

用過核子燃料最終處置計畫

108年度成果報告

審查報告



行政院原子能委員會放射性物料管理局

中華民國一〇九年七月



## 目錄

一、前言 .....	1
二、審查過程 .....	1
三、主要審查發現及意見答復說明 .....	2
四、審查結論 .....	11



## 一、前言

「放射性物料管理法」於 2002 年 12 月 25 日公布施行，依據物管法第 29 條規定：「產生者應負責減少放射性廢棄物之產生量及其體積。其最終處置計畫應依計畫時程，切實推動」。第 49 條規定：「主管機關應督促廢棄物產生者規劃國內放射性廢棄物最終處置設施之籌建，並要求廢棄物產生者解決放射性廢棄物最終處置問題」。另依「物管法施行細則」第 37 條規定：「高放射性廢棄物產生者或負責執行高放射性廢棄物最終處置者，應於本法施行後二年內，提報高放射性廢棄物最終處置計畫，經主管機關核定後，切實依計畫時程執行；每年二月及十月底前，應分別向主管機關提報前一年之執行成果及次一年之工作計畫。」

依放射性物料管理法相關規定，台電公司負有放射性廢棄物最終處置之責任，原能會放射性物料管理局（以下簡稱本局）負責台電公司執行用過核子燃料最終處置計畫之管制工作，審查台電公司所提年度執行成果報告，並於原能會網站公開台電公司之用過核子燃料最終處置計畫的執行現況。

## 二、審查過程

台電公司於 109 年 2 月 15 日以核端字第 1093062046 號函，提報「用過核子燃料最終處置計畫—108 年度成果報告(初稿)」，該成果報告書依處置計畫現階段作業規劃，分為概述、計畫目的、區域特性調查技術精進、處置設施工程設

計技術及安全評估技術精進與結論等章節，本局於收到該成果報告書，經檢視內容架構之完整性後，隨即展開審查作業。

本局經審查後，於 109 年 4 月 7 日函復台電公司 60 項審查意見，台電公司於 109 年 4 月 30 日提出答復說明並修訂報告，經本局進行複審後，於 109 年 6 月 5 日召開審結會議，並於 109 年 6 月 10 日函復台電公司第二次審查意見及審查結論。台電公司於 109 年 6 月 24 日函復報告修訂二版，本局後續於 109 年 7 月 1 日以物三字第 1090001715 號函，請台電公司依審查會議結果切實執行。

### 三、主要審查發現及意見答復說明

針對用過核子燃料最終處置計畫 108 年度執行成果報告主要審查發現及意見答復說明，分述如下：

#### (一)整體意見

1. 請台電公司說明 108 年度工作計畫書規劃工作項目與實際執行成果之差異，分析說明各規劃工作項目之達成度，並就達成度不佳項目提出原因分析與改善對策。

台電公司說明：

108 年度工作計畫係基於「我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告(SNFD2017 報告)」的研究能量與技術可行性下，強化各項技術連結與國內人才、技術資源的跨領域整合，並在無候選場址之前提下，持續精進整合 3 項核心技術領域「區域特性調查」、「處置設施工程設計」及「安全評估」

之相關技術能力。用過核子燃料最終處置年度工作，均依「用過核子燃料最終處置計畫(2018年修訂版)」及「用過核子燃料最終處置技術建置計畫」內容，採任務導向進行規劃。且台電公司已依108年度工作計畫書完成年度規劃之工作內容，並將執行成果彙整為108年度成果報告如期提報，且108年規劃之工作項目皆以全數達成。

#### **審查發現：**

經查用過核子燃料最終處置計畫108年度工作計畫規劃執行項目，與108年度成果報告所述之計畫執行成果，有多項原規劃工作如建置數據與技術管理資料庫、執行岩樣實驗室試驗、套繪地物與地質資料與綜合解釋、無人載具調查與空中磁測成果比較與回饋、地下水流參數不確定性與敏感度分析、深層流體影響性評估等項目，有執行成果不佳情形，以及暫緩執行與推動部分原訂規劃執行之工作項目，對切實推動處置計畫有不良影響，請台電公司儘速提出改善方案。

