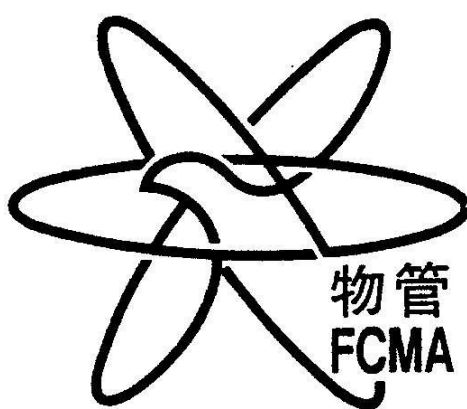

101年台電公司核能二廠 放射性廢棄物營運管制報告



行政院原子能委員會 放射性物料管理局

日期：102 年 4 月

目 錄

壹、前言	2
貳、管制作業	2
參、管制績效	3
肆、未來管制重點	13
伍、結論	13

壹、前言

行政院原子能委員會放射性物料管理局（以下簡稱本局）為管制台灣電力公司所屬核能二廠（以下簡稱該廠）放射性廢棄物之處理及貯存設施營運安全，除平時派員至該廠進行例行檢查外，每年亦針對其放射性廢棄物整體營運與管理，執行定期檢查、專案檢查或大修檢查等管制作業。藉由例行檢查巡檢例行之運轉作業，瞭解該廠之作業習慣與作為，並將可能之疏失要求該廠改善；藉由年度之定期檢查，查核各項運轉、品質及維修記錄文件，瞭解各處理系統長期連續運轉之狀況、維護與保養情形、減廢執行成效、倉貯及品保作業；藉由大修檢查，查核大修期間品保、化學品管制及廢棄物減量之作為；並執行專案檢查，深入了解該廠某單一作業之執行狀況，以確保作業與營運安全。本局執行以上各種檢查，期能及早發現並防範可能發生之各種危害，確認該廠之廢棄物營運作業能安全執行。

貳、管制作業

該廠為處理、貯存其所產生之放射性廢棄物，設有放射性廢液處理系統、固化處理系統及廢棄物貯存庫，另本年度（101年）含有焚化爐與超高壓壓縮機之減容中心亦併入該廠，以執行放射性廢棄物之減容作業。為確保上述各處理系統及貯存庫運轉安全，防範意外事件之發生，本局管制方式除依放射性物料管理法第二十條之規定，要求該廠每月提報營運月報表予以審查外，並依管制規劃執行放射性廢棄物營運之例行檢查與定期檢查，另視需要執行專案檢查及各類申請案審查工作。101年度本局執行核二廠放射性廢棄物營運管制作業之重點如下：

- 1.巡視放射性廢棄物相關處理系統、廠房、貯存庫等，瞭解與掌握各設施內放射性廢棄物之營運現況。

- 2.檢查放射性廢液相關處理系統之操作情形、廢液飼入量、水質分析及洩水管制等，掌握其相關設備之營運動態。
- 3.檢查各設施內重要放射性廢棄物處理系統之組件設備與管、閥等維護作業，是否依程序書進行運轉與維護作業。
- 4.檢查廠內各廠房設施放射性廢棄物運送及貯存吊運作業。
- 5.查證放射性廢棄物處理主要設備運轉作業，是否符合相關運轉程序書要求。
- 6.督導放射性廢棄物營運設施之異常事件回報、調查、處理與追蹤後續辦理情形。
- 7.審查該廠各項放射性廢棄物營運相關申請案。
- 8.其他有關放射性廢棄物營運安全之管制及審視工業安全管理（工安、消防、保安及人員訓練）。

參、管制績效

一、放射性廢棄物產量管制

1. 放射性廢液飼入量

核二廠101年放射性廢液全年日平均飼入量為44,311加侖(GPD)，遠低於安全分析報告之設計值76,520 GPD，為該值之57.90%；其中低導電率廢液為35,296 GPD(占79.66%)，高導電率廢液為9,015 GPD(占20.34%)。放射性廢液年平均回收率為100%，符合安全分析報告90%以上之設計；廢液每日平均飼入量較去年略增加2,125GPD，主要原因為該廠本年度新增一套樹脂快速清洗設備，該設備執行測試時所增加之水量。而廢液飼入量較大之機組大修期間，各項廢液及系統洩水管制作業良好，洩水挪移也都事先規劃得當，且檢修作業順利，無重覆掛卡洩水情形，有效減少大修期間之洩水量，使全年度放射性廢液飼入量有效抑低至約安全分析報告之設計值1/2的水準。

