

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

台灣電力公司
110 年 6 月

目 錄

圖目錄	2
表目錄	3
摘要	4
第一章 前言	5
第二章 處置技術建置計畫	16
第三章 處置設施選址計畫	31
第四章 應變方案(集中式貯存)計畫	41
第五章 民眾溝通專案計畫	48
第六章 綜合檢討與建議	57
附錄、低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫 109 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	9
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	16
圖 3-1 處置設施選址計畫之過往執行成果重點時間圖	38

表目錄

表 1-1 主管機關指示事項查核表.....	13
表 1-2 處置技術建置計畫查核表.....	14
表 1-3 處置設施選址計畫查核表.....	15
表 1-4 民眾溝通專案計畫查核表.....	15
表 2-1 低放處置計畫相關工作成果表.....	17
表 2-2 台電公司已完成之低放處置相關研究發展案表	18
表 2-3 台電公司執行中計畫 108 年 8 月至 109 年 1 月執行成果 重點表.....	21
表 2-4 109 年 2 月至 109 年 7 月工作執行成效與檢討表	30
表 3-1 處置設施選址計畫查核表.....	39
表 5-1 台電公司 109 年 2 月-109 年 7 月辦理之全國性溝通工作	49
表 5-2 台電公司 109 年 2 月-109 年 7 月辦理之金門縣溝通工作	50
表 5-3 台電公司 109 年 2 月-109 年 7 月辦理之台東縣溝通工作	52
表 6-1 處置技術建置計畫查核表.....	58
表 6-2 處置設施選址計畫查核表.....	58
表 6-3 應變方案(集中式貯存)計畫查核表.....	59
表 6-4 民眾溝通專案計畫查核表.....	59

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(109 年 8 月至 110 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。

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。

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。

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」、蘭嶼低放貯存場及各核能發電廠，本階段有關民眾溝通工作之執行情形。

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。

附錄、低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫 109 年度執行成果摘錄

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。

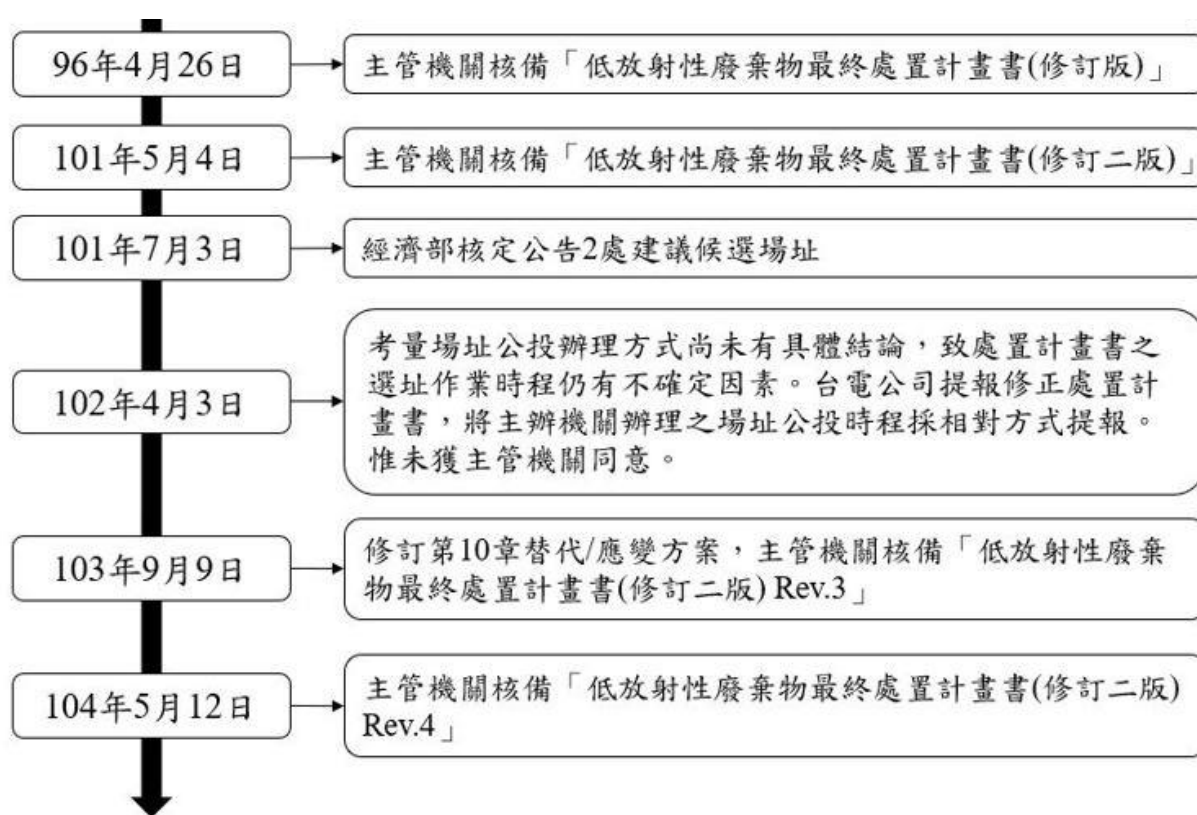


圖 1-1。

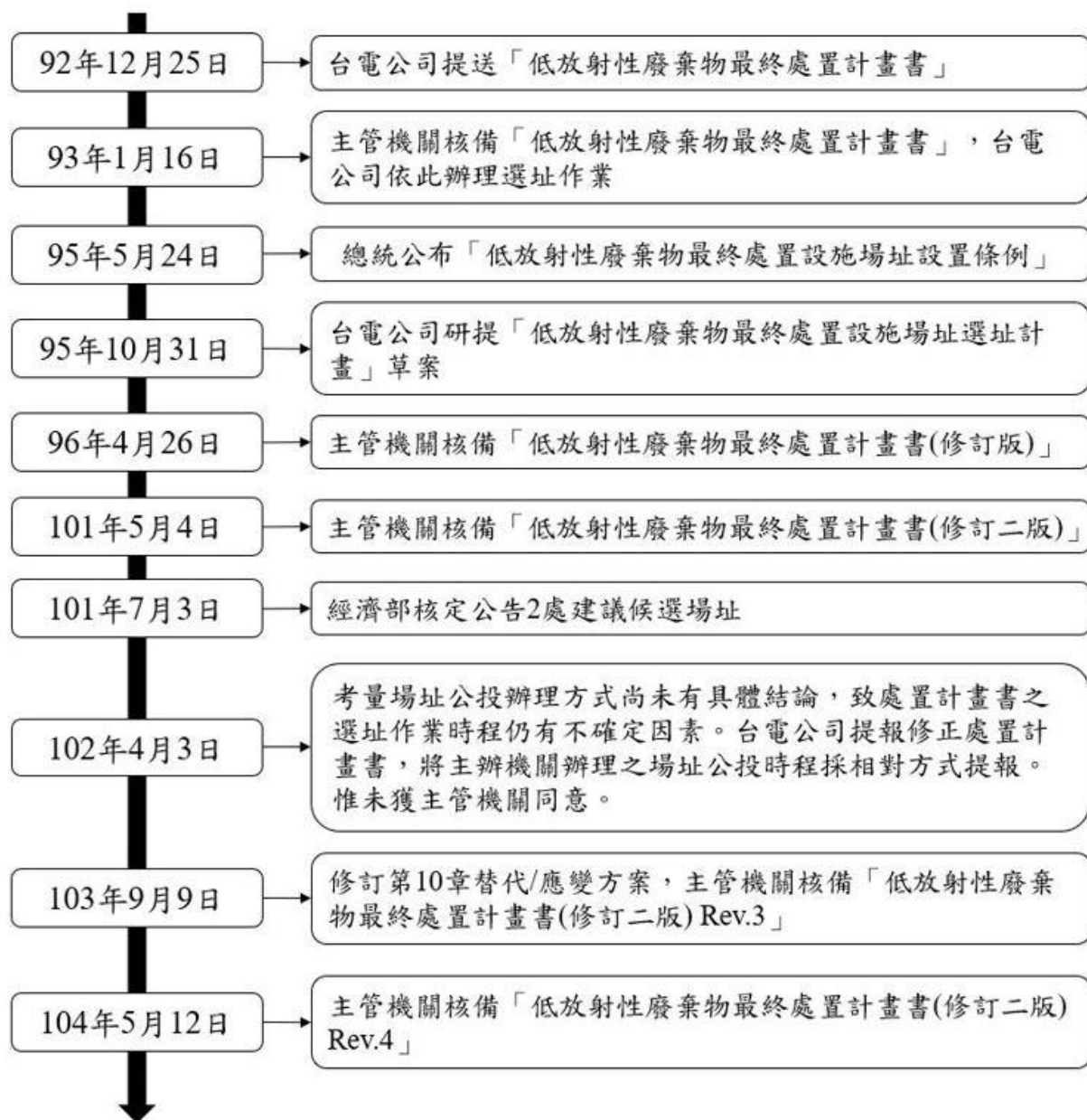


圖 1-1 低放處置計畫推動之重要事紀時間圖

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(109 年 8 月至 110 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」技術服務案

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，相關研究成果詳附錄-執行成果摘錄。

2. 「蘭嶼貯存場低放射性廢棄物計測暨取樣分析技術服務」案

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。

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，台電公司將持續依據經濟部之指示，配合辦理「非核小組」之幕僚作業，協助該小組持續就中期暫存設施之具體內容進行研議。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」，並啟動應變方案(集中式貯存)及配合辦理相關事宜。

(四) 民眾溝通專案計畫

有關民眾溝通部份，依據 109 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(109 年 8 月至 110 年 1 月)相關工作及執行計畫項目與查核點表列如表 1-1 至表 1-4：

表 1-1 主管機關指示事項查核表

計畫名稱/工作項目	查核點	查核項目/查核情形說明
「LLWD 2020 報告」國際同儕審查辦理規劃	110 年 1 月	1. 物管局續於 109 年 2 月 5 日物三字第 1090000254 號函函復「請台電公司邀請具實際處置經驗之國外專家學者，妥善辦理旨揭報告國際同儕審查，以提升我國低放射性廢棄物最終處置技術之公信力。做好自主管理，以確保旨揭報告國際同儕審查作業品質。」 / 台電公司依據物管局審查意見辦理，以達如期如質完成國際同儕審查

計畫名稱/工作項目	查核點	查核項目/查核情形說明
		2. 因國際同儕審查會議目前仍受 COVID-19 疫情影響無法辦理，物管局於 109 年 6 月 17 日物三字第 1090001626 號函同意台電公司延後於 110 年 6 月底前提交「低放射性廢棄物最終處置技術評估報告」更新版(LLWD 2020)並於 109 年 12 月底前完成國際同儕審查會議辦理 / 已分別於 109 年 11 月 27 日與 109 年 12 月 18 日舉行國際同儕審查討論會議與結論會議 3. 物管局於 109 年 9 月 8 日物三字第 1090002406 號函，要求台電公司於 109 年 12 月 28 日前，提送國際同儕審查作業辦理情形說明文件 / 已於 109 年 12 月 25 日提送說明文件

表 1-2 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	109 年 8 月 ~110 年 1 月	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
	109 年 8 月 ~110 年 1 月	各期報告 / 承商均依照契約規定期限內繳交報告，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		
蘭嶼貯存場低放射性廢棄物計測暨取樣分析技術服務		本案已於 108 年 2 月 25 日開工，因配合蘭嶼低放貯存場「低放廢棄物桶重裝作業」施作之進度，已於 109 年 2 月 17 日完成契約變更作業，承包商核能研究所並於本階段完成計測、取樣設備之施作，預計於 110 年 3 月正式進行計測與取樣作業。

表 1-3 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	109 年 10 月	提報選址作業資訊 / 於 109 年 10 月 8 日提報 109 年第 3 季選址作業資訊送國營會公布在主辦機關網頁
	110 年 1 月	提報選址作業資訊 / 於 110 年 1 月 11 日提報 109 年第 4 季選址作業資訊送國營會公布在主辦機關網頁

表 1-4 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：

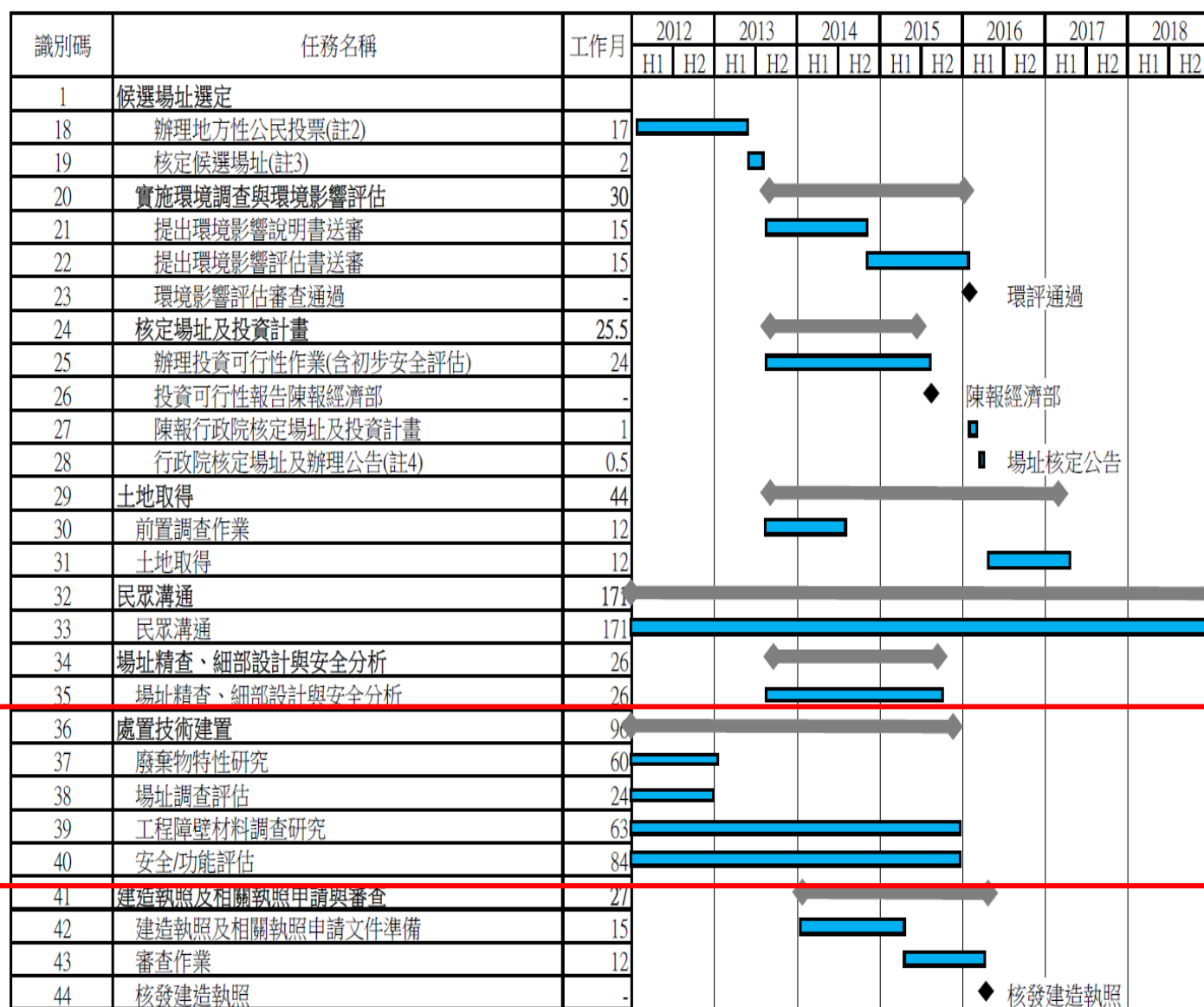


圖 2-1 「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)」之規劃時程

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如表 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如表 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	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。

台電公司執行中計畫前階段(109 年 2 月至 109 年 7 月)執行成果重點表列如表 2-3：

表 2-3 台電公司執行中計畫 109 年 2 月至 109 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	- 安全評估模式鏈應用探討：系統性的彙整低放處置場封閉後安全評估之分析項目與輸入或輸出資料。從核種傳輸的觀點，將安全評估中的分析項目與資料分為氣候、廢棄物、近場、遠場和生物圈等 5 大類，用各分析項目和資料間的交互串聯，建立安全評估模式鏈。 - 完成 LLWD 2020 報告以及場址特性調查、處置設計與工程技術、安全評估等 3 本技術支援報告之英文版報告，以利後續進行國際同儕審查作業。
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	因配合蘭嶼低放貯存場「低放廢棄物桶重裝作業」施作之進度，

		已於 109 年 2 月 17 日完成契約變更作業。 2. 計測及取樣儀器用之 2 只貨櫃屋，已於蘭嶼貯存場鋼構廠房 B 安裝完成，並完成臨時配電。
--	--	--

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(109 年 8 月至 110 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. 場址特徵化技術發展與實驗

(1) 更新建議候選場址之特徵化模型

本階段已針對 2 處建議候選場址地質概念模型及各地質分區的裂隙特徵，應用模擬軟體 FracMan 計算符合各場址裂隙統計特性之實現值(Realization)，產生虛擬裂隙，並經以下步驟計算各個水文地質單元的等效水力傳導係數：(1)於模擬軟體輸入不連續面的資料，包括位置、位態、尺寸、開口寬等參數；(2)統計上述參數的分布特徵，其中，裂隙的分組使用 FracMan 之中的交互式組別辨識系統(Interactive Set Identification System)，判斷何種定向統計機率分布為較適用於裂隙的分組；(3)建構單位網格，並隨機生成符合步驟(2)所得之統計分布的離散裂隙；(4)以 Oda 升尺度方法求得每個網格的水力傳導係數；(5)重複步驟(3)和(4)以建立在不同網格大小的水力傳導係數之統計分布。進而據以探討合適之代表性基本體積(Representative Elementary Volume, REV)。經計算取得之不同網格大小條件下之水力傳導係數張量，作為地下水流場之用。相關工作仍在進行中，預計於 110 年 6 月完成。

(2) 核種吸附參數模擬

本階段主要延續核種吸附試驗成果，6 個重要核種(C、Co、Cs、Ni、Sr 和 I)，對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)與 2 處建議候選場址之母岩(共 5 種材料)，配合 2 處建議候選場址之地下水質條件進行核種吸附參數模擬。透過安全評估程式(GoldSim)以及功能評估程式(HYDROGEOCHEM, HGC)，運用核種吸附試驗參數進行核種遷移模擬，並比較兩者間之差異，藉以精進安全評估程式的模擬技術。相關工作已於 109 年 12 月完成。

2. 精進工程障壁系統功能評估技術

(1) 膨潤土參數實驗與界面特性分析

本階段已執行 KV-1 膨潤土化學成分、礦物成分物理性質等相關基本參數進行自由回脹、定體積回脹壓力與水力傳導度等 3 個主要基本性能試驗，藉此評估 KV-1 膨潤土用於低放射性廢棄物最終處置場阻水層材料之功能性質，同時也將相同配比之 KV-1 膨潤土試體進行抗壓強度與彈性模數試驗，掌握阻水層材料受載重後之抗壓能力與變形狀況。

另外根據目前低放射性廢棄物最終處置場概念設計，膨潤土材料將直接與處置窖之新拌混凝土接觸，新拌混凝土及膨潤土材料有可能因交互作用而影響膨潤土材料性能，因此設計膨潤土與混凝土交界面試驗，預先於模具內以 3 種不同乾密度、100%膨潤土取代量壓製膨潤土磚，並在壓製完成後的膨潤土試體上澆置混凝土，觀察分析混凝土澆置底層之成形狀況，同時也針對與混凝土直接接觸的表層膨潤土，以可交換陽離子容量試驗探討膨潤土材料接觸混凝土持續 1、6、12 個月時，其可交換陽離子總量受混凝土水化影響之情形。相關工作仍在進行中，預計於 110 年 3 月完成。

(2) 膨潤土飽和循環條件下的材料參數變化研究

本階段已完成低放射性廢棄物最終處置場從施工階段至封閉後的運轉期間，近場環境的演化將會使膨潤土處於未飽和/飽和之狀態，導致其阻水性能發生變化。相關工作已於 109 年 9 月完成。以下就處置場從施工階段至封閉後運轉階段分 2 部分以及近場環境演化對膨潤土阻水層的影響進行探討：

處置場施工階段：此階段處置設施係屬於初始未飽和且與大氣環境接觸的狀態，在此乾燥環境下，阻水層將產生收縮、開裂等變化，亦可能因遭遇乾燥與潮溼環境循環(Wetting/Drying Cycles)，而使阻水層產生反覆的收縮與膨脹。另外當處置設施施作完成後，未飽和阻水層與混凝土處置窖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，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，長時間尺度下，離子交換將會對膨潤土的阻水性質造成影響。

處置場封閉後運轉階段：處置場封閉後地下水入侵至處置場時，處置設施將因地下水的影響而成為飽和狀態，入滲水會經過坑道襯砌、回填材並滲透至膨潤土阻水層後，再至混凝土處置窖中，混凝土材料受到入滲水的影響不但會產生溶出失鈣效應外，含有鈉離子、鈣離子、氫氧根離子的高鹼性溶液也會由混凝土釋出至膨潤土阻水層中，這些鹼性溶液將會與膨潤土中的蒙脫石反應，使膨潤土自我封填機能改變，影響原本應有的阻水功能。以上未飽和/飽和的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，屬於低放射性廢棄物最終處置場安全評估的必須考量項目，因此本工作項目設計相關實驗裝置，用以模擬低放射性廢棄物最終處置場可能遭遇的近場環境，藉此掌握工程障壁材料於處置環境下的演變情形。

近場環境演化對膨潤土阻水層的影響(未飽和環境的影響)：膨潤土的阻水功能受乾溼循環的影響顯著，故應盡可能縮短處置設施的施工工

期，盡早對處置場進行回填封閉，以減少處置設施與大氣環境接觸的時間，降低乾溼循環對阻水層的影響。若以處置場封閉後的長尺度安全評估分析而言，則建議仍需將交互作用對膨潤土鈣型化的影響納入考量。

近場環境演化對膨潤土阻水層的影響(飽和環境的影響)：MX-80 與 KV-1 膨潤土經過電滲加速或乾溼循環試驗後，其於海水、高鹼性、高酸性環境中的最終回脹壓力皆較小於淡水環境，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，相較於未經電滲加速或乾溼循環試驗的膨潤土，其最終回脹壓力的減少幅度皆超過 50%，水力傳導度也皆約增加 3.3 倍以上。

3. 強化安全分析技術

(1) 低放處置場風險評估研究

本階段執行之工作主要為評析國際間低放處置安全評估風險分析案例，建構我國 2 處建議候選場址安全評估風險分析方法與模型。後續將再針對所設計之處置系統進行系統性風險辨識，包含分析處置系統之風險來源(成因)、風險之潛在影響(後果)，以及可能之風險處理方式，再據以進行風險分析。相關工作仍在進行中，預計於 110 年 8 月完成。

4. 建立處置需求管理系統與資料庫

本階段已完成以網頁應用程式架構以建置處置需求管理系統，使用者可直接以網頁瀏覽器連線至伺服器進行操作。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。相關工作已於 109 年 9 月完成。

處置需求管理系統(Requirements Management System, RMS)：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。為使 RMS 有系統性的管理與檢核各項處置管理需求與其對應的執行狀況，將 RMS 需求項目以處置作業流程及前述系統發展概念分為 6 大項：處置管理需求、處置設施場址特徵需求、處置設施長期安全需求、處置設施興建需求、處置設施運轉需求、處置設施封閉需求。綜合考量我國法規、標準、國際間各項安全管理指引與管制單位需求等相關資料，依低放處置場的場址特性、工程設計和安全分析等技術領域，以及處置計畫推動管理等。逐項建置出各項需求、對應規劃與執行結果現況，以及不同需求間之關聯性，進而發展出一對多或多對一的對應階層關係。因「處置需求管理系統」目的為需求決策之資料管理，數據之地理位置等資訊僅於系統中紀錄來源。

特徵/事件/作用資料庫：FEP 為放射性廢棄物處置長期安全所需考量的相關評估因素，考量各種情節所帶來的影響，每個 FEP 項目中皆有記錄其定義以及範圍，並且說明其考量因素。FEP 的考量與場址選擇息息相關，對場址的影響程度、評估方式也不盡相同，因此需針對各別場址記錄其資訊、與處置需求之關聯性，以確認該 FEP 項目對於處置安全之影響，兩者之間為多對多關係，意即同一需求可關聯至多項 FEP 關係，而同項 FEP 也可關聯至多項需求。

場址特性參數資料庫：特性參數資料庫以管理既有可得之文獻與資料為宗旨，建構可儲存不同數位檔案形式之管理系統。因低放射性廢棄物處置涉及多種專業領域，各領域大量且多元的調查資料與分析資料可透過本系統的搜尋功能查詢，以查找對應不同時間、地點、安全分析特性描述項目，及各項特性參數的關聯成果，藉此有助於理清特定專業領

域的資料脈絡，也較容易進行逐項特性參數來源的追溯。對於文獻與資料的上傳與管理，也可以透過管理系統檢視過往變更紀錄或者直接取得相關資料，使過往資料庫管理經驗得以延續傳承。

5. 低放處置場運轉規劃

(1) 低放射性廢棄物最終處置場廢棄物接收規範

低放處置場的廢棄物接收規範可分為「一般性條件」、「廢棄物之物理及化學特性」，以及「廢棄物之輻射特性」三大領域。「一般性條件」是對於廢棄物盛裝容器之類型、總重、標示與完整性，以及對於提出處置申請所須符合的接收條件；「廢棄物之物理及化學特性」是針對如自由水含量、爆炸性物質、耐火特性、有毒物質、生物傳染性物質、有害事業廢棄物，以及固化體品質，這些廢棄物體的具體要求與接收條件；「廢棄物之輻射特性」是說明廢棄物處置時須提供哪些輻射相關資料供處置場查驗，例如核種活度濃度或比活度、廢棄物分類(A0 類、A1 類、B 類與 C 類)、非固著表面污染限制，以及輻射度量之校正與比例因數資料要求。

本次低放射性廢棄物最終處置場廢棄物接收規範除延續過去 2016 年擬定之廢棄物接收規範內容外，更將「低放處置場運轉規劃報告」中處置場規劃之運轉流程與安全管理項目，以及「低放射性廢棄物最終處置建議候選場址安全評估報告」中對於廢棄物分類條件限制與廢棄物體要求，並將廢棄物溯源性的概念納入。例如現階段運轉規劃與安全分析係以 55 加侖桶、低放射性廢棄物高性能混凝土處置容器(High Performance Concrete Container, HPCC)與 7 m^3 鋼箱為基礎，且將 A 類廢棄物區分為 A0 類與 A1 類作為分區處置規劃與評估，同時整合未來處置場規劃建置之文件資訊管理系統，作為廢棄物溯源性與動態管理，並初步研擬廢棄物檢視表掌握廢棄物狀態與降低廢棄物退運可能性。綜合盤整廢棄物接收之管制要件，並與現階段各研發成果相互連結，將各個管制要件依上述分類撰寫成本次廢棄物接收規範，達到整合性說明，並確

保透過廢棄物接收規範可使處置場預定接收之廢棄物狀態能與運轉規劃及安全評估假設條件一致，以落實處置安全。相關工作已於 109 年 3 月完成。

6. 同儕審查

原訂於 109 年 4 月至 5 月進行之國際同儕審查作業，因 109 年 2 月開始全球爆發新型冠狀病毒(COVID-19)疫情，包含我國在內的許多國家皆採取出入境管制與入境隔離措施，於觀望數個月後疫情仍未趨穩定，國際審查委員無法至我國參與審查會議，因此將原訂於 109 年 4 月至 5 月進行之國際同儕審查作業延期至 109 年 10 月至 12 月舉行，並採用視訊會議的方式分別與來自不同國家的審查委員進行審查意見交流。中興公司於 109 年 10 月 1 日將「LLWD 2020 報告」與其支援報告寄送給委員審閱，委員於 109 年 11 月 6 日前提出審查意見給中興公司。並以視訊方式於 109 年 11 月 27 日召開第 1 次國際同儕審查討論會議，進行審查意見答覆說明，以及於 109 年 12 月 18 日召開第 2 次國際同儕審查討論會議，說明審查結論與未來技術精進方向建議。另外，國際同儕審查總結報告亦延後至 110 年 4 月提交。

本案至 110 年 1 月底已完成全案約 93.34%，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進行取樣作業。

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，承商核能研究所預計於 110 年 3 月中旬將剩餘設備運至鋼構 B 就定位，並進行設備配電、接電及運轉測試等前置作業，預計於 110 年 3 月下旬正式進行計測與取樣作業。

(三)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(109 年 8 月至 110 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，皆能依循本專案品質保證計畫，確保作業品質；台電公司核能安全處並於 109 年 4 月 20 至 24 日辦理核安定期稽查承商中興工程顧問公司。
3. 「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」修訂第 10 版於 109 年 3 月 11 日獲原能會同意備查。將持續依據本品質保證計畫，執行低放處置相關計畫。後續將依物管局建議「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。」

三、執行成效、檢討及下階段工作要項

本階段(109 年 8 月至 110 年 1 月)工作執行成效與檢討如表 2-4：

表 2-4 109 年 8 月至 110 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 109 年 9 月底提報「膨潤土飽和循環條件下的材料參數變化研究」報告、「處置需求管理系統」報告、「特徵/事件/作用資料庫」報告及「場址特性參數資料庫」報告初稿。 2. 承商於 109 年 10 月底提報「國內同儕審查總結報告」中文版報告初稿 3. 承商於 109 年 12 月底提報「核種吸附參數模擬」報告初稿。 4. 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預計於 110 年 3 月中旬完成計測、取樣設備安裝與工作人員訓練，預計於 110 年 3 月下旬正式進行計測與取樣作業。
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	台電公司核能安全處已於 109 年 4 月 20 至 24 日辦理核安定期稽查作業。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(110 年 2 月至 110 年 8 月)，主要將持續辦理現階段執行之各項計畫，並提送「LLWD 2020 報告」予物管局審查，以提升我國低放射性廢棄物最終處置技術之公信力。

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(109 年 8 月至 110 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，依條例規定選址作業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(109 年 2 月至 109 年 7 月)選址工作主要為依據「低放射性廢棄物最終處置 108 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。

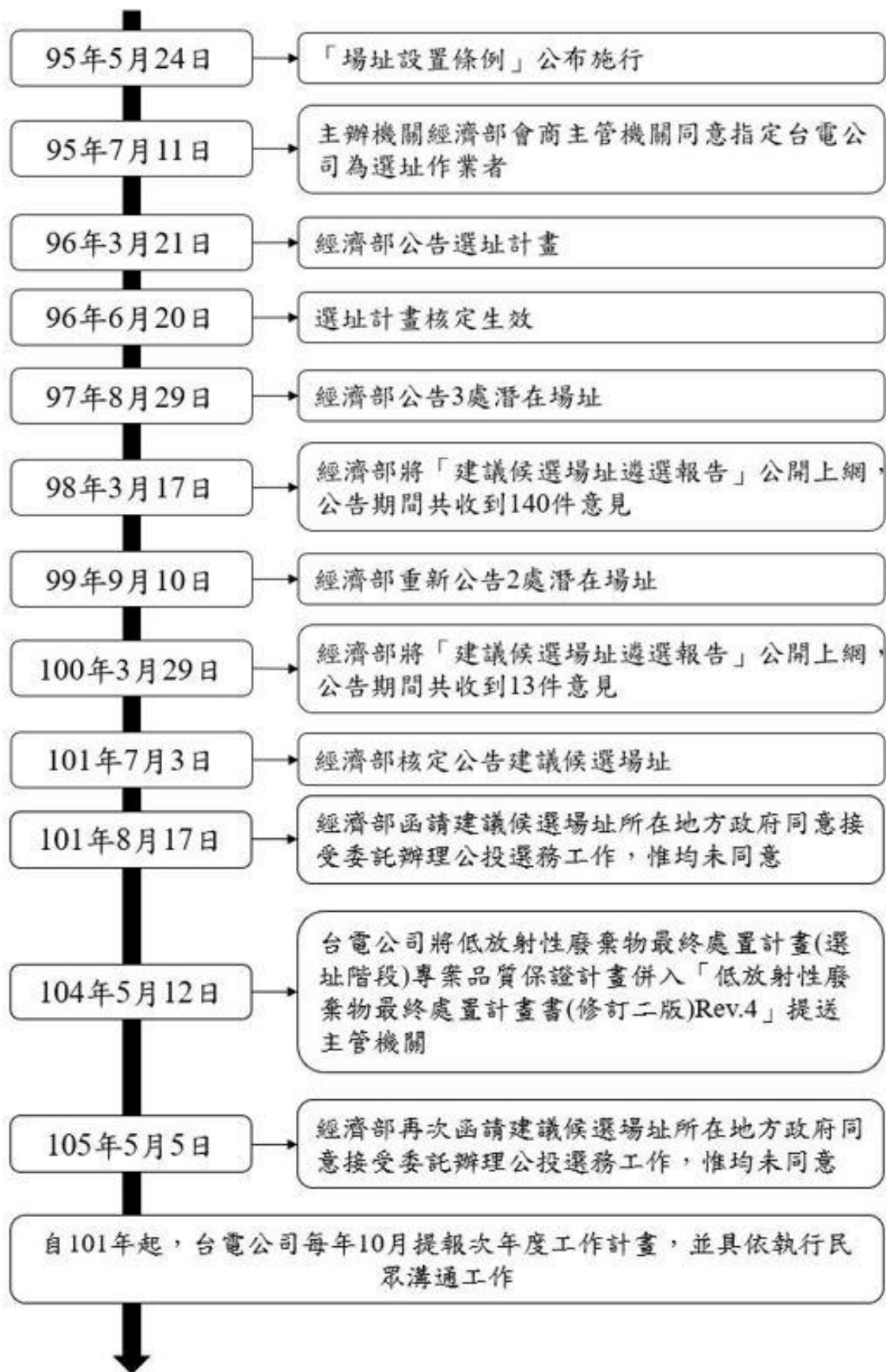


圖 3-1 處置設施選址計畫之過往執行成果重點時間圖

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 109 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	109 年 10 月	提報選址作業資訊 / 於 109 年 10 月 8 日提報 109 年第 3 季選址作業資訊送國營會公布在主辦機關網頁
	110 年 1 月	提報選址作業資訊 / 於 110 年 1 月 11 日提報 109 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「109 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。

