

出國報告(出國類別：開會)

赴美國參加 2018 年「放射性廢棄物 管理研討會」出國報告

服務機關：台灣電力公司

核能後端營運處

姓名職稱：李宗倫 組長

陳臆涵 專員

派赴國家：美國

出國期間：107 年 3 月 17 日~107 年 3 月 26 日

報告日期：107 年 5 月 14 日

摘要

放射性廢棄物管理研討會為放射性廢棄物管理及相關主題的重要國際會議，近幾年皆於美國鳳凰城(Phoenix)舉辦，2018 年之放射性廢棄物管理研討會(以下簡稱 WM2018 研討會)已為第 44 屆，由 Waste Management Symposia(以下簡稱 WMS)舉辦。WM2018 研討會邀集世界各核能先進國家專家齊聚一堂，就放射性廢棄物管理與放射性廢棄物最終處置之安全、技術可行性、成本效益與環保解決等進行資訊交換與討論，其相關會議活動可提升全球放射性廢棄物管理與最終處置技術之透明度與公信力。

因放射性廢棄物管理研討會為全世界重要之放射性廢棄物管理與處理技術的發表及討論會議，本次出國主要參加此研討會之高放射性廢棄物處置技術與放射性廢棄物經營管理相關議題會議，藉由參與研討會之機會，與來自世界各國從事放射性廢棄物相關領域的研究人員進行意見交流，並透過參加會議之發表人簡報及海報展示等方式，掌握國際上高放射性廢棄物最終處置技術發展現況、未來的發展趨勢，以及學習在放射性廢棄物管理及處置設施選址作業的相關經驗、法規制度。藉由上述方式汲取世界各核能先進國家推動高放射性廢棄物處理及處置所累積之經驗，有效提昇台電公司推動放射性廢棄物管理能力以及規劃之周延性。

目錄

摘要.....	i
目錄.....	ii
圖目錄.....	iii
表目錄.....	iv
壹、 目的.....	1
貳、 過程.....	2
參、 工作內容.....	3
肆、 心得.....	40
伍、 建議.....	41
附件.....	43

圖目錄

圖 1：美國鳳凰城會議中心.....	3
圖 2：WM2018 研討會廠商展示會場.....	4
圖 3：開幕式會場.....	7
圖 4：WM2018 研討會主席 James Fiore 致詞.....	7
圖 5：ONR 張貼之專題海報.....	11
圖 6：ONR 對地質處置設施之規範架構.....	11
圖 7：情節選定流程圖.....	13
圖 8：封閉後階段及運轉階段情節對應關係圖.....	13
圖 9：安全層級圖.....	15
圖 10：安全階級推導關係圖.....	16
圖 11：日本科學特性地圖.....	19
圖 12：法國高放射性廢棄物深層地質處置場概念設計(Cigéo).....	21
圖 13：德國選址法.....	23
圖 14：地下實驗室概念設計圖.....	25
圖 15：德國核能後端相關組織關係圖.....	27
圖 16：4 種處置方案置放水平相對位置圖.....	37
圖 17：WIPP 配置圖.....	38
圖 18：中深度井孔處置概念設計圖.....	38
圖 19：近地表壕溝處置.....	39
圖 20：地表處置窖.....	39

表目錄

表 1：訪問行程及工作內容.....	2
表 2：封閉後階段及運轉階段 FEP 對應表.....	14
表 3：德國選址程序表.....	22
表 4：德國核能後端權責單位表.....	27
表 5：歐洲各國用過核子燃料/高放射性廢棄物管理現況表	32

壹、目的

放射性廢棄物管理研討會源自 1974 年，於美國亞利桑那州的圖森市 (Tucson, Arizona) 首度舉辦，主要是由亞利桑那州立大學協助美國原子能委員會 (US AEC) 進行放射性廢棄物議題之討論。此研討會後續發展為放射性廢棄物管理及相關主題的重要國際會議，該會議每年舉行一次，WM2018 研討會於美國鳳凰城舉辦，WM2018 研討會已為第 44 屆之放射性廢棄物管理研討會，於 107 年 3 月 19 日至 3 月 22 日召開，共 4 天會議，3 月 23 日參加美國核能管制委員會 (Nuclear Regulatory Commission, NRC) 舉辦之法規修訂公聽會。歷年之研討會皆由 WMS 舉辦，WMS 是非營利組織，致力於放射性廢棄物管理的訓練與教育。WM2018 研討會邀集世界各核能先進國家專家齊聚一堂，就放射性廢棄物管理與最終處置之安全、技術可行性、成本效益與環保解決等進行資訊交換與討論，其相關會議活動可提升全球放射性廢棄物管理與最終處置技術之透明度與公信力。

因放射性廢棄物管理研討會為全世界重要之放射性廢棄物管理與處理技術的發表及討論會議，台電公司指派李宗倫組長與陳臆涵專員參加 WM2018 研討會，主要參加高放射性廢棄物處置技術與放射性廢棄物經營管理相關議題會議，藉由參與研討會之機會，與來自世界各國從事放射性廢棄物相關領域的研究人員進行意見交流，並透過參加會議之發表人簡報及海報展示等方式，掌握國際上高放射性廢棄物最終處置技術發展現況、未來的發展趨勢，以及學習在放射性廢棄物管理及處置設施選址作業的相關經驗、法規制度。

貳、過程

自 107 年 3 月 17 日出發，3 月 26 日返國，共計 10 天，目的地為鳳凰城(Phoenix)，前後停留洛杉磯(Los Angeles)，本次行程及工作內容如表 1 所示。3 月 17 日由桃園國際機場出發至洛杉磯國際機場，並住宿於洛杉磯，並於 3 月 18 日由洛杉磯國際機場轉機至鳳凰城天港國際機場；3 月 19 日至 3 月 23 日參加 WM2018 研討會與 NRC 公聽會，主要參加高放射性廢棄物處置技術發展與放射性廢棄物經營管理相關議題之會議，瞭解世界各國發展現況、未來的發展趨勢，以及學習世界各核能先進國家在推動高放射性廢棄物處理及處置設施選址作業的相關經驗、法規制度；3 月 24 日由鳳凰城天港國際機場出發至洛杉磯國際機場，住宿於洛杉磯，並於 3 月 25 日由洛杉磯國際機場返國，3 月 26 日抵達桃園國際機場。

表 1：訪問行程及工作內容

日期	地點與行程	工作內容
3 月 17 日(六) 至 3 月 18 日(日)	臺北 →洛杉磯 →鳳凰城	去程
3 月 19 日(一) 至 3 月 22 日(四)	鳳凰城	參加 WM2018 研討會
3 月 23 日(五)	鳳凰城	參加 NRC 公聽會
3 月 24 日(六) 至 3 月 26 日(一)	鳳凰城 →洛杉磯 →臺北	回程

參、工作內容

3月18日8時至20時為WM2018研討會報到時間，李宗倫組長與陳臆涵專員於鳳凰城會議中心(Phoenix Convention Center, PCC)西側大樓的地下一樓(West Building Lower Level)展覽場辦理報到(如圖1及圖2)，並領取WM2018研討會相關資料。完成報到手續後，先研讀會議資料，並規劃未來5天將參與的高放射性廢棄物處置技術發展與放射性廢棄物經營管理等相關議題的會議場次，並預先熟悉鳳凰城會議中心的環境與開會地點。

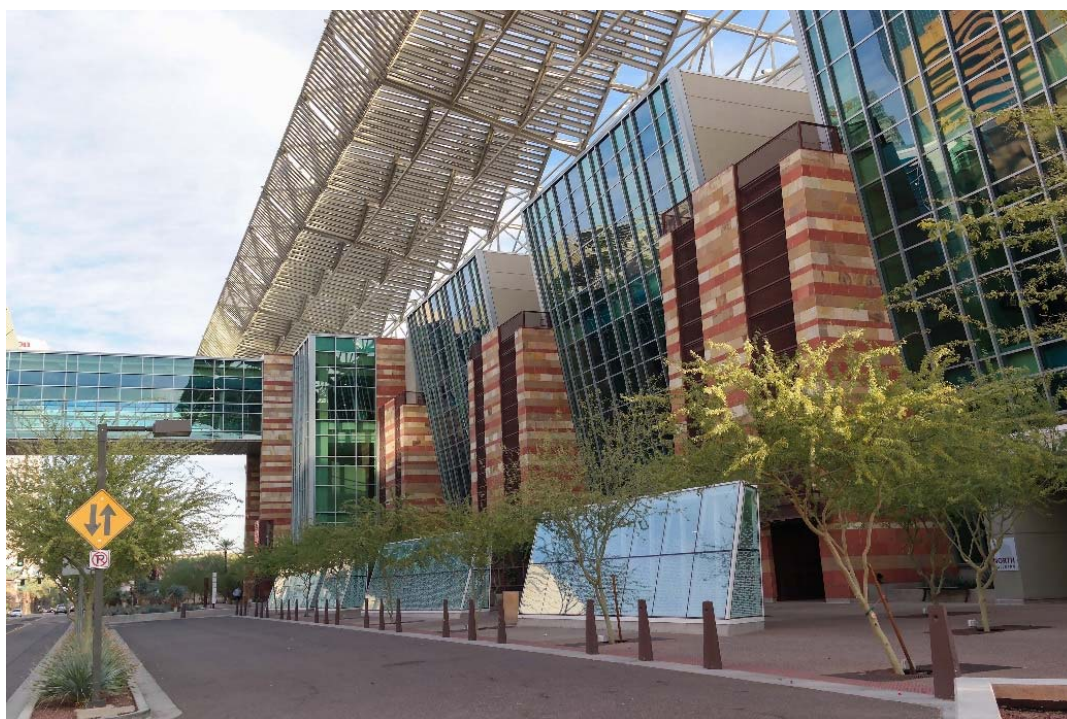


圖 1：美國鳳凰城會議中心



圖 2：WM2018 研討會廠商展示會場

(一) Session 1—WM2018 研討會開幕式

WM2018研討會於3月19日8點在鳳凰城會議中心西側大樓301大廳舉行開幕式(如圖3)，首先由主辦研討會主席Jame Fiore先生及Jim Gallagher先生進行致詞(如圖4)，說明WM2018研討會將由全球核能國家之政府及核能產業領導人闡述在2018年及未來可能面臨的放射性廢物管理挑戰，並歡迎來自世界各地的與會者，WM2018研討會的與會者來自33個國家，約2,000名工程師、科學家與學生，發表超過450篇的論文，並召開141個技術議題會議，本屆主題「核子工業機器人及遙控系統」，展出一系列包含了機器人特展區，核子及工業機器人、遙控系統，與其他新興科技。

Jim Gallagher先生致詞結束後，由美國田納西州第三區眾議員Chuck Fleischmann，同時也是國會核子清理黨團(Nuclear Cleanup Caucus)的主席致詞，Chuck Fleischmann議員以錄影的方式發表一段演說，從民意代表的身分、角度說明放射性廢棄物清理、處置面臨的挑戰。他表示全美境內核子清理工作一直以來的成功，能夠證明能源部目前正在進行的環境恢復計畫可以對納稅人有所交代。Fleischmann表示，許多國會成員都不了解美國能源部清理各種場址所面臨的挑戰，因此如果要持續取得預算、經費，必須要讓產業界以外人士知道實際上的進展及現況。議員也表示核子清理面臨的最大挑戰之一是必須確保有足夠的人才，讓當前的工作能夠持續進行，美國一半的核子清理專業人員將在兩年內符合退休資格，Fleischmann議員期望與會者與產業以外的人持續交流，並且和年輕人談論核能、核廢料清理的重要性。核子清理在未來是不可避免的，若要成功必須保持訓練有素的勞動力，但同時也必須確保在美國核工業向前發展時，有年輕新進的核子工程師和勞動力支持工業發展。

緊接著由美國威立雅核子解決方案聯邦服務公司(Veolia Nuclear

Solutions Federal Services)總裁兼執行長Billy Morrison發表演說，他表示儘管美國在清理歷史性廢棄物場址方面已經做很多努力並取得一定成果，但許多問題仍然會威脅到放射性廢棄物管理，例如技術上的挑戰、財務上的挑戰、風險上的挑戰和基礎設施老化，如果要繼續取得成功，需要一個完整的多年計畫，這個計劃將側重於績效優先事項。Morrison先生強調，能源部及其承包商需要走出困境，與利害關係人、周邊社區合作，尋求他們的意見、指導、想法，不要被過去所限制，需要新的思維，如果要實施有意義的改變，就必須變得靈活並做好準備。

接著上台發言的是能源部副部長Jim Colgary，他表示自現任能源部長Rick Perry上任以來，美國能源部致力於做出必要的改變，對公私合作夥伴關係進行策略投資、監管改革以及加強完成工作的能力。Colgary提到，能源部正在推進一項包括太陽能、煤炭、石油和核能在內的綜合能源計畫，包括電池、水、壓縮空氣和其他創新科技，以滿足未來的需求。Colgary表示，能源部一直以來都面臨預算挑戰，政府致力於提供資金以維持一個穩定的計畫，提供訓練有素的工作團隊，並減少阻礙進步的法規數量，他還表示，不應該停在研究議題的階段而推遲決策，應將努力投入實際作為才是正確做法。



