

輻災防救實務調查與減災對策研究

The Study on Radiation Emergency Response Practical Investigation and Preparedness Strategies

馬士元¹

Shyh-Yuan Maa (Sawyer Mars)

張馨心²

Hsin-Hsin Chang

¹ 銘傳大學都市規劃與防災學系，副教授

² 銘傳大學都市規劃與防災學系研究室，助理研究員

摘要

本計畫蒐集國際上有關重大輻射災害災後復原案例與實務，與日本福島事故後，復原與賠償之最新情況；同時，透過出國實地考察與研討的成果，進一步探討台灣現況，調整現行作法；亦將最新的資料回饋到輻射彈事件民眾防護導則研究建議。

日本發生核子事故至今已經 8 年，日本政府致力於事故地區的復原重建工作，2016 年及 2017 年開放民眾返回家鄉的地區包含福島縣南相馬市 (Minamisoma)、飯館村 (Iitate)、浪江町 (Namie) 等部分地區；2018 年持續興建硬體設施及關懷受災者。日本政府以空間劑量率 0.23 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$) 為基準，首先進行除污，與重建硬體設備、居民的健康追蹤等，以各種不同的誘因，希望民眾能返回家鄉。

地方政府輻射災害防救講習部分，講授《輻災防救知多少》、《輻射災害應變機制與第一線應變人員注意事項》、《輻射偵檢儀器種類與功能介紹》及《實作課程-兵棋推演》。災害應變人員透過這些課程，吸收輻射的知識，進一步了解輻射災害發生之後的應變作為，能夠有效保護自身與民眾的安全，降低災害衝擊。

透過本計畫，能夠提升災害應變人員之輻射災害應變知識，俾利提升台灣的輻射災害防救能量。

關鍵詞：輻射災害、災害防救、核子事故

Abstract

This project collects the latest international case and practice on post-disaster rehabilitation of major radiation disasters and the latest situation of recovery and compensation after the accident in Fukushima, Japan. At the same time, it further explores the current situation of Taiwan and adjusts its current practices through overseas field trips and discussions. The information will be fed back to the recovery process of radiation emergency operating guidelines for rehabilitation and civilian protection.

The nuclear accident in Japan has been going on for eight years. The Japanese government is committed to the restoration and reconstruction work in the area where the accident occurred. The area where people return to their hometowns in 2016 and 2017

includes parts of Minamisoma, Iitate, Namie Cities. The Japanese government continues to build hardware facilities and care for the victims in 2018. Based on the space dose rate of 0.23 $\mu\text{Sv/h}$, the Japanese government first conducted decontamination and reconstruction of hardware equipment and residents' health tracking, hoped that people would return to their hometown according to these efforts.

In addition, the Taiwan Local Government Radiation Disaster Prevention Workshop was held to lecture “Recognition of Radiation and the Emergency”, “Radiation disaster Emergency response mechanism and first responder’s precautions”, “Radiation Detection and Operation” and “Exercise - Table Top Exercise”. Through this course, first responders learn about radiation knowledge and more about the strain after radiation disaster. They can effectively protect themselves and the public and effectively reduce the impact of disasters.

Through this project, knowledge of radiation disaster contingencies among disaster responders will be updated so that the disaster prevention and response capacity of Taiwan's radiation emergency management will be enhanced gradually .

Keywords : Radiation Emergency, Emergency Management, Nuclear Accident.

一、前言

在國內，輻射災害發生之個案較少，各級政府機關、企業與民眾之準備與警覺性也相對較弱，故本研究從風險管理的角度出發，彙整國際上有關重大輻射災害災後復原案例與實務，及採行之復原行動、程序或對策；也透過出國考察，蒐集日本福島縣核子事故之復原重建情況，據以提出與民眾相關之輻射防護導則；及針對地方政府應變人員辦理輻災防救講習，精進輻射災害的整備應變作為，以建立國家輻射災害防救完整對策。

二、研究方法與流程

2.1 文獻回顧

文獻蒐集資料可分為大型災害疏散、輻射災害緊急應變與劑量規定、輻射災害復原等三大部份。大型災害疏散部分，蒐集2017年印尼峇里阿貢火山噴發事件案例，彙整火山預警規劃、災害時間序與印尼政府應變作為；輻射災害緊急應變與劑量規定，則參考美國輻射防護與度量委員會(National Council On Radiation Protection and Measurements，以下簡稱NCRP)公開的規範，包含第138號報告及第165號報告，進一步回饋至本研究撰擬之輻射事件民眾防護導則研究建議。輻射災害復原部分，2011年發生的日本福島輻射災害事件至今已7週年，其復原行動與進度是我國與國際間持續關注的重點。綜整以上資料，可反饋與調整國內有關於輻射災害應變作法，精進輻射災害減災與應變工作。

2.2 出國實地考察

研究團隊於107年7月1日至7月7日前往日本福島縣及東京都進行實地考察，與受訪單位進行交流訪談，可對於福島縣復原返鄉、輻射及其他災害應變、大型災害疏散等相關議題進行更具深度的討論，進一步回饋於導則研擬及我國的輻射災害防救災能量。

2.3 問卷調查

本研究團隊每年辦理4場次地方政府輻災防救講習，為了解講習課程之效益，針對參訓人員發放課後問卷乙份，以作為未來講習課程辦理之檢討與改進之用。問卷以不記名的方式作答，內容包含個人基本資料及基礎概念認知兩部分。

三、文獻回顧

放射性物質的使用，提供了世界各國廣泛的醫學、研究和工業利益。然而，這種效益極高的能量具有高度的危險性，除了相關的使用規範與機制降低災害發生機率外，基於風險管理的概念，本研究蒐集國際上已經發生的輻射災害案例，整理其災後的復原行動、程序或對策；此外，本研究亦蒐集與核子事故同為具有災害時序性的印尼阿貢火山噴發資料，作為未來擬定相關的應變作為之參考依據。

3.1 輻射災害之定義

行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)106年出版之《輻射災害第一線應變人員手冊》說明，輻射災害指「因輻射源或輻射作業過程中，或因天然、人為等因素，產生輻