2. 依「107年度放射性廢棄物最終處置計畫執行成果報告」審查會議紀錄，後續成果報告應加強說明年度成果與第二階段各項重要里程碑之關聯性。請台電公司說明108年度成果報告第二階段各項重要里程碑之關聯性，並補充於年度成果報告。

#### **台電公司說明：**

處置計畫第二階段將進行候選場址的調查與評估技術工作，以及建立處

置設施概念設計與發展安全論證技術，本年度則基於 SNFD2017 報告的研究能量與技術可行性下，強化各項技術連結、技術資源的跨領域整合。爰此，在目前尚未有特定場址之情形下，108 年工作計畫係持續精進整合 3 項核心技术領域包括「區域特性調查」、「處置設施工程設計」及「安全評估」等之相關技術能力。

### **審查發現：**

經查台電公司目前雖已初步規劃高放處置計畫第二階段整體技術發展路徑，惟技術項目未能明確顯示其所對應技術目標、發展進度與達成度，且技術項目亦無規劃具體時程，無法清楚說明第二階段之技術項目之分年規劃，台電公司後續成果報告應加強說明年度成果與各項重要里程碑之關聯性。

3. 請台電公司說明知識管理系統，有關建置數據管理之「緩衝回填材料資料庫」、「吸附與擴散資料庫」，及技術管理之「安全評估參數資料庫」，以及依據數據管理、資訊管理、技術管理、場址描述模型與需求管理等方向進行整合規劃之具體階段成果。

### **台電公司說明：**

台電公司參考國外知識管理發展架構，將以「數據管理」、「資訊管理」、「技術管理」、「場址描述模型」、「需求管理」等 5 項類別進行發展與規劃整合，並參考日本、瑞典作法，同時徵詢國內高放團隊意見，就實務面研提改善方案，接續完成單一入口網站建置、列表重要事紀、設置 SNFD2017 報告

專區、提供地質調查資料下載、彙整安全評估參數表等改善工作，並比對 IAEA SSG-23、SSR-5 條文與處置計畫書相關章節內容，於 108 年 7 月 10 日函復貴局，其後亦按工作進度完成需求管理系統(RMS)、用過核子燃料特性資料、FEPs 資料庫，並以圖像化方式呈現處置概念連結安全評估相關參數，亦就已發包之「岩石力學應用模式發展暨參數與模式之不確定性評估」、「臺灣海域中生代基盤岩及其上覆岩層地球物理特徵調查」與「臺灣板塊邊界微震分佈特性與地表變形監測」等工作之調查暨試驗數據、品保相關資料進行管理規劃。至於「回脹特性試驗」、「水力特性試驗」、「吸附試驗」之數據與分析資料庫，台電公司因外部意見而暫停辦理，但現今已積極籌備與學者專家的議題溝通討論會議，俟取得共識後盡速著手建置數據管理與後續整合規劃。

#### **審查發現：**

經查 108 年度成果報告，未包括高放射性廢棄物最終處置計畫之知識管理系統相關發展情形，台電公司後續應將知識管理系統各項成果具體陳述於成果報告，並應確實執行與追蹤各項工作項目，同時強化資料庫之管理與整合功能，以符合專案品保計畫及 IAEA SSR-5、SSG-23 品保要求。

### **(二)區域特性調查技術精進**

1. 請說明圖 3-1 研究區內主要高磁帶分部與圖 3-4 代表性解是頗面位置圖為何多處全磁力強度值趨勢不同，如和平以西、H 與 K 之間區域，右圖有一暖

色帶而左圖無。

台電公司說明：

圖 3-1 為研究區內主要高磁帶分布圖，其底圖係將經縫合處理後之全磁力強度圖與地調所蘭陽平原全磁力強度圖彙編後再經歸極換算處理而得。圖 3-4 主要表示本項目工作所選擇 6 條代表性剖面，其底圖為本工作項目經歸極換算處理後之全磁力強度圖，並未結合地調所蘭陽平原全磁力強度圖。故兩圖比對可發現，僅北部地區有所差異，其餘顏色差異為磁力強度色彩 SCALE 不同所造成。