圖 3：開幕式會場

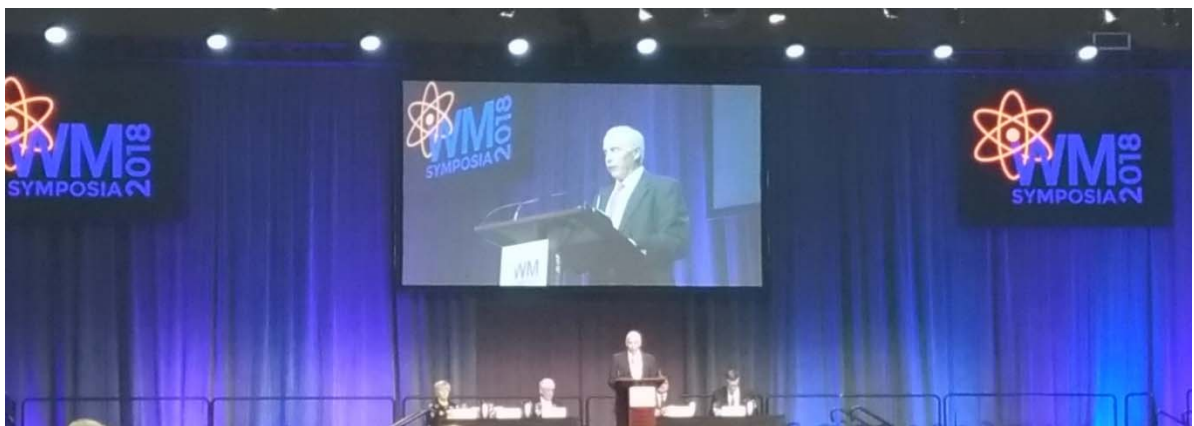


圖 4：WM2018 研討會主席 James Fiore 致詞

(二) Session 34—高放射性廢棄物、用過核子燃料及超鈾廢棄物

Session34是由研究、學術單位投稿海報發表其研究結果，而本專題為英國的核能管制辦公室(Office for Nuclear Regulation, ONR)介紹英國未來的地質處置設施中，有關管理及運營的安全(如圖5)。ONR是民用核能工業的安全監管機構，是獨立且依法成立的法定公司(statutory corporation)，其經費來自向核能相關業者收取的費用，ONR有責任向勞動年金部報告，同時亦與能源和氣候變遷部有密切的合作關係。

1. 「英國核能管制辦公室」簡介：

根據英國 2013 年能源法，於 2014 年 4 月 1 日成立為法定公司，該法規亦提供組織責任框架和權力，是獨立的公家機構，因此必須考慮到為有效履行職責而採取的政治、政策和社會背景。ONR 的管理、財政方面來自於勞動年金部，必須向議會負責。此外，能源和氣候變化部負責英國民用核能監管框架和制訂相關政策，包括民用核能安全、緊急應變計劃和應對措施、核子保防以及放射性物質通過公路、鐵路和內陸水道之運輸安全。國防部長則對全部或主要用於國防目的的核子設施之核能安全負責。至 2017 年為止，該組織已有約 600 名員工和每年 7,070 萬英鎊的預算，其中大部分預算金額來自向用戶收取的費用，僅約 4% 預算來自勞動年金部的撥款。

(1) 英國核能管制辦公室的權責如下：

ONR 的使命是「為核子工業提供高效和有效的監管，並代表公眾對其進行監督」。獨立客觀的監管英國境內 36 個持有執照之核子設施廠區的安全、管理運輸作業，並確保其符合英國的核子保防政策。讓核子工業有效控制其危害，持續改進並保持最高水準。

ONR 負責管理英國核准的核子設施之核能安全和常規健康與安全。這些包括現有運轉中的反應器、核燃料循環設施、除役場址以及經許可的國防場所。ONR 也監管新核子設施的設計和建造、民用核子設施的核子保防以及核子材料和放射性物質的運輸，並與國際監察機構合作確保履行對英國的保障義務，對國際保障制度產生積極影響，提供安全和可靠的核子工業是監管責任人的責任，ONR 有責任確保他們遵守法律和監管要求。

(2) 實行政策聲明：

ONR 的任務是對核子工業進行高效率 and 有效的監管，並代表公眾對其進行說明。作為核能監管機構，當發現持照者未能符合法律規定的安全標準時，ONR 必須採取措施，為此，亦授予核能管制辦公室執行的權力，例如可提供建議或提起訴訟。政策聲明闡述了如何使用這些權力來確保核能工業遵守法規。實行政策聲明符合「監管機構守則」和「2006 年立法和監管改革法案」規定的監管原則，明定 ONR 必須遵循的一般原則和方法。所有執行決策的 ONR 工作人員都必須遵守 ONR 的實行政策聲明，適當使用執法權力(包括起訴)非常重要，既符合法律亦確保當核子保防、健康、安全和福利未達標準時，能確實究責執行職務者。

1965 年的「核能設施法」授權 ONR 在每張核能設施執照上予以附加條件，註明對安全利益或處理、處置核子物質方面必要的條件，許可條件為 ONR 對核能安全的監管提供主要依據，但不因此免除持照者維護核能安全的責任。許可條件通常是非規定性的，持照者有責任達成這些目標，其中包括透過詳細

的安全標準和安全程序來執行。持照者的管理系統將納入已存在的規範以滿足執照許可條件的要求。

2. 「英國未來地質處置設施之營運管理安全」：

英國的高放射性廢棄物管理政策是先採中期貯存，後以深層地質處置進行最終處置，負責處置的專責機構為「英國放射性廢棄物管理公司」(RWM)。英國政府已經表示，鑑於處置高放射性廢棄物可能產生的核子危害，將由獨立核子安全和安全監管機構「核能管制辦公室」負責核發地質處置設施執照。

ONR 已經向政府提供許可地質處置設施所需法律的修訂建議，並已經對一座核能電廠執照的標準條件進行審查，以確定是否適用於未來的地質處置設施及確認其適用性。然而，英國政府審查 ONR 對核發執照及技術評估的指導原則，結論認為仍需要額外的指導原則使整體更加完善。核能管制辦公室因此制定新的指導原則，為各方利害關係人提供幫助，包括監管機構、地質處置設施營運者以及社會大眾。核能管制辦公室汲取國際上其他地質處置設施計畫的經驗，並履行所有利害關係人要求的義務，透過上述各種措施，核能管制辦公室將高效率並確實有效的監管英國未來的地質處置設施，ONR 對地質處置設施之規範架構如圖 6 所示。

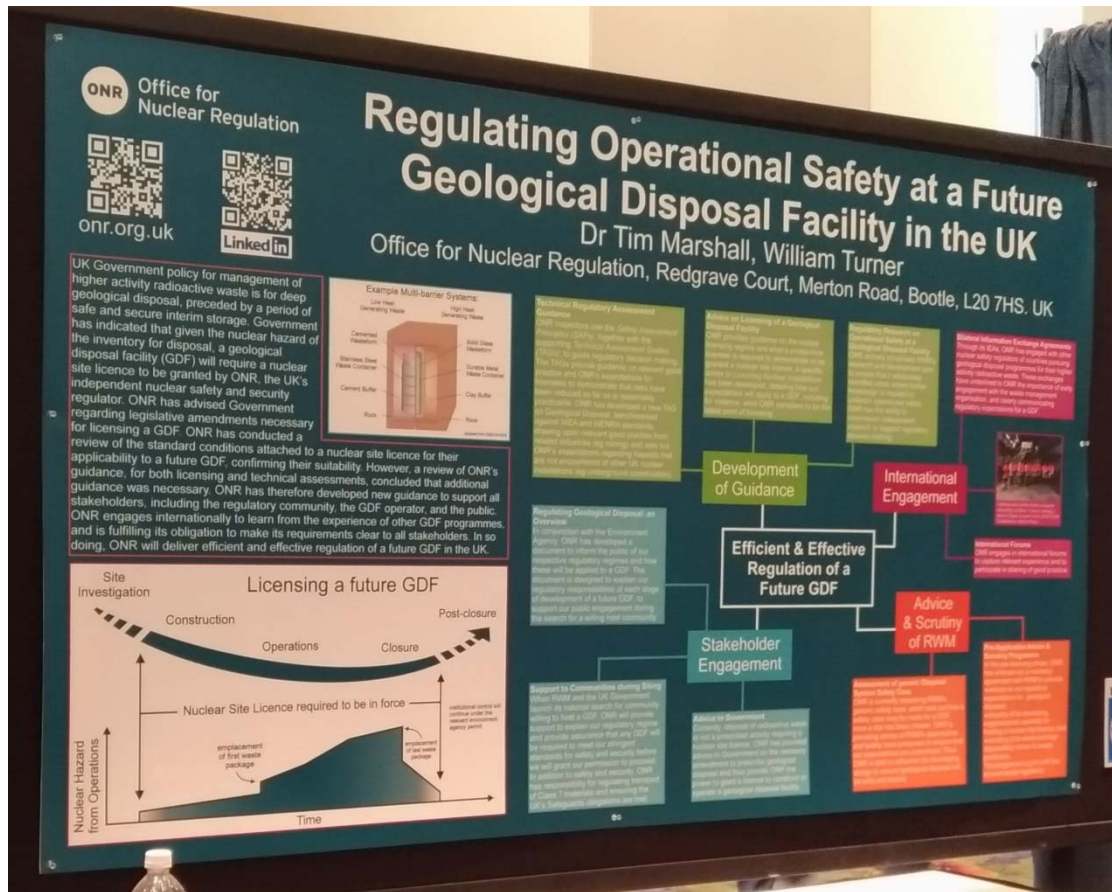


圖 5：ONR 張貼之專題海報

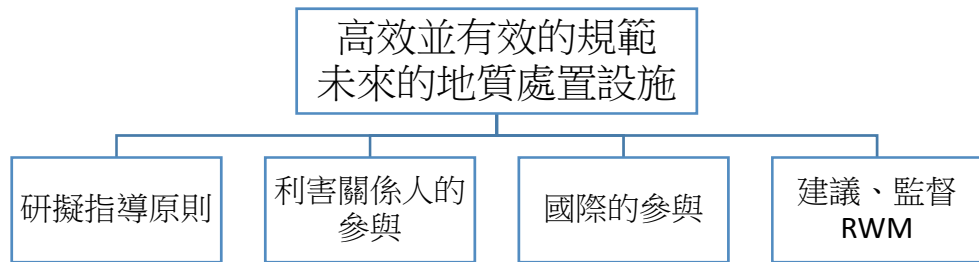


圖 6：ONR 對地質處置設施之規範架構

(三) Session 47—運轉階段深層地質處置設施的安全議題

Session 47 專題為運轉階段深層地質處置設施的安全議題，綜觀國際上目前研究發展主要都著重於處置設施封閉後階段的安全評估，近幾年除芬蘭已取得高放射性廢棄物最終處置設施的建造執照外，瑞典也向管制機關提出了建造執照的申請，處置設施運轉階段的安全評估也成為大

家研究的熱門議題。

安全論證為提出最終處置設施建造執照申請時的重要安全分析報告，分為封閉後階段及運轉階段進行安全評估，封閉後階段之安全評估須考慮下列項目：

1. 方法論：模式與資料的品質、模式與資料的假設、模式的簡化、技術論點與證據。
2. 安全分析、模式與資料：概念模式的合適性、輸入資料的選取、評斷與記錄、數學模式、隨機變異。
3. 不確定性分析。
4. 符合管制法規：符合劑量限值、低發生率事件是否符合劑量限值、符合動、植物的劑量限值、符合可信賴度。
5. 安全評估的可信賴度。

封閉後階段之安全評估可分為情節發展及情節評估，有關深層地質處置設施封閉後階段的安全評估情節發展，歷年來國際上有不少計畫在進行相關研究，綜整這些計畫對於情節的選定可由 2 方面來決定如圖 7 所示，從下而上來看，先選定 FEP(特徵、事件、過程)，再由 FEP 進而決定情節；從上而下來看，先從安全概念定義安全功能，再依各項安全功能指標推導出情節。

