

核恐怖攻擊輻射事故現場應變之研究

李承龍*、江守寰*、劉祺章*

目 次

- 壹、前言
- 貳、認識恐怖組織和核恐怖攻擊
- 參、輻射事故的隱憂
- 肆、輻射事故現場應變調查的建議作業程序
- 伍、討論與結論
- 陸、建議

摘 要

近年來恐怖主義猖獗，自 911 事件到最近土耳其機場的恐攻事件，一再反應出恐怖主義對國家、人民及世界和平發展造成重大威脅，反恐活動嚴然已成為各國在軍事、內政及國家發展的重要考量。隨著科技的發展，恐怖分子的攻擊手法愈來愈令人擔憂，其中最令人生懼的莫過於使用核武器，預防核武器遭恐怖組織濫用、非法運輸以及輻射事故防範、現場的緊急應變、採證、核鑑識等相關工作，顯得格外重要。

* 李承龍，臺灣警察專科學校刑事警察科助理教授，國立清華大學生醫工程與環境科學博士，美國紐海芬大學李昌鈺刑事司法與鑑識科學學院訪問學者，E-mail: lee0315@gmail.com。本文部分內容為行政院原子能委員會「102 年核鑑識分析探討與設備評估之先期研究」(AEC10208041L)之成果，特此致謝！

* 江守寰，行政院國土安全辦公室參贊官，中央警察大學犯罪防治研究所博士候選人，E-mail: shouhuan@ey.gov.tw。

* 劉祺章，行政院原子能委員會輻射偵測中心資訊劑量組組長，國立清華大學原子科學博士，E-mail: chichang@trmc.aec.gov.tw。

本文主要探討反恐策略，對未來的反恐行動提出具體建議，希望引起對核鑑識分析的重視，了解輻射現場與刑案現場的差異後，正視問題根本，克服非必要的恐懼，正確面對與處理事故現場；本研究也參考國外輻射事故現場調查作業程序，包括現場應變之步驟，如防護措施、證據採樣、保存運送乃至權責分工及通報規劃；彙整國際現行之處理準則，引進國內，供有志者研究參考，期待拋磚引玉，引發政府及民眾更關注輻射事故現場處理之安全議題，共同制訂更完善之規範。

關鍵字：恐怖攻擊、核武器、髒彈、核鑑識

The Study About Counteractions of Nuclear Radiation Emergencies at Scenes of Terrorist Attack

Jeff, Cheng-Lung Lee*、Jason, Shou-Huan Chiang*、Chi-Chang Liu*

Abstract

Terrorism had been rampant worldwide since the 9/11 attack in 2001 to the one at Turkish airport in 2016. It has posed a major threat to countries, people and world peace. Anti-terrorism and its related activities seem to become important considerations to countries for military researches, interior affairs and national developments. With innovative advancement of technology, people are worried of terrorism which involve nuclear weapons as it is the most disastrous. The issues about prevention of nuclear weapons abused by terrorist organizations, illegal transportation of nuclear weapons and protection from nuclear disasters lead to the development of the field for nuclear forensics which is critical to national security.

This study aims to investigate the anti-terrorism policy and give advices for counteractions of terrorist attacks in order to emphasize importance of nuclear forensics. By understanding the differences between radiation and crime scenes we focus on critical problems and conquer unnecessary fears to deal with the incident scenes. In this research internationally operational guidelines and procedures were collected and used as references. This includes protective measures, procedures, sampling, preservation and transportation of evidences as well as even divisions of responsibilities and planning of report systems for any of the interested researchers in Taiwan. It is our expectation that we are able to throw a

* Jeff, Cheng-Lung Lee, Assistant Professor, Department of Criminal Investigation, Taiwan Police College, Ph.D., National Tsing Hua University Institute of Biomedical Engineering and Environmental Sciences, Visiting Scholar, University of New Haven Henry C. Lee College of Criminal Justice and Forensic Sciences. E-mail: lee0315@gmail.com

* Jason, Shou-Huan Chiang, coordinator, Office of Homeland Security Executive Yuan. Ph.D. Candidate, Department of Crime Prevention & Correction, Central Police University, E-mail: shouhuan@ey.gov.tw.

* Chi-Chang Liu, Chief of Information and Dosimetry branch, Radiation Monitoring Center, AEC, Ph.D., National Tsing Hua University Institute of Atomic Science, E-mail: chichang@trmc.aec.gov.tw

sprat to catch a whale. Furthermore, we look forward to attract the attentions from government and citizens regarding to issues about the processes of radiation incidents which should be thoroughly concerned and regulated.

Key Words: Terrorist Attacks, Nuclear Weapons, Dirty Bombs, Nuclear Forensics

壹、前言

自 911 事件開始，恐怖主義日益猖獗，這兩年世界各地，一連串的恐攻事件，一再的反應出恐怖主義對國家、人民及世界和平發展造成重大威脅，單是今(2016)年的 6 月 29 日，土耳其最大機場「阿塔圖克國際機場 (Ataturk airport)」遭到恐怖攻擊事件，造成至少 41 人死亡、239 人受傷¹再度震驚世界。事實上這已是近幾個月，土耳其第四度遭到炸彈攻擊，今年的 2 月 17 日、3 月 13 日及 3 月 19 日也都陸續發生恐攻事件，其中，3 月 13 日的汽車炸彈攻擊造成 34 人死亡、125 人受傷。另外今年的 3 月 22 日在比利時布魯塞爾國際機場及地鐵，也同樣受到自殺炸彈襲擊，造成 35 人死亡、212 人受傷²。去(2015)年 11 月 13 日黑色星期五的夜晚，法國的花都巴黎，遭遇近代史上最嚴重的恐怖攻擊，造成 129 人罹難，350 人受傷的慘劇，震驚全世界，這些重大的恐怖攻擊事件，也喚醒世人對恐怖攻擊事件的再度關注。

反恐活動嚴然已成為各國家在軍事、內政及國家發展的重要考量。去年 11 月 22 日，美國總統歐巴馬在吉隆坡舉行的東協峰會記者會特別提到，亞太地區反伊斯蘭國(以下簡稱 IS)聯盟的夥伴包含臺灣在內³。其實早在前(2014)年，美國國務院網站的「對抗 ISIL 全球聯盟」⁴(The Global Coalition to Counter ISIL, 美國國務院稱伊期蘭國為 ISIL)，就已經將臺灣列入聯盟的 65 個國家之一，而當巴黎的慘劇發生後，該聯盟又加入法、俄兩國同盟，日以繼夜轟炸 IS 領地，聯合國安理會也通過決議「採取一切必要手段」對付 IS。臺灣加入反恐聯盟一年多，卻意外在美國總統的記者會上引起媒體關注，事隔數日，IS 在網路向美國及其他盟邦宣戰的宣傳影片，其中標示中華民國國旗的臺灣也赫然在列⁵，一時之間，平常不太關心國際情勢的臺灣民眾人心惶惶，深怕臺灣也成為 IS 恐攻的目標。

事件更早之前，IS 曾播放以臺北 101 大樓為攻擊目標的影片，已見端倪，尤其歲末年初(2016 年)的跨年活動，全球各重要的景點大都被列為恐怖攻擊的目標，各國都因應局勢，盡量減免跨年活動或提升警備等級，臺北的 101 大樓亦被列為目

¹ 土耳其機場遭恐攻 41 死 239 傷，自由時報，2016 年 6 月 30 日，

<http://news.ltn.com.tw/news/world/paper/1006162>，查詢日期 2016 年 6 月 30 日。

² 【不斷更新】恐攻襲比國 35 死 212 傷 全國哀悼 3 天，蘋果日報，2016 年 03 月 22 日，<http://www.appledaily.com.tw/realtime/news/article/new/20160322/821757/>，查詢日期 2016 年 6 月 30 日。