2.放射性廢棄物產量

放射性廢棄物產量方面，101年度該廠共產生固化桶58桶（55加侖桶，以下同）、脫水樹脂433桶、可燃廢棄物476桶、可壓廢棄物136桶、其他廢棄物 276桶（廢油34桶、保溫材241桶、爐心偵測元件1桶），共計1,379桶，與該廠100年產量相當。該廠依本局減量策略之要求，經自主管理，使放射性廢棄物產量維持相當之水平。

二、廢棄物營運檢查

101年度本局就該廠放射性廢棄物營運相關業務共執行9次例行檢查、1次年度定期檢查、2次廢液控制室夜間不預警檢查、1次放射性廢棄物處理系統大修專案檢查、1次機組大修專案檢查、1次減容中心專案檢查及1次非固化低放射性廢棄物產量專案檢查，以下針對各處理系統或貯存設施之檢查發現摘要說明：

（一）放射性廢液處理系統：

1. 查核化學廢液濃縮作業前之廢液取樣、蒸發器之循環泵絕緣量測等濃縮運轉前須確認之系統狀況，作業人員確實依程序書所規範之作業完成後才開始濃縮作業；低導電率廢液處理後回收前及雜項廢液處理後排放至海水渠道前，皆確實進行取樣分析，符合相關規定後始進行回收或排放。
2. 為監督廢液處理系統之處理效率，審閱過濾除礦器之吊修及效率試驗紀錄，電廠人員除不定期進行除礦器之吊修檢查外，另依程序書規定定期進行效率測試，其中效率測試結果若有未達標準時，均經重新調整後再進行測試，達到程序書規定之標準後，才進行廢液處理，確實達到增進廢液處理效率及減少廢樹脂產生之目的。
3. 本局依管制規劃執行定期及不定期檢查時，查核廢液處理系統運轉人員值勤狀況，並在3月及11月底的夜間不預警檢查，現場

查證運轉人員的值班情況，其身心及精神狀態皆良好，檢查人員以口頭詢問相關運轉資訊，亦能從容回答，可見運轉人員對廢棄物處理系統有充分之瞭解，使運轉操作不致有錯誤之發生。

4. 抄表作業除記錄監測系統之數據外，亦肩負有運轉設備現場之巡檢任務，使有異常狀況發生時，能即時處理，因此定期之抄表作業相當重要。多次檢查實際數據與抄表員執行抄表作業，確認抄表員對各讀表之位置相當熟悉，抽查各管制門之鑰匙，抄表員均能立即找到並開啟，對各讀表之數據確實登錄，另抄表員亦同時巡檢經過之設備運轉狀況，抄表作業確實執行。
5. 為確認各儀表顯示資料之正確性，抽查包括廢液控制室之放射性廢液收集槽液位指示表、排放閥室排放流量閥等多個儀表之校正日期，皆依規定定期校正且仍位於有效期限內。
6. 本年度廠方執行放射性廢棄物處理系統大修時，現場檢查廢液桶槽清槽作業相關安全防護之情形，作業現場輻防人員與工安人員皆依規定在場巡視，確保作業安全；查證現場污泥抽至污泥槽作業，抽泥管銜接確實，無滲漏情形，且抽泥管固定情形良好，抽泥管無因重力造成抽泥管變形、擠壓之情形，清槽作業情況良好。
7. 查閱廢液控制室之值班日誌，發現取樣槽之待回收水回收至冷凝水槽紀錄，偶而會因交接班而未填寫回收時間及取樣槽液位，及值班日誌上有修改而未蓋章以示負責之情形，經要求電廠改善後，後續檢查已有改善，有修改部分皆有蓋章負責，亦已確實記錄回收作業結束的時間及液位。
8. 為確認運送作業的安全，現場檢查減容中心運送到雜項廢液廠房之廢液洩水作業，洩水過程槽車依程序書之規定，有放置止滑塊防止車輛滑動，並有保健物理人員於現場管制，且洩水之管路連接良好，無洩漏之情形，洩水作業情形良好。

