

「核二廠除役過渡期間承受電廠
全黑 24 小時之能力評估」

安全審查報告

行政院原子能委員會核能管制處

中華民國 111 年 04 月 01 日

目 錄

摘 要	i
第一章 簡介	1
第二章 核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之能力評估	2
第三章 審查總結	18

摘 要

日本福島核電廠事故後，鑒於電廠全黑可能延伸的時間較原始執照基礎之 8 小時電廠全黑承受能力為久，而電廠結構、系統與組件之原始設計條件並不一定能支持電廠有能力承受電廠全黑超過 8 小時，因此原能會要求國內電廠積極進行與延伸電廠全黑承受時間有關之改善，台電公司以電廠改善後之裝置狀況為基礎，將「核一、二、三廠承受電廠全黑 24 小時之能力評估」提送原能會審查，經審查完成後，安全審查報告已上網公布。

核二廠 1 號機及 2 號機運轉執照將分別於 2021 年及 2023 年屆滿，屆時將進入除役期間。核二廠進入除役期間後，由於兩部機用過燃料池無多餘空間可容納爐心燃料退出，正常運轉最後週期燃料須暫時置於反應爐內，稱為除役過渡階段前期。因預期上述情境將持續一定時間，原能會爰要求台電公司假設除役期間電廠全黑持續 24 小時的條件下，評估核二廠是否有能力承受並維持用過燃料冷卻能力，以確保燃料之完整性。

台電公司依循運轉中電廠全黑 24 小時承受能力評估之方式，陳送「核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之能力評估」，針對包括(一)電廠全黑事故演變、(二)餘熱移除所需之冷凝水水量、(三)儀控系統、(四)蓄電池負載、(五)通風喪失、(六)圍阻體/用過燃料池完整性說明、(七)通訊與照明、(八)事故救援及復原能力等八大要項，執行核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之能力評估，分析電廠是否有能力承受並維持用過燃料冷卻能力，以確保燃料之完整性。

原能會為周延「核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之能力評估」審查，聘請相關領域的專家學者與原能會同仁組成審查小組，歷經二次審查會議，共計提出 33 項審查意見，依規範標準及專業判斷，確認台電公司已澄清各審查意見，並提出安全審查報告。本安全

審查報告分為三章，本安全審查報告分為三章，第一章為簡介，第二章為核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之能力評估，第三章則為審查總結。

經就台電公司送審報告內容及對審查意見之答覆說明進行審查，審查結果認為可以接受，詳見本報告第三章審查總結。

第一章 簡介

一、本案緣起

核二廠進入除役期間後，由於兩部機用過燃料池無多餘空間可容納爐心燃料退出，正常運轉最後週期燃料須暫時置於反應爐內，稱為除役過渡階段前期。因預期上述情境將持續一定時間，原能會爰要求台電公司假設除役期間電廠全黑持續 24 小時的條件下，評估核二廠是否有能力承受並維持用過燃料冷卻能力，以確保燃料之完整性。

台電公司依循運轉中電廠全黑 24 小時承受能力評估之方式，陳送「核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之能力評估」，執行除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之評估，針對包括(一)電廠全黑事故演變、(二)餘熱移除所需之冷凝水水量、(三)儀控系統、(四)蓄電池負載、(五)通風喪失、(六)圍阻體/用過燃料池完整性說明、(七)通訊與照明、(八)事故救援及復原能力等八大要項，評估電廠是否有能力承受並維持用過燃料冷卻能力，以確保燃料之完整性。

二、審查過程

原能會為周延「核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之能力評估」報告審查，聘請相關領域的專家學者與原能會同仁組成審查小組，歷經二次審查會議，共計提出 33 項審查意見，依規範標準及專業判斷，確認台電公司已澄清各審查意見，並提出安全審查報告。本安全審查報告分為三章，第一章為簡介，第二章為核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之能力評估，第三章則為審查總結。

第二章 核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之能力評估

一、概述

台電公司依據運轉中電廠全黑 24 小時承受能力評估之方式，執行核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之評估，針對包括(一)電廠全黑事故演變、(二)餘熱移除所需之冷凝水水量、(三)儀控系統、(四)蓄電池負載、(五)通風喪失、(六)圍阻體/用過燃料池完整性說明、(七)通訊與照明、(八)事故救援及復原能力等八大要項，評估電廠是否有能力承受並維持用過燃料冷卻能力，以確保燃料之完整性。本章乃依核電廠承受電廠全黑 24 小時之能力評估之審查方式，進行核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之能力評估審查。