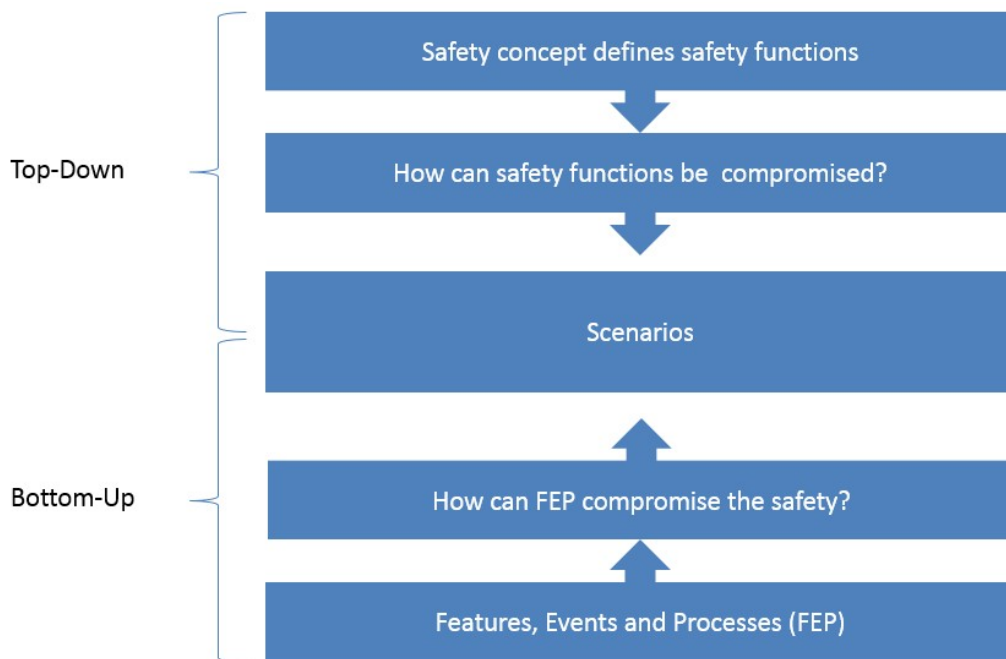


圖 7：情節選定流程圖

運轉階段之安全評估可分為事件分析和事件評估，此套分析方法是源於核能電廠的事故分析，封閉後階段安全評估的情節發展可對應到運轉階段安全評估的事件分析，如圖 8 所示。事件分析方法之架構包含深層地質處置設施運轉概念的說明、彙整可能觸發的事件、篩選其它的 FEP 表單、安全功能的推導及 FEP 間連接的分析。

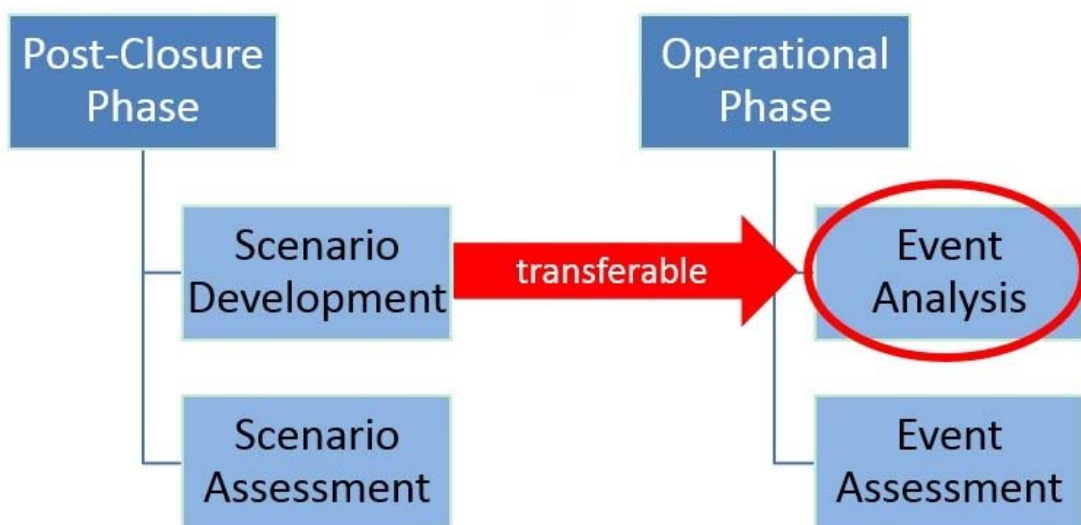


圖 8：封閉後階段及運轉階段情節對應關係圖

深層地質處置設施運轉概念說明包含描述初始狀態、正常運轉情形及系統性的描述處置過程，彙整可能觸發的事件則是運用 FEP。封閉後階段安全評估所用之 FEP 是指特徵(Features)、事件(Events)、過程(Processes)，而在運轉階段安全評估之 FEP 定義如下，關係如表 2 所示：

- 特徵(Features)：系統(Systems)、結構(Structures)、組件(Components)
- 事件(Events)：總體影響(Overarching effects)
- 過程(Processes)：運轉程序(Operational procedures)、其他過程(Other processes)

表 2：封閉後階段及運轉階段 FEP 對應表

FEP			
封閉後階段	運轉階段		
名稱	名稱		範例
特徵(Features)	系統(Systems)	簡稱 SSC	環境監測系統
	結構(Structures)		廢棄物罐封裝廠
	組件(Components)		車輛、起重機
事件(Events)	總體影響 (Overarching effects)	內部	火災
		外部	地震
過程(Processes)	運轉程序 (Operational procedures)		廢棄物罐運輸到地下設施
	其他過程(Other processes) 來源為其它 FEP 表單		老化及磨損過程、專有技術的喪失

運轉階段的安全層級可分為 4 階層(如圖 9)。安全目標定位為最上階，相關的法律、規範、安全要求皆屬於此階層；安全功能位於第 2 階層，由安全目標所規定的定性或定量標準來訂定安全功能指標；第 3 階層為安全相關 SSC 及運轉程序；第 4 階層為安全相關屬性。從最上位的原子能法或相關規範(即安全目標)決定安全功能指標再推導到考慮選用的處置概念最後可決定安全相關的 SSC 及運轉程序，擬訂相關的 SSC 及程序後，可以再回去檢視是否有符合處置概念、安全功能、安全目標，前述之推導流程如圖 10 所示。



圖 9：安全層級圖

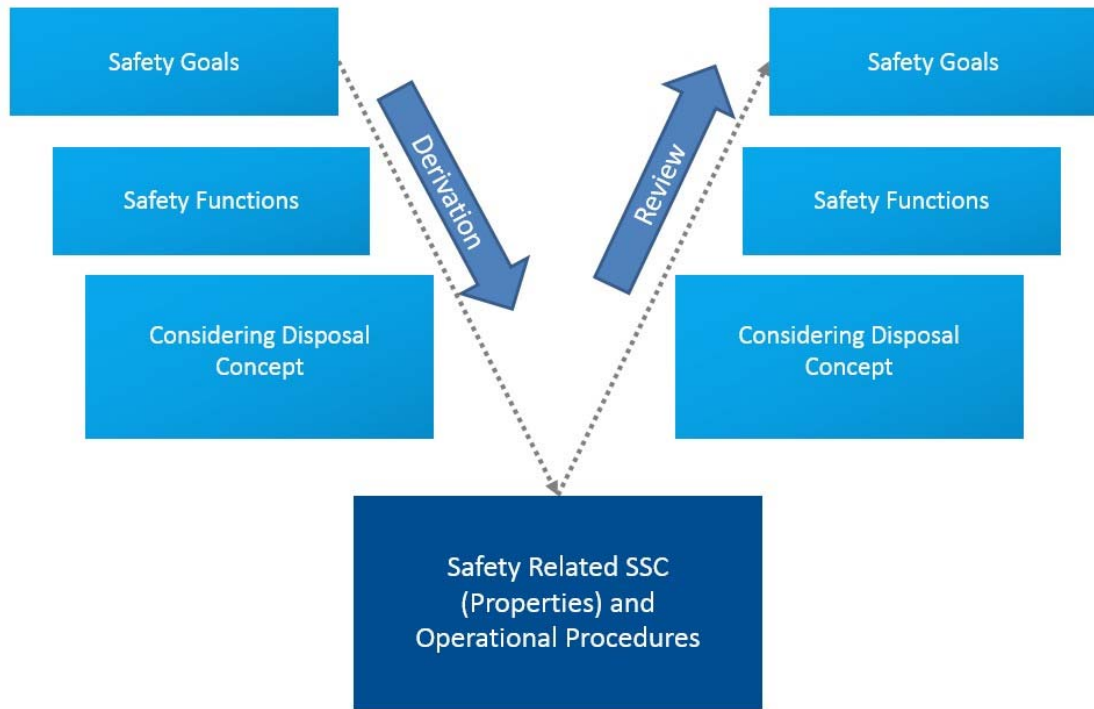


圖 10：安全階級推導關係圖

(四) Session 81—全世界深層地質處置計畫發展現況

Session 81 專題著重於世界各國深層地質處置計畫的進展，此會議邀請來自國際深層地質處置計畫之成員，報告當前狀況和未來計畫，探討各自地質處置計畫成功和受阻的原因。此會議目的為提供各國成員交流之平台，以交換彼此深層地質處置計畫之進度，概念/設計和世界各地的其他經驗教訓、挑戰，包括現場表徵、選址、研發和許可、建設、經營、公眾接受和參與，相關核能先進國家之發展現況如下：

1. 英國

在 2007 年 6 月英國政府發布「安全處置放射性廢棄物」(Managing Radioactive Waste Safely)，作為深層地質處置之基本指導方針，經過約 4 個月公開討論期後，彙整成為 2008 年 6 月發布的「安全處置放射性廢棄物白皮書」(Managing Radioactive Waste Safety-A

Framework for Implementing Geological Disposal)。

在 2011 年，英國「核能除役局」(Nuclear Decommissioning Authority, NDA) 根據白皮書的要求在策略報告書 (Strategy) 中說明了英國政府未來處理核子廢棄物以及所有核能電廠除役的規劃與方向。為了規劃未來高、中放射性廢棄物最終處置的地質處置設施地點，NDA 發布了放射型廢棄物管理辦法 (Radioactive Waste Management Directorate, RWMD)。最終處置設施規劃在 2040 年開始運轉，並於 2100 年結束接受廢棄物的處置。場址之地點規劃在 2025 年左右決定，英國政府過去曾邀請有興趣的地區自願表達接受最終處置設施評估，表達有意願的地區主要在 Cumbria 的 2 個地方 (Allerdale 以及 Copeland)，預計進行為期 4 年的地質調查，以及為期 10 年的地表調查研究，最後則是長達 15 年的地底探測研究、建造、以及準備運轉的工作。NDA 希望能夠提早 11 年在 2029 年就將最終處置設施建造完成，但是這一連串的行動規劃在 2013 年時遭到 Cumbria 地區議會決議停止。英國目前仍在徵求自願場址，在無場址的前提下，以通則性的方式研究各國的處置概念，並於 2016 年發布「地質處置安全論證報告」。

2. 日本

在 2000 年 6 月日本政府公布「最終處置法」，於同年 10 月成立「日本原子力發電環境整備機構」(NUMO)負責高放射性廢棄物深層地質處置之相關業務。日本政府於 2015 年針對高放射性廢棄物深層地質處置的基本政策進行調整，重點如下：

- (1) 因高放射性廢棄物是由這個世代所產生的，當代人有責任要在這個世代進行處理，穩步推行高放射性廢棄物的深層地質處置，同時確保政策的可逆性、放射性廢棄物的可回收性及

積極推動替代技術的研究與發展。

- (2) 針對深層地質處置的安全及風險進行公眾溝通。
- (3) 對於執行高放射性廢棄物深層地質處置的重要性進行公眾溝通，並對自願參與深層地質處置場選址的市鎮公開表示尊重與感謝。
- (4) 提供民眾關於深層地質處置場潛在候選地區的地質地形條件、社會經濟影響、環境影響的相關資訊。
- (5) 支持各市鎮內的各種團體了解深層地質處置資訊並主動進行對話，提供相關資料、資金贊助並感謝參與深層地質處置場選址過程的市鎮。
- (6) 未來將會對深層地質處置場址所在地中，由 NUMO 進行處置相關業務發展及建造生活基礎設施中的利害關係人進行溝通。

根據上述的政策，日本政府基於文獻及地質調查所得之事證，就各種不利於高放射性廢棄物深層地質處置之條件及地質活動進行彙整，繪製成「科學特性地圖」並於 2017 年 7 月公開發表，作為與民眾溝通及教學素材，如圖 11 所示，把日本全區分成 4 類地區，4 類顏色分別代表：

- 黃色：以深層地質長期安全性觀點進行評估(火山活動、斷層活動、隆起、侵蝕、地熱活動等)，未來可能有地質活動的區域，不適宜設置深層地質處置場。
- 灰色：以未來開挖可行性的觀點進行評估，未來可能會有人類開挖活動，不適宜設置深層地質處置場。
- 淺綠色：設置深層地質處置場可能性相對高的區域。
- 深綠色：設置深層地質處置場可能性相對高且沿海運輸較為便利的區域。

