NT-SER-111-01

審查評估報告

送審單位	台灣電力公司
報告名稱	核一、二、三廠緊急應變計畫區 檢討修正報告

行 政 院 原 子 能 委 員 會

中 華 民 國 **111**年 **1**月 **27**日

目錄

摘要.....1

壹、「核一、二、三廠緊急應變計畫區檢討修正報告」內容概述及審查結果.....4

第一章、綜合概述.....4

第二章、評估執行方法說明.....6

第三章、核一、二、三廠緊急應變計畫區分析結果.....18

第四章、技術要項差異比較.....23

第五章、結論.....26

貳、審查結論.....27

摘要

根據「核子事故緊急應變法施行細則」第四條規定，核子反應器設施緊急應變計畫區（Emergency Planining Zone, EPZ）經中央主管機關核定公告後，經營者應每五年檢討修正一次，並於期限屆滿前六個月至九個月內，報請中央主管機關核定公告。

本會前於 105 年 11 月 8 日核定公告核一、二、三廠緊急應變計畫區為距核子反應器設施中心半徑 8 公里範圍，台電公司依前述規定，於 110 年 5 月 6 日陳報「核一、二、三廠緊急應變計畫區檢討修正報告（110 年 5 月版）」。緊急應變計畫區範圍之評估依照「核子事故緊急應變法施行細則」第三條第一項規定的準則，採更新輻射源項及氣象資料，以 105 年評估方法執行。考量各廠機組現況，核一廠與核二廠進行除役過渡階段評估、核二廠與核三廠進行全功率運轉階段評估。

為周延本案修正報告審查，分成兩階段辦理，第一階段先經程序審查確認台電公司提送報告之完整性後，隨即邀集我國輻射安全、核子工程及大氣科學領域專家學者，成立審查小組進行實質審查。先於 110 年 6 月 8 日函請審查委員進行書面審查，彙整書面審查意見後提供台電公司修訂，並於 9 月 15 日、10 月 5 日、11 月 10 日共計召開 3 次審查會議，針對各項審查意見與回覆內容充分討論，總計提出 139 項審查意見。經台電公司逐項回復及修訂報告內容，所有審查意見，委員均已同意結案。台電公司遂於 111 年 1 月 19 日函報「核一、二、三廠緊急應變計畫區檢討修正報告（111 年 1 月版）」予本會核定。

本審查評估報告根據台電公司提報之「核一、二、三廠緊急應變計畫區檢討修正報告（111 年 1 月版）」及審查意見回復說明撰寫而

成。各章內容包含「報告內容概述」、「審查重點與發現」及「審查結果」三部份。

本案經審查後達成以下結論：

一、 評估結果顯示核一、二、三廠緊急應變計畫區範圍分別在 0.5、2.5、2.5 公里即可符合「核子事故緊急應變法施行細則」第三條第一項規定的準則。

二、 依「核子事故緊急應變法施行細則」第三條第二項規定，以核子反應器設施為中心分析計算之緊急應變計畫區不得小於 5 公里，考量本會前於 105 年 11 月 8 日核定公告核一、二、三廠緊急應變計畫區為 8 公里，雖然核一、二廠目前已陸續進入除役階段，但其燃料棒尚未移出反應爐及用過燃料池，因此仍比照運轉中電廠進行安全管制，決議核一、二、三廠緊急應變計畫區仍維持 8 公里。

三、 台電公司「核一、二、三廠緊急應變計畫區檢討修正報告(111 年 1 月版)」經本會審查同意，本會將依核子事故緊急應變法第 13 條規定，核定公告核一、二、三廠緊急應變計畫區 8 公里範圍之行政村里。

「緊急應變計畫區」範圍，是指萬一核災發生時，受輻射影響風險較高，需及時在該區域內採取民眾室內掩蔽、預防性疏散、碘片服用等防護措施，其範圍是參考美國方法，考量機組安全度評估結果、可能產生的事故狀況，與電廠周圍的地理及氣象條件等，依科學分析結果為依據劃定。

目前我國的核災整備係結合核子事故緊急應變法與災害防救法機制辦理，實務整備作業已擴及 16 公里範圍，並已在近年核安演習中演練包含 8 至 16 公里環境輻射偵測、細胞廣播服務(CBS)與民防系

統廣播等各類訊息通知，以及跨縣市收容安置，並應用全國可支援核災應變整備能量盤點結果，進行支援調度演練。雖然緊急應變計畫區外遭受輻射影響的風險較低，但本會仍基於料敵從寬、禦敵從嚴的精神，結合災害防救法機制，推動 8 至 16 公里的整備作業，並與各相關部會與地方政府共同完成全國可支援應變能量盤整，進一步掌握全國救災資源，並將持續藉由演習演練精進，確保核子事故應變效能。

壹、「核一、二、三廠緊急應變計畫區檢討修正報告」內容概述及審查結果

第一章、綜合概述

一、報告內容概述

本章綜合概述內容對應到台電公司檢討修正報告之摘要、第 1 章前言及第 2 章緊急應變計畫區評估準則，重點在於描述緊急應變計畫區之緣起及依據，緊急應變計畫區為核子事故發生時，必須實施緊急應變計畫及即時採取民眾防護措施之區域，藉由實施民眾防護措施，可避免核子事故對於民眾早期確定性健康效應之發生，同時抑低中、長期的機率效應風險。另摘要說明過去與本次的評估方法與結果，以及詳述緊急應變計畫區評估準則。

