

低放射性廢棄物最終處置計畫
執行成果報告
(修訂 2 版)
(104 年 8 月至 105 年 1 月)

台灣電力公司
105 年 6 月

目 錄

第一章 前言	1
第二章 處置技術建置計畫	7
第三章 處置設施選址計畫	17
第四章 民眾溝通專案計畫	25
第五章 綜合檢討與建議	36
附錄一 低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫 104 年度 執行成果摘錄	

第一章 前言

「放射性物料管理法」第 29 條規定：放射性廢棄物之處理、運送、貯存及最終處置，應由放射性廢棄物產生者自行或委託具有國內、外放射性廢棄物最終處置技術能力或設施之業者處置其廢棄物；產生者應負責減少放射性廢棄物之產生量及其體積。其最終處置計畫應依計畫時程，切實推動。「放射性物料管理法施行細則」第 36 條規定：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 2 月及 8 月底前，應向主管機關提報上半年之執行成果。

台電公司依據上述規定於 92 年 12 月 25 日將「低放射性廢棄物最終處置計畫書」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「低放射性廢棄物最終處置計畫書」(以下簡稱處置計畫書)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 9 年餘，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」，建議台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台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，建請修法低放場址選址公投以鄉為範疇。另台東縣政府於同年 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，並持續進行金門及台東縣之溝通工作，以爭取該兩縣民眾支持。

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」提送主管機關審查，並於 103 年 9 月 9 日獲主管機關核備新版處置計畫書。

依據低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.3，台電公司本階段應執行工作包括實施環境調查與環境影響評估、核定場址及投資計畫、土地取得、民眾溝通、場址精查細部設計與安全分析、處置技術建置、建造執照及相關執照申請與審查等工作，惟因候選場址仍未能選定，致相關後續作業仍無法執行，台電公司目前則持續進行處置技術建置及民眾溝通工作，並將於辦理選址公投選出候選場址後積極執行相關作業。

主管機關於 104 年 11 月 26 日召開放射性物料臨時管制會議，要求台電公司於 105 年 3 月底前提報低放射性廢棄物最終處置計畫之強化執行措施，另應切實檢討計畫書，依法持續進行選址作業。台電公司刻正辦理中，將於規定時程內完成提報。

依「場址設置條例」第 6 條規定，選址作業應提供選址小組有關處置設施選址之資料，並執行場址調查、安全分析、公眾溝通及土地取得等工作，且應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。本計畫每半年執行成果報告則按「放射性物料管理法」規定及原能會物管局審查 101 年 2 月~101 年 7 月執行成果報告之意見，調整半年執行成果報告之章節架構為「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。

本階段（104 年 8 月至 105 年 1 月）執行「處置技術建置計畫」部分，除延續各項執行中之計畫外，並依據主管機關審查意見修訂「低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫」，於 104 年 10 月 13 日提報主管機關審查，後續於 104 年 10 月 29 日參加審查會議並簡報說明相關內容，依據審查會議紀錄及審查結論修訂並於 104 年 12 月 16 日重新提送，主管機關於 104 年 12 月 17 日來函，請台電公司依前述審查會議紀錄切實辦理。「處置設施選址計畫」部分，依據低放射性廢棄物最終處置 104 年度工作計畫(修訂版)及配合主辦機關經濟部辦理公投之民眾溝通工作，並依據主管機關核備之「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.3」，辦理「放射性廢棄物最終處置應變方案可行性研究」案。「民眾溝通專案計畫」部分，則依據 104 年度「低放選址地方溝通工作計畫」執行相關工作及利用「金門縣烏坵鄉地方遠景規劃」作為溝通說明資料。另台電公司核能後端營運處低放督導組與金門、台東兩地之「溝

通小組」持續進行地方公眾溝通工作，包括烏坵鄉及達仁鄉各村落逐戶拜訪、金門縣與台東縣地方媒體溝通宣導與機關社團溝通宣導活動。另並說明低放射性廢棄物貯存設施所在地，包括第三核能發電廠與蘭嶼貯存場相關公眾溝通工作等。本階段(104 年 8 月至 105 年 1 月)相關工作及執行計畫項目與查核點表列如下：

一、主管機關指示事項

計畫名稱／工作項目	查核點	查核項目／查核情形說明
低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫	104 年 10 月	依據主管機關 104 年 9 月 17 日來函審查意見，於 104 年 10 月 15 日前將技術建置計畫(修訂版)提報主管機關/已於時限內提送主管機關審查
	104 年 12 月	依據主管機關 104 年 11 月 4 日來函審查會議紀錄及結論，修訂技術建置計畫(修訂 2 版)並提報主管機關/已提送主管機關審查

二、處置技術建置計畫

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發展整合規劃與評估	104 年 8 月 ~105 年 1 月	每月提報工作月報／承商每月均按時提出審查，符合工作要求
	104 年 9 月	承商提送「金門縣達仁鄉場址特性調查計畫」(初稿)、「台東縣烏坵鄉場址特性調查計畫」(初稿)、「低放射性廢棄物最終處置技術評估報告(期末報告)」(初稿)、「低放射性廢棄物最終處置功能模擬評估報告-金門縣烏坵鄉」(初稿)與「低放射性廢棄物最終處置功能模擬評估報告-台東縣達仁鄉」(初稿)／承商已依

		計畫時程提送審查
(二)廢棄物特性研究		
低放射性廢棄物資料庫系統精進案	104 年 8 月 ~105 年 1 月	每月提報工作月報／承商每月均按時程提出審查，符合工作要求
	104 年 12 月	承商提送本案期中報告初稿／承商已依本案工作時程提送審查
(三)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發展整合規劃與評估」進行
(四)功能／安全評估		
低放射性廢棄物最終處置設施功能評估	104 年 8 月 ~105 年 1 月	每月提報工作月報／承商每月均按時提出審查，符合工作要求

三、處置設施選址計畫

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	104 年 10 月	提報選址作業資訊／於 104 年 10 月 12 日提報 104 年第 3 季選址作業資訊送國營會公布在主辦機關網頁。

	105 年 1 月	提報選址作業資訊於 105 年 1 月 12 日提報 104 年第 4 季選址作業資訊送國營會公布在主辦機關網頁。
--	-----------	---

四、民眾溝通專案計畫

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	105 年 1 月	彙整地方公眾溝通紀錄

本階段依「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)」規劃時程，應辦理項目之執行現況及改善說明於第五章、綜合檢討與建議中列表說明。

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，依據「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)」所規劃之時程，圖說如下：



目前低放射性廢棄物最終處置計畫仍屬選址階段，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下：

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	台電公司已於102年8月底前	將持續精進更新，本報告已

最終處置設施概念設計	完成「低放射性廢棄物最終處置設施概念設計(C 版)」報告更新進版及自主管理審查，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。	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)」報告更新進版及自主管理審查，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。
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	「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(修訂五版)」已於 104 年 4 月 21 日主管機關物三字第 1040010487 號函同意備查。	「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(修訂五版)」已於 104 年 4 月 21 日獲主管機關同意備查。 本案將每年定期檢討，若有修正時，將送主管機關審查，未來將於 105 年 4 月重新辦理檢討送物管局核備。
低放射性廢棄物處置關鍵核種篩選報告	獲主管機關 100 年 4 月 12 日物三字第 1000001063 號函同意備查。	已備妥可應用，已將其成果納入「低放射性廢棄物最終處置設施功能評估」報告，後續將依主管機關第 130 次放射性物料管制會議議案 720 決議，重新檢視修正「關鍵核種篩選報告」。

有關台電公司過去(至 105 年 1 月)已完成之低放處置相關研究發展案表列如下：

計畫名稱	起迄年度	研究成果摘要
低放射性廢料分類規劃	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。
低放射性廢棄物最終處置射源項管理系統	98.11~100.11	參考 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。
低放處置潛在場址特性資料分析管理系統	100.1~101.1	成果包括低放射性廢棄物最終處置潛在場址地質資料 GIS、文件搜尋與管理及三維地質模型建置分析與評估及展示等三項系統設置工作，後續將可因應低放射性廢棄物最終處置候選場址選定後，銜接場址精查作業，並

		有利於低放最終處置計畫之推動。
低放射性廢棄物難測核種分析技術精進	100.1~102.1	本計畫針對蘭嶼水泥固化體樣品，利用改善後分析技術及結果，應用於其對應之廠年代廢棄物，修正現有比例因數，更新資料庫並重新分類計算，與原分類結果相較，超 C 類及 C 類廢棄桶皆明顯下降，證實藉由分析方法精進可以大幅降低核種的偵測極限，同時減少超 C 類及 C 類廢棄物桶分類數量比例。
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	將蘭嶼貯存場廢棄物桶依據「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」規定，依其放射性核種濃度進行分類。
耐 100 年結構完整性之混凝土處置容器研究	99.09~103.06	本研究使用之高性能混凝土材料經耐化學阻抗試驗、耐廢棄物侵蝕試驗、耐生物劣化效應試驗、耐紫外線照射試驗、耐輻射照射試驗、耐熱負載試驗、透水試驗、透氣試驗、氯離子侵蝕試驗、硫酸鹽侵蝕檢驗、中性化試驗、溶出失鈣試驗及核種遷移等耐久性試驗，經由實驗結果顯示處置容器設計可達 100 年之服務壽命。另最後進行處置容器的試製與容器結構完整性測試，容器經噴灑、墜落、震動、穿刺、吊卸、擠壓以及滲水等試驗結果，均可符合原先預期之設計目標與功能。
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	102.01~104.01	完成國內、外相關文獻資料蒐集彙整、工程障壁緩衝回填材料需求評估、膨潤土料源市場分析、工程障壁緩衝回填材料性能測試及工程障壁緩衝回填材料與坑道、處置窖及盛裝容器間力學互制模擬初步探討等工作，並歸納緩衝回填材料之施工方式，以針對不同位置之緩衝回填材料設置適合之工法提出建議，並就未來緩衝回填材料之潛在料源及產品進行實驗與初步評估，已挑選合宜之配比，進行緩衝材耐久性能測試，以瞭解緩衝材膨脹及導水等特性於強酸、強鹼及海水入侵等長期環境改變下之變化；同時進行工程障壁緩衝回填材料與坑道、處置窖及盛裝容器間力學互制模擬分析，以瞭解緩衝材與坑

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(104 年 8 月至 105 年 1 月)執行工作，主要包括依據主管機關審查意見及審查會議決議修訂「低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫」，於 104 年 10 月 13 日提報主管機關，後續於 104 年 10 月 29 日參加審查會議並簡報說明相關內容，並依審查會議紀錄及審查結論修訂，主管機關於 104 年 12 月 17 日函請台電公司依前述審查會議紀錄切實辦理。並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：

1. 整合性計畫

「低放射性廢棄物最終處置技術發展整合規劃與評估」

2. 廢棄物特性研究

「低放射性廢棄物資料庫系統精進案」

3. 安全/功能評估

「低放射性廢棄物最終處置設施功能評估」

前述各項計畫內容說明如下：

(一) 低放射性廢棄物最終處置技術發展整合規劃與評估

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，完成「低放射性廢棄物處置技術評估」，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。

本案工作內容，主要將針對國內兩處建議候選場址，基於我國低放射性廢棄物最終處置相關法規規範及對於確保低放射性廢棄物最終處置場安全所進行之相關研究與規劃成果，並參考國外低放射性廢棄物處置技術與經驗，進

行處置各項相關技術發展整合規劃與評估，應執行規劃與分析之工作項目包含：

1. 低放射性廢棄物種類與特性彙整分析
2. 場址特性與調查規劃
3. 處置設施概念設計
4. 處置場興建、營運與封閉作業規劃
5. 低放最終處置安全分析技術評估作業
6. 低放最終處置技術評估
7. 技術綜合評估與精進方向
8. 進行國際同儕審查作業

本案於 103 年 6 月辦理招標公告，103 年 9 月完成議價、決標。本案工作初期先就兩處建議候選場址之既有調查文獻資料，訂定各場址之特性參數，及依兩處建議候選場址特性研擬場址特性調查計畫，與檢討精進該兩處場址之概念設計，確保安全構想，說明其設計考量與設施功能、材料特性、以及其在確保長期安全性之考量與設計要求。

前階段(104 年 2 月至 104 年 7 月)之主要工作為依我國運轉中之核電廠低放射性廢棄物產生與貯存現況，以及蘭嶼貯存場檢整、廢棄物桶核種濃度評估計算與分類資料庫建置等研究成果，彙整與研析我國低放射性廢棄物最終處置場預估將接收之廢棄物數量、型態、特性，並參考日本原子力發電環境整備機構(NUMO)低放射性廢棄物最終處置技術可行性報告(NUMO-TR-10-3)之架構內容要項，就我國低放射性廢棄物最終處置有關之廢棄物特性、場址特性調查、處置設施設計與操作，以及安全評估等技術面向，研提「低放射性廢棄物最終處置技術評估」報告與相關技術支援報告。

本階段(104 年 8 月至 105 年 1 月)之主要工作為利用已建立之源項資料、場址特性以及概念設計成果，進行兩處建議候選場址之功能模擬評估與更新報告內容。並更新兩處建議候選場址之場址特性調查計畫，及進行整個處置技術之評估與整合，完成「低放射性廢棄物最終處置技術評估報告」初稿。

上述相關工作成果將作為計畫後續工作之依據，本計畫其他相關工作成果陸續產出後，亦將據以回饋精進本階段之報告。

本案至 105 年 1 月底已完成全案約 57.7%，工作項目及進度皆符合原訂目標。

(二) 低放射性廢棄物資料庫系統精進案

本案工作目標為依據「低放射性廢棄物最終處置計畫」要求，彙整低放射性廢棄物射源項相關資料(如放射源組成與分類計算結果等)並建立功能完備之低放射性廢棄物資料庫，以作為安全分析的基礎及配合最終處置場或替代/應變方案各階段的設計與功能評估工作。

本案工作內容，主要為「低放射性廢棄物最終處置射源項管理系統」精進與低放射性廢棄物整合貯位資料查證等相關資料庫精進，完成「低放射性廢棄物資料庫系統」。本案主要工作範圍如下：

1. 「低放射性廢棄物最終處置射源項管理系統」分類計算方式查證。
2. 查對核一、核二、核三廠之固化廢棄物桶超 C 類桶數。
3. 精進蘭嶼貯存場廢棄物桶之核種分類計算方式。
4. 固化廢棄物「儀器最低可測值」(MDA)歸零試算。
5. 彙整核一、核二、核三廠、蘭嶼貯存場之固化廢棄物桶貯存位置資料。
6. 「低放射性廢棄物資料庫」欄位重新建置：
7. 更新「低放射性廢棄物資料庫」功能。
8. 建立資料即時更新環境。
9. 辦理「低放射性廢棄物資料庫」教育訓練。

本案於 103 年 12 月 17 日完成決標，104 年 12 月 15 日承商提送期中報告初稿，至 105 年 1 月底已完成全案約 70%，各項工作進度皆符合原訂目標。

(三) 低放射性廢棄物最終處置設施功能評估

本案工作目標為配合低放廢棄物最終處置技術建立，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。

主要工作內容包括蒐集國際間低放處置設施功能評估，了解國際上先進核能國家於功能評估上之設計基準及各項特徵、事件及過程(Features, Events, and Processes, 簡稱 FEPs)，並針對目前國際上用以進行功能評估(液體傳輸及揮發性核種傳輸)之模擬程式、方法進行蒐集比較，選擇適當程式進行低放處置設施近場、遠場放射性核種液體傳輸及揮發性核種傳輸模擬功能評估，以及整體放射性核種傳輸機制模擬評估與生物圈輻射劑量評估等，最後將以現行兩處低放建議候選場址之設計概念為案例進行分析。

本案已完成工作包括蒐集整理功能評估(液體傳輸及揮發性核種傳輸)之模擬程式、方法(含地化傳輸模式程式 HYDROGEOCHEM，以及整合評估程式 GoldSim 之測試)，以及引入國外低放處置設施(坑道式處置)之功能評估(液體傳輸及揮發性核種傳輸)經驗等，並參考 IAEA(2004)所建議之功能評估流程，將所蒐集之資料進行歸納整理，有助於本計畫對於各國進行功能評估之瞭解，相關工作成果將對本案後續安全評估工作之推動有所助益。

前階段(104 年 2 月至 104 年 7 月)之主要工作為以地化傳輸模式 HYDROGEOCHEM，進行低放處置設施近場(包括從廢棄物固化體至工程結構物等工程障壁部分)及遠場(地質圈)放射性核種傳輸模擬，並以 GoldSim 程式進行整體放射性核種傳輸機制模擬評估。

本階段(104 年 8 月至 105 年 1 月)之主要工作為利用所建置之近場及遠場地化傳輸分析技術，以及整體放射性核種傳輸技術，針對國內兩處建議候選場址進行案例分析。

本案至 105 年 1 月底已完成全案約 83.34%，工作項目及進度皆符合原訂目標。

(四) 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

低放專案品質保證計畫本階段(104 年 8 月至 105 年 1 月)工作計畫執行檢討如下：

1.本品保計畫係適用於「規劃階段」，而低放計畫目前仍是處於此階段，故本品保計畫仍適用。

2.主辦部門於執行低放計畫時，皆能依循本專案品保計畫，確保作業品質；本階段在執行上並無待追蹤事項。

3.本品保計畫已依第 2 章規定每年檢討 1 次，並依據物管局意見修訂完畢，修訂第 5 版物管局已於 104 年 4 月 21 日以物三字第 1040010487 號函同意備查，未來將於 105 年 4 月重新辦理檢討送物管局核備。

三、執行成效、檢討及下階段工作要項

本階段工作執行成效與檢討：

計畫名稱	執行成效與檢討
低放射性廢棄物最終處置技術發展整合規劃與評估	本計畫於本階段(104 年 8 月至 105 年 1 月)利用已建立之源項資料、場址特性以及概念設計成果，進行兩處建議候選場址之功能模擬評估與更新報告內容。並更新兩處建議候選場址之場址特性調查計畫，及進行整個處置技術之評估與整合。 本計畫各階段工作成果陸續產出後，將據以回饋精進相關報告，以達成低放最終處置技術發展與整合之目標，並完成低放最終處置之技術評估。
低放射性廢棄物資料庫系統精進案	本計畫目標為建立本公司低放射性廢棄物固化桶資料庫系統，確保資料的即時性與正確性，提供詳細判定各核能電廠及蘭嶼貯存場各類低放射性廢棄物固化桶之數量及貯存位置，以利將來低放射性廢棄物之最終處置工作推展。 本階段工作除持續進行資料查證比對外，主要為會同相關單位討論與彙整低放資料庫功能需求，並進行新資料庫程式開發建置。
低放射性廢棄物最終處置設施功能評估	本階段(104 年 8 月至 105 年 1 月)間利用所建置之近場及遠場地化傳輸分析技術，以及整體放射性核種傳輸技術，針對國內兩處建議候選場址進行案例分析，及評估生物圈輻射劑量，並依視實際工作成果辦理相關訓練課程。

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	本階段辦理公司內部稽查，就「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」提出 6 項建議事項，並依規定進行追蹤，相關改進措施已陸續完成，無待追蹤事項。
-----------------------------	---

