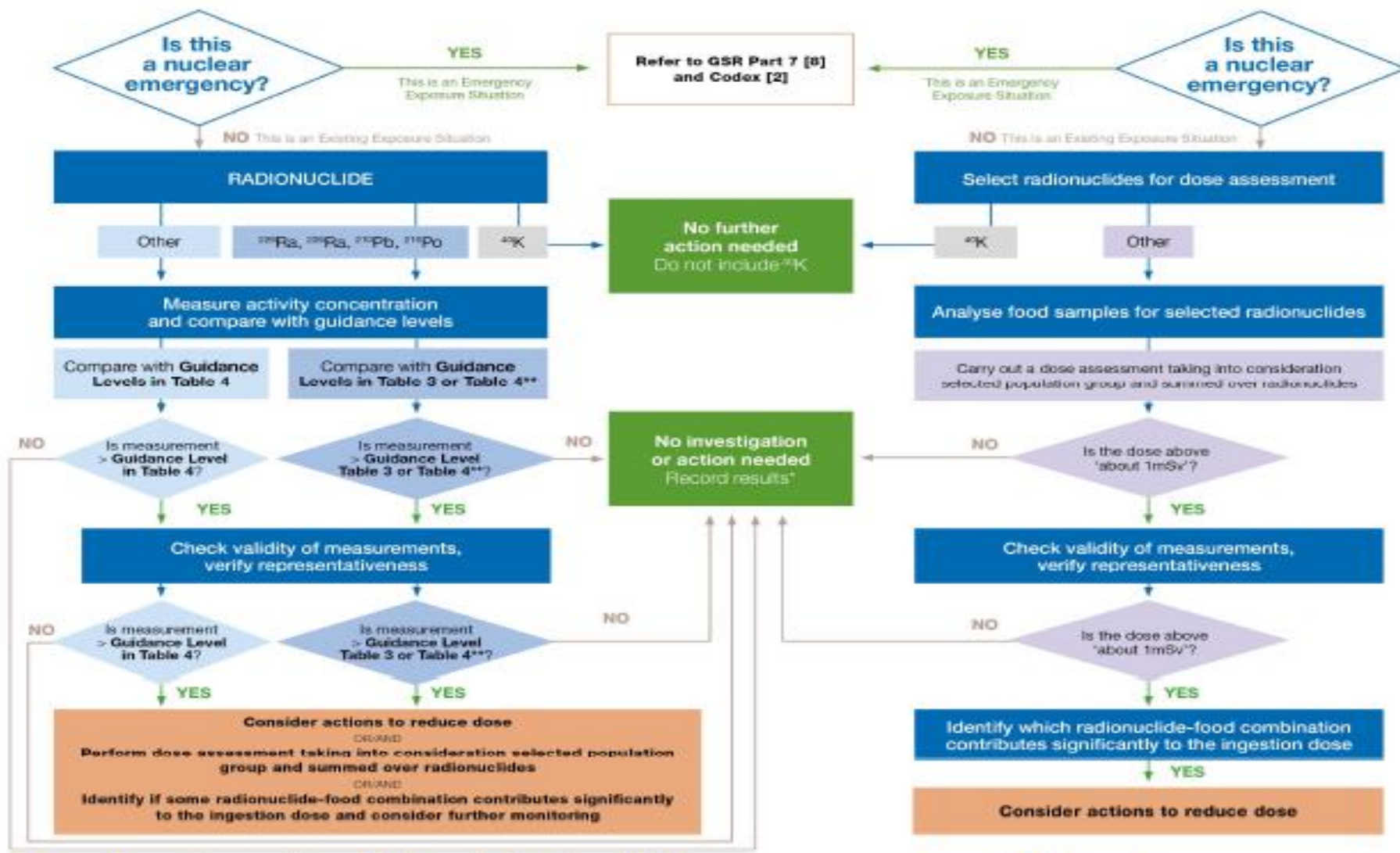


圖 19、非緊急情況下食品中放射性核種曝露評估執行流程 (資料來源：IAEA Safety Report Series NO. 114)

(五) 日本福島事故之檢討和經驗回饋

日本福島事故至今已 12 年，有一系列論文研究成果更新災區的最新狀況。環境偵測部分，日本將空中偵測(有人機、無人機)車載偵測及人力偵測之各類監測數據全數彙整在一起並做空間劑量率的演覽圖(如圖 20)，可看出目前多數地點之空間劑量率已降至 0.5 微西弗/小時以下；上述評估結果已被地方政府的除污驗證委員會使用。