射意外事故，造成人員輻射曝露之安全危害或環境污染者」；其中又可分為核子事故、境外核災、放射性物質意外事件、放射性物料管理及運送等意外事件、輻射彈事件等5類。

3.2 輻射災害災後復原案例與實務

3.2.1 印尼(Republik Indonesia)峇里阿貢火山(Mount Agung)噴發事件

屬於第一類型的阿貢火山，於2017年8月中旬開始出現活躍的跡象，觀察員在附近的觀測站進行24小時的密切監控，將即時動態回報給位於萬隆的監測中心。9月14日，聞得到阿貢火山散發的硫磺味道及感受到些微地震，印尼政府發布第2級警戒，要求民眾遠離火山口約3公里。9月18日，因阿貢火山引起的地震已變得越來越強烈與持久，鄰近地區包含邦利(Bangli)、登巴薩(Denpasar)都能感受的到，隨及發布第3級警戒，災害協調中心(Badan Nasional Penanggulangan Bencana, BNPB)亦持續提供監測資訊給地方災害應變中心(Badan Penanggulangan Bencana Daerah, BPBDs)，以做出因應阿貢火山爆發的策略。印尼政府決定，距離火山口半徑6公里內、海平面上950米禁止任何活動，包含東、西、南、北延伸7.5公里的範圍；此外，印尼政府也要求鄰近居民要做好撤離的準備，當發布第4級警戒時就要馬上撤離。

9月22日印尼火山與地質災害應變中心(Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, PVMBG)發布第4級警戒，火山灰高達海平面上6,384公尺(20,429英呎)，在危險區域外的市民開始自發性的搭建帳篷、募資與募款。印尼政府決議，撤離區域擴大為半徑12公里，撤離人數約為120,000人，由軍隊和警察協助民眾撤離。9月24日為發布第4級警戒後的48小時，火山尚未爆發，印尼政府宣布阿貢火山災難為省級災害，由省政府來調度資源與疏散民眾；BNPB將14噸的援助物以及將近75,000美金送往卡朗阿森(Karangasem)，並準備隨時可取用的緊急應變事件資金。9月24日疏散撤離範圍圖請參考圖1。



圖1 9月24日阿貢火山疏散撤離範圍圖

資料來源：美國BBC新聞網，2017

9月25日上午阿貢火山被列為緊急情況，其岩漿不斷往前、火山口不斷冒出蒸氣，地震發生89次。將近50,000人被疏散至島嶼的各個角落，有些甚至疏散至鄰近島嶼；

學校互助系統(Brother school system)開始運行，擁有機車的學生從避難營中接送另一名學生。截至 26 日中午，已有 75,673 名居民疏散到 377 個疏散中心，人數持續增加。火山周邊的疏散區約有 62,000 名居民，疏散區外圍部份地區包含包括特賈庫拉(Tejakula)、克隆孔(Klungkung)、席德曼(Sidemen)、貝邦登(Bebandem)、仁當(Rendang)、曼吉斯(Manggis)、卡朗阿森、邦利等地區的居民皆離家避難。11 月 27 日上午 6 時，發布第 4 級警戒，並擴大封鎖區。此時阿貢火山除了火山灰，火山口隱約可見岩漿，噴發的聲響遠至 12 公里外；另外也發現雨水沖走散落地面的火山灰，造成快速流動的泥漿流，泥漿流可能會推倒樹木、沖走石頭等雜物，伴隨泥漿流一起流動，情況十分危急。印尼政府決議將危險區域擴大至方圓十公里，下令 22 個村落約 10 萬人撤離，峇里國際機場暫時關閉 24 小時。

3.2.2 日本福島事故復原與賠償最新情況

日本政府為了加速福島復興，2016 年 12 月 20 日擬定《核能災害之福島復興加速基本方針》，於已解除避難指示之區域進一步推動重建活動，以民生基礎設施、生活相關服務的復原及孩童生活環境為中心，加速除污作業，同時採取更詳盡的輻射健康影響相關安全措施，強化自立支援措施(友誼通訊，2017)。

(一) 福島事故復原計畫推動現況

復原計畫期程分為密集重建時期(2012 至 2016 年)、重建與創生時期(2016 至 2021 年)，9 年共花費 3.2 兆日圓。復原計畫 5 大執行重點：災民健康與生活支援(災民支援)、住宅重建與城鎮規劃(復興住宅與城鎮)、產業與就業的復甦(產業與生計的再生)，與核能災害的重建與再生(福島重建與再生)及其他。2016 年屬密集重建階段、重建與創生階段前期，推動工作以周全應對復興進展衍生的課題為主，如關懷受災者身心、心理重建等。2016 年中期之後為重建與創生階段，統計至 2018 年 2 月底，民間住宅重建完成 84%、公營住宅完成 95%；可重新營業的農業面積達 89%；相較於 2010 年，2017 年外國觀光客住宿人數高達 187%；全縣避難人數更是從高峰時期的 16.4 萬人降至 5 萬人(統計至 2018 年 2 月底)，顯見日本復興之努力(表 1)。

表 1 東日本大震災復原計畫現階段推動進度

執行重點	工作內容	推動進度
災民支援	周全應對復興進展衍生的課題	1. 避難者從 47 萬人減至約 7 萬 1 千人(2018.03)。 2. 照護支援據點與諮詢人員的守護下，關懷受災者身心並防止孤立。 3. 支援諮詢住宅與生活重建、建立生命價值之「心理重建」、建構嶄新社區。
復興住宅與城鎮	確實重建住宅，預計 2018 年度完工	1. 自主重建：14 萬件正在重建或重建完工。 2. 高台轉移形成住宅用地：計畫戶數共 1 萬 8 千戶，2019 年 3 月底前預計 1 萬 8 千戶。 3. 災害公營住宅：計畫戶數共 3 萬戶，2019 年 3 月底前預計 3 萬戶。
復甦產業與生計	大致復原生產設備、協助振興觀光並消弭聲譽	1. 受災 3 縣的生產水準大致已復原，約 89%的農地可重新耕種，95%的水產加工設施可重新開始執行。

執行重點	工作內容	推動進度
	受損	2. 協助擴大水產加工業的銷售通路、振興對內的觀光、確保受災地企業的人才。 3. 全面協助消弭聲譽受損，以復甦福島縣的農林水產業。 4. 呼籲企業運用各種企業當地支援對策，促進企業重新設立與增設。
復興並再生福島	除了返還困難區域外，解除所有地區的避難指示，進入正式復興舞台	1. 避難指示區域整備災害公營住宅並推動生活環境整備以促進返還。 2. 推動返還困難區域的「特定復興再生據點」的整備。 3. 整備中期貯藏設施、官民聯合團隊自立支援、推動「福島創新與海岸構想」、應對聲譽受損、加速核電廠事故的復興與再生。

