

出國報告（出國類別：開會）

赴澳洲參加 2018 第五屆亞太區域輻
射防護會議（AOCRP-5）暨澳洲核子
科學與技術組織(ANSTO)參訪
出國報告

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：聶至謙 技正

派赴國家/地區：澳洲/墨爾本、雪梨

出國期間：107 年 5 月 19 日至 5 月 28 日

報告日期：107 年 8 月 23 日

摘要

本次職奉派赴澳洲墨爾本（Melbourne）參加 2018 年第五屆亞太區域輻射防護會議（Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection, AOCR-5），其會議由澳洲輻射防護協會（Australian Radiation Protection Society, APRS）主辦，並透過 11 個會議主題分別以專題演講方式進行，以討論及分享國際間輻射防護觀點與標準，與宇宙射線及輻射作業規範之相關研究趨勢、管制作為及發展趨勢。

另因考量國內已陸續興建迴旋加速器以供配製、調劑核醫藥物之核種來源，以供國內醫療院所使用。同時亦有高能加速器興建與樣品活化照射等輻射作業管制議題。爰透過本次公差行程參訪澳洲核子科學與技術組織(Australian Nuclear Science and Technology Organization, ANSTO)所設置之放射性物質生產設施、非密封作業場所及中子輻射應用設施等，同時藉由國際交流以瞭解與取得該國之輻射防護管制與管理作法，以作為日後國內輻防管制規定修訂之參考。

目次

壹、 出國目的與行程.....	4
貳、 會議及參訪內容.....	5
參、 心得與建議.....	30
肆、 附錄.....	31

壹、出國目的與行程

一、目的

此次赴澳洲墨爾本參加 2018 年第 5 屆亞太區域輻射防護會議（Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection，AOCRP-5），期希透過國際輻射防護機構及專家學者之研議與討論現行輻射防護系統現況與未來輻射防護系統之發展，以瞭解國際間對於輻射防護系統之管制趨勢與建議，以達輻防管制經驗分享及交流，並藉此建議國內管制措施修訂，與國際間輻防管制趨勢接軌。

二、出國行程

日期	天數	地點	工作內容
107.5.19-107.5.20	2	墨爾本	去程（臺北-墨爾本）
107.5.21-107.5.24	4	墨爾本	參加亞太區域輻射防護會議
107.5.25-107.5.26	2	雪梨	澳洲核子科學與技術組織參訪
107.5.27-104.10.28	2	臺北	返程（雪梨-臺北）

貳、出席亞太區域輻射防護會議及參訪行程

一、亞太區域輻射防護會議

本次亞太區域輻射防護會議(Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection, AOCRP-5)為第五屆國際型會議，該會議自 2006 年起每三年即辦理一次，本年度假墨爾本會議及展示中心(Melbourne Convention and Exhibition Centre, MCEC)舉辦(如圖 1)，並集結了多國專家學者與輻防管制與研究機構，以發表與研討輻射防護管制系統之建議與作法。



圖 1、墨爾本會議及展示中心(MCEC)及會議現場

本次AOCRP-5會議共為期5日，並專注於：(1)福島事件輻射劑量及影響、(2)輻射劑量、監測與設備、(3)輻射生物效應、(4)輻射作業之防護及其工具發展、(5)放射性廢棄物處理、(6)民眾溝通、(7)設施除役、(8)醫療輻射防護、(9)採礦之天然放射性物質輻射防護及管理、(10)工業、研究及實驗室之輻射防護、(11)緊急應變及整備、(12)既存曝露輻射防護、(13)射源保安及保全、(14)環境輻射防護等等項主要議題，會議議程如附錄所示。

會議開始由ARPS主席暨AOCRP-5召集人Dr. Brad Cassels進行致詞，隨後即開啟本次會議之流程，本次會議參與度相當踴躍，約計18國參加，共計約308人次出席，會議現況辦理情形如圖2所示，本報告將重要議題分述如下：



圖 2、ACORP-5 會議現場辦理狀況

(一) 輻射防護之審慎與保守

本次會議邀請國際輻射防護協會(International Radiation Protection Association, IRPA)主席Dr. Roger Coates進行演講，其發表了對輻射防護過於審慎及保守之相對看法，指出輻射防護制度不能僅僅依賴科學，尚需考量道德和經驗判斷，但國際現今輻防觀點皆以審慎作為核心方法，例如線性無低限理論(LNT)、確定效應之閾值等，以提供能識別並遵循最合適或最明確之輻防行動方案，不過Dr. Roger Coates也提出在特定情況下如高風險水平，什麼是合適的、明智的判斷，應用於低風險水平是否適合，則需考驗政府機關之判斷。

ICRP第109報告指出為公眾輻射防護和優化(optimization)目的評估代表人(representative person)的劑量，及IAEA DS427報告指出預期放射性環境影響評估和公眾保護，皆需保守評估，以避免低估環境及公眾之輻射影響，國際間亦傾向遵循保守原則，對任何劑量水平、及目的進行評估與判斷。

以清理(clearance)標準為案例，探討及分析審慎及保守之影響。其中清理標準係指如放射性廢棄物或可重覆使用之物質，取得主管機關許可後自管制系統中解除列管之標準，與排斥和豁免一樣，目標是將管制體系集中在重要而非瑣事之問題上。IAEA安全系列第89號報告曾建議清理標準值為放射性物質造成公眾年劑量需低於幾十微西弗，其基於LNT理論及保守之概念，然將此清理標準應用於輻射作業實務上，需考量(1)適用於特定情況、(2)轉換為活度濃度值：由 $\mu\text{Sv/y}$ 轉換至每放射性物質之 Bq/g 、(3)實際測量餘裕、(4)多放射性物質組成之比例、(5)清理物品之活度分佈等因素，且前述每件

皆需採行保守之評估模式進行，以滿足清理標準。然實際清理之輻射作業劑量通常遠低於清理標準(如0.0001微西弗/年)，其值相較於背景輻射年劑量2毫西弗而言，對清理作業之參考人劑量為2.0001毫西弗/年，輻射劑量貢獻微乎其微，必需思考這是我們所要的輻防管制系統嗎？

對於審慎及保守之輻防系統，當然對公眾及環境帶來相對應之保障，但同時也造成部分需負擔之後果，例如英國處理放射性廢棄物外釋之經驗，銻137外釋標準由1貝克/克降低至0.1貝克/克，其所換來成本增加數十億英鎊，此舉並非良好的經費運用。倘將外釋標準提高10至100倍，同時亦滿足規定之上限值，應可達到降低處理經費及保障公眾、環境輻射安全之雙贏局面，但此行IAEA並無多加支持。

謹慎的輻防系統是正確的，但其應用是需判斷的，在日常輻射防護中，業已步入了保守觀念，但其影響尚未得到有意識的評估。在有限的社會資源，假設輻防系統過於審慎或保守，這將會帶來最大社會成本。實際上，我們並不真正知道輻防系統有多少保守，例如合理抑低(As Low As Reasonably Achievable, ALARA)概念中，什麼是合理？亦或安全謹慎的輻防管制，但亦需達到社會利益。

另外Dr. Roger Coates亦以天然放射性物質(Natural Occurrence Radioactive Material, NORM)為例，探討輻防系統審慎及保守所帶來之影響。如IAEA SRS 49及GSR part3報告指出：鈷、鈾系天然放射性物質之活度濃度超過1貝克/克，需考量以計畫曝露情境(planned exposure situation)模式進行管理。此1貝克/公斤已將材料定義是否具放射性管制之分水嶺及起點，但實務上已成為實質上的限制。

國際上輻防管制皆訂有豁免管制規定，但鮮少應用，同時國與國之間之管制有差異，通常源自難以進行劑量及風險評估、不願意予以豁免、預防性方法、保守輻防管制、易引起公眾關注、放射性標籤很難去除、1貝克/克是一個清晰與明確的管制值等因素，往往造成輻防經濟效益之影響。

大多數輻防系統之決定涉及幾毫西弗的劑量，對總劑量之影響通常在自然背景2-5毫西弗/年之範圍，對總曝露量沒有顯著影響。關鍵在於應如何做出對個人和社會公平的決策和判斷？風險估計中採取多少保守措施？哪些因素和風險應該納入判斷？

根據高、中劑量之研究數據進行輻射風險審查，同時假設LNT之風險因素倍數增加，是否可能造成職業和公眾劑量限值降低、清理標準降低、審查風險的管制壓力、高氫氣區域被疏散、航空業受到限制等問題？本於專業，應該重新思考當劑量遠低於限值時如何做出決定。

(二) 福島事件後居民之體外劑量評估

本會議邀請日本量子科學技術研究開發機構(National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, 量研機構, QST)之Dr. Keiichi Akahane就福島事件之劑量評估進行演說, 其指出福島第一核電廠事故之後, 福島縣政府和福島醫科大學實施全面性福島健康管理調查, 並與國家放射科學研究所(National Institute of Radiological Sciences, NIRS)合作, 對所有福島居民(約200萬人)進行了體外劑量評估。體外曝露劑量是透過使用NIRS根據事故發生後4個月內每日劑量率圖及發送給居民的調查表中獲得的居民的行為信息進行計算出。其中, 調查表(如圖3)記錄每日室內(indoor)、室外(outdoor)及行動(moving)之時間, 並作為後續劑量評估之依據。



圖3、發放予福島居民調查表之記載內容

另外, 每日劑量率圖分別以SPEEDI模擬計算(3/12-3/14)及實際量測結果(3/15之後)進行製訂(圖4), 並以網格2平方公里之平均劑量率作為評估依據, 同時扣除事故前之背景輻射0.03毫西弗/小時, 以反應事故造成之劑量影響。由於劑量評估目的係以有效劑量為主, 又劑量率量測結果為空氣克馬率(air kerma rate), 因此需將空氣克馬率轉換為有效劑量, 其轉換因子為0.75。

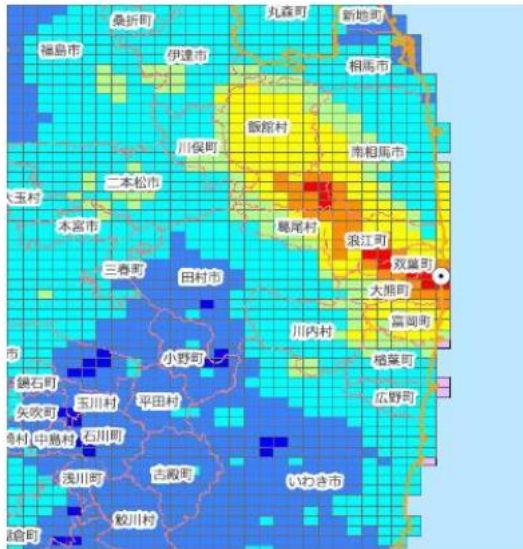


圖4、劑量評估採用之劑量率圖

對於福島居民體外劑量評估，則依前述調查表所述於室內、室外及行動時間，與對應劑量率圖進行個別劑量計算(圖5)，其中室內因居住環境不同則參考IAEA第225號技術報告建議之劑量降低係數(dose reduction coefficient)進行修正，對於木造房室劑量降低係數較混凝土來得低。劑量評估亦考量不同核種及年齡層之修正，如圖6所示，整體而言，不同核種對同年齡層之劑量修正差異不大，但同一核種對不同年齡層則需進行實質修正，15歲與新生兒(0歲)之差異可達30%。

