

出國報告（出國類別：開會）

## 參加第19屆放射性物質包件與運送 研討會(PATRAM 2019)

服務機關：行政院原子能委員會放射性物料管理局

姓名職稱：郭明傳薦任技正

派赴國家：美國

出國期間：108年8月3日至8月12日

報告日期：108年10月4日

## 摘 要

本次奉派赴美國紐奧良(New Orleans)參加第 19 屆放射性物質包裝與運輸國際研討會(下稱 PATRAM 2019)，此次研討會係由美國能源部(DOE)、核管會(NRC)和運輸部(DOT)合作贊助，由核能材料管理研究所(INMM)主辦。該會議為專門研討放射性物質在包裝與運輸方面相關議題的唯一大型會議，與會人員涵蓋國際原子能總署、歐盟、政府管制機關、研究組織、學術界與工業界等。研討會議題包含法規、安全監管、緊急應變、輻射防護、容器之結構/熱傳/臨界/屏蔽分析、包件裝載/運送/性能評估/申照、風險/意外事件評估等。

本屆研討會共計約 400 餘位人員與會，合計發表約 320 餘篇論文。研討會除 5 個場次計 10 位專家之全體大會及壁報論文研討時段外，另以 17 個時段，至多同時 5 個會議廳，同步進行口頭論文的發表。本報告主要就所參與之全體大會與口頭論文發表之分組會議的重點進行摘述說明，期能擷取目前國際間最新發展的法規與管制技術、容器製造廠商之最新研發技術與設計要求等，作為國內精進放射性廢棄物管制法規與管制作業的重要參考依據。

關鍵字：放射性物質、運送包裝與包件、盛裝容器

## 目 錄

一、目的 .....	1
二、過程 .....	2
三、心得 .....	22
四、建議 .....	24
附件一、「第 19 屆放射性物質包件與運送研討會」議程.....	25
附件二、研討會口頭發表議題.....	31

## 一、目的

依據行政院 86 年 9 月修正發布之「放射性廢棄物管理方針」，低放廢棄物之管理策略為：提昇低放廢棄物貯存之安全、確保運送及處置作業安全；用過核子燃料之管理策略則為：近程採廠內水池式貯存，中程採廠內乾式貯存，長程推動最終處置」。原能會已於 108 年 7 月核發核一廠除役許可，依法需於 25 年內完成核一廠除役作業；台電公司另於 107 年 12 月向原能會提出核二廠除役計畫申請，原能會預計於 109 年 7 月完成核二廠除役計畫審查。其中，核電廠除役過程，放射性廢棄物管理與管制為核心議題，也是前述管理方針的重點，低放射性廢棄物及用過核子燃料的安全貯存，更為當地民眾所高度關心。

目前台電公司正持續積極推動核一、二廠乾式貯存計畫、規劃核電廠除役廢棄物之處理與貯存設施興建計畫、辦理核四燃料棒回運美國、及蘭嶼貯存場核廢料規劃遷場工作等。因 PATRAM 國際研討會為專門研討放射性物質運送、貯存之大型會議，與會人員涵蓋國際機構、管制機關與工、學、研界等，研討會議題亦涵蓋前述台電公司之推動計畫與工作。原能會物管局為掌握國際間法規發展趨勢、獲取國際間放射性物質運送與處理/貯存之最新進展等目的，爰派員參與此次研討會，期藉由國際間之技術與資訊交流，得以提升並強化我國放射性廢棄物相關管制作為。

## 二、過程

### (一) 行程

日期	行程
8月3日(六)	台北 → 美國紐約(去程)
8月4日(日)	美國紐約 → 美國紐奧良(轉機)及研討會資料準備
8月5日(一)	參加「第19屆放射性物質包件與運送研討會」
8月6日(二)	參加「第19屆放射性物質包件與運送研討會」
8月7日(三)	參加「第19屆放射性物質包件與運送研討會」
8月8日(四)	參加「第19屆放射性物質包件與運送研討會」
8月9日(五)	參加「第19屆放射性物質包件與運送研討會」
8月10日(六)	美國紐奧良 → 美國紐約(轉機)
8月11~12日(日~一)	美國紐約 → 台北(返程)

### (二) 出席「第19屆放射性物質包件與運送研討會」

#### 1. 會議背景：

第十九屆放射性物質包裝與運輸國際研討會(PATRAM 2019, 19<sup>th</sup> *International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Material*)於108年8月5~9日在美國紐奧良(New Orleans)舉行。第一屆PATRAM研討會由美國原子能委員會(AEC, 能源部的前身)發起,於1965年在美国阿爾伯克基(Albuquerque)舉行,由美國桑迪亞國家實驗室(Sandia National Laboratories)主辦。於1980年起,該研討會每三年輪流在美國和非美國地區舉行。

PATRAM是目前唯一專門研討放射性物質在包裝與運輸方面相關議題的大型國際性研討會,與會人員涵蓋政府部門、研究組織、學術界與工業界等。PATRAM 2019由美國能源部(DOE)、美國核管會(NRC)和美國運輸部(DOT)合作贊助,由核材料管理研究所(INMM)主辦。PATRAM會議除著重在放射性物質的包裝與運輸安全外,尚包含相關議題。本次研討會徵文的主題涵蓋如下：

#### 1. 包件設計(含材料與測試)

2. 包件與貯存容器分析(含結構、熱傳、屏蔽、臨界與風險評估等)
3. 運輸(含追蹤、路線、緊急應變、輻射防護等)
4. 監督與管制議題(含法規、規範、標準、通訊、責任與安全等)
5. 其他特定議題(含用過核子燃料、大型物件、六氟化鈾、天然放射性物質、廢棄物、可分裂物質等)

大會說明，本屆研討會共計約 400 餘位人員與會，合計發表約 320 餘篇論文(口頭發表論文 285 篇、壁報發表論文 37 篇)。圖 1 為研討會舉辦地點 (New Orleans Marriott 飯店)、圖 2 為研討會全體大會會場入口、圖 3 為全體大會會場 (Acadia 會議廳)、圖 4 為壁報論文以及廠商產品說明/展示會場。



圖 1 研討會舉辦地點 (Marriott 飯店)



圖 2 全體大會會場入口



圖 3 全體大會會場 (Acadia 會議廳)



圖 4 壁報論文及廠商產品展示會場

## 2. 會議議程及議題：

本研討會之議程如附件一所示。研討會共包含 5 個場次計 10 位專家之全體大會及壁報論文研討時段外，合計以 17 個時段進行口頭論文發表。因口頭發表論文數量龐大，每個時段至多採五個會議廳同步進行方式。口頭論文發表主題涵蓋：法規、安全监管、緊急應變、結構分析、熱傳分析/測試、臨界/屏蔽分析、輻射防護、抗老/劣化、包件裝載/運送/性能評估/申照、包封容器/貯存護箱之設計/安全與運維、風險/意外事件評估、(六氟化鈾)運送、可分裂材料、球墨鑄鐵應用、全球運營挑戰與解決方案等議題(口述論文發表題目如附件二)。

## 3. 全體大會重點紀要：

本次研討會，主辦單位共計邀請 10 位專家進行全體大會的會議簡報。主講者簡報內容多就其工作單位的業務範疇及歷年來重點進展，進行概括性的說明與成果展現。10 位主講者與其講題，臚列如下：

- (1) Howard Elliott：美國交通運輸部(DOT)油管及有害物質安全總署(PHMSA)署長，講題為「*Advancing the Safety Transportation of Energy and Hazardous Materials*」。
- (2) Christophe Xerri：國際原子能總署(IAEA)核燃料循環與廢棄物技術處(Division of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology)處長，講題為「*Transportation for Decommissioning*」。
- (3) John Mulkern：世界核能運輸學會(WNTI)秘書長，講題為「*The safe, secure, efficient and reliable transport of radioactive materials*」。
- (4) Todd Sharder：美國能源部(DOE)副助理國務卿，講題為「*A safe, Sustainable to Completing the EM Cleanup Mission*」。
- (5) Christian Goetz：德國環境部(Ministry for the Environment)放射性廢棄物管理處處長，講題為「*Development in Radioactive Waste and Spent Fuel Management in Germany*」。
- (6) Chris Boyle：加拿大核廢棄物管理專責(NWMO)工程處處長，講題為「*Canada's Plan for the Long-Term Management and Transportation of Used Nuclear Fuel*」。
- (7) Jennifer Nugnet：英國核子除役機構(NDA)附屬國際核能服務公司(INS)技術主管，

講題為「*Maritime Transport, related to Sensitive Shipments being Safely and Securely undertaken to the USA*」。

- (8) Anna Wikmark：瑞典核廢料處理公司(SKB)燃料及廢棄物管理與運輸工程師，講題為「*It is worth nothing if you cannot transport it*」。
- (9) David Victor：美國加州聖地牙哥大學國際關係與國際法學教授，講題為「*Community Engagement at San Onofre : Implication for Packing and Transportation*」。
- (10) Naofumi Kawano：日本東京電力公司(Tokyo Electric Power Company)除污與除役工程副理，講題為「*Current and Future Status for the radioactive solid waste at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station*」。

筆者謹就全體大會之主要重點紀要，說明如下：

#### (1) 美國 WIPP 處置場現況：

美國能源部 Sharder 先生說明，目前該處置場每周約接收 8~10 個運次的超鈾廢棄物，主要來自於愛達荷國家實驗室(INL)、橡樹嶺國家實驗室(ORNL)及洛斯阿拉莫斯國家實驗室(LANL)。該深層處置場自 1999 年啟用迄今(2019 年 7 月)，已運送超過 12,500 個運次，達 1,500 萬英哩以上。目前仍持續進行通風圍阻系統(confinement ventilation system)建置中，及今(2019)年度開始新豎井建造的前置準備工作。

通風圍阻系統目前預定於 2021 年啟用，啟用後將恢復處置場的全面運轉，並開始第 8 室(panel)的運轉及處置工作。目前認定坑室開挖作業並無安全之虞，正持續進行第 8 室的開挖作業與環境監測，以及後續開挖坑室的調查與概念設計工作。

