

核能安全委員會
114 年輻射災害應變資源建置與實務管理
之研究勞務採購案

期末報告書
【修訂版】

計畫主持人：馬國宸 副教授

協同主持人：鄭銘泰 主治醫師

研究人員：詹雅如 專案規劃經理

標案案號：NSC11311076L

廠商名稱：瑞鉅災害管理及安全事務顧問股份有限公司

中華民國 114 年 12 月

目 錄

第一章 緒論.....	1
1.1 計畫緣起與目的.....	1
1.2 工作項目.....	1
第二章 研究方法與流程.....	3
2.1 研究方法.....	3
2.2 研究流程.....	3
第三章 輻射災害案例研析.....	5
3.1 IAEA 放射性物質意外事件盤點.....	5
3.2 戈亞尼亞事故報告與授課教材.....	8
3.3 泰國北欖府事故報告與授課教材.....	53
第四章 輻射災害應變及宣導資源建置.....	87
4.1 非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件推演腳本.....	87
4.2 輻射災害防救宣導圖資.....	93
4.3 「輻射災害第一線應變人員手冊」改版及美編.....	96
第五章 辦理 114 年地方政府輻射災害防救講習.....	105
5.1 授課時間、地點與議程.....	105
5.2 授課講師.....	106
5.3 參與講習對象與人數.....	108
5.4 課程內容與授課方式.....	111
5.5 課程問卷設計.....	121
5.6 課程問卷分析.....	127
5.7 講習成果與精進建議.....	147
第六章 協助辦理大型輻射災害應變國際講習.....	151
6.1 講習時間、地點與議程.....	151
6.2 授課講師.....	153
6.3 參訓對象與人數.....	153
6.4 課程內容與授課方式.....	155

6.5 計畫團隊協助事項與講習紀錄.....	176
6.6 未來精進建議.....	184
第七章 維運核能安全委員會輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統.....	185
7.1 系統概述.....	185
7.2 系統維運成果.....	187
7.4 弱點掃描與修補.....	187
第八章 已履約工作項目與建議事項.....	189
8.1 已履約工作項目.....	189
8.2 建議事項.....	191
參考書目	193
附件 A 期中、期末審查意見與回應.....	197
附件 B 輻射災害第一線應變人員手冊三版定案設計.....	205
附件 C 大型輻射災害國際應變講習簽到表.....	223
附件 D 114 年地方政府輻射災害防救講習簽到表.....	225
附件 E 歷次會議紀錄及會議結論辦理情形.....	227

圖目錄

圖 1	計畫研究流程圖.....	4
圖 2	國際核能事件分級標準.....	7
圖 3	戈亞尼亞市位置關係圖.....	8
圖 4	CNEN 旗下研究機構及其監管部門.....	9
圖 5	部分建物遭拆除之廢棄 IGR 中心.....	10
圖 6	模擬輻射頭剖面圖.....	11
圖 7	模擬放射治療設備示意圖.....	11
圖 8	射源罐剖面圖.....	12
圖 9	戈亞尼亞地區主要受污染位置圖.....	17
圖 10	戈亞尼亞事故銫-137 擴散時序圖.....	19
圖 11	戈亞尼亞事故嚴重污染核心人員關係圖.....	20
圖 12	W.F.偵測污染情況.....	21
圖 13	民眾到奧林匹克體育場進行偵測.....	21
圖 14	戈亞尼亞市 Rua16A (16A 街) 衛生局周圍的輻射劑量率 (以 $\mu\text{Sv/h}$ 為單位).....	23
圖 15	放射性損傷.....	26
圖 16	水泡破裂伴隨擴及食指與中指損傷.....	26
圖 17	表淺型 β 輻射皮膚損傷 (癒合階段).....	26
圖 18	全身計測設備.....	26
圖 19	大型水泡及脫皮現象.....	28
圖 20	大腿肌肉層損傷.....	28
圖 21	普魯士藍給藥效果：體內放射性物質含量曲線圖.....	30
圖 22	戈亞尼亞事故中人員所受劑量統計.....	33
圖 23	戈亞尼亞機場區主要污染及採樣點平面圖.....	34
圖 24	行動輻射監測：在車輛上安裝碘化鈉 (NaI) 與蓋革-米勒 (GM) 偵測器.....	35

圖 25	銫-137 污染途徑	36
圖 26	空中輻射調查紀錄.....	37
圖 27	Anicura creek 與 Jao dam 沉積物中銫-137 放射性之時間變化.....	38
圖 28	監測 E.F.2 和 S.F.1 住宅房屋屋頂	40
圖 29	街道除污作業.....	40
圖 30	車輛除污作業.....	40
圖 31	偵測土壤污染.....	40
圖 32	R.A.住宅拆除作業殘骸	41
圖 33	設有混凝土基座及逕流取樣溝槽的臨時貯存場.....	41
圖 34	臨時貯存場內的廢棄物容器.....	41
圖 35	5 公噸特製廢棄物貯存箱.....	42
圖 36	受污染土壤填裝至 8 個桶槽.....	42
圖 37	堆放並覆蓋之廢棄物箱與桶槽.....	44
圖 38	事故地區關係圖.....	53
圖 39	各相關地點示意圖.....	54
圖 40	Siemens Gammatron-3 遠隔治療機頭部.....	56
圖 41	缺少射源抽屜盒的遠隔治療機頭.....	58
圖 42	掉落的金屬塊.....	58
圖 43	回收廠及其周邊輻射劑量率.....	60
圖 44	回收廠及其周邊平面圖.....	61
圖 45	回收廠俯視圖.....	62
圖 46	載運鉛屏蔽之挖掘機.....	63
圖 47	回收廠夜間作業景觀.....	64
圖 48	以螢光板 (螢光屏) 判定射源位置.....	64
圖 49	射源回收至屏蔽容器.....	65
圖 50	回收射源最終存放位置.....	65

圖 51	停車場內 3 部遠隔治療機頭部.....	66
圖 52	P1 手部與手指水疱及分界線	68
圖 53	P1 住院期間血液學圖	68
圖 54	P1 左手曝露八週後情形	69
圖 55	P2 手部腫脹及乾性脫屑	70
圖 56	P2 右手小魚際濕性脫屑	70
圖 57	P3 右腿外側壞死與濕性脫屑	71
圖 58	P3 右膝後區域濕性脫屑	71
圖 59	P3 曝露七週後狀況	71
圖 60	P3 曝露 11 週後狀況.....	71
圖 61	P5 住院期間的血液學圖	72
圖 62	2 月 22 日 P5 嚴重全身曝露所致的嘴唇與舌頭腫脹	73
圖 63	P6 左耳上方出現嚴重掉髮與潰瘍	74
圖 64	P8 腰背部（左圖）之帶狀皰疹、腋下區域（右圖）之真菌感染	75
圖 65	曝露四週後核型出現雙中心節染色體與中心環狀染色體.....	79
圖 66	曝露六週後 P2 核型出現三環染色體	79
圖 67	放射性污染？輻射曝露？大不同！設計定案圖.....	95
圖 68	核安監管中心通報 3 寶設計定案圖.....	95
圖 69	歷版輻射災害第一線應變人員手冊封面封底設計圖.....	98
圖 70	輻射災害第一線應變人員手冊三版改版設計示意圖.....	101
圖 71	輻射災害第一線應變人員手冊三版封面、封底設計定案圖.....	102
圖 72	輻射災害第一線應變人員手冊三版重繪圖資.....	103
圖 73	應變行動小卡設計定案圖.....	104
圖 74	114 年地方政府輻射災害防救講習各場次講習紀錄.....	120
圖 75	Google 表單課程問卷設計（截取部分）	123
圖 76	本講習四場次前、後測驗作答正確百分比長條圖.....	130

圖 77	機關類別比例圖.....	131
圖 78	性別比例圖.....	133
圖 79	年齡分布圖.....	134
圖 80	災防經歷比例圖.....	135
圖 81	首訓比例圖.....	136
圖 82	四場次講習課程安排滿意度.....	138
圖 83	整體課程內容知識面、技能面與態度面之助益程度.....	139
圖 84	四場次講習課程內容知識面、技能面與態度面之助益程度.....	141
圖 85	整體模擬推演系統回饋同意程度.....	142
圖 86	四場次講習模擬推演系統之助益程度.....	144
圖 87	2025 大型輻射災害偵知應變訓練每日出席人數統計.....	154
圖 88	2025 大型輻射災害偵知應變訓練結業證書示意圖.....	155
圖 89	2025 大型輻射災害偵知應變訓練課堂講授紀錄-3 月 24 日	157
圖 90	2025 大型輻射災害偵知應變訓練課堂講授紀錄-3 月 25 日	159
圖 91	2025 大型輻射災害偵知應變訓練課堂講授紀錄-3 月 26 日	161
圖 92	2025 大型輻射災害偵知應變訓練課堂講授紀錄-3 月 27 日	162
圖 93	2025 大型輻射災害偵知應變訓練互動式演練活動紀錄-3 月 24 日	164
圖 94	2025 大型輻射災害偵知應變訓練互動式演練活動紀錄-3 月 25 日	166
圖 95	2025 大型輻射災害偵知應變訓練互動式演練活動紀錄-3 月 26 日	172
圖 96	2025 大型輻射災害偵知應變訓練互動式演練活動紀錄-3 月 27 日	175
圖 97	2025 大型輻射災害偵知應變訓練-3 月 25 日地圖類型資源分配活動小組討論成果 .	176
圖 98	台北矽谷國際會議中心場地空間.....	177
圖 99	2025 大型輻射災害偵知應變訓練場地布置圖.....	178
圖 100	2025 大型輻射災害偵知應變訓練-各式文宣品設計及製作	181
圖 101	2025 大型輻射災害偵知應變訓練-各式輔助文宣品設計	182
圖 102	2025 大型輻射災害偵知應變訓練-開訓、結訓式紀錄	184

圖 103 輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統功能架構..... 185

圖 104 系統操作流程圖..... 186

表 目 錄

表 1	IAEA 官網放射性物質意外事件報告盤點.....	5
表 2	銫-137 基本數據.....	13
表 3	1987 年戈亞尼亞事故發生時序.....	14
表 4	除污期間主污染源 50 公尺處氣溶膠樣本放射性活度.....	39
表 5	廢棄物處理報告表格.....	43
表 6	房屋除污流程表.....	45
表 7	戈亞尼亞事故授課教材設計.....	48
表 8	2000 年北攬府事故發生時序表.....	58
表 9	射源回收過程中所受劑量.....	65
表 10	涉入個案基本概要.....	67
表 11	白血球低下治療.....	76
表 12	白血球低下治療.....	76
表 13	受害者相關資料.....	78
表 14	北攬事故授課教材設計.....	82
表 15	非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件 (狀況 1).....	89
表 16	非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件 (狀況 2).....	90
表 17	非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件 (狀況 3).....	91
表 18	非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件 (狀況 4).....	92
表 19	輻射災害防救宣導圖資之執行構想.....	93
表 20	歷版輻射災害第一線應變人員手冊章節對照.....	96
表 21	輻射災害第一線應變人員手冊三版章節.....	98
表 22	輻射災害第一線應變人員手冊三版改版內容.....	99
表 23	114 年地方政府輻射災害防救講習辦理日期與地點表.....	105
表 24	114 年地方政府輻射災害防救講習各場次課程時間表.....	106

表 25	114 年地方政府輻射災害防救講習各場次講師安排表.....	107
表 26	參與講習單位彙整表.....	108
表 27	功能分組作業內容表.....	113
表 28	輻災情境推演實作狀況彙整表.....	114
表 29	前後測驗題目表.....	121
表 30	「對講習安排之滿意程度」問項列表.....	124
表 31	「對於講習課程內容之回饋」問項列表.....	125
表 32	「對模擬推演系統之回饋」問項列表.....	126
表 33	開放式問項列表.....	126
表 34	各問卷回收率.....	127
表 35	本講習四場次前、後測各題目答題人數統計.....	128
表 36	本講習四場次答題正確人數與百分比統計.....	128
表 37	本講習四場次參訓學員機關類別統計.....	132
表 38	本講習四場次參訓學員性別統計.....	133
表 39	本講習四場次參訓學員年齡分布統計.....	134
表 40	本講習四場次參訓學員災防經歷分布統計.....	135
表 41	本講習四場次參訓學員首訓統計.....	137
表 42	本講習四場次各課程安排題項滿意度統計.....	138
表 43	本講習四場次課程內容知識面、技能面與態度面各題項助益程度統計.....	141
表 44	本講習四場次模擬推演系統各題項助益程度統計.....	144
表 45	2025 大型輻射災害偵知應變訓練議程.....	151
表 46	2025 大型輻射災害偵知應變訓練授課講師名單.....	153
表 47	2025 大型輻射災害偵知應變訓練參訓對象表.....	153
表 48	系統用戶個別權限說明表.....	186

第一章 緒論

1.1 計畫緣起與目的

回顧其他國家曾經發生的輻射災害，不論是源於自然或人為因素，皆對人群與環境造成嚴重影響。例如，1986 年前蘇聯車諾比核災、1987 年巴西戈亞尼亞放射性污染事故、1979 年美國三哩島核子事故、1999 年日本東海村核子事故以及 2011 年日本福島核災等事件，不僅導致人員傷亡，也大幅改變了人們的生活環境。儘管輻射災害發生的機率極低，一旦發生，對人類、環境及全球都將帶來深遠的影響。因此，世界各國皆高度重視輻射災害的預防與整備，透過嚴謹的風險管理和完善的災前準備，力求降低潛在的風險與損害。

本計畫秉持持續精進我國中央與地方的輻射災害應變量能，關注國際級的原子能研究單位：國際原子能總署（International Atomic Energy Agency，以下簡稱 IAEA）所發布之放射性物質意外事件報告，研擬輻射災害案例研析，以及協助辦理大型輻射災害應變國際講習，俾利核能安全委員會（以下簡稱核安會）等相關專業人員能持續充實相關專業知識；同時，本計畫亦持續與各地方政府第一線應變人員溝通，據以提升相關人員的輻射災害應變能力，規劃輻射災害應變及宣導資源建置、辦理地方政府輻射災害防救講習，強化相關人員的輻射災害應變知識與技能。

1.2 工作項目

本計畫團隊因應核安會委託需求完成下述工作項目：

一、輻射災害案例研析

研讀 IAEA 發布之放射性物質意外事件報告 2 篇，並作成報告及授課教材 (PowerPoint)。

二、輻射災害應變及宣導資源建置

- (一) 製作非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件推演腳本。
- (二) 製作輻射災害防救宣導圖資 (2 式)。
- (三) 協助「輻射災害第一線應變人員手冊」改版及美編相關事宜。

三、辦理地方政府輻射災害防救講習

辦理 4 場次「地方政府輻射災害防救講習」(原則北、中、南、東部各 1 場)，每場次時間不得低於 4 小時，每場次會外講師人數不得低於 2 人。召訓人數合計應至少達 130 人；惟仍以實際報名及參訓人數為準。

四、協助辦理大型輻射災害應變國際講習

協助辦理 1 場次「大型輻射災害應變國際講習」，時數不得低於 25 小時。本計畫團隊應租借會議場地及視聽設備，製作海報或紅布條，及派遣至少 1 名工作人員到場辦理相關行政庶務，並應投保公共意外責任險。

五、維運核能安全委員會輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統

包含系統維護、安全諮詢與資通安全事件處理、系統相關軟硬體之安裝更新、弱點修補及資通安全文件填報等。並因應系統使用者之回饋意見，提出相關系統精進規劃。

第二章 研究方法與流程

2.1 研究方法

一、文獻分析

隨著核能技術的進步及其在能源生產中的重要性，放射性物質意外事件的管理和應變顯得愈加關鍵。為了提高相關人員對於輻射災害的認識及應變能力，本計畫針對 IAEA 發布的放射性物質意外事件報告進行彙整、翻譯與研析，並將資料撰擬成報告與製作成課程教材 (PowerPoint)。另外，亦參考國內外放射性物質屏蔽破損意外事件相關案例，配合我國放射性物質應用現況研擬推演腳本，並辦理 4 場次系統推演形式之正式演練以進行實際驗證。

二、問卷調查

本計畫團隊規劃辦理 4 場次之地方政府輻射災害防救講習，為瞭解相關課程之效益，針對參訓人員設計前、後測驗問卷與課程回饋問卷，兩者皆以不記名方式作答。前者於輻射防護專業課程學習前、後進行 10 題輻射防護相關知識測驗；後者則於全日講習結束進行調查，問項包含：個人基本資料、課程設計、系統設計及精進建議等，以作為未來辦理課程或演練等檢討與改進之用。

2.2 研究流程

本計畫共有 5 項主要工作項目，包含「輻射災害案例研析」、「輻射災害應變及宣導資源建置」、「辦理地方政府輻射災害防救講習」、「協辦大型輻射災害應變國際講習」及「維運核能安全委員會輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統」。執行時間自 114 年 1 月 1 日起，至 114 年 12 月 31 日止，共計 12 個月；計畫團隊業於 114 年 6 月 12 日提送期中研究成果報告草案、7 月 11 日提送期中研究成果報告書修訂版、11 月 19 日提送期末研究成果報告草案、12 月 23 日提送期末研究成果報告書修訂版。本計畫研究流程圖詳見〔圖 1〕。

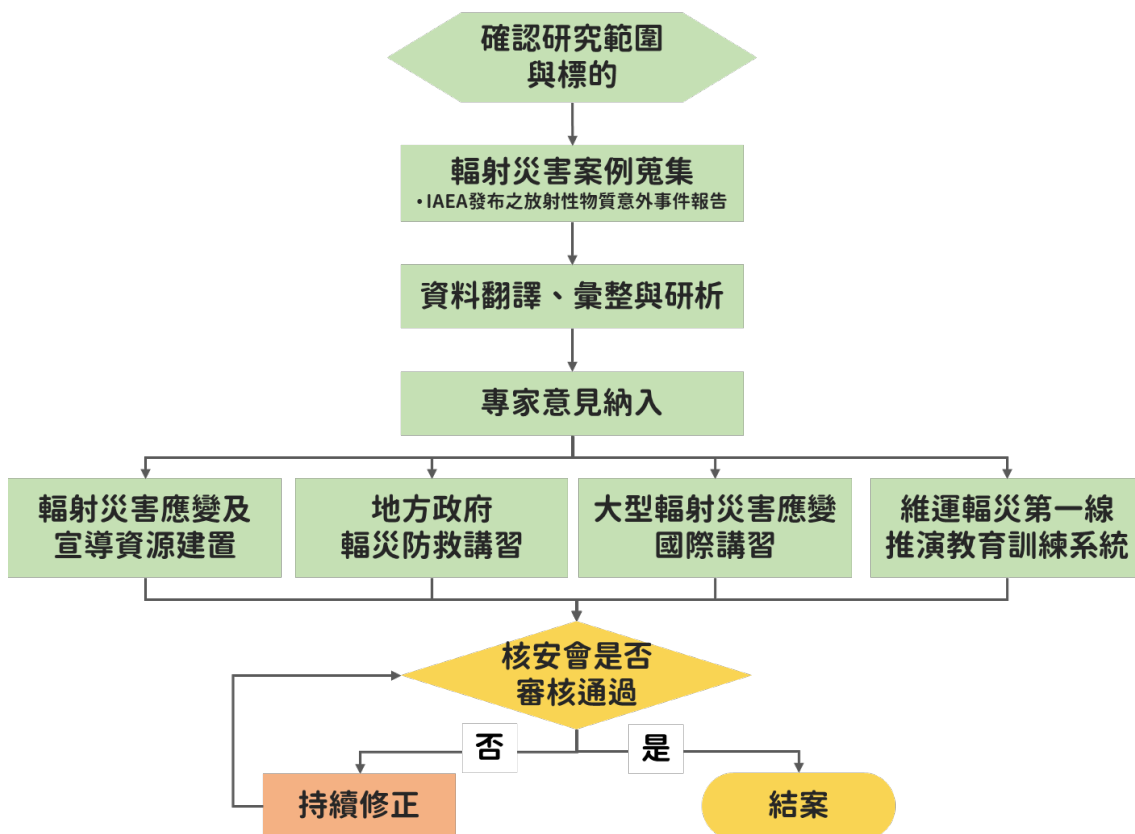


圖 1 計畫研究流程圖

資料來源：本計畫團隊繪製

第三章 輻射災害案例研析

3.1 IAEA 放射性物質意外事件盤點

本計畫團隊透過盤點 IAEA 官網發布之正式報告、出版品，以符合「放射性物質意外事件」主題報告進行蒐集與統計，合計 19 篇〔表 1〕。經盤點後，蒐集報告涵蓋不同類型（如：運輸事故、違規操作、遺失或偷竊事件...等），為確保研析內容之價值性與代表性，亦參考國際核能事件分級制〔圖 2〕，優先挑選影響層面明顯、較為廣泛事件。114 年度計畫須選定 2 篇具代表性，且有深入分析價值之報告進行研析，經 2 月 10 日啟動會議與業務單位研議後，擇定以「巴西戈亞尼亞事故報告，以下簡稱戈亞尼亞事故」為第一篇案例進行研析作業。後於 5 月 29 日擇定「泰國北欖府事故報告，以下簡稱北欖事故」為第二篇案例進行研析作業。

巴西與泰國案例同屬除役醫療放射治療設備中未受管制射源所釀之事故。戈亞尼亞事故射源為鈾-137，屬於易溶性粉末，造成當地大規模環境污染，249 人受到輻射曝露及放射性污染，其中 4 人死亡；北欖事故則使用鈷-60 射源，為金屬密封射源，雖擴散規模小於前者，但使 1,934 人受到輻射曝露影響，其中 3 人死亡。本次研析之 2 起案例均凸顯源頭管制之重要性，並透過強化相關業者的自主管理能力，以及落實對一般民眾之輻射安全教育，才能真正降低事故發生的可能性。

表 1 IAEA 官網放射性物質意外事件報告盤點

序號	年份	國家	肇因	影響
1	1987	巴西 Goiânia	2 人闖入廢棄放射治療中心，拆解並偷走 1 臺鈾-137 放射治療設備組件，後續組件被轉賣給回收業者，並因射源於黑暗中會發光之獨特性被分送親友，造成大規模污染	4 人死亡、249 人受污染
2	1989	薩爾瓦多 San Salvador	1 處工業輻照設施使用可移動之高活度鈷-60 射源架進行照射，過程中卡在輻照位置，操作員與 2 名工人進入輻照室，手動排除卡住的射源架	3 人受曝露截肢、6 個半月內 1 人死亡
3	1990	以色列 Soreq	1 名操作人員由於違反操作程序，繞過安全系統進入輻照室因而受到輻射曝露	1 人超量曝露
4	1991	白俄羅斯 Nesvizh	輻照設施在產品殺菌輸送過程發生故障，操作員繞過安全系統進行異常排除，過程中射源架移至照射位置，使人員受到高輻射劑量曝露，經治療後仍逝世	1 人死亡

序號	年份	國家	肇因	影響
5	1992	越南 Hanoi	X 光加速器研究項目主任，未通知操作人員即進入照射室調整樣本，操作人員在不知情下啟動機器，使其雙手遭照射數秒	1 人手部截肢
6	1994	愛沙尼亞 Tammiku	3 名兄弟未經核准進入放射性廢棄物貯存場，取走裝有銫-137 射源的金屬容器，搬運過程中射源脫落，1 人將其放入口袋帶回家中，導致 1 人死亡、多人受傷	多人超量曝露、1 人死亡
7	1996	哥斯大黎加 San José	醫院更換放射性物質時，劑量比例計算錯誤，造成放射性治療病患曝露於超過規定的輻射劑量	115 人曝露、至少 12 人死亡
8	1996	伊朗 Gilan	燃氣複循環發電廠 1 名工人在不知情狀況下，將用於非破壞照相檢驗設備之未屏蔽銥-192 射源放入口袋	1 人超量曝露
9	1997	俄羅斯聯邦 Salov	1 名研究人員違反安全操作程序進行實驗，過度曝露在充滿高濃度鈾元素的環境，雖即時就醫但仍於 3 天內死亡	1 人死亡
10	1997	喬治亞 Lilo	遭遺棄的多枚密封射源因缺乏安全管制，導致 11 名民眾長時間曝露於高劑量輻射，出現嚴重輻射性皮膚損傷	多人輻射曝露
11	1998	土耳其 Istanbul	2 箱裝載用於放射治療之鈷-60 包裹被當成廢棄金屬販賣，採購者拆除容器屏蔽措施，導致多人過度輻射曝露	18 人住院、其中 10 人急性輻射症候群
12	1999	秘魯 Yanango	焊接工人將 1 個銥-192 工業射源放在口袋數小時，受到高劑量輻射，其家人也因此受到影響	工人及其家屬超量曝露
13	2000	泰國 Samut Prakan	1 臺未管制之鈷-60 放射治療設備遭非法拆解並流入廢鐵場，導致多人受高劑量輻射照射，經當地醫師通報後成功尋回射源	10 人嚴重曝露、2 個月內 3 人死亡
14	2001	波蘭 Białystok	腫瘤中心電力系統發生事故，導致放射治療儀器損毀，使病患治療時接受過多輻射劑量	5 人輻射劑量過高
15	2001	喬治亞 Lia	3 名受困大雪之伐木工人，找到 2 個冒著蒸氣之鋰-90 同位素熱發電機，並帶回營地作為取暖工具	3 人急性輻射症候群
16	2002	玻利維亞 Cochabamba	工業用銥-192 射源處於未屏蔽狀態下，以客運送返回總公司，導致此輛客運之乘客與工作人員曝露於高劑量輻射中	乘客與工作人員輻射曝露

序號	年份	國家	肇因	影響
17	2005	智利 Nueva Aldea	1 個銨-192 射源於工地施工時自工業照相設備中脫落,3 名鷹架工人接觸該射源造成嚴重輻射傷害	3 人超量輻射 曝露
18	2012	秘魯 Chilca	執行管線無損檢測時,因銨-192 工業射源卡在導管中未成功收回,導致 3 名作業員超量輻射曝露,其中 1 人發生嚴重皮膚損傷	3 人超量輻射 曝露
19	2013	墨西哥 Hueypoxtla	醫院廢棄之放射治療裝置機頭於卡車運送途中被持槍歹徒搶奪,幾日後裝有鈷-60 射源裝置被發現從屏蔽中移出,並丟棄在無人居住之農地	多人輻射曝露

資料來源：<https://www.iaea.org/publications/search/topics/accident-reports>

等級	準則1 人與環境	準則2 輻射屏障與控制	準則3 深度防禦
7級 (最嚴重意外事故)	放射性物質大量釋放,具有大範圍健康和環境影響,要求實施緊急計畫和長期應對措施。		
6級 (嚴重意外事故)	<ul style="list-style-type: none"> ● 放射性物質明顯釋放,可能要求實施區域性緊急計畫。 ● 輻射造成幾十人死亡。 		
5級 (大範圍意外事故)	<ul style="list-style-type: none"> ● 放射性物質有限釋放,可能要求實施部分區域性緊急計畫。 ● 輻射造成多人死亡。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 反應爐爐心受到嚴重損壞。 ● 放射性物質在設施範圍內大量釋放,公眾受到明顯輻射曝露機率高,其發生原因可能是重大臨界事故或火災。 	
4級 (局部範圍意外事故)	<ul style="list-style-type: none"> ● 放射性物質少量釋放,除需要局部採取食物管制外,通常不要求實施緊急計畫的應對措施。 ● 至少有1人死於輻射。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 燃料熔融或損壞造成爐心放射性總量釋放超過0.1%。 ● 放射性物質在設施範圍內明顯釋放,公眾受到明顯輻射曝露的機率高。 	
3級 (嚴重事件)	<ul style="list-style-type: none"> ● 輻射劑量超過工作人員法定年限值的10倍。 ● 輻射造成非致命確定性健康效應(例如燒傷)。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 工作區中的輻射劑量率超過1Sv/h(距離1公尺處)。 ● 非設計預期的區域嚴重污染,公眾受到明顯輻射曝露的機率低。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 核電廠接近發生事故,安全措施全部失效。 ● 高活度密封射源遺失或遭竊。 ● 高活度密封射源錯誤交付,並且沒有適當的輻射處理作業程序。
2級 (偶發事件)	<ul style="list-style-type: none"> ● 一名公眾成員輻射劑量超過10mSv。 ● 一名工作人員的輻射劑量超過法定年限值。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 工作區中的輻射劑量率超過50 mSv/h。 ● 非設計預期的區域受到明顯污染。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 安全裝置失效,但無實際發生事件。 ● 發現高活度密封無主射源、器件或運輸貨品,但安全裝置保持完好。 ● 高活度密封射源包裝不當。
1級 (異常警示事件)			<ul style="list-style-type: none"> ● 一名民眾受到輻射曝露超過法定限值。 ● 安全措施發生問題,深度防禦仍有效。 ● 低活度射源、裝置或運輸貨品遺失或遭竊。
0級 (未達級數事件)	無安全顧慮		

圖 2 國際核能事件分級標準

資料來源：核能安全委員會

3.2 戈亞尼亞事故報告與授課教材

一、事故報告

(一) 事故背景

1、戈亞尼亞市基本概況

戈亞尼亞市位於巴西中部高原地區，為戈亞斯州的州政府所在地。該地區以大規模糧作與畜牧業聞名，是巴西主要的農牧生產中心之一。當地年平均氣溫約為攝氏 21.9 度，夏季高溫時常可達攝氏 40 度，氣候潮濕，年降雨量約為 1,700 毫米。

事故發生時，戈亞尼亞市為人口數約 1 百萬的大型城市。事故發生地點大多位於城市郊區，屬於較貧困之區域，當地居民識字率較低，普遍種植小型蔬菜園與果樹，並設有一些雞舍，住宅皆配備自來水管道連接至污水處理系統，部分則有自流井，當地污水會排入 Capim Puba creek，後續匯流入 Meia Ponte river，該河流從東北向西南方向流經戈亞尼亞市。在該事故被發現（9 月）前當地平均氣溫為攝氏 26.4 度。〔圖 3〕標示出戈亞尼亞市之地理位置，其中里約熱內盧（距離 1,348 公里）與聖保羅（距離 919 公里）鄰近戈亞尼亞市，是巴西主要具有輻射防護資源城市，對此事故的應變工作也發揮重要功效。

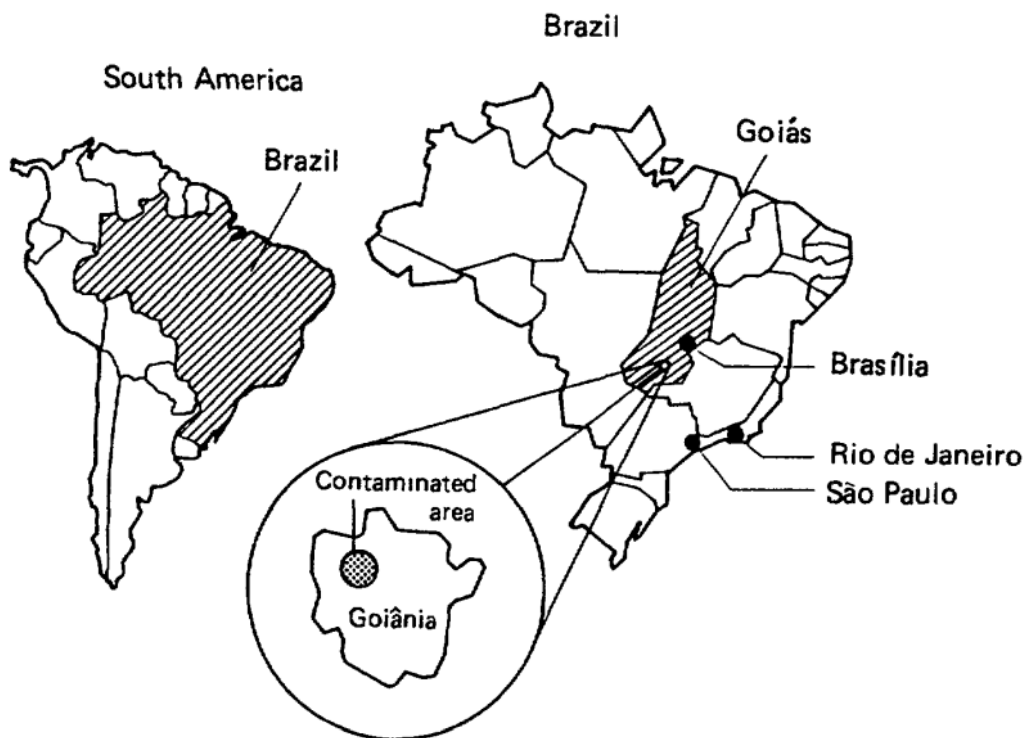


圖 3 戈亞尼亞市位置關係圖

資料來源：IAEA，1988

2、放射性物質管理機關

在本次事故中，多個州及市級機關共同參與應變工作，其中聯邦衛生部（Federal Ministry of Health）負責全國範圍內的醫療衛生事務，部分權責則下放至各州的衛生部門。SEMAGO（州環境機關）負責處理環境相關事務，包括污染監測與環境治理。戈亞尼亞市本身設有公共衛生部門—衛生局（Vigilância Sanitária，以下簡稱衛生局），職責範圍包括食品與藥品監管等公共衛生事務。

國家核能委員會（National Nuclear Energy Commission，以下簡稱 CNEN）為巴西的國家核能主管機關〔圖 4〕，總部位於里約熱內盧，其首長直接向巴西總統負責。CNEN 旗下設有 3 個研究機構，分別是位於聖保羅的核能與能源研究所（Institute for Nuclear and Energy Research，以下簡稱 IPEN），設於里約熱內盧的輻射防護與劑量學研究所（Institute of Radiation Protection and Dosimetry，以下簡稱 IRD）以及核子工程研究所（Nuclear Engineering Institute，以下簡稱 IEN），三方研究機構皆對後續事故作業提供相當援助。

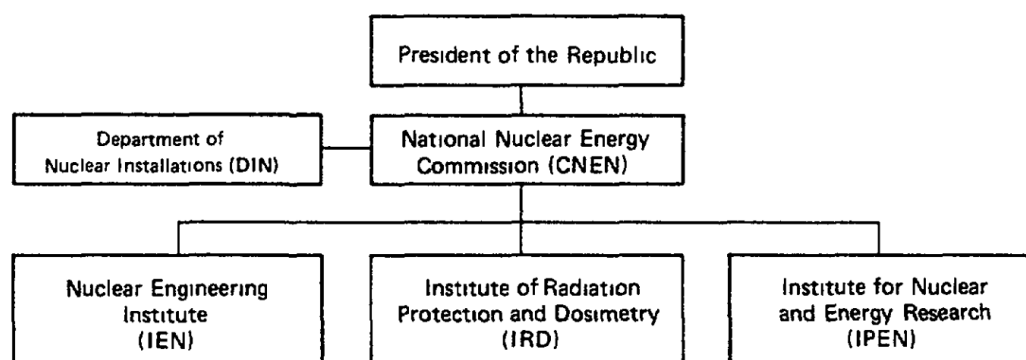


圖 4 CNEN 旗下研究機構及其監管部門

資料來源：IAEA，1988

CNEN 是放射性物質監管機關，擁有放射性物質生產、運輸、購買、使用、安全管理及廢棄處理的職權，此外在醫療用途方面，CNEN、聯邦衛生部及各州衛生部門均有監管責任。制度上，CNEN 針對個人與機構實施輻射安全許可，以確保放射性物質的使用與管理符合國家法規與安全標準。在人員資格方面，凡擔任保健物理學家或輻射防護官者，都必須接受 CNEN 規定的專業訓練，並依選定之訓練類別，通過相應之輻射防護考試。當兩者完成即可獲頒資格證書，此制度也確保相關從業人員具備輻射防護知識與操作能力。而若機構希望取得射源的使用許可，必須具備至少 1 名持有效資格證書的專業人員，方能提出申請，此規定亦確保申請機構在後續日常運作中，有能力維持輻射安全管理。

針對放射性設施管理，在正式運作前必須提交 CNEN 完整設計方案，並附上輻射防護相關資料，包括操作程序、適用法規、偵測設備配置、個人劑量偵測計畫，以及應變計畫。上述資料將由 CNEN 進行審查，並於設施建置完成後接受實地驗收，以確保其輻射防護措施符合標準，惟有這些要求全數達成，設施才能獲得使用許可。根據 CNEN 規範，獲准使用放射性物質之單位，必須全面遵守相關法律規定，所核發的許可證書亦附帶多項條件，其中最重要的規定為：「若發生任何重大變更，例如射源之搬遷或處置，必須主動通報 CNEN，並依規定辦理」。醫療用途方面，1975 年 7 月 17 日巴西頒布之法律規定，醫療機構的後續檢查與監督責任由聯邦衛生部負責，惟依據 1976 年 1 月 19 日之法令，該責任已下放至各州的衛生秘書處，不過實際執行情形仍在各州間存在差異。整體而言，CNEN 所建立之許可與監督制度，涵蓋人員資格、設施審查到後續管理的各個面向，形成一套有助於降低風險並提升公共與環境安全保障的輻射安全管理架構。

3、事故發生地點

1985 年，巴西戈亞尼亞市 1 間由合夥醫師經營的放射治療機構—戈亞諾放射治療中心（Institute Goiano de Radioterapia，以下簡稱 IGR 中心）停止營運並準備搬遷，該中心帶走 1 臺鈷-60 放射治療設備，卻因為涉及官司無法移除 1 臺銫-137 放射治療設備，故該設備被遺留在原址。後來，廢棄 IGR 中心部分建物遭拆除，然而存放設備的治療室卻未被拆除，處於廢棄狀態，這也導致銫-137 放射治療設備毫無安全防護，在當時更成為流浪漢的暫棲之地〔圖 5〕。



圖 5 部分建物遭拆除之廢棄 IGR 中心

資料來源：IAEA，1988

4、事故涉及放射治療設備

本事故設施為銫-137 放射治療設備，由義大利米蘭 Barazetti 公司於 1950 年代設計生產，型號 Cesapan F-3000，為義大利 Generay SpA 公司負責銷售。設備所使用的放射性物質銫-137 (Caesium-137，以下簡稱銫-137)，其化合物氯化銫被密封在射源罐，安置在由鉛和不鏽鋼製成的射源轉輪 (Source wheel) 內，形成旋轉式屏蔽裝置 [圖 6]，當設備啟動時，透過旋轉使射源罐與輻射孔 (Radiation aperture) 對齊，從而釋放放射線。在照射結束或發生電力故障時，內部的彈簧裝置會將屏蔽裝置連同射源自動復位，回到關閉 (Off) 或安全 (Safe) 位置。其中旋轉屏蔽裝置與其電動驅動系統之間，設有一圓柱形屏蔽塞 (Cylindrical shielding plug)。上述組件統稱為旋轉組件 (Rotating assembly)，可使用專用工具將旋轉組件從輻射頭的屏蔽結構中移除，放射治療設備主要組件可參考 [圖 7]。

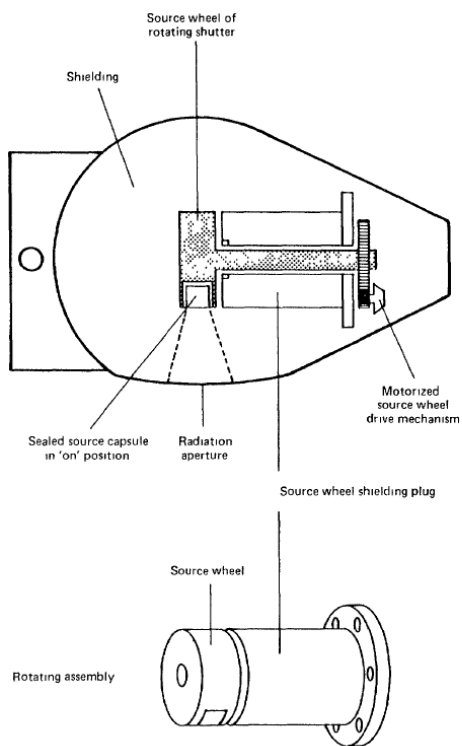


圖 6 模擬輻射頭剖面圖

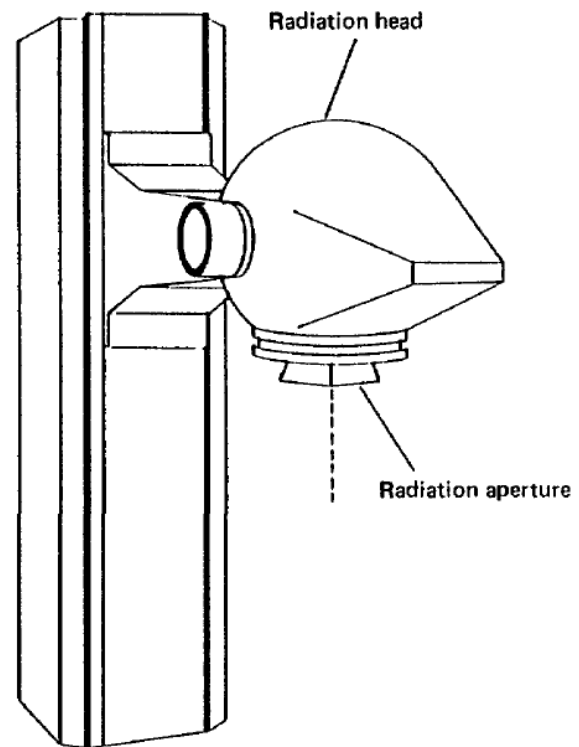


圖 7 模擬放射治療設備示意圖

資料來源：IAEA，1988

本事故密封放射源的序列號不詳，但根據其他資訊推測，該放射源約於 1970 年在美國橡樹嶺國家實驗室 (Oak Ridge National Laboratory) 生產，該放射性物質氯化銫是無機鹽類鹽 (Caesium chloride salt) 經壓縮成塊狀，封裝於雙層不鏽鋼罐內 [圖 8]，已知的總放射活度 50.9 TBq (1375 Ci)，另 [表 2] 提供銫-137 及本次事故中放射源的基本數據，以及與輻射防護相關的數據。

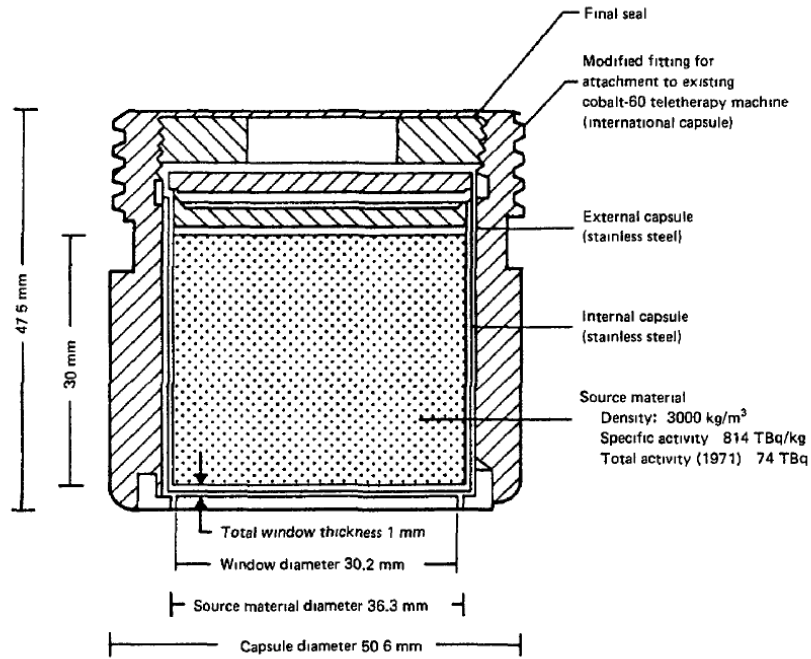


圖 8 射源罐剖面圖

資料來源：IAEA，1988

表 2 銫-137 基本數據

Basic data on caesium-137

Gamma emissions		0.66 MeV (84%)
Beta emissions	Maximum energies	0.51 MeV (95%)
		1.17 MeV (5%)
	Mean energy	0.187 MeV
Half-life		30 years
Specific gamma ray constant	$8.9 \times 10^{-2} \text{ mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ at 1 m per GBq	
	$(0.33 \text{ rad} \cdot \text{h}^{-1})$ at 1 m per Ci	

Data on the caesium source of the IGR clinic (September 1987)

Radioactivity	50.9 TBq (1375 Ci)
Dose rate at 1 m	$4.56 \text{ Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ($456 \text{ rad} \cdot \text{h}^{-1}$)

Radioactive material

Volume	$3.1 \times 10^{-5} \text{ m}^3$
Mass	0.093 kg
Specific activity	$0.55 \text{ TBq} \cdot \text{g}^{-1}$ ($15.1 \text{ Ci} \cdot \text{g}^{-1}$)

Radiological protection data

Dose rate at 1 m from uniform ground contamination	$1.6 \times 10^{-12} \text{ Sv} \cdot \text{h}^{-1} \cdot (\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2})^{-1}$
Dose per unit intake (ingestion)	$1.2 \times 10^{-8} \text{ Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$
Dose per unit intake (inhalation)	$8.7 \times 10^{-9} \text{ Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$
Annual limit of intake (oral)	$4.0 \times 10^6 \text{ Bq}$
Annual limit of intake (inhalation)	$6.0 \times 10^6 \text{ Bq}$
Derived air concentration	$2.0 \times 10^3 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$

資料來源：IAEA，1988

(二) 事故發生原由與經過

1、事故發生原由

1987年9月13日，羅伯特·阿爾維斯（Roberto dos Santos Alves，以下簡稱 R.A.）和瓦格納·佩雷拉（Wagner Mota Pereira，以下簡稱 W.P.）非法闖入已局部拆除的廢棄 IGR 中心，當時他們發現該地存放 1 臺銫-137 放射治療設備，但卻對於設備用途一無所知，2 人認為其中之廢棄金屬可能具有回收價值，於是將裝有銫-137 射源罐的機器拆除，並帶回家中嘗試拆解。

拆解過程中射源罐被破壞，其中的氯化銫具有高度溶解性且極易擴散。R.A. 將射源罐當作廢金屬出售給廢品回收場的老闆德維爾·費雷拉（Devair Alves Ferreira，以下簡稱 D.F.）。D.F. 注意到該射源罐在黑暗中會散發出藍色光芒，認為這現象讓人感到驚奇不已，接下來的

幾天內 D.F.邀請親朋好友前來觀賞，而大小如米粒的放射源粉末亦被分送給數個家庭，這種情況持續 5 天後，一些人因曝露於放射源開始出現腸胃道等相關症狀才開始被注意。

起初，這些症狀並未被識別為輻射曝露所致，然而其中受到輻射曝露影響較嚴重的廢品回收場老闆娘，瑪利亞·加布里埃拉·費雷拉 (Gabriela Maria Ferreira, 以下簡稱 M.F.1) 將疾病與射源罐聯繫起來，並將其殘餘部分送往當地衛生局，此舉才使得這起嚴重放射性污染事故被發現，並展開一連串的調查與應變作為。

2、事故發生經過

關於戈亞尼亞事故發生的具體經過，存在多種不同說法，這些說法是來自官方調查人員對多名相關人士的訪談，儘管這些版本在整體上大致相同，但對放射治療設備各組件之描述細節上仍稍有差異，〔表 3〕以先後時序詳細列出事故發生經過，針對受影響人員部分採用姓名縮寫呈現。

表 3 1987 年戈亞尼亞事故發生時序

日期	說明
9 月 10 日 至 13 日	<ul style="list-style-type: none"> ▶R.A.聽聞廢棄 IGR 中心 (地點 A) 內遺留貴重設備，於是與朋友 W.P.前往，兩人拆解鈾-137 放射治療設備並認為金屬外殼可能具有回收價值，便以手推車搬運至 R.A.住處 (地點 B) ▶由於廢棄 IGR 中心未檢測到放射性污染，推測此時射源組件仍完整。然後續移動射源轉輪至「開啟」位置，即曝露於放射線中 ▶W.P.和 R.A.出現嘔吐症狀，由於生活環境較為惡劣，僅判斷為食用不潔食物
9 月 14 日	<ul style="list-style-type: none"> ▶W.P.開始腹瀉、頭暈且單手腫脹，手部和手腕出現燒傷 (症狀與其曾握持旋轉組件並覆蓋射線出口情況相符)
9 月 15 日	<ul style="list-style-type: none"> ▶W.P.尋求醫療協助並被診斷為食用不潔食物引起之過敏反應，根據醫囑於家中休養一週，期間僅能從事輕度工作
9 月 18 日	<ul style="list-style-type: none"> ▶射源罐存放於 R.A.住處之芒果樹下，後續拆解射源過程中以螺絲起子刺穿約 1 毫米厚的孔洞，並挖出少量氯化鈾 ▶後來 R.A.將物品賣給 D.F.。D.F.住在自營的廢品回收場 Junkyard I (以下簡稱廢品場 I，地點 C) 旁，物品由 D.F.員工用手推車運送至廢品場 I ▶當晚 D.F.進入存放處並注意到射源罐中粉末散發藍色光芒，猜測粉末可能具有價值 (如寶石)，於是帶回家中和妻子 M.F.1 觀察，並陸續邀請多名鄰居、親戚和朋友前來觀賞
9 月 21 日	<ul style="list-style-type: none"> ▶D.F.的朋友 E.F.1.前往拜訪，並取出粉末送給弟弟 E.F.2，剩餘部分則帶回家 ▶D.F.也將部分粉末分送家人，許多人將亮粉塗抹於皮膚

日期	說明
9月21日至23日	<ul style="list-style-type: none"> ▶M.F.1 出現嘔吐和腹瀉的症狀，並前往聖盧卡斯醫院 (São Lucas Hospital) 就診，醫生診斷與 W.P.相同 ▶M.F.1 母親 M.A.1 曾前往照顧，2 天後即返回住處，亦因接觸污染者身體沾染放射性物質
9月22日至24日	<ul style="list-style-type: none"> ▶D.F.員工 I.S.和 A.S.主要負責提取射源罐之鉛成分 ▶期間 Z.S.曾到訪並表示願意協助切割射源罐殘骸 (但後來並未執行)
9月23日	▶W.P.被送往聖瑪麗亞醫院 (Santa Maria Hospital) 住院治療，至 9 月 27 日期間皮膚損傷被誤診為某種疾病，後轉送至熱帶疾病醫院 (Tropical Diseases Hospital)
9月24日	<ul style="list-style-type: none"> ▶D.F.哥哥 I.F.前往廢品場 I 並取得一些粉末，他帶回另一處廢品回收場 (廢品場 II，地點 D) 旁的家中 ▶粉末被 I.F.置於餐桌，其中 6 歲女兒 L.F.2 進食時直接以手觸碰粉末，其他家人接觸較少但仍有受到污染
9月25日	▶D.F.將鉛及射源罐殘骸出售給廢品回收場 III (Junkyard III，地點 E) 負責人
9月26日	▶K.S. (廢品場 II 的員工) 與另 1 人返回廢棄 IGR 中心取走剩餘設備，並運至廢品場 II，設備主要是屏蔽容器 (重約 300 公斤)
9月28日	<ul style="list-style-type: none"> ▶多人身體出現不適，M.F.1 認為射源罐粉末是導致疾病原因，與 D.F.員工 G.S.前往廢品場 III (Junkyard III)，G.S.將射源罐殘骸裝袋，兩人一同至衛生局 (地點 F) ▶M.F.1 告訴 P.M.醫生：「這個東西正在害死家人。」。P.M.醫生最初將裝有射源殘骸的袋子放在辦公桌，後來因擔憂故將其移至庭院外的椅子上 ▶M.F.1 和 G.S.被送往衛生中心，最初診斷為感染熱帶疾病，隨後轉至熱帶疾病醫院 ▶此前已有多名出現相似症狀的受污染者前往就診，多數醫生做出相似診斷，其中醫生 R.P.開始懷疑病患的皮膚病變可能是由輻射引起。故聯繫同在熱帶疾病醫院工作並擔任毒物研究中心主任的 A.M.醫生，且同時衛生局 P.M.醫生也曾聯繫 A.M.醫生，詢問關於袋子情況。起初，A.M.醫生認為袋子裡的物品可能是 X 光設備的零件，經進一步確認，R.P.醫生和 A.M.醫生認為需要更深入調查，因此聯繫戈亞斯州環境部 (Department of the Environment of Goiás State) J.P.博士。J.P.博士建議請物理專家進行檢測，並於次日清晨聯繫到在戈亞尼亞進行訪問的物理專家 W.F.
9月29日	<p style="text-align: center;">8 : 00</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶W.F.接獲 J.P.醫生聯繫後同意協助前往衛生局測量輻射值，並先至巴西國營核能公司 NUCLEBRAS 在戈亞尼亞的辦事處借用閃爍偵測器 (Scintillometer) ▶W.F.距離目標地點一段路程前提早開啟儀器，但不論指向哪個方位指針皆偏轉至最大值，其原先認為故障並返回辦事處更換新設備

日期	說明
10:20	<p>▶W.F.更換新設備後抵達衛生局，且在鄰近此處時儀器同樣顯示超出安全輻射值，此時已確認該地存在高強度輻射源</p> <p>▶P.M.醫生聯繫當地消防隊處理，消防隊原計畫將輻射源丟入河中，所幸 W.F.及時趕到並阻止消防隊</p>
11:00	▶W.F.說服衛生局工作人員撤離，並請警方、消防隊管制，防止任何人進入
12:00	<p>▶P.M.醫生向 W.F.說明射源來源，並一同前往廢品場 I (Junkyard I)</p> <p>▶P.M.醫生及 W.F.抵達廢品場 I 後確認輻射偵測儀在區域內讀數超過可量測的上限範圍，並有明顯的放射性污染跡象。立即請 D.F.及其家人、多位鄰居撤離</p>
13:00	<p>▶W.F.及相關人員前往戈亞斯州衛生秘書處通報此次事件及告知嚴重性</p> <p>▶官員們起初對事件之陳述及需大規模撤離計畫感到難以置信，經再次說服後獲准與首長會面詳談</p>
15:00	<p>▶確定事故後以電話聯繫作為指定的核子緊急應變協調員 (Nuclear Emergency Coordinator, 簡稱 NEC) 的 CNEN 核子設施司司長，其建議聯絡 IGR 中心專家給予協助 (擁有多種偵測儀器能有效判定事故性質及受影響區域的範圍)</p> <p>▶經聯繫 IGR 中心後，初步判定放射源為其所屬</p>
16:00 至 20:00	<p>▶戈亞尼亞採取多項應變行動，包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 聯繫熱帶疾病醫院告知該院已有多名人員受污染並出現輻射曝露症狀 (2) 動員民防部門的各單位，包括警方、消防隊、救護車及醫院進行應變 (3) 使用 IGR 中心的輻射偵檢設備，重新檢測已知污染地點 (4) 戈亞斯州衛生廳召開緊急會議，並計畫在奧林匹克體育場 (地點 H) 安置受污染民眾，此時媒體也開始關注並報導這起事故
22:00	<p>▶Z.S.向 W.F.解釋射源罐拆解過程及放射性物質被帶往地區，以識別更多污染點並撤離受污染人員</p> <p>▶9月29日至30日夜間，奧林匹克體育場內偵測出22名可能受到高劑量輻射人員，這種隔離措施(安置於帳篷內)是依據放射性污染測量結果和臨床症狀，並考慮個體是否來自主要污染地點的家庭</p> <p>▶A.M.醫師與其他醫師對部分人員進行初步篩檢，具輻射傷害症狀的受污染患者送往熱帶疾病醫院，且進行隔離</p>
10月2日	<p>▶W.F.針對芒果樹下殘留污染進行測量，該處在1公尺距離的輻射劑量率高達1.1 戈雷/小時 (Gy/h)</p> <p>▶R.A.房屋及其周圍環境均受嚴重污染，最終房屋被拆除並移除表層土壤</p>

資料來源：IAEA，1988

以上事故發生經過為參照 IAEA 事故報告描述，其涉及大量人員，並涵蓋戈亞尼亞機場區（Aeroporto）與鄰近的多個地點，是最具可信度之紀錄。為了釐清事故的發展過程，〔圖 9〕為戈亞尼亞主要受污染地點；〔圖 10〕為銻-137 擴散時序圖，該圖根據事故發生後調查人員繪製之圖稿進行編製，目的是重建事故發生的經過；〔圖 11〕為戈亞尼亞事故中受到嚴重污染之核心人員關係圖，依據曝露地點和家庭成員關係進行分類，此外，圖中亦提供細胞遺傳學數據分析估算的輻射劑量-戈雷（Gy）、住院患者的相關資訊，以及由於輻射曝露導致的 4 例死亡案例。



- | | |
|-------------|------------------|
| A：廢棄 IGR 中心 | G：醫學物理學家 W.F.的住家 |
| B：射源首次曝露地點 | H：奧林匹克體育場 |
| C：廢品場 I | J：綜合醫院 |
| D：廢品場 II | K&L：其他污染點 |
| E：廢品場 III | M：CNEN 初始指揮站 |
| F：衛生局 | N：CNEN 現址辦公室 |

圖 9 戈亞尼亞地區主要受污染位置圖

資料來源：IAEA，1988

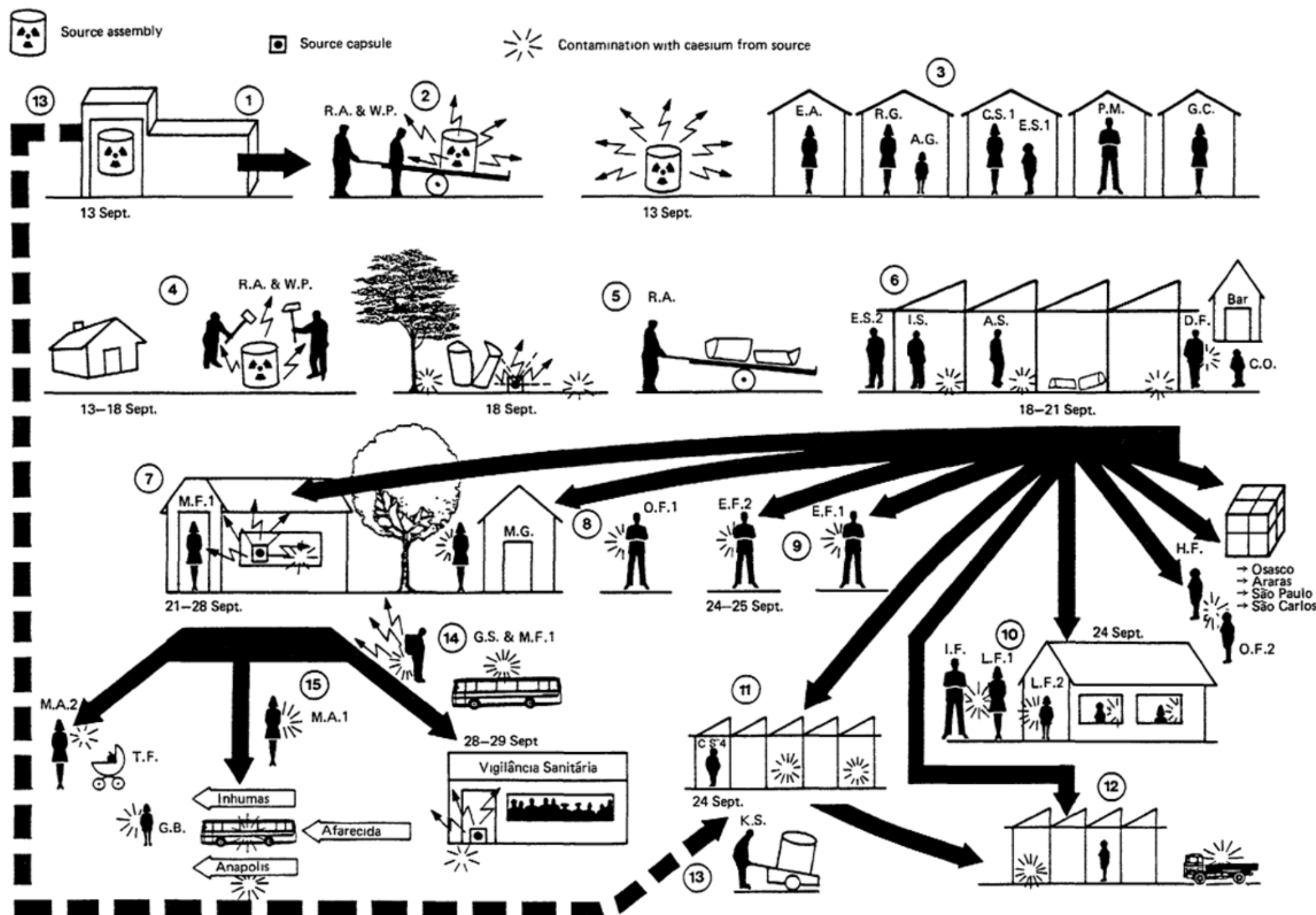


圖 10 戈亞尼亞事故銫-137 擴散時序圖

資料來源：IAEA，1988

①廢棄 IGR 中心

④R.A.和 W.P.破壞 source wheel 並刺穿射源罐

⑦D.F.的住家：污染進一步擴散

⑩I.F.的住家，其他箭頭表示污染經由訪客與受污染廢紙擴散至其他城鎮

⑬K.S.返回廢棄 IGR 中心，將剩餘的放射治療機轉移至廢品場 II

②R.A.和 W.P.從廢棄的放射治療機拆除旋轉射源組件

⑤R.A.將射源組件的部分零件出售給廢品場 I

⑧訪客與鄰居（如 O.F.I.）受到污染

⑪污染擴散至廢品場 I

⑭M.F.I 和 G.S.搭乘公車將射源殘骸運送至衛生局

③射源組件被放置在 R.A.的院子裡，靠近其母親 E.A.出租的房屋

⑥廢品場 I：I.S.和 A.S.在公共場所進一步粉碎並散播銫氯化物

⑨E.F.1 和 E.F.2 受到污染

⑫污染擴散至廢品場 III

⑮M.A.I.將污染帶至其他城鎮

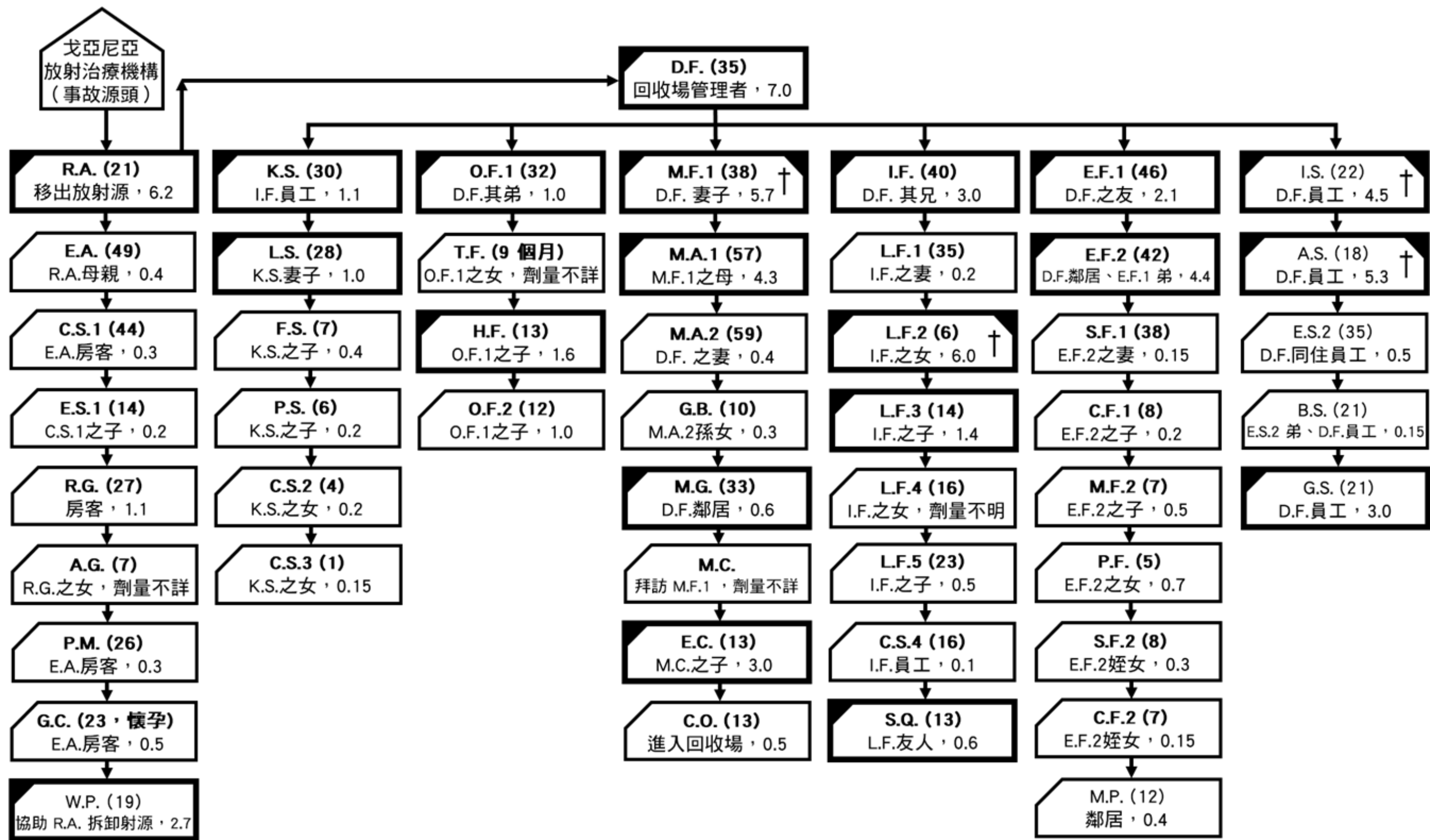


圖 11 戈亞尼亞事故嚴重污染核心人員關係圖

資料來源：IAEA，1988

(三) 事故初期應變作為

1、地方政府初期行動

這起事故於 1987 年 9 月 28 日下午被發現，並在隔日上午意識到事態之嚴重性。初期傷者因醫療診斷失誤，被誤診為受熱帶病毒感染等疾病，直到 R.P.醫生與 A.M.醫生懷疑可能為輻射傷害，並進一步聯繫物理學家 W.F.，才確認來源為放射性物質。戈亞尼亞市政府於 9 月 29 日動員警方、消防單位與民防人員進行初步應變，並在當日晚間指定奧林匹克體育場作為臨時收容與篩檢地點，針對可能接觸放射源的民眾進行隔離與輻射監測。偵檢人員使用 IGR 中心現有設備重新測量衛生局與廢品場 I 等主要污染點，並對居民進行疏散，同時封鎖污染區域進行出入管制。由於資訊未即時傳達與釋疑引發民眾恐慌，不少居民主動前往奧林匹克體育場尋求協助，使得現場輻射偵檢資源與人力短時間內面臨極大壓力〔圖 12〕、〔圖 13〕。當時雖然沒有制定大規模輻射事故的應變計畫，但地方的臨時應變策略，也控制住了事態發展，防止事故擴大，為後續 CNEN 抵達接管提供相當的助益，在指揮權移轉後，當地政府也持續視狀況調派資源協助應變行動。