台電公司下階段(105 年 2 月-105 年 7 月)，主要將持續辦理現階段執行各項計畫，並將依據「低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫」之規劃辦理相關技術精進作業。

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場址調查、土地取得、選址公投及環評等工作。本階段(104 年 8 月至 105 年 1 月)工作尚無場址調查、土地取得及環評等工作，目前僅為選址作業準備公投相關工作。

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

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

子進行評量，評選出較佳之可能潛在場址。台電公司除提供選址小組前述有關處置設施選址之相關資料外，並執行選址小組 96 年 10 月 23 日第 4 次委員會議初步同意之可能潛在場址其地球化學條件(地下水體氫離子濃度指數與地質介質對鈷及鉍之分配係數)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「台東縣達仁鄉」、「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 日赴台東縣達仁鄉、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「台東縣達仁鄉」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「台東縣達仁鄉」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「台東縣達仁鄉」、「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「台東縣達仁鄉」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台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畫部分，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台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，但對於場址公投時程尚未有具體結論，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。

台電公司於 102 年 10 月 29 日將 103 年度工作計畫提報主管機關審查，並於 102 年 11 月 14 日參加主管機關召開之「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主管機關 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「低放射性廢棄物最終處置計畫書」，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。

有關「放射性廢棄物最終處置計畫-104 年度工作計畫」審查說明會會議決議「積極執行選址地方公投之公眾溝通作業，並加強資訊公開及公眾參與之規劃及執行，俾利低放處置計畫之推動」部分，台電公司已研定 104 年度溝通工作計畫，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。

台電公司前階段(104年2月至104年7月)選址工作主要為配合主辦機關經濟部辦理公投之民眾溝通工作。

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 104 年度工作計畫(修訂版)；及配合主辦機關經濟部，辦理公投之民眾溝通工作。主管機關於 104 年 11 月 26 日召開放射性物料臨時管制會議，要求台電公司於 105 年 3 月底前提報低放射性廢棄物最終處置計畫之強化執行措施，另應切實檢討計畫書，依法持續進行選址作業。台電公司刻正辦理中，將於規定時程內完成提報。另，台電公司依據主管機關核備之「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.3」，於 104 年 9 月 3 日開始辦理「放射性廢棄物最終處置應變方案可行性研究」案。

主管機關於 104 年 12 月 25 日依據立法院第 8 屆第 8 會期教育及文化委員會第 11 次全體委員會議議事錄函請主辦機關經濟部與台電公司積極辦理低放射性廢棄物最終處置設施選址公投相關作業。本案台電公司依據國營會函示，於 105 年 1 月 18 日提出檢討說明，並將配合經濟部辦理後續相關作業。

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，因兩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，經濟部評估自辦公投確有困難事項待克服，致公投時程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「104 年度低放選址地方溝通工作計畫」及「105 年度低放選址地方溝通工作計畫」進行公眾溝通。

台電公司辦理應變方案可行性研究案，預定於 105 年 3 月及 5 月分別完成第 2 次與第 3 次期中報告初稿。另將依據放射性物料臨時管制會議之決議，

於 105 年 3 月提報主管機關本計畫之強化執行措施，與替代/應變方案之實施策略規劃。

第四章 民眾溝通專案計畫

一、選址溝通工作

「場址設置條例」於 95 年 5 月 24 日公布施行後，台電公司考量處置設施場址之產生須依地方性公投的結果來決定，於是成立「低放射性廢棄物最終處置場選址公投督導會報」，負責本項計畫重大決策之訂定，目前於總管理處核能後端營運處下成立「督導組」，負責規劃及推動選址公投溝通宣導事宜，並於建議候選場址所在縣設置「低放溝通宣導小組」，負責執行地方性溝通宣導工作。

台電公司為使民眾了解低放處置場設施之安全特性，以有效提升民眾對低放處置安全之信心，已製作有 2 種處置方式示意動畫及隧道處置之實體模型，應用於公眾溝通。該實體模型已擺設於本公司核能三廠南部展示館，再配合 2 種處置方式之示意動畫播映，將有助於民眾瞭解處置概念與操作方式。

為提升建議候選場址所在鄉「金門縣烏坵鄉」及「台東縣達仁鄉」民眾支持度，台電公司特針對地方民眾進行逐戶拜訪說明，使民眾充分了解低放射性廢棄物及選址相關資訊。

針對金門縣烏坵鄉，本公司於 100 年 5 月 24 日至 6 月 3 日、100 年 9 月 15 日至 25 日、101 年 10 月 1 日至 15 日、102 年 9 月 1 日至 15 日、103 年 7 月 30 日至 8 月 16 日及 104 年 4 月 15 日至 5 月 1 日 6 次登島，進行逐戶拜訪工作，支持度分別為 41%、54%、38%、30%、67%及 65%；因烏坵旅台鄉親甚多，故亦針對旅台家族成員進行座談以利說明低放公投事宜。

目前台東縣達仁鄉已完成 6 輪逐戶拜訪工作，第一輪(99 年 1 月 11 日至 10 月 8 日)、第二輪(99 年 10 月 25 日至 100 年 4 月 22 日)、第三輪(100 年 8 月 1 日至 100 年 12 月 16 日)、第四輪(101 年 8 月 30 日至 102 年 2 月 8 日)、第五輪(102 年 7 月 22 日至 102 年 12 月 13 日)、第六輪(104 年 12 月 23 日至 105 年 1 月 30 日)，經深入耕耘，歷次民眾對設置處置場的支持度分別為 38%、40%、57%、60%、61%及 61%，已有顯著提升。另場址所在達仁鄉之鄰近大武鄉，本公司亦分別辦理逐戶拜訪工作，南興村(103 年 9 月 1 日至 103 年 10

月 2 日)、尚武村(103 年 9 月 9 日至 103 年 12 月 15 日)、大武村(103 年 10 月 13 日至 104 年 1 月 22 日)、大鳥村(103 年 12 月 15 日至 104 年 4 月 16 日)、大竹村(104 年 2 月 2 日至 104 年 4 月 9 日)，民眾對設置處置場的支持度分別為 60.11%、41.2%、40.42%、42.58%及 37.25%，本公司將持續進行溝通宣導工作。

本階段(104 年 8 月至 105 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下：

***全國性—104 年 8 月-105 年 1 月**

行動模組	行動方案	辦理情形	工作成效
廣告文宣	低放證人篇短片 低放應用製作物	104.8-105.1 本項製作低放證人篇短片 1 支、達仁新契機公投來翻轉宣導短片 1 支及低放小學堂懶人包 5 式。	目前在金門及台東地區利用辦理地方溝通說明會期間，適時播放該遠景規劃宣導短片及發送立體書、漫畫式文宣等，均獲得當地居民認同，對於本公司低放溝通宣導方面達到良好效果。
調查研究	電話民調	本項已於 104.9-104.11 間執行完畢。	針對全國、金門及台東縣電話民調數據，提供制定低放選址公投公眾溝通宣導策略參考。
組織動員	專家學者、民間團體拜會	104.8 起陸續就「建構核廢料管理共識平台」議題進行專家學者、民間團體拜會工作，共計拜會 12 個機關團體、20 位專家學者及意見領袖。	增進社會大眾對本公司的認知，並徵詢公民參與機制建立之意見。

*金門縣—104 年 8 月-105 年 1 月

行動模組	行動方案	辦理情形	工作成效
廣告文宣	縣市應用製作物 (三角桌曆) 縣市廣播廣告 LED 廣告看板	104.9-104.11 辦理印製 105 年低放選址業務 宣導三角桌曆 1 式。 104.11-104.12 辦理太 武之春廣播廣告。 金門區處服務中心設 置 LED 廣告看板。	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。
議題管理	地方記者座談會	本項已於 104.8.28 執 行完畢。	增進社會大眾對本公司 的認知，並建立溝通管道 尋求支持。
組織動員	縣府及地方機關首 長拜會 議會議員拜會 村里說明會 機關團體說明會 逐戶拜訪 拜訪里長 烏坵旅台鄉親家族 說明會 烏坵旅台鄉親參訪 活動 烏坵仕紳赴金門 協助溝通	104.8-105.1 辦理 1 輪。 104.8-105.1 辦理 8 場。 104.8-105.1 辦理 18 場。 104.8-105.1 辦理 10 場。 104.8-105.1 辦理拜訪 531 人次。 104.8-105.1 辦理 3 場。 104.8-105.1 辦理 1 場 104.8-105.1 辦理 1 場 104.8-105.1 辦理 5 場。	1.對於縣市首長及鄉鎮 長民代等由溝通小組採 單獨拜會面對面方式報 告建議候選場址篩選過 程、何謂低放射性廢棄 物及處理流程、低放射 性廢棄物最終處置場安 全概念及回饋項目，即 時答覆疑問，建立溝通 管道並尋求支持，蒐集 建議作為訂定地方性溝 通策略參考。 2.村里、機關社團及本處 辦理之各項集會，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.烏坵鄉民溝通除以登 烏坵本島說明以外，另 旅台鄉親溝通方式，則

	製作業務宣導品(如茶葉禮盒、環保袋、環保筷等)	104.8-105.1 共辦理 2 式	以家族說明會，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。
活動贊助	節慶、宗教、文化及體育等	104.8-105.1 辦理 11 場。	藉由金門地方人文活動，本處溝通小組為持續辦理低放選址宣導業務，特配合於活動期間安排辦理低放宣導，以擴大宣導層面與成效。

*** 台東縣—104 年 8 月-105 年 1 月**

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 縣市燈箱廣告(航空站) 縣市應用製作物 (三角桌曆)	辦理委託廣播電台播放低放選址公投宣導廣告，其中包含台東知本、正聲、台東之聲、警廣、中廣及大寶桑，共 6 家廣播公司，並於 104.8.31 執行完畢。 全年持續辦理，並於 12 月底執行完畢。 104.9-104.11 辦理印製 105 年低放選址業務宣導三角桌曆 1 式。	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。
議題管理	地方記者座談會	104.11.26 辦理 1 場。	增進社會大眾對本公司的認知，並建立溝通管道尋求支持。
組織動員	縣府及地方機關首長拜會 議會議員拜會	104.8-105.1 拜會機關首長、民代及地方意見領袖 32 人次。 104.8-105.1 拜會議會議員共 14 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

	村里及社區發展協會說明會 機關團體參訪及說明會 達仁鄉第六輪逐戶拜訪 台東旅外參訪及說明會 製作業務宣導品	104.8-105.1 辦理 16 場。 104.8-105.1 辦理 4 場。 104.12.23-105.1.30 辦理安朔、南田、森永、新化、台坂及土坂村之逐戶拜訪。 104.12.22 辦理桃園旅外鄉親說明會。 104.11.30 辦理環保袋、四色筆、修容組採購。	支持，蒐集建議作為訂定地方性溝通策略參考。 2.村里及機關團體參訪或說明會進行宣導工作，說明場址篩選過程、低放廢棄物之內涵、處理及處置方式、國外成熟技術經驗、地方公投規定、回饋經費與地方未來願景。 3.民眾及教會人士等輔以核能設施參訪活動，讓民眾正確認識低放射性廢棄物，匯聚足夠民意基礎及互信感。
活動贊助	節慶、宗教、文化及體育等	104.8-105.1 辦理 2 場。	現場辦理低放處置宣導，透過低放射性廢棄物最終處置場未來設置的藍圖和安全性之宣傳，以降低民眾心中的疑慮和提高相關設施之接受度。
公益關懷	台東火金姑兒童閱讀計畫 急難救助及老人弱勢 台東希望種子計畫 台東獨居老人圍爐	本項係全年度之公益活動，並於 7 月 31 日-8 月 3 日舉辦暑期閱讀營完畢。 104.8-105.1 辦理 12 場。 本項已於 8 月執行完畢 105.1.20 辦理完畢。	增進民眾對本公司的認知與好感，進而達到敦親睦鄰的目標，提升公司形象有所助益，俾利低放選址公投作業之推展。

金門地區民風純樸，目前因政府政策利多，生活條件良好，對政府政策相當配合。對於金門地區，將使烏坵民眾的意願能適切傳遞予金門民眾，並透過各種溝通管道，讓金門鄉親瞭解處置場的設置不但是支持政府的政策，還可以提供烏坵鄉民一個新的發展契機。另烏坵常住人口尚不及設籍人口之10%，烏坵鄉旅台鄉親仍列為溝通重點，溝通方式則以家族說明及個別拜訪方式進行。另依據委託金門大學完成之烏坵鄉遠景規劃報告，並持續與烏坵鄉民說明規劃辦理情形，以瞭解鄉民看法或意願，俾有助於促成地方公投作業與提高投票率。

因 101 年 7 月烏坵鄉才被公告為「建議候選場址」，故金門地區的溝通作業啟動時程較晚，為加速溝通廣度，亦針對金門縣民眾編製宣導文宣，以夾報方式寄送。烏坵現仍為軍管地區，設籍人口卻漸增至 663 人(104 年 12 月)，惟除冬季收割紫菜時返鄉人口較多外，常住人口僅約 30 餘人，故仍須持續加強對旅台鄉親的溝通說明。

對於台東地區之溝通工作，除將辦理全縣各鄉鎮(市)村里民低放業務宣導說明會外，將持續辦理達仁鄉之逐戶拜訪工作。達仁鄉青壯人口離鄉率頗高，將持續辦理旅外鄉親選址溝通宣導座談會，使鄉民能增加對國家政策之了解。

未來工作將配合經濟部依據「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，加強廣度及深度，主要策略目標為讓民眾了解民生用途的核能應用設備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，推廣活動識別系統，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。

另為因應經濟部公投選址時程之不明確，台電公司已訂定「104 年低放選址地方溝通工作計畫」及「105 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之執行，解除關鍵問題之所在，完成推展地方性公投選務工作。

另外，為因應低放射性廢棄物最終處置設施場址選址作業需求，且考量烏坵及金門地區溝通工作推展，爭取地方民眾支持選址作業，台電公司於 101 年 6 月委託國立金門大學針對烏坵鄉辦理「金門縣烏坵鄉地方遠景規劃」案，並於 102 年 9 月完成，相關工作成果已於烏坵鄉親說明及座談會中運用。

二、放射性廢棄物貯存所在地方溝通

(一) 蘭嶼貯存場溝通工作

台電公司自 79 年營運蘭嶼貯存場以來，均持續辦理敦親睦鄰之公眾溝通活動，本階段(104 年 8 月至 105 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，104 年 8 月至 105 年 1 月之轉診醫療補助，共發放 330 人次，補助金額共計約 81.4 萬元；專案補助共發放 20 人次，補助金額共計約 6.4 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。104 年 8 月至 105 年 1 月完成第六期計畫，關懷戶數為 314 戶次。

(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。104 年 8 月至 105 年 1 月完成協助鄉民吊卸船隻、物料 68 件。

(4) 公益關懷

台電公司聘用自蘭嶼招募之 8 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。104 年 8 月至 105 年 1 月貯存場主辦有「蘭嶼鄉民全身計測活動」、「104 年度中秋節歌唱比賽暨業務宣導晚會」、第六期「獨居老人暨弱勢家庭持續關懷計畫」、「低放貯存安全業務宣導參訪活動」等活動，並配合蘭嶼鄉公所、地方機關及民間立案社團辦理「104 年台東縣蘭嶼鄉海洋盃第五屆拼板舟競賽暨傳統舞蹈比賽」、「104 年度第三十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，如補助居家關懷協會辦理「104 年度聖誕節報佳音暨傳唱傳統歌謠活動」、蘭嶼高中辦理「104 學年度慶祝創校四十六週年校慶暨運動大會」、婦女防火宣導協會辦理「104 年秋冬季居家用火用電安全暨節能減碳宣導活動」及「105 年春季居家用火用電安全暨節能減碳宣導活動」等活動。104 年 8 月至 105 年 1 月補助總額共計約 6 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。104 年 8 月至 105 年 1 月共計接待約 1,877 人(含自台灣參訪之遊客)。

(2) 自 101 年 9 月擴大辦理「蘭嶼鄉全體鄉民全身計測活動」，除全身計測外，亦安排相關生態、文化學習等富教育意涵相關活動行程，俾利蘭嶼鄉之觀光發展，104 年 8 月至 105 年 1 月已辦理計約 367 人次。

(3) 核後端處招募自蘭嶼鄉 6 個部落之部落服務員共 8 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。

(4) 核後端處同仁每月發行 500 份「蘭嶼貯存場敦親睦鄰花絮」，宣導相關業務、核後端處主辦或協辦之活動、急難救助報導等，並由部落服務員至各社區挨家挨戶發送，截至 105 年 1 月止共發行 56 期。

(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，目前核一廠主要就乾式貯存議題進行溝通宣導，核二廠則就乾式貯存及低放射性廢棄物議題進行溝通宣導，核三廠則就放射性廢棄物及核能安全等核能相關議題進行溝通宣導，茲將核能電廠對地方溝通說明活動與核能安全、放射性廢棄物有關者表列如下：

核一廠：無低放射性廢棄物議題之溝通工作

核二廠：

編號	執行民眾溝通工作項目	目的	執行成效	備註
1.	新竹香山高中學生參觀	低放射性廢棄物處理與貯存現況	良好	
2.	台灣核能產業發展協會	低放射性廢棄物處理與貯存現況	良好	
3.	清華大學師生參觀作業	低放射性廢棄物處理與貯存現況	良好	
4.	高中師生參觀作業	低放射性廢棄物處理與貯存現況	良好	
5.	基隆市政府辦理周邊各級學校輻射災害	低放射性廢棄物處理與貯存現況	良好	
6.	網路核能參訪	低放射性廢棄物處理與貯存現況	良好	
7.	核安委員參訪	低放射性廢棄物處理與貯存現況	良好	
8.	韓國來賓參觀作業	低放射性廢棄物處理與貯存現況	良好	
9.	「輻射與原子能能量知	低放射性廢棄物處理與	良好	

編號	執行民眾溝通工作項目	目的	執行成效	備註
	識深耕營」	貯存現況		
10.	清華大學工程與系統教師生參訪	低放射性廢棄物處理與貯存現況	良好	
11.	台北科技大學師生參訪	低放射性廢棄物處理與貯存現況	良好	

核三廠：

編號	執行民眾溝通工作項目	目的	執行成效	備註
1.	車城鄉公所	溝通回饋金及專案申請議題	良好	
2.	滿洲鄉公所	溝通回饋金及睦鄰議題	良好	
3.	恆春鎮公所及代表會	溝通回饋金及生活扶助金議題	持續溝通	
4.	牡丹鄉公所	溝通回饋金及睦鄰議題	良好	
5.	恆春基督教醫院等社團	核能宣導議題	良好	
6.	滿洲鄉代表會	溝通回饋金及核能宣導議題	良好	
7.	恆春鎮老人會等社團	宣導核安暨核廢料議題	良好	
8.	車城地區農會	核能宣導議題	良好	
9.	滿洲鄉農會	核能宣導議題	良好	
10.	滿洲鄉港口社區協會等社團	核能宣導議題	良好	

三、執行成效、檢討及下階段工作要項

在溝通過程中，民眾關心的事項，主要包括回饋金的分配與管理、地方遠景規劃、電力相關設施改善、處置場設置利弊、公投門檻及投票行政區域界定等。民眾意見均回饋至相關作業，以利達成處置場的選定。另於低放處置