原能會於 102 年 8 月 22 日「放射性物料臨時管制會議」，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，規劃推動興建一座放射性廢棄物集中式中期貯存場，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。

一、過往執行成果重點

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，有必要先進行可行性研究工作，故於 104 年 9 月 3 日啟動「放射性廢棄物最終處置應變方案可行性研究」案(下稱可行性研究案)。可行性研究案針對我國放射性廢棄物特性、中期貯存設施場址條件、設施初步設計、設施營運與初步安全分析等相關工作項目進行研究，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技術上係具備可行性。

依據原能會核備之「低放處置計畫」(修訂二版)中有關應變方案部分，則述明將陳報經濟部同意後，啟動集中式貯存方案，故台電公司於 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。國營會於 105 年 10 月 14 日函請台電公司就該報告釐清、補正相關資料後再報；另，原能會於 105 年 10 月 27 日就「可行性研究報告」函送意見予經濟部並副知台電公司，國營會爰於 105 年 11 月 2 日函請台電公司將原能會所提意見與該會前開 105 年 10 月 14 日函一併妥處。台電公司遵照國營會指示辦理，將原能會與該會所提意見一併妥處及修訂「可行性研究報告」。

另，物管局於 104 年 11 月 26 日召開「放射性物料臨時管制會議」，要求台電公司若未能於 105 年 3 月選定低放處置場址，應加強推動處置計畫書第 10 章之「替代/應變方案」，於 105 年 3 月底前提出實施策略規劃(包括重點內涵及規劃時程)，並於 105 年底前提報具體實施方案。台電公司爰依據前述會議要求，先於 105 年 3 月 25 日提出替代/應變方案之實施策略規劃，續就前開修訂之「可行性研究報告」內容於 105 年 12 月 14 日提出具體實施方案。

物管局於 106 年 1 月 11 日召開前開具體實施方案之審查會議，並於 106 年 1 月 17 日函送審查會議紀錄，請台電公司將具體實施方案送請行政院國家永續發展委員會「非核小組」研議，尋求最佳可行方案。台電公司依據前開審查會議紀錄之結論及 106 年 2 月 23 日經濟部李部長世光聽取核能後端業務辦理情形之裁示，將釐清、補正及修訂後之「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」(下稱「推行初步規劃書」)，於 106 年 3 月 3 日陳報國營會轉陳經濟部核轉「非核小組」研議，以尋求最佳可行方案。

台電公司遵照經濟部之指示，配合辦理「非核小組」就相關議題討論之幕僚作業。有關「非核小組」就應變方案(集中式貯存)之研議過程，截至 109 年 2 月底止摘要說明如下：

(一)106 年 5 月 3 日「非核小組」第 1 次會議中，台電公司簡報「核廢料處置現況說明」，於該簡報中提及「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。」

(二)107 年 1 月 22 日「非核小組」第 3 次會議中，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。」

(三)107 年 4 月 24 日「非核小組」第 4 次會議第 1 次會前會，台電公司報告「『集中式貯存場』構想與初步規劃」。綜觀會中諮詢委員之發言與意見，可初步推論目前「非核小組」對集中式貯存之推動持正面態度，未來將就此議題持續討論。

(四)107 年 8 月 22 日「非核小組」第 4 次會議第 3 次會前會，台電公司於會中簡報「蘭嶼貯存場遷場規劃」及「集中式中期貯存場規劃」，主席作出結論如下：

1. 為使核廢料處理相關選址作業順利進行，將規劃成立溝通小組或委員會，於前期階段即統籌規劃利害關係人及社會溝通作業，預訂於「非核小組」第 4 次會議中進行討論。
2. 請台電公司規劃，邀請相關學術研究團隊及具意願之委員與會，針對社會溝通相關議題交流意見並凝聚共識後，提出規劃設計草案後，再於後續會議討論。

(五)台電公司依據 107 年 12 月 19 日第 136 次放射性物料管制會議紀錄議案 753 之決議於 108 年 1 月 31 日以核端字第 1088008093 號函檢陳「低放射性廢棄物最終處置計畫「應變方案(集中式貯存)」相關規劃及辦理成果報告」予原能會鑒察。

(六)108 年 3 月 15 日「非核小組」第 4 次會議：

1. 台電公司首先報告「核廢料處理社會溝通規劃說明」，主席裁示：「社會溝通過程的目標或里程碑、欲解決的問題等，都須揭露，請台電公司將社會溝通的規劃再調整修訂，可委由第三方辦理，以避免『機構效應』。有關非核家園、核電及能源政策，必須投入大量資源進行整體社會溝通，促使社會在理性環境中對話，社會溝通計畫將在完善後推動，並配置必要資源進行。」
2. 台電公司續報告「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。」

(七)108 年 8 月 21 日「非核小組」第 5 次會議第 1 次會前會，台電公司與政大研究團隊於會中分別簡報「放射性廢棄物中期暫時貯存設施選址作業規劃」與「核廢社會溝通規劃案」。會議結論請台電公司參考各委員建議，修正調整選址作業規劃後於後續會議中報告；社會溝通規劃部分各委員提供之意見，後續將請研究團隊配合辦理，再安排會議進行詳細討論。

(八)台電公司依據 108 年 8 月 21 日「非核小組」第 5 次會議第 1 次會前會中委員所提建議，完成「中期暫存設施選址作業規劃討論(初稿)」簡報修訂，並於 108 年 10 月 1 日電郵送國營會轉「非核小組」各諮詢委員酌參並提供意見。截至 109 年 2 月底，「非核小組」成員中有兩位委員提出意見，台電公司已預擬答復說明並據以修訂簡報，備供「非核小組」下次開會討論。

(九)109 年 2 月 5 日，物管局召開「核廢料營運溝通會議」，台電公司於會中與物管局就中期暫存、蘭嶼遷場與最終處置等計畫進行交流。

(一〇) 109 年 2 月 19 日，行政院能源及減碳辦公室召開「低放射性廢棄物最終處置設施場址選址期程推動研商會議會前會」，台電公司建議於「非核小組」中持續推動中期暫存設施，作為低放處置應變方案，俾推動蘭嶼低放貯存場之遷場工作。

(一一) 109 年 3 月 27 日，台電公司以電核能部核端字第 1090005432 號函檢送「中期暫存設施選址作業規劃討論」簡報及「核廢社會溝通規劃案辦理情形」予經濟部國營事業委員會轉陳經濟部，台電公司於前揭簡報中對「非核小組」建議，中期暫存設施選址作業可依原能會所提「公正的組織體」、「客觀的標準」、「公開參與的程序」等三原則推動，並建議請行政院依循過往依法成立臨時性組織或專責單位之經驗，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、徵求自願場址與三方協議機制（「公開參與的程序」），爭取地方同意成為中期暫存設施之場址，並請經濟部將簡報提報「非核小組」並協調該小組儘速召開會議，俾進一步推動中期暫時貯存設施選址作業規劃內容。

(一二) 109 年 12 月 25 日，「非核小組」召開第 5 次會議，台電公司於會中簡報「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」及「社會溝通計畫辦理情形」。

二、現階段(半年)執行之具體工作項目與成果

109 年 12 月 25 日，「非核小組」召開第 5 次會議，台電公司於會中簡報「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」及「社會溝通計畫辦理情形」，著重說明台電公司目前對(集中式)中期暫時貯存設施選址作業的規劃，以及核廢社會溝通規劃案之辦理情形。截至 110 年 1 月 31 日，第 5 次會議紀錄尚未公布。

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。台電公司自 104 年 9 月 3 日啟動「放射性廢棄物最終處置應變方案可行性研究」案以來，至 106 年 5 月 3 日「非核小組」成立並召開第 1 次會議，期間持續遵循經濟部與原能會之督導下推動應變方案(集中式貯存)取得執行成效，至今「非核小組」此一政府機關及民間組織溝通協調平台上形成了推動中期暫存設施之共識，並將就具體內容持續討論。

台電公司切實遵照大會指示，將「集中式貯存設施」提報「行政院國家永續發展委員會非核家園推動專案小組」研議並尋求最佳可行方案。該小組雖已形成推動興建「放射性廢棄物中期暫時貯存設施」之共識，惟仍將持續就具體內容進一步討論與規劃，故目前本計畫仍處於「計畫研議階段」。下一半年度工作要項為持續依據「非核小組」及經濟部之指示積極辦理中期暫存設施相關幕僚作業，進一步於「非核小組」會議中討論與規劃中期暫存設施具體內容。俟中期暫存設施之具體內容定案並形成政府之決策後，台電公司將依據該決策及經濟部之指示配合辦理相關事宜。屆時，台電公司將修訂「低放處置計畫」納入中期暫存設施之具體內容，再提報原能會核備。俟未來依政府決策選定場址後，將進入「設施規劃設計階段」，屆時台電公司將依場址特性進行設施相關規劃與設計並進行安全評估，並遵照法規規定向大會提報設施安全評估報告，並據以申請設施建造/運轉許可。

目前世界上各核能使用國家，如無集中式貯存設施或最終處置設施，均將放射性廢棄物暫存廠內。台電公司亦參照國際經驗，在「非核小組」提出研議結論及低放最終處置設施未能完成前，將依低放處置計畫書(修訂二版)中另一應變方案，將低放射性廢棄物「暫存於各核能電廠」。台電公司過往即係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廢棄物之貯存管理經驗。未來各核電廠除

役所產生之低放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，並在大會的管制下，台電公司有信心確保貯存設施安全無虞。

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 108 年 3 月 15 日非核小組第 4 次會議就「核廢社會溝通規劃案」進行簡報及討論，決議：請台電公司將社會溝通的規劃再調整修訂，可委由第三方辦理，以避免「機關效應」。故台電公司經招標公告及評審後，委由政治大學社會科學院民主創新與治理中心承作「核廢社會溝通規劃案」，執行期間為 108 年 6 月至 110 年 6 月。

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。

本階段(109 年 8 月至 110 年 1 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 109 年 8 月-110 年 1 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	已辦理完成。	在「2020 台東電力嘉年華」活動時建置低放展區、手機遊戲 APP 展區、低放科普漫畫展區，俾利民眾參觀瞭解場址概況，並於辦理說明會時發送平面文宣等，今年度更新增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。
	核廢社會溝通 平面文宣	已辦理完成。	
	核廢社會溝通 平面廣告	已辦理完成。	
	核廢社會溝通 低放懶人包	已辦理完成。	
	中期暫時貯存 平面文宣	已辦理完成。	
	中期暫時貯存 平面廣告	已辦理完成。	
	電話民調	已辦理完成。	
	給核廢一個家 臉書更新	貼文 79 則，觸及人數 462,671 人次	
	低放趣味手機 遊戲 APP	已設置完成	
	低放科普漫畫	已辦理完成。	
	全國臉書社團 經營	已加入 10 個臉書社團 持續經營網路觸及	
	大專核廢研習 營	已辦理 1 場	

表 5-2 台電公司 109 年 8 月-110 年 1 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	已辦理完成。	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
	縣市應用製作物（三角桌曆）	已辦理完成。	
	縣市廣播廣告	委託金馬之聲廣播廣告，已辦理完成	
	金門日報夾報廣告	已辦理完成。	
網路行銷	金門網路社團經營	已加入 3 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 35 場，觸及人數 246,132 人次	
議題管理	地方記者座談會	已於 8 月辦理	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。
	金門縣焦點座談會	已於 11 月辦理	
組織動員	縣府及地方機關首長拜會	已拜會 3 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
	議會議員拜會	已拜會 2 人次	
	機關團體及村里說明會	已辦理 33 場	
	烈嶼鄉逐戶拜訪	已拜訪 359 人次	
	烏坵鄉親三節關懷活動	辦理中秋節贈送禮品及關懷活動	

	金門縣同鄉會說明會	已辦理 16 場	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、資料給現場參加人員，現場參加人員疑慮即時答覆、意見蒐集 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 4.辦理大專院校電力活動營，針對金門大學學生，加強對低放射性廢棄物最終處置設施的認識，使大學學生了解低放選址公投及安全處置相關資訊。
	烏坵旅台鄉親家族說明會	已辦理 1 場	
	烏坵旅台鄉親參訪活動	已辦理 1 場	
	烏坵仕紳赴金門協助溝通	已辦理 5 場	
	烏坵旅台鄉親逐戶拜訪	已拜會 1 人次	
	金門電力活動營	已於 10 月辦理	
	製作業務宣導品(如環保袋、環保筷等)	已辦理完成	
活動贊助	節慶、宗教、文化及體育等	已辦理 43 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

表 5-3 台電公司 109 年 8 月-110 年 1 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	縣市廣播廣告	本階段持續辦理委託廣播電台播放低放選址公投宣導廣告，其中包含正聲、臺東之聲、警廣、大寶桑、台東知本及東民，共 6 家廣播公司	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	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	
	第四台廣告	已於 4 月辦理完成	
	縣市燈箱廣告(航空站)	全年持續辦理	
	縣市應用製作物(三角桌曆)	已辦理完成。	
網路行銷	台東網路社團經營	已加入 3 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 20 場，觸及人數 165,684 人次	
議題管理	地方記者座談會	已辦理完成	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	已辦理完成	
組織動員	縣府及地方機關首長拜會	已拜會 11 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
	議會議員拜會	已拜會 19 人次	
	村里拜會及說明會	已辦理 18 場	
	機關團體拜會	已辦理 34 場	

	及說明會		考。 2.村里及機關團體參訪或說明會進行宣導工作，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。
	達仁鄉逐戶拜訪	已拜訪 753 人次	
	台東旅外參訪及說明會	已於 9 月 19 日旅高雄鄉親、9 月 25 日旅台中鄉親、9 月 26 日呂桃園鄉親辦理 3 場	
	台東縣仕紳協助溝通	已辦理 1 場次	
	台東電力活動營	已於 8 月辦理	
	台東嘉年華活動	已於 8 月辦理	
	製作業務宣導品	已辦理 2 式	
	台東希望種子計畫	已辦理完成	
	台東火金姑兒童閱讀	全年持續辦理中	
	台東獨居老人圍爐	已辦理完成	
活動贊助	急難救助、老人弱勢等	已辦理 46 人次	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。
	節慶、宗教、文化及體育等	辦理 8 場	

二、放射性廢棄物貯存所在地方溝通

(一)低放貯存場溝通工作

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(109 年 8 月至 110 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，109 年 8 月至 110 年 1 月之轉診醫療補助，共發放 475 人次，補助金額共計約 116.2 萬元；專案補助共發放 38 次，補助金額共計約 12.6 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。109 年 8 月至 110 年 1 月完成關懷人數為 420 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。109 年 8 月至 110 年 1 月完成協助鄉民吊卸船隻、物料 42 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。109 年 8 月至 110 年 1 月貯存場主辦活動為「109 年度低放貯存場中秋節晚會暨業務宣導活動」、「2020 年度低放貯存場淨灘活動」、「109 年度低放貯存安全業務宣導參訪活動」、「獨居老人暨弱勢家庭持續關懷計畫」等活動，並配合蘭嶼鄉公所、地方機關及民間立案社團辦理「109 年度第三十五屆蘭嶼旅台青年雙十節籃球排球聯誼賽活動」等全鄉性活動，並於中秋節慶、跨年及蘭嶼鄉傳統文化節慶時期受邀參與活動。

(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紅頭社區發展協會辦理「109 年度蘭嶼鄉聯合小米豐收祭慶典活動」、臺東縣蘭嶼鄉體育會辦理「109 年度慢速壘球 C 級裁判講習」、臺東縣立蘭嶼高級中學辦理「108 學年度蘭嶼高中環境保育觀摩活動」、臺東縣蘭嶼鄉公所辦理「椰子種苗栽種綠美化活動」、財團法人基督教蘭恩文教基金會辦理「蘭花島之夏-草地藝術節活動」、台灣基督長老教會達悟區會辦理「2020 年達悟族區會婦女事工部宣教 40 週年活動」、財團法人蘭嶼廣播電台辦理「第 23 屆紅頭嶼盃雅美(達悟)族語歌謠比賽」、財團法人基督教蘭恩文教基金會辦理「人之島手作小聚坊 2020 年手工藝創作課程」等活動。109 年 8 月至 110 年 1 月補助總額共計約 40.1 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。109 年 8 月至 110 年 1 月共計接待約 3,067 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。

(二) 各核電廠之溝通工作

各核能電廠內均有貯存放射性廢棄物，台電公司亦不斷利用各種管道向當地鄉民溝通宣導貯存設施之安全性，目前核一廠主要就用過核子燃料乾式貯存設施及除役議題進行溝通宣導，核二廠亦就用過核子燃料乾式貯存設施

興建計畫進行溝通宣導，核三廠則辦理除役環評公開說明會溝通工作等核能相關議題進行溝通宣導。

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 1 月 31 日，在全國性的觸及人數約 931,063 人、台東縣觸及人數約 713,913 人、金門縣觸及人數 275,018 人，總觸及人數約 1,919,994 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 109 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)」以不符實際狀況，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，下階段工作要項為持續依據「非核小組」及經濟部之指示積極辦理中期暫存設施相關幕僚作業，進一步於「非核小組」會議中討論與規劃中期暫存設施具體內容。俟中期暫存設施之具體內容定案並形成政府之決策後，台電公司將依據該決策及經濟部之指示配合辦理相關事宜。屆時，台電公司將修訂「低放處置計畫」納入中期暫存設施之具體內容，再提報原能會備查。在「非核小組」提出研議結論形成政府決策前，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。在「非核小組」提出研議結論及低放最終處置設施未能完成前，台

電公司將依低放處置計畫書(修訂二版)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「109 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。

109 年 8 月至 110 年 1 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如表 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	110 年 2 月 ~110 年 7 月	每月工作月報彙整查核
	110 年 6 月 底前	提送「LLWD 2020 報告」予物管局審查。
(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		承包商核能研究所預計於 110 年 3 月中旬完成計測、取樣設備安裝與工作人員訓練，預計於 110 年 3 月下旬正式進行計測與取樣作業。

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	110 年 4 月	提報 110 年第 1 季選址作業資訊送國營會公布在主辦機關網頁

	110 年 7 月	提報 110 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完成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。台電公司將持續戮力與地方民眾及相關機關等溝通說明，在 2 處候選場址金門縣烏坵鄉及台東縣達仁鄉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，使選址作業順利。

附錄、低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫
109 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」

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
1.1 更新建議候選場址之特徵化模型	1-1
1.2 核種吸附參數模擬	1-5
1.2.1 地球化學資料庫	1-5
1.2.2 核種吸附參數推估	1-6
1.2.3 障壁材料組成	1-8
1.2.4 核種遷移模擬	1-9
參考文獻	1-21
第 2 章 處置設計與工程技術	2-1
2.1 膨潤土材料特性與力學特性研究	2-1
2.1.1 膨潤土參數實驗與界面特性分析	2-1
2.1.2 膨潤土飽和循環條件下的材料參數變化研究	2-3
2.2 坑道開挖影響與工程對策	2-8
2.2.1 均勻鬆動裂隙對流場之影響	2-9
2.2.2 優勢裂隙對流場之影響	2-15
2.2.3 工程對策	2-20
2.3 低放射性廢棄物最終處置場廢棄物接收規範	2-22
2.4 低放處置設施結構、系統與組件具體規劃	2-27
參考文獻	2-37
第 3 章 建立處置需求管理系統與資料庫	3-1
3.1 處置需求管理系統架構	3-1
3.2 處置需求管理系統項目	3-3
3.3 整體系統架構及說明	3-13
3.3.1 光學文字辨識(OCR)及全文搜尋	3-16
3.3.2 使用者群組權限管理	3-17
3.3.3 標籤	3-17
3.4 需求管理	3-18
3.5 特徵/事件/作用(FEP)	3-22
3.6 場址特性參數	3-23

表目錄

表 1.1-1	109 年補充調查現地記錄彙整簡表.....	1-3
表 1.2-1	核種於不同環境中對各材料之吸附分配係數彙整.....	1-7
表 1.2-2	表面錯合反應式表.....	1-7
表 1.2-3	吸附反應平衡常數表.....	1-8
表 1.2-4	達仁鄉建議候選場址障壁材料組成表.....	1-8
表 1.2-5	烏坵鄉建議候選場址障壁材料組成表.....	1-9
表 1.2-6	達仁鄉建議候選場址工程障壁材料參數.....	1-13
表 1.2-7	烏坵鄉建議候選場址工程障壁材料參數.....	1-13
表 2.1-1	不同溶液環境對膨潤土特性的影響彙整.....	2-2
表 2.1-2	電滲加速與乾溼循環試驗對膨潤土特性的影響彙整.....	2-6
表 2.2-1	2 處建議候選場址之岩體參數.....	2-9
表 2.2-2	候選場址裂隙參數.....	2-15
表 2.2-3	工程對策彙整表.....	2-20
表 2.3-1	低放射性廢棄物最終處置場廢棄物接收規範.....	2-22
表 2.3-2	低放射性廢棄物最終處置場廢棄物檢視表.....	2-25
表 2.3-3	處置場安全評估之廢棄物源項與數量.....	2-27
表 2.4-1	處置作業與安全功能相關之結構、系統與組件彙整表.....	2-30
表 2.4-2	事件嚴重程度分級表.....	2-32

圖目錄

圖 1.1-1	達仁鄉建議候選場址地質概念模型.....	1-2
圖 1.1-2	地質概念模型中小坵嶼島外岩脈分布之推測.....	1-4
圖 1.2-1	達仁建議候選場址之核種傳輸概念模型.....	1-10
圖 1.2-2	達仁鄉建議候選場址混凝土型處置坑道數值模型示意圖	1-11
圖 1.2-3	達仁鄉建議候選場址核種遷移模擬範圍示意圖.....	1-12
圖 1.2-4	達仁鄉建議候選場址混凝土型處置坑道網格示意圖...	1-12
圖 1.2-5	達仁鄉建議候選場址 GoldSim 之一維核種傳輸概念模型	1-14
圖 1.2-6	烏坵鄉建議候選場址 GoldSim 之一維核種傳輸概念模型	1-14
圖 1.2-7	GoldSim 數值分析模型(以達仁建議候選場址為例)....	1-15
圖 1.2-8	仁鄉建議候選場址混凝土窖型處置坑道障壁內流線分布 圖.....	1-17
圖 1.2-9	仁鄉建議候選場址混凝土窖型處置坑道濃度歷線結果比 較圖.....	1-17
圖 1.2-10	達仁鄉建議候選場址高阻水型(MX-80)處置坑道濃度歷線 結果比較圖	1-18
圖 1.2-11	達仁鄉建議候選場址高阻水型(KV-1)處置坑道濃度歷線結 果比較圖	1-18
圖 1.2-12	烏坵鄉建議候選場址混凝土窖型處置坑道濃度歷線結果 比較圖	1-19
圖 1.2-13	烏坵鄉建議候選場址高阻水型(MX-80)處置坑道濃度歷線 結果比較圖	1-20
圖 1.2-14	烏坵鄉建議候選場址高阻水型(KV-1)處置坑道濃度歷線 結果比較圖	1-20
圖 2.1-1	KV-1 膨潤土與混凝土的交界面狀況.....	2-3
圖 2.1-2	MX-80 膨潤土與混凝土的交界面狀況.....	2-3
圖 2.1-3	膨潤土飽和循環條件下的材料參數變化研究流程圖.....	2-5
圖 2.2-1	三維數值模型	2-10
圖 2.2-2	達仁鄉建議候選場址開挖過程之水力傳導係數變化...	2-11

圖 2.2-3	烏坵鄉建議候選場址台階開挖過程之水力傳導係數變化	2-12
圖 2.2-4	台階開挖過程之損傷與擾動分析-達仁鄉建議候選場址	2-13
圖 2.2-5	烏坵鄉建議候選場址開挖過程之損傷與擾動分析	2-14
圖 2.2-6	三維數值模型	2-15
圖 2.2-7	有無優勢裂隙差異於臺階開挖階段之水壓變化彙整...	2-16
圖 2.2-8	坑道開挖完成後之水力傳導係數變化圖	2-17
圖 2.2-9	測線上之水力傳導係數變化趨勢	2-17
圖 2.2-10	有無優勢裂隙存在之臺階開挖階水壓變化	2-18
圖 2.2-11	開挖結束後之水力傳導係數變化圖	2-19
圖 2.2-12	測線上之水力傳導係數變化趨勢	2-19
圖 2.4-1	結構、系統與組件分類之工作執行流程圖	2-29
圖 3.1-1	RMS 階層架構圖	3-2
圖 3.2-1	處置管理各階層需求架構與需求數量	3-4
圖 3.2-2	處置設施場址特徵各階層需求架構與需求數量	3-5
圖 3.2-3	處置設施長期安全各階層需求架構與需求數量	3-8
圖 3.2-4	處置設施興建各階層需求架構與需求數量	3-9
圖 3.2-5	處置設施運轉各階層需求架構與需求數量	3-11
圖 3.2-6	處置設施封閉各階層需求架構與需求數量	3-12
圖 3.3-1	系統配置示意圖	3-13
圖 3.3-2	應用伺服器 WSGI 介面示意圖	3-14
圖 3.3-3	連線池架構示意圖	3-15
圖 3.3-4	工作佇列架構示意圖	3-16
圖 3.4-1	需求列表及管理介面	3-18
圖 3.4-2	頁面編輯畫面	3-19
圖 3.4-3	內容編輯功能列	3-19
圖 3.4-4	需求與 FEP 的關聯	3-20
圖 3.4-5	需求參照編輯	3-21
圖 3.4-6	需求修訂版本列表	3-21
圖 3.5-1	FEP 列表及管理介面	3-22
圖 3.5-2	FEP 與需求關聯列表	3-23
圖 3.6-1	圖片資訊編輯介面	3-24
圖 3.6-2	表格資訊編輯介面	3-25

圖 3.6-3	文件資訊編輯介面	3-26
圖 3.6-4	參照資訊編輯介面	3-27
圖 3.6-5	參照資訊選填項目	3-28
圖 3.6-6	參照附件	3-28

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 109 年度已完成「核種吸附參數模擬」，而「更新建議候選場址之特徵化模型」則仍在執行中，各工作之現階段成果分別摘要說明如後。

1.1 更新建議候選場址之特徵化模型

針對工作項目「更新建議候選場址之特徵化模型」，109 年度之進展與目前工作，分別說明如後。

一、達仁鄉建議候選場址地質特性分區與裂隙特徵

達仁鄉建議候選場址之最新地質特徵模型(圖 1.1-1)，引用張中白(Chang et al., 2007, p.395)對此處所建立之構造解釋，在構造作用上可分為 4 個階段，第 0 階段發生在中新世早期，西北西-東南東方向為主應變方向，產生一系列沉積同時的正斷層；第 1 階段發生在中新世晚期~上新世，因東西向的壓縮，產生向西伸向的逆衝斷層與褶皺；第 2 階段發生在上新世時期，火山島弧和大陸邊緣不斷持續壓縮，造成向東伸向的褶皺與背衝斷層(Back-Thrust Fault)；第 3 階段發生在上新世-更新世，受到橫移壓縮的作用而產生區塊逆時針旋轉的現象。在經歷前述構造作用與抬升侵蝕作用後，形成今日場址位置向東伸向的偃臥褶皺(Recumbent Fold)，其褶皺軸為西北-東南走向，以及靠近中央山脈方向有向西伸向的菩安山反轉背斜，褶皺軸為北北西-南南東走向，在向東伸向與向西伸向的褶皺中間，則由南-北走向的褶皺與各種不同走向的斷層所連結，包含橫移斷層(Strike-Slip Fault)、逆斷層、背衝斷層與轉捩斷層(Tear Fault)等。



圖 1.1-1 達仁鄉建議候選場址地質概念模型

為了強化前述地質特徵模型，本年度進一步參考草埔森永隧道的調查資料。參考草埔背斜軸部的 600 m 深鑽井資料後，初步依照岩石品質指標(Rock Quality Designation, RQD)特徵將深度分成 3 層，另參考草埔森永隧道之地質平、剖面圖與施工災變紀錄，建立地底下非風化層之裂隙特徵，最後結合前述張中白之構造模型做綜合解釋，以精進地質特徵模型。

為補充本計畫所需之裂隙參數，本年度亦針對本計畫新增之補充調查，彙整地表裂隙參數成果，如表 1.1-1 所示。

表 1.1-1 109 年補充調查現地記錄彙整簡表

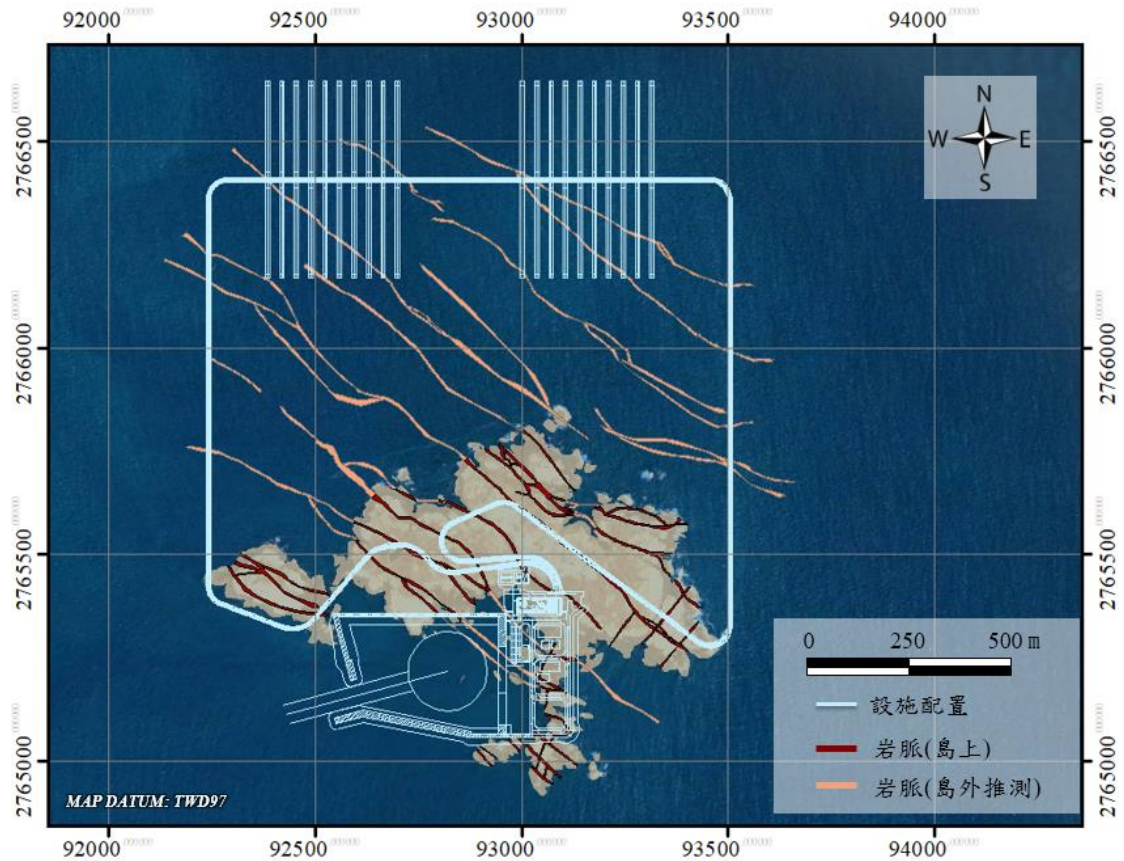
露頭 編號	東經(度)	北緯 (度)	類型	平均 走向 (度)	平均 傾角 (度)	平均 內寬 (mm)	最大 內寬 (mm)	平均 長度 (cm)	裂隙強度 (m/m ²) (P21)
1	120.8944	22.2464	層面	280	55N	0.12	0.5	93.8	0.0568
			節理	95	76S	0.56	1.5	38.6	
2	120.8940	22.2464	層面	298	56N	0	0	96.8	0.1528
			劈理	305	75N	0	0	20.0	
			節理	58	38S	0	0	62.3	
			剪動面	310	67N	2.25	5	66.8	
3	120.8885	22.2568	層面	52	50S	0.57	2	67.2	0.0197
			節理	330	56N	1.5	1.5	35.3	
4	120.8882	22.2568	劈理	56	36S	0.43	3	49.3	0.1196
			節理	36	41E	0.3	3	51.3	
			節理	94	69S	0	0	9.6	
			剪動面	60	70S	0	0	47.6	
5	120.8348	22.2465	節理	326	44N	0.73	2.5	29.0	0.0847
			層面	341	41E	0	0	31.0	
			節理	302	64N	4.05	10	65.8	
6	120.8351	22.2461	層面	322	68N	0	0	33.6	0.1012
			節理	90	10E	0	0	77.0	
			節理	101	62S	0	0	22.4	

二、烏坵鄉建議候選場址地質特性分區與裂隙特徵

初步彙整烏坵鄉建議候選場址之裂隙位態的統計特徵後，歸納位態的趨勢較無明顯的空間變化，然可依其與區域地質構造位態的相似性，歸納不同的裂隙組。於中國大陸東南沿海一帶，約數百平方公里的廣域範圍內，涵蓋多條東北-西南及西北-東南走向之高角度斷裂帶，斷裂帶延伸長度介於數百公里至數公里均可見，研判具有此位態趨勢的不連續面，以多種不同尺度分布於此區域。遂據以針對烏坵鄉建議候選場址的裂隙，將東北-西南及西北-東南走向之高角度裂隙歸納為 2 組裂隙組，其位態特徵反映區域大地構造作用的影響，其餘裂隙的分組參考過往調查成果，歸納其生成機制為場址所在區域的解壓作用，為解壓節理，其位態亦有明顯的高、低傾角之分，遂傾角之高低再分為另外 2 組裂隙組。