圖 12 W.F.偵測污染情況



圖 13 民眾到奧林匹克體育場進行偵測

資料來源：IAEA，1988

2、國家應變行動

應變工作由 CNEN 緊急控制執行小組 (Executive Group for Emergency Control, 以下簡稱 GECE) 執行，並由核設施部 (Department of Nuclear Installations, DIN) 的應變小組 (Emergency Group of DIN, 以下簡稱 GEDIN) 負責組織行動，指派 GEDIN 主任為應變協調員 (Nuclear Emergency Coordinator, 以下簡稱 NEC)，以展開全面應變作業。輻射防護與劑量測定研究所 (IRD) 的主任同時負責調動所內技術人員與物資以支援各項需求。初期任務集中在聯絡專

業醫療與物理人員，後續則根據需求擴增人力並調配大量設備，另外亦參考該國安格拉 (Angra) 核電廠之緊急應變體系中相關處置流程與機制，為應變行動提供行政、後勤支援。

9 月 29 日應變協調員 (NEC) 從里約熱內盧出發前往戈亞尼亞，並於 30 日凌晨抵達。途中他與來自聖保羅核能與能源研究所 (IPEN) 的技術人員會合。這 2 名技術人員根據物理學家 W.F. 提供的資訊，攜帶偵測設備前往事故現場。

CNEN 團隊首先前往廢棄之 IGR 中心，但未檢測到污染的痕跡，隨後前往衛生局及其他關鍵地點檢測。他們在衛生局前庭 1 張椅子上放置的袋子內確認有放射源殘骸。〔圖 14〕顯示衛生局內的輻射劑量率及該區域的環境輻射劑量率調查結果。特別是在距離放射源殘骸 1 公尺處的輻射劑量率高達 0.4 西弗/小時 (Sv/h)，這表示該殘餘放射源的放射性活度約為 4.5 兆貝克 (TBq, 120 居里, Ci)，僅占原始放射源總活度的不到 10%。

接下來的數小時內，W.F. 帶領 CNEN 團隊前往他所確認的主要污染地點進行調查。考量當時緊迫的情況，W.F. 與戈亞尼亞市政府決定撤離所有處於輻射劑量率超過 2.5 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$) 區域內的居民，這項初步的輻射干預標準並未能制定精細的理論基礎，主要是基於國際上建議的職業輻射劑量限值為每年 50 毫西弗。W.F. 知道若在屏蔽外表面的輻射劑量率限制在 25 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)，則可以確保全職工作人員的年劑量不超過 50 毫西弗。此外，對民眾的輻射劑量限值通常比職業劑量限值低 10 倍，因此得出 2.5 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$) 作為輻射劑量率標準。CNEN 團隊也決定以這一簡單的輻射劑量率標準，因為他們透過不同的考量方式也得出相似的結論。首先，他們認為允許當地居民在一年內接受超過 5 毫西弗的輻射劑量，在健康風險及政治考量上都無法接受，其次，家庭環境中的居住時間遠高於職業輻射曝露的工時標準，這將增加居民的實際受照劑量。他們也預估清理工作將持續約 3 個月 (即居民的輻射曝露時間僅為一年中的四分之一)，基於前述考量，認為這些因素大致可以相互抵消，故在初期階段維持 2.5 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$) 的輻射劑量率標準。

W.F. 與 CNEN 團隊前往奧林匹克體育場，他們發現當時受污染人員已被安置在體育場的帳篷內，但未進行任何除污措施，主要原因是擔心污水遭到放射性污染，因此 CNEN 人員指示所有受污染者進行淋浴，並將受污染者的衣物裝入袋中以防止污染擴散，此外該團隊架設放射性污染偵測設備，以篩檢因得知事故消息而前來奧林匹克體育場接受檢測的數百名民眾。

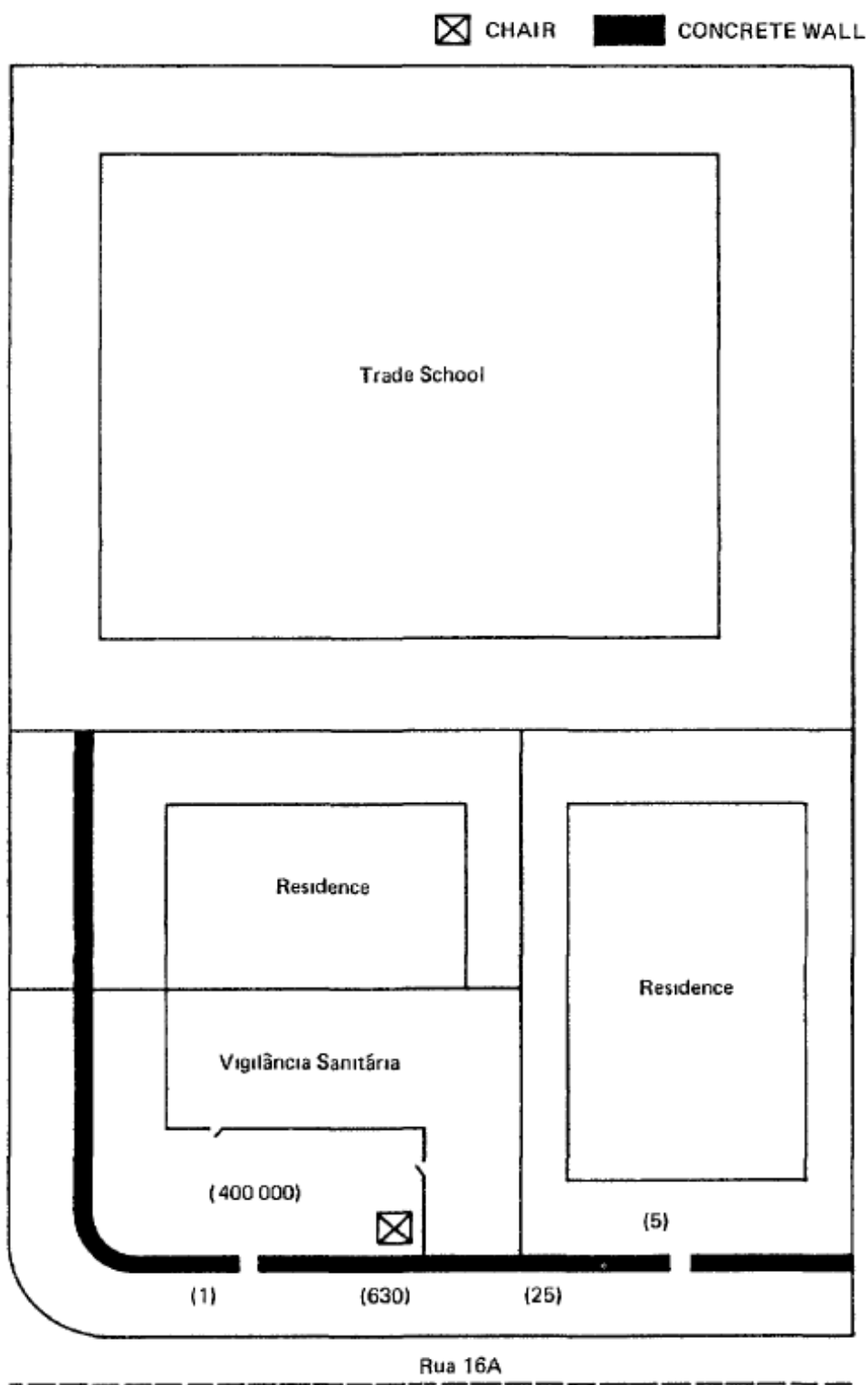


圖 14 戈亞尼亞市 Rua16A (16A 街) 衛生局周圍的輻射劑量率 (以 $\mu\text{Sv/h}$ 為單位)

資料來源：IAEA，1988

CNEN 的臨時指揮中心最初設置在奧林匹克體育場，直到戈亞斯州衛生部 (State Health Ministry for Goiás State，以下簡稱 OSEGO) 提供了更完善的設施，指揮中心才在 10 月 3 日遷往其總部。

所有參與應變行動人員都被安置在距離污染區約 2 公里的飯店，起初僅有 5 名人員負責輻射防護工作，其中包括 W.F.和來自 IGR 中心的醫學物理專家，人力嚴重缺乏。在 NEC 請求額外支援後，10 月 1 日才有 15 名專業人員抵達協助，至此總計 20 名人員投入行動，並依擬定的應變計畫，劃分為 3 個小組，分別負責管理、區域檢查與除污工作，其中除污小組細分為 4 個小組，分別對 4 個主要污染區進行處置。

9 月 30 日工作人員提出需要戈亞尼亞詳細地圖，並於 10 月 2 日收到後在所有輻射熱區 (Hot spots) 進行標記，10 月 3 日前所有輻射劑量率超過 2.5 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$) 的地區居民已被撤離。同時，奧林匹克體育場內的監測小組發現 249 人存在可檢測的放射性污染。僅受體外污染的人員可較為容易地進行除污處理，但有 129 人被確認存在體內污染，因此被轉介接受醫療照護。主要污染地點已被確認，儘管工作人員仍在檢查其他可能受污染的區域，但初步控制階段的工作已基本完成，並確保不會再有其他人面臨嚴重輻射曝露的風險。

當時媒體和民眾對事態的發展極為關注，因此應對記者與民眾的各項詢問成為應變行動的一大負擔，消耗原本應該用於控制局勢的有限資源。在事後回顧發現，若能從事故初始即指派專門的新聞官擔任外界窗口，並提供後續公共資訊的發布與說明，應變行動將更有效率。同樣情形也發生於行政支援的記錄工作，當時直到第三天才被意識到並展開相關作為，因前期現場人員都以污染測量和培訓其他人員進行污染篩檢為優先，當指揮中心遷往設有完善設施的戈亞斯州衛生部 (OSEGO) 後，才開始提供打字、電報交換 (Telex) 和影印服務，並指派 1 名資訊官負責，當時所有除污工作的隊伍，每日需提交口頭與書面報告，這些報告也成為調整應變策略的依據，但若前期就指派官方紀錄員，行動效率與紀錄完整性將會更精確。

(四) 受污染者除污與管理

1、初步應變

戈亞尼亞事故顯著的特徵之一是受污染者遭受嚴重的鈾-137 體外與體內污染，這增加患者治療的複雜性，並促使首次大規模使用亞鐵氰化鐵 ($[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$) 作為解毒劑。該化合物以普魯士藍 (Prussian Blue，商品名 Radiogardase®) 的形式使用，這是輻射事故史上首次廣泛地應用該藥物進行放射性除污治療。這起事故之獨特性在於受害者最初經歷了急性的全身

外部輻射照射，隨後又因體內沉積的鈾-137，長期受到低劑量率的慢性全身輻射曝露污染。受害者的輻射劑量取決於其在放射源附近停留的時間，以及其體內吸收的鈾-137 劑量，導致個體間的輻射曝露程度存在差異。

9 月 30 日上午來自里約熱內盧的醫療團隊，成員包括 1 名醫生、1 名劑量測定專家 (Dosimetrist) 和 1 名輻射防護技術人員共同被派往戈亞尼亞，他們抵達臨時收容所的奧林匹克體育場，當時已知有 11 名患者已於 9 月 28 日依據當地衛生部門指示被送往戈亞尼亞的熱帶疾病醫院和聖瑪利亞醫院接受治療。現場則聚集 22 名受影響人員，醫療團隊先針對人員進行輻射偵測，結果顯示所有人皆受到鈾-137 的體外污染。團隊要求所有受影響者移除受污染的衣物，並使用肥皂和清水反覆沐浴，並透過手持偵測儀測得污染殘留量顯著降低，顯示此除污方法的有效率介於 50% 至 80%。除污程序結束後，開始進行個別訪談，確定患者病史是否與急性輻射症候群 (Acute radiation syndrome, 以下簡稱 ARS) 的症狀相符，當日已全數完成 22 名患者的病史紀錄，並進行初步醫學檢查。同時，2 名來自里約熱內盧且受過輻傷醫療專業培訓的醫生與放射防護技術人員也抵達增援。

醫療團隊基於醫院提供的患者病情認為應優先針對已在熱帶疾病醫院和聖瑪利亞醫院的 11 名患者進行治療。報告顯示他們的情況較為嚴重，需要更專業的醫療照護。9 月 30 日晚間，這 11 名患者轉送至戈亞尼亞綜合醫院 (Goiania General Hospital) 進行全面的治療與監護。醫療團隊抵達戈亞尼亞綜合醫院後，立即對患者進行詳細的身體檢查，並記錄完整病史。所有患者均被診斷為急性輻射症候群患者，其中 10 人身體出現不同程度的輻射誘發皮膚損傷 [圖 15]、[圖 16]、[圖 17]，並伴隨體外與體內的鈾-137 污染。針對皮膚損傷區域的輻射測量顯示，劑量率最高可達 15 毫西弗/小時 (mSv/h)。其中 1 名 6 歲女童的測量結果顯示，她的皮膚表面平均劑量率為 3 毫西弗/小時 (mSv/h)，反映顯著的輻射曝露程度。

醫療團隊對所有患者進行血液、尿液和糞便樣本的採集，以評估體內污染情況，透過對尿液和糞便樣本的總活度測量，確認所有患者均受到鈾-137 體內污染。患者均接受皮膚除污處理，使用的方法包括溫和肥皂與清水、乙酸 (Acetic acid) 及二氧化鈦 (Titanium dioxide)，然而僅有部分成效，因為患者出汗時會導致體內沉積的鈾-137 再次污染皮膚，使除污過程變得更具複雜性。



圖 15 放射性損傷



圖 16 水泡破裂伴隨擴及食指與中指損傷

資料來源：IAEA，1988



圖 17 表淺型 β 輻射皮膚損傷 (癒合階段)



圖 18 全身計測設備

資料來源：IAEA，1988

10月1日清晨醫療團隊決定將11名患者中的6人，由醫療小組中的1名醫生全程陪同搭乘軍機轉送至里約熱內盧的馬西略·迪亞斯海軍醫院 (Marcilio Dias Naval Hospital)，該醫院為三級醫療中心，可提供更多的醫療照護，10月3日由於又有4名患者病情惡化，也被一同轉送至該院接受治療。

截至 10 月 3 日，事故的嚴重性已被完全認知，支援人員數量顯著增加，現有的醫療設備和物資足以應對基本的醫療管理需求，但醫療團隊預測後續治療上，巴西國內的普魯士藍存量將會迅速耗盡，為確保藥物供應因此向德意志聯邦共和國諾伊赫伯格（Neuherberg）輻射與環境研究協會（Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung）提出補給的緊急請求。

戈亞尼亞綜合醫院專用病房的基本醫療人員於 10 月 7 日前配置完成，本事故部分工作人員起初對於自身健康存有一定恐懼與擔憂，但透過主治醫生親自安撫與非正式的輻射安全指導，有效地緩解人員的焦慮以確保後續醫療照護不受影響。然而，戈亞尼亞當地的醫學界對於參與輻射事故應變表現出一定的猶豫與不願意合作，儘管如此，仍有 1 名來自該醫院的醫生主動加入醫療團隊並協助患者治療。戈亞尼亞綜合醫院的輻射醫療措施在 11 月第一週建置得更完善，當時安裝 1 臺專門的全身計測設備（Whole body counter）以測量患者體內的輻射劑量〔圖 18〕。同時里約熱內盧，馬西略·迪亞斯海軍醫院組織輻射事故應變醫療團隊，已啟用指定的輻射事故傷患接收與治療區域，並針對輻射曝露感到恐懼與擔憂人員，透過教育培訓及在患者治療區附近設置專門的輻射檢測實驗室，減輕疑慮。

2、治療措施

在應變作業的關鍵階段，所採取的治療措施包括：

（1）急性輻射症候群

對於輻射劑量最嚴重的患者，治療的重點在於評估與管理急性輻射症候群所引發的造血系統問題。透過患者訪談、血液分析（Haemographs）及事故重建，醫療團隊嘗試釐清最初曝露日期、曝露持續時間、透過細胞遺傳技術（Cytogenetic techniques）進行的劑量估算，以及銻-137 體內污染的嚴重程度。這些數據對於預測患者的造血細胞的抑制及其感染風險極為重要。細胞遺傳學分析顯示，里約熱內盧患者的輻射劑量範圍介於 1 至 7 戈雷。雖然由於體內沉積的銻-137 持續輻射，使細胞遺傳學劑量估算變得更加複雜，但這些數據對於預後評估及骨髓抑制相關的醫療管理提供有價值的參考，且醫療管理主要依據患者的臨床表現進行個別調整，而非僅依賴細胞遺傳學劑量測定結果決定治療方案。

過程中透過標準培養方法，對血液、皮膚、傷口及體腔進行檢測，識別細菌、真菌和病毒感染。根據培養結果及患者的臨床病程，醫療團隊使用全身性或局部抗生素、抗真菌藥物或抗病毒藥物進行治療，以控制感染並減少併發症的風險。此次在馬西略·迪亞斯海軍醫院對 8 名患者使用顆粒球-巨噬細胞集落刺激因子（GMCSF），接受 GMCSF 治療的 4 名患者最終

因輻射劑量過高 (4-6 戈雷) 併發出血及感染而死亡，另有 4 名存活的 GMCSF 治療患者屬於過度曝露組中輻射劑量較低的一群 (2.5-4.4 戈雷)，然而有 2 名接受高劑量輻射 (6.2 和 7.1 戈雷) 且出現嚴重骨髓抑制的患者，雖未接受 GMCSF 治療，卻也成功存活下來。

(2) 治療局部輻射傷害

20 名住院患者中，有 19 名出現輻射引起的皮膚傷害。患者在戈亞尼亞住院期間表現出腫脹、紅斑、皮膚發黑、乾性脫皮以及水皰等症狀。皮膚病變部位主要分布於手部、足部、腿部、腋下，以及胸部、腹部、面部、手臂及腿部前內側之多個小範圍區域 [圖 19]。

1987 年 10 月第一週，大多數患者的皮膚病變破裂並分泌體液。然而，傷口感染並未成為主要問題。截至 10 月 12 日，患者的皮膚病變表現出乾燥、壞死皮膚脫落及表皮再生的跡象，這些變化確認了 β 輻射造成的表層損傷。約 3 週後 20 名患者中有 10 名出現深層病變，這表明加馬射線對深層組織造成了損害 [圖 20]。



圖 19 大型水泡及脫皮現象

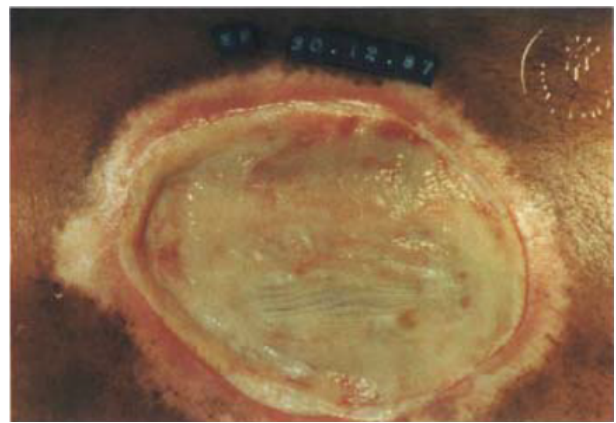


圖 20 大腿肌肉層損傷

資料來源：IAEA，1988

所有皮膚病變均受到鈾-137 的污染，部分病變區域的輻射劑量率高達 15 毫西弗/小時 (mSv/h)。隨著壞死皮膚的脫落及進一步的除污處理，污染程度顯著降低。在里約熱內盧和戈亞尼亞，局部燒傷的治療包括局部塗抹防腐劑及止痛溶液、抗生素藥膏、新黴素 (Neomycin)、蘆薈汁液 (抑制血栓素) 及尿囊素 (Alantoin, 抗炎劑)。此外，在戈亞尼亞採用了 2 種額外的治療方法：一是注射抗血小板活化因子 (Antiplatelet activating factor)，以減輕毛細血管損傷；二是注射血管擴張劑，如 Trental® 和 Iridux®，2 家醫院的臨床症狀基本相同。

在馬西略·迪亞斯海軍醫院則採用血池掃描 (Blood pool imaging) 技術，這對於確定受損小動脈與正常小動脈之間的界限非常有幫助，同時，該技術幫助確認 1 名患者進行截肢手術

的必要性。手術後 48 小時內，該患者的臨床狀況開始改善並成功存活，未惡化為急性輻射症候群。後續另有 5 名患者接受手術治療，其中 4 人進行清創手術 (Debridement)，1 人接受皮膚移植 (Skin graft)。

(3) 體內除污

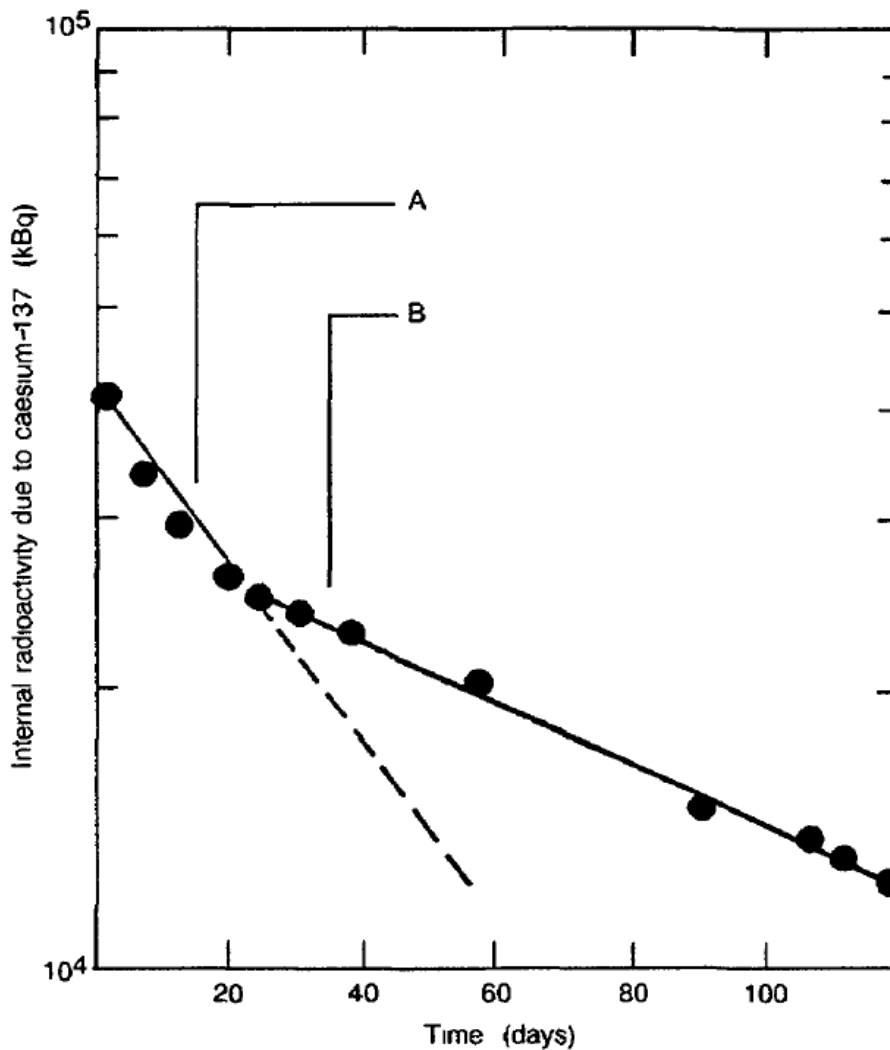
戈亞尼亞事故導致了臨床紀錄中最高數值的銫-137 污染，約 112,000 名接受監測的人員中，249 人被檢測出體外污染。對於僅有輕微或無體內污染的個體，體外沉積的銫-137 除污處理取得成效，但體內污染較嚴重的患者，由於內部沉積的銫-137 會透過汗液排出並重新污染皮膚，因此除污過程之複雜度無論從醫學角度還是輻射防護角度，皆帶來全新的挑戰。事故中，個體因體內沉積的銫-137 而累積的最高輻射劑量，最初的速率達到 0.25 戈雷/日。在戈亞尼亞事故中，共有 46 名患者接受了普魯士藍治療。普魯士藍的劑量範圍從 1 克/日到 10 克/日不等，成人起始劑量為 3 克/日，分為 3 次服用；對於體內銫-137 攝入量超過年攝入限值 5 倍以上的患者，起始劑量則為 4 克/日至 6 克/日，分 4 到 6 次服用；另有 13 名兒童亦接受此治療，初始劑量為 1.0 至 1.5 克/日。

從放射化學分析的結果來看，增加普魯士藍的劑量會導致糞便樣本中放射性物質的活度升高，透過全身測量 (Whole body measurement) 觀察到增加普魯士藍劑量能夠加速體內銫-137 的除污。當時尚未建立劑量-反應曲線 (Dose-response curve)，但 [圖 21] 顯示 1 名患者在接受治療後的變化，根據這些研究結果，對於體內污染最嚴重的成人及青少年，每日給予 10 克普魯士藍，分 8 到 10 次服用；對於兒童則每日給予 3 克，分 3 次服用。

對於體內污染的患者，定期進行放射化學分析 (Radiochemical analysis) 和體內測量分析 (In vivo analysis)，以監測普魯士藍的除污效果。由於當時文獻缺乏關於高劑量普魯士藍給藥的相關數據，醫療團隊在整個治療過程中特別謹慎，確保能夠及早發現任何副作用。另外，血清鉀 (Potassium) 水平每週常規檢測 2 次，並在出現臨床症狀時隨時進行評估，過程中未發現血清鉀水平有明顯變化，惟一明顯的副作用是少數患者出現便秘症狀，但透過飲食調整和使用輕瀉劑後即可得到良好控制。

對於體內污染水平較高且無臨床禁忌症的患者，醫療團隊曾使用利尿劑 (Diuretics) 來加速體內銫-137 的排除。共有 17 名患者接受利尿劑治療，其中 6 名患者因患有高血壓 (Hypertension) 亦需要使用利尿劑，所使用的利尿劑包括：呋塞米 (Furosemide) 40 毫克/日或氫氯噻治 (Hydrochlorothiazide) 50-100 毫克/日，均以口服方式給藥，然而，尿液分析結

果顯示利尿劑對於銫-137 的除污效果不佳，因此後來停止這項治療措施。



註 A：每日服用 10 克，B：停止服用

圖 21 普魯士藍給藥效果：體內放射性物質含量曲線圖

資料來源：IAEA，1988

對於體內污染劑量較高且正在接受普魯士藍和利尿劑治療的部分患者，醫療團隊給予每日 3 公升富含鉀 (Potassium) 的液體，以促進銫-137 的排除，且所有體液和排泄物均需蒐集並保存以供分析。在患者住院的 3 個月內，醫療團隊嚴格控制污染與輻射曝露，以確保患者不對醫護人員構成顯著的健康風險，整個治療期間醫護人員累積的輻射劑量均低於 5 毫西弗。

(4) 支持性心理治療

醫療上特別重視支持性心理治療 (Supportive psychological therapy)，不僅是為了減輕患者因長期住院而產生的心理影響，以及因事故本身帶來的壓力與創傷，還為曾接受精神疾病

治療的患者提供必要的精神醫療支持，以確保心理健康得到妥善管理。

3、死亡病例統計

針對4名因輻射過量曝露死亡的患者，法醫病理學家在馬西略·迪亞斯海軍醫院的醫療團隊與輻射防護專家的協助下進行驗屍，過程中醫療團隊採集組織樣本以進行細菌學（Bacteriological）與病理組織學（Histopathological）分析，並深入研究高劑量輻射對人體器官與組織的影響，以下為4名死亡病例的檢查結果。

（1）M.F.1，38歲女性；於1987年10月23日死亡

外部檢查顯示：患者具有眼眶血腫、嚴重脫髮、黏膜蒼白，以及頸部、胸部、結膜、手臂、腿部和皮膚的出血現象。

內部檢查顯示：所有器官均出現瀰漫性出血，其中以肺部和心臟最為嚴重。血液呈暗色且呈液態。全身骨骼肌內可見廣泛的出血性斑塊，並伴有腦水腫。腦膜顯示多處出血病灶，腦脊髓液呈黃變。腸道與胃的漿膜層可見多處出血，腸腔與胃腔內含有大量帶血的糞便。腸胃黏膜普遍出現水腫與瘀點出血。肝臟腫大且質地變軟。

整體評估：廣泛性出血性素質異常（急性輻射症候群）、腦水腫與瘀點出血（可能為敗血性毒血症的繼發性病變）。

（2）L.F.2，6歲女孩；於1987年10月23日死亡

外部檢查顯示：患者的面部、頸部及胸部上三分之一區域出現嚴重水腫，並伴有黏膜蒼白。頭皮多處脫髮，皮膚、黏膜及結膜均可見多處瘀點出血。皮膚表面有多處乾燥脫屑區域，並伴有色素沉著。皮膚潰瘍主要集中在腹部、臍周區域及腿部。左手掌有大面積壞死，並波及手指。足底亦可見深色斑點。

內部檢查顯示：全身骨骼肌有多處斑片狀及點狀出血。內臟器官嚴重充血，並出現廣泛性出血區域。其中肺部和心臟受瀰漫性出血影響最為嚴重。胃腸道腔內含有出血性物質，並累及黏膜層。腎盂出血明顯。漿膜層以及腦和脊髓的軟腦膜均可見瘀斑及瘀點出血。腦脊髓液呈透明狀。

整體評估：瀰漫性出血性素質（急性輻射症候群的繼發影響）、出血性肺炎和出血性腎炎、心肌軟化。

（3）I.S.，22歲男性；於1987年10月27日死亡

外部檢查結果顯示：黏膜蒼白，結膜和黏膜出現出血，以及皮膚上有瘀點。多處皮膚脫

色並有脫屑現象，並伴隨局部壞死及炎症。這些病變在大腿內側、陰囊和陰莖部位，以及臀部和腹股溝區域最為嚴重。手掌上也出現表皮脫屑和壞死區域。

內部檢查結果顯示：漿膜層出現出血性瘀斑和瘀點，最嚴重的部位為心包膜。肺部結實，出血且通氣不良，切面顯示略微突起的黃白色區域，葉間隙中可見纖維性粘連。心臟右心室擴大，心室間和心內膜下心肌均有出血性瘀點和瘀斑。胃和腸道黏膜顯示出瘀點狀出血。全身淋巴結出現增生，腦脊膜充血。

整體評估：雙側出血性支氣管肺炎（繼發於全身照射）、纖維性胸膜炎、右心室肥大、淋巴結增生。

(4) A.S.：18 歲男性；於 1987 年 10 月 28 日死亡

外部檢查結果：全身黏膜蒼白，廣泛且嚴重的脫髮。表皮多處呈現色素沉著伴隨脫屑病變，但無炎症病灶。左手掌部位有 1 處脫屑並伴隨壞死的區域。

內部檢查結果：所有器官均呈現瀰漫性充血。肺部腫大，顯示出血區域，特別是在下葉，切面可見小的隆起區域。心臟腫大，主要由於右心室擴大。發現心內膜下及心包下有出血性瘀點。胃和腸道的黏膜層出現瘀點狀出血。骨骼肌內有多處出血性瘀斑，但比前 2 例較為輕微。肝臟、脾臟、腎臟、胰臟及腎上腺均出現瘀點狀出血。

整體評估：雙側出血性支氣管肺炎、全身性及心臟出血性素質（急性輻射症候群的繼發影響）、右心室肥大。

4、彙整統計數據

依據 IAEA 報告彙整數據，戈亞尼亞事故住院治療人數為 20 人（〔圖 11〕標示粗框案例）、其中 8 人為急性輻射症候群、4 人死亡（〔圖 11〕標示十字架案例）；合計約 112,000 名人員接受監測，其中 249 人被檢測出體外污染，又 129 人伴隨體內污染〔圖 22〕。

Number of people	Committed dose (70 years) (Sv)
45	<0.005
42	0.005-0.05
33	0.05-1.0
4	1-2
2	2-3
1	3-4
1	5-6
1	7

圖 22 戈亞尼亞事故中人員所受劑量統計

資料來源：IAEA，1988

(五) 環境污染評估與復原行動

1、污染區域調查

此次事故對環境造成嚴重污染，在針對污染的清理行動主要可分為 2 階段，第一階段涉及緊急應變行動，旨將所有潛在污染源置於可控制範圍內，這一階段的主要工作於 1987 年 10 月 3 日完成，但部分清理工作持續到 1987 年聖誕節，所有主要污染區域才被徹底處理；第二階段則可視為復原階段，目標是恢復正常的生活環境，這一階段持續到隔年 1988 年 3 月。

主要的污染區域集中在射源遭到拆解的院落、射源罐被破壞的地點，以及受污染人員的住所，這些污染區域主要位於戈亞尼亞的 Aeroporto、Central 和 Ferroviarios 區域內，大約覆蓋 1 平方公里的範圍，而在其他地方也發現輕微的污染，這些高污染區域的調查與除污工作持續約 11 週，之後又花費 3 個月來處理殘留的低劑量污染。

最初的輻射調查是在污染區域內徒步進行，調查結果確認 7 個主要污染源〔圖 23〕，部分污染區域的輻射劑量率在距離 1 公尺處高達 2 西弗/小時 (Sv/h)。為確保沒有遺漏任何重要的污染區域，在 10 月 7 日、8 日進行航空調查，使用配備攜帶式電池供電之加馬光譜儀的直升機進行調查，該儀器搭載總體積為 840 立方公分的碘化鈉（鉍）閃爍探測器，用以偵測與分析環境中之加馬射線，在對戈亞尼亞的所有城市區域進行偵檢後，僅發現 1 個未知的小型

污染區，其輻射劑量率在距離 1 公尺處為 21 毫西弗/小時 (mSv/h)。另外，針對可能在空中調查中遺漏較低程度污染的地點，也使用車輛實施輔助監測系統，在車輛內部和外部的裝設碘化鈉 (鈉) 閃爍探測器及蓋格偵檢器 [圖 24]，以對主要污染區域周邊及城市內的其他地區調查，雖車輛調查比手持儀器調查省時省力，但也受限於道路上行駛使用。

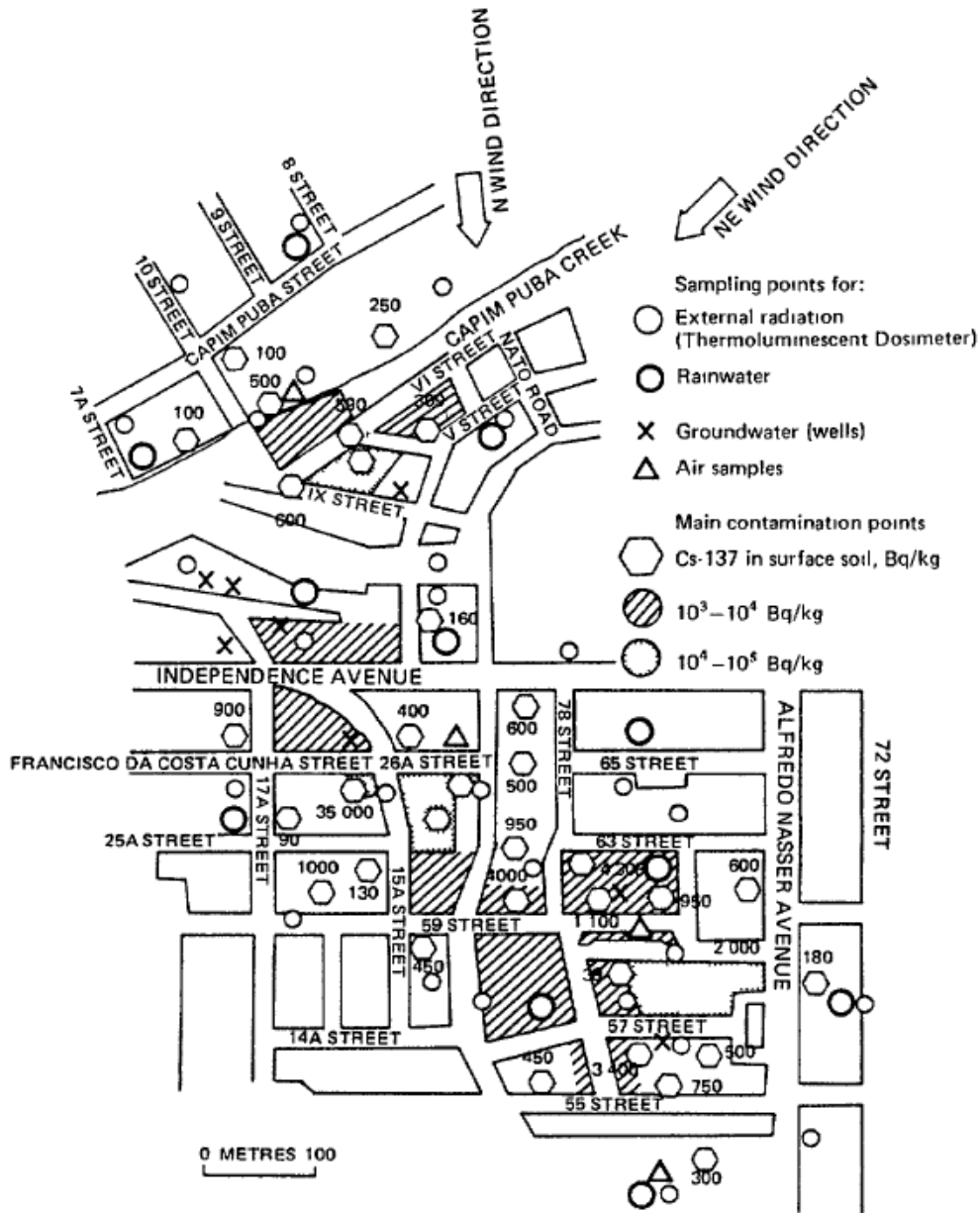


圖 23 戈亞尼亞機場區主要污染及採樣點平面圖

資料來源：IAEA，1988

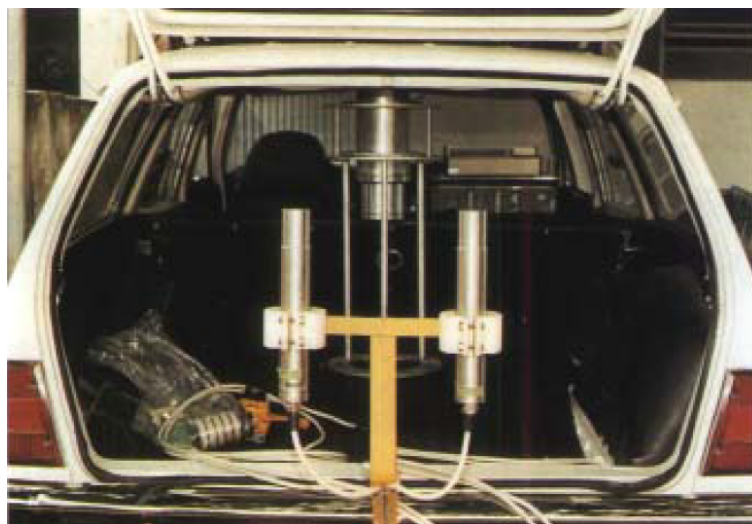


圖 24 行動輻射監測：在車輛上安裝碘化鈉 (NaI) 與蓋革-米勒 (GM) 偵測器

資料來源：IAEA，1988

初步應變階段，政府設置劑量標準以管理污染區域的進出與人員輻射曝露，輻射劑量率超過 10 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$) 的區域受到管控；撤離與禁止進入的標準起初對住宅區設定為 2.5 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)，在事故約 1 週後納入 3 項劑量修正因素，佔用因數 (Occupancy factor)、地理分佈因數 (Geometric factor)、時間分佈因數 (Temporal factor) 之最高數值進行估算，調整為 10 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)；而對無人居住區域則設定為 150 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)。此外，對於參與事故處理的工作人員，也規定每日、每週與每月的輻射劑量上限及對應的劑量率。

共有 85 戶住宅發現受到顯著污染，其中 41 戶的 200 名居民被緊急疏散。2 週後其中 30 戶住宅達到安全標準並允許重新入住，這些劑量標準極為嚴格，大約僅為國際放射防護委員會 (International Commission on Radiological Protection) 與 IAEA 建議干預標準最低值的十分之一，主要是因為受到政治與社會壓力的影響。

後續的應變措施主要聚焦於環境恢復，政府在戈亞尼亞設立實驗室，對整個地區及水文流域的污染擴散情況進行評估，測量土壤、地下水、沉積物與河水、飲用水、空氣以及食品中的銫含量，然而，針對污染的對策主要僅適用於距離主要污染源半徑 50 公尺內的土壤與水果，且對市區及河流流域進行調查時面臨諸多困難，尤其是 9 月 21 日至 28 日期間的大雨導致污染物在環境中進一步擴散，但放射性物質並未完全被雨水沖刷掉，反而沉積在屋頂，這使住宅內輻射劑量率升高。而飲用水中的污染極低，地下水也被證實未受污染，僅在靠近主要污染源的幾口水井中檢測到銫濃度略高於檢測限值。

住宅、公共場所、車輛等除污工作，需使用重型機械來清除大量受污染的土壤並拆除房屋，此外，還要製造大量不同類型的廢棄物貯存容器，並規劃與建造臨時廢棄物貯存場地。選定的調查標準是以輻射劑量為基準，第一年劑量上限為 5 毫西弗，而後續年度的長期預測劑量則設定為每年 1 毫西弗。工作內容包括拆除並清理 7 棟房屋以及移除受污染的土壤，被挖除土壤的區域則以混凝土或新土壤覆蓋，在污染較輕的區域，主要的輻射曝露來源是沉積在土壤表面的放射性塵埃，因此，當需要移除污染土壤時，表面會被覆蓋上乾淨的土層。受監測的 159 戶住宅中，有 42 戶需要進行除污。住宅內部的除污主要透過吸塵方式進行，而外部則使用高壓水柱清洗，此外，針對不同環境條件、材質以及放射性污染程度，多種化學除污技術被應用並證明具有良好效果，這些復原行動所採取的干預標準同樣是在政治與民眾壓力下制定，標準遠低於透過最佳化過程所確定的數值，多數情況下，這些標準更適用於日常輻射防護情境，而非事故復原階段，此嚴格的標準更為經濟帶來極為沉重的負擔。

2、環境監測

為了量化在環境中的擴散情況進行超過 1,300 次測量，評估土壤、植被、水和空氣中的銫-137，〔圖 25〕也評估可能的環境傳播途徑。

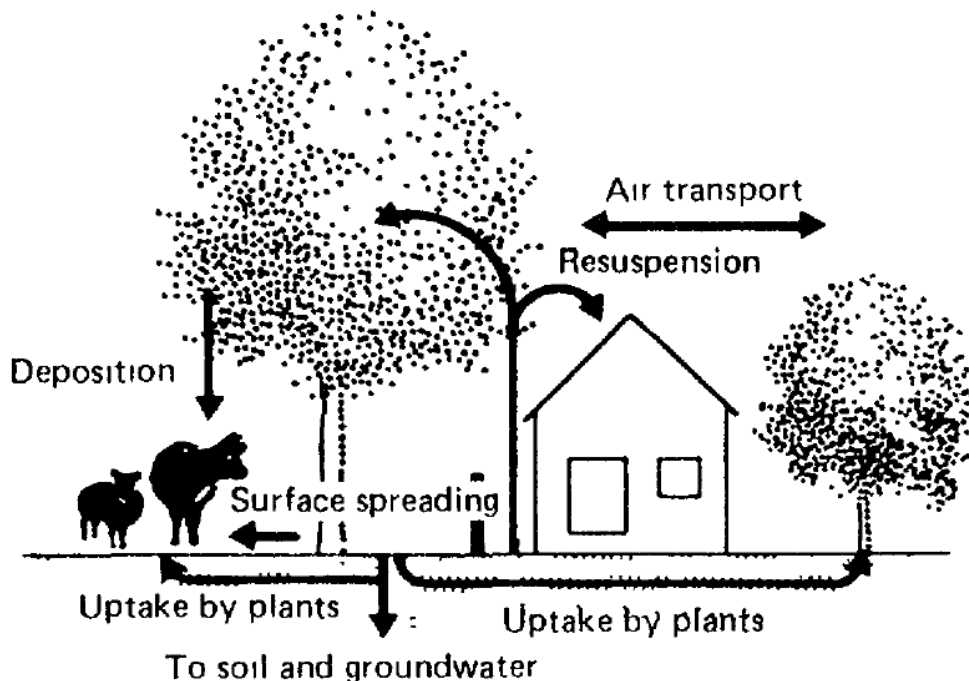


圖 25 銫-137 污染途徑

資料來源：IAEA，1988

(1) 土壤

大約 400 個土壤樣本的放射性濃度分布顯示於 [圖 26]。其範圍從 10^2 到 $10^5 \text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，並隨著與主要污染源的距離增加而減少，這些數據反映風向模式，顯示再懸浮與擴散的影響，後續的土壤垂直剖面分析指出對於任一特定表面污染程度，有約 60% 的鈾-137 集中於土壤的前 15 毫米，顯示污染物主要沉積於表層，這對於後續除污深度與劑量評估具有重要意義。

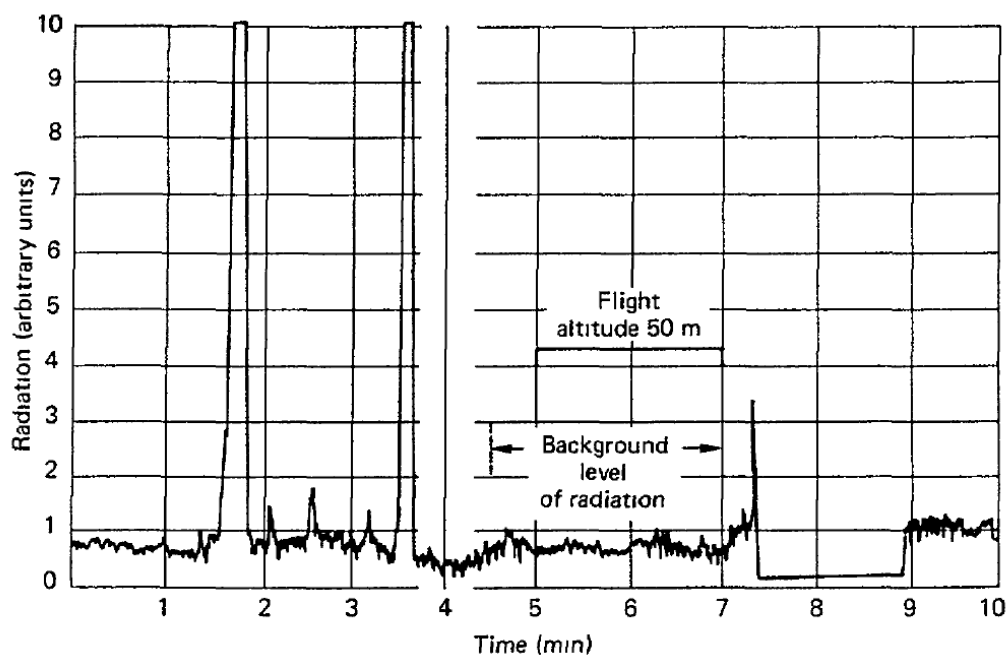


圖 26 空中輻射調查紀錄

資料來源：IAEA，1988

(2) 植被

與土壤相同的位置共蒐集並分析 263 個植被樣本，包括葉子、樹枝和果實，由於塵埃沉積的作用，葉片的放射性水平及其分布與土壤的情況密切相關，這機制也得到驗證，因為經過清洗，樣本的放射性水平降低 50%，指出污染主要來自表面沉積而非內部吸收。

(3) Meia Ponte river

對水文流域的監測在 10 月的前幾天進行，包括地表水、懸浮物、底部沉積物、魚類以及對河床的篩檢。特別關注了 Capim Puba creek，因這條支流匯入 Meia Ponte river，並接收來自 3 個污染最為嚴重地區的防洪排水和污水，此外，亦對該地區的下水道系統進行調查，監測結果顯示未發現顯著的放射性污染 [圖 27]。

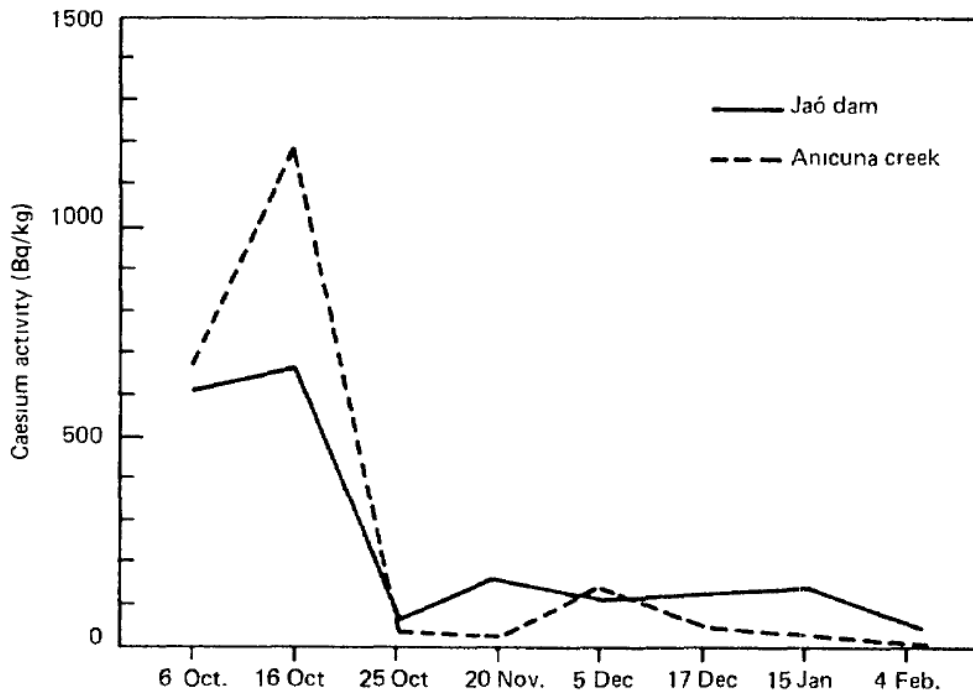


圖 27 Anicuna creek 與 Jao dam 沉積物中銫-137 放射性之時間變化

資料來源：IAEA，1988

(4) 大眾公共供水系統

戈亞尼亞的大眾公共供水系統取水自 Meia Ponte river 上游支流的水處理廠。經過處理的水被輸送至污染區上風向的儲水池，因此，水處理廠和儲水池內的水，在處理前後的放射性水平均低於最低可檢測值 ($1 \text{ Bq}\cdot\text{L}^{-1}$)，這些測量結果證實供水安全性，在事故處理初期有助於消除民眾的疑慮並維持對供水系統的信心。

(5) 地下水

儘管戈亞尼亞擁有大眾公共供水系統，許多房屋在乾早期間仍依賴水井取水。在主要污染源周圍共檢查 30 口水井，僅靠近主要污染源的水井顯示出高於檢測限值 ($1.5\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$) 的放射性濃度，而在所有檢測到的水井中，有 1 處廢棄住宅的水井測得最高放射性濃度為 $30\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

(6) 雨水

為了評估總沉積量，在 Aeroporto 區設立 11 個雨水收集站，但皆未檢測到任何超過檢測限值 ($150\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$) 的銫-137。

(7) 空氣

為偵測事故後銫-137 於空氣中的再懸浮情形，調查單位於主要污染地點附近安裝 5 個高流量 ($58 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$) 空氣採樣器 ([圖 23] 中標示△圖案)，並在一遠離的村莊安裝控制採樣器

以做為比對。每週樣本的結果〔表 4〕顯示，銫-137 的高峰值出現在 11 月的第三週、第四週，這是由於除污作業在清理工作中造成粉塵再懸浮，在其餘時間濃度值相較高峰值低一個數量級以上，因此一般條件下空氣中再懸浮風險相對有限。

表 4 除污期間主污染源 50 公尺處氣溶膠樣本放射性活度

Point	Aerosol radioactivity due to caesium-137 for various sampling periods in 1987 (mBq·m ⁻³)				
	Nov. wk 2	Nov wk 3	Nov wk 4	Dec. wk 1	Dec wk 2
1	0.9 ± 0.3	3.8 ± 0.4	<0.4	0.33 ± 0.11	0.3 ± 0.07
2	1.0 ± 0.4	75 ± 4	29 ± 2	4.4 ± 0.3	NA ^a
3	0.7 ± 0.3	<0.5	2.2 ± 0.3	2.6 ± 0.2	NA ^a

^a NA: not available

資料來源：IAEA，1988

3、除污管理

事故中約有 550 名人員參與除污工作，經調查有 85 棟房屋發現顯著的污染，其中 41 棟被撤離。除污處理從距離主要污染源最遠住宅處先進行，首先會選擇一處未污染地點，將該地以塑膠布覆蓋並偵測屋內物品，所有可移動的物品都被搬出，並使用表面污染偵測器進行監測，衣物則使用碘化鈉閃爍計數器進行偵測，並在環境劑量率較高時進行屏蔽，所有受污染物品進行除污處理或作為廢物處置，未發現污染的物品則用塑膠布包裹。

除污方面的技術取決於具體物品的類型，針對是否進行除污處理或處理物品的決定則取決於除污的難易度，以及具有特殊價值的物品，例如珠寶或具有情感價值的物品。當住宅的物品被清除後，會使用配備高效過濾器的吸塵器來清潔所有表面，例如牆壁、窗戶、地板、洗臉盆和水箱都會進行偵測，可剝離的油漆表面則進行處理，陶瓷地板會使用混合普魯士藍的酸性溶液進行除污處理，屋頂的污染可能會顯著影響住宅內部的輻射劑量〔圖 28〕，會對其內部使用吸塵器進行清潔，外部則用高壓水槍進行沖洗，但實際使用上效果不佳，劑量率僅降低約 20%，因此有 2 戶住宅的屋頂必須被拆除，對於花園的部分，修剪樹木並丟棄果實有效地處理。污染從 45 個不同的公共場所清除〔圖 29〕，包括人行道、廣場、商店和酒吧，

這些地方的污染通常少於住宅區，並且主要出現在表面（如人行道和牆面）的特定點位，此外也發現污染存在於各種車輛〔圖 30〕上，共約 50 輛。



圖 28 監測 E.F.2 和 S.F.1 住宅房屋屋頂



圖 29 街道除污作業



圖 30 車輛除污作業



圖 31 偵測土壤污染

資料來源：IAEA，1988

重大除污工作於 11 月中旬開始，首先拆除並移除 7 棟污染嚴重無法進行除污的房屋，並根據土壤剖面測量〔圖 31〕，移除大量來自花園和庭院的土壤，污染最嚴重的地點是射源罐被打開的房屋，R.A.住所是最危險的除污地點〔圖 32〕曝露率非常高，在輻射熱區上僅能進行短時間的工作，因此需要仔細規劃，且污染的土壤有 90%以上位於表面（劑量率高達 $1.5 \text{ Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ），加上當時是在大雨中進行作業，為使除污工人保持每日 1.5 毫西弗劑量限制內，除污工作變得尤其困難。

房屋的清除上需要將碎石和土壤移除，直到達到設定的標準值為止，後續在該地點上放置混凝土或乾淨的土壤墊，聖誕節後主要污染源已經進行除污處理，所有位於污染源半徑 100 公尺範圍內的房屋和未開墾的土地都已進行調查。污染通常以沉積的灰塵形式存在，尤其是在花園中。然而，尚有證據表明可能是來自主要污染地點的房屋，且已經在 CNEN 介入前就

已被埋藏在荒地中，由於不再需要緊急處置，採取的除污方法主要在最小化移除的廢棄物量，並減少對民眾的困擾。在測量加馬輻射劑量率後，標出發現最高劑量率的區域，並根據先前設定的標準，移除由剖面顯示的土壤層，並再額外移除一層土，測量加馬輻射劑量率和土壤的平均比放射性，如果這些測量接近推算的限值，則該區域會覆蓋 30 毫米的新土壤。



圖 32 R.A.住宅拆除作業殘骸

資料來源：IAEA，1988

4、廢棄物處理

事故應變從一開始就產生放射性廢棄物，需要在戈亞尼亞或附近選擇合適的地點，將經過妥善包裝的廢棄物運送至該地點以達成清理工作。在建設廢棄物貯存場所方面，技術上並沒有困難，然選擇地點的過程卻因政治因素而推延。在此期間民眾強烈反對將廢棄物留在戈亞尼亞，甚至戈亞斯州，最終 CNEN 與戈亞斯州政府決定選擇一處貯存廢棄物，並將貯存期限設為 2 年，後續再選擇永久處置場所，擇定的地點位於距戈亞尼亞 20 公里、距阿巴迪亞德戈亞斯市 2.5 公里的偏遠地區〔圖 33〕、〔圖 34〕，該場地於 1987 年 11 月中旬建成。



圖 33 設有混凝土基座及逕流取樣溝槽的臨時貯存場



圖 34 臨時貯存場內的廢棄物容器

資料來源：IAEA，1988

保健物理學團隊自 10 月 1 日起負責處理放射性廢棄物，首要工作之一是使用放射性廢棄物處理報告表格〔表 5〕來加以識別廢棄物的來源以及外部劑量率（後來成為估算已回收原始射源的依據，提供後續作業使用）。廢棄物被放置在工業用桶或有紋理的金屬箱〔圖 35〕、〔圖 36〕。這些桶子由 18 號碳鋼製成，容量為 40 公升、100 公升和 200 公升，在桶底會放入乾水泥以吸收水分。而金屬箱的體積為 1.2 立方公尺，最大承重為 5 噸，表面塗有抗腐蝕的鋅鉻酸鹽和壓克力漆，並配有螺栓密封橡膠蓋。為限制存儲場地需要處理的包裝尺寸種類數量，及對某些類型的廢棄物進行二次封裝，40 公升和 100 公升的桶會被放入 200 公升的桶或金屬箱中。廢棄物總共使用 3,800 個 200 公升的桶、1,400 個箱子、10 個容器和 6 個 VBA（圓柱形同心包裝）。



圖 35 5 公噸特製廢棄物貯存箱



圖 36 受污染土壤填裝至 8 個桶槽

資料來源：IAEA，1988

表 5 廢棄物處理報告表格

National Nuclear Energy Commission		Place of origin	File number
Control of radioactive waste	
Identification number of package .			
Package type	.. 100 L drum 200 L drum VBA	.. Metal receptacle Concrete 40 L drum	100/200 L drum 40/100 L drum 40/200 L drum
Material			
Compactible waste	Paper .. Hard paper Plastic	Tissues Ceramic/glass Lead	.
Not compactible waste	Scrap metal Building rubble Tin	Soil Wood Furniture	Domestic utensils .. .
Nuclides with gamma/beta emission: caesium-137			
Mass of package	kg		
Exposure rate at surface of package	maximum .. minimum	(mR·h ⁻¹) (mR·h ⁻¹)	
Maximum exposure rate at 1 m from surface of package		(mR·h ⁻¹)	
Surface contamination not fixed		(μCi·cm ⁻²)	
Monitored by (name)		Date	.
Signature		Institution	.

