

國軍放核狀況下劑量管制限值探討與建議

作者簡介



作者蘇冠宇少校，畢業於國防大學理工學院應用化學系 94 年班、化校正規班 100-1 期、中原大學化學所碩士，領有原能會輻射防護師、輻射安全證書等證照，歷任排長、輻射檢測組組長、中隊長，現任化生放核防護研究中心緊急防護組組長。

提要

- 一、參考國軍準則劑量管制限值，與國內法規之劑量限值規範及美國緊急應變劑量限值標準相比較，研擬國軍放核狀況下劑量管制限值，並考量環境劑量、任務性質等因素，提供指揮官作為任務執行所需參據，確保官兵安全。
- 二、本篇在劑量限值的探討上，並未將輻射生物效應及國際放射防護委員會(ICRP)建議書納入探討，僅針對法規規範及劑量限值作數值上比較與建議，作為人員劑量安全管控之參考與建議。
- 三、參考美國反恐應援訓練中心(CTOS)所制定之留置時間對照表，與國內法規限值作調整，完成國軍放核狀況下劑量管制限值建議，以表單方式呈現，可作為部隊指揮官劑量管制之依據。
- 四、本篇在輻射對人體的傷害及風險管控上，僅聚焦在輻射對人體的健康效應上，並不可作為絕對的參考依據，其限制因素包含(一)急性與慢性曝露並未納入考量、(二)保健物理學專家的諮詢與建議、(三)指揮官視作戰需求的決心下達。

關鍵字：放核、放射性、核子、輻射、劑量

前言

國際間充斥著各式各樣的放核威脅，如核武威脅、核電安全、恐怖攻擊、放核事故，發生任何一種都會對國家造成重大的危害，近年來國軍面對多面向的放核安全威脅，置重點於支援核災任務上，相關的法令規章、準則條文也因應更新，秉持著救災視同作戰的精神，積極投入；反觀在軍事作戰上，雖然現今國際情勢各國使用放核武器的機率很低，然而一旦發生，將會造成無法承受的重大傷害。

在放核狀況劑量管控上，國軍目前仍缺乏一套完整、明確、簡易之劑量管制標準，以利各級部隊參考運用，本篇希望參考美國相關標準，與國軍準則作比較及探討，以提出適用於戰時初步劑量限值管制標準，落實劑量管控作為，確保部隊官兵生命安全，內容研究之劑量管制限值標準，乃結合作者工作經驗所製，仍有許多未考量部分，希望藉由各領域專家、學者提供寶貴建議，使劑量管制更趨於完善，以利部隊指揮官訂定所屬部隊劑量管制標準，確保戰力保存。

國軍現行放核狀況下劑量管制限值

國軍現行準則提及有關放核輻射劑量規範的地方相當多，包含陸軍化學兵偵消部隊訓練教範(第二版)等 11 本準則均有論述，然而有些準則因年代久遠或不符合時宜，已辦理作廢，本篇仍然列舉比較，擷取可參考部分，納入考量，期使劑量管制限值相關規範更臻完善。另考量輻射劑量單位繁多，區分新舊制單位，在劑量標準比較上甚為不便，將把劑量轉換至同一單位-戈雷(Gy)，以利分析比較。

一、軍事準則列舉

(一)國軍化學兵部隊指揮教則(89.10.20)¹

附件三 核生化防護現行作業程序
00024 部隊安全規定
一、各部隊依遂行作戰任務之目的，對人員接受射線急性劑量(24 小時內所接受之劑量)危害標準概定如下：
(一)輕度危害-50 毫戈雷(0.05Gy)
(二)中度危害-200 毫戈雷(0.2Gy)
(三)重度危害-500 毫戈雷(0.5Gy)
二、對射線安全標準概定如下：
(一)對每小時 100 毫戈雷(0.1Gy/hr)劑量率以上(含)之感染地區，應行標示並報告(地點、時間、強度)
(二)徒步部隊不可進入每小時 50 毫戈雷(0.05Gy/hr)劑量率以上(含)之感染地區(如有特別規定，不受本條之限)
(三)人員在射線感染地區執行戰鬥任務或作業，每日不得超過 0.05 戈雷(0.05Gy) (如有特別規定，不受本條之限)

(二)國軍核生化防護教則(89.10.20)²

第一章 總則
01008 輻射狀態
基於整個過去累積的輻射劑量以協助指揮官測試單位的曝露狀態。以百分戈雷(cGy)為單位，其分類如下：
一、輻射狀態-0(RES-0)過去沒有曝露歷史。
二、輻射狀態-1(RES-1)有甚微少的射線曝露歷史(超過 0，但少於 70cGy)。
三、輻射狀態-2(RES-2)有很明顯但並非危險的輻射劑量(超過 70 cGy，但少於 150cGy)。

1 〈國軍化學兵部隊指揮教則〉，89 年 10 月 20 日，頁附件 3-13。

2 〈國軍核生化防護教則〉，89 年 10 月 20 日，頁 1-7。

四、輻射狀態-3(RES-3)單位已接受超過輻射劑量，並將有更進一步的曝露危險(超過 150cGy)。

(三)陸軍化生放核防護教範(101.10.24)³

第三章 化生放核戰防護作為

第四節 核子戰防護作為

第二款 核子戰易損性分析作業

03056 落塵預測圖意涵

五、下風危害區(Downwind Hazard)之意義

(一)第一下風危害區以「I」表示之，又稱為「主要危害區」或「立即影響行動區」，未防護人員暴露於落塵到達4小時，將接受1.5戈雷(Gy)(緊急危害劑量)，嚴重影響部隊作戰能力，而在此區之外，則有很高公算，不致接受此等輻射強度。

(二)第二下風危害區以「II」表示，又稱為「次要下風危害區」，在此地區暴露未防護人員，暴露於落塵到達4小時，不致接受到1.5戈雷(Gy)，但停留24小時則必超過0.5戈雷。

(三)在預測區之外暴露未防護人員，第一天不致接受0.5戈雷(Gy)，即使無限期停留不致超過1.5戈雷。

(四)陸軍化學兵偵消部隊訓練教範(第二版)(107.12.3)⁴

第三章 訓練標準

第四節 偵檢(測)作業

第六款 輻射偵測作業

03072 作業前準備

七、配戴個人輻射劑量器，並將累積劑量警報值設定為2mGy，以確保人員安全。

九、注意作業安全要求，避免遭受核輻射傷害；人員等效劑量安全值為250 μ Gy/hr，警戒值為25 μ Gy/hr。作業人員在輻射污染地區執行戰鬥任務或作業，每日曝露限值不得超過2mGy。

(五)核生化作業中心手冊(96.11.19)⁵

第二章 核放戰損害性分析作業

第六節 部隊暴露劑量限值

第二款 暴露劑量分類

02063 部隊任務危害等級

部隊通過輻射污染地區，執行輻射偵測、消除作業、於輻射污染地區

3 〈陸軍化生放核防護教範〉，101年10月24日，頁3-26。

4 〈陸軍化學兵偵消部隊訓練教範〉，104年12月3日，頁3-75、3-76。

5 〈核生化作業中心手冊〉，96年11月19日，頁2-119。

占領要點或修復工作時，部隊指揮官可依據化學兵幹部之建議，將任務區分為三種等級：輕度危害、中度危害及嚴重危害，各種危害等級標準如表 2-19。

2-19 任務等級

任務等級	定義
輕度危害	部隊可能接受劑量小於或等於 0.5 戈雷 (0.5Gy)
中度危害	部隊可能接受劑量大於 0.5 戈雷(0.5Gy)，小於或等於 0.7 戈雷(0.7Gy)
嚴重危害	部隊可能接受劑量大於 0.7 戈雷(0.7Gy)，小於或等於 1.5 戈雷(1.5Gy)

02064 部隊暴露劑量等級

部隊暴露劑量等級分類目的，在顯示部隊接受輻射劑量之高低及對執行任務能力之影響，其分類標準及對任務影響程度如表 2-20。

2-20 部隊暴露劑量等級分類表

暴露劑量等級	執行任務前已累積劑量(cGy)	下次任務吸收劑量標準(cGy)
第一級	0	輕度危害：≤50 中度危害：≤70 嚴重危害：≤150
第二級	>0、≤70	輕度危害：≤10 中度危害：≤30 嚴重危害：≤110
第三級	>70、≤150	不可執行輕度危害及中度危害任務。 嚴重危害：≤40
第四級	>150	任何程度之任務，均可能造成部隊嚴重傷害
附記：部隊暴露劑量分類等級之畫分係依據部隊執行任務前，部隊本身已接受之平均劑量。		

(六)核子與輻射事件應援作業手冊(97.4.8)⁶

第二章 應援整備
第二節 整備作為
第二款 情報與訓練整備

6 〈核子與輻射事件應援作業手冊〉，97 年 4 月 8 日，頁 2-6。

02013 訓練整備要項

一、物理保健：應強化應援人員對其物理性質、化學相容性、輻射生物效應、個人劑量限值(如表 2-1)之認知。

表 2-1 放射性攻擊應變之職業曝露劑量指示

緊急事故 行動類別		劑量指引值	
		劑量	皮膚等效劑量
救援行動	拯救生命行動	原則建議沒有劑量限制，惟當整體利益明確優於他們自己危險時	
	其他立即與緊急行動	<1000 毫西弗(急性全身劑量) 盡任何努力不超過 5000 毫西弗 盡所有合理努力不超過 100 毫西弗(有效劑量)	<5000 毫西弗
	復原與恢復行動	<20 毫西弗/年(平均 5 年)，且<50 毫西弗/年在任一年內(有效劑量)	<500 毫西弗/年
備註		皮膚面積大於 1cm ²⁵ 之最高輻射平均劑量	

