

出國報告（出國類別：參加國際會議）

輻射傷害治療與緊急應變 — 日本應變實務與最新治療經驗

服務機關：臺北榮民總醫院

姓名職稱：王則堯 契約住院醫師

派赴國家/地區：日本 千葉縣

出國期間：107年12月17日至107年12月21日

報告日期：108年1月16日

摘要：

報告參加「日本國立放射線醫學綜合研究所」舉辦「緊急輻射傷害」研習會議課程之收穫心得。日本國立放射線醫學綜合研究所(National Institute of Radiological Sciences 簡稱(NIRS))，是日本最重要的輻射傷害治療與研究的中心，在福島核災之後，擁有世界首屈一指的輻射災害處理經驗。此行會議課程從理論至實務，討論輻射傷害處理的最新觀念，以及輻射傷害病生理機制的最新實證研究。並報告從數次災變的實務中，建立輻傷處理的流程，包括如何建立醫院接收準備、輻射暴露偵檢、輻射污染除汙、體內污染測定與除汙、病人整體評估以及輻射症候群處理、以及病人轉診以及緊急應變系統。

關鍵字：

緊急輻射傷害、緊急醫療、輻射防護

目錄：

一、目的.....	2
二、過程.....	2
三、心得.....	10
四、建議事項.....	10

一、目的：

臺北榮民總醫院為臺北市衛生局所指定之核災（輻傷）三級責任醫院，負責北台灣最後線的輻射傷害處理。本院依照行政院原能會和衛生局指示，每年都有舉辦跨單位的大型輻傷演訓，但實際的輻射傷害處理經驗仍嫌不足。因此，在輻射傷害處理的觀念與實務，有與世界接軌、精進之必要。

日本國立放射線醫學綜合研究所(National Institute of Radiological Sciences 簡稱(NIRS))，是日本最重要的輻射傷害治療與研究的中心。其成立於西元 1957，並與日本的數次輻射傷害意外中學習與茁壯。NIRS 也是國際原子能總署(International Atomic Energy Agency(IAEA))在亞洲最重要的合作機構。日本，擁有世界首屈一指的輻射災害處理經驗，不論是二戰時期的原子彈爆炸，西元 1999 年東海村 JCO 臨界事故，或是最廣為周知的 2011 福島核電廠事故。日本國立放射線醫學綜合研究所，每數年都會舉辦國際會議併訓練課程，今年也透過北區緊急醫療應變中心的老師牽線，獲得邀請參加。這次參加有亞洲 17 國共 25 人參加。

此行主要目的為學習輻射傷害的處理經驗、核災大量輻射暴露人員的除汙、以及福島核電廠事故後的災後處理以及心理衛生工作。以期把這些寶貴的經驗帶回國，使本院的輻射傷害以及還災應變能力都能更茁壯與精緻。