鑒於小坵嶼島上岩脈以西北-東南向為主，寬度約介於數公分至 30 m 之間，因規劃設置處置坑道之區域，現階段尚無岩脈分

布資訊，遂假設該區域的岩脈特徵與小坵嶼島上的岩脈特徵相似，據以建構概念模型，如圖 1.1-2 所示。



備註：海域的岩脈係以島上岩脈的分布特徵進行推估，僅代表目前推測的大致趨勢，不代表實際的長度、寬度與位置。

圖 1.1-2 地質概念模型中小坵嶼島外岩脈分布之推測

三、目前工作

以前述 2 處建議候選場址之地質概念模型及各地質分區的裂隙特徵為基礎，目前正在進行應用模擬軟體 FracMan 計算符合各場址裂隙統計特性之實現值(Realization)，產生虛擬裂隙，並經以下步驟計算各個水文地質單元地等效水力傳導係數：(1)於模擬軟體 FracMan 中輸入不連續面的資料，包括位置、位態、尺寸、開口寬等參數(無現地資料之參數，依相似場址之調查文獻或相關學理依據假設之)；(2)統計上述參數的分布特徵，其中，裂隙的分組

使用 FracMan 之中的交互式組別辨識系統(Interactive Set Identification System, 以下簡稱 ISIS), 判斷何種定向統計機率分布為較適用於裂隙的分組, ISIS 使用柯爾莫哥洛夫-斯米爾諾夫檢驗(Kolmogorov-Smirnov Test, 以下簡稱 K-S 檢驗)來判定何種統計分布較佳。K-S 檢驗是計算 K-S 值與 K-S 機率來比較樣本與參考的統計分布, 所得較高的 K-S 機率表示此樣本較符合所假設的統計分布。(3)建構單位網格, 並隨機生成符合步驟(2)所得之統計分布的離散裂隙;(4)以 Oda 升尺度方法求得每個網格的水力傳導係數;(5)重複步驟(3)和(4)以建立在不同網格大小的水力傳導係數之統計分布。進而據以探討合適之代表性基本體積(Representative Elementary Volume, REV)。經計算取得之不同網格大小條件下之水力傳導係數張量, 作為地下水流場之用。

1.2 核種吸附參數模擬

本項工作主要延續核種吸附試驗成果, 6 個重要核種(C、Co、Cs、Ni、Sr 和 I), 對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)與 2 處建議候選場址之母岩(共 5 種材料), 配合 2 處建議候選場址之地下水質條件進行核種吸附參數模擬。透過安全評估程式 (GoldSim) 以及功能評估程式 (HYDROGEOCHEM, 以下簡稱 HGC), 運用核種吸附試驗參數進行核種遷移模擬, 並比較兩者間之差異, 藉以精進安全評估程式的模擬技術。

1.2.1 地球化學資料庫

本項工作一共蒐集了 4 個地球化學資料庫, 分別是日本核燃料開發機構(Japan Atomic Energy Agency, JAEA)所建構的核種熱力學資料庫, 瑞士國營放射性廢棄物處置公司(National Cooperative for Disposal of Radioactive Waste, Nagra)所建構的熱

力學資料庫，美國能源部所屬的勞倫斯利佛摩國家實驗室 (Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL) 熱力學資料庫以及法國國家地質局 (French Geological Survey) 所建構的 THERMODDEM 熱力學資料庫。

所蒐集之資料庫整理 6 個重要核種(C、Co、Cs、Ni、Sr 和 I)相關地球化學反應式，水相錯合反應式共 95 條。礦物沉澱溶解反應式共 13 條。

1.2.2 核種吸附參數推估

建議候選場址核種吸附試驗研究報告中，對於 6 個重要核種(C、Co、Cs、Ni、Sr 和 I)進行一系列的吸附試驗規劃，試驗成果如表 1.2-1 所示。6 個關鍵核種分別在人工地下水、人工海水以及達仁地下水環境下，進行吸附試驗，藉此掌握各核種不同環境因素影響的吸附行為差異。本節內容主要依據核種吸附試驗成果進行推估，然而在目前規劃的核種吸附試驗當中並無探討 pH 對於吸附之影響，因此並無考慮 pH 變化對於吸附之影響。

為了使用 HGC 模式模擬核種被吸附的現象，因此必須建立核種吸附反應模型，並透過 PHREEQC 地球化學模式建立與核種吸附試驗相同之數值試驗，推求各吸附反應式的平衡常數。考量到吸附特性會受到酸鹼值、溫度、氧化還原電位以及吸附材料礦物組成的影響，配合表 1.2-1 之成果，建立了一表面錯合模型來描述 6 個重要核種之吸附模型。此外考量氯化鈉濃度對於吸附特性有明顯之影響，因此在表面錯合模型內增加 鈉離子吸附反應式，藉以描述在不同鈉離子濃度下，核種吸附特性受到鈉離子競爭之影響。表面錯合模型如表 1.2-2 所示。

表 1.2-1 核種於不同環境中對各材料之吸附分配係數彙整

環境	核種	參數	混凝土	MX-80	KV-1	硬頁岩	花崗岩
人工地下水	C	Kd 值(L/kg)	18.8	6.6	20.2	10.9	0.06
		R^2	0.9414	0.0689	0.3331	0.4694	0.0015
	Co	Kd 值(L/kg)	-	135.3	118.5	1,154.3	4.2
		R^2	0.0067	0.8800	0.9402	0.8009	0.8412
	Cs	Kd 值(L/kg)	0.9	285.6	302.2	16	1.6
		R^2	0.6284	0.9938	0.9764	0.9827	0.9277
	Ni	Kd 值(L/kg)	-	105.9	88.6	20,878	8.2
		R^2	0.0070	0.8416	0.9162	0.8100	0.9183
	Sr	Kd 值(L/kg)	4.0	143.4	85.6	12.9	2.3
		R^2	0.8004	0.8727	0.9553	0.9686	0.9276
	I	Kd 值(L/kg)	1.3	-	-	0.1	1.5
		R^2	0.4049	0.5611	0.2837	0.6627	0.6036
人工海水	C	Kd 值(L/kg)	-	-	-	33.8	-
		R^2	0.6922	0.3969	0.0276	0.0506	0.6212
	Co	Kd 值(L/kg)	7.787.5	17.1	22.5	42.9	8.0
		R^2	0.7833	0.9387	0.9073	0.9517	0.9225
	Cs	Kd 值(L/kg)	1.4	4.9	7.1	1.8	0.7
		R^2	0.7879	0.4623	0.9084	0.9298	0.6153
	Ni	Kd 值(L/kg)	-	18.1	12.9	169.9	15.9
		R^2	0.0000	0.9502	0.8356	0.9764	0.9754
	Sr	Kd 值(L/kg)	1.8	3.0	3.4	-	0.3
		R^2	0.6970	0.6834	0.6396	0.6510	0.9471
	I	Kd 值(L/kg)	0.1	-	1.6	-	-
		R^2	0.3753	0.6383	0.3852	0.0276	0.1888

表 1.2-2 表面錯合反應式表

編號	表面錯合反應式
1	$\text{SOH} + \text{C} = \text{SOHC}$
2	$\text{SOH} + \text{Co} = \text{SOHCo}$
3	$\text{SOH} + \text{Cs} = \text{SOHCs}$
4	$\text{SOH} + \text{Ni} = \text{SOHNi}$
5	$\text{SOH} + \text{Sr} = \text{SOHSr}$
6	$\text{SOH} + \text{I} = \text{SOHI}$
7	$\text{SOH} + \text{Na} = \text{SOHNa}$

建立 6 個核種吸附反應模型後，透過地化模式配合熱力學資料庫，便可建立與吸附實驗相符合的數值試驗模型，透過地球化學分析模式模擬一連串吸附反應試驗，便可推求得吸附反應之平衡常數(Equilibrium Constant)，吸附平衡常數推估流程如下所述；

- 一、 首先建立吸附反應模型，並選定所使用之熱力學資料庫，
- 二、 依照吸附實驗條件，利用地化模式建立數值吸附試驗模型，
- 三、 給定一初始平衡常數，進行模擬，
- 四、 模擬結果比對，如果結果不符合，回到步驟三，並修正平衡常數，
- 五、 得到吸附反應式之平衡常數。

透過上述分析便可以得到 6 個核種以及鈉離子於 5 種材料的吸附反應平衡常數。推估成果請參考表 1.2-3。

表 1.2-3 吸附反應平衡常數表

	C	Co	Cs	Ni	Sr	I	Na
混凝土	3.21	18.9	1.8	-	4.9	-1.5	5.0
MX-80	0.5	9.7	4.41	9.55	6.13	-	5.0
KV-1	2.75	5.93	4.7	5.51	5.45	3.32	5.0
硬頁岩	0.23	12.56	5.35	13.837	9.54	-2.75	5.0
花崗岩	-3.5	14.62	5.46	15.3	10.3	-2.8	5.0

1.2.3 障壁材料組成

達仁鄉建議候選場址與烏坵鄉建議候選場址障壁材料包含了母岩(硬頁岩與花崗岩)、混凝土材料以及膨潤土材料(MX-80 與 KV-1)等，障壁材料組成如表 1.2-4 及表 1.2-5 所示。

表 1.2-4 達仁鄉建議候選場址障壁材料組成表

單位: mol/L

	擾動區 (硬頁 岩)	坑道結 構	回填層 (硬頁 岩)	MX-80	KV-1	基礎層	處置窖	填充層
Albite	0.79	1.42	0.71	-	-	1.35	2.05	1.35
Annite	-	0.12	-	-	-	0.11	0.17	0.11
C ₃ S	-	0.36	-	-	-	0.34	0.52	0.34
Clinocllore	0.06	-	0.05	-	-	-	-	-
Clinoptilolite- Ca	-	-	-	-	0.03	-	-	-
Cristobalite	-	-	-	0.32	-	-	-	-
K_Feldspar	-	1.1	-	0.1	-	1.04	1.58	1.04
Illite	0.95	-	0.85	0.03	0.67	-	-	-
Montmorillonite	-	-	-	2.28	0.88	-	-	-

	擾動區 (硬頁岩)	坑道結構	回填層 (硬頁岩)	MX-80	KV-1	基礎層	處置窖	填充層
Muscovite	0.38	-	0.34	-	-	-	-	-
Portlandite	-	1.37	-	-	-	1.3	1.97	1.3
Pyrite	-	-	-	0.02	-	-	-	-
Quartz	9.41	6.76	8.47	0.48	5.19	6.4	9.72	6.4

表 1.2-5 烏坵鄉建議候選場址障壁材料組成表

單位: mol/L

	擾動區 (花崗岩)	回填層 (花崗岩)	MX-80	KV-1	基礎層	處置窖	填充層
Albite	3.11	1.98	-	-	1.35	2.05	1.35
Annite	-	-	-	-	0.11	0.17	0.11
Anorthite	0.49	0.31	-	-	-	-	-
C ₃ S	-	-	-	-	0.34	0.52	0.34
Clinoptilolite-Ca	-	-	-	0.03	-	-	-
Cristobalite	-	-	0.32	-	-	-	-
Dickite	0.92	0.59	-	-	-	-	-
K-Feldspar	0.11	0.07	0.1	-	1.04	1.58	1.04
Illite	0.18	0.11	0.03	0.67	-	-	-
Montmorillonite	-	-	2.28	0.88	-	-	-
Portlandite	-	-	-	-	1.3	1.97	1.3
Pyrite	-	-	0.02	-	-	-	-
Quartz	13.8	8.78	0.48	5.19	6.4	9.72	6.4

1.2.4 核種遷移模擬

本節主要透過 GoldSim 程式以及 HGC 模式進行兩處建議候選場址基本案例模擬，透過兩套不同概念的模式分別以分配係數法以及地球化學傳輸模型，來討論兩者核種遷移模擬結果之差異。

一、分析情節

達仁鄉建議候選場址與烏坵鄉建議候選場址均採用坑道式處置概念，利用坑道內設置的多層工程障壁系統，搭配具有一定深度的天然障壁所組成的多重障壁，將低放射性廢棄物與人類生活環境隔離，並盡可能將核種圍阻在障壁系統內，確保核種傳輸至人類生活環境時，其活度已衰減至不會對人類與環境造成危害的程度。

圖 1.2-1 為達仁鄉建議候選場址核種傳輸概念模型示意圖，考量在擾動區傳輸到岩層再到地表水體，這段過程 HGC 模式與 GoldSim 程式並無法建立相同分析情境，因此模擬範圍將聚焦在工程障壁系統至擾動區為止。其中混凝土窖型處置坑道以及高阻水型處置坑道為較重要的處置坑道。因此將以這兩個坑道為主，進行後續分析。

分析的起點為處置場封閉後，假設盛裝容器為 55 加侖桶和 7 m³ 鋼箱的廢棄物體，其內的孔隙此時已充滿水，核種完全溶解於孔隙水中，模擬時間為 2,000 年。

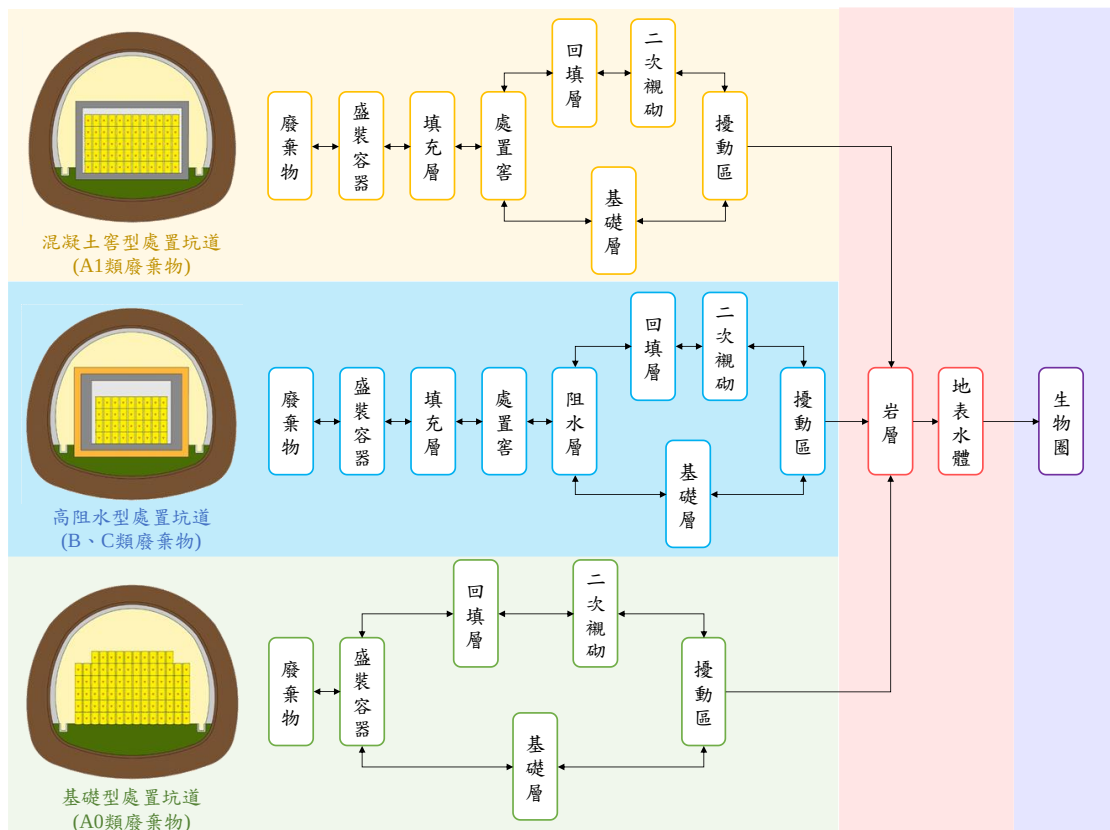


圖 1.2-1 達仁建議候選場址之核種傳輸概念模型

二、HYDROGEOCHEM 模式設定

HGC 功能評估程式，建立 2 處建議候選場址核種遷移數值模型，主要包含了數值模型、網格生成、水文地質參數以及地球化

學模型等。圖 1.2-2、圖 1.2-3 與圖 1.2-4 分別為達仁鄉建議候選場址混凝土坑道數值模型、模擬區域以及網格分布圖。表 1.2-6 與表 1.2-7 為達仁建議候選場址與烏坵建議候選場址採用的水文地質參數表。

HGC 模式除了地下水流場模擬外，也具備了地球化學模擬功能，然而在進行地球化學模擬時，則必須蒐集分析目標相關的資料，才可建立對應之地球化學模型。蒐集的資料包含了地下水質、礦物組成以及熱力學資料庫等。地下水質主要參考「建議候選場址核種吸附試驗研究」(台電公司，2020a，p.3-6)，達仁鄉建議候選場址採用現地地下水質資料，考量該報告採用人工海水進行吸附試驗，為了與 GoldSim 模式在同一基準下進行比較，烏坵鄉建議候選場址採用人工海水進行後續分析。地球化學模型將採用日本 JAEA 所建置的熱力學資料庫配合所建立的表面錯合反應模型，進行兩處建議候選場址之地球化學環境建置。

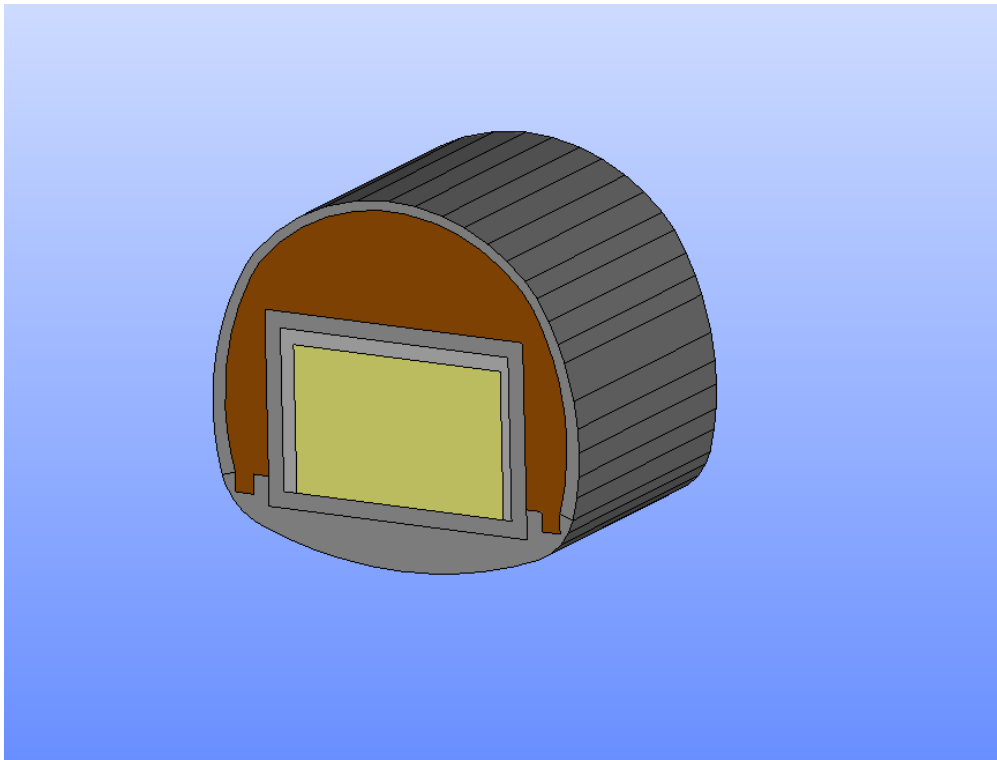


圖 1.2-2 達仁鄉建議候選場址混凝土型處置坑道數值模型示意圖

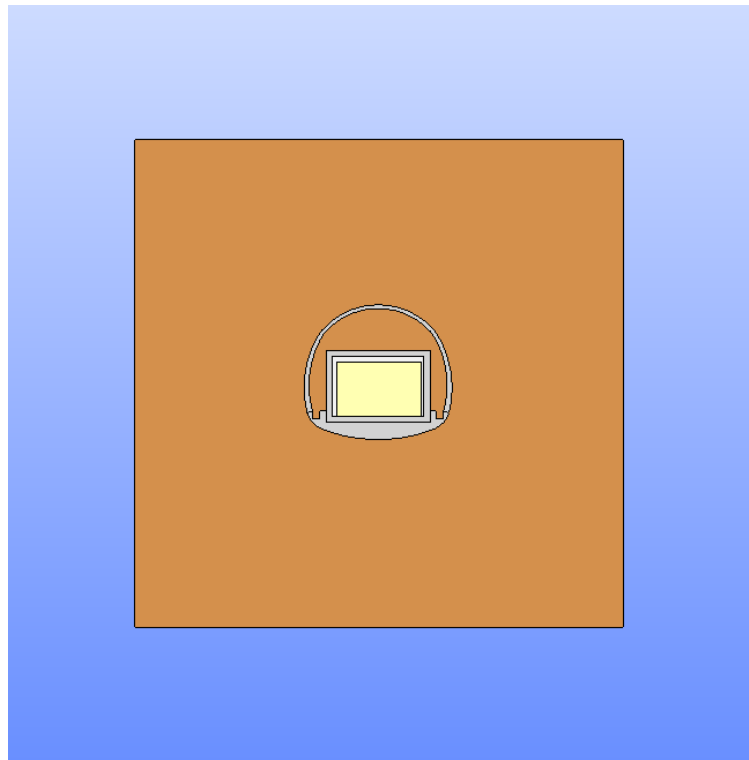


圖 1.2-3 達仁鄉建議候選場址核種遷移模擬範圍示意圖

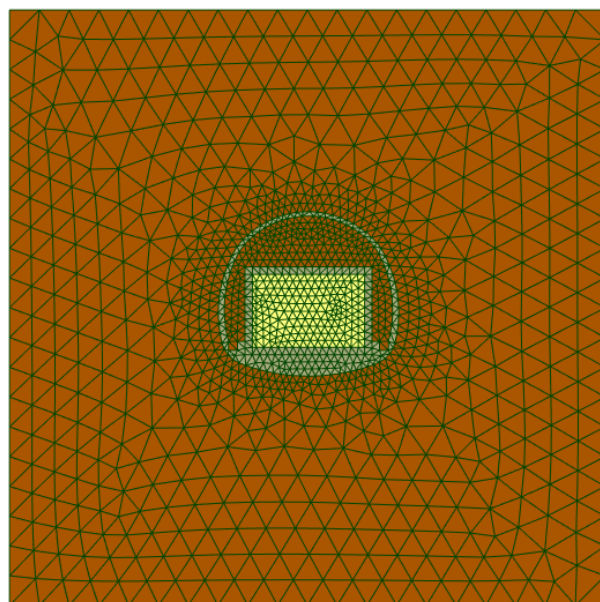


圖 1.2-4 達仁鄉建議候選場址混凝土型處置坑道網格示意圖

表 1.2-6 達仁鄉建議候選場址工程障壁材料參數

工程障壁	飽和密度 (kg/m ³)	孔隙率	擴散係數 (m ² /s)	水力傳導係數 (m/s)
填充層	2,100	0.30	4.78×10^{-11}	1.03×10^{-10}
處置窖	2,400	0.15	3.47×10^{-13}	1.53×10^{-14}
阻水層	2,000	0.40	2.00×10^{-10}	1.00×10^{-13}
回填層	2,100	0.30	4.78×10^{-11}	1.03×10^{-10}
基礎層	2,100	0.30	4.78×10^{-11}	1.03×10^{-10}
坑道結構 (二次襯砌)	2,200	0.30	4.78×10^{-11}	1.03×10^{-10}
擾動區	2,300	0.30	1.00×10^{-9}	1.00×10^{-7}
廢棄物體	1,830	0.32	7.00×10^{-10}	2.00×10^{-9}

表 1.2-7 烏坵鄉建議候選場址工程障壁材料參數

工程障壁	飽和密度 (kg/m ³)	孔隙率	擴散係數 (m ² /s)	水力傳導係數 (m/s)
填充層	2,100	0.30	4.78×10^{-11}	1.03×10^{-10}
處置窖	2,400	0.15	1.00×10^{-12}	1.31×10^{-13}
阻水層	2,000	0.40	2.00×10^{-10}	1.00×10^{-13}
回填層	2,100	0.30	4.78×10^{-11}	1.03×10^{-10}
基礎層	2,100	0.30	4.78×10^{-11}	1.03×10^{-10}
擾動區	2,300	0.10	2.00×10^{-9}	1.00×10^{-8}
廢棄物體	1,830	0.32	7.00×10^{-10}	2.00×10^{-9}

三、GoldSim 模式設定

依據 2 處建議候選場址的處置概念、工程障壁系統和周邊環境狀況，建構核種傳輸概念模型，如圖 1.2-5 及圖 1.2-6 所示。受限於 GoldSim 為一維主導的分析軟體，故分析前須先將 2 處建議候選場址的核種傳輸模型簡化，假設以 1 個處置窖為 1 個分析單元，將處置窖內的廢棄物、盛裝容器和填充層視為廢棄物體，基礎層則視為回填層的一部分。以圖 1.2-5 及圖 1.2-6 所建構之傳輸概念模型，於 GoldSim 中建置之數值分析模型如圖 1.2-7 所示，區分為源項和工程障壁系統。

GoldSim 程式中所設定之參數，包含了源項活度、廢棄物體參數以及工程障壁材料參數等。相關參數均參考自「低放射性廢棄物最終處置建議候選場址安全評估報告」(台電公司，2020b)。

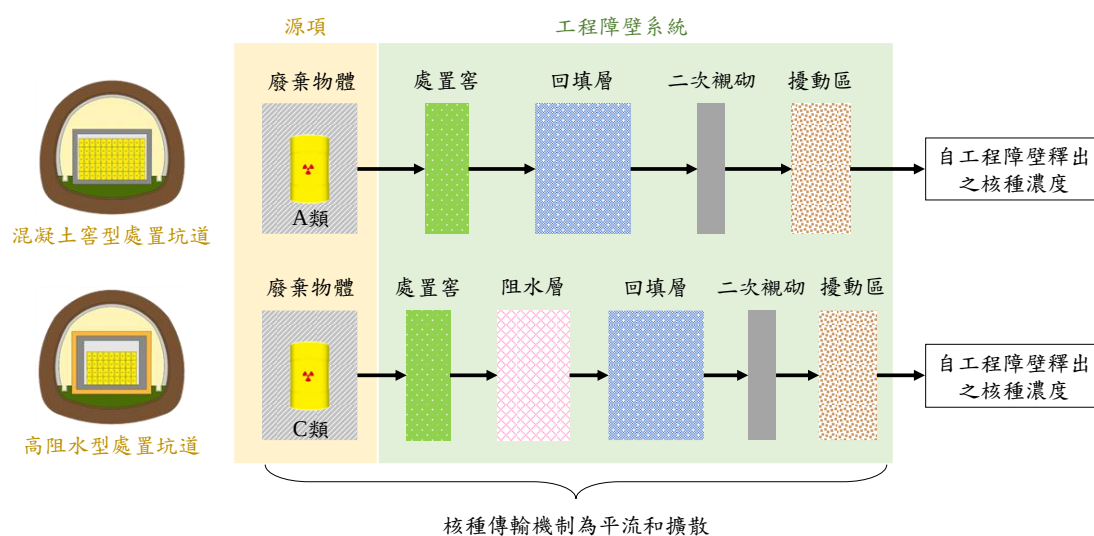


圖 1.2-5 達仁鄉建議候選場址 GoldSim 之一維核種傳輸概念模型

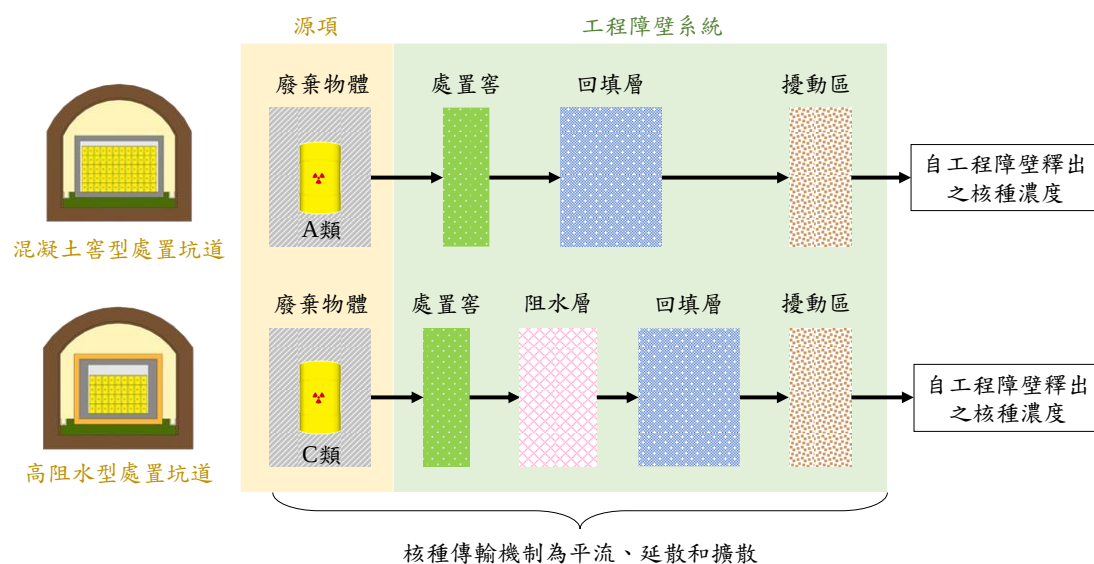


圖 1.2-6 烏坵鄉建議候選場址 GoldSim 之一維核種傳輸概念模型

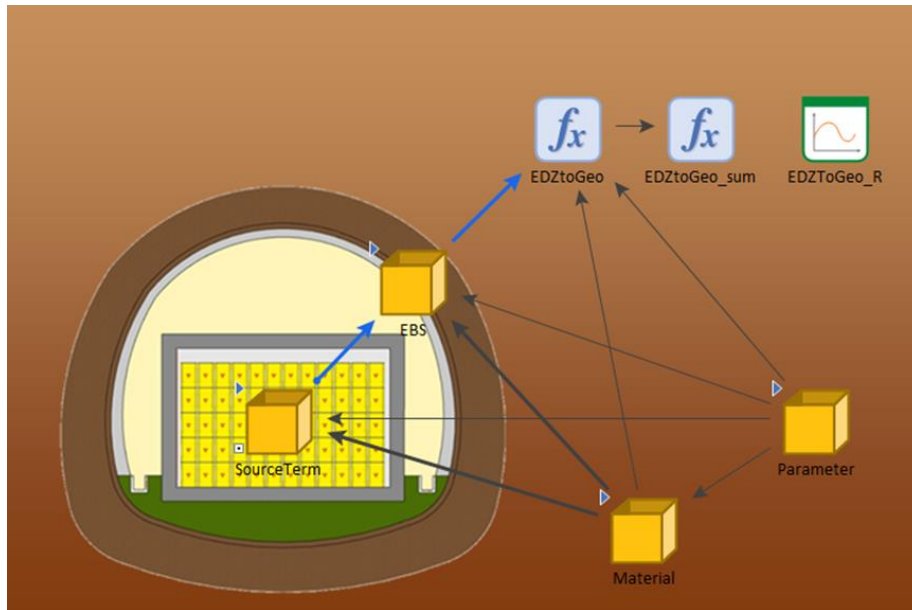


圖 1.2-7 GoldSim 數值分析模型(以達仁建議候選場址為例)

四、模擬成果

本章透過 GoldSim 程式以及 HGC 模式，分別採用 Kd 吸附模型以及地化反應吸附模型進行 6 個核種傳輸模擬，分別就達仁鄉建議候選場址以及烏坵鄉建議候選場址處置坑道設計進行了相關模擬。以下就兩個建議候選場址模擬結果進行比較與討論。

(一)達仁鄉建議候選場址

圖 1.2-9 為 GoldSim 與 HGC 模式模擬混凝土窖型處置坑道模擬結果，整體而言核種濃度趨勢均相符合，HGC 模擬 C 及 Ni 濃度歷線結果明顯低於 GoldSim 模擬結果，主要之原因在於 HGC 採用之地化反應吸附模型，在推求過程中主要以人工地下水實驗結果為基準，配合人工海水試驗結果去推估平衡常數，因此當地下水環境變成達仁鄉地下水時，便可能會產生差異，另外 Kd 吸附實驗均在單一障壁材料環境下進行而求得對應之 Kd 值，而 HGC 模擬是同時模擬混凝土材料、母岩材料以及膨潤土材料，材料之間的地球化學環境會互相影響，因此也會對於最後吸附模擬結果產生影響，而 I 本身特性較不易受到吸附之影響，因此 GoldSim 與 HGC 之模擬結果差異不大。

模擬結果另一個明顯不同之處，在於 HGC 模擬成果濃度傳輸速度較 GoldSim 之結果快釋出，GoldSim 採用之概念如圖 1.2-5 及圖 1.2-6 所示，在每一個單元內均為均勻之傳遞速度，然而 HGC 模式乃是直接依照實際坑道設計去建置流場模型，因此在模擬區域內流速並不會是固定的流速，而是會有快慢之分，部分區域核種會產生較快的移動速度，圖 1.2-8 為達仁鄉混凝土窖型處置坑道內流線圖，在處置窖內流場相當緩慢，主要是擴散傳輸主導，當核種由處置窖內擴散到外面時，流速快的區域便會相對其它區域更快的將核種攜出，因此與 GoldSim 整體採用平均流速的概念在初期會有明顯差異。

