

核能安全委員會
勞務採購案期末報告書

113 年輻災防救訓練研發作業及應變
技術之精進

委託單位：核能安全委員會

執行單位：國家原子能科技研究院

計畫主持人：袁明程 博士

案號：NSC11211045L

執行期間：中華民國 113 年 1 月至 113 年 12 月

報告日期：中華民國 113 年 12 月

中文摘要

今年共完成下列工作：

1. 精進輻災應變人員訓練

針對核安會輻射應變技術隊(下稱輻應隊)與地方政府第一線應變人員(下稱第一線應變人員)辦理年度訓練，使用豁免管制射源，實際練習輻射源偵測與人員污染偵測作業，並進行交流討論。

2. 建置虛擬實境模擬訓練單元

以手持式裝置模擬輻射偵測儀器、污染偵檢等各類儀器操作，以頭戴式裝置內建螢幕顯示虛擬三維空間場景、虛擬待測人員、虛擬待測物等對象，與虛擬儀器及其顯示數據，製作單人互動式應變模擬訓練單元，並置放於雲端伺服器，可提供 6 人於不同地點，同時連線使用。

3. 精進戶外輻射彈爆炸類型放射性物質擴散分析能力

將三維地形資料結合三維近似化建物模型資料，轉換為具有人工建物高度的數值資料庫，使風場模擬結果更貼近街廓尺度，並與過去模擬結果進行比較。

4. 完備應變設備整備相關作業

購置、補充核安會輻射應變技術隊需要之應變器材與設備。

關鍵字：輻射災害、緊急應變

英文摘要

This year we completed the following tasks:

1. Improve Radiological emergency response personnel training

Conduct annual training for the Radiological Emergency Response Team and the local government first responders (hereinafter referred to as the first responders), use exempted radioactive sources, and practice radiation source detection and personnel contamination detection operations and conduct exchanges and discussions.

2. Build a virtual reality simulation training unit

The handheld device is used to simulate the operation of radiation detection instruments, pollution detection and, and the built-in screen of the head-mounted device is used to display virtual three-dimensional space scenes, virtual people to be tested, virtual objects to be tested and with virtual instruments and the data, create a single-person interactive emergency simulation training unit, and place it on the cloud server, which can be used by 6 people in different locations at the same time.

3. Improve the ability to analyze the spread of radioactive materials in outdoor radiation bomb explosion types

The three-dimensional terrain data is combined with the three-dimensional approximated building model data and converted into a numerical database with artificial building heights, so that the wind field simulation results are closer

to the street profile scale and compared with past simulation results.

4. Complete operations related to the preparation of emergency equipment

Purchase and replenish the response equipment for Radiological Emergency Response Team.

Keywords: radiological emergency, emergency response

目錄

一、	概述	1
二、	精進輻災應變人員訓練	3
(一)	第一梯次辦理情形	3
1.	輻射偵測儀器與個人防護裝備操作常訓	5
2.	非破壞檢驗意外事件探討與模擬射源脫鈎回收演練	8
3.	偵測平台與鉛罐車介紹與操作	12
(二)	第二梯次辦理情形	14
1.	個人輻射劑量警報器、手提式加馬輻射偵測介紹與實作	15
2.	手提式輻射污染偵檢、人員篩檢介紹與實作	18
3.	輻射犯罪現場第一線應變人員作業探討	20
三、	建置虛擬實境模擬訓練單元	23
(一)	建置方法	23
(二)	建置過程	24
1.	非破壞檢驗射源脫鈎或遺失案例研析	24
2.	輻射偵檢儀器適用建議研析	30
3.	輻射安全建議研析	32
(三)	訓練單元設計	38

1. Procedure Trainer (任務訓練模式) :	38
2. 購置硬體裝置	38
3. 原地使用	41
4. 快速跳躍前進功能	42
5. 輻射偵測訓練單元設計	42
6. 污染偵檢訓練單元設計	44
7. 人員污染篩檢單元設計	45
(四) 建置結果與產出	49
1. 輻射偵測訓練單元	49
2. 污染偵檢訓練單元	79
3. 人員篩檢訓練單元	85
四、精進戶外輻射彈爆炸類型放射性物質擴散分析能力	102
(一) 系統概述	102
1. 系統目標	102
2. 系統中模式簡介	103
(二) 精進臺灣建物資料庫	105
1. 完成臺北市自動化建物資料庫	105
2. 臺北市建物模型資訊轉換模組	110

3.	臺灣建物簡易模型資料庫	111
4.	完成模擬臺北市假想輻射彈事件案例	113
(三)	開發 CALPUFF 之濕沉降模式	138
(四)	精進 CALPUFF 系統模擬結果	146
1.	系統更新說明	146
2.	完成模擬臺灣六個直轄市假想輻射彈事件案例	153
3.	結論及未來發展規劃	163
五、	完備應變設備整備相關作業	164
(一)	維持「輻射災害應變資訊平台」應變量能	164
(二)	平時整備	166
六、	未來展望	170
(一)	精進輻災應變人員訓練	170
(二)	建置虛擬實境模擬訓練單元	171
(三)	完備應變設備整備相關作業	171
	參考文獻	172
	附件	173

附圖目錄

圖二-1、輻射偵測儀器與個人防護裝備操作常訓照片 1	6
圖二-2、輻射偵測儀器與個人防護裝備操作常訓照片 2	7
圖二-3、非破壞檢驗意外事件探討與模擬射源脫鈎回收演練照片 1 ...	9
圖二-4、非破壞檢驗意外事件探討與模擬射源脫鈎回收演練照片 2 ..	10
圖二-5、非破壞檢驗意外事件探討與模擬射源脫鈎回收演練照片 3 ..	11
圖二-6、偵測平台與鉛罐車介紹與操作照片 1	12
圖二-7、偵測平台與鉛罐車介紹與操作照片 2	13
圖二-8、個人輻射劑量警報器、手提式加馬輻射偵測介紹與實作照片 1	16
圖二-9、個人輻射劑量警報器、手提式加馬輻射偵測介紹與實作照片 2	17
圖二-10、手提式輻射污染偵檢、人員篩檢介紹與實作照片 1	18
圖二-11、手提式輻射污染偵檢、人員篩檢介紹與實作照片 2	19
圖二-12、輻射犯罪現場第一線應變人員作業探討照片 1	21
圖二-13、輻射犯罪現場第一線應變人員作業探討照片 2	22
圖三-1、祕魯射源脫鈎案例之非破壞檢驗設備圖示	25
圖三-2、祕魯技師將前導管與准直器纏繞於上半身	26
圖三-3、祕魯技師將屏蔽容器壓在准直器上.....	27
圖三-4、非破壞檢驗射源棒外觀.....	29
圖三-5、輻射災害現場管制區域示意圖.....	33
圖三-6、個人防護裝備穿戴示意圖.....	35
圖三-7、一般游離輻射劑量比較圖.....	36
圖三-8、硬體裝置與規格.....	40
圖三-9、雲端伺服器支援.....	41
圖三-10、人員污染篩檢示意圖.....	45

圖三-11、基礎知識動畫截圖(熱、暖區劃分)	51
圖三-12、基礎知識動畫截圖(個人防護裝備)	52
圖三-13、基礎知識動畫截圖(輻射劑量與健康風險)	54
圖三-14、事件背景與任務說明動畫截圖	62
圖三-15、輻射偵測訓練單元操作側錄截圖	78
圖三-16、污染偵檢訓練單元操作側錄截圖 1	83
圖三-17、污染偵檢訓練單元操作側錄截圖 2	84
圖三-18、人員篩檢訓練單元操作側錄截圖	101
圖四-1 緊急應變輻射災害事故劑量評估系統規劃圖	103
圖四-2 三維建物模型細緻度示意圖，模型細緻度可區分為 4 種等級	107
圖四-3 臺北市建物電子檔圖幅涵蓋範圍示意圖，紅色線框內為 220 個 電子檔的範圍	108
圖四-4 圖土測繪中心 LOD1 建物模型資訊範例圖，該範例建物為 19 點 連結之建物輪廓，紅點為定位座標參考點	108
圖四-5 臺北市建物模型資訊範例圖。紅點為 36 樓層高的建物外廓端點， 黃點為 34 樓層高的左側建物外廓端點	109
圖四-6 建物轉換模組示意圖，左側為原 LOD1 轉換流程，右側為新臺 北市建物轉換流程	111
圖四-7 建物簡易模型資料庫示意圖	112
圖四-8 臺北市 2020 年至 2022 年三年逐時統計之風花圖，填色部分為 風速分段區分，Avg 標示三年的平均風速為 1.43 m/s	115
圖四-9 臺北 101 模擬範圍半徑 1 公里的邊界示意圖	117
圖四-10 臺北 101 輻射彈位置周遭半徑 500 公尺的建物分布	117
圖四-11 臺北 101 輻射彈位置周遭半徑 500 公尺 Google map 3D 俯視圖	118

圖四-12 CALPUFF 模擬臺北 101 輻射彈事件之柱狀空氣濃度，風向為東風.....	118
圖四-13 CALPUFF 模擬臺北 101 輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東風.....	119
圖四-14 CALPUFF 模擬臺北 101 輻射彈事件之柱狀空氣濃度分布，風向為東北東風.....	119
圖四-15 CALPUFF 模擬臺北 101 輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東北東風.....	120
圖四-16 臺北車站模擬範圍半徑 1 公里的邊界示意圖	121
圖四-17 臺北車站輻射彈位置周遭半徑 500 公尺的建物分布	122
圖四-18 臺北車站輻射彈位置周遭半徑 500 公尺 Google map 3D 俯視圖	122
圖四-19 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件之空氣濃度分布，風向為東風.....	123
圖四-20 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東風.....	123
圖四-21 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件之空氣濃度分布，風向為東北東風.....	124
圖四-22 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東北東風.....	124
圖四-23 臺北小巨蛋模擬範圍半徑 1 公里的邊界示意圖	126
圖四-24 臺北小巨蛋輻射彈位置周遭半徑 500 公尺的建物分布	126
圖四-25 臺北小巨蛋輻射彈位置周遭半徑 500 公尺 Google map 3D 俯視圖	127
圖四-26 CALPUFF 模擬臺北小巨蛋輻射彈事件之空氣濃度，風向為東風.....	127

圖四-27 CALPUFF 模擬臺北小巨蛋輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東風.....	128
圖四-28 CALPUFF 模擬臺北小巨蛋輻射彈事件之空氣濃度，風向為東北東風.....	128
圖四-29 CALPUFF 模擬臺北小巨蛋輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東北東風.....	129
圖四-30 臺北圓山花博模擬範圍半徑 1 公里的邊界示意圖	130
圖四-31 臺北圓山花博輻射彈位置周遭半徑 500 公尺的建物分布	131
圖四-32 臺北圓山花博輻射彈位置周遭半徑 500 公尺 Google map 3D 俯視圖	131
圖四-33 CALPUFF 模擬臺北圓山花博輻射彈事件之空氣濃度，風向為東風.....	132
圖四-34 CALPUFF 模擬臺北圓山花博輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東風.....	132
圖四-35 CALPUFF 模擬臺北圓山花博輻射彈事件之空氣濃度，風向為東北東風.....	133
圖四-36 CALPUFF 模擬臺北圓山花博輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東北東風.....	133
圖四-37 臺北大巨蛋模擬範圍半徑 1 公里的邊界示意圖	135
圖四-38 臺北大巨蛋輻射彈位置周遭半徑 500 公尺的建物分布	135
圖四-39 臺北大巨蛋輻射彈位置周遭半徑 500 公尺 Google map 3D 俯視圖	136
圖四-40 CALPUFF 模擬臺北大巨蛋輻射彈事件之空間濃度分布，風向為東風.....	136
圖四-41 CALPUFF 模擬臺北大巨蛋輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東風.....	137

圖四-42 CALPUFF 模擬臺北大巨蛋輻射彈事件之空氣濃度分布，風向為東北東風.....	137
圖四-43 CALPUFF 模擬臺北大巨蛋輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東北東風.....	138
圖四-44 CWA/WRF 氣象分析場的全臺範圍累積雨量與風場變化合成圖.....	141
圖四-45 CWA/WRF 氣象分析場的臺北市累積雨量與風場變化合成圖.....	142
圖四-46 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件，未開啟乾、濕沉降過程.....	143
圖四-47 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件，開啟乾、濕沉降過程.....	144
圖四-48 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件開啟乾、濕沉降過程模擬結果減未開啟乾、濕沉降過程模擬結果之差異分析.....	144
圖四-49 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件開啟乾、濕沉降過程模擬之乾沉降放射性污染物濃度分布.....	145
圖四-50 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件開啟乾、濕沉降過程模擬之濕沉降放射性污染物濃度分布圖.....	145
圖四-51 數值地形模型示意圖	150
圖四-52 臺北火車站周圍 DEM 海拔高度水平分布圖	150
圖四-53 臺北火車站周圍 DSM 海拔高度水平分布圖	151
圖四-54 於 DEM 條件下，海拔 25 米高度之分析風場分布圖	151
圖四-55 於 DSM 條件下，海拔 25 米高度之分析風場分布圖	152
圖四-56 於 DSM 條件下，追隨地勢坐標系 25 米高度之垂直運動分布圖	152
圖四-57 二步法擴散模組模擬爆炸粒子分布	154

圖四-58 一步法擴散模組模擬臺北 101 輻射彈事件	157
圖四-59 一步法擴散模組模擬臺北車站輻射彈事件	157
圖四-60 一步法擴散模組模擬臺北小巨蛋輻射彈事件	158
圖四-61 一步法擴散模組模擬臺北大巨蛋輻射彈事件	158
圖四-62 一步法擴散模組模擬桃園機場輻射彈事件	159
圖四-63 一步法擴散模組模擬板橋運動場輻射彈事件	159
圖四-64 二步法擴散模組模擬臺北 101 輻射彈事件	160
圖四-65 二步法擴散模組模擬臺北車站輻射彈事件	160
圖四-66 二步法擴散模組模擬臺北小巨蛋輻射彈事件	161
圖四-67 二步法擴散模組模擬臺北大巨蛋輻射彈事件	161
圖四-68 二步法擴散模組模擬桃園機場輻射彈事件	162
圖四-69 二步法擴散模組模擬板橋運動場輻射彈事件	162
圖五-1、資訊平台雲端設備租賃、加密與資料備份	166
圖五-2、平時整備購置之裝備器材照片	169

附表目錄

表 二-1、輻災應變人員訓練第一梯次課表.....	4
表 二-2、輻災應變人員訓練第二梯次課表.....	14
表 三-1、國內常見之加馬輻射偵檢器規格.....	31
表 三-2、輻射災害熱區	34
表 三-3、全身有效劑量數值與注意事項.....	37
表 三-4、工作人員污染偵測紀錄表.....	46
表 三-5、疏散民眾污染偵測紀錄表.....	47
表 四-1 放射性核種分類(依乾沉降速度):	114
表 四-2 臺北市假想輻射彈事件模擬地點及模擬邊界經緯度	114
表 四-3 緊急進出事故區域之停留時間	115
表 四-4 臺灣六個直轄市假想輻射彈事件模擬地點	153

一、 概述

本案工作內容包含：

1. 精進輻災應變人員訓練

針對核安會輻射應變技術隊(下稱輻應隊)與地方政府第一線應變人員(下稱第一線應變人員)辦理年度訓練，進行輻射犯罪現場聯合作業實作課程，研討現場證物保存、管制、輻射偵測等應變作業流程與內容，嘗試互動分享資訊與溝通，使用豁免管制射源，實際操作各類型手持式輻射偵測、污染偵檢儀器，練習輻射源偵測與人員污染偵測作業。

2. 建置虛擬實境模擬訓練單元

製作單人互動式應變模擬訓練單元，針對手持式裝置模擬輻射偵測儀器、污染偵檢等儀器操作，以頭戴式裝置內建螢幕顯示虛擬三維空間場景、虛擬待測人員、虛擬待測物、虛擬儀器及其顯示數據，進行虛擬射源搜索練習。

3. 精進戶外輻射彈爆炸類型放射性物質擴散分析能力

將由內政部提供的三維地形資料，轉換而來的網格地形數值資料庫(尚未含有人工建物高度)，結合台北市政府與內政部提供的三維近似化建物模型資料，再轉換為具有人工建物高度的高解析度網格地表數值資料庫，使未來風場模擬結果，可更貼近實際遇到地形加上建物，造成街廓尺度風場的變化，再進行數個案例模擬與之前原有的模擬結果進行比較。並選擇臺北市數個重點場所，進行放射性物質擴散案例運跑並分析。

4. 完備應變設備整備相關作業

評估核安會輻射應變技術隊因應各類型輻射災害所需之應變設備、器材或耗材，以及人員防護裝備之需求，進行購置、補充與整備，並進行訓練研發中心場所之維護。

成果報告如下一章節。

二、精進輻災應變人員訓練

本(113)年度共計辦理兩梯次輻災應變人員訓練，透過課堂講授、情境模擬、案例分析、實務操作、團體作業等方式進行。第一梯次對象為輻應隊成員，計 19 名人員受訓。第二梯次對象為第一線應變人員，計 19 名人員受訓。2 梯次共計 38 人次，36 名人員完成訓練與測驗並取得合格證書。

(一) 第一梯次辦理情形

主要以輻射應變技術隊為對象，並包含少部分國防部之化兵人員，共計 19 名人員受訓，於 113 年 5 月 20 日(一)假本院 035 館 2 樓會議室、1 樓大廳，及 012 館輻災防救訓練研發中心展示室辦理，共計進行 3 種實作課程：「輻射偵測儀器與個人防護裝備操作常訓」課程、「非破壞檢驗意外事件探討與模擬射源脫鈎回收演練」課程、「偵測平台與鉛罐車介紹與操作」課程。透過課堂講授、情境模擬、案例分析、實務操作、團體討論等方式進行，並進行測驗，合格者頒予證書。課程表如表二-1。

表 二-1、輻災應變人員訓練第一梯次課表

時間	課程名稱		時數
09:00 至 11:00	第 1 組： 輻射偵測儀器與個人防護裝 備操作常訓 (含測驗)	第 2 組： 非破壞檢驗意外事件探討與 模擬射源脫鈎回收演練 (含測驗)	2.0
11:10 至 12:00	偵測平台與鉛罐車介紹與操作		1.0
13:00 至 15:00	第 2 組： 輻射偵測儀器與個人防護裝 備操作常訓 (含測驗)	第 1 組： 非破壞檢驗意外事件探討與 模擬射源脫鈎回收演練 (含測驗)	2.0
15:10 至 15:30	領取證書、簽退、填寫問卷、賦歸		

1. 輻射偵測儀器與個人防護裝備操作常訓

課程時間 2 小時，針對手持式輻射偵測、污染偵檢儀器等常用輻射偵檢儀器，以及個人防護裝備操作進行常訓。

經由講師講解、助教輔助示範、學員親手實作偵測加馬點射源、貝他面射源、阿伐面射源，進行輻射量測與觀察；每位學員相互實施練習人員篩檢；講師與助教進行個人防護裝備穿脫示範，讓學員了解並操作個人輻射劑量警報器、概述與熱發光劑量計管理人員劑量之搭配；練習操作手提式加馬輻射偵測儀器，並搭配長桿式偵測儀器使用；練習操作手提式輻射污染偵檢儀器，進行計數率與污染值換算；練習使用手提式輻射污染偵檢儀器進行人員篩檢；了解個人防護裝備檢查重點。

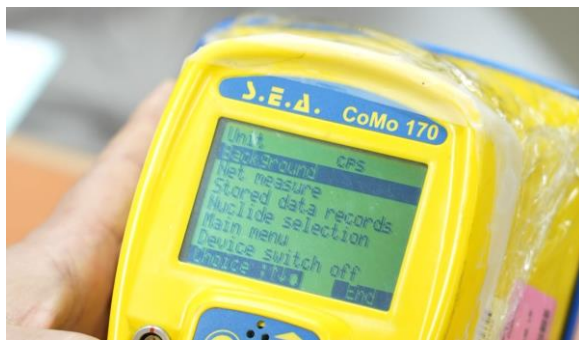
相關課程進行照片請詳見圖二-1、圖二-2。



個人輻射警報器實作



手持式加馬輻射偵檢器實作



手持式輻射污染偵檢器實作



長桿式輻射偵檢儀器教學

圖二-1、輻射偵測儀器與個人防護裝備操作常訓照片 1



半面罩穿戴示範



人員防護裝備穿卸示範

圖二-2、輻射偵測儀器與個人防護裝備操作常訓照片 2

2. 非破壞檢驗意外事件探討與模擬射源脫鈎回收演練

課程時間 2 小時，配合國際近年來經常發生的非破壞檢驗輻射意外事件案例，探討業者針對常用之非破壞檢驗儀器，其輻射源機械元件意外脫鈎與卡管，導致輻射源裸露無法收回屏蔽裝置狀況下，兩種處置作為情境影片後，進行模擬射源脫鈎回收演練，與學員討論思考應變措施可能之改善方案，尋找更佳應變方案。

經每位學員進行應變動作拆解分段演練，與分組綜合演練後，進行討論，提出未來業者可能精進之建議如下：

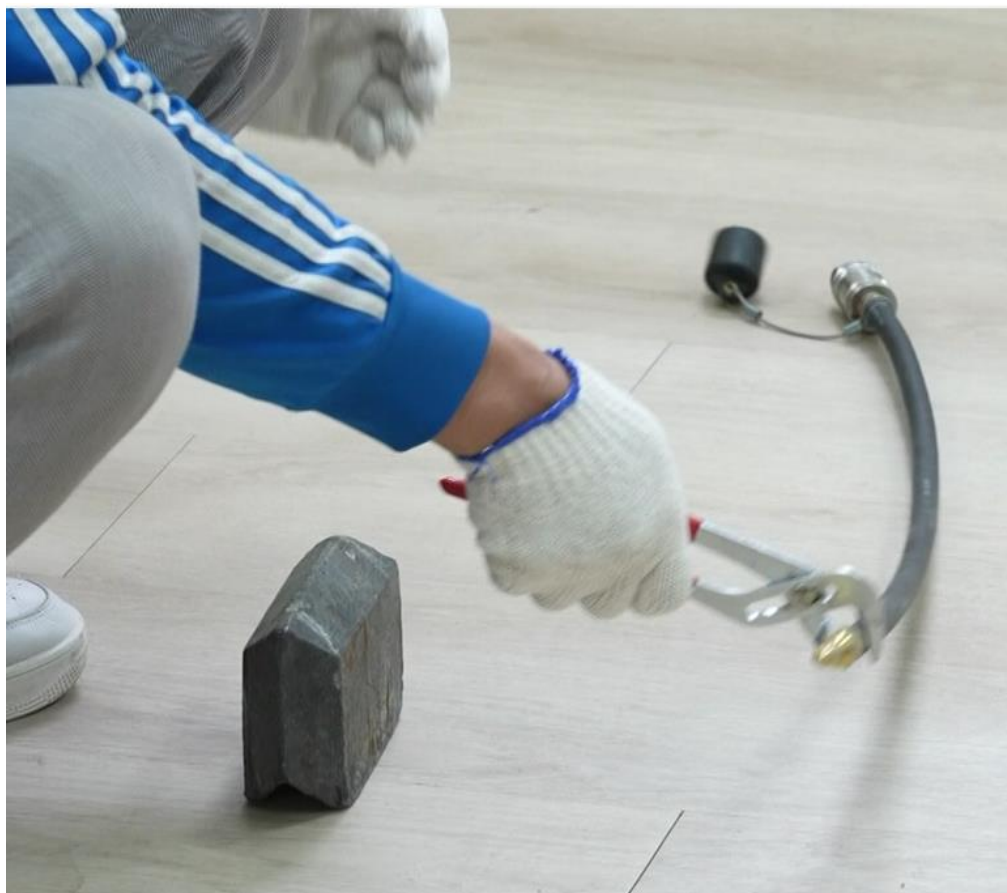
- (1) 用以屏蔽射源棒之鉛塊可以加上把手，以便人員搬運。
- (2) 若現場業者有吊掛起重之設備，可搬運更大的混凝土牆或更大之鉛塊，來屏蔽射源棒，降低人員劑量。
- (3) 可驅動遠端遙控行動式輻射偵測平台(下稱偵測平台)之管狀夾爪，夾取內含射源棒之前導管，將射源棒從前導管中滑出，取代人員人工夾取、靠近射源棒操作的動作與時間，降低人員劑量。
- (4) 前述射源棒從前導管中移出後，可改用偵測平台管狀夾爪之電磁吸鐵，吸取射源棒，置入遙控鉛罐車後回收，取代應變人員手持鉛塊屏蔽射源棒、將射源棒機械元件與控制纜繩連接、轉動搖把，以控制纜繩將射源棒收回儀器屏蔽，靠近射源棒操作的動作與時間，降低人員劑量。

相關課程進行照片請詳見圖二-3、圖二-4、圖二-5。



於前導管前端覆蓋鉛屏蔽並將前導管與儀器屏蔽拆卸開來

圖二-3、非破壞檢驗意外事件探討與模擬射源脫鈎回收演練照片 1



以長柄金屬鉗夾取前導管

圖二-4、非破壞檢驗意外事件探討與模擬射源脫鈎回收演練照片 2



使脫鉤射源自前導管中移出



將鉛屏蔽屏蔽覆蓋射源



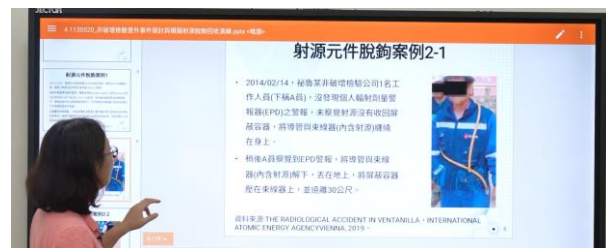
搖出控制纜繩



透過控制纜繩搖回射源至儀器屏蔽



射源卡管意外案例探討

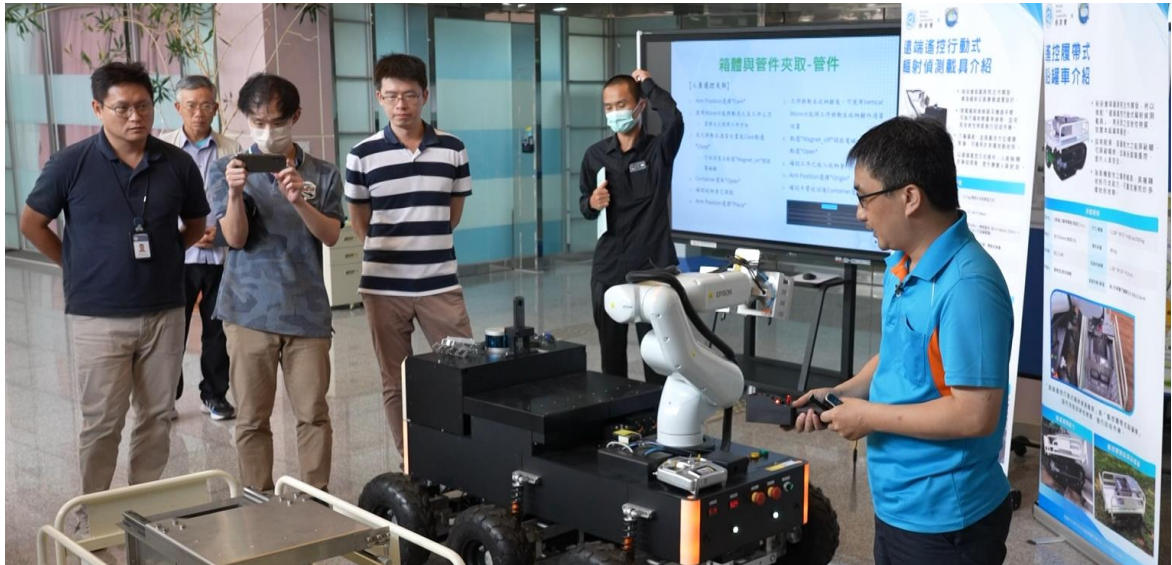


射源脫鉤案例探討

圖二-5、非破壞檢驗意外事件探討與模擬射源脫鉤回收演練照片 3

3. 偵測平台與鉛罐車介紹與操作

課程時間 1 小時，由講師介紹偵測平台與鉛罐車功能與使用時機及限制，由助教演示偵測平台夾取回收非破壞性檢驗儀器導管段件(假體)，及置入鉛罐車之鉛罐的流程與方法，並讓學員練習遠端遙控鉛罐車等動作。照片請見圖二-6、圖二-7。



偵測平台與鉛罐車協作說明



遙控鉛罐車戶外爬坡



遙控式鉛罐頂蓋

圖二-6、偵測平台與鉛罐車介紹與操作照片 1



鉛罐內含可拆卸式內艙



鉛罐車越障練習

圖二-7、偵測平台與鉛罐車介紹與操作照片 2

(二) 第二梯次辦理情形

主要以第一線應變人員為對象，主要參與之第一線應變人員為來自六都(台北市、新北市、桃園市、台中市、台南市及高雄市)，並包含少部分輻應隊成員與化兵人員，共計 19 位學員參訓，於 113 年 5 月 21 日(二)假本院 008 館 2 樓及 1 樓會議室辦理，進行 3 種實作課程：「個人輻射劑量警報器、手提式加馬輻射偵測介紹與實作」課程、「手提式輻射污染偵檢、人員篩檢介紹與實作」課程、「輻射犯罪現場第一線應變人員作業探討」課程。透過課堂講授、情境模擬、案例分析、實務操作、團體討論等方式進行，並進行測驗，合格者頒予證書。課程表如表二-2。

表 二-2、輻災應變人員訓練第二梯次課表

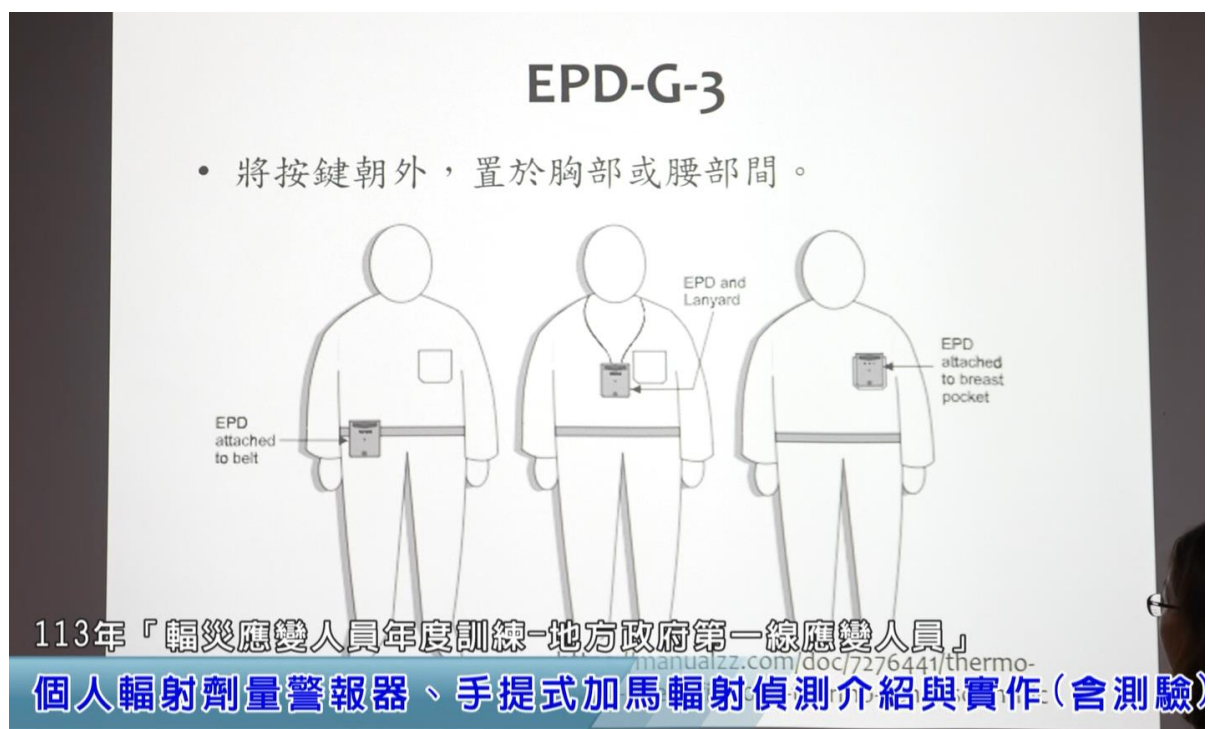
時間	課程名稱		時數
10:40 至 12:10	第 1 組： 個人輻射劑量警報器、 手提式加馬輻射偵測介紹與 實作 (含測驗)	第 2 組： 手提式輻射污染偵檢、 人員篩檢介紹與實作 (含測驗)	1.5
13:00 至 14:30	第 2 組： 個人輻射劑量警報器、 手提式加馬輻射偵測介紹與 實作 (含測驗)	第 1 組： 手提式輻射污染偵檢、 人員篩檢介紹與實作 (含測驗) (035 館 2 樓大會議室)	1.5
14:40 至 15:30	輻射犯罪現場第一線應變人員作業探討		1.0
15:30 至 15:50	領取證書、簽退、填寫問卷、賦歸		

1. 個人輻射劑量警報器、手提式加馬輻射偵測介紹與實作

課程時間 1.5 小時，介紹個人輻射劑量警報器、手提式加馬輻射儀器等儀器。經由講師講解、助教輔助示範、學員親手實作偵測加馬點射源，進行輻射量測與觀察；讓學員了解並練習操作個人輻射劑量警報器、手提式加馬輻射偵測儀器，並設定警報閾值，與判讀數值。相關課程進行照片請詳見圖二-8、圖二-9。



個人輻射劑量警報器操作 1



個人輻射劑量警報器操作 2

圖二-8、個人輻射劑量警報器、手提式加馬輻射偵測介紹與實作照片 1



手提式加馬輻射偵測儀器操作

圖二-9、個人輻射劑量警報器、手提式加馬輻射偵測介紹與實作照片 2

2. 手提式輻射污染偵檢、人員篩檢介紹與實作

課程時間 1.5 小時，介紹手提式輻射污染偵檢儀器，學員親手實作偵測貝他面射源、阿伐面射源，並實際練習人員輻射污染篩檢。相關課程進行照片請詳見圖二-10、圖二-11。

手提式輻射污染偵檢儀器偵測面物理特性脆弱，若有刮傷、刺破，或不慎沾染污染物，均將大幅影響偵測數據之正確性，可以保鮮膜包覆保護，保鮮膜包覆偵測面不會影響貝他/加馬污染偵測，可能影響少許阿伐污染偵測效率，但不影響阿伐污染定性量測，若需較精確之阿伐污染定量量測，則建議量測時須將保鮮膜去除，並緩慢行動小心偵測面不要碰到待測物，請詳見圖二-10。



使用豁免管制面射源練習污染偵檢

圖二-10、手提式輻射污染偵檢、人員篩檢介紹與實作照片 1



人員輻射污染篩檢練習

圖二-11、手提式輻射污染偵檢、人員篩檢介紹與實作照片 2

3. 輻射犯罪現場第一線應變人員作業探討

課程時間 1 小時，由講師介紹國際輻射犯罪現場第一線應變人員作業流程、分工與注意事項，探討地方政府第一線應變人員與輻應隊之合作機制，以案例研討現場證物保存、管制、輻射偵測等應變作業流程與內容，嘗試互動分享資訊與溝通。照片請見圖二-12、圖二-13。

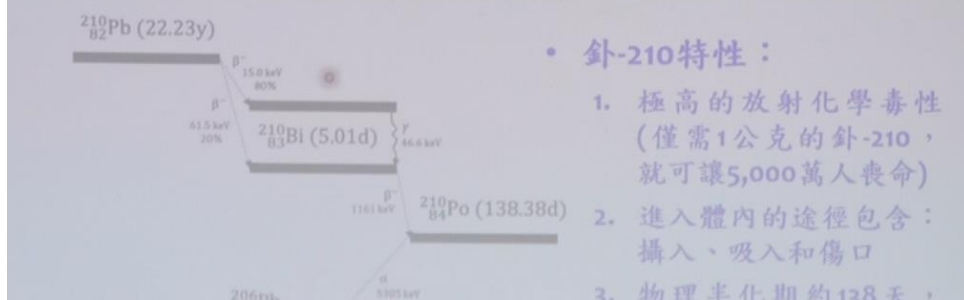
輻射犯罪的特性

- 高劑量的輻射可能讓有心犯罪者，作為殺人於無形的凶器，這會是警方最擔憂的犯罪問題
- 輻射犯罪行為是一般法醫解剖鑑定死因無法察覺的，檢警也不會得知死因真相，且也無從調查
- 輻射犯罪行為能否被發覺、偵查甚至破案，取決檢警調人員在犯罪現場勘察時，是否有將偵測放射性物質納入標準作業流程，此為發現有輻射問題的關鍵
- 後續有關放射性證物的蒐集、採證和鑑定，是否符合處理放射性物質的安全規定？是否能與核能單位互相支援、搭配？相關合作機制及聯絡管道皆須妥適建立

輻射犯罪的特性說明

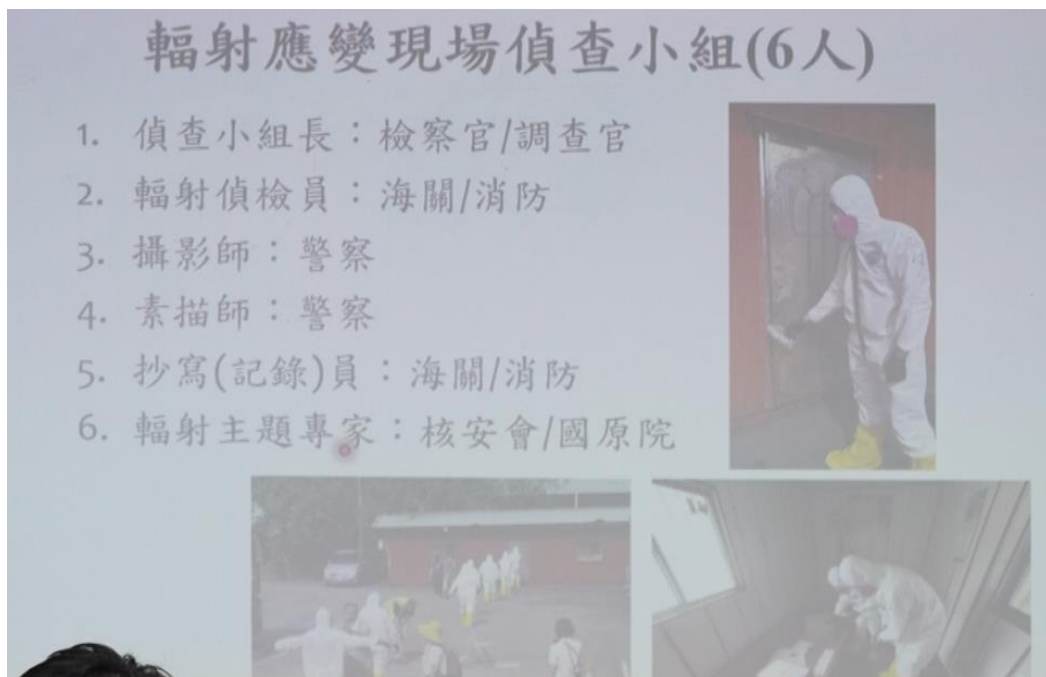
輻射犯罪案例介紹

- 2006年俄羅斯前國安會間諜-利特維內柯(Alexander Litvinenko)，在英國倫敦遭人以鈷-210毒死，醫師在其體內發現大量放射性元素鈷-210，此事件引發全世界對放射性物質犯罪的關注