註 1：現階段推動進度更新至 2018.04

註 2：災害公營住宅即災害失去房屋且難以自行重建生活，以便宜的租金出租給災民的住宅，由縣及市町村整備並維護管理。租金因個人所得而異。

資料來源：日本復興廳，2018

福島縣經濟再生的計畫推動，日本政府規劃了福島創新海岸構想(通稱為「創新海岸構想」)，以復興濱通地區等 15 市町村的產業為目標，由中央、福島縣、15 市町村(含磐木市、相馬市、田村市、南相馬市、川俣町、廣野町、楡葉町、富岡町、川內村、大熊町、雙葉町、浪江町、葛尾村、新地町、飯館村等)共同採取的計畫。震災前，濱通地區的產業以核能發電與農林水產為中心，因震災造成核能發電相關工作大幅減少。基於此，濱通地區以創造取代核能發電的新產業與勞動場所。創新海岸構想以機器人、除役、能源、農林水產等領域為目標，集結這些產業。如機器人領域，南相馬市與浪江町有福島機器人試驗場，執行各種機器人或無人機研究，推動世界少有的整備據點，2018 年 7 月部分設施已開業。2020 年預計舉行世界機器人高峰會等部份機器人種類的國際大會(友誼通訊第 89 號，2018)。依據 2018 年 10 月公告之《復興現狀與課題》，避難者從當初的 47 萬人減少為 5.7 萬人，並持續針對受災者的身心狀況進行軟硬體的關懷措施，而災害公營住宅、高台移轉形成住宅用地等，也分別規劃於 2019 年、2020 年全部完工。受災 3 縣市的生產水準已大致復原，3 縣的製造品出貨額已恢復至震災前水準；而復原的重點之一「返回困難地」已全部解除避難指示。

(二) 福島事故各地區復原現況

2011 年 3 月，日本政府將疏散指示區劃分為疏散指示解除準備區域、居住限制區域、返還困難區域，民眾則依照政府的指令進行疏散避難；依據環境中的輻射劑量，推算全年累積劑量來劃定災區封鎖範圍，以全年累積劑量率高於 20 毫西弗作為劃設疏散指示區域之標準(原子力災害當地對策本部等，2017)。原子力災害對策本部於 2017 年 4 月 4 日公告除污進展，田村市、川內村部份地區、楡葉町、葛尾村、南相馬市、飯館村、川俣町、浪江町及富岡町等疏散指示解除準備區域與居住限制區，已全數解除疏散指示(表 2)；中央所進行之除污工作亦已告一段落(圖 2)，目前轉由地方除污。

表 2 日本福島解除避難指示之市町村彙整表

市町村	避難指示解除日
田村市	2014年4月1日
川内村的部分地區	2014年10月1日(舊避難指示解除準備區域) 2016年6月14日(舊居住限制區域)
楢葉町	2015年9月5日
葛尾村	2016年6月12日
南相馬市	2016年7月12日
飯館村	2017年3月31日 ^{註1}
川俣町	2017年3月31日 ^{註2}
浪江町(居住限制區域)	2017年3月31日 ^{註3}
富岡町(居住限制區域)	2017年4月1日 ^{註3}

註 1：核能災害對策本部於 2016 年 6 月 17 日決定

註 2：核能災害對策本部於 2016 年 10 月 28 日決定

註 3：核能災害對策本部於 2017 年 3 月 10 日決定曝露劑量

資料來源：日本環境省，2018

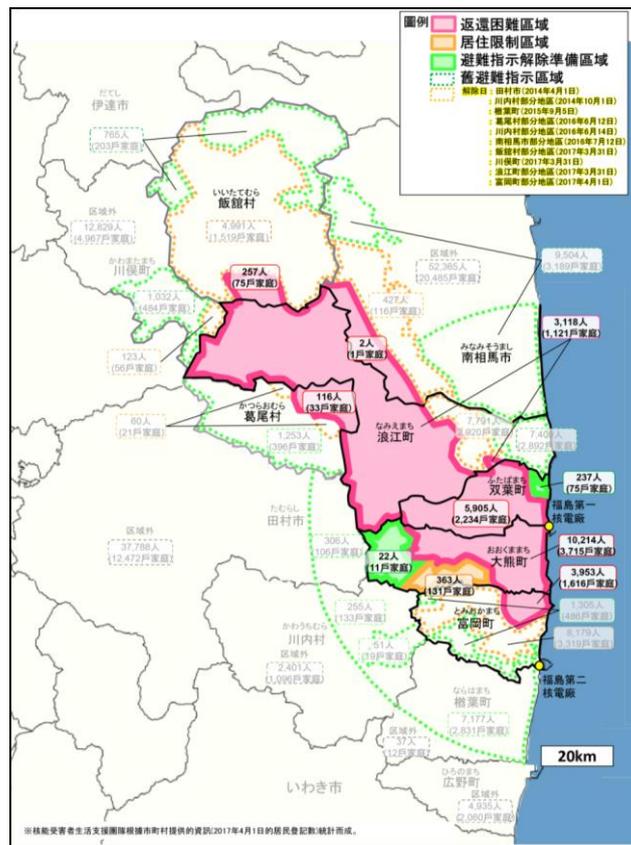


圖 2 福島地區除污進展狀況圖

註 1：環境省 2017 年 4 月 4 日公告

註 2：本圖為日本環境省最後一次更新

資料來源：日本環境省，2017

四、研究成果

4.1 出國實地考察與研討

本研究出國考察之目的為了解日本福島事故後環境、社會、經濟、人文等復原情況，及輻射災害事件之緊急應變作為等；所安排之考察單位可分為兩部份，第一部份為日本福島縣之機關，包含福島大學美麗福島未來支援中心、福島縣廳除污對策課、福島環境再生事務所、復興廳福島復興局、福島縣立醫科大學及附屬醫院、飯館村役場及富岡町役場等；第二部份為日本東京都地區中央單位與民間機構，包含東京都消防廳第九消防機動部隊、杏林大學醫學部附設醫院高度急救中心、東急電鐵與東京地下鐵等。

