

出國報告（出國類別：其他）

赴日本參加 2016 國際放射性物質  
包件與運送研討會  
（PATARM 2016）  
出國報告

服務機關：行政院原子能委員會

如名職稱：吳思穎 技士

派赴國家：日本

出國期間：105 年 9 月 17 日至 9 月 24 日

報告日期：105 年 11 月 17 日

## 摘要

第 18 屆國際放射性物質包件與運送研討會(The 18th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM)於 2016 年 9 月 18 至 9 月 23 日在日本神戶舉行，由日本機械學會(The Japan Society of Mechanical Engineers, JSME)主辦，日本原子力協會(The Atomic Energy Society of Japan, AESJ)協辦。

本次研討會為期 6 日，討論議題包括(1)放射性物質包件設計(2)測試分析(3)放射性廢棄物及天然放射性物質運送(4)國際安全運送規範(5)管理系統(6)緊急應變(7)運送保安(8)用過燃料儲存及運送(9)經驗分享學習等，透過本次研討會除了更深入了解放射性物質運送之國際規範外，也由各國的實務經驗中獲得了許多寶貴資訊，希望未來在相關工作的推動上可以更為完善。

## 目次

壹、 出國目的與行程.....	4
貳、 會議過程及內容.....	5
參、 心得與建議.....	24
肆、 附錄.....	25

## 壹、出國目的與行程

### 一、目的

國內或國際間放射性物質運送頻繁，據統計全球每年約有 2 千萬次的放射性物質運輸，而運送中應遵守之國際規範、保安作為及輻射防護管制是確保環境、民眾及工作人員安全的重要議題，藉由本次參加第 18 屆國際放射性物質包件與運送研討會(The 18th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM)之機會，期可瞭解國際間放射性物質安全運送規範之發展趨勢、運送保安要求、意外事故的緊急應變準備及作為等，並由各國實際經驗分享及案例分析，增加放射性物質安全運送與包件設計的實務經驗，使未來相關業務推動更為順利，並可提供國內管制法規修訂建議，使相關管制與時俱進，並與國際接軌。

### 二、出國行程

日期	天數	地點	工作內容
105 年 9 月 17 日	1	臺北-日本神戶	去程（臺北-日本神戶）
105 年 9 月 18 日至 105 年 9 月 23 日	6	日本神戶	參加第 18 屆國際放射性物質包件與運送研討會
105 年 9 月 24 日	1	日本神戶-臺北	回程（日本神戶-臺北）

## 貳、會議過程及內容

### 一、研討會簡介

國際放射性物質包件與運送研討會(The International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM)是目前探討放射性物質包件及運送議題唯一的國際大型研討會議，其自 1965 年於新墨西哥舉辦第一次會議後，每隔三年舉辦一次。本次第 18 屆研討會於日本神戶波多匹亞飯店舉辦(如圖 1)，討論議題包括(1)放射性物質包件設計 (2)測試分析 (3)放射性廢棄物及天然放射性物質運送 (4)國際安全運送規範 (5)管理系統 (6)緊急應變 (7)運送保安 (8)用過燃料儲存及運送 (9)經驗分享學習等，會議期程共計 6 日，會場亦開設有相關展覽攤位。

本次主辦單位為日本機械學會(The Japan Society of Mechanical Engineers，JSME)，協辦單位為日本原子力協會(The Atomic Energy Society of Japan，AESJ)，其它協助及指導單位及簡介如表 1 所示。



圖 1、會議舉辦地點日本神戶波多匹亞飯店

表 1、第 18 屆國際放射性物質包件與運送研討會辦理單位

單位名稱	國別/組織	性質	簡介
The Japan Society of Mechanical Engineers(JSME)	日本	主辦	日本機械學會，是日本國內大型的學術團體，其下有生物工程學、材料力學、機械材料、流體力學、熱力學、環境工程等 20 餘個部門。
Atomic Energy Society of Japan (AESJ)		協辦	日本原子力學會，提供原子科學相關學術研究資訊及技術發展趨勢，致力於推廣核能之和平用途。
Nuclear Regulation Authority (NRA)		指導單位	日本原子力規制委員會，2012 年成立，為日本現行核能管制單位，隸屬環境部。
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT)		指導單位	負責日本國土規劃、設施建設、交通運輸、氣象、海事安全、觀光等業務之中央單位。
Agency for Natural Resource and Energy		指導單位	負責日本資源及能源之產業調查、能源政策等施政項目。
International Atomic Energy Agency (IAEA)	聯合國	協辦	國際原子能總署，推廣和平方式使用核能的國際組織。
Institute of Nuclear Materials Management (INMM)	國際非營利組織	協辦	放射性物料管理研究所，是一個國際性的非營利技術研究組織，致力於發展放射性物料之安全、保安及管理，由各國相關的科學家、工程師、管制人員、學生等組成，並設有 6 個技術部門。
World Nuclear Transport Institute (WNTI)		協辦	是一個非營利的國際工業組織，提供工業界對於放射性物質包件、材料及運送等議題之意見及經驗，以協助放射性物質於國際間之運送及相關規範之制定。

## 二、國際放射性物質運送規範

全球每年約有2千萬次的放射性物質運輸，為確保運送過程的輻射安全，IAEA自1957年即著手進行安全運送規範之訂定，歷經5個主要的修訂過程（詳如圖2），目前最新的運送規範為2012年版的Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (Specific Safety Requirements, No. SSR-6)，SSR-6屬於IAEA的安全要求文件，其描述放射性物質運送的目標及原則，內容由引言、定義、一般規定、放射性活度限值和分類、運輸要求和管理、包裝及包件要求、測試程序、核准與管理等8個主要章節構成。