二、審查發現

審查小組提出審查意見，請台電公司針對核二廠對 NEI 12-02、NUREG 1738 及 EA-12-051 等要求，說明核二廠報告分析引用和法規符合性。

台電公司答覆說明：(1)核二廠用過燃料池對於 NEI 12-02 之符合性，已由 KS-JLD-10115 管制並完成改善，該管制案要求台電公司依據美國核管會 NTTF 報告 7.1 之要求，提供能承受設計基準自然現象且足夠可靠之儀器，以提供控制室監視用過燃料池之重要參數，且須符合 EA-12-051 及 NEI 12-02 要求，包含水位監測範圍、適用於高溫/高濕度/高輻射環境、避免飛射物、須具耐震能力及獨立電源等項目，該案件已完成改善，目前用過燃料池水位儀監測範圍已可符合 NEI 12-02 三階段水位要求，答覆並表列重要項目比對結果；(2)NUREG 1738 主要為 NRC 針對用過燃料池進行風險及緊急計畫豁免之評估報告，核二廠評估報告為參考 NUREG 1738 報告第 3.4 節說明，用過燃料池可藉由有效的監測能力大幅下降風險，藉此評估核二廠儀器監測能力。經審查答覆內容可以接受。

審查小組提出審查意見，針對用過燃料池池體為鋼筋混凝土牆，表面全部襯以不鏽鋼板。請將不鏽鋼板設計厚度補註納入，清楚呈現設計現況。

台電公司答覆說明將用過燃料池池體之不鏽鋼板設計厚度納入報告中。經審查答覆內容可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司針對下列事項予以澄清：

- (一) 請說明送審報告 2.1.2 節上燃料池格架結構換算為體積 5.7m^3 如何得到？以及說明是否具保守性？說明目前用過燃料池水溫之實測值及用過燃料池冷卻系統泵設計之最少正淨水頭？
- (二) 上池區域包括反應爐穴、汽水分離器儲存池、蒸汽乾燥器儲存池(含燃料儲存池)等之體積數據是引用自何文件？說明汽水分離器及蒸汽乾燥器於爐心仍有燃料期間持續擺放？
- (三) 送審報告所述燃料衰變熱計算採用與核二除役報告一致之 ASB 9-2 衰變熱功率計算式，計算用過核子燃料在停機後不同時間的衰變熱，請澄清 ASB 9-2 引用自 NUREG-0800 章節？
- (四) 核二廠電廠全黑 24 小時承受能力評估報告中衰變熱功率是依 ANSI/ANS 5.1, 1979 之程序，送審報告為 ASB 9-2 衰變熱功率計算式，請說明用過燃料衰變熱計算結果之保守性？
- (五) 請補充「上池部分水位會因飽和蒸發而下降約 1.4 m，用過燃料池則水溫會由 60°C 上升至 80.38°C 」變化時間(電廠全黑發生幾小時後)和變化趨勢圖。

台電公司答覆說明如下：

- (一) 用過燃料池格架高度假設為 4.7 公尺，故單一格架結構體積為 0.0086168m^3 ，上燃料池格架共有 663 格，故上燃料池格架結構所占體積計算結果約為 5.7m^3 。用過燃料池平常運轉溫度約為 31°C ，用過燃料池冷卻系統泵之正淨水頭為 12 呎。

- (二) 上池區域池體為參考核二廠工程圖 M-0605、M-0119-1 及 M0119-2，汽水分離器與蒸汽乾燥器於除役過渡階段將會分別放置於儲存池，儲存池與爐穴為連通狀態，而送審報告計算水量時已將兩者所佔空間水量完全扣除，評估結果仍符合相關安全要求。
- (三) ASB 9-2 出自 NUREG-0800 Rev.2 版章節 9.2.5-6 節第 3 點。
- (四) GE SIL NO.636 針對 ANSI/ANS 5.1 1979 進行修正，納入較多的銅系及活化產物，而 ANSI/ANS 5.1 2014 版本已將 1979 版本未考量其他銅系元素納入計算修正。送審報告依據電廠實際燃料配置，採用 ASB 9-2 計算結果，公式中已納入不準度考量，另計算爐心燃料時考量全程全功率運轉，且於發生電廠全黑期間不考量過程衰變熱下降，採單一衰變熱值。此外，並進行 ANSI/ANS 5.1 2014(納入 R.G. 3.54 計算活度等項目) 與 ASB 9-2 比較，針對核二廠 1 號機用過燃料池目前實際組態，結果顯示用過燃料池組態計算仍以 ASB 9-2 計算結果較為保守。
- (五) 上池水位下降量為直接計算飽和後之時間總衰變熱，利用水之汽化熱計算總蒸發量，再藉由上池截面積換算水位下降量，用過燃料池水溫計算為計算 24 小時累積衰變熱後，再藉由下池總水量計算溫升，結果確認喪失冷卻 24 小時後仍可確保燃料具足夠冷卻。

