行政院原子能委員會 委託研究計畫結案報告

空中偵測系統操作訓練 及偵測作業程序規劃計畫

計畫編號: 2012 BRA0142 執行單位: 行政院原子能委員會核能研究所 計畫主持人: 黃昭輝 副研究員

影

中文摘要1
英文摘要2
1.計畫目的
2.執行方法與進行步驟
2.1 進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS) 應用操作功能測試5
2.2 辦理系統操作訓練講習5
2.3 建置直升機執行空中輻射偵測任務之標準作業程序書。6
3.完成之工作項目及具體成果7
3.1 執行空中偵測 SPARCS 系統操作訓練計畫7
3.2 執行進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS) 功能測試16
3.3 編撰高階放射性能譜量測電腦系統(SPARCS)使用手冊28
3.3 建置直升機(UH-1H型)執行空中輻射偵測任務之標準作業程序書28
4. 結論與建議
4.1 結論
4.2 建議
參考文獻
附錄
附錄一〔空中偵測 SPARCS 系統操作訓練報告〕
附錄二〔空中輻射偵檢系統 SPARCS-A 性能評估〕
附錄三〔進步型輻射能譜電腦系統(SPARCS-A)使用手冊〕37
附錄四〔空中偵測系統(AMS) 空中偵/監測污染調查規範作業程序書〕37
附錄五〔空中偵測系統(AMS) 空中輻射源搜尋調查規範作業程序書〕37

圖目錄

圖	1 •	進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS 系統)	10
圖	2、	左圖為 SPARCS-M 型號,右圖為 SPARCS-A 型號	10
圖	3、	SPARCS 供電設備: 12 V 標準行動電源	11
圖	4、	直升機機艙上安裝進步型輻射能譜量測電腦系統	12
圖	5 ،	空中偵測 SPARCS 實作訓練示意圖	13
圖	6 ۰	以直升機進行空中搜尋輻射源任務實作演練	14
圖	7、	空中搜尋輻射源任務實作成果圖]	15
圖	8、	偵檢系統操作連接組合1	16
圖	9،	RSL Mobile Calibration 檔案	17
圖	10	、加馬射源置偵檢器箱表面中心	18
圖	11	、低能區間及高能區間的加馬能峰	18
圖	12	、偵檢器箱2部長方形偵檢器的4個端點位置	19
圖	13	、偵檢器箱的方向性測試結果2	20
圖	14	、偵檢器箱的再現性測試結果2	21
圖	15	、不同計測時間的表面最低可測活度2	23
圖	16	、不同計測時間的量測計數率2	24
圖	17	、空中艙內偵測主顯示畫面2	27
圖	18	、陸軍化校加馬輻射源偵檢飛行顯示2	27
圖	19	、陸軍化校加馬輻射源偵檢飛行顯示2	28

表目錄

表	1	`	飛行不同高度下的輻射曝露偵檢結果1	5
表	2	`	偵檢器箱的表面效率及 1m 效率 1	9
表	3	`	偵檢器4個端點相對幾何中心的差異(%)2	20
表	4	•	偵檢器量測的背景計數率 2	21
表	5	•	偵檢器表面的核種最低可測活度 2	22
表	6	•	核種 Cs-137 在不同飛行高度的最低可測活度2	23
表	7	•	核種 Co-60 在不同飛行高度的最低可測活度 2	24
表	8	•	飛行不同高度的輻射曝露偵檢結果2	26
表	9	•	建議增加有關空中偵測技術之台美合作交流議題	33
表	1() ·	、空中偵測技術之研究規劃3	34

中文摘要

「空中偵測系統操作訓練及偵測作業程序規劃計畫」結案報告

摘要

原能會為落實「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」 之因應措施,建立空中輻射偵測作業以有效支援執行事故影響評估: 環境偵測、擴散劑量分布調查管制、放射性煙羽擴散追踪及地面沉降 量測調查等相關應變作業。本計畫針對原能會規畫自美國能源部國家 核子安全局(U.S. NNSA/DOE)引進之空中偵測系統 (Aerial Measuring System, AMS) 及進步型輻射能譜量測電腦系統(Spectral Advanced Radiological Computer System, SPARCS),執行系統操作功能先期測試 及人員教育操作訓練講習課程,同時建置以直升機(UH-1H型)執行空 中輻射偵測任務之作業程序書。

透過相關的系統功能測試以及美國能源部/核子安全局技術團隊來 台辦理操作訓練與示範演練,可以初步瞭解 U.S. NNSA/DOE 空中偵測 系統之性能與特性。未來配合本土技術發展規劃與資訊整合,可提昇 緊急應變擴散評估處理能力,掌握周遭區域輻射劑量影響的情形,確 保環境、民眾及防救災人員之輻射安全,並將可能引發的輻射傷害降 至最低程度。

核能研究所 保健物理組

1

英文摘要

The Training and Operation Procedures Plan for Aerial Measuring System

ABSTRACT

To carry out the "Comprehensive Inspection for Existing Safety Protection Mechanism of Domestic Nuclear Power Plants-First Stage Safety Assessment Report," the Atomic Energy Council (AEC) prepared related response operations concerning nuclear and radiation accidents including aerial measuring operations, effective environmental detection for accident impact, search detection for radiation protection, investigation and control for dispersion doses, trace of radioactive plume dispersion and measurement and investigation of ground deposition. This program held system operation performance testing activities and personnel operation training courses according to the Aerial Measuring System, AMS, which was introduced from the U.S. NNSA/DOE and the Spectral Advanced Radiological Computer System, APARCS, and at the same time, this program established operational Computer System, APARCS, and at the same time, this program established operational procedures of domestic helicopter aerial measuring missions. On the other hand, there was the 2012 Nuclear Safety Drill for the emergency response exercises that we had joined. Through accurate system performance testing activities and the familiarity with operational training courses and exercises, we can upgrade the capacity of handling dispersion assessment of emergency response measures to secure radiation safety of the environment, citizens and the rescuers and minimize the potential radiological hazards.

> Health Physics Division Institute of Nuclear Energy Research

1.計畫目的

空中偵測系統(Aerial Measuring System, AMS),可於核子/輻射事故發 生時期,進行放射性煙羽擴散追踪、空中輻射劑量量測,並可發展量化地 表核種沈積量和輻射劑量分布評估、偵測管制、追蹤調查等應變處理,且 提供事故後果管理之應用。同時也可應用於日常國土環境監測和監督,包 括:輻射源搜尋、定位、輻射鑑定、環境輻射劑量基本調查、環境污染監 測等關鍵能力。本計畫配合原能會規畫自美國能源部國家核子安全局(U.S. NNSA/DOE)引進之空中偵測系統(Aerial Measuring System, AMS)及進步 型輻射能譜量測電腦系統 (Spectral Advanced Radiological Computer System, SPARCS),探討執行空中偵測系統以及進步型輻射能譜量測電腦 系統之功能應用、系統性能檢測、熟悉系統之模擬操作和操作訓練課程, 並藉由與陸軍司令部化學兵處戰備訓練組之合作,進行空中輻射偵測技術 示範演練,以使國內相關應變單位與人員更能充分瞭解與掌握空中輻射偵 測之任務目的與執行概況,並作為國內引進 SPARCS 系統所建立的空中偵 測技術之成效評估依據。本計畫並運用執行成果協助完成建置以直升機 (UH-1H)執行空中輻射偵測任務之標準作業程序書。

本計畫之目的:

- 執行空中偵測系統(AMS)應用模組及進步型輻射能譜量測電腦系統 (SPARCS)偵測系統模組等操作功能測試。
- 辦理空中偵測系統(AMS)與進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS) 組合應用模擬操作,及 SPARCS 偵測系統操作訓練講習課程。
- 3. 建置直升機(UH-1H型)執行空中輻射偵測任務之標準作業程序書。

2.執行方法與進行步驟

2.1 進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS) 應用操作功能測試

- 1. 進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS)操作功能測試。
- 2. 進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS)使用操作作業手冊編撰。
- 直升機(UH-1H型)安裝 SPARCS 及操作測試。

2.2 辦理系統操作訓練講習

1. 設備

進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS)。

- 2.操作訓練規劃
 - (1)對象:核子事故支援中心、化學兵應變人員及核子事故輻射監測中 心應變人員(物管局、輻射偵測中心、輻防處、核技處、核能 研究所、台電人員、國立清華大學人員)。

(2) 訓練梯次:共1場次(配合 U.S. NNSA/DOE 訓練課程)

(3)訓練人數:共33員

- 3.訓練地點:陸軍航空 601 旅及化學兵學校實驗訓練場
- 4.訓練期程:2日
- 5.訓練內容大綱:
 - (1) 空中偵測系統(AMS) & 進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS) 介紹。
 - (2) 空中偵測系統(AMS)應用模組操作。
 - (3) 進步型輻射能譜量測電腦系統應用模組操作。
 - (4) 射源搜尋與核種鑑定(包括分類)。
 - (5) 應變案例/經驗學習(實習作業)。

2.3 建置直升機執行空中輻射偵測任務之標準作業程序書。

(1) 完成空中輻射偵測作業整備需求。

(2) 訂定執行空中輻射偵測與防護作業相關程序書。

3.完成之工作項目及具體成果

3.1 執行空中偵測 SPARCS 系統操作訓練計畫

輻射事故空中偵測 SPARCS 系統操作教育訓練,由原能會主辦,國 防部陸軍司令部協辦,核能研究所(以下簡稱本所)承辦,於 101 年 7 月 26 日~7 月 27 日假陸軍航空 601 旅及化學兵學校實驗訓練場辦理,訓練 課程係邀請 3 位美國能源部/核子安全局人員擔任講師,講授輻射事故緊 急應變之空中偵測 SPARCS 系統操作原理,並進行實務操作練習。訓練 對象包括:核子事故支援中心、化學兵應變人員及核子事故輻射監測中 心應變人員(物管局、輻射偵測中心、輻防處、核技處、本所、台電人員)、 國立清華大學人員。以下綜合概述執行空中偵測 SPARCS 系統操作訓練 計畫之過程與成果,詳細報告請見於附錄一、空中偵測 SPARCS 系統操 作訓練報告。

3.1.1 訓練計畫執行

授課者

美國能源部/核子安全局技術團隊: NNSA 國際緊急應變管理與合作辦公室主任 Vince McClelland、Dr. Richard Maurer 及 Mr. Henry Adams。

訓練課程內容:

(1) 進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS-A) 介紹;

(2) 進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS-M1) 介紹;

(3) 空中搜尋任務與運作概念;

開訓/結訓



原能會輻射防護處李若燦處長、NNSA 國際緊急應變管理與合作辦公

室主任 Vince McClelland 共同主持開訓



課程說明及討論



Dr. Richard Maurer 代表 NNSA 頒發學員結業證書



訓練講師、學員全體合照

3.1.2 進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS)介紹

進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS)為美國能源部(DOE)與美 國國家核子安全局(NNSA)共同開發,SPARCS系統主要由艙內顯示(耐操 的筆記型電腦)、資料擷取與傳送單元(ATU)及碘化鈉(NaI)偵檢器箱組 成,系統可記錄加馬輻射程度,能譜資料,及GPS坐標之模組化系統, 亦可裝置中子偵檢器量測中子輻射。目前SPARCS系統已開發的型號, 有地面輻射偵檢系統 SPARCS-M(SPectral Advanced Radiological Computer System-Mobile)及空中輻射偵檢系統 SPARCS-A(SPectral Advanced Radiological Computer System-Aerial),可分別應用於核子反應 器意外或放射性散布事故或地面道路中斷時,裝載於飛行器上執行追蹤 放射性雲團、放射性地表沉積分布圖及大區域地表放射性污染物調查工 作圖,亦可裝置於車輛執行地面射源搜尋。2011年 SPARCS-A系統曾應 用於日本東北福島核電廠事故的空中輻射偵檢,由螺旋槳飛機承載並在 距地面 3,000 m (10,000 feet AGL) 執行例行地區偵檢,當遇到空浮輻射時 下降高度至距地面 2,000 m (7,000 feet AGL)確認放射性雲團,2個半月期 間美國能源部已執行 100 次以上福島核電廠事故 80 公里半徑範圍飛行, 偵測總面積高達 25,000 km²。

本次訓練課程原規劃以空中輻射偵檢系統 SPARCS-A 作為系統操作與 訓練講習,然因 SPARCS-A 之一組偵檢器電源供應器出現異常故障現象, 故臨時改以陸地偵測用的 SPARCS-M 型號作為課堂訓練展示及實習作 業,兩者差別在於碘化鈉偵檢器箱的設計不同,SPARCS-A 具備共4組大 小不一、特定方向設計之碘化鈉偵檢器,可區分放射性雲團及地面核種沉 積之劑量來源,SPARCS-M 型號則由2組大型 NaI 偵檢器所構成,對於地 面射源搜尋具有高靈敏度,整體系統設計原理與概念一致,故仍可順利運 用於本次訓練課程。SPARCS 系統外觀如圖1所示,圖2左圖為 SPARCS-M 型號、右圖為 SPARCS-A 型號。



圖 1、進步型輻射能譜量測電腦系統 (SPARCS 系統)



圖 2、左圖為 SPARCS-M 型號,右圖為 SPARCS-A 型號

3.1.3 空中搜尋輻射源之任務實作演練

前置作業

1. 場地勘查及相關地理資訊蒐集:

於陸軍司令部、陸軍航空 601 旅及化學兵學校等單位之協助 下,完成直升機起降機場及佈置隱藏輻射源之實驗場地之勘 查,並配合 SPARCS 系統提供化學兵學校實驗場地之 GPS 坐標及地理圖資之整備。

2. SPARCS 系統安裝於直升機機艙之規劃

於陸軍司令部、陸軍航空 601 旅等單位之協助下,以 UH-1H 直昇機負責執行空中輻射偵測技術之實作演練,並在飛安考 量下,提供如圖 3 所示之 12 V 標準的車用電池行動電源 (SPARCS system 使用電源要求: 8~32 V 直流或交流 120~ 240 V,小於 5 安培),作為 SPARCS 系統之供電設備。



圖 3、SPARCS 供電設備: 12 V 標準行動電源

3. 空中偵測任務示範演練之計畫規劃

配合訓練課程之實作演練規劃以及場地勘查結果,在陸軍司 令部、陸軍航空 601 旅及化學兵學校等單位協助下,完成任 務飛行計畫、場地佈置及隱藏輻射源 2 枚(Cs-137 核種,活 度分別為 470 MBq 及 1,724 MBq)。 輻射防護計畫與輻射安全評估報告核備
為確保訓練學員輻射防護安全,針對實作演練規劃擬訂「教育訓練實作偵測演練輻射防護計畫與輻射安全評估報告」, 並經主管機關原能會同意核備。

實作演練 - 輻射源道路搜尋案例

輻射源網格搜尋案例

於直升機機艙上安裝高階放射性能譜量測電腦系統(SPARCS system),安裝過程如圖 4 所示,在直升機以飛離地面 50~100 公 尺以上,飛行速度 50~70 節,保持恆定的高度和速度飛行至化學 兵學校實驗場(預先隱藏佈置 Cs-137 活度 470MBq 與 1724 MBq 各 1 枚輻射源),進行輻射偵測搜尋訓練。空中偵測 SPARCS 實作訓 練示意如圖 5 所示。



圖 4、直升機機艙上安裝進步型輻射能譜量測電腦系統



圖 5、空中偵測 SPARCS 實作訓練示意圖

空中搜尋輻射源任務實作演練程序如下:

1. 飛行前簡報:

空中輻射偵測任務說明、SPARCS 系統安裝與操作簡介、

人員任務分配、飛行安全等。

2. 飛行參數設定:

離地面 50~100 公尺以上的飛行地面。

速度 50~70 節。

保持恆定的高度和速度。

3. 飛行任務執行:

針對地面上2個隱藏輻射源,進行輻射偵測搜尋訓練,路 徑規劃分別採道路路徑及螺旋狀網格路徑之搜尋方式,實際任 務執行如圖6所示。



圖 6、以直升機進行空中搜尋輻射源任務實作演練

4. 飛行後簡報:

報告任務執行狀況、搜尋結果以及任務回報。 空中搜尋輻射源任務實作演練成果

101年7月27日,上午天氣晴,假陸軍化學兵學校實驗場上 空執行空中輻射偵測任務模擬實作飛行演練,於地面預先隱藏佈 置2枚輻射源,核種皆為Cs-137,活度分別為470 MBq、1724 MBq,直升機以約70節(哩/時)速度分別在距地面100 ft (1 ft = 0.3048 m)、150 ft、250 ft 及 300 ft,以道路來回路徑執行空中輻 射偵檢及輻射源搜尋,結果顯示:SPARCS系統在飛行高度100ft 及150ft皆偵測到高於輻射背景值之計數反應,250 ft高度下去程 有高於輻射背景值之計數反應、回程則無反應,300 ft高度則無任 何高於輻射背景值之計數反應,其飛行搜尋加馬輻射源偵檢評估 結果如圖7所示之飛行顯示圖,藍色G點為點射源位置旁邊紅色 線顯示輻射曝露高位置,綠色線顯示背景。飛行不同高度的輻射 曝露偵檢結果如表1,其中無顯示曝露率(mR/h)資料,而總計數率 是由2部偵檢器的計數率相加,其個別偵檢器的計數率相似,另 外背景平均計數率為相對高度時的計數率。

14



圖 7、空中搜尋輻射源任務實作成果圖

飛行高度	射源曝露總平均計數率	相對背景平均計數率
(ft)	(cps)	(cps)
100	15000	3500
150	8500	3500
250	5500	3500

表1、飛行不同高度下的輻射曝露偵檢結果

3.1.4 訓練結果成效

本計畫係與美國能源部核子安全局(NNSA)共同辦理〔輻射事故應 變作業空中偵測 SPARCS 系統操作教育訓練〕,課程內容由基礎輻射 概念、個人防護、任務規劃至輻射偵測儀器應用,以及空中偵測搜尋、 鑑定實務等實作演練。訓練學員的認真學習態度和熱烈討論與應變的 能力觀念,均獲得美方講師讚賞。藉由美方講師豐富的實務經驗講授 以及核研所保健物理專業輔導講解,能夠熟悉輻射要領與空中偵測辨 識能力,並期能夠回饋擴大協助第一線救災提升應變救災能力,有效 防堵輻射災害之擴大,達到災害防救之目的,並能維護人員輻射防護 安全。

3.2 執行進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS) 功能測試

進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS)的性能評估項目,包括能量 校正、靈敏度、效率、再現性、方向性、背景值及最低可測活度等。本 次所採用之型號為 SPARCS-M,偵檢系統操作連接組合如圖 8,串聯直 流電源供應器(MFJ-4225MV)調整在 3A、12V 位置、碘化鈉偵檢器箱、 資料擷取與傳送單元 (ATU-04111-RSLN) 及筆記型電腦 (Panasonic CF-31)。電腦的 RSL Mobile Calibration 檔案中 Analyze/characterization/, 可設定 Intergration(seconds)顯示加馬總計數 Gamma GC 含瞬間計數率 cps、總計數率 Total 及平均 Ave(cps)。詳細之空中輻射偵檢系統 SPARCS 性能評估報告請見附錄二。



圖 8、偵檢系統操作連接組合

3.2.1 能量校正

開啟 RSL Mobile Calibration 檔案如圖 9,點選 Acquire/Connect (最 左上鍵)可經由設定之 IP 位址 149.252.205.223 為 2×4×16 吋 NaI (ADC0)與 2×4×4 吋 NaI (ADC1)及 149.252.205.224 為 1×1 吋 NaI (ADC0)與 2×4×4 吋 uplooking NaI (ADC1)連線至偵檢器箱,利用加馬 射源 Am-241(60 keV),及利用加馬射源 K-40 (1460 keV)置偵檢器箱表 面中心如圖 10,量測低能區間及高能區間的加馬能峰如圖 11,其 Am-241 及 K-40 的能峰位置應出現在頻道 20 ch 及 487 ch(設定值)。在 Cussor 的 Energy 檔內設定的核種及能量(keV)為 Am-241(60)、 Co-57(1360)、Cs-137(662)、Co-60(1173)、Na-22(1275)、Co-60(1332)、 K-40(1460)、TI-208(2615)。而在 Analyze 檔內設定的解析度 Resolution, 當 Cussor 在 centroid210ch: 630.0 keV 為(FWHM: 66.0 keV、10.48%)。



圖 9、RSL Mobile Calibration 檔案



圖 10、加馬射源置偵檢器箱表面中心



圖 11、低能區間及高能區間的加馬能峰

3.2.2 計測效率

分別使用加馬點射源 Am-241(296 kBq)、Cs-137(343 kBq)及 Co-60(18 kBq)放置偵檢器箱量測幾何中心的表面效率及高度 1m 效 率,計數率(cps)及偵檢器無感時間(D.t)結果如表 2,背景為 1,984 cps。 無感時間與計數率相關,計數率高則無感時間亦高。

核種	表面計數	無感時間	表面效率	1m 計數	無感時間	1m 效率
	率(cps)	(%)	(%)	率(cps)	(%)	(%)
Am-241	4611	6.5	1.56	155	2.2	0.05
Cs-137	14237	16.8	4.14	1068	2.5	0.31
Co-60	1594	3.4	8.97	155	1.9	0.87

表 2、 偵檢器箱的表面效率及 1m 效率

3.2.3 方向性

分別使用加馬點射源 Am-241(296 kBq) 、Cs-137(343 kBq)及 CO-60(18 kBq),放置在長 40 cm 及寬 30 cm 偵檢器箱的左邊的上與下 及右邊的上與下等 4 個端點位置量測如圖 12,比較相對幾何中心的差 異結果如表 3,3 種核種的最大差異為 3%,顯示偵檢器箱的輻射方向 性甚小,偵檢器箱的方向性測試結果如圖 13。



圖 12、偵檢器箱 2 部長方形偵檢器的 4 個端點位置

偵檢器箱	左上	左下	右上	右下
Am-241	0.98	0.98	0.97	0.99
Cs-137	0.99	0.98	0.99	0.98
Co-60	1.00	1.00	0.99	1.00

表3、偵檢器4個端點相對幾何中心的差異(%)



圖 13、偵檢器箱的方向性測試結果

3.2.4 再現性

在偵檢器箱的幾何中心,於一週內使用加馬點射源 Cs-137 共計測 30 次,平均計數率為 16726 cps,其 30 次的計數率皆在平均值的 4o 範 圍內,而相對標準差為 0.79 %,結果如圖 14。



圖 14、偵檢器箱的再現性測試結果

3.2.5 背景值

分別比較偵檢器的室內及室外量測的背景計數率,二者的平均計數 率與無感時間,結果如表4,室內有屏蔽阻檔,地面的室外背景約為室 內背景的1.7倍,而距地面100m及300m位置的空間背景約為室外地 面的1.3倍。

偵檢器箱	表面計數率(cps)	無感時間(%)
地面室內	1984	1.8
地面室外	2671	2.9
地面 100m	3500	
地面 300m	3500	

表 4、 偵檢器量測的背景計數率

3.2.6 最低可测值(MDA)

美國核能管制委員會之 NUREG-1507(1998)⁽⁵⁾ 的最低可测活度 (MDA)之計算公式如下:

 $MDA = 3 + 4.65(\sqrt{C_{BG}}) / \varepsilon \times T \times V$

其中 3:表示偵檢器限度取3個標準差

4.65:為95%可信賴水平之常數

C_{BG}:背景計數率(cps)

E: 核種計測效率

T:計測時間(sec)

V:計測體積或重量

當室外平均背景計數率為 2,671 cps,本系統計算點射源 Am-241、 Cs-137 及 Co-60 的表面最低可測活度結果,如表 5,分別約為 0.4 µCi、 0.2 µCi 及 0.1 µCi^o 另外,偵檢器在不同的計測時間核種 Cs-137 及 Co-60 的表面最低可測活度如圖 15,隨計測時間延長則 MDA 亦愈低。

核種	效率(%)	MDA(Bq)	MDA(µCi)
Am-241	0.016	15179	0.4
Cs-137	0.041	5924	0.2
Co-60	0.09	2699	0.1

表 5、 偵檢器表面的核種最低可測活度



圖 15、不同計測時間的表面最低可測活度

另外,參考 SPARCS-A 資料提供核種 Cs-137 及 Co-60 在不同飛行 高度的最低可測活度案例如表 6 及表 7,顯示在相同飛行高度的 Cs-137 較 Co-60 最低可測活度低。

表(5、	核種	Cs-137	在不同	飛行高	度的最低	可测活度
----	----	----	--------	-----	-----	------	------

Feet	mCi	offset	Feet	MBq	offset
50	.40E+00	.87E+00	50	.15E+02	.32E+02
100	.18E+01	.40E+01	100	.67E+02	.15E+03
150	.43E+01	.11E+02	150	.16E+03	.41E+03
200	.82E+01	.23E+02	200	.30E+03	.87E+03
300	.21E+02	.70E+02	300	.78E+03	.26E+04
400	42E+02	.16E+03	400	.16E+04	.58E+04
500	.76E+02	.32E+03	500	.28E+04	.12E+05
600	.13E+03	.59E+03	600	.47E+04	.22E+05
700	.20E+03	.10E+04	700	.73E+04	.38E+05
800	30E+03	.17E+04	800	.11E+05	.62E+05
900	43E+03	.24E+04	900	.16E+05	.91E+05
1000	.61E+03	.35E+04	1000	.22E+05	.13E+06
1000	.61E+03	.35E+04	1000	.22E+05	.13E+

