

審查評估報告

送審單位	台灣電力股份有限公司
報告名稱	核能一廠除役期間緊急應變組織人力檢討評估報告

行政院原子能委員會
中華民國 111 年 3 月 16 日

目錄

摘要.....	1
壹、前言.....	2
貳、評估說明.....	2
一、核能一廠機組現況說明.....	2
二、依NEI 12-01假設核能一廠事故情境.....	3
三、第一階段人力分析.....	4
四、第二階段人力分析.....	5
五、核能一廠緊急應變組織調整說明.....	8
參、審查重點與發現.....	8
肆、審查結論.....	13

摘要

台電公司依本會 108 年第 1 次除役管制會議紀錄決議，檢視核能一廠除役期間發生設計基準事故所需應變人力需求及依用過核燃料貯放狀況評估風險，評估該廠緊急應變組織人力規劃，提報本會審查。

核能一廠進入除役過渡階段前期，兩部機皆已進入長期停機，迄今分別超過 7 年（1 號機，103 年 12 月停機）及 4 年半（2 號機，106 年 6 月停機）以上，用過核燃料衰變熱已降至低量，無高溫、高壓、高輻射之嚴苛環境，且部分設備已停止運轉，核能一廠所需擔負的緊急應變任務項目已較運轉期間大幅降低。若保守考量反應爐或用過燃料池嚴重失水之事故情境，反應爐約需 90 小時以上，用過燃料池約需 146 小時以上才會有核燃料毀損的條件，機組應變已無時間緊迫之壓力。核能一廠除役期間對核子事故應變重點為恢復爐穴與用過燃料池至正常水位，用過燃料恆有水淹蓋，並於後續大量人員、設備及物質支援後恢復正常停機冷卻及用過燃料池冷卻的能力，以確保機組安全無慮。

為能依機組現況務實調整核能一廠緊急應變組織人力，該廠模擬複合式災害同時造成二部機組爐心或用過燃料池失水情境所需執行的各項策略，進行第一階段當值人力及第二階段緊急應變人力需求分析。分析結果確認當值人力可依時序及機組需要，執行斷然處置與事故應變程序，緊急應變組織人力亦可滿足各項救援任務所需，不致有超量負荷的情況發生，可確保達成應變任務。

核能一廠以機組現況分析各應變組織所需人力，以確保用過核燃料安全為最大目標，相關人力調整評估完備，核能一廠當值人力由每值 30 人調整為 22 人，緊急應變組織由原 299 人調整為 199 人。

壹、前言

本會於 107 年 5 月 18 日審查同意核能一廠核管案 CS-JLD-101-3004(核能電廠緊急應變人力檢討)，主要係參考美國 NEI 12-01 文件對運轉中電廠執行緊急應變人力檢討評估。惟因應核能一廠已進入除役，兩部機皆已永久停止運轉，長期處於用過燃料池與爐心連通的高水位冷爐停機安全狀態，相較於功率運轉或熱停機期間高輻射高溫度的工作環境，且有部分設備停轉，所需救援措施之項目及時限已有所差異，故核能一廠通盤檢討除役期間緊急應變組織人力，依發生設計基準事故所需應變任務需求，確實評估所需應變人力。

貳、評估說明

一、核能一廠機組現況說明

核能一廠在除役後兩部機皆已進入永久停機，迄今分別超過 7 年（1 號機，103 年 12 月停機）及 4 年半（2 號機，106 年 6 月停機）。依目前所貯存核燃料衰變熱計算結果顯示，若發生用過燃料池喪失冷卻及補水能力時，無論 1 號機或 2 號機用過燃料池水溫達到 100°C 之時間皆已超過 100 小時，較運轉中電廠在應變時間上有顯著餘裕。

考量核能一廠永久停止運轉期間可能發生最嚴重之設計基準事故情境，即爐心及用過燃料池失水之狀況，依台電公司計算評估結果，發生核燃料損毀的條件在反應爐約需 90 小時以上而在用過燃料池則約需 146 小時以上，此評估結果亦遠超過 NEI 12-01 要求評估之基準。