經審查答覆內容可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清停機後 72 小時完成開蓋準備進行燃料吊運之內容，以及在喪失冷卻能力 24 小時後，上池之水位下降，用過燃料頂端仍有相當餘裕，不影響燃料完整性之說明。

台電公司答覆說明停機後 72 小時完成開蓋，刪除送審報告準備進行燃料吊運之內容，另核二廠衰變熱計算結果，反應爐內燃料衰變熱為 12.82 MW，實際情況燃料產生之衰變熱可藉由上池池水、反應爐組件、廠房結構及廠房氣體空間等逸散，但此計算保守假設燃料產生之熱皆由水吸收，且於水量計算時皆將汽水分離器及蒸汽乾燥器所占區域以 100%扣除計算，另水

位以技術規範所規定之最低水位假設為初始水位，水溫亦比正常運轉溫度高，故已具一定之保守度。台電公司答覆內容及送審報告修訂之結果，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清：

- (一) 送審報告所述喪失冷卻 24 小時後，燃料池溫度為 80.38°C ，溫升率約為 $2 \times 10^{-4}^{\circ}\text{C/s}$ ，水溫達飽和需時約 47.28 小時，距水溫達飽和仍有相當餘裕之說明。
- (二) 在電廠全黑期間，若燃料運送閘門破損漏水時，用過燃料池水位於儲放燃料元件 8 呎左右的水量，評估是否能承受電廠全黑 24 小時。

台電公司答覆說明：

- (一) 依據用過燃料衰變熱計算結果，東池/西池/裝載池衰變熱總和為 1.708 MW，實際情況燃料產生之衰變熱可藉由燃料池水、格架組件、廠房結構及廠房氣體空間等逸散，此處計算保守假設皆由燃料池水吸收，而水溫亦假設比正常運轉溫度高，故已具一定程度保守度。
- (二) 核二廠用過燃料池平時東池、傳送池及西池閘門為開啟並保持連通，水位也會維持滿水位，故並無傳送閘門破損漏水之疑慮。

經審查答覆內容可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清：

- (一) 電廠可用水源冷凝水儲存槽請說明冷凝水儲存槽設計到水位多少時即要補水？當全黑事件時，何時需要採取開啟人孔，可以用消防車及移動式消防泵為動力來源接管至系統使用之補水動作？
- (二) 採取輔助冷凝水儲存槽補水至冷凝水儲存槽，請說明要用消防車及移動式消防泵多少車次及多久時間？並請評估其可行性？
- (三) 輔助除礦水儲存槽亦同請說明要用消防車及移動式消防泵多少車次及多久時間？請評估其可行性？

(四) 後備救援水源亦同請說明要用消防車及移動式消防泵多少車次及多久時間？請評估其可行性？。

台電公司答覆說明如下：

- (一) 冷凝水儲存槽水位維持於指示 11.54 公尺到 11.62 公尺之間，另依核二廠整體綜合實施計劃策略說明支援人力於事故後 6 小時抵達，人員抵達後即可開始執行 KS.2-04 機動性水源對冷凝水儲存槽注水策略，開啟人孔蓋，程序書要求事故後 8 小時內完成該策略。
- (二) 輔助冷凝水儲存槽已有快速接頭，可直接接上水帶靠重力對冷凝水儲存槽補水，亦可將移動式消防泵接上輔助冷凝水儲存槽快速接頭，對冷凝水儲存槽補水，為每年核安演習之演練項目，且 6 小時完成注水策略已可即時進行救援。
- (三) 輔助除礦水儲存槽亦同已有快速接頭，可直接接上水帶靠重力對冷凝水儲存槽補水，為每年核安演習之演練項目。
- (四) 核二廠露天儲存場貯存 1000 L/min 抽水機 6 台、500 L/min 抽水機 2 台、水箱容量 12 公噸消防水庫車出水量 4000 L/min 4 台、水箱容量 7 公噸出口管徑 2 1/2" 出水量 4000 L/min at 10 kg-f/cm² 大型化學消防車 2 台、大型移動式消防泵 2050L/min at 6kg-f/cm² 12 台，優先使用之水源不足時，則使用抽水機抽取後備水源補水至消防水庫，再輪流運補至冷凝水儲存槽(水庫車於 10 kg-f/cm² 時，出水量為 4000 L/min，12 噸約 3~4 分鐘打完)，足以補足事故過程消耗之水量。