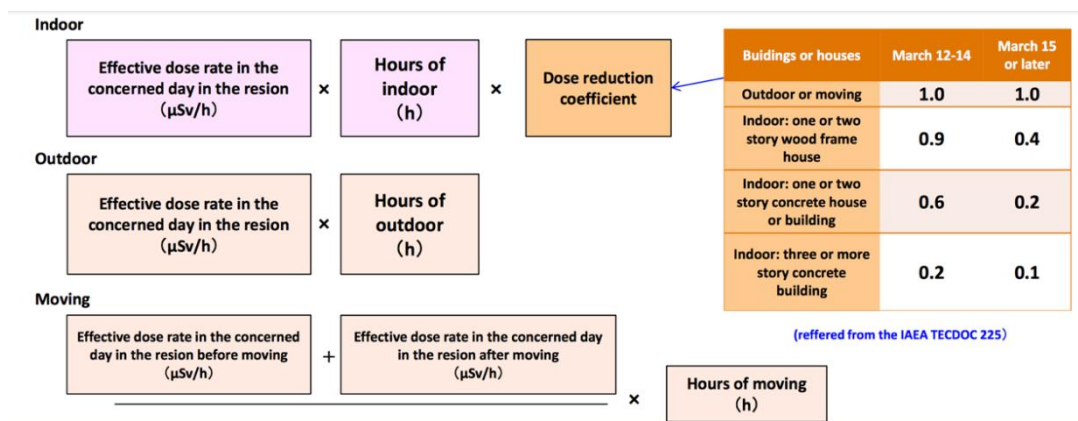


圖5、福島居民體外曝露評估模式

Nuclide, X	Age				
	0	1	5	10	15
Xe-133	1.30	1.23	1.16	1.11	1.01
Te-129m	1.29	1.21	1.15	1.10	1.03
Te-132	1.36	1.26	1.19	1.13	1.06
I-131	1.33	1.24	1.18	1.12	1.05
I-132	1.29	1.21	1.15	1.11	1.04
Cs-134	1.29	1.21	1.16	1.11	1.04
Cs-137	1.30	1.21	1.16	1.10	1.04
Max.	1.36	1.26	1.19	1.13	1.06

圖6、不同核種及年齡層之劑量修正

截至2017年7月30日，約27%福島居民已完成劑量評估，其透過不同評估模式計算之結果顯示，62.2%居民(不包括輻射工作人員)所評估之體外劑量小於1毫西弗，99.8%小於5毫西弗。平均與最大劑量值分別為0.8毫西弗及25毫西弗。

(三) IAEA輻射安全標準：輻射設施及作業之輻防挑戰

本次大會邀請IAEA輻射安全及監測負責人Dr. Miroslav Pinak就輻射安全標準進行演說，其指出IAEA係根據規約授權制定或發佈輻防健康安全標準，並儘量減少對生命和財產之危害。這些標準就保護相關人員和環境免受游離輻射危害影響之安全性構成國際共識。IAEA制定之安全標準為會員國履行國際法一般原則規定之義務提供了支持。這些標準還促進和確保安全意識並促進國際商業和貿易。IAEA皆定期審查各項安全標準，以評估其修訂之必要性，其可透過會員國之回饋及各種原子能機構安全委員會來達到。其中於2014年發佈之IAEA BSS GSR Part 3，提供有關輻射防護和安全之相關要求，此外，根據ICRP第103號報告之輻射防護最新概念，已由基於輻射作業(practice)和干預(intervention)概念的方法修訂為基於三種類型的曝露情境：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(exiting exposure situation)，同時對個別情境建議其對應曝露類別與劑量限值或劑量水平(圖7)。

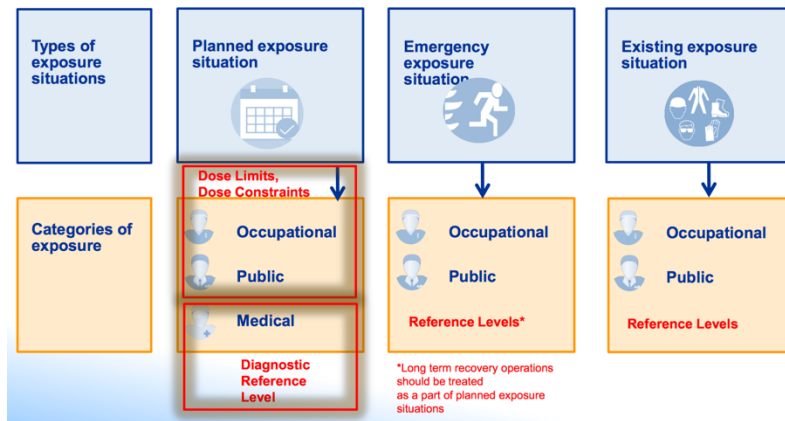


圖7、IAEA輻射安全標準不同曝露情境、曝露類別、劑量標準之間係

目前IAEA刻正修訂有關輻射工作人員、公眾及病患輻射設施及作業之相關安全規範。由於安全標準和規範之資訊量很大，在某些實際情況下實施相當複雜且適用性差，根據經驗顯示，安全標準中提供大多數要求與指導，在所有輻射設施和輻射作業之應用皆有其必然之挑戰。例如大多數對天然輻射造成之曝露被視為既存曝露情境，但有些曝露情況，包括與涉及採礦及原材料之某些工業之曝露，必須以計劃曝露情況處理。食品和飲用水之受污染商品在貿易具有挑戰性。核能工業之職業曝露已經穩定，但仍然存在著管制輻射工作人員、流動工作人員、懷孕期間和懷孕後之工作人員、空勤人員和太空工作人員曝露、眼球水晶體曝露等方面之挑戰。工業非破壞檢測及加速器設施領域越來越受到關注，對於其曝露資訊，IAEA專為工業非破壞照相檢測及介入性心導管放射診斷(Interventional cardio radiography)已建立線上資料系統(Information System on Occupational Exposure in Medicine, Industry and Research, ISEMIR, <http://nucleus.iaea.org/isemir>)，以提供職業曝露之輻防最適化工具。

對於公眾曝露而言，必需考量輻射作業之防護所帶來附屬之低劑量效應問題，例如場址復原後所剩餘之放射性物質，IAEA刻正研議提出核子事故或放射性事件影響地區之生活與工作的安全報告及技術規範。

另一個值得關注之領域是病患曝露，特別是在新型設備和醫療輻射作業快速發展背景下。放射治療、放射診斷及介入性輻射作業、核子醫學及新技術皆需有相關風險需要解決。如圖8所示，全球核子醫學診療案件逐年成長，所帶來之集體有效劑量亦同步增加，且醫療曝露對病患劑量是人造輻射源對公眾貢獻比例之最。其所衍生之議題主要係劑量最適化及診療正當化，且經調查全數放射診斷部分，有20-40%來自於缺乏專業知識等原因造成診療之不適當，如表1所示，自1945年起至2007年間，醫療曝露引發意外事件所造成死亡及急性確定效應之案件數分別為46件及623件，較其他事件之影響來得顯著。IAEA為醫療曝露之輻射防護，2012年於德國波恩(Bonn)舉行

之國際會議上發布Bonn Call for Action，其旨在促進協調一致性工作，以解決醫學輻射防護中出現的問題，在2012年至2022年間將進行十項醫療防護之精進：

- 1.Enhance the implementation of the principle of justification
- 2.Enhance the implementation of the principle of optimization of protection and safety
- 3.Strengthen manufacturers' role in contributing to the overall safety regime
- 4.Strengthen radiation protection education and training of health professionals
- 5.Shape and promote a strategic research agenda for radiation protection in medicine
- 6.Increase availability of improved global information on medical exposures and occupational exposures in medicine
- 7.Improve prevention of medical radiation incidents and accidents
- 8.Strengthen radiation safety culture in health care
- 9.Foster an improved radiation benefit-risk-dialogue
- 10.Strengthen the implementation of safety requirements globally。

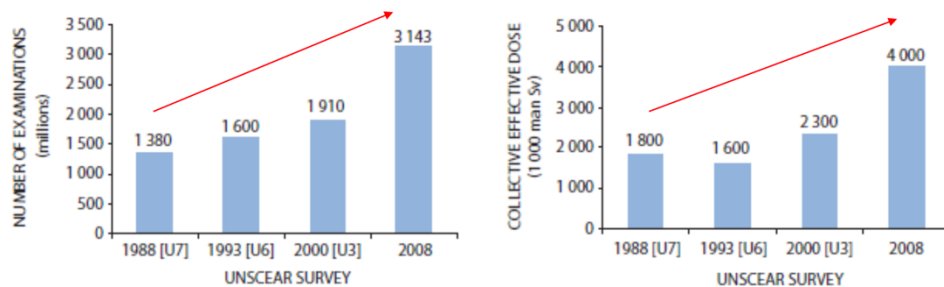


圖8、全球核子醫學檢查每年檢查次數之趨勢

表1、輻射意外事件造成死亡與急性健康效應之案件數(UNSCEAR 2008 report)

Table 10. Numbers of deaths and early acute health effects due to radiation accidents

Based on published information; excludes malicious acts and nuclear testing

Type of accident	1945–1965		1966–1986		1987–2007		Total	
Accidents at nuclear facilities	13 deaths	42 early effects	34 deaths	123 early effects	3 deaths	2 early effects	50 deaths	167 early effects
Industrial accidents	0 deaths	8 early effects	3 deaths	61 early effects	6 deaths	51 early effects	9 deaths	119 early effects
Orphan source accidents	7 deaths	5 early effects	19 deaths	98 early effects	16 deaths	205 early effects	42 deaths	308 early effects
Accidents in academic/research work	0 deaths	2 early effects	0 deaths	22 early effects	0 deaths	5 early effects	0 deaths	29 early effects
Accidents in medical use	Unknown	Unknown	4 deaths	470 early effects	42 deaths	153 early effects	46 deaths	623 early effects

另外，Dr. Miroslav Pinak也提到，不僅是核子事件或放射性意外事件造成環境之影響，對於天然存在、事故後造成環境落塵及海域污染、及授權核子設施或其他輻射設施排放於環境之輻射影響亦是輻防重點，這些項目包括食品、飼料、飲用水及建築材料等商品之曝露；而天然放射性物質部分，則包括食品、飼料、飲用水、農業肥料及土壤改良劑、建築材料及環境中殘留之放射性物質。IAEA GSR part 3第51項要求：主管機關或其他機關應確定因建築材料，食品和飼料以及飲用水等商品中放射性物質之曝露造成之劑量參考水平，或基於參考人年有效劑量不超過1毫西弗之限制，對於劑量參考水平之應用流程如圖9，標準取決於不同曝露情境與關切之商品，主管機構或其他有機關應參考世界衛生組織食品法典委員會(Codex Alimentarius Commission，Codex)聯合糧農組織出版之食品可能含有放射性物質或緊急曝露情況之放射性物質水平準則；飲用水部分則應考慮世界衛生組織公佈之放射性核素水平準則。

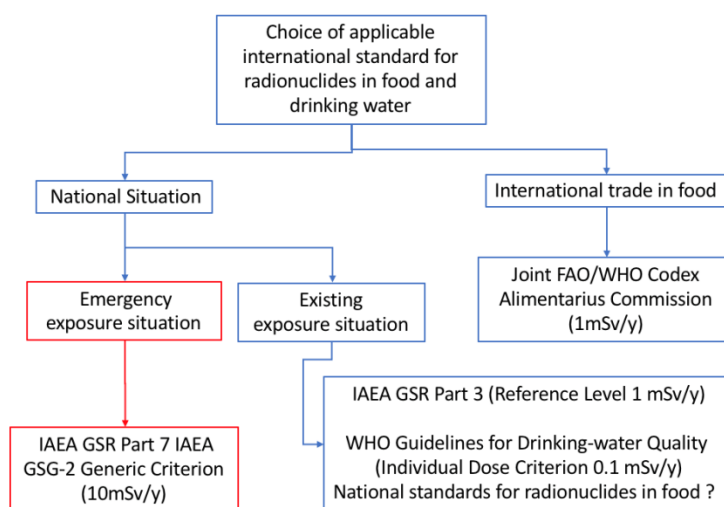


圖9、對於食品或飲用水之國際劑量參考水平引用標準流程

對於食品或飲用水之國際標準，包括IAEA 1788號技術報告、食品法典標準(Codex Alimentarius Standard)、WHO飲用水品質導則(4th Edition 2011)、IAEA BSS (5th edition 2014)等，各項標準或導則之差異如表2所示，其適用目的、時間範圍、劑量評估標準等皆不一致，即不能以單一規範作為一體適用之準則，應視實際現況選定參考基準作為商品含放射性物質劑量參考水平之依據。

