

出國報告（出國類別：開會）

赴澳洲參加第 5 屆國際輻射防護體系研討會（ICRP 2019）暨參訪澳洲核子科學與技術組織(ANSTO)
出國報告

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：黃俊華技士、王濬儒技士

派赴國家/地區：澳洲雪梨/阿德雷德

出國期間：108 年 11 月 11 日至 11 月 23 日

報告日期：109 年 2 月 20 日

摘要

本次職奉派赴澳洲阿德雷德 (Adelaide) 參加 2019 年第 5 屆國際輻射防護體系研討會 (ICRP's 5th International Symposium on the System of Radiological Protection, 2019)，研討會由澳洲輻射防護協會 (Australasian Radiation Protection Society, ARPS)、澳洲輻射防護及核能安全署 (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, ARPANSA) 及國際放射防護委員會 (International Commission on Radiological Protection, ICRP) 共同辦理，並以三大輻射防護議題為主軸：MINES (氦氣)、MEDICINE (放射醫學)、MARS (宇宙射線及飛航劑量)，透過專題演講及海報展示方式進行，邀集各國輻防專家學者討論最新輻射防護管制趨勢與進行經驗分享，促進各國技術交流。

另考量國內近年陸續興建迴旋加速器以供生產核醫藥物，供給國內醫療院所使用，同時伴隨高能加速器興建與樣品活化照射等輻射作業管制議題，爰透過本次出國行程，順道參訪澳洲核子科學與技術組織 (Australian Nuclear Science and Technology Organization, ANSTO) 所設置之 ANSTO Nuclear Medicine (ANM) 核醫製藥中心、Synroc waste treatment plant 放射性廢棄物處理廠及中子輻射應用設施等，期藉由瞭解該單位之輻射防護管制及管理作法，作為日後國內精進及修訂輻防管制規定之參考。

目錄

壹、出國目的與行程	1
一、出國目的.....	1
二、行程	1
貳、會議及參訪內容	2
一、ICRP 2019 會議概述	2
二、研討會議題討論及說明.....	6
參、參訪資料 (ANSTO)	32
一、Mo-99 Manufacturing Facility.....	32
二、Synroc waste treatment plant.....	36
三、中子散射中心(Neutron Scattering Center).....	38
肆、心得與建議	40
伍、附錄	42

壹、出國目的與行程

一、出國目的

行政院原子能委員會（以下簡稱原能會、AEC）此次派員赴澳洲阿德雷德參加 2019 年第 5 屆國際輻射防護體系研討會（ICRP's 5th International Symposium on the System of Radiological Protection, 2019），希冀透過汲取國際輻射防護機構及專家學者之經驗，瞭解現行國際上輻射防護系統的推動現況與未來發展之可能藍圖及建議，促進輻防管制經驗交流，並藉此探討國內管制措施修訂的可能性，據以精進或更新管制實務作法，以接軌國際輻防管制趨勢，落實游離輻射的民生安全應用。

二、行程

日期	天數	地點	工作內容
108.11.11-108.11.12	2	雪梨	去程（臺北-雪梨）
108.11.13-108.11.13	1	雪梨	參訪澳洲核子科學和技術組織（ANSTO）
108.11.17-108.11.17	1	阿德雷德	去程（雪梨-阿德雷德）
108.11.18-108.11.21	2	阿德雷德	參加第五屆國際輻射防護體系研討會（ICRP 2019）
108.11.22-108.11.23	2	臺北	返程（阿德雷德-雪梨-臺北）

貳、會議及參訪內容

一、ICRP 2019 會議概述

ICRP國際輻射防護體系研討會（ICRP's International Symposium on the System of Radiological Protection），自2011年起每2年即辦理1次，本屆2019年第5屆國際輻射防護體系研討會（ICRP's 5th International Symposium on the System of Radiological Protection, 2019）由澳洲輻射防護協會（Australasian Radiation Protection Society, ARPS）、澳洲輻射防護及核能安全署（Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, ARPANSA）及國際放射防護委員會（ICRP）共同舉辦（如圖1），會議時間為11月17日至11月21日，地點選在南澳首府阿德雷德的會展中心（Adelaide Convention Centre, ACC）辦理，集結了多國專家學者與輻防管制與研究機構，計有逾400名各國代表參加（會場及會議實景如圖2），圖3則為本會及輻射偵測中心出席人員的合影。

本次會議討論議題，除了延續2017年在法國巴黎舉辦第4次會議之討論內容：劑量係數的檢討與精進、低劑量與低劑量率之輻射生物效應及健康風險評估、新型放射治療的效益及輻防需求、災後復原措施與人員及環境的綜合防護外，亦考量主辦國澳洲當地需求及未來各國可能遭遇的挑戰，故以三大輻射防護議題（如圖4）為主軸：MINES（氦氣）、MEDICINE（放射醫學）、MARS（宇宙射線及飛航劑量），邀集各國專家學者發表及分享與研討輻射防護管制措施相關之建議與作法。



圖 1、ICRP's 5th International Symposium on the System of Radiological Protection, 2019 網站 banner



圖 2、阿得雷德會展中心(左)及 ICRP 2019 會議實景 (右)



圖 3、本會及輻射偵測中心出席人員的合影

THEMES

OUR THEMES

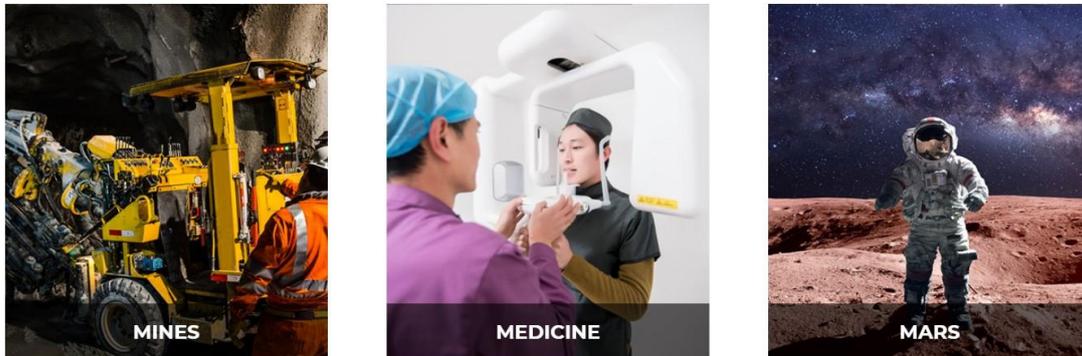


圖 4、ICRP 2019 研討會討論議題主軸

開幕式是由ICRP主席克萊爾·庫辛斯 (Dr. Claire Cousins) 主持 (如圖 5)，除了開閉幕的大會演講在大型會議廳舉行外，其餘場次都是依Mines、Medicine、Mars三個不同的主題在不同的中小型會議室進行，以平行討論的方式，由各主題相關研究講者進行口頭演說，並由與談人引言及結語，最後與台下與會專家學者進行Q&A或討論互動 (如圖6、圖7)。



圖 5、ICRP 2019 研討會開幕演說



圖 6、小型會議室研討概況

此外，本次ICRP一同往常，有製作研討會App（如圖8）供與會專家學者使用，App除了可以用來查詢會議議程及海報展示資訊，現場如果不便舉手發問也可以透過App進行提問，此外，也可以查看其他來賓的個人資訊或交換名片，以便後續進行交流，最有趣的是，交換名片達一定數量即可獲得積分點數，點數可拿來兌換下一次ICRP研討會的門票！



圖 7、中型會議室研討概況

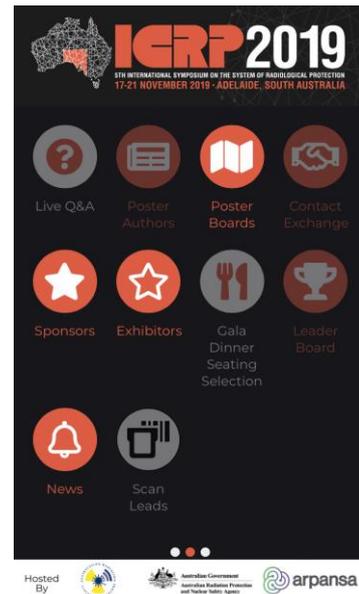


圖 8、ICRP 2019 App

二、研討會議題討論及說明

(一) 採礦之天然放射性物質輻射防護及管理

在澳洲，鈾礦開採工作人員之氡氣劑量曝露一直為輻防管制的重點，而澳洲所制定的工作場所和家庭中的曝露水平是世界最低的安全標準，在報告中指出，在澳洲家庭的抽樣調查中，評估住宅氡活度平均值為11 Bq/m³（如圖9），遠低於澳洲所制定的200 Bq/m³。

Radon levels in Australian Homes

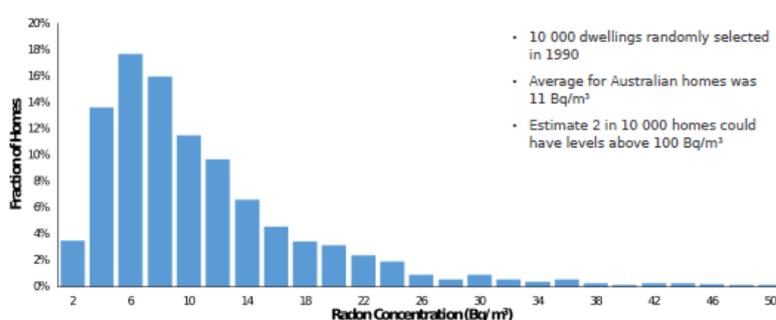


圖9、澳洲住宅的氡活度

國際原子能機構（IAEA）發布的「國際基本安全標準」，要求政府針對室內由於氡氣引起的輻射曝露，制定並實施一項行動計劃。為了向各國提供幫助，世界衛生組織（世衛組織）提供了減少氡氣的健康風險的方案，以及預防和減輕氡氣的合理政策方案。在全球，有許多例子是依據該方案，減少與氡氣接觸以避免罹患肺癌。

目前澳洲正在考慮實施「澳洲氡氣行動計劃」，該計劃提出了一項長期戰略，目的在減少澳洲因人們接觸高濃度氡氣，所引起的肺炎的個人風險。在澳洲，只有少數幾種情況可能會導致夠高的氡氣濃度而有待解決。這些包括地勢高的地區的建築物、地下工作場所、氡氣濃度較高的工作場所，例如使用天然泉水的水療中心，或通風受限的封閉工作場

所。在該計劃的指導下，將通過在有遭受氡氣曝露風險的關鍵領域採取防護措施，利用相關偵測儀器（圖10），評估氡氣濃度可能升高的工作場所和公共建築，提供這些工作場所和公共場所相對應的建議和指導，以最大限度地減少在澳洲造成的氡氣風險。氡氣濃度超過參考水平的產品，盡可能地使氡氣濃度降至最低。成功實施該計劃的關鍵要素將取決於與政府部門和其他健康促進計劃的合作，技術和溝通專家的合作努力，以及與參與實施預防和緩解氡氣氣的建築專業人員和其他利益相關者的合作。

Radon Monitoring Services



Radon digital meter
hire direct to the
public, for 7 day
measurement.



Radon plaque monitor for
homes and workplaces,
from 3 to 12 months
monitoring.

圖10、澳洲測量氡氣儀器

加拿大衛生部放射防護局的Jing Chen博士指出，針對男性礦工的流行病學研究，證明肺癌是長期氡氣曝露的主要風險。而近年的輻射防護措施，如強制通風系統，已使鈾礦中的氡氣活度大大降低，卻凸顯出住宅室內氡氣曝露的影響。例如，在過去的十年中，加拿大鈾礦內的平均氡活度為 111 Bq/m^3 (0.14 WLM/y ; working level month per year)，而加拿大家庭的平均氡活度為 77 Bq/m^3 。礦工的氡曝露劑量僅限於他們

的工作年限。終生曝露可能對在評估肺癌風險時，並未修正礦工居住環境的氡氣曝露。

Average radon exposures in homes and in uranium mines.