³ 美直指反恐夥伴 台：僅人道救援，旺報，2015 年 11 月 24 日，記者張郁琦／臺北報導，<http://www.chinatimes.com/newspapers/20151124000866-260301>

⁴ The Global Coalition to Counter ISIL, <http://www.state.gov/s/seci/>

⁵ 反恐十四載 小布希、鮑爾都曾感謝台灣，聯合報，2015 年 11 月 24 日【文／孫哲立】。

標之一，但臺灣民眾卻是無感，全民「一如往昔」的參加跨年活動！有鑑於此現象，對於未來恐怖攻擊的各種恐嚇或警訊，民眾雖不應有如驚弓之鳥般的過分慌張，但政府單位也不應完全「無為」，至少要學習《孫子兵法·九變篇》：「勿恃敵之不來，恃吾有以待之。勿恃敵之不攻，恃吾有其不可攻。」國人必須對恐怖分子有基本的認知，對恐怖攻擊的手法有正確的觀念。誠如《孫子兵法·謀攻篇》：「知己知彼，百戰不殆；不知彼而知己，一勝一負；不知彼，不知己，每戰必殆。」即敘明這個應變的道理。

貳、認識恐怖組織和核恐怖攻擊

當前的 IS 就是激進版的國際恐怖組織，他們善於運用各種社群媒體和網際網路為工具，藉由散布各種具威脅性的書面聲明、屠殺照片或影片，達到恐嚇對手之目的。近幾次的恐怖攻擊行動，為了引起世人的關注，其攻擊目標，大多選擇在開放、人潮聚集眾多或類似機場、車站等公共處所發動攻擊，並無鎖定特定的人物，其主要目的即是製造當地的慌亂，造成最大傷亡和社會恐慌的恐怖事件。

早在 2011 年 5 月，美軍曾從賓拉登的電腦中解讀出：「我們自有判斷值得攻擊目標之選定標準。」這也說明恐怖攻擊的目標，都是依恐怖組織的戰略目標來選擇，而不是被攻擊者之自我評估而決定，因此，臺灣雖然迄未發生恐怖攻擊事件，但並不表示未來一定不會發生，特別是我們不斷營造國際能見度之各項活動時，更要注意此等風險而預先防範⁶，尤其目前 IS 正積極吸收血氣方剛、想當英雄的年輕聖戰士加入陣容，以建立新伊斯蘭帝國為號召，未來各種可能恐怖攻擊的手段，更值得我們關注。

國際恐怖組織運用的恐怖攻擊手段繁多，主要有綁架勒贖與劫持人質、爆炸(包括郵包炸彈、汽油炸彈、汽車炸彈、人肉炸彈、燃燒彈及縱火等事件)、武裝襲擊、劫機(車、船)、暗殺，以及施毒(使用生、化毒物)、破壞通訊、網路、電腦資訊系統等方式，藉以造成社會混亂，未來更極有可能進一步使用髒彈(微型的核武)的核恐怖攻擊。因為核武器是現今軍事武力上在最具殺傷力的代表。今日的國際恐怖組織私下掌握核子、生物、化學武器的條件和能力日益增強，特別是宗教極端型的恐怖組織，由於具有「神聖使命感」的內驅力，導致更容易克服採用核、生、化武器的心理障礙，因為使用這類武器更會引發世人的關注，所以「核、生、化恐怖攻擊」的威脅勢必將越來越嚴重，其中預防核武器遭恐怖組織濫用、非法運輸以及

⁶ 汪毓璋，恐怖主義威脅及國人應有認知，清流雙月刊，2016 年改版創刊號，PP04-08。

核災防範、核災發生後的防護、採樣等相關工作就顯得格外重要。就在去年法國巴黎恐怖攻擊事件後，國際原子能總署（International Atomic Energy Agency，以下簡稱 IAEA）的秘書長-天野之彌（Yukiya Amano）大使，在 12 月 7 日，於菲律賓的會議中曾提出警告說：「恐怖分子正積極籌購放射性物質，準備製造『輻射彈（俗稱髒彈，Dirty Bomb）』，所以要求各國應加強核子安保，共同反制核恐怖主義。」此番言論，再度引發世人對核恐怖攻擊的重視與恐懼。

內政部警政署 2002 年警政白皮書⁷的報告中，有關「反恐怖危機處理機制之研究」，論及國內可能發生的恐怖攻擊方式，以炸彈攻擊最為常見，但最令國人擔憂的莫過於「髒彈」的核恐怖攻擊事件。行政院的原子能委員會（以下簡稱原能會）為了防範國際恐怖組織夾帶「髒彈」進入臺灣實施核恐怖攻擊，於 2003 年 3 月首度啟動「輻射彈防護機制」。其實，早在 2001 年 10 月，時任原能會副主委說過，恐怖分子若要對臺灣發動核子攻擊，唯一的可能即為攻擊核能電廠⁸。德國核子反應器安全委員會主席 Lothar Hahn 也曾警告，若有架噴射客機在核能電廠上空失事墜落，沒有一座核能電廠可以平安倖存；根據德國環境與自然保護聯盟（BUND）的估計，一旦恐怖分子攻擊運轉中的核能電廠，因為運轉時還持續生成輻射物質，將導致大規模輻射外洩與環境的污染，粗估所引起的災難，將可能會造成 480 萬人死亡；若「核廢料再處理場」遭遇攻擊，其後果更為糟糕，預估將引起比車諾比事故嚴重四倍之災難；連最小型的冷卻槽被破壞，都可能釋放出高於車諾比事故 67 倍的放射性銫元素⁹，上述這些說明都凸顯未來防恐工作的隱憂，所以對「核電廠」的安全維護，是我國防範核恐怖攻擊的重點工作。

國人對「輻射」和「髒彈」問題，均應有基本的認知，才能防範未然，萬一發生輻射事故時，才知道如何緊急應變、防護與處理，面對此類的恐怖攻擊，事後若想要舉證追緝真兇或幕後主使人，更應建立一套「核鑑識（Nuclear Forensics）」的完整鑑定制度。

⁷ 警政白皮書—九十一年版，內政部警政署編，民國 91 年 9 月，頁 26-27。

⁸ 國內將實施核生化防護演習，中國時報，民國 90 年 10 月 9 日。

⁹ 胡湘玲，下一個輪到誰？在恐怖攻擊活動風險下的核能電廠，當代月刊，第 171 期，2001 年 11 月，p.4-9，<http://ago.gcaa.org.tw/article/nuke/nonuke011213.htm> [2016/02/11]。

一、核鑑識 (Nuclear Forensics) 的緣起

1970 年國際間雖然通過「禁核擴散條約」¹⁰ (Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, 以下簡稱 NPT) , 該條約的宗旨是「防止核擴散, 推動核裁軍, 促進和平使用核能的國際合作」, 但恐怖組織卻不受此限。早在 1996 年, 國際間為了反制核武擴散的問題, 設置國際核走私禁制技術工作小組 (Nuclear Smuggling International Technical Working Group, 以下簡稱 ITWG) , 此工作小組係國際核鑑識的主要推動執行機構, 參與的成員包括海關、核能保防、核研究機構...等組織, 共計 28 國, 其主要活動包括核鑑識技術的共同開發、證據蒐集程序的建立、分析方法的建立與各實驗室間的訓練等。國際核走私禁制技術工作小組 (ITWG) 與國際原子能總署 (IAEA) 的緊密合作, 希望各會員國都能在此領域提供各項技術支持, 針對複雜的多國相關核原料走私案件中, 原料產地、轉運或加工變造地區, 以及買賣等地區, 均能有效的加以區分, 並透過國際合作, 建立龐大的核鑑識資料庫, 方便分析出恐怖分子走私的途徑和對象。