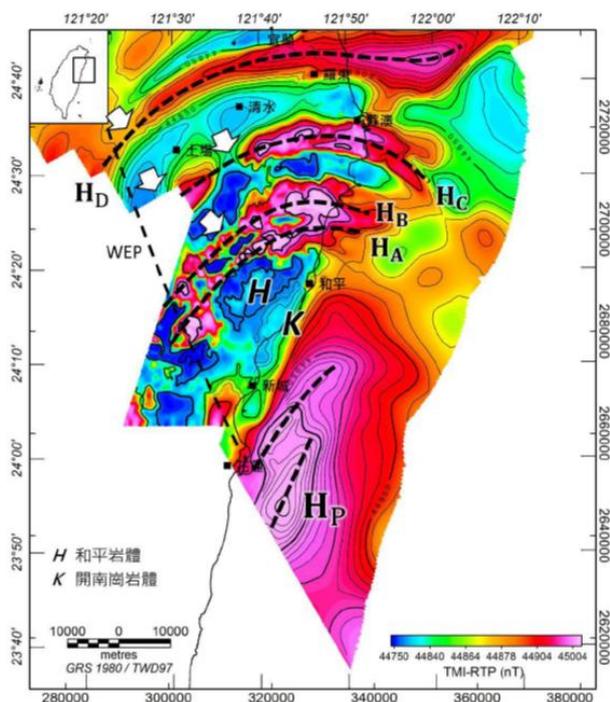


圖 3-1：研究區內主要高磁帶分布

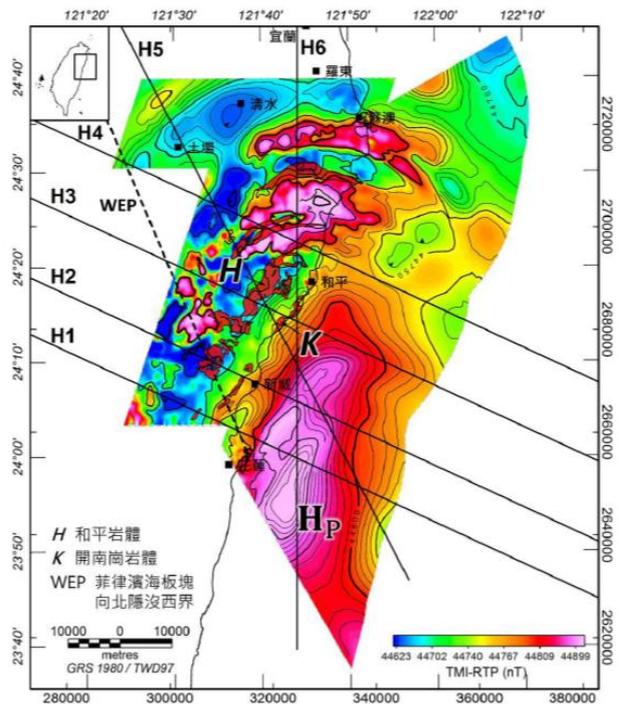


圖 3-4：代表性解釋剖面位置圖

審查發現：

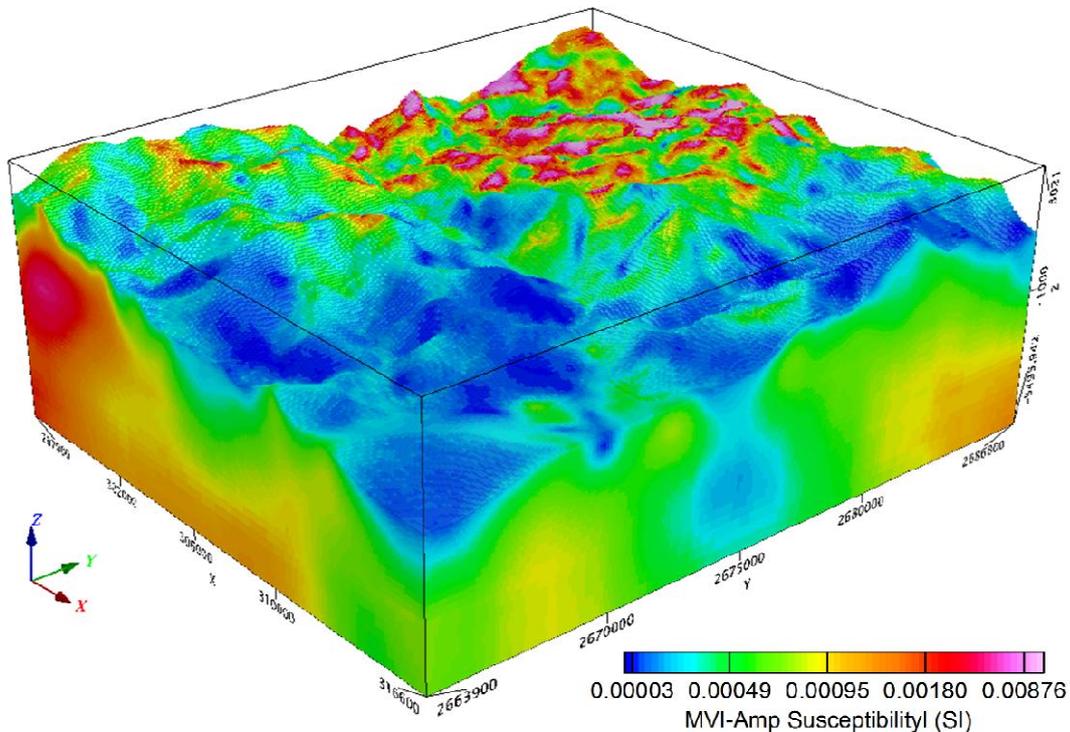
台電公司套圖應採相同底圖，避免產生不必要之誤解；若有特殊原因，實屬不能避免使用不同底圖，報告書除在圖名附註中說明外，本文亦應加以

說明。

2. 有關本島花崗岩體近岸海域之地下岩體分布及構造解析，本項工作選擇 6 條代表性剖面(於圖 3-4 中以 H1 至 H6 表示)，並挑選研究區內既有資料中探測深度相當的研究成果進行比對分析，包括震波速度模型、震源分布與聲頻大地電磁地電阻模型等，此為期待所見之整合性工作成果，但仍建議台電公司未來應以圖形呈現較為妥當；另地下岩層磁感率的三維分布是年度計畫執行成效評估重要參據。

台電公司說明：

已依照委員意見補充 H 區第 II 調查區經三維逆推獲得之三維磁感率模型如下：



審查發現：