Offset : Lateral distance = altitude; Search Mode = 5-sigma

Feet	mCi	offset	Feet	MBq	offset
50	.60E+00	.13E+01	50	.22E+02	.48E+02
100	.28E+01	.64E+01	100	.10E+03	.24E+03
150	.71E+01	.19E+02	150	.26E+03	.70E+03
200	.14E+02	.42E+02	200	.52E+03	.15E+04
300	.38E+02	.14E+03	300	.14E+04	.50E+04
400	.84E+02	.35E+03	400	.31E+04	.13E+05
500	.16E+03	.75E+03	500	.59E+04	.28E+05
600	.28E+03	.15E+04	600	.10E+05	.56E+05
700	.46E+03	.25E+04	700	.17E+05	.93E+05
800	.74E+03	.40E+04	800	.27E+05	.15E+06
900	>.10E+04	.54E+04	900	>.37E+05	.20E+06
1000	>.10E+04	.54E+04	1000	>.37E+05	.20E+06
900 1000	>.10E+04 >.10E+04	.54E+04 .54E+04	1000	>.37E+05 >.37E+05	.20E

表7、核種 Co-60 在不同飛行高度的最低可測活度

3.2.7 靈敏度

偵檢器箱在計測時間由瞬間至 300 秒的不同計測時間量測背景與 1m 位置的 Co-60 射源,觀察其平均總計數率(cps)的變化如圖 16 所示 之不同計測時間的量測計數率。在不同的計測時間二者個別的總計數 率皆相近,顯示由 2 部大面積偵檢器組合的量測儀器靈敏度高,最佳 計測時間不需要長,瞬間結果與較長時間的量測結果相差甚小。



圖 16、不同計測時間的量測計數率

3.2.8.系統驗證

空中艙內主顯示畫面提供航道圖、曝露率、個別偵檢器計數率帶 狀圖及衛星定位坐標,以不同色點顯示總計數資料(7種顏色代表低至 高的曝露率,紅色的曝露率最高),或在具地理參照的台灣地圖上顯 示移動軌跡如圖 17 (C:/RSL Mobile Cabin/Layers/Taiwan)。

空中模擬測試偵檢地面加馬輻射源 Cs-137(約 46.6 mCi+11 mCi),直升機以約70節(哩/時)速度分別在距離地面100 ft(1 ft = 0.3048 m)、150 ft、250 ft 及 300 ft 飛行;其中 250 ft 高度去程有反應,而回 程無反應,300 ft 高度則無任何反應,其加馬射源偵檢飛行顯示如圖 18 (電腦首頁的 Taiwan Flight Data 7_27_2012 檔案中 Taiwan Flight Screen Capture),藍色 G 點為點射源位置旁邊紅色線顯示輻射曝露高 位置,線色線顯示背景。

飛行不同高度的輻射曝露偵檢結果如表 5(c:/ RSL Mobile Cabin/Layers/mps_track.dbf),其中無顯示曝露率(mR/h)資料,而總計 數率是由2部偵檢器的計數率相加,其個別偵檢器的計數率相似,另 外背景平均計數率為相對高度時的計數率。在空中偵測點射源演算法 公式的參數中,碘化鈉偵檢器本質效率(E),吾人驗證使用活度為5.95 MBq 的點射源,在距碘化鈉偵檢器 10 m、高度 1 m 的淨計數率為222 cps(如圖 19),碘化鈉偵檢器面積為 800 cm² 相對點射源位置的球表 面積為 1256 m²,估算其立體角(Ω)約為 6.37×10⁻⁵,計算出偵檢器本 質效率(E)約為 69%(含散射光子貢獻),與美方告知為 60%差異不 大。依照空中偵測點射源演算法公式計算 3 種高度的地面射源強度如 下式:

$$I_{S} = \frac{C S B A E P e^{-(\mu/\rho)_{*}\rho_{*}D}}{4\pi D^{2}}$$

(1)100 ft : 15000-3500(cps) =

 $3.7 \times 10^{10} (dps/Ci) \times S \times 0.85 \times 800 (cm^{2}) \times 0.6 \times 1 \times e^{-0.0804 (cm2/g) \times 0.0012 (g/cm3)} \times 3048 (cm) / [4 \times 3.14 \times 3048^{2} (cm)]$

S =119 mCi

(2)150 ft : 8500-3500(cps) =

 $3.7 \times 10^{10} (dps/Ci) \times S \times 0.85 \times 800 (cm2) \times 0.6 \times 1 \times e^{-0.0804 (cm2/g) \times 0.0012 (g/cm3) \times 4572 (cm)} / [4 \times 3.14 \times 4572^{2} (cm)]$

S =135 mCi

(3)250 ft : 5500-3500(cps) =

 $3.7 \times 10^{10} (dps/Ci) \times S \times 0.85 \times 800 (cm2) \times 0.6 \times 1 \times e^{-0.0804 (cm2/g) \times 0.0012 (g/cm3) \times 7620 (cm)} / [4 \times 3.14 \times 7620^{2} (cm)]$

S =202 mCi

飛行高度		射源曝露總平均計數率	相對背景平均計數率
	(ft)	(cps)	(cps)
	100	15000	3500
	150	8500	3500
	250	5500	3500

表8、飛行不同高度的輻射曝露偵檢結果



圖 17、空中艙內偵測主顯示畫面



圖 18、陸軍化校加馬輻射源偵檢飛行顯示



圖 19、陸軍化校加馬輻射源偵檢飛行顯示

3.3 編撰高階放射性能譜量測電腦系統(SPARCS)使用手冊

高階放射性能譜量測電腦系統(SPARCS-A)係專為核子與放射性事 故緊急應變任務設計之放射性資訊擷取與分析系統,可記錄加馬輻射程 度,能譜資料,及 GPS 坐標之模組化系統。系統能裝載於任何廂型車、 船艦與飛行器上,系統之操作可於地圖上顯示關鍵資料與追蹤位置,包 含輻射源搜尋、入口監控、預先背景資料調查等。附錄三為中文版之高 階放射性能譜量測電腦系統(SPARCS-A)使用手冊

3.3 建置直升機(UH-1H型)執行空中輻射偵測任務之標準作業程序書

空中偵測系統(Aerial Measuring System, AMS)用途,為因應當核子 反應器意外或放射性物質散布事故時,於緊急情況,提供一個快速的輻 射和污染的偵測與監測調查。空中偵測系統(AMS)完成這一使命,是利 用飛行載具裝載平台和配備特殊偵檢系統裝備,於飛行進行中偵/監測 在空氣中的放射性物質,及在地面上的輻射污染調查。空中偵測(AMS) 偵檢系統,裝備採用了先進的高階放射性能譜量測電腦系統,調查與記 錄監測放射性資訊擷取收集與儲存分析。系統可記錄加馬輻射與污染程 度、能譜資料等,系統並配備全球衛星定位(GPS)坐標之模組化,結 果繪製產生確定輻射照射和污染的程度範圍面積分布繪圖,以及確認輻 射污染危害的放射性核種和活度分布。提供中央與地方核子/輻射事故 緊急應變團隊事故危害程度的研判與應變決策,並能提供緊急情況第一 線應變事故處理人員輻射安全防護措施與防護行動和復原清理行動之 遵循。

空中偵測系統(AMS)的應用:

1. 空中偵/監測污染調查

2. 空中輻射源搜尋調查

空中偵測系統(AMS)功能的應用:

● 固定翼飛行載具部署的輻射能譜檢測系統:

固定翼飛機可以提供快速反應和檢射受影響區域的放射性污染程度確定和輻射劑量水平。檢射結果資訊調查確定地面輻射污染位置,提供一個在受影響區域範圍的輻射污染程度分佈繪製圖。

直升機飛行載具部署的輻射能譜檢測系統:
直升機應用於已完成初步確認地面輻射污染之區域範圍,利用直升機飛行較低高度,執行詳細密集軌跡的地面輻射污染檢測調查,以提供完整的定量評估與分析。

為因應執行空中偵測系統(AMS)的應用設計,以及執行檢測作業調查,根據空中偵測系統(AMS)的作業應用、需求使用偵/監測儀器系統

特性、應用功能,擬訂建置執行空中偵測系統(AMS)之相關程序書,包括空中輻射源搜尋調查規範作業程序書(如附錄四)以及空中偵/監測污染調查規範作業程序書(如附錄五)。

4. 結論與建議

4.1 結論

空中偵測系統(Aerial Measuring System, AMS)用途為因應核子反應器 意外或放射性物質散布事故時,提供一個快速輻射和污染的偵測與監測調 查。美國能源部所開發的進步型輻射能譜電腦系統(SPARCS)即是可用來 執行空中輻射偵測的設備儀器,目前 SPARCS 系統已開發出有二種型號, 分別為地面輻射偵檢系統 SPARCS-M(SPectral Advanced Radiological Computer System-Mobile)及空中輻射偵檢系統 SPARCS-A(SPectral Advanced Radiological Computer System-Aerial),可搭載於飛行器上執行任 務,偵測數據可應用於放射性物質外釋擴散沉降所形成的地表沉積輻射分 布圖及大區域地表污染物放射性調查工作,該系統亦可裝置於車輛應用於 地面射源搜尋。

本年度(101年)7月26日~7月27日,美國能源部/核子安全局技術團 隊來台進行空中偵測 SPARCS 系統操作訓練計畫,並攜帶 SPARCS-M、 SPARCS-A 儀器設備進行實地操作解說,也在陸軍司令部、陸軍航空 601 旅及化學兵學校等單位之協助下,執行空中搜尋輻射源任務的實作演練, 已瞭解 SPARCS 系統設備的使用方式及性能展示。訓練課程結束後,本 所負責保管美方所留下的 SPARCS-M 設備,並規劃進行 SPARCS-M 設備 的性能評估、測試與驗證分析,顯示 SPARCS-M 因裝載2組厚 5 cm× 寬 10 cm× 長 40 cm 的平板型碘化鈉偵檢器,使其具備高靈敏度,是運用於 空中輻射偵測與射源搜尋的技術關鍵點,本所並針對碘化鈉偵檢器完成能 量校正、計測效率、方向性、再現性、最低可測值(MDA)、靈敏度等性能 測試,並將分析數據與空中搜尋輻射源任務的實作演練結果進行驗證比

31

較,結果顯示,(1)依據飛行參數與射源活度,推算可量測高度範圍為 100ft~250ft,與實際量測高度範圍一致;由 SPARCS-M 系統所得的偵測 數據反推回的射源活度約為實際射源強度的2倍以上,推論其差異可能來 自於(1)儀器本質偵測效率不夠精準,需進一步探討,(2)飛行高度儀表的 準確度或誤差無從驗證,(3)本次實驗所用的 SPARCS 設備,臨時改用地 面輻射偵檢系統 SPARCS-M 型號,而非空中輻射偵檢系統 SPARCS-A (因 SPARCS-A 有一組偵檢器電源供應器故障,無法正常發揮功能),使本次 實作演練在定性結果表現不錯,但在活度定量上存在誤差性;另外因素亦 有可能是本次為國內第一次進行空中偵測技術的實作示範演練,較著重於 技術程序及行政體系的協調整合能力,而非科學研究,故相關技術參數還 有待日後於實驗階段進行嚴謹之研究。

另外,正因本次實作演練並非真正使用空中輻射偵檢系統 SPARCS-A 設備,故對於 SPARCS-A 在 4 組碘化鈉偵檢器不同排列下所能展現的空 中偵測性能尚無法清楚瞭解,但由此次實作演練仍可窺探出 SPARCS 系 統的優越性。同時藉由此次台美技術交流機會,美國能源部/核子安全局 技術團隊也與國內分享支援 311 日本福島事故的空中偵測經驗與成果,成 果豐碩。綜合上述,本計畫建議國內可引進 SPARCS 設備,以強化空中 偵測技術,為國土環境提升保護能力。

4.2 建議

空中偵測系統(Aerial Measuring System, AMS)主要是因應當核子反應 器意外或放射性物質散布事故時,可於緊急情況提供一個快速的輻射污染 偵測調查,掌握國土環境的影響範圍與程度。空中輻射偵檢系統 SPARCS-A 搭配直昇機載具是達成偵測任務的一大利器,國內藉由自美國

32

引進 SPARCS 系統可大幅強化國內空中偵測技術的設備基礎。惟欲將技術運用於建立放射性物質外釋擴散沉降所成的地表沉積輻射分布圖及大區域地表污染物放射性調查水平,仍有待與美方持續建立技術交流管道與整合國內本土技術發展。為此,核能研究所提出與美方技術交流議題如表 9,並在主管機關支持下提出 102 年~105 年的四年期研究計畫如表 10,期 能在核子事故緊急應變基金的研究計畫下完成整體技術發展與整合,達成 空中輻射偵測所應發揮的國土保護之任務。

表9、建議增加有關空中偵測技術之台美合作交流議題

主題	核子事故緊急應變空中偵測技術發展	
Topic	The development of Aerial Measuring System for the nuclear	
	ac	cident
內容	1.	可否請美國提供更詳盡資料,介紹空中偵測系統(Aerial
Contents		Measuring System, AMS)在美國運作中的組織架構、運作體系
		等。
	2.	如何將 SPARCS 偵測數據應用於推算核子事故輻射落塵的地
		面沉積分佈(如福島事故後,NNSA 協助日本進行空中大範圍
		Cs-137 沉降分布),可否請美方提供相關福島事故的技術文件
		或模式評估相關資料,如地面觀測驗證的儀器規格,多核種沉
		降分析技術,以及大範圍量測並推算沉降濃度之標準作業程序
		等。
	3.	IXP(International Exchange Program)平台的技術交流,福島
		事故後,劑量評估模式的改善經驗,與福島事故高網格解析度
	之案例結果比對,以協助提升國內境內、境外核子事故劑量評	
----	-----------------------------------	
	估系統的提升,可提供事故後空中偵測飛行路線擬定之依據。	
4.	無人飛行載具輻射量測之功能規劃與技術交流,以作為事故時	
	高劑量區之輻射量測工具,可進一步提升外釋放射性核種的定	
	量分析,回饋於廠外民眾劑量影響評估作業。	
5.	在美方的協助下,台灣於今年7月26~27日完成 SPARCS 系統	
	空中偵測的實作演練,取得相關量測數據,不知美方是否對量	
	測數據有進一步的分析,若有是否可提供相關經驗回饋	
6.	SPARCS 系統中的量測能譜轉換的檔案格式能否由 EXCEL 開	
	啟,方便後續報告撰寫、能譜資料後續計算與應用。	

表 10、空中偵測技術之研究規劃

r		1
項次	工作項目	工作內容
		1. AMS 偵檢儀器基本性能評估與校正程序建立
	空 平 俱 測 糸 統 (Aerial	2. 協助國軍建立空中偵測任務之執行程序與技術
	Measuring Systems,	整備
1	AMS) 技術引進與研發	3. AMS 偵檢儀器設計原理探討
		4. AMS 系統擴增即時資料傳輸功能之研發
	(含硬體)	5. AMS 系統擴增核種分析及空氣取樣功能之研
		發
		1. 商用輻射偵檢儀器適用性評估或改良
		2. 無人飛行載具之適用性能評估
	無人空中 (unmanned	3. 高輻射之商用偵檢儀器校正分析
2	aerial vehicle, UAV)值测	4. 無人載具即時影像、偵測傳輸等輔助設備之研
		發與系統整合
	技術建置評估與研發	5 颠便刑拉插即時继定公析的灾氛取槎姓罢之期
		7. 程仪主物裡中的遍入力仍兴工和环体农业之所
		· 一
		6. 可除污式無人空中載具研製與回航輔助功能
3	海域偵測技術需求整備	1. 海巡署執行海域偵測任務之 SOP 建置(含劑量
		1

	與技術建立		率偵測與海水樣取樣)
		2.	海域偵測計畫規畫研究
		1.	建立電廠周圍、緊急應變計畫區及國土環境背
			景輻射特性之海、陸、空基本資料調查程序與
	國土環境基本資料調查		規劃作業(如樣本數、樣本分佈需求、取樣準
4	的次则庄母坚		則)
	兴貝杆犀廷直	2.	整備國內關鍵難測核種分析技術
		3.	執行核一、二、三及龍門電廠之環境背景輻射
			特性基本資料調查,並建立管理資料庫
		1.	建立偵測數據推估出空浮雲團、地面核種沈降
	治吐加斯乱刻旱佔测购		量之劑量評估技術
5	海陸空輻射劑重俱测兴	2.	海陸空輻射劑量偵測與評估整合系統建置
	評估整合與平台建立	3.	核電廠事故在各種季節特性下之劑量影響趨勢
			分析
		4.	海、陸、空偵測計畫規劃之擬定分析

參考文獻

- Spectral Advanced Radiological Computer System, presentation, US DOE/NNSA, 2012
- Craig Lyons and David Colton, Aerial measuring system in JAPAN, U.S. Health Phys. 2012
- 3. Spectral Advanced Radiological Computer System SPARCS-M1 User Guide, presentation, US DOE/NNSA, 2012

附錄

附錄一〔空中偵測 SPARCS 系統操作訓練報告〕

附錄二〔空中輻射偵檢系統 SPARCS-A 性能評估〕

附錄三〔進步型輻射能譜電腦系統(SPARCS - A)使用手册〕

附錄四〔空中偵測系統(AMS) 空中偵/監測污染調查規範作業程 序書〕

附錄五〔空中偵測系統(AMS) 空中輻射源搜尋調查規範作業程 序書〕

號: 松 保存期限: 併案號 行政院原子能委員會 函 機關地址:23452台北縣永和市成功路1段80 號2樓 承辦人:郭子傑 連絡電話:(02)2232-2207 傳真:(02) 8231-7829 E-Mail: tckuo@aec.gov.tw 電 受文者:行政院原子能委員會核能研究所 X 25 發文日期:中華民國99年7月26日 發文字號:會輻字第0990010464號 速别:普通件 密等及解密條件或保密期限:普通 附件:無 主旨:有關 貴所為辦理輻射事故緊急應變訓練課程之「輻射偵 測實習演練輻射防護計畫與輻射安全評估」計畫書,本會 同意備查,請 查照。 說明:復 貴所99年7月19日核保字第0990004447號函。 訂 正本:行政院原子能委員會核能研究所(32546桃園縣龍潭鄉佳安村文化路1000號//聯 絡人:黃昭輝君) 副本:本會輻射防護處(存查)電孔的物路章 「空空ろ於清け暑いますい 七家で也就到了三川で来越街 線川等实影 =2年73月約7月至 助理研究員畫昭輝 ???? 第1頁 共1頁 核能研究所 099/07/26

38

0990004620

輻射事故教育訓練計畫

空中偵測 SPARCS 系統操作訓練報告

核能研究所 保健物理組

中華民國一〇一年十月五日

輻射事故教育訓練計畫

空中偵測 SPARCS 系統操作訓練報告

1. 訓練計畫規劃

輻射事故空中偵測進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS) 操作 教育訓練,由原能會主辦,國防部陸軍司令部協辦,核能研究所(以 下簡稱本所)承辦,於 101 年 7 月 26 日~7 月 27 日假陸軍航空 601 旅 及化學兵學校實驗訓練場辦理,訓練課程規劃邀請美國能源部/核子保 安總署人員 3 位講師來台講授輻射事故緊急應變之空中偵測進步型輻 射能譜量測電腦系統(SPARCS)操作教育訓練。訓練對象包括:核子事 故支援中心、化學兵應變人員及核子事故輻射監測中心應變人員(物管 局、偵測中心、輻防處、核技處、本所、台電人員)、國立清華大學。 訓練課程內容規劃:

- (1) 進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS-A、SPARCS-M1) 介紹;
- (2) 空中搜索任務與運作概念;
- (3) 進步型輻射能譜量測電腦系統 (SPARCS) 於直昇機上安裝與啟動測試;
- (4) 空中輻射偵測飛行搜索實作演練:

實作演練 1- 輻射源道路搜索案例

實作演練 2- 輻射源網格搜索案例

直升機機艙上安裝進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS system),在直升機以飛離地面 50-100 公尺以上,速度 50~70 節,保持恆定的高度和速度飛行至化學兵學校實驗場(預先隱藏佈置 Cs-137 活度 470MBq 與 1724MBq 各 1 枚輻射源),進行輻射偵測

搜索訓練。空中偵測 SPARCS 實作訓練示意如圖示。



(1)飛行前任務、安裝的進步型輻射能譜量測電腦系統 (SPARCS)、飛安等飛行前簡報

(2) 飛行參數:

離地面 50~100 公尺以上的飛行地面。

速度 50~70 節。

保持恆定的高度和速度。

針對地面上多個隱藏輻射源,進行輻射偵測搜索訓練。

2.訓練計畫執行

2.1 訓練課程與時間

Schedule Day	1 7月26日(星期四) -教室,飛行員簡報室與停機坪			
時間	課程			
0900	進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS) 介紹,空中搜索任			
	務與運作概念			
1030	休息			
1045	進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS) 介紹,空中搜索任			
	務與運作概念			
1200	午餐			
1300	於直昇機上安裝進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS)、			
	啟動測試			
1700	結束			
Schedule Day	2 7月27日(星期五) - 飛行員簡報室與停機坪			
0900	飛行前任務解說/輻射應變團隊與機組員			
1000	空中任務執行 - 遺失射源:道路搜索/網格搜索			
機組員與應變人員將進行低空沿道路飛行及大區域網格飛行之射源搜索				
任務,當射源	被 SPARCS 系統偵測到時,應變人員通知飛行員,並以反方			
向再度飛行第	5二次以確認射源位置,機組員與應變團隊必須於紀錄畫面及			
GPS 的射源定	こ位點。			
(飛	行參數: 地平面上空 (AGL)50~150 公尺,速度 70 節)			
任法	務簡介/輻射應變團隊與機組員之規劃			
SPARCS 系統操作確認				
空中訓練任務	<u>5執行</u>			
1200	休息 午餐			
1300	飛行後報告/輻射應變團隊與機組員			
1500	飛行訓練成果解說			
1600	訓練任務總結、結業式			
1700	課程結束			

2.2 開訓/結訓

開訓/結訓



原能會輻射防護處李處長、NNSA 國際緊急應變管理與合作辦公室主任 Vince McClelland 共同主持開訓



Dr. Richard Maurer 代表 NNSA 頒發學員結業證書



訓練講師、學員全體合照

2.3 課程內容 (訓練教材如附)



課程說明及討論

2.3.1 進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS-A、SPARCS-M1)介紹; 進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS)具可攜式、質輕,與高耐用度、 安裝操作容易之特性,能裝載於任何廂型車、船艦與飛行器上,係專為 核子與放射性事故緊急應變任務設計之放射性資訊擷取與分析系統,其 功能為:

1.可偵測記錄加馬輻射程度、能譜資料,及 GPS 坐標之模組化系統

2.操作人員可於地圖上顯示關鍵資料與追蹤位置

 應用範圍廣泛,包含射源搜索、入口監控、預先背景基準資料調查, 與緊急應變等。

2.3.2 空中輻射偵測飛行搜索實作演練:

實作演練 - 輻射源道路搜索案例

輻射源網格搜索案例

直升機機艙上安裝 SPARCS system ,在直升機以飛離地面 50-100 公尺以上,速度 50~70 節保持恆定的高度和速度飛行至化 學兵學校實驗場(預先隱藏佈置 Cs-137 活度 470MBq 與 1724MBq 各1 枚輻射源),進行輻射偵測搜索訓練。空中偵測 SPARCS 實作 訓練示意如圖示。



(1)飛行前任務、安裝的 SPARCS、飛安等飛行前簡報

(2)飛行參數:

離地面 50~100 公尺以上的飛行地面。

速度 50-70 節。

保持恆定的高度和速度。

● 針對地面上多個隱藏輻射源,進行輻射偵測搜索訓練。

 針對搜尋結果之輻射狀況,以平行間距方式進行各不同層 面高度,以螺旋狀路徑網格飛行,進行輻射劑量偵測訓練。

為維護訓練學員防護安全,實作演練並經擬訂「教育訓練實作 偵測演練輻射防護計畫與輻射安全評估報書」,並經主管機關原能 會同意核備。(如附件一)



直升機機艙上安裝進步型輻射能譜量測電腦系統



直升機飛行模擬輻射源搜索



模擬輻射源搜索結果

3.完成之工作項目及具體成果

3.1 課程訓練完成成果:

1.課程訓練:完成訓練33員(如附件二,參與訓練名冊)

2.參與訓練之單位計:原子能委員會(輻防處、物管局、輻射偵測中心、 核能研究所)、三三化學兵群、化學兵學校、航特部、國立清華大學、 台電公司等共計 33 員完成課程訓練。

3.2 模擬實作飛行演練完成成果

在陸軍化學兵學校實驗場上空模擬實作飛行演練,空中搜叟偵檢地 面預先隱藏佈置之輻射源(Cs-137 活度 470MBq+1724MBq 共 2 枚), 直升機以約 70 節(哩/時)速度分別在距地面 100 ft、150 ft(50 m)、250 ft 及 300 ft(100 m)飛行搜叟偵檢及輻射源網格搜索,結果其中 250 ft 高度 一次有輻射反應另一次無反應,300 ft 高度則無任何輻射反應,其飛行 搜叟加馬輻射源偵檢評估結果如飛行顯示圖(電腦首頁的 Taiwan Flight Data 7_27_2012 檔案中 Taiwan Flight Screen Capture),藍色 G 點為點射 源位置旁邊紅色線顯示輻射曝露高位置,綠色線顯示背景。飛行不同 高 度 的 輻 射 曝 露 偵 檢 結 果 如 下 表 (c:/ RSL Mobile Cabin/Layers/mps_track.dbf),其中無顯示曝露率(mR/h)資料,而總計數 率是由 2 部偵檢器的計數率相加,其個別偵檢器的計數率相似,另外 背景平均計數率為相對高度時的計數率。