表2、BSS、WHO及Codex對飲用水標準之比較

	BSS	WHO-DWG	Codex 193-1995
Scope	Non-emergency	Non-emergency	Relevant after an emergency
Dose Criteria	1 mSv/y	0.1 mSv/y	1 mSv/y*
Activity Concentrations	NO	YES	YES
Age Groups	Representative person	Adults	Infants/Non-infants
Radionuclides	Not specified	Mainly natural Also covers man-made	Some man-made
Terminology	Reference level	Guidance level	Guideline level

針對氡氣之輻防議題，Dr. Miroslav Pinak指出國際間缺乏補救規範及專家需求，同時應提高對氡氣的認知，認為需要了解工作場所和基於風險識別方法可能存在的問題，建立法規、建築規範與利害關係人之參與，並作有效驗證以符合相關規定。目前IAEA BSS規範住宅內公眾曝露於氡氣濃度之標準應低於300 Bq/m³；工作人員曝露於工作場所的氡氣濃度應低於1000 Bq/m³；用於建築及建材之氡氣濃度造成年劑量應低於1毫西弗。如表3所示，IAEA BSS與歐盟氡氣輻防管理規定略有差異，且以歐盟輻防管理更為嚴謹，其中主要差異在於工作場所氡氣濃度與室內濃度相符，且超過標準則歸於計畫曝露情境管制。

表3、IAEA BSS與歐盟對氡氣輻防管理之比較

Requirement	IAEA GSR Part 3	Directive 2013/59/Euratom
Rn in dwellings	300 Bq/m ³	300 Bq/m ³
Rn at workplaces	1000 Bq/m ³	300 Bq/m ³
Rn in building materials	Not specified	Annex XVIII "strategy ... for preventing radon ingress ... including identification of building materials with significant radon exhalation"
Radionuclides in building materials	Annual effective dose ≤ 1 mSv	Annex Activity index I < 1 I = C _{Ra226} / 300 + C _{Th232} / 200 + C _{K40} / 3000 (tool to assure ≤ 1 mSv/a)
Gamma radiation from building materials	Not specified	Annual effective dose ≤ 1 mSv

而IAEA於2015年出版了有關公眾對於室內氡氣或其他天然放射性物質曝露之安全報告，其包括氡氣緩解之技術文件、有關氡氣之培訓及資訊、歐洲區域國家型氡氣計畫，同時也與WHO等機構合作展開一系列網絡研討會。

對於天然放射性物質(NORM)之輻防管制，Dr. Miroslav Pinak亦提出相關輻防觀點，其指出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，且決定管制哪些材料以及如何管制，對主管機關和業者皆是一項挑戰，依經驗顯示，並沒有一種方法可適用於所有工業之作業流程，目前IAEA僅要求會員國強化NORM之放射性影響之評估能力。對於工作人員防護部分，進行劑量實際評估之方法受到非標準化所影響，涉及NORM的工業工作場所之輻射劑量劑量除鈾/鈾採礦和加工，稀土提取等外，大多數工作人員年劑量皆低於1毫西弗，但若無採行適當管制措施，則可能會出現更高之風險，因此需要一較複雜的方法予以管理，例如結合職業安全健康、環境保護等規定來實現。IAEA針對NORM之輻防管理規範已陸續出版，未來就職業曝露防護之安全規範修訂版(IAEA GSG-7)，亦就規定從事NORM工作人員之輻防規範。

最後，輻防管制最適化之挑戰，Dr. Miroslav Pinak提出醫療曝露最適化、合理抑低(ALARA)及劑量約束(dose constrain)之探討。其中IAEA BSS第5點原則提及：必須優化保護，以提供可合理實現之最高安全水平，當應用於輻射工作人員，公眾和接受放射醫療之病患與護理人員時，防護和安全之最適化是確保曝露之可能性與其大小，及曝露個體數量降低之過程，同時在合理可行的情況下，應考慮到經濟，社會和環境因素。在醫療曝露之最適化，設施經營者需確保未經許可之醫療照射，同時對每種醫療曝露之防護與安全皆需採行最適化。例如治療靶體積(plan target volume, PTV)之外之受曝露範圍，應採行與PTV一致之ALARA原則(圖10)，而醫療曝露最適化之指導原則不是ALARA，而是對患者的輻射劑量的管理（與醫療目的相當）。

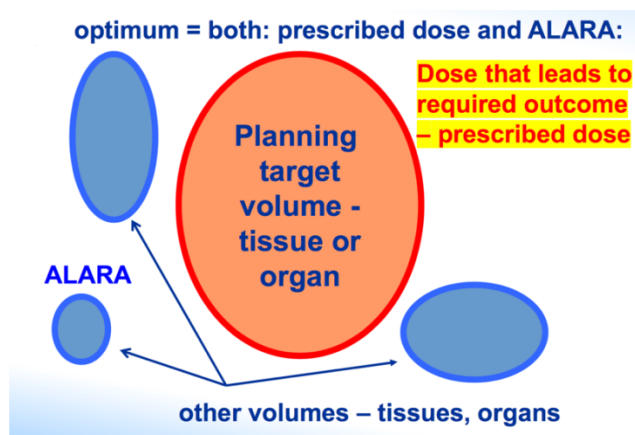


圖10、放射性治療之醫療曝露最適化錠目標

另外，劑量約束係用於防護及安全之最適化之過程，作為安全及防護最適化所選定邊界範圍，在計劃階段以定義任何輻射作業中最適化之選擇範圍；在曝露階段之基準評估最適化防護策略之應用。而劑量約束並不是劑量限值，超過劑量約束不代表違反主管規定，但可能導致後續行動之採行。對於劑量約束之訂定，主管機關除應要求設施經營者執行輻射作業最適化，以達到人員安全防護，同時對於人體成像、保護公眾及保護醫療自願者或照護者之安全防護訂定劑量約束。

(四) 眼球水晶體之輻射防護

本次會議共計4位專家學者就眼球水晶體之輻射防護提出相關研究成果，分別為：眼球水晶體職業曝露管制之挑戰、大修期間運轉之核電廠輻射工作人員眼球水晶體劑量先期研究、防護眼鏡對眼球水晶體之屏蔽效應研究、以光激發劑量計評估眼球劑量之校正。

- (1)日本原子力規制委會(Nuclear Regulation Authority, NRA)因應ICRP 103號報及IAEA BSS GSR part 3建議之眼球水晶體等價劑量限值由每年不得超過150毫西弗下修至每年不得超過20毫西弗、5年累積等價劑量不得超過100毫西弗之標準，採取相關行動，以納入適用於職業曝露眼睛水晶體之最新輻防標準。根據2016年各行業眼球水晶體之職業曝露統計結果(表4)指出日本從事輻射作業之工作人員約有500,000名年等價劑量不超過20毫西弗；2400名工作人員年等價劑量超過20毫西弗，其中400名超過50毫西弗，以醫療院所從事輻射作業之人員佔比最高。

表4、日本各類別業務之眼睛水晶體職業曝露之等價劑量（2016年）

Annual dose interval (mSv)	Medical care	Dental care	Veterinary care	General Industry	Non-destructive inspection	Research or Education	Total
Below 20	353,725	3,132	14,740	64,040	434	64,463	500,534
20 – 50	1,966	1	0	9	1	3	1,980
50 -100	380	0	0	1	0	1	382
100- 150	38	0	0	0	0	0	38
150 over	8	0	0	0	0	0	8
Total	356,117	3,133	14,740	64,050	435	64,467	502,942

※ From a material of 3rd subcommittee by Expert Member Norimichi Juto;
Data were accumulated by Council on Personal Dosimetry Service.
Data in **nuclear related facilities** sector does **not** include here.

在調查醫療院所各部門職業曝露之情形顯示：介入性心血管攝影（Interventional Radiology and Cardiology, IVR）因年度複雜程序或成像頻率增加，以致通過病患散射X射線，使醫療工作者（尤其是醫生）眼球水晶體

接受高劑量之曝露；執行一般X光攝影或電腦斷層掃描時，協助病患者之醫護人員（醫生、護士、醫事放射師）亦使其眼球水晶體接受高劑量之曝露；核子醫學或近接放射治療業務執行時，不易使用防護裝具以屏蔽來自輻射線的傷害。目前輻射防護和劑量監測現狀指出，防護眼鏡或天花板懸掛式防護屏蔽(ceiling-suspended shield)等輻射防護措施，應用於IVR作業可有效降低眼球水晶體等價劑量，但使用情形不高。當穿著防護衣時，且X射線係不均勻曝露之情況下，頸部附加劑量計被廣泛使用，但僅限IVR作業，其他輻射作業並不常見。由於頸部劑量計往往高估眼睛水晶體之等價劑量，但如在不影響醫療行為下，採取良好的防護措施及併行適當之劑量監測方法，則對於眼球水晶體採納最新劑量限值之標準應可適用，



圖 11、防護眼鏡或天花板懸掛式防護屏蔽

另外，根據監測結果指出，福島核設施除役之工作人員眼球水晶體等價劑量監結果如圖12顯示，2016年福島核電廠之16000名輻射工作人員，約有400人眼球水晶體年等價劑量大於20毫西弗，其中20人超過50毫西弗，主要貢獻來自反應器建築物(3號反應器建築物上蓋安裝作業)的 γ 射線及來自桶槽(^{90}Sr / ^{90}Y 濃縮污水或拆解桶槽作業)的 β 射線。目前輻射防護及劑量監測現狀指出，在曝露於 β 射線作業區域之輻射工作人員需佩戴全罩式面罩，其人員眼球水晶體劑量評估係透過加總70微米等價劑量(淺部劑量)之 β 射線，及1cm或70微米胸部等價劑量之貢獻。因此，沒有考慮全罩式面罩屏蔽 β 射線之效果，亦無考慮3mm等價劑量及70微西弗等價劑量之差異。

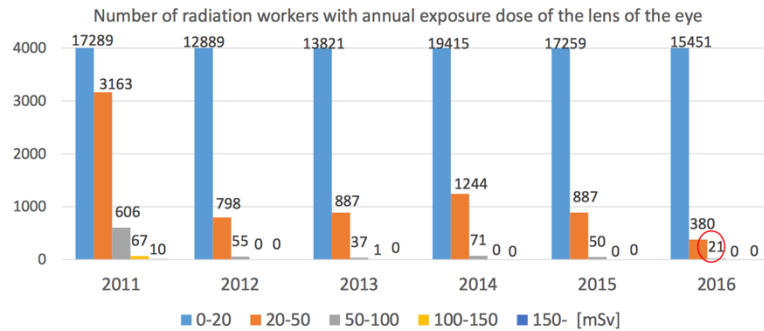


圖12、日本執行福島核電廠除役之輻射工作人員眼球水晶體年等價劑量

除福島第一核電廠外，其餘核電廠大多數輻射工作人員(每年40,000至70,000人)眼球水晶體年等價劑量未超過20毫西弗(被認為與有效劑量相同)，其主要曝露來源為Co-60或Co-58之 γ 射線，因此被視為均勻曝露。在MOX燃料製造設施之大多數輻射工人(10年約2800人)眼球水晶體年等價劑量未超過20毫西弗，其主要來源是 γ 射線(70-80%)和中子(20-30%)。非破壞檢測部分，大多數輻射工作人員(每年2,000人)劑量主要來源是散射之X射線或 γ 射線，人員眼球水晶體年等價劑量亦未超過20毫西弗。近年來從事核設施除役之輻射工作者(每年10,000至40,000人)未超過年有效劑量20毫西弗甚至是15毫西弗。其曝露來源為沉積土壤中放射性銫之 γ 射線。