2004 年國際原子能總署 (IAEA) 有鑑於對核鑑識的需求, 於國際核走私禁制技術工作小組 (ITWG) 內成立核鑑識實驗室 (ITWG Nuclear Forensics Laboratories, 以下簡稱 INFL) , 該實驗室的主要工作為建立核鑑識相關準則、國際訓練、研發推廣、調查協助、支援窗口等核鑑識相關工作, 透過科學證據的驗證, 讓國際組織或國際法庭對從事核原料的違法輸出、核子恐怖威脅等案件的不法國家或組織, 作出適當的處置與判決。國際核走私禁制技術工作小組 (ITWG) 的核鑑識技術, 主要以爆炸前的預防技術為主, 因為核爆炸後的分析技術, 具有極高機密性的特性, 要公開與分享有其困難度, 過去美國與其他的核能大國, 對於核彈爆炸後, 殘留物的分析技術, 已累積相當多的經驗, 但其他非核燃料循環的國家, 仍無法取得相關技術, 在此情況下, 更必須藉重國際間的合作, 互相支援核鑑識技術, 方可完成。目前有關輻射事故現場調查建議作業程序, 均以國際原子能總署 (IAEA) 所建議的作業方式為藍本^{11,12,13}。因此本研究也以此為基礎, 引用主要內容, 並佐以其他補充資

¹⁰ 《禁擴散核武器條約》(Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons – NPT) 又稱「禁核擴散條約」, 是 1968 年 1 月 7 日由英國、美國、蘇聯和其他 59 個國家分別在倫敦、華盛頓和莫斯科締結簽署的一項國際條約, 共 11 款。1959 年和 1961 年, 聯合國大會先後通過愛爾蘭提出的要求有核武器國家不向無核國家提供核武器和「防止核武器更大範圍擴散」的議案, 這兩項議案是不擴散核武器條約的雛形。1960 年和 1964 年, 法國和中國先後成功地爆炸了核裝置, 美蘇極為擔心將會有更多的國家擁有核武器。美國於 1965 年 8 月向日內瓦 18 國裁軍委員會提出一項防止核武器擴散條約草案。同年 9 月, 蘇聯也向聯大提出一項條約草案。1968 年 3 月 11 日美蘇又提出聯合修正案。同年 6 月 12 日, 聯大核准該條約草案。1970 年 3 月 5 日, 《不擴散核武器條約》正式生效。

¹¹ IAEA, Nuclear Forensics Support, IAEA Nuclear Security Series No.2. Viena: IAEA. 2006.

料。

自 2001 年在美國發生的 911 恐怖攻擊事故後，以美國為中心的「核子擴散禁制規範」便開始運作，其主要目的在於防範未然，除了預防恐怖攻擊外，特別重視事後的現場應變和蒐證，藉以追緝真兇，希望能從殘破的現場中，發現蛛絲馬跡，利用科學證據，抓出幕後的主謀，以牙還牙，以暴制暴。因此特別警告核武原料或相關技術的供給者，會給予報復與制裁，藉以抑止核武擴散與核恐怖攻擊的發生，所以特別強調對核原料及其他放射性物質的控制與保安工作。

依目前對於恐怖攻擊的現場應變和處理方式，大都專注於緊急救護、恢復原狀的部分。案發後，當局均希望儘速恢復原狀，所以在第一時間，迅速清理現場、除污、恢復原狀的應變模式。若從現場跡證保全的角度來看，此舉相對於事後的蒐證、鑑定和緝兇工作而言，無非是協助犯嫌，破壞現場，毀屍滅跡的最好寫照，現場是證據的寶庫，原本可從現場找到相關的跡證，追溯來源，緝獲主謀或共犯，卻因處理人員的無知或漠視，未能保全現場，缺乏關鍵物證，導致事後追訴、溯源、緝捕真兇的工作，困難重重。

近年來國際原子能總署 (IAEA) 因應有關「髒彈」恐怖攻擊的現場應變、蒐證、緝兇之需求，發展出有別傳統鑑識的新領域 - 核鑑識 (Nuclear Forensics)。此為全世界特別關心的議題，尤其，未來在核恐怖攻擊的現場應變工作將扮演關鍵角色。2002 年九月通過「防止核恐怖主義的綜合方案」，顯示重視有關輻射事故現場蒐證與鑑識之問題，以下著重於討論核恐怖攻擊後的現場應如何緊急應變、處理和採證，從認識輻射，進一步討論輻射事故的現場應如何應變。藉以提醒國內司法、警察、消防等實務單位，應留意有關輻射事故的物證蒐集與鑑識之新觀念，建立輻射事故現場標準作業程序，討論現場輻射的安全與相關跡證蒐集的相關議題。

二、輻射的基本認識

當輻射事故發生時，擔任第一線執法、救災和搶救任務的警察、消防和急救人員，扮演生死關鍵的角色，如何讓他們在輻射事故中，更有效率的救災，在災難中自保，這些都需要專業的知識與技能當作後盾；唯有清楚瞭解輻射的特性、防護的原則，面對此類事故現場時才能正確的應變和處置，達到自救和救人的目地，所以對於輻射的基本認識非常重要。輻射具有的三大特性包含：

¹² IAEA, Nuclear Forensics in Support of Investigations Implementing Guide, IAEA Nuclear Security Series No. 2-G (Rev. 1) ,2015

¹³ IAEA, Radiological Crime Scene Management Implementing Guide, IAEA Nuclear Security Series No. 22-G,2014

1. 輻射為無色、無味、無聲，人類感官不能直接感受輻射的存在，必須使用儀器方可偵測與度量。
2. 輻射穿透力強，很難利用防護裝備保護人員免受輻射傷害。
3. 放射性物質只能移除，無法利用化學及物理方法消除。

所以萬一發生類似「髒彈」的核恐怖攻擊或核電廠事故時，面對輻射，要特別留意體外曝露和體內輻射的問題，有關體外曝露的三大防護原則為：

1. 時間原則：盡可能減少照射時間。
2. 距離原則：盡可能遠離輻射源。
3. 屏蔽原則：想辦法加屏蔽阻擋輻射。

對於體內輻射的防護要領為：

1. 防止吸入、食入或經由皮膚吸收。
2. 需於適當時機，穿戴面具及防護衣。
3. 禁止在可能有放射性物質污染之區域內飲食吸菸。
4. 於工作後及飯前洗手，可防止食入。
5. 如有外傷，避免在污染區作業。

有關輻射對人體所造成之傷害，不需過於恐慌，面對輻射事故，應該知道，接觸高放射性物質的輻射傷害，除立即死亡之情形外，可能產生無法預期之癌症病變與身體的危害，因不同體質之差異，實際接觸的時間與危害的情形也會因人而異。所以面對輻射現場緊急應變建議如下：

1. 測得有輻射外露時，應立即隔離污染區，儘快疏散，越遠越好。
2. 輻射現場受污染的人員，必須先除去外衣，初步除污。
3. 穿戴口罩，尋求呼吸防護，避免吸入輻射的物質。
4. 人在室內，必須緊閉門窗及空調。
5. 人在室外，向上風區移動，遠離輻射源。

只要對於輻射有正確的觀念和認識，即可防止不必要的輻射傷害，但面對所謂核武試爆、髒彈污染或核設施意外等重大輻射事故，則需有更深入的認識，採取適當的防護措施。

因此若在「髒彈」爆炸事件的倖存者，千萬不要恐慌，要保持冷靜，救援的應變人員到達後，應聽從其指導，不要延誤，立即遠離輻射區，才是避免輻射的最好方法。當不慎吞食或吸入放射的碘物質時，要聽從專業人員指示，立即服下碘化鉀，可提供有效的防護。碘化鉀，和精製的食鹽相似，為「碘化」的食鹽，是用來防護放射性碘的同位素輻射傷害的急救藥，主要是阻止被吞食的放射性碘對甲狀腺的體

