

核子事故下消除支援隊對疏散民眾作業程序修訂之研究

作者簡介



作者張天民上士，國立臺灣師範大學工業教育碩士、國立中央大學環境工程碩士，陸軍化生放核訓練中心士官高級班 104-2 期。現職為陸軍化生放核訓練中心防護課程組教官。

提要

- 一、國軍化學兵部隊在核子事故緊急應變中，依令編成消除支援部隊執行輻射污染除污作業，並配合輻射監測中心執行輻射偵測任務，雖然相關作業規範在我化學兵軍事準則中有訂定，但檢視原能會定期更新的《核子事故緊急應變作業程序書》相關內容發現既有的程序有可檢討及更精進之處。
- 二、為找出目前疏散民眾輻射偵測及除污作業的問題，本研究針對現有準則內容及核安演習相關規範進行文獻探討，以作為後續程序訂定之基礎。
- 三、本研究以現行核子事故人員偵測及除污相關文件為基礎，規劃出新的作業程序包含「初偵及登管」、「卸裝及除污」及「複偵及著裝」三區塊，並比較各規範不足之處，以提出新的作業程序建議。
- 四、本研究所訂定偵測及除污程序，係採文件分析法參考軍事準則及程序書內容所架構而成，後續將透過年度核安演習的時機進行驗證，並將驗證結果作為準則編修與教案修訂之參考。

關鍵詞：核子事故、核安演習、消除支援隊、輻射偵測、輻射除污

前言

為健全核子事故緊急應變體制，強化緊急應變功能，以確保人民生命、身體及財產安全，我國於 1993 年 12 月 24 日制定《核子事故緊急應變法》，其中第 6 條指出當核子事故發生或有發生之虞時，依事故可能影響程度，中央主管機關成立核子事故中央災害應變中心及輻射監測中心，國防部成立核子事故支援中心；1同法第 10 條明定核子事故支援中心專責偵測、除污、疏運、收容、救護、交管及警戒等任務。²

1. 行政院原子能委員會，《核子事故緊急應變法》（新北市：行政院原子能委員會，2003 年 12 月 24 日）。

2. 賴政國，〈核子與放射線物質事件國軍防救之研究〉《陸軍化學兵 100 年戰法研討會論文集》，第 123 頁

國軍化學兵部隊在核子事故緊急應變中，依國防部及作戰區命令編成消除支援部隊執行輻射污染除污作業，並配合輻射監測中心執行輻射偵測任務，³雖然相關作業規範在我化學兵軍事準則中有訂定，但檢視原能會定期更新的《核子事故緊急應變作業程序書》相關內容發現準則既有的程序有可檢討及更精進之處，故本研究旨在檢視現行準則內容及核安演習所公布相關規範中提出研析，作為後續作業之參據，並選定疏散民眾的偵測及除污程序為研究範圍，惟車輛、物品等偵測及除污不在本文研究之內，後續將另起專文進行討論。基於上述緣由，爰提本研究以為執行。

現行人員輻射偵測及除污作業規範

我化學兵部隊始終秉持「依程序、按步驟、遵要領」的原則戮力於各項任務，總能深得各級長官與全國人民肯定，為找出目前疏散民眾輻射偵測及除污作業執行上的問題，本研究針對現有準則內容及核安演習相關規範進行文獻探討，以作為後續程序訂定之基礎。

一、《陸軍化生放核災害救援手冊》⁴

主要在說明各階段應變程序及作業要領，以提供陸軍相關單位平時整備及災害發生時應變之依據。就人員輻射偵測及除污相關內容條列如後：

(一)人員輻射偵測

1.作業編組

於男、女除污站出(入)口處派遣 2~4 名偵測員，針對待除污人員實施初(複)偵作業。

2.作業要領⁵

(1)疏散人員至防護站時，緩速逐一跨越門框偵測器實施快篩，檢測有無污染；若無污染，則在其身上明顯處貼上無輻射污染標籤；若門框偵

(桃園市：國防部陸軍司令部化學兵處，2011 年 8 月 3 日)，頁 1-12。

3.羅斯鴻、蕭英煜，〈化學兵執行核子事故緊急應變回顧與展望〉《核生化防護半年刊》，第 96 期，2013 年 10 月。

4.國防部陸軍司令部，《陸軍化生放核災害救援手冊》(桃園市：國防部陸軍司令部，2019 年 10 月 31 日)。

5.2019 年時《核子事故緊急應變南部輻射監測中心作業程序書》為未公開資料，故《陸軍化生放核災害救援手冊》於編撰此章節時僅能以《核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書》為藍本。

測器警示燈(紅燈)亮或警報聲響起(警報值設定為背景值+3 倍標準差)，其將被引導至人員除污站。

(2)偵檢兵以表面輻射污染偵測器實施偵測，作業要領如下：

- A.除污前、後以偵測器對疑似遭輻射污染人員，從頭部至腳檢查一遍。
- B.受檢人員兩腳開立 30 公分，兩臂平舉，兩掌手指伸直。
- C.偵測員持偵測器依頭部、面部、頸部、肩臂部、胸腹部、腋下、背部、兩腿至腳底的順序由上而下、由左而右、緩慢移動實施偵測，再請受檢人員向後轉，重新檢查一次(如圖 1)。
- D.偵測儀器之偵測頭須距離目標物表面 0.5 ~ 5 公分，且與偵測目標保持 90 度垂直。
- E.告知受測人員偵測結果，紀錄員紀錄姓名及各部位污染強度於紀錄卡(如圖 1)，並繫於受測人員手腕上，以利複偵人員參考(超過背景值之部位均應實施)。

