

# 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<sup>1</sup>

Shyh-Yuan Maa (Sawyer Mars)

張馨心<sup>2</sup>

Hsin-Hsin Chang

<sup>1</sup>銘傳大學都市規劃與防災學系，副教授

<sup>2</sup>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，進一步探討臺灣現況；同時蒐集資料，模擬可能發生之輻射災害情境並提出應變相關建議指引。

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，2019 年開放民眾返回家鄉的地區包含福島縣大熊町(Okuma) 的大川原(Ogawara) 與中屋敷(Nakayashiki) 地區。日本政府重建硬體設備、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《輻射災害種類樣態與應變機制》、《輻射災害第一線應變人員注意事項》、《地方政府輻射災害防救業務規劃》及《實作課程-輻災情境推演》。災害應變人員透過這場課程，吸收輻射的知識，進一步了解發生輻射災害之後的應變作為，能夠有效保護自身與民眾的安全，有效降低災害衝擊。

透過本計畫，能夠提升災害應變人員之輻射災害應變知識，俾利臺灣的輻射災害防災能量日益提升。

**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 through overseas field trips and discussions. Gather information, and simulate possible radiation disaster scenarios and make emergency suggestions.

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 2019 includes

Okuma's Ogawara and Nakayashiki Cities. The Japanese government 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 "Types of Radiation Disasters and the Emergency Response Mechanism", "Radiation disaster and first responder's precautions", "Local Government Radiation Disaster Prevention and Rescue Business Plan" and "Exercise - Radiation Disasters 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、依據前項資料並分析我國情勢，模擬可能發生之輻射災害情境並提出應變相關建議指引；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；及針對我國之直轄市、縣(市)政府應變人員辦理輻災防救講習、針對輻射彈事件應變辦理輻射彈應變課程，聘請美國能源部國家核子保安局人員擔任講師，以精進我國輻射災害的整備應變作為，建立國家輻射災害防救的完整對策。

## 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、核電廠除役、輻射災害後復原與除污、日本災害防救志工之推動機制、運作模式與實際案例等四大部份。大型災害疏散部份，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；2018年喀拉喀托火山災害狀況與災情，及印尼政府後續之災害管理對策。除役方面，除了追蹤美國佛蒙特州洋基核電廠(Vermont Yankee Nuclear Power Station，以下簡稱VYNPS) 最新消息，也蒐集日本福島第一核電廠的除役新訊。輻射災害復原部份，2011年發生的日本福島輻射災害事件至今已8週年，目前復原進度著重於除污廢棄物的處理及2020年東京奧運的準備。

### 2.2 出國實地考察

研究團隊於108年7月7日至7月13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、輻射災害應變、大型運動賽事之輻射災害災前整備、疏散等相關議題進行更具深度的討論，進一步回饋於我國的輻射災害防救災能量。

### 2.3 問卷調查

4場次地方政府輻災防救講習及1場次輻射彈應變訓練，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。

## 三、文獻回顧

### 3.1 國際上有關重大輻射災害災時應變與災後復原案例與實務，及應採行之行動、程序或對策

#### (一) 印尼(Republik Indonesia)峇里阿貢火山(Mount Agung)災害狀況與災情

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。9月14日，感受到些微阿貢火山引發的地震及硫磺味道，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，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。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 6384M(20429FT)，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 12 萬人，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)，並準備緊急應變事件資金(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

11 月 27 日上午 6 時，印尼政府發布第 4 級警戒並擴大封鎖區。此時阿貢火山除了火山灰外，火山口隱約可見岩漿，情況十分危急。印尼政府決議將危險區域擴大至方圓 10 公里內，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。因火山灰已壟罩附近村落，政府人員配發數千個口罩給當地居民，也由安全人員試圖說服民眾離開家園，不排除可能會強制撤離；而峇里島的救難人員及救難中心持續待命。

## (二) 政府與非政府組織之應變作為

在阿貢火山噴發之際，印尼政府不斷的向民眾宣導遠離封鎖區域，並與警察、軍隊、交通單位協調協助民眾疏散撤離，沒有利用政府提供的交通工具的民眾，以步行、自行車、機車、汽車或卡車等自己的交通工具前往避難處所。巴厘島首都登巴薩(Denpasar) 的機場安排公車及火車，準備在火山爆發之時將旅客載送到其他鄰近的省份；學校互助系統(Brother school system) 開始運行，擁有機車的學生從緊急避難所中接送另一名學生。非政府組織亦提供支援與協助，印尼紅十字會(PMI) 巴里分會於 2017 年 9 月 18 日開始啟動與運作，此時印尼當局將警戒級別提升到最高狀態；隨著狀況越來越緊急，印尼政府不排除會強制撤離民眾。PMI 在印尼九個區和 Tanah Ampo

指揮所佈署 140 至 170 名志工，協助撤離與安置等後續行動。

### (三) 喀拉喀托火山災害狀況與災情

2018 年 12 月 23 日印尼時間 21:30 左右，巽他海峽(Sunda Strait) 火山活動引發海嘯，襲擊了幾個熱門的旅遊景點，包括爪哇島西部的 Tanjung Lesung 海灘度假勝地。熱門旅遊區 Pandeglang 位於爪哇島上，超過 160 人遇難，蘇門答臘楠榜省南部有 48 人死亡，蘇門答臘的西朗地區和唐加姆也有人死亡。火山西南方偏西側的部份，在火山爆發時發生坍塌(山體滑坡)，岩塵進入大海，向四面八方推波，海水大規模的位移因此造成海嘯。海嘯發生前夕，印尼相關單位認為是潮汐浪潮，並未即時的向民眾發布緊急避難通知；其次，海嘯警告浮標(Tsunami warning buoys) 所設置的範圍非常接近受影響的海岸線，因此並沒有太多的時間進行警告與應變。由於印尼政府錯誤的判斷造成太慢發布海嘯警告，隔天(週日) 民眾更加的焦慮，民眾爭先恐後的到達避難所後引起了恐慌，民眾對政府的不信任感提昇。

### (四) 後續之災害管理對策

印尼政府除了硬體的改善與強化外，希望將防災概念落實於人民，以學校教育引導家庭教育、孩童引導家長等方式，提升印尼民眾的防救災能量。2019 年 8 月 30 日印尼災害安全教育局(Satuan Pendidikan Aman Bencana, SPAB) 針對易致災地區的家庭推動抗災家庭計畫，當災害來臨時家庭成員能夠自救，降低人命傷亡。每年至少進行 1 至 2 次演練，模擬晚上發生災害、電力中斷、手機通訊中斷時等不同的狀況之應變。如同美國、日本、及我國的防災教育作法，印尼 SPAB 希望為災害前線團體的參與者提供防災教育，以便瞭解災害知識並將這些知識傳播給他們的家庭。2019 年 9 月 6 日，共有 42 名童子軍、2 名應變總署代表及 Disdikpora 成員參加訓練活動，內容包含校園環境風險辨識與災害認識、向外傳遞災害訊息模擬遊戲等。