Environment	Average radon level (Bq/m ³)	Annual radon exposure (WLM), effective dose (mSv)
Residential homes	77	0.34 WLM, 4.1 mSv
Underground workers in uranium mines	111	0.14 WLM, 1.7 mSv

圖11、加拿大地區住宅與鈾礦的氡活度比較

舉例來看，在法國和捷克的鈾礦工人的總體分析報告中，捷克礦工的累計曝露劑量與於法國礦工相似，但捷克礦工的相對風險（ERR/100 WLM）估計比法國礦工高出約5倍多。因國家或採礦地點不同，氡氣曝露而造成罹患肺癌風險而有顯著的差異並不合理。但比較法國和捷克中不同的住宅的氡活度可能有助於釐清此差異。法國家庭的平均氡氣濃度為 83 Bq/m³，而捷克礦工家中的氡氣濃度為 551 Bq/m³。兩組的平均年齡均為 56 歲。在 56 年中，法國房屋的累計曝光量為 21 WLM，捷克住宅中的累積曝光量為 139 WLM。粗略調整捷克和法國的住宅和礦山中的總累積曝露量，兩國的礦工之間的相對風險比例從 5 倍降低為 2 倍，更進一步的分析和計算表明，在評估礦工中氡氣引起的肺癌時，需考慮礦工的住宅的氡氣曝露差異。

鈾礦開採始於 1940 年代後期。隨著時間的演進，採礦的環境變化的很快，從 1950 年代後期，開始實施保護措施，改善工作條件，引入強制通風並於 1960 年代開始研究礦工的流行病學。1993 年，ICRP No. 65 報告，調查 31,000 多名礦工，包含美國科羅拉多州、新墨西哥、加拿大的安大略、艾伯塔等 7 個地區的礦工，評估氡氣所引起的肺癌死亡風險。

1999年，BEIR No.6號報告，針對11個族群，約6萬多名礦工，進行約15項的研究分析。這些研究對氡氣的理解產生了重大影響風險，並有助於確認氡氣對人的肺部具有致癌性。他們提供了定量分析，評估與氡氣有關的罹患肺癌的風險，並考慮改變接觸風險係數，例如年齡，接觸後的時間或接觸率，評估肺癌死亡率與氡氣曝露之間的關係，並考慮到吸煙習慣。當前結果指出，氡氣除與肺癌有關以外，未顯示出有其他的健康風險的關聯。

為了保護採礦工人，ICRP在2010年的文獻或UNSCEAR最近在2019年的研究，根據對早期礦工估算風險係數，得出累積氡氣曝露量和肺癌死亡率是有正相關。根據最近低曝露礦工的流行病學研究中，ICRP使用生物動力學和劑量學模型，用來評估健康風險與新推導劑量轉換係數(ICRP No.137報告,2017)，計算出ICRP No.115報告中所估計的終生曝露風險是1993年的ICRP No.65報告所估計風險的兩倍。

最近，大數據的鈾礦工人分析研究已經開始，這個流行病學研究包括來自全球鈾礦工共計12萬多個礦工的數據。這項國際研究將改善我們的了解相關疾病，加強輻射防護的基礎。

(二) 氡氣評估與測量

ICRP發布了有關工作場所和家庭中預防氡氣的指南，以及曝露評估的劑量係數。ICRP No.126報告建議氡活度為300 Bq/m³，作為大多數工作場所和家庭中的參考水平。在大多數情況下，可以直接使用空氣濃度測量而無需考慮額外的輻射劑量。然而，當氡氣被視為職業曝露（例如在礦山中）時，需要對採礦工人進行劑量估計；當持續超過參考水平時，在其他工作場所（例如辦公室）中曝露的風險更高。ICRP No.137報

告建議工作場所曝露的大多數情況下，劑量係數為 $3 \text{ mSv/mJ} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ (每個WLM約 10 mSv)，在使用平衡因子 0.4 (EEC為 $16.8 \text{ nSv/Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$)，轉換為 $6.7 \text{ nSv/Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ 。使用該劑量係數，工人每年曝露於 300 Bq/m^3 ，對應輻射劑量為 4 mSv 。為了進行比較，將相同的係數用於住宅中，對應的輻射劑量為 14 mSv 。如果職業曝露需要更詳細的評估，可以使用ICRP No.137報告中提供的方法評估特定器官的劑量。

任職於加拿大的輻射安全研究所的Brian Bjorndal與Curtis Caldwell則帶來加拿大如何分析鈾礦中的氡氣，評估個人劑量。加拿大的鈾礦開採和製粉業由加拿大核安全委員會 (CNSC) 監管。為此，加拿大輻射安全研究所提供個人 α 劑量測定法，以準確測量職業曝露於氡氣和長壽命的放射性塵埃。個人 α 劑量計 (如圖12) 研究所使用的是利用專門的 α 軌道檢測器，來測量吸入的 α 能量，分析Rn-222和Rn-220的短壽命子核衰變產物，以及鈾的放射性 α 核種。

• The Personal Alpha Dosimeter is designed to measure:

– Radon Progeny

- ^{218}Po (RaA)
- ^{214}Po (RaC')

– Thoron Progeny

- ^{212}Po (ThC')

– Alpha emitting Long-Lived Radioactive Dust (LLRD)



14

圖12、針對 α 粒子的個人劑量計

在35年研究歷史中，在加拿大的五個獨立鈾礦裡，測量超過50,000名採礦工人 (圖13)。計算出個別工人曝露劑量，並以該數值為標準劑量，

且保存為永久記錄。以過去25年中加拿大的鈾礦開採行業採礦劑量數據，提供ICRP對於在鈾礦開採行業中氬氣曝露的參考依據。

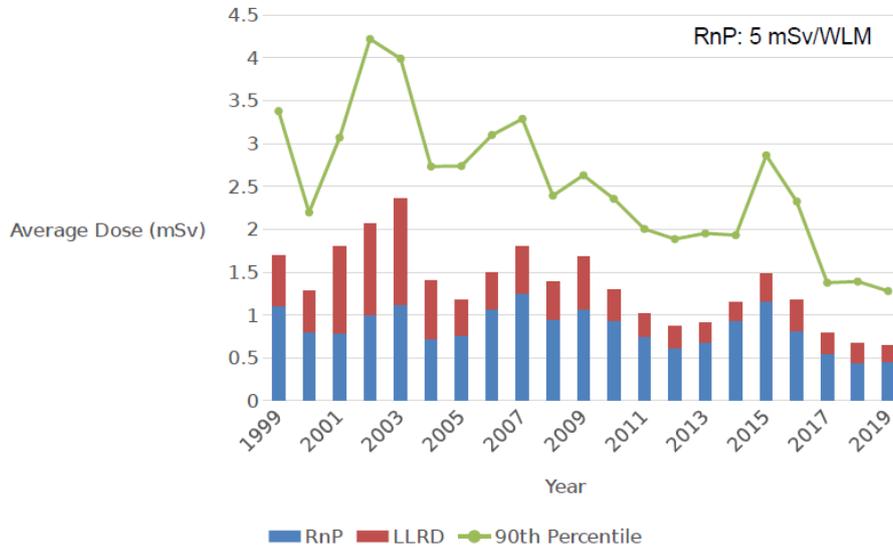


圖13、加拿大1999-2019的平均劑量值

(三) 醫療輻射防護

游離輻射已知是誘發白內障的危險因素。輻射引起的水晶體混濁被歸類為確定性效應，但是，最近有關於劑量限度。國際放射防護和國際原子能委員會能源署建議，應將晶狀體混濁的低限估計值從等效劑量5 Sv，降為吸收劑量0.5 Gy，並相應改變了從每年皮膚與四肢的150 mSv與每年平均20 mSv的職業工作人員的劑量限度。而這些更新的建議不再包括劑量率的考慮，並且已用急性和保護性曝露相同限值。已發表的有關白內障的人類流行病學數據，主要重點著重於太空人。像許多組織器官一樣，眼睛的水晶體被認為對較高的輻射劑量有高度敏感（如圖14）。意味著太空人患白內障的風險應更高。

Astronaut cohorts

Chylack et al 2009:

- 171 astronauts vs 247 controls
- Lens imaging
- Half of exposed group received > 10 mSv
- HR = 2.23 for high dose group (> 10 mSv) vs low dose group (< 10 mSv)

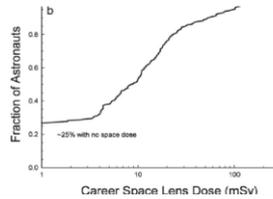


圖14、太空人族群所遭受輻射曝露劑量

放射線照射可導致水晶體混濁的確定因素仍然未知，但是，通常認為主要目標是水晶體的上皮細胞。用最新的力學研究探討水晶體上皮細胞如何受這粒子和電磁兩種輻射的影響。最後，在診斷性CT掃描之後，提供有關白內障風險的新研究的數據。加拿大的安大略省在22年（1994-2015年）內，從超過1600萬居民中收集了相對應的醫療記錄，分析頭部CT掃描和白內障摘除手術是否存在相關性。在此分析中，頭部CT掃描次數之間，未發現白內障危害率與CT掃描次數有正相關的反應（如圖14），這表明CT掃描的低劑量輻射曝露不會增加白內障的風險。

Multivariable model

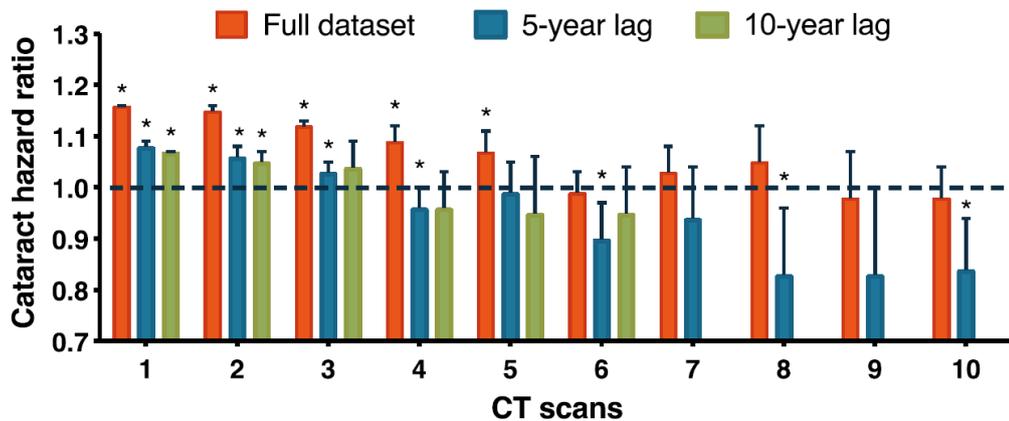
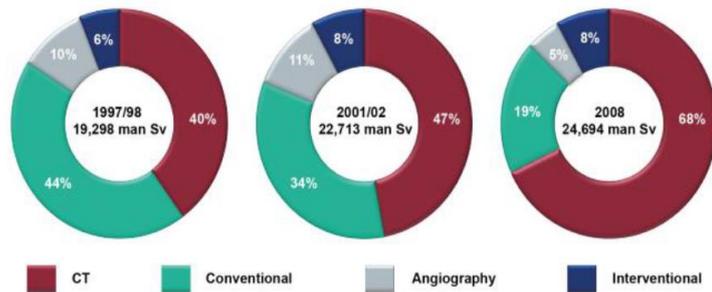


圖15、CT掃描次數 v. s. 白內障危害率

而任職於英格蘭公共衛生輻射，化學和環境危害中心的Liz Ainsbury，提出不同的看法，醫療的輻射曝露是英國目前游離輻射曝露最大的人為因素（圖15）。近年來，醫療技術不斷地演進，一直開發新技術來改善放射線治療。但是，近年來病患和醫療專業人員也開始關注輻射防護法規和了解輻射曝露對健康的潛在長期不利影響，但無法跟上該領域的技術發展。



UK collective dose from diagnostic x-ray procedures (PHE)

