

輻射災害目錄架構表

節	項目	內容	參考頁次
輻射災害特性		輻射災害種類與特性分析	2-202
核子事故		國際核子事故歷史災例	2-209
歷史災例		國內核電廠異常事件	2-217
災害潛勢		核子事故	2-223
分析		放射性物質意外事件	2-234

第六章 輻射災害

第一節 輻射災害特性.....	2-202
壹、輻射災害種類與特性分析.....	2-202
第二節 核子事故歷史災例.....	2-209
壹、國際核子事故歷史災例.....	2-209
貳、國內核電廠異常事件.....	2-217
第三節 災害潛勢分析.....	2-223
壹、核子事故.....	2-223
貳、放射性物質意外事件.....	2-234

第六章 輻射災害

第一節 輻射災害特性

輻射依其能量的高低或游離物質的能力可分為「非游離輻射」和「游離輻射」兩大類：

一、非游離輻射：指能量較低無法使物質產生游離的輻射，例如燈光、紅外線、微波、無線電波、雷達波等。

二、游離輻射：指能量高且能使物質產生游離作用的輻射，通常又可區分為：

(一) 電磁輻射，如 X 射線及加馬 (γ) 射線。

(二) 粒子輻射，如阿伐 (α) 射線、貝他 (β) 射線及中子射線。

壹、輻射災害種類與特性分析

輻射災害係由游離輻射所致之災害，一般所謂的輻射或放射線，都是指游離輻射。輻射災害係指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；輻射災害分為放射性物料管理及運送等意外事件、輻射相關恐怖攻擊、核子事故、境外核災、放射性物質意外事件等五類，各類輻射災害之概述說明如後。

一、放射性物料管理及運送等意外事件

放射性物料係指核子原料、核子燃料與放射性廢棄物，其管理可分為處理、貯存、運送與最終處置。目前國內並無核子原料與核子燃料之生產設施，這些物質皆是由國外進口，放射性廢棄物則為放射性同位素的使用與核子反應器設施運轉所產生，放射性物料管理及運送之意外事件概述如下：

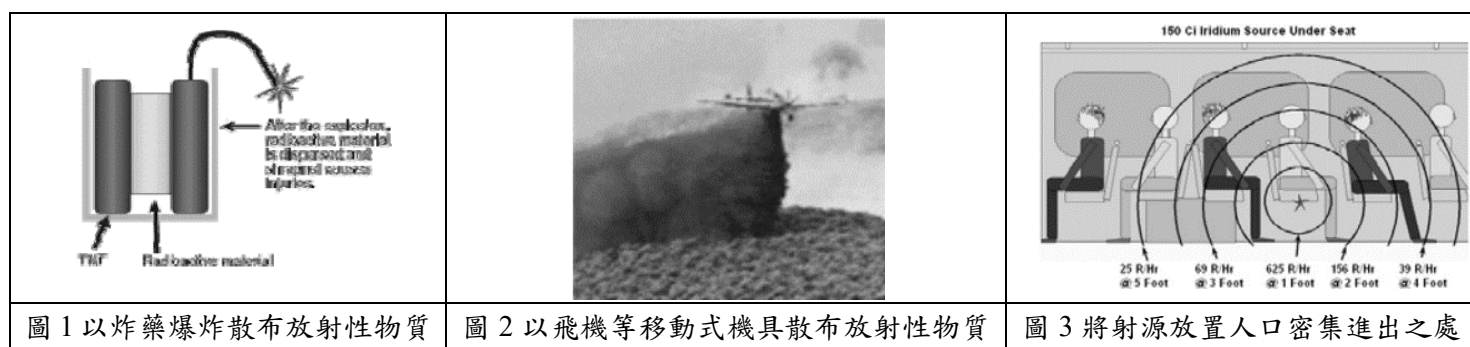
(一) 核子燃料管理及運送等意外事件：核子燃料可分為新的核子燃料與用過核子燃料。新的核子燃料皆仰賴進口，無處理與處置的問題。由於新的核子燃料內含濃縮的可分裂物質，其輻射強度低，在貯存與運送階段，為防止核臨界的發生，在運送時需以設計完善的包封容器承裝後才能運送，在貯存時也需有完善的預防措施。當新的核子燃料管理及運送等意外事件發生時，通常不會發生核臨界，輻射影響低，由核工專業人員進行妥善處理即可。用過核子燃料護套內具有大量的放射性分裂產物與衰變熱，輻射強度極高，也含有可分裂物質，在貯存與運送階段，除須防止核臨界的發生外，也應防範輻射傷害，同時在運送及貯存時亦需有設計完善的包封容器承裝及完善的預防措施；當用過核子燃料管理及運送等意外事件發生時，通常都不會發生核臨界現象，但會有輻射影響之顧慮，須由核能工程與輻射防護等專業人員進行妥善處理與管制；倘發生核臨界現象，可能產生放射性分裂產物，並具高輻射，須進行不同程度動員應變作業。

(二) 放射性廢棄物管理及運送等意外事件:放射性廢棄物不具可分裂物質，無核臨界之顧慮，但具有輻射，應由業主及原能會進行嚴密監控管理，並預為規劃運送之相關應變計畫，防範意外之發生。當放射性廢棄物管理及運送等意外事件發生時，其輻射影響雖不大，但仍應於輻射防護人員監督下，儘速處理，避免污染擴大。

二、輻射相關恐怖攻擊(輻射彈事件)

(一) 輻射散布裝置(Radiological Dispersal Device, RDD, 俗稱輻射彈)

1. 以一般炸藥爆炸，將放射性的物質散布到大範圍面積中(如圖 1 所示)。
2. 藉由其他方法，將物質散布到大範圍中(如圖 2 所示)。
3. 將射源放置人口密集進出之處，導致大多數人受輻射照射(如圖 3 所示)。



(二) 大規模毀滅性武器(Weapons of Mass Destruction)

可被運用來製造大規模毀滅性武器之物質包括:化學(Chemical)、生物(Biological)、放射線(Radiological)、核(Nuclear)及爆裂物(Explosive)等五種，稱之為 CBRNE；其中會造成輻射災害的主要為放射線物質及核武器。

(三) 核子反應器設施

美國 911 事件，飛機因挾持而撞擊紐約世界貿易中心及五角大廈，劫機後曾經過核子反應爐附近，雖最後未攻擊核子反應器設施，但仍需警戒核子反應器設施來自於自然災害(如地震、海嘯等)之波及或人為的外來攻擊與威脅(飛行器等恐怖攻擊)。

三、核子事故(Nuclear Accident)

核子反應器設施(核能電廠)發生緊急事故，且核子反應器設施內部之應變組織無法迅速排除事故成因及防止災害之擴大，而導致放射性物質外釋或有外釋之虞，足以引起輻射危害之事故。例如 2011 年 3 月 11 日日本福島核子事故反應器設施核災事故。

放射性物質外釋之情況，會隨風移動導致人類吸入；或因降雨而增加放射性物質沉降之機率，並污染土壤、農作物、牲畜、河川甚至是人類飲用水(如圖 4 所示)。

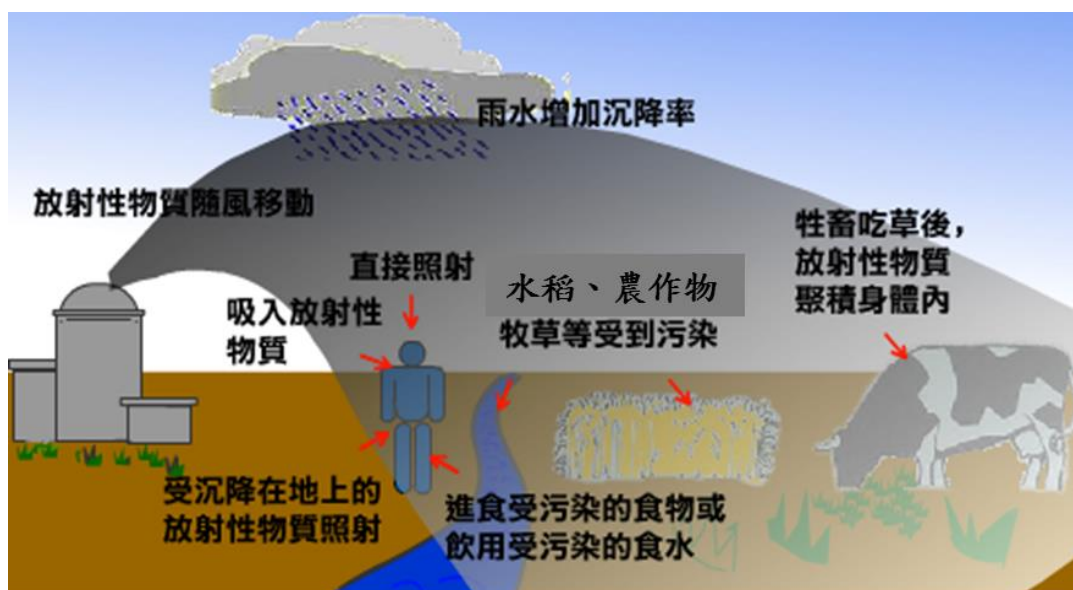


圖 4 核子事故所導致一連串之影響事件

(一) 核子事故災害特性

1. 為確保核子反應器設施之安全，從設計建造開始，到正式運轉，甚至除役階段及放射性廢料的最終處置，均受到主管機關嚴格的監督和管制。我國核子反應器設施採用與歐美等核能先進國家相同的輕水式反應器設計，除了考慮對地震、颱風、海嘯等本土性天然災害的承耐能力外，並且以多重、多樣、獨立的安全保護裝置及嚴謹的操作程序和品質保證，來防止異常事件或意外事故的發生，同時確保反應爐體、冷卻水系統、圍阻體等多重屏蔽的完整性，以於萬一發生意外事故時，降低放射性物質外釋的機率。
2. 一般常見之災害，如火災、爆炸、空難等，其救災講求時效性，需立即動員應變，以爭取任何可用的一分一秒。核子事故的發展則具有時序性，一般說來，整個演變的過程，從發生事故徵兆一直到放射性物質大量外釋造成實質的影響是循序漸進的。日本福島核子事故後，我國立即實施「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」，並依檢討結果將複合式災害納入考量，補強核子反應器設施各種災害應變能力，強化核電廠耐震、防洪、抗海嘯能力，並研擬斷然處置措施，必要時引入海水注入反應爐，確保放射性物質不會外釋，影響民眾生命財產安全，以及面對外援援助困難之不利境況下之自助應變管理之能力，並於設施內之廠內演習及核安演習中，就核子反應器設施可能遭遇的災害情況及狀況處置持續檢討及精進。
3. 核子事故一旦發生，影響層面相當廣泛，需結合中央與地方人力及資源共同應變。