而日本現行法規並無 $H'(3)$ 或 $H_r(3)$ 之監測眼睛水晶體等價劑量之規定，但有規範深部劑量(1cm等效劑量)或淺部劑量(70 μ m等效劑量)之劑量監測。由於 $H'(3)$ 之劑量測量裝置於市場上並不普遍，且依據被動劑量計標準(IEC 62387)僅包括 $H_r(3)$ 用於X/ γ 及 β 射線，未有 $H'(3)$ 之描述。而 β 射線之 $H_r(3)$ 監測可用市場上之X/ γ 射線 $H_r(3)$ 或經適當校正之 $H_r(0.07)$ 劑量計；對於中子輻射之 $H'(3)$ 或 $H_r(3)$ 尚未將相關劑量計標準納入IEC或ISO。但小組委員會決定：對於眼球水晶體之等價劑量監測，應在法規中納入使用 $H_r(3)$ 。

未來日本就輻射工作人員眼球水晶體等價劑量之管制，將朝向依據首爾聲明(Seoul Statement)之建議，修訂適當之輻防管制規定：每五年週期眼球水晶體之年等價劑量限度為20毫西弗，任何單一年不得超過50毫西弗。個人劑量應有 $H_r(3)$ 之監測，以便更準確監測眼睛水晶體之等價劑量(非強制性)。另外，醫療院所存在多種曝露情況，因此NRA將支援相關單位製定導則或文件以支持防護措施。

- (2) 最近流行病學研究結果指出，白內障形成之閾值劑量(threshold dose)從5 Gy降至0.5 Gy。因此，ICRP及IAEA提出眼球水晶體之劑量限值建議，由每年150毫西弗降至五年週期平均年等價劑20毫西弗。此變化將引起核電廠輻射防護管理之挑戰，例如眼球水晶體劑量監測方法，核電廠之輻射監測程序，核電廠眼球水晶體職業曝露狀況以及防護等問題。因此，自2014年以來，

已對幾個中國核電廠展開初步眼球水晶體劑量調查，調查項目包括 β 能譜、 γ 能譜、 $H'(10)$ 、 $H'(3)$ 、 $H_p(10)$ 、 $H_p(3)$ 的資訊，並透過資訊蒐集與評估分析間之比例關係。其中調查地點包括反應爐冷卻水系統(RCS)、餘熱移除系統(RRA)、化學和容積控制系統(RCV)等系統，並就輻射工作人員於上述區域進行閥門維護工作、清洗池等作為眼球水晶體劑量監測之主要對象。研究結果指出，不同人員及作業中， $H_p(3)$ 與 $H_p(10)$ 之比例約為66.1%，主要集中在1.0和1.7之間。

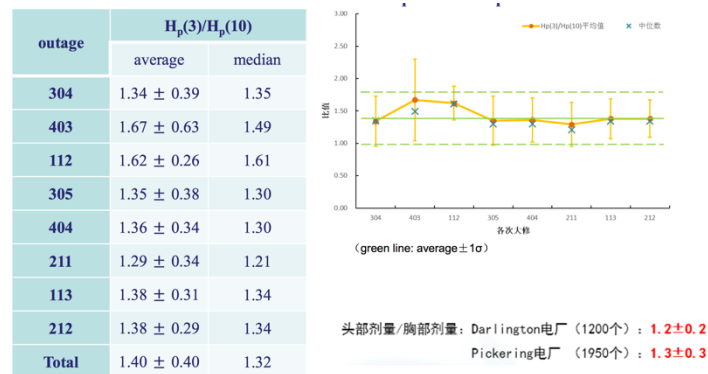


圖13、調查輻射工作人員於核設施大修期間 $H_p(3)$ 及 $H_p(10)$ 監測結果

- (3) 依據ICRP第116號報告建議，眼球水晶體之劑量限值於5年平均週期之年等價劑量不應超過20毫西弗，目前日本依該報告刻正進行相關法令修訂中。根據日本境內調查結果顯示，約有2000名醫護人員(所有從事醫療輻射人員之0.7%)評估之眼球水晶體年等價劑量超過最新建議劑量限值20毫西弗。考慮降低眼球水晶體之劑量限值，透過防護眼鏡減少眼球水晶體曝露有其重要性，但防護眼鏡問題之一是由於屏蔽效果之差異來自於防護眼鏡形狀引起之角度方向之屏蔽效果，而不總是取決於屏蔽材料之等效性，例如進行介入性心血管攝影，因醫護人員所在作業位置不同，所受曝露之散射輻射量就有差異。因此透過X射線於不同角度照射以評估防護眼鏡之屏蔽特性將有助於日後防護措施之精進。

如圖14，Mr. Yuma Hirata利用頭部假體放置各式不同之防護眼鏡，並於眼球水晶體位置放置0.125 c.c.游離腔劑量計(ionization chamber dosimeter)，以評估不同照射角度下防護眼鏡之屏蔽效果之差異。研究結果指出防護眼鏡之屏蔽效果根據入射角改善而有所變化，且防護眼鏡下方之屏蔽效果特別低。當使用防護眼鏡時，必須透過瞭解輻射源照射方向，並防止輻射向較低屏蔽效果之方向作業，以降低入射輻射之曝露，另外防護眼鏡與臉部間隙亦可有效增加屏蔽效果，特別是間隙小的防護眼鏡。

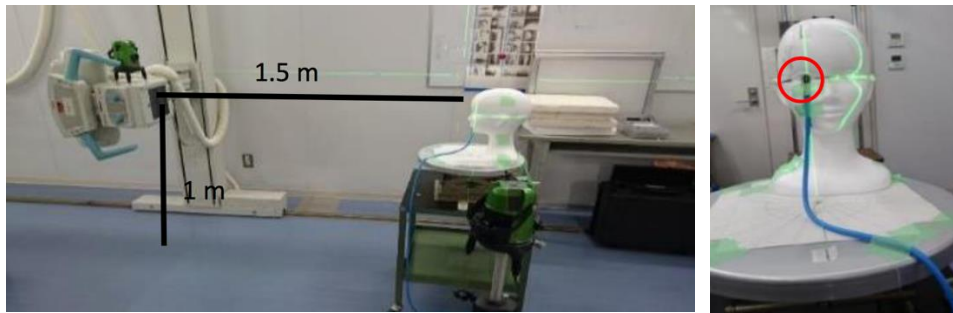


圖14、評估防護眼鏡於不同照射角度之實驗設計

(4)在進行X射線透視攝影(fluoroscopy)期間，醫護人員之眼球水晶體劑量管理是重要的。這些劑量常是利用個人劑量計來評估，除了可使用熱發光劑量計(TLD)外，Mr. Tohru Okazaki使用微型光刺激發光劑量計nanoDot(圖15)進行眼球水晶體之劑量評估，其目的在於確認X射線透視攝影下應用眼球水晶體劑量計nanoDot校正因子之適用，同時亦考量佩戴防護眼鏡及對nanoDot能量依存性之影響。為了獲得校正因子，使用臨床透視攝影X射線系統並配合假體實驗，以模擬經股動脈心導管術程序(圖16)，後續經CdTe光譜儀測量入射輻射到操作者眼球水晶體位置之X射線光譜，並基於nanoDot對X射線光譜之效率，推導出適當的校正因子，該因子定義為nanoDot響應(response)除以空氣克馬(air kerma)之比值。同時使用蒙特卡羅模擬防護眼鏡衰減之影響，及來自操作者頭部背散射(backscatter)X射線之污染，以獲得適當的X射線能譜。

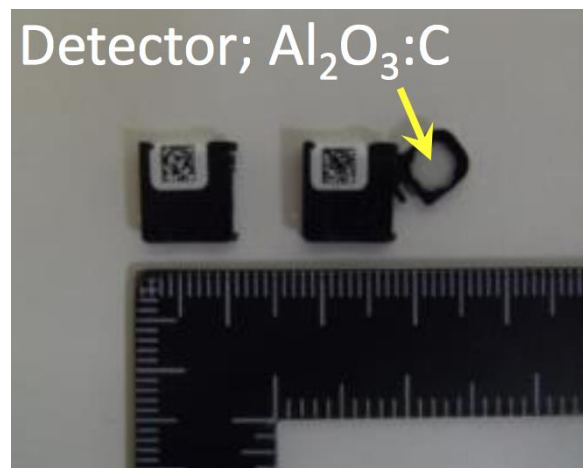


圖15、微型光刺激發光劑量計nanoDot

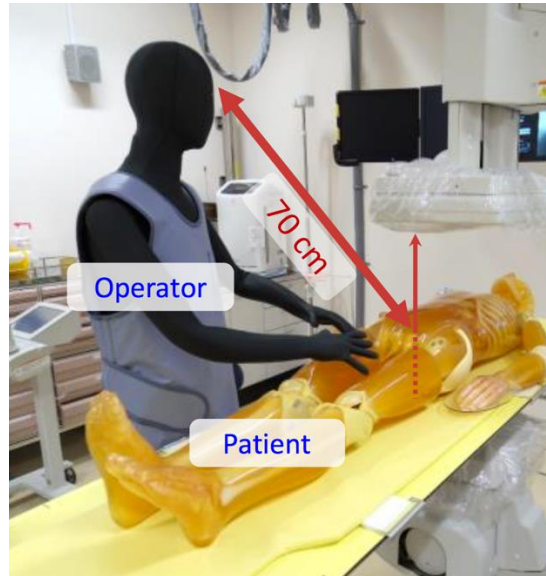


圖16、模擬醫護人員執行X射線透視攝影作業之狀況

研究指出，當執行介入性透視攝影期間，醫務人員使用nanoDot之眼球水晶體劑量計時，其校正因子範圍介於 $\pm 3\%$ ，確認於X射線能量於80 kV時，其常用校正因子可用於評估眼球水晶體劑量而無需其它校正。

(五) 宇宙射線對空勤人員之劑

日本廣島大學Prof. Hiroshi Yasuda發表自2009年(太陽活動最小值)至2014年(太陽能最大值)之六年期間，宇宙輻射對日本人人均劑量之評估結果。於評估中主要利用日本航空公司提供之官方報告、數據及飛航路線。對於國際飛航路線，日本以外區域主要分為9個地區，並評估9個城市飛航路線劑量與相應地區之日本遊客數量之乘積，以計算宇宙射線對人均劑量之影響。國內航線之集體劑量計算係為累積哩程及選定主要路線之平均單位距離航線劑量之乘積。並透過JISCARD EX程式予以計算飛航劑量。評估結果指出，國際航線人均年平均劑量約為54微西弗，國內航線人均年劑量約為1.6微西弗，全日本人均年均航空劑量為8.3微西弗，其中近90%來自國際航線。

(六) 專業諮詢計畫(Talk To A Scientist program, TTAS)

澳洲輻射防護和核安全局 (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, ARPANSA) Dr. Rick Tinker於本次會議，提供該國有關輻射防護資訊和建議。其指出該國每年接受來自公眾對輻射相關詢問之案子約有幾百件，不外乎透過電話、電子郵件或是登門拜訪，而通常問題重覆性高，且多以風

險問題為主要，為解決公眾疑慮，於ARPANSA網站包括一個公眾部分(For the Public)，以提供與社會最相關之信息與建議。該部分包括一系列常見問題與各種熱門話題(目前包括電力、防曬、手機基地台、智能電錶及放射性廢棄物之安全)。ARPANSA還提供，「專業諮詢計畫」(TTAS)，作為公眾參與機關之一部分。該計畫為公眾提供專門時間直接與科學家就輻射防護主題進行對話。在執行本計畫後，公眾以舊有諮詢方式之趨勢有明顯下降(如圖18)，此因減少電話總數而提升行政效率，同時也提升專業諮詢計畫之形象，及訪問ARPANSA之次數。

過去，ARPANSA科學家接受了公眾對各種輻射防護主題諮詢；現在，透過專業諮詢計畫，公眾可以在周二和周四上午11點到下午12:30之間撥打免費電話，並向科學家提出輻射相關問題(圖17)；未來，包括澳洲其它司法管轄區「虛擬科學家」(virtual scientist)的發展。