(七) AN/VDR- II 野戰輻射偵測器操作手冊(91.5.31)⁷

第四章 裝備操作

4008 偵測作業

偵測之目的為獲知污染之強度及概略範圍，首先應確定地面污染之程度、範圍和劑量率，執行任務時，一次劑量率應控制在 50cGy/hr 以下，指揮官應明確規定偵測人員進入的深度。通常，徒步偵測時，只能進入到 70cGy/hr 的地區；乘車可通過 150cGy/hr 的劑量區。

(八)野戰教範 FM21-40 化生放及核子防禦(64.1.20)⁸-已作廢

附錄 D-II 連現行作業程序之核放附件範例：對核子攻擊與射線危害之防禦

八、射線偵測

b.在持續偵測期中，除非連在移動中或其他因素無法實施以外，所有讀數應在同一地區看讀，下列資料應呈報至營：

- (1)位置、劑量率，及初期劑量率為 1 瑞德/小時(0.01Gy/hr)之時間。
- (2)所紀錄之最高劑量率。

附註：將劑量率、位置，及 10 雷德/小時(0.1Gy/hr)增加或減少之時間均加以記錄，直到劑量率到達 50 瑞德/小時(0.5Gy/hr)為止。從 50 瑞

7 〈AN/VDR- II 野戰輻射偵測器操作手冊〉，91 年 5 月 31 日，頁 4-28。

8 〈野戰教範 FM21-40 化生放及核子防禦〉，64 年 1 月 20 日，頁 250。

德/小時(0.5Gy/hr)起之任何增減，均需報告到營部，劑量率僅用作範
例，讀數之頻率將依狀況而定，劑量率標準將由上級指揮部規定之。
(3)掩蔽部或車輛偵測之相關因數資料。
(4)下列第九條 c 項所述之摘要報告。
c.持續偵測將於下列時機停止
(1)接獲營之指示時。
(2)當劑量率下降低於 1 瑞德/小時(0.01Gy/hr) (在運動中之部隊除外)

二、分析與探討

(一)累積劑量比較分析

針對軍事準則論述到有關累積劑量部分實施整理，並依據原條文實施內容簡化及單位換算，以利分析比較，如下表：

表 1 軍事準則論述有關累積劑量分析比較表

軍事準則論述有關累積劑量分析比較表		
準則名稱	累積劑量(Gy)	分析與比較
國軍化學兵 部隊指揮教 則	1.輕度危害-0.05Gy 2.中度危害-0.2Gy 3.重度危害-0.5Gy 4.人員每日不得超過 0.05Gy	1. 主要區分 0.05 Gy、0.2 Gy、0.5 Gy 三個等級的累積劑量管制標準，考量參考納入。 2.其中劑量訂定的標準較低，可考量納入低劑量狀況下劑量管制標準。
國軍核生化 防護教則	1.RES-0 過去沒有曝露歷史。 2.RES-1 曝露歷史超過 0，但少於 0.7Gy。 3.RES-曝露歷史超過 0.7Gy，但少於 1.5Gy。 4.RES-3 曝露歷史超過超過 1.5Gy。	1.主要區分 0.5 Gy、0.7 Gy、1.5 Gy 三個等級的累積劑量管制標準，考量參考納入。 2.其中劑量訂定的標準較高，可考量納入高劑量狀況下劑量管制標準。
陸軍化生放 核防護教範	1.第一下風危害區-未防護人員暴露於落塵到達 4 小時，將接受 1.5 戈雷(Gy)(緊急危害劑量)，嚴重影響部隊作戰能力。 2.第二下風危害區-在此地區暴露未防護人員，暴露於落塵到達 4 小	

	時，不致接受到 1.5 戈雷(Gy)，但停留 24 小時則必超過 0.5 戈雷。 3.在預測區之外暴露未防護人員，第一天不致接受 0.5 戈雷(Gy)，即使無限期停留不致超過 1.5 戈雷。	
核生化作業中心手冊	任務等級 1.輕度危害-$\leq 0.5\text{Gy}$ 2.中度危害-$> 0.5\text{Gy}$，$\leq 0.7\text{Gy}$ 3.嚴重危害-$> 0.7\text{Gy}$，$\leq 1.5\text{Gy}$	
陸軍化學兵偵消部隊訓練教範(第二版)	1.個人輻射劑量器累積劑量警報值設定為 $2\text{mGy}(0.002\text{Gy})$。 2.人員在輻射污染地區執行戰鬥任務或作業，每日曝露限值不得超過 $2\text{mGy}(0.002\text{Gy})$。	可考量納入無放核狀況下劑量管制及警報標準。

(二)劑量率比較分析

針對軍事準則論述到有關劑量率部分實施整理，並依據原條文實施內容簡化及單位換算，以利分析比較，如下表：

表 2 軍事準則論述有關劑量率分析比較表

軍事準則論述有關劑量率分析比較表		
準則名稱	劑量率(Gy/hr)	分析與比較
陸軍化學兵偵消部隊訓練教範(第二版)	1.人員劑量安全值為 $250\mu\text{Gy/hr}$ 2.人員劑量警戒值為 $25\mu\text{Gy/hr}$。	警戒值 $25\mu\text{Gy/hr}$ 可作為發現有放核徵候的預警值。
AN/VDR- II 野戰輻射偵測器操作手冊	1.執行任務時，一次劑量率應控制在 0.5Gy/hr 以下。 2.徒步偵測時，只能進入到 0.7Gy/hr 的地區。 3.乘車可通過 1.5Gy/hr 的劑量區。	可考量納入劑量率管制標準，但建議以累積劑量管制為主。
國軍化學兵部隊指揮教則	1.0.1Gy/hr 劑量率以上，應行標示並報告 2.徒步部隊不可進入 0.05Gy/hr 以上(含)之地區	1.標示並報告劑量(0.1Gy/hr)較高，建議下修。 2.徒步部隊不可進入 0.05Gy/hr 以上(含)之地區，可考量納入。

野戰教範 FM21-40 化 生放及核子 防禦-已作廢	在偵測期中，下列資料應呈報至營： 1.位置、劑量率，及初期劑量率為 0.01Gy/hr 之時間。 2.所紀錄之最高劑量率。 附註：將劑量率、位置，及 0.1Gy/hr 增加或減少之時間均加以記錄，直到 劑量率到達 0.5Gy/hr 為止。從 0.5Gy/hr 起之任何增減，均需報告到 營部，劑量率標準將由上級指揮部規 定之。	可作為偵檢小組偵 測結果回報時機之 參考。但其初期劑量 率 0.01Gy/hr 仍屬較 高劑量，可考量將偵 檢回報時機下修至 0.001Gy/hr(1m Gy/hr)
野戰教範 FM21-40 化 生放及核子 防禦-已作廢	持續偵測將於下列時機停止 1.接獲營之指示時。 2.當劑量率下降低於 0.01Gy/hr	

(三)探討

從上述分析比較表，可發現無論是累積劑量管制標準，抑或是劑量率管制標準，其各準則標準並不一致，但這未必代表準則內容有所出入，其準則撰寫的立基點可能有所差異，導致其管制標準的不同；有的是考量在無放核狀況下訂定的，或考量在放核狀況下訂定的，還是放核狀況下仍須執行任務訂定，甚至是只要是不威脅生命前提下仍須執行任務前提下訂定，以上在軍事行動中的不同戰場環境及條件，均會影響，然而部隊指揮官並非全般具備化生放核專長，缺乏一套整合性、系統性的劑量管制標準供其參考，面對放核狀況，該如何訂定標準，確保戰力，無非是一項難題。

緊急應變放核劑量管制限值探討

因應日本 311 福島核電廠事故後，國內外在緊急應變上，均投入眾多的人力、物力及資源在緊急應變上，對於放核劑量管制上也有許多資料可供參考應用，以下針對我國及美國相關標準等作介紹：

一、放核劑量單位簡介

(一)曝露量(exposure, X)

專用單位為倫琴，符號為R；曝露率單位為倫琴/小時，符號為R/h，目前我國法規已不再使用。

(二)吸收劑量(absorbed dose, D)

指單位質量物質吸收輻射之平均能量，專用單位為雷得，符號為rad，國

際制專用單位為戈雷，符號為Gy，符號為R/h；吸收劑量率單位為雷得/小時與戈雷/小時，符號為rad/h與Gy/h，1Gy等於100rad。

(三)有效劑量(effective dose, E)

指人體中受曝露之各組織或器官之等價劑量與各該組織或器官之組織加權因數乘積之和，專用單位為倫目，符號為rem，國際制專用單位為西弗，符號為Sv；劑量率單位為倫目/小時與西弗/小時，符號為rem/h與Sv/h，1Sv等於100rem。