台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清上池液位偵測元件是否符合 NRC Order EA-12-051 之要求？

台電公司答覆說明核二廠進入除役過渡階段前期，計有 18 組爐心水位儀器(包括：窄範圍水位儀器 4 組，寬範圍水位儀器 9 組，異常追蹤範圍儀器 1 組，停機灌水水位儀器 1 組，燃料區水位儀器 3 組)，各類爐心水位儀

器經相互層疊後可達成全範圍反應爐爐心水位監測功能，因燃料範圍下半部為設計基準事故所涵蓋範圍，其中異常追蹤範圍儀器及停機灌水水位儀器互為備用，其餘三類水位儀器採 N+1 組以上方式配置，且各類水位儀器均屬安全有關等級，並分散裝設於不同的儀器架，同時電源採雙重及多樣性配置，以防範單一電源喪失而造成儀器不可用。經審查答覆內容可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清：

- (一) 停機冷爐時只能使用停機灌水水位儀器，其他水位儀器僅供參考。如果運轉期間之窄範圍、寬範圍、燃料區水位儀器…等在除役過渡期均僅供參考，在爐心停機灌水水位儀器單一失效情況下，是否仍能測量到可靠的爐心水位值？
- (二) 請說明停機灌水水位儀器傳送器之供電來源，指示器之供電來源。
- (三) 反應爐停機灌水水位偵測元件是否符合上述 NRC Order EA-12-051 之要求？

台電公司答覆說明如下：

- (一) 除役過渡階段，爐心為開蓋狀態，與上池連通，因此上池的水位儀器 EC-LI-716 及停機灌水水位儀器 AA-LT-419 可為上池滿水位時之水位指示，其他爐心水位儀器包括窄範圍、寬範圍、燃料區水位儀器…等，於上池洩水後可做為爐心水位指示，並非為僅供參考，水位儀器其溫度校正因子於滿載中或開蓋中影響水位指示非常微小，故可做為除役過渡階段，爐心為開蓋期間之水位指示。
- (二) 停機灌水水位儀器傳送器及指示器電源均為 1YN11。
- (三) 爐心為開蓋期間於上池滿水位時水位儀器分別為 EC-LI-716 及停機灌水水位儀器，由儀用電源 YK 供電，其後備電源可經由馬達控制中心 1C1F 提供，及 AA-LT-419 可為上池滿水位時之水位指示，由不斷電系統 YH 供電，其後備電源可經由馬達控制中心 1C2B 提供，並有其他

爐心水位儀器包括窄範圍、寬範圍、燃料區水位儀器等於上池洩水後可做為爐心水位指示，可符合 NRC Order EA-12-051 之要求。

台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清停機灌水水位儀器於大修或反應爐開蓋時，由於參考水頭用的冷凝水槽隨著爐蓋被拆除，造成參考水頭喪失，此時必須在傳送器的低壓側加裝定壓氣源以模擬參考水頭的壓力，並利用控制棒驅動系統充水管路的水將參考水頭管路灌水，請澄清發生全黑時定壓氣源及控制棒驅動系統管路灌水所受之影響？

台電公司答覆說明除役過渡期間若發生全黑狀況可使用高壓氣體鋼瓶進行供氣以維持水位監測能力，停機水位傳送器參考水頭側僅需使用定壓氣源充壓即可維持水位監測能力，無需使用控制棒驅動系統進行充水。台電公司送審報告修訂之結果及答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清護箱裝載池因已貯存用過核子燃料，護箱裝載池區域是否有水位監測儀器及溫度監測儀器？

台電公司答覆說明除役過渡期間用過燃料池各池為連通狀態，故水位及溫度仍可利用用過燃料池之溫度儀器(1EC-TE-102/103)、水位傳送器(1EC-LT-101/104)進行裝載池水位及溫度監控。台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清反應爐及上燃料池、用過燃料池、主控制室監測之水位儀器及水位記錄器之法規(如 RG1.97 等) 安全等級符合性？並說明多重性和單一故障設計準則符合狀況。

台電公司答覆說明除役過渡階段，爐心為開蓋狀態，與上池連通，上池的水位儀器 EC-LI-716 及停機灌水水位儀器 AA-LT-419 可為上池滿水位時之水位指示(指示範圍為反應爐穴底部至上池滿水位之高度)，其他爐心水位儀器包括窄範圍、寬範圍、燃料區水位儀器等，於上池洩水後亦可做為爐心水位指示，並非為僅供參考，水位儀器其溫度校正因子於滿載中或開蓋中影