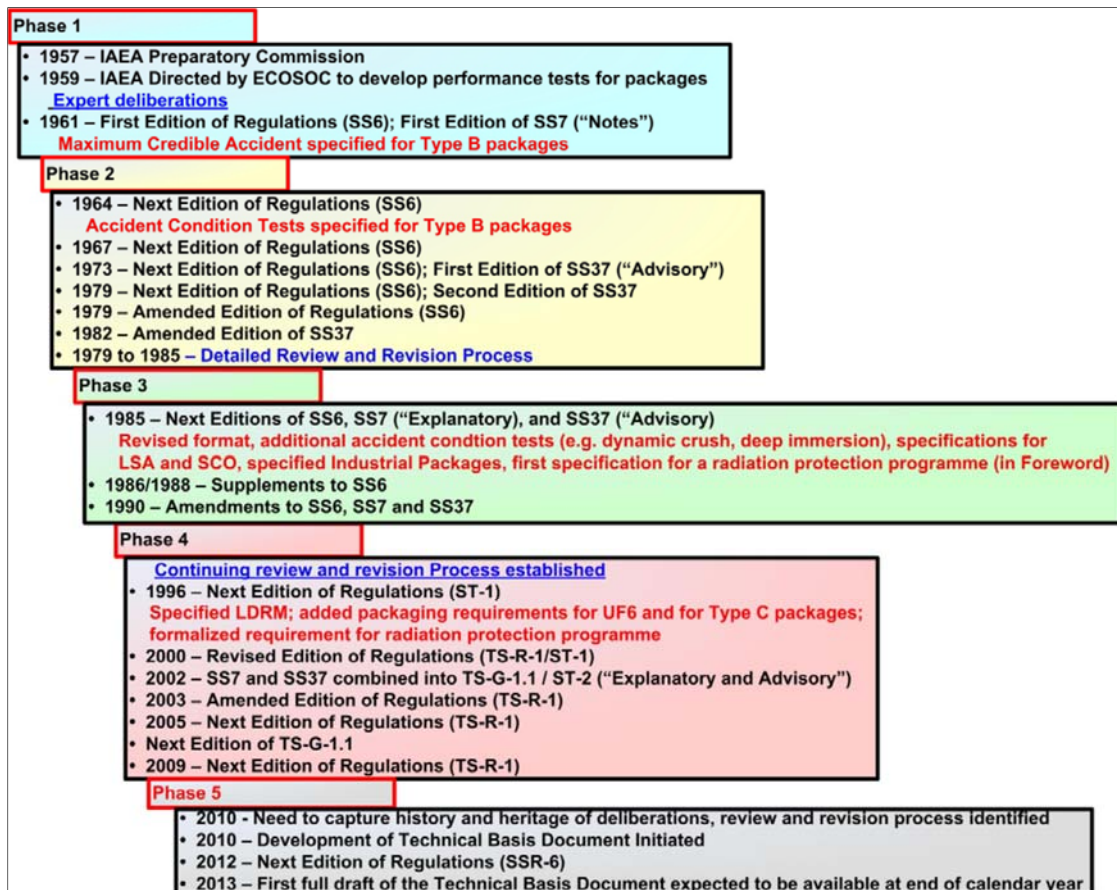


圖 2、IAEA SSR-6 修訂過程

以 SSR-6 為基礎，IAEA 亦公布了 6 個相關指引(如圖 3)，包括 SSG-26、SSG-33、TS-G 1.2、TS-G 1.3、TS-G 1.4、TS-G 1.5，指引文件的內容除了安全要求的具體建議外(SSG-26)，另針對緊急應變(TS-G 1.2)、輻射防護(TS-G 1.3)、管

理系統(TS-G 1.4)、保證作業(TS-G 1.5)等項目提供主題性的方案及建議，而 SSG-33 是以聯合國危險貨物編號(UN number)為索引的文件，方便使用者在確定 UN number 後可以直接瀏覽相關運送要求。

IAEA 於本次研討會中提到，許多國家在將 SSR-6 化為國內法的過程中遇到很大的挑戰，主要原因係 SSR-6 文件的架構較為複雜，套用在實際運送案例上，使用者必須在不同章節拼湊所適用的規範，過程中常會有誤解或遺漏相關要求的狀況，反觀 SSG-33 雖為指引文件，但根據資料庫的統計，實際被引用及使用的次數卻相當頻繁，顯示 SSG-33 在架構上較易被理解及接受，為此，IAEA 提出使用 SSG-33 架構的新版 SSR-6 提案，其將原本內容整合為 2 大部分及附錄(如圖 4)，第一部分沿用 SSR-6 的基本原則性條文內容，第二部分則包括放射性物質活度限值及各項要求，而各項要求依 UN number 分類，使用者不須再自行找尋各章節對應要求，而分類的程序及包件測試驗證等細項規定，納入附錄說明，IAEA 希望藉此能使 SSR-6 更容易地被導入會員國的國內法，亦可使國際間運送規定能更一致。

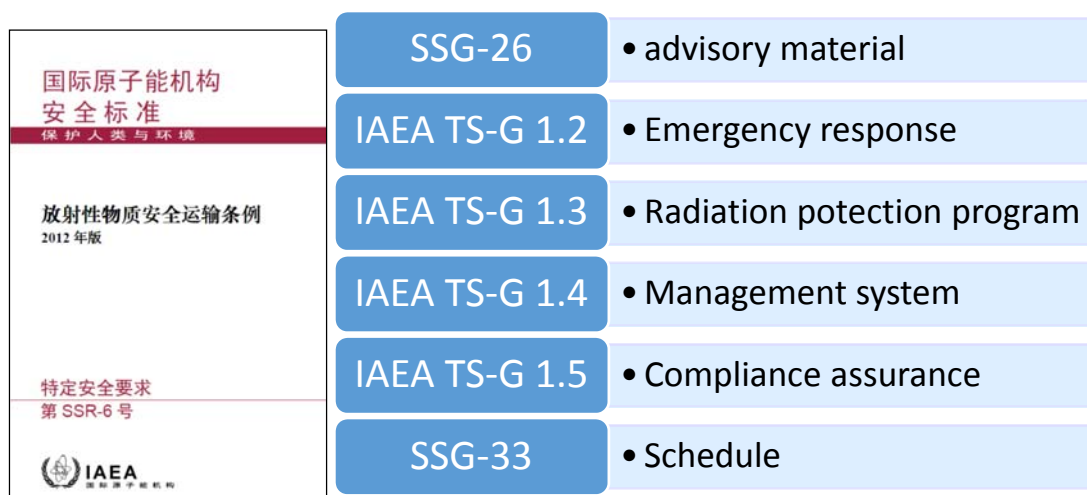


圖 3、IAEA 放射性物質運送相關報告文件



- PART 1
  - Section I (SSR6)
  - Section II Definitions (SSR6)
  - Section III General Provisions (SSR6)
- PART 2
  - Determination of UN number (SSG33 – refers to Appendix 2)
  - Section IV Activity Limits and Classification (SSR6 – Tables now in Appendix 1)
  - General requirements for all UN numbers (SSG33 + SSR6)
  - Requirements for each UN number (SSG33)
- APPENDICES
  - Tables and figures
  - Classification process (SSG33)
  - Design and testing requirements
  - Fissile material requirements

圖 4、新版 IAEA SSR-6 文件結構

放射性物質的運送除了 IAEA 的規範外，由於其在運輸上屬於危險物品的範圍，故依其運送的形式還必須符合相對應的運輸國際規範(如表 2)，如海運必須遵守國際海事組織(IMO)的國際海運危險品準則(IMDG code)，空運必須符合國際民航組織 (ICAO)及國際航空運輸協會(IATA)之規定，而部分國家及區域亦訂有陸運、鐵路、水運的相關規定，種種的規定常使放射性物質運送變的複雜及困難，運送人也常因此被迫延後運送時程，因此與相關部門的溝通與協調變得極為重要，尤其在制定相關法規時，必須將相關單位的意見及現有規範納入考量，以免發生法規競合或窒礙難行的狀況。