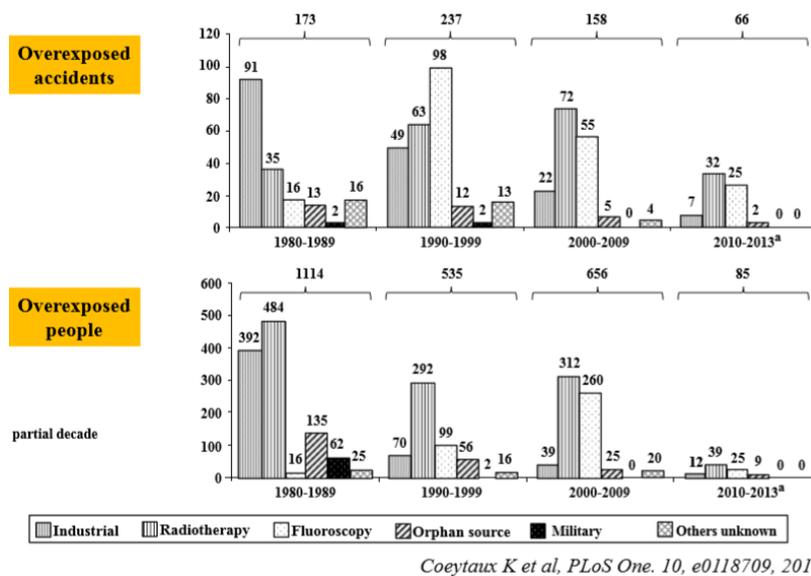
二、過程：

首日，在妥善的報到之後，我們便被引領到日本國立放射線醫學綜合研究所的教室之中。Dr. Makoto Akashi，NIRS 的主管進行開幕致詞。他表示，醫學是結合科學和經驗的學門，要照顧好病人，不但要有穩固的科學根據，更要有豐富的經驗。在核子災害以及輻射傷害的處理上，不幸的，在日本就擁有豐富的經驗，從二戰時期的原子彈爆炸，西元 1999 年東海村 JCO 臨界事故，到 2011 福島核電廠事故。尤其是 2011 福島核電廠事故更是為成為現代災難醫學的最佳借鏡。輻射是到處都有的，從宇宙背景輻射到建築石材的天然輻射，而在工業用測量、農業、除菌消毒、到醫用血液製備都需要大量核子工業的技術。更不用說核子醫學的興起，對於各項醫用檢查與癌症治療，都無法與輻射技術擺脫關聯。

因此，輻射到處都有，也無處不在。而過多輻射暴露，不管是天然的暴露或是人為操作的失誤，都可能造成輻射傷害。而緊急輻射傷害醫療 Radiation Emergency Medicine(REM)，就是在處理輻射暴露傷害以及輻射源汙染的醫學。

第一日上午一系列的講座就在介紹輻射的物理性質與對人體的傷害。課程如下：What is Radiation Emergency Medicine(REM)、Radiation Basics 輻射是天然的物理現象，放射線物質是地球自然的組成，而放射線也是自然傳

遞能量的一種方式。因此，放射線暴露是地球生活的日常，也會隨著不同海拔與地底岩層組成，而處處不同。世界平均的輻射暴露量根據 UNSCEAR 2000 年的推估是每年 2.4 毫西佛，或每小時 0.27 微西佛。日常生活中，會因為高海拔旅行、飛行、泡溫泉等活動增加輻射的暴露量。而醫用的輻射則是輻射暴露的另一個來源，包含檢查：X 光、電腦斷層、正子掃描、核子醫學檢查等。而癌症治療的放射線治療，則是利用大量且局部的放射線暴露造成控制癌細胞的效果。因此，除了工安之外，醫用的輻射是緊急輻射傷害的另一個來源。在緊急輻射傷害的流行病學上，近年來醫用輻射的傷害，也成為緊急輻射傷害最大宗的來源。(圖一)



圖一、緊急輻射傷害來源分析

輻射意外有以下幾個特性，包括：輻射傷害不會造成立即死亡、不會造成立即傷害（燒傷、傷口），單純的污染不會造成病患立即的危險，也幾乎不會威脅幫助他的人。輻射意外可以測量，相較於化學災害或是生物疫情災害，雖然輻射無色無味，但輻射意外是可以測量與量化處理。但輻射意外在歷史中臭名深植人心，因此輻射意外的外部效應與公眾恐慌是級為巨大的。以上幾點是輻射傷害的數個重要的特性，也是處理輻射傷害的專業人員必須謹記於心的數個要點。

輻射對人體及環境的傷害來自於游離輻射。游離輻射是指輻射具有高能量足以把電子從原子或分子分離出來。游離輻射包括有 α 射線（ α 粒子）、 β 射線（ β 粒子）、中子等高能粒子與 γ 射線、X 射線等高能電磁波。放射性同位素 Radionuclide 是原子核不穩定的原子。放射性同位素會進行放射性衰變，從而放射出伽瑪射線，和次原子粒子。每一種放射性同位素的衰變時間不同，因此半衰期也不一樣。

游離輻射種類不同也有不同的性質，對物質的穿透深度也不同： α 粒子在空氣中只能走數公分， β 粒子就能穿透皮下至 8mm 處， γ 射線、X 射線則有較深的生物穿透深度。每一種粒子的能量不同，對生物體的應想和傷害也不一樣。