(一) 福島大學美麗福島未來支援中心

日本政府對於產業復興上做了相當大的努力，包含以技術創新海岸的名義，扶植高端產業(例如：機器人試驗場、櫛葉遠端技術支援中心、醫療器材開發中心、再生能源研究所等農葉再生中心等)，希望可以提高福島縣民眾的就業機會。然而，上述新穎的產業，不見得適合當地進行再生與復原。福島大學美麗福島未來支援中心(以下簡稱中心)的初澤敏生中心長表示，福島縣沿岸地區，主要產業為家電業；一般的青壯年要捨棄原有的家電業，投入至高科技的產業具有相當的困難度，若要藉此提高當地居民的就業率實屬不易。因此，初澤中心長建議，政府應協助當地中小企業以原有的產業進行再生規劃。2017年東電停止了雙相地區每人每月10萬日圓的賠償金，自2011年事件爆發後，至今約20歲左右的部份年輕人，已經習慣於仰賴賠償金維生，並沒有工作意願；目前日本政府對於較為消極、不願工作的災民，並未有相關的因應對策，因此未來亟有可能發生相關的社會問題。

(二) 環境再生 PLAZA、福島縣廳除污對策課、復興廳復興所

2018年3月日本中央負責的除污工作已完成。道路部份，雙葉至大熊、富岡至浪江的高速公路尚未開通，目前正積極強化與提升主要幹道6號公路的使用效率，包含6號公路線道拓寬等；透過交通的改善，能使民眾來往更便利，提升民眾返鄉意願。東北地方環境事務所小澤所長表示，目前返鄉的人數仍然不多，除了先前長期探討的問題外，少子化恐怕也是因素之一。311核災後，日本地方政府成立諮詢專區，培訓共16名輻射災害諮詢員提供災民相關的諮詢窗口；另外在原有的社會福祉體系下，設有269名生活諮詢員亦可解決民眾有關輻射災害的疑問。民眾健康管理部份，日本政府提供個人劑量計給願意配戴的民眾，每年繳回更換電池時予以校正，以每三個月回收一次的頻率了解民眾的累積劑量，並將結果公告於相關網站及特定報紙供民眾查閱。若發現異常的數據，家庭醫師會前往拜訪，訪問民眾的生活習慣、飲食等相關問題；而目前沒有任何異狀案例。上揭提到的創新海岸高端產業，因人口不足招募產業進行的並不順利，目前仍以外移的人口擔任內部要職，大部份為研究員、退休教授、JAEA員工等身份，少部分則由福島當地民眾擔任行政人員。

（三） 福島縣立福島醫科大學及附設醫院

福島醫科大學在災後主要進行急救、災害和輻射曝露醫療的強化。福島縣的面積是全日本第三大，因此急救的主要課題為：儘速到達災害現場、在現場進行必要醫療及後送至適當的醫療機構。災後福島醫科大學醫院成立了全日本少見的「災害醫療部」，並活用震災和核災事故的經驗，構築急救、災害和輻射曝露傷害的醫療體制。「災害醫療與急診中心」整備方面，除了防災耐震的建築設計外，其大廳還能在災害時轉形成大型檢傷分類空間。另外，也強化複合災害中各關連機關的合作支援體制與救護直昇機的空中轉送體制。核災相關整備方面，福島醫科大學附設醫院目前除了是日本原子力規制委員會指定的「原子力災害據點醫院」，自 2015 年 8 月起，同時是「高度曝露醫療支援中心」和「原子力災害醫療-總合支援中心」（後者全日本僅五處），能進行一般原子力災害據點醫院無法處理的高度專門診療、支援和高度專門教育。另外，也成立「原子力災害醫療和綜合學習中心」，可協助其他原子力災害據點及相關醫療機構網路。核災發生時，災害醫療中心也可派出原子力災害醫療派遣隊協助醫療指導和處置。目前該中心負責的區域為福島縣、茨城縣、新潟縣、靜岡縣、神奈川縣等。

（四） 飯館村役場

飯館村除了長泥地區仍為封鎖區域外，其於部份已開放民眾返鄉，空間劑量率平均約為 0.2 微西弗/小時左右。長泥地區未來將以乾淨的土壤覆蓋受污染的土壤之方式，進行土地重新利用計畫。飯館村主要的產業為農業，開放民眾返鄉的區域內的農地，已可以種植農作物；目前另有一項實驗性的計畫，將牛隻放養於農地當中，讓牛隻食用農地的草，之後再進行牛隻血液、肉品檢測，確認其是否受到輻射污染。目前仍有 228 萬包除污廢棄物存放至飯館村當中，遠程目標為將廢棄物存放於富岡町之中期貯存場，但因土地取得不易等問題，研擬之短期替代方案為將 58 萬包除污廢棄物(包含落葉、枯枝等可燃廢棄物)遷移至長泥地區東邊的焚化爐燃燒，2020 年前將 228 萬包除污廢棄物的 60% 移至中期貯存場。避難與返鄉人數部分，戶口登記的總人數為 5,777 人，計 2,469 戶；目前返鄉人口約有 727 人，計 347 戶，持續避難人數約 5 千人。另外，福島全縣預計舉辦居民健康檢查，縣民可自由參加，而學生則是強制性檢查，其將於福島醫科大學辦理。

（五） 富岡町役場

311 地震時，富岡町受到震度 6 的地震影響，隨即接獲福島第一核電廠發生事故的通知，要求町民到町內的集會所、體育館避難。接續又接獲災情擴大的消息，第二次前往川內村避難；第三次則前往郡山市避難，富岡町位於日本政府所劃設之半徑 20 公里警戒區域，全町進行疏散與避難。統計至 2017 年 4 月 1 日，返鄉困難區的面積大約是 10 平方公里，佔所有面積的 15%；人口約 4,800 人，佔總人口數 30%。2018 年 3 月 1 日的統計顯示，居住於町內的町民人口數約 660 人、福島市約 230 人、郡山市約 2,313 人，其他地區約 5,862 人。生活硬體的復原情況大致已完成，包含富岡町役場等官方機關、診所與大型醫院、購物中心、學校、公營住宅、JR 富岡車站、車站廣場、銀行等。雖然環境硬體復原得相當完整，但由於主要的聯外道路，仍有部分封閉中，