許多國家正面臨或即將面臨核設施的除役，經核設施拆除後的結構體、機具或零組件的運輸為亦為日後運送的一大挑戰，這類的物品可能屬於表面污染體或低比活度放射性物質，但由於其體積大不易拆解，在包裝上極為困難，不易符合現有的法規。另許多國家之用過核燃料會先以乾式貯存設施存放一段時間後，再運送至最終處置場或再處理設施，而其乾式貯存設備可直接用於運送，這種雙用途貯存設備(Dual Purpose Cask, DPC) 及大型物件的運送相關測試及規範，在未來法規的制定上都必須納入考慮，IAEA 也都針對這些新興的議題進行資料蒐集及討論，以納入後續安全要求中。

表 2、危險物品國際運輸規範

運送形式	組織名稱	規範名稱
全部	IAEA(國際原子能總署)	Regulations for the Safe Transport of radioactive Material SSR-6
全部	UN (聯合國)	Recommendations on the Transport of Dangerous Goods
海運	IMO (國際海事組織)	International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code)
海運	IMO(國際海事組織)	International Code for the Safe Carriage of Packaged Irradiated Nuclear Fuel Plutonium and High-Level Radioactive Wastes on Board Ships (INF Code)
空運	ICAO(國際民航組織)	Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air (TI)
空運	IATA(國際航空運輸協會)	Dangerous Goods Regulations (DGR)
郵寄	UPU(萬國郵政聯盟)	Universal Postal Convention and its detailed regulations

### 三、射源保安

隨著恐怖主義的興起，除了放射性物質運送的基本安全要求外，國際間對於高風險物質的保安要求也逐漸提升，IAEA 對於放射性物質的保安訂有一系列的報告文件(如圖 4)，其基本原則仍是依循核子保安的架構，包括實體防護、核子設施保安、保安管理系統等概念，而針對放射性物質運送中的保安要求則分為核子物料及一般放射性物質，分別公布有 NSS-26-G, “Security of Nuclear Material in Transport” 及 NSS-9, “Security in the Transport of Radioactive Material”。



圖 4、IAEA 放射性物質運送保安要求文件

針對一般放射性物質，NNS-9 中將保安等級分為三類，分別為：

- (1) 謹慎管理(Prudent management practices): 微量包件、低比活度物質包件及表面污染體，僅需妥善管理，不須特殊的保安作為。
- (2) 基本保安(Basic security level): 包件中放射性物質活度不超過保安活度值 (security radioactivity threshold)。
- (3) 進階保安(Enhanced security level): 包件中放射性物質活度超過 10D(第 1、2 類物質)或每一包裝中活度超過 3000A2 值。<sup>註</sup>

除了以上的 3 種分類外，各國可以依照國際情勢或國內國情針對特定的放射性物質實施額外的保安評估(additional security measures)，各等級所對應的保安要求簡述如下表 3。

註: D 值為 IAEA 射源分類中由確定效應推導出評估放射性物質危險程度的量化指標;  
A2 值為允許裝入甲型包件的特殊形式以外的放射性物質最大活度

表 3、IAEA 放射性物質保安等級及要求

<p>謹慎管理 Prudent management practices</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 依據基本安全標準進行管理</li> <li>● 一般性的商業運作模式</li> </ul>
<p>基本保安 Basic security level</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 一般性的保安作為</li> <li>● 基本的保安訓練</li> <li>● 個人身份的辨識</li> <li>● 運輸工具的保安查證</li> <li>● 撰寫指引</li> <li>● 保安訊息傳遞及交換</li> <li>● 可靠性的確認</li> </ul>
<p>進階保安 Enhanced security level</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 運送者及貨主的識別</li> <li>● 保安計畫</li> <li>● 進階通報</li> <li>● 追蹤系統</li> <li>● 運輸中的溝通、通報</li> <li>● 其他陸運、鐵路運輸或內陸水運的要求</li> </ul>

除了相關文件的制定，IAEA也針對運送時的保安事件進行演習，演習的方式包含兵棋推演及實兵演練，藉由演習讓各國驗證其保安計畫及相關應變程序的完整性及可用性，IAEA於2015年與瑞典輻射安全管制單位(Swedish Radiation Safety Authority, SSM)及瑞典核燃料及廢料管理公司(SKB)共同舉辦了一場關於放射性物質運送的保安演習” Pilot 2015”，演習的情境為載運用過燃料的船隻遭受恐怖組織攻擊，參演的對象除SSM及SKB外，另結合當地警方、海巡單位等相關部門，該演習包括兵棋推演、預演及實兵演練等三階段，實兵演練時由警察單位扮演攻擊組織，船員事前都不知道攻擊時間及攻擊方式，希望達到最接近真實的狀況。瑞典當局於本次演習後提供幾項建議供相關單位參考，包括(1)實際運送的公司或組織最了解運輸的狀況，其必須與警察單位及核安管制單位

有順暢的通報管道，並且訂有適宜的應變計畫、(2)運送工具的相關資訊可以在各項報告或媒體資訊中被搜尋，雖然都屬片段的資訊，但仍必須防範惡意份子將各項資訊整合後得到運送工具的設計資料、(3)各利害關係人的合作是決定成功的最大因素、(4)如果遭受攻擊，保護船員可以延緩後續事件的發生、(5)如果事件時間較長，各單位可能面臨無專業人力遞補的狀況。

由於 911 事件的影響，美國對於放射性物質的保安要求也相當重視，其相關規定訂於 10 CFR Part 37 (Physical Protection of Category 1 and Category 2 Quantities of Radioactive Material)，該文件於 2013 年 5 月生效，美國核能管制委員會(Nuclear Regulatory Commission, NRC) 的持照者必須於 2014 年 3 月前符合規定，而 Agreement state 的持照者也必須於 2016 年 3 月前符合規定。10 CFR Part 37 共有 6 個子章節，而其規範的對象僅限於 1、2 類的放射性物質，其第一部分為一般性規範，第 2 部分為背景調查及授權管控、第 3 部分為使用時的實體防護，第 4 部分即為運送中的保安要求，第 5、6 章節為紀錄及執行，10 CFR Part 37 的保安概念由偵測、延遲及應變等三部份組成，使用者必須建立適當的偵測系統或巡檢頻率，才能在最短的時間內發現異常事件，而當射源場所被人闖入時，多重屏障可以達到延遲的效果，爭取應變的時間，而使用者也必須事先建立好完整的通報機制，並建置適當的應變能量，才能在事件發生時及時處理，在這個架構下，使用者必須依據其使用環境做適當的設計。然而當輻射源於運送時，因其儲存環境已經不同，原設計之偵測、延遲作為可能已失去功能，且當輻射源運送時，實際運輸人員不一定具有輻射安全專業知能，使不法分子有機會趁虛而入進行攻擊，或是操作人員因缺乏專業知識而造成不必要的輻射曝露，因此 NRC 特別針對運送部分提出保安的建議，以確保輻射源的安全，有關第 1、2 類輻射源運送時之保安要求，簡述如表 4。