台電公司應將地下岩層磁感率的三維分布補充至成果報告書並說明此一成果，以顯示台電已完成年度規劃工作；另建議台電公司應將六個磁力剖面 H1 至 H6 與震波速度模型、震源分布與聲頻大地電磁地電阻模型等之套圖資料進行呈現，以支持報告書所有相關論述內容。

3. 台電公司應具體說明執行本島花崗岩體近岸海域之地下岩體分布及構造解析之必要性，其工作成果對於本島花崗岩場址特徵化以及場址合適性究竟有何貢獻？

**台電公司說明：**

台電公司表示依過去陸域空中磁測資料解析結果，初步顯示東部和平(或稱大濁水)與開南岡花崗岩體深度約達 6 公里，且有向海延伸之可能性，依東部地體構造架構，估計向海延伸約可達 2 至 3 公里間，相較於未來深層地質處置場之面積約 1 平方公里與深度約於 500 公尺之需求，海域岩體規模亦具有可能性，故有必要進行探測。並綜合陸域及海域空中磁測資料，透過最新的三維逆推技術進行整體分析，以評估 H 區岩體向海域延伸的分布情形及其處置之可行性，作為未來場址篩選的參考。

**審查發現：**

台電公司花崗岩體位置研究結果未座標化，其資訊無法實際作為場址篩選之參考，台電公司首應提供平面與剖面比對陸地花崗岩體與磁力探勘結果之套疊，方可談海域探勘結果之應用可能性。