圖 1.2-10 與圖 1.2-11 為 GoldSim 與 HGC 模擬高阻水型處置坑道結果，大致上與混凝土窖型處置坑道結果相同，HGC 模擬的 C 與 Ni 的濃度歷線初期(1,000 年以前)會較 GoldSim 成果高，之後便會逐漸低於 GoldSim 模擬成果，此外採用 KV-1 膨潤土的案例 HGC 模擬的 I 濃度歷線明顯低於採用 MX-80 膨潤土案例，主要原因為在推求吸附反應參數時，配合吸附實驗成果，MX-80 對於 I 沒有吸附作用，但是 KV-1 對於 I 是有產生吸附作用，因此 HGC 模式在模擬採用 KV-1 膨潤土案例時，I 核種會明顯低於 GoldSim 模擬結果。

由上述討論可以得知，在採用了兩套不同的分析模式，進行相同案例分析，雖然在模型建置過程中採用的核種吸附的方法不同，但是仍然可以得到一致的趨勢與結果。

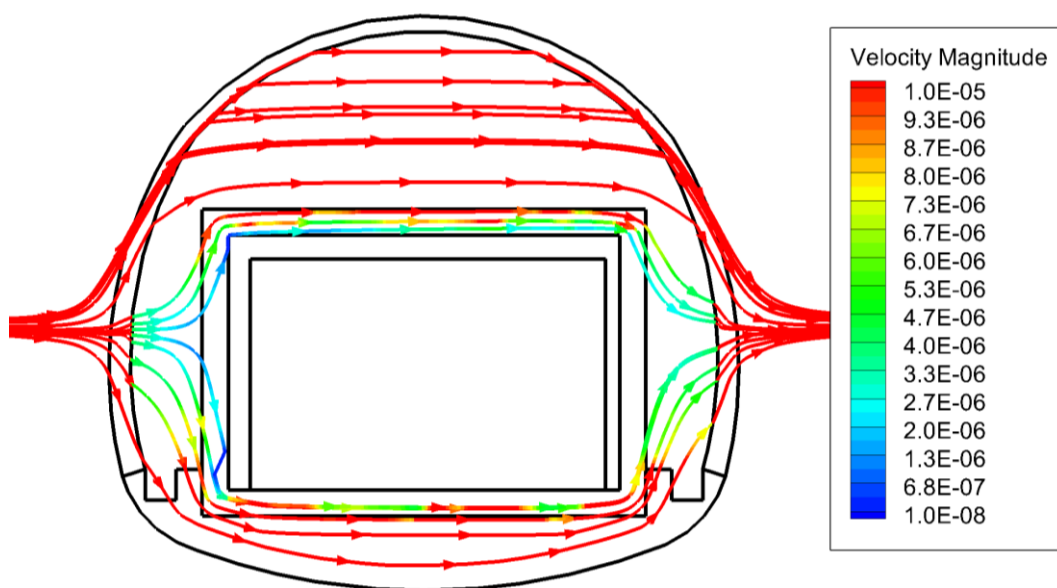


圖 1.2-8 仁鄉建議候選場址混凝土窖型處置坑道障壁內流線分布圖

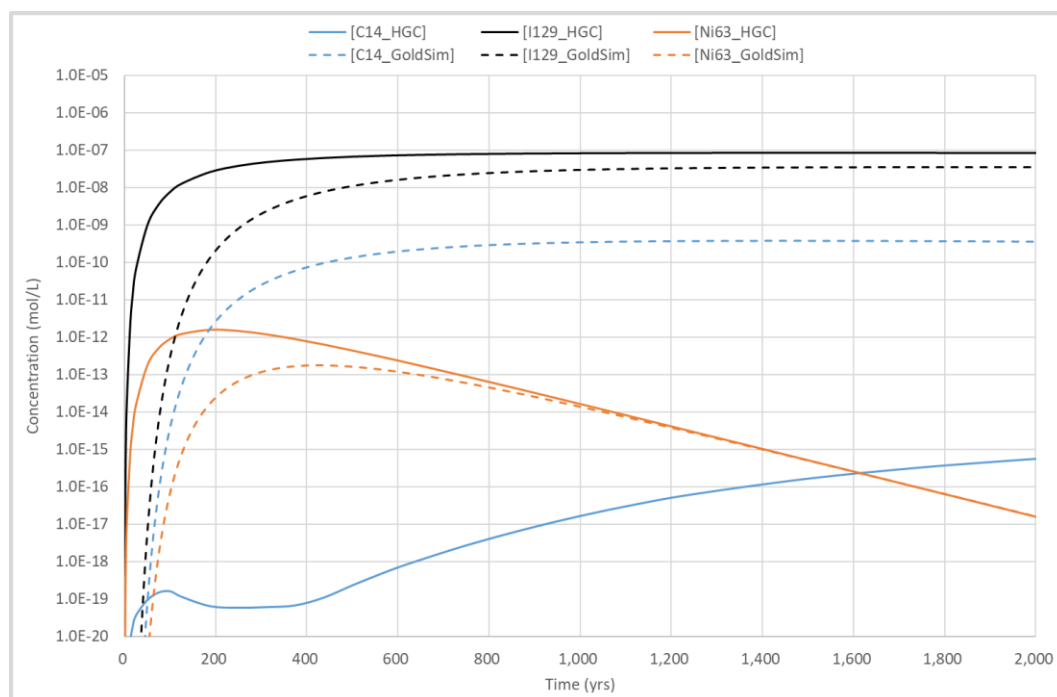


圖 1.2-9 仁鄉建議候選場址混凝土窖型處置坑道濃度歷線結果比較圖

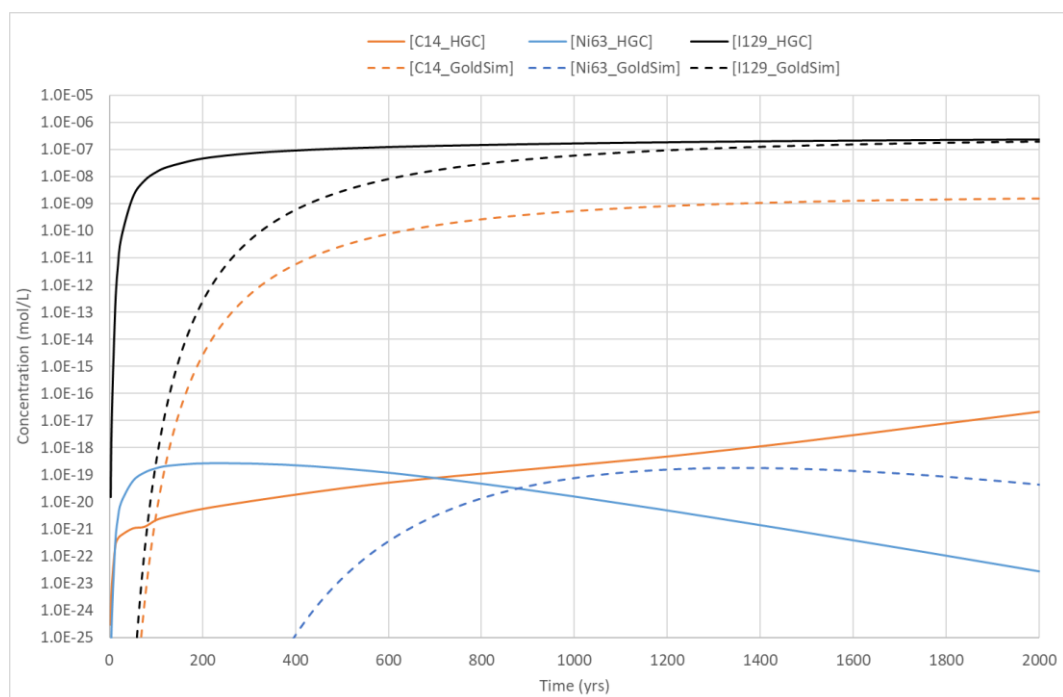


圖 1.2-10 達仁鄉建議候選場址高阻水型(MX-80)處置坑道濃度歷線
結果比較圖

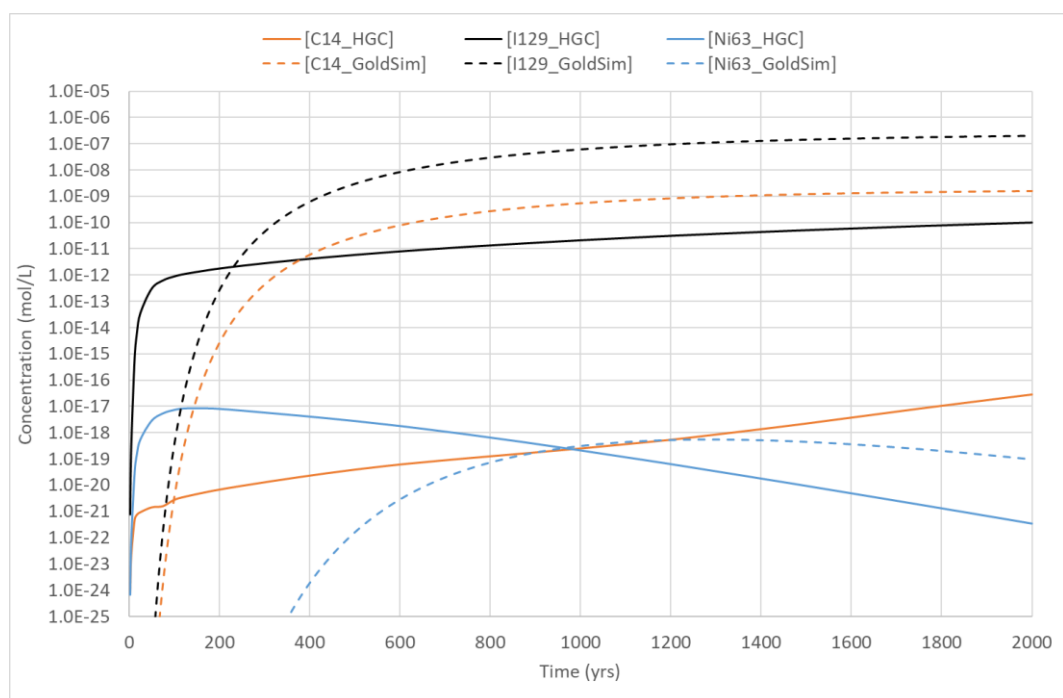


圖 1.2-11 達仁鄉建議候選場址高阻水型(KV-1)處置坑道濃度歷線
結果比較圖

(二) 烏坵鄉建議候選場址

圖 1.2-12 為 GoldSim 與 HGC 模式模擬混凝土窖型處置坑道結果，整體而言類似達仁鄉建議候選場址模擬結果，HGC 模擬之 C 與 Ni 濃度會低於 GoldSim，I 濃度雙方差異不大。

圖 1.2-13 與圖 1.2-14 為 GoldSim 與 HGC 模擬採用 KV-1 或 MX-80 膨潤土之高阻水型處置坑道結果，同樣與達仁鄉建議候選場址趨勢相同，兩模式模擬成果差異主要還是主要受到吸附模型不同以及流場特性影響較大。

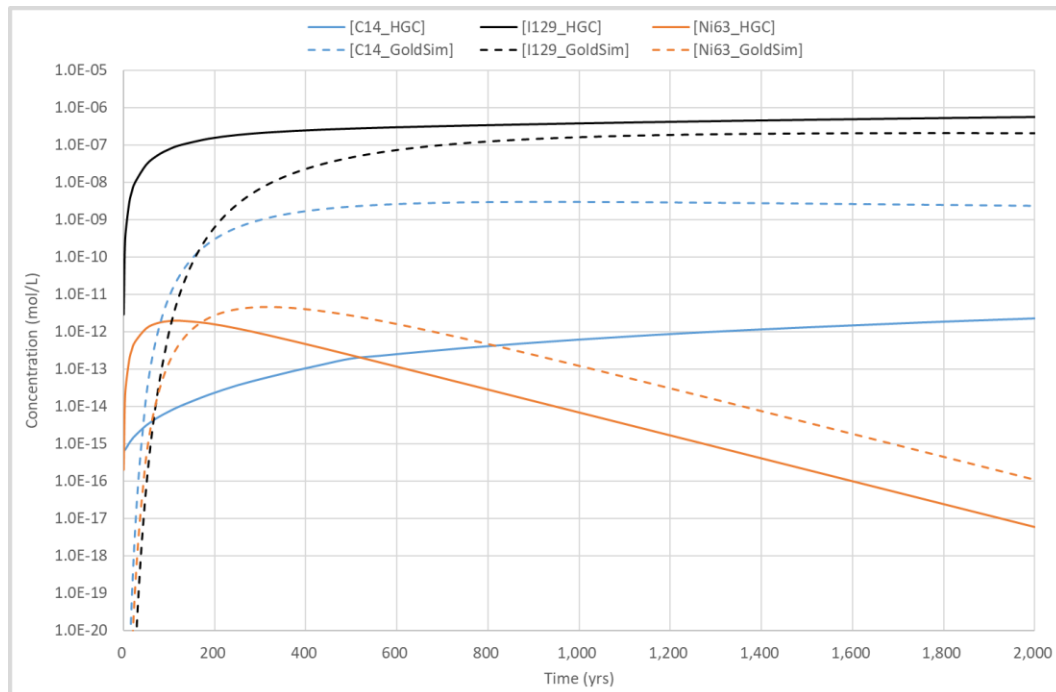


圖 1.2-12 烏坵鄉建議候選場址混凝土窖型處置坑道濃度歷線結果比較圖

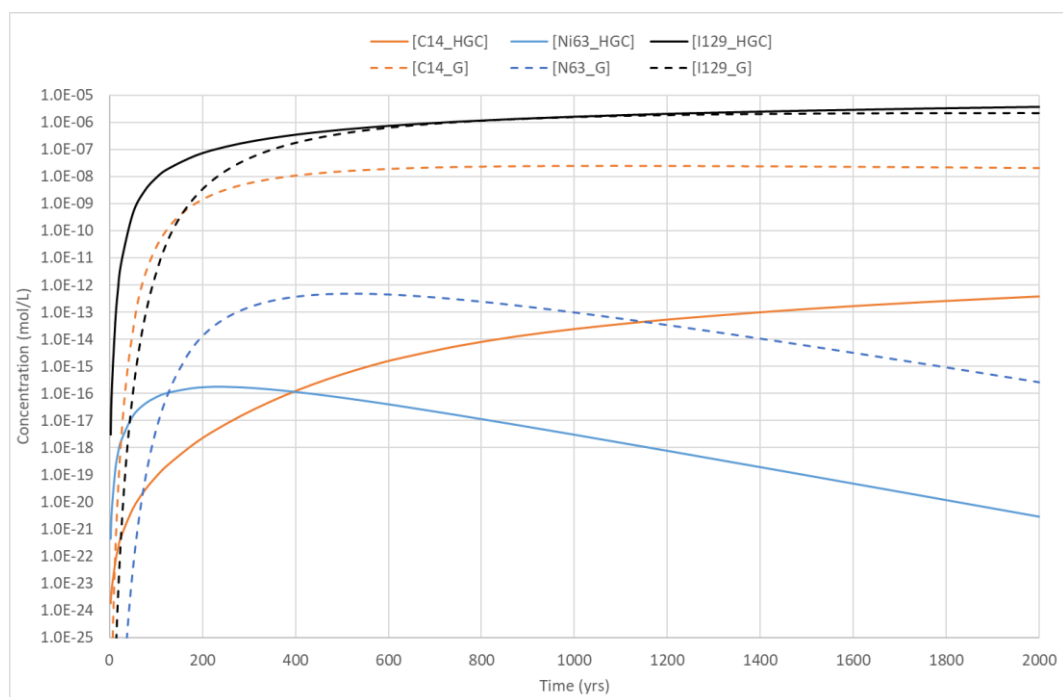


圖 1.2-13 烏坵鄉建議候選場址高阻水型(MX-80)處置坑道濃度歷線
結果比較圖

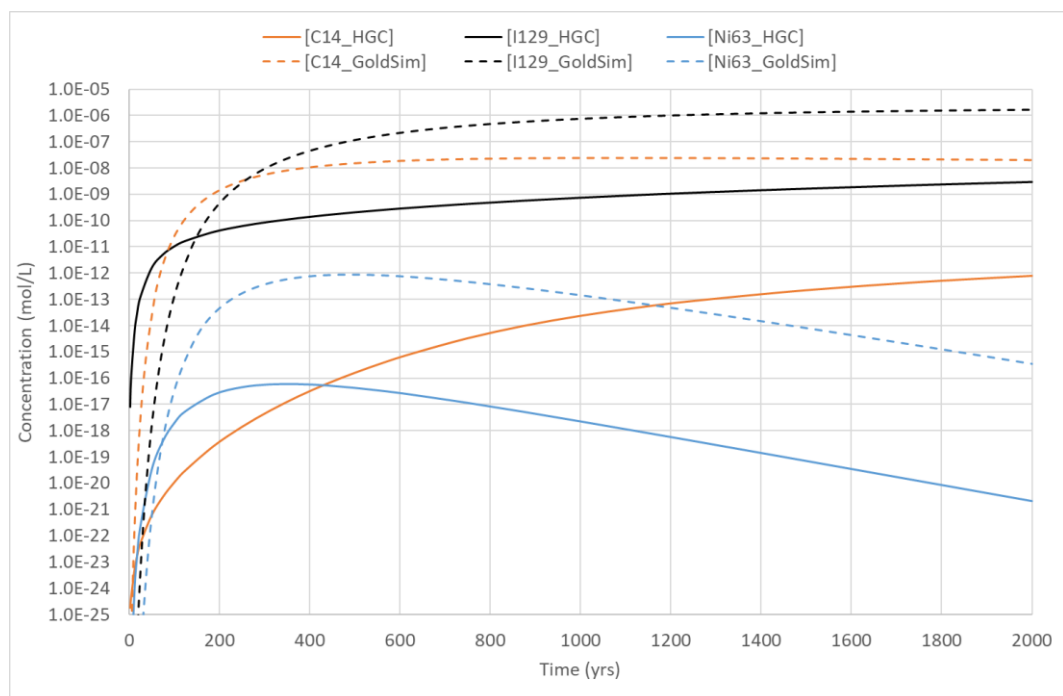


圖 1.2-14 烏坵鄉建議候選場址高阻水型(KV-1)處置坑道濃度歷線
結果比較圖

參考文獻

1. 台電公司，2020a，建議候選場址核種吸附實驗研究，LLWD2-SA-2019-01-V05。
2. 台電公司，2020b，低放射性廢棄物最終處置建議候選場址安全評估報告，LLWD2-SA-2019-08-V05。
3. Chang, C.P., Angelier, J., Lu, C.Y., 2007, Polyphase deformation in a newly emerged accretionary prism: Folding, faulting and rotation in the southern Taiwan mountain range, *Tectonophysics*, 466, p.395.

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 109 年度已完成「膨潤土飽和循環條件下的材料參數變化研究」、「坑道開挖影響評估與工程對策」、「低放射性廢棄物最終處置場廢棄物接收規範」、「低放處置設施結構、系統與組件具體規劃」等工作，而「膨潤土參數實驗與界面特性分析」則仍在執行中，各工作之現階段成果分別摘要說明如後。

2.1 膨潤土材料特性與力學特性研究

2.1.1 膨潤土參數實驗與界面特性分析

本工作項目將針對 KV-1 膨潤土進行化學成分、礦物成分與物理性質等相關基本參數試驗，並以 3 種乾密度製作試驗用之 KV-1 膨潤土試體，進行自由回脹、定體積回脹壓力與水力傳導度等 3 個主要基本性能試驗，藉此評估 KV-1 膨潤土用於低放射性廢棄物最終處置場阻水層材料之功能性質，同時也將相同配比之 KV-1 膨潤土試體進行抗壓強度與彈性模數試驗，掌握阻水層材料受載重後之抗壓能力與變形狀況。

另外根據目前低放射性廢棄物最終處置場概念設計，膨潤土材料將直接與處置窖之新拌混凝土接觸，新拌混凝土及膨潤土材料有可能因交互作用而影響膨潤土材料性能，因此設計膨潤土與混凝土交界面試驗，預先於模具內以 3 種不同乾密度、100%膨潤土取代量壓製膨潤土磚，並在壓製完成後的膨潤土試體上澆置混凝土，觀察分析混凝土澆置底層之成形狀況，同時也針對與混凝土直接接觸的表層膨潤土，以可交換陽離子容量試驗探討膨潤土材料接觸混凝土持續 1、6、12 個月時，其可交換陽離子總量受混凝土水化影響之情形。

本工作項目於 108 年度已完成 KV-1 膨潤土的基本參數試驗，並於 109 年度完成 MX-80 與 KV-1 膨潤土於海水與高鹼性環境中的定體積回脹壓力和水力傳導度試驗，結果如表 2.1-1 所示。而圖 2.1-1 與圖 2.1-2 則是新拌混凝土澆置於 KV-1 與 MX-80 膨潤土試體上齡期 1 個月後的交界面情形，藉由 1 個月齡期的交界面試驗結果可得知，KV-1 與 MX-80 膨潤土試體表面皆有產生乾裂現象，並且 MX-80 膨潤土較 KV-1 膨潤土容易沾附於混凝土表面，使膨潤土試體表面呈現中間凹陷周圍凸起之情形。

至於剩餘的膨潤土基本性能試驗、以及混凝土交界面試驗等項目則預計於 110 年 3 月底完成。

表 2.1-1 不同溶液環境對膨潤土特性的影響彙整

試驗項目		乾密度 (g/cm ³)	膨潤土材料	
			MX-80	KV-1
抗壓強度 (MPa)	純膨潤土	1.4	-	0.87
		1.6	-	2.44
		1.8	-	5.22
彈性模數 (MPa)	純膨潤土	1.4	-	398.57
		1.6	-	669.24
		1.8	-	1,170.71
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
水力傳導度 (m/s)	淡水	1.4	5.8×10^{-13}	8.3×10^{-13}
		1.6	1.3×10^{-13}	2.1×10^{-13}
		1.8	3.0×10^{-14}	4.0×10^{-14}
	海水	1.4	2.8×10^{-12}	7.7×10^{-12}
		1.6	4.2×10^{-13}	1.8×10^{-12}
		1.8	6.0×10^{-14}	3.1×10^{-13}
	高鹼性溶液	1.4	8.7×10^{-13}	1.3×10^{-12}
		1.6	1.5×10^{-13}	3.8×10^{-13}
		1.8	3.0×10^{-14}	1.1×10^{-13}

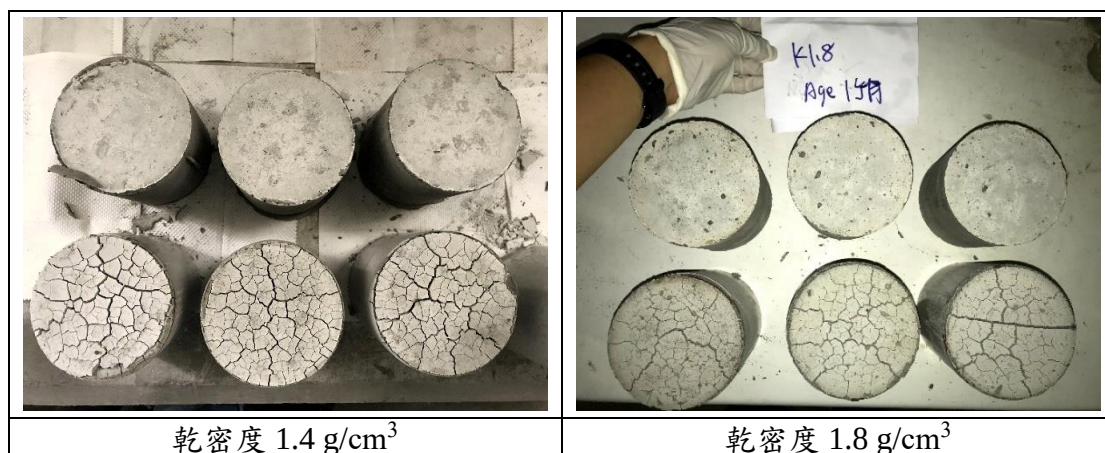


圖 2.1-1 KV-1 膨潤土與混凝土的交界面狀況

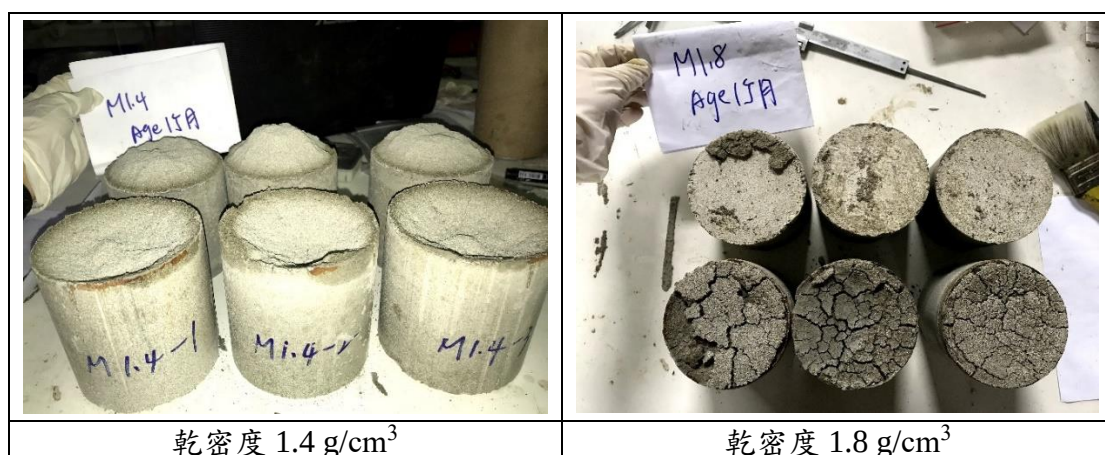


圖 2.1-2 MX-80 膨潤土與混凝土的交界面狀況

2.1.2 膨潤土飽和循環條件下的材料參數變化研究

低放射性廢棄物最終處置場從施工階段至封閉後的運轉期間，近場環境的演化將會使膨潤土處於未飽和/飽和之狀態，導致其阻水性能發生變化。以下就處置場從施工階段至封閉後運轉階段分 2 部分進行探討：

一、處置場施工階段

此階段處置設施係屬於初始未飽和且與大氣環境接觸的狀態，在此乾燥環境下，阻水層將產生收縮、開裂等變化，亦可能

因遭遇乾燥與潮溼環境循環(wetting/drying cycles)，而使阻水層產生反覆的收縮與膨脹。

另外當處置設施施作完成後，未飽和阻水層與混凝土處置窖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，長時間尺度下，離子交換將會對膨潤土的阻水性質造成影響。

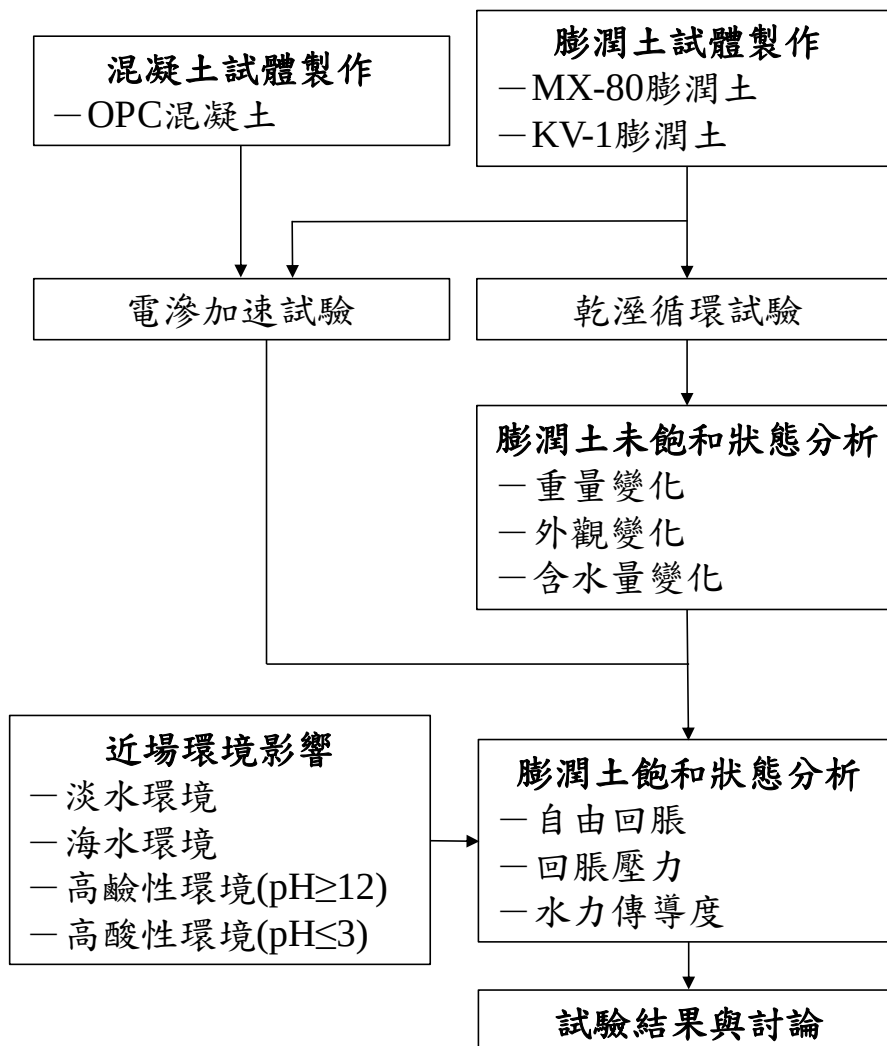
二、處置場封閉後運轉階段

處置場封閉後地下水入侵至處置場時，處置設施將因地下水的影響而成為飽和狀態，入滲水會經過坑道襯砌、回填材並滲透至膨潤土阻水層後，再至混凝土處置窖中，混凝土材料受到入滲水的影響不但會產生溶出失鈣效應外，含有鈉離子、鈣離子、氫氧根離子的高鹼性溶液也會由混凝土釋出至膨潤土阻水層中，這些鹼性溶液將會與膨潤土中的蒙脫石反應，使膨潤土自我封填機能改變，影響原本應有的阻水功能。

以上未飽和/飽和的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，屬於低放射性廢棄物最終處置場安全評估的必須考量項目，因此本工作項目設計相關實驗裝置，用以模擬低放射性廢棄物最終處置場可能遭遇的近場環境，藉此掌握工程障壁材料於處置環境下的演變情形。

圖 2.1-3 為本工作項目所規劃之試驗工作流程，先行依據目前我國低放射性廢棄物最終處置場的概念設計規劃試驗材料，並透過乾溼循環試驗與電滲加速試驗，分別模擬與分析未飽和狀態的膨潤土阻水層於乾溼循環環境下和長期與混凝土障壁交互作用情形下，其材料特性的變化狀況，接著針對乾溼循環試驗與電

滲加速試驗完成之膨潤土試體，以淡水、海水、酸鹼性溶液進行自由回脹、回脹壓力與水力傳導度試驗，藉此模擬膨潤土阻水層經歷乾溼循環或長期與混凝土障壁交互作用後，淡水或海水入侵至處置場使阻水層成為飽和狀態的情形，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，以瞭解膨潤土阻水層經環境演化、交互作用後的障壁功能變化，供我國低放射性廢棄物最終處置場設計與安全評估之參考依據。茲將上述試驗所得之結果分項加以討論，並將試驗數據彙整於表 2.1-2。



備註：OPC 係 Ordinary Portland Cement 簡稱。

圖 2.1-3 膨潤土飽和循環條件下的材料參數變化研究流程圖

表 2.1-2 電滲加速與乾溼循環試驗對膨潤土特性的影響彙整

試驗項目			膨潤土材料	
			MX-80	KV-1
電滲加速 試驗	最大回脹率 (%)	未經電滲	686.9	726.2
		淡水	639.4	679.7
		海水	145.8	187.7
		高鹼性溶液	618.7	625.5
		高酸性溶液	369.9	579.9
	最終回脹壓力 (MPa)	未經電滲	2.10	1.09
		淡水	1.92	1.07
		海水	1.05	*0.47
		高鹼性溶液	1.69	*0.99
		高酸性溶液	1.55	*0.93
	水力傳導度 (m/s)	未經電滲	9.77×10^{-14}	2.62×10^{-13}
		淡水	1.46×10^{-13}	3.93×10^{-13}
		海水	3.56×10^{-13}	* 2.06×10^{-12}
		高鹼性溶液	1.33×10^{-13}	5.59×10^{-13}
		高酸性溶液	1.33×10^{-13}	3.12×10^{-13}
乾溼循環 試驗	最大回脹率 (%)	未經乾溼	686.9	726.2
		淡水	558.3	675.7
		海水	155.3	143.8
		高鹼性溶液	559.6	629.4
		高酸性溶液	468.9	635.3
	最終回脹壓力 (MPa)	未經乾溼	2.10	1.09
		淡水	1.44	*0.73
		海水	*0.71	*0.33
		高鹼性溶液	1.38	*0.68
		高酸性溶液	1.44	*0.50
	水力傳導度 (m/s)	未經乾溼	9.77×10^{-14}	2.62×10^{-13}
		純水	3.14×10^{-13}	3.70×10^{-13}
		海水	3.43×10^{-13}	8.79×10^{-13}
		高鹼性溶液	3.23×10^{-13}	4.17×10^{-13}
		高酸性溶液	3.35×10^{-13}	5.20×10^{-13}

備註：不符合 SKB 要求者以*標示。

一、膨潤土阻水層材料的選擇

由於目前國際間尚未對低放射性廢棄物最終處置場阻水層的設計功能進行規定，故本工作項目將以瑞典高放射性廢棄物最終處置場緩衝材料的阻水性能要求：水力傳導度 $<10^{-12}$ m/s、回脹壓力 >1 MPa 作為依據進行評估(SKB, 2010, p.20~p.26)。

由彙整表 2.1-2 可得知，MX-80 膨潤土僅有在乾溼循環試驗後，海水環境下的回脹壓力未達到要求，其餘的回脹壓力、水力

傳導度數值皆符合 SKB 數值要求；而在 KV-1 膨潤土方面，其回脹壓力僅有經電滲加速試驗後，於淡水環境下符合要求，其餘的回脹壓力數值皆未達到 SKB 數值要求。