#### (2) 德國高放處置場選址作業現況：

2013 年 7 月德國頒布「處置場選址法」，以重新啟動高放最終處置場之選址作業。2017 年 5 月 16 日小幅修訂「處置場選址法」，由核廢料專責機構(BGE)依新修訂選址法，於當年度 9 月 5 日重新啟動相關選址作業，並由聯邦放射性廢棄物管制局(BfE)執行選址管制作業，BGE 應於 2020 年提出選址作業之期中報告(如圖 5)。此外，預定 2031 年國會將完成立法確定最終處置場址，之後以 15 年時間完成建造，2045 年至 2075 年間開始處置核廢料，2095 年封閉。



高放廢棄物最終處置計畫共分為五個階段(Stage)，第一階段為選址程序，又細分為三個時期(Phase)，選址作業流程如圖 6。每個時期之任務需經國會審議確定後，才可進行下一個時期之任務。

第 1 階段：全國區域視為「白色地圖(White Map)」，針對全國各區域進行調查及篩選，預定選出 20~30 個場址，再進行初步安全評估及比較分析，以決定「地表調查潛在場址」。

第 2 階段：針對各潛在場址進行地表調查作業及篩選，預定選出 6~8 個場址，再進行進階安全評估及比較分析，以決定「地下深層地質調查候選場址」。

第 3 階段：針對各候選場址進行地下深層地質調查及篩選，預定選出 2~3 個場址，再進行最終安全評估及比較分析。由 BGE 提出最終處置場址建議書送請 BfE 審查，再由 BfE 向國會建議一個最終處置場址，並經國會立法確認「最終處置場址」。

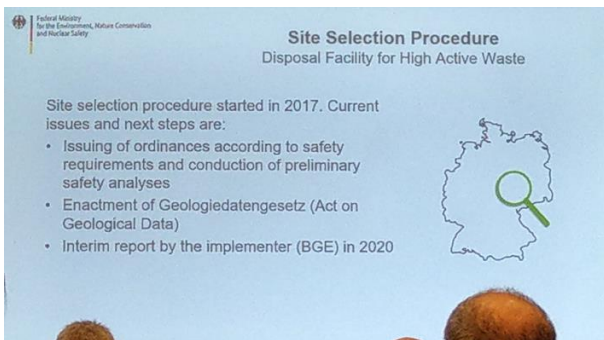


圖 5 德國高放處置設施選址重點

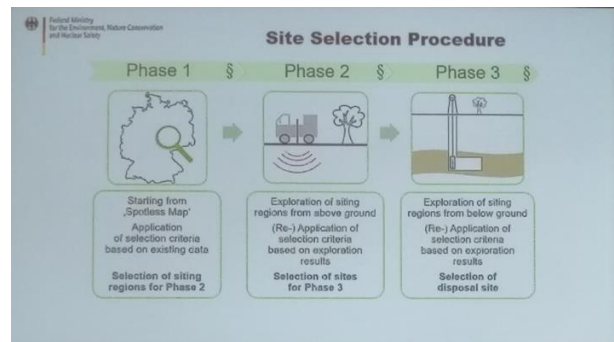


圖 6 德國高放處置設施選址作業流程

### (3) 加拿大高放處置場選址作業現況

加拿大的高放最終處置計畫主要區分為場址選擇、申照作業、處置場設計與建造三階段。加拿大處置設施的選址程序，係依據 2007 年政府通過專責機構(NWMO)所提之適應性階段管理策略，於 2010 年起開始進行選址作業。迄 2017 年底止，尚有 5 個地區參與選址程序，以決定是否可進入細部場址評估作業。

依據該國處置計畫之時程規劃，預定於 2023 年決定處置場址，2024 年展開場址詳細特性調查作業、2028 年提出處置場建造申請、2032 年政府核發處置場建造執照、2033 年展開處置場設計與建造，2043 年處置場啟用(如圖 7)。俟處置場啟用後，估計每天有 2~3 卡車車次之燃料運送作業、每月有 2~5 運次之鐵路運送作業，每年估計運送 12 萬束的用過核子燃料。總運送作業將長達 40 年以上，以運送總計約 530 萬束的用過核子燃料(如圖 8)。

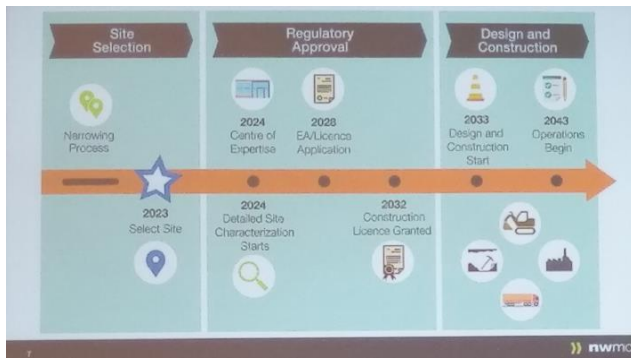


圖 7 加拿大高放處置設施規劃時程

圖 8 加拿大用過核燃料運送作業規劃

**(4) 美國 San Onofre 電廠之公眾溝通：**

主講者 Victor 教授係美國 San Onofre 電廠(簡稱 SONGS)社區參與小組(Community Engagement Panel, CEP)的主席。CEP 於 2014 年成立，18 位成員涵蓋地方政府代表、非政府組織(NGO)代表、學術單位、學校成員、原住民、勞工組織、商業界代表、軍事基地或州立公園代表、緊急應變專長人士等。

歷經去(2018)年 8 月 SONGS 的燃料裝填事件，CEP 倡導重新建立核燃料處理的相關文化，包含跨電廠的主動學習與經驗回饋、事件處理速度與人員的更替、避免單一事件造成的事故等文化，藉以重新贏回當地民眾對電廠的信心。簡報也說明 SONGS 目前對於用過核燃料的管理策略，包含強化安全管理與貯存、立即將用過核燃料由燃料池移至乾貯設施、評估將用過核燃料移至廠外的貯存設施等(如圖 9)。

簡報亦說明 SONGS 電廠乾貯設施老化管理的現況與規劃，已針對 Holtec UMAX 系統，於 2019 年 3~4 月共檢測 8 只護箱，針對該系統之檢查與維護(Inspection and Maintenance)計畫預定於 2020 年 10 月開始；針對 AREVA NUHOMS 系統，預定於 2021 年第 4 季開始執行老化管理計畫及護箱檢查作業(如圖 10)。

圖 9 美國 SONGS 電廠用過核燃料管理策略

System	Holtec UMAX	AREVA NUHOMS
Program	Inspection & Maintenance (I&M)	Aging Management Program (AMP)
Inspections	8 canisters inspected Spring 2019	Baseline canister inspections forecast 4Q 2021
Remediation	Evaluating ways to address degraded canister: (1) Robotic weld repair (2) Encapsulation (3) Transportation cask storage	
License Renewal	Required by 10/15/35	Submitted by vendor to NRC 5/22/19
Timing	I&M program in place October 2020	AMP in place 4Q 2021

圖 10 美國 SONGS 電廠乾貯設施老化管理

#### 4. 口頭論文重點紀要：

以下謹就參與此次研討會之分組會議，口頭發表論文之重點簡報內容，擇要說明如下：

##### 4.1 盛裝容器與運送容器

###### (1) *CASTOR geo Casks and the GMS CLU System-Customized High Capacity Dry Storage Solutions*

此論文由德國 GNS 公司之 Bettermann 先生進行簡報，說明目前國際間實際裝載之 CASTOR 護箱已超過 1,400 個。CASTOR 護箱材質採用球墨鑄鐵(Ductile cast iron, DAI)，球墨鑄鐵相較於鍛鋼(forged steel)與鑄鐵具有較佳的延性、韌性與經濟性。GNS 公司整合現有 CASTOR 護箱的優點，研發出 CASTOR geo 護箱。CASTOR geo 護箱主要特色為可貯存數量較多的用過核燃料：至多可容納 37 束 PWR 或 69 束 BWR 之用過核燃料、至多 74 GWd/MTU 之平均燃耗度與 40 KW 以上的熱負載。比利時與瑞士已分別訂購 30 及 51 組 CASTOR geo 護箱，正由該國管制機關審照中，第一批護箱預定於 2021 年交貨給比利時(如圖 11)。

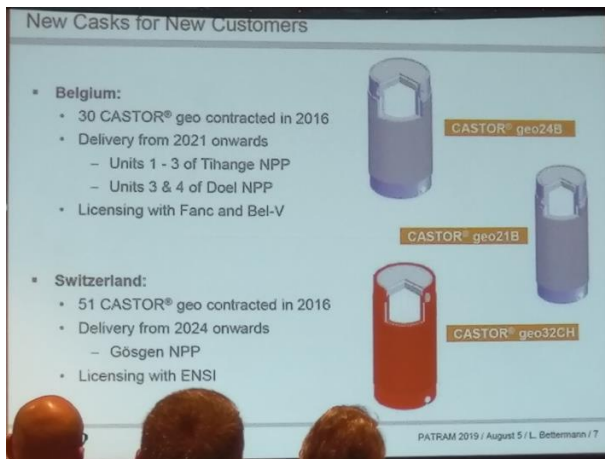


圖 11 CASTOR 護箱之各國使用現況

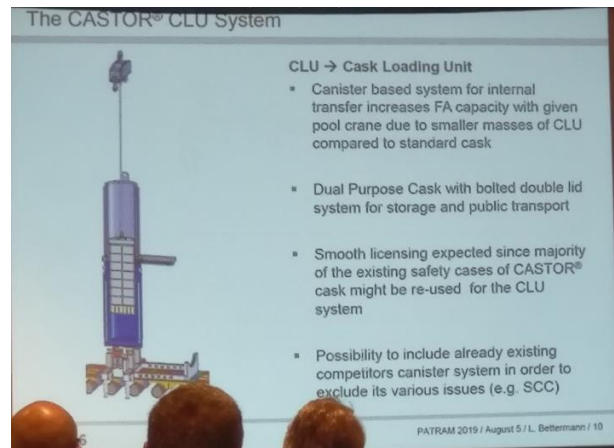


圖 12 CASTOR CLU 系統介紹

###### (2) *NUHMOS HSM MATRIX for Centralized Interim Storage of a variety of Spent Fuel Canisters*

此論文由美國 TN 公司之 Narayanan 先生進行簡報。美國歐巴馬政府在 2010 年中止歷時 20 幾年用過核子燃料雅卡山(YuccaMountain)處置計畫，同時成立藍帶委員會(BRC)重新檢討用過核子燃料管理策略。美國能源部依前項建議於 2013 年 1 月提出因