響水位指示非常微小，故可做為除役過渡階段，爐心為開蓋期間之水位指示。用過燃料池水位儀器 EC-LIT-101A 及 EC-LIT-104A，分兩路徑傳送到控制室，其配置、架設、資格認定、獨立性、電源供應、準確度、測試、維護及校正等各項皆依據法規要求設計，平時採用兩個分開且獨立的不斷電系統電源(1/2 YE 及 YH)供電，電廠全黑時有緊急後備電源 Y7 供電。上述儀器均符合事故後均能運轉之安全等級儀器，並符合多重性和單一故障設計準則。台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清：

- (一) 蓄電池組 A/B/C/D 容量(AH)值為何差異？是否原始設計所供給負載即如此，請提供原設計值。
- (二) 請說明廠內既有可用水源表如何評估得出，並確認具保守性？
- (三) 請問核二廠於日本福島核事故後，已提升承受電廠全黑持續 24 小時有關之設備及操作程序，包含新增移動式/固定式 1500kW 移動式發電機、480V 200kW 移動式柴油發電機、G/T 1100 kW 柴油發電機操作、技術支援中心/作業支援中心柴油發電機列置到緊急匯流排的操作及第 5 部緊急柴油發電機供電到兩部機之緊急匯流排操作等，於爐心仍有燃料階段以上系統皆維持可用，而相關之程序書增修訂是否完成及人員訓練情形請補充說明？

台電公司答覆說明：

- (一) 蓄電池組負載依終期安全分析報告表 8.3-12，A 串較其他串大主因來自爐心隔離冷卻系統需求，計算 24 小時需求量約為 1064 AH，另還有遙控停機盤 24 小時需求約為 322.56 AH，故 A 串負載會較大，提供原始設計值供審查參考。
- (二) 廠內既有可用水源依據評估，水量因蒸發喪失量約為 345 噸，依據廠內既有可用水源表冷凝水貯存槽水量為 2744 噸，已足夠補充此蒸發喪失量，並具有足夠餘裕，另還有其他正常水源及後備救援水源可供使用，

例如 A 冷凝水貯存槽(220 噸)、ADST(200 噸)、生水池(A 池 16,572 噸 /B 池 20,267 噸)及渠道水等，故評估結論具足夠之保守度。

- (三) 電源復電策略已修訂於程序書 1451.1 中，每年辦理超出設計基準事故救援策略之實際列置及操作訓練，確保相關設備能於要求的時限內完成列置，提供電廠及時的救援。第一階段策略(須於啟動後 1 小時內完成列置)：列入運轉員訓練，每年訓練 1 次。第二階段策略(須於啟動後 8 小時內完成列置)：列入作業支援中心訓練，每年訓練 1 次。第三階段策略(須於啟動後 36 小時內完成)：列入作業支援中心訓練，每年訓練 1 次。除了上述列置及操作的訓練之外，於每年舉辦的複合式災害緊急計畫演習中，依據劇本編排，分別演練不同的策略，要求電廠人員於災害中發揮平常訓練成效，達成事故救援目的。

台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清：

- (一) 控制室於電廠全黑 24 小時溫升評估所述若控制室維持在正壓隔離狀態，則電廠全黑 24 小時期間溫度可能上升至 111.5°F(44.2°C)，運轉員無法承受此高溫狀態，透過電廠進行之改善措施(新增兩台控制室之冷氣設備)可確保主控制室之溫度符合適居性。請說明新增兩台控制室之冷氣設備電力由何處供電？
- (二) 送審報告所述透過程序書 1451 中之多重 4.16kV 供給策略，供電給主控制室原有之(1/2 VC1A/1B 2A/2B)四台緊要通風設備，亦可確保主控制室不會超過適居性溫度限值，請說明程序書 1451 中之多重 4.16kV 供給策略及在電廠全黑發生後供電情形之策略和時機？

台電公司答覆說明：

- (一) 電廠已設計變更控制室兩台冷氣 OVC35A 及 OVC35B 之電源，分別改由緊急匯流排 1C3C04 供電及 2C3C04 供電。發生本案之電廠全黑假設狀況時，電廠進入斷然處置條件，運轉員於 1 小時內使用斷然處置策

略 KS.1-04 建立電源，隨後起動至少一台控制室冷氣機(OVC35A OR OVC35B)維持控制室適居性，並針對有關 KS.1-04 可用之建立電源設備及引接方式提出說明。