資料來源：IAEA，1988

貯存地點必須設計能容納最初估算的 4,000 至 5,000 立方米的廢料。假設一半的廢料將被裝入桶中，另一半裝入箱中，貯存地點必須設計能夠容納 12,500 個桶和 1,470 個箱子。經過考量後，開放式平臺被認為是最適合當地條件、建設時間限制和政治需求的選擇，為了保護箱子和桶子免受暴雨影響，它們在轉移到貯存場地之前經過仔細的除污處理，並且被塑膠布

覆蓋〔圖 37〕。此外，混凝土板被設計為半吸水性，以便保留由於蒸發和凝結而可能產生的殘餘污染，這些污染會在塑膠布下方形成，並設計取樣系統，用於持續監測平臺上的水（主要是雨水）。每個容器都被編號，並在庫存卡上描述其內容，最具放射性的包裝被放置在平臺的中心，以最小化通道和場地圍欄附近的劑量率，除了監控工作人員外，土壤、植物、地表水、沉積物和空氣也進行監測，並使用熱發光劑量計（TLD）來監控圍欄處的劑量。



圖 37 堆放並覆蓋之廢棄物箱與桶槽

資料來源：IAEA，1988

廢棄物的運輸方式均符合 IAEA 對放射性物質安全運輸規定，每個包裝在運輸前都會測量劑量率，並檢查是否有污染。A 型包裝箱滿載後由卡車運送。從 10 月 25 日到 12 月 19 日共計運送 275 車次的廢物至臨時貯存場，運送過程中由警察護送，且車速嚴格控管（市區不超過 20 公里/小時和其他地區不超過 45 公里/小時），每個車隊都配有保健物理學家以能應對緊急情況，運送後卡車亦會進行監測以確保沒有殘留污染，在所有運輸過程中曾有 1 輛卡車偏離車道並翻覆，所幸未造成放射性物質洩漏。

這些包裝的外部劑量率數據皆記錄在清單卡，且使用核點法（Kernel spot method）估算每個桶的放射性，從回收廢料中的估算值，再加上馬西里奧·迪亞斯海軍醫院所核對的放射性，約為 44 TBq（1200 Ci），對照事故前氯化鈾源的已知放射性 50.9 TBq（1375 Ci），因此推估儘管有誤差範圍，但大部分放射性物質皆已成功回收並封存，僅有少量放射性污染存在如屋頂或土壤中。

隨著除污工作結束，其他監測和研究計畫也隨之展開，而為了確保安全持續對貯存場地及其周邊環境進行監測，在戈亞尼亞已設立的採樣系統仍然保留，以確認除污工作效果，此外亦啟動幾個研究計畫，其中一些是由大學和其他國內外科學機構共同進行的，利用此次獨特機會調查城市區域內鈾的環境遷移機制。

5、彙整統計數據

本次事故歷時約半年，主要分為 2 階段，從 1987 年 9 月 29 日至 12 月為緊急應變階段，主要控制污染並完成初步清理；1988 年 1 月至 3 月進入災後復原階段，著重於環境恢復與深層除污。依據 IAEA 報告彙整數據，戈亞尼亞放射性事故約有 550 名人員參與除污工作，包含約 250 名專業及技術人員，以及 300 名支援、運輸、拆除等方面的工作人員。經調查 85 棟房屋發現顯著的污染，其中 41 棟被撤離（拆除並移除 7 棟污染嚴重無法進行除污的房屋）。污染從 45 個不同的公共場所清除，包括人行道、廣場、商店和酒吧，這些地方的污染主要出現在表面（如人行道和牆面）的特定點位，此外也發現污染存在於各種車輛上（共約 50 輛），合計除污後貯存的廢棄物總量達到 3,500 立方公尺，房屋除污流程簡要彙整如〔表 6〕。

表 6 房屋除污流程表

房屋部位		做法
房屋內	可移動物品	<ul style="list-style-type: none"> ▶以塑膠布覆蓋後，使用表面污染偵測器進行監測，衣物則使用碘化鈉閃爍計數器進行偵測 ▶所有受污染物品進行除污處理或作為廢物處置 ▶未發現污染的物品則用塑膠布包裹
	牆壁、窗戶、地板、洗臉盆和水箱、屋頂內部	<ul style="list-style-type: none"> ▶高效過濾器的吸塵器清潔 ▶可剝離的油漆表面則進行剝除 ▶陶瓷地板使用混合普魯士藍的酸性溶液進行除污
房屋外	屋頂外部	▶高壓水槍沖洗（部分效果不佳須拆除）
	花園、庭園	<ul style="list-style-type: none"> ▶修剪樹木並丟棄果實 ▶碎石和土壤移除

資料來源：本計畫團隊彙整

（六）警惕與反思

戈亞尼亞事故是核能產業以外的嚴重放射性事故，透過回顧輻射事故可以幫助減少未來事故發生的可能性並做好應變準備。本小節從 IAEA 報告本文及附錄中截取、彙整以下內容。

1、IAEA 報告本文

戈亞尼亞的事故是因為存放放射性物質的問題所引起，這也證實源頭的安全至關重要，任何擅自將射源移出指定地點都可能構成嚴重的危害，應制定監管程序與適當的安全措施來防範此類行為。

民眾對放射性物質潛在危險的認知是降低輻射事故發生可能性的重要因素，因此應考慮建立一套易於識別的放射危害標誌系統，以提高民眾對輻射的辨識能力與警覺性，有助於減少意外及降低災情之可能性。

射源的物理與化學性質在輻射事故中具有極為重要的影響，在進行製造時應考慮其性質可能對事故後果及不當使用風險所產生的潛在後果，本事故氯化銫的易溶解性和易擴散性對戈亞尼亞事故產生了深遠的影響。

即使在所有預防措施到位的情況下，如果仍然發生事故並預見到放射性危險，應該有明確的應變計畫和指揮體系。特別是嚴重的事故需要動員許多合格的專業人員，這些人員可能來自許多不同的單位，並利用大量可用設備。應變計畫應事先建立並進行可能運用到的資源整合工作，除了聯絡方式建立、劃分各單位責任等，還需要授予必要的權限，在緊急情況下能即時提供應變所需資源，甚至包括立即動員的權限。

從醫學角度來看，事故發生後迅速清除體內污染非常重要，此經驗也證實現有診斷技術、抗生素治療以及血小板分離與輸血方法的有效性。此外，事故處理過程也顯示出細胞遺傳學劑量估算的實用性，以及普魯士藍在去除銫-137 體內污染方面的顯著療效。輻射事故傷患的治療極為多樣且複雜，需由專業的醫療團隊負責。然而，一般醫療人員與設施往往並未針對輻傷與放射緊急事故做好充分準備，因此，應變計畫應納入具備相關專業技能的醫學專家，確保在緊急情況發生時能夠立即提供協助。此外，對於輻傷的識別不僅需要受過專業訓練的醫護人員，同時也仰賴對非核領域工作者的教育，廣泛推行輻射防護相關教育計畫也應納入考量。

處理事故引起的環境污染方面，干預標準的決策是值得關注的議題。通常在制定復原行動的標準時，容易受到政治與社會因素的影響，從而傾向採取極為嚴格之標準，然而此標準可能會增加巨大的經濟與社會負擔，因此需要評估其合理或必要性。

最後如果要從事故經驗中汲取教訓並將其反饋以制定準備，那麼事故應儘早記錄，因為隨著時間的推移，這些事實往往會變得模糊。在這方面，官方的事件紀錄員應該從一開始就成為應變團隊組織的一部分，以便後續重建事件經過並記錄所獲得的經驗。另外，向媒體、民眾甚至應變隊伍傳遞訊息是特別重要的，因此建議在放射性事故中，指派接受專業培訓和演練的對外窗口（發言人），當緊急情況發生時可以迅速擔任重責。

戈亞尼亞事故是迄今為止最嚴重的放射性事故之一，它導致了許多人遭受輻射傷害，其

中 4 人不幸死亡，並使城市部分地區受到放射性污染。放射性事故是罕見的事件，但不該掉以輕心，同樣應謹慎對待防止意外的再次發生。

2、附錄：CNEN 從戈亞尼亞事故中學到教訓

射源的物理和化學特性是事故中的重要因素，事故的記錄應包含這些資訊，建議在放射性射源的製造許可過程中應考慮這些特性，並強調事故或誤用可能帶來的後果。主因若經長時間才發現為射源破裂引起的放射性事故，嚴重性可能會加劇。另輻射設備與設施的檢查計畫雖極為重要，但唯有結合具實質效力的執行機制，才能發揮作用，例如在核發許可時明確賦予使用者民事或專業責任。

應變過程應留意事故發生國基礎設施狀況及國際援助支援。前者既有的應變計畫，應將不同國家的狀況、設備、氣候與管理制度等差異，納入考量。如：空中緊急救援系統、儀器是否具備調整功能以適應現場高濕度、高溫與環境不穩定等條件，操作人員應接受充分訓練，能在廣泛劑量範圍內準確判讀劑量率指示，並熟悉不同情境下最適用的儀器類型及其校正因子。也應建立並保存依工作領域分類的人力資源資料庫。各領域專家應保持可即時聯繫狀態，以便能在緊急事件中支援、提供決策與干預措施的研擬及執行建議並參與工作。又輻射事故發生後之決策與工作團隊組織，應明確定義層級架構，並清楚分配從規劃、執行至結果評估各階段的責任，使每個小組了解自身職責。若有可能，應由在平時即擔任主管職務的人員領導相關工作團隊，以確保指揮協調的效率與穩定性。

國際援助相關國際組織應考慮編製可供應變使用的輻射偵測與防護設備清單，並建立隨時可部署之儀器設備儲備，以因應突發事件。另為加速物資進出，建議檢討並修訂海關規定，以利輻射應急設備的進口與再出口作業。此外，亦應評估於各大洲設立區域性應變支援中心的可行性。

再者，應變過程中也應納入民眾溝通管道以及社會、心理支持系統。溝通管道平時應推動公眾對輻射及其應用的認識，如：編製傳播媒體使用的輻射用語和單位說明手冊，以提升報導準確性。另在放射性緊急事件發生時，應設立專門溝通小組，負責向立法機關、學校、宗教團體、社區組織及媒體等提供即時且正確的資訊。此外參與除污和照顧工作的人員會與受災者接觸，人們會根據應變人員的反應來判斷污染的嚴重性，因此接受基本溝通應對的相關訓練十分重要。而在發生嚴重污染的輻射事故後，應充分提供社會和心理支持系統。心理支持應提供給直接和間接受影響的個人以及應變人員，且應有心理學家提供諮詢服務，並加

入決策和規劃行動的小組，以評估受災者可承受之壓力。

二、授課教材

戈亞尼亞事故為核能產業以外的嚴重放射性事故，本計畫團隊將前述報告製作成地方政府輻災防救講習之授課教材，以約 10 分鐘之 PowerPoint 簡報呈現，內容聚焦於事故背景、事故過程、症狀治療、除污管理、警惕與反思五大面向，簡報設計樣式、內容詳見〔表 7〕，後續與業務單位研議後定案。

表 7 戈亞尼亞事故授課教材設計

頁次/說明	設計內容
1、12	
→簡報封面、封底	

<p>2</p>	<div data-bbox="528 226 1289 779"> <h3>國際核能事件分級</h3> <p>7 最嚴重意外事故：車諾比事故 & 福島核災</p> <p>6 嚴重意外事故：蘇聯吉司亭事故</p> <p>5 大範圍意外事故：戈亞尼亞事故 & 三哩島事故</p> <p>4 局部範圍意外事故：日本東海村 JCO 臨界事故</p> <p>3 嚴重事件</p> <p>2 偶發事件</p> <p>1 異常警示事件</p> <p>0 未達級數事件（沒有安全顧慮）</p> </div>
<p>→ 國際核能事件分級</p>	
<p>3</p>	<div data-bbox="528 799 1289 1361"> <h3>關於戈亞尼亞市</h3> <p>戈亞尼亞市</p> <p>戈亞尼亞市地圖</p> <p>地理與行政位置</p> <ul style="list-style-type: none"> 位於巴西中部高原地區 戈亞斯州 州政府所在地 <p>氣候特性</p> <ul style="list-style-type: none"> 年均溫約 21.9° C 年降雨量約 1,700 毫米 熱帶莽原氣候 <p>水文環境</p> <ul style="list-style-type: none"> Capim Pupa 溪（受污水排放） Meia Ponte 河（東北向西南流經） <p>經濟與產業</p> <ul style="list-style-type: none"> 大規模糧作、畜牧業 巴西農牧生產中心之一 <p>城市規模與社會條件</p> <ul style="list-style-type: none"> 1987 年人口約 100 萬 事故發生地為城市郊區、貧困社區，居民識字率低 多數住宅有自來水及污水系統，部分保有自流井（缺水使用） <p>應變資源與地理關聯</p> <ul style="list-style-type: none"> 鄰近具輻防資源的城市 01 聖保羅（919 公里） 02 里約熱內盧（1,348 公里） </div>
<p>→ 關於戈亞尼亞市</p>	
<p>4</p>	<div data-bbox="528 1431 1289 1989"> <h3>事故背景</h3> <ul style="list-style-type: none"> 發生時間：1987 年 9 月 13 日 發生地點：巴西 戈亞尼亞市 戈亞諾放射治療中心 事故設施：銻-137 放射治療設備 事故肇因：竊賊 羅伯特 和 瓦格納 將設備拆解偷走 <p>Cs-137 射源</p> <ul style="list-style-type: none"> * 1 公尺處的輻射劑量率約 4.5 Sv/h * 直徑約 2.5 CM * 活度約 1375 居里 (Ci) * 氯化銻鹽（米粒狀） * 可溶於水、易於擴散 <p>戈亞諾放射治療中心</p> <p>銻-137 放射治療設備</p> <p>射源罐</p> <p>運作原理</p> </div>
<p>→ 戈亞尼亞放射性污染事故背景</p>	

<p>5、6</p>	<div data-bbox="526 224 1292 784"> <h3>擴散及污染</h3> <p>羅伯特&瓦格納 01 前往中心偷竊 02 拆解射源組件 03 轉賣回收業者</p> <p>回收廠員工 阿德米爾松 伊斯哈埃爾 01 污染搬運者 02 增加擴散區</p> <p>德維爾回收業者 01 發現藍色奇光 02 邀請眾人觀賞</p> <p>親朋好友 伊沃 萊德 01 德維爾兄長 02 帶走鉍鹽粉末 01 伊沃女兒 02 食用鉍鹽</p> <p>瑪利亞 01 德維爾妻子 02 身體發生不適 03 尋求外界協助</p> <p>衛生局&醫院 01 通報上級機關 02 聯繫專家學者</p> <p>政府部門 01 前往調查 02 應變作業</p> </div>
<p>→ 戈亞尼亞放射性污染事故擴散及污染</p>	<div data-bbox="526 795 1292 1355"> <h3>擴散及污染</h3> <p>01 擴散主因</p> <ul style="list-style-type: none"> 輻射污染 > 德維爾在黑暗的倉庫中發現輻射源粉末散發藍光 體外曝露 > 邀請親屬、鄰居及好友到家中參觀，眾人以手觸摸並塗抹於身體 <p>02 後續傳播</p> <ul style="list-style-type: none"> 輻射污染 > 德維爾哥哥伊沃拿取鉍鹽灑於家中 體外曝露 > 用餐時 6 歲女兒萊德，曾用手觸碰並塗於臉上，嘴邊還沾有鉍鹽粉末 體內曝露 </div>
<p>7</p>	<div data-bbox="526 1366 1292 1668"> <h3>傷亡案例</h3> <p>回收業者德維爾 其太太、2 名員工罹難</p> <p>近女萊德 所受劑量推估為 5 戈雷</p> <p>瓦格納伯特 (失去右手)</p> <p>瓦格納格納 (少了手指)</p> </div>
<p>→ 戈亞尼亞放射性污染事故死亡案例</p>	<div data-bbox="526 1668 1292 1971"> <h3>萊德下葬受阻</h3> </div>

<p>8</p>	<div style="text-align: center;"> <h3>臨床症狀與治療</h3> </div> <p>受曝症狀 醫患面談確認病史，評估是否為急性輻射症候群（ARS）</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid gray; border-radius: 50%; padding: 5px;">頭暈</div> × <div style="border: 1px solid gray; border-radius: 50%; padding: 5px;">嘔吐 × <div style="border: 1px solid gray; border-radius: 50%; padding: 5px;">腹瀉 × <div style="border: 1px solid gray; border-radius: 50%; padding: 5px;">全身無力 × <div style="border: 1px solid gray; border-radius: 50%; padding: 5px;">組織壞死 × <div style="border: 1px solid gray; border-radius: 50%; padding: 5px;">皮膚損傷</div> </div> <p>體外除污 01 移除受污染衣物 02 使用清水及肥皂反覆淋浴</p> <p>體內除污 服用普魯士藍藥物（亞鐵氰化鐵）-> 腸道中吸附絕-137 並隨糞便排出</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <p>水泡破裂</p> <p>放射性損傷</p> <p>淺層 β 輻射皮膚損傷</p> </div> </div></div></div></div>
<p>➔ 戈亞尼亞放射性污染事故臨床症狀與治療</p>	
<p>9、10</p>	<div style="text-align: center;"> <h3>除污管理</h3> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>CNEN 檢測資訊</p> <p>手持式 (徒步)</p> <p>↕</p> <p>航空 (直升機)</p> <p>↕</p> <p>道路 (車輛)</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>確定污染範圍</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 7 處污染區 ◆ 85 棟房屋 <p>人員檢測資訊</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 11.2 萬人接受檢驗 ◆ 249 人具體外污染且其中 129 人伴隨體內污染 <p>放射性廢棄物處理</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 興建臨時儲存場 ◆ 金屬箱/桶封裝、掩埋 ◆ 總量 3,500 立方公尺 </div> <div style="width: 30%;"> <p>環境除污作業</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 41 棟房屋封閉 (約 200 名居民撤離) ◆ 7 棟建物拆除 ◆ 42 戶須進行除污 ◆ 45 處公共場所 (人行道、廣場、商店、酒吧) ◆ 50 輛各式車輛 (轎車、公車) ◆ 特殊價值及易於除污 ◆ 樹木修剪、果實丟棄 ◆ 移除土壤與碎石 </div> </div> <p style="font-size: x-small; text-align: center;">※回收 Cs-137 活度約為 1200 居里 (Ci)。 ※CNEN (巴西國家核能委員會) 規範放射性物質之機關。</p>
<p>➔ 戈亞尼亞放射性污染事故除污管理</p>	<div style="text-align: center;"> <h3>除污管理</h3> </div> <div style="display: grid; grid-template-columns: repeat(3, 1fr); gap: 5px;"> <div style="text-align: center;"> 車輛除污</div> <div style="text-align: center;"> 輻射熱區挖掘</div> <div style="text-align: center;"> 偵測土壤污染</div> <div style="text-align: center;"> 屋頂劑量偵測</div> <div style="text-align: center;"> 羅伯特住宅拆除殘骸</div> <div style="text-align: center;"> 街道除污作業</div> <div style="text-align: center;"> 貯存箱</div> <div style="text-align: center;"> 貯存桶</div> <div style="text-align: center;"> 臨時貯存場</div> </div>

<p>11</p>	<div style="text-align: center;"> <h2 style="background-color: #004a99; color: white; padding: 5px;">警惕與反思</h2> </div> <p style="font-size: small; text-align: center;">※ 鈾-137的半衰期是30年，雖然當局事後立即採取行動，但至今仍造成不可抹滅的傷害</p>
<p>➔ 戈亞尼亞放射性污染事故警惕與反思</p>	

資料來源：本計畫團隊繪製

3.3 泰國北欖府事故報告與授課教材

一、事故報告

(一) 事故背景

1、北欖府市基本概況

本事故發生於 2000 年 2 月北欖府轄下的 Phra Pradaeng 縣，並涉及首都曼谷轄下的 Prawet 區〔圖 38〕。北欖府（又稱沙沒巴干府，Samut Prakan），位於泰國中部地區，北鄰曼谷，南接泰國灣。泰國的地方政府共劃分為 4 階層，最高為府，其次為縣、區、村，首都曼谷為府級直轄市。2000 年間，泰國共有 76 一級行政區，包括 75 府與 1 府級直轄市（現今為 76 府、1 府級直轄市）。



圖 38 事故地區關係圖

資料來源：IAEA，2002

2、放射性物質管理機關

泰國和平原子能委員會（Atomic Energy Commission for Peace，以下簡稱 AEC）為該國原子能業務主管機關，而和平利用原子能辦公室（Office of Atomic Energy for Peace，以下簡稱 OAEP）為其所屬機關，總部設立於曼谷 Chatuchak 區，負責向 AEC 報告及執行其核定之政策與業務，並共同進行核能與輻射安全管制。

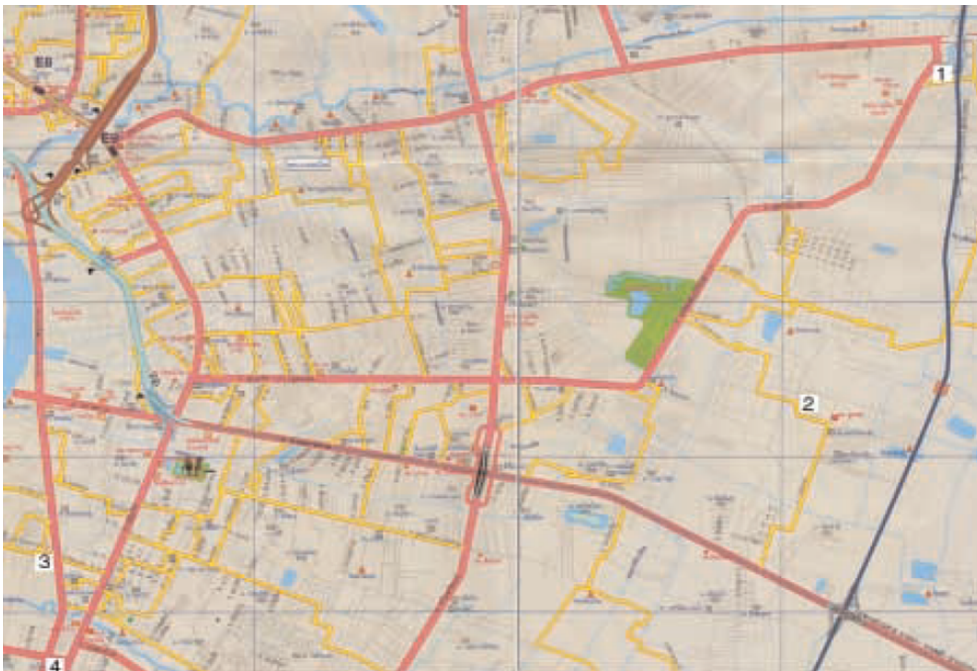
AEC 共設有 8 個小組委員會，其中負責放射性同位素與核子原料許可之委員會，成員均

由 OAEP 組成，並執行放射性物質的監管。當時 OAEP 負責約 650 張持有與使用放射性物質的許可執照，該執照一般有效期限為 1 年，每年會依放射性物質風險程度及人力量能進行例行性稽查。此外，OAEP 亦負責放射性物質進出口的許可業務，惟因工作量龐大，年度檢查無法確實執行，且事故發生當時，僅有 8 名人員負責稽查全數持有許可執照之單位。

在針對執照許可被廢止時仍持有放射性物質者，OAEP 提供之處理方式有存放於其授權的貯存地點、轉移給授權的法人或是送交 OAEP 處置。若選擇交由 OAEP 處置，民間單位須支付相關處理費用；然而在 OAEP 同意下，持照人亦可將放射性物質轉移給授權法人以終止使用及許可。依據 OAEP 規章要求，所有射源均不得在未經 OAEP 同意情況下進行搬遷。此目的在降低潛在風險，以維護整體安全防護。

3、事故發生地點

事故發生於一間民營的廢棄物回收廠，地點於泰國北欖府 (Samut Prakar) Phra Pradaeng 縣 Wat Mahawong 巷一帶，相關地點請見 [圖 39]。該地區人口稠密，回收廠緊鄰住宅區與商家，周邊建築物包括美容院、辦公場所、及雜貨店等。起初事故射源是由 KSE 公司暫置在曼谷一處停車場，後續被從中帶出，並放置於鄰近住宅區約 100 公尺的空地上，最終才拆解轉賣至回收廠。



註：1.停車場、2.住宅區 (P1 住處)、3.廢棄物回收廠、4.醫院

圖 39 各相關地點示意圖

資料來源：IAEA，2002

4、事故涉及放射治療設備

本事故設備為型號 Gammatron-3 之遠隔治療設備，由德國西門子公司（Siemens）製造，並於 1969 年安裝在曼谷 RT hospital（RT 醫院）。1981 年，因設備原有射源活度衰減，更換新的鈷-60 射源，亦是此事故所涉之射源。射源初始活度為 196 TBq（5300 Ci），事故發生時間，經衰變後活度約為 15.7 TBq（425 Ci）。承載射源的容器形狀為圓柱體，長 42 公分，直徑 20 公分。容器屏蔽層為鉛製，外層為不鏽鋼，鉛層厚 5 公分，重量 97 公斤，外層不鏽鋼殼體則另重 30 公斤。設備頭部與其射源組件結構之剖面示意圖〔圖 40〕，中央較亮區塊為射源所在位置。

如前述說明，更換射源後，原受契約委託負責該設備維護之當地西門子公司代理商後來宣告破產。據 IAEA 2002 年報告，這部遠隔治療機在 1994 年停用，原因可能同樣是射源活度衰減，導致病人治療時間不夠精確。由於當時西門子公司已不再製造鈷-60 遠隔治療設備，RT 醫院另透過在泰國的一間代理商 KSE 公司，聯繫加拿大遠隔治療設備製造商 Nordion 公司購置一部新設備。原先醫院中廢棄的舊設備並沒有足夠空間存放，也無法退還給並非原製造商的 Nordion 公司，因此便出售給新供應商 KSE 公司。然而醫院並未將設備轉移一事通知 OAEP，KSE 公司也未通報持有此設備。且當時 KSE 公司本身已置有另一部設備，其持有者為一名醫師，由於該醫師未找到合適的存放點，自 1974 年從加拿大進口後即請託 KSE 公司代為保管。為此，OAEP 也於 1988 年核發許可證，允許 KSE 公司將這部屬於醫師的設備存放於該公司在曼谷租用的倉庫。

在 1996 年，KSE 公司向 OAEP 申請許可，將 2 個廢棄的鈷-60 射源出口至 Nordion。OAEP 在射源運輸前曾至該公司進行稽查，發現除了屬於前述醫師具執照許可的射源外，另外持有 3 個未登記射源，其中之一為本次事故射源。1999 年初，KSE 公司倉庫租約停止，搬遷其存放的 4 部設備。該公司僅在歸還醫師設備時通報 OAEP，另 3 部設備未經 OAEP 許可，於 10 月搬遷至其母公司所有的一處閒置停車場，存放處周邊防護僅以鍍鋅鋼板圍起，且圍欄上有著缺口，對街公寓的居民也時常於臨近射源處空地踢足球。

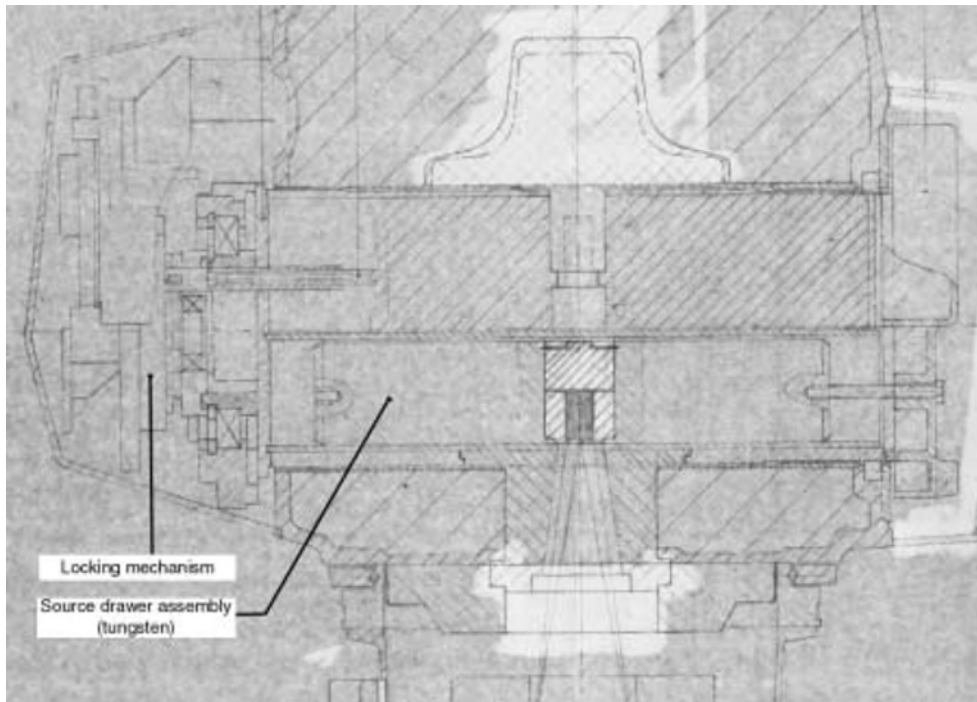


圖 40 Siemens Gammatron-3 遠隔治療機頭部

資料來源：IAEA，2002

(二) 事故發生原由與時序

1、事故發生原由

本放射性事故主要涉及 10 名相關人員，以下內容將使用代號 P1 至 P10 進行說明。

2000 年 1 月 24 日，以收集廢金屬為業的 P1 (40 歲男性) 與 P2 (25 歲男性)，聲稱購買了一些廢金屬，並將這些廢金屬帶回家拆解，其中包含此部遠隔治療機頭部。P1 使用三輪車將其運至距住處約 100 公尺的空地存放。

2 月 1 日，P1、P2 與 P3 (19 歲男性) 及 P4 (23 歲男性，P1 小舅) 在 P1 住處拆解遠隔治療機頭部的圓柱形金屬部件，過程中 P2 與 P4 使用鐵鎚與鑿子嘗試分離外殼的不鏽鋼與內層的鉛金屬，持續時長約 1 小時，期間多數作業由 P2 完成。當他們敲裂焊縫處時曾注意到有油性液體滲出，在看到不鏽鋼內層的鉛後 P1 隨即與 P3 將其拿到回收廠販賣，路上的車程約 30 分鐘，過程中 P3 坐在推車上，曾將右腿放在射源的上方〔圖 41〕。

兩人抵達回收廠後，P1 請回收廠員工 P5 (23 歲男性) 用氧乙炔切割炬切開金屬圓筒，P5 切開後發現冒出帶有刺鼻惡臭的黃色煙霧後便停止拆解，其中有 2 塊金屬從圓筒內掉到地上〔圖 42〕，P5 曾撿起掂量重量，後來此金屬塊被留在回收廠。當時回收廠內另一名回收廠員工 P6 (18 歲男性) 在 P5 後方工作，而回收廠老闆 P7 (45 歲女性) 亦 P5 在旁觀察切割工

作。後續 P7 請 P1 將金屬圓筒帶回住處做後續處理，於是 P1 將物品載回後留置在車上並返回住處，途中 P1 開始出現嚴重的頭痛與噁心症狀。當天 P3 身體也感到噁心，並且腿部有搔癢感，P5 與 P6 則開始出現頭暈、嚴重頭痛，不久後便開始嘔吐。

後來 P1 與 P3 成功將金屬圓筒分離為 40 公斤的不鏽鋼與 72 公斤的鉛金屬，並回到回收廠販售。接著農曆新年假期，P5 與 P6 不用工作，P6 在假期間回到家中，他的父親後來表示，兒子看起來病恹恹，食慾不振並體重減輕，皮膚上出現曬傷般的燒傷。雖然 P5 與 P6 皆感到不適，但他們仍於假期後到回收廠繼續工作。因回收廠眾人身體皆持續發生異樣，P7 推測 P1 帶來的廢金屬可能是導致其員工生病的原因，所以她請 P1 將其帶往別處販售，且請另一位拾荒者協助丟棄切割金屬筒掉落的 2 個圓柱形金屬塊。

此時，P1 手上已出現燒傷、手指腫脹、手掌發癢症狀，並前往私人診所就醫，因狀況未得到好轉，P1 另前往 Samut Prakarn 醫院門診檢查，並抽取血液樣本。醫師要求他翌日再前往醫院查看檢驗結果。返院時，手部的燒傷腫脹發黑，並伴隨噁心、嘔吐及局部掉髮症狀，於是住院進行治療。同時，P5 與 P6 出現腹瀉症狀，兩人起初靠著藥物進行控制，後來 P5 也因感到虛弱，且有發燒、體重下降、掉髮及手部燒傷等症狀到 Samut Prakarn 醫院就診，在接受身體檢查與抽血後，他被收治住院。隔日 P7 因 P6 虛弱、體重減輕與掉髮，將他帶至 Samut Prakarn 醫院就醫並住院治療。當時 P7 曾向醫師表示其擔憂，醫師也推測可能是廢棄物回收廠有異常情況所導致。隨後，P7 又帶著家中女傭也是回收廠的兼職工人的 P9（33 歲女性）到醫院，她也同樣被收治觀察。

後續，P7 與其丈夫 P8（44 歲男性），兩人皆也感到虛弱，一同前往 Bangkok General 醫院就診。經確認後發現兩人的血液檢查均顯示白血球數值偏低，於是進一步接受骨髓穿刺檢查。當時醫師並沒有讓 P7 住院治療，但 P8 因嚴重的流鼻血症狀被收治，在此期間與女兒（P7）與女婿（P8）同住在回收廠對街住宅的母親 P10（75 歲女性），曾前往過回收廠，也出現噁心、嘔吐與虛弱症狀，但截至 2000 年 2 月 18 日該起事件被確認為放射性物質意外事故前，並未曾前往就醫。



圖 41 缺少射源抽屜盒的遠隔治療機頭



圖 42 掉落的金屬塊

(左側物品中空處曾包覆鈷-60 射源)

資料來源：IAEA，2002

2、事故發生時序

事故相關人員依照群體可分為兩大部分，一為拾荒者相關群體 (P1 至 P4)，二為廢棄物回收廠相關群體 (P5 至 P10)。事故時程約自 2000 年 1 月起至 2 月止，歷時近 2 個月。事故之起因，為報廢之遠隔治療機頭部遭販售至回收廠，其中的鈷-60 射源因拆解失去屏蔽保護，使相關接觸人員及周邊居民受到輻射曝露的影響及傷亡，為釐清整起事故，以下參照 IAEA 之事故描述，將發生經過的先後時序，綜整於 [表 8] 中呈現。

表 8 2000 年北欖府事故發生時序表

日期	說明
1 月 24 日	▶P1 與 P2 將遠隔放射治療機頭部，以三輪車運至住處鄰近空地存放至 1 月底
2 月 1 日	▶P1、P2、P3 及 P4 於 P1 住處拆解設備 ▶P2 與 P4 以鐵鎚與鑿子嘗試分離不鏽鋼與鉛金屬 ▶敲裂焊縫後 P1 與 P3 將設備運往回收廠，期間 P3 坐於推車上，右腿搭於射源上方 ▶回收廠員工 P5 切割開金屬圓筒，旁邊有員工 P6 及老闆 P7 ▶切割時冒出刺鼻的黃煙並掉出兩塊金屬，P5 曾有拾起金屬 ▶P7 要求 P1 將金屬圓筒帶回處理，P1 途中即出現頭痛與噁心，P3 亦感不適 P5 與 P6 則出現頭暈、頭痛與嘔吐等症狀
2 月 2 日	▶P1 與 P3 已將金屬圓筒分離為約 40 公斤不鏽鋼及 72 公斤鉛，並販售至回收廠
2 月 3 至 4 日	▶假期間 P6 家人發現其食慾不振、體重減輕且皮膚出現燒傷
2 月 7 日	▶P5 與 P6 返回工作崗位

日期	說明
2月12日	<ul style="list-style-type: none"> ▶P7 懷疑 P1 所售金屬圓筒為生病原因，請其另行販售，並請其他拾荒者棄置 2 個小圓柱形金屬 ▶P1 手部出現燒傷、腫脹與搔癢，並前往私人診所就醫
2月15日	▶P1 至 Samut Prakarn 醫院就診，醫師抽血檢查並要求隔日返院追蹤
2月16日	<ul style="list-style-type: none"> ▶P1 返院因手部燒傷嚴重、伴隨噁心、嘔吐及局部掉髮等症狀被收治住院 ▶P5、P6 出現腹瀉。P5 亦因發燒、體重下降、掉髮與手部燒傷症狀至同院就醫後住院治療
2月17日	<ul style="list-style-type: none"> ▶P6 因虛弱、體重下降與掉髮，P7 陪同前往就診並住院治療 ▶P7 說明情況時醫師曾推測回收廠可能存在異常情形 ▶P7 再帶 P9 前往同院就醫觀察 ▶P7 與 P8 感到虛弱前往 Bangkok General 醫院就醫，兩人因白血球數值偏低進行骨髓穿刺檢查 ▶P8 因嚴重流鼻血被收治住院
2月18日	▶被政府確認為放射性物質意外事故

資料來源：IAEA，2002

(三) 事故發生及應變

1、發現與通報

這起事故中 P1 與 P5 曾在 Samut Prakarn 醫院的外科病房就診；而 P6 則於內科病房。該院醫師，發現此 3 起病例的症狀極為相似，前兩者手指出現腫脹，且三者都出現噁心、嘔吐、白血球數值偏低之情況。使醫師們意識到，病人可能是曝露於游離輻射下導致。得出結論後，其中一名醫師於 2 月 18 日約 11 時 10 分致電 OAEP，通報有關 3 起病人可能因環境存在未受管制射源導致輻射曝露傷害。

OAEP 接獲通報立即派遣 2 名醫學物理學家前往 Samut Prakarn 醫院調查這些病例，12 時 30 分，專家抵達醫院後與主治醫師會面，並檢視病人症狀。隨後，與事故有關聯性之 P7 被傳喚到醫院接受調查，據 P7 提供資訊，專家認為切割時所掉落的 2 塊金屬中，其中一塊可能即是射源，故與地方政府衛生單位合作展開搜索。雙方單位尋獲丟棄金屬塊的拾荒者後與其共同前往丟棄金屬塊的混凝土 U 型溝中，並找到這些金屬塊，然據輻射偵檢儀器偵測數值所示，並無放射性。由於此 2 塊金屬並非射源本體，即轉往回收廠開全面搜索。當日 19 時，行經通往回收廠的街道發現輻射劑量率明顯升高，約為正常環境背景值 20 倍，於是政府人員繼續穿過兩條小巷，前進約 150 公尺抵達回收廠入口，在此處測得輻射劑量率約為 1 毫西弗/小

時 (mSv/h)，這也顯示該地區的確有高活度之加馬射源存在，且證實為一宗嚴重的放射性物質意外事故。為防止事故擴大，政府人員立即進行通報並請求相關單位支援。有關回收廠及其周邊輻射劑量率、平面圖請見 [圖 43]、[圖 44]，另 [圖 45] 左側為廢料堆，中央建築物為回收廠辦公室，街道對面的建築物則為 P7、P8、P9、P10 共同居所。

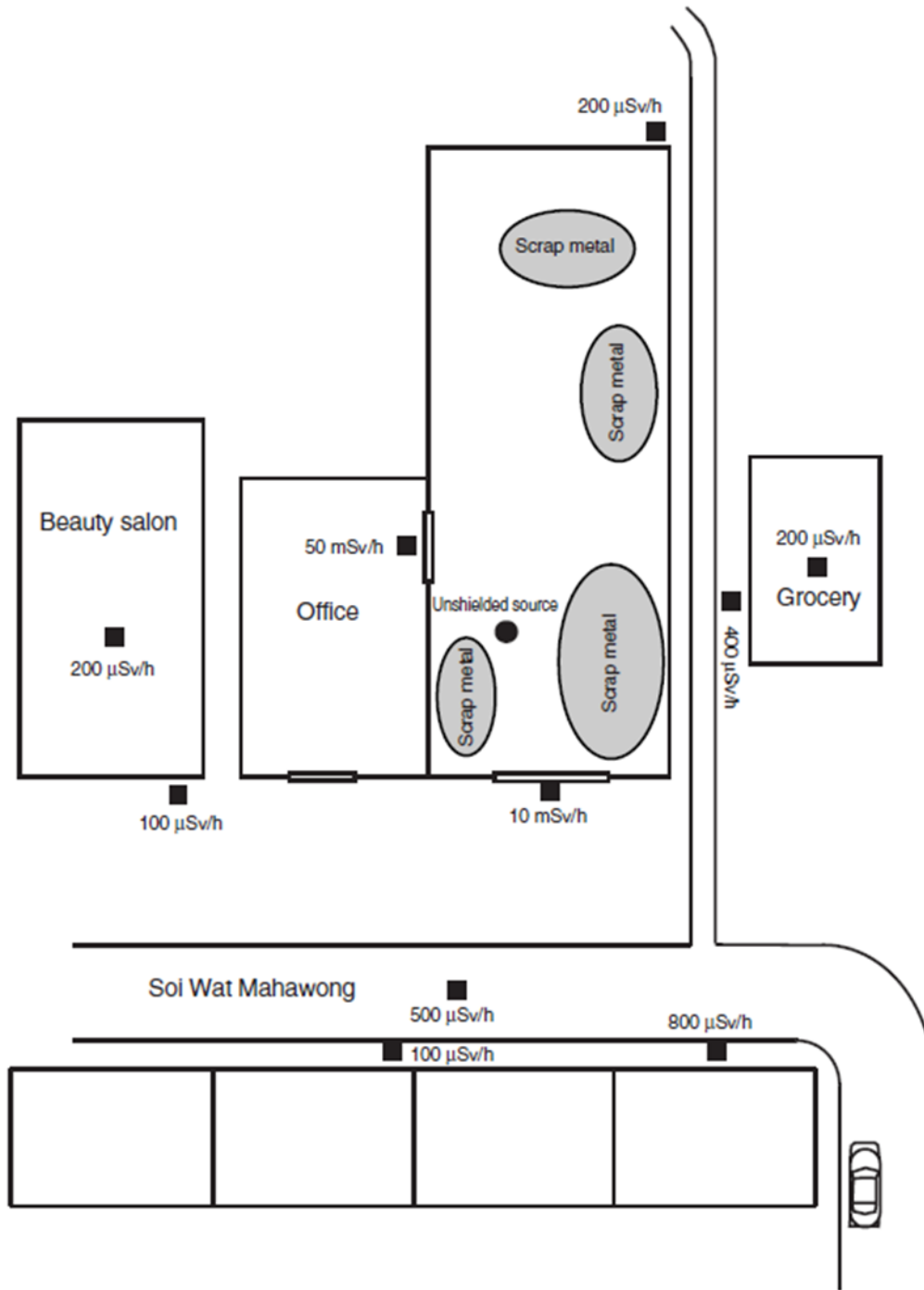


圖 43 回收廠及其周邊輻射劑量率

資料來源：IAEA，2002

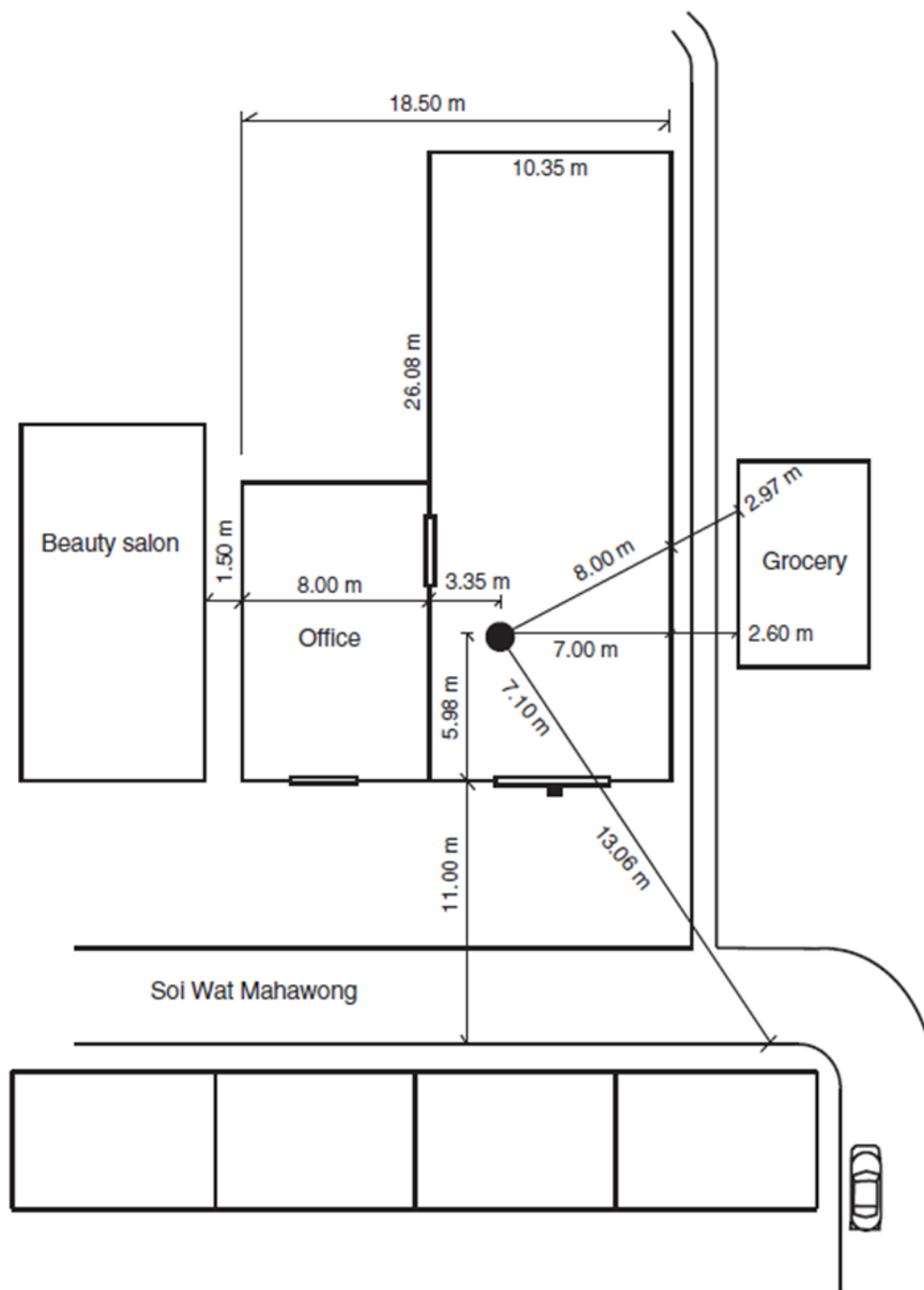


圖 44 回收廠及其周邊平面圖

資料來源：IAEA，2002



圖 45 回收廠俯視圖

資料來源：IAEA，2002

2、應變與回收

意識到輻射情況的嚴重性後，OAEP 召集一支緊急應變小組，並於回收廠鄰近區域設立指揮協調所，除輻射劑量率的調查外，亦進行污染等調查。依據調查結果所示，本事故涉及一個密封放射性物質，其大小不明，可能來自工業放射線照相檢驗設備或醫用放射治療設備，從輻射劑量率得知鄰近射源之廢金屬堆中劑量率高達 10 西弗/小時 (Sv/h)，但整起事故並無放射性污染。

OAEP 與地方衛生主管機關曾評估疏散周遭居民以避免輻射曝露，但檢視調查之輻射劑量數據後，考量輻射僅局限於回收廠內，且撤離可能引起群眾恐慌，判定無須撤離，採取以短時間內回收射源之行動方式。首先於該地區進行環境輻射劑量率量測作業，屬於 300 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$) 位置劃設為管制區，管制範圍約在距回收廠 10 公尺處，出入口亦進行管制，另外側道路封閉，並進行交通管制作業。由於回收廠中輻射劑量率極高，應變人員無法靠近確認射源於廠內之金屬堆中確切位置及形態。行動持續進行至 19 日 4 時才暫停作業，決議稍晚繼續進行，另警方則持續封鎖該區域。上午稍晚，地方衛生主管機關接續作業，在距離回收廠約 150 公尺處，測得劑量率為 1.7 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)，回收廠對街距放射源約 20 公尺處行人道，輻射劑量率升至 200 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)。

作業過程期間皆以攝影記錄，OAEP 應變小組觀察前一晚 18 日之影像，並著手規劃接續

的回收行動，其中包含所需工具與設備等。應變小組於 14 時左右返回事故現場，經與地方衛生主管機關及民防單位討論後，確定本回收計畫，將先使用假物進行演練，使應變人員熟悉此未知射源的回收工具與執行方式，並由地方民防單位協助提供機具與設備，例如挖掘機與大型探照燈等，同時地方政府消防隊也一同協助支援，而正式回收行動則於當日 16 時左右進行。

行動初期為了清出通往射源位置的路徑，使用挖掘機移除一扇厚重的鐵柵欄門與部分廢棄金屬，此外亦將一面厚 5 公分、寬 1 公尺、高 2 公尺的鉛牆放置於靠近放射源處，以便執行任務的應變人員作為屏蔽使用〔圖 46〕。此鉛牆後方之輻射劑量率較放置前下降超過 20 倍。現場亦設置探照燈及 2 臺閉路電視 (Closed-Circuit Television, 簡稱 CCTV) 攝影機與監視器，以協助作業。



圖 46 載運鉛屏蔽之挖掘機

資料來源：IAEA，2002

依據當地報導，OAEP 起初並不同意穿著鉛衣行動，因鉛衣對於鈷-60 射源所釋放的高穿透性光子防護不足，甚至會使應變人員動作變緩慢，進而導致輻射曝露的增加，此外，亦可能造成錯誤的安全感。惟部分參與作業人員堅持穿著鉛衣，以防護射線，為安撫人員的恐懼，OAEP 最終妥協，配發給部分人員穿著。

此行動為接近射源疑似位置，使用長柄工具移除靠近射源的大型金屬，在此過程中，每

件金屬均以輻射遙測儀 (Teledetector) 遠距離偵測輻射強度，以確保沒有出現異常的輻射數值，另位於射源可能區域附近的較小金屬，也必須在分類過程中進行偵測。為此也臨時設置一套簡易的金屬探測系統，操作方式為使用 1 根 5 公尺長且末端設有電磁鐵竹竿，從金屬堆中取出金屬塊，並將其送到大洗衣盆中，盆中放置高量程輻射劑量率探頭 (High Range Radiation Dose Rate Probe)，儀器的輸出訊號透過 1 條 30 公尺長的電纜連接到探測系統，操作人員會監測其中的數值來判斷是否找到真正的射源。應變小組在演練中亦校正這套臨時系統，並在洗衣盆旁放置 1 個厚度為 8.5 公分的鉛屏蔽容器，一旦找到射源，即可以放置其中。經過 6 次清理金屬的作業後，大部分覆蓋的金屬已被清除，然而當時射源周圍仍有許多金屬碎塊，射源確切位置仍無法得知。最終，應變小組使用了 1 塊醫療診斷用 X 光機影像增強器尺寸的螢光板 (螢光屏)，來協助顯示射源的位置。然而，即使關閉探照燈月光仍過於明亮，難以利用螢光屏找到射源，只得等月光稍暗、環境足夠黑暗時，才能準確使用螢光板 (螢光屏) [圖 47]。21 時左右，射源位置在殘餘金屬中被確認 [圖 48]。



圖 47 回收廠夜間作業景觀



圖 48 以螢光板 (螢光屏) 判定射源位置

資料來源：IAEA，2002

確認位置後，OAEP 應變人員考量其他抓取工具長度不足以提供足夠防護，而若花時間用鉗子夾取，會使人員曝露於輻射之中，故以設有電磁鐵的竹竿取出射源。20 日 0 時 20 分該射源被回收，其大小約長 4 公分、直徑 2.5 公分。應變人員使用長 2 公尺的鉗子拾取，並放入鉛屏蔽容器內 [圖 49]。當射源與其容器被移除後，應變人員再次偵測金屬堆與回收廠的環境輻射劑量率，測得數值結果屬一般環境輻射背景值，並確認射源已成功回收。現場曾進行加馬能譜分析，確認該放射源為鈷-60，其活度估計約為 15.7 兆貝克 (TBq, 425 居里 (Ci))。該射源於當日被送往 OAEP 的貯存場，本射源同鉛製容器被置於 4.5 公尺深的水下，該水池原為用過核子燃料池 [圖 50]。在回收過程應變人員也皆使用熱發光劑量計 (TLD)

進行累積劑量的測定，劑量結果如〔表 9〕所示。據當時報導，應變人員所記錄的最高個人劑量為 32 毫西弗（mSv）。



圖 49 射源回收至屏蔽容器

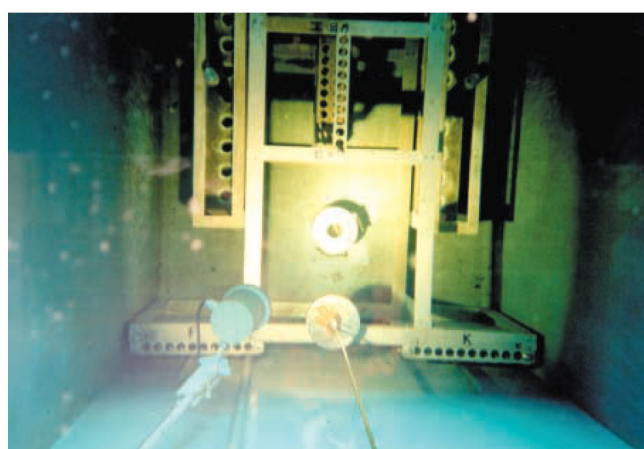


圖 50 回收射源最終存放位置

資料來源：IAEA，2002

表 9 射源回收過程中所受劑量

Dose range (mSv)	Number of individuals in group
<1	11
1-5	18
5-10	11
10-20	6
20-32	6
>32	0

資料來源：IAEA，2002

在應變期間，應變小組亦接獲通報，稱在曼谷郊區一處停車場發現 3 部放射治療設備。他們立即派遣人員前往現場查看。經檢測後，OAEP 官員判定這些機器是鈷-60 遠隔治療機，其中〔圖 51〕前方設備缺少應裝載射源的鉛製圓筒，後來確認正是事故設備，其射源抽屜盒及內含的射源皆被取出，21 日這 3 部設備（包含其中 2 部仍含有射源之設備）均被移送至 OAEP 暫時存放。

該事故從發現截至射源回收歷時約 3 天，整起應變行動中 OAEP 應變小組也獲得北欖府民防單位與衛生單位的全力支援。



圖 51 停車場內 3 部遠隔治療機頭部

資料來源：IAEA，2002

(四) 輻射傷害醫療處置

1、輻射曝露概述

北攬府事故造成 10 人曝露在鈷-60 的高劑量輻射中，而涉及本事故的遠隔治療設備，雖於 2000 年 1 月 24 日被帶至 P1 住處附近，但射源本身仍維持屏蔽狀態。直到 2 月 1 日，P1 與其同伴將設備拆解才導致屏蔽破損外釋，且由於事發人口稠密，且射源回收前經過相當長的時間，因此有多人受輻射曝露影響，從取得該射源的拾荒者群體 P1 至 P4 以及廢棄物回收廠工人與其親屬 P5 至 P10 受到的輻射劑量最大。部分收廢品者受到嚴重的局部輻射傷害，如輻射燒傷，然而，他們的全身劑量約為 2 戈雷 (Gy)；廢棄物回收廠的人員因長時間曝露於鈷-60 射源下，所受的全身輻射劑量更高，其中 P5 至 P8 依據臨床發現所估算的劑量超過 6 戈雷 (Gy)，當中 P5、P6 及 P8 儘管接受治療仍在事故後 2 個月內不幸死亡。

受輻射曝露影響之群體大致可分為 4 組，第一組與第二組的多數受害者，曾前往 Samut Prakarn 醫院就診，其症狀包括虛弱、脫髮與皮膚燒傷，並伴隨噁心、嘔吐或腹瀉的病史，相關症狀請見〔表 10〕。第三組則包括居住於回收廠周遭的其他居民，他們的輻射劑量較低，並不像在射源附近工作的人員那麼嚴重。第四組包括 OAEP 人員與其他參與射源回收作業的應變人員，他們全身輻射劑量，如前所述，並未超過 32 毫西弗 (mSv)。

表 10 涉入個案基本概要

ID	Age (years)	Sex	Involvement	Clinical symptoms and signs
P1	40	M	Scrap collector	Burns, nausea, vomiting, epilation, amputation
P2	25	M	Associate of P1	Burns, nausea, vomiting, epilation
P3	19	M	Associate of P1	Burns, nausea, vomiting, epilation
P4	23	M	Younger brother of P1's wife	Burns, nausea, mild vomiting
P5	20	M	Junkyard employee	Burns, nausea, vomiting, epilation, diarrhoea, epistaxis, fever; death on 18 March 2000
P6	18	M	Junkyard employee	Nausea, vomiting, epilation, diarrhoea, fever; death on 9 March 2000
P7	45	F	Junkyard owner	Nausea, vomiting, epilation, diarrhoea
P8	44	M	Husband of P7	Nausea, vomiting, epilation, epistaxis; death on 24 March 2000
P9	33	F	Maid of P7; junkyard worker	Nausea, vomiting, headache, epilation
P10	75	F	Mother of P7	Nausea, vomiting

資料來源：IAEA，2002

2、治療措施與臨床症狀

以下分別說明受輻射曝露影響中，較為嚴重之 10 名病例，並針對其所採取的治療措施及臨床症狀。

(1) 病人 1

P1 於 2 月 16 日因雙手燒傷入住 Samut Prakarn 醫院。於曝露後第 23 日（2 月 23 日），其雙手腫脹並出現堅硬水疱，伴隨皮膚浸潤與感染〔圖 52〕。初期其全身臨床症狀及全血球計數均正常。在雙手燒傷治療採靜脈注射抗生素（Cloxacillin，4 克/日）、循能泰（Trental，400 毫克）及敷料包紮；期間偶有低燒。

後續其白血球與血小板計數逐漸下降，於 2 月 29 日起使用白血球生長激素治療（G-CSF，500 微克/日）。3 月 2 日因發燒、雙手脫皮及白血球與血小板計數偏低，P1 轉送至 Rajavithi 醫院，並接受 G-CSF 與顆粒球-巨噬細胞集落刺激因子（GM-CSF）之合併治療（3-4 日：G-CSF

為 1000 微克/日，5 日：500 微克/日；GM-CSF 為 300 微克/日)，其餘治療與前醫院相同，在治療後白血球與血小板計數上升，並於 6 日停用 G-CSF 與 GM-CSF。後續因持續發燒，抗生素自 Cloxacillin 改為 Cefazolin (3 克/日)，之後體溫逐漸恢復正常 [圖 53]。

因輻射燒傷 P1 左手食指損傷最為嚴重，經前期以磺胺銀 (Silver sulfadiazine) 藥膏敷料及頭孢菌素 (Cephalosporins) 治療後，於 3 月 15 日將左大腿皮膚移植至左手皮膚，起初移植狀況良好，惟左食指移植皮膚壞死脫落，露出屈肌腱。24 日 P1 違背醫囑申請出院，其後於 27 日因移植處持續疼痛再次入院，經檢查發現左手第二與第三指移植失敗，第二指嚴重壞死。28 日清創後左手，中節指骨處可見屈肌腱外露 [圖 54]。30 日嘗試以腹部皮瓣移植修復左手，然該皮瓣於 4 月 20 日移除。另外右前臂及手部血管攝影顯示血管結構與染色正常，後續僅以物理治療處置。