在事故發生之前，實務上無法明確得知事故之原因及其嚴重程度，因此必須歸納出可能發生之情況以及放射性物質外釋程度，如設計基準事故（Design-Basis Accident, DBA）與爐心熔損之嚴重事故（Severe Accident, SA）即分別代表不同程度之事故類型；對於事故之劑量影響程度及範圍，主要可由事故類型以及事故期間之氣象條件決定。

緊急應變計畫區評估準則定於核子事故緊急應變法施行細則第三條第一項規定，共計有三項準則：

(一) 設計基準事故在緊急應變計畫區外所造成之預期輻射劑量，不超過核子事故民眾防護行動規範之疏散干預基準。

(二) 爐心熔損事故在緊急應變計畫區外所造成之預期輻射劑量，超過核子事故民眾防護行動規範疏散干預基準之年機率

應小於十萬分之三。

(三) 爐心熔損事故在緊急應變計畫區外所造成之預期輻射劑量，超過二西弗之年機率應小於百萬分之三。

二、審查重點與發現

茲就本章主要審查意見（含括台電公司檢討修正報告之摘要、第1章前言及第2章緊急應變計畫區評估準則）及台電公司回覆情形彙整如下：

Q1：

爐心熔損之嚴重事故（SA）考慮雙機組之作法是直接將單機組之劑量倍增或是僅考慮核電廠因強震以及海嘯所造成之事故情況對雙機組之影響？

台電公司回覆說明：

嚴重事故(SA)考慮雙機組之作法是直接將單機組之爐心活度盤存量倍增，其評估方法於105年通過原能會審查。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

三、審查結果

本章包含台電公司檢討修正報告之摘要、第 1 章前言及第 2 章緊急應變計畫區評估準則，重點在於描述我國核電廠緊急應變計畫區之緣起、法規依據，摘要說明評估方法以及評估結果。

台電公司依據「核子事故緊急應變法施行細則」第三條第一項之規定，執行核電廠緊急應變計畫區之範圍評估。本報告進行之設計基準事故及嚴重事故劑量及機率相關評估條件亦依據上述細則之規定。其內容依審查意見修訂後可以接受。

第二章、評估執行方法說明

一、報告內容概述

本章內容對應到台電公司檢討修正報告第 3 章評估執行方法說明，主要說明評估的詳細方法與使用之參數。本次評估流程與前次 105 年相同，評估所需主要資料，包括各廠之輻射源項（係指圍阻體一開始外釋至環境的輻射源項）及各事故之外釋率與外釋時序、相對應之全年氣象逐時資料（民國 104 年至民國 108 年氣象資料），再以 MACCS 3.7（MELCOR Accident Consequence CodeSystem Version 3.7）程式進行事故影響之劑量評估，得出劑量及劑量機率之評估結果，整體評估執行架構如圖 1、使用之計算工具彙整如表 1。

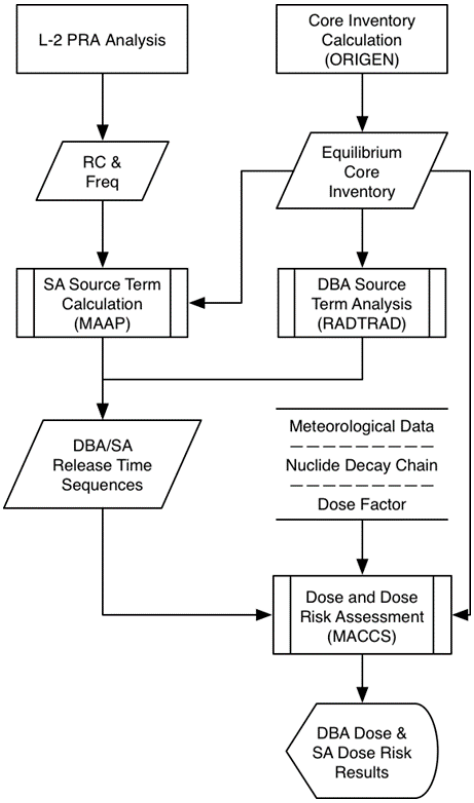

圖 1 核電廠設計基準事故及嚴重事故之劑量與劑量機率評估執行架構

表 1 本次檢討修正使用之計算工具彙整表

技術要項	前次檢討(民國105年) 使用程式	本次檢討使用程式
爐心活度盤存量	ORIGEN 2	ORIGEN 2
DBA 輻射源項	RADTRADv3.03	RADTRADv3.03
一、二階PRA	WinNUPRA/WinNUCAP	WinNUPRA/WinNUCAP
嚴重事故輻射源項	MAAP5.0.3	MAAP5.0.4
大氣擴散模式	WinMACCS/MACCS 3.7	WinMACCS/MACCS 3.7

因核電廠機組已開始陸續進入除役階段，因此，此次台電公司檢討修正之分析，視各廠的機組狀態不同而分為「核二、三廠全功率運轉階段」與「核一、二廠除役過渡階段前期」等兩部分。

以下針對分析採用的輻射源項、氣象資料、劑量與劑量機率評估之重點說明如下：

(一)輻射源項

針對核二、三廠全功率運轉階段之輻射源項，劑量評估時所運用的內容，包括爐心活度盤存量、分裂產物外釋分率與排放時序等 3 部分。

在爐心活度盤存量的計算上，以 ORIGEN 2（Oak Ridge Isotope GENeration, Version 2）程式計算。設計基準事故（DBA）以該核電廠終期安全分析報告（Final Safety Analysis Report, FSAR）訂定之 105%原始執照功率（Original Licensed Thermal Power, OLTP）進行計算，而爐心熔損之嚴重事故（SA）的計算則以額定最大功率（Current Licensed Thermal Power, CLTP）進行計算，以上計算結果為後續分裂產物外釋分率分析之源頭。