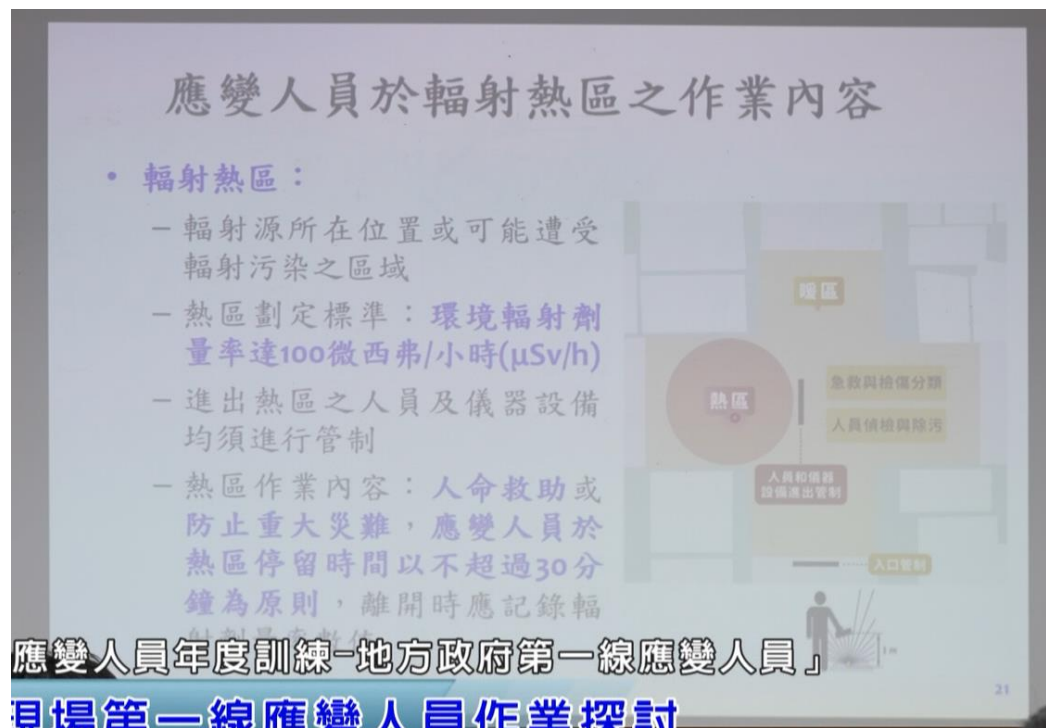


輻射犯罪案例介紹

圖二-12、輻射犯罪現場第一線應變人員作業探討照片 1



中央與地方政府人員組成現場偵查小組研討



現場作業內容探討

圖二-13、輻射犯罪現場第一線應變人員作業探討照片 2

三、建置虛擬實境模擬訓練單元

我國工業用非破壞檢驗常用於建築、廠房、管道之檢驗，多在非固定之工作場所，使用可移動式儀器(含有屏蔽及輻射源，下稱射源)，進行物件照射工作。國際上常見因工作場所或人員不良因子(例如吵雜、疲勞等)，導致操作不當，未將射源正常收回儀器屏蔽內，在射源脫鉤而不自知的狀況下，操作人員便離開現場。其中曾隨後發生其他不知情之非輻射工作人員誤拾射源後，隨意放置，因此遺失或造成民眾受到輻射傷害，出動第一線應變人員緊急介入，協助尋回的案例。

由於非破壞檢驗射源活度較高，我國地方政府輻射災害訓練裝備有限，為降低第一線應變人員訓練之人力、物力需求，及合理抑低受訓人員輻射劑量，因此，本計畫以國際上曾發生過的非破壞檢驗射源遺失意外案例為藍本，第一線應變人員為對象，參考我國核能安全委員會輻射災害第一線應變人員手冊(下稱第一線應變人員手冊)，以 MicroShield 模擬程式計算射源周圍環境輻射劑量率的結果，建置虛擬實境模擬訓練單元(下稱訓練單元)。

訓練單元提供非破壞檢驗射源遺失之潛在輻射風險說明、搜尋射源適用儀器簡介、區域劃分原則、各區域應變輻射安全建議事項，第一線應變人員可於模擬之高強度射源虛擬現場，進行輻射偵測、污染偵檢、人員篩檢等模擬操作，觀察環境輻射劑量率與累積劑量變化，及污染偵檢數值，並藉由不同情境觸發之互動問答或提示，練習非破壞檢驗射源搜索、環境與人員輻射偵檢的技能。

(一) 建置方法

研析國際原子能總署網站、中國輻射防護研究院網站公布之相關非破壞檢驗射源脫鉤或遺失案例，選擇我國常見之非破壞檢驗儀器，以 MicroShield 模擬程式，計算模擬射源造成之輻射強度空間分布，構成虛擬情境，選用適當之輻射偵檢儀器，參考第一線應變人員手冊，說明

儀器使用建議、虛擬情境、輻射安全建議、編撰任務說明、應變劇本、問答等內容，以公開招標方式，委託專業虛擬實境軟體廠商，建置訓練單元。

(二) 建置過程

1. 非破壞檢驗射源脫鈎或遺失案例研析

近 10 年來國際上射源脫鈎造成人員劑量過高事件頻傳，其中以使用 Ir-192 射源之非破壞檢驗儀器為大宗，以下摘錄 3 例，分別為美國射源脫鈎案例、祕魯射源脫鈎案例、中國射源脫鈎後遺失案例。

(1) 美國射源脫鈎案例[1]

2021/10/06，美國某非破壞檢驗公司 1 名放射技師因 91 Ci 的 Ir-192 射源脫鈎，遭受 93 毫西弗全身有效劑量。

經過劑量重建和事件重演，推斷是導管無法正常回收射源，至非破壞檢驗照相設備屏蔽中，導致該技師在不知情且沒有屏蔽的狀況下，手持導管與准直器(內含射源)進行工作而遭受過多的劑量。

在撤離前述技師後，1 名經授權射源檢索行動的輻射安全官員前往該地點回收射源。過程中輻射安全官員和隨行的放射技師助理，接受全身有效劑量均沒有超過法定限值。

(2) 祕魯射源脫鈎案例[2]

2014/02/14，祕魯某非破壞檢驗公司 A 員因 32.97 Ci 的 Ir-192 射源脫鈎，遭受全身有效劑量約為 62.65 毫西弗，B、C 員則為 15.85 毫西弗、17.00 毫西弗。

A 員使用非破壞檢驗設備(如圖三-1) [2]進行照射工作後，因作業場所吵雜，沒發現個人輻射劑量警報器(下稱 EPD)之警報，未察覺射源沒有收回屏蔽容器，將導管與准直器

(內含射源)纏繞在身上，如圖三-2[2]。



FIG. 3. The source projector (camera) model used in the accident [6].



FIG. 4. Parts of the radiography equipment and associated tools: yellow guide tube (left); connectors (centre); and collimator (right)[6].

圖三-1、祕魯射源脫鉤案例之非破壞檢驗設備圖示



圖三-2、祕魯技師將前導管與准直器纏繞於上半身

稍後 A 員察覺到 EPD 發出警報聲響，將導管與准直器(內含射源)解下，丟在地上，將屏蔽容器壓在准直器上，並遠離 30 公尺，如圖三-3[2]。



圖三-3、秘魯技師將屏蔽容器壓在准直器上

A 員通知同事 B、C 員去拿應變工具，包含屏蔽與輻射偵檢儀器進行射源回收成功。

(3) 中國射源脫鈎、遺失案例[3]

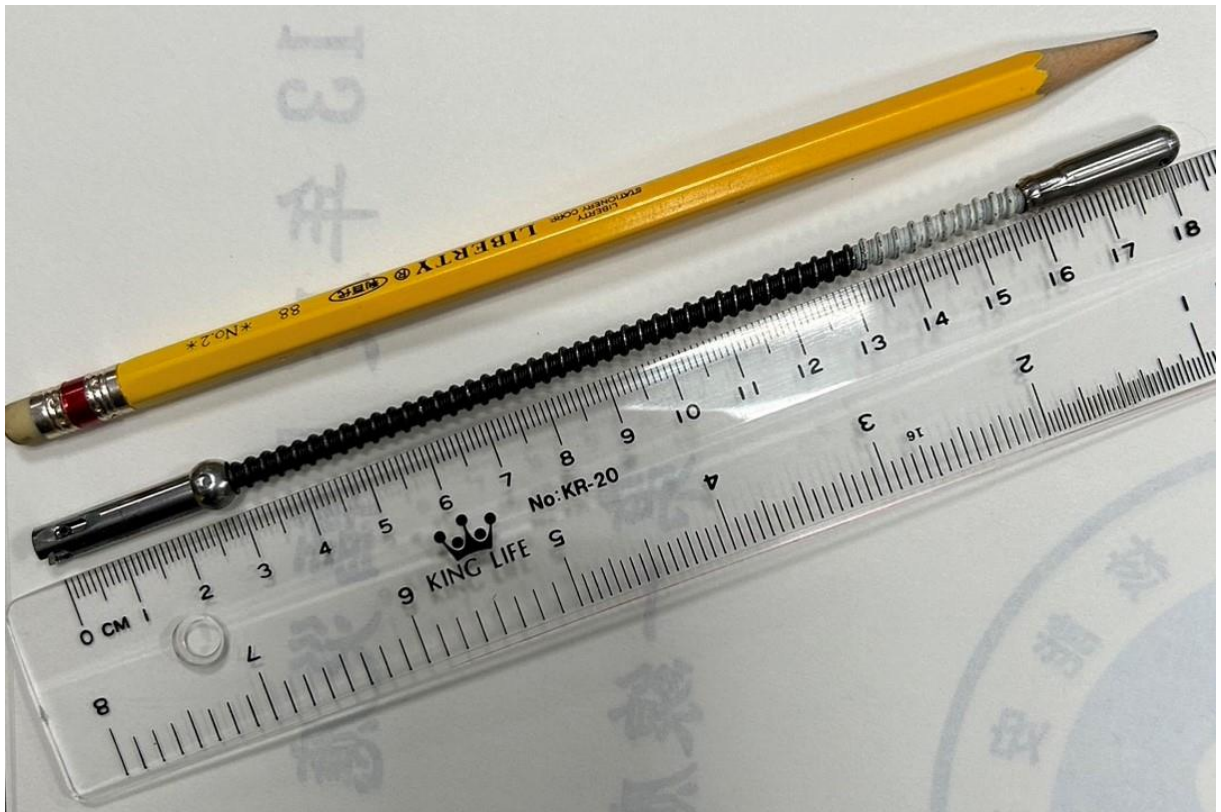
2014/05/7 中國射源脫鈎、遺失事件共造成 80 人以上的過度輻射曝露，其中以某王姓員工最為嚴重，約受到 2.5 西弗的全身有效劑量。

2014/05/7 清晨，中國某非破壞檢驗公司工作人員使用 26 Ci 的 Ir-192 射源，於某工廠進行照射工作後，雖然檢驗儀器防呆裝置顯示射源沒有收進儀器屏蔽內，但該公司人員以輻射偵檢儀器，偵測儀器屏蔽之表面輻射劑量率後，認為數值較背景輻射高，射源應已在儀器屏蔽之內，因此

誤判儀器防呆裝置故障，而將射源遺留在現場，只攜帶儀器與導管等器材離開工廠。當日早上，該工廠員工開始進入工廠上工，某 A 員工發現射源，以為是垃圾，拾起後丟棄於工廠大門附近，隨後被某王姓員工撿起來放在自己的褲袋，隨身攜帶直到完成當日工作後，回家休息時，放置於自家倉庫。

2014/05/8，該非破壞檢驗公司工作人員因新照射之底片均未曝光，發現射源遺失，尋找未果後，於 2014/05/9 凌晨通報南京市環境保護局。2014/05/9 早上，南京市警察局派員至該工廠提出遺失物懸賞消息，鼓勵該工廠員工提供相關情報，但並未宣導此遺失物是具有傷害性的射源。王姓員工得知後，心生恐懼，認為自己可能擅自取走國家機密重要物品，因此將射源丟棄在距離工廠路程約 1.5 公里外之荒郊草叢中，直到 2014/05/10 下午，該射源才被尋獲。

經洽詢我國儀器經銷商與部分業者，我國常用之非破壞檢驗儀器型號為 Sentinel Model 880 Delta，與祕魯射源脫鈎案例型號相同，射源亦為 Ir-192 射源，射源棒的外觀如圖三-4[3]，中國案例為較早之機型，構造有些不同，但尺寸相近。



圖三-4、非破壞檢驗射源棒外觀

因射源棒的外觀只有鉛筆的大小，在許多作業場所或荒郊草地的狀況下，不易辨識，但活度強大，容易造成接觸者或鄰近人員不自知的劑量曝露。雖然非破壞檢驗儀器本身均有防呆機械裝置，但亦可能失效，或遭到儀器操作人員的忽視。最主要需要具有輻射知識的儀器操作人員，謹慎使用 EPD 或輻射偵檢儀器，來確認射源是否有妥善收回儀器屏蔽之內。

一旦射源脫鈎而未及時發現，如美國射源脫鈎案例、祕魯射源脫鈎案例，將造成儀器操作人員及鄰近工作人員輻射曝露健康風險；萬一流入非輻射工作場域，如中國射源脫

鈎並遺失案例，將造成一般民眾大規模的輻射曝露健康風險。

我國目前進口常用之非破壞檢驗儀器，其 Ir-192 射源活度為 50 Ci，半衰期約為 74 天，經使用後，當活度衰減至 20 Ci 左右將更換新射源。綜合考量前述 3 個案例(分別約為 91Ci、33Ci、26Ci 的 Ir-192 射源)，及我國使用狀況，訓練單元以 50 Ci 的 Ir-192 射源作為假想遺失射源。

2. 輻射偵檢儀器適用建議研析

- (1) 以 MicroShield 9.07 模擬計算距離 50Ci 的 Ir-192 點射源 30 公分至 400 公尺處，無屏蔽狀況下之環境輻射劑量。距離模擬遺失射源 400 公尺處，環境輻射劑量率約為 0.245 微西弗/小時，與天然背景值相近，因此訓練單元場景設計之搜索起點，至少需自距離模擬遺失射源 400 公尺遠處開始。蒐集國內常見之加馬輻射偵檢器規格如表 三-1，其中 RadEye 系列之輻射偵檢儀器可偵測中低強度之環境輻射劑量率較低(100 mSv/h)，雖然不適用於本研究的情境(50Ci 的 Ir-192 點射源)，但因其體積小、儀器反應時間快的優點，亦經常使用於輻射異常事件如輻射廢棄物等之應變。

表 三-1、國內常見之加馬輻射偵檢器規格

廠牌型號	環境輻射劑量率測量範圍 (最低、最高)		離 50 Ci、 Ir-192 1 公尺處量 測	離 50 Ci、 Ir-192 30 公分處 量測
INER-9200	0.001 $\mu\text{Sv/h}$	9.99 Sv/h	可	可
ATOMTEX AT1121	50 nSv/h	10 Sv/h	可	可
RadEye PRD-ER	0.01 $\mu\text{Sv/h}$	100 mSv/h	不可	不可
RadEye G10	0.05 $\mu\text{Sv/h}$	100 mSv/h	不可	不可
AUTOMESS 6150 AD4	2 $\mu\text{Sv/hr}$	9.99 mSv	不可	不可
AUTOMESS 6150 ADt(搭配 AD4)	2 $\mu\text{Sv/hr}$	9.99 Sv/h	可	可
Canberra UltraRadiac-Plus	0.01 $\mu\text{Sv/h}$	2 Sv/h	可	不可

(2) 若應變行動因故需搜尋模擬遺失射源偵檢範圍須靠近模擬遺失射源至 1 公尺，大約可以視覺看到射源棒的範圍，環境輻射劑量率約為 216 毫西弗/小時。由表 三-1 可知，適用於搜尋 50 Ci 的 Ir-192 射源至 1 公尺距離的加馬輻射偵檢儀器，至少可以選擇 INER-9200、ATOMTEX AT1121、AUTOMESS 6150 ADt(搭配 AD4)、Canberra UltraRadiac-Plus。

- (3) 若因故應變行動須靠近模擬遺失射源至 30 公分，環境輻射劑量率將達到 2.4 西弗/小時，則至少可以選擇 INER-9200、ATOMTEX AT1121、AUTOMESS 6150 ADt(搭配 6150 AD4 為顯示螢幕)。
- (4) 其中，因為 AUTOMESS 6150 ADt 為偵檢頭可伸長至 4 公尺之長桿型偵檢器，可拉長偵測人員與射源之間的距離，因輻射強度與距離平方成反比，拉開距離可大幅降低人員遭受的輻射劑量，例如，靠近模擬遺失射源至 1 公尺，環境輻射劑量率約為 216 毫西弗/小時，若使用 AUTOMESS 6150 ADt，人員可拉長偵測距離至 5 公尺，環境輻射劑量率降低至約為 8.6 毫西弗/小時，降低至 25 分之 1 倍。
- (5) 但因 AUTOMESS 6150 ADt 體積較大、重量較重，使用時間過長可能降低第一線應變人員的體力、靈敏度與行進速度，因此訓練單元在遠距時以 AUTOMESS 6150 AD4 做為模擬輻射偵檢儀器，在近距離時，當 AUTOMESS 6150 AD4 飽和前，讓第一線應變人員改持 AUTOMESS 6150 ADt(搭配 6150 AD4 為顯示螢幕)，作為模擬練習的教具。

3. 輻射安全建議研析

(1) 應變區域劃分

現場管制區域應依環境輻射劑量率劃分為熱區及暖區，如圖三-5[7]。



圖三-5、輻射災害現場管制區域示意圖

(2) 熱區劃定

當尚未進行輻射量測前，依表 三-2[7]進行初步範圍劃定，因非破壞檢驗射源強度較大，且因脫鈎而遺失時已無屏蔽，熱區半徑應選擇至少 30 公尺以上，開始進行輻射量測後，

則以環境輻射劑量率達 100 微西弗/小時處劃定熱區。

表 三-2、輻射災害熱區

狀況	初始熱區 (安全周界)
室外	
無屏蔽或已損壞的潛在危險輻射源	半徑 30 公尺 ^{*1}
有明顯放射性物質外釋的潛在危險輻射源	半徑 100 公尺 ^{*1}
火災、爆炸或煙霧現場有潛在危險輻射源	半徑 300 公尺 ^{*1}
已爆炸或未爆炸之可疑輻射彈	半徑 400 公尺或以上 ^{*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 (μSv/h)	達到此劑量率之區域

(3) 熱區作業內容

人命救助或防止重大災難。若量測到之環境輻射劑量率達到 100 毫西弗/小時，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。

(4) 暖區劃定

環境輻射劑量率達 0.5 微西弗/小時處。

(5) 暖區作業內容

急救與檢傷分類、人員偵檢與除污，進出人員及儀器設備需進行管制。

(6) 個人防護裝備

非破壞檢驗 Ir-192 射源為非粉末固態，外表亦有金屬包覆，正常狀況下並不會有輻射污染的疑慮，但因訓練單元為尋找遺失之射源，在輻射狀況不明下，為了避免輻射污染造成體內曝露，進入管制區(暖區、熱區)時，應穿著全身式防護裝備，包括全身防塵衣、鞋套、手套、頭套、護目鏡、呼吸防護面具(熱區)或 N-95 口罩(暖區)如圖三-6[7]。



圖三-6、個人防護裝備穿戴示意圖

(7) 游離輻射劑量比較

如圖三-7[7]，台灣地區每人每年接受的天然背景輻射劑量約為 1.6 毫西弗，我國輻射工作人員年劑量限值為 20 毫西弗，急性曝露劑量大於 1-2 西弗，可能產生噁心、嘔吐現象。急性曝露劑量大於 6 西弗，可能死亡。

而如表 三-3、全身有效劑量數值與注意事項急性曝露達到 100 毫西弗，每 1000 人中可能有 55 人，因此得到癌症。第一線應變人員應將 EPD 累積劑量的警報閾值設為 10 毫西弗，當接近閾值時，至少需折返至暖區後方，並請求其他人員支援未完成的行動。

為使第一線應變人員快速了解劑量大小與健康風險之間的關係，將於訓練單元中以表格綜整本章節內容。



圖三-7、一般游離輻射劑量比較圖

表 三-3、全身有效劑量數值與注意事項

全身有效劑量	注意事項
1.6 毫西弗	台灣地區每人每年接受的天然背景輻射劑量平均值。
10 毫西弗	第一線應變人員 EPD 累積劑量的警報閾值。累積劑量達到 10 毫西弗，至少必需折返至暖區，並請求支援，由其他人員繼續未完成的行動。
50 毫西弗	任單一年度內，進行一般應變行動之緊急曝露劑量限度。
100 毫西弗	任單一年度內，進行減少大量集體有效劑量、防止發生災難之應變行動的緊急曝露劑量限度。 每 1000 人中可能有 55 人，因此得到癌症。
500 毫西弗	任單一年度內，進行生命搶救之應變行動的緊急曝露劑量限度。
1-2 西弗	噁心、嘔吐。
大於 6 西弗	死亡。

(三) 訓練單元設計

1. Procedure Trainer (任務訓練模式)：

以 3D 建模畫出虛擬環境，進行情境式任務教學，建構一個虛擬空曠荒郊野外及模擬遺失射源與輻射場域，讓使用者學習如何用輻射偵檢儀器偵測技術，進行管制區域劃分、搜尋射源的任務。學生可在虛擬環境下完成自行學習、觀看基礎知識、事件背景介紹、劃分區域、搜索射源、進行問答。

提供地方政府人員因業務繁重、地域遙遠等因素，無法配合年度訓練場地、時間之外，更多的輻射偵測、污染偵檢、人員篩檢等儀器操作之學習、與反覆複習機會；加上沉浸式、虛擬實境、情境化的劇本內容，可讓學員免於進入高風險的人員輻射劑量環境，仍可模擬高強度輻射源現場之量測與應變狀況，可大幅降低學習成本與人力、物力、時間需求。

2. 購置硬體裝置

共購置 6 套硬體裝置，相關裝置照片與規格如圖三-8。受試者須戴上頭戴式裝置，以觀看虛擬 3D 環境、人物、偵檢器之數據與個人累積劑量數據，並轉動頭部進行虛擬世界中之轉向動作，以手持式裝置進行答題選項選擇、前進、跳躍前進、手持虛擬偵檢儀器等動作。



6 套硬體裝置照片



Meta Quest 3 128GB

序號 : 2G0YBW1G370095



Meta Quest 3 128GB

序號 : 2G0YBW1G38005Y



Meta Quest 3 128GB

序號 : 2G0YBW1G38005Z



Meta Quest 3 128GB

序號 : 2G0YBW1G380055



Meta Quest 3 128GB

序號 : 2G0YBW5G3K03TW



Meta Quest 3 128GB

序號：2G0YBW1G39047X 



透過我們最強大的頭戴式裝置在生氣蓬勃的沉浸式世界中觀看、遊玩和訓練。

顯示解析度 ①:
2064 x 2208 | 1218 PPI | 25 PPD

更新率 ①:
72Hz、90Hz、120Hz

FOV (視野) ①:
水平 110 度 / 垂直 96 度

光學 ①:
輕薄鏡片，無段式 IAD

色域 ①:
sRGB 100%

頭戴式與手持式裝置規格

硬體參數

參數	值
輸出數據接口	UART(TTL 1.8V - 3.3V) 或者 2.4RF Radio
工作電壓	3.3V (± 100mV)
工作電流	30mA
待機電流	20uA
充電後平均工作時長	8h
溫度範圍	-20°C - 85 °C
最大線性加速度	0 - 115 m/s^2
尺寸	20 x 38 x 8.5mm (W x L x H)
板載傳感器	三軸加速度計 三軸陀螺儀 三軸地磁場傳感器

慣性測量單元裝置規格

圖三-8、硬體裝置與規格

3. 雲端伺服器支援

為方便開發過程中的測試，需存取廠商更新之軟體，由廠商提供雲

端伺服器下載，支援規格如圖三-9。

大小 (GiB)	最大 IOPS	最大輸送量 (MBps)
128	500	100

硬碟空間	
作業系統	: Linux (ubuntu 22.04)
大小	: Standard D8s v3 (8 vcpu , 32 GiB 記憶體)
公用 IP 位址	: 20.24.78.142

作業系統、8Core CPU、記憶體、IP 位址	
--------------------------	--

名稱	大小	最後修改時間	權限	擁有者
24-10-01.sql	6,535 KB	2024/6/4 上午 10:51:32	rw-r--r--	hsiang...
24-10-02.sql	6,549 KB	2024/10/1 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-03.sql	6,549 KB	2024/10/2 上午 01:00:02	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-04.sql	6,551 KB	2024/10/3 上午 01:00:02	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-05.sql	6,577 KB	2024/10/4 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-06.sql	6,598 KB	2024/10/5 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-07.sql	6,616 KB	2024/10/6 上午 01:00:02	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-08.sql	6,669 KB	2024/10/7 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-09.sql	6,669 KB	2024/10/8 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-10.sql	6,699 KB	2024/10/9 上午 01:00:02	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-11.sql	6,749 KB	2024/10/10 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-12.sql	6,776 KB	2024/10/11 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-13.sql	6,809 KB	2024/10/12 上午 01:00:02	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-14.sql	6,809 KB	2024/10/13 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-15.sql	6,821 KB	2024/10/14 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-16.sql	6,872 KB	2024/10/15 上午 01:00:02	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-17.sql	6,894 KB	2024/10/16 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-18.sql	6,945 KB	2024/10/17 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-19.sql	7,003 KB	2024/10/18 上午 01:00:02	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-20.sql	7,034 KB	2024/10/19 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-21.sql	7,040 KB	2024/10/20 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-22.sql	7,041 KB	2024/10/21 上午 01:00:02	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-23.sql	7,095 KB	2024/10/22 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-24.sql	7,115 KB	2024/10/23 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-25.sql	7,138 KB	2024/10/24 上午 01:00:02	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-26.sql	7,167 KB	2024/10/25 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...
24-10-27.sql	7,187 KB	2024/10/26 上午 01:00:01	rw-rw-r--	hsiang...

至少備份一周資料	
----------	--

圖三-9、雲端伺服器支援

4. 原地使用

因訓練單元劇本實際地圖為 400 公尺乘 400 公尺範圍，考量訓

練場地大小，且同時可能會有數名使用者使用，為避免彼此碰撞或超出場地活動範圍，所以設計在虛擬環境中，利用手持式裝備進行前進後退的動作，但實際上使用者在原地是靜止的狀態。而左右旋轉則以實際上使用者在原地，以頭戴式裝置左右旋轉(可以頭部單獨旋轉，或全身連同頭部旋轉)來判定，符合人體直覺動作，利於操作。

5. 快速跳躍前進功能

為縮短使用者實際上身體沒有前進，但視覺上前進的時間，來降低使用者頭暈的感覺(當眼睛認為我們在移動，但我們的身體卻是靜止時，會造成類似暈車的感覺)，訓練單元在距離模擬遺失射源較遠處，約 400 公尺至 5 公尺處，開始使用長桿偵檢器前，提供快速跳躍前進的功能，每次可瞬間前進 10 公尺。但為了呈現真實可能遭受的輻射劑量，程式設計依一般成人行走速度每秒 0.8 公尺，換算真實時間=跳躍快速前進的距離/走路速度，真實累積劑量=劑量率*真實時間來計算。

6. 輻射偵測訓練單元設計

- (1) 為提供第一線應變人員進行受訓前，快速複習相關知識，受訓者可選擇觀看基礎知識、事件背景、任務說明之動畫，開始進行本訓練單元之任務，或可選擇跳過，直接進行任務。
- (2) 本訓練單元為針對我國地方政府第一線應變人員進行非破壞檢驗儀器 Ir-192 射源遺失之案例，搜索遺失射源設計。
- (3) 如前所述，本訓練單元以 MicroShield 9.07 模擬計算距離 50Ci 的 Ir-192 點射源 30 公分至 400 公尺處，無屏蔽

狀況下之環境輻射劑量。距離模擬遺失射源 400 公尺處，環境輻射劑量率約為 0.245 微西弗/小時，與天然背景值相近，因此訓練單元場景設計之搜索起點，自距離模擬遺失射源 400 公尺遠處開始。

- (4) 虛擬儀錶板將顯示虛擬世界中之環境輻射劑量率、個人累積劑量值、指南針、開始任務經過之時間、與音效之開關，以模擬真實世界並協助受訓者尋找遺失之射源，當受訓者距離射源越近，虛擬儀錶板顯示之環境輻射劑量率數值越大，虛擬儀器音效頻率越高(受試者亦可關靜音)。
- (5) 當受訓者接近暖區、熱區邊界時，將啟動相關問答，並說明各區輻射安全注意事項，協助受訓者加深印象。
- (6) 進入熱區後，環境輻射劑量率較大，將啟動相關不同材質、不同厚度屏蔽之觀察問答，提升受訓者對利用屏蔽的重視。
- (7) 進入環境輻射劑量率超過每小時 9.99 毫西弗處時，將提醒受訓者採用長桿型輻射測儀器，以降低個人輻射劑量累積，並避免偵測儀器進入飽和狀態、造成數值不準確。
- (8) 進入環境輻射劑量率超過每小時 100 毫西弗處時，將提醒受訓者為危險輻射區域，及相關輻射安全與應變限制事項。
- (9) 因本訓練單元對象為地方政府第一線應變人員，若無任務需求與專業輻射人員協助，不建議進入前述危險輻射區域，將令受訓者止步於此，此時與射源相距約 1.5 公尺，將以動畫將射源升起懸空並放大，供受訓者加強印象，指示受訓者退出路線，離開熱區，返回暖區。
- (10) 最後顯示受訓者累積輻射劑量數值、執行任務總時間與行進路徑圖，供受訓者參考與回顧檢討。

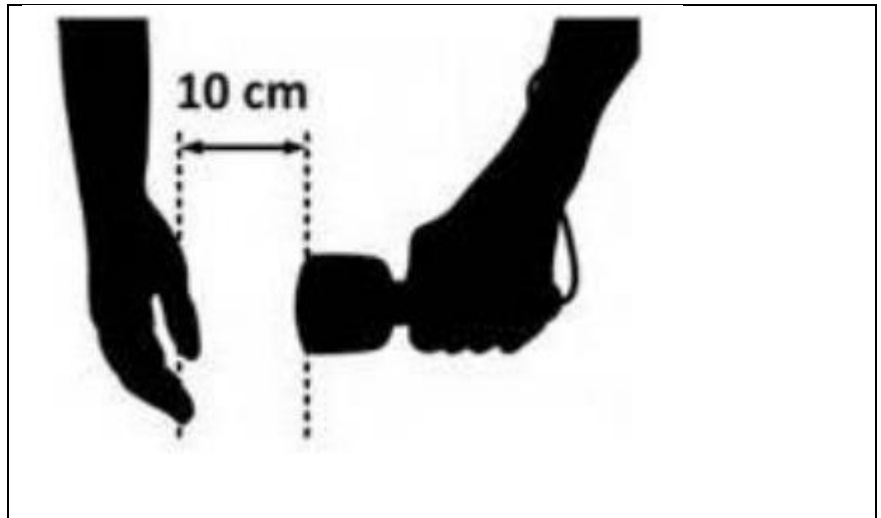
7. 污染偵檢訓練單元設計

- (1) 本訓練單元為針對我國地方政府第一線應變人員進行非破壞檢驗儀器 Ir-192 射源遺失之案例，當業者回收射源後，對原熱區環境狀況偵檢確認是否恢復正常而設計。
- (2) 考量 Ir-192 射源屬於加馬核種，且目前各地方政府缺乏污染偵檢儀器量能，因此以各地方政府均備有之加馬輻射偵檢儀器種類來進行現場第一時間污染偵檢行動教學。
- (3) 若需更進一步使用污染偵檢儀器，地方政府可尋求中央災害主管機關，調派相關人力與儀器量能協助。
- (4) 首先向受訓者說明，經業者將尋獲之射源回收後，請地方政府第一線應變人員進行地表上 1 公尺處環境輻射劑量率量測任務，確認環境輻射回歸正常之背景範圍，假設該地區天然背景輻射平均為每小時 0.2 微西弗，則量測值小於平均值 2 倍以內，均視為無異常。
- (5) 因原熱區範圍為射源方圓 400 公尺半徑範圍，為確保受訓時間長度適中，不至於因需要量測過大範圍而重複相同動作，避免時間過長，本訓練單元只劃分原熱區範圍中數小塊區域，請受訓者以手持裝備模擬虛擬輻射量測儀器，一一練習量測虛擬環境中地面上 1 公尺處之環境輻射劑量率，若受訓者手持虛擬儀器高度過高或過低(1 公尺加減 20%)，將警示受試者恢復 1 公尺量測高度，並以虛擬螢幕顯示即時量測數據，與個人累積劑量。
- (6) 當所有區塊均量測完畢，本訓練單元將詢問受試者量

測數據是否正常，以確認受訓者了解環境輻射劑量率是否恢復正常。

8. 人員污染篩檢單元設計

- (1) 本訓練單元為針對我國地方政府第一線應變人員進行非破壞檢驗儀器 Ir-192 射源遺失之案例，當人員自熱區退出時，對該人員進行人員污染篩檢任務而設計。
- (2) 參考第一線應變人員手冊[7]建議如圖三-10，人員污染篩檢以偵檢離手部 10 公分之輻射劑量率，每小時 1 微西弗為標準，達到或超過者須考慮除污。



圖三-10、人員污染篩檢示意圖

- (3) 若時間允許，可進行全身篩檢，篩檢部位與順序及程序參考核子事故緊急應變輻射監測中心作業程序書之人員輻射偵測作業程序書[8]如表 三-4、表 三-5，前述程序書亦建議監測離皮膚 10 公分之加馬輻射劑量率，合格標準同樣為每小時小於 1 微西弗。

表 三-4、工作人員污染偵測紀錄表

表 RMC-R-04-1 輻射監測中心人員輻射污染偵測紀錄表

背景值：

單位： $\mu\text{Sv/h}$

日期： 年 月 日

單	位	姓	名	量	測	值	備	註

偵測人員：

覆核：

表 三-5、疏散民眾污染偵測紀錄表

表 RMC-R-04-2 民眾輻射污染偵測紀錄表

背景值：

單位： $\mu\text{Sv/h}$

日期： 年 月 日

姓 名	性 別	量 測 值	備 註
	☐ 男 ☐ 女		
	☐ 男 ☐ 女		
	☐ 男 ☐ 女		
	☐ 男 ☐ 女		
	☐ 男 ☐ 女		
	☐ 男 ☐ 女		
	☐ 男 ☐ 女		
	☐ 男 ☐ 女		
	☐ 男 ☐ 女		
	☐ 男 ☐ 女		
	☐ 男 ☐ 女		

偵測人員：

覆核：

- (4) 考量本訓練單元為針對我國地方政府進行非破壞檢驗儀器 Ir-192 射源遺失之案例應變訓練，該射源屬於加馬核種，且目前各地方政府缺乏污染偵檢儀器量能，因此參照前述手冊[7]與程序書[8]，以各地方政府均備有之加馬輻射偵檢儀器種類來進行現場第一時間人

員污染篩檢行動教學。

- (5) 若需更進一步使用門框偵檢器或污染偵檢儀器，地方政府可尋求中央災害主管機關，調派相關人力與儀器量能協助。
- (6) 首先讓受訓者可選擇先進入觀看動畫單元，學習全身篩檢順序與篩檢點、離體表之篩檢距離、合格標準等基礎知識，或選擇跳過動畫單元，進入訓練單元。
- (7) 進入訓練單元後，受訓者以虛擬畫面中，正前方之虛擬人物為對象，使用手持式裝備操作虛擬偵檢器進行體表 10 公分處之輻射劑量率偵測，若距離過遠或碰觸虛擬人物體表將發出警示，請使用者調整偵測距離。
- (8) 並製做全身篩檢順序圖於虛擬畫面右方提示受訓人員篩檢點與篩檢順序，每完成 1 個篩檢點，全身篩檢順序圖中之篩檢點將變換顏色，虛擬畫面左方的偵測紀錄表將自動顯示，該篩檢點之數值，直到所有篩檢點完成偵測，並請受訓者瀏覽紀錄表之紀錄，判讀該虛擬受測對象是否需要除污。

(四) 建置結果與產出

為提升地方政府輻射災害防救災演練頻次與深度，依輻射災害情境，結合 VR(Virtual Reality, 虛擬實境)發展多種互動式防救災模擬訓練單元，建立輻射偵測模擬儀器與戶外模擬環境，讓地方政府第一線應變人員，可透過多媒體反覆演練遺失放射性物質搜索，提升應變技能。