3. 法國

法國於 1991 年發佈及 2006 年修訂之放射性廢棄物管理法，宣告「深層地質處置」為高放射性廢棄物之解決方案，並於 1991 年依「放射性廢棄物管理研究法」成立「法國國家放射性廢棄物管理署」(ANDRA)，負責法國的放射性廢棄物之長期營運及設施管理，包括處置場的選址、建造、營運、設施關閉以及相關的活動計畫。法國預計將於法國東部之 Meuse/Haute Marne 地區建造一座高放射性廢棄物的深層地質處置場，名為「Cigéo 計畫」(如圖 12)，利用該地區特有的泥岩構造形成之天然障壁及工程障壁系統防止放射性物質外釋。

法國負責能源政策部門「生態與團結過渡部(Ministry of Ecological and Solidarity Transition)」(前身為環境部)，其部長 Sébastien Lecornu 於 2018 年 3 月 7 日宣布將加強 Cigéo 計畫的諮詢和透明度：

- (1) 法國政府將於 2018 年籌辦關於放射性廢棄物管理之國家型計畫的全國性辯論。
- (2) 將在原子能安全委員會(ASN)及核安全與輻射防護研究院(IRSN)的監督下建立一個網路互動平台，內容包括 ANDRA 及放射性廢棄物產生者進行的研究成果和反對 Cigéo 計畫的公民及團體之意見，民眾亦可於此平台提出他們的疑問。
- (3) 在國家和 ASN 共同領導下的一個專業研究瀝青包裝問題的國際委員會將於 2018 年啟動。
- (4) Sébastien Lecornu 將於 2018 年夏季和國家指派官員、當

地專家、其他專家籌組一個國際放射性廢棄物地質處置計畫考察團隊。

(5) Cigéo 計畫的地區發展契約將由地方當局與國家進行簽署，以確定所需的基礎設施和資金支援計畫的實施方式。

有關 Cigéo 計畫之時程規劃，ANDRA 已於 2016 年 4 月向 ASN 提報 Cigéo 計畫的安全選項文件(Safety Option File)，ASN 於 2018 年 1 月公布對安全選項文件之審查結論，並認可 Cigéo 計畫的技術成熟度是完善的，ANDRA 後續將針對 ASN 審查結論中的建議進行申請建造執照文件的加強及補足，並預計於 2019 年提出建造執照的申請，2022 年開始深層地質處置場之建造，2025 年開始試營運階段。

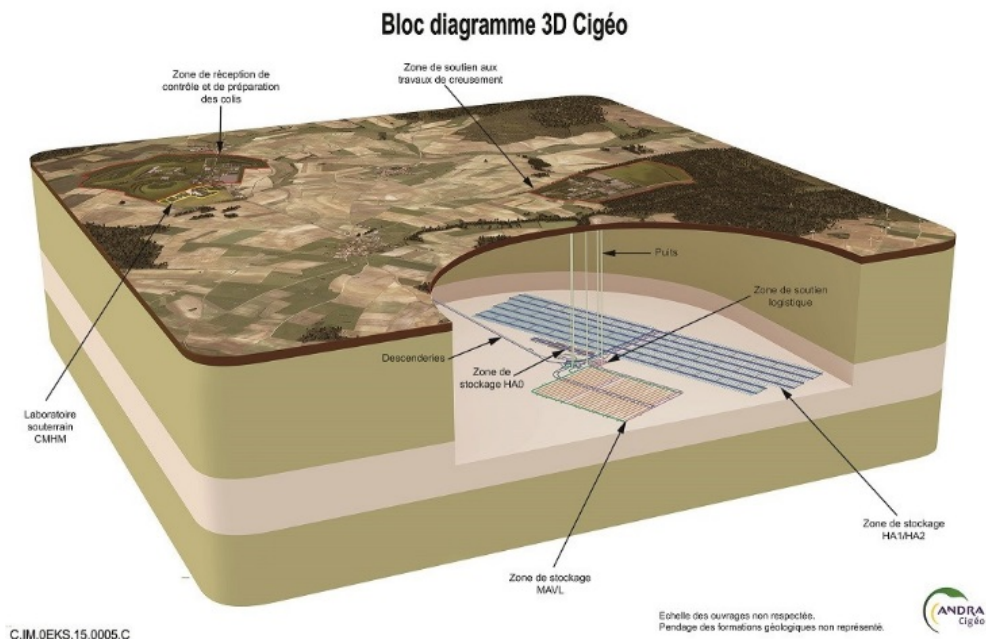


圖 12：法國高放射性廢棄物深層地質處置場概念設計(Cigéo)

4. 德國

德國的放射性廢棄物專責機構為「聯邦放射性處置機構」(BGE)，

是於 2017 年 4 月 25 日新成立的聯邦政府底下之國營公司，依據原子能法接受聯邦政府委託，負責高放射性廢棄物處置設施之選址及後續的處置作業，德國將高放射性廢棄物最終處置計畫分為 5 個階段：

- 第 1 階段：處置場選址程序
- 第 2 階段：處置場建造
- 第 3 階段：處置場運轉
- 第 4 階段：處置場封閉前監測
- 第 5 階段：處置場封閉

德國政府於 2013 年 7 月訂定新的選址法(Repository Site Selection Act),新的選址程序包含階段式選址、同意基礎、比較的選址程序，並且將鹽岩、泥岩、結晶岩都列為潛在母岩(如圖 13)，第 1 階段的處置場選址程序可細分為 3 個時期，第 1 時期又可分為 3 步驟進行，整理如表 3 所示，德國目前處於第 1 時期，把全國區域視為「空白地圖 (White Map)」首先依排除準則進行篩選，排除絕對不宜之區域，再依據地質類評估準則進行篩選地質上較合適之區域，提出評估報告經專家會議審查後再提送予聯邦核廢料管理規範辦公室(BfE)審查並公開，後續再進行更深度地質類評估、結合初步安全評估、引用規劃的科學評估準則等，提出「建議地表調查區域」提送 BfE 審查，最後送聯邦議會決議出「建議地表調查區域」才為完成選址程序的第 1 時期。

表 3：德國選址程序表

時期	措施	(預計)區域/場址數量
1	篩選出地表調查區域	

	步驟 1 選出接受地表調查的場址 (a) 開始對不同聯邦和組織收集的地質數據進行調查 (b) 地球科學排除標準 (c) 地球科學最低標準 (d) 地球科學和社會經濟權重標準	(b) >20 – 30 (c) 20 – 30 (d) 6 – 8
	步驟 2 選擇進行建議地表調查區域/場址	~5
	步驟 3 德國議會和聯邦議會做出決議	
2	選擇進行深層地下調查場址	2 – 3
	德國議會和聯邦議會做出決議	
3	選出 1 個最終處置場址	1
	德國議會和聯邦議會做出決議	

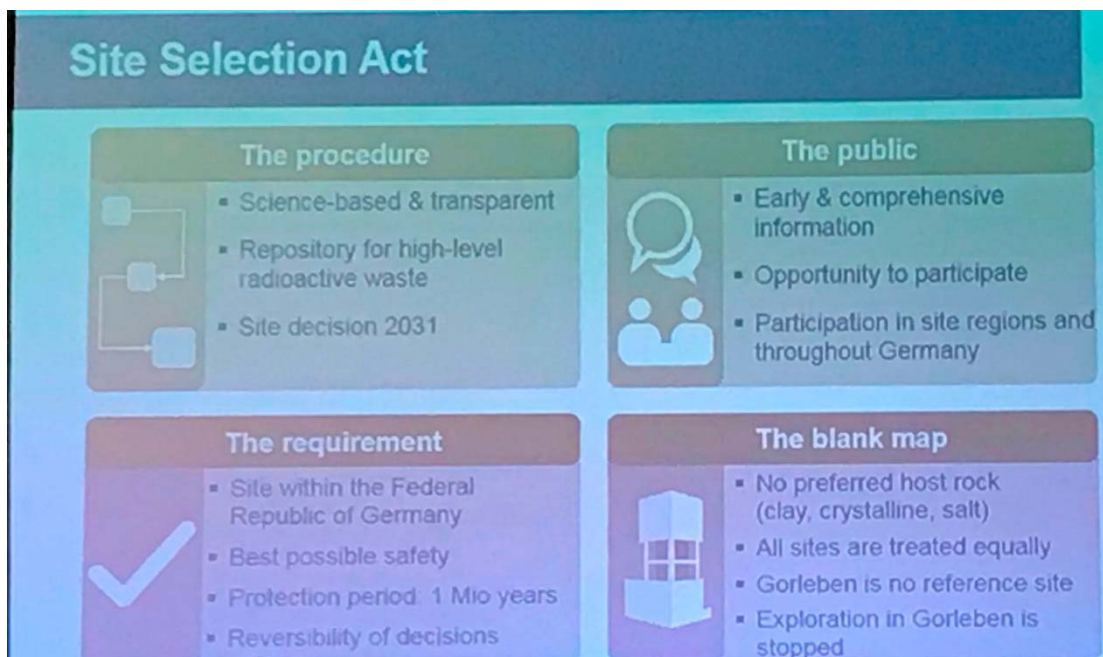


圖 13：德國選址法

5. 中國大陸

中國用過核子燃料營運政策採取再處理，未來產生之高放射性廢棄物將採深層地質處置，其所選用的處置母岩為花崗岩，處置概念為多重障壁之概念設計，目前深層地質處置場的地質調查工作

由中核集團核工業北京地質研究院負責進行，中國高放射性廢棄物深層地質處置的政策分為 3 步驟，第 1 步驟於 1985 年開始進行深層地質處置場的選址作業，第 2 步驟預計於 2020 年建造場址型地下實驗室，第 3 步驟預計於 2050 年完成深層地質處置場的建造。目前深層地質處置場的候選區域有 6 處，其中 1 處位於甘肅北山地區，北山位於沙漠地區有低人口密度、低降雨量、高蒸發量、廣大的花崗岩地形、穩定的地殼等有利於深層地質處置的條件，為最有可能成為高放射性廢棄物深層地質處置場的場址。

目前規劃將要建造地下實驗室，深度為 500 公尺至 700 公尺深，地下實驗室位於北山區域內，建造完成後將會開放給國際研究團隊合作利用。地下實驗室的建造分為 3 階段，第 1 階段(2015 年)主要進行基本理論研究及相關技術研發；第 2 階段(2017 年)為進行地下實驗室場址的選定、地下實驗室設計、建造準備及管理系統的研發；第 3 階段(2020 年)為地下實驗室建造階段，深度為地下 560 公尺，主要設計為 1 條環繞型通行隧道、3 條豎井及多條試驗隧道，概念設計如圖 14 所示。

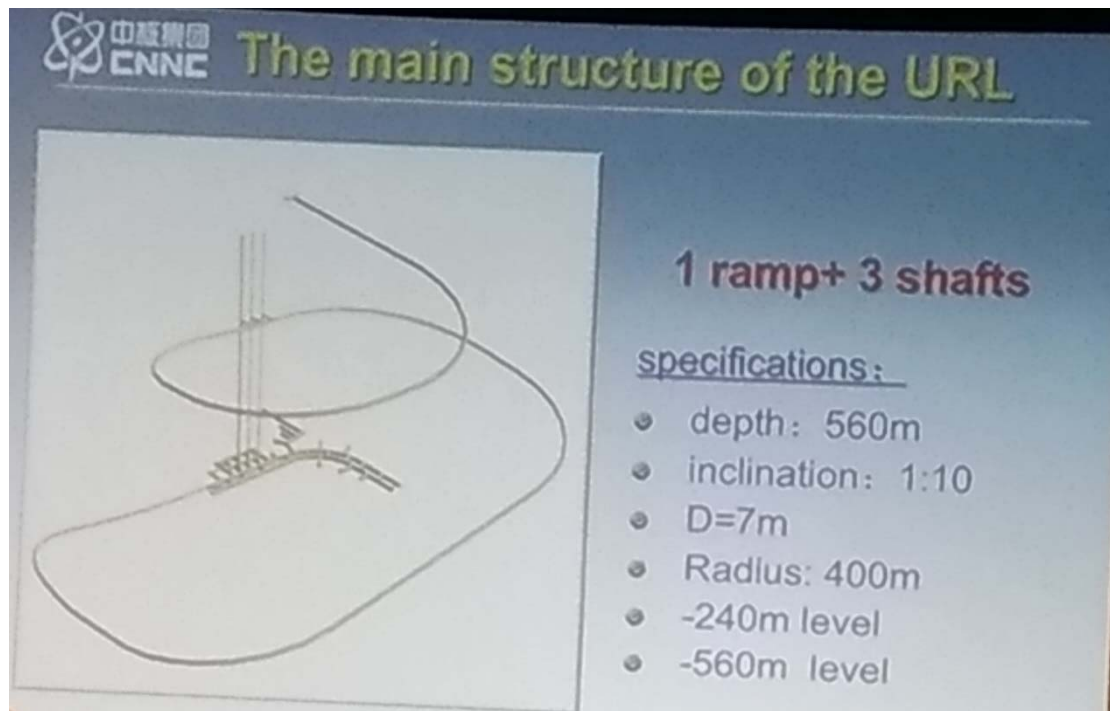


圖 14：地下實驗室概念設計圖

(五) Session 112—放射性廢棄物管理的全球觀點

Session 112 專題針對全世界放射性廢棄物管理近況進行介紹，邀請各高放射性廢棄物處置技術先進的組織或機構報告工作近況、未來規劃以及成功或失敗的因素，其中包含處置/設計概念、場址選擇、研究發展等，本會議之重點有二，一為德國高放射性廢棄物地質處置場重啟選址程序，二為加拿大 Whiteshell 實驗室關閉計畫的廢棄物管理組織發展狀況。