有關分裂產物外釋分率，因核二、三廠的設計基準事故（DBA）中，皆以大破口冷卻水流失事故（Loss of Coolant Accident, LOCA）之外釋活度最大，故核二、三廠之設計基準事故皆以

LOCA 為代表。評估時考量各外釋途徑，核二廠考量一次圍阻體洩漏與主蒸汽隔離閥（Main Steamline Isolation Valve, MSIV）洩漏，核三廠考量圍阻體洩漏與特殊安全設施（Engineering Safety Feature, ESF）洩漏及圍阻體低容積排放，總外釋分率為各途徑外釋分率之總和，而排放高度設定則取較低之排放點，以維持保守度。

而爐心熔損之嚴重事故（SA）的外釋，採與前次（105 年）檢討修正報告相同的外釋類別（Release Category, RC），但依最新數據更新各類別的機率，並以嚴重事故分析程式 MAAP 5.0.4（Modular Accident Analysis Program, Version 5.04)計算各類別之外釋輻射源項與各核種群組之外釋分率。

因核電廠採深度防禦設計，即使爐心在事故中熔損，在圍阻體完整情況下仍可有效地防止放射性物質外釋，故在安全度評估（Probabilistic Risk Assessment, PRA）中，除爐心熔損頻率外，尚須考量圍阻體於事故中喪失完整性的發生頻率，即二階安全度分析（Level 2 PRA）。另即使圍阻體於嚴重事故中喪失功能，也不表示所有放射性物質均會外釋到環境，因此在二階安全度分析中需計算外釋到外界環境的放射性物質的發生時間、種類、數量與能量，即所謂的輻射源項（Source Term）。

至於排放時序，發生核子事故後之劑量分析依法規須考量事故後放射性核種連續 7 日排放之情形，但因 MACCS 3.7 劑量評估程式煙羽數目上限為 4 、各煙羽持續時間不超過 24 小時之輸入限制下，分析時將排放序列分割為第 1、2、3 以及 4~7 天共 4 煙羽，而各煙羽排放持續時間設定為 24 小時，即保守將第 4~7

天共 4 天的排放量，集中於第 4 天內完全釋出，以總排放濃度不變、連續 4 日排放之情況下，儘可能符合實際排放情況進行計算。

另外，針對核一、二廠除役過渡階段前期之評估，考量此時機組維持與大修停機燃料填換近似之狀態，核一廠為反應爐爐蓋開啟、爐穴滿水位、用過燃料池（SFP）閘門移除；核二廠為反應爐爐蓋開啟、爐穴滿水位、燃料上池閘門移除，劑量評估時所運用的內容，另尚需考量用過燃料池（SFP）狀況。有關核一、二廠除役過渡階段前期之輻射源項，與核二、三廠全功率運轉階段之差異說明如下。

除役過渡階段前期爐心活度盤存量與全功率運轉階段差異最大的地方在於冷卻時間設定上的差異，全功率運轉階段活度盤存量並沒有經過冷卻時間，除役過渡階段前期活度盤存量計算假設核一廠經過 942 天冷卻，核二廠經過 7 天冷卻。而用過燃料池（SFP）活度盤存量則是以統計方式，選取燃耗值及運轉天數分布數量最多之燃料束作為代表性用過燃料束，將代表性燃料束資訊平均，視為一個虛擬燃料束資訊，並以此虛擬燃料束填滿整個用過燃料池（SFP），考量工程保守計算將燃料元件重量再乘上 1.2，以 ORIGEN 2 程式計算出用過燃料池（SFP）活度盤存量。

有關分裂產物外釋分率，核一、二廠除役過渡階段前期之設計基準事故亦以 LOCA 為代表。而嚴重事故（SA）的外釋，針對爐心部分，因此時反應爐處於開蓋，且與二次圍阻體處於大氣連通狀態，由於二次圍阻體並不具氣密性，因此保守假設爐心燃料熔損後，放射性物質即外釋到大氣，因此僅有 1 個外釋類別（RC）。另因核二廠用過燃料池與反應爐配置於不同廠房，本次分析係個別發展相應的一階安全度分析（Level 1 PRA）模式，針

對用過燃料池（SFP）考量喪失外電以及喪失冷卻之肇始事件，其中以喪失外電（LOOP）所佔的風險最大，因而選擇 LOOP 代表事故的依據，其情節為喪失外電且無法回復下，又無池內注水及池水冷卻，用過核子燃料一旦無水覆蓋裸露，則放射性物質直接外釋到大氣。

(二)氣象資料

本次評估使用的氣象資料為 104 至 108 年核一、二、三廠廠區氣象塔之逐時觀測資料，核一、二廠各有 2 座氣象塔，核三廠有 1 座氣象塔，每個氣象塔上的高層跟低層分別安裝監測儀器，由於監測儀器又區分為微風啟動（LT）及強風啟動（GP），因此每座氣象塔都有 4 組氣象資料（高層-微風、高層-強風、低層-微風、低層-強風），核一、二、三廠各有 8、8、4 組氣象資料。台電公司評估時係將各組氣象資料個別分析計算，所得結果經過整理後取最大值(保守值)。本次評估使用的氣象資料包括風向、風速與垂直溫差、雨量之觀測資料，說明如下。