(四)加馬輻射劑量率換算

為方便換算，下表將曝露量、吸收劑量、有效劑量作轉換，視同1R=1rad=1rem，1Gy=1Sv，但在實際上並非正確，僅為實務上方便使用而作的換算。

表 3 加馬輻射劑量率換算表

加馬輻射劑量率換算表						
		倫琴/小時 (R/h)	雷得/小時 (rad/h)	戈雷/小時 (Gy/h)	倫目/小時 (rem/h)	西弗/小時 (Sv/h)
		1 μ R/h	1 μ rad/h	0. 01 μ Gy/h	1 μ rem/h	0. 01 μ Sv/h
Bkg		10 μ R/h	10 μ rad/h	0. 1 μ Gy/h	10 μ rem/h	0. 1 μ Sv/h
		50 μ R/h	50 μ rad/h	0. 5 μ Gy/h	50 μ rem/h	0. 5 μ Sv/h
		100 μ R/h	100 μ rad/h	1 μ Gy/h	100 μ rem/h	1 μ Sv/h
		500 μ R/h	500 μ rad/h	5 μ Gy/h	500 μ rem/h	5 μ Sv/h
		750 μ R/h	750 μ rad/h	7. 5 μ Gy/h	750 μ rem/h	7. 5 μ Sv/h
設置熱區 管制線	注意	1mR/h	1mrad/h	10 μ Gy/h	1mrem/h	10 μ Sv/h
		2mR/h	2mrad/h	20 μ Gy/h	2mrem/h	20 μ Sv/h
		5mR/h	5mrad/h	50 μ Gy/h	5mrem/h	50 μ Sv/h
		7. 5mR/h	7. 5mrad/h	75 μ Gy/h	7. 5mrem/h	75 μ Sv/h
		10mR/h	10mrad/h	100 μ Gy/h	10mrem/h	100 μ Sv/h
在熱區 裡工作	危險	20mR/h	20mrad/h	200 μ Gy/h	20mrem/h	200 μ Sv/h
		30mR/h	30mrad/h	300 μ Gy/h	30mrem/h	300 μ Sv/h
		40mR/	0mrad/h	400 μ Gy/h	40mrem/h	400 μ Sv/h
		50mR/h	50mrad/h	500 μ Gy/h	50mrem/h	500 μ Sv/h
		75mR/h	75mrad/h	750 μ Gy/h	75mrem/h	750 μ Sv/h
	危險	100mR/h	100mrad/h	1mGy/h	100mrem/h	1mSv/h
		200mR/h	200mrad/h	2mGy/h	200mrem/h	2mSv/h
		300mR/h	00mrad/	mGy/h	300mrem/h	3mSv/h
		400mR/h	400mrad/h	4mGy/h	400mrem/h	4mSv/h
		500mR/h	500mrad/h	5mGy/h	500mrem/h	5mSv/h
		750mR/h	750mrad/h	7. 5mGy/h	750mrem/h	7. 5mSv/h
		1R/h	1rad/h	10mGy/h	1rem/h	10mSv/h
		1. 5R/h	1. 5rad/h	15mGy/h	1. 6R/h	15mSv/h
		2R/h	2rad/h	20mGy/h	2rem/h	20mSv/h
		3R/h	3rad/h	30mGy/h	3rem/h	30mSv/h
		4R/h	4rad/h	40mGy/h	4rem/h	40mSv/h
		5R/h	5rad/h	50mGy/h	5rem/h	50mSv/h
		7. 5R/h	7. 5rad/h	75mGy/h	7. 5rem/h	75mSv/h

搶救生命時	危險	10R/h	10rad/h	100mGy/h	10rem/h	100mSv/h
		20R/h	20rad/h	200mGy/h	20rem/h	200mSv/h
		30R/h	30rad/h	300mGy/h	30rem/h	300mSv/h
		40R/h	40rad/h	400mGy/h	40rem/h	400mSv/h
		50R/h	50rad/h	500mGy/h	50rem/h	500mSv/h
		75R/h	75rad/h	750mGy/h	75rem/h	750mSv/h
		100R/h	100rad/h	1Gy/h	100rem/h	1Sv/h
志願參加者	危險	200R/h	200rad/h	2Gy/h	200rem/h	2Sv/h
		300R/h	300rad/h	3Gy/h	300rem/h	3Sv/h
		400R/h	400rad/h	4Gy/h	400rem/h	4Sv/h
	死亡	500R/h	500rad/h	5Gy/h	500rem/h	5Sv/h
		750R/h	750rad/h	7.5Gy/h	750rem/h	7.5Sv/h
備考	死亡	1000R/h	1000rad/h	10Gy/h	1000rem/h	10Sv/h
		1. 本表用意在於協助加馬輻射曝露及不同型式偵測器量測劑量率讀值之轉換及對照。 2. 本表採取加馬劑量率轉換係數如下：1R/h=1rem/h=1rad/h，1Sv/h=100rem/h，1Gy/h=100rad/h。 3. 背景輻射劑量大約 5~25 μ R/h(0.05~0.25 μ Sv/h)，本表將環境輻射背景值設定為 10 μ R/h(100nSv/h)				

資料來源：作者參考美國 Counter Terrorism Operations Support(CTOS) Gamma Radiation Dose Rate Conversions 彙整

二、我國劑量管制限值

我國現行法規對於輻射劑量管制限值，主要來自《游離輻射防護法》第五條規定〈游離輻射防護安全標準〉及《核子事故緊急應變程序書》中〈輻射監測中心作業程序書〉兩大部分提及，依應變人員是否通過輻射專業訓練，區分為「一般人員」及「輻射工作人員」⁹兩類，相關劑量限值及說明如后：

(一)一般人員-依據游離輻射防護安全標準-第 12 條

輻射作業造成一般人之年劑量限度，依下列規定：

- 1.有效劑量¹⁰不得超過 1 毫西弗(1mSv)。
- 2.眼球水晶體之等價劑量¹¹不得超過 15 毫西弗(15mSv)。
- 3.皮膚之等價劑量不得超過 50 毫西弗(50mSv)。

(二)輻射工作人員

1.游離輻射防護安全標準-第 7 條：

輻射工作人員職業曝露之劑量限度，依下列規定：

9 輻射工作人員：指受僱或自僱經常從事輻射作業，並認知會接受曝露之人員。

10 有效劑量：指人體中受曝露之各組織或器官之等價劑量與各該組織或器官之組織加權因數乘積之和，其單位為西弗。

11 等價劑量：指器官劑量與對應輻射加權因數乘積之和，其單位為西弗。

- (1)每連續五年週期之有效劑量不得超過 100 毫西弗(100mSv)，且任何單一年內之有效劑量不得超過 50 毫西弗(50mSv)。
- (2)眼球水晶體之等價劑量於一年內不得超過 150 毫西弗(150mSv)。
- (3)皮膚或四肢之等價劑量於一年內不得超過 500 毫西弗(500mSv)。
- 前項第 1 款五年週期，自民國 92 年 1 月 1 日起算。
- 2.游離輻射防護安全標準-第 10 條：
- 16 歲以上未滿 18 歲者接受輻射作業教學或工作訓練，其個人年劑量限度依下列規定：
- (1)有效劑量不得超過 6 毫西弗(6mSv)。
- (2)眼球水晶體之等價劑量不得超過 50 毫西弗(50mSv)。
- (3)皮膚或四肢之等價劑量不得超過 150 毫西弗(150mSv)。
- 3.游離輻射防護安全標準-第 17 條：
- 緊急曝露，應於符合下列情況之一時，始得為之：
- (1)搶救生命或防止嚴重危害。
- (2)減少大量集體有效劑量。
- (3)防止發生災難。
- 設施經營者對於接受緊急曝露之人員，應事先告知及訓練。
- 4.游離輻射防護安全標準-第 18 條：
- 設施經營者應盡合理之努力，使接受緊急曝露人員之劑量符合下列規定：
- (1)為搶救生命，劑量儘可能不超過第 7 條第 1 項第 1 款單一年劑量限度之 10 倍。(即 500 mSv)
- (2)除前款情況外，劑量儘可能不超過第 7 條第 1 項第 1 款單一年劑量限度之 2 倍。(即 100 mSv)
- 接受緊急曝露之人員，除實際參與前條第 1 項規定之緊急曝露情況外，其所受之劑量，不得超過第 7 條之規定。
- 緊急曝露所接受之劑量，應載入個人之劑量紀錄，並應與職業曝露之劑量分別記錄。

表 4 我國輻射作業劑量限值比較

分類		一般人員	輻射工作人員			
			16-18 歲	18 歲以上	緊急曝露	緊急曝露 搶救生命
劑量 限	全身 有效劑量	1mSv/年	6mSv/年	50mSv/年 100mSv/5年	100mSv	500mSv
	眼球水晶體	15mSv/年	50mSv/年	150mSv/年	-	-

值	等價劑量					
	皮膚或四肢 等價劑量	50mSv/年	150mSv/年	500mSv/年	-	-

資料來源：作者參考〈游離輻射防護安全標準〉彙整

三、美國劑量管制限值

(一)劑量限值彙整

1.輻射劑量率指引：

下表5為美國環保署(EPA)輻射劑量率指引，本表第二欄可發現劑量限值管制是以曝露值作管制，使用單位以「侖琴/時(R/h)」為主，但是曝露量(exposure)依其定義係指適用於光子(photon)，對於其他輻射種類(如阿伐、貝他等)不適用。這使其曝露量在使用上受到限制，在實務使用上可轉換成吸收劑量(absorbed dose, D)，使用單位為雷得(rad)，國際制使用單位為戈雷(Gy)，1戈雷等於100雷得，在空氣中1侖琴等於0.869雷得，侖琴對雷得的轉換因素視光子能量與吸收物質而異，吸收劑量率的單位為雷得/時(rad/h)或戈雷/時(Gy/h)。

表 5 美國環保署(EPA) Radiation Dose Rate Guidance(輻射劑量率指引)