(二) 任一策略列置成功，緊急匯流排即復電，控制室可直接起動冷氣機(OVC35A OR OVC35B)，全黑後控制室適居性的執行策略已納入彈性且多樣化處理策略救援設備處理核二廠斷然處置措施中，電廠將據以執行。

台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清送審報告電器室#325 於電廠全黑 24 小時溫升評估，並補充澄清 GOTHIC 程式適用範圍？

台電公司答覆說明送審報告引述運轉中電廠全黑報告分析結果為控制室及電器室#325 溫升計算，計算模式為單純模擬運轉中設備及人員等所產生之熱源對空間加熱之溫升計算，而除役過渡階段此兩區域組態與運轉中並未有差異，且因運轉設備較少，產生之熱源也較運轉組態低，沿用運轉中評估結果為較保守方式，故評估內容仍適用除役過渡階段組態。另，GOTHIC 程式有關自然對流計算主要採用 Churchill-Chu 關係式，適用於全程 Rayleigh number 範圍，而 GOTHIC 程式驗證報告主要包含三個項目進行驗證工作，分離效應測試、圍阻體沖放實驗比對及與國內 FSAR 結果比較，針對 2 個案例與實驗結果進行比對，第一項為二維封閉洞穴內自然對流，模擬封閉體積中溫差所造成之自然對流效應，第二項為水平圓管之自然對流熱傳，主要為模擬一高溫圓柱放置於封閉體積內，量測表面溫度等進行比對，於自然對流熱傳效應比對結果皆與實驗相近，故除役過渡階段組態亦並未超出 GOTHIC 適用範圍。台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清上池池水於事故後溫升曲線經過多少小時達飽和，以及水位下降幅度。

台電公司答覆說明上池池水於事故後溫升曲線經過 7.06 小時達飽和，水位下降幅度 1.4 公尺，並將數值修訂於送審報告本文內。台電公司答覆及修訂報告內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清：

- (一) 說明緊急疏散警報系統之不斷電系統換新設備時間。
- (二) 送審報告 2.7.2 節照明內容顯示：「依照斷然處置之程序，將技術支援中心/作業支援中心之 480V 200kW 柴油發電機供電至 1DBE 蓄電池組之充電機，則可確保蓄電池 1DBE 可供電超過 24 小時，亦滿足控制室之緊急照明」，請說明技術支援中心/作業支援中心之 480V 200kW 之維修保養落實情形？以及人員操作訓練情形。
- (三) 若電廠全黑期間，多處電力不足情況下，技術支援中心/作業支援中心之 480V 200kW 柴油發電機是否能同時因應，滿足 24 小時運轉需求？

台電公司答覆說明：

- (一) 1 號機 1YD 不斷電系統於 107 年 11 月更新，2 號機 2YD 不斷電系統於 108 年 5 月更新。依 740.3 不中斷電源維護檢查程序書每 18 個月執行定期維護檢查測試。
- (二) 技術支援中心/作業支援中心之 480V 200kW 柴油發電機每月執行定期維護測試，相關電源復電策略修訂於程序書 1451.1 中，每年辦理超出設計基準事故救援策略之實際列置及操作訓練，確保相關設備能於要求的時限內完成列置，提供電廠及時的救援。
- (三) 技術支援中心/作業支援中心之 480V 200kW 柴油發電機起動後定時補足油耗，即能持續供電通訊及照明設施使用。

台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查提問，請台電公司澄清：

- (一) 針對送審報告 2.8.1 有關上池及下池之救援能力說明中，開啟輔助廠房七樓長條門與開啟燃料廠房鐵捲門排氣程序，可使高溫水汽直接排至外界，是否會有輻射物質外釋之疑慮？
- (二) 請將送審報告「表 7 反應爐及上燃料池救援措施」、「表 8 用過燃料池救援措施」和程序書 D572.5、D572.6 內適用於除役過渡期間之救援措施步驟於廠內演習時列為演習項目確實深入探討其可行性，並更新送審報告和程序書？並請分析可於電廠全黑延續 8-24 小時，確保用過核子燃料安全無虞之相關救援措施步驟？

台電公司答覆說明：

- (一) 有關上池及下池之救援能力說明，事故情境已進入核二廠斷然處置之條件，故對於開啟七樓長條門或燃料廠房鐵捲門均依斷然處置程序書要求，由電廠廠長向主管核能副總經理報告，並請「環化組」預先評估可能排放之活度並請總處劑量評估組說明對環境之影響以及廠外民眾可能接受之劑量，須確定排放後民眾接受劑量仍於管制值內，方可進行排放。
- (二) 有關除役過渡階段救援措施，於電廠進入除役過渡階段前期後，將列入演習項目進行演練，另程序書已包含喪失所有可用電源之救援措施，故於電廠全黑 8-24 小時仍可有效執行相關策略。