應策略，以集中式貯存設施做為替代應變方案，以過渡至 2048 年啟用最終處置場。

美國 NUHOMS 系統已取得美國核管會許可，於電廠內(on-site)貯存用過核子燃料超過 35 年。NUHOMS MATRIX 為進化版的模組化貯存系統，採用兩階式的水平置放方式(如圖 13)。此系統優點為較傳統採垂直置放方式減少約 45%的佔地面積，可適用不同外徑之護箱。另採混凝土一體成形的澆置方式，可提供較佳的屏蔽效果，充份減少工作人員劑量。此外，此系統採伸縮式的滾輪托盤進出方式，以傳送護箱進入貯存模組(如圖 14 黃色處)，並可因應老化管理檢測的需求，如需檢測護箱表面老/劣化情況時，可將滾輪托盤更換為檢測儀器，無需將護箱移出貯存系統，即可沿著軌道軸完整檢測到 100%的護箱表面。

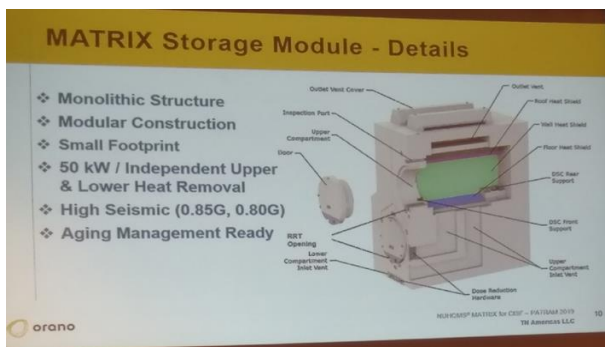


圖 13 NUHOMS MATRIX 系統模組

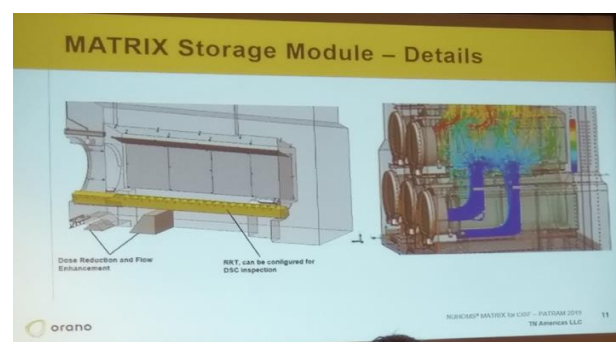


圖 14 MATRIX 系統貯存模組細部圖

### (3) MOSAIK casks – A Comprehensive Solution for Packing ILW

此論文由德國 GNS 公司之 Viermann 先生進行簡報。MOSAIK 容器可用於處理、運送、貯存及處置中放射性廢棄物之多用途護箱，適用於爐心組件、用過離子交換樹脂、濃縮廢液等廢棄物，護箱外觀與組件如圖 15。德國發展 MOSAIK 容器已超過 30 餘年，材質亦採用球墨鑄鐵(DAI)，可供設計為乙型或 IP-2 工業包件，並可針對較高劑量的內容物及貯存場所調整屏蔽設計及厚度，目前國際間使用之 MOSAIK 容器已超過 7,500 個。

MOSAIK 容器已取得德國與英國最終處置場的使用許可，2013 年英國 Bradwell 處置計畫，將 30m<sup>3</sup> 的污泥濃縮乾燥後置入 6 個 MOSAIK 盛裝容器，減容比為 1/10；2015 年開始嘗試貯存脫水的用過離子交換樹脂，目前已成功的貯存 360m<sup>3</sup> 樹脂。另 2014 年英國 Sizewell 處置計畫，開始利用 55 加侖的 MOSAIK 容器，貯存經 FAFNIR 及 NEWA 處理設施處理後的用過離子交換樹脂(如圖 16)。

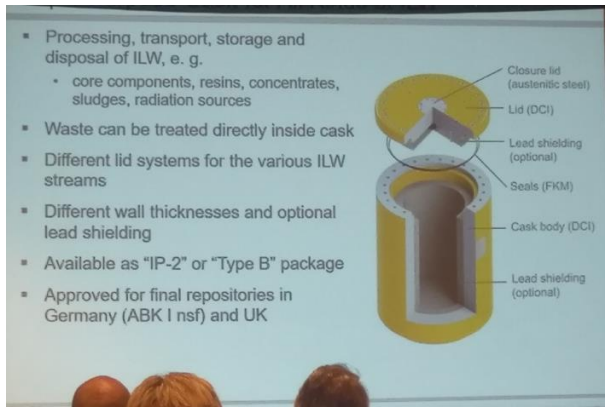


圖 15 MOSAIK 容器外觀與組件

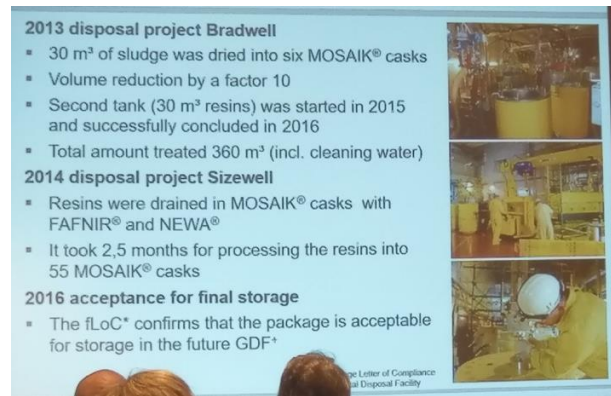


圖 16 MOSAIK 容器各國使用現況

#### (4) Fleet of Type B Packing for Low Level Radioactive Waste Shipments

此論文由美國 Orano TN 公司之 Guibert 先生進行簡報。TN@MW family 容器可分為長型及短型兩種(如圖 17)，長型適用於較大型的中放或高放廢棄物，為運送及長期貯存兩用容器，可為 IP-2 或乙型運送包件；短型則為運送、貯存及處置三用容器，可為 IP-2、甲型或乙(U)型運送包件，最大貯存活度為 300 TBq Co-60。TN@MW 型容器已取得法國及比利時許可，於 2017 年有第一只運送經驗。

此外，作者介紹為 NUHOMS 貯存系統設計之 MP197HB 型容器。MP197HB 型是運送及貯存兩用容器，為乙(U)F 型運送包件，可用於運送及貯存含 GTCC 之低放廢棄物。該容器的設計要求符合 TN 乾貯系統及美國 WCS 低放處置場的接收規範，第一只 MP197HB 容器已於今(2019)年使用(如圖 18)。

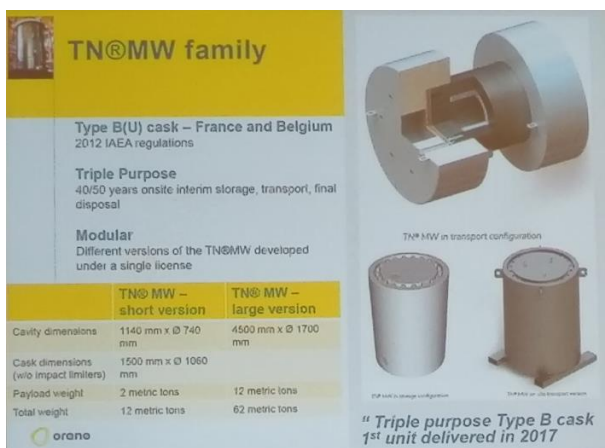


圖 17 TN@MW family 容器簡介



圖 18 MP197HB 型容器簡介

## (5) Overcoming Design and Licensing Challenges – The B(U) Flask TGC27

此論文由法國 TN 公司之 RIPERT 先生進行簡報。德國自 2005 年起即不允許用過核燃料送國外再處理。在此之前，已約有 6,670 噸重金屬被送至英國與法國之再處理廠進行再處理。根據當時的契約要求，德國須回運經再處理之相關廢棄物。目前，已回運來自英國 Sellafield 的 21 桶高放廢棄物、以及來自法國 La Hague 的 5 桶中放廢棄物，均將送到集中式貯存場，進行中期貯存。

簡報所介紹之 B(U)型 TGC27 容器，係由法國 TN 及德國 GNS 合夥公司 AGC 所研發，正向德國安全主管機關申請 B(U)型包件執照中。該容器殼體由具優化化學成分的低合金碳鋼鍛造而成，殼底與殼身設計上已盡量減少焊接接縫，以承受貫穿試驗所引起的大變形量。減震器(shock absorber)以提高容器可承受應力與衝擊能量。針對此容器之結構安全，AGC 所規劃之數值與試驗驗證流程如下：

- (A) 利用有限元素(FEM)數值程式決定容器結構上負載能力較弱的位置
- (B) 製作 1:1 實體模型(部份組件採較原型更保守的設計，該容器總重約 120 噸)，分別進行 4 組 9 公尺墜落與 4 組 1 公尺的貫穿試驗(如圖 19~20)
- (C) 確認組件的完整性與洩漏程度，並將試驗結果作為後續脆性破裂分析之依據

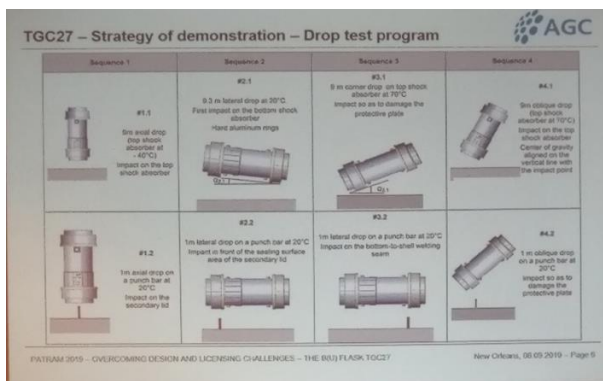


圖 19 TGC27 容器所進行之貫穿實驗

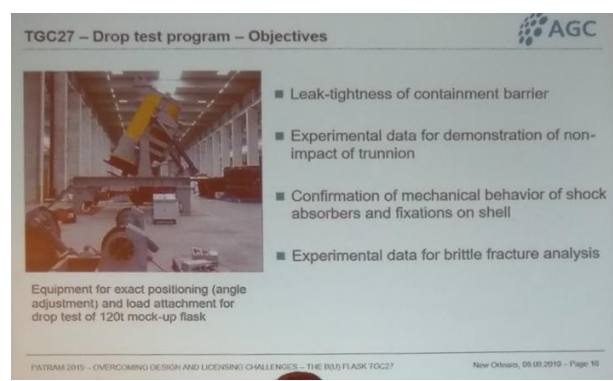


圖 20 TGC27 容器所進行之墜落實驗

## 4.2 設計與試驗

### (1) Study on Shortening Vacuum Drying Time by Heating with External Heater

此論文由日本原燃運送株式會社(OCL)之 Kikuchi 先生進行簡報。在用過核子燃料進行運送或貯存前，必須進行護箱抽真空乾燥作業。OCL 所研發的真空乾燥設備，當護箱內之殘餘水分高於 50°C，則可控制在 8 小時內，將護箱內殘餘水分降低至標準之下。但當護箱內之用過核子燃料衰變熱較低，則熱量不足以蒸發殘留水分，將造成抽

