

從美國緊急應變輻射劑量管制限值探討國軍管制標準

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，領有原能會輻射防護師、輻射安全證書等證照，歷任排長、放射安全官、輻射檢測組組長，現任化生放核訓練中心學員生大隊部中隊長。

提要

- 一、參考美國緊急應變劑量限值標準，與國內法規之劑量限值規範相比較，研擬劑量管控標準，並考量環境劑量、任務性質等因素，提供部隊指揮官作為任務執行所需參據，確保官兵安全。
- 二、美國負責放核緊急應變相關單位很多，以任務來區分，主要分為緊急應變、恐怖攻擊及核子武器攻擊等部分，並因應「911恐怖攻擊」，成立專責境內反恐專責單位，以肆應時代變遷之需求。
- 三、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。
- 四、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，與國內法規限值作調整，完成留置時間建議，以表單方式呈現，可作為應變指揮官劑量管制之依據。

關鍵字：緊急應變、輻射、劑量

前言

日本 311 強震引發海嘯，造成核電廠輻射外釋。日本自衛隊在參與災害救援的過程中，無論是災民疏散、空中輻射偵測、灑水降溫等各項作業，均須面臨輻射之威脅；若國內發生核電廠事故，放射性物質外釋事件，甚或核子武器攻擊時，勢必由國軍部隊執行相關任務。雖然放核狀況肇生機率較低，然而一旦發生，對各部隊官兵生命健康而言，仍屬高風險狀況，有效建構完整之劑量管控作為，將可降低輻射所造成之曝露¹風險。其手段除須仰賴各種防護設施及裝備外，對於作業人員提供即時工作時間建議與曝露劑量管控，方可有效達到戰力保存及戰力維持，確維官兵生命安全。

有鑒於此，陸軍化生放核訓練中心於 2015 年完成「輻射安全暨決策諮詢機動管制車」研發，並於該年核安演習配合演習推演，希冀強化官兵於核子事故緊急應變中輻射劑量管制，確保官兵安全。其中配備人員劑量配章計讀系統，搭配化學兵專業部隊所配發之個人輻射劑量警報器(EPD)，可有效落實人員劑量管理，確保救災人員健康安全，亦可作為後續醫療追蹤所需依據。然而其中人

1 指人體受游離輻射照射或接觸、攝入放射性物質之過程。

員劑量的管控標準未臻完整，考量國軍放核事故應變人員區分受過輻射專業訓練及一般人員，應依其條件建立不同劑量限值管控作為。本篇希望參考美國緊急應變劑量限值標準，與國內法規之劑量限值規範相比較，研擬劑量管控標準，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。

我國輻射劑量管制限值

我國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；另外核子事故發生時，基於搶救生命或防止嚴重危害等目的，執行干預²行動之救災人員，原則悉依〈游離輻射防護安全標準〉第 17 條「緊急曝露」規定辦理，而上述規定並未限定「輻射工作人員」始得為之。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」³兩類，另依相關劑量限值及說明如后：

一、一般人員

(一)劑量限值：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⁴不得超過 1 毫西弗(1mSv)。
- 2.眼球水晶體之等價劑量⁵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)說明

從「輻射作業造成一般人之年劑量限度」中可發現，一般人員具備從事輻射作業之資格，但其輻射作業屬「計畫曝露」，須確保年有效劑量不得超過 1 毫西弗(1mSv)等限制。對於國軍參加緊急應變過程中劑量限值之標準，目前並未有法規、程序書等針對緊急應變劑量限值明確律定，考量不逾越法規規範，建議以此標準作為國軍部隊人員劑量管控之限值。

二、輻射工作人員

(一)劑量限值

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：

- (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

2 指影響既存輻射源與受曝露人間之曝露途徑，以減少個人或集體曝露所採取之措施。

3 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。

4 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。

5 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。

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。

5.核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書(103 年)-海上機動偵測儀及取樣作業程序書：

7.1.4 當海上監測之輻射劑量率到達每小時 20 微西弗時，偵測人員應隨時保持戒備；輻射劑量率到達每小時 50 微西弗(暫定)時，應停止海上(船艦)輻射監測及表層水取樣計畫，立即返回基地待命，另依海象條件由海巡署出海作業規定是否執行偵測作業。