(二) 核子事故分類

核子事故之發生是有時序、階段，而且是漸進的，核子事故其對設施內外之衝擊程度不一，行政院原子能委員會訂有「核子事故分類通報及應變辦法」，依核子事故可能影響程度分成緊急戒備事故、廠區緊急事故、全面緊急事故等三類，並訂有核子事故分類基準，可為各單位應變人員通報、動員、應變之參考。另為使民眾了解事故狀況；於事故新聞發布時，採用國際通用之國際核能事件分級制(如表 1)之分級準則說明事故規模及嚴重程度，以使民眾及國際社會了解事故狀況。

表 1 國際核能事件分級制

等級	準則1 人與環境	準則2 輻射屏障與控制	準則3 深度防禦
7級 (最嚴重意外事故)	放射性物質大量釋放，具有大範圍健康和環境影響，要求實施緊急計畫和長期應對措施。		
6級 (嚴重意外事故)	● 放射性物質明顯釋放，可能要求實施區域性緊急計畫。 ● 輻射造成幾十人死亡。		
5級 (大範圍意外事故)	● 放射性物質有限釋放，可能要求實施部分區域性緊急計畫。 ● 輻射造成多人死亡。	● 反應爐爐心受到嚴重損壞。 ● 放射性物質在設施範圍內大量釋放，公眾受到明顯輻射曝露機率高。其發生原因可能是重大故障事故或火災。	
4級 (局部範圍意外事故)	● 放射性物質少量釋放，除需要局部採取食物管制外，通常不要求實施緊急計畫的應對措施。 ● 至少有1人死於輻射。	● 燃料熔融或損壞造成爐心放射性總量釋放超過0.1%。 ● 放射性物質在設施範圍內明顯釋放，公眾受到明顯輻射曝露的機率高。	
3級 (嚴重事件)	● 輻射劑量超過工作人員法定年限值的10倍。 ● 輻射造成非致命確定性健康效應(例如燒傷)。	● 工作區中的輻射劑量率超過15Sv/h(距離1公尺處)。 ● 非設計預期的區域嚴重污染，公眾受到明顯輻射曝露的機率低。	● 核電廠接近發生事故，安全措施全部失效。 ● 高活度密封射源遺失或遭竊。 ● 高活度密封射源錯誤交付，並且沒有適當的輻射處理作業程序。
2級 (偶發事件)	● 一名公眾成員輻射劑量超過10mSv。 ● 一名工作人員的輻射劑量超過法定年限值。	● 工作區中的輻射劑量率超過50 mSv/h。 ● 非設計預期的區域受到明顯污染。	● 安全裝置失效，但無實際發生事件。 ● 發現高活度密封無主射源、器件或運輸貨品，但安全裝置保持完好。 ● 高活度密封射源包裝不當。
1級 (異常警示事件)			● 一名民眾受到輻射曝露超過法定限值。 ● 安全措施發生問題，深度防禦仍有效。 ● 低活度射源、裝置或運輸貨品遺失或遭竊。
0級 (未達級數事件)	無安全顧慮		

- 人與環境準則：以放射性物質外釋的狀況與人員接受的輻射劑量來劃分。(人與環境準則分級標準)
- 輻射屏障與控制準則：以事件發生後對設施內的影響程度來劃分。(輻射屏障與控制準則分級標準)
- 深度防禦準則：以安全系統受損程度來劃分。(深度防禦準則分級標準)

1. 影響程度分類

依據行政院原子能委員會「核子事故分類通報及應變辦法」第2條之內容，核子事故依其可能之影響程度分類如表2所示。依上述辦法第3條規定，核子事故之歸類及研判程序，由核子反應器設施經營者依中央主管機關所訂之核子事故分類基準訂定並報請中央主管機關核定。本市將依據中央主管機關核定發布之事故類別，執行適當之緊急應變措施。

表 2 核子事故分類表

事故類別	說明
緊急戒備事故	發生核子反應器設施安全狀況顯著劣化或有發生之虞，而尚不須執行核子事故民眾防護行動者。
廠區緊急事故	發生核子反應器設施安全功能重大失效或有發生之虞，而可能須執行核子事故民眾防護行動者。
全面緊急事故	發生核子反應器設施爐心嚴重惡化或熔損，並可能喪失圍阻體完整性或有發生之虞，而必須執行核子事故民眾防護行動者。

2. 災害類型分類

- (1) 單一性質之核子事故災害：因人為操作疏失、裝備設施老舊(如主電源喪失、機組發生冷卻系統故障與備援之發電機損壞等)導致核子反應器設施發生緊急事故，屬單一災害之核子事故，如 1979 年美國三哩島核子反應器設施發生之核子事故。
- (2) 複合式災害之核子事故：因嚴重災害之發生，而造成核子事故與其他事故災害併發所致之複合式災害，如 2011 年 3 月 11 日，日本東北大地震，因強震引發海嘯，並破壞福島核子事故反應器設施而導致後續核子事故，因公共設施、維生管線與電力設施之破壞，造成都市機能喪失，交通中斷導致許多民眾無法返家，最高峰達 10 萬人以上的災民，迫使日本政府增設臨時避難所收容返；另，民眾搶購食物與民生用品，社會瀰漫不安之情形。

(三) 緊急應變計畫區

「緊急應變計畫區」(以下簡稱 EPZ)係為了核子反應器設施萬一發生核子事故時，用來減緩事故後果對電廠周邊民眾之影響，必須在平時預先規劃緊急防護行動，當事故發生時，才能即時採取有效民眾防護措施，維護人民健康及安全；其區域大小與核子反應器設施反應爐型式、電廠附近人口密度、地形、氣象狀況等有密切之關係。我國核子事故 EPZ 的劃定範圍為以核子反應器為中心，周圍半徑八公里所涵蓋的行政區域。

但為考量核子反應器設施在設計基準事故與爐心熔損事故的預期輻射劑量之影響，其評估後 EPZ 係平時預作核災整備的區域，並不等於事故發生時，實際的疏散與應變範圍；萬一事故發生時，民眾是否有必要疏散，疏散的範圍需要多大，和事件的嚴重性及放射性物質外釋的情形有關，政府在事故的應變過程中，有關發布民眾疏散的時機和疏散範圍，會以保護民眾為最優先考量。

核子反應器設施發生事故時，可能造成影響的區域會因事故的型態和大小而異，然而越靠近核子反應器設施的民眾可能受到輻射污染的風險越高。因此，基於事先作好風險管理的理念，政府以「防災重於救災，離災優於防災」的原則，平時就要在鄰近核子

反應器設施的區域，預先做好應變規劃的準備，此區域就稱為「緊急應變計畫區」，本市核子事故緊急應變計畫區含括行政區域主要為：石門區、金山區、萬里區、三芝區。

四、境外核災

指境外發生核子事故或核彈爆炸事故致放射性物質外釋至我國，足以引起輻射危害之事故。他國核試爆及核子反應器設施事故會產生放射性落塵，在不同地區的核爆或核事故，對臺灣產生的影響亦有不同；而距離我國較近之大陸核能電廠一旦發生核子事故，依距離評估對我國的影響輕微，因應作業將為加強環境輻射監測，並對轄內之落塵、農、林、漁、畜牧產品及飲用水等環境樣品加強檢測。

五、放射性物質意外事件

(一) 定義：指放射性物質於運作或運送過程中發生意外、遺失、遭竊或受破壞，產生輻射曝露之安全危害或環境污染者。

(二) 種類與特性：

1. 我國目前使用放射性物質之機關（構）約有七百餘家，應用範圍包括醫、農、工、研等。放射性物質、可發生游離輻射設備或輻射作業，應依「游離輻射防護法」之規定申請許可或登記備查，經原能會許可、發給許可證或同意登記後，始得進行輻射作業；經指定應申請許可之放射性物質，使用前需經審查輻射作業場所安全及輻射防護計畫合格，始得安裝；安裝完竣後並應經檢查合格發照後，方得使用；輻射工作人員應依原能會規定，按操作輻射源的活度必須接受一定的訓練，或領有輻射安全證書或輻射防護人員證照，始得從事輻射作業。如有發生人員接受劑量超過游離輻射防護安全標準之規定，或輻射工作場所以外地區輻射強度於水中、空氣中、污水下水道中所含放射性物質之濃度超過游離輻射防護安全標準之規定者及放射性物質遺失或遭竊者，須依規定通報原能會，以避免對於人員及環境造成影響。
2. 由於國際間對於輻射安全的高度重視，各類使用放射性物質之輻射作業，需強化其自有之輻射安全功能，以防止因人為操作失誤而造成輻射外洩或射源遺落之情事。原能會對於放射性物質之包裝、包件及運送等事項，亦於「游離輻射防護法」及其相關法規中有嚴格規範，可有效防止因交通意外事故造成放射性物質外洩致污染環境之情形。
3. 國內外案例顯示，廢棄射源不慎被送至有熔煉爐之鋼鐵廠，可能被製成污染鋼鐵成品流入市面造成民眾曝露，或被高溫氣化造成廠區輻射污染。為防止國內生產之鋼鐵建材遭受輻射污染，原能會自 84 年起即輔導設有熔煉爐之鋼鐵廠建立輻射偵檢能力，由上游開始建立防範管理機制，原能會並於 92 年修正發布「放射性污染建築物事件

防範及處理辦法」，立法強制要求設有熔煉爐之鋼鐵廠應向原能會申請輻射偵檢作業認可後，方得對其產品開具無放射性污染證明；另亦訂有「鋼鐵業者發現輻射異常物之通報及處理作業導則」，使鋼鐵業者在執行鋼鐵原料及產品輻射偵檢作業，於發現輻射異常物時，能採取適當之輻射防護管制措施及後續處理方式，並及時通報原能會，以掌握輻射異常物狀況。

4. 輻射作業場所若不慎發生火災或其他意外災害，造成放射性物質洩漏時，在無適當輻射警告裝置下，有可能會讓救災人員遭受曝露或污染。

第二節 歷史災例

嚴重核子事故通常會對四周環境造成大量放射性物質外釋，其散播途徑包含大氣層、排水管道、或稀釋入海洋。因輻射擴散而受到影響有可能跨越國際甚至到洲際的範圍。國際原子能總署（The International Atomic Energy Agency；IAEA）根據「國際核事件分級表」（International Nuclear and Radiological Event Scale；INES）規定，將核能事件分成 1 至 7 級，其中 1 級為「異常事件」；而 7 級則為「最嚴重意外事故」。自核能發電有史以來，最嚴重的核安意外當屬 1986 年發生的車諾比核電廠爆炸事故；本節針對 1979 年美國三哩島事件、1986 年車諾比事件與 2011 年日本福島第一核電廠事故之重大歷史事件概述，透過國際間當核子事故反應器設施發生事故時，可能的危機與應對措施，藉由災情探討相關應變處置過程與復原重建措施，進一步預防災害所帶來之危害，作為爾後本府各單位在面臨核子事故災害時應變上之參考。