4. 請說明本年度導入之 MARFA 與原先以 GoldSim 處理的技巧主要差異為何？

請說明此項技術未來發展的重點是要導入 MARFA 取代 GoldSim 進行遠場核種傳輸分析？還是僅在提供一個平行驗證的模式？

台電公司說明：

台電公司說明 GoldSim 程式應用於核種的遠場傳輸計算時，係以拉普拉斯轉換(Laplace transforms)法求解 1 維平流/延散方程式(垂直水流方向耦合基質擴散)，以評估核種於裂隙中的遷移；MARFA 程式則是以粒子的觀點，以蒙地卡羅方法(Monte-Carlo method)評估核種於裂隙中的遷移。台電公司已規劃遠場核種傳輸分析技術精進遠場放射性核種遷移評估技術，建立遠場核種傳輸模式；在遠場核種傳輸模式中發展獨立模組，以提供案例計算之彈性選用。至於導入發展的 MARFA 程式的目的在於 MARFA 可將三維空間中的流徑與座標直接輸入，可讓使用者知道核種於不同地層深度與位置的結果，有鑑於瑞典 SKB 及芬蘭 Posiva 使用 MARFA 作為核種於遠場母岩裂隙傳輸評估軟體，且其為免費軟體，因此引進了 MARFA，除提供 GoldSim 程式之外的平行分析結果外，也可提升安全評估可信度。

審查發現：

請台電公司依照審查意見及答復說明確實辦理，以提升計畫成果品質。

5. 管流侵蝕試驗採用膨潤土顆粒進行，為何未針對緩衝材料塊體進行侵蝕試驗，以掌握緩衝材塊體受侵蝕之行為。

## 台電公司說明：

緩衝材料與回填材料之元件設計，主要以壓實膨潤土塊體堆疊，塊體與處置母岩間的工作縫隙則以膨潤土顆粒填充。緩衝材料塊體因質地緊密，表面接觸到地下水後即會局部膨脹，抵擋地下水進一步入侵，且不易有管流形成之通道，故此議題以膨潤土顆粒為主要研究標的。管流侵蝕之作用主要發生於地下水滲入處置孔初期，由於膨潤土顆粒間孔隙大於膨潤土塊體(膨潤土顆粒填充工作縫之孔隙比約為 1.78，膨潤土塊體之孔隙比為 0.57)，若地下水以較快之流率入侵，膨潤土顆粒可能無法即時抵擋裂隙入流水，且顆粒間之空隙可能成為水流通道，故可能形成管流通道進一步造成侵蝕現象發生。而塊體受侵蝕之研究，主要發生於緩衝材料與回填材料完全飽和後，因地下水質影響而造成的膠體侵蝕(即化學侵蝕作用)，此研究預計於後續規劃探討。

## 審查發現：

地下水入侵引致緩衝材料沖蝕現象並不限於膨潤土顆粒填充的間隙，SKB 2008 年的研究除了管柱試驗外，已納入膨潤土塊以及膨潤土塊與顆粒交互作用的實驗結果；而其他更近期的國際文獻更多專注於膨潤土塊受沖蝕的機制與模式研究。考量沖蝕與管流對處置孔穩定的重要性，建議對此問題規劃持續深入的研究工作。

## 6. 有關熱間距之研究結果，請說明是否已考慮力學的互制效應(T-M couple)?

**熱間距結果與主應力場會有何關係性?以及目前分析是否已考量了多孔間之熱重疊?**

**台電公司說明：**

熱間距分析主要係以全場域處置罐的熱衰變來進行熱傳計算，進而取得整個場域的溫度分布，並藉由處置隧道與處置孔間距的設計來確保溫度能滿足安全功能需求之要求，因此在熱間距分析過程中尚不需考慮熱與力學之間的耦合行為。

故應先藉由熱傳評估後確認的熱間距，作為隧道力學模型建置的基準，建置力學模型後就應力分析結果了解對主應力場的影響，後續則依序進行處置隧道及處置孔開挖，在確認力學穩定性。本區廢棄物罐之頂部膨潤土溫度計算係採疊加方式，將來自其他廢棄物罐對本區廢棄物罐所造成的溫升 (temperature increase) 加總而成。因此已考量了多孔間之熱重疊。