內輻射。但是，碘化鉀不是萬靈丹或「解毒劑」，它的主要作用是防護「體內暴露」，抑制放射性碘的同位素對體內器官的輻射，並無法防護「體外暴露」的輻射，也不防護任何其它的放射性同位素（如鈾、銫或鈷 60）。

三、傳統核爆與髒彈的基本認識

傳統核爆的影響區域範圍廣泛，具大規模毀滅性的爆炸破壞，其瞬間爆炸傷害的威力除了一般火藥外，還包含加馬（ γ ）輻射、電磁脈衝、瞬間中子、高溫火球、高壓震波和大量的輻射落塵，如此衍生出的複合式災變，通常會造成巨大的死傷慘劇，極具殺傷力。核子爆炸會有如此的巨大能量，其原因很簡單，因為普通火藥的爆炸只是激烈的化學放熱反應，而核子反應所釋出的能量，是一般化學反應的千萬倍。

核子反應除能量守恆，還有質量守恆與質能互換， $\Delta E = \Delta mc^2$ ，所以微量的核子反應，即可瞬間產生巨大的破壞能量。例如：1 毫克的鈾-235 核衰變所釋出能量，相當於引爆 0.5 公斤炸藥釋出的威力；1 毫克的鈾-235 核爆炸，約相當於引爆 20 公斤炸藥所釋出的能量。所以一公斤的鈾-235，若達全數核爆炸，所釋出總能量約等同於 19,000 噸炸藥爆炸當量（19kT）；而僅 53 公克的鈾-235，若全數核爆炸，釋出總能量約等同於 1,000 噸炸藥爆炸當量（1kT），此為核爆驚人的威力。

當我們跳脫傳統的巨型核武觀念，將核武的當量微型化、彈體小型化之後，此類容易攜帶的微量核子武器，爆炸後，同樣會造成大面積的輻射污染，同樣也會有不易清除的結果，所以也常被歸類為「髒彈」的一種；略估當量若在 2kT 以下，此類迷你型，易於隱藏、攜帶的核子武器，彈體總重不用 30 公斤的「迷你背包型」，具有隨身攜行、跨境托運，更容易預置的特性，為恐怖分子的最愛。尤其前蘇聯解體後，據說百餘枚俄製 RA-115-01s 型 1 kT 核彈，迄今仍下落不明。這些體積小，可直接置入手提箱攜至目標處，遙控引爆，萬一落入恐怖分子手中，巨大的死傷可想而知，其後果令人不寒而慄。

所謂的「髒彈」，其實就是「輻射物質散佈裝置」（Radiological Dispersal Device，以下簡稱 RDD）的俗稱，它爆炸後並不會像核爆般產生「蘑菇雲」，此爆炸裝置係使用一般的炸藥，在外圍包裹放射性原料，利用爆炸的威力將放射性物質，炸成極為細小的顆粒或懸浮微粒，依賴爆炸所賦予的動能、空氣的流動和擴散作用，使輻射微粒擴散出去，造成大面積的輻射污染，導致大範圍的混亂、恐慌，具擾亂日常生活的破壞性武器。因為具有不易清除和嚴重污染作用的破壞性，故被冠上「髒彈」的惡名。

較可能被用於「髒彈」之輻射物質，一般為運用在醫療、工業、實驗室、食物

殺菌、石油探勘等方面的放射物質。例如銻-137、鈷-60 或銻，因危險性較低、管制較不嚴格，容易遭竊取濫用；前二者可發射 γ -射線，短時間遭大量之 γ -射線照射可造成急性輻射中毒，引起傷亡，而長時間暴露於低劑量 γ -射線環境下，則可能致癌。銻可發射 α -射線，當爆炸時形成微小顆粒的懸浮微粒，容易被吸入肺中，可被滯留於體內，造成體內輻射的組織損傷和長期之致癌毒性。

「髒彈」爆炸，其破壞力的大小取決於火藥、爆裂物的特性、放射性物質的種類和數量、形成輻射微粒之大小與爆炸點附近建築物的位置和爆炸規模等因素，另外引爆時，環境的風向、風速和其他氣象狀況等，都是造成不同傷亡程度的主要變因。「髒彈」爆炸所產生的游離輻射，具有「嗅不出、看不到、摸不著、聽不見和吃不出」，無法用人體感官發覺的特性，易造成莫名的恐懼，尤其輻射污染問題會導致長久的危害，讓受害者不易發覺也無從防禦。無論輻射劑量的高低或多寡，所造成的輻射傷害，將會影響終生，這正是目前恐怖分子最想用的隱形且劇毒的武器。

倘若「髒彈」製造者無輻射防護的知識，容易造成周遭環境的輻射污染，使更多無辜者受害，連其本身亦將成為受害者，因此在製作和引爆「髒彈」時，若未做好防護措施，暴露在輻射狀態下，包括碘化鉀在內的藥物都起不了防護作用，也同樣會受到輻射傷害，威脅到自身安全，因此，製作「髒彈」的過程便面臨兩難的選擇，如果使用大量高能的放射性原料來產生高殺傷性的輻射，需將武器裹上大量高密度的防護材料，如鉛或鋼，如此增加炸彈的輻射防護性，但也會使炸彈難於操控，不易隱藏，且需使用重型設備和遙控工具，更難達成恐攻任務。如果「髒彈」設計與製作的過程，均不考慮輻射防護的問題，則極可能在炸彈完成前，死於輻射傷害。利弊權衡下，恐怖分子只能選擇較低能、散狀的放射性原料，結果會大大減輕「髒彈」的破壞力。美國的核能部門經常藉由通俗的比喻：如同某人對你投擲一塊石頭，可能會打傷甚至致命；但如果拿同樣的石頭，先打碎化成沙粒，然後向你投擲這些沙粒，如此造成的傷害將大大降低。用此類說法向社會大眾宣傳，儘管「髒彈」的危害性不能低估，但該輻射傷害會致人立即死亡的可能性也不大。

聯合國的一份報告指出，伊拉克曾於 1987 年試爆過「髒彈」，但因產生之輻射污染過低，而放棄進一步研發製造使用，但同（1987）年類似的輻射¹⁴污染危害性卻給世人留下很深的印象。在巴西某廢棄的放射性醫用機器中，外洩僅僅 3.5 盎司（約 99 克）的高度放射性粉末，卻造成 4 人死亡、60 人就醫、數千人遭受不同程度輻射傷害的悲劇。

¹⁴ 劉四海、薛文力、蒲常德，『軍事論壇：「髒彈」與恐怖活動』，人民網，2003 年 3 月 26 日 <http://www.people.com.cn/BIG5/junshi/62/20030326/954499.html>[2016/02/11]。

從蒐集的文獻資料中¹⁵，發現使用「髒彈」的案例，包含在 1995 年的車臣反叛軍，在莫斯科的 Izmailovo 公園放置「髒彈」，事後發現係由代拿邁（dynamite）炸藥和取自癌症醫療設備的銻-137 組合而成的，但有記者已事先接獲通知，通報相關單位順利拆除，沒有釀成悲劇；另 2002 年 5 月美國以企圖製造和使用「髒彈」的罪名，逮捕蓋達（Qaeda）組織成員 Jose Padilla；2014 年 6 月伊拉克/黎凡特伊斯蘭國 ISIS 的勝利軍攻陷第二大城摩蘇爾（Mosul）後，取走摩蘇爾（Mosul）大學物理學院約 40 公斤含銻-238 之放射原料，揚言製造「髒彈」攻打英、美兩國¹⁶；2014 年 12 月摩爾多瓦共和國警方在邊境攔查自俄羅斯入境的火車，逮捕七名核恐怖分子，搜查出 200 公克銻-238，企圖以 160 萬歐元售給核恐怖組織製造「髒彈」。綜上而言，其實「髒彈」立即性的實質危害不大，且尚無任何實務案例，只需有基本的認知即可，也不宜對大眾過度宣傳，以免造成不必要的社會恐慌。

