

低放射性廢棄物最終處置計畫
執行成果報告
(110年8月至111年1月)
修訂二版

台灣電力公司
111年6月

目 錄

圖目錄	i
表目錄	ii
摘要	iii
第一章 前言	1
第二章 處置技術建置計畫	13
第三章 處置設施選址計畫	37
第四章 應變方案(集中式貯存)計畫	47
第五章 民眾溝通專案計畫	54
第六章 綜合檢討與建議	63
附錄、低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫 110 年度執行成 果摘錄	

圖目錄

圖 1-1 低放處置計畫推動之重要事紀時間圖	5
圖 2-1 「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)」之規劃時 程	13
圖 2-2 RMS 系統配置	27
圖 2-3 系統軟體架構.....	28
圖 2-4 處置需求管理架構.....	29
圖 2-5 處置需求管理系統使用者介面.....	29
圖 3-1 處置設施選址計畫之過往執行成果重點時間圖	44

表目錄

表 1-1 處置技術建置計畫查核表.....	11
表 1-2 處置設施選址計畫查核表.....	11
表 1-3 民眾溝通專案計畫查核表.....	12
表 2-1 低放處置計畫相關工作成果表.....	14
表 2-2 台電公司已完成之低放處置相關研究發展案表	15
表 2-3 台電公司執行中計畫 110 年 2 月至 110 年 7 月執行成果 重點表.....	19
表 2-4 「低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫」107 年 3 月至 111 年 1 月已完成之成果重點表.....	20
表 2-5 2 處建議候選場址生命週期成本估算	30
表 2-6 110 年 8 月至 111 年 1 月工作執行成效與檢討表.....	34
表 3-1 處置設施選址計畫查核表.....	45
表 4-1 「非核小組」歷次正式會議就中期暫存設施討論情形表	48
表 5-1 台電公司 110 年 8 月-111 年 1 月辦理之全國性溝通工作	55
表 5-2 台電公司 110 年 8 月-111 年 1 月辦理之金門縣溝通工作	56
表 5-3 台電公司 110 年 8 月-111 年 1 月辦理之台東縣溝通工作	58
表 6-1 處置技術建置計畫查核表.....	64
表 6-2 處置設施選址計畫查核表.....	65
表 6-3 應變方案(集中式貯存)計畫查核表.....	65
表 6-4 民眾溝通專案計畫查核表.....	65

摘要

台灣電力股份有限公司(下稱台電公司)依據「放射性物料管理法施行細則」(下稱「物管法施行細則」)第 36 條第 1 項規定：「本法第四十九條第二項及第三項規定以外之低放射性廢棄物產生者或負責執行低放射性廢棄物最終處置者，應於本法施行後一年內，提報低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；每年二月及八月底前，應向主管機關提報上半年之執行成果」，研擬本階段(110 年 8 月至 111 年 1 月)之「低放射性廢棄物最終處置執行成果報告」(下稱本報告)，章節概要如下：

- 第一章、前言，主要摘述有關低放射性廢棄物最終處置計畫書之修訂歷程、各項計畫之概述以及本階段相關工作及執行計畫項目與查核點。
- 第二章、處置技術建置計畫，主要說明持續辦理之各項技術服務案於本階段執行情形，包含：低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫、蘭嶼貯存場低放射性廢棄物計測暨取樣分析技術服務、工程及地質材料對 ^{99}Tc 及 ^{94}Nb 核種吸附特性研究、低放射性廢棄物資料庫系統更新。
- 第三章、處置設施選址計畫，主要說明本階段低放處置設施選址之執行情形，持續辦理推動公投之民眾溝通工作，並依據「場址設置條例」第 6 條規定，於主辦機關設置之網站，按季公開處置設施場址調查進度等相關資料。
- 第四章、應變方案(集中式貯存)計畫，主要說明本階段集中式貯存計畫之執行情形，具體工作主要是依據「非核小組」與經濟部之指示辦理本計畫之溝通工作，持續與關切本計畫之利害關係人，就個別關切議題進行溝通與說明，陳述台電公司的想法，傾聽利害關係人之意見。
- 第五章、民眾溝通專案計畫，主要說明針對 2 處建議候選場址所在鄉「金門縣烏坵鄉」及「臺東縣達仁鄉」、蘭嶼低放貯存場，本階段有關民眾溝通工作之執行情形，截至 110 年 12 月 31 日，在全國性的觸及人數約 757,463 人、台東縣觸及人數約 751,062 人、金門縣觸及人數 513,835 人，總觸及人數約 2,022,558 人。
- 第六章、綜合檢討與建議，主要檢討本階段工作之執行情形，及訂定下階段工作之查核點，俾利低放處置計畫順利推動。

第一章 前言

一、低放處置計畫書之修訂歷程

台電公司依據「放射性物料管理法」規定於 92 年 12 月 25 日將「低放射性廢棄物最終處置計畫書」(以下簡稱處置計畫書)提報原子能委員會(以下簡稱原能會)審查，並於 93 年 1 月 16 日奉准核備。台電公司依據奉核之處置計畫書所規劃時程與作業進行低放射性廢棄物最終處置計畫。

「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」(以下簡稱「場址設置條例」)於 95 年 4 月 28 日經立法院院會二、三讀完成立法，並於 95 年 5 月 24 日經總統公布施行，主辦機關經濟部於 95 年 6 月 19 日召開研商「場址設置條例」應辦事宜會議，依據該條例第 6 條規定會商主管機關同意，指定台電公司作為低放射性廢棄物最終處置設施選址之作業者(以下簡稱「選址作業者」)；並依該條例第 5 條規定，聘任相關機關代表及各專業領域專家學者組成「低放射性廢棄物最終處置設施場址選擇小組」(以下簡稱「選址小組」)，依條例規定執行處置設施之選址工作。鑑於「場址設置條例」對於選址作業之程序與時限有所規範，台電公司原報奉核定之處置計畫書亦配合修訂，並於 96 年 4 月 26 日奉准核備。

「場址設置條例」公布施行迄今已近 14 年，於執行過程中，因面臨實務上窒礙難行之情況，例如主辦機關經濟部曾於 98 年 3 月公開上網及陳列「建議候選場址遴選報告」，建議臺東縣達仁鄉南田村及澎湖縣望安鄉東吉嶼二處為建議候選場址，並規劃於 98 年底核定公告建議候選場址。惟因澎湖縣政府於 98 年 9 月將望安鄉東吉嶼劃為澎湖南海玄武岩自然保留區，致選址作業退回至潛在場址篩選階段重新辦理。台電公司因應此一情況，重新檢討處置計畫時程，並依據物管局 2 次審查意見及「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)」審查會議紀錄修訂，於 101 年 4 月 23 日提陳「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.2」請主管機關核備，主管機關於 101 年 5 月 4 日來函同意核備處置計畫書(修訂二版)。

經濟部於 101 年 7 月 3 日核定公告金門縣烏坵鄉及臺東縣達仁鄉兩處建議候選場址後，於 101 年 8 月 17 日函請建議候選場址所在地方政府同意接受委託辦理公投選務工作。金門縣政府於同年 9 月 26 日函復經濟部，略以：該縣近年各項公職人員選舉之投票率大部分均未過 50%，檢討原因乃離島交通不便，影響外地工作者投票意願，故辦理「縣地方性」低放場址選址公投，恐因交通及投票率門檻因素而不利推動。又謂烏坵鄉投票率如涉鄉公職者高達七、八成，未涉鄉公職者不及 3 成，以該鄉是孤立於 70 海浬外之離島鄉，及人口不及縣總人口 1%，由「縣」公投決定低放場址選址事務，似與「住民自決精神」相背。為符合住民自決精神，為方便低放場址選址作業順遂，建議修法低放場址選址公投以鄉為範疇。另臺東縣政府於同年 10 月 9 日函復表示：「因本縣現階段法規訂定並不完備，且委託辦理地方性公民投票之內容不明確，另考量辦理地方性公民投票選務作業事項繁瑣，仍須與選舉委員會協商取得共識，故尚難協助辦理。」致尚未能完成候選場址之選址作業。後續台電公司參加經濟部於 102 年 3 月 4 日邀集原能會、內政部及中選會召開之「低放射性廢棄物最終處置設施場址公投評估研商會議」討論低放選址相關議題，台電公司將持續配合經濟部指示辦理相關事宜，並持續進行金門及臺東縣之溝通工作，以爭取該兩縣民眾支持。經濟部續於 105 年 5 月 5 日依據立法院第 9 屆第 1 會期經濟委員會第 8 次全體委員會議決議，函請臺東及金門二縣政府同意接受委託辦理法定低放場址地方性公民投票選務工作，分別於 105 年 5 月 18 日、7 月 29 日獲金門縣政府及臺東縣政府回函表示未予同意，後續台電公司將配合經濟部指示持續地方溝通。

為因應公投作業無法依預定時程辦理，主管機關於第 122 次放射性物料管制會議要求台電公司進行「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)第 10 章替代/應變方案」之強化修正。後續台電公司於 103 年 7 月 30 日將前述替代/應變方案提報主管機關及於 103 年 8 月 19 日將「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.3」提報主管機關審查，並於 103 年 9 月 9 日獲主管機關核備。且後續台電公司依據主管機關 104 年 4 月 21 日物三字第 1040010487 號函，將低放射性廢棄物最終處置計畫(規劃階段)專案品質保證計畫併入「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.4」提報主管機關，

並於 104 年 5 月 12 日獲主管機關核備。另，主管機關亦多次函請主辦機關自行辦理公投，主辦機關評估自行辦理公投之可行性不高，於 103 年 7 月 5 日以經營字第 10500618530 號函，說明自辦公投有窒礙難行之處，原因包括有「球員兼裁判」之嫌，公投選務動員之人力、物力龐大，在無選務經驗情況下，稍有不慎極易衍生公投無效之議等。依據「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.4」，台電公司本階段應已取得建造執照及進行施工階段等工作，由於選址主辦機關經濟部對於辦理公投時程仍未確定，主管機關原能會於 103 年 1 月 17 日函請經濟部督導台電公司，就低放射性廢棄物最終處置計畫提出替代應變方案，後續台電公司依據主管機關 104 年 11 月 26 日召開之放射性物料臨時管制會議紀錄決議事項 1.(1)「台電公司應於 105 年 3 月底前提報低放處置計畫之強化執行措施，另應切實檢討修訂處置計畫書，依法持續進行選址作業」，於 105 年 3 月 29 日提報低放最終處置計畫之強化執行措施。主管機關則於 105 年 4 月 12 日發函要求台電公司參酌強化執行措施內容，依據放射性物料管理法施行細則第 36 條第 2 項規定，敘明理由及改正措施，檢討修正低放射性廢棄物最終處置計畫，並於 105 年 6 月 15 日前提報。台電公司考量選址公投時程仍具高度不確定性，重新審視時程規劃，將選址主辦機關經濟部依據「場址設置條例」辦理選址作業之時程，與核定候選場址後之作業時程分開規劃，於 105 年 6 月 15 日提報「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂三版)」，函請主管機關核備。主管機關於 105 年 6 月 28 日函復審查意見，不同意時程規劃採浮動方式呈現，並要求「自核定建議候選場址起，於 51 個月完成各項選址任務，擬具明確時程規劃。」台電公司考量選址作業現況，因新增法規與現行法規修訂將造成後續選址作業時程增加，以審查意見規劃選址時程，將不切實際。故僅參照其它意見修訂后，於 105 年 7 月 26 日將「低放射性廢棄物最終處置計畫書(105 年修訂版)」提報主管機關審查。主管機關於 105 年 8 月 19 日函復審查意見，仍是不同意採浮動時程規劃。惟台電公司考量選址作業現況，若依審查意見自核定建議候選場址起，於 51 個月完成各項選址任務，即應於 105 年 10 月完成選址公投、場址調查、環境影響評估等任務，為不切實際之規劃，故仍以浮動時程

規劃於 105 年 9 月 14 日提報「低放射性廢棄物最終處置計畫書(105 年修訂 2 版)」。

主管機關於 105 年 10 月 5 日函復審查意見，要求台電公司於 105 年底前提報替代/應變計畫具體實施方案，並重新綜合檢討處置計畫時程後，併同提報低放射性廢棄物最終處置計畫書(105 年修訂 3 版)，惟台電公司考量選址作業現況，有關時程規劃仍維持修訂 2 版之規劃，並將替代/應變計畫具體實施方案納入「低放射性廢棄物最終處置計畫書(105 年修訂 3 版)」，於 105 年 12 月 27 日以電核能部核端字第 1050018039 號函提報主管機關核備。

主管機關於 106 年 3 月 2 日就處置計畫書函復意見，不同意處置設施選址時程與應變方案(集中式貯存)時程採浮動時程規劃，並要求應於其給定時程內完成，否則依法裁罰。有關低放處置意見部分，因台電公司非選址法定權責機構，對於選址的方式與進度無實質的掌控權，主辦機關經濟部依循「場址設置條例」辦理選址公投，函請 2 處建議候選場址所在縣政府同意接受委託辦理選址地方公投選務工作，惟均未獲得同意，其主要癥結在於「場址設置條例」未強制規定地方政府應配合辦理公投選務工作，且以全縣公投決定低放建議候選場址所在鄉是否願意成為低放場址，違背住民自決精神，以致於無法辦理選址公投。因此，在場址未確定前，台電公司實無法依照原低放處置計畫書持續推動最終處置設施的建置，為不影響後續計畫的規劃，僅能先以相對時程規劃後續的作業期程。上述有關低放處置計畫推動之重要事紀如圖 1-1。



圖 1-1 低放處置計畫推動之重要事紀時間圖

有關應變方案(集中式貯存)部分，依據原能會核備之現行「低放處置計畫書(修訂二版)」第 10 章，已述明「將於 105 年陳報經濟部同意後，啟動集中式貯存方案」。台電公司於 105 年 9 月完成「放射性廢棄物最終處置應變方案可行性研究報告」(下稱「可行性研究報告」)，經初步評估，我國興建一處集中式貯存設施係具備可行性，並續於 105 年 9 月 30 日將「可行性研究報告」陳報經濟部國營事業委員會(下稱國營會)轉陳經濟部。嗣再切實依據原能會 106 年 1 月 17 日以會物字第 1060000807 號函檢送之「具體實施方案」審查會議紀錄所載結論，以及 106 年 2 月 23 日「經濟部李部長聽取核能後端業務辦理情形」裁示，將「可行性研究報告」更名為「放射性廢棄物最終處置應變方案(集中式貯存)推行初步規劃書」，於 106 年 3 月 3 日陳報經濟部核轉行政院國家永續發展委員會非核家園推動專案小組(下稱「非核小組」)研議並尋求最佳可行方案。「非核小組」目前已形成共識推動「放射性廢棄物中期暫時貯存設施」(下稱中期暫存設施)，並將就具體內容進一步討論與規劃。是故，台電公司已確實依法行政，依據「低放處置計畫書(修訂二版)」將應變方案(集中式貯存)陳報經濟部，惟尚未獲經濟部同意啟動，故實難依「低放處置計畫書(修訂二版)」第 10 章替代/應變方案之時程規劃，以及原能會 106 年 2 月 15 日針對「具體實施方案」之審查結果：「自集中式貯存設施方案啟動至完工啟用所需時間為 8 年，其中場址選定及土地取得作業，應自集中式貯存設施方案啟動後 3 年內完成」，辦理應變方案(集中式貯存)。在「非核小組」就中期暫存設施提出研議結論形成政府決策以及低放最終處置設施未能完成前，台電公司持續依據經濟部之指示，配合辦理「非核小組」之幕僚作業，並依「低放處置計畫書(修訂二版)」中另一應變方案，將目前電廠運轉與後續除役產生之低放射性廢棄物「暫存於各核能電廠」。俟「非核小組」之研議結論形成政府之決策，台電公司將依據該決策及經濟部之指示，修正並提報「低放處置計畫書」，啟動應變方案(集中式貯存)及配合辦理相關事宜。考量「非核小組」所要討論的議題涵蓋甚廣，且對於各項議題的討論順序亦自有見解，故「非核小組」對中期暫存設施之討論進度實非經濟部或台電公司所能掌控；又，台電公司預估，即使「非核小組」討論定案，未來亦將面臨中期暫存設施選址議題。因此，在無法預估「非核小

組」討論期程以及選址期程之情形下，台電公司實無法依照原「低放處置計畫書」持續應變方案(集中式貯存)，為不影響後續計畫的規劃，僅能先以相對時程進行規劃。

基於上述對低放處置及應變方案(集中式貯存)之考量，台電公司仍維持以相對時程進行規劃，並於 106 年 5 月 2 日函請原能會續審「低放處置計畫書(105 年修訂 3 版)」，惟原能會於 106 年 5 月 18 日以會物字第 1060006710 號函示：「台電公司未依主管機關審查意見訂定具體明確時程，依舊堅持採用浮動時程之概念而未見改善，有違『物管法』第 29 條精神，故礙難同意。請台電公司於 106 年 5 月 31 日前依審查結論修訂低放射性廢棄物最終處置計畫並提報主管機關核定」。

台電公司於 106 年 5 月 31 日函復原能會審查結論說明：「台電公司依照『放射性物料管理法』，執行低放射性廢棄物最終處置作業，目前進入選址階段，係依據 95 年公布『低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例』，協助經濟部辦理選址作業，完成 2 處建議候選場址之核定公告，後續將依公投選出之候選場址，繼續完成最終處置計畫。因公投時程非台電公司權責，致最終處置計畫後續工作之時程需俟公投選出候選場址後再做調整；依據主管機關於 106 年 1 月 17 日函送『低放射性廢棄物最終處置計畫替代/應變方案之具體實施方案』及『蘭嶼貯存場遷場規劃報告』審查會議紀錄，會議決議(一)4 之要求，已於 106 年 3 月 3 日將『放射性廢棄物最終處置應變方案(集中式貯存)推行初步規劃書』報請經濟部核轉行政院國家永續發展委員會『非核家園推動專案小組』審議，故本案之推動時機與時程將俟該小組做出決策後，台電公司將配合辦理相關事宜。敬請原能會續審『低放射性廢棄物最終處置計畫書(105 年修訂 3 版)』」。

原能會於 106 年 6 月 5 日以會物字第 1060007437 號函示：「因台電公司未依放射性物料管理法第 29 條之意旨，提出具體明確之計畫時程，故礙難同意低放射性廢棄物最終處置計畫書(105 年修訂 3 版)。原核定之『低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)』持續有效，台電公司仍應依其切實執行」。

台電公司考量「低放處置計畫書(修訂二版)」已與國內社會現實情況脫節，於 106 年 9 月 6 日以電核能部核端字第 1068075668 號函提報「低放處置計畫書(105 年修訂 4 版)」，送原能會審查。原能會於 106 年 10 月 20 日以會物字第 1060013748 號函示：「處置計畫書採浮動時程，故礙難同意」。

二、各計畫之概述

低放射性廢棄物最終處置計畫每半年執行成果報告係依「放射性物料管理法施行細則」第 36 條規定提報，並依物管局審查「低放射性廢棄物最終處置計畫執行成果報告(101 年 2 月至 101 年 7 月)」之意見，將章節架構調整為「前言」、「處置技術建置計畫」、「處置設施選址計畫」、「民眾溝通專案計畫」及「綜合檢討與建議」等章節。另依據原能會審查「低放射性廢棄物最終處置計畫執行成果報告(107 年 8 月至 108 年 1 月)」之審查意見編號 12 新增第四章「應變方案(集中式貯存)計畫」內容。本階段(110 年 8 月至 111 年 1 月)各項計畫概述如下：

(一) 處置技術建置計畫

1. 低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫

台電公司持續辦理本案，期能精進低放射性廢棄物最終處置相關技術與分析能力，以銜接未來低放處置場之場址調查、設施設計與安全分析作業所需。

2. 蘭嶼貯存場低放射性廢棄物計測暨取樣分析技術服務

台電公司規劃配合「提升蘭嶼貯存場營運安全實施計畫」辦理本案，就蘭嶼低放貯存場之自產廢棄物與超 C 類固化桶與進行整桶計測作業，並且進一步針對難測核種活度值異常之超 C 類桶進行取樣分析，用以提升低放射性廢棄物分類計算結果之可靠度，並針對自產廢棄物適用之處置方式進行研究。

3. 工程及地質材料對 ^{99}Tc 與 ^{94}Nb 核種吸附特性研究

台電公司針對 Tc、Nb 核種之同位素進行相關吸附實驗，藉此掌握 ^{99}Tc 與 ^{94}Nb 核種在我國低放建議候選場址環境的吸附特性。

4. 低放射性廢棄物資料庫系統更新

台電公司規劃於資料庫既有功能不變之前提下，重新設計資料庫系統，對許多現行系統已知問題進行調整，並追加若干功能。透過本案建置更完善且容易維護之低放射性廢棄物資訊管理系統。

台電公司執行計畫過程中皆依據低放射性廢棄物最終處置計畫(選址階段)專案品質保證計畫執行，確保計畫執行的品質。

(二) 處置設施選址計畫

有關低放處置設施選址部份，依據「場址設置條例」規定，選址主辦機關為經濟部，台電公司為選址主辦機關指定之「選址作業者」，將遵照經濟部之指示，持續辦理公投之民眾溝通工作。

(三) 應變方案(集中式貯存)計畫

有關應變方案(集中式貯存)部份，目前中期暫存設施仍處於計畫研議階段。下一半年度工作要項為持續配合「非核小組」之討論成果及經濟部之指示，滾動修訂中期暫存設施相關規劃，以期在「非核小組」溝通協調下，訂定推動中期暫存設施之計畫。俟中期暫存設施之推動計畫定案，台電公司將依據該計畫及經濟部之指示辦理相關事宜，並將依該計畫內容修訂「低放處置計畫書」，再提報大會核備。於中期暫存設施及低放最終處置設施未能完成前，台電公司將依現行處置計畫書中另一應變方案，將低放射性廢棄物「暫存於各核能電廠」。

(四) 民眾溝通專案計畫

有關民眾溝通部份，依據 110 年度「低放選址地方溝通工作計畫」執行相關工作，包括金門縣本島及臺東縣達仁鄉之鄰近鄉各村落逐戶拜訪、金門縣與臺東縣地方媒體溝通宣導及機關社團溝通宣導活動，以及

辦理全國性廣告文宣製作等工作；另，於蘭嶼低放貯存場辦理相關公眾溝通工作等。

三、本階段相關工作及執行計畫項目與查核點

本階段（110 年 8 月至 111 年 1 月）相關工作及執行計畫項目與查核點表列於表 1-1 至表 1-3：

表 1-1 處置技術建置計畫查核表

計畫名稱/工作項目	查核點	查核項目/查核情形說明
(一)整合性計畫		
低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫	每月 5 日前查核上一個月工作內容	每月提報工作月報 / 承商每月均按時提出,符合計畫工作要求
(二)場址調查評估		
場址特性調查計畫		併入「低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫」進行
(三) 安全/功能評估		
計畫名稱/工作項目	查核點	查核項目/查核情形說明
蘭嶼貯存場低放射性廢棄物計測暨取樣分析技術服務	每月 10 日前查核上一個月工作內容	每月工作月報彙整查核 / 承商每月均按時提出,符合計畫工作要求
工程及地質材料對 ^{99}Tc 及 ^{94}Nb 核種吸附特性研究	每月 5 日前查核上一個月工作內容	每月工作月報彙整查核 / 承商每月均按時提出,符合計畫工作要求
低放射性廢棄物資料庫系統更新	每月 5 日前查核上一個月工作內容	每月工作月報彙整查核 / 承商每月均按時提出,符合計畫工作要求

表 1-2 處置設施選址計畫查核表

計畫名稱/工作項目	查核點	查核項目/查核情形說明
低放選址作業資訊	110 年 10 月	提報選址作業資訊 / 於 110 年 10 月 8 日提報 110 年第 3 季選址作業資訊送國營會公布在主辦機關網頁

	111 年 1 月	提報選址作業資訊 / 於 111 年 1 月 9 日提報 110 年第 4 季選址作業資訊送國營會公布在主辦機關網頁
--	-----------	--

表 1-3 民眾溝通專案計畫查核表

計畫名稱/工作項目	查核點	查核項目/查核情形說明
低放選址地方溝通計畫	每個月	地方公眾溝通紀錄 / 於每月彙整地方公眾溝通紀錄

第二章 處置技術建置計畫

有關處置技術建置計畫之時程規劃，因主辦機關尚未選定候選場址，致後續相關任務包括處置技術建置之時程均需調整。台電公司已提報「低放射性廢棄物最終處置計畫書(105年修訂4版)」，惟主管機關函復該計畫書之修訂礙難同意，本報告仍暫時延用「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)」所規劃之時程，圖示如圖 2-1：

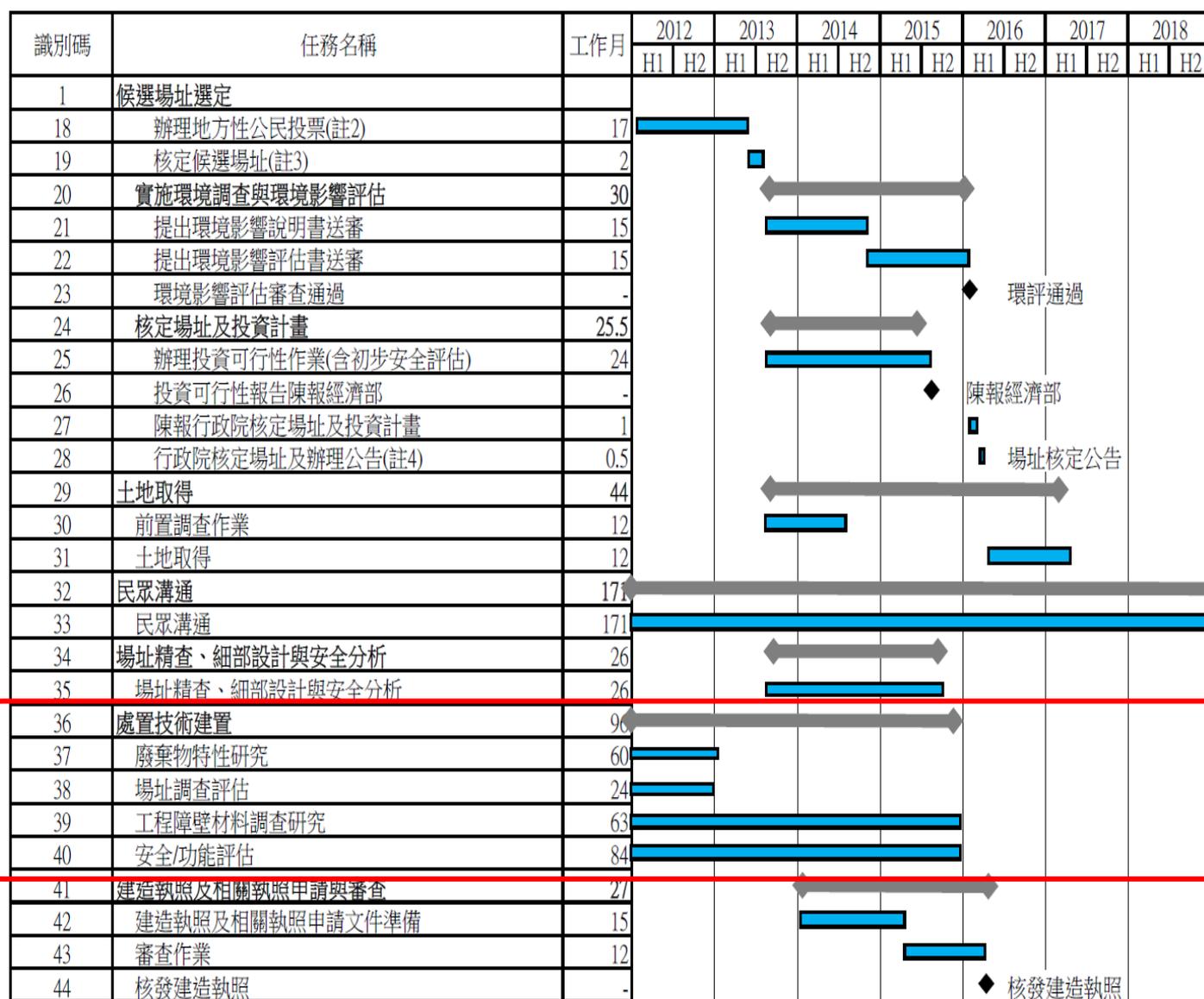


圖 2-1 「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)」之規劃時程

目前低放射性廢棄物最終處置計畫仍於選址階段，國內低放射性廢棄物處置場址概念設計規劃與初步安全評估技術已具雛形，後續將持續逐步精進所需技術與相關考量項目。

一、過往執行成果重點

低放處置計畫相關工作成果表列於表 2-1：

表 2-1 低放處置計畫相關工作成果表

工作項目	辦理情形	成果
廢棄物接收規範	已完成廢棄物接收規範(0版)，並於 97 年 6 月 6 日奉主管機關備查。	將持續精進更新，配合處置場設計作業之執行，進行相關細節之修訂與增訂。
低放射性廢棄物最終處置設施概念設計	台電公司已於 102 年 8 月底前完成「低放射性廢棄物最終處置設施概念設計(C 版)」報告更新版及自主管理審查，更新內容包括處置場接收廢棄物總活度與數量更新、重裝容器之廢棄物特性分析及重裝容器之處置概念設計更新等。	將持續精進更新，本報告已併入「低放射性廢棄物最終處置技術發展整合規劃與評估」案執行。
低放射性廢棄物最終處置設施功能模擬評估	台電公司已於 102 年 8 月底前完成「低放射性廢棄物最終處置設施功能模擬評估(C 版)」報告更新版及自主管理審查，更新內容包括處置場接收廢棄物數量更新、原安全分析成果更新、重裝容器之廢棄物特性分析等。	將持續精進更新，本報告已併入「低放射性廢棄物最終處置技術發展整合規劃與評估」案執行。