場址及基本設計確立後，將進行規劃製作低放處置設施 3D 數位展示模型，使民眾能更清楚了解處置場的配置及運作狀況。

對於台東地區，除將辦理全縣各鄉鎮(市)村里民低放業務宣導說明會外，將持續辦理達仁鄉之逐戶拜訪工作。達仁鄉青壯人口離鄉率頗高，將持續辦理旅外鄉親選址溝通宣導座談會，使鄉民能增加對國家政策之了解。對於金門地區，將使烏坵民眾的意願能適切傳遞予金門民眾，並透過各種溝通管道，讓金門鄉親瞭解處置場的設置不但是支持政府的政策，還可以提供烏坵鄉民一個新的發展契機。另烏坵常住人口尚不及設籍人口之 10%，烏坵鄉旅台鄉親仍列為溝通重點，溝通則以家族說明會及個別拜訪之方式辦理，另並持續與烏坵鄉民在說明會時將烏坵鄉遠景規劃向鄉民進行說明，以瞭解鄉民看法或意願，俾有助於促成地方公投作業與提高投票率。

未來工作將依據「場址設置條例」之作業期程，配合經濟部公告核定建議候選場址，於相關場址所在縣進行溝通宣導工作，加強廣度及深度。主要溝通策略目標為讓民眾了解民生用途的核能應用設備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，推廣活動識別系統，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。

另為因應經濟部公投選址時程之不明確，台電公司已訂定「105 年低放選址地方溝通工作計畫」。期能經由上述溝通計畫之行動方案之執行，解除關鍵問題之所在，完成推展地方性公投選務工作。

第五章 綜合檢討與建議

低放射性廢棄物最終處置計畫係屬於長期性工作，從場址選擇開始到處置場運轉、封閉、監管及(或)免於監管，需歷經數十或數百年之久，因此最終處置計畫可依其階段性目標與任務概分成四個階段：「處置場選址階段」、「處置場建造階段」、「處置場運轉階段」與「處置場封閉監管階段」。現階段選址作業依據場址設置條例規定程序辦理，相關作業尚涉及非技術層面可控制因素，致無法量化達成率。而實務上選址過程遭遇地方反對或不配合等影響選址進度之情形，至整體選址作業未能按原規劃進度與程序辦理。迄本階段(半年)選址作業執行進度已依序完成潛在場址篩選、建議候選場址遴選報告公開閱覽、建議候選場址核定公告等，本階段主要工作為洽商地方政府同意接受委託辦理選務工作等公投準備作業，後續將於進行地方公投通過，與環境影響評估後，才能陳報行政院核定場址，完成選址階段之任務。

場址設置條例公布施行迄今已 9 年餘，若選址過程一切順利情況下，應已完成選址任務，惟目前尚有選址公投與環評調查等工作尚待執行。經濟部雖已於 101 年 7 月 3 日核定公告建議候選場址，並於同年 8 月 17 日函請兩處建議候選場址所在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，惟兩地縣政府分別於同年 9 月 26 日及 10 月 9 日函復經濟部，未同意接受公投選務工作之委辦，經濟部評估自行規劃辦理公投之可行性，於實務上確有困難事項待克服，例如由主辦機關辦理選務工作，因須動員人力、物力龐大，以及選務工作具有相當複雜性與專業性，在經驗不足情況下，執行選務任何環節出現瑕疵，恐遭「公投結果無效」之訴訟。故現階段除將持續與縣政府、議會及民眾溝通宣導外，亦檢討並研擬場址設置條例修正條文案。此外，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，經濟部於 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。嗣後，經濟部於 103 年 8 月 8 日將「行政法人放射性廢棄物管理中心設置條例草案」函請行政院審議，經行政院召開 3 次會議審查完竣，於 104 年 4 月 16 日第 3444 次院會通過，同日函請立法院審議，後續並

於 104 年 6 月 16 日成立「行政法人放射性廢棄物管理中心籌備推動小組」，銜接辦理原「核廢料處理專案辦公室」業務。

現階段選址作業因客觀環境影響，致選址作業無法依處置計畫書規劃時程辦理，台電公司依據物管法規定，配合選址現況修訂「低放射性廢棄物最終處置計畫書(96 年 4 月 26 日核定之修訂版)」之計畫時程，於 99 年 9 月 30 日函陳主管機關，後續依據主管機關 99 年 10 月 14 日物三字第 0990002744 號函示意見及 100 年 6 月 28 日第 116 次放射性物料管制會議紀錄議案 607 之決議，洽詢選址主辦機關選址作業時程規劃，台電公司於 100 年 8 月 25 日依選址主辦機關函復說明陳報主管機關，建請准予核備 99 年 9 月 30 日提報之「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)」。

台電公司於 100 年 11 月 10 日依據主管機關就最終處置計畫書修訂二版所提審查意見提報「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.1」請主管機關審查，並依主管機關於 101 年 3 月 27 日來函之「低放射性廢棄物最終處置計畫書」(修訂二版)審查會議紀錄要求事項與時程，於 101 年 4 月 23 日提報「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.2」及於 101 年 6 月 30 日前完成替代/應變方案之強化修正、處置技術建置計畫、年度工作計畫與地方公投之公眾溝通方案等提報主管機關審查。主管機關分別於 101 年 5 月 4 日來函同意核備處置計畫書修訂二版，101 年 7 月 31 日函復地方公投之公眾溝通方案審查意見、101 年 8 月 7 日函復「替代/應變方案強化修正」、「低放處置技術建置計畫」及「101 年度 7 至 12 月之工作計畫」等 3 項方案及計畫之審查意見。

有關「替代/應變方案強化修正」，主管機關於 102 年 1 月 16 日函復台電公司 101 年 10 月 5 日提出之「替代/應變方案強化修正」之第 2 次審查意見。台電公司依據審查意見修訂後，於 102 年 6 月 28 日提送主管機關審查。主管機關於 102 年 8 月 6 日復函表示替代/應變方案仍未具體明確，要求台電公司於 10 月底前重新切實研提低放處置計畫替代/應變方案，台電公司於 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」。物管局 102 年 12 月 24 日第 125 次放射性物料管制會議紀錄，台電公司應將「替代/應變方案」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。主管機關於 103 年 1 月 17 日函請經濟部督導台電公司提出替代應變方案(集中式貯存設施規劃)，續於 103 年 3 月 20 日第 126 次放射性物料管制會議，就「替代/應變方案強化修正」亦決議，「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，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」，後續主管機關於 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「低放射性廢棄物最終處置計畫書」，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。主管機關於 104 年 11 月 26 日召開放射性物料臨時管制會議，要求台電公司於 105 年 3 月底前提報低放射性廢棄物最終處置計畫之強化執行措施，另應切實檢討計畫書，依法持續進行選址作業。台電公司刻正辦理中，將於規定時程內完成提報。

有關處置技術建置計畫部分，台電公司依據主管機關 102 年 9 月 3 日來函之「低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫書(修訂二版)」審查結論及 102 年 12 月 24 日第 125 次放射性物料管制會議議案 675 決議，於 103 年 6 月 3 日，研擬「低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫書(103 年版)」送主管機關審查，並依據主管機關 103 年 6 月 10 日來函審查意見，於 103 年 10 月 23 日將修訂版提送主管機關審查，續依據主管機關 103 年 12 月 3 日來函審查意見，

於 103 年 12 月 15 日提修訂二版送主管機關審查，主管機關於 103 年 12 月 24 日召開「低放射性廢棄物最終處置 104 年度工作計畫」及「低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫(103 年修訂版)」審查會議，台電公司已依據前述審查會議決議辦理，於 104 年 6 月 26 日提報「低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫」。續依據主管機關審查意見修訂「低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫」，於 104 年 10 月 13 日提報主管機關審查，並於 104 年 10 月 29 日參加審查會議並簡報說明相關內容，依審查會議紀錄及審查結論修訂後，於 104 年 12 月 16 日提送，主管機關於 104 年 12 月 17 日函請台電公司依前述審查會議紀錄切實辦理。

依據低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.3，台電公司本階段應執行工作包括實施環境調查與環境影響評估、投資可行性研究、民眾溝通、場址精查、細部設計與安全分析、處置技術建置、建造執照及相關執照申請與審查等工作，相關工作規劃之執行現況、改善措施與查核點表列如下：

工作項目	執行現況	改善措施	查核點
環境調查與環境影響評估	公投通過後執行	台電公司將於公投通過後，修訂處置計畫書相關工作時程規劃，並於主辦機關決定候選場址後，依環境影響評估法辦理候選場址第一階段環境影響調查、範疇界定，辦理民眾參與表達意見及回應，與編製環境影響說明書，期程約 15 個月。後續將繼續辦理第二階段環境影響評估作業，調查工作與報告編撰加上由主辦機關轉送環保署進行報告之審查、修訂及定稿等作業時程，預估約需 15 個月完成，兩階段環境影響評估作業所需全部時程約需 30 個月。	公投選出候選場址決定後 15 個月及 30 個月
投資可行性研究	公投通過後執行	台電公司將於公投通過後，修訂處置計畫書相關工作時程規劃，辦理投資可行性評估作業，預估期程約 24 個月。	公投選出候選場址決定後 24 個月
土地取得	公投通過後執行	台電公司將於公投通過後，即開始進行土地取得之前置作業。	公投選出候選場址決定後 12 個月

民眾溝通	持續辦理中，相關內容詳第4章		詳第一章查核點表列四、民眾溝通專案計畫
場址精查、細部設計與安全分析	公投通過後執行	台電公司將於公投通過後，修訂處置計畫書相關工作時程規劃，並於公投選出候選場址決定後開始辦理，預估期程約 26 個月。	公投選出候選場址決定後 26 個月
處置技術建置	持續辦理中，相關內容詳第2章		詳第一章查核點表列二、處置技術建置計畫
建造執照及相關執照申請與審查	公投通過後執行	台電公司將於公投通過後，修訂處置計畫書相關工作時程規劃，並於辦理投資可行性研究期間，準備建造執照及相關執照申請文件，預估期程約 15 個月，並依據放射性物料管理法第 17 條向主管機關提出申請，有關建造執照申請、應備文件及格式、審核程序及其他應遵行事項等，將依主管機關公布之相關規定辦理，預估審查時程為 12 個月。	公投選出候選場址決定後 19.5 個月及 31.5 個月

有關本階段工作計畫之執行進度，處置技術建置計畫部分，包括整合性計畫及廢棄物特性研究、功能/安全評估等項目，各子項工作均照年度工作計畫進度執行中。

有關處置設施選址計畫部分，台電公司依據低放射性廢棄物最終處置 104 年度工作計畫(修訂版)及配合主辦機關經濟部辦理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；另依據主管機關 103 年 9 月 9 日核備之「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版)Rev.3」，於 104 年 9 月 3 日開始辦理「放射性廢棄物最終處置應變方案可行性研究」案。

有關民眾溝通專案計畫部分，因應經濟部公投選址時程之不明確，台電公司已訂定「105 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之執行，解除關鍵問題之所在，完成推展地方性公投選務工作。

下階段(105 年 2 月至 105 年 7 月)工作，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，並遵照主管機關指示辦理處置計畫相關準備工作，相關工作及執行計畫查核點表列如下：

一、處置技術建置計畫

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發展整合規劃與評估	105 年 2 月 ~105 年 7 月	每月工作月報彙整查核
	105 年 2 月	提出「低放射性廢棄物最終處置技術評估報告」(英文版)及「低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫(105 年版)」等報告。
	105 年 5 月	辦理「低放處置技術評估報告」國際同儕審查
(二)廢棄物特性研究		
低放射性廢棄物資料庫系統精進案	105 年 2 月 ~105 年 7 月	每月工作月報彙整查核
(三)場址調查評估		
本階段相關工作併入「低放射性廢棄物最終處置技術發展整合規劃與評估」案辦理。		
(四)工程障壁材料調查研究		

後續相關工作將配合「低放射性廢棄物最終處置技術發展整合規劃與評估」案相關工作成果規劃辦理		
(五)安全/功能評估		
低放射性廢棄物最終處置設施功能評估	105 年 2 月 ~105 年 7 月 105 年 7 月	工作月報彙整查核 提出本案總結報告

二、處置設施選址計畫(辦理地方性公民投票)

計畫名稱/工作項目	查核點	查核項目
低放選址作業資訊	105 年 4 月 105 年 7 月	提報 105 年第 1 季選址作業資訊 送國營會公布在主辦機關網頁 提報 105 年第 2 季選址作業資訊 送國營會公布在主辦機關網頁

三、民眾溝通

計畫名稱	查核點	查核項目
低放選址地方溝通計畫	105 年 7 月	地方公眾溝通紀錄

四、低放處置替代應變方案

計畫名稱	查核點	核查項目
放射性廢棄物最終處置應變方案可行性研究	105 年 3 月 105 年 5 月	承商提送本案「第二次期中報告」 初稿 承商提送本案「第三次期中報告」 初稿

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，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，使選址作業順利進行。

附錄一、低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫
104 年執行成果摘錄

前言

「低放射性廢棄物最終處置技術建置計畫 104 年執行成果摘錄」之內容，主要摘錄自台電公司現階段執行中之「低放射性廢棄物最終處置技術發展整合規劃與評估」計畫階段成果。該計畫現階段已完成「台東縣達仁鄉場址特性參數評估報告」、「金門縣烏坵鄉場址特性參數評估報告」、「低放射性廢棄物數量預估報告」、「低放射性廢棄物型態及特性報告」。並已提出「台東縣達仁鄉建議候選場址概念設計報告」、「金門縣烏坵鄉建議候選場址概念設計報告」、「低放射性廢棄物最終處置場興建、營運與封閉作業規劃」、「低放射性廢棄物最終處置功能模擬評估報告-台東縣達仁鄉」、「低放射性廢棄物最終處置功能模擬評估報告-金門縣烏坵鄉」、「台東縣達仁鄉場址特性調查計畫」、「金門縣烏坵鄉場址特性調查計畫」等報告，已進入審查作業，待完成審查與修訂後將提出定稿報告。

目錄

第一章 我國低放射性廢棄物種類與特性	1
1.1 低放射性廢棄物分類與數量	1
1.1.1 我國低放射性廢棄物總量	1
1.1.2 我國低放射性廢棄物分類評估方法與結果	2
1.2 低放射性廢棄物特性與活度	3
1.2.1 我國各電廠營運廢棄物之核種分析結果	3
1.2.2 小產源營運廢棄物的核種分析	4
1.2.3 電廠除役廢棄物的核種分析	5
1.2.4 核研所及清華大學除役廢棄物的核種分析	8
1.2.5 我國低放射性廢棄物核種分析結果	9
1.3 低放射性廢棄物處置關鍵核種	9
第二章 場址特性要求與調查規劃	13
2.1 場址特性要求	13
2.2 達仁鄉建議候選場址特性	13
2.2.1 地質環境概念模型	13
2.2.2 水文地質概念模型	17
2.2.3 地球化學概念模型	21
2.2.4 生物環境概念模型	22
2.2.5 達仁鄉建議候選場址調查規劃	22
2.3 烏坵鄉建議候選場址特性	22
2.3.1 地質環境概念模型	22
2.3.2 水文地質概念模型	25
2.3.3 地球化學概念模型	29
2.3.4 生物環境概念模型	30
2.3.5 烏坵鄉建議候選場址調查規劃	30
第三章 處置設施概念設計	31
3.1 處置設施規劃	31
3.1.1 處置設施需求	31
3.1.2 達仁鄉建議候選場址處置設施規劃	32
3.1.3 烏坵鄉建議候選場址處置設施規劃	34

3.2 工程障壁系統	35
3.2.1 工程障壁系統之安全考量	35
3.2.2 達仁鄉建議候選場址工程障壁系統設計	35
3.2.3 烏坵鄉建議候選場址工程障壁系統設計	39
3.3 處置設施封閉設計	41
3.3.1 處置設施封閉考量	41
3.3.2 處置設施封閉設計	42
3.4 輔助區設計	42
3.4.1 輔助區設施需求	42
3.4.2 達仁鄉建議候選場址輔助區設計	42
3.4.3 烏坵鄉建議候選場址輔助區設計	43
第四章 處置場興建、營運與封閉作業規劃	45
4.1 興建、營運與封閉階段作業與時程規劃	45
4.1.1 達仁鄉建議候選場址作業時程規劃	45
4.1.2 烏坵鄉建議候選場址作業時程規劃	46
4.2 達仁鄉建議候選場址之興建階段作業規劃	48
4.2.1 施工規劃目標與環境條件	48
4.2.2 設施興建工程規劃與施工方法	50
4.3 烏坵鄉建議候選場址之興建階段作業規劃	50
4.3.1 施工規劃目標與環境條件	50
4.3.2 設施興建工程規劃與施工方法	52
4.4 營運階段作業規劃	52
4.4.1 營運階段作業考量	52
4.4.2 達仁鄉建議候選場址之營運階段作業規劃	53
4.4.3 烏坵鄉建議候選場址之營運階段作業規劃	55
4.5 封閉階段作業規劃	56
4.5.1 封閉階段作業考量	56
4.5.2 達仁鄉建議候選場址之封閉階段作業規劃	56
4.5.3 烏坵鄉建議候選場址之封閉階段作業規劃	57
第五章 最終處置安全分析	57
5.1 達仁鄉建議候選場址安全分析	57
5.1.1 安全分析基本假設	57

5.2 達仁鄉建議候選場址設計情節之安全分析	58
5.2.1 發展設計情節	58
5.2.2 分析模式與參數設定	60
5.2.3 敏感度及不確性分析	63
5.2.4 設計情節分析結果	66
5.3 達仁鄉建議候選場址替代情節之安全分析	67
5.3.1 發展替代情節	67
5.3.2 分析模式與參數設定	67
5.3.3 敏感度及不確性分析	69
5.3.4 替代情節分析結果	69
5.4 烏坵鄉建議候選場址安全分析	70
5.4.1 安全分析基本假設	70
5.5 烏坵鄉建議候選場址設計情節之安全分析	70
5.5.1 發展設計情節	70
5.5.2 分析模式與參數設定	72
5.5.3 敏感度及不確性分析	73
5.5.4 設計情節分析結果	74
5.6 烏坵鄉建議候選場址替代情節之安全分析	75
5.6.1 發展替代情節	75
5.6.2 分析模式與參數設定	75
5.6.3 敏感度及不確性分析	77
5.6.4 替代情節分析結果	78
第六章 結論.....	78
參考文獻.....	80