圖 52 P1 手部與手指水疱及分界線

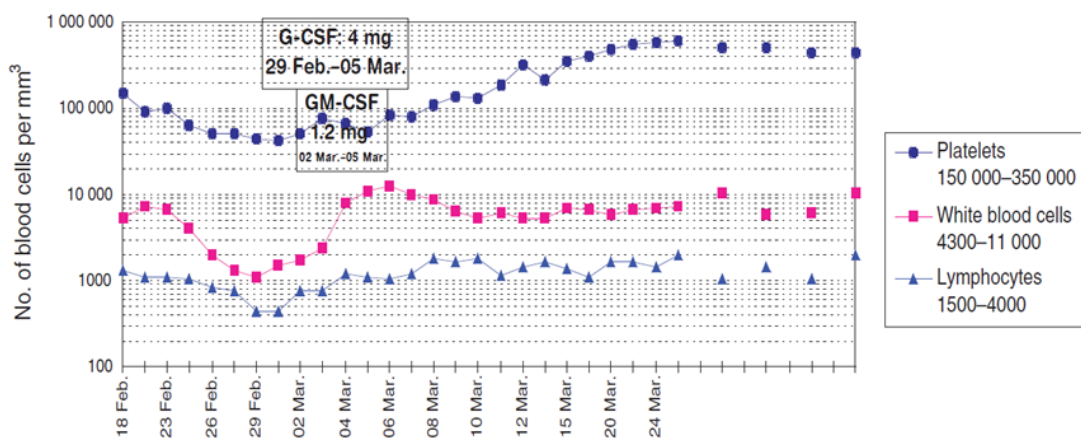


圖 53 P1 住院期間血液學圖



圖 54 P1 左手曝露八週後情形

資料來源：IAEA，2002

(2) 病人 2

P2 輻射燒傷整體相較輕微，2 月 20 日因前日檢查結果血小板計數偏低入院 Samut Prakarn 醫院，其雙手指端及手掌面亦出現燒傷跡象，右手小魚際部位有大型堅硬水疱〔圖 55〕，並伴隨脫髮與低燒。P2 以口服 Cloxacillin (2 克/日) 及 Trental 治療，29 日白血球計數下降開始給予 G-CSF (500 微克/日) 治療，由於其血小板計數低於 $20,000/\text{mm}^3$ ，另接受血小板濃厚液 (Platelet Concentrate) 輸注 (10 單位)。

3 月 2 日，P2 轉送至 Rajavithi 醫院，當時雙手均有傷口，右手小魚際隆起處可見直徑約 4 公分破裂水疱，左手大魚際隆起處則出現發紅與脫皮。其白血球計數持續偏低 ($1800/\text{mm}^3$)，當日開始給予 GM-CSF (300 微克/日) 治療。隔日 P2 雙手掌心出現多處水疱，其中最大者位於右手小魚際 (約 5 公分×6 公分)〔圖 56〕。隨著白血球計數上升，停用 G-CSF 與 GM-CSF，至 9 日大部分水疱已自行癒合，僅餘最大的慢性傷口。P2 於 11 日出院，並每兩週持續回診，至 4 月 7 日右手傷口面積明顯縮小 (約 1 公分直徑)，惟於 4 月 19 日回診時，雙手再次出現腫脹現象。



圖 55 P2 手部腫脹及乾性脫屑



圖 56 P2 右手小魚際濕性脫屑

資料來源：IAEA，2002

(3) 病人 3

P3 於 2 月 20 日前往 Samut Prakarn 醫院複診後，因前一日的檢查報告顯示血小板計數偏低而住院治療。入院時，其在右手第二及第三指末節指骨可見燒傷，右膝附近亦出現長達約 30 公分燒傷。23 日右大腿膝上外側出現大面積表皮壞死，而膝下部位有一處濕性脫屑區域(約 5 公分×8 公分)[圖 57]。其傷口接受抗生素 Cloxacillin (2 克/日)、Trental 及 G-CS 治療，並在其血小板數下降至 20,000/mm³以下時，曾給予血小板濃厚液輸注 (10 單位)。

3 月 3 日 P3 轉送至 Rajavithi 醫院。檢查發現右手食指與中指出現二度燒傷，右膝後區域有長達約 30 公分濕性脫屑區域 [圖 58]。治療採用 G-CSF (250 微克/日) 及 GM-CSF (300 微克/日) 合併療法，當白血球與血小板數上升後，即停止此治療。P3 於 12 日出院，後每兩週回診追蹤。17 日其膝下的大面積傷口出現感染 [圖 59]，24 日再次入院，當時手指傷口已癒合，惟右膝後區域傷口 (約 28 公分×30 公分) 因惡化須進行清創手術。27 日醫師取其左大腿皮膚執行移植手術，雖然術後初期成功，但至 4 月 2 日因惡化仍須重新切開傷口治療。P3 於 5 日出院，兩週後再度返院時右腿部出現劇烈疼痛，受傷區域呈現大面積感染及早期壞死徵象 [圖 60]，因此再次接受清創手術。



圖 57 P3 右腿外側壞死與濕性脫屑



圖 58 P3 右膝後區域濕性脫屑



圖 59 P3 曝露七週後狀況



圖 60 P3 曝露 11 週後狀況

資料來源：IAEA，2002

(4) 病人 4

P4 起初被收治於 Samut Prakarn 醫院，右手第二指與左手第四指皆出現燒傷，他在 3 月 3 日與 P3 一同轉送至 Rajavithi 醫院，在該醫院的治療包括抗生素 Cloxacillin (2 克/日)、Trental 等。P4 於 7 日出院，並每兩週回診，於 31 日與後續 5 月 3 日的回診中，傷口已痊癒。然而，由於手指的輻射燒傷，右手第二指與第四指的指甲脫落，於 5 月 3 日的檢查中，記錄到其手指有色素減退 (Hypopigmentation) 及指甲缺失的情況。

(5) 病人 5

P5 於 2 月 16 日因雙手燒傷與腫脹至 Samut Prakarn 醫院住院，入院後醫師給予抗生素 Cefpirome (2 克/日) 治療，17 至 18 日期間持續高燒，其白血球計數僅 $100/\text{mm}^3$ ，血小板介於 $40,000\text{--}50,000/\text{mm}^3$ [圖 61]。2 月 19 日轉送至 Rajavithi 醫院，當時 P5 已出現脫髮、疲倦與高燒症狀，其雙手、臉部與前胸部出現類似曬傷的輻射燒傷。醫療團隊持續施以抗生素、G-CSF (500 微克/日) 治療及傷口敷料處理，後續發燒情況得到控制，但因出現鼻出血症狀

進行填塞止血，另嘴唇與舌頭嚴重腫脹〔圖 62〕。由於期間白血球計數持續無法上升，甚至接近零，G-CSF 劑量增至 1,000 微克/日。23 日 P5 進行骨髓穿刺檢查，結果為嚴重再生不良性貧血，但由於未觀察到細胞中期分裂階段，染色體分析未能完成。24 日再度發燒，並於舌尖處出現口瘡性潰瘍 (Aphthous Ulcers)，因白血球計數仍極低，抗生素改為 Ceftazidime (3 克/日) 合併 Netilmicin (300 毫克/日)，同時施以 GM-CSF (300 微克/日) 及預防性給予抗黴菌藥物。25 日雙手燒傷部位明顯腫脹，28 日皮膚開始脫落，3 月 2 日再度出現腹瀉，至 6 日 P5 已無法從口部進食，因持續高燒且血液培養呈陽性，為腸球菌 (Enterococci) 感染，遂改以鼻胃管供給營養，並依抗生素敏感性測驗結果調整用藥。因白血球與血小板計數持續偏低，需每日輸注單一捐血者血小板。15 日出現呼吸急促，聽診確認為肺部捻髮音，使用呼吸器輔助呼吸。17 日，血壓下降並已意識喪失，18 日死於敗血性休克 (Septic shock)，其心臟血液培養亦檢出腸球菌陽性。死亡時間為距離輻射曝露第 47 日。

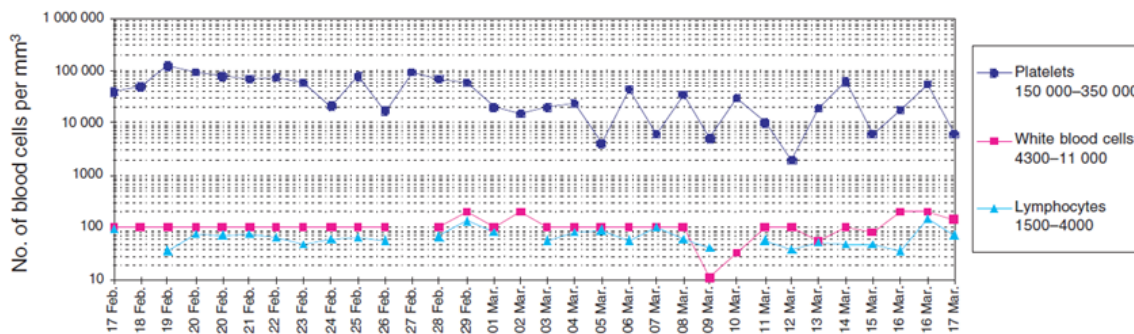


圖 61 P5 住院期間的血液學圖



圖 62 2 月 22 日 P5 嚴重全身曝露所致的嘴唇與舌頭腫脹

資料來源：IAEA，2002

(6) 病人 6

P6 於 2 月 17 日至 Samut Prakarn 醫院住院治療，當時出現掉髮、口腔黏膜炎，以及雙手手掌腫脹症狀，其白血球計數為 $100/\text{mm}^3$ ，因此給予抗生素 Cefpirome (2 克/日)。19 日 P6 轉送至 Rajavithi 醫院，全身虛弱，臉部與胸部區域出現皮膚燒傷，醫師以類固醇藥膏塗抹，並繼續使用相同抗生素，加上 G-CSF (500 微克/日) 治療，後續發燒得到控制，但仍持續掉髮。於 22 日進行骨髓穿刺檢查，結果為嚴重再生不良性貧血，但由於未觀察到細胞中期分裂階段，染色體分析未能完成。25 日出現低燒，並在左耳上方及口腔出現潰瘍 [圖 63]。隨後發燒持續，更換抗生素，並增加抗黴菌藥物、抗病毒藥物及 GM-CSF。3 月 6 日病人無法進食，改以鼻胃管灌食。7 日出現呼吸困難；胸部 X 光顯示右肺葉肺炎，血液氣體分析顯示代謝性酸中毒，故以呼吸器輔助呼吸。後續血壓下降，並出現上消化道出血。雖以多巴胺 (Dopamine) 升壓，但 8 日發生需心臟整流處理的心室上心律不整以及急性腎衰竭。9 日 13 時 20 分出現全身性陣攣發作，瞳孔放大，經 2 次心肺復甦仍無效，19 時 38 分死於敗血性休克 (Septic shock)。其心臟血液培養顯示腸球菌 (Enterococci) 陽性，死亡時間為距離輻射曝露第 38 日。



圖 63 P6 左耳上方出現嚴重掉髮與潰瘍

資料來源：IAEA，2002

(7) 病人 7

P7 於 2 月 17 日到 Bangkok General 醫院門診時出現全身虛弱、掉髮、食慾不振與白血球數偏低的症狀，經骨髓穿刺檢查發現全血球低下 (Pancytopenia)，切片顯示骨髓細胞輕度減少。20 日 P7 轉送至 Rajavithi 醫院，其白血球數偏低，血小板數低於 $20,000/\text{mm}^3$ ，因此接受了 G-CSF (500 微克/日) 治療。期間由於月經過量，她同時接受了輸血、血小板輸注與荷爾蒙治療，其白血球數下降至 $100/\text{mm}^3$ ，因此 G-CSF 劑量增加至每日 1000 微克，並施用預防性抗生素 Ciprofloxacin (1 克/日)，然白血球數仍偏低，因此加用 GM-CSF (300 微克/日)。29 日進行周邊血液的染色體研究但未見到細胞中期分裂，同日她面色蒼白出現發燒伴隨寒顫。身體檢查疑似直腸壁有血腫，因此進行了敗血症評估，隨後輸注紅血球濃厚液、單一捐血者血小板，以及廣效抗生素 Ceftazidime、Netilmicin 與 Metronidazole。同時將 GM-CSF 劑量提升至每日上限 600 微克，而 G-CSF 劑量則減至每日 750 微克，隨後其白血球與血小板數開始逐漸恢復。11 日至 14 日間，G-CSF 與 GM-CSF 逐步減量停用，另由於血液培養呈陽性，且左上肺舌葉出現肺炎，持續超過 2 週的抗生素治療。28 日 P7 出院，並每兩週回診追蹤。

(8) 病人 8

P8 於 2 月 17 日進入 Bangkok General 醫院時，出現鼻出血、腹痛、腹瀉、口腔黏膜炎與唇炎，同日進行骨髓穿刺，切片檢查後顯示為嚴重再生不良性貧血。其白血球與血小板數極低，因此自住院起開始施用 G-CSF (300 微克/日)。20 日在進行敗血症評估後，開始給予抗生素 Ceftazidime 與 Amikacin，P8 於同日轉送至 Rajavithi 醫院，當時出現發燒、虛弱、掉髮，以及臉部與胸部皮膚燒傷。G-CSF 劑量增加至每日 1000 微克，並繼續使用抗生素。25 日背部出現帶狀皰疹，同時在腋下區域也出現真菌感染 [圖 64]，開始給予抗病毒藥物 Zovirax，前 3 日每日 6 次，每次 200 毫克，其後減為每日 2 次，每次 400 毫克，持續至 3 月 17 日，此外也輔以抗黴菌藥物預防性治療(Sporal)，前 3 日每日 2 次，每次 100 毫克，其後改為 Ambisome 靜脈注射，每日 100 毫克，共 2 天。期間 P8 至 3 月中旬持續低燒並惡化為約 40°C 高燒。儘管持續施用 G-CSF，並增加 GM-CSF (600 毫克/日) 靜脈注射，白血球數仍未能改善。18 日出現鐵銹色痰液，19 日發生胸痛，21 日觀察到呼吸急促，給予呼吸輔助，22 日情況加重並出現粉紅色泡沫痰，醫師判斷為肺水腫，並轉送至加護病房接上呼吸器，23 日持續給氧輔助呼吸，但其陷入嗜睡狀態，對任何指令皆無反應，血壓下降，而心跳與呼吸速率則上升。24 日 10 時 30 分，P8 心跳停止，10 時 50 分宣告死亡。其心臟血液培養檢測呈陽性，檢出 *Morganella morganii*；左肺的屍檢則檢測出 *Stenotrophomonas maltophilia*。死亡時間為距離輻射曝露後第 52 日。

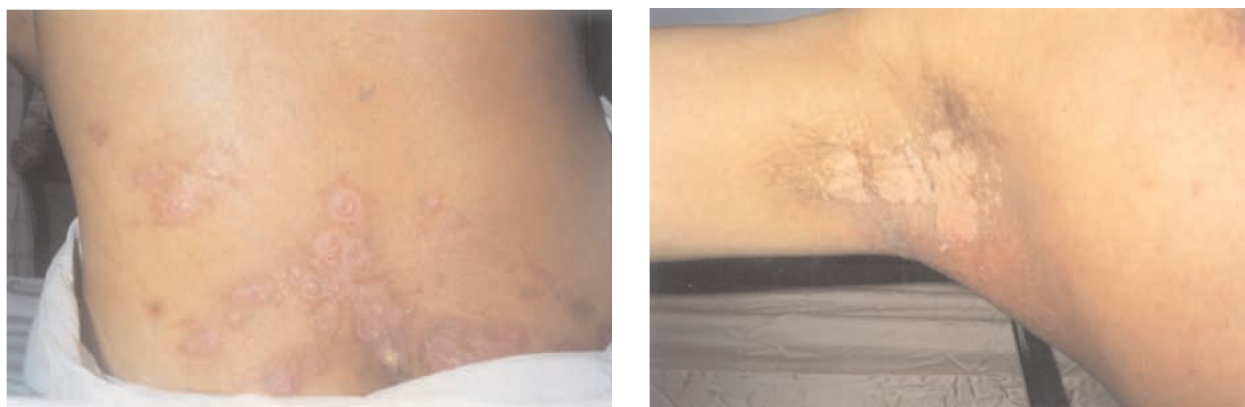


圖 64 P8 腰背部 (左圖) 之帶狀皰疹、腋下區域 (右圖) 之真菌感染

資料來源：IAEA，2002

(9) 病人 9

P9 於 2 月 19 日因噁心、嘔吐、食慾下降與頭痛前往 Samut Prakarn 醫院就診，同日轉送至 Rajavithi 醫院，入院時觀察到掉髮與輕微發燒。22 日進行了骨髓穿刺與切片檢驗，結果顯

示為嚴重再生不良性貧血，之後每日進行完整血液檢驗，以追蹤白血球數變化，另為提升白血球數使用 G-CSF 與 GM-CSF 治療 [表 11]。

P9 於 2 月 29 日進行的染色體研究中，未觀察到細胞中期分裂。此外，自 2 月 24 日至 3 月 16 日，她每日服用 2 次 Ciprofloxacin (500 毫克/次)，作為白血球過低病人的預防性抗生素。住院期間，其曾出現因上呼吸道感染引起的短暫低度發燒，並因月經出血，接受了多次血小板輸注及荷爾蒙治療。最後於 3 月 25 日出院，並每兩週回診追蹤。

表 11 白血球低下治療

G-CSF 治療		GM-CSF 治療	
日期	劑量	日期	劑量
2 月 19 日-2 月 23 日	250 微克	2 月 26 日至 3 月 5 日	300 微克
2 月 24 日	500 微克	3 月 6 日至 3 月 15 日	600 微克
2 月 25 日-3 月 17 日	1000 微克	3 月 16 日	停藥
3 月 18 日	停藥		

資料來源：IAEA，2002、本計畫團隊彙整

(10) 病人 10

P10 於 2 月 22 日收治於 Samut Prakarn 醫院，此前有噁心、嘔吐與虛弱症狀，檢查顯示其白血球數偏低，雖有輕微發燒，但身體檢查並無明顯異常。於 25 日轉送至 Rajavithi 醫院，當時並無特定症狀，然而 29 日進行的周邊血液染色體研究顯示複雜的染色體異常，部分細胞中存在環狀染色體。3 月 1 日進行的骨髓穿刺顯示骨髓細胞量輕度不足，以淋巴細胞為主，巨核細胞、紅血球系胞與骨髓細胞皆稍有減少。期間治療 G-CSF 與 GM-CSF 的劑量 [表 12] 依據其每日的白血球數進行調整，並分別於 3 月 24 日與 3 月 21 日停藥，後續在 3 月 28 日出院，並每兩週回診追蹤。

表 12 白血球低下治療

G-CSF 治療		GM-CSF 治療	
日期	劑量	日期	劑量
2 月 25 日-3 月 1 日	250 微克	2 月 26 日至 3 月 5 日	300 微克
3 月 2 日-3 月 3 日	500 微克	3 月 6 日至 3 月 10 日	600 微克
3 月 4 日-3 月 5 日	1000 微克	3 月 11 日至 3 月 18 日	500 微克
3 月 6 日-3 月 7 日	500 微克	3 月 19 日-3 月 20 日	300 微克

G-CSF 治療		GM-CSF 治療	
3 月 8 日-3 月 18 日	1000 微克	3 月 21 日	停藥
3 月 19 日-3 月 20 日	500 微克		
3 月 21 日-3 月 23 日	250 微克		
3 月 24 日	停藥		

資料來源：IAEA，2002、本計畫團隊彙整

3、受害者彙整統計

依據 IAEA 報告彙整數據，北欖事故約有 1,934 名人員受輻射曝露所影響，其中 10 人較為嚴重，且有 3 名人員死亡，以下就 4 組受輻射曝露影響之群體來討論〔表 13〕。

第一組人員最初被收治於 Samut Prakarn 醫院，該院能夠提供血液科治療，以及針對局部的輻射損傷所需的修復整形手術。依據 P1 至 P4 正式發病前出現的早期徵兆與生命徵象的評估，皆有不均勻的全身照射。然而，P1 與 P3 均出現嚴重的局部輻射燒傷。P1 的燒傷主要集中在雙手，而 P3 除了雙手外，還在其右腿靠近膝部的後外側出現了一處更大的輻射燒傷，推估為 P3 當時坐在三輪車裡，右腿搭在射源上所致。P1 在雙手上遭受了最嚴重的輻射燒傷，波及所有手指與一半的手掌表面。其餘三人 P2 至 P4 也有嚴重的輻射燒傷，P2 為手部與手指，P3 為兩根手指與右膝區域，P4 則僅限於手指。

第二組人員則遭受嚴重的全身曝露。雖然部分病人最初被收治於 Samut Prakarn 醫院或 Bangkok General 醫院，但隨後全數轉送至有更完善的治療設施的 Rajavithi 醫院，其亦為泰國指定的輻傷急救責任醫院。

第三組人員包含住在回收廠 100 公尺範圍內的 1,872 名居民。政府單位對這些居民提供多項服務，包括：健康檢查（862 人，約 46%）、血液檢驗（782 人，約 42%）、資訊與諮詢（907 人，約 48.5%）。在這組人員中，有 258 人住在距射源 50 公尺內，並由衛生單位進行後續追蹤，以監測潛在影響。在這 50 公尺範圍內共有 5 名孕婦，其中 1 人決定進行人工流產，雖然該名孕婦曾接受泰國放射線學會（The Royal College of Radiologists of Thailand, RCRT）建議，告知生下畸形嬰兒的風險極低。

第四組人員包括 OAEP 與其他參與射源回收作業的應變人員，共計約 52 人，在回收過程應變人員皆使用熱發光劑量計（TLD）進行累積劑量的測定，依據量測結果全身輻射劑量，並未超過 32 mSv（毫西弗）。

表 13 受害者相關資料

組別	人員/數	劑量 (估算)	住院時間	出院時間	死亡時間
第一組	P1	2 戈雷	2 月 16 日	4 月後	-
	P2	2 戈雷	2 月 20 日	3 月 11 日	-
	P3	2 戈雷	2 月 20 日	4 月後	-
	P4	1 戈雷	-	3 月 7 日	-
第二組	P5	6 戈雷以上 10 戈雷以下	2 月 16 日	-	3 月 18 日
	P6	6 戈雷以上 10 戈雷以下	2 月 17 日	-	3 月 9 日
	P7	6 戈雷以上 10 戈雷以下	2 月 20 日	3 月 28 日	-
	P8	6 戈雷以上 10 戈雷以下	2 月 17 日	-	3 月 24 日
	P9	-	2 月 19 日	3 月 25 日	-
	P10	-	2 月 22 日	3 月 28 日	-
第三組	1,872 人	-	-	-	-
第四組	11 人	小於 1 毫西弗	-	-	-
	18 人	1 至 5 毫西弗	-	-	-
	11 人	5 至 10 毫西弗	-	-	-
	6 人	10 至 20 毫西弗	-	-	-
	6 人	20 至 32 毫西弗	-	-	-

資料來源：IAEA，2002、本計畫團隊彙整

4、染色體研究

2 月 22 日，自 P5 與 P6 取得之骨髓檢體與骨髓抹片進行染色體研究，皆未觀察到中期分裂。同日自 P9 取得之骨髓檢體則呈現正常女性核型 (46, XX)，但僅觀察到 3 個中期分裂。

2 月 29 日，自 P5 至 P10 抽取周邊血液檢體進行分析。結果顯示，P5 至 P9 的白血球均未出現中期分裂，表示其受到的輻射劑量已足以抑制白血球生成。

3 月 1 日，P10 的骨髓檢查顯示複雜的染色體異常，共觀察到 7 種類型，包括環狀染色體 (ring chromosome) 與雙中節染色體 (dicentric chromosomes) [圖 65]。

3 月 14 日，自 P2 至 P4 抽取周邊血液進行染色體分析。P3 與 P4 呈現正常男性核型 (46, XY)，而 P2 則呈現 8 種不同的染色體異常型態，其中包含三環染色體 [圖 66]。部分細胞亦呈現正常核型。此正常與異常並存的情形，反映出其所受輻射曝露屬於嚴重但局部性的影響。

整體而言，多數血液與骨髓樣本在淋巴細胞培養中未觀察到中期分裂，但仍可觀測到顯著的染色體變異。若當時具有輻射生物劑量實驗室，則可進行完整的人員生物劑量估算。

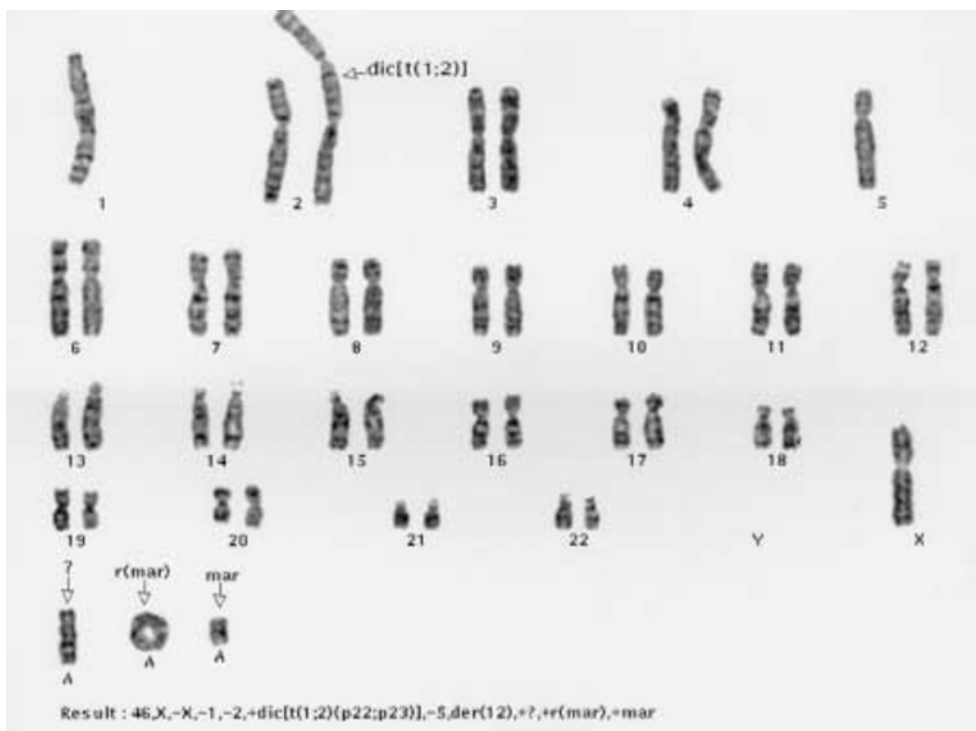


圖 65 曝露四週後核型出現雙中心節染色體與中心環狀染色體

資料來源：IAEA，2002

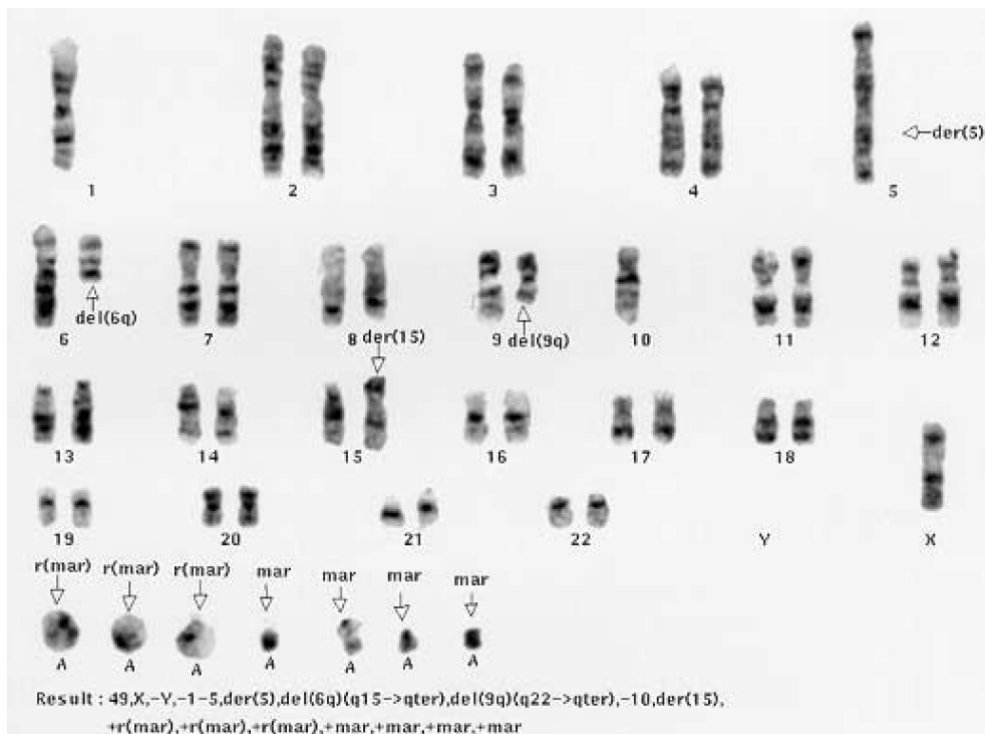


圖 66 曝露六週後 P2 核型出現三環染色體

資料來源：IAEA，2002

(五) 警惕與反思

1、射源持有單位

本事故原持有射源醫院更換其遠距治療設備時，因無合適空間存放廢棄設備，且當時並無將廢棄射源退回製造商的法規規範，故醫院與當地一家同類設備供應商簽約，並在未通知主管機關的情況下委託處理廢棄設備。而供應商未獲主管單位授權的情況下持有並在後續射源轉移地點時並未妥善處置，進而因安全防護措施不足，致使他人能輕易進入並接觸射源。

對於射源持有者，首要責任必須確保所有射源皆保持安全，並對其進行防護與安全性評估。無論射源是否廢棄，遷移到新地點、轉讓持有者或安裝、改裝等都必須向主管機關申請許可。

2、國家主管機關

國家法規制度應趨於完備，若現行規範仍有不足，建議重新檢討並修訂，使各項管理得以落實。同時，應明確界定射源持有者於射源的職責與義務，確保自使用階段至除役處置均能受到妥善管理。主管機關亦需建立有效的溝通與指導機制，提供持有者清楚的指引，以強化源頭管制並預防類似事故再次發生。此外，射源持有者必須維持完整且即時更新射源清冊，主管機關則應確保透過清冊能追蹤並掌握轄內所有射源資訊。若主管機關因量能不足，致使例行檢查無法落實，原本可及早發現的不合法或不當保存、轉移情形將被忽略，進而可能導致事故發生。

當回收廠內未配備偵測射源之設備，導致存在未發現射源，作業過程可能會破壞射源的完整性。故針對高風險職業之從業者，主管機關須制定相關策略，以偵測並處理射源。對於可能因職業或意外而曝露者，提供適當的資訊與教育訓練。亦透過廣泛發布有關輻射事故的資訊，協助防止未來再次發生類似性質的事故。

一場成功的事故回收作業，國家需要制定有效的應變計畫並配合地方政府單位進行協作，才能順利執行。本事故主管機關結合當地的政府單位，如衛生、警察、消防、民防團體等協作。其中相關應變人員亦具備專業知識與相關經驗，在射源回收過程透過錄影設備等媒介輔助檢視現場作業及制定後續計畫，並預先做好準備與訓練，以應對後續情形。期間能透過彈性處理，調整流程與設備配置等，如調整與改裝設備等創新方法，皆對射源回收行動極為重要。

事故期間公眾間曾出現多項疑慮，如認為應變單位不專業且缺乏訓練、政府不夠正視事故、遺體可能具放射性等。這也反映缺乏有效且正確的輻射教育及資訊提供，導致公眾產生誤解與不信任。故政府單位應定期發布資訊，且與新聞媒體間維持充分的溝通，並持續更新有關事件進展，清楚有效的傳達以避免恐慌與錯誤資訊等。另在緊急狀況與回收作業期間，可以指定單一新聞媒體聯絡窗口，使應變人員能專注執行其職責，避免因媒體從多方獲取資訊而干擾現場回收行動，進而產生混亂。此外輻射示警標誌與輔助標誌的有效性亦須評估，若在符號之外另加文字，亦須使用當地能理解的語言呈現。

3、醫療相關單位

北欖事故中受到輻射曝露者曾前往醫院就醫，但最初的症狀，如腹瀉、噁心與嘔吐等，在初期並未被診斷由輻射曝露所引起。故醫師需要具備此專業知識與訓練，使其能根據病人症狀確認是否屬於輻射傷害，並辨識急性輻射症候群的基本症狀，包括全身性輻射曝露與局部輻射曝露，以及可能導致這些效應的射源類型。

當時缺乏足夠的人員生物劑量研究，來評估相關人員可能受到的輻射劑量範圍。在廣泛使用可能導致嚴重輻射事故之射源的國家，需要有國家級的人員生物劑量實驗室。該實驗室必須建立自身的劑量反應曲線 (Dose-response curve)，以對最常見的急性輻射症候群進行測定，例如由於鈷-60、銥-192 與銫-137 所造成的曝露。

透過適當的支持與照護、血小板輸注，以及白血球生長激素刺激 (G-CSF、GM-CSF)，許多事故受害者的血球計數達到了安全範圍。此次事故後的臨床發展證實，即使因全身曝露於高劑量而導致嚴重的造血系統症候群，仍無需進行骨髓移植。本事故儘管醫院已盡力提供所有可行的治療方式，仍有 3 名個案在 2 個月內死於感染引發的敗血症。若懷疑發生嚴重的全身性曝露，必須考慮立即進行保護性隔離，並同時施用抗病毒、抗細菌及抗黴菌藥物。

4、國際合作

泰國依據其作為「核事故與輻射事態緊急支援公約」(Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident Or Radiological Emergency) 簽署國的身分，於 2 月 21 日將此次事故通報 IAEA 並請求協助，之後於 3 月 31 日與 4 月 26 日，向 IAEA 提交進一步報告，內容包括先前未受管制的廢棄射源總數、事故受害者總數及其醫療症狀、死亡病例以及事故現場周邊人口篩檢結果等。

2月24日泰國駐維也納常駐代表團，代表泰國政府請求IAEA派遣醫學與輻射防護專家團隊，與泰國當局在曼谷分享其專業知識。IAEA收到此請求依據公約條款，組建1支團隊於2月26日抵達泰國並停留1週。該團隊組成由2名接受過輻射防護與緊急應變管理訓練的IAEA職員，以及3名來自日本、專門治療輻射受害者的醫師。IAEA團隊與OAEP及其他相關人員進行事故探討，並提供適當的回饋與建議，特別是著重於傷者的照護與治療。

建議所有使用輻射源的國家政府，均應加入「核子事故早期通報公約」以及「核事故與輻射事態緊急支援公約」。並針對輻射事故，盡早通報IAEA，以利啟動國際援助。透過後續事故報告的編寫，也有助於國家主管機關完整記錄事故的防護與醫療管理全貌。亦可與IAEA及其他國家分享事故的資訊，以協助防止或減輕此類事故未來可能造成的後果。

二、授課教材

北欖事故為核能產業以外的嚴重放射性事故，本計畫團隊將前述報告製作成地方政府輻災防救講習之授課教材，以約10分鐘之PowerPoint簡報呈現，內容聚焦於事故背景、事故過程與通報、體外曝露及症狀、緊急應變過程、警惕與反思五大面向，簡報設計樣式、內容詳見〔表14〕。

表 14 北欖事故授課教材設計

頁次/說明	設計內容
<p>1、12</p> <p>→簡報封面、封底</p>	

	
<p>2</p> <p>→關於泰國北攬府</p>	<h3>事故背景</h3> <ul style="list-style-type: none"> 發生時間：2000年1月24日 發生地點：泰國 北攬府 帕巴登縣 廢棄物回收廠 事故設施：鈷-60 遠隔治療設備 事故肇因：四名拾荒者將設備拆解並販售至回收廠 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="566 1120 829 1299"> <p>Co-60 射源</p> <ul style="list-style-type: none"> * 長約4 CM、直徑約 2.5 CM * 活度約 425 居里 (Ci) * 固態金屬不溶於水 * 內層鉛屏蔽、外層不鏽鋼密封、 </div> <div data-bbox="861 1075 1053 1321"> <p>射源示意圖</p>  <p>遠隔治療設備頭部</p> </div> <div data-bbox="1069 896 1260 1030">  <p>廢棄物回收廠</p> </div> <div data-bbox="1069 1052 1260 1321">  <p>西門子Gamma 3設備</p> </div> </div>
<p>3</p> <p>→北攬事故過程與通報</p>	<h3>事故過程與通報</h3> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="558 1500 766 1926"> <p>拾荒者群體</p>  <p>P1 P2</p> <p>P3 P4</p> <ul style="list-style-type: none"> 01 P1及P2將設備圓筒帶走 02 P2及P4用工具敲裂圓筒 03 P1及P3拿至回收廠販售 </div> <div data-bbox="766 1500 1260 1971"> <p>回收廠業者及其員工、親屬</p>  <p>回收廠</p> <p>P7(老闆) P8(先生) P9女傭兼員工 P10母親</p> <ul style="list-style-type: none"> 01 觀看圓筒切割 01 P8至P10皆前往過回收廠 <p>醫院</p> <p>P6(員工)</p> <ul style="list-style-type: none"> 01 在P5後方工作 <p>政府部門</p> <p>P5(員工)</p> <ul style="list-style-type: none"> 01 發現病人症狀相似 02 懷疑輻射事件相關 03 通報政府主管機關 01 派員前往調查 02 緊急應變作業 03 後續追蹤調查 </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> 01 切割開設備圓筒 02 圓筒掉出金屬塊 </div>

<p>4</p> <p>➔ 曝露及傷亡</p>	<div data-bbox="528 219 1289 779"> <h3>體外曝露及傷亡</h3> <p>影響人數</p> <p>共計1934名，可區分為四個群體：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 拾荒者：4名 (P1 - P4)，約 1 - 2 Gy 2. 回收場：6名，P5 - P10 約 6 Gy - 10 Gy 3. 周邊社區：1872 名，部分低劑量曝露 4. 應變作業：52 名，所受劑量0 - 32 mSv <p>死亡病例</p> <p>人數：3 人 (P5、P6、P8)</p> <p>死因：造血功能受損 → 感染 → 敗血性休克 → 死亡</p>  <p>▲回收場測得輻射劑量</p> </div>																																																							
<p>5</p> <p>➔ 急性輻射症候群</p>	<div data-bbox="528 792 1289 1361"> <h3>急性輻射症候群</h3> <p>相關疾病</p> <p>急性輻射症候群 (acute radiation syndrome)，為短時間、大劑量急性曝露後，所導致之疾病。且會隨著曝露的劑量，出現以下症狀：</p> <p>相關症狀</p> <ul style="list-style-type: none"> * 虛弱或疲勞 * 意識混亂 * 噁心和嘔吐 * 嘔血 * 腹瀉 * 直腸出血 (血便) * 發燒 * 皮膚疼痛、腫脹或燒傷 * 掉髮  </div>																																																							
<p>6</p> <p>➔ 受害者概況</p>	<div data-bbox="528 1406 1289 1944"> <h3>受害人員概況與盤點</h3> <table border="1"> <thead> <tr> <th>病人</th> <th>年齡 (歲)</th> <th>性別</th> <th>情形</th> <th>臨床症狀與徵候</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1</td> <td>40</td> <td>男</td> <td>拾荒者</td> <td>灼傷、噁心、嘔吐、掉髮、截肢</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>25</td> <td>男</td> <td>P1 的同伴</td> <td>灼傷、噁心、嘔吐、掉髮</td> </tr> <tr> <td>P3</td> <td>19</td> <td>男</td> <td>P1 的同伴</td> <td>灼傷、噁心、嘔吐、掉髮</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>23</td> <td>男</td> <td>P1 妻子的弟弟</td> <td>灼傷、噁心、輕微嘔吐</td> </tr> <tr> <td>P5</td> <td>20</td> <td>男</td> <td>回收廠員工</td> <td>灼傷、噁心、嘔吐、掉髮、腹瀉、鼻出血、發燒；於 2000 年 3 月 18 日死亡</td> </tr> <tr> <td>P6</td> <td>18</td> <td>男</td> <td>回收廠員工</td> <td>噁心、嘔吐、掉髮、腹瀉、發燒；於 2000 年 3 月 9 日死亡</td> </tr> <tr> <td>P7</td> <td>45</td> <td>女</td> <td>回收廠老闆</td> <td>噁心、嘔吐、掉髮、腹瀉</td> </tr> <tr> <td>P8</td> <td>44</td> <td>男</td> <td>P7 的丈夫</td> <td>噁心、嘔吐、掉髮、鼻出血；於 2000 年 3 月 24 日死亡</td> </tr> <tr> <td>P9</td> <td>33</td> <td>女</td> <td>P7 的女傭；回收廠工人</td> <td>噁心、嘔吐、頭痛、掉髮</td> </tr> <tr> <td>P10</td> <td>75</td> <td>女</td> <td>P7 的母親</td> <td>噁心、嘔吐</td> </tr> </tbody> </table> </div>	病人	年齡 (歲)	性別	情形	臨床症狀與徵候	P1	40	男	拾荒者	灼傷、噁心、嘔吐、掉髮、截肢	P2	25	男	P1 的同伴	灼傷、噁心、嘔吐、掉髮	P3	19	男	P1 的同伴	灼傷、噁心、嘔吐、掉髮	P4	23	男	P1 妻子的弟弟	灼傷、噁心、輕微嘔吐	P5	20	男	回收廠員工	灼傷、噁心、嘔吐、掉髮、腹瀉、鼻出血、發燒；於 2000 年 3 月 18 日死亡	P6	18	男	回收廠員工	噁心、嘔吐、掉髮、腹瀉、發燒；於 2000 年 3 月 9 日死亡	P7	45	女	回收廠老闆	噁心、嘔吐、掉髮、腹瀉	P8	44	男	P7 的丈夫	噁心、嘔吐、掉髮、鼻出血；於 2000 年 3 月 24 日死亡	P9	33	女	P7 的女傭；回收廠工人	噁心、嘔吐、頭痛、掉髮	P10	75	女	P7 的母親	噁心、嘔吐
病人	年齡 (歲)	性別	情形	臨床症狀與徵候																																																				
P1	40	男	拾荒者	灼傷、噁心、嘔吐、掉髮、截肢																																																				
P2	25	男	P1 的同伴	灼傷、噁心、嘔吐、掉髮																																																				
P3	19	男	P1 的同伴	灼傷、噁心、嘔吐、掉髮																																																				
P4	23	男	P1 妻子的弟弟	灼傷、噁心、輕微嘔吐																																																				
P5	20	男	回收廠員工	灼傷、噁心、嘔吐、掉髮、腹瀉、鼻出血、發燒；於 2000 年 3 月 18 日死亡																																																				
P6	18	男	回收廠員工	噁心、嘔吐、掉髮、腹瀉、發燒；於 2000 年 3 月 9 日死亡																																																				
P7	45	女	回收廠老闆	噁心、嘔吐、掉髮、腹瀉																																																				
P8	44	男	P7 的丈夫	噁心、嘔吐、掉髮、鼻出血；於 2000 年 3 月 24 日死亡																																																				
P9	33	女	P7 的女傭；回收廠工人	噁心、嘔吐、頭痛、掉髮																																																				
P10	75	女	P7 的母親	噁心、嘔吐																																																				

<p>7</p> <p>→北攬事故臨床症狀</p>	<div data-bbox="528 219 1289 779"> <h3>臨床症狀</h3>  <p>P1 腫脹的手部及手掌分界線</p> <p>P1 手部硬性水疱</p> <p>P1 屈肌肌腱外露及組織壞死</p> <p>P2 濕性脫屑與水疱破裂</p> <p>P3 表皮壞死與濕性脫屑</p> <p>P3 右腿傷口感染與早期壞死</p> <p>P5 嘴唇與舌頭腫脹</p> <p>P6 嚴重掉髮</p> <p>P8 帶狀皰疹</p> </div>
<p>8、9、10</p> <p>→北攬事故緊急應變</p>	<div data-bbox="528 790 1289 1937"> <h3>緊急應變</h3> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="555 902 687 1305"> <p>國家主管機關</p>  </div> <div data-bbox="722 902 1018 1305"> <p>確定曝露範圍</p> <ul style="list-style-type: none"> 收到通報後 OAEP 進行搜索與定位 街道偵測發現高於環境背景值 20 倍 回收場入口偵測為 1 毫西弗/小時 射源堆處輻射劑量率達 10 西弗/小時 <p>射源回收作業</p> <ul style="list-style-type: none"> 準備設備，如挖掘機、探照燈、鉛牆、CCTV、偵檢儀器、螢光板等…… 制定回收計畫→以假物進行演練 5 公尺長柄工具清理廢棄金屬堆 利用螢光板定位射源精確位置 以 2 公尺長鉗取回放入屏蔽容器 </div> <div data-bbox="1034 902 1289 1305">  <p>▲回收及其周邊平面圖</p> </div> </div> <p>※泰國 OAEP (和平利用原子能辦公室) 為協助 AEC (和平原子能委員會) 管理放射性物質單位。</p> <h3>後續處置</h3> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="555 1496 930 1888"> <p>回收射源處理</p> <ul style="list-style-type: none"> 運送至 OAEP 的安全儲存地 放置於水池中 (4.5m 水覆蓋) <p>周遭居民檢測</p> <ul style="list-style-type: none"> 居住回收廠 100 公尺範圍內有 1872 名居民 健康檢查 (862 人, 約 46%) 血液檢驗 (782 人, 約 42%) 資訊提供與諮詢 (907 人, 約 48.5%) 居住距射源 50 公尺內有 5 名孕婦, 1 名進行人工流產 (專家已評估為畸形嬰兒風險極低) </div> <div data-bbox="946 1496 1289 1888"> <p>事故地圖</p>  <p>註：1.停車場 2.住宅區 (P1住處) 3.廢棄物回收廠 4.醫院</p> <p>▲事故相關點位</p> </div> </div> </div>

	 <p>應變過程</p> <p>回收場夜間作業景觀</p> <p>載運鉛屏蔽之挖掘機</p> <p>螢光板判定射源位置</p> <p>射源回收至屏蔽容器</p> <p>回收射源最終存放位置</p> <p>停車場內三部遠隔治療機頭部</p> <p>10</p>
<p>11</p> <p>→北攬事故警惕與反思</p>	 <p>警惕與反思</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 持有者未執行通報 <ul style="list-style-type: none"> 放射性物質轉移、持有等未依規定通報主管機關 2 源頭管制不確實 <ul style="list-style-type: none"> 因法規不完備且人力資源不足，使管理未落實出現缺口 3 醫療單位缺乏識別能力 <ul style="list-style-type: none"> 初期患者症狀未被辨識為輻射事故相關，延誤通報時間 4 欠缺對外溝通與資訊 <ul style="list-style-type: none"> 初期因資訊傳遞不足造成民眾恐慌與誤解 5 輻防教育待提升 <ul style="list-style-type: none"> 民眾不理解三葉形輻射示警標誌，使其為無效標誌 <p>● 2007 年 IAEA 與 ISO 啟用包含輻射波、骷髏頭、奔跑的人的輻射輔助標誌</p> <p>● 意旨「危險 - 遠離 - 勿觸摸！」以減少意外曝露於游離輻射的可能性</p> <p>※ ISO 為國際標準化組織 (International Organization for Standardization)</p> <p>11</p>

資料來源：本計畫團隊繪製

第四章 輻射災害應變及宣導資源建置

雖然發生重大輻射災害的機會不高，但因災害的本質具有不確定性，不可輕易忽視。為強化防救災能量，進一步提升我國全體輻射災害緊急應變能力，本計畫團隊研訂非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件推演腳本，並設計向民眾宣導之輻射災害防救宣導圖資，以及編修輻射災害第一線應變人員手冊，俾利各地方政府應變人員進行輻災防救演練或實務操作之參考，以及加深民眾、第一線應變人員對於輻災防救知識與觀念之作用。

4.1 非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件推演腳本

一、背景說明

近年國際災害發生統計顯示複合型災害比例為多，臺灣因處獨特地理位置、環境因素，故本次以複合型災害「車禍」、「輻災」、「火災」為情境設定。期盼藉由4道狀況過程的任務分工、權責劃分、支援調度、媒體機制及跨單位合作等，以評估現有應變機制是否足以面對意外事件發生將面臨之各項議題，並可據以延伸或擬定未來狀況發生之應變作業。並探討在不同議題時，決策下達與執行行動的合理性與最適性，除提供寶貴的經驗和參考，亦幫助災時確保能有效達到良好的應變效果。

本次計畫團隊依照地方政府第一線應變人員於災害現場可能遭遇的情況，進一步研擬「非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件」推演腳本，設定上參考國際真實發生案例，包含2024年2月美國田納西州運載低階放射性廢棄物車輛起火事件，以及2009年6月中華人民共和國河南省杞縣鈷-60事件導致後續謠言四起，群眾大規模撤離，並根據臺灣真實情境進行調整，使之更貼近我國實務狀況。

雖目前實務尚無電動車載運放射性物質之案例，惟隨著電動車銷售市場日益增加，其於物流、運輸領域的應用範圍亦逐步擴展，未來載運特殊貨物（例如放射性物質）之情境極有可能發生，故針對電動車火災所可能引發之屏蔽破損與輻射外釋風險，應預先納入相關應變規劃與演練設計，以強化應處能量與跨單位協調機制。

二、情境想定

〇〇〇年〇〇月〇〇日下午 2 時，天氣乾燥悶熱，氣溫 38°C；吹南風，風速每秒 4 公尺。新北市三重區某一非破壞檢測儀器設備供應商，派遣 2 名輻射偵測業務人員攜帶加馬射線檢測設備，駕車前往新北市三芝區一處造船廠進行放射線照相檢驗，在行經士林區環河北路三段與社子街 112 巷交岔路口時，因不明原因高速自撞中央分向島，由於撞擊力道過大，電動廂型車側翻後，疑似車輛撞擊變形破壞電芯導致鋰電池熱失控，車身冒煙起火燃燒（火災最高溫度超過 1,200°C），駕駛及副駕駛座乘客意識昏迷受困車內，未及時開門逃出，周圍民眾撥打 119 請求消防隊前往搶救。因起火車輛外觀貼有放射性物質運送標誌，現場圍觀民眾迅速拍攝上傳 Facebook、LINE 等社群媒體，消息傳播極快，造成附近居民與路過民眾恐慌，謠言四起，出現「放射性物質外釋」、「整區可能被污染」等誇大不實訊息，人們湧向外圍撤離，造成交通嚴重阻塞。

三、處置重點

本次計畫團隊參考 IAEA 出版之《Manual for First Responders to a Radiological Emergency》，針對放射性災害情況的基本應變進行設計；併同核安會出版之《輻射災害第一線應變人員手冊》(110 年二版)，以我國現行採取措施提出具體作業方式；另檢視工業技術研究院出版之《2024 年版緊急應變指南》，將行動策略對應調整，旨為透過多方資源整合強化整體應變效能。

現行實務上，各直轄市、縣（市）政府消防局採購之輻射偵檢儀器並未分配至每一處消防分隊，而是由部分大隊、分隊或其他單位保管，據此情境故規劃在尚未取得偵檢儀器的前提下，消防人員所必須採取的緊急應變行動。此外，消防人員現場搶救時，除聽取指揮中心所給予的訊息，亦須與相關單位多方查證，取得正確、更豐富的救災資訊，以免造成消防人員誤判情勢與下達錯誤決策，進而導致民眾與救災人員嚴重傷亡。本情境設定 4 道狀況，依事故發生後之 5、15、30、120 分鐘進行處置。

四、狀況、推演議題與內容

以下規劃 4 道狀況，主要訓練參演人員辨識輻射災害、無法立即取得輻射偵檢儀器之緊急應變與處置流程、確認現場輻射劑量率與後續應變作為，以及射源的後續處置、災況說明與媒體揭露。各狀況詳細內容詳見〔表 15〕至〔表 18〕。

表 15 非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件（狀況 1）

狀況	內 容
狀況 1	<p>〔發生後 5 分鐘〕</p> <p>○○○年○○月○○日下午 2 時 05 分，119 救災救護指揮中心（以下簡稱 119 指揮中心）接獲民眾報案後，通知事故轄區臺北市政府消防分隊及警方趕赴現場滅火搶救與管制。消防分隊在通報後 5 分鐘抵達現場，發現受撞擊起火之廂型車體外部貼有放射性物質運送標誌，由於 2 名受困人員皆處昏迷狀態，無法確認所載送之射源資訊，且該任務分隊並未配置輻射偵檢相關設備，已通報 119 指揮中心調派相關偵檢設備，預估路程 12 分鐘，另聯絡及通報核能安全委員會核安監管中心（以下簡稱核安會核安監管中心）、車輛與設備業者到場參與應變。此時車體已全面起火，警方進行火場封鎖等作業</p>
射源資料	<p>品牌：SENTINEL</p> <p>型號：880 ELITE</p> <p>核種：銥 192 (Ir-192)</p> <p>活度：50 居里 (1.85TBq)</p> <p>包裝容器：乙型包件 (BU)</p> <p>未屏蔽之裸露射源劑量率：</p> <ul style="list-style-type: none"> •距離 5 公分處：約 100 西弗/小時 •距離 30 公分處：約 2.78 西弗/小時 •距離 100 公分處：約 0.25 西弗/小時
推演議題	➔災情查通報與現場封鎖
推演目的	<p>➔火場封鎖與辨識是否為輻射災害</p> <p>➔災情查報及評估是否請求協助</p>
推演內容	<p>1、當 119 指揮中心接獲報案、詢問案發地址與災況後，馬上將重要資訊告知現場消防指揮官（以下簡稱指揮官）。指揮官抵達火災現場，再次與報案民眾核對相關資訊</p> <p>2、確認現場狀況，指揮官研判此為車禍、火災及輻射之複合式災害，立刻回報 119 指揮中心，請求調派相關偵檢設備與通報核安會核安監管中心等協助處理。並通知非破壞照相檢驗設備所屬業者，要求提供射源詳細資料</p> <p>3、警方進行交通管制、警戒區劃定及秩序維護作業</p>
備註/補充	核安會核安監管中心：0800-088-928（或 02-8231-7250）；影音資料輔助提供 管道：傳送 0937-118-609 或以通訊軟體 LINE 傳送（ID：nsdcnsc）

資料來源：本計畫團隊撰擬

表 16 非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件 (狀況 2)

狀況	內 容													
狀況 2	<p>[發生後 15 分鐘]</p> <p>下午 2 時 15 分，消防隊判定受困人員位置情況危急，立即以破壞工具破壞車門，協助傷患脫困至安全區域實施初步搶救，隨後送往鄰近醫院治療。同時參照緊急應變指南規範，依風向設立現場管制區域，劃分安全範圍進行作業，此時大火劇烈燃燒，持續以水線控制火勢。下午 2 時 25 分消防分隊攜帶偵檢相關設備抵達現場，然因交通雍塞，核能安全委員輻射應變技術隊 (以下簡稱輻應隊) 無法於短時間內至災害現場，僅能與現場指揮官以電話聯繫，提供應變建議與諮詢</p>													
推演議題	<p>➔無偵檢設備情況下，受困人命救援</p> <p>➔無偵檢設備情況下，管制區域劃設與現場初步管制</p>													
推演測試目的	➔確認涉及輻射災害，且無偵檢設備情況下的緊急應變與處置流程													
推演內容	<p>1、消防員穿戴裝備進行人命救援，安全官則記錄進入火場人員姓名、停留時間，並參考輻應隊建議，每位消防員作業時間控制 30 分鐘內，以執行輻射防護安全管制</p> <p>2、協助送醫的緊急救護技術員 (EMT) 向醫療機構說明，2 名傷患全身嚴重燒傷 (70%二度以上燒傷)，昏迷指數分別為 3 及 8，並同時具輻射傷害之疑慮。醫療機構於身分記錄後，依嚴重燒燙傷流程優先啟動急救處理，同時通報衛生主管機關進行追蹤作業</p> <p>3、現場指揮官參考 IAEA 標準初步劃設熱區距離。判斷此狀況應屬「室外—火災、爆炸或煙霧現場有潛在危險輻射源」，因此初始熱區範圍為整個事故位置及其半徑 300 公尺</p> <p>4、指揮官持續向 119 指揮中心、輻應隊提供現場管制與火勢更新資訊，待技術人員到場進行進一步判定</p> <p>5、發送緊急警報，請附近居民配合救災人員疏散</p>													
備註/補充	<p>1、無輻射偵檢儀器，可依下表進行初始熱區劃設：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>狀況</th> <th>初始熱區</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">室外</td> </tr> <tr> <td>無屏蔽或已損壞的潛在危險輻射源</td> <td>半徑 30 公尺</td> </tr> <tr> <td>有明顯放射性物質外釋的潛在危險輻射源</td> <td>半徑 100 公尺</td> </tr> <tr> <td>火災、爆炸或煙霧現場有潛在危險輻射源 (本案狀況)</td> <td>半徑 300 公尺</td> </tr> <tr> <td>已爆炸或未爆炸之可疑輻射彈</td> <td>半徑 400 公尺或以上</td> </tr> </tbody> </table>		狀況	初始熱區	室外		無屏蔽或已損壞的潛在危險輻射源	半徑 30 公尺	有明顯放射性物質外釋的潛在危險輻射源	半徑 100 公尺	火災、爆炸或煙霧現場有潛在危險輻射源 (本案狀況)	半徑 300 公尺	已爆炸或未爆炸之可疑輻射彈	半徑 400 公尺或以上
狀況	初始熱區													
室外														
無屏蔽或已損壞的潛在危險輻射源	半徑 30 公尺													
有明顯放射性物質外釋的潛在危險輻射源	半徑 100 公尺													
火災、爆炸或煙霧現場有潛在危險輻射源 (本案狀況)	半徑 300 公尺													
已爆炸或未爆炸之可疑輻射彈	半徑 400 公尺或以上													

狀況	內 容	
	室內	
	潛在危險輻射源損壞、失去屏蔽、外釋	受影響及鄰接區域 (包括其上下樓層)
	火災或其他災害使得潛在危險輻射源可能外釋散佈至整個建築物(例如：透過通風系統)	整個建築物及上述適當的戶外距離
	有輻射劑量計時	
	輻射劑量率 100 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)	達到此劑量率之區域
	資料來源：Manual for First Responders to a Radiological Emergency.IAEA. (2006)	
	2、依我國「游離輻射防護安全標準」第 18 條及第 7 條規定，為搶救生命，劑量儘可能不超過 500,000 微西弗，並遵循「合理抑低原則」(As Low As Reasonably Achievable, ALARA)，儘可能降低輻射劑量，確保人員安全	

資料來源：本計畫團隊撰擬

表 17 非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件 (狀況 3)

狀況	內 容
狀況 3	〔發生後 30 分鐘〕 下午 2 時 30 分，明火幾乎撲滅，但射源區冒煙仍明顯，已持續針對電池模組及射源區域維持降溫。指揮官指派消防人員操作輻射偵檢儀器，由管制封鎖線由外向內量測輻射劑量率，發現事故地點外圍半徑 300 公尺處輻射劑量率為 0.3 微西弗/小時，靠近射源位置 10 公尺處的劑量升至 20-50 微西弗/小時，明顯高於背景輻射 (0.2 微西弗/小時以下)，立即以測量後劑量率調整管制區域
推演議題	➔取得輻射偵檢儀器之情況下之應變作為
推演測試目的	➔確認災害現場的輻射劑量率後之緊急應變
推演內容	1、由指揮官說明現場行動與監測輻射數值，因無法判定射源外釋，但「有射源屏蔽破損可能性」，採取預防性防護措施，冷卻射源區 2、依照測量之輻射劑量率調整管制區域 3、設立輻射偵檢站及傳送現場狀況給指揮中心、地方主管機關、衛生單位備查
備註/補充	1、照顧遭受放射性污染的傷患，並不會造成嚴重輻射傷害 2、在有輻射偵檢儀器情形下，建議將加馬射線達到 100 微西弗/每小時處定為熱區，沒有屏蔽加馬射線功能裝備、需要較長時間執行任務的消防人員，必須在熱區外執行任務，盡量就地取材以消防車等金屬作為屏蔽；另外，達

	到 0.5 微西弗/小時處定為人車管制區，禁止非救災人員進入 3、由於成人重要的臟器位置大多在距離地面 1 公尺高度，因此量測加馬射線以距離地面 1 公尺高度的範圍為主
--	---

資料來源：本計畫團隊撰擬

表 18 非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件 (狀況 4)

狀況	內容
狀況 4	<p>[發生後 120 分鐘]</p> <p>下午 4 時，火勢已被撲滅，為防復燃風險消防人員進行監控至滿 24 小時為止。指揮官已向輻應隊人員告知現場的輻射劑量率及處置狀況。輻應隊人員及設備所屬業者技術人員穿著全身式防護裝備，配備輻射偵檢儀器、人員劑量計、長柄夾及鉛桶，兩人一組進入熱區回收射源，並確認射源屏蔽材料受損（鑄造耗乏鈾已受熱破壞），將其裝入二次屏蔽桶內避免持續外釋。現場加馬射線輻射劑量率降至正常背景值 0.2 微西弗/小時以下。現場狀況解除，並逐步解除封鎖，進入除污及調查階段。最後對外說明災況與處置情形</p>
推演議題	<ul style="list-style-type: none"> ➔射源的後續處置 ➔災況說明與揭露
推演測試目的	<ul style="list-style-type: none"> ➔射源回收與場地復原、調查 ➔新聞發布與輿論回應 ➔輻傷傷患狀況追蹤
推演內容	<ol style="list-style-type: none"> 1、輻應隊及設備業者技術人員到達現場後，各由 1 名人員進入熱區確認射源狀態，並正確回收射源鈹-192 2、輻應隊將射源移往指定儲存點，消防協助現場進行地面殘留區域灑水與除污作業 3、現場消防指揮官向現場媒體說明狀況，後續由消防局內部新聞窗口提供災況、人員傷亡情況及處理情形、核能安全委員會提供輻射相關檢測數據，透過新聞局發布新聞稿，向社會大眾告知災況與處置情形：射源已回收，現場無放射性污染，請民眾不需恐慌。後續也會追蹤是否有不實謠言傳出，並予以澄清 4、衛生局持續追蹤傷患情況，並監測傷患遭受輻射曝露之情形 5、現場移交環保局等相關權責單位進行清理修復及備案調查
備註/補充	全身式防護裝備（含全身防塵衣、鞋套、手套、頭套、護目鏡、呼吸防護面具）

資料來源：本計畫團隊撰擬

4.2 輻射災害防救宣導圖資

一、執行構想

在資訊爆炸的年代，如何正確傳播資訊及判斷網路資訊的真實性乃不可忽視的重要課題。相較於大量文字的呈現，圖像更有利於在各大社群網站、通訊軟體間傳播，以簡潔明瞭、圖像化或具話題性呈現之內容，短時間內快速吸引民眾閱讀與分享，能有效提升宣傳效果。本計畫團隊將以閱覽者角度出發，著重圖面排版、資訊精簡、訊息圖像化等各方向設計圖資，以利民眾易於吸收基礎且正確的觀念。本次圖資之執行構想，詳見〔表 19〕。

表 19 輻射災害防救宣導圖資之執行構想

呈現構想	呈現方式	主題構想
簡潔圖文及圖表條列	1、針對主題項目撰寫正確且精準之輻災防救相關知識，並於圖文頁面作視覺整合 2、直覺理解式、系統性編撰方式，使圖像設計貼合文案內容及符號或數字等 3、使用於少數原則即能說明之主題，或是可精簡原則，以提升閱覽者的興趣，進而傳遞、分享，並主動搜尋該主題相關之進階內容 4、以閱覽者的角度規劃圖面排版，具備流暢性、邏輯性，且閱覽者於頁面皆能快速理解各主題所提供之重要觀念為主要目的 5、若是以原則性僅列重點文字無法完整傳達資訊時，可利用條列或圖表式呈現，並以文字大小、變色、粗體、底線、底圖等方式進行重點標示	1、通報管道知曉： 【核安監管中心通報方式】 2、基本觀念釐清： 【輻射曝露與污染辨識】

資料來源：本計畫團隊製表

為將輻災的正確概念與知識用最簡單易懂的方式宣傳給一般民眾，原訂以多張數之「圖文懶人包」方式進行呈現，於啟動會議後持續進行相關主題規劃，並在期中報告書審查會議擇定 2 式製作主題，後配合業務單位需求於 8 月 4 日調整為單張「海報」呈現之製作方式，尺寸為橫式 A1 大小（長 59.4 公分、寬 84.1 公分）。

本次宣傳圖資，原規劃主題為「輻射曝露辨識」、「體外防護原則」、「劃分管制區域」三方向，後續為更符合使一般民眾認識輻射災害防救之目的，經 4 月 25 日第一次工作會議及會後與業務單位多次討論，計畫團隊重新調整主題規劃並蒐集多款公務機關發表之圖文設計，

於 6 月 26 日期中審查會議提出「何謂輻射曝露與放射性污染?」、「體外防護三原則 (TDS 原則)」、「核安監管中心通報 3 寶」3 項主題及設計概念，並擇定最終主題名為「放射性污染? 輻射曝露? 大不同!」及「核安監管中心&通報 3 寶」進行後續製作。於 11 月 11 日 2 式圖資已完成並提交業務單位。

二、主題規劃

本計畫團隊規劃以帶領民眾學習輻射防護知識為出發點，透過「放射性污染? 輻射曝露? 大不同!」、「核安監管中心&通報 3 寶」等 2 項輻射災害防救主題製作圖資，以下針對上述主題加以說明。

(一) 放射性污染? 輻射曝露? 大不同!