劑量率建議	曝露值
受污染人員 ¹	2 x 背景值 (cpm or μ R/h or mR/h)
受污染限值 地面或空氣中之落塵 ²	5 x 背景值 (cpm or μ R/h or mR/h)
設置熱區管制線 ³ 「注意」	1 mR/h 至 10 mR/h (0.001 R/h to 01010 R/h)
在熱區裡工作 「注意-危險」	最高至 10 R/h (up to 10,000 mR/h)
撤退劑量率 無生命搶救狀況 ⁴ 「危險」	10 R/h

撤退劑量率 生命搶救狀況 「危險」	100 R/h
生命搶救狀況 且非常短暫時間 (受過專業訓練之志願者) ⁵ 「死亡危險」	超過 100 R/h

資料來源：

- 1.EPA Manual of Protective Action Guides and Protective Actions for Nuclear Incidents EPA 400-R-92-001
- 2.DOE FRMAC Monitoring and Analysis Manual Radiation Monitoring and Sampling. DOE/NV/11718-181-VOL.1
- 3.See guidance from local or state authorities. ASTM (E 2601-08 Standard Practice for Radiological Emergency Response),NCRP (Commentary No. 19), and IAEA (EPR-first Responders 2006) recommend 10 mR/h.Many local jurisdictions use 2 mR/H
- 4.NCRP Management of Terrorist Events Involving Radioactive Material, NCRP Report No. 138DOE RMAC uses 1.5 R/h for Turn-Around, unless otherwise directed. DOE/NV/11718-181-VOL.1
- 5.Adapted from ASTM (E 2601-08 Standard Practice for Radiological Emergency Response),Federal Interagency Committee (Planning guidance for Response to a Nuclear Detonation, 2nd Edition), and DOE Los Alamos National Laboratory (LA-UR-99 Emergency Medical Rescue in a Radiation Environment)
See guidance from local or state authorities for maximum dose rate that can be entered for life-saving activities.

2.緊急人員行動劑量指引：

下表由美國國土安全部聯邦緊急事務管理署(DHS/FEMA)及環保署(EPA)制定，主要提供作為緊急應變人員所執行行動及劑量限值所需指引，執行應變任務過程中，考量任務目的、搶救生命與否及風險性，賦予其劑量限值，以確保人員安全。

表 6 美國國土安全部聯邦緊急事務管理署(DHS/FEMA)及環保署(EPA)緊急應變人員行動劑量指引

劑量限值 (全身)	緊急應變行動劑量指引 執行行動
50 mSv(5 rem)	所有行動
100 mSv(10 rem)	保護重要資產
250 mSv(25 rem)	搶救生命或防止大量集體劑量

超過 250 mSv (25 rem)	搶救生命或防止大量集體劑量 僅由瞭解任務風險性之志願者執行
1. 劑量是加總體外暴露及體內曝露而得。 2. 劑量限值對眼球水晶體來說為本表劑量限值(全身)3 倍以上；對其他器官組織(包含皮膚或四肢)來說為本表劑量限值(全身)10 倍以上。 3. 1 西弗(Sv)=100 倫目(rem)。	

資料來源：

EPA Manual of Protective Action Guides and Protective Actions for Nuclear Incidents EPA 400-R-92-001.

DHS/FEMA Planning Guidance for Protection and Recovery Following Radiological Dispersal Device (RDD) and Improvised Nuclear Device (IND) Incidents.

3. 留置時間對照表及加馬輻射劑量率換算表：

附件 1 為美國反恐應援訓練中心(暫譯)(Counter Terrorism Operations Support, CTOS)所制定之留置時間對照表，本表因應應變任務種類、作業環境劑量率等條件，換算成人員留置於放核環境下的時間建議，以提供應變指揮官作為下達人員留置時間之依據，應變人員僅需受過基礎訓練，就可以透過查表，獲得相關資訊，有效避免在緊急狀況下還需從事繁複之計算。

附件 2 為針對常用之輻射劑量單位，進行換算，包含曝露量(exposure, X)、吸收劑量(absorbed dose, D)、有效劑量(effective dose, E)，但在實際上並非正確，僅為方便使用而作的換算。

四、放核劑量管制限值探討

相較於我國在緊急應變上輻射劑量管制限值規範較少，美國則因緊急應變機制及任務上的不同，具備相當多的劑量限值，亦造成參考美方訂定我國劑量限值的難度，本篇在劑量限值的探討上，並未將輻射生物效應及國際放射防護委員會(ICRP)建議書納入探討，僅針對法規規範及劑量限值作數值上比較與建議，作為人員劑量安全管控之參考，並採取「合理抑低」及「保守評估」之原則予與建議。

(一)緊急應變人員行動劑量限值探討

在緊急應變人員劑量限值(如表 7)上，我國與美國的差異性並不大，主要均為參考 ICRP-60 號報告訂定，其差別主要在緊急曝露涉及搶救生命之劑量限值部分，在表 7 中我們可發現我國緊急曝露限值為 500 mSv，比美國 250 mSv 高 1 倍，但實際上，我國參加緊急曝露¹²之人員，需自願接受者才可，美國則是涉及搶救生命，其劑量限值就提升至 250 mSv，視災情徵求

12 緊急曝露：指發生事故之時或之後，為搶救遇險人員，阻止事態擴大或其他緊急情況，而有組織且自願接受之曝露。

自願者，劑量限值可提高至250 mSv以上。

在緊急應變劑量限值上，我國已有法規明確規範，毋須另行建議或訂定。

表 7 我國與美國緊急應變人員劑量限值比較

分類		我國	美國
		輻射工作人員	
劑 量 限 值	全身有效劑量	50mSv/年 100mSv/5 年	50 mSv
	眼球水晶體等價劑量	150mSv/年	-
	皮膚或四肢等價劑量	500mSv/年	-
	緊急曝露 (保護重要資產)	100mSv	100 mSv
	緊急曝露搶救生命	500mSv	250 mSv
	緊急曝露搶救生命 (瞭解任務風險性 之志願者)		250 mSv 以上

資料來源：作者自行彙整

(二)留置時間對照表修訂及運用建議

參考美國反恐應援訓練中心(Counter Terrorism Operations Support, CTOS)所制定之留置時間對照表，並將曝露量、吸收劑量、有效劑量作轉換，視同 $1R=1rad=1rem$ ， $1rem=0.01Sv$ 作換算，獲得下表8，相關劑量及劑量率單位均以國際常用單位(Sv、Sv/h)顯示，並參考國內法規現值作調整，建議可作為應變指揮官下達人員留置時間之依據，其使用建議如后：

1.一般人員(國軍參加緊急應變之一般部隊)：

其劑量限值依循法規為1mSv，可參考欄位1，考量其任務地點及環境劑量率，查表賦予作業時間(留置時間)建議，並由專責人員(如輻射安全管制官)負責管制，確保不超過劑量限值。

2.輻射工作人員：

建議為受過輻射專業訓練或取得相關證照之專技人員(如持有輻射安全證書、輻射防護人員證照等)適用，法規限值為連續5年不超過100 mSv(平均1年20mSv)，單一年最多不超過50 mSv，可參考欄位2、3、4，並且採循序漸進方式作劑量管制，如以欄位2作劑量管制，俟應變人

員曝露劑量均達到欄位2限值，再隨著災情提升至欄位3、4劑量限值作管制。

3.緊急曝露：

建議以輻射工作人員劑量管制方式，參考欄位5至8使用。

108-2 國軍放核狀況下劑量管制限值探討與建議

表 8 留置時間對照表

留置時間對照表														
		劑量(Sv)												
		在緊急應變狀況下 所有緊急應變人員行動				緊急曝露	搶救生命		搶救生命 (志願者)	潛在致死風險				
劑量率(Sv/h) (加馬偵檢器 器示值)		1mSv	10mSv	20mSv	50mSv	100mSv	200mSv	250mSv	500mSv	1Sv	2Sv	3Sv LD50	5Sv LD50	10Sv LD100
Bkg	0.1μSv/h	10000h												
高於 背景值	0.5μSv/h	2000h												
	1μSv/h	1000h	10000h	20000h										
	5μSv/h	200h	2000h	4000h	10000h									
	7.5μSv/h	133h	1333h	2666h	6666h									
設置 熱區 管制線	10μSv/h	100h	1000h	2000h	5000h	10000h								
	20μSv/h	50h	500h	1000h	2500h	5000h	10000h	12500h						
	50μSv/h	20h	200h	400h	1000h	2000h	4000h	5000h	10000h					
	75μSv/h	13h	133h	266h	666h	1333h	2666h	3333h	6666h					
	0.1mSv/h	10h	100h	200h	500h	1000h	2000h	2500h	5000h	10000h				
在熱區 裡工作	0.2mSv/h	5h	50h	100h	250h	500h	1000h	1250h	2500h	5000h	10000h			
	0.3mSv/h	3h	33h	66h	166h	333h	666h	833h	1666h	333h	6666h	10000h		
	0.4mSv/h	150min	25h	50h	125h	250h	500h	625h	1250h	2500h	5000h	7500h		
	0.5mSv/h	120min	20h	40h	100h	200h	400h	500h	1000h	2000h	4000h	6000h	10000h	
	0.75mSv/h	80min	13h	26h	66h	133h	266h	333h	666h	1333h	2666h	4000h	6666h	
	1mSv/h	60min	10h	20h	50h	100h	200h	250h	500h	1000h	2000h	3000h	5000h	10000h
	2mSv/h	30min	5h	10h	25h	50h	100h	125h	250h	500h	1000h	1500h	2500h	5000h
	3mSv/h	20min	3h	6h	16h	33h	66h	83h	166h	333h	666h	1000h	1666h	3333h
	4mSv/h	15min	150min	5h	12h	25h	50h	62h	125h	250h	500h	750h	1250h	2500h
	5mSv/h	12min	120min	4h	10h	20h	40h	50h	100h	200h	400h	600h	1000h	2000h
	7.5mSv/h	8min	80min	16min	6h	13h	26h	33h	66h	133h	266h	400h	666h	1333h
	10mSv/h	6min	60min	120min	5h	10h	20h	25h	50h	100h	200h	300h	500h	1000h
	15mSv/h	4min	40min	80min	3h	6h	13h	16h	33h	66h	133h	200h	333h	666h
	20mSv/h	3min	30min	60min	150min	5h	10h	12h	25h	50h	100h	150h	250h	500h
	30mSv/h	2min	20min	40min	100min	3h	6h	8h	16h	33h	66h	100h	166h	333h
	40mSv/h	90sec	15min	30min	75min	150min	5h	6h	12h	25h	50h	75h	125h	250h
	50mSv/h	60sec	12min	24min	60min	120min	4h	5h	10h	20h	40h	60h	100h	200h