真空時間延長。

為了克服此問題，OCL 藉由設計護箱底部之附加加熱裝置(如圖 21)，持續供熱方式，以提高護箱內殘餘水分的溫度。由圖 22 可知，初始溫度 35°C 時，大致加熱超過 6 小時，護箱內殘餘水份溫度即可超過 50°C。此外，以用過核燃料的衰變熱和環境的初始溫度等參數，進行一系列的熱分析，以驗證數值分析和實際試驗結果。後續，則可調整加熱器輸出熱量，縮短真空作業之前置準備時間。

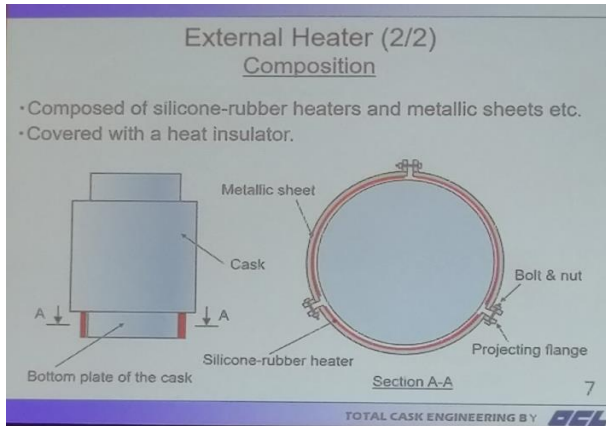


圖 21 護箱底部之附加加熱裝置設計

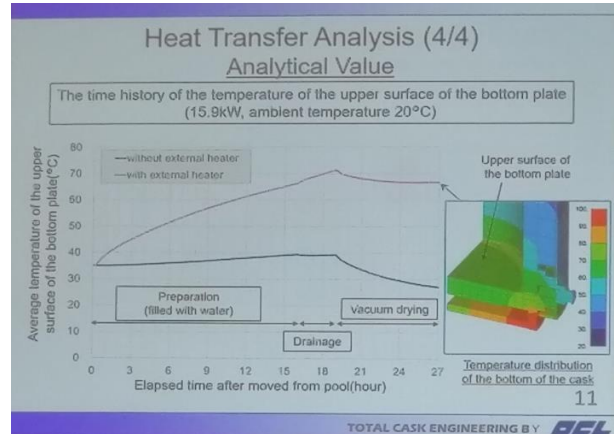


圖 22 護箱經加熱之內部溫度歷時

## (2) Development of Transportation and Storage Cask Holder with High Seismic Resistant

此論文由日本三菱重工之 Aida 先生進行簡報。由於日本位於環太平洋地震帶，地震活動相當頻繁，乾貯設施的耐震設計是用過核燃料貯存的重點議題。據此，該公司於護箱底部設計一支承架，經由螺栓將支承架固定於設施地板，以提高護箱受震時之耐震能力(如圖 23)。該支承架與上方的貯存護箱並無固定，支承架與護箱表面維持相當程度的間隙，以容許發生強烈地震時，允許護箱發生一定程度的水平位移與傾斜。

該公司並以實體模型進行受震試驗(如圖 24)。試驗結果發現，地震時，護箱支承架的最大應變主要係遭受傾斜搖晃情形。後續，也進行一系列數值模式的分析評估，除與試驗結果比對驗證外，也用以模擬分析出耐震性較佳的支承設計。

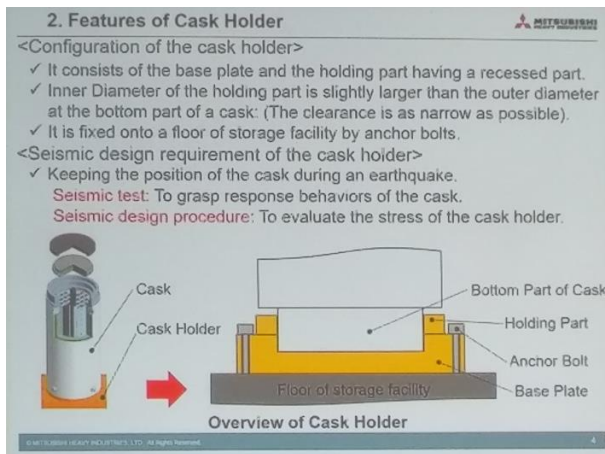


圖 23 護箱底部支承架之設計

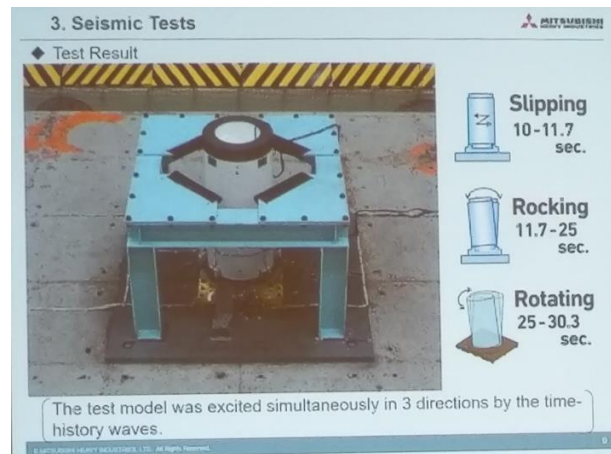


圖 24 以實體模型進行振動試驗

### (3) Use of Ductile Cast Iron for Packing Outer Shield Vessel

此論文由美國 NAC 公司之 Steve 先生進行簡報。此簡報說明 NAC 公司設計製造了 OPTIMUS™-H 包件，並已取得乙型運送包件許可。OPTIMUS™-H 包件主要由三部分組成(如圖 25)：(1)護箱容器(CCV)，提供放射性廢棄物圍阻功能；(2)外部屏蔽(OSV)，提供結構和阻熱的功能；(3)衝擊限制器(IL)，提供墜落試驗之結構保護等。

Steve 先生說明 CCV 和 IL 使用材料與製造方法如同其他運輸包件，而 OSV 則採用球墨鑄鐵(DCI)材質。此類材質廣泛運用於歐洲之運送包件，而美國甚少使用。因美國尚無 DCI 容器取得許可的先例，所以 OPTIMUS™-H 包件僅將 DCI 使用於 OSV 部分，因 OSV 非關鍵組件。作者概述 OPTIMUS™-H 包件的設計，亦說明 DCI 與傳統提供屏蔽和結構保護的外包件材料之間的比較，以及 DCI 的優點和缺點(如圖 26)。其中採 DCI 材質的主要優勢是具經濟性，和可大幅縮短製造時程。論文亦討論 DCI 包件的設計考量因素，並概述了 OPTIMUS™-H OSV 的鑄造技術。

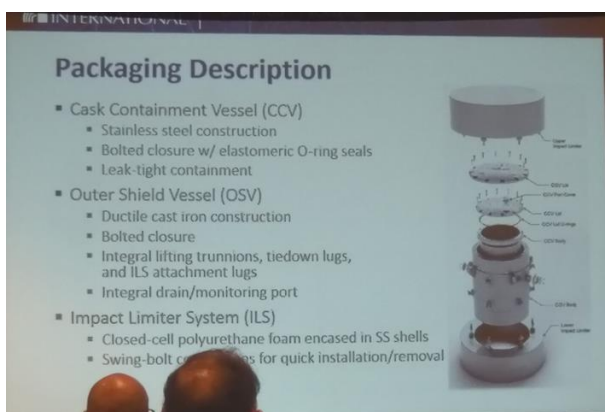


圖 25 OPTIMUS™-H 包件之組件簡介

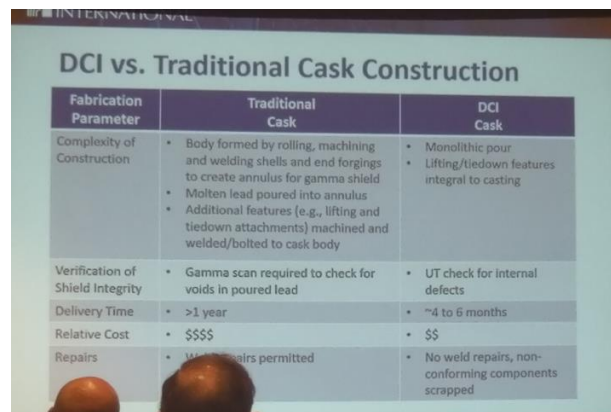


圖 26 DCI 與傳統材質護箱之比較



#### (4) Helium Leak Testing Requirements and Experience on Transport and Storage Casks for Interim Storage in Switzerland

此論文由瑞士聯邦核能安全檢查局(ENSI)之 Fleshsig 先生進行簡報。此簡報說明瑞士法規(ENSI-G05)對於中期貯存之兩用護箱氦氣洩漏測試的標準。容器製造後及貯存前皆需進行密封性之驗證試驗(tightness test)。其中，對於護箱之整體密封要求需  $\leq 10^{-8} \text{ Pa m}^3/\text{s}$ ；對於雙層密封上蓋間之密封要求需  $\leq 2 \cdot 10^{-6} (\text{Pa m}^3/\text{s})/\text{m}^3$  (如圖 27)。目前，瑞士對於貯存護箱之密封洩漏測試的監督和測試程序的審查，已由 ENSI 委託給瑞士認證機構(SVTI-N)辦理。