## 3.2 國際上有關核能電廠除役之應變與基金等相關規定最新情況

美國佛蒙特州洋基核電廠(Vermont Yankee Nuclear Power Station，簡稱 VYNPS 或 ENVY) 經歷了營運許可到期、延長許可執照等過程，最終於 2014 年 12 月 29 日關閉運作，2016 年 11 月 8 日宣布，VYNPS 的營運公司安特吉(Entergy) 公司欲將 VYNPS 出售給紐約北極星服務集團(New York-based NorthStar Group Services)，同時也取得美國核能管理委員會(Nuclear Regulatory Commission, NRC) 的批准，目前持續進行除役後的工作。美國核能管理委員會(Nuclear Regulatory Commission, NRC) 在審查 VYNPS 交易的財務狀況時表示，VYNPS 的信託帳戶將因為北極星服務集團的貢獻增加到 5,500 萬美元。另外也考慮母公司支持協議 1.4 億美元的可用性，其意味著這會是 VYNPS 備用除役資金。NRC 支持北極星服務集團的「循環信貸」計畫，該計畫中只有 2 千萬美元的 VYNPS 除役信託基金將用於核廢料管理。根據這次審查，北極星服務集團已經獲得必要的資金來支付 VYNPS 除役費用及其獨立使用後之燃料貯存裝置的估計費用。而未經 NRC 事先同意，北極星服務集團不得採取任何措施取消或修改為 VYNPS 除役項目提供的 1.4 億美元的母公司支持協議。

### 3.3 福島事故後，日本復原與復興之規劃管理與最新近況

#### (一) 核電廠除役

國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA) 於 2019 年 1 月 31 日公布 2018 年 11 月福島第一核電廠除役措施行動實施第 4 次同儕審查的最終報告書，指出福島第一核電廠從緊急狀況已大幅走向穩定狀態，並詳細提出 17 種領域的評估事項與 21 條建議內容。福島第一核電廠的除役措施與中長期預定計畫，IAEA 於 2013 年與 2015 年分別實施 2 次與 1 次的任務，第 4 次審查團隊也針對 2015 年後的進展、水對策、用過燃料與燃料殘渣的取出、輻射廢棄物管理、制度與組織上的課題等，審查廠區現狀與未來計畫。審查結束後的總結報告書草案中指出「除役計畫整體活動是否能夠持續，水的管理非常重要」。日本政府與相關人士合作，決議水(含氫等其他殘留放射性核種) 的處理方法為當前迫切課題。

福島第一核電廠於 2019 年 10 月 1 日起導入水壓汽缸及彈簧驅動的靈活結構手臂「肌肉機器人」，去除障礙物以處理 3 號機汽輪機廠房的滯留水。2020 年內預計完成處理廠房內滯留水，因此汲水幫浦設置的位置必須低於廠房地下室的地板，3 號機廠房內測試運用開發中的靈活結構手臂，福島第一核電廠實施遠端技術去除既有幫浦等障礙，以設置新幫浦。靈活結構手臂由日立 GE 核能及中外技術共同開發，因此具備無須使用電子零件下以水壓汽缸及彈簧驅動，可在高輻射狀態下運作、高耐衝擊性、運作流體為水，就算破損也不會影響滯留水的水質等優點。今後人類無法接近的場所的作業會逐漸增加，因此遠端操作技術的運用將會變得非常重要。

#### (二) 避難者人數

311 東日本大地震已過 8 年，各都道府縣仍有許多來自福島縣、宮城縣、岩手縣等受災地區的民眾還在避難，分別棲身於公營、緊急臨時住宅、租屋、親友住宅、醫院等地點。統計到 2019 年 9 月 6 日之日本各都道府縣的避難者人數；由(表 1) 顯示，全日本的避難人數共計約 5 萬，棲身於公營、緊急臨時住宅、租屋等處的避難者，以關東地區為最多數，共計 10,895 人；而居住於親友住宅的避難者，則以東北三縣合計為最多，共計 11,246 人。東北 3 縣的避難者人數，相較於 8 月時期的統計，已經有 261 人離開公營、緊急臨時住宅、租屋、親友住宅、醫院等地，為全日本之冠；其他地區離開上述地點的人數為 38 人以下，顯示東北地區的避難者還是有較大的返鄉意願。

表 1 各都道府縣的避難者人數(2019 年 9 月 6 日)

單位：人數、地方數

都道府縣	設施別			合計		避難者所在市町村數	
	A 住宅等 (公營、緊急臨時住宅、租屋)	B 親友住宅	C 醫院等	合計	與前次差異		
北海道	1,034	450	7	1,491	(-8)	62	
東北	岩手縣	1,376	830	5	2,211	(-105)	25 <sup>註1</sup>
	宮城縣	170	1,264	6	1,440	(-58)	29 <sup>註1</sup>
	福島縣	3,803	7,109 <sup>註2</sup>	—	10,912	(-70)	36 <sup>註1</sup>
	上述 3 縣以外的縣	2,961	2,043	28	5,032	(-28)	88
	合計	8,310	11,246	39	19,595	(-261)	178
關東	10,895	9,895	167	20,957	(-38)	346	
東海北陸	1,337	370	2	1,709	(0)	93	
近畿	1,253	1,130	3	2,386	(-1)	100	
中國	886	555	3	1,444	(-20)	50	
四國	178	62	0	240	(0)	32	
九州與沖繩	1,327	468	2	1,797	(-6)	126	
合計	25,220(-301)	24,176(-31)	223(-2)	49,619	(-334)	987(-2)	

註 1：除該欄位數值外，仍有其他市町村可能存在避難者。

註 2：福島縣的 B 欄包含親友住宅、設施、醫院、縣內非租借住宅、公司住宅內的避難人數。

註 3：表格內的括號即與上次(2019 年 8 月 9 日)相較後的增減數目。

註 4：所有避難者中來自福島縣、宮城縣、岩手縣的人數分別為 31,287 人、4,043 人及 986 人。

註 5：緊急臨時住宅即依災害救助法規定所提供的建設型臨時住宅、租借型臨時住宅；其他的租賃住宅即民間租賃住宅、公營住宅等。

資料來源：日本復興廳，2019

### (三) 賠償狀況

根據日本東電所提供的最新資料(表 2)，至 2019 年 10 月 25 日為止，確定賠償之案件計有：個人 110 萬 5 千件；個人在自行避難的過程中因受損害而獲賠償的案件 130 萬 8 千件；公司或自營商有 50 萬 2 千件。確定賠償之金額，個人申請的部份，約為 3 兆 1,528 億日元；個人在自行避難過程中受損獲賠的部份約為 3,537 億日元；公司或自營商所申請的部份，則約為 5 兆 5,606 億日元。總計已確定賠償之部份約 9 兆 9,671 億日元，臨時支付之救濟金則有約 1,529 億日元，目前日本核子損害賠償支出總額約 9



兆 2,201 億日元。從長期來看，參考自 2018 年 10 月至 2019 年 9 月之賠償支付金額累積趨勢(圖 1)，顯示臨時補償金及個人(不含自願性避難)之賠償金已經沒有增加的趨勢，而法人、企業、自願性避難之補償金則有小幅度緩慢增加的現象，顯示日本目前仍有少部分受到福島核災影響的個人及公司的賠償申請。

表 2 日本福島核災賠償統計

	個人	個人(自願性避難相關損害)	公司或自營商等
<b>申請</b>			
申請書的接受件數(累計)	約 1,105,000 件	約 1,308,000 件	約 502,000 件
<b>正式賠償情況</b>			
正式賠償件數(累計)	約 987,000 件	約 1,295,000 件	約 433,000 件
正式賠償金額*	3 兆 1,528 億日元	約 3,537 億日元	約 5 兆 5,606 億日元
<b>目前為止的支付金額</b>			
正式賠償金額*	約 9 兆 9,671 億日元		①
臨時支付款(救濟金)	約 1,529 億日元		②
支付總金額	約 9 兆 2,201 億日元		①+②