化生放核防護半年刊第 108 期

	75mSv/h	30sec	8min	16min	40min	80min	160min	3h	6h	13h	26h	40h	66h	133h
搶救 生命時	0.1Sv/h	30sec	6min	12min	30min	60min	120min	150min	5h	10h	2h	30h	50h	100h
	0.2Sv/h	15sec	3min	6min	15min	30min	60min	75min	150min	5h	10h	15h	25h	50h
	0.3Sv/h	10sec	2min	4min	10min	20min	40min	50min	100min	3h	6h	10h	16h	33h
	0.4Sv/h	5sec	90sec	3min	7min	15min	30min	37min	75min	150min	5h	7h	12h	25h
	0.5Sv/h	5sec	60sec	2min	6min	12min	24min	30min	16min	120min	4h	6h	10h	20h
	0.75Sv/h	5sec	45sec	90sec	4min	8min	16min	20min	40min	80min	160min	4h	6h	13h
	1Sv/h	1sec	30sec	60sec	3min	6min	12min	15min	30min	60min	120min	3h	5h	10h
志願 參加者	2Sv/h	1sec	15sec	30sec	90sec	3min	6min	7min	15min	30min	60min	90min	150min	5h
	3Sv/h	1sec	10sec	20sec	60sec	2min	4min	5min	10min	20min	40min	60min	100min	3h
	4Sv/h	1sec	5sec	15sec	45sec	90sec	3min	3min	7min	15min	30min	45min	75min	150min
	5Sv/h	1sec	5sec	10sec	30sec	60sec	2min	3min	6min	12min	24min	36min	60min	120min
	7.5Sv/h	1sec	5sec	10sec	20sec	45sec	90sec	2min	4min	8min	16min	24min	40min	80min
	10Sv/h	1sec	1sec	5sec	15sec	30sec	60sec	90sec	3min	6min	12min	18min	30min	60min
備考	1. 本表所顯示之留置時間須由特定劑量限值(欄)(依任務屬性而定)搭配作業環境劑量率(列)，查表獲得，且僅計算體外加馬劑量，未計算體內加馬劑量。 2. 劑量限值(欄)區分係依據美國國土安全部/聯邦緊急事務管理署(DHS/FEMA)及美國國家環境保護局(EPA)〈緊急應變工作人員劑量指引(Emergency Worker Dose Guidelines)〉(筆者自譯)。 3. $1\mu\text{Sv}=0.001\text{mSv}=0.000001\text{Sv}$ ，24 小時=1 天，100 小時=4 天，1 週=7 天=168 小時，1000 小時=6 週，2000 小時=12 週，1 年=365 天=8760 小時，10000 小時=416 天。 4. 潛在致命風險：對全身急性曝露而言，半致死劑量(LD50)(50%個體在 30 至 180 日內死亡)為 3Sv(無藥物治療)或 6Sv(利用藥物治療)。致死劑量(LD100)(100%個體死亡)為 10Sv。假如曝露已經散佈出去一段時間(如好幾天)，其致命風險將更低。													

資料來源：作者參考美國 Counter Terrorism Operations Support(CTOS) Stay Time Table 彙整

放核狀況下劑量管制限值探討與建議

參考國軍現行軍事準則放核狀況下劑量管制限值及緊急應變放核劑量管制限值，研擬適用國軍放核狀況下劑量管制限值，提供指揮官放核狀況全般概念，以利其決心下達及執行人員劑量安全管制。

一、劑量管制限值探討

對於不常接觸放核相關領域的幹部來說，輻射劑量管制是一個陌生的領域，在戰時時間受限、高壓環境下，倘若遭遇放核威脅，針對部隊下達適切的防護作為及劑量管制，實屬不易，除了透過參謀提供相關建議外，如果有相關表單可供查詢、參考，可有效提供具體防護概念，確保戰力保

存。

下表 9 為筆者研擬訂定之「放核狀況下輻射劑量管制暨留置時間對照表」，其中針對劑量限值(欄)及環境劑量率(列)的運用作說明。

(一)劑量限值(欄)

在劑量管制上，以劑量(或稱累積劑量)為管制基準，考量任務屬性、人員專長，規劃一段時間(如1年)或一次任務的劑量限值為多寡，再先期獲得任務環境劑量率(或於現場偵測回報)，查表獲得任務可留置時間，進一步規劃單兵執行任務時間、分段接續執行方式、人員折返所需時間等因素，確實管制劑量在管制基準內，非必要不要斷然提高劑量管制基準。

1.輻射偵測器累積劑量警報值：

參考陸軍化學兵偵消部隊訓練教範(第二版)，設定劑量2 mGy作為個人輻射劑量警報器(Electronic Personal Dosimeter, EPD)警報值，作為有無放核狀況之界定。

2.國內法規緊急曝露限值：

為受過輻射專業訓練或取得相關證照之專技人員接受緊急曝露之限值，在非搶救生命前提下，法規限值為劑量不超過100 mSv。

3.輕度危害任務：

參考陸軍化學兵部隊指揮教則，將50mGy設定為輕度放核危害任務。

4.中度危害任務：

同上將0.2Gy設定為中度放核危害任務。

5.重度危害任務：

同上將0.5Gy設定為重度放核危害任務。

(二)環境劑量率(列)

在劑量管制上雖然都以劑量(或稱累積劑量)為管制基準，然而在放核狀況下劑量率變化瞬息萬變，仍存在著劑量率突然提高的情況，所以除了劑量管制外，劑量率管制也是很重要的一環，面對劑量率的提高，就應該先行處置作為，以肆應不預期的變化。

1.放核徵候預警值：

參考陸軍化學兵偵消部隊訓練教範(第二版)中人員劑量警戒值($25 \mu\text{Gy/hr}$)，可作為判斷是否為放核狀況的初步預警值，偵測到此劑量率，立即循指揮鏈回報上級。

2.放核徵候安全管制值：

參考陸軍化學兵偵消部隊訓練教範(第二版)中人員劑量安全值(0.25mGy/hr)，可作為一般部隊在非必要前提下，接受輻射劑量率的

上限值，若要在超過此劑量率環境下執行任務，須獲得部隊指揮官核定。

3.化學兵專業部隊(偵消任務固定班)偵測回報時機：

參考野戰教範FM21-40化生放及核子防禦(已作廢) 初期劑量率(0.01Gy/hr)呈報至營級之時機，下修劑量率至1mGy/hr，擬訂為化學兵專業部隊及一般部隊偵消任務固定班偵測回報時機。

4.一般部隊徒步執行任務劑量率管制值：

參考AN/VDR-Ⅱ野戰輻射偵測器操作手冊，執行任務時，一次劑量率應控制在0.5Gy/hr以下，作為一般部隊在穿著輻射防護裝備，或者車輛裝甲防護的前提下，執行任務的劑量率管制值。

5.化學兵專業部隊(偵消任務固定班)徒步偵測劑量率管制值：

參考AN/VDR-Ⅱ野戰輻射偵測器操作手冊，徒步偵測時，只能進入到0.7Gy/hr的地區，擬訂劑量率0.75Gy/hr，作為化學兵專業部隊及一般部隊偵消任務固定班，在穿著輻射防護裝備，或者車輛裝甲防護的前提下，執行徒步偵測任務的劑量率管制值。

6.部隊乘車執行任務劑量率管制值：

參考AN/VDR-Ⅱ野戰輻射偵測器操作手冊，乘車可通過1.5Gy/hr的劑量區，擬訂作為部隊在乘車狀況下，透過車輛裝甲防護力或乘車減少滯留時間的條件下，執行任務的劑量率管制值。