圖16、英國歷年醫療輻射曝露比例

紐卡斯爾大學健康保護研究小組正致力於通過真正的跨學科解決這一需求，匯集世界領先的流行病學家，輻射生物學家、臨床醫生、統計學家，通過大眾，患者和醫學專業人士參與研究的堅實基礎。同樣，由歐盟資助的LDLensRad機構，著重於分析游離輻射的劑量與水晶體中的碳的作用機制（如圖17），及對白內障發生或促進的潛在風險。這些機構的最新成果包括有關CT風險的新結論的出版品「曝露和心臟導管檢查」，與最近英國”游離輻射法規”修訂的降低的眼球水晶劑量限值有關。公共衛生和科學需求推動的輻射防護研究提供了醫療曝露必要的背景，各領域的數據合併有助於實現公共衛生的具體結論。

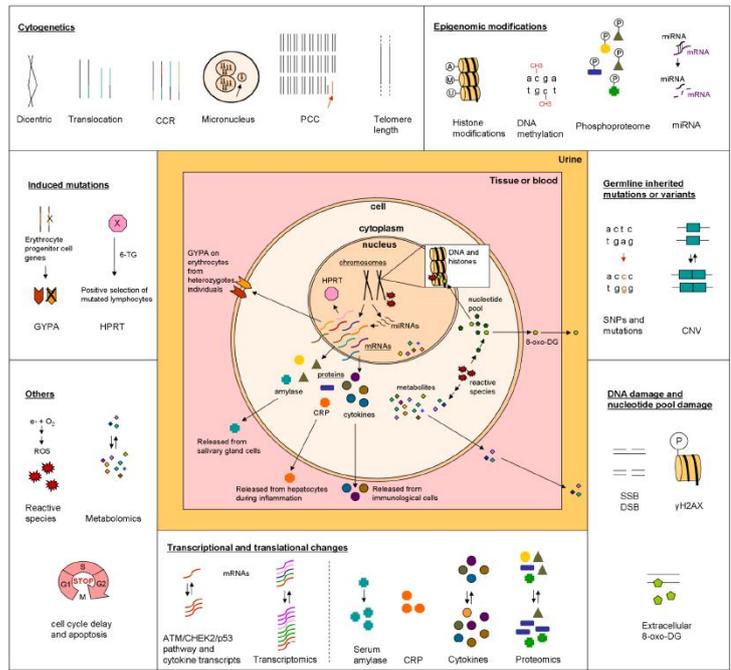


圖 17、游離輻射與水晶體的作用機制

(四) 空服人員飛航劑量的管制

本次大會邀請廣島大學（Hiroshima University）的Dr. HIROSHI YASUDA就飛航人員的劑量管制進行演說，YASUDA教授是ICRP/TG83（Radiological protection in aviation）成員之一，同時也是ICRP No.132報告的作者之一，在輻射劑量及健康危害分析學有專精。

宇宙射線起初被認為是類似加馬射線的高能電磁輻射，其實不然，它而是由接近光速的高能粒子所構成，來自銀河系的宇宙射線主要是由83%的高能質子，16%的阿伐及其他高能重粒子所組成，稱為一次宇宙射線，一次宇宙射線與大氣層中的空氣作用，再產生包括中子、質子等二次宇宙射線，這些宇宙射線會對飛航人員造成輻射劑量，根據EPCARD軟體的評估，飛航人員的有效劑量貢獻來源，中子及質子佔約70%，其餘約30%則是來自電子、光子、渺子，對於絕大部分居住在海平面的人

口造成的輻射劑量不大，但是在典型的民航機飛航高度上，宇宙射線造成的輻射劑量率約在2-10 $\mu\text{Sv/h}$ 左右，劑量率的大小主要受高度、經緯度與太陽活度的影響，整體輻射場的特性相當複雜，但大致上隨緯度增加而呈現上升趨勢。

依據2016年出版之ICRP No.132報告，歐洲飛航人員的有效劑量年平均值大約落在1-2 mSv，其中丹麥、德國及芬蘭最高可達6-7 mSv，因超過一般人的年劑量限值，故有納入管制之必要；在ICRP No.60報告中，即將太空人及空服人員的飛航輻射曝露歸類於職業曝露（occupational exposure），一般旅客則歸類於民眾曝露（public exposure），並在ICRP No.75報告中，進一步將飛行頻率較高的商務旅客，也歸類於民眾曝露，後續於2007年發布的ICRP No.103報告中，依舊維持上述論點，最新發布的ICRP No. 132報告中，則建議依照人員曝露程度的不同，採取分級管制措施。我們可以依照ICRP No.103報告導入的輻射曝露情境概念，將人員的宇宙射線曝露分類如下表1。

表1、不同飛行頻率人員相對應ICRP曝露類別及情境表

曝露類別 Category 曝露情境 Situation	職業曝露 occupational exposure	公眾曝露 public exposure	醫療曝露 medical exposure
計畫曝露 planned exposure	劑量限度 (dose limit)	劑量限度 (dose limit)	診斷參考水平 ^a (diagnostic reference level)
	劑量約束 (dose constraint)	劑量約束 (dose constraint)	劑量約束 ^b (dose constraint)
緊急曝露 emergency exposure	參考水平 (reference level)	參考水平 (reference level)	NA
既存曝露 existing exposure	NA ● Aircraft crew	參考水平 (reference level) ● Occasional flyers ● Frequent flyers	NA
a.病人 b.醫療照護者、醫學研究自願者			

ICRP 132報告的主要論點如下：

1. 宇宙射線（包含太陽閃焰釋出的X射線、加馬射線等大量輻射）所造成的曝露情境，屬於既存曝露的一種。
2. 飛航劑量的年劑量參考水平（reference level），約為5-10 mSv
3. 針對空服員等職業必須長時間接受宇宙射線曝露的人，應採行分級管理機制。

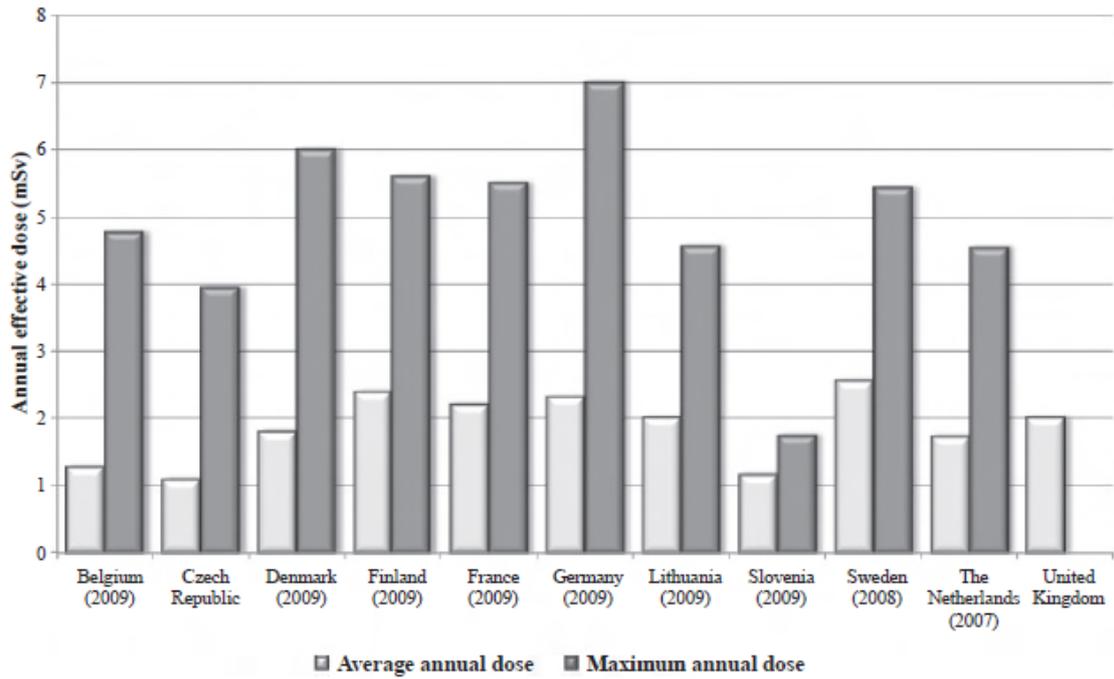


Fig. 2.6. Average and maximum annual effective dose for aircraft crew in European countries (Andresz and Croüail, 2015).

圖 18、歐洲各國空服員的平均及最高年劑量統計資訊

(摘自 ICRP No.132 報告)

而針對前項所提分級管理機制，YASUDA 教授提出建議措施如下：

 <p>低頻度旅客 Occasional flyers</p>	 <p>高頻度旅客 Frequent flyers</p>	 <p>Aircraft crew</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 可提供有關宇宙射線的基本資訊。 ● 旅程所造成的飛航劑量通常可忽略。 ● 不需要進行劑量監測。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可提供有關宇宙射線的基本資訊。 ● 鼓勵進行個人劑量監測，並視監測情形據以調整飛行頻率。 ● 實際要求視個體案具體情況而定。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 透過課程，提供完整的宇宙射線的相關資訊。 ● 必須進行個人劑量監測 ● 年劑量及職業時累積劑量，均必須紀錄並妥善保存。 ● 班表必須依照參考水平據以調整。

圖 19、不同飛行頻率人員的分級管理機制

ICRP 132報告建議空服員及搭機頻率較高的人，應進行劑量的自我評估 (self-assessment individual doses)，可能的話，應適時調整飛行頻率。然而，對於這群人，如何透過正確的資訊管道，取得正確的輻射劑量，一直是各國輻防管制單位面臨的難題，加上這群人多半對輻防議題不甚關切，也沒有時間進行個人的劑量監測，故實務上相當難推動，YASUDA教授提出2個可能的作法如下：

1. 在智慧手機上設計App，參考過去的飛航劑量評估程式，例如歐盟會員國常用之EPCARD.Net (the European Program Package for the Calculation of Aviation Route Doses)、法國建置的SIEVERTPN、近年日本所使用的PARMA/EXPACS或美國聯邦航空總署建議的CARI-6等，建立模組化資料，讓旅客知道該次航班會接受到多少劑量，以及當年度的累積劑量；不過仍有不確定度存在，且對於那些不重視輻射劑量議題的旅客，仍舊沒有助益。
2. 採用耐用、配有長效電池、可攜式的電子劑量計（D-shuttle dosimeter），佩戴在手提行李、旅客或飛航人員胸前或置放在貨物區，但必須考慮建置成本的問題。



(a) In a hand luggage

(b) On the chest

(c) In the cargo area

圖 20、YASUDA 教授建議之電子劑量計佩戴位置

表2、YASUDA教授利用法國SIEVERT程式計算出的飛航輻射劑量表

Route dose data for the program

Table. Effective doses (mSv) calculated for selected long-haul flights [ICRP, 2016].

	Tokyo	Kuala Lumpur	London	Moscow	New York	Sydney
Tokyo		0.012	0.08	0.014	0.095	0.07
Kuala Lumpur	0.012		0.072	0.019	0.124	0.042
London	0.08	0.072		0.058	0.004	0.075
Moscow	0.014	0.019	0.058		0.064	0.039
New York	0.095	0.124	0.004	0.064		0.058
Sydney	0.07	0.042	0.075	0.039	0.058	

* These were calculated by using the French software SIEVERT. for March 2016 with the weighing factors in the 1990 ICRP Recommendations.