6.核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書(103 年)-空中輻射偵測作業程序書：

7.1.3.當空中輻射偵測之輻射劑量率到達每小時 20 微西弗時，飛行組員及偵測人員應隨時保持戒備；輻射劑量率到達每小時 50 微西弗（暫定）時，應修正飛行路線，朝遠離核子事故核電廠方向飛行並停止空中（直升機）輻射偵測計畫，立即返回基地待命。

表 1 我國核子事故緊急應變任務暨作業劑量限值比較

作業劑量限值 及採取行動	任務分類		
	陸上輻射 偵測作業	海上偵測 及取樣作業	空中輻射 偵測作業
保持戒備	-	20 $\mu\text{Sv/h}$	20 $\mu\text{Sv/h}$
立即返回基地待命	-	50 $\mu\text{Sv/h}$	50 $\mu\text{Sv/h}$

資料來源：作者參考〈核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書〉彙整

(二)說明

上述劑量限值均為針對輻射工作人員所列，但依人員年齡、工作性質等差異，分別訂定不同標準，但第 1、2 項的法規釋義在於針對輻射工作人員，對於從事緊急應變之人員，是否為廣義之輻射工作人員，並無明確律定。第 3、4、5、6 項為針對輻射意外事故或緊急應變任務所訂定之劑量限值，可作為劑量限值之規範。

另作者也曾與國內專家學者針對緊急應變人員劑量限值作探討，希望獲得相關標準或建議，作為管控應變人員安全規範，目前獲得建議可依法規標準，採取循序漸進的管控作為，如表 2 所示，參與應變任務之人員，且具備輻射工作人員資格，其初步劑量限值可採 16-18 歲之限值，隨著災情嚴重程度提高，提升至 18 歲以上限值的方式，採取劑量管控作為。以日本福島核電廠事故來說，應變人員劑量管控限值，亦是隨著災情變化，由政府及首相宣布提升應變人員劑量限值。

表 2 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 值	全身 有效劑量	1mSv/年	6mSv/年	50mSv/年 100mSv/5 年	100mSv	500mSv
	眼球水晶體 等價劑量	15mSv/年	50mSv/年	150mSv/年	-	-
	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。

美國輻射劑量管制限值

一、劑量管制限值相關單位介紹

在美國涉及輻射劑量管制的相關單位很多，以任務來區分，主要分為緊急應變、恐怖攻擊及核子武器攻擊等部分，並因應「911恐怖攻擊」，成立專責境內反恐專責單位，以肆應時代變遷需求。以下針對提出劑量管制限值相關單位作初步介紹，其中包含國家級部門及民間技術單位等：

- (一)**美國國土安全部 (DHS)**：主要任務在保護美國領土和應對的恐怖攻擊、人為事故及自然災害等，相較於國防部負責國外軍事行動，國土安全部則以保護美國國內為主。
- (二)**美國聯邦緊急事務管理署⁶ (Federal Emergency Management Agency, FEMA)**：是美國聯邦政府行政部門防災減災機構，負責緩解自然災害的影響，2003 年加入美國國土安全部。
- (三)**聯邦輻射監測與評估中心 (The Federal Radiological Monitoring and Assessment Center, FRMAC)**：該單位是一個跨部會組織，由國家核子安全局(NNSA)、國防部 (DOD)、環境保護署 (EPA)，衛服部 (HHS)、聯邦調查局 (FBI) 及其他聯邦部門組成，其任務在發生重大放核事件時，美國國土安全部 (DHS) 及州與地方官署要求提供協助時作出回應，包含提供應變協調及廠外緊急應變協助等。在一個主要為放核的緊急情況下，由聯邦輻射監測與評估中心 (FRMAC) 主導，可參與監督事件的潛在影響 (包括專用設備、緊急應變人員和科學家)，採取適當應變措施與資源調節，並提供環境輻射數據、緊急應變人員協助。而環境保護署(EPA) 主要是負責環境、食品及人民健康的部分，並負責協助監測環境監測數據，提供輻射專家。美國放核事件緊急應變最初是建立在聯邦輻射監測與評估中心 (FRMAC) 負責，隨著事件的發展，當應變焦點移到對環境的長期影響，再交由環保局(EPA)主導。
- (四)**國際輻射防護與度量委員會 (National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP)**：負責指導與建議輻射防護及量測，提供國際代表性訊息，並負責促進與重視輻射防護和測量的科學和相關方面組織之間的合作。
- (五)**美國材料與試驗協會 (American Society for Testing and Materials, ASTM)**：為一個國際標準組織，開發和發布自願達成一致的技術標準，主要任務在制定材料、產品、系統和服務等領域的特性及性能標準，促進有關知識的發展及推廣。