表目錄

表 1.1.1-1	我國低放射性廢棄物總量	1
表 1.2.1-1	我國各電廠營運廢棄物之總活度	3
表 1.2.2-1	核研所營運廢棄物總活度	4
表 1.2.3-1	PWR 參考電廠除役廢棄物 ^(a) 之放射性核種分布	5
表 1.2.3-2	BWR 參考電廠除役廢棄物 ^(a) 之放射性核種分布	6
表 1.2.3-3	我國 4 座核能電廠概況	7
表 1.2.3-4	國內各核能電廠除役廢棄物 ^(a) 總活度 ^(b) (單位：Bq).....	8
表 1.2.4-1	核研所及清華大學除役廢棄物總活度預估值	8
表 1.2.5-1	我國低放射性廢棄物核種分布與活度(單位：Bq)	10
表 2.2.2-1	達仁鄉建議候選場址區域尺度水文地質模型參數表	18
表 2.2.2-2	達仁鄉建議候選場址尺度之水文地質模型參數表	20
表 2.2.3-1	達仁鄉建議候選場址地球化學環境演化	21
表 2.3.2-1	烏坵鄉建議候選場址區域模擬水文地質參數表	26
表 2.3.2-2	烏坵鄉建議候選場址水文地質模型參數表	28
表 2.3.3-1	烏坵鄉建議候選場址地球化學環境演化	29
表 3.1.2-1	達仁鄉建議候選場址處置設施之基本資料	32
表 3.1.3-1	烏坵鄉建議候選場址處置設施之基本資料	34
表 3.2.2-1	工程障壁各構件之物理參數	35
表 3.2.3-1	工程障壁各構件之物理參數	40
表 4.2.1-1	通行隧道與處置坑道長度、斷面及開挖量一覽表	49
表 4.3.2-1	通行隧道與處置坑道長度、斷面及開挖量一覽表	51
表 4.4.1-1	A 類放射性廢棄物之年劑量及屏蔽厚度關係.. 錯誤！尚未定義書籤。	
表 4.5.2-1	坑道長度、回填量體及施工速率對照表	57
表 4.5.3-1	坑道長度、回填量體及施工速率對照表	57
表 5.2.1-1	外部 FEP 初步篩選結果	58
表 5.2.1-2	設計情節之考量條件	60
表 5.2.2-1	工程障壁正常劣化條件下於不同時間下之流量比	62
表 5.2.3-1	評估參數之不確定性來源評估及目前處理方式	63
表 5.2.3-2	參考台電現有資料庫之母核種平均活度及其活度比	64

表 5.3.1-1	各種情節之考量條件	67
表 5.3.2-1	工程障壁加劇劣化條件下於不同時間下之流量比	68
表 5.3.2-2	工程障壁在封閉後 500 年遭遇強地震作用後之流量比 ..	68
表 5.3.3-1	採用台電現有活度資料庫下各分析情節之劑量分析總表	69
表 5.3.4-1	各分析情節下之劑量分析總表	69
表 5.5.1-1	外部 FEP 初步篩選結果	70
表 5.5.2-1	工程障壁正常劣化條件下於不同時間下之流量比	72
表 5.6.2-1	工程障壁加劇劣化條件下於不同時間下之流量比	76
表 5.6.2-2	工程障壁在封閉後 500 年遭遇強地震作用後之流量比 ..	76
表 5.6.2-3	各情節與不同時期下之海、淡水條件	76
表 5.6.3-1	採用台電現有活度資料庫下各分析情節之劑量分析總表	77
表 5.6.4-1	各分析情節下之劑量分析總表	78

圖目錄

圖 2.2.2-1	達仁鄉建議候選場址地體構造剖面圖	14
圖 2.2.2-2	達仁鄉建議候選場址區域地質圖	15
圖 2.2.2-3	達仁鄉建議候選場址地質環境模型示意圖	15
圖 2.2.2-4	達仁鄉建議候選場址隆升/沉降速率推估示意圖	15
圖 2.2.2-5	海水面變化推演示意圖	16
圖 2.2.2-6	台灣地區特定地點未來 200 年海水面變化趨勢	17
圖 2.2.2-1	達仁鄉建議候選場址區域水文地質概念分區示意	18
圖 2.2.2-2	達仁鄉建議候選場址區域水文地質概念分層示意圖	18
圖 2.2.2-3	達仁鄉建議候選場址區域地下水模型與流場模擬示意圖	19
圖 2.2.2-4	達仁鄉建議候選場址上游山區質點追蹤流線圖	19
圖 2.2.2-5	達仁鄉建議候選場址尺度水文地質分界示意圖	19
圖 2.2.2-6	達仁鄉建議候選場址地下水模型與流場模擬示意圖	20
圖 2.3.1-1	烏坵鄉場址區域地質平面圖	24
圖 2.3.1-2	烏坵鄉場址地質環境模型	24
圖 2.3.2-1	烏坵鄉建議候選場址區域水文地質概念分區示意	26
圖 2.3.2-2	烏坵鄉建議候選場址區域水文地質概念分層示意	26
圖 2.3.2-3	烏坵鄉建議候選場址區域地下水數值模型網格	27
圖 2.3.2-4	大陸地區海水與淡水交界面	27
圖 2.3.2-5	烏坵鄉建議候選場址尺度水文地質分界示意圖	28
圖 2.3.2-6	烏坵鄉建議候選場址地下水模型與流場模擬示意圖	29
圖 3.1.2-1	達仁鄉建議候選場址處置設施空間配置	33
圖 3.1.2-2	排水廊道降水示意	34
圖 3.1.3-1	烏坵鄉建議候選場址處置設施空間配置	35
圖 3.2.2-1	A 類放射性廢棄物處置坑道工程障壁設計	36
圖 3.2.2-2	B、C 類放射性廢棄物處置坑道工程障壁設計	36
圖 3.2.2-3	A 類低放廢棄物處置窖之 55 加侖桶堆放規劃	37
圖 3.2.2-4	B、C 類低放廢棄物處置窖之 55 加侖桶堆放規劃	38
圖 3.2.2-5	鈉型與鈣型膨潤土密度與水力傳導係數之關係	39
圖 3.2.3-1	A 類放射性廢棄物處置坑道工程障壁設計	40

圖 3.2.3-2	B、C 類放射性廢棄物處置坑道工程障壁設計	41
圖 3.2.3-3	不同水質條件下膨潤土密度與水力傳導係數之關係.....	41
圖 3.3.2-1	處置設施封閉設計概念	42
圖 3.4.2-1	達仁鄉建議候選場址輔助區平面布置圖	43
圖 3.4.3-1	烏坵鄉建議候選場址輔助區平面布置圖	44
圖 4.1.1-1	台東縣達仁鄉建議候選場址選址及興建作業流程圖.....	45
圖 4.1.1-2	達仁鄉建議候選場址各期施工內容及範圍	46
圖 4.1.1-3	台東縣達仁鄉建議候選場址各項作業辦理之預估時程..	46
圖 4.1.2-1	金門縣烏坵鄉建議候選場址選址及興建作業流程圖.....	47
圖 4.1.2-2	烏坵鄉建議候選場址各期施工內容及範圍	47
圖 4.1.2-3	金門縣烏坵鄉建議候選場址各項作業辦理之預估時程..	48
圖 4.4.2-1	營運期間基本作業流程	54
圖 4.4.2-2	達仁建議候選場址處置坑道營運示意	55
圖 4.4.3-1	烏坵建議候選場址處置坑道營運示意	56
圖 5.2.2-1	A 類處置坑道放射性核種液體傳輸外釋途徑概念圖	61
圖 5.2.2-2	B、C 類處置坑道放射性核種液體傳輸外釋途徑概念圖	61
圖 5.2.2-3	GoldSim 整體評估數值分析模型	61
圖 5.2.2-4	法規核種及與其相關之衰變鏈	62
圖 5.2.2-5	粒子追縱監測點與其出滲位置說明	63
圖 5.2.3-1	不考慮吸附功能下之劑量評估結果	65
圖 5.2.3-2	放大擴散係數 100 倍下之劑量評估結果	66
圖 5.2.4-1	設計情節(液體傳輸)下之劑量評估結果	67
圖 5.5.2-1	粒子追縱監測點	73
圖 5.5.3-1	不考慮吸附功能下之劑量評估結果	74
圖 5.5.4-1	設計情節下之劑量評估結果	75

第一章 我國低放射性廢棄物種類與特性

1.1 低放射性廢棄物分類與數量

1.1.1 我國低放射性廢棄物總量

我國低放射性廢棄物最終處置場規劃接收之營運廢棄物來源，分別為核能電廠營運廢棄物以及小產源營運廢棄物。其中，核能電廠營運廢棄物包括固化廢棄物、脫水樹脂、可燃性廢棄物、可壓縮廢棄物及其他廢棄物；小產源營運廢棄物來源則包含核能研究所與接收自全國同位素應用業界所產生之廢棄物。

我國所擬定的除役方式為立即拆除，在核能電廠除役期間產生的低放射性廢棄物，主要可分為中子活化廢棄物、放射性污染廢棄物以及其他放射性廢棄物等三類。

彙整我國低放射性廢棄物總量如表 1.1.1-1 所示。若核能電廠營運壽命為 40 年，同時最終處置場所接收核研所及其他同位素界之低放射性廢棄物至龍門電廠 40 年營運壽命結束止，低放射性廢棄物最終處置場須接收 304,420 桶營運廢棄物與 676,305 桶除役廢棄物，總計 980,725 桶低放射性廢棄物。若核能電廠營運壽命為 60 年，則低放射性廢棄物最終處置場須接收 396,595 桶營運廢棄物與 676,305 桶除役廢棄物，總計約 1,072,900 桶低放射性廢棄物。考量數量計算時的誤差，先以電廠營運 40 年為前提，保守假設低放射性廢棄物處置場的容量為 1,000,000 桶，而現階段所有之後續工作，例如處置場設計、場址大小、安全分析等，均以處置 100 萬桶低放射性廢棄物作為規劃設計之基準。

表 1.1.1-1 我國低放射性廢棄物總量

核能設施	營運廢棄物(桶)		除役廢棄物(桶)		總計(桶)	
	營運 40 年	營運 60 年	營運 40 年	營運 60 年	營運 40 年	營運 60 年
核一廠	50,601	75,269	104,304	104,304	154,905	179,573
核二廠	90,372	135,029	161,540	161,540	251,912	296,569
核三廠	9,850	14,300	144,552	144,552	154,402	158,852
龍門電廠	20,000	30,000	221,400	221,400	241,400	251,400

核能設施	營運廢棄物(桶)		除役廢棄物(桶)		總計(桶)	
	營運 40 年	營運 60 年	營運 40 年	營運 60 年	營運 40 年	營運 60 年
減容中心	0	0	1,106	1,106	1,106	1,106
蘭嶼貯存場	100,277	100,277	11,000	11,000	111,277	111,277
小產源 ^(a)	33,320	41,720	32,403	32,403	65,723	74,123
總計	304,420	396,595	676,305	676,305	980,725	1,072,900

註: (a)最終處置場接收之小產源營運廢棄物係統計至龍門電廠一、二號機許可營運年限結束時，即民國 147 年止。

1.1.2 我國低放射性廢棄物分類評估方法與結果

「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第三條規定，低放射性廢棄物依其放射性核種濃度分為 A 類、B 類、C 類與超 C 類等四種，並依營運廢棄物與除役廢棄物兩種分開討論。

一、營運廢棄物

營運廢棄物的分類主要根據「低放射性廢棄物分類計算統計結果及難測核種最低可測值應用研究」之統計結果，彙整各電廠的各類廢棄物所佔比例。另外，因龍門電廠尚未營運，沒有實際的分類結果可供參考，故利用跟其機組相似的核一廠和核二廠之分類比例，取其平均值做為龍門電廠的分類比例估算。而小產源營運廢棄物因缺乏相關實際統計數據，先假設其分類比例與蘭嶼貯存場相同，進行分類數量計算。

二、除役廢棄物

除役廢棄物的分類則依機組型式參考美國核管會針對 BWR 電廠除役之報告 NUREG/CR-0672(U.S.NRC, 1980, p6.2)與 PWR 電廠除役之報告 NUREG/CR-0130(U.S.NRC, 1978, p6.2)進行評估。除役廢棄物尚有來自於核研所及清華大學的研究用及教學用反應器除役、蘭嶼貯存場除役與減容中心除役產生的廢棄物。

綜上所述，將低放射性廢棄物最終處置場擬接收之廢棄物數量與分類，彙整如表 1.1.5-5 所示。

表 1.1.5-5 我國低放射性廢棄物之分類數量

廢棄物分類	營運 廢棄物	除役廢棄物		合計	比例
		各電廠	核研所、清大、減容中心、蘭嶼貯存場		
A 類廢棄物(桶)	284,772	616,723	44,319	945,814	96.4%
B 類廢棄物(桶)	6,671	11,480	152	18,303	1.9%
C 類廢棄物(桶)	11,288	1,606	23	12,917	1.3%
超 C 類廢棄物(桶)	1,689	1,987	15	3,691	0.4%

1.2 低放射性廢棄物特性與活度

1.2.1 我國各電廠營運廢棄物之核種分析結果

電廠營運廢棄物的核種分布與活度，除以量測每桶廢棄物的加馬核種(如 Co-60、Cs-137、Cr-51...)活度，再利用比例因數推估難測核種的活度外，亦可依據反應爐型式及其廢棄物來源與類別推估核種分布狀況。本報告將根據美國核管會針對不同廢棄物來源與型態的核種分布與平均活度之統計資料，推估我國核能電廠營運廢棄物的核種與總活度。由各廠各類廢棄物之年平均產量與單位體積活度，即可計算出各廠的年平均活度，接著利用各廠營運廢棄物之年平均活度，計算出各廠營運 40 年期間，所產生之營運廢棄物的總活度，並考量衰變效應後，將總活度推算至最終處置場的關閉的時間，結果如表 1.2.1-1。

表 1.2.1-1 我國各電廠營運廢棄物之總活度

核種	核一(Bq)	核二(Bq)	核三(Bq)	龍門(Bq)	總計(Bq)
H-3	2.24E+10	4.74E+10	1.54E+11	8.51E+10	3.09E+11
C-14	1.32E+11	2.36E+11	3.85E+11	5.33E+10	8.07E+11
Fe-55	9.07E+05	3.25E+06	9.81E+05	8.77E+09	8.77E+09
Ni-59	1.25E+11	2.10E+11	3.42E+10	4.74E+10	4.18E+11
Co-60	7.81E+09	1.94E+10	4.66E+09	5.66E+11	5.99E+11
Ni-63	1.54E+12	2.63E+12	6.14E+12	7.66E+11	1.11E+13
Nb-94	3.96E+09	6.62E+09	1.08E+09	1.49E+09	1.32E+10
Sr-90	5.48E+10	1.05E+11	1.20E+11	5.77E+10	3.37E+11
Tc-99	8.58E+09	1.53E+10	3.28E+09	3.43E+09	3.06E+10
I-129	2.29E+10	4.07E+10	9.69E+09	9.18E+09	8.25E+10
Cs-135	8.58E+09	1.53E+10	3.28E+09	3.44E+09	3.06E+10
Cs-137	3.33E+13	6.36E+13	1.46E+13	3.37E+13	1.45E+14

核種	核一(Bq)	核二(Bq)	核三(Bq)	龍門(Bq)	總計(Bq)
U-235	1.20E+07	1.65E+07	1.99E+08	3.74E+06	2.32E+08
U-238	9.44E+07	1.30E+08	1.57E+09	2.93E+07	1.82E+09
Np-237	2.29E+03	3.15E+03	3.81E+04	7.14E+02	4.44E+04
Pu-238	1.08E+10	1.57E+10	6.03E+10	4.77E+09	9.18E+10
Pu-239	1.16E+10	1.70E+10	8.51E+10	3.85E+09	1.18E+11
Pu-240	1.15E+10	1.69E+10	8.47E+10	3.85E+09	1.17E+11
Pu-241	1.11E+10	1.88E+10	9.73E+10	2.52E+10	1.52E+11
Pu-242	2.52E+07	3.69E+07	1.87E+08	8.36E+06	2.58E+08
Am-241	6.77E+09	9.62E+09	7.07E+10	2.32E+09	8.95E+10
Am-243	5.18E+08	7.36E+08	5.33E+09	1.67E+08	6.73E+09
Cm-243	1.89E+06	2.76E+06	7.33E+06	1.51E+06	1.35E+07
Cm-244	4.44E+08	6.73E+08	3.16E+09	6.29E+08	4.92E+09
總計	3.53E+13	6.73E+13	2.18E+13	3.53E+13	1.60E+14

備註：已將活度統一規劃至民國 172 年(假設龍門電廠 2 號機組暫定於民國 107 年開始營運，營運 40 年後於民國 147 年停機並在 25 年內除役完成)。

1.2.2 小產源營運廢棄物的核種分析

核研所放射性廢棄物的核種分析，其執行方法是先根據核研所提供之該所自民國 66 年至 80 年間各廢棄物源資料，計算出各廢棄物源年平均活度，然後再將各廢棄物源之年平均活度予以加總，以計算出該所營運廢棄物年平均活度。假設核研所的營運廢棄物自民國 66 年開始產生，並考慮處置場可於民國 172 年停止營運，計算出核研所於民國 66 年~民國 147 年產生之營運廢棄物的總活度，並考量衰變效應後，將總活度推算至民國 172 年最終處置場的關閉時間，其結果如表 1.2.2-1 所示。

表 1.2.2-1 核研所營運廢棄物總活度

核種	核研所營運廢棄物於 民國 172 年時的總活度(Bq)	核種	核研所營運廢棄物於 民國 172 年時的總活度(Bq)
H-3	1.54E+12	I-129	3.96E+11
Mn-54	9.14E-02	Cs-134	1.21E+07
Fe-55	4.48E+09	Cs-137	3.64E+13
Co-57	1.89E-04	Ce-141	2.87E-77
Co-60	2.34E+09	Ce-144	1.89E+00
Zn-65	2.49E-03	Eu-154	8.77E+09
Sr-89	2.04E-45	U-234	9.69E+07
Sr-90	2.12E+12	U-235	1.70E+07
Nb-94	2.80E+09	U-238	9.84E+07

核種	核研所營運廢棄物於 民國 172 年時的總活度(Bq)	核種	核研所營運廢棄物於 民國 172 年時的總活度(Bq)
Nb-95	4.11E-70	Pu-238	1.41E+09
Zr-95	7.03E-35	Pu-239	1.72E+12
Ru-103	6.07E-63	Pu-240	1.45E+12
Sb-125	1.85E+05	Am-241	1.05E+12
合計：4.47E+13			

1.2.3 電廠除役廢棄物的核種分析

低放射性廢棄物最終處置場將接收的核能電廠除役廢棄物，包括核一廠 1 號與 2 號機組、核二廠 1 號與 2 號機組，核三廠 1 號與 2 號機組，以及興建中的龍門電廠 1 號與 2 號機組除役所產生的 A 類、B 類及 C 類之低放射性廢棄物。因目前國際間並無大型核能電廠實際完成除役的經驗可提供作為活度評估的參考，故以美國核管會委託 Pacific Northwest Laboratory(PNL)分別針對大型 PWR 及 BWR 電廠除役進行的相關研究，即 NUREG/CR-0130 與 NUREG/CR-0672 等兩份報告的除役廢棄物核種分布資料為評估依據。

根據低放射性廢棄物型態及特性分析更新報告(E 版)(台電公司, 2007b, p2-35~2-43)對 NUREG/CR-0130 與 NUREG/CR-0672 報告的研析結果，PWR 電廠係以奧勒岡州的 Trojan 為參考電廠，該廠為功率 1,175MWe(3,500MWt)之電廠。BWR 則以華盛頓州的 WNP-2 為參考電廠，該廠為功率 1,155MWe(3,320MWt)之電廠。在進行電廠內累積之放射性核種評估時，假設參考電廠經過 30 個有效全功率年營運(相當於 75% 全功率營運 40 年)至最後停機，反應器停機時所含放射性核種的分布情形如表 1.2.3-1 與表 1.2.3-2 所示。