\*不包含臨時支付款(救濟金)充當正式賠償的金額

註：統計至 2019 年 10 月 25 日為止

資料來源：日本東京電力控股公司，2019



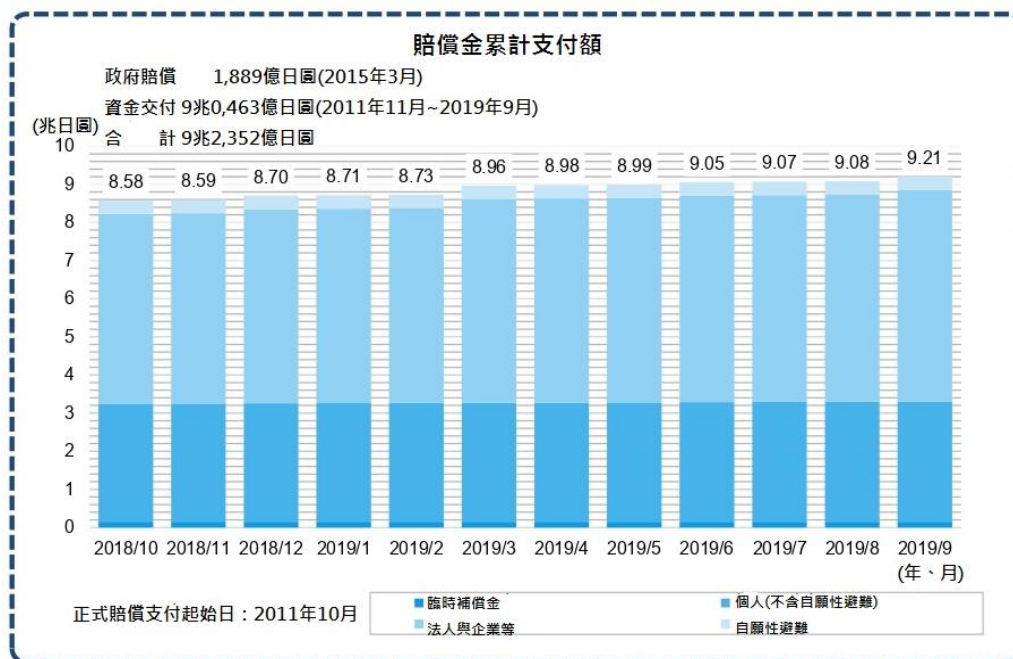


圖 1 2018 年 10 月至 2019 年 9 月福島核災賠償支付金額累積趨勢

資料來源：日本東京電力控股公司，2019

#### (四) 環境復原與經濟復甦

原子力災害對策本部於 2019 年 4 月 10 日決定解除福島縣大熊町內被設定為居住限制區域與避難指示解除準備區域(大川原與中屋敷地區)(圖 2)。大熊町緊鄰福島第一核電廠，因此在災害的核心區域已經開放民眾返鄉，實為重建之路的重大進展。本次解除避難指示佔大熊町全面積 38%，3 月底的居民數為 138 戶 367 人，解除避難指示之大川原地區已完成町役場新辦公大樓的整備，5 月 7 日開始辦公。

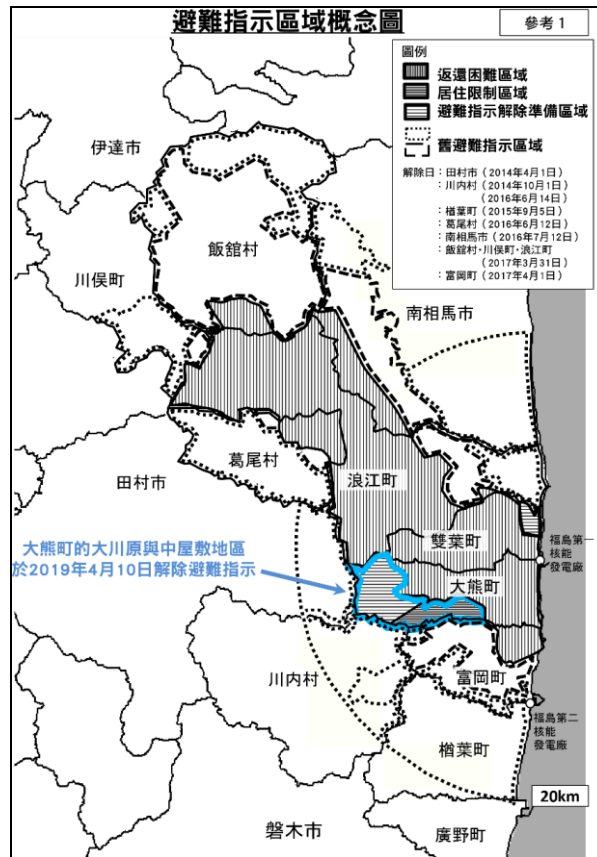


圖 2 避難指示區域概念圖

註：本資料公告後，日本環境省後續沒有更新

資料來源：日本環境省，2019

福島縣復興計畫之一的創新海岸構想計畫，於2019年2月3日磐岩市舉行「第3次福島創新海岸構想」，約320人參加，研討會上邀請參與創新海岸構想的當地企業、專家進行談話會議，例如針對濱通地區大規模導入風力發電，介紹企業於磐岩市已開發低風速風車塔等行動、集結世界機器人技術之「世界機器人挑戰2018」中取得優勝的會津大學及參加「第3次除役創造機器人大會」的3位福島高專學生在比賽中的情況與機器人。福島創新海岸機構與福島縣教育委員會在濱通地區等縣立9所高中實施聯合地區企業與大學的教育計畫，以培育「農水產業與工業人才」。平工業高中的40位學生於6月18日參觀了除役機器人研究及支援開發的楢葉遠端技術中心。除此之外，震災之後，濱通地區為瞭解決地區問題，已聯合市町村共同進行縣內外大學的研究活動，該機構以復興支援事業身份於今年度已支援25件(18所大學)行動。6月29日以「實現濱通地區的知識累積」為主題，18所大學49位教師共同舉行工作坊，以強化大學間合作的機會。諸如此類的福島創新海岸機構擔任創新海岸構想並採取人才培育行動正慢慢的推動，創新海岸構想計畫已經一步步的實現。

## 四、研究成果

### 4.1 出國實地考察與研討

福島大學美麗福島未來支援中心、環境再生 PLAZA、福島縣立醫科大學等單位，

長期協助日本災區復原、災民的健康管理與健康研究，因此本研究與其進行防災志工、福島復興進度與成效、災民健康議題之探討與交流；其次，針對 106 年、107 年已曾訪問的市町村，包含飯館村、南相馬市等，進行復興追蹤；受災嚴重或未曾訪問的市町村，例如大熊町、川俣町等，則前往瞭解與訪問實際的復興情況。另外，2020 年東京奧運在即，日本政府除了針對賽事進行相關的規劃之外，有關安全議題的部份，也是外界關注的重點之一，因此本研究亦針對輻射恐怖攻擊、大型群聚活動疏散規劃等議題與日本奧運委員會進行深入的考察與交流。

### （一） 福島縣立醫科大學

福島縣立醫科大學附設醫院除了是在 2011 年東日本大地震後，福島縣應對地震海嘯核災傷患的救治傷患的主力之外，更於災後由日本政府援助成立「福島國際醫療科學中心」，並持續支援福島縣政府進行縣民的健康調查，及支援雙葉地區成立「雙葉醫療中心附屬醫院」。