據此可知，MX-80 膨潤土受近場環境演化影響後，其各項阻水性能幾乎仍符合 SKB 要求，且回脹壓力皆大於 KV-1 膨潤土、水力傳導度也皆小於 KV-1 膨潤土，為求處置場阻水層的物理、化學性質長期穩定，以確保處置設施的功能年限滿足設計需求，故建議選用 MX-80 膨潤土作為處置場阻水層的材料。

二、近場環境演化對膨潤土阻水層的影響

(一)未飽和環境的影響

電滲加速試驗係模擬未飽和狀態下，混凝土障壁材料與膨潤土阻水層相互接觸時所產生的離子交換現象，此屬於處置場施工階段時不可避免之現象，並且當處置設施設置完畢時即開始產生反應。

SKB(2005, p.29~p.33)的模擬分析結果顯示，混凝土與膨潤土交互作用開始進行 500 年後，對於膨潤土鈣型化的影響範圍僅限於接觸面前約 0.2 m 的部分，至 10,000 年後的影响範圍才會約達到 0.5 m。考量目前我國低放射性廢棄物最終處置場概念設計係將膨潤土阻水層的厚度設定為 0.5 m，且 2 側皆與水泥材料相關之障壁元件相互接觸的情形下，也需經歷超過 500 年的交互作用，膨潤土阻水層才會完全鈣型化。

相較之下短時間內，大氣環境的相對溼度變化則較為顯著，以交通部中央氣象局(2020)紀錄顯示的金門縣烏坵鄉地區月平均相對溼度變化為例，2017 年至 2019 年中平均每 4 個月就會出現一次相對溼度月平均相差 10%以上的情形，另外彙整表 2.1-2 顯示，MX-80 與 KV-1 膨潤土經乾溼循環試驗後，其於淡水環境下的回脹壓力減少幅度達 30%以上，MX-80 膨潤土的水力傳導度更增加為未經乾溼循環試驗的 3.2 倍。

據此可說明膨潤土的阻水功能受乾溼循環的影響顯著，故應盡可能縮短處置設施的施工工期，盡早對處置場進行回填封閉，以減少處置設施與大氣環境接觸的時間，降低乾溼循環對阻水層的影響。若以處置場封閉後的長尺度安全評估分析而言，則建議仍需將交互作用對膨潤土鈣型化的影響納入考量。

(二)飽和環境的影響

彙整表 2.1-2 顯示，MX-80 與 KV-1 膨潤土經過電滲加速或乾溼循環試驗後，其於海水、高鹼性、高酸性環境中的最終回脹壓力皆較小於淡水環境，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，相較於未經電滲加速或乾溼循環試驗的膨潤土，其最終回脹壓力的減少幅度皆超過 50%，水力傳導度也皆約增加 3.3 倍以上。

2.2 坑道開挖影響與工程對策

本工作項目依照 2 處建議候選場址的地質特性與處置設施配置，分別採用連續體與不連續體 2 種不同模式進行水力耦合數值模擬。其中，連續體模式採用 FLAC3D 進行，主要係假設坑道圍岩均勻鬆動，分析開挖影響區內力學性質與水力傳導特性改變對周圍地下水流場影響；而不連續體模式則係採用 3DEC，並假設坑道圍岩具有一組優勢裂隙，透過不連續體數值分析，探討優勢裂隙對周圍地下水流場可能造成的影響。開挖過程採用臺階工法(上、下)兩階段進行開挖，依序分為 4 個階段(Stage I ~ Stage IV)：(I)處置坑道上半臺階開挖至監測點、(II)處置坑道上半臺階開挖完成、(III)處置坑道下半臺階開挖至監測點、(IV)處置坑道下半臺階開挖完成。

此外，亦彙整 2 處建議候選場址進行開挖時可能遭遇之困難，並依據文獻回顧或業界可行之技術，提供相應之工程處理對策作為後續規劃設計工作之參考。

2.2.1 均勻鬆動裂隙對流場之影響

由於實際現場坑道施工過程中，開挖擾動的影響會導致岩體水力傳導係數產生變化，因此本節採用連續體軟體 FLAC3D 進行分析，並以 Rutqvist et al.(2009)所提出之經驗公式做為依據，透過擷取各開挖階段(Stage I ~ Stage IV)後的圍岩軸差應變 (Deviatoric Strain)，來推求岩體之水力傳導係數 K (Hydraulic Conductivity)變化分布，並結合力學塑性區概念，重新建構岩體開挖損傷與擾動的範圍。

分析以莫爾庫倫模式(Mohr-Coulomb Model)模擬岩體行為，其力學材料參數則延續前期「處置坑道力學特性分析報告」(台電公司，2019b，p.3-16)內所之中等岩體強度參數，如表 2.2-1 所示，做為分析之岩體材料參數。

表 2.2-1 2 處建議候選場址之岩體參數

建議候選場址	台東縣達仁鄉			金門縣烏坵鄉		
岩體強度	良好	中等	較差	良好	中等	較差
單位重 (KN/m ³)	26.7	26.7	26.7	25.6	25.6	25.6
凝聚力 (MPa)	0.55	0.38	0.28	1.36	1.11	0.96
摩擦角 (degree)	33	30	26	57	57	56
變形模數 (GPa)	0.79	0.43	0.22	21.58	16.77	13.75
抗拉強度 (MPa)	0.22	0.10	0.04	0.42	0.31	0.25
柏松比	0.26	0.26	0.26	0.28	0.28	0.28
側向壓力係數 K	1.20	1.20	1.20	1.32	1.32	1.32

現地應力條件之垂直應力採用岩覆單位重計算，側向與垂直應力比值，烏坵候選場址採用 1.32；達仁候選場址採用 1.2；邊

界條件為上邊界為應力邊界，並依據模式隧道深度位置，於上邊界施加對應的垂直覆土應力，其餘邊界均為滾支承(roller)邊界，即與邊界垂直方向之位移為零；二處候選場址之三維數值模型詳圖 2.2-1。

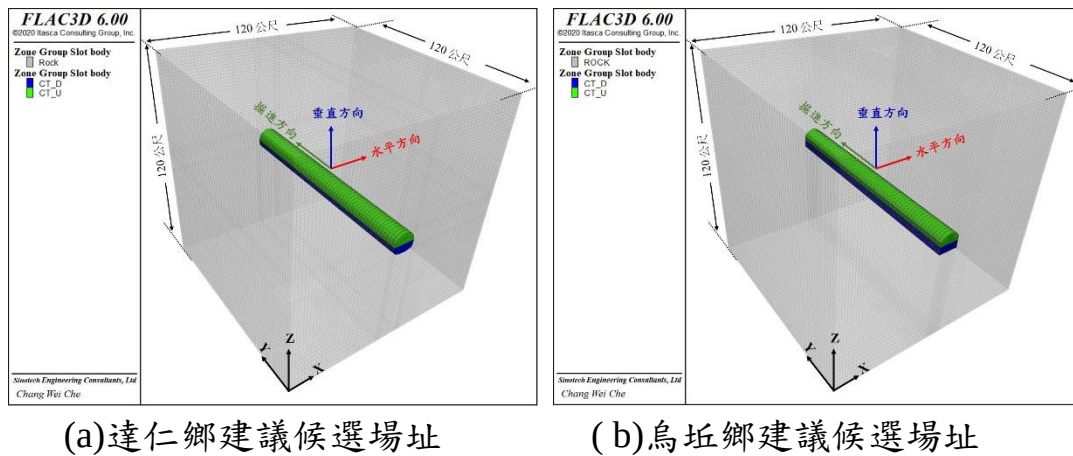


圖 2.2-1 三維數值模型

一、達仁鄉建議候選場址之損傷與擾動影響分析成果

圖 2.2-2 為開挖過程之水力傳導係數變化，圖 2.2-4 為開挖過程之水力傳導係數分布與影響範圍。透過觀察各階段之分析成果可得知，達仁鄉建議候選場址在開挖完成後，該損傷區域內(塑性區)水力傳導係數值約 $1.202 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ 。仰拱處的損傷範圍(5.06 m)會明顯大於頂拱處(2.66 m)與側壁處(3.32 m)，同時所產生的開挖擾動範圍成呈現橄欖球狀如錯誤! 找不到參照來源。(h)，各監測點位向外延伸的擾動範圍，依序為頂拱 24.52 m(約 4.05 R)、側壁 34.0 m(約 5.61 R)、仰拱 28.47 m(約 4.69 R)，R 為坑道半徑。

二、烏坵鄉建議候選場址之損傷與擾動影響分析

圖 2.2-3 為開挖過程之水力傳導係數變化，圖 2.2-5 為開挖過程之水力傳導係數分布與影響範圍。透過觀察各階段之分析成果可得知，烏坵鄉建議候選場址在開挖完成後，僅有些微的損傷區域分布於側壁與角隅處，損傷範圍皆發生在 1 m 的網格寬度內，頂拱區的圍岩幾乎沒有產生損傷，表示烏坵鄉建議候選場址之圍

岩自持穩定能力仍相當足夠各監測點位向外延伸的擾動範圍依序為：頂拱 10.02 m(1.87 R)、側壁 32.39 m(6.03 R)、仰拱 16.08 m(2.99 R)、角隅 17.35 m(3.23 R)，R 為坑道半徑。

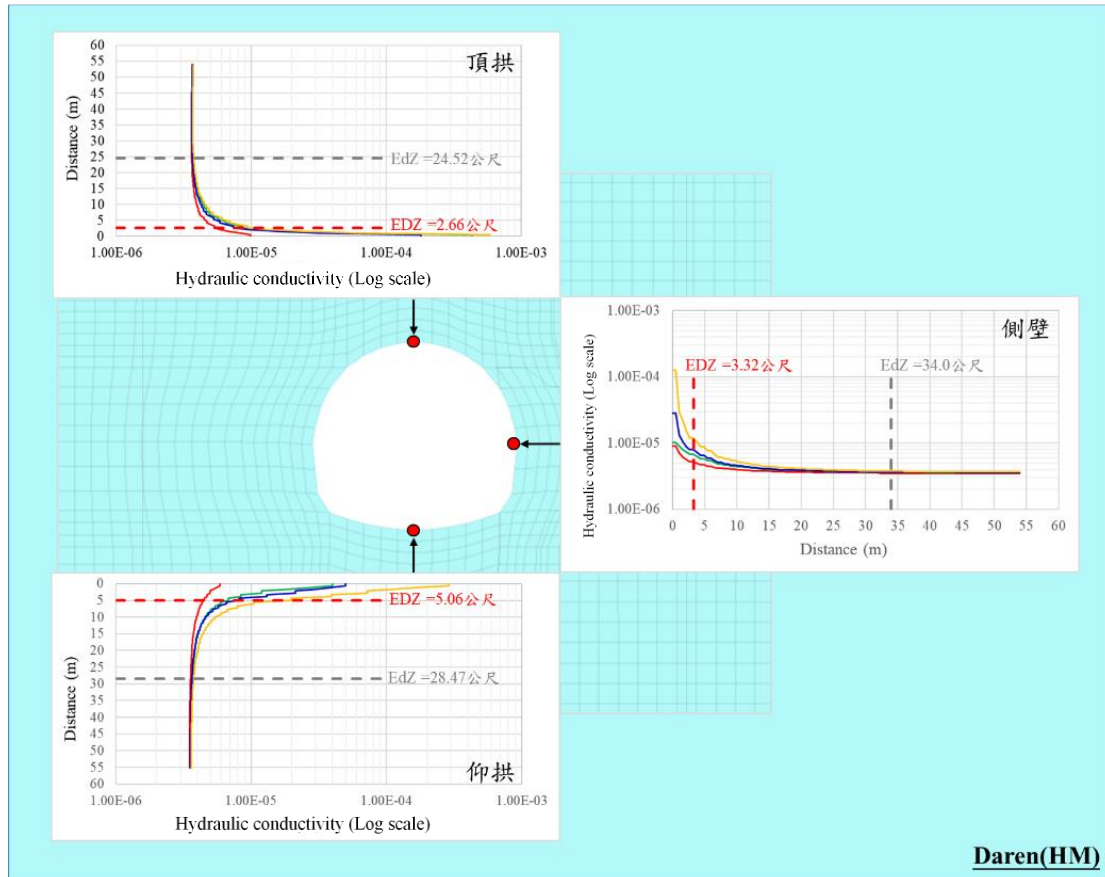


圖 2.2-2 達仁鄉建議候選場址開挖過程之水力傳導係數變化

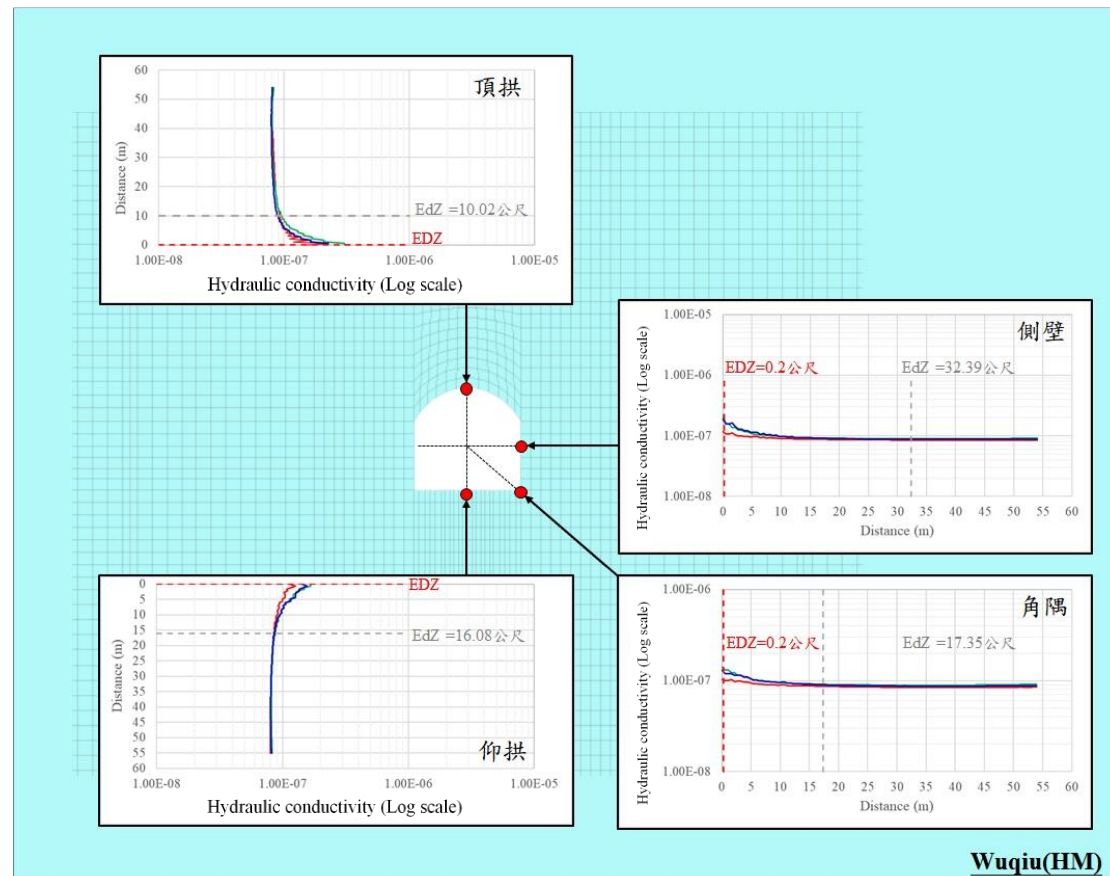
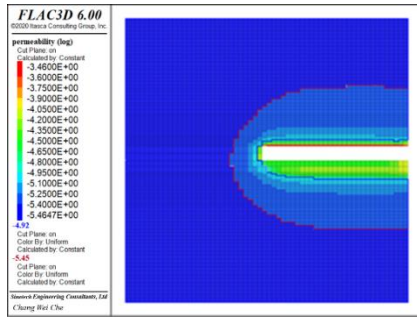
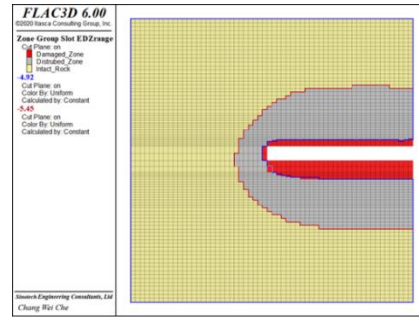


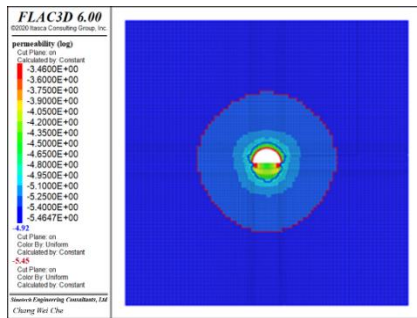
圖 2.2-3 烏坵鄉建議候選場址台階開挖過程之水力傳導係數變化



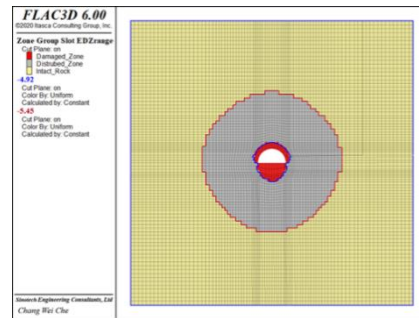
(a) 水力傳導係數變化分布-Stage I



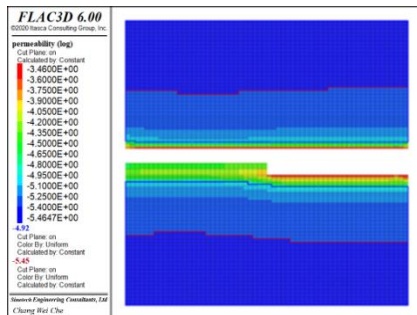
(b) 損傷與擾動範圍-Stage I



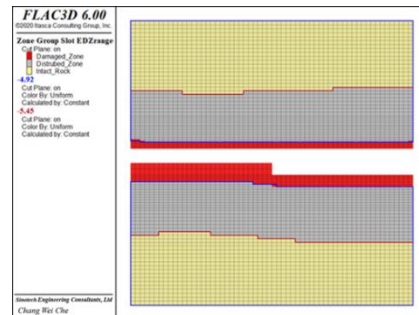
(c) 水力傳導係數變化分布-Stage II



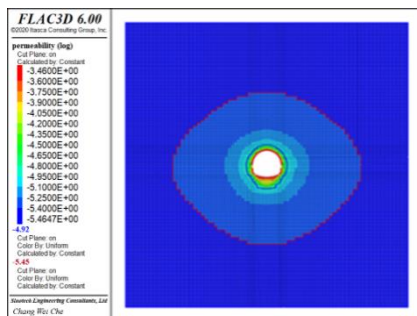
(d) 損傷與擾動範圍-Stage II



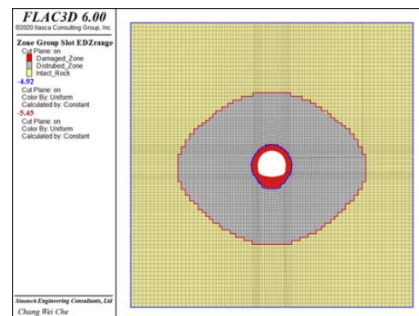
(e) 水力傳導係數變化分布-Stage III



(f) 損傷與擾動範圍-Stage III

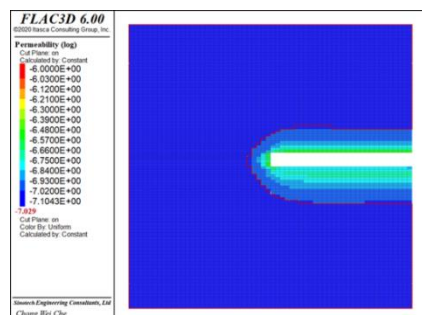


(g) 水力傳導係數變化分布-Stage IV

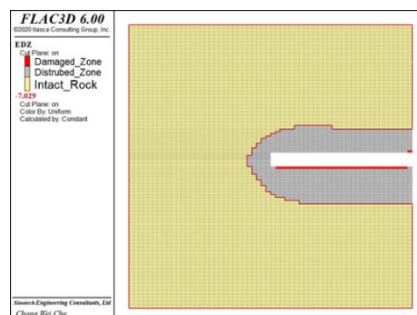


(h) 損傷與擾動範圍-Stage IV

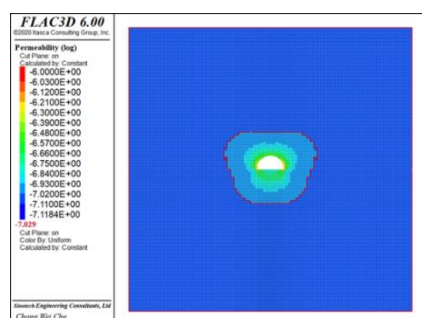
圖 2.2-4 台階開挖過程之損傷與擾動分析-達仁鄉建議候選場址



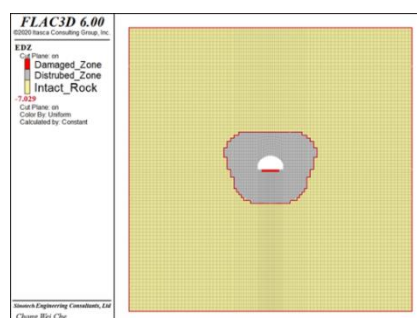
(a) 水力傳導係數變化分布-Stage I



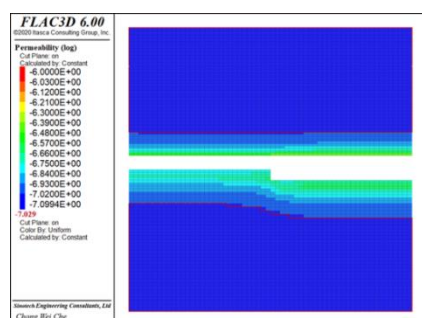
(b) 損傷與擾動範圍-Stage I



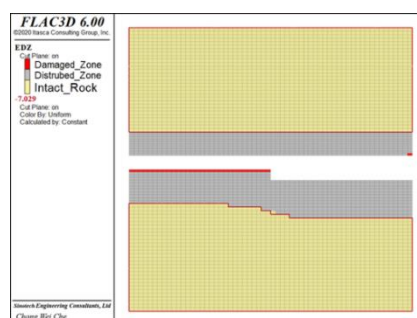
(c) 水力傳導係數變化分布-Stage II



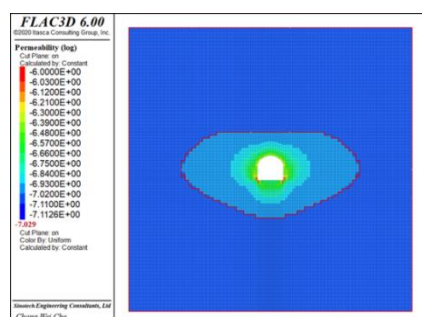
(d) 損傷與擾動範圍-Stage II



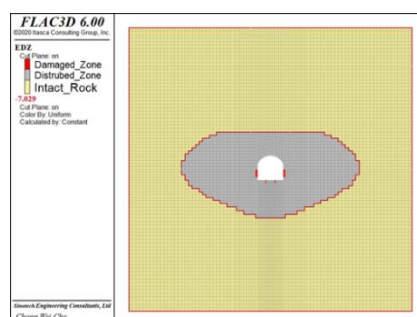
(e) 水力傳導係數分布-Stage III



(f) 損傷與擾動範圍-Stage III



(g) 水力傳導係數分布-Stage IV



(h) 損傷與擾動範圍-Stage IV

圖 2.2-5 烏坵鄉建議候選場址開挖過程之損傷與擾動分析

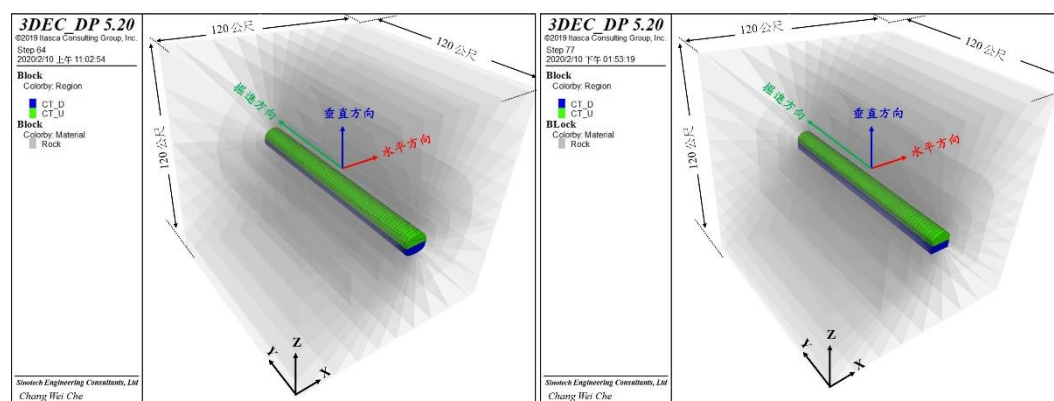
2.2.2 優勢裂隙對流場之影響

本項工作分別依據 2 處建議候選場址或鄰近區域之現地調查資料，歸納出具代表性之弱面位態，於數值模型中置入一條該位態之優勢裂隙之節理元素(Joint Element)，並同樣依據 2 處建議候選場址之地質特性與處置設施配置，進行水力耦合(Hydro-Mechanical Coupling)的數值分析，探討優勢裂隙對周圍地下水流場可能造成的影響。

分析之空間、邊界條件、開挖順序等及岩石材料參數大致與前述之連體分析相同(表 2.2-2 之中等參數)，裂隙之力學參數如表 2.2-2，二候選場址之分析網格詳**錯誤！找不到參照來源。**

表 2.2-2 候選場址裂隙參數

裂隙參數	單位	達仁鄉建議候選場址	烏坵鄉建議候選場址
正向勁度	GPa/m	10	100
剪切勁度	GPa/m	10	100
內摩擦角	度	20	20
凝聚力	Pa	0	0
拉力強度	Pa	0	0
膨脹角	度	5	5
裂隙內寬	mm	0.279	1
位態(傾角/方位角)	度	12.5/77.9	80/343



(a)達仁鄉建議候選場址

(b)烏坵鄉建議候選場址

圖 2.2-6 三維數值模型

一、達仁鄉建議候選場址之分析成果

達仁鄉建議候選場址現階段以走向接近南北向的劈理作為該場址之優勢裂隙，故本分析所採用之優勢裂隙傾角(Dip Angle)與傾向方位角(Dip Direction)分別為 12.5 度與 77.9 度。透過觀察圖 2.2-7 之各開挖階段之水壓趨勢(以俯視角度)，可以發現相較於無優勢裂隙的分析結果，在使用優勢裂隙的模式中，水壓呈現不對稱分布，在坑道壁面與裂隙的截切處，呈現低水壓的趨勢。

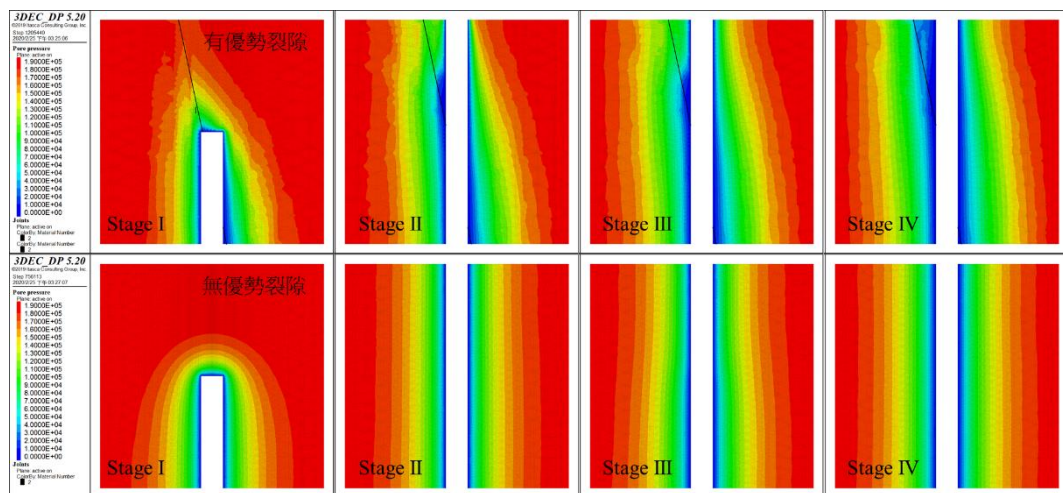


圖 2.2-7 有無優勢裂隙差異於臺階開挖階段之水壓變化彙整

而本分析透過 3DEC 數值分析可得到於開挖過程之水力開口內寬變化，隨後將藉由冪次律(Power Law)進行水力傳導係數演算，則可獲得裂隙面上之水力傳導係數分布變化趨勢如圖 2.2-8 所示。此外，透過分析成果亦可發現可以發現因開挖解壓行為所引致的裂隙剪切破壞(Shear Failure)，約鄰近於坑道壁面外圍約 2 m 範圍內，而針對剪切破壞(Shear Failure)範圍 2 m 內外差異，內部因開挖解壓與剪切破壞作用，水力傳導係數約增加 100 倍，然而外部因切向應力擠壓裂隙，水力傳導係數則約減少 10 倍，如圖 2.2-9。

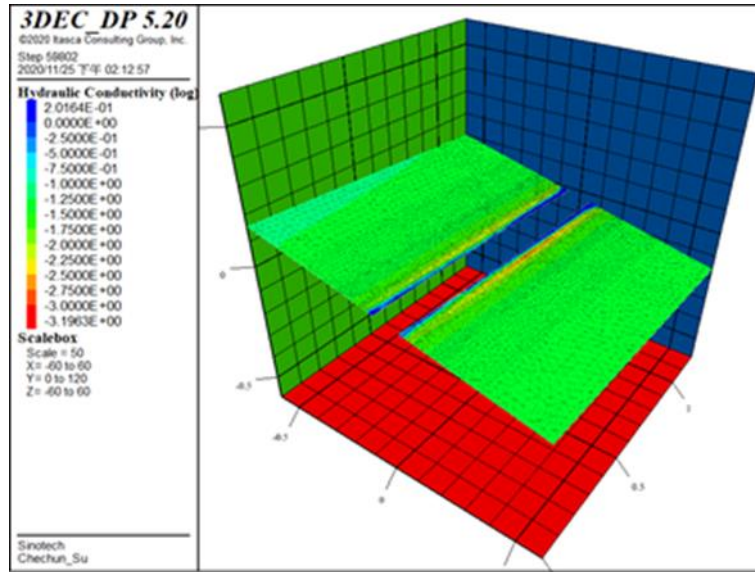


圖 2.2-8 坑道開挖完成後之水力傳導係數變化圖

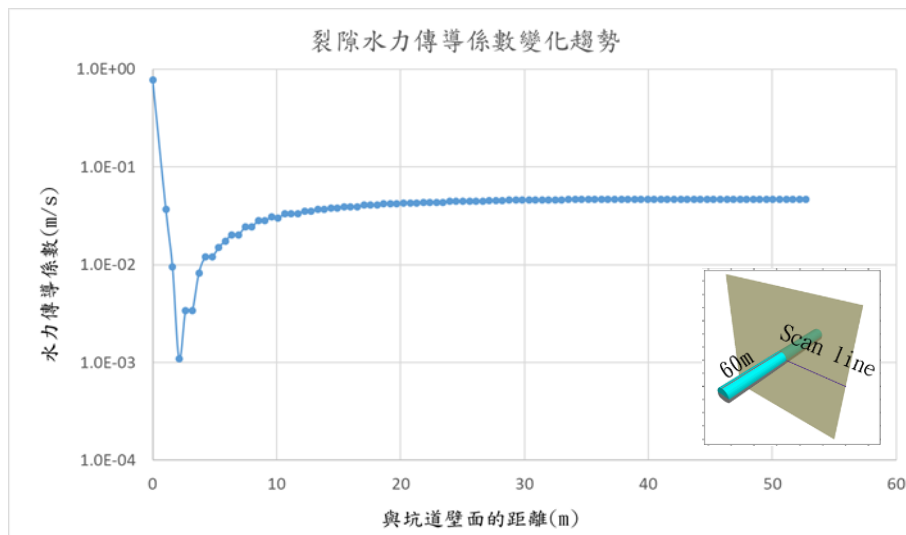


圖 2.2-9 測線上之水力傳導係數變化趨勢

二、烏坵鄉建議候選場址之分析成果

烏坵鄉建議候選場址由於附近並無可供參考之地質調查資料，故本分析採用工研院於小坵嶼所進行之地質鑽孔資料，作為裂隙參數設定之參考依據，其優勢裂隙傾角與傾向方位角分別為 80 度與 343 度，裂隙內寬則依據孔內攝影於地表下 80m 深所測得之值，將內寬設定為 1mm。透過觀察圖 2.2-10 之各開挖階段之

水壓趨勢，可以發現當開挖面通過優勢裂隙時，大量的水流經優勢裂隙挹注，造成裂隙面上與附近岩體水壓迫降，經計算後可以發現由優勢裂隙流出之水量約為 25,654 L/min，而由岩體流出之水量僅約為 344 L/min，故對於本烏坵鄉建議候選場址而言，流場分析的控制主導權主要在於優勢裂隙的掌握。