8

飛行高度	射源曝露總平均計數率	相對背景平均計數率
(ft)	(cps)	(cps)
100	15000	3500
150	8500	3500
250	5500	3500

表:飛行不同高度的輻射曝露偵檢結果



空中艙內偵測系統主顯示畫面



陸軍化校加馬輻射射源偵檢飛行顯示

3.3 訓練結果

本台美合作案係與美國能源部核子保安總署(NNSA)共同辦理〔輻 射事故應變作業空中偵測 SPARCS 系統操作教育訓練〕,課程內容由基 礎輻射概念、個人防護、任務規劃至輻射偵測儀器應用,以及空中偵 測搜索、鑑定示範實務等實做演練。訓練學員認真的學習態度和熱烈 討論與應變的能力觀念,均能深獲美方講師讚賞。藉由美方講師豐富 的實務經驗講授以及核研所保健物理專業輔導講解,能夠熟悉輻射要 領與空中偵測辨識能力,並期能夠回饋擴大協助第一線救災提升應變 救災能力,有效防堵輻射災害之發生擴大,達到災害防救之目的,並 能維護人員輻射防護安全。

美國能源部來台辦理輻射事故緊急應變教育訓練 (I-RAPTER/SPARCS)

課程

輻射偵測實習演練輻射防護計畫與輻射安全評估

核能研究所

中華民國 101 年7月

11

分類號 併案 文號 行政院原子能委員會 書函
地址:新北市永和區成功路一段八十號 傳真:(02)82317829 承辦人:徐仁溥 聯絡電話:02-22322184
受文者:行政院原子能委員會核能研究所 電子公文
發文日期:中華民國101年7月20日 發文字號:會輻字第1010011673號 速別:普通件 密等及解密條件或保密期限: 附件:無
主旨:貴所檢送「美國能源部來台辦理輻射事故緊急應變教育訓
練課程之輻射偵測實習演練輻射防護計畫與輻射安全評估
報告」,本會同意核備,請查照。
說明:復 貴所101年7月18日核保字第1010004758號函。
訂 正本:行政院原子能委員會核能研究所 副本:本會輻射防護處(存查) 更16.換:28章
線雜: 速電波區後在查。. 際構築局極強的。 在
核能研究所 101/07/23 (所本部) 第1頁,共1頁
馬文龍

美國能源部來台辦理輻射事故緊急應變訓練(I-RAPTER/SPARCS) 課程 輻射偵測實習演練輻射防護計畫與輻射安全評估

1.輻射防護計畫

1.1 計畫目的

核能研究所(以下簡稱本所)為配合原能會 101 年 3 月 8 日會技字第 1010003830 號函職權交辦「輻射事故教育訓練」計畫,港口及海關人 員 I-RAPTER 訓練於桃園國際機場(商務航空中心停機坪)、空中偵側 SPARCS 訓練於陸軍航空 601 旅/化學兵學校實驗場,辦理美國能源部 來台輻射事故緊急應變訓練實習演練課程。為有效維護輻射偵測實作 演練,訓練課程中之輻射作業場所(商務航空中心停機坪、化學兵學校 實驗場)其輻射安全,並能預防輻射意外或污染事故之發生與擴散。依 游離輻射防護法規定第 10 條,依其輻射工作場所之設施、輻射作業特 性及輻射曝露程度,劃分輻射工作場所為管制區及監測區。管制區內 應採取管制措施;監測區內應為必要之輻射監測,輻射工作場所外應 實施環境輻射監測。前項規定應擬定計畫報請主管機關核准同意後實 施。

- 1.2 人員管制
 - 訓練學員實習輻射偵測作業時,須於具備輻射安全證書或輻射防 護人員認可證書人員指導下從事操作訓練。
 - 2. 訓練人員需配戴劑量佩章。

1.3 地區管制及管制作業

1.3.1 場所輻射區域之劃分

依據本所輻射防護計畫之輻射區域劃分規定各設施劃分有示警區 及輻射區(低、中、高)非污染區、污染區(低、中、高)等管制區。各

13

設施輻射區域劃分標準說明如附件一。

桃園國際機場(商務航空中心停機坪)及陸軍航空 601 旅停機坪、化 學兵學校實驗場,其場所區域為單位劃定作業管制區,為非輻射作業 區域。該區域面積廣闊,平常除特定作業外,無人員在此從事相關作 業,為有效維護輻射偵測實習演練作業,實習演練場所以建立臨時輻 射管制區域,執行偵測管制作業。

臨時低輻射管制區域場所位置:如附件二

- (1) 桃園國際機場(商務航空中心停機坪)。
- (2) 輻射源樣品貯存場所。
- (3) 化學兵學校實驗場。
- 1.3.2 臨時管制區域輻射防護管制措施
 - (1) 臨時管制區域於執行輻射偵測實驗時,需建立管制作業與周圍環 境偵測,並記錄保存。
 - (2) 非必要人員不得任意進入,避免不必要的曝露
 - (3) 人員進入作業場所需佩戴人員劑量佩章並管制。
 - (4) 臨時管制區域出入門口位置貼有明顯的輻射示警標誌及使用注 意事項。
 - (5)作業時,工作人員須確實瞭解安全作業程式與步驟,以確保作業 人員的安全。
 - (6)各放射性實驗室等輻射作業場所外之環境,其輻射劑量率均低於 輻射劑量管制限值之規定一般人之年有效劑量不超過1mSv,以 每年50週,每週40小時計算得知,此區域輻射劑量率限值小於0.5 μSv/h,可符合法規劑量限度之要求。
- 1.3.3 輻射監/偵側之設置
 - (1) 輻射作業場所設有輻射偵測器,以隨時了解場所輻射狀況及異常

變化。

- (2) 場所指派專人負責維護防護安全
- 1.3.4 放射性物質樣品之管制
 - (1) 樣品計測時需經防護措施,確保無污染顧慮。
- (2)放射性物質樣品之作業場所與貯存需上鎖並由登錄專人管理。1.4 意外事件之通報及處理
 - 發生意外事件後,依本所各類意外緊急應變立即通報程序進行通 報外,需負責處理並進行事故原因調查、分析、記錄,且於規定期限 內將書面報告陳報主管機關。
- 1.5 紀錄保存
 - 1.5.1 至少保存3年:
 - (1) 輻防偵測或監測儀器、設備每年定期校正、紀錄。
 - 1.5.2 至少保存5年:
 - (1) 臨時輻射作業區輻射偵檢紀錄。
 - (2) 放射性物質之測試報告、樣品擦拭報告偵測紀錄。
- 2. 設施場所之安全評估
 - 2.1 I-RAPTER/PC 輻射作業情形
 - 2.1.1 I-RAPTER/PC作業

輻射事故緊急應變訓練課程中,其於簡報室(一般教室)以各式輻射偵測器執行實驗偵測訓練示範演練,以及於商務航空中心停機坪場所利用隱藏放射性樣品,以執行射源搜索訓練。I-RAPTER/PC 實作 偵測訓練示意如圖 1

練習(1) 貨櫃箱輻射源搜索。

練習(2)移動方式的輻射搜索和臨時門框式車輛輻射監測管制。



練習(3)- 偵測搜索確認和輻射源的鑑定。

圖 1 I-RAPTER/PC 實作偵測訓練示意圖

2.1.2 SPARCS 作業

直升機機艙上安裝 SPARCS 系統,在直升機機場進行示範和定點 測試練習,以及直升機以離地面 50-100 公尺以上,速度 50~70 節保 持恆定的高度和速度飛行至化學兵學校實驗場(預先布置隱藏輻射 源),進行輻射偵測搜索訓練。空中偵測 SPARCS 實作訓練示意如圖 2。



圖 2 空中偵測 SPARCS 實作訓練示意圖

2.2 使用樣品核種、活度、型態

I-RAPTER/PC作業:

樣品核種	活度(Bq)	數量(個)	型態(ø 1.2 cm×4 cm)
Co-60	3.29e+06	1	密封式鋁罐
Cs-137	1.5e+06	1	密封式鋁罐
Cs-137	8.51e+05	2	密封式鋁罐

空中偵測SPARCS作業:

樣品核種	活度(Bq)	數量(個)	型態(ø 1.2 cm×4 cm)
Co-60	3.29e+06	1	密封式鋁罐
Cs-137	1.72e+09	1	密封式鉛罐
Cs-137	3.7e+08	1	密封式鉛罐
Cs-137	8.51e+05	1	密封式鋁罐

2.3 輻射安全評估

依2.1.1節I-RAPTER/PC輻射作業情形,使用Cs-137活度8.51e+05 Bq(23µCi)執行實驗偵測訓練示範演練,以及使用Co-60活度3.29e+06 Bq(89µCi)或Cs-137活度1.5e+06Bq(40.5µCi)於貨櫃箱及車輛門框管 制情境場所執行射源搜索訓練。保守假設訓練使用輻射源,其對相關 隔鄰與工作人員之影響劑量,以及周圍環境之影響劑量,採用屏蔽計 算分析程式MicroShield V5.08,評估距操作位置距離劑量率結果如表 1。(計算輸入檔附件三)

表1 I-RAPTER/PC輻射作業劑量推估結果

使用樣品核種	活度	距操作位置距離		
	(Bq)	距 30 公分	距100公分	距200公分
		(mSv/h)	(mSv/h)	(mSv/h)
使用 Cs-137	8.51e+05	7.362e-004	6.620e-005	1.653e-005
使用 Cs-137	1.5e+06	1.296e-003	1.166e-004	2.911e-005
使用 Co-60	3.29e+06	1.118e-002	1.005e-003	2.507e-004

依2.1.2節空中偵測SPARCS輻射作業情形,使用Cs-137活度 8.51e+05 Bq (23μCi)、3.7e+08 Bq (10 mCi)、1.72e+09 Bq (46.6 mCi), 以及使用Co-60活度3.29e+06 Bq (89 μCi)佈置於601旅停機坪及化學 兵學校實驗訓練場,執行直升機空中偵測定點測試及輻射源搜索演 練。保守假設訓練使用輻射源,其對相關隔鄰與工作人員之影響劑 量,以及周圍環境之影響劑量,採用屏蔽計算分析程式MicroShield V5.08,評估距操作位置距離劑量率結果如表2-1、表2-2。(計算輸入 檔附件四)

使用樣	品	活度	距操作位置距離			
核種		(Bq)	距 30 公分	距 5000 公分	距 10000	
			(mSv/h)	(mSv/h)	公分(mSv/h)	
使月	月	8.51e+05	7.362e-004	2.477e-008	5.589e-009	
Cs-137						
使月	用	3.7e+08	3.201e-001	1.077e-005	2.430e-006	
Cs-137						
使月	用	1.72e+09	1.492e+000	5.019e-005	1.132e-005	
Cs-137						
使月	刊	3.29e+06	1.118e-002	3.672e-007	8.252e-008	
Co-60						

表2-1 空中偵測SPARCS輻射作業劑量推估結果

使用樣品核種	活度	距操作位置距離		
	(Bq)	距 200 公分	距 300 公分	距 600 公分
		(mSv/h)	(mSv/h)	(mSv/h)
使用 Cs-137	1.72e+09	3.306e-002	1.467e-002	3.655e-003

表2-2 空中偵測SPARCS輻射作業劑量推估結果

由以上評估結果,I-RAPTER/PC輻射作業於教室或訓練停機坪 情境場所,其演練操作位置距離2公尺之劑量率為0.25 μSv/h,且周圍 環境均為空曠區域,作業管制範圍大於6公尺,故對本計畫訓練隔鄰 教室與環境影響無安全之顧慮,另人員劑量保守假設操作位置距離30 公分,以及如每一項目作業0.5小時計算,結果(7.07 μSv)其影響亦無 輻射安全之顧慮。空中偵測SPARCS輻射作業,其輻射源佈置於601 旅停機坪或化學兵學校實驗訓練場,其距離6公尺位置之劑量率為 3.65 μSv/h,且周圍環境均為空曠區域,作業管制範圍大於6公尺,故 對本計畫訓練環境影響無安全之顧慮,另人員於50公尺以上高空中, 飛行時間如以1小時演練操作,位置距離之劑量結果(小於0.1 μSv), 其影響亦無輻射安全之顧慮。

2.4 放射性物質樣品運送

下列樣品於本所運送至桃園機場商務航空中心及化學兵學校實驗 場教學使用:

樣品核種	活度(Bq)	數量(個)	型態(ø 1.2 cm×4 cm)
Co-60	3.29e+06	1	密封式鋁罐
Cs-137	1.5e+06	1	密封式鋁罐
Cs-137	8.51e+05	2	密封式鋁罐

I-RAPTER/PC作業桃園機場商務航空中心:

空中偵測SPARCS作業化學兵學校實驗場:

樣品核種	活度(Bq)	數量(個)	型態(ø 1.2 cm×4 cm)
Co-60	3.29e+06	1	密封式鋁罐
Cs-137	1.72e+09	1	密封式鉛罐
Cs-137	3.7e+08	1	密封式鉛罐
Cs-137	8.51e+05	1	密封式鋁罐

1. 劑量限值

參與運送工作人員及駕駛之輻射曝露劑量,均遵照游離輻射防 護安全標準及放射性物質安全運送規則之規定。

運送車輛駕駛及副駕駛座位,其輻射強度不得超過 0.02 mSv/h (放射性物質安全運送規則第七十一條)。

2. 輻射劑量

每一個密封式樣品鋁罐均裝置於鉛罐內運送,其劑量率為:

- (1) 鉛罐表面:小於50 µSv/h。
- (2) 距離鉛罐 2公尺位置:背景值(小於0.1 µSv/h)。
- (3)駕駛位置:小於 20 µSv/h

		輻射劑昌率	附著污染()	Bq/100cm ²⁾	
	區域夕稱		町化に氿	貝他、加馬	適用區域
	世现和拼	(µSV/II)	阿伐乃架	污染	
	法波区	~ 1	抬星	抬星	本所所界內道路
監	冯 亦世	< 1	月不	月不	及行政區
測					各輻射工作場所
區	示警區	< 7.5	背景	背景	內主要通道及辨
					公區
	低輻射區	< 25			
	中輻射區	< 1000			
管	高輻射區	> 1000			
制	非污染區		背景	背景	
品	低污染區		< 0.4	< 4	
	中污染區		0.4~4	4~40	
	高污染區		>4	>40	

核能研究所輻射及污染區域劃分標準

附件二



桃園機場商務航空中心停機坪



桃園機場商務航空中心停機坪

附件三 I-RAPTER/PC輻射作業場所輻射劑量計算結果

核種:Cs-137 活度:23µCi



距離:30公分

Serie Serie Late Description Description Serie Serie At MULTIFE Serie At MURTIFE Serie At MURTIFE Serie At MURTIFE Serie At MURTIFE Inter-oposte Infor Geometry msvhir 7.343-0.04 7.362-0.04 Inter-oposte Infor Geometry msvhir 6.253-0.04 6.258-0.04 eff Lateral Geometry msvhir 4.693-0.04 4.705-0.04 steral Geometry msvhir 4.598-0.04 4.705-0.04 ottopic Geometry msvhir 4.598-0.04 4.579-0.04 ottopic Geometry msvhir 4.598-0.04 4.579-0.04 ottopic Geometry msvhir 4.598-0.04 4.579-0.04 ottopic Geometry msvhir 0.000-000 0.000-000 ottopic Geometry msvhir 0.000-000 0.000-000 stero-anterior Geometry msvhir 0.000-000 0.000-000 stero-anterior Geometry msvhir 0.000-000 0.000-000 stero-anterior Geometry msvhir 0.000-000 0.000-000 stelan Geometry m	MercoShield 8.02 - [HTML Report: CAProgram FilestMicroShield 80Example File Edit Display Preferences Iools Window Help	estCaseFilestHTML/Case1-2012_7_11- F	午 02_33_59 htm]	- 1
Iffective Dose (ICRP 74 - 1997) neto-oposterior Geometry mSv/hr 7.343e-004 7.362e-004 estero-anterior Geometry mSv/hr 6.253e-004 6.268e-004 eff Lateral Geometry mSv/hr 4.693e-004 4.705e-004 ateral Geometry mSv/hr 4.693e-004 4.705e-004 ateral Geometry mSv/hr 4.368e-004 4.379e-004 otational Geometry mSv/hr 4.956e-004 4.379e-004 otational Geometry mSv/hr 4.956e-004 4.968e-004 verse verse verse verse verse verse mSv/hr 5.863e-004 8.467e-004 4.968e-004 verse mSv/hr 8.458e-004 8.467e-004 3.039e-004 verse mSv/hr 3.031e-004 3.032e-004 3.032e-004 verse mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000	ev Open Seve Erint ExtSrc Qu Mat Inf Src Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File Erinal Priv	Exp <u>R</u> t Sensitivity Save as Text File		
ffective Doee (ICRP 74 - 1997) nisvhir 7.332a-004 7.362a-004 niero-posterior Geometry mSvhir 6.253a-004 6.268a-004 eft Lateral Geometry mSvhir 4.693a-004 4.705a-004 ateral Geometry mSvhir 0.0000+000 0.0000+000 ight Lateral Geometry mSvhir 4.368a-004 4.379a-044 ottopic Geometry mSvhir 5.863a-004 4.379a-044 ottopic Geometry mSvhir 4.366a-004 4.379a-044 ottopic Geometry mSvhir 4.366a-004 4.379a-044 ottopic Geometry mSvhir 4.366a-004 8.467a-004 step-osterior Geometry mSvhir 8.445a-004 8.467a-004 step-osterior Geometry mSvhir 3.031a-004 8.303a-004 if Lateral Geometry mSvhir 0.000a+000 0.000a+000 ight Lateral Geometry mSvhir 0.228a-004 7.304a-004 ight Lateral Geometry mSvhir 7.286a-004 7.304a-004 ight Lateral Geometry mSvhir 8.671a-004 8.694a-004 <th></th> <th></th> <th></th> <th></th>				
misr/ur 7,343-004 7,362-004 solaro-anterior Geometry misr/ur 6,253e-004 6,256e-004 ateral Geometry misr/ur 4,693e-004 4,705e-004 ateral Geometry misr/ur 0,000e+000 0,000e+000 gibt Lateral Geometry misr/ur 4,368e-004 4,379e-004 otational Geometry misr/ur 4,956e-004 5,877e-004 otational Geometry misr/ur 4,956e-004 8,467e-004 state Geometry misr/ur 8,445e-004 8,467e-004 state Geometry misr/ur 0,000e+000 0,000e+000 ateral Geometry misr/ur 0,000e+000 0,000e+000 ateral Geometry misr/ur 0,000e+000 0,000e+000 otational Geometry misr/ur 7,286e-004 7,304e-004 spior	Effective Dose (ICRP 74 - 1997)	1 Sectors and a		
mSvhr 6.23x-0.04 6.23x-0.04 eff Lateral Geometry mSvhr 4.693e-0.04 4.705e-0.04 eff Lateral Geometry mSvhr 4.368e-0.04 4.379e-0.04 ight Lateral Geometry mSvhr 4.368e-0.04 4.379e-0.04 ontional Geometry mSvhr 5.863e-0.04 5.877e-0.04 ottopic Geometry mSvhr 4.956e-0.04 5.877e-0.04 stero-osterior Geometry mSvhr 4.956e-0.04 5.877e-0.04 vertex-v	Antero-posterior Geometry	mSv/hr	7.343e-004	7.362e-004
eff Lateral Geometry mSv/hr 4.698-004 4.705e-004 ateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ight Lateral Geometry mSv/hr 4.368e-004 4.379e-004 otational Geometry mSv/hr 5.863e-004 5.877e-004 otropic Geometry mSv/hr 4.956e-004 4.968e-004 y y y y y y y y otropic Geometry mSv/hr 4.956e-004 4.968e-004 y y y y esta Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) w w y <td>'ostero-anterior Geometry</td> <td>mSv/hr</td> <td>6.253e-004</td> <td>6.268e-004</td>	'ostero-anterior Geometry	mSv/hr	6.253e-004	6.268e-004
attail Geometry mSvhr 0.000e+000 0.000e+000 ight Lateral Geometry mSvhr 4.368e-004 4.379e-004 otational Geometry mSvhr 4.966e-004 5.877e-004 otopic Geometry mSvhr 4.966e-004 4.868e-004 version mSvhr 4.966e-004 8.668e-004 version mSvhr 4.966e-004 8.668e-004 version mSvhr 8.445e-004 8.467e-004 stero-anterior Geometry mSvhr 8.445e-004 3.039e-004 stero-anterior Geometry mSvhr 0.000e+000 0.000e+000 ift Lateral Geometry mSvhr 7.266e-004 7.304e-004 ight Lateral Geometry mSvhr 7.266e-004 7.304e-004 otopic Geometry mSvhr 6.580e-004 6.597e-004 otopic Geometry mSvhr 6.580e-004 6.597e-004 otopic Geometry mSvhr 8.671e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry mSvhr 8.671e-004 8.594e-004 stero-anterior Geometry <	eft Lateral Geometry	mSv/hr	4.693e-004	4.705e-004
ight Lateral Geometry mSvhr 4,368e-004 4,379e-004 otational Geometry mSvhr 5,863e-004 5,877e-004 otorpic Geometry mSvhr 4,968e-004 4,968e-004 ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) mSvhr 8,445e-004 8,467e-004 ystero-anterior Geometry mSvhr 3,031e-004 8,467e-004 stero-anterior Geometry mSvhr 3,031e-004 8,000 eff Lateral Geometry mSvhr 0,000e+000 0,000e+000 stero-anterior Geometry mSvhr 7,286e-004 7,304e-004 ight Lateral Geometry mSvhr 0,200e+000 0,000e+000 otopic Geometry mSvhr 7,286e-004 7,304e-004 otopic Geometry mSvhr 6,587e-004 5,97e-004 why as Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) mSvhr 7,286e-004 5,831e-004 why as Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) mSvhr 3,822e-004 3,831e-004 why as Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) mSvhr 3,822e-004 3,831e-004 stetoro-anterior Geometry mSvhr	ateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
otational Geometry mSvfnr 5.863e-004 5.877e-004 otopic Geometry mSvfnr 4.956e-004 4.968e-004 ystero-anterior Geometry mSvfnr 8.445e-004 8.467e-004 pstero-anterior Geometry mSvfnr 8.445e-004 8.467e-004 stero-anterior Geometry mSvfnr 3.031e-004 3.039e-004 eff Lateral Geometry mSvfnr 0.000e+000 0.000e+000 ateral Geometry mSvfnr 7.286e-004 7.304e-004 ight Lateral Geometry mSvfnr 0.000e+000 0.000e+000 otopic Geometry mSvfnr 7.286e-004 7.304e-004 otopic Geometry mSvfnr 6.580e-004 5.97e-004 otopic Geometry mSvfnr 5.880e-004 5.97e-004 stero-anterior Geometry mSvfnr 8.671e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry mSvfnr 8.671e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry mSvfnr 8.694e-004 4.705e-004 itaral Geometry mSvfnr 0.000e+000 0.000e+000	Right Lateral Geometry	mSv/hr	4.368e-004	4.379e-004
ontopic Geometry mSv/hr 4.956e-004 4.966e-004 ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) mSv/hr 8.445e-004 8.457e-004 natero-posterior Geometry mSv/hr 8.445e-004 8.457e-004 satero-anterior Geometry mSv/hr 8.000e+000 0.000e+000 atteral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 atteral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 atteral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ottopic Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ottopic Geometry mSv/hr 7.286e-004 7.304e-004 ottopic Geometry mSv/hr 6.580e-004 6.597e-004 with Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) mSv/hr 6.580e-004 6.597e-004 with absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) mSv/hr 8.671e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry mSv/hr 8.671e-004 8.831e-004 ital aleonotery mSv/hr 8.694e-004 4.705e-004 ital aleometry mSv/hr 0.000e+0000	Rotational Geometry	mSv/hr	5.863e-004	5.877e-004
ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) ntero-posterior Geometry mSv/hr 8.445e-004 8.457e-004 stero-anterior Geometry mSv/hr 3.031e-004 3.039e-004 stero-anterior Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 7.286e-004 7.304e-004 otropic Geometry mSv/hr 6.580e-004 6.597e-004 with Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) mSv/hr 6.580e-004 6.597e-004 with a basorbed Dose (ICRP 74 - 1997) mSv/hr 8.671e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry mSv/hr 8.671e-004 8.694e-004 if Lateral Geometry mSv/hr 8.694e-004 3.831e-004 if Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 <t< td=""><td>sotropic Geometry</td><td>mSv/hr</td><td>4.956e-004</td><td>4.968e-004</td></t<>	sotropic Geometry	mSv/hr	4.956e-004	4.968e-004
mixer instruction (contribution) msv/hr 8.445e-004 8.457e-004 mixero-anterior Geometry msv/hr 3.031e-004 3.039e-004 eff Lateral Geometry msv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ateral Geometry msv/hr 7.286e-004 7.304e-004 right Lateral Geometry msv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry msv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry msv/hr 7.286e-004 7.304e-004 ottopic Geometry msv/hr 6.580e-004 7.304e-004 ottopic Geometry msv/hr 6.580e-004 6.597e-004 msv-fra 6.580e-004 8.694e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry msv/hr 8.671e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry msv/hr 8.671e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry msv/hr 8.674e-004 8.694e-004 aft Lateral Geometry msv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ight Lateral Geometry msv/hr 0.000e+000 0.000e+000 <td>Exe Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)</td> <td></td> <td></td> <td></td>	Exe Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
stero-anterior Geometry mSv/hr 3.031e-004 3.039e-004 eff Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ateral Geometry mSv/hr 7.286e-004 7.304e-004 ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ottopic Geometry mSv/hr 7.286e-004 7.304e-004 otropic Geometry mSv/hr 6.580e-004 6.597e-004 mstropic Geometry mSv/hr 6.580e-004 6.597e-004 mstropic Geometry mSv/hr 8.580e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry mSv/hr 8.671e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry mSv/hr 8.671e-004 8.694e-004 if Lateral Geometry mSv/hr 8.694e-004 8.831e-004 if Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000	Antero-posterior Geometry	mSv/hr	8.445e-004	8.467e-004
msvhr 0.000e4000 0.000e4000 ateral Geometry msvhr 7.286e-004 7.304e-004 ight Lateral Geometry msvhr 0.000e4000 0.000e4000 otational Geometry msvhr 0.000e4000 0.000e4000 otational Geometry msvhr 7.286e-004 7.304e-004 otropic Geometry msv/hr 6.580e-004 6.597e-004 hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) msv/hr 8.671e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry msv/hr 8.671e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry msv/hr 3.822e-004 3.831e-004 if Lateral Geometry msv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ight Lateral Geometry msv/hr 0.000e+000 0.000e+000 <	Postero-anterior Geometry	mSv/hr	3.031e-004	3.039e-004
ateral Geometry mSv/hr 7.286e-004 7.304e-004 ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 7.286e-004 7.304e-004 otropic Geometry mSv/hr 6.580e-004 6.597e-004 wmsx Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) mSv/hr 6.571e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry mSv/hr 8.671e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry mSv/hr 8.671e-004 8.694e-004 if Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 if Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 if Lateral Geometry mSv/hr 4.694e-004 4.705e-004 ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.	eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 7.286e-004 7.304e-004 ottopic Geometry mSv/hr 6.580e-004 6.597e-004 wmsv Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) mSv/hr 8.671e-004 8.694e-004 stero-osterior Geometry mSv/hr 8.671e-004 8.694e-004 stero-osterior Geometry mSv/hr 3.822e-004 3.831e-004 if Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 sterial Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000	ateral Geometry	mSv/hr	7.286e-004	7.304e-004
otational Geometry mSv/hr 7.286e-004 7.304e-004 ottopic Geometry mSv/hr 6.580e-004 6.597e-004 hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) mSv/hr 6.571e-004 8.694e-004 stetro-anterior Geometry mSv/hr 3.822e-004 3.831e-004 eff Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.00e+000 ateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.00e+000 ateral	Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
nstvhr 6.580e-004 6.597e-004 hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	Rotational Geometry	m Sv/hr	7.286e-004	7.304e-004
hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Intero-posterior Geometry mSv/hr 8.671e-004 8.694e-004 intero-posterior Geometry mSv/hr 3.822e-004 3.831e-004 if Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ottopic Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ottopic Geometry mSv/hr 5.988e-004 6.032e-004	sotropic Geometry	mSv/hr	6.580e-004	6.597e-004
hymas Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) ntero-posterior Geometry mSvhr 8.671e-004 8.694e-004 stero-anterior Geometry mSvhr 3.822e-004 3.831e-004 eft Lateral Geometry mSvhr 0.000e+000 0.000e+000 ateral Geometry mSvhr 0.000e+000 0.000e+000 ottopic Geometry mSvhr 0.000e+000 0.000e+000 ottopic Geometry mSvhr 6.598e-004 6.032e-004				
Intero-posterior Geometry mSv/hr 8.671e-004 8.694e-004 ostero-anterior Geometry mSv/hr 3.822e-004 3.831e-004 aft Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ateral Geometry mSv/hr 4.694e-004 4.705e-004 ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 4.694e-004 4.705e-004 otropic Geometry mSv/hr 5.988e-004 6.003e-004	Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
bstero-anterior Geometry msVrhr 3.822e-004 3.831e-004 eft Lateral Geometry msVrhr 0.000e+000 0.000e+000 ateral Geometry msVrhr 4.694e-004 4.705e-004 ight Lateral Geometry msVrhr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry msVrhr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry msVrhr 4.694e-004 4.705e-004 otropic Geometry msVrhr 5.988e-004 6.003e-004	Antero-posterior Geometry	mSv/hr	8.671e-004	8.694e-004
eff Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 ateral Geometry mSv/hr 4.694e-004 4.705e-004 ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 4.694e-004 4.705e-004 otropic Geometry mSv/hr 5.988e-004 6.003e-004	'ostero-anterior Geometry	mSv/hr	3.822e-004	3.831e-004
ateral Geometry mSv/hr 4.694e-004 4.705e-004 ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 4.694e-004 4.705e-004 otropic Geometry mSv/hr 5.988e-004 6.003e-004	eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ight Lateral Geometry mSv/hr 0.000e+000 0.000e+000 otational Geometry mSv/hr 4.694e-004 4.705e-004 otropic Geometry mSv/hr 5.988e-004 6.003e-004	ateral Geometry	mSv/hr	4.694e-004	4.705e-004
otational Geometry mSv/hr 4.694e-004 4.705e-004 otropic Geometry mSv/hr 5.988e-004 6.003e-004	ight Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
otropic Geometry mSv/hr 5.988e-004 6.003e-004	Rotational Geometry	mSv/hr	4.694e-004	4.705e-004
	sotropic Geometry	mSv/hr	5.988e-004	6.003e-004