本年度的訪查重點為福島縣民眾健康統計與狀況、2019 年 1 月 14 至 15 日所舉行的「更好的復興～從世界到福島、從福島到世界～」國際研討會資訊。福島縣立醫科大學放射醫學縣民健康管理中心於 2019 年 1 月 14 至 15 日主辦之「更好的復興～從世界到福島、從福島到世界～」國際研討會，福島縣、世界衛生組織、廣島大學、長崎大學、福島大學、公立大學法人會津大學等單位聯合協辦，由醫學、心理、生活、復興等角度探討福島縣民目前的實際情況與未來發展。內容眾多，以下截錄 1 篇摘要。

福島縣立醫科大學的神谷研二副校長、同時也是該大學放射醫學縣民健康管理中心的中心長探討「福島縣縣民健康調查的現況與課題」。福島核子事故後，福島縣政府委託福島縣立醫科大學實施縣民的健康調查。調查的目的是縣民的輻射劑量率及健康狀況之掌握、疾病的預防與早期發現、即早治療有著密切的關係，並能夠維護和改善縣民的健康。這項調查包含體外曝露劑量的基本調查和瞭解健康狀況的詳細調查，包含甲狀腺檢查、健康檢查、心理健康和生活方式調查及孕產婦調查。在基礎的調查當中，估計事故發生後 4 個月的體外曝露人數為 46 萬人以上，其中 99.8% 的居民低於 5 mSv。事故發生 3 年後進行第 1 次的甲狀腺檢查，發現了 116 例疑似甲狀腺癌/癌症，檢討委員會根據低輻射曝露率及年齡的分布情況，判定為「不太可能是輻射造成」。目前正在進行第 2 次(事故發生後 4 至 5 年) 輻射對甲狀腺癌的影響評估。另一方面，檢討委員會正在根據甲狀腺檢查結果的利弊及道德觀點，檢討甲狀腺檢查的未來方向。

### （二） 福島大學美麗福島未來支援中心

福島大學美麗福島未來支援中心的天野和彥教授在 311 核災發生、避難處所開設後，進駐避難處所協助營運與管理；透過長時間與災民的相處、管理避難處所，天野教授彙整了管理上的困難與問題，基於「避難處所的問題沒有最佳解答」的基礎上，進一步與其他管理者共同研擬對策，最後利用實際案例產出了避難處所的營運訓練教材，在日本各地進行推廣。天野教授認為避難處所最重要的使命是保護生命，其次則要建構人與人的連繫機制。在這樣的前提下，彙整出避難處所營運的 5 大要點：

1. 傾聽災民心聲並改善生活環境(心聲有大有小)

2. 確實掌握災民生活的實際狀況與課題(時間經過會造成需求改變)
3. 建立災民與支援人士能夠交流的場所(主體是災民)
4. 活用地區專業機構或團體的網絡，促進問題的解決(將重點放在「如何解決」)
5. 建立災民共同參與的自治組織(避難生活是生活重建的第一步)

### (三) 環境省東北地方環境事務所

為了重振東北地區的復興，吸引更多人探訪及瞭解東北地區的美好，根據三陸地區的復興規劃，環境省聯合沿線地方政府、相關團體，開闢了相連東北沿海各地的天然步道，自青森縣、岩手縣、福島縣與宮城縣共4縣28市町村、長達1千公里，為世界第一例於受災地區建造的沿海步道，取名為「陸奧(michinoku)沿海步道」。沿線地方政府以災害復原、居民生活重建為首，役場負責人士、當地觀光協會、NPO 團體協助建造步道，當作地區復興再生的一環。步道路徑區域全線開通三陸鐵道、推展地質公園、設定震災以來的道路等中央、縣及當地的行動，期盼透過青森、岩手、宮城、福島各縣、三陸鐵道等其他交通機關、經濟團體等各相關人士的合作，推動步道的運用。陸奧沿海步道於2019年6月9日全線開通，為了活絡地方發展，5月即開始舉辦暖場活動，到2020年3月為止，每個月在沿海縣市的市町村，已規劃有趣且豐富的活動。

### (四) 環境再生 PLAZA

環境再生 PLAZA 的前身為負責除污資訊公開的「除污情報 PLAZA」，除污工作暫告一段落後，事務所的名稱改為「環境再生 PLAZA」。日本政府從2012年開始進行除污，當時因除污而避難的人數約8萬人，現今除污完成的地區約5萬6千人(圖3深綠色部份)，仍為返還困難區(灰色部份)則有2萬4千人。自2012年起至2017年3月除污完成，地方縣市政府可再針對特定的市町村提出除污要求及自行委託廠商除污，經費由環境省提供。除污後，住宅用地、農地、森林、道路等都能夠降低30%以上至60%以下的空間劑量率；另外，半衰期也會讓空間劑量率持續降低(圖4)。

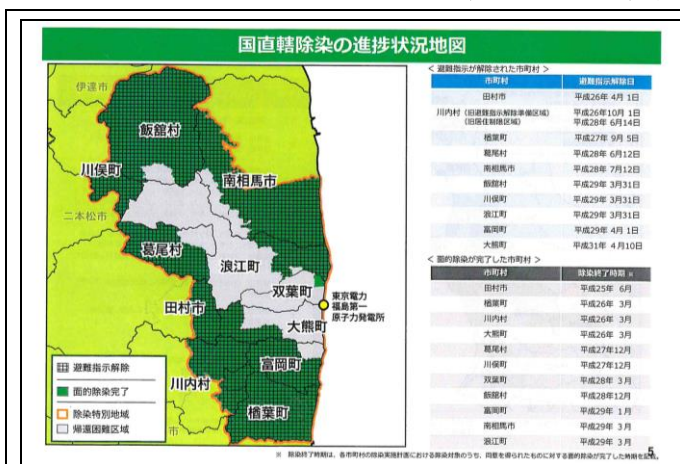


圖3 日本中央政府除污進展狀況地圖

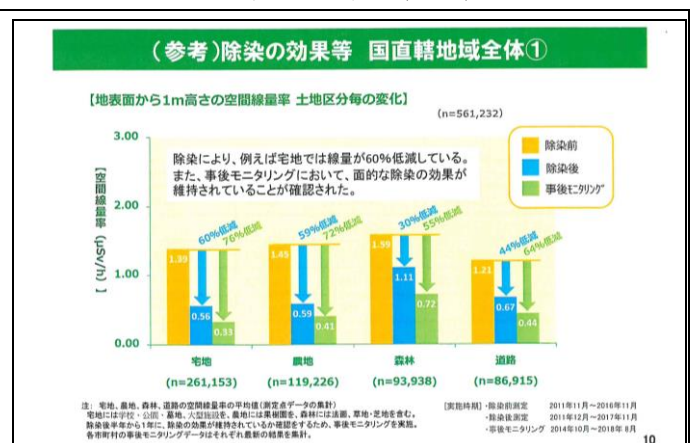


圖4 污染狀況重點調查地區的狀況

資料來源：環境再生 PLAZA，2019



(五) 福島縣川俣町役所原子力災害對策課

川俣町自 2011 年 4 月 22 日山木屋地區被劃設為避難區後，因為輻射災害的中長期影響，需要有一個專門單位介入進行橫向的溝通、協調與聯繫，以協助受災地區的復興、再生、居民的居住安全等，而成立了專門處理核災事件的「原子力災害對策課」。山木屋地區在避難前(2011.3.11) 前有註冊戶籍者為 1259 人、364 戶；311 後因死亡及戶籍遷走而人數銳減，2019 年 7 月 1 日統計為 364 人(28.9%)、159 戶(43.7%)；實際的居住人數為 796 人(45.7%)、289 戶(55%)。除了與南相馬市及其他普遍的鄉村地區相同有返鄉者多為老年人、人口老化的問題外，災前多為 3 至 4 代同堂的現象，現在也轉變為青壯年獨立門戶、老年人獨居的情況，更衍生出老年人無人照顧等問題；因此，役所協調企業提供隨身緊急鈴，確保老年人的救護需要。