表 4、美國 10 CFR Part 37 運送時保安要求

第一類放射性物質	第二類放射性物質
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 運送前驗證運輸者的相關執照、運送物質的種類及活度。</li> <li>● 使用建置有動態管理中心的載具，該中心應提供24小時監控，並且於緊急事件發生時能立即聯繫相關單位。</li> <li>● 通知並提供相關訊息給運輸路程中涉及的當地管理機關。</li> <li>● 規劃適當的運送行程，降低延誤時間，若有物質遺失、失竊，立即通報。</li> <li>● 最慢到達時間須告知NRC及各地管理當局。</li> <li>● 於高速公路運輸，隨時與護衛車輛及管理中心保持訊息交換。</li> <li>● 鐵路運輸時確認車輛可經遠端監視或建有追蹤系統。</li> <li>● 若物質延遲到達，立即啟動調查。</li> <li>● 停留時至少一人隨時保持警戒。</li> <li>● 為實際或可能發生的偷竊行為建立通報程序。</li> <li>● 運送相關資訊不可提供給未授權的人員。</li> <li>● 若發現有人意圖或涉嫌進行偷竊或破壞時，通知當地部門及NRC。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 運送前驗證運輸者的相關執照、運送物質的種類及活度。</li> <li>● 使用有追蹤系統的載具。</li> <li>● 確認並書面記載最慢到達時間及實際到達時間。</li> <li>● 若物質延遲到達，進行調查追蹤。</li> <li>● 物質若失竊或遺失，通報警政單位及管理當局。</li> <li>● 若有發現任何可能影響保安之事件，通知管理當局。</li> <li>● 手持式或移動型物質，設計雙重屏障避免物質被隨意移動，當物質儲存於載具時，若監管人員要離開，必須確保載具不能啟動。</li> </ul>

#### 四、緊急應變

放射性物質的安全運送仰賴包件的設計、適當的防護計畫、人員訓練等，若發生意外事件時，適當的緊急應變處置可以減緩或防止事件的惡化，相反地，若無事前建立適當的應變計畫及應變能量，意外事件可能因此擴大造成傷亡。IAEA 針對放射性物質運送的緊急應變指引文件為 Planning and Preparing for Emergency Response to Transport Accidents Involving Radioactive Material (TSG-1.2)，由於針對核子事故及輻射意外事件的緊急應變基本安全要求 Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency (GSR Part 7)於 2015 年出版，TSG-1.2 無法完全包含最新的緊急應變概念及要求，且該報告自 2002 年後未再修訂，因此 IAEA 已著手進行 TSG-1.2 的更新程序。新版的 TSG-1.2 將結合各項安全標準、安全指引及核子保安報告等(如圖 6)，另也會結合 GSR Part 7 的精神與概念，給予適當的建議作法。其文件的建構分為 5 大部分，分別為(1)前言、(2)運送中緊急事件的準備及應變架構、(3)安全與保安的接合、(4)運送時緊急應變之一般及功能性作為、(5)運送時緊急應變之基礎要件等五個章節，並且依空運、鐵路運輸、陸運、海運、內陸水運等不同的運輸方式給予不同的應變建議，此份文件預計於 2020 年出版。

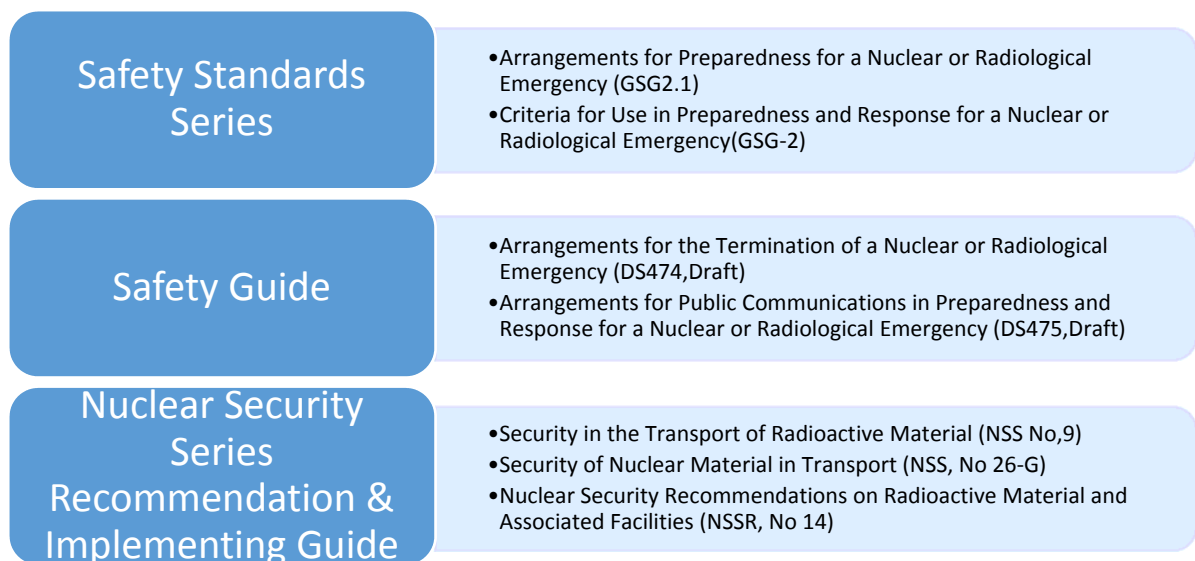


圖 6、IAEA TSG-1.2 制定之參考文件

放射性物質的運送路線常會跨越不同的國界，因此國際間的合作及通報顯得相當重要，為此歐洲的法國、英國及比利時成立了一個名為”PREPARE”的跨國合作計畫，以確保發生放射性物質運送的意外事件時，能順暢地與其鄰近國家共同處理。該計畫分為三個階段，第一步為調查各國對於放射性物質運送意外時的通報及處理單位，接著是進行意外事件的兵棋推演，最後則為實地的演練。經過調查後，各國的緊急應變組織及應變程序略有不同，比利時的應變是依據嚴重程度區分，若影響層面不大且容易控制，會由當地的管理單位負責應變，若事件擴大或當地缺乏應變資源時，中央單位就會支援處理，而在英國，設施經營者在緊急應變時需負很大的責任，管理當局的角色則在監控、發布官方訊息、指導等，英國主要的核設施或大型放射性物質使用單位共同成立有一專責應變公司 PADS SAFE，當有意外事件發生時，最近的 PADS SAFE 成員將提供支援，英國政府亦設有官方核子保安隊(Civil Nuclear Constabulary)，負責輻射意外事故之緊急應變。在法國，運送意外由當地管理單位負責，並由法國核能安全署 (Nuclear Safety Authority, ASN)及技術支援單位 IRSN 協助及評估，ASN 亦是向其他國際或區域組織通報的窗口。PREPARE 計畫的演練部分包括桌上兵棋推演及實際演練，於兵棋推演時不同單位被安排在不同房間，彼此間除了通訊外，不得實際面對面討論，使演習更為貼近實況，經過演習及各單位的討論後，可以確立正確的處置流程，使應變更為順暢，因各國專業人員的領域不同，習慣用語也不同，該計畫認為培訓專門人員及簡化處置流程是建置緊急應程序時相當重要的一環，也是國際間成功合作的關鍵。