核能一廠除役以來已陸續停用下列主要系統：

- (一)輸送高溫高壓蒸汽系統：如主蒸汽系統，因此機組內已無高溫高壓工作環境，搶修工作將更易進行。

- (二)機組洩壓系統：如 ADS/SRV 系統，因反應爐已開蓋維持常壓，已不需特意補充其氣源，減輕工作負擔。
- (三)維持反應爐水位系統：如飼水系統，避免因管路破損，放射性水源漏出的狀況，降低處理事故的複雜度。
- (四)功率轉換系統：如主汽機及發電機系統，因不再發電已停用，可降處理事故的複雜度。
- (五)緊急爐心冷卻系統：如高壓注水系統/爐心隔離冷卻系統，因反應爐已開蓋，低壓注水系統已足以補水。
- (六)備用電力系統：如氣渦輪機系統，配合除役規畫拆除，且仍有其它替代電源。
- (七)部份海水系統：如 1 號機循環水系統，因機組衰變熱極低，目前兩部機共用 2 號機循環水系統即足夠維持爐水及用過燃料池水溫。

二、依 NEI 12-01 假設核能一廠事故情境

NEI 12-01 係美國核能協會於日本福島核災事故後提出電廠發生超出設計基準事故下，檢視電廠應變人力與通訊能力之審查導則，並經美國核能管制委員會(NRC)審查通過。

電廠事故情境設定為發生大規模的外部/天然災害並造成複合式災害：雙機組事故，長時間電廠全黑(喪失所有交流電源)及喪失最終熱沉、聯外道路中斷阻礙人員與機具進入電廠。

電廠當值人員限制在最低員額，也就是電廠僅有運轉值班人員，緊急應變組織人力並未在電廠內。

廠外救援的支援能力，依時間區分為：

- (一)事故發生 0-6 小時：外界無法進入廠區，電廠的狀況由當值運轉人員應變，執行策略為使用電廠現有設備。

- (二)事故發生 6-24 小時：受限制的進入廠區(人員可藉由步行、個人的交通工具等進廠)，電廠狀況由動員成立之緊急應變組織應變，執行策略為使用廠內移動式設備以延長應變期間，以及恢復爐心及用過燃料池冷卻功能。
- (三)事故發生 24 小時後：進入廠區的交通路線已恢復至接近正常狀態，所需運輸資源充足，可大量運送設備、供應物資及人員至廠區，執行策略為使用廠內移動式設備及外部支援設備。

三、第一階段人力分析(當值人力)

第一階段當值人力分析情境為在非上班時間電廠僅有當值人力時，廠區發生複合式災害影響兩部機組造成爐心及用過燃料池水位下降，亦造成長時間電廠全黑及喪失最終熱沉，且聯外道路中斷，分析當值人員在 6 小時內所需執行程序任務(異常操作程序 AOP、緊急操作程序 EOP、斷然處置 URG 以及其他廠內程序書)所需人力。

核能一廠除役機組運轉人力在確保爐心及用過燃料池安全且備有足夠人力應變的前提下，經分析評估當值人力可依時序及機組需要，滿足執行斷然處置與事故處理程序之需求。第一階段彈性且多樣化處理策略(FLEX)當值人力應變說明如下：

- (一)除役機組因已處於爐穴高水位並與燃料池相通的狀態，且用過燃料衰變熱微弱，當發生喪失最終熱沉/廠區全黑事故，已無需執行功率運轉機組的反應爐降壓、圍阻體排氣、RCIC 手動運轉等操作，大幅減輕當值人員處理事故之工作負擔，緊急應變時間更加充裕，亦增加值班人力運用調度空間。

(二) 因反應爐/用過燃料池補水行動有多項策略，任一策略成功即為成功。為從嚴審視，採人力需求最多且需時最久的「主引接點(BCSS)變通替代注水爐心，取水源以消防水車引接」方式評估，並依目前機組人力及現況，分機組順序救援方式進行（非同時進行）。

經評估當值人力由每值 30 人調整為 22 人，符合運轉技術規範要求，且可依時序及機組需要，滿足執行斷然處置與事故處理程序之需求。

第一階段當值人力統計

職位名稱	運轉期間	除役期間
值班經理	1	1
機組值班主任(SRO)	2	2
持照運轉員(RO)	2	2
持照助理運轉員(ARO)	2	0
電氣值班主任(ELS)	1	1
電氣設備值班員(ELO)	1	0
機電助理運轉員(MEO)	2	1
反應器廠房值班員(RBO)	2	2
汽機廠房值班員(TBO)	2	0
外圍值班員(PEO)	1	1
開關場主任(SW)	1	1
開關場設備值班員(SWO)	1	0
氣渦機設備值班員(GSO)	1	0
廢料工程師(RWE)	1	1
廢料值班員(RWO)	2	2
輻射防護人員(RPT)	2	2
消防人員(AO)	6	6
總計	30	22

四、第二階段人力分析(緊急應變組織人力)