(六) 福島縣南相馬市役所

2016 年 7 月 12 日南相馬市解除避難指示，2017 年 11 月由南相馬市負責除污的部份也已完成，市役所員工實際配戴個人劑量計，量測其間為 2017 年 5 月 29 日至 6 月 11 日(2 週)，比對廣島縣福山市、岐阜縣多治見市及富山縣南砺市的市役所員工配戴個人劑量計數據，發現南相馬市的空間劑量率與其他三個縣市並無顯著差異(圖 5)。自解除避難指示以來，2017 年 3 月 31 日至 2019 年 3 月 31 日，南相馬市的居民登記人口逐年降低，而居住人口卻逐年提升；其中小高區的居住人口有大幅增加的情況(圖 6)。南相馬市的產業有第一級至第三級產業，第一級部份，2018 年已經恢復 1,421 公頃(52.2%) 的耕種面積，預計於 2019 年再完成 106 公頃(3.9%) 的耕種面積。第二、三級產業部份，舊有的避難指示區域外，製造業與商店運用政府的補助款已大致恢復營運；而恢復營運的公司，由於難以確實掌握從業人員的工作情況及商圈消失等因素，經營環境十分嚴峻。舊有的避難指示區域內，製造業已逐漸復工，小高區的商店也漸漸恢復營業。

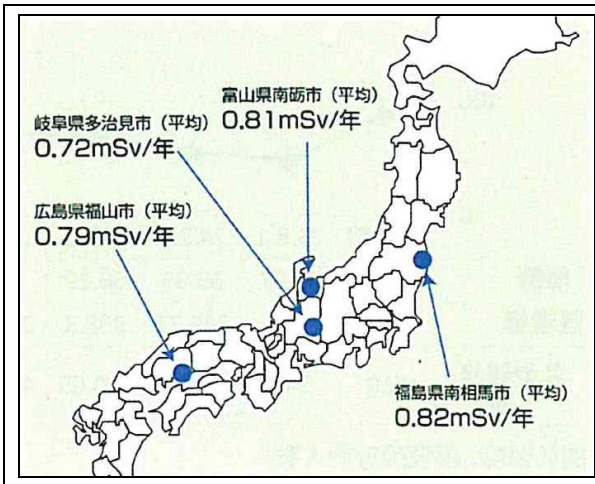


圖 5 南相馬市與其他三市之個人劑量率數據

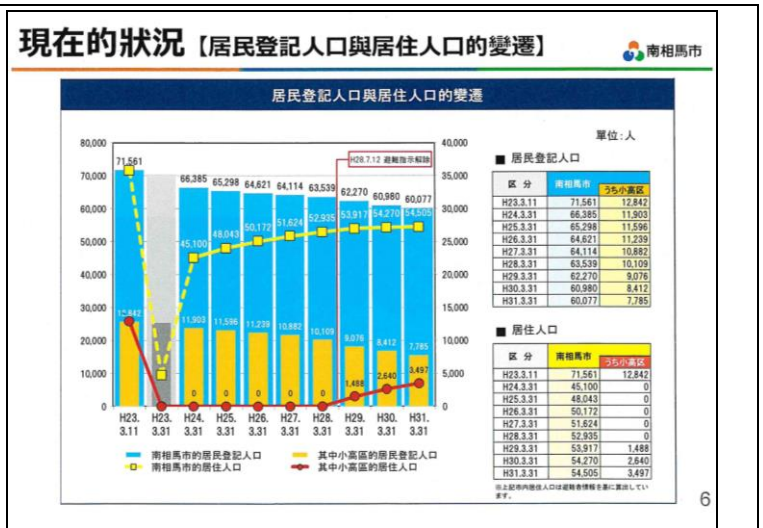


圖 6 南相馬市登記與居住人口變化圖

資料來源：南相馬市役所，2019

### (七) 中期儲存施工情報中心

中期儲存設施的設置，是為了將除污後、目前暫時存放於各地的臨時儲存設施之土壤，全部遷移到此地存放 30 年的一個中期處所，從 2017 年 10 月 28 日開始啟用，而中期儲存施工情報中心則對外展示內部的空間配置與運作內容。參考(圖 7) 的中期儲存設施業務流程、除污土壤處理程序，從臨時儲存場裝載的土壤，會先量測 1 次劑量率，運送的途中全程由中控中心監測與定位，抵達中期儲存設施後，再量測 1 次劑量率，由吊掛車將一包包的除污土壤卸下，再利用輸送帶、破袋機將外包裝破壞，讓土壤外露；以上整個過程會在有屋頂的場所進行。取出的除污土壤，繼續由輸送帶運送，進行第 1 次的篩選，將過濾出比較大的可燃物與石頭；接著進行 2 次篩選，過濾出土壤以外的細小石頭、草木、根葉等；以上的過程將在建築物內進行。可燃物將運送到減容化設施(焚化廠) 焚燒再儲存於廢棄物儲藏設施，除污土壤則運送到土壤儲存設施堆置。

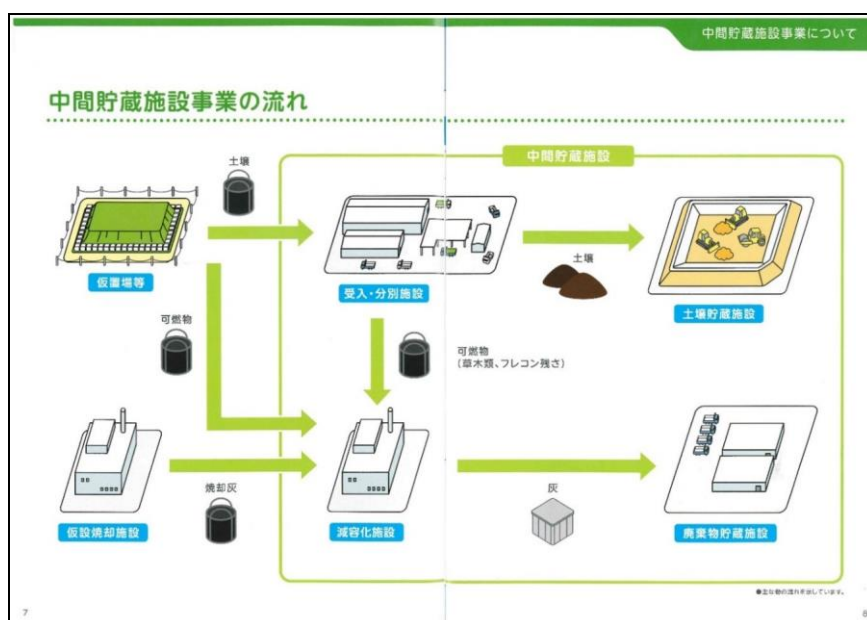


圖 7 中期儲存設施業務流程圖

資料來源：中期儲存施工情報中心，2019

### (八) 福島縣大熊町役場

311 發生後，大熊町第一時間接獲疏散命令，舊有的大熊町役場無法繼續使用，依據役場內單位的不同，分別移往町外的會津若松、磐城、中通等地區辦公；而大熊町的新役場正式於今年 4 月下旬啟用，相較於其他市町村的役場，考量輻射災害的風險較高，規劃了另一棟沒有對外窗戶、具備充足物資、獨立的空氣淨化系統、水資源過濾系統、放射線檢查室等專業設備的抗震建築物設為輻射災害緊急應變中心。大川原地區復興據點，以大熊町役場為生活圈中心，向外建造與規劃超市、商店、住宿、民眾住宅、溫泉設施、居民福利中心、診所、社福機構事務所、公園、廣場等，希望將硬體設備規劃完善，吸引民眾返鄉。目前約有 66 位民眾居住於此，0 至 59 歲有 52 人、60 歲以上有 14 人；另外東電員工也有 600 多人因工作需要居住於此，總計居住

