

台電公司「低放射性廢棄物貯存
盛裝容器及運送包件-T1使用申請
書」安全審查報告



核能安全委員會
中華民國一一三年十一月

目錄

一、安全審查報告總說明.....	1
二、T1容器使用申請書概述.....	4
三、審查發現.....	10
四、審查結論.....	26

一、 安全審查報告總說明

台灣電力股份有限公司(以下簡稱台電公司)三座核能發電廠即將陸續除役，其中核子反應器壓力槽及其內部組件，因長期運轉過程中受高中子通量照射，將產生含高比活度之活化金屬，其餘控制棒、燃料池格架組件、反應器一次側系統、爐水淨化系統、再循環系統、餘熱移除系統、廢料系統等，於拆除過程亦會產生含較高污染程度之金屬廢棄物或其他衍生廢棄物，這些除役廢棄物必須以具適當屏蔽功能之容器盛裝，並貯存於經主管機關審查核准興建之低放射性廢棄物貯存庫。

台電公司低放射性廢棄物貯存盛裝容器(以下簡稱 T 容器)共計 5 型(T1～T5)，由德國 GNS 公司設計，兼具盛裝容器及運送包件功能，其中運送包件功能部分，依廢棄物設計裝填總活度不同，分為乙(M)型包件(T1)及第 2 型工業包件(T2～T5)2 類。各型容器的主要組件為碳鋼材質之外部容器及用於裝填放射性廢棄物的內提籃 2 部分，其中 T1 容器為乙(M)型包件，為確保符合屏蔽與機械完整性的安全要求，另於容器上蓋及底部增加 2 片鉛屏蔽板，以強化輻射屏蔽能力；容器外部並備有衝擊緩衝器，可降低容器運送時因意外墜落所承受之衝擊力。

台電公司於 112 年 2 月 22 日依「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 9 條規定，向前行政院原子能委員會（112 年 9 月 27 日後改制為核能安全委員會，以下簡稱本會）提出本案低放射性廢棄物貯存盛裝容器及運送包件使用申請，經查核申請文件及送審資料之完整性後，於 3 月 20 日受理 T2、T3、T4、T5 共 4 型容器使用申請案及 5 月 1 日受理 T1 容器使用申請案，並邀請 6 位專家學者偕同本會輻射防護組及核物料管制組籌組審查團隊進行審查。

台電公司低放射性廢棄物貯存盛裝容器及運送包件使用申請書，係依據「低放射性廢棄物盛裝容器使用申請書導則」規定之內容架構撰寫，其內容共 7 章。本會對 T 容器使用申請書的審查係依據我國法規，包括：「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」、「游離輻射防護法」及「放射性物質安全

運送規則」等相關規定；另參考美國之技術標準如美國核管會技術報告 2216 號 (NUREG 2216: Standard Review Plan for Transportation Packages for Spent Fuel and Radioactive Material)，以及我國與國際之相關工業標準，如國家標準 (CNS)、美國機械工程師學會 (ASME) 標準、美國國家標準協會 (ANSI) 標準等。

台電公司低放射性廢棄物貯存盛裝容器使用申請書之重要接受基準摘要如下：

一、 依「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 8 條規定：盛裝容器應符合下列規定：

(一) 材質、設計及製造，能防止腐蝕與劣化，並可確保設計年限內結構之完整。

(二) 考量操作及搬運之便利。

(三) 機械強度足以承受吊卸、搬運、貯存或最終處置等作業之負載。

(四) 容器封蓋及緊固設備，具操作之便利性，在吊卸及搬運過程中不致動搖或脫落。

(五) 容器外表應平整、易於除污並避免頂部積水。

前項容器應考量放射性廢棄物處理、貯存、運送及最終處置各階段作業之技術可行性。

二、 依「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 9 條規定：盛裝容器經核准後始可使用，申請者應提出載明下列事項之報告，報請主管機關審核：

(一) 適用範圍。

(二) 設計基準、詳細工程設計及圖說。

(三) 容器材質、組成、尺寸、製造及防蝕方式。

(四) 試驗方法、標準及結果。

(五) 品質保證。

(六)容器於放射性廢棄物處理、貯存、運送及最終處置作業各階段之技術可行性評估。

(七)其他經主管機關指定之事項。

三、依「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 11 條規定：裝有放射性廢棄物之盛裝容器表面之非固著性污染限值如下：

(一)貝他及加馬核種平均每平方公分之污染值不得超過 4 貝克。

(二)阿伐核種平均每平方公分之污染值不得超過 0.4 貝克。

四、依「放射性物質安全運送規則」第 19 條規定：放射性物質、包裝及包件應符合附件三及附件四之相關規定。

五、依「放射性物質安全運送規則」第 42 條規定：在例行運送狀況下，運送工具外表面任一點之輻射強度不得大於每小時 2 毫西弗；距外表面 2 公尺處不得大於每小時 0.1 毫西弗。