壹、國際核子事故歷史災例

一、1979 年美國三哩島事件

（一）災情概述

1979 年 3 月 28 日凌晨 4 點，位於美國賓州(Pennsylvania)薩士奎亞納河(Susquehanna)中間的三哩島（ThreeMile Island）發生核電廠意外事件，三哩島核電廠二號反應爐（TMI-2）主給水泵停轉，輔助給水泵按照預設的程序啟動，但是由於輔助迴路中一道閘門在此前的例行檢修中沒有按規定打開，導致輔助迴路沒有正常啟動，二迴路冷卻水沒有按照程序進入蒸汽發生器，熱量在爐心聚集，爐心壓力上升。爐心壓力的上升導致減壓閥開啟，冷卻水流出，由於發生機械故障，在爐心壓力回復正常值後爐心冷卻水繼續注入減壓水槽，造成減壓水槽水滿外溢。一迴路冷卻水大量排出造成爐心溫度上升，因為不當的控制板面設計和閘位指示無法正確顯示，運轉員並不知道閘是打開的。待運行人員發現問題所在的時候，爐心燃料的 47%已經熔毀並發生外釋，上午 7 時左右系統已經發出了放射性物質外釋的警報，但由於當時警報響起，放射性物質外釋的警報並未引起運行人員的注意，甚至現時無人能夠回憶起這個警報。直到當天晚上 8 點，二號機一二迴路均恢復正常運轉，但運行人員始終沒有察覺爐心的損壞和放射性物質的外釋。

（二）應變處置過程

28 日早晨 7 時，圍阻體內的放射性強度已較正常時的讀數高出數倍，負責運轉三哩島核子事故反應器設施的大都會愛迪生電力公司於是宣布電廠進入所謂的「廠區緊急事故」，開始管制電廠區域的交通和進出人員，並通知美國聯邦政府的核能管制委員會（簡稱核管會）（Nuclear Regulatory Commission）、以及賓州州政府所屬警察局、環

境資源部、和民防組織。由於狀況的持續惡化，電廠於 7 時 30 分宣布進入「全面緊急事故」。

第 76 任賓州州長 Dick Thornburgh 出於安全考慮於 3 月 30 日疏散了以三哩島核子事故反應器設施為圓心的 5 英里範圍內的學齡前兒童和孕婦，並下令對事故爐心進行檢查。檢查中才發現爐心嚴重損壞，大量放射性物質隔絕在核反應爐圍阻體內，少部分放射性物質外釋到周圍環境中。系統損壞情況整理如下：

1. 爐心約 50% 熔毀。
2. 約 20 噸燃料凝結在反應爐槽底部。
3. 反應爐槽下半部縱切面約 1 m x 8 m 溫度高達攝氏 1000 度，即：鋼材白熱化。
4. 反應爐及輔助廠房約堆積了約 1,000,000 加侖高污染水。

事故後美國核管會對周圍居民進行了連續追蹤研究，顯示在以三哩島核電廠為圓心的 50 英里範圍內，220 萬居民中無人發生急性輻射反應。且並經多單位調查收集數千樣品，包括水、空氣、牛奶、蔬菜、土壤及食物等顯示，美國核管會(NRC)進行了連續追蹤研究，事故所造成之放射性核種外釋極低微，顯示事故並未造成周圍居民健康的影響。

(三) 復原重建措施

1979 年的美國三哩島核子事故是核能發電史上第 1 次反應爐爐心熔毀的事故，為 5 級核能事故。美國核管會事故後調查及報告顯示，三哩島核子事故反應器設施附近居民所受到的平均劑量約為 0.01 毫西弗(註:照 1 次胸部 X 光約 0.02 毫西弗，民眾每年接收背景輻射劑量約 1-1.25 毫西弗)；三哩島事件對於周圍居民的癌症發生率沒有顯著性影響，附近未發現動植物異常現象，當地農作物產量未發生異常變化。三哩島事故對於周圍居民的健康及環境沒有顯著性影響。主要原因在於絕大多數放射性物質都被包封在圍阻體內，凸顯了「圍阻體」其作為核電廠最後一道安全防線的重要性。在整個事件中，運轉人員的操作錯誤和機械故障是主要原因，不過美國後續的改善經驗都已落實回饋到各國的核子事故反應器設施，因此今後核子事故反應器設施發生類似三哩島事故之可能性是相當低的。三哩島事件使得核能界了解到：

1. 運轉人員的臨場應變對核子事故反應器設施安全的重要性。
2. 電廠控制室的人機介面需要適當的改善。
3. 電力公司間運轉經驗相互交流的必要性。

本項認知促成了美洲核能運轉協會(Institute of Nuclear Power Operation, 簡稱 INPO)及國際核能運轉組織(World Organization of Nuclear Operation, 簡稱 WANO)等國際組織的成立, 這些組織的主要功能 即為核子事故反應器設施運轉經驗的交流, 希望透過相互合作, 提昇電廠的安全。此外, 美國核管會事後推動一系列改革 (NUREG-0737: TMI Action Plan Requirement) 並要求運轉中之核能機組必須於限期內完成下列改善事項:

1. 反應器設計之改善: 反應爐加裝直接水位指示、壓力釋放閥前面加裝關斷閥並加裝閥位指示等。
2. 全面進行各核能機組之控制室人機介面評估, 並進行控制室改善。
3. 重新檢討運轉人員之考照作業, 並加強運轉人員對熱力學、流體力學、熱傳學等方面之智能訓練。
4. 全面評估並重建核子事故反應器設施暫態及緊急操作程序書之架構與內容。
5. 要求各核電廠建立運轉重要安全參數顯示系統, 以輔助值班人員對系統之掌控。
6. 增加各類事故偵測儀器, 如圍阻體壓力、輻射監測器, 以利運轉人員對事故之掌控。

美國核管會事後推動一系列改革, 除重新檢討系統設計外, 特別注重避免人為疏失與人因工程介面, 這些改善經驗都回饋到我國電廠, 也大幅提升我國電廠的安全效能。

二、1986 年蘇聯車諾比事件

(一) 災情概述

1986 年 4 月 26 日凌晨 1 點 23 分, 前蘇聯烏克蘭共和國普里比亞特鄰近的車諾比核電廠的第 4 號反應爐發生了爆炸, 連續的爆炸引發了大火並釋放出大量高能放射性物質到大氣層中, 這些放射性物質涵蓋了大面積區域; 這次災難所釋放出的輻射線劑量是二戰時期爆炸於廣島的原子彈的 400 倍以上。車諾比核電廠事件係被認為是歷史上最嚴重的核電事故, 也是首例被國際核能事件分級表評為第 7 級事件的特大事故 (目前為止第 2 例為 2011 年 3 月 11 日發生於日本福島縣的福島第一核電廠事故)。

1986 年 4 月 25 日事故發生之前, 正值該機組將定期保養停機, 電廠當局擬趁其停機之便, 進行一項實驗。該實驗為利用該機組兩部汽輪發電機中之第八號汽輪機, 測試其驅動之蒸汽被切斷之後, 汽輪發電機之轉動慣性能量, 在備用柴油發電機啟動前能提供多久之廠內緊急電源。此實驗曾在商轉前試驗過, 但當時因其發電輸出電壓下降比預期來得快而未能成功。此次之試驗, 則是在勵磁機上採用特殊之發電機磁場調整器設計, 欲藉此克服電壓急劇下降之問題。由於該機組設計上的缺陷, 加上本次試驗上不當的措施與人為運轉錯誤, 因而導致歷史上最嚴重的核子事故反應器設施事故。主因為功率的

劇增導致反應爐被破壞，並使大量的放射性物質被釋放到環境中，隨爆炸衝到大氣層，並在風的吹送下擴散至歐陸各國。

意外發生後，馬上有 209 人立即被送往醫院治療，其中 31 人死亡。死亡的人大部份是消防隊員和救護員，因為他們並不知道意外中含有輻射的危險。大火中，反應爐釋放的大量放射性碘-131(半衰期 8 天，對甲狀腺親和力強)，使周圍的輻射劑量驟然升高。5 月 2 日測定，事故地點放射性劑量率為 200 倫琴/小時(約 1,752 毫西弗/小時)，為人體允許劑量的 2 萬倍。在離核電站 9 公里的來列夫村，兒童甲狀腺裡等效劑量高達 250 倫目(約 2,500 毫西弗)。這些孩子在成長的歲月裡，可能死於甲狀腺癌或其他癌症。在撤離的 116,000 人中有 24,000 人受等效劑量為 45 倫目(約 4,500 毫西弗)，科學家預料這些人中，約有 100-200 人會因這次受過量輻射而死於癌症。

另外，蘇聯西部和斯堪得納維亞的居民，接受群體劑量達到 1,000 萬倫目·人(約 10,000 萬毫西弗·人)，大部分中歐國家受輻射的群體劑量為 100-1,000 萬倫目·人(約 1000-10000 萬毫西弗·人)，美國則為 100 萬倫目·人(約 1000 萬毫西弗·人)。科學家在對蘇聯西部和歐洲其它地方因這次受輻射的死亡人數的估計上說法不一，有人估計在 5,000 人至 75,000 人之間，一位反核科學家估計為 28 萬人。

(二) 應變處置過程

1. 救災行動

事故發生後，消防人員在很短幾分鐘內抵達現場加入救火行列，由於英勇救助，主要火勢在 4 月 26 日凌晨 5 時撲滅(事件後幾個月內因輻射過量的 31 名罹難名單中，進入搶救的消防隊員有 29 名之多)。為了抑制石墨之燃燒及防止爐心放射性核種之外釋，4 月 28 日開始，以直昇機投置總數 5,000 噸材料在反應器頂部，包括 40 噸碳化硼以防止反應器再達臨界、800 噸石灰石以產生二氧化碳達成隔絕空氣作用、2,400 噸鉛以達輻射屏蔽之作用，以及 1,800 噸的砂及泥土，以作為放射性氣體懸浮物之過濾介質及達到滅火的效果。

2. 緊急驅離

(1) 在事故發生後，政府決定將半徑 30 公里範圍內的居民全部強制疏散，據後來統計，從這一地區及附近的白俄羅斯和烏克蘭撤離的人數達 116,000 人。居民於 28 日中午接獲消息，下午開始疏散，除眼鏡、身分證件和金錢外，任何東西都不准攜帶。一個疏散的車隊，包括 1,216 輛大巴士和 300 輛卡車，長度超過 15 公里。污染區內的貓、狗、家禽和家畜一律就地處死。

(2) 居民抵達臨時庇護所後，立刻脫去身上的衣服予以焚毀，並洗澡去污和接受輻射偵

檢。政府也針對 6 萬棟建築物進行除污工作，在基輔鑿了 400 口井，提供緊急用水，並鋪設二條 6 公里長的緊急輸水幹管。

- (3) 電廠方圓 30 公里內的範圍被列為危險的特別區，不准居住，不准放牧、割草、採摘蘑菇和果實。區內的牲畜全部宰殺，就地掩埋。電廠爆炸的碎片、被刮除的污染土壤、被污染的機具和車輛，以及其它除污產生的廢棄物皆被掩埋在區內。