圖17、ARPANSA推動專業諮詢計畫之廣告

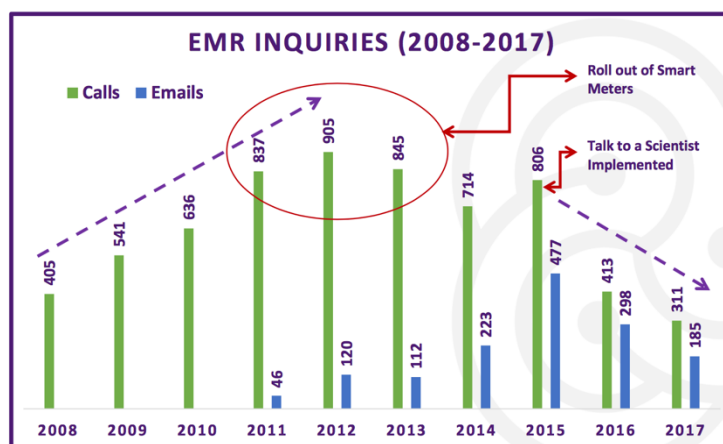


圖18、公眾諮詢輻射議題之方式及次數

(七) 澳洲實驗室輻防管制標準

澳洲ARPANSA就境內實驗室之輻防管理標準，係自1979年提出管制規範，其中僅建議相關劑量限值，並無包括實驗室設計建議；於1994年修訂後，納入國家健康暨醫療研究評議會(Health and Medical Research Council，NHMRC)之醫療用放射性物質實驗室設計規範；1998年修訂後納入NHMRC和澳洲勞工局(Worksafe)之相關游離輻射曝露限制之建議(1995年)[NOHSC：3022]，以及游離輻射職業曝露限制之國家標準[NOHSC：1013(1995)]，將於2018年出版最新標準(AS/NZS 2243：Safety in Laboratories)，包括納入紐西蘭之聯合標準、ARPANSA最新建議、防護基本協議RFF1(2014)及計劃曝露情境之輻射防護規範RPSC1(2016)。其中依序不同章節分述如下：

- (1)一般規定：規範人及非人類生物群與環境免受游離輻射有害影響的防護要求，並規定輻射源用於實驗室內或與實驗室有關之任何用途。同時亦要求游離輻射產生材料與設備之重要特性、危害性質、實驗室設計要求及其他必要之輻射防護資訊。另外該標準不適用於醫療、牙科診斷、治療過程中發生之曝露以及作為生物醫學研究計劃之志願者。本標準應用於使用或儲存放射性物質，或使用游離輻射裝置之所有實驗室。
- (2)危害及其管制：透過限制曝露時間及最大化輻射源與人之距離，並適當使用屏蔽，以防止外部危害；而防止內部危害，需適當使用最小放射性毒性及最小活度之放射性物質，並透過氣櫃、手套箱或安全處理技術以防止實驗室區域可能遭受放射性物質污染。完成作業後應執行必要之清潔，並要求實驗室皆應確定遵守相關法令規定，及對實驗室中所有輻射操作之人員進行風險評估。
- (3)實驗室設計要求：依使用輻射源之類別區分為(a)輻射實驗室-包括使用或儲存游離輻射裝置及密封放射性物質；(b)放射性同位素實驗室-使用或儲存非密封放射性物質；(3)放射實驗室-使用游離輻射裝置、密封及非密封放射性物質。並基於使用核種之放射性毒性、種核之放射性及操作類型等3個因素進行實驗室分類，其中放射性毒性係指放射性物質因攝入體內後，其吸收來自核種發出輻射之能量並對組織或器官造成損害之可能性，其基於吸入劑量轉換因子(inhalation dose conversion factor，DCF)。如兩核種具相同DCF，則依其比活度確認其放射性毒性。實驗室依放射性毒性可分為4類，又考量使用之核種活度可分為低、中、高等級實驗室，其區分如表5所示。另外，考量實驗室輻射作業之性質不同，需以不同修正因子修正其放射性毒性，其修正值如表6所示。並依實驗室之等級不同，其設計及結構需滿足：結構屏蔽、樓層、地板穿透性、水槽、排水、通風、氣櫃、放射性物質儲存及緊急淋浴等規定。

表5、實驗室依使用核種之放射性毒性及活度分類

Radiotoxicity group	Grade of laboratory for specified levels of activity		
	Low level laboratory	Medium level laboratory	High level laboratory
1	<0.2 MBq	0.2 MBq to 20 MBq	>20 MBq
2	<20 MBq	20 MBq to 2 GBq	>2 GBq
3	<2 GBq	2 GBq to 0.2 TBq	>0.2 TBq
4	<0.2 TBq	0.2 TBq to 20 TBq	>20 TBq

表6、實驗室執行不同輻射作業之放射性毒性修正因子

Procedure	Factor
Simple storage	×100
Very simple wet operations (e.g. using aliquots of stock solutions)	×10
Very simple wet operations incorporating biological or organic compounds	×1
Normal chemical operations (e.g. analysis of simple chemical preparations)	×1
Normal chemical operations incorporating biological or organic compounds	×0.1
Complex wet operations (e.g. multiple operations, or operations with complex glass apparatus)	×0.1
Complex wet operations incorporating biological or organic compounds	×0.01
Simple dry operations (e.g. manipulations of powders) and work with volatile radioactive compounds	×0.01
Simple dry operations incorporating biological or organic compounds	×0.001
Complex dry operations (e.g. where powders are likely to become airborne) and work with radioactive gases	×0.001

(4)輻射防護：屏蔽之設計及安裝應確保任何人接受之劑量得到最適化，並低於劑量限值，同時在隔離管制區工作時，所有作業都應進行風險評估。對於密封放射性物質及可發生游離輻射設備而言，應使用特殊外殼，例如機櫃或房間，以容納放射性物質或可發生游離輻射設備，以防護於操作時相關人員不受其輻射及散射輻射影響。另外密封放射性物質應包括安全措施、警示標誌、定期記錄、測試、維護、緊急應變管理及儲存等；而可發生游離輻射設備則包括應提供安全連鎖裝置、產生之劑量率應低於10微西弗每小時、警示燈或標誌；非密封放射性物質部分，包括防止放射性物質被吸入、攝入、藉由皮膚吸收或透過傷口進入體之預防措施，同時應保留所有非密封放射性物質庫存紀錄。管制區入口應包含所需之個人防護裝具；管制區出口區域應包括適當之污染偵檢設備及個人清理設備。實驗室亦應明確區別管制區與非管制區之界定，並透過定期監測污染情況等相關規定。

(5)儲存及運送：儲存放射性物質，應使其不致對附近之相關人造成危害，並能防止失竊或未經授權使用，且儲存應滿足輻射安全評估之相關安全要求。放射性物質應有專門儲存之場所，且能與其他危險物品分開存放，同時應具充分屏蔽、入口處輻射警告標誌、充足之空氣交換、所有容器之警示標誌等。另外放射性物質運送應符合「放射性物質安全運送規則」（2014年）

之規定，且輻射防護計畫應包括經常從實驗室托運之每種放射性物質之詳細運送程序。

- (6)輻射監測：設施經營者應依主管機關要求制訂及維護輻射防護監測計畫，以提供實驗室工作人員及公眾(如果適用)進行輻射劑量評估、即時發現輻射異常情形、及作為最適化之相關資訊。輻射監測包括實驗室工作人員和公眾所受劑量、實驗室週遭之劑量率、評估實驗室檯面及物品上之放射性污染情形、評估放射性廢氣及廢水之排放情形、污水中的放射性污染量、以及實驗室外環境之劑量率。
- (7)輻射意外事件：本標準定義輻射意外事件包括在計畫外、短期曝露、懷疑或經確認之工作人員體外曝露超過年有效劑量限值5分之1、工作人員或其衣物放射性污染超過50倍推定工作水平(derived working levels, DWL)、攝入放射性物質超過年攝入限度(annual limit intake, ALI)之五分之一、非密封放射性物質溢出超過年攝入限度(吸入)20倍、使用或儲存之放射性物質或可發生游離輻射設備之場所(或其內容物)受到嚴重損壞、密封放射性物質或其容器遺失或損壞，或非密封放射性物質遺失超過年攝入限度(吸入)20倍。對於輻射意外事件之應變應包括對嚴重或危及生命者應優先搶救、需做好輻射意外事件之安全管制整備作業、每次輻射意外事件應立即通報、應建立放射物質濺溢或場所火災或爆炸之應變程序。
- (8)放射性廢棄物管理：放射性廢棄物處置前之安全管理應依循輻防管制法規要求辦理，放射性廢棄物之處置應依據適當之輻防及其他廢棄物處置法規進行，廢棄物之處置導則包括固體、液態、氣態、及剩餘密封放射性物質之規定。

二、澳洲核子科學與技術組織（ANSTO）參訪

考量國內陸續興建高能加速器及迴旋加速器以作為學術研究或製作核子醫學所需之藥品，同時亦有新式藥品製作之相關程序，故希藉由本次公差行程參訪澳洲核子科學與技術組織(ANSTO)之中子散射中心及醫學健康部門(department of medical health)所設置作業場所，期瞭解澳洲境內輻防管制之情況，以作為我國輻防管制之參考。

(一)中子散射中心(Neutron Scattering Center)

中子散射中心之相對位置如圖 19，其採用之中子射束係由該澳洲開放式水池輕水式反應器引出(Open Pool Australian Light water reactor, OPAL：20 MW 多用途反應器，其利用低濃縮鈾(Low-enriched uranium, LEU)燃料來實現一系列核醫學，研究，科學，工業和生產目標)，並於該中心設計及調校 15 個中子束儀器(表

7)。而 ANSTO 預計將於五年內陸續新增更多中子儀器之應用。由於中子是核裂變中釋放的亞原子粒子，其不帶電荷，相較於 X 射線具有更佳之穿透材料能力，而廣泛用於醫學、採礦、運輸、建築、工程、食品加工及科學研究中，以解決材料結構與基本組成。

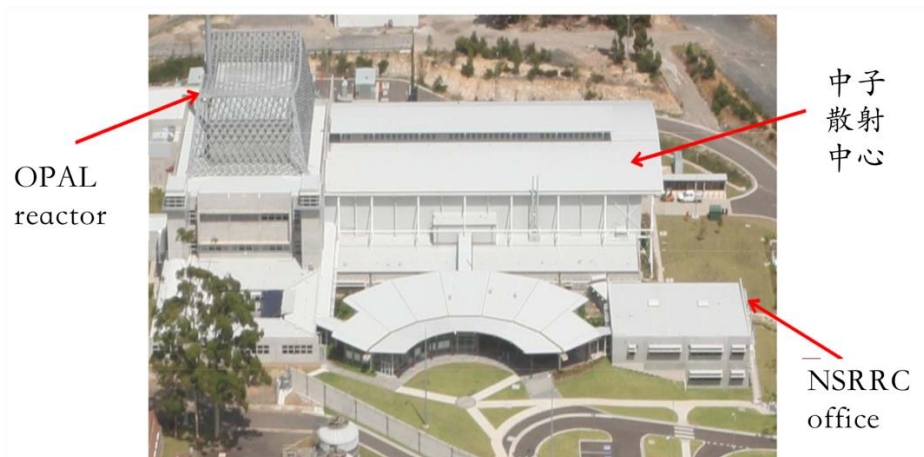


圖 19、中子散射中心與 OPAL 建築外觀

表 7、中子束儀器列表

項認	中子束儀器
1	ECHIDNA High-Resolution Powder Diffractometer (<i>Tachyglossus aculeatus</i>)
2	WOMBAT High-Intensity Powder Diffractometer (<i>Vombatus ursinus</i>)
3	KOALA Laue Diffractometer (<i>Phascolarctos cinereus</i>)
4	KOWARI Strain Scanner (<i>Dasyuroides byrnei</i>)
5	PLATYPUS Neutron Reflectometer (with horizontal sample) (<i>Ornithorhynchus anatinus</i>)
6	QUOKKA Small-Angle Neutron Scattering (<i>Setonix Brachyurus</i>)
7	TAIPAN Thermal Neutron 3-Axis Spectrometer (<i>Oxyuranus scutellatus</i>)
8	Beryllium-filter option on TAIPAN
9	KOOKABURRA Ultra Small-Angle Neutron Scattering (<i>Dacelo novaeguineae</i>)
10	PELICAN Time-of-Flight Spectrometer (<i>Pelecanus conspicillatus</i>)
11	DINGO Neutron Radiography/Imaging/Tomography (<i>Canis lupus dingo</i>)
12	SIKA Cold Neutron 3-Axis Spectrometer (<i>Cervus nippon</i>)
13	BILBY 2nd Small-Angle Neutron Scattering Instrument (<i>Macrotis lagotis</i>)
14	EMU High-Resolution Backscattering Spectrometer (<i>Dromaius novaehollandiae</i>)
15	JOEY Neutron Laue Camera for single-crystal alignment