表 1.2.3-1 PWR 參考電廠除役廢棄物^(a)之放射性核種分布

核種	活度(Bq)	核種	活度(Bq)
H-3	2.79E+07	Sr-90	1.86E+13
C-14	3.66E+11	Y-90	1.86E+13
P-33	3.96E+11	Zr-95	7.92E+12
S-35	3.85E+10	Nb-93m	3.37E+07
Cl-36	1.02E+07	Nb-94	5.11E+09
Ar-37	2.62E+11	Nb-95	1.05E+13
Ar-39	4.81E+10	Mo-93	2.06E+09
K-40	4.59E+07	Tc-99	5.99E+07

核種	活度(Bq)	核種	活度(Bq)
Ca-41	8.51E+09	Ru-103	4.70E+12
Ca-45	4.44E+12	Au-110m	2.32E+11
Sc-46	2.26E+08	Sb-124	1.28E+11
Cr-51	5.55E+12	Sb-125	1.86E+11
Mn-54	1.17E+14	Te-129m	2.58E+06
Fe-55	3.41E+15	I-131	1.98E+13
Fe-59	1.08E+14	I-133	3.02E+11
Co-57	1.39E+11	Cs-134	5.37E+12
Co-58	2.85E+14	Cs-136	3.26E+10
Co-60	2.19E+15	Cs-137	9.92E+13
Ni-59	2.15E+12	Ba-140	2.68E+11
Ni-63	2.91E+14	La-140	2.68E+11
Zn-65	2.10E+10	Ce-141	1.17E+13
Sr-89	1.86E+11	Ce-144	1.63E+11

總活度：6.61E+15(Bq)

註：(a)不包含超 C 類廢棄物。

表 1.2.3-2 BWR 參考電廠除役廢棄物^(a)之放射性核種分布

核種	活度(Bq)	核種	活度(Bq)
H-3	8.62E+04	Nb-95	1.26E+12
C-14	1.27E+09	Tc-99	4.96E+07
P-32	1.78E+11	Ru-103	7.25E+11
S-35	3.40E+09	Ru-106	8.81E+11
Cl-36	4.03E+04	Ag-108m	3.25E+03
Ar-37	1.03E+09	Ag-108	4.14E+06
Ar-39	1.90E+08	Ag-109m	8.55E+00
K-40	1.22E+06	Cd-109	7.25E+00
Ca-41	2.65E+07	Ag-110m	3.81E+07
Ca-45	1.31E+10	Ag-110	5.81E+07
Sc-46	7.03E+04	Sb-124	1.28E+03
Cr-51	7.14E+12	Sb-125	1.13E+04
Mn-54	1.25E+14	Te-129m	1.99E+09
Fe-55	6.44E+13	I-131	6.11E+10
Fe-59	9.62E+12	I-133	1.86E+05
Co-58	3.23E+12	Cs-134	5.99E+12
Co-60	1.50E+14	Cs-136	4.07E+08
Ni-59	2.74E+09	Cs-137	1.14E+13
Ni-63	3.38E+11	Ba-140	8.14E+09
Zn-65	1.99E+12	La-140	8.14E+09
Sr-85	9.81E-02	Ce-141	9.44E+11
Sr-89	8.18E+09	Ce-144	2.55E+12
Sr-90	6.22E+10	Pr-143	8.14E+08
Y-90	6.22E+10	Nd-147	4.88E+07
Y-91	3.30E+09	Sm-151	4.37E+07
Nb-93m	7.29E+07	Eu-152	3.34E+08
Mo-93	1.76E+08	Eu-154	4.37E+07
Nb-94	1.55E+05	Ho-166m	1.31E+05

核種	活度(Bq)	核種	活度(Bq)
Zr-95	1.26E+12		

總活度：3.87E+14(Bq)

註：(a)不包含超 C 類廢棄物。

但由於參考電廠與國內各核能電廠可能有些不同(如機組功率大小等)，為能適當調整兩者之差異，將根據國內各核能電廠與參考電廠之反應機組功率比值(如表 1.2.3-3)，調整各核能電廠除役廢棄物所含放射性核種的分布與活度。此外，包含興建中的龍門電廠在內，國內核能電廠共有 8 部機組，因每部機組預計停機的時間皆不同。考量活度衰變的影響以及後續安全評估所需，須將各核能電廠除役廢棄物的核種活度推算至最終處置場的關閉時間。最終處置場的預計關閉時間，係以龍門電廠的 2 號機組於 107 年開始營運 40 年後停機為假設基礎，並在 25 年內除役完成，此時最終處置場接收完所有低放射性廢棄物，亦即處置場可於民國 172 年停止營運。故國內各核能電廠除役廢棄物於民國 172 年之放射性核種分布及總活度，彙整如表 1.2.3-4 所示。

表 1.2.3-3 我國 4 座核能電廠概況

廠名/機組		反應器/型式	裝置容量(MWe)	與參考電廠之反應機組功率比值 ⁽¹⁾	營運開始年份	營運終止年份 ⁽²⁾	除役距民國172年時間差(年)
核一廠	1 號	BWR	636	0.55	民國 67 年	民國 107 年	65
	2 號	BWR	636	0.55	民國 68 年	民國 108 年	64
核二廠	1 號	BWR	985	0.85	民國 70 年	民國 110 年	62
	2 號	BWR	985	0.85	民國 71 年	民國 111 年	61
核三廠	1 號	PWR	951	0.81	民國 73 年	民國 113 年	59
	2 號	PWR	951	0.81	民國 74 年	民國 114 年	58
龍門電廠	1 號	ABWR	1,350	1.17	民國 106 年 ⁽³⁾	民國 146 年	26
	2 號	ABWR	1,350	1.17	民國 107 年 ⁽³⁾	民國 147 年	25

備註：

(1)核一廠、核二廠、龍門電廠的參考電廠機組功率為 1,155MWe，核三廠的參考電廠機組功率為 1,175MWe。

(2)假設國內各電廠的營運壽命為 40 年。

(3)因商轉時間未定，此為暫定之參考時程。

表 1.2.3-4 國內各核能電廠除役廢棄物^(a)總活度^(b)(單位: Bq)

核種	核一廠		核二廠		核三廠		龍門電廠		總計
	1 號	2 號	1 號	2 號	1 號	2 號	1 號	2 號	
H-3	1.23E+03	1.30E+03	2.26E+03	2.39E+03	8.18E+05	8.66E+05	2.48E+04	2.62E+04	1.74E+06
C-14	6.96E+08	6.96E+08	1.07E+09	1.07E+09	2.94E+11	2.94E+11	1.48E+09	1.48E+09	5.96E+11
Cl-36	2.23E+04	2.23E+04	3.45E+04	3.45E+04	8.29E+06	8.29E+06	4.74E+04	4.74E+04	1.68E+07
Ar-39	8.84E+07	8.88E+07	1.38E+08	1.38E+08	3.34E+10	3.34E+10	2.08E+08	2.09E+08	6.77E+10
K-40	6.73E+05	6.73E+05	1.05E+06	1.05E+06	3.70E+07	3.70E+07	1.43E+06	1.43E+06	8.03E+07
Ca-41	1.46E+07	1.46E+07	2.26E+07	2.26E+07	6.88E+09	6.88E+09	3.09E+07	3.09E+07	1.39E+10
Mn-54	8.95E-10	2.01E-09	1.58E-08	3.55E-08	1.60E-07	3.59E-07	2.30E+05	5.18E+05	7.47E+05
Fe-55	2.42E+06	3.12E+06	7.99E+06	1.03E+07	8.62E+08	1.11E+09	1.32E+11	1.70E+11	3.03E+11
Co-60	1.61E+10	1.84E+10	3.69E+10	4.22E+10	7.59E+11	8.66E+11	6.55E+12	7.47E+12	1.58E+13
Ni-59	1.51E+09	1.51E+09	2.33E+09	2.33E+09	1.74E+12	1.74E+12	3.20E+09	3.20E+09	3.49E+12
Ni-63	1.19E+11	1.20E+11	1.87E+11	1.89E+11	1.57E+14	1.58E+14	3.33E+11	3.35E+11	3.15E+14
Zn-65	5.96E-18	1.68E-17	2.07E-16	5.85E-16	4.66E-17	1.31E-16	1.29E+01	3.64E+01	4.92E+01
Sr-90	7.22E+09	7.40E+09	1.20E+10	1.22E+10	3.66E+12	3.74E+12	4.00E+10	4.11E+10	7.51E+12
Nb-93m	2.43E+06	2.54E+06	4.29E+06	4.51E+06	2.15E+06	2.25E+06	2.90E+07	3.03E+07	7.73E+07
Mo-93	9.58E+07	9.58E+07	1.48E+08	1.48E+08	1.65E+09	1.65E+09	2.05E+08	2.05E+08	4.18E+09
Nb-94	8.51E+04	8.51E+04	1.32E+05	1.32E+05	4.14E+09	4.14E+09	1.81E+05	1.81E+05	8.29E+09
Tc-99	2.73E+07	2.73E+07	4.22E+07	4.22E+07	4.85E+07	4.85E+07	5.77E+07	5.77E+07	3.51E+08
Ru-106	3.74E-08	7.36E-08	4.40E-07	8.70E-07	-	-	4.59E+04	9.07E+04	1.37E+05
Ag-108m	1.61E+03	1.61E+03	2.50E+03	2.50E+03	-	-	3.66E+03	3.66E+03	1.55E+04
Au-110m	-	-	-	-	2.22E-14	5.88E-14	-	-	8.10E-14
Sb-125	5.03E-04	6.48E-04	1.65E-03	2.13E-03	5.51E+04	7.07E+04	2.47E+01	3.17E+01	1.26E+05
Cs-134	1.60E+03	2.23E+03	6.70E+03	9.32E+03	1.52E+04	2.11E+04	1.84E+09	2.55E+09	4.40E+09
Cs-137	1.41E+12	1.45E+12	2.34E+12	2.40E+12	2.07E+13	2.12E+13	7.51E+12	7.70E+12	6.48E+13
Ce-144	1.21E-13	2.95E-13	2.69E-12	6.55E-12	2.34E-12	5.70E-12	6.81E+02	1.66E+03	2.34E+03
Sm-151	1.45E+07	1.47E+07	2.29E+07	2.31E+07	-	-	4.18E+07	4.22E+07	1.59E+08
Eu-152	6.59E+06	6.96E+06	1.19E+07	1.25E+07	-	-	1.08E+08	1.14E+08	2.60E+08
Eu-154	1.28E+05	1.38E+05	2.52E+05	2.73E+05	-	-	6.81E+06	7.36E+06	1.49E+07

備註：

(a)不包含超 C 類廢棄物。

(b)表中所列各核種活度值已考慮衰變效應，換算為民國 172 年之活度值。

1.2.4 核研所及清華大學除役廢棄物的核種分析

核研所除役廢棄物的活度統計分析，主要根據該所提供相關資料，將核研所所屬台灣研究用反應器(TRR)、微功率反應器、水鍋式反應器、第二代台灣研究用反應器(TRRII)及核研所研製之 Co-60 射源棒等設施除役，所產生的廢棄物總活度，在考慮衰變效應之後計算出其總活度。此外，尚根據清華大學提供其研究用阿岡諾反應器、移動式反應器及水池式反應器之除役廢棄物活度預估值，計算出清華大學除役廢棄物總活度。有關核研所及清華大學除役廢棄物的總活度，詳如表 1.2.4-1 所列。

表 1.2.4-1 核研所及清華大學除役廢棄物總活度預估值

核種	活度(Bq)
Mn-54	7.44E-08
Fe-55	1.60E-03
Co-60	2.04E+10
Sr-90	8.95E+09
Ru-106	2.15E-17
Sb-125	1.44E-01
Te-125m	1.20E-25
Cs-137	1.98E+12
Ce-144	3.66E-24
Nd-144	1.33E-05
合計	2.01E+12

註：表中所示活度值已考慮衰變效應，換算為民國 172 年活度值。

1.2.5 我國低放射性廢棄物核種分析結果

綜整我國低放射性廢棄物核種分析結果如表 1.2.5-1 所示。

1.3 低放射性廢棄物處置關鍵核種

為保守起見，各類廢棄物所含核種初始活度均採用法規上限值為之，且核種種類已包含「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第三條規定之全部核種，以及其子核種。由於已全數納入安全分析計算，故不另選擇關鍵核種。

表 1.2.5-1 我國低放射性廢棄物核種分布與活度(單位：Bq)

核種	運轉廢棄物					除役廢棄物					總計
	核一	核二	核三	龍門電廠	小產源	核一	核二	核三	龍門電廠	核研所、清大	
H-3	2.24E+10	4.74E+10	1.54E+11	8.51E+10	1.54E+12	2.52E+03	4.66E+03	1.68E+06	5.11E+04	-	1.85E+12
C-14	1.32E+11	2.36E+11	3.85E+11	5.33E+10	-	1.39E+09	2.15E+09	5.88E+11	2.96E+09	-	1.40E+12
Cl-36	-	-	-	-	-	4.44E+04	6.88E+04	1.66E+07	9.47E+04	-	1.68E+07
Ar-39	-	-	-	-	-	1.77E+08	2.77E+08	6.70E+10	4.18E+08	-	6.77E+10
K-40	-	-	-	-	-	1.35E+06	2.09E+06	7.40E+07	2.86E+06	-	8.03E+07
Ca-41	-	-	-	-	-	2.92E+07	4.51E+07	1.38E+10	6.18E+07	-	1.39E+10
Mn-54	-	-	-	-	9.14E-02	2.91E-09	5.14E-08	5.18E-07	7.47E+05	7.44E-08	7.47E+05
Fe-55	9.07E+05	3.25E+06	9.81E+05	8.77E+09	4.48E+09	5.55E+06	1.83E+07	1.98E+09	3.02E+11	1.60E-03	3.17E+11
Ni-59	1.25E+11	2.10E+11	3.42E+10	4.74E+10	-	3.01E+09	4.66E+09	3.47E+12	6.40E+09	-	3.89E+12
Co-60	7.81E+09	1.94E+10	4.66E+09	5.66E+11	2.34E+09	3.44E+10	7.88E+10	1.62E+12	1.41E+13	2.04E+10	1.64E+13
Ni-63	1.54E+12	2.63E+12	6.14E+12	7.66E+11	-	2.38E+11	3.77E+11	3.14E+14	6.70E+11	-	3.27E+14
Zn-65	-	-	-	-	2.49E-03	2.28E-17	7.92E-16	1.78E-16	4.92E+01	-	4.92E+01
Sr-90	5.48E+10	1.05E+11	1.20E+11	5.77E+10	2.12E+12	1.46E+10	2.42E+10	7.40E+12	8.10E+10	8.95E+09	9.99E+12
Mo-93	6.22E+05	9.25E+05	5.44E+07	2.12E+05	-	1.91E+08	2.97E+08	3.30E+09	4.11E+08	-	4.26E+09
Nb-93m	-	-	-	-	-	5.00E+06	8.81E+06	4.40E+06	5.92E+07	-	7.73E+07

核種	運轉廢棄物					除役廢棄物					總計
	核一	核二	核三	龍門電廠	小產源	核一	核二	核三	龍門電廠	核研所、清大	
Nb-94	3.96E+09	6.62E+09	1.08E+09	1.49E+09	2.80E+09	1.71E+05	2.64E+05	8.29E+09	3.62E+05	-	2.43E+10
Tc-99	8.58E+09	1.53E+10	3.28E+09	3.43E+09	-	5.44E+07	8.44E+07	9.69E+07	1.15E+08	-	3.09E+10
Ru-106	-	-	-	-	-	1.11E-07	1.31E-06	-	1.37E+05	2.15E-17	1.37E+05
Ag-108m	-	-	-	-	-	3.21E+03	5.00E+03	-	7.33E+03	-	1.55E+04
Sb-125	-	-	-	-	1.85E+05	1.15E-03	3.77E-03	1.26E+05	5.62E+01	1.44E-01	3.10E+05
I-129	2.29E+10	4.07E+10	9.69E+09	9.18E+09	3.96E+11	-	-	-	-	-	4.81E+11
Cs-134	-	-	-	-	1.21E+07	3.81E+03	1.60E+04	3.63E+04	4.40E+09	-	4.40E+09
Cs-135	8.58E+09	1.53E+10	3.28E+09	3.44E+09	-	-	-	-	-	-	3.06E+10
Cs-137	3.33E+13	6.36E+13	1.46E+13	3.37E+13	3.64E+13	2.86E+12	4.74E+12	4.18E+13	1.52E+13	1.98E+12	2.48E+14
Ce-144	-	-	-	-	1.89E+00	4.14E-13	9.25E-12	8.03E-12	2.34E+03	3.66E-24	2.34E+03
Sm-151	-	-	-	-	-	2.92E+07	4.63E+07	-	8.40E+07	-	1.59E+08
Eu-152	-	-	-	-	-	1.35E+07	2.44E+07	-	2.22E+08	-	2.60E+08
Eu-154	-	-	-	-	8.77E+09	2.66E+05	5.25E+05	-	1.42E+07	-	8.77E+09
U-234	-	-	-	-	9.69E+07	-	-	-	-	-	9.69E+07
U-235	1.20E+07	1.65E+07	1.99E+08	3.74E+06	1.70E+07	-	-	-	-	-	2.49E+08
U-238	9.44E+07	1.30E+08	1.57E+09	2.93E+07	9.84E+07	-	-	-	-	-	1.92E+09
Np-237	2.29E+03	3.15E+03	3.81E+04	7.14E+02	-	-	-	-	-	-	4.44E+04
Pu-238	1.08E+10	1.57E+10	6.03E+10	4.77E+09	1.41E+09	-	-	-	-	-	9.29E+10
Pu-239	1.16E+10	1.70E+10	8.51E+10	3.85E+09	1.72E+12	-	-	-	-	-	1.84E+12
Pu-240	1.15E+10	1.69E+10	8.47E+10	3.85E+09	1.45E+12	-	-	-	-	-	1.57E+12
Pu-241	1.11E+10	1.88E+10	9.73E+10	2.52E+10	-	-	-	-	-	-	1.52E+11
Pu-242	2.52E+07	3.69E+07	1.87E+08	8.36E+06	-	-	-	-	-	-	2.58E+08

核種	運轉廢棄物					除役廢棄物					總計
	核一	核二	核三	龍門電廠	小產源	核一	核二	核三	龍門電廠	核研所、清大	
Am-241	6.77E+09	9.62E+09	7.07E+10	2.32E+09	1.05E+12	-	-	-	-	-	1.14E+12
Am-243	5.18E+08	7.36E+08	5.33E+09	1.67E+08	-	-	-	-	-	-	6.73E+09
Cm-243	1.89E+06	2.76E+06	7.33E+06	1.51E+06	-	-	-	-	-	-	1.35E+07
Cm-244	4.44E+08	6.73E+08	3.16E+09	6.29E+08	-	-	-	-	-	-	4.88E+09