緊急應變組織人力由廠外進廠協助應變之人力分析，為從嚴想定緊急再入隊之人數，核能一廠係以同時執行斷然處

置第二階段全部策略情境來評估所需最大人力，以確保人員工作上不會造成過大身體負荷，但在實質上，因機組現況及已停用部分設備，執行時並無緊迫時間壓力，且部份策略亦有優先順序，因此人員實際上可以循序執行多項任務，更有足夠的工作餘裕。

在目前機組除役狀況下，同時執行二部機斷然處置第二階段策略所需每組緊急再入隊之人數為 34 人，另再外加隊長 1 人，每組總人數為 35 人，惟基於深度防禦與安全餘裕原則，確保再入隊員的體力與救災壓力負擔不至於超量，每組再增加 10%備用人力，即每組總人數增為 39 人，以每天兩班制，則全廠緊急再入隊之人數調整為 78 人已足夠處理廠內應變任務所需。

除役機組因燃料衰變熱極低，相關應變策略執行時除無急迫時限壓力外，其所在環境亦已少有高溫、高輻射下嚴苛環境，人員執行時之危險度及疲累度會較運轉時期低，因此可適當延長人員執勤時間，即將緊急再入隊原三班制輪值改為兩班制輪班方式，務實因應除役電廠之人力配置情形。再加上二班制每班人數 39 人亦比先前三班制每班人數 38 人相當，亦無減損原先應變人力上的佈署。

倘若發生核子事故時，電廠為全體應變組織成員動員，亦即在應變組織投入救援初期，再入隊為全部二組人力（78）人投入，在執行工作任務方面將較評估條件更有餘裕，而後續在優先的救援事項完成後，需用人力高峰期已過，才視事故發展情況將成員分梯隊輪流休息待命，並可於必要時進行支援。

其餘各工作隊之任務及人力分析說明如下：

- (一) 緊急後備運轉隊：核能一廠進入除役過渡階段前期，已無急迫性的機組緊急操作需求，惟為能保持支援值班人力量能，經評估調整為 4 人分二班協助當值運轉人員操作、事故判斷及相關資訊查詢。
- (二) 緊急供應隊：主要任務為應變時提供後勤與設備支援，任務多樣但偏重於支援性質，著重於廠內資源調度與廠外補給協調，人員可相互調度支援，因應電廠現況，經評估調整為 16 人分二班執行相關任務。
- (三) 緊急消防隊：主要任務為指揮及執行消防應變作業，因應電廠現況，經評估調整為 10 人分二班執行相關任務。另核能一廠 24 小時常駐消防班 6 人，且電廠與地方消防隊簽有支援協定，可隨時支援。
- (四) 緊急保安隊：主要任務為緊急事故時，協助駐警管制人員、車輛之進出，維持公共秩序，屬協助及聯繫人員，若發生保安事件主要由武裝保警中隊應變。因應除役電廠現況，經評估調整為 8 人分二班執行保安隊工作。
- (五) 緊急輻射偵測隊：經評估除役後，事故時之相關輻射偵測及廠區偵測工作仍需維持一定量能，維持原編制 17 人。
- (六) 緊急救護去污隊：主要任務在執行廠區集結待命時之偵測去污作業，及人員受傷急救送醫作業，經評估調整為 18 人分二班執行相關任務。
- (七) 緊急民眾資訊中心：主要任務答覆民眾對緊急事故之查詢及電子媒體回應。原接待組編制含有演習時接待外賓之公關人力 5 人及演習解說 1 人，不再列入力編制。諮詢組、新聞組、接待組原編制設組長 1 人，新的編制不設置組長直接由緊急民眾資訊中心主任指揮作業，經評估調整為 14 人分二班執行相關任務。。

五、核能一廠緊急應變組織調整說明

因應核能一廠事故後各救援策略已較停機前減少且較無緊急處理時限，在確保用過核燃料安全無虞前提下，各應變組織編制人數可做調整縮減。第二階段(含當值運轉人員)緊急應變組織人力調整如下：

第二階段(含當值運轉人員)緊急應變組織人力統計

緊急應變組織	運轉期間	除役期間
緊急控制大隊	3	3
緊急控制技術小組	19	19
當值運轉人員	19	11
緊急再入隊	115(3班)	79(2班)
緊急後備運轉隊	5	4
緊急供應隊	36	16
緊急消防隊	23	10
緊急保安隊	11	8
緊急輻射偵測隊	17	17
緊急救護去污隊	28	18
緊急民眾資訊中心	23	14
總計	299	199