(五) 飛航劑量評估模式的web API

飛行員、機組人員和旅客時常曝露在宇宙射線下以及受到瞬時爆發的太陽閃焰釋出的高能粒子的照射，故近年飛航劑量的管制逐漸成為輻射防護領域的關注議題。ICRP No.132報告提供了有關航空輻射防護的指南，並強調精準的飛航劑量評估程式對機組人員劑量監測管理的重要性，目前國際上有各種開源或需要授權的專有程式，可用來估算飛航時的輻射劑量，例如CARI-7、NAIRAS、PANDOCA、PCAIRES、AVIDOS及PARMA/EXPACS等等。

其中，PARMA程式是一個參數化模型，可以在給定的日期、經緯度和海拔高度上，即時估算中子、質子、離子、 μ 子、電子、正電子和光子

的宇宙射線通量，並置有開源的程式碼可供使用者免費下載使用，PARMA模型採用Web Application Programming Interfaces (APIs)，故可透過程式語言擷取分析資料。近年，澳洲Amentum Aerospace開發了基於PARMA模型的開放式Web API，即Cosmic Ray API，其利用ICRP No.116報告中的相關通量劑量轉換係數來計算有效劑量，並針對已過去發布的宇宙射線強度數據進行驗證，目前已參照美國聯邦航空總署CARI-7 code對各種飛行路線完成測試。

ICRP No.132報告中建議各國應將宇宙射線的相關資訊傳播給一般大眾，以提高民眾或相關利害關係人對宇宙輻射的認識，並包括免費提供劑量計算程式，但目前的計算程式，對於一般民眾可近性低，故ANSTO與悉尼科技大學的軟體開發工作室合作開發了一個簡單且開放的Web應用程式，該程式利用Cosmic Ray API計算指定的航線和日期的有效劑量，使飛行員、機組人員和飛行常客能夠輕鬆估算航空旅行期間的輻射曝露量，該分析網頁網址為<https://icaro.world>。(圖21)

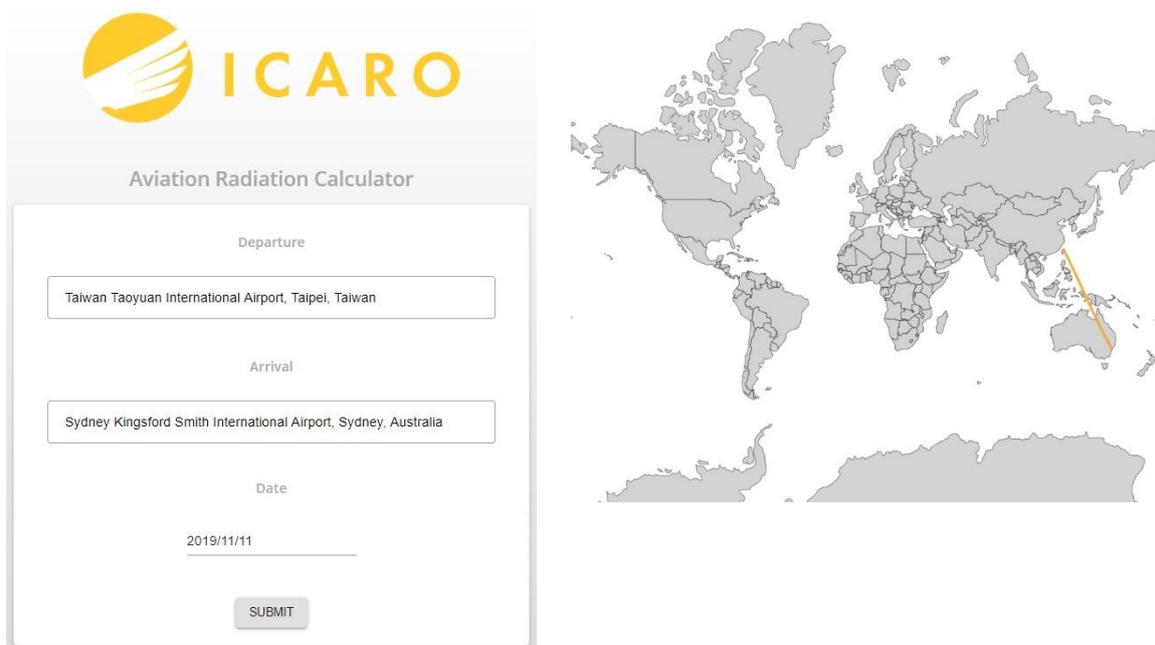


圖 21、以 ICARO 網頁計算臺北至雪梨的有效劑量（左）及對應之航線圖（右）

以本次出國行程為例，從臺北桃園國際機場飛往澳洲雪梨機場，有效劑量計算結果為13.1 uSv，該網頁為避免使用者對輻射劑量的單位不甚瞭解，亦換算於對應胸部X光張數及富含天然鉀-40的香蕉根數，本次換算結果為相當於拍攝0.7張胸部X光及或吃了131根香蕉（如圖22）

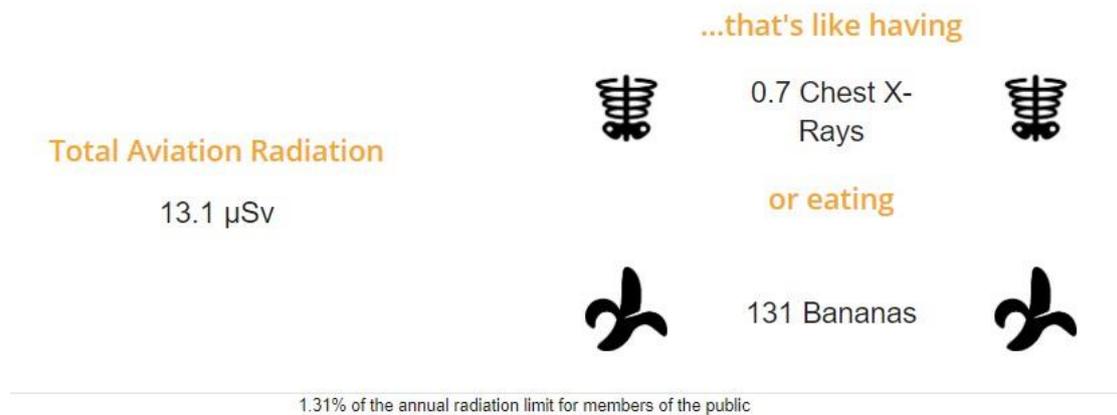


圖 22、ICARO 網頁的計算結果

(六) 澳洲的輻射劑量統計資料庫 (Australian National Radiation Dose Register, ANRDR)

依據游離輻射防護安全標準規定，輻射作業場所主管應提供人員劑量計，以監測工作人員之輻射劑量。此外，由於輻射生物效應具有延遲性，所以輻射防護安全標準對工作人員劑量紀錄，要求雇主保存自員工停止參與工作之日起30年之久，由於法定保存期限極長，實非一般業者所能做到，故由政府主管機關指定一機構負責全國工作人員輻射紀錄的保存，可有效解決此一問題。

國際原子能總署（IAEA）亦建議各國建立自己的人員劑量資料庫，以長期紀錄並保存輻射工作人員的職業曝露劑量資料，除可做為主管機關之管制依據外，亦可開放查詢作業人員之歷史曝露紀錄，進行比較分析，合理抑低人員的曝露劑量，同時可有效管制流動性核能工作人員（核能吉普賽人）之劑量，總括來說，建立人員劑量資料庫可達成之效益如下：

1. 妥善保存工作人員之輻射劑量紀錄，確保業者及工作人員之權益。
2. 提供輻射工作人員歷史紀錄，作為工作規劃，或提供新僱主參考使用。
3. 利用視覺化的歷史曝露劑量圖表，提高輻射工作人員的警覺性。
4. 管制機關可線上查核任一輻射工作人員之累積劑量，隨時掌握工作人員之劑量動態。
5. 管制機關可線上監測，並適時提醒業者所屬員工是否劑量曝露有增加的情形，以即時反應處理。
6. 可提供各類輻射工作人員劑量資料之統計分析，有助於各類輻射防護措施之制定及執行。
7. 各人員劑量評定機關（構）與資料中心間，能利用電腦連線系統隨時迅速密切連絡。

澳洲自2011年起，ARPANSA也開始建立自己的劑量登記資料庫（Australian National Radiation Dose Register, ANRDR），起初是針對鈾礦礦工，後來也逐漸擴及到醫學、工業、國防、太空、研究及學術部分，ARPANSA蒐集劑量資訊的方式是由僱主端簽署同意書後，將所屬員工的劑量資訊上傳到系統，除了劑量資料外，也包含完整姓名、生日、性別、及員工編號，因涉及個人資料，故系統管控也必須符合Privacy Act 1988 (Cwlth)的相關規定。

此外，如果員工更換工作，只要新的雇主也有簽署同意書，或是劑量資料來源是澳洲官方ARPANSA提供的The Personal Radiation Monitoring Service (PRMS)，仍可取得劑量歷史資訊；但相對的，如果過去的雇主沒有簽署同意書，或劑量監測單位亦非ARPANSA，便無法獲得這些資訊，十分可惜，這也是目前澳洲在資料蒐集上所面臨的困境，從圖23可知，目前ANRDR只有約8萬名的劑量數據，僅佔澳洲輻射工作人員的一小部分，故目前澳洲正在思考如何建立與劑量評定單位的合作管道，希望可以從其取得全國輻射工作人員的劑量資料。

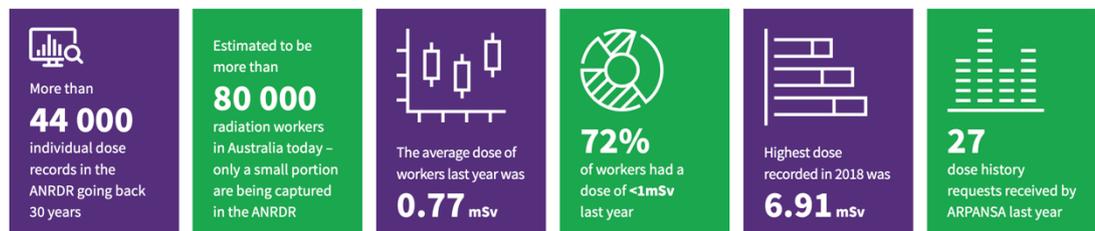


圖 23、ICRP 2019 會議 ANRDR 的海報截圖

ANRDR 人員劑量紀錄 Online form 申請表如下：

Online form

Please complete the online form below to request your personal dose history report.

I am requesting a dose history report for: *

Myself

Someone else

Person's name: *

Other names known by:

Gender: *

Male

Female

X (indeterminate)

Date of birth: *

Phone: *

Email where report is to be sent: *

Employment history (most recent first). You can list up to three employers.

Employer 1

Employer name: *

Employer address: *

Employee/payroll no (if known):

Start date (approx.): *

Please provide an employment end date. If this employer is current, please enter 'current employer' below.

End date (approx.): *

Do you have another employer to list? *

Yes

No

Declaration:

I declare that the information I have provided is correct to the best of my knowledge on the date this form is lodged. I understand that providing false or misleading information is an offence. *

I agree

Submit

原能會為能掌控國內輻射工作人員與劑量資料，達到輻射防護安全管理之目標，自95年起委託原能會核能研究所，依據「游離輻射防護法」第十五條第五項之授權，建立「全國輻射工作人員劑量資料庫」，利用電腦系統與各劑量評定機關(構)連線，開始接受各劑量評定機關(構)每月之劑量評定結果，彙整與統計分析我國輻射工作人員與劑量等資料，為我國輻射防護工作邁向嶄新的一頁。

與各劑量評定機關(構)連線的作法，避免了類似澳洲必須雇主同意才會上傳資料庫的問題，故我國原則上可全盤掌握各種事業單位的輻射工作人員劑量資料，每年亦定期發布「全國輻射工作人員劑量資料統計年報」；但相對的，目前並沒有開放人員查詢自己的劑量歷史記錄，這是未來我們可以精進的方向。

(七) 澳洲的國家診斷劑量參考水平

在放射診斷的領域中，醫療輻射曝露的診斷參考水平，是檢查條件最佳化過程中的重要工具，藉由收集受檢者的曝露條件、劑量考量因素及攝影設備相關數據，可逐步建立參考水平，並反饋醫療院據以參考精進，以提升病患之輻射醫療曝露品質。澳洲輻射防護及核能安全署(ARPANSA)即提供該國醫療院所國家診斷參考水平服務(National Diagnostic Reference Levels, NDRLS)，該署蒐集國內有關電腦斷層掃描(computed tomography, CT)、核子醫學(含正子斷層掃描, PET)以及影像導影介入性手術(image-guided interventional procedures, IGIP)中常用術式的輻射劑量數據，據以建立澳洲的國家