第二章 場址特性要求與調查規劃

2.1 場址特性要求

為瞭解場址特性，將影響處置安全主要環境因素區分為地質環境、水文地質、地球化學與生物環境等 4 種場址特徵模型。隨著場址調查、工程興建等不同階段之場址調查與監測資料更新與累積，場址特徵模型亦需隨之更新與確認場址特徵。

2.2 達仁鄉建議候選場址特性

2.2.1 地質環境概念模型

一、場址地質特性

(一)地體構造環境

達仁鄉建議候選場址位於台灣島東南側，地質環境屬於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的聚合帶(Barrier and Angilier, 1986; Teng, 1990)，由於菲律賓海板塊持續向西北方推擠，造成北北西走向的呂宋島弧與東北向的歐亞大陸邊緣產生斜碰撞。斜向的碰撞使弧陸碰撞的位置由北而南發育(Suppe, 1984)，位於中央山脈南段的達仁場址，則屬於初期弧陸碰撞之構造環境(McIntosh et al., 2005; Chang et al., 2009; Lin et al., 2009)。在南中國海板塊隱沒至菲律賓海板塊作用下，形成增積岩體及伸向向西褶皺逆衝帶(Malavieille and Trullenque, 2009)，如圖 2.2.2-1。

(二)處置母岩特性

達仁鄉建議候選場址處置母岩屬於潮州層，潮州層岩性以砂岩、砂頁岩互層、頁岩、泥岩以及局部的礫岩構成(宋國城，1991；林偉雄等，1993)，為大陸斜坡和斜坡底部的半深海至深海環境所沉積，普遍具有濁流岩相的沉積特徵，地層年代為晚新第三紀。區域受到東西向的大地應力作用，因而形成一系列南北走向伸向向西複背斜構造 (宋國城，1991；Chang et al., 2009)。變質度由西向東漸增至輕度變質的板岩或硬頁岩，如圖 2.2.2-2。

(三)場址地質環境模型

場址地質環境模型以達仁溪與塔瓦溪集水區水域分水嶺以及海岸線作為邊界，如圖 2.2.2-3 所示。場址區域範圍內皆屬於潮州層，依野外地質調查結果顯示，區域地層因受多期的構造活動，地層走向多變，常見小規模之褶皺，亦常見小規模之斷層構造。區域內藉由不連續面的變化及地表地形特徵，配合折射震測與地電阻等前期之地球物理調查結果，推測出數條可能的高角度裂隙帶，如圖 2.2.2-3 所示。

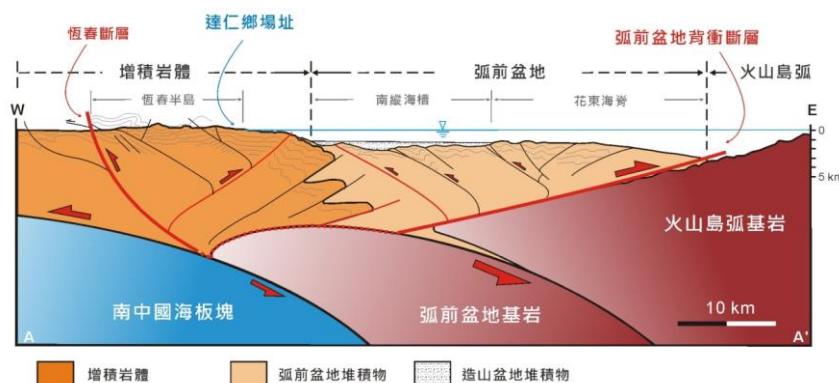
二、場址地形演繹

(一)陸地隆升沉降趨勢

依據經濟部中央地質調查所(2012b, 圖 2.75)資料研判陸地短期(short-term)變動趨勢。達仁鄉建議候選場址所在位置之地殼垂直變動速率緩慢，無明顯隆升或沉降的趨勢。根據場址附近的水準測量資料，短期地殼垂直變動速率約在 $-3.87 \sim +0.96$ mm/yr。若依據 Ching et al. (2011, p7, p10)中央山脈與雪山山脈短期與長期(long-term)地殼垂直變動速率比較圖推估，達仁鄉場址的長期地殼垂直變動速率約在 $0 \sim 5.2$ mm/yr，如圖 2.2.2-4。

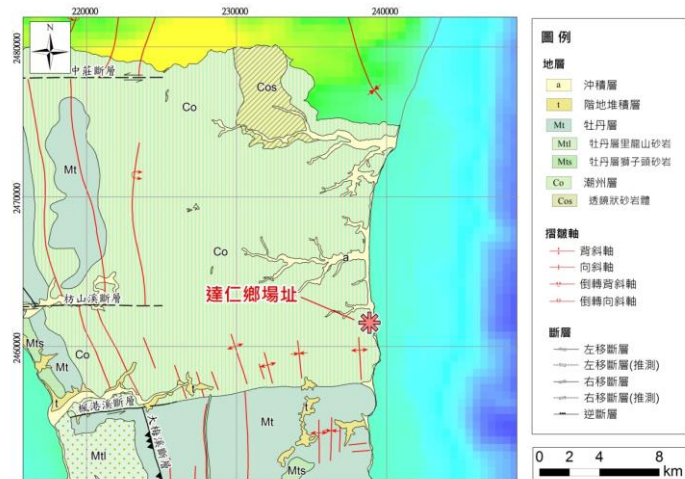
(二)陸地剝蝕速率

陸地的剝蝕速率根據 Dadson(2003, p649)由磷灰石核飛跡定年結果所估算，場址附近約為 $2.0 \sim 3.0$ mm/yr。



資料來源：修改自 Malavieille and Trullenque, 2009

圖 2.2.2-1 達仁鄉建議候選場址地體構造剖面圖



備註：修改自易淹水地區上游集水區流域地質圖(中央地質調查所，2013)。

圖 2.2.2-2 達仁鄉建議候選場址區域地質圖

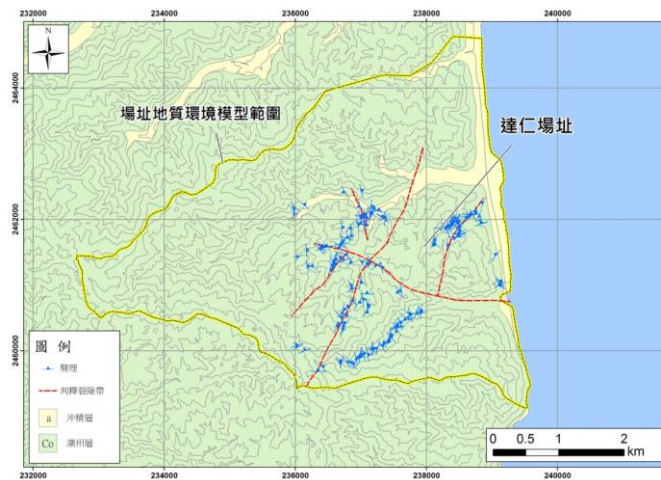
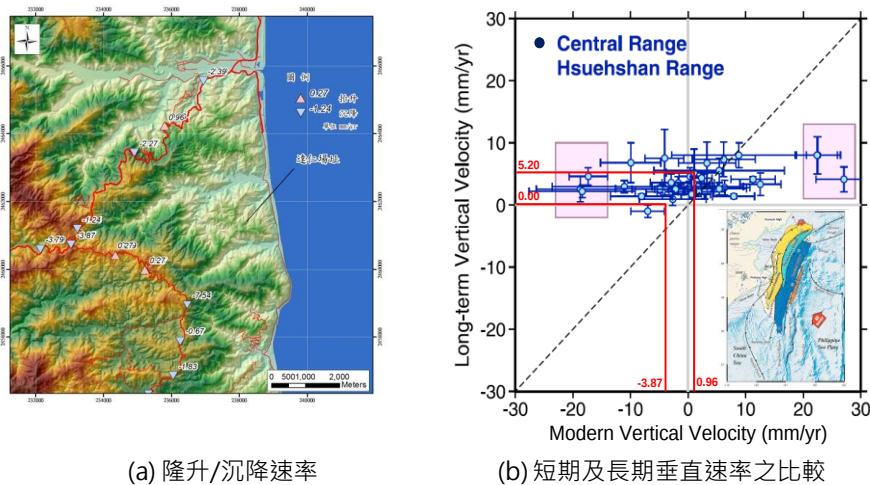


圖 2.2.2-3 達仁鄉建議候選場址地質環境模型示意圖



(a) 隆升/沉降速率

(b) 短期及長期垂直速率之比較

資料來源：改繪自 Ching et al. (2011, p7, 10)

圖 2.2.2-4 達仁鄉建議候選場址隆升/沉降速率推估示意圖

三、海水面變化

(一)長期海水面變化

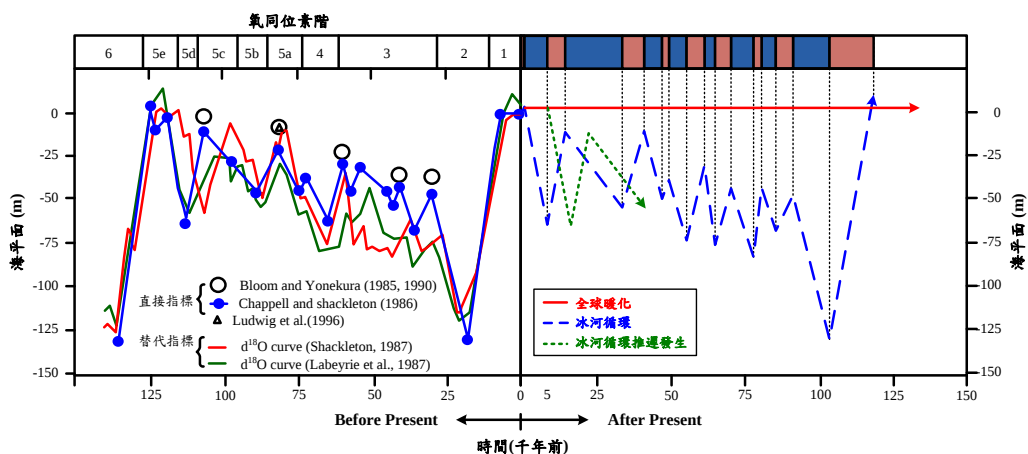
針對未來長期海水面變化的趨勢，參考 Shinn(2001)以過去 15 萬年來之海水面變化趨勢做為預測基準，如圖 2.2.2-5 所示。若以現今之海面對應至上次間冰期(約 12.5 萬年前)，並假設隨即進入冰期，海水面將會在 5,000 年後下降至最大降幅 EL.-61m。若假設全球暖化導致冰期延後 5,000 年，且 5,000 年間海水面不發生變化，海水面最大降幅 EL.-61m 將會發生在 10,000 年後。依 SKB 之 TR-13-05 報告，假設近年內溫室氣體排放控制得宜，全球暖化趨勢將導致地球 5 萬年內不再進入冰期，考量萬年尺度預測之不確定性，5 萬年內之海水面變化可忽略。

(二)短期海水面變化

依 IPCC(2013, p1204)對未來百年全球暖化導致氣候變遷預測，至西元 2,100 年全球海水面可能較目前上升約 1m。台灣的海水面變化考量地區性的長期變遷因素(板塊運動、地殼垂直變動、地層下陷、沖蝕/淤積)後，至西元 2,200 年的海水面變化結果如圖 2.2.2-6 所示(楊任徵, 2002)。

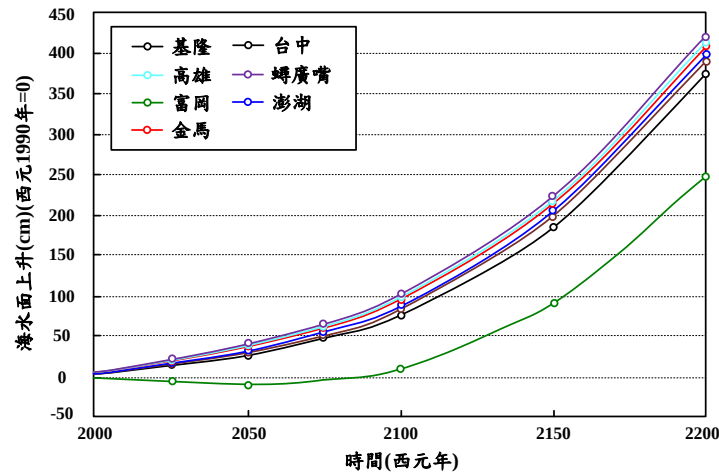
四、海嘯

根據行政法人國家災害防救科技中心災害潛勢地圖網站之資料。本場址因鄰近海岸線，有可能發生 3m 至 6m 之海嘯。



資料來源：改繪自 Shinn (2001)

圖 2.2.2-5 海水面變化推演示意圖



資料來源：楊任徵(2002, 間接引用自物管局, 2013b, p. 254)

圖 2.2.2-6 台灣地區特定地點未來 200 年海水面上升趨勢

2.2.2 水文地質概念模型

- 一、水文條件：降雨量及海水潮位為水文地質模型之基本設定，場址的降雨量採用距場址最近的壽卡雨量站(經濟部水利署)，年平均降雨量為 3,396.2mm(西元 1,980~西元 2,014 年)。潮位資料則參考大武站(東海岸)與東港站(西海岸)(中央氣象局)，平均潮位分別為 0.193m 與 0.288m(西元 2,003~西元 2,014 年)。
- 二、水文地質模型：根據前述的地質與水文特性，分別針對區域尺度及場址周邊建立水文地質模型。

(一)區域尺度水文地質模型：該模型跨越恆春半島東西兩岸，南北側約以潮州層與牡丹層的邊界為界，圖 2.2.2-1 所示。依水文地質特性將地層分為 3 層，圖 2.2.2-2 所示。特性參數則參考既有調查資料與相關研究文獻設定，如表 2.2.2-1 所列。

地下水流場根據上述水文地質概念分區與參數設定進行模擬。以西海岸與東海岸為定水頭邊界條件(Dirichlet boundary condition)，分別依據東港站年平均潮位為 0.288m 與大武站年平均潮位為 0.193m。河川流域邊界線則定為無通量邊界條件(no flux boundary condition)，垂直模擬範圍為自地表面延伸到高程 EL-2,000 m，網格長寬均為 250m，三維度流場分析之數值網格如圖 2.2.3-3 所示。區域地下水流場模擬結果顯示地下水流場以中央山脈為界往西邊與東邊海岸流動，於場址一定深度以上之

位置亦不會受到中央山脈地下水流場影響，如圖 2.2.2-3 與圖 2.2.3-4 所示。

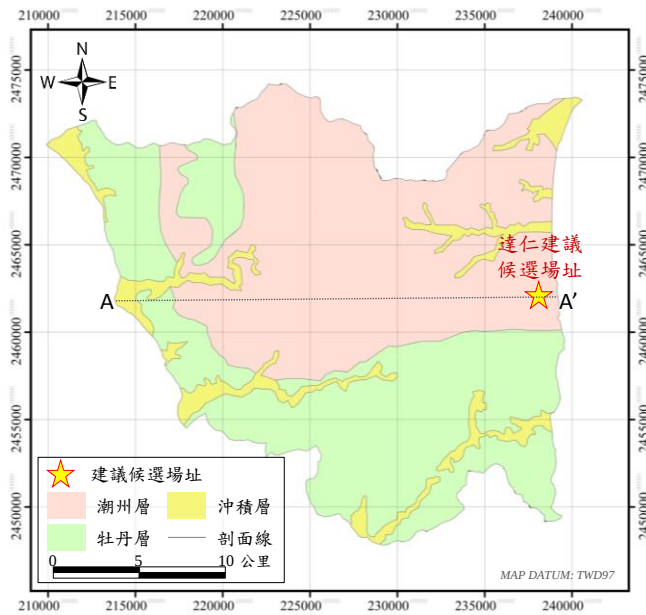


圖 2.2.2-1 達仁鄉建議候選場址區域水文地質概念分區示意

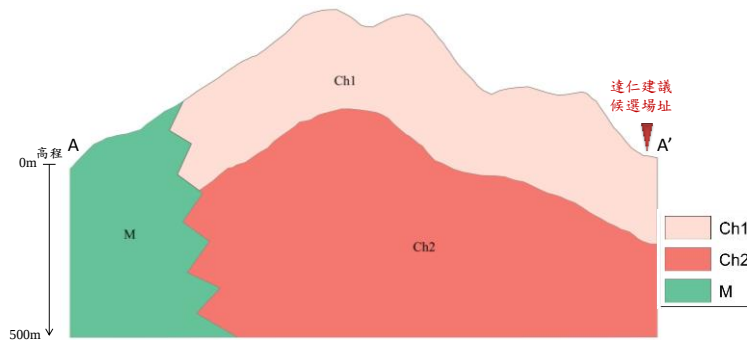


圖 2.2.2-2 達仁鄉建議候選場址區域水文地質概念分層示意圖

表 2.2.2-1 達仁鄉建議候選場址區域尺度水文地質模型參數表

代號	岩類	層厚	K_h (m/d)	K_h / K_v	S_y	孔隙率
Ch1	潮州層—裂隙岩體層	200m	0.3	1	0.25	0.30
Ch2	潮州層—緻密岩體層	Ch1 底部至 EL.-2,000m	0.03	1	0.02	0.05
M	牡丹層—輕至微風化層	>500m， 分布至 EL.-2,000m	0.39	1	0.04	0.11

註：地層層厚參考中央地質調查所枋寮圖幅與恆春半島圖幅之地層分布說明設定。

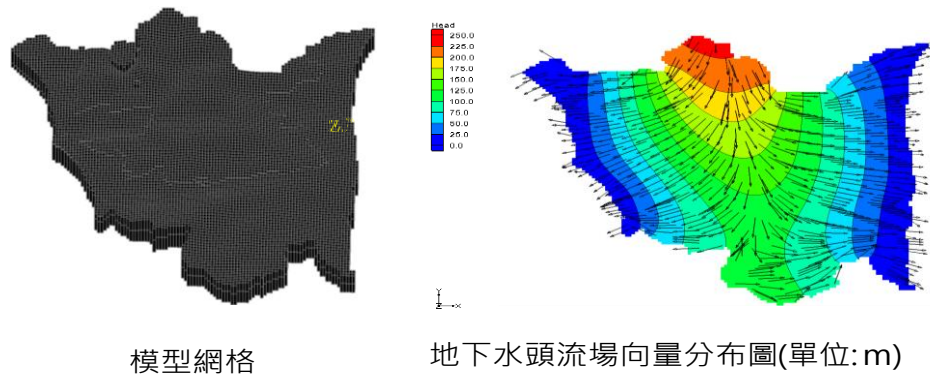


圖 2.2.2-3 達仁鄉建議候選場址區域地下水模型與流場模擬示意圖

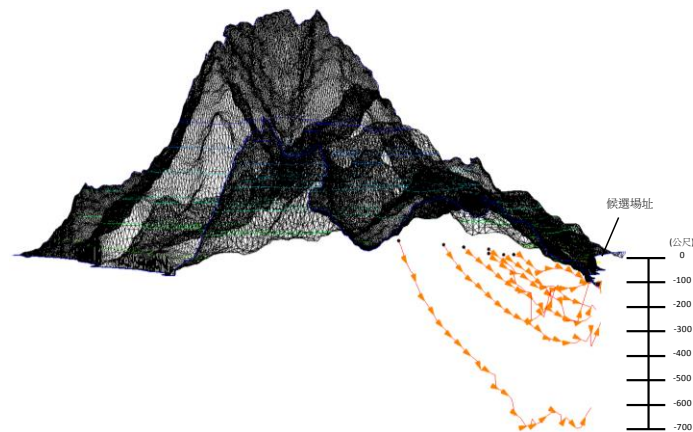


圖 2.2.2-4 達仁鄉建議候選場址上游山區質點追蹤流線圖

(二)場址尺度水文地質模型：場址尺度的水文地質模型涵蓋達仁溪與塔瓦溪流域，範圍內之地層均屬潮州層，模型僅區分為硬頁岩區以及推測裂隙帶所形成的可能導水構造帶，如圖 2.2.2-5。模型的深度參考區域模擬顆粒追蹤(particle tracking)的測試結果，將場址尺度模型的深度設定在地表下 600m。