其中 ANSTO 中子散射中心，有一中子儀器-SIKA(Spin-echo Inelastic

K-space Analyzer)，係台灣首座建於澳洲 OPAL 反應爐之冷中子三軸散射實驗站 (cold neutron triple-axis spectrometer)於 2012 年正式營運，其建造計畫主持人為中央大學李文献教授，後續財團法人同步輻射研究中心(National Synchrotron Radiation Research Center, NSRRC)參與試車，並負責運轉、維護及用戶推廣業務之執行。SKIA 之主要設計及外觀如圖 20、21 所示。

冷中子三軸散射實驗站通常透過樣品之中子照射來達到材料結構及組成之分析，樣品經照射後勢必存在中子活化問題，取決於受照樣品材料，其將衍生長或短半化期核種、增加周遭環境劑量及後續管理等議題。而根據該設施負責人吳博士所述，依澳洲 ARPANSA 審查文件規定，樣品經照射後先確認樣品之輻射劑量，及其放射性污染狀況，通常於表面劑量率低於 3 微西弗/小時，才將其送至暫存場所管理(該區亦有區域偵測器設置)；如送件人需提件時，該樣品除應無污染狀況外，亦需滿足表面劑量低於 3 微西弗/小時(該滿足航空業運送之規定)，並開具離場證明，以確認輻射安全。此外，進行樣品照射之人員需配帶人員劑量計及指環劑量計，同時亦應依工作守則穿帶實驗手套；實驗完成後，離開作業場所需進行人員污染偵測，以確保未將放射性污染帶出場外。

對於該作業場所管制區劃分，係以藍區及黃區界定，藍區屬於劑量率低於 3 微西弗/小時之範圍；黃區係以劑量 3 微西弗/小時至 10 微西弗/小時之間之區域，原則上所有工作人員皆位於藍區作業，黃區僅許可人員暫時通行之區域，以確保人員劑量不超過劑量限值。



圖 20、SIKA-project 冷中子三軸散射實驗站

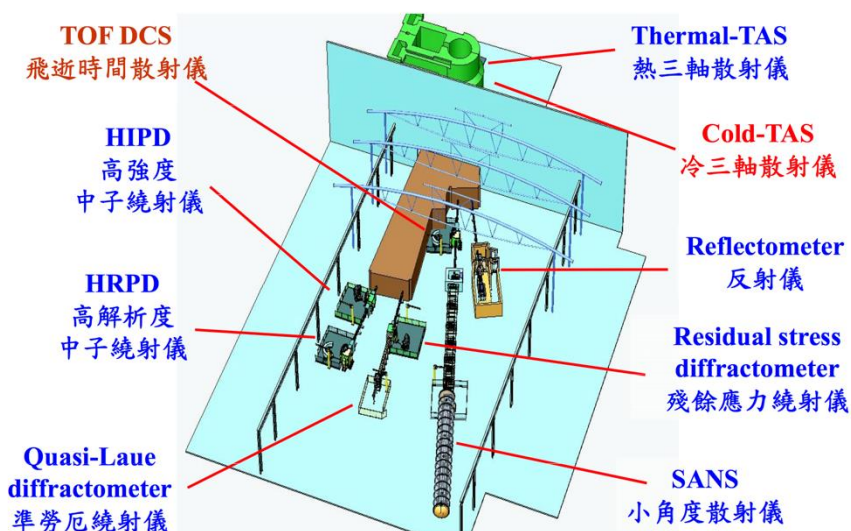


圖 21、SIKA-project 冷中子三軸散射實驗站主要組成

(二)醫學健康部門(department of medical health)

ANSTO 醫學健康部門之核心任務係製造及推廣放射性藥品之使用，以改善澳洲人之健康。該部提供 220 多個核醫學中心之核醫藥物約 85%，使醫療院所得以執行核子醫學診療程序，所有藥品均於優良製造規範(GMP)之潔淨室製造，並通過嚴格品質保證及製造程序。其中 ANSTO 設計 Tc-99m 放射性藥品孳生器已成為澳洲核子醫學之支柱，並同時提供紐西蘭、東南亞國家(包括台灣)之銷售服務。除了生產 Mo-99 外，ANSTO 醫學健康部門還生產其他同位素(如表 8)，包括 I-131 用於治療甲狀腺功能亢進、甲狀腺癌之核子醫學診療。其中生產之 Tc-99m 孳生器原料 Mo-99，主要係透過該組織 OPAL 反應器照射並經後續處理所生產。

表 8、ANSTO 醫學健康部門生產之放射性同位素及其應用

Product	Indication
Mo-99	Bulk export
Gentech /Tc-99m	Organ imaging of the liver, lung, bone, kidney & heart
Sodium Iodide I-131	Hyperthyroidism & Thyroid cancer
Quadramet Sm-153	The relief of bone pain in patients with painful osteoblastic skeletal metastases
Chromium Cr-51	The determination of GFR rate
lutetium-177	Diagnosis and treatment of Neuroendocrine. Tumors
Gallium Ga-67	Hodgkin's Disease, lymphomas and bronchogenic carcinoma. Acute infections
mIBG I-123	Detection, staging and follow-up of neuroblastomas.
Thallium TI-201	Myocardial perfusion imaging
¹⁸ F-FDG	Diagnosis, staging and monitoring of Cancer treatment
Sir Spheres	Un-resectable metastatic liver tumours

對於該部門製藥作業場所之輻防管理，基本管理包括如下：

1. 進入管制區人員以電子資訊記錄，並著適當輻防裝具，包括防護衣、防護眼鏡、手套、鞋套等，一般人員亦同，且需配帶電子式個人警報器(EPD)。
2. 輻射管制區需有明顯之輻射示警標誌。
3. 放射性固態廢棄物需有專用儲存桶，並分類管理，待衰變後以一般廢棄物處理。
4. 設有緊急淋浴設備，且其放射性廢水需集中儲存於廢水儲存槽，並經取樣分析符合規定予排放。
5. 作業場所內設置空浮取樣設備，並配合區域偵檢器作為警示裝置。
6. 放射性廢氣排放需經由濾層系統過濾及監測系統，符合規定才得以排放，該系統包括高效率濾層(HEPA)、活性炭濾層(Charcoal)、及放射性氣體排放取樣設備(一週分析一次)與即時監測設備。



圖 22、ANSTO 工作人員製藥時之防護裝具

對澳洲輻防管制而言，大致與我國管制模式相同，但部份輻防管制值得作為國內輻防管制參考，例如：

1. 樣品經照射後活化之輻防管理，我國目前有核研所、清華大學及長庚醫院等具有樣品照射(具活化特性)服務，又各場所規定之輻防管理及樣品外釋標準並不一致。
2. 管制區內依輻射劑量率之不同，劃分不同輻射區域之管理，例如藍區、黃區，。
3. 進入非密封放射性物質之人員皆需配帶為護眼鏡，以避免放射性物質潑濺而不易除污之問題。
4. 放射性廢氣排放監測系統包括三道監測關卡：熱鉛室出口、濾層系統前、排氣口處，其皆包括即時監測及取樣設備，以確保放射性氣體排放符合規定，同時可釐清異常發生之處。

參、心得與建議

本次參加第五屆亞太區域輻射防護會議，可透過會議瞭解當前國際輻射防護管制趨勢與最新建議與觀點，並藉由與會專家學者之討論，能增進輻防管制作法更深層之認識。此外，會議中國際輻防組織或不同國家輻防管制機關代表亦提出目前及未來將著手研析之事項，及提出未來將發表之規範，對國內管制方面將可藉以檢視與蒐集相關資源，以作為精進輻防管制之因應。另藉由此次公差行程，參訪澳洲核子科學與技術組織(ANSTO)中子散射中心與醫學健康部門之作業場所，可瞭解國際之輻射作業實務之管制情形與作法，同時可增進國際管制視野與交流，並可作為未來國家輻防管制作法修訂之參考。

根據本次公差行程，建議事項如下：

1. 研析國際輻射防護組織提出之相關建議，作為我國輻防管制參考：
部分各國輻防管制單位已參考 ICRP 與 IAEA 等提出之輻射防護建議與基本輻射防護標準，訂定其國內之輻防規定或導則。例如曝露情境模式之轉變、眼球水晶體劑量限值下修、氬氣與宇宙射線納入輻防管理等，其將對我國輻防管制造成衝擊。因此，我國應就國際輻防組織提出之輻防建議，並應瞭解及研析國際間輻防管制作法，並檢視國內輻防管制之適用性，以因應未來國際輻防管制之改變。
2. 增進國際輻防管制視野，持續參與國際輻防管制會議與參訪相關機構：
輻射源應用日新月異，輻射防護之觀點與作法亦略有改變，為與國際輻防管制接軌，並降低我國輻防管制之影響與衝擊，需提早因應與調整。因此透過國際交流與相關機構參訪，蒐集與研析國際輻射防護機構提出之建議及輻防管制作法，以提升國際輻防管制瞭解，並增進我國輻防管制視野。
3. 持續培育輻防專業人才，提升輻防管制：
藉由國際研討會與國際輻防組織辦理輻防訓練課程之參與，或辦理國際研討會議，可瞭解國際輻防管制作為及實務，以培育國內輻射防護專才，同時增進相關人員對輻射防護之認識，將可提升國內之輻防管制能量。

肆、附錄

AOCR-5 會議議程 (The Conference schedule)



PRELIMINARY PROGRAM AS AT 6/3/2018

Sunday 20 May 2018

1200 - 1400	Scientific Program Committee Meeting	Venue TBA
1400 – 1700	Registration Desk Open	MCEC Level 1 Foyer
1400 – 1700	AOARP Executive Meeting	Venue TBA
1900 – 2100	Welcome Reception Metropolis Level 4, Southgate Shopping & Restaurant Precinct. 3 Southgate Avenue, Southbank	

Monday 21 May 2018

0730 – 1700	Registration Desk Open	MCEC Level 1 Foyer
0730 - 0845	Refresher Courses	
	Low Dose Radiation Biology Douglas Boreham	Radiation Protection in Comprehensive Medical Practice Tomas Kron
	NDT and Sealed Source Devices “Back to Basics” Frank Galea	
0900 – 0910	Welcome and Opening Remarks Professor Brad Cassels, President, Australasian Radiation Protection Society, and Convenor, AOCRP-5	
0910 – 0950	SESSION 1 Boyce Worthley Oration <i>Prudence and Conservatism in Radiation Protection</i> ROGER COATES OBE, PRESIDENT <i>International Radiation Protection Association</i>	
0950 – 1040	Keynote Speaker <i>External Dose Estimations for Fukushima Residents after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident</i> DR KEIICHI AKAHANE <i>National Institute of Radiological Science, Japan</i>	
1040 – 1110	Morning Refreshments, Trade Exhibition & Poster Display	MCEC Level 1