1. 德國重新啟動選址過程中的第一步：

1977 年，Lower Saxony 邦政府宣布將 Gorleben 的鹽丘作為深層地質處置場的候選場址，Gorleben 場址調查結果顯示並無不利條件，但遭到當地民眾強烈抗議及政治因素影響，該場址於 2000 年暫停地質調查工作(最少 3 年，最多 10 年)。Gorleben 場址調查工作於 2010 年恢復，2012 年政府因福島事件檢討地質處置場選址

程序，於 2013 年停止 Gorleben 場址之調查，僅剩基本的維持工作。

德國政府於 1999 年成立「放射性廢棄物貯存選址程序委員會」(AkEnd)，提出尋找和選擇處置場址的透明程序之建議，2002 年提出了一項基於科學標準的分階段程序提案，其中包括公眾參與和所有利益相關者群體合作，由監督委員會獨立控制，但此提案未能贏得政治或產業界的支持。

在 2013 年之前，放射性廢棄物處理責任由聯邦輻射防護辦公室 (BfS) 負責，為「聯邦環境、自然保護、建設與核能安全部」(BMUB) 的附屬機關。2013 年新的「處置場選址法」(Repository Site Selection Act, StandAG) 生效後，BMUB 在其轄下成立新的管制機構「聯邦放射性廢棄物管理辦公室」(BfE)，德國核能後端相關組織關係如圖 15 所示。依 StandAG 之相關規定，於 2014 年 5 月成立「高放射性廢棄物委員會」成員共有 33 人，其任務為制訂選址的「基本原則」。該委員會成員包含來自議會、學術界、民間社會組織、產業界、環境和工會的代表，委員會的最終報告於 2016 年 7 月提交給政府，決議的重點如下：

- (1) 境內處置用過核子燃料
- (2) 成立新的專責機構
- (3) 考慮所有母岩種類(鹽岩、結晶岩、泥岩)
- (4) 空白地圖(沒有排除或預定的區域)
- (5) 三階段選址程序，並且有密集的公眾參與
- (6) 選出「最佳安全性」場址，也就是以相對、比較的方式選址
- (7) 不考量成本因素
- (8) 考量時間因素，但不列為優先考慮因素

將上述因素納入考慮，StandAG 於 2017 年完成修訂，預計於 2023 年前完成地表調查，並提出進行地下調查之地點。德國的高放射性廢棄物及用過核子燃料貯存在集中式中期貯存設施及核電廠內，由聯邦中期貯存公司(BGZ)負責，2016 年 7 月德國成立新的專責機構「聯邦放射性處置機構」(BGE)負責執行深層地質處置場場址之選址工作，BGE 的員工部份是由 BfS 移轉過來。目標是以科學和透明的程序找到一個地質處置場址，並確保 100 萬年內的「最佳安全性」，德國核能後端權責單位表如表 4。

表 4：德國核能後端權責單位表

	除役	中期貯存		最終處置
		LLW/ILW	HLW	
申請/營運者	業者	BGZ	BGZ	BGE
授權機構	聯邦政府	聯邦政府	BfE	BfE
監督機構	聯邦政府	BfE		BfE

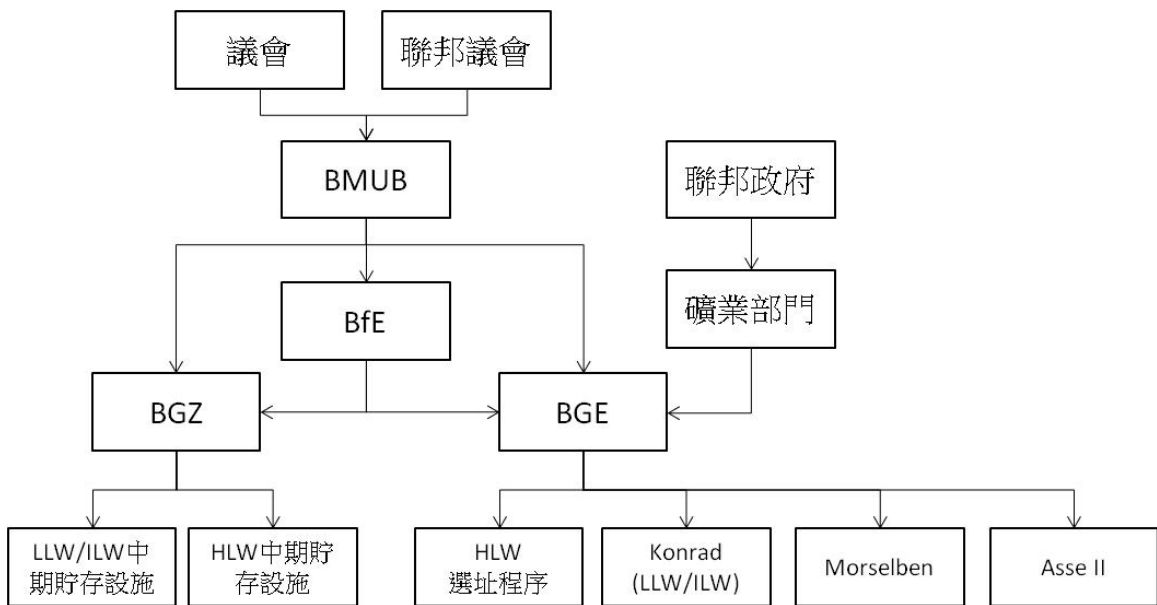


圖 15：德國核能後端相關組織關係圖

2. 加拿大 Whiteshell 實驗室封閉計畫的廢棄物管理組織發展：

Whiteshell 實驗室位於溫尼伯東北部曼尼托巴省的加拿大原子能公司(Atomic Energy of Canada Limited, AECL)實驗室。最初是作為實驗性 WR-1 反應器的場所，但隨著時間的推移，開始建立各種實驗系統、計畫，包括 SLOWPOKE 反應器和地下研究實驗室來研究放射性廢棄物處置。1970 年代初實驗室人數達到 1,300 人，但在 1980 年代，實驗項目數量開始減少，2003 年決定關閉該場址。截至 2017 年，正在進行除役工作，計劃於 2024 年除役完成。

(1) 加拿大原子能公司(AECL)

AECL 為加拿大的國營公司，負責管理加拿大的放射性廢棄物並發展核能科學、技術。加拿大政府在 2013 年宣布「國有民營 (Government-owned, Contractor-operated; GoCo)」模式來管理 AECL 所有的實驗室，實驗室仍為國有財產，但現場實際營運則移交民間承包商運作，國營公司 AECL 負責監管轄下實驗室及其除役、管理。

(2) 加拿大核子實驗室(Canadian Nuclear Laboratories, CNL)

為 AECL 的附屬組織，根據加拿大政府的 GoCo 政策，2015 年 AECL 與加拿大國家能源聯盟(CNEA)簽訂長期合約，由 CNEA 負責 CNL 的實際營運，以及各設施的除役、廢棄物管理。

為了執行 Whiteshell 實驗室封閉計畫，規劃成立專責單位，成立過程須考慮到的議題如下：

(1) 廢棄物整合策略

- i. 組織結盟
- ii. 利害關係人參與策略

- iii. 成本最佳化
- iv. 處理前後、貯存、運送、處置等各階段的標準化作業
- v. 可取得的最佳技術

(2) 訓練計畫

- i. 廢棄物管理策略及概況
- ii. 廢棄物管理法規(聯邦及省層級)
- iii. 核子理論綜述
- iv. 廢棄物特性(放射性及非放射性)
- v. 非放射性廢棄物管理
- vi. 有害廢棄物管理
- vii. 放射性廢棄物管理
- viii. 廢棄物鑑定

(3) 利害關係人參與及溝通

- i. 在 CNL 網站上架設教育性的溝通平台
- ii. 與選定的應急準備及響應組織連繫
- iii. 工作小組(成員包含加拿大核子工業代表)
 - 產業結盟
 - 可用於利害關係人參與所學習到的經驗
 - 可用於利害關係人參與的協作方法
 - 假想事件的事先準備

(4) 最佳化

- i. 辨別並利用其他計畫所學習到的經驗(例如 WIPP 的溝通經驗)
- ii. 增加經驗豐富的專業承包商：
 - 資深領導人員(經理、副總層級)

- 溝通
- 策畫及選項分析
- 封包執照審核
- 安全論證分析

(六) Session 124—用過核子燃料管理：美國是否會重新考慮國際成熟案例

Session 124 專題討論會著重於管理用過核子燃料的現狀和新興發展，例如開發集中式中期貯存設施，以及美國核能管制委員會(NRC)重新開展與雅卡山相關的監管工作。專題亦將研究與此主題相關的國際倡議，並比較美國正在與國際努力進行比較的情況。會議討論重點如下：

1. 美國核能管制委員會(NRC)相關動態

(1) Waste Control Specialists (WCS)公司位在德州的集中式中期貯存設施申請 2016 年 4 月提交申請書；2017 年 1 月 NRC 核准立案；2017 年 4 月 NRC 應 WCS 公司請求，暫停安全及環境審查；2018 年 1 月 J.F. Lehman 公司宣布收購 WCS 公司；2018 年 3 月 WCS 公司及法國 Orano 公司宣布了合資計畫，並將重啟審查程序；若 WCS 公司請求重啟審查，NRC 將會重新召開申請執照之聽證會、利用這些活動的既定程序重新啟動環境範圍界定期間。

(2) Holtec 公司在新墨西哥州的集中式中期貯存設施申請

2017 年 2 月提交申請前的預審；2017 年 3 月 Holtec 公司提交申請；2017 年 12 月 Holtec 公司針對 NRC 要求的補充資訊提交最終回覆；2018 年 2 月 NRC 審查完成 Holtec 公司的執照申請，NRC 認為申請書內容已完備。

(3) 雅卡山最新現況

至今持續關注雅卡山最終處置場，但用過核子燃料國家策略執行上仍存在不確定性，近期國會曾多次提出預算申請(FY-18 預算申請 3,000 萬美金、FY-19 預算申請 4,770 萬美金、FY-20 擬訂預算階段)，亦不排除各種可以維持最終處置計畫可能工作的方法。

2. Holtec 公司的新墨西哥州 HI-STORE 集中式中期貯存設施

Holtec 公司是提供垂直整合、統包服務的供應商，為核能電廠整合了商品及服務，包括設計、工程、申請執照、製造、供應關鍵原料、興建、現場安裝、營運等。在美國有 3 座製造工廠，並自主投入經費研發之 SMR-160、除役、集中式中期貯存系統。全球共 105 座核能電廠使用了 Holtec 公司的乾式貯存系統，其中美國 59 座、其他國家 46 座。

HI-STORE 集中式中期貯存設施預計將位在 Carlsbad 市和 Hobbs 市之間約 400 公頃的未利用土地上。該地區地質穩定、乾燥且距離最近的城鎮 56 公里，並擁有發達的交通基礎設施，包括鐵路及公路。在全球核能合作夥伴關係(GNEP)進程中，該土地的環境特徵得到了廣泛的研究。

在美國能源部的支持下，Holtec 公司於 2017 年向 NRC 申請該設施的執照許可並建造和運營 HI-STORE 集中式中期貯存設施。HI-STORE 集中式中期貯存設施採用 HI-STORM UMAX 技術(NRC Docket No.72-1040)，該技術可將裝載的廢棄物罐置於地下貯存窖中。

HI-STORE 集中式中期貯存設施希望能實現美國政府先前宣布的目標，將目前散佈在全國各地的幾十個獨立用過核子燃料貯存設

施(ISFSIs)中的用過核子燃料集中到 1 個或 2 個合適的地點，並且 Holtec 公司已在其各自的所在社區、地區取得極大支持度。HI-STORE 集中式中期貯存設施的初始存貯存量為 10,000 個貯存罐，這相當於大約 120,000 公噸的用過核子燃料。

Holtec 公司在 2017 年 3 月時提交申請書給 NRC，預計在 2020 年 7 月審查完畢。

3. 歐洲各國的用過核子燃料/高放射性廢棄物管理現況(如表 5)