有關台電公司過去已完成之低放處置相關研究發展案表列於表 2-2：

表 2-2 台電公司已完成之低放處置相關研究發展案表

計畫名稱	起迄年度	研究成果摘要
建立低放射性廢棄物核種資料庫及分類	87.12~88.9	參考美、日核能先進國家法規與技術經驗，同時依物管局發函實施之「低放射性廢料分類補充規定」，衡量國內低放射性廢料產生、處理、貯存現況，研擬規劃作為日後履行法規及執行技術之藍圖，為未來低放射性廢料分類、最終處置建立執行模式。
建立低放射性廢棄物核種資料庫及分類	91.2~94.12	本計畫內容涵蓋電腦篩選廢棄物源代表桶、蘭嶼貯存場大規模開蓋取樣計測廢棄物桶、核種放射化學分析、國內首座檢整廢棄物桶，並利用 Excel 試算表進行廢棄物桶的分類試算，建立諸多方法與技術經驗。
蘭嶼貯存場廢棄物桶核種濃度評估計算與分類資料庫建立（第一期）	97.1~99.1	蘭嶼貯存場貯放早期產生之固化廢棄物，因核種資料欠缺或不完整，無法依法規要求進行分類，需配合檢整作業，完成整桶加馬活度計測、廢棄物桶分類。第一期完成 19,785 桶之核種分析及分類。
微生物對低放射性廢棄物最終處置之水泥固化體及工程障壁分解效應定量評估	97.12~99.12	本研究針對台灣之海島氣候環境，在微生物對低放射性廢棄物 (LLRW) 處置之水泥固化體及廢棄物桶材等工程障壁的分解效應進行量化評估，瞭解微生物對水泥固化體與廢棄物桶材之生物降解效應，以建立微生物對本土 LLRW 處置場工程障壁穩定性功能評估參數。

計畫名稱	起迄年度	研究成果摘要
低放射性廢棄物最終處置射源項管理系統	98.11~100.11	參考國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)標準與物管局建議規範,及配合最終處置場設計與功能評估工作需要,完成台電公司低放射性廢棄物相關單位(包括核一廠、核二廠、核三廠以及核後端處)資訊管理系統的建置,建立符合國內現況的低放射性廢棄物整合資料庫,可方便操作提高管理工作效率,以期順利完成申請建造執照作業。
低放射性廢棄物最終處置潛在場址特性資料分析管理系統規劃建置與應用	100.1~101.4	本計畫主要是利用已完成之相關研究與調查報告,建立符合物管局建議所需之場址地質調查技術及參數資料庫。為因應未來低放射性廢棄物最終處置候選場址選定後,適時銜接場址調查作業之準備。所建立之資料庫包含:地質資料庫、文件搜尋與管理系統設計與建置、地質資料 GIS 系統、三維地質模型建置分析與評估及展示系統等。
低放射性廢棄物難測核種分析技術精進	100.1~102.1	本計畫配合目標核種適合儀器之前處理技術開發及改良,搭配不同放射性核子儀器度量技術,進行方法開發、測試及實際樣品分析,並作相互比較以確認方法正確性及結果可信度,可應用於低放射性水泥固化體分析。
蘭嶼貯存場廢棄物桶核種濃度評估計算與分類資料庫建立(第二期)	99.1~103.1	本計畫完成蘭嶼貯存場水泥固化桶、重新固化桶、柏油固化桶及固化重裝容器之分類工作,及建立蘭嶼貯存場廢棄物桶核種濃度計算與分類結果電腦資料庫。
耐 100 年結構完整性之混凝土處置容器研究	99.9~102.9	本計畫以建立混凝土品質檢驗技術、耐久性評估技術、模具拆裝設計、容器結構完整性檢驗技術、混凝土雙軸式攪拌系統工程設計與建造能力,以及容器製作,達成一般容器使用申請及耐 100 年結構完整性之混凝土處置容器使用申請為主要工作成果。

計畫名稱	起迄年度	研究成果摘要
低放射性廢棄物最終處置工程障壁中緩衝回填材料調查評估技術服務工作	102.1~104.1	本計畫完成後，可瞭解國際現有低放處置場之工程障壁材料之力學及化學等特性；並得到台灣本土可作為工程障壁材料之料源調查結果，提出適合台灣低放射性廢棄物最終處置場之工程障壁材料種類、力學、化學及回填材料與緩衝材之配比結果。
低放射性廢棄物潛在場址之微生物核種吸附與工程障壁腐蝕安全影響評估	101.8~104.8	本工作計畫就本土海島氣候環境，建立建議候選場址之本土微生物資料，進行微生物影響安全性評估。包括取得建議候選場址之本土微生物、測試其對核種之吸附能力、於緩衝材料中之生長能力、對低放射性廢棄物水泥固化體及廢棄物桶等工程障壁之分解效應，以評估對低放射性廢棄物最終處置建議候選場址之使用年限安全穩定性及可能造成環境影響之衝擊性。
低放射性廢棄物最終處置設施功能評估	102.8.9~105.7.23	本案工作目標為對於放射性核種在低放處置設施近場混凝土障壁及緩衝回填材料，遠場處置母岩及地質圈所形成之多重障壁系統中的傳輸途徑，進行整體分析研究，進而評估生物圈所接收的輻射劑量與風險，以確保低放射性廢棄物最終處置場設立不會對周圍生物圈造成輻射影響。
低放射性廢棄物資料庫系統精進案	103.12~105.12	本案工作內容，主要為台電公司低放固化桶之分類計算精進，以及強化原有資料庫功能，包含提升資料即時性、納入貯位資料與整桶計測資料、修訂電廠難測核種比例因數計算機制等相關資料庫精進，完成「低放射性廢棄物資料庫系統」。

計畫名稱	起迄年度	研究成果摘要
低放射性廢棄物最終處置技術發展整合規劃與評估	103.9~107.6	<p>本案工作目標為針對我國低放射性廢棄物最終處置之廢棄物特性、場址特性調查、處置設施設計、設施營運、封閉監管與安全分析等處置相關工作項目，說明我國設置低放射性廢棄物最終處置設施所需之各項技術能力，並完成低放射性廢棄物最終處置技術評估報告(LLWD 2016 報告)，並藉由國際同儕審查，提升處置技術評估之公信力，強化民眾與各界對於我國建置低放射性廢棄物最終處置設施之信心。</p>

台電公司執行中計畫前階段(110年2月至110年7月)執行成果重點表列於表2-3：

表2-3 台電公司執行中計畫110年2月至110年7月執行成果重點表

計畫名稱	全案期程	工作成果概要
低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫	107.3~111.2	<ol style="list-style-type: none"> 1. 膨潤土參數實驗與介面特性分析：膨潤土與混凝土交界面處，混凝土前端約1 cm範圍內有較顯著的孔隙率變化，而膨潤土鈣型化的影響範圍實驗結果可達約2.45 cm。 2. 建置建議候選場址特徵化模型研究：以文獻、地質演化史與現地補充調查等資料，建置與檢視地質環境、水文地質與地球化學特徵化成果，透過統計檢定分析既有資料之充分性回饋特性分區，強化特徵化成果之信心。檢討各模型間之不確定性來源與提出改善建議。 3. 建立處置需求管理系統與資料庫：完成系統建置，並逐步測試系統穩定性與更新資料。
蘭嶼貯存場低放射性廢棄物計測暨取樣分析技術服務	108.2~111.12	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成本案第二次契約變更。 2. 完成100櫃3×1容器計測作業。 3. 110年7月開始執行55加侖桶自產廢棄物計測，至7月底共完成135桶自產廢棄物計測作業。

計畫名稱	全案期程	工作成果概要
工程及地質材料對 ⁹⁹ Tc 及 ⁹⁴ Nb 核種吸附特性研究	109.2~111.8	完成「Tc 及 Nb 核種吸附實驗文獻彙整」報告，蒐集並彙整 Nb 及 Tc 核種吸附特性相關資料，並進行吸附實驗。
低放射性廢棄物資料庫系統更新	110.3~111.9	1. 完成後端處與各核能電廠之需求訪談。 2. 完成更新圖表功能、廢棄物查詢、資料輸入、資料檢核、系統管理及比例因數計算功能。

「低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫」開案以來已完成之執行成果重點表列於表 2-4。

表 2-4 「低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫」107 年 3 月至 111 年 1 月已完成之成果重點表

工作項目		辦理期程	成果概要
場址特徵化技術發展與實驗	建議候選場址核種吸附實驗研究	107.3~ 108.4	針對 C、Co、Cs、Ni、Sr 和 I 等 6 個重要核種，以目前概念設計中採用之混凝土材料、膨潤土材料(MX-80 與 KV-1 膨潤土)與 2 處建議候選場址之母岩，配合 2 處建議候選場址之地下水質條件，依據 ASTM D4319 標準實驗方法，以不具放射性的同位素核種進行吸附實驗，取得本土化分配係數。
	核種吸附參數模擬	107.3~ 109.12	以 HYDROGEOCHEM，依蒐集到之化學反應式與核種吸附實驗研究成

工作項目		辦理期程	成果概要
			果，透過疊代方式求取化學反應常數，完成地化方程式模擬。
	建議候選場址特徵化模型研究	107.3~ 110.6	2 處建議候選場址依地質歷史資料、古應力特徵與文獻或現地地表調查資料，以疊代式原則更新場址尺度之特徵模型，並藉由特徵統計將特徵模型進行分區分層，進而提出潛在不確定性。
精進工程障壁系統功能評估技術	低放射性廢棄物盛裝容器安全功能特性研究	107.3~ 107.12	針對現階段使用或除役計畫規劃使用之容器，執行力學、耐久性與輻射防護之安全功能進行評估。
	混凝土處置窖材料劣化試驗與模式研究	107.3~ 107.12	評估混凝土窖材料在可能之處置環境中遭受劣化之狀況，以及對混凝土窖長期耐久性之影響，包括氯離子入侵、硫酸鹽侵蝕以及水泥水化產物溶出。
	膨潤土參數實驗與界面特性分析	107.3~ 110.3	藉由 XRF、XRD、DTA 精密儀器分析 KV-1 膨潤土之化學成分、礦物組成、水合特性，同時也藉由阿太堡、乾比重、含水量、粒徑、回脹指數、抗壓強度、彈性模數試驗，掌握 KV-1 膨潤土材料之基本參數。接著運用自由回脹、定體積回脹壓力、以及水力傳導度，並配置不同溶液環境，觀察 KV-1 與 MX-80 膨潤土材料在不同環境中的阻水性能變化。
	膨潤土飽和循環條件下的材料參數變化研究	107.3~ 109.9	藉由電滲加速試驗與乾溼循環試驗，掌握 MX-80 與 KV-1 膨潤土材料在處置場未飽和狀態、乾溼循環環境、以及飽和狀態下之阻水性質變化。

工作項目	辦理期程	成果概要
膨潤土材料施工方法研究	107.3~ 108.4	藉由相關試驗，掌握 MX-80 與 KV-1 膨潤土材料經壓製法、澆置法、夯實法之 3 種不同施工方法後所得之基本特性，作為我國低放射性廢棄物處置場設計與安全評估之參考依據。此外，根據試驗結果，規劃以夯實法為主，澆置法為輔的方式進行膨潤土施工，並訂定合適的施工流程供未來膨潤土材料施工使用。
膨潤土長期穩定性研究	107.3~ 108.4	<p>以三維有限元素數值分析套裝軟體 PLAXIS 3D，分析處置窖下方膨潤土於處置場運轉至封閉期間，在不同障壁單元載重作用下的沉陷量。</p> <p>另外，採用雙重結構 (Double Structure) 組合律，以自行發展之程式碼外掛於 PLAXIS 2D 二維有限元素套裝軟體，模擬膨潤土在與相鄰處置窖和回填層產生互制的條件下，遇水膨脹之體積-壓力耦合行為。掌握膨潤土從未飽和至飽和的過程中，膨脹應力的變化，和對鄰近處置窖造成的位移量。</p>
處置窖結構安全分析	107.3~ 107.12	以 Abaqus 分析興建、運轉、封閉、監管各階段處置窖三維結構安全分析，並依據其分析結果提出進一步分析或設計時需注意項目，以供日後作為鋼筋配置及施工方法等選用之參考。
處置坑道力學特性分析	107.3~ 108.3	根據現階段處置場配置及處置場地質條件(不同岩體品質)，利用三維數值分析軟體 FLAC3D，分析處置坑道群於不同開挖施工階段的力學變化，

工作項目	辦理期程	成果概要
		<p>如間距互制效應與交叉段應力集中等重要特性。</p> <p>另外，考量岩體異向性對坑道之影響，藉由彈性力學基礎說明異向性之應力及應變關係，並基於線彈性之假設，以三維數值分析軟體 FLAC3D 評估具橫向等向性之異向性岩體對坑道開挖之影響。亦考量不連續面位態所導致之異向性，對坑道周邊應力及變形分布變化及影響。</p>
低放處置設施工程障壁設計規範擬定	107.3~ 108.1	<p>依據工程障壁系統在規劃時所預想達成的功能需求，經由設計功能目標、設計安全功能、主要設計特徵等階段，擬訂各工程障壁單元的設計功能，提出材料與施工的具體需求，初步建議各工程障壁單元的設計規範。</p>
坑道開挖影響評估與工程對策	108.4~ 109.4	<p>依據 2 處建議候選場址之地質特性及處置坑道斷面與布置，以 FLAC3D 有限差分套裝軟體，分析岩體異向性對坑道周邊應力分布及變形之影響。並以水力耦合之三維分析，分別計算流場與力學平衡並加以耦合，以及以開挖之塑性區及圍岩偏應變與滲透係數之關聯性，分別評估開挖損傷與擾動之程度及範圍。</p> <p>此外，以 3DEC 離散元素套裝分析軟體，依據 2 處建議候選場址既有資料所推估之優勢裂隙位態及其裂隙開口寬，針對優勢裂隙於開挖過程中之應力及應變變化及其對流場之影響，並透過施工過程中裂隙開口寬變化，</p>

	工作項目	辦理期程	成果概要
			以立方律推估滲透係數之變化，並依此探討開挖損傷及擾動程度及範圍。
強化安全分析技術	建議候選場址地震評估與情節建立	107.3~ 108.6	<p>針對 2 處建議候選場址地下設施、地表設施進行機率式地震危害度分析與定值法地震危害度分析，並與內政部營建署發布之「建築物耐震設計規範及解說」進行比較與研討。</p> <p>另外，為系統性的建置地震情節內容，先針對地震與斷層事件的發生機制、發生可能性，以及對處置場的影響進行探討。再參考 JAEA 針對地質與氣候相關事件建置之 FEP 資料庫，彙整地震事件 FEP 清單，以及就 2 處建議候選場址相關地質環境特徵、事件與作用，進行 FEP 篩選與建立情節。</p>
	低放射性廢棄物處置場人類無意入侵情節研究	107.3~ 108.6	參考 IAEA、美國 NRC 和英國低放處置場對於人類入侵之定義、考量與入侵情節設定方法，依據 2 處建議候選場址之場址特性和處置概念設計，篩選合適之人類無意入侵情節，並進行劑量評估。最後依劑量評估結果，提出建議之主動監管期限。
	低放處置場風險評估研究	107.3~ 110.8	以風險矩陣的概念，透過 GoldSim 評估各項處置安全關鍵因子，藉以作為處置作業安全管理與障壁系統設計管理之參考。
	安全評估模式鏈數據研析	108.8~ 108.9	統整低放處置場封閉後安全評估的分析項目，將其分為氣候、廢棄物、近場、遠場和生物圈等 5 大類。利用各分析項目和資料間的交互串聯，建

	工作項目	辦理期程	成果概要
			立安全評估模式鏈，並彙整安全評估模式鏈中各個數據與模式分析或評估作業、初始狀態資料或文獻資料間的關係。
低放處置場運轉規劃	低放處置場運轉規劃	107.9~ 108.3	以我國目前低放處置場規劃設計成果為基礎，建立低放處置場整體運轉規劃原則，規劃場區配置與整體運轉流程架構、運送前置作業、接收作業、處置作業、文件資訊系統作業，以及所需作業設備與機具。並說明運轉作業中配合之職安環保、輻射防護作業等規劃內容。
	低放射性廢棄物最終處置場廢棄物接收規範	108.9~ 109.3	接收規範分為一般性條件、廢棄物之物理與化學特性、廢棄物之輻射特性等三大類。一般性條件包括盛裝容器相關要求、處置申請與文件審查要求；廢棄物之物理與化學特性主要是規範廢棄物類型與廢棄物處理後之物理及化學特性；廢棄物之輻射特性則包括廢棄物核種記載、度量與表面劑量率及非固著污染等規範。
	低放處置設施結構、系統與組件具體規劃	108.3~ 109.3	依據 2 處建議候選場址特性、處置設施概念設計成果、處置場運轉規劃，以及處置作業流程，盤整與安全功能相關之 SSCs 清單。藉由研判自然事件與人為事件對處置設施安全功能之影響，以及各類事件之發生頻率以及將導致的潛在後果，歸納各類事件的潛在曝露途徑，並進行劑量評估。綜整事件頻率與事故嚴重性，逐步將事件作用過程牽涉之 SSCs 制定安全功能等級，最後擬定各項管理措施，確保 SSCs 可維持其安全功能、降低

工作項目	辦理期程	成果概要
		事件發生頻率，以及透過備援系統提升安全功能與降低潛在危害。
低放處置場生命週期成本估計	109.8~ 110.8	依照現階段對於2處建議候選場址低放處置場規劃內容，進行全生命週期成本估算，達仁鄉建議候選場址，全生命週期成本約為新台幣 910 億 4,500 萬元(未稅)；烏坵鄉建議候選場址，全生命週期成本約為新台幣 1,365 億 500 萬元(未稅)

二、現階段(半年)執行之具體工作項目與成果

台電公司本階段(110年8月至111年1月)執行工作，主要工作為持續辦理近年所規劃之低放處置技術相關研究發展案，包括：

(一)低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫

1. 建立處置需求管理系統與資料庫

處置需求管理系統(Requirements Management System, RMS)係針對低放處置場的選址、設計、施工、運轉和封閉等階段，建立確保安全所須達到的需求，並將其對應的執行狀況，包括分析時採用的參數和分析成果，都建置在系統內。透過發展處置需求管理系統將低放處置場確保達成安全功能目標，所需之交互關聯的資料與技術分析，隨處置計畫推展予以更新，提供具完整性與可溯性的管理資料系統。

RMS 已完成建置，整體配置示意圖如圖 2-2，使用者端主要經由網頁瀏覽器經由反向代理伺服器與系統溝通，由瀏覽器發出 HTTP 請求(HTTP request)至反向代理伺服器後，伺服器按照請求，將請求轉向靜態伺服器或動態伺服器，並回應相對應的靜態或者是動態內容，所謂的靜

態內容指的是事先已經存在的檔案，而動態內容則是透過程式計算合成的內容。系統軟體以開源軟體(Open Source Software)為主，避免未來系統受到軟體商版本升級，導致無法使用與增加維護費用，軟體架構如圖 2-3 所示。

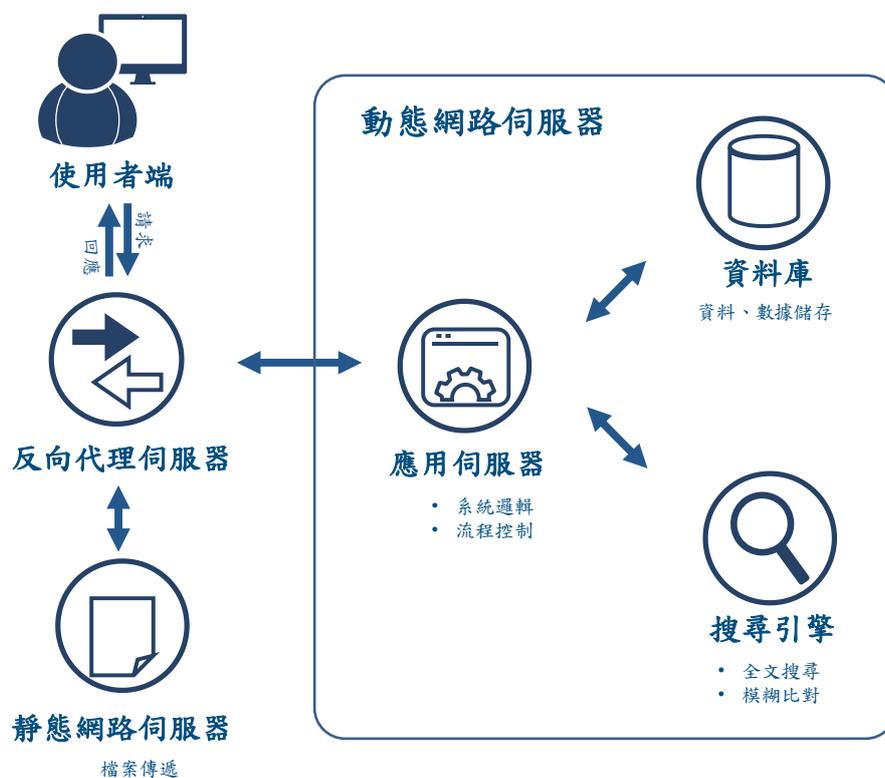


圖 2-2 RMS 系統配置

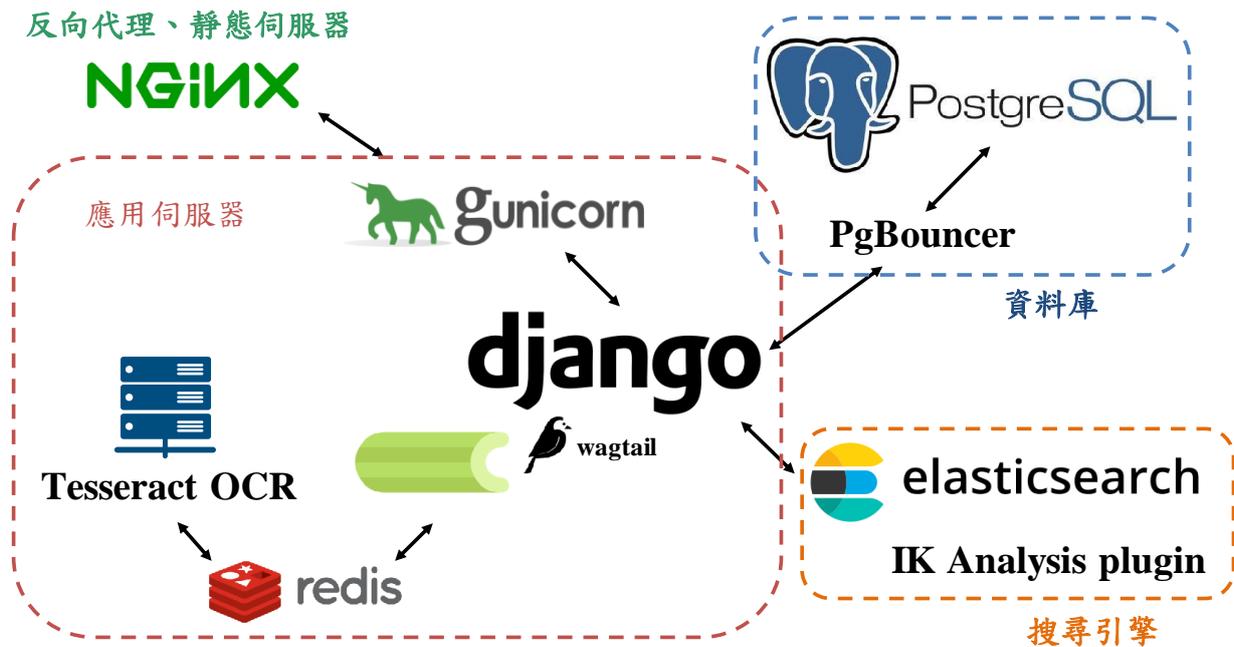


圖 2-3 系統軟體架構

有關操作介面端，使用者可直接以網頁瀏覽器連線至伺服器進行操作，透過階層式「需求-管理」對應呈現的方式與簡潔友善的圖形使用者介面(Graphical User Interface)，讓操作可更加直覺與易於上手。同時，「需求-管理」為開放式的建置框架，使用者可依據處置計畫進程，予以新增各項需求與管理成果，讓系統不會因需求擴張而須重新撰寫及建置。RMS 已於 110 年 9 月架設完成正式啟用，並同步進行使用者回饋與系統穩定的細部調整。

RMS 採用五階層架構(圖 2-4)，並分為六大領域別：處置設施安全管理(MA)、處置設施場址特徵(SI)、處置設施長期安全(SA)、處置設施興建(CO)、處置設施運轉(OP)、處置設施封閉(CL)。RMS 呈現之紀錄包含：編碼、需求名稱、要求內容、對應之現階段成果、影響此項 RMS 之直接來源要求、相關聯之特徵、事件與作用(Features, Events and Processes, FEPs)以及相關的參照報告，讓使用者在運用上可依循脈絡閱讀，理解不同 RMS 間相互潛在影響，系統使用者介面如圖 2-5。

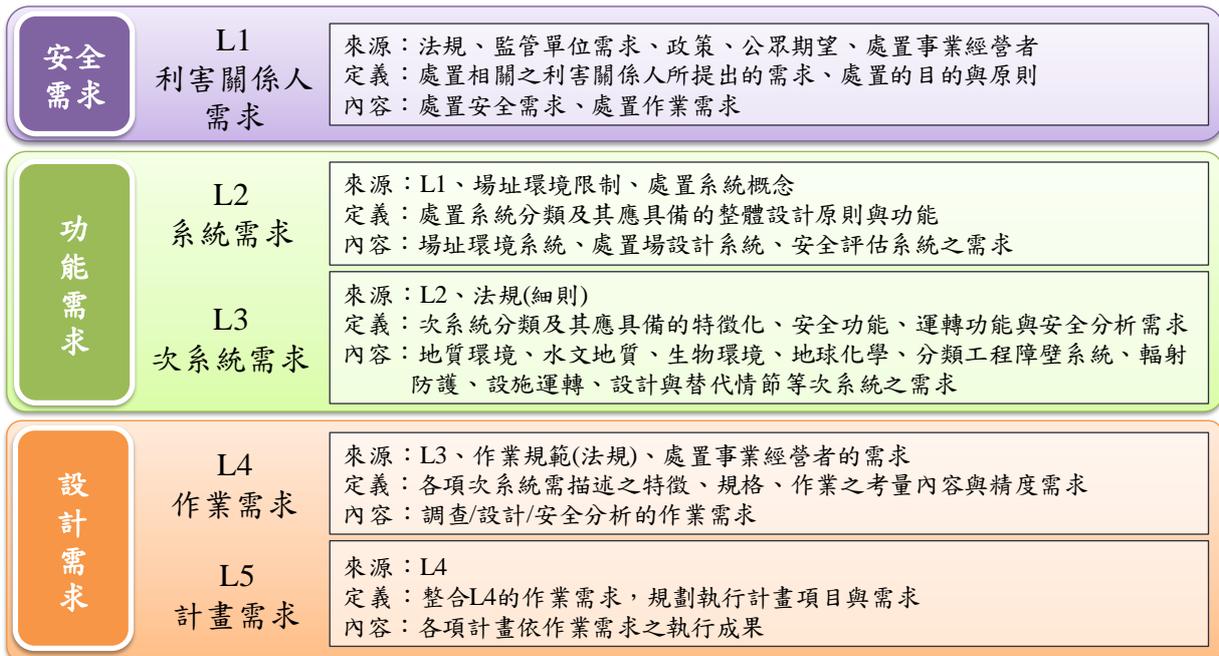


圖 2-4 處置需求管理架構



圖 2-5 處置需求管理系統使用者介面

2. 低放處置場運轉規劃-低放處置場生命週期成本估計

依照現階段對於 2 處建議候選場址低放處置場規劃內容，將低放處置場全生命週期分為規劃及設計階段、興建階段、運轉階段與封閉及監管階段等，分別估算對應生命週期成本結果。若低放處置場興建於達仁鄉建議候選場址，全生命週期成本約為新台幣 910 億 4,500 萬元(未稅)；若興建於烏坵鄉建議候選場址，由於處置場規劃、用地取得、材料成本、人力成本、機具運輸等外島成本考量，全生命週期成本約為新台幣 1,365 億 500 萬元(未稅)，各階段預估成本詳表 2-5。

表 2-5 2 處建議候選場址生命週期成本估算

階段	項次	成本項目	金額(新台幣元，不含稅)	
			達仁鄉建議候選場址	烏坵鄉建議候選場址
規劃及設計階段	一	場址調查成本	134,007,650	245,702,060
	二	設計規劃作業	856,585,292	1,115,201,486
	三	用地取得	204,980,842	1,163,568,057
	四	開發申請費用	162,000,000	162,000,000
	五	行政規費	23,011,000	22,923,000
		合計(A)	1,380,584,784	2,709,394,603
興建階段	一	直接工程成本	11,705,796,005	16,252,014,249
	二	間接工程成本	1,755,869,401	2,437,802,137
	三	工程預備費	2,341,159,201	3,250,402,850
	四	工程物價調整費	1,198,533,665	2,110,365,891
		小計(一~四) 工程建造費	17,001,358,271	24,050,585,127
	五	其他與行政規費費用	110,006,000	158,006,000
		合計(B)	17,111,364,271	24,208,591,127
運轉階段	一	處置窖建造工程	3,191,946,551	3,596,220,799
	二	第二期處置坑道建造工程	5,205,924,427	6,333,244,170
	三	電氣與其他設施維護及更新	488,514,124	586,455,186
	四	機械設備維護與更新	747,127,600	896,100,720
	五	輻射監測設備	376,205,499	451,446,599
	六	土建設施維護與更新	11,206,047,615	14,133,939,739
	七	廢棄物運送成本	249,804,000	299,764,800
	八	人事費用	15,948,019,843	26,473,712,940
	九	環境監測	512,100,000	523,425,000
	十	其他物價調整費	16,154,162,144	27,378,754,740
	十一	其他與行政規費費用	633,003,000	633,003,000
		合計(C)	54,712,854,804	81,306,067,693
封閉及監管階段	一	處置區封閉工程	10,177,398,648	14,856,820,792
	二	輔助區調整工程	67,665,059	92,846,989
	三	監測設備	147,170,474	176,586,411
	四	人事費用	2,636,648,585	4,376,836,652
	五	土建設施維護	182,649,077	469,392,670
	六	其他物價調整費	4,320,920,288	8,000,479,210
	七	其他與行政規費費用	308,000,000	308,000,000
		合計(D)	17,840,452,130	28,280,962,724
		總計(A)+(B)+(C)+(D)	91,045,255,989	136,505,016,147

3. 強化安全分析技術-低放處置場風險評估研究

在核能領域中，僅有核能電廠的風險評估有完整的規範、方法和足夠的基礎資訊，可以支撐其採用定量的方法評估風險的發生機率。但對於低放射性廢棄物處置，則是將風險告知和縱深防禦概念隱含在既有的確保處置安全框架內，使相關保護失效的風險能夠處於可接受的低水平範圍內。故在缺乏可供依循的低放射性廢棄物處置風險評估規範之情況下，基於風險管理基礎理論建立定性的風險評估方法，並分別針對處置場的運轉階段和封閉後階段進行處置安全風險評估。相關內容說明詳見附錄。

「低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫」案至 111 年 1 月底已完成全案約 99.96%，工作項目及進度皆符合原訂目標。