108-2 國軍放核狀況下劑量管制限值探討與建議

表 9 放核狀況下輻射劑量管制暨留置時間對照表

放核狀況下輻射劑量管制暨留置時間對照表																
		劑量限值(Gy)														
			輻射偵測器累積劑量 警報值			輕度 危害 任務	國內法 規緊急 曝露限 值	中度 危害 任務		重度 危害 任務						
劑量率(Gy/h) (加馬偵檢器 器示值)		1 mGy	2 mGy	10 mGy	20 mGy	50 mGy	100 mGy	200 mGy	250 mGy	0.5Gy	0.7Gy	1Gy	1.5Gy	3Gy LD50	5Gy LD50	10Gy LD100
背景值	0.1μGy/h	10000h														
高於 背景值	0.5μGy/h	2000h														
	1μGy/h	1000h	2000h	10000h	20000h											
	5μGy/h	200h	400h	2000h	4000h	10000h										
	7.5μGy/h	133h	267h	1333h	2666h	6666h										
	10μGy/h	100h	200h	1000h	2000h	5000h	10000h									
	20μGy/h	50h	100h	500h	1000h	2500h	5000h	10000h	12500h							
	20μGy/h	50h	100h	500h	1000h	2500h	5000h	10000h	12500h							
放核 徵候 預警值	25μGy/h	40h	80h	400h	800h	2000h	4000h	8000h	10000h	20000h	28000h	40000h	60000h			
	50μGy/h	20h	40h	200h	400h	1000h	2000h	4000h	5000h	10000h	14000h	20000h	30000h			
	75μGy/h	13h	26h	133h	266h	666h	1333h	2666h	3333h	6666h	9332h	13333h	20000h			
	0.1mGy/h	10h	20h	100h	200h	500h	1000h	2000h	2500h	5000h	7000h	10000h	15000h			
	0.2mGy/h	5h	10h	50h	100h	250h	500h	1000h	1250h	2500h	3500h	5000h	7500h			
放核 徵候 安全 管制值	0.25mGy/h	4h	8h	40h	80h	200h	400h	800h	1000h	2000h	2800h	4000h	6000h	12000h	20000h	40000h
	0.3mGy/h	3h	6h	33h	66h	166h	333h	666h	833h	1666h	2332h	3333h	5000h	10000h	16666h	33333h
	0.4mGy/h	150min	5h	25h	50h	125h	250h	500h	625h	1250h	1750h	2500h	3750h	7500h	12500h	25000h
	0.5mGy/h	120min	4h	20h	40h	100h	200h	400h	500h	1000h	1400h	2000h	3000h	6000h	10000h	20000h
	0.75mGy/h	80min	160min	13h	26h	66h	133h	266h	333h	666h	933h	1333h	2000h	4000h	6666h	13333h
化學兵 專業部 隊(偵消 任務固 定班)偵 測回報 時機	1mGy/h	60min	120min	10h	20h	50h	100h	200h	250h	500h	700h	1000h	1500h	3000h	5000h	10000h
	2mGy/h	30min	60min	5h	10h	25h	50h	100h	125h	250h	350h	500h	750h	1500h	2500h	5000h
	3mGy/h	20min	40min	3h	6h	16h	33h	66h	83h	166h	233h	333h	500h	1000h	1666h	3333h
	4mGy/h	15min	30min	150min	5h	12h	25h	50h	62h	125h	175h	250h	375h	750h	1250h	2500h

化生放核防護半年刊第 108 期

	5mGy/h	12min	24min	120min	4h	10h	20h	40h	50h	100h	140h	200h	300h	600h	1000h	2000h
	7.5mGy/h	8min	16min	80min	16min	6h	13h	26h	33h	66h	93h	133h	200h	400h	666h	1333h
	10mGy/h	6min	12min	60min	120min	5h	10h	20h	25h	50h	70h	100h	150h	300h	500h	1000h
	15mGy/h	4min	8min	40min	80min	3h	6h	13h	16h	33h	46h	66h	100h	200h	333h	666h
	20mGy/h	3min	6min	30min	60min	150min	5h	10h	12h	25h	35h	50h	75h	150h	250h	500h
	30mGy/h	2min	4min	20min	40min	100min	3h	6h	8h	16h	22h	33h	50h	100h	166h	333h
	40mGy/h	90sec	3min	15min	30min	75min	150min	5h	6h	12h	16h	25h	37h	75h	125h	250h
	50mGy/h	72sec	2min	12min	24min	60min	120min	4h	5h	10h	14h	20h	30h	60h	100h	200h
	75mGy/h	48sec	96sec	8min	16min	40min	80min	160min	3h	6h	8h	13h	20h	40h	66h	133h
搶救 生命時	0.1Gy/h	36sec	72sec	6min	12min	30min	60min	120min	150min	5h	7h	10h	15h	30h	50h	100h
	0.2Gy/h	18sec	36sec	3min	6min	15min	30min	60min	75min	150min	210min	5h	7h	15h	25h	50h
	0.3Gy/h	12sec	24sec	2min	4min	10min	20min	40min	50min	100min	140min	3h	4h	10h	16h	33h
	0.4Gy/h	9sec	18sec	90sec	3min	7min	15min	30min	37min	75min	105min	150min	225min	7h	12h	25h
一般部 隊徒步 執行任 務劑量 率管制 值	0.5Gy/h	6sec	12sec	72sec	2min	6min	12min	24min	30min	60min	84min	120min	180min	6h	10h	20h
化學兵 專業部 隊(偵消 任務固 定班)徒 步偵測 劑量率 管制值	0.75Gy/h	5sec	10sec	48sec	96sec	4min	8min	16min	20min	40min	56min	80min	120min	4h	6h	13h
	1Gy/h	1sec	7sec	36sec	72sec	3min	6min	12min	15min	30min	42min	60min	75min	3h	5h	10h
部隊乘 車執行 任務劑 量率管 制值	1.5Gy/h	1sec	4sec	24sec	48sec	2min	4min	8min	10min	20min	28min	40min	60min	120min	200min	6h
	2Gy/h	1sec	3sec	18sec	36sec	90sec	3min	6min	7min	15min	21min	30min	45min	90min	150min	5h
	3Gy/h	1sec	2sec	12sec	24sec	60sec	2min	4min	5min	10min	14min	20min	30min	60min	100min	3h
	4Gy/h	1sec	1sec	9sec	18sec	45sec	90sec	3min	3min	7min	9min	15min	22min	45min	75min	150min
	5Gy/h	1sec	1sec	7sec	12sec	30sec	60sec	2min	3min	6min	8min	12min	18min	36min	60min	120min
	7.5Gy/h	1sec	1sec	5sec	8sec	20sec	45sec	90sec	2min	4min	5min	8min	12min	24min	40min	80min
	10Gy/h	1sec	1sec	1sec	5sec	15sec	30sec	60sec	90sec	3min	4min	6min	7min	18min	30min	60min
備考	1. 本表所顯示之留置時間須由特定劑量限值(欄)(依任務屬性而定)搭配環境劑量率(列)，查表獲															

得，且僅計算體外加馬劑量，未計算體內加馬劑量。

2. $1 \mu\text{Gy} = 0.001\text{mGy} = 0.000001\text{Gy}$ 。

3. 潛在致命風險：對全身急性曝露而言，半致死劑量(LD50)(50%個體在 30 至 180 日內死亡)為 3Gy(無藥物治療)或 5Gy(利用藥物治療)。致死劑量(LD100)(100%個體死亡)為 10Gy。假如曝露已經散佈出去一段時間(如好幾天)，其致命風險將更低。

二、劑量管制建議與限制

本文在輻射對人體的傷害及風險管控上，都僅聚焦在輻射對人體的健康效應上，即確定效應¹³與機率效應¹⁴上，主要劑量管制限值的訂定主要在避免確定效應的發生，然而「放核狀況下輻射劑量管制暨留置時間對照表」，僅能提供指揮官及各級人員簡易的劑量資訊及管制標準參考，並不可作為絕對的參考依據，其原因包含以下三點：

(一)急性與慢性曝露並未納入考量

急性曝露泛指短時間內接受高劑量輻射曝露，而會對人體產生的健康效應，如嘔吐、傷口無法癒合，甚至死亡等；慢性曝露是指長時間接受較低的輻射劑量，但身體會有自我修復的功能，可能可以承受更高的劑量。隨著生物醫學技術的發展進步，對於低劑量的曝露具有與高劑量的曝露不同的生物效應，雖然已有許多研究支持，但現今的輻射防護政策並無法確認低劑量或低劑量率輻射的生物效應，其實並不同於接受中高劑量輻射引起的生物效應，本篇的劑量管制並無考量急性與慢性曝露的差異，採取作為保守的劑量管制，在實際人體的影響上可能會低於預期狀況，但目前並無有力立基點可遵循。

(二)保健物理學專家的諮詢與建議

本篇研擬的「放核狀況下輻射劑量管制暨留置時間對照表」，規劃做為參考運用，使用者(或參謀)仍須具備基礎的輻射防護(或保健物理)知識，並在時間、環境等條件許可下，應向保健物理專家諮詢，透過有效的雙向溝通，獲得較為全面的建議，以利指揮官部隊行動之決心下達；以美軍為例，全美陸軍保健物理專家僅 30 餘名，並無法配合作戰任務派駐前線支援，因此諮詢管道的暢通及專家群的培養為美陸軍面臨的難題之一，反觀我國，是否應借鏡美軍，建立平戰時良好的諮詢管道，及培養相關領域的專家，將是另外一個重要課題。

(三)指揮官視作戰需求的決心下達

無論是依據「放核狀況下輻射劑量管制暨留置時間對照表」，所作的劑量管制，或遵循保健物理學專家的諮詢與建議，其目的在於提供一個專

13 指導致組織或器官之功能損傷而造成之效應，其嚴重程度與劑量大小成比例增加，此種效應可能有劑量低限值。

14 指致癌效應及遺傳效應，其發生之機率與劑量大小成正比，而與嚴重程度無關，此種效應之發生無劑量低限值。

業且適切的建議，然而戰場環境瞬息萬變，指揮官的作戰目標及作戰企圖，可能與劑量管制限值相違背，導致任務無法達成，抑或無時間及空間獲得建議，這時仍然以指揮官作戰需求為最終目標，由指揮官的決心下達，甚或獨斷專行為部隊行動的依據，畢竟表單是死的，加上專家並不在戰場，並無法瞭解戰場全般狀況，一切仍須仰賴領導者的經驗與智慧。