放射性污染與輻射曝露為認識輻射之基本觀念之一，一般民眾較不具備此類知識，且此觀念對於各縣市政府第一線應變人員亦極為重要，本計畫團隊以此系列圖資個別簡介兩者觀念外，也期透過圖文能讓受眾瞭解「有曝露不一定有污染，但有污染一定有曝露」之兩者重要差異性認知。

(二) 核安監管中心&通報 3 寶

核能安全委員會為我國原子能業務主管機關，設有核安監管中心作為國內外應變通報樞紐，每日 24 小時全年無休掌握各核能電廠狀態以及全國環境輻射監測即時資訊。本計畫團隊以此系列介紹核安監管中心之 3 種通報管道 (專線傳真、手機、通訊軟體)，讓民眾在對核安或輻安有所疑慮時，可以透過前述管道來進行聯繫與確認，以讓民眾安心。

三、設計內容

(一) 放射性污染? 輻射曝露? 大不同!

針對放射性污染及輻射曝露的概念進行說明，並強調其差異性，最後使用「有曝露情形，不一定有污染」的標語方式來加深民眾之觀念，設計完成如 [圖 67]。



圖 67 放射性污染？輻射曝露？大不同！設計定案圖

資料來源：本計畫團隊繪製

(二) 核安監管中心通報 3 寶

核安或輻安事件發生時因多數民眾未曾接觸過「核安監管中心」也不清楚其通報方式與管道有哪些，故透過此圖傳達核能安全及輻射安全事件通報方式，並使民眾知曉如發生相關的事件可透過哪 3 種方法進行通報，設計完成如〔圖 68〕。



圖 68 核安監管中心通報 3 寶設計定案圖

資料來源：本計畫團隊繪製

4.3 「輻射災害第一線應變人員手冊」改版及美編

一、手冊版本簡介

「輻射災害第一線應變人員手冊」前言即敘明手冊內容為依應變時序說明應變人員應採取的行動，並提供作業相關之原則及注意事項。手冊於 106 年 5 月發行初版，歷經 3 年的使用後，蒐整使用者的意見並補充更新的案例經驗，於 110 年 12 月發行二版。歷經多年使用後，且因災害管理領域新知更新快速，本計畫團隊於 114 年度進行手冊三版的改版及美編。針對歷次版本的手冊章節內容整理如〔表 20〕，初版與二版的封面、封底設計如〔圖 69〕。

表 20 歷版輻射災害第一線應變人員手冊章節對照

章節	初版		二版	
	章	小節	章	小節
第一章	適用範圍與章節架構	適用範圍、章節架構	輻射災害種類與通報機制	本手冊適用之輻射災害、通報及應變機制
第二章	輻射災害應變行動	應變機制、應變人員出動時作業、危險輻射源辨識、現場管制區劃分、現場人命救助、原能會提供協助事項	出動前準備事項	通報、取得致災物資訊、輻射偵檢儀器、個人防護裝備、游離輻射特性與防護原則
第三章	應變人員與現場民眾防護行動	應變人員個人防護裝備、應變人員輻射劑量抑低、偵測與除污、現場民眾防護行動	輻射災害現場應變事項	輻射源辨識、劃分管制區域
第四章	民眾溝通與新聞發布	—	應變行動結束前處理事項	應變人員之偵測與除污、熱區內民眾處理
附件	輻射災害現場人員紀錄表、污染管制檢核紀錄表、人員快速偵檢、除污程序、		輻射災害現場人員紀錄表、污染管制檢核紀錄表	

章節	初版		二版	
	章	小節	章	小節
	受到污染時脫除空氣呼吸器程序、人命救助相關污染抑低措施			
附錄	本手冊常用名詞簡介、游離輻射特性與防護原則、游離輻射的健康效應、業者依法該採取之措施摘要、包件的型別、包件的類別、國際近年重大輻射災害案例		本手冊常用名詞簡介、游離輻射的健康效應、常見放射性物質防災處理方式、國內近年輻射意外事件相關案例	
出版年月	106 年 5 月		110 年 12 月	

資料來源：核能安全委員會、本計畫團隊彙整



初版封面、封底



二版封面、封底

圖 69 歷版輻射災害第一線應變人員手冊封面封底設計圖

資料來源：核能安全委員會、本計畫團隊繪製

二、手冊改版規劃

「輻射災害第一線應變人員手冊」三版改版方向與內容，經 114 年 2 月 10 日啟動會議、4 月 25 日第一次工作會議討論後，定調維持手冊使用對象為「地方政府第一線應變人員」，並在此前提下評估納入應變行動小卡以供災時第一線應變人員隨身攜帶使用。

本次改版章節以二版架構為主，新增應變行動小卡內容，手冊章節如〔表 21〕。以下分敘手冊改版規劃，三版手冊初稿於 9 月 23 日修訂完成，並於 114 年 4 場次地方政府輻射災害防救講習以電子版進行授課教學，後依據參訓學員回饋與業務單位意見修正後於 11 月 18 日定稿，三版手冊詳細各章節內容請見〔附件 B〕。

表 21 輻射災害第一線應變人員手冊三版章節

章節	三版	
	章	小節
第一章	輻射災害種類與通報機制	本手冊適用之輻射災害、通報及應變機制
第二章	出動前準備事項	通報、取得致災物資訊、輻射偵檢儀器、個人防護裝備、游離輻射特性與防護原則
第三章	輻射災害現場應變事項	輻射源辨識、劃分管制區域
第四章	應變行動結束前處理事項	應變人員之偵測與除污、熱區內民眾處理

章節	三版	
	章	小節
附件	輻射災害現場人員紀錄表、污染管制檢核紀錄表	
附錄	本手冊常用名詞簡介、游離輻射的健康效應、常見放射性物質防災處理方式、國內近年輻射意外事件相關案例	
書卡	應變行動小卡	

資料來源：本計畫團隊製表

(一) 內容修訂與美編設計

內容修訂以提升內容完整度、使用體驗為目標，包括內容審核與更新、QR-CODE 內容融入，以及設計與版面優化三大面向。「內容審核與更新」為檢視手冊既有內容進行修訂，並結合最新的國內外輻射緊急管理指導原則及 IAEA 相關標準，針對實務操作中可能遇到的場景進行補充；「QR-CODE 內容融入」則為考量數位行動裝置普及手冊內容之延伸性，在合適的部分置入 QR-CODE，可連結至相關操作影音或詳細指導內容；「設計與版面優化」則提供全本新版設計風格與版面配置，運用色彩區分不同章節及圖表。計畫團隊彙整手冊改版內容如〔表 22〕、〔圖 70〕。

表 22 輻射災害第一線應變人員手冊三版改版內容

改版方向	說明	頁次
內容審核與更新	文字內容進行修訂與補充	封面、前言、pp.3-13、p.15、p.29、p.33、p.45、pp.47-54、版權頁、側標、封底
	圖片置換及新增	pp.3-4、p.14、pp.18-19、p.25、p.30、pp.34-35
	新增應變行動小卡	封底前頁
QR-CODE 內容融入	新增操作影音輔助學習效果	p.15、p.38
	搭配數位連結延伸閱讀	p.8
設計與版面優化	流程圖、表格與分色標示，提升資訊易讀性與體驗	全本
	新版設計與版面配置	

資料來源：本計畫團隊製表

前言

對於輻射安全，核能安全委員會(以下簡稱核安會)一連不斷精進各項管制措施，雖然發生重大輻射災害的機會不高，但因災害的本質具有不確定性，不可輕忽，仍應有備無患。

當災害發生時，因地緣關係，第一時間到場進行處置者，通常為業者或地方政府，核安會已依風險特性，要求業者備有對應之安全設備及措施、人員、訓練、設備或計畫；每年亦辦理或協助地方政府進行輻射防護之講習、訓練與相關演練。

本手冊依應變時序說明應變人員應採取的行動，提供作相關之原則、圖表、檢核表，以及應變人員與民眾關心的問題與解答，於106年5月初版一刷。

110年12月發行二版，本次係依歷次版本使用者的回饋意見，並綜整近年國內外輻射災害相關事件實務經驗，編修本手冊。

● 本手冊對象
地方政府第一線應變人員(以下簡稱應變人員)，如警察、消防、衛生、環保、新聞等單位與現場指揮官。

● 本手冊用途
可供應變人員於災害發生初期數小時間，輔助人員到場前，進行危害辨識、劃分管制區、自我保護及應變行動的參考。



圖2 個人的防護裝備顯示要圖



圖3 手套、鞋套穿戴顯示要圖

/表2 輻射災害應變人員個人防護裝備建議表/

管制區	有輻射污染之區	無輻射污染可能
熱區	全身防護衣、鞋套、手套、腳套、護目鏡、呼吸防護器具	
暖區	全身防護衣、鞋套、手套、腳套、袖口蓋	無須穿戴特殊裝備
非管制區	無須穿戴特殊裝備	

● 預防區域A級防護衣裝也具備防輻射污染效果

● 預防人員進入災害現場所穿戴裝備，包括防護衣、A級防護衣或至少等級(C2A)，其防護效果都屬於進入管制區的基本配備。因此也具備防輻射污染效果。考慮到救災時效與行動靈活性，就輻射防護角度而言，不會特別建議穿戴A級防護衣。請參閱見效人員個人防護衣，一般是強調防核污染外，另有效受污染防護考量。

✓ 更改為核能安全委員會

4.1 應變人員之偵測與除污

- 會進入熱區內之應變人員：離開暖區之前，應先至「人員偵測與除污區」進行輻射偵測(依表8)，並依偵測結果處理。
- 未會進入熱區之應變人員：
 1. 任務結束後，卸下或脫除裝備，以防水袋(如塑膠袋、垃圾袋)密封，應於指定區域，以待後續偵測與處理。
 2. 人員原則不需於現場進行輻射偵測，若有進入暖區之應變人員，離開暖區前亦可至「人員偵測與除污區」進行輻射偵測，並依偵測結果處理；或離開後自行依表9「除污程序」進行清潔。
- 脫除個人防護裝備程序(圖10)：
 1. 外層手套(若僅配戴一層手套，則從2.開始)
 2. 脫除鞋套
 3. 脫除手套
 4. 呼吸防護面罩或N-95口罩
 5. 脫除鞋套
 6. 內層手套
 脫除之裝備放入防水袋(如塑膠袋、垃圾袋)密封口，以待後續處理。



圖9 熱區人員偵測與除污流程圖

● 1：詳見表8人員偵測與除污程序。
● 2：詳見表9除污程序。
● 3：若生命危險者應儘快送醫轉院救治。
● 4：請有以下任一狀況時執行：
○ 防護裝備與受污染工具長時間內無法脫除時。
○ 所有生命危險者應儘快送醫轉院救治並採取除污程序。
● 5：後續由醫療院所進行評估處理。

✓ 置換流程圖

✓ 統一為防護衣



圖10 防護裝備脫除程序圖

註：防護衣一層鞋套、手套，則從圖中開始脫除防護衣程序。

/表3 人員快速偵測流程/

步驟1	選擇適當輻射偵測儀器 最低應至少量測到1倍西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$)。								
步驟2	偵測並記錄偵測位置 於一般環境輻射劑量率(參考值0.2微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$))區域完成偵測程序，確認儀器功能正常並記錄儀器讀數與位置。 (可參考附件「輻射災現場人員紀錄表」進行紀錄)								
人員輻射偵測	偵測人員應戴手套並穿著防護衣，應量測人員手背10公分處進行偵測，如圖11所示。								
偵測結果處理程序如下	<table border="1"> <tr> <td>小於1倍西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)</td> <td>大於1倍西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)</td> </tr> <tr> <td>● 不須現場除污。</td> <td>● 進行表9除污程序。</td> </tr> <tr> <td>● 高劑量可參考表9除污程序自行進行清潔。</td> <td>● 若無法立即進行，應於指定區域等候除污。</td> </tr> <tr> <td></td> <td>● 若無法在現場等候，離開後應儘速依表9除污程序自行除污。</td> </tr> </table>	小於1倍西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)	大於1倍西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)	● 不須現場除污。	● 進行表9除污程序。	● 高劑量可參考表9除污程序自行進行清潔。	● 若無法立即進行，應於指定區域等候除污。		● 若無法在現場等候，離開後應儘速依表9除污程序自行除污。
小於1倍西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)	大於1倍西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)								
● 不須現場除污。	● 進行表9除污程序。								
● 高劑量可參考表9除污程序自行進行清潔。	● 若無法立即進行，應於指定區域等候除污。								
	● 若無法在現場等候，離開後應儘速依表9除污程序自行除污。								

✓ 置換較清晰之圖片及風格配色

內容審核與更新

/表3 輻射曝露與污染及防護原則/

輻射曝露與污染種類	防護原則
外曝 (無輻射性污染) (無輻射性污染)	離開或轉移輻射源，即可停止輻射曝露。 ● 善用額外防護原則。(時間、距離、屏蔽)
皮膚 (體外放射性污染，伴隨有體外曝露)	● 穿著適當的個人防護衣物。 ● 必要時進行除污。
吸入 (體外放射性污染，伴隨有體外曝露)	● 適當佩戴人員防護設備。 ● 災害現場避免飲食。

資料來源：<https://www.epa.gov/radionuclides/emergencies/infographic/contaminated-person-exposure.html>

美國疾病控制與預防中心
輻射曝露與污染影響資訊

/表9 除污程序/

1. 脫下外層衣物(或Synthra的體外防護衣)並用
 脫下外層衣物
 置入防水袋密封
 暫存於容納內
2. 淋浴(全面清洗)：沖洗或淋浴(局部清洗)
 無法淋浴則使用肥皂清洗臉部、手部及裸露在外的肌膚。
 沒有水槽或水龍頭則用溫水中擦拭臉部、手部及裸露在外的肌膚(左下圖)，並擦拭頭髮、睫毛、耳朵、褲襠子(右下圖)。
 可使用肥皂及洗髮精，不要用力刷洗導致皮膚破口。若有傷口應先以膠布隔離。
3. 穿上乾淨的衣物
 若有乾淨衣物可
 後再穿回去。穿上後再次清洗臉部和衣物。
 若無乾淨衣物，將原衣物抖落塵土使用，穿上後再次清洗臉部和衣物。
 4. 脫下小孩或寵物衣物
 可以的話戴上口罩及防水手套。
 若有傷口應先以膠布隔離。
 完成後，洗臉、手及褲襠在外的肌膚。
 完成後，可再次進行人員偵測。
 ● 若測後仍有污染，再次進行除污程序。
 ● 防護衣除污程序不應超過3次，多會損壞。
 ● 若仍有污染，應有輔助人員或後送責任醫院評估。

資料來源：<https://www.cdc.gov/radiation-emergencies/prevention/self-decontamination.html>

美國疾病控制與預防中心
輻射曝露與污染影響資訊

QR-CODE 內容融入



設計與版面優化

圖 70 輻射災害第一線應變人員手冊三版改版設計示意圖

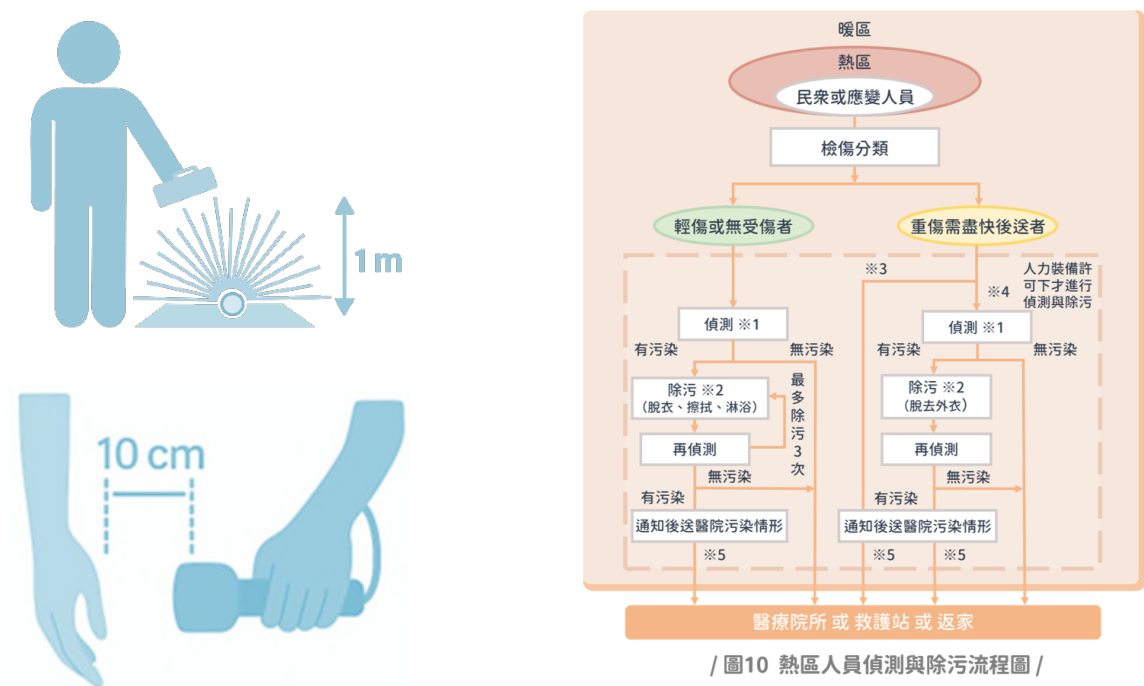
資料來源：本計畫團隊繪製

美編設計以手冊封面、封底設計及版面優化為主要目標，前者於 4 月 25 日第一次工作會議提出初步設計方向及參考示意圖，經會議討論後以強化第一線應變人員全套防護裝備之完整性、精確度為後續修改方向，歷經多次討論後於 8 月 15 日定稿為〔圖 71〕。

版面優化期能提升手冊閱讀性，於封面設計風格定案後進行全冊色系及版面內容、大綱架構進行排版調整，另計畫團隊亦納入近年「地方政府輻射災害防救講習」之後測學員答題高錯誤率題目，以及評估第一線應變人員應掌握重要知識...等，再次檢視二版手冊內容及圖例，並以體外防護原則、應變流程圖等為加強說明、重繪圖資主題〔圖 72〕。



圖 71 輻射災害第一線應變人員手冊三版封面、封底設計定案圖
資料來源：本計畫團隊繪製



/ 圖10 熱區人員偵測與除污流程圖 /



圖 72 輻射災害第一線應變人員手冊三版重繪圖資

資料來源：本計畫團隊繪製

(二) 應變行動小卡

應變行動小卡設計初衷為地方政府第一線應變人員若遇輻射災害緊急事故發生後，能在第一時間內掌握應變要訣之內容，設計方向以「一目瞭然、操作導向、隨身攜帶」為原則編製。計畫團隊參考國內災害管理主責機關各式文宣設計後，於第一次工作會議提出應變行動小卡規劃，尺寸為 A6 大小（長度 14.8 公分、寬度 10.5 公分），單張雙面設計，未來可以裁切線單張附加於手冊封底前，以利應變人員撕下並隨身攜帶。

小卡內容以「輻射災害第一線應變人員手冊」之內容與圖資為主軸加以運用，經第二次工作會議及後續討論後，於 8 月 20 日擇定以「個人防護裝備」及「管制區劃設」為呈現主題。個人防護裝備部分，方向以輻射災害第一線應變人員防護裝備脫除流程進行製作，並輔以手冊人物繪製之圖資加以美編，而管制區劃設，方向則以輻射災害現場管制區劃設進行製作，內容摘自手冊中依環境輻射劑量率所劃分熱區及暖區之劃定標準及作業內容，並導入示意圖提供第一線應變人員對照使用。相關設計尺寸與定稿圖請見〔圖 73〕。



個人防護設備脫除流程

管制區域劃設

圖 73 應變行動小卡設計定案圖

資料來源：本計畫團隊繪製

第五章 辦理 114 年地方政府輻射災害防救講習

為持續提升地方政府的輻射災害防救知識與能力，維持與緊密地方政府各單位第一線應變人員橫向的溝通管道，本計畫團隊自 105 年配合辦理地方政府輻災防救講習至今，透過邀請地方政府第一線應變人員及輻射災害相關單位業務承辦人員參與講授與實作兼併之課程，並持續參考每次辦理的成果及學員的意見回饋，有效研擬與設計最具成效的輻災防救講習，深受參與單位與學員的肯定與支持。本計畫團隊依據需求於 114 年度辦理中、東、北、南共 4 場次，各為期 1 日之地方政府輻災防救講習（以下簡稱本講習），於 114 年 6 月 18 日函報講習辦理草案，後續於 10 月 2 日（中部場）、10 月 8 日（東部場）、10 月 15 日（北部場）及 10 月 22 日（南部場）辦理講習課程，共 117 人次參與；辦理完成後已於 11 月 18 日提送講習成果報告書，以下說明講習辦理成果。

5.1 授課時間、地點與議程

本講習辦理日期為 114 年 10 月 2 日、10 月 8 日、10 月 15 日及 10 月 22 日，共計 4 日；分別於臺中市（臺中市災害應變中心）、花蓮縣（花蓮縣消防訓練大樓）、新北市（新北市災害應變中心）、高雄市（高雄市災害應變中心）辦理訓練課程，請見〔表 23〕；另本講習各場次之議程請見〔表 24〕。

表 23 114 年地方政府輻射災害防救講習辦理日期與地點表

場次	時間	地點
中部	10 月 2 日 (星期四)	臺中市災害應變中心（臺中市南屯區文心南九路 119 號 5 樓）
東部	10 月 8 日 (星期三)	花蓮縣消防訓練大樓（花蓮縣花蓮市華西 127 號）
北部	10 月 15 日 (星期三)	新北市災害應變中心（新北市板橋區中山路一段 161 號 9 樓）
南部	10 月 22 日 (星期三)	高雄市災害應變中心（高雄市前鎮區凱旋四路 119 號 7 樓）

資料來源：本計畫團隊製表

表 24 114 年地方政府輻射災害防救講習各場次課程時間表

時間	主題	主持人/講師
08:40 - 09:10	參訓學員報到	-
09:10 - 09:20	致詞	【核安會】 北部場： 蘇軒銳執行秘書 中、東、南部場： 王濬儒代理科長
09:20 - 09:30	課程前測	【計畫團隊】
09:30 - 10:30	游離輻射防護簡介	【外聘講師】
10:30 - 10:40	交流時間	-
10:40 - 12:00	輻射災害第一線應變人員手冊導讀	【核安會講師】
12:00 - 13:00	午餐	-
13:00 - 13:50	輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練	【核安會講師】
13:50 - 14:00	課程後測	【計畫團隊】
14:00 - 14:35	輻射災害第一線應變人員 推演教育訓練系統介紹	【計畫團隊講師】
14:35 - 14:45	交流時間	-
14:45 - 16:00	輻災情境推演實作	【計畫團隊講師】
16:00 - 16:30	綜合座談	【核安會】 王濬儒代理科長 【計畫團隊】

資料來源：本計畫團隊彙整

5.2 授課講師

本講習邀請核安會保安應變組王濬儒代理科長、賴佳琳技正、周憲浩技正、蔡易達技士、陳冠諦助理研究員；學術、醫界專家外聘講師群，包含中山醫學大學醫學影像暨放射科學系陳健懿教授、慈濟大學醫學影像暨放射科學系張國平副教授、天主教耕莘醫療財團法人耕莘醫院醫務部兼核子醫學科樊裕明主任、長庚醫療財團法人高雄長庚紀念醫院急診醫學科蔣長延醫師（依辦理場次排序）；以及計畫團隊講師，國立臺灣大學醫學院附設醫院急診醫學部鄭銘泰醫師、銘傳大學都市設計與永續發展學系馬國宸副教授等 11 位講師進行授課〔表 25〕

表 25 114 年地方政府輻射災害防救講習各場次講師安排表

場次	課程主題	講師
中部	游離輻射防護簡介	陳健懿教授
	輻射災害第一線應變人員手冊導讀	蔡易達技士
	輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練	王濬儒代理科長
	輻射災害第一線應變人員推演教訓練系統介紹	鄭銘泰醫師
	輻災情境推演實作	鄭銘泰醫師
東部	游離輻射防護簡介	張國平副教授
	輻射災害第一線應變人員手冊導讀	陳冠諦助理研究員
	輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練	王濬儒代理科長
	輻射災害第一線應變人員推演教訓練系統介紹	馬國宸副教授
	輻災情境推演實作	馬國宸副教授
北部	游離輻射防護簡介	樊裕明主任
	輻射災害第一線應變人員手冊導讀	賴佳琳技正
	輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練	王濬儒代理科長
	輻射災害第一線應變人員推演教訓練系統介紹	馬國宸副教授
	輻災情境推演實作	馬國宸副教授
南部	游離輻射防護簡介	蔣長延醫師
	輻射災害第一線應變人員手冊導讀	周憲浩技正
	輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練	王濬儒代理科長
	輻射災害第一線應變人員推演教訓練系統介紹	馬國宸副教授
	輻災情境推演實作	馬國宸副教授

資料來源：本計畫團隊製表

5.3 參與講習對象與人數

本講習分為 4 場次，參與講習之單位包含中央機關、各級政府輻射災害防救與應變相關單位以及陸海空大眾運輸交通單位，參與人數共計 117 人次。參與講習單位彙整請見[表 26]。

表 26 參與講習單位彙整表

場次別	單位	人數
中部場	內政部警政署臺中港務警察總隊	1
	內政部警政署刑事警察局	1
	內政部消防署港務消防大隊臺中港隊	1
	財政部關務署臺中關	1
	臺中市政府消防局	1
	臺中市政府警察局	1
	臺中市政府衛生局	1
	臺中市政府新聞局新聞聯繫科	1
	苗栗縣警察局	1
	苗栗縣政府消防局	1
	彰化縣消防局	1
	彰化縣環境保護局	1
	彰化縣政府新聞處	1
	南投縣政府消防局	3
	雲林縣消防局	5
	臺灣港務股份有限公司臺中港務分公司	1
	臺中捷運股份有限公司	1
中部場學員人數合計		23
東部場	內政部警政署刑事警察局偵察第五大隊	1
	內政部警政署航警局臺北分局花蓮分駐所	1
	內政部消防署港務消防大隊花蓮港隊	1
	交通部民用航空局臺東航空站	1
	花蓮縣警察局	1
	花蓮縣消防局	2

場次別	單位	人數
	花蓮縣衛生局	1
	臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司	1
	臺東縣消防局	1
東部場學員人數合計		10
北部場	內政部空中勤務總隊	1
	內政部警政署航空警察局臺北分局	1
	內政部警政署基隆港務警察總隊	1
	國防部全民防衛動員署	2
	財政部關務署基隆關	1
	財政部關務署臺北關	1
	交通部民用航空局金門航空站	1
	陸軍化生放核訓練中心	1
	核能安全委員會	9
	國家原子能科技研究院	1
	臺北市政府衛生局	1
	臺北市政府警察局	1
	臺北市政府消防局	2
	臺北市政府環境保護局	2
	新北市政府消防局	3
	新北市政府交通局	1
	新北市政府衛生局	1
	新北市政府環境保護局	1
	桃園市政府環境保護局	1
	基隆市衛生局	1
	基隆市消防局	1
	基隆市警察局民防管制中心	1
	基隆市環境保護局	1
	新竹市消防局	3
新竹縣政府消防局	3	

場次別	單位	人數
	宜蘭縣政府消防局	2
	金門縣環境保護局	1
	連江縣環境資源局	1
	臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司	2
	台北大眾捷運股份有限公司	1
	新北大眾捷運股份有限公司	1
	桃園國際機場股份有限公司航務處消防大隊	1
	台灣高速鐵路股份有限公司	2
	財團法人中華民國佛教慈濟慈善事業基金會	2
北部場學員人數合計		55
南部場	內政部警政署刑事警察局	1
	內政部警政署高雄港務警察總隊	1
	內政部消防署港務消防大隊	1
	交通部民用航空局澎湖航空站	1
	交通部民用航空局臺南航空站	1
	交通部民用航空局高雄國際航空站	1
	財政部關務署高雄關	1
	臺南市政府消防局	5
	高雄市政府消防局	2
	高雄市政府衛生局	1
	高雄市政府新聞局	1
	高雄市政府警察局	1
	嘉義市政府環境保護局	1
	嘉義市政府消防局	1
	嘉義縣政府新聞行銷處	1
	嘉義縣消防局	1
	屏東縣政府警察局	1
	屏東縣政府衛生局	1
屏東縣政府環境保護局	1	

場次別	單位	人數
	屏東縣政府消防局	1
	澎湖縣政府消防局	1
	高雄捷運股份有限公司	1
	臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司	1
	財團法人中華民國佛教慈濟慈善事業基金會	1
南部場學員人數合計		29
總計		117

資料來源：本計畫團隊彙整

5.4 課程內容與授課方式

首先由外聘專業講師講授游離輻射防護內容，介紹游離輻射之特性、民生應用、安全管制及防護原則；接著由核能安全委員會講師針對輻射災害第一線應變人員手冊進行講解，並說明手冊使用方式、基礎的輻射災害種類樣態、對人體的影響、輻災時的應變步驟及輻防要領之講授，以分享國內外輻射災害案例的方式，學員可以瞭解實際操作中的挑戰和應變策略，從而靈活應用手冊中的處置準則，讓學員具備基礎的輻射災害應變觀念，並彙整我國近年來輻射意外事件、導入輻射災害第一線應變人員手冊之應變機制，具體化輻射災害之處置原則；以及介紹我國應變人員較常使用的輻射偵檢儀器之使用方式與注意事項，並進行實際操作。

後由計畫團隊計畫主持人（或協同主持人）介紹並說明系統之推演方式、各狀況時間與作業重點、各功能分組之細部作業項目。系統工程師則從旁協助學員快速瞭解訓練系統基礎功能，再請學員練習操作訓練系統；經測試完成後，即進入 3 階段推演狀況，各階段狀況處置作業時間皆為 20 分鐘，由學員操作訓練系統，講師再針對學員提出之疑問或議題協助回應；最終完成 3 階段推演後再進行講評及課程回饋問卷填答。

一、理論課程

- （一）游離輻射防護簡介：介紹游離輻射之特性與防護原則，共計 60 分鐘。
- （二）輻射災害第一線應變人員手冊導讀：講解輻射災害第一線應變人員手冊內容，並透過國內外案例分享，協助學員瞭解遭遇類似情境時的處置準則，共計 80 分鐘。
- （三）輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練：說明我國應變人員較常使用的輻射偵檢儀器之

使用方式與注意事項，並進行實際操作，共計 50 分鐘。

二、實務課程

- (一) 輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統介紹：介紹系統的操作方式與操作注意事項，並說明推演方式與模擬練習，以銜接下堂課程進行，共計 35 分鐘。
- (二) 輻災情境推演實作：綜整前述課程內容，以輻災情境推演與分組方式進行實際操作與驗證。學員就想定之輻射災害情境與時序進行推演，擬訂相關應變作為（包含災害辨識、通報動員、管制區劃設、偵檢除污、資訊彙整與訊息發放等），並透過討論及心得分享，使參訓學員能瞭解輻射意外事故之處置重點，並引導其練習決策擬定及資源部署等應變事宜，共計 75 分鐘。

1、推演目的

- (1) 瞭解放射性物質意外事件之處置重點，確保應變人員在面對輻射災害的事件時能運用所學要領進行應變並保護自身安全。
- (2) 訓練學員事件發生後決策擬定、分工調度、緊急應變、資訊傳遞掌控、資源部署能力，並結合課程所學強化輻災辨識、管制區劃設、偵檢除污等第一線應變知能。
- (3) 釐清當前各單位學員對於第一線應變作為之迷思或疑問，並進行深入探討與回應。

2、推演時序

本次輻災情境推演實作首先安排 10 分鐘「推演方式及任務說明」，由主推官講解本次推演目的、功能編組、情境想定、各狀況時間與處置重點等細部作業項目；說明完成後即進入推演狀況，情境共分為 3 個階段狀況，各狀況處置作業時間皆為 20 分鐘，由學員擔任應變人員操作訓練系統，講師為主推官針對學員提出之疑問或議題協助回應，工作人員則扮演促成者角色協助引導與推動，使推演過程更具整合與實效性；最終於完成 3 個階段推演後進行課後講評。

3、分組組別

- (1) 情境推演分為指揮幕僚組、災害防救組、治安交通組、醫衛環保組、新聞發布組等組別進行分組討論，各組別主要作業內容如〔表 27〕。

表 27 功能分組作業內容表

分組	作業內容
指揮幕僚組	災害現場協調聯繫支援調度、災情分析、後續災情預判應變、防救災策略作為等供指揮官決策建議
災害防救組	彙整災情及災情指示等聯絡事項、災害現場人命搶救事項及緊急救難
治安交通組	災情查報、應變警戒、民眾疏散撤離、交通秩序及運輸之維護、救災人員及器材物資之運輸
醫衛環保組	緊急醫療及環境衛生消毒調度支援
新聞發布組	新聞發布、錯誤報導更正、民眾安全防護宣導及新聞媒體聯繫溝通

資料來源：本計畫團隊製表

- (2) 各分組每組約 3 至 12 人，由主辦單位依學員所屬單位預先完成分組作業。
- (3) 每組指定 1 名組長，組長負責召集組員進行討論，並指派 1 至 2 名組員於訓練系統進行登打作業，負責「處置作為」及「跨組協調」事項。
- (4) 透過主推官、組長與組員共同討論、規劃具體行動，以及協調跨單位、跨部會提供救災資源及資訊，進行狀況處置並擬定決策。

4、推演方式

- (1) 階段時間序為事件發生 5 分鐘後、15 分鐘後、120 分鐘後，分階段進行 3 道狀況的推演。
- (2) 各階段獨立操作，惟各階段仍為同一事件，需注意整體資源應用數量、部署，以及調度之合理性。
- (3) 使用訓練系統「輻射偵檢」功能偵測環境輻射數值，並使用「劃設熱暖區」功能劃定熱暖區。
- (4) 使用訓練系統「設立前進指揮所」功能，指定前進指揮所位置；「交通管制點」功能，指定交通管制位置；「設立後送點」功能，指定運送傷患之地點；「設立除污站」功能，指定除污站位置；「出入口管制點」功能，指定管制區出入口位置；如有公車路線會行經管制區，則使用「繪製替代路線」功能，繪製公車繞道之替代路線。
- (5) 於訓練系統「處置作為」欄位登打該組之處置與行動對策。

(6) 於訓練系統「跨組協調」欄位登打與各組指示、求援或回應事項。

5、處置作為

- (1) 各組別皆須於訓練系統登打處置作為。
- (2) 處置作為須包含人員、裝備、物資、車輛、行動事項及請求支援事項等資訊，其中請求支援事項也須於跨組協調欄位填寫；人員、裝備、物資、車輛必須填寫數量及種類，例如：「人員」為處置現場狀況之人員性質、種類，如警察、消防員、救護員、里長等。「裝備」為預計穿戴或使用之個人裝備及設備，如 C 級防護裝備、人員劑量計、輻射偵檢儀器等。「物資」為救災相關耗材或預計會動用的資源，如 N-95 口罩、碘片、交通指揮棒、三角錐等。「車輛」為各式執行任務所需車輛，如警車、消防車、救護車或工程車等。
- (3) 考量狀況處置之完整性，應確實填列所使用之各項資源；若每階段具多個行動，亦可於處置作為欄位，以行動 1、2、3 標註行動順序，或依照實際狀況依序發送訊息。

6、推演情境

本次推演情設定為非破壞照相檢驗設備屏蔽未破損之放射性物質意外事件，共規劃 3 道狀況，針對辨識輻射災害、無法立即取得輻射偵檢儀器情況下之緊急應變與處置流程、取得輻射偵檢儀器並確認現場的輻射劑量率後之應變作為，以及射源的後續處置及災況說明與媒體揭露進行推演；各場次輻射劑量數值設定模擬屏蔽未破損之情形，數值最高為 0.8 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)；詳細推演情境，請見〔表 28〕所示。

表 28 輻災情境推演實作狀況彙整表

基本 想定	<p>〔114 年 10 月○日，14 時〕天氣晴；氣溫 38°C；吹南風</p> <p>2 名人員攜帶放射線照相檢驗設備，駕駛廂型車前往一處工業區進行放射線照相檢驗。在行經○○路與○○路交岔口，遭 1 輛超速闖紅燈的貨車撞擊，該廂型車翻覆後冒出濃煙，另違規貨車車頭毀損，車門變形受阻，雙方駕駛及乘客均受困車內。周遭民眾於事發後立即撥打 110 報案。因起火車輛外觀貼有放射性物質運送標誌，現場圍觀群眾拍攝並上傳 Facebook、LINE 等社群媒體，消息傳播極快，出現「放射性物質外釋」、「整區可能遭放射性污染」等不實訊息，造成居民與群眾恐慌、謠言四起，紛紛湧向外圍撤離，造成交通嚴重癱瘓。</p>
------------------	---

射源 資料	<p>【核種】銥 192 (Ir-192)</p> <p>【活度】50 居里 (1.85TBq)</p> <p>【包裝容器】乙型包件 (BU)</p> <p>【未屏蔽之裸露射源劑量率】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 距離 5 公分處：約 100 西弗/小時 ➢ 距離 30 公分處：約 2.78 西弗/小時 ➢ 距離 100 公分處：約 0.25 西弗/小時 <p>【輻射防護指引】本放射性物質主要產生加馬 (γ) 射線，一般使用為密封形式，應變時須注意體外曝露防護。</p>	
狀況 1	推演議題	如何進行現場初步管制及應變處置
	處置重點	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 辨識是否為輻射災害 ➢ 災情查通報及評估是否請求協助 ➢ 無輻射偵檢儀器下之人命救援 ➢ 現場警戒區劃定及人車管制、秩序維護作業
	狀況內容	<p>[14 時 05 分，發生後 5 分鐘]</p> <p>接獲民眾報案後警察局勤務指揮中心通報轄區分隊並轉通報 119 救災救護指揮中心趕赴現場處理。抵達後經確認肇事貨車 1 名駕駛受困，另貼有放射性物質運送標誌之遭撞廂型車輛已起火燃燒，2 名人員受困車內且重傷昏迷，現場消防分隊破壞車門，協助傷患脫困至安全區域實施初步搶救後立即送往醫院治療。</p> <p>由於該任務消防分隊並未配置輻射偵檢相關設備，且無法確認載送之放射性物質屬性，或是否有外釋可能，故通報 119 指揮中心調派偵檢儀器及人員劑量計等設備到場參與應變，同時聯絡核能安全委員會輻射應變技術隊（以下簡稱輻應隊）與設備業者協助應變。</p>
狀況 2	推演議題	取得輻射偵檢儀器前、後之應變作為
	處置重點	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 車輛滅火作業 ➢ 輻射劑量率偵測 ➢ 管制區劃設 ➢ 引導疏散避難

	狀況內容	<p>[14 時 15 分，發生後 15 分鐘]</p> <p>經確認該放射線照相檢驗設備屬性，立即通報核安會核安監管中心，然輻應隊因交通雍塞無法於短時間內至災害現場，僅能以電話提供應變建議與技術諮詢，現場指揮官參考輻射災害第一線應變人員手冊初步劃設管制區。</p> <p>此時大火劇烈燃燒，持續以水線控制火勢，消防分隊攜帶輻射偵檢儀器抵達現場，消防指揮官指派著防護裝備消防人員操作輻射偵檢儀器，從管制區由外而內偵測劑量率，並於距離廂型車後車廂 1 公尺處測得劑量率約 0.8 微西弗/小時，僅稍高於背景輻射 (0.2 微西弗/小時以下) 並依測得數值調整劃設之管制區範圍。</p>
狀況 3	推演議題	如何進行後續管制及應變處置
	處置重點	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 災情確認與處置 ➤ 射源回收復原作業 ➤ 事故釐清及安全檢查 ➤ 消息發布與輿情回應
	狀況內容	<p>[16 時，發生後 120 分鐘]</p> <p>火勢已撲滅，輻應隊及業者所屬輻防人員抵達災害現場，穿著個人防護裝備、攜帶輻射偵檢儀器進入車體內進行量測，確認非破壞照相檢驗設備容器完整且無放射性物質外釋情形，依作業程序成功回收射源。測量現場環境背景值為每小時 0.2 微西弗以下。</p> <p>此時，網路瘋傳「放射性物質外釋」、「整區可能遭放射性污染」等不實訊息，導致群眾人心惶惶，故立即對外界說明災況與處置情形，並針對網路散播之不實言論進行澄清，相關權責單位同步進行事故釐清及後續安全檢查。</p>

資料來源：本計畫團隊製表

三、實施經過及授課成果

本講習採用 BeClass 報名系統供學員線上報名，學員可自由選擇場次參加課程，亦可於課程辦理前自行輸入帳號密碼予以修改或刪除報名資料，使報名機制更為彈性與靈活。本計畫團隊亦於各場次辦理前 (一至二日)，寄發行前通知信件並透過電話聯繫，提醒學員活動時間、地點，且同步調查學員出席狀況。講習皆預先完成所有報名學員座位規劃，並請學員依排定座位入座，當日亦開放現場報名，並依實際情況安排座位。

本講習第一堂課程《游離輻射防護簡介》，以認識輻射為主軸，首次邀請醫界與學界深耕輻射防護之專家學者授課，分享專業經驗。課程透過簡潔易懂的圖文簡報與生動有趣的方式，

說明游離輻射特性，輔以民生應用案例、我國安全管制及防護原則等，使學員理解輻射的基本概念，並幫助建立正確輻防觀念及基礎知識。

第二堂課程《輻射災害第一線應變人員手冊導讀》由核安會講師進行講授，〈輻射災害第一線應變人員手冊〉於 106 年 5 月初版一刷、110 年 12 月發行二版，對第一線應變人員助益良多，今年度核安會依歷次版本使用者的回饋意見，並綜整近年國內外輻射災害相關案件實務經驗，編修三版手冊內容，並透過本講習向學員說明手冊重點，內容包含輻射災害種類與通報機制、出動前準備事項、輻射災害現場應變事項、應變行動結束前處理事項，皆可作為應變人員於災害發生初期數小時間，輻射防護人員到場前，進行危害辨識、劃分管制區、自我保護及應變行動的參考。並以國內外真實案例延伸探討地方政府及核安會的處置作為、解析現場民眾及第一線應變人員產生謬誤之處，並針對遭通報疑似放射性物質物品進行說明與釋疑等，使參訓學員瞭解遭遇疑似輻射災害之應處措施。

第三堂課程《輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練》為強化第一線應變人員操作輻射偵檢儀器之熟悉度，核安會講師於課程中介紹我國應變人員較常使用之輻射偵檢儀器種類、原理、數據判讀方式、操作注意事項等專業知識，並於現場提供學員輻射偵檢儀器進行操作與數據判讀練習。

第四堂課程《輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統介紹》由計畫團隊講師說明〈輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統〉之開發目的、使用對象、介面設計與相關功能等，課程結合影音示範教學，讓學員更易直觀理解操作流程，並以地方政府各單位的職掌為例，說明其在輻射災害情境下所需執行的任務項目。課程結尾亦安排 15 分鐘演練時間，透過設置小關卡的互動式環節讓學員動手練習，掌握系統操作概念，以銜接後續推演實作課程。

最後第五堂課程《輻災情境推演實作》，自 107 年起納入課程規劃，本次設定的情境為地方政府第一線應變人員較有潛勢遭遇之「非破壞照相檢驗設備屏蔽未破損之放射性物質意外事件」。由計畫團隊講師擔任主推官，各推演組別針對講師發布之狀況進行內部處置討論，並於擬定決策後將該組別處置作為登打於系統，最後由講師以處置作為、跨組協調及相關圖資系統紀錄為依據進行講評。推演過程中，學員踴躍提出各階段處置建議，亦有提出實務上可能遭遇的問題進行討論，取得較適切的處置作為。另東部場次該課程調整為桌上型兵推演練，各推演組別針對發布狀況共同討論、規劃具體行動進行處置，並於地圖海報部署相關資源、管制區等位置，亦將組別之處置與行動對策撰寫於行動小卡上，最後由各組長分享該組推演

過程的應對行動。

本講習針對前三堂理論課程設計輻射防護知識相關題目的前、後測驗，結果顯示學員在課程後的答題平均分數有提升。課程前測時，學員可能對輻防相關概念較不理解或理解程度較為有限，經講師講授後於課後測驗的答題正確率明顯提高，反應課程內容有效增進學員學習成效。全數課程結束後，也讓學員掃描 QR-code 以匿名方式進行課後問卷調查，問卷內容設計為各課程學習回饋量表，此量表結果將俾利日後講習行政作業規劃、課程內容安排等之精進。各場次講習紀錄請見 [圖 74]。



中部場-全體學員合影



中部場-王濬儒代理科長致詞



中部場-輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練



中部場-輻災情境推演實作



東部場-全體學員合影



東部場-輻射災害第一線應變人員手冊導讀



東部場-輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練



東部場-桌上型兵推演練



北部場-全體學員合影



北部場-蘇軒銳執行秘書致詞（圖中右方）



北部場-游離輻射防護簡介



北部場-輻災情境推演實作



南部場-全體學員合影



南部場-輻射災害第一線應變人員手冊導讀



南部場-輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練



南部場-前、後測題目講評

圖 74 114 年地方政府輻射災害防救講習各場次講習紀錄

資料來源：本計畫團隊拍攝

5.5 課程問卷設計

本講習課程問卷設計包含前、後測驗問卷與課程回饋問卷，各場次為單位分為 10 月 2 日中部場次、10 月 8 日東部場次、10 月 15 日北部場次、10 月 22 日南部場次。以下就問卷內容「前、後測驗問卷」及「課程回饋問卷」依序說明。

一、前、後測驗問卷

為瞭解學員課前與課後對於整體課程內容的理解程度及學習效益，以及提供未來課程規劃調整之參考，共設計 10 題輻射防護知識相關之題目，請學員於課程開始前與結束後作答；問卷題目請見〔表 29〕。

表 29 前後測驗題目表

題號	題目	選項	解答
1.	請問多少劑量率以下（含）屬於一般背景輻射變動範圍？	(1) 0.02 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/hr}$) (2) 0.2 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/hr}$) (3) 0.2 毫西弗/小時 (mSv/hr)	2
2.	請問下列哪一項可能會造成輻射災害？	(1) 核磁共振儀 (MRI) (2) X 光機 (3) 放射性物質	3
3.	請問距離輻射源 2 倍距離，輻射劑量會變成原本的多少？	(1) 1/4 倍 (2) 1/2 倍 (3) 2 倍 (4) 4 倍	1
4.	以下何者為輻射示警標誌？	(1)  (2)  (3)  (4) 	1
5.	穿著輻射防護個人裝備（全身防護衣、鞋套、手套、頭套、呼吸防護面具或 N-95 口罩）是為了防止？	(1) 輻射曝露 (2) 放射性污染	2

題號	題目	選項	解答
6.	災害現場若有放射性污染，劃分管制區時，應以哪些劑量率數值作為熱區／暖區邊界參考值？	(1) 50/0.1 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/hr}$) (2) 100/0.5 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/hr}$) (3) 100/0.5 毫西弗/小時 (mSv/hr)	2
7.	請問下列哪一項可能會造成放射性污染？	(1) 核醫藥物 (2) 電腦斷層 (3) 密封放射性物質	1
8.	密封放射性物質分為 5 類，請問哪一類最危險？	(1) 第一類 (2) 第五類	1
9.	下列哪一項不是體外輻射曝露的防護原則？	(1) 縮短時間 (2) 增加距離 (3) 適當屏蔽 (4) 增加代謝	4
10.	下列哪一項不是遇到輻災時，量測輻射劑量率的注意事項？	(1) 由遠而近進行量測 (2) 量測離地 1 公尺處的劑量率 (3) 量測結果應全程記錄 (4) 懷孕中的婦女，仍可協助量測	4

資料來源：本計畫團隊彙整

二、課程回饋問卷

「課程回饋問卷」主要針對全日講習課程內容規劃與安排之適切性進行調查，同時，針對模擬推演系統之運用，設計有系統相關回饋意見調查問項，以瞭解系統設計與功能之完整性。問卷內容區分為「個人基本資料」、「對講習安排之滿意程度」、「對於講習課程內容之回饋」、「對模擬推演系統之回饋」，以及「開放式問項」等五部分。問卷填寫採用 Google 表單設計〔圖 75〕，讓參訓學員進行線上填寫。

本問卷個人基本資料部分為研究與分析參訓學員特性之用，將問項分為「機關類別」、「性別」、「年齡」、「災防經歷」、「是否曾參加本講習」等 5 項。

其他問項設計分為兩大部分，前半部分採用李克特氏五點量表 (Likert 5-point scale)，讓學員勾選 5 個等級的選項。針對「對講習安排之滿意程度」，第一級表示針對各主題項目之滿意程度最低 (非常不滿意)，第二級表示滿意程度次之 (不滿意)，第三級表示滿意程度中等 (普通)，第四級表示滿意程度較高 (滿意)，第五級表示滿意程度最高 (非常滿意)。針對「對

於講習課程內容之回饋」與「對模擬推演系統之回饋」部分，第一級表示針對各項目之敘述同意程度最低（非常不同意），第二級表示同意程度次之（不同意），第三級表示同意程度中等（普通），第四級表示同意程度較高（同意），第五級表示同意程度最高（非常同意）。透過對課程進行量化評估，以便統計與分析學員整體滿意度與學習感受；後半部分則採用開放式問項，提供學員自由表達意見、建議及疑問的空間，以蒐集更多質性資訊，作為後續課程改進與講習規劃的參考。

114年地方政府輻射災害防救講習課後問卷 (北部場)

親愛的學員，您好：
感謝您參加核能安全委員會本次地方政府輻射災害防救講習，對於此次的訓練課程，請您花少許時間協助填寫此份問卷，提供您寶貴的建議，作為我們日後改進之參考，謝謝。

說明 (選填)

游離輻射防護簡介

	5 (高)	4	3 (中)	2	1 (低)
課程主題	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
師資安排	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

性別 *

生理男

生理女

有關模擬推演教育訓練系統您認為還需要具備哪些功能協助決策呢？ *

詳答文字

圖 75 Google 表單課程問卷設計 (截取部分)

資料來源：本計畫團隊截取自 Google 表單

(一) 個人基本資料

為研究與分析學員特性之用，以作為後續課程規劃與需求分析之依據，將問項分為「機關類別」、「性別」、「年齡」、「災防經歷」、「首訓學員與否」等 5 項，此部分基本資料可協助掌握學員組成樣貌，並作為分析不同背景與學習成效關聯之參考。

1、機關類別

本問項在區分受訓人員所屬單位屬性，例如：消防、環保、警政、衛生、港務、航空、大眾運輸、新聞以及其他等單位。透過分析各類機關比例，可瞭解課程對不同單位之參與度，並有助於評估是否需針對特定單位別加強宣傳或調整課程內容，以符合講習需求。

2、性別

性別分布可反映參與男性與女性學員比例上的差異，瞭解在輻射災害防救領域專業訓練及教育推動面上，不同性別參與度之高低現象。該結構亦可能影響課程互動模式與學習偏好，

若課程設計能兼顧不同性別學習特質，能有助於提升整體學習成效與滿意度。

3、年齡

年齡層劃分可呈現學員的世代分布，進而推估在工作經驗、學習特點和行為模式。此資料有助於日後課程設計與教學方式，使之更符合主要年齡族群特性。

4、災防經歷

透過瞭解學員在災防相關領域的工作或學習經驗長短，可評估課程難易度是否適切，並提供未來調整教材深度或輔助教材安排之依據，以促進學員的知識成長與專業精進。

5、首訓學員與否

本問項可辨識出首次參與以及重複參與者比例。重複參與者可反映學員持續學習意願，而首次參與者比例則可評估對新學員吸引成效，此分析亦有助於講習後續的推廣使用。

綜整而言，個人基本資料分析能提供總體學員輪廓，協助計畫團隊掌握受訓對象背景之多樣性，並作為後續課程滿意度與學習成效分析的重要參考基礎。

(二) 您對於本次講習安排之滿意程度

針對 4 場次「游離輻射防護簡介」、「輻射災害第一線應變人員手冊導讀」、「輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練」、「輻災情境推演實作」之 4 門課程，設計滿意程度問項包含「課程主題」與「師資安排」項目，問項內容請見〔表 30〕。

表 30 「對講習安排之滿意程度」問項列表

主題	項目	滿意程度
		高——中——低
游離輻射防護簡介	2.1 課程主題	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	2.2 師資安排	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
輻射災害第一線應變人員手冊導讀	2.3 課程主題	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	2.4 師資安排	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練	2.5 課程主題	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	2.6 師資安排	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
輻災情境推演實作	2.7 課程主題	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	2.8 師資安排	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

資料來源：本計畫團隊彙整

(三) 對於講習課程內容之回饋

針對講習課程內容之回饋，主要希望瞭解參訓學員是否確實能夠透過本講習課程學習到有關輻射災害相關之知識、技能並建立正向之態度。在知識面，設計問項包含課程是否能增進自身對「輻射災害防救」、「輻射偵檢儀器操作」、「輻射災害第一線應變程序」與「游離輻射防護」之相關知識。在技能面，設計問項包含課程是否能增進自身對「潛在輻射災害辨識」、「輻射偵檢儀器操作」、「輻射災害第一線應變」與「游離輻射防護」之能力。在態度面，設計問項包含課程結束後是否增進自身對「有信心能夠正確操作輻射偵檢儀器」、「有信心能夠正確因應輻射災害事件」、「願意持續精進輻射災害防救專業知能」與「會留意工作上可能會有輻射災害風險之事務」之態度；問項內容請見〔表 31〕。

表 31 「對於講習課程內容之回饋」問項列表

類別	項目	同意程度 高——中——低
知識	3.1 課程能增進「輻射災害防救」相關知識	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	3.2 課程能增進「輻射偵檢儀器操作」相關知識	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	3.3 課程能增進「輻射災害第一線應變程序」相關知識	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	3.4 課程能增進「游離輻射防護」相關知識	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
技能	3.5 課程能增進「潛在輻射災害辨識」能力	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	3.6 課程能增進「輻射偵檢儀器操作」能力	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	3.7 課程能增進「輻射災害第一線應變」能力	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	3.8 課程能增進「游離輻射防護」能力	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
態度	3.9 上完課後，讓我有信心能夠正確操作輻射偵檢儀器	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	3.10 上完課後，讓我有信心能夠正確因應輻射災害事件	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	3.11 上完課後，我願意持續精進輻射災害防救專業知能	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	3.12 上完課後，我會留意工作上可能會有輻射災害風險之事務	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

資料來源：本計畫團隊彙整

(四) 對模擬推演系統之回饋

針對模擬推演系統之回饋，主要希望瞭解系統設計是否具備良好之互動性，以及系統是否具備情境融入、協助決策之功能，並有助提升學習效益。在系統設計之互動性上，設計問項包含介面是否容易操作、功能按鈕是否標示清楚、各種指令是否容易操作上手，以及是否可以和其他組別進行良好互動等 4 項目。針對系統之情境融入功能，設計問項包含系統是否容易使參演者進入狀況、是否有助災害情境想像能力的發展兩項目；針對系統之決策協助功

能，設計問項包含透過系統的決策過程是否與平時決策狀況相近，以及系統所提供的資訊是否足夠充分，可有效提供決策參考兩項目；針對系統之學習效益，設計問項包含系統是否有助於提升學習效果，以及系統是否適用於在職教育訓練兩項目；問項內容請見〔表 32〕。

表 32 「對模擬推演系統之回饋」問項列表

系統設計		同意程度									
		高	—	—	—	—	中	—	—	—	低
互動性	4.1 本系統介面容易操作	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
	4.2 系統中的各個功能按鈕皆標示清楚	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
	4.3 系統中的各種指令皆容易操作上手	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
	4.4 透過本系統可以和其他組別進行良好互動	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
系統功能		同意程度									
		高	—	—	—	—	中	—	—	—	低
情境融入	4.5 本系統整體設計容易使參演者進入狀況	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
	4.6 系統有助於災害情境想像能力的發展	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
決策協助	4.7 本系統的決策過程與平時決策狀況相近	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
	4.8 系統所提供的資訊充分，有效提供決策參考	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
學習效益	4.9 本系統有助於提升學習效果	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
	4.10 本系統適用於在職教育訓練	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>

資料來源：本計畫團隊彙整

(五) 開放式問項

最後設計 4 項開放式問項提供學員提出回饋意見，以做為調整未來課程安排之參考；一題針對輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統設計、一題針對輻射災害第一線應變人員手冊設計、一題針對講習安排進行詢問，最後一題為其他建議，各題項設計請見〔表 33〕。

表 33 開放式問項列表

類別	項目
系統設計	有關模擬推演教育訓練系統您認為還需要具備哪些功能協助決策呢？
手冊設計	有關輻射災害第一線應變人員手冊您有什麼建議呢？
講習安排	後續辦理講習，您認為可以更好的地方？
其他建議	您是否還有其他建議？

資料來源：本計畫團隊彙整

5.6 課程問卷分析

本講習課程問卷共計「前、後測驗問卷」2 份、「課程回饋問卷」份，皆採用 Google 表單進行線上填寫，然少數學員未配合上線填寫，故各場次問卷回收率不一，統計如〔表 34〕。依據統計 3 份問卷結果，回收率較高之場次為中部及南部場次，分別為 100%、96%；回收率較低之場次為北部及東部場次，分別為 84%、73%；本次 3 份問卷應收 351 份、實收 313 份，整體平均回收率約 89%，學員整體填答意願高，問卷回收情況良好。

表 34 各問卷回收率

場次 / 日期	參訓學員人數	前測問卷 回收份數/回收率	後測問卷 回收份數/回收率	回饋問卷 回收份數/回收率
中部場 / 10 月 2 日	23	23 / 100%	23 / 100%	23 / 100%
東部場 / 10 月 8 日	10	6 / 60%	8 / 80%	8 / 80%
北部場 / 10 月 15 日	55	48 / 87%	45 / 82%	46 / 84%
南部場 / 10 月 22 日	29	29 / 100%	28 / 97%	26 / 90%
合計	117	106 / 91%	104 / 89%	103 / 88%

註：百分比數採四捨五入至整數。

資料來源：本計畫團隊製表

一、前後測驗問卷之總體分析

本講習以 4 場次之前、後測題目答對率進行分析與檢討，俾利未來調整課程規劃之參考。根據統計在各場次測驗結果中，前、後測表現均呈現差異。中部場次前、後測均有 23 人作答；前測答題正確率以第二題 91% 表現最佳，第十題 87% 表現次之，而以第五題 48% 及以第六題 44% 較低；後測則大幅進步，以第四題及第十題 100% 最高，最低的第五題也提升至 52%。東部場次前測有 6 人作答，其中 1 人少作答 1 題，後測部分則為 8 人作答；前測答題正確率以第二題及第十題 100% 最高，而以第七題 20% 最低；後測第二題正確率維持 100%，較低的則為第六題 63%，其中第七題正確率大幅提升至 75%，進步卓越。北部場次前測有 48 人作答，後測有 45 人作答，其中有 2 人少作答 1 題，前測答題正確率以第二題 98% 最高，第九題 92%