6 《維基百科》，<https://zh.m.wikipedia.org>。

二、劑量限值彙整

(一)輻射劑量率指引

下表3為輻射劑量率指引，其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 α 阿伐、 β 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 3 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 0.010 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. 138 DOE 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.

(二) 緊急應變人員行動劑量指引

表4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。此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，考量隨著事故時序，將由不同單位負責主導，一個緊急事故初期，各項情資尚不完整，由美國國土安全部(DHS)負責主導及應變，隨著事故趨於穩定，或執行災後國土復育時，再交由環保署(EPA)主導。

表 4 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. 劑量是加總體外曝露及體內曝露而得 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

(三)留置時間對照表及加馬輻射劑量率換算表

圖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，應變人員僅須受過基礎訓練，就可以透過查表，獲得相關資訊，有效避免在緊急狀況下須執行繁複之計算。

圖2為針對常用之輻射劑量單位，進行換算，包含：

- 1.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。
- 2.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。
- 3.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。

圖1及圖2為方便換算，對加馬(γ)射線來說，輻射加權因素為1，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，僅為方便使用而作的換算。

圖1 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	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	CAUTION	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	
	DANGER	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
	DANGER	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
		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
LIFE- SAVING ONLY	DANGER	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
		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
VOLUNTEERS ONLY	GRAVE DANGER	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
		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

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.ctosnnsa.org

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

101-1 從美國緊急應變輻射劑量管制限值探討國軍管制標準

圖 2 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-SAVING 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).

資料來源：同圖 1。

我國與美國劑量限值探討與建議

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

事故發生時，基於搶救生命或防止嚴重危害等目的，執行干預行動之救災人員，原則悉依「游離輻射防護安全標準」第 17 條「緊急曝露」規定辦理，而上述規定並未限定「輻射工作人員」始得為之。在緊急應變人員劑量限值(如表 5)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 5 中我們可發現我國緊急曝露限值為 500mSv，比美國 250 mSv 高 1 倍，但實際上，我國參加緊急曝露⁷之人員，須自願接受者才可，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 5 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/年
	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。

⁷ 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。

二、留置時間對照表修訂及建議

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 6，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：

(一)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。另外國軍執行任務得依任務性質區分劑量，在緊急應變過程中直接引用一般人之劑量限度，可能影響救災任務之順遂，建議依事故程度及指揮官決心提升劑量限值。

(二)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。

(三)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。

101-1 從美國緊急應變輻射劑量管制限值探討國軍管制標準

表 6 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	10mS v	20mS v	50mS v	100mSv	200mS v	250mS v	500mSv	1Sv	2Sv	3Sv LD ₅₀	5Sv LD ₅₀	10Sv LD ₁₀₀
背景值	0.1μSv/h	10000 h												
高於 背景值	0.5μSv/h	2000h												
	1μSv/h	1000h	10000 h	20000 h										
	5μSv/h	200h	2000h	4000h	10000 h									
	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	10000 h	12500 h						
	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	10000 h				
在熱區 裡工作	0.2mSv/h	5h	50h	100h	250h	500h	1000h	1250h	2500h	5000h	10000 h			
	0.3mSv/h	3h	33h	66h	166h	333h	666h	833h	1666h	333h	6666h	10000 h		
	0.4mSv/h	150mi n	25h	50h	125h	250h	500h	625h	1250h	2500h	5000h	7500h		
	0.5mSv/h	120mi n	20h	40h	100h	200h	400h	500h	1000h	2000h	4000h	6000h	10000 h	
	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	150m in	5h	12h	25h	50h	62h	125h	250h	500h	750h	1250h	2500h
	5mSv/h	12min	120m in	4h	10h	20h	40h	50h	100h	200h	400h	600h	1000h	2000h
	7.5mSv/h	8min	80mi	16min	6h	13h	26h	33h	66h	133h	266h	400h	666h	1333h

			n											
	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
	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)。 3.1μSv=0.001mSv=0.000001Sv，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。