參考前述章節，以公開招標方式，委託專業虛擬實境軟體廠商，建置虛擬實境基礎知識、事件背景、任務說明影片，及各訓練單元內容如下。

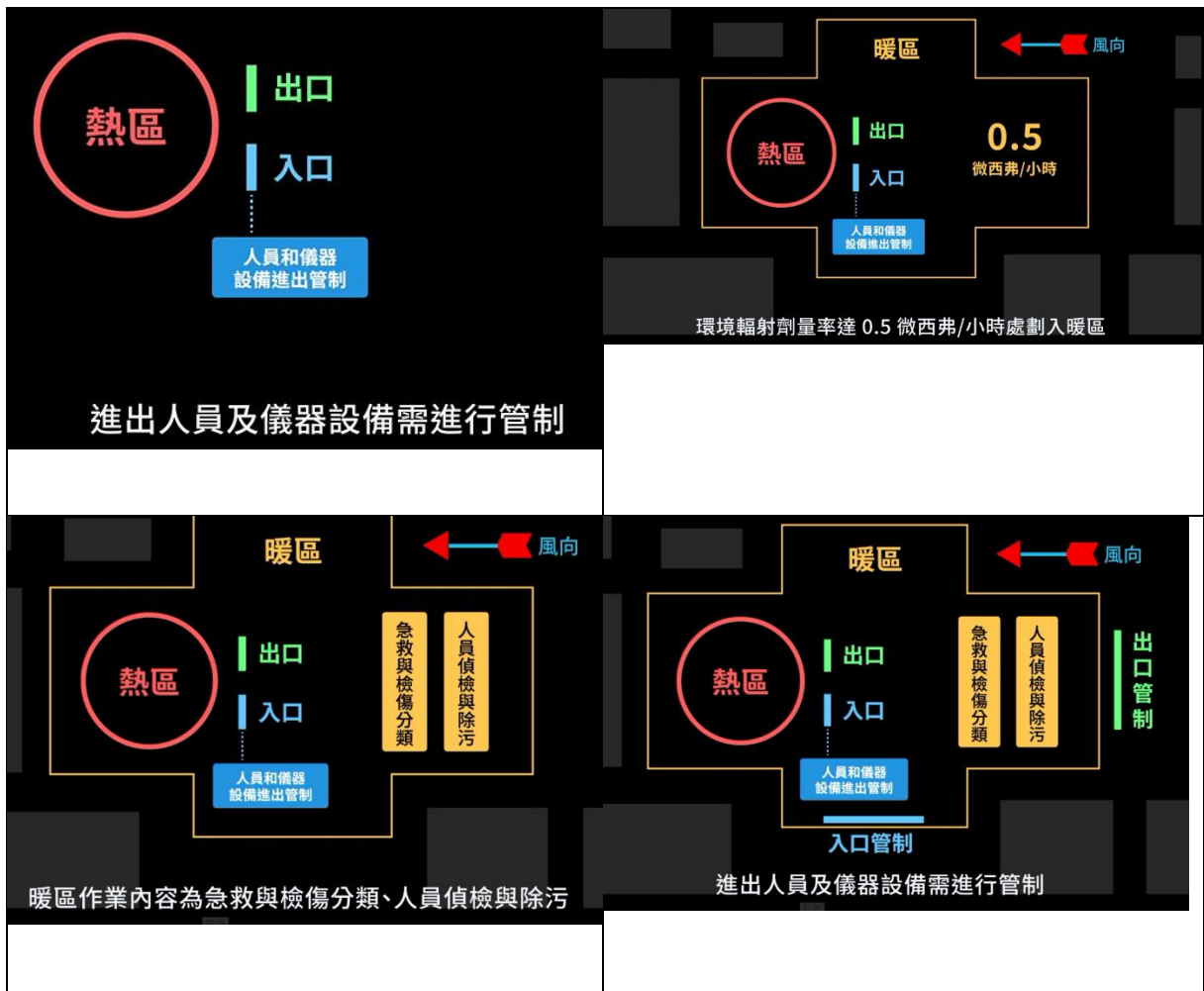
1. 輻射偵測訓練單元

完成製作相關基礎知識教學動畫截圖如下：

(1) 基礎知識之熱、暖區劃分

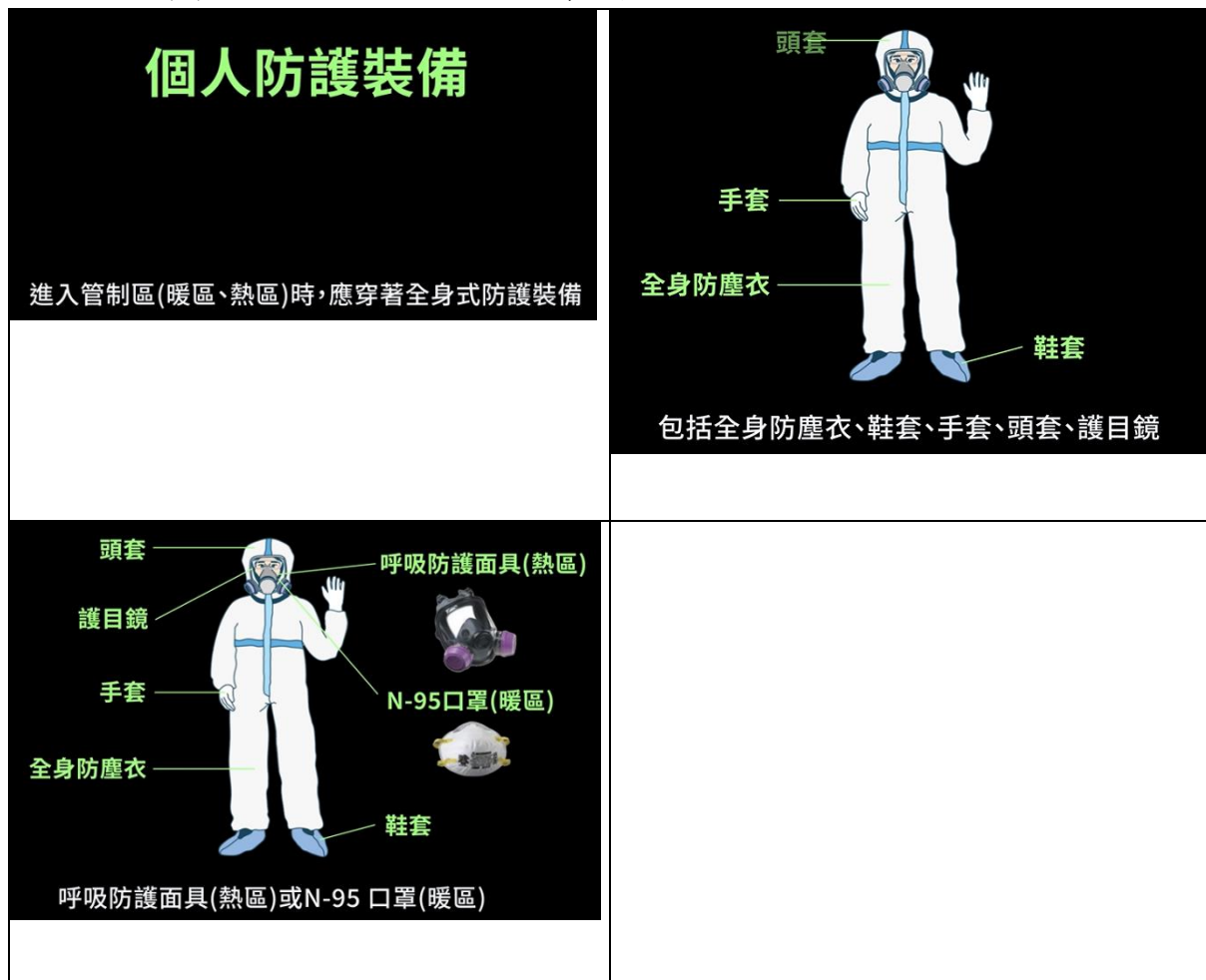


熱區劃分 依我國核安會輻災第一線應變人員手冊建議	熱區劃分 未進行輻射偵測前
I 半徑30公尺以上 熱區劃定應選擇至少半徑30公尺以上	I 半徑30公尺以上 開始進行輻射量測後
I 半徑30公尺以上 100微西弗/小時 則以環境輻射劑量率達 100 微西弗/小時處劃定熱區	I 半徑30公尺以上 100微西弗/小時 熱區作業內容為人命救助或防止重大災難



圖三-11、基礎知識動畫截圖(熱、暖區劃分)

(2) 基礎知識之個人防護裝備



圖三-12、基礎知識動畫截圖(個人防護裝備)

(3) 基礎知識之輻射劑量與健康風險

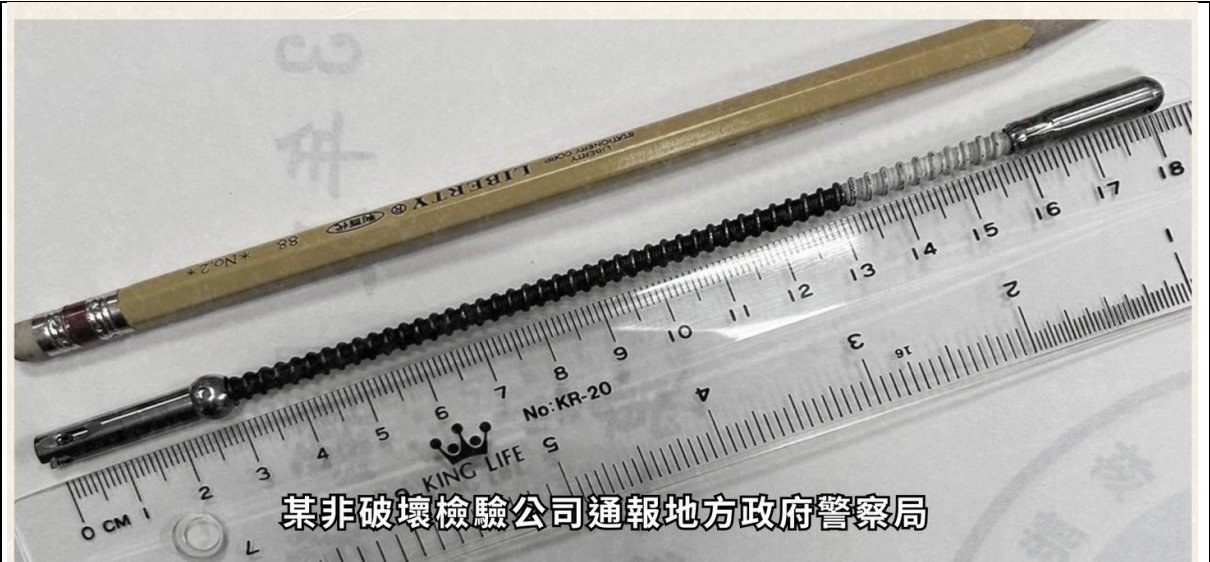
 一般人員 1.6毫西弗/年 台灣地區每人每年接受的天然背景輻射劑量約為1.6毫西弗	 非搶救應變行動 警報閾值 10毫西弗 第一線應變人員應將個人輻射警報器累積劑量的警報閾值
 非搶救應變行動 警報閾值 10毫西弗 當接近閾值時，至少需折返至暖區後方	 一般應變行動 任單一年度限度 50毫西弗 進行一般應變行動之緊急曝露劑量限度為50毫西弗
 防止災難行動 任單一年度限度 100毫西弗 緊急曝露劑量限度為100毫西弗	 癌症風險_{55/1000} 100毫西弗 每1000人中可能有55人，因此得到癌症

 搶救生命行動 任單一年度限度 500毫西弗 緊急曝露劑量限度為500毫西弗	 噁心、嘔吐 大於1~2西弗 大於1-2西弗，可能產生噁心、嘔吐現象
 死亡風險 大於6西弗 大於6西弗，可能死亡	

圖三-13、基礎知識動畫截圖(輻射劑量與健康風險)

(4) 事件背景

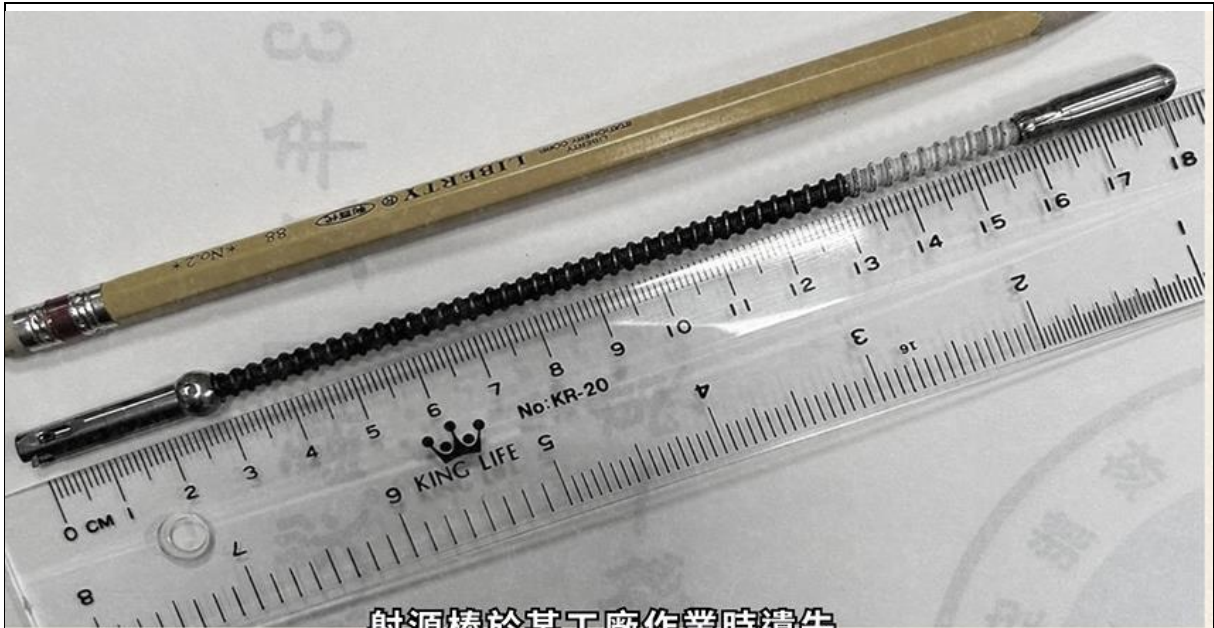
完成製作相關事件背景與任務說明動畫截圖如下：



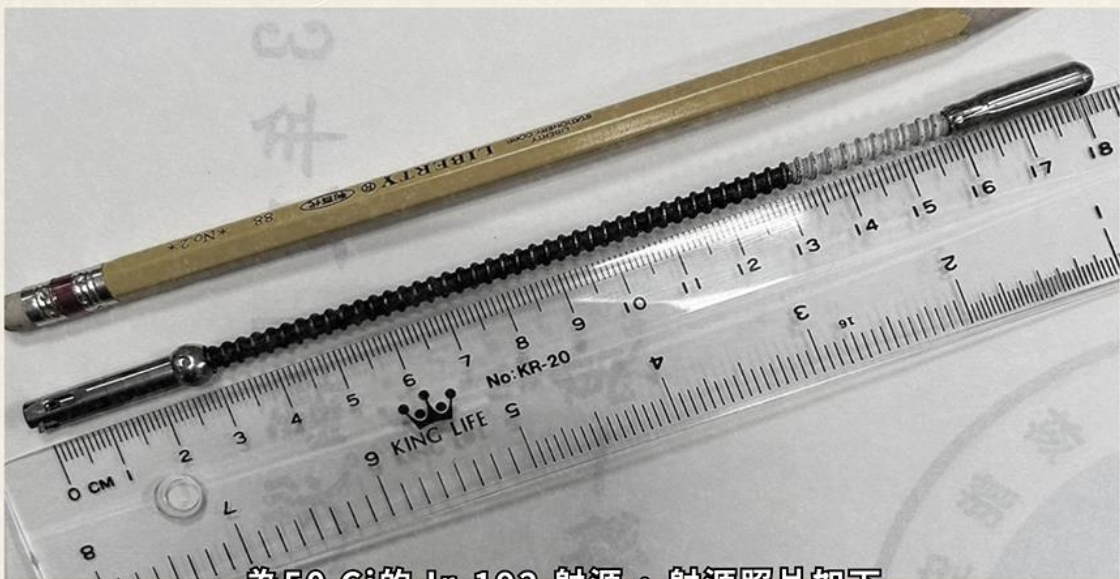
NEWS! Flash

Very dangerous radioactive material





射源棒於某工廠作業時遺失



為50 Ci的 Ir-192 射源，射源照片如下

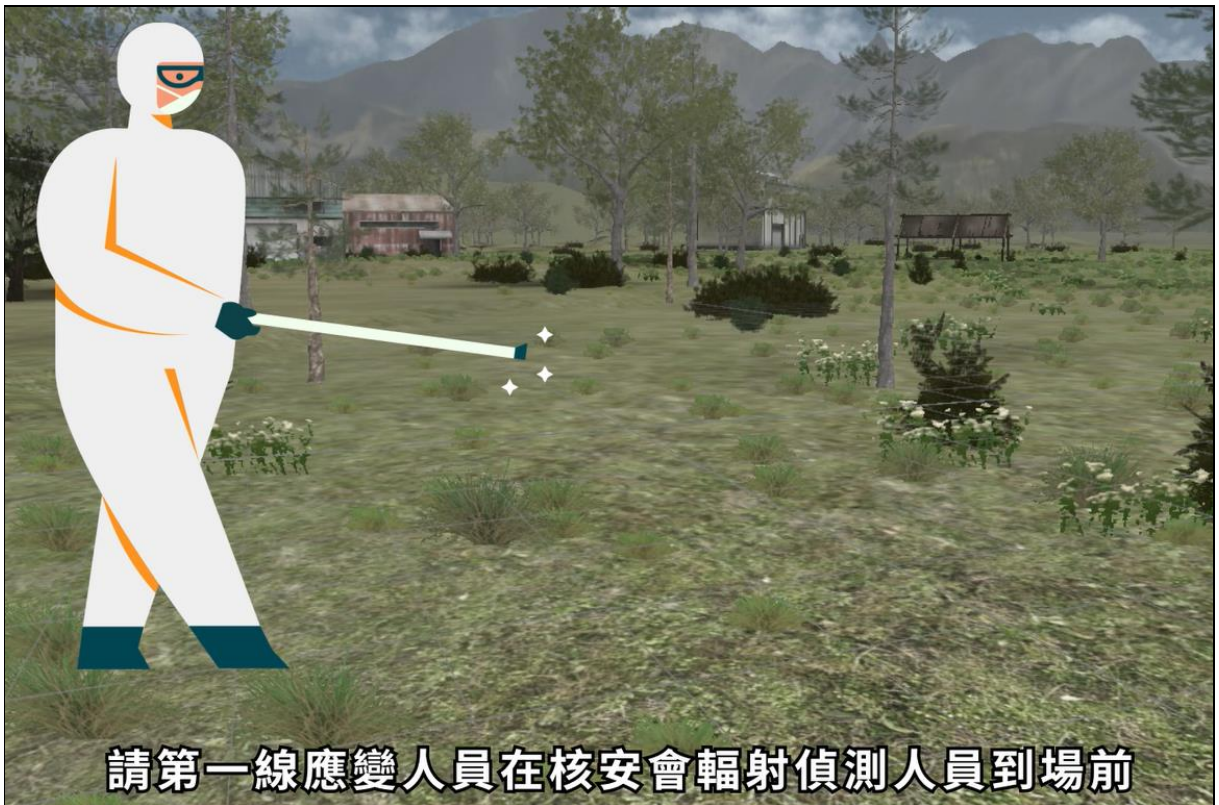


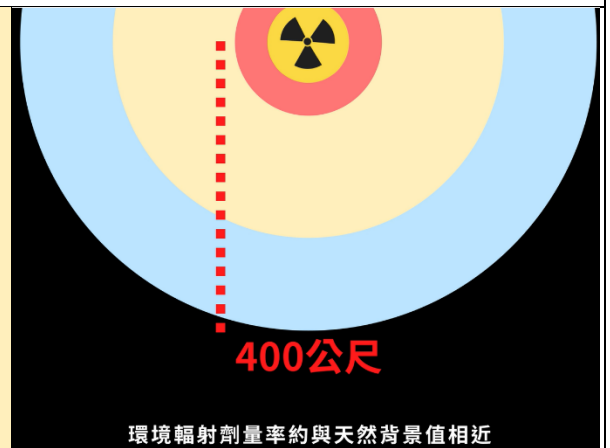
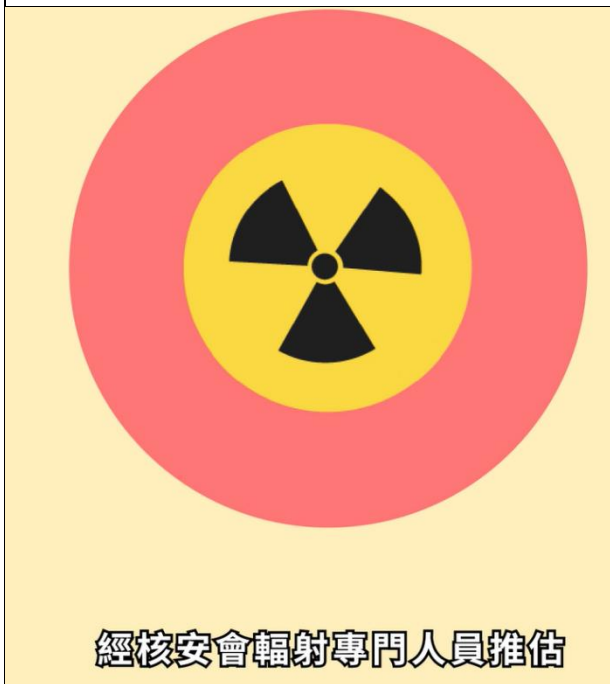


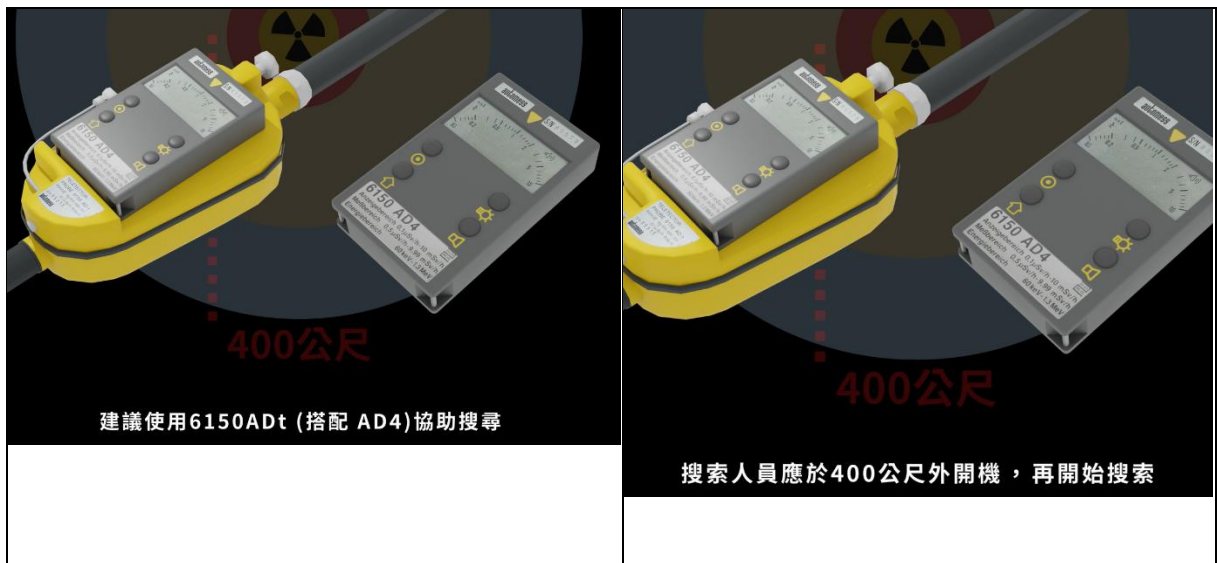
radioactive material disposal location











圖三-14、事件背景與任務說明動畫截圖

(5) 輻射偵測訓練單元操作側錄截圖



進行問答

請問我國核安會「輻射災害第一線應變人員手冊」中，建議一般輻射災害暖區劃分以超過多少輻射劑量率為準？

暖區注意事項

暖區作業內容為急救與檢傷分類、人員偵檢與除污，進出人員及儀器設備需進行管制。

為了避免輻射污染造成體內曝露，進入暖區時，應穿著全身式防護裝備，包括全身防塵衣、鞋套、手套、頭套、護目鏡、N-95 口罩。





進行問答

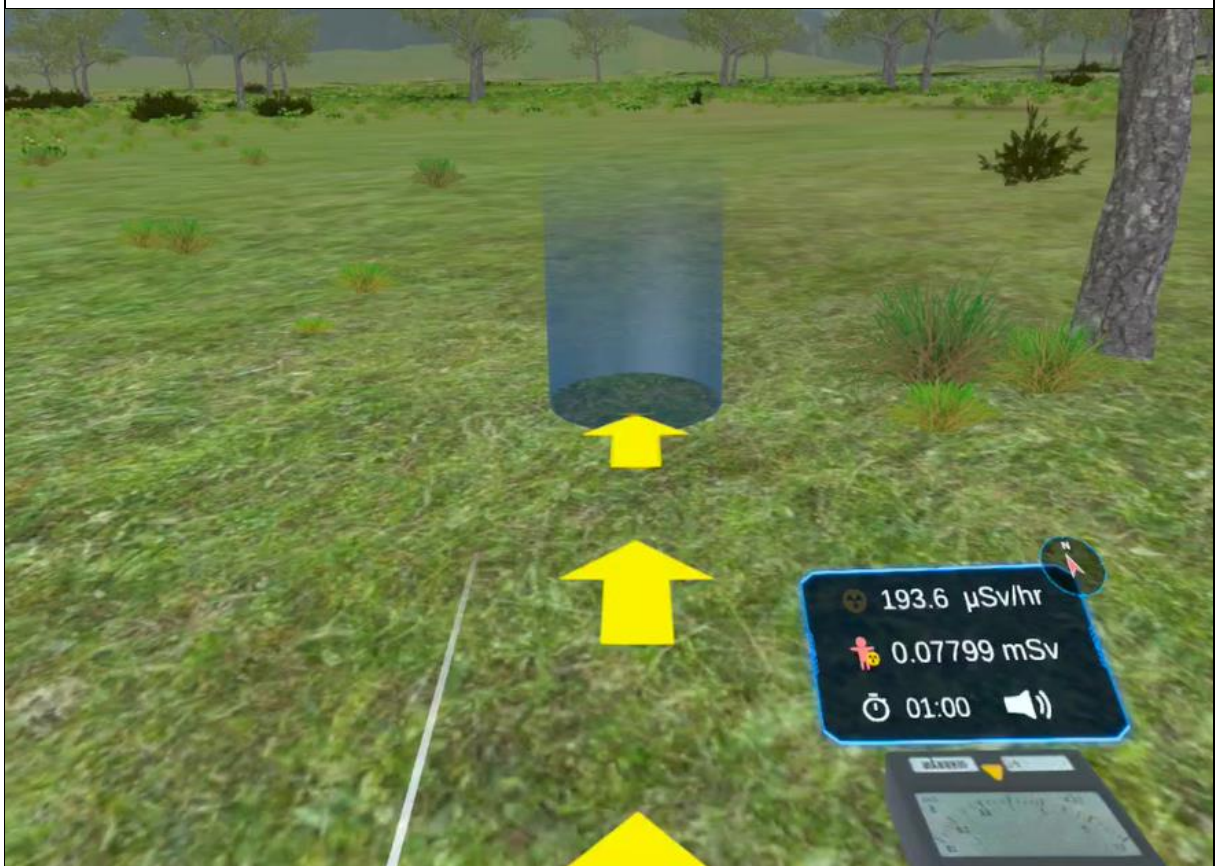
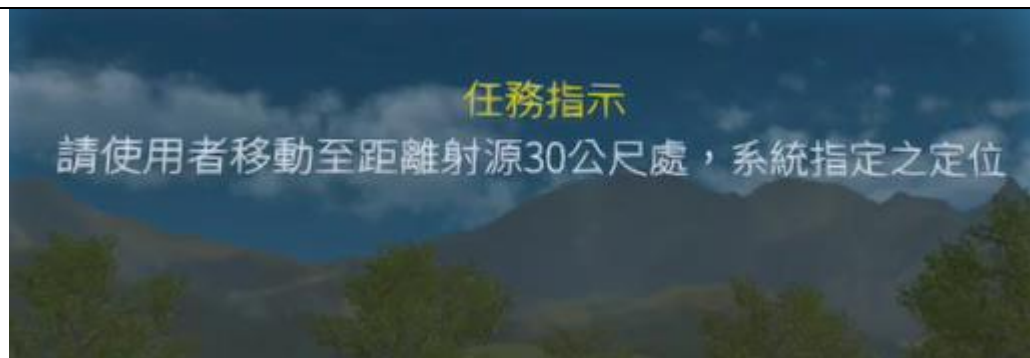
請問我國核安會「輻射災害第一線應變人員手冊」中，建議一般輻射災害熱區劃分以超過多少輻射劑量率為準？

熱區注意事項

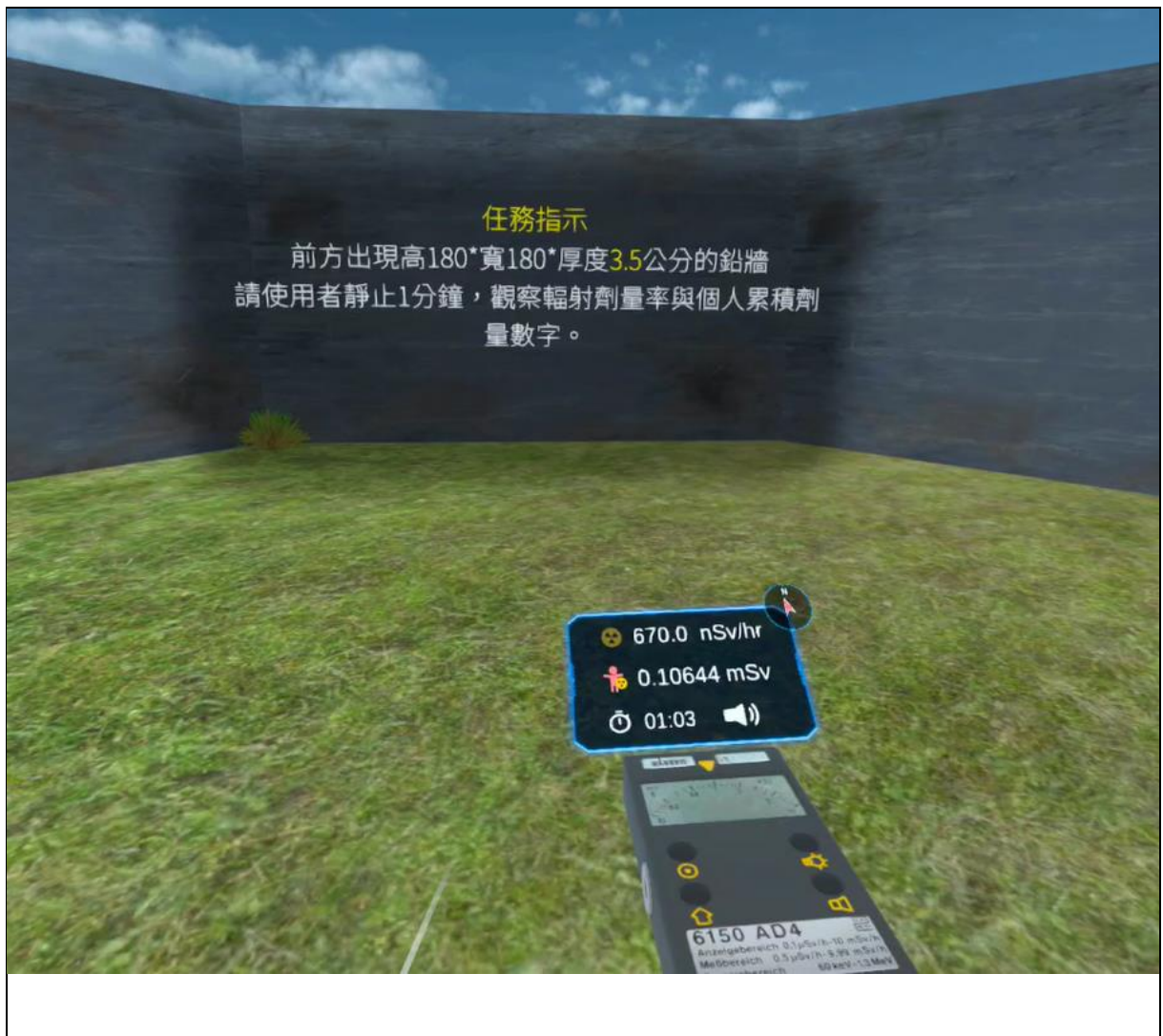
熱區作業內容為人命救助或防止重大災難。若量測到之環境輻射劑量率達到 100 毫西弗/小時，只進行生命搶救行動，並不得停留超過 30 分鐘。進出人員及儀器設備需進行管制。

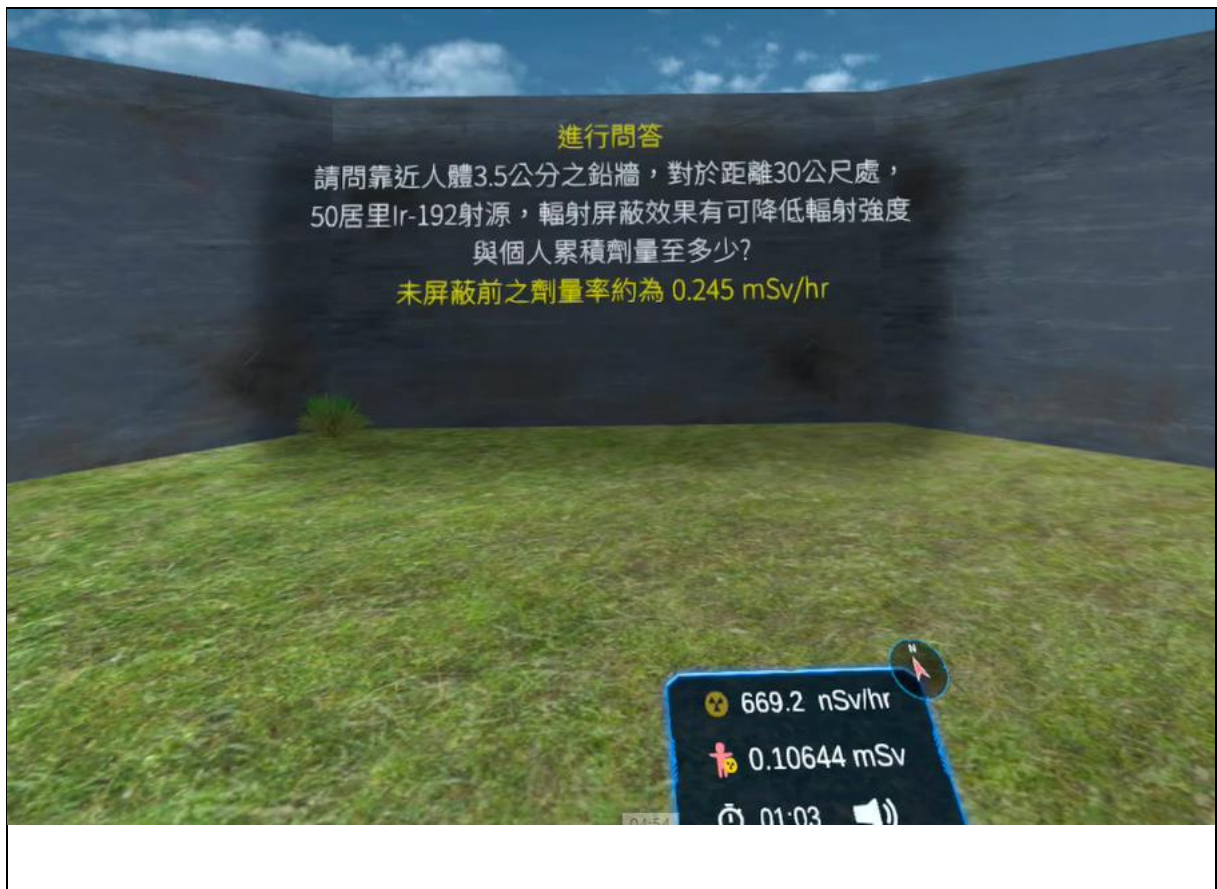
為了避免輻射污染造成體內曝露，進入熱區時，應穿著全身式防護裝備，包括全身防塵衣、鞋套、手套、頭套、護目鏡、呼吸防護面具。

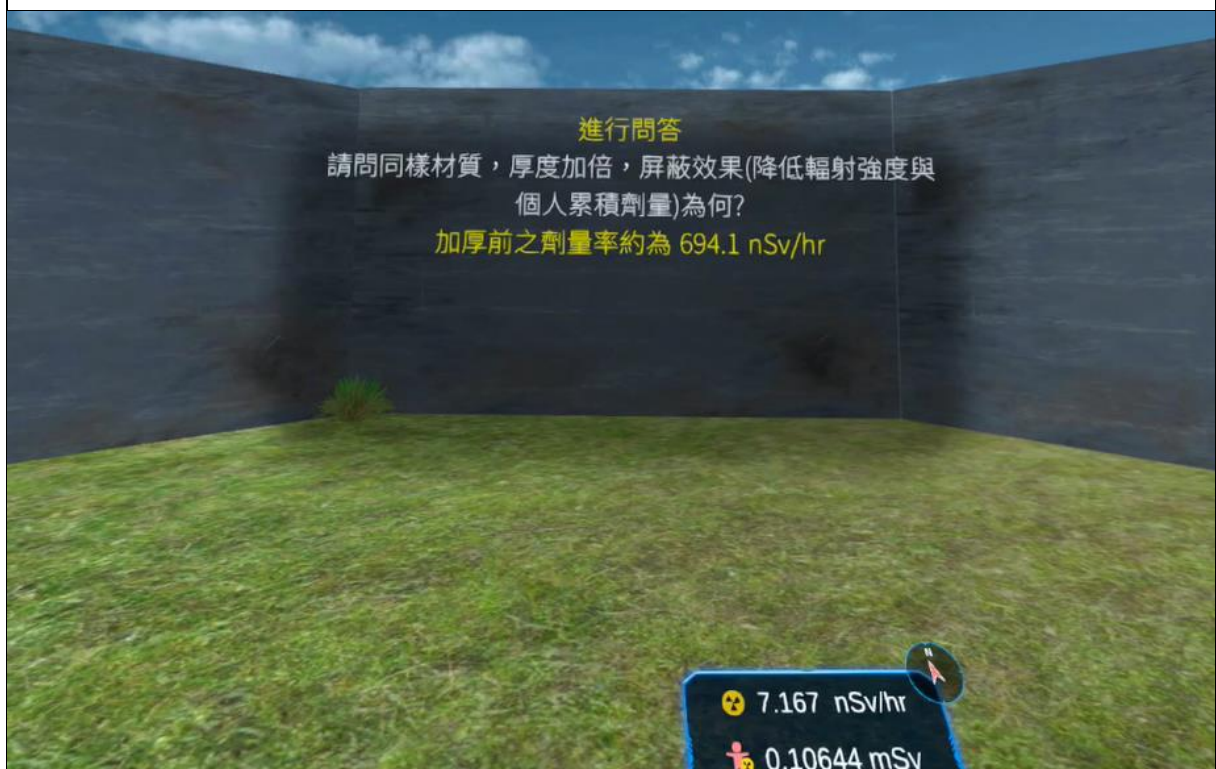
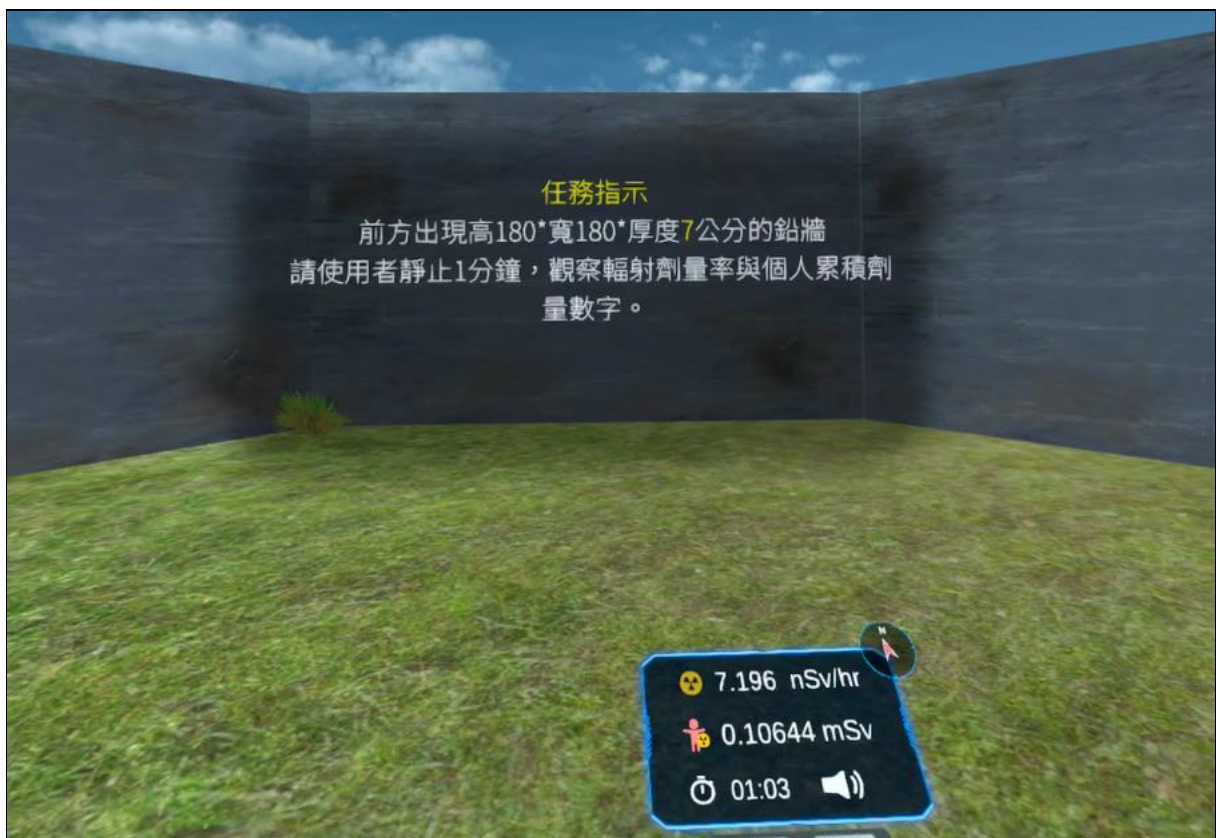