四、國際放射物質走私與核恐怖活動

國際核恐怖活動的案例¹⁷大致分類為：竊取放射性物質、破壞核設施、輻射謀殺、惡意輻射污染和核爆恐怖攻擊等不同類型。近年來國際間有關核武試爆案件、核設施事故及放射性物質之輻射相關事故頻傳，根據統計¹⁸，自 1993 年至 2014 年間，破獲核恐怖分子在境內竊取、或跨境走私放射物質，並予販售圖利計有 2,734 件；然而，未偵破的竊取走私販售放射物質的刑案，粗估數倍於此。在這些偵破的刑案中，計有 1,156 件核恐怖分子非法持有極高劑量的放射物質，企圖脫賊且證據鑿確，其中有 27 件，起出超過 50 公克，足以製造核彈彈心的放射物質 - 銻與銻。自 1995 年，發生世界首起“核走私”事件後，核走私活動越來越頻繁與猖狂。僅僅是 1998 年，就破獲了 3 件著名的核原料走私案，其中 2 月份，義大利的黑手黨企圖將到手的銻核燃料棒高價賣出，正與買主交易時，警方緊急出動，一舉逮獲 14 名成員，緝獲這些核原料。另外當年最具影響力的核走私事件，就在土耳其，跨國走私集團非法攜帶重達 5.5 公斤的銻 235，經過土耳其境內時，被土耳其特工發現後，秘密警察迅速收網，成功緝獲這些濃度極純的核原料。

2001 年 11 月，美國核管理委員會的報告指稱：「有關放射性物質遺失、失蹤或

¹⁵ 孟憲輝，『恐怖份子爆裂物運用之初探』，2005 年 12 月 29 日，恐怖主義與國家安全學術研討暨實務座談會論文集，地點：中央警察大學警察博物館國際會議廳。

¹⁶ 鍾堅，「第四屆核安保高峰會促成全球聯手反制和恐怖主義」，展望與探索月刊，第 14 卷第 4 期，2016 年四月，PP16-22。

¹⁷ 鍾堅，「成形中的人類新威脅：核恐怖活動」，清流雙月刊，2016 年改版創刊號，PP08-12。

¹⁸ 鍾堅教授，2015 年 12 月 25 日，專題演講簡報資料：MOFA 核威脅與國際關係：傳統與現代。

盜竊的案件達 300 多件。」；2002 年 4 月，美國廣播公司新聞也曾報導，「自 1997 年以來，約有 1,500 件放射性設備被盜、遺失和被丟棄，而聯邦政府只能說明其中 660 件的案件情況。」另有統計數字顯示，美國各地被丟棄或遺失的放射性物質零組件不少於 3 萬個，有數公噸武器級的核原料物質失蹤，有數千枚「孤兒輻射源」迄今仍失蹤。核恐怖分子可運用其非法持有的核原料物質，粗製成核彈，造成大規模毀滅性目的，或製成「髒彈」造成大規模癱瘓性的效果。依據聯合國「輻射物質跨境走私事故資料庫」(ITDB/IAEA/UN)，目前全球各核設施儲存武器級的高濃縮鈾，多達 1,380 公噸，高純度鈾-239 亦有 345 公噸；如上所述，一枚約 19 kT 當量的粗製核彈，僅需約 10 公斤高濃縮鈾或 1 公斤高純度鈾的放射原料即可，而長半衰期的放射性銫-137，更是核恐怖分子用來製成「髒彈」的理想輻射源。

美國中央情報局（以下簡稱中情局，CIA）曾在塔利班「基地」組織找到有關「髒彈」的設計圖稿，發現他們也企圖從工廠、醫院竊取放射性的原料。不過，從發現的「髒彈」的設計圖稿看來，相關的技術還非常粗糙，顯示當時的恐怖組織對「髒彈」的興趣濃厚，卻尚未掌握製造的關鍵技術。統計曾經參與核武生產、規劃或部署的國家，若包含北韓等潛在具有核技術的國家在內，估計可達 40 個以上，近年來發現有關核武發展、製造的技術等文獻資料，居然也可在黑市得到，也有透過巴基斯坦流出的核武設計圖的案例¹⁹。藉由上述這些案例，說明核原料走私、核設備和放射物質的管制缺失、容易取得核武設計圖等，暴露了國際上對核武議題管理的鬆懈，讓居心叵測的恐怖組織和恐怖分子有機可乘，有專家指出「髒彈」的出現將是早晚發生的事²⁰。

參、輻射事故的隱憂

核恐怖攻擊是國際共同擔憂的議題，尤其害怕都市內的潛在核爆危機，據估算和過去廣島投下的原子彈災情比較，因充斥著玻璃帷幕、混凝土高樓的都市，衝擊波在建築物之間重複反射，將造成較過去更大的災害。自發生 911 恐怖攻擊事故之後，隨即發現核原料走私的案件，推測國際恐怖組織似乎正考慮發展核武的可能性，想取得可使用的放射原料，此現象引起國際的重視與關注。2001 年 10 月 11 日，恐怖分子襲擊世界貿易中心和五角大廈的 911 事件後的一個月，中情局（CIA）局長

¹⁹ IISS. (2007). Nuclear Black Markets: Pakistan, A.Q. Khan and the Rise of Proliferation Networks A Net Assessment. London: The International Institute for Strategic Studies.

²⁰ 劉四海、薛文力、蒲常德，『軍事論壇：「髒彈」與恐怖活動』，人民網，2003 年 3 月 26 日 <http://www.people.com.cn/BIG5/junshi/62/20030326/954499.html>[2016/02/11]。

譚納 (George Tenet)，把中情局 (CIA) 探員-代號龍火 (Dragonfire) 送來的報告呈報美國總統布希，該情報顯示蓋達組織 (Qaeda) 的恐怖分子，擁有 10 千噸級 (kiloton) 的輻射彈，這些「髒彈」已經偷偷運到紐約市，中情局 (CIA) 要求政府火速派出核武緊急支援小組，四處搜尋炸彈。若以時報廣場 (Times Square) 為例，平常的上班時間，方圓半哩內，聚集的人潮約達五十萬，若「髒彈」在該處引爆，絕大多數民眾必死於非命，傷患也會癱瘓附近的醫院和緊急救援單位。政府當局擔心蓋達組織也可能把「髒彈」偷運到華盛頓 DC，所以總統命令副總統錢尼 (Dick Cheney) 和政府重要機構的幾百名聯邦員工，立即撤離首都，前往一個「祕密場所」，這些人員將成為「替代政府」的核心要員，以確保平安，這也是萬一發生核恐攻事故時，美國的緊急應變方案。

後來證實此情報有誤，僅虛驚一場，此種「髒彈」攻擊情境，單是想像，足以令人冷汗直冒，也是各國共同擔心的未來隱憂。但此事件也提醒我們，連美國政府都不能以任何科學或邏輯上的理由，排除遭到「髒彈」攻擊的可能性，更何況是其他國家。政府與民眾不能再有鴛鴦的心態，必須正視可能的隱憂，凡事都必須事先好好準備，妥善規劃防範應變計畫。