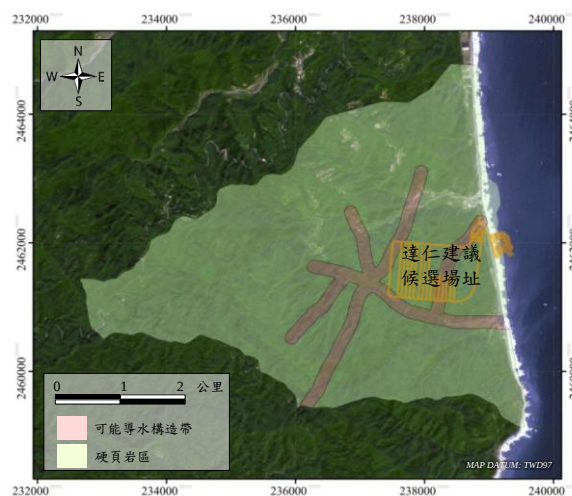


圖 2.2.2-5 達仁鄉建議候選場址尺度水文地質分界示意圖

由地表觀察認為硬頁岩區裂隙間距甚密，且裂隙位態不具規律性，故將其視為均質的透水孔隙介質。由於依岩層深度可能造成的裂隙開裂程度將有所差異，在缺乏鑽孔資料的情況下，依此假設將水文地質架構分為三層，各層水力傳導係數參考區域尺度之設定及數值模擬測試結果進行調整。可能導水構造帶為推測裂隙帶，考量地質構造弱帶不一定只發生在近地表處地層，且水力傳導特性對深度變化的反應(depth dependency)不一定具規律性。因此，由於現階段缺乏佐證資料故垂直向不予分層，僅視為透水性較高之地質構造區。可能導水構造帶角度暫以 90 度做設定，寬度則參考地球物理調查結果皆設定為 200m 寬之均質帶。詳細參數設定詳表 2.2.2-2。

表 2.2.2-2 達仁鄉建議候選場址尺度之水文地質模型參數表

地層分區	分層	層厚	水力傳導係數(m/d)			比出水量	孔隙率
			Kx	Ky	Kz	Sy	
可能導水構造帶	1	地表至 EL.-600m	1.5	1.5	4.5	0.25	0.30
硬頁岩區	1	200m	0.03	0.03	0.09	0.3	0.4
	2	200m	0.003	0.003	0.009	0.25	0.30
	3	2層以下至 EL.-600m	0.00003	0.00003	0.00003	0.02	0.05

場址尺度地下水模擬根據表 2.2.2-2 之參數設定，以三維度非結構化網格建立數值模型，計算總點數 31,994，網格數目共計 148,112，如圖 2.2.2-6 所示。在前述的水文條件下，達仁鄉場址地下水流場模擬如圖 2.2.2-6 所示，本區流速約 1.0×10^{-3} m/d~ 4.0×10^{-3} m/d 之間。

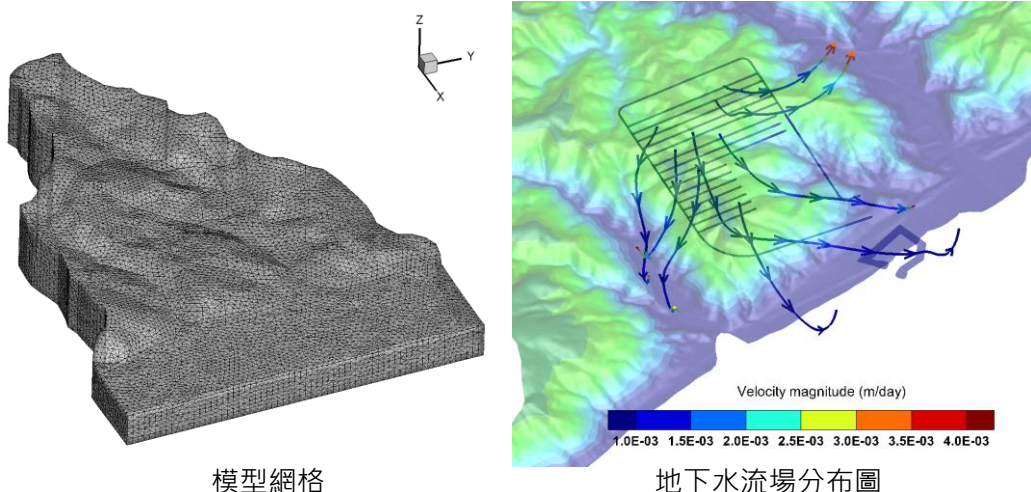


圖 2.2.2-6 達仁鄉建議候選場址地下水模型與流場模擬示意圖

2.2.3 地球化學概念模型

地球化學概念模型主要考量如下：

一、母岩材料組成

硬頁岩的礦物組成由 XRD 分析結果顯示主要為石英、雲母、高嶺石、綠泥石、長石、與葉臘石等。主要元素利用 EDS 分析則顯示以矽及鋁為主(行政院原子能委員會, 2010, p8~10)。

二、地下水質條件

達仁鄉建議候選場址地下水質透過水井及岩層出滲水調查，其 pH 值約在 6.3~7.13 間，導電度約 189~190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，溶氧量 3.1~4.4 mg/L，氧化還原電位(ORP)在 169~220 mv 之間。

三、地球化學環境演化

處置設施的地球化學環境，將隨著設施興建階段、營運階段、以及封閉後的長期環境演化階段而改變，近場工程障壁及母岩地球化學環境演化之推估如表 2.2.3-1。

處置設施建造前，圍岩係為還原狀態，當處置坑道開挖後，隨著大氣進入坑道中，擴大設施周邊岩盤的氧化範圍。此外，當處置設施圍岩的氧化範圍越接近地表氧化區與連續水路時，其氧化範圍會沿著水路擴大。而當處置設施回填後，因再灌水或再飽和使地下水流動產生變化，處置設施周邊岩盤可能再回復為還原狀態。達仁鄉建議候選場址若未來海水位面呈現下降趨勢，場址的地下水將仍然維持淡水系統，其 pH 值及化學特性應與現況相近。

表 2.2.3-1 達仁鄉建議候選場址地球化學環境演化

階段	工程障壁		擾動區母岩		非擾動區母岩	
	<GWT	>GWT	<GWT	>GWT	<GWT	>GWT
設施興建前	-	-	-	-	淡水、 還原態	氧化 態
興建營運階段	氧化態	氧化態	淡水、氧化 態	氧化態		
設施回填後	還原態	氧化態	淡水、還原 態			
設施回填後一 定時間	淡水、 還原態	氧化態	淡水、還原 態			

備註：地下水之 pH 值約為 7

四、吸附分配係數

由於目前國內尚無各種材料於不同狀態下之線性吸附分配係數資料庫，因此針對達仁鄉場址，暫時參考日本 JAEA(2013)所提供針對水泥類材料、膨潤土材料以及岩盤等障壁材料，在不同環境條件下之吸附分配係數(K_d)。

2.2.4 生物環境概念模型

達仁鄉戶籍登記人口共有 3,616 人，其中處置場所在的南田村僅 363 人，屬臨海聚落。產業發展多以一級產業為主。

2.2.5 達仁鄉建議候選場址調查規劃

其主要調查規劃調整說明如下：

- 1.地質環境特性調查：鑽孔深度與位置將調整部分鑽孔深度需低於處置設施底部高程，現階段概念模型中高角度裂隙帶特徵仍未完全掌握，規劃搭配地球物理探測以釐清其特徵。
- 2.水文地質特性調查：因缺乏較多之現地調查資料，故須先進行初步之鑽孔、水力試驗與水位監測，再視其特性調整與增設監測與調查項目。
- 3.地球化學特性調查：規劃須針對關鍵核種進行現地樣本之線性吸附分配係數試驗，並與國外資料庫數據進行比對。
- 4.達仁鄉建議候選場址之生物環境特性調查則按場址特性項目進行調查，未依不確定性做調整。

2.3 烏坵鄉建議候選場址特性

2.3.1 地質環境概念模型

一、場址地質特性

(一)地體構造環境

烏坵鄉場址所處的福建沿海位於華夏陸塊之東南地區，屬於「閩東南沿海燕山變質地帶」，而以東北西南向之「長樂—南澳深斷裂帶」為界，再區分為西北側的「福清—雲霄變質岩帶」和東南區的「平潭—東山變質岩帶」(以下簡稱平東變質帶)(福建省地質礦產局, 1985, p465)。平東變質岩帶界於閩粵沿海的平潭島至東山島之間，呈東北西南走向分布，長約 500km，

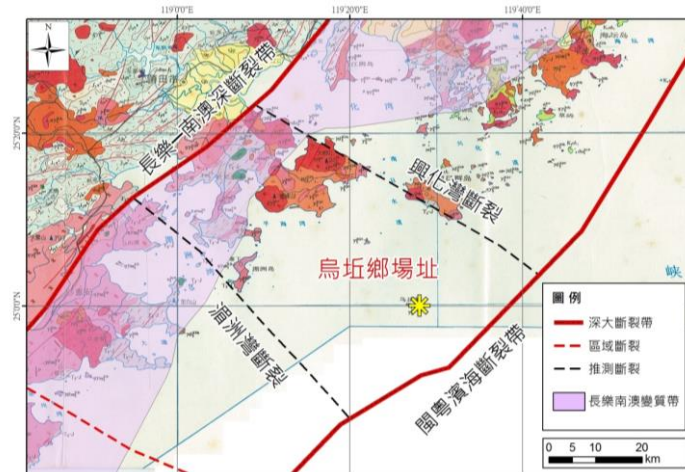
寬約 40-60km，烏坵鄉場址約位於其北段。此變質帶受到長樂—南澳深斷裂帶的影響，造成其東部成為大陸邊緣的凹陷，又因深斷裂帶來大量地殼深部熱流與熱液，使此處地層受到高溫低壓的變質作用，而形成高度變質岩與混合岩及花崗岩共生的情形(福建省地質礦產局, 1985, p487)。在此一大地構造環境下，發展出一系列東北向及西南向的斷裂，並在晚三疊紀至晚白堊紀造成燕山期的岩漿侵入作用以及東北向的大型斷陷盆地。

劉以宣等(1989)認為平東變質帶內東北向的斷裂系統以壓性(compressive)為主，強烈活動主要於中生代時期發生，目前屬於老年期演化階段的斷裂系統，以長樂—南澳深斷裂帶與閩粵濱海斷裂帶兩條主要構造為代表。西北向的斷裂系統則以剪性(shear)或張剪性(transtensional)為主，在新生代的活動跡象明顯，屬少年期演化階段的斷裂系統，其中有海潭北斷裂、興化灣斷裂、烏坵斷裂、湄洲灣斷裂、泉州灣斷裂等。

(二)處置母岩特性

烏坵鄉場址區域地質環境，以閩粵濱海斷裂帶、長樂—南澳深斷裂帶、興化灣斷裂以及湄洲灣斷裂圈畫出一小型斷塊盆地，如圖 2.3.1-1。此斷塊盆地西側出露上三疊紀至侏儸紀的混合岩，如混合質黑雲角閃斜長變粒岩，為片麻狀混合岩，具有魚群狀構造(福建省地質礦產局, 1985, p481)。混合岩帶以東則以燕山期的侵入岩為主，燕山期早期的花崗閃長岩與燕山期晚期的晶洞鉀長花崗岩及晶洞花崗岩為主，局部則有燕山期早期的黑雲母花崗岩出露(福建省地質礦產局, 1985)。

由區域小型斷塊盆地內的地層特性來看，西側因受到平東變質帶的變質作用影響，地層以具有片麻理的混合岩為主，與東側以花崗岩為主的地層，在岩性、地質構造以及演化過程具有顯著的差異，因而界定出以花崗岩為主體的母岩範圍。

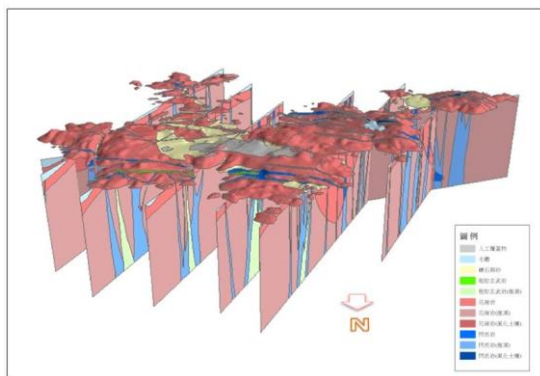


資料來源：底圖引用自福建省地質礦產局(1985, 附圖之一)

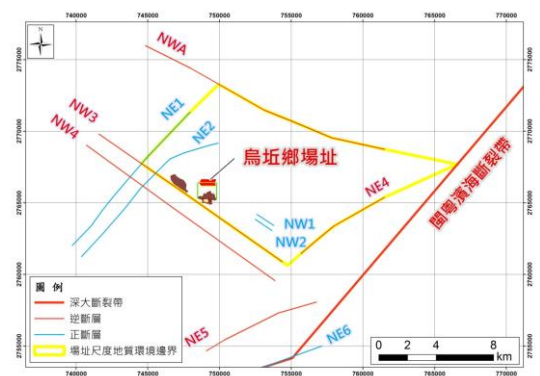
圖 2.3.1-1 烏坵鄉場址區域地質平面圖

(三)場址地質環境模型

由地表地質調查成果顯示(工研院能資所, 1999)，烏坵嶼及小坵嶼岩性以基性的輝長岩以及酸性的花崗岩為主，岩體內節理發達，但無顯著的斷層構造。局部具侵入岩脈，岩脈於小坵嶼分布較多，以西北走向為主，多為閃長岩脈，如圖 2.3.1-2 所示。由海域地球物理探測成果顯示(工研院能資所, 2000b)，場址周邊海域存在多條基盤斷層(basement fault)，鄰近場址的基盤斷層 NW3、NE1、NWA 與 NE4 形成主要的地質邊界，而斷層的延伸線於場址周邊劃分出來的岩體，內部即為受斷層作用影響較為輕微的處置母岩區，如圖 2.3.1-2 所示。



小坵嶼三維地質模型



場址區域地質構造分布

圖 2.3.1-2 烏坵鄉場址地質環境模型

二、場址地形演繹

(一)陸地隆升沉降趨勢

本場址位於大陸歐亞板塊邊緣，屬於被動大陸邊緣的穩定環境。根據黃玉昆等人(1992)之研究，本區自第三紀晚期至今，區域應力方向大致維持不變，主應力方向為西北西向，應力軸傾角平緩，現代構造應力值一般只有各期古構造應力值的1/4~1/5。依據鄧國雄及黃發明(2001)研究湄洲島的海階與斷層地形，推估 10 萬年以來地盤的抬升速率約為 0.48mm/yr。而李寄隅(1998)也以鋯石進行核飛跡定年及其冷卻溫度，推估 80 萬年來長期的地形隆升速率約為 0.075mm/yr。

(二)陸地剝露速率

福建省區域花崗岩體平均侵蝕率約在 0.1mm/yr(福建省國土資源廳，2013)，研判本場址陸地侵蝕速率應亦在此範圍內。

三、海水面變化

相關之說明請參見本報告 2.2.1 節「三、海水面變化」。

四、海嘯

參考台灣電力公司核能發電廠進行海嘯總體檢評估報告(2011)，針對 22 個海嘯震源進行評估，小坵地區可能產生的海嘯波浪高度小於 0.5m(台灣電力公司, 2011, p. 17, p. 197)。

2.3.2 水文地質概念模型

一、水文條件

降雨量及海水潮位為水文地質模型之基本設定，烏坵鄉場址的降雨量採用馬祖站(中央氣象局設立，距離場址 72 海浬)，平均年雨量 1,182.4mm(西元 2006~西元 2014)。因區域尺度範圍無完整潮位紀錄，故潮位高度設定為 0m。

二、水文地質模型

根據前述的地質與水文特性，分別針對區域尺度及場址周邊建立水文地質模型。

(一)區域尺度水文地質模型

區域尺度水文地質模型考量地表水分水嶺與區域大地構造的分布，陸域地區以具水文地質特性差異的地形特徵訂定為模型的邊界。假設地下水分水嶺與地表水分水嶺一致，遂以位於福建沿海且大致平行長樂—南澳斷裂帶的分水嶺作為西側的東

北-西南向的陸域邊界，其餘邊界則分別依照區域的主要斷裂帶劃分。模型依各地層的特性分為不同的水文地質單元，根據相似地質條件的調查文獻擬定初始數值模擬的參數，並依據學理給定參數校正範圍，區域水文地質特性分布示於圖 2.3.2-1 與圖 2.3.2-2，各層參數與代號示於表 2.3.2-1。

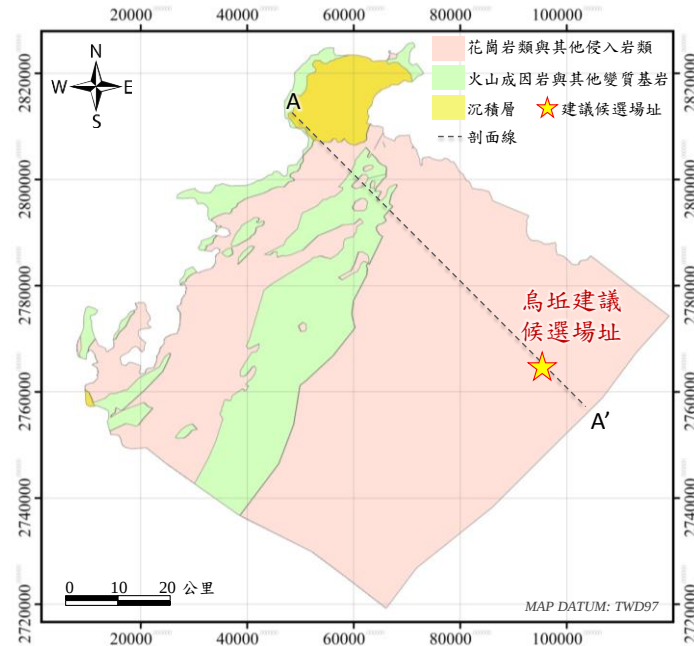


圖 2.3.2-1 烏坵鄉建議候選場址區域水文地質概念分區示意

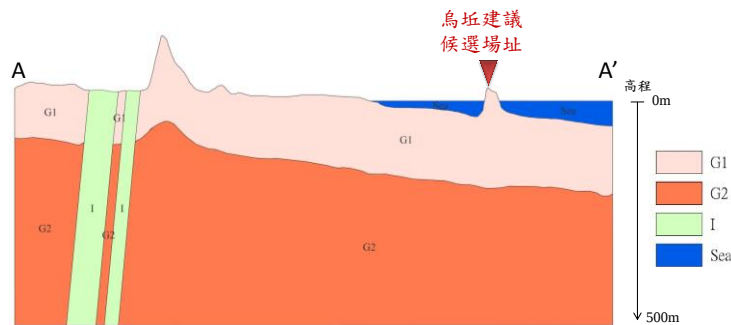


圖 2.3.2-2 烏坵鄉建議候選場址區域水文地質概念分層示意

表 2.3.2-1 烏坵鄉建議候選場址區域模擬水文地質參數表

代號	岩類	層厚	K_h (m/d)	K_h/K_v	S_y	孔隙率
G1	花崗岩類與其他侵入岩類 —裂隙岩體	200m	1.73×10^{-1}	1	0.06	0.08
G2	花崗岩類與其他侵入岩類 —緻密岩體	G1 底部至 EL-2,000m	4.32×10^{-3}	1	0.01	0.02
I	火山成因岩與其他變質基 岩—中至微風化岩體	至 EL-2,000m	9.50×10^{-2}	1	0.06	0.08