表 5：歐洲各國用過核子燃料/高放射性廢棄物管理現況表

國家	運轉中反應器	中期貯存	最終處置
法國	58 部	再處理廠內貯存	Cigéo 深層地質處置設施計畫，處置高放射性廢棄物、中放射性長半衰期廢棄物
德國	7 部	2 座集中式中期貯存設施	深層地質處置設施選址中，處置產生熱量之放射性廢棄物
英國	15 部	再處理廠內貯存	深層地質處置設施選址中，處置高放射性廢棄物
比利時	7 部	1 座集中式中期貯存設施	尚未確立高放射性廢棄物的長期管理政策
荷蘭	1 部	1 座集中式中期貯存設施	貯存 100 年後，再進行最終地質處置
瑞士	5 部	1 座集中式中期貯存設施	深層地質處置設施選址中，處置用過核子燃料、高放射性廢棄物
西班牙	7 部	預計興建 1 座集中式中期貯存設施，申請建造執照中	貯存 60 年後，再進行最終地質處置

瑞典	8 部	1 座集中式中期貯存設施	深層地質處置設施選址完畢，申請建造執照中
芬蘭	4 部	核電廠內中期貯存	深層地質處置設施已取得建照，興建中
捷克	6 部	廠內乾式貯存	深層地質處置設施選址中，處置用過核子燃料
義大利	0 部	預計興建 1 座集中式中期貯存設施，選址中	深層地質處置設施選址中，處置高放射性廢棄物

4. 美國用過核子燃料處置歷史及現況

簡報指出，目前美國可以選擇的選項有中期貯存設施及地質處置設施，目前美國中期貯存設施現況是散布在美國各核能電廠內的獨立用過核子燃料貯存設施(ISFSIs)，缺少全國性的選址及民意調查。

有關地質處置設施，雅卡山仍是用過核子燃料最終地質處置的法定場址，雖然不排除任何其他地點的可能性，但是選址程序曠日費時，不確定性過大。雅卡山計畫的歷程如下：

1987 年，《核子廢棄物政策法修正案》(NWPA)，內華達州雅卡山成為唯一候選場址，繼續進行場址調查。

2002 年，美國政府決定雅卡山為最終場址。

2008 年，能源部送交雅卡山計畫的建造申請，因當地民眾持續反對，歐巴馬總統就職後，重啟研究評估。

2010 年，宣布「雅卡山不應做為最終處置場」，於同年 3 月能源部向 NRC 撤回所有的申請執照，等於是中止了雅卡山計畫。

2013 年，能源部為落實藍絲帶委員會所提之建議，提出了核子廢棄物管理法(2013 年法案)，內容包括成立新的專責機構、以「基

於同意的選址程序」重新選址、建立集中式中期貯存設施。但國會尚未通過本法案，至今亦未有明確進展。

(七) 3月23日— 美國核能管制委員會公聽會

本日參加 NRC 舉辦之法規修訂公聽會，現場參加人數約 30 人，會議現場設有網路電話系統，有興趣之民眾可以經由網路收聽會議現場之發言並表達意見，線上平均維持約 15 人左右。

會議由 NRC 核物料安全與保防辦公室(Office of Nuclear Material Safety and Security)處長 Marc Dapas 主持，經開場說明後，由負責官員簡報說明 NRC 目前就 10 CFR61 "Licensing Requirement for Land Disposal of Radioactive Waste" 與超 C 類低放射性廢棄物最終處置召開公聽會之目的在促進利害關係人參與、辨認須要考量的技術議題、協助 NRC 建立修法之依據與支持 NRC 公開透明的程序原則。

美國 2005 年能源政策法(Energy Policy Act)要求美國能源部在超 C 類低放射性廢棄物最終處置作出最終決策前，須向國會提出評估報告並等待國會之決定。美國能源部於 2017 年 11 月 14 日向國會提交評估報告，其標題為「Alternatives for the Disposal of Greater-than-Class C Low-Level Radioactive Waste and Greater-than-Class C Like Waste」。聯邦法律規定聯邦政府須負責超 C 類低放射性廢棄物之最終處置，目前在美國並沒有針對超 C 類低放射性廢棄物之最終處置設施。

2016 年 2 月，美國能源部公布有關超 C 類低放射性廢棄物最終處置之環境影響評估報告定稿版，報告內容包含處置設施之發展、運轉與長期管理並評估對環境的可能影響。

超 C 類低放射性廢棄物係指放射性核種之濃度超過 NRC 所訂 C 類低放射性廢棄物之核種濃度，其來源包括核能電廠除役產生之被活化金

屬、醫療產生之廢棄射源與工業產生之放射性廢棄物。

在環境影響評估報告中，美國能源部評估 5 種處置方案，方案 1：無行動方案；方案 2：置放於 WIPP(Waste Isolation Pilot Plant, 國防用深地層處置設施)；方案 3：中深度井孔處置；方案 4：近地表壕溝處置；方案 5：地表處置窖；置放水平相對位置如圖 16。搭配上上述方案，美國能源部就自有之核能設施場址與一般商用低放處置場址進行可行性評估。方案 2 之 WIPP 示意圖如圖 17，方案 3 之概念設計如圖 18，方案 4 之概念設計如圖 19，方案 5 之概念設計如圖 20。

環境影響評估考量土地需求、地下水水位、運輸與地方意見等，因 WIPP 於 2014 年 2 月發生火災事件，經採取安全評估與改善措施後，於 2017 年 1 月重新開始小規模處置放射性廢棄物並預計於 2021 年才會開始大規模之處置作業，是故美國能源部建議於一般商用處置設施置放超 C 類低放射性廢棄物；對於方案 3、4、5 則未預設立場。

美國能源部以上述環境影響評估報告之內容為基礎完成上述 2017 年 11 月 14 日在提交給國會之報告，並於報告中說明如果國會同意能源部建議，需要國會與 NRC 採取下列之配套措施：

1. 立法建立超 C 類低放射性廢棄物之收費機制。
2. 鑑於一般商用低放射性廢棄物最終處置設施執照核發為州政府之權力，而超 C 類低放射性廢棄物之處置是聯邦政府的責任，國會宜就超 C 類低放射性廢棄物處置設施執照核發之權責予以釐清。
3. 如國會決議超 C 類低放射性廢棄物置於 WIPP，則需要修訂 WIPP Land Withdrawal Act 允許超 C 類低放射性廢棄物可以置放 WIPP。
4. 需要 NRC 制定超 C 類低放射性廢棄物於一般商用低放射廢棄物處置設施之技術準則。
5. 如國會決議超 C 類低放射性廢棄物置放於 WIPP，美國能源部須

要與新墨西哥州政府就現有合作協議進行協商。

上述環境影響評估報告初稿於 2011 年 2 月 25 日刊登於聯邦公報徵詢公眾意見，廠商看到商機，2014 年 6 月 20 日 Waste Control Specialists 公司(負責運轉德州低放射性廢棄物最終處置設施)向德州州政府提出訴願要求其負責運轉之低放射性廢棄物最終處置設施能夠處置超 C 類低放射性廢棄物。2015 年 1 月 30 日，德州州政府發函 NRC 要求釐清德州政府是否有權可以核發超 C 類低放射性廢棄物之處置執照。

美國 1985 年低放射性廢棄物政策修訂，法規規定業者產生之超 C 類低放射性廢棄物必須於 NRC 核照之設施內才能處置。於 1989 年 NRC 規定超 C 類低放射性廢棄物必須採地質處置，除非 NRC 同意其它的替代方案。為了回應德州州政府之要求，NRC 官員(Staff)就現有法規、立法沿革、民眾健康與安全提出 3 個方案，方案 1 為 NRC 核發執照同意超 C 類低放射性廢棄物可以於德州低放射性廢棄物最終處置設施進行處置；方案 2 為 NRC 允許德州州政府核發執照；方案 3 為不採取行動，維持依現行法規須採取地質處置，經評估上述 3 個方案之優缺點後，NRC 官員於 2015 年 7 月 17 日向 NRC 委員會建議採取方案 2 修法。NRC 委員會於 2015 年 12 月 22 日要求 NRC 官員須就地質處置以外其它可能的處置方式，包括近地表處置，提出評估報告送委員會參考。如果 NRC 官員評估超 C 類低放射性廢棄物可能適合於近地表處置，則 NRC 官員應進行研擬修法並提出執照核准之要件。於研擬修法過程，NRC 官員須舉辦公開之研討會並取得德州州政府與利害關係人之意見。

NRC 於 2018 年 2 月 14 日刊登聯邦公報(83FR6475)公開徵求意見，截止日期為 2018 年 4 月 16 日，NRC 已於 2018 年 2 月 22 日舉辦公聽會，考量參加 WM2018 研討會之專業人士眾多，是故於研討會結束次日，增加辦理一場，希望到場人士能就 3 個問題提出建議，第 1 個問題是重

要的核種為何？第 2 個問題是於封閉前的運轉期間，對於處置設施之安全與保安會有那些可能的影響？第 3 個問題是於封閉後之安全，對於處置設施之設計會有那些可能的影響(包括非故意的人為入侵)？經由與會者之發言，得知大多來自美國的國家實驗室，關心的重點在於超鈾廢棄物(Transuranic Waste, TRU)，對於超 C 類低放射性廢棄物則沒有引起討論。

NRC 官員於結束會議前，說明本案尚在初始階段，日後修法草案完成後，仍會再度召開公聽會聽取利害關係人之意見。NRC 希望大家能於截止日期前提供寶貴意見，供 NRC 完善修法之內容。