(二) 蘭嶼貯存場低放射性廢棄物計測暨取樣分析技術服務

本案工作目標針對低放貯存場自產廢棄物與超 C 類固化桶進行整桶計測作業，並且進一步針對難測核種活度值異常之超 C 類桶進行取樣分析，用以提升低放射性廢棄物分類計算結果之可靠度，並針對自產廢棄物適用之處置方式進行研究，俾利低放最終處置計畫。主要之工作項目包括：

1. 針對低放貯存場自產廢棄物進行整桶計測作業。
2. 針對低放貯存場 138 桶超 C 類固化桶，進行整桶計測作業以及取樣作業。
3. 針對前項工作中自超 C 類固化桶所取之樣品，進行難測核種放化分析作業，並依分析結果建立難測核種比例因數。
4. 依據低放貯存場自產廢棄物整桶計測作業成果，進行低放貯存場自產廢棄物分類計算及處置方式之研究。

5. 依據低放貯存場超 C 類固化桶之整桶計測作業與取樣分析結果，進行低放固化桶之分類計算精進研究。

本案目前已將部分取樣及計測設備運入蘭嶼低放貯存場，承商核能研究所已於 110 年 3 月 22 日將剩餘設備運至鋼構 B 廠房，並進行設備配電、接電及運轉測試等前置作業，於 110 年 5 月正式進行自產廢棄物計測作業。本案於 5 月 28 日完成 100 櫃之計測，100 櫃 3x1 櫃的計測結果中，共有 2 櫃大於 10000Bq/Kg，其餘 98 櫃皆小於 10000Bq/Kg。並於 7 月 20 開始執行 55 加侖桶計測作業，截至 11 月 8 日為止，已完成 1101 桶 55 加侖桶計測作業。

(三)工程及地質材料對 ^{99}Tc 及 ^{94}Nb 核種吸附特性研究

本案工作目標針對 Tc、Nb 核種之同位素進行相關吸附實驗，藉此掌握 ^{99}Tc 及 ^{94}Nb 核種在我國低放處置場環境的吸附特性。本階段(110 年 8 月至 111 年 1 月)執行工作包括：

1. 進行 Tc 及 Nb 在模擬海水及台東現場地下水環境下的動力學實驗及分析
2. 進行 Tc 及 Nb 在台東現場地下水環境下的等溫吸附實驗及分析

「Tc 及 Nb 核種吸附實驗文獻彙整」報告已完成，本報告為收集國際間放射性廢棄物處置對 Tc 及 Nb 核種的吸附 Kd 值，並彙整分析，彙整結果做為後續本土化試驗之規劃參考。參考前述報告成果，規劃實驗工作，於本階段進行 Tc 及 Nb 在模擬海水及台東現場地下水環境下的動力學實驗及分析及在台東現場地下水環境下的等溫吸附實驗及分析，藉由本土化之試驗條件求得核種吸附於不同材料間之分配係數。

本案持續進行吸附實驗工作，預計於 111 年 2 月提送「建議候選場址 Tc 及 Nb 核種吸附實驗研究」報告予本公司審查。

(四)低放射性廢棄物資料庫系統更新

為因應近年各電廠使用者使用後的經驗回饋及管制單位的相關要求(如廢棄物桶的盛裝容器資訊與資料批次匯入等)，資料庫已漸面臨程式功能不敷使用及便利性極需提升等問題。本案規劃於資料庫既有功能不變之前提下，重新設計資料庫系統，對許多現行系統已知問題進行調整，並追加若干功能。期望透過本案建置更完善且容易維護之低放射性廢棄物資訊管理系統。主要之工作項目包括：

1. 進行系統架構、資料庫、使用者介面分析及了解使用者及伺服器硬體需求，制定軟體開發計畫。
2. 資料庫系統個功能之使用介面重新設計並精進原有之功能。
3. 資料庫系統上線前測試，包含各功能測試、整合功能測試及系統安全性測試（包含源碼檢測、弱點掃描及第三方滲透測試等）
4. 完成系統操作手冊與系統說明手冊
5. 於台電公司總管理處、核一廠、核二廠、核三廠及低放貯存場辦理系統操作及說明之教育訓練
6. 資訊系統維護

本案於 110 年 3 月 9 日決標，已完成作業前相關分析，並依擬定之開發計畫執行系統更新，於 110 年 12 月完成圖表功能、廢棄物資料輸入、查詢與檢核功能及比例因數計算功能開發等，預計於 111 年 3 月完成系統功能與安全性測試後，正式啟用新系統。

(五)低放射性廢棄物最終處置計畫(選址階段)專案品質保證計畫

低放專案品質保證計畫本階段(110 年 8 月至 111 年 1 月)工作計畫執行檢討如下：

1. 本品保計畫係適用於「選址階段」，而低放處置計畫目前仍是處於此階段，故本品保計畫仍適用。

2. 台電公司於執行低放處置計畫時，皆能依循本專案品保計畫，確保作業品質；各計畫品保作業分述如下：
- (1) 低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫：
台電公司核能後端營運處於 110 年 3 月 2 至 5 日辦理定期品保巡查承商中興工程顧問公司；台電公司核能安全處並於 110 年 3 月 22 至 26 日辦理核安定期稽查承商中興工程顧問公司。
 - (2) 蘭嶼貯存場低放射性廢棄物計測暨取樣分析技術服務：
台電公司核能安全處並於 110 年 5 月 4 日至 7 日辦理核安定期稽查核研所於低放貯存場之現場作業。
 - (3) 工程及地質材料對 ^{99}Tc 及 ^{94}Nb 核種吸附特性研究：
台電公司核能後端營運處於 110 年 1 月 4 至 5 日辦理定期品保巡查承商清華大學公司；台電公司核能安全處並於 110 年 5 月 10 至 13 日辦理核安定期稽查承商國立清華大學。
3. 有關「低放射性廢棄物最終處置計畫(選址階段)專案品質保證計畫」依據貴局建議「若每年檢討修訂無涉及重大變更，請貴公司自主管理，並每四年陳報本局修訂結果。」本公司已完成 110 年度定期檢討作業，後續將持續依據本品質保證計畫，執行低放處置相關計畫。

三、執行成效、檢討及下階段工作要項

本階段(110 年 8 月至 111 年 1 月)工作執行成效與檢討如表 2-6：

表 2-6 110 年 8 月至 111 年 1 月工作執行成效與檢討表

計畫名稱	執行成效與檢討
低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫	1. 承商於 110 年 8 月底提報「低放處置場風險評估研究」、「低放處置場生命週期成本估計」報告初稿 2. 承商於 110 年 9 月底提報「處置需求管理系統操作與維護手冊(含系統程式碼)」報告初稿。 3. 承商均依照契約規定期限內提交報告，符合計畫工作要求。

蘭嶼貯存場低放射性廢棄物計測暨取樣分析技術服務	本計畫承包商核能研究所於 110 年 7 月 20 執行裝於 55 加侖桶之自產廢棄物計測作業，並於 110 年 11 月 8 日完成 1101 桶 55 加侖桶計測。
工程及地質材料對 ^{99}Tc 與 ^{94}Nb 核種吸附特性研究	本案已於 110 年 4 月 16 日完成「Tc 及 Nb 核種吸附實驗文獻彙整」報告定稿，持續進行吸附實驗工作。
低放射性廢棄物資料庫系統更新	已於 110 年 12 月完成圖表功能、廢棄物資料輸入、查詢與檢核功能及比例因數計算功能開發等，預計於 111 年 3 月完成系統功能與安全性測試後，正式啟用新系統。
低放射性廢棄物最終處置計畫(選址階段)專案品質保證計畫	<ol style="list-style-type: none"> 1. 低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫：台電公司核能後端營運處已於 110 年 3 月 2 至 5 日辦理定期品保巡查承商中興工程顧問公司；台電公司核能安全處並於 110 年 3 月 22 至 26 日辦理核安定期稽查承商中興工程顧問公司。 2. 蘭嶼貯存場低放射性廢棄物計測暨取樣分析技術服務：台電公司核能安全處並於 110 年 5 月 4 日至 7 日辦理核安定期稽查核研所於低放貯存場之現場作業。 3. 工程及地質材料對 ^{99}Tc 與 ^{94}Nb 核種吸附特性研究：台電公司核能後端營運處於 110 年 1 月 4 至 5 日辦理定期品保巡查承商清華大學公司；台電公司核能安全處並於 110 年 5 月 10 至 13 日辦理核安定期稽查承商國立清華大學。 4. 未來亦將依據「低放射性廢棄物最終處置計畫(選址階段)專案品質保證計畫」，持續辦理相關品質稽查作業。

台電公司下階段(111 年 2 月至 111 年 7 月)，主要將持續辦理現階段執行之各項計畫，使其如期如質完成各項成果，各項計畫說明如後。

工程及地質材料對 ^{99}Tc 與 ^{94}Nb 核種吸附特性研究案已於 110 年 4 月 16 日完成「Tc 及 Nb 核種吸附實驗文獻彙整」報告定稿，持續進行吸附實驗工作及結果統整。

蘭嶼貯存場低放射性廢棄物計測暨取樣分析技術服務案目尚在執行而未完成，核研所預計於 111 年 7 月 30 日前提送自產廢棄物與超 C 類桶計測之作業成果報告。

低放射性廢棄物資料庫系統更案預計於 110 年 3 月完成系統功能與安全性測試後，正式啟用新系統。

第三章 處置設施選址計畫

低放射性廢棄物最終處置計畫於選址過程中，應執行之工作內容包括選址公投、場址調查及環境影響評估等工作。本階段(110年8月至111年1月)2處建議候選場址縣政府尚無法配合主辦機關經濟部辦理地方選址公投，未能選定候選場址，致相關後續作業仍無法執行。

一、過往執行成果重點

「場址設置條例」於95年5月24日公布施行後，主辦機關經濟部依條例第6條規定會商主管機關同意，於95年7月11日指定台電公司為選址作業業者，依條例規定選址作業業者須提供選址小組有關處置設施選址之相關資料，並執行場址調查、安全分析、公眾溝通及土地取得等工作，台電公司並配合主辦機關辦理選址相關事項及依條例第20條規定接續辦理原依放射性物料管理法等相關法規執行低放射性廢棄物最終處置計畫之選址工作。

「場址設置條例」第7條規定「選址小組應於組成之日起六個月內，擬訂處置設施選址計畫，提報主辦機關。」台電公司作為選址作業業者乃依經濟部指示於95年10月31日研提「低放射性廢棄物最終處置設施場址選址計畫」草案陳報經濟部國營會，送請選址小組審查，並遵照選址小組審查意見於95年12月28日將修訂之選址計畫草案再送國營會，經濟部續於96年1月25日召開選址小組第2次委員會議進行討論，台電公司遵照委員意見修訂完成選址計畫，由選址小組依前述規定提報主辦機關經濟部，經濟部則於96年3月21日將選址計畫刊登於行政院政府公報並上網公告1個月，並經會商主管機關及相關機關意見後，核定於96年6月20日生效。

經濟部依據「場址設置條例」完成選址計畫公告與核定後，選址小組則依據「場址設置條例」與選址計畫，以台灣全部地區為範圍進行潛在場址篩選，首先依據「場址設置條例」第4條規定及原能會發布之「低放射性廢棄物最終處置設施場址禁置地區之範圍及認定標準」與其他法規規定之禁止與限制開發條件，篩選出符合之可能潛在場址，再由選出之可能潛在場址依環境接受度、接收港條件、陸運環境、處置場設施所需空間、特殊地質條件以

及處置方式等因子進行評量，評選出較佳之可能潛在場址。台電公司除提供選址小組前述有關處置設施選址之相關資料外，並執行選址小組 96 年 10 月 23 日第 4 次委員會議初步同意之可能潛在場址其地球化學條件(地下水體氫離子濃度指數與地質介質對鈷及銻之分配係數)調查及分析，以作為選址小組票選潛在場址之參考依據。

主辦機關經濟部於 97 年 8 月 19 日召開選址小組第 8 次委員會議票選潛在場址，選址小組針對評量較佳之可能潛在場址，再考量相關因子評量結果後，順利票選出「臺東縣達仁鄉」、「屏東縣牡丹鄉」及「澎湖縣望安鄉」等 3 處潛在場址，並將票選結果提報經濟部，經濟部於 97 年 8 月 29 日核定公告。

台電公司續依經濟部規劃之選址作業期程，積極辦理建議候選場址遴選作業相關配合工作，如配合辦理選址小組委員於 98 年 2 月 9、10 日赴臺東縣達仁鄉、屏東縣牡丹鄉等 2 處潛在場址現勘及依 98 年 1 月 20 日選址小組第 10 次委員會議結論修訂「建議候選場址遴選報告」，於 98 年 2 月 13 日完成「建議候選場址遴選報告(修訂版)」供選址小組委員參考，選址小組於 2 月 20 日召開第 11 次委員會議，票選結果建議以「臺東縣達仁鄉」與「澎湖縣望安鄉」為建議候選場址，台電公司並依票選結果及該次會議決議完成「建議候選場址遴選報告」定稿本送選址小組委員確認，選址主辦機關經濟部於 98 年 3 月 17 日依法將「建議候選場址遴選報告」公開上網及陳列 30 日(期間自 98 年 3 月 18 日起至 4 月 16 日止)。

公告期間經濟部共收到各界意見 140 件，其中有條件贊成者 1 件、涉及法律層面意見者 4 件、不具理由反對者 37 件及具理由反對者 98 件。主管機關原能會於 98 年 5 月 25 日發函經濟部洽前述各界意見之答覆情形，並請經濟部將各界意見答覆初稿會商相關機關，經濟部於 6 月 1 日函復原能會將督導台電公司積極辦理，故後續台電公司依據經濟部彙整各界意見之來函，研擬答覆初稿於 6 月 18 日函復國營會轉陳經濟部。經濟部於 7 月 9 日將各界意見會商主管機關原能會及相關機關，另指示台電公司研擬答覆原能會對建議候選場址遴選報告各界意見答覆初稿之評議意見並修訂答覆初稿內容，台

電公司完成後於 7 月 30 日函復國營會轉陳經濟部。經濟部並於會商主管機關與各相關機關意見後於 11 月 12 日逐項答復意見採納情形。

台電公司於莫拉克颱風(98 年 8 月 8 日)後，前往台灣本島東南部潛在場址與其他較佳可能潛在場址勘查，並於 9 月 18 日研提勘查評估報告陳報主管機關，經勘查確認場址範圍內未曾遭受地層崩塌滑動、侵蝕、洪水、土石流等災害，勘查評估結果顯示，前述場址地區環境相對穩定，並未受到豪雨之不利影響，場址評選時將地質、水文等因素納入考量，評估結果正確性獲得驗證。

經濟部原規劃於 98 年 12 月底前核定公告「建議候選場址」，惟因澎湖縣政府於 98 年 9 月 15 日公告將望安鄉東吉嶼大部分私有土地一併納入為「澎湖南海玄武岩自然保留區」，並經該管主管機關行政院農業委員會於 9 月 23 日核備。依「文化資產保存法」規定，該保留區禁止改變或破壞其自然狀態，造成僅存 1 處「臺東縣達仁鄉」場址之情況，嗣經經濟部函請原能會釋明應核定公告 2 處以上「建議候選場址」，方符合「場址設置條例」規定，致未能依原訂規劃期程於 98 年 12 月底前辦理核定及公告作業。經濟部於 99 年 1 月 26 日召開選址小組第 12 次委員會議，研商補足「建議候選場址」之處理方案，經委員決議將選址作業退回至潛在場址篩選階段重新辦理。後續選址小組於 3 月 8 日第 13 次會議，經檢視相關法規條文修訂及法規公告區域更動情形，確認其餘可能潛在場址仍符合資格，並同意新增 1 處較佳可能潛在場址；於 5 月 31 日召開第 14 次會議討論選址作業提報各較佳可能潛在場址之調查資料與評比說明，99 年 7 月 13、15 日並至新增之較佳可能潛在場址勘查。

經濟部於 99 年 9 月 1 日召開選址小組第 15 次會議，經出席委員三分之二以上之投票同意，票選出「臺東縣達仁鄉」、「金門縣烏坵鄉」等 2 處潛在場址，經濟部並於 9 月 10 日公告。台電公司即就公告之 2 處潛在場址辦理場址遴選作業資料蒐集與彙整，並沿用或更新社經因素、場址環境因素與工程技術因素等評量因子之資訊，就各潛在場址特性進行評量，分析說明評估結果，並依 100 年 2 月 25 日選址小組第 16 次委員會議結論修訂「建議候選

場址遴選報告」。經濟部續於3月21日召開選址小組第17次會議，經出席委員三分之二以上之投票同意，票選建議「臺東縣達仁鄉」與「金門縣烏坵鄉」為建議候選場址，台電公司則依票選結果及該次會議決議完成「建議候選場址遴選報告」定稿本送選址主辦機關，經濟部於100年3月29日依法將「建議候選場址遴選報告」公開上網及陳列30日(期間自3月29日起至4月27日止)。

「建議候選場址遴選報告」公開上網及陳列期間，經濟部共收到13件(76項)意見，其中具理由反對有11項，提出建議意見有12項，提出質疑意見有53項。台電公司依據經濟部彙整各界意見來函，研擬意見答復初稿於100年5月23日函復國營會，國營會於6月1日函示，鑒於日本福島核電廠事故後，社會各界關切核能安全議題，請台電公司就核安相關意見併同「核能電廠安全防護總體檢評估報告」重擬相關答復資料。台電公司遵照指示及參照「核能電廠安全防護總體檢評估報告」內容，補充相關答復資料於100年7月8日提報國營會，由國營會洽商主管機關與相關機關(包含選址小組票選建議之建議候選場址所在之地方政府)，至101年2月始獲得最後一機關之回復意見。經濟部參酌各機關回復意見，於101年3月7日正式答復各界對「建議候選場址遴選報告」所提意見，後續台電公司於101年5月19日陪同經濟部林前次長赴金門縣烏坵鄉現勘，並與烏坵鄉鄉長及當地居民溝通選址作業及後續公投工作，及於101年5月8日及5月21日陪同經濟部林前次長分別拜會臺東縣及金門縣地方首長，洽談有關核定公告建議候選場址相關事宜。國營會續於101年5月24日向經濟部長簡報低放選址作業核定公告建議候選場址議題，經濟部於101年7月3日核定公告建議候選場址。後續主辦機關於101年8月17日函請建議候選場址所在地方政府同意接受委託辦理公投選務工作。惟兩地縣政府分別於同年9月26日及10月9日函復對於選址公投尚有意見，均未同意接受委託辦理公投。

台電公司於101年10月30日提報「低放射性廢棄物最終處置102年工作計畫」送主管機關審查。主管機關於101年11月27日提出第1次審查意見，台電公司依據審查意見於101年12月10日研提修訂版函復主管機關，

後續主管機關於 101 年 12 月 24 日召開「低放射性廢棄物最終處置計畫-102 年度工作計畫」審查會議，台電公司就會議紀錄及審查意見於 102 年 1 月 29 日研擬答復說明及計畫修訂 2 版提報主管機關，台電公司依據主管機關於 102 年 2 月 6 日就 102 年度工作計畫修訂 2 版函復之要求，應依 101 年 12 月 24 日之審查會議決議事項，切實執行年度工作計畫，俾各項工作品質及成效能確保低放處置計畫依時程切實推動。該次會議決議有關請台電公司於 102 年 2 月底前提報充實低放最終處置專職人力之具體規劃部分，台電公司已於 102 年 2 月 22 日提報「最終處置專職人力具體規劃」送主管機關審查，主管機關於 2 月 27 日函復，請台電公司參酌國際處置專責機構之人力配置及規模，儘速加強充實，俾最終處置計畫依計畫時程切實推動。

台電公司依據國營會 101 年 12 月 17 日經國二字第 10100200630 號函，提報辦理選址公投選務工作所需人力、經費等資料，於 102 年 1 月 2 日送國營會。

台電公司於 102 年 2 月 26 日陪同經濟部梁政務次長等長官赴臺東縣達仁鄉建議候選場址現勘及簡報說明場址初步規劃設計(包括處置坑道佈置設計、低放廢棄物專用接收港配置設計、專用道路規劃設計、輔助區規劃與營運概念等)、場址地質等條件(包括處置區岩性及年代、斷層距離、地震與海嘯影響等)與周邊環境狀況。

台電公司於 102 年 3 月 4 日參加經濟部邀集原能會、內政部及中選會召開之「低放射性廢棄物最終處置設施場址公投評估研商會議」討論低放選址公投相關議題，會議結論為「(一)本案低放選址地方性公投與核四公投因二者議題、範圍、性質、法源、法定主辦機關不同，如合辦於法律面及實務面存在諸多疑義，且鑑於本案恐將使得核四公投案更趨複雜，經相關主管部會研商仍無共識，將提報行政院核四專案小組會議研商，並由經濟部賡續研議；(二)經濟部仍將督同台電公司持續進行台東及金門縣之溝通工作，以爭取 2 縣民眾之支持。」但對於場址公投辦理方式尚未有具體結論，致處置計畫書之選址作業時程仍有不確定因素。台電公司爰提報修正處置計畫書，將主辦機關辦理之場址公投時程採浮動方式提報，惟未獲主管機關原能會同意。且

臺北高等行政法院 107 年 4 月 11 日(106 年度訴字第 1242 號)判決書，明確指出「辦理地方性公民投票階段，負有行政法上義務者實為地方性公民投票之主管機關即臺東縣政府與金門縣政府……然原告既無地方政府之監督權責……。」

台電公司於 102 年 10 月 29 日將 103 年度工作計畫提報物管局審查，並於 102 年 11 月 14 日參加物管局召開之「放射性廢棄物最終處置計畫-103 年度工作計畫」審查說明會會議簡報年度工作計畫內容。台電公司依據 103 年度工作計畫修訂二版及物管局 102 年 11 月 18 日「放射性廢棄物最終處置計畫-103 年度工作計畫」審查說明會會議紀錄，與 102 年 12 月 26 日來函「低放射性廢棄物最終處置 103 年工作計畫」之審查結論辦理與選址計畫相關工作。審查結論其中有關「請強化處置計畫之「替代/應變」方案，並研提具體可行之方案。」部分，台電公司已於 102 年 10 月 1 日第 124 次放射性物料管制會議簡報「替代/應變方案」，並依第 125 次放射性物料管制會議紀錄，「於送請經濟部審核及行政院民間與官方核廢料處理協商平台研討後，再行提報主管機關。」辦理相關簡報準備事宜。經濟部為順利推動低放射性廢棄物最終處置設施選址作業等業務，於 102 年 11 月 18 日以任務編組方式成立核廢料處理專案辦公室，主要負責辦理放射性廢棄物營運專責機構之籌設、研訂放射性廢棄物營運相關政策暨執行策略工作。台電公司於 103 年 1 月 24 日會同該專案辦公室赴物管局討論低放選址替代/應變方案。後續主管機關於 103 年 3 月 20 日第 126 次放射性物料管制會議第 661 議案決議「請台電公司妥善規劃本案，並於送請行政院民間與官方核廢料處理協商平台研討後，再行提報本局。」台電公司在經濟部核廢料處理專案辦公室督導下，準備行政院民間與官方核廢料處理協商平台第 4 次會議之簡報(低放射性廢棄物最終處置計畫替代/應變方案)。行政院原訂 4 月 30 日召開第 4 次協商平台會議，因民間團體召開記者會，聲明退出平台會議，故無法依據第 126 次會議決議辦理。

主管機關於 103 年 6 月 19 日召開第 127 次放射性物料管制會議，就第 661 議案決議「由於行政院民間與官方核廢料處理協商平台之後續運作尚難

預測，請台電公司依第 124 次會議決議，於 7 月底前提報本局，提報之替代/應變方案，應有明確之規劃時程；可參考美國藍帶委員會(Blue Ribbon Committee, BRC)或台電公司高放處置計畫應變方案之作法。」台電公司依據此項決議，於 103 年 7 月 30 日以電核端字第 1038060805 號函向主管機關提出「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)第 10 章替代/應變方案之強化修正」後，主管機關於 103 年 8 月 12 日以物三字第 1030002133 號函，要求台電公司將前述替代/應變方案併入處置計畫書，台電公司遂於 103 年 8 月 19 日以電核端字第 1030016757 號函將「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.3」提報主管機關，並於 103 年 9 月 9 日獲主管機關核備。且後續台電公司依據主管機關 104 年 4 月 21 日物三字第 1040010487 號函，將低放射性廢棄物最終處置計畫(規劃階段)專案品質保證計畫併入「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.4」提報主管機關，並於 104 年 5 月 12 日獲主管機關核備。

經濟部續於 105 年 5 月 5 日依據立法院第 9 屆第 1 會期經濟委員會第 8 次全體委員會議決議，函請臺東及金門二縣政府同意接受委託辦理法定低放場址地方性公民投票選務工作，分別於 105 年 5 月 18 日、7 月 29 日獲金門縣政府及臺東縣政府回函表示未予同意，後續台電公司將配合經濟部指示持續地方溝通。

台電公司前階段(110 年 2 月至 110 年 7 月)選址工作主要為依據「低放射性廢棄物最終處置 110 年度工作計畫(修訂二版)」及配合主辦機關經濟部，持續辦理民眾溝通工作。該計畫係規劃依照廣告文宣、議題管理、組織動員、調查研究、活動贊助、公益關懷等行動模組進行各類之行動方案。另，台電公司已協助主辦機關經濟部設置低放射性廢棄物最終處置官方網站(<http://www.llwfd.org.tw>)，該網站已就世界上主要運用核能科技國家之成功經驗進行說明，並刊載低放平面文宣、宣導短片、場址動畫等文宣作為溝通工作推展之輔助資料，以釐清民眾疑慮與增強對處置工作之信心。處置設施選址計畫之過往執行成果重點時間圖如

圖 3-1。

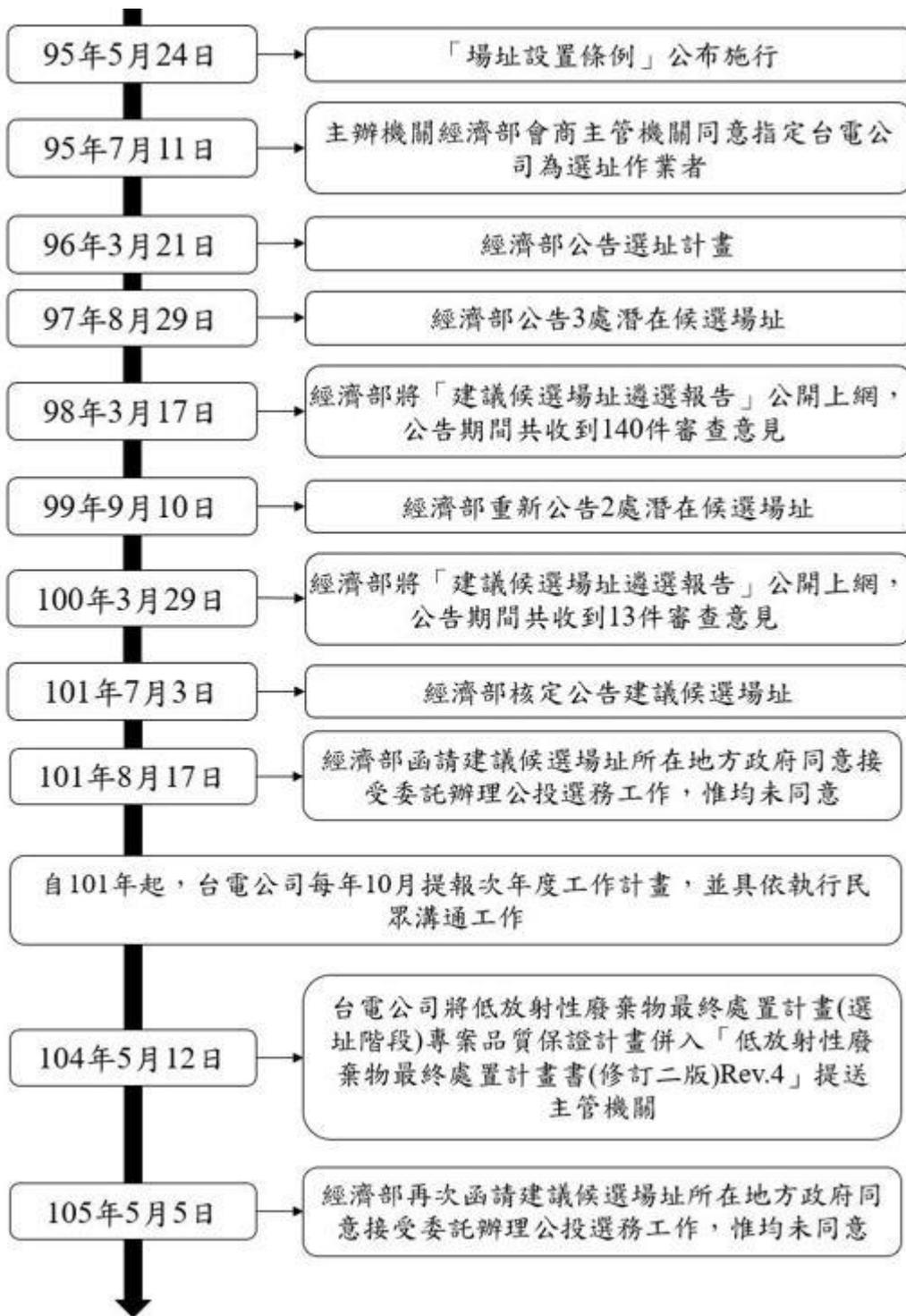


圖 3-1 處置設施選址計畫之過往執行成果重點時間圖

二、現階段(半年)執行之具體工作項目與成果

台電公司本階段依據低放射性廢棄物最終處置 110 年度工作計畫(修訂二版)，及配合主辦機關經濟部，持續辦理推動公投之民眾溝通工作。台電公司依據「場址設置條例」第 6 條規定，於主辦機關設置之網站，按季公開處置設施場址調查進度等相關資料，查核項目如表 3-1 所示：

表 3-1 處置設施選址計畫查核表

計畫名稱/工作項目	查核點	查核項目/查核情形說明
低放選址作業資訊	110 年 10 月	提報選址作業資訊 / 於 110 年 10 月 8 日提報 110 年第 3 季選址作業資訊送國營會公布在主辦機關網頁
	111 年 1 月	提報選址作業資訊 / 於 111 年 1 月 9 日提報 110 年第 4 季選址作業資訊送國營會公布在主辦機關網頁

三、執行成效、檢討及下階段工作要項

現階段選址計畫主要工作為選址公投準備作業，因 2 處建議候選場址縣政府尚未同意經濟部委託辦理公投選務工作，主辦機關經濟部評估自辦公投確有困難事項待克服，致公投時程仍具有不確定性因素存在，台電公司除持續加強與縣政府、議會及地方民眾之溝通外，並依據「110 年度低放選址地方溝通工作計畫」進行公眾溝通；並依據「場址設置條例」第 6 條規定，於主辦機關設置之網站，按季公開處置設施場址調查進度等相關資料。