（二）固化處理系統：

1. 由於高減容固化系統是以乙二醇做為熱交換之冷卻劑，在乙二醇貯槽旁設有乙二醇防護用具貯存櫃，檢查發現此貯存櫃平常均上鎖，鑰匙由乾性廢棄物接收站人員保管，為避免意外緊急情形下找不到鑰匙保管人員而無法使用防護用具，已要求該廠必須維持該防護用具可隨時取用，不應上鎖。另查閱貯存櫃中防護面具之檢查表單，相關設備符合使用有效期限。另於本年度 4 月份例行檢查時，曾發現此緊急防護用具貯存櫃被廢棄物內分櫃擋住，若意外事件發生時將無法立即取得防護設備，經要求電廠人員立即改善後，廠方已將內分櫃移除，並對廠內同仁進行安全宣導。
2. 為確保放射性廢棄物固化後之固化體品質符合法規要求，固化作業之各成分配比量極為重要。經抽查批次編號 1010902 之固化作業，該批次固化作業前均依規定完成取樣分析，並依據取樣分析結果，判斷需選用之固化劑配比，計算廢渣進料量、需脫水量及應再加入水量，經審核各項資料記錄確認皆與程序書所規定之比例相符。另外固化程序中亦依程序書之規定，確實填寫各系統運轉前、運轉中及運轉後之檢查表，其中包含冰水機組運轉紀錄表、備料紀錄表、固化裝桶後品質確認記錄表及電熱鍋爐運轉檢查表。水泥漿裝桶完成後，作業人員確實進行固化混合槽內攪拌葉片之清洗作業，以降低作業場所背景輻射、清理攪拌葉片之難度及增加攪拌效能，維護作業情形良好。
3. 水泥固化系統自 96 年高減容固化系統運轉後，即暫時停用，因該設備為高減容固化系統故障時之備用系統，廠方因而予以保留。為確認該水泥固化系統之可用性，查證其維護紀錄，顯示該廠均依規定執行水泥固化系統定期檢查及各儀表的校正，結果亦符合相關規定。

4. 為避免在設備維護過程中，其他作業人員誤操作造成廢液流出，廠方於設備維護前，皆會對該設備上下游之管閥上掛禁止操作卡以禁止人員操作，本局抽查廠方於執行固體廢料補給槽浮桶抽水機維護作業時之掛卡作業，經核對檢修工作連絡書之掛卡清單，皆確實掛卡於盤面正確之控制開關上，並依卡面之指示操作。

(三) 乾性廢棄物及倉貯作業管理：

1. 本年度該廠為因應低放射性廢棄物之貯存需求，執行熱浸鍍鋅鋼桶之採購作業，於驗收作業時，本局執行抽查熱浸鍍鋅鋼桶墜落試驗相關作業，以確認低放射性廢棄物之貯存安全。查核墜桶測試試驗測試桶之取樣頻率及作業，結果符合規定；墜桶試驗時桶內所需盛裝之重量、墜桶試驗高度落差及墜桶試驗之地面要求，結果皆符合規定；桶身墜落後桶身變形但內容物無洩漏，而後將墜落後之變形空桶承水至少九成滿維持10分鐘，樣品桶皆無洩漏之情形，相關測試結果皆符合「放射性物質安全運送規則」之要求。
2. 核二廠之廢粒狀樹脂皆貯存於2號放射性廢棄物貯存庫內，依該廠程序書之規定，須每年執行貯存狀況之檢查。本局查核其檢查紀錄，結果皆依規定完成每年檢查。為抽查廢粒狀樹脂桶之貯存情形，由該廠運轉人員操縱貯存區內吊車上之攝影機進行觀察，確認抽檢之廢粒狀樹脂桶外觀良好，未有鏽蝕或桶身傾斜之情形，顯示運轉人員之平時檢查作業確實，廢樹脂桶之貯存情形良好。
3. 為確保低放射性廢棄物之運送安全，執行抽查低放射性廢棄物之場外運送及廠內運送作業。查核確認電廠人員對運送車輛均進行不定期保養；運送作業人員在運送前皆依規定進行車輛檢查、並對運送司機執行酒精測試、於廢棄物包件與運送車輛四周及駕駛座進行輻射偵測，運送皆依核准之路線行走，相關紀錄並做成文件留存備查，查核結果符合要求。