距離:100公分

MicroShield 8.02 - [HTML Report: C:\Program Files\MicroShield	8\Examples\CaseFiles\HTML\Case1-2012_7_1	1-下午 02_28_52.htm]	
Pub 2di Display Preterences Icols Window Help . Open Save Pint EstSr Qu Mat	Inf Src Exp Rt Sensitivity		- 0
Email Print Save As HTML File Save As Excel File Save A	Word File Save as Text File		
Isotropic Geometry	mSv/hr	6.568e-005	6.623e-005
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	m Sw/hr	6 564+.005	6 620 - 005
Postero anterior Geometry	m Sw/hr	5 590+.005	5.637e.005
Left Lateral Geometry	m Sy/hr	4 196e-005	4.231e-005
Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Right Lateral Geometry	mSv/hr	3,906e-005	3,938e-005
Rotational Geometry	mSv/hr	5.241e-005	5.285e-005
Isotropic Geometry	m Sv/hr	4.431e-005	4.467e-005
	Accession of the	A contraction of the second	
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	7.548e-005	7.614e-005
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	2.709e-005	2.733e-005
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	6.513e-005	6.568e-005
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	6.513e-005	6.568e-005
Isotropic Geometry	m Sv/hr	5.882e-005	5.933e-005
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	7.752e-005	7.818e-005
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	3.417e-005	3.445e-005
Left Lateral Geometry	m.Sv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	m.Sv/hr	4.196e-005	4.231e-005
Right Lateral Geometry	m.Sv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	m Sv/hr	4.196e-005	4.231e-005
Isotropic Geometry	m Sv/hr	5.353e-005	5.398e-005
- 第始 🔁 D 🔁 1-Rapter 🔂 101年D	🗁 pc第1天 🛛 編號1 ppt 🛛 編號13	🖉 Google 📓 美國能 📲 共的電腦	NS MicroSh 🔘 收件匣 🖮 🔇 🔊 下午 02;

距離:200公分

ile Edit Display Preterences Iools Window Help Den Save Einit Ext Sc. Cu Mat Inf Sc. Exp Rt	Sensitivity		-
mail Print Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File Save as	Text File		
ffective Dose (ICRP 74 - 1997)			
ntero-posterior Geometry	mSv/hr	1.625e-005	1.653e-005
ostero-anterior Geometry	m Sv/hr	1.384e-005	1.407e-005
eft Lateral Geometry	mSv/hr	1.039e-005	1.056e-005
ateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ight Lateral Geometry	mSv/hr	9.672e-006	9.832e-006
otational Geometry	mSv/hr	1.298e-005	1.320e-005
otropic Geometry	mSv/hr	1.097e-005	1.115e-005
	- dis-		
ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
ntero-posterior Geometry	mSv/hr	1.869e-005	1.901e-005
ostero-anterior Geometry	mSv/hr	6.708e-006	6.824e-006
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ateral Geometry	mSv/hr	1.613e-005	1.640e-005
ight Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
otational Geometry	m Sv/hr	1.613e-005	1.640e-005
otropic Geometry	mSv/hr	1.456e-005	1.481e-005
hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
ntero-posterior Geometry	mSv/hr	1.919e-005	1.952e-005
ostero-anterior Geometry	m Sv/hr	8.463e-006	8.601e-006
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ateral Geometry	mSv/hr	1.039e-005	1.056e-005
ight Lateral Geometry	m Sv/hr	0.000e+000	0.000e+000
otational Geometry	mSv/hr	1.039e-005	1.056e-005
	m Sw/hr	1.326e.005	1.348e-005

核種:Cs-137 活度:40.5µCi

E		s <u>winaow H</u> eip							
	Open Save	Print Ext Src Qu Mat	Inf Sm Exp Rt :	Sensitivity					
9	Save As HTML File	Save As Excel File Save	As Word File Save as T	ext File					
				MicroShield : INER (8.02-0	8.02 000)				
	Date		Ву			Checked	1		
	Filename		Run Date		Run T	ime		Duration	
_	Casel		July 13, 2012		下午02:	:38:08		-01:59:6	
_				Project Inf	0				
		Case 1	Title				Case 1		
		Descrip	otion				Case 1		
-		Geom	eny				1 - Point	_	
		Do	ose Points						
A		Х	Y		Z				
#1	30.0 cr	n (11.8 in)	0.0 cm (0 i	n) 0.0) cm (0 in)				
#2 12	100.0 cm	(3 ft 3.4 in)	0.0 cm (0 i	n) 0.0) cm (0 in)		Y	×	
15	200.0 CII	(0110.7111)	0.0 CIII (01	n) 0.0			Z		
	chi-14 M	Dimension	Shields		Density				
	Air Gan	Dimension	M	Air	0.00122				
	in oup				U.OTLL				
			Source Input	: Grouping Method -	Actual Photon Energ	gies			
	Nuclide			Ci			Bq		
	Ba-13/m Ce-137			3.8313e-005			1.41/06+000		
			Build	up: The material refe	erence is Air Gap		1.150001000		
				integration rata					
			Re	sults - Dose Point # 1	l - (30,0,0) cm	T	Data	Francisco Data	
	Energy (MeV)	Activity (Phot	ons/sec)	MeV/cm2/sec No Buildup	MeV/cm2/sec With Buildur	e Expos c m o No I	R/hr Buildup	mR/hr With Buildup	
	0.0045	1.472e+0	4	5.500e-03	5.571e-03	3.7	70e-03	3.818e-03	
	0.0318	2.935e+0	4	8.167e-02	8.277e-02	6.8	03e-04	6.895e-04	
	0.0322	5.415e+0	4	1.525e-01	1.545e-01	1.2	27e-03	1.244e-03	
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1970e#	4	b.283e-02	6.368e-02	3.5	/0e-04	3.618e-04	

距離:30公分

\$ MicroShield 8.02 - [HTML Report: C:\Program Files\MicroShield 8\Examples\Case	Files\HTML\Case1-2012_7_16-	下午 12_58_13.htm]	
5 <u>File E</u> dit Display Freferences <u>Iools Window H</u> elp			- 6 >
New Open Save Ennt Ext Src Cu Mat Ind Src Exp	Rt Sensitivity		
Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File Save	ve as Text File		
Rotational Geometry	m Sv/hr	1.358e-003	1.361e-003
Isotropic Geometry	m Sv/hr	1.294e-003	1.297e-003
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.293e-003	1.296e-003
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	1.101e-003	1.104e-003
Left Lateral Geometry	mSv/hr	8.264e-004	8.285e-004
Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Right Lateral Geometry	mSv/hr	7.692e-004	7.711e-004
Rotational Geometry	mSv/hr	1.032e-003	1.035e-003
Isotropic Geometry	mSv/hr	8.726e-004	8.748e-004
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	Concernence of the	1.407-003	1.401-2003
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.487e-003	1.491e-003
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	5.337e-004	5.351e-004
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	m Sv/nr	1.2636-003	1.2866-003
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	1.283e-003	1.28be-003
Isotropic Geometry	mswnr	1.159e-003	1.162e-003
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.527e-003	1.531e-003
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	6.730e-004	6.746e-004
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	m Sv/hr	8.265e-004	8.285e-004
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	8.265e-004	8.285e-004
	🛥 本根600 🔽 [-MED	Microso 🖾 101年 NS MicroSh 🍋 1	

距離:100公分

ile Edit Display Breferences Tools Window Help			
v Dpen Save Print Ext Src Qu Mat Inf Src	Exp Rt Sensitivity		
Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File	e Save as Text File		
mail Ennt			
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.156e-004	1.166e-004
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	9.844e-005	9.925e-005
eft Lateral Geometry	mSv/hr	7.389e-005	7.450e-005
ateral Geometry	m Sv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Right Lateral Geometry	mSv/hr	6.877e-005	6.934e-005
Rotational Geometry	mSv/hr	9.229e-005	9.306e-005
sotropic Geometry	mSv/hr	7.802e-005	7.866e-005
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.329e-004	1.341e-004
ostero-anterior Geometry	mSv/hr	4.771e-005	4.812e-005
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ateral Geometry	mSv/hr	1.147e-004	1.157e-004
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	1.147e-004	1.157e-004
sotropic Geometry	mSv/hr	1.036e-004	1.045e-004
'hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.365e-004	1.377e-004
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	6.017e-005	6.066e-005
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ateral Geometry	mSv/hr	7.389e-005	7.450e-005
Right Lateral Geometry	m Sv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	7.389e-005	7.450e-005
sotronic Geometry	mSv/hr	9.426e-005	9.504e-005

距離:200公分

MicroShield 8.02 - [HTML Report: CAProgram Files\MicroShield 8\Example:	s\CaseFiles\HTML\Case1-2012_7_13-F	'4F 02_41_59.htm]	
ile Edd Dapley Petersers Jools Window Help Qpen Save Einit ExtSrc Galdat Jul'Src	Exp Rt Sensitivity		-
mail Print Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File	Save as Text File		
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	2.862e-005	2.911e-005
ostero-anterior Geometry	mSv/hr	2.438e-005	2.478e-005
eft Lateral Geometry	mSv/hr	1.830e-005	1.860e-005
ateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
.ight Lateral Geometry	mSv/hr	1.703e-005	1.731e-005
totational Geometry	mSv/hr	2.285e-005	2.324e-005
sotropic Geometry	m Sv/hr	1.932e-005	1.964e-005
ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)		Friday States - Macana	10000000000 0000000
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	3.291e-005	3.348e-005
'ostero-anterior Geometry	mSv/hr	1.181e-005	1,202e-005
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ateral Geometry	mSv/hr	2.840e-005	2.888e-005
tight Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	2.840e-005	2.888e-005
sotropic Geometry	mSv/hr	2.565e-005	2.609e-005
hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	m Sv/hr	3.380e-005	3.437e-005
ostero-anterior Geometry	m Sv/hr	1.490e-005	1.515e-005
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ateral Geometry	mSv/hr	1.830e-005	1.860e-005
ight Lateral Geometry	m Sv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	1.830e-005	1.860e-005
	vo Ctr/hr	2 3340 005	2 3734 005

核種:Co-60 活度:89 µCi

10Shi	eld 8.02 - [HTML Repor	t: C:\Program Files\Mierr	Shield 8\Examples\CaseFil	es\HTML\Case1-ER-00.htm]	F		
Edi	Display Preferences Io Qpen Save	ols Window Help	Mat Inf Sm Exp Rt	Sensitivity			
	Save As HTML File	Save As Excel File	Save As Word File Save a	is Text File			
				MicroShield INER (8.02-	8.02 0000)		
	Date	à	Ву		2999-000209784	Checked	
-	Filename		Run Date		Run 1	ime	Duration
_	Casel		July 13, 2012		下午02	:44:41	00:00:00
_				Project In	fo		
		C	ase Title			C	ase 1
		D	escription			C	ase 1
_		C	leometry			1-	- Point
			Dose Points				
A		x	Pose rolling Y		7.		
#1	30.0 c	m (11.8 in)	0.0 cm (0 in) 0	.0 cm (0 in)		
#2	100.0 cr	n (3 ft 3.4 in)	0.0 cm (0 in) 0	0 cm (0 in)		
#3	200.0 cr	m (6 ft 6.7 in)	0.0 cm (0 in) 0	0.0 cm (0 in)		
			Shielde			Z	
	Shield N	Dimensio	on	Material	Density		
	Air Gap			Air	0.00122		
			Source Inj	out: Grouping Method	- Actual Photon Energ	gies	
	Nuclide			Ci			Bq
_	Co-60			8.9000e-005			3.2930e4006
			Bu	ildup: The material rel Integration Par	erence is Air Gap ameters		
				Results - Dose Point #	1 - (30.0.0) cm		
F	inergy (MeV)	Activity (Photons/sec)	Fluence Rate MeV/cm2/sec No Buildup	Fluence Rate MeV/cm2/se With Buildu	Exposure C mR/h No Build	Rate Exposure Rate r mR/hr dup With Buildup
	0.6938	5.37	/2e+02	3.286e-02	3.294e-02	6.345e-	05 6.360e-05
	1.1732	3.29	93e+06	3.409e+02	3.414e+02	6.091e-	01 6.101e-01
	1.3325	3.29	93e+06	3.872e+02	3.878e+02	6.718e-	01 6.727e-01
	Totals	6.58	7e+06	7.281e+02	7.292e+02	1.281e+	00 1.283e+00
			r	la- N N M-	(100.0.0)		
	1018845	Diget in the second		+ 000			

距離:30公分

Eile Edit Draphy Preferences Tools Window Help ew - Open Seve Open Ext Str. Con Mat Ip	f Sze Exp Rt Sensitivity					- 8
Email Print Save As HTML File Save As Excel File Save As Wo	rd File Save as Text File					
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)						
Antero-posterior Geometry	mSv/ł	ır	1.116e	-002	1.118e-002	
Postero-anterior Geometry	mSv/ł	11	9.912e	-003	9.927e-003	
Left Lateral Geometry	mSv/ł	ır	7.972e	-003	7.984e-003	
ateral Geometry	mSv/ł	ir	0.000e	+000	0.000e+000)
tight Lateral Geometry	mSv/ł	u	7.556e	-003	7.568e-003	
totational Geometry	mSv/l	ır	9.430e	-003	9.445e-003	
sotropic Geometry	mSv/i	ır	8.235e	-003	8.248e-003	
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Antero-posterior Geometry	mSvA	ır	1.219e	-002	1.220e-002	
Postero-anterior Geometry	mSv/ł	ır	6.004e	-003	6.013e-003	
eft Lateral Geometry	mSv/ł	ır	0.000e	+000	0.000e+000)
ateral Geometry	mSv/ł	u	1.121e	-002	1.123e-002	
ight Lateral Geometry	mSv/ł	ır	0.000e	+000	0.000e+000)
Rotational Geometry	mSv/h	ır	1.121e	-002	1.123e-002	
sotropic Geometry	m Sv/ł	ır	1.024e	-002	1.026e-002	
Champion Alexandred Desce (ICDP 74 1007)						
Antero-nosterior Geometry	mSvA	ir.	1 245e	2002	1.247e-002	
Postero_anterior Geometry	mSv/l		6.711e	.003	6.722e.003	
eft Lateral Geometry	mSv/l	ur	0.000e	+000	0.000e+000)
ateral Geometry	mSv/l	ur	8.122e	-003	8.134e-003	8
ight Lateral Geometry	mSv/ł	u	0.000e	+000	0.000e+000)
totational Geometry	mSv/ł	u	8.122e	-003	8.134e-003	
sotropic Geometry	mSv/ł	ır	9.347e	-003	9.361e-003	
Iterus Absorbed Dose (ICPP 71 1007)	. Li		- L			
周始	PF #2- #4 6	1	👝 101ÆDOF#63784	「「「金田沙西村ホム	Ne Managerili e 19	

距離:100公分

MicroShield 9.02 - [HTML Report: CAProgram Files/MicroShield 9/Examples/CareFile File Edit Display Professores Tools Window Help	s\HTML\Case1-2012_	7_13-千千 02_47_17.htm]			_ 2 2
New Open Save Print Ext Str. Cut Mat Juf Str. Exp Rt Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File Save as	Sensitivity Text File				
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)					^
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	9.994	1e-004	1.005e-003	
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	8.87	7e-004	8.923e-004	
Left Lateral Geometry	mSv/hr	7.140)e-004	7.177e-004	
Lateral Geometry	mSv/hr	0.00)e+000	0.000e+000	
Right Lateral Geometry	mSv/hr	6.76	3e-004	6.802e-004	
Rotational Geometry	mSv/hr	8.446	5e-004	8.489e-004	
Isotropic Geometry	mSv/hr	7.376	5e-004	7.413e-004	
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)					
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.09	le-003	1.097e-003	
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	5.37	7e-004	5.405e-004	
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000	De+000	0.000e+000	
Lateral Geometry	mSv/hr	1.004	4e-003	1.009e-003	
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.00)e+000	0.000e+000	
Rotational Geometry	mSv/hr	1.004	4e-003	1.009e-003	
Isotropic Geometry	mSv/hr	9.173	3e-004	9.220e-004	
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)					
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.115	5e-003	1.121e-003	
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	6.01	Le-004	6.042e-004	
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.00)e+000	0.000e+000	
Lateral Geometry	mSv/hr	7.275	5e-004	7.312e-004	
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.00)e+000	0.000e+000	
Rotational Geometry	mSv/hr	7.275	5e-004	7.312e-004	
Isotropic Geometry	mSv/hr	8.37	le-004	8.414e-004	
Uterus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)					1
	l 🍋 e	☐ 101年D0E新客料	● 美国能源部末台	MS MicroShield 8.02 - 📖 🐼 🔊	下午 02:47

距離:200公分

Open Seve Open Exp Open Exp Open O	Rt Sensitivity		
mail Print Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File Sa	ve as Text File		
ffective Dose (ICRP 74 - 1997)			
ntero-posterior Geometry	mSv/hr	2.481e-004	2.507e-004
ostero-anterior Geometry	mSv/hr	2.204e-004	2.227e-004
eft Lateral Geometry	mSv/hr	1.773e-004	1.791e-004
ateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ight Lateral Geometry	mSv/hr	1.680e-004	1.697e-004
otational Geometry	mSv/hr	2.097e-004	2.118e-004
otropic Geometry	mSv/hr	1.831e-004	1.850e-004
ntero-posterior Geometry ostero-anterior Geometry	mSv/hr mSv/hr	2.710e-004 1.335e-004	2.737e-004 1.349e-004
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ateral Geometry	mSv/hr	2.493e-004	2.519e-004
ight Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
otational Geometry	mSV/nr	2.4936-004	2.519e-004
onopic Geometry	m5v/m	Z.Z 70e-004	2.501e-004
hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
ntero-posterior Geometry	mSv/hr	2.768e-004	2.797e-004
ostero-anterior Geometry	mSv/hr	1.492e-004	1.508e-004
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ateral Geometry	mSv/hr	1.806e-004	1.825e-004
ight Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
otational Geometry	mSv/hr	1.806e-004	1.825e-004
otropic Geometry	m Sv/hr	2.078e-004	2.100e-004

附件四 空中偵測SPARCS輻射作業場所輻射劑量計算結果

核種:Cs-137 活度:23µCi



30公分

MicroShield 8.02 - [HTML Report: C:\Program Files\MicroShield 8\Ex	amples/CaseFiles/HTML/Case1-2012_7_13	- 下午 03_34_05.htm]	
File Edit Display Freferences Tools Window Help	and the second		- 8
Rew - Open Save Print Ext Src Cu Mat Inf	Sm Exp Rt Sensitivity		
Save As HTML File Save As Excel File Save As Word	d File Save as Text File		
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	m Sv/hr	7.343e-004	7,362e-004
Postero-anterior Geometry	m Sv/hr	6.253e-004	6.268e-004
Left Lateral Geometry	mSv/hr	4.693e-004	4.705e-004
Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Right Lateral Geometry	mSv/hr	4.368e-004	4.379e-004
Rotational Geometry	mSv/hr	5.863e-004	5.877e-004
Isotropic Geometry	mSv/hr	4.956e-004	4.968e-004
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	8.445e-004	8.467e-004
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	3.031e-004	3.039e-004
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	7.286e-004	7.304e-004
Right Lateral Geometry	m Sv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	m Sv/hr	7.286e-004	7.304e-004
Isotropic Geometry	mSv/hr	6.580e-004	6.597e-004
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	8.671e-004	8.694e-004
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	3.822e-004	3.831e-004
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	4.694e-004	4.705e-004
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	4.694e-004	4.705e-004
Isotropic Geometry	m Sv/hr	5.988e-004	6.003e-004
	and a		
11 AL 1 D CONS 24 10025			
/ 開始 🍋 101報告 🔽 👩 收件匣 - Microsoft 📃		101年DOE新資料. 図 美國能源部末:	台幅 NS MicroShield 8 02 - 1 👘 🔇 下午 03