表 7 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
背景值	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
		2mR/h	2mrad/h	20 μ Gy/h	20 μ Sv/h
		5mR/h	5mrad/h	50 μ Gy/h	50 μ Sv/h
		7.5mR/h	7.5mrad/h	75 μ Gy/h	75 μ Sv/h
		10mR/h	10mrad/h	100 μ Gy/h	100 μ Sv/h
在熱區 裡工作	危險	20mR/h	20mrad/h	200 μ Gy/h	200 μ Sv/h
		30mR/h	30mrad/h	300 μ Gy/h	300 μ Sv/h
		40mR/h	40mrad/h	400 μ Gy/h	400 μ Sv/h
		50mR/h	50mrad/h	500 μ Gy/h	500 μ Sv/h
		75mR/h	75mrad/h	750 μ Gy/h	750 μ Sv/h
	危險	100mR/h	100mrad/h	1mGy/h	1mSv/h
		200mR/h	200mrad/h	2mGy/h	2mSv/h
		300mR/h	300mrad/h	3mGy/h	3mSv/h
		400mR/h	400mrad/h	4mGy/h	4mSv/h
		500mR/h	500mrad/h	5mGy/h	5mSv/h
		750mR/h	750mrad/h	7.5mGy/h	7.5mSv/h
		1R/h	1rad/h	10mGy/h	10mSv/h
		1.5R/h	1.5rad/h	15mGy/h	15mSv/h
		2R/h	2rad/h	20mGy/h	20mSv/h
		3R/h	3rad/h	30mGy/h	30mSv/h
		4R/h	4rad/h	40mGy/h	40mSv/h
		5R/h	5rad/h	50mGy/h	50mSv/h
		7.5R/h	7.5rad/h	75mGy/h	75mSv/h
搶救 生命時	危險	10R/h	10rad/h	100mGy/h	100mSv/h
		20R/h	20rad/h	200mGy/h	200mSv/h
		30R/h	30rad/h	300mGy/h	300mSv/h
		40R/h	40rad/h	400mGy/h	400mSv/h

志願 參加者		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
	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
		1000R/h	1000rad/h	10Gy/h	1000rem/h	10Sv/h
備考	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 5~25μR/h(0.05~0.25μSv/h)，本表將環境輻射背景值設定為 10μR/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。

三、劑量管制方式建議

(一)即時監測

體外輻射劑量評估通常直接使用輻射偵測器或個人輻射劑量警報器(EPD)進行監測，第一線緊急應變人員可透過偵檢器或警報器，獲得現場即時輻射劑量率，回報指揮官作為應變劑量限值及留置時間建議所需；或透過情資先期獲得，於任務下達時賦予劑量限值及留置時間。以國軍支援核子事故緊急應變任務而言，除化學兵部隊負責執行人員、車輛消除站開設與消除作業、協助地面輻射偵測作業，及陸航協助執行空中輻射偵測作業，屬於可能接受輻射曝露之部隊外，其他部隊均於緊急應變計畫區(EPZ)外執行支援任務，所受曝露較低，輻射偵測器或個人輻射劑量警報器(EPD)配發化學兵及陸航部隊使用，以因應劑量變化，參考上表6採取相關因應作為，確保人員安全。

(二)個人劑量計測

一般部隊雖於低輻射劑量下執行任務，但仍具備相關風險，建議可使用劑量計(如圖3)實施劑量紀錄，於每次任務後由劑量計計測系統(如圖4)計測人員輻射劑量。另外對於在高輻射劑量下執行任務或具高風險性任務之部隊，發放個人劑量計，可有效詳實記錄體外輻射劑量及其後續可再承受劑量評估，管制每次任務人員所受劑量

，亦可作為後續醫療追蹤之依據，有效提升人員作業安全及保障。目前可透過「輻射安全管制暨決策諮詢組」發放劑量計，並於任務後繳回，由該組實施劑量計測及提供人員所受劑量報表。