肆、輻射事故現場應變調查的建議作業程序

有關輻射事故現場應變的問題由來已久，尤其負責第一線作業的警消應變人員，對於放射性相關跡證問題的無知或鴛鴦心態，未受重視，導致對於輻射跡證，未有合適、妥善的處理規範。尤其現場指揮官必須即時做出涉及公眾安全、環境保護、應變人員安全等的決策，為了瞭解核鑑識調查的要求，指揮官應在初期階段前，先完成相關問題與資料的收集，然後成立輻射事故調查指揮中心。事故調查應盡可能包括所有相關領域的專家，例如應有熟知核鑑識的專家，如果沒有，至少要有鑑識科學專家，並由保健物理或核子科學專家協助，並向現場指揮官提供專業的建議。專家們常常會反映不同角度的觀點，因此，他們所達成的共識需取決於各種觀點間的最佳結論，現場指揮官則須對事故調查組範圍內的任何爭論進行最終裁定。應變人員該按照作業處理的順序，防止證據受到破壞和污染。例如對現場除污的作業應當儘可能在收集相關證據後再進行，收集傳統鑑識證物時，也應當兼顧核鑑識證物的完整性，反之亦然，所有重要證物在現場採取前，應當拍照存證並標示尺寸、方位、溫度、風向、風速等現場相關資訊。當前民眾強調核能安全的意識高漲，更凸顯輻射事故現場調查標準作業程序設立之急迫性和重要性。

以下參考國際原子能總署 (IAEA) 核鑑識技術導論、美國核鑑識訓練資料及原

能會相關的輻射防護資料為基礎，整合警察犯罪偵查及刑事鑑識手冊規定，除借重國際間之案例研究，結合現場應變實務經驗與輻射安全的基礎，將特殊的放射物質納入證物之處理規範中，討論保全輻射事故現場關鍵目標、輻射事故指揮應變的任務、輻射現場應變分析、輻射事故現場之目標、緊急處理要領，包含輻射事故現場之保全與管制、偵測、分析、放射性證物之採集、保存和運送等應注意事項，彙整提供第一線現場處理人員參考：

一、保全輻射事故現場三大關鍵目標

1. 盡可能減少輻射事故現場所產生的任何輻射危害。
2. 對核原料或其他放射性物質進行控制。
3. 保全核鑑識證物和相關的傳統鑑識證物。

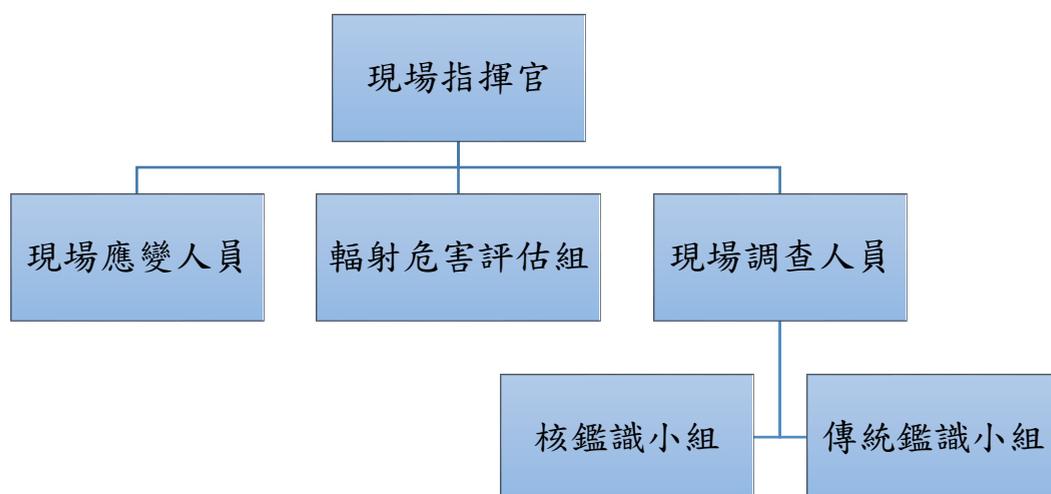


圖 1 輻射事故現場指揮應變分工

二、輻射事故指揮應變的任務

1. 聯繫部署在應變輻射現場的單位。
2. 評估輻射和其他危害程度及範圍。
3. 採取人身防護措施。
4. 處理及管理傷亡人員。
5. 處理及接管任何被逮捕人員。
6. 詳細記錄現場處理人員的決策及主要行動。
7. 控管輻射管制區域。
8. 管制交通及車輛動線。

三、輻射現場應變分析

1. 爆裂物專家和武器專家，可利用可攜式 X 射線偵測儀器，確認沒有隱藏的爆炸物或其他威脅，並進行清理後，才可讓核鑑識小組進入。
2. 採用加馬 (γ) 射線譜儀和中子偵檢器，進行現場非破壞性分析，對可疑的放射性物質進行分類，不會對證物造成影響或破壞，其分類的目的主要為確定該放射性物質的組成。
3. 事故調查組的第一項任務是啟動初步調查，描繪出搜尋區域的範圍，然後標出與證物收集有關的任何實物或環境方面的限制，並獲得詳細搜尋後所得之必需的資訊。

四、放射性證據蒐集

1. 使用輻射偵檢器可先定位出現場放射性證物的位置，畫出準確的事故現場示意圖，包括羅盤方位、全球衛星定位系統座標、比例尺、風向、溫度、濕度等資料，另標示出放射性物質或其他物證的位置、輻射污染程度、警戒線和控制區的設置。
2. 預先適當的整備與安排，如培訓、程式和設備。按照國際原子能總署對工作人員（包括緊急應變人員）的安全防護要求，提供輻射防護²¹的需求，包括對緊急應變工作人員連續進入污染區域及所受劑量進行紀錄的安排；確保依照符合國際標準的準則，對所受劑量和污染管控的作業規範；提供在預期的危險情況下，進行緊急應變所需的適當的專業保護設備、規章和培訓。應變人員在不同行動中均有不同的操作劑量約束值，這些劑量限值應在執行期間，直接加以監控（量測來自體外強穿輻射的總體劑量）；為緊急應變工作人員，設置許可的劑量約束值時，還需考慮所有曝露途徑，對劑量的可能貢獻，等緊急狀態解除，必須向所相關的工作人員，告知其所受的劑量和日後的健康風險。
3. 調查人員應該保護好樣品，確認封裝得很好（例如在鉛屏蔽容器中的低濃度鈾粉末）後，才從現場運走，並注意維護任何傳統的鑑識證據。如果證物四散，調查人員更應盡可能全面收集，寧可多採集，絕不能有所漏失，因為現場只有一次機會，在現場很難預測哪些證據足以證明對該事故的重建與解讀，因此要廣泛收集各類跡證。

²¹ IAEA. (2006). MANUAL FOR FIRST RESPONDERS TO A RADIOLOGICAL EMERGENCY. VIENNA: IAEA.