六、依「放射性物質安全運送規則」第 44 條規定：包件或外包裝除以專用運送，或作專案核定運送外，其外表面上之任一點，最大輻射強度不得大於每小時 2 毫西弗。

七、依「放射性物質安全運送規則」第 86 條規定：乙型包件-乙(U)型及乙(M)型包件之設計，應經主管機關核准。

八、依「放射性物質安全運送規則」第 88 條規定：申請乙(U)型包件設計之核准，其申請書應檢附下列資料：

(一)包件中放射性物質之詳細說明。

(二)設計之詳細說明。

(三)依附件四有關規定所做之各項試驗及其結果之說明；或根據計算，或以其他證據，證明本設計能符合本規則各項適用規定之說明。

(四)使用本包裝時操作及維護指示之建議。

(五)該包件之設計，其最大正常操作壓力在 10 萬帕斯卡(1 公斤力每平

方公分)表壓以上時，應特別說明關於包封容器製造材料之規格，將採用之樣品及將進行之試驗等。

(六) 經考慮所使用之各種不同運送方式、運送工具或貨櫃型式後，保證能使包件安全散熱之任何必要特別裝載條件。

(七) 表示包件組合之圖說。

(八) 其他經主管機關指定事項。

九、 依「放射性物質安全運送規則」第 89 條規定：申請乙(M)型包件設計之核准，其申請書除應檢附前條所列資料外，另應檢附下列資料：

(一) 未能符合乙(U)型包件規定之項目。

(二) 任何在運送期間應實施之補充操作管制。

(三) 有關運送方式及任何特別裝載、載運、卸載、搬運程序限制之說明。

(四) 設計中已考慮之運送中可能遭遇周圍狀況(如溫度、日照等)之最高及最低限制。

台電公司低放射性廢棄物貯存盛裝容器使用申請書審查案，T2~T5 共 4 型容器本會已於 113 年 4 月 18 日完成審查，並完成安全審查報告；另 T1 容器審查，本會共召開 5 次審查會議，歷經 8 回合審查，審查小組共提出 239 項審查意見，經台電公司答覆及補充說明，依法規標準及專業判斷，確認設計符合「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」、「低放射性廢棄物盛裝容器使用申請書導則」、「放射性物質安全運送規則」之規定，相關審查意見之答覆已澄清安全疑慮，同意 T1 容器作為盛裝容器使用，其同時設計為具有運送包件功能部分，核准其乙(M)型包件之設計。

二、 T1 容器使用申請書概述

台電公司低放射性廢棄物盛裝容器及運送包件使用申請書，係依據「低放射性廢棄物盛裝容器使用申請書導則」規定之內容架構撰寫，以下就 T1 容器申請書各章重點進行概要說明：

第 1 章 前言

本章說明 T1 容器申請依據、用途與目的、適用範圍、名詞定義及引用法規依據。

台電公司說明因應核能電廠除役，現有經主管機關核准使用的盛裝容器皆因屏蔽不足或容量不足或載重能力不足，不適用於盛裝反應器壓力槽及其周邊系統組件之活化或受較高污染之金屬廢棄物或其他衍生廢棄物，為增進容器裝填廢棄物的效益，根據預計裝填廢棄物之活化或污染程度，設計 5 型盛裝容器，作為除役廢棄物貯存及運送使用。

台電公司接著說明 T1 容器相關設計參數：最大裝填之熱功率為 320W，將使用內提籃裝載廢棄物，Co-60 設計裝填總活度為 $7.68 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，設計容積為 1.96m^3 ，設計廢棄物裝載重量 7,100kg，容器淨重 30,250kg，內提籃淨重 3,112kg，裝廢棄物後容器總重量將小於 43,365kg。

本章亦說明相關專有名詞、參考文獻與引用法規等資料，提供本申請書其他章節編撰時之依據與原則。

第 2 章 盛裝容器之設計

本章說明 T1 容器功能、設計圖說、設計使用年限評估、移動及固定裝置設計、附載及強度設計、密封設計等。

容器功能部分，台電公司說明容器主要用以盛裝如放射性污染金屬廢棄物、RPV 活化金屬、RPV 內部元件、控制棒、燃料池中的燃料架、反應器一次側系統(主蒸汽系統)、反應器水淨化系統、再循環系統、餘熱移除系統與廢棄物處理系統之管件、閥件等金屬，以及受污染混凝土等廢棄物或其他衍生廢棄物等乾性廢棄物。接著說明 T1 容器亦設計為乙(M)型包件，外容器、內襯與混凝土填充物構成了 T1 容器的主體，配有兩個彈性密封件的螺栓容器頂蓋構成了 T1 容器之密封邊界，容器頂蓋的主要部件由耐低溫衝擊的奧氏體不銹鋼製成。