(三)劑量評估與管制

「輻射安全管制暨決策諮詢組」為由專責專技人員編組而成，具備國家輻射相關證照，透過該組「輻射動態管制系統」及「劑量評估管制系統」⁸，獲得事故及輻射劑量情資，實施相關評估，於任務前提供任務部隊；任務中，執行劑量管制，監控任務人員安全，並隨著劑量變化，提供即時訊息，有效提升輻射劑量安全管制作為。

圖 3 光刺激發光劑量計 圖 4 光刺激發光劑量計計測系統



資料來源：許芳裕，〈人員體外劑量監測〉，2011 年 8 月。

結語

國軍隨著災害防救法的修訂，救災任務已成為平時主要任務之一，在核子事故緊急應變中，國軍扮演的角色及負責之任務也日益吃重，也代表著任務的風險的提升，如何有效確保國軍官兵生命安全，為刻不容緩的重要工作，在近年的「核安演習」整備及演習過程中，不論是行政院原子能委員會，或者評核委員，對於應變人員的安全也非常重視，隨著歷年的整備，添購不少符合實需的輻射偵測器，也對「輻射安全管制暨決策諮詢組」進行研改，建構具機動性之「輻射安全暨決策諮詢機動管制車」，以強化官兵輻射劑量管控及生命安全。

然而在劑量管控標準上，缺乏乙套完整、明確、簡易之標準，以利各級部隊參考運用，因此參考美國相關標準，希望提出初步劑量限值管控標準，逐步落實管控作為，本篇研究僅參考我國與美國相關劑量限值標準，及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，使劑量管控限值趨於完善，作為國軍部隊執行緊急應變所需。

參考文獻

8 張天民，〈輻射安全暨決策諮詢機動管制車簡介〉，2015 年 3 月學術研究成果報告，頁 14-16。

- 1.U.S. DOE/NNSA, International Consequence Management, I-CM,2012。
- 2.ICRP, The 2007 Recommendation of the International Commission on Radiation Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (3).
- 3.エネルギー レビュー，〈ICRP 新勧告特集〉，2007 年 11 月。
- 4.行政院原子能委員會，《游離輻射防護法》，2002 年 1 月 30 日。
- 5.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。
- 6.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。
- 7.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。
- 8.賴政國，〈核子與放射性物質事件國軍防救之研究〉《民國 100 年化學兵戰術戰法研究論文集》，2011 年 7 月。
- 9.許芳裕，〈人員體外劑量監測〉，2012 年 8 月。
- 10.Counter Terrorism Operations Support(CTOS)，網址：WWW.ctosnnsa.org。

附件 1- Radiation Dose Rate Guidance(輻射劑量率指引)

Radiation Dose Rate Guidance

DOSE RATE Recommendations	Values
Contaminated Persons ¹	2 x Background Reading (cpm or μ R/h or mR/h)
Limit of Radioactive "Plume" on the Ground or Air ²	5 x Background Reading (cpm or μ R/h or mR/h)
Establish Hot Line ³ CAUTION	1 mR/h to 10 mR/h (0.001 R/h to 0.010 R/h)
Work in Hot Zone CAUTION - DANGER	Hot Line up to 10 R/h (up to 10,000 mR/h)
Turn-Around Dose Rate For NON-Life-Saving ⁴ DANGER	10 R/h
Turn-Around Dose Rate for LIFE-SAVING ⁵ DANGER	100 R/h
Life-Saving, Very Short Duration Only (Informed Volunteers) ⁵ GRAVE DANGER	More than 100 R/h

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. 138
DOE FRMAC 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.

附件 2-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

DHS/FEMA and EPA Emergency Worker Dose Guidelines

Dose limit (whole body)		Emergency Action Dose Guidelines Activity performed
5,000 mrem	5 rem	All activities.
10,000 mrem	10 rem	Protecting major property.
25,000 mrem	25 rem	Lifesaving or protection of large populations.
More than 25,000 mrem	More than 25 rem	Lifesaving or protection of large populations, Only by volunteers who understand the risks.

Dose includes sum of external dose and dose due to internal contamination. Dose limits for eyes is 3 x the values listed above. Dose limit for any other organ (including skin and extremities) is 10 times the values listed above.

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*