(二)人員除污作業

1.作業編組

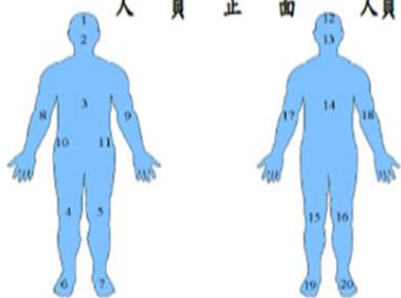
當人員於前置偵檢區實施輻射污染快篩作業後，確認遭受輻射污染，則須至人員除污站進行全身沖洗除污，作業編組如表 1 所示。

表 1 人員除污站作業編組表

職稱	人數	職掌
組長	1	負責指揮組員執行受污染人員除污作業
偵檢兵	2	負責對事故人員實施初(複)偵測，瞭解人員受污染狀況
登記兵	1	負責將受污染人員姓名等資料登錄於人員污染偵測紀錄表
服裝兵	1	負責人員沐浴後服裝撥發，並掌握補給來源
裝備操作手	1	負責操作「人員除污車系統」
駕駛	1	負責車輛駕駛工作

資料來源：國防部陸軍司令部，《陸軍化生放核災害救援手冊》(桃園市：國防部陸軍司令部，2019 年 10 月 31 日)，5-64。

圖 1 人員污染偵測紀錄表及量測順序圖

時間：年 月 日 時 分		姓名：	身分證號碼：	性別： ☐ 男 ☐ 女
污染來源：		背景值：0.08-0.20 $\mu\text{Sv/h}$		污染值： $<1 \mu\text{Sv/h}$
儀器型號及序號：		單位： $\mu\text{Sv/h}$		校正日期：
污染狀況				處理方式：
位置	污染值	位置	污染值	☐ 1. 送除污站
1		11		☐ 2. 送檢傷站
2		12		☐ 3. 無污染放行
3		13		
4		14		
5		15		
6		16		
7		17		
8		18		
9		19		
10		20		
人員正面 人員背面 				備註：類別請勾選 ☐ 1. 輻射污染量外傷 ☐ 2. 輻射污染量行動不便 ☐ 3. 輻射污染

細部偵測人： 細部記錄人： 覆核：

除污後偵測人： 除污後記錄人：

人員偵測步驟及報告

偵測	口述報告
1.頭髮 → 臉部	頭部無污染
2.胸部 → 腹部	胸腹部無污染
3.前雙大腿(含小腿、鞋面) → (口述：張開雙手) 手部	手部無污染
4.(口述：張開手臂) → 身體兩側邊 (口述：請轉身)	身體兩側無污染
5.背部 →	背部無污染
6.後雙大腿(含小腿) →	四肢無污染
7.(口述：抬左腳) → 左鞋底	鞋底無污染
(口述：抬右腳) → 右鞋底	

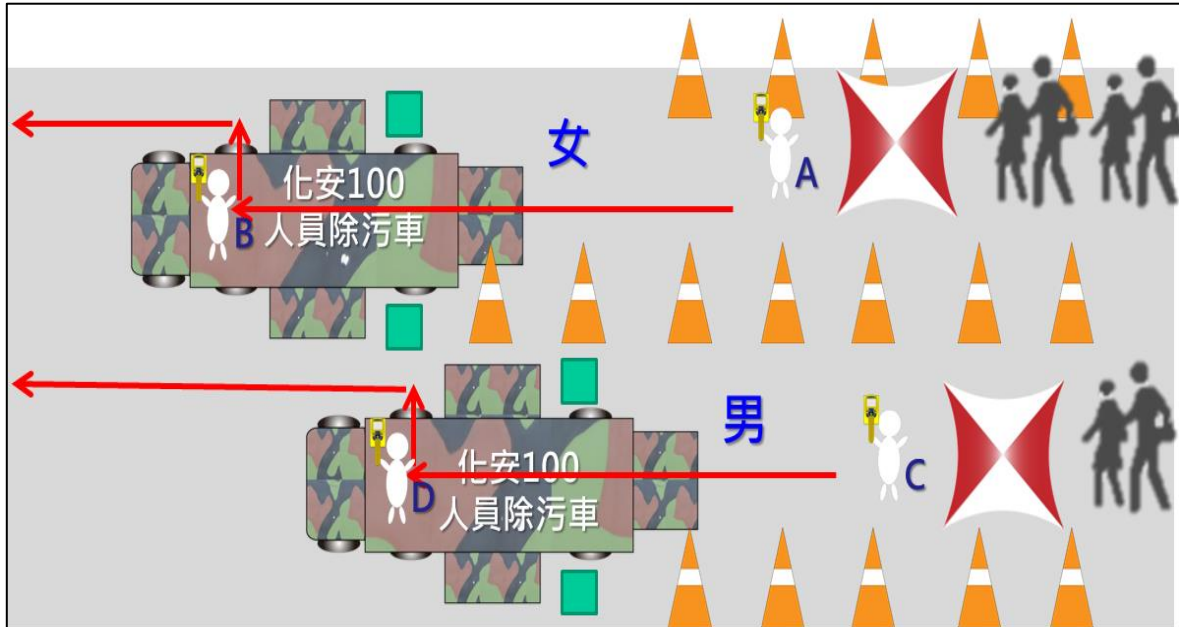
備註：如偵測結果有污染 ($<1 \mu\text{Sv/h}$) 口述報告：x x部有污染， $\bigcirc\bigcirc \mu\text{Sv/h}$ 。