核能一廠除役前期緊急應變組織人力由原 299 人調整為 199 人，經評估已可充份滿足機組所需。

參、審查重點與發現

茲就主要審查意見及台電公司回覆情形彙整如下：

Q1: 對緊急再入隊輪班編制的要求，請台電公司再進行務實評估，並提出依據說明。

台電公司回覆說明：除役機組因燃料衰變熱極低，相關應變策略執行時除無急迫時限壓力外，其所在環境亦已少有高溫、高輻射下嚴苛環境，人員執行時之危險度及疲累度會較運轉時期低，因此適當延長人員執勤時間，即將原三班制輪值改為兩班制輪班方式，除仍可順利達成任務需求外，亦可務實因應除役電廠之人力配置情形。再加上二班制每班人數 39 人亦比先前三班制每班人數 38 人相當，亦無減損原先當班應變人力上的佈署。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q2: 緊急保安隊職司保安事件應變，其人力需求於電廠除役前後應無差別，請台電公司再審慎評估。

台電公司回覆說明：核能一廠 24 小時由專業武裝保警中隊進行維安工作，若遭受恐怖攻擊及重大意外事故將與支援協定之警力/軍方單位請求支援，相關維安量能足夠。而本隊任務主要為緊急核子事故時，協助駐警管制人員、車輛之進出，維持公共秩序，屬從旁協助及聯繫人員，若發生保安事件應變主要由具備武裝的保警中隊執行。因在除役後因廠內人員及執行救援策略的減少，本隊相關管制事項亦隨之減少，因此微調核能一廠緊急保安隊調整為二班共 8 人以足以執行保安隊工作。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q3: 除了核子事故，除役拆除期間的工安與消防事件應變，請台電公司納入當值人力及緊急應變組織人力評估。

台電公司回覆說明：在當值消防人員部分，福島事件前核能一廠之消防人員即為每值六位，符合 10 CFR50 App. R 至少五人要

求，已可處理廠內一般工安及消防事件應變，之後因福島事件需在運轉電廠發生核子事故狀態下，能配合執行 URG 策略，因此擴增為八位，而現今電廠已進入除役階段，此階段執行 URG 策略之時限及壓力已與運轉中電廠有極大差異，經確認相關需消防員配合執行之 URG 策略所需最多消防員人力為六人，因此當值消防人員數量為六人應為合理。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q4：依目前台電公司之規劃，當值運轉人員將由 19 人調整為 14 人，請澄清當值運轉人員減少後，如何滿足核能一廠第一階段反應爐補水策略（CS.1-0116）之人力需求？

台電公司回覆說明：因反應爐/SFP 補水行動於程序書 D1452.2 內有多項策略，任一策略成功即為成功，然為從嚴審視，當評估採人力需求最多且需時最久的「主引接點(BCSS)變通替代注水爐心，取水源以消防水車引接」方式且設定同時兩部機皆發生事故時，以目前燃料衰變熱極低的機組現況，將可依序分機組順序救援方式進行（非同時進行），加計當值消防班人員，每部機需 11 人次/30 分鐘，2 部機合計需花費 22 人次/60 分鐘，惟此狀況下實際動員人員為 11 人，當值人員即可執行補水策略，因此可滿足第一階段補水人力需求。

第 2 次審查意見：依據人力需求分析表，其中有人力分析配合控制室起動 500kW-480V 柴油發電機，但電廠未考慮 500kW-480V 柴油發電機（在事故 6 小時內無廠外救援能力）其使用 6 小時勢必須補充燃油，此部分之人力需求未見相關分析，請補充說明。

台電公司回覆說明：第一階段機組人員主要任務為維持用過燃料安全及圍阻體完整性，執行策略為爐心/用過燃料池注水、二次圍阻體降壓、5th 柴油機供電至兩部機組及必要相關之機組

災害後檢查；而 500kW-480V 柴油發電機起動原為第二階段策略，主要為維持 DC 直流電可用時間，在第一階段屬控制室可機動運用項目，會視機組及燃油狀況決定啟動時間及是否以備用台接替，不影響本階段所需執行之救援項目，而補充燃油部份將由第二階段人力進廠後執行，故不列入第一階段中分析。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q5：目前核能一廠爐心尚有燃料，請澄清當值運轉人員減少後，如何確保發生事故時，控制室監控反應爐及用過燃料池內燃料安全之人員仍可符合法規人力需求？另請補充說明減少的當值運轉人員之職位名稱，並澄清其他當值人員是否具備足夠能力可在發生事故時互為替代？

台電公司回覆說明：依據運轉規範 16.6.2.2 節值班每值最少成員為值班經理一人、每一機組至少一名執照運轉員及無執照人員三員，依核能一廠值班人力配置可符合法規人力需求。