50公尺

Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File ffective Dose (ICRP 74 - 1997) Intero-posterior Geometry Intero-posterior Geometry sateral Geometry Intero-posterior Geometry Intero-posterior Geometry ateral Geometry Intero-posterior Geometry Intero-posterior Geometry ight Lateral Geometry Intero-posterior Geometry Intero-posterior Geometry ight Lateral Geometry Intero-posterior Geometry Intero-posterior Geometry yet Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Intero-posterior Geometry	Save as Text File mSv/hr mSv/hr	1.648e-008	
ffective Dose (ICRP 74 - 1997) Intero-posterior Geometry ostero-anterior Geometry eft Lateral Geometry ateral Geometry ight Lateral Geometry otational Geometry botropic Geometry ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	mSv/hr mSv/hr	1.648e-008	
ntero-posterior Geometry ostero-anterior Geometry eff Lateral Geometry ight Lateral Geometry otational Geometry otoropic Geometry ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	mSv/hr mSv/hr	1.648e-008	
ostero-anterior Geometry eft Lateral Geometry tateral Geometry ight Lateral Geometry otational Geometry obtropic Geometry ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	mSv/hr	7.0100.000	2.477e-008
eft Lateral Geometry ateral Geometry ight Lateral Geometry olational Geometry obtropic Geometry ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)		1.408e-008	2.113e-008
ateral Geometry ight Lateral Geometry otational Geometry otropic Geometry ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	m Sv/hr	1.057e-008	1.586e-008
ight Lateral Geometry otational Geometry otropic Geometry ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
otational Geometry otropic Geometry ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	mSv/hr	9.838e-009	1.476e-008
otropic Geometry ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	m Sv/hr	1.318e-008	1.980e-008
ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	mSv/hr	1.115e-008	1.674e-008
ntero-posterior Geometry	mSv/hr	1.883e-008	2.841e-008
ostero-anterior Geometry	mSv/hr	6.777e-009	1.020e-008
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ateral Geometry	mSv/hr	1.633e-008	2.457e-008
ight Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
otational Geometry	mSv/hr	1.633e-008	2.457e-008
otropic Geometry	mSv/hr	1.474e-008	2.218e-008
hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
ntero-posterior Geometry	mSy/hr	1.942e-008	2.923e-008
ostero-anterior Geometry	mSv/hr	8.620e-009	1.292e-008
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ateral Geometry	mSv/hr	1.058e-008	1.587e-008
ight Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
otational Geometry	mSv/hr	1.058e-008	1.587e-008
otropic Geometry	mSv/hr	1,346e-008	2.022e-008
	Tarren		
terus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			

100公尺

95 MicroShield 8.02 - [HTML Report: C:\Program Files\MicroShield 8\Examples\CaseFiles	HTML/Case1-2012_7_13-下午 03_35_2	l htm]	
5 File Edit Display Preferences Tools Window Help			_ & ×
Image: New Print Image: New Print<	Sensitivity		
Email Print Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File Save as	Text File		
Kolanonal Geomeny	in:397in	2.7040-009	
Isotropic Geometry	mSv/hr	2.573e-009	5.594e-009
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	2.571e-009	5.589e-009
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	2.198e-009	4.777e-009
Left Lateral Geometry	mSv/hr	1.651e-009	3.586e-009
Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Right Lateral Geometry	mSv/hr	1.537e-009	3.339e-009
Rotational Geometry	mSv/hr	2.058e-009	4.474e-009
Isotropic Geometry	mSv/hr	1.741e-009	3.783e-009
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	2.933e-009	6.383e-009
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	1.056e-009	2.298e-009
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	2.547e-009	5.538e-009
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	2.547e-009	5.538e-009
Isotropic Geometry	mSv/hr	2.298e-009	4.998e-009
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	3.028e-009	6.585e-009
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	1.347e-009	2.926e-009
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	1.654e-009	3.592e-009
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	1.654e-009	3.592e-009
Tentronic Geometre	m¢v/hr	2 101 = 000	I 1 567₀ 000
🛃 開始 🔰 101報告 🛛 🗿 收件匣 - Microsoft 🔤 RE: 檔案二 - 郵作	t 🧰 0 🔛 10	I年DOE新資料 🔮 美國能源部來台輻	🕼 MicroShield 8 02 - [💼 🌖 下午 03 35
核種:Cs-137 活度:10 mCi

icroShield 8.02 - [HTML	Report: C:\Program	Files/MicroShield	B\Examples\CaseFiles\	HTML/Case1-ER-00.htm]			3
le Edit <u>D</u> isplay <u>P</u> reference	ers <u>T</u> ools <u>W</u> indow	<u>H</u> elp					-
- Open Sav	e Print Ex	t Src Qu Mat	Inf Sie Exp Rt	Sensitivity			
Save As HT	ML File Save As Ex	cel File Save As	Word File Save as	Text File			
				MicroShield INER (8.02-(8.02		
	Date	ľ	By	Ĩ		Checked	
	2.410					GHOONOR	
Filenan	ne		Run Date		Run T	ime	Duration
Casel	R		July 13, 2012		下午03:	24:30	00:00:00
				Project In	io		
		Case Tit	le			Case	1
		Descripti	on			Case	1
		Geomet	ry			1 - Po	int
		Do	se Points		_		
1	X			Y	Z		
1	30.0 cm (11.8 i	in)	0.0 c	m (0 in)	0.0 cm (0 in)		
2 5	5.0e+3 cm (164 ft)	0.5 in)	0.0 c	m (0 in)	0.0 cm (0 in)	v	•X
3 1	1.0e+4 cm (328 ft	1.0 in)	0.0 c	m (0 in)	0.0 cm (0 in)	Z	
			Shields				
Shield N		Dimension		Material	Density		
Air Gap				Air	0.00122		
			Source Inpu	t: Grouping Method	- Actual Photon Energ	ies	
Nu	uclide			Ci			Bq
Ba-137m		1		9.4600e-003		3.5	002e+008
C	s-137			1.0000e-002		3.7	000e+008
			Buil	dup: The material ref Integration Par	erence is Air Gap imeters		
			Re	esults - Dose Point #	1 - (30,0,0) cm		
Energy (MeV)	I	Activity (Photor	ıs/sec)	Fluence Rate MeV/cm2/sec No Buildup	Fluence Rate MeV/cm2/sec With Buildup	Exposure Ra mR/hr No Buildur	te Exposure Rate mR/hr With Buildup
0.0045		3.634e+06		1.358e+00	1.375e+00	9.309e-01	9.428e-01
0.0318		7.246e+06		2.016e+01	2.044e+01	1.680e-01	1.702e-01
0.0322		1.337e+07		3.765e+01	3.816e+01	3.030e-01	3.071e-01
0.0364		4.865e+06	1	1.551e+01	1.572e+01	8.814e-02	8.933e-02
986 🔰 🗁 101報告	0 收	(件匣 - Microsoft	☑ RE: 檔案二·郵件	🗀 G	C 101年DOE新資料	美国能源部末台。	S MicroShield 8.02 - [🖮 🔇 🗑 🏹

30公分

¹ [§] MicroShield 8.02 - [HTML Report: CAProgram Files\MicroShield 8\Examples\CaseFile	s\HTML\Case1-2012_7_13	- 千午 03_26_50.htm]	
B File Edit Display Preferences Tools Window Help	1. 455		- 8 ×
New Open Save Fint Ext Su Ga Mat Inf Su Exp Rt	Sensitivity		
Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File Save as Email Eind	: Text File		
Isotropic Geometry	mSv/hr	3.194e-001	3.202e-001
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	m Sv/hr	3.193e-001	3.201e-001
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	2.719e-001	2.725e-001
Left Lateral Geometry	mSv/hr	2.041e-001	2.046e-001
Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Right Lateral Geometry	mSv/hr	1.899e-001	1.904e-001
Rotational Geometry	mSv/hr	2.549e-001	2.555e-001
Isotropic Geometry	mSv/hr	2.155e-001	2.160e-001
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	m Sw/hr	3.672e.001	3.6816-001
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	1 318e.001	1 321e-001
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	3.168e-001	3.176e-001
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	3,168e-001	3.176e-001
Isotropic Geometry	mSv/hr	2.861e-001	2.868e-001
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			100000000000000000000000000000000000000
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	3.770e-001	3.780e-001
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	1.662e-001	1.666e-001
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	2.041e-001	2.046e-001
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	2.041e-001	2.046e-001
Isotropic Geometry	mSv/hr	2.603e-001	2.610e-001
🚹 開始 📄 101報告 👘 收件匣 - Microsoft 🗖 R.E. 檔案二 - 鄭	件 🔁 0	🖕 101年DOE新資料 🛛 🔛 美國能源部來台輻	🐘 🕅 MicroShield 8.02 - [💼 🍕 下午 03:27

MicroShield 8.02 - [HTML Report: C:\Program Files\MicroShield 8\Exam	ples\CaseFiles\HTML\Case1-2012_7_	13-下午 03_29_33.htm]	
Fab Edd Depley Preferences Iools Window Help ev - Open Save Print Ext Src Cu Mat Inf Src	Exp Rt Sensitivity		
Final Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File	e Save as Text File		
Kolational Geometry	IIISV/III	7.3556-000	1.15ZE-005
Isotropic Geometry	mSv/hr	7.169e-006	1.078e-005
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	7.164e-006	1.077e-005
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	6.121e-006	9.186e-006
Left Lateral Geometry	mSv/hr	4,595e-006	6.896e-006
Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Right Lateral Geometry	mSv/hr	4.278e-006	6.419e-006
Rotational Geometry	mSv/hr	5.733e-006	8.609e-006
Isotropic Geometry	mSv/hr	4.848e-006	7.278e-006
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	8.187e-006	1.235e-005
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	2.947e-006	4.436e-006
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	7.100e-006	1.068e-005
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	7.100e-006	1.068e-005
Isotropic Geometry	m Sv/hr	6.407e-006	9.643e-006
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	8.442e-006	1.271e-005
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	3.748e-006	5.619e-006
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	4.602e-006	6.901e-006
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	4.602e-006	6.901e-006
Instrania Commeter	C A	5 052 nos	0 701, 006
- 第4合 - 101報告 - 101報告 - Microsoft - 🔤 R	E 檔案二 - 郵件 🛛 🦐 G	🚰 101年DOE新資料 🛛 🕮	美國能源部來台編。 🕅 MicroShield 8 02 - [👘 🔇 下午

100公尺

MicroShield 8.02 - [HTML, Report: CAProgram Files\MicroShield 8\Exa	mples/CaseFiles/HTML/Case1-2012_7_13-	F4= 03_30_28.htm]	
File Edit Display Preferences Tools Window Help			-
ew Qpen Save Print Ext Src Qu Mat Inf S	nc Exp Et Sensitivity		
Save As HTML File Save As Excel File Save As Word	File Save as Text File		
	T.	T.	1
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.118e-006	2.430e-006
ostero-anterior Geometry	m Sv/hr	9.559e-007	2.077e-006
eft Lateral Geometry	mSv/hr	7.177e-007	1.559e-006
ateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ight Lateral Geometry	mSv/hr	6.681e-007	1.452e-006
totational Geometry	mSv/hr	8.950e-007	1.945e-006
sotropic Geometry	m Sv/hr	7.569e-007	1.645e-006
Gye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
iye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Intero-posterior Geometry	mSv/hr	1.275e-006	2.775e-006
iye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Intero-posterior Geometry costero-anterior Geometry	mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007	2.775e-006 9.989e-007
ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Intero-posterior Geometry ostero-anterior Geometry eft Lateral Geometry	mSv/hr mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007 0.000e+000	2.775e-006 9.989e-007 0.000e+000
ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Intero-posterior Geometry ostero-anterior Geometry eft Lateral Geometry ateral Geometry	mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007 0.000e+000 1.107e-006	2.775e-006 9.989e-007 0.000e+000 2.408e-006
iye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Intero-posterior Geometry ostero-anterior Geometry eff Lateral Geometry ateral Geometry light Lateral Geometry	mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007 0.000e+000 1.107e-006 0.000e+000	2.775e-006 9.989e-007 0.000e+000 2.408e-006 0.000e+000
iye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Intero-posterior Geometry costero-anterior Geometry eff Lateral Geometry ateral Geometry light Lateral Geometry cotational Geometry	mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007 0.000e+000 1.107e-006 0.000e+000 1.107e-006	2.775e-006 9.989e-007 0.000e+000 2.408e-006 0.000e+000 2.408e-006
iye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Intero-posterior Geometry ostero-anterior Geometry eff Lateral Geometry ateral Geometry tight Lateral Geometry sottopic Geometry	mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007 0.000e+000 1.107e-006 0.000e+000 1.107e-006 9.992e-007	2.775e-006 9.989e-007 0.000e+000 2.408e-006 0.000e+000 2.408e-006 2.173e-006
Sye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Antero-posterior Geometry Vostero-anterior Geometry weft Lateral Geometry Ateral Geometry Rotational Geometry Sotropic Geometry	mSv/hr mSv/h mSv/h mSv/h mSv/h mSv/h mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007 0.000e+000 1.107e-006 0.000e+000 1.107e-006 9.992e-007	2.775e-006 9.989e-007 0.000e+000 2.408e-006 0.000e+000 2.408e-006 2.408e-006 2.173e-006
ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Antero-posterior Geometry ostero-anterior Geometry eff Lateral Geometry tight Lateral Geometry totational Geometry sotropic Geometry Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) http:costerior Geometry	mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007 0.000e+000 1.107e-006 0.000e+000 1.107e-006 9.992e-007	2.775e-006 9.989e-007 0.000e+000 2.408e-006 0.000e+000 2.408e-006 2.173e-006
ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) untero-posterior Geometry costero-anterior Geometry eff Lateral Geometry ateral Geometry tight Lateral Geometry totational Geometry sotropic Geometry hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) untero-posterior Geometry estero-anterior Geometry	mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007 0.000e+000 1.107e-006 0.000e+000 1.107e-006 9.992e-007	2.775e-006 9.989e-007 0.000e+000 2.408e-006 0.000e+000 2.408e-006 2.173e-006 2.173e-006
ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) untero-posterior Geometry ostero-anterior Geometry eft Lateral Geometry ateral Geometry ight Lateral Geometry sotropic Geometry 'hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) untero-posterior Geometry estero-anterior Geometry estero-anterior Geometry	mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007 0.000e+000 1.107e-006 0.000e+000 1.107e-006 9.992e-007	2.775e-006 9.989e-007 0.000e+000 2.408e-006 0.000e+000 2.408e-006 2.173e-006 2.863e-006 1.272e-006 0.000e+000
ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) untero-posterior Geometry ostero-anterior Geometry eft Lateral Geometry tight Lateral Geometry totational Geometry sotropic Geometry hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) untero-posterior Geometry eft Lateral Geometry eft Lateral Geometry ateral Geometry ateral Geometry ateral Geometry	mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007 0.000e+000 1.107e-006 0.000e+000 1.107e-006 9.992e-007 1.316e-006 5.856e-007 0.000e+000 7.191e-007	2.775e-006 9.989e-007 0.000e+000 2.408e-006 0.000e+000 2.408e-006 2.173e-006 2.863e-006 1.272e-006 0.000e+000 1.552e-006
ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Antero-posterior Geometry ostero-anterior Geometry eft Lateral Geometry steral Geometry soutopic Geometry containal Geometry contero-posterior Geometry intero-posterior Geometry ostero-anterior Geometry eft Lateral Geometry ateral Geometry ateral Geometry ateral Geometry	mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007 0.000e+000 1.107e-006 0.000e+000 1.107e-006 9.992e-007 1.316e-006 5.856e-007 0.000e+000 7.191e-007 0.000e+000	2.775e-006 9.989e-007 0.000e+000 2.408e-006 2.408e-006 2.173e-006 2.173e-006 1.272e-006 0.000e+000 1.562e-006 0.000e+000
Sye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Antero-posterior Geometry Vostero-anterior Geometry e.ft Lateral Geometry Right Lateral Geometry Rotational Geometry Rotational Geometry Chymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997) Antero-posterior Geometry Vostero-anterior Geometry Left Lateral Geometry Left Lateral Geometry Lateral Geometry Kight Lateral G	mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr	1.275e-006 4.593e-007 0.000e+000 1.107e-006 0.000e+000 1.107e-006 9.992e-007 1.316e-006 5.856e-007 0.000e+000 7.191e-007 0.000e+000 7.191e-007	2.775e-006 9.989e-007 0.000e+000 2.408e-006 0.000e+000 2.408e-006 2.173e-006 1.272e-006 1.272e-006 0.000e+000 1.562e-006 0.000e+000 1.562e-006

核種:Cs-137 活度:46.6 mCi

Edit Daplay spectraces Open Save Save As HTML F	Icola Winatow Help Entrin Ext Sac Ca Ma ile Save As Excel File Sav	t InfSx Exp Rt Se re As Word File Save as Ter	kii nsitivity t File			
Open Save	Print Ext Src Ca Me	t InfSoc Exp <u>R</u> t Se re As Word File Save as Tes	astivity t File			
Save As HTML F	ile Save As Excel File Sav	re As Word File Save as Tes	t File			
- Low						
			MicroShield INER (8.02-	8.02 0000)		
D	ate	By			Checked	
Filename		Run Date		Run Tim	ie .	Duration
Casel		July 13, 2012		下午03:38	:15	-01:59:6
			Project In	fo		
	Cas	e Title			Case	e1
	Desc	ription			Case	e 1
	Geo	metry			1 - Po	oint
		Dose Points				
	Х	Y	0	Z		
	30.0 cm (11.8 in)	0.0 cm	(0 in)	0.0 cm (0 in)		
5.0e	+3 cm (164 ft 0.5 in)	0.0 cm	(0 in)	0.0 cm (0 in)		×*X
1.0e	+4 cm (328 ft 1.0 in)	0.0 cm	(0 in)	0.0 cm (0 in)	4	
		Shields			2	
Shield N	Dimension	1 N	laterial	Density		
Air Gap			Air	0.00122		
		Source Input:	Grouping Method	- Actual Photon Energie	8	
Nucli	de		Ci			Bq
Ba-13'	7m		4.4084e-002		1.6	6311e+009
Cs-13	7		4.6600e-002		1.7	7242e+009
		Buildu	p: The material rel Integration Par	erence is Air Gap ameters		
		Res	alts - Dose Point #	1 - (30,0,0) cm		
			Fluence Rate	Fluence Rate	Exposure R	ate Exposure Rate
Energy (MeV)	Activity (Ph	otons/sec)	MeV/cm2/sec	MeV/cm2/sec	mR/hr	mR/hr
0.0045	1.602	.07	No Buildup	With Buildup	No Buildu	p With Buildup
0.0045	1.693e	+07	0.3296+00	0.410e+00	4.338e+00	1 4.393e+00
0.0310	5.377e	107	9.5976+01	9.324e+UI	7.027e-01	1.955e-01
0.0364	0.230e	±07	7.230e+02	7 3276401	4 1084 01	4 1630 01
0.0004	2.2076	101	7.2300101	1.0276701	4.1006-01	4.1056-01

30公分

MicroShield 8.02 - [HTML Report: C:\Program Files\MicroShield 3	B\Examples\CaseFiles\HTML\Case1-2012_7_13-F	午 03_41_51.htm]	
<u>File Edit Display Preferences Tools Window H</u> elp			- 8
New Open Save Print Ext Src Qu Mat	Inf Src Exp Rt Sensitivity		
Email Bint Save As HTML File Save As Excel File Save As	Word File Save as Text File		
International Contraction	A1210 11224	2110201000	
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.488e+000	1.492e+000
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	1.267e+000	1.270e+000
Left Lateral Geometry	mSv/hr	9.509e-001	9.533e-001
Lateral Geometry	m Sv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Right Lateral Geometry	m Sv/hr	8.851e-001	8.872e-001
Rotational Geometry	m Sv/hr	1.188e+000	1.191e+000
Isotropic Geometry	m Sv/hr	1.004e+000	1.007e+000
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	m Sv/hr	1.711e+000	1.716e+000
Postero-anterior Geometry	m Sv/hr	6.141e-001	6.157e-001
Left Lateral Geometry	m Sv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	m Sv/hr	1.476e+000	1.480e+000
Right Lateral Geometry	m Sv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	m Sv/hr	1.476e+000	1.480e+000
Isotropic Geometry	m Sv/hr	1.333e+000	1.337e+000
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	m Sv/hr	1.757e+000	1.761e+000
Postero-anterior Geometry	m Sv/hr	7.743e-001	7.762e-001
Left Lateral Geometry	m Sv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	m Sv/hr	9.510e-001	9.533e-001
Right Lateral Geometry	m Sv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	m Sv/hr	9.510e-001	9.533e-001
Isotropic Geometry	mSv/hr	1.213e+000	1.216e+000

MicroShield 8.02 - [HTML Report: CAProgram Files/MicroShield 84	ixamples\CaseFiles\HTML\Case1-2012_7_	13-下午 03_43_05.htm]		
File Edit Deploy Preferences Jools Window Help New - Open Seve Print ExtSrc Ca Mat II	af Sm Exp Rt Sensitivity			- 8
Email Print Save As HTML File Save As Excel File Save As W	ord File Save as Text File			
Rotational Geometry	mSv/hr	3.510e-005	5.274e-005	2
Isotropic Geometry	m Sv/hr	3.341e-005	5.022e-005	
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)				
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	3.338e-005	5.019e-005	
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	2.852e-005	4.281e-005	
Left Lateral Geometry	mSv/hr	2.141e-005	3.213e-005	
Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000	
Right Lateral Geometry	mSv/hr	1.993e-005	2.991e-005	
Rotational Geometry	mSv/hr	2.671e-005	4.012e-005	
Isotropic Geometry	mSv/hr	2.259e-005	3.392e-005	
Eve Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)				
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	3.815e-005	5.755e-005	
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	1.373e-005	2.067e-005	
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000	
Lateral Geometry	mSv/hr	3.308e-005	4.977e-005	
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000	
Rotational Geometry	mSv/hr	3.308e-005	4.977e-005	
Isotropic Geometry	mSv/hr	2.986e-005	4.494e-005	
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)				
Antero-posterior Geometry	m Sv/hr	3.934e-005	5.922e-005	
Postero-anterior Geometry	m Sv/hr	1.747e-005	2619e-005	
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000	
Lateral Geometry	m Sv/hr	2.145e-005	3,216e-005	
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000	
Rotational Geometry	mSv/hr	2.145e-005	3.216e-005	
- 10188年 - 10188年 - Minmont	■ PP- #案下,邮件	internettera	美国能源部本会報 Ne MinmShield 9.02 - F	

100公尺

Ebe Edit Dopley Preferences Icols Window Help ev Open Seve Print Ext Src Qu Mat Inf Src Exp	Rt Sensitivity			- 6
Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File Save As more file Save As Word File Save As Wor	ve as Text File			
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)		 	 	
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	5.209e-006	1.132e-005	
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	4.454e-006	9.678e-006	
eft Lateral Geometry	mSv/hr	3.344e-006	7.266e-006	
ateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000	
Right Lateral Geometry	mSv/hr	3.113e-006	6.764e-006	
Rotational Geometry	mSv/hr	4.171e-006	9.064e-006	
sotropic Geometry	mSv/hr	3.527e-006	7.665e-006	
Antero-posterior Geometry Postero-anterior Geometry Left Lateral Geometry Lateral Geometry Right Lateral Geometry Rotational Geometry Sotropic Geometry	mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr mSv/hr	5,942e-006 2.141e-006 0.000e+000 5.160e-006 0.000e+000 5.160e-006 4.656e-006	1.293e-005 4.655e-006 0.000e+000 1.122e-005 0.000e+000 1.122e-005 1.013e-005	
hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)				
antero-posterior Geometry	mSv/hr	6.135e-006	1.334e-005	
ostero-anterior Geometry	mSv/hr	2.729e-006	5.928e-006	
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000	
ateral Geometry	mSv/hr	3.351e-006	7.278e-006	
Right Lateral Geometry		0.000e+000	0.000e+000	
Rotational Geometry	mSv/hr	3.351e-006	7.278e-006	
sotropic Geometry	mSv/hr	4.258e-006	9.254e-006	
Jierus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	- LOUER -			

核種:Co-60 活度:89 µCi

S MicroSl	hield 8.02 - [HTML Repo	rt: C:\Program Files\Mici	oShield 8\Examples\Ca	seFiles\HTML\Case1-F	ER-00.htm]			
k File Ed New	lit Display Preferences I Open Save	ools Window Help	u Mat Inf Src E	p Rt Sensitivity				- 8
	Save As HTML File	Save As Excel File	Save As Word File S	ave as Text File				
				Mic INE	croShield 8.02 R (8.02-0000)			
	Da	le		Ву			Checked	
		1				· ·		
	Casel		July 13, 2	te 012		Kun lime 下午 05:34:23		-01:59:6
				 I	Project Info	1 10000000000		
			Case Title		Toject Into		Case 1	
		I	Description				Case 1	
			Geometry				1 - Point	
			Dose Points					
A		Х		Y		Z		
#1	30).0 cm (11.8 in)		0.0 cm (0 in)	0.0	cm (0 in)		
#2	5.0e+	3 cm (164 ft 0.5 in)		0.0 cm (0 in)	0.0	cm (0 in)		X
#3	1.0e+	4 cm (328 ft 1.0 in)		0.0 cm (0 in)	0.0	cm (0 in)		
			Shields					
	Shield N	Dimen	sion	Material		Density		
	Air Gap			Air		0.00122		
			Source	Input: Grouping	Method - Act	ual Photon Energies		
-	Nuclide		Dource	Ci	, method - fiet	aut rhoton bhergico	Βσ	
	Co-60			8.9000e-005	5		3.2930e+0	06
				Buildup: The ma Integr	aterial reference ation Paramete	e is Air Gap ers		
				Results - Dose	e Point # 1 - (3	30,0,0) cm		
	Energy (MeV)	Activity	(Photons/sec)	Fluenc MeV/cr No Bu	e Rate m2/sec uildun	Fluence Rate MeV/cm2/sec With Buildup	Exposure Rate mR/hr No Buildup	Exposure Rate mR/hr With Buildup
	0.6938	5.3	5 372e+02		ie-02	3.294e-02	6.345e-05	6,360e-05
	1.1732	3.2	93e+06	3.409	le+02	3.414e+02	6.091e-01	6.101e-01
	1.3325	3.2	93e+06	3.872	e+02	3.878e+02	6.718e-01	6.727e-01
	Totals	6.5	87e+06	7.281	e+02	7.292e+02	1.281e+00	1.283e+00
				n	D	000 0 0)		
19 開始	6 101報告	🗿 收件匣 - Micro	■ RE. 檔案二	😂 101報告	🗌 😂 101年DOE	所 🔛 美國能源部來	DOE來台訓練 NS M	icroShield 8.0 🖮 🕢 🗿 下午 05 :