瑞士係使用具有金屬密封之雙層上蓋金屬貯存護箱，每個蓋子形成一屏蔽空間，並足以提供貯存護箱之密封性。第一層上蓋(內部)之內側有金屬密封，外側有 O 形環；第二層上蓋(外部)具有相同之密封設計，兩密封上蓋間之體積用於測量與測試。雙層蓋間之標稱壓力為 6.5 bar；主貯存空間之標稱壓力為 0.2 bar，低於一大氣壓(如圖 28)。經由多年來試驗與測試結果，少有密封性不足之情況發生。

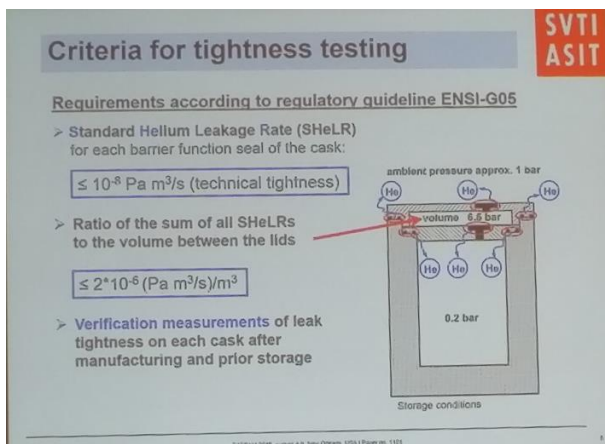


圖 27 金屬護箱之整體密封標準

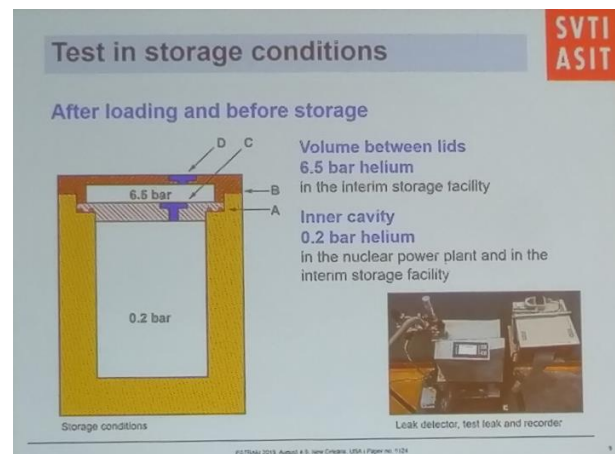


圖 28 金屬護箱貯存之測試現況

#### (5) Application of Non-Destructive Testing to Assess Corrosion Damage in Nuclear Material Storage Containers

此論文由美國洛斯阿拉莫斯國家實驗室之 Vaidya 先生進行簡報。該實驗室用赫根不鏽鋼(Stainless steel Hagan)和 SAVY 容器，作為長期貯存核燃料之用。惟近期執行監測時，發現 SAVY 容器內容產生腐蝕情況。因此，發展一系列之非破壞性檢測技術，以具體瞭解並掌握腐蝕過程與評估容器可用年限。

研究結果，認為超音波檢測(UT)與渦電流檢測(Eddy current testing)具可行性。圖

29 左側為表面完整之 UT 檢測波形、右側為表面具腐蝕裂縫之 UT 檢測波形，可藉由波形變化，據以判斷容器表面的腐蝕深度與腐蝕位置。圖 30 為容器壁厚試驗之量測值與實際值的差異比較(差異小於 4%)。此外，經由腐蝕試驗和腐蝕裂縫檢測，超音波與渦電流檢測結果可作為互補驗證之用。超音波檢測可用於確認內表面之腐蝕及點蝕破壞，渦電流檢測也可用於確認容器內的裂縫深度。

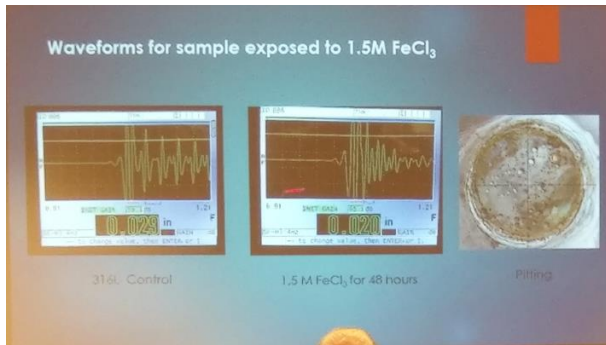


圖 29 SAVY 容器表面之 UT 檢測波形

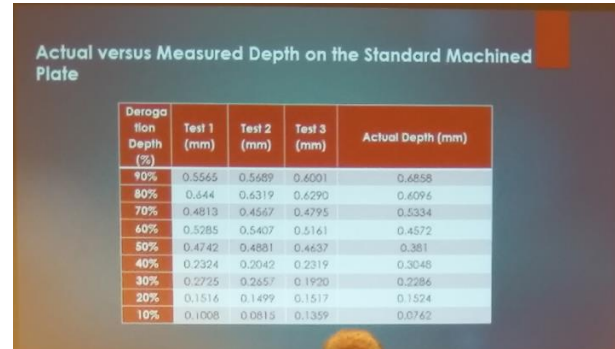


圖 30 容器壁厚之量測值與實際值差異比較

### 4.3 法規與管制

#### (1) IAEA Transport Regulations – What Has Changed in the Last Two Decades

此論文由日本原子力規制委員會(NRA)之 Hirose 先生進行簡報，亦為 IAEA 綜合管制審查服務(IRRS)團隊的成員。IAEA 放射性物質安全運送法規(regulations for the Safe Transport of Radioactive Material)於 1961 年第一次發布，另分別於 1996、2000、2003、2005、2009、2012 年修訂，並於 2018 年 6 月發佈 2018 年版(即 SSR-6 (Revision 1))。2018 年版綜合 1996 年起各版本的研修成果，主要 12 項修訂內容如下：

- (A) 加強緊急應變計畫與整備的重要性和要求
- (B) 介紹“貯存後運輸”兩用護箱的概念
- (C) 規範大型組件 (SCO-III) 的運輸要求
- (D) 刪除 LSA-III 材料瀝濾試驗的要求
- (E) 以“劑量率”取代“輻射標準”
- (F) 於表 2 增加了 7 種放射性核種(Ba-135m, Ge-69, Ir-193m, Ni-57, Sr-83, Tb-149 和 Tb-161)的基本數值
- (G) 僅託運人可藉由直接量測決定 TI 值
- (H) 與聯合國編號等無關的運送標記應予以刪除/遮蔽

- (I) 運送的劑量率限值僅適用於車輛
- (J) 包件設計需要考慮老/劣化機制
- (K) 對於測試後的 UF6 圓柱容器，插塞與其他組件之間不允許有物理上的接觸
- (L) 導入一套新的過渡階段之安排

Hirose 先生也進一步說明未來法規強化的重點：

- (A) 技術議題：如臨界、運輸操作、包件性能與評估、輻射防護等的研析
- (B) 審查與修訂程序：如連續性兩年一次的修訂程序、各機構間的相互溝通架構等

## (2) *Ageing Management Guide for Dry Storage of Dual Purpose Casks in Switzerland*

此論文由瑞士聯邦核能安全檢查局(ENSI)之 Koch 先生進行簡報。最早進行此議題研析之國際層級的機構，係由 IAEA 運送與廢棄物安全委員會、運送安全標準委員會及廢棄物安全標準委員會所組成的聯合工作小組進行。為依循國際間的法規趨勢與瑞士未來可能面臨長期貯存的需求，ENSI 採取下列行動，以健全國內法規：

- (A) 針對外國雙用途護箱核發特定包件設計許可，以取代驗證工作
- (B) 規範經許可的乾貯包件設計，有定期提出老化辯證(justification)的義務
- (C) 修改 ENSI 導則，引入乾貯包件設計之老化管理的要求
- (D) 制定導則以提供驗證老化的方法與要求

老化管理導則的章節架構如圖 31，包含一般性章節、一般性驗證、特定性驗證與評估計算共 12 章。圖 32 為針對每個可能老化情節，所要求提供的內容。ENSI 已於 2018 年 10 月發佈老化管理導則(草案)、2019 年 1 月於網路公佈、2019 年中正式發布，並預定於 2019 年底於網路上發佈英文版本。

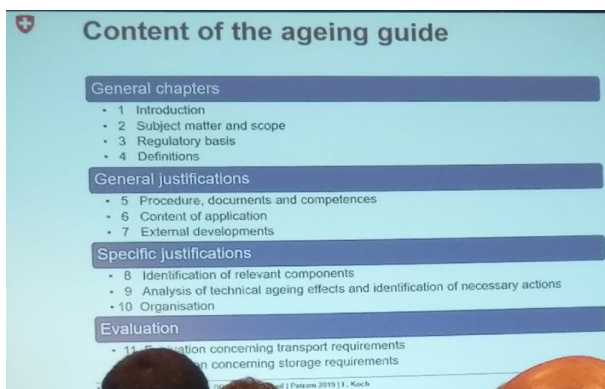


圖 31 老化管理導則的章節架構

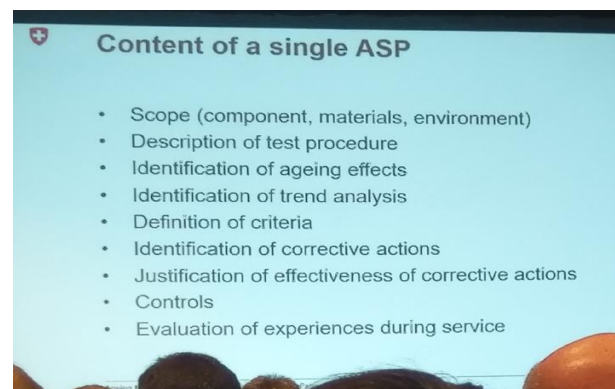


圖 32 可能老化情節應涵蓋內容

### **(3) *Development of the IAEA Safety Guide ‘Format and Content of the Package Design Safety Report (PDSR) for the Transport of Radioactive Material’***

此論文由德國聯邦核廢棄物安全管理辦公室之 Reiche 先生進行簡報。歐盟主管機關協會(EACA)已於 2005 年起，逐步建立包件設計安全報告導則(guide for package design safety report, PDSR)，以驗證申請者所提之報告內容與架構，能符合 IAEA 放射性物質運送包件等規範的要求。此導則業已發布，後續也持續就設計者與管制機關的回饋，精進所發布的導則。