依據臺北高等行政法院判決 106 年度訴字第 1242 號：「選址條例第 11 暨所應準用之公民投票法規定，於此『辦理地方性公民投票階段』，負有行政法上義務者實為地方性公民投票之主管機關即臺東縣政府與金門縣政府，而該兩地方行政主體之拒絕配合辦理公民投票，並不能認係台電公司違反行政法上義務……然台電公司既無地方政府之監督權責，對於前開地方政府之拒

絕辦理公民投票，亦難認有何危險前行為，自不能以伊所未能掌控之客觀情勢，即認係因原告未能投入充足資源，並評價認定伊違反物管法第 29 條第 1 項之行政上義務。」判決結果台電公司非選址公民投票之作為義務人，且無監督地方政府之權限，更無權訂定處置計畫之選址時程。惟現行「低放處置計畫書(修訂二版)」已不符實際狀況，亦請原能會諒察，同意核備台電公司提出低放處置計畫書之修訂。

依據「非核小組」第 1 次會議紀錄，針對「核廢料處置之推動辦理情形」討論案，主席曾裁示「關於低放、集中式貯存或最終處置場的選址程序，都面臨民眾如何參與選址才能符合民主及效率，未來若透過修法或立法來解決問題，須尋求社會最大共識，也是最正當的程序。」原能會續於第 3 次會議提出「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」修法芻議簡報，亦請原能會持續辦理該條例之修訂，俾利低放選址作業能順利推動。

台電公司下階段最主要之具體工作即為地方溝通工作。其執行成效及下階段工作要項，敬請參考本成果報告第五章相關內容。

第四章 應變方案(集中式貯存)計畫

依據原能會審查「低放射性廢棄物最終處置計畫-107年下半年執行成果報告」之審查意見編號12新增本章內容。

102年8月22日「放射性物料臨時管制會議」，原能會請台電公司於用過核子燃料最終處置計畫第二階段「候選場址評選與核定階段」結束時，若無法依時程順利提出候選場址，應啟動集中式乾式貯存設施計畫；又，原能會考量低放射性廢棄物最終處置設施選址作業可能受到政治、社會、環境及地方民意等變數的影響，導致選址作業未能順利進行，故於103年1月17日以會物字第1030001280號函請經濟部督導台電公司，就低放最終處置計畫提出應變方案(集中式貯存設施規劃)。

台電公司依據原能會之行政指導，並參考國際上使用核能發電國家如荷蘭、瑞士、比利時等國，其放射性廢棄物最終處置營運即採「先經集中式中期貯存後再進行最終處置」的策略，爰規劃推動興建一座放射性廢棄物集中式中期貯存設施，用以中期貯存用過核子燃料及低放射性廢棄物，並俟未來銜接最終處置。台電公司考量應變方案(集中式貯存)策略涉及之層面與範圍廣泛，有必要考量我國放射性廢棄物特性，先就中期貯存設施場址特性、設施型式、安全分析、運輸、營運等面向，進行初步規劃與評估可行性。經初步評估，我國興建一處集中式中期暫時貯存設施(下稱中期暫存設施)於技術上係具備可行性。

105年8月15日總統走訪蘭嶼時曾公開表示，政府將會搭建一個讓相關單位、台電公司以及民間相互溝通的平台，強化大家的互信，共同研議未來台灣能源轉型的問題；同(105)年9月2日行政院長走訪北海岸與地方鄉親座談時表示，行政院國家永續發展委員會將成立「非核家園推動專案小組」，除了經濟部、原能會、環保署及其他相關部會外，並邀請民間團體、在地居民、國內外專家共同參與，由各界一起討論核廢料處理等相關問題。

依據上述總統與行政院長之指示，為彰顯決策透明過程、建立溝通協調平台、廣納各界參與，爰行政院國家永續發展委員會於106年設立「非核家

園推動專案小組」(下稱「非核小組」)，協調推動相關議題(包括核廢料處理、貯存及處置)，俾落實「非核家園」目標。大會及經濟部亦有鑑於此，均指示台電公司將中期暫存設施議題提請「非核小組」專案討論，尋求社會各界共識。「非核小組」至今已有推動興建中期暫存設施之共識，惟仍將進一步就相關規劃(如選址作業與設施型式)進行討論，據以形成完整策略。

一、過往執行成果重點

經濟部偕同台電公司持續積極協助「非核小組」專案討論各項核廢相關議題，包括中期暫存設施，以期透過「非核小組」形成社會各界對於核廢相關議題之共識，俾利規劃符合各界多數期望之核廢政策，供執行機關/單位據以推動，達成非核家園之目標。

從「非核小組」專案討論中期暫存設施之過程來看，可見該小組逐漸聚焦並形成共識推動中期暫存設施，並將進一步討論如何辦理中期暫存設施之選址作業。有關「非核小組」專案討論中期暫存設施之過程，截至 111 年 1 月底止摘要說明如表 4-1 所示。

表 4-1 「非核小組」歷次正式會議就中期暫存設施討論情形表

日期	專案討論情形
106 年 5 月 3 日	「非核小組」第 1 次會議，台電公司報告「核廢料處置現況說明」，內容包含「放射性廢棄物最終處置應變方案-集中式貯存」。經討論後，主席裁示：「關於低放、集中式貯存或最終處置場的選址程序，都面臨民眾如何參與選址才能符合民主及效率，未來若透過修法或立法來解決問題，須尋求社會最大共識，也是最正當的程序。」
107 年 1 月 22 日	「非核小組」第 3 次會議，主席說明略以：「...現階段應優先辦理尋找可存放 50 至 100 年及可控管的集中式中期貯存場，這或許比較容易達成。」會議討論後，主席裁示：「下次會議討論題由台電分析集中貯存場並提

日期	專案討論情形
	出構想，另諮詢委員亦請提出建議場址，一併於下次會議中討論。
108年3月15日	<p>「非核小組」第4次會議，台電公司報告「我國推動集中式中期貯存場之規劃與展望」，主席裁示：「今天會議共識為推動興建『放射性廢棄物中期暫時貯存設施』，請台電公司依據簡報所提規劃方向及建議積極辦理並展開溝通，至於具體內容，可再進一步討論與規劃。另中期暫時貯存設施可暫不強調『集中式』此一名稱，以保留彈性，將來規劃時若有需要，也可考慮將高、低放分開處理。」</p>
109年12月25日	<p>「非核小組」第5次會議，台電公司報告「核電廠除役與後端營運現況報告」，內容包含「(集中式)中期暫時貯存設施辦理現況」。</p> <p>主席裁示：</p> <p>一、<u>應突破乾貯困境，進行政治與社會溝通</u>:乾貯工作為核電廠除役重要作業，乾貯設施卡關，是政治問題，故須與新北市政府妥為協調，儘早確認該府是否在中期暫時貯存設施場址可得確定之前提下，可以同意台電公司辦理及推動核一、二廠之室內外乾貯工作。若能取得新北市政府前揭承諾或釐清相關條件，則中期暫時貯存設施場址亦必須儘早確定，惟仍請台電公司先針對各項困難妥擬相關因應對策，俾利擇期向院長報告。</p> <p>二、<u>應建立中期暫時貯存設施場選址之準則</u>:請台電公司下次報告中期暫時貯存設施場址所需地質條件與選址程序或原則，俾利小組討論。</p>

二、現階段(半年)執行之具體工作項目與成果

現階段(110年8月至111年1月)執行之具體工作臚列如下：

(一) 110年8月13日，新北市核能安全監督委員會110年第2次會議，台電公司報告「中期暫存設施補充說明」，補充說明如環評、半徑人口數、土地使用分區、相關風險評估等工項辦理期程及場址要找多久等具體內容。會議決議如下：

- 1、有關「中期暫存設施」的選址條件、特性、專責單位之組成及其相關法令條文、成員遴選與地方政府及民(間)眾團體參與專業性機制及由何單位核定，請台電公司於下次會前會提起討論。
- 2、有關「中期暫存設施」選址何時啟動，相關辦理工項期程有無縮短可能，請台電公司於下次會前會提起討論。
- 3、本府一再強調，有關核廢料中期暫存設施，請台電公司妥善規劃，並考量新北市境內環境災害潛勢及民意，不能設在新北市。

(二) 大會物管局來函表示，依據110年11月8日立院教育及文化委員會審查111年度原能會預算案之決議事項略以：「台灣電力股份有限公司提報『蘭嶼貯存場遷場規劃報告』規劃將蘭嶼貯存場廢棄物遷移至『集中式貯存設施』進行中期貯存以銜接未來最終處置，其推動時程為106年3月起8年內『集中式貯存設施』應完工啟用，惟台灣電力股份有限公司自106年3月至今未有實質選址作業進度，恐大幅延後執行時程，原能會應依法加強監督。」爰請台電公司於110年12月底前提報「中期暫時貯存設施選址作業進度」報告。台電公司於110年12月29日將前揭報告提報大會物管局，全文共分5章，摘要如下：

- 1、「壹、案由」：說明台電公司研擬旨揭報告之緣由。
- 2、「貳、中期暫時貯存設施背景說明」：說明台電公司係依據大會之指示規劃中期暫存設施，並再依經濟部與原能會之指示，提報「非核小組」專案討論，尋求社會各界共識。

- 3、「參、中期暫存設施選址作業初步規劃」：說明台電公司向「非核小組」建議中期暫存設施之選址作業，可成立「選址專責單位」（「公正的組織體」），依原能會所制定之「集中式放射性廢棄物貯存設施場址規範」（「客觀的標準」）辦理場址評選，並導入公眾溝通、徵求自願場址與協議機制（「公開參與的程序」），爭取地方同意成為中期暫存設施場址。
- 4、「肆、中期暫時貯存設施推動情形」：說明「非核小組」已形成推動中期暫存設施之共識，將進一步討論中期暫存設施具體規劃內容(包含選址作業)。台電公司將依照「非核小組」專案討論成果持續滾動修訂相關規劃，直至形成完整策略，俾供據以推動。
- 5、「伍、結語」：說明「非核小組」協調推動核廢相關議題，台電公司依指示將中期暫存設施提報該小組專案討論，未來將依該小組討論成果妥善擬訂相關方案，並據以推動選址作業。

(三) 110年11月30日新北市石門區核一廠除役監督委員會110年度第2次會議，台電公司報告「最終及集中貯存處置場方案進度」，說明目前「非核小組」將進一步討論中期暫存設施所需地質條件與選址程序或原則。台電公司亦建議未來中期暫存設施之選址應：

- 1、合法：未來選址應首先排除各項依法不得開發之地區；
- 2、合理：未來可成立選址專責單位，制定科學選址程序或準則，合理評選場址。

另，「非核小組」亦認為核廢社會溝通必須秉持資訊透明化之原則持續進行，爰台電公司辦理「核廢料設施選址社會溝通計畫」（詳見第5章），希望透過該案研究成果產出核廢料設施選址之建議後續推動方案。

(四) 110年12月27日，新北市核能安全監督委員會110年第3次會議，台電公司報告「『中期暫存設施』具體內容及規劃補充說明」。會議決議如下：

- 1、有關「中期暫存設施」選址規劃案，請台電公司依據原能會場址規範及台電所彙整的國際經驗與國內專家學者意見，從符合法規要求及專業立場，來評估較適合的場址。
- 2、請台電公司儘速規劃選址專責機構期程的確認，建請行政院非核家園推動小組儘快啟動。
- 3、本次公投，核廢料議題也是民眾所關注，請中央政府處理核廢料的態度及政策方向要明確，並且應訂定時程表，請中央政府與台電公司務必落實資訊公開並與地方政府及民意溝通，以使選址計畫能更順利推行。
- 4、有關中期暫存設施及最終處置場的選址工作，請台電妥善規劃，並考量新北市環境災害潛勢及民意，不能設在新北市，相關設計及風險評估，必須以核能安全為優先。

綜上所述，台電公司現階段(110年8月至111年1月)執行之具體工作主要是依據「非核小組」與經濟部之指示辦理本計畫之溝通工作，持續與關切本計畫之利害關係人，包括石門區地方民眾、新北市政府、社會團體代表、學者專家、上級機關、主管機關等，就個別關切議題進行溝通與說明，陳述台電公司的想法，傾聽利害關係人之意見。另，經濟部持續督導台電公司，針對整體核廢議題妥擬相關因應規劃，再提報「非核小組」進行專案討論。

三、執行成效、檢討及下階段工作要項

在多元化的民主社會中，重大公共政策的形成通常必須經過冗長的政治過程，因為政策的改變或新創都涉及並影響到社會組成內的不同群體，而需要透過層層協商與逐步溝通來達成共識，才能產生新的政策或改變既有的政策。爰政府為彰顯決策透明過程、建立溝通協調平台、廣納各界參與，設「非核小組」協調推動核廢料處理、貯存及處置議題。

台電公司亦切實遵照原能會與經濟部之指示，將「集中式貯存設施」提報「非核小組」專案討論，希冀透過該小組多元化且具代表性的成員，透過成員間的討論與溝通來達成共識，以尋求最佳可行方案。該小組已形成推動

興建「放射性廢棄物中期暫時貯存設施」之共識，並將就中期暫存設施場址所需地質條件與選址程序或原則進一步討論。

目前中期暫存設施仍處於計畫研議階段。下一半年度工作要項為持續配合「非核小組」之討論成果及經濟部之指示，滾動修訂中期暫存設施相關規劃，以期在「非核小組」溝通協調下，訂定推動中期暫存設施之計畫。俟中期暫存設施之推動計畫定案，台電公司將依據該計畫及經濟部之指示辦理相關事宜，並將依該計畫內容修訂「低放處置計畫書」，再提報大會核備。

俟未來選定場址後，將進入「設施規劃設計階段」，屆時台電公司將詳細調查場址特性，並依調查成果進行中期暫存設施之基本與細部規劃設計，再依設計成果進行安全評估。嗣後，台電公司將遵循放射性物料管理法第 17 條第 1 項規定，向主管機關(大會)申請中期暫存設施之建造執照。

參照國際經驗，目前世界上各核能使用國家，如無中期暫存設施或最終處置設施，均係將放射性廢棄物暫存廠內。故我國在中期暫存設施或最終處置設施尚未完成前，台電公司擬依「低放處置計畫書」中另一應變方案，將低放射性廢棄物「暫存於各核能電廠」。台電公司過往即是將各核電廠運轉所產生之放射性廢棄物暫存於廠內及蘭嶼低放貯存場所設之貯存設施，各設施均在大會管制與台電公司自我要求下安全運轉多年，台電公司亦藉此累積對於低放射性廢棄物之管理經驗。未來各核電廠除役所產生之低放射性廢棄物規劃暫存於廠址內原有或新設貯存設施，各設施之規劃、設計、興建與營運將應用借鑒過去累積經驗，在大會的管制下，台電公司有信心確保放射性廢棄物之管理可安全無虞。

第五章 民眾溝通專案計畫

一、選址溝通工作

鑑於高、低放廢棄物等核廢議題之相互影響，如低放應變方案(中期暫時貯存)等亦為民眾關切之議題，故低放選址地方溝通計畫中將適時納入低放應變方案(中期暫時貯存)等議題之溝通宣導工作。期盼藉由核廢相關議題之溝通作為，以求突破目前低放選址溝通困境之瓶頸。

主辦機關經濟部於 101 年 7 月 3 日公告金門縣烏坵鄉及台東縣達仁鄉為建議候選場址，並於 101 年 8 月 17 日、105 年 5 月 5 日二度函請台東、金門兩縣政府同意接受委辦地方性公投選務工作，惟金門縣政府及台東縣政府均函覆經濟部，本案尚難協助辦理。

因低放溝通工作需配合主辦機關經濟部之公投規劃時程辦理，故本計畫係應經濟部公投規劃時程尚未明確之情況所擬訂之溝通計畫。未來經濟部公投選址時程明確後，將另行配合修訂本計畫後送原能會物管局備查。另外溝通計畫需適時配合業務推動之需要及溝通環境之變化，本計畫將於預算額度內進行行動方案之調整因應，以求符合外界民眾之需求。

另因應 108 年 3 月 15 日非核家園推動專案小組第 4 次會議決議辦理之「核廢社會溝通規劃案」，經委託政治大學社會科學院民主創新與治理中心承作，已於 110 年 6 月完成結案，經由「核廢社會溝通規劃案」之持續辦理，蒐集各利害關係人意見，並舉行焦點座談、公共對話會議，建立利害關係人之信任基礎，開啟公民對話之機制，為核廢議題建立社會溝通平台。

後續依據 110 年 2 月 26 日行政院非核家園推動專案小組第 6 次會議第 1 次會前會，會議決議「核廢社會溝通必須秉持資訊透明化之原則持續進行」，故本公司賡續委託「政治大學創新國際學院創新民主中心」辦理為期 3 年「核廢料設施選址社會溝通計畫」，執行期間為 110 年 8 月至 113 年 8 月，將延續前「核廢社會溝通規劃案」之研究成果，就低放最終處置、高放最終處置

及集中式中期暫時貯存之選址等議題，透過蒐集國內、國外核廢料設施選址之公民參與相關資訊、辦理焦點座談會議及公共對話會議，以蒐集核廢料設施選址議題更多面向之意見；並針對不同社會族群，透過不同的討論形式，累積各方意見，以產出核廢料設施選址之建議後續推動方案，作為政府未來推動相關工作之參考。

本溝通計畫係應 101 年 3 月 26 日原能會物管局「低放射性廢棄物最終處置書(修訂二版)審查會議」會議記錄決議事項 5「於每年 10 月底前提報次年度之工作計畫，送物管局備查，俾有效落實各年度處置工作之推展」辦理。

本年度(110 年 1 月至 110 年 12 月)在全國及建議候選場址所在縣辦理之溝通工作計畫表述如表 5-1 至表 5-3：

表 5-1 台電公司 110 年 1 月至 110 年 12 月辦理之全國性溝通工作

行動模組	行動方案	辦理情形	工作成效
廣告文宣	核廢社會溝通 30 秒短片 2 支	已辦理完成 2 支。	1.辦理核廢社會溝通文宣，加強社會對核廢處置之認同。 2.辦理臉書網路行銷經營網路用戶，均獲得在地居民認同對台電公司低放溝通宣導方面達到良好效果。 3. 執行實績 1,881,610 元，預算執行率 85.53%，觸及人數 757,643 人。
	核廢社會溝通平面文宣 2 則	已辦理完成 2 則。	
	核廢社會溝通平面廣告 2 則	已辦理完成 2 則。	
	核廢社會溝通懶人包 2 支	已辦理完成 2 支。	
	南北展示館 360 度虛擬展場	已辦理完成 2 處。	
網路行銷	核後端營運專屬網站更新	隨時更新。	
	給核廢一個家臉書更新	貼文 41 則，觸及人數 756,417 人次。	
	全國臉書社團經營 10 家	已加入 10 個臉書社團，持續經營網路觸及。	
	低放網路行銷 3 次	已辦理完成 3 次。	
活動贊助	大專核廢研習營	因新冠疫情暫停辦理。	
調查研究	電話民調	已辦理完成。	

表 5-2 台電公司 110 年 1 月至 110 年 12 月辦理之金門縣溝通工作

行動模組	行動方案	辦理情形	工作成效
廣告文宣	第四台廣告 1 次	已辦理完成 1 次。	透過媒體廣告及文宣發放，讓民眾對何謂低放射性廢棄物、處理及處置流程、低放射性廢棄物最終處置場安全概念及回饋項目更為了解。
	金門日報夾報廣告 1 家	已辦理完成 1 家。	
	縣市廣播廣告 2 家	已辦理完成 2 家。	
	縣市應用製作物 (三角桌曆及影片)	已辦理完成。	
網路行銷	金門網路社團經營 3 家	已加入 3 個地方性社團，貼文 40 則。	透過網路行銷平台的即時性及專業技術轉譯，讓民眾對何謂低放射性廢棄物、處理及處置流程、低放射性廢棄物最終處置場安全概念及回饋項目更為了解。
	低放說明會網路行銷	持續經營網路行銷，貼文 38 則，觸及人數 495,237 人次。	
議題管理	金門縣焦點座談會 1 場	已於 10 月 22 日辦理 1 場。	透過建立與地方重要人物良好互動關係，提升溝通成效。
組織動員	縣府及地方機關首長拜會 1 輪	已拜會 4 人次。	1.對於縣市首長及鄉鎮長民代等由溝通小組採單獨拜會，面對面方式報告建議候選場址篩選過程、何謂低放射性廢棄物及處理流程、低放射性廢棄物最終處置場安全概念及回饋項目，即時答覆疑問，建立溝通管道並尋求支持，蒐集建議，做為訂定地方性溝通策略參考。 2.村里、機關社團以播放投影片方式說明宣導，並發放低放文宣、
	議會議員拜會	已拜會 3 人次。	
	機關團體及村里說明會	已辦理 65 次。	
	烈嶼鄉逐戶拜訪	已拜訪 464 人次。	
	金門電力活動營	已於 4 月 23 日辦理，觸及人數 30 人次。	
	烏坵旅台鄉親家族說明會 3 次	已辦理 2 次，後因疫情影響餘 1 次未完成。	
	烏坵仕紳赴金門協助溝通 3 次	已辦理 1 次，後因疫情影響餘 2 次未完成。	

			<p>資料給現場參加人員，現場即時答覆疑慮及意見蒐集</p> <p>3.烏坵鄉民溝通以家族說明會、逐戶拜訪等方式，並透過參觀相關設施以瞭解鄉民看法及意願，俾有助於促成地方公投作業與提高投票率</p> <p>4.辦理金門電力活動營，針對金門學生，加強對低放射性廢棄物最終處置設施的認識。</p>
活動贊助	節慶、宗教、文化及體育等	已辦理 49 場。	藉由金門地方人文活動，持續辦理低放選址宣導業務，以擴大宣導層面與成效
公益關懷	老人弱勢等	已辦理完成 6 場次。	
			執行實績 2,276,113 元，預算執行率 93.67%，觸及人數 513,853 人。

表 5-3 台電公司 110 年 1 月至 110 年 12 月辦理之台東縣溝通工作

行動模組	行動方案	辦理情形	工作成效
廣告文宣	第四台廣告 1 家	東台有線電視於 5 月 1 日完成廣告投放。	讓低放宣導擴及全縣每一角落，使更多的縣民了解低放處置之安全資訊。
	更生日報廣告 1 家	本階段持續辦理委託當地報社辦理低放選址公投宣導廣告。	
	縣市廣播廣告	本階段持續委託正聲、臺東之聲、警廣、大寶桑、台東知本及東民，共 6 家廣播公司播放低放選址公投宣導廣告。	
	縣市應用製作物（三角桌曆及影片）	已辦理完成。	
網路行銷	台東網路社團經營	已加入 5 個地方性社團持續經營網路觸及。	透過網路行銷平台的即時性及專業技術轉譯，讓民眾對何謂低放射性廢棄物、處理及處置流程、低放射性廢棄物最終處置場安全概念及回饋項目更為了解。
	低放說明會網路行銷	已辦理 41 場，觸及人數 716,850 人次。	
議題管理 組織動員	地方記者座談會 1 次	已於 3 月 5 日及 10 月 31 日辦理台東縣記者協會 2 場次。	透過建立與地方記者、重要人物良好互動關係，提升溝通成效。
	台東縣焦點座談會 6 場	已辦理 6 場。	
	縣府及地方機關首長拜會	已拜會 87 人次。	1.對於縣市首長及鄉鎮長等採面對面方式報告建議候選場址篩選過程及選址公投進度，即時答覆疑問，建立溝通管道並尋求支持，蒐集建議作為訂定地方性溝通策略參考。 2.村里及機關團體參訪或說明會進行宣導工
	議會議員拜會	已拜會 27 人次。	
	村里拜會及說明會	已辦理 25 場。	
	機關團體拜會及說明會	已辦理 29 場。	
	台東資訊中心建置及參訪	已辦妥建置工作，接待參訪 50 場。	
	金峰鄉逐戶拜訪	已拜訪 540 人次，後因新冠疫情暫停辦理。	

	台東縣仕紳協助溝通	已辦理 5 場次。	作，說明場址篩選過程、低放廢棄物之內涵、處理及處置方式、國外成熟技術經驗、地方公投規定、回饋經費與地方未來願景。 3.民眾及教會人士等輔以核能設施參訪活動，讓民眾正確認識低放射性廢棄物，匯聚足夠民意基礎及互信感。
活動贊助	節慶、宗教、文化及體育等	已辦理 32 場。	現場辦理低放處置宣導，透過低放射性廢棄物最終處置場未來設置的藍圖和安全性之宣傳，以降低民眾心中的疑慮和提高相關設施之接受度。
	台東電力活動營	已於 10 月辦理。	
公益關懷	急難救助、老人弱勢等	已辦理 25 場次。	台電公益專案
	台東希望種子計畫	因新冠疫情暫停辦理。	
	台東火金姑兒童閱讀	全年持續辦理中。	
	台東獨居老人關懷活動	已辦理完成。	
			執行實績 2,963,865 元，預算執行率 76.78%，觸及人數 751,062 人。
		全國、台東、金門總計	執行實績 7,121,588 元，預算執行率 83.88%，觸及人數 2,022,558 人。

二、蘭嶼低放貯存場地方溝通

台電公司自 79 年營運低放射性廢棄物貯存場以來，均持續辦理敦親睦鄰之公眾溝通活動，本階段(110 年 8 月至 111 年 1 月)之敦親睦鄰業務及業務宣導活動，羅列如下：

1. 敦親睦鄰

(1) 急難救助

補助蘭嶼鄉民赴島外轉診就醫，扶助無人照料長者、弱勢家庭及殘障貧病鄉民，並致贈慰問金，110 年 8 月至 111 年 1 月之轉診醫療補助，共發放 465 人次，補助金額共計約 119.4 萬元；專案補助共發放 88 次，補助金額共計約 30.8 萬元。

(2) 獨居老人及弱勢家庭持續關懷

對蘭嶼鄉之弱勢群體，除財物上之補助外，亦自生活中給予陪伴、慰問，以做到持續關懷。110 年 8 月至 111 年 1 月完成關懷人數為 476 人次。

(3) 襄助地方事務

於本場人力資源範圍內，量能襄助鄉政運作及協助地方事務，協助鄉民吊卸船隻及搬運大型建材物料。110 年 8 月至 111 年 1 月完成協助鄉民吊卸船隻、物料 28 件、志工服務房屋修繕 2 件。

(4) 公益關懷

台電公司聘用自蘭嶼招募之 6 位部落服務員，投入各部落服務，主動關懷社區各項需求，主辦或協辦部落體育文康及民俗節慶各項活動。110 年 8 月至 111 年 1 月貯存場主辦之活動因受疫情影響停辦，疫情趨緩後，辦有「聯合淨灘活動」、聖誕報佳音活動，並應邀參與蘭嶼鄉公所辦理划船競賽活動現場擺設業務宣導攤位。

(5) 睦鄰補助

補助並參與機關、學校及社團辦理地方藝文、民俗節慶及具地方文化特色活動，如補助臺東縣蘭嶼鄉公所辦理「臺東縣蘭嶼鄉綜合運動公園設施興(整)建工程」提列、財團法人基督教蘭恩文教基金會辦理「2021年愛上廣播研習營」、「Mianoanood 草地音樂祭-達悟族暨台灣原住民歌謠舞蹈交流」、臺東縣蘭嶼鄉朗島國小辦理「109學年度校際交流活動」、臺東縣蘭嶼鄉體育會辦理「2021第18屆全國常青田徑國際錦標賽活動」、蘭嶼鄉公所107-109年土地租用配套補償金第2期款(急難救助經費)、臺東縣蘭嶼鄉朗島國小辦理110年「探索台灣生態之美校外教學實施計畫」等活動。110年8月至111年1月補助總額共計約3,119萬元。

2. 宣導與溝通

- (1) 接待鄉民、民間團體、機關單位蒞場參訪，主動積極邀請蘭嶼鄉民蒞場參訪，說明貯存場目前之業務狀況，並於參訪結束後召開座談會回答鄉民之疑問。110年8月至111年1月共計接待約1,006人(含自台灣參訪之遊客)。
- (2) 核後端處招募自蘭嶼鄉6個部落之部落服務員共6位，除協助社區服務工作，亦協助相關業務之說明宣導，並陪同台電人員拜訪地方人士。
- (3) 核後端處每月發行800份「低放貯存場敦親睦鄰花絮」，宣導相關業務，並由部落服務員至各社區挨家挨戶發送。

三、執行成效、檢討及下階段工作要項

台電係配合經濟部依據「場址設置條例」之作業期程，於相關場址所在縣進行溝通宣導工作，主要策略目標為讓民眾了解農業、工業、醫療及學界研究均會產生低放射性廢棄物，有必要在國內興建一處低放最終處置場，以加強低放選址公投的政策之正當性、增進社會大眾對政府及台電公司的信任感。

溝通宣導重點分為運用全國性媒體循序宣傳，尋求聚集全國民眾焦點，並形成正面輿論，普及低放射性廢棄物最終處置場公投資訊，加強與民代、公職、媒體、環團及意見領袖溝通，對於場址所在鄉及週邊鄉鎮持續深化溝通，爭取認同，並疏通反對聲浪。

除了透過電話民調，台電公司於執行逐戶拜訪、說明會及電力活動營活動時亦辦理問卷調查。並根據電話民調及問卷調查作為年度溝通計畫調整之依據，今年工作項目新增之目標值，以有效稽核溝通績效。

就全國民眾及公告建議候選場址所在之二縣——台東縣和金門縣，進行低放、低放應變方案(中期暫時貯存)及核廢社會溝通等相關議題之宣導及溝通，截至 110 年 12 月 31 日，在全國性的觸及人數約 757,643 人、台東縣觸及人數約 751,062 人、金門縣觸及人數 513,835 人，總觸及人數約 2,022,558 人。

經由面對面及網路多重管道之宣導及溝通，解除民眾疑慮，以建立社會信任感與政策正當性。

第六章 綜合檢討與建議

有關「處置技術建置計畫」部分，包括整合性計畫及安全/功能評估等項目，各子項工作均照年度工作計畫進度執行中。下階段持續辦理現階段執行之各項計畫，並持續依據低放射性廢棄物最終處置計畫(選址階段)專案品質保證計畫執行，確保計畫執行的品質。

有關「處置設施選址計畫」部分，台電公司持續依據低放射性廢棄物最終處置 110 年度工作計畫(修訂二版)及配合主辦機關經濟部辦理推動公投之民眾溝通工作，以及提報主辦機關例行之低放選址作業資訊，以期順利達成選址目標。

臺北高等行政法院判決結果台電公司非選址公民投票之作為義務人，且無監督地方政府之權限，更無權訂定處置計畫之選址時程。惟現行「低放處置計畫書(修訂二版)」已不符實際狀況，請原能會諒察，同意核備台電公司提出低放處置計畫書之修訂。