可能是造成町民不願返鄉的原因之一。富岡町內原有小學、中學，小學的學生數共計 940 人、中學 550 人；而目前新建的學校於今年 4 月啟用，國小人數 13 人、國中人數 4 人。預計 2020 年 3 月將於三春町啟用另一所小學。

(六) 消防廳第 9 消防機動部隊

東京都內 NBC(輻射 Nuclear、生物 Biological、化學物質 Chemical，簡稱 NBC) 災害專門部隊，包含第 3 和第 9 消防機動部隊。除了一般的消防火災應變外，隊員皆受過核生化的應變訓練；其中，本部隊的規模、人員數更多於第 3 部隊。NBC 災害 3 對策包含專門部隊的配置、教育與訓練、消防活動等。行動原則包含消防員的曝露與污染的預防、居民的安全、防止致病物質擴散。消防員的輻射劑量限值亦有相當的規範，1 次的災害救助活動劑量限值為 10 毫西弗，人命救助時的劑量限值為 100 毫西弗；1 年間的累積劑量為 50 毫西弗，且 5 年內不得參與任何的輻射災害搶救活動；累積劑量率達 100 毫西弗的消防員，終生不得參與任何的輻射災害搶救活動。當發生輻射災害事件時，由災害現場所轄的消防分隊成立現場指揮本部，由日本原子力規制委員會原子力規制廳安全規制管理官及關係行政機關提供技術支援、東京 DMAT、NBC 負責醫院提供醫療協助，同時以相關領域的教授組成的支援委員會提供災害現場的應變建議。目前為止，發生輻射災害的案件頻率並不常見，僅發生過輻射作業場所火災。

(七) 杏林大學附設醫院高度急救中心

輻災現場警戒區域劃分的分區方式較目前台灣所採用的國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)的分區方式為廣，尤其是下風處的熱區延伸至兩公里；受訪的山口芳裕教授進一步說明，專家做出詳細量測的建議前，現場區略的劃分，亦即熱區往上風和側風處先劃定 100 公尺、下風 2,000 公尺為熱區(熱區之輻射值超過 100 微西弗/小時，和台灣現行共識相同)，然後往上風處和側風處 20 公尺為暖區，在暖區內進行初級檢傷、除污和污染監測，冷區依然是在管制區內。冷區的邊界並不等於管制區的邊界，管制區的大小則視需要而定。

NBC 的災害中，能進入熱區的對象只有完整防護的化學機動中隊、消防隊員、警察機關和自衛隊等，而一般東京 DMAT、特殊災害 DMAT 等醫療人員，則只能進入冷區(Cold Zone; Green)。東京 DMAT 特殊災害隊(SDT)，則可於完成防護後進入暖區(Warm zone; Yellow)進行污染檢查、除污優先順序判斷和除污建議。SDT 和一般 DMAT 不同，每隊約 5 人，成員除了需完成 DMAT 的基本訓練和核生化進階訓練外，還需持續以每 3 個月 1 次的頻率參與化學機動隊的共同訓練和演習。SDT 出動與否，主要由東京消防廳警房本部研判特殊災害現場，是否需要聽取 SDT 的醫療建議及 NBC 災害現場需要急救處置這兩個條件下，方才邀請 SDT 出動。出動前，SDT 將著 C 級防護裝備及準備相關 NBC 器材；特殊器材方面，除了一般 DMAT 的醫衛藥材之外，杏林大學所屬的 DMAT 還必須面對化災和輻射等災害(此時為 SDT)，且因可能要進入暖區協助除污、再協助後送至救急救命中心等任務，因此配備各式防護服和偵檢儀器。

(八) 東京地下鐵

地鐵是日本非常重要的大眾運輸工具，其旅運量高達 92.1%。東日本大地震發生

時，東京地下鐵透過鐵軌上設置的地震儀，於第一時間掌握了地震的震度。地震發生後 1 分鐘，全線列車自動緊急停止，接著以每小時五公里的緩慢速度駛近車站月台內，緊急讓民眾疏散；之後，由站務安全檢測員沿著鐵軌徒步逐一檢查，了解鐵軌受損程度，共花費 48 分鐘完成安全檢查，確保安全無虞後繼續恢復運行。因經歷 1995 年阪神大地震，東京地下鐵已經具備完整的地震災害緊急應變計畫。硬體部份，包含結構物抗震補強、列車上備有緊急供電系統等、軟體部份，除了員工平時的防災整備訓練、每年 3 至 4 次配合日本政府進行的演練外，其依照地震震度做劃分，各不同震度的地震皆有相對應的安全檢查與應變作為；車站內亦儲存提供給災害來臨時滯留於車站內的旅客之瓶裝飲用水、食物、緊急醫療用品、防災毯、簡易衛廁等。不論是天然災害或人為災害，東京地下鐵除了確實的完成軟硬體設備的改善與強化外，更強調與其他單位的配合，不論是官方單位或民間單位，唯有透過雙向的密切連繫及溝通，才能提升應變能量。

(九) 東急電鐵

由於日本的地鐵為多家民間企業所組成，於 311 災害發生後，東急電鐵依照應變程序，儘速的完成安全檢查後讓列車恢復運作，不料卻發生因為與其他電鐵公司並未做好妥善的協調，造成約有 6 千人滯留於澀谷站。東急電鐵事後檢討，車站與車站、各鐵道公司間，應建立完善的連繫對策，以降低未來發生類似事件的機率。為因應大規模的災害對策，東急電鐵設有危機管理本部。災害發生時，透過國土交通省、運輸局等官方機構的資訊，進行東急電鐵內部緊急應變對策。由受災車站回報現場狀況，包含設施檢查、傷患狀況、消防與警察單位連繫狀況、安全確認、旅客避難指引、返家困難者的處置對策、二次災害的處置對策等，由鐵道對策本部下達指令。鐵道對策本部還會將緊急情報等資訊，回報給危機管理本部，本部則提出對策方針等。鐵道對策本部平時以每週 1 次的頻率，隨機召集 5 位成員進行災害應變訓練。以災害發生後 1.5 小時的情境背景，特召回 5 位成員到鐵道對策本部進行應變。除了接受訓練的 5 位成員外，還會要求上批接受訓練的 5 位成員共同參與，訓練結束後透過討論的方式，研擬最佳應變方案。