2013 年起，IAEA 也決定建立相似性的報告導則，供各國參考使用。IAEA 便以歐盟所發布最新版的 PDSR 為基礎，進行草案研擬工作。另在 2016~2017 年間以 120 天的時間，徵求各國對該導則的意見與建議。並於 2017、2018 辦理研討會議，於 2018 年 12 月完成導則草案(架構如圖 33)，相關要求已符合 SSR-6 (2018 年版)的規定。PDSR 導則預定於 2020 年定稿，該導則對於管制機關核發包件之設計許可，以及設計者設計包件，將有顯著助益。

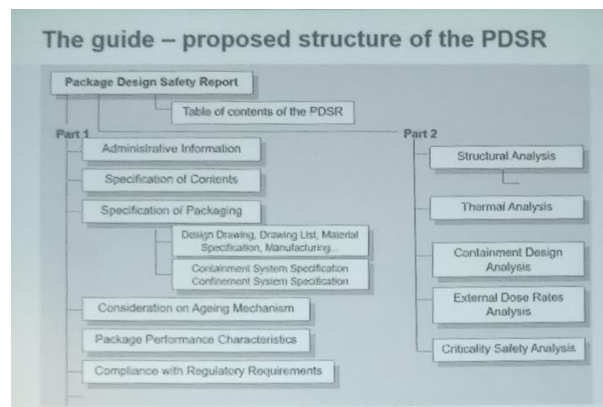


圖 33 PDSR 安全報告導則架構

### **(4) *Revision to Harmonize the Type B and Fissile Material Package Requirements with the Current International Transportation Regulations***

此論文由美國核能管制委員會(NRC)之 Pstrak 先生進行簡報。此議題主要說明美國核管會刻正修訂 10 CFR Part 71 中，有關乙型(Type B)包件及可分裂材料(Fissile Material)包件的要求，讓美國法規與 IAEA 運送相關法規(Transportation Regulation)要求一致，並增列相關議題。此次修法，主要涵括下列 15 項內容：

- (A) 可分裂材料
- (B) 降低外部壓力要求

- (C) 丙型(Type C)包件標準
- (D) 太陽能隔絕(solar insulation)
- (E) 輻射標準與劑量當量率
- (F) 刪除 LSA-III 瀝濾率試驗
- (G) SCO-III
- (H) UF<sub>6</sub> 圓柱容器之插塞
- (I) 老/劣化管理
- (J) 過渡性安排
- (K) 液體膨脹的頂部空間
- (L) 品質保證方案兩年期報告
- (M) 一般許可之甲型(Type A)包件要求
- (N) 10 CFR 71.22 中對 <sup>233</sup>U 限制
- (O) 10 CFR Part 71 的其他更改建議

Pstrak 先生，相關法規修訂已於 2016 年 12 月啟動，並於 2019 年 4 月完成修訂草案初稿。另預定於 2021 年正式提出建議草案，2022 年完成法案修訂。

#### ***(5) Inspection Programme of the Belgium Competent Authority (FANC) for Non-approved and Approved Package Designs***

此論文由比利時聯邦核能安全管制機構 (FANC) 之 Lourtie 先生進行簡報。FANC 於 2013 年起，著手修訂該國有關放射性物質運送的管制法規，並納入利害關係人的參與。修訂後法令(royal decree)於 2017 年 10 月發布，2018 年 1 月施行。FANC 就尚未經批准(non-approved)的包件設計，及已批准使用中的包件確認工作，建立通知系統(notification system)。該系統改進 FANC 的符合性保證計畫(compliance assurance programme)，也強化 FANC 的檢查作業。

主要修訂處在於，2019 年之前，FANC 對於運送作業的檢查：為“一次性”的運送檢查、尚未經批准包件設計的不定期檢查、以及已批准使用包件製造的不定期檢查等。2019 年之後，針對不同包件等級建立分級檢查制度、強化包件設計申請者之義務、納入外部建議等措施。另就包件設計部分，明訂檢查計畫，包含檢查計畫每 3 年需更新並每年度據以執行、依據使用風險性執行分級檢查制度、以及通知系統涵蓋包件的

生命周期等。

### (6) *Transport and Storage Solution for Defective Spent Fuel*

此論文由法國 TN 公司之 Lefebvre 先生進行簡報。目前國際間尚無缺陷燃料 (defective fuel) 的共識性定義，其引用 IAEA NF-T-3.6 “Management of Damaged Spent Nuclear Fuel” 報告針對缺陷燃料之定義如下：

- (A) Gas-leaking fuel：微小護套缺陷和髮絲狀裂縫、僅放射性分裂氣體產物釋出、核燃料物質未流失
- (B) Damaged fuel：燃料棒明顯受損、放射性分裂氣體流失、正常情況下可處理
- (C) Failed fuel：燃料棒破裂、核燃料物質和分裂氣體流失、正常情況下無法處理

Lefebvre 先生說明，對於缺陷燃料在運送及貯存應特別考慮的議題，如下：

- (A) 運送：無需特別的包裝；現有運送包件執照需擴充、需使用 H<sub>2</sub> 測量方法及非爆炸性氣體驗證等要求
- (B) 貯存：需特別的包裝(如 capsule、quiver 等)；安全分析需考慮護套內的自由水、管制機關需審核認可抽氣之乾燥流程等要求

此外，圖 34 為缺陷燃料在運送及貯存安全分析報告應納入考量的關鍵因子，其中臨界、乾燥及輻射分解(圖紅色字體處)為具顯著影響的因子；圍阻(圖藍色字體處)為有可能影響的因子；屏蔽、力學與熱傳分析(圖綠色字體處)為影響性較小的因子。Orano TN 公司亦已針對破損及損壞燃料，提出取得 NRC 許可之乾貯護箱(如圖 35)。

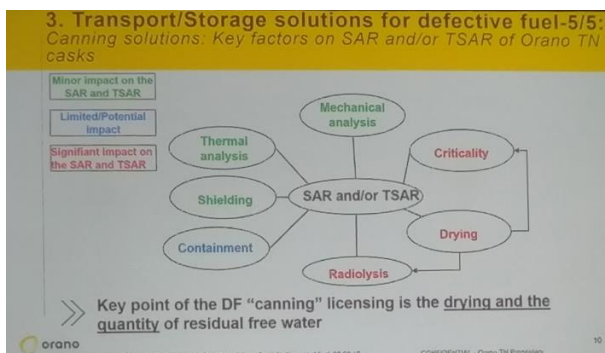


圖 34 缺陷燃料在運送及貯存應考量重點

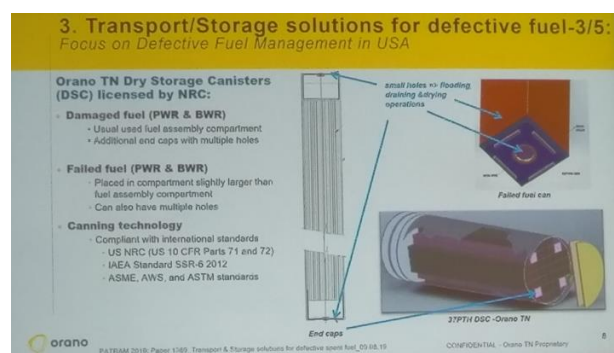


圖 35 針對破損及損壞燃料之 TN 公司護箱

## 4.4 教育與溝通宣導

### (1) *IAEA SSR-6 Transport Regulations : e-Learning Platform*

此論文由 IAEA 之 Whittingham 先生進行簡報。為促進 IAEA 運送安全規則(SSR-6)在各成員國建構安全架構之需求，IAEA 於 2019 年啟動電子學習平台(e-Learning)，目前提供英語、西班牙語和法語版本，以提供有興趣民眾與各成員國對於放射性物質運送的資訊需求(課程網址：<https://elearning.iaea.org/m2/course/index.php?categoryid=83>)。

學習平台之課程架構如圖 36~37，第 1~4 項課程適用於一般有興趣的民眾，第 5~9 項課程則適用於管制機關，後續將增列第 10 項課程，第 1~4 項課程預計需花費 10~20 小時完成，如完成該課程訓練，IAEA 會提供受訓合格證書。藉由該學習平台課程，預期可獲得以下資訊：

- (A)瞭解國際間放射性物質運送的法規架構與責任
- (B)瞭解運送安全相關之輻射防護與應用的重要性
- (C)瞭解 IAEA 安全運送法規與導則的內容
- (D)管制要求的建構
- (E) 包件運送、包件分級及放射性物質運送之分類標準等

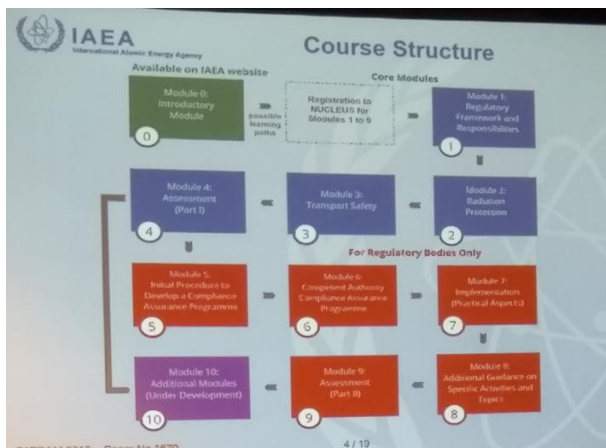


圖 36 學習平台之課程架構

Module	Sections	Screens
0	1	22
1	2	104
2	4	70
3	8	292
4	1	20
5	3	72
6	12	178
7	4	72
8	2	143
9	1	30
10	18	?
Total	56	1003 + ?