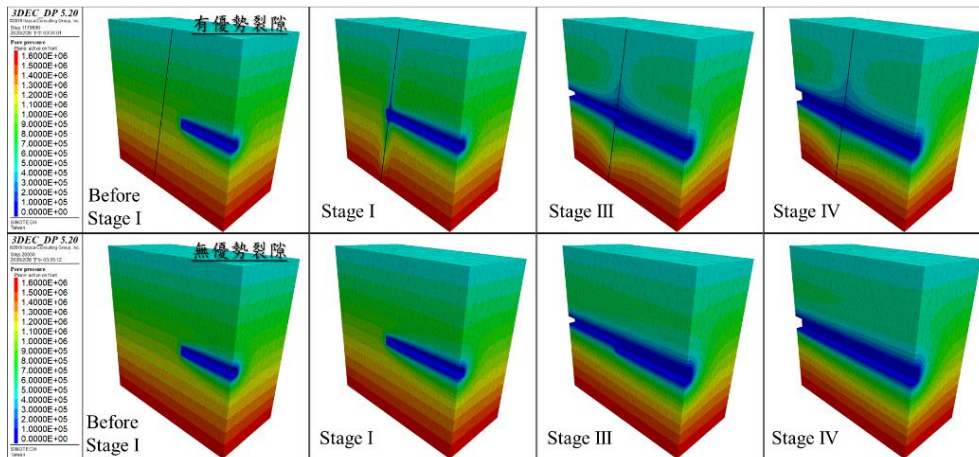


圖 2.2-10 有無優勢裂隙存在之臺階開挖階水壓變化

此外，藉由分析結果亦可發現，由於裂隙的水力內寬變化幅度極小，故裂隙面上水力傳導係數變化亦發現無顯著變化，如圖 2.2-11 所示，其中最大水力傳導係數僅增加約為初始值的 1.3 倍，如圖 2.2-12 所示。

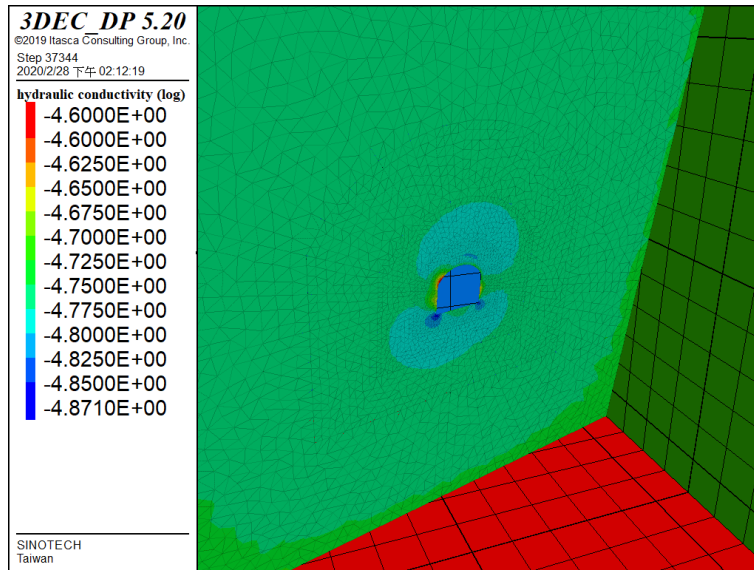


圖 2.2-11 開挖結束後之水力傳導係數變化圖

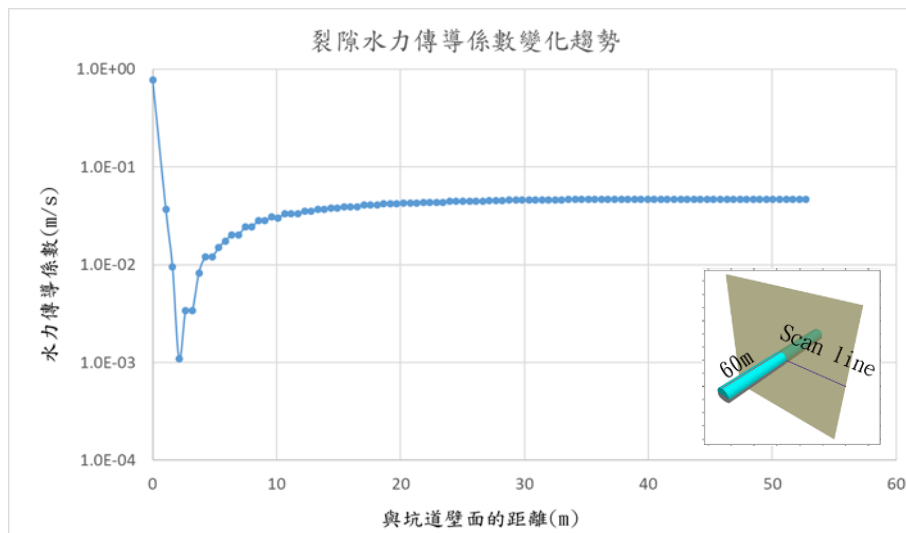


圖 2.2-12 測線上之水力傳導係數變化趨勢

利用 FLAC3D 與 3DEC 數值分析軟體，建立 2 種不同的水力耦合分析技術。其中，FLAC3D 適用於岩體具均勻鬆動裂隙，其流場受岩體之水力傳導係數控制；而 3DEC 則係適用於岩體中存在優勢裂隙，其流場受優勢裂隙之水力傳導係數所控制。待未來場址確認並取得現地調查資料後，即可針對實際的地質條件選用適切的分析工具，以獲得準確之數值模擬成果。

2.2.3 工程對策

我國現行公告之 2 處建議候選場址其一之烏坵鄉建議候選場址，其處置設施位於海平面以下，係屬海底隧道。然而國內目前仍未有以鑽炸法或機械開挖的隧道施工案例，故本章擬蒐集彙整國外之海底隧道施工案例，包括隧道所處之地質環境、採用開挖工法、施工遭遇災害及因應對策等，作為烏坵鄉建議候選場址之規劃設計參考。此外，亦考量 2 處建議候選場址之特性，彙整建議候選場址進行開挖時可能遭遇之困難，並依據文獻回顧或業界可行之技術，提供相應之處理對策，以作為後續相關規劃設計之參考，建議之工程對策彙整如表 2.2-3：

表 2.2-3 工程對策彙整表

項次	工程對策	簡要說明
一	補充地形測量、地質探查及選址調查	隧道越長，地質條件之掌握度也更形重要，故應於設計階段應辦理相關地形測量、地質調查作業，包含更高精度之地形測量、地表地質調查、地質鑽孔、相關試驗、震波探測、地電阻影像剖面探測等，並據以建立 2 處建議候選場址之三維地質圖，以進一步釐清 2 處建議候選場址之地質狀況。
二	超挖控制爆破技術	超挖控制爆破技術可實現坑道開炸斷面更接近設計斷面的形狀及控制實際出渣數量與設計挖方之比例，對於開挖面周邊岩體之擾動亦較低。
三	開挖前預灌漿	由於岩石之抗拉強度遠低於其壓力強度，因而發生張力破壞，產生對應之張力裂隙。因此若能於開挖前，沿開挖面外緣進行灌漿，將岩體天然之裂隙、空洞或不連續面以工程手段予以填充，將可降低爆炸震波反射，減少張力裂隙的生成，達成控制開挖損傷的目的。
四	不排水隧道設計	為避免本計畫坑道開挖引致之開挖損傷，造成圍岩水力傳導係數提高，間接產生核種外釋或核種傳輸之風險，可於設計階段評估全線均設置仰拱並採不排水隧道設計之可行性，如採全周式防水膜包覆、檢討採用水密性水泥或摻料等。
五	施工中地質探查	坑道施工時全線可進行前進探查孔概估開挖面前方之地質狀況，並依施工前之相關補充地質調查成果，針對坑道可能通過岩性變化交界面、破碎帶、剪裂帶及斷層帶等弱面區段規劃進行坑道前方震波探測(Tunnel Seismic Prediction, TSP)，以確實掌握開挖面前方之地質條件。若預期前方有地下水豐富區段，則輔以坑道前方電阻影像剖面探測(Resistivity Image

項次	工程對策	簡要說明
		Profile, RIP), 以探查地下水文與地層之關係, 預先掌握開挖面前方地質狀況, 並進行必要之處置, 俾減少抽坍及湧水對於施工之衝擊。
六	規劃設計及施工中水文地質觀測與分析	為確實掌握 2 處建議候選場址之水文地質狀況、湧水潛能以及施工對鄰近區域水資源環境影響, 建議 2 處建議候選場址於規劃設計階段蒐集計畫區水文地質背景資料, 據以掌握工區附近之集水區及地質構造分布, 以進行一系列之水文地質調查及分析, 並建立鄰近區域三維水文地質概念模型進行相關分析。並於 2 處建議候選場址於施工期間持續進行水文地質觀測, 並據以修正水文地質模型。
七	先撐工法	為確保坑道開挖施工安全性, 並減少開挖引致之變位量, 避免隧道頂拱抽坍及擾動, 建議於坑道開挖通過前採管幕先撐工法。針對鑽孔與鋼棒間之空隙以水泥系漿液低壓灌注填充, 管幕鋼管則採水泥系或化學系漿液進行固結灌漿。
八	止水灌漿及抽排水工法	針對坑道可能開挖通過之地質弱帶, 可採用灌漿工法以增加岩盤自立性及止水性。針對可能湧水區段, 主要採用「以堵為主, 以排為輔」理念, 於開挖面鑽設灌漿管, 灌注化學系漿材以阻絕或減少地下水入滲, 並於左右側壁打設排水鋼管排水, 並配合規劃遭遇大湧水時之緊急抽排水設備及擋水牆。
九	開挖面預加固	針對坑道開挖可能遭遇之地質弱帶, 為確保隧道支撐作業施作期間之開挖面穩定性, 可考量於前進開挖面系統性打設可削式管材(如玻璃纖維管(Glass Fiber Reinforced Polymer, GFRP))進行預加固, 以提供類似岩栓之加勁效果。
十	短台階工法	為確保本計畫坑道通過地質弱帶時台階降挖之施工安全、減少開挖擾動及隧道變形, 可配合以短台階工法進行降挖作業, 亦即於隧道下半部斷面兩側台階開挖後, 立即進行永久仰拱支撐工閉合, 以有效控制地盤之整體變位量, 大幅提高降挖安全性。
十一	其他施工中輔助工法	為提昇坑道開挖之穩定性、減少開挖擾動及隧道變形, 2 處建議候選場址坑道通過地質弱帶時尚可採行多項補助工法, 包括縮短開挖輪進、加噴噴凝土、支保腳加勁、雙層先撐管幕、臨時仰拱閉合與側壁補強鋼管等予以補強。

此外, 考量 2 處建議候選場址地質狀況仍以「鑽炸法搭配場鑄 RC 襯砌」施工較為合適, 惟針對坑道開挖通過地質弱帶、洞口附近以及環境敏感點, 可經評估後改採機械開挖工法, 而隧道採鑽炸法施工區段則可搭配開炸減震對策施工, 以減輕環境衝擊以及開挖擾動。

2.3 低放射性廢棄物最終處置場廢棄物接收規範

低放射性廢棄物最終處置場廢棄物接收規範(以下簡稱廢棄物接收規範)為實踐處置場運轉安全與長期處置安全之第一要件，透過廢棄物接收規範對廢棄物進行管制，以確保處置場運轉安全與長期處置安全可如預期。本次廢棄物接收規範納入前期 2016 年廢棄物接收規範研擬成果(台電公司，2016)，同時納入現階段處置場運轉規劃(台電公司，2019a)與安全評估(台電公司，2019b)成果，使廢棄物接收規範可更加符合處置場作業需求與強化處置安全管理。

本次廢棄物接收規範共計 20 條(表 2.3-1)，可分為「一般性條件」、「廢棄物之物理及化學特性」，以及「廢棄物之輻射特性」三大領域。「一般性條件」是對於廢棄物盛裝容器之類型、總重、標示與完整性，以及對於提出處置申請所須符合的接收條件；「廢棄物之物理及化學特性」是針對如自由水含量、爆炸性物質、耐火特性、有毒物質、生物傳染性物質、有害事業廢棄物，以及固化體品質，這些廢棄物體的具體要求與接收條件；「廢棄物之輻射特性」是說明廢棄物處置時須提供哪些輻射相關資料供處置場查驗，例如核種活度濃度或比活度、廢棄物分類(A0 類、A1 類、B 類與 C 類)、非固著表面污染限制，以及輻射度量之校正與比例因數資料要求。

表 2.3-1 低放射性廢棄物最終處置場廢棄物接收規範

一般性條件	
第 1 條	低放射性廢棄物最終處置場接收之盛裝容器如下： 一、55 加侖桶 二、HPCC 三、7 m ³ 鋼箱 四、其他主管機關核准之盛裝容器。
第 2 條	低放射性廢棄物盛裝容器(含廢棄物體)總重限制如下： 一、55 加侖桶以 0.734 公噸為上限 二、7 m ³ 鋼箱不得超過 17.7 公噸為上限 三、低放射性廢棄物高性能混凝土處置容器以 1.82 公噸

	為上限。
第 3 條	廢棄物盛裝容器表面須具清晰可見之標誌。 標誌內容至少須包含廢棄物盛裝容器編號、表面劑量率與輻射示警標誌。 若屬運輸與處置兩用盛裝容器，得準用「放射性物質安全運送規則」對包件之標誌規範。
第 4 條	盛裝容器應確保其完整性，於廢棄物接收時不得有破損、裂縫、明顯凹陷與腐蝕等現象。
第 5 條	廢棄物運送至處置場前，申請單位須向處置場提出書面申請，同時於處置場廢棄物處置資訊系統進行登錄。 前項申請須同時繳交「放射性物質運送許可證」與「廢棄物查驗證明」(表 2.3-2)之證明文件。
廢棄物之物理及化學特性	
第 6 條	廢棄物盛裝容器應在符合該容器總重上限內盡可能裝載廢棄物，以減少需要運送到處置場進行處置之廢棄物包件。
第 7 條	廢棄物所含之自由水體積以不超過廢棄物總體積之 0.5% 為上限。
第 8 條	為確保廢棄物在常溫常壓下不致引起爆炸，申請處置之廢棄物不得含有易爆炸性材料，或是容易與空氣、水或漿液反應引發爆炸危險之材料。
第 9 條	為避免廢棄物在遭受火災意外事故時快速產生放射性物質擴散，申請處置之廢棄物須具耐火性及不可點燃之特性。
第 10 條	廢棄物不得含有有毒性物質，或不得含有與空氣、水、漿液或其他物質接觸後，會生成或有能力產生有毒液體、氣體、蒸氣或煙霧之物質。
第 11 條	為確保盛裝容器之使用年限，廢棄物不得含具腐蝕性或可能導致盛裝容器預期功能和完整性降低之物質。
第 12 條	廢棄物不得含有具生物性、傳染性與引起疾病之物質。
第 13 條	廢棄物若混合有害事業廢棄物時，其處理方式與接收限制得須同時符合相關環保法規，並於包件表面與文件記錄中標示。
第 14 條	處置場僅接收台灣地區產生之低放射性廢棄物。
第 15 條	運送至處置場的廢棄物須進行固化。 其中運轉固化廢棄物須符合本廢棄物接收規範第 16 條均勻固化體之規範。 若廢棄物不適合固化者，則須以主管機關核准之維持一百年結構完整性容器(A 類廢棄物)或高完整性容器(B 類廢棄物與 C 類廢棄物)裝載，惟處置場可接收之廢棄物盛裝容器，須符合本廢棄物接收規範第 1 條之規範。
第 16 條	均勻固化後之廢棄物，其廢棄物特性與相關測試須符合

	「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第 6 條之規定。
廢棄物之輻射特性	
第 17 條	廢棄物須度量以下核種之活度濃度(Bq/m³)或比活度(Bq/kg)： 一、H-3 二、C-14 三、Ni-59 四、Co-60 五、Ni-63 六、Sr-90 七、Nb-94 八、Tc-99 九、I-129 十、Cs-137 十一、U-235 十二、Pu-238 十三、Pu-239 十四、Pu-240 十五、Pu-241 十六、Am-241
第 18 條	廢棄物須依據放射性核種度量結果，將廢棄物分為 A 類、B 類與 C 類。
第 19 條	廢棄物盛裝容器須度量表面劑量率。 盛裝容器外部表面之非固著污染必須盡可能合理抑低，且在任何情況下非固著之 α 放射性核種不得超出 0.4 Bq/cm²，β 與 γ 放射性核種不得超出 4 Bq/cm²。
第 20 條	執行放射性核種度量與廢棄物盛裝容器表面劑量率度量之設備須進行例行性校正。 處置場為查驗廢棄物度量與難測核種之推估值，得要求申請單位提供相關推導或計算方式。

表 2.3-2 低放射性廢棄物最終處置場廢棄物檢視表

低放射性廢棄物最終處置場廢棄物檢視表			
文件編號：		廢棄物處置申請端人員簽章	
檢視日期：		檢視人員簽章	
項目	檢視內容	檢視結果	
盛裝容器相關			
1.	廢棄物盛裝容器是否為處置場可接收之容器？ 盛裝容器類型：_____	是 ☐	否 ☐
2.	盛裝容器表面是否完整，且無顯著的生鏽或凹陷？	是 ☐	否 ☐
3.	盛裝容器表面標誌是否清晰？	是 ☐	否 ☐
4.	標誌中是否包含廢棄物容器專屬編號、表面劑量率與相關管制機關要求之資料？ 若未標示完全，說明缺乏項目：_____	是 ☐	否 ☐
5.	盛裝容器(包含廢棄物)之重量是否符合廢棄物盛裝容器之設計載重？	是 ☐	否 ☐
6.	若有必要，將調閱此批盛裝容器之驗收資料，確保盛裝容器尺寸符合處置場接收標要求？ 若未調閱，請於此處打勾：未調閱 ☐	是 ☐	否 ☐
物理及化學特性			
7.	廢棄物中是否含有自由水？	是 ☐	否 ☐
8.	若廢棄物中含有自由水，其自由水體積是否低於廢棄物總體積之 0.5%？ 若無含自由水，請於此打勾：不適用 ☐	是 ☐	否 ☐
9.	廢棄物是否含有容易產生爆裂性的材料？	是 ☐	否 ☐
10.	廢棄物是否具有耐火特性？	是 ☐	否 ☐
11.	廢棄物是否具有有毒物質？	是 ☐	否 ☐
12.	廢棄物是否具有腐蝕性物質？	是 ☐	否 ☐
13.	廢棄物是否具有感染性物質？	是 ☐	否 ☐
14.	廢棄物是否混有有害事業廢棄物？	是 ☐	否 ☐
15.	若廢棄物中有混合有害事業廢棄物，是否處理程序符合相關環保規範？ 若無混有害事業廢棄物，請於此打勾：不適用 ☐	是 ☐	否 ☐
16.	盛裝容器內之廢棄物是否已完成固化程序？	是 ☐	否 ☐
17.	若不適合固化之廢棄物，是否依主管機關核准之盛裝容器裝載？	是 ☐	否 ☐

低放射性廢棄物最終處置場廢棄物檢視表			
文件編號：		廢棄物處置申請端人員簽章	
檢視日期：		檢視人員簽章	
項目	檢視內容	檢視結果	
	若為適合固化者，請於此打勾：不適用 ☐		
18.	廢棄物類型，是否符合處置場接收之廢棄物源與型態？	是 ☐	否 ☐
19.	均勻固化體廢棄物，是否有經過批次抽樣檢測或留有相關品保文件，證實其品質符合均勻固化廢棄物之要求？	是 ☐	否 ☐
輻射特性			
20.	是否完整記錄廢棄物核種資料與核種活度(或是比活度、活度濃度)？核種資料至少應包含處置場所考量之關鍵核種資料。	是 ☐	否 ☐
21.	是否記錄廢棄物分類資料(A、B 或 C)，以及分類是否正確？	是 ☐	否 ☐
22.	是否量測與記錄盛裝容器表面劑量率？	是 ☐	否 ☐
23.	盛裝容器表面非固著污染是否低於以下條件： β 、 γ ：4 Bq/cm ² α ：0.4 Bq/cm ²	是 ☐	否 ☐
24.	執行廢棄物輻射度量之設備是否有例行性進行校正，藉以確認輻射度量數值之準確性？	是 ☐	否 ☐
25.	是否具備完整文件，說明廢棄物活度與所含之放射性核種推估方式？	是 ☐	否 ☐

由於現階段低放射性廢棄物的核種活度大都為推估之結果，例如現階段除役廢棄物的核種活度並非實際度量結果而是預估值，仍具有高度不確定性，故在安全評估時採用保守性的代表核種清單，以每一個廢棄物分類的各個核種，取其最高活度作為代表，並依照核種釋出特性區分為「活化金屬廢棄物」與「非活化金屬廢棄物」，原因在於活化金屬廢棄物所含核種是因金屬受到腐蝕而緩慢釋出，其他非屬活化金屬廢棄物的廢棄物則假設在低放處置場封閉時瞬時完全溶解在水中。此外，再考量廢棄物數量預估之不確定性，故以處置場設計容量 75 萬桶作為安全評估。

根據前述安全評估基礎，廢棄物源項與數量如表 2.3-3，表示當各類廢棄物低於此濃度時，可符合處置場安全評估條件，故可允

予接收，而處置場預期封閉(2100 年)時之整場活度為 2.85×10^{15} Bq。此外，廢棄物於運送過程則須符合「放射性物質安全運送規則」之劑量率規範。

表 2.3-3 處置場安全評估之廢棄物源項與數量

單位：Bq/桶

	A0		A1		B		C	
	非活化金屬	活化金屬	非活化金屬	活化金屬	非活化金屬	活化金屬	非活化金屬	活化金屬
數量(桶)	286,182	1,360	400,365	18,875	26,131	933	15,564	590
H-3	7.93×10^6	0	6.92×10^8	3.27×10^5	1.07×10^8	1.56×10^6	1.04×10^8	1.60×10^8
C-14	5.29×10^6	6.63×10^3	9.79×10^7	1.67×10^7	8.98×10^8	1.47×10^8	3.54×10^9	5.28×10^9
Ni-59	4.71×10^5	3.90×10^4	1.02×10^7	9.22×10^7	6.30×10^7	8.24×10^8	4.23×10^8	2.86×10^{10}
Co-60	7.03×10^7	5.81×10^6	1.51×10^9	1.91×10^9	9.40×10^9	2.35×10^{10}	1.18×10^{10}	1.57×10^{12}
Ni-63	5.77×10^7	4.77×10^6	1.24×10^9	9.66×10^9	1.43×10^{10}	8.61×10^{10}	5.32×10^{10}	3.01×10^{12}
Sr-90	6.48×10^4	0	1.17×10^7	9.75×10^{-5}	5.10×10^8	7.59×10^{-5}	7.61×10^8	6.36×10^{-2}
Nb-94	1.12×10^3	9.27×10^1	8.36×10^4	1.23×10^5	6.62×10^6	9.07×10^5	8.97×10^7	4.60×10^7
Tc-99	9.36×10^4	0	4.51×10^6	2.45×10^1	1.02×10^7	1.37×10^2	8.41×10^7	1.10×10^4
I-129	5.24×10^4	0	2.51×10^6	0	5.04×10^6	0	9.78×10^7	0
Cs-137	4.52×10^6	0	1.32×10^8	0	2.86×10^9	0	1.75×10^9	0
Pu-241	4.47×10^5	0	5.79×10^7	0	4.99×10^7	0	3.37×10^9	0

備註：(1)計算活度為 2040 年。

(2)僅顯示「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」附表所列之元素。

2.4 低放處置設施結構、系統與組件具體規劃

本報告主要針對低放處置設施運轉階段重要的結構、系統與組件(Structures, Components and Systems，以下簡稱 SSCs)進行探討，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 清單與研判潛在可能發生的事件類型，接著針對各類事件進行後果影響分析，最後在針對 SSCs 進行分類與擬訂管理措施。

報告內容首先說明國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)對於核能電廠運轉階段之 SSCs 考量與分類概念，以及美國核能安全管制委員會(Nuclear Regulatory Commission, NRC)對於高放處置設施之 SSCs 規範，依照 SSCs 之精神與目的及參考 IAEA 與 NRC 在 SSCs 之盤點方式，擬定台灣低放處置場之 SSCs 盤整流程。接著，考慮處置場運轉階段的安全

功能，包含輻射防護、圍阻、隔離，以及監測與控制，說明處置場如何從場址特性、處置設施設計、運轉作業中，逐步實現安全功能目標，盤整出實現安全功能目標之 SSCs 清單。再依照建議候選場址基本特性、處置設施概念設計成果、處置場運轉規劃、處置作業流程等，逐步研判自然事件與人為事件對處置設施安全功能之影響，並盤整各類事件之發生頻率以及將導致的潛在後果。依照事件導致的潛在後果分析，說明各類事件的潛在曝露途徑、劑量評估方式，以及對工作人員或周圍居民的劑量分析結果，進而將各類事件區分為「高嚴重事故」1 項、「中嚴重事故」3 項與「低嚴重事故」6 項。最後，綜整事件作用過程、事件頻率與相關之 SSCs 與事故嚴重程度分類結果，整合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。

一、相關規範與執行架構

在缺乏既有可依循之低放處置設施 SSCs 規範之情況下，參考同為處置設施類型之美國 10 CFR 60 (NRC, 2016) 規範與適用於核能電廠 SSCs 之 IAEA SSG-30 (IAEA, 2014) 方法論內容，制定本報告之執行架構如圖 2.4-1 所示：

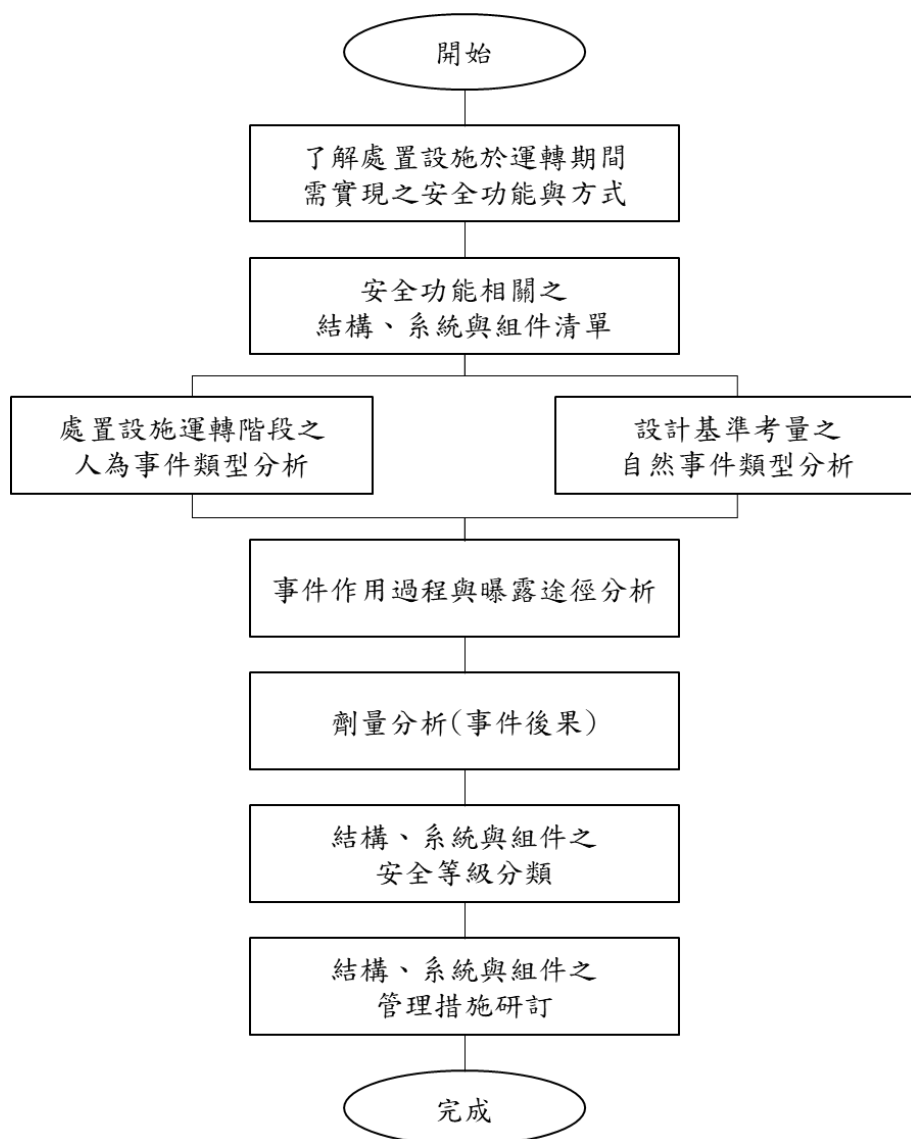


圖 2.4-1 結構、系統與組件分類之工作執行流程圖

二、結構、系統與組件識別

經彙整運轉期間之處置安全功能、場址特性與運轉期間安全功能關聯性、處置設施及作業與運轉期間安全功能關聯性等，相關之 SSCs 如表 2.4-1 所列。

表 2.4-1 處置作業與安全功能相關之結構、系統與組件彙整表

地點	作業內容	結構、系統與組件	安全功能關聯性
接收港與專用運輸道路	運輸船到港檢查-包件表面劑量率檢測	廢棄物包件	實現圍阻與輻射防護安全功能
		手持式偵測器	確認輻射防護功能無損壞
	廢棄物卸載-自運輸船卸載與裝載製運輸車輛	廢棄物包件	實現圍阻與防護安全功能
		起重機與其吊具	避免發生包件墜落事件，而損壞包件圍阻與輻射屏蔽功能
	廢棄物運送至接收大樓	廢棄物包件	實現圍阻與防護安全功能
		運輸車輛與包件固定裝置	避免包件於運輸過程中墜落，而損壞包件圍阻與輻射屏蔽功能
接收大樓卸載區	卸載區作業	廢棄物包件	實現圍阻與輻射防護安全功能
		卸載區屏蔽牆	實現輻射屏蔽功能
		接收大樓結構	提供結構穩定性，避免作業機具與屏蔽牆發生倒塌情況
		運輸車輛與包件固定裝置	避免包件於運輸過程中墜落，而損壞包件圍阻與輻射屏蔽功能
		橋式起重機與其吊具、堆高機	避免發生包件墜落事件，而損壞包件圍阻與輻射屏蔽功能
		手持式偵測器	確認運送容器無污染，協助實現輻射防護功能
接收大樓檢查區	檢查區作業	廢棄物包件	實現圍阻與輻射防護安全功能
		盛裝容器	實現圍阻功能
		檢查區屏蔽牆	實現輻射屏蔽功能
		接收大樓結構	提供結構穩定性，避免作業機具與屏蔽牆發生倒塌情況
		區域輻射監測儀與續空浮監測儀	確認檢查區之環境輻射狀態，協助實現輻射防護功能
		純鍮偵檢器、碘化鈉偵檢器	檢核 55 加侖桶所含核種活度與交運文件登載是否相同，協助執行被動安全特徵的監測與管控安全功能
		空調過濾系統	避免發生污染事件，協助實現輻射防護功能
		門型與橋式起重機與其吊具	避免發生包件墜落事件，而損壞包件圍阻與輻射屏蔽功能
接收大樓分流區	分流區作業	廢棄物包件	實現圍阻與輻射防護安全功能
		分流區屏蔽牆	實現輻射屏蔽功能
		接收大樓結構	提供結構穩定性，避免作業機具與屏蔽牆發生倒塌情況

地點	作業內容	結構、系統與組件	安全功能關聯性
聯絡坑道與處置坑道	處置作業-專用車輛運輸	廢棄物包件	實現圍阻與防護安全功能
		運輸車輛與包件固定裝置	避免包件於運輸過程中墜落，而損壞包件圍阻與輻射屏蔽功能
	處置作業-卸載與裝載	廢棄物包件	實現圍阻與輻射防護安全功能
		起重機與其吊具	避免發生包件墜落事件，而損壞包件圍阻與輻射屏蔽功能
	處置作業-裝載至處置窖	額外屏蔽設備與遠端遙控系統	實現工作人員之輻射防護功能
		處置窖	實現工作人員之輻射防護功能
聯絡坑道外	處置作業-專用運輸車輛退出處置坑道	門型偵檢器	確認運輸載具及運送容器無污染，協助實現輻射防護功能
運輸車輛所在地	與運輸車輛相關之作業	廢棄物包件	實現圍阻與輻射防護安全功能
		消防設備與系統	避免運輸車輛起火燃燒影響廢棄物包件之圍阻與輻射防護安全功能
接收大樓	接收大樓內所有作業	廢棄物包件	實現圍阻與輻射防護安全功能
		消防設備與系統	避免機具/設備故障後起火燃燒影響廢棄物包件之圍阻與輻射防護安全功能

三、事件作用過程分析與事件劑量影響分析

綜整包含港口作業、專用運輸道路作業、接收大樓作業、聯絡坑道及處置坑道作業、火災等各類型作業，考量其人為事件與自然事件等各種事件型態，並進行事件劑量影響分析。根據事件造成的劑量影響程度區分：高嚴重事故，單一事件劑量超過 50 mSv；中嚴重事故，單一事件劑量影響介於 10 mSv 至 50 mSv；低嚴重事故，單一事件劑量影響介於 1 mSv 至 10 mSv。而當劑量影響低於 1 mSv 時，則不對事件進行分級。表 2.4-2 彙整出事件嚴重程度分級，其中高嚴重事故有 1 項，中嚴重事故有 4 項，低嚴重事故有 5 項，其他類型事件之劑量影響皆低於 1 mSv。

表 2.4-2 事件嚴重程度分級表

高嚴重事故	中嚴重事故	低嚴重事故
● 海嘯襲擊事件 7 m³ 鋼箱	● 廢棄物包件圍阻功能失效-落海塊狀逸散廢棄物之 C 類 7 m³ 鋼箱 ● 接收大樓屏蔽牆產生 1 cm 之裂縫 ● 海嘯襲擊事件(55 加侖桶置於 7 m³ 鋼箱) ● 海嘯襲擊事件 HPCC	● 廢棄物包件圍阻功能失效-陸地塊狀逸散廢棄物之 C 類 7 m³ 鋼箱 ● 廢棄物包件圍阻功能完整-落海情境 C 類 7 m³ 鋼箱 ● 火災事件 C 類 7 m³ 鋼箱 ● 接收大樓屏蔽牆產生 0.1 cm 或 0.5 cm 之裂縫 ● 結構物屏蔽牆產生 0.5 cm 或 1 cm 之裂縫