設計圖說部分，台電公司列圖說明 T1 容器在貯存與運輸 2 種情境下之配置，為了滿足放射性物質安全運送規則意外狀況的試驗要求，T1 容器備有衝擊緩衝器，用於減小運送過程之一般和意外事故狀況下之墜落加速，當容器發

生墜落事件時，衝擊產生的高能量可藉由鋁合金在低受力情況下產生的塑性變形加以吸收，以降低容器的加速度；另外為提高屏蔽能力，於容器頂蓋及底部增加 60mm 之鉛屏蔽板；內襯側板和容器外屏蔽之間的間隙將灌注砂漿，以確保內襯薄壁的力學穩定性。台電公司並檢附細部零件清單及設計圖，詳細說明容器材質及規格；說明容器容積及最大承重；說明密封方式可滿足乙(M)型包件要求；說明將以離岸風機使用之海事塗層進行容器表面塗裝，可滿足 ISO-12944 腐蝕種類 C3(指都市和工業大氣，中等的二氧化硫污染以及低鹽度沿海區域)及 C5(指高含鹽度的沿海和海上區域，或高濕度和惡劣大氣的工業區域)等級保護；說明容器易於清潔與防止積水；說明容器設計使用標準扭鎖器角隅，具備操作便利性及安全性。

設計使用年限評估部分，台電公司為說明可滿足所提出之使用年限目標，列舉歐洲規範 EN ISO 12944 之中等腐蝕性及高等腐蝕性之測試環境定義，並提供上述環境下，容器試樣之測試結果，說明規劃使用之特定塗料已通過嚴苛腐蝕環境的試驗；另外針對容器內外表面、各負載連接點、構造間隙及介面、壓力平衡單元、內提籃等分區進行腐蝕分析；對於容器受放射性影響提供金屬材料、有機塗層、油脂與潤滑油等之評估說明。

移動及固定裝置設計部分，台電公司列表說明容器於裝填及搬運時使用之主要輔助設備，包含容器搬運吊具、內提籃與屏蔽鐘吊具、屏蔽鐘、容器裝載及灌漿站、定心框架組、瀝水盤、頂蓋接續器、屏蔽頂蓋組等，逐項說明上述組件功能及規格等設計技術資訊，隨後針對裝填搬運之主要程序(裝填前準備、水下裝載及吊卸準備、吊裝及瀝水、容器裝載作業、灌漿及封蓋作業、運輸準備及裝載等)進行概要描述。

負載及強度設計部分主要說明容器於盛裝、吊卸、搬運、堆疊、貯存及最終處置等各階段作業之負載與強度設計，並進行在組裝狀態、吊車搬運、例行運送狀況及一般運送狀況下之完整性評估，台電公司說明容器結構使用 ASME BPVC 規範章節，適用準則依據 ASME Code Section III, Division 1, Subsection NF，並以解析分析及數值分析之方式，驗證各組件於組裝狀態、吊運狀態、例

行運輸情節的所有要求。此外，以符合 ASME 鍋爐及壓力容器規範的先期計算方式，評估及說明容器在堆積試驗期間僅受到彈性應力，並於第 4 章以實體試驗進行驗證，以滿足「放射性物質安全運送規則」對於堆疊試驗之要求；隨後以理論推導方式進行容器墜落試驗中，造成容器最嚴重損壞之墜落方向推導說明。

密封設計部分，台電公司說明容器主體由側壁、底板和頂部法蘭組成，頂蓋使用 56 個螺栓配搭頂部法蘭固定頂蓋，配合密封條與頂蓋可達到「無失落或逸散」的密封性要求外，台電公司提供實體試驗後的洩漏率量測數據，說明在所有運輸條件下，可滿足乙(M)型包件法規要求。

第 3 章 盛裝容器之製造

本章說明 T1 容器製造程序及設備、製造材料之管制、配比驗證、製程控制、成品品質控制及容器表面標誌等。

台電公司說明容器製造將先根據組件之安全重要性進行分類，接著描述製造容器所需的品保系統，最後說明將建立容器製造和試驗計畫(Fabrication and Test Plan, FTP)以進行製程管理。