台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查提問，請台電公司澄清：送審報告內容顯示一次圍阻體排氣共有 A、B、C 三路，請澄清內側電動閥及外側氣動閥均有手輪可由值班員操作打開嗎？

台電公司答覆說明一次圍阻體排氣 A、B、C 三路內側電動閥及外側氣動閥均有手輪可由值班員操作打開，然而依斷然處置策略 KS.1-04 建立電源後，起動備用氣體處理系統，並將圍阻體內側排氣閥開啟斷電，使內側電動閥保持在開啟位置，故實際上現場運轉員只需到輔助廠房手動開啟備用

氣體處理系統之外側氣動閥即可達成一次圍阻體排氣策略。台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清：是否於年度廠內演習時加強電廠全黑時(8-24 小時)應變措施之演練，以使人員設備和程序書更趨於可行程度和發現問題？

台電公司答覆說明核二廠近年演習皆有納入長時間電廠全黑情境，以 109 年演習為例：109 年核二演習(核安演習)，喪失外電僅剩單一交流電源(氣渦輪機)，而後所有電源跳脫，電廠進入全黑狀態，須利用移動式設備供給電源及水源，例如實際演練引接 1500 kW 及 200kW 移動式柴油發電機等斷然處置程序，而演習內容亦包含用過燃料池發生水位下降狀況，須利用移動式設備進行用過燃料池補水，演習皆有外聘及內部評核針對演習過程進行審視，並提供意見，持續精進相關作業程序。台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清補註壓力測試報告後採取那些精進改善作為？

台電公司答覆說明：(1)電廠新購置移動式第二熱沉，平時置於露天儲存場，操作程序已納入斷然處置程序書，並每年辦理演練及演習。(2)電廠已完成 DIV1/2/3 緊急柴油發電機地下油槽及其金屬箱體水密門，操作程序已納入斷然處置程序書，並每年辦理演練及演習。(3)電廠已建置使用彈性且多樣化處理策略救援設備處理核二廠斷然處置措施條件二：電廠喪失所有交流電源(包括廠外、廠內緊急柴油發電機、第五台緊急柴油發電機、氣渦輪發電機等原固定式電源)之作業程序指引。台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清：送審報告表 1 壓力測試報告比對表中，主要瀕危效應發生的時間於第 5.2.3.3 節分析最嚴重的情況下(全爐心退出，於停機後第 10 天退出所有爐心 624 束用過核子燃料存放於用過

燃料池)，用過核子燃料約於喪失補水及冷卻後 147.4 小時（約 6 天後）開始劣化。此組態與爐心存有燃料階段不同，請重新檢視評估結果與壓力測試報告不同處？

台電公司答覆說明送審報告涵蓋範圍為除役過渡階段前期，爐心仍有燃料狀態，故並未考量爐心燃料退至用過燃料池狀況，相關熱流分析已於送審報告 2.1.3 節說明，並於壓力測試報告比對章節中新增。台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清：送審報告提及程序書 1451，請澄清程序書 1451 是否會針對除役過渡期進行修訂？

台電公司答覆說明核二廠程序書 1451 內各策略屬於移動式設備，不會因機組於滿載或除役過渡階段而救援策略有所不同，進入除役過渡階段後，將轉換為除役過渡階段程序書，並依電廠組態檢視程序書及修訂內容，以符合電廠實際情況。台電公司答覆內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，請台電公司澄清：

- (一) 萬一在全黑事件中爐心燃料因故毀損，相較於運轉期間，在除役過渡階段有些因素將會造成放射性物質外釋風險之增加，例如：反應爐壓力容器開蓋、圍阻體不是密閉狀態、抑壓池旁通...等，請儘可能完整列出這些不利風險因素。
- (二) 針對除役期間發生假想之系統間冷卻水流失事故進而造成反應爐壓力槽喪失冷卻水之疑慮，請討論其可能發生之情境(包括壓力隔離閥之設定是否會修改)、發生後偵測之儀器(包括如何確知是哪條管路發生系統間冷卻水流失事故)、以及是否會產生虹吸現象等之探討。

台電公司答覆說明：

- (一) 爐心燃料若因全黑事故毀損，最有可能情境為發生遠超過 24 小時評估之電廠全黑事件或於電廠全黑事故前即有其他因素造成燃料破損，而若發生長時間喪失冷卻情形，依據電廠救援策略已具足夠時間列置相