表 2.4-2 中所列各項事故之情境與假設內容分別說明如下。

(一)海嘯襲擊事件 7 m³ 鋼箱

海嘯侵襲事件發生時，最嚴重的事故為整艘運輸船受到海嘯襲擊而翻覆，使船上所有的運輸容器墜落於海洋中，假設海嘯襲擊後需花費 22 個工作天進行廢棄物包件打撈處理，且廢棄物為 7 m³ 鋼箱所裝載 C 類廢棄物之情境。

(二)廢棄物包件圍阻功能失效-落海塊狀逸散廢棄物之 C 類 7 m³ 鋼箱

本項為 7 m³ 鋼箱 C 類廢棄物落海而失去圍阻功能，進而導致出現塊狀廢棄物逸散時，其處理程序包含打撈破損的廢棄物包件，以及回收塊狀逸散廢棄物。

(三)接收大樓屏蔽牆產生 1 cm 之裂縫

接收大樓為處置場內暫存廢棄物包件之場所，當此處之屏蔽牆受損時，將可能造成人員曝露劑量，評估時假設接收大樓內堆置的廢棄物類型為 B 類與 C 類 7 m³ 鋼箱。

(四)海嘯襲擊事件(55 加侖桶置於 7 m³ 鋼箱)

與第 1 項海嘯襲擊事件相似，而廢棄物為 55 加侖桶置於 7 m³ 鋼箱內。

(五)海嘯襲擊事件 HPCC

與第 1 項海嘯襲擊事件相似，而廢棄物為 HPCC。

(六)廢棄物包件圍阻功能失效-陸地塊狀逸散廢棄物之 C 類 7 m³ 鋼箱

本項為 7 m³ 鋼箱 C 類廢棄物包件墜落於陸地，破損廢棄物包件失去圍阻功能，導致塊狀廢棄物逸散之情境，處理程序包含處理破損的廢棄物盛裝容器，以及處理塊狀逸散廢棄物。清理過程中工作人員受到的曝露途徑考量包含逸散廢棄物造成的直接輻射曝露，以及污染揚塵導致的攝入曝露與空氣浸身曝露。

(七)廢棄物包件圍阻功能完整-落海情境 C 類 7 m³ 鋼箱

在 7 m³ 鋼箱 C 類廢棄物包件落海時，圍阻功能完整的狀態下，將廢棄物包件從海中吊離，惟考量海中作業的不便性與困難性，因此假設需耗費較長的處理作業時間。

(八)火災事件 C 類 7 m³ 鋼箱

由於 7 m³ 鋼箱 C 類廢棄物包件在火災事件中仍可維持圍阻功能完整性，因此事件處理過程為人員滅火、確認容器完整性，以及重新吊卸後執行運送作業，事件處理期間受到廢棄物包件造成的直接輻射曝露。

(九)接收大樓屏蔽牆產生 0.1 cm 或 0.5 cm 之裂縫

與第 3 項接收大樓屏蔽牆裂縫事件相似，裂縫寬度為 0.1 cm 或 0.5 cm。

(十)結構物屏蔽牆產生 0.5 cm 或 1 cm 之裂縫

與第 3 項屏蔽牆裂縫事件相似，但其結構物類型包含接收大樓、混凝土窖型處置坑道之處置窖及高阻水型處置坑道之處置窖，裂縫寬度為 0.5 cm 或 1 cm。

四、結構、系統與組件安全規劃

根據以上分析結果，並依照事故嚴重性逐項檢討其安全等級分類及分析後，彙整與安全功能相關之結構系統組件之安全等級分類。當同一 SSCs 具有 2 種不同安全等級分類時，需設定為等級較高之分類。分析結果如下：

- (一)安全等級分類 2：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。
- (二)安全等級分類 3：除 C 類 7 m³ 鋼箱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。

根據「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第 10 條之規定，低放處置設施與安全有關係統及組件之設計，應可進行檢查、維護及測試、防範可預期之天然災害、具備緊急應變功能，以及具有相互替代性或備份。相關安全功能失效成因與因應對策研擬如下：

(一)與圍阻功能相關之結構系統組件潛在失效成因與對策分析

1.C 類廢棄物之 7 m³ 鋼箱廢棄物包件：

因 7 m³ 鋼箱本體之屏蔽功能並不高，假設墜落事故發生時其外加屏蔽將因撞擊而脫離，加上 C 類廢棄物具有較高強度之光子輻射，因而導致工作人員於執行各類應變措施時之劑量增幅較高。雖然提升容器之輻射屏蔽功能將有助於降低工作人員執行應變作業之總劑量，但並無法避免包件自較高之高度墜落時，可能導致圍阻功能減損。

由於棄廢棄物體並非屬於均勻固化體，在盛裝容器圍阻功能減損後，廢棄物體經撞擊後可能破裂成塊而脫離盛裝容器，產生污染事件。因此，當作業地點為接收港時，由於廢棄物包件可能在墜落後掉入海水中，導致該地點發生此類包件墜落事件之威脅性比其他地點高。

2.吊運廢棄物包件之起重機與吊具：

由於現階段規劃採用之廢棄物包件屬乙型工業包件，依其重量差異，最高可抵抗 1.2 m 以下高度之墜落事件對圍阻功能之影響。因此，當吊運高度超過其可抵抗之墜落高度後，包件及無法保障於發生墜落事件時之圍阻功能不會受損。

若能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，均可避免發生墜落事件。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。均可有效避免發生墜落事件。

(二)與輻射防護功能相關之結構系統組件潛在失效成因與對策分析

依分析結果顯示，此事故狀況僅發生於 C 類廢棄物之 7 m³ 鋼箱之輻射屏蔽設施功能受損時。分析其輻射防護功能相關 SSCs 失效之主因，為發生設計基準地震導致屏蔽設施產生裂縫，其次為 C 類廢棄物之 7 m³ 鋼箱本體屏蔽功能不足。

從提升設計功能考量加以改善，可提升 C 類廢棄物之 7 m³ 鋼箱本體屏蔽功能。而提升結構耐震功能要求，雖可提升屏蔽牆耐震能力，但當發生其設計基準地震事件時，仍無法避免發生裂縫損壞等現象。此外，提升結構耐震功能要求時，對應之地震基準事件將從「中發生頻率」事件降至「低發生頻率」事件，但其相關 SSCs 仍維持安全等級分類 3。

若改由運轉規劃策略規劃著手，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。可訂定避免將 C 類廢棄物之 7 m³ 鋼箱貯存於緊臨屏蔽設施之位置。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降低其影響。

若屬於高阻水型處置坑道內處置窖之廢棄物堆置作業，由於處置窖厚度與封閉後之安全功能有關，固可直接規劃於處置窖邊

先堆置相同廢棄物流之 B 類廢棄物之 7 m³ 鋼箱，提供廢棄物包件之自屏蔽功能，亦可避免發生此類事故。

(三)火災事件所引發之事故

依前述分析可知，火災事故將不致影響廢棄物包件之圍阻功能。但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。

此外，若能提升 C 類 7 m³ 鋼箱之屏蔽功能，即可有效降低工作人員於後續復原作業中所接收之劑量，應可自安全分類等級 3 降至不需分類。

(四)發生海嘯設計基準事件所引發之事故

其餘之 SSCs 失效事件，均與發生海嘯設計基準事件時之接收港作業有關。達仁鄉建議候選場址因地震所導致之海嘯高度約為 6m，烏坵鄉建議候選場址則不會高於 0.5m，研判此事故僅會發生於達仁鄉建議候選場址。

主要考量之作業地點為接收港，基於設計基準海嘯事件屬於低發生頻率事件，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，故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。因此，將朝向規劃緊急應變計畫，或避免運輸船載運整船之 C 類或 B 類廢棄物，藉以降低事件劑量影響。

參考文獻

1. 台電公司，2016，LLWD2-SA-2015-01-V08 低放射性廢棄物最終處置場廢棄物接收規範。
2. 台電公司，2019a，LLWD2-ED-2019-03-V04 低放處置場運轉規劃報告。
3. 台電公司，2019b，LLWD2-SA-2019-08-V05 低放射性廢棄物最終處置建議候選場址安全評估報告。
4. 交通部中央氣象局網站，2020，網頁資料：<https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/index.jsp>，擷取日期：2020/8/28。
5. IAEA, 2014, Safety Standards Series No. SSG-30, Safety Classification of Structures, Systems and Components in Nuclear Power Plant.
6. Jonny Rutqvist, Lennart Børgesson, Masakazu Chijimatsu, Jan Hernelind, Lanru Jing, Akira Kobayashi, Son Nguyen, 2009, Modeling of Damage, Permeability Changes and Pressure Responses during Excavation of the TSX Tunnel in Granitic Rock at URL, Canada.
7. NRC, 2016, 10 CFR 60, Disposal of High-Level Radioactive Wastes in Geologic Repositories.
8. SKB, 2001, Modelling of long-term concrete degradation processes in the Swedish SFR repository, R-01-08, p.19~p.22.
9. SKB, 2005, Modelling the geochemical evolution of the multi-barrier system of the Silo of the SFR repository, R-05-80, p.29~p.33.
10. SKB, 2010, Design, production and initial state of the buffer, TR-10-15, p.20~p.26.

本頁空白。

第3章 建立處置需求管理系統與資料庫

本計畫與處置需求管理系統發展有關的工作項目，於 109 年度已完成「處置需求管理系統」、「特徵事件作用資料庫」、「場址特性參數資料庫」，目前經系統開發整合後可由統一管理介面進行操作，下面就目前工作成果進行說明。

3.1 處置需求管理系統架構

透過發展處置需求管理系統(Requirements Management System, RMS)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。列舉發展處置需求管理系統之目的如下：

- 一、幫助決策：藉由場址環境、工程設計與安全評估研究成果，幫助處置單位進行場址評估與篩選。
- 二、處置安全：羅列各項需求並檢視完成度，避免因技術範圍涉及甚廣而有疏漏。
- 三、溝通媒介：處置資訊透明化並幫助不同單位互動，如監管單位與營運單位、設計者與建造者、處置單位與民眾。
- 四、計畫管理：提供高階管理者進行管理、溝通、決策的平台，計畫管理者與執行者可藉由此平台追蹤並控管計畫進度。
- 五、紀錄資訊：紀錄處置事業進行期間所有的資訊，包含參數、決策依據、變更歷程，避免因新舊人員交替造成資訊斷層。

為達上述目的，參考與歸納國際經驗後，將 RMS 架構分成原始需求、功能需求及設計需求三大類，再對應三大類別細分為五階

層要求，分別為：L1 利害關係人需求、L2 系統需求、L3 次系統需求、L4 作業需求、L5 計畫需求，其架構如圖 3.1-1 所示。

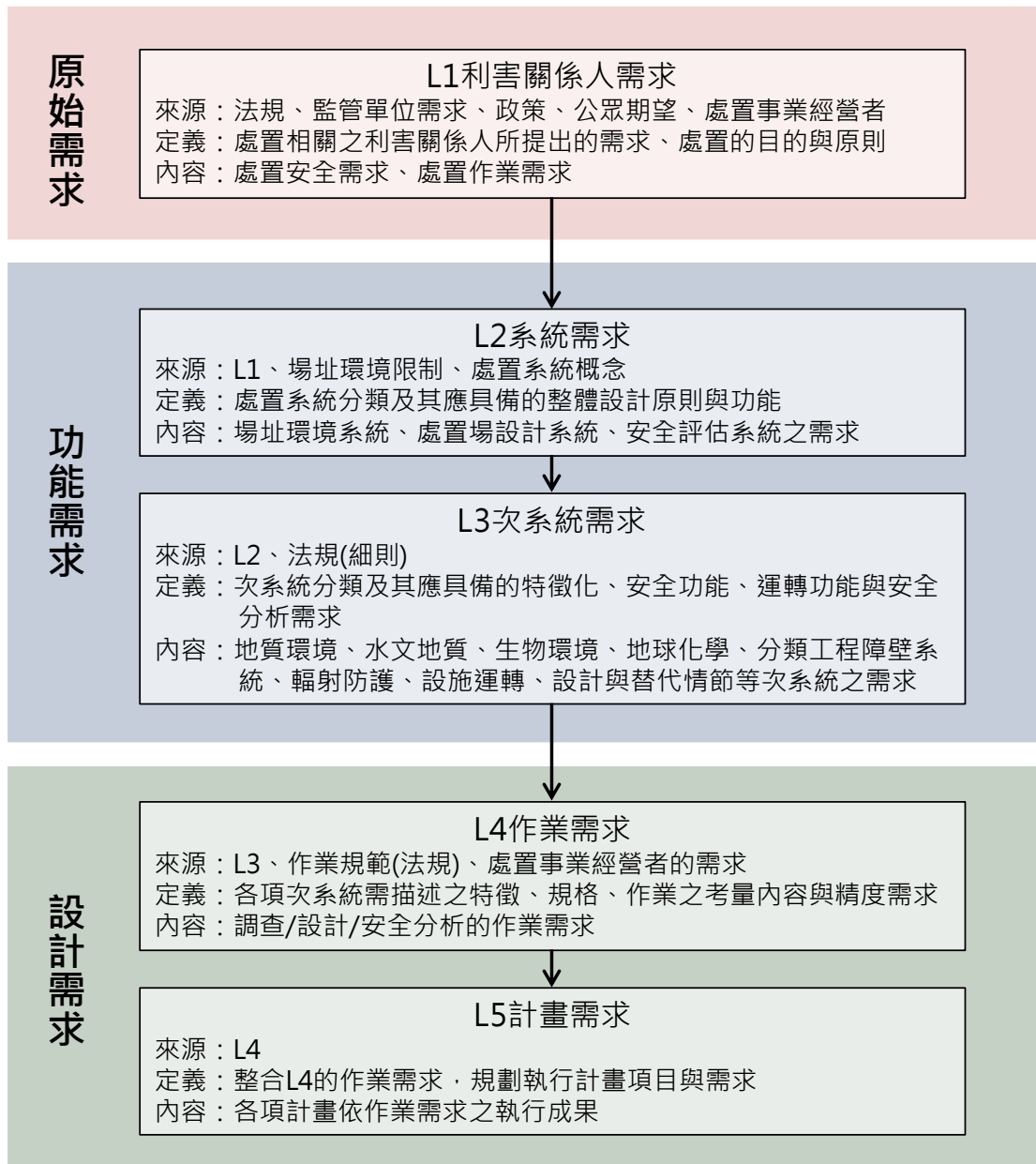


圖 3.1-1 RMS 階層架構圖

3.2 處置需求管理系統項目

為使 RMS 有系統性的管理與檢核各項處置管理需求與其對應的執行狀況，將 RMS 需求項目以處置作業流程及前述系統發展概念分為 6 大項：處置管理需求、處置設施場址特徵需求、處置設施長期安全需求、處置設施興建需求、處置設施運轉需求、處置設施封閉需求。綜合考量我國法規、標準、國際間各項安全管理指引與管制單位需求等相關資料，依低放處置場的場址特性、工程設計和安全管理等技術領域，以及處置計畫推動管理等。逐項建置出各項需求、對應規劃與執行結果現況，以及不同需求間之關聯性，進而發展出一對多或多對一的對應階層關係。以下將針對上述 6 個分項，分別說明其 RMS 階層架構之內容與建置概要：

一、處置管理需求

處置管理需求 5 階層架構內容如圖 3.2-1 所示，圖中的數字代表該階層已建置之需求數量統計。第 1 階層屬於上位要求，主要依據國內外為了確保低放處置場可安全的處置廢棄物，所訂定之法規要求與安全原則，將其概分為「廢棄物類型管理」、「安全管理要求」，以及「許可與紀錄」等 3 類。

「廢棄物類型管理」主要依據「處置場廢棄物接收標準」報告內容與現階段之廢棄物處理、運輸、處置場運轉與處置規劃中，與廢棄物管理具關連性的部分，透過「一般性條件」、「廢棄物之物理及化學特性」，以及「廢棄物之輻射特性」3 大分類，羅列第 4 階層之接收需求共 18 項，並逐一訂定試驗程序作為查驗，用以確認廢棄物是否符合接收標準，第 5 階層之接收需求共計 16 項。

「安全管理要求」需求訂定是依法規與 SSR 之相關要求，所訂定需求包含處置設施運轉年限規劃與處置設施劑量設計目標限值等，作為處置場進行分區分類處置設計、運轉作業規劃與處置設施服務年限等設計作業之基礎。其下階層要求，依據運轉或

除役廢棄物、廢棄物來源屬核能電廠或小產源、處理方法和廢棄物盛裝容器類型等相關需求，區分出 5 項第 5 階層之產源數量與特性分析需求。

許可與紀錄則僅列出第 1 階層要求，係因目前仍處於選址階段，尚未到達須提出許可申請的時間點，但仍需檢視法規內會對處置場設計規劃造成影響的許可條件規範，如：關於處置管制區土地所有權的許可要求條件、以及處置設施各作業活動與品保記錄之要求。

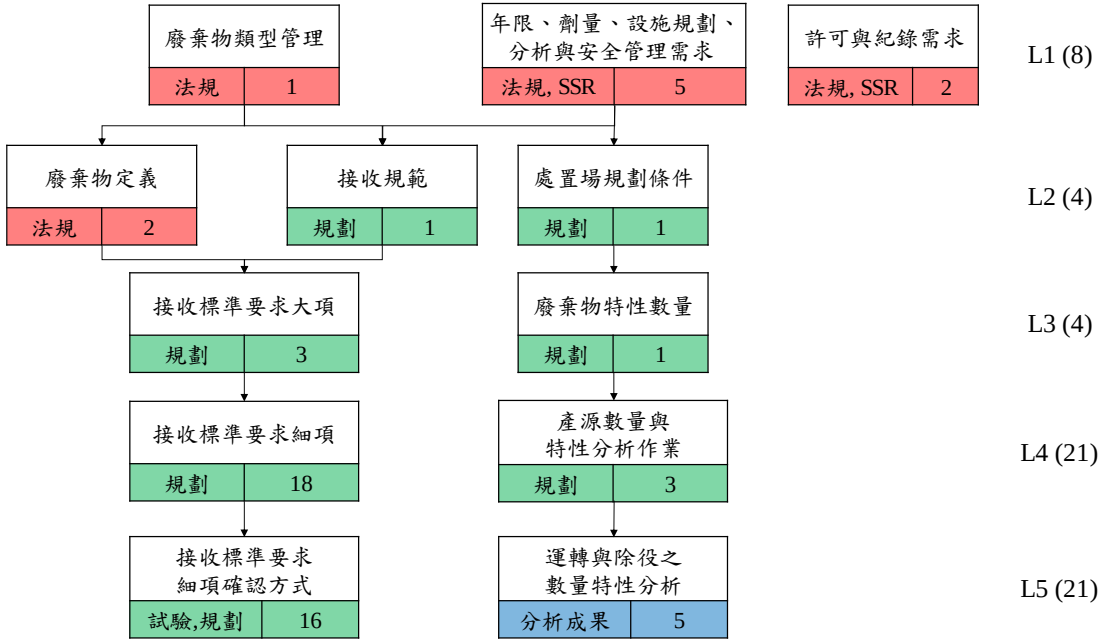


圖 3.2-1 處置管理各階層需求架構與需求數量

二、處置設施場址特徵需求

場址特性需求的 5 階層架構內容如圖 3.2-2 所示。為了避免低放處置場位處不利於處置的環境條件，並確保天然障壁可提供長期安全功能。在進入申照作業前，需進行場址選擇作業與場址調查作業。依我國選址作業推動方式，場址調查作業依其作業目標，可再區分為覆核場址條件與進行場址特徵化 2 大類。

場址選擇透過「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」與「低放射性廢棄物最終處置設施場址禁置地區之範圍進認定標準」之規範，將禁置標準與場址選擇程序需求建置於管理系統中。同時，自處置選址小組成立後至選出 2 處建議候選場址之對應需求處理結果，亦已記錄於系統中。

調查與特徵化則是透過場址特性調查與特徵化分析判斷場址適宜性。其需求研擬，主要是參考「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則」對於場址特性說明之要求，界定場址特的調查範疇與精度。調查類型區分為社會與經濟、地形與地貌、氣象、地質與地震、地表水、地下水、地球化學、天然資源、生態、輻射背景偵測、大地工程特性、交通狀況等 12 類。建置內容包含調查目標與要求、調查作業規劃與作業要求等。接續利用前述調查結果，針對可能影響處置安全的地質、水文地質、地球化學及生態環境等 4 個領域，進行場址特徵化分析。場址特徵化成果將作為安全分析、工程設計所涵蓋之場址特徵項目，確認場址在符合禁置標準條件下，仍滿足相關分析與設計需求。

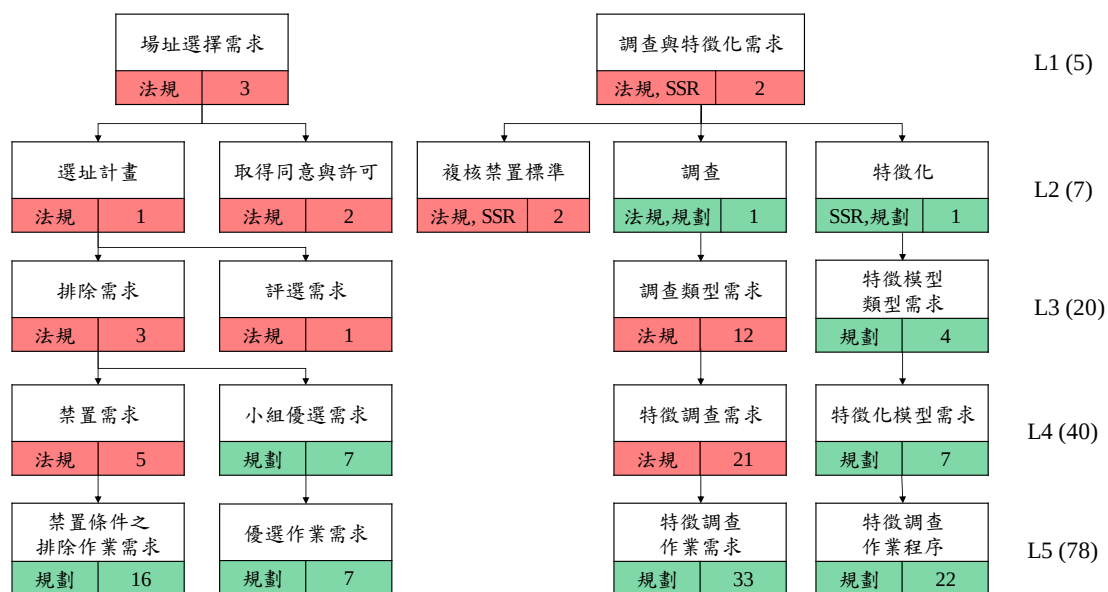


圖 3.2-2 處置設施場址特徵各階層需求架構與需求數量

三、處置設施長期安全需求

處置設施長期安全需求的 5 階層架構內容如圖 3.2-3 所示。為確保處置設施符合保護人類與環境安全，避免因輻射曝露而受到有害影響之安全目標。其多重障壁系統設計功能須依法規規定達成具有圍阻放射性廢棄物與其核種、具備遲滯核種之能力、避免或減緩受到可能會減損設施功能之自然現象影響與威脅，確保核種到達生物圈時，已不會對人類健康造成傷害。

為滿足上述要求，首先須將訂定主要處置安全功能目標，確保處置設施及其所規劃之設計，於運轉期間與封閉後皆能提供長期安全。而後，處置設施設計可分為處置障壁系統設計與輔助系統設計。工程障壁系統依現行規劃可分為：基礎型處置坑道、混凝土窖型處置坑道、高阻水型處置坑道等 3 種工程障壁系統，而輔助系統則包含：坑道系統、輔助區設施布置、排水、消防、空調通風、人員作業要求等 6 項設計需求。

為確保處置設施與安全有關之結構、系統及組件，其設計與維護規劃可實現處置設施運轉階段之安全功能。透過將定義影響安全功能之事件發生可能性、危害程度與安全等級分類之風險管理架構，依序執行識別與安全功能相關之 SSCs 清單、識別影響 SSCs 安全功能之事件、評估事件劑量影響，盤整於處置作業中各類事件之發生頻率及潛在後果、據以分析 SSCs 之安全等級分類。進一步對結構、系統、組件之安全管理作業進行規劃，確保 SSCs 可維持其安全功能與降低潛在危害。

依據 SSR-5 要求，須針對處置系統性能與安全進行反複評估，確保興建、運轉與封閉的各階段可行性與安全信可靠度。現行低放處置計畫規劃之安全評估方法與程序，主要將依循 IAEA 針對低放射性廢棄物處置場安全評估所建議方式執行。

其一，界定設計與替代情節，透過 FEPs 篩選需考量之特徵事件作用後，分析與推測處置場未來之氣候演化，依探討氣候演

化結果，探討氣候對於工程障壁系統可能造成之功能影響。依其事件與作用發生之可能性與不確定性，區分為設計情節與替代情節。

其二為依正常與異常情節內容，進行核種釋出與傳輸、障壁劣化過程，以及劑量分析等，確認工作人員有效劑量符合劑量限值。故需建立合適之環境演化、核種傳輸與劑量評估模型做為評估工具，以確保低放處置場的規劃和設計可達到預期之安全功能。

最後為人類無意闖入情節之分析需求，需先界定與建立適合建議候選場址與處置設施之人類無意闖入情節。現階段依處置設施型式，選擇最有可能發生之鑽探行為做為無意闖入行為，評估處置窖遭受破壞時對鑽探人員及周圍居民造成的劑量影響。

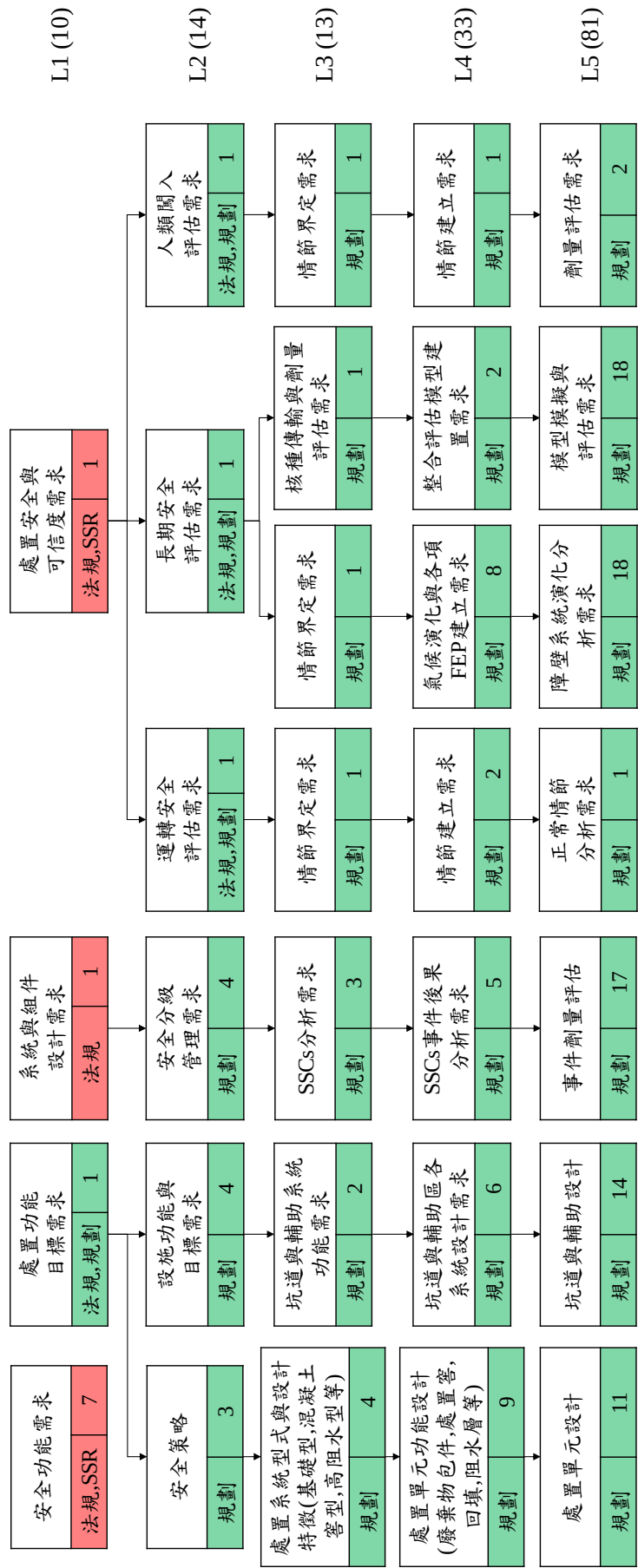


圖 3.2-3 處置設施長期安全各階段需求架構與需求數量

四、處置設施興建要求

設施興建核准的要求主要來自 SSR-5，由於低放處置作業目前尚處於選址階段，初步針對場址的概念設計架構訂定未來施工之相關基準，進而針對 2 處建議候選場址設定處置設施施工規劃，其包含材料機具、施工程序、施工期與運轉期職業安全衛生、水土保持、品質管制等 12 項原則進行說明與規劃。處置設施興建需求的 5 階層架構內容如圖 3.2-4 所示。

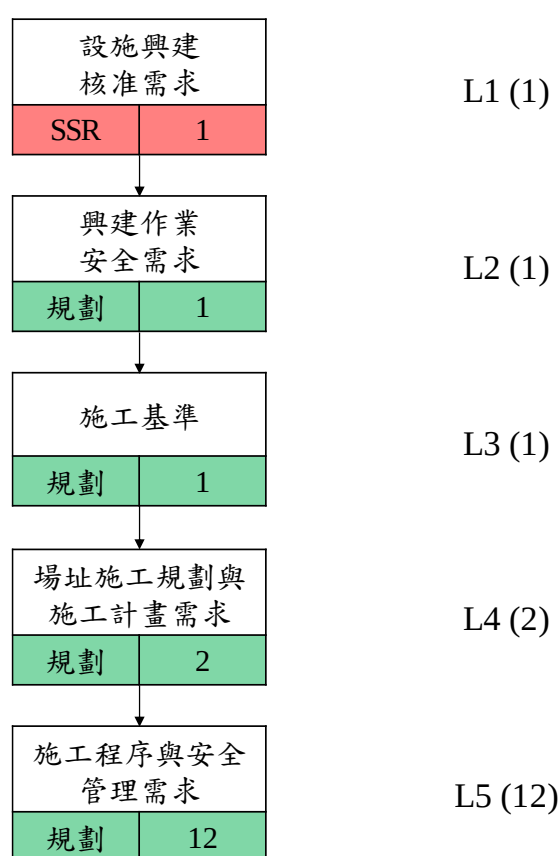


圖 3.2-4 處置設施興建各階層需求架構與需求數量

五、處置設施運轉要求

處置設施運轉功能與運轉安全管理的要求主要來自「低放射性廢棄物最終處置及其安全管理規則」與 SSR-5，處置設施需滿足設施安全管理要求，且依照主管機關所許可之條件與相關的控

管要求措施進行試運轉及申請核發運轉執照，以確保運轉期間安全性。處置設施運轉需求的 5 階層架構內容如圖 3.2-5 所示。

依據處置設施於運轉期間的作業系統要求，將分別針對運送前置作業、接收港卸載作業、接收檢查與暫存作業、整理與除污作業、處置作業等 5 項作業次系統之需求進行 19 項流程規劃與細項設計，持續監測與管控作業設備。並透過廢棄物運送前置作業管理、廢棄物接收與暫存作業管理、廢棄物處置作業管理等 3 項文件資訊管理，規劃廢棄物文件資訊、運送文件資料，對廢棄物進行共 17 項作業管理紀錄與核對，供未來建置文件資訊與管理系統時評估納入功能與要求。