也因此，游離輻射造成的影響也因此有四項要素需要考與，其英文縮寫為 TSDD，分別為 Time 時間、Shielding 遮蔽、Distance 距離、Decay 半衰期。每一種放射物質都有其蛻變的能力，單位為貝克(Bq)；而輻射在單位重量空氣所產生的電子游離量，也就是暴露單位，其單位為倫琴(R)；物質吸收之能量，其單位則為戈雷(Gy)，相當於每公斤組織存有一焦耳的能量；而人體吸收能量產生的生物效應，其表示單位則為西佛(Sv)，會因射線種類而有不同；而最後，不同的器官組織不同，吸收能量後產生的結果也不同，也因此不同組織的影響劑量(effective dose) 也不相等。在討論放射線物質的數量與能力，會以貝克作為計量單位。測量游離輻射的測量值，則可用倫琴表示。而總吸收或釋放的能量，其計量單位則為戈雷。最後討論到能量對人體的影響，其等效計量單位則為西佛。

緊接著，會議課程在講述輻射對人體的傷害，課程包括：Biological effects、Late effects。由教授 Hideo Tatsuzaki 主講

輻射傷害對人體主要的目標是細胞內的 DNA 結構，會造成鹼基遺失、雙股或單股斷裂、鹼基修復失當等等 DNA 的傷害。會造成細胞凋亡或是累積足夠的編譯造成癌變。

輻射傷害對人體的影響有兩種效應，一是機率效應 (stochastic effect)，二是確定效應 (deterministic effect)。機率效應 (stochastic effect) 指稱輻射的傷害的發生機率和劑量呈現性關係，輻射劑量越高，輻射傷害的發生機率越高。成機率效應的輻射傷害包括癌症和遺傳缺失。而確定效應 (deterministic effect) 則是在一定的輻射劑量之上，傷害才會發生，有生物傷害的劑量閾值，而隨暴露劑量上升，生物傷害的嚴重程度也隨之上升。成確定效應的輻射傷害包括急性輻射傷害症候群 (acute radiation syndrome) 骨髓抑制、腸胃道出血、神經學傷害、白內障、皮膚炎、肺纖維化、和生育能力。

急性輻射傷害可以急性輻射傷害症候群 (acute radiation syndrome) 作為統整，急性暴露後，會隨著附設暴露的劑量，症狀出現的時間會有所不同。最先出現的症狀包括：噁心、嘔吐、腹瀉，接著會有一段無症狀期，之後則是骨髓抑制導致的出血、感染等症狀。而若暴露劑量過高則初期則會有意識改變或是血行動力學的改變。(圖二)

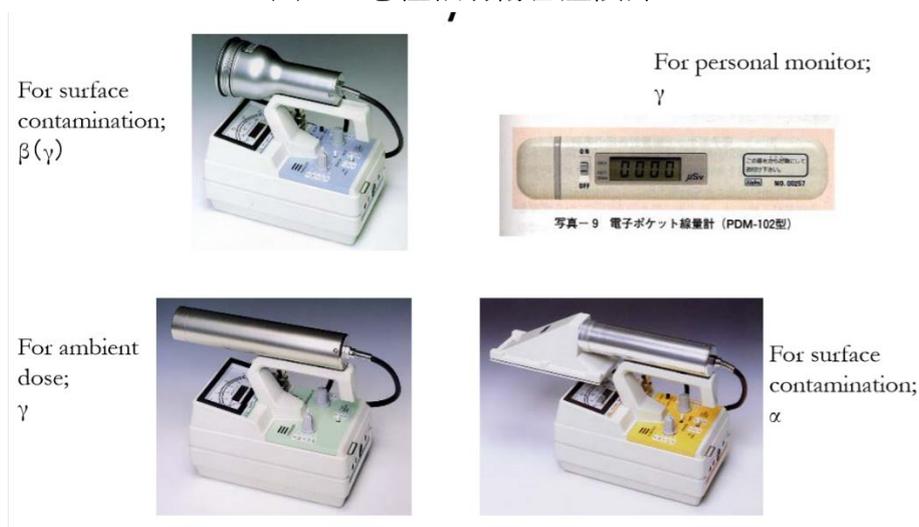
而長期的傷害則包括長期的皮膚傷害、肺部纖維化、白內障、不孕、惡性血液疾病、及癌變的發生。而根據數次災變的統計，100 豪西佛以上的暴露機率效應就不可忽視，而 250 豪西佛以上的暴露就又有直接效應的生物傷害。