3. 醫療措施

- (1) 醫療及衛生單位在事故發生後 15 分鐘後即接到消息(1986 年 4 月 26 日上午 2 時)。事故發生後 30-40 分鐘內，公共保健中心之值班醫護人員要求對於首先撤出現場之 29 名受害者提供醫療協助。
- (2) 急救小組對受害者提供的協助包括幫助受害者離開廠區，實施初步之去污及將有輻射傷害初症狀(噁心、嘔吐)者轉送往醫院。
- (3) 事故後 12 小時，一支由物理學家、輻射治療家、及血液檢驗人員組成之小組到達事故地點並開始工作。事故後 36 小時，他們共檢查了近 350 名受害者，執行了約 1,000 個血液樣本分析，並記錄各人之臨床症狀、抱怨、白血球數、及白血球分布等。

(三) 復原重建措施

為了避免反應爐內的高溫的燃料燒穿爐底，5 月 21 日開始在四號機底下興建一條隧道以放置冷卻用的熱交換器，這是一項在飛快的速度和危險的環境下進行的龐大工程。動用了 400 名礦工，3 小時一班，在 6 月 24 日，完成了 168 公尺長的鋼筋水泥隧道。為了長期安置四號機，被稱為「石棺」(sarcophagus) 的巨大的圍阻體在 6 月開始動工，11 月 30 日興建完成，總共用了超過 7 千公噸的鋼鐵和 41 萬立方公尺的水泥。

肇事之後，RMBK 型反應器自然被淘汰了，東歐各國也逐漸放棄有軍事用途的蘇聯型機組，而轉向考慮西方式的反應器。反應器的設計從安全上作各種考量，包括採用具體措施避免核燃料損傷與核分裂產物外釋，並加進「多重防禦」的觀念，期許可達成反應器「絕對安全」的境界。

三、2011 年日本福島第一核電廠事故¹

(一) 災情概述

2011 年 3 月 11 日，日本東北東北地方外海三陸沖的矩震級規模 9.0 級大型逆衝區地震。震央位於宮城縣首府仙台市以東的太平洋海域，震源深度測得數據為 24.4 公里（15.2 英里）並引發最高 40.1 米的海嘯。

地震發生時，福島核一廠 6 個反應爐立即停止運作，電力也告中斷，緊急備用柴油發電機雖曾及時啟動供電約 50 分鐘，然而備用電力系統卻遭到隨後的海嘯衝擊而毀損，關鍵的冷卻系統因此停止運轉，反應爐因喪失主要冷卻水系統及熱移除（熱沉），無法維持適當冷卻，燃料棒持續散發衰變熱導致反應爐溫度飆高，燃料棒護套鍍金屬在高溫（1000°C 以上）與水發生化學反應產生大量氫氣與高熱；安全釋壓閥將反應爐壓力槽內的氫氣釋放到反應爐壓力槽外，最薄弱的外層反應爐廠房（二次圍阻體）因為氫氣累積濃度過高最終陸續引爆，致使高強度放射性物質不幸外釋。東京電力公司為阻止燃料棒熔融，決定放棄挽回反應爐，直接抽取海水進行冷卻²。

1. 福島核電廠 1 號機

1 號機最早發生部分爐心核燃料因高溫而損壞，3 月 12 日 14 時 40 分開始有放射性物質隨洩壓作業排出之蒸汽而外釋至環境，1 個小時後並發生氫氣洩漏至反應爐廠房（二次圍阻體），使上半部廠房因氫爆而毀損。20 時 20 分福島電廠採取斷然措施，將含硼（吸收中子）海水注入反應爐，以降溫降壓。

2. 福島核電廠 3 號機

3 號機於 3 月 13 日亦有惡化情形，與 1 號機狀況類似，雖已採取將海水注入反應爐之措施，11 時開始洩壓作業；又於 3 月 14 日上午 11 時 01 分時發生反應爐廠房氫爆。3 號機附近於 3 月 16 日 8 時 30 分出現類似水蒸氣白煙，懷疑一次圍阻體破損。

3. 福島核電廠 2 號機

2 號機則於 3 月 14 日下午 13 時 25 分喪失冷卻水而開始注入海水，18 時 06 分開始洩壓作業；3 月 15 日上午 6 時 14 分，2 號機抑壓池（屬一次圍阻體）發生氫爆。

4. 福島核電廠 4 號機（儲放用過燃料池）

¹ 日本福島核災的發展與省思，<http://gao.sinica.edu.tw/ehsmd/ch/docu/100.06.2701.pdf> 2012/06/12 閱覽

² 日本福島核災危機的啟示，<http://www.watchinese.com/article/2011/2995?page=3> 2012/06/12 閱覽

4 號機用過燃料池(位於二次圍阻體頂樓)區域於 3 月 15 日上午 8 時 54 分失火，11 時失火撲滅。

5. 導致福島核一電廠受創之因素-核電廠廠房設計不良

電廠防海嘯設計不足，造成廠區嚴重淹水，安全冷卻/補水系統喪失(最終熱沉)與電力系統失效(電廠全黑)，核子燃料持續產生的熱量無法有效移除。廠房設計防海嘯之高度不足，導致福島核一電廠嚴重淹水(廠房設計防海嘯之高度如表 3 所示)。

表 3 日本核電廠防海嘯設計及廠房高度設計基準

項目	福島一廠	福島二廠	女川電廠	東海電廠
廠址設計高程(公尺)	1-4 號機：10 5-6 號機：13	12	13.8	8.9
評估海嘯最高水位(公尺)	5.7	5.2	9.1	7.0
此次海嘯上溯高程(公尺)	14~15	局部區域達 14~15	13	6.3

(二) 應變處置過程

日本政府處置措施時序表如表 4 所示。

表 4 日本政府處置措施情形

時間	措施
3 月 11 日 19 時 03 分	日本原子力安全保安院(NISA)宣布進入緊急狀況。
3 月 11 日 20 時 50 分	日本對策本部要求福島第一核電廠半徑 2km 內居民撤離。
3 月 11 日 21 時 23 分	內閣總理大臣下令：(1)半徑 3km 內居民撤離，(2)半徑 10km 內居民家中掩蔽。
3 月 12 日 05 時 44 分	內閣總理大臣下令半徑 10km 內居民撤離。
3 月 12 日 18 時 25 分	內閣總理大臣下令半徑 20km 內居民撤離。
3 月 16 日 11 時 59 分	防衛大臣召開記者會，自衛隊準備以直昇機進行灌水。
3 月 16 日 12 時 32 分	官房長官於舉行記者會，3 號機水蒸汽來自圍阻體，4 號機用過燃料池打算從地面灌水，不用直昇機。
3 月 16 日 15 時 18 分	防衛大臣表示，3/4 號機仍然欠缺冷卻，將利用美軍橫田基地出借的水車，從地上進行灑水，如果效果不彰，再考慮使用直昇機灑水。
3 月 16 日 18 時 25 分	自衛隊升空，因飛行途中人員所受劑量大幅超過工作人員允許上限(50mSv)，故放棄任務。
3 月 16 日 22 時 07 分	對策本部向警察廳尋求協助，3 月 17 日上午起使用警用強力水車由地面遠處向 4 號機用過燃料池噴水。
3 月 17 日 08 時 44 分	自衛隊依對策本部要求，準備同時使用直昇機以及灑水車向 3 號機

時間	措施
	噴水，同時調集全國自衛隊消防車。
3 月 17 日 09 時 48 分	自衛隊開始以直昇機對 3 號機(用過燃料池)進行灑水。9 時 48 分~10 時 01 分共執行 3 號機四次直昇機灑水，但現場劑量並無變化。
3 月 16 日	日本核子安全委員會建議地方政府對於核電廠周圍 20 公里內之疏散民眾服用碘片，相關藥丸及兒童糖漿已置於疏散中心，其建議服用單一劑量依年齡不同而異：嬰兒 12.5 毫克；1 月至 3 歲 25 毫克；3 歲至 13 歲 38 毫克；13 歲至 40 歲 76 毫克；40 歲以上無需要。
3 月 17 日 13 時 27 分	防衛大臣表示，下午不再繼續由直昇機灑水，僅由地面灑水。
3 月 17 日 19 時 31 分	警視廳噴水車因現場劑量過高、且無法噴到目標，中斷作業、撤退；自衛隊 5 臺消防車抵達現場。
3 月 17 日 19 時 35 分	自衛隊特殊消防車開始對 3 號機噴水，20 時 09 分完成灑水作業，計噴水 30 噸。
3 月 18 日 01 時 13 分	警視廳表示，由於機動隊的高壓噴水車無法噴到目標，且現場劑量高，考量人員安全，18 日起警視廳不再執行噴水作業，機動隊已離開現場，噴水 21 車則依東電要求留在現場。
3 月 18 日 15 時 30 分	東京消防廳上午派遣 30 部消防車及 139 人前往福島，5 部消防車及 13 人於出發前往現場，使用可在 22m 高處噴水、1 分鐘噴水 3 噸消防車噴水，「遠距離大量送水 29 車」則在 2km 外進行海水汲取。
3 月 19 日 0 時 30 分	東京消防廳消防救助機動部隊開始灌水作業，1 時 10 分結束。
3 月 20 日 20 時 39 分	東京消防廳消防車開始向 3 號機用過燃料池噴水，持續至 3 月 21 日 03 時 58 分。
3 月 21 日 06 時 47 分	自衛隊 13 臺消防車開始執行 4 號機用過燃料池噴水作業，08 時 41 分完成。
3 月 22 日 17 時 17 分	使用高樓灌漿車(50T/h)開始進行 4 號機用過燃料池噴水作業，20 時 32 分完成(約注水 150 噸)。
3 月 25 日 12 時 37 分	官房長官於記者會表示：半徑 20~30km 之屋內掩蔽區域，由於難以補給民生物資，且不排除輻射劑量可能增大、必須進行撤離，建議民眾主動撤離，同時指示地方政府做好撤離民眾準備。
自 100 年 3 月 15 日 07 時 03 分開始	向 IAEA 請求協助，並持續通報事故狀況。

從 IAEA 的報告得知：

1. 文部科學省：負責輻射劑量率、土壤污染、海水污染檢測。
2. 厚生勞動省：負責蔬菜、水果、魚類、海產及乳品污染檢測。

3. 日本原子力安全·保安院：負責電廠狀況說明。

4. 救災工作：東京電力公司、自衛隊、警視廳、東京消防廳。

日本原子力安全·保安院(NISA)於3月25日對福島疏散區66名1至6歲小孩(其中14名嬰兒)進行甲狀腺輻射劑量檢查。檢查結果顯示66名小孩所接受的輻射劑量率與背景值無顯著差別，日本原子力安全委員會(NSC)也表示其甲狀腺沒有問題。

(三) 復原重建措施

日本福島縣污染土壤運送計畫，計畫要點包括(1)運送之際沿途居民所接受之輻射劑量控制在每年1mSv以下；(2)一般污染土壤之運送，使用一般合成樹脂製的袋子即可；(3)每公斤輻射劑量超過30萬貝克之高濃度燃燒灰，則使用專用容器運輸；(4)為減少運送次數，盡可能使用大型貨車搬運；(5)運送路線儘量避免人口集中之聚落及學校等，優先利用距離住宅較遠且交通事故較少的高速公路；(6)為防止污染土壤遺失，從暫置場運送至中間儲存場須採取一元化管理，每部運送車輛須裝置GPS以掌握運行狀況。