次之，而以第七題 44%、第一題 38%較低；後測部分以第十題 100%最高，另第七題 64%最低，然相較前測已有提升。最後南部場次前測共 29 人作答，其中 1 人少作答 1 題，後測有 28 人作答；前測答題正確率以第二題及第九題 97%最高，而以第七題 35%及第一題 31%較低；後測第二題、第四題、第九題、第十題皆達到 100%，為各場次中答題全對數最多，同時也是所有題目前、後測均有進步之場次，而最低之第七題也提高到 46%，統計數據請見〔表 35〕及〔表 36〕。

綜合前、後測驗結果，4 場次之答題正確率以第二題 98%最高，第九題、第十題 92%次之；而以第七題 48%最低，第五題 57%次之。依前述統計結果，顯示「放射性物質可能會造成輻射災害」及「輻災時量測劑量率的注意事項」普遍為本講習學員已掌握之知識，而「相較密封放射性物質而言核醫藥物可能會造成放射性污染」及「輻射防護個人裝備之目的係為防止放射性污染」則為學員較易混淆之知識〔圖 76〕。

表 35 本講習四場次前、後測各題目答題人數統計

題目 場次	測驗	題一	題二	題三	題四	題五	題六	題七	題八	題九	題十
中部	前測	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	後測	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
東部	前測	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6
	後測	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
北部	前測	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
	後測	44	45	45	45	45	45	45	45	45	44
南部	前測	29	29	29	28	29	29	29	29	29	29
	後測	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28

資料來源：本計畫團隊彙整

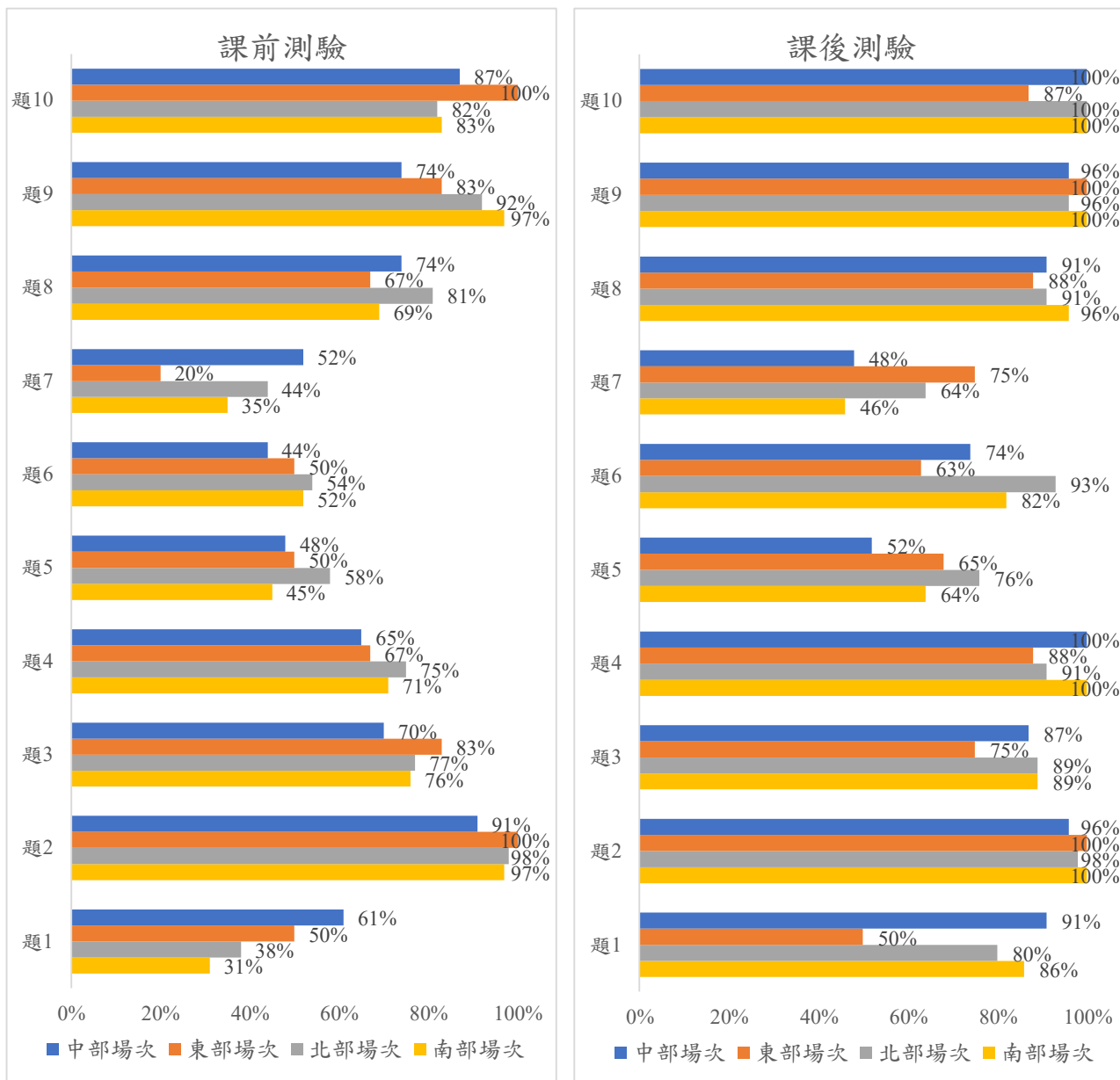
表 36 本講習四場次答題正確人數與百分比統計

題目	前後 測驗	中部場次		東部場次		北部場次		南部場次	
		人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比
1. 請問多少劑量率以下(含)屬於天然背景輻射變動範圍?	前測	14	61%	3	50%	18	38%	9	31%
	後測	21	91%	6	75%	35	80%	24	86%

題目	前後 測驗	中部場次		東部場次		北部場次		南部場次	
		人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比
2.請問下列哪一項可能會造成輻射災害？	前測	21	91%	6	100%	47	98%	28	97%
	後測	22	96%	8	100%	44	98%	28	100%
3.請問距離輻射源 2 倍距離，輻射劑量會變成原本的多少？	前測	16	70%	5	83%	37	77%	22	76%
	後測	20	87%	6	75%	40	89%	25	89%
4.以下何者為輻射示警標誌？	前測	15	65%	4	67%	36	75%	20	71%
	後測	23	100%	7	88%	41	91%	28	100%
5.穿著輻射防護個人裝備(如全身防護衣、鞋套、手套、頭套、呼吸面罩等)是為了防止？	前測	11	48%	3	50%	28	58%	13	45%
	後測	12	52%	5	65%	34	76%	18	64%
6.劃分輻射災害管制區域時，應以哪些劑量率數值作為熱區／暖區邊界參考值？	前測	10	44%	3	50%	26	54%	15	52%
	後測	17	74%	5	63%	42	93%	23	82%
7.請問下列哪一項最有可能造成放射性污染？	前測	12	52%	1	20%	21	44%	10	35%
	後測	11	48%	6	75%	29	64%	13	46%
8.密封放射性物質分為五類，請問哪一類最危險？	前測	17	74%	4	67%	39	81%	20	69%
	後測	21	91%	7	88%	41	91%	27	96%
9.下列哪一項不是體外輻射曝露的防護原則？	前測	17	74%	5	83%	44	92%	28	97%
	後測	22	96%	8	100%	43	96%	28	100%
10.下列哪一項不是遇到輻災時，量測輻射劑量率的注意事項？	前測	20	87%	6	100%	42	82%	24	83%
	後測	23	100%	7	87%	44	100%	28	100%

註：百分比數採四捨五入至整數。

資料來源：本計畫團隊彙整



註：百分比數採四捨五入至整數。

圖 76 本講習四場次前、後測驗作答正確百分比長條圖

資料來源：本計畫團隊繪製

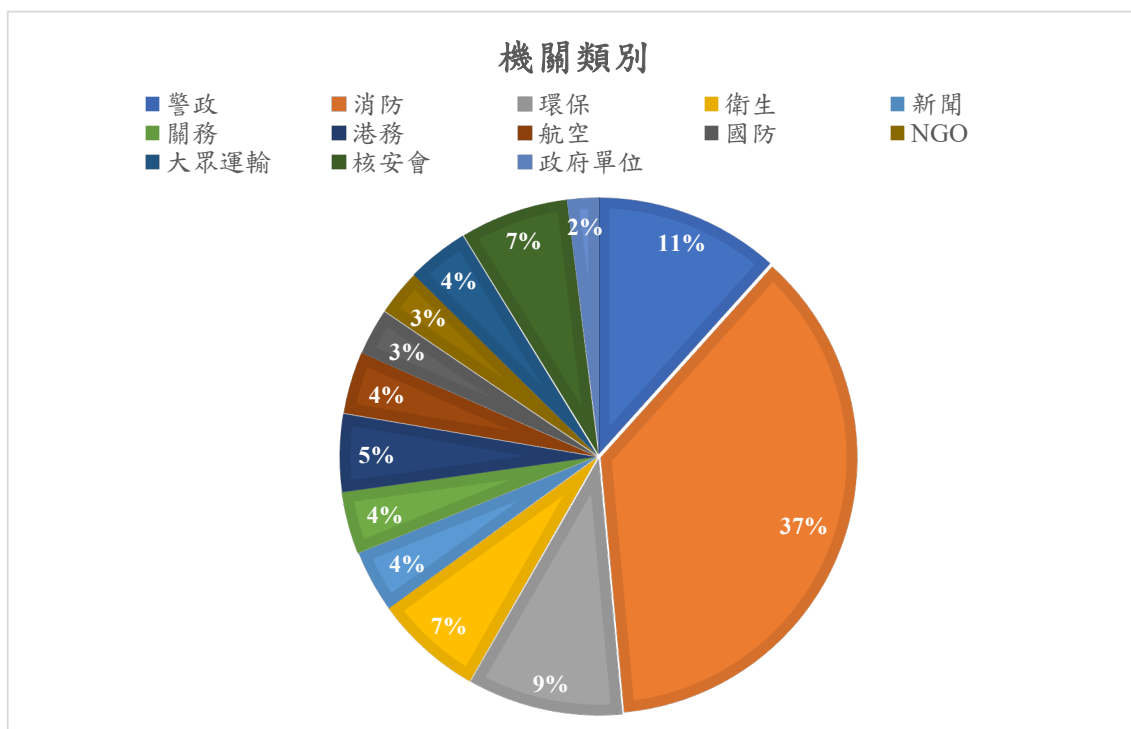
二、課程回饋問卷之個人基本資料分析

本講習於課程回饋問卷中蒐集個人基本資料進行分析，問項包含「機關類別」、「性別」、「年齡」、「災防經驗」、「首訓學員與否」等 5 項，以下就回收之中部場次 (23 份)、東部場次 (8 份)、北部場次 (46 份)、南部場次 (26 份) 課程問卷數據分析參訓學員特性，得出機關類別、性別、年齡、災防經驗及首訓學員之完整比率。

(一) 機關類別分析

以機關類別，包含警政、消防、環保、衛生、新聞、關務、港務、航空、國防、NGO、大眾運輸（臺鐵、高鐵、捷運）、核安會以及其他政府單位，數據分析比對講習 4 場次各機關類別之參與情況。由於講習課程內容涵蓋輻射災害防救，且我國地方政府之針對輻災第一時間應變人員多為消防、警政單位，有別於 113 年講習之參與機關類別以消防單位（45%）及環保單位（15%）為最多的情形，本次講習之參與機關仍以消防單位（37%）占最多，惟其次為警政單位（11%）。統計顯示，課程參與學員多為地方政府第一線應變人員〔圖 77〕。

以〔表 37〕觀察各場次與會之機關類別，中部場次機關類別比例以消防單位 52% 最高，警政單位占 13% 次之，新聞單位占 9% 居第 3，而其他受訓學員單位各占約 4%。東部場次機關類別比例以警政單位 38% 最高，消防單位占 25% 次之，其他單位各占約 13%。北部場次機關類別比例以消防單位 26% 最高，核安會及環保單位各占 15% 次之，警政、衛生單位各占 7% 居第 3，其他單位各占約 4%。南部場次機關類別比例以消防單位 46% 最高，警政單位占 12% 次之，環保、衛生、新聞等單位各占 8% 居第 3，其他單位各占約 4%。



註：百分比數採四捨五入至整數，故數值相加可能有未達或超過 100% 之情形。

圖 77 機關類別比例圖

資料來源：本計畫團隊繪製

表 37 本講習四場次參訓學員機關類別統計

類別 \ 場次	中部場次		東部場次		北部場次		南部場次	
	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比
警政	3	13%	3	38%	3	7%	3	12%
消防	12	52%	2	25%	12	26%	12	46%
環保	1	4%	0	-	7	15%	2	8%
衛生	1	4%	1	13%	3	7%	2	8%
新聞	2	9%	0	-	0	-	2	8%
關務	1	4%	0	-	2	4%	1	4%
港務	1	4%	1	13%	2	4%	1	4%
航空	0	-	1	13%	2	4%	1	4%
國防	1	4%	0	-	2	4%	0	-
NGO	0	-	0	-	2	4%	1	4%
大眾運輸	1	4%	0	-	2	4%	1	4%
核安會	0	-	0	-	7	15%	0	-
政府單位	0	-	0	-	2	4%	0	-
合計	23	100%	8	100%	46	100%	26	100%

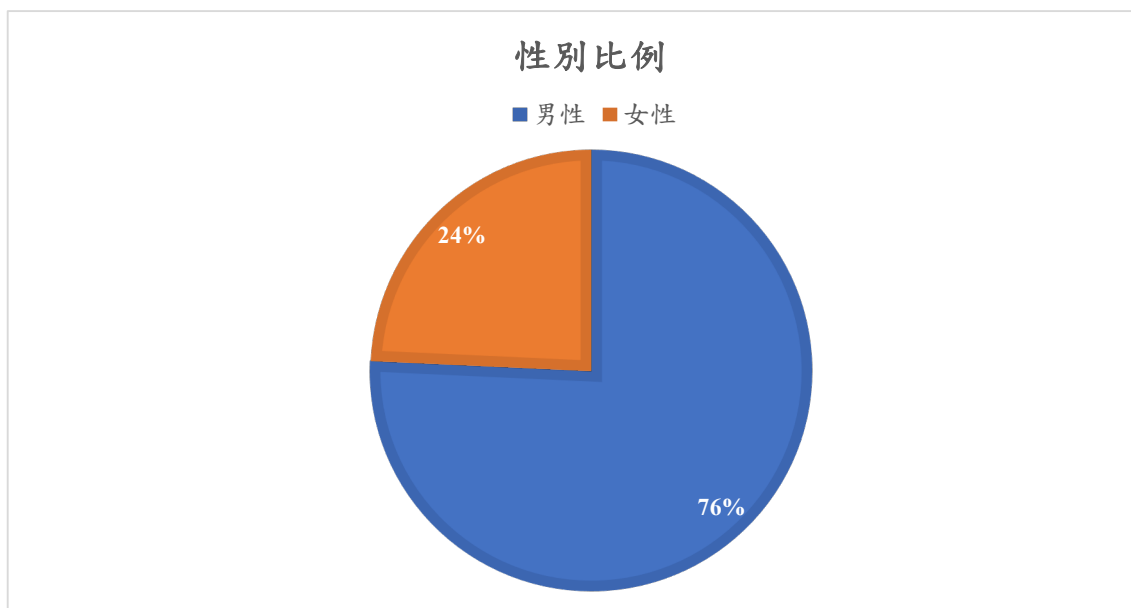
註：百分比數採四捨五入至整數，故數值相加可能有未達或超過 100% 之情形。

資料來源：本計畫團隊彙整

(二) 性別分析

本次性別分析由於參訓學員少部分為臨時報名、抽換參與者等情形，使實際到場學員與報名資料不符，無法精準呈現男女人數。故採實際回收之 103 份問卷資料進行性別分析，以反映參與者之實際狀況。據總體統計數據顯示，本講習學員之性別比例上以男性為主，男性比例為 76% (78 人)，女性為 24% (25 人) [圖 78]。各場次學員均以男性居多，女性出席比例最高場次為南部場，比例為 27% (7 人)，女性出席比例最低場次為中部場，比例為 17% (4 人)；男性出席比例最高為中部場 83% (19 人)，男性出席比例最低場次為南部場，比例為 73% (19 人)，性別比例差異最小為北部場，女性 26% (12 人)；男性 74% (34 人)，次之為東部場女性 25% (2 人)；男性 75% (6 人)。相較去年度 113 年講習男性比例為 82% (103 人)，女性為 18% (23 人)。今年度 114 年講習女性學員的比例提升，從 113 年的 18% 增長至今年

度的 24%，增幅達 6%。本講習 4 場次參訓學員性別統計如〔表 38〕所示。



註：百分比數採四捨五入至整數。

圖 78 性別比例圖

資料來源：本計畫團隊繪製

表 38 本講習四場次參訓學員性別統計

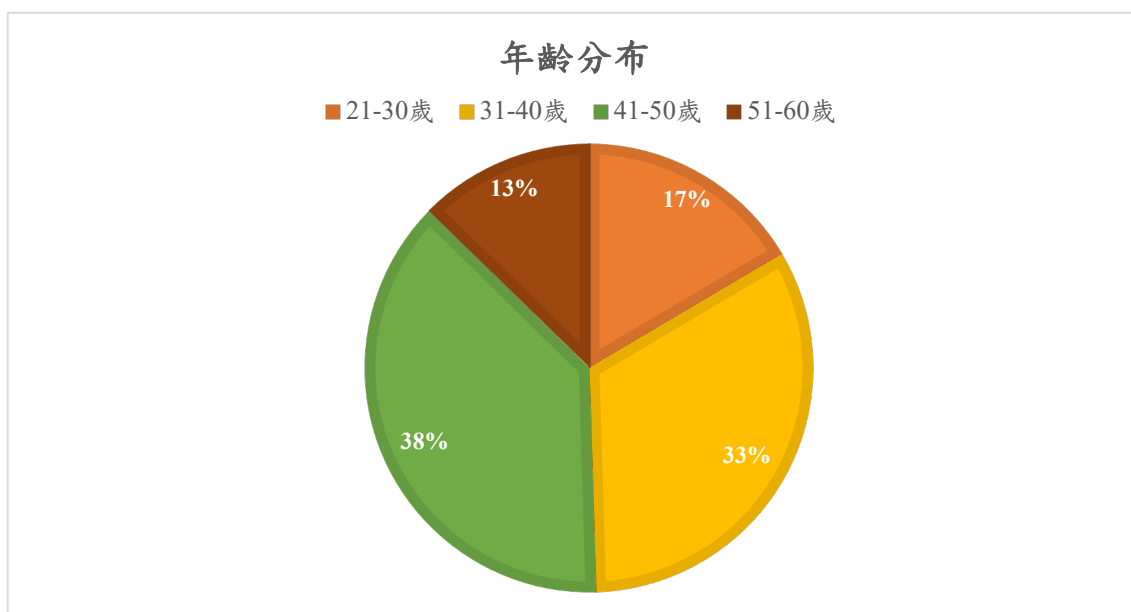
場次 類別	中部場次		東部場次		北部場次		南部場次	
	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比
男性	19	83%	6	75%	34	74%	19	73%
女性	4	17%	2	25%	12	26%	7	27%
合計	23	100%	8	100%	46	100%	26	100%

註：百分比數採四捨五入至整數。

資料來源：本計畫團隊彙整

(三) 年齡分析

依全體學員年齡分布〔圖 79〕以 41-50 歲比例最高，為 38%，31-40 歲 33%次之，以 51-60 歲以上比例最低，僅 13%，21-30 歲 17%次之。各場次學員年齡分布，中部場及南部場皆以 41-50 歲為主，東部場則為 41-50 歲、51-60 並列，北部場則主要以 31-40 歲、41-50 歲為主，請見〔表 39〕。相較於 113 年講習，31-40 歲及 41-50 歲 35%，51-60 歲 16%，21-30 歲 12%，61 歲以上 1%，各年齡層學員分布占比於兩年度間變化幅度有限，整體結構相近。



註：百分比數採四捨五入至整數。

圖 79 年齡分布圖

資料來源：本計畫團隊繪製

表 39 本講習四場次參訓學員年齡分布統計

場次 類別	中部場次		東部場次		北部場次		南部場次	
	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比
21-30 歲	6	26%	0	-	6	13%	5	19%
31-40 歲	7	30%	2	25%	17	37%	8	31%
41-50 歲	9	39%	3	38%	17	37%	10	38%
51-60 歲	1	4%	3	38%	6	13%	3	12%
61 歲	0	-	0	-	0	-	0	-
合計	23	100%	8	100%	46	100%	26	100%

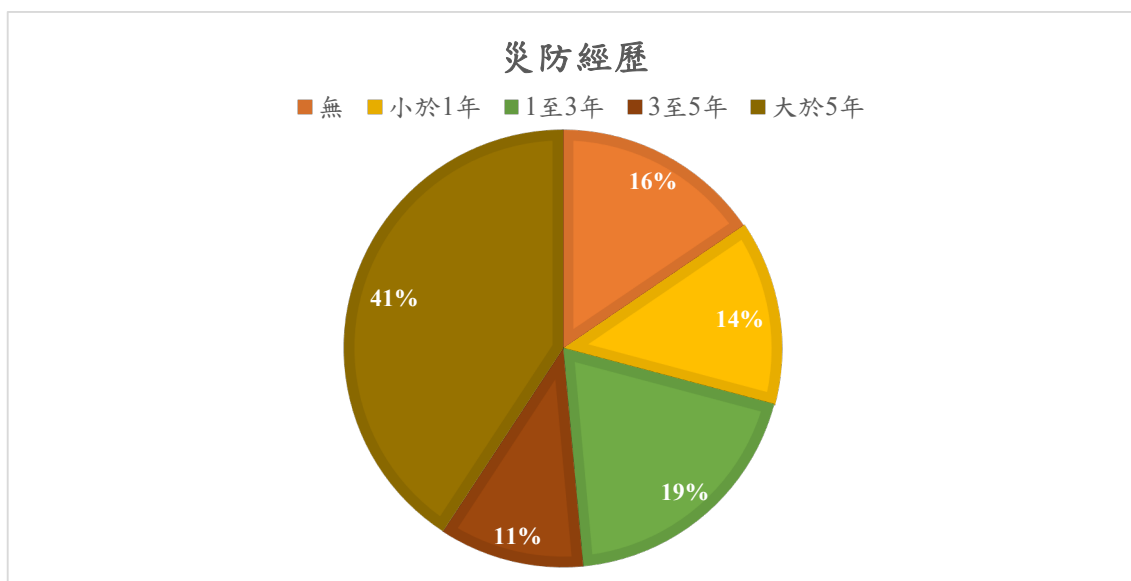
註：百分比數採四捨五入至整數，故數值相加可能有未達或超過 100% 之情形。

資料來源：本計畫團隊彙整

(四) 災防經歷分析

據全體學員災防經歷統計顯示，本講習參訓學員大多具有 5 年以上辦理災防業務的經歷，占比約 41% (42 人)，無任何災防經歷者僅佔 16% (16 人) [圖 80]。就觀察各場次情形，具備 5 年以上的災防經歷之學員比例以北部場次 43% (20 人) 最高，中部場次 43% (10 人) 次之，則南部場 35% (9 人) 較低。無災防經歷之學員比例以東部場次 38% (3 人) 最高，

中部場次 4% (1 人) [表 40]。



註：百分比數採四捨五入至整。

圖 80 災防經歷比例圖

資料來源：本計畫團隊繪製

表 40 本講習四場次參訓學員災防經歷分布統計

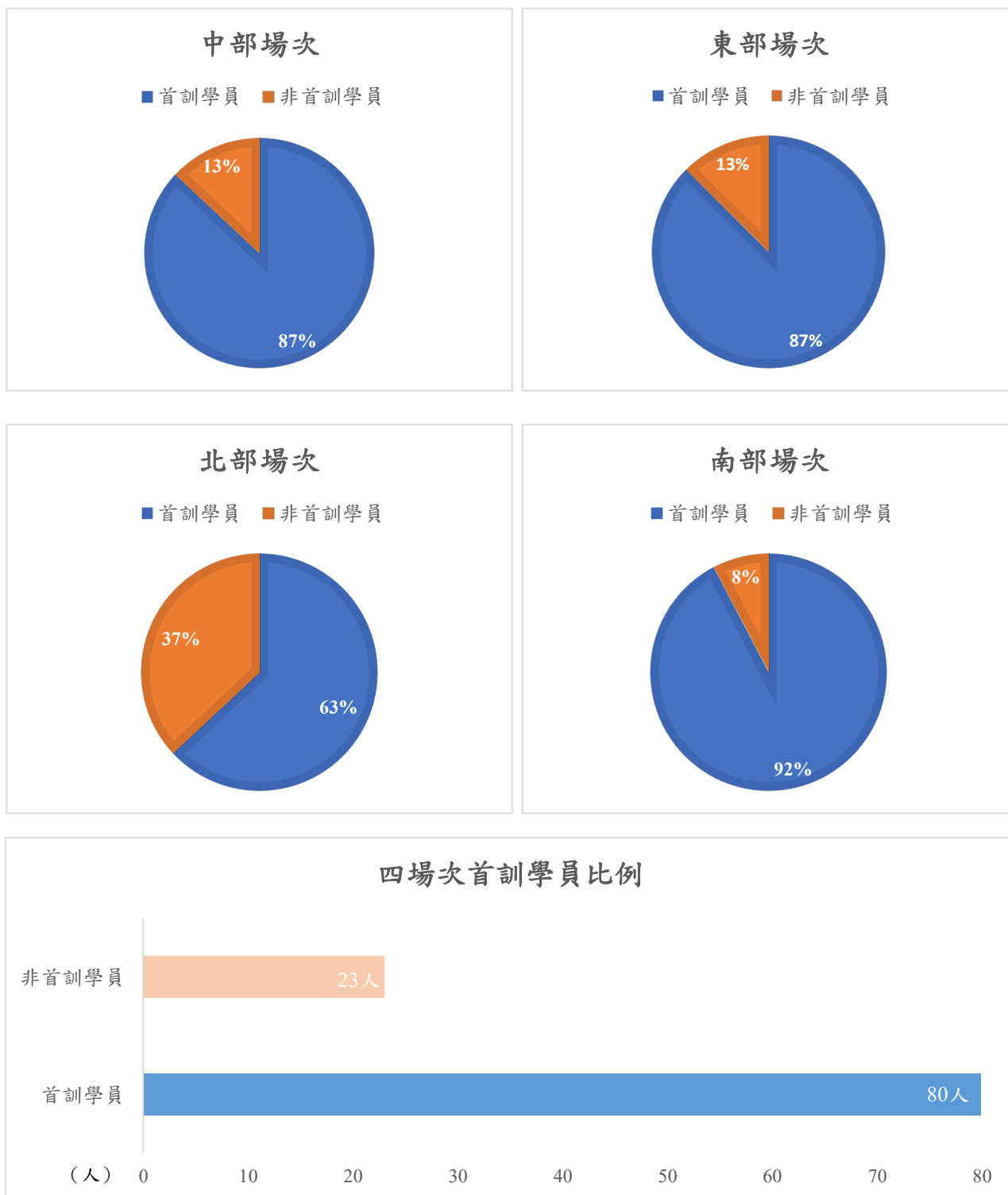
場次 類別	中部場次		東部場次		北部場次		南部場次	
	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比
無	1	4%	3	38%	9	20%	3	12%
小於 1 年	4	17%	2	25%	5	11%	3	12%
1 至 3 年	6	26%	0	-	8	17%	6	23%
3 至 5 年	2	9%	0	-	4	9%	5	19%
大於 5 年	10	43%	3	38%	20	43%	9	35%
合計	23	100%	8	100%	46	100%	26	100%

註：百分比數採四捨五入至整數，故數值相加可能有未達或超過 100% 之情形。

資料來源：本計畫團隊彙整

(五) 首訓比率分析

本講習 4 場次之總參訓學員數為 117 人，依回收之 103 份問卷填寫數進行分析，其中首訓學員共 80 人，比例為 78%，非首訓學員共 23 人、22%，並以南部場參加首訓的人員最多佔比 92%，東部場及中部場 87% 次之，北部場 63% 最低 [圖 81]、[表 41]。



註：百分比數採四捨五入至整數。

圖 81 首訓比例圖

資料來源：本計畫團隊繪製

表 41 本講習四場次參訓學員首訓統計

場次 類別	中部場次		東部場次		北部場次		南部場次	
	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比
首訓學員	20	87%	7	87%	29	63%	24	92%
非首訓學員	3	13%	1	13%	17	37%	2	8%
合計	23	100%	8	100%	46	100%	26	100%

註：百分比數採四捨五入至整數。

資料來源：本計畫團隊彙整

三、課程回饋問卷之講習回饋分析

以問項設定之題目分析各場次與不同課程間的相互關係，分析方向分為中部場、東部場、北部場、南部場課程與問項之認同分析等 4 個面向剖析。下列內容以《游離輻射防護簡介》、《輻射災害第一線應變人員手冊導讀》、《輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練》及《輻災情境推演實作》課程之問項順序排列進行說明。

(一) 講習安排滿意度分析

各場次參訓學員針對各主題課程之整體平均滿意度分析結果如〔圖 82〕、〔表 42〕所示，整體平均滿意度以中部場最低，總平均 4.73 分，北部場次之，總平均為 4.77 分，以南部場最高，總平均為 4.87 分，東部場次之，總平均為 4.79 分。總體結果顯示平均分皆為 4.7 至 4.9 分之間，學員對各主題課程之整體平均滿意度並無太大差異。

中部場各主題課程之滿意度，以「輻災情境推演實作」課程之滿意度最高，平均 4.78 分，「輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練」4.76 分次之，以「游離輻射防護簡介」之滿意度最低，平均 4.66 分，「輻射災害第一線應變人員手冊導讀」4.74 分次之。

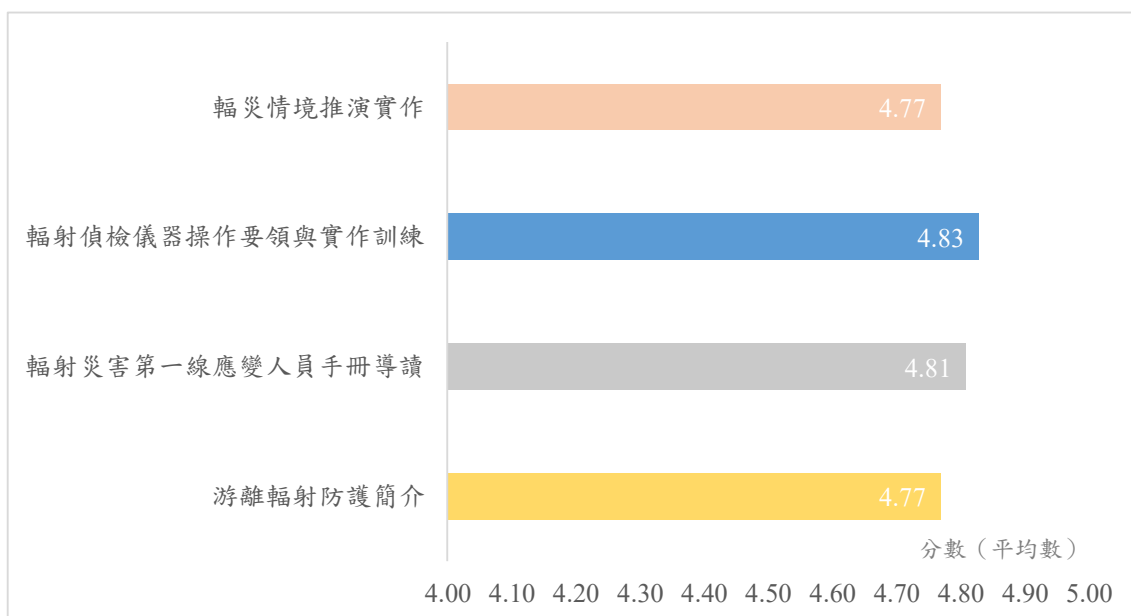
東部場各主題課程之滿意度，以「輻射災害第一線應變人員手冊導讀」及「輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練」之滿意度最高，平均皆為 4.88 分，以「輻災情境推演實作」之滿意度最低，平均 4.69 分，「游離輻射防護簡介」4.75 分次之。

北部場各主題課程之滿意度，以「游離輻射防護簡介」及「輻射災害第一線應變人員手冊導讀」之滿意度最高，平均 4.79 分，以「輻災情境推演實作」課程之滿意度最低，平均 4.73 分，「輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練」4.77 分次之。

南部場次各主題課程之滿意度，以「輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練」課程之滿意度

最高，平均 4.90 分，「游離輻射防護簡介」4.88 分次之，以「輻射災害第一線應變人員手冊導讀」之滿意度最低，平均 4.85 分，「輻災情境推演實作」4.87 分次之。

本講習 4 堂課總平均為 4.80 分，相較 113 年度講習平均 4.64 分，增長 0.16 分，成長幅度約為 3.45%，這項數據顯示課程品質與學員滿意度有所提升。



註：百分比數採四捨五入至整數。

圖 82 四場次講習課程安排滿意度

資料來源：本計畫團隊繪製

表 42 本講習四場次各課程安排題項滿意度統計

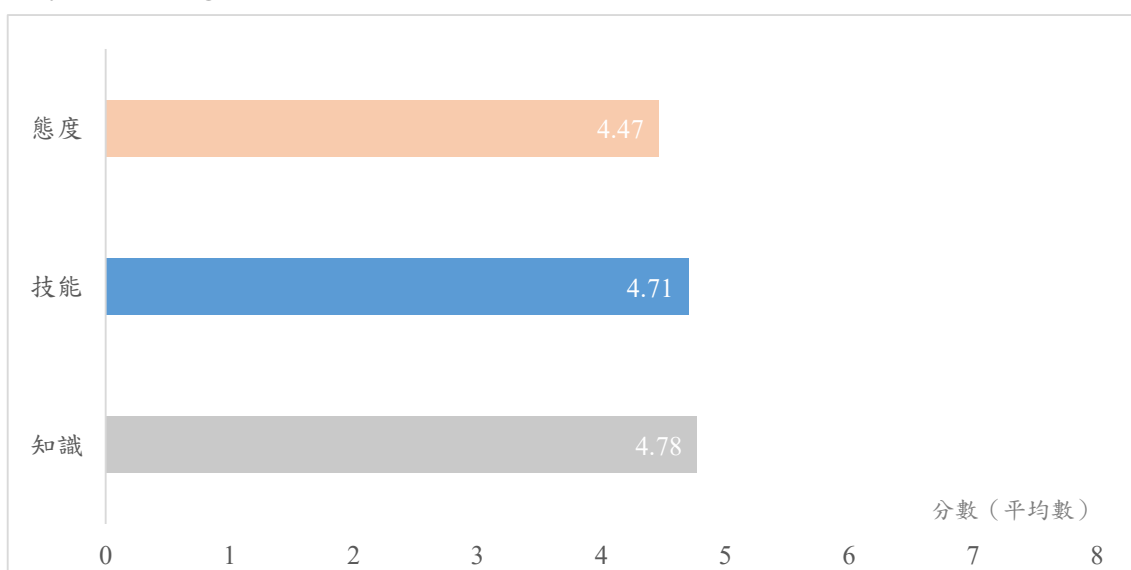
主題/問項	場次	平均分數			
		中部場次	東部場次	北部場次	南部場次
游離輻射防護簡介	2.1 課程主題	4.70	4.75	4.78	4.88
	2.2 師資安排	4.61	4.75	4.80	4.88
輻射災害第一線應變人員手冊導讀	2.3 課程主題	4.70	4.88	4.78	4.85
	2.4 師資安排	4.77	4.88	4.80	4.85
輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練	2.5 課程主題	4.74	4.88	4.76	4.92
	2.6 師資安排	4.78	4.88	4.78	4.88
輻災情境推演實作	2.9 課程主題	4.78	4.75	4.72	4.85
	2.10 師資安排	4.78	4.63	4.74	4.88
各場平均		4.73	4.79	4.77	4.87

註：百分比數採四捨五入至整數。

資料來源：本計畫團隊彙整

(二) 課程學習回饋分析

此部分問項主要目的在瞭解講習課程對於參訓學員在知識面、技能面與態度面之助益程度，根據分析結果〔圖 83〕，參訓學員認為講習課程內容帶給他們的知識面助益程度最高，平均 4.78 分，技能面次之，平均 4.71 分，態度面較低，平均 4.47 分；然而，3 面向之平均分數皆高於 4.0 分，顯示參訓學員確實能夠透過本講習課程學習到有關輻射災害相關之知識、技能並建立正向之態度。



註：百分比數採四捨五入至整數。

圖 83 整體課程內容知識面、技能面與態度面之助益程度

資料來源：本計畫團隊繪製

各場次參訓學員在知識面、技能面與態度面各題項勾選之同意程度平均分數結果分析如〔表 43〕、〔圖 84〕所示，整體平均分數以中部場次最低，總平均 4.42 分，北部場次之，總平均為 4.70 分；以南部場最高，總平均為 4.78 分，東部場次之，總平均 4.72 分。各場次之間學員在知識面、技能面與態度面之助益程度並無太大差異，整體穩定性高。

中部場參訓學員認為課程在知識面的助益較高，平均 4.56 分；技能面次之，平均 4.49 分；態度面較低，平均 4.21 分。在知識面，以增進「輻射偵檢儀器操作」相關知識之分數最高，平均為 4.65 分；以增進「輻射災害防救」相關知識之分數較低，平均 4.48 分。在技能面，以增進「輻射災害第一線應變」相關能力之分數最高，平均 4.57 分；以增進「輻射偵檢儀器操作」相關能力之分數較低，平均 4.43 分。在態度面，以「會留意工作上輻射災害風險事務」之分數最高，平均 4.43 分；以「有信心正確操作輻射偵檢儀器」之分數較低，平均 4.04 分。

東部場次參訓學員認為課程在知識面助益較高，平均 4.94 分；技能面次之，平均 4.81 分；態度面較低，平均 4.41 分。在知識面以增進「輻射災害防救」、「輻射災害第一線應變程序」相關能力之分數最高，均為滿分 5.00 分，以增進「輻射偵檢儀器操作」、「游離輻射防護」相關能力之分數次之，均為 4.88 分。在技能面以增進「輻射災害第一線應變」相關能力之分數最高，為滿分 5.00 分，其他 3 項相關能力之分數次之，均為 4.75 分。在態度面，以「願意持續精進輻射災害防救專業知能」之分數最高，平均 4.88 分；以「有信心正確操作輻射偵檢儀器」之分數較低，平均 4.00 分。

北部場次參訓學員認為課程在知識面及技能面的助益較高，均為 4.72 分；態度面較低，平均 4.65 分。在知識面，以增進「游離輻射防護」相關知識之分數最高，平均 4.76 分；以增進「輻射災害防救」、「輻射災害第一線應變程序」次之，平均 4.74 分；以「輻射偵檢儀器操作」相關知識之分數較低，平均 4.65 分。在技能面，以增進「輻射災害第一線應變」、「潛在輻射災害辨識」及「游離輻射防護」相關能力之分數較高，平均為 4.72 分；以增進「輻射偵檢儀器操作」相關能力之分數較低，平均 4.70 分。在態度面，以「會留意工作上輻射災害風險事務」之分數較高，平均 4.78 分；以「有信心正確操作輻射偵檢儀器」之分數較低，平均 4.57 分。

南部場次參訓學員認為課程在知識面的助益較高，平均為 4.89 分；技能面次之，平均 4.83 分；態度面較低，平均 4.61 分。在知識面，以增進「輻射災害防救」相關知識之分數最高，平均 4.92 分；以增進「游離輻射防護」、「輻射災害第一線應變程序」及「輻射偵檢儀器操作」次之，平均 4.88 分。在技能面，以增進「潛在輻射災害辨識」相關能力之分數較高，平均為 4.88 分；以增進「輻射偵檢儀器操作」、「輻射災害第一線應變」及「游離輻射防護」相關能力之分數次之，均為 4.81 分。在態度面，「以願意持續精進輻射災害防救專業知能」之分數較高，平均 4.65 分；以「會留意工作上輻射災害風險事務」次之，平均 4.62 分；以「有信心正確操作輻射偵檢儀器」及「有信心正確因應輻射災害事件」之分數較低，平均 4.58 分。

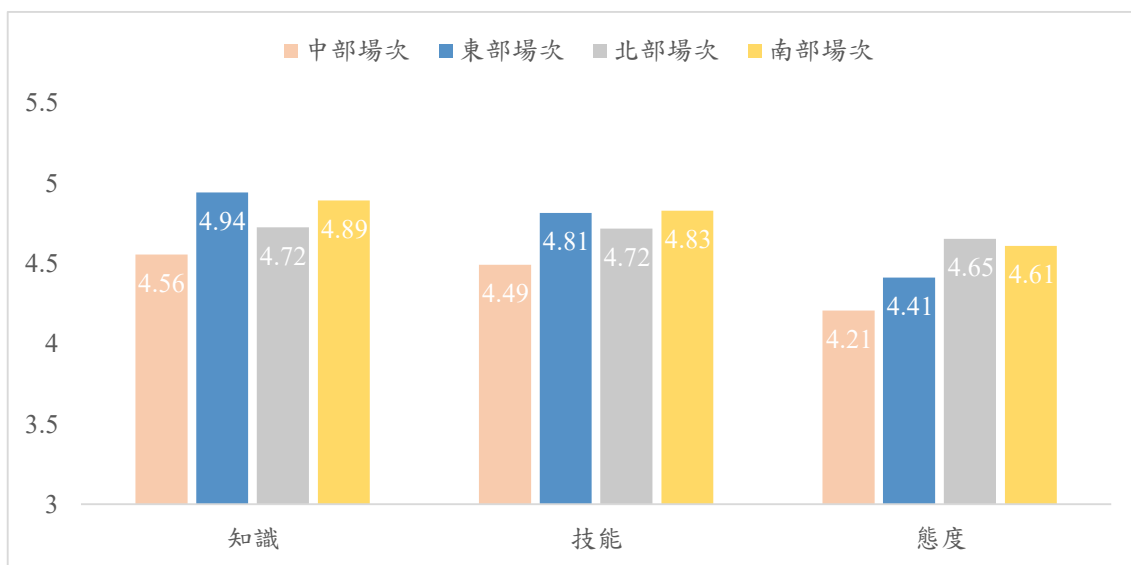


圖 84 四場次講習課程內容知識面、技能面與態度面之助益程度

資料來源：本計畫團隊繪製

表 43 本講習四場次課程內容知識面、技能面與態度面各題項助益程度統計

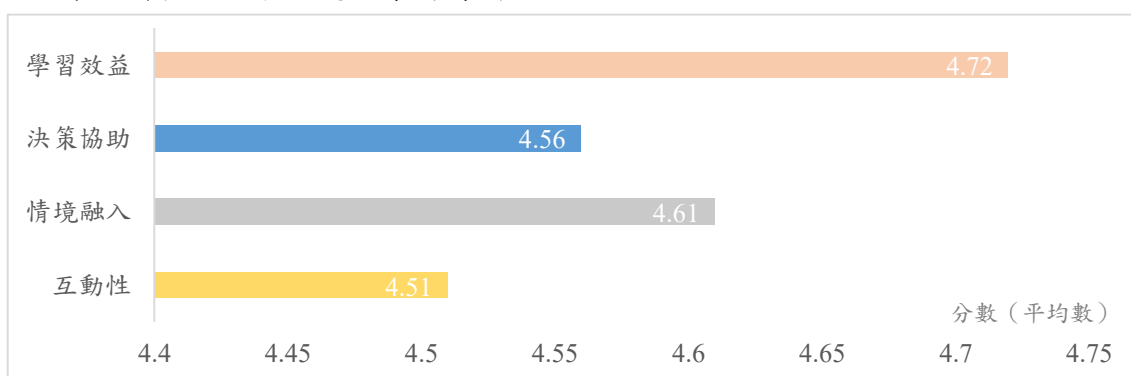
面向/問項		場次	平均分數			
			中部場次	東部場次	北部場	南部場次
知識	3.1 增進「輻射災害防救」知識		4.48	5.00	4.74	4.92
	3.2 增進「輻射偵檢儀器操作」知識		4.65	4.88	4.65	4.88
	3.3 增進「輻射災害第一線應變程序」知識		4.52	5.00	4.74	4.88
	3.4 增進「游離輻射防護」知識		4.57	4.88	4.76	4.88
技能	3.5 增進「潛在輻射災害辨識」能力		4.48	4.75	4.72	4.88
	3.6 增進「輻射偵檢儀器操作」能力		4.43	4.75	4.70	4.81
	3.7 增進「輻射災害第一線應變」能力		4.57	5.00	4.72	4.81
	3.8 增進「游離輻射防護」能力		4.48	4.75	4.72	4.81
態度	3.9 有信心正確操作輻射偵檢儀器		4.04	4.00	4.57	4.58
	3.10 有信心正確因應輻射災害事件		4.13	4.13	4.61	4.58
	3.11 願意持續精進輻射災害防救專業知能		4.22	4.88	4.65	4.65
	3.12 會留意工作上輻射災害風險事務		4.43	4.63	4.78	4.62
整體平均			4.42	4.72	4.70	4.78

註：百分比數採四捨五入至整數。

資料來源：本計畫團隊彙整

(三) 模擬推演系統回饋分析

此部分問項主要目的在瞭解模擬推演系統之助益程度，根據分析結果〔圖 85〕，參訓學員在學習效益面向給予的評價最高，平均 4.72 分，其次為情境融入，平均 4.61 分，以互動性的評價較低，平均分別為 4.51 分，決策協助次之，平均分別為 4.56 分；4 面向之平均分數有一面向近滿分 5.00 分、一面向高於 4.60 分，且全部面向皆高於 4.50，顯示參訓學員普遍認為模擬推演系統對輻射災害應變之學習有所助益。



註：百分比數採四捨五入至整數。

圖 85 整體模擬推演系統回饋同意程度

資料來源：本計畫團隊繪製

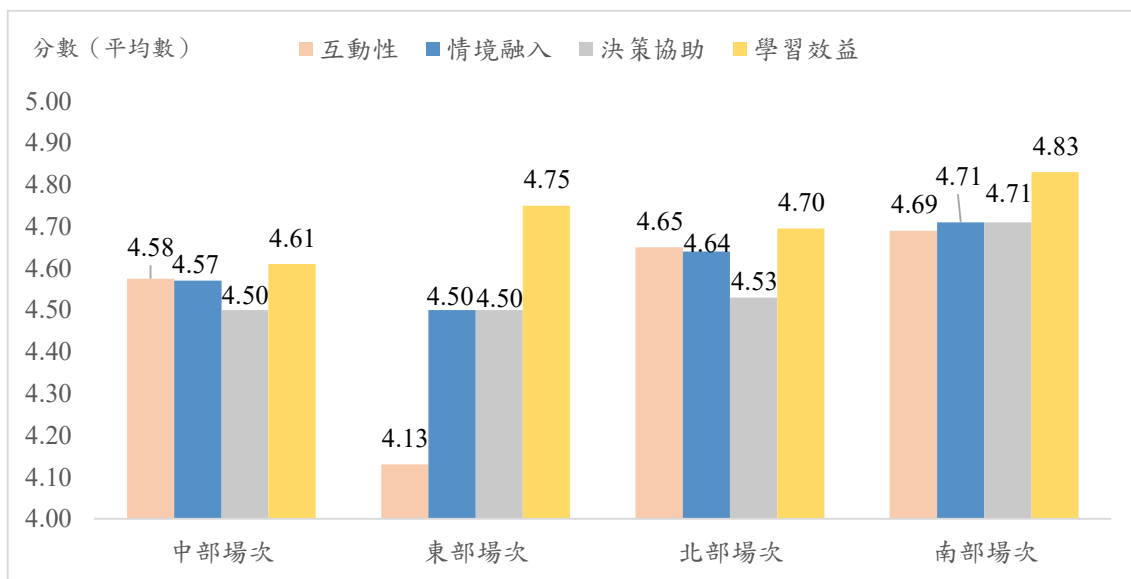
各場次參訓學員針對模擬推演系統之各面向效益的同意程度平均分數結果分析如〔圖 86〕、〔表 44〕所示，整體平均分數以東部場最低，總平均 4.40 分，中部場之，總平均分別為 4.57 分，以南部場最高，總平均為 4.73 分，北部場次之，總平均為 4.63。各場次之間學員對模擬推演系統之助益程度評價，普遍呈現較高之滿意度。

中部場參訓學員對模擬推演系統之學習效益評價最高，平均 4.61 分，其次為互動性和情境融入，平均 4.58 分與 4.57 分，針對決策協助之評價較低，平均 4.50 分。在學習效益面，關於系統「適用在職教育訓練」之同意程度略高於「有助提升學習效果」之同意程度，前項平均為 4.65 分，後項平均為 4.57 分。在情境融入面，系統「有助災害情境想像」及「容易使參演者進入狀況」之同意程度皆相當，平均為 4.57 分。在決策協助面，「系統的決策過程與平時決策狀況相近」和「提供資訊充分，可有效提供決策參考」，平均為 4.43 分與 4.57 分。在系統之互動性上，以「功能按鈕標示清楚」及「可以和其他組別進行良好互動」之分數較高，皆平均 4.65 分；「指令容易操作上手」之分數較低，平均 4.48 分，另「介面容易操作」次之，平均 4.52 分。

東部場受限場地與設備，雖以桌上型兵推演練進行實作，但仍於第四堂課程及交流時間中，由計畫團隊講師向學員進一步介紹系統概念及實際操作，故亦納入分析範圍。本場次參訓學員對模擬推演系統之學習效益評價最高，平均 4.75 分，其次為情境融入和決策協助，皆平均 4.50 分，針對互動性之評價較低，平均 4.13 分。在學習效益面，不論在系統「有助提升學習效果」或「適用在職教育訓練」之同意程度，參訓學員之評價結果相當，平均皆為 4.75 分。在情境融入面，「有助災害情境想像」及「容易使參演者進入狀況」之分數，皆平均 4.50 分。在決策協助面，「提供資訊充分，可有效提供決策參考」之分數同於「系統的決策過程與平時決策狀況相近」之分數，皆平均 4.50 分。在系統之互動性上，4 項之分數相當，平均皆為 4.13 分。

北部場參訓學員對模擬推演系統之學習效益評價最高，平均為 4.70 分，互動性次之，平均為 4.65 分；針對決策協助和情境融入與之評價較低，平均分別為 4.53 分與 4.64 分。在系統之學習效益面，「適用在職教育訓練」之分數略高於「有助提升學習效果」之同意程度，平均為 4.72 分與 4.67 分。在互動性上，以「可以和其他組別進行良好互動」之分數較高，平均 4.67 分，「功能按鈕標示清楚」與「指令容易操作上手」次之，皆平均 4.65 分；其次為「介面容易操作」之分數較低，平均 4.63 分。在情境融入面，「有助災害情境想像」之分數略高於「容易使參演者進入狀況」之分數，前項平均 4.65 分，後項平均 4.63 分。在決策協助面，「提供資訊充分，可有效提供決策參考」之分數略高於「系統的決策過程與平時決策狀況相近」之分數，前項平均 4.54 分，後項平均 4.52 分。

南部場參訓學員對模擬推演系統之學習效益評價最高平均 4.83 分，情境融入及決策協助次之，皆平均 4.71 分，針對互動性之評價較低，平均 4.69 分。在學習效益面，以系統「有助提升學習效果」之評分略高於「適用在職教育訓練」，各別平均 4.85 分與 4.81 分。在情境融入面，「容易使參演者進入狀況」之評分略高於「有助災害情境想像」，各別平均 4.73 分與 4.69 分。在決策協助面，「提供資訊充分，可有效提供決策參考」之評分略高於「系統的決策過程與平時決策狀況相近」，各別平均 4.73 分與 4.69 分。在系統之互動性上，4 項之分數相當，平均皆為 4.69 分。



註：百分比數採四捨五入至整數。

圖 86 四場次講習模擬推演系統之助益程度

資料來源：本計畫團隊繪製

表 44 本講習四場次模擬推演系統各題項助益程度統計

面向/問項	場次	平均分數			
		中部場次	東部場次	北部場次	南部場次
互動性	4.1 介面容易操作	4.52	4.13	4.63	4.69
	4.2 功能按鈕標示清楚	4.65	4.13	4.65	4.69
	4.3 指令容易操作上手	4.48	4.13	4.65	4.69
	4.4 可以和其他組別進行良好互動	4.65	4.13	4.67	4.69
情境融入	4.5 容易使參演者進入狀況	4.57	4.50	4.63	4.73
	4.6 有助災害情境想像	4.57	4.50	4.65	4.69
決策協助	4.7 系統決策過程與平時決策狀況相近	4.43	4.50	4.52	4.69
	4.8 提供資訊充分，有效提供決策參考	4.57	4.50	4.54	4.73
學習效益	4.9 有助提升學習效果	4.57	4.75	4.67	4.85
	4.10 適用在職教育訓練	4.65	4.75	4.72	4.81
整體平均		4.57	4.40	4.63	4.73

註：百分比數採四捨五入至整數。

資料來源：本計畫團隊彙整

(四) 學員意見回饋

本次講習共計回收 103 份問卷，並針對其中 4 項開放式問題，彙整參訓學員之有效回饋意見，並羅列如下，以供後續進行深入分析。

1、系統設計

- (1) 加入諮詢單位核安會核安監管中心角色。
- (2) 增設無腳本演練、現場救災人力、各編組職掌、地圖比例尺、呼叫功能、語音直接對話功能。
- (3) 新增操作提示，免得過久未使用不熟悉。
- (4) 希望有更明確的問答回覆機制，且還沒回應別組請求或指示的案子可以單獨列出。
- (5) 系統版本全面升級。
- (6) 疏散路線部份，是否能夠調整為實際路線顯示，而不是用起點、經過點及終點顯示。
- (7) 系統對話視窗太小且不好閱讀，訊息跑動太快，希望能像 Line 通訊軟體一樣，開啟不同的對話視窗；多人使用時系統容易當機，然後圖示有更新時，需要重置才會顯示更新資料，不然都在看舊資料，溝通會有誤差。
- (8) 頁面大小有點難閱覽，字會被擋住。
- (9) 系統介面應該是借用 NCDR 的 3D 災害潛勢地圖，地圖比例尺放大後，字體變得非常小很難閱讀。
- (10) 圖資系統頁面太模糊，且放大功能可以再調整，因地圖太小。
- (11) 建議介接 110、119 派遣車輛系統，顯示車輛位置。
- (12) 可以加入模擬演練及橫向聯繫部分。

2、手冊設計

- (1) 宣導不普及。
- (2) 提供紙本手冊。
- (3) 建議未來可補充最新應變標準與實務案例，並更新核安會正式名稱與聯絡資訊。
- (4) 可於章節中增列參考文獻與網站 QR Code，方便學員延伸學習與快速查詢，讓手冊更貼近實務應用。

3、講習安排

- (1) 希望能增加課程時數。
- (2) 第一線應變人員 (消防) 需另外專班, 以認識核災。
- (3) 辦理地點可移師高雄港務分公司訓練教室。
- (4) 資料可以先提供, 讓新手可預習, 擴大學習效益。
- (5) 增加地方消防機關訓練名額。
- (6) 課程氣氛可適時活潑, 不要都太嚴肅, 這樣有利分組時成員間的互動。

4、其他建議

- (1) 去年輻防繼續教育點數只有 5 小時, 希望這種一整天的課可以給多一點。
- (2) 感謝核安會長期的耕耘與努力, 讓各單位持續精進。與其在現場手忙腳亂, 不如在會場多流汗; 多辦講習訓練, 才能路遙知馬力, 提升整體應變能量。
- (3) 核安會可提供更多支援或到場主導。
- (4) 依個人專業進行功能分組, 分組討論效果會較佳。
- (5) 希望系統可以真實推廣給地方政府, 才能達到訓練目的。

四、小結

針對參訓學員特性, 各場次學員機關類別以北部場多樣性最高, 以東部場多樣性最低; 其中以消防單位人數比例最高, 環保單位次之。性別比例上以男性 76% 為主。年齡分布平均集中在 31-50 歲區間, 佔總體百分比 71%, 其中東部場以 41-60 歲為主, 其他場次以 31-50 歲為主。防災經歷以具備 5 年以上比例最高 41%, 3~5 年比例最低; 中、北、南部場次以具備 5 年以上災防經歷者比例最高, 東部場以具備 5 年以上災防經歷者及無相關經歷者比例並列最高。綜整上述內容, 以本次參訓學員而論, 北部場多樣性高, 且災防經歷多; 而東部場次多樣性較低, 且災防經歷也較低。透過以上分析未來可進一步針對不同屬性之參訓學員, 調整理論與實作課程間, 以更貼近參訓學員需求。

針對講習安排, 各場參訓學員對「游離輻射防護簡介」及「輻災情境推演實作」該堂課平均滿意度最低, 平均皆為 4.77 分, 而其他堂課程之整體平均滿意度皆高於 4.80 分, 分析該 2 門課程有 2 項題目得分皆低於 4.70, 可進一步得知並探討課程內容以符合學員期待之授課模式。

針對課程學習回饋方面，僅態度面有 4.5 分以下之評價，知識面及技能面的評價皆超過平均 4.5 分以上。經問卷結果可得之，較低分項目主要為「有信心正確操作輻射偵檢儀器」及「有信心正確因應輻射災害事件」，顯示學員在兩項關鍵應用能力指標上的平均得分偏低，此兩項目主要落於實際操作與應變決策範疇，此亦可看出儘管學員已習得理論知識，但對於將理論轉化為實際操作儀器及應對突發事件的能力，仍缺乏足夠信心。針對此項之提升，未來可進一步強化輻射偵檢儀器操作活動，透過模擬情境進行演練，增進學員之操作與應變知能。藉以達到使學員完整學習到有關輻射災害相關之知識、技能並建立正向態度之目標。

針對模擬推演系統，參訓學員對其學習效益之評價最高，其次為有助情境融入，顯示系統對於提升各學員之專業知能，確實扮演了關鍵的助益角色，並增進參訓學員對於輻射災害情境之模擬應對；惟參訓學員對於互動性與決策協助評價較低，未來將持續參考學員所提出之建議，改善教學方式，以進一步提升講習之訓練效益。

5.7 講習成果與精進建議

本講習歷年受訓學員多為消防、警政及環保單位，亦是地方政府面對輻射災害的應變體系中最核心的關鍵單位，其中消防及環保單位更是分屬全臺各直轄市以及縣（市）輻射災害防救業務主管機關，故使課程規劃與設計更加著墨於輻射災害第一線應變人員所需的知識與技能。由於課程係專為災害防救業務相關人士所設計，普遍學員表示課程內容對其業務有相當程度之助益，以下參考課程問卷結果分析及過往辦理成果，依序以參與對象、辦理場地、課程內容及推演系統等部份予以總結及精進建議。

一、參與對象

本講習實施對象為中央機關、各級政府輻射災害防救與應變相關單位以及陸海空大眾運輸交通單位等，名額分配共計 150 人；惟本講習無法要求各單位皆應派員參與，故各邀請單位得視業務需求彈性派員參與，實際參與人數分別為中部場 23 人、東部場 10 人、北部場 55 人，以及南部場 29 人，114 年度 4 場次共計 117 人與會，與原配額 150 人及目標召訓人數 130 人有所落差。

綜觀各場次參訓學員之實際參與情況，東部場的出席人數最少，實際參與人數為 10 人，與原定名額分配數 24 人存在明顯落差。主因為該場次講習辦理期間受到 114 年 9 月 23 日「花蓮縣光復鄉馬太鞍溪堰塞湖溢流之災害事件」突發影響，部分已報名學員參與救災無法如期

出席，而花蓮縣政府各級機關亦持續進行救災工作無多餘人力可派員參與，導致該場次參與人數明顯低於其他場次及歷年度該場次人數。另中部場、北部場亦有少數學員因協助救災而未能出席，故今年度的總體參訓人數相較 113 年度 126 人略為偏低。

另本次講習雖已於公文函請各地方政府報名時，簡述各單位於輻射災害第一線應變之重要性，並建議相關單位派員參加講習，惟部分直轄市以及縣(市)派員狀況僅限於單一類別。爰為全面強化輻射災害應變單位間的協調合作與資訊交流，未來建議列為精進重點方向，於各場次報名時間結束前提供已報名人員清冊，並建議核安會以電話邀請尚未報名單位，以期有更多元的單位共同參與。

二、辦理場地

本年度輻災情境推演實作使用「輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統」進行，考量設備需使用可連網路之電腦設備進行操作，故各場次之教學場地皆選擇災害應變中心；為因應 10 月多週連續假期，以及天災可能導致應變中心無法使用之情形，本次講習辦理前已先與各縣市災害應變中心同步擇定備案講習日期，惟因受「花蓮縣光復鄉馬太鞍溪堰塞湖溢流之災害事件」影響，導致花蓮縣災害應變中心、中央災害應變中心持續開設無法外借，建議未來可評估微調實作課程辦理方案以能另尋其他合適空間借用。

另南部場次講習地點為高雄市災害應變中心，因少數電腦設定與現行通用規格稍有落差，於操作推演系統時畫面顯示可能無法呈現完整內容，建議往後演習可考量以其他直轄市以及縣(市)應變中心或相關場地等方式，避免參訓學員因設備問題無法順利操作推演系統。

三、課程內容

本講習課程設計從訓練對象設定、訓練需求分析至成果評量皆有完整流程規劃，講師群聘請來自輻射防護領域具備深厚學術背景及豐富實務經驗的專家學者，並透過講師深入淺出的教學模式來講授專業知識，更引導學員將所學落實於輻射災害防救領域之相關工作。

課程內容包含《游離輻射防護簡介》、《輻射災害第一線應變人員手冊導讀》、《輻射偵檢儀器操作要領與實作訓練》、《輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統介紹》及《輻災情境推演實作》等五堂課程。各堂課程內容貫串，首先課程以游離輻射特性與防護原則導入，建立學員基礎的概念與知識，接著使用輻射災害第一線應變人員手冊內容，說明面臨輻射災害的處置準則並舉國內外實際案例進行分享，接續講授我國較常使用的輻射偵檢儀器的使用

方式與注意事項，並進行實際操作，最後介紹輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統，並綜整前述課程內容以地方政府第一線應變人員較有可能遭遇之「放射性物質意外事件」定為輻射災害推演情境，使用「輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統」進行模擬推演。教學內容循序漸進，由基礎理論過渡至操作技能，再到綜合演練的驗證，與成果問卷的分析，每一階段環環相扣，建立清晰的學習路徑。