依據「非核小組」主席曾於第 1 次會議中裁示「關於低放、集中式貯存或最終處置場的選址程序，都面臨民眾如何參與選址才能符合民主及效率，未來若透過修法或立法來解決問題，須尋求社會最大共識，也是最正當的程序。」原能會續於第 3 次會議提出「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」修法芻議簡報，請原能持續辦理該條例之修訂，俾利低放選址作業能順利推動。

有關「應變方案(集中式貯存)計畫」部分，目前中期暫存設施仍處於計畫研議階段。下一半年度工作要項為持續配合「非核小組」之討論成果及經濟部之指示，滾動修訂中期暫存設施相關規劃，以期在「非核小組」溝通協調下，訂定推動中期暫存設施之計畫。俟中期暫存設施之推動計畫定案，台電公司將依據該計畫及經濟部之指示辦理相關事宜，並將依該計畫內容修訂「低放處置計畫書」，再提報大會核備。於中期暫存設施及低放最終處置設施未能完成前，台電公司將依現行處置計畫書中另一應變方案，將低放射性廢棄物「暫存於各核能電廠」。

有關「民眾溝通專案計畫」部分，因應經濟部尚未確定公投選址時程，台電公司已訂定「111 年低放選址地方溝通工作計畫」並據以執行中，期能經由上述溝通計畫之行動方案執行，清除民眾疑慮，並建立政府政策正當性。

另因應 108 年 3 月 15 日非核家園推動專案小組第 4 次會議決議辦理之「核廢社會溝通規劃案」，經委託政治大學社會科學院民主創新與治理中心承作，已於 110 年 6 月完成結案，後續依據 110 年 2 月 26 日行政院非核家園推動專案小組第 6 次會議第 1 次會前會，會議決議「核廢社會溝通必須秉持資訊透明化之原則持續進行」，本公司賡續委託「政治大學創新國際學院創新民主中心」辦理為期 3 年「核廢料設施選址社會溝通計畫」，執行期間為 110 年 8 月至 113 年 8 月，將產出核廢料設施選址之建議後續推動方案，作為政府未來推動相關工作之參考。

111 年 1 月至 111 年 7 月，台電公司除持續辦理相關技術建置計畫及公眾溝通工作外，亦將積極配合主辦機關經濟部指示辦理選址計畫相關配合工作，並依據「非核小組」主席裁示及經濟部之指示積極辦理中期暫存設施相關幕僚作業，相關工作及執行計畫查核點表列於表 6-1 至表 6-4：

表 6-1 處置技術建置計畫查核表

計畫名稱	查核點	查核項目
(一)整合性計畫		
低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫	每月 5 日前查核上一個月工作內容	每月工作月報彙整查核
(二)安全 / 功能評估		
低放貯存場低放射性廢棄物計測暨取樣分析技術服務	每月 10 日前查核上一個月工作內容	每月工作月報彙整查核

工程及地質材料對 ^{99}Tc 及 ^{94}Nb 核種吸附特性研究	每月 5 日前查核上一個月工作內容	每月工作月報彙整查核
低放射性廢棄物資料庫系統更新	每月 5 日前查核上一個月工作內容	每月工作月報彙整查核

表 6-2 處置設施選址計畫查核表

計畫名稱/工作項目	查核點	查核項目
低放選址作業資訊	111 年 4 月	提報 111 年第 1 季選址作業資訊送國營會公布在主辦機關網頁
	111 年 7 月	提報 111 年第 2 季選址作業資訊送國營會公布在主辦機關網頁

表 6-3 應變方案(集中式貯存)計畫查核表

計畫名稱	查核點	查核項目
放射性廢棄物中期暫時貯存設施	依據「非核小組」會議決議辦理	依據「非核小組」會議決議辦理

表 6-4 民眾溝通專案計畫查核表

計畫名稱	查核點	查核項目
低放選址地方溝通計畫	每個月	地方公眾溝通紀錄

最終處置計畫現階段面臨之困難主要來自非技術性層面，調查評估工作之推動有賴地方民眾與民意機關之同意接受及各相關主管機關之配合支持。台電公司持續戮力在金門縣烏坵鄉及台東縣達仁鄉 2 處候選場址，與地方民

眾及相關機關等溝通說明，加強宣導處置場興建營運安全、繁榮地方建設及社會福利之遠景規劃，俾提高社會接受度，期使選址作業能順利推動。

附錄、低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫
110 年度執行成果摘錄

「低放射性廢棄物最終處置技術精進計畫」

計畫執行摘要說明

本計畫以「台東縣達仁鄉」與「金門縣烏坵鄉」2處建議候選場址作為分析標的，以坑道式處置之概念設計A類、B類與C類低放射性廢棄物處置場。計畫執行分別說明場址特徵化程序與成果，並依照場址環境場址特性進行處置設施概念設計與施工、運轉及封閉規劃，再以安全評估作業確認整體處置系統對人類之劑量影響。最後，納入風險管理之概念，分析影響劑量之關鍵因子。

依目前之場址特徵化概念、處置設施概念設計，在設計情節與不同替代情節之條件下，初步評估仍可達成設施外個人年有效劑量低於0.25 mSv之法規限值，並符合相關法規與安全要求。

本計畫執行主要成果-LLWD 2020報告經美國、日本、法國與國內處置領域專家進行國際和國內同儕審查，審查結果認為本計畫已有針對2016版技術評估報告審查小組提出之建議進行改善，納入風險評估、人類無意入侵情節、對廢棄物盤量進行細部說明、執行不確定性與敏感性分析、辨識及篩選可能的災害，並致力於處理與透明度、可追溯性及風險資訊管理相關之議題，對於封閉前及封閉後的安全評估已取得重大進展。

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	II
圖目錄.....	III
第 1 章 場址特徵化技術發展與實驗	1-1
參考文獻	1-12
第 2 章 處置設計與工程技術	2-1
2.1 膨潤土參數實驗與界面特性分析	2-1
2.1.1 KV-1 膨潤土基本性質試驗結果	2-3
2.1.2 不同環境中膨潤土的阻水性能影響試驗結果	2-4
2.1.3 膨潤土與混凝土交界面試驗結果	2-7
2.1.4 低鹼水泥使用於處置場之功能及性質要求	2-9
2.2 低放處置場生命週期成本估計	2-11
2.2.1 建置低放處置場生命週期成本架構	2-11
2.2.2 建議候選場址生命週期成本估算結果綜整	2-13
2.2.3 前期計畫成本比較.....	2-16
參考文獻	2-20
第 3 章 強化安全分析技術	3-1
3.1 低放處置場風險評估研究	3-1
3.1.1 低放處置安全風險評估方法	3-1
3.1.2 低放處置場運轉期間安全風險評估	3-2
3.2 低放處置場封閉後安全風險評估	3-6
3.3 風險控制與管理對策	3-10
第 4 章 國際同儕審查	4-1
4.1 國際同儕審查委員名單	4-1
4.2 國際同儕審查辦理時程	4-3
4.3 國際同儕審查結論	4-5

表目錄

表 2.1-1	KV-1 膨潤土基本參數彙整	2-4
表 2.1-2	不同環境中 KV-1 與 MX-80 膨潤土的阻水性能彙整	2-6
表 2.1-3	混凝土交界面的孔隙率變化	2-8
表 2.2-1	2 處建議候選場址生命週期成本估算表	2-15
表 2.2-2	本報告與前期計畫生命週期成本比較表	2-19
表 3.1-1	事件作用過程彙整表(以接收大樓為例)	3-4
表 3.1-2	事件作用類型、曝露途徑與劑量評估結果彙整(以廢棄物 包件墜落在陸地上為例)	3-5
表 3.1-3	結構、系統與組件安全風險等級分類	3-5
表 3.2-1	安全評估關鍵因子	3-6
表 3.2-2	關鍵因子發生率設定條件(以達仁鄉建議候選場址為例)	3-7
表 3.2-3	處置系統安全風險等級分類	3-10

圖目錄

圖 1-1	達仁鄉建議候選場址地質環境特徵模型	1-3
圖 1-2	達仁鄉建議候選場址水文地質特徵模型	1-4
圖 1-3	達仁鄉建議候選場址地下水流場數值分析成果	1-5
圖 1-3	烏坵鄉建議候選場址場址尺度地質環境特徵模型	1-7
圖 1-4	烏坵鄉建議候選場址水文地質特徵模型	1-9
圖 1-5	烏坵鄉建議候選場址地下水流場數值分析成果	1-10
圖 2.1-1	膨潤土參數與界面特性試驗流程圖	2-3
圖 2.1-2	KV-1 的 $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^{+}$ 比值與 CEC 隨時間的變化關係	2-8
圖 2.1-3	MX-80 的 $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^{+}$ 比值與 CEC 隨時間的變化關係	2-9
圖 2.2-1	各階段主要作業項目	2-12
圖 3.1-1	低放處置場風險評估執行流程圖	3-2
圖 3.2-1	處置系統安全風險評估測試模型示意圖	3-8

本頁空白。

第 1 章 場址特徵化技術發展與實驗

本計畫與場址特徵化技術發展有關的工作項目，於 110 年度已完成「更新建議候選場址之特徵化模型」。其成果首先參考本計畫於民國 108 年完成之「場址特徵化之國際經驗與技術發展報告」，該報告彙整地質處置場址特徵化作業之作業原則與建議程序。其後 109 年提出之「低放射性廢棄物最終處置建議候選場址特性調查報告」，將多尺度與疊代式概念納入場址特徵化程序的核心原則，並歸納 2 處場址特徵模型分區架構，本計畫以此為基礎，至 110 年進一步提出「建置建議候選場址場址特徵化模型報告」，針對 2 處建議候選場址可得之調查資料與較新之環境相似場址調查文獻，將裂隙特徵作為主要分區依據更新場址尺度模型分區，成果摘要說明如後。

一、達仁鄉建議候選場址

為演練疊代式流程，降低模型之不確定性，因此以台電公司 (2017, p.42~p.64) 之環境特徵模型為基礎，進行場址尺度特徵模型更新。既有地質環境特徵模型主要面臨以下課題：(1) 僅有地表露頭與部分地球物理剖面調查資料，(2) 地表露頭資料混雜不同尺度地質構造作用產物。故本報告進一步彙整區域地質歷史，釐清場址之主要地質構造方向，以及不連續面與裂隙之優勢位態特徵，並用草埔森永隧道資料進行驗證，最後使用統計方法，將裂隙特徵進行分類。分析之資料與歸納之結論包含以下項目，並彙整後建立地質環境特徵模型(圖 1-1)。

- (一) 分析區域地質構造趨勢，結果顯示達仁鄉建議候選場址的場址尺度上，可見上新世形成向東伸向之 NW-SE 走向構造，以及更新世產生的橫移斷層(Chang et al., 2009, p.395~p.408)。
- (二) 依據草埔森永隧道地質圖資料顯示，越靠近中央山脈，不連續面與裂隙走向特徵為 NNW-SSE，並往東漸漸轉為 NW-SE 之方向(藍維恭等，2015, p.86~p.88)，此趨勢符合前述(一)。

(三)鑒於「場址尺度」構造走向為 NW-SE 走向，因此假設場址尺度之層面與劈理應具有相似走向之趨勢，藉此將所有地表裂隙位態進行分類，作為後續水文地質分析之參考。

水文地質特徵模型使用地質環境特徵模型為基礎，進行水文地質單元分區，並建立各區透水特性與隨深度之變化，最後據此進行地下水流場模擬。既有水文地質特徵模型主要面臨以下課題：(1)水文地質分區之合理性，(2)缺乏地下資料，包含裂隙強度、位態，亦無水力試驗資料，(3)地表資料雖涵蓋開口寬等裂隙資料，但風化作用使其代表性不足。故本報告利用 AD-62 號深鑽井資料(位置如圖 1-1)、場址地質條件以及相關研究資料，建立各分區之裂隙特徵，分析之資料與歸納之結論包含：

- (一)分區概念使用場址尺度地質構造趨勢作為技術基礎，建立水文地質分區如圖 1-2 與圖 1-3 (a)所示。
- (二)裂隙強度隨深度變化之資料，目前使用 AD-62 號井的 RQD 換算值暫代，並據此將深度分為 3 層，地下裂隙位態則依據構造形狀進行假設。
- (三)開口寬參考林怡君(2020, p.36)之研究，不連續面粗糙度係數(JRC)設為 8 至 15 且均勻分布，不連續面壁面強度(JCS)為 44 至 81 MPa 且均勻分布，據此隨機生成不連續面的力學內寬，再以力學內寬與 JRC 的關係計算出水力內寬，最後利用立方律，以水力內寬計算導水係數。

為了解設施建造前後對於達仁鄉建議候選場址之影響，因此分別以有坑道以及無坑道之數值模型進行流場模擬評估，如圖 1-3 (b)(c)所示，坑道開挖前後對於整個模擬區域之地下水水頭分布之影響並不明顯，主要原因整個處置坑道系統僅佔整體模擬區域體積非常小的一部分(約 0.0016%)，故影響範圍僅侷限於處置坑道周圍，如圖 1-3 (d)所示。

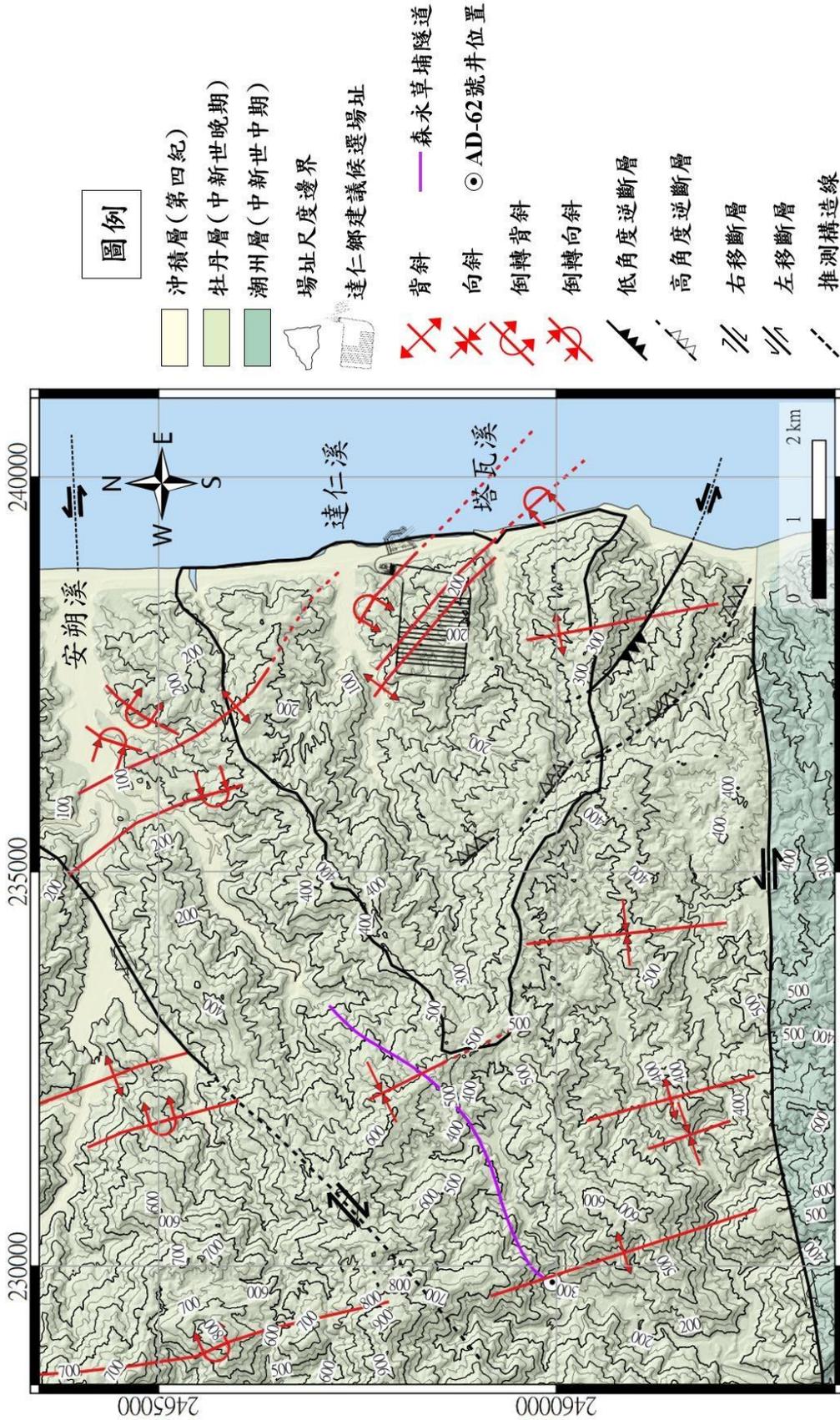
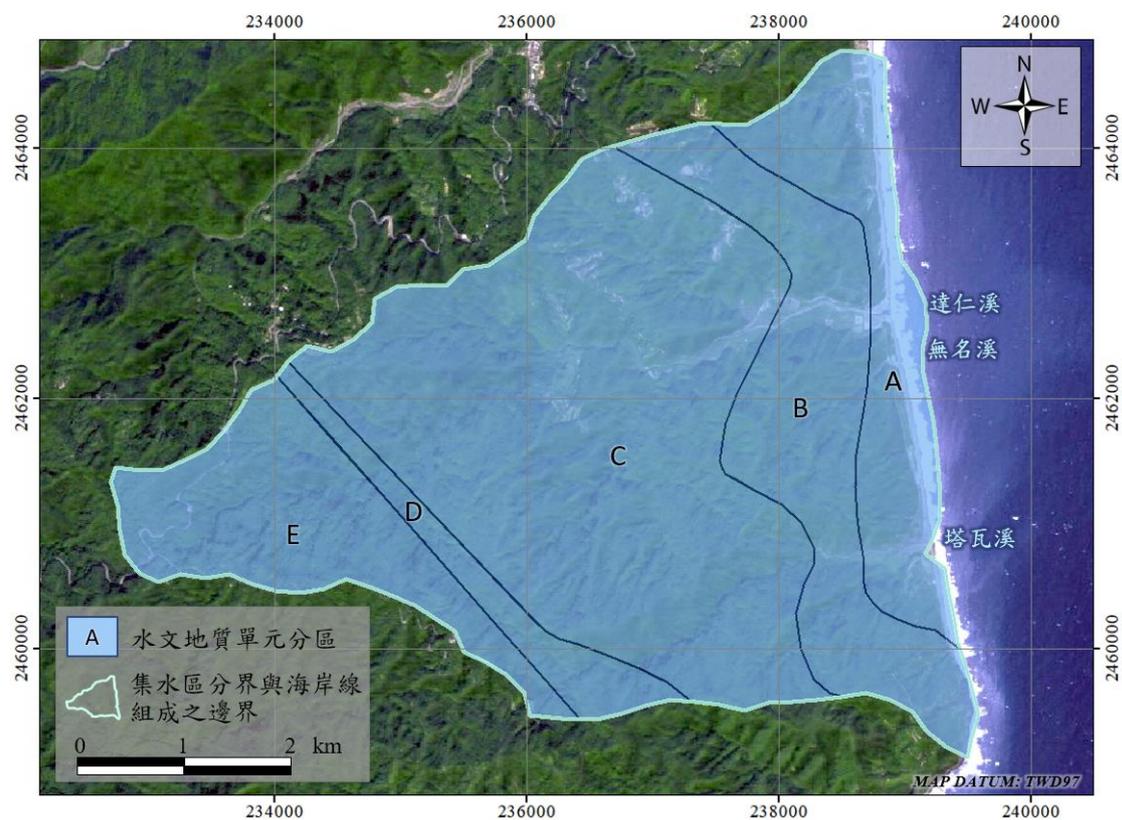


圖 1-1 達仁鄉建議候選場址地質環境特徵模型



- 備註：(1)模型於水平向共分為5區(A~E)，水平向分界依據剪裂帶位態趨勢、褶皺軸面位態趨勢、以及褶皺軸翼部層態趨勢等劃定。
- (2) 模型於垂向共分為3層，係參考草埔森永隧道工程於草埔背斜軸部的600 m深鑽井資料，依RQD垂向變化將地層分為三層：深度0 m~100 m、深度100 m~240 m、深度240 m~EL. -500 m處。

圖 1-2 達仁鄉建議候選場址水文地質特徵模型

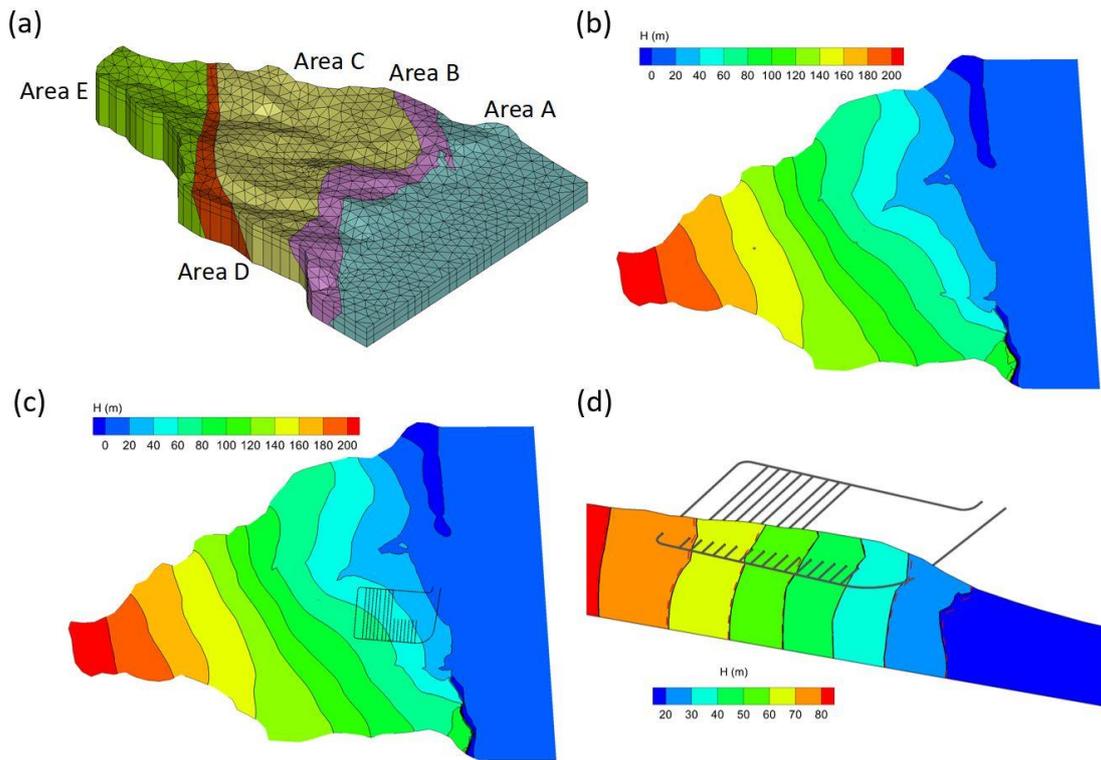


圖 1-3 達仁鄉建議候選場址地下水流場數值分析成果

地球化學特徵模型以氧化還原電位 (Oxidation-Reduction Potential, ORP)、酸鹼值 (pH)、環境溫度、氯離子濃度、硫酸鹽濃度為主進行建置，其中 ORP、pH 與溫度參考達仁鄉建議候選場址現地量測值設定，其餘數值與變化趨勢則參考相似位置之文獻值進行假設。ORP 的氧化帶假設深度在 40 m，數值介於 180 mV~220 mV；過渡帶深度在 40 m 至 50 m，數值約 180 mV 到 0 mV；還原帶深度在 50 m 以下，評估深度至 140 m，數值約 0 mV 至 -120 mV，若遭遇破碎帶，則各深度會多 30 m。pH 值在氧化帶的數值約 7.13~6.7 呈指數下降，並在過渡帶達到最低值 6.3，在還原帶 pH 值為 7.0~7.9，呈線性上升。環境溫度假設地表溫度為達仁鄉現地水井溫度 26.7°C，深度 10 m 之溫度為年平均溫度 24.72°C，深度 10 m 以下則依據地溫梯度 3°C/100 m 向下呈線性增加，至深度 140 m 之溫度為 29.07°C。氯離子濃度評估在 0 m 至 140 m 之數值約為 17.12 mg/L~50.0 mg/L，隨深度變化微幅增

加。硫酸鹽濃度評估在氧化帶深度 40 m 以上之數值約 31.29 mg/L~27.0 mg/L，並在過渡帶顯著減少至 2 mg/L，還原帶則維持在 2 mg/L 且不隨深度變化(台電公司，2021，p.5-16~p.5-29)。

生物環境特徵模型，以更新時序性資料為主。達仁鄉人口數在民國 85 年為 4,185 人，至 107 年底為 3,580 人，呈現持續下降之趨勢，關鍵群體以達仁溪出海口與塔瓦溪出海口之居民為主，針對可能影響設施功能之生物，評估結果顯示赤腹松鼠、台灣獼猴及東亞家蝠等生物，對處置設施的電器管線有潛在破壞風險。

現階段不確定性之來源，最主要來自缺乏對特定特徵化標的與處置坑道規劃深度之調查資料，現有參數大多來自於相似環境之文獻與假設，導致地質空間異質性和場址隨時間演變的不確定性均較高，並進一步影響建立在此基礎上的水文地質特徵模型與地球化學特徵模型，鑒於裂隙特徵對水文與其他關聯領域均有重要影響，因此對既有裂隙參數之分析，透過 K-S 檢驗 P 值做為機率分布類型之選擇依據，其中劈理長度與節理長度之所有機率分布類型之 P 值均小於 0.05，代表不確定性較高。生物環境特徵模型之不確定性，來自於關鍵群體生活方式及曝露途徑。

二、烏坵鄉建議候選場址

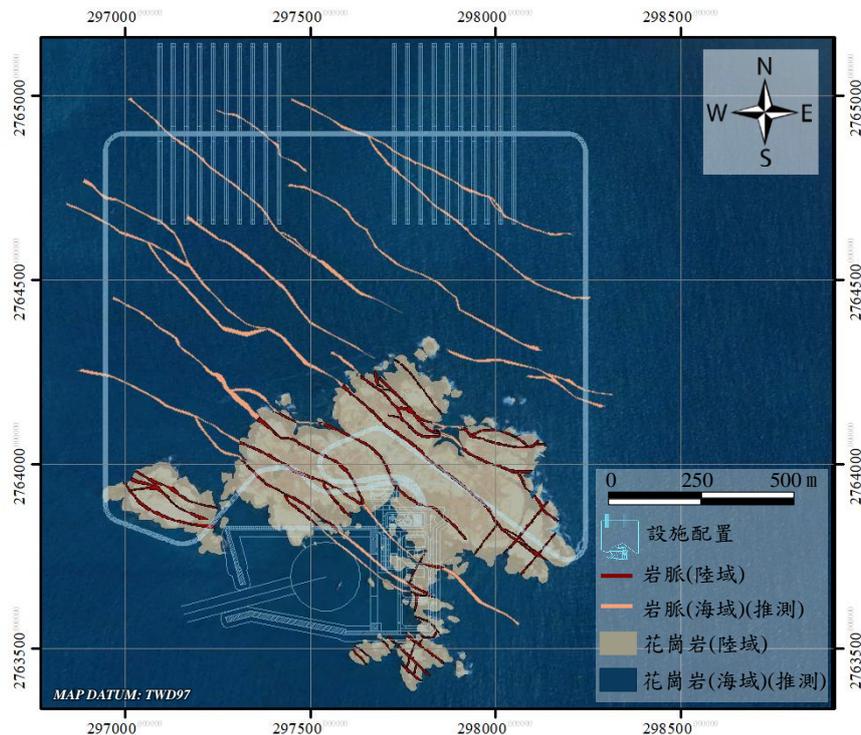
綜整烏坵鄉建議候選場址現有可得之場址調查資料後，為完成地質特性均勻區劃分所需之相關裂隙資料分析，首先針對以下課題完成應對措施評估，包含：(1)目前僅小坵嶼島上有鑽孔資料，(2)島上裂隙強度、裂隙位態之空間分布具各自複雜變化，其後據以完成資料分析及地質特性均勻區劃分。主要分析方法為彙整區域地質歷史以及島上的地球物理探勘成果，導入火成活動歷史與大型構造趨勢之分析，以克服場址岩性單純但裂隙位態複雜之分析課題，釐清不連續面主要趨勢。本報告完成之資料分析與歸納之結論成果包含：

(一)分析區域地質構造趨勢，結果顯示東北-西南走向、西北-東南走向，為區域構造作用影響之下的主要不連續面位態，此趨勢反映在岩脈分布的走向趨勢。

(二)考量地物特性反映地質材料側向變化，進一步蒐集地物探勘資料。根據彙整重力與磁力調查資料，確認場址特性趨勢。歸納成果為西北向、北偏西向為場址地質特性主要分區趨勢，並歸納場址地層大致呈現往西側較緻密、東側較不緻密之趨勢。

(三)使用裂隙強度與裂隙位態空間綜合評比，以釐清地層垂向分布。成果顯示裂隙強度與裂隙位態均反映與地物特性分布相近的趨勢。裂隙強度反映淺層裂隙較多，呈現東往西小幅漸減的趨勢。