資料來源：國防部陸軍司令部，《陸軍化生放核災害救援手冊》(桃園市：國防部陸軍司令部，2019年10月31日)，5-52。

2.作業要領

作業要領如圖 2，說明如後：⁶

圖 2 人員污染流程示意圖



資料來源：國防部陸軍司令部，《陸軍化生放核災害救援手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，2019年10月31日)，5-65。

- (1)受污染之人員由污染區至除污站實施除污作業，先依檢查表紀錄基本資料後，再由登艙梯進入卸裝區，即可開始脫卸裝備及衣物，並以真空抽取設備，將裝備及衣物實施密封，透過兩側之物品收集窗，將真空包投出車外。
- (2)由偵檢兵使用輻射偵測器偵測劑量，並紀錄於檢查表中，針對有輻射污染處(背景值 + 3 倍標準差)，於人員污染偵測紀錄表內加註，即可進入除污區。
- (3)人員進入除污區，自動噴灑感測裝置能主動偵測人員並提供除污作業。
- (4)清洗完畢後，進入複偵區實施複偵，如人員複偵不合格，則須再次進入除污區實施再除污。

6.此處步驟 1 及步驟 2 程序有部分順序錯誤，快篩結束後應針對疑似污染人員以污染偵測器進行初偵，並將結果告知登管人員，後續才進入人員除污車實施脫卸與除污。

- (5)確定人員已除污後，始可進入著裝區由服裝兵發給乾淨衣物自行換穿，並於身上明顯處貼上無輻射污染標籤，再引導至收容中心收容。

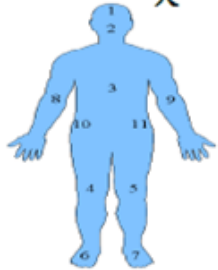
二、《核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書》⁷

此作業程序書旨在明定北部（核一廠、核二廠）核子事故狀況下輻射工作人員及疏散民眾之輻射污染偵測及除污作業之規範依據，以保護人員之輻射安全並防止污染擴大。

- (一)疏散民眾到達防護站或收容所時，均須先經設於該區的門框輻射偵檢器，檢測無輻射污染（偵檢器未發生警報；警報值設定為背景值 + 3 倍標準差），並貼上無輻射污染標籤在疏散民眾身上明顯處，才可離去至地方災害應變中心指定集合地點。
- (二)疏散民眾經門框輻射偵檢器檢測發生警報時，須由駐站之偵測人員進行全身緩慢污染細部偵檢，偵測重點應包含全身由頭到腳各個部位，偵測器移動速度不可過快，應該有足夠反應時間，民眾輻射污染偵測紀錄如圖 3。
- (三)當疏散民眾偵測受到輻射污染時，須送至核子事故支援中心開設的人員除污站進行輻射污染物清除。
- (四)疏散民眾偵測受到輻射污染，經判斷可能受到體內污染時，則安排送至台電公司放射試驗室的備援場所（室本部、核二分隊）進行全身計測或生化分析。

7.行政院原子能委員會核子事故緊急應變北部輻射監測中心，《工作人員輻射偵測作業程序書》（臺北市：行政院原子能委員會核子事故緊急應變北部輻射監測中心，2018 年 07 月 16 日）。

圖 3 輻射監測中心疏散民眾污染偵測紀錄表

輻射監測中心疏散民眾污染偵測紀錄表				
時間：年 月 日 時 分	姓名：	身分證號碼：	性別： ☐ 男 ☐ 女	
污染來源：	背景值：0.08-0.20 $\mu\text{Sv/h}$		污染值： $<1 \mu\text{Sv/h}$	
儀器型號及序號：	單位： $\mu\text{Sv/h}$		校正日期：	
污染狀況			處理方式： ☐ 1. 送除污站 ☐ 2. 送檢傷站 ☐ 3. 無污染放行	
位置	污染值	位置		污染值
1		11		
2		12		
3		13		
4		14		
5		15		
6		16		
7		17		
8		18		
9		19		
10		20		
人員正面  人員背面 			備註：類別請勾選 ☐ 1. 輻射污染兼外傷 ☐ 2. 輻射污染兼行動不便 ☐ 3. 輻射污染	
細部偵測人：	細部記錄人：	覆核：		
除污後偵測人：	除污後記錄人：			
人員偵測步驟及報告				
偵測		口述報告		
1.頭髮	→ 臉部	頭部無污染		
2.胸部	→ 腹部	胸腹部無污染		
3.前雙大腿(含小腿、鞋面)	→ (口述：張開雙手) 手部			
4.(口述：張開手臂)	→ 身體兩側邊 (口述：請轉身)			
5.背部	→	背部無污染		
6.後雙大腿(含小腿)	→	四肢無污染		
7.(口述：抬左腳)	→ 左鞋底			
(口述：抬右腳)	→ 右鞋底	鞋底無污染		
備註：如偵測結果有污染 ($<1 \mu\text{Sv/h}$) 口述報告：x x部有污染，○○ $\mu\text{Sv/h}$ 。				

資料來源：行政院原子能委員會核子事故緊急應變北部輻射監測中心，《工作人員輻射偵測作業程序書》(新北市：行政院原子能委員會核子事故緊急應變北部輻射監測中心，2018 年 07 月 16 日)。