第一日下午，則是輻射物理學的實驗課程。日本國立放射線醫學綜合研究

所提供各種放射線物質提供射值模型，利用 Cloud chamber，觀看各種粒子的行進模式，並且利用各種儀器量測各種射線的讀值。包括蓋格計數器（Geiger-Mueller counter），測量 β 和 γ 射線，閃爍體探測器（Scintillation survey meter）測量 α 射線，並用不同的遮蔽物、距離等方式，去測試輻射的物理性質。（圖三）

Doses	1-2 Gy	2-4 Gy	4-6 Gy	6-8 Gy	> 8 Gy
Vomiting (Onset)	2 h or >2h after exposure	1-2 h after exposure	< 1 h after exposure	<30 min after exposure	< 10 min after exposure
(%)	10-50	70-90	100	100	100
Diarrhea (Onset)	-	-	Moderate 3-8 h	Severe 1-3 h	Severe < 1h
(%)	-	-	< 10	> 10	100
Headache (Onset)	Slight	Mild	Moderate 4-24 h	Severe 3-4 h	Severe 1-2 h
(%)	-	-	50	80	80-90
Consciousness	Unaffected	Unaffected	Unaffected	May be altered	Unconsciousness may be (min / sec)
(%)	-	-	-	-	100 (> 50 Gy)
Body temperature (Onset)	Normal	Increased 1-3 h	Fever 1-2 h	High fever < 1 h	High fever < 1 h
(%)	-	10-80	80-100	100	100

圖二、急性輻射傷害症候群



圖三、各式偵檢儀

第二日，則介紹輻射傷害的醫療與醫院準備，Hospital preparedness and management for exposed / contaminated patients。在治療與處理輻射傷害的病人，處理的要項如下：醫院準備、急症處理、偵檢、暴露劑量測定、體表除汗、整體評估、核種測定與體內除汗、轉送病人。

輻射傷害要處理的可分作三類，暴露、體表污染、體內污染。若只受游離輻射照射，則稱為暴露，單純暴露的病人，沒有帶走輻射源，對旁人不會有影響。體表污染則指有帶有放射源的粉塵在病人身上，不但造成輻射暴露，病人

也成為新的輻射源，需要除汙處裡。而體內汙染則是指，病人將輻射源經由呼吸道、消化道、血液、或傷口帶入體內，則病人除汙的握成就需要考慮到不同物質的人體吸收方式和代謝途徑。

醫院準備，在意外發生時，必須聯絡現場相關人員，得知現場狀況、傷情、可能汙染狀況、放射線汙染來源，等等資訊。並盡量要求做到乾式除汙，也就是在現場把衣物去除，這樣能減少大約百分之 90 的汙染。接著要做醫療站或急診室的準備，要區分明確動線，將偵檢的後人員分作汙染與非汙染區分流，在汙染區的環境必須以防水材料鋪設地面，並將儀器盡可能地予以塑膠布覆蓋。接著要做背景值的偵檢。人員準備部分，則要建立良好的指揮與工作架構，人員要進行著裝。在人員防護衣方面，則穿著連身的防護衣，便針對衣物連接處進行密合，著口罩及髮帽，避免輻射塵的汙染。另外，也要由輻射防護師，檢查著裝並且配戴個人計量儀。