4. 查核各廢棄物貯存庫之運轉情形，其中1號放射性廢棄物貯存庫內之可燃廢棄物、可壓廢棄物及保溫棉檢整作業，作業期間作業人員皆確實依規定穿著防護衣、戴防護面罩及一般口罩或防毒口罩，並依程序書之規定執行作業。作業後並清理作業現場，避免其他意外事件之衍生；於2號及3號放射性廢棄物貯存庫抽查廢棄物桶出入庫作業，作業人員執行吊運作業時，皆可精確將廢棄物桶貯放於指定位置，對設備之操作熟稔。
5. 為因應颱風季節所帶來之大量雨水，該廠於程序書明確規範每年汛期前需執行汛期前檢查作業，本局於該廠執行完成後，亦執行複查作業。檢查結果該廠對各低放射性廢棄物貯存庫之檢查作業及檢查紀錄表登錄確實，惟發現減容中心因於本年度（101年）改隸屬於核二廠，汛期前檢查紀錄表尚未併入核二廠程序書中，經本局要求後，確認已改善完成。

（四）廠務管理及放射性廢棄物減量作業：

1. 減容中心金屬檢測X光機旁存放使用過輻防衣物之空間，經本局檢查發現散亂存放有使用過之布料手套，經要求該廠進行改善，第二次檢查時已改善完成，使用過之輻防衣物已確實包裝後，再置入存放空間內。
2. 現場巡視發現廢料廠房1樓東北側走道邊，多個閥牌皆以手寫方式標記，且管路上亦有手寫編號，為避免手寫標示時間長久後模糊無法辨識，要求該廠改善，並要求須確實執行走動管理。經廠方改善後，均已符合要求。
3. 本局執行現場巡視時，檢查發現雜項廢液取樣槽室內之洩水孔有些許雜物堆積，為避免急水產生時消水速度減慢，要求電廠人員須進行清理。經該廠處理後，洩水孔之雜物均已移除，符合要求。
4. 該廠為落實資源再利用及放射性廢棄物減量原則，年度機組大修時，由廢料組提供「清潔物件再利用盛裝袋」給予各維護組盛裝

未受污染之拆卸保溫棉，盛裝袋上並有編號管制。當施工完畢後可將保溫棉重複使用，可避免保溫棉遭污染或粉塵污染工區；另亦於大修時採用「污染區模組隔離牆」，除保持作業現場之整潔外，亦因其為可拆卸重組使用，可大幅降低乾性廢棄物之產量，在減量作為方面，本局予以正面肯定。

5. 為確保廠房內之臨時用電安全，核二廠於程序書中要求所有臨時加設使用之電器皆需裝設漏電斷路器。本局檢查廢料廠房1樓及2號低放射性廢棄物貯存庫之臨時用電，皆確實使用漏電斷路器無誤，可確認其用電安全。
6. 本年度執行定期檢查時，發現廢料廠房3樓除污間外部1台消防泡沫產生機，其設備檢查卡所登錄之日期已逾所規定之三個月而未再進行檢查，經要求該廠檢討改善，該廠表示此乃因疏忽而遺漏，發現後已立即進行檢查，並將廠內之所有消防設備列表追蹤，以避免遺漏情形再次發生。該廠完成改善後本局再進行複查，該設備已確實完成檢查，該廠並已完成檢查項目清單進行追蹤。

(五)減容中心運轉作業：

1. 焚化爐於101年1月5日凌晨在袋式過濾器下灰斗有高溫警報，疑似於下灰斗處有未燃燒完全之飛灰，為了解真正發生原因，本局執行專案檢查。經該廠檢討，可能之肇因說明如下：當時焚化爐之運轉方式為「運轉值班二、三值進料焚化，一值焚化爐降溫不進料，後燃燒室燃燒機關閉」，因此1月5日一值上班後，運轉員認為廢棄物已焚化完畢，於是手動將後爐燃燒機關閉。由於最後幾包廢棄物中含有木材，較其他廢棄物紮實、耐燒，在關閉燃燒機後，仍有部分木材尚未完全燃燒，在引風機持續抽風下，木材餘燼在尚未完全燃燒之情形下，通過後燃燒室、驟冷器，適逢驟冷器提供冷卻水之霧化噴嘴有腐蝕漏孔，霧化效果不佳，致使少