**審查發現：**

請台電公司依照審查意見及答復說明確實辦理，以提升計畫成果品質。

#### **四、審查結論**

用過核子燃料最終處置計畫 108 年度執行成果報告審查結果分述如下：

1. 台電公司對於處置計畫研究發展應採取任務導向規劃，並參照「用過核子燃料最終處置計畫書(2018年修訂版)」第二階段之技術建置及研發項目，詳實

規劃整體與分年工作內容，於成果報告檢視年度目標達成情形，作為下年度工作計畫規劃之參考。

2. 台電公司現階段所提出之第二階段整體技術發展路徑，仍未明確顯示各技術項目所對應之技術目標、發展進度與達成度，且技術項目發展亦欠缺具體時程規劃，不利於檢視與強化技術項目之分年規劃。請台電公司於109年10月底前完成整體技術發展路徑規劃報告，併同110年度工作計畫提報本局，以提升計畫之執行成效。
3. 108年度國際交流合作與交流，對於提升國內高放處置技術有正面助益，惟有關國內、外研究成果之整合與本土化應用，後續仍應持續強化，以提升國內處置技術能力。
4. 為確保計畫成果的可檢視性及可回溯性，台電公司除應確實執行知識管理系統各項工作項目並列為追蹤事項，並應持續強化資料庫之管理與整合功能，以符合專案品保計畫及IAEA SSR-5、SSG-23品保要求。
5. 高放處置計畫第二階段工作重點為候選場址調查區域的調查與評估並建議優先詳細調查之場址，台電公司除應參照國外先進國家處置專責機構(如日本NUMO或瑞典SKB等)公眾溝通作法，並應持續檢討修正與創新公眾溝通模式，以利用過核子燃料最終處置計畫之順遂執行。
6. 台電公司108年度工作成果與以往研究主要差異處，為發展區域地質探測技術與資料解析、工程障壁調整設計後的性能評估與處置設施佈設方式調整後

的安全評估，相關成果可作為發展「我國用過核子燃料最終處置初步安全論證報告(SNFD2021)」之參考，經查台電公司主要規劃辦理之SNFD2021報告之工作項目與內容尚未執行，台電公司應儘速推動辦理，並持續滾動檢討「2025安全論證報告作業規劃」。

7. 監察院於108年11月15日針對龍門電廠地質調查，提出108財調0071號調查報告，就地質調查原始資料之建檔、保存及公開等意見(意見第三~五項要求)，要求台電公司確實檢討改進。請台電公司在辦理高放處置計畫相關調查作業時，參酌前述意見進行，以利相關調查資料之回溯，及計畫第二階段選址相關作業之推動。
8. 依據用過核子燃料最終處置計畫書第7章規劃，台電公司第二階段分為「調查準備期」(2018年~2021年)與「區域調查期」(2022年~2028年)辦理，處置技術將依照技術架構類別，分為12個技術分項與39個技術項目進行，以建立整體技術發展，另原能會審查台電公司「我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告(SNFD2017)」時，亦要求台電公司持續採滾動檢討精進技術，於110年底前提出SNFD2021報告。經查台電公司未能依規劃辦理整體技術發展，目前僅執行數項單獨項目，且原台電公司辦理SNFD2017報告具多年處置經驗之專職人力，目前已多人離開現職；原協力學研單位及顧問公司相關計畫多已中止，對於計畫管理整合與技術持續發展，及達成第二階段目標與重要里程碑有不良影響，請台電公司於一個月內提出改善方案，針對未能

依計畫書第7章辦理技術發展提出改善說明。

9. 台電公司108年度成果報告有多項原規劃工作如建置數據與技術管理資料庫、執行岩樣實驗室試驗、套繪地物與地質資料與綜合解釋、無人載具調查與空中磁測成果比較與回饋、地下水流參數不確定性與敏感度分析、深層流體影響性評估等項目，有執行成果不佳情形，以及暫緩執行與推動部分原訂規劃執行之工作項目，對切實推動處置計畫有不良影響，請台電公司於一個月內提出改善方案。