圖 37 學習平台之各模組內容佔比

## (2) *Public Information in France Concerning the Transport of Radioactive Materials*

此論文由法國 IRSN 之 Nguyen 小姐進行簡報。法國在 2006 年 6 月 13 日頒布核能透明與安全法案(TSN 法案)，另於 2015 年 8 月 17 日因應綠能增長之能源轉型法案(TECV 法案)，再強化有關透明與公眾資訊之法律規定。法案明訂法國核能管制機關(ASN)及核能技術研究單位(IRSN)在核能安全與輻射防護領域之角色(如圖 38)，針對放射性物質運送，則要求透過網站和公開會議的方式辦理，要求如下：

- (A)ASN 和 IRSN 需提供運送和法規相關資訊，ASN 需發布核能安全與輻射防護年

度報告，內容包含放射性物質運送

(B) ASN 在新包件設計及護箱 CoC 執照更新之審查過程，需涵蓋公眾參與

(C) ASN 需發布檢查後相關訊息

(D) ASN 需就法規與導則內容徵詢公眾意見

(E) 針對 INES 量表之事件等級 1 級或以上，ASN 應發布訊息

(F) IRSN 需在網站上發佈為 ASN 執行的所有技術評估報告

(G) IRSN 需每兩年公布所有涉及放射性物質運輸的技術審查結果

TECV 法案還要求以地方資訊交流委員會(CLI)來促進公眾參與(如圖 39)。CLI 成員包括：議會成員、行政區域代表、經濟方面及醫學方面專家學者、環境保護機構代表、工會組織代表、相關領域認證合格人士等。2016 年，IRSN 與全國地方資訊交流委員會協會(ANCLI)合作，舉辦一次與公眾代表之交流會議，提供包括放射性物質安全運送的法規架構和包件概念，以及在運送過程中的緊急應變與準備等資訊，藉此強化資訊公開與公眾宣導。

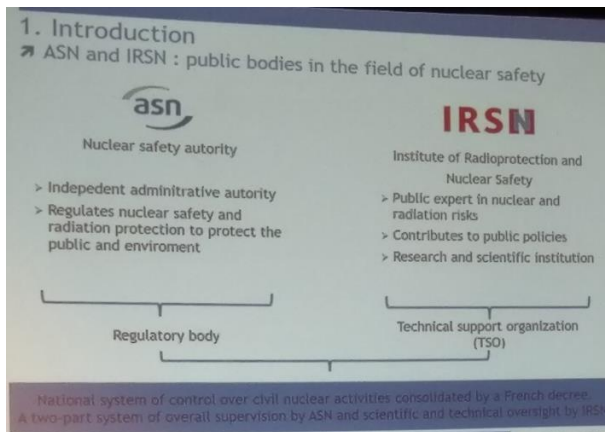


圖 38 ASN 及 IRSN 之權責區分

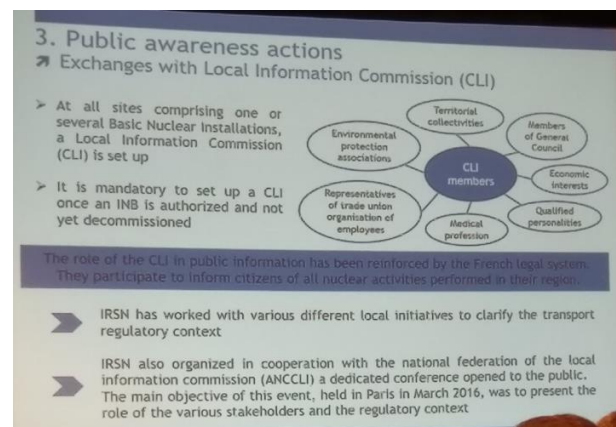


圖 39 地方資訊交流委員會之組成



### 三、心得

此次奉派出國參加「第 19 屆放射性物質包件與運送研討會(PATRAM 2019)」，主要目的期能擷取目前國際間最新發展的法規與管制技術、容器製造廠商之最新研發技術與設計要求等，作為國內精進放射性廢棄物管制法規與管制作業的參考依據。茲將此行主要心得，說明如下：

#### (一) 掌握國際法規發展之必要性

IAEA 業針對放射性物質安全運送法規(regulations for the Safe Transport of Radioactive Material)進行修訂，並於 2018 年 6 月發佈 SSR-6 (Revision 1)。該法規主要修訂內容，包含：納入“貯存後運輸”兩用護箱概念、以“劑量率”取代“輻射標準”、包件設計需要考慮老/劣化機制、加強緊急應變計畫與整備要求…等。尤其多用途護箱的發展、中長期貯存的要求等，均是目前國際間對於放射性廢棄物管理的重點課題。我國可參考相關法規發展，作為我國管制重點和管制要求的參酌依據。

#### (二) 研究單位技術支援之必要性

綜觀國際間對於放射性廢棄物相關技術之研究發展，均有對應之核能技術專責研究單位，在長期研究人力培植與研究經費貫注下，參酌國際發展經驗與趨勢，及其研究發展路徑規劃，整合各關鍵議題之技術研發成果，作為管制機關與核能業者參考之重要依據。

以美國為例，係由美國能源部或核管會就用過核燃料貯存及運送等關鍵議題，委由 Argonne、Idaho、Oak Ridge 及 Sandia 等國家實驗室，依其專業領域進行研析後，再將研究成果整合供執行或管制機關參考。另以法國為例，法案明訂核能管制機關及技術研究單位，在核能安全與輻射防護領域之角色，由研究單位進行技術議題之評估研析，作為管制機關法規制定、技術審查與策略執行之依據。藉由專責研究單位所提供之技術支援，可以充分強化管制機關各項管制作為的可行性與可信度，亦可較由業者所委託執行之研究成果，更具公正性與客觀性。

#### (三) 業者需全盤考量除役廢棄物之管理策略與容器規劃

原能會已於 108 年 7 月 12 日核發核一廠除役許可，另刻正辦理核二廠除役計畫審查作業中。其中，放射性廢棄物之管理是電廠除役的重點工作項目之一。台電公司應參考國際間之除役經驗，全盤考量除役廢棄物之管理策略，就各類廢棄物之盤點數量、後續貯存設施(含中/長期貯存)、最終處置場之可能場址/類型與接收準則等，研擬適切

性的減量措施、貯存、運送及處置等管理方案，並挑選適用性之貯存及運輸容器。

#### 四、建議

- (一) 參考國際間放射性廢棄物管理經驗，放廢處理、貯存與最終處置技術之建立，以及相關設施之規劃、設計、選址與營運等，均由專責單位且長期有系統的推動。目前國內放廢相關業務均由台電公司負責，必要時始委託研究單位進行相關計畫，然而台電公司主要任務為發電及供電業務，多年來同時兼負放射性廢棄物管理任務，難以獲得民眾信賴。經濟部已於 105 年 11 月 18 日提出「行政法人放射性廢棄物管理中心設置條例」草案，送請立法院審查中。為彰顯政府解決核廢料的決心，實有必要參照國際經驗，加速該專責機構設置之推動工作。
- (二) IAEA 業修訂並發佈放射性物質安全運送法規(SSR-6)，其中要求包件設計需考慮老/劣化機制。另因應未來可能面臨長期貯存的需求，部分國家的安全管制機關亦逐步針對乾貯包件設計及營運，要求考量老化管理，並需定期提出老化辯證及驗證。物管局業訂定「用過核子燃料乾式貯存設施維護與監測計畫導則」，要求設施經營者應研提乾貯設施之維護與監測計畫，併同運轉執照申請文件送審。俟乾貯設施營運後，原能會將切實要求設施經營者執行並強化該計畫，以確保設施營運安全。
- (三) 核一廠已取得除役許可，核二廠除役計畫亦提送原能會審查中，另核一、二廠第一期乾式貯存計畫，亦正如火如荼推展中。其中，放射性廢棄物的處理、貯存及運送作業等，均為除役計畫的重點工作項目。藉由派員參與國際研討會，可即時獲得國際間重要的管理/管制動態，瞭解法規與管理策略的發展及走向，將有助於周延國內放廢之管理/管制作業。建議未來與放廢貯存相關會議，在預算經費許可的情況下，應盡量派員參加。

# 附件一、「第 19 屆放射性物質包件與運送研討會」議程

## PATRAM PROGRAM AT A GLANCE

### SUNDAY, AUGUST 4, 2019

12:00 PM – 5:00 PM	Registration Open	Acadia Foyer
12:00 PM – 5:00 PM	Speaker Ready Room	Rhythm and Blues
5:00 PM – 7:00 PM	<b>Exhibit Hall Grand Opening Reception</b>	Preservation Hall

### MONDAY, AUGUST 5, 2019

6:30 AM – 4:30 PM	Speaker Ready Room Open	Rhythm and Blues
6:45 AM – 12:00 PM	<b>Registration Open</b>	Acadia Foyer
7:00 AM – 7:45 AM	Speaker Breakfast	Riverview II
8:30 AM – 9:30 AM	Companion Program Breakfast	Bonaparte
9:00 AM – 10:20 AM	<b>Welcoming Remarks / Opening Plenary</b> <b>Plenary Speakers</b> <b>Howard (Skip) Elliott</b> , DOT PHMSA Administrator <b>Christophe Xerri</b> , IAEA Director, Division of Nuclear Fuel Cycle <b>Plenary Speakers sponsored by ORANO</b>	Acadia
10:00 AM – 4:00 PM	<b>Exhibit Hall Open</b>	Preservation Hall
10:20 AM – 10:40 AM	<b>Refreshment Break</b> <b>Co-Sponsored by Tri State Motor Transit Co.</b>	Preservation Hall
10:40 AM – 12:00 PM	Plenary Session <b>Plenary Speakers</b> <b>John Mulkern</b> , Secretary General for the World Nuclear Transport Institute (WNTI) <b>Todd Shrader</b> , EM-2 at the US Department of Energy <b>Plenary Speakers sponsored by ORANO</b>	Acadia
12:00 PM – 2:00 PM	<b>Lunch on your own</b>	
1:30 PM – 5:00 PM	<b>Registration Open</b>	Acadia Foyer
2:00 PM – 3:20 PM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSION I</b> Session A – Security – Regulatory Issues Session B – Unique UF6 Transport Considerations Session C – Structural Analysis I Session D – Ductile Cast Iron Applications Session E – Global Operational Challenges and Solutions	Galerie 2 Galerie 3 Galerie 6 Galerie 5 Acadia
3:20 PM – 3:40 PM	<b>Refreshment Break</b> <b>Co-Sponsored by Tri State Motor Transit Co.</b>	Preservation Hall
3:40 PM – 5:00 PM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSION II</b> Session A – Security – Regulatory Issues Session B – Unique UF6 Transport Considerations Session C – Structural Analysis II Session D – Ductile Cast Iron Applications Session E – Global Operational Challenges and Solutions	Galerie 2 Galerie 3 Galerie 6 Galerie 5 Acadia