製造程序及設備部分，說明製造過程各階段（材料採購、FTP 建立、初步檢驗、預製造、銲接和完工）作業概要及製造時使用的設備。

製造材料管制部分，提供容器零件清單及材料規範，並說明鋼材供應來源。

製程控制部分，將由製造商準備符合適用標準/規範，並依品保程序確保容器品質一致性。

容器表面標誌部分，台電公司以鋼質銘牌進行容器標誌，說明容器型號、包件類型、容器擁有者、製造商名稱、製造批號等資訊，並依「放射性物質安全運送規則」於容器表面加註輻射示警標誌。

第 4 章 容器試驗

本章說明 T1 容器試驗方法、接受標準、試驗紀錄、試驗結果、試驗結論

等。

試驗方法部分，台電公司說明 T1 容器設計為乙(M)型包件，同時滿足第 2 型工業包件之要求，其試驗方法參考 IAEA SSR-6 執行，並符合我國「放射性物質安全運送規則」針對乙型包件與第 2 型工業包件之要求，試驗項目包含噴灑試驗、貫穿試驗、浸水試驗、堆疊試驗、自由墜落試驗、機械式驗與熱體試驗，所有試驗項目皆以實體樣本進行，並依序執行。

接受標準、試驗紀錄、試驗結果及試驗結論部分，台電公司表列各項試驗之接受標準，說明相關量測及驗證方式，提供各項試驗執行紀錄，彙整試驗結果，並於結論說明各項試驗結果符合我國「放射性物質安全運送規則」針對乙(M)型包件與第 2 型工業包件之要求。

第 5 章 品質保證計畫

本章說明容器於設計、製造、功能試驗及未來運轉等階段之品質要求將遵循台電公司內部「核能電廠除役品質保證方案」，並建立品質保證計畫及相關作業程序書，接著具體說明各階段品質保證計畫內容，包括品質查證作業程序、作業編組、檢查核對表、文件管制、採購材料管制、改正行動、品保紀錄及稽查等細部資訊。

第 6 章 盛裝容器於放射性廢棄物作業各階段之技術可行性評估

本章說明 T1 容器於處理、貯存、運送、最終處置各階段之技術可行性評估及評估結果。

處理階段之技術可行性評估部分，台電公司就反應器廠房設施內之裝載能力、裝載作業程序、設施內搬運吊卸能力（含核一廠、核二廠、核三廠現有吊車荷重、廠房內運送路徑規劃、設施結構載重能力等）進行說明。

貯存階段之技術可行性評估部分，台電公司說明將於核一廠除役期間興建用以貯存 T 容器之低放貯存庫，貯存系統主要由 2 台橋式吊車及貯存管理系統所構成，系統起重機之額定荷重超過各型容器最大設計重量。

運送階段之技術可行性評估部分，台電公司說明陸運將以曳引車進行運送，並符合道路交通安全規則之要求，若需進行船舶運送，將委託財團法人船舶暨海洋產業研發中心完成專用運輸船設計。

最終處置階段之技術可行性評估部分，台電公司以達仁鄉及烏坵鄉 2 處建議候選場址作為處置設施之概念設計進行說明，包括處置設施通行道及處置坑道等尺寸規格可滿足 T 容器的作業空間需求。

第 7 章 其他相關資料

本章說明容器的屏蔽設計、熱傳分析及參考文獻等。

屏蔽設計部分，台電公司說明為符合我國「放射性物質安全運送規則」訂定之劑量率限值以及乙(M)型包件之要求，設定 3 種運送狀況（例行狀況、一般狀況及意外運送狀況）及對應之最大允許劑量率，並利用屏蔽分析程式 MCNP™ 6.2 版進行計算，證明運送狀況的劑量率符合性。

熱傳分析部分，台電公司討論容器於運輸情形下之熱傳設計，並依據 T1 容器之設計需求，考量例行運送狀況、一般運送狀況與意外運送狀況；台電公司說明使用有限元素程式 ANSYS 進行熱傳計算，計算結果：所有設計相關組件的溫度均保持在我國「放射性物質安全運送規則」容許值以下。

三、 審查發現

台電公司低放射性廢棄物貯存盛裝容器及運送包件-T1 容器使用申請書之審查作業，計 239 項審查意見，重要審查發現摘錄如下：

(一)有關「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 8 條，盛裝容器應符合之規定，審查意見包括：

- 1、材質、設計及製造能防止腐蝕及劣化部分，審查委員要求台電公司補充說明銲道材料(包括材料規格與強度性質，銲道位置與製作細節等)及輔助設備相關材料規格、說明相關塗料在貯存環境下的耐久性；並要求台電公司對於需由國外進口取得的鋼材，應檢附進口鋼材的原材