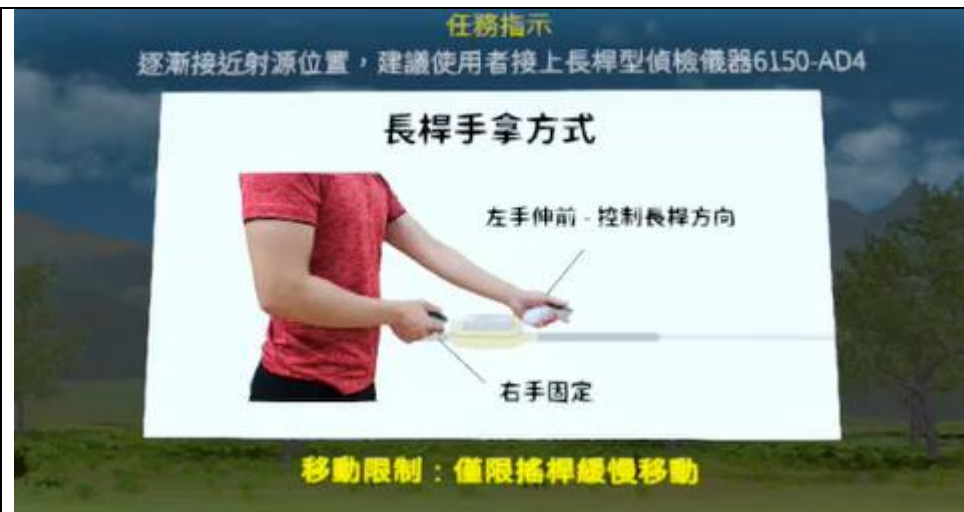














輻射劑量率超過100 mSv/hr

- 環境輻射劑量率每小時可能大於100毫西弗，是極危險的區域。
- 若非人命救助，不要進入。
- 若需進入，建議盡量縮短時間，注意個人輻射警報器之警報，並盡量搭配使用屏蔽。
- 此時使用者應已與射源相距約150公分，可確定射源位置，建議不要再靠近









圖三-15、輻射偵測訓練單元操作側錄截圖

2. 污染偵檢訓練單元

(1) 射源回收後，進行地表上 1 公尺處環境輻射劑量率量測任務。



任務指示

請協助確認原熱區範圍的環境輻射劑量率，是否在0~0.4微西弗/小時之間，代表輻射強度已恢復至其天然背景值(假設約0.2微西弗/小時)正常變動範圍內。

環境輻射複偵



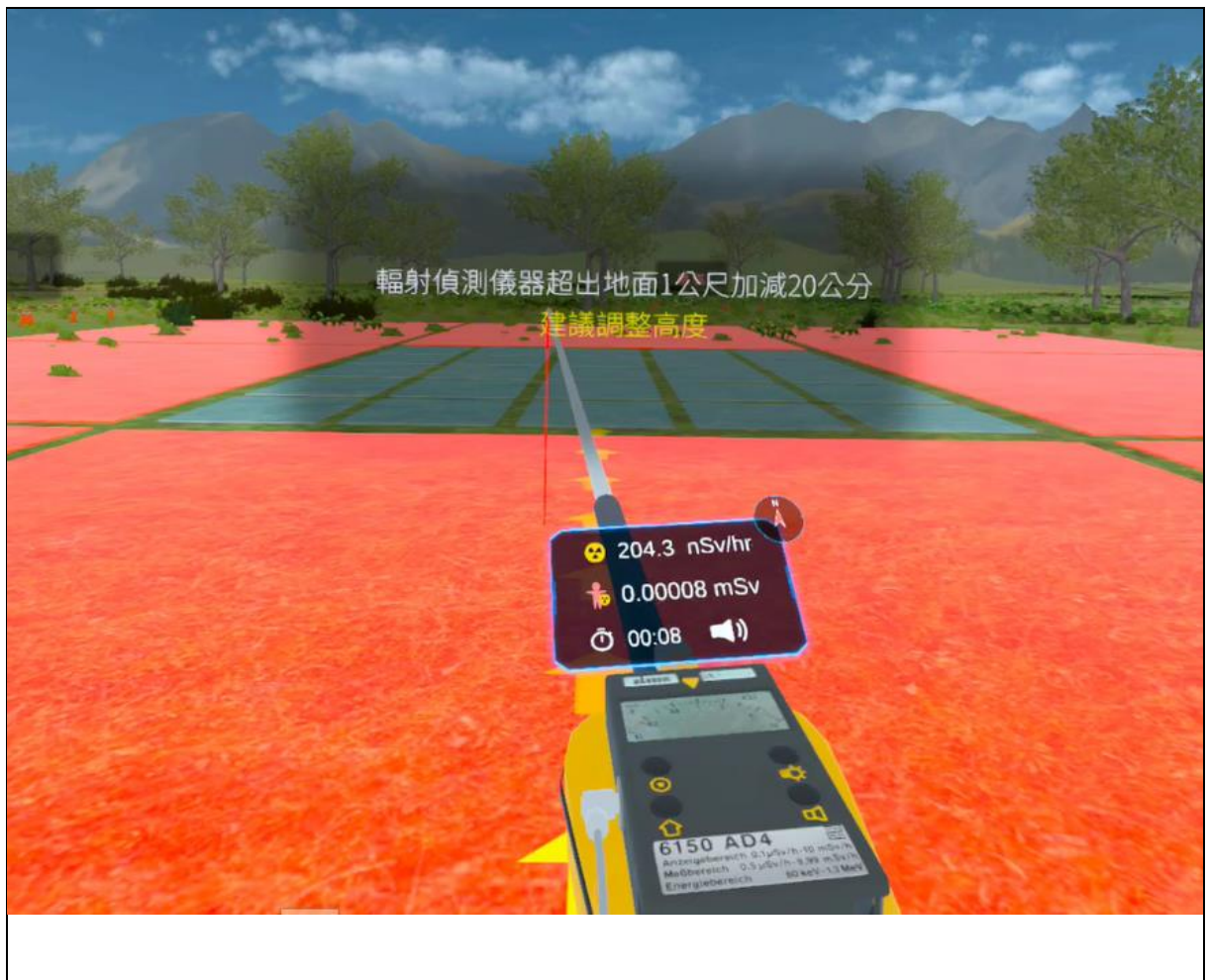
6150AD-t長桿

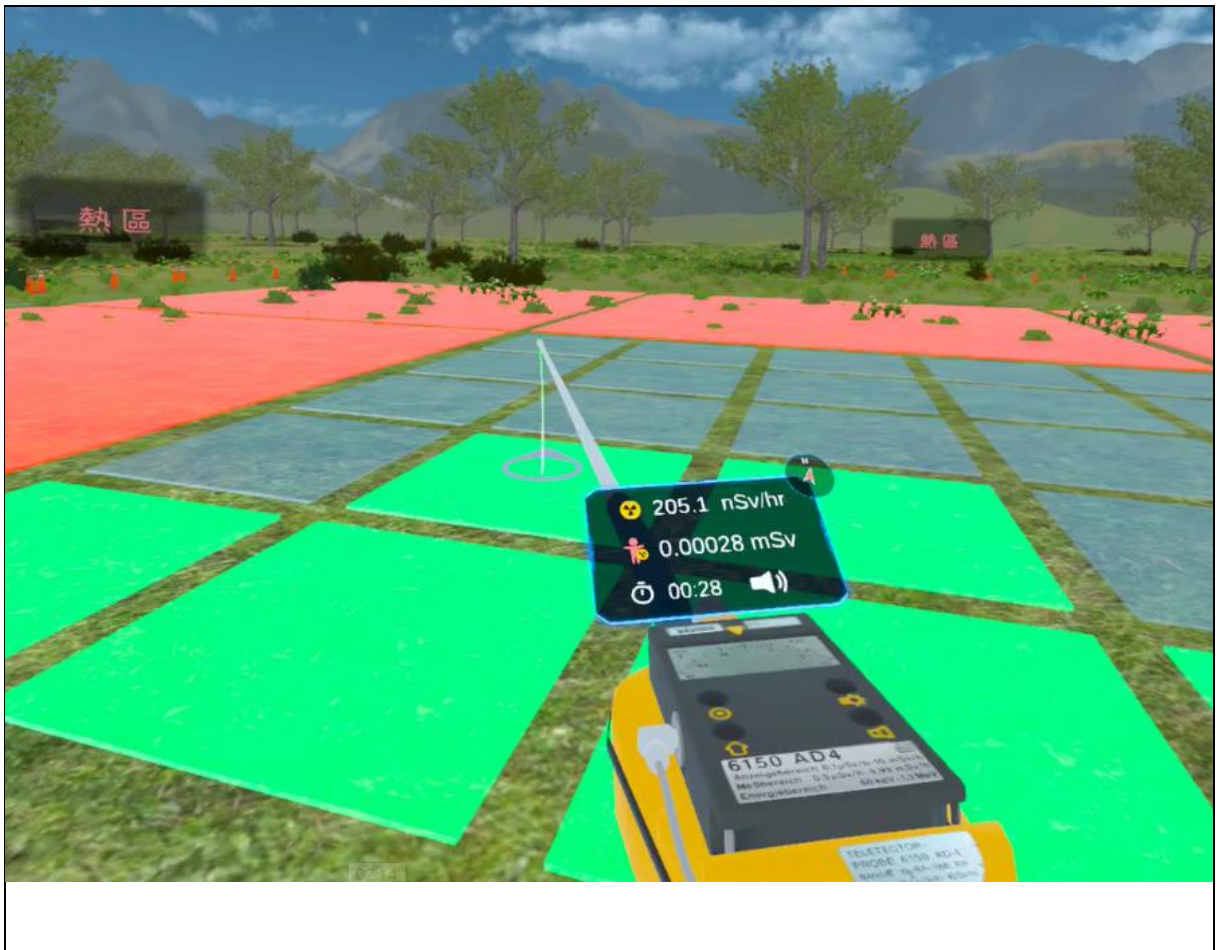
一公尺

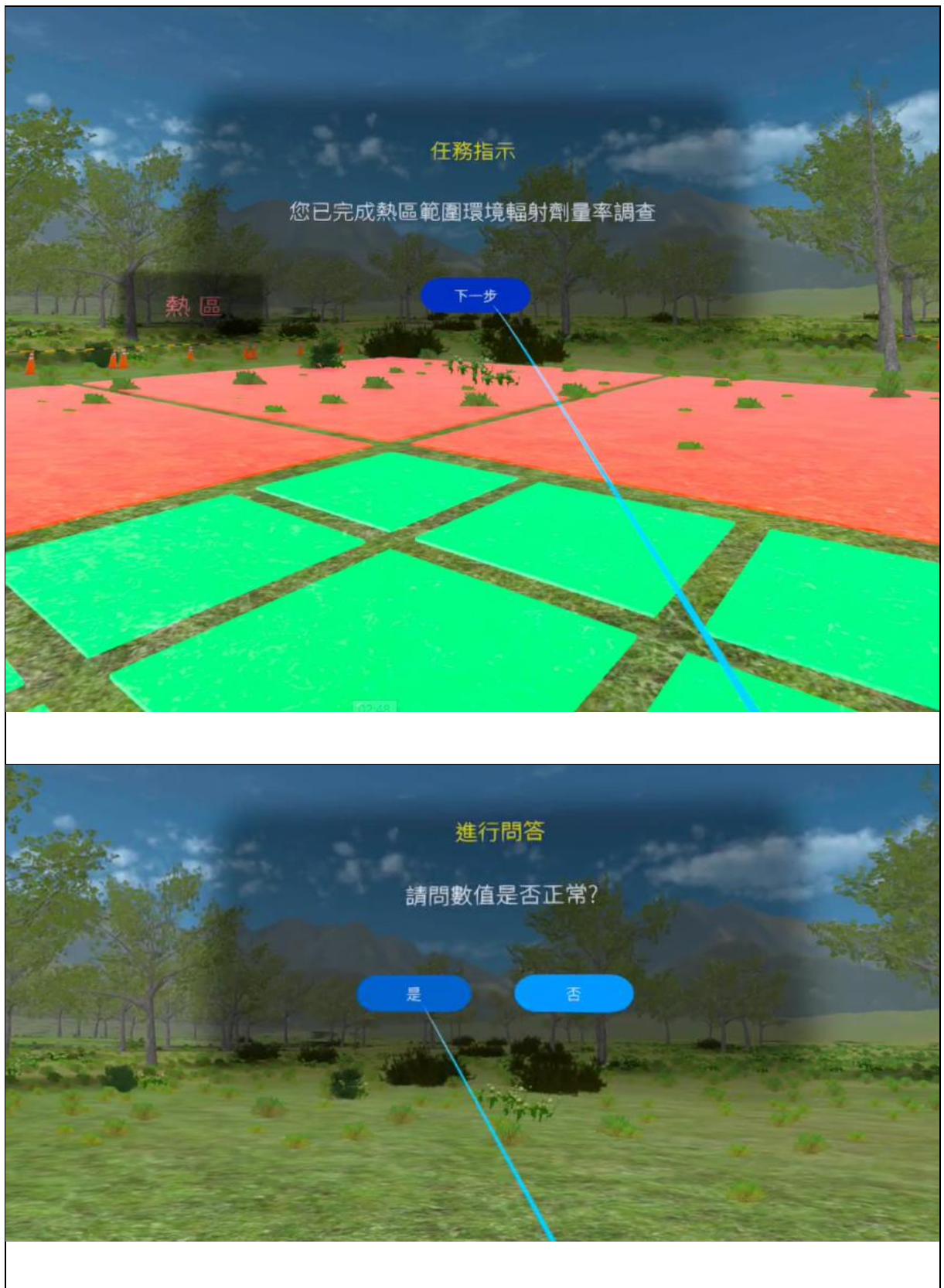
任務指示

您的負責區域如標示所示，請完成每一個格子偵測，並離地面一公尺處，進行環境輻射劑量率的偵測。

確認後，將使用長桿型偵檢儀器6150-AD4







圖三-16、污染偵檢訓練單元操作側錄截圖 1

污染偵檢模擬訓練單元結束

累積輻射劑量數值

0.00217 mSv

累積時間

3分36秒

圖三-17、污染偵檢訓練單元操作側錄截圖 2

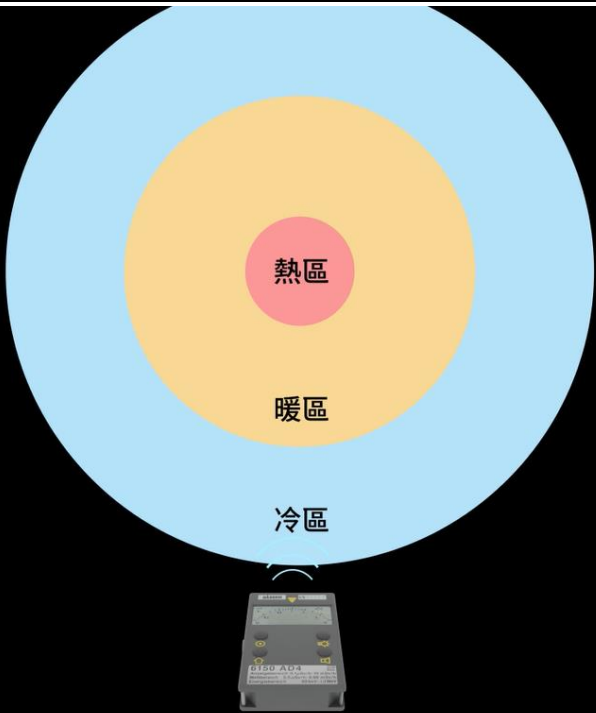
3. 人員篩檢訓練單元

(1) 對自熱區退出的人員進行污染篩檢任務。

人員篩檢模擬訓練教學

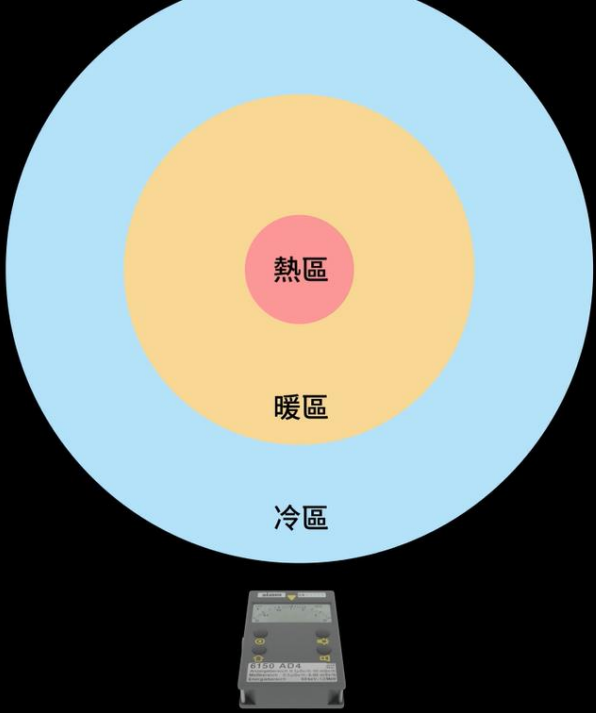


以加馬輻射偵檢儀器進行人員篩檢時



背景輻射
小於0.5微西弗

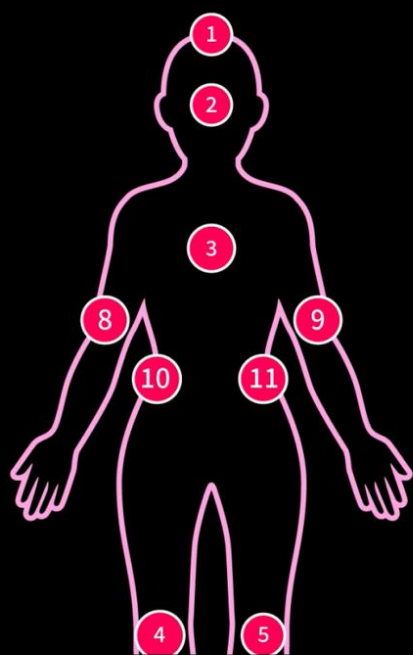
建議選擇背景輻射小於每小時0.5微西弗處進行



背景輻射
小於0.5微西弗

例如位於靠近暖區之冷區

人員篩檢示範



請操作人員依圖示順序進行量測





進行除汙

大於1微西弗/小時

若量測到大於每小時1微西弗



口述報告

在量測每個部位時，量測人員應進行口述報告



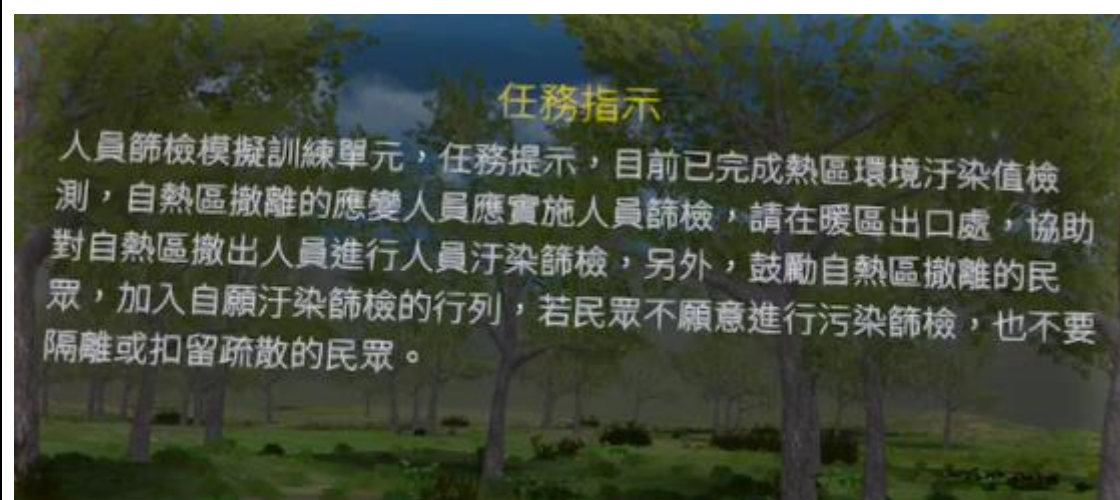
頭部無汙染!

應口述報告:「頭部無汙染」



**頭部有汙染!
每小時XX微西弗**

或「頭部有汙染, 每小時多少微西弗」



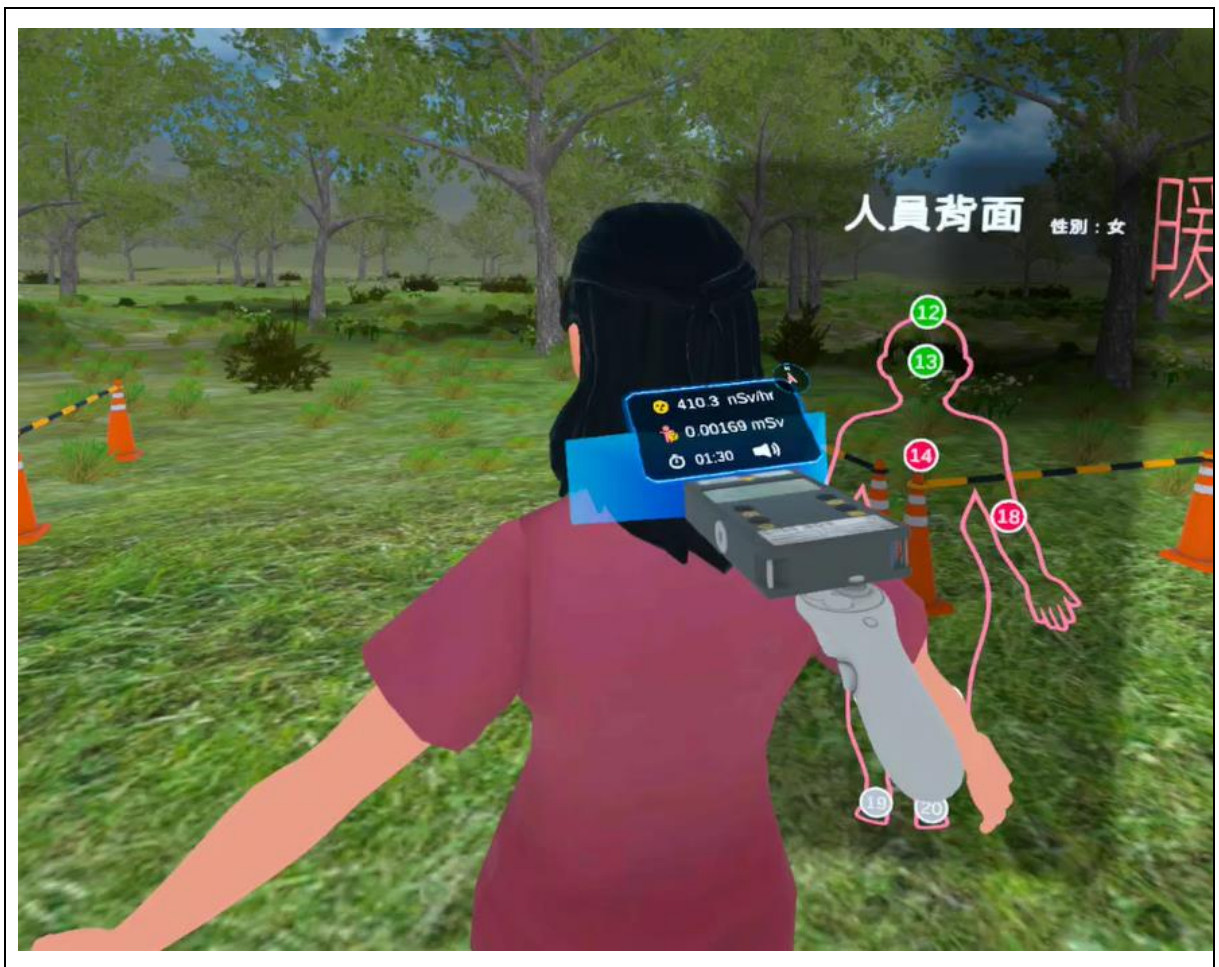




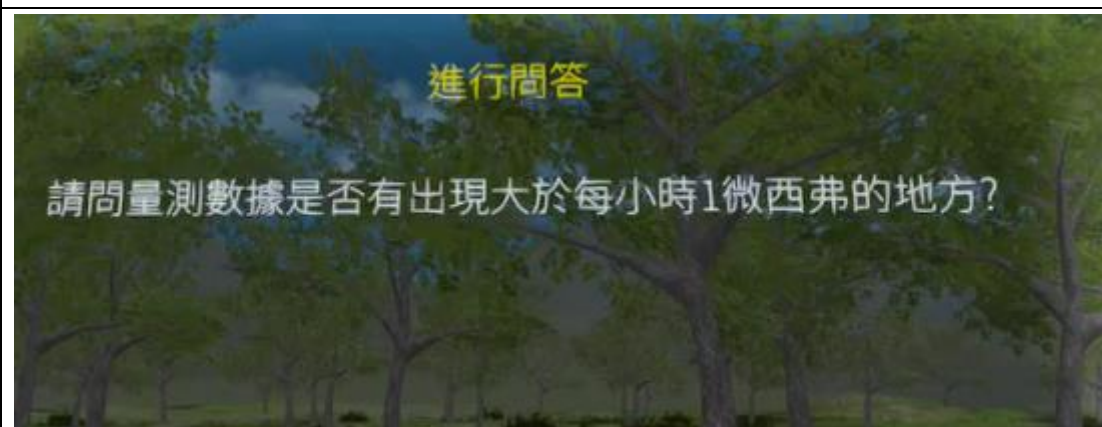
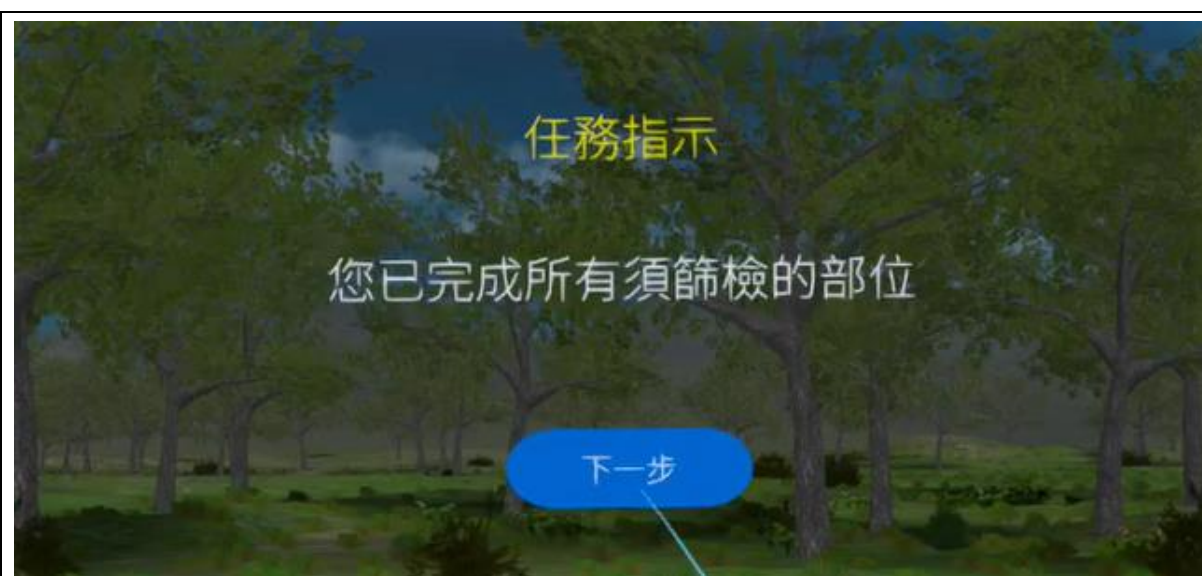














圖三-18、人員篩檢訓練單元操作側錄截圖

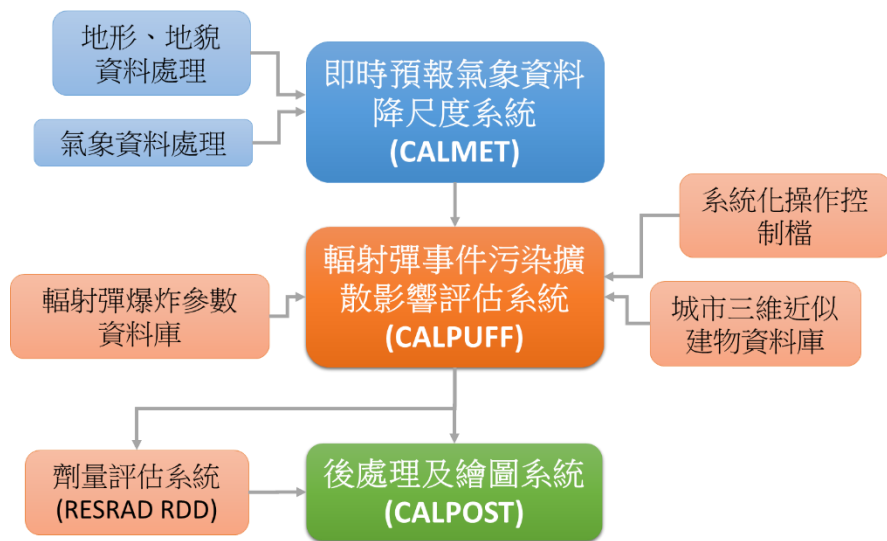
四、精進戶外輻射彈爆炸類型放射性物質擴散分析能力

(一)系統概述

1. 系統目標

輻射災害事件的劑量影響評估主要需要氣象、擴散及劑量等三個運算模組，由於輻射災害事件很可能發生地點多為人潮聚集場所，爆炸後放射性物質擴散係屬於街廓的擴散評估尺度，故其氣象模組需能快速計算隨時間與空間變化之天氣條件下的街廓尺度紊流風場，以利接續小尺度擴散模組使用。小尺度擴散模組除需能快速計算事故型的污染擴散外，上游需承接輻射彈事件的污染源釋放模組，擴散評估結果再接續劑量評估模組，再配合 3 個主要模組在輻射災害事件應用及緊急應變決策上所需的相關資訊，整合成一套符合輻射災害事件緊急應變期間，提供預估之環境輻射劑量率數據，提供決策參考用之數據。

整體系統架構如圖四-1，主要為符合爆炸型的輻射災害緊急應變所需的決策參考用之數據或圖資，整體系統需要模擬放射性物質擴散在包含建築影響的街廓尺度下且具有快速計算的性能，且能引入即時氣象資訊，並需具有考量爆炸影響的計算模組，因此逐年規劃系統發展與精進之相關技術，以期未來系統模擬能夠完善符合爆炸型的輻射災害緊急應變所需，並且能介接即時預報氣象資料。



圖四-1 緊急應變輻射災害事故劑量評估系統規劃圖

2. 系統中模式簡介

CALPUFF 模式系統包含 CALMET、CALPUFF 和 CALPOST 三大互相搭配之模式以及一系列前處理程式。此三大組成部分簡述如下：

(1) CALMET：是在三維尺度的網格模擬區域中，呈現逐時的風場與溫度場的氣象模式。對於二維場，如混合層高度、地表特性、擴散特性等，也都包含在模式所產生的輸出檔中。

(2) CALPUFF：是多層、多核種且非穩態的拉格朗日(Lagrangian)高斯煙陣模式，可模擬從污染源排放的污染物，經過大氣擴散與化學轉化等程序後之變化。可應用 CALMET 的輸出檔，亦可使用較簡化的非網格氣象資料。透過空間與時間變異的氣象條件下，來結合輻射污染物擴散情況，藉由模式進行模擬計算輸出輻射污染物分布結果。CALPUFF 基本輸出檔包含設定的輻射污染物的柱狀累積空氣濃度。

(3) CALPOST：為後處理程式，以數據及圖表來總結模擬的結果，舉例來說，如辨別在每一受體三小時平均濃度中的最高與次高，亦能分別列出前幾十大值等。

在進行 CALPUFF 擴散模式模擬案例之前，必須先處理欲模擬案

例相配合的氣象條件，才能利用 CALPUFF 模式預測污染物擴散的分佈情形。因此，首先要處理模擬地區的地面與探空氣象資料及給定該地區地理資料，經由程式進行資料格式轉換，轉換成為模式所接受的格式，再搭配著 CALMET 模式的控制檔設定，即可進行演算並生成氣象輸出檔(CALMET.DAT)。

CALPUFF 模式必須要有三類的基本輸入設定：(1)氣象資料檔(2)模式的參數控制檔(3)其他參數的輸入檔，以下大略上說明，詳細說明請參照 CALPUFF 模式操作手冊。

(1) 氣象資料檔(*.DAT)：此檔案即是利用 CALMET 模式，配合相關的參數設定計算處理得到的檔案，可利用 PRTMET 後處理器程式，依照使用者的目的，輸出想要得到的參數。可輸出的參數有每個垂直層逐時的水平風向風速、垂直向的風速大小、溫度場、莫寧赫夫尺度、大氣穩定度、混合層高度、地表溫度、地表空氣密度、摩擦速度等。

(2) 參數的控制檔(*.INP)：此檔案中包括了八個控制單元(a)網格設定單元(b)模擬核種設定單元(c)化學轉化單元(d)沉降設定單元(e)模式控制選項單元(f)污染源設定單元(g)受體資訊單元(h)模式輸出單元。

(二)精進臺灣建物資料庫

1. 完成臺北市自動化建物資料庫

內政部國土測繪中心依循「國家發展委員會」民國 96 年策劃推動國家地理資訊系統政策，配合執行國土資訊三維化，從二維到三維的發展，其最優先的工作便是建立一套涵蓋全國範圍的三維國家底圖，完成共用性的三維國家底圖後，各主題圖資及服務方得以全面升級發展。在民國 107 年從政策規劃等多方面角度，提出國土資訊升級發展方向，以國土資訊三維發展為主軸，推動工作包括持續提升國家空間資料基礎建設、推動國家底圖三維化、落實圖資生命週期管理及鼓勵 GIS 跨領域服務研發等，期整合相關部會推動中計畫，深化我國空間資訊之應用與產業發展。

目前以國土測繪中心可提供的三維圖資成果，臺灣本島及外島地區約六百八十萬個三維簡易近似化建物模型(數量不含臺北市)，機關團體或民眾皆可透過內政部國土測繪中心多維度國家空間資訊服務平臺查詢及有限度的下載，本計畫於過去數年間，已由核能安全委員會(簡稱核安會，前行政院原子能委員會)發函國土測繪中心取得，唯有臺北市之三維建物模型，因產權為臺北市政府所有，因此做為緊急應變，全臺輻射彈假想事件擴散模擬使用的臺灣建物資料庫，尚缺臺北市。

今年度感謝核安會極力爭取臺北市三維建物資料，所取得的三維建物資料與國土測繪中心制式的三維近似化建物模型，就電子檔格式而言，都是地理資訊常用的 KMZ 壓縮檔，皆可透過 Google Earth 開啟展示。建物資訊依模型細緻度等級，國土測繪中心區分為四級(圖四-2)，原先為擴散模擬應用所建構的臺灣建物資料庫，都是以 LOD1 等級的三維建物模型資料為基礎，然而臺北市委外產製的三維近似建物模型屬於 LOD3 等級的模型資料，故原有轉換模組無法套用執行，計畫上半年將以新轉換模組處理臺北市建物資料，以補足臺灣建物資料庫的

不完整。

誠如前述，臺北市建物模型以 LOD3 等級產製外，取得的臺北市電子檔共計 220 個，如圖四-3 所示，220 檔案對應圖幅涵蓋範圍，對應下，臺北市有北投區(全區)、萬華區(全區)、士林區(部分)、大同區(部分)、中山區(部分)、內湖區(部分)、南港區(部分)及文山區(部分)等仍無相關建物資料參考，每個電子檔圖幅為東西向 800 公尺、南北向 600 公尺，48 公頃面積範圍內也提供了額外地理圖資相關訊息(如電線桿、交通號誌、變電箱、電信電力人孔及溝渠等城市資訊)，增加了資訊篩選擷取的複雜性，此版本電子檔為臺北市政府都市發展局所管有。

在先前國土測繪中心制式的 LOD1 建物模型電子檔中，著重於擷取出三維近似建物的輪廓相關定位座標及該建物之高度(圖四-4)，屬於單一 Block Model (方塊積木模型)為主，然臺北市 LOD3 建物模型電子檔，其三維近似建物為另一型態設計模型，如圖四-5 展示，屬於複數錐狀四面體模型組合，單一建物不再是單一簡易方塊代表，而是根據建物各高度可對應之樓層來分群，換言之，單一建物，將由數個不同樓層高度的建物資料集合所組成，對於轉換成臺灣建物資料庫使用的資料單元來說，必然會有單一建物變成複數建物的情形，也就是同樣的面積內，臺北市建物數很可能會比其他縣市建築物密度高，以致擴散模式所需的建物組態，從建物資料庫到運算獲得建物組態的時間將會更久，這是使用精細建物模型，無法避免的情況，稍後將針對新的轉換模組加以說明。

圖四-4 為國土測繪中心制式的建物模型資訊範例，黃色實線所連結即代表該建物之輪廓，整棟建物為等高，主要資訊由 DAE 檔提供，該建物輪廓由紅點起始，再接連多個端點(藍點)依序順時鐘連結而成，此範例建物為 19 個端點所構成，定位座標以建物紅點為基準點，該資訊由 KML 檔中提供。定位基準點(紅點)為建物輪廓的第一點，此基準

點相對於每個建物來說，並無規則性的方位起始。

圖四-5 為臺北市某棟建物模型資訊範例，此建物有三種頂樓高度，分別為 36 樓高、34 樓高及 21 樓高，如圖中所示，建物主體以錐狀四面體結構來分解儲存建物資訊，經過轉換流程處理後，以 36 樓高的建物會以四個端點(紅點)為外廓的獨立建物轉換成單一建物純文字檔，而左側 34 樓高的建物則被轉換為 12 個端點(黃點)為外廓的單一建物純文字檔，同樣地處理，右側 34 樓高的建物則轉換為另一個建物純文字檔，21 樓高也同樣轉換為第四個建物純文字檔，由於建物模型的細緻度，原本制式 LOD1 的建物模型，就會變成複數個不同高度的建物模型。