# PATRAM PROGRAM AT A GLANCE

TUESDAY, AUGUST 6, 2019

6:30 AM – 4:30 PM	Speaker Ready Room	Rhythm and Blues
6:45 AM – 12:00 PM	<b>Registration Open</b>	Acadia Foyer
7:00 AM – 7:45 AM	Speaker Breakfast	Riverview II
8:00 AM – 8:50 AM	<b>Remarks / Morning Plenary</b> <b>Plenary Speakers</b> <b>Christian Goetz</b> , <i>Head of Nuclear Waste Management Division In German Ministry for the Environment</i> <b>Chris Boyle</b> , <i>Director of Engineering, Canada's Nuclear Waste Management Organization</i> <b>Plenary Speakers sponsored by ORANO</b>	Acadia
8:30 AM – 9:30 AM	Companion Program Breakfast	Bonaparte
9:00 AM – 10:20 AM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSION III</b> Session A – Anti-Aging: A Realistic Approach Session B – Thermal Analysis I Session C – Testing -Routine Transport A Session D – Security – Risk Assessment Session E – Emergency Preparedness and Response and Tracking	Galerie 2 Galerie 3 Galerie 6 Galerie 5 Acadia
10:00 AM – 4:00 PM	<b>Exhibit Hall Open</b>	Preservation Hall
10:20 AM – 10:40 AM	<b>Refreshment Break</b> <b>Co-Sponsored by Tri State Motor Transit Co.</b>	Preservation Hall
10:40 AM – 12:00 PM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSION IV</b> Session A – Anti-Aging: A Realistic Approach Session B – Thermal Analysis II Session C – Testing -Routine Transport B Session D – Security – Risk Assessment Session E – Emergency Preparedness and Response and Tracking	Galerie 2 Galerie 3 Galerie 6 Galerie 5 Acadia
12:00 PM – 2:00 PM	<b>Lunch on your own</b>	
12:15 PM – 1:45 PM	<b>Panel A</b> – Supply Chain Issues	Galerie 6
1:30 PM – 5:00 PM	<b>Registration Open</b>	Acadia Foyer
2:00 PM – 3:20 PM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSIONS V</b> Session A – Criticality Analysis I Session B – International Regulations Session C – Anti-Aging Issues II: Corrosion-Testing our Metal Session D – Loading, Transport, and Performance of Packages and Material Session E – Aluminum Specific Applications	Galerie 3 Galerie 5 Galerie 2 Galerie 6 Acadia
3:20 PM – 3:40 PM	<b>Refreshment Break</b> <b>Co-Sponsored by Tri State Motor Transit Co.</b>	Preservation Hall

3:40 PM – 5:00 PM

**CONCURRENT TECHNICAL SESSIONS VI**

Session A – Criticality Analysis II

*Galerie 3*

Session B – International Regulations

*Galerie 5*

Session C – Anti-Aging Issues II: Corrosion-Testing our Metal

*Galerie 2*

Session D – Loading, Transport, and Performance of Packages and Material

*Galerie 6*

Session E – Material Interactions

*Acadia*

**WEDNESDAY, AUGUST 7, 2019**

6:30 AM – 4:30 PM

Speaker Ready Room

*Rhythm and Blues*

6:45 AM – 12:00 PM

**Registration Open**

*Acadia Foyer*

7:00 AM – 7:45 AM

Speaker Breakfast

*Riverview II*

8:00 AM – 9:20 AM

**CONCURRENT TECHNICAL SESSIONS VII**

Session A – Testing – Thermal

*Galerie 2*

Session B – Risk Assessment

*Acadia*

Session C – Panel C

*Galerie 5*

Session D – Fissile Material

*Galerie 6*

Session E – External Component Development – Impact Limiters and Cradles

*Galerie 3*

8:30 AM – 9:30 AM

Companion Program Breakfast

*Bonaparte*

9:00 AM – 4:00 PM

**Exhibit Hall Open**

*Preservation Hall*

9:30 AM – 1:00 PM

**Poster Session** (See Pages 67–70)

*Preservation Hall*

12:00 PM – 1:20 PM

**Lunch on your own**

1:00 PM – 5:00 PM

**Registration Open**

*Acadia Foyer*

1:20 PM – 2:40 PM

**CONCURRENT TECHNICAL SESSIONS VIII**

Session A – Security – Physical Protection

*Galerie 3*

Session B – Shielding and Radiological Analysis I

*Galerie 5*

Session C – Testing - Accident Scenarios A

*Galerie 2*

Session D – Thinking Ahead amidst Uncertainty: The Programmatic Perspective

*Galerie 6*

Session E – General Cask Operations

*Acadia*

2:40 PM – 3:00 PM

**Refreshment Break**

*Preservation Hall*

**Co-Sponsored by Tri State Motor Transit Co.**

## PATRAM PROGRAM AT A GLANCE

3:00 PM – 4:20 PM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSIONS IX</b> Session A – Security – Physical Protection Session B – Shielding and Radiological Analysis II Session C – Testing - Accident Scenarios B Session D – Thinking Ahead Amidst Uncertainty: The Programmatic Perspective Session E – General Cask Operations	Galerie 3 Galerie 5 Galerie 2 Galerie 6
4:30 PM – 5:20 PM	<b>Remarks / Plenary Session</b> <b>Plenary Speakers</b> <b>Jennifer Nugent</b> , <i>Head of Technical, International Nuclear Services</i> <b>Anna Wikmark</b> , <i>Manager Fuel, Waste Streams &amp; Transport for Sweden's SKB</i> <b>Plenary Speakers sponsored by ORANO</b>	Acadia Acadia

### THURSDAY, AUGUST 8, 2019

6:30 AM – 4:30 PM	Speaker Ready Room	Rhythm and Blues
6:45 AM – 12:00 PM	<b>Registration Open</b>	Acadia Foyer
7:00 AM – 7:45 AM	Speaker Breakfast	Riverview II
8:00 AM – 8:50 AM	<b>Remarks / Morning Plenary</b> <b>Plenary Speakers</b> <b>David Victor</b> , <i>Professor of International Relations &amp; Co-director of the Laboratory on International Law at University of California San Diego</i> <b>Naofumi Kawano</b> , <i>Deputy Manager for Decontamination and Decommissioning Engineering at TEPCO</i> <b>Plenary Speakers sponsored by ORANO</b>	Acadia
8:30 AM – 9:30 AM	Companion Program Breakfast	Bonaparte
9:00 AM – 4:00 PM	<b>Exhibit Hall Open</b>	Preservation Hall
9:00 AM – 10:20 AM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSION X</b> Session A – Package Design IA Session B – Security – (i) Cybersecurity / (ii) Response Session C – Structural Analysis III Session D – Container and Content Specific Safety Aspects Session E – Guidance	Galerie 2 Galerie 3 Galerie 6 Galerie 5 Acadia
10:20 AM – 10:40 AM	<b>Refreshment Break</b> <b>Co-Sponsored by Tri State Motor Transit Co.</b>	Preservation Hall
10:40 AM – 12:00 PM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSIONS XI</b> Session A – Package Design IB Session B – Security – (i) Cybersecurity / (ii) Response Session C – Component Simulation Session D – Container and Content Specific Safety Aspects Session E – Guidance	Galerie 2 Galerie 3 Galerie 6 Galerie 5 Acadia
12:00 PM – 2:00 PM	<b>Lunch on your own</b>	

12:15 PM – 1:45 PM	<b>Panel D – Security Application of International Requirements and Guidance</b>	Galerie 6
12:15 PM – 1:45 PM	<b>Panel E – Future of Transportation Regulations</b>	Galerie 3
1:30 PM – 5:00 PM	<b>Registration Open</b>	Acadia Foyer
2:00 PM – 3:20 PM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSION XII</b> Session A – Stakeholder Engagement and Communication for Effective Transport A Session B – Thermal Package Analysis Session C – Containment Design A Session D – National Implementation Approaches Session E – Transport Logistical Challenges	Acadia Galerie 3 Galerie 5 Galerie 6 Galerie 2
3:40 PM – 5:00 PM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSION XIII</b> Session A – Transportation of Radioactive Materials: Doing It Right Session B – Radiolysis Session C – Containment Design B Session D – National Implementation Approaches Session E – Transport Logistical Challenges	Acadia Galerie 3 Galerie 5 Galerie 6 Galerie 2
7:00 PM – 10:00 PM	<b>PATRAM 2019 Closing Banquet</b> <b>Co-Sponsored by ALARA Logistics</b>	Acadia

## FRIDAY, AUGUST 9, 2019

7:00 AM – 12:00 PM	Speaker Ready	Rhythm and Blues
7:00 AM – 2:00 PM	<b>Registration Open</b>	Acadia Foyer
7:30 AM – 8:15 AM	Speaker Breakfast	Riverview II
8:30 AM – 9:00 AM	Companion Program Breakfast	Bonaparte
8:40 AM – 10:00 AM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSIONS XIV</b> Session A – Package Design IIA Session B – Education Session C – Collaboration in Maritime and Rail Transportation Session D – Basic Radionuclide Values Session E – Packaging Licensing and Design Issues	Galerie 2 Galerie 5 Galerie 3 Galerie 6 Acadia
10:00 AM – 10:20 AM	<b>Refreshment Break</b> <b>Co-Sponsored by Tri State Motor Transit Co.</b>	Preservation Hall
10:20 AM – 11:40 AM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSIONS XV</b> Session A – Package Design IIB Session B – Education Session C – Collaboration in Maritime and Rail Transportation Session D – Basic Radionuclide Values Session E – Packaging Licensing and Design Issues	Galerie 2 Galerie 5 Galerie 3 Galerie 6 Acadia



## PATRAM PROGRAM AT A GLANCE

11:40 PM – 1:00 PM	<b>Lunch on your own</b>	
1:00 PM – 2:20 PM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSIONS XVI</b> Session A – Package Design IIIA Session B – Communication and Training Session C – Onsite Management and Control Session D – Testing - Handling Accident	<i>Galerie 2</i> <i>Galerie 5</i> <i>Galerie 3</i> <i>Galerie 6</i>
2:20 PM – 2:40 PM	<b>Refreshment Break</b> <b>Co-Sponsored by Tri State Motor Transit Co.</b>	<i>Bissonet</i>
2:40 PM – 4:00 PM	<b>CONCURRENT TECHNICAL SESSIONS XVII</b> Session A – Package Design IIIB Session B – Communication and Training Session C – Criticality Issues for Spent Nuclear Fuel	<i>Galerie 2</i> <i>Galerie 5</i> <i>Galerie 3</i>
4:00 PM	<b>Symposium Adjourns</b>	

## 附件二、研討會口頭發表議題

另詳電子檔案。