三、《核子事故緊急應變南部輻射監測中心作業程序書》⁸

作業程序書旨在明定南部（核三廠）核子事故狀況下，應變人員（含環境偵測與取樣人員）及民眾之輻射偵測作業方式，以保護工作人員及民眾之輻射安全。

- (一) 民眾到達防護站時，引導民眾通過門框輻射偵檢器，警報值設定為背景值 + 3 倍標準差（約為 $0.15\mu\text{Sv/h}$ ，視當時情況而定），若偵檢器未發生警報，則貼上人員無輻射污染標籤在民眾身上明顯處，才可離去至地方災害應變中心指定集合地點。
- (二) 民眾經門框輻射偵檢器檢測發生警報時，須由派駐之偵測人員以手提式輻射污染偵測器實施全身緩慢偵測，偵測重點應包含全身由頭到腳各部位，偵測器移動速度不可過快，應該讓手提式輻射污染偵測器有足夠反應時間。發現污染位置後，依操作干預基準 OIL4，⁹以手提式輻射劑量率偵測器量測污染位置，離皮膚表面 10 公分處之輻射劑量率，民眾輻射污染偵測紀錄表，如圖 4 所示。
- (三) 依操作干預基準 OIL4，若達每小時 1 微西弗以上者，須送至人員除污站進行輻射污染物清除，除污後再執行輻射劑量率偵測，確認無輻射污染後給予「人員無輻射污染標籤」，如圖 5 所示。

8. 行政院原子能委員會核子事故緊急應變南部輻射監測中心，《民眾及應變人員輻射偵測作業程序書》（高雄市：行政院原子能委員會核子事故緊急應變南部輻射監測中心，2021 年 09 月 11 日）。

9. 操作干預基準(Operational Intervention Level, OIL)係指核子事故發生且有放射性物質外釋時，依據受影響區域內輻射劑量率量測結果，考慮採行該區域民眾防護行動之基準。原能會於《核子事故民眾防護行動規範》中揭櫫出 OIL1(離地面 1 公尺處之環境輻射劑量率達 $500\mu\text{Sv/hr}$)時民眾防護行動為「疏散」；OIL2(離地面 1 公尺處之環境輻射劑量率達 $200\mu\text{Sv/hr}$)時民眾防護行動為「暫時移居」；OIL3(離地面 1 公尺處之環境輻射劑量率達 $0.5\mu\text{Sv/hr}$)時民眾防護行動為「飲食管制」；OIL4(離地面 1 公尺處之環境輻射劑量率達 $1\mu\text{Sv/hr}$)時民眾防護行動為「人員除污」。

圖 4 民眾輻射污染偵測紀錄表

表 RMC-R-04-2 民眾輻射污染偵測紀錄表				
背景值：				
單位： $\mu\text{Sv/h}$		日期： 年 月 日		
姓 名	性 別	量 測 值	聯 絡 方 式	備 註
	☐ 男 ☐ 女			
	☐ 男 ☐ 女			
	☐ 男 ☐ 女			
	☐ 男 ☐ 女			
	☐ 男 ☐ 女			
	☐ 男 ☐ 女			
	☐ 男 ☐ 女			
	☐ 男 ☐ 女			
	☐ 男 ☐ 女			
	☐ 男 ☐ 女			
	☐ 男 ☐ 女			
	☐ 男 ☐ 女			

偵測人員： 覆核：

資料來源：行政院原子能委員會核子事故緊急應變南部輻射監測中心，〈民眾及應變人員輻射偵測作業程序書〉(高雄市：行政院原子能委員會核子事故緊急應變南部輻射監測中心，2021 年 09 月 11 日)。