結語

期望透過本篇的研究探討替代建議，提供在放核狀況劑量管控上乙套完整、明確、簡易之劑量管制標準，以利各級部隊參考運用，參考美國相關標準，與國軍準則作比較及探討，研究出適用於戰時初步劑量限值管制標準，落實劑量管控作為，確保部隊官兵生命安全。然而本篇以研究替代建議之劑量管制限值標準，為結合工作經驗所製，仍有許多未考量部分，希望藉由本篇拋磚引玉，能獲得各專家、學者、教官提供寶貴建議，使劑量管制更趨於完善，以利部隊指揮官訂定所屬部隊劑量管制機制，確保戰力保存。

參考文獻

- 一、U.S. DOE/NNSA, International Consequence Management, I-CM,2012。
- 二、ICRP, The 2007 Recommendation of the International Commission on Radiation Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (3).
- 三、エネルギー レビュー，〈ICRP 新勧告特集〉，2007 年 11 月。
- 四、行政院原子能委員會，郭子傑，〈赴日本參加輻射生物效應國際研討會出國報告〉，2018 年 5 月。
- 五、行政院原子能委員會，《游離輻射防護法》，2002 年 1 月 30 日。
- 六、北部輻射監測中心，〈地面機動偵測儀作業程序書〉，〈核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書〉，2014 年 7 月。
- 七、北部輻射監測中心，〈空中輻射偵測作業程序書〉，〈核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書〉，2014 年 7 月。
- 八、北部輻射監測中心，〈海上機動偵測儀及取樣作業程序書〉，〈核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書〉，2014 年 7 月。
- 九、賴政國，〈核子與放射性物質事件國軍防救之研究〉，2011 年 7 月。
- 十、許芳裕，〈人員體外劑量監測〉，2012 年 8 月。
- 十一、Counter Terrorism Operations Support(CTOS)，網址：WWW.ctosnnsa.org。

附件1 美國反恐應援訓練中心留置時間對照表

Stay Time Table(留置時間對照表)

		DOSE													
		All Emergency Responder Activities Under the Emergency Conditions				Protect Property	Life-Saving		Life-Saving Volunteers Only		Potentially Lethal				
		100 mrem 0.1 rem	1,000 mrem 1 rem	2,000 mrem 2 rem	5,000 mrem 5 rem	10,000 mrem 10 rem	20,000 mrem 20 rem	25,000 mrem 25 rem	50,000 mrem 50 rem	100,000 mrem 100 rem	200 rem	300 rem LD 50	500 rem LD 50	1,000 rem LD 100	
DOSE RATE (Gamma Rate on Meter)															
Above Background	Bkg	10 µR/h	10000 h												
		50 µR/h	2000 h												
		100 µR/h	1000 h	10000 h	20000 h										
		500 µR/h	200 h	2000 h	4000 h	10000 h									
		750 µR/h	133 h	1333 h	2666 h	6666 h									
SET UP HOT LINE CAUTION		1000 µR/h 1 mR/h	100 h	1000 h	2000 h	5000 h	10000 h								
		2 mR/h	50 h	500 h	1000 h	2500 h	5000 h	10000 h	12500 h						
		5 mR/h	20 h	200 h	400 h	1000 h	2000 h	4000 h	5000 h	10000 h					
		7.5 mR/h	13 h	133 h	266 h	666 h	1333 h	2666 h	3333 h	6666 h					
		10 mR/h	10 h	100 h	200 h	500 h	1000 h	2000 h	2500 h	5000 h	10000 h				
WORK IN HOT ZONE DANGER		20 mR/h	5 h	50 h	100 h	250 h	500 h	1000 h	1250 h	2500 h	5000 h	10000 h			
		30 mR/h	3 h	33 h	66 h	166 h	333 h	666 h	833 h	1666 h	3333 h	6666 h	10000 h		
		40 mR/h	150 min	25 h	50 h	125 h	250 h	500 h	625 h	1250 h	2500 h	5000 h	7500 h		
		50 mR/h	120 min	20 h	40 h	100 h	200 h	400 h	500 h	1000 h	2000 h	4000 h	6000 h	10000 h	
		75 mR/h	80 min	13 h	26 h	66 h	133 h	266 h	333 h	666 h	1333 h	2666 h	4000 h	6666 h	
		100 mR/h	60 min	10 h	20 h	50 h	100 h	200 h	250 h	500 h	1000 h	2000 h	3000 h	5000 h	10000 h
		200 mR/h	30 min	5 h	10 h	25 h	50 h	100 h	125 h	250 h	500 h	1000 h	1500 h	2500 h	5000 h
		300 mR/h	20 min	3 h	6 h	16 h	33 h	66 h	83 h	166 h	333 h	666 h	1000 h	1666 h	3333 h
		400 mR/h	15 min	150 min	5 h	12 h	25 h	50 h	62 h	125 h	250 h	500 h	750 h	1250 h	2500 h
		500 mR/h	12 min	120 min	4 h	10 h	20 h	40 h	50 h	100 h	200 h	400 h	600 h	1000 h	2000 h
		750 mR/h	8 min	80 min	160 min	6 h	13 h	26 h	33 h	66 h	133 h	266 h	400 h	666 h	1333 h
		1000 mR/h 1 R/h	6 min	60 min	120 min	5 h	10 h	20 h	25 h	50 h	100 h	200 h	300 h	500 h	1000 h
		1.5 R/h	4 min	40 min	80 min	3 h	6 h	13 h	16 h	33 h	66 h	133 h	200 h	333 h	666 h
		2 R/h	3 min	30 min	60 min	150 min	5 h	10 h	12 h	25 h	50 h	100 h	150 h	250 h	500 h
DANGER		3 R/h	2 min	20 min	40 min	100 min	3 h	6 h	8 h	16 h	33 h	66 h	100 h	166 h	333 h
		4 R/h	90 sec	15 min	30 min	75 min	150 min	5 h	6 h	12 h	25 h	50 h	75 h	125 h	250 h
		5 R/h	60 sec	12 min	24 min	60 min	120 min	4 h	5 h	10 h	20 h	40 h	60 h	100 h	200 h
		7.5 R/h	30 sec	8 min	16 min	40 min	80 min	160 min	3 h	6 h	13 h	26 h	40 h	66 h	133 h
		10 R/h	30 sec	6 min	12 min	30 min	60 min	120 min	150 min	5 h	10 h	20 h	30 h	50 h	100 h
LIFE-SAVING ONLY DANGER		20 R/h	15 sec	3 min	6 min	15 min	30 min	60 min	75 min	150 min	5 h	10 h	15 h	25 h	50 h
		30 R/h	10 sec	2 min	4 min	10 min	20 min	40 min	50 min	100 min	3 h	6 h	10 h	16 h	33 h
		40 R/h	5 sec	90 sec	3 min	7 min	15 min	30 min	37 min	75 min	150 min	5 h	7 h	12 h	25 h
		50 R/h	5 sec	60 sec	2 min	6 min	12 min	24 min	30 min	60 min	120 min	4 h	6 h	10 h	20 h
		75 R/h	5 sec	45 sec	90 sec	4 min	8 min	16 min	20 min	40 min	80 min	160 min	4 h	6 h	13 h
		100 R/h	1 sec	30 sec	60 sec	3 min	6 min	12 min	15 min	30 min	60 min	120 min	3 h	5 h	10 h
VOLUNTEERS ONLY GRAVE DANGER		200 R/h	1 sec	15 sec	30 sec	90 sec	3 min	6 min	7 min	15 min	30 min	60 min	90 min	150 min	5 h
		300 R/h	1 sec	10 sec	20 sec	60 sec	2 min	4 min	5 min	10 min	20 min	40 min	60 min	100 min	3 h
		400 R/h	1 sec	5 sec	15 sec	45 sec	90 sec	3 min	3 min	7 min	15 min	30 min	45 min	75 min	150 min
		500 R/h	1 sec	5 sec	10 sec	30 sec	60 sec	2 min	3 min	6 min	12 min	24 min	36 min	60 min	120 min
		750 R/h	1 sec	5 sec	10 sec	20 sec	45 sec	90 sec	2 min	4 min	8 min	16 min	24 min	40 min	80 min
		1000 R/h	1 sec	1 sec	5 sec	15 sec	30 sec	60 sec	90 sec	3 min	6 min	12 min	18 min	30 min	60 min

Table shows time needed at a Dose Rate (row) to cause a specific Dose (column) and only takes into account external gamma radiation, not internal contamination. Times are rounded down for safety.

Dose Rate colors based on Radiation Dose Rate Guidance table. Dose colors (columns) based on DHS/FEMA and EPA Emergency Worker Dose Guidelines

1 µR = 0.001 mR = 0.000001 R Natural Background: about 10 µR/h = 0.01 mR/h = 0.00001 R/h = about 0.25 mR/day
 1,000 µR = 1 mR = 0.001 R 1 day = 24 hours 100 hours = 4 days 1 week = 7 days = 168 hours 10,000 hours = 416 days
 1,000,000 µR = 1,000 mR = 1 R 1,000 hours = 6 weeks 2,000 hours = 12 weeks 1 year = 365 days = 8,760 hours 20,000 hours = 833 days

Potentially Lethal: For whole body doses received in a short time, the LD50 dose (50% deaths in 30 to 180 days) is about 300 rem without treatment or 600 rem with medical treatment. The LD100 dose (100% deaths) is about 1,000 rem. If the exposure is spread out over a longer period of time (for example, days instead of minutes), the risk of death is lower.