30公分

\$ MicroShield 8.02 - [HTML Report: C:\Program Files\MicroShield 8\Examples\CaseFile	s\HTML\Case1-2012_7_13-下午 05_3(5_59.htm]	
)6 <u>File Edit Display Preferences</u> Iools <u>W</u> indow <u>H</u> elp			_ 8 ×
Rev Open Save Pint Ext Src Cu Mat Juf Src Exp Rt	Sensitivity		
Email Print Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File Save a	: Text File		
Nomenonal Ocomeny	шючни	112100 000	112110 000
Isotropic Geometry	mSv/hr	1.162e-002	1.164e-002
Effective Dose (ICPP 74 - 1997)			
Antaro nostarior Geometry	mSultr	1 116+ 002	1 118= 002
Posterio anterior Geometry	mSwhr	9.912e.003	9.927= 003
Left Lateral Geometry	mSullar	7 0720 003	7.984.0.03
I steral Geometry	mSwhr	0.000+1000	0.000+000
Picht Lateral Geometry	mSuhr	7 5560 003	7 568e 003
Potational Geometry	mSw/hr	9.430=.003	9.445e-003
Isotronic Geometry	mSwhr	8 235 003	8 248 003
isonopic ocomeny	movin	0.2300-000	0.2700-003
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.219e-002	1.220e-002
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	6.004e-003	6.013e-003
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	1.121e-002	1.123e-002
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	1.121e-002	1.123e-002
Isotropic Geometry	mSv/hr	1.024e-002	1.026e-002
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	1 8 2	1	
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.245e-002	1.247e-002
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	6.711e-003	6.722e-003
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	8.122e-003	8.134e-003
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	8.122e-003	8.134e-003
Isotronic Geometry	Im Sv/hr	19 347e-003	19 361e-003

Seve Detection Detection <thdetection< th=""> <thdetection< th=""> <thdetect< th=""><th>Exp Rt Sensitivity Save as Text File</th><th></th><th></th><th>- 0</th></thdetect<></thdetection<></thdetection<>	Exp Rt Sensitivity Save as Text File			- 0
11			1	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)	an Castha	0.040, 007	2 (72) 007	
Antero-posterior Geometry	mSV/m	2.0498-007	2.041+.007	
Fostero-amerior beomeny	mSv/m	2.5500-007	3.2016-007	
Leteral Coometry	mSy/m mCrafty	0.000+1000	0.000 1000	
Picht Lateral Geometry	m Swilli	1,020,007	2,4862,007	
Right Lateral Geometry	mSwhr	2.40% 007	3 103e 007	
Isotropic Geometry	mSy/hr	2.1020.007	2 710 007	
			111100,001	
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)				
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	3.111e-007	4.010e-007	
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	1.533e-007	1.975e-007	
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000	
Lateral Geometry	mSv/hr	2.862e-007	3.689e-007	
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000	
Rotational Geometry	mSv/hr	2.862e-007	3.689e-007	
Isotropic Geometry	mSv/hr	2.615e-007	3.370e-007	
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)	1	Registration Manufacture		
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	3.178e-007	4.096e-007	
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	1.713e-007	2.208e-007	
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000	
Lateral Geometry	mSv/hr	2.074e-007	2.672e-007	
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000	
Rotational Geometry	mSv/hr	2.074e-007	2.672e-007	
Isotropic Geometry	mSv/hr	2.386e-007	3.075e-007	

NS MicroShield 8.02 - [HTML Report: C:\Program Files\MicroShield 8\Examples\CaseFiles\	ITML/Case1-2012_7_13-下午 05_39_37.h	m)	
🖗 File Edit Display Freferences Tools Window Help			- ē ×
New Open Seve Ent Ext Src Cu Mat Inf Src Exp Rt	Sensitivity		
Save As HTML File Save As Excel File Save As Word File Save as T	ext File		
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	5.040e-008	8.252e-008
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	4.477e-008	7.330e-008
Left Lateral Geometry	mSv/hr	3.601e-008	5.895e-008
Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Right Lateral Geometry	mSv/hr	3.414e-008	5.588e-008
Rotational Geometry	mSv/hr	4.260e-008	6.974e-008
Isotropic Geometry	mSv/hr	3.720e-008	6.090e-008
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	5.503e-008	9.012e-008
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	2.713e-008	4.440e-008
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	5.064e-008	8.292e-008
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	5.064e-008	8.292e-008
Isotropic Geometry	mSv/hr	4.626e-008	7.574e-008
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	5.622e-008	9.207e-008
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	3.032e-008	4.963e-008
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	3.669e-008	6.006e-008
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	3.669e-008	6.006e-008
Isotropic Geometry	mSv/hr	4.222e-008	6.912e-008
Uterus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			~
🚼 開始 🔰 🗁 101報告 🛛 🗿 收件匣 - Micro 🔛 RE: 檔案二 🗁 1	01報告 🔁 101年DOB新 🕴) 美國能源部末 関 DOE本台訓練 🕅	MicroShield 8.0 🖮 🄇 🗿 下午 05-39

核種:Cs-137 活度:46.6 mCi

icroShield 8.0	2 - [HTML Report: C:\P)	ogram Files\MicroShield	8\Examples\CaseFiles\F	ITML/Case1-ER-0).htm]			
e Edit Displa	ny Freierences Tools Wi	ndow <u>H</u> elp		18-8				
•	/ 📃 🤤							
Uper	n <u>S</u> ave <u>F</u> rmt	Ext Src Uu Mat	Inf Src Exp <u>R</u> t :	Sensitivity				
	Save As HTML File Sav	re As Excel File Save A	s Word File Save as T	ext File				
ail Print								
				Micros INER (hield 8.02 3.02-0000)			
	Date	Ĩ	Bv				Checked	
	Date		2,				CHOOLOG	
	Filename		Run Date			Run Time		Duration
	Case1		July 13, 2012			下午 06:29:42		-01:59:6
				Ргој	ect Info			
		Case T	itle				Case 1	
		Descrip	tion				Case 1	
		Geome	etry				1 - Point	
		D.				10		
	v	Do	ose roinis		7			
	200.0 cm (6	ft 6.7 in)	0.0 cm (0) in)	0.0 cm (0 in			
2	300.0 cm (9 f	t 10.1 in)	0.0 cm (() in)	0.0 cm (0 in			~
3	600.0 cm (19	ft 8.2 in)	0.0 cm (() in)	0.0 cm (0 in)	¥	
			Shields				2	
Shie	eld N	Dimension	M	faterial	Density			
Air	Gap			Air	0.00122			
							1	
	Muolida		Source Input	: Grouping Me	thod - Actual Pl	ioton Energies	-	24
	Ra-137m			4 3516e.002			1.610	
	Cs-137			4.6000e-002	6000e-002 1.0101e+009		0e+009	
	nation k		Build	up: The materi	al reference is <i>i</i>	Air Gap		
			-	integratio				
			Kes	Fluonco P	ni # 1 - (200,0,0	J) CIII Ivonco Pato	Exposure Pate	Exposure Pate
Energy	7 (MeV)	Activity (Photo	ons/sec)	MeV/cm2/	sec M	eV/cm2/sec	mR/hr	mR/hr
				No Buildu	ip W	ith Buildup	No Buildup	With Buildup
0.0	045	1.671e+0	7	1.025e-01		1.115e-01	7.023e-02	7.641e-02
0.0)318	3.333e+0	7	1.962e+0)	2.146e+00	1.634e-02	1.787e-02
0.0)322	6.150e+0	7	3.666e+0	0	4.010e+00	2.951e-02	3.227e-02
0.0	1364	2.238e+0	1	1.523e+0		1.006e400	8.656e-03	9.464e-03
朝始	🗁 101報告)收件匣 - Micros 🛛 🔜	RE:檜窯二 ն		😂 101年DOE新資	■ 美國能源部來	📑 DOE來台訓練	NS MicroShield 8.0 🖮 🔇 T

- Open Save Print ExtSuc Quidat IntS	m Exp Rt Sensitivity		
mail Print Save As HTML File Save As Excel File Save As Word	File Save as Text File		
Heating Dags (ICRP 74 1007)			
Intern posterior Geometry	m Su An	3.251_0002	3 306+ 002
ostero anterior Geometry	mSv/m	2.769=.002	2.815+.002
eff Lateral Geometry	m Su/hr	2.038-002	21130.002
ateral Geometry	mSwhr	0.000+002	0.000++000
rateral Geometry	mSv/m	1.9346.002	1.966=.002
Interioral Geometry	mSwhr	2 506= 002	2 639= 002
sotropic Geometry	mSuhr	2 104= 002	2.231e.002
souther occurrency	Institu	2.1340.002	2.2010.002
ye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
antero-posterior Geometry	mSv/hr	3.737e-002	3.803e-002
ostero-anterior Geometry	mSv/hr	1.342e-002	1.365e-002
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ateral Geometry	mSv/hr	3.225e-002	3.280e-002
ight Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
totational Geometry	mSv/hr	3.225e-002	3.280e-002
otropic Geometry	mSv/hr	2.913e-002	2.963e-002
'hymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
antero-posterior Geometry	mSv/hr	3.839e-002	3.904e-002
ostero-anterior Geometry	mSv/hr	1.693e-002	1.720e-002
eft Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
ateral Geometry	mSv/hr	2.079e-002	2.113e-002
ight Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
otational Geometry	mSv/hr	2.079e-002	2.113e-002
otropic Geometry	mSv/hr	2.651e-002	2.695e-002

MicroShield 8.02 - [HTML Report: C:\Program Files\MicroShield	8\Examples\CaseFiles\HTML\Case1-2012_7_1	3-下午 06_12_29.htm]	
5 Eile Edit Display Preferences Icols Window Help 	Inf Src Exp Rt Sensitivity		- 8
Save As HTML File Save As Excel File Save As	Word File Save as Text File		
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	1.503e-002	1.541e-002
Isotropic Geometry	mSv/hr	1.432e-002	1.468e-002
Effective Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.431e-002	1.467e-002
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	1.219e-002	1.249e-002
Left Lateral Geometry	mSv/hr	9.150e-003	9.378e-003
Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Right Lateral Geometry	mSv/hr	8.516e-003	8.728e-003
Rotational Geometry	mSv/hr	1.143e-002	1.171e-002
Isotropic Geometry	mSv/hr	9.660e-003	9.902e-003
Eye Lens Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.645e-002	1.688e-002
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	5.905e-003	6.058e-003
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	1.420e-002	1.456e-002
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Rotational Geometry	mSv/hr	1.420e-002	1.456e-002
Isotropic Geometry	mSv/hr	1.282e-002	1.315e-002
Thymus Absorbed Dose (ICRP 74 - 1997)			
Antero-posterior Geometry	mSv/hr	1.690e-002	1.733e-002
Postero-anterior Geometry	mSv/hr	7.452e-003	7.636e-003
Left Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
Lateral Geometry	mSv/hr	9.151e-003	9.377e-003
Right Lateral Geometry	mSv/hr	0.000e+000	0.000e+000
		A 151 AAS	0.000 000
🚪 開始 🔰 101報告 🚺 收件匣 - Mioro 💻 1	RE: 檔案二 - 🦲 101報告 🛛 🔭	01年D0E新	台訓練 🖹 MicroShield 8.0 🖮 🔦 🗿 下午 06:13)

附件二

輻射事故教育訓練計畫 空中偵測 SPARCS 系統操作訓練名冊

編號	中文姓名	英文姓名	職稱	機關單位
1	許竣捷	Xu Jun-Jie	上士	三三化學兵群
2	張文威	Zhang Wen-Wei	下士	三三化學兵群
3	周淳軒	Zhou Chun-Xuan	上兵	三三化學兵群
4	龔龍峰	Gong Long-Feng	參謀主任	三九化學兵群
5	林健詠	Lin Jian-Yong	連士官督導長	三九化學兵群
6	莊佳穎	Zhuang Jia Ying	副營長	三九化學兵群
7	蘇冠宇	Su Kuan-Yu	上尉	化學兵學校
8	張祐嘉	Zhang Yo-Jia	上尉教官	化學兵學校
9	張天民	Chang Pien-Min	中士	化學兵學校
10	吳權恩	Allen	上士教官	化學兵學校
11	周家平	Chou Chia-Ping	少校	航特部
12	陳宗延	Chen Zong-Yan	上尉	航特部
13	黄啟銘	Huang Qi-Ming	空勤機械士	航特部
14	廖家群	Liao, Chia-Chun	簡任技正	原子能委員會
15	賴良斌	Lai, Liang-Bin	技士	原子能委員會
16	王錫勳	Jack wang	技士	物管局
17	馬志銘	Ma chih ming	技士	物管局
18	聶至謙	Chih-Chien Nieh	技士	原子能委員會
19	朱亦丹	YI-DAN, JU	技士	原子能委員會
20	許芳裕	Fang-Yuh Hsu	二等核能師/兼任副教授	國立清華大學
21	陳永泰	Chen, Yung Tai	技士	國立清華大學
22	高億峯	I-Feng Kao	技士	輻射偵測中心
23	曹鴻富	Hung-Fu Tsao	技士	輻射偵測中心
24	何東山	Ho, Tang-Shan	核子工程師	台電公司
25	王正忠	Wang, Jeng-Jong	副組長	核能研究所
26	張淑君	Chang, Shu-Jun	副研究員	核能研究所
27	李振弘	Lee, Jeng-Hung	副研究員	核能研究所
28	黄昭輝	Huang, Chao-Hui	副研究員	核能研究所
29	葉俊賢	Yeh, Chin-Hsien	助理研究員	核能研究所
30	盧仲信	Lu, Chung-Hsin	副工程師	核能研究所
31	周郁翔	Chou, Yu-Hsiang	副工程師	核能研究所
32	潘宗梁	Pan, Tzonq-Liang	技術員	核能研究所
33	蘇淑霞	Su, Shu-Hsia	技術員	核能研究所

空中輻射偵檢系統 SPARCS-M1 性能評估



核能研究所 保健物理組

中華民國一〇一年十月五日

1. 前言

空中輻射偵檢系統SPARCS-M1 (SPectral Advanced Radiological Computer System-Aerial)為美國能源部(DOE)與美國國家核能安全 局(NNSA)共同開發,執行國際緊急應變管理與合作計畫,為進步型 輻射能譜量測電腦系統,主要由艙內顯示(耐操的筆記型電腦)、資 料擷取與傳送單元(ATU) 及碘化鈉偵檢器箱組成,系統可記錄加馬 輻射程度,能譜資料,及GPS坐標之模組化系統,亦可裝置中子偵 檢器量測中子輻射。應用於核子反應器意外或放射性散佈事故或地 面道路中斷時,裝載於飛行器上執行追蹤雲團、雲團沉降地表沉積 輻射分布圖及大區域地表污染物放射性調查工作圖。亦可裝置於車 輛執行地面射源搜索。2011年本系統已完成應用於日本東北福島核 電廠事故的空中輻射偵檢,由螺旋槳飛機承載空中量測系統(Aerial Measuring System,AMS)在3000 m(10000 feet AGL)執行例行地區偵 檢,當遇到空浮輻射時下降高度至2000 m(7000 feet AGL)確認輻射 雲團,2個半月期間DOE執行福島核電廠事故80公里範圍的100次以 上飛行,偵檢面積25000 km²地區。

2. 偵檢系統

2.1 偵檢器箱

1. SPARCS-A (Aerial)

碘化鈉偵檢器箱由2個朝下的平板型碘化鈉偵檢器(厚 5 cm x 寬 10 cm x長 40 cm及厚 5 cm x寬 10 cm x長 10 cm)、1個朝上的平板型碘化鈉偵檢器(厚 5 cm x寬 10 cm x長 10 cm)、及1個圓柱型 碘化鈉偵檢器(直徑 2.5 cm x長 2.5 cm),共4個碘化鈉偵檢器組 成。朝下的平板型碘化鈉偵檢器偵檢地面輻射、朝上的平板型碘化鈉偵檢器偵檢雲團輻射及圓柱型碘化鈉偵檢器偵檢高輻射。

2. SPARCS-M1 (Mobile)

碘化鈉偵檢器箱由朝下的平板型碘化鈉偵檢器(厚 5 cm x 寬 10 cm x長 40 cm),共2個碘化鈉偵檢器組成。朝下的平板型碘化鈉 偵檢器偵檢地面輻射。

(備注:本次性能評估以SPARCS-M1 (Mobile) ,因SPARCS-A1 故障未留置使用)

2.2 資料擷取與傳送單元

資料擷取與傳送單元(ATU)記錄偵檢器資料及 GPS 坐標,儲 存資料於快閃記憶卡(CF卡),提供資料供筆記型電腦展示如圖 1。 電源供應器(Switching power supply) 如圖 2,供應直流電源給偵檢 器的操作高壓、前置放大器及多頻道能譜分析儀。



圖1、資料擷取與傳送單元



圖2、直流電源供應器

2.3 筆記型電腦

具觸控螢幕之進步(軍規)筆記型電腦如圖 3,含資料擷取軟體 SPARCS 與校正軟體 RSL Mobile Calibration,以色點顯示總計數資 料,或在具地理參照的地圖上顯示移動軌跡。主頁的設定項目為 地圖參數(圖層、縮放比例、地圖原點、偵檢器繪圖);資料繪圖(個 別偵檢器對應繪圖符號);曝露率(曝露顯示階層設定、曝露計算、 曝露率單位);資料擷取與傳送單元設定(開啟偵檢器自動增益、選 擇於 ATU 螢幕顯示之參數);遙測及模擬器。曝露計算公式如下:

 $CF = A x e(B x alt) \dots (1)$

CF:轉換因數 (cps/mR/h)

A:1公尺處曝露率轉換因數 (cps/mR/h)

B:空氣衰減係數 (ft-1)

alt:平均飛行器高度 (ft)

ER = GC/CF(2)

ER:1公尺處的曝露率 (mR/h)

GC:量测高度的總計數率 (cps)



圖 3、軍規筆記型電腦

另外,由Los Alamos National Laboratory 提供應用程式 PeakEasy-3.85 版如圖 4,能譜(Spectra)的能量可展開至 6000keV,其中/Example Spectra 的 Ba-133+cs137.spe 的鑑別力 為 1.5keV/ch,其中/PeakEasyLib(1.2)由 HPGe Det(140%)、NaI Det(Gr-135)及 Identifinder BG Subtracted.spe 計測展示的核種庫 能譜有 Ba-133、BG、Cf-252、Co-60、Cr-51、Cs-137、Eu-152、 Ga-67、Ge-68、Ir-192、Lu-176、Np-237、Other(Skyshine-from Nuclear Reactor)、Pd-103、Pu-239、Ra-226、Sm-153、Sr-90、 Tc-99m、Th-232、U-233、U-235、U-238、U-Ore 及 Zr-89。



圖 4、PeakEasy-3.85 版應用程式

3. 性能評估

進步型輻射能譜量測電腦系統 SPARCS-Mi 的性能評估項目, 包括能量校正、靈敏度、效率、再現性、方向性、背景值及最低可 測活度等。偵檢系統操作連接組合如圖 5,串聯直流電源供應器 (MFJ-4225MV)調整在 3A、12V 位置、碘化鈉偵檢器箱、資料擷取 與傳送單元(ATU-04111-RSLN)及筆記型電腦(Panasonic CF-31)。電 腦的 RSL Mobile Calibration 檔案中 Analyze/characterization/,可設 定 Intergration(seconds)顯示加馬總計數 Gamma GC 含瞬間計數率 cps、總計數率 Total 及平均 Ave(cps)。



圖 5、偵檢系統操作連接組合

3.1 能量校正

開啟RSL Mobile Calibration檔案如圖6,點選Acquire/Connect (最左上鍵)可經由設定之IP位址149.252.205.223 為 2x4x16吋 NaI (ADC0)與 2x4x4吋NaI (ADC1)及149.252.205.224 為 1x1吋NaI (ADC0)與 2x4x4吋uplooking NaI (ADC1)連線至偵檢器箱,利用 加馬射源Am-241(60 keV),及利用加馬射源K-40 (1460 keV)置偵檢 器箱表面中心如圖7量測低能區間及高能區間的加馬能峰如圖8, 其Am-241及K-40 的能峰位置應出現在頻道20 ch及487 ch(設定 值)。在Cussor 的 Energy檔內設定的核種及能量(keV)為 Am-241(60)、Co-57(1360)、Cs-137(662)、Co-60(1173)、 Na-22(1275)、Co-60(1332)、K-40(1460)、Tl-208(2615)。而在Analyze 檔內設定的解析度Resolution,當Cussor在centroid210ch:630.0 keV 為(FWHM:66.0 keV、10.48%)。



圖 6、RSL Mobile Calibration 檔案



圖 7、加馬射源置偵檢器箱表面中心



圖 8、低能區間及高能區間的加馬能峰

3.2 計測效率

分別使用加馬點射源 Am-241(296 kBq)、Cs-137(343 kBq)及 Co-60(18 kBq)放置偵檢器箱量測幾何中心的表面效率及高度 1m 效率,計數率(cps)及偵檢器無感時間(D.t)結果如表 1,背景為 1984 cps。無感時間與計數率相關,計數率高則無感時間亦高。

核種	表面計數	無感時間	表面效率	1m計數率	無感時間	1m 效率
	率(cps)	(%)	(%)	(cps)	(%)	(%)
Am-241	4611	6.5	1.56	155	2.2	0.05
Cs-137	14237	16.8	4.14	1068	2.5	0.31
Co-60	1594	3.4	8.97	155	1.9	0.87

表1、偵檢器箱的表面效率及1m效率

3.3 方向性

分別使用加馬點射源 Am-241(296 kBq)Cs-137(Bq)、及 C0-60(Bq),放置在長 40 cm 及寬 30 cm 偵檢器箱的左邊的上與下 及右邊的上與下等 4 個端點位置量測如圖 9,比較相對幾何中心的 差異結果如表 2,3 種核種的最大差異為 3%,顯示偵檢器箱的輻 射方向性甚小,偵檢器箱的方向性測試結果如圖 10。



圖 9、偵檢器箱 2 部長方形偵檢器的 4 個端點位置

K				31(10)
偵檢器箱	左上	左下	右上	右下
Am-241	0.98	0.98	0.97	0.99
Cs-137	0.99	0.98	0.99	0.98
Co-60	1.00	1.00	0.99	1.00

表 2、 偵檢器 4 個端點相對幾何中心的差異(%)



圖 10、偵檢器箱的方向性測試結果

3.4 再性

在偵檢器箱的幾何中心,於一週內使用加馬點射源 Cs-137 共 計測 30 次,平均計數率為 16726cps,其 30 次的計數率皆在平均 值的 4σ 範圍內,而相對標準差為 0.79%,結果如圖 11。



圖 11、偵檢器箱的再現性測試結果

3.5 背景值

分別比較偵檢器的室內及室外量測的背景計數率,二者的平 均計數率與無感時間,結果如表 2,室內有屏蔽阻檔,地面的室外 背景約為室內背景的 1.7 倍,而距地面 100 m 及 300 m 位置的空間 背景約為室外地面的 1.3 倍。

表3、偵檢器量測的背景計數率

偵檢器箱	表面計數率(cps)	無感時間(%)
地面室內	1984	1.8
地面室外	2671	2.9
地面 100m	3500	
地面 300m	3500	

3.6 最低可測值(MDA)

美國核能管制委員會之 NUREG-1507(1998)⁽⁵⁾ 的最低可测活 度(MDA)之計算公式如下:

 $MDA = 3 + 4.65(\sqrt{C_{BG}}) / \varepsilon \times T \times V$

- 其中 3:表示偵檢器限度取3個標準差
 4.65:為95%可信賴水平之常數
 C_{BG}:背景計數率(cps)
 ε:核種計測效率
 T:計測時間(sec)
 - V:計測體積或重量

當室外平均背景計數率為 2671 cps,本系統計算點射源 Am-241、Cs-137 及 Co-60 的表面最低可測活度結果,如表 4,分 別約為 0.4 uCi、0.2 uCi 及 0.1 uCi。另外,偵檢器在不同的計測時 間核種 Cs-137 及 Co-60 的表面最低可測活度如圖 12,隨計測時間 延長則 MDA 亦愈低。

核種	效率(%)	MDA(Bq)	MDA(uCi)
Am-241	0.016	15179	0.4
Cs-137	0.041	5924	0.2
Co-60	0.09	2699	0.1