4.2 輻射彈事件民眾防護導則研究建議

本導則之災害背景為輻射彈，以輻射彈爆炸受到控制後，民眾應變與防護、輻射劑量管理等資訊為主要內容。架構可分為：前言、民眾應變與防護建議、民眾輻射劑量管理建議。

、 第一章 前言

包含編撰目的與背景、名詞定義；首先說明本導則編纂原因及用途，同時說明專有名詞與定義「輻射源」、「輻射災害」、「輻射曝露」、「合理抑低」等。

、 第二章 民眾應變與防護建議

本章節主要參考 NCRP、美國疾病預防與控制中心(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)、我國提出之《輻射彈民眾防護手冊》之內容加以整理及編撰。

、 第三章 民眾輻射劑量管理建議

本章參考 IAEA 對於非緊急曝露之一般大眾的輻射劑量限值建議，同時採納 NCRP 針對輻射恐怖攻擊事件之對於大眾的輻射劑量限值建議。

4.3 地方政府輻災防救講習

由原能會邀請專業人員擔任講者，以課堂講授、儀器操作、實作課程及座談方式實施。期望能達到提升輻射災害業務承辦人員及第一線應變人員對輻災應變機制與防救措施之瞭解；熟稔相關作業程序以維護自身安全，並進一步提升輻射災害緊急應變能力。

4.3.1 講習規劃

辦理日期為 107 年 10 月 18 日、10 月 22 日、10 月 26 日及 10 月 29 日，共計 4 日，分別於北部(大坪林聯合開發大樓 15 樓國際會議廳)、中部(臺中市政府文心樓 303 會議室)、南部(高雄市政府消防局 8 樓禮堂)、東部(花蓮縣消防局 6 樓災害應變中心)辦理訓練課程。課程內容涵蓋輻災防救知多少、輻射災害應變機制與第一線應變人員注意事項、輻射偵檢儀器種類與功能介紹、實作課程(兵棋推演)等。

1、輻災防救知多少

由原能會主講有關災害防救或輻射災害知能相關課程，共計 50 分鐘。

2、輻射災害應變機制與第一線應變人員注意事項

介紹輻射災害之種類與樣態，以及輻射災害發生時的應變機制與流程、體內外輻射防護、通報機制、第一線應變人員注意事項、以及原能會輻射應變技術隊介紹等，共計 90 分鐘。

3、輻射偵檢儀器種類與功能介紹

介紹輻射偵檢儀器之種類、功能、應用時機、操作與判讀方式，並以縣市政府常見之輻射偵檢儀器為例進行示範操作；最後透過遊戲的方式，讓學員親自操作偵檢儀器尋找射源，共計 90 分鐘。

4、實作課程(兵棋推演)

以狀況想定方式進行輻射災害發生時之應變流程推演，以分組方式進行，共計 90 分鐘。以下說明兵棋推演情境及推演方式。

4.3.2 講習分析

本研究針對本講習發放課程問卷，問卷內容包含個人基本資料及課程回饋。分析結果如下所述。

(一) 個人基本資料分析

個人基本資料分為機關類別、人員區分及性別比例三項：

1、機關類別分析

各場次警察與消防機關出席比例，除北部場為 46%、東部場為 39% 以外，中部、

南部皆超過 50%，尤其以中部場 72% 為最多。而東部地區因人員編制本低於其他北、中、南部的前提下，環保局所出席的比例仍高於其他地區；除了環保局為輻射災害的主要應變單位之一外，也可顯見東部地區對於輻射災害的議題之重視。綜觀來說本次課程參與學員所屬機關大多為輻射災害應變之第一線應變機關(圖 3)。

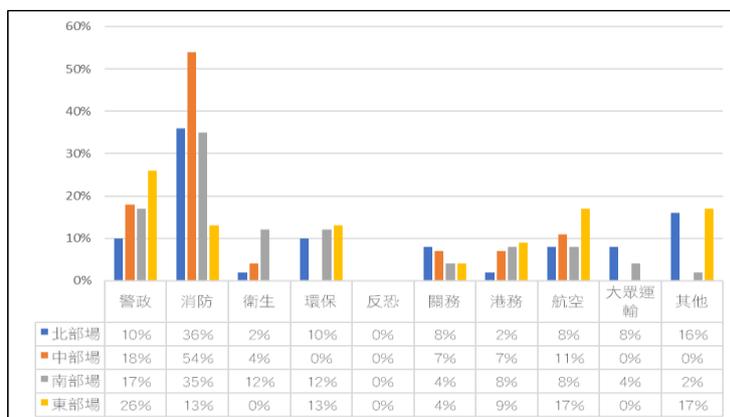


圖 3 機關類別比例長條圖

2、人員區分分析

人員分為主管職及非主管職兩類，透過數據顯示各場次非主管職占多數，所占參與總比例皆在 87% 以上，相對主管職參與比例較低。其中以中部場次非主管職所占總比例最高，為 96%；主管職四場中參與比例較高場次為南部及東部場次，所占總比例達 13%(圖 4)；顯示有機會進行第一線的輻射災害應變的人員，多為非主管職。

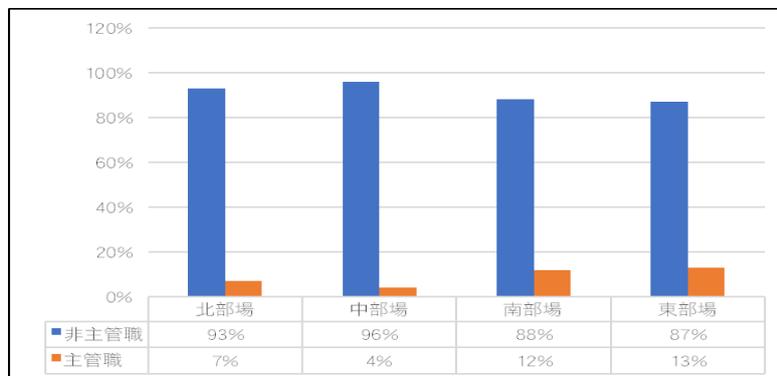


圖 4 人員區分比例長條圖

3、性別分析

據統計顯示，大部份參與的學員為男性，男性出席比例最高的場次為南部場，比例為 88%；反之，男性出席比例最低時段為中部場，比例為 75%。女性部分，出席比例最高者為中部場，占 25%，；而比例最少者則為南部場，占 12%(圖 5)。