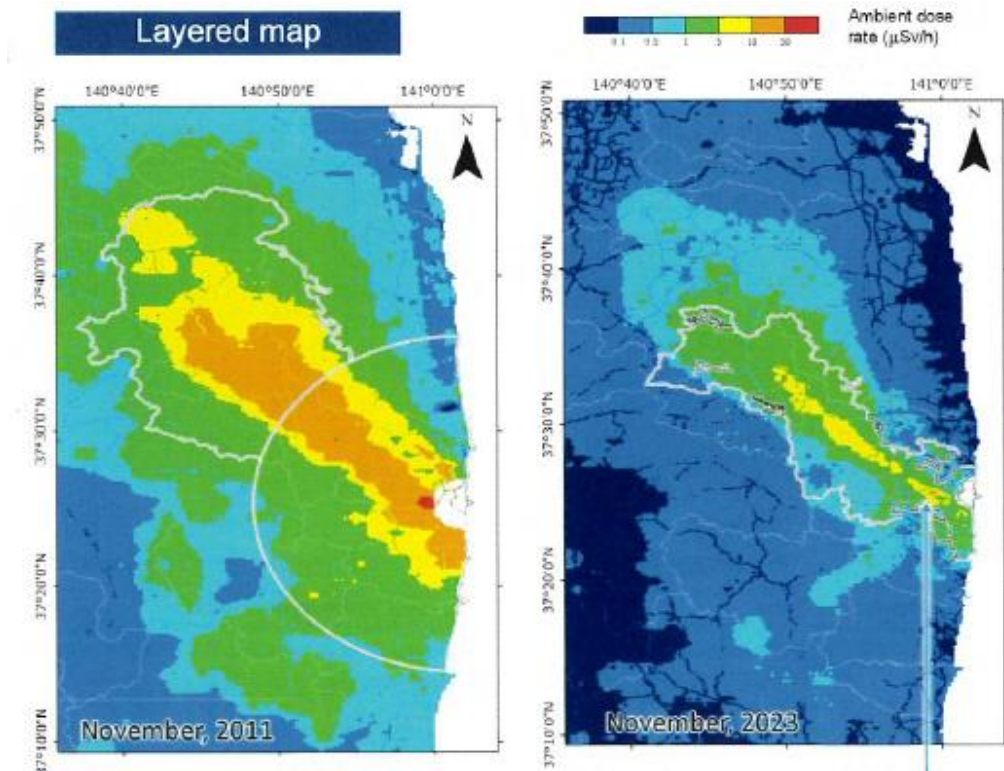


圖 20、日本福島事故影響區域環境輻射劑量數據變化

因應受影響區域多數地區已陸續開放，為了讓民眾能夠更了解政府的決策依據，日本同時也開發了輻射曝露評估網頁，可供查詢體外曝露劑量之網頁(<https://simulation.okuma-town.jp/seed/makePattern/07545/>)，輸入特定地點及停留時間，即可獲得相對應的曝露劑量(如圖 21)；該網頁原提供給各級政府用於解除避難疏散命令決策之用，目前也已開放給民眾使用，併作為重要的民眾宣導及風險溝通工具之一。



(a) 選擇地點

(b) 輸入停留時間

(c) 獲得曝露劑量

圖 21、日本福島地區曝露劑量評估網頁

另依據福島事故後環境監測作業的執行經驗，日本也回饋執行環境偵測各類工具(空中偵測有人機、無人機偵測、車載偵測及人力偵測)的執行經驗，包括佈點密度、適用地點以及使用效益和差異之比較如表 9。

表 9、事故期間環境輻射偵測工具比較

偵測工具		空中偵測 (有人機)	空中偵測 (無人機)	車載偵測	人力偵測
比較*	機動性	4	3	2	1
	正確性	1	2	3	4
	執行成本	1	3	3	3
	曝露影響	4	3	2	1
布點密度		250m×250m	250m×250m	100m×100m	20m×20m
適用地點		大範圍偵測	大範圍偵測	鋪有路面的一般道路	居住區域之 人行道