表 4、 偵檢器表面的核種最低可测活度



圖 12、不同計測時間的表面最低可測活度

另外,參考 SPARCS-A 資料提供核種 Cs-137 及 Co-60 在不同 飛行高度的最低可測活度案例如表 5 及表 6,顯示在相同飛行高度 的 Cs-137 較 Co-60 最低可測活度低。

Feet	mCi	offset	Feet	MBq	offset
50	.40E+00	.87E+00	50	.15E+02	.32E+0
100	.18E+01	.40E+01	100	.67E+02	.15E+0
150	.43E+01	.11E+02	150	.16E+03	.41E+0
200	.82E+01	.23E+02	200	.30E+03	.87E+0
300	.21E+02	.70E+02	300	.78E+03	.26E+0
400	.42E+02	.16E+03	400	.16E+04	.58E+0
500	.76E+02	.32E+03	500	.28E+04	.12E+0
600	.13E+03	.59E+03	600	.47E+04	.22E+0
700	.20E+03	.10E+04	700	.73E+04	.38E+C
800	.30E+03	.17E+04	800	.11E+05	.62E+0
900	.43E+03	.24E+04	900	.16E+05	.91E+C
1000	.61E+03	.35E+04	1000	.22E+05	.13E+0

表 5、核種 Cs-137 在不同飛行高度的最低可测活度

Offset : Lateral distance = altitude; Search Mode = 5-sigma

Feet	mCi	offset	Feet	MBq	offset
50	.60E+00	.13E+01	50	.22E+02	.48E+02
100	.28E+01	.64E+01	100	.10E+03	.24E+03
150	.71E+01	.19E+02	150	.26E+03	.70E+03
200	.14E+02	.42E+02	200	.52E+03	.15E+04
300	.38E+02	.14E+03	300	.14E+04	.50E+04
400	.84E+02	.35E+03	400	.31E+04	.13E+05
500	.16E+03	.75E+03	500	.59E+04	.28E+05
600	.28E+03	.15E+04	600	.10E+05	.56E+05
700	.46E+03	.25E+04	700	.17E+05	.93E+05
800	.74E+03	.40E+04	800	.27E+05	.15E+06
900	>.10E+04	.54E+04	900	>.37E+05	.20E+06
1000	>.10E+04	.54E+04	1000	>.37E+05	.20E+06

表 6、核種 Co-60 在不同飛行高度的最低可测活度

Offset : Lateral distance = altitude; Search Mode = 5-sigma

3.7 靈敏度

偵檢器箱在不同的計測時間由瞬間至 300 秒的不同計測時間 量測背景與 1m 位置的 Co-60 射源,觀察其平均總計數率(cps)的變 化如圖,在不同的計測時間二者個別的總計數率皆相近,顯示由 2 部大面積偵檢器組合的量測儀器靈敏度高,最佳計測時間不需要 長,瞬間果與較長時間的量測結果相差甚小。



圖 13、不同計測時間的量測計數率

4. 系統驗證

空中艙內主顯示畫面提供航道圖、曝露率、個別偵檢器計數 率帶狀圖及衛星定位坐標,以不同色點顯示總計數資料(7種顏色 代表低至高的曝露率,紅色的曝露率最高),或在具地理參照的台 灣地圖上顯示移動軌跡如圖(C:/RSL Mobile

Cabin/Layers/Taiwan)。在陸軍化學兵學校操場上空測試偵檢地面 加馬射源 Cs-137(約 46.6 mCi+11 mCi),直昇機以約 70 節(哩/時) 速度分別在距地面 100 ft、150 ft(50 m)、250 ft 及 300 ft(100 m)飛 行;其中 250 ft 高度一次有反應另一次無反應,300 ft 高度則無任 何反應,其加馬射源偵檢飛行顯示如圖 14(電腦首頁的 Taiwan Flight Data 7_27_2012 檔案中 Taiwan Flight Screen Capture),藍色 G 點為點射源位置旁邊紅色線顯示輻射曝露高位置,綠色線顯示 背景。飛行不同高度的輻射曝露偵檢結果如表 5(c:/ RSL Mobile Cabin/Layers/mps_track.dbf),其中無顯示曝露率(mR/h)資料,而總 計數率是由 2 部偵檢器的計數率相加,其個別偵檢器的計數率相 似,另外背景平均計數率為相對高度時的計數率。





圖 14、空中 給內 偵測主顯示畫面

圖 15、陸軍化校加馬射源偵檢飛行顯示

表 5、	飛行不	同高度	的輻射	曝露偵	檢結果
------	-----	-----	-----	-----	-----

飛行高度	射源曝露總平均計數率	相對背景平均計數率
(ft)	(cps)	(cps)
100	15000	3500
150	8500	3500
250	5500	3500

 $15000\text{-}3500\text{=}3.7 \times 1010 \times S \times 0.85 \times 800 \times 0.6 \times 1 \times 33000 \times 0.0804 \times 0.0012$

 $11.5 \times 10^3 = 4806 \times 10^{10} \times S$, $S = 418 \times 10^{-7} \text{ Ci} = 42 \text{ uCi}$

 $8500\text{-}3500\text{=}3.7\times1010\times\text{S}\times0.85\times800\times0.6\times1\times50000\times0.0804\times0.0012$

 $5 \times 10^{3} = 7282 \times 10^{10} \times S$, $S = 1456 \times 10^{-7} \text{ Ci} = 14 \text{ mCi}$

參考文獻

- Spectral Advanced Radiological Computer System, presentation, US DOE/NNSA, 2012
- Craig Lyons and David Colton, Aerial measuring system in JAPAN, U.S. Health Phys. 2012

進步型輻射能譜量測電腦 系統SPARCS-A (空中)

使用者手册

核能研究所 保健物理組

中華民國一〇一年十月十五日

附錄三



美國能源部

國際緊急應變管理與合作

進步型輻射能譜量測電腦系統

SPARCS-A (空中)

使用者手册



2012.06修訂

SPARCS-A 系統概述

進步型輻射能譜量測電腦系統,型號 A (SPARCS-A) 係用於因核子反應器意外或放射性 散佈事故時,裝載於飛行器上執行大區域地表污染物放射性調查工作。

規格

偵檢器 – NaI 1"x1" (2.5 cm x 2.5 cm) NaI 2"x4"x4" (5 cm x 10 cm x 10 cm) NaI 2"x4"x16" (5 cm x 10 cm x 40 cm) NaI 2"x4"x4" (5 cm x 10 cm x 40 cm) NaI 2"x4"x4" (5 cm x 10 cm x 10 cm) "朝上"
偵檢器箱 - 30"x15"x10" (76 cm x 38 cm x 25 cm); 70 lb (32 kg)
ATU 控制單元 – 11"x7"x6" (28 cm x 18 cm x 15 cm); 10.5 lb (4.8 kg)
ATU 電源 – 8-36 volts DC (一般運作:1-2 amps; 啟動:5 amps)
ADC - 1024 頻道, 能量範圍 28-3000 keV

<u>SPARCS-A 配備清單</u>

偵檢器箱	資料擷取與傳送單元(ATU)
筆記型電腦	GPS天線 (2)
喇叭	ATU-偵檢器箱連接線 (2)
ATU-筆記型電腦連接線(2)	ATU-電源線 (2)
ATU-喇叭連接線(2)	電源供應器 – 筆記型電腦 110/220 V AC
貨物綁帶 (2)	電源供應器 – 筆記型電腦 12 V DC
ATU 快閃記憶卡(CF卡)	國際插頭轉換器
使用手册	電源轉換器 110-220 V AC/DC



SPARCS-A 系統

1

步驟 1: 飛行器上安裝

將偵檢器箱放置於海綿墊上,並以貨物綁帶將其固定於飛行器之貨艙內。將ATU朝操作人員方向,放置於偵檢器上方,並用貨物綁帶固定。將喇叭置於靠ATU旁之偵檢器箱上,並 用貨物綁帶固定。

將電腦置於操作員座位 將GPS磁吸式天線安裝於駕駛艙的儀表板上方無阻礙處 連接ATU-偵檢器箱接線 ATU電源接到飛行器電源或12伏車用電池上 筆記型電腦電源接到飛行器電源或12伏車用電池上 利用網路線連接 ATU-筆記型電腦(前面板) 連接ATU-GPS接線 連接ATU-GPS接線 確認CF卡牢固地插在ATU插槽上 飛行器機械技師需確認系統安裝是否牢靠



安裝於直升機上的SPARCS-A



資料擷取與傳送單元 (ATU)



步驟 2:操作與響應檢查

啟動飛行器 開啟ATU電源 開啟筆記型電腦電源 繼續進行前,先等待2分鐘讓ATU完成啟動 點選筆記型電腦上SPARCS圖示,程式將自動與ATU連線 (若無法正常連線,可以照後面之程序檢查筆記型電腦 Windows 作業系統的網路設定) 點選System/Connect 與ATU連線 點選 Start/Stop 開始/停止資料撷取 資料儲存於CF卡

網路通訊協定(IP) 位址設定 (由專家執行設定)

於筆記型電腦上,到控制台>網路連線>區域連線>區域連線狀態>內容, 點選Internet Protocol (TCP/IP),選擇內容,點選使用下列IP位址,並按下列設定輸入:

IP 位址	149.252.205.99
子網路遮罩	255.255.255.0
預設閒道	149.252.205.100

關閉 SPARCS 軟體,重新開啟程式並重複步驟2。

Local Area Connection Properties 1 Internet Protocol (TCP/IP) Properties **?**× General Advanced General You can get IP settings assigned automatically if your network supports this capability. Otherwise, you need to ask your network administrator for the appropriate IP settings. Connect using: Broadcom 440x 10/100 Integrated C Configure... This connection uses the following items: O Dbtain an IP address automatically Client for Microsoft Networks (Use the following IP address: 🗹 🚚 File and Printer Sharing for Microsoft Networks 149.252.205.99 IP address: 🗹 🗐 QoS Packet Scheduler Subnet mask 255 . 255 . 255 . 0 Internet Protocol (TCP/IP 149.252.205.100 Default gateway: I<u>n</u>stall... Properties Obtain DNS server address automatically Description Transmission Control Protocol/Internet Protocol. The default wide area network protocol that provides communication Output the following DNS server addresses: Preferred DNS server: across diverse interconnected networks. Alternate DNS server: Show icon in notification area when connected Notify me when this connection has limited or no connectivity Advanced... OK Cancel Close Cancel

Windows作業系統網路設定

偵檢器響應檢查

在任務前後執行響應檢查可確保系統運作正常及量測品質。 詳細記錄全部4組偵檢之計數。2x4x16 偵檢器計數率需約為2x4x4 偵檢器計數率之4倍。 2x4x16偵檢器計數率需約為1x1偵檢器計數率之40倍.2x4x4 朝上之偵檢器計數率需約與 2x4x4 偵檢器計數率相同。在偵檢器下方之地上,放置5 Ci (185 kBq) 的Cs-137 射源, 收集1分鐘之計數。 在飛行器起飛與降落前,收集1分鐘的背景計數。 若有問題立即回報小組指揮官。

步驟 3: 載入地理資訊系統 (GIS) 圖層

向 GIS 專家取得SPARCS所需之地圖影像。

GIS專家可準備含經過路徑至調查區域之低解析度路線圖。影像具有GPS坐標之地理參照。

提供GIS專家中心點位置,如建物場所或城市,以及方型網格區域,並提供指揮機場基地 位置。

(範例:準備一張以經度/緯度為坐標中心,25公里×25公里範圍之基本地圖,範圍含括指 揮基地機場-城市機場)

複製GIS影像檔案至 C:\SPARCS\Layers 目錄 在此目錄中,利用 Add 功能加至現有圖層 載入單一影像並確認(在列表中需高於entry92 檔案) 隨時確認 entry92 - 此為世界參考地圖

針對基本影像, 需具備下列兩個檔案:

Image.jpg (區域影像) Image.jgw (供 **cntry92** 將影像於定位世界地圖上)

(當加入至 Current Map Layers, 只需加入Image.jpg檔案; jgw 檔案將自動產生關聯)

5



圖層視窗畫面

<u>步驟 4: 場域操作</u>

以下之顯示係用來做為場域操作。在目標區域的影像需為街景地圖類型。視窗畫面左側 顯示具有飛行路徑軌跡點與其計數率資料之調查地圖,右上為四組偵檢器計數率之帶狀 圖,右下顯示為GPS經緯度,速度與高度。注意:高度係為海拔高,非飛行器距離地表 之高度。SPARCS 並不記錄飛行器的實際飛行高度,因此任務全程盡量維持同一飛行高 度,對後續之資料處理極為重要。



筆記型電腦顯示之SPARCS-A視窗畫面

步驟 5: 資料擷取與儲存

地理資訊系統(GIS)資料

沿路徑軌跡之計數率可下載並提供給GIS專家,以在街景地圖或區域影像上進行資料繪製 與展示。

GIS 檔案儲存於 C:\SPARCS\Layers. 儲存最後建立如下檔名的檔案:

mpstrack.shp, mpstrack.shx and mpstrack.dbf

資料記錄檔存放於 C:\SPARCS\Log,包含事件,日期/時間,經度/緯度/高度,有感時間,偵檢器計數率與曝露率。

7

ATU 原始資料檔案

移除CF卡,並複製資料檔案(記得需將CF卡插回)

<u>步驟 6: 關機</u>

點選 Stop 停止資料收集 點選System/Disconnect 終止與ATU連線 點選File/Exit 關閉程式 關閉 ATU 電源 關閉筆記型電腦電源

校正檢查(由專家執行設定)

執行下列兩步驟將可確認能量校正是否正確。



校正主畫面

步驟1-高能加馬射線校正

將偵檢器箱接到ATU 點選桌面上 RSL SPARCS Calibration 點選 Acquire/Connect 可經由設定之IP位址連線至偵檢器箱 SPARCS-A偵檢器箱有兩組 IP 位址設定:

149.252.205.223 為 2x4x16 NaI (ADC0) 與 2x4x4 NaI (ADC1) 149.252.205.224 為 1x1 NaI (ADC0) 與 2x4x4 uplooking NaI (ADC1)

首先選擇 149.252.205.223, 之後完成下列設定:

使用 Energy Tab 並設定 K-40 標註 (1461 keV 或 ch 487) 2x4x16 NaI 使用 Acquire/ADC0, 2x4x4 NaI 使用 ADC1 點選 Acquire/Start/Stop 以開始/停止 資料撷取 點選 Plot/Mode 並選擇 Clip 以進行 Auto Reset Scale(自動重設比例) 點選 Acquire/Amplifier 調整 Gain/HV 設定

預射偵檢器設定:

2x4x16 NaI		Offset	, Gain	, HV	
2x4x4 NaI	Offset _	, Gain	, HV		
1x1 NaI		Offset	, Gain	, HV	
2x4x4 NaI (朝上)		Offset	, Gain	, HV	

關閉 Auto-Gain 功能

如預設值設定之程序,手動設定 Gain 並點選 Set Gain

點選清除能譜 調整 HV 使K-40線位於能峰中心 完成時,開啟 Auto-Gain 選項



高能加馬射線能量校正 (K-40 1460 keV) 9

步驟2-低能加馬射線校正 - 以Am-241 為檢查射源

使用**Energy Tab** 並設定 Am-241 標註 (59.5 keV 或 ch 20) 點選 **Plot/Mode** 並選擇 **Clip** 以進行 **Auto Reset Scale(自動重設比例)** 放置-5 Ci (185 kBq) Am-241 射源於偵檢器箱上並撷取數據



Calibration with a Low Energy Gamma Ray (Am-241 60 keV)

點選 Acquire/Start 開始資料計數與擷取 拖拉調整縮放比例至 0-100 頻道 利用 Acquire/Amplifier 調整 Gain/HV 設定 關閉 Auto-Gain 調整 Amplifier Offset 使能峰中心落在 Channel 20 完成後, 啟用 Auto-Gain

然後選取 149.252.205.223, 分別針對1x1 NaI 之 ADC0 與 2x4x4 NaI 朝上之ADC1 重複步驟1與步驟2

完成所有偵檢器校正後,點選 File/Exit

SPARCS 系統設定 - 預設值 (由專家決定設定值)

一般設定

INI 檔案 - C:\SPARCS\SPARCS.ini Log 目錄 - C:\SPARCS\Log Data mode host - 勾選 SPARCS ATU-勾選

圖層設定

圖層目錄 - C:\SPARCS\Layers 縮放比例階層(橫跨英哩範圍) Level 1 -1, Level 2 - 3, Level 3 - 6, Level 4 - 12 地圖原點 - 經/緯度(由地圖決定) 置頂標示顏色 - 粉紅 距離標示 - 藍 自動軌跡 - 勾選 顯示飛行全路徑 - 勾選

繪圖設定

偵檢器繪圖 1-繪圖標示 2x4x16 偵檢器繪圖 2-繪圖標示 2x4x4 偵檢器繪圖 3-繪圖標示 1x1 偵檢器繪圖 4-繪圖標示 up-look

曝露率設定

下列螢幕截圖之說明如下:

左面板-曝露顯示階層1-7,階層區分值與顯示顏色 右面板-飛行高度(英呎)對曝露計算之轉換參數 曝露率採用國際單位,點選Use SI

neuv Mah	Plots	Expo	osure Ha	ite g	imulato	r 🛛	
vels:		Exp	osure C	alcula	tions: -		
vels: 🛛 🛛 🚦	2	Alg	orithm:	E	xposur	e	~
ak Value	Color	Alti	ude (AG	L): 1	00	feet	
ю 🔰		Dei	1:	Det	2:	Det	3:
00		A1:	3000	A2:	75.1	A3:	4.6
00		B1:	-0.002	B2:	-0.002	B3:	-0.002
00		F1:	10	F2:	10	F3:	1
00		M1:	10000	M2:	50000	M3:	25000
00		~	0.000		0.01.4	1	0.05
00		r21:	0.283	r31: n:	3	132:	U.US
	vels: vels: aak Value 0 00 00 00 00 00 00 00 00 00	vels: 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	Vels: Exp vels: Image: Color Alignetic Alignetal Alignetic Alignetal Alignetic Alignetal Alignet	Exposure C Algorithm: Altitude (AG Det 1: Det 1: Det 1: Det	Vels: Exposure Calcula vels: Image: Color aak Value Color 00 Image: Color 00	Vels: Exposure Calculations: vels: Image: Color aak Value Color 00 Image: Color 00 <td>Vels: Image: Color sak Value Color 00 Image: Color 00 <td< td=""></td<></td>	Vels: Image: Color sak Value Color 00 Image: Color 00 <td< td=""></td<>

曝露率預設參數之視窗畫面

ATU - LCD 顯示面板設定 (不調整)

<u>空中調查任務執行</u>

SPARCS-A係用於因核子反應器意外或放射性散佈事故時,裝載於飛行器上執行大區域 地表污染物放射性調查工作。本任務成員需有輻射專家,以及受過放射性散佈應變處理 訓練之飛行機師。主要目的在於利用一次飛行航程中,提供標示涵蓋地表污染物區域中 心線與兩側邊界線之網格地圖,以做為應變管理與決策下達者提出防護行動之導引依據。

典型調查參數

飛行高度	定翼機 直升機	300-500 m (1000 -1500 ft) 150-300 m (500-1000 ft)
飛行速度	定翼機 直升機	140 knots (1 mph= 1.6 km/h = 1.1 knots) 70 knots
飛行間距	300-1000	+ m (1000-3000+ ft)

首次任務 – 利用選定之飛行間距進行彎曲路線飛行,以期在單一航程中能含括所有預測 具地表沉積的區域。後續任務將持續以網格路徑模式填補此區域空間,直到沉降區域完 全確定為止。

機組員

輻射專家/任務編組指揮官-提供任務的技術指引,並訂定飛行參數以獲得最佳的偵測靈 敏度;進行飛行前簡報

輻射技師 - 與機工長一同安裝SPARCS系統,並進行功能操作測試;於飛行任務時監看筆記型電腦螢幕,並提報輻射異常狀況

機長 - 協調飛行器操控,並提出飛行計畫與放棄執行計畫之飛行限制;進行飛行前簡報

駕駛-協調飛行操控

機工長-協助輻射技師安置SPARCS,放置GPS與連接機上電源

飛行前簡報

任務編組指揮官與機長之飛行前簡報,內容需涵蓋任務所有需注意之事項。

任務資料	任務說明 任務需求 標準作業程序 飛行危險/預防 氣象	飛行器配備	滅火器/位置/操作 急救箱/位置 安全帶/駕駛員安全帶/操作 無線電耳機/位置/操作
飛行資料	依職位介紹機組成員	緊急狀況	緊急逃生設施/位置與操作 救生設備位置 特殊救生設備用法 緊急負債用
鐵石 冒 聯結	到進入結功時留(田上風问進入) 決定風高 訂出調査區域/線坐標	廿日州中乙	案志氧%(使用 迫降程序 逃生口與會合程序
	★機組員資格/適當性 個人防護裝備 上機順序 機組員於飛行中的行動 通訊器材的使用	瓜和肚女王	艙內持續空氣監測 機組員配戴劑量警報器 定義返航輻射限值

Ground Deposition Mapping Survey



以彎曲網格之飛行路徑執行地表沉降調查

<u>飛行任務檢查清單</u>

1. 前置部署作業

執行任務簡報 於飛行器上將 SPARCS 安裝妥當 連接 SPARCS 電源至飛行器電源或電池 啟動飛行器 開啟 SPARCS 電源,並檢查計數率與 GPS 坐標 (<3 分鐘) 放置 5 uCi (185 kBq) 射源於偵檢器下方之地面上,並收集 1 分鐘之量測數據 檢查飛行駕駛與輻射專家間的通訊

2.飛行任務(事故地點)

出發至事故地點上風處之等待點 至調查區域途中,於測試路線上,收集1分鐘在調查飛行高度之量測數據 至調查區域途中,在調查飛行高度,收集1分鐘於水面上之量測數據 於等待點決定風高(沉降趨勢之風向) 由進入點進入調查區域,並以彎曲飛行路徑執行調查

3. 重部署作業

返回指揮基地途中,於測試路線上,收集1分鐘在調查飛行高度之量測數據 返回指揮基地。 收集1分鐘背景計數。 關閉 SPARCS 並儲存資料。 關閉飛行器引擎。
參考資料

Radiation Units and Conversions							
Units	Description	SI Units	Conversion Factor				
REM or rem	Dose equivalent	Seivert (Sv)	100 rem = 1 Sv				
RAD or rad	Absorbed dose	Gray (Gy)	100 rad = 1 Gy				
Curies (Ci)	Activity	Becquerel (Bq)	1 Ci = 3.7 x 10 ¹⁰ Bq				

SI and US Units and Conversions								
Activity			Dose Equivalent			Absorbed Dose		
1 TBq	27 Ci		1 Sv	100 R		1 kGy	100 kR	
1 GBq	27 mCi		1 mSv	100 mR		1 Gy	100 R	
1 MBq	27 µCi		1 mSv	0.1 R		1 mGy	100 mR	
1 kBq	27 nCi		1 µSv	100 µR		1 µGy	100 µR	
1 Bq	27 pCi		1μSv	0.1 mR				
1 Bq	1 dps		1 nSv	0.1 µR		1 kR	10 Gy	
1 Bq	60 dpm					1 R	10 mGy	
			Dose Rate			1 mR	10 µGy	
1 kCi	37 TBq		1 Sv/h	100 R/h		1 µR	10 nGy	
1 Ci	37 GBq		1 mSv/h	100 mR/h				
1 mCi	37 MBq		1 mSv/h	0.1 R/h				
1 uCi	37 kBq		1μSv/h	100 µR/h				
1 nCi	37 Bq		1µSv/h	0.1 mR/h				
1 nCi	2220 dpm							
1 pCi	0.037 Bq							
1 pCi	2.22 dpm							

Natu	Natural Occurring (Background) Radiosotopes								
Radioisotope	Symbol	Half-life	Gamma Energy (keV)						
Uranium Series	U-238	4.5 x 10 ⁹ years							
Radium-226	Ra-226	1600 years	186						
Lead-214	Pb-214	27 min	242, 295, 351						
Bismuth-214	Bi-214	20 min	609, 1120, 1238, 1764						
Thorium Series	Th-232	1.4 x 10 ¹⁰ years							
Actinium-228	Ac-228	6.1 hours	911, 965						
Lead-212	Pb-212	10.6 hours	239						
Thalium-208	TI-208	2.1 min	583, 2614						
Bismuth-212	Bi-212	60.6 min	727						
Potassium Series									
Potassium-40	K-40	1.3 x 10 ⁹ years	1460						
Common Medical Radioisotopes									
Radioisotope	Symbol	Half-life	Gamma Energy (keV)						
Technicium-99m	Tc-99m	6 hours	141						
Thalium-201	TI-201	73.1 hours	70, 80, 167						
Iodine-131	I-131	8 days	284, 364						
Galium-67	Ga-67	78.2 hours	185, 300						
Indium-111	In-111	67.4 hours	171, 245						
Xenon-133	Xe-133	5.2 days	81						
	Common Indu	istrial Radioisotop	les de la companya de						
Radioisotope	Symbol	Half-life	Gamma Energy (keV)						
Cesium-137	Cs-137	30 years	32, 661						
Cobalt-60	Co-60	5 years	1173, 1332						
Iridium-192	Ir-192	74 days	295, 308, 316, 468						
Americium-241	Am-241	432 years	60						
Uranium-238	U-238	4.5 x 10 ⁹ years	766, 1001						
Radium-226	Ra-226	1600 years	186, 609, 1120, 1764						
Special Nuclear Materials									
Radioisotope	Symbol	Half-life	Gamma Energy (keV)						
Uranium-235	U-235	7.1 x 10 ⁸ years	185						
Plutonium-239	Pu-239	24,000 years	129, 203, 375, 414						
	Common Neutron Radioisotopes								
Radioisotope	Symbol	Half-life	Neutron Energy (MeV)						
Californium-252	Cf-252	2.6 years	2						
Americium-Bervllium	Am-241/Be	432 years	4						