劑量評估時風向為關鍵因素，由下風向分布便可初步判斷劑量最大值出現的方位。核一廠的下風向以西南方與北方比例稍高、核二廠的下風向明顯偏向西南西及鄰近方位、核三廠的下風向則明顯偏向西南及南南西方。

評估使用的風速資料，則是將各監測點的高度風速先以公式修正為離地 10 公尺高之風速，作為 MACCS 程式的輸入資料；而 MACCS 程式於分析計算時，再依程式內所設定之排放高度，回推於該高度之風速值。風速修正時會使用到大氣穩定度相關之參數，大氣穩定度可分為 7 類（由極不穩的 A 類到非常穩定的 G

類），每個氣象塔所得的大氣穩定度來自於高層、低層監測儀器量測之垂直溫差，再查表可得該氣象塔之大氣穩定度資料。

大氣穩定度會影響風速，即影響擴散因素，另外降雨也會影響擴散。降雨時，放射性物質會被雨水刷下，沉降會加快，如降雨在近廠址處，放射性物質沉降在廠區與近電廠處的量會較高。經統計，核一、二、三廠降雨時數皆相當穩定，大氣穩定度部分，核一、二廠主要集中在 C/D 級與 E 級、核三廠則集中在 A/B 級與 C/D 級。

(三)劑量與劑量率機率

本次評估核電廠意外事故之劑量與劑量機率，係以 MACCS 3.7 程式執行，該程式功能主要包含大氣擴散模組(ATMOS)、早期效應模組(EARLY)及中長期效應模組(CHRONC)三大部份，配合輻射源項、核種外釋時序以及氣象監測資料等資訊，得以評估放射性核種外釋對於廠外環境之影響，劑量評估架構如圖 2。

依據「核子事故緊急應變法施行細則」第三條規定，緊急應變計畫區範圍評估主要以疏散干預基準之劑量及超過疏散干預基準之機率為考量，因此緊急應變計畫區主要以早期效應模組(EARLY)所計算之劑量及機率結果作為範圍劃定參考。

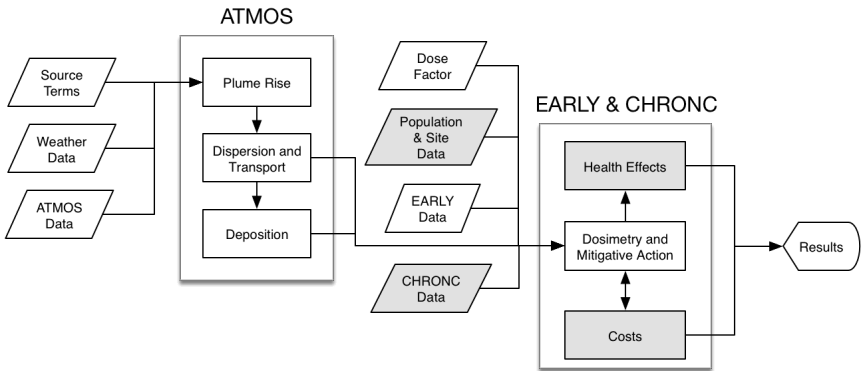

圖 2 MACCS3.7 劑量與風險評估計算流程

二、審查重點與發現

茲就本章主要審查意見及台電公司回覆情形彙整如下：

Q1：

在爐心活度盤存量的計算上，設計基準事故(DBA)依照FSAR訂定105%設定功率大小進行計算，而嚴重事故(SA)的計算則以額定最大功率(100%設定功率大小)進行計算。在此所用額定最大功率為多少？在此案分析是否考量其提升值所造成之活度，尤其是SA的計算值差異？是否具保守性？

台電公司回覆說明：

設計基準事故(DBA)計算功率是依照 FASR 要求(105%原始功率)進行設定，故其安全餘裕與FSAR標準一致。嚴重事故(SA)計算功率則以經過小幅度功率提升(Measurement Uncertainty Power Uprate, MRU)或中幅度功率提供(Stretch Power Uprate, SPU)後之功率進行計算設定，因功率提高造成中子照射通率也變高，故燃料組件經中子照射產生反應的次數也提高，故以 MRU 或SPU後之功率進行計算之活度盤存量應具有其保守性。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q2：

本評估報告使用 MACCS 程式進行評估，保守將第 4~7 天共 4 天的排放量，集中於第 4 天在1 天內完全釋出，此作法係受限於 MACCS 程式，105年之作法亦相同。請問集中於第一天排放與分為四天排放對劑量的影響為何?其保守程度如何?

台電公司回覆說明：

如下表所示，MACCS 程式裡將排放量設定為4個 plume 進行排放，在程式設定上前3天的排放分別為 plume01~plume03，第4~7天連續4天的排放量集中於第4天內完全釋放為 plume04，並可看出各 plume 的排放量佔比

plume01排放量佔比約為95%，此時已將大部分物質釋出，若將 plume02~plume04約為5%的排放量佔比集中於 plume01排放其對劑量的影響不大。因此在總排放濃度不變的情況下，將原本分為4個 plume 的排放量集中於 plume01一次排放雖然較為保守一點，但分為4個 plume 排放比較符合實際狀況。

	NG	佔比	I	佔比	Rb Cs	佔比
Plume01	9.68E-01	95.72%	9.61E-01	95.34%	9.50E-01	94.29%
Plume02	1.98E-02	1.96%	1.56E-02	1.55%	2.57E-02	2.55%
Plume03	1.61E-02	1.59%	8.86E-03	0.88%	9.20E-03	0.91%
Plume04	7.35E-03	0.73%	2.25E-02	2.23%	2.26E-02	2.24%

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q3：

為什麼除役過度階段電廠的嚴重事故只延續一階爐心熔損事故，沒有考慮二階圍阻體喪失功能情節?