於大熊町的人數約有 700 多人。

### （九） 東京都消防廳第 3 消防救助機動部隊

東京都內 NBC 災害專門部隊，包含第 3 和第 9 消防救助機動部隊。除了一般的消防火災應變外，兩部隊隊員皆受過核生化的應變訓練，311 災害發生時，第 3 部隊接獲命令，前往福島第一電廠，主要的任務為協助吸引海水灌溉反應爐，讓反應爐冷卻。本次主要參觀第 3 部隊化學災害及輻射災害的演練過程。首先，演練的情境為化學管線破裂、有人員受傷倒臥；消防員著配有空氣呼吸器及能夠隔絕有毒液、氣體的防護衣，靠近受傷人員，確認意識後將其抬離危險區域後，再將危險區域封鎖，以長條毯狀物及束帶將管線破裂處封閉，毯狀物充氣後，立即變得飽滿，能夠確實的將破裂處堵住。此外，滲出的化學液體則採用吸水材質墊片覆蓋，避免人員觸碰及液體擴散。第二項演練情境，為使用除污車協助沾附化學液體的傷患沖洗，做簡易處理。消防員著較為輕便的毒化物防護衣，首先將躺在擔架上的傷患，以剪刀剪去身上的衣物；以試紙確認傷患沾染的化學液體的酸鹼度，接著用蓮蓬頭正反面的沖洗病患全身，沖洗完畢後，再次以試紙確認傷患身上的酸鹼度，然後將其以浴巾覆蓋、送醫。

### （十） 東京奧運委員會

針對 2020 年即將舉辦的東京奧運，東京奧運委員會(以下簡稱奧委會) 的危機管理部門擬定一項基礎的方針，內容如下：

1. 安全的進行奧運活動
2. 在預定的時間內完成所有活動
3. 維持社會對奧委會的信賴
4. 財政與營運正常
5. 參與奧運的選手與民眾都能獲得滿足

在基礎方針之下，奧委會所有部門共同找出與評估所有可能會發生的危機，包含營運中會發生的問題、財務問題、災害受傷的問題、策略問題等 4 類；其次，依照各分類下問題的大小、嚴重程度分類(風險矩陣排列)，以最有可能發生且嚴重程度最高的問題作為優先解決的順序，研擬對策。常見的災害類型為地震與海嘯、颱風、氣溫炎熱(中暑)、大雷雨、火山爆發等 5 類，以原因及所造成的結果進行初步的整理，討論各種情況發生的可能性與情境，進一步提出解決對策，建立一系列的整體規劃，危機管理部門還會監測其他部門有無實際落實上述的工作。

## 4.2 輻射災害情境模擬與建議指引

本指引以放射性物質意外事件為背景，以車禍事件為主題進行狀況想定，進一步模擬應變人員可能遭遇之各種情境，並依應變時序說明人員於災害發生初期數小時、輻防人員到場前，應如何進行危害辨識、管制區劃分、自我防護及事件應變處置，提供作業相關原則。架構可分為：前言、名詞解釋、情境想定：車禍狀況、各情境應變處置解析及附錄。

### 、 前言

說明與強調本手冊主要的用途、情境，及適用的對象。



## ▶ 第一章 名詞解釋

說明輻射災害、五類輻射災害之名詞解釋。

## ▶ 第二章 情境想定：車禍狀況

描述基本想定及三階段的細部情境，包含災害初期的狀況、現場有、無輻射偵檢儀器的情境狀況及輿論的情況設定、新聞發布重點等。

## ▶ 第三章 各情境應變處置解析

第三章部份依照災害時間序、事件處理的先後順序及狀況處置重點分為「識別輻射災害再通報相關單位」、「自我防護」、「儘可能取得輻射偵檢儀器」、「人命搶救為第一任務」、「劃設管制區域」、「現場有輻射偵檢儀器」、「現場沒有輻射偵檢儀器」等小節，納入第一線應變人員需特別留意的事項及可能遭遇的情況。

## ▶ 附錄

依照第一線應變人員於災害現場可能遭遇的情況，列出的附錄內容包含「應變人員與民眾常用問答」、「輻射災害現場人員紀錄表」、「污染管制檢核紀錄表」、「人員快速偵檢」及「除污程序」等。

### 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、桌上兵棋推演情境模擬實作及座談方式實施。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 辦理講習

講習分別於 108 年 6 月 11 日新北市(大坪林聯合開發大樓 15 樓國際會議廳)、6 月 14 日高雄市(高雄車站 NO.1 會議場地)、6 月 17 日臺中市(臺中市政府文心樓 801 會議室)、6 月 20 日花蓮縣(花蓮縣消防局 5 樓大禮堂) 辦理訓練課程。課程內容涵蓋跨部門緊急事件應變處理機制、輻射災害種類樣態與應變機制、輻射災害第一線應變人員注意事項、地方政府輻射災害防救業務規劃、實作課程(輻災情境推演) 等。

#### 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、性別及災防經歷比例三項：

##### 1、機關類別分析

各場次出席的機關皆以消防為最多，分別為北 40%、中 56%、南 32%、東 40%；北部及南部以其他類別列居第二，中部及東部以警政單位列居第二。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 4)。

## 2、性別分析

大部分參與的學員為男性，男性出席比例最高的場次為6月20日東部場，比例為90%；同時段女性出席比例最低為10%；男性出席比例最低場次為6月14日南部場，比例為73%(圖5)。

## 3、災防經歷分析

北部場次無災防經歷及災防經歷5年以上者，均為26%；中部場次無災防經歷為24%、5年以上者41%；南部場次無災防經歷為32%、5年以上者35%；東部場次無災防經歷為50%、5年以上者40%(圖6)。