圖 5 人員無輻射污染標籤範本

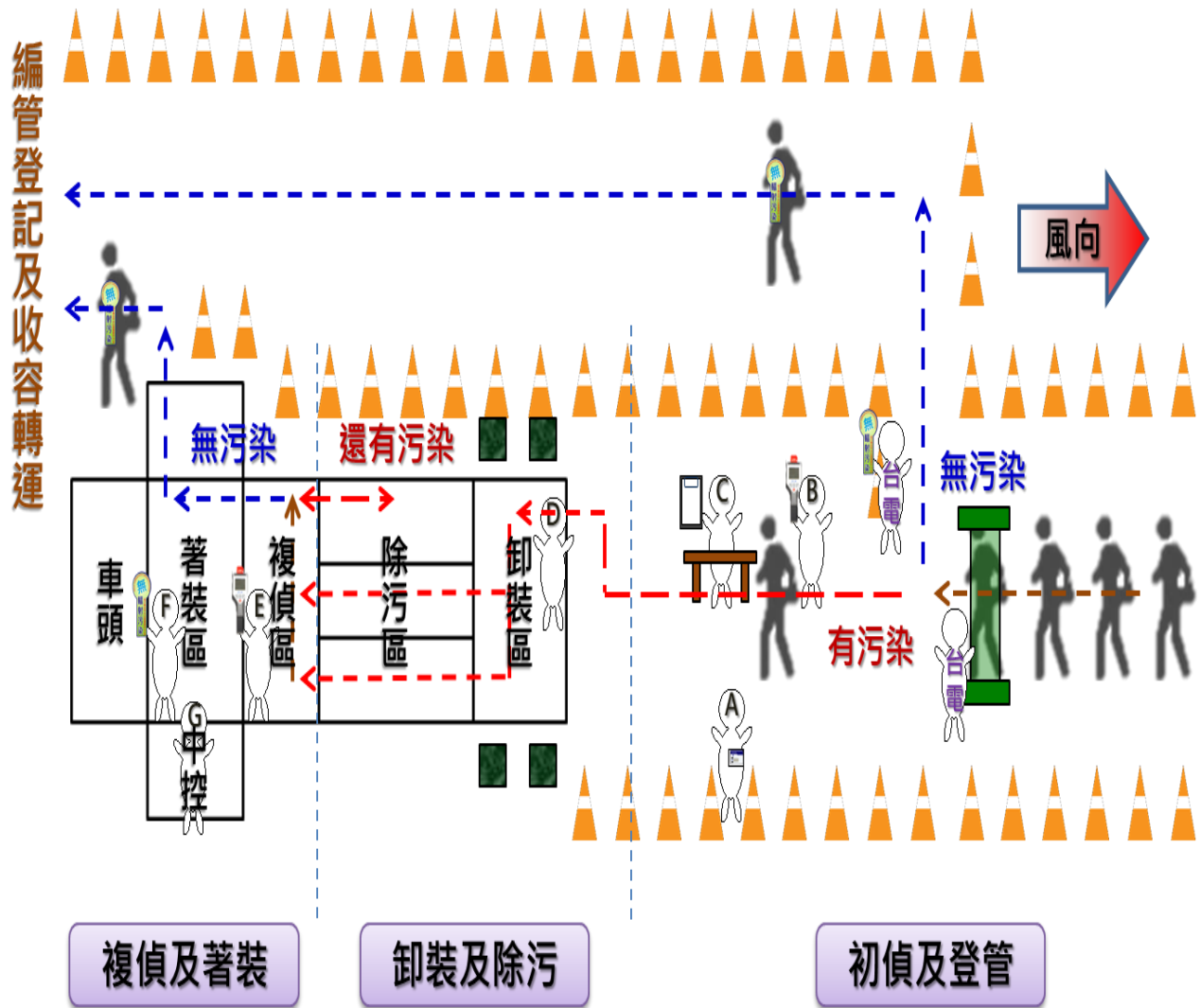


資料來源：行政院原子能委員會核子事故緊急應變南部輻射監測中心，《民眾及應變人員輻射偵測作業程序書》(高雄市：行政院原子能委員會核子事故緊急應變南部輻射監測中心，2021 年 09 月 11 日)。

研究發現與建議

本研究以現行核子事故人員偵測及除污相關文件為基礎，規劃出新的作業程序包含「初偵及登管」、「卸裝及除污」及「複偵及著裝」三區塊，後續將各規範相互比較不足之處，以提出新的作業程序建議，配置如圖 6 所示。

圖 6 偵測及除污站開設 (單線)



資料來源：本研究自行繪製。

在偵測及除污站前端的門框偵測器架設及無污染標籤黏貼是由台電公司派員負責，其餘作業人員由支援中心組成，分別為組長、偵檢兵 (初偵)、登記兵、管控兵、偵檢兵 (複偵)、服裝兵及操作兵人員等 7 員，但考慮不同性別等隱私問題故須開設兩線共 14 員，作業編組如表 2 所示

表 2 人員作業編組 (單線)

代號	職稱	攜帶裝備 (文件)	職掌
A	組長	個人劑量警報器 對講機	● 全程指揮偵檢及除污作業 ● 配戴個人劑量警報器掌握該區域輻射劑量變化
B	偵檢兵	手提快速核種 分析儀	● 對人員實施初偵以解受污染狀況及位置 ● 對人員說明受污染位置以利後續除污
C	登記兵	作業表單	● 將人員資料及偵測結果登錄於紀錄表內 ● 收整紀錄表以利後續提供核子事故中央災害應變中心進行健康追蹤
D	管控兵	—	● 管控進入卸裝區人員數量為 8 人以下 ● 指導人員脫除衣物並裝袋以利後續處置 ● 指導人員除污重點及方式，並引導進入除污區
E	偵檢兵	手提快速核種 分析儀 儀器操作程序 手冊	● 對人員實施複偵測，瞭解是否還有污染情形 ● 引導人員再進入除污區或前往著裝區
F	服裝兵	無輻射污染標籤	● 人員除污後服裝撥發，並掌握補給來源 ● 黏貼無輻射污染標籤
G	操作兵	對講機	● 操作「人員除污車系統」 ● 掌握全車作業狀況並隨時向組長彙報

資料來源：本研究自行製表。

除表 2 所列攜帶裝備 (文件) 外，尚應準備地圖、備用防護衣物、緊急應變計畫、作業程序書、通訊聯絡簿冊、個人劑量佩章、作業行動準據小卡、照明設備等物資；¹⁰另 106 年核安演習評核報告指出「參演人員因穿著連身防護衣及頭套口罩，致使無法辨識是男是女，所以對女性污染者在接受引導執行除污

10. 李佳玲，〈人員消除作業程序之研析—以核子事故為例〉《化生放核防護半年刊》，第 102 期，2016 年 10 月。

時會造成疑慮」¹¹故消除支援隊女性同仁於手臂增加佩掛臂章或穿著識別背心，以消除污染人員疑慮。

一、初偵及登管程序

針對《陸軍化生放核災害救援手冊》、《核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書》及《核子事故緊急應變南部輻射監測中心作業程序書》等資料中「初偵及登管」相關規範節錄原文整理如表 3 所示，說明如後：

表 3 初偵及登管相關規範整理表

規範來源	儀器	警報值	偵測要領	作業表單	無污染標示
A	門框偵測器	背景值+3 倍標準差	緩速逐一跨越	同前文 圖 1	△
	表面輻射污染偵測器	×	由上而下、由左而右、緩慢移動，距身體表面 0.5~5 公分		
B	門框輻射偵測儀	背景值+3 倍標準差	×	同前文 圖 3	△
	×	1μSv/hr	移動速度不可過快		
C	門框輻射偵測器	背景值+3 倍標準差	×	同前文 圖 4	同前文 圖 5
	輻射劑量率偵測器	1μSv/hr	距皮膚 10 公分		

註：為使表格易於閱覽，規範來源以代號取代原文件全名，其中 A 為《陸軍化生放核災害救援手冊》、B 為《核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書》、C 為《核子事故緊急應變南部輻射監測中心作業程序書》；×代表無提及相關內容，△代表有提及相關內容但無明確表單或文件。