台電公司回覆說明：

依據本報告敘述有關核一廠電廠的運轉組態，已經沒有所謂一次圍阻體。而二次圍阻體的系統能力遠不如一次圍阻體(耐壓能力低)，因此不考量其功能；而核二廠依據運轉規範3.6節其圍阻體組態應無此規範限制的要求，故保守假設一次與二次圍阻體 Mode 5時處於連通狀態，因而沒有考慮二階圍阻體喪失功能情節。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q4：

請整理除役過渡階段前期之輻射源項與全功率運轉階段的主要差異，並說明其可能造成的影響。

台電公司回覆說明：

最主要的差異在於冷卻時間的設定。在爐心盤存量計算方面，除役過渡前期計算出來的盤存量皆有經過冷卻時間(依各廠設計狀況)，但全功率所計算出來的盤存量皆為停機時的計算結果。主要造成的影響是盤存量經過冷卻時間後，短半衰期之核種存量會大幅下降。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q5：

第3.2.4節敘述根據嚴重事故分析程式 MAAP 計算，事故後約35小時分裂產物開始從反應器壓力槽爐心燃料外釋，而 SFP 於事故後約10.9天才有分裂產物外釋，有關 SFP 事故計算是否考慮發生 LOCA 後，用過燃料池因與爐心連通，其水位將下降至燃料閘門底部，距剩燃料頂端約20公分之狀態，其燃料破損時間是否仍為10.9天？另 MAAP 是否適用爐心開蓋及反應爐高水位狀態，請一併澄清說明。

台電公司回覆說明：

1. 本報告3.2.4節中核一廠用過燃料池 MAAP 分析之情節，即是考慮發生 LOCA 後，用過燃料池因與爐心連通，其水位將下降至燃料閘門底部的狀況。
2. MAAP 程式於5.04版新增停機模式，可以計算爐心開蓋及反應爐高水位狀態。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q6：

本報告評估之氣象資料的正確性與完整性是否足夠？微風啟動與強風啟動兩組風速資料如何取捨、整合？並請加以說明引用相關的氣象塔檢修維護報告。

台電公司回覆說明：

1. 核電廠氣象監測儀器均依據程序書定期執行儀器維護保養及功能測試，以確保氣象監測資料之正確性；另氣象監測及檢修維護資料均記錄儲存於數位記錄器及電廠緊急應變電腦系統，確保氣象資料之完整性。
2. MACCS 程式在數據計算中都是先各別運跑計算各類風速資料(高層-微風、高層-強風、低層-微風、低層-強風)的結果，再將所有各別計算結果進行統計彙整，最後以所有風速條件的最大值(具保守性)作為界定範圍的依據，因此沒有預先將微風啟動與強風啟動風速資料進行整合與取捨。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q7：

MACCS3.7程式早期效應模組(EARLY)，結果輸出參數區塊有10種，但最後選擇了 TYPE B 作為輸出結果，請具體說明考量原因及理由？

台電公司回覆說明：

本評估需考量不同方位劑量隨距離之變化，因此選擇 TYPE B 輸出各方位距離網格點內之劑量。由於 TYPE B 輸出數目限制為32個，無法將所有方位及距離區間之劑量結果整併於一個案例

運跑，因此本評估建立16組早期效應輸入檔(D01~D16)，每次運跑之輸出結果為同一方位不同距離區間之劑量。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q8：

請詳加說明以 SSHAC Level 3程序及地質新事證計算出核電廠地震危害分析結果，是否會影響 EPZ 評估過程中所用到的安全度評估（如影響圍阻體於事故中喪失完整性的發生頻率），或評估過程中所使用之其他項目。如有影響，請再進一步說明對 EPZ 評估結果的影響。

台電公司回覆說明：

緊急應變計畫區(EPZ)之分析係依據「核子事故緊急應變法施行細則」規定的評估準則，進行設計基準事故及嚴重事故之評估。地震是間接導致核電廠發生核子事故因素之一。台電公司 SSHAC Level 3地質新事證對核電廠地震危害分析的工作，共分2階段執行，第一階段執行加速耐震評估程序(ESEP)，目的為改善具較高地震風險之設備，以提升耐震餘裕，確保有一條安全注水路徑，已報原能會審查中。第二階段執行耐震風險評估(SPRA)，目前已委請核研所分析中，因此110年 EPZ 檢討修正並無包括 SSHAC Level 3地震對 EPZ 影響的評估，待 SPRA 評估報告完成後，納入下次 EPZ 檢討修正報告之參考。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

三、審查結果

本章節重點為台電公司說明核電廠緊急應變計畫區評估之執行方法。本次評估流程與前次(105 年)相同，並考量核一、二廠機組已陸續停機，進入實質除役階段，核三廠 2 部機組則仍處於商轉狀態。因此本次評估分析，視各廠的不同組態而進行「核二、三廠全功率運轉階段」與「核一、二廠之除役過渡階段前期」兩部份評估。本章關於評估執行方法說明，依審查意見修訂後，其內容可以接受。