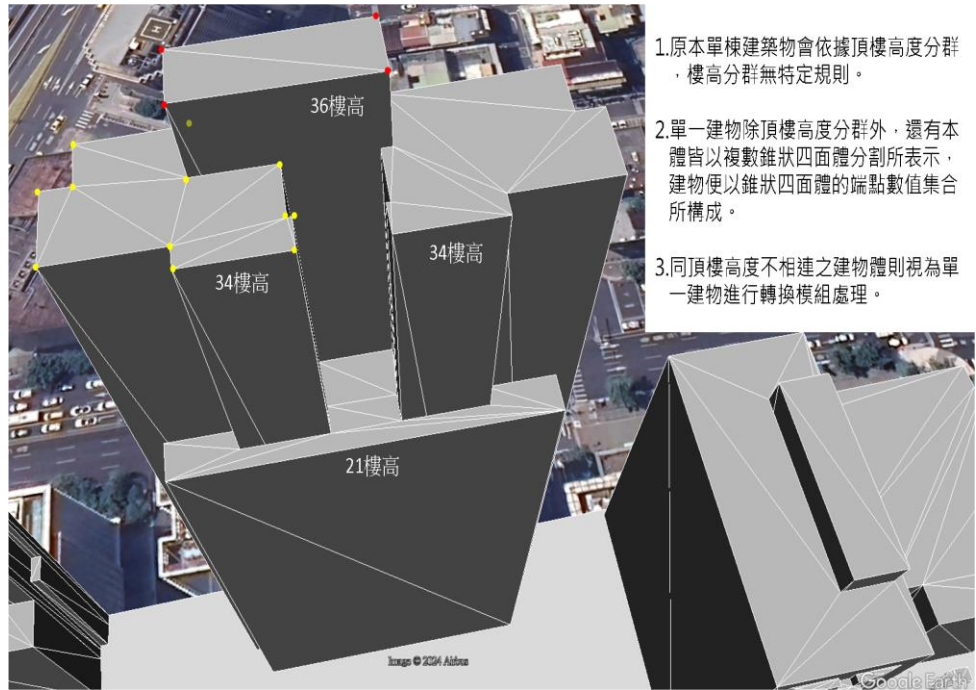
圖四-2 三維建物模型細緻度示意圖，模型細緻度可區分為 4 種等級



圖四-3 臺北市建物電子檔圖幅涵蓋範圍示意圖，紅色線框內為 220 個電子檔的範圍



圖四-4 圖土測繪中心 LOD1 建物模型資訊範例圖，該範例建物為 19 點連結之建物輪廓，紅點為定位座標參考點



圖四-5 臺北市建物模型資訊範例圖。紅點為 36 樓層高的建物外廓端點，黃點為 34 樓層高的左側建物外廓端點

2. 臺北市建物模型資訊轉換模組

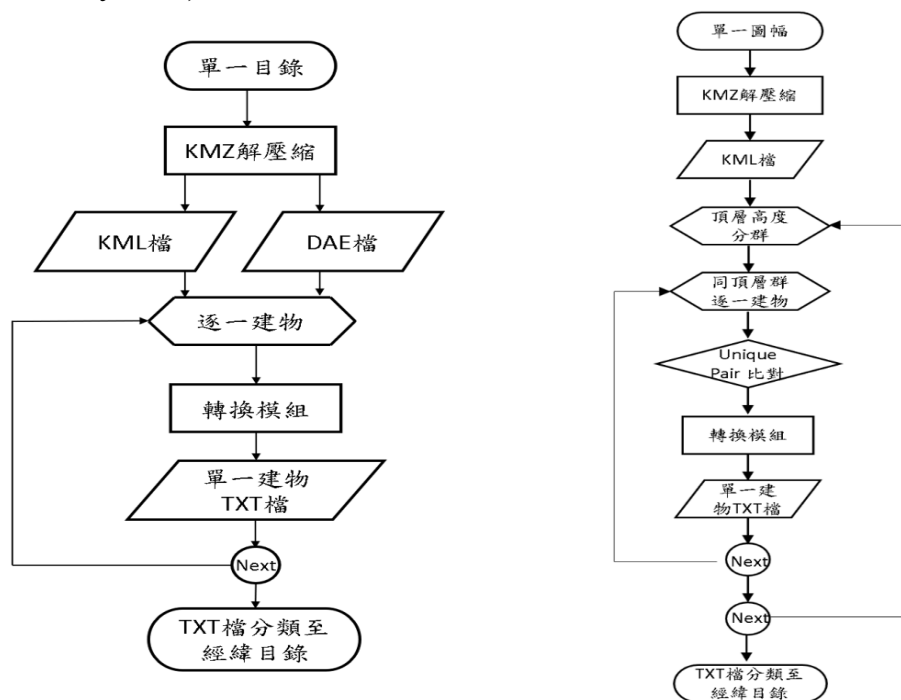
臺北市新轉換模組流程與其他縣市原轉換模組比較，如圖四-6 左側為原建物模型資訊轉換模組流程，圖中右側為臺北市新轉換模組流程，從右側流程來說，圖幅共有 220 個，各圖幅內含該圖幅範圍內所有建物的頂層高度分群，與原有建物轉換模組不同，無法直接針對單一建物進行轉換。轉換模組是為了原始的 KMZ 檔無法直接使用產生 CalPuff 建物組態檔而存在，故透過設計的建物資訊轉換模組流程，來將建物逐一地轉換成單一建物專屬的資訊純文字檔，以利緊急應變時，建物組態能快速系統化運算出來加以應用於擴散模擬當中。

新流程從單一圖幅開始，圖幅電子檔名稱依照四位數字由左至右，從下往上依序編排定義，因此在處理流程上，較先前無規則性命名的國土測繪中心電子資料檔便利許多，流程首先須將 KMZ 解壓縮，而臺北市建物資訊只有 KML 檔案，國土測繪中心制式的 KMZ 是包含 KML 及 DAE 檔案，新流程需從 KML 內容中篩選出以頂層高度分群的建物相關資訊，才能以該高度分群的建物資訊，逐一地進行轉換，來產出目標純文字檔。

由於建物資訊是被切割成複數錐狀四面體模型的集合，故在進行轉換前，仍需針對複數錐狀四面體組合時，去除切割內部時的分割線，新轉換流程則採用 Unique Pair Comparison 機制，進行端點過濾的比對，在比對下的效果有兩項，一則是去除內部切割線而存在的點，以致留下只有建物外廓的端點，另一項效果是外廓端點的正確排序，因為若只是單純消除內部端點的方式，則留下的端點並不會依照建物外廓排序，透過 Unique Pair 方法，則會保有端點相鄰的特性，意即維持建物外廓端點順序的排列。

經過 Unique Pair 比對後的建物外廓端點及建物高度等資訊，才會進入轉換模組及輸出單一建物的純文字檔，而純文字檔的命名上，仍沿

用原先設計之包含建物定位參考及其原始圖幅編號等訊息，以便回溯找出處理之原始檔，進行相關檢視，而轉換模組最主要是從原有的建物模型檔中，利用關鍵字串進行擷取多行的必要資訊，再以新格式編列至每一建物的純文字檔，輸出的檔案內含資訊，有建物參考點經緯度、建物輪廓點數、逐點的建物輪廓 UTM (Universal Transverse Mercator coordinate system)座標及建物高度，UTM 單位為公尺。



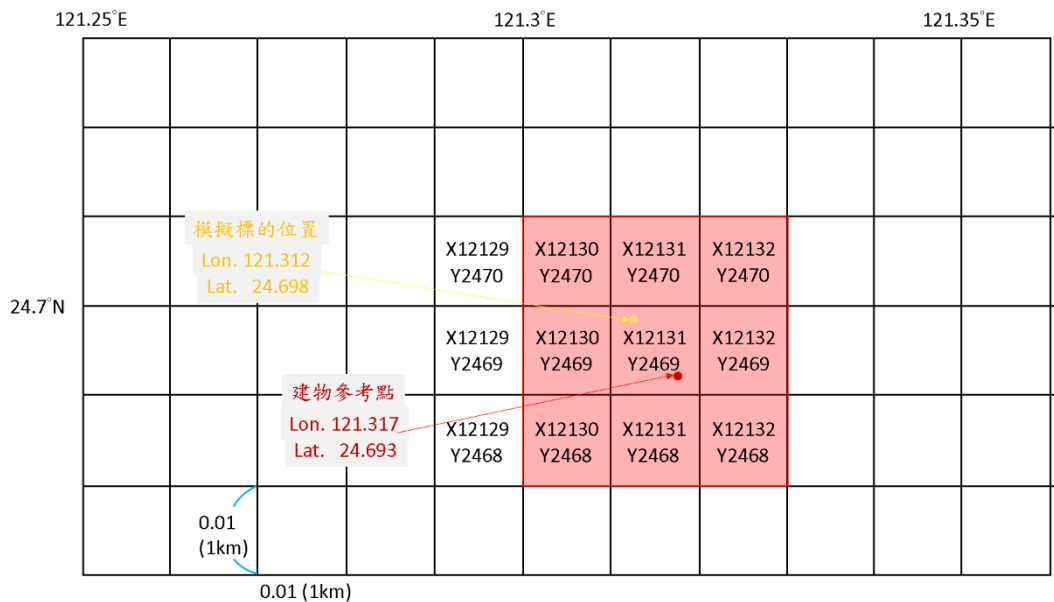
圖四-6 建物轉換模組示意圖，左側為原 LOD1 轉換流程，右側為新臺北市建物轉換流程

3. 臺灣建物簡易模型資料庫

從原始檔經過建物模型資訊轉換模組輸出的全臺建物純文字檔，總數量龐大，因此臺北市建物純文字檔，仍以原先設計 $0.01^{\circ} \times 0.01^{\circ}$ 經緯度的範圍區分條件，規則性地分目錄儲存，設置分類目錄如圖四-7 所示，目錄命名結合經度 5 位數字和緯度 4 位數字後，以 X12131Y2469 形式名稱建立，舉例如圖中一建物定位參考點為經度 121.317°E 緯度

24.693°N時，該建物純文字檔將被分類存放至 X12131Y2469 這個目錄，依此類推，所有單一建物純文字檔都被分區存放。

當給定明確模擬標的定位中心時，即可依考量的影響範圍，目前系統化預設的考量範圍為 0.01°經緯度 (約 1km)，針對有限範圍的建物，進行快速地距離篩選，圖中黃色點為模擬標的輻射彈位置，故系統將只針對紅色陰影目錄內的所有建物純文字檔，才進行後續建物與輻射彈間距離更細緻的系統化篩選，以滿足緊急應變時，有效的反應時間內提供必要建物組態供擴散模式使用。



圖四-7 建物簡易模型資料庫示意圖

4. 完成模擬臺北市假想輻射彈事件案例

CALPUFF 模式主要設定其模擬時間為 15 分鐘累積(900s)一筆的結果，模擬的核種假定為 Cs-137，其輻射彈爆炸當量則參考國外文獻(J. F. Pereira et.al,2018)假設為 1.36kgTNT，核種總活度則假設為 20 毫居里(mCi)，並在 15 分鐘內釋放完輻射濃度，故其釋放率則為 $8.2E+5$ 每秒貝克，而垂直解析度為 10 層分別為 20 公尺、40 公尺、80 公尺、160 公尺、300 公尺、600 公尺、1000 公尺、1500 公尺、2200 公尺及 3000 公尺，水平解析度為 15 公尺，模式範圍為以輻射彈位置為中心半徑 1 公里，根據人潮眾多及可能常舉辦大型活動之條件，挑選出臺北 101、臺北火車站、臺北小巨蛋、臺北圓山花博及臺北大巨蛋，五個假想輻射彈事件模擬地點及模式模擬邊界經緯度如表四-2 所示，風向及風速的模擬設定以事件地點近三年的最常發生的風向及平均風速輸入進 CALPUFF 模式裡進行放射性物質擴散模擬，臺北市近三年的最高風向頻率為東風，次高為東北東風，平均風速為 1.43m/s(如圖四-8 所示)，並開啟乾沉降模組進行計算。

空間劑量率(Dose rate)的計算是參考美國輻射彈事故緊急應變之操作型指引手冊，其中 A 類操作型指引用於 RDD 事故早期，針對第一時間處理與緊急工作人員防護決策的指引，根據表四-3 所列 11 種核種建置 RESRAD RDD 資訊轉換模組，其假設核種若為 Cs-137，模式模擬出的空氣濃度為 5 微居里每立方公尺 ($\mu\text{Ci}/\text{m}^3$)，則造成 0.05 西弗(Sv)可停留時間為 7.4 分鐘，而 CALPUFF 模式輸出之空氣濃度單位為貝克(Bq)，其 μCi 與 Bq 的關係為：

$$1 \mu\text{Ci} = 37,000 \text{ Bq}$$

透過單位轉換則可將 CALPUFF 輸出之空氣濃度轉換成緊急進出事故區域之停留時間，而指引上是針對 0.05 西弗(Sv)劑量可停留時間，其停留時間與空間劑量的關係為：

$$\text{空間劑量率}(\mu\text{Sv} / \text{h}) = [0.05(\text{Sv}) * 1\text{E}6(\mu\text{Sv}/\text{Sv})] / [\text{可停留時間}(\text{h})]$$

表四-1 放射性核種分類(依乾沉降速度):

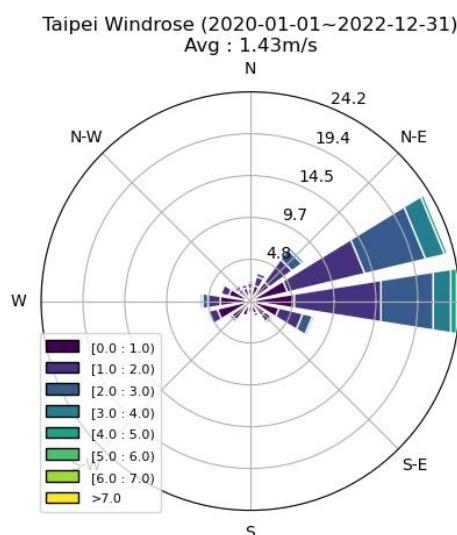
乾沉降速度	放射性核種
0.0 m/s	Kr-85、Kr-85m、Kr-87、Kr-88、Xe-133、Xe-135
0.1 m/s	Rb-86、Cs-134、Cs-136、Cs-137
0.3 m/s	I-131、I-132、I-133、I-134、I-135、Sb-127、Sb-129、Te-127、Te-127m、Te-129、Te-129m、Te-131m、Te-132
0.5 m/s	Co-58、Co-60、Mo-99、Tc-99m、Ru-103、Ru-105、Ru-106、Rh-105
0.9 m/s	Ba-139、Ba-140
2.0 m/s	Ce-141、Ce-143、Ce-144、Y-90、Y-91、Y-92、Y-93、Zr-95、Zr-97、Nb-95、La-140、La-141、La-142、Pr-143、Nd-147、Np-239、Pu-238、Pu-239、Pu-240、Pu-241、Am-241、Cm-242、Cm-244 Sr-89、Sr-90、Sr-91、Sr-92

表四-2 臺北市假想輻射彈事件模擬地點及模擬邊界經緯度

模擬地點	輻射彈位置	SW	NW	NE	SE
台北101	25.033080°	25.023955°	25.042012°	25.042203°	25.024147°
	121.564885°	121.555082°	121.554870°	121.574690°	121.574899°
台北火車站	25.047027°	25.037891°	25.055947°	25.056145°	25.038089°
	121.516869°	121.507059°	121.506841°	121.526663°	121.526878°
台北小巨蛋	25.051299°	25.042171°	25.060227°	25.060421°	25.042364°
	121.550484°	121.540675°	121.540462°	121.560285°	121.560496°
台北圓山花博	25.070179°	25.061048°	25.079104°	25.079302°	25.061246°
	121.520229°	121.510417°	121.510198°	121.530024°	121.530239°
台北大巨蛋	25.041693°	25.032562°	25.050618°	25.050811°	25.032754°
	121.558591°	121.548787°	121.548574°	121.568396°	121.568605°

表四-3 緊急進出事故區域之停留時間

可提供之 量測類型	活度/ 曝露率 ^b	導致 0.05 西弗(5 侖目)劑量可停留的時間 ^a											
		最短時間	Am-241	Cf-252	Cm-244	Co-60	Cs-137	Ir-192	Po-210	Pu-238	Pu-239	Ra-226	Sr-90
無呼吸防護面具													
表面濃度	1μCi/cm ²	47 min	59 min	4.4 h	1.7 h	16 h	61 h	48 h	6.4 h	52 min	47 min	5.9 h	130 h
空氣濃度	1μCi/m ³ ^c	28 s	36 s	2.6 min	1 min	9.7 min	37 min	29 min	3.9 min	31 s	28 s	3.5 min	1.3 h
曝露率	1mR/h ^d	36 s	4.4 h	360 h	12 min	7,100 h	6,400 h	7,100 h	36 s	6.2 min	2.6 min	1,900 h	2,800 h
配備全面罩呼吸防護裝具(防護因子=100)													
表面濃度	1μCi/cm ²	16 h	95 h	74 h	170 h	16 h	68 h	48 h	2,200 h	88 h	80 h	22 h	340 h
空氣濃度	1μCi/m ³	9.8 min	57 min	45 min	1.7 h	9.8 min	41 min	29 min	22 h	53 min	48 min	13 min	3.4 h
曝露率	1mR/h	3.5 h	420 h	6,000 h	21 h	7,100 h	7,100 h	7,100 h	3.5 h	100 h	4.4 h	7,000 h	7,100 h
配備供氣式全面罩呼吸防護裝具(防護因子=1000)													
表面濃度	1μCi/cm ²	16 h	620 h	86	1,600 h	16 h	68h	48 h	22,000 h	860 h	800 h	22 h	340 h
空氣濃度	1μCi/m ³	9.8 min	6.2 h	52 min	16 h	9.8 min	41 min	29 min	220 h	8.6 h	8 h	13 min	3.4 h
曝露率	1mR/h	34 h	2,800	7,000 h	200 h	7,100 h	7,100 h	7,100 h	34 h	100 h	43 h	7,100 h	7,100 h



圖四-8 臺北市 2020 年至 2022 年三年逐時統計之風花圖，填色部分為風速分段區分，Avg 標示三年的平均風速為 1.43 m/s

臺北 101 模擬結果

臺北 101 的輻射彈位置模擬設定經緯度為北緯 25.033080°，東經 121.564885°，模擬範圍為中心延伸半徑 1 公里的範圍，其西南角的經緯度為北緯 25.023955°，東經 121.555082°；東南角的經緯度為北緯 25.024147°，東經 121.574899°；東北角的經緯度為北緯 25.042203°，東經 121.574690°；西北角的經緯度為北緯 25.042012°，東經 121.554870°(如表四-2 所示)，整個模擬範圍如圖四-9 所示，其透過建物

資料轉換模組進行轉換之資料中心點周遭半徑 500 公尺的建物分布如圖四-10 所示，與利用 Google map 3D 的臺北 101 俯視圖(如圖四-11)來理解臺北 101 假想輻射彈事件中心點周遭建物的樣貌。

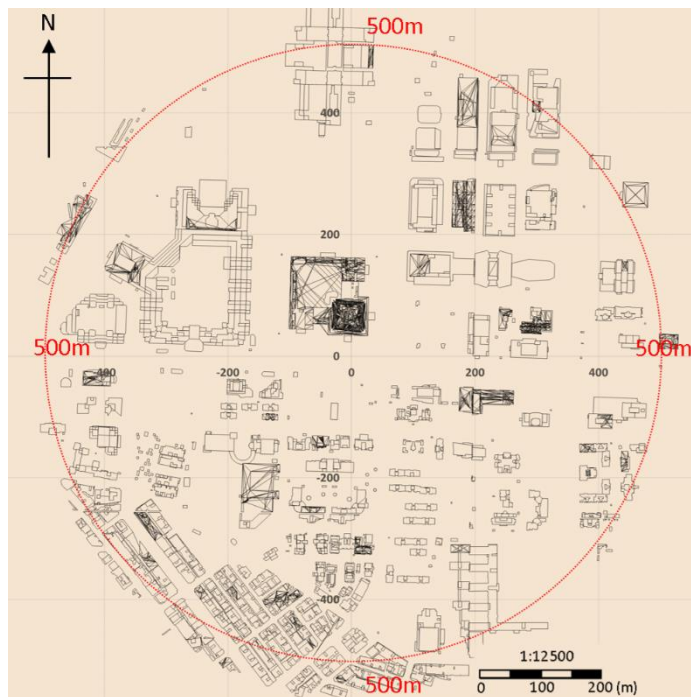
當模式模擬的氣象條件為三年的平均風速 1.43 m/s，風向以三年的最高頻率的東風為輸入條件，Cs-137 柱狀空氣濃度累積分布及空間劑量分布結果(如圖四-12 至圖四-13)，往風向下游方向累積濃度，因中心點在臺北 101 南側，吹東風時污染物往西行時氣流受到建物影響較小，其在都市規劃的道路亦有 8 線道，約 35 公尺寬，故主要空氣濃度及空間劑量呈現為高斯分布，其較高空氣濃度的分布受侷限在距離爆炸中心點 50 公尺以內，空間劑量 0.5 mSv/hr 至 1mSv/hr 黑色等值線離爆炸中心點最遠距離約 328 公尺。

當風向改以近三年的次高頻率的東北東風為輸入條件時，Cs-137 柱狀空氣濃度累積分布及空間劑量結果(如圖四-14 至圖四-15)，亦往風向下游方向累積濃度，但因受到臺北 101 及臺北世貿 1 館的建物影響，故在空氣濃度累積分布及空間劑量分布結果會呈現與東風時不同的樣貌，除在臺北 101 南側因建物下風處穴區而有累積量，另在兩棟建物中間也因穴區而造成次高累積量，其空間劑量分布 0.5 mSv/hr 至 1mSv/hr 黑色等值線離爆炸中心點最遠距離約 42 公尺。

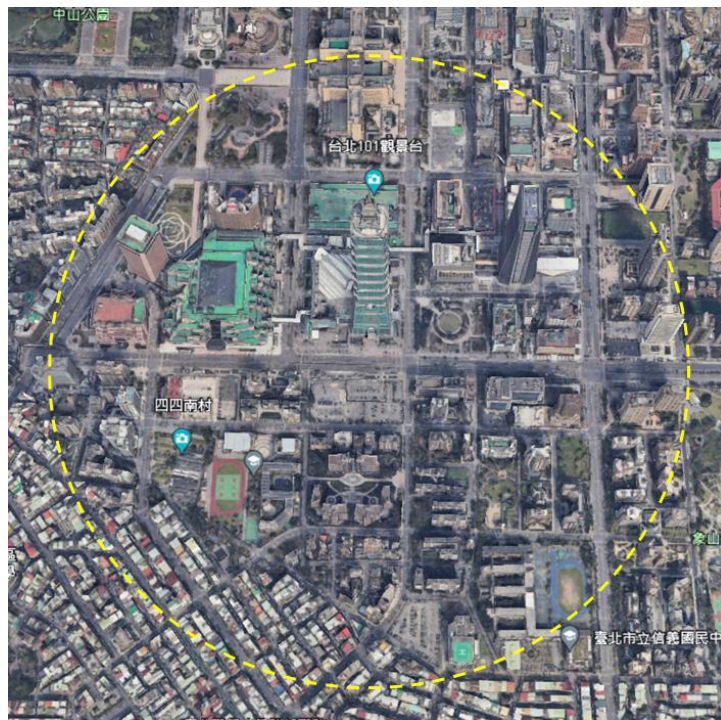
因評估運算範圍限制造成等值線分布圖在模擬範圍邊界呈現一條直線，例如圖四-14，左方所有累積柱狀空氣濃度分布線均為同一條直線。



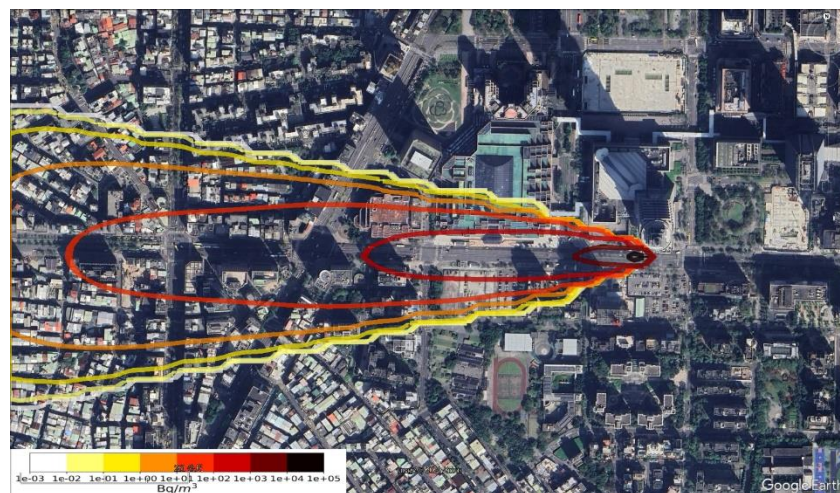
圖四-9 臺北 101 模擬範圍半徑 1 公里的邊界示意圖



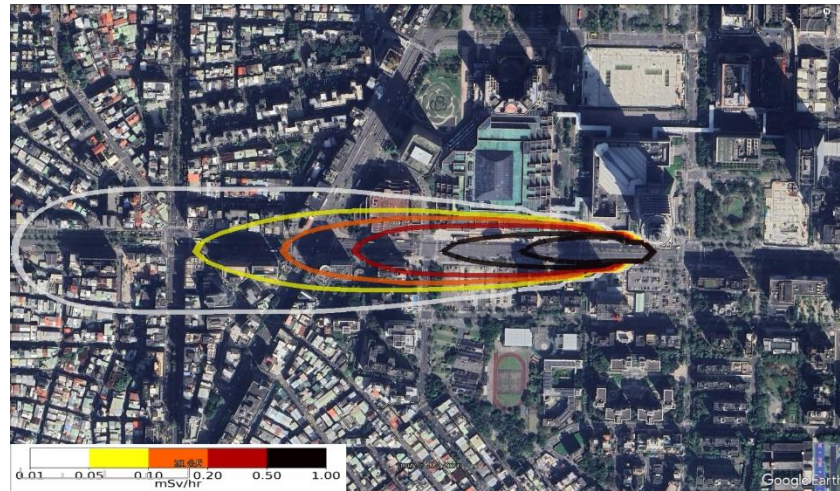
圖四-10 臺北 101 輻射彈位置周遭半徑 500 公尺的建物分布



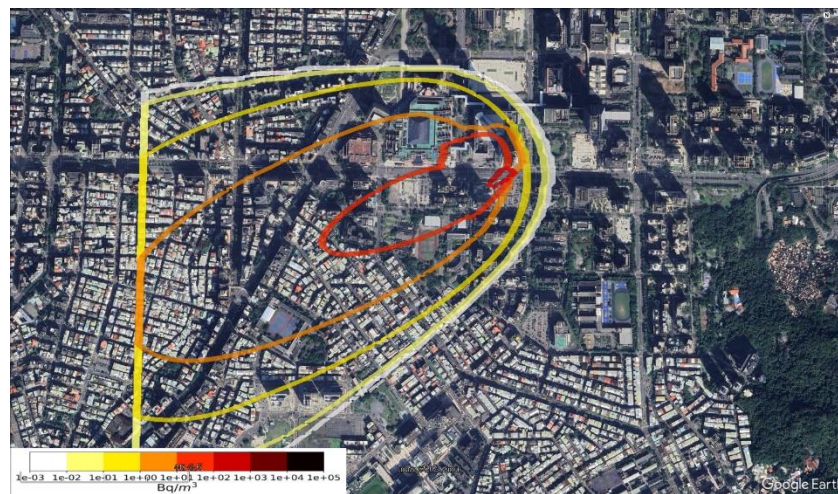
圖四-11 臺北 101 輻射彈位置周遭半徑 500 公尺 Google map 3D 俯視圖



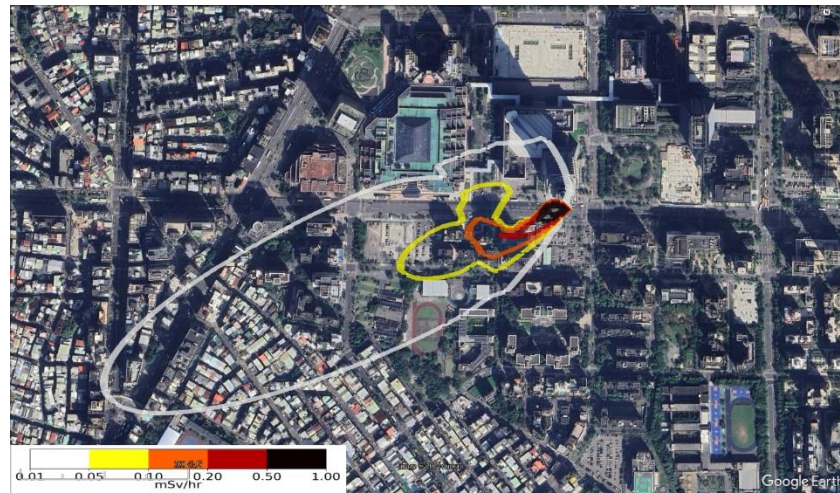
圖四-12 CALPUFF 模擬臺北 101 輻射彈事件之柱狀空氣濃度，風向為東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(等值線為 Bq/m^3)



圖四-13 CALPUFF 模擬臺北 101 輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積空間劑量分布(等值線部分單位為 mSv/hr)



圖四-14 CALPUFF 模擬臺北 101 輻射彈事件之柱狀空氣濃度分布，風向為東北東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(等值線單位為 Bq/m^3)



圖四-15 CALPUFF 模擬臺北 101 輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東北東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積空間劑量分布(等值線單位為 mSv/hr)

臺北車站模擬結果

臺北車站的輻射彈位置模擬設定經緯度為北緯 25.047027° ，東經 121.516869° ，模擬範圍為中心延伸半徑 1 公里的範圍，其西南角的經緯度為北緯 25.037891° ，東經 121.507059° ；東南角的經緯度為北緯 25.038089° ，東經 121.526878° ；東北角的經緯度為北緯 25.056145° ，東經 121.526663° ；西北角的經緯度為北緯 25.055947° ，東經 121.506841° (如表四-2 所示)，整個模擬範圍如圖四-16 所示，其透過建物資料轉換模組進行轉換之資料中心點周遭半徑 500 公尺的建物分布如圖四-17 所示，與利用 Google map 3D 的臺北車站俯視圖(如圖四-18)來理解臺北車站假想輻射彈事件中心點周遭建物的樣貌。

當模式模擬的氣象條件為三年的平均風速 1.43 m/s ，風向以三年的最高頻率的東風為輸入條件，Cs-137 柱狀空氣濃度累積分布及空間劑量分布結果(如圖四-19 至圖四-20)，污染物往風向下游方向累積濃度，因吹東風時西行氣流受到臺北車站主體西南側角隅影響在下游側有穴

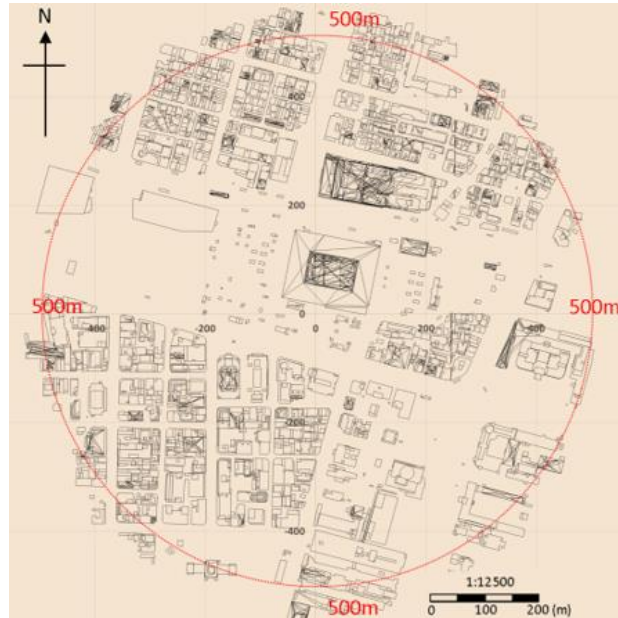
區的累積特徵，故空氣濃度及空間劑量在臺北車站南側有一明顯累積區域，其較高空氣濃度的分布約在距離爆炸中心點 46 公尺以內，空間劑量 0.5 mSv/hr 至 1mSv/hr 黑色等值線離爆炸中心點最遠距離約 89 公尺。

當風向改以近三年的次高頻率的東北東風為輸入條件時，Cs-137 柱狀空氣濃度累積分布及空間劑量結果(如圖四-21 至圖四-22)，氣流除了受到臺北車站影響，亦受到總高度約 244.15 公尺的新光摩天大樓及旁邊建物的影響，故在空氣濃度累積分布及空間劑量分布結果會呈現與東風時不同的樣貌，除在北車西南西側因建物下風處穴區而有累積量，另在新光摩天大樓西南側也因穴區而造成次高累積量，其較高空氣濃度的分布約在距離爆炸中心點 167 公尺以內，其空間劑量分布 0.5 mSv/hr 至 1mSv/hr 黑色等值線離爆炸中心點最遠距離約 264 公尺。

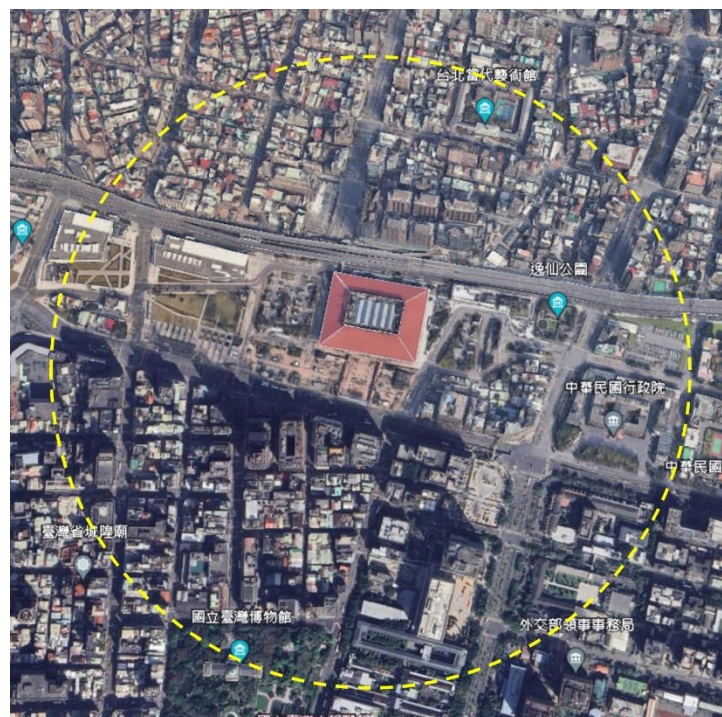
因評估運算範圍限制造成等值線分布圖在模擬範圍邊界呈現一條直線，例如圖四-19 及圖四-21，左方所有累積柱狀空氣濃度分布線均為同一條直線。



圖四-16 臺北車站模擬範圍半徑 1 公里的邊界示意圖



圖四-17 臺北車站輻射彈位置周遭半徑 500 公尺的建物分布



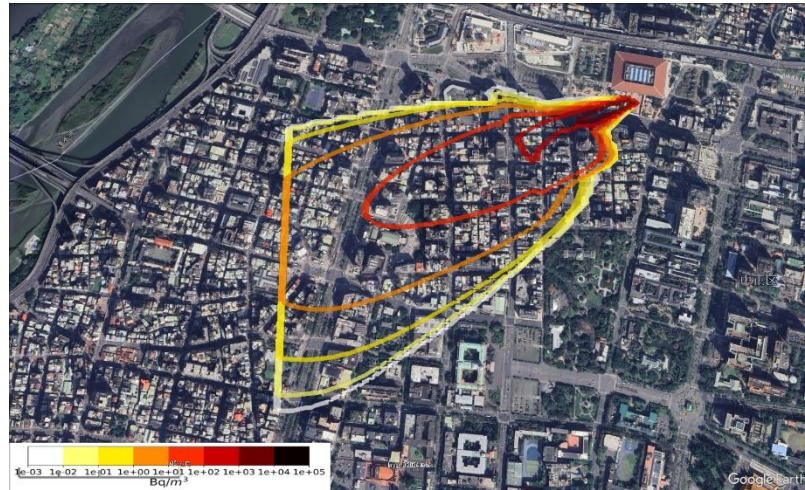
圖四-18 臺北車站輻射彈位置周遭半徑 500 公尺 Google map 3D 俯視圖



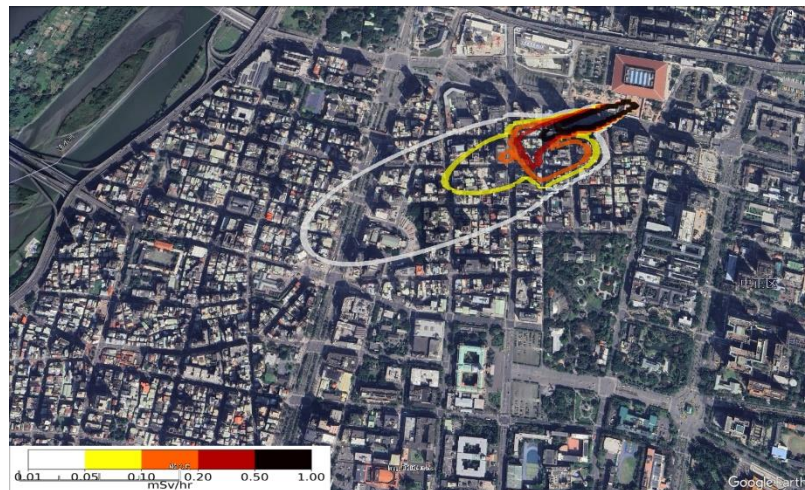
圖四-19 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件之空氣濃度分布，風向為東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(等值線為 Bq/m^3)



圖四-20 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積空間劑量分布(等值線單位為 mSv/hr)



圖四-21 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件之空氣濃度分布，風向為東北東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(等值線部單位為 Bq/m^3)



圖四-22 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東北東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積空間劑量分布(等值線單位為 mSv/hr)

臺北小巨蛋模擬結果

臺北小巨蛋的輻射彈位置模擬設定經緯度為北緯 25.051299° ，東經 121.550484° ，模擬範圍為中心延伸半徑 1 公里的範圍，其西南角的經緯度為北緯 25.042171° ，東經 121.540675° ；東南角的經緯度為北緯 25.042364° ，東經 121.560496° ；東北角的經緯度為北緯 25.060421° ，東經 121.560285° ；西北角的經緯度為北緯 25.060227° ，東經

121.540462°(如表四-2 所示)，整個模擬範圍如圖四-23 所示，其透過建物資料轉換模組進行轉換之資料中心點周遭半徑 500 公尺的建物分布如圖四-24 所示，與利用 Google map 3D 的臺北小巨蛋俯視圖(如圖四-25)來理解臺北小巨蛋假想輻射彈事件中心點周遭建物的樣貌。

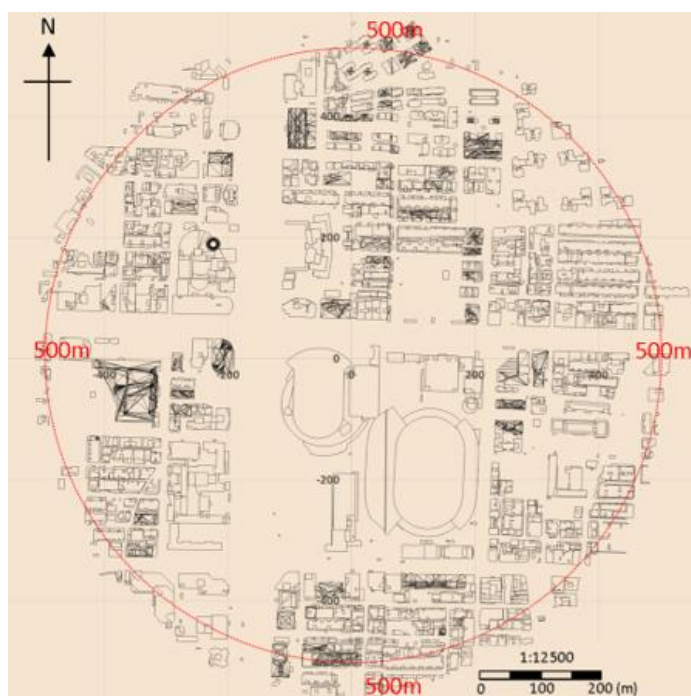
當模式模擬的氣象條件為三年的平均風速 1.43 m/s，風向以三年的最高頻率的東風為輸入條件，Cs-137 柱狀空氣濃度累積分布及空間劑量分布結果(如圖四-26 至圖四-27)，污染物往風向下游方向累積濃度，因吹東風時空氣濃度及空間劑量主要受到臺北小巨蛋北側影響有一明顯累積區域，但整體呈現為高斯分布情況，其較高空氣濃度的分布約在距離爆炸中心點 15 公尺以內，空間劑量 0.5 mSv/hr 至 1mSv/hr 的黑色等值線離爆炸中心點最遠距離約 301 公尺。