資料來源：本研究自行整理。

二、儀器選用時機

在核子事故發生時會有數以萬計民眾實施疏散，初偵階段首要目標即為快速分辨出有、無受到污染，故應先以門框偵測器(如圖 7)進行快篩，疑似有污染者才進一步以手持式偵測器(考量作業表單中要求偵測單位為「劑量」而非「活

11.行政院原子能委員會，《106 年核安第 23 號演習總結報告》(新北市：行政院原子能委員會，2017 年 11 月)。

度」，故表面輻射污染偵測器¹²(如圖 8)並不合適，應使用靈敏度較高的手提快速核種分析儀¹³(如圖 9)確認污染位置與強度。

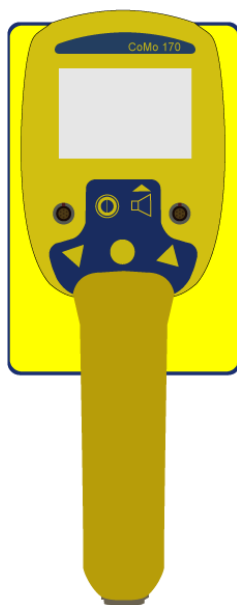


圖 7 門框型輻射偵測器 圖 8 表面輻射污染偵測器 圖 9 手提快速核種分析儀

資料來源：本研究自行拍攝。

三、警報值的設定

臺灣地區一般環境輻射背景範圍值為 $0.2\mu\text{Sv/hr}$ 以下，¹⁴故在核子事故初期以操作干預基準 OIL4 的建議值「 $1\mu\text{Sv/hr}$ 」作為疑似污染的警報值較合適（即環境背景值的 5 倍），反之若以「環境背景值」作為疑似污染的警報值將導致容易發生誤判與模糊空間；另從統計學的角度來看，在常態分佈的狀態下， $M \pm 3\sigma$ 占整體機率的 99.7%，故超過或低於此區間範圍都可視為極端值，¹⁵所以門框偵測器採「背景值+3 倍標準差」作為疑似污染的警報值在學理上有其根據。

四、偵測要領規範

當輻射接觸到偵檢頭(Detector)時會在其有效體積內產生一定量電荷，藉由

12.陸軍化學兵偵消部隊偵檢班目前具備 CoMo 170、LB 123、LB 124 及 AB 100 等 4 款表面輻射污染偵測器，其偵測單位為 Bq、cps、cpm、Bq/cm² 等活度單位。

13.陸軍化學兵偵消部隊偵檢班目前具備之手提快速核種分析儀為 IdentiFINDER-2，其偵測單位為 $\mu\text{Sv/hr}$ 、 mSv/hr 等劑量率單位，國內許多環境保護團體及輻射防護偵測業者亦採用此裝備進行輻射偵測。

14.原子能委員會輻射偵測中心，《環境輻射即時監測》，〈<https://aec.gov.tw/trmc/gamma-detect.html>〉（檢索日期：2022 年 7 月 28 日）。

15.維基百科，《68-95-99.7 法則》，〈<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/68%E2%80%9395%E2%9399.7%E6%B3%95%E5%89%87>〉（檢索日期：2022 年 3 月 3 日）。

收集這些電荷以形成基本電訊，進而在顯示幕上轉換為可判讀的文字或圖形，但隨著偵測器的不同完成電荷收集的時間變化也很大，¹⁶故偵測時移動速度不宜大於 15 公分/秒，同時考量到粒子輻射在空氣中的射程(Range)較短，故偵檢頭距離待測人體表面以 0.5~5 公分較合適，並以「Z」字形的轉折方式進行偵測較為周延。

五、無污染標示張貼

無污染標示的張貼除了能讓疏散民眾安心，亦能讓作業人員明確分辨出該員是否尚須要再進行除污及偵檢作業，上述相關文件中均提及此標籤，顯示其必要性及重要性，但只有《核子事故緊急應變南部輻射監測中心作業程序書》提供明確的圖式。

六、作業表單使用

《核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書》(圖 3)的表單可以詳細記錄疏散民眾身上的污染位置及程度，而《核子事故緊急應變南部輻射監測中心作業程序書》(圖 4)的表單則利於後續健康追蹤，故建議初偵完畢後的登記編管時兩張表單均填寫，其中《核子事故緊急應變南部輻射監測中心作業程序書》(圖 4)填寫完畢後由登記兵收存，另外《核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書》(圖 3)的表單主要在提供進行複偵時的參考，故可護貝後重複使用。

綜合以上討論，本研究建議：

- (一)不論演習場域為北部或是南部，輻射監測中心均以前文圖 5 為標準製作貼紙，供無污染人員作清楚標示，以服膺程序書的要求。
- (二)《陸軍化生放核災害救援手冊》目前僅針對人員門框偵測器訂定警報值，於後續修訂時可於核子事故發展初期以「1 μ Sv/hr」作為手提快速核種分析儀使用時的警報值，若後續災情未受控制持續加劇，則依據輻射監測中心指導滾動式提高劑量率警報值。
- (三)初偵及登管程序修訂規劃如後：
 - 1.偵檢兵以 IdentiFINDER-2 對受污染人員實施初偵，距離人體表面 0.5~5 公分，移動速度不超過 15 公分/秒，順序為頭部、頸部、肩臂部、胸腹