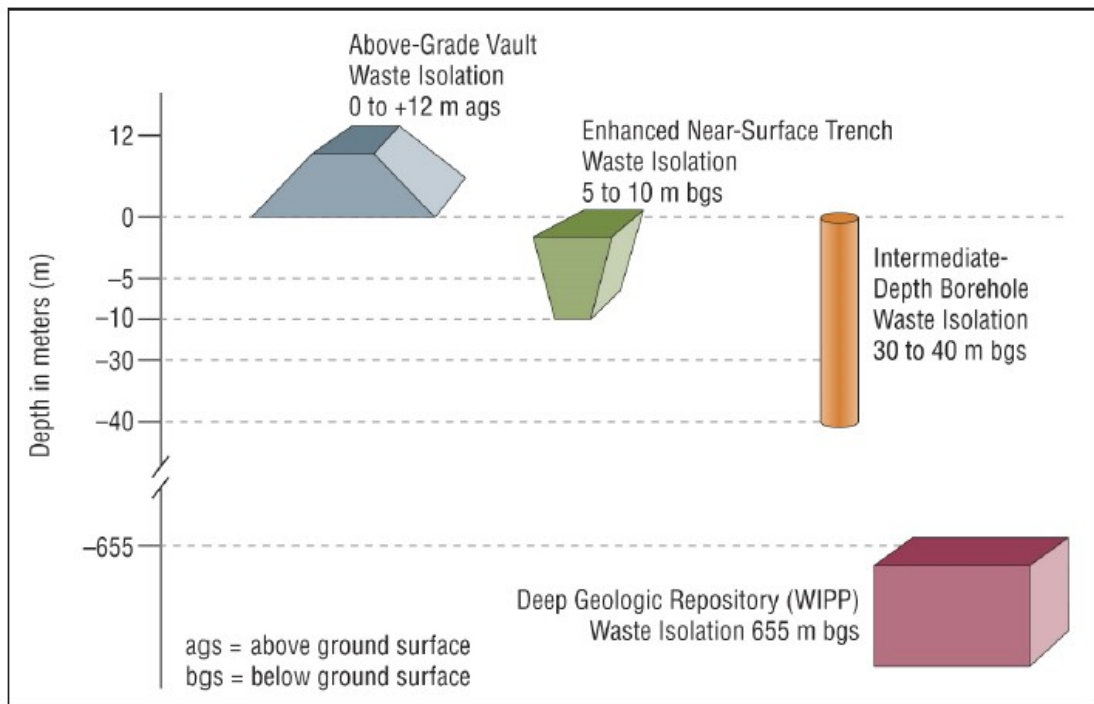


圖 16：4 種處置方案置放水平相對位置圖

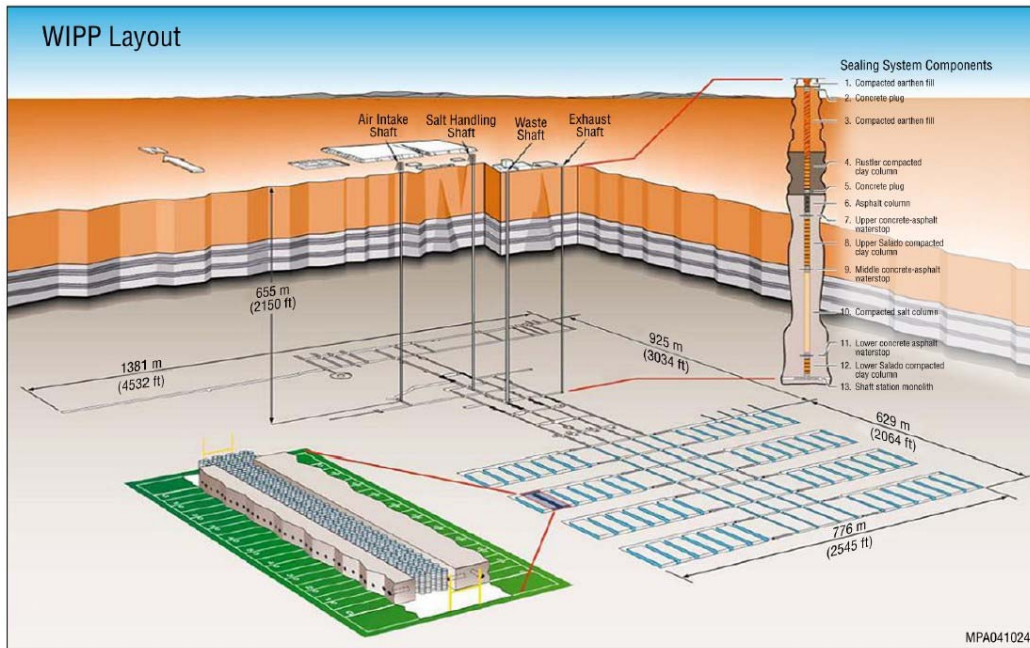


圖 17：WIPP 配置圖

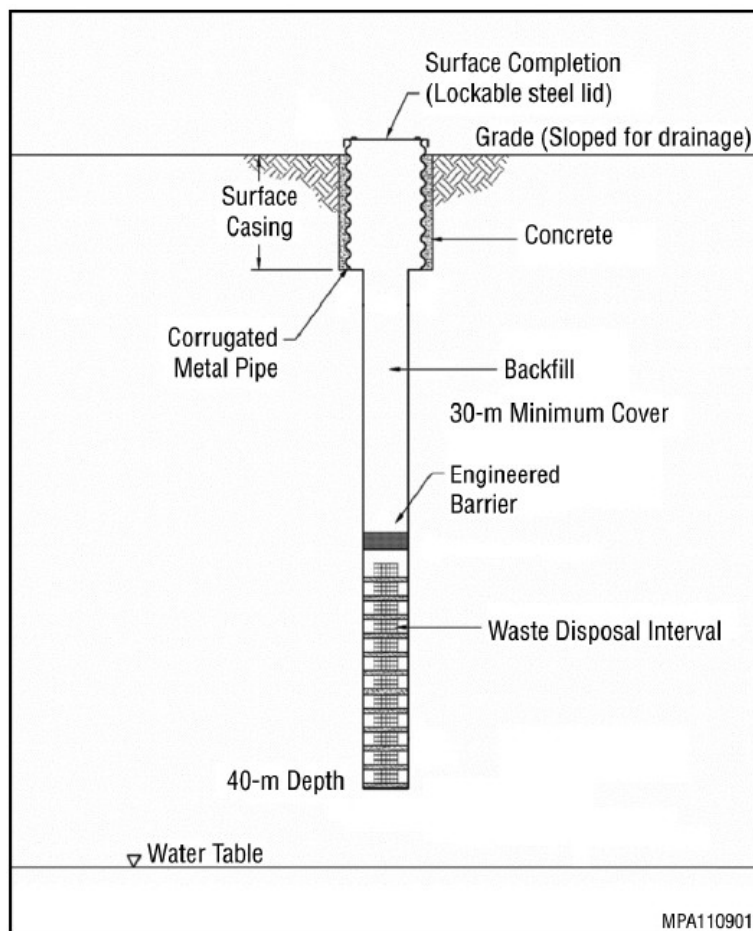


圖 18：中深度井孔處置概念設計圖

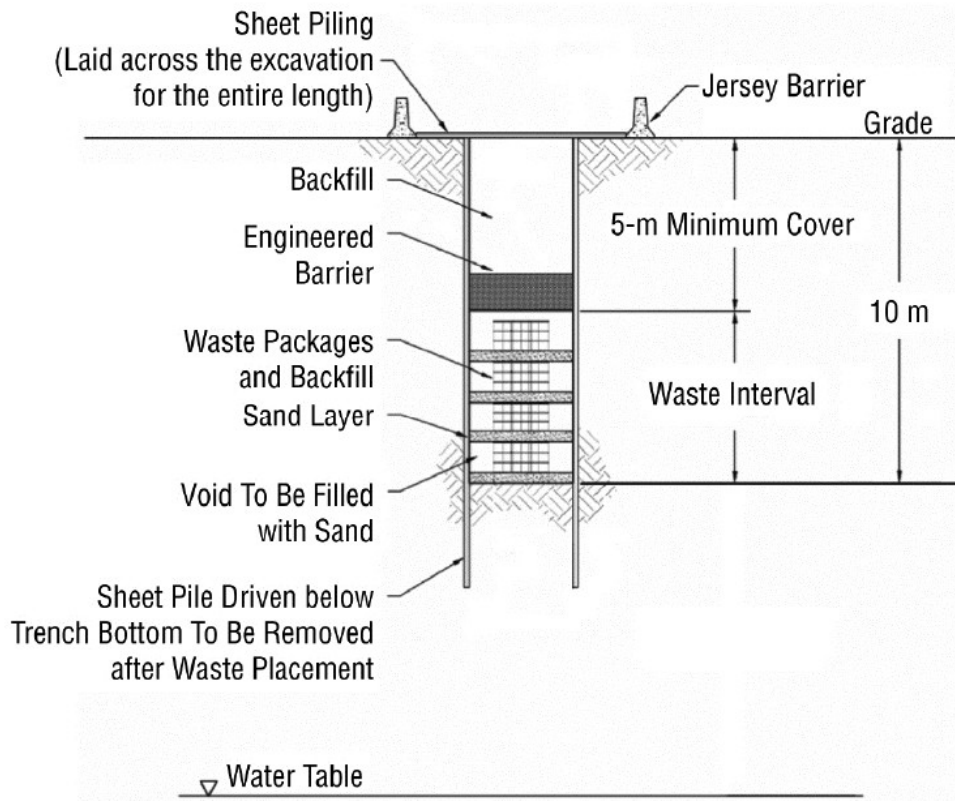


圖 19：近地表壕溝處置

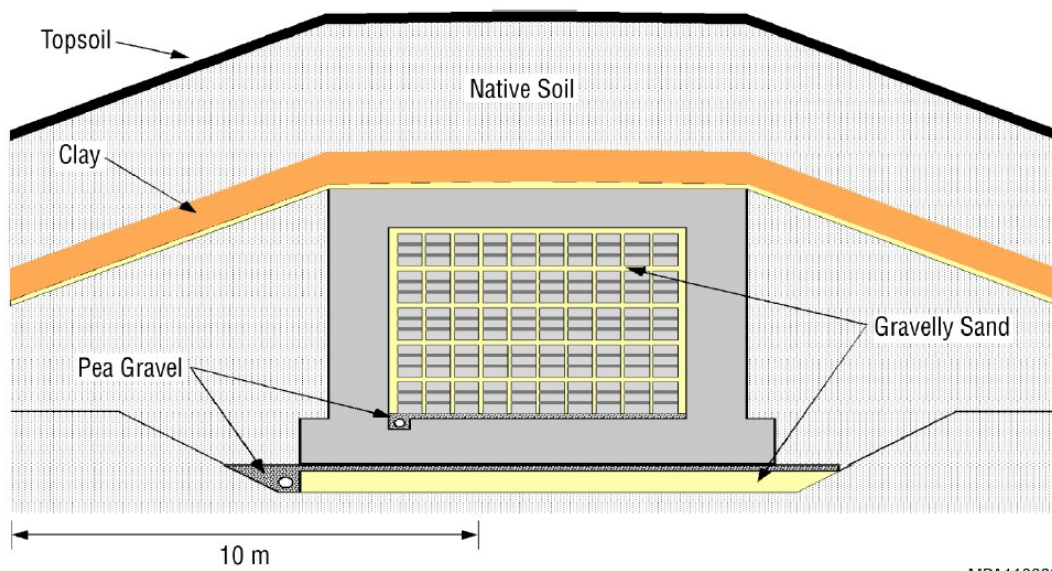


圖 20：地表處置窖

肆、心得

本次公出赴美國參加 WM2018 研討會，研討會議題涵蓋廣泛，主要分為 9 大主題共 141 個技術議題，包含：政策和計畫；高放射性廢棄物、用過核子燃料和超鈾廢棄物；低中放射性廢棄物和其它超低放射性廢棄物；核能電廠廢棄物管理和貯存；包裝和運輸；去汙和除役；環境整治；溝通、教育、技術培育及管理；特別專題。除了專家學者外，亦有相關產業之廠商介紹及展示公司理念、商品，著實獲益良多。

本次主要參加高放射性廢棄物最終處置技術與放射性廢棄物經營管理相關議題之會議。各核能先進國家目前在高放射性廢棄物最終處置之階段不盡相同，有些國家已經進入建造執照申請階段，如瑞典、法國；有些則還在初步的場址篩選階段，如德國、日本，透過參加會議簡報及海報展示等方式掌握國際技術發展現況及學習在最終處置設施選址作業的相關經驗、法規制度，並與世界各國從事放射性廢棄物相關領域的研究人員進行意見交流，研討未來的發展趨勢。

有關高放射性廢棄物最終處置技術議題，目前世界各國針對高放射性廢棄物最終處置幾乎都採用深層地質處置搭配多重障壁系統之處置概念，本次研討會各國展示目前的高放射性廢棄物最終處置政策、處置技術研究成果、安全評估分析理論以及最終處置場選址經驗，藉由本次研討會，可以了解各國均積極的推動放射性廢棄物營運的相關工作，而這些推動過程及相關研究計畫等資料，對於台電公司日後執行高放射性廢棄物最終處置的工作上來說，均具有相當重要參考的價值。

伍、建議

- (一) WM 研討會為放射性廢棄物管理及技術交流之重要國際會議，參與國家及專家眾多，藉由參與 WM 研討會之機會，可掌握國際上有關高放射性廢棄物最終處置技術的發展現況、未來的發展趨勢以及學習最終處置設施選址作業的相關經驗、法規制度並汲取各國推動高放射性廢棄物最終處置計畫所累積之經驗，可增進台電公司用過核子燃料最終處置計畫之技術規劃及管理能力。
- (二) 本屆 WM2018 研討會涵蓋放射性廢棄物議題廣泛，除高放射性廢棄物處置技術及管理議題外，亦有除役、乾式貯存、低放射性廢棄物、環境保護及溝通教育等議題。WM 研討會將於美國鳳凰城持續舉辦，建議可於下屆研討會前預先規劃，各領域皆可派員參與並增加派員人數，以持續掌握國際間用過核子燃料處理現況及高低放射性廢棄物最終處置之動態。
- (三) 世界各核能先進國家皆成立高放射性廢棄物最終處置專責機構，如英國 RWM、日本 NUMO、法國 ANDRA 及德國 BGE 等，負責規劃及執行高放射性廢棄物最終處置，建議可多參與國際研討會，與各國專責機構專家進行交流討論，聽取各國執行最終處置計畫過程中的經驗與建議，並善用國外發展技術及研發成果與國際接軌，作為國內處置計畫推動重要之一環。
- (四) 高放射性廢棄物最終處置為一長遠計畫，從前期之地質調查、處置場工程設計、安全評估分析、處置場建造、營運管理、監測、封閉等工作，皆需投入大量精力與人力，並涵蓋各種不同領域之專家共同執行，亦須進行妥善規劃與整合。為確保未來處置技術人力資源，建議參考國外研究發展經驗，藉由「吸引力」、「教育力」與「留住人才」等方式，進行人才培育，充實用過核子燃料處理工作及高放射性廢棄物最終處置計畫