為驗證課程效益，本課程亦採用前、後測驗的評量機制，經數據比對分析，顯示學員在後測的平均得分提升，也證實本課程內容的設計架構有效提升學員在核心專業知能的掌握度上獲得實質性的強化。

四、推演系統

儘管輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統整體表現優異，但尚有進一步提升空間，以下將針對各項待改進項目，進行說明與探討。

首先，推演系統地圖畫面清晰度需要進一步提升，使整體畫面更易為閱讀，以便學員能夠準確理解推演場景，且放大後地標字體須能即時調整大小，以減少不易辨識的程度，影響學員操作效率，另建議加入比例尺，以便檢視圖上距離與實際距離的比值，方便在圖上測量或繪製實際大小。針對疏散路線部份，可調整為實際路線顯示，而非起點、經過點及終點顯示，並為能讓圖片能夠直觀顯示車輛位置可評估介接其他單位車輛派遣系統。另外，功能上可增設地標搜尋功能，便於學員快速找到特定的關鍵位置，以及現場救災人力、各編組職掌、呼叫功能、語音對話等功能提升整體使用者體驗。

有關目前第一線應變人員編組，因與地方政府功能編組不同，本講習考量未來災害防救體系趨勢，以輻射災害應變相關工作任務等功能導向，事先將學員分為「指揮幕僚組」、「災害防救組」、「治安交通組」、「醫衛環保組」及「新聞發布組」等五大第一線應變組別，惟各場次參與學員背景分配不均，以本講習為例東部場及北部場無新聞單位相關學員，產生新聞發布組別內部人員組成無該領域具實務經驗人員之狀況，進而影響該組別應變作業與流程。

今年度為「輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統」第三次應用於地方政府輻射災害防救講習課程，相鑒於 113 年度學員操作部分，因不熟悉系統操作介面，於推演開始仍處於摸索、熟悉介面操作使用階段，故本次於正式推演開始前，導入影片教學及規劃 15 分鐘練習時間，使學員充分預先熟悉系統功能，另為縮減系統登入時間與減少無法登入情形，本次亦事先將推演系統網址與密碼儲存於各參訓學員之操作電腦中，經以上優化後整體流暢度亦

提升。

本次輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統獲得了多數學員的正向肯定，尤其透過系統的模擬情境能更好的思考決策過程，許多學員透過實際推演，對應變流程與通報機制的理解更為深刻，且即時操作與討論的互動模式，也讓課程氛圍更為活潑，學員的參與度提升。在未來系統的更新上也將參考歷年學員提供之精進建議進行優化。相信透過本系統之模擬推演能進一步強化第一線應變人員的輻射災害應變能力，確保在面對災害時，能在自我防護的前提下，迅速且準確地執行應變措施。

第六章 協助辦理大型輻射災害應變國際講習

為提升我國面對核及輻射恐怖攻擊，如放射性散布裝置 (Radiological Dispersal Device, RDD)、輻射曝露裝置 (Radiation Exposure Device, RED) 或簡易核裝置 (Improvised Nuclear Device, IND) 之偵知應變效能，邀請美國能源部國家核子保安局 (Department of Energy/National Nuclear Security Administration, DOE/NNSA)，透過課程講授及模擬實作，降低民眾輻射曝露風險，並促進臺美雙方技術交流。本計畫團隊協助事項包含：場地與視聽設備租借、紅布條製作、投保公共意外責任險、準備每日午餐與茶點...等，並且由研究人員到場協助行政庶務工作。

6.1 講習時間、地點與議程

「2025 大型輻射災害偵知應變訓練」於 114 年 3 月 24 日 (星期一) 至 27 日 (星期四) 假台北矽谷國際會議中心 2D 會議廳舉辦，講習 4 日全天議程詳見 [表 45]。

表 45 2025 大型輻射災害偵知應變訓練議程

日期	時間	課程內容	主持人/講師
3 月 24 日	08:30-08:50	報到	—
	08:50-09:00	開訓暨長官致詞	核能安全委員會
	09:00-09:15	團隊介紹	Mart Stewart-Smith、 團隊
	09:15-09:45	輻射基本概念	Tracy Kiellman
	09:45-10:45	RDD 入門概述	Luke Gilbert
	10:45-11:00	課間休息	—
	11:00-12:15	討論活動	Brett Grossman、 Mart Stewart-Smith
	12:15-13:15	午餐	—
	13:15-14:45	簡介爆裂物	Mirvat Abdelhaq
	14:45-15:00	課間休息	—
	15:00-15:30	臺灣的輻射災害應變機制	核能安全委員會
	15:30-16:45	爆裂物案例研究	Mirvat Abdelhaq
	16:45-17:00	結語	

日期	時間	課程內容	主持人/講師
3 月 25 日	09:00-10:00	放射性物質與設備獲取	Luke Gilbert
	10:00-10:15	課間休息	
	10:15-11:00	輻射應變情境	Sam Bachman
	11:00-12:00	散布簡報	Mirvat Abdelhaq
	12:00-13:00	午餐	—
	13:00-14:00	應變人員健康與安全	Tracy Kiellman
	14:00-14:30	活動簡介	Brett Grossman
	14:30-14:45	課間休息	—
	14:45-16:30	討論活動	Brett Grossman、 Mart Stewart-Smith
	16:30-17:00	結語	
3 月 26 日	09:00-10:00	群體監測	Sam Bachman
	10:00-10:15	課間休息	—
	10:15-12:00	工作人員劑量評估、個人防護具 (PPE)、IXP 簡介	Sam Bachman、 Tracy Kiellman
	12:00-13:00	午餐	—
	13:00-14:30	射源模擬 RDD 應變活動& PPE 活動	Sam Bachman、 Tracy Kiellman
	14:30-14:45	課間休息	—
	14:45-16:30	射源模擬 RDD 應變活動& PPE 活動	Sam Bachman、 Tracy Kiellman
	16:30-17:00	結語	
3 月 27 日	09:00-10:00	RDD 造成的後果及經濟影響	Luke Gilbert
	10:00-10:15	課間休息	—
	10:15-12:00	風險溝通	Sam Bachman
	12:00-13:00	午餐	—
	13:00-14:30	情境類型演練討論—第一部分	Suzanne Freeze、 Mart Stewart-Smith、 Brett Grossman
	14:30-14:45	課間休息	—
	14:45-16:30	情境類型演練討論—第二部分	Suzanne Freeze、 Mart Stewart-Smith、 Brett Grossman
	16:30-17:00	結語暨頒發結訓證書	核能安全委員會

資料來源：核能安全委員會

6.2 授課講師

本講習由美國能源部國家核子保安局（DOE / NNSA）及所屬 Sandia 國家實驗室共計 7 位專家擔任課程講師，講師名單詳見〔表 46〕。

表 46 2025 大型輻射災害偵知應變訓練授課講師名單

序號	姓名	職稱
1	Samuel Bachman	Scientist
2	Tracy Kiellman	Instructor
3	Mirvat Abdelhaq	Principal Member of Technical Staff
4	Luke Gilbert	Instructor
5	Suzanne Freeze	Exercise Planner
6	Brett Grossman	Exercise Planner
7	Mart Stewart-Smith	Senior Foreign Policy Analyst

資料來源：核能安全委員會

6.3 參訓對象與人數

本次講習主題為面對核及輻射恐怖攻擊，故以國內輻射災害應變相關業務人員為主要參訓對象，包含陸軍化生放核訓練中心、交通部中央氣象署、內政部警政署、內政部消防署、法務部調查局、國立清華大學、台灣電力股份有限公司放射試驗室、核能安全委員會（含輻射偵測中心）以及國家原子能科技研究院...等，各參訓對象詳見〔表 47〕，4 天講習出席人員合計 48 人（含美方授課教官、口譯老師、工程師及工作人員）〔圖 87〕，簽到單詳見附件 C。

表 47 2025 大型輻射災害偵知應變訓練參訓對象表

序號	機關單位	參訓人數	
1	核能安全委員會	綜合規劃組	2
2		輻射防護組	2
3		保安應變組	8
4		核物料管制組	3
5		輻射偵測中心	3
6	國家原子能科技研究院	1	
7	國家安全局	1	
8	陸軍化生放核訓練中心	2	
9	交通部中央氣象署	3	

序號	機關單位	參訓人數
10	內政部警政署	2
11	內政部警政署刑事警察局	1
12	內政部消防署	2
13	法務部調查局	2
14	國立清華大學	1
15	台灣電力股份有限公司放射試驗室	2
	合計	35

資料來源：本計畫團隊彙整

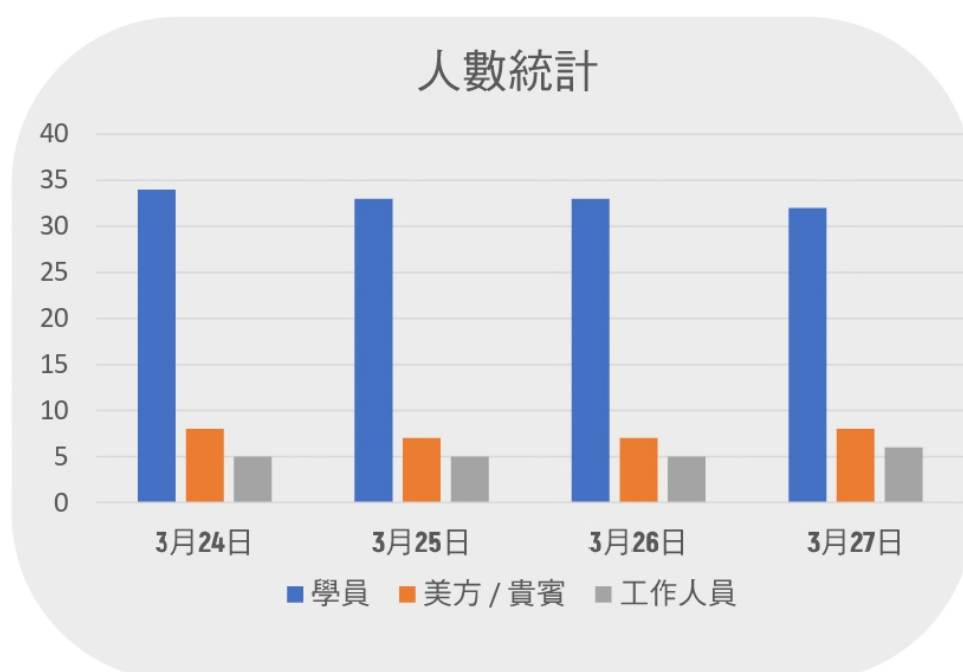


圖 87 2025 大型輻射災害偵知應變訓練每日出席人數統計

資料來源：本計畫團隊製圖

本次講習全程參與之學員可獲頒核能安全委員會及美方共同簽署之結業證書，證書設計樣式如〔圖 88〕。講習參訓學員合計 35 位、全程參與並獲頒結業證書學員合計 32 位，完訓率為 92%。

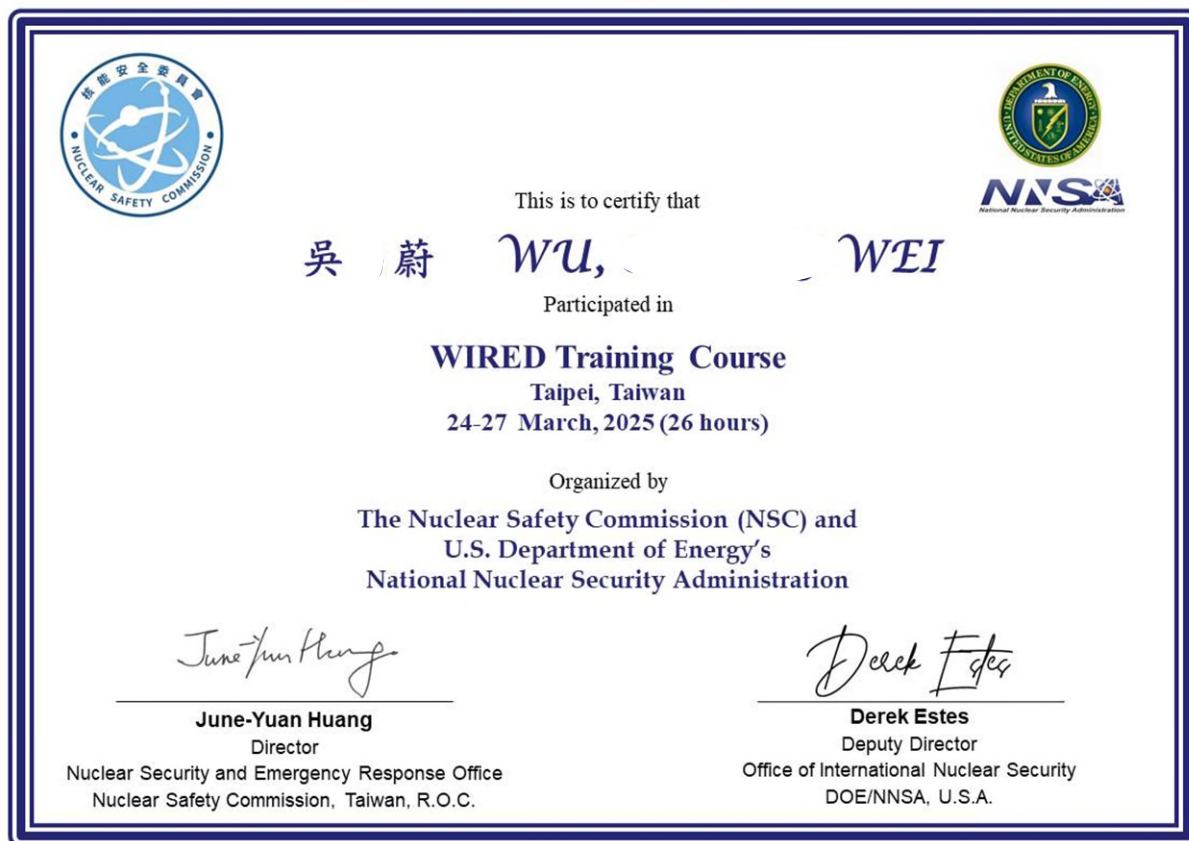


圖 88 2025 大型輻射災害偵知應變訓練結業證書示意圖

資料來源：核能安全委員會

6.4 課程內容與授課方式

本次講習包含課堂講授及模擬實作，除第一天（3月24日）以課堂講授為主外，其餘日程皆有安排互動式演練活動，並於每堂課程結束後安排學員提問階段，第一天學員可能尚不熟悉美方講師授課互動模式，或學員彼此較不熟悉故較怯於發問，第二天後多數學員皆已勇於提問，部分學員更利用課間休息時間持續向美方講師請益。

講習全程安排中、英文同步口譯，透過不同主題課程，深入淺出帶領學員認識、掌握相關知識與要訣，課堂講授以簡報說明為主，不定時依美方授課講師安排輔以影音播放說明，或提供實體教材促使學員增加見識，課堂講授過程詳見〔圖 89〕至〔圖 92〕。



Tracy Kiellman 講授輻射基本概念



Luke Gilbert 講授 RDD 入門概述



學員針對授課內容提問



Mart Stewart-Smith 回覆學員提問



Mirvat Abdelhaq 講授爆裂物簡介



核能安全委員會同仁分享臺灣輻射災害應變機制



Mirvat Abdelhaq 講授爆裂物案例研究



圖 89 2025 大型輻射災害偵知應變訓練課堂講授紀錄-3 月 24 日

資料來源：本計畫團隊拍攝



Luke Gilbert 講授放射性物質與設備獲取



Sam Bachman 講授輻射應變情境



Mirvat Abdelhaq 講授散布簡報



Tracy Kiellman 講授應變人員健康與安全



學員針對授課內容分享臺灣做法



學員針對授課內容提問

圖 90 2025 大型輻射災害偵知應變訓練課堂講授紀錄-3 月 25 日

資料來源：本計畫團隊拍攝



Sam Bachman 講授群體監測



學員針對分組討論議題進行發表



Sam Bachman 講授 IXP 簡介



Tracy Kiellman 講授個人防護裝備





Sam Bachman、Tracy Kiellman 講授工作人員劑量評估及示範穿戴裝備

圖 91 2025 大型輻射災害偵知應變訓練課堂講授紀錄-3 月 26 日

資料來源：本計畫團隊拍攝



Luke Gilbert 講授 RDD 造成的後果及經濟影響



Sam Bachman 講授風險溝通

圖 92 2025 大型輻射災害偵知應變訓練課堂講授紀錄-3 月 27 日

資料來源：本計畫團隊拍攝

互動式演練活動規劃為案例討論、資源分配、個人防護裝備體驗、RDD 應變活動以及情境類型演練 (Table Top Exercise, TTX)。整體而言大致可分為討論形式及體驗活動兩大類，前者包含案例討論、資源分配與情境類型演練，透過講師說明、引導讓與會學員思考、提問或以分組方式進行討論；後者則為實體操作訓練，如以實地場域進行輻射偵檢儀器操作找出射源，以及輪流穿脫全身完整個人防護裝備，學習體驗過程詳見〔圖 93〕至〔圖 96〕。其中資源分配活動為第二天 (3 月 25 日) 之討論活動，美方講師將各階段小組討論成果以影像拍攝記錄後，經核算分數隔日再與學員分享，〔圖 97〕顯示各組討論成果之差異性，亦代表各組於各階段投入資源量之不同，現場推估 3 個小組之差異性可能與各學員分組有關，因各組學員組成單位不同，部分組別學員可能因身處應變單位而熟知防災體系或核能安全相關應變流程，故較能瞭解與掌握可投入或需投入哪些資源而呈現出差異性。



Brett Grossman、Mart Stewart-Smith 帶領學員操作卡片類型資源分配活動



學員分組進行討論



學員分組進行討論

學員分組討論後發表成果



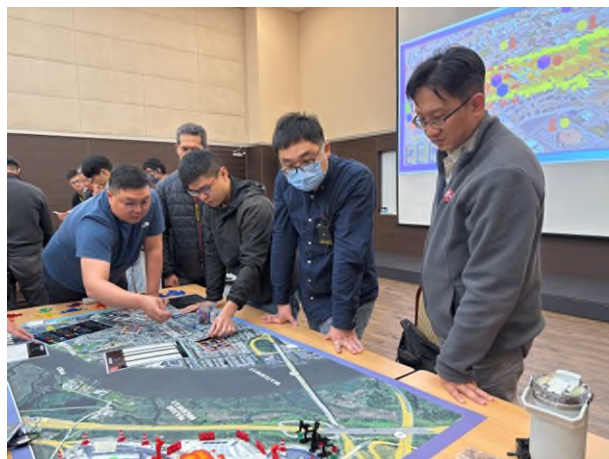
學員針對不同議題分享處置作為

圖 93 2025 大型輻射災害偵知應變訓練互動式演練活動紀錄-3 月 24 日

資料來源：本計畫團隊拍攝



Brett Grossman、Mart Stewart-Smith 帶領學員操作地圖類型資源分配活動



學員分組進行討論 (第一階段)



學員分組進行討論（第一階段）



學員分組進行討論（第二階段）



學員分組進行討論（第二階段）



學員分組討論後發表成果





學員分組討論後發表成果



Mart Stewart-Smith 針對成果提出建議



Mart Stewart-Smith 於隔日說明分組綜合評分

圖 94 2025 大型輻射災害偵知應變訓練互動式演練活動紀錄-3 月 25 日

資料來源：本計畫團隊拍攝





Sam Bachman 帶領 RDD 應變活動（第一組）





Sam Bachman 帶領 RDD 應變活動（第二組）





Tracy Kiellman 帶領個人防護裝備體驗 (第一組)





Tracy Kiellman 帶領個人防護裝備體驗 (第二組)



課程後學員提問

美方講師回覆學員提問

圖 95 2025 大型輻射災害偵知應變訓練互動式演練活動紀錄-3 月 26 日

資料來源：本計畫團隊拍攝



Sam Bachman 帶領小組討論活動



Sam Bachman 帶領小組討論活動

小組討論成果發表



小組討論成果發表



Suzanne Freeze、Mart Stewart-Smith、Brett Grossman 帶領情境類型演練



學員分組討論



小組討論成果發表



美方講師針對成果提出建議

圖 96 2025 大型輻射災害偵知應變訓練互動式演練活動紀錄-3 月 27 日

資料來源：本計畫團隊拍攝

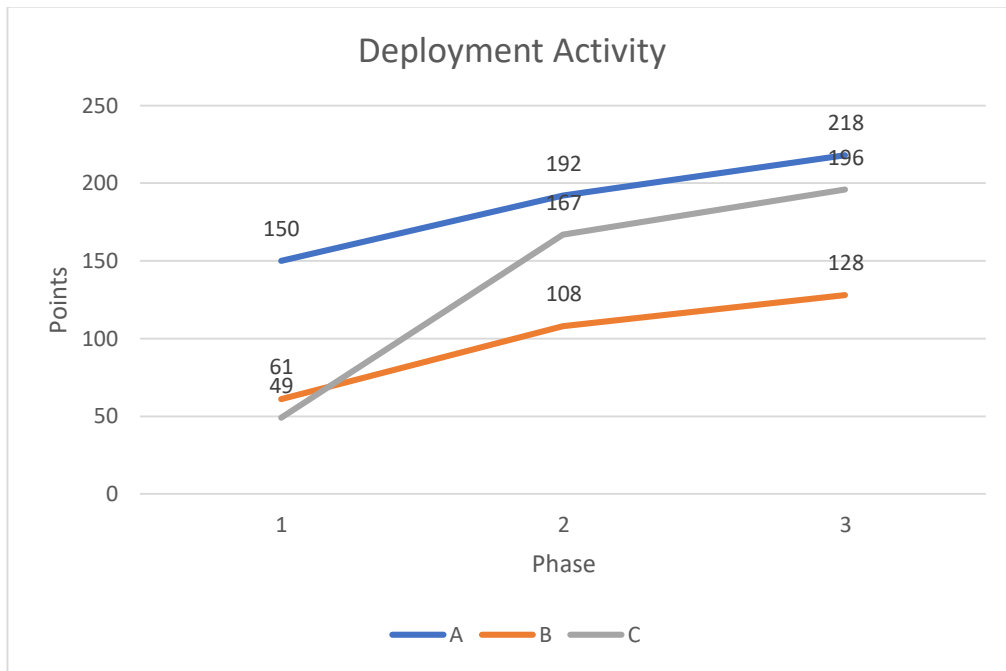


圖 97 2025 大型輻射災害偵知應變訓練-3 月 25 日地圖類型資源分配活動小組討論成果
資料來源：美國能源部國家核子保安局

6.5 計畫團隊協助事項與講習紀錄

本次講習計畫團隊協助事項包含事前規劃與現場協助行政庶務工作，前者如場地租借與規劃、各項設計物製作、學員錄取及課前通知作業、公共意外責任險投保、每日餐點準備...等；後者如口譯廠商設備進場規劃與協調、每日簽到作業、場地設備聯繫與問題排除...等，並依契約規定每日安排研究人員到場協助各項行政庶務工作。

一、場地規劃

本次講習假台北矽谷國際會議中心 2D 會議廳舉辦，會議廳為可容納 84 人教室型參與之 60 坪會議空間，場地空間詳見〔圖 98〕。計畫團隊於講習辦理前完成場地現勘作業，並納入口譯室架設空間、設備擺設位置，以及學員座位、美方講師休息區（含設備擺設位置）、工作人員作業區、簽到區、餐點供應區...等需求進行空間總體規劃，講習會場布置詳見〔圖 99〕。

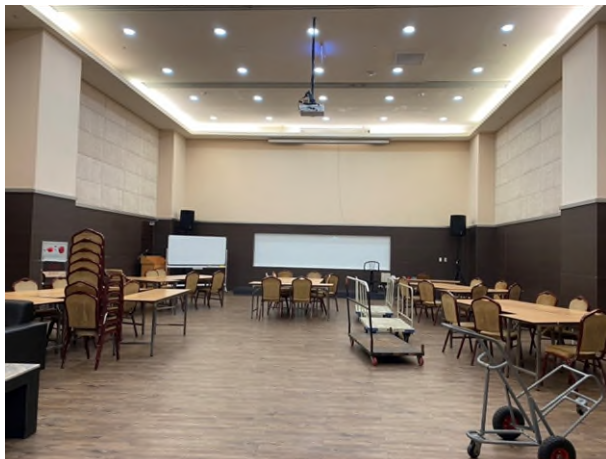
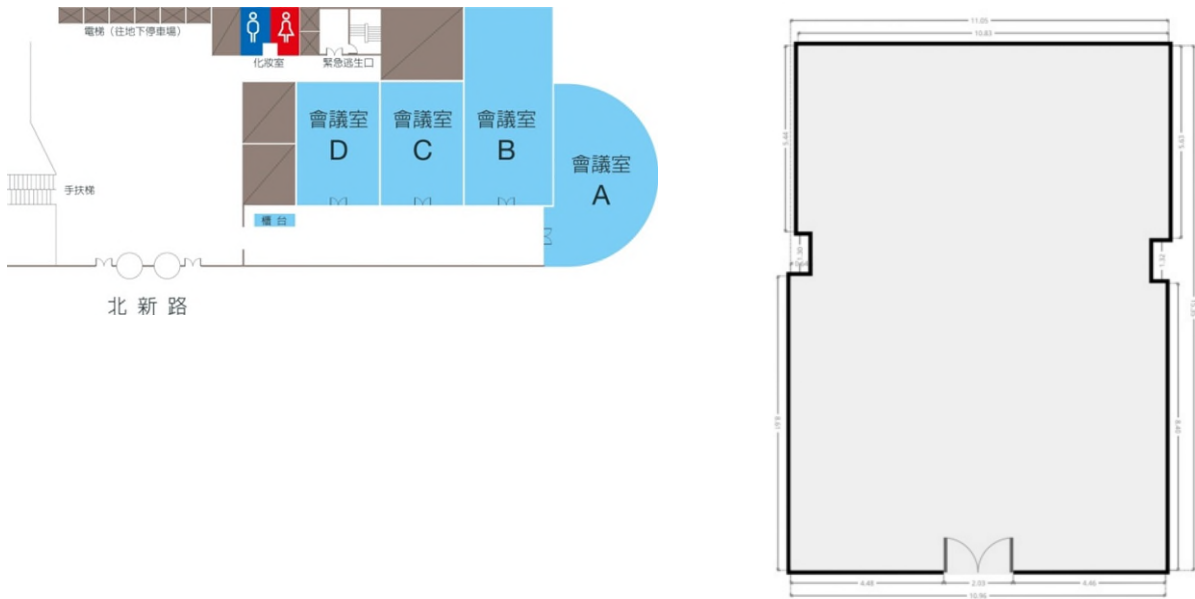


圖 98 台北矽谷國際會議中心場地空間

資料來源：台北矽谷國際會議中心、本計畫團隊拍攝



學員座位、工作人員作業區



口譯室、美方講師休息區



簽到處



茶水供應區



餐點供應區

圖 99 2025 大型輻射災害偵知應變訓練場地布置圖

資料來源：本計畫團隊拍攝

二、各項文宣品設計製作

針對本次講習計畫團隊製作多項文宣品，亦考量為美方講師來臺授課，同步於部分設計物增加英文輔以雙語呈現，如：識別證、紅布條、每日議程海報、餐點牌、簽到處、桌牌...等，並配合場地設備規劃導引動線及講習課程所需輔助設計，如：會場動線指引、授課課堂名稱、過場簡報，設計樣式及輸出成品詳見〔圖 100〕、〔圖 101〕。



貴賓識別證



學員識別證



工作人員識別證



講習紅布條



每日議程海報



餐點牌



簽到處



桌牌（分組討論使用）

圖 100 2025 大型輻射災害偵知應變訓練-各式文宣品設計及製作

資料來源：本計畫團隊製作、拍攝



會場動線指引電子看板



會議廳外單堂授課名稱電子看板



過場簡報

圖 101 2025 大型輻射災害偵知應變訓練-各式輔助文宣品設計

資料來源：本計畫團隊製作、拍攝

三、開訓、結訓式

本次講習安排開訓、結訓儀式，開訓式由核能安全委員會黃俊源組長蒞臨致詞，並致贈美方講師象徵臺美友好交流情誼之紀念品；全程參與講習之學員則可獲頒核能安全委員會及美方共同簽署之結業證書，結訓式特請美方授課講師、核能安全委員會黃俊源組長頒發證書，相關紀錄詳見〔圖 102〕。



開訓式黃俊源組長致詞



Mart Stewart-Smith 致詞



致贈美方講師紀念品與合影



核能安全委員會、美方講師及全體學員共同合影



Mart Stewart-Smith 頒發結業證書並與學員合影



黃俊源組長頒發結業證書並與學員合影

圖 102 2025 大型輻射災害偵知應變訓練-開訓、結訓式紀錄

資料來源：本計畫團隊拍攝

6.6 未來精進建議

本次講習授課總時數為 28 小時，授課內容包含理論與實務操作，總體而言學員對於講習安排場地、授課規劃、餐食供應滿意度皆高，計畫團隊針對未來辦理講習提供建議如下：

- 一、本次配合講習主題邀約相關應變單位出席與會，然實作分組採座位制，爾後可評估「應變功能分組」區分學員單位組成以符合實際應變操作，另建議邀請地方政府相關單位參與（本次出席皆以中央單位為主，然實際應變時皆需有地方單位協助動員、調度相關資源）。
- 二、本次講習課後學員表示獲益良多，亦詢問未來是否仍有機會再次參與相關課程，未來可評估增加課前、課後問卷，以更瞭解學員學習狀況並能針對輻射災害應變給予相關建議或實務合作回饋意見。
- 三、本次分組實作評價高，若再辦可評估將各實作與應變實務結合為全套訓練，如：穿著全套防護衣、操作輻射偵檢儀器及災害現場劃設熱暖區作業，藉此提升應變人員之輻射災害應變知能。
- 四、承上，應變實作或桌推演習建議納入情境時序評估，精準依狀況（設定應變時間）控制分組討論較具有真實臨場感受，並可輔以便利貼或其他道具以呈現討論成果。

第七章 維運核能安全委員會輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統

7.1 系統概述

本計畫團隊於 111 年至 112 年間協助核能安全委員會完成「輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統」之建置，並且將系統使用於 112 年、113 年及 114 年地方政府輻射災害防救講習。本系統提供予第一線應變人員，搭配課程教學模式及講師引導之用。透過輻射災害情境之設定及使用人員輸入之應變決策作為，運用系統加以模擬，課程結束後亦能針對應變決策作為加以檢討，以強化應變人員輻射災害應變處理及決策能力。本系統分為入口登入介面系統、教案使用端系統、系統管理端系統、教案內容管理端系統、系統帳號登入日誌及安全管理系統等功能〔圖 103〕。



圖 103 輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統功能架構

資料來源：本計畫團隊繪製

本系統用戶分為系統管理者、教官及參訓人員等 3 個種類，對應至系統後臺管理、教案內容設定、執行演練操作及演練結果檢討等 4 個階段。系統管理者可透過報名資訊，建立帳號及操作權限等使用者維護之功能，並可針對使用者帳號、帳號名稱、密碼、權限等進行編輯；教案內容設定為教官所負責，並在參訓人員進行操作時從旁協助；參訓人員為執行演練操作階段的主要使用者，須於各道狀況下限定之演練時間內完成所有處置作為；最後階段為演練結果檢討，教官依據匯出的演練結果，與參訓人員共同討論該演練場次的模擬情境內容

及參訓人員的操作狀況，並可依此進行演練成果的評核。本系統操作流程及用戶個別權限，詳見〔圖 104〕、〔表 48〕。

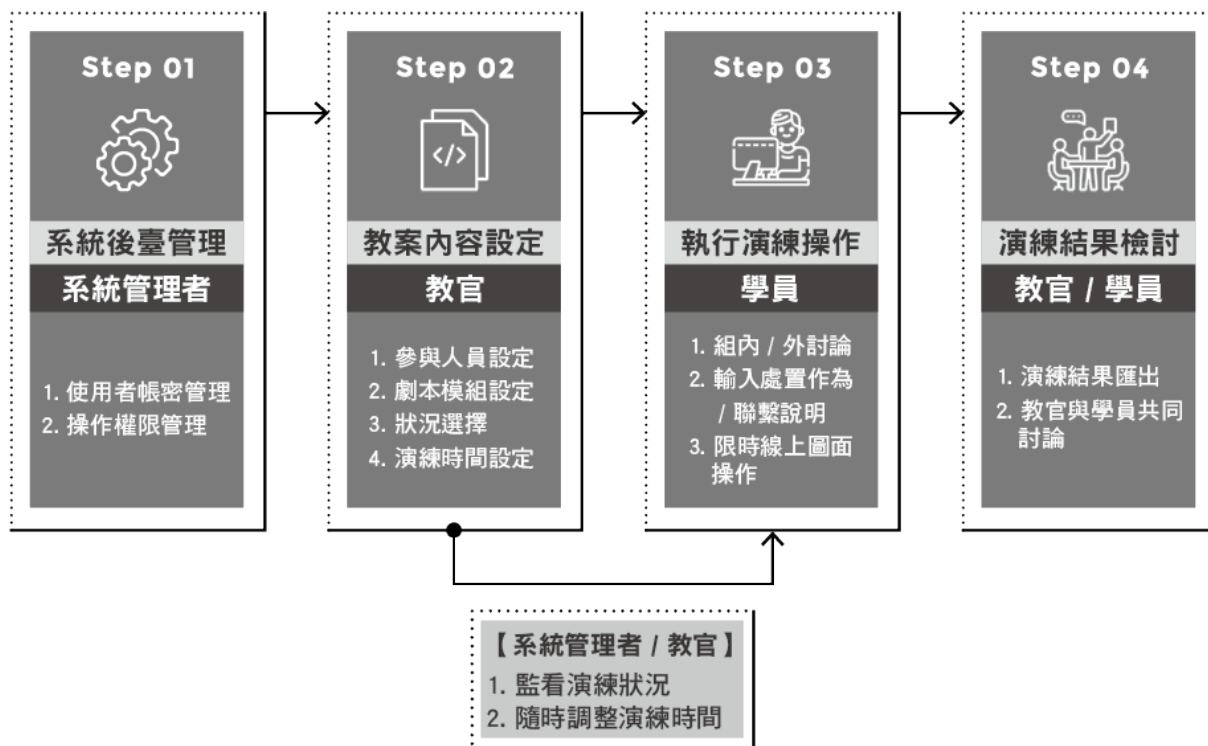


圖 104 系統操作流程圖

資料來源：本計畫團隊繪製

表 48 系統用戶個別權限說明表

用戶	權限說明
系統管理者	<ul style="list-style-type: none"> ▶系統管理端系統、系統帳號登入日誌及安全管理系統之使用者，僅系統管理者可使用「使用者管理」功能，包含新增、解鎖、修改、刪除帳號等權限，以及線上查看登入帳號、登入時間、登入者 IP 位址、使用模組與功能、目前線上人數等相關資訊 ▶除上述之功能權限外，系統管理者亦可檢視教案使用端系統及使用教案內容管理端系統之功能
教官	<ul style="list-style-type: none"> ▶教案內容管理端系統之主要使用者，包含「劇本設定」、「問答設定」、「演練設定」、「演練結果檢討」等功能 ▶「劇本設定」功能包含劇本名稱、底圖、狀況及事件描述、資源清單、輻射數值、參考圖資等設定，可選擇不同劇本以執行編輯、刪除等 ▶「問答設定」功能包含問答名稱、時間設定（開始時間、作答時間）、新增題目、選項（答案），以及檢視問答結果匯出 ▶「演練設定」功能包含場次、參與人員等設定，教官設定執行日期時間及選用劇本後，須選取欲配合演練場次之帳號，並可建立群組及權限，群組可複選各圖面操

用戶	權限說明
	作功能，並設定不同群組涵蓋的參訓人員帳號 ▶「演練結果檢討」功能包含可檢視教案使用端系統之處置作為、跨組協調、各道狀況之圖面操作等結果 ▶除上述之功能權限外，教官亦可檢視教案使用端系統功能
參訓人員	▶教案使用端系統之主要使用者，包含「圖臺展示」、「情境概述」、「參考圖資」、「狀況處置」、「圖面操作」、「演練問答」等功能 ▶「圖臺展示」之各功能鍵，依前端作業規劃包含災害位置、輻射偵檢紀錄、冷暖熱區、交通管制點、前進指揮所、後送點、除污站、出入口管制點、公車路線、醫療院所、重要設施等，僅供參訓人員檢視，不能新增、修改、刪除 ▶「情境概述」之各功能鍵，依後端作業（教案內容管理端系統）規劃包含事件描述、資源清單，僅供參訓人員檢視之作用，不能新增、修改、刪除 ▶「參考圖資」之各功能鍵，依後端作業（教案內容管理端系統）規劃，預設為區域資源圖、淹水潛勢圖、土壤液化圖、活動斷層圖、土石流潛勢、輻災 EPZ 區等，僅供參訓人員檢視之作用，不能新增、修改、刪除 ▶「狀況處置」功能包含處置作為及跨組協調，提供參訓人員針對每道狀況輸入該演練組別所須進行之處置作為說明，以及可輸入該組別進行跨組溝通之內容 ▶「圖面操作」之各功能鍵，依前端作業規劃包含輻射偵檢、劃設冷暖熱區、設立交通管制點、設立前進指揮所、設立後送點、設立除污站、出入口管制點、繪製替代路線等，參訓人員僅可操作其權限內之功能鍵 ▶「演練問答」功能包含提供參訓人員填寫問卷，並可於選取答案後檢視正確解答、該題各答案選項之人數統計及比例等資訊

資料來源：本計畫團隊製表

7.2 系統維運成果

114 年度執行工作項目包含系統維護、安全諮詢與資通安全事件處理、系統相關軟硬體之安裝更新、弱點修補及資通安全文件填報等。今年已配合數位發展部規範導入政府網站雙憑證機制及調整取得內網網站憑證；並依業務單位不定期需求填報與提供資通安全文件，並於每次登入後臺時同步進行系統維護及完成更新作業，以確保系統安全且正常運作。

7.4 弱點掃描與修補

「輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統」於 114 年 9 月 1 日至 2 日由核安會資訊科進行第一次弱點掃描，計畫團隊於 9 月 18 日參與線上說明會，會後依據初測安全報告進行弱點修補，並於 9 月 30 日完成弱點修補作業，目標優先以推演系統於 114 年地方政府輻射災害防救講習中，可順利進行實作推演。

資訊科於 10 月 21 日進行第二次弱點掃描、11 月 10 日辦理線上說明會，系統歷經前次弱點修補作業後，僅剩少數弱點需持續進行修補，本次修補作業後於 12 月 8 日進行第三次弱點掃描，並進行系統封存作業。

第八章 已履約工作項目與建議事項

本計畫團隊於 114 年 2 月 10 日與核安會業務單位召開計畫啟動會議，討論及確認工作執行方向與進度，同時依照契約規定之期程內，截至 114 年 12 月 25 日期末研究成果報告修訂版繳交期限，已履約工作項目及未來建議事項以下分別敘述。

8.1 已履約工作項目

一、輻射災害案例研析

- (一) 自 1 月起持續盤點、蒐集 IAEA 官網與放射性物質意外事件相關報告，並於 2 月 10 日啟動會議進行討論，決議第一篇案例以「巴西戈亞尼亞事故」進行翻譯與研析，並於期中報告書中呈現研析內容與授課教材。
- (二) 第二篇案例於 4 月 25 日第一次工作會議中討論，業務單位於 5 月 29 日擇定「泰國北欖事故」為第二篇案例後進行翻譯與研析，並於期末報告書呈現相關內容。

二、輻射災害應變及宣導資源建置

- (一) 2 月 10 日啟動會議提出「非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件推演腳本」之想定架構、「輻射災害防救宣導圖資」及「輻射災害第一線應變人員手冊」元素規劃。
- (二) 「非破壞照相檢驗設備屏蔽破損之放射性物質意外事件推演腳本」：
 - 1、4 月 18 日提交初稿、4 月 25 日第一次工作會議討論後修正納入期中報告書。
 - 2、於 7 月 11 日期中報告書修訂版定稿。
- (三) 「輻射災害防救宣導圖資」：
 - 1、4 月 25 日第一次工作會議、6 月期中報告書以懶人包為設計方向進行討論，後於期中報告書審查擇定製作主題，8 月 1 日提供設計文案。
 - 2、業務單位於 8 月 4 日提出以單張海報呈現，於 8 月 6 日確認海報設計文案後製作，並於 11 月 11 日完成圖資設計。
- (四) 「輻射災害第一線應變人員手冊」：
 - 1、4 月 18 日提交改版對照表、4 月 25 日第一次工作會議提出修改意見及編修方向、5

月 2 日提交 WORD 編修草案。

2、於 7 月底、8 月 15 日提供修正版供業務單位檢視，三版手冊全版於 9 月 23 日修訂完成，並配合 114 年地方政府輻射災害防救講習以電子版進行授課教學。

3、依據參訓學員回饋與業務單位意見進行修正後於 11 月 18 日定稿。

三、地方政府輻災防救講習辦理

(一) 6 月 18 日提交 114 年地方政府輻射災害防救講習實施計畫草案 (瑞本政字第 114064 號函)。

(二) 9 月 25 日投保公共意外責任險。

(三) 10 月 2 日辦理 114 年地方政府輻射災害防救講習 (中部場)。

(四) 10 月 8 日辦理 114 年地方政府輻射災害防救講習 (東部場)。

(五) 10 月 15 日辦理 114 年地方政府輻射災害防救講習 (北部場)。

(六) 10 月 22 日辦理 114 年地方政府輻射災害防救講習 (南部場)。

(七) 11 月 18 日提交 114 年地方政府輻射災害防救講習成果報告書 (瑞本政字第 114116 號函)。

四、協助辦理大型輻射災害應變國際講習

(一) 1 月 15 日辦理會議場地選訂作業。

(二) 2 月 10 日啟動會議提出「大型輻射災害應變國際講習」前置規劃、作業期程。

(三) 3 月 13 日投保公共意外責任險。

(四) 3 月 19 日學員行前通知、餐點規劃作業。

(五) 3 月 24 日至 3 月 27 日辦理「大型輻射災害應變國際講習」，會議簽到單詳見〔附件 C〕。

五、維運核能安全委員會輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統

(一) 1 月 27 日系統 SSL 憑證安裝完成。

(二) 3 月 31 日配合行政院來函填寫資通系統表單。

(三) 4 月 10 日配合數位發展部推動政府網站雙憑證。

(四) 5 月 15 日確認資通系統防護基準自評表及等級評估表。

(五) 9 月 18 日、11 月 10 日出席弱點掃描線上說明會，會後依據檢測安全報告說明進行弱

點修補。

六、定期工作會議辦理

- (一) 2月10日辦理啟動會議。
- (二) 4月25日辦理第一次工作會議。
- (三) 9月5日辦理第二次工作會議。
- (四) 歷次工作會議紀錄及會議結論辦理情形彙整於〔附件E〕。

8.2 建議事項

大型輻射災害應變國際講習部分，實作分組建議以學員原職單位為優先考量更能促進推演實作成效，另考量災時資源調度問題可依據課程或推演內容邀約地方單位共同參與；講習後亦可安排問卷調查以蒐集與會學員意見以供再辦理規劃參考。

地方政府輻射災害講習部分，今年納入課前測驗以及外聘講師針對游離輻射進行授課。前者執行成效佳，透過課前與課後測驗結果比對分析更能掌握學員當日學習狀況，並即時依據學習狀況釋疑或補充說明；後者於講習辦理前為使外聘講師充分理解講習目標與授課成效，先由計畫團隊參考歷年游離輻射防護簡介授課簡報後，精修今年授課教材並在業務單位確認後請外聘講師進行講授，以能有效掌握課程教學難易度。整體而言學員回饋佳，惟全日講習專業課程授課時間偏長，部分學員專注力、學習力可能稍受影響，另偵檢儀器實作採取學員輪流操作模式，然多數學員主動性較不明顯，建議未來可考量分組輪流實作。

今年推演實作持續以推演系統進行，雖已事先於學員操作電腦置入網址、密碼等資訊，並於推演前增加15分鐘實作練習時間，然實際推演時少數場次仍受到場地、設備等無法預期因素而稍影響進度，建議後續可維持現有優化作法外，並可安排時間提早請場地借用方協助登入推演系統進行測試以盡量排除設備問題。此外，亦建議後續編列擴充與維運經費以進行系統功能升級或改版規劃之必要性，包含演練時序設定、符合資安要件、科技AI輔助、語音互動功能...等。

輻射災害應變及宣導資源建置部分，今年已完成「輻射災害第一線應變人員手冊」第三版改版作業，地方政府輻射災害防救講習中學員亦回饋有紙本手冊較易於閱讀及災時應變作為參考之需求，後續可評估手冊印製、放發作業；又宣傳圖資製作以一般民眾宣傳為目標，建議下階段可針對宣傳媒介、管道加以評估，圖資形式亦可納入討論，藉此擴大宣傳成效。

參考書目

- 1、IAEA 官網，出自 <https://www.iaea.org/>。瀏覽日期：2024.12.16
- 2、International Atomic Energy Agency (1988)。The Radiological Accident in Goiania。2016 年 5 月 18 日，取自 http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub815_web.pdf
- 3、International Atomic Energy Agency(2002)。The Radiological Accident in Samut Prakarn。2016 年 5 月 18 日，取自 http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1124_scr.pdf
- 4、行政院原子能委員會 (2017)。《輻射災害第一線應變人員手冊》(2 版)。新北市：行政院原子能委員會。
- 5、行政院原子能委員會 (2021)。《輻射災害第一線應變人員手冊》。新北市：行政院原子能委員會。
- 6、行政院原子能委員會 (2021)。《輻射災害第一線應變人員手冊》(2 版)。新北市：行政院原子能委員會。
- 7、工業技術研究院 (2024)。《2024 年版緊急應變指南應用說明》。南投縣：工業技術研究院。
- 8、行政院原子能委員會 (2018)。核子事故應變指南。取自 https://www.nusc.gov.tw/share/file/convenience/j7H4y4au8QwC--JoiTjHRw__.pdf
- 9、核能安全委員會 (2023)。核子事故緊急應變作業程序書。取自 https://www.nusc.gov.tw/share/file/emergency/J0cLNINrxJOyMLyUetl49A__.pdf
- 10、馬士元、鄭銘泰、張馨心、白瀚婷、胡育銘 (2019)。輻災防救實務調查與減災對策研究。行政院原子能委員會委託研究報告。臺中市：瑞鈺災害管理及安全事務顧問股份有限公司。
- 11、馬士元、鄭銘泰、張馨心、白瀚婷、胡育銘 (2020)。輻射災害應變資源建置與實務管理之研究。行政院原子能委員會委託研究報告。臺中市：瑞鈺災害管理及安全事務顧問股份有限公司。
- 12、馬士元、鄭銘泰、張馨心、白瀚婷、胡育銘 (2021)。輻射災害應變資源建置與實務管理之研究。行政院原子能委員會委託研究報告。臺中市：瑞鈺災害管理及安全事務顧問股份有限公司。
- 13、馬士元、鄭銘泰、白瀚婷、胡育銘 (2022)。輻射災害應變資源建置與實務管理之研究。

行政院原子能委員會委託研究報告。臺中市：瑞鈺災害管理及安全事務顧問股份有限公司。

14、馬士元、鄭銘泰、黃偉凱、胡育銘 (2023)。輻射災害應變資源建置與實務管理之研究。

核能安全委員會委託研究報告。臺中市：瑞鈺災害管理及安全事務顧問股份有限公司。

15、馬國宸、鄭銘泰、陳宏琦、胡育銘 (2024)。輻射災害應變資源建置與實務管理之研究。

核能安全委員會委託研究報告。臺中市：瑞鈺災害管理及安全事務顧問股份有限公司。

16、國家兩廳院 (2019)。兩廳院售票系統 2013~2018 年消費行為報告，取自

<https://artsticketreport.npac-ntch.org/2019/#Home>。

17、農業部 (2021)。日本歷年進口美國豬肉量與消費量懶人包，出自

https://www.moa.gov.tw/files/policy_graphics/27/A01_1.png。

18、行政院 (2021)。民國 110 年災害防救白皮書，出自

<https://cdprc.ey.gov.tw/Page/39B8B46C7FE8EA45/7e6b0828-1439-4e3b-b96e-2909aa742556>

。

19、內政部消防署 (2023)。熱中暑急救懶人包，出自

https://www.tfdp.com.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=34&article_id=950。

20、衛生福利部 (2024)。你一定好奇的細胞治療常見問題！懶人包，出自

https://celltherapy.mohw.gov.tw/files/public/%E6%87%B6%E4%BA%BA%E5%8C%85_%E4%BD%A0%E4%B8%80%E5%AE%9A%E5%A5%BD%E5%A5%87%E7%9A%84%20%20%E7%B4%B0%E8%83%9E%E6%B2%BB%E7%99%82%E5%B8%B8%E8%A6%8B%E5%95%8F%E9%A1%8C%EF%BC%81-1734054653.pdf。

21、文化部 (2024)。振興計畫具體措施懶人包，出自

<https://theme2data.culture.tw/upload/file/2023-05-11/db1a7276-ecda-43d5-829f-5634a6137834/%E3%80%90%E6%96%87%E5%8C%96%E9%83%A8%E6%8C%AF%E8%88%88%E8%A8%88%E7%95%AB%E3%80%91%E5%85%B7%E9%AB%94%E6%8E%AA%E6%96%BD.pdf>。

22、勞動部勞工保險局 (2017)。規劃退休必須知道的 10 個知識懶人包，出自

<https://www.bli.gov.tw/0020718.html>。

23、內政部消防署 (2023)。強化防火管理制度指導綱領懶人包，出自

https://www.tfdp.com.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=34&article_id=1232。

24、內政部消防署（2023）。假訊息闢謠報你知懶人包，出自

https://www.tfdp.com.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=34&article_id=1386。

25、內政部消防署（2023）。國際救援隊抵臺後接待入境作業懶人包，出自

https://www.tfdp.com.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=34&article_id=907。

附件 A 期中、期末審查意見與回應

一、期中審查意見及回應

意見序號	計畫頁碼 圖表編號	審查意見	回復說明
一、輻射案例研析			
(一)	p11	「透過旋轉使射源罐與輻射孔對齊，從而產生放射線」，應調整為「釋放」放射線較為適當。	據以修正。
(二)	p13-14	述及羅伯特跟瓦格納前往 IGR 中心偷竊的日期為 9 月 13 日，而報告 p14 的事故發生時序表則為 9 月 10 日至 9 月 13 日，請再確認。	《The Radiological Accident in Goiânia》報告之事故發生時序表以 9 月 10 日至 13 日為區間呈現，而偷竊日期為 9 月 13 日；然因原文無細節時間軸故綜合表列。
(三)	p19	請確認第 4 點內容用字以及第 10 點廢紙污染至其他地方的途徑。	1、第 4 點原翻譯使用之「源輪」意指 source wheel，為遠距放射治療設備內部裝載射源的組件，為可旋轉的圓柱形結構，可控制射線釋放與屏蔽，修正後以英文「source wheel」呈現。 2、第 10 點指因放射性物質附著在廢紙上，被當作回收紙送到其他城鎮，導致污染擴散之描述。
(四)	p22	請再確認受污染者進行淋浴後的水後續有無相關處理。	《The Radiological Accident in Goiânia》報告雖提及受污染者接受淋浴之除污處理，但全文未說明除污產生的污水處理方式。
(五)	p24	亞鐵氰化物建議更改為「亞鐵氰化鐵」。	據以修正。
(六)	p28	「...醫院則採用血池掃描(Blood pool imaging)技術，這對於確定受損小動脈與正常小動脈之間的界線非常有幫助...」，這段內容中的血池掃描技術，請確認是否是指核醫三相骨骼掃描(Three Phase Bone Scan)中的血池相。	經確認後非指核醫三相骨骼掃描(Three Phase Bone Scan)之血池相。

意見序號	計畫頁碼 圖表編號	審查意見	回復說明
(七)	p29	46 名患者使用普魯士藍進行體內除污，劑量範圍不等，請查明原文資料有無提及病患服用普魯士藍的時長。	《The Radiological Accident in Goiânia》未提及病患服用普魯士藍的「治療時長」或「服用天數」。
(八)	p31	第 2 名死亡病例整體評估內容所述之急性放射病，請統一使用「急性輻射症候群」。	據以修正。
(九)	p35	「...撤離與禁止進入的標準起初對住宅區設定為 2.5 μ Sv/h，後來調整為 10 μ Sv/h...」。請再確認原文資料有無提及劑量率標準後來調整為 10 μ Sv/h 的考量及依據。	依據《The Radiological Accident in Goiânia》報告，在事故約一週後，納入 3 項劑量修正因素放寬至 10 μ Sv/h： (a) 佔用因數 (occupancy factor): 0.30 至 0.7 (b) 地理分佈因數 (geometric factor): 0.1 至 0.2 (c) 時間分佈因數 (temporal factor): 0.1 至 0.4 以上 3 項皆採用最高的數值進行估算。
(十)	p51	授課教材第 8 頁，急性輻射照射症候群請修改為「急性輻射症候群」(ARS)。	據以修正。
(十一)	p51	簡報 p16，有關「人員檢測資訊」內容，請刪除多餘之「體外」2 字，另請確認伴隨體內污染之 129 人是否包含在具體外污染之 249 人當中。	1、據以修正。 2、經確認《The Radiological Accident in Goiânia》報告，伴隨體內污染之 129 人是包含於體外污染之 249 人當中。
(十二)	p52、 p45-48	簡報 p17，「警惕與反思」部分，應強調源頭管制的重要性。除了制定完善的法規制度外，管制機關的作為亦是防範輻射災害的關鍵，故建議於授課內容可強調我國輻安紀錄良好係因法規制度建立及管制機關執行作為已具相當成效。另也請確認原文資料有無針對「應變」的反思。	1、已於授課簡報中補充相關內容。 2、已於報告書補充相關內容。

意見序號	計畫頁碼 圖表編號	審查意見	回復說明
(十三)	p45	請確認原文資料有無提及應變過程花費的時間及參與人數。	《The Radiological Accident in Goiânia》報告未明確提供相關統計圖表。計畫團隊已從各章節散落內容大致整理出相關數據。
二、輻射災害應變及宣導資源建置			
(一)	p55	狀況 1「...預估路程 12 分鐘，另聯絡核能安全委員、車輛...」及推演內容「...請求調派相關偵檢設備與通報核能安全委員會等協助處理...」應為聯絡及通報核安會核安監管中心。	據以修正。
(二)	p56	推演內容「...昏迷指數分別為 2 及 3，並同時具輻射曝露之疑慮...」，依據災害狀況，應為輻射「污染」之疑慮較為適當。	考量災害狀況設定僅為「耗乏鈾屏蔽」受損，故推演內容調整為適用範圍較大之輻射「傷害」。
(三)	p64 表 13	二版第二章僅列出小節內容，請再列出該章節標題「出動前準備事項」。	據以修正。
(四)	p53	簡報 p20，針對國際真實發生案例，案例 B 中的中國杞縣鈷-60 事件，請再加入「河南省」。	據以補充。
(五)	p57 表 10	電動車滅火需時較長且不會僅使用水去滅火，還會再覆蓋防火毯，請再思考如何去處理射源。另外「安全周界」請調整為「管制區域」，較符合輻射災害第一線應變人員手冊內容。	1、參考 2024 年版緊急應變指南，對於鋰電池和電動車火災，建議使用水進行冷卻；是否需要再覆蓋防火毯將取決於電動車火災的具體情況、現場風險評估與處置成效。 2、據以調整。
(六)	p65 圖 48	第三版封面示意圖於上次工作會議有提出要加入護目鏡、手套膠帶等等細節，後續請再調整。	期中進度呈現為示意圖，待與業務單位討論後進行繪製作業。
三、辦理地方政府輻射災害防救講習			
(一)	p70 表 17	地方政府輻災防救講習議程規劃(表 17)，「游離輻射防護簡介」今年度由外聘講師進行授課，爰主持人/講師欄位須修改。	據以修正。

意見 序號	計畫頁碼 圖表編號	審查意見	回復說明
(二)	p70 表 17、 p74 表 20	考量今年度地方講習需邀請外聘講師授課、各地區災害應變中心場地租借限以公文為場地預定正式文件、國定假日新增等因素，團隊提早作業，本會業已於 6 月 19 日收到「114 年地方政府輻射災害防救講習實施計畫草案」，經本會確認後，請團隊調整報告書中之表 17 (地方政府輻災防救講習議程規劃) 及表 20 (地方政府輻災防救講習課程彙整表)。	據以修正。
(三)	—	簡報 P36，各場次預估人數，北部場應增加，東部場應減少。	據以調整。
(四)	—	請再確認「游離輻射防護簡介」各場次的授課教材是否統一。	待與業務單位研議後定案。
(五)	—	建議情境推演實作分組名稱可因地制宜調整名稱。	推演系統今年以維運為主，且講習為區域聯合辦理，考量各縣市應變編組略有差異，將於課堂中以簡報呈現相關說明。
四、協助辦理大型輻射災害應變國際講習			
(一)	p80 表 22	2025 大型輻射災害偵知應變訓練議程 (表 22)，3 月 25 日至 3 月 27 日最後兩項課程間之時間皆不連貫 (14:45-16:30、16:45-17:00)，請修改。	據以修正。
(二)	p88	中間排右方之課堂講授紀錄照片 (Tracy Kiellman 講授個人防護具 (PPE))，請統一用語，使用「個人防護裝備」。	據以修正。
(三)	p90	「...可能因學員身處單位而熟知應變流程或須投入 (或為可投入) 哪些資源」，因句末語意略顯不清，建請酌予調整此節文句。	據以調整。
(四)	—	公共意外責任保險之投保證明請提供給承辦科存查。	配合辦理。
五、其他綜合意見			

意見 序號	計畫頁碼 圖表編號	審查意見	回復說明
(一)	其他綜合意見	期中報告書中錯漏字及翻譯文字，請依承辦科意見修正。醫學專業用語則請團隊協助審視。	配合辦理。
(二)	其他綜合意見	選定「何謂輻射曝露及污染」及「核安監管中心通報三寶」作為宣導圖資主題，請團隊與承辦科進行後續作業。	配合辦理。

二、期末審查意見及回應

意見 序號	計畫頁碼 圖表編號	審查意見	回復說明
一、輻射案例研析			
(一)	p48 表 7	簡報 p19, 請將戈亞尼亞事故授課教材封面中的「輻射污染」調整為「放射性污染」。	據以修正。
(二)	p53	AEC 共設有 8 個小組委員會, 請問報告當中是否有當時之組織架構圖或詳細說明? 若報告未載明, 請依目前能掌握的資料或現況說明組織架構。	據現況泰國 AEC 之下僅設立 Office of Atoms for Peace (OAP) 作為其秘書處, OAP 為原 Office of Atomic Energy for Peace (OAEP) 重組後之新名稱, 為該國核能與輻射安全監管機關。
(三)	p62	以 300 $\mu\text{Sv/h}$ 位置劃設為管制區, 報告當中有無提及其劃設標準之依據?	據《The Radiological Accident in Samut Prakarn》報告僅提到以「300 $\mu\text{Sv/h}$ 」為界線劃設管制區, 但並未說明其「劃設標準的依據」。
(四)	p64	簡易金屬探測系統取出金屬塊置入盆中, 盆中放置之高量程輻射劑量率探頭是否有實施相關的防護措施, 以避免探頭遭受污染而影響判讀?	據《The Radiological Accident in Samut Prakarn》報告高量程輻射劑量率探頭並無相關防護措施的記載。
(五)	p64	成功回收之射源被送往 OAEP 的貯存場並被置於 4.5 公尺深的水下, 其中「乏燃料儲存池」是指?	經確認《The Radiological Accident in Samut Prakarn》報告, 「乏燃料儲存池」原文為「spent fuel storage pool」, 後續用詞統一修正為「用過核子燃料池」。
(六)	p78 表 13	P8 死亡時間 (3/20) 與報告 p75 (3/24) 不一致, 請再確認。	統一修正 P8 死亡時間為 3 月 24 日。
(七)	p85	北攬事故授課教材「後續處置」部分, 請於事故地圖下方註明 1 至 4 點。	據以修正。
(八)	—	報告中有部分錯漏字, 請團隊予以修正。	據以修正。
(九)	—	請團隊提供輻射災害案例研析簡報之 ppt 檔及 pdf 檔予承辦科。	於 114 年 12 月 25 日前隨期末成果報告書光碟提供資料。

意見 序號	計畫頁碼 圖表編號	審查意見	回復說明
二、輻射災害應變及宣導資源建置			
(一)	—	感謝團隊在手冊的編排與美編設計，使整本手冊更易閱讀與理解；同時也非常感謝團隊依據地方講習學員回饋及本會意見，持續配合調整手冊內容，使內容更完善。	感謝核安會肯定。
(二)	—	請團隊協助於手冊及應變小卡定稿後，併同期末成果報告書（修訂版）提供實體印製樣本（2本）供本會確認。	於 114 年 12 月 25 日前隨期末成果報告書光碟提供資料。
三、辦理地方政府輻射災害防救講習			
(一)	—	今年度講習受「花蓮縣光復鄉馬太鞍溪堰塞湖溢流之災害事件」影響，致場地臨時調整，參訓人數亦較去年略為偏低。感謝團隊行前以通知信件及電話逐一聯繫參訓學員，確認參訓狀況，並協助配合相關事宜之滾動調整，使講習得以順利完成。建議未來可調整講習辦理時段及評估實作課程辦理方案，以便另尋其他合適空間借用，提升講習辦理彈性。	配合辦理。
(二)	—	地方講習的成果報告，建議除了北中南東各區數據以外，也要有加總的數據，方能看出整體趨勢。	地方講習成果報告已將學員問卷回饋加總分析呈現，前、後測因出席人員組成單位不同可能影響答題結果故未以加總數據呈現。
(三)	—	請團隊提供地方講習之公共意外責任險投保證明。	於 114 年 12 月 5 日繳付業務單位投保證明。
(四)	—	簡報 p56，「...建議持續建立清冊，並提供業務單位以電話積極邀請相關單位派員參與。」這裡所稱之清冊包含哪些內容資料？	清冊為歷年地方講習學員報名所填列之基本資料，包含：姓名、性別、服務單位、職稱、聯絡通訊方式。