日本在歷經 311 事件後，對於核子事故及放射性物質意外事件的應變要求更為謹慎，並且針對一些超過設計基準的條件也進行分析及試驗，日本的核子燃料運送公司 (Nuclear Fuel Transport Company)針對其員工也進行一系列的訓練(如圖 7)，包括通報、媒體溝通、操作訓練、演習等，針對海嘯威脅，該公司也特別設計有緊急裝卸的演習，在經過多次的操作後，使大家對於處理流程更為



熟悉，也提供其他單位設計定期訓練之參考，該公司認為實地的演練是驗證應變程序的最好方法，該公司也經由多次的演練、持續的修訂其作業程序，確保應變流程的適切性及可用性。另外，在緊急應變的過程中，越來越多國家體認到媒體溝通的重要性，也開始討論如何將媒體回應的作業納入演練中，尤其在資訊爆炸的年代，如何快速精準地給予大眾正確的資訊，會是未來緊急應變上的另一項新挑戰。



圖 7、日本核子燃料運送公司實地訓練實況

## 五、運送案例經驗分享

### (一)美國 1、2 類射源遺失及失竊事件報告

美國目前 1、2 類射源列管約 77,000 件，自 2006 年以來，第 1、2 類射源被竊案件共發生 6 起(詳如下表 5)，其他不涉及犯罪行為(如遺失、運送失誤、保管不善)的射源意外案件約有 29 件。美國輻射源的管理分屬許多部門，包括 NRC、NNSA(DOE)、EPA 等，發生意外事故時，若發照單位明確則由發照單位

負責統籌應變，其他部會支援或協助，若為無主輻射源或非聯邦政府及州政府列管之射源，則由 EPA 負責應變處理，若涉及恐怖攻擊，聯邦調查局(FBI)及國土安全部(DHS)也會參予處理。

表 5、美國 1、2 類射源失竊事件列表

時間	射源類型	發生情形	後續處理情形
2006	Ir-192 (第 2 類)	照相檢驗業者將車開至加油站，2 名操作人員接續下車且並未將鑰匙拔下，導致整台車被竊。	嫌犯被當地警察逮捕，車輛及放射性物質皆找回。
2006		照相檢驗業者於飯店投宿，車輛停於停車場，但鑰匙留在車門上，導致整台車被竊。	車輛及放射性物質由當地警查發現。
2011		照相檢驗業者於飯店投宿，其雖有將物質上鎖，但車輛後車廂忘了上鎖，車輛警報器也未作用，當天晚上有人開啟車廂並將物質偷走。	射源未被尋回。
2012		照相業檢驗業者停於公司的車輛被偷走，放射性物質也在車上，經由公司監視系統的辨識出嫌犯。	警方於嫌犯家中找回車輛及放射性物質。
2015		照相檢驗業者於執行勤務時經過便利商店，因未將鑰匙拔下即下車購物，整台車輛被偷，業者利用 GPS 找回車輛。	射源被尋回。
2015		一名照相業檢驗業者未依行程出現於工作場所，公司也無法聯繫當事人，轉而聯繫其家人及同事，當晚該名員工將車輛及放射性物質開至其父親家中，其父親將車輛及物質載回公司。	射源被尋回。

發生於 2011 年的失竊案件，照相檢驗業者使用之 Ir-192(活度:33.7Ci)於飯店停車場被偷，業者雖將射源鎖在儲存櫃中，並且將儲存櫃上鎖(雙重屏障)，但該名業者卻忘了將車輛後車廂上鎖，當天晚上儲存櫃被破壞，裡面的工具及射源被竊。

本案發生後業者通報主管機關 Texas Department of State Health Services (DSHS)、local law enforcement agency(LLEA)、Austin Police Department(APD)，各單位又通報相關部會(通報對象詳如圖 8)。在這次事件中各單位利用其特有之資源進行調查，並且通知所有可能接觸射源之民間組織，DOE 及警方於 2 週後亦執行空中偵測希望能找到輻射熱點，但很遺憾的是射源始終未被尋獲。由本案例討論可以發現，美國在射源管制上分屬許多不同單位，雖有”誰發照誰管制”的大原則，但實際發生意外事件時常會有管轄權重覆的問題，但各單位擁有之支援、人力、技術不同，以好的方面來講，各單位可以用不同角度、不同管道提供有利的資訊及協助，使射源儘快被尋回。

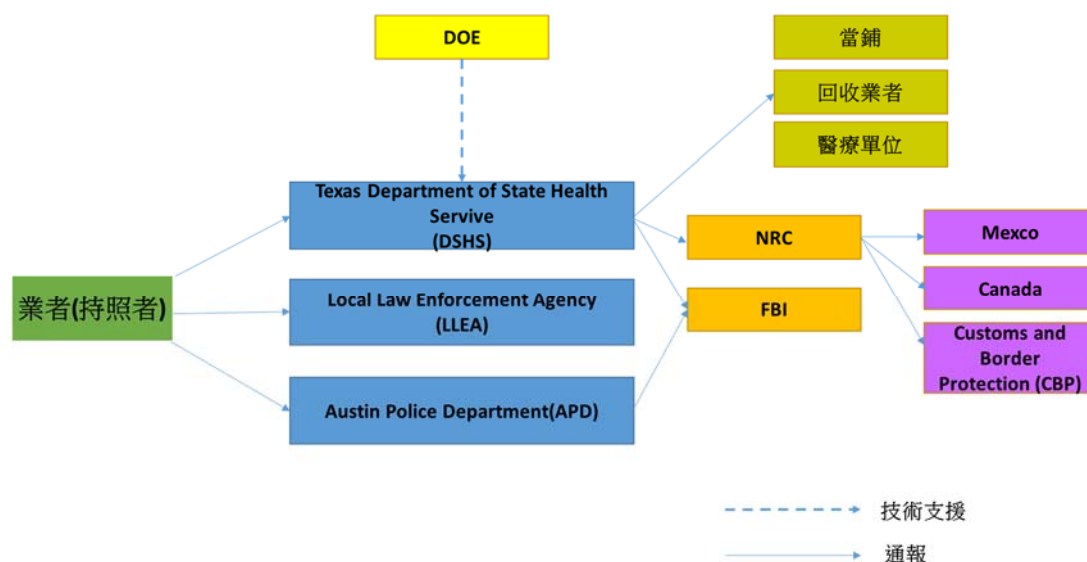


圖 8、2011 年美國 Ir-192 失竊案件通報情形

## (二) 2012-2015 年法國放射性物質運送事件統計及分析

每年約有 1 百萬放射性包件於法國境內運輸(包括陸運、空運及海運)，且每年約有 100 件相關事故通報，為了防止意外事故的一再發生並提升運輸者的警覺，法國輻射防護暨核能安全研究所(The Institute for Radiation Protection and Nuclear Safety, ISRN)分析彙整相關通報資訊，每 2 年撰寫成公開報告供相關單位參考。根據法國的規定，放射性物質於運送及裝卸過程中，不論是否造成嚴重