當風向改以近三年的次高頻率的東北東風為輸入條件時，Cs-137 柱狀空氣濃度累積分布及空間劑量結果(如圖四-28 至圖四-29)，氣流受到臺北小巨蛋整體建物的影響，故空氣濃度累積分布及空間劑量分布結果會呈現與東風時不同的樣貌，臺北小巨蛋建物西南側為穴區而有累積量且因小巨蛋的大小而有明顯較寬大的分布，其空間劑量分布 0.05 mSv/hr 至 0.01mSv/hr 黑色等值線離爆炸中心點的最遠距離約 218 尺。

因評估運算範圍限制造成等值線分布圖在模擬範圍邊界呈現一條直線，例如圖四-26 及圖四-28，左方所有累積柱狀空氣濃度分布線均為同一條直線。



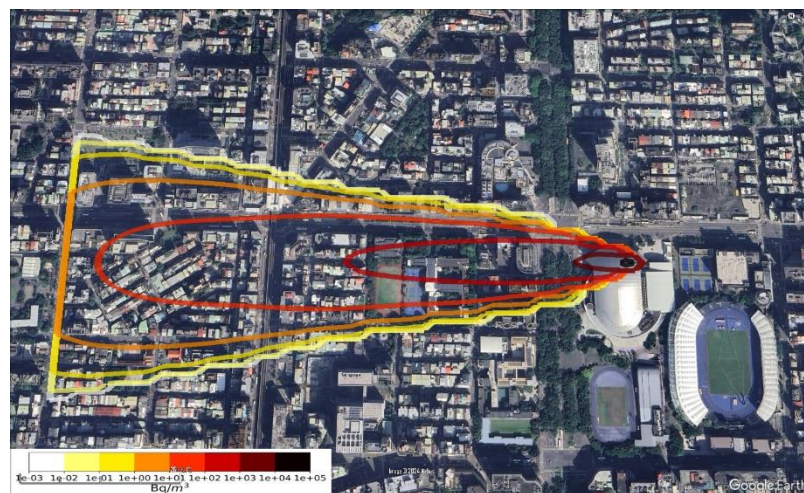
圖四-23 臺北小巨蛋模擬範圍半徑 1 公里的邊界示意圖



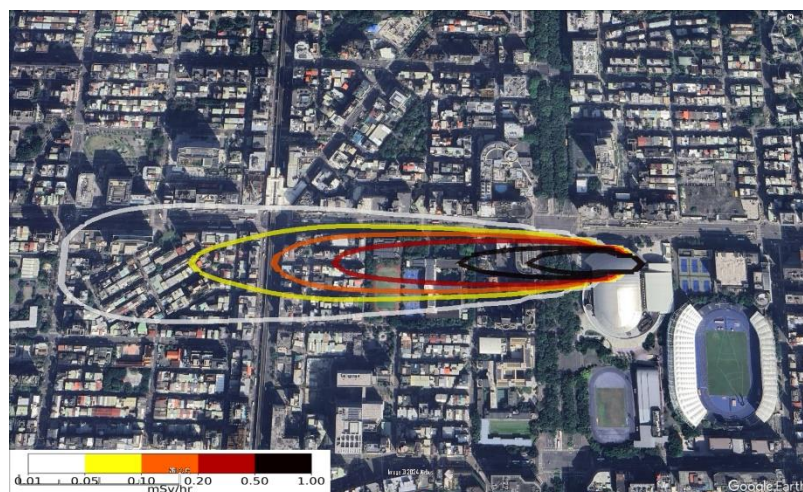
圖四-24 臺北小巨蛋輻射彈位置周遭半徑 500 公尺的建物分布



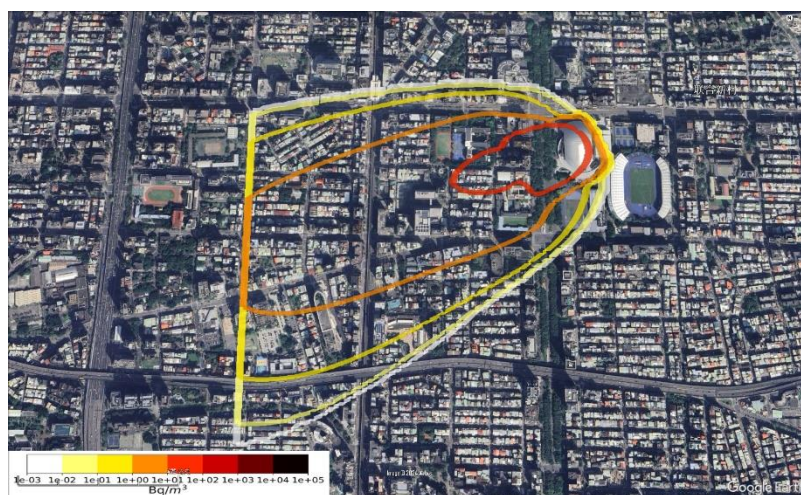
圖四-25 臺北小巨蛋輻射彈位置周遭半徑 500 公尺 Google map 3D 俯視圖



圖四-26 CALPUFF 模擬臺北小巨蛋輻射彈事件之空氣濃度，風向為東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(等值線單位為 Bq/m^3)



圖四-27 CALPUFF 模擬臺北小巨蛋輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積空間劑量分布(等值線部單位為 mSv/hr)



圖四-28 CALPUFF 模擬臺北小巨蛋輻射彈事件之空氣濃度，風向為東北東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(等值線單位為 Bq/m^3)



圖四-29 CALPUFF 模擬臺北小巨蛋輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東北東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積空間劑量分布(等值線單位為 mSv/hr)

臺北圓山花博模擬結果

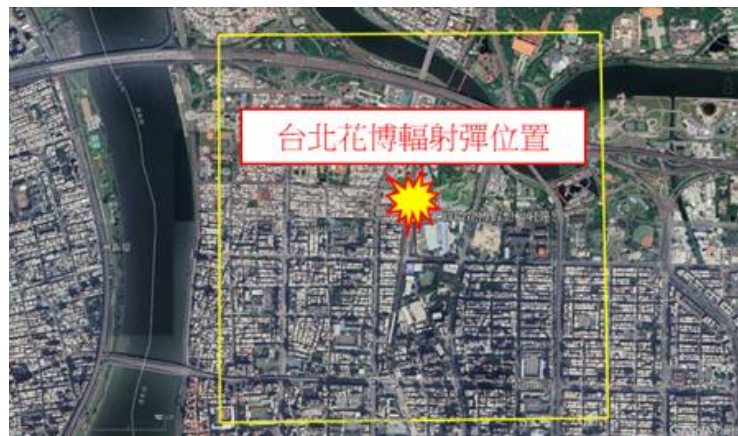
臺北圓山花博的輻射彈位置模擬設定經緯度為北緯 25.070179°，東經 121.520229°，模擬範圍為中心延伸半徑 1 公里的範圍，其西南角的經緯度為北緯 25.061048°，東經 121.510417°；東南角的經緯度為北緯 25.061246°，東經 121.530239°；東北角的經緯度為北緯 25.079302°，東經 121.530024°；西北角的經緯度為北緯 25.079104°，東經 121.510198°(如表四-2 所示)，整個模擬範圍如圖四-30 所示，其透過建物資料轉換模組進行轉換之資料中心點周遭半徑 500 公尺的建物分布如圖四-31 所示，與利用 Google map 3D 的臺北圓山花博俯視圖(如圖四-32)來理解臺北圓山花博假想輻射彈事件中心點周遭建物的樣貌。

當模式模擬的氣象條件為三年的平均風速 1.43 m/s，風向以三年的最高頻率的東風為輸入條件，Cs-137 柱狀空氣濃度累積分布及空間劑量分布結果(如圖四-33 至圖四-34)，污染物往風向下游方向累積濃度，吹東風時因爆炸中心位於建物與建物中間，理論上因屬於弱風區不利擴散，故空氣濃度及空間劑量在靠近爆炸中心點有明顯累積區域，但整體仍呈現為高斯分布情況，其較高空氣濃度的分布約在距離爆炸中心

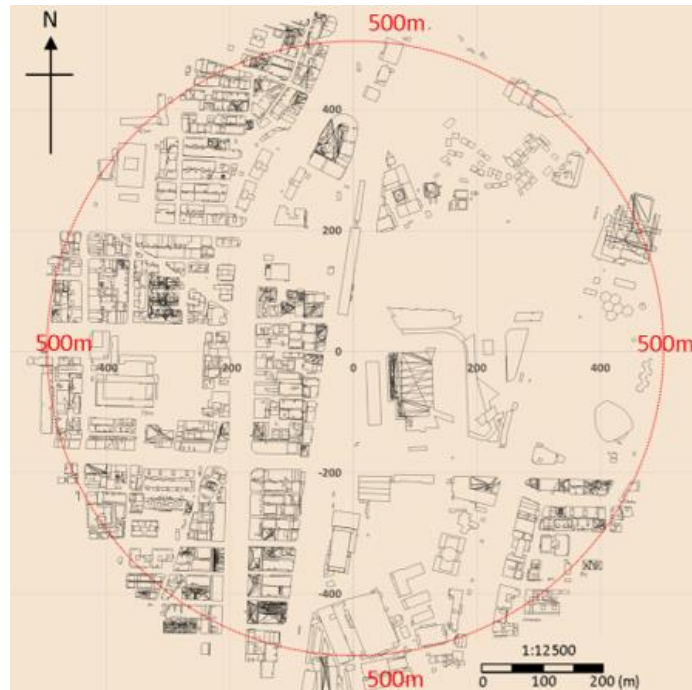
點 31 公尺以內，空間劑量 0.5 mSv/hr 至 1mSv/hr 範圍內離爆炸中心點的最遠距離約 198 公尺。

當風向改以近三年的次高頻率的東北東風為輸入條件時，Cs-137 柱狀空氣濃度累積分布及空間劑量結果(如圖四-35 至圖四-36)，污染物的累積除受到臺北圓山花博建物的影響，亦受限於臺北圓山花博建物西側建築群之影響，故空氣濃度累積分布及空間劑量分布結果會呈現與東風時不同的樣貌，臺北圓山花博建物西側為穴區而有明顯累積量且因西側建築群的大小而有明顯較寬大的繞流影響之分布，其空間劑量分布 0.5 mSv/hr 至 0.1mSv/hr 範圍內離爆炸中心點的最遠距離約 168 公尺。

因評估運算範圍限制造成等值線分布圖在模擬範圍邊界呈現一條直線，例如圖四-33 及圖四-35，左方所有累積柱狀空氣濃度分布線均為同一條直線。



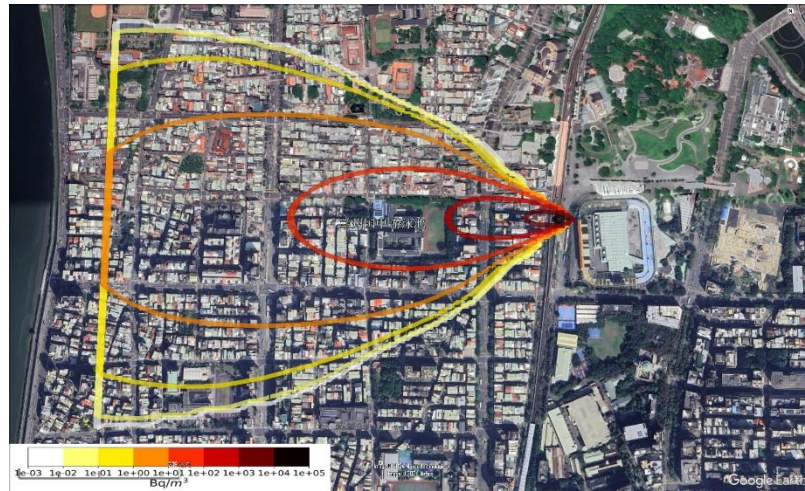
圖四-30 臺北圓山花博模擬範圍半徑 1 公里的邊界示意圖



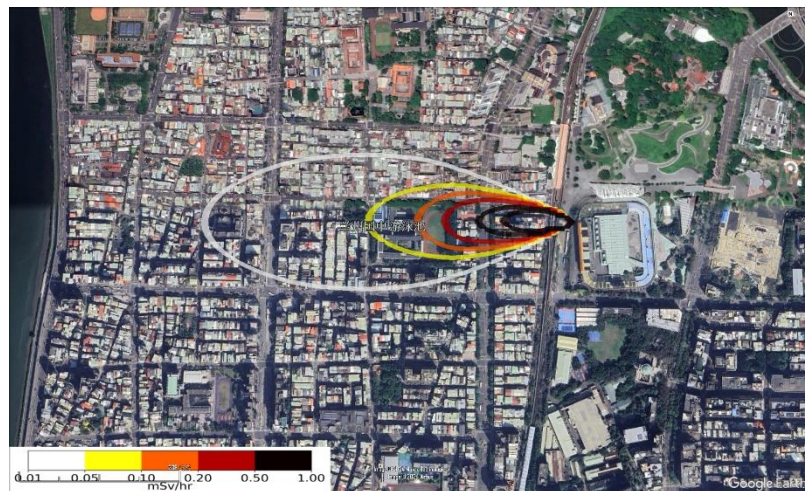
圖四-31 臺北圓山花博輻射彈位置周遭半徑 500 公尺的建物分布



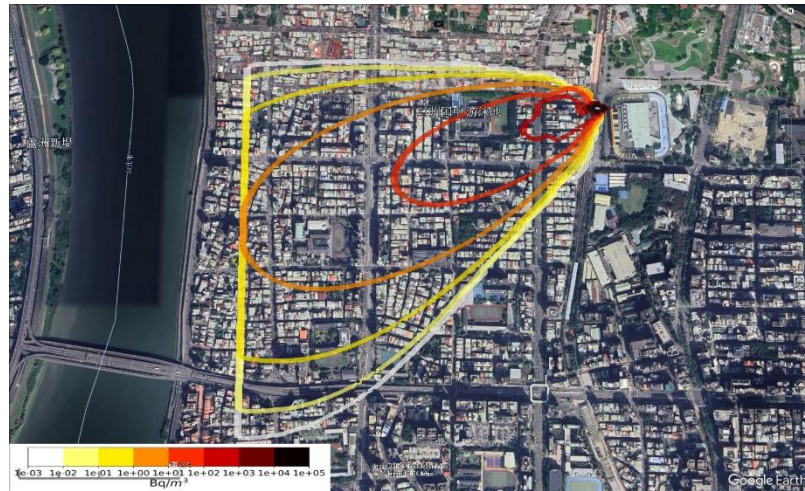
圖四-32 臺北圓山花博輻射彈位置周遭半徑 500 公尺 Google map 3D 俯視圖



圖四-33 CALPUFF 模擬臺北圓山花博輻射彈事件之空氣濃度，風向為東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(等值線單位為 Bq/m^3)



圖四-34 CALPUFF 模擬臺北圓山花博輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積空間劑量分布(等值線部分為空間劑量分布單位為 mSv/hr)



圖四-35 CALPUFF 模擬臺北圓山花博輻射彈事件之空氣濃度，風向為東北東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(等值線單位為 Bq/m^3)



圖四-36 CALPUFF 模擬臺北圓山花博輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東北東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積空間劑量分布(等值線 mSv/hr)

臺北大巨蛋模擬結果

臺北大巨蛋的輻射彈位置模擬設定經緯度為北緯 25.041693° ，東經 121.558591° ，模擬範圍為中心延伸半徑 1 公里的範圍，其西南角的經

緯度為北緯 25.032562°，東經 121.548787°；東南角的經緯度為北緯 25.032754°，東經 121.568605°；東北角的經緯度為北緯 25.050811°，東經 121.568396°；西北角的經緯度為北緯 25.050618°，東經 121.548574°(如表四-2 所示)，整個模擬範圍如圖四-37 所示，其透過建物資料轉換模組進行轉換之資料中心點周遭半徑 500 公尺的建物分布如圖四-38 所示，與利用 Google map 3D 的臺北大巨蛋俯視圖(如圖四-39)來理解臺北大巨蛋假想輻射彈事件中心點周遭建物的樣貌。

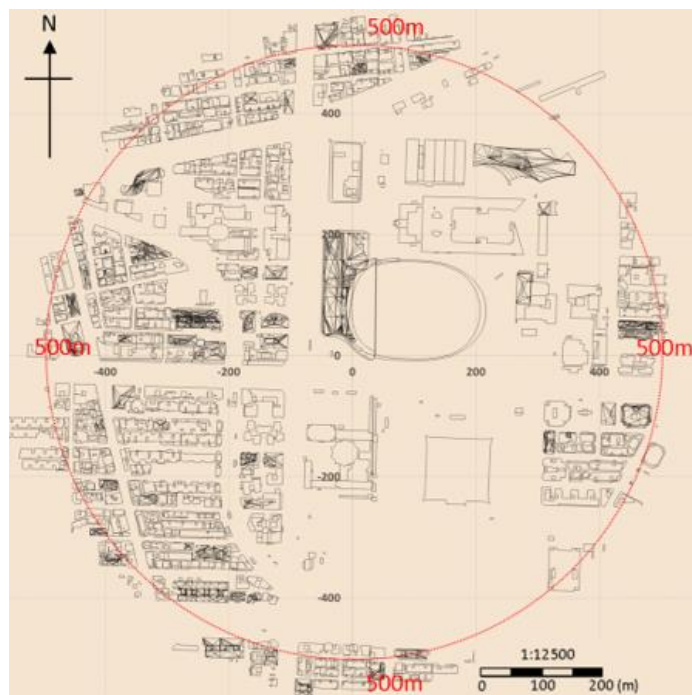
當模式模擬的氣象條件為三年的平均風速 1.43 m/s，風向以三年的最高頻率的東風為輸入條件，Cs-137 柱狀空氣濃度累積分布及空間劑量分布結果(如圖四-40 至圖四-41)，污染物往風向下游方向累積濃度，因吹東風時空氣濃度及空間劑量主要受到臺北大巨蛋整體影響有一明顯累積區域，且因大巨蛋的大小而有明顯較寬大的分布，其較高空氣濃度的分布約在距離爆炸中心點 186 公尺以內，空間劑量 0.2 mSv/hr 至 0.5mSv/hr 範圍內離爆炸中心點的最遠距離約 194 公尺。

當風向改以近三年的次高頻率的東北東風為輸入條件時，Cs-137 柱狀空氣濃度累積分布及空間劑量結果(如圖四-42 至圖四-43)，氣流受到臺北大巨蛋整體建物的影響，故因大巨蛋的大小而有明顯較寬大的分布，其較高空氣濃度的分布約在距離爆炸中心點 180 公尺以內，空間劑量 0.2 mSv/hr 至 0.5mSv/hr 範圍內離爆炸中心點的最遠距離約約 180 公尺。

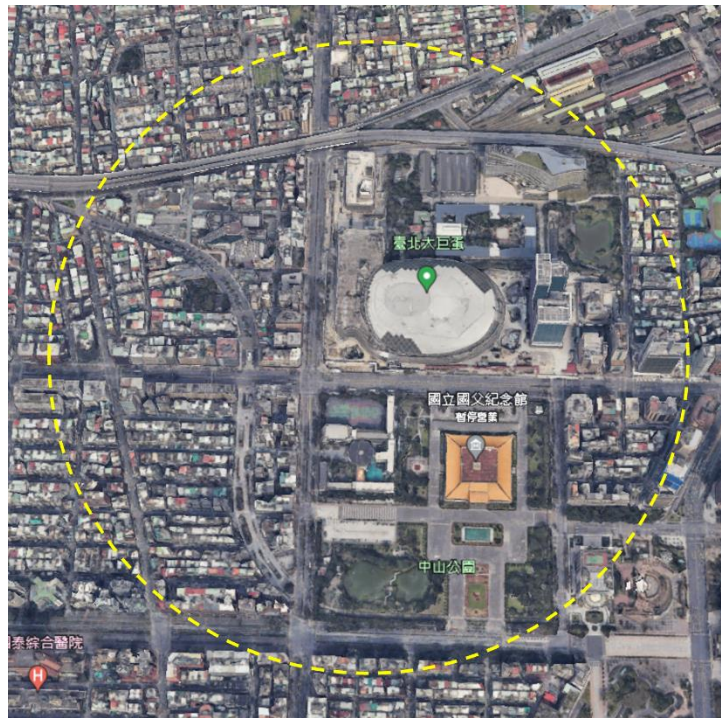
因評估運算範圍限制造成等值線分布圖在模擬範圍邊界呈現一條直線，例如圖四-40 及圖四-42，左方所有累積柱狀空氣濃度分布線均為同一條直線。



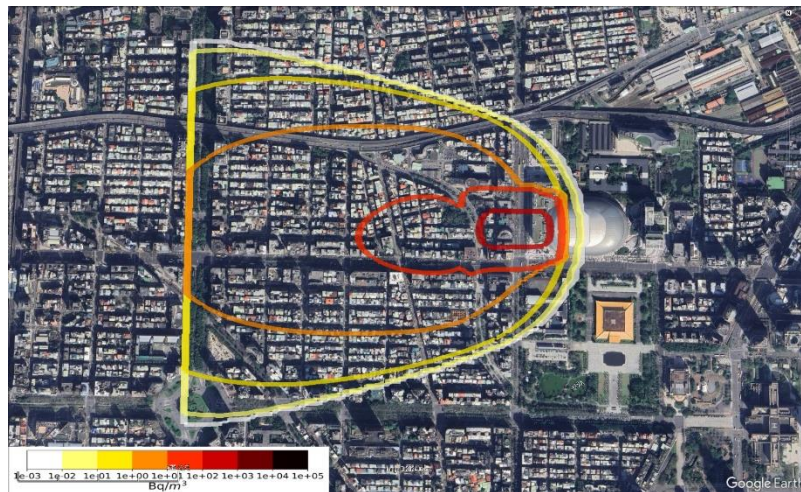
圖四-37 臺北大巨蛋模擬範圍半徑 1 公里的邊界示意圖



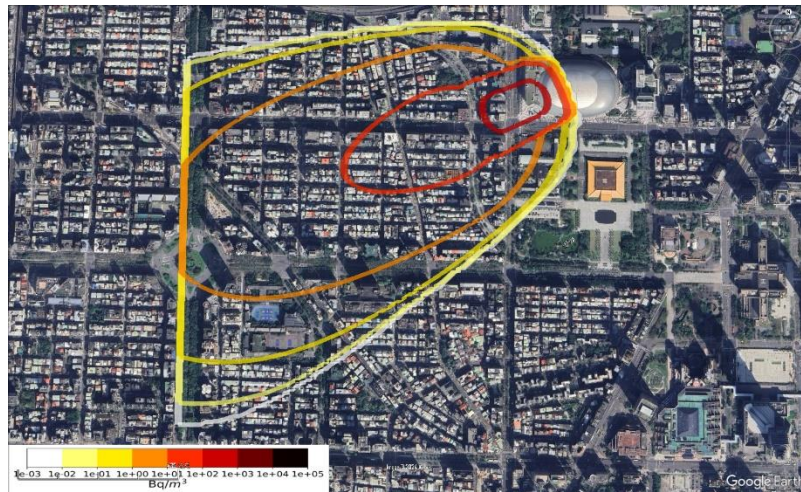
圖四-38 臺北大巨蛋輻射彈位置周遭半徑 500 公尺的建物分布



圖四-39 臺北大巨蛋輻射彈位置周遭半徑 500 公尺 Google map 3D 俯視圖



圖四-40 CALPUFF 模擬臺北大巨蛋輻射彈事件之空間濃度分布，風向為東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(等值線部分為濃度柱狀累積分布單位為 Bq/m^3)



圖四-41 CALPUFF 模擬臺北大巨蛋輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積空間劑量分布(等值線單位為 mSv/hr)



圖四-42 CALPUFF 模擬臺北大巨蛋輻射彈事件之空氣濃度分布，風向為東北東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(等值線單位為 Bq/m³)



圖四-43 CALPUFF 模擬臺北大巨蛋輻射彈事件之空間劑量分布，風向為東北東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積空間劑量分布(等值線單位為 mSv/hr)

(三)開發 CALPUFF 之濕沉降模式

1. 研究方法

放射性雲團在空中的傳輸與擴散，傳輸(擴散)部分主要是透過放射性物質所在位置的三維風場(三維亂流場)決定，而風場與亂流場資料來自於隨時間與地點變化的氣象分析或預報資料。故放射性雲團傳輸擴散過程是隨時間而變化的，此過程透過時間的積分得到放射性雲團每個時間的位置及三維的大小。另外若放射性雲團為粒子狀態時，其會受重力的因素向下傳輸，故需知道其沉降速度或經由粒子大小分布決定其沉降速度，並將此沉降速度加入放射性雲團在空中的傳輸與擴散過程中。另外，放射性物質在雲中或雲下時，會被雨滴捕捉而降至地面沉積，此效應統稱為濕沉降(包含雲中與雲下降水的濕沉降兩項)；而若放射性雲團接近地面時，會因重力沉降至地面，或因亂流或地表粗糙度被地面捕捉，此類沉降統稱為乾沉降效應。在模式中須計算乾濕沉降的量，並將放射性雲團因沉降造成的質量去除，以保持質量的守恆。

在原擴散模式中將污染物假設為氣體，故無任何沉降速度，沉降係

依據外釋核種空氣濃度乘上一定之乾沉降速率，轉換為地表沉積濃度，對於空氣濃度無移除效應。但實際上應將其假設為煙陣(puff)，在每個時間步接時計算每個煙陣的乾濕沉降(移除)，並將其移除量累加成地表沉降量(Bq/m²)，能更好的來描述放射性污染物濃度的空間變化，參考了美國海洋大氣總署之 hysplit(The Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory model) version4 中的乾、濕沉降機制。112 年度的研究已將乾沉降的計算加入至原擴散模式，本年度將擴散模式增加濕沉降的計算。許多研究顯示，在降雨事件期間，可溶性或反應性污染物的濕沉降效率可以達到每小時數十百分比的量級 (Barrie, 1981; Slinn et al., 1978; Levine and Schwartz, 1982; Scire and Venkatram, 1985)。氣態污染物主要透過溶解到雲滴和降水中進行沉降，顆粒污染物則透過兩種方式達到濕沉降結果，其一為雲內清除是指污染物在雲滴形成過程中進入液相或固相，隨降水落地；其二為雲下清除，是指污染物在降水過程中被雨滴、雪花或冰雹攜帶並沉降至地面。在源到受體距離為數十至數百公里的範圍內，濕清除能顯著減少羽流中的污染物含量。

濕沉降過程中涉及物理和化學機制，濕沉降估算的方法 (Maul, 1980) 是基於經驗的清除係數法 (Scavenging Coefficient Method)。污染物濃度的衰減可表示為：

$$\chi_{t+\Delta t} = \chi_t \cdot \exp(-\Lambda \cdot \Delta t)$$

其中 χ 是污染物濃度 (單位： g/m^3)； Λ 是清除係數 (Scavenging Ratio)，指的是污染物濕沉降速率的量化指標，單位為 s^{-1} ，它描述了單位時間內，污染物濃度因濕沉降作用減少的比例。清除係數越大，濕沉降效率越高，污染物的濃度在降水過程中會快速下降；反之，清除係數越小，濕沉降效率越低，污染物濃度下降得更慢，傳輸範圍可能更大。清除係數的大小受降水強度、污染物粒徑及降水類型影響。清除係數的公式如下：

$$\Lambda = \lambda \cdot (R/R_1)$$

其中 λ 是基準清除係數（通常 s^{-1} 以為單位）， R 是降水速率（單位： mm/hr ）， R_1 是參考降水速率（一般設定為 $1 mm/hr$ ）。

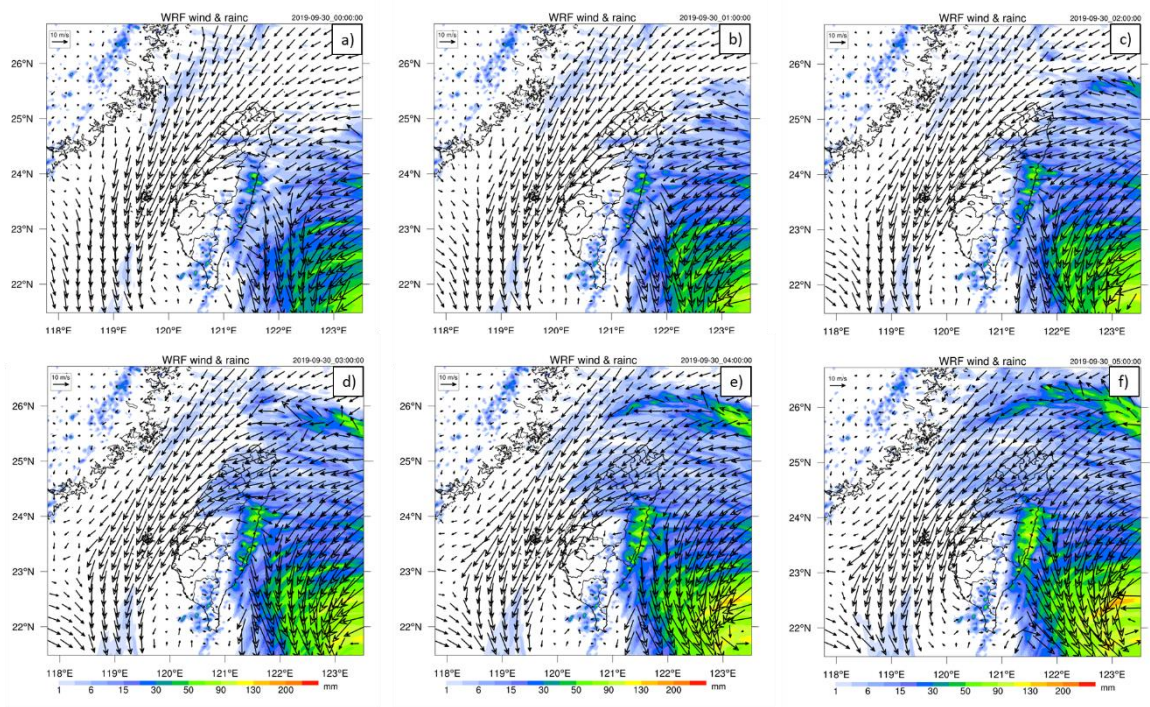
2. 研究成果

根據上述修改 CALPUFF 模式原始的程式碼，並在 CALPUFF 的操作檔中開啟濕沉降模組。利用前面章節模擬台北車站輻射彈事件的假想位置及模擬範圍來比較加入乾、濕沉降模組後與沒有開啟乾、濕沉降模組之差異，模式主要設定其模擬時間為 15 分鐘累積一筆的結果，模擬的核種假定為 Cs-137，核種活度則假設為 20mCi，並在 15 分鐘內釋放完輻射濃度，故其釋放率則為 $8.2E+5$ 每秒貝克，而垂直解析度為 10 層分別為 20 公尺、40 公尺、80 公尺、160 公尺、300 公尺、600 公尺、1000 公尺、1500 公尺、2200 公尺及 3000 公尺，水平解析度為 15 公尺。濕沉降的清除係數設定分為液態降水及凍態降水，在此次研究設定值分別為 $5.0E-5$ (單位： s^{-1}) 及 $1.0E-5$ (單位： s^{-1})。

在氣象場的輸入資料中需要有降雨才有濕沉降的效果，故先從 CWA/WRF 的氣象分析場來挑選模擬時間，從大範圍的風場變化及降雨累積合成圖(如圖四-44 所示)，可以得知在 2019 年 9 月 30 日 00 時 UTC (Coordinated Universal Time) 在臺灣東南方有一個中度颱風逐漸靠近並帶來豐沛的降雨量影響臺灣的東部及北部，因為是針對臺北車站的輻射彈假想事件，故從臺北市區域風場變化及累積降水量合成圖(如圖四-45 所示)來看臺北市區域有降雨的時間為 2019 年 9 月 30 日 03 時 UTC 開始降雨，因為本次研究是累積 15 分鐘的放射性物質污染物擴散濃度分布，故挑選輸入氣象場的時間為 2019 年 9 月 30 日 03 時 UTC 開始至 2019 年 9 月 30 日 04 時 UTC 止。

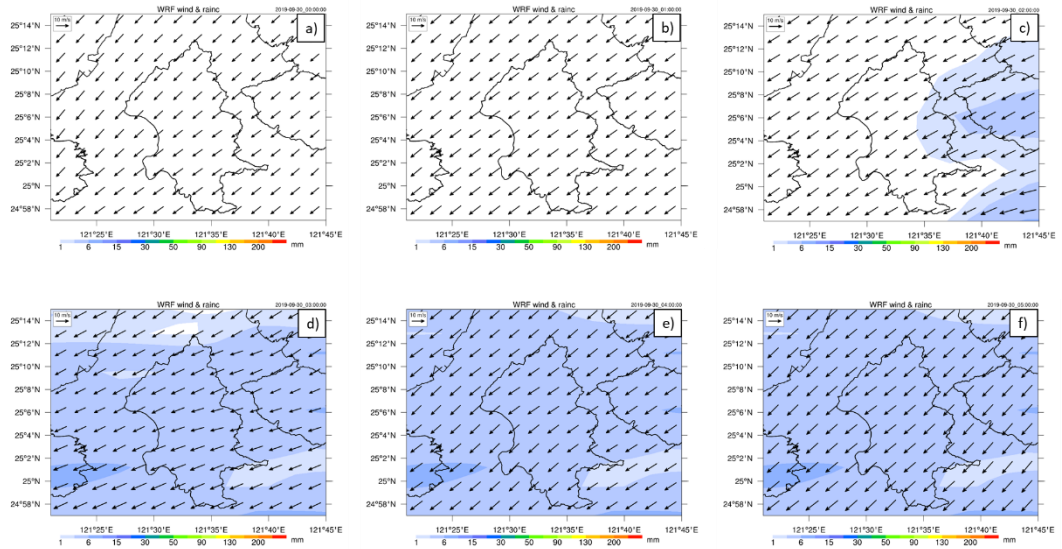
以不包含乾、濕沉降過程(如圖四-46)和包含乾、濕沉降過程(如圖四-47)的模擬放射性物質污染空氣濃度分布進行比較，案例風向是東風，

所以兩個模擬的結果污染物擴散如同前章節的結果，污染物往風向下游方向累積濃度，因吹東風時西行氣流受到臺北車站主體西南側角隅影響在下游側有穴區的累積特徵，故空氣濃度在臺北車站南側有一明顯累積區域。但因為填色的色階間距較大，故從空氣濃度分布比較來看沒有明顯的差異，進而從兩者的差異比較來看(如圖四-48)，則可以看到整體的差異量值最大可達到 552 Bq/m^3 ，亦可看出開啟乾、濕沉降過程的污染物空氣濃度較未開啟乾、濕沉降過程的低，因為污染物經由乾、濕沉降掉至地面，故在空中的濃度會降低。乾、濕沉降的量值從圖四-49和圖四-50 可以看出兩者明顯的差異，當有降雨時能更有效減少污染物的傳輸距離。

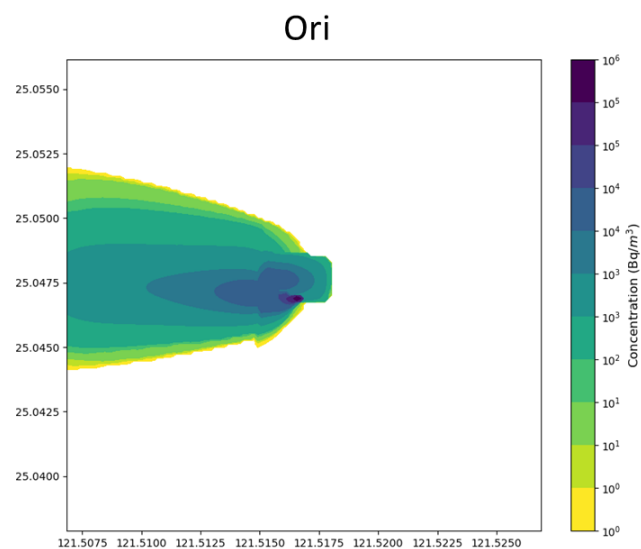


圖四-44 CWA/WRF 氣象分析場的全臺範圍累積雨量與風場變化合成圖。時間分別為(a) 2019 年 9 月 30 日 00 時 UTC (b) 2019 年 9 月 30 日 01 時 UTC (c) 2019 年 9 月 30 日 02 時 UTC (d) 2019 年 9 月 30 日 03 時 UTC (e) 2019 年 9 月 30 日 04 時 UTC (f) 2019 年 9 月 30 日 05 時 UTC (填色部

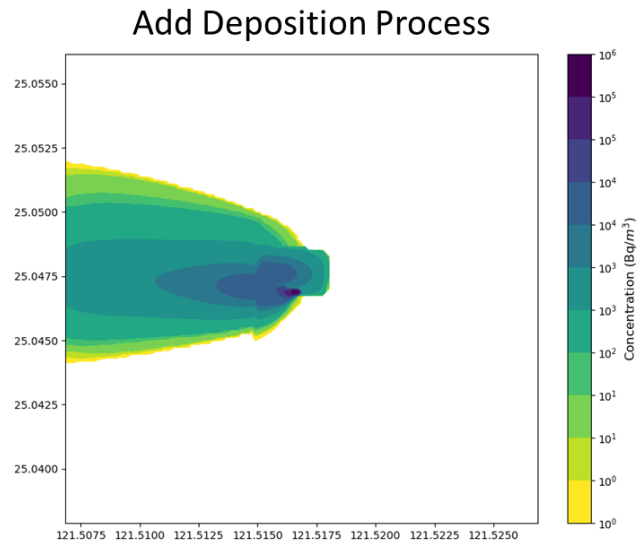
分為累積雨量，單位為 mm/hr)



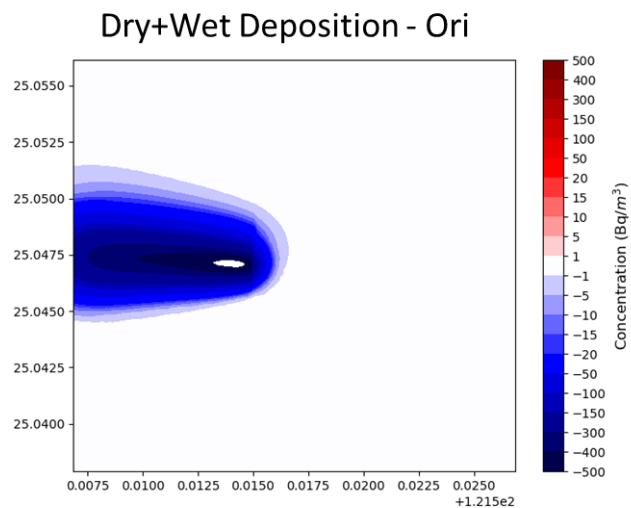
圖四-45 CWA/WRF 氣象分析場的臺北市累積雨量與風場變化合成圖。
時間分別為(a)2019年9月30日00時UTC(b)2019年9月30日01時
UTC(c)2019年9月30日02時UTC(d)2019年9月30日03時UTC(e)
2019年9月30日04時UTC(f)2019年9月30日05時UTC(填色部
分為累積雨量，單位為 mm/hr)