減少的當值運轉人員之職位名稱(兩部機)：

1. 反應器附屬設備運轉員(每部機 1 位共 2 位)
2. 機電助理運轉員 1 位
3. 汽機值班員(每部機 1 位共 2 位)
4. 開關場值班員 1 位
5. 氣渦輪機值班員 1 位
6. 電氣值班員 1 位

運轉值班人員於每年都會接受 FLEX 緊急應變策略之課堂解說與現場操作演練課程，藉由訓練與演練使每位當值人員具備所需的知識、技能，並能熟練地完成任務，另核能一廠已進入除役過渡階段，爐穴高水位與燃料池相通的狀態，用過燃料衰變熱日趨微弱，可應變時間較充裕，增加值班人力

運用調度空間，依目前機組人力及現況分機組順序救援方式進行，當值人員可相互支援，可具備足夠能力在發生事故時互為替代。

第 2 次審查意見：電廠減少機電助理/電氣值班員/開關場值班員等崗位，其原本應執行之 FLEX 緊急應變策略與現場操作，依據電廠說明每位當值人員均具備所需知識，但本會查證電廠訓練課程，似並不包括廢料工程師/廢料值班員/輻射防護人員/消防人員，因此前述人員能否替代機電助理/電氣值班員/開關場值班員崗位，請澄清說明，若無法替代，則相關 FLEX 緊急應變策略人力分析應再詳細說明是否足夠。

台電公司回覆說明：因核能一廠已進入除役過渡階段，燃料衰變熱極低，可應變時間較充裕，增加運轉值班人力運用調度空間，依目前機組人力配置且分機組順序救援方式下可順利執行第一階段救援策略；電廠所減少的機電助理/電氣值班員/開關廠值班員等崗位人員，在 FLEX 緊急應變策略人力由廢料值班人員替代。

有關電廠訓練課程未包含廢料工程師/廢料值班員/輻射防護人員/消防人員說明如下：

1. 廢料等值班人員仍有配合相關課程進行訓練，惟未盡完整，經查 110 年度約有一半人員接受相關訓練，未來將留意相關人員之訓練，確保廢料值班相關人員均有接受與其 FLEX 救援相關任務之訓練。
2. 輻射防護人員因專責在機組輻防管制，未安排 FLEX 救援任務，因此訓練課程並未將其包含。
3. 消防班人員每年均配合值班進行斷然處置程序訓練，訓練紀錄皆有保存，以 110 年度而言，分別於 3~8 月間完成五個班次訓練；另每年緊急應變計畫演習均有安排爐心或用

過燃料池補水相關演練，若須執行 FLEX 注水策略可確保完成其任務。

4. 為確保明年度廢料值班人員及消防班人員都有接受到 FLEX 救援任務相關訓練，已執行下列作法進行控管：

(1) 已告知相關組經理，此項目為年度必要訓練，須做好相關人員訓練管控。

(2) 訓練組於 111 年度起在訓練課程表，加註該項訓練廢料值班及消防班人員必須參訓，並追蹤是否完成訓練。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

肆、審查結論

核能一廠進入除役過渡階段前期，兩部機皆已進入長期停機，迄今分別超過 7 年（1 號機，103 年 12 月停機）及 4 年半（2 號機，106 年 6 月停機）以上，用過核燃料衰變熱已降至低量，無高溫、高壓、高輻射之嚴苛環境，且部分設備已停止運轉，核能一廠所需擔負的緊急應變任務項目已較運轉期間大幅降低。若保守考量反應爐或用過燃料池嚴重失水之事故情境，反應爐約需 90 小時以上，用過燃料池約需 146 小時以上才會有核燃料毀損的條件，機組應變已無時間緊迫之壓力。核能一廠除役期間對核子事故應變重點為恢復爐穴與用過燃料池至正常水位，用過燃料恆有水淹蓋，並於後續大量人員、設備及物質支援後恢復正常停機冷卻及用過燃料池冷卻的能力，以確保機組安全無慮。

為能依機組現況務實調整核能一廠緊急應變組織人力，該廠模擬複合式災害同時造成二部機組爐心或用過燃料池失水情境所需執行的各項策略，進行第一階段當值人力及第二階段緊急應變人力需求分析。分析結果確認當值人力可依時序及機組需要，執行斷然處置與事故應變程序，緊急應變組織人力亦可滿足各項救援任務所需，不致有超量負荷的情況發生，可確保達成應變任務。

核能一廠以機組現況分析各應變組織所需人力，以確保用過核燃料安全為最大目標，相關人力調整評估完備，核能一廠當值人力由每值 30 人調整為 22 人，緊急應變組織由原 299 人調整為 199 人。經審查，台電公司之檢討評估報告內容可以接受。