16.財團法人中華民國輻射防護協會，〈輻射度量〉《游離輻射防護叢萃》，2003 年 2 月。

部、腋下、兩腿至腳底的順序以「Z」字形方式由上而下、由左而右實施偵測，再請受檢人員向後轉重新檢查一次，同時將各部位偵測數值告知登記兵詳實紀錄。

- 2.若 IdentiFINDER-2 於偵測過程中發出警報，須將確切位置告知該員，以利加強除污。
- 3.登記兵核對身分及聯絡資料紀錄於作業表單，將表單(圖 3)交給受污染人員，並指引前往人員除污車進行除污作業，任務結束後將所有偵測表單(圖 4)交予輻射監測中心。

七、卸裝及除污程序

針對《陸軍化生放核災害救援手冊》、《核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書》及《核子事故緊急應變南部輻射監測中心作業程序書》等資料中「卸裝及除污」相關規範節錄原文整理如表 4 所示，說明如後：

表 4 卸裝及除污相關規範整理表

規範來源	卸裝指導	污染衣物處置	除污重點
A	脫卸裝備及衣物	以真空抽取設備，將裝備及衣物實施密封，透過兩側之物品收集窗，將真空包投出車外	△
B	×	×	△
C	×	×	△

註：為使表格易於閱覽，規範來源以代號取代原文件全名，其中 A 為《陸軍化生放核災害救援手冊》、B 為《核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書》、C 為《核子事故緊急應變南部輻射監測中心作業程序書》；×代表無提及相關內容，△代表有提及相關內容但無明確表單或文件。

資料來源：本研究自行整理。

八、外層衣物脫卸

在發生核子事故時，所釋放出的伽馬射線(Gamma Ray)能直接穿入或貫穿人

體，至於隨煙羽¹⁷(Plume)飄散的放射性落塵沾附於人體外時會產生粒子輻射¹⁸的體外暴露(External Exposure)¹⁹，其中約有90%會分布於衣物，10%則沾附於裸露出來的皮膚或毛髮，故將外層衣物脫卸掉即可透過物理的方式移除90%的污染。

九、廢棄物的處置

依據《放射性物料管理法》規定，放射性廢棄物的處理、運送、儲存及最終處理，應委託國內、外具有放射性廢棄物最終處置能力的業者來處理，²⁰故脫卸的衣物須審慎包裝並依《核子事故緊急應變作業程序書》中〈物品輻射偵測作業程序〉相關規範實施處理，²¹ ²²後續將於其他專文中單獨進行討論，此處不多做贅述。

綜合以上討論，本研究建議：

- (一)《陸軍化生放核災害救援手冊》於後續修訂時可增加「除污重點」說明。
- (二)卸裝及除污程序修訂規劃如後：
 - 1.管控兵於人員除污車登艙梯入口處進行人流管控，保持卸裝區內至多 8 人。²³
 - 2.管控兵教導人員脫除外在衣物，並裝入真空壓縮收納袋內真空抽取機抽真空，透過物品收集窗，投至車外收集車內。若任一收集車達滿載時，由「物品輻射偵測」小組進行管制與處理。
 - 3.管控兵引導人員前往除污區，依據初偵紀錄表(圖 3)或口頭詢問初偵時的污染概略位置，並教導除污重點及方式。

17.係指核能電廠發生爆炸時直接連續排放出來的呈羽毛狀之煙氣形成，其擴散作用與溫度有關，會影響放射性落塵擴散情形。

18.粒子輻射是藉由不穩定的原子核，或其他核反應所釋放出的產物。在本文係指 I131、Cs137、Cs134、Sr90、Sr89 等放射性核種衰變產生的 β 粒子。

19.指游離輻射由體外照射於身體之曝露。

20.行政院原子能委員會，《放射性物料管理法》(新北市：行政院原子能委員會，2002 年 12 月 25 日)。

21.行政院原子能委員會核子事故緊急應變北部輻射監測中心，《物品輻射偵測作業程序書》(新北市：行政院原子能委員會核子事故緊急應變北部輻射監測中心，2018 年 07 月 16 日)。

22.行政院原子能委員會核子事故緊急應變南部輻射監測中心，《防護站及收容所民眾携入物品輻射偵測作業程序書》(高雄市：行政院原子能委員會核子事故緊急應變南部輻射監測中心，2019 年 06 月 19 日)。

23.國防部陸軍司令部，《陸軍化安 100 人員消除車操作手冊》(桃園市：國防部陸軍司令部，2012 年 7 月 16 日)，2-32。

十、複偵及著裝程序

針對《陸軍化生放核災害救援手冊》、《核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書》及《核子事故緊急應變南部輻射監測中心作業程序書》等資料中「複偵及著裝」相關規範節錄原文整理如表 5 所示，說明如後：

表 5 複偵及著裝相關規範整理表

規範來源	儀器	警報值	偵測要領	著裝	無污染標示
A	△	×	△	由服裝兵發給乾淨衣物 自行換穿	△
B	×	×	×	×	×
C	△	1 μ Sv/hr	△	×	同前文圖 6

註：為使表格易於閱覽，規範來源以代號取代原文件全名，其中 A 為《陸軍化生放核災害救援手冊》、B 為《核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書》、C 為《核子事故緊急應變南部輻射監測中心作業程序書》；×代表無提及相關內容，△代表有提及相關內容但無明確表單或文件（裝備）。

資料來源：本研究自行整理。

如前所述針對人員體表的輻射污染偵測應選用 IdentiFINDER-2 手提快速核種分析儀，並設定 1 μ Sv/hr 為污染警報值，距離人體表面 0.5~5 公分及移動速度不宜大於 15 公分/秒的原則實施複偵檢。