CTOS0003av1.0910

Counter Terrorism Operations Support-www.ctosnsa.org

資料來源：美國 Counter Terrorism Operations Support(CTOS)，網址：www.ctosnsa.org

附件 2 美國反恐應援訓練中心加馬輻射劑量率換算表

Gamma Radiation Dose Rate Conversions(加馬輻射劑量率換算表)

	roentgen per hour (R/h)	rem per hour (rem/h)	sievert per hour (Sv/h)	gray per hour (Gy/h)	centigray per hour (cGy/h)	rad per hour (rad/h)	rem per hour (without prefixes) (rem/h)	sievert per hour (without prefixes) (Sv/h)
	1 μ R/h	1 μ rem/h	10 nSv/h 0.01 μ Sv/h	0.01 μ Gy/h	0.000001 cGy/h	1 μ rad/h	0.000001 rem/h	0.00000001 Sv/h
Bkg	10 μ R/h	10 μ rem/h	100 nSv/h 0.10 μ Sv/h	0.10 μ Gy/h	0.000010 cGy/h	10 μ rad/h	0.000010 rem/h	0.00000010 Sv/h
	50 μ R/h	50 μ rem/h	0.50 μ Sv/h 500 nSv/h	0.50 μ Gy/h	0.000050 cGy/h	50 μ rad/h	0.000050 rem/h	0.00000050 Sv/h
	100 μ R/h 0.1 mR/h	100 μ rem/h 0.1 mrem/h	1000 nSv/h 1 μ Sv/h	1 μ Gy/h	0.00010 cGy/h	100 μ rad/h	0.00010 rem/h	0.0000010 Sv/h
	500 μ R/h	500 μ rem/h	5 μ Sv/h	5 μ Gy/h	0.00050 cGy/h	500 μ rad/h	0.00050 rem/h	0.0000050 Sv/h
	750 μ R/h	750 μ rem/h	7.5 μ Sv/h	7.5 μ Gy/h	0.00075 cGy/h	750 μ rad/h	0.00075 rem/h	0.0000075 Sv/h
SET UP HOT LINE CAUTION	1000 μ R/h 1 mR/h	1000 μ rem/h 1 mrem/h	10 μ Sv/h	10 μ Gy/h	0.0010 cGy/h	1000 μ rad/h 1 mrad/h	0.0010 rem/h	0.000010 Sv/h
	2 mR/h	2 mrem/h	20 μ Sv/h	20 μ Gy/h	0.0020 cGy/h	2 mrad/h	0.0020 rem/h	0.000020 Sv/h
	5 mR/h	5 mrem/h	50 μ Sv/h	50 μ Gy/h	0.0050 cGy/h	5 mrad/h	0.0050 rem/h	0.000050 Sv/h
	7.5 mR/h	7.5 mrem/h	75 μ Sv/h	75 μ Gy/h	0.0075 cGy/h	7.5 mrad/h	0.0075 rem/h	0.000075 Sv/h
	10 mR/h	10 mrem/h	100 μ Sv/h 0.1 mSv/h	100 μ Gy/h 0.1 mGy/h	0.010 cGy/h	10 mrad/h	0.010 rem/h	0.00010 Sv/h
WORK IN HOT ZONE DANGER	20 mR/h	20 mrem/h	200 μ Sv/h	200 μ Gy/h	0.020 cGy/h	20 mrad/h	0.020 rem/h	0.00020 Sv/h
	30 mR/h	30 mrem/h	300 μ Sv/h	300 μ Gy/h	0.030 cGy/h	30 mrad/h	0.030 rem/h	0.00030 Sv/h
	40 mR/h	40 mrem/h	400 μ Sv/h	400 μ Gy/h	0.040 cGy/h	40 mrad/h	0.040 rem/h	0.00040 Sv/h
	50 mR/h	50 mrem/h	500 μ Sv/h	500 μ Gy/h	0.050 cGy/h	50 mrad/h	0.050 rem/h	0.00050 Sv/h
	75 mR/h	75 mrem/h	750 μ Sv/h	750 μ Gy/h	0.075 cGy/h	75 mrad/h	0.075 rem/h	0.00075 Sv/h
	100 mR/h 0.1 R/h	100 mrem/h 0.1 rem/h	1000 μ Sv/h 1 mSv/h	1000 μ Gy/h 1 mGy/h	0.10 cGy/h	100 mrad/h	0.10 rem/h	0.0010 Sv/h
	200 mR/h	200 mrem/h	2 mSv/h	2 mGy/h	0.20 cGy/h	200 mrad/h	0.20 rem/h	0.0020 Sv/h
	300 mR/h	300 mrem/h	3 mSv/h	3 mGy/h	0.30 cGy/h	300 mrad/h	0.30 rem/h	0.0030 Sv/h
	400 mR/h	400 mrem/h	4 mSv/h	4 mGy/h	0.40 cGy/h	400 mrad/h	0.40 rem/h	0.0040 Sv/h
	500 mR/h	500 mrem/h	5 mSv/h	5 mGy/h	0.50 cGy/h	500 mrad/h	0.50 rem/h	0.0050 Sv/h
	750 mR/h	750 mrem/h	7.5 mSv/h	7.5 mGy/h	0.75 cGy/h	750 mrad/h	0.75 rem/h	0.0075 Sv/h
	1000 mR/h 1 R/h	1000 mrem/h 1 rem/h	10 mSv/h	10 mGy/h	1.0 cGy/h	1000 mrad/h 1 rad/h	1.0 rem/h	0.010 Sv/h
	1.5 R/h	1.5 rem/h	15 mSv/h	15 mGy/h	1.5 cGy/h	1.5 rad/h	1.5 rem/h	0.015 Sv/h
	2 R/h	2 rem/h	20 mSv/h	20 mGy/h	2 cGy/h	2 rad/h	2 rem/h	0.02 Sv/h
	3 R/h	3 rem/h	30 mSv/h	30 mGy/h	3 cGy/h	3 rad/h	3 rem/h	0.03 Sv/h
	4 R/h	4 rem/h	40 mSv/h	40 mGy/h	4 cGy/h	4 rad/h	4 rem/h	0.04 Sv/h
	5 R/h	5 rem/h	50 mSv/h	50 mGy/h	5 cGy/h	5 rad/h	5 rem/h	0.05 Sv/h
	7.5 R/h	7.5 rem/h	75 mSv/h	75 mGy/h	7.5 cGy/h	7.5 rad/h	7.5 rem/h	0.075 Sv/h
LIFE-SPARING ONLY DANGER	10 R/h	10 rem/h	100 mSv/h	100 mGy/h	10 cGy/h	10 rad/h	10 rem/h	0.10 Sv/h
	20 R/h	20 rem/h	200 mSv/h	200 mGy/h	20 cGy/h	20 rad/h	20 rem/h	0.20 Sv/h
	30 R/h	30 rem/h	300 mSv/h	300 mGy/h	30 cGy/h	30 rad/h	30 rem/h	0.30 Sv/h
	40 R/h	40 rem/h	400 mSv/h	400 mGy/h	40 cGy/h	40 rad/h	40 rem/h	0.40 Sv/h
	50 R/h	50 rem/h	500 mSv/h	500 mGy/h	50 cGy/h	50 rad/h	50 rem/h	0.50 Sv/h
	75 R/h	75 rem/h	750 mSv/h	750 mGy/h	75 cGy/h	75 rad/h	75 rem/h	0.75 Sv/h
	100 R/h	100 rem/h	1000 mSv/h 1 Sv/h	1000 mGy/h 1 Gy/h	100 cGy/h	100 rad/h	100 rem/h	1 Sv/h
VOLUNTEERS GRAVE DANGER	200 R/h	200 rem/h	2 Sv/h	2 Gy/h	200 cGy/h	200 rad/h	200 rem/h	2 Sv/h
	300 R/h	300 rem/h	3 Sv/h	3 Gy/h	300 cGy/h	300 rad/h	300 rem/h	3 Sv/h
	400 R/h	400 rem/h	4 Sv/h	4 Gy/h	400 cGy/h	400 rad/h	400 rem/h	4 Sv/h
	500 R/h	500 rem/h	5 Sv/h	5 Gy/h	500 cGy/h	500 rad/h	500 rem/h	5 Sv/h
	750 R/h	750 rem/h	7.5 Sv/h	7.5 Gy/h	750 cGy/h	750 rad/h	750 rem/h	7.5 Sv/h
	1000 R/h	1000 rem/h	10 Sv/h	10 Gy/h	1000 cGy/h	1000 rad/h	1000 rem/h	10 Sv/h

Notes: This table is intended to help convert and compare gamma radiation exposure and dose rate readings taken with different types of meters.

It assumes the following conversion factors for gamma ray dose rates are used: 1 R/h = 1 rad/h = 1 rem/h and 1 Sv/h = 100 rem/h and 1 Gy/h = 100 rad/h.

Meters using the traditional "special units" (R, rem, rad) often use abbreviate "hour" as "hr," while meters using SI units (Sv, Gy) often use "h" for "hour."

Natural Background radiation levels are usually around 5 to 25 μ R/h (0.05 to 0.25 μ Sv/h), and are represented by the row labeled "Bkg" 10 μ R/h (100 nSv/h).