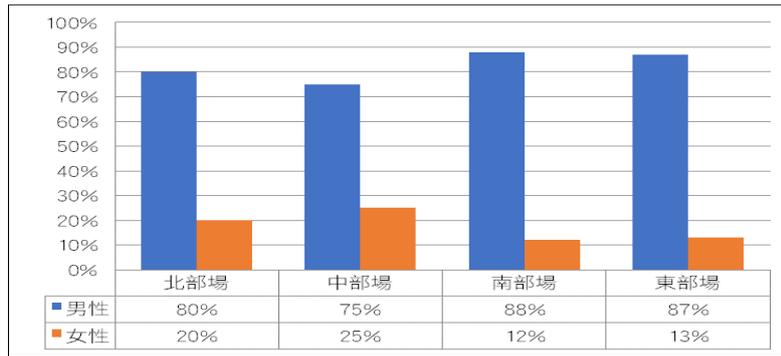


圖 5 性別比例長條圖

(二) 課程回饋分析

1、北部場次

本分析項目以北部場當中的四堂課程相互比對，學員認為最能夠增進輻射災害防救知識之課程為《輻射災害應變機制與第一線應變人員注意事項》，認同度高達 100%；其次為其他三堂課程，認同度為 97%。學員認為對其業務最有幫助之課程為《實作課程(兵棋推演)》，認同度為 89%。學員認為講師授課能力與表達技巧最好之課程為《輻射災害應變機制與第一線應變人員注意事項》，認同度為 97%(圖 6)。綜觀而言，今年度設計之課程內容，對於參與的學員都有直接的幫助。

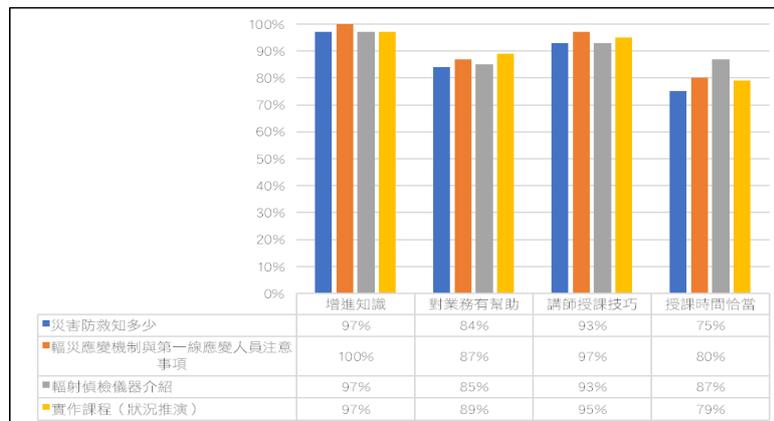


圖 6 北部場次課程學員認同百分比長條圖

2、中部場次

本分析項目以中部場當中的四堂課程相互比對，學員認為最能夠增進輻射災害防救知識之課程為《輻射防救知多少》、《輻射災害應變機制與第一線應變人員注意事項》、《實作課程(兵棋推演)》，認同度為 96%；其次為《輻射偵檢儀器種類與功能介紹》，認同度為 93%。學員認為對其業務最有幫助之課程為《輻射防救知多少》及《輻射災害應變機制與第一線應變人員注意事項》，認同度為 96%，推測可能是因為學員屬性多為警消等第一線人員應便人員之緣故。學員認為 4 堂課程之講師授課能力與表達技巧良好，認同度為 96%(圖 7)。

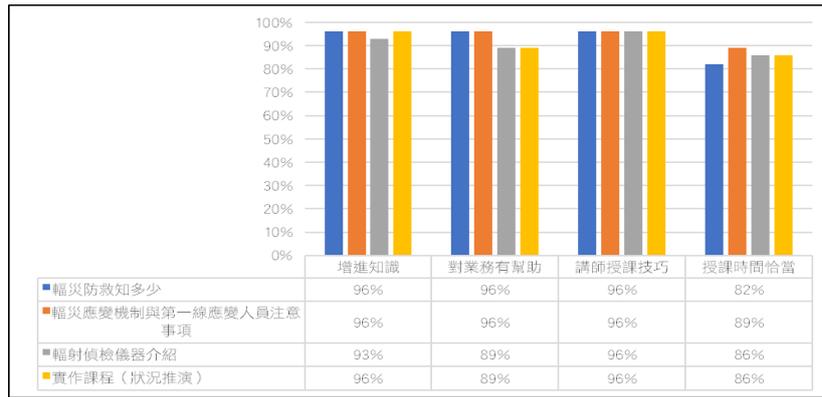


圖 7 中部場次課程學員認同百分比長條圖

3、南部場次

本分析項目以南部場當中的四堂課程相互比對，全部的學員一致認為《輻災防救知多少》最能夠增進輻射災害防救知識；90%的學員認為《實作課程(兵棋推演)》對其業務最有幫助；講師授課技巧與表達能力部分，《輻災防救知多少》的講師獲得全部學員一致認同(圖 8)。

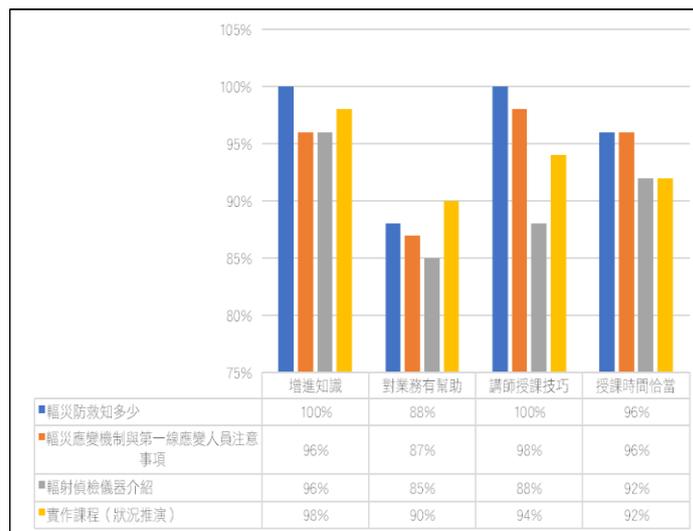


圖 8 南部場次課程學員認同百分比長條圖

4、東部場次

本分析項目以東部場當中的四堂課程相互比對，全部的學員一致認為《輻災防救知多少》及《輻射災害應變機制與第一線應變人員注意事項》能夠增進輻射災害防救知識；87%的學員表示《實作課程(兵棋推演)》對其業務有所幫助；《輻災防救知多少》的講師獲得全部學員一致認為授課技巧良好(圖 9)。