料供應商材料證明文件。

台電公司說明，銲接程序書(WPS)將由容器製造商為每個銲接部位制定，WPS 將會指定銲接所需的參數，如銲道幾何形狀、板厚、銲材、保護氣體等，以確保可重複性。

輔助設備相關材料規格部分，台電公司以附件 3-1 補充說明輔助設備之相關材料規格。

對於需由國外進口取得的鋼材，台電公司說明將請原材料供應商提供材料證明，以利台電公司與製造商核對材料是否符合申請書之容器設計，並作為主管機關抽查之佐證資料。

針對台電公司之說明，審查委員認為可以接受。

2、確保設計年限內結構完整部分，審查委員詢問如何證明 T1 容器所使用之塗料具有近海環境 30 年和貯存設施內 150 年的設計年限。

台電公司說明腐蝕防護規劃使用 Hempel 公司之特定塗料或同級品，並提出試驗報告說明該塗料已通過嚴苛腐蝕環境的試驗，結果滿足德國規範 DIN EN ISO 12944-6 臨海環境 30 年的要求，台電公司並說明，T1 容器的設計年限 150 年不在任何標準化系統的試驗範圍內，對於不銹鋼或鍍鋅構件，現有試驗程序(DIN EN ISO 12944-6)已過度保守，預計在這種條件中將不會發生腐蝕。

這部分審查委員認為以現有離岸風機之塗裝系統之驗證要求，30 年是目前公認可達成的年限，但 150 年則沒有人可以保證。因此建議台電公司於申請書中加註：“容器需依「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 18 條：貯存設施經十年再評估後，發現盛裝容器銹蝕、變形或固化體劣化時，經營者應提出載明下列事項之檢整計畫，報請主管機關核准後實施檢整作業..”。審查委員認為，若能確實執行每十年的檢查修護，使用超過 150 年仍是合理的。

台電公司依委員建議補充內容，於申請書增加需依「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 18 條規定：貯存設施經十年再評估

後，若發現盛裝容器銹蝕、變形或固化體劣化時，將提出檢整計畫，報請主管機關核准後實施檢整作業之文字修訂。

針對台電公司之說明，審查委員認為可以接受。

- 3、操作及搬運便利部分，審查委員詢問容器裝載及灌漿站具備 5 個基本功能，包括：用來放置並對準空容器、作為額外的屏蔽、容器混凝土灌漿、用來秤重已裝載及密封的容器、作為操作及維護站等。請台電公司就 5 個基本功能，詳細說明相關操作：(1)如何對準空容器？(2)那些組件提供額外的屏蔽？(3)如何灌漿？灌漿口在哪裡？如何提供水泥砂漿？灌漿口有多大？灌漿速率為何？(4)秤重裝置在哪裡？(5)人員位於何處操作？有甚麼防護措施？人員操作處之預估劑量率是多少？

台電公司說明，(1)空容器透過站體牆內的導板可順利擺放至容器裝載及灌漿站。(2)容器裝載及灌漿站的站體牆、灌漿頂蓋均可提供額外的屏蔽。(3)以灌漿槍經由灌漿頂蓋上的灌漿口進行灌漿，規劃由預拌混凝土車透過輸送泵車來泵送水泥砂漿。灌漿口直徑為 53.1mm，建議灌漿速率為 1.44~2.16 m³/h。(4)秤重裝置位於容器裝載及灌漿站站體牆內。(5)人員位於裝載及灌漿站的操作平台上進行操作，除容器箱體已提供必要的屏蔽，站體牆、灌漿頂蓋均提供額外的屏蔽，工作人員會依輻防法實施個人劑量監測。台電公司並依實際操作情境，預估容器表面最大的劑量位於螺栓孔處，該點劑量率約為 1.1 mSv/h；人員手部約擺在該點上方 10 公分處，劑量率約為 0.3 mSv/h；上半身略傾身入工作平台屏蔽內，其劑量率約為 0.14 mSv/h。另依德國經驗，工作人員鎖固頂蓋螺栓前，會預先將 56 根螺栓逐個插入螺栓孔定位，並轉進兩圈螺紋，此舉可有效降低環境輻射劑量，俟全部螺栓定位於螺栓孔後，工作人員再續行螺栓鎖緊動作，以降低鎖固螺栓過程的人員劑量；若由兩位受過訓練之工作人員，分別於箱體兩側進行鎖固頂蓋螺栓，估計可在 15 分鐘內完成頂蓋鎖固，每人劑量因先預鎖螺栓將會小於 0.14 mSv/h x 0.25 h=0.035 mSv。