4. 事故調查人員應接受鑑識領域的專業培訓課程，或由鑑識專家陪同採集證物；考慮到使用的工具和高劑量的輻射照射，導致操作的時間受到限制，應盡可能合理、小心地將放射性物質與非放射性物質（局部的污物、草或葉子）分離，並保留相關證據，現場若不確定何者是證據或污染物時，事故調查人員應該全面收集可能跡證，不要漏掉可能的潛在物證。
5. 通過擦拭收集放射性樣品的作法，可能會破壞傳統的鑑識證據（如指紋或微物跡證）。因此，優先考慮蒐集放射性物證或傳統鑑識物證的時機選擇是非常關鍵的，雖最終的決定權在於現場指揮官，但也要考慮事故調查專家提出的建議。

表 1 建議放射性物證採樣方式

證物類型	採證方式	包裝方式	備註
固態樣品	用刮刀或鏟子	潔淨的塑膠袋	刀片、採證工具要更換，避免交互污染
放射性液體樣品	注射器或移液管	潔淨的塑膠瓶	工具要更換，避免交互污染
體積特別大的液體	工業用濕式真空裝置	塑膠瓶要有適當的標籤註明內容物和參考標號	採集器械（刮刀和注射器）去污，或當放射性廢物處理
氣體樣品	使用真空採樣鋼瓶、採氣袋或真空箱	直接以採樣容器盛裝	應徹底清除前次殘留之分析物，避免污染或干擾
較大或不可移動的物件	過濾原料作為擦拭物	對樣品進行適當的包裝並加上標籤	黏性膠帶可便捷從對象表面收集微粒

五、證物監管鏈

1. 應確保證物監管鏈的完整，尤其是樣品容器（塑膠袋或瓶）應標上獨特的條碼。證據採驗日誌，應將該條碼與事故現場的特定位置、日期、時間及收集方法等的細節聯繫起來，核鑑識實驗室亦可銜接後續工作的監管鏈，這些書面資料主要能將分析結果、結論與樣品獨特的條碼聯繫起來，在事故現場必須保全所有的證據。
2. 完整的證物監管鏈，方可確保物證在法庭上的證據力和證據能力，這樣的鑑

定報告才可作為證據使用。

六、證物保存的場所

1. 暫時保存或長期儲存的場所，需有輻射的防護措施，以及處理放射性所必要的輻照/化學許可證。
2. 存放場所需利用 X 射線照相，對固體證據（如封閉容器），再次拍攝，以確認無隱藏的爆炸物或其他威脅，並瞭解證物的性質。

七、證物的運送

1. 證據運往暫時儲存設施或運往核鑑識實驗室時，需要徵詢輻射專家的意見，並考慮證物的保全和保存。
2. 大部分放射性樣品，可保存在採集時所用的容器運送，但容器須包裝後，放到另一個經過認證，可運輸這類原料的容器中。
3. 避免因運輸容器引起可能的交叉污染。

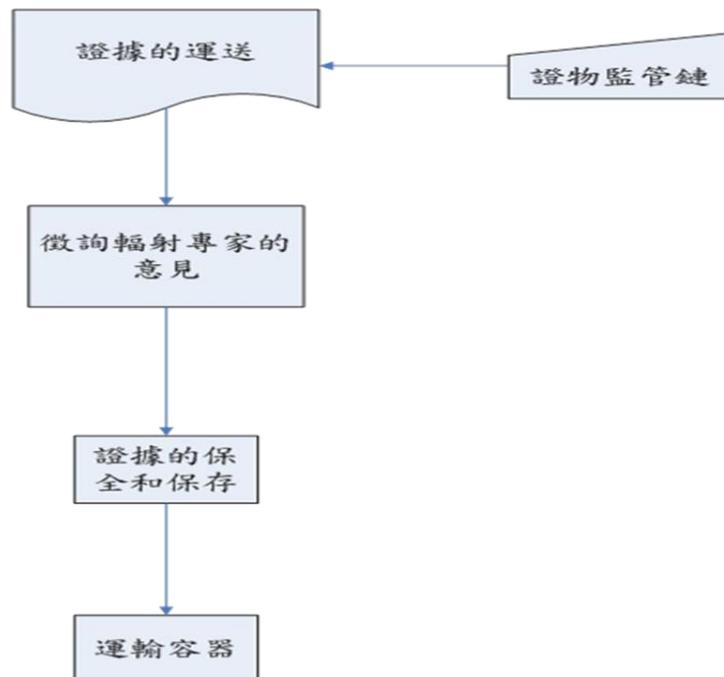


圖 2 輻射事故現場樣本運送與分析作業流程圖

除了國際原子能總署(IAEA)的建議外，國際核走私禁制技術工作小組(ITWG)對於證據採集的注意事項，也做了條列式的補充如下²²。由於每一種放射性證據採集情況都不相同，因此，各種建議作業方法很難適用於所有方案，所以在作業前充分的就現場狀況和輻射專家討論並取得共識十分重要。有些國家，即使輻射管制機構並不直接參與核鑑識的工作，也應強制要求必須提供輻射專業意見，一般（未受污染）犯罪現場工作時間較不受限，但具放射性污染的犯罪現場，在「熱點」(hot spot，即範圍小的高輻射污染點)中可能需將工作時間大大縮短，人員與放射性物質應保持安全的距離，不宜長時間靠近，甚至有必要時，需使用適當的屏蔽，這些考量都會增加現場處理作業的複雜性。

就安全的考量，所有準備工作應在無污染的地區進行；若人力許可，輻射偵測人員，最好與鑑識人員組成團隊一起作業，並持續對周圍環境與建築實施偵測，以確認是否有「熱點」(hot spot)，由於涉及多單位的合作，彼此的溝通協調便十分重要，以確定整個鑑識採樣過程，符合「合理抑低」(As Low, As Reasonable, Achievable，以下簡稱 ALARA；即儘可能合理地抑低輻射劑量，此為國際輻射防護委員會 1954 年所倡導，經多次修正而來)的要求，主要目的是防止輻射危害的防護原則。

現場作業應至少由兩個人的團隊進行，一個人負責進行樣本採集，第二人則提供支援，包括取收工具，持著證據袋，做打開和密封的作業，初步測量收集到的樣品污染量等。取樣組的成員應該始終戴兩層手套，負責採樣的人員，則應時常更換外層手套以避免交叉污染。兩人進行樣品接送時應再確認污染狀況，當離開現場時，人員、設備等都需經過污染檢測點確認，如有必要，則需進行除污。

對於一般鑑識分析而言，犯罪物證與輻射的交互作用並不需列入考量，已有研究顯示高達 1,000 戈雷的輻射劑量，對大部分的證物特性之破壞並不顯著，所以如果除污對於證據不會造成傳統鑑識分析的影響，認定有必要就應該在適當處理後，進行非放射性的鑑識分析。但為求謹慎，即便在放射性污染的犯罪現場，取得非放射性污染的證物，也應該有適當的文件標示，並通告接受分析的一般鑑識實驗室。現場污染擦拭的濾紙可能含有需要分析的微量樣品，如果必要時污染的擦拭濾紙，也該與一般鑑識實驗室合作取得有用的樣品。

物證的採集選擇須加以考量其目的，分析放射性的樣品目的，在於瞭解放射性物質的特性與來源，作為分析的樣品，最好選取無其他鑑識目的之標的。對於放射分析的實驗室而言，各類的基質材料如土壤、水樣、衣服等都可分析，但須先與實

²² ITWG. (2011). Guidelines for Evidence Collection in a Radiological or Nuclear Contaminated Crime Scene. ITWG.

驗室確認其作業能量與分析項目。對於背景輻射劑量率 10 倍以上的樣品，樣品量不需太多即可準確分析，對於已爆炸的「髒彈」現場，除輻射相關鑑識外，還須提供對於民眾健康危害的評估，與一般鑑識僅著重犯罪偵查的目的並不完全相同。所以在證物選取時，輻射相關人員必須提出建議，以避免遺漏輻射安全評估目的的樣品，詳細的作業方法說明可參考其他文獻²³。

輻射事故應變，首先要判定爆炸物中是否含有放射性物質。如果有的話，接下來要判斷該物質中是否含有鈾和鈾，並判斷設備的精確性。藉由對爆炸殘餘物的分析，核鑑識專家能夠知道爆炸物中鈾的同位素和雜質的種類，以及鈾的濃縮度。如果殘餘物中存在高能中子或氙的話，就說明這個炸彈是一個高能核反應裝置。另外，透過對於爆炸地點和核武器試驗紀錄的比較，核鑑識人員還可以進一步確定爆炸裝置的設計，不同國家的輻射事故應變與核鑑識的工作方法和形式亦各不相同。在美國，核鑑識專家會將調查到的所有資料都移交給聯邦調查局 (FBI)；而其他國家或國際團體如國際原子能機構，只在被要求時才參與調查。