為了因應核災事故，日本政府陸續發布福島核一廠半徑3公里、10公里及20公里內居民疏散避難，20至30公里的居民則採室內掩蔽或自願疏散，福島縣居民因為地震、海嘯及核災之避難人數一度曾高達16萬3千多人。核災事故穩定後，日本政府開始進行相關復原措施，並訂定相關除污計畫，經由與疏散撤離的市町村討論及執行除污後，將避難指示區域重新規劃。各區的相關定義如下：

1. 警戒區：東京電力福島第一核能發電廠半徑20公里以內地區。
2. 計畫性避難區：事故發生後1年內居民遭受曝露劑量超出20毫西弗地區。
3. 避難指示解除準備區：整年累積劑量20毫西弗以下地區，可行車經過、居民短暫返家或恢復重新營業(禁止留宿)。
4. 居住限制區：整年累積劑量有可能超過20毫西弗地區，除了行車、居民短暫返家與基礎設施重建可進入本區，儘量避免不必要、不緊急的進入。
5. 返回困難區：目前之整年累積劑量超過50毫西弗地區，要求徹底疏散避難，另一方面儘量考慮到居民的需求，可開放臨時進入。
6. 至2018年6月，核災區域避難者人數為6萬1,561人。

貳、國內核電廠異常事件

臺灣從核子事故反應器設施興建、運作至今已近40年，並未發生過核子事故，僅有零星核電廠異常事件，彙整國內三座核能電廠歷年之異常事件，從中了解預防與應變之道(如表

5)。另，行政院原子能委員會自 105 年起於該會網站建置「業者通報事件」專區（<https://www.aec.gov.tw/repor t/nppreport.html>），隨時更新及查閱業者通報之輻射相關異常事件及理情形。上述為近年日本發生的核電廠事故，反觀臺灣過去從核子事故反應器設施興建、運作後之歷史事故，並彙整近年國內放射性物質意外事故，從中了解預防與應變之道。

表 5 國內核子事故反應器設施及放射性物質歷年異常事件

災害發生日期	核一廠	核二廠	核三廠	放射性物質異常事件
106 年 1 月 24 日			核三廠一號機組於 1 月 24 日 6 時 25 分因反應器冷卻水泵 C 台跳脫，造成反應器急停。	
106 年 4 月 17 日				下午 4 時接獲臺灣菸酒公司烏日啤酒廠通報，其於進行輻射源偵測時發現生產線一枚控制用之登記備查放射性物質(銻-241)遺失。
106 年 5 月 2 日				久和醫療公司維修工程師在中山醫學大學附設醫院放射腫瘤科直線加速器治療室取工具時發生輻射意外曝露，目前院方已為工程師進行抽血檢查，檢查結果正常。本會已派員前往了解事件詳細過程，初步研判應無輻射傷害。
106 年 5 月 3 日	約 14:00 台電包商郭君至工作地點(十萬噸水池)時，疑似暈眩跌倒碰撞水池邊護牆，造成額頭擦傷。			
106 年 5 月 8 日			台電包商於餐廳製作饅頭時，造成右手指受傷，約 8:50 已由廠內救護車送外就醫	
106 年 5 月 15 日	約 200 名民眾因核一廠一號機停機歲修導致「促進電源開發協助金」由每年發給每人 4500 元下降為 3000 元，聚集核一廠小坑大門進行圍廠，不讓員工進出。			
106 年 5 月 15 日			停機大修中的二號機因起動變壓器失電，造成 A 串緊要匯流排低電壓信號動	

災害發生日期	核一廠	核二廠	核三廠	放射性物質異常事件
			作，備用的緊急柴油發電機 A 台依設計起動供電至該緊要匯流排，所有設備均正常運轉。	
106 年 6 月 2 日	10 時 49 分核一廠傳真通報，二號機組於 10 時 13 分因主變壓器到開關場 3 座鐵塔其中 1 座倒塌，造成主汽機發電機跳機，反應器急停。			
106 年 06 月 12 日		19 時 58 分核二廠傳真通報，一號機組於 15 時 0 分因一號機主變 C 相至開關廠鐵塔懸垂礙子溫度與其他兩相差值 33 度 C (限值 40 度 C)，機組於 15 時 14 分開始降載，至 18 時 25 分解聯。		
106 年 06 月 22 日			16 時 07 分核三廠傳真通報，一號機組於 14 時 12 分因冷凝器真空惡化，於 14 時 18 分機組緊急降載，現場發現 AD-V652 閥斷裂。	
106 年 07 月 23 日			1 時 10 分核三廠電話通報，二號機組於 1 時 10 分因冷卻水泵跳脫，造成反應爐急停。	
106 年 07 月 29 日		核二廠 1 號機組滿載運轉，因中度颱風尼莎 10 級暴風進入核二廠警戒區域且廠區平均風速已達 12 級，核二廠 1 號機依運轉規範降載至 35% 負載		
106 年 8 月 30 日		核二廠上午約 11:33 輔機廠房 1S-28 PRM 發生警報，並於中午約 12:16 消失。警報發生期間，核二廠廠區及廠界環境輻射狀況正常，對機組運轉安全沒有影響。原能會已要求台電公司立		

災害發生日期	核一廠	核二廠	核三廠	放射性物質異常事件
		即調查相關肇因。		
106 年 10 月 23 日		106 年 10 月 23 日約於 20 點 40 分於核二廠 2 號機汽機廠房進行擋牆吊掛作業，不慎壓傷		
107 年 1 月 4 日				清華大學同位素館左前方一小塊草坪，其土壤中銫-137 放射性核種含量為 1565 貝克/公斤，超過環境輻射監測規範規定之土壤調查基準 740 貝克/公斤，經其進一步於周邊 9 處擴大採取土樣，總共有 2 處土壤數據超過調查基準。
107 年 3 月 28 日		核二廠二號機因反應爐保護系統動作，造成反應爐急停。		
107 年 4 月 19 日			2 號機 A 串緊要匯流排發生失電事件	
107 年 6 月 1 日		員工上午 9 時在生水池取樣工作，不慎跌倒，初判無明顯外傷，人員意識清楚，已於 9 時 8 分送金山醫院檢查。		
107 年 06 月 11 日	核一廠因大雨超成 69kV 系統電震，ST-A/ST-AS 瞬間低電壓，緊急柴油機 EDG A & EDG AS 非預期起動，聯絡斷路器 3-1 開啟。			
107 年 06 月 12 日		核二廠傳真通報，2 號機組於 14 時 18 分開始降載，由發電量 580MWe 降載至 19 時 08 分解聯。原因：2 號機輸電至開關場的高壓線路連接板絕緣不佳。		
107 年 07 月 13 日	核一廠一號機組於 18 時 54 分因反應器保護系統 A 串電源故障，停用後待查修，不影響安全。			
107 年 10 月 02 日	員工於一號機汽機廠房拆解泵作業，造成右手撕裂傷			
107 年 10 月 24 日		核二廠一號機於上午 11 時起進行匯流排 OYCA		

災害發生日期	核一廠	核二廠	核三廠	放射性物質異常事件
		檢修作業，因作業需要於上午 11 時至 12 時 20 分切斷該匯流排電源，使其下游核子保防偵監伺服器暫時喪失電源。		
108 年 1 月 14 日			核子反應器設施工安事件，員工搬運 24 吋止回閥閥盤時，不慎壓傷手指。	
108 年 3 月 18 日		核二廠人員於 2 號機燃料廠房三樓南側發現國際原子能總署(IAEA)架設之臨時偵監攝影機其電源插頭脫落。確認設備並無損壞或異常，隨即將電源插頭恢復，並立即電話通報原能會及台電公司核發處。		
108 年 4 月 16 日		核二廠 2 號機 DIV I 緊急循環冷卻水泵(ECW 2P-4A)跳脫		
108 年 4 月 23 日			一號機因運轉規範之規定，而須使機組開始降載或停機。	
108 年 11 月 15 日			蒸汽產生器低水位，引動反應爐跳脫信號及輔助飼水自動啟動信號	
108 年 11 月 15 日			液壓油滴到 2 位包商眼睛送醫	
108 年 11 月 26 日			核三廠 1 號機因主發電機查漏降載解聯	
109 年 3 月 4 日		一號機大修期間，承攬商王姓員工因作業時不慎夾到右手食指中指受傷		
109 年 3 月 20 日	核一廠執行 2 號機緊急匯流排 DVP 功能測試期間，#5 緊急柴油發電機非預期啟動			
109 年 3 月 23 日		核二廠 1、2 號機因 69kV 金山線與中幅線跳脫，緊急柴油發電機起動、機組穩定運轉中		
109 年 5 月 21 日			二號機大修期間，南修分處吳姓員工因	

災害發生日期	核一廠	核二廠	核三廠	放射性物質異常事件
			作業時不慎壓到左手小指受傷	
109 年 6 月 18 日			楊姓包商於一號機輔助廠房作業時，左手手指被鐵皮割傷	
110 年 8 月 17 日		核二廠 2 號機主蒸汽隔離閥 MSIV B21-F028D 異常關閉，因控制室運轉值班人員坐在座椅上滑移至紅線區內，碰觸該只主蒸汽隔離閥開關之壓克力保護罩，造成壓克力保護罩傾斜位移而誤關閉該閥，導致 PCIS Group 1A 動作，造成反應器急停及主汽機/發電機跳脫。		

資料來源：行政院原子能委員會網站(<https://www.aec.gov.tw/controlreport/violation.html> 111 年閱覽)

第三節 災害潛勢分析

壹、核子事故

一、核子事故責任劃分

- (一) 核子事故依其可能影響程度劃分為緊急戒備、廠區緊急事故及全面緊急事故，核能業者對於災害的預防及事故的善後負有主要責任，同時也肩負核能災害搶救與應變措施等重大責任。核能業者應依「災害防救法」、「核子事故緊急應變法」及「核子反應器設施管制法」，執行核災預防整備及民眾防災宣導溝通事項；核子事故發生時，包括輻射偵測與評估、民眾防護措施（掩蔽、疏散、碘片服用）與民眾照護（交通及物資管制、醫療、收容）、污染清除、新聞發布、復原等應變行動，所需物力、人力極為龐大，除原能會、核設施所在之地方政府、國防部及核設施經營者依核子事故緊急應變法及其相關規定實施應變事宜外，各相關機關應予必要協助。
- (二) 根據「核子事故緊急應變法」第 6 條之規定，為有效執行核子事故緊急應變，核子事故發生或有發生之虞時，依事故可能影響程度，中央主管機關成立核子事故中央災害應變中心及輻射監測中心，本市則應成立核子事故地方災害應變中心。另依同法第 8 條規定，應依照核子事故中央災害應變中心之命令，執行掩蔽、碘片發放及民眾疏散(運)等防護行動及協助發布警報及新聞等任務；並辦理有關疏散民眾之收容、暫時移居及緊急醫療救護、受事故影響區域之交通管制、警戒及秩序維持等，以及其他有關地區災害應變及防止災害擴大等事項。