針對實際操作部分，審查委員說明，T1 容器盛裝拆除壓力容器等廢棄

物，需要操作多項輔助設備，且從未操作過，又因裝填搬運主要程序之描述過於簡略，因此要求台電公司在實際作業前，應先進行模擬操作訓練。

台電公司說明，已規劃容器及輔助設備之冷測試與操作教育訓練，以確保在核電廠中裝填搬運程序的實務可行。

針對台電公司之說明，審查委員認為可以接受。

- 4、機械強度足以承受負載部分，審查委員發現屏蔽鐘下部具有 4 個可移動插銷用於鎖定和解鎖，這些可移動插銷將作為已裝載內提籃的底面支撐，然而依申請書表 2-12 得知屏蔽鐘之最大附載能力為 17 噸，似乎不足以承載各型容器之設計廢棄物裝載重量加上內提籃淨重，提出審查意見請台電公司說明。

台電公司說明，已請德國設計廠商重新檢核，並提出屏蔽鐘靜態強度檢核報告，檢核結果證明屏蔽鐘設計承載強度至少為 22.8 噸，可承載內提籃與設計廢棄物總重，已據以修正申請書內容。

審查委員詢問，T1 容器在運輸過程中，容器配備底部和頂蓋衝擊緩衝器，請電公司說明此緩衝器能忍受多大的衝擊力？

台電公司說明，衝擊緩衝器是為了在意外事件下減少衝擊力而設計的。它考慮了 T1 容器的重量和 9 m 的墜落高度。藉由緩衝器組件的塑性變形或潰縮破裂來吸收部分 T1 容器墜落衝擊能量，並確保 T1 容器內容物不逸散。衝擊緩衝器的設計會因為不同的撞擊方向會有不同的對應破裂應力，衝擊緩衝器實體 9m 墜落中已實證具保護容器之功能。

針對台電公司之說明，審查委員認為可以接受。

- 5、外表平整易於除污、避免頂部積水部分，審查委員詢問容器頂部具有 56 個螺栓，容器四面壁一定有足夠深的螺紋，如何確保螺紋內部不積水？

台電公司說明，運輸過程將使用具防水包封的貨櫃或覆蓋防水布以防

止與水接觸。

針對台電公司之說明，審查委員認為可以接受。

台電公司低放射性廢棄物貯存盛裝容器及運送包件-T1 容器使用申請書於第 2 章已詳細說明容器之材質、設計及製造能防止腐蝕及劣化；說明使用之塗料通過歐洲規範嚴苛腐蝕環境相關試驗，可確保設計年限內結構完整；說明容器於盛裝、吊卸、搬運、堆疊、貯存及最終處置等各階段作業之負載與強度設計符合鍋爐及壓力容器規範；說明容器於裝填及搬運時使用之主要輔助設備，並對相關主要程序進行描述；說明容器外表平整易於除污、可避免頂部積水等。相關內容及補充說明符合「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 8 條之規定。

(二)有關「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 9 條，盛裝容器使用申請書應載明之事項，審查意見包括：

- 1、適用範圍部分，審查委員要求詳細說明預計使用此容器裝載之除役廢棄物類型。

台電公司說明，容器用於貯存或處置受污染之金屬以及混凝土等放射性廢棄物或其他衍生廢棄物等乾性廢棄物。以此容器裝填放射性廢棄物前，將先完成放射性廢棄物的核種分析，並確認核種活度後，再盛裝於容器內，以便在運送至處置場前可進行 A、B、C 或超 C 類的分類，之後再依「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第 9 條要求進行分類分區處置。

另審查委員說明盛裝容器於放射性廢棄物作業各階段之技術可行性評估，涉及各核能電廠核子保防、核子保安及核電廠安全分析報告變更，如設置輔助裝載設備、廠房設備開口做為運送路徑、廠房載重能力評估、廠房內運送路徑等，非本案審查範圍，相關規劃將僅作為可行性評估之參考，實際執行作業前，仍需取得管制單位核可後，始得進行相關作業。

台電公司說明，相關作業將於取得管制單位同意後方才執行。

針對台電公司之說明，審查委員認為可以接受。

- 2、設計基準、詳細工程設計及圖說部分，審查委員要求圖 7-1 標明側視圖、俯視圖或剖面圖，並請標明各顏色代表的涵義；要求表 7-3 另以位置示意圖呈現；要求說明頂部螺栓配置原理等。

審查委員另外要求台電公司確認並重新描述申請書中，關於內襯和外容器之間的縫隙以混凝土填滿之說明。

台電公司依要求進行修正。

針對台電公司之說明及修正，審查委員認為可以接受。

- 2、試驗方法、標準及結果部分，T1 容器做為乙(M)型包件，相關試驗項目包含噴灑試驗、貫穿試驗、浸水試驗、堆疊試驗、自由墜落試驗、機械試驗與熱體試驗等

審查委員說明，「放射性物質安全運送規則」對於乙(M)型包件之試驗有一定順序的要求，請台電公司對各項試驗依序加以說明。

台電公司說明，T1 容器試驗順序依序為噴灑試驗、貫穿試驗、浸水試驗、堆積試驗、自由墜落試驗(0.3 m)、機械試驗-第一種墜落(9 m 自由墜落試驗)、機械試驗-第二種墜落、機械試驗-第三種墜落及熱體試驗。並說明 T1 容器於浸水試驗、機械試驗(三種)及熱體試驗皆使用相同容器並依序進行。