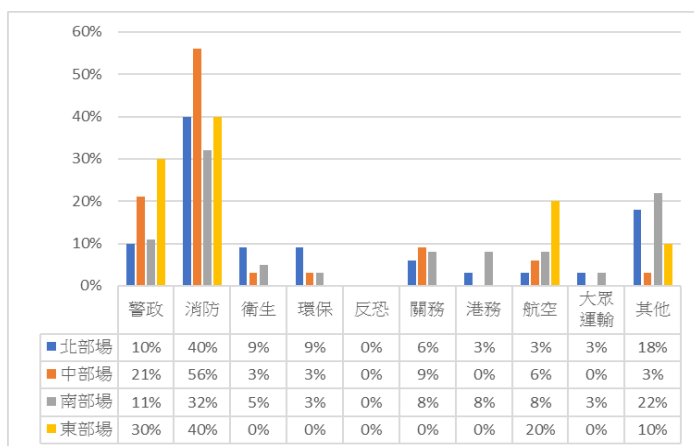


圖4 機關類別比例長條圖

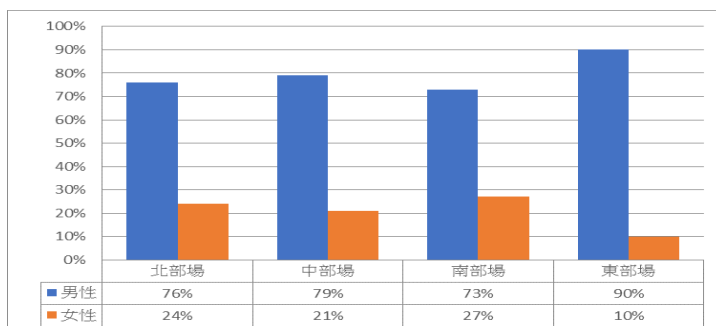


圖5 人員區分比例長條圖

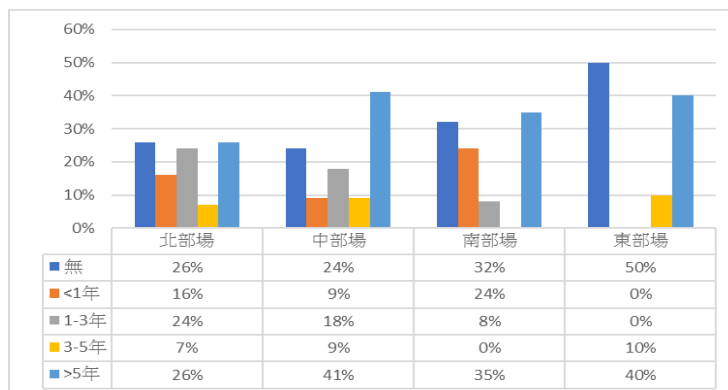


圖6 性別比例長條圖

## (二) 課程回饋分析

針對四場次課程學員進行課後問卷調查(圖 7)，在應變處置機制、第一線應變人員注意事項、輻災防救業務規劃及實作課程規劃學員回饋結果上皆高於 90%，確實增加整體學員之輻災防救知識並對其輻災防救工作業務上有所增益。

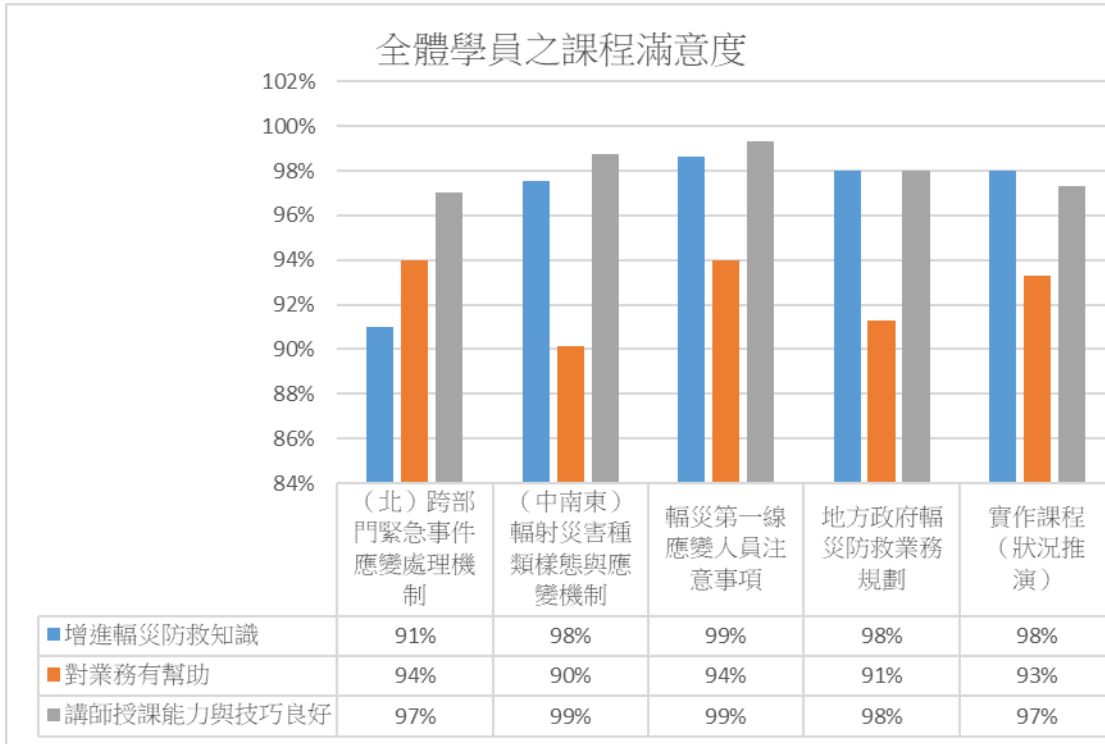


圖 7 課程內容與問項之認同百分比長條圖

### 4.4 輻射彈應變訓練

考量輻射彈事件性質特殊，其災後管理與應變具專業性，邀請美國能源部核子保安局來臺辦理輻射彈應變訓練，透過課堂講授與桌上演練(table-top exercise, TTX)，提升我國對輻射彈事件之瞭解。

#### 4.4.1 辦理訓練

辦理日期為 108 年 12 月 3 日至 5 日，共計 3 日，訓練第 1 天主要為課堂講授，提升學員對主題之認識並互相交流；訓練第 2 天以模擬輻射彈事件進行桌上兵棋演練；訓練第 3 天主要為活動檢討及未來規劃討論，旨在針對桌上演練的討論情形交換意見、檢視現有計畫、政策與流程是否有潛在缺失。

#### 4.4.2 訓練分析

##### (一) 個人基本資料分析

個人基本資料包含性別、年齡及負責領域 3 項。本次參與訓練的學員以男性居多，且第一線的背景為最多，年齡層則是以 30 至 49 歲者為最多(圖 8)。

## (二) 課程回饋分析

本次系列課程滿意度統計，達 92% 的學員認同課程內容對業務有幫助，96% 的學員同意課程難易度適中，92% 的學員認為課程時間長度安排妥當 (圖 9)。

## (三) 最受益課程統計分析

複選題「我認為最有幫助的課程」部分，總共 8 堂課程皆有人選填，其中普遍認為最有幫助之課程為「H：桌上演練」，共有 64%(16 人) 的認同比例。其次有幫助之課程為「B：輻射災害應變期間之公共訊息發布(NNSA)」及「F：輻射災害之緊急醫療救護。輻射災害傷患處置之政策與實務簡介(臺灣單位)」，共有 48%(12 人) 的認同比例。第三順位學員認為有幫助之課程為「C：美國聯邦調查局大規模毀滅性武器主題內容專家簡報(FBI)」，共有 44%(11 人) 的認同比例。