二、EPZ 範圍之行政區及戶籍人口數

核能一、二廠址分別位於本市轄內石門區及萬里區，依據原能會公告核一、二 EPZ 8 公里範圍村(里)行政區涉及本市轄內地區如下：

- (一) 核能一廠 EPZ 內計有 3 區 24 里(行政區域圖如圖 5 所示)，包含：石門區的山溪里、茂林里、草里里、乾華里、富基里、石門里、尖鹿里、老梅里、德茂里，金山區的永興里、西湖里、三界里、兩湖里、五湖里、六股里、重和里、清泉里、萬壽里、磺港里、美田里，三芝區的橫山里、茂長里、圓山里、新庄里。(人口數共計 25,036 人，資料如表 6、人口分布圖如圖 6 所示)
- (二) 核能二廠 EPZ 內計有 3 區 26 里(行政區域圖如圖 7 所示)，包含：萬里區的大鵬里、中幅里、北基里、崁脚里、野柳里、萬里里、龜吼里、磺潭里、雙興里、溪底里，金山區的豐漁里、三界里、大同里、五湖里、六股里、西湖里、和平里、美田里、重和里、清泉里、萬壽里、磺港里、金美里、永興里、兩湖里，石門區的草里里。(人口數共計 48,693 人，資料如表 7、人口分布圖如圖 8 所示)

(三) 核能一廠及核能二廠 EPZ 內共計 4 區、38 里、約 6 萬人。

表 6 核能一廠 EPZ 內本市轄內各里戶政人口數調查

電廠半徑範圍	行政區	里別	戶政人口	人數合計
0-3 公里	石門區	乾華里	301	6,111
		尖鹿里	1,591	
		茂林里	604	
		草里里	1,019	
		石門里	1,672	
		山溪里	924	
3-5 公里	石門區	老梅里	2,233	6,053
		富基里	1,453	
	金山區	永興里	598	
		西湖里	182	
		三界里	661	
		兩湖里	409	
	三芝區	橫山里	517	
5-8 公里	石門區	德茂里	1,222	12,872
	金山區	五湖里	1,840	
		六股里	720	
		重和里	1,228	
		清泉里	875	
		萬壽里	489	
		磺港里	1,875	
		美田里	4,432	
	三芝區	茂長里	646	
		圓山里	582	
		新庄里	838	
合計				25,036

資料來源：新北市政府民政局(戶政人口數資料統計至 111 年 7 月)



圖 5 核能一廠緊急應變計畫區行政區域圖

資料來源：核能一、二、三廠緊急應變計畫區內民眾防護措施分析及規劃檢討修正報告

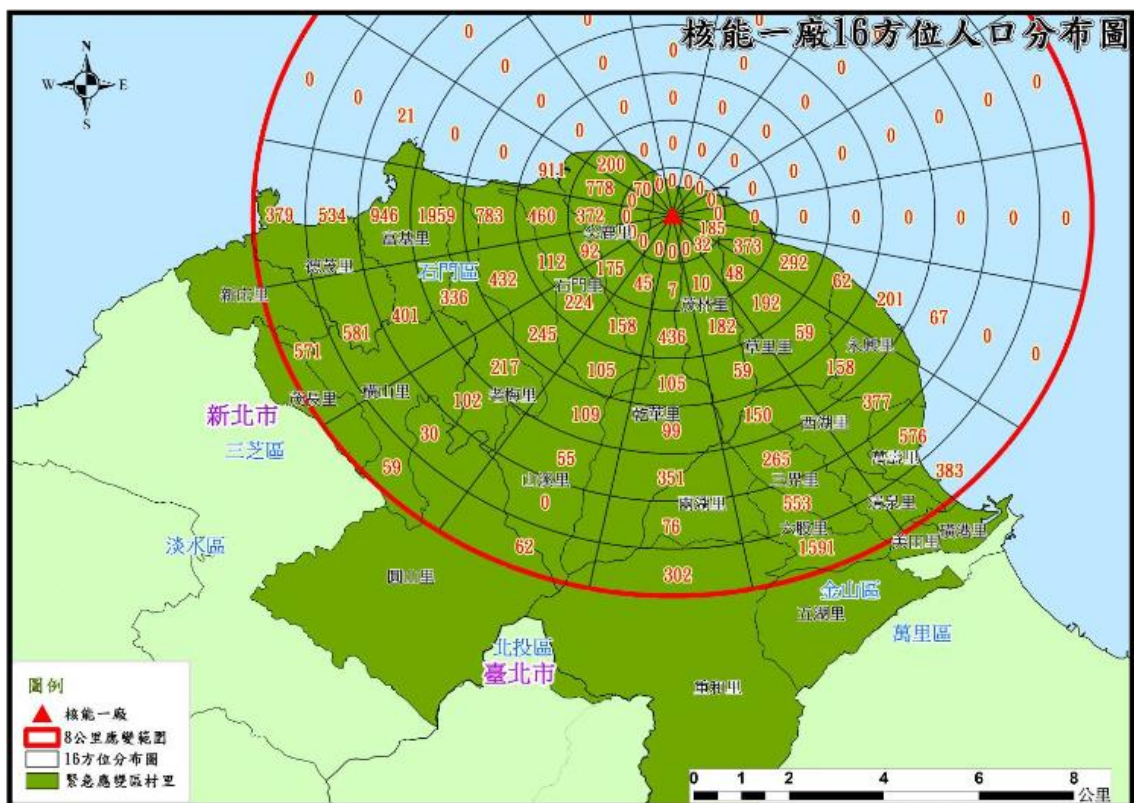


圖 6 核一廠緊急應變計畫區 16 方位戶政人口分布(單位：人)

資料來源：核能一、二、三廠緊急應變計畫區內民眾防護措施分析及規劃檢討修正報告

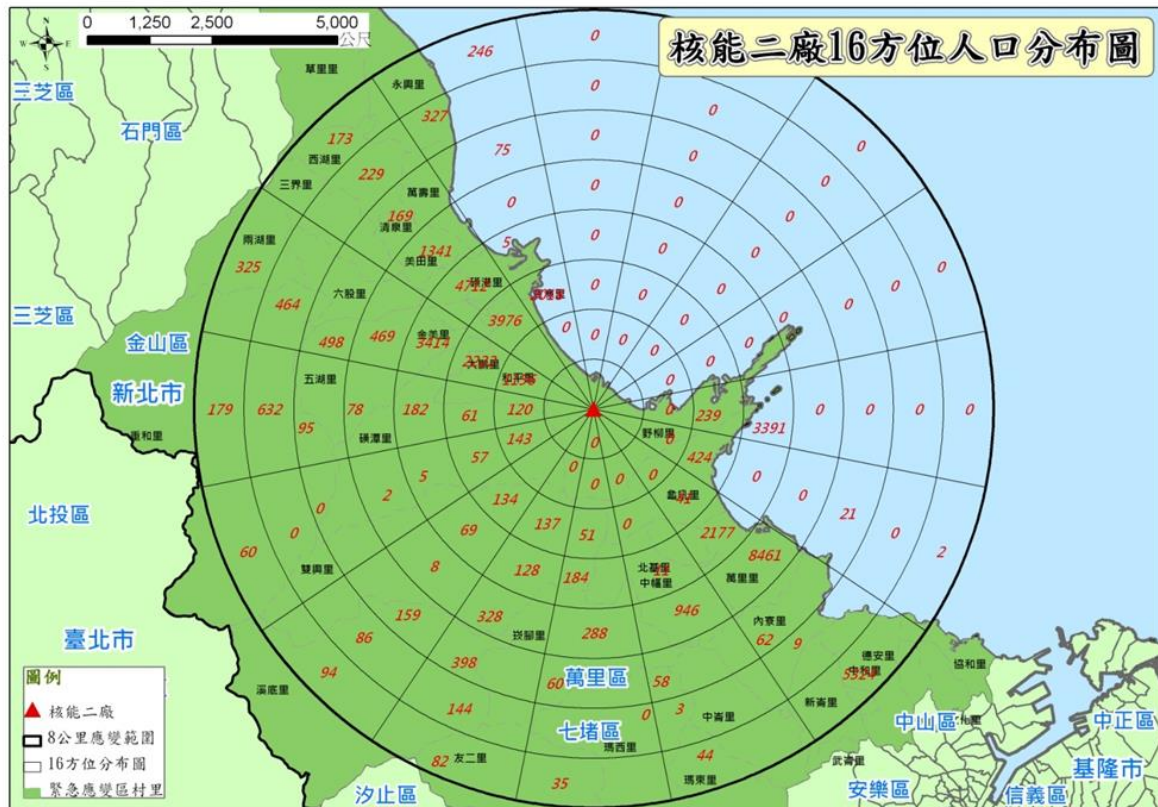
表 7 核能二廠 EPZ 本市轄內各里戶政人口數調查

電廠半徑範圍	行政區	里別	戶政人口	人數合計
0-3 公里	萬里區	野柳里	3,506	32,135
		龜吼里	2,781	
		中幅里	1,258	
		雙興里	1,043	
		磺潭里	6,540	
		大鵬里	2,961	
		北基里	2,980	
	金山區	五湖里	1,840	
		豐漁里	566	
		和平里	475	
		磺港里	1,875	
		大同里	744	
		金美里	5,566	
3-5 公里	萬里區	萬里里	4,834	14,532
		坎腳里	437	
		溪底里	674	
	金山區	三界里	661	
		清泉里	875	
		六股里	720	
		美田里	4,432	
		萬壽里	489	
		重和里	1,228	
		西湖里	182	
5-8 公里	金山區	永興里	598	2,026
		兩湖里	409	
	石門區	草里里	1,019	
合計				48,693

資料來源：新北市政府民政局(戶政人口數資料統計至 111 年 7 月)



資料來源：核能一、二、三廠緊急應變計畫區內民眾防護措施分析及規劃檢討修正報告



資料來源：核能一、二、三廠緊急應變計畫區內民眾防護措施分析及規劃檢討修正報告

三、北海岸觀光人口數估計(核能一、二廠 EPZ 內行政區)

核能一、二廠 EPZ 內附近觀光遊憩據點主要位於金山、石門與萬里等區，其海岸沿線有金山溫泉區、白沙灣及野柳風景等觀海景點，經常吸引較多遊客前往遊覽。為確保遊客生命財產之安全，地方政府應掌握各場所的遊客人數，以落實執行民眾防護行動。

依據交通部觀光局行政資訊網北海岸統計資訊，統計核能一廠 EPZ 內附近觀光遊憩據點人數平均每日遊客共計約 4,555 人、核能二廠 EPZ 內附近觀光遊憩據點人數平均每日遊客共計約 11,870 人，詳如表 8 所示。