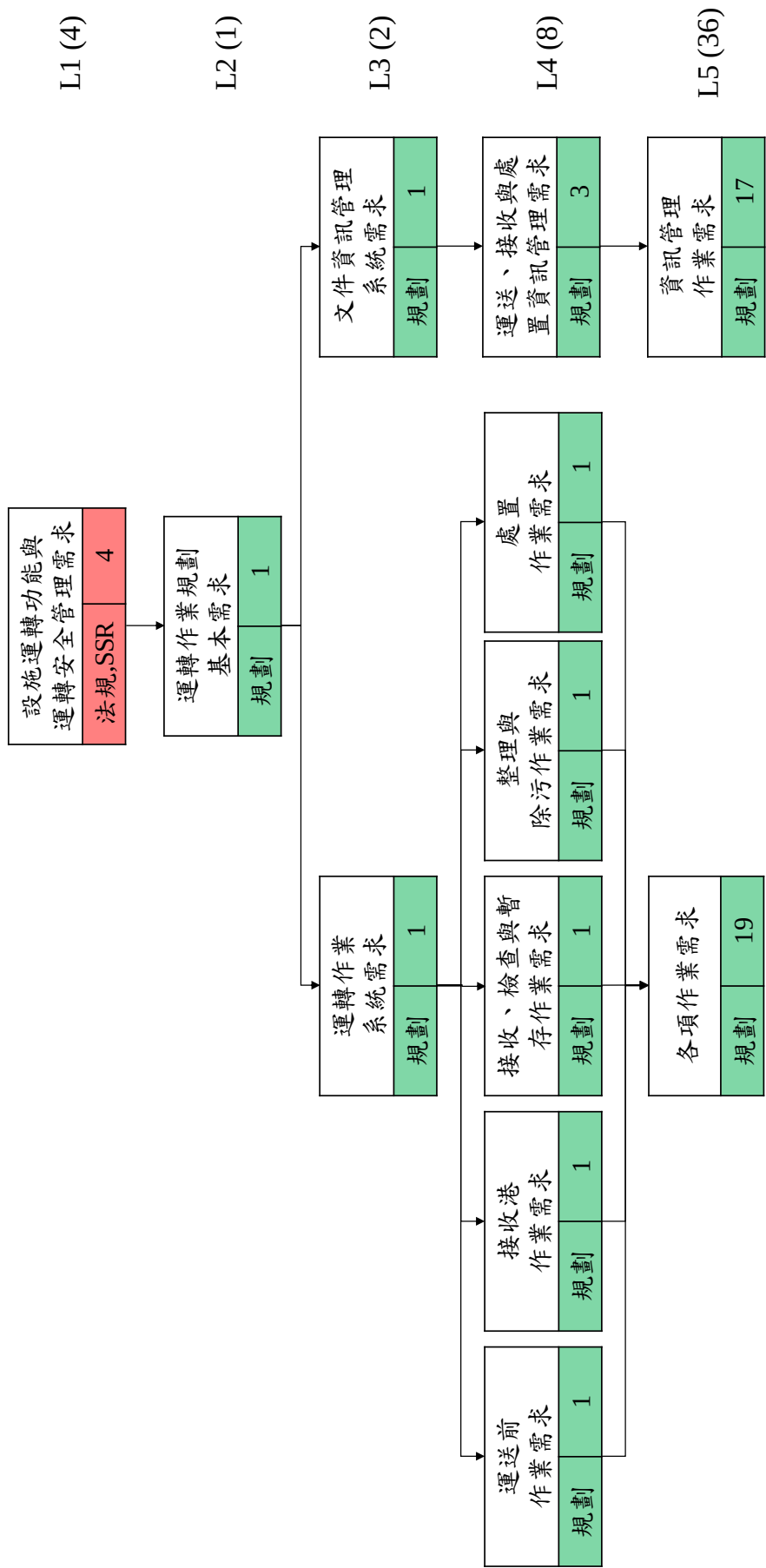


圖 3.2-5 處置設施運轉各階層需求架構與需求數量

六、處置設施封閉需求

處置設施封閉需求的 5 階層架構內容如圖 3.2-6 所示，第 1 階層主要是來自「低放射性廢棄物最終處置及其安全管理規則」與 SSR-5 的設施封閉及監管要求，確保處置設施於封閉時可實現安全分析所述之封閉後長期安全功能。

為確保作業人員安全，且避免影響處置系統安全功能，制定封閉計畫時，將參考 IAEA HIDRA 計畫成果，須包含主動監管設施，將規劃於 2 處建議候選場址設置圍籬與管制標誌。並規劃確認設施自主動管理轉換至被動管理作為將具有可行性，以便未來可在適當的時間安全地進行封閉。

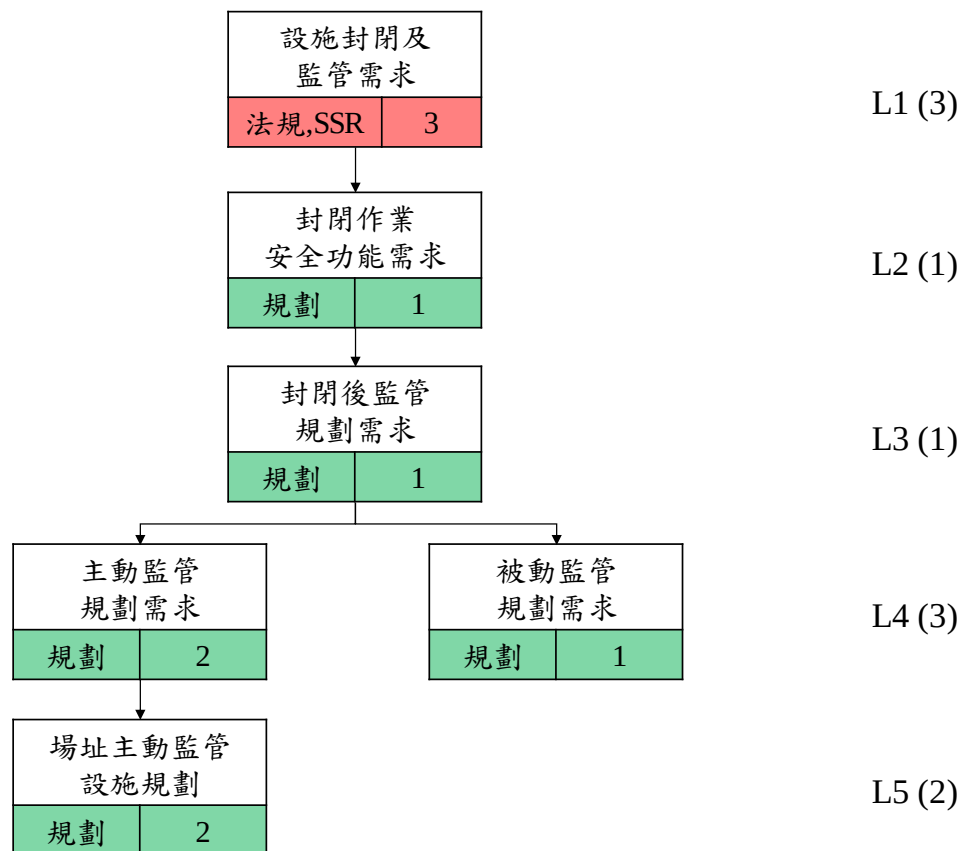


圖 3.2-6 處置設施封閉各階層需求架構與需求數量

3.3 整體系統架構及說明

圖 3.3-1 為系統整體配置示意圖，本計畫以網頁應用程式架構以建置處置需求管理系統，使用者可直接以網頁瀏覽器連線至伺服器進行操作。

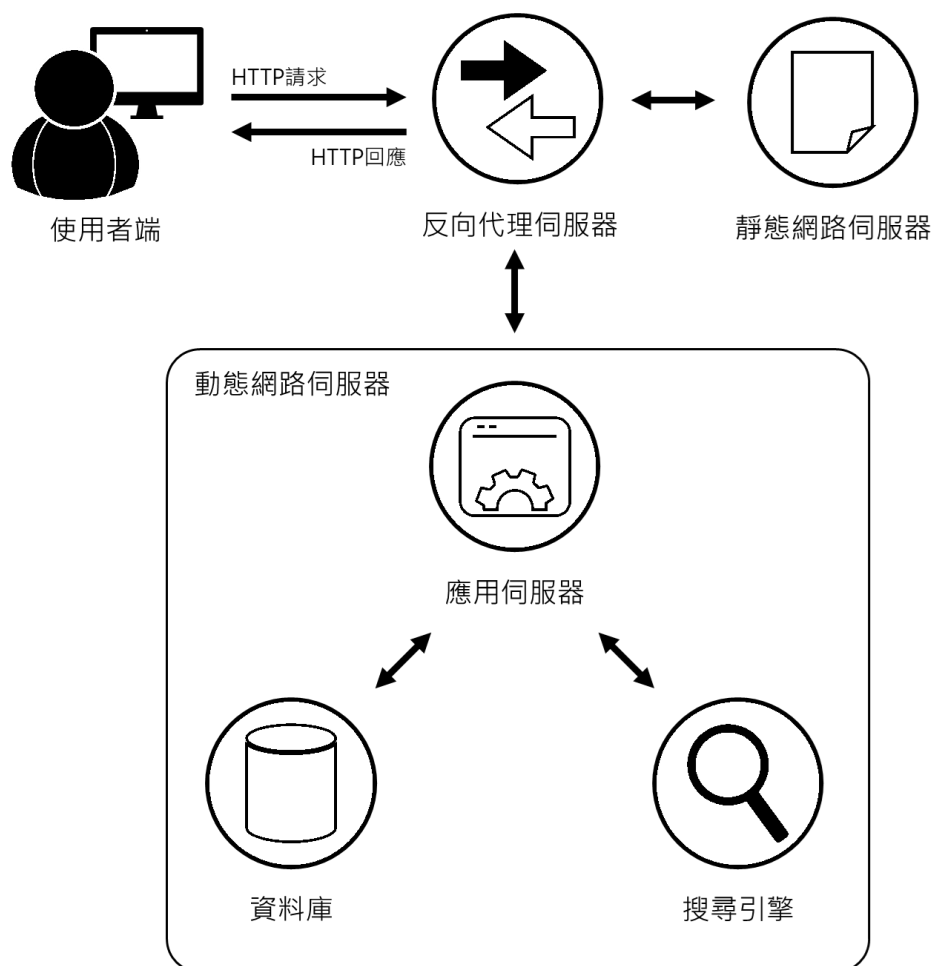


圖 3.3-1 系統配置示意圖

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。

其中靜態內容可直接由靜態伺服器回應(HTTP response)直接返回文件至使用者端，相同的請求所回應的內容都不會改變，而動

態內容相對較複雜，可包括資料庫之間的操作以及由應用伺服器即時計算的結果，相同的請求回應可能會改變。

動態伺服器為處置需求管理系統的主要部份，包括主要的資料模型以及業務邏輯，動態伺服器透過 WSGI 介面與核心系統溝通，如圖 3.3-2，由內容生成 HTML 格式後交由反向代理伺服器以回應使用者請求。核心系統負責處理接收到的 HTTP 請求，執行相應的功能，在需要存取資料庫內容或者由搜尋引擎時，由核心系統合成查詢語言並與其溝通，並處理資料庫管理系統或搜尋引擎返回的查詢結果，最後經由 HTML 模版合成回傳資料並且返回 HTTP 回應以藉由反向代理伺服器回傳至使用者端。

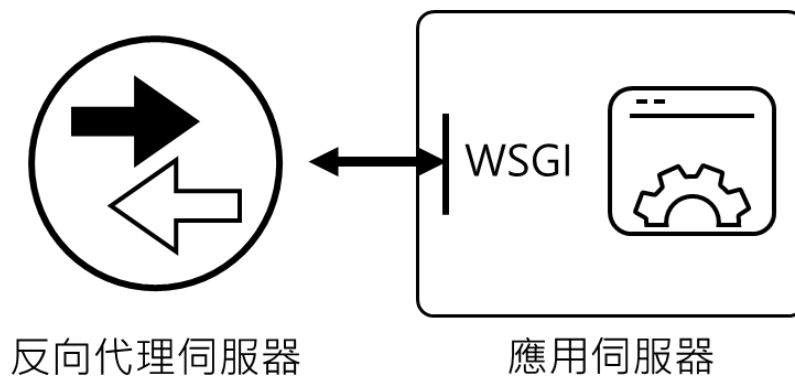


圖 3.3-2 應用伺服器 WSGI 介面示意圖

在處置需求管理系統的使用情境之下，核心系統經常需要與資料庫管理系統多次進行連線存取，過多的連線數也會造成資料庫管理系統負擔，因此為了提升核心系統與資料庫之間的效率，減少核心系統與資料庫之間的間歇連線損耗並且提升資料存取的效能，於核心系統與資料庫管理系統之間建立連線池，如圖 3.3-3，由連線池集中管理兩者之間的連線以維持效能。

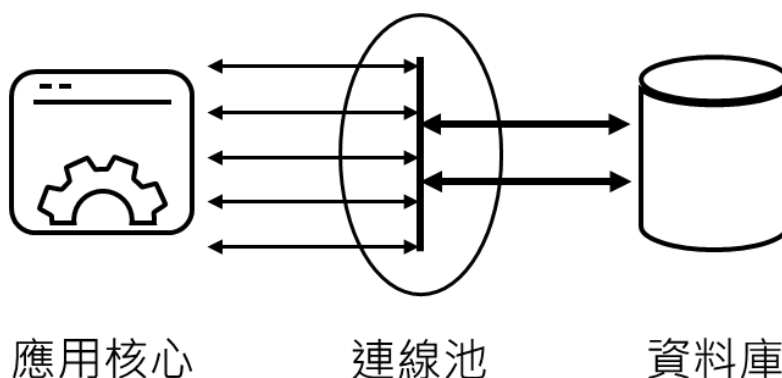


圖 3.3-3 連線池架構示意圖

此外，文件或者圖片上傳至系統後，為了在搜尋引擎建立內容索引以供作為搜尋資料來源，核心系統將以光學字元辨識方式擷取 pdf 或者圖片等檔案之文字內容。由於光學字元辨識需要消耗較多的硬體資料，無法同時處理多筆資料，因此這部份的作業將藉由工作佇列(Job Queue)系統進行。

工作佇列當中包括工作排程端(scheduler)以及執行端(worker)，如圖 3.3-4，核心系統將所需處理的作業提交至排程後，執行端在處於空檔時由排程列表當中擷取工作項目並且執行該工作內容，在執行完成後將結果回傳，而排程端則將該工作項目標註完成；若是工作執行失敗，則由排程端標註該工作項目需重新執行或者取消執行。系統可視硬體資源設定合適數量的執行端，不但可依照需求調整硬體資源之使用率，並且在需要消耗大量運算資源的情況下，主要的服務仍然能夠維持正常運作而不被阻塞。

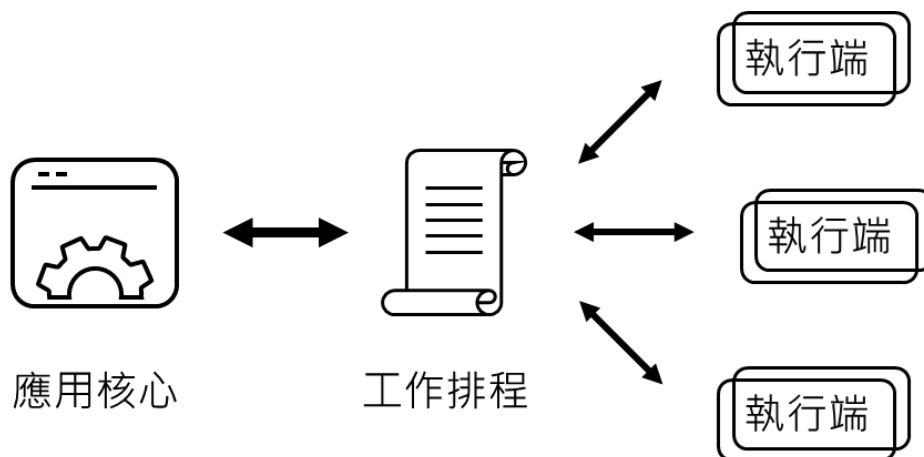


圖 3.3-4 工作佇列架構示意圖

3.3.1 光學文字辨識(OCR)及全文搜尋

完整保存過往計畫執行資料為處置需求管理系統的主要目標之一，處置事業所涵蓋的專業領域廣泛且預計將以長期發展形勢進行，在此情境下可預期將會累積大量資料，此時透過搜尋功能可輔助使用者查找資料。搜尋系統主要功能是依照使用者所輸入關鍵字，查找資料庫當中的符合內容，搜尋引擎將文字內容經過切分並且建立索引，因此在大量資料當中能夠維持一定的搜尋效能。

文字搜尋引擎索引內容必須基於文字資料，由使用者由系統介面欄位直接輸入之內容直接為文字資料，因此可直接於搜尋引擎當中以該文字內容建立索引，但是當資料為上傳的圖片或者文件檔案時，須擷取其內含文字資訊，此時，系統將檔案先直接儲存至檔案儲存區，並且先建立好與該檔案相關聯的資料模型實體並儲存至資料庫，而後再提交檔案內容文字擷取作業至工作佇列進行排程，以供後續的內容搜尋索引建立所使用。由於各類型的檔案內容格式不一，因此在擷取檔案內容文字時依照以下策略進行：1.嘗試直接擷取文字內容；2.上一步失敗則嘗試以 OCR 取出文字內容；3.以上皆失敗則返回空白文字內容。依照上述策略取

得文字內容後，系統即更新該檔案之內文資料，並將資料傳送至搜尋引擎建立索引，索引建立完成後即可顯示於搜尋結果。

本系統除了一般文字內容之外，尚透過上述方式以提供支援檔案的全文內容搜尋，搜尋功能可同時輸入多個關鍵字，並且可提供關鍵字的模糊比對，搜尋結果依照相關度排序，以輔助使用者在大量資料當中找尋相應所需資料。

3.3.2 使用者群組權限管理

處置計畫的執行橫跨專業領域並涉及多方利害關係人，有許多不同角色的參與，對於處置計畫的參與方式也不同，在計畫管理或者系統管理上需要有良好的管制方式，在同一套系統之上提供能夠符合各類使用者使用需求之服務。

本計畫開發之處置需求管理系統使用群組方式進行權限管理，管理者預先定義群組的權限(新增、編輯、刪除等權限)，以控制系統內部各組件的存取，將使用者加入群組後即可獲得該群組之權限，使用者可同時加入多個群組，因此可透過組合方式簡化權限之設置，在系統需要設定較複雜的權限控制之下，可減少管理面上的負擔並減少設定錯誤的可能。

3.3.3 標籤

在一般操作電腦系統的習慣上，使用者經常運用資料夾的方式來整理系統上的檔案，隨著資料及檔案數量的日益增長，使用者透過多個分類資料夾以及子資料夾整理所有檔案，有如一樹狀結構，單一文件從屬於此樹狀結構的其中一分支上。而在實際應用上，經常有文件同時可屬於多個分類(分支)的情形，此時便不容易將該文件歸納至特定的單一分類(分支)，這類的問題在樹狀

的資料夾結構下不容易獲得解決，在分類過多的情況下也加深了管理以及使用操作的困難度。

處置計畫的執行牽涉到眾多領域，各工作項目之間的關聯性錯綜複雜，本計畫開發之處置管理系統以透過標籤系統解決上述問題，使用者在一份文件上設定一至多個標籤，透過組合方式可大幅度降低複雜度，使得管理以及使用上更為簡便。

3.4 需求管理

如圖 3.4-1 所示，該圖為需求管理列表，每項需求皆會產生一獨立存在的頁面，以便於使用者檢視或查找資料。管理列表介面上可顯示該項需求目前的狀態，需求為包括多個子項的多層結構，並可各別設定檢視權限，可公開至所有人(包括未登錄系統的使用者)皆可檢視該項需求的內容，或以不同程度的控管設定隱藏的需求項目。



圖 3.4-1 需求列表及管理介面

需求編輯主要分為內容、FEP、參照三部分，如圖 3.4-2 所示。內容部分可透過系統提供的內文編輯器進行編輯，如圖 3.4-3，編輯器可支援多項功能，滿足內容編排上的需求。

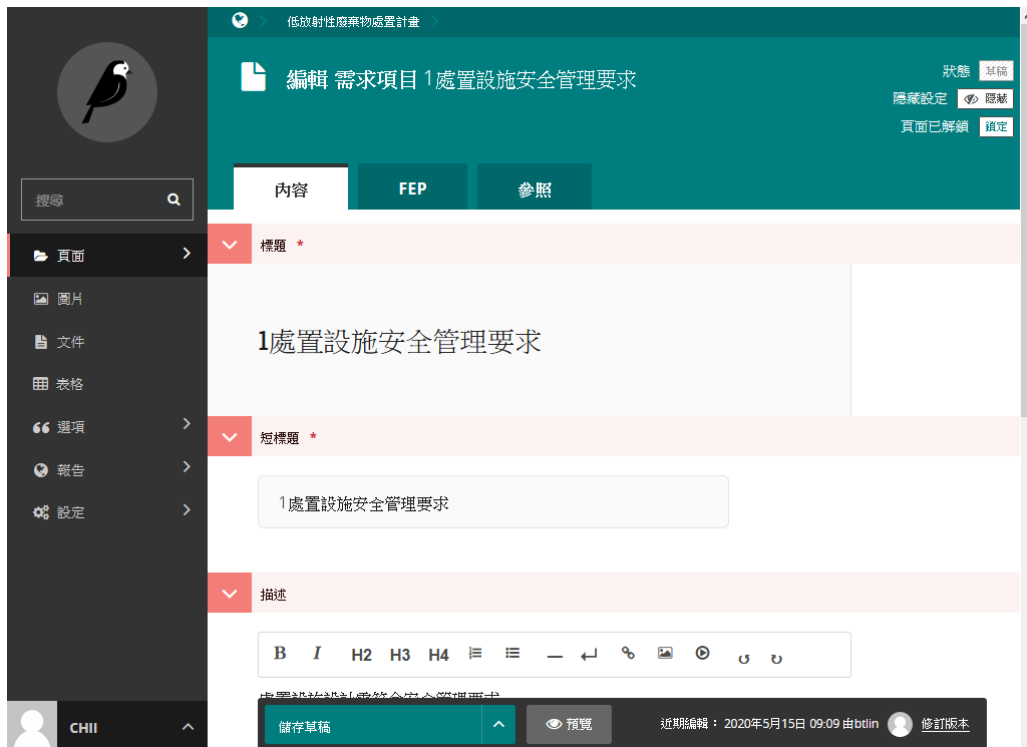


圖 3.4-2 頁面編輯畫面

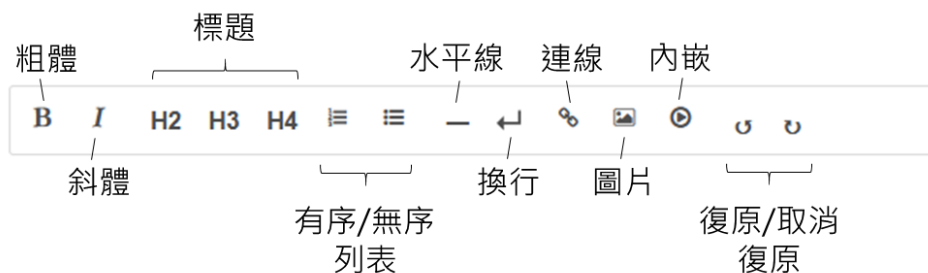


圖 3.4-3 內容編輯功能列

每項需求可與多項 FEP 進行關聯，如圖 3.4-4，每筆關聯可記錄適用的場址，以及該筆關聯針對 FEP 的考量及說明，並可透過 FEP 的管理介面進行反查，以取得特定 FEP 與需求間的關聯。

圖 3.4-4 需求與 FEP 的關聯

需求當中所使用的參考文件或者有關的結果報告等文件，可附加至參照列表，如圖 3.4-5，可記錄需求的關聯圖片、表格以及文件檔案，並說明文件的引用範圍或其它描述。



圖 3.4-5 需求參照編輯

透過修訂版本列表可追蹤需求的修改紀錄，如圖 3.4-6，每次修改經儲存後，皆會新增一筆紀錄並記錄修改時間及修改人員，由修訂版本列表可隨時查看、編輯歷史版本，或替換當前的版本。

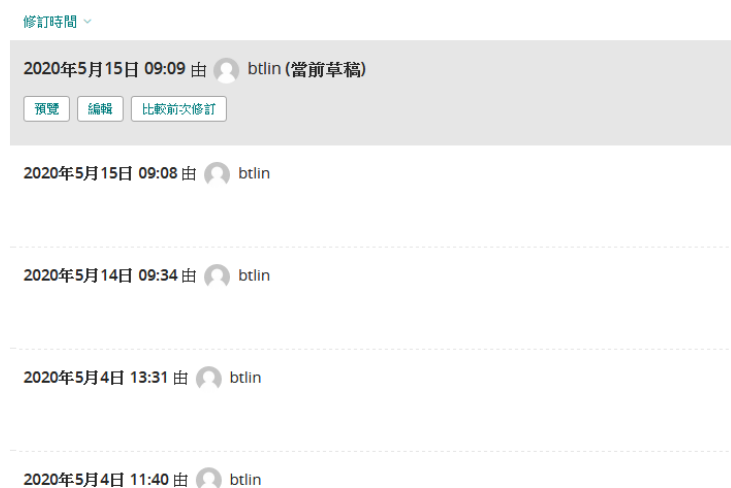
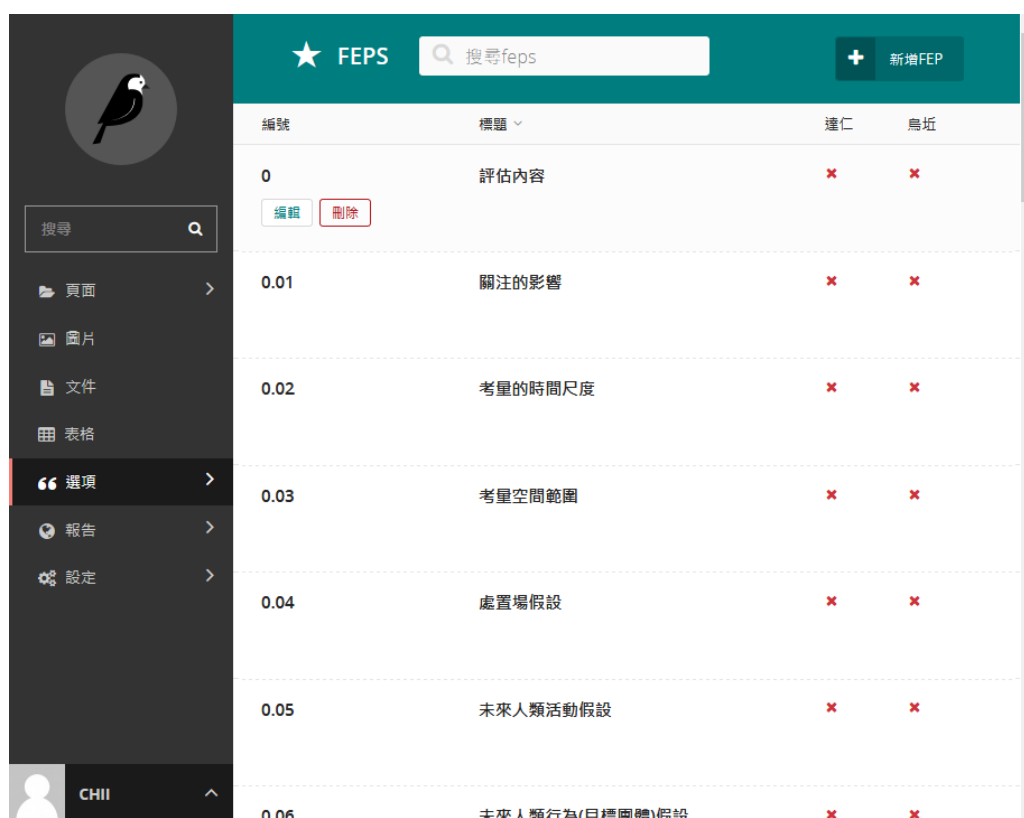


圖 3.4-6 需求修訂版本列表

3.5 特徵/事件/作用(FEP)

如圖 3.5-1 所示，該圖為 FEP 管理列表，FEP 為放射性廢棄物處置長期安全所需考量的相關評估因素，考量各種情節所帶來的影響，每個 FEP 項目中皆有記錄其定義以及範圍，並且說明其考量因素。

FEP 的考量與場址選擇息息相關，對場址的影響程度、評估方式也不盡相同，因此需針對各別場址記錄其資訊、與處置需求之關聯性，以確認該 FEP 項目對於處置安全之影響，兩者之間為多對多關係，意即同一需求可關聯至多項 FEP 關係，而同項 FEP 也可關聯至多項需求。



編號	標題	達仁	烏坵
0	評估內容	×	×
0.01	關注的影響	×	×
0.02	考量的時間尺度	×	×
0.03	考量空間範圍	×	×
0.04	處置場假設	×	×
0.05	未來人類活動假設	×	×
0.06	未來人類行為(目標團體)假設	×	×

圖 3.5-1 FEP 列表及管理介面

如圖 3.5-2，FEP 編輯介面除了該項 FEP 的說明資訊之外，也列出相關聯的處置需求資訊，關聯項目可標示適用的場址、引用該項 FEP 的條件及範圍說明。



圖 3.5-2 FEP 與需求關聯列表

3.6 場址特性參數

特性參數資料庫以管理既有可得之文獻與資料為宗旨，建構可儲存不同數位檔案形式之管理系統。因低放射性廢棄物處置涉及多種專業領域，各領域大量且多元的調查資料與分析資料可透過本系統的搜尋功能查詢，以查找對應不同時間、地點、安全分析特性描述項目，及各項特性參數的關聯成果，藉此有助於理清特定專業領域的資料脈絡，也較容易進行逐項特性參數來源的追溯。對於文獻與資料的上傳與管理，也可以透過管理系統檢視過往變更紀錄或者直接取得相關資料，使過往資料庫管理經驗得以延續傳承。

系統記錄之資料來源可為學術論文、報告、法規、書籍等內容，需針對不同類型內容記錄其作者、標題、出版時間等資訊以便於管理，而各內容除了主文之外也可包括不同形式之資料或者其它附

件，處置需求管理系統之中的各種資料以數位檔案的方式儲存，而這些檔案多屬於非結構化資料，內容形式多樣化且無固定的格式，不容易以相同處理流程或者方法處理所有資料，因此目前系統當中的數位檔案依照性質規劃，以圖片、表格以及文件三種主要形式儲存，使用者上傳後由系統進行處理歸檔以及整合應用。以下分別針對系統對於各種類型的資料管理方式進行說明。

一、圖片

圖片資訊編輯介面如圖 3.6-1，系統可支援 gif、jpeg、jpg、png、webp 格式檔案，圖片上傳至系統後將保存原始檔案，系統自動調整圖片格式及解析度另存為適合網頁瀏覽的版本，並且將該圖片之文字辨識作業加入工作佇列排程，並且可由使用者直接指定語言以提升辨識效率，擷取作業完成後將內容加入搜尋索引，而後可運用搜尋功能依內容為關鍵字查找到該圖片。



圖 3.6-1 圖片資訊編輯介面

使用者可於介面查詢系統上所有圖片，圖片內文搜尋索引建立完成後，即可以圖片的內文為搜尋關鍵字查找到該圖片，可配合標籤過濾查找範圍。系統上可經由圖片列表列出所有圖片，列表欄位包括由系統自動產生的縮圖、標題及參照來源，可供預覽檢視圖片，或直接下載原尺寸圖片檔案。

二、表格

表格資訊編輯介面如圖 3.6-2，表格內容可輸入數據等資料，為單純資料且不含樣式的簡單表格，可於線上直接輸入編輯，或可直接匯入 CSV 格式檔案，系統將對全表格內容建立搜尋索引，可由直接由搜尋功能查找表格內容。

正在編輯 達仁-2017-烏坵鄉建議候選場址水文地質模型參數表(場址尺度)

標籤 *

達仁-2017-烏坵鄉建議候選場址水文地質模型參數表(場址尺度)

內容 *

水文地質單元厚度分布	水平向水力傳導係數(m/s)	垂直向水力傳導係數(m/s)	比出水量	孔隙率
地表至模擬深度EL-600	1.736E-05	5.208E-05	0.300	0.400
地表以下200 m	3.472E-07	1.042E-06	0.250	0.300
AZ1 底部至以下200 m	3.472E-08	1.042E-07	0.250	0.300
AZ2 以下至模擬深度EL	3.472E-10	3.472E-10	0.200	0.050

匯入 CSV 檔案：

Browse... No file selected.

儲存

圖 3.6-2 表格資訊編輯介面

表格資料整體列表的欄位包括標題以及表格來源參照，點擊下載按鈕可下載 csv 格式的表格檔案，使用者可於介面查詢系統

上所有表格，表格的內容可為搜尋關鍵字，可配合標籤過濾縮小查找範圍。

三、文件

文件資訊編輯介面如圖 3.6-3，文件主要為 doc、docx 或者 pdf 格式的論文、報告內文檔案等，其中，針對由紙本掃描製作而成的 pdf 格式檔案，同樣需經過文字辨識以建立內容搜尋索引，搜尋索引建立完成後可以內文為搜尋關鍵字查詢。

文件整體列表的欄位包括標題以及來源參照，pdf 格式的檔案可直接提供線上瀏覽，並可下載原始文件檔案，使用者可於介面查詢系統上所有文件，若文件內容背景搜尋索引建立作業完成後，即可以內文為搜尋關鍵字查找到該文件，同時亦可配合標籤過濾縮小查找範圍。



圖 3.6-3 文件資訊編輯介面

四、參照

參照內容為記錄參考來源或者文獻引用之資訊，如圖 3.6-4，參照資訊編輯介面包括標題、標籤以及其它選填資訊欄位，使用者可依照性質填入資訊，如圖 3.6-5，其中可選填資訊包括報告編號、作者、摘要等等欄位，可涵蓋多種文件類型包括報告、論文、書籍、法規、網站之資訊，提供使用及管理上的彈性。

此外，如圖 3.6-6，參照可附加多項圖片、表格以及文件檔案，以便於管理及記錄各項資料之來源，同時也方便日後進行資料的來源追溯。



圖 3.6-4 參照資訊編輯介面

The screenshot shows the 'INFO' tab of a web application. On the left is a dark sidebar with a search bar and navigation links: 頁面, 圖片, 文件, 表格, 選項, 報告, and 設定. The main content area has a header 'INFO' with a dropdown arrow. Below it is a grid of input fields for report details: 報告編號, 作者, 摘要, 出版, Volume, Issue, 頁數, 日期, 語言, DOI, ISSN, ISBN, URL, and 標注說明. A large text input field for '報告編號' contains the value '4ML1100-RS-7000'. At the bottom, there is a '儲存' (Save) button and a small upward arrow icon.

圖 3.6-5 參照資訊選填項目

The screenshot shows the '附件' (Attachments) tab of the same web application. The header bar is teal and contains the text '正在編輯 烏坵地區海域環境調查報告(海象、水文、水質、底質)'. Below the header are two tabs: 'INFO' and '附件'. The main content area displays a list of three attachments. Each attachment entry includes the filename, a red star icon, and buttons for '選擇其它附件', '編輯附件', and 'VIEW'. The attachments are: 'RS 7000-R1.pdf', '烏坵-2000-烏坵地區潮位調查結果之每月潮位統計表.JPG', and '烏坵-2000-烏坵地區潮汐主要分潮角頻率、振幅、相位角.JPG'. At the bottom, there is a '+ 增加' (Add) button and a '儲存' (Save) button.

圖 3.6-6 參照附件