之研發能量。

Session #	Technical Program - Schedule at a Glance – As of February 1, 2018 Annotated Session Titles <i>(for full session titles, please see individual listing)</i>	Time	Room	The 9 WM Tracks for Subject Reference								
				1: Policies/Programs	2: HLW/SNF/TRU	3: LLW, NORM	4: Nuclear Power PL	5: Package/Trans.	6: D&D	7: Environ. Rem.	8: Commun., E & T	9: Special Topics
Monday Morning, March 19												
1	Waste Management Symposium 2018 Plenary Session	0800	301CD	X								
2	Panel: Hot Topics in US DOE -EM	1000	102AB	X								
3	Panel: US DOE-EM Robotics (1/8)	1000	105AB	X							X	
4	Panel: Challenges & Lessons Learned in Packaging and Transportation	1000	103AB				X					
5	Panel: Interagency Community of Practice in Risk and Performance Assessment	1000	104AB							X		
6	HLW, SNF/UNF and Long-Lived Alpha/TRU Programs and Policies	1000	101B	X								
7	US DOE Hanford HLW Treatment and Immobilization Plant Update	1000	101C	X								
8	Waste Management in Mining, Uranium Industry, Oil & Gas & Non-Nuclear Sectors	1000	101A		X							
9	D&D of US DOE Facilities	1000	106A					X				
10	Environmental Remediation in Urban and Suburban Environments	1000	106B						X			
11	Communication of Technical Issues: Worldwide Experiences	1000	106C							X		
12	Withdrawn for WM2018											
Monday Afternoon, March 19												
13	Panel: Robotics - Exoskeleton (Worker Augmentation) (2/8)	1350	105AB	X							X	
14	Merged with Session 13											
15	Robotics: Programmatic Elements (1/11)	1350	101A	X							X	
16	Panel: LANL Recovery - Re-Treatment of TRU Problem Waste Streams (1/4)	1350	102BC		X							
17	Panel: US DOE WIPP: Return to TRU Waste Operations Following 2014 Incidents	1515	102BC		X							
18	Panel: Small Business Procurement & Contracting Opportunities within DOE (1/8)	1350	Ex Hall	X								
19	Panel: Doing Business with the US DOE (2/6)	1515	Ex Hall	X								
20	Operating Experience in the Treatment & Storage of LLW/ILW	1350	101C			X						
21	Panel: Hot Topics in US Commercial LLW Management (1/2)	1350	103AB			X						
22	Panel: EFCOG - Avoiding the Human Capital Cliff in the DOE Complex	1515	103AB	X								
23	Selected Key Topics in US Commercial LLW Management (2/2)	1515	101C			X						
24	Panel: Implementing Technically-Based Cleanup	1350	104AB							X		
25	Panel: UK – Sellafield Legacy Ponds and Silos	1515	104AB							X		
26	Sustainable Remediation Processes - Global Insights or Applications	1350	106A						X			
27	Modeling Applications in Environmental Remediation	1515	106A						X			
28	Radioactive Material Packaging and Transportation Regulatory Issues	1350	106B				X					
29	Transportation Programs and Implementation	1515	106B				X					
30	Plans for and Experience in Transitioning from Operations to Decommissioning	1350	106C					X				
31	Recovery from Failure of HLW Infrastructure	1350	102A		X							
32	US DOE Hanford Low Activity Waste (LAW) Pretreatment Process Update	1515	102A		X							
33	Integrated Performance & Risk Assessments, Decision Analyses & Risk Mgmt	1350	101B							X		
34	Posters: HLW, SNF/UNF and Long-Lived Alpha/TRU Waste	1350	1-Foyer	X								
35	Student Posters: The Next Generation - Industry Leaders of Tomorrow	1330	Ex Hall	X								
Tuesday Morning, March 20												
36	Panel: Environmental Management Activities and Programs at LANL (2/4)	0825	102BC	X								
37	Panel: Waste Management Programs Supporting the Mission at LANL (3/4)	1015	102BC	X								
38	Panel: Aligning Decision-making to Deliver Timely Results	0825	103AB	X								
39	Panel: Transition to GOCO at Canadian Nuclear Laboratories	1015	103AB	X								
40	Panel: Emerging Middle East Nuclear States' Status and Plans	0825	104AB	X								
41	Panel: Nuclear Power Plant Waste Management - LLW Processor Issues	1015	104AB			X						
42	Panel: US DOE Spring Quarterly Business Opportunity Forum (3/6)	1000	Ex Hall	X								
43	Panel: International Innovations in Robotic Decommissioning Technology (3/8)	0825	105AB					X		X		
44	Robotics: Application of Innovative D&D Technology (2/11)	0825	106A					X		X		
45	Robotics: Wearable Robotics and Exoskeletons (3/11)	0825	101A	X							X	
46	Storage and Retrieval of SNF/UNF	0825	106B		X							
47	Operational Safety Issues in the Implementation of Deep Geological Repositories	0825	106C		X							
48	Assessment of Disposal Systems, Facilities and Sites for LLW/ILW	0825	101B			X						
49	Environmental Remediation Progress Toward Closure of Contaminated Sites	0825	101C						X			
50	Innovations and Performance Solutions to Workplace Management	0825	102A							X		
51	Posters: LLW/ILW/NORM/TENORM/Depleted Uranium/Mixed Waste	0825	1-Foyer			X						
52	Posters: NPP Waste Management	0825	1-Foyer				X					

Session #	Technical Program - Schedule at a Glance - Annotated Session Titles (for full session titles, please see individual listing)	Time	Room	1: Policies/Programs	2: HLW/SNF/TRU	3: LLW, NORM	4: Nuclear Power Pl.	5: Packag./Trans.	6: D&D	7: Environ. Remed.	8: Commun., E & T	9: Special Topics	Robotics/Remote Tec
Tuesday Afternoon, March 20													
53	Surface Water Management & Groundwater Remediation Activities at LANL (4/4)	1350	102A	X									
54	Panel: Japan Fukushima Daiichi Decommissioning Update (1/2)	1350	102BC	X									
55	Panel: Update on the Revitalization of Fukushima and The Surrounding Area (2/2)	1515	102BC	X									
56	Panel: US DOE LLW On-Site Disposal: LLW Disposal Facility Federal Review	1350	105AB		X								
57	Panel: Challenges in US DOE HLW Tank Management	1515	105AB	X									
58	Panel: Waste Management Planning for Utility Small Modular Reactors (SMRs)	1350	103AB			X							
59	Panel: US Nuclear Power Plant Waste Management - US LLW Disposal Issues	1515	103AB			X							
60	Panel: Robotics - DOE-EM Robotics and Emerging Technologies Roadmap (4/8)	1350	Ex Hall	X									X
61	Panel: Hot Topics in Small Business Contracting in US Waste Management (4/8)	1515	Ex Hall	X									
62	Robotics: Current Use and State of Art (4/11)	1350	101A	X									X
63	Panel: Graduating Students and New Scientists and Engineers - Wants & Needs	1350	104AB							X			
64	Panel: Young Professionals in Nuclear - An International Perspective	1515	104AB							X			
65	Groundwater Remediation Projects - Worldwide Experiences	1350	106A						X				
66	Crosscutting Subsurface Mass Transport and Environmental Assessment	1515	106A									X	
67	D&D of Nuclear and Non-Power Generating Facilities	1350	108B					X					
68	Latest Issues and Developments in Geologic Repositories in Salt Rock	1350	101C	X									
69	Emerging Treatment, and Storage Technologies for LLW/ILW Worldwide	1350	101B		X								
70	Package Design	1350	106C				X						
71	Posters: Packaging and Transportation	1350	1-Foyer				X						
72	Posters: Environmental Remediation	1350	1-Foyer						X				
73	Posters: Communications, Involvement, Education and Training	1350	1-Foyer							X			
Wednesday Morning, March 21													
74	Panel: Robotics & Emerging Technologies - US Federal Agencies (5/8)	0825	105B	X									X
75	Robotics: Applied D&D (5/11)	0825	101A	X									X
76	Panel: Dealing with Problematic DOE Mixed Waste Streams and Policy Changes	0825	102BC		X								
77	Panel: US NRC - Current and Emerging US NRC LLW Regulatory Topics	1015	102BC		X								
78a	Withdrawn for WM2018												
78b	Modeling and Optimization of Hanford HLW and LLW Treatment Processes	0825	103AB	X									
79	Panel: ER Progress Toward Closure of Contaminated Sites	1015	103AB						X				
80	Panel: Agency Perspectives on the Use of Risk and Dose Assessment Tools	0825	104AB									X	
81	Panel: Progress on Deep Repository Programs Around the World	1015	104AB	X									
82	Panel: US DOE Procurement and Contracting Opportunities (5/8)	1015	Ex Hall	X									
83	TRU Waste Disposition	0825	101C	X									
84	Instrumental Waste Characterization Methods for LLW/ILW	0825	102A		X								
85	Technical Innovations in Environmental Remediation and Site Closure	0825	106A						X				
86	Global Experience of RK&M for Nuclear Waste Geologic Repositories	0825	106B							X			
87	Advances in the Management of NPP Dry Waste from Around the World	0825	108C			X							
88	Robotics: Remote System Handling and Robotics for Commercial NPPs (8/11)	1015	108C			X							X
89	Advancements in HLW Separations and Reprocessing	0825	101B	X									
90	D&D of US DOE Facilities	1015	101B					X					
91	Posters: D & D	0825	1-Foyer					X					
92	Posters: Special Topics and Track Cross Cutting Technology Topics	0825	1-Foyer									X	X
Wednesday Afternoon, March 21													
93a	Panel: Collaboration Across Borders to Deliver Cleanup and D&D Challenges	1325	102BC	X									
93b	Engineering and Design for Geologic Disposal	1515	102BC	X									
94	Panel: DOE Mission Success through Application of Practices and Solutions	1325	105AB	X									
95	Robotics: Next Generation and RDDT&E (7/11)	1325	101A	X									X
96	Panel: Challenges in Cask Design and Certification - International Perspectives	1325	103AB				X						
97	Withdrawn for WM2018												
97b	US ACE - Deactivated NPP Program D&D Contracting Opportunities (6/8)	1500	103AB					X					
98	Panel: Leveraging Innovations in Science & Technology to Benefit Safety (6/8)	1325	104AB								X		X
99	Panel: Implementation Approaches & Expectations for Radwaste Management	1515	104AB							X			
100	UK EPSRC DISTINCTIVE Research Program	1325	106C									X	
101	Nuclear Power Plant Onsite SNF/UNF Storage ISFSIs and Failed Fuel Handling	1325	106B			X							
102	International Experience in Waste Optimization and Harmonization During D&D	1325	106A					X					
103	Characterization and Remediation Technologies for Complex Contaminants	1325	101B						X				
104	Withdrawn for WM2018												
105	Infrastructure Improvements in Aging Facilities	1515	102A	X									
106	Instrumental Waste Characterization Methods for LLW/ILW	1325	101C		X								
107	LLW/ILW - An International Perspective of WM Planning & Disposal	1515	101C		X								
108	Non-Paper Poster Topic for Emerging Issues	1325	1-Floor										

Session #	Technical Program - Schedule at a Glance - Annotated Session Titles <i>(for full session titles, please see individual listing)</i>	Time	Room	1: Policies/Programs	2: HLW/SNF/TRU	3: LLW/ILW	4: Nuclear Power Pl.	5: Packag./Trans.	6: D&D	7: Environ. Rem.	8: Commun., E & T	9: Special Topics	Robotics/Remote Tec
Thursday Morning, March 22													
109	Panel: US DOE EM Featured Office - Portsmouth/Paducah Project Office	0825	102BC	X									
110a	Panel: Lessons Learned from Industrial Robotics Deployment (7/8)	0825	105A									X	X
110b	Robotics: Software, Operating Systems, Sensors and All Realities, (8/11)	0825	103AB	X									X
111	Robotics: Mods to Commercial Systems & Remotely Operated Vehicles (8/11)	0825	101A	X									X
112	Worldwide Perspectives of Radioactive Waste Management	0825	101B	X									
113	Merged with 93b												
114	Withdrawn for WM2018												
115	Development and Evaluation of Glass and Alternate Waste Forms	0825	104A	X									
116	Technology Alternatives for HLW Stabilization	1015	104A	X									
117	Storage and Retrieval of High-Level Tank Waste	0825	104B	X									
118	Roundtable: US DOE LLW Management - Energy Facilities - EFCOG WM	0825	101C			X							
119	SNF/UNF Transportation System Development	0825	106A				X						
120	D&D of Nuclear Power Plants	0825	102A					X					
121	The Impact of Citizens and Regulators on Radioactive Waste Issues	0825	106B							X			
122	Citizens Advisory Boards, Panels and Long-Term Safety Experience	1015	106B							X			
123	FUSRAP and US Army Corp Engineering Projects	0825	106C						X				
Thursday Afternoon, March 22													
124	Panel: Management of SNF/UNF	1325	102BC		X								
125	Panel: Remotely Operated Vehicles for Emergency & Operational Response (8/8)	1325	105AB	X									X
126	Robotics: Simultaneous Localization/Mapping & Geolocation Visualization (10/11)	1325	101A	X									X
127	Process Monitoring for HLW Treatment	1325	102A		X								
128	Merged with Session 78b												
129	Storage & Processing of High Activity Waste	1515	102A		X								
130	Global Use of Cementitious Waste Forms for LLW/ILW	1325	101B			X							
131	The Use of Process Knowledge & Records for LLW Management Decision Making	1515	101B			X							
132	Regulatory & Programmatic Issues & Solutions for VLLW, LLW & ILW Worldwide	1325	101C			X							
133	Advances in Packaging Capabilities	1325	104A				X						
134	Perspectives on Management of Nuclear Power Plant Liquid and Wet Waste	1515	104A			X							
135	Robotics: Application of Innovative D&D Technologies & Remote Systems (11/11)	1325	103AB					X					X
136	Application of Innovative D&D Technologies	1325	104B					X					
137	Advancement in Technical Education and Training	1515	104B							X			
138	Innovative Field Monitoring for Environmental Remediation	1325	106A						X				
139	Global Perspectives on Advances in Nuclear Safety Management	1325	106B								X		
140	Project Management Improvements-Planning through Completion	1515	106B								X		
141	Radiological Dispersion Devices and Weapons of Mass Destruction	1325	106C									X	