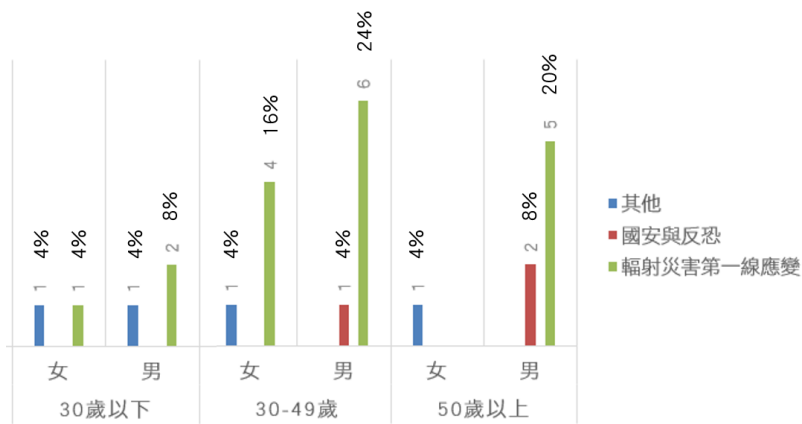


圖 8 個人基本資料分析長條圖

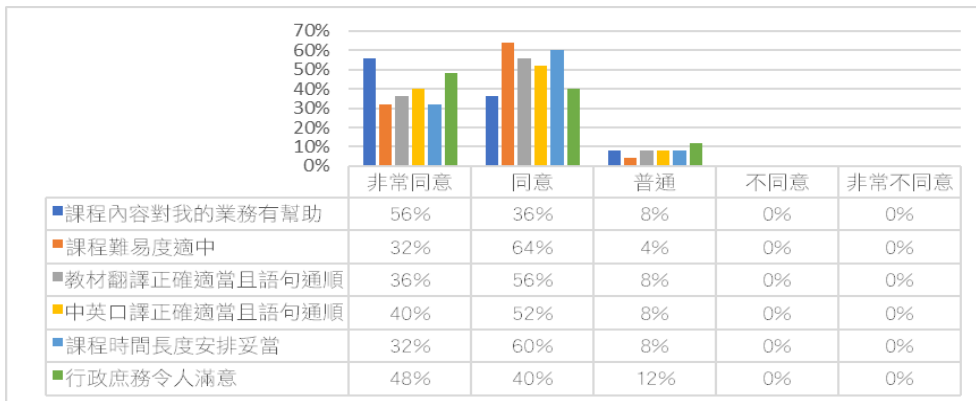


圖 9 各問項之認同百分比長條圖

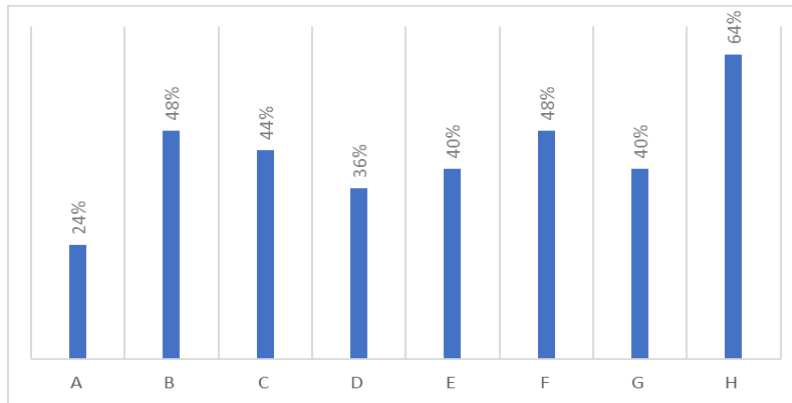


圖 10 最受益課程統計百分比長條圖

## 4.5 輻射災害第一線應變人員資源平台建置與維護

### 1、建立輻射災害第一線應變人員資源平台

為了利於直轄市、縣(市) 政府第一線應變人員瞭解我國針對輻射災害研擬之應變程序、相關法規等，於原能會官方網站建置輻射災害第一線應變人員資源平台(官網首頁>緊急應變>我該怎麼做>輻射災害第一線應變人員專區)，內容包含輻射災害第一線應變人員手冊、輻災應變教材、輻射災害應變常見問答集及輻災應變相關法規與計畫等 4 項，未來將持續新增與更新相關檔案。

### 2、福島事故後救災復原策略研究案知識庫

福島事故後救災復原策略研究案知識庫已持續運作多年，主要提供原能會內部查詢國內外輻射災害應變與復原等相關議題文件、報章雜誌、官方公開資料等，內容十分豐富多元。自 106 年，本研究團隊將上千筆資料依照主題分類，包含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、除污、返鄉現況、災害報告、賠償、災民安置收容、返鄉相關法令、福島第一核電廠、我國輻災相關人員法規、我國輻災應變人員專區、其他等，共分為 13 類。今年度持續維持知識庫正常運作，及配合行政院及原能會資訊安全要求，提升資安等級；同時考量未來運用等長遠性，進行系統的改版及功能強化。

## 五、結論

綜整本研究成果，從、國內外相關資料、日本實地走訪的經驗對比我國輻射災害應變能量，我國仍有進步的空間。日本在311東日本大地震之前，東京都的第3救助機動部隊即具備輻射災害應變之能量，而311之後則又擴編同樣具備輻射災害應變能量的第9救助機動部隊。其消防員接受過專業的輻射知識、應變技巧，每週定期訓練，不斷的提升災害應變的強度；而我國仍有部分的應變人員對於輻射災害訓練的意願較低，足以顯示針對應變人員應更加的落實相關的課程與訓練、對一般民眾更加的宣導與講授相關的知識。唯有做足準備，才能因應目前複雜的複合性劇災所帶來的衝擊與損失，轉型為具有災害韌性的國家。

## 參考文獻

1. 日本環境省官方網站，<http://josen.env.go.jp/zone/index.html>。瀏覽日期：2019.5.18
2. 劉格安（譯）（2018）。開沼博、竜田一人、吉川彰浩著。福島第一核電廠廢爐全紀錄。臺北市：臉譜。
3. 日本東京電力公司（2019），核能損害賠償的請求與支付等實際情況。取自 <http://www.tepco.co.jp/comp/jisseki/index-j.html>
4. 日本復興廳（2019），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-cat1-1/2019.05\\_michinori.pdf](http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/2019.05_michinori.pdf)
5. 日本原子力產業協會（2019），福島第一核電廠 1 號機取出用過燃料機器人調查。取自 <https://www.jaif.or.jp/190628-1>
6. 日本原子力產業協會（2019），福島第一核電廠開始測試運用「肌肉機器人」並擴充遠端技術知識以取出燃料殘渣。取自 <https://www.jaif.or.jp/191007-1>
7. 維基百科-印度尼西亞  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%B0%E5%BA%A6%E5%B0%BC%E8%A5%BF%E4%BA%9A#%E5%9C%B0%E7%90%86>。瀏覽日期：2019.6.2.
8. BBC. (2018, Dec 23). Indonesia tsunami kills hundreds after Krakatau eruption [Online NEWS]. Retrieved from <https://www.bbc.com/news/world-asia-46663158>
9. BBC. (2018, Dec 24). Tsunami akibat longsor Anak Krakatau: Bagaimana gunung api dapat jadi pemicu? [Online NEWS]. Retrieved from <https://www.bbc.com/indonesia/majalah-46669653>
10. BBC. (2018, Dec 23). Tsunami Selat Sunda: Empat buoy akan dipasang di barat Sumatra dan selatan Jawa [Online NEWS]. Retrieved from <https://www.bbc.com/indonesia/majalah-46669656>
11. The Guardian. (2017, Sep 25). Bali volcano: 50,000 flee Mount Agung as tremor magnitude intensifies [Online NEWS]. Retrieved from <https://www.theguardian.com/world/2017/sep/24/bali-volcano-34000-flee-mount-agung-as-tremors-intensify>
12. VTDigger. (2019, Jul 11). Vermont Yankee cooling towers coming down, marking the 'end of an era' [Online NEWS]. Retrieved from <https://vtdigger.org/2019/07/11/vermont-yankee-cooling-towers-coming-down-marking-the-end-of-an-era/>
13. 小澤晴司（2019），陸奧沿海步道。
14. 日本環境省（2019），福島縣保管除污土壤之臨時儲存場狀況。取自 [http://josen.env.go.jp/plaza/info/weekly/pdf/weekly\\_190906b.pdf](http://josen.env.go.jp/plaza/info/weekly/pdf/weekly_190906b.pdf)