審查委員要求台電公司說明如何證明達到“5 cm/h 降雨量”之模擬條件。

台電公司說明，降雨量是基於容器的表面積進行計算的。試體在每一側至少噴灑約 4.5 升/分鐘（相當於 270 升/小時）的降雨量，每側持續至少 15 分鐘，總計超過 1 小時。確切的時間可從記錄中推斷出來。試體的最大表面積為 $2\text{ m} \times 1.85\text{ m} = 3.7\text{ m}^2$ 。因此在流速等於雨量流動的條件下，試體接受噴灑 1 小時的邊界條件已經達成。

自由墜落試驗部分，台電公司提供一般運送狀況下 0.3 m 墜落試驗之

實測資料，說明容器經承受一般運送狀況能力之試驗後，仍能防止放射性包容物之失落或逸散之法規要求。

針對機械試驗之第一種墜落（9 m 高度自由墜落）試驗部分，台電公司以容器頂部朝下方式執行實測，測試結果容器之圍阻功能仍完整；針對實測時墜落角度之選擇，台電公司採用最大加速度的方式，來論證以容器頂部朝下方位墜落時，材料會受到最大應力或破壞。審查委員認為應力與受力面積有關，只以最大加速度來考量不夠完整，要求台電公司以國際通用之專業軟體，進行角隅角度墜落之數值模擬分析，以確認包件之功能性。經台電公司委託工業技術研究院以美國核管會認可之專業軟體 LS-DYNA 進行相關模擬分析結果，試驗後之容器本體皆大致完好，無造成內容物失落或逸散，且各螺栓最大軸向應力皆遠低於螺栓之降伏強度，容器頂蓋墜落觸地時仍將緊密鎖固而不會影響容器完整性；各鉚道的最大應力皆遠低於檢核門檻，墜落觸地時各鉚道皆不會損壞，可維持容器完整性。

台電公司並提出現今國際上乙型包件以數值模擬驗證方式，取得各該主管機關核可之容器許可案例，說明以數值模擬代替實體驗證之方式符合 IAEA SSR-6 報告第 701 段針對容器試驗方式之要求。

針對台電公司之說明，審查委員認為可以接受。

- 3、品質保證部分，審查委員認為台電公司對於品保計畫之輻射屏蔽評估之品保程序說明太過簡略，要求台電公司加以補充。

台電公司說明，有關設計階段之品質保證計畫，GNS 公司依據該公司之品質保證系統，於專案開始前制訂專案專用之品質保證計畫，並據以執行 T 容器之設計開發作業。

針對台電公司之說明，審查委員認為可以接受。

- 4、容器於放射性廢棄物處理、貯存、運送及最終處置各階段之技術可行性評估部分，審查委員認為裝載作業程序雖有詳細文字說明，實際實施時，是否有規劃先試行一組盛裝容器，以便紀錄與檢討實際操作細

節，並請台電公司補充說明存放設施之貯存區結構之耐震評估內容，及其承載力評估。

台電公司說明，已規劃容器及輔助設備之冷測試與操作教育訓練，以確認裝填搬運程序於核電廠使用之實務可行性；另貯存庫將依容器與其裝填特性進行設計，貯存庫的設計與使用將於取得管制單位同意後才會執行相關作業。

針對台電公司之說明，審查委員認為可以接受。

- 5、審查委員提出 T 容器最大重量可達 43.365 公噸，要求台電公司說明容器於各電廠作業區之樓板承載力；要求台電公司加強說明 T 容器是否符合最終處置階段處置場概念設計，並提出佐證。

台電公司說明，考量 T 容器本身重量加上 8 項輔助設備，並將作業場所規劃為作業區與設備暫置區，其在各電廠的放置位置分別是：核一廠的反應器廠房 5 樓、核二廠的反應器廠房 7 樓、核三廠的圍阻體廠房燃料裝填樓層，以圖示提供三個核電廠的放置位置的初步規劃，並於申請書補充說明 T 容器作業所需的樓板承載能力需求，以保守原則選取最大的重量總和做為樓板的載重需求執行結構評估，結果顯示樓板結構強度符合要求。