急症處理。急性輻射傷害不會造成立即死亡、不會造成立即傷害（燒傷、傷口），單純的汙染不會造成病患立即的危險，也幾乎不會威脅幫助他的人。但輻射傷害的病人，常是因為設施受損而常會伴隨其他的傷害，諸如外傷、爆炸傷、其他化學物質暴露、呼吸道急症。在處理急性的輻射傷害之前，依該要先穩定病人，處理不穩定的生命徵象。諸如呼吸道處裡、血型動力學穩定、外傷止血固定，都應該優先。至於在急救的同時，同時進行乾式除汙，除卻病人的衣物。而急症處裡的醫護同仁，若有妥善的粉塵防護，至車諾比事件至今，都未有醫院醫護同仁有急性輻射傷害症候群的發生。

偵檢，暴露劑量測定。在穩定病人時，隨即應為病人進行偵檢。人員的偵檢用蓋格計數器 (Geiger-Mueller counter) 作為初步的偵檢是適當的，可以初步掃描 β 和 γ 射線讀值。掃描前要將機器以防水布妥善包覆，調整適當的時間常數 (Time constant)，在適當的距離，約 5cm 之內，以適當的速度掃描病人，並作紀錄。另外，已乾淨棉棒採檢病人鼻腔檢體，並做偵檢，看是否有體內汙染的可能。

體表除汙。體表除汙將從傷口開始，以清水沖洗作為除汙方式，在清水沖洗前，將上口周遭做防水處裡，因為除汙過後的水都會帶有輻射汙染必須妥善蒐集。在除汙過程中也會蒐集覆蓋的紗布，作為核種分析之用。每次除汙完之後，就會再做偵檢，盡量除汙直到偵檢值與背景值相同或是無法再降低。

整體評估。急性輻射傷害症候群 (acute radiation syndrome) 的嚴重程度，與輻射暴露量有正相關，在初期，可以以是否意識喪失、腸胃道症狀出現的時間、神經學症狀、迷夫症狀、發燒的程度與淋巴球個數作為分級。若症狀早出現，則推估輻射暴露量越多。而初始輻射暴露量與生物效應會產生不同程度的全身性發炎反應與日後骨髓抑制的嚴重程度。全身性發炎反應可能造成多重器官衰竭，而骨髓抑制則可能造成感染、出血。所以我們可以以暴露事件後四十八小時所產生的症狀與實驗室檢查結果，將病人需分為三類 (EBMT, 2007)，決定不同的動向。第一類，症狀較輕可出院做門診追蹤，每日回診抽血

檢查；第二類須住院治療，考慮輸血、血液生成製劑給予、隔離病室、預防性抗生素、考慮是否移植。第三類則除了第二類病人的作為之外，尚須再評估是否有多重器官衰竭與安寧與需求。(圖四)

Table J2. Scoring for the first 48 hours¹ (adapted from EBMT, 2007).

	Score I	Score II	Score III
Delay	< 12 hours	< 5 hours	< 30 minutes
erythema	0	+/-	+++ < 3 rd hour
asthenia	+	++	+++
nausea	+	+++	(-)
vomiting (per day)	1	1-10	>10; intractable
diarrhoea (stools per day)	2-3; bulky	2-9; soft	>10; watery
abdominal pain	minimal	intense	excruciating
headaches	0	++	excruciating; ICHT ²
temperature	< 38 °C	38-40 °C	> 40 °C
blood pressure	normal	temporary decrease	Systolic < 80 mm
loss of consciousness	0	0	temporary / coma
Lymphocytes at 24h	> 1500/μl	< 1500/μl	< 500/μl
Lymphocytes at 48h	> 1500/μl	< 1500/μl	< 100/μl
Strategy	Outpatient monitoring	Hospitalisation for curative treatment³	Hospitalisation (MOF predicted)
¹ The symptoms and values presented in this table are reliable only in cases where the whole body or large parts of the body have been externally exposed to a high dose absorbed in a short time (minutes to few hours) ² ICHT: intra-cranial hypertension ³ Depending on the scale of the event, see if some patients on score 2 could be managed as outpatients (e.g. mass casualty event).			