綜整上述分析成果後，地質環境特徵模型屬於不連續面的岩脈分布以及裂隙強度深度變化作為劃分地質單元的主要考量依據，模型成果如圖 1-4 所示。



備註：(1)島上調查成果顯示岩脈以高角度向上侵入花崗岩體(工研院，2000，p.i)，故本模型中將岩脈分布簡化為垂直分布。

(2)依島上鑽孔資料(工研院，2001，附錄 A)，歸納地層以深度 60 m、120 m、140 m、180 m 為分界，分為 5 層裂隙強度隨深度遞減之分層。

圖 1-4 烏坵鄉建議候選場址場址尺度地質環境特徵模型

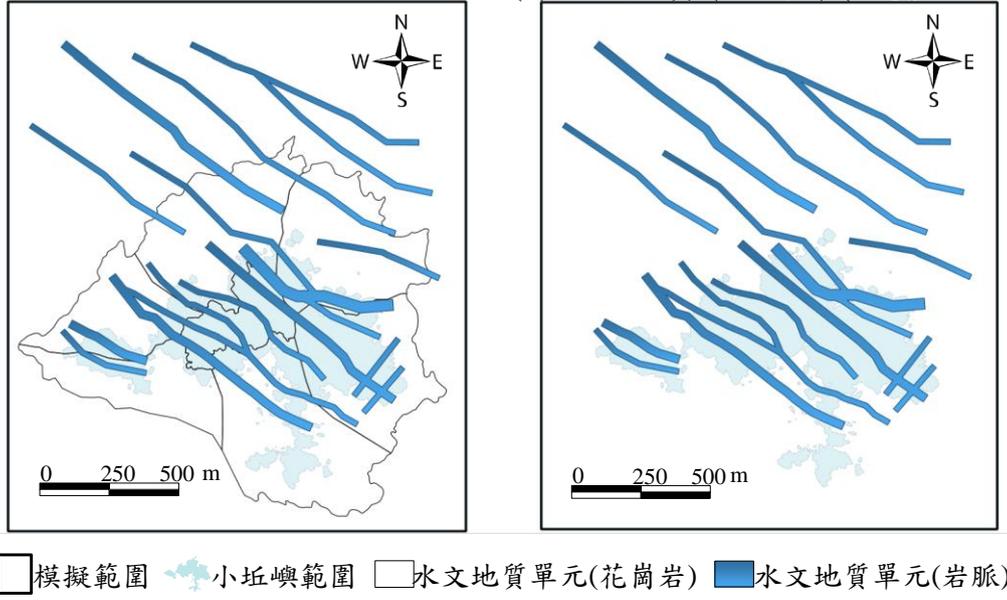
水文地質特徵模型以前述地質環境概念模型為基礎，進一步參考既有可得之資料，導入水力試驗成果與相關調查與研究資料，更新水文地質模型架構以及水文地質參數。建構水文地質單元分區時，首先考量烏坵鄉建議候選場址與達仁鄉建議候選場址不同，地層由巨厚的火成岩體組成，其層態不同於達仁鄉建議候選場址，沒有褶皺作用等造成地層層態呈現空間分布差異的現象，而是以入侵岩脈及被入侵之圍岩構成分區差異。因此初步可歸納入侵岩脈與被入侵之圍岩為不同之水文地質單元，並進一步針對既有裂隙資料進行分析，以供建構水文地質分區。因此，本報告先針對以下裂隙特徵分析課題完成應對措施評估：(1) 既有鑽孔紀錄顯示裂隙位態趨勢複雜，不易分類，(2) 裂隙長度資料不足，且處置深度之鑽孔資料不足，其後據以完成後續資料分析及水文地質特性均勻區劃分。主要應用方法為針對既有裂隙調查資料，進一步利用地物特性分布、場址特有地質條件以及相關研究資料，輔助各分區裂隙特性的假設推估，本報告完成之資料分析與歸納之結論成果包含：

- (一) 根據地物理特性調查成果，以西北向、北偏西向地物特性分界趨勢作為分界面方向趨勢推測參考之一。
- (二) 參考場址地表露頭調查資料，顯示小坵嶼島上普遍有解壓節理分布，依地形趨勢推論解壓節理趨勢，並於模型淺處建立分區。
- (三) 以既有裂隙調查資料歸納各水文地質單元的裂隙參數特徵。裂隙開口寬、裂隙位態與裂隙強度依據各區鑽孔的裂隙資料分析，建立統計分布。裂隙長度的部分考量現有調查資料僅有長度範圍描述，統計分布參考瑞典場址調查成果假設，裂隙導水係數參考小坵嶼島上的裂隙調查及水力試驗資料，對資料進行篩選與除誤後，進行回歸分析，建立其統計分布。

據此建立之水文地質概念模型，如圖 1-5 所示，流場模擬結果如圖 1-6 所示，坑道開挖前後地下水皆由小坵嶼島上之地下水

頭較高流入海域，而場址之地下水受到小坵嶼地下水驅動形成對流。故坑道開挖前後對於本場址地下水水頭分布影響不顯著，主因除了坑道位於地表下方數十公尺外，整個處置坑道佔模擬區域體積約 0.018%，故影響範圍在坑道周遭鄰近區域為主。

(a) 水文地質單元分布(深度<60 m) (b) 水文地質單元分布(深度>60 m)

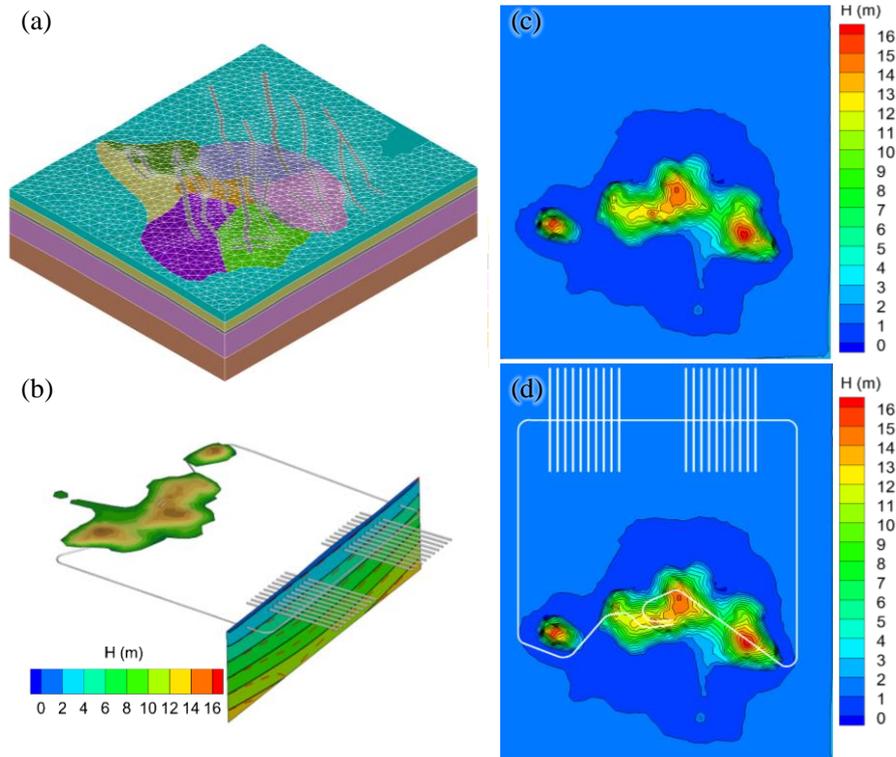


備註：(1)水文地質模型垂向共分為 5 層，共包含 15 區。

(2)第 1 層位於深度 0 m~60 m，包含 9 個分區。第 2 層位於深度 60 m~120 m，第 3 層位於深度 120 m~140 m，第 4 層位於深度 140 m~300 m，第 5 層位於深度 300 m~EL. -500 m，第 2~第 5 層每層包含 2 個分區，分別由花崗岩與岩脈組成。

(3)「水文地質單元(岩脈)」依據環境地質概念模型的岩脈分布，假設為垂直分布。

圖 1-5 烏坵鄉建議候選場址水文地質特徵模型



備註：(1)圖(a)為水文地質數值模型；圖(b) 為坑道周圍地下水水頭分布比較圖；圖(c) 為坑道開挖前水頭分布圖；圖(d) 為坑道開挖後水頭分布圖。

(2)圖(b)中底圖及黑線為開挖前之水頭分布，紅色虛線為處置坑道開挖後之水頭分布。

圖 1-6 烏坵鄉建議候選場址地下水流場數值分析成果

地球化學特徵模型依據水文地質概念模型分區架構建立，模型概念為較透水的水文地質單元(岩脈組成)，其氧化還原帶的轉換區域位置會較深。此外，考量現有調查資料以小坵嶼島上為主，且地下水質調查深度僅達 80 m，遂參考日本瑞浪地下實驗室及瑞典 Forsmark 場址等地化特性研究(SKB, 2008, p.40; 田多一史等, 2003, p.537、p.538; 大山隆弘等, 2007, p.18)，初步推估地化特性可能的分布狀況。模型以 ORP、pH、環境溫度、氯離子濃度、硫酸鹽濃度為主進行建置。陸域氧化帶的分布深度推估達約 20 m 處，ORP 推估可能介於 384 mV ~269 mV 之間，遇較透水的岩脈，氧化帶底部深度會再深約 10 m，海域氧化帶的 ORP 則可能降至 220 mV 左右，陸域氧化還原過渡帶深度介於 20 m ~30 m，遇較透水的岩脈，過渡帶深度介於 30 m~40 m。pH 值在陸域氧化帶約隨深度小幅下降，推估介於 8.2~8.15，在過渡帶達到最低值，介

於 8.15~8.19，於還原帶隨深度加深而微幅上升，約由 8.2 上升至 8.5 在還原帶則會呈線性上升。環境溫度參考台灣海峽海域溫度進行推估，氧化帶的溫度約介於 25°C ~22°C，過渡帶約為 22°C 上下，於還原帶呈現微幅上升。氯離子濃度評估為微量且不隨深度變化，故假設場址地層氯離子濃度維持在 17,739 mg/L。硫酸鹽濃度考量深度 0 m 至 50 m 硫酸鹽濃度僅不到海水硫酸鹽濃度的 6%，其下不受深度影響，故假設場址地層硫酸鹽濃度維持在 2,040 mg/L。

生物環境特徵模型，以更新時序性資料為主，包含農漁業人口數量。依照內政部戶政司民國 85 年至 107 年人口統計資料顯示，金門縣烏坵鄉人口總體呈現上升之趨勢，惟 103 年至 107 年成長趨勢已趨緩，截至 107 年底為止，烏坵鄉設籍人口共計 682 人，關鍵群體以小坵嶼島上常住人口為主，人數約 10 多人。綜觀場址的動植物生態，目前研判場址無足以影響設施功能之物種。

現階段不確定性之來源，最主要來自主要調查資料位於小坵嶼島上，且島上多數調查資料未及處置深度，北側海域處置坑道規畫區亦尚無地球物理探勘與其他資料，故其場址特徵多依據島上調查資料與相似環境之文獻進行假設，導致特徵的空間異質性和時間變異性均有待後續調查以降低不確定性，而其他以地質特徵模型為基礎進一步建構的相關特徵模型，包含水文地質模型與地球化學模型，模型架構分區等亦具同樣不確定性。本報告使用信賴區間描述裂隙特徵不確定性情形，深度 60 m 以下的裂隙資料分析顯示 95% 信賴區間分布異常，反映高不確定性。並歸納代表性體積(REV)與其不連續面強度固定時，等效水力傳導係數對裂隙大小的敏感性，同時使用水力傳導係數矩陣分析裂隙位態對水力傳導係數異向性的貢獻。而生物環境特徵模型之不確定性，對於生態系統演替的時間變化，有待進一步連續性的長時間調查，以降低長時間的不確定性。

參考文獻

1. 大山隆弘、豬原芳樹，長岡亨，2007，地下岩盤の地化学環境調査・評価技術の開発，電力中央研究所報告，N07001，p.18。
2. 工研院，2001，小坵嶼孔內地球物理探測孔內攝影工作報告。財團法人工業技術研究院能源與資源研究所低放射性廢料最終處置第一階段工作顧問服務(第一次工作變更)計畫，4ML1100-RG-4601，附錄 A。
3. 工研院，2000，小坵嶼優先調查候選場址-場址調查報告。財團法人工業技術研究院能源與資源研究所低放射性廢料最終處置第一階段工作顧問服務(第一次工作變更)計畫，4ML1100-RS-2100-R.1，p.i。
4. 田多一史、日比野忠史、松本英雄、村上和男，2003，海底の生物環境に係わる浮泥特性についての現地調査，土木学会第 58 回年次學術講演会，p.537、p.538。
5. 台電公司，2017，LLWD1-SC-2016-02-V08-低放射性廢棄物最終處置技術評估報告，p.44~p.62。
6. 台電公司，2021，LLWD2-SI-2021-01-V03-建置建議候選場址特徵化模型報告，p.5-16~p.5-29。
7. 林怡君，2020，水力內寬不確定性：影響因子與現地資料分析方法之探討，碩士論文，國立中央大學， p.36。
8. 藍維恭，蘇文崎，林志權，周坤賢，陳正勳，2015，臺 9 線南迴公路安朔草埔段隧道工程特殊考量及施工挑戰，中華技術 No.105，p.86~p.88。
9. Chang, C.P., Angelier, J., Lu, C.Y., 2009, Polyphase deformation in a newly emerged accretionary prism: Folding, faulting and rotation in the southern Taiwan mountain range, *Tectonophysics*, 466, p.395~p.408.

10. SKB, 2008, Detecting the near surface redox front in crystalline rock. Results from drill cores KLX09B-G and KLX11B-F. Oskarshamn site investigation, P-08-44, p.40.

本頁空白。

第 2 章 處置設計與工程技術

本計畫與工程技術發展有關的工作項目，於 110 年度已完成「膨潤土參數實驗與界面特性分析」和「低放處置場生命週期成本估計」，其工作成果分別摘要說明如後。

2.1 膨潤土參數實驗與界面特性分析

依照台電公司現階段低放射性廢棄物最終處置場規劃，處置場未來將接收 A 類低放射性廢棄物與 B、C 類低放射性廢棄物，其中 B、C 類低放射性廢棄物含有較高濃度之長半化期核種，需要確保較長時間之安全功能，故於 B、C 類低放射性廢棄物處置窖外側設置阻水層，藉以降低地下水侵入機會，同時延長核種外釋時間。

然而有鑑於國際間各國處置場的陸續建置，對於膨潤土材料的需求也將逐年成長，為增加我國未來建置處置場時對膨潤土材料選擇的多樣性，並顧及可能的成本考量，有必要規劃另 1 種國際間各國處置場已經使用或規劃使用的膨潤土進行研究，以掌握其基本特性。

同時目前已有相關研究指出，膨潤土阻水層於非純水環境中的回脹性能會有所變化(陳文泉，2004，p.139~p.145)。考量到低放射性廢棄物最終處置建議候選場址可能座落在靠海或是海島地區，以及入滲水使混凝土材料產生溶出失鈣效應之影響，必須針對阻水層中膨潤土之各項安全功能進行研究，並比較純水與非純水環境下之差異與影響程度。

另外依據目前低放射性廢棄物最終處置場概念設計，當底部膨潤土阻水層施作完成後，將於未飽和阻水層上直接澆置新拌混凝土，而新拌混凝土中的拌合水會因膨潤土的吸水特性而流失，導

致其成形成狀可能受到影響，除此之外，未飽和膨潤土材料與混凝土長時間的相互接觸也會使障壁材料間產生離子交換現象，導致膨潤土阻水層中的可交換鈉、鎂離子以陽離子交換的方式進入混凝土處置窖中，而混凝土處置窖中所含的鈣離子也會透過陽離子交換的方式釋出至阻水層中(SKB, 2001, p.19~p.22)，雖然離子交換現象在短期間內對阻水層所造成的影響並不顯著，但此反應是長時間且持續不斷的在進行，必須加以評估。

以上不同環境演變與交互作用相應的化學變化，將直接影響到最終處置場的障壁功能及成效，因此應建立膨潤土適用於低放射性廢棄物最終處置場阻水層之相關研究結果及資料庫，期望後續在處置場之阻水層設計時，能提供膨潤土基本參數之相關依據與數據供分析評估所使用。

圖 2.1-1 係本工作項目所規劃之試驗工作流程，首先採用日本 KUNIGEL-V1(KV-1)膨潤土作為新增的候選材料，進行化學成分、礦物組成、阿太堡、活性、回脹指數、乾比重、含水量、粒徑分析、水合特性、抗壓強度及彈性模數等基本參數試驗，藉此取得其相關特性與微觀成分，以利後續試驗說明。

接著設計實驗裝置，以淡水、海水、酸鹼性溶液進行 MX-80 與 KV-1 膨潤土自由回脹、定體積回脹壓力與水力傳導度試驗，模擬膨潤土阻水層因淡水或海水入侵至處置場的情形，同時也透過鹼性環境模擬混凝土溶出失鈣對膨潤土阻水層的影響，並設計酸性環境進行對照，以掌握膨潤土阻水層於不同近場環境下的障壁功能演變情形。

至於新拌混凝土與未飽和膨潤土的交互作用性質變化則是在製作完成的膨潤土試體上直接澆置新拌混凝土，透過混凝土水化後之成形成狀，以及膨潤土材料之可交換陽離子短期、長期變化加以掌握。

最後本工作項目藉由文獻收集與資料彙整，探討低鹼水泥應用於放射性廢棄物處置場的配比設計與研究成果，供未來混凝土材料之配比設計參考使用。

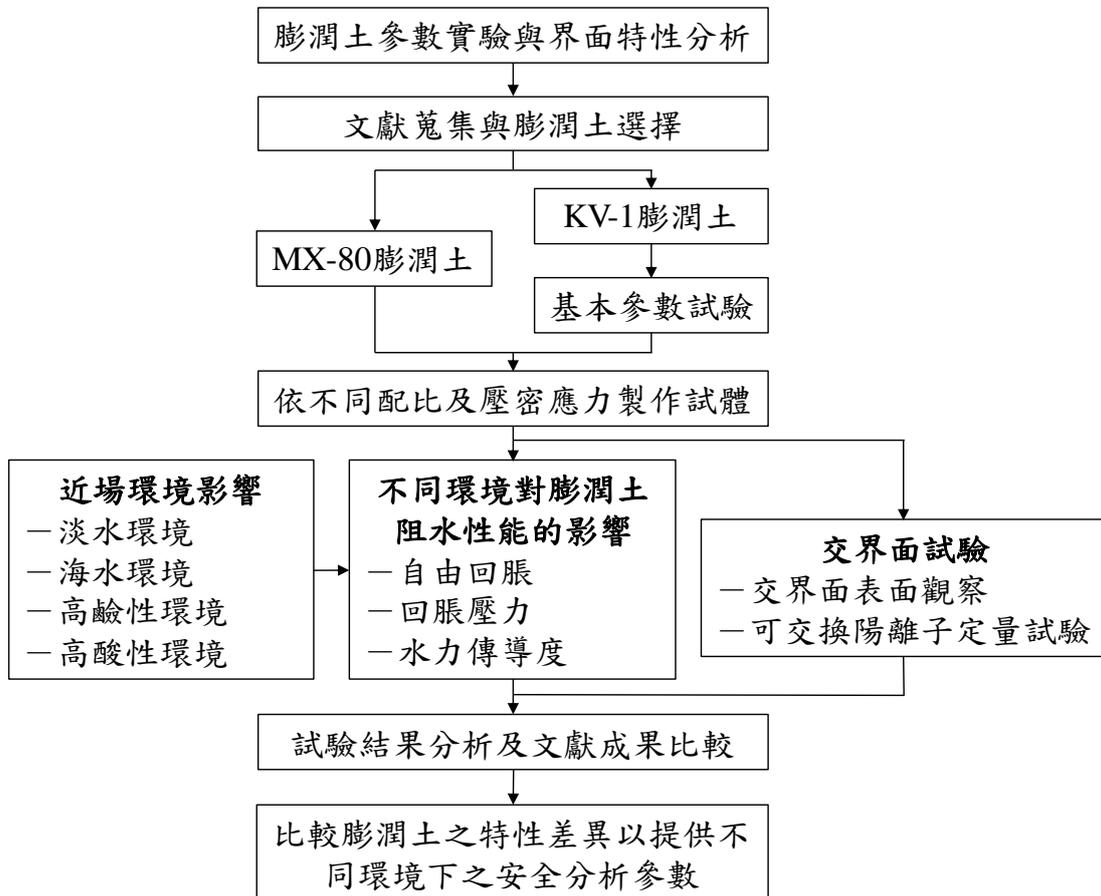


圖 2.1-1 膨潤土參數與界面特性試驗流程圖

2.1.1 KV-1 膨潤土基本性質試驗結果

本工作項目藉由 X 射線螢光分析(X-ray Fluorescence Spectrometer, XRF)、X 射線繞射分析(X-Ray Diffractometry, XRD)、熱差分析(Differential Thermal Analysis, DTA)，針對 KV-1 膨潤土之化學成分、礦物組成、水合特性進行分析，同時也藉由阿太堡、乾比重、含水量、粒徑、回脹指數、抗壓強度、彈性模數試驗，掌握 KV-1 膨潤土材料之基本參數，試驗結果如彙整

表 2.1-1 所示，並從中可得知 KV-1 膨潤土係以蒙脫石為主要礦物組成的鈉型膨潤土，除了粒徑分布均勻外，同時也具有高液性限度(Liquid Limit, LL)與塑性指數(Plastic Index, PI)數值，屬於高塑性土壤，此類土壤遇水時所產生的回脹特性、變化量顯著，因此推斷 KV-1 膨潤土擁有一定的阻水性能，適合作為低放射性廢棄物最終處置場阻水層的候選材料。

表 2.1-1 KV-1 膨潤土基本參數彙整

試驗項目	基本參數	
化學成分	主要有 SiO_2 (63.95%)、 Al_2O_3 (12.87%) 與 Fe_2O_3 (1.78%)	
礦物組成	主要為蒙脫石 (54.24%)，其次為石英 (30.43%)、斜髮沸石 (8.62%) 與鈉長石 (6.71%)	
液性限度	424.7%	
塑性限度	40.0%	
塑性指數	384.7%	
活性	6.31	
乾比重	2.28	
含水量	9.5%	
粒徑分析	10% 累積過篩率時粒徑為 1.49 μm 50% 累積過篩率時粒徑為 8.08 μm 90% 累積過篩率時粒徑為 55.52 μm	
回脹指數	18 mL/2g	
水合特性	附著水與層間水脫除：50 °C 至 120 °C 結構水移除：580 °C 至 650 °C	
抗壓強度	乾密度 1.4 g/cm ³	8.9 kgf/cm ²
	乾密度 1.6 g/cm ³	24.9 kgf/cm ²
	乾密度 1.8 g/cm ³	53.3 kgf/cm ²
彈性模數	乾密度 1.4 g/cm ³	4,067 kgf/cm ²
	乾密度 1.6 g/cm ³	6,829 kgf/cm ²
	乾密度 1.8 g/cm ³	11,946 kgf/cm ²

2.1.2 不同環境中膨潤土的阻水性能影響試驗結果

本試驗運用自由回脹、定體積回脹壓力、以及水力傳導度，並配置淡水、海水、高鹼性與高酸性之不同溶液環境，觀察以乾

密度 1.4 g/cm^3 、 1.6 g/cm^3 、 1.8 g/cm^3 壓製而成的 KV-1 與 MX-80 膨潤土試體在不同環境中的阻水性能變化。

試驗結果表 2.1-2 顯示，MX-80 與 KV-1 膨潤土於海水、高鹼性、高酸性環境中的最大回脹率、最大回脹壓力皆小於淡水環境，水力傳導度也皆大於淡水環境，由此可得知環境溶液中的離子種類與濃度將影響膨潤土的阻水功能，其中以海水環境的影響最為顯著，且影響幅度會隨著膨潤土的乾密度減少而增加。

若以瑞典 SKB 高放射性廢棄物最終處置場緩衝材料之阻水性能要求：回脹壓力 $>1 \text{ MPa}$ 、水力傳導度 $<10^{-12} \text{ m/s}$ ，並考量處置場近場環境長期演變對膨潤土的阻水性質影響，則建議 MX-80 膨潤土的設計乾密度應至少 1.6 g/cm^3 ；KV-1 膨潤土的設計乾密度應至少 1.8 g/cm^3 ，以確保膨潤土在不同溶液環境中，其阻水性質仍滿足 SKB 數值要求。

表 2.1-2 不同環境中 KV-1 與 MX-80 膨潤土的阻水性能彙整

試驗項目		乾密度(g/cm ³)	膨潤土材料	
			MX-80	KV-1
最大回脹率 (%)	淡水	1.4	558.7	628.5
		1.6	578.3	656.6
		1.8	609.8	672.0
	海水	1.4	128.4	130.9
		1.6	137.3	153.7
		1.8	184.6	196.9
	高鹼性溶液	1.4	545.7	569.4
		1.6	549.6	581.7
		1.8	597.4	606.3
	高酸性溶液	1.4	336.7	402.3
		1.6	364.6	432.6
		1.8	395.4	496.6
最終回脹壓力 (MPa)	淡水	1.4	0.72	0.27
		1.6	1.91	1.00
		1.8	3.38	2.16
	海水	1.4	0.33	0.15
		1.6	1.26	0.52
		1.8	3.22	1.86
	高鹼性溶液	1.4	0.45	0.19
		1.6	1.38	0.61
		1.8	3.36	1.93
	高酸性溶液	1.4	0.38	0.18
		1.6	1.30	0.60
		1.8	3.32	1.90
水力傳導度 (m/s)	淡水	1.4	5.80×10^{-13}	8.33×10^{-13}
		1.6	1.34×10^{-13}	2.05×10^{-13}
		1.8	2.80×10^{-14}	3.60×10^{-14}
	海水	1.4	2.84×10^{-12}	7.83×10^{-12}
		1.6	4.23×10^{-13}	1.82×10^{-12}
		1.8	5.70×10^{-14}	3.10×10^{-13}
	高鹼性溶液	1.4	8.43×10^{-13}	1.29×10^{-12}
		1.6	1.53×10^{-13}	3.73×10^{-13}
		1.8	3.40×10^{-14}	9.90×10^{-14}
	高酸性溶液	1.4	9.90×10^{-13}	2.87×10^{-12}
		1.6	2.20×10^{-13}	4.40×10^{-13}
		1.8	4.00×10^{-14}	1.80×10^{-13}

2.1.3 膨潤土與混凝土交界面試驗結果

表 2.1-3 係將 MX-80 與 KV-1 膨潤土以 1.4 g/cm^3 、 1.6 g/cm^3 、 1.8 g/cm^3 的乾密度壓製成試體，並於試體上直接澆置新拌混凝土，待混凝土齡期達 1 個月、6 個月、12 個月時，以真空抽氣法量測其與膨潤土交界面前 1 cm 處的孔隙率變化情形，同時也針對齡期 6 個月的混凝土試體，取未與膨潤土接觸的試體表面前 1 cm 處，量測其孔隙率作為對照組。

而圖 2.1-2 與圖 2.1-3 則是透過感應耦合電漿原子發射光譜儀(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, ICP-OES)分析交界面前 1 cm 至 1.5 cm 處的 MX-80 與 KV-1 膨潤土於齡期 1 個月、6 個月、12 個月時的 $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^{+}$ 比值與可交換陽離子容量(Cation Exchange Capacity, CEC)變化。

綜合表 2.1-3 與圖 2.1-2、圖 2.1-3 之結果可得知，混凝土中的鈣離子會透過膨潤土吸收混凝土拌合水、離子交換等方式逐漸釋出至膨潤土中，造成膨潤土的 $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^{+}$ 比值逐漸增加，使得原本屬於鈉型膨潤土的 MX-80、KV-1 逐漸鈣型化。其中前 6 個月的鈣離子推測主要係以膨潤土吸收混凝土拌合水的方式釋出至膨潤土中，當膨潤土吸收混凝土拌合水時，不但會吸收溶液中含量較多的鈣離子，其他鈉離子、鉀離子、鎂離子等陽離子也會隨之被膨潤土吸收，造成膨潤土的 CEC 有略微增加的趨勢，然而當試驗時間達 12 個月時，混凝土的水化作用已趨近於完全，隨著混凝土中拌合水的減少，此時混凝土中的鈣離子會以離子交換的方式與膨潤土中的鈉離子交換，使得膨潤土中的鈉離子含量明顯下降，CEC 亦隨之降低，而 $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^{+}$ 比值則持續上升，當膨潤土因離子交換現象而從原本鈉型膨潤土轉變成鈣型膨潤土時，其回脹指數、最大回脹率與最大回脹壓力皆會下降，水力傳導度則是會上升(Liu et al., 2011, p.1~p.9)，因此可推斷，當 MX-80 與 KV-1 膨潤土受新拌混凝土的澆置影響而逐漸由鈉型膨潤土轉變

為鈣型膨潤土時，其阻水性能皆會受鈣型化的影響而逐漸下降，並且距離混凝土澆置處越近的膨潤土，推測所受到的影響也會越大。

表 2.1-3 混凝土交界面的孔隙率變化

接觸的膨潤土	乾密度 (g/cm ³)	混凝土孔隙率(%)			
		對照組	1 個月	6 個月	12 個月
KV-1	1.4	8.25	7.34	7.40	8.46
	1.6	7.39	6.32	7.12	7.74
	1.8	7.39	6.47	6.30	7.55
MX-80	1.4	8.12	6.45	6.18	8.27
	1.6	8.12	6.46	6.31	8.68
	1.8	7.33	6.43	6.46	8.59