後果，只要有影響運送流程之異常事件都必須通報法國核能安全署(Nuclear Safety Authority, ASN)，當局並訂定了 13 項異常事件通報事項供貨主遵守，這些通報項目包括發現未申報放射性物質、誤送至錯誤接收單位、物質失竊、天災等等，由最近 2 期(2012 年至 2015 年)的報告顯示(圖 9)，共有 482 起異常事件通報事件，運輸核燃料的相關通報最多，其次為運輸醫療用途放射性物質，若以包件形式區分，甲型包件(Type A)及工業包件各佔約 1/3，其次是乙型包件(Type B) 及微量包件，若將各包件通報數量與運送數量對照，乙型包件的事件發生率最高，微量包件最低，但其原因可能為乙型包件運送活度大且要求嚴格，運輸通常由專業運輸公司承攬，其對於通報規定較為熟悉。

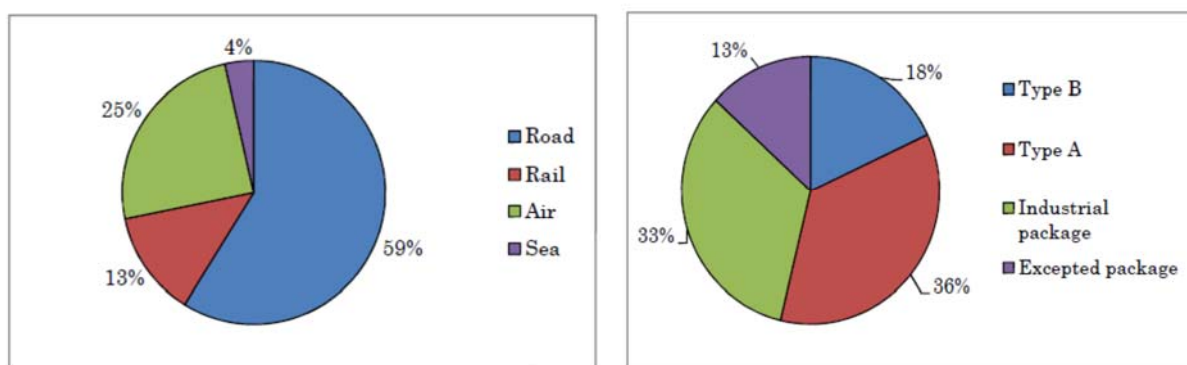
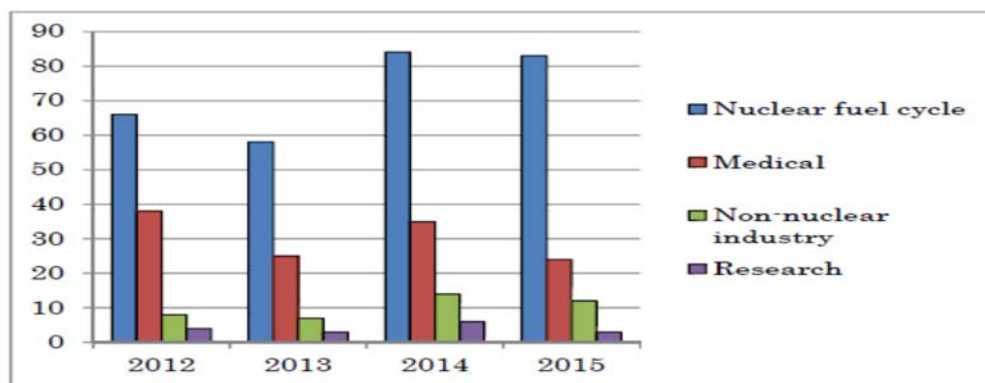


圖 9、法國放射性物質運送事件統計分析

法國輻射防護暨核能安全研究所亦針對異常事件的肇因分析進行分析(圖 10)，並歸類為 3 項主要成因，包括: (1)文件及標示錯誤: 運送文件填寫錯誤，活度或劑量率單位換算錯誤，這類事件發生數有增加趨勢，尤其容易發生在核電廠運送表面污染設備時，這類錯誤雖然不會造成嚴重危害，但若有意外事故發

生時，救災人員可能會被誤導而無法做出正確處置、(2)活度或劑量率不符合規定：此類事件多為運送時的劑量率或污染程度超過法規標準，近年運輸包件及運輸工具微量污染的案例有增多的趨勢，雖經評估不會對大眾造成危害，但也提醒運送者應建立更有效率的除污程序、(3)包件破損：85%發生在核醫藥物空運過程中包裝的損壞，但皆沒有造成放射性物質的外洩，經過相關單位加強對操作人員的訓練後，其事件數量呈現下降趨勢。