診斷參考水平（NDRL），目前澳洲的NDRL數值與其他國家/地區相較之下，大致相符。

由於電腦斷層掃描CT軟硬體設備的發展突飛猛進，CT檢查的臨床運用也更為廣泛，近年來其檢查量持續快速地成長，造成患者所接受之輻射劑量與全國人口的輻射曝露大幅增加，而被世界各國所重視並加以規範。目前澳洲已針對8種常見成人、3種兒童及嬰兒CT檢查，制訂NDRL，並在疊代運算法（iterative reconstruction, IR）的影像重組技術（可減少影像雜訊，在不影響影像品質下降低病人的輻射劑量，或是維持相同的輻射劑量下，藉由增加影像的訊雜比而提高影像品質）技術下，顯示CT劑量指標（does index）呈現逐年下降趨勢，病患曝露劑量也降低了20%-30%。

NDRLS有助於提高民眾對醫學影像中輻射劑量的認識，並建立了工作的準則及參考水平，達到合理抑低受檢者曝露劑量的目的。

Scan region	Description (e.g. indication)	CTDI _{vol} (mGy)			DLP (mGy.cm)		
		25th	50th	DRL	25th	50th	DRL
Head	Non-contrast brain (trauma/headache)	36	43	52	640	770	880
Cervical spine	Non-contrast (trauma)	13	17	23	270	350	470
Soft-tissue neck	Post contrast (oncology)	9.5	12	17	290	350	450
Chest	Post contrast (oncology)	6.0	7.7	10	230	300	390
Abdomen-pelvis	Post contrast (oncology)	7.7	9.8	13	380	480	600
Kidney-ureter-bladder	Non-contrast (suspected renal colic)	-	-	13	-	-	600
Chest-abdomen-pelvis	Post contrast (oncology)	7.0	8.7	11	580	740	940
Lumbar spine	Non-contrast (degenerative pain)	16	20	26	430	540	670

圖 24、澳洲多偵測器電腦斷層掃描儀 (multi-detector CT, MDCT) 成人檢查 (>15 歲) 調查結果，包含 25th、50th 及 75th (即 NDRL)。

(八) 民眾溝通議題

I. 輻射劑量有無最低現值

曾任職ANSTO，退休後擔任新聞通訊的Don Higson提出幾個看法，結束第二次世界大戰的日本原子彈爆炸是核電的第一個公開示威活動，對日本的炸彈倖存者，進行的壽命研究為我們提供了有關炸彈倖存者的大多數數據。輻射對健康的長期影響的風險，即：大於500 mSv的劑量肯定會引起顯著增加患癌的風險；劑量小於100 mSv不會引起任何明顯的風險，但這可能因為風險太小而沒有統計學意義；然而，據稱，低劑量可降低癌症的發病率。其他來源的數據，尤其是動物實驗以及人類接觸的

數據表明，從少於100 mSv的曝露劑量並無明顯的健康影響；那累積曝露於至少100 mSv/y的曝露對身體健康沒有明顯影響，也沒有有益影響。

這種情況引發了關於是否應將高輻射曝露帶來的風險降到最低的爭論。根據「線性無低限值（LNT）」假設，推斷為低曝露水平。不幸的是，關於此事，見多識廣的意見分歧很大，這引起了不必要的混亂，破壞公眾對輻射防護行業的信心，有四個基本問題需要解答：

1. 如何將對LNT的承諾與低輻射曝露有益於健康的科學證據相吻合？
2. 為什麼要擔心不會造成明顯傷害的輻射？
3. 應提供不會造成明顯傷害且危害程度更大的輻射防護可能是利大於弊？
4. 是否應為了社會的最大利益而減少LNT模型的使用？

II. 放射性廢棄物處置及管理

在低放射性廢棄物管理領域，主要有四個利害相關者，即監管單位，廢棄物產生者，廢棄物處置經營者和社會大眾。眾所周知，社會大眾感知是由多元化的觀點所代表，在觀點的兩端都有強烈的支持和強烈的反對光譜。輿論通常基於媒體上可獲得的信息。尤其如此與「放射性」一詞相關的任何事物。作為社會大眾，當您想找出現代的任何信息，您接觸到的第一個地方就是「Google大神」。我們將透過互聯網，向社會大眾提供了有關放射性廢棄物的哪些管理信息。

世界核能協會的網站指出：「相對於其他有毒工業廢料而言，核廢料並非特別重要，並進一步聲明：安全最終處理高放射性廢物的方法在技術上得到了證明；國際共識是，地層處置是最佳選擇。」這使我們思

考 - 如果國際利益相關者同意地層處置，為什麼在澳洲，此議題如此爭議呢？

所以，世界第三大採礦公司Tellus Holdings為了確保維護人類和環境健康，正積極開發一個位於西澳大利亞州沙嶺的處置設施場所，可以提供長期儲存或永久隔離低放射性物質，並在這四個主要利害相關者團體取得共識，並確保公司安全地管理低放射性廢棄物。

SANDY RIDGE – WHAT IS A GEOLOGICAL REPOSITORY? 




ENVIRONMENTALLY SOUND MANAGEMENT
Multiple Cells for Permanent Isolation
ACTIVE CONTROLS Man-made Barriers
<ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 50%;">• Waste Form <li style="width: 50%;">• Void Buffers <li style="width: 50%;">• Multi-layer Protection <li style="width: 50%;">• Sealing System
PASSIVE CONTROLS Natural Barriers
Extensive Flat Thick Clay Bed Adsorption and Absorption Impermeable Silcrete & Laterite Layer Lack of Surface Water
LAYOUT & CIRCULAR ECONOMY PARK
Technology toolbox for potential to recover valuable materials

圖 25、放射性廢棄物處置設施場所

參、參訪資料 (ANSTO)

此次赴澳參加 ICRP 研討會，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醫藥物，故順道參訪澳洲核子科學與技術組織 (Australian Nuclear Science and Technology Organisation, ANSTO) 的 ANSTO Nuclear Medicine (簡稱 ANM) 核醫製藥中心，期瞭解澳洲境內核醫製藥輻防管制之概況，以作為我國輻防管制之參考。

ANSTO 是澳洲的核能研究中心，主要工作為提供政府、工業界、學術界及相關單位核能相關的專業技術諮詢及服務，其重要設施包含 OPAL 核子反應器、中子散射研究中心、3 GeV 級澳洲同步加速器、研究用迴旋加速器及加速器研究中心等；我國與澳洲於 2005 年簽定中子束應用研究雙邊協議，由國科會（現為科技部）委任國立中央大學與 ANSTO 簽定服務契約 (Service Agreement) 後，即在澳洲著手興建台灣第一座冷中子三軸散射儀—SIKA，並順利於 2015 年 6 月 12 日取得運轉執照，正式開放研究使用，本次赴澳即委由國家同步輻射中心駐 ANSTO 的小角度散射儀器科學家吳浚銘博士協助安排參訪行程，特此感謝。

一、Mo-99 Manufacturing Facility

澳洲位於南半球的邊陲地帶，如果當地醫院使用的診療用核醫藥物都要從國外進口，勢必會花費很多時間和金錢成本，所以澳洲政府自己一直有發展核醫產業的藍圖，雖然沒有核電廠，但有一個研究用核子反應器 (High Flux Australian Reactor, HIFAR)，其主要用途為生產醫療用和工業用的放射性同位素、半導體工業矽晶體轉化、生產用於滅菌、癌症治療及工業用的加馬射源、作為科學研究用的中子束來源以及礦業的中子活化分析等，為 ANSTO 的核心設施之一，但其已於 2007 年進入除役階段，取而代之的是澳大利亞輕水反應

器 (OpenPool Australian Lightwater reactor, OPAL)(圖 26)，OPAL 為一具備 20 兆瓦熱功率之多用途反應器，使用低濃縮鈾燃料，主要用於核子醫學藥物研發、科學研究及工業發展等。OPAL 於 2006 年 8 月開始試運轉，並於 2007 年 4 月正式取代 HIFAR，成為澳洲唯一一部運轉中的研究用核子反應器。



圖 26、ICRP 2019 會議 ANRDR 的海報截圖

OPAL 座落於雪梨西南方約 40 公里的 ANSTO 內，近年為了升級核醫製藥設備，並確保產量足以滿足該國及鄰近國家的增長需求，並將澳洲打造為全球核醫藥物的重鎮，故澳洲政府在 2012 年提出 ANSTO Nuclear Medicine Project (簡稱 ANM project)，興建 Mo-99 Manufacturing Facility 以及 ANSTO Synroc waste treatment plant (稍後說明) 兩座主要設施，目標是提高原有產能 3 倍，以滿足澳洲當地每年 55 萬人次接受 Tc-99m 核醫診斷的需求，同時也成為世界產量最大的醫用 Mo-99 同位素的供應者，約可供給全球每日約四分之一的 Mo-99 需求量。

ANSTO 製造的所有藥品均於符合優良製造作業規範 (Good Manufacturing Practice, GMP) 之無塵室製造，並通過嚴格品質保證及製造程序，除了生產 Mo-99 外，ANSTO 也生產其他同位素，如 I-131、In-111、Cr-51、Ga-67、Sm-153 等。

表 3、ANM 計畫里程碑表

ANM Project timeline	
2012	澳洲政府針對 ANM project 募資 168.8 百萬澳元。
2013	取得 ARPANSA 核發的廠址許可執照，並且獲得澳洲環境部（當時為 Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities）以及公共工程委員會（Public Works Committee）認可。
2014	<ul style="list-style-type: none"> ● 取得 Mo-99 Manufacturing facility 以及 ANSTO Synroc waste treatment plant 的核可建照。 ● 與當地 Watpac Limited 建築公司簽訂 Mo-99 Manufacturing Facility 設計及建造合約，並開始動工。
2017	2017年底Mo-99 Manufacturing Facility完工。
2018	<ul style="list-style-type: none"> ● 順利完成 Cold commissioning 以及 Hot commissioning。 ● 開始建造 ANSTO Synroc waste treatment facility。 ● 2018 年 8 月 ARPANSA 核發 Mo-99 Manufacturing Facility 的運轉許可。
2019	2019 年初 Mo-99 Manufacturing Facility 開始小產量試產，4-5 月開始供給澳洲國內的核醫藥物需求，並自 2019 下半年增產外銷出口。

備註：

鎝-99m (Tc-99m) 是鎝-99 (Tc-99) 的同質異能素，中子和鈾-235 進行核分裂後，產生的核分裂產物中有 6%是鉬-99 (Mo-99)，鉬-99 經貝塔衰變成為鎝-99m，鎝-99m 半衰期為 6 小時，具有釋放 140 千電子伏特 (KeV) 的加馬射

線的特性，醫事人員可藉由單光子電腦斷層掃描（Single-photon emission computed tomography, SPECT）偵測伽馬射線，達到癌症、新血管、肌肉及骨骼等疾病診斷的目的。

自 1938 年 Segre 與 Pirrier 發現 Tc-99m 後，因為半衰期及能量適當，Tc-99m 已成為日常核子醫學檢查最常使用的放射性同位素，據估計，全世界每年使用 Tc-99m 進行 3000-4000 萬個掃描診斷，佔全世界醫療用放射性同位素使用量的 80%。

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，並須著適當輻防裝具，包括防護衣、防護眼鏡、手套、鞋套等，訪客亦同，且需配帶電子式個人警報器（EPD）。
2. 輻射管制區須有明顯之輻射示警標誌。
3. 放射性固態廢棄物須有專用儲存桶，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，並經取樣分析符合後，依規定予以排放。
5. 作業場所內設置空浮取樣設備，並配合區域偵檢器（ARM）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（每週分析一次）與即時監設設備。

二、Synroc waste treatment plant

此外，本次也順道參訪 ANM project 建造的另外一個設施，Synroc waste treatment plant，其主要是用來因應處理擴建的 Mo-99 生產設施及過去澳洲本土所產生的放射性廢棄物。ANSTO Synroc 是澳大利亞的一項創新，Synroc 是「合成岩石 (synthetic rock)」的簡稱，1978 年由澳大利亞國立大學的 Ted Ringwood 博士領導的團隊，率先在盧卡斯高地的研究實驗室與 ANSTO 合作進行了一系列放射性廢棄物處理的研究，其處理過程模仿了岩石千萬年來安全鎖定放射性元素的天然能力，透過脫硝、乾燥、及煨燒等步驟，將放射性核種固定於晶體結構中，使核種不致散逸，把放射性廢棄物轉化成穩定的固態置放，是一種高經濟效率，低風險的放射性廢物處理解決方案，具有以下優點，被認為是最終貯存的一種安全解決方案。