第三章、核一、二、三廠緊急應變計畫區分析結果

一、報告內容概述

本章內容對應到台電公司檢討修正報告第 4 章核一、二、三廠緊急應變計畫區分析結果，主要說明依第 3 章評估方法及「核子事故緊急應變法施行細則」第三條第一項規定準則，完成設計基準事故(DBA)外釋情節下，16 方位各距離點之劑量評估，以及嚴重事故(SA)外釋情節下，16 方位各距離點超越民眾防護行動規範疏散干預基準 50mSv、100mSv 之年機率及超越 2Sv 之年機率評估。各廠計算分析結果重點如下，並彙整於表 2。

(一)核一廠

核一廠 2 部機組目前維持在除役階段前期，因此參考大修停機模式與現行運轉組態建立風險評估模型，考量爐心與用過燃料池(SFP)可能發生的各種事故序列，選用最具代表性的放射性物質外釋事件「爐心大破口冷卻水流失事故(LOCA)且所有救援系統不可用」來代表核一廠發生燃料熔損事故的風險。此事件的發生頻率保守假設為各種事故序列發生頻率的總和(每年 $2.9x10^{-7}$)。

本次分析，核一廠的設計基準事故(DBA)只考量一種外釋情節(LOCA)，嚴重事故(SA)亦只包含一外釋類別(LOCA)，又核一廠有 2 座氣象塔，在 104 至 108 年間共計產生 40 組氣象資料(8 組/年)，因此在不同方位與氣象組合下，一個距離點可

計算出 640 個劑量值或劑量年超越機率值。經過分析結果顯示在 0.5 公里處即可符合準則規範。

(二)核二廠

核二廠 1 號機已於 110 年 12 月 28 日起進入除役階段前期，2 號機尚在運轉中，因此台電公司本次分析，除以 2 機組全功率運轉狀況評估，另參考核二廠大修停機模式與現行運轉組態建立風險評估模型，考量爐心與用過燃料池(SFP)可能發生的各種事故序列進行評估。

本次分析，在全功率運轉階段，設計基準事故(DBA)只考量一種外釋情節(LOCA)，嚴重事故(SA)則包含 25 種外釋類別。在除役過渡階段，經風險評估得到爐心與用過燃料池(SFP)之燃料裸露整體頻率分別為每年 $2.15x10^{-6}$ 與每年 $6.42x10^{-7}$。

考量爐心與用過燃料池(SFP)的用過燃料位於獨立廠房，故分別選用最具代表性的放射性物質外釋事件來代表核二廠發生燃料熔損事故的風險。爐心選用大破口冷卻水流失事故(LOCA)且所有救援系統不可用，用過燃料池(SFP)則選用喪失廠外交流電源(LOOP)且 SFP 緊急注水系統不可用。又核二廠 2 座氣象塔，在 104 至 108 年間共計產生 40 組氣象資料，結合不同方位與氣象組合進行分析，結果顯示在 2.5 公里處即可符合準則規範。

(三)核三廠

核三廠 2 部機組都在運轉中，因此僅針對全功率運轉階段進行評估。其設計基準事故(DBA)考量一種外釋情節(LOCA)，嚴重事故(SA)則包含 22 種外釋類別。又核三廠只有 1 座氣象塔，在 104 至 108 年間共計產生 20 組氣象資料(4 組/

年)，因此在不同方位與氣象組合下，一個距離點可計算出 320 個劑量值或劑量年超越機率值。經過分析結果顯示在 2.5 公里處即可符合準則規範。

另台電公司分析本次與前次(105 年)緊急應變計畫區評估差異比較如表 3。其中核二廠本次分析使用之近 5 年降雨時數所佔比例相對前次(105 年)分析之降雨時數小，放射性物質不易被雨水沖刷，因此，沉降距離相對較遠，評估距離變大。另核三廠本次分析之大氣穩定度 Class C/D (大氣穩定度分類中，風速最大)所佔比例比前次(105 年)檢討修正報告小，因此沉降距離會相對較近，評估距離變小。

表 2 本次各電廠緊急應變計畫區詳細分析結果

電廠組態	DBA (50 mSv)	SA(50 mSv) 年機率<$3x10^{-5}$	SA(2 Sv) 年機率<$3x10^{-6}$
核一廠(除役過渡階段前期)	0.5 km	0.5 km	0.5 km
核二廠(除役過渡階段前期)	2.0 km	0.5 km	0.5 km
核二廠(全功率運轉階段)	1.0 km	1.0 km	2.5 km
核三廠(全功率運轉階段)	0.5 km	0.5 km	2.5 km

表 3 民國 105 年與本次緊急應變計畫區評估差異比較表

	105年評估距離	110年評估距離
核二廠(全功率運轉階段)	<2.2 km	<2.5 km
核三廠(全功率運轉階段)	<3.0 km	<2.5 km
核一廠(除役過渡階段前期)	NA	<0.5 km
核二廠(除役過渡階段前期)	NA	<2.0 km

二、審查重點與發現

茲就本章主要審查意見及台電公司回覆情形彙整如下：

Q1：

本分析結果顯示核二廠全功率運轉階段本次評估距離大於105年評估距離。核三廠反之，全功率運轉階段本次評估距離小於105年評估距離。民國105年與民國110年緊急應變計畫區(EPZ)分析相關技術要項差異之比較表顯示兩者差異有3項，分別為 (1)採用最新版嚴重事故分析程式(MAAP5.0.4)計算嚴重事故輻射外釋源項 (2)安全度評估模式(PRA)，更新至最新數據 (3)資料採用民國104年至108年廠區氣象塔資料。為何核二、三廠之變動趨勢相反?上述之3項技術要項差異，何者對核二廠的貢獻最大? 何者對核三廠的貢獻最大?