有關 T 容器是否符合最終處置階段處置場概念設計部分，台電公司說明，由於低放處置計畫仍處於概念設計階段，於「低放射性廢棄物最終處置技術研究計畫(111-114 年度)」中，已基於各類型 T 容器的尺寸與載重需求，規劃或調整針對 T 容器之吊車能力與架設空間，此外，對應之處置窖高度亦進行調降，以因應未來運轉需求。有關 T 容器在坑道處置的作業流程、通行隧道及處置坑道等各項設計參數、處置窖規劃等，將於研究計畫後續成果報告中說明。

針對台電公司之說明，審查委員認為可以接受。

台電公司依審查意見進行 9m 角隅角度墜落試驗之數值模擬分析，評估結果說明 T1 容器於試驗後亦不會影響容器之圍阻功能性；並於使用申請書補充

有關輻射屏蔽評估之品保程序、說明 T 容器於各核能電廠實際作業時之規劃及樓板承重能力、說明各電廠規劃之作業區及樓板之結構強度符合要求；其他針對申請書應載明事項之審查意見，台電公司亦有詳細補充及說明，修正後之低放射性廢棄物貯存盛裝容器及運送包件-T1 容器使用申請書已依「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 9 條之規定，並參照「低放射性廢棄物盛裝容器使用申請書導則」要求進行編撰。

(三)有關「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 11 條規定：裝有放射性廢棄物之盛裝容器表面之非固著性污染限值不得超過：(a)貝他、加馬發射體及低毒性阿伐發射體之污染限值 4 Bq/cm^2 ，及(b)其他發射體污染限值 0.4 Bq/cm^2 。

台電公司說明將於容器使用時進行管制與確認，避免不符合情形發生。

針對台電公司之說明，審查委員認為可以接受。

(四)有關「放射性物質安全運送規則」第 19 條，放射性物質、包裝及包件應符合附件三及附件四之相關規定部分，台電公司已於申請書說明本容器經實體測試後證明可防止放射性包容物之失落或逸散，並檢附各項試驗紀錄以供佐證。此外，在申請書第 7.2 節亦說明例行運送狀況、一般運送狀況和意外運送狀況進行表面劑量率變化評估皆符合法規要求，相關內容經審查符合法規要求，審查結果認為可以接受。

(五)有關「放射性物質安全運送規則」第 42 條：在例行運送狀況下，運送工具外表面任一點及距外表面 2 公尺處之輻射強度；第 44 條：包件或外包裝除以專用運送，或作專案核定運送外，其外表面上之任一點之最大輻射強度；以及第 53 條：運送低比活度物質或表面污染物體，在無屏蔽情況下，距其外表面 3 公尺處之輻射強度等劑量限值。

審查委員認為，「放射性物質安全運送規則」第 53 條要求必須在「無屏蔽情況下」進行評估，若去除「容器(無屏蔽)」，是否能符合「3 公尺處之輻射強度，請台電公司說明。

台電公司依照委員所指邊界條件，計算 Co-60 核種設計裝載活度下包容物

三公尺處的劑量率，計算結果顯示除 T2 容器包容物頂部與底部會大於每小時 10 毫西弗外，其餘容器包容物均符合法規規定。

針對台電公司之說明，審查委員認為可以接受。

(六)有關「放射性物質安全運送規則」第 86 條規定：乙型包件-乙(U)型及乙(M)型包件之設計，應經主管機關核准；及第 88、89 條規定：申請乙(U)型及乙(M)型包件設計之核准，其申請書應檢附之資料部分，台電公司已依規定檢附乙(M)型包件設計說明文件，作為本案申請書附件 7.1，並經審查認為其設計、輻射與熱傳等相關安全評估及相關試驗結果，符合法規要求。

四、審查結論

台電公司「低放射性廢棄物貯存盛裝容器及運送包件-T1 容器使用申請書」於 112 年 2 月 22 日提出申請，經本會程序審查，要求補正乙(M)型包件設計說明文件後，於 112 年 5 月 1 日正式受理，經邀集學者專家及本會同仁組成審查團隊，歷經 8 回合審查，共提出 239 項審查意見，所有審查意見業經台電公司澄清說明及修正，審查結論如下：

- (一) T1 容器做為低放射性廢棄物盛裝容器使用部分，經查台電公司「低放射性廢棄物貯存盛裝容器及運送包件-T1 容器使用申請書」內容完整，相關審查意見及答覆說明，均經所有審查委員逐項確認並接受，符合「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 8 條及第 9 條之規定，同意做為低放射性廢棄物盛裝容器使用。
- (二) T1 容器運送功能部分，容器做為運送包件使用之各項試驗紀錄完整，相關審查意見經台電公司回復說明後均已釐清，經審查委員確認符合「放射性物質安全運送規則」有關乙(M)型包件之相關規定，核准本案容器之乙(M)型包件設計。