- 降低廢棄物體積、節省貯存成本
- 優化化學耐久性
- 減少廢氣排放
- 增加處理靈活性

目前全球生產醫用 Mo-99 同位素之國家有加拿大、比利時、南非、荷蘭、蘇聯、澳洲、美國及德國等等，各國採用之製程不盡相同，但再處理過後的核廢燃料因為使用化學萃取的方式，原則上都是溶解於溶劑中，因液體不方便運輸及儲存，故需要將再處理廢液固化成固體後，再長期貯存，等待開發新處理技術或待目前技術成熟後，再加以處置，澳洲的廢液體則集中貯存於 ANSTO，採用自行開發之 Synroc 程序，利用熱等靜壓 (Hot Isostatic Press, HIP) 壓縮方法將其固化貯存。

目前，各國的首選固化體為玻璃，因為各國廢液成分不同，故也研究出不同的玻璃成分固化體，如法國的玻璃固化體為 R7T7，美國為 PNL76-68。此外，第二選擇為陶瓷固化體（即澳洲的 Synroc 技術），因為陶瓷擁有比玻璃更高的密度（單位體積下可以固化更多的核廢料，進而減少最終處置場所需要的體積）、更高的熱傳導性（陶瓷的熱導性質優於玻璃，對於核廢料產生的輻射熱可以較快速的傳導出去，避免累積在材料中）、更好的耐久度（根據實驗測試，陶瓷可以耐高達 800 度以上的高溫也不產生裂紋，而玻璃到 350-400 度就會開始產生裂痕），以及更慢的核種浸出速率（經過幾千年的腐蝕，固化體有可能開始接觸到地下水，固化在陶瓷的核種，因為地下水的腐蝕遷移速率相較於玻璃還要低 100-1000 倍）。然而，因為成本的考量，目前大多的國家仍以玻璃固化體為首要研究方向，目前只剩下 ANSTO 還在繼續研究陶瓷固化體。



圖 27、Synroc 處理前後示意圖

一個薄壁容器（左後）填充有固化後顆粒狀放射性廢棄物，透過熱等靜壓（HIP）將其壓縮成緻密的圓柱形容器（右後），以供長期儲存。中間圖像顯示了壓縮後容器的橫切面。

三、中子散射中心(Neutron Scattering Center)

中子散射中心之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。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。

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 外觀如圖 28 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。



圖 28、SIKA-project 冷中子三軸散射實驗站

肆、心得與建議

國際放射防護委員會（ICRP）為世界上輻射防護領域最高層級的國際學術組織，世界上很多國家均依循 ICRP 的建議，據以制定與核輻射防護相關的法令規範。本次奉派參加第 5 屆國際輻射防護體系研討會（ICRP 2019），有助瞭解當前國際輻射防護管制趨勢與各國專家學者的最新建議及觀點，汲取各國管制實務經驗，畢竟輻射防護沒有最好，只有更好，管理思維必須接軌國際管制趨勢，不斷的精進，才能有效確保人員及環境的輻射安全。

另藉由此次公務出國行程，順道參訪澳洲核子科學與技術組織（ANSTO），可瞭解國際專業研究組織之輻射作業實務之管制情形與作法，增進國際管制視野與交流，並可作為未來我國輻防管制作法修訂之參考。

根據本次公務出國行程，建議事項如下：

1. ICRP 認為針對空服員或太空人等人員，宇宙射線屬於職業曝露，應評估相關人員接受之劑量，並進行監控或分級管理，故飛航劑量近年已成為輻射防護新興的管制議題；目前我國清華大學已建立本土化的飛航輻射劑量評估模式，並完成與其他評估模式之比較分析，為進一步增加模式之可靠度及準確度，未來亦規劃進程式之國際認證及量測驗證工作，惟法規面及實務推動上，仍待與相關單位溝通協商，以利後續推動順遂。
2. 我國依據「游離輻射防護法」第十五條第五項之授權，建有「全國輻射工作人員劑量資料庫」，並透過電腦系統與各劑量評定機關(構)連線，接受各劑量評定機關（構）每月之劑量評定結果，有助全面監測國內輻射工作人員的劑量資料，並定期發布「全國輻射工作人員劑量資料統計年報」，彙整與統計分析我國輻射工作人員與劑量等資料，成效卓越；惟目前並未開放人員查詢自己的劑量歷史紀錄，甚為可惜，為提升輻射工作人員自我管理的敏感

度，以及考量人員換工作時可能需要自己過去的劑量歷史記錄，如何提升資料的可近性，將是未來可以精進的方向。

3. 自 1990 年國際輻射防護委員會（ICRP）提出診斷劑量參考水平（DRL）的概念，1996 年 ICRP No.73 報告建議針對常見的放射診斷檢查，建立易執行與判斷的診斷劑量參考程序，以確保病患於接受放射線檢查時，能得到具有診斷價值之影像，且合理亦低其接受的劑量，若所測得劑量超過或遠低於其診斷劑量參考水平，則必須進行檢討及調查，確認是否已採取最佳的輻防措施以及確保其影像品質的良好。此外，IAEA 亦建議可藉由大範圍之普查，分析所得之數據後，據以建立國家診斷劑量參考水平（NDRL），或是由已發表且符合本國國情之數據取代之。我國自 105 年起即針對常用之放射診斷設備（乳房 X 光攝影儀及貢獻醫療輻射劑量較多的電腦斷層掃描儀）進行醫療曝露品保作業之檢(訪)查，並建立標準化作業流程，逐步建立符合國內醫學影像臨床現況的國家診斷劑量參考水平（NDRL）建議值，惟醫療曝露品保涉及醫療行為與曝露品質，分屬衛生福利部及原能會兩個不同之主管機關，未來 NDRL 如何對外公開及使用，有待兩個機關進行跨部會政策及業務分工協調。
4. 藉由參加國際研討會與參訪國際輻防組織，有助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，提升國內之輻防管制能量。對於未來推動輻射防護政策與進行管制都有許多幫助，建議未來有機會仍需持續派員參加類似國際會議，或赴國外相關學術或技術機構參訪。

伍、附錄

- 一、2019 年第 5 屆國際輻射防護體系研討會（ICRP 2019）議程
- 二、ANSTO 參訪行程

5TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE SYSTEM OF RADIOLOGICAL PROTECTION



ICRP 2019

MINES • MEDICINE • MARS

PROGRAM



Hosted by



Australian Government
Australian Radiation Protection
and Nuclear Safety Agency



SUNDAY 17 NOVEMBER 2019

1500-1600 **ARPS ANNUAL GENERAL MEETING**

All ARPS Members Welcome

📍 RIVERBANK ROOM 1

1700-1830 Registration Desk Open

📍 FOYER M

1800-2000 **JOINT ICRP SYMPOSIUM & ARPS FORUM WELCOME RECEPTION**

Please note, the Welcome Reception is included in the cost of a full registration.

Additional tickets may be purchased at a cost of \$85 per person

📍 FOYER A-B, ADELAIDE CONVENTION CENTRE



MONDAY 18 NOVEMBER 2019

SESSION 1 - OPENING PLENARY

Chair/s: Jim Hondros, Cameron Jeffries

0730-1700 Registration Desk Open

FOYER M

0830-0840 **WELCOME FROM ARPS AND OPENING REMARKS**

PANORAMA 1-3

0840-0850 **Dr Carl-Magnus Larsson, ARPANSA (Australia)**

0850-0900 **REFLECTIONS ON ICRP 2017**

Jean-Christophe Niel, Director General of IRSN

0900-0910 **WELCOME FROM ICRP AND INTRODUCTION OF THE 2019 AWARDEE OF THE BO LINDELL MEDAL FOR THE PROMOTION OF RADIOLOGICAL PROTECTION**

Dr Claire Cousins, ICRP Chair

0910-0945 **BO LINDELL MEDAL FOR THE PROMOTION OF RADIOLOGICAL PROTECTION RECIPIENT**

INTERDISCIPLINARY RADIATION PROTECTION RESEARCH IN SUPPORT OF MEDICAL USES OF IONISING RADIATION

Dr Elizabeth Ainsbury, Principal Radiation Protection Scientist and Cytogenetics Group Leader at Public Health England's (PHE) Centre for Radiation (United Kingdom)

0950-1030 **BOYCE WORTHLEY ORATION**

A CONTROVERSY THAT NEEDS TO BE RESOLVED

Don Higson (Australia)

1030-1100 Morning Refreshments, Trade Exhibition & Poster Display

HALL N/O

SESSION 2.1

FUTURE CHALLENGES

PANORAMA 1

SESSION 2.2

NORM AND NATURAL RADIATION (1)

PANORAMA 2

SESSION 2.3

RADIATION BIOLOGY AND PROTECTION

PANORAMA 3

Chair/s: Peter Thomas

Keith Baldry

Chris Boyd

1100-1115 *LOW DOSE RADIATION-SCIENCE, POLICY, AND PUBLIC OPINION*

Charlotta Sanders, World Nuclear Association (United Kingdom)

CAVE RADON EXPOSURE, DOSE, DYNAMICS AND MITIGATION

Chris Waring, ANSTO (Australia)

DMAPT IS AN EFFECTIVE RADIOPROTECTOR OF NORMAL TISSUES FROM SHORT- AND LONG-TERM RADIATION-INDUCED DAMAGE WHILE RADIOSENSITISING PROSTATE TUMOUR TISSUE

Pamela Sykes, Flinders University (Australia)

1115-1130 *ALL SOLID CANCER INCIDENCE AND MORTALITY DOSE-RESPONSE IN THE LIFE SPAN STUDY OF ATOMIC BOMB SURVIVORS*

Alina Brenner, Radiation Research Effects Foundation (United States)

RADON DISTRIBUTION AND APPRAISAL OF ITS RADIATION DOSE IN THE GROUNDWATER OF A SMALL TROPICAL RIVER BASIN, KERALA, INDIA

Sukanya Srinivasa Raghavan, University of Kerala (India)

ANALYTIC ESTIMATION OF THE ANATOMICAL DATA FOR MALAYSIAN RADIATION ADULT PHANTOM

Olaseni Bello, University Technology Malaysia (Malaysia)

1130-1145 *CANCER RISKS FOLLOWING LOW-DOSE RADIATION: WHAT DO WE KNOW ABOUT THE DOSE-RESPONSE CURVE?*

John Mathews, University of Melbourne (Australia)

A DISCUSSION ON THE POTENTIAL IMPACT OF RESIDENTIAL RADON EXPOSURE ON RADON RISK ASSESSMENT FOR URANIUM MINERS

Jing Chen, Health Canada (Canada)

IS PARTICLE THERAPY THE ANSWER FOR PANCREATIC CANCER?