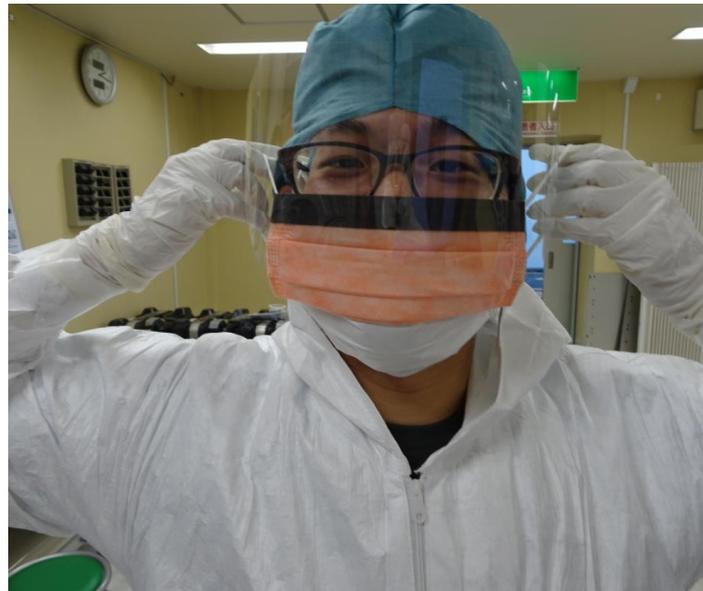
圖四、急性輻傷評估與病人處置

核種測定與體內除汙。依據體外除汙所獲得的檢體可以經由核種分析得知放射線物質是什麼元素。不同的元素有不同的體內代謝過程。所有放射線物質都有物理的半衰期和生物的半衰期，物理半衰期指的是放射性物質的自然衰變。而生物半衰期則是要考慮物質在體內的吸收、代謝、排出的過程。不同的元素以及化學物，以其不同進入體內的方式(吸入、食入、傷口)都會造成不同吸收，代謝與排汙的速度也都不一樣。我們可以依照毒物學阻止吸收、改變代謝、加強排出的觀念做到體內除汙。諸如：點滴補水加強 Tritium 排出、用普魯士藍阻擋 Cesium 腸道再吸收、鹼化尿液幫助 Uranium 排出、腸道吸收阻斷和骨質吸收阻斷降低放射性 Strontium 傷害、DTPA 螯合 Cobalt。

當日下午是演習與實務操作。演習依照上述內容實際演練，實際演練。先由 NIRS 的工作人員，模擬病人送入，進行傷情確認及除汙流程，並且實際模擬現場的場地規劃。(圖五)接著學員進行防護衣著裝，輻傷確認、偵檢、檢體蒐集及體外除汙的部分。之後進行輻護衣穿脫演訓(圖六)，以及各型偵檢儀的實際操作。事前先由 NIRS 的人員將假人安妮用放射線物質標定，接著學員兩兩組隊在使用各型偵檢器去偵檢假人安妮，並且競賽讀值準確性。



圖五、急性輻傷評估與病人處置演練



圖六、防護衣穿脫演練

第三日，是日本 2011 福島核電廠事故的詳盡分享。；由 Dr. Hideo Tatsuzaki 介紹 2011 福島核電廠事故的原由及 NIRS 的角色，以及福島災變之後的環境、社會、經濟影響；由 Dr. Jun Shigemura 簡介福島災變後的心理衛生工作。

日本在 2011 三月 11 遭受 311 大震影響，東北海岸遭受海嘯侵襲，核電廠浸水，備用發電機故障，使得機組冷卻機組故障，氫氣堆積產生爆炸。使得 I-131, Cs-134, Cs-137 等物質大量飄散，造成車諾比使事件之後首次七級核災事故。在災變之後，分批進行疏散。最後據統計，共有 63366 人受到汙染，其中二人受到 3mSv 暴露；十人受到 2mSv 暴露；十四人受到 1 mSv 暴露；其餘暴