部分火星通過驟冷器到達袋式過濾器，掉落於袋式過濾器下灰處，因此溫度上升。

針對此事件，該廠承諾之改善事項有：(1) 修訂廢棄物接收程序書，限制「廢棄物包含木材」之配比、(2) 確實依據運轉技術規範運轉、(3) 落實下灰斗震盪器之操作、(4) 修訂異常處理方法程序書。

本局開立注意改進事項要求該廠改善。該廠經檢討改善後，提出本注意改進事項之結案申請，本局逐一核對該改善事項皆已完成後，於101年11月5日同意其結案申請。

2. 為瞭解焚化爐線上儀表之校正情形，查閱線上儀表之校正清單及校正日期，發現清單內之儀表皆位於校正之有效期限內；其中抽查袋式過濾器之壓差計及前、後爐溫度計之校正結果皆符合規定；進一步查閱校正使用之儀器檢驗結果及有效日期皆符合規定。惟發現有部分線上儀表未列入儀器校正清單中，例如：驟冷氣出口溫度計即未列入，經本局要求，該廠表示將全面清查未列入清單中之儀表，並一併列入程序書中定期校正。本局後續追蹤程序書儀表校正清單之修正情形，該廠已確實完成改善。
3. 由於焚化為動火作業，須相當謹慎焚化爐之運轉安全。本局檢查焚化爐於維護保養後，啟爐前各項確認工作與起爐升溫之程序，確認啟爐前皆依程序書確實執行各系統檢查與必須測試項目；升溫程序亦依據程序書之升溫程序執行升溫，無操作安全之顧慮。
4. 101年6月20日晚上10點55分，焚化爐控制室火警受信總機發生警報，運轉員於現場查看，發現為焚化爐山側前爐底部送風管因高溫導致送風管表面面漆溶化而產生微量煙氣，觸動煙霧偵測器所致。初步檢查發現送風管下游的空氣分配箱內有積灰之現象，且送風管內亦有積灰（送風管未曾清理）。廠方檢討發現首先由於為使放射性廢棄物焚化更完全，將推灰之螺轉機（Auger）轉速

調慢，使前爐底部積存較多之灰料，廢料包投料時掉落爐底使灰料受衝擊而由進氣口吹入送風管，送風管內即積存灰燼，導致空氣分配箱之蓋板局部高溫，熱量因而傳導至前爐送風管使表面油漆熔化，因而產生微量煙氣，觸動煙霧偵測器。

對此事件，該廠承諾改善之事項包含：(1) 運轉模式切換至熱待機或停機前，須藉由爐內之高溫攝影機確認廢棄物已完全焚化後再進行切換 (2) 調整螺轉機轉速，以減少爐內灰燼因投料而進入風管之機會 (3) 調整袋式過濾器反洗空氣之壓力，降低因反洗所造成爐內壓力升高，灰燼吹入送風管之機會 (4) 每運轉45天停機清理送風管之積灰。本局經複查後確認以上4項須改善事項已確實宣導、執行完成，將持續觀察廠方之運轉作業，避免類似事件再次發生。

5. 減容中心為維持重要設備之安全運轉，中心內設有緊急柴油發電機；依據程序書，緊急柴油發電機及備用之3號空氣壓縮機須每星期二執行測試1次，以確保失去外電時部分儀器仍可正常運作。經本局查閱相關測試紀錄，測試作業已確實執行完畢，測試結果皆為正常可運轉之情況。
6. 焚化爐煙道氣高效率空氣過濾器之洩漏（效率）測試關係放射性微粒的過濾效率，於程序書中規定為每12個月或更新時測試一次，該廠於本年度（101年）11月進行測試，測試結果皆符合程序書效率大於99.95%以上之要求。

(六)申請案件審查：

為因應減容中心本年度（101年）1月1日起改隸屬於該廠，有關該中心經本局核備文件內容必須變更，該廠於101年6月27日提出修訂後之「放射性廢棄物焚化爐運轉技術規範」第4版，及101年10月1日提出修訂後之「第二核能發電廠減容中心放射性廢棄物處理設施安全分析報告（第2版）」函送本局審查，此兩文件皆經