For IEMC Program Support, contact Vince McClelland at vince.mcclelland@nnsa.doe.gov

For Technical or Equipment Support, contact Rick Maurer at <u>maurerrj@nv.doe.gov</u>

空中偵測系統 (Aerial Measuring System, AMS) 空中偵/監測污染調查規範作業程序書

核能研究所 保健物理組

中華民國一〇一年十月十五日

空中偵測系統

(Aerial Measuring System, AMS)

空中偵/監測污染調查規範作業程序書

1. 概述

空中偵測系統(Aerial Measuring System, AMS)用途,為因應當核子 反應器意外或放射性物質散布事故時,於緊急情況,提供一個快速的 輻射和污染的偵測與監測調查。空中偵測系統完成這一使命,是利用 飛行載具裝載平台和配備特殊偵檢系統裝備,於飛行進行中偵/監測在 空氣中的放射性物質,及在地面上的輻射污染調查。空中偵測系統裝 備採用先進的進步型輻射能譜量測電腦系統,調查與記錄監測放射性 資訊擷取收集與儲存分析。系統可記錄加馬輻射與污染程度、能譜資 料等,並配備全球衛星定位(GPS)座標之模組化,結果可繪製輻射 照射和污染程度分布圖,以及確認輻射污染危害的放射性核種和活度 分布。提供中央與地方核子/輻射事故緊急應變團隊進行事故危害程度 研判與應變決策,並能提供第一線應變人員有關輻射安全防護措施和 復原清理行動。

空中偵測系統(AMS)的應用:

1. 空中偵/監測污染調查

2. 空中輻射源搜尋調查

空中偵測系統(AMS)功能的應用:

- 固定翼飛行載具部署的輻射能譜檢測系統:
 - 固定翼飛機可以提供快速反應和檢測受影響區域的放射性污染 程度,以確定輻射劑量水平。檢測結果可確認地面輻射污染位 置,可繪製受影響區域範圍的輻射污染程度分布圖。

● 直升機飛行載具部署的輻射能譜檢測系統:

直升機應用於已初步確認地面輻射污染範圍,利用直升機飛行 較低高度,執行密集軌跡的地面輻射污染檢測調查,以提供定 量評估與分析。

2. 空中偵/監測污染調查

2.1 空中偵/監測污染調查

測量地面污染的執行方式包括採集土壤樣品的實驗室分析、現場加 馬能譜測量法,或空中能譜測量法。針對大面積污染範圍調查,若需 具代表性的調查結果,則實驗室樣品分析與現場加馬能譜測量法,必 須採取採集更多樣品進行分析,所費時間較多。空中能譜測量法為一 快速偵測大面積範圍的方法,對於空中能譜測量,最好使用高純鍺 (HPGe) 能譜儀偵測器,有些情形也可使用 NaI (TI) 偵測儀器。通常 應用於鈾礦探勘的空氣污染測量,裝設一個容積為 16~50 公升之大容 量 NaI (TI) 閃爍偵測儀器,這些偵測儀器也可使用於空中偵/監測污 染調查評估。(特別針對僅有少數加馬發射放射性核種的受污染區域)。

空中加馬能譜測量法需考量各種因素影響所造成的不確定度,例如 土壤中放射性核種分布布、放射性核種測定轉換因子、地形結構(森 林、建築物等)與其他未知的因素。空中偵測必須知道偵測儀器對光 子能量與入射角度(包括直升機本身的屏蔽)的反應能力,所以空中偵測 使用前的能譜儀校準極為重要。

飛行時應避免通過受污染的空氣層,以避免人員接受曝露和偵測設備受 到污染。如懷疑飛機可能通過受污染的空氣層,降落後需檢測飛機機身 與偵測儀器,確認污染程度。

2.2 空中偵/監測污染調查規範作業程序

一、目的

空中能譜量測可確認大面積地表污染及判定放射性核種污 染範圍,以供採取即時防護行動和後續清理行動。

二、討論

- 空中能譜測量為一快速且進行大面積污染偵測的方法。量測 可使用高純鍺(HPGe) 能譜儀偵測器或 NaI(TI) 偵測儀器。
- 空中加馬能譜量測受到地形(森林、建築物等)的結構和其 他因素,用於偵測地表土壤中的放射性核種的污染分布和分 布轉換係數之間會有不同的差異性。
- 3. 偵測器的反應光子能量和入射角的函數(包括直升機本身可能的自我屏蔽)必須確知。因此,進行空中測量前加馬能譜儀需先行校準。定期檢查可確保加馬能譜儀系統的正常運作。
- 對於快速確定並研判地面污染範圍,可比較地面取樣分析結
 果與空中偵測結果予以校準。

一般情況,直升機搜尋偵測使用下列不同的搜尋飛行模式:

- 平行軌跡搜尋(Parallel Track Search) PT:
 敘述:平行直線飛行軌跡,飛行軌道間相隔 300 公尺。
 適用範圍:應用於平坦或丘陵地形測量。
- 2. 線搜尋(Line Search)—LS:
 - 敘述:沿著指定的路線飛行(如道路,鐵路軌道,河流),

與平行飛行軌道的距離為 300 公尺。 適用範圍:沿交通幹線量測。

- 輪廓線(沿等高線) 搜尋(Contour Search) CS:
 敘述:沿地形等高線飛行。
 適用範圍:應用於深切或山區地形量測。
- 4. 穿越搜尋(Penetration Search) PS:
 敘述:從不同的地標軌道穿越飛行。
 適用範圍:快速檢測污染範圍的區域邊界。

於執行輻射煙羽落塵沉降調查時,飛行方向與風向呈直 角,往下風方向迂迴繞行通過,如圖示。



平行飛行線間寬距可以偵測大面積,初步評估需緊密的行 距可以得到較佳的繪圖資料。各類型應用於空中偵測加馬能譜 儀系統的偵測結果可繪製污染範圍。最重要的是,需要同時蒐 集測量參數(海拔高度、飛行速度、座標、測量時間等),以繪 製污染範圍圖。

本程序為一般性空中偵/監測調查規範作業程序。在實際緊急應變過程中,需依所使用的特定能譜儀系統制定特定偵測程序,例如使用進步型輻射能譜量測電腦系統(**SPARCS-A**)。

總結

應用分析:加馬輻射放射性核種分析。

幾何條件:加馬能譜系統能夠安裝在直升機或固定翼飛行載具上。使用高純鍺(HPGe) 能譜儀偵測器或 NaI (TI)

偵測儀器。

取樣類型:不需採樣。

偵測基礎:土壤、空氣。

- MDA:1~5 kBq/m²(取決於儀器偵測效率、飛行高度、放射性 核種,以及土壤中的放射性核種分布)。
- 測量時間:10~300 s/cycle(測量時間取決於儀器偵測效率、飛行 高度、放射性核種,以及在土壤中的放射性核種濃度和 分布)。
- 精確度:30~50%(取決於土壤中的放射性核種分布、偵測範圍 地形結構、偵測儀器效率、測量時間)

限制/警告

- 1.飛行時應避免通過受污染的空氣層,以避免人員接受曝露和偵測設備遭受污染。如懷疑通過受污染的空氣層,降落後需檢測飛機機身與偵測儀器,確認污染程度。
- 空中搜尋偵測,需於氣象條件良好的白天,執行目視飛行(150~1500公尺雲層下的可見性)。

三、空中偵/監測調查規範作業程序

任務派遣之前

Step 1

設備/補給品整備

● 一般偵測設備、個人防護裝備

空中加馬射線能譜儀系統

● 直升機或固定翼飛機

1. 環境分析/輻射評估單位人員現況簡報與分派任務。

2. 準備適當的偵測設備、個人輻射防護裝備。

3. 偵測儀器、設備測試檢查。

4. 獲得氣候條件與預報情況的資訊。

5. 獲得有關偵測範圍的資訊。

6. 從輻射偵測評估/環境分析處接受使用相同座標系統的資料。

Step 2

根據環境分析/輻射偵測評估的說明:

1.設置直讀式個人劑量示警警報。

2.穿戴適當的個人防護裝備。

飛行前檢查

Step 3

檢查空中加馬射線能譜儀系統安裝無明顯損壞,檢查正常。

Step 4

飛行載具(飛機)機艙上選擇一個適當的檢測器的安裝位置。 (檢測器的安裝位置,以盡量減少受到直升機或飛機的組件自我 屏蔽影響,如油箱等) Step 5

檢查加馬射線能譜儀系統安裝於直升機或固定翼飛機的機 械、電氣安裝的適應性。

Step 6

加馬射線能譜儀系統與飛行器電氣連接檢查,包括雷達高度 計和全球定位系統(GPS)的網路連線。如加馬射線能譜儀系統 採行動電池連接供電,需檢查供應的電池。

Step 7

當加馬射線能譜儀系統使用高純鍺偵測器時,出發前必須檢查偵測器使用液態氮的填充狀況。

注意:

若需使用液態氮,其容積儘可能不超過 5 公升。如液態氮在小 空間機艙發生洩漏,可能造成成員缺氧性窒息。此外,洩漏的 液態氮也會影響飛行視線,也可能導致眼睛、皮膚損傷和設備 的損壞。

Step 8

依據製造商或自訂的程序書,開啟測量系統進行基本功能測試檢 查。

Step 9

設定適當的測量參數,例如測量時間、測量數據貯存週期的 設定。

Step 10

在執行飛行之前,需進行:

- 無線電通訊配置檢查。
- 全球定位系統(GPS)檢查。
- 雷達高度計檢查及合格的校正。

注意事項:

直升機或固定翼飛行器上操作人員的執行程序、飛行任務所需 要的許可證明、燃料與潤滑油、後勤補給等,必需遵守國家飛 行相關法令規定。

Step 11

記錄保存:所有日誌、檢查表、工作表的相關數據資料。

飛行測定

Step 12

按照環境分析/輻射評估單位人員提供的預定飛行路線,飛往預定地區,並依測量序列進行偵測。

根據不同的情況和主管機關的要求,建議飛行的參數如下:

 1.飛行高度:飛行時根據地形和景觀(樹林、建築物、電力線等)。使用直升機,一般飛行離地面90~120公尺以上, 飛行高度盡可能保持恆定(直升機應該盡量遵循地形結構,安全第一)。固定翼飛機的飛行高度通常較高。

2.飛行速度:按照與直升機或飛機使用的特性。直升機的飛行速度建議在每小時60~150公里之間。

說明:

測量參數(高度、飛行速度、座標、測量時間)的收集與貯存 應同時有相對應的輻射偵測數據。這些數據可用來繪製污染範 圍圖。

3.在飛行調查中檢查。

說明:

依據程序書,在空中調查期間應檢查能譜系統的增益、高壓、 能峰位置、能量漂移等。檢查測量數據、高度、GPS 數據不但 明顯有用且必須做。空中調查檢查可事先依個人習慣性步驟訂 出所需的檢查項目。 飛行著陸

Step 13

按照儀器使用程序再行檢查、確認測量系統的功能常。所有相 關數據應記錄於日誌並保存。通知執行環境分析與輻射劑量評估單 位有關空中量測中任何的差異事項。

Step 14

建立偵測數據應用的格式化,並備份所有的測量數據。

Step 15

直升機、飛機機身、機艙內和偵測設備之使用後表面污染檢查, 確認污染狀況。

分析/評估

Step 16

由偵測結果頻譜紀錄中,確定檢測之污染範圍。

Step 17

依量測能譜判定污染的放射性核種。

Step18

放射性核種活度使用下面的公式估算。

$$\mathbf{C} = \frac{10 \cdot (\mathbf{N} - \mathbf{N}_{b})}{\mathbf{t} \cdot \mathbf{C}_{f} \cdot \mathbf{p}_{\gamma} \cdot \mathbf{SF}}$$

C=测得的放射性核種表面活度 (kBq/m²)

N=計數的峰值能量E

NB = 能量 E 高峰的背景計數

T=測量現場時間 (s)

 C_f =在能量 E 偵測器的校正因子(cm²)

 $P_{\gamma} = \gamma$ 射線發射率為能量 E

SF=屏蔽係數。

Step19

在日誌與工作表中記錄所有結果與測量參數。

Step20

繪製單一放射性核種的落塵分布圖。

空中偵測系統

(Aerial Measuring System, AMS) 空中輻射源搜尋調查規範作業程序書

核能研究所 保健物理組

中華民國一〇一年十月十五日

空中偵測系統 (Aerial Measuring System, AMS)

空中輻射源搜尋調查規範作業程序書

1. 概述

空中偵測系統(Aerial Measuring System, AMS)用途係因應核子反應 器意外或放射性物質散布事故,於緊急情況時提供一個快速的輻射和 污染偵測與監測調查。空中偵測系統利用飛行載具裝載平台和配備特 殊偵檢系統,於飛行中偵/監測在空氣中的放射性物質及在地面上的輻 射污染。空中偵測系統採用先進進步型輻射能譜量測電腦系統,調查 與記錄監測放射性資訊擷取收集與儲存分析。系統可記錄加馬輻射與 污染程度、能譜資料等,系統並配備全球衛星定位 (GPS)座標模組, 結果可繪製輻射照射和污染程度範圍分布圖,以及確認輻射污染危害 和放射性核種活度分布。提供中央與地方核子/輻射事故緊急應變團隊 事故危害程度研判與應變決策,並能提供第一線應變人員有關輻射安 全防護措施和復原清理行動。

空中偵測系統的應用:

0

1. 空中偵/監測污染調查

2. 空中輻射源搜尋調查

空中偵測系統(AMS)功能的應用:

● 固定翼飛行載具部署的輻射能譜檢測系統:

固定翼飛機可以提供快速反應和檢測受影響區域的放射性污染 程度,以確定輻射劑量水平。檢射結果可確認地面輻射污染位 置,提可繪製受影響區域範圍的輻射污染程度分布圖。

● 直升機飛行載具部署的輻射能譜檢測系統:

直升機應用於已初步確認地面輻射污染範圍,利用直升機飛行 較低高度,執行密集軌跡的地面輻射污染檢測調查,以提供定 量評估與分析。

2. 空中輻射源搜尋調查

2.1 空中輻射源搜尋調查

執行搜尋地面上輻射源,搜尋執行方式通常採用手持輻射偵測 儀器步行方式搜尋或以車載量測系統車輛行動偵測方式搜尋,其必 須採取更多人力裝備資源,進行偵測所費時間較多。空中加馬能譜 測量法利用飛行載具裝載平台和配備偵檢系統,進行快速、大面積 搜尋的需要,搜尋地面上的加馬輻射源(高活度),一般認為空中 執行搜尋偵測是最合適的方法。

NaI(TI)為最適當之偵測儀器。另監測系統上高壓游離腔、比例計數器、蓋格(GM)偵測器等也適合輻射劑量率的量測使用。

空中搜尋偵測,需於氣象條件良好的白天,執行目視飛行(150~1500公尺雲層下的可見性)。

2.2 空中輻射源搜尋偵監測調查規範作業程序

一、目的

為提供大範圍地面搜尋偵/監測、輻射確認定位和辨識異常使用之加馬輻射源,以供採取即時防護行動和後續清理行動。

二、討論

- 空中搜尋偵/監測為一快速且大範圍地面搜尋偵測輻射源的 方法。NaI(TI)為最適當之偵測儀器。另監測系統上高壓游 離腔、比例計數器、蓋格(GM)偵測器等也適合輻射劑量率的 量測使用。
- 2. 偵測器的反應對光子能量和入射角度(包括直升機本身可能的自我屏蔽)必須確知。因此,進行空中測量前光譜儀需先行校準。另高壓游離腔、比例計數器、蓋格(GM)偵測器等應用於空中偵測,仍須進行檢測器的效率校正,以符合運作使用。
- 3. 任何搜尋偵/監測行動規劃時,應考慮以下幾點:
 - (1)首先應搜尋可疑輻射源的位置,在搜尋領域時須優先考 慮到人口密集地區。
 - (2) 飛行路線之間距和飛行高度依可疑輻射源的數量、活度 和監測儀器系統的靈敏度規劃。
 - (3) 使用具飛航功能的飛機或直升機載具。

4

(4) 地面和飛航之間的通信。

一般情況,直升機的搜尋偵測使用下列不同的搜尋飛行模式:

- 平行軌跡搜尋(Parallel Track Search) PT:
 敘述:平行直線飛行軌跡,飛行軌道間相隔 300 公尺。
 適用範圍:應用於平坦或丘陵地形測量。
- 2. 線搜尋(Line Search)—LS:

```
敘述:沿著指定的路線飛行(如道路,鐵路軌道,河流),
與平行飛行軌道的距離為 300 公尺。
```

適用範圍:沿交通幹線量測。

- 輪廓線(沿等高線) 搜尋(Contour Search) CS:
 敘述:沿地形等高線飛行。
 適用範圍:應用於深切或山區地形量測。
- 4. 穿越搜尋(Penetration Search)—PS:

敘述:從不同的地標軌道穿越飛行。

適用範圍:快速檢測污染範圍的區域邊界。

本程序為一般性空中輻射源搜尋偵/監測調查規範作業程序。在實際緊急應變過程中,需依所使用的特定能譜儀系統制定特定偵測程序。例如使用進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS-M1)。

總結

應用分析:加馬輻射放射性核種分析。

幾何條件:加馬能譜系統能夠安裝在直升機或固定翼飛行載具 上,使用 NaI (TI) 偵測儀器。

取樣類型:不需採樣。

偵測基礎:土壤、空氣。

- MDA:1~5 kBq/m²(取決於,儀器偵測效率、飛行高度、放射 性核種,以及在土壤中的放射性核種分布)。
- 測量時間:10~300 s/cycle(測量時間取決於,儀器偵測效率、飛 行高度、放射性核種,以及根據在土壤中的放射性核種 濃度和分布)。
- 精確度:30~50%(取決於在土壤中的放射性核種分布、偵測範 圍地形結構、偵測儀器效率、測量時間)

限制/警告

1. 偵測系統校正後,不得改變或調整系統的設定值。

- 空中搜尋偵測,需於氣象條件良好的白天,執行目視飛行(150~1500公尺雲層下的可見性)。
- 3.執行空中偵測人員於受到輻射曝露劑量達設定值時應立即回航。

三、空中輻射源搜尋偵監測調查規範作業程序

被派遣之前

Step 1

設備/補給品整備

● 一般偵測設備、個人防護裝備

空中加馬射線能譜儀系統

● 直升機或固定翼飛機

1.環境分析/輻射評估單位人員概述介紹現況簡報與分派任務。

2. 準備適當的偵測設備、個人輻射防護裝備。

3. 偵測儀器設備測試檢查。

4. 獲得氣候條件與預報情況的資訊。

5. 獲得有關偵測範圍的資訊。

6. 從輻射偵測評估/環境分析處接受使用相同座標系統的資料。

Step 2

根據環境分析/輻射偵測評估的說明:

1.設置直讀式個人劑量示警警報。

2.穿戴適當的個人防護裝備。

飛行前檢查

Step 3

檢查空中加馬射線能譜儀系統安裝無明顯損壞,檢查正常。

Step 4

飛行載具(飛機)機艙上選擇一個適當的檢測器的安裝位置。 (檢測器的安裝位置,以盡量減少受到直升機或飛機的組件自我 屏蔽影響,如油箱等) Step 5

檢查加馬射線能譜儀系統安裝於直升機或固定翼飛機的機<<p>械、電氣安裝的適應性。

Step 6

加馬射線能譜儀系統與飛行器電氣連接檢查,包括雷達高度 計和全球定位系統(GPS)的網路連線。如加馬射線能譜儀系統 採行動電池連接供電,需檢查供應的電池。

Step 7

依據製造商或自訂的程序書,開啟測量系統進行基本功能測試檢 查。

 1.該設備應設置警戒值及可聽見的警示音響。
 2.該偵測設備應有一個快速的反應時間。(小於 5 秒的時間常數)。
 3.偵測儀器的效率,以一個週期的測量時間(1~5 秒)為輻射的 強度劑量讀數紀錄。

Step 8

設定適當的測量參數,例如測量時間、測量數據貯存週期的 設定。

Step 9

在執行飛行之前,需進行:

- 無線電通訊配置檢查。
- 全球定位系統(GPS)檢查。
- 雷達高度計檢查及合格的校正。

注意事項:

直升機或固定翼飛行器上操作人員的執行程序、飛行任務所需 要的許可證明、燃料與潤滑油、後勤補給等,必需遵守國家飛 行相關法令規定。

Step 10

記錄保存:所有日誌、檢查表、工作表的相關數據資料。

飛行測定

Step 11

按照環境分析/輻射評估單位人員提供的預定飛行路線,飛往預定地區,並依測量序列進行偵測。

根據不同的情況和主管機關的要求,建議飛行的參數如下:

1.飛行高度:飛行時根據地形和景觀(樹林,建築,電力線等)。使用直升機,一般飛行離地面90~120公尺以上,飛行高度盡可能保持恆定(直升機應該盡量遵循地形結構,安全第一)。固定翼飛機的飛行高度通常較高。

2.飛行速度:按照與直升機或飛機使用的特性。直升機的飛行速度建議在每小時60~150公里之間。

說明:

測量參數(高度、飛行速度、座標、測量時間)的收集與貯存 應同時有相對應的輻射偵測數據。這些數據可用來繪製污染範 圍圖。

Step 12

在飛行偵測調查中。觀察儀器偵測系統,量測劑量讀數連續 的輸出結果。

說明:

依據程序書,在空中調查期間應檢查能譜系統的增益、高壓、 能峰位置、能量漂移等。檢查測量數據、高度、GPS 數據不但 明顯有用且必須做。 注意: 在下大雨的時候,土壤中的天然放射性物質氮氯核種產生的變

化,因此,輻射劑量率或計數率量測結果可能會高於2倍左右。

Step13

如果計數率或儀器的偵測劑量率讀數超過預定水平(至少兩 次來回偵測),將飛行返回到偵測發現異常位置,並減少偵測軌跡 網格路徑間距搜尋,更精確地搜尋到詳確異常位置。

注意:

通常由耳機的音響聽見,也可做為判別異常的輔助工具。 如飛機上備有偵測記錄器,需以偵測所得的讀數劑量、異常最 高劑量率位置處、位置坐標(經度,緯度)、飛行高度等紀錄 儲存。並繪製圖列印。

Step14

通報地面指揮官,相關輻射異常範圍位置,並經依環境分析/ 輻射評估單位提供的評估分析結果,指示預估後續執行的行動。

Step15

繼續搜尋模式,直到所有的異常輻射源位置確認。

飛行偵測檢查: 在飛行偵測中,檢查如測量數據、偵測異常位置、高壓、能峰 值、能量變化的頻譜、海拔高度、GPS 紀錄等。

飛行著陸

0

Step 16

按照規定的儀器使用程序再行檢查測量系統的功能確認正常。 所有相關數據日誌中的記錄保存。通知執行環境分析與輻射劑量評 估的建置。 Step 17

建立偵測數據應用的格式化,並備份所有的測量數據。

Step 18

直升機、飛機機身、機艙內和偵測設備之使用後的表面污染檢 查,確認污染狀況。

分析/評估

如果使用能譜儀分析

Step 19

由偵測結果之能譜紀錄中,確定檢測之污染範圍。

Step 20

利用量測能譜確認輻射源的放射性核種。

Step 21

估算輻射源活度使用下面的公式。

$$\mathbf{A} = \frac{(\mathbf{N} - \mathbf{N}_{b}) \cdot 4 \cdot \pi \cdot \mathbf{d}^{2} \cdot 10^{-2}}{\mathbf{t} \cdot \mathbf{p}_{\gamma} \cdot \frac{\mathbf{R}_{o}}{\Phi} \cdot \mathbf{e}^{-\mu_{a} \cdot \mathbf{d}} \cdot \mathbf{SF}}$$

A=輻射源活度

N=計數的峰值能量E

NB=能量E高峰的背景計數

T=测量現場的時間(s)

Ro/Φ=響應因子

 $P_{\gamma} = \gamma$ 射線發射率為能量 E

 μ_a =在空氣中的加馬射線能量E線性衰減係數 (m⁻¹)

SF=屏蔽係數

d=偵測器和輻射源之間的估計距離

 $\mathbf{d} = \sqrt{\mathbf{h}^2 + \mathbf{d}_o^2}$

d_o=估算劑量水平的距離 (m)

h=高度 (m)

如果使用劑量率儀器分析

Step 22

確定的劑量讀數(淨計數率或淨劑量率)為發現異常時的最高 劑量讀數(計數率或劑量率)減去於飛行高度時測量的劑量背景值(計 數率或劑量率)。

淨計數率或淨劑量率=量測最高計數率或劑量率-測量的背景值 Step22

評估輻射源的活度,使用下列計算式:

$$A = \frac{R}{\epsilon}$$

A=輻射源的活度 (MBq)

R=淨計數率或淨劑量率 (s⁻¹)

ε=偵測器使用效率 (計數的活度 s⁻¹/ MBq 或單位劑量率/ MBq) Step 23

記錄保存:所有日誌、檢查表、工作表的相關數據資料。