附件 B 輻射災害第一線應變人員手冊三版定案設計



前言

對於輻射安全，核能安全委員會(以下簡稱核安會)一直不斷精進各項管制措施，雖然發生重大輻射災害的機會不高，但因災害的本質具有不確定性，不可輕忽，仍應有備無患。

當災害發生時，因地緣關係，第一時間到場進行處置者，通常為業者或地方政府，核安會已依風險特性，要求業者應有對應之安全設備、防護措施、人員訓練或緊急應變計畫；每年亦辦理或協助地方政府進行輻災防救之講習、訓練與相關演練。

本手冊依應變時序說明應變人員應採取的行動，提供作業相關的原則、圖表、檢核表，以及應變人員與民眾關心的問題與解答，於106年5月發行初版、

110年12月發行二版，本次係依歷次版本使用者的回饋意見，並綜整近年國內外輻射災害相關案例實務經驗，編修本手冊。

本手冊對象


地方政府第一線應變人員(以下簡稱應變人員)，如警察、消防、衛生、環保、新聞等單位與現場指揮官。

本手冊用途

可做為應變人員於災害發生初期數小時間，輻防人員到場前，進行危害辨識、劃分管制區、自我保護及應變行動的參考。

目錄 Contents

01	輻射災害種類與通報機制	1	04	應變行動結束前處理事項	32
	1.1 本手冊適用之輻射災害	2		4.1 應變人員之偵測與除污	33
	1.2 通報及應變機制	3		4.2 熱區內民眾處理	39
02	出動前準備事項	5	附件	附件一 輻射災害現場人員紀錄表	41
	2.1 通報	6		附件二 污染管制檢核紀錄表	43
	2.2 取得致災物資訊	7	附錄	附錄一 本手冊常用名詞簡介	45
	2.3 輻射偵檢儀器	8		附錄二 游離輻射的健康效應	46
	2.4 個人防護裝備	10		附錄三 常見放射性物質防災處理方式	47
	2.5 游離輻射特性與防護原則	13		附錄四 國內近年輻射意外事件相關案例	54
03	輻射災害現場應變事項	16			
	3.1 輻射源辨識	17			
	3.2 劃分管制區域	27			



輻射災害種類 與通報機制

1.1 本手冊適用之輻射災害

輻射災害

/ 定義 /	/ 種類 /
指因輻射源或輻射作業過程中，或因天然、人為等因素，產生輻射意外事故，造成人員輻射曝露之安全危害或環境污染者。	核子事故、境外核災、放射性物質意外事件、放射性物料管理及運送等意外事件、輻射彈事件等5類。

- ☣ 關於核子事故與境外核災，我國已制(訂)定「核子事故緊急應變法」及「境外核災處理作業要點」。
- ☣ 本手冊主要適用於放射性物質意外事件、放射性物料管理及運送等意外事件、輻射彈事件之應變。

1. **放射性物質意外事件**：放射性物質於運作或運送過程中發生意外、遺失、遭竊或受破壞者。
2. **放射性物料管理及運送等意外事件**：放射性物料於管理或運送過程中發生意外、遺失、遭竊或受破壞者。
3. **輻射彈事件**：輻射彈是利用放射性物質與炸藥相結合的放射性武器，影響範圍可能分布在約數十至數百公尺的幾個街區，不會有像核彈爆炸一樣的蕈狀雲。輻射彈散播的放射性物質不一定能造成立即性輻射傷害，但遭受污染者心理憂慮，可能遠比實質上生理的傷害大。

1.2 通報及應變機制

- ☣ 當發生或疑似發生「**放射性物質意外事件**」時，業者或設施經營者應依「游離輻射防護法」第13條規定，採取必要之處理措施，並立即主動通報核安會。

- ☣ 當發生或疑似發生「**放射性物料管理及運送等意外事件**」時，業者或設施經營者應依「放射性物料管理法」第10條及其施行細則第12、13條規定，採取必要之處理措施，並立即主動通報核安會。
- ☣ 當發生或疑似發生「**輻射彈事件**」時，地方政府應立即通報核安會。



核子事故

由各部會與地方政府及業者，依「核子事故緊急應變法」實施通報與應變。



境外核災

由核安會依「境外核災處理作業要點」，通知各部會及地方政府應變。



輻射彈事件

原則由地方政府進行第一線應變，並通報核安會，請求專業支援。



放射性物質意外事件



放射性物料管理及運送等意外事件

原則由業者負責處理、通報與應變，其中通報與應變依「游離輻射防護法」、「放射性物料管理法」規定辦理。地方政府也可能需要進行第一線應變，必要時可通報核安會，請求專業支援。

/ 圖1 輻射災害通報與應變機制 /

- 災害防救體系
- 輻射災害防救業務計畫



出動前 準備事項

5

2.1 通報

☛ 通報核安會核安監管中心：

24小時全年無休通報專線	0800-088-928 02-8231-7250
24小時全年無休通報傳真	02-8231-7284
影音資料輔助提供管道	傳送0937-118-609或 LINE(ID: nsdcnsc)

核安監管中心收到通報後，若經研判事故屬地方政府、業者或設施經營者無法處理，或因應地方政府主動請求支援時，將由核安會派員協助，提供以下支援項目：

1. 提供輻射防護技術諮詢及援助。
2. 災害現場輻射影響範圍之偵檢、處理及民衆防護行動建議。
3. 協助災害原因調查。
4. 其他有關輻射災害應變措施協助事項。

☛ 通報該放射性物質所屬業者或設施經營者。

☛ 通報地方政府輻射災害應變單位。

☛ 若有人員傷亡伴隨放射性污染之虞，應先通報傷患送往之醫療院所。

出動前準備事項
6

2.2 取得致災物資訊

☛ 諮詢業者或設施經營者、現場運送人員，索取以下資料，參考所載之緊急處理措施，並將資料回報核安監管中心。

1. 「物質安全資料表」
2. 「放射性物質交運文件」或「運送計畫」
3. 「緊急處理計畫」或「意外事件應變計畫」
4. 若有聯合國編號，可對應「緊急應變指南」(Emergency Response GuideBook, ERG) 所載之緊急處理措施。

☛ 以核安會「放射性物質使用場所查詢系統」確認災害現場是否為輻射作業場所。

1. 若為輻射作業場所，可參考系統中之防災處理方式，**常見放射性物質防災處理方式**請參考附錄三。
2. 災害現場若有許可類放射性物質，務必落實防護措施，勿在無適當屏蔽狀況下近距離接觸，容器未受損之情況下，建議可先將放射性物質移離災害現場。若無法移離，應以適當屏蔽阻隔，例如可以鉛板、鉛毯，或現場既有之金屬板、水泥塊作為屏蔽。
3. 如災害現場有登記類放射性物質，亦請採行防護措施，並建議先將放射性物質移離災害現場。

出動前準備事項
7

2.3 輻射偵檢儀器

☛ 若能即時取得輻射偵檢儀器，應於到達應變現場前先完成開機作業，並量測與記錄環境輻射背景值(一般約為0.2微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$)以下)。

若有輻射偵檢儀器或電子式個人劑量計 (Electronic Personal Dosimeter, EPD) 具備設定警報值功能，可設定警報值為累積劑量10毫西弗(mSv)(即10,000微西弗(μSv))。

☛ 常見輻射偵檢儀器請參考表1。

☛ 如可能進入有放射性污染區域，應避免偵測過程儀器本身遭受污染而影響判讀結果。



核安會放射性物質
使用場所查詢系統

出動前準備事項
8

/ 表1 常見輻射偵檢儀器 /

/ 輻射劑量計 /

- 用以量測所在環境的即時輻射劑量率
- 單位一般為微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$)
- 部分輻射劑量計具有記錄累積劑量功能



/ 人員劑量計 /

- 用以量測人員接受的體外輻射劑量
- 單位為微西弗(μSv)或毫西弗(mSv)



9

2.4 個人防護裝備

☢ 個人防護裝備主要目的是為了避免放射性污染造成體內曝露，因此進入管制區(暖區、熱區)時，應穿著全身式防護裝備(Personal Protective Equipment, PPE)，包括全身防護衣、鞋套、手套、頭套、護目鏡、呼吸防護面具(熱區)或N-95口罩(暖區)，如圖2。並注意以下事項：

1. 防護手套、鞋套應分別以膠帶與袖管、褲管黏貼封纏，並預留反摺，以利撕除，如圖3。
2. 現場若有放射性污染可能，防護手套、鞋套可採取雙層方式穿戴。
3. 防護頭套應盡量包覆頭髮、面具或口罩之繫帶。
4. 進入熱區應正確佩戴呼吸防護面具。
 - 呼吸防護面具須通過美國國家職業安全衛生研究所(National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH)認證或同等級檢驗合格證明。
 - 面具濾罐須符合美國聯邦法規42CFR84-N95或同級。
 - 若可能有火災、爆炸，應正確佩戴空氣呼吸器(Self-Contained Breathing Apparatus, SCBA)。
5. 進入暖區應正確佩戴N-95口罩。

☢ 輻射災害應變人員個人防護裝備建議表請參考表2。

出動防護準備事項
10

/ 表2 輻射災害應變人員個人防護裝備建議表 /

		有放射性污染(之虞)	無放射性污染可能
管制區	熱區	全身防護衣、鞋套、手套、頭套、護目鏡、呼吸防護面具	無須穿戴特殊裝備
	暖區	全身防護衣、鞋套、手套、頭套、護目鏡、N-95口罩	
非管制區		無須穿戴特殊裝備	



/ 圖2 個人防護裝備穿戴示意圖 /



/ 圖3 手套、鞋套穿戴示意圖 /

11

Q 消防衣或A級防護衣是否也具防護放射性污染效果？

A 消防員進入災害現場所著標準裝備，包括消防衣、A級防護衣或空氣呼吸器(SCBA)，其防護效果都高於進入管制區的基本配備，因此也具備防護放射性污染效果。考量到救災時間效益與行動靈活度，就輻射防護角度而言，不會特別建議穿著A級防護衣，演習時若見救災人員著A級防護衣，一般是演練腳本除輻災外，另有化災或疫災防護考量。

出動防護準備事項
12

2.5 游離輻射特性與防護原則

☀ 游離輻射特性

1. 為能量的一種：人體感覺不到，但可以用儀器測得。
2. 不會傳染或感染：和細菌、病毒不同，輻射不會相互傳染、亦不會在體內繁殖孳生。
3. 自然界中到處存在：此稱為背景輻射(環境輻射)，我國環境輻射劑量率為0.2微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$)以下。
4. 放射性物質所釋出的輻射，其強度會隨時間、距離衰減。

☀ 輻射防護原則

1. 體外防護三原則(TDS原則)，如圖4：

時間 Time ▶ 盡可能縮短任務時間

- 與輻射源之接觸時間越短，所受輻射劑量越小。

距離 Distance ▶ 盡可能遠離輻射源

- 若非必要情形(如人命搶救或滅火需要)請勿靠近。
- 距輻射源越遠，所受輻射劑量越小(輻射劑量與距離平方成反比)。

屏蔽 Shielding ▶ 就地尋求屏蔽如牆壁、消防車等

- 不同輻射源之穿透力不同，使用適當屏蔽，可減少接受到的輻射劑量。

2. 體內防護原則：

- 遵守個人防護裝備規定，依污染情形佩戴呼吸防護裝備。
- 災害現場避免飲食，以減少吸入或食入放射性物質。若需飲食，應於無放射性污染區域洗淨雙手後再進行。
- 3. 善加使用輻射偵檢儀器，確實記錄所在環境之輻射劑量率，以及人員接受之輻射劑量。
- 4. 可能懷孕或懷孕中的女性，應排除參與應變任務。

☀ 輻射曝露與污染情形及其防護原則請參考表3。



/ 圖4 體外防護三原則 /

/ 表3 輻射曝露與污染及防護原則 /

輻射曝露與污染情形	防護原則
狀況 1  (沒有放射性污染)	<ul style="list-style-type: none"> • 關閉或移除輻射源，即可終止輻射曝露。 • 善用體外防護原則。(時間、距離、屏蔽)
狀況 2 放射性物質沾附於體表  (體外放射性污染，伴隨有體外曝露)	<ul style="list-style-type: none"> • 穿著適當的個人防護衣物。 • 必要時進行除污。
狀況 3 吸入或食入放射性物質  (體內放射性污染，伴隨有體內曝露)	<ul style="list-style-type: none"> • 適當佩戴人員防護裝備。 • 災害現場避免飲食。

資料來源：<https://www.cdc.gov/radiation-emergencies/infographic/contamination-versus-exposure.html>



美國疾病控制與預防中心
輻射曝露與污染影音資訊



輻射災害現場 應變事項

3.1 輻射源辨識

☀ 常見用詞定義

- 1.輻射源：**可釋出游離輻射之來源。例如放射性物質、放射性物料、可發生游離輻射設備、核子反應器等。
- 2.放射性物質：**可自發性釋出游離輻射之物質。
- 3.放射性物料：**本質上也是放射性物質，專指核子原料、核子燃料及放射性廢棄物。
 - 核子原料：鈾、鈾等礦物。
 - 核子燃料：可由原子核分裂之自續連鎖反應產生能量之物料。
 - 放射性廢棄物：具有放射性或受放射性污染之廢棄物，包括用過核子燃料。
- 4.可發生游離輻射設備：**除了核子反應器之外，用電磁場、原子核反應等方法，產生游離輻射之設備，斷電後就不會發出輻射。



/ 圖5 輻射源分類示意圖 /

Q 哪些地方具有輻射災害潛勢？

A 具有輻射災害潛勢區域，為可能造成輻射災害之核子反應器設施、第一類或第二類之密封放射性物質及放射性物料等輻射源設置地點或貯存場所。

☀ 災害現場若出現下列情形，則現場可能存在危險輻射源：

- 1.輻射偵檢儀器量測到比一般背景值(0.2微西弗/小時(μSv/h))顯著為高之情形。
- 2.現場之建築、儀器、車輛、容器或包裝張貼有圖6、圖7標誌。其他輻射源辨識圖可參考圖8-1至圖8-4。



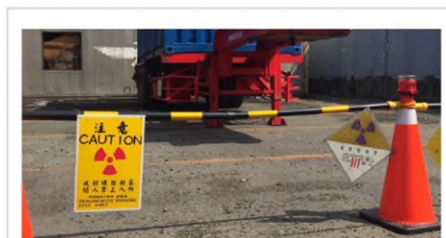
- 黃底加上三葉型符號。
- 不論是工廠、醫院、研究室、倉庫等任何有進行輻射作業的場所，其外圍、大門、入口處、或會產生輻射的儀器設備表面，都必須張貼這個標誌，以提醒所有的人，要注意輻射的存在及自身安全。

/ 圖6 輻射示警標誌 /

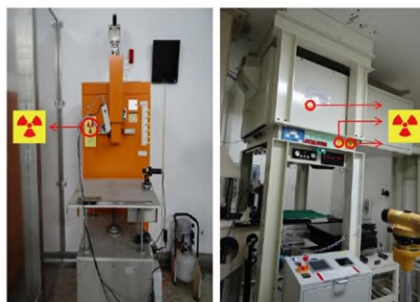


- 此標誌於2007年由國際原子能總署 (IAEA) 與國際標準組織 (ISO) 聯合發布，通常張貼在高活度之密封放射性物質內層屏蔽表面，用以提醒人員正在接近高風險的輻射源，應保持警覺，並遠離此儀器。

/ 圖7 輻射輔助標誌 /



輻射作業場所



內有輻射源之校正儀器

/ 圖8-1 輻射源辨識示意圖：輻射作業場所與儀器 /



/圖8-2 輻射源辨識示意圖：輻射儀器/



放射性物質運送標誌^{註1} 聯合國編號標示牌^{註2}

註1：聯合國危險物分類表第7類為放射性物質
 註2：聯合國編號標示說明如表4



/圖8-4 輻射源辨識示意圖：裝有放射性物質容器或包裹/


註：包件的型別與類別進一步說明詳見表5




/表4 聯合國編號標示說明/

聯合國編號(UN)	可能的其他標示	外漏時之危險性
2908、2909 2910、2911	微量包件	外漏時，無危險性。
2912、2913、 3321、3322、 3324、3325、 3326	工業包件 (IP-1、IP-2、 IP-3)； 低比活度物質 (LSA)； 表面污染物體 (SCO)	此類包件之強度無法承受運送事故，不可置入危險性大的包容物，避免萬一外漏時，民眾遭受過量之輻射劑量。外漏時，危險性小。
2915、3327 3332、3333	甲型包件 (Type A)	此類包件之強度可以承受運送事故，但無法承受蓄意的攻擊或拆裝。外漏時，危險性大。
2916、2917、 3328、3329	乙型包件 (BU 或 BM)	
3323、3330	丙型包件 (Type C)	

/ 表5 包件與標誌之類別 /

包件：指交運的包裝及其放射性包容物。
放射性包容物：指在包裝內之放射性物質及任何受污染之物体。
 ※包件應能承受在例行運送中可能遭遇之任何衝擊、震動，且損及包件整體完整性。



I - 白類標誌	II - 黃類標誌	III - 黃類標誌
		
張貼位置：張貼於包件表面至少2面		
外表面任一點之最大輻射劑量率 (毫西弗/小時(mSv/hr))		
0.005以下	0.005-0.5	0.5-2
運送指數(TI)：		
TI=0	0 < TI ≤ 1	1 < TI ≤ 10

25

☀ 運送指數(TI)

=距包件表面1公尺處之最大輻射劑量率(mSv/hr)x100

=距包件表面1公尺處之最大輻射劑量率(μSv/hr)÷ 10

例：當距離包件表面1公尺處之最大輻射劑量率為0.01 mSv/hr (即10 μSv/hr)時，運送指數=1。

(1毫西弗/小時(mSv/hr) = 1,000微西弗/小時(μSv/hr))

運送指數 (TI)	狀況		類別
	1公尺處最大輻射劑量率 (mSv/hr)	外表面任一點最大輻射劑量率 (mSv/hr)	
0	-	0.005	I - 白類標誌
0 < TI ≤ 1	0.01	0.5	II - 黃類標誌
1 < TI ≤ 10	0.1	2.0	III - 黃類標誌
TI > 10	> 0.1	10	III - 黃類標誌 (並為專用包)

註：指由託運人單獨使用，且其運送過程(含裝卸)需在直接監督下進行。

舉例而言，若標誌上所載之運送指數 (TI) 為5，則當包件完整沒有損壞時，距離包件表面1公尺處可量測到最大輻射劑量率應不超過 0.05 毫西弗 / 小時 (mSv/hr) (即為 5/100)。

因此，若於距離包件表面1公尺處量測到的輻射劑量率超過 0.05毫西弗/小時(mSv/hr)，就需特別注意是否有破損的狀況。

輻射災害現場應變事項 26

3.2 劃分管制區域

☀ 現場管制區域應依環境輻射劑量率劃分為熱區及暖區，如圖9。

熱區 可能遭受污染區域

1. 劃定標準：依表6進行初步範圍劃定，或環境輻射劑量率達100微西弗/小時(μSv/h)處。
2. 作業內容：人命救助或防止重大災難。
3. 注意事項：
 - 若量測到之環境輻射劑量率達到100毫西弗/小時(mSv/h)，只進行生命搶救行動，並不得停留超過30分鐘。
 - 進出人員及儀器設備需進行管制。
 - 應變人員於本區停留時間以不超過30分鐘為原則，離開時記錄輻射劑量數值；若人員接受劑量已達10毫西弗(mSv)，建議更換救災人力。

暖區 緩衝區 / 除污區

1. 劃定標準：環境輻射劑量率達0.5微西弗/小時(μSv/h)處，並可利用易於分隔管制之既有道路、建築物進行劃定。
2. 作業內容：急救與檢傷分類、人員偵檢與除污。
3. 注意事項：
 - 進出人員及儀器設備需進行管制。
 - 非應變人員原則應位於暖區之外。



/ 圖9 輻射災害現場管制區域示意圖 /

註1：參考附件一「輻射災害現場人員紀錄表」進行記錄。

註2：參考附件二「污染管制檢核紀錄表」進行管制。

註3：「急救與檢傷分類區」及「人員偵檢與除污區」應盡量避免受輻射影響，可優先選擇設置在暖區內環境輻射劑量率較低處，暖區內並可視需要設置「器具儲藏區」、「民眾處理區」，進行相對應之應變作業。

註4：「前進指揮所」應設置於暖區之外。

27

輻射災害現場應變事項 28

☘ 若未能即時取得輻射偵檢儀器，可先依表6進行初步範圍劃定，後續再依輻射偵檢儀器實際測量結果、取得之輻射源資料，以及現場輻防人員建議進一步調整。

/ 表6 輻射災害熱區 /

狀況	初始熱區
室 外	
無屏蔽或已損壞的潛在危險輻射源	半徑30公尺 ^{註1}
有明顯放射性物質外釋的潛在危險輻射源	半徑100公尺 ^{註1}
火災、爆炸或煙霧現場有潛在危險輻射源	半徑300公尺 ^{註1}
已爆炸或未爆炸之可疑輻射彈	半徑400公尺或以上 ^{註2}
室 內	
潛在危險輻射源損壞、失去屏蔽、外釋	受影響及鄰接區域 (包括其上下樓層)
火災或其他災害使得潛在危險輻射源可能外釋散佈至整個建築物(例如：透過通風系統)	整個建築物及上述適當的戶外距離
有輻射劑量計時	
輻射劑量率100微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$)	達到此劑量率之區域
資料來源：Manual for First Responders to a Radiological Emergency. IAEA. (2006)	

註1：此建議範圍，是假設潛在危險輻射源具有極大強度，例如國際原子能總署(IAEA)分類為第一類的密封放射性物質。

註2：以避開含有放射性物質之爆裂物碎片。

29

☘ 應變作業注意事項：

1. 應變時應以人命救助及控制火勢等防止災害擴大行為為優先考量。
2. 善用時間、距離、屏蔽三原則，減少輻射曝露(緊急曝露劑量限度請參考表7)，例如：減少應變時間、先將輻射源移除、利用混凝土塊、鉛板等高密度物質覆蓋或阻擋輻射源。
3. 應變人員應兩人一組，使用輻射偵檢儀器，由遠至近量測離地面1公尺處之環境輻射劑量率，如右圖。
4. 應變人員進入時應全程進行劑量量測，並將結果記錄於附件一「輻射災害現場人員紀錄表」。
5. 注意：放射性並不會改變其物質本身易燃性或其他特性，亦不影響火災控制程序及滅火器選擇。
6. 輻射傷害醫療處置小叮嚀：



- 照顧遭受放射性污染的傷患，並不會造成嚴重輻射傷害。
- 若傷患疑似有放射性污染，其本身的醫療穩定情形，應優先於輻射傷害的考量，也就是急救與檢傷分類流程不變，不可因考量輻射因素而延遲必要的急救與治療。

輻射災害現場應變事項 30

/ 表7 緊急曝露劑量限度 /

任 務	任單一年內累積之有效劑量盡量不要超過
生命搶救	500毫西弗(mSv)
減少大量集體有效劑量防止發生災難	100毫西弗(mSv)
其他應變行動	50毫西弗(mSv)

資料來源：「游離輻射防護安全標準(2003)」



應變行動結束前處理事項

31

32

4.1 應變人員之偵測與除污

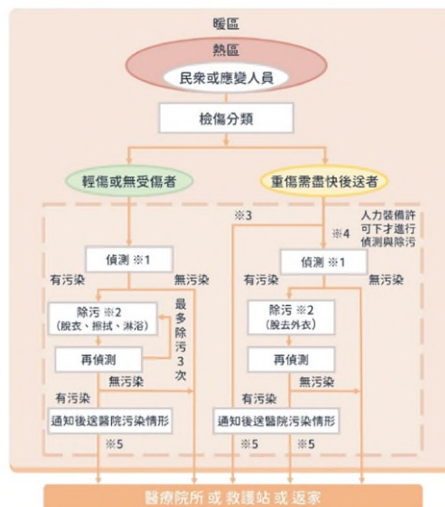
曾進入熱區內之應變人員：離開暖區之前，應先至「人員偵檢與除污區」進行輻射偵測(依表8)，並依偵測結果處理。

未曾進入熱區之應變人員：

- 1.任務結束後，卸下或脫除裝備，以防水袋(如塑膠袋、垃圾袋)密封，置於指定區域，以待後續偵檢與處理。
- 2.人員原則不需於現場進行輻射偵測，若有進入暖區之應變人員，離開暖區前亦可至「人員偵檢與除污區」進行輻射偵測，並依偵測結果處理；或離開後自行依表9「除污程序」進行清潔。

脫除個人防護裝備程序(圖11)：

- 1.外層手套(若僅佩戴一層手套，則從2.開始)
 - 2.防護衣
 - 3.防護頭套
 - 4.呼吸防護面具或N-95口罩
 - 5.防護鞋套
 - 6.內層手套
- 脫除之裝備放入防水袋(如塑膠袋、垃圾袋)並封口，以待後續處理。



/ 圖10 熱區人員偵測與除污流程圖 /

- ※1：詳見表8「人員快速偵檢流程」。
- ※2：詳見表9「除污程序」。
- ※3：有生命危險者視情況直接剪開外衣。
- ※4：遇有以下任一狀況時執行
 - 救護車等救護交通工具短時間內無法抵達現場。
 - 現場有醫生或與醫生取得連絡依其指示執行者。
- ※5：後續由醫療院所進行評估處置。

33

應變行動結束前處理事項 34



/ 圖11 防護裝備脫除流程圖 /

註：若僅穿戴一層手套、手套，則直接參照回收內層防護裝備方式處理。

35

/ 表8 人員快速偵檢流程 /

步驟1	選擇適當輻射偵檢儀器 最低應至少可量測到0.1微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$)。				
步驟2	開機並記錄環境背景值 於一般環境輻射劑量率(參考值0.2微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$))區域完成開機程序，確認儀器功能正常並記錄儀器號碼與背景值。(可參考附件一「輻射災害現場人員紀錄表」進行記錄)				
步驟3	人員輻射偵檢 偵測人員應戴手套並穿著防護衣，距離被偵測人員手部10公分處進行偵測，如圖12所示。 				
步驟4	偵測結果處理原則如下				
	<table border="1"> <tr> <th><1微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)</th> <th>≥ 1微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)</th> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> 不須現場除污。 返家後可參考表9「除污程序」自行進行清潔。 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 進行表9「除污程序」。 若無法立即進行，應於指定區域等候安排除污。 若無法在場等候，離開後應盡速依表9「除污程序」自行除污。 </td> </tr> </table>	<1微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)	≥ 1 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)	<ul style="list-style-type: none"> 不須現場除污。 返家後可參考表9「除污程序」自行進行清潔。 	<ul style="list-style-type: none"> 進行表9「除污程序」。 若無法立即進行，應於指定區域等候安排除污。 若無法在場等候，離開後應盡速依表9「除污程序」自行除污。
<1微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)	≥ 1 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)				
<ul style="list-style-type: none"> 不須現場除污。 返家後可參考表9「除污程序」自行進行清潔。 	<ul style="list-style-type: none"> 進行表9「除污程序」。 若無法立即進行，應於指定區域等候安排除污。 若無法在場等候，離開後應盡速依表9「除污程序」自行除污。 				

/ 圖12 人員輻射偵檢示意圖 /

應變行動結束前處理事項 36

/ 表9 除污程序 /

1. 脫下外層衣物可減少90%的放射性物質沾附		
		
脫下外層衣物	置入防水袋並封口	暫存於容器內
2. 淋浴(全面除污)、沖洗或擦拭(局部除污)		
	無法淋浴則使用肥皂清洗臉部、手部及裸露在外的肌膚。	
		
	沒有水槽或水龍頭則用濕毛巾擦拭臉部、手部及裸露在外的肌膚(左下圖), 並擦拭眼皮、睫毛、耳朵, 拂鼻子(右下圖)。	
可使用肥皂及洗髮精, 不要用潤髮乳, 不要用力刷洗導致出現傷口, 若有傷口應先以膠布隔離。		
3. 換上乾淨的衣物		
		
若有乾淨衣物可使用, 換上乾淨的衣物。	若無乾淨衣物, 將原來衣物抖掉塵土後再穿回去。穿上後再次清洗臉部、手部及裸露在外的肌膚。	
4. 協助小孩或寵物除污		
		
可以的話戴上口罩及防水手套。若有傷口應先以膠布隔離。		完成後, 洗臉、手及裸露在外的肌膚。
資料來源： https://www.cdc.gov/radiation-emergencies/prevention/self-decontaminate.html		
<ul style="list-style-type: none"> 完成後, 可再次進行人員偵測。 若偵測後仍有污染, 再次進行除污程序。 同樣的除污程序不要超過3次, 多做無益。 若仍有污染, 應等候輻防人員或後送至責任醫院評估。 		
 美國疾病控制與預防中心 體外除污影音資訊		

4.2 熱區內民衆處理

☘ 疏散

- 視情況請其盡量戴帽子、著長袖長褲及口罩等可覆蓋身體髮膚之衣物, 途中避免不必要之飲食與抽菸。
- 遇有爆炸狀況, 未能確定可安全疏散前, 考量室內掩蔽, 例如: 進入大樓內並遠離窗戶。

☘ 記錄

於暖區內設置「民衆處理區」, 引導民衆前往進行登記, 可參考附件一「輻射災害現場人員紀錄表」。

☘ 人員偵測與除污

- 若人力設備許可, 參考表8進行「人員快速偵檢」, 有污染者再依表9進行「除污程序」。
- 若人力設備不足, 則請其在現場等候進行人員偵測與除污; 若無法等候, 請其離開後自行依表9「除污程序」進行除污, 並注意政府發布的訊息。

☘ 離開的民衆, 應提醒持續注意政府發布的訊息。

☘ 若災害現場已有氣體擴散(例如火災或爆炸的煙), 則應透過媒體通知距外釋點1公里範圍內的民衆注意以下事項:

- 煙霧擴散期間必須停留在室內, 並緊閉門窗, 空調改為室內循環。
- 不要食用曝露在戶外的食物; 吃東西前要洗手。



附件

附件一 輻射災害現場人員紀錄表

發生日期： 年 月 日

姓名			
身分證字號	性別	<input type="checkbox"/> 男性 <input type="checkbox"/> 女性 <input type="checkbox"/> 其他：_____	
電話	若為女性是否懷孕	<input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 有，大約懷孕 _____週	
居住地址			
緊急聯絡人	關係		
身分別	<input type="checkbox"/> 民衆 <input type="checkbox"/> 應變人員 <input type="checkbox"/> 其他(詳述)：		
事故期間所在位置	<input type="checkbox"/> 熱區	停留時間(分鐘)	
	<input type="checkbox"/> 暖區		
	<input type="checkbox"/> 冷區(管制區外)		
是否為事件的證人	<input type="checkbox"/> 是；是否拍照： <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 沒有 <input type="checkbox"/> 否		
是否進行輻射偵檢	<input type="checkbox"/> 是 儀器類型：_____ 背景值：_____ 個人偵檢值： <input type="checkbox"/> < 1 μ Sv/h(小於每小時1微西弗)：____ <input type="checkbox"/> \geq 1 μ Sv/h(大於等於每小時1微西弗)：____ <input type="checkbox"/> 否		

除污程序	局部除污： <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 否 全面除污： <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 否		
若有使用SCBA	氣瓶存量：		
檢傷分類	<input type="checkbox"/> 紅色：重傷，需即時治療 <input type="checkbox"/> 黃色：中傷，需儘快處理 <input type="checkbox"/> 綠色：輕傷，可稍後處理 <input type="checkbox"/> 黑色：瀕死/死亡，不需處理 需後續處理： <input type="checkbox"/> 需要 <input type="checkbox"/> 不需要		
備註			
記錄員姓名	單位		
記錄日期	記錄時間		

參考資料：Manual for First Responders to a Radiological Emergency. IAEA. (2006)

41

附件
42

附件二 污染管制檢核紀錄表

打✓	分類	項目
	進出管制	1. 在熱區、暖區之出入口設立進出管制點，並設有至少一名人員負責記錄所有進出人員。
		2. 人員進入前登記，確實控管熱區內人數。
		3. 儘可能減少外來儀器進入。(盡量使用已在熱區內的儀器)
	除污	4. 離開的人員進行除污前，應先設置隔離線，以確保污染水不致影響其他應變區域。
	離開熱區	5. 熱區內所使用的儀器裝備應先留置，以備後續進入人員使用。
		6. 進行人員設備脫除作業，脫除之裝備以防水袋(如塑膠袋、垃圾袋)密封，集中放置於指定區域。(參考圖9)
		7. 進行人員輻射偵檢。(參考表8)
		8. 若有污染，參考表9進行除污。
		9. 人員離開前登記。
	其他	10. 定時量測「人員偵檢與除污區」外以及進出管制點的走道，若受到污染則立刻除污。 11. 確實遵循本手冊之輻射防護建議。

參考資料：Manual for First Responders to a Radiological Emergency. IAEA. (2006)

43

44



附錄

附錄一 本手冊常用名詞簡介

- ☘ 游離輻射：可使物質產生游離作用之電磁波(如 γ 射線)，或帶電粒子(如 α 或 β 粒子)。
 - α 粒子：型態為粒子，穿透力最弱，使用一張紙就能阻擋。
 - β 粒子：型態為粒子，穿透力稍高，能夠穿透紙張，使用壓克力板就能阻擋。
 - γ 射線：型態為高能電磁波，穿透力最強，需要以適當厚度的混凝土或鉛板方能有效阻擋。
- ☘ 體內/表污染：體內/表的放射性物質活度超過天然含量。
- ☘ 體內/外曝露：受到來自體內/外輻射源之游離輻射照射。
- ☘ 有效劑量：用以評估人體中受曝露之各組織或器官因吸收劑量而造成的影響，常用單位為西弗(Sv)、毫西弗(mSv)、微西弗(μ Sv)。
- ☘ 輻射劑量率：每單位時間的輻射劑量。常用單位：
 1. 西弗/小時(Sv/h)
 2. 毫西弗/小時(mSv/h)
 3. 微西弗/小時(μ Sv/h)

【1西弗=1,000毫西弗=1,000,000微西弗】
- ☘ 輻防人員：指輻射防護師、輻射防護員。

45

附錄二 游離輻射的健康效應

- ☘ 確定效應
 1. 因為游離輻射導致組織或器官之功能損傷而造成之效應，一般有劑量低限值，超過劑量低限值才會發生。
 2. 例如不孕，造血功能降低與血球細胞減少，皮膚紅斑脫皮，水晶體混濁與視力減退或器官的發炎。劑量若過高，可能使體內器官嚴重發炎而死亡。
 3. 從臨床上來看，急性曝露或年吸收劑量在100毫戈雷(mGy)以下，不同組織或器官均沒有出現損傷。
- ☘ 機率效應
 1. 指致癌效應及遺傳效應，沒有劑量低限值，劑量越大越可能發生。
 2. 從長期統計上看，急性曝露或年有效劑量達到100毫西弗(mSv)，每10,000人中可能有55人因此得到癌症；每10,000人中可能有2人出現遺傳效應。100毫西弗(mSv)以下則觀察不到。

【資料來源：ICRP103號報告】

46

附錄三 常見放射性物質防災處理方式

物質特性	Co-60 鈷
放射性	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 物理半化期為5.27年。 ▪ 產生的輻射以加馬(γ)射線為主。
其他	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 一般使用於工業領域，如輻射照射、照相檢驗、測量控制；醫療領域，如放射治療，及研究領域。 ▪ 一般使用為密封型式(密封放射性物質)，即放射性物質密閉於固體屏蔽中。
緊急應變	
偵測管制	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 可使用量測加馬(γ)射線之輻射偵檢儀器量測，並應於到達災害現場前完成開機程序(完成背景劑量偵測)。 ▪ 依實際偵測結果及以下劑量值劃定熱區、暖區，並進行區域管制。 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 熱區：劑量率達100微西弗/小時(μSv/h) ◦ 暖區：劑量率達0.5微西弗/小時(μSv/h) ▪ 如無法立即取得輻射偵檢儀器，請依「輻射災害第一線應變人員手冊」進行災害現場管制區域劃分。
輻射防護	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 本放射性物質主要產生加馬(γ)射線，應變時須注意體外曝露防護。 ▪ 體外曝露防護原則：時間(縮短與放射性物質接觸時間)、距離(增加與放射性物質之間的距離)、屏蔽(以適當的屏蔽阻擋)。

47

物質特性	F-18 氟
放射性	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 物理半化期為1.8小時。 ▪ 產生的輻射以加馬(γ)射線為主。
其他	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 一般使用於醫療領域，如核子醫學檢查，及研究領域。 ▪ 一般使用為非密封型式(非密封放射性物質)，即放射性物質非密閉於固體屏蔽中。 ▪ 一般在使用時，才會由盛裝容器中取出使用。
緊急應變	
偵測管制	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 可使用量測加馬(γ)射線之輻射偵檢儀器量測，並應於到達災害現場前完成開機程序(完成背景劑量偵測)。 ▪ 依實際偵測結果及以下劑量值劃定熱區、暖區，並進行區域管制。 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 熱區：劑量率達100微西弗/小時(μSv/h) ◦ 暖區：劑量率達0.5微西弗/小時(μSv/h) ▪ 如無法立即取得輻射偵檢儀器，請依「輻射災害第一線應變人員手冊」進行災害現場管制區域劃分。
輻射防護	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 本放射性物質主要產生加馬(γ)射線，應變時須注意體外曝露防護，另本物質一般使用為非密封型式，若屏蔽有破損之虞，並須注意體內曝露防護，本放射性物質半化期短，可採現場靜置方式，使輻射強度衰減，並搭配區域管制，確保輻射安全。 ▪ 體外曝露防護原則：時間(縮短與放射性物質接觸時間)、距離(增加與放射性物質之間的距離)、屏蔽(以適當的屏蔽阻擋)。 ▪ 體內曝露防護原則：應變時穿著全身防護衣、鞋套、手套與頭套，進入熱區時佩戴呼吸防護面具或正壓自攜式呼吸器(SCBA)，暖區則佩戴N-95口罩，防範放射性物質進入體內。

48

<p>物質特性</p> <p>Tc-99m 銻</p>	<p>物質特性</p> <p>I-131 碘</p>
<p>放射性</p> <ul style="list-style-type: none"> 物理半化期為6小時。 產生的輻射以加馬(γ)射線為主。 <p>其他</p> <ul style="list-style-type: none"> 一般使用於醫療領域，如核子醫學檢查，及研究領域。 一般使用為非密封型式(非密封放射性物質)，即放射性物質非密封於固體屏蔽中。 一般在使用時，才會由盛裝容器中取出使用。 	<p>放射性</p> <ul style="list-style-type: none"> 物理半化期為8天。 產生的輻射以貝他(β)粒子為主，並伴隨加馬(γ)射線。 <p>其他</p> <ul style="list-style-type: none"> 一般使用於醫療領域，如核子醫學檢查或治療，及研究領域。 一般使用為非密封型式，即放射性物質非密封於固體屏蔽中。 本放射性物質一般在使用時，才會由盛裝容器中取出使用。 本表處理方式不適用於核子事故外釋之I-131。
<p>緊急應變</p>	<p>緊急應變</p>
<p>偵測管制</p> <ul style="list-style-type: none"> 可使用量測加馬(γ)射線之輻射偵檢儀器量測，並應於到達災害現場前完成開機程序(完成背景劑量偵測)。 依實際偵測結果及以下劑量值劃定熱區、暖區，並進行區域管制。 <ul style="list-style-type: none"> 熱區：劑量率達100微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$) 暖區：劑量率達0.5微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$) 如無法立即取得輻射偵檢儀器，請依「輻射災害第一線應變人員手冊」進行災害現場管制區域劃分。 <p>輻射防護</p> <ul style="list-style-type: none"> 本放射性物質主要產生加馬(γ)射線，應變時須注意體外曝露防護，另本物質一般使用為非密封型式，若屏蔽有破損之處，並須注意體內曝露防護。 體外曝露防護原則：時間(縮短與放射性物質接觸時間)、距離(增加與放射性物質之間的距離)、屏蔽(以適當的屏蔽阻擋)。 體內曝露防護原則：應變時穿著全身防護衣、鞋套、手套與頭套，進入熱區時佩戴呼吸防護面具或正壓自攜式呼吸器(SCBA)，暖區則佩戴N-95口罩，防範放射性物質進入體內。 	<p>偵測管制</p> <ul style="list-style-type: none"> 可使用量測加馬(γ)射線之輻射偵檢儀器量測，並應於到達災害現場前完成開機程序(完成背景劑量偵測)。 依實際偵測結果及以下劑量值劃定熱區、暖區，並進行區域管制。 <ul style="list-style-type: none"> 熱區：劑量率達100微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$) 暖區：劑量率達0.5微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$) 如無法立即取得輻射偵檢儀器，請依「輻射災害第一線應變人員手冊」進行災害現場管制區域劃分。 <p>輻射防護</p> <ul style="list-style-type: none"> 本放射性物質主要產生貝他(β)粒子及加馬(γ)射線，應變時須注意體外曝露防護，另本物質一般使用為非密封形式，若屏蔽有破損之處，並須注意體內曝露防護。 體外曝露防護原則：時間(縮短與放射性物質接觸時間)、距離(增加與放射性物質之間的距離)、屏蔽(以適當的屏蔽阻擋)。 體內曝露防護原則：應變時穿著全身防護衣、鞋套、手套與頭套，進入熱區時佩戴呼吸防護面具或正壓自攜式呼吸器(SCBA)，暖區則佩戴N-95口罩，防範放射性物質進入體內。

<p>物質特性</p> <p>Cs-137 銻</p>	<p>物質特性</p> <p>Ir-192 銻</p>
<p>放射性</p> <ul style="list-style-type: none"> 物理半化期為30年。 產生的輻射以加馬(γ)射線為主。 <p>其他</p> <ul style="list-style-type: none"> 一般使用於工業領域，如輻射照射、測量控制；醫療領域，如血液照射，及研究領域。 一般使用為密封型式(密封放射性物質)，即放射性物質密封於固體屏蔽中。 	<p>放射性</p> <ul style="list-style-type: none"> 物理半化期為74天。 產生的輻射以加馬(γ)射線為主。 <p>其他</p> <ul style="list-style-type: none"> 一般使用於工業領域，如照相檢驗，及醫療領域，如放射治療。 一般使用為密封型式(密封放射性物質)，即放射性物質密封於固體屏蔽中。
<p>緊急應變</p>	<p>緊急應變</p>
<p>偵測管制</p> <ul style="list-style-type: none"> 可使用量測加馬(γ)射線之輻射偵檢儀器量測，並應於到達災害現場前完成開機程序(完成背景劑量偵測)。 依實際偵測結果及以下劑量值劃定熱區、暖區，並進行區域管制。 <ul style="list-style-type: none"> 熱區：劑量率達100微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$) 暖區：劑量率達0.5微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$) 如無法立即取得輻射偵檢儀器，請依「輻射災害第一線應變人員手冊」進行災害現場管制區域劃分。 <p>輻射防護</p> <ul style="list-style-type: none"> 本放射性物質主要產生加馬(γ)射線，應變時須注意體外曝露防護，另本放射性物質可溶於水，若屏蔽有破損之處，並須注意體內曝露防護。 體外曝露防護原則：時間(縮短與放射性物質接觸時間)、距離(增加與放射性物質之間的距離)、屏蔽(以適當的屏蔽阻擋)。 體內曝露防護原則：應變時穿著全身防護衣、鞋套、手套與頭套，進入熱區時佩戴呼吸防護面具或正壓自攜式呼吸器(SCBA)，暖區則佩戴N-95口罩，防範放射性物質進入體內。 	<p>偵測管制</p> <ul style="list-style-type: none"> 可使用量測加馬(γ)射線之輻射偵檢儀器量測，並應於到達災害現場前完成開機程序(完成背景劑量偵測)。 依實際偵測結果及以下劑量值劃定熱區、暖區，並進行區域管制。 <ul style="list-style-type: none"> 熱區：劑量率達100微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$) 暖區：劑量率達0.5微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$) 如無法立即取得輻射偵檢儀器，請依「輻射災害第一線應變人員手冊」進行災害現場管制區域劃分。 <p>輻射防護</p> <ul style="list-style-type: none"> 本放射性物質主要產生加馬(γ)射線，應變時須注意體外曝露防護。 體外曝露防護原則：時間(縮短與放射性物質接觸時間)、距離(增加與放射性物質之間的距離)、屏蔽(以適當的屏蔽阻擋)。

物質特性	
Am-241 銻	
放射性	
<ul style="list-style-type: none"> • 物理半化期為432年。 • 產生的輻射以阿伐(α)粒子為主，伴隨產生加馬(γ)射線。 	
其他	
<ul style="list-style-type: none"> • 一般使用於工業領域(如測量控制)；商業領域(如黃金成色分析儀)及研究領域。 • 一般使用為密封型式(密封放射性物質)，即放射性物質密閉於固體屏蔽中。 	
緊急應變	
偵測管制	
<ul style="list-style-type: none"> • 可使用量測加馬(γ)射線之輻射偵檢儀器量測，並應於到達災害現場前完成開機程序(完成背景劑量偵測)。 • 依實際偵測結果及以下劑量值劃定熱區、暖區，並進行區域管制。 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 熱區：劑量率達100微西弗/小時(μSv/h) ◦ 暖區：劑量率達0.5微西弗/小時(μSv/h) • 如無法立即取得輻射偵檢儀器，請依「輻射災害第一線應變人員手冊」進行災害現場管制區域劃分。 	
輻射防護	
<ul style="list-style-type: none"> • 主要產生阿伐(α)粒子及加馬(γ)射線，應變時須注意體外曝露防護，若屏蔽有破損之處，並須注意體內曝露防護。 • 體內曝露防護原則：應變時穿著全身防護衣、鞋套、手套與頭套，進入熱區時佩戴呼吸防護面具或正壓自攜式呼吸器(SCBA)，暖區則佩戴N-95口罩，防範放射性物質進入體內。 • 體外曝露防護原則：時間(縮短與放射性物質接觸時間)、距離(增加與放射性物質之間的距離)、屏蔽(以適當的屏蔽阻擋)。 	

附錄四 國內近年輻射意外事件相關案例

註：民國112年9月27日原子能委員會改制為「核能安全委員會」(核安會)；核能研究所改制為「國家原子能科技研究院」(國原院)。

案例1：放射性物質使用場所火災(民國99年)

項目	內容
事件概況	某大學地質研究所實驗室發生火災，消防人員進入現場時，發現張貼輻射標誌的儲物櫃。原能會核安監管中心於接獲該市府消防局通報後，立即通知負責單位，並由原能會同仁攜帶輻射偵測儀器趕赴現場進行量測。
處置作為	經測量，實驗室、大樓四周及張貼有輻射標誌儲物櫃表面輻射值均在一般背景輻射範圍(0.2 μSv/h)內，無輻射安全顧慮。 原能會人員後續協助辦理輻射偵測、環境檢測、提供輻射管制、廢棄物處理、放射性物質清點等輻射技術諮詢事項。 為強化放射性物質作業場所火災事故發生時之應變處理能力，原能會訂定「放射性物質作業場所火災處理程序(範例)」，重點包括平時整備及應變要領等，以供設施經營者訂定相關處理程序，俾於火災事故發生時有所依循。

53

附錄
54

案例2：非破壞性放射線照相檢驗設備遺失(民國100年)

項目	內容
事件概況	原能會接獲某非破壞性放射線照相業者通報，該公司載有放射線照相檢驗設備之車輛於行車途中，遺失貼有輻射示警標誌放射線照相檢驗設備乙具。
處置作為	原能會立即派員赴現場調查瞭解事件發生原委，並透過媒體籲請社會大眾協助尋，若發現有型似所公布照片所示貼有二葉型輻射示警標誌之設備，應立即通知原能會，切勿加以拆解或破壞，以免造成放射性物質外釋，並說明該設備有鉛屏蔽保護，周圍輻射劑量對民眾並無立即之危險性，請民眾勿須過度擔心。事後於同日將該設備尋回。

案例3：拾獲疑似放射性物質-1(民國103年)

項目	內容
事件概況	民眾於水圳發現一枚十元硬幣大小圓柱狀物件，攜回家中打開後發現內部有黃色圓筒狀物品，表面印有「放射性」、「16 mr/hr」等字樣，因擔心輻射，遂將該物件扔回水圳，並將照片置於社群網站。 原能會核安監管中心於當日晚間接獲該地方政府環保局通報，立即依輻射異常事件之通報及處理作業程序進行應變。當晚適逢颱風來襲交通受阻，因此委請該地方政府轄內醫院輻射防護人員，攜帶輻射偵檢儀器、鉛衣、手套、頸圍、長夾及鉛桶等防護裝具，會同該府環保局、衛生局進行現場輻射量測。
處置作為	現場量測結果，該物件表面輻射劑量為每小時0.1微西弗(mSv/h)，與環境輻射背景值相當；擦拭測試結果亦顯示無污染之虞。 後續將該物件送至核能研究所分析，確認為Co-60射源，屬密封放射性物質，Co-60射源被樹脂包覆其中，並置於金屬容器內；經檢視包封樹脂完整，並未損壞，其內含之Co-60射源為金屬物質，亦保持原始完整狀態。該射源活度約為891貝克(Bq)。回溯至標示日期(67年1月)活度約為102,000貝克，屬於豁免管制之物件，並無輻射安全顧慮。

55

附錄
56

案例4：垃圾焚化廠測得輻射異常(民國104年)

項目	內容
事件概況	<p>行政院環保署依「一般廢棄物焚化廠廢棄物進廠管理規範」要求焚化廠設置輻射偵檢儀器，以過濾具放射性之有害廢棄物。</p> <p>新北市某焚化廠發現1輛進廠垃圾車經過門框式輻射偵檢儀器時有輻射異常情形，再以手提式輻射偵檢儀器量測後發現垃圾車表面有輻射異常，依規定留置垃圾車，並通報核安監管中心。</p>
處置作為	<p>核安監管中心於接獲通報後，立即通知負責單位，並由原能會同仁攜帶輻射偵檢儀器趕赴現場進行量測，於垃圾車表面測得輻射劑量率為18.7 μSv/h，並從垃圾中找出具放射性污染物件尿片等個人用品，核種分析結果為醫用I-131核種，判斷為接受I-131治療患者於出院返家後，未依醫院之衛教說明妥善處置其排泄物。</p>

57

案例5：拾獲疑似放射性物質-2(民國109年)

項目	內容
事件概況	<p>核安監管中心於接獲地方政府警察局通報，民衆發現某路口有輻射異常物，並指稱輻射劑量率高達每小時3,000微西弗，疑為核電廠燃料棒。</p>
處置作為	<p>原能會立即派員前往瞭解與處理。現場檢視該輻射異常物類似廢金屬管件，並經量測其表面輻射劑量率最高約每小時6微西弗，距離1公尺處輻射劑量率即降低至環境背景值；經進一步使用核種辨識偵檢儀器量測，顯示該異常物含有天然釷、鈾等放射性核種。另為確認該輻射異常物是否有造成周遭環境有受放射性污染情形，原能會亦執行附近區域環境輻射偵檢，確認並未有輻射劑量異常之情形。</p> <p>經確認現場狀況後，原能會即迅速對外發布訊息，讓民衆瞭解放心。</p> <p>後續將該異常物送到核能研究所分析，顯示該輻射異常物為一陶瓷管件，主要用途係提供汽車材料商製作卡車用遠紅外線省油器，在製程中添加含天然放射性釷、鈾核種之礦石粉及鈦金屬元素，可減少廢氣內有害物質，以達到環境保護作用，另其所產生之遠紅外線可將汽油小分子化來達到省油效果。該構造之產品於十多年前所製造，數量計有一百餘支，現已無生產此類型產品。</p>

58

案例6：放射性物質作業場所火災(民國110年)

項目	內容
事件概況	<p>一鋼鐵廠發生火災，廠內有登記備查之放射性物質，為6枚雙層不銹鋼包覆之密封放射性物質(Cs-137)，用於鐵水液位之測量控制。</p>
處置作為	<p>本案例中，原能會核安監管中心未獲通報，係由原能會同仁自發性警覺後進行聯繫，確認火災現場係與放射性物質屬同一廠區。火勢撲滅後原能會即派員趕赴現場，確認該放射性物質未受火災波及，並進行環境輻射劑量量測與周圍廠區環境試樣取樣分析，確認亦無Cs-137關鍵核種之放射性污染情形，廠區周圍環境安全無虞。</p> <p>原能會亦責成該廠於災後復原期間，務必加強現場放射性物質之管理及輻射事件應變措施，期以強化業者自身輻射安全風險意識。</p>

59

輻射災害第一線應變人員手冊(115年三版)

發行機關：核能安全委員會
 電話：(02)8231-7919
 傳真：(02)8231-7833
 地址：新北市永和區成功路1段80號2樓

.....

編輯群：林貞鈞、洪子傑、王濬儒、陳冠諦
 插畫設計：
 發行日期：待定
 版次：3版
 ISBN：978-986-5467-78-4
 GPN：1011002324

.....

著作權利管理資訊
 本書保留所有權利，欲利用本書全部或部分內容者，需徵求核能安全委員會同意或書面授權，請洽核能安全委員會。

廣告

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

輻射災害第一線應變人員手冊 / 林貞絢、洪子傑、王滂
儒、陳冠諱編輯.--3版.--新北市：核能安全委員會,民

115.12

面；公分

ISBN 978-986-5467-78-4(平裝)

1.CST：放射性污染2.CST：輻射偵測3.CST：輻射防護

4.CST：輻射災害

449.83

110022211

附件 C 大型輻射災害國際應變講習簽到表

一、114 年 3 月 23 日

二、114 年 3 月 24 日

三、114 年 3 月 25 日

四、114 年 3 月 26 日

五、114 年 3 月 27 日

(簽到表名冊請洽業務單位：保安應變組災害管理科 02-2232-2102)

附件 D 114 年地方政府輻射災害防救講習簽到表

一、114 年 10 月 5 日中部場

二、114 年 10 月 8 日東部場

三、114 年 10 月 15 日北部場

四、114 年 10 月 22 日南部場

(簽到表名冊請洽業務單位：保安應變組災害管理科 02-2232-2102)

附件 E 歷次會議紀錄及會議結論辦理情形

一、114 年 2 月 10 日啟動會議

114 年輻射災害應變資源建置與實務管理之研究勞務採購案

啟動會議紀錄

- 一、會議時間：114 年 2 月 10 日下午 2 時 紀錄：王濬儒
- 二、會議地點：本會四樓會議室
- 三、主席：黃俊源組長
- 四、出席人員：詳簽到表
- 五、研究團隊簡報及答詢（略）
- 六、決議事項：
- （一）考量國內核能政策及工作說明書要求，輻災案例請以放射性物質意外事件為主要研析方向。
 - （二）密封放射性物質屏蔽破損意外事件之推演腳本應以地方政府較有可能出動的情境進行設計。
 - （三）第一線應變人員手冊改版內容應貼近地方政府需求，並請評估納入應變小卡以供災時應變人員隨身攜帶使用。
 - （四）地方政府輻射災害講習時間請避開核安第 31 號演習及國家防災日相關活動辦理時間，以免衝擊本會業務及降低學員參訓意願，並請及早控留各災害應變中心時間；另建議可邀聘授課方式較為生動活潑的輻射防護訓練業擔任講師。
 - （五）大型輻射災害防救講習請團隊指派至少 2 員協助場佈及擔任現場工作人員；另為避免造成外界顧慮，前揭講習原則不安排應變模擬演練，除非於密閉空間演練或有人員協助進行進出管制。
 - （六）綜上，請依會議討論結果，調整工作規劃時程，並據以執行今年度工作項目。
- 七、散會：下午 3 時 30 分。

第 1 頁 / 共 1 頁

(簽到表名冊請洽業務單位：保安應變組災害管理科 02-2232-2102)

二、114 年 4 月 25 日第一次工作會議

**114 年輻射災害應變資源建置與實務管理之研究勞務採購案
第 1 次工作會議 決議事項**

- 一、會議時間：114 年 4 月 25 日 上午 10 時
- 二、會議地點：本會四樓會議室
- 三、主席：戈元代理科長
- 四、核安會出席人員（職稱略）：王濬儒、黃為雍
- 五、瑞鉅研究團隊出席人員（職稱略）：馬國宸、鄭銘泰、詹雅如、賴珮璇
- 六、會議議程：

10:00-10:05	主席致詞
10:05-10:30	研究團隊進度簡報
10:30-11:20	綜合討論
11:20-11:30	決議
11:30	散會

七、決議事項：

- (一) 為提升地方講習學習成效，請評估是否納入前測。
- (二) 請參酌美方 WIRED 講習兵棋推演做法，提出地方講習課末演練調整方案。
- (三) 地方講習除原訂時程外，宜有預備日之規劃，避免講習因故延期。
- (四) 第一線應變人員手冊請製作 word 版，以利編修；另請評估應變小卡尺寸及內容，以利應變人員攜帶使用。
- (五) 請依今日會議討論結果，調整工作規劃時程，並據以執行剩餘工作項目。

(簽到表名冊請洽業務單位：保安應變組災害管理科 02-2232-2102)

三、114 年 9 月 5 日第二次工作會議

**114 年輻射災害應變資源建置與實務管理之研究勞務採購案
第 2 次工作會議 決議事項**

- 一、會議時間：114 年 9 月 5 日(星期五) 下午 2 時
- 二、會議地點：本會四樓會議室
- 三、主席：王濬儒代理科長
- 四、核安會出席人員（職稱略）：洪子傑、陳冠諱、鐘燕羽、郭峻愷
- 五、瑞鉅研究團隊出席人員（職稱略）：馬國宸、鄭銘泰、詹雅如、賴珮璇
- 六、會議議程：

14:00-14:05	主席致詞
14:05-14:30	研究團隊進度簡報
14:30-15:20	綜合討論及臨時動議
15:20-15:30	決議
15:30	散會

- 七、決議事項：
 - (一) 請依今日會議討論結果，據以執行今年度剩餘工作項目。
 - (二) 依工作說明書，提醒需於 11 月 22 日前提送地方講習成果報告書；11 月 20 日(含)前需將期末研究成果報告草案送達機關。
 - (三) 簡報及地方講習問卷內容，請承辦科細部調整後提供團隊，俾利後續修正。

(簽到表名冊請洽業務單位：保安應變組災害管理科 02-2232-2102)

四、歷次會議結論辦理情形

會議次別	決議事項	辦理情形
啟動會議 (2月10日)	輻射災害案例研析	
	考量國內核能政策及工作說明書要求，輻災案例請以放射性物質意外事件為主要研析方向。	配合辦理。
	輻射災害應變及宣導資源建置	
	1、密封放射性物質屏蔽破損意外事件之推演腳本應以地方政府較有可能出動的情境進行設計。 2、第一線應變人員手冊改版內容應貼近地方政府需求，並請評估納入應變小卡以供災時應變人員隨身攜帶使用。	配合辦理。
	地方政府輻射災害防救講習	
	地方政府輻射災害講習時間請避開核安第31號演習及國家防災日相關活動辦理時間，以免衝擊本會業務及降低學員參訓意願，並請及早控留各災害應變中心時間；另建議可邀聘授課方式較為生動活潑的輻射防護訓練業者擔任講師。	地方政府輻射災害講習預計於10月辦理，並於6月陸續徵詢各災害應變中心時間；另計畫團隊已詢問多間輻射防護訓練業者，惟業者配合意願不高故計畫團隊已彙整、更新授課講師名單，並於第一次工作會議中進行討論。
	辦理大型輻射災害應變國際講習	
	大型輻射災害防救講習請團隊指派至少2員協助場佈及擔任現場工作人員；另為避免造成外界顧慮，前揭講習原則不安排應變模擬演練，除非於密閉空間演練或有人員協助進行進出管制。	配合辦理。
綜合事項		
請依會議討論結果，調整工作規劃時程，並據以執行今年度工作項目。	配合辦理。	
第一次工作會議 (4月25日)	輻射災害應變及宣導資源建置	
	第一線應變人員手冊請製作word版，以利編修；另請評估應變小卡尺寸及內容，以利	已依據會議決議，於5月2日提供第一線應變人員手冊

會議次別	決議事項	辦理情形
	應變人員攜帶使用。	文字修改 word 版，並同步說明應變小卡規劃尺寸與內容。
	地方政府輻射災害防救講習	
	<p>1、地方講習除原訂時程外，宜有預備日之規劃，避免講習因故延期。</p> <p>2、為提升地方講習學習成效，請評估是否納入前測。</p> <p>3、請參酌美方 WIRED 講習兵棋推演做法，提出地方講習課末演練調整方案。</p>	<p>1、地方講習暫定辦理時程如下：中部場 10 月 2 日、東部場 10 月 8 日、北部場 10 月 15 日及南部場 10 月 22 日；並同步洽談預備日規劃。</p> <p>2、本次地方講習將於授課前納入前測以評估學習成效。</p> <p>3、地方講習除以「輻射災害第一線應變人員推演教育訓練系統」進行推演外，同時結合課程前、後測規劃，並能線上即時由後臺掌握學員學習成效，建議今年維持相同推演方案，並於明年視推演成效再行調整。</p>
	綜合事項	
第二次工作會議 (9 月 5 日)	請依會議討論結果，調整工作規劃時程，並據以執行剩餘工作項目。	配合辦理。
	地方政府輻射災害防救講習	
	簡報及地方講習問卷內容，請承辦科細部調整後提供團隊，俾利後續修正。	配合辦理。
綜合事項		地方講習成果報告書已於 114 年 11 月 18 日，期末研究成果報告草案於 11 月 19 日函報核安會。
<p>1、請依今日會議討論結果，據以執行今年度剩餘工作項目。</p> <p>2、依工作說明書，提醒需於 11 月 22 日前提送地方講習成果報告書；11 月 20 日(含)前需將期末研究成果報告草案送達機關。</p>		