台電公司回覆說明：

核二、三廠之變動趨勢主要是受到氣象變化影響，比對全年氣象分佈統計表，核二廠110年分析之近5年降雨時數所占比例相對105年分析之近5年降雨時數來的小，放射性物質不易被雨水沖刷，因此沉降距離會相對較遠，核三廠110年分析之大氣穩定度Class C/D(大氣穩定度分類中，風速最大)所占比例比105年報告來的小，因此沉降距離會相對較近。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q2：

核二廠除役過渡階段前期設計基準事故(DBA)劑量幾乎是核一廠的105倍，造成此巨大差異的原因為何? 此外，其劑量也較核二廠全功率運轉階段的設計基準事故(DBA)劑量大了約30倍，此結果符合預期嗎?為何考量嚴重事故(SA)時並無此現象?

台電公司回覆說明：

1. 用過核子燃料棒內的分裂產物活度會隨時間而衰變，因此造成此巨大差異的原因為兩廠冷卻時間(停機到事故時間)的差異，核一廠冷卻時間為942天，核二廠冷卻時間為7天。
2. 核二廠除役過渡階段前期(Mode 5)之圍阻體組態應無「核二廠運轉規範3.6節 Containment System 之定義」的要求(Mode1、2、3的運轉組態限制要求圍阻體系統需具有原始設計功能與包封能力條件)，故保守假設一次與二次圍阻體 Mode 5時處於連通狀態，因此符合預期。
3. 設計基準事故(DBA)事故機率為1，且立即外釋，因此外釋劑量高。嚴重事故(SA)有考量各種事故序列，且機率低(LOCA & LOOP)，且外釋時間較晚，因此外釋劑量較低。因此在設計基準事故(DBA)事故下(不考量爐心熔損頻率)電廠組態輻射劑量的結果與 SA(考量爐心熔損頻率)輻射劑量的結果並不會比例放大。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

三、審查結果

本章節重點內容為台電公司依前章節評估執行方法，計算出「核一、二廠除役過渡階段前期」及「核二、三廠全功率運轉階段」，在設計基準事故(DBA)外釋情結下，16 方位各距離點之劑量值，以及在嚴重事故(SA)外釋情結下，16 方位各距離點之劑量年超越機率值。再以核子事故緊急應變計畫法施行細則第三條第一項規定的三項準則進行評估，分別得出核一、二、三廠的評估距離。本章關於緊急應變計畫區之分析結果，其內容可以接受。

第四章、技術要項差異比較

一、 報告內容概述

本章內容對應到台電公司檢討修正報告第 5 章技術要項差異比較，主要說明本報告與前次(105 年)緊急應變計畫區(EPZ)分析技術要項的比較。台電公司沿用民國 105 年 EPZ 檢討修正所使用的嚴重事故分析程式(MACCS)，並採用近五年之氣象條件，完成本次 110 年 EPZ 檢討評估。唯獨嚴重事故分析程式 MAAP 程式從 5.03 升級到 5.04 版本，原因在於本次檢討修正涉及核一與核二廠除役過渡階段前期之議題，藉由 MAAP5.04 之格點精進模式(MAAP5.03 則無)模擬反應器開蓋的計算，因此本次檢討修正才採用 MAAP5.04 作為輻射源項計算工具。

二、審查重點與發現

茲就本章主要審查意見及台電公司回覆情形彙整如下：

Q1：

請澄清說明嚴重事故分析程式MAAP5.0.4與MAAP5.0.3版本計算嚴重事故輻射外釋源項之功能及結果差異？何者較具保守性？

台電公司回覆說明：

1. 根據開發嚴重事故分析程式(MAAP)的 Fauske and Associates, Inc.(FAI)公司針對 MAAP 版本比較文件顯示，MAAP5.04版本主要精進項目如下:
    (1) New shutdown model.
    (2) 福島後精進的模組:
        I. BWR vessel and core thermal-hydraulics model.

II. Lower plenum model.

III. Containment model.

2. MAAP5.04具有格點精進模式(MAAP5.03則無)，藉由精進格點方式可以模擬反應器開蓋的計算。所以本次110年 EPZ 檢討修正更新使用 MAAP5.04計算嚴重事故輻射源項。在全功率運轉階段，MAAP5.04新增更詳細的 RCS 節點，可更精確計算電廠熱水流模式，在外釋輻射源項模式上兩程式無重大之差異，因此較精準之熱水流模式可計算出較符合電廠實際狀況的外釋輻射源項。而在除役過渡階段方面，在前一次 EPZ 檢討修正時，因電廠當時為功率運轉狀態並無此評估需求，所以無法比較，於此次110年 EPZ 檢討修正時才有評估。

審查意見：台電公司之回覆說明，經審查可以接受。

Q2：

技術要項「一、二階 PRA」內應該也納入說明所評估的「電廠組態」與「分析時間點」之差異，例如：(1)前次檢討並未包含除役過渡階段，而此階段的 PRA 模型與功率運轉不同；(2)另分析時間點核一廠(2號機停機後942天)與核二廠(2號機停機後7天)也不相同。此兩點也應是重要差異。