露值皆小於 1mSv。但所有區域人員的疏散，包括醫院及慢性安養機構住民的疏散過程中，直接或間接地造成 60 人以上的死亡。在事發初期，疑似受到污染的病患在地方醫院都難以收治入院，在轉診運送的過程也受限於區域管控和對輻射的恐懼而有阻礙。最後至今，所有福島輻災的病人以及接觸的醫護工作人員，都無死亡也無急性輻傷症候群的產生。但社會經濟的損失以及心理衛生的篩害卻是巨大且難以恢復的。

另外由 Dr. Makoto Akashi 介紹歷史上的輻射災害事件。他山之石可以攻錯，鑑古以知今。另外也分享日本輻災特別應變醫療隊，Radiation Emergency Medical Assistance Team (REMAT)。日本於 2010 年成立，目的在提供輻傷事故中，輻傷處理的緊急療服務。類似於緊急醫療隊的概念但特別著重於輻傷的處理、災情以及輻射暴露量監控等服務。成員除了隊長指揮之外，尚有一名醫師、一名輻射安全人員、輻射測量人員、以及一名行政後勤人員組成。

在課程之中，也帶我們學員實際參訪，NIRS 位處的工作環境，以及相關設施，並帶我們參觀建置在地底目前用於癌症治療以及科學研究的加速器。課程的最後，還進行評核測驗。最後與所有工作人員合影留念。結束豐富精采的會議課程。(圖七)



圖七、領取證書

三、心得：

此次參與日本國立放射線醫學綜合研究所，緊急輻射傷害應變的會議課程，收穫匪淺。醫療是結合科學與經驗的，日本經受慘痛的數次意外，也獲得難能可貴的治療與處理經驗。能從中學習，是此行最為重要之處。

另外，藉由這次的實際參訪也獲得寶貴的友誼，除了與日方教授與工作人員之外，參與的 17 國共 25 代表，更於會中建立深厚情誼，在會後也試圖建立後續的聯絡網路，未來，跨國參訪與實質交流更是可期。

四、建議事項：

帶著這些經驗與知識歸來，首先，我能與急診團隊開辦輻射傷害處理的工作坊，與大量傷患處理與其他災害的應變課程結合，期能讓臺北榮民總醫院成為災難醫學的訓練與經驗累積的中心。輻射傷害處理的工作坊預計內容內容包括：輻射傷害的處理觀念，醫療站的設置與動線規劃，偵檢儀的選擇與操作、暴露劑量的換算、妥善的體表汙染除汙、體內汙染的辨識與除汙原則，輻射急性傷害的治療，醫院環境控制與危機溝通。

次之，在每年的年度(核災)輻射傷害演習，也會藉有此行的經驗，把場地規劃、偵檢經驗、病患處理的模式做些更動，踩在前人經驗的肩膀之上，做更為適切的改動，期能對本院災難處理與管理做出貢獻。具體而言：

1. 必須妥當挑選偵檢儀，用 Geiger-Mueller counter 作為人員的偵檢工具，測量 Beta、Gamma 射線的暴露，並必須記錄環境背景值，用 NaI(Tl) Scintillation survey meter 作為環境背景值的偵測，偵測 Gamma 射線。而若有猜測的核種或有中子汙染的可能，可考慮使用 ZnS(Ag) scintillation survey meter 作為偵檢，偵檢 Alpha 粒子
2. 醫療站的設置要區分汙染與非汙染區，必須妥善標示 hot zone、warm zone、cold zone，並作人員安全控管與人員交替的準備，並做快速場地鋪設的準備與場地復原計畫。
3. 急性輻射傷害的症狀必須被及早辨識以估算暴露劑量，做初步妥適的安置計畫。
4. 正確的病人檢體蒐集與核種分析。
5. 若有體內汙染的可能，做劑量的估算與根據不同的核種啟動體內除汙的治療。

最後，也期望藉由此次參訓或的的友誼帶回榮總，讓後人也能有機會持續出國受訓或有其他國際交流的可能。畢竟醫學是科學與經驗的匯集，重大災難沒有人希望發生，而他山之石可以攻玉。輻射傷害處理經驗都是建立在慘痛的災害之上，我們要透過紮實的輻射傷害處理訓練，來深切的記住前人這些慘痛的教訓。