最後綜合上述，有關輻射事故較明確之處理規範建議如下：

(一) 輻射現場應使用封鎖線隔離，並由執法人員封鎖、保全現場：

無論輻射事故之大小程度為何，現場處理、應變人員，均應具有核能安全的常識和警覺性，輻射事故現場包含放射性物質的輻射及其他非核的危害，應注意下列問題：

1. 輻射安全：現場處理、應變的人員，應熟悉輻射事故之現場保全及輻射防護安全的標準作業程序。
2. 非核安全：除了輻射安全外，應變人員在處理輻射事故時，亦應注意其他可能的危害。

(二) 確認核原料的性質或放射性物質的輻射等級：

並確定是否有潛在的核、輻射或放射化學的危害，以確認採取必要的應變措施。

(三) 依規通報，啟動行動計畫的主管部門緊急應變。

(四) 在輻射事故現場應變需採取以下行動：

1. 有關職業和公眾輻射危害的保健物理檢查。
2. 評估輻射狀況，確保採取適當程度的應變。

²³ FishT. Jacqueline , StoutN. Robert , & WallaceW.Edward . (2011). PRACTICAL CRIME SCENE INVESTIGATIONS for HOT ZONES. Taylor and Francis Group, LLC.

3. 依規定採取行動，依法檢查潛伏的爆裂物、放射物質，保存證據並建立證物監管鏈，以維護物證的證據力。
4. 扣押並暫時儲存可疑的核原料。
5. 利用攜帶式的非破壞性分析儀器，對查獲的可疑物質進行現場分析及初步分類。
6. 善用輻射安全防護，儲存可疑的核原料至使用運輸工具，帶離現場。

(五) 若國家級的核鑑識實驗室，沒有能力進行某些核分析，可將此樣品運往外國的核鑑識專業實驗室請求協助。

(六) 將分析結果與資料庫進行搜尋，可獲得進一步的資訊，以供調查。

(七) 對查獲核原料分析的專家意見，需以書面形式提交給扣押該核原料的國家執法機關，也需來自請求方相關專家參與，起草專家意見。

(八) 對所有證據的說明及評估，均由國家司法部門來進行。

(九) 由本國的法院依管轄權，對案件進行審理和結案。

伍、討論與結論

反恐與防制核恐怖攻擊，已成為全民運動，有關核輻射武器威脅與國際關係，我國秉持「全球和平締造者」的基本國策，近年來因為「髒彈」核恐怖攻擊的威脅下，開始關注「走私核原料」及「放射性物質」所產生的潛在危險，引發對輻射事故現場應變的研究，才有「核鑑識」新領域的發展。當前，從國際組織到地方警察，都投入大量人力、時間和精力，防止核原料或放射物質落入恐怖組織之手。如果核設備遭受攻擊或「髒彈」被引爆，輻射事故現場應變和「核鑑識」都將扮演關鍵重要的功能，可藉以判斷事件的性質，尋找髒彈可能的來源，類似傳統的犯罪現場調查，涉及到尋找凶器來源，鎖定罪犯嫌疑人等作為。其主要目標為防止核武器的擴散，追蹤核原料的來源，緝獲核恐怖攻擊的真兇。

國內的放射物質僅用於和平用途，且遵循國際規範防制核擴散，面對核恐怖攻擊的防範機制，首先應減少輻射物質庫存以降低遭竊取機率，其次向先進國家學習改善核設施安保措施，最後加強核犯罪偵防國際交流與跨境合作。有關單位應立即採取包括：嚴格管控及保護合法使用之輻射物質及其產生之廢料；於重要建築物的出入口和運輸系統之關鍵地點（如港口、機場、海關、車站和高速公路等）廣設輻

射檢測設備；建立並演練有效的緊急應變機制，如災害確認、損害評估、緊急救護、緊急撤離、保全採證、輻射除污、區域管制廢棄、長期醫療與觀察等反應計畫。

本文主要討論反恐策略，並詳加闡述有關「髒彈」輻射事故現場處理作業流程，包括現場應變應採行之步驟，如防護措施、證據採樣、保存運送乃至權責分工以及通報規劃，在國際原子能總署（IAEA）2014 的建議，是提醒「要確保在輻射犯罪現場的一切行動，能透過有效的犯罪現場管理進行，以維持刑事調查的完整性和符合所有相關的刑事調查程序」。所以建議按一般刑事犯罪現場管理的做法就好，只需針對輻射現場增加以下作為：

- 一、在污染區域作業時間是否需要管控。
- 二、採集證據樣品人員與放射性污染證據樣品之間的距離是否需要管控。
- 三、證據與採集人員是否需要適當的輻射屏蔽。
- 四、如何確定輻射污染核種。
- 五、如何管控個人輻射暴露劑量。

這些因素考量，關係與後續實驗室核種分析與證據監管鏈和比對資料庫等問題，均屬於核鑑識的範疇。這些處理流程在國際發展較為完備，但國內學術界甚少與此相關之研究，本文乃整理國際現行之處理準則，以供有志者研究參考，期待能拋磚引玉，引發政府及民眾更關注輻射事故現場處理之安全議題，共同制訂更完善之規範。

陸、建議

有關防制核恐怖攻擊之反恐策略未來之發展，建議朝規範及實務兩方面著手。規範方面，包括強化第一線應變人員輻射安全教育訓練、輻射防護設備之建置、放射性物質分析配備及核鑑識實驗室分析設備之建置、現場重建標準流程之建置等，可參照國際之細則。實務方面，先就現有實驗室環境缺失探討，如放射物質材料、製造廠商、安裝設備、活度與日期等均不完備。因此為提升、重視輻射事故現場處理、強化核鑑識實驗室環境之發展以及核資料庫之建立等，以下的建議實為未來應著重之發展方向。

一、強化防護群眾聚集場所，現場處理人員應配置穿戴式輻射偵檢器

鑒於近年來重大遭恐怖攻擊案，恐怖分子係針對機場、車站，甚至體育場、音樂廳、知名餐廳等非關鍵基礎設施（CIP）之軟性目標進行攻擊，顯示群眾聚集之軟性目標場所已成為新型態攻擊標的物；而其亦可能成為「髒彈」等放射性武器攻

擊的對象，而導致大面積恐慌，使民眾蜂擁撤離目標城市，造成比炸彈本身更大的破壞。故建議對民眾經常聚會之場所應加強巡邏密度、安檢措施及反恐警戒，現場處理人員應配置穿戴式的輻射偵檢器，唯有透過偵檢器，方可發現輻射事故，啟動緊急應變。

二、強化機場、港口出入境旅客、貨物放射性物質查察，杜絕核走私事件

放射性物質的來源如銫-137、鈷-60、鋇-90 或核電池、工業、醫療或開礦用放射性同位素等，恐怖分子可能千方百計進行走私運送；為有效防堵「髒彈」等放射性武器攻擊的擴散，建議加強港口及機場檢測輻射儀器，尤其航前可疑旅客資訊系統（APIS）的篩檢、勾稽及比對，鎖定核生化恐怖分子、控管對象及高風險旅客，有效阻絕「髒彈」威脅於境外。

三、持續強化核生化國際反恐專業訓練，發展無人機輻射偵測技術

為防制「髒彈」等放射性武器攻擊，引發民眾恐慌及造成經濟衰退，建議政府相關部門應強化放射性物質的管理機制，其包括預警情資反應、協調通報應變、核生化模擬演練等，並舉辦類似亞洲地區反恐維安會議，分享國際恐怖活動最新犯罪手法，交流國際反恐應變經驗與技巧，善用科技產物，學習先進國家發展無人機輻射偵測技術，有助現場應變人員的安全防護作為。