三次審查後，由行政院原子能委員會於102年3月1日同意核備。

三、核二廠廢棄物營運管理措施及績效

綜合上述管制結果，確認該廠營運管理措施及自主管理績效如下：

- (一)該廠定期召開減廢系統討論會議，研擬有效的減廢措施及方案，並積極實施洩水/油、化學品管制，檢討追蹤減廢趨勢及成效，有效抑減廢液飼入量，致近五年廢液平均飼入量抑低至 42,068GPD，持續維持於約安全分析報告設計值(76,520GPD)之一半。
- (二)由於洩水/油有效管制，放射性廢液之水質較先前良好，且高減容固化系統可發揮預期減容效果，使得固化廢棄物產量抑低至 58 桶之低水平。
- (三)本年度（101 年）執行 1 號機第 22 次機組大修，大修期間確實執行乾性廢棄物減量計畫，在該廠各部門全力配合、廢料處理組不定期組隊現場巡查及輔導包商落實減廢工作下，大修乾性廢棄物產量抑低至 30,528 公斤，持續維持於低產量之水準。
- (四)為避免有機物質影響反應爐爐水水質，在該廠執行化學品進廠管制及增設紫外線處理器抑減總有機碳（TOC）等策略後，有效改善廢液回收水質，使得全年平均廢液回收 TOC 值下降至 110ppb。
- (五)該廠規劃廢液儲存槽清槽作業，並完成放射性廢料處理系統計畫性檢修作業，改善水質並提高系統設備可用率，以維持系統正常及安全地運轉。
- (六)為抑減放射性廢棄物產量，該廠加強分類篩選適合除污之廢金屬並提昇除污效率，使全年除污合格的廢金屬共計 59,403 公斤(換算約 297 桶可壓廢棄物)，待將來依「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」解除管制。

肆、未來管制重點

- 一、 減容中心於101年度併入核二廠後，仍有許多作業文化與營運管理須持續加強，將加強檢查機械設備及儀器控制系統之定期維護、校驗及品管，並查核運轉及維護紀錄之保存。
- 二、 為確認放射性廢液處理系統營運安全，將加強該廠設備維護作業之管制，並對該類系統之機械設備及儀器控制之定期維護、校驗及品管等作業加強檢查。
- 三、 在乾性廢棄物管制方面，除肯定廠方積極執行減廢相關措施之成效外，並將加強檢查廢棄物之分類及相關管理作業。
- 四、 在倉貯檢查方面，本局將加強查核廠方放射性廢棄物之倉貯管理，並要求該廠對貯存庫內之各項設備加強維護保養。
- 五、 配合原能會執行機組大修之廢棄物營運作業檢查，重點包括乾性廢棄物分類抑減管控、系統洩水/洩油及化學物品管制，以及廢棄物營運之核安品保作業等。

伍、結論

本年度本局對該廠計開立1項注意改進事項，主要針對減容中心焚化爐未依經本局核備之運轉技術規範運轉所開立，經該廠檢討改善後，本局複查確認同意結案。

101年度該廠之放射性廢棄物營運，在廠方積極努力及本局之檢查管制要求下，放射性廢液每日平均飼入量，遠低於安全分析報告之設計值，除洗衣廢水及雜項廢液符合排放法規標準後排放外，放射性廢液經處理後之回收率高達 100 %；固化廢棄物之年產量58桶，持續維持於低水平，其主因為高減容固化處理系統順利運轉及廠方人員努力用心的運轉成果；而粒狀廢樹脂及乾性廢棄物年產量，因101年度機組進行一次大修，其產量仍維持於低產量之水準，顯現廠方減量管控績

效良好；101年固體廢棄物桶總產量(1,379桶)與100年(1,379桶)產量相當，整體減廢效果良好，達到永續經營目標。

由核二廠放射性廢棄物在101年度的營運結果可看出，在管制機關的要求及核能電廠經營者的自主管理下，將共同創造永續發展的成果，期許放射性廢棄物的從事人員更加努力，才能將共同戮力所維護的環境完整地交給後代子孫。