台電公司回覆說明：

依照審查意見修訂章節內容如下：

1. 核一廠由功率運轉模式改為除役過渡階段前期模式；核二廠新增除役過渡階段前期模式。
2. 除役過渡階段前期模式分析，時間點核一廠為2號機停機後942天；核二廠為2號機停機後7天。

審查意見：台電公司之回覆說明及修訂內容，經審查可以接受。

三、審查結果

為比較前次(105 年)與本次緊急應變計畫區(EPZ)檢討修正之技術要項差異，台電公司在本章節列表比較，以利瞭解。本章內容依審查意見修訂後可以接受。

第五章、結論

一、報告內容概述

本章內容對應到台電公司檢討修正報告第 6 章結論，總結本次核一、二、三廠緊急應變計畫區評估結果。評估「核一廠除役過渡階段前期」、「核二廠除役過渡階段前期」、「核二廠全功率運轉階段」、「核三廠全功率運轉階段」分別在 0.5 公里、2 公里、2.5 公里、2.5 公里可符合緊急應變計畫區評估準則之規定。總結此次檢討修正結果，核一、二、三廠皆可在距核子反應器設施中心 5 公里範圍處符合「核子事故緊急應變法施行細則」第三條之規定。

二、審查重點與發現

本章主要審查重點與發現已併入第四章說明。

三、審查結果

本章節重點為台電公司總結「核一、二廠之除役過渡階段前期」與「核二、三廠全功率運轉階段」緊急應變計畫區範圍檢討評估結論，總結此次檢討修正結果，以疏散干預基準50 mSv 考量，核一、二、三廠皆可在距離反應器設施中心2.5公里範圍處符合「核子事故緊急應變法施行細則」第三條第一項之規定。本章節內容依審查意見修訂後可以接受。

貳、審查結論

本次核一、二、三廠緊急應變計畫區檢討修正報告為台電公司依照「核子事故緊急應變法施行細則」第四條之規定提送本會審查，經本會先以程序審查，確認提送報告之完整性後，再邀集我國專家學者成立審查小組，進行實質審查。審查期間共計召開 3 次審查會議，提出 139 項審查意見，經台電公司回復及修訂相關內容後，所有審查意見均同意結案。本審查評估報告根據台電公司提報之「核一、二、三廠緊急應變計畫區檢討修正報告（111 年 1 月版）」及審查意見回復說明撰寫而成。

本案經審查後達成以下結論：

一、台電公司評估報告結果顯示，以核子事故緊急應變法第三條第一項規定準則並採疏散干預基準為 50mSv 之標準，評估「核一廠除役過渡階段前期」、「核二廠除役過渡階段前期」、「核二廠全功率運轉階段」、「核三廠全功率運轉階段」之緊急應變計畫區範圍分別為 0.5 公里、2 公里、2.5 公里、2.5 公里。亦即核一、二、三廠緊急應變計畫區範圍分別在 0.5、2.5、2.5 公里可符合準則規定。

二、依「核子事故緊急應變法施行細則」第三條第二項規定，以核子反應器設施為中心分析計算之緊急應變計畫區不得小於 5 公里，考量本會前於 105 年 11 月 8 日核定公告核一、二、三廠緊急應變計畫區為 8 公里，雖然核一、二廠目前已陸續進入除役階段，但其燃料棒尚未移出反應爐及用過燃料池，因此仍比照運轉中電廠進行安全管制，決議核一、二、三廠緊急應變計畫區仍維持 8 公里。

三、台電公司「核一、二、三廠緊急應變計畫區檢討修正報告(111年1月版)」經本會審查同意，本會將依核子事故緊急應變法第13條規定，核定公告核一、二、三廠緊急應變計畫區8公里範圍之行政村里。

「緊急應變計畫區」範圍，是指萬一核災發生時，受輻射影響風險較高，需及時在該區域內採取民眾室內掩蔽、預防性疏散、碘片服用等防護措施，其範圍是參考美國方法，考量機組安全度評估結果、可能產生的事故狀況，與電廠周圍的地理及氣象條件等，依科學分析結果為依據劃定。

為有效運用國家災害防救整體資源，以於災害發生時，將各項資源做最有效的安排，確保民眾健康安全，針對遭受核災風險較高的緊急應變計畫區，其核災整備係依循核子事故緊急應變法、核子事故區域民眾防護計畫等專法與計畫辦理；緊急應變計畫區外，遭受輻射影響風險低，一般而言不需採取即時的民眾防護行動，且相關行動以室內掩蔽為主，綜合考量風險與防護行動的內容屬災害防救共通議題，因此緊急應變計畫區外的核災整備係依災害防救法、地區災害防救計畫辦理。

目前我國的核災整備係結合核子事故緊急應變法與災害防救法機制辦理，實務整備作業已擴及 16 公里範圍，並已在近年核安演習中演練包含 8 至 16 公里環境輻射偵測、細胞廣播服務(CBS)與民防系統廣播等各類訊息通知，以及跨縣市收容安置，並應用全國可支援核災應變整備能量盤點結果，進行支援調度演練。雖然緊急應變計畫區外遭受輻射影響的風險較低，但本會仍基於料敵從寬、禦敵從嚴的精神，結合災害防救法機制，推動 8 至 16 公里的整備作業，並與各相關部會與地方政府共同完成全

國可支援應變能量盤整，進一步掌握全國救災資源，並將持續藉由演習演練精進，確保核子事故應變效能。