綜合以上討論，本研究建議：

- (一) 《陸軍化生放核災害救援手冊》於後續修訂時，應明確訂定使用可量測劑量率的手提快速核種分析儀作為複偵檢的儀器，並以「1 μ Sv/hr」作為使用時的警報值（若後續災情未受控制持續加劇，則依據輻射監測中心指導滾動式提高劑量率警報值），偵測要領同前所述。
- (二) 《核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書》對於除污完畢之後所須執行工作事項並無著墨，建議可參考歷屆演習的經驗及本軍準則內容訂定更明確規範。
- (三) 儘管人員已除污完畢且複偵確認無污染疑慮，但著裝區所發放的衣物均是

從地方政府社會局調撥而來，考量所領取的衣物型式均未統一，若沒進一步確認是否黏貼無污染標籤，很難立即分辨出該員有無完成除污程序；基於《災害防救法》第 31 條指出：「各級政府為實施救災所需必要物資得徵用、徵購」，故未來可考慮以穿著統一樣式衣物取代複偵完畢的標籤黏貼，是項需求應於年度核安演習協調會議中先行提出，以利地方政府籌備。

(四) 複偵及著裝程序修訂規劃如後：

1. 偵檢兵以 IdentiFINDER-2 對除污完畢人員進行複偵，其步驟與要領同前初偵，依據表單(圖 3)初偵時污染位置並加強偵測。
2. 若複偵完畢仍有警報響起 ($>1\mu\text{Sv/hr}$)，偵檢兵以對講機與中控室裡的操作兵進行回報，請操作兵開啟第 3 條除污通道電動門，並引導不合格之人員從電動門返回除污區再行除污作業。
3. 若複偵完畢未有警報響起 ($<1\mu\text{Sv/hr}$)，偵檢兵引導人員前往著裝區。
4. 服裝兵回收初偵紀錄表(圖 3)，並分配衣物給人員穿著，引導人員從離艙梯離開人員除污車前往收容。

結語

《孫子兵法·九變》：「故用兵之法，無恃其不來，恃吾有以待之；無恃其不攻，恃吾有所不可攻也」，亦即不抱持僥倖心態，而是作好充分準備防患未然。核能發電帶來的影響如同硬幣一體兩面，利弊得失誰高誰低端看個人解讀，本研究不對此多作評論，但從風險管控的角度而言，「居安思危，思則有備，備則無患」，越是充足的準備越能減少其災損，加上國際間對於核子事故災害應變發展的腳步並不見趨緩，原能會也定期將相關作法修訂於程序書中，所以我們執行任務時所依循的程序理應同步更新，才能與時俱進。本研究所訂定偵測及除污程序，係採文件分析法參考軍事準則及程序書內容所架構而成，後續將透過年度核安演習的時機進行驗證，並將驗證結果作為準則編修與教案修訂之參考。

參考文獻

一、書籍

- 1.行政院原子能委員會，《106年核安第23號演習總結報告》(新北市：行政院原子能委員會，2017年11月)。
- 2.行政院原子能委員會，《放射性物料管理法》(新北市：行政院原子能委員會，2002年12月25日)。
- 3.行政院原子能委員會，《核子事故民眾防護行動規範》(新北市：行政院原子能委員會，2005年7月15日)。
- 4.行政院原子能委員會，《核子事故緊急應變法》(新北市：行政院原子能委員會，2003年12月24日)。
- 5.行政院原子能委員會，《輻射災害防救業務計畫》(新北市：行政院原子能委員會，2020年12月)。
- 6.行政院原子能委員會核子事故緊急應變北部輻射監測中心，《工作人員輻射偵測作業程序書》(新北市：行政院原子能委員會核子事故緊急應變北部輻射監測中心，2018年07月16日)。
- 7.行政院原子能委員會核子事故緊急應變北部輻射監測中心，《物品輻射偵測作業程序書》(新北市：行政院原子能委員會核子事故緊急應變北部輻射監測中心，2018年07月16日)。
- 8.行政院原子能委員會核子事故緊急應變南部輻射監測中心，《民眾及應變人員輻射偵測作業程序書》(高雄市：行政院原子能委員會核子事故緊急應變南部輻射監測中心，2021年09月11日)。
- 9.行政院原子能委員會核子事故緊急應變南部輻射監測中心，《防護站及收容所民眾携入物品輻射偵測作業程序書》(高雄市：行政院原子能委員會核子事故緊急應變南部輻射監測中心，2019年06月19日)。
- 10.財團法人中華民國輻射防護協會，〈輻射度量〉《游離輻射防護薈萃》，2003年2月。
- 11.國防部陸軍司令部，《陸軍化生放核災害救援手冊》(桃園市：國防部陸軍

司令部，2019年10月31日)。

- 12.國防部陸軍司令部，《陸軍化安100人員消除車操作手冊》(桃園市：國防部陸軍司令部，2012年7月16日)，2-32。

二、論文

- 1.李佳玲，〈人員消除作業程序之研析—以核子事故為例〉《化生放核防護半年刊》，第102期，2016年10月。
- 2.賴政國，〈核子與放射線物質事件國軍防救之研究〉《陸軍100年化學兵戰術戰法研討會論文集》，(桃園：國防部陸軍司令部化學兵處，2011年8月3日)。
- 3.羅斯鴻、蕭英煜，〈化學兵執行核子事故緊急應變回顧與展望〉《核生化防護半年刊》，第96期，2013年10月。

三、網路

- 1.維基百科，《68-95-99.7法則》，〈<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/68%E2%80%9995%E2%9399.7%E6%B3%95%E5%89%87>〉(檢索日期：2022年3月3日)。
- 2.原子能委員會輻射偵測中心編，《環境輻射即時監測》，〈<https://aec.gov.tw/trmc/gammadetect.html>〉(檢索日期：2022年7月28日)。