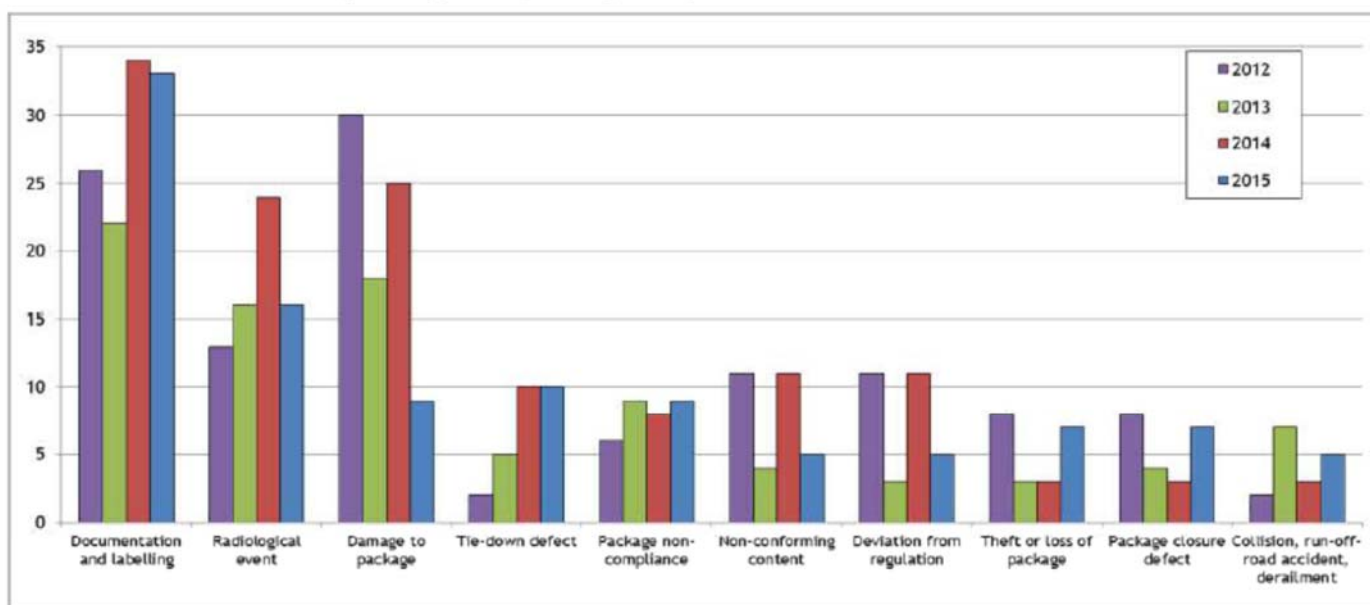


圖 10、法國放射性物質運送事件肇因分析

## (二)福島事故後污染土壤運送之先期評估

日本福島事故的除污工作正持續進行，而除污過程所產生之污染土壤及廢棄物暫存於 1,085 處臨時貯存場(Temporary Storage Sites, TTS)，此類暫存場多為農田、廣場或學校操場等，為了集中管理除污產生之廢棄物，日本政府已經著手興建中期貯存場(Interim Storage Facility, ISF)，除污產生之污染土壤、廢棄物或其他超過 10 萬貝克之污染物，由中期貯存場保管 30 年後再移至福島縣外做最終處理。為了安全運送除污土壤及廢棄物，日本環境廳也擬定了相關運送作業實施計畫，其中包括了包裝的規範、車輛規格，裝卸方式、監測方法、緊急應變



等，另針對可能遇到之問題進行先期研究，如不同道路種類的肇事率、行車時間、道路狀況、周邊民房現況、車輛追蹤系統開發等，並利用首次運送的執行，確認實施計畫之完整性及運送作業的精進策略。

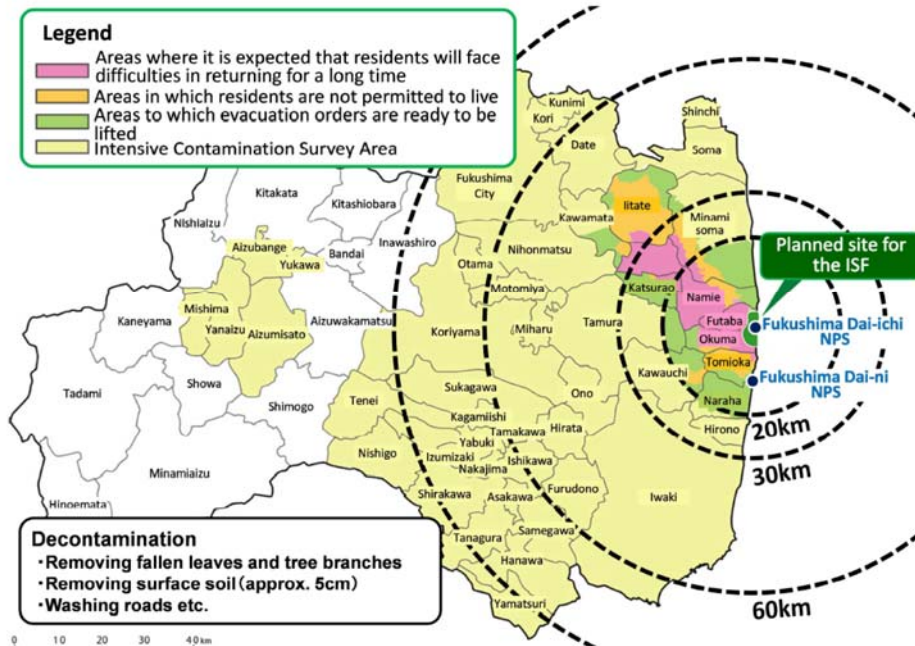
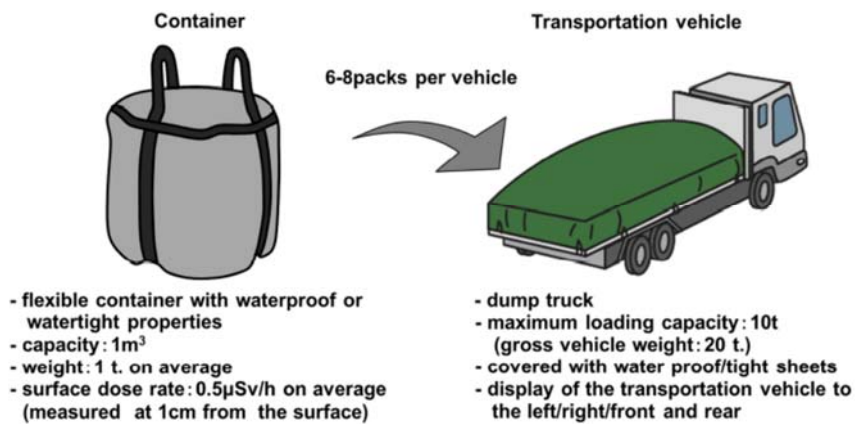


圖 11、日本中期貯存場(ISF)預定地點

在經過各項調查及測試後，日本政府於2014年正式開始執行首次運送，自43處暫時貯存場分別運送1000立方公尺的土壤及廢棄物至中期貯存場，廢棄物先以1立方公尺容量之太空包包裝，外層包裹防水布料，由20噸的卡車運送，車斗必須再覆蓋一層防水布以防雨水滲漏(如圖12)。整個先期計畫共運送約50,000立方公尺廢棄物，年平均使用車輛約25輛次，由先期運送的結果發現，距運送車輛1公尺處輻射劑量率小於 $100 \mu\text{Sv/hr}$  (最高劑量率  $13.5 \mu\text{Sv/hr}$ )，運送過程對於周遭居民的劑量率影響非常微小(累積劑量約  $0.07 \mu\text{Sv}$ )，其他監測數據(噪音、震動、空氣品質)亦與運輸前無明顯差異。



8

圖 12、日本污染土壤包裝及運送示意圖

雖然本次先期運送的狀況大致良好且無意外事件發生，但日後的運送頻率及數量將遠大於先期運送條件，因此日本當局將依本次的發現持續精進運送流程，包括人員訓練、調路調查等，並依配合除污計畫的推展，預計於 2020 年可達到每年 2 百萬至 6 百萬立方公尺的運送能量。