關移動式設備進行搶救，而若為其他原因造成燃料破損(燃料仍有水淹蓋)，放射性核種會由燃料間隙排放，經由反應爐池水刮洗多數核種後，排放至反應器廠房上方空間，進入除役過渡階段，一次圍阻體不須維持可用，故與運轉中差異主要在於放射性核種會由一次圍阻體流至二次圍阻體內，而因除役過渡階段備用氣體處理系統仍維持可用，故此時若有排氣需求仍可藉由備用氣體處理系統將具放射性核種氣體排放至環境。

(二) 參考台電公司核一、二、三廠安全度評估模式標準化與擴大應用之核二廠肇始事件分析報告，有關介面破口冷卻水流失肇始事件可分為(1) V 型-冷卻水流失事故:高壓與低壓介面失效(2)O 型-冷卻水流失事故 :穿越圍阻體的高壓管路破裂，評估可能發生管路如下:

- (1) 低壓爐心注水 A/B/C 串注水管路。
- (2) 餘熱移除系統停機冷卻水管路。
- (3) 餘熱移除系統爐頂噴灑注水管路。
- (4) 飼水管路高/低壓管路。
- (5) 低壓爐心噴灑注水管路。
- (6) 高壓爐心噴灑注水管路。
- (7) 爐心隔離冷卻主蒸汽供給管路。
- (8) 爐水淨化引水管路。
- (9) 主蒸汽管。

其中餘熱移除系統爐頂噴灑管路、爐心隔離冷卻系統主蒸汽供給管路及主蒸汽管，會因進入除役過渡階段反應爐開蓋及管路盲封而不適用。而在穿越圍阻體邊界管路前後，與反應爐連結、穿越一次圍阻體並可能發生介面冷卻水流失事故之管路皆具有串聯之電動閥及止回閥進行隔離。另，於除役過渡階段，除飼水管路、爐心隔離冷卻系統主蒸汽供給管路及主蒸汽管因不須再使用而將規劃停用並掛卡斷電禁止操作，其餘管路於除役過渡階段將仍列為維持可用系統，而於除役過渡階段電廠會建立反應爐冷卻水隔離邊界，

進行管制、相關定期檢測及功能測試，期間亦有防止反應爐壓力槽洩水操作之管制計劃(程序書 542.3)，若有發生反應爐壓力槽水位異常情況，會依據程序書 597.1 反應爐水位突降應變計劃進行相關補水及查漏策略。

機組進入除役過渡階段，並不會變更反應爐冷卻水壓力邊界隔離閥的設定點，而後續亦將依系統評估再分類與過渡作業建立反應爐冷卻水隔離邊界，於除役過渡階段也將維持定期檢測及相關設備之功能測試，擬訂除役過渡階段前期系統設備測試及檢測計畫，對安全有關設備組件定期執行相關檢測及各類設備之功能測試，與壓力邊界組件之洩漏測試等，有效掌握設備組件劣化之追蹤及確保系統設備正常功能。

台電公司答覆報告內容，經審查可以接受。

審查小組提出審查意見，針對送審報告圖號誤植，請台電公司修訂並注意送審文件品質管控。

台電公司答覆送審報告已修正完成，未來會加強報告品質管控。經審查答覆內容可以接受。

三、結論與建議

台電公司送審報告針對包括(一)電廠全黑事故演變、(二)餘熱移除所需之冷凝水水量、(三)儀控系統、(四)蓄電池負載、(五)通風喪失、(六)圍阻體/用過燃料池完整性說明、(七)通訊與照明、(八)事故救援及復原能力等八大要項，評估電廠是否有能力承受並維持用過燃料冷卻能力，以確保燃料之完整性。

經就台電公司送審報告內容及對審查小組提問之答覆內容進行審查，審查結果可以接受。

第三章 審查總結

台電公司依循運轉中電廠全黑 24 小時承受能力評估之方式，執行核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之評估，針對包括(一)電廠全黑事故演變、(二) 餘熱移除所需之冷凝水水量、(三)儀控系統、(四)蓄電池負載、(五)通風喪失、(六)圍阻體/用過燃料池完整性說明、(七)通訊與照明、(八)事故救援及復原能力等八大要項，評估電廠是否有能力承受並維持用過燃料冷卻能力，以確保燃料之完整性。

審查小組進行承受電廠全黑 24 小時之能力評估審查，共計提出 33 項審查意見，依規範標準及專業判斷，確認台電公司已澄清各審查意見，並提出安全審查報告。審查結果認為台電公司送審報告內容及對審查意見之答覆說明可以接受，因此送審之「核二廠除役過渡期間承受電廠全黑 24 小時之能力評估」，可准予備查。