Mikaela Dell'Oro, University of South Australia (Australia)



1145-1200	<i>THE TRUTH, THE WHOLE TRUTH, AND NOTHING BUT THE TRUTH</i> Richard O'Brien (Australia)	<i>RADON PROGENY AND URANIUM ORE DUST PERSONAL ALPHA DOSIMETRY IN URANIUM MINES – THE CANADIAN EXPERIENCE</i> Brian Bjorndal, Radiation Safety Institute of Canada (Canada)	<i>RADIOSENSITIVITY CHANGES IN HPV+ AND HPV- HEAD AND NECK CANCERS FOLLOWING FRACTIONATED IRRADIATION</i> Paul Reid, University of South Australia (Australia)
1200-1215	<i>ACHIEVING HARMONISATION OF RADIATION PROTECTION LEGISLATION ACROSS AUSTRALIAN JURISDICTIONS</i> Ian Furness, University of South Australia (Australia)	<i>DESIGN AND DEVELOPMENT OF A RADON CALIBRATION CHAMBER FOR CANADA</i> Brian Bjorndal, Radiation Safety Institute of Canada (Canada)	<i>ARE CLINICAL NUCLEAR MEDICINE SETTINGS COMPLIANT WITH PROPOSED NEW ICRP LENS OF EYE DOSE LIMITS?</i> Sandor Demeter, Shared Health – Manitoba (Canada)
1220-1320	Lunch, Trade Exhibition & Poster Display		HALL N/O
	SESSION 3.1 AVIATION AND BEYOND PANORAMA 1	SESSION 3.2 NORM AND NATURAL RADIATION (2) PANORAMA 2	SESSION 3.3 NUCLEAR FACILITIES AND TRAINING PANORAMA 3
Chair/s:	Chris Boyd	Ian Furness	Andrew Popp
1320-1335	<i>HOW CAN WE MANAGE THE COSMIC RADIATION EXPOSURES OF FREQUENT FLYERS?</i> Hiroshi Yasuda, Hiroshima University (Japan)	<i>RADIATION MONITORING OF URANIUM MINING SITES IN THE ALLIGATOR RIVERS REGION, NORTHERN TERRITORY, AUSTRALIA</i> Scott McMaster, Department of the Environment and Energy (Australia)	<i>THE SAFETY CONTROL SYSTEM AT A NUCLEAR FUSION EXPERIMENTAL FACILITY</i> Sandro Sandri, Enea (Italy)
1335-1350	<i>SPACE RADIATION EFFECTS, SPACE HEALTH AND HUMAN RADIOSENSITIVITY</i> Melanie Ferlazzo, CNES INSERM ANSTO (Australia)	<i>A NEW DIFFUSION BATTERY FOR THE ASSESSMENT OF AEROSOL CHARACTERISTICS</i> Robert Fairchild, Nebraska Wesleyan University (United States)	<i>SIMPLE CONTAMINATION, COMPREHENSIVE SOLUTION-A CASE STUDY</i> Mikkel Øberg, Danish Decommissioning (Denmark)
1350-1405	<i>EXPERIMENTAL MICRODOSIMETRY FOR RADIATION RISK ASSESSMENT OF PARTICLE THERAPY PATIENTS AND ASTRONAUTS USING A NOVEL PASSIVE MICRODOSIMETER</i> Bhaskar Mukherjee, University of Sydney (Australia)	<i>VALIDATION OF AN EFFECTIVE DOSIMETER FOR RADON DECAY PRODUCTS</i> Andrew Yule, ARPANSA (Australia)	<i>RETHINKING THE CHALLENGE OF RADIOACTIVE CONTAMINATION AT THE OPAL MULTIPURPOSE REACTOR</i> John Bus, ANSTO (Australia)
1405-1420	<i>DEVELOPMENT OF A NEW RADIATION SAFETY STANDARD IN VICTORIA-CT BASED UNITS FOR SECURITY OR QUALITY CONTROL PURPOSES.</i> Simon Robertshaw, DHHS (Australia)	<i>REVIEW OF URANIUM OXIDE TRANSPORT IN SOUTH AUSTRALIA</i> Daniel Bellifemine, Environment Protection Authority South Australia (Australia)	<i>2019 CHALLENGES FACING THE WASTE ISOLATION PILOT PLANT</i> George Anastas, GA and Associates (United States)
1420-1435	<i>A SOLID-STATE MICRODOSIMETER FOR RADIATION PROTECTION FOR ASTRONAUTS IN SPACE</i> Linh Tran, University of Wollongong (Australia)	<i>IMPLEMENTING ENVIRONMENTAL RADIATION PROTECTION AT A RADIOPHARMACEUTICAL FACILITY: A CASE STUDY IN AUSTRALIA THAT INCLUDES TERRESTRIAL AND MARINE PATHWAYS</i> Mathew Johansen, ANSTO (Australia)	<i>SUCCESSFULLY WORKING TOGETHER – NUCLEAR POWER AND RADIATION SAFETY</i> Mark Sanders, International Nuclear Law Association (United States)
1435-1450	<i>ADDITIONAL QUESTION TIME</i>	<i>A SMALL ANIMAL RADON CHAMBER FOR ENVIRONMENTALLY RELEVANT EXPOSURES</i> Tony Hooker, University of Adelaide (Australia)	<i>RADIATION PROTECTION PERFORMANCE AND CHALLENGES AT US NUCLEAR POWER PLANTS</i> Ellen Anderson, Nuclear Energy Institute (United States)



1455-1525 Afternoon Refreshments, Trade Exhibition & Poster Display

📍 HALL N/O

SESSION 4.1
RADIATION EFFECTS

SESSION 4.2
NORM AND NATURAL RADIATION (3)

ICRP MEMBER PLENARY

📍 PANORAMA 1

📍 PANORAMA 2

📍 PANORAMA 3

Chair/s: Nobuyuki Hamada, Cameron Jeffries

Ian Furness

1530-1545 *SCIENTIFIC INSIGHTS INTO THE CURRENT ICRP JUDGMENTS FOR RADIATION EFFECTS ON THE LENS OF THE EYE*
Nobuyuki Hamada, CRIEPI (Japan)

NORM: A PLANNED OR EXISTING EXPOSURE SITUATION?
Fiona Charalambous, ARPANSA (Australia)

ICRP MEMBERS ONLY

1545-1600 *RADIATION EFFECTS ON THE LENS OF THE EYE: ASSESSING THE RISK LEVEL FOR CATARACTOGENESIS*
Christopher Thome, Northern Ontario School of Medicine (Canada)

DEVELOPING INTERNATIONAL RADIOLOGICAL RISK ASSESSMENT TOOLS AND APPROACHES FOR AUSTRALIAN ARID ENVIRONMENTS
Rachel Popelka-Filcoff, Flinders University (Australia)

1600-1615 *THE REPAIR PROJECT: A DEEP UNDERGROUND EXPERIMENT INVESTIGATING THE BIOLOGICAL SIGNIFICANCE OF TERRESTRIAL AND GALACTIC COSMIC NATURAL BACKGROUND RADIATION*
Jake Pirkkanen, Laurentian University (Canada)

THE IAEA FORUM FOR REGULATORS OF URANIUM AND NORM ACTIVITIES
Keith Baldry, Environment Protection Authority (Australia)

1615-1630 *EXPLORING THE EFFECTS OF IONIZING RADIATION BEYOND EARTH'S ORBIT AND DEEP UNDERGROUND IN A NOVEL YEAST MODEL SYSTEM*
Douglas Boreham, Northern Ontario School of Medicine (Canada)

USE OF CASE STUDIES IN PROGRESSING GUIDANCE ON THE APPLICATION OF RECOMMENDATIONS ON RADIOLOGICAL PROTECTION IN THE EXISTING EXPOSURE SITUATIONS
Malgorzata Sneve, Norwegian Radiation Protection and Nuclear Safety Authority (Norway)

1630-1645 *A MULTI-TARGET DIETARY INTERVENTION PROTECTS FROM RADIATION-INDUCED COGNITIVE IMPAIRMENT AND NORMAL TISSUE INJURY*
Douglas Boreham, Northern Ontario School of Medicine (Canada)

FINDING A SOLUTION FOR MANAGING OUR LOW-LEVEL RADIOACTIVE WASTE AND BRINGING STAKEHOLDERS ALONG ON THE JOURNEY
Annelize Van Rooyen, Tellus Holdings (Australia)

1730-1900 **VIP FUNCTION (INVITATION ONLY)**

📍 GILBERT SUITE, ACC

Hosted by



Australian Government
Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency



arpansa



TUESDAY 19 NOVEMBER 2019

0800-1700 Registration Desk Open

📍 FOYER M

0845-0850 **WELCOME AND OPENING REMARKS**

📍 HALL M

0850-0925 **MINES KEYNOTE SPEAKER**

OLYMPIC DAM: BHP THINKING BIG ABOUT THE FUTURE

Paul Cuthbert – General Manager Mine BHP (Australia)

MINES

ARPS FORUM - MEDICAL

MINING AND OTHER NATURAL SOURCES

SESSION 5.1

RADIOLOGICAL PROTECTION OF WORKERS,
PUBLIC AND ENVIRONMENT

📍 HALL M

SESSION 5.2

RADIATION PROTECTION IN MEDICINE (1)

📍 RIVERBANK ROOM 8

Chair/s: Jacques Lochard & John Takala

Peter Harty

0930-1000 *RADIATION MANAGEMENT AT OLYMPIC DAM*
Zoe Dryger, Martin Smith, Neil Camillo, BHP (Australia)

0930-0945 *RADIATION SAFETY CULTURE*
Vyoma Shukla, University Hospitals of Leicester NHS Trust (United Kingdom)

0945-1000 *EVALUATION OF BASIC PERFORMANCE OF REAL-TIME WIRELESS DOSIMETRY SYSTEM FOR INTERVENTIONAL RADIOLOGY*
Takayuki Yamamoto, Kyushu University (Japan)

1000-1030 *THE CHALLENGES OF MINING, PROCESSING, AND TRANSPORTING NATURALLY OCCURRING RADIOACTIVE MATERIALS*
Frank Harris, Rio Tinto (Australia)

1000-1015 *IMPROVEMENT OF THE USE RATE OF THE PERSONAL DOSIMETER & PROTECTOR BY INTERVENTIONAL RADIOLOGISTS WITH RADIOLOGICAL TECHNOLOGIST LEADERSHIP*
Satoru Matsuzaki, Shinkomonji Hospital (Japan)

1015-1030 *ARE LIGHTWEIGHT LEAD GARMENTS THE EMPEROR'S NEW CLOTHES OF THE ANGIOGRAPHY SUITE?*
Chris Boyd, South Australia Medical Imaging (Australia)

1030-1100 *PROTECTION OF THE ENVIRONMENT*
David Copplestone, University of Stirling (United Kingdom)

1030-1045 *UNSHACKLING VASCULAR SURGERY FROM IONISING RADIATION: A REVIEW OF INNOVATIVE NO-RADIATION AND LOW-RADIATION ('NO-LO') IMAGING TECHNIQUES*
Li Yu, Royal Adelaide Hospital (Australia)

1045-1100 *ADDITIONAL QUESTION TIME*

1100-1130 Morning Refreshments, Trade Exhibition & Poster Display

📍 HALL N/O



SESSION 6.1

RADON IN MINING AND BEYOND

📍 HALL M

SESSION 6.2

RADIATION PROTECTION IN MEDICINE (2)

📍 RIVERBANK ROOM 8

Chair/s:

Michael Gilhen

1130-1200 *MINERS' STUDIES AND RADIATION PROTECTION AGAINST RADON*
Dominique Laurier, IRSN (France)

1130-1145 *ANALYSIS OF MAMMOGRAPHY DOSES IN WESTERN AUSTRALIA*
Cameron Storm, MTP (Australia)

1145-1200 *ARPANSA'S NATIONAL DIAGNOSTIC REFERENCE LEVEL SERVICE – PROVIDING GUIDANCE ON TYPICAL DOSES IN MEDICAL IMAGING*
Peter Thomas, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (Australia)

1200-1230 *ICRP RECOMMENDATIONS ON RADON*
John Harrison, Oxford Brookes University (United Kingdom)

1200-1215 *CT SCAN EXPOSURE BEFORE AGE 20 AND CANCER RISK: USING PROPENSITY SCORES TO ACCOUNT FOR CONFOUNDING BY INDICATION*
Jasmine McBain-Miller, University of Melbourne (Australia)

1215-1230 *PATIENT-SPECIFIC ORGAN DOSE ESTIMATION IN PAEDIATRIC CHEST CT: THE MEDIRAD PROJECT*
John Damilakis, University of Crete (Greece)

1230-1300 *AUSTRALIAN ACTIONS TO REDUCE HEALTH RISKS FROM RADON*
Rick Tinker, ARPANSA (Australia)

1230-1245 *CALIBRATION OF AN INTERNAL EXPOSURE MEASUREMENT DEVICE USING COMPUTATIONAL HUMAN PHANTOMS*
Jooyub Lee, Sejong University (South Korea)

1245-1300 *ADDITIONAL QUESTION TIME*

1300-1400 Lunch, Trade Exhibition & Poster Display

📍 HALL N/O

THANK YOU TO OUR SPONSORS

MAJOR SPONSOR

BHP





SESSION 7.1
OTHER NORM INDUSTRIES

📍 HALL M

SESSION 7.2
RADIATION PROTECTION IN MEDICINE (3)