SESSION 2	Session 2.1 Exposures due to Fukushima Dai-ich NPP Accident	Session 2.2 Industry and Research (1)	Session 2.3 Radiation Dosimetry, Monitoring and Instrumentation (1)	Session 2.4 Biological Effects of Ionising Radiation
	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>
1115 – 1135	Overview of studies on health effects among emergency workers and other responders of the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident Shinji YOSHINAGA <i>National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, Japan</i>	Diversity and Challenges for Radiation Protection Services at ANSTO Gurava Reddy INDURI <i>ANSTO, Australia</i>	Current occupational doses in Australia – a review of 30 years of data from the PRMS database. Anna HAYTON <i>ARPANSA, Australia</i>	Keratinocyte growth factor treatment on radiation-induced intestines damage in mice Hongyan LIU <i>China Institute for Radiation Protection, China</i>
1135 – 1155	Structure shielding for school buildings against fallout gamma radiation from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident Yasutaka OMORI <i>Fukushima Medical University, Japan</i>	A Shielding Design for an Accelerator-Based Neutron Source Zhi-Hong ZHANG <i>Shanghai Institute of Applied Physics, China</i>	Review of dose-rate effects in the thermoluminescence of LiF:Mg,Ti Yigal HOROWITZ <i>Ben Gurion University of The Negev, Israel</i>	The mechanism of Ionomax, an inhibitor of MMPs, improving the survival of mice exposed to gamma-ray irradiation Burong HU <i>Institute of Modern Physics, China</i>
1155-1215	Internal dose estimation considering the characteristics of insoluble caesium-bearing particles Kentaro MANABE <i>Japan Atomic Energy Agency, Japan</i>	Developing a new transportation container for Co-60 radioactive source Dajie ZHUANG <i>China Institute for Radiation Protection, China</i>	An Introduction to China Jinping Underground Laboratory and Its Application in Radiation Protection Zhi ZENG <i>Tsinghua University, China</i>	Technical Review on Human Body Effects of Tritium Released from Nuclear Power Plants in Korea Kyo-Youn KIM <i>Korea Atomic Energy Research Institute, Korea</i>
1215-1235	Modelling the Reductions in Ambient Dose Equivalent Rates due to Weathering and Human Activities after the Fukushima Accident Sakae KINASE <i>Japan Atomic Energy Agency, Japan</i>	Estimating Monetary Value associated with Radiation Dose in Korean Case Hyeong Ki SHIN <i>Korea Institute of Nuclear Safety, Korea</i>	A Review of Dose Rate Meters as First Responders to Ionising Radiation Aqeel AKBER <i>Safe Radiation, Australia</i>	VACANT
1235 – 1335	Lunch, Trade Exhibition & Poster Display			MCEC Level 1


SESSION 3	Session 3.1 Doses and Effects from the Fukushima Accident	Session 3.2 PHIL, AUS, USA, and JPN Synergize for Nuclear/Radiation Asian Teacher/Student Development	Session 3.3 Safeguards & Security	Session 3.4 Waste Management (1)
	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>
1340-1400	Application of RASCAL to the Radioactive Consequence Evaluation of Fukushima Nuclear Accident Jie HOU <i>Nuclear and Radiation Safety Center, China</i>	Activities Under the IAEA-TCP 2012-2017 Rhodora LEONIN <i>Philippine Nuclear Research Institute-DOST, Philippines</i>	Global Nuclear Non-Proliferation and Nuclear Security Regime - Implications for the Indo-Pacific Region Rob FLOYD <i>Australian Safeguards and Non-Proliferation Office, Australia</i>	Establishing a National Radioactive Waste Management Facility – the Regulator’s role in communicating with the public Marcus GRZECHNIK <i>ARPANSA, Australia</i>
1400-1420	Comparison of Source Terms between Forward and Backward Methods in Fukushima Accident Tae Woon KIM <i>Korea Atomic Energy Research Institute, Korea</i>	ANSTO’s Challenges on HRD and Education for Nuclear Science and Technology Cassandra CASEY <i>Australian Nuclear Science and Technology Organisation, Australia</i>	Review of Security Arrangements for Portable Density/Moisture Gauges During Transport. Simon ROBERTSHAW <i>Department of Health & Human Service, Australia</i>	Challenges associated with the volume reduction of a legacy source inventory Simon TOOMEY <i>SGS, Australia</i>
1420 – 1440	Measurement of Radioactive Profiles in Japanese Red Pine due to Fukushima Nuclear Power Plant Accident Fumihiko KIMURA <i>National Defense Academy, Japan</i>	Outreach to Students and Teachers - Key to Human Resource Development Valerie SEGOVIA <i>Nuclear Power Institute, Texas A&M University, USA</i>	IAEA Advisory Services - Australia’s follow-up IPPAS mission Stephan BAYER <i>Australian Safeguards and Non-Proliferation Office, Australia</i>	Community Engagement on Radioactive Waste Management Bruce McCLEARY <i>Department of Industry, Innovation and Science, Australia</i>
1440 – 1500	Environmental Monitoring Techniques After Fukushima Accident Yasuhiro UEZU <i>Japan Atomic Energy Agency, Japan</i>	Development of Radiation Education Tools Based on Feedback from Asian Countries' Activities Takeshi IIMOTO <i>The University of Tokyo, Japan</i>	The IAEA Robotics Challenge – Developing Robots to Assist Safeguards Inspectors Kalman ROBERTSON <i>Australian Safeguards and Non-Proliferation Office</i>	Microbial community of bentonite, a potential buffer material for deep geological disposal of radioactive waste Hongyan LIU <i>China Institute for Radiation Protection</i>
1500-1530	Afternoon Refreshments, Trade Exhibition & Poster Display			MCEC Level 1

SESSION 4	Session 4.1 Environmental Radiation Protection (1)	Session 4.2 Communication & Public Engagement	Session 4.3 Decommissioning Room 104	Session 4.4 Radiation Protection in Medicine (1)
	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>
1535-1555	Transfer of radionuclides and stable elements to insects and amphibians in a uranium mill tailings pond in Japan Akihiro SAKODA <i>Japan Atomic Energy Agency, Japan</i>	Activities of IRPA Task Group on Public Understanding Hiroko YOSHIDA <i>International Radiation Protection Association, Japan</i>	Fast three-dimensional radiation field calculation for large scale nuclear facilities Yuanjie BI <i>China Institute of Atomic Energy, China</i>	Beyond Compliance – Radiation Safety Management System in Health Care Glenn STURCHIO <i>Mayo Clinic, USA</i>
1555-1615	Development of Noble Gas β -Monitor Based on the Coincidence Detectors Jun CAI <i>Shanghai Institute of Applied Physics, China</i>	Australia's 'Talk to a Scientist Program' – Past, Present and Future Marcus GRZECHNIK <i>ARPANSA, Australia</i>	Consideration on Regulatory Framework & Technical Standards for Decommissioning in Korea Yongki CHI <i>Korea Institute of Nuclear Safety, Korea</i>	Measurement and simulation of neutrons and gamma rays around 15 MV medical linear accelerator Thiansin LIAMSUWAN <i>Thailand Institute of Nuclear Technology, Thailand</i>
1615-1635	Radiological impact assessment study on non-human species of certain ACP1000 nuclear power plant in China Hongyan DU <i>China Nuclear Power Engineering Corporation, China</i>	Learning from incidents – Australian Radiation Incident Register (ARIR) Chris NICKEL <i>ARPANSA, Australia</i>	Safety Aspect of Decommissioning of PET Cyclotron Hee-Seock LEE <i>Pohang Accelerator Lab/POSTECH, South Korea</i>	Radiation dose rate assessment around patients in PET/CT units Maged ELSAADONY <i>Egyptian Nuclear and Radiological Regulatory Authority</i>
1635 – 1655	Analysis for radioactivity concentration of Pb-210 in outdoor-air Fei TUO <i>National Institute for Radiological Protection, China</i>	Australian Radon Monitoring Network Cameron JEFFRIES <i>St Vincent's Hospital, Australia</i>	VACANT	PET facility shielding calculator Mathew COOPER <i>SA Radiation, Australia</i>
1700-1830	IRPA Associate Societies Forum Representatives from all countries are welcome to attend this session IRPA Societies in the Asian & Oceanic Region include Australia, China, India, Japan, Korea, Malaysia, Philippines			
1845	Free evening for attendees			

Tuesday 22 May 2018

0730 – 1700	Registration Desk Open			MCEC Level 1 Foyer
0730 - 0845	Refresher Courses			
	Occupational Radiation Protection during High Exposure Situations Burchin Okyar	Radon, should we be concerned? Stephen Solomon	Overview of the radiofrequency health science and its relation to international guidelines TBA	
0900 – 0910	Welcome and Housekeeping			
0910–1000	Session 5 IAEA Radiation Safety Standards – From Theory to Practice: Meeting the Radiation Protection Challenges in Facilities and Activities DR MIROSLAV PINAK <i>International Atomic Energy Agency</i>			
1000-1030	Priorities of the International Commission on Radiation Protection CHRISTOPHER CLEMENTS <i>Scientific Secretary, ICRP</i>			
1030-1100	Morning Refreshments, Trade Exhibition & Poster Display			MCEC Level 1
	Session 6.1 Radiation Protection in Mining (1) Chair: Miroslav Pinak	Session 6.2 Young Generation Network Session	Session 6.3 Radiation Dosimetry, Monitoring and Instrumentation (2)	Session 6.4 5G / Non-Ionising Radiation Chair: Mike Wood
	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>
SESSION 6		<i>Please note this session will not run in alignment with other concurrent sessions. Presentation time for this session will be 15 minutes</i>		
1105-1125	Radiation Protection in Mining – Meeting the BSS Requirements Haridasan PAPPINISSERI <i>International Atomic Energy Agency, Austria</i>	1105-1120 Report on recent activities of the Young Researchers' Association for Japan Health Physics Society Noriaki KATAOKA <i>Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, Japan</i>	Integrated dosimeter response and dose conversion algorithm development using the HDRK-Man voxel phantom Silvia BARROS <i>Sejong University, South Korea</i>	The challenges, opportunities and setting the framework for 5G and EMF Mike WOOD <i>Telstra, Australia</i>
1125-1145	Uranium Mining and Remediation in Australia's Northern Territory Peter WAGGITT <i>NT Dept of Primary Industry and Resources, Australia</i>		The preliminary investigation and study on the eye-lens dose measurement during the outage of PWR Qinjian CAO <i>China Institute for Radiation Protection, China</i>	EMF Exposure Research Related to 5G Equipment Ken JOYNER <i>Mobile Wireless Forum (MWF), Australia</i>

1145-1205	Radiation Protection Strategies in High-Grade Underground Uranium Mines John TAKALA <i>Cameco Corporation, Canada</i>		Radiation Dose Measurement Using the Small Type Optically Stimulated Luminescence (OSL) Dosimeters Called “nanoDot” for Pediatric CT Examinations. Vergil Lorenzo CRUZ <i>Nagase Landauer, Japan</i>	Developing Electromagnetic Field Exposure (EMF) Compliance Assessment Standards for 5G Mike WOOD <i>Telstra, Australia</i>
1205-1225	Current Status on Radiation Exposure Level of Chinese Uranium Mining Industry Senlin LIU <i>China Institute of Atomic Energy</i>		Retrospective skin dose assessment after contamination with bulk Mo-99: calculation and biological dosimetry Andrew POPP <i>ANSTO, Australia</i>	Electromagnetic Energy (EME) Exposure assessment of Telstra’s 5G trial network on the Gold Coast, Australia Steve ISKRA <i>Telstra, Australia</i>
1225-1245	Radiation Protection in Mining and Minerals Processing – Getting the Balance Right Jim HONDROS <i>JRHC Enterprises, Australia</i>		Thyroid Measurement Intercomparison Exercise for Internal Contamination Monitoring of I-131 in Asia Wi-ho HA <i>Korea Institute Of Radiological And Medical Sciences</i>	AMTA’s RadioWorkSafe program – a review of the new mobile industry safety initiative for contractors and height workers Tony PAUL <i>Australian Mobile telecommunications Association (AMTA), Australia</i>
1245 – 1345	Lunch, Trade Exhibition & Poster Display			MCEC Level 1
	Young Generation Network Lunch – Venue, TBA			