表 8 核能一、二廠 EPZ 內附近觀光遊憩據點平均每日人數表

電廠	縣/市	鄉/鎮/區	村/里	觀光遊憩據點	平均累計人數 (人/天)
核能一廠	新北市	金山區	三界里	法鼓山世界教育園區	726
				朱銘美術館	318
		石門區	德茂里	白沙灣海水浴場	2,699
		金山區	磺港里	金山遊客中心	754
				金山溫泉館(金山青年活動中心)	58
核能一廠周圍合計					4,555
核能二廠	新北市	萬里區	野柳里	野柳地質公園	8,628
				野柳海洋世界	548
			龜吼里	翡翠灣濱海遊樂區	356
		金山區	磺港里	金山遊客中心	754
				金山溫泉館(金山青年活動中心)	58
			三界里	法鼓山世界佛教教育園區	726
				朱銘美術館	318
核能二廠周圍合計					11,870

資料來源：核能一、二、三廠緊急應變計畫區內民眾防護措施分析及規劃檢討修正報告

四、特殊節日與特殊活動人口估計

特殊節日與特殊活動人口指當地廟會或定期舉辦之節慶參加之遊客，人數可能隨季節、假期或節慶日變化很大，並包含來自外縣市的民眾，因此如需採取民眾防護行動時，本市災害應變中心應掌握當下活動的民眾人數，於事故時執行勸離疏散通知等相關應變措施。核一、二廠 EPZ 內大型的特殊節日與特殊活動人口統計資料如表 9 所示。

表 9 核一、二廠 EPZ 內特殊節日與特殊活動人數統計表

核能一廠				
項目	時間(農曆)	地點	活動重點	人數

1	2月2日	富福頂山寺(三芝區圓山里)	濟公聖誕	約 1,000~2,000
	7月15日		普渡大會	
2	3月3日	北星真武寶殿(三芝區圓山里)	玄天上帝聖誕	200~300
3	3月3日	伍天宮(金山區永興里)	玄天上帝聖誕	100~200
4	3月3日	雪山玄武廟(石門區富基里)	玄天上帝聖誕	20~30
	7月15日		普渡	100
5	3月3日	天龍宮(金山區萬壽里)	真武大帝聖誕	100~200
	7月15日		普渡	
6	3月15日~3月19日	日月大天宮(石門區石門里)	拜道祈福法會	200~300
7	3月15日	北海宮(石門區德茂里)	保生大帝聖誕	10
8	3月23日	凌虛宮(石門區老梅里)	媽祖聖誕	500
9	3月23日、4月15日	金山朝天宮(金山區重和里)	媽祖聖誕	30~40
10	2月17日~2月19日	白沙灣觀航寺(石門區德茂里)	禮斗誦經法會	300~400
	8月6日		建廟紀念日	
11	4月2~4日、7月15日	法藏山極樂寺(石門區山溪里)	普渡法會	70~80
	9月9日		浴佛節	
12	4月24~4月26日	石門妙法寺(石門區老梅里)	上天老師聖誕	50~60
13	4月4日、7月15日	佛光山北海道場 (石門區石門里)	朝山法會	約 100
	5月7日~8日(國曆)		浴佛法節	1,000 以上
14	4月4日、7月15日	西湖里安樂寺(金山區)	超渡法會	500 以上
15	4月14日	北海聖安宮(石門區尖鹿里)	孚佑帝君聖誕	300~400
	9月19日		廟紀念日	
16	4月8日	嚴淨寺(金山區三界里)	浴佛	20~30
17	5月5日	五龍宮(石門區尖鹿里)	蟠桃大會	約 100~200
	12月14日		祭典普渡	約 500
18	5月24日	萬聖宮(金山區三界里)	紀念日	100
	10月11日		謝平安	
19	5月28日(國曆)	白沙灣海水浴場 (石門區德茂里)	石門肉粽節	約 10,000
20	6月3日	金山慈音寺(金山區五湖里)	文殊師利菩薩聖誕	約 400~500
	9月28日		求平安活動	
21	6月10日~6月12日	金剛宮(石門區富基里)	求神	約 500~1,000
	11月9日(國曆)		四面佛聖誕	1,000
22	6月17日~6月19日	石門桃源殿(石門區乾華里)	禮斗法會	200~300
23	7月16日~7月18日	慧明禪寺(金門區西湖里)	普渡法會	10~20

24	1 月 7 日~1 月 9 日	聖德宮(金山區三界里)	法會	約 100~200
25	9 月 9 日	十八王公廟(石門區乾華里)	十八王公生日	30~40
	9 月 19 日		法會	約 400
26	9 月 19 日	普陀山慈航宮(石門區乾華里)	得道日	100~150
27	9 月 19 日	妙濟寺(石門區乾華里)	法會	10
28	9 月 24~25 日(國曆)	石門區公所(石門區尖鹿里)	石門國際風箏節	2 天 100,000
29	10 月 10 日(國曆)	代天府(石門區山溪里)	誦經法會	200
30	8 月 6 日	南天宮(金山區五湖里)	三官大帝聖誕	100~200
31	10 月 23 日	老崩山天賜宮(石門區山溪里)	主神(周倉聖爺過生日)	30~50
32	10 月 29 日	鎮天宮(金山區清泉里)	五年千歲聖誕	約 400
33	11 月 26 日~12 月 3 日	法鼓山世界佛教教育園區 (金山區三界里)	大悲心水陸法會	約 16 萬
34	每日	曹洞宗台北別院 (石門區山溪里)	禪修共修誦經	100
核能二廠				
項目	時間	地點	活動重點	人數
1	1 月 7 日	許氏祖廟(金山區金美里) (昭應侯廟)	祭祖	500
2	8 月 14 日~8 月 15 日		紀念祭祖大典	200~300
3	1 月 15 日	東澳朝天宮(萬里區野柳里)	進港儀式	1,000
4	1 月 15 日(國曆)	北基福德宮(萬里區萬里里)	遶境	100
	4 月 8 日		遶境	300
5	正月時	新興宮(萬里區溪底里)	進香	120~200
6	正月期間、8 月 15 日	加投福德宮(萬里區大鵬里)	拜拜	60~70
7	2 月 2 日	頂社福德宮(萬里區大鵬里)	福德正神聖誕	200
8	2 月 15 日	廣安宮(金山區金包里街)	開漳聖王聖誕	300~500
9	1 月 15 日	保安宮(萬里區野柳里)	神明淨港+過火	1,000
10	2 月 15 日		王爺生日慶典	約 3,000 人
11	3 月 3 日	清慈宮(萬里區雙興里)	玄天上帝聖誕	100
12	3 月 3 日	伍天宮(金山區永興里)	玄天上帝聖誕	100~200
13	3 月 3 日	天龍宮(金山區萬壽里)	真武大帝聖誕	100~200
	7 月 15 日		普渡	
14	3 月 23 日	金山朝天宮(金山區重和里)	媽祖聖誕	30~40
	4 月 15 日		遶境	
15	3 月 23 日	天護宮(萬里區炭腳里)	媽祖聖誕	50
16	3 月 20 日(國曆)	台 2 線	萬金石馬拉松	35,000
17	4 月 5 日(國曆)	安樂寺(金山區西湖里)	清明節超渡法會	500 以上
	7 月 15 日		中元節超渡法會	

18	4 月 5 日	忠福宮(萬里區中幅里)	拜拜	約 100
19	4 月 8 日	嚴淨寺(金山區三界里)	浴佛	20~30
20	4 月 9 日	昭靈宮(萬里區萬里里)	媽祖遶境	2,000
	9 月 28 日		五顯大帝聖誕	500
21	4 月 9 日	保民宮(萬里區龜吼里)	迎神遶境	80~120
22	4 月 9 日、2 月 15 日、 10 月 12 日	鼓亭路福安宮(萬里區龜吼里)	熱鬧法會	300
23	4 月 15 日~16 日	慈護宮(金山區大同里)	媽祖出巡	數萬人以上
24	4 月 16 日	雙和宮(萬里區雙興里)	蘇府王爺聖誕	100
25	3 月 15 日、6 月 16 日、 9 月 15 日、11 月 15 日	萬里德光佛堂(萬里區溪底里)	四季大典	2~3
26	4 月 16 日	大鵬天護宮(萬里區大鵬里)	媽祖遶境活動	100~200
27	4 月 15 日~4 月 16 日	慈護宮(金山區金包里街)	迎媽祖	2,000
	5 月 21 日~5 月 22 日(國 曆)		二媽回娘家遶境	3,000
	7 月 14 日		放水燈	
28	4 月 23 日(國曆)	鎮北宮(萬里區龜吼里)	媽祖聖誕	150
29	4 月 28 日~4 月 30 日	國聖仁和宮(萬里區野柳里)	紀念日(入廟)	1,000
30	5 月 6 日	承天宮(金山區磺港里)	遶境法會	1,000
31	5 月 13 日~17 日(國曆)	靈泉寺(萬里區溪底里)	浴佛節	20
32	5 月 18 日	北城順清堂(萬里區磺潭里)	正一天師	200~300
33	5 月 20 日~22 日(國曆)	金法林(金山區重和里)	普賢法會	60~70
34	6 月 3 日	慈音寺(金山區五湖里)	韋馱聖誕	450~500
	9 月 28 日		五顯菩薩聖誕	800~1,000
35	6 月 18 日	重威宮(萬里區萬里里)	三府王爺聖誕	約 1,000
36	6 月 18 日	威靈宮(金山區豐漁里)	三府王爺聖誕	300~400
38	6 月 18 日	福仁宮(金山區五湖里)	三府王爺聖誕	100
39	6 月 24 日	武英殿廟(金山區美田里)	西秦王爺聖誕謝平安	1,100~1,200
40	7 月 16~18 日	慧明禪寺(金門區西湖里)	普渡法會	10~20
41	1 月 7 日~1 月 9 日	聖德宮(金山區三界里)	法會	300~600
42	8 月 6 日	南天宮(金山區五湖里)	三官大帝聖誕	100~200
43	4 月 9 日	頂社保民宮(萬里區大鵬里)	迎神遶境	80~120
44	8 月 20~8 月 21 日	金山區陽金公路 0.15 公里處兩旁農地	金山甘藷節	6000
45	9 月 8 日	聖安宮(萬里區大鵬里)	遶境祈福	400~500
46	9 月 28 日	成功新邨福德宮	福德正神聖誕	100

		(萬里區萬里里)		
47	10月11日、5月24日	萬聖宮(金山區三界里)	紀念日	約100
48	10月22日(國曆)	野柳漁港(萬里區野柳里)	萬里蟹節	3,000
49	10月29日	鎮天宮(金山區清泉里)	五年千歲聖誕	約400
50	10月29日	仁和宮(萬里區野柳里)	周府將軍聖誕	2,000~3,000
51	無特定節日	金海禪寺(萬里區磺潭里)	修行	20~30
52	不固定	善德寺(萬里區大鵬里)	靜修、共修	10

資料來源：核能一、二、三廠緊急應變計畫區內民眾防護措施分析及規劃檢討修正報告

台灣電力股份有限公司 2018 年 8 月公布之「核能一、二、三廠緊急應變計畫區內民眾防護措施分析及規劃檢討修正報告」中指出，於 2011 年 10 月 27 日核定公告「核能一、二、三廠緊急應變計畫區」從現有 5 公里擴大為 8 公里；然而，緊急應變計畫區範圍之擴大，代表平時整備所需執行的事項亦相對的增加，而對於緊急應變計畫區外，距電廠半徑 8 至 16 公里範圍（如圖 9-圖 11 所示），則視需要結合地方災害防救體系，將民眾防護措施規劃納入地方政府地區災害防救計畫中。