📍 RIVERBANK ROOM 8

Chair/s:		Peter Thomas	
1400-1430	<i>ICRP APPROACH FOR RADIOLOGICAL PROTECTION FROM NORM IN INDUSTRIAL PROCESSES</i> Jean-Francois Lecomte, IRSN (France)	1400-1415	<i>LEARNING FROM THE AUSTRALIAN RADIATION INCIDENT REGISTER</i> Chris Nickel, ARPANSA (Australia)
1430-1500	<i>TREND OF STRENGTHENING CLEARANCE REGULATION IN JAPAN AND CONCERNS ABOUT ITS WORLDWIDE EFFECTS ON REGULATIONS FOR NATURAL AND ARTIFICIAL RADIONUCLIDES</i> Takatoshi Hattori, CRIEPI (Japan)	1415-1430	<i>POTENTIAL FOR NUCLEAR MEDICINE SOURCE TRACKING AND LICENSING ON A BLOCKCHAIN – LESSONS FROM PILOT STUDIES IN NUCLEAR SAFEGUARDS</i> Edward Obbard, University of New South Wales (Australia)
1500-1530	<i>NORM AND NORM WASTE MANAGEMENT IN CHINA</i> Senlin Liu, China Institute of Atomic Energy (China)	1430-1445	<i>ADVANTAGES FOR A PRIMARY STANDARDS DOSIMETRY LABORATORY IN HAVING A MEDICAL LINEAR ACCELERATOR</i> Peter Harty, ARPANSA (Australia)
		1445-1500	<i>CONSERVATISM IN LINEAR ACCELERATOR BUNKER SHIELDING</i> James Rijken, Genesiscare (Australia)
		1500-1515	<i>AGE DEPENDENT DYNAMIC ABSORBED DOSE CALCULATIONS TO THE URINARY BLADDER WALL FOR ICRP COMPARTMENTAL MODELS OF RADIOPHARMACEUTICALS</i> Augusto Giussani, Lund University (Sweden)
		1515-1530	<i>ADDITIONAL QUESTION TIME</i>

1530-1600 Afternoon Refreshments, Trade Exhibition & Poster Display

📍 HALL N/O

MINES - PANEL DISCUSSION

📍 HALL M

1600-1730 **NORM, MINES, AND FUTURE TRENDS**

Moderator: Keith Baldry, South Australian Environmental Protection Authority (Australia)

Panelists: Analia Canoba, ICRP/ Autoridad Regulatoria Nuclear (Argentina)

Donald Cool, ICRP/ Electric Power Research Institute (United States)

Jim Hondros, JRHC Enterprises (Australia)

John Takala, ICRP/Cameco Corporation (Canada)

Stephen Long, ARPANSA (Australia)

Daniel Zavattiero, Minerals Council of Australia (Australia)

1900-2300 **SYMPOSIUM GALA DINNER**

📍 PANORAMA BALLROOM

Please note, the Gala Dinner is included in the cost of a full registration.

Additional tickets may be purchased at a cost of \$150 per person



WEDNESDAY 20 NOVEMBER 2019

MEDICINE

RADIOLOGICAL PROTECTION CHALLENGES IN CUTTING-EDGE MEDICINE

Chair/s: Dr Claire Cousins & Maria Perez

0800-1700 Registration Desk Open

FOYER M

0845-0850 **WELCOME AND OPENING REMARKS**

HALL M

0850-0930 *AUSTRALIAN HEALTHCARE: HOW DOES RADIATION SAFETY FIT IN?*
Professor Brendan Murphy, Chief Medical Officer (Australia)

SESSION 8

HEALTHCARE PRACTITIONERS

HALL M

0930-1000 *AUSTRALASIAN EXPERIENCE*
Ivan Williams, ARPANSA (Australia)

1000-1030 *USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CT DOSE OPTIMISATION*
Cynthia McCollough, Mayo Clinic (United States)

1030-1100 *EFFECTIVE DOSE IN MEDICINE*
Colin Martin, ICRP (United Kingdom)

1100-1130 Morning Refreshments, Trade Exhibition & Poster Display

HALL N/O

SESSION 9

ROLE OF EQUIPMENT MANUFACTURERS IN RADIOLOGICAL PROTECTION

HALL M

1130-1200 *WHAT'S THE POINT OF INNOVATION IN PATIENT DOSE MONITORING?*
Jacqui Hislop-Jambrich, Canon Medical ANZ (Australia)

1200-1230 *GLOBAL SPREAD OF PARTICLE THERAPY AND CONSIDERATION OF RADIATION SAFETY*
Kazuo Tomida, Hitachi (Japan)

1230-1300 *TECHNICAL DEVELOPMENTS IN PET/CT IMAGING AND THEIR IMPACT ON RADIATION DOSE REDUCTION*
Tim Lagana, Siemens Healthineers (Australia)

1300-1400 Lunch, Trade Exhibition & Poster Display

HALL N/O

SESSION 10

PATIENT FOCUS

HALL M

1400-1430 *ETHICS IN RADIOLOGICAL PROTECTION FOR MEDICAL DIAGNOSIS AND TREATMENT: AN UPDATE*
Francois Bochud (Switzerland) & Marie-Claire Cantone (Italy)

1430-1500 *PATIENTS' PERSPECTIVES ON RADIATION IN HEALTHCARE*
Lee Hunt, Patient Advocate (Australia)

1500-1530 *RADIATION PROTECTION CHALLENGES IN APPLICATION OF IONISING RADIATION ON ANIMALS IN VETERINARY PRACTICES*
Nicole Martinez (United States) & Lodewijk Van Bladel (Belgium)



1530-1600 Afternoon Refreshments, Trade Exhibition & Poster Display

HALL N/O

MEDICINE – PANEL DISCUSSION

HALL M

1600-1730 **RAISING AWARENESS OF RP IN MEDICINE**

Moderator: Cameron Jeffries (Australia)

Panelists: Kimberly Applegate, ICRP (United States)

Lee Hunt, Patient Advocate (Australia)

Keon Kang, ICRP / Seoul National University (South Korea)

Maria Perez, World Health Organisation

Marie-Claire Cantone, ICRP / University Milano (Italy)

Lodewijk van Bladel, ICRP / Federal Agency for Nuclear Control (Belgium)

1930-2230 **MOVIE NIGHT**

HALL M

CHERNOBYL FUKUSHIMA: LIVING WITH THE LEGACY

30 years after the Chernobyl catastrophe, and 5 years after Fukushima, it is time to see what has been happening in the “exclusion zones”, where the radioactivity rate is far above normal. This film will offer a unique access to those territories, which gather millions of people within thousands of km². The viewers will immerse themselves into the daily life of people living there – in Byelorussia, Norway and Japan. Through people’s testimonies and encounters with the scientists working in these open laboratories, the documentary intends to point out the substantial consequences of those nuclear catastrophes. You may be surprised...

Hosted by ICRP Vice-Chair Jacques Lochard

Tickets: This event is complimentary to full delegates, registered partners and exhibitors.

THANK YOU TO OUR EXHIBITORS





THURSDAY 21 NOVEMBER 2019

MARS

RADIOLOGICAL PROTECTION IN SPACE

Chair/s: Christopher Clement & Dr Gordon Cable

0800-1700 Registration Desk Open

0845-0850 **WELCOME AND OPENING REMARKS**

📍 HALL M

0850-0930 **MARS KEYNOTE LECTURE**

HEALTHCARE FOR DEEP SPACE EXPLORERS

Dr Robert Thirsk, Canadian Space Agency (Canada)

SESSION 11

📍 HALL M

RADIOLOGICAL PROTECTION IN SPACE

0930-1000 *20 YEARS OF RADIATION PROTECTION EXPERIENCE WITH THE INTERNATIONAL SPACE STATION*

Mark Shavers, NASA (United States)

1000-1030 *RADIATION ENVIRONMENT IN SPACE AND RECENT PROGRESS ON SPACE WEATHER RESEARCH FOR COSMIC RAY DOSIMETRY*

Tatsuhiko Sato, Japan Atomic Energy Agency (Japan)

1030-1100 *OPERATIONAL RADIATION PROTECTION FOR HUMAN SPACE FLIGHT, THE FLIGHT SURGEONS PERSPECTIVE*

Ulrich Straube, European Space Agency (Germany)

1100-1130 Morning Refreshments, Trade Exhibition & Poster Display

📍 HALL N/O

SESSION 12

📍 HALL M

CURRENT PRACTICE

1130-1200 *CURRENT CANADIAN SPACE AGENCY PRACTICE AND ACTIVITIES IN THE AREA OF RADIATION HEALTH PROTECTION*

Leena Tomi, Canadian Space Agency (Canada)

1200-1230 *ETHICS OF RADIATION PROTECTION IN SPACE*

Nikki Coleman, Royal Australian Air Force (Australia)

1230-1300 *PRACTICALITIES OF DOSE MANAGEMENT FOR JAPANESE ISS ASTRONAUTS*

Tatsuto Komiyama, Japan Aerospace Exploration Agency (Japan)

1300-1400 Lunch, Trade Exhibition & Poster Display

📍 HALL N/O

SESSION 13

📍 HALL M

FUTURE CHALLENGES

1400-1430 *LIFETIME RADIATION RISK OF STOCHASTIC EFFECTS—PROSPECTIVE EVALUATION FOR SPACE FLIGHT OR MEDICINE*

Alexander Ulanowski, IAEA (Vienna)

1430-1500 *RECENT PROGRESS ON CHINESE SPACE PROGRAM AND RADIATION RESEARCH*

Guangming Zhou, Soochow University (China)

1500-1530 *RADIATION PROTECTION CHALLENGES FOR EXPLORATION*

Eddie Semones, NASA (United States)



1530-1600 Afternoon Refreshments, Trade Exhibition & Poster Display

HALL N/O

MARS PANEL DISCUSSION

HALL M

1600-1730 **NEXT STEPS FOR RP IN SPACE**

Moderator: Gillian Hirth, ARPANSA (Australia)

Panelists: Gordon Cable, Australasian Society of Aerospace Medicine

Mélanie Ferlazzo, ANSTO (Australia)

Werner Rühm, ICRP / Helmholtz Centre Munich (Germany)

Samy El-Jaby, Canadian Nuclear Laboratories (Canada)

Wesley Bolch, ICRP /University of Florida (United States)

CLOSING CEREMONY

1730-1740 **CLOSING REMARKS**

Dr Claire Cousins, ICRP Chair

1740-1800 **INVITATION TO ICRP 2021 – VANCOUVER**

Mike Rinker

The ICRP 2019 reserves the right to amend or alter any advertised details relating to dates, program and speakers if necessary, without notice, as a result of circumstances beyond their control. All attempts have been made to keep any changes to an absolute minimum.

Hosted by



Australian Government
Australian Radiation Protection
and Nuclear Safety Agency



ANSTO Visit				
Atomic Energy Council – Taiwan Mr Chun-Ju Wang Mr Chun-Hua Huang				
Date:		Wednesday 13 November 2019		
Host:		Chun-Ming Wu (Instrument Scientist ACNS) Aaron Flett (Operations Manager ANM) Gerry Triani (Research Leader Synroc)		
Time	Minutes Allocated	Action	<i>Venue</i>	ANSTO Representative
10:00	20	Arrival at ANSTO Reception <ul style="list-style-type: none"> ▪ Passes issued ▪ Safety and security brief ▪ Guest asked to move into ACNS Pool Car 	B38 Reception Car Park	Chun-Ming Wu
10:20	10	Travel to B83		
10:30	60	Tour of Synroc	B3	Gerry Triani
11.30	90	Lunch at ANSTO Cafe	B35	Chun-Ming Wu
13:00	45	Tour of ANSTO Nuclear Medicine (ANM)	B88	Aaron Flett
13.45	120	Tour of ACNS and SIKA	B82	Chun-Ming Wu
15.45	15	Travel to ANSTO Reception <ul style="list-style-type: none"> ▪ Return passes 	B38 Reception	Chun-Ming Wu
16.00		Visit concludes Depart site	B38 Reception Car Park	