圖 9 東部場次課程學員認同百分比長條圖

4.4 資料庫更新與維護

本研究針對 106 年 12 月至 107 年 10 月期間與日本有關輻射災害復原行動、程序或對策、核電廠除役等，及日本福島輻射事故後災後復原重建、除污、避難、返還家園等相關資料持續蒐集與翻譯，共分成 13 項分類，除「日本防救災法令列表與內容」、「日本防救災相關單位」、「日本福島事件演進時序」、「我國輻災相關人員法令」及「我國輻災應變人員專區」等 5 項未有新增資料外，其於「日本福島事件-除污」、「日本福島事件-返鄉現況」、「日本福島事件-災害報告」、「日本福島事件-賠償」、「日本福島事件-災民安置收容」、「日本福島事件-返鄉相關法令」、「福島第一核電廠」及「其他」等 8 項，共計蒐集的原文資料與翻譯資料 467 筆。資料庫長期蒐集、彙整與翻譯有關日本福島核子事故相關資料、我國與日本法令內容，更計劃納入我國輻射災害應變課程資料，資料十分豐富。為此，本資料庫以搜尋引擎的形式呈現，查詢資料的方式分成「關鍵字」及「類別」兩種。搜尋後的成果，第 1 至 4 項分類將以視窗的方式供使用者線上瀏覽，第 5 至 13 項分類則以 PDF 或 WORD 檔案的型式供使用者下載瀏覽。

五、結論

本研究長期與日本地方政府、學界、業界、醫學界連繫，蒐集日本有關311福島核子事故後復原情形，更進一步掌握日方針對本次災害所調整與建立之更健全的整備與應變計畫。雖然輻射災害發生的機率非常低，但日本參考國際上具權威性的研究組織，及國內專家的建議，以完整的計畫及訓練，組成具備豐富專業知識的第一線應變人員。平時，設備與裝備均有定期維護、保養；所受的複習訓練、演練等工作相當確實，災時，才能夠將傷害降到最低。省思我國的災害應變體系，制度上仍有精進空間，希望未來能夠將輻射災害的緊急應變作為，深耕與落實到第一線應變人員的訓練上；此外，更希望地方縣市政府能與中央單位作串聯，強化輻射災害的應變對策。

參考文獻

1. 中央通訊社(2018)，印尼阿貢火山再噴發 方圓 6 公里列禁區。取自 <http://www.cna.com.tw/news/aopl/201801150067-1.aspx>。瀏覽日期：2018.05.01

2. 中央廣播電台新聞網(2018)，峇里島火山警示級別降 被疏散者可返家。取自 <https://news.rti.org.tw/news/view/id/395027>。瀏覽日期：2018.05.01
3. 日本經濟產業省(2016)，核能災害之福島復興加速基本方針。取自 http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/pdf/2016/1220_01.pdf
4. 日本復興廳(2018)，東日本大震災的復興道路與展望。取自 http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/2018.01_michinori.pdf
5. 日本經濟產業省官方網站(2018)，友誼通訊第 89 號。取自 http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu.html#info_fureai_letter
6. 日本復興廳(2018)，復興現狀與課題。取自 http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/2018.04_genjoutokadai.pdf
7. 日本原子力災害當地對策本部、原釜有受害者生活支援團隊(2017)，「臨時進入避難指示區域的實施基準」及「避難指示區域內的活動」的修正。取自 <http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/hinanshiji/2017/pdf/0519a.pdf>
8. 日本經濟產業省(2017)，臨時進入返還困難區域的實施基準。取自 <http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/hinanshiji/2017/pdf/0519b.pdf>
9. 日本環境省(2018)，中央的除污進展狀況地圖(2018 年 4 月 7 日)。取自 http://josen.env.go.jp/material/pdf/josen_gareki_progress_201803.pdf
10. 日本環境省官方網站(2018)，<http://josen.env.go.jp/zone/index.html>
11. 日本東京電力控股公司(2017)，福島第一核電廠的除役措施等中長期預定計畫。取自 <http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/20171003.pdf>
12. 日本原子力產業協會(2018)，福島第一核電廠 3 號機組因出現問題執行安全檢驗而預計明年初取出用過燃料。取自 <http://www.jaif.or.jp/181001-1>
13. 行政院原子能委員會(2006)，輻射彈民眾防護手冊。新北市：行政院原子能委員會。
14. 美國 BBC 中文網(2017)，從照片可斷定印尼阿貢火山內部哪些狀況？取自 <http://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-42149032>。瀏覽日期：2018.05.01
15. BBC (2017, Sep 25). Bali volcano: 'Thousands evacuated' from Mount Agung area [Online NEWS]. Retrieved from <http://www.bbc.com/news/world-asia-41382990>
16. Centers for Disease Control and Prevention. (2018). What to Do During a Radiation Emergency. Retrieved from <https://emergency.cdc.gov/radiation/getinside.asp>
17. Environmental Systems Research Institute, Inc. Indonesia (2017). *How Indonesia is responding to the Mt Agung eruption*. Retrieved from <https://govinsider.asia/smart-gov/indonesia-mt-agung-eruption-smart-map-disaster-response/>
18. The Jakarta Post (2017, Sep 20). BNPB prepared for Mount Agung eruption: Head [Online NEWS]. Retrieved from

<http://www.thejakartapost.com/news/2017/09/20/bnpb-prepared-for-mount-agung-erupti-on-head.html>

19. Voice of America. (2017). *Nearly 50,000 Evacuated From Area Surrounding Bali Volcano*. Retrieved from <https://reliefweb.int/report/indonesia/nearly-50000-evacuated-area-surrounding-bali-volcano>