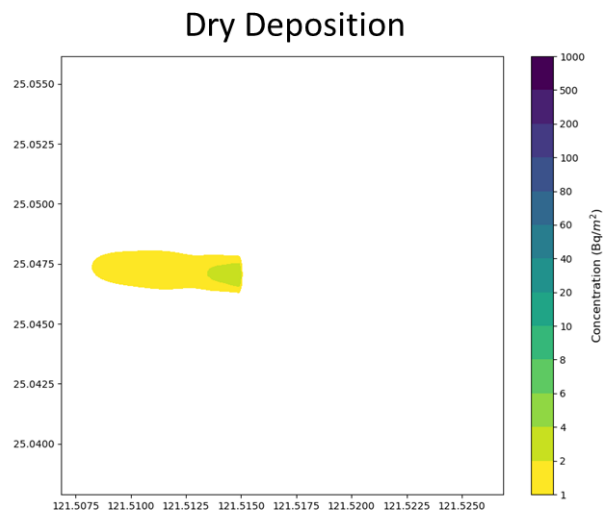
圖四-46 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件，未開啟乾、濕沉降過程，風向為東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(填色部分單位為 Bq/m³)



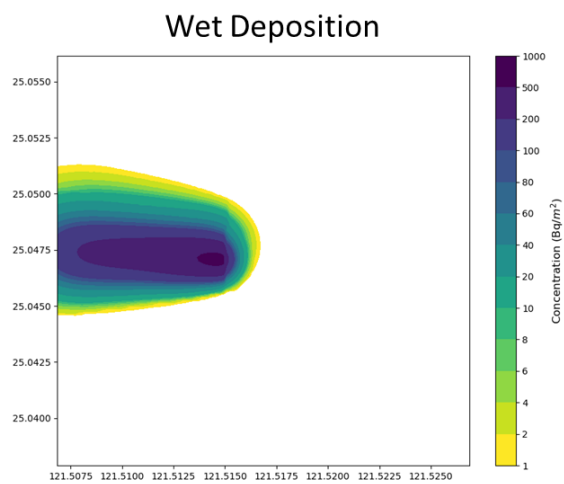
圖四-47 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件，開啟乾、濕沉降過程，風向為東風，核種為 Cs-137，15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(填色部分為濃度柱狀累積分布單位為 Bq/m^3)



圖四-48 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件開啟乾、濕沉降過程模擬結果減未開啟乾、濕沉降過程模擬結果之差異分析(填色部分為濃度柱狀累積分布單位為 Bq/m^3)



圖四-49 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件開啟乾、濕沉降過程模擬之乾沉降放射性污染物濃度分布(填色部分為濃度累積分布單位為 Bq/m^2)



圖四-50 CALPUFF 模擬臺北車站輻射彈事件開啟乾、濕沉降過程模擬之濕沉降放射性污染物濃度分布圖(填色部分為濃度累積分布單位為 Bq/m^2)

(四)精進 CALPUFF 系統模擬結果

1. 系統更新說明

本年度對於系統更新的部分，主要是從建築物影響的部分為出發，將系統在處理建築物影響的程序，從一步法更新為二步法，透過 CALMET 產出分析的氣象風場，作為後續擴散模式的輸入使用，在此針對一步法與二步法稍作說明。

目前放射性物質擴散分析能力中有關建物對擴散影響，採用的是一步法方式流程，圖四-1 中一步法方式係指建築物的外廓資訊以綜合組態參數形式，輸入擴散模式 CALPUFF 內(如圖中所示城市三維近似建物資料庫)，但非直接以整個資料庫輸入，而是根據污染源所在位置，先行計算其周圍半徑 500 公尺內所有建物的綜合影響，故組態參數內含 36 個方位風向的綜合建物影響參數設定值，CALPUFF 則依據氣象資料風場之風向，進而透過擴散參數化法計算，直接反應輸出建築物對污染擴散濃度分布的影響，以上簡稱為一步法。

新方式兩步法有別於一步法的概念，一步法如前段說明，氣象風場是在沒有使用建物資訊的處理程序下進行，而兩步法是將建築物當作地形的一部分進行氣象場的處理，因此氣象風場先受到建物存在而在建物周遭有所改變(風向、風速及垂直運動等)，而後污染源(污染物粒子集合)隨著各個粒子所在位置的三維風場飄散移動，因此建物對污染擴散的影響，與一步法直接以參數化法來計算建物的影響方法不同，兩步法先從建物影響氣象風場，再間接根據污染物粒子隨風移動及擴散計算，來呈現整體污染物受各個建物影響的擴散分布，兩步法在概念上比一步法更貼近真實，然而兩步法則存在著對建築物資訊的依存性，過去還沒有高解析的街廓尺度建築物資料庫時，兩步法難以實踐。

兩步法中氣象風場受建物影響的部分，係指利用近年來快速進步

發展的三維空間數值地形模型，如圖四-51 所示，數值地形模型有兩類，一是數值高程模型(Digital Elevation Model，簡稱 DEM)，一是數值地表模型(Digital Surface Model，簡稱 DSM)，DEM 即指地面海拔高度的數值模型資料(淺藍色線)，而 DSM(紅色線)如圖中所代表的地表地貌海拔高度的數值模型資料，亦即包含地面上的建築物或具辨識度之固定物體的數值模型高度資料，一步法流程中使用是 DEM 類型的地形資料，不涵蓋地面上建築物相關的資訊，而兩步法使用的是 DSM 地形資料，故氣象風場則會在氣象資料降尺度系統(圖四-1 CALMET)中受到存在建築物的數值地形模型資料所影響。

上述 DEM 與 DSM 在圖四-1 流程中，即代表於左上角地形、地貌資料處理的部分作為輸入使用，一步法所使用的 DEM 資料，源自美國 NASA SRTM(Shuttle Radar Topography Mission)所產製的全球數位高程資料，其網格解析度為經度 1 弧秒(於赤道，等於 30.87 公尺長度)；兩步法所使用的 DSM 資料，是內政部地政司衛星測量中心所提供，該資料為空載光達測繪所建置的數值地表模型圖資成果，網格解析度為 1 公尺，目前僅申請取得臺北市、新北市及基隆市等範圍的 DSM 資料，此圖資成果除了金門、馬祖外，臺灣本島和綠島、蘭嶼及澎湖等，該中心都有資料可供申請，由於空載光達測繪的執行，為逐年於不同縣市進行，因此空載光達繪測及數值模型的產製需費時數年才能完成一次完整全臺範圍，故 DSM 更新頻率為 5~6 年一循環。

就臺北市臺北火車站鄰近範圍為例，圖四-52 是 DEM 的海拔高度分布圖，圖中真實範圍為 600 公尺 x 600 公尺，以原始資料的網格解析度(約長寬 30 公尺左右)，透過內插轉換成 3 公尺的網格來使用，故臺北火車站位置鄰近地形海拔高度主要介於 5 米至 20 米間，火車站右側有一處較高於 20 米以上的低丘；圖四-53 是 DSM 的海拔高度分布圖，原資料是網格解析度 1 公尺，透過升尺度網格重繪轉換成 3 公尺網格，

圖中道路與建築物明顯有區別，有 40 多米高的臺北火車站、200 米以上的新光摩天大樓、100 米以上的亞洲廣場大樓及臺大兒童醫院大樓等，同樣的區域，當建築物存在於地形資訊裡時，氣象風場就會因建物群起伏陡峭的坡度變化及阻擋屏蔽作用，而有風向風速及垂直運動上的顯著改變。

因此透過此範例，將針對 DEM 與 DSM 地形資訊下的分析風場進行說明與比較，為能夠更明確比較兩者對氣象風場改變的影響，在氣象風場的初始設定上，採三維空間一致性的風向風速(北風、2m/s)作為氣象風場初始的輸入(初始場網格解析度為 2 公里)，經由 CALMET 處理分析後，各自風場(網格解析度為 3 公尺)的變化情形。

圖四-54 是 DEM 地形條件下，25 米高風場分布圖，風向以風場流線來呈現，整體仍維持北風風向，無顯著可辨識的局部方向變動，風速方面，DEM 地形海拔在 10 米以下屬於較低地勢區域，其上方海拔 25 米處的風速則低於 2m/s，以淺藍色階呈現，而地勢較高的區域，如海拔 20 米以上，風速則高於 2m/s，以淺綠色階表示，變化幅度雖小，但氣流過土丘時的增速現象仍有些微表現，在該範圍內整體風速介於 1.5m/s 至 2.5m/s 間，風向與初始輸入的北風相同。

圖四-55 是 DSM 地形條件下，海拔 25 米高之風場分布圖，白色色階區塊為建築物內部無風場部份，在複雜地形狀況下，風向流線因為建築物屏障導致出現局部清楚方向轉變的情形，在臺北火車站北面，有風向從北風轉為南風逆行的情形，此現象原因是屬於氣流遇到建築物時，建築物迎風面會產生空氣阻塞堆積的相對高壓區，當累積的氣壓梯度力大於原氣流的慣性力時，即會出現回流情形，此特徵同樣出現在其他建築物的迎風面處，阻塞及回流區域屬於相對低風速區。

另外，在新光摩天大樓及亞洲廣場大樓的周圍，建築物兩側都有風向轉彎的氣流線，建築物迎風面兩側的角落，有氣流角隅效應，存在明

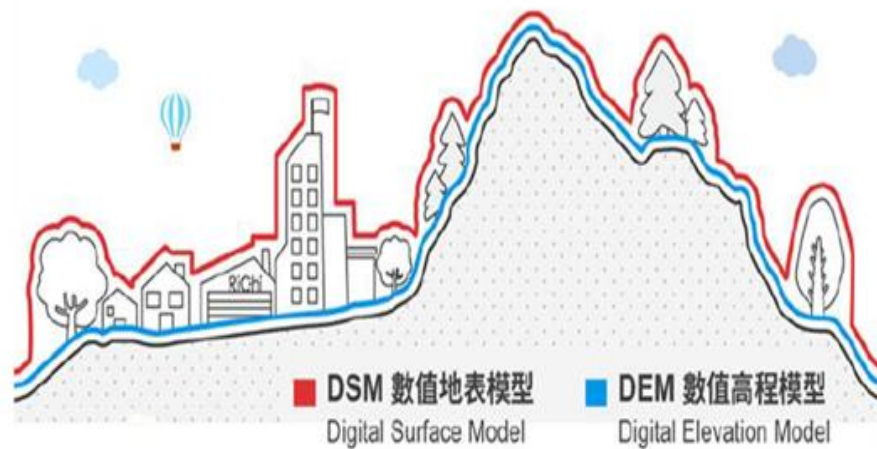
顯的風速增速，而兩棟大樓中間的小路，則因為管道效應同樣也出現風速顯著增快，兩者作用都會產生風速加速，其差別是角隅效應伴隨風向偏轉大，管道效應風向偏轉小，目前高風速區(橘紅色階陰影部分)都有兩種效應加成作用所導致。

除了建築物迎風面有相對高壓區，建築物背風面也有相對低壓的弱風區，也稱建築物的尾流區，迎風面高壓區除了有空氣阻塞而產生的氣壓梯度力，引發下沉輻散運動，同時伴隨垂直風切效果，下沉氣流亦受到連動增強，相對地，建築物後方尾流現象，使得氣流移動緩慢，相對低壓的輻合特性，也在垂直運動上呈現上升情形(圖四-56)，迎風面冷色系色階為下沉氣流，背風面暖色系色階是上升氣流。

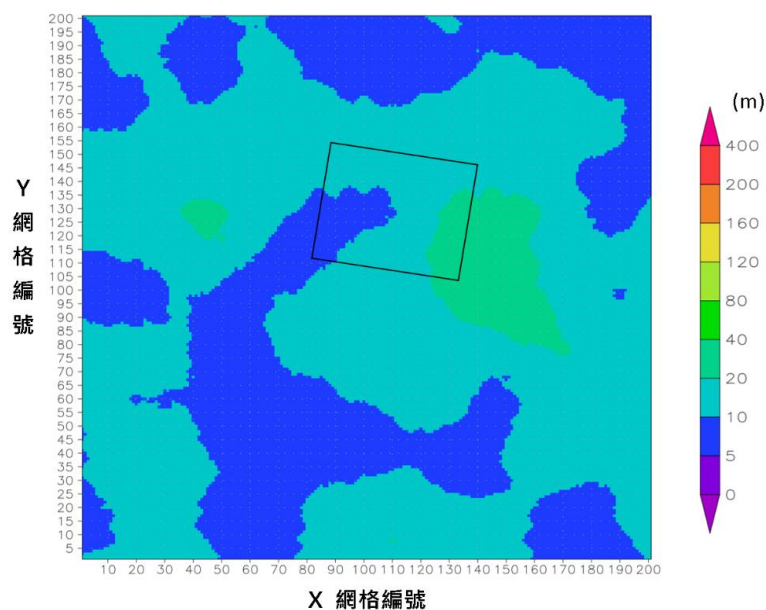
從示範案例中，DEM 與 DSM 條件下處理分析的氣象風場比較來看，DEM 地形變動較平緩，風向近似維持，風速變動小，以該類型的風場傳輸，對於污染物擴散會較單純，接近傳統高斯煙陣單一方向的鎖眼擴散分布型態。當考慮建築物時，需透過擴散的建築物影響參數法，修繪出建築物所在影響的擴散分布。

DSM 在範例區域內，建築物群林立，經過氣象資料降尺度系統 CALMET 分析產出的風場，有建築物兩側的加速繞流、建築物迎風背風的兩處弱風區、建物迎風面垂直下沉運動、背風面垂直上升運動及建物間狹窄通道的管道效應風速增速等現象存在，確實更符合所理解的都市街廓尺度想像應有情況，當污染物在該風場下擴散移動時，傳輸行為將因而有更複雜的分布表示，擴散分布應更加合理。

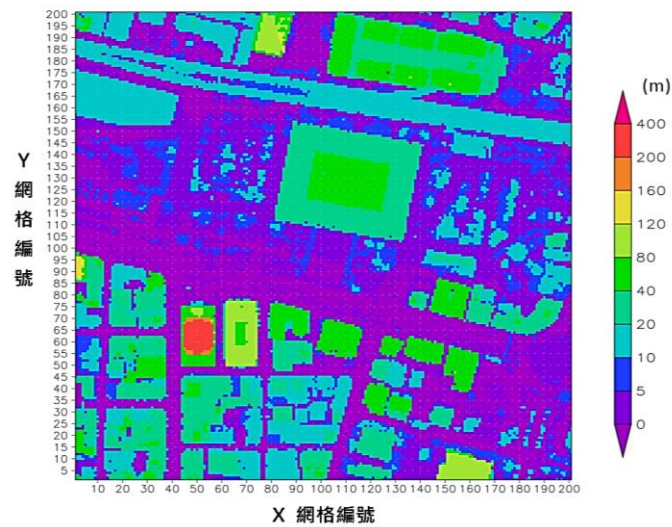
故本年度系統更新的部分，概念從一步法更新為二步法，意即將地形資料輸入從 DEM 改為 DSM，透過受建築物影響的氣象風場作為較合理的懸浮污染物擴散驅動力。



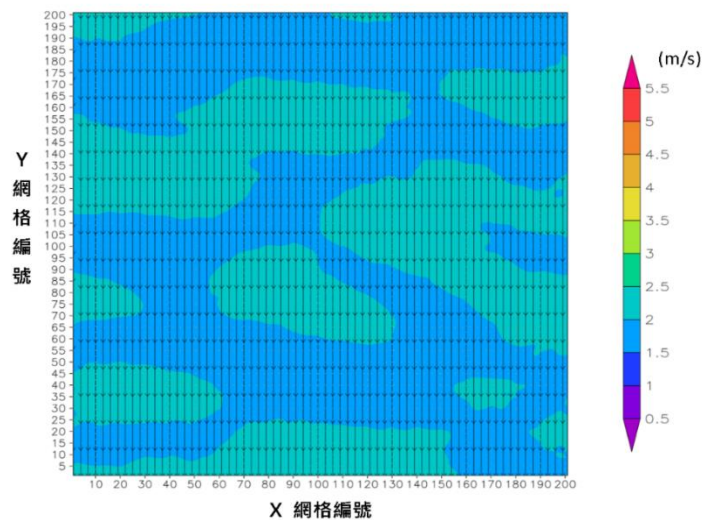
圖四-51 數值地形模型示意圖(淺藍色線為數值高程模型(DEM)，礦土性地面海拔高度；紅色線為數值地表模型(DSM)，地表地貌海拔高度，含地面上具辨識度之固定物體的海拔高度，兩者單位都是公尺。摘自內政部地政司委外廠商瑞竣科技網頁)



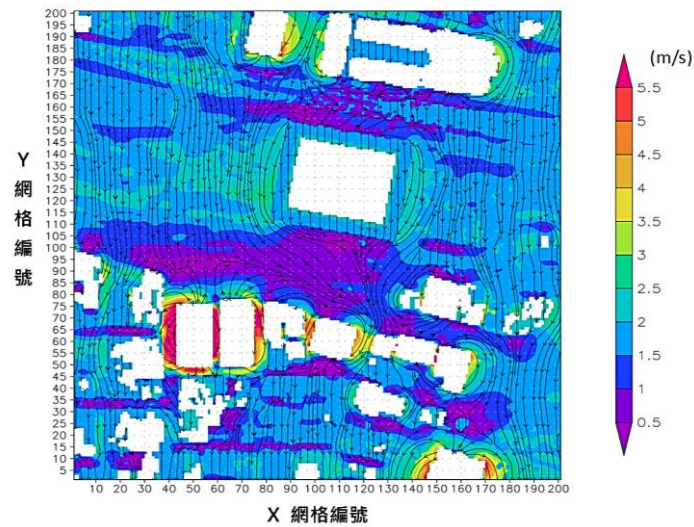
圖四-52 臺北火車站周圍 DEM 海拔高度水平分布圖(橫軸為東西方向網格編號，縱軸為南北方向網格編號，網格尺寸邊長 3x3 公尺，色階陰影區為海拔高度，單位公尺，臺北火車站參考位置為黑色線所在)



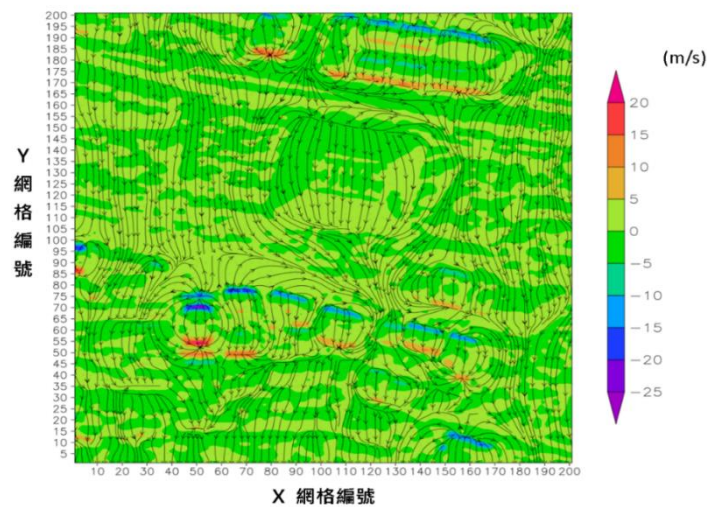
圖四-53 臺北火車站周圍 DSM 海拔高度水平分布圖(橫軸為東西方向網格編號，縱軸為南北方向網格編號，網格尺寸邊長 3x3 公尺，色階陰影區為海拔高度，單位公尺，臺北火車站參考位置同圖四-52)



圖四-54 於 DEM 條件下，海拔 25 米高度之分析風場分布圖(橫軸為東西方向網格編號，縱軸為南北方向網格編號，網格尺寸邊長 3x3 公尺，色階陰影區為水平風速值，單位公尺每秒，黑色箭頭實線為風場流線，代表風向，臺北火車站參考位置同圖四-52)



圖四-55 於 DSM 條件下，海拔 25 米高度之分析風場分布圖(橫軸為東西方向網格編號，縱軸為南北方向網格編號，網格尺寸邊長 3x3 公尺，色階陰影區為水平風速值，單位公尺每秒，黑色箭頭實線為風場流線，代表風向，白色區塊為建築物，臺北火車站參考位置同圖四-52)



圖四-56 於 DSM 條件下，追隨地勢坐標系 25 米高度之垂直運動分布圖(橫軸為東西方向網格編號，縱軸為南北方向網格編號，網格尺寸邊長 3x3 公尺，色階陰影區為垂直風速值，冷色系色階為向下運動，暖色系色階為上升運動，單位公尺每秒，黑色箭頭實線為水平風場流線，代表水平風向。臺北火車站參考位置同圖四-52)

2. 完成模擬臺灣六個直轄市假想輻射彈事件案例

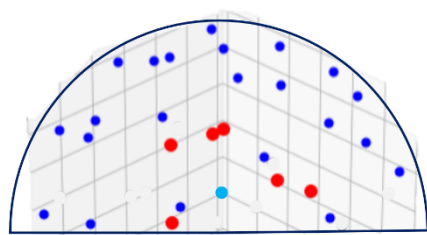
一步法擴散模組主要設定模擬時間為 15 分鐘累積(900s)一筆的結果，模擬的核種假定為 Cs-137，設定為單一次 1 秒內釋放，其釋放率為 $8.2\text{E}+5$ 每秒貝克，而垂直解析度為 10 層分別為 20 公尺、40 公尺、80 公尺、160 公尺、300 公尺、600 公尺、1000 公尺、1500 公尺、2200 公尺及 3000 公尺，根據人潮眾多及可能常舉辦大型活動之條件，挑選出臺北 101、臺北火車站、臺北小巨蛋、臺北大巨蛋、桃園機場、板橋運動場，六個位於直轄市的案例模擬地點如表四-4 所示，風向及風速的模擬設定以事件地點近三年的最常發生的風向及平均風速輸入進一步法擴散模組裡進行放射性物質污染物擴散模擬，臺北市近三年的最高風向頻率為東風，平均風速為 1.43m/s；板橋運動場風向設定為東北東風，風速為 1.43m/s；桃園機場風向設定為東北風，風速為 5.0m/s，並皆開啟乾沉降模組進行計算。

表四-4 六個位於直轄市的假想輻射彈事件模擬地點

模擬地點	輻射彈位置
臺北101	25.033080° N 121.564885° E
臺北火車站	25.047027° N 121.516869° E
臺北小巨蛋	25.051299° N 121.550484° E
臺北大巨蛋	25.041693° N 121.558591° E
桃園機場	25.076190° N 121.232150° E
板橋運動場	25.013565° N 121.457138° E

二步法擴散模組模擬假想輻射彈事件設定爆炸粒子分布如圖四-57

所示，總釋放量與前一節一步法相同，為 $8.2\text{E}+5$ 貝克每秒，以半球體的顆粒分布方式，描述在地面上爆炸之輻射彈爆炸後初始之粒子分布狀態，中心點(淺藍色點)1 個點釋放濃度為 $2.42\text{E}+5$ 貝克每秒，第 1 圈半徑 5 公尺之球面上平均分布 6 個點，釋放濃度為 $2.53\text{E}+4$ 貝克每秒，第 2 圈半徑 10.0 公尺之球面上平均分布 24 個點，釋放濃度為 $1.56\text{E}+3$ 貝克每秒，另外以球體狀分布的下半部分，視為爆炸當下即落在釋放點周圍之沉降量，模擬設定時，占總釋放量一半 $4.1\text{E}+5$ 貝克每秒，並視為在中心點的一個顆粒進行釋放。而核種的選用為 Cs-137，釋放皆為單次釋放 1 秒釋放完，粒子軌跡追蹤為 5 分鐘，每 10 秒輸出一度濃度和軌跡積分結果，且每 1 秒積分計算一次，共累積 5 分鐘的放射性物質污染物擴散空氣濃度和沉降濃度分布。假想輻射彈事件的位置及氣象條件如前面章節的設定。



Center: $2.42\text{E}+05\text{Bq}(\sigma=1.25)$
Radius 5M: $2.53\text{E}+04\text{Bq}(\sigma=2.5)$
Radius 10M: $1.56\text{E}+03\text{Bq}(\sigma=4.08)$

On the ground: $4.1\text{E}+05\text{Bq}(\sigma=4.08)$
(沉降速度設為 0.1 m/s)

圖四-57 二步法擴散模組模擬爆炸粒子分布

3. 假想輻射彈事件模擬結果

在臺北 101 的案例比較中，風向為東風，風速為 1.43m/s ，一步法的結果(圖四-58)的空氣柱狀累積濃度分布，往風向下游傳送，呈現高斯分布，最高累積濃度達到 $5\text{E}+3\text{ Bq/m}^3$ ，而地表沉降濃度則有 1.0Bq/m^2 ，二步法中，圖四-64 左呈現地表濃度，與一步法的濃度呈現柱狀累積不同，故可看到其沿著街道的濃度分布，並在多個建築物邊呈現區域的濃

度累積，最高濃度可達 $1\text{E}+5\text{Bq}/\text{m}^3$ ，沉降濃度則可達到 $1\text{E}+6\text{Bq}/\text{m}^2$ ，並在釋放地點的北方，建築物的直角空地處，亦有沉降量的累積，呈現受建築物影響風速減速所造成，濃度達 $1\text{E}+5\text{Bq}/\text{m}^2$ ，且整體的濃度分布以信義路的北方為主，可顯著看到濃度受到建築物影響的情況。

在臺北車站的案例比較中，一步法的結果(圖四-58)有明顯受到臺北車站主建物的影響造成不利擴散傳輸，導致堆積累積濃度，且在等值線 $5\text{E}+5\text{Bq}/\text{m}^3$ 以上的濃度因吹東風時西行氣流受到臺北車站主體西南側角隅影響在下游側有穴區的累積特徵，故空氣濃度在臺北車站西南側有一明顯累積區域，而地表沉降濃度最高則只有 $0.01\text{Bq}/\text{m}^2$ ，二步法中，如圖四-65 呈現有類似原爆炸設定的球體濃度分布，且有數個高值，此球體濃度分布，其原因與爆炸源之下風向處為較空曠處，故風向減速較少，濃度計算時間間隔不夠小時，產生濃度不連續的狀況。

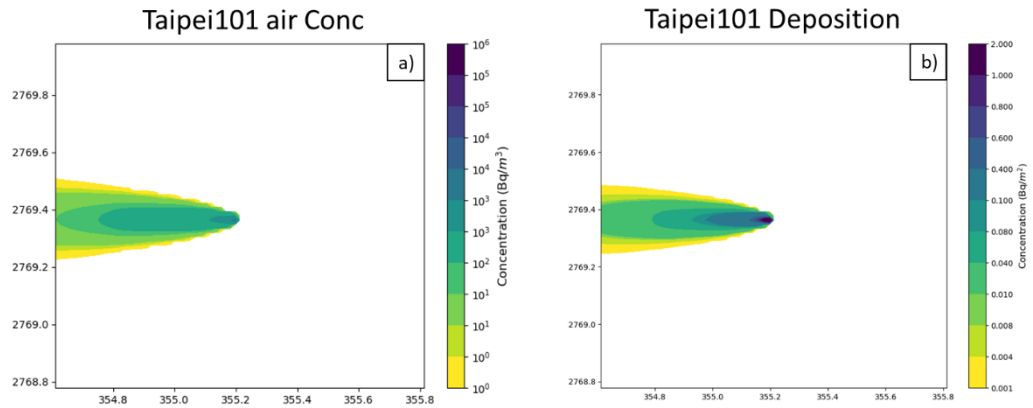
在臺北小巨蛋的案例比較中一步法的結果(圖四-60)在空氣柱狀累積濃度分布，往風向下游傳送，呈現高斯分布，最高累積濃度達到 $5\text{E}+3\text{Bq}/\text{m}^3$ ，而地表沉降濃度則有 $1.0\text{Bq}/\text{m}^2$ ，二步法中，圖四-66 左呈現地表濃度，與一步法的濃度呈現不同，故可看到其沿著街道的濃度分布，並在多個建築物邊呈現區域的濃度累積，最高濃度可達 $1\text{E}+4\text{Bq}/\text{m}^3$ ，沉降濃度則可達到 $5\text{E}+4\text{Bq}/\text{m}^2$ ，並在釋放地點的西方，建築物的邊角處，亦有沉降量的累積，濃度達 $5\text{E}+4\text{Bq}/\text{m}^2$ ，且整體的濃度分布在南京東路三段及敦化北路 60 巷附近為主，可顯著看到濃度受到高低建築物影響的情況。

在臺北大巨蛋的案例比較中一步法的結果(圖四-61)在空氣柱狀累積濃度分布，可以看見明顯受到臺北大巨蛋主建物的影響造成不利擴散傳輸，導致堆積累積濃度型態，往風向下游傳送，呈現高斯分布，最高累積濃度達到 $1\text{E}+6\text{Bq}/\text{m}^3$ ，而地表沉降濃度則只有 $0.004\text{Bq}/\text{m}^2$ ，二步法中，圖四-67 左呈現地表濃度，在大巨蛋及其附近建築物邊呈現區

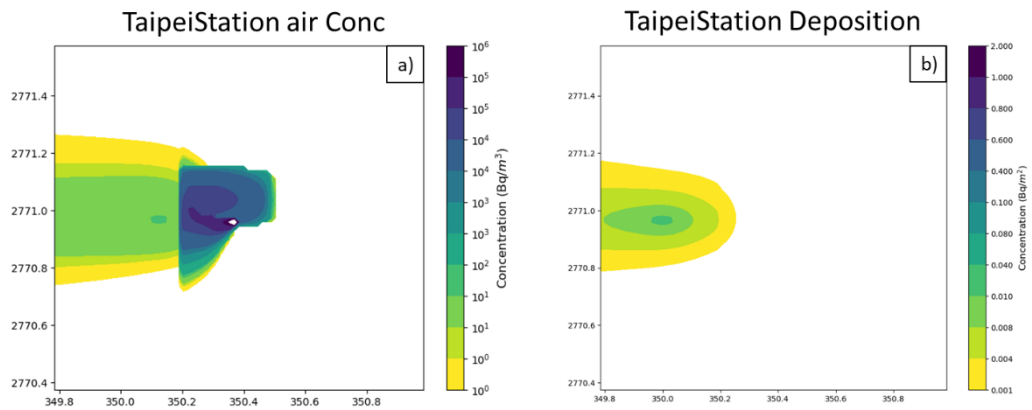
域的濃度累積，最高濃度可達 $1\text{E}+6\text{Bq}/\text{m}^3$ ，沉降濃度則可達到 $1\text{E}+6\text{Bq}/\text{m}^2$ ，並在釋放地點的西方，大巨蛋的西南側空地及光復南路上，亦有沉降量的累積，濃度達 $1\text{E}+6\text{Bq}/\text{m}^2$ ，且沉降濃度分布與單一高斯分布相當不同，隨著放射性雲團的垂直方向移動，影響其沉降量的量值，雲團較靠近地面時，沉降量大，反之，雲團位置較高時，沉降量較小。整體的濃度分布在光復南路、光復南路 204 巷及光復南路 200 巷為主，可顯著看到濃度受到高低建築物影響的情況。

在桃園機場的案例使用之風向為東北風，風速 5m/s ，一步法的結果(圖四-62)在空氣柱狀累積濃度分布，可以看見明顯受到桃園機場二航廈建物的影響造成不利擴散傳輸，導致堆積累積濃度，往風向下游傳送，呈現高斯分布，最高累積濃度達到 $1\text{E}+6\text{Bq}/\text{m}^3$ ，而地表沉降濃度則有 $0.4\text{Bq}/\text{m}^2$ ，二步法中，如圖四-68 左，地表濃度最大值 $1\text{E}+4\text{Bq}/\text{m}^3$ ，地表沉降濃度最大值 $1\text{E}+6\text{Bq}/\text{m}^2$ ，相似於臺北車站的二步法模擬結果，在風速較快時，時間解析度不足夠，濃度的分布會呈現斷開的狀況，後續在二步法的擴散模式可針對此部分的計算進行調整。

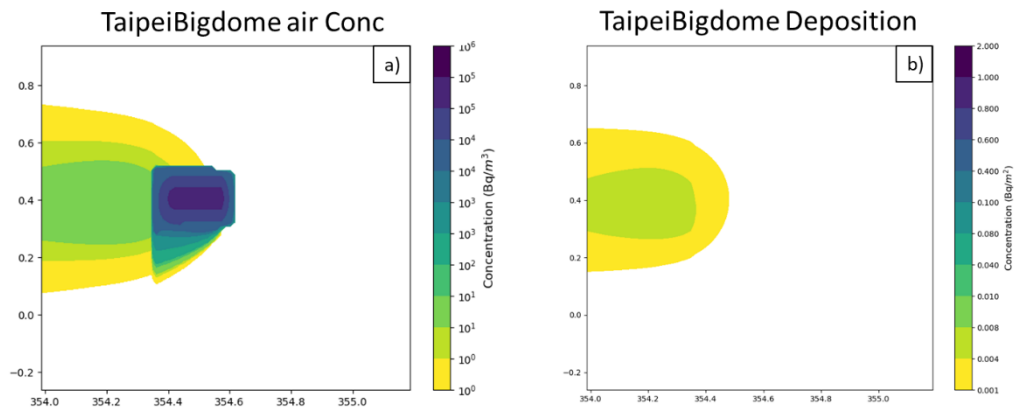
在板橋運動場的案例中一步法的結果(圖四-63)在空氣柱狀累積濃度分布，可以看見明顯受到板橋第二運動場體育館建物的影響造成不利擴散傳輸，導致堆積累積濃度型態，往風向下游傳送，呈現高斯分布，最高累積濃度達到 $1\text{E}+6\text{Bq}/\text{m}^3$ ，而地表沉降濃度則只有 $0.01\text{Bq}/\text{m}^2$ ，二步法中，圖四-69 左呈現地表濃度，在釋放源下風向處的建築物密布時，風速減弱相當顯著，地表濃度沿著街道分布，並在體育館西側及中正路 39 巷中呈現較大的濃度累積，地表濃度最高濃度可達 $5\text{E}+5\text{Bq}/\text{m}^3$ ，沉降濃度則可達到 $1\text{E}+6\text{Bq}/\text{m}^2$ ，並離爆炸中心越遠的地方濃度較小，濃度擴散分布也可以較一步法的結果更清楚看見街道分布的特徵，在沉降部分，主要集中在爆炸點附近，在建築後及巷道中有明顯的弱風區，使得濃度容易堆積在建物後方及巷道中。



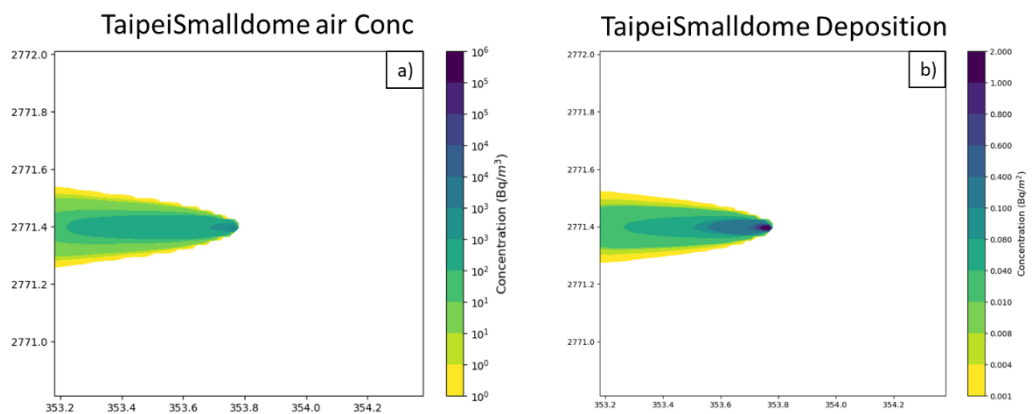
圖四-58 一步法擴散模組模擬臺北 101 輻射彈事件，風向為東風，核種為 Cs-137，(a)15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(填色部分為濃度柱狀累積分布單位為 Bq/m^3)及(b) 15 分鐘累積地面沉降濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^2)



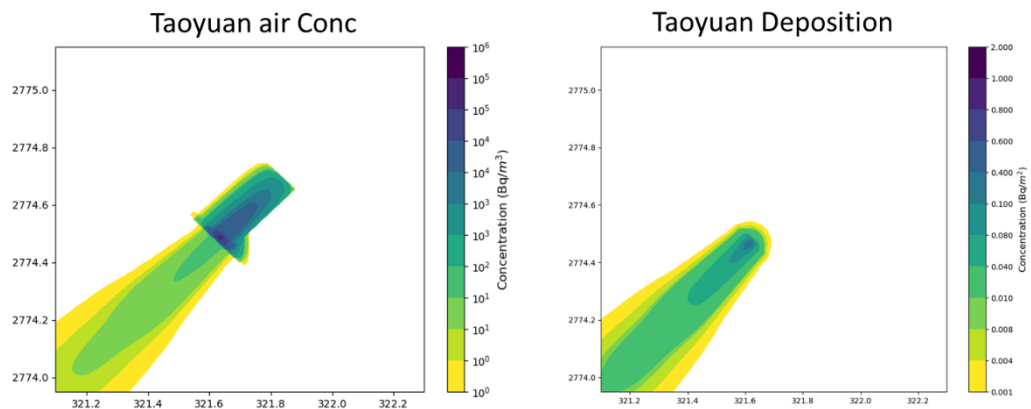
圖四-59 一步法擴散模組模擬臺北車站輻射彈事件，風向為東風，核種為 Cs-137，(a)15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^3)及(b) 15 分鐘累積地面沉降濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^2)



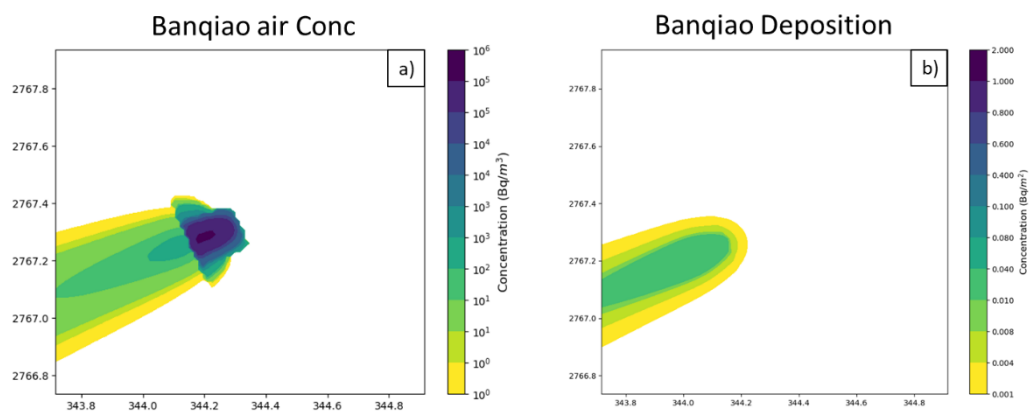
圖四-60 一步法擴散模組模擬臺北小巨蛋輻射彈事件，風向為東風，核種為 Cs-137，(a)15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^3)及(b) 15 分鐘累積地面沉降濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^2)