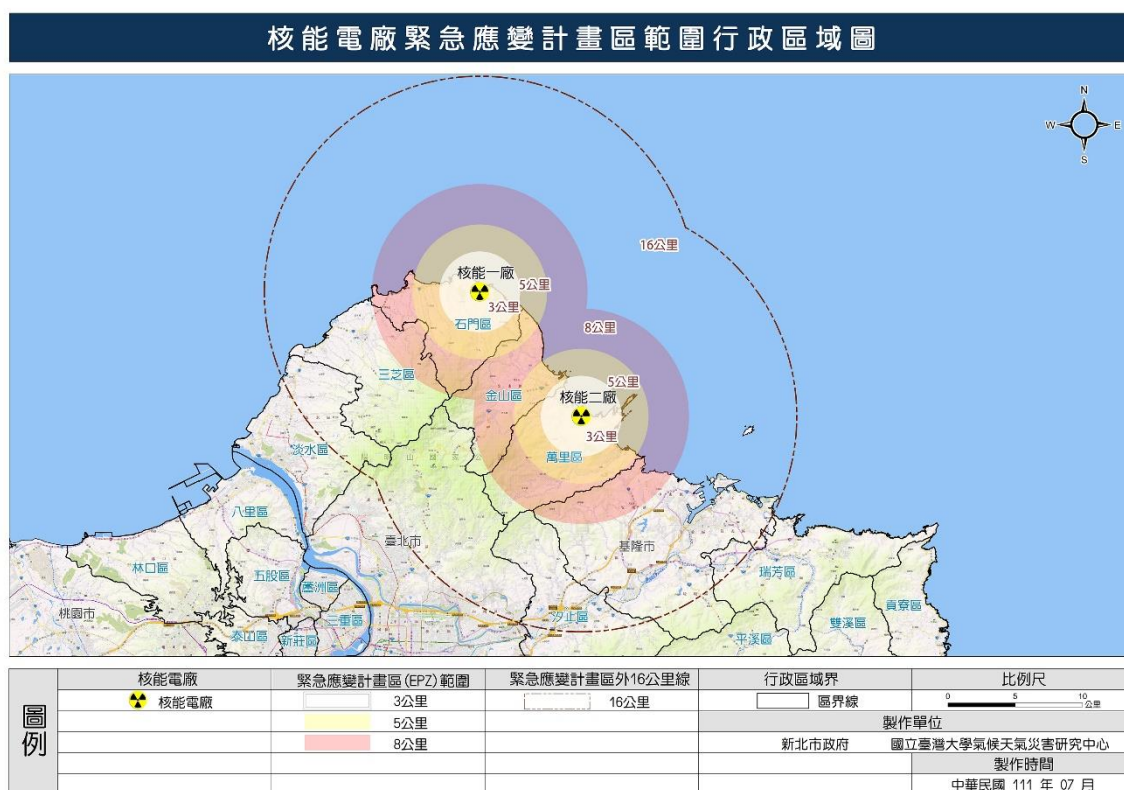


圖 9 核能電廠緊急應變計畫書範圍行政區域圖

資料來源：國立臺灣大學氣候天氣災害研究中心繪製

核能一廠緊急應變計畫區範圍行政區域圖

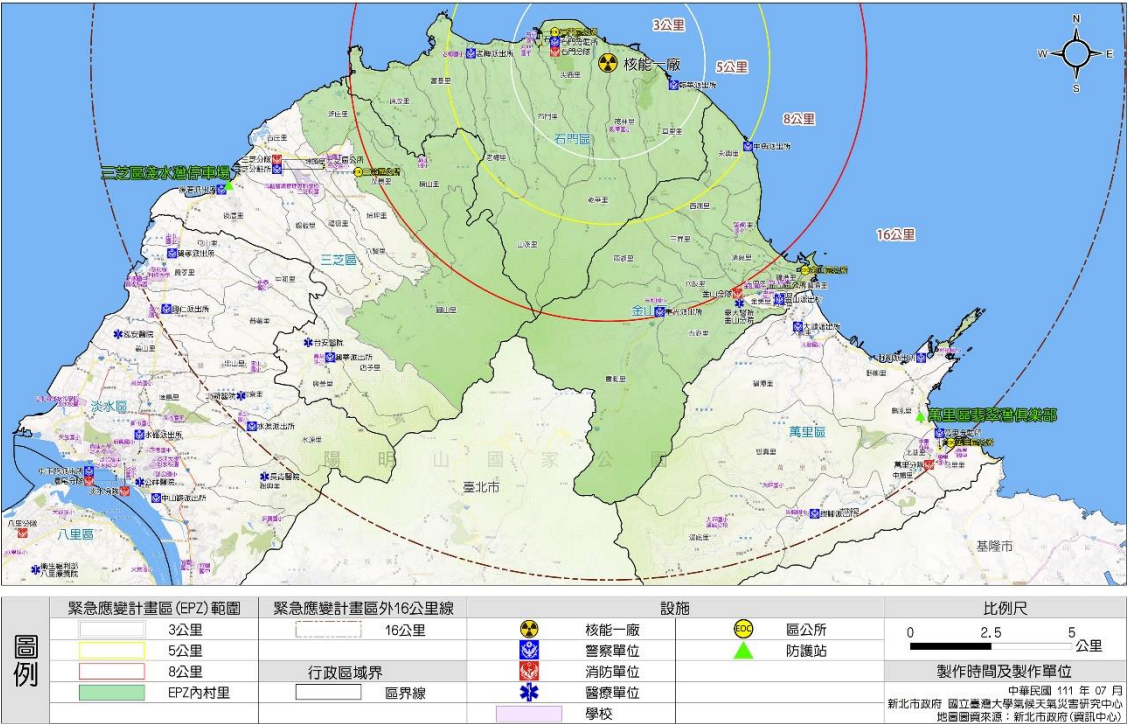


圖 10 核能一廠緊急應變計畫區範圍行政區域圖

資料來源：國立臺灣大學氣候天氣災害研究中心繪製

核能二廠新北市緊急應變計畫區範圍行政區域圖

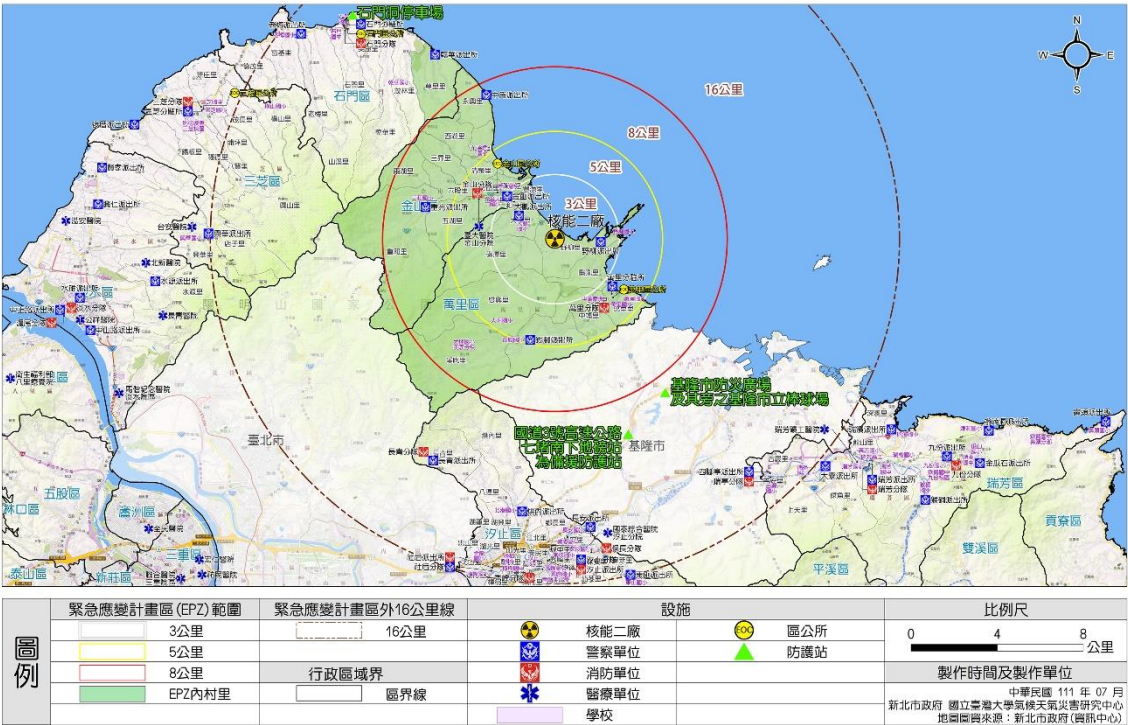


圖 11 核能二廠新北市緊急應變計畫區範圍行政區域圖

資料來源：國立臺灣大學氣候天氣災害研究中心繪製

貳、放射性物質意外事件

目前本市列管之使用放射性物質使用場所計有 62 處，其應用範圍包括醫、農、工、研等場所，放射性物質之活度則有大至輻射照射廠之 $10^{15} \sim 10^{16}$ 貝克、醫用放射治療同位素之 $10^{13} \sim 10^{14}$ 貝克、工業用射源之 $10^{11} \sim 10^{13}$ 貝克、小至研究室內使用 $10^9 \sim 10^{10}$ 貝克之射源。對於各類放射性物質之使用，事前需經審查輻射作業場所安全及輻射防護計畫合格，始得安裝。安裝完竣後並應經檢查合格發照後，方得使用。輻射工作人員應接受原能會指定之訓練，並領有輻射安全証書或輻射防護執照，始得從事輻射作業。

參、境外核災

臺灣周遭有中國、南韓及日本等鄰國設有核能電廠(如圖 12)，若發生境外核能電廠事故，可能因不同的風向，對臺灣造成不等的影響。依新北市位處臺灣北部而言，距離最近之境外核電廠為位於西北方的福清核電站(190 公里)及寧德核電站(230 公里)，若其發生事故且對臺灣要有最大的影響須搭配西北風的發生，然臺灣的氣候受到太平洋季風和西南季風的影響較大，通常只有在冬季(11 月至次年 2 月)可能會因中國東北部冷空氣南下，受到大陸冷氣團的影響，從而產生西北風，但整體來說西北風發生的頻率並不高。此外，位於新北市西南方的福清核電站(740 公里)、台山核電廠(925 公里)、陽山核電站(995 公里)等核能電廠若發生核電廠事故，可能在夏季會因吹西南風的關係，對新北市有所影響；而位於日本的川內核能電廠(1,100 公里)、玄海核能電廠(1,210 公里)等核能電廠均離新北市有 1,000 公里以上的距離，只有在東北季風非常強烈時，方有機率對新北市產生影響。



圖 12 境外輻射災害潛勢圖

資料來源：國立臺灣大學氣候天氣災害研究中心繪製