SESSION 7	Session 7.1 Radiation Protection in Mining (2) Chair: Miroslav Pinak	Session 7.2 Radiation Protection in the Laboratory 	Session 7.3 Radiation Protection in Industry and Research (2)	Session 7.4 Non-Ionising Radiation (1)
	ROOM	ROOM	ROOM	ROOM
1350-1410	Occupational Radiation Protection in the Uranium Mining and Processing Industry H.Burcin OKYAR <i>International Atomic Energy Agency, Austria</i>	<p>Please note this session will not run in alignment with other concurrent sessions.</p> <p>Presented by Peter Thomas Stephen Long Michael Litwin Paul Marks</p> <p>The topics covered in the seminar are:</p> <p>Basics of Radiation Protection – Dose and Risk, ICRP and IAEA Basic Safety Standards</p> <p>AS/NZS 2243.4 – A practical standard for radiation safety in laboratories</p>	Radiopharmaceuticals production: lessons learnt from overexposure to the hands Robin FOY <i>ANSTO, Australia</i>	International Framework for Protection against Non-ionizing Radiation Exposure Rick TINKER <i>ARPANSA, Australia</i>
1410-1430	A Radiological Assessment of Mines in Sokoto Basin: Result from an In-vitro Radiation Measurement in Gummi Yusuf AHIIJO MUSA <i>Usmanu Danfodiyo University, Nigeria</i>		Radiation Protection at an Industrial Photon Activation Analysis Facility Rhys PRESTON <i>Chrysos Corporation, Australia</i>	Non-Ionising Radiation and Health: The New Australian Centre for Electromagnetic Bioeffects Research Sarah LOUGHRAN <i>Australian Centre for Electromagnetic Bioeffects Research, Australia</i>
1430-1450	Practical Radiation Protection in Mining – Communicating the Radiation Risk Alice JAGGER <i>Consultant, Australia</i>		Preliminary Verification of Point Kernel Integral Code cosKERNEL of COSINE Yeshuai SUN <i>National Nuclear Power Technology Corporation, China</i>	Wireless Radiation and Health: The case for the Precautionary Principle Dariusz LESZCZYNSKI <i>University of Helsinki, Finland</i>
1450-1510	Gamma Spectrometry Analysis For Varied Mineralogy Michael STUCKINGS <i>The University of Adelaide, Australia</i>		Development of Dose Assessment System (ADAMO) for Precautionary Protection under Circumstance of Nuclear Emergency Seung-young JEONG <i>Korea Institute of Nuclear Safety, South Korea</i>	The 5G telecommunication technology-emitted millimeter-waves: Lack of research on bioeffects Dariusz LESZCZYNSKI <i>University of Helsinki, Finland</i>
1510-1540	Afternoon Refreshments & Trade Exhibition/Posters		MCEC Level 1 Foyer	
SESSION 8	Session 8.1 Waste Management (2)	Session 8.2 Radiation Protection in the Laboratory (cont.)	Session 8.3 Radiation Protection in Medicine (2)	Session 8.4 Non-Ionising Radiation (2)
	ROOM	ROOM	ROOM	ROOM
1545-1605	Radioisotope Interaction with Natural Environment: A Safety Assessment Parameter for Radioactive Material Storage Facilities Brad CASSELS <i>Monash University, Australia</i>	<p>Please note this session will not run in alignment with other concurrent sessions.</p> <p>Presented by: Peter Thomas</p>	Shielding effect of the crystalline lens by direction by radiological protection glasses Yuma HIRATA <i>Kyushu University, China</i>	Why the Precautionary Principle is needed for Non-Ionising Radiation Devices. Victor LEACH <i>ORSAA, Australia</i>

1605-1625	Nanoscale Migration of Radiogenic Lead Christopher KALNINS <i>The University of Adelaide, Australia</i>	Stephen Long Michael Litwin Paul Marks The topics covered in the seminar are: Personal Radiation Monitoring – Assessing external and internal dose	Cancer risk following childhood CT scan exposure: using propensity scores to account for confounding by indication Jasmine McBAIN-MILLER <i>University of Melbourne, Australia</i>	Radiofrequency (RF) Radiation Safety Assessment Around Telecommunication Structure In Malaysia Roha TUKIMIN <i>Malaysia Nuclear Agency, Malaysia</i>
1625-1645	Measurement of radioactivity for the clearance of radioactive waste Changbum KIM <i>Korea University</i>	Area Monitoring and PPE – Good laboratory practice Participants must attend both sessions in order to gain the full benefit of the seminar	Cancer risks following low-dose ionizing radiation from CT scans: Exploring the effects of reverse causation and organ dose on risk John D MATHEWS <i>University of Melbourne</i>	Effective Non-Ionizing Radiation Protection Andrew WOOD <i>Swinburne University of Technology, Australia</i>
1645-1705	Permanent isolation (disposal) of low level radioactive wastes utilising Australian geological repositories Lincoln MORTON <i>Tellus Holdings, Australia</i>		2017 International Conference on Radiation Protection in Medicine: Achieving Change in Practice Peter THOMAS ARPANSA, Australia	VACANT
1715 - 1845	IRPA-IOMP-WHO-IAEA-UNSCEAR-ICRP Radiation Protection in Medicine			
	Session content to be advised			
1845	Free evening for attendees			
Wednesday 23 May 2018				
0730 – 1700	Registration Desk Open		MCEC Level 1 Foyer	
0730 - 0845	Refresher Courses			
	Recent progress in the Fukushima nuclear issue: dose evaluation for Fukushima residents Yasutaka Omori	Development of the safety case and waste acceptance criteria for Radioactive Waste Disposal Rebecca Stohr	Proton Beam Therapy Kevin Nelson	
0900 – 0910	Welcome and Housekeeping			
0910 – 1000	Session 9 Keynote Speaker Radioactive Waste Disposal – do regulators fix the right problem and do they do it right? DR CARL-MAGNUS LARSSON CEO, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA)			
1000-1030	TBA			
1030-1100	Morning Refreshments & Trade Exhibition			MCEC Level 1 Foyer
SESSION 10	Session 10.1 Radiation Protection in Practice and Tools for Improvement	Session 10.2 Existing Exposure	Session 10.3 Radiation Dosimetry, Monitoring and Instrumentation (3)	Session 10.4 WHO – Emergency Preparedness & Response Session
	ROOM	ROOM	ROOM	ROOM

1105-1125	Worldwide Medical and Occupational Exposure Reviews Cameron LAWRENCE <i>ARPANSA, Australia</i>	Study on Atmospheric Radon Progeny Concentration and its Relationship with PM2.5 in Beijing Yunxiang WANG School of Physics, Peking University, China	Present status of calibration fields and collaborative activities at the Facility of Radiation Standards (FRS), Japan Atomic Energy Agency (JAEA) Munehiko KOWATARI Hiroshi YOSHITOMI <i>Japan Atomic Energy Agency, Japan</i>	Session content to be advised
1125-1145	Australian National Radiation Dose Register (ANRDR) in Review Cameron LAWRENCE <i>ARPANSA, Australia</i>	Annual per-capita doses of the Japanese from cosmic radiation exposure in commercial flights Hiroshi YASUDA Hiroshima University, Japan	Performance Testing a Low Cost Gamma Spectrometer Kent GREGORY Mathieu MESSEILLER <i>SA Radiation, Australia</i>	
1145-1205	Important Attributes of Radiation Protection Culture and its Implementations in Malaysia Sabariah KADER IBRAHIM <i>Malaysia Nuclear Agency</i>	European Research Project MetroRADON - Metrology for Radon Monitoring in Europe Monika MAZÁNOVÁ Vlasta ZDYCHOVÁ <i>Czech Metrology Institute</i>	Fast Neutron-Gamma Ray Discrimination via Combined TL and OSL Measurements Yigal HOROWITZ <i>Ben Gurion University Of The Negev, Israel</i>	
1205-1225	LNT hinders the use of nuclear power in Australia Donald HIGSON <i>Retired, Australia</i>	Validation of the traceability of radon and thoron facilities among Asian countries Miroslaw JANIŁ <i>QST/NIRS, Japan</i>	Development and applications of a carborne gamma-ray survey system, KURAMA-II Minoru TANIGAKI <i>Kyoto University, Japan</i>	
1225-1245	Mission to Mars: Expected Radiation Doses to Crew Members Andrew JOHNSTON Ian FURNESS <i>Southern Radiation Services, Australia</i>	Determination of Gamma Ray Exposure Rate (ER) in Soils of Yelagiri Hills, Tamilnadu, India and its spatial distributions A CHANDRASEKARAN <i>SSN College Of Engineering, India</i>	Simulation of alpha particle track images on fluorescent nuclear track detectors using Monte Carlo code Takuya HASHIZUME <i>Nagase Landauer, Japan</i>	
1245-1345	Lunch, Trade Exhibition & Posters			

	Session 11.1 Radiation Risk Models	Session 11.2 Environmental Radiation Protection (2)	Session 11.3 Radiation Dosimetry, Monitoring and Instrumentation (4)	Session 11.4 IRPA-IOMP-WHO- IAEA Joint Session on “Safety Culture in Health Care”
	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>	<i>ROOM</i>
1350-1410	Time Dependent Modifying Factors for Cancer Mortality Association with Low Dose and Low Dose-rate Exposure to Ionizing Radiation in J-EPISEDE Hiroshige FURUTA <i>Institute of Radiation Epidemiology, Japan</i>	210Po emissions from a coal-fired power plant with WESP in China Chuangao WANG <i>China institute of Atomic Energy, China</i>	Characteristic Limits and their Application to Neutron Dosimetry Stephen LONG <i>ARPANSA, Australia</i>	A joint initiative of IRPA, IOMP, WHO and IAEA has been the radiation safety culture in healthcare. The purpose is to develop a framework document providing guidance for the establishment and maintenance of a Radiation Safety Culture (RSC), as part of a sustainable safety culture program in health care settings. While radiation safety of patients and staff is getting improved, there is a need for actions to develop a culture of safety and to integrate the actions with safety culture of the hospitals. A series of workshops have been organized in different regions of the world, gathering representatives from health care providers, regulatory bodies, health authorities, manufacturers, and patients’ associations, to collect feedback and identify key elements of RSC. The aim of these workshops was also to collect safety and culture issues in different regions to help in setting priorities for establishing and maintaining RSC. It is becoming apparent that while tissue injuries and risk of cancer drove radiation safety actions in last 2 decades, the assurance of a safety culture will drive actions in next decade. Patients are getting scared and need assurance that can
1410-1430	Influence of age-related baseline risk on radiation dose response for coronary heart disease Shogo HORITA <i>Tokyo Healthcare University, Japan</i>	Characterization of Po-210 and Pb-210 in different size groups of airborne particles in NORM industry Qifan WU <i>Tsinghua University, China</i>	Acceptance testing of the TASL neutron dosimetry system. Michael LITWIN <i>ARPANSA, Australia</i>	
1430-1450	Radiation Risk Comparison with Lifestyle and Socio Economic Factors Shin'ichi KUDO <i>Institute of Radiation Epidemiology, Japan</i>	Methodology for Evaluation of Long-Term Trend in Environmental Radioactivity Seong A YIM <i>Korea Institute of Nuclear Safety, Korea</i>	Proper Calibration Factor of Small Type OSL Dosimeter for Evaluating Eye Lens Dose of Operators during X-ray Fluoroscopic Procedure Tohru OKAZAKI <i>Naase-landauer, Japan</i>	
1450-1510	VACANT	Analysis of gross Alpha and Beta activities in drinking water in Faskari Local Government Area of Katsina State, Nigeria Nosike MADUKA <i>Federal University Gusau, Nigeria</i>	Radiation survey of a dual-energy mobile container scanning system Simon TOOMEY <i>SGS Australia</i>	
1510-1530	VACANT	VACANT	Highly sensitive novel silica-based materials for radiation dosimetry Ruth SHAW <i>University of Adelaide, Australia</i>	

come when a culture of safety is in place.

				come when a culture of safety is in place.
1530-1600	Afternoon Refreshments, Trade Exhibition & Poster Display			MCEC Level 1
1600-1650	Session 12 Closing Keynote Speaker PROFESSOR CHARLES GUEST <i>Chief Medical Officer, Department of Health Victoria</i>			
1650-1700	Conference Closing Ceremony and Awards			
1900 - 2230	Conference Gala Dinner Melbourne Town Hall 90-130 Swanston St, Melbourne VIC 3000			