*備註：4 分為最佳，依序遞減，1 分為最差。

肆、心得與建議

- 一、研討會期間充分感受主辦單位及各國人員對我國友好態度，對台灣的輻射管制現況亦深感興趣；因輻射運用與民眾生活息息相關，國際間對於輻射管制作法也抱持著滾動式改善持續精進的積極態度，參加此類研討會，是一相當好瞭解國際趨勢及向他國學習和交流相關經驗的管道。
- 二、此次奉派赴美國佛羅里達州奧蘭多市出席參加由國際輻射防護協會 (IPRA) 及美國保健物理學會 (HPS) 共同主辦之「第 16 屆 IRPA 國際研討會」，並於會中發表輻射偵測中心執行國民輻射劑量評估的相關研究論文二篇，分別為「Evaluation for Committed Effective Dose from ingestion of Dietary Foods for Taiwanese Adults」及「Comprehensive Assessment of Medical Radiation Dose in Taiwan:Trends and Implicationsn」；我國在此一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，顯示我國之輻射防護與環境度量技術均已達國際水準，建議應積極將中心的各類研究成果進行公布及發表，將有助於提升我國在國際上保健物理領域的學術聲譽。
- 三、國際輻射防護協會 (IPRA) 具有跨領域專業人力的全球輻射防護協會，且與國際原子能機構 (IAEA)、國際輻射防護委員會 (ICRP)、聯合國原子輻射效應科學委員會 (UNSCEAR) 等國際組織皆有長期合作關係，透過參與該組織辦理之研討會，有助於了解國際最新的輻防趨勢，掌握我國輻防管理方向。透過各領域講者分享研究發現及後續作法，可作為我國輻防管制及本中心執行環境輻射監測的業務規劃參考。藉由參加國際會議也體悟到，輻射防護沒有最好，只有更好，相關的管制措施與管理思維惟有不斷的精進，才能與時俱進，讓我國輻射防護水平與國際接軌，更加保障人民的安全。
- 四、本中心負責核子事故期間環境輻射監測各項工作，日本在福島事故復原階段所累積的環境輻射偵測執行經驗，對本中心核子事故應變整備的規畫及策略擬定有很大助益，亦可納入未來的精進做法；此外，日本在相關環境偵測數據的保存、公布與呈現上，相當強調圖像化的呈現，也都能從使用者 (民眾)

的需要上進一步開發相關功能，並實際運用在民眾溝通上。本中心所建置之「核子事故應變階段核子事故應變階段輻射數據圖像化整合系統」具有類似的功能和目的，未來的功能擴充亦可參考日本的做法。

五、天然放射性物質(NROM)及氡氣的議題是現在及未來的輻防重點，建議可持續關注。天然放射性物質(NROM)及氡氣以往都被視為背景輻射，但因科技發展快速，不論是氡氣還是 NORM 的曝露情境都與過去有很大的差異，不論是工作人員、一般民眾，群體內也都有相當大的曝露頻率差異，因此，國際上對其管理強調採分級方式及民眾溝通，並依實際的狀況調整管制措施，以達最優化的成效。

六、國際原子能總署(IAEA)近期所公布的「IAEA Safety Report Series NO. 114 - Exposure Due to Radionuclides in Food Other Than During a Nuclear or Radiological Emergency Part 1: Technical Material」和「IAEA-TECDOC-2011-Exposure Due to Radionuclides in Food Other Than During a Nuclear or Radiological Emergency Part 2: Considerations in Implementing Requirement 51 of IAEA General Safety Requirements Part 3 (International Basic Safety Standards)」兩份文件，提供了非緊急情況下食品中放射性核種的管理指引，與本中心所職掌之環境輻射監測及國民輻射劑量評估等業務相關，建議可翻譯成中文版文件做後續業務執行之參考。

伍、附件

附件 1、IRPA16 研討會會議議程

附件 2、IRPA16 研討會出席認證書

附件 3、海報論文發表內容

附件 4、口頭論文發表簡報

附件 2、IRPA16 研討會出席認證書



IRPA 16 HPS

**16th International Congress
69th HPS Annual Meeting**

7-12 July 2024 • Orlando, FL • Rosen Shingle Creek

This is to certify that:

WEI-YU KAO

Attended the IRPA16 / Health Physics Society 2024 Annual Meeting and presented:

Evaluation for Committed Effective Dose from ingestion of Dietary Foods for Taiwanese Adults.

on

July 09, 2024

A handwritten signature in black ink that reads "Jennifer Rosenberg".

Jennifer Rosenberg, Meeting Director
jrosenberg@burkinc.com

- * Meeting attendance is granted 1 CEC per contact hour, excluding meals and business meetings;
- * HPS 2-hour PEP courses are granted 4 CECs each;
- * HPS 1-hour CELs are granted 2 CECs each.

Health Physics Society (HPS)

950 Herndon Parkway • Suite 450 • Herndon, VA 20170 USA • 703-790-1745

附件 3、海報論文發表內容

題目：Evaluation for Committed Effective Dose from ingestion of Dietary Foods for Taiwanese Adults

附件 4、口頭論文發表簡報

題目:Comprehensive Assessment of Medical Radiation Dose in Taiwan:Trends
and Implications