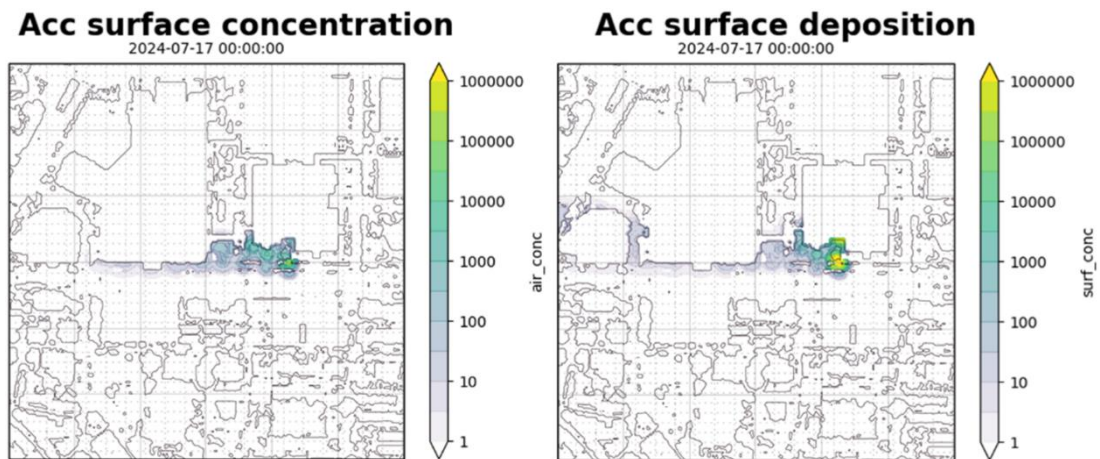
圖四-61 一步法擴散模組模擬臺北大巨蛋輻射彈事件，風向為東風，核種為 Cs-137，(a)15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^3)及(b) 15 分鐘累積地面沉降濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^2)



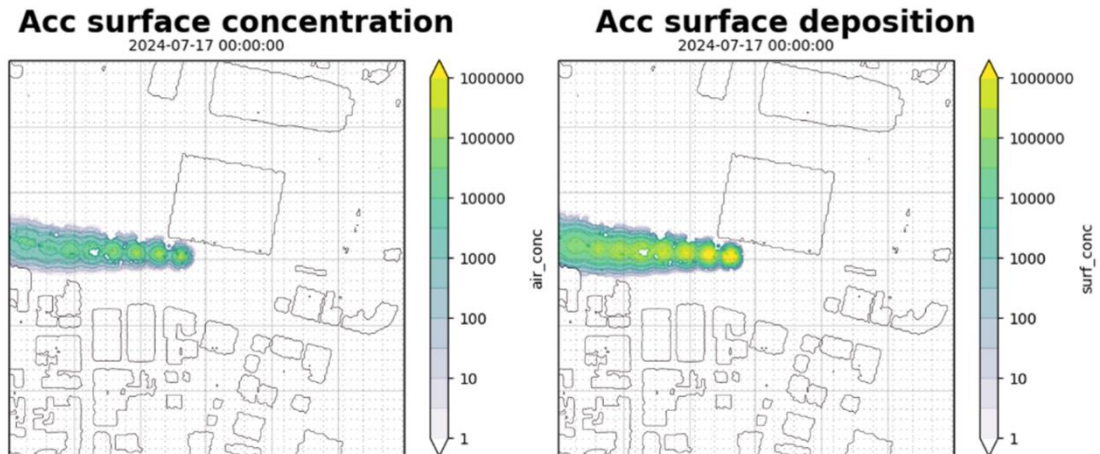
圖四-62 一步法擴散模組模擬桃園機場輻射彈事件，風向為東北風，核種為 Cs-137，(a)15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^3)及(b) 15 分鐘累積地面沉降濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^2)



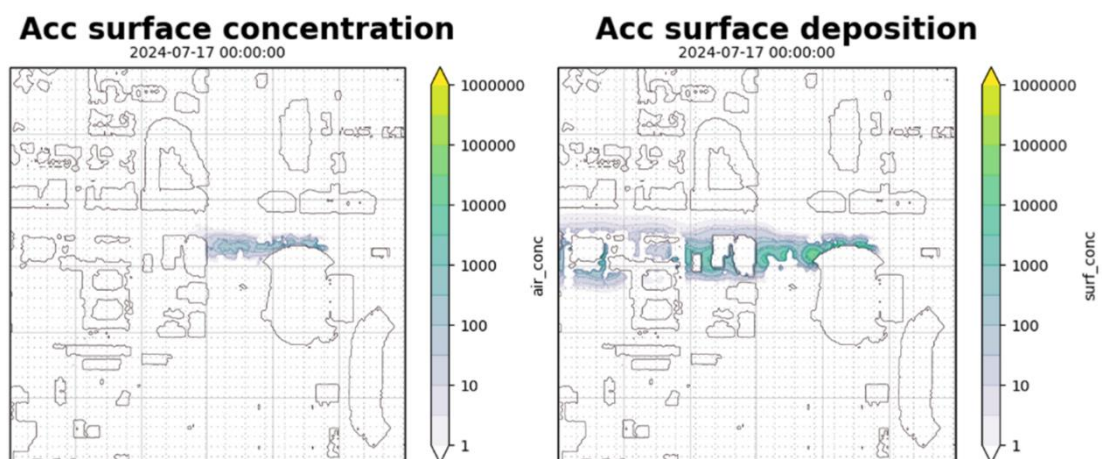
圖四-63 一步法擴散模組模擬板橋運動場輻射彈事件，風向為東北風，核種為 Cs-137，(a)15 分鐘累積柱狀空氣濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^3)及(b) 15 分鐘累積地面沉降濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^2)



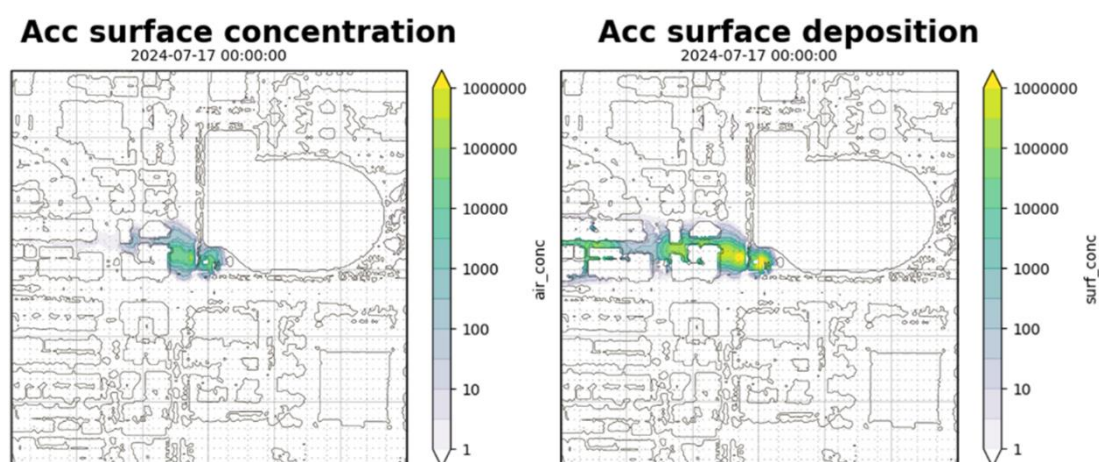
圖四-64 二步法擴散模組模擬臺北 101 輻射彈事件，風向為東風，核種為 Cs-137，(a)5 分鐘累積地面層空氣濃度分布(填色部分為濃度累積分布單位為 Bq/m^3)及(b) 5 分鐘累積地面沉降濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^2)



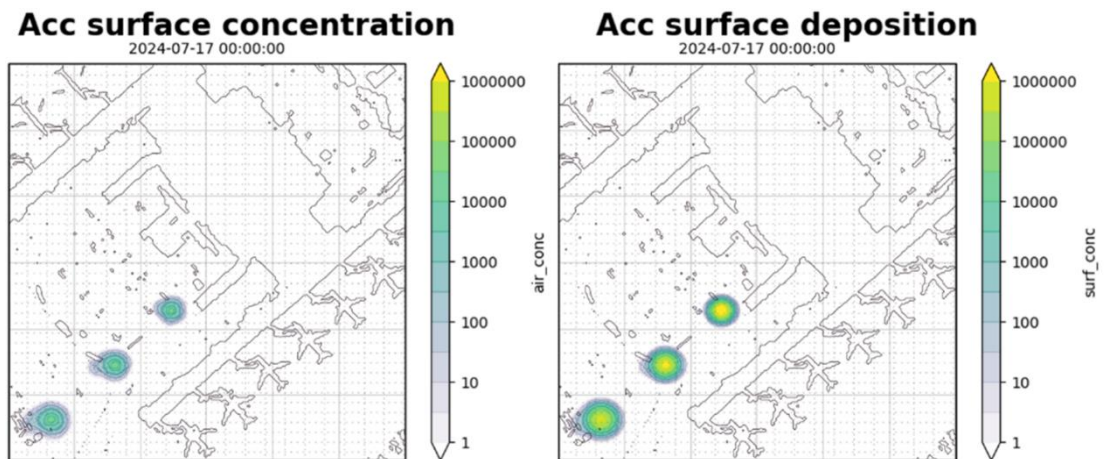
圖四-65 二步法擴散模組模擬臺北車站輻射彈事件，風向為東風，核種為 Cs-137，(a)5 分鐘累積地面層空氣濃度分布(填色部分為濃度累積分布單位為 Bq/m^3)及(b) 5 分鐘累積地面沉降濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^2)



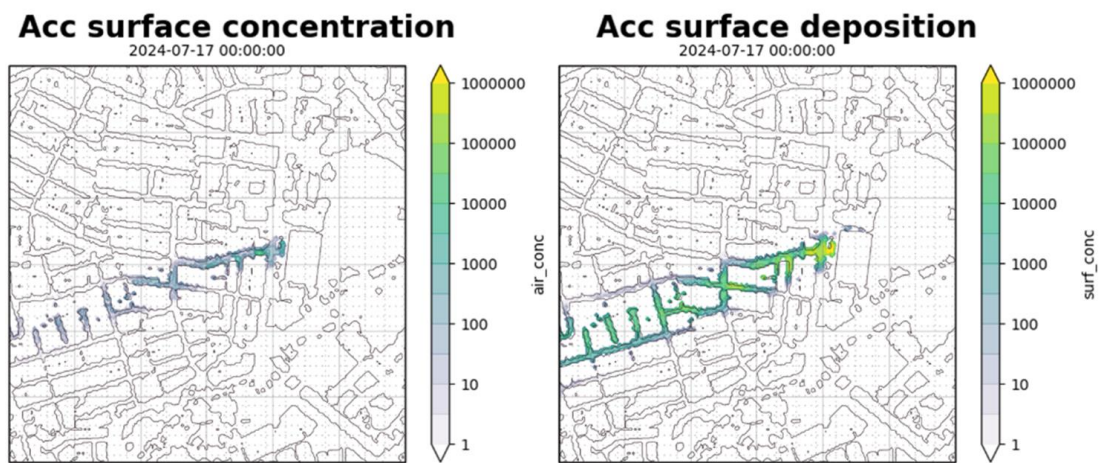
圖四-66 二步法擴散模組模擬臺北小巨蛋輻射彈事件，風向為東風，核種為 Cs-137，(a)5 分鐘累積地面層空氣濃度分布(填色部分為濃度累積分布單位為 Bq/m^3)及(b) 5 分鐘累積地面沉降濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^2)



圖四-67 二步法擴散模組模擬臺北大巨蛋輻射彈事件，風向為東風，核種為 Cs-137，(a)5 分鐘累積地面層空氣濃度分布(填色部分為濃度累積分布單位為 Bq/m^3)及(b) 5 分鐘累積沉降濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^2)



圖四-68 二步法擴散模組模擬桃園機場輻射彈事件，風向為東北風，核種為 Cs-137，(a)5 分鐘累積地面層空氣濃度分布(填色部分為濃度累積分布單位為 Bq/m^3)及(b) 5 分鐘累積沉降濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^2)



圖四-69 二步法擴散模組模擬板橋運動場輻射彈事件，風向為東風，核種為 Cs-137，(a)5 分鐘累積地面層空氣濃度分布(填色部分為濃度累積分布單位為 Bq/m^2)及(b) 5 分鐘累積沉降濃度分布(填色部分為濃度分布單位為 Bq/m^2)

4. 結論及未來發展規劃

本年度對於系統更新的部分，主要是從建築物影響的部分為出發，將系統在處理建築物影響的程序，從一步法更新為二步法，透過 CALMET 產出分析的氣象風場，作為後續擴散模式的輸入使用，且二步法中的擴散模式使用的是原 CALPUFF 以外的擴散模式，進行六個案例模擬時，亦將一步法擴散組合與二步法擴散組合模擬出的結果進行比較分析。

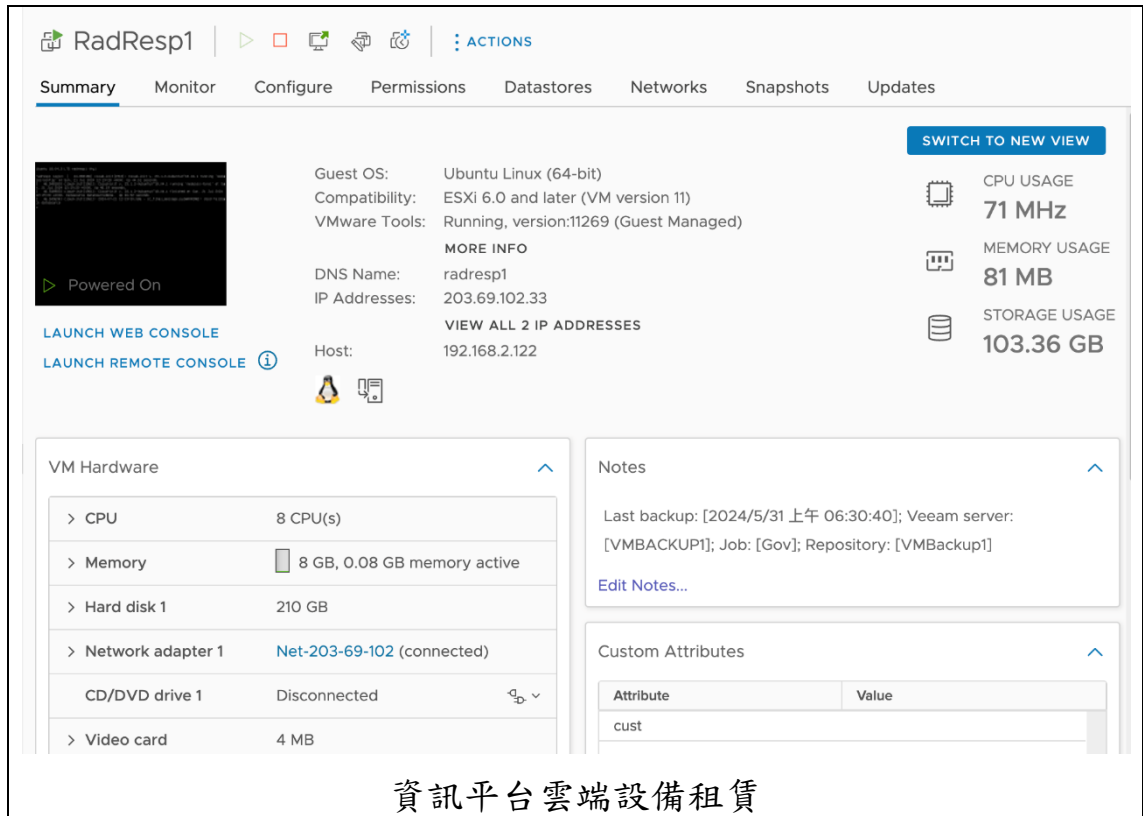
一步法與二步法結果相比之下，發現雖然二步法擴散模組仍屬在開發階段，但因一步法之擴散模式原有程式設計並沒有可輸出各垂直分層單層濃度分布的功能，相對二步法之擴散模式可以選擇輸出垂直上的某單一層濃度分布，垂直分層中尤以近地面幾層的分布對於輻應隊的應變策略最為重要，再者二步法之擴散模式因為可只顯示近地面分層的濃度，就可清楚看出放射性物質污染物擴散分布在建物與街道之間的結果，而不會因為一步法時，垂直所有層空氣柱狀累積濃度而導致難以區分街廓的濃度分布。另外，在兩種方式比較下，可看到沉降量的比較相差非常多，原因是因為在二步法中的沉降量可藉由不同顆粒設置沉降速度並且增加物質向下之運動，而一步法的僅用固定的參數進行計算，其考慮的完整性稍嫌不足。

未來仍需針對二步法的擴散模擬方法進行研發，其中應如何設置爆炸模組，使輻射彈爆炸後，造成的放射性物質粒子分布以更合理的形式輸入擴散模擬、模擬的時間步長，將是未來規劃改良的重點，以及讓二步法的模擬運算速度能夠符合緊急應變需求的設定評估。

五、完備應變設備整備相關作業

(一) 維持「輻射災害應變資訊平台」應變量能

委由專業廠商提供雲端空間設備與網路頻寬及 IP 位置租賃，進行 SSL 加密憑證、每日系統備份，保存最近 3 個月之資料，如圖五-1。



The screenshot displays the VMware vSphere interface for a virtual machine named **RadResp1**. The interface is divided into several sections:

- Summary Tab:** Shows the VM's status as **Powered On**. Key details include:
 - Guest OS:** Ubuntu Linux (64-bit)
 - Compatibility:** ESXi 6.0 and later (VM version 11)
 - VMware Tools:** Running, version:11269 (Guest Managed)
 - DNS Name:** radresp1
 - IP Addresses:** 203.69.102.33
 - Host:** 192.168.2.122
- Performance Metrics:** Located on the right, showing:
 - CPU USAGE:** 71 MHz
 - MEMORY USAGE:** 81 MB
 - STORAGE USAGE:** 103.36 GB
- VM Hardware:** A table listing the VM's configuration:

Component	Configuration
CPU	8 CPU(s)
Memory	8 GB, 0.08 GB memory active
Hard disk 1	210 GB
Network adapter 1	Net-203-69-102 (connected)
CD/DVD drive 1	Disconnected
Video card	4 MB
- Notes:** A section for adding or editing notes, containing the text: "Last backup: [2024/5/31 上午 06:30:40]; Veeam server: [VMBACKUP1]; Job: [Gov]; Repository: [VMBBackup1]".
- Custom Attributes:** A table for custom attributes:

Attribute	Value
cust	

資訊平台雲端設備租賃



Safari 正在使用加密連線來連接 radresp.radmon.info。

使用數位憑證來加密，可讓你與 https 網站「radresp.radmon.info」傳送和接收資訊時確保資訊的隱密性。

ISRG Root X1

↳ R11

↳ radresp.radmon.info



radresp.radmon.info

簽發人：R11

到期日：2024 年 12 月 3 日 星期二 台北標準時間 19:31:36

✔ 此憑證是有效的

> 信任

> 詳細資訊

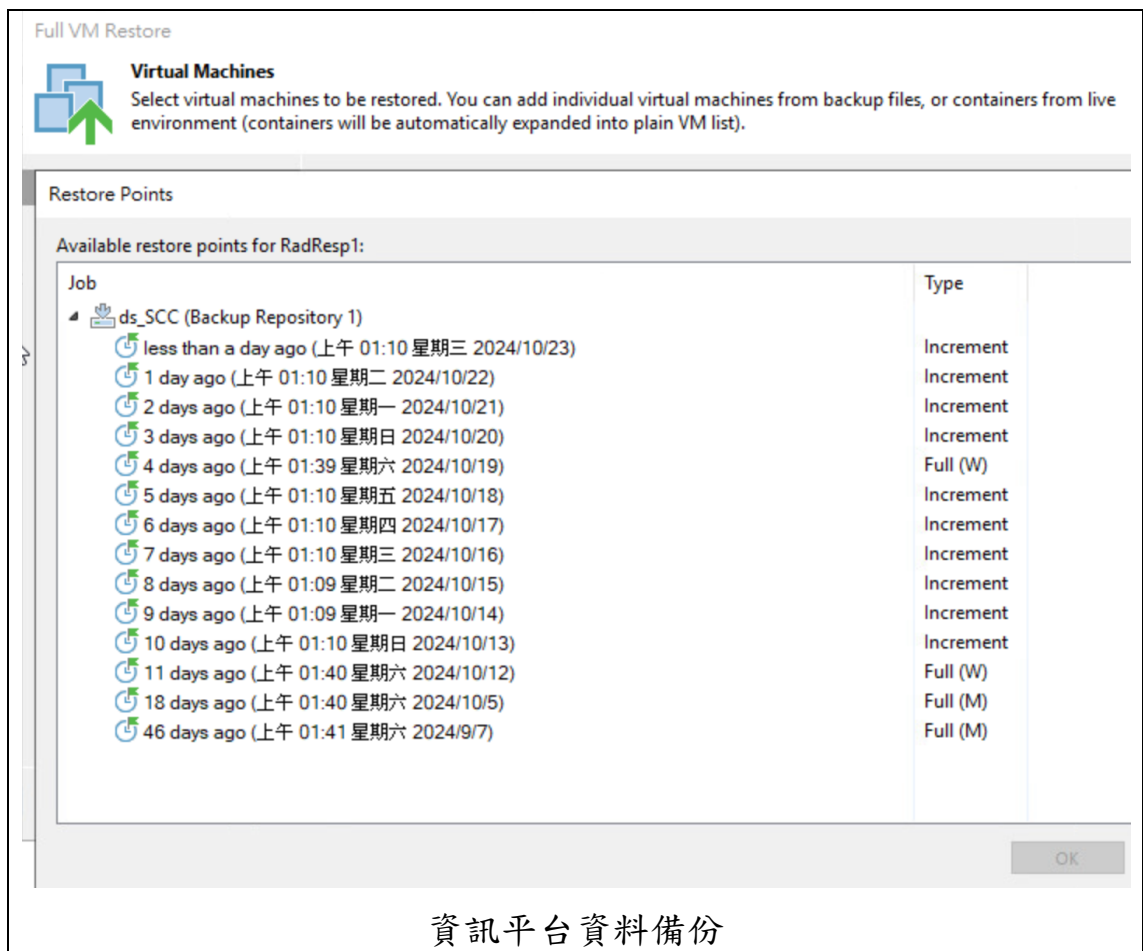
?

隱藏憑證

好

▶ 切換至現場端

資訊平台 SSL 加密



圖五-1、資訊平台雲端設備租賃、加密與資料備份

並完成年度功能修訂與測試如附件，以供萬一災害發生時，輻射應變技術隊人員間輻射偵測資訊、任務發布與回復資訊快速流通、地圖化，加速決策與實施行動作業。

(二) 平時整備

本年度因應輻射應變技術隊需求，購置 1 台輻射偵檢儀器、5 套運動攝影機與頭戴配件、膠帶與膠鞋若干，如圖五-2，以備不時之需，提供人員輻射偵測作業所需與作業安全保障。



輻射偵檢器與攜行箱



運動攝影機與頭戴配件



防水膠帶 35 捲



紙膠帶 35 捲



膠鞋 6 雙

圖五-2、平時整備購置之裝備器材照片

六、 未來展望

(一) 精進輻災應變人員訓練

本年度 2 梯次訓練分別有不同的主要對象(第一梯次為輻應隊成員、第二梯次為第一線應變人員)，學員滿意度均達 9 成以上。

1. 關於第二梯次有 1 位學員希望於訓練地點大門門禁處設置引導人員之建議，未來建議由本院承辦人員擔任引導人員，並由第一節課之講師負責開場前後之場控。

2. 關於第二梯次有 1 位學員希望針對第一線應變人員的課程，或可調整課程設計上的比重，加強方向有輻射災害對應變人員的風險、評估、處置風險；如無法處理有哪些支援單位、如何聯繫、建立共識。

(1) 建議未來輔以非破壞檢驗射源遺失意外之輻射偵測、搜索射源的虛擬實境互動教材，就實際情境與輻射條件來討論。

(2) 建議請中央輻射災害主管機關或轄屬單位，支援適當層級之講師，針對不同行政單位橫向或縱向聯繫、合作之相關議題，與第一線應變人員進行溝通與建立共識。

(二) 建置虛擬實境模擬訓練單元

本年度完成以手持式裝置模擬輻射偵測儀器、污染偵檢等各類儀器操作，以頭戴式裝置內建螢幕顯示虛擬三維空間場景、虛擬待測人員、虛擬待測物等對象，與虛擬儀器及其顯示數據，製作單人互動式應變模擬訓練單元。

未來將以非破壞檢驗意外事件為腳本，針對輻射應變技術隊權責與協助第一線應變人員應變之任務，建置虛擬實境模擬訓練單元，可更完整呈現前述事件應變方法、人員作業等資訊。

(三) 完備應變設備整備相關作業

本年度已購置運動攝影機協助輻射應變技術隊進行與民眾相關的任務，建議未來可建置偵測背包，整合偵測器、GPS 定位系統、小型工業電腦、無線網路通訊等設備，便於輻射應變技術隊進行需要於公眾場合低調偵測、不擾民的任務。

參考文獻

- [1]. <https://www-news.iaea.org/ErfView.aspx?mId=eaeb776c-e350-4185-adf2-e930b44abe06> , 112/05/19、NRC EN55511。
- [2]. THE RADIOLOGICAL ACCIDENT IN VENTANILLA , INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCYVIENNA, 2019.
- [3]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666555722000636> 。
- [4]. https://www.nusc.gov.tw/%E7%B7%8A%E6%80%A5%E6%87%89%E8%AE%8A/%E5%B0%8D%E4%BA%BA%E7%9A%84%E5%BD%B1%E9%9F%BF/%E8%BC%BB%E5%B0%84%E5%8A%91%E9%87%8F%E6%AF%94%E8%BC%83%E5%9C%96--5_40_873.html
- [5]. National Urban Security Technology Laboratory, “Radiological Dispersal Device(RDD) Response Guidance Planning for the First 100 Minutes” , 2017.
- [6]. <https://www.youtube.com/watch?v=qDOQApRmk5Q>, 20220630.
- [7]. 輻射災害第一線應變人員手冊，核安會，110 年二版。
- [8]. 核子事故輻射監測中心民眾及應變人員輻射偵測作業程序書，輻射偵測中心，112.12.22。

附件

「輻射事件應變資訊平台」

平台維運與功能測試結果說明

中華民國 113年10 月 15 日

平台測試網址

<https://radresp.radmon.info/c2023/>

壹、 設備租賃

因本案訓練及使用需求，由廠商於履約期間，提供雲端伺服器1套，相關租金、維護費用等成本

由廠商負擔，雲端伺服器系統需求如下：

- 一. 8Core 2Ghz CPU 或以上。
- 二. 8G Memory RAM 或以上。
- 三. 200GB 以上硬碟空間。
- 四. 採用 Linux 作業系統。
- 五. 提供最高可達 500M 網路頻寬。
- 六. 提供至少一個 IP位置。
- 七. 提供至少一個網域名稱之 SSL 加密憑證。
- 八. 每日系統備份（Snapshot或離線異地備份），至少保存最近3個月之資料。

貳、 維持運作相容性與資通安全

- 一. 依據本院輻射事件應變資訊平台更新與維護。

二. 指揮中心端點使用者介面須符合響應式設計，分有4個中斷點，Small $\geq 576p$ 、Medium

$\geq 768px$ 、Large $\geq 992px$ 以及Extra large $\geq 1200px$ ，需支援的瀏覽器：IE11、Chrome 52

或以上。

三. 現場端點使用者介面即顯示畫面為Extra small $\leq 576px$ 時，需支援的瀏覽器：iOS作業系統

Safari瀏覽器，Android作業系統Chrome瀏覽器。

四. 採用 HTML5、CSS3、JavaScript及 JQuery 等技術提供前端平台動態操作顯示技術。

一 ~ 四之說明：平台使用響應式(RWD)設計，並採用 HTML5、CSS3、JavaScript及 JQuery 等技術動態操作顯示。



圖示	更新日期	更新人員	
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯

鄭裕勝 距離登出尚餘 29:10 重新倒數


輻射事件應變資訊平台

距離登出尚餘 28:36 重新倒數

應用圖示

圖示	更新日期	更新人員	
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯
	2020-11-16	鄭裕勝	編輯

儀器管理

輻應隊管理

協力單位

事件管理

- 事件儀表板
- 出勤部署
- 儀器部署

人員	
勝	編輯
勝	編輯
勝	編輯
勝	編輯
勝	編輯
勝	編輯
勝	編輯
勝	編輯
勝	編輯
勝	編輯
勝	編輯

五. 平台網頁連線需採用 SSL 加密技術。

說明: 使用SSL加密連線 (https) 技術

輻射事件應變資訊平台

<https://radresp.radmon.info/c2023/>


輻射事件應變資訊平台
管理端

六. 平台運作所需之支援網路簡訊發送服務(100則以上)、作業系統、程式語言、資料庫、網頁伺服器、Google Maps 地圖資訊平台等相關資源等有涉及相關授權或年度維護更新，均由廠商負責提供。

說明：平台所需等服務，例Google Maps均由廠商負責提供使用。



七. 平台如有使用ActiveX元件，須經第三方公正單位驗證，所衍生費用由廠商支付。

說明：平台無使用ActiveX元件。

八. 使用者環境套用政府組態基準(GCB)一致性的安全設定後，系統須維持正常運作，如未能配合，應提供無法套用之GCB例外清單。另若本案系統所使用之作業系統環境屬GCB規範範圍，需提供GCB套用情形。(相關規定請參考：
<https://www.nccst.nat.gov.tw/GCB?lang=zh>)

說明:本案平台系統所使用之作業系統環境，不屬GCB規範範圍內。

九. 若有發現平台弱點，應於本院要求時限內完成修補，並保證未具有最新OWASP TOP 10所列弱點。

說明:平台弱點，已完成修補，並保證未具有最新OWASP TOP 10所列弱點。

十. 平台之防護需求等級為普級，本案系統應符合「資通安全責任等級分級辦法」附表十資通系統防護基準，系統防護需求普級之要求。

說明:本案平台系統符合「資通安全責任等級分級辦法」普級之要求。

十一. 若有檔案匯出或匯入為MS OFFICE格式時，應支援ODF格式。

說明:本案平台匯出為CSV，支援ODF格式。

- 十二. 廠商應確保所提供之平台無植入木馬程式、後門程式或任何有危害資訊安全之程式碼，否則應負一切法律責任並賠償本院損失，如為維護人員個人行為，得標廠商亦應負連帶責任。
- 十三. 廠商需配置擁有資通安全專業證照(如ISO 27001)或具有類似業務經驗之資通安全專業人員至少一名。
- 十四. 當發生資通安全事件時，廠商應盡到通報本院之義務，並協助本院完成資通安全事件損害控制或復原作業。
- 十五. 本案不允許大陸地區廠商及陸籍人士參與，本案廠商不得提供及使用大陸廠牌資通訊產品(含軟體、硬體及服務)。
- 十六. 本案各項作業均應符合資通安全管理法、資通安全管理法施行細則及其子法、行政院原子能委員會資通安全作業相關規定，其餘涉及資通安全事項，視個案實際需要，依行政院國家資通安全會報技術服務中心（網址：<https://www.nccst.nat.gov.tw/>）共通規範辦理(如「政府資訊作業委外安全參考指引」與資通安全有關事項)。
- 十七. 保存異動記錄：「儀器管理」、「輻應隊管理」、「帳號管理」、「事件管理」內容之建立、修改及刪除紀錄，至少保留6個月。

說明:本案平台「儀器管理」、「輻應隊管理」、「帳號管理」、「事件管理」內容之建立、修改及刪除紀錄，至少保留6個月。



輻射事件應變資訊平台

儀器管理

- 儀器清單
- 儀器種類
- 異動資料

異動資料

異動種類	人員姓名	異動日期	異動人員	
新增儀器資料	陳彥輔	2024-09-30	陳彥輔	異動資料
新增儀器資料	陳思嘉	2024-09-30	陳彥輔	異動資料
新增儀器資料	林駿丞	2024-09-30	陳彥輔	異動資料
新增儀器資料	鄭凱文	2024-09-30	陳彥輔	異動資料
新增儀器資料	林彥宏	2024-09-30	陳彥輔	異動資料



輻射事件應變資訊平台

儀器管理

輻應隊管理

- 帳號管理
- 各組管理
- 帳號異動資料
- 輻應隊異動資料

輻應隊異動資料

異動種類	人員姓名	異動日期	異動人員	
更新輻應隊資料	陳彥輔	2024-08-27	陳彥輔	異動資料
刪除輻應隊	吳昌尉	2023-03-03	吳昌尉	異動資料
更新輻應隊資料	鄭裕勝	2022-06-09	鄭裕勝	異動資料
更新輻應隊資料	鄭裕勝	2022-06-09	鄭裕勝	異動資料
更新輻應隊資料	鄭裕勝	2022-06-09	鄭裕勝	異動資料
更新輻應隊資料	鄭裕勝	2022-06-09	鄭裕勝	異動資料
更新輻應隊資料	許玉霞	2021-12-14	許玉霞	異動資料
更新輻應隊資料	許玉霞	2021-12-14	許玉霞	異動資料



輻射事件應變資訊平台

儀器管理

輻應隊管理

- 帳號管理
- 各組管理
- 帳號異動資料

帳號異動資料

異動種類	人員姓名	異動日期	異動人員	
更新帳號資料	符敦詮	2024-08-28	符敦詮	異動資料
更新帳號資料	符敦詮	2024-08-27	陳彥輔	異動資料
更新帳號資料	陳思嘉	2024-08-27	陳彥輔	異動資料
更新帳號資料	陳建良	2024-08-27	陳彥輔	異動資料
更新帳號資料	高薇喻	2024-08-27	陳彥輔	異動資料
新增帳號資料	蘇暉盛	2024-08-27	陳彥輔	異動資料
新增帳號資料	曹亭堃	2024-08-27	陳彥輔	異動資料



輻射事件應變
資訊平台

事件異動資料

異動種類	異動日期	異動人員	
更新事件資料	2024-08-29	陳彥輔	異動資料
更新事件資料	2024-08-29	陳彥輔	異動資料
更新事件資料	2024-08-29	陳彥輔	異動資料
更新事件資料	2024-08-29	陳彥輔	異動資料
更新事件資料	2024-08-28	陳彥輔	異動資料
新增事件資料	2024-08-27	陳思嘉	異動資料
新增事件資料	2024-05-01	陳彥輔	異動資料
新增事件資料	2024-05-01	陳彥輔	異動資料
新增事件資料	2024-05-01	陳彥輔	異動資料
更新事件資料	2024-04-30	陳彥輔	異動資料
更新事件資料	2024-04-29	陳彥輔	異動資料
更新事件資料	2024-03-18	陳彥輔	異動資料
更新事件資料	2024-03-15	陳彥輔	異動資料
更新事件資料	2024-03-15	陳彥輔	異動資料
更新事件資料	2024-03-15	陳彥輔	異動資料

重設過濾
重新整理

頁: 1 每頁筆數: 10 1-15 總共 177

儀器管理

輻應隊管理

協力單位

事件管理

- 事件儀表板
- 出勤部署
- 儀器部署
- 偵測平台影像
- 應用圖示
- 簡訊通知紀錄
- 事件異動資料
- 現場回報

參、 指揮中心端點功能修訂

一. 儀器管理

儀器清單編輯資料(如下圖)中，屬於污染偵檢器需要加2個欄位給使用者輸入:儀器反應值(cps/Bq)、偵測面積(平方公分)。

說明：污染偵檢器需要加儀器反應值(cps/Bq)、偵測面積(平方公分)，2個欄位。

編輯資料

自動監測儀器： ☐ 是 (☐ 允許自動監測回報)
☒ 否

儀器名稱(序號)： 6150ADt(85315)

儀器種類： 加馬遠距探頭

儀器存放位置： 國原院

儀器序號： 85315

儀器反應值(cps/Bq)： 0.4

偵測面積(cm²)： 1

儀器圖片： 未選擇檔案。

上傳進度： 0%



二. 部署回報

1. 量測值(α)、量測值(β)(如下圖)需要加1個欄位:表面污染活度(Bq/平方公分)。
2. 自動抓取儀器清單編輯資料中，污染偵檢器儀器反應值(cps/Bq)、偵測面積(平方公分)2個欄位資料，自動換算(算式如下)表面污染活度數值並顯示：

(1) 當使用者量測值選擇輸入單位為「cps」時，表面污染活度= [量測值(cps)/
儀器反應值(cps/Bq)] / 偵測面積(cm²)。

- (2) 當使用者量測值選擇輸入單位為「cpm」時，表面污染活度= [量測值
(cpm)/ 儀器反應值(cps/Bq)] / [偵測面積(cm²) * 60 (sec/min)]。

部署回報

事件
任務回報
量測值
報告產製

儀器

量測值(γ)

量測值(γ)
μSv/h

量測值(α)

量測值(α)
cps

量測值(β)

量測值(β)
cps

送出

說明: 量測值(α)、量測值(β)，增加計算，表面污染活度= [量測值(cps)/ 儀器反應值(cps/Bq)] / 偵測面積(cm²)，表面污染活度= [量測值(cpm)/ 儀器反應值(cps/Bq)] / [偵測面積(cm²) * 60 (sec/min)]。

人工監測部署回報

- ☐ 圖例
- ☐ 教學板橋Ir-192五公里
- ☐ 台南航空站Ir-192
- ☐ 台南航空站Ir-192 dose rate



部署回報

事件 任務回報 量測值 報告產製

儀器

量測值(γ)

量測值(γ)

$\mu\text{Sv/h}$

量測值(α) : 表面污染活度 = 0 Bq / 平方公分

量測值(α)

cps

量測值(β) : 表面污染活度 = 0 Bq / 平方公分

量測值(β)

cps

送出

三. 帳號管理

「輻應隊」原單位職稱增加「專員」選項。

說明：「輻應隊」原單位職稱增加「專員」選項。

The screenshot shows a web form titled '新增資料' (Add Data). The form contains several input fields and a dropdown menu. The 'E-mail' field is filled with 'xxx@xxx.com.tw'. The '密碼' (Password) field is empty, with three red instructions below it: 1. Length must be at least 8 characters; 2. Password must contain 'small letters', 'big letters', 'numbers', and 'special characters' from any three; 3. Do not use keyboard sequence characters as password. The '姓名' (Name), '電話' (Phone), and '手機' (Mobile) fields are empty, with '0988' entered in the mobile field. The '原單位職稱' (Original Unit Title) dropdown menu is open, showing a list of options: 副研究員, 助理研究員, 研究助理, 技術員, 副工程師, 助理工程師, 工程助理, and 專員. The '專員' option is highlighted with a red box. To the right of the dropdown, there are four radio buttons labeled '無' (None). At the bottom right, there are three buttons: '新增帳號' (Add Account), '取' (Cancel), and '消' (Delete).

新增資料

E-mail: xxx@xxx.com.tw

密碼:

1.長度至少為8個字元
2.密碼必須含有「小寫字母」、「大寫字母」、「數字」、「特殊符號」中的任意三種
3.不得使用鍵盤順序性字元作為密碼

姓名:

電話:

手機: 0988

原單位職稱: 未指定

單位群組: 副研究員
助理研究員
研究助理

儀器管理: 技術員

人員管理: 副工程師

訓練管理: 助理工程師

事件管理: 工程助理
專員

無
無
無
無

新增帳號 取 消