備註：對照組為齡期 6 個月的混凝土試體，取未與膨潤土接觸的部分進行孔隙率量測之結果。

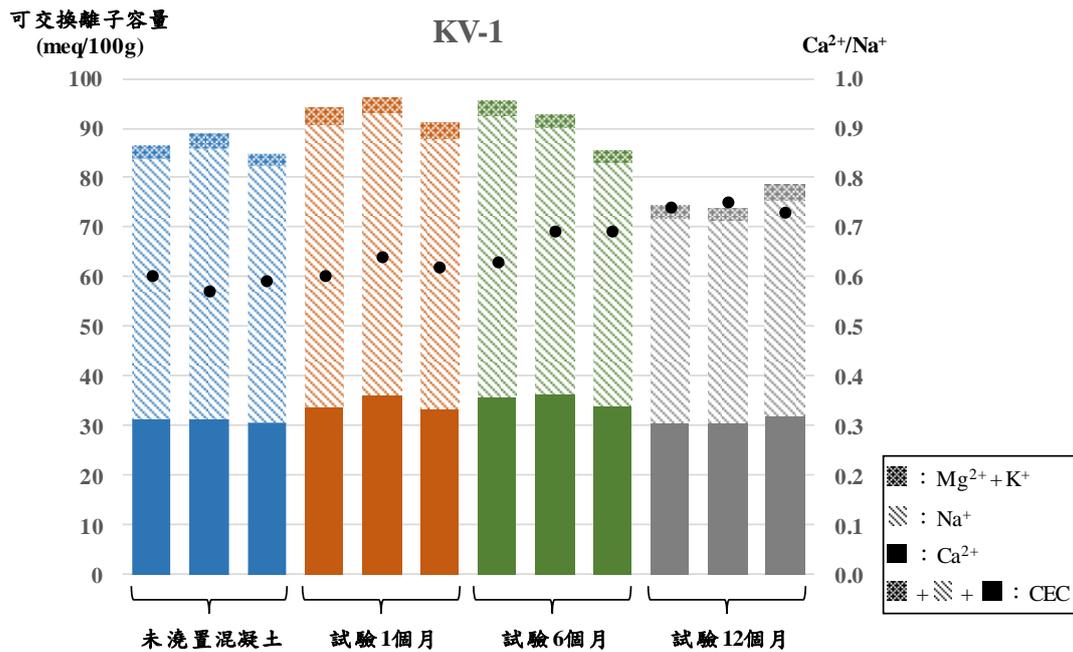


圖 2.1-2 KV-1 的 Ca^{2+}/Na^{+} 比值與 CEC 隨時間的變化關係

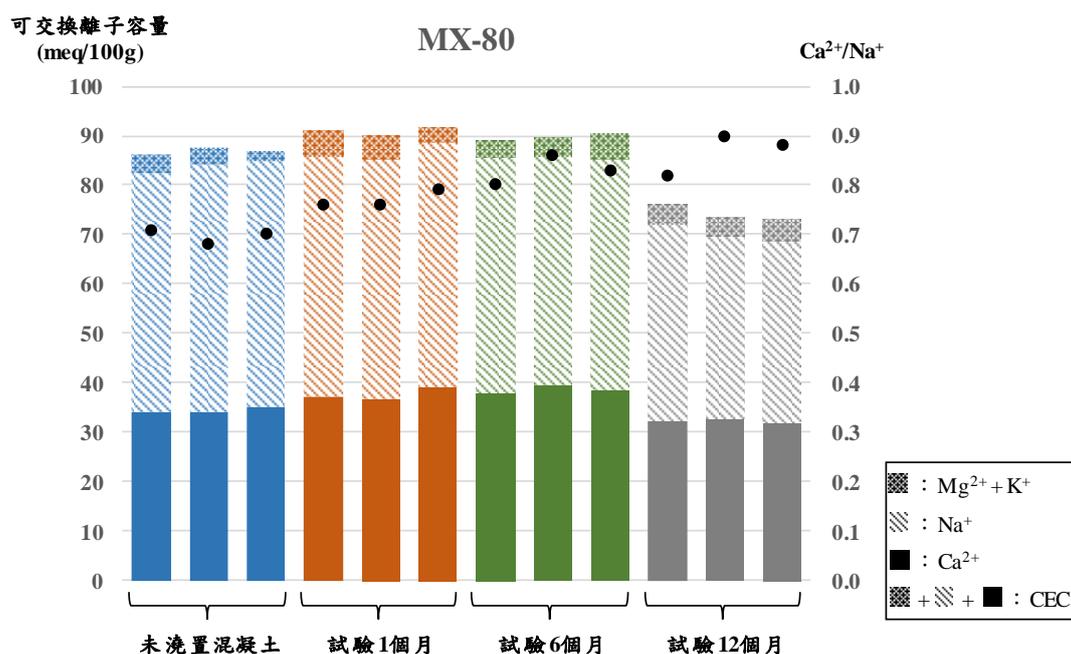


圖 2.1-3 MX-80 的 Ca²⁺/Na⁺ 比值與 CEC 隨時間的變化關係

2.1.4 低鹼水泥使用於處置場之功能及性質要求

表 2.1-2 膨潤土阻水性能試驗結果顯示，當 KV-1 與 MX-80 膨潤土浸泡於高鹼性溶液環境中時，其最大回脹率、最終回脹壓力皆會減少、水力傳導度則會增加，由此可得知，混凝土溶出失鈣所釋出的高鹼性孔隙溶液會對膨潤土的阻水性質造成影響，故國際間目前正極力進行低鹼水泥的相關研究，以確保混凝土運用於放射性廢棄物最終處置場時，不會因釋出的孔隙溶液 pH 值過高而影響其他處置設施的長期安全功能。

本工作項目彙整瑞典、芬蘭、日本、法國、美國、台灣對於低鹼水泥使用於放射性廢棄物處置場的配比設計與研究成果，並探討低鹼水泥與普通水泥對膨潤土材料影響的差異。

經彙整後得知，當低鹼水泥應用於放射性廢棄物最終處置場之各種設備時，需掌握應用的場合，並針對其功能需求進行考量，以達到使用低鹼水泥的預期目標，一般型式包括封塞用混凝土、

自充填混凝土及噴凝土等。自充填混凝土常應用於處置場與岩石間錨定螺栓的灌漿填充，用以降低螺栓的腐蝕，並提供坑道內襯、拱頂支承；而噴凝土則是以氣動的方式施加到坑道壁上，目的在使坑道的結構穩定，並降低處置坑道的滲透性。

由於不同應用的低鹼水泥所要求之功能不盡相同，故對於低鹼水泥的配比設計應具體考量其不同功能的要求及應用方式。例如封塞用混凝土對於工作性之要求較高，噴凝土則對強度之要求較高，而自充填混凝土則是同時對工作性及強度皆相當重視。除此之外不論何種應用，最終處置場使用之混凝土皆需具備良好的水密性。

有關放射性廢棄物最終處置場低鹼水泥的配比設計，目前常參閱瑞典 SKB、芬蘭 POSIVA、日本 NUMO 的研究結果，列出審查管制要項建議：

- 一、孔隙溶液 pH 值以降至 11 以下為目標。
- 二、取代波特蘭水泥的卜作嵐材料含量如矽灰、飛灰或爐石粉等須達 40% 以上，且配比總矽量須達 55% 矽含量。
- 三、作為處置場封塞或岩體支撐等功能的低鹼水泥，須符合功能上對應的性質要求，並於實際使用前仍須進行配比設計及試拌。
- 四、矽灰係最有效降低孔隙溶液 pH 值之卜作嵐材料，會加速矽酸三鈣(C3S)水化及 C-S-H 膠體形成，故具有高強度，然而過高的矽灰比例會導致強度增加緩慢、較低的最終強度及對養護環境有較大的敏感性。
- 五、以施工品質而言，應注意低鹼水泥與處置母岩、膨潤土阻水層或回填材之間是否能緊密接合，以避免間隙的產生而增加地下水於處置場中的移流機會。

據此後續在進行放射性廢棄物最終處置設施的低鹼水泥配比設計時，建議可以參閱瑞典 SKB、芬蘭 POSIVA、日本 NUMO

的研究結果進行配比設計，並針對本土化的場址現地環境進行相容性調整，以符合處置場的耐久性與功能年限。

2.2 低放處置場生命週期成本估計

2.2.1 建置低放處置場生命週期成本架構

一、國際低放處置場成本估算簡介

國際間在推動放射性廢棄物貯存或處置設施時，皆會考量該國之社會經濟、設施所在之環境特徵、設施安全需求、工程可行性等進行成本費用概估，惟各國所考量因素並非全然相同，各項因素相對比重亦有所差異。本計畫主要針對國際原子能總署 (International Atomic Energy Agency, IAEA) 於 2007 年所發布之技術文件「Cost Consideration and Financing Mechanisms for the Disposal of Low and Intermediate Level Radioactive Waste」(IAEA, 2007) 進行回顧，綜整 IAEA 或國際間對於處置設施成本估算的考量與評估方式，作為後續撰寫之參考及基礎。另外也參考經濟合作暨發展組織 (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) 於 1999 年發布之「Low-Level Radioactive Waste Repositories: An Analysis of Costs」(OECD, 1999) 技術文件資料，並同時考量我國國情，規劃低放處置場生命週期成本架構，作為後續費用估算之基礎。

二、低放處置場生命週期成本架構

在綜合評估國際上對處置設施之成本估算項目分析、我國對最終處置設施之相關行政申請程序及目前推動現況後，建議生命週期成本估算區分為四個階段，各階段主要作業項目如圖 2.2-1 所示，各階段說明如下。

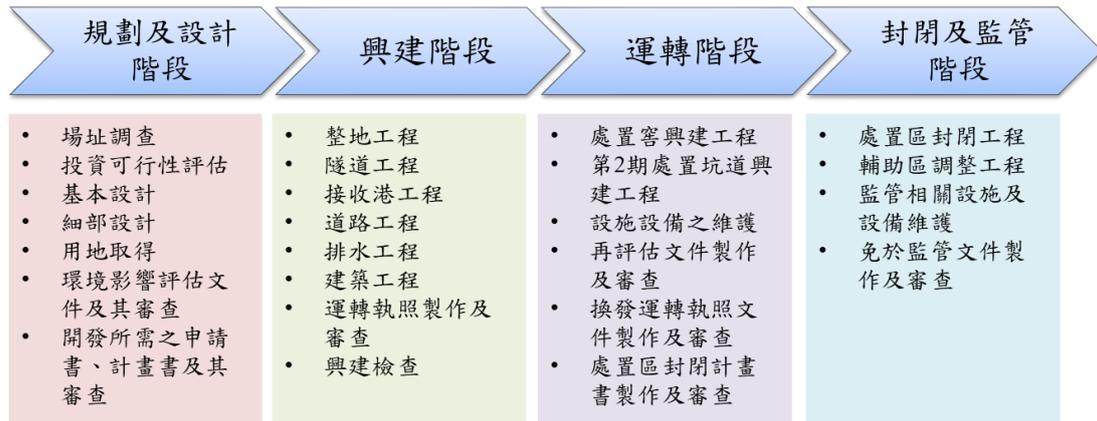


圖 2.2-1 各階段主要作業項目

一、規劃及設計階段

2 處建議候選場址之規劃及設計階段期程估計約需 5 年，包含場址調查、可行性評估、基本設計、細部設計及環境影響評估等作業，直至核發建造許可及開發許可為止。

二、興建階段

本階段包含處置場各項施工，包括整地排水工程、通行隧道、處置坑道、接收港、以及輔助區建築等施工項目，直到核發運轉執照為止，其中達仁鄉及烏坵鄉建議候選場址之工程施工期程概估為 6 年及 11 年，再考量申請運轉執照至核發期程概估為 1 年。為因應處置場投入運轉之時效性，2 處建議候選場址初步規劃將坑道分為 2 期施作，第 1 期工程範圍包含通行隧道與部分的處置隧道，當第 1 期工程完成時，處置場即可開始運轉，因此本階段之期程只估算第 1 期工程，整體興建階段達仁鄉及烏坵鄉建議候選場址之期程初步規劃分別約為 6 年及 11 年；第 2 期工程範圍為第 1 期工程範圍以外之處置坑道，規劃將於運轉階段中進行施工。

三、運轉階段

依照放射性物料管理法施行細則第 27 條，考量未來除役進度、船運規劃與處置場作業進度之不確定性，故以最終處置設施運轉執照核發效期 60 年作為運轉年限規劃。

四、封閉及監管階段。

處置設施封閉作業主要項目為處置坑道封閉作業與通行隧道封閉作業，2 處建議候選場址之處置區封閉工程初步規劃工期約為 6 年；主動監管期限估算分析，是假設處置場於 2040 年開始運轉，經 60 年運轉階段後，於 2100 年開始進行處置設施封閉作業，並由鑽探情節之人類無意入侵劑量評估結果與劑量衰減特性分析進行推估，推估結果 2 處建議候選場址之主動監管建議執行至西元 2150 年，即處置設施開始封閉後 50 年。

2.2.2 建議候選場址生命週期成本估算結果綜整

低放處置場達仁鄉建議候選場址及烏坵鄉建議候選場址之生命週期成本估算結果，分別整合列於表 2.2-1 中。

根據表 2.2-1 統計結果，若低放處置場興建於達仁鄉建議候選場址，則於規劃設計階段成本約為新台幣 13 億 8,000 萬元，興建階段成本約為新台幣 171 億 1,100 萬元，運轉階段成本約為新台幣 547 億 1,300 萬元，封閉及監管階段成本約為新台幣 178 億 4,000 萬元，總計全生命週期成本約為新台幣 910 億 4,500 萬元。若低放處置場興建於烏坵鄉建議候選場址，則於規劃設計階段成本約為新台幣 27 億 900 萬元，興建階段成本約為新台幣 242 億 900 萬元，運轉階段成本約為新台幣 813 億 600 萬元，封閉及監管階段成本約為新台幣 282 億 8,100 萬元，總計全生命週期成本約為新台幣 1,365 億 500 萬元。

本報告進行分年經費評估，依據本計畫各階段作業項目之預估期程，估算各項作業之分年進度，再根據分年進度估算分年所需成本；除此之外，依照本計畫規劃之低放處置場生命週期年與營造物價上漲率，以年度複利方式計算各年工程成本因營造物價上漲後所增加之成本費用，列為工程物價調整費。將各年度各項所需成本累加計算，得出該年度所需之分年經費。

考量烏坵鄉建議候選場址位處偏遠，與位處本島的達仁鄉建議候選場址相比，低放處置場所需興建材料與人力機具皆須由台灣本島提供，其生命週期成本因用地取得、材料成本、人力成本、機具運輸等外島成本考量，各分項金額皆大致高於達仁鄉建議候選場址所需成本。

表 2.2-1 2 處建議候選場址生命週期成本估算表

階段	項次	成本項目	金額(新台幣元, 不含稅)		
			達仁鄉建議候選場址	烏坵鄉建議候選場址	
規劃及設計階段	一	場址調查成本	134,007,650	245,702,060	
	二	設計規劃作業	856,585,292	1,115,201,486	
	三	用地取得	204,980,842	1,163,568,057	
	四	開發申請費用	162,000,000	162,000,000	
	五	行政規費	23,011,000	22,923,000	
			合計(A)	1,380,584,784	2,709,394,603
興建階段	一	直接工程成本	11,705,796,005	16,252,014,249	
	二	間接工程成本	1,755,869,401	2,437,802,137	
	三	工程預備費	2,341,159,201	3,250,402,850	
	四	工程物價調整費	1,198,533,665	2,110,365,891	
			小計(一~四) 工程建造費	17,001,358,271	24,050,585,127
	五	其他與行政規費費用	110,006,000	158,006,000	
			合計(B)	17,111,364,271	24,208,591,127
運轉階段	一	處置窖建造工程	3,191,946,551	3,596,220,799	
	二	第二期處置坑道建造工程	5,205,924,427	6,333,244,170	
	三	電氣與其他設施維護及更新	488,514,124	586,455,186	
	四	機械設備維護與更新	747,127,600	896,100,720	
	五	輻射監測設備	376,205,499	451,446,599	
	六	土建設施維護與更新	11,206,047,615	14,133,939,739	
	七	廢棄物運送成本	249,804,000	299,764,800	
	八	人事費用	15,948,019,843	26,473,712,940	
	九	環境監測	512,100,000	523,425,000	
	十	其他物價調整費	16,154,162,144	27,378,754,740	
	十一	其他與行政規費費用	633,003,000	633,003,000	
			合計(C)	54,712,854,804	81,306,067,693
封閉及監管階段	一	處置區封閉工程	10,177,398,648	14,856,820,792	
	二	輔助區調整工程	67,665,059	92,846,989	
	三	監測設備	147,170,474	176,586,411	
	四	人事費用	2,636,648,585	4,376,836,652	
	五	土建設施維護	182,649,077	469,392,670	
	六	其他物價調整費	4,320,920,288	8,000,479,210	
	七	其他與行政規費費用	308,000,000	308,000,000	
			合計(D)	17,840,452,130	28,280,962,724
		總計(A)+(B)+(C)+(D)	91,045,255,989	136,505,016,147	

2.2.3 前期計畫成本比較

本報告與「低放射性廢棄物最終處置場興建、營運與封閉作業規劃報告」(台電公司，2016，以下簡稱前期計畫報告)成本估算之結果進行比較。

一、低放處置場興建成本比較

(一)達仁鄉建議候選場址

本計畫估算達仁鄉建議候選場址整體興建工程之總成本高於前期計畫報告之估算，本報告各興建工程項目中，除了處置區坑道工程及處置窖建造工程成本低於前期計畫，其餘工程項目皆為本報告估算成本高於前期計畫。

因現階段概念設計與前期計畫相比處置窖有所減少，造成處置窖建造工程成本估算低於前期計畫；處置區坑道工程方面，本計畫評估達仁鄉建議候選場址處置區岩體完整性及強度優於前期計畫，因此本報告成本估算結果低於前期計畫估算結果；輔助區整地排水工程本報告細分為整地工程、道路工程與排水工程進行成本估算，前期計畫則是以面積百分比法進行粗略概算；接收港灣區工程依據現階段概念設計成果，接收港至處置場輔助區之專用高架道路高程提高，且採用雙箱式預力混凝土梁結構，上述調整造成本報告之成本估算結果高於前期計畫；輔助區建築工程依據現階段概念設計進行輔助區建築物重新配置，新增 3 座建築物，本計畫輔助區建築物整體樓地板面積大於前期計畫，因此本報告與前期計畫相比建築物工程成本較高。

(二)烏坵鄉建議候選場址

本計畫估算烏坵鄉建議候選場址整體興建工程之總成本高於前期計畫報告之估算成本，本報告各興建工程項目中，除了輔助區排水工程及處置窖建造工程成本低於前期計畫，其餘工程項目皆為本報告估算成本高於前期計畫之估算成本。

因現階段概念設計與前期計畫相比處置窖有所減少，造成處置窖建造工程成本估算低於前期計畫；輔助區排水工程成本估算，前期計畫採用輔助區面積百分比法初步概算成本，本報告依據現階段概念設計之排水明溝進行成本估算，本報告成本估算結果低於前期計畫估算結果；輔助區填地工程範圍現階段概念設計與前期計畫相同，本報告以現階段規劃之輔助區道路配置進行成本估算，對比前期計畫以面積百分比概估，造成本報告成本估算結果大於前期計畫；處置區坑道工程及接收港工程現階段概念設計與前期計畫大致相同，但因營造物價及人力成本皆有所增加，導致本報告工程成本估算結果大於前期計畫之估算；輔助區建築工程依據現階段概念設計新增 3 座建築物，本計畫輔助區建築物整體樓地板面積大於前期計畫，因此本報告與前期計畫相比建築物工程成本較高。

二、低放處置場運轉成本比較

前期計畫所估算低放處置場運轉 60 年之成本，並未針對特定場址或地區，以下就各成本項目與本計畫之差異進行說明。

本計畫考量未來低放處置場可能需要接收更大之廢棄物盛裝容器，因此本計畫針對吊掛機具規劃之額定荷重皆有所提升，導致本報告吊掛機具之單價較高。現階段概念規劃每條處置坑道皆需設置 1 台橋式起重機，因此購置數量大幅增加，而機械機具相關維護費用也隨之增加。本計畫針對低放處置場運轉階段之輻射監測設備進行較完整之規劃，因此所羅列之輻射相關設備項目多於前期計畫，導致購置及維護成本上升。本計畫對於低放處置場運轉所需人員編制進行較完整之規劃，各類人員編制皆多於前期計畫，管理及技術人員多 61 人、操作人員多 36 人、以及清潔及保全人員多 3 人，因此在人事費用上高於前期計畫。本報告考量整體低放處置場運轉時期所需成本之完整性，增加廢棄物運送成本及環境監測成本估算，使成果更能貼近真實成本。

三、低放處置場處置區封閉成本比較

前期計畫在封塞系統工程成本估算係以百分比法初步概估，本報告則是依據現階段概念設計水力及力學封塞之數量進行封塞系統工程成本估算，結果較能貼近實際成本，本報告在封閉工程所估算之成本低於前期計畫。

四、低放處置場監管成本比較

前期計畫並無針對低放處置場監管時期進行成本估算，本報告考量整體低放處置場監管時期所需成本之完整性，增加輔助區調整工程、監測設備更新及維護、人事以及土建設施維護成本估算，使成果更能貼近真實成本。

五、低放處置場全生命週期比較

表 2.2-2 為本報告與前期計畫生命週期成本比較表，為了與前期計畫在相同基礎下進行比較，此處本報告估算之成本費用忽略物價調整費；前期計畫主要針對低放處置場興建相關成本進行估算，本報告則是以處置場整體生命週期概念進行成本項目之羅列，因此與前期計畫相比本報告納入場址調查成本及規劃設計作業成本之估算，並考量處置場其他行政成本，在運轉與監管成本上本報告皆有新增考量之成本估算項目，因此本報告於 2 處建議候選場址整體成本經費估算高於前期計畫。

表 2.2-2 本報告與前期計畫生命週期成本比較表

單位：新台幣(仟元)

項次	成本項目	達仁鄉建議候選場址		烏坵鄉建議候選場址	
		前期計畫報告	本報告	前期計畫報告	本報告
一	場址調查	-	134,008	-	245,702
二	規劃設計	-	856,585	-	1,115,201
三	其他行政費用	-	1,441,001	-	2,447,500
四	興建成本	15,788,778	16,042,085	19,906,980	20,959,057
五	運轉成本	11,384,864	29,987,168	11,384,864	43,997,815
六	封閉成本	5,473,308	3,429,334	5,556,966	4,751,353
七	監管成本	-	2,996,584	-	5,062,036
八	環保安衛費 ⁽¹⁾	1,700,967	389,428	2,037,116	514,208
九	間接工程成本 ⁽²⁾	2,296,305	2,979,127	2,750,106	3,933,693
十	工程預備費 ⁽³⁾	3,788,904	3,972,170	4,537,675	5,244,924
	總計	40,433,126	62,227,490	46,173,707	88,271,490

備註：(1)前期計畫(四+六)×8%，本報告(四+六)×2%；(2)前期計畫(四+六+八)×10%，本報告(四+六+八)×15%；(3)前期計畫(四+六+八+九)×15%，本報告(四+六+八)×20%。

參考文獻

1. 台電公司，2016，低放射性廢棄物最終處置場興建、營運與封閉作業規劃，LLWD2-ED-2015-03-V08。
2. 陳文泉，2004，高放射性廢棄物深層地質處置緩衝材料之回脹行為研究，博士論文，國立中央大學土木工程研究所，p.139~p.145。
3. IAEA, 2007, IAEA-TECDOC-1552, Cost Consideration and Financing Mechanisms for the Disposal of Low and Intermediate Level Radioactive Waste.
4. Liu, L., Neretnieks, I., Moreno, L., 2011, Permeability and expansibility of natural bentonite MX-80 in distilled water, Physics and Chemistry of the Earth, vol.36, p.1~p.9.
5. OECD, 1999, Low-Level Radioactive Waste Repositories: An Analysis of Costs.
6. SKB, 2001, Modelling of long-term concrete degradation processes in the Swedish SFR repository, R-01-08, p.19~p.22.

第3章 強化安全分析技術

本計畫與強化安全分析技術有關的工作項目，於 110 年度已完成「低放處置場風險評估研究」，其工作成果摘要說明如後。

3.1 低放處置場風險評估研究

3.1.1 低放處置安全風險評估方法

在核能領域中，僅有核能電廠的風險評估有完整的規範、方法和足夠的基礎資訊，可以支撐其採用定量的方法評估風險的發生機率。但對於低放射性廢棄物處置，則是將風險告知和縱深防禦概念隱含在既有的確保處置安全框架內，使相關保護失效的風險能夠處於可接受的低水平範圍內。故在缺乏可供依循的低放射性廢棄物處置風險評估規範之情況下，基於風險管理基礎理論建立定性的風險評估方法，其評估流程如圖 3.1-1 所示。

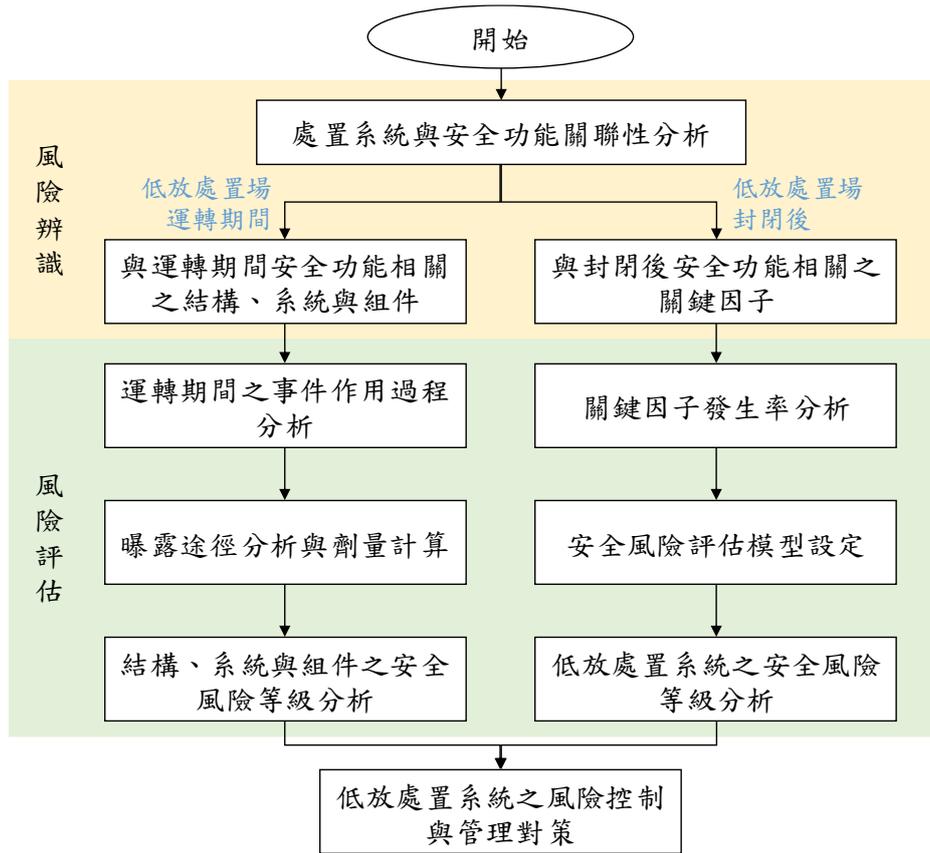


圖 3.1-1 低放處置場風險評估執行流程圖

3.1.2 低放處置場運轉期間安全風險評估

低放處置場是藉由各個結構、系統與組件 (Structures, Systems, and Components, SSCs) 的運作，使運轉期間的各項作業可順利執行，並確保工作人員和場址周圍民眾的輻射安全。由於處置場內含括的 SSCs 眾多，當發生各種非預期之意外事件時，受影響之 SSCs 不同，造成的危害程度亦不相同。故需先釐清各個 SSCs 與運轉期間安全功能的關聯性，再依據事件發生頻率高低和事件後果之嚴重程度，評估 SSCs 的風險等級，以利後續針對高風險的 SSCs，規劃災害事件減輕措施與必要的安全管理程序，提升 SSCs 之功能可靠性，降低工作人員和民眾可能遭受的輻射曝露風險。

一、運轉作業與安全功能相關之結構、系統與組件

依據低放處置場運轉作業規劃內容，盤點與安全功能相關之結構、系統與組件。包件與容器類之組件用以實現圍阻與輻射防護安全功能。吊卸與運輸機具/設備類之組件，主要是避免發生包件墜落事件，而損壞包件圍阻與輻射屏蔽功能。輻射屏蔽構造與設備類之結構與組件，在於提供結構穩定性與輻射屏蔽功能。檢查與監測設備類之系統與組件，用於確認相關結構與組件的輻射防護功能。消防設備類之系統與組件，可避免起火燃燒影響廢棄物包件之圍阻與輻射防護安全功能。

二、事件作用過程分析

事件作用過程是指低放處置場運轉期間，由一個或多個起始事件開始，有可能導致個體曝露於輻射中的一連串作用與過程。在分析事件造成的後果時，分別針對 SSCs 實現安全功能的成功與否，研判事件發生後恢復為安全運轉狀態所需執行的作業內容，作為後續評估該事件造成個體遭受輻射曝露嚴重程度之參考依據。

初始事件可分為自然事件、人為事件和火災事件，自然事件包含地震及海嘯等事件，人為事件可分為操作錯誤和機械/設備失效等事件。依據運轉作業規劃內容逐一盤點各事件造成之結果，以接收大樓之運轉作業為例，彙整其事件作用過程之分析結果如表 3.1-1。其中，事件的發生頻率與事件類型相關，天然事件是依其設計基準進行分類，地震設計基準事件頻率約為千年尺度屬於「中發生頻率」事件，海嘯設計基準事件為最大可能海嘯，其發生頻率屬於萬年尺度，歸類為「低發生頻率」事件。人為事件與火災事件則是保守考量在處置場運轉期間至少發生 1 次，故歸類於「高發生頻率」事件。

表 3.1-1 事件作用過程彙整表(以接收大樓為例)

起始事件	作用過程	事件結果	恢復安全狀態作為	相關 SSCs
人為事件	廢棄物盛裝容器/包件傾倒或滑落	仍具備圍阻功能 圍阻功能失效同時減損屏蔽功能，亦可能會有廢棄物從盛裝容器逸散	重新吊運 1.重新吊運 2.再包裝	堆高機、橋式起重機、門型起重機、吊具、廢棄物包件
	廢棄物盛裝容器/包件傾倒或滑落且空調系統失效	圍阻功能失效同時減損屏蔽功能，如為粉狀廢棄物亦可能會有從空調系統逸散	1.重新吊運 2.再包裝 3.修復空調系統	堆高機、橋式起重機、門型起重機、吊具、空調系統、廢棄物包件
地震事件	機械/設備失效，廢棄物盛裝容器/包件傾倒、滑落或墜落	仍具備圍阻功能 圍阻功能失效同時減損屏蔽功能，亦可能會有廢棄物從盛裝容器逸散	重新吊運 1.重新吊運 2.再包裝	堆高機、橋式起重機、門型起重機、吊具、廢棄物包件
	間接影響機械/設備失效，廢棄物盛裝容器/包件傾倒或滑落且空調系統失效	圍阻功能失效同時減損屏蔽功能，如為粉狀廢棄物亦可能會有從空調系統逸散	1.重新吊運 2.再包裝 3.修復空調系統	堆高機、橋式起重機、門型起重機、吊具、空調系統、廢棄物包件
	有可能導致接收大樓屏蔽牆產生裂縫或間隙	減損屏蔽功能	修補裂縫或間隙	盛裝容器、屏蔽牆、接收大樓結構
火災事件	機具/設備故障後起火燃燒	仍具備圍阻功能	1.滅火 2.重新吊運	廢棄物包件、消防設備與系統

三、劑量評估

依據事件作用過程分析結果，可歸納出 5 種因安全功能受影響而引發潛在輻射曝露之事件作用，包括廢棄物包件墜落、火災、空調過濾系統失效、建築物或結構物受損以及海嘯襲擊。再依事件發生後回復到安全狀態的處理程序和處理時間，分析可能的曝露途徑與評估輻射曝露劑量。以廢棄物包件墜落為例，當其墜落地點在陸上時，對工作人員的曝露途徑與造成之最大劑量彙整如表 3.1-2。

表 3.1-2 事件作用類型、曝露途徑與劑量評估結果彙整(以廢棄物包件墜落在陸地上為例)

事件作用	曝露對象	曝露途徑	事件造成之最大劑量(mSv)
廢棄物包件圍阻功能完整	工作人員	廢棄物包件直接輻射曝露	0.231
廢棄物包件圍阻功能失效，塊狀廢棄物釋出	工作人員	廢棄物包件直接輻射曝露、塊狀廢棄物直接輻射曝露，以及污染粉塵之攝入曝露與空氣浸身	6.38
廢棄物包件圍阻功能失效，粉狀廢棄物釋出	工作人員	廢棄物包件直接輻射曝露、粉狀廢棄物直接輻射曝露，以及污染粉塵之攝入曝露與空氣浸身	0.06