## 參、心得與建議

放射性物質的安全運送因規範較為複雜，常常造成理解上的困難，本次參加第 18 屆國際放射性物質包件與運送研討會，由國際組織的法規介紹，能較清楚地了解整體法規架構及概念。此外，本次研討會有許多國際組織或民間專業公司與會，其對於運送實務上的經驗相當豐富，可以提供業界對於安全運送的觀點及建議，而國際間運送規範制訂時，這些專業團體也會一同參與，未來若我國亦有法規制訂或修訂需求時，除了可參考國際間既有之規範，不妨也可多向國際組織或專業公司尋求意見，使管制更為完整。

本次會議中也出現許多放射性物質運送的新興議題，如 Dual Purpose Cask (DPC)的規範、除役後產生之大型表面污染體及低比活度物質運送挑戰、公眾溝通等，這些議題都可能在未來的國際規範中有進一步的解析及探討，我國也正面臨核電廠的除役作業，不論是主管機關或是核電廠的經營者，都應該提早做好準備，進行相關的先期評估及研究。

依據本次國外出差行程，建議事項如下：

### 1. 持續蒐集國際放射性物質運送規範，作為國內管制參考：

持續針對 IAEA、NRC 等機構所公布之報告進行研析，掌握國際間法規發展趨勢。我國雖無放射性物質包件及運送之專門組織或機構，但對於國際間之驗證程序及規定仍應了解，因運送並不是單一國家的責任，各國都應有一致的規範及程序。

### 2. 與國際組織或專業組織經驗交流：

我國並無放射性物質運送的專業團體或公司，而在歐美部分國家因有燃料再利用的專門技術，相關的組織、公會或民間公司都具有相當專業之技術及經驗，可以補足主管機關實務操作面的資訊。

### 3. 強化使用單位的緊急應變能量，確保放射性物質運送的輻射安全：

良好的應變作業能降低意外事件的影響層面，雖然緊急事件的處理涉及各單位的合作，但使用單位因最了解其作業程序，故應盡最大責任處理意外事故，並且在平時就應建立應變能量，而管制機關也應與其他相關部門建立合作平台，才能有效並迅速地處理意外事件。



# 肆、附錄

## 一、PATRAM 會議議程

as of 12 September, 2016

### PATRAM2016 Program

	SUNDAY	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY
07:30 - 08:30		Speakers' Breakfast Exhibition Open, Registration	Speakers' Breakfast Exhibition Open, Registration, Poster Display (-16:00)	Speakers' Breakfast Exhibition Open (-13:00) Registration	Speakers' Breakfast Registration	Speakers' Breakfast Registration (-10:00)
08:15 - 08:45		Welcoming Remarks - General Chair - JSME, NRA, Kobe City	Morning Plenary - ORNL	Morning Plenary - NPT	Morning Plenary - INS	Morning Plenary - TEPCO
09:30 - 10:40		Opening Plenary - IAEA - MOE - WNTI	S09) Programmatic Storage, Transport and Disposal Interactions #1 S10) Criticality Analysis S11) Regulatory Guidance S12) Packaging Material #1	Poster Session	08:10 - Panel Discussion 1 - Delay and Denial of Shipment	Panel Discussion 2 - A Worldwide Perspective on Regulatory Views for Type B RAM Packagings - 10:20
11:30 - 12:40		Coffee break Opening Plenary - INS/KEPCO/NTNI - US DOT - Kobe Steel	S13) Ageing Management #1 : Gap Analysis S14) SF Structural Performance in NCT S15) Regulatory and Institutional National issues #1 S16) Design Improvements #1	S25) Fukushima Lessons Learned S26) SF Package Design S27) Systems for Transport, Storage and Disposal #2 S28) Regulatory and Institutional Regional Issues	S37) Thermal Analysis S38) Transport Security S39) Ageing Management #3 S40) Basic Radionuclide Values	10:40 - S49) Regulatory and Licensing Aspect of Dual Purpose Cask S50) UF <sub>6</sub> Transport S51) Design Improvements #2 S52) Risk Assessment
14:30 - 15:40	Registration for Exhibitors Registration for Delegates, Exhibition Setting	Lunch break S01) Package Design #1 S02) Bump Credit S03) Management System #1 S04) Waste and NORM Transport	S17) Lessons Learned from Experience S18) Shielding Analysis S19) Regulatory and Institutional National issues #2 S20) Systems for Transport, Storage and Disposal #1	S29) Structural Analysis – Drop Events S30) Package Design #2 S31) Ageing Management #2 S32) Licensing and Approval Issues	S41) IAEA Transport Regulations #1 S42) Testing #2 S43) Spent Fuel Transport S44) Security: Addressing the Challenge	Closing Plenary 13:00 - 18:00 <u>Technical Tour</u> - E-Defense (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience) - Earthquake Museum (Disaster Reduction and Human Renovation Institution)
16:30 - 17:40	Coffee break S05) Testing #1 S06) Structural Benchmarking S07) Management System #2 S08) Content Specific Safety Aspects	S21) Emergency Preparedness S22) Structural Analysis Guidance S23) Regulatory and Institutional National issues #3 S24) Programmatic Storage, Transport and Disposal Interactions #2	S33) Structural Analysis S34) Special Design Issues S35) Maritime and Rail Transport S36) Communication and Training	S45) IAEA Transport Regulations #2 S46) Content Specific Design Aspect S47) Packaging Materials #2 S48) Analytical Techniques		
19:30 - 22:00	At 17:00 Welcome Reception		Poster Dismantle		Symposium Banquet	

## 二、參展單位列表

<b>Booth No.</b>	<b>Company Name</b>
A1&A2	International Nuclear Services
A3	Kobe City
A4	Equipos Nucleares S.A. (ENSA)
A5	ROBATEL Industries
A6	General Plastics Manufacturing Company
A7	World Nuclear Transport Institute-WNTI
A8	NICHIAS Corporation
A11	BOHLER Bleche GmbH & Co KG
A12	ALARA GLOBAL LOGISTICS GROUP
B3	TOSHIBA CORPORATION
B4	Hitachi Zosen Corporation
B5	Nikkeikin Aluminium Core Technology Co., Ltd.
B6	NAC International
B9	KOBE STEEL, LTD.
B11&B12	AREVA TN
C3	Holtec International
C4	Savannah River National Laboratory
C5	Croft Associates Ltd
C6	KIMURA CHEMICAL PLANTS CO., LTD.
C7&C8	Nuclear Fuel Transport Co., Ltd.
C10	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.
D3	Arup
D4	Argonne National Laboratory
D5&D6	GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH
D7	TAM International Inc.
D8	Worthington Industries, Inc.
D10	RSB Logistic