四、結構、系統與組件之風險等級分析

SSCs 的風險等級評定是綜合事件發生後果嚴重程度以及事件發生頻率的評估結果，以風險等級分類表(表 3.1-3)，將具有運轉期間安全功能的 SSCs 予以分級。運轉期間具有安全功能的 SSCs，大都屬於中風險或低風險，未有高風險之 SSCs。中風險之 SSCs 有廢棄物包件(C 類 7 m³ 鋼箱)、接收港之起重機與吊具、接收大樓結構與屏蔽牆。低風險之 SSCs 則有 C 類 7 m³ 鋼箱以外之各類廢棄物包件、起重機與吊具、消防設備與系統、處置窖。

表 3.1-3 結構、系統與組件安全風險等級分類

		事件危害程度(工作人員)		
		高度嚴重 (單一事件劑量 超過 50 mSv)	中度嚴重 (單一事件劑量 50mSv~10mSv)	低度嚴重 (單一事件劑量 10mSv~1 mSv)
事件發生 頻率	高發生頻率 ($\geq 10^{-2}$ 每年事件數)	高	中	低
	中發生頻率 ($10^{-2} \sim 10^{-4}$ 每年事件數)	中	中	低
	低發生頻率 ($\leq 10^{-4}$ 每年事件數)	低	低	低

3.2 低放處置場封閉後安全風險評估

低放處置場封閉後，依靠天然障壁和工程障壁組成的多重障壁系統提供之安全功能，盡可能延緩核種遷移至人類生活圈的時間。以使核種傳輸到達人類生活環境時，其活度已大幅衰變，對場址周圍環境和民眾健康的影響極輕微。處置場封閉後的核種傳輸過程會受到廢棄物特性、處置設施設計和環境特性等特徵、長期演化作用和事件影響。由於含括的特徵、作用和事件眾多，且可組合出對安全性產生不同影響程度之情境，故需先釐清對於安全功能有顯著影響之關鍵因子。再藉由關鍵因子數值的發生率高低以及劑量影響嚴重程度，評估關鍵因子的風險等級，用以規劃適當的不確定性排除措施或調整處置設施設計，提升多重障壁系統的可靠性，使其趨於低風險狀態。

一、處置場封閉後與安全功能相關之安全評估關鍵因子

依據核種傳輸的時間順序和空間分布屬性，將安全評估相關因子劃分成源項、工程障壁系統、地質圈和生物圈等四大類，分別探討其與安全功能的關聯性，並從中釐清對於安全功能有顯著影響之關鍵因子，彙整其分析結果如表 3.2-1 所示。

表 3.2-1 安全評估關鍵因子

分類	安全評估相關因子	安全功能關聯性	安全評估關鍵因子	備註
源項	廢棄物數量	實現各安全功能的設計基礎	×	採用設計容量，已為最大數量
	核種活度	實現各安全功能的設計基礎	✓	為預估值，仍具有不確定性
	盛裝容器特性	圍阻安全功能	×	保守假設盛裝容器在處置場封閉時已喪失圍阻能力
	活化金屬廢棄物核種釋出率	遲滯安全功能	✓	為文獻值，易受到環境特性影響，仍具有不確定性
工程障壁系統	水力傳導係數、有效擴散係數	圍阻、遲滯安全功能	✓	工程障壁系統的長期演化具有不確定性
地質圈	核種傳輸時間(地下水流速、核種傳輸	遲滯安全功能	✓	傳輸時間受到地下水流速和傳輸路徑長度

分類	安全評估相關因子	安全功能關聯性	安全評估關鍵因子	備註
	路徑長度)			的交互影響，以傳輸路徑長度作為反應傳輸時間的關鍵因子
生物圈	核種釋出位置的核種濃度(地表水體年總量)	影響關鍵群體曝露劑量	✓	造成曝露劑量的來源
	曝露途徑	影響關鍵群體曝露劑量	x	安全評估將所有曝露途徑都納入考量
	核種在動植物內的轉換因子或濃縮因子、劑量轉換因子	影響關鍵群體曝露劑量	x	濃縮因子來自文獻資料，國際上對此項參數的研究較少，不易有大幅變動。劑量轉換因子引用自法規，屬於固定數值的參數

二、安全評估關鍵因子發生率分析

考量處置系統在不同情節下的未來演化，以及場址環境特性造成的參數狀態改變，設定各關鍵因子的發生率條件如表 3.2-2 所示。

表 3.2-2 關鍵因子發生率設定條件(以達仁鄉建議候選場址為例)

關鍵因子		高發生率	中發生率	低發生率
源項	核種清單	預估核種清單	代表核種清單	預估核種清單的各核種活度增加 1 個級數
	核種釋出率	氧化還原環境改變，核種釋出率增加為設計值的 2 倍	海水環境加速金屬腐蝕，核種釋出率增加為設計值的 3 倍	活化金屬廢棄物的厚度盤點與預估結果不符，核種釋出率較設計值增加 1 個級數
工程障壁系統	水力傳導係數、有效擴散係數	設計值依設計情節劣化後之預期數值	設計值依替代情節劣化後之預期數值	工程障壁單元極端劣化或失效後之預期數值
地質圈	傳輸路徑長度	設計情節的傳輸路徑長度	地質環境或水文地質環境改變，使傳輸路徑長度縮減為設計情節傳輸路徑長度的一半	最短傳輸路徑
生物圈	地表水體年總量	設計情節的地表水體年總量	地表水文特性與推測結果有些微差異，使地表水體年總量減少為設計情節地	地表水文特性與推測結果有極大差異，使地表水體年總量較設計情節地

關鍵因子	高發生率	中發生率	低發生率
		表水體年總量的三分之一	表水體年總量少 1 個級數

三、安全風險評估測試模型

為使處置系統安全風險評估測試模型可達到釐清各關鍵因子對劑量影響程度之目的，各測試案例均不模擬參數時變影響，亦不將多重障壁系統的吸附功能納入考慮。測試模型採用近場單一處置系統單元設計，與遠場單一管流與生物圈地表水體做為建置概念。近場模型採用擬二維方式建構，如圖 3.2-1 所示。

利用安全風險評估模型進行劑量分析時，是以關鍵因子造成的尖峰劑量除以設計基準值尖峰劑量所定義之尖峰劑量影響率，反應關鍵因子對劑量的影響程度。並視關鍵因子特性採用特定分析位置之尖峰劑量，以避免分析結果受到其他因子的干擾。工程障壁系統相關之關鍵因子參數，其尖峰劑量率分析位置為離開工程障壁系統單元之核種濃度。天然障壁系統之關鍵因子參數，其尖峰劑量率分析位置為進入生物圈之核種濃度。

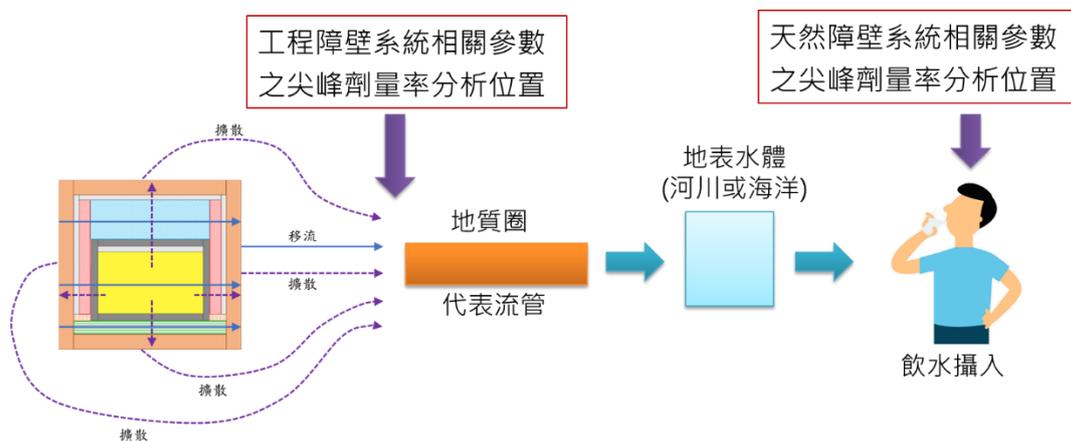


圖 3.2-1 處置系統安全風險評估測試模型示意圖

四、處置系統安全風險等級分析

考慮到不同關鍵因子單獨改變和同時改變對處置系統的安全性影響，規劃 4 大類測試案例，分別為單一關鍵因子的安全風

險、工程障壁系統關鍵因子的聯合安全風險、場址環境特性聯合安全風險，以及處置系統整體安全風險。並利用處置系統安全風險等級分類表(如表 3.2-3)，評定各個測試案例的安全風險等級。

(一)單一關鍵因子的安全風險

對活化金屬廢棄物而言，單一關鍵因子的參數狀態改變對處置安全的影響皆屬低風險；就非活化金屬廢棄物而言，僅有達仁鄉建議候選場址的處置窖有效擴散係數為低發生率參數狀態時，對處置安全的影響為中風險，其餘關鍵因子皆為低風險。

(二)工程障壁系統關鍵因子的聯合安全風險

工程障壁系統的所有關鍵因子，同時處於相同發生率的參數狀態時，對處置系統的安全影響皆屬於低風險。

(三)場址環境特性的聯合安全風險評定

地質圈的關鍵因子為傳輸路徑長度，生物圈的關鍵因子為地表水體年總流量，兩者都與場址環境特性有關。當其同時處於相同發生率的參數狀態時，對處置系統的安全影響皆屬於低風險。

(四)處置系統整體安全風險評定

為能反應出所有關鍵因子在同一個發生率下的參數狀態，對處置安全的影響，將所有關鍵因子依其參數發生率數值設定後進行模擬。當關鍵因子參數狀態屬於高發生率和中發生率時，對處置安全的影響分別為低風險和中風險；關鍵因子參數狀態屬於低發生率時，對處置安全的影響則為高風險。

表 3.2-3 處置系統安全風險等級分類

		尖峰劑量影響率級距				
		1,000 倍以上	50~1,000 倍	10~50 倍	5~10 倍	0~5 倍
關鍵因子參數發生率	高發生率	高	高	高	中	低
	中發生率	高	高	中	低	低
	低發生率	高	中	低	低	低

3.3 風險控制與管理對策

低放處置場運轉期間，SSCs 具安全風險的原因，包括高發生頻率的預期運轉事件和低發生頻率的海嘯事件，及其造成的廢棄物包件安全功能受損；中發生頻率的地震事件及其造成的接收大樓結構與屏蔽牆安全功能受損。針對起因於自然事件的具安全風險 SSCs，可考慮在低放處置場的設計階段，透過設計方法提升 SSCs 的功能並降低事件發生頻率，或是在運轉期間透過作業程序規劃與管控，達到降低事件危害程度的目的。而起因於預期運轉事件的具安全風險 SSCs，則無法再利用設計措施降低事件發生頻率，可考慮在運轉期間藉由相關管控措施降低事件發生後造成的危害。

低放處置場封閉後，對劑量具直接影響力的關鍵因子包括處置窖的有效擴散係數、核種清單、地表水體流量和金屬釋出率。其中以處置窖有效擴散係數變化對於尖峰劑量之影響最為顯著，此現象反映出工程障壁系統的其中一個設計目標即「維持擴散主導核種傳輸特性」。此外，綜合各測試案例結果可知，工程障壁系統極度劣化或失效後，天然障壁系統可減緩其帶來的衝擊。而天然障

壁系統未如預期演化發展時，工程障壁系統也可降低其對處置安全的影響。此亦反映出多重障壁系統可使處置系統具有抵禦未來不確定性的安全餘裕，並將風險管控的概念隱含在內。由於低放處置場解除監管後，已無法再對多重障壁系統執行維護或管理措施。需在低放處置場的調查、設計或運轉階段，採取適當的因應對策，確保處置系統的設計是在高發生率或中發生率狀態，進而提升處置系統的安全性。

分別就低放處置場在調查、設計與運轉階段可執行的管控作為說明如下：

一、低放處置場調查與設計階段之管理措施

此階段主要是管理處置系統的設計與確保相關設計的可實現性，使處置系統可維持在低安全風險的狀態。

- (一)與運轉期間輻射防護功能相關之 SSCs 的設計管理：提升屏蔽設施耐震能力，其對應之地震基準事件將從「中發生頻率」降至「低發生頻率」，但當仍無法避免發生裂縫損壞等現象，使相關 SSCs 仍維持安全風險等級為低風險。故可考量由運轉規劃策略規劃著手，以降低運轉期間的安全風險。
- (二)運轉期間海嘯設計基準事件所引發事故之設計管理：在處置設施運轉的數十年中，有相當高的機率不會發生此類事件。考量於港口設置保護靠港船隻不受海嘯事件影響設施之效益並不高，可考量由運轉規劃策略規劃著手，以降低運轉期間的安全風險。
- (三)活化金屬廢棄物核種釋出之設計管理：選擇具有地下水還原條件等有利於抑制金屬腐蝕的環境佈設處置坑道。亦可透過使用混凝土材料來形成 pH 值大於 11 的高鹼性環境，確保活化金屬廢棄物維持較低的金屬腐蝕率。
- (四)工程障壁系統之設計管理：在低放處置場的設計階段，經由實驗確認處置窖的劣化特性如分析預期；在施工階段於已開挖完

成的坑道內，建造處置窖實體模型試驗，模擬處置坑道內環境對處置窖安全功能的影響，以確保處置窖有效擴散係數可維持在高發生率或中發生率的參數設定狀態。

- (五)環境特徵之調查與設計管理：環境特徵中以地表水體流量變化對於尖峰劑量之影響較為顯著。對於達仁鄉建議候選場址，其於高發生率的參數設定為最低年流量，此已是較為保守的設定。烏坵鄉建議候選場址則建議在調查階段針對核種釋出位置量測實際的海水流速，與進一步評估污染物的可能擴散範圍，確保地表水體流量可維持在高發生率參數的設定範圍。

二、低放處置場運轉階段之管理措施

此階段可執行的管控作為，主要是從運轉作業程序上著手，藉由規劃各項措施達到降低安全風險之目的。

- (一)低放射性廢棄物接收管理：可藉由制定接收規範對接收廢棄物的特性進行管制，以及訂定單一處置窖可處置核種活度上限，確保所處置的核種與活度在清單的預測範圍內。
- (二)與運轉期間圍阻功能相關之 SSCs 管理：圍阻功能減損主要為廢棄物包件墜落造成，為避免發生墜落事件，需確保起重機與其吊具不會因設備故障而失效，並降低人為操作錯誤發生之可能性。例如依選用之起重機與吊具設備規格，依原廠規劃之時程進行檢修、準備足夠之備品供維修與更換使用、確保操作人員均為合格操作員等。
- (三)與運轉期間輻射防護功能相關之 SSCs 管理：藉由運轉作業策略規劃，降低工作人員執行事件發生後復原作業的輻射曝露劑量。例如避免讓 C 類廢棄物之 7 m³ 鋼箱貯存於緊臨接收大樓外牆之貯存區，於屏蔽設施與 C 類廢棄物之 7 m³ 鋼箱之間貯存其他類型廢棄物包件，利用這些包件提供額外之屏蔽功能。

- (四)運轉期間火災事件所引發之事故管理：火災事件不致影響廢棄物包件之圍阻功能，應注意避免所使用之滅火設備導致水體接觸廢棄物，而引發污染事件。
- (五)運轉期間海嘯設計基準事件所引發之事故管理：可針對海嘯事件規劃緊急應變計畫，或避免運輸船載運整船之 C 類或 B 類廢棄物，藉以降低事件發生後之劑量影響。
- (六)工程障壁系統之安全功能管理：透過監測、修補等方式確保工程障壁系統可維持在能發揮預期安全功能的狀態。可執行的管理措施包括制定工程障壁系統監測計畫，監測處置窖的結構完整性、裂縫生成狀況、鋼筋腐蝕狀況等特性變化，以及針對特性明顯改變且可能影響封閉後安全功能的處置窖實施修復或補強措施。

本頁空白。

第 4 章 國際同儕審查

為使台灣低放處置技術發展能與國際處置先進國家接軌、強化處置安全評估能力，以及提升國際視野，故精進案延續 LLWD 2016 報告之審查模式，在提出「低放射性廢棄物最終處置技術評估報告 2020 年版」(以下簡稱「LLWD 2020 報告」)後，邀集國際同儕委員進行審查。

4.1 國際同儕審查委員名單

本次 LLWD 2020 報告與其技術支援報告共邀集 6 位國際委員進行審查，包含來自美國的 Dr. Jin-Ping (Jack) Gwo，現職於美國核能管理委員會(Nuclear Regulatory Commission, NRC)；來自日本的 Dr. Motoi Kawanishi，現職於日本中央電力研究所(Central Research Institute of Electric Power Industry, CRIEPI)榮譽顧問與淺野大成基礎工程有限公司(Asano Taiseikiso Engineering Co., Ltd., ATK)總工程師、Dr. Tai Sasaki 現職於日本原燃公司(Japan Nuclear Fuel Limited, JNFL)、Dr. Toshiaki Ohe 現職於日本東京電力公司顧問、Dr. Chuan-Sheng, Chang 現職於日本東京電力公司資深工程師；以及來自法國的 Mr. Solente Nicolas，現職於法國國家放射性廢物管理機構(Andra)。所有的委員在放射性廢棄物管理與放射性廢棄物處置領域皆有傑出的專業知識與經驗，委員的個人簡歷概述如表 4.1-1。

表 4.1-1 LLWD 2020 報告國際同儕審查委員簡歷

姓名	經歷
Dr. Jin-Ping (Jack) Gwo 郭金平博士	<ul style="list-style-type: none"> ● 現職於 NRC 核能材料安全部門，負責系統性能分析 ● 曾任馬里蘭大學土木/環境工程系，助理教授與研究生課程主任 ● 曾任橡樹嶺國家實驗室之博士後研究員與計算機中心研究員
Dr. Motoi Kawanishi 河西基博士	<ul style="list-style-type: none"> ● 現職為 CRIEPI 榮譽研究顧問，與 ATK 總工程師 ● 曾任日本 CRIEPI 資深副總，以及核燃料循環後端研究中心主任 ● 主要研究領域專注在地下水模型分析、放射性核種遷移、放射性廢棄物處置安全評估，以及放射性廢棄物管理
Dr. Tai Sasaki 佐佐木泰博士	<ul style="list-style-type: none"> ● 現職為 JNFL 資深員工(30 年資歷)，為放射性廢棄物處置業務部門之主任與相關計畫之主管 ● 在場址特性、安全評估與安全論證之放射性廢棄物領域具有深厚的經驗
Dr. Toshiaki Ohe 大江俊彰博士 (副主席)	<ul style="list-style-type: none"> ● 現職為日本東京電力服務股份有限公司顧問 ● 東京東海大學的榮譽教授 ● 曾任日本 CRIEPI 放射化學部門主管
Dr. Chuan-Sheng, Chang 張傳聖博士	<ul style="list-style-type: none"> ● 現職為日本東京電力服務股份有限公司之資深工程師 ● 主要研究領域為地下水裂隙介質模擬、大型裂隙的水力行為評估，以及洞穴穩定性評估之水力耦合模型
Mr. Solente Nicolas (主席)	<ul style="list-style-type: none"> ● 現職於法國國家放射性廢物管理機構，主要負責國際計畫與國際合作 ● 在歐洲，Nicolas 參與多項核能領域、放射性廢棄物管理領域與最終處置領域之計畫，例如處置窖運轉安全與分階段封閉之監測開發、放射性廢棄物和用過核子燃料管理之政策與策略發展，以及烏克蘭的放射性廢棄物處置概念專家 ● IAEA 的最終處置選址程序、安全分析、安全論證，以及處置前之國家規範專家 ● 英國 Drigg 處置場之技術與顧問服務經理

4.2 國際同儕審查辦理時程

精進案國際同儕審查原訂於民國 109 年 5 月在台灣召開為期一週之審查會議，惟因年初新冠肺炎疫情(COVID-19)影響，而國際間疫情狀態不斷升溫，且台灣政府持續實施嚴格的邊境管制，為避免延宕低放處置技術發展之規劃時程，故本次國際同儕審查改採視訊會議方式執行，整體國際同儕審查辦理進度如表 4.2-1 所示，透過與各委員間深入的討論，逐一釐清問題癥結點，理解各委員所關心的議題。

表 4.2-1 LLWD 2020 報告國際同儕審查辦理時程

日期	執行概況說明
109.10.01	<ul style="list-style-type: none"> ● 台電公司團隊提交 LLWD 2020 報告、技術支援報告，以及相對應之簡報與錄音檔，供審查委員進行書面審查
109.10.01~11.22	<ul style="list-style-type: none"> ● 委員針對書面審查結果提出審查意見 ● 台電公司團針對委員提出之問題進行審查意見答復，並對於部分需再進一步釐清的議題透過電子郵件討論。
109.11.27	<ul style="list-style-type: none"> ● 召開第一次主要視訊會議，與會者包含台電公司團隊、Mr. Solente Nicolas、大江俊彰博士、河西基博士、佐佐木泰博士與張傳聖博士，郭金平博士因時差緣故，不克出席。 ● 台電公司團隊依照審查委員提出之意見，以簡報形式整體性說明，並與審查委員進行討論。
109.12.02	<ul style="list-style-type: none"> ● 台電公司團隊與郭金平博士進行意見交換 ● 主要針對處置設施之合理抑低與深度防禦評估實踐方向、源項考量範圍與角度、工程障壁劣化與吸附進行討論 ● 此外，對於特性參數分析方法與技術面提出加強論述的建議，並討論地球化學分析考量與氧化鐵之研究 ● 郭金平博士認為現階段雖然沒有場址可以做進一步的驗證與調查，但對於工程障壁技術類的特性，有能力的狀態下應建立本土化資料，而非持續引用國際研究成果，藉以建立評估的技術基礎
109.12.02	<ul style="list-style-type: none"> ● 台電公司團隊與 Mr. Solente Nicolas 進行意見交換 ● 主要針對廢棄物源項特性，例如廢棄物螯合劑或錯合劑的使用、瀝青廢棄物的處理規劃，處置坑道通風設計與考量 ● 對於情節分析，討論深度防禦的實現方式，包含納入自然環境可能狀況

109.12.03	<ul style="list-style-type: none"> ● 台電公司團隊與河西基博士進行意見交換 ● 河西基博士提供今年(2020年)7月日本原子力規制委員會針對中深度處置之規劃、評估情節、劑量限值，並說明日本中深度處置新舊法規管制面之演進與差異，日本對於中深度處置新的規制要求採用最佳可行性技術(Best Available Technique, BAT)來論證處置設施。
109.12.07	<ul style="list-style-type: none"> ● 台電公司團隊與大江俊彰博士及張傳聖博士進行意見交換 ● 大江博士針對核種吸附 K_d 進行說明，提到處置場安全評估依照不同的歷程，應該採用動態 K_d (或稱為 Smart K_d) 而不再使用固定值 ● 大江博士認為可再針對工程障壁系統做再深入的穩健性(Robustness)評估 ● 張傳聖博士認為未來再評估坑道開挖深度時，需進一步考慮到風化層影響，雖然現在是基於金門島上的鑽孔資料推論，但在日本的經驗認為海床下的風化層深度會更厚，故在處置設施布置時需進一步考慮。此外，建議應進行坑道開挖時的流場分析，對於場址的再飽和機制與海淡水流場變化，應進一步探討。
109.12.09	<ul style="list-style-type: none"> ● 台電公司團隊與佐佐木泰博士進行意見交換 ● 會議針對場址抬升與侵蝕速率評估、冰期循環的考慮、海平面高度改變、處置窖劣化、鋼筋腐蝕膨脹造成的裂隙、處置窖水力傳導係數隨時間改變之特性，進行討論 ● 針對日本中深度處置新的 BAT 規範，以處置場運轉的實務經驗進行交流
109.12.11	<ul style="list-style-type: none"> ● 台電公司團隊與郭金平博士進行意見交換 ● 對於這2週與其他委員討論之成果進行意見交流，概略包含報告修訂方向、深度防禦的呈現方式、全球暖化情節與冰期循環情節的討論、處置窖縫隙討論、K_d 使用方式與微生物影響核種遷移、處置設施通風考量、施工階段的環境控制考慮等 ● 郭金平博士認為可考慮使用不同國家的 FEPs 表單(例如 NEA)並與未來調查作整合，同時透過多個情節假設，逐一驗證
109.12.11	<ul style="list-style-type: none"> ● 台電公司團隊與河西基博士進行意見交換 ● 河西基博士分享日本中深度處置在人類無意入侵的入侵形式、評估方式、時間尺度，以及劑量限值。
109.12.11	<ul style="list-style-type: none"> ● 台電公司團隊與 Mr. Solente Nicolas 進行意見交換 ● 針對這2週與各委員間的討論結果進行說明，並討論第二次主要視訊會議之執行方式。
109.12.18	<ul style="list-style-type: none"> ● 召開第二次主要視訊會議，與會者包含台電公司團隊、Mr. Solente Nicolas、大江俊彰博士、河西基博士、佐佐木泰博士與張傳聖博士，郭金平博

	<ul style="list-style-type: none"> ● 士因時差緣故，不克出席。 ● 審查委員針對書面審查，以及台電公司團隊與各委員間之討論結果，給予初步的審查結論與未來發展建議
110.01	<ul style="list-style-type: none"> ● 國際委員預計於 110 年 1 月底提出國際同儕審查總結報告。

4.3 國際同儕審查結論

經由與國際委員間進行一系列討論，以及委員間彼此針對 LLWD 2020 報告進行的討論，主要審查意見概述如下：

- 一、在整體處置安全中清楚闡述一套堅固的、多重障壁、和縱深防禦的設計概念：藉由取得現地及實驗室數據，將概念說明與場址特定環境連結；藉由在安全分析中廣泛的使用特徵/事件/作用 (Feature, Event, Process, FEPs) 及情節分析；藉由在處置設計中處理多重障壁及多重層級的安全要求；藉由敏感性及不確定性分析以展示安全特徵及設計的堅固性。
- 二、將工程障壁系統及天然障壁系統內相關之各別特徵、事件及作用，和其中的情節，發展為風險資訊。例如：在風險資訊的決策架構下，決策者必需知道，為達成法規要求，2 處建議候選場址的處置場設計對各別 SCCs 和工程及天然障壁系統的依賴度多大，以及在獨立狀態及組合狀態下，這些 SSCs 和障壁的性能極限為何？
- 三、辨識、發展、紀錄及清楚說明所有的技術基礎。這些可能包含從場址特定的研究、設計及研發工作中取得之廢棄物及核種盤量的基準數據集合；經過品質保證及品質管制的實驗室數據，以作為工程障壁系統及 SSC 相關之 FEPs 之用，如：膨潤土的飽和及劣化、廢棄物容器在考量場址特定的地質化學及設計特定的電化學、吸附係數(K_d)下之性能；FEPs 的交互作用，如：地震和廢棄物容器加速產生應力腐蝕裂縫；工程障壁及 SSCs 的瑕疵，如力學及水力封塞等的封閉特徵。

- 四、在運轉安全分析上提升堅固性。考量設施在運轉及施工期間可能導致意外狀況的多種情節；深入考慮人為因素可能是造成事故的主因。委員會亦對各個方面提出改進建議，包含：非排他性、消防安全(不僅與運轉車輛相關，亦與同時進行的作業有關)、洪水災害(導因於施工及廢棄物放置作業)、含有機構件的廢棄物所導致的氣體及火災(如：含廢棄物之瀝青)、封閉特徵如力學封塞及水力封塞之完整性及劣化、人造物造成的衝擊如火箭對運轉及地面設施的衝擊，在此僅列出部分。更多這些或類似的事件，若確實為重大風險項目，無論是否曾被列出，皆必需經過系統性的辨認及分類、評估其可能性，以及決定其後果。
- 五、紀錄安全評估的技術及模型之間的交互作用。以清楚及可追溯的方式，紀錄流程模型及系統性模型在不同階段應用之協調及整合方式，包含場址特徵化、封閉前的設施設計及研發、以及封閉前及封閉後的安全分析。將模型用於敏感度及/或不確定性分析時，確保參數及替代概念模型之設計及發展為可追溯且具有透明性，以利各領域之工程及科學團隊辨識一連串之材料特性、參數計算及因多個模型構件增加的不確定性。
- 六、無論何時何地，請確定與模型和模型參數相關聯的 FEPs。當討論情節時，總是指出相關的 FEPs、FEP 及情節等級間可能的了解/數據之落差、以及(若可能)此落差導致之模型參數及模擬結果不確定性而造成的影響。由於場址特徵化尚未完成且實驗室研究仍進行中，因此前述對於場址特定數據、參數及模型特別重要。此作業為安全分析及可靠度建立，且必需在低放處置計畫的不同階段中重複執行。考慮至少建立一套各個障壁之 FEPs 及情節之對應關係(包含其性質、參數、流程模型、及性能評估模型組件)。
- 七、發展文件及知識管理系統，以確保可追溯性。為了透明性、擴展性及建立信任，除了計畫團隊外，將系統之取得提供給利害關係人士。

- 八、清楚地警示從文獻及國際組織中取得的數據及參數。對於從文獻、國際組織及國家組織如 JAEA 或 SKB 中取得的數據及參數，清楚地警示其資料來源及對台灣 2 處建議候選場址的適用性非常重要，這即是屬於一種需要重複確認的不確定性，以確保過程中沒有過度保守或低估。
- 九、鼓勵和支持在開放且經國際同儕審查的文獻中發表場址特定結果，以為專案團隊及其成員建立在放射性廢棄物處置領域之國家專業及資歷。
- 十、管理參數及模型的不確定性。清楚辨識各領域之認知不確定性(屬於可改善類型)及偶然不確定性(屬於無法改善類型)核心類別，如概念化、數據、模型、及參數等。
- 十一、經常性執行敏度分析以因應參數更新及替代概念模型。例如：在不同的地化環境及地下水流速下，吸附係數 K_d 在工程障壁構件及天然障壁之地質構造中可能不同。因此，建議一旦取得新的，特別是場址及設計特定資料後，執行關鍵放射性核種對劑量/地下水濃度之敏感度分析，以釐清 K_d 值的影響。
- 十二、加強說明下階段作業策略之基本想法，在獲取場址特定數據的基礎下，以深化技術應用之角度說明，如場址調查、處置設施的設計施工及封閉、安全及分析方法論證等。
- 十三、採用風險告知及性能基礎(Risk-Informed and Performance-Based, RIPB)方法以推得(1)各別結構、系統、組件(SSCs)及障壁的性能矩陣，(2)從 SSCs 及障壁性能的性能評估中取得風險內容及資訊，(3)組件層級及系統層級的不確定性資訊。
- 十四、改善生物圈模型的堅固性及路徑的劑量計算。