區域地下水流場根據表 2.3.2-1 之參數設定，以長寬皆為 500m 之網格製作模型。模擬區域東邊為海洋，以海底地形等高線作為分界依據，其餘為集水區邊界線。設定東邊海岸為定水頭邊界條件(Dirichlet boundary condition)，總水頭為高程 EL0 m，集水區邊界線則定為無通量邊界條件(no flux boundary condition)。垂直模擬範圍為自地表面延伸到高程 EL-2,000 m，數值網格如圖 2.3.2-3 所示。

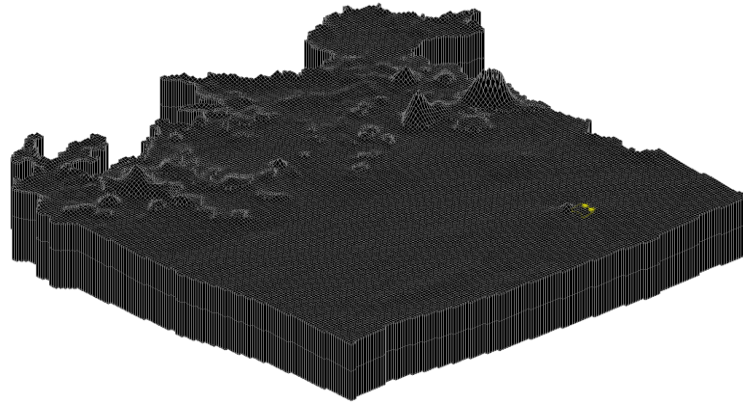


圖 2.3.2-3 烏坵鄉建議候選場址區域地下水數值模型網格

區域模擬結果以海淡水交界面呈現，以淡水平均密度 1kg/m^3 與海水平均密度 1025kg/m^3 作為初始條件設定，模擬結果如圖 2.3.2-4 所示。圖中顯示，區域海淡水交界面距離烏坵尚有相當距離，研判烏坵附近地下水流場應不受大陸地區地下水流場影響。

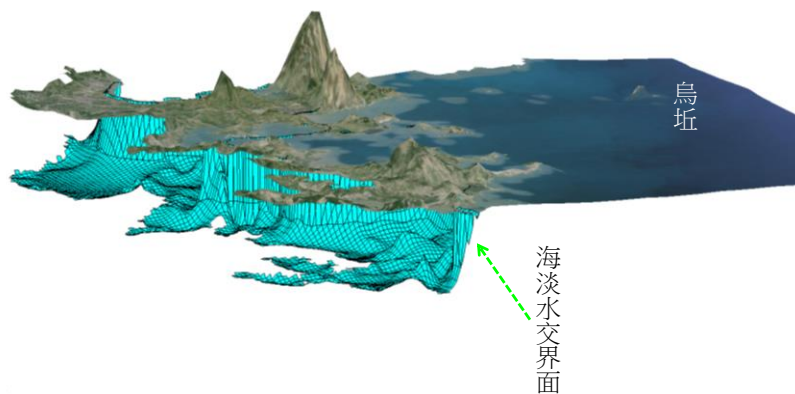


圖 2.3.2-4 大陸地區海水與淡水交界面

(二)場址尺度水文地質模型

場址尺度水文地質模型以區域水文地質模型為基礎，考量模型地形精度採既有海域地形調查範圍為邊界(工研院能資所，

2000a)，邊界條件則依區域地下水模擬成果進行設定。水文地質模型垂直向的深度參考大區域模擬分析結果，場址尺度模型底部設定為 EL-500m，岩性則區分岩脈侵入帶與花崗岩，分區架構如圖 2.3.2-5 所示。

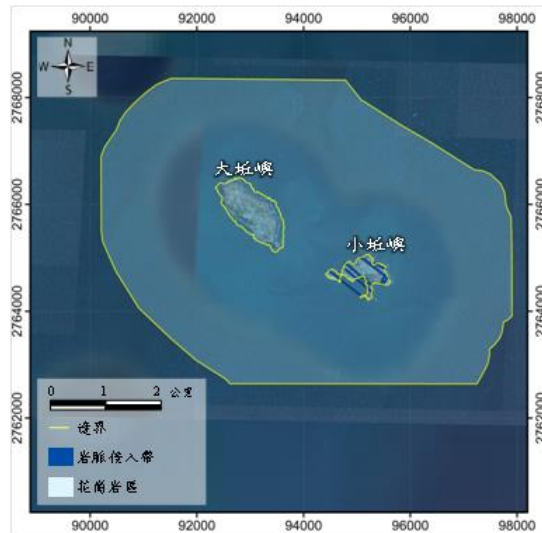


圖 2.3.2-5 烏坵鄉建議候選場址尺度水文地質分界示意圖

參數以區域水文地質模型參數為基礎，利用數值模擬結果檢驗參數的合理性後進行調整。由於依岩層深度可能造成的裂隙開裂程度將有所差異，故將花崗岩區的水文地質架構分為五層，各層以等效均質概念考量。彙整岩脈侵入帶分布趨勢後，劃分為 5 條西北-東南向、2 條東北-西南向，寬 40m 的岩脈侵入帶均質水文地質單元。各層水文地質參數如表 2.3.2-2 所示。

表 2.3.2-2 烏坵鄉建議候選場址水文地質模型參數表

岩類	分層	層厚	水力傳導係數(m/d)			比出水量	孔隙率
			Kx	Ky	Kz	Sy	
岩脈侵入帶	1	至 EL-500m	1.253	1.253	3.758	0.25	0.3
花崗岩區	1	100m	0.013	0.013	0.038	0.06	0.08
	2	100m	0.007	0.007	0.021	0.06	0.08
	3	100m	0.004	0.004	0.012	0.06	0.08
	4	100m	0.002	0.002	0.006	0.01	0.02
	5	至 EL-500m	0.001	0.001	0.004	0.01	0.02

場址尺度地下水模擬三維度模型網格採用非結構化網格，總點數 49,256 網格數目共計 245,911，如圖 2.3.2-6 所示。在前述水文條件設定下，烏坵鄉建議候選場址地下水流場模擬如圖 2.3.2-6 所示。由於烏坵鄉建議候選場址處置設施將位於海床下，

因此設施附近之地下水流速相當緩慢，水流方向為朝向小坵流動，流速約 $1.0 \times 10^{-5} \text{ m/d} \sim 1.0 \times 10^{-4} \text{ m/d}$ 之間。

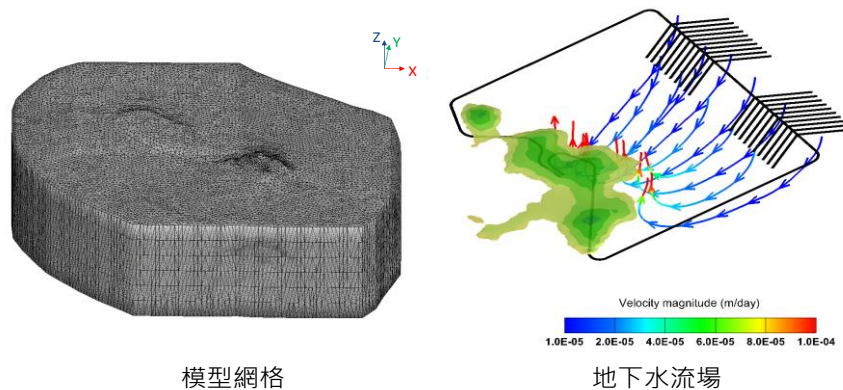


圖 2.3.2-6 烏坵鄉建議候選場址地下水模型與流場模擬示意圖

2.3.3 地球化學概念模型

地球化學概念模型主要考量如下：

一、母岩材料組成

針對岩心樣品，可能的原生礦物為石英、長石類、雲母類及角閃石類；可能的次生礦物為水鈣沸石、針鐵礦、綠泥石、伊來石、及高嶺石。

二、地下水質條件

烏坵鄉建議候選場址各民用水井之地下水 pH 值約介於 7.41 ~ 6.21，其氧化還原電位介於 276~542 mV 之間，屬於高氧化還原電位水質。地質鑽井(深井)之水樣，其氧化還原電位介於 15.8~18.2 mV 之間。

三、地球化學環境演化

處置設施的地球化學環境，將隨著設施興建階段、營運階段、以及封閉後的長期環境演化階段而改變，近場工程障壁及母岩地球化學環境演化之推估如表 2.3.3-1。

表 2.3.3-1 烏坵鄉建議候選場址地球化學環境演化

階段	工程障壁	擾動區母岩	非擾動區母岩
設施興建前	-	-	鹽水*、還原態
興建營運階段	鹽水、氧化態	鹽水、氧化態	

設施回填後	鹽水、還 原態	鹽水、還 原態	
設施回填後一定 時間	鹽水*、 還原態	鹽水*、還 原態	

*-冰河期造成海水高程大量下降時，處置系統將轉為淡水系統。

四、吸附分配係數

烏坵鄉建議候選場址吸附分配係數選用，暫時參考日本 JAEA(2013)所提供針對水泥類材料、膨潤土材料以及工程等障壁材料，在不同環境條件下之吸附分配係數(K_d)；地質障壁在鹽水條件下均不考慮其吸附特性，則參考瑞典 SKB(2008)針對在不同水質條件下花崗岩體之吸附分配係數(K_d)。

2.3.4 生物環境概念模型

烏坵鄉建議候選場址戶籍登記人口為 671 人，其中大坵有 310 人，小坵有 361 人，當地居民多以外出就學就業，小坵的常住人口僅有 10 餘人。

由於烏坵鄉屬於軍事管制區，且物產資源不豐富，物資補給全賴軍方定期船艦，對外交通較不方便。根據金門縣統計年報資料，烏坵鄉未登錄有農業人口或漁業從業人員，亦未登錄有飼養家禽或家畜，故無農、漁和畜牧等產業活動。小坵島上居民僅在住家附近貧瘠土地種植蔬菜自用，或是採集紫菜、釣魚、拾取風螺、抓螃蟹和小章魚等，作為日常食物的來源。

2.3.5 烏坵鄉建議候選場址調查規劃

其主要調查規劃調整說明如下：

- 1.地質環境特性調查：依現階段處置設施布置，規劃增加海上鑽孔以釐清場址母岩特性，另搭配進行地球物理探測以釐清場址鄰近區域，部分有疑慮之地質構造特性。
- 2.水文地質特性調查：因缺乏較多之現地調查資料，故須先進行初步之鑽孔、水力試驗與水位監測，再視其特性調整與增設監測與調查項目。
- 3.地球化學特性調查：規劃須針對關鍵核種進行現地樣本之線性吸附分配係數試驗，並與國外資料庫數據進行比對。

4.雖然烏坵鄉建議候選場址生物環境預期會由島嶼生態環境轉變為陸域生活型態，但特性調查亦規劃按場址特性項目進行調查，而陸域生活型態特性則以類比方式進行。

第三章 處置設施概念設計

3.1 處置設施規劃

3.1.1 處置設施需求

低放射性廢棄物最終處置設施之目的為安全地處置國內各營運及除役低放射性廢棄物(A、B及C類)。除了滿足處置數量及處置安全需求外，處置設施之設計需求尚包括處置型式、需求長度、設施穩定性、通行需求等，茲說明如下。

一、處置設施型式

綜觀各國之處置方式，處置設施之型式有筒倉以及坑道兩種。由於坑道尺寸較筒倉小，開挖對於圍岩擾動之程度，以及影響範圍均較小。故針對建議候選場址特性，現階段設計形式以坑道式為考量。

二、處置坑道需求長度

本概念設計預估低放射性廢棄物處置場應處置之廢棄物數量為100萬桶，其中保守假設B、C類低放射性廢棄物數量為10萬桶；A類低放射性廢棄物數量則為90萬桶。考量到A類低放射性廢棄物單一處置窖內可堆放55加侖桶之桶數為 $12 \times 5 \times 25 = 1,500$ 桶；B、C類低放射性廢棄物單一處置窖內可堆放55加侖桶之桶數為 $9 \times 4 \times 25 = 900$ 桶。依此推算，A類低放射性廢棄物處置坑道長度需大於9,360m；B、C類低放射性廢棄物處置坑道長度需大於1,748m。處置坑道總長度應大於11,108m。

三、處置坑道穩定性

坑道在開挖及營運過程中，需能支撐岩盤荷重，符合坑道力學穩定之安全要求。在進行處置坑道群之配置，應合理考量坑道間距。此外，處置坑道之配置深度亦應考量長期地表、地貌演育。

(一) 斷面形狀

針對台東縣達仁鄉建議候選場址，考量場址硬頁岩內含許多地質弱面，為提升坑道與圍岩之安定，整體輪廓將以近似圓形設計。針對金門縣烏坵鄉建議候選場址，考量其圍岩條件較佳，整體輪廓將以倒 D 形設計。

(二) 坑道間距

考量達仁鄉建議候選場址之岩體特性，所規劃之坑道間距應達 5 倍隧道寬度，針對烏坵鄉建議候選場址之花崗岩體則建議坑道間距應達 2.5 倍隧道寬度。

(三) 岩覆

依日本之工程經驗，一般人類活動深度約為 50~100m(川上等人, 2011, p76~90)。考量到 A 類放射性廢棄物之核種活度即多因自身衰變而大幅降低，因此對於處置深度之考量將以 1,000 年內，處置設施之岩覆厚度需大於 50m 為基準；在 10,000 年內，處置設施以不出露地表為原則。對於 B、C 類放射性廢棄物，則岩覆厚度在 10,000 年內均應大於 50m。

四、處置坑道長期安全

在進行空間布置規劃時，除需避開有明顯不利地質構造區位，亦可搭配流場分析結果，規劃廢棄物處置區位置。

五、施工及營運期間之通行需求

在施工階段，坑道空間及坡度應符合各類施工車輛通行之需求。營運階段中，處置坑道及通行隧道應符合運送貨櫃車輛及維修車輛通行之空間及坡度要求。

六、施工及營運期間之排水

坑道內部應規劃合適之排水坡度，或是搭配抽、排水設備，以利蒐集並排出坑道內部之滲水。針對流入處置區內部之滲水則應先進行蒐集，水質經過檢測達可排放標準後方可排出。

3.1.2 達仁鄉建議候選場址處置設施規劃

針對台東縣達仁鄉建議候選場址，依其流場條件所進行整個處置設施空間配置參見圖 3.1.2-1，整個處置系統之基本資料詳表 3.1.2-1。

表 3.1.2-1 達仁鄉建議候選場址處置設施之基本資料

設計項目	設計值	設計項目	設計值
通行隧道進出口起拱線高程	EL20m	處置坑道總數	23
通行隧道坡度	0.1%~1.25%	長度 777.7m 之處置坑道數	3
處置坑道起拱線高程	EL30m~EL31.7m	長度 827.7m 之處置坑道數	6
處置坑道坡度	±0.1%	長度 352m 之處置坑道數	7
A 類放射性廢棄物處置坑道上方岩覆	>62.2m	長度 351.2m 之處置坑道數	7
B、C 類放射性廢棄物處置坑道上方岩覆	>76.4m	通行隧道總長度	5,982m
處置坑道間距	61m	銜接段及處置坑道端部封堵段	690m
處置坑道總長度	12,221.7m	處置坑道寬度	12.1m

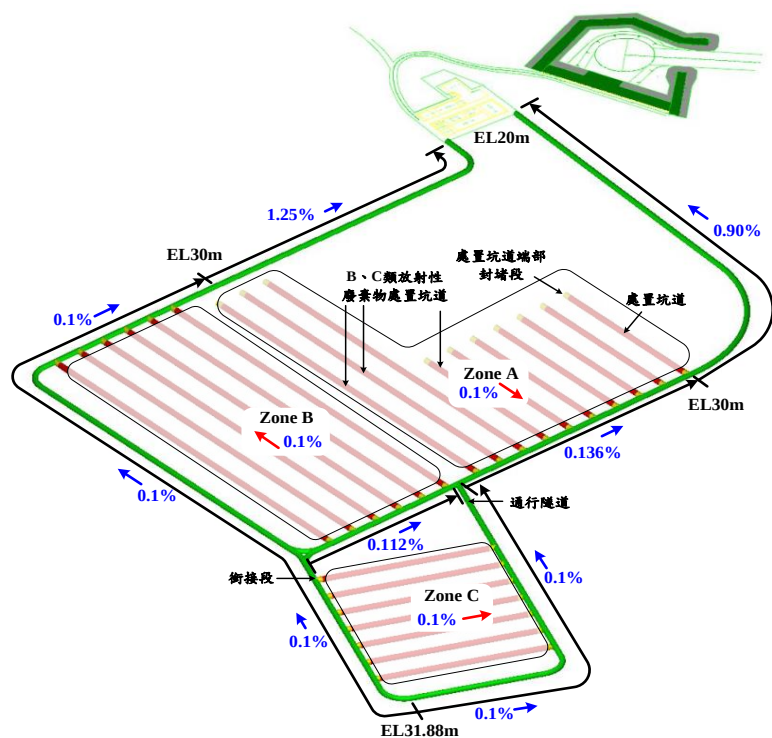


圖 3.1.2-1 達仁鄉建議候選場址處置設施空間配置

針對營運期間處置區域之排水，將以重力排水之概念，進行全區坡度規劃，詳圖 3.1.2-1；針對長期水隔離規劃，考量處置設施接近地下水位、處置設施長期抬升趨勢以及場址集水區面積。本概念設計將全區通行隧道規劃為排水廊道，以洩降地下水位，以達到長期圍阻之功能，其概念見圖 3.1.2-2。惟需注意的是，若經監測與評估，發現無法有效降低地下水位，則必需將此排水廊道於設施封閉時一併回填封堵，並搭配設置水力

與力學封塞。本評估將保守假設排水廊道無法發揮預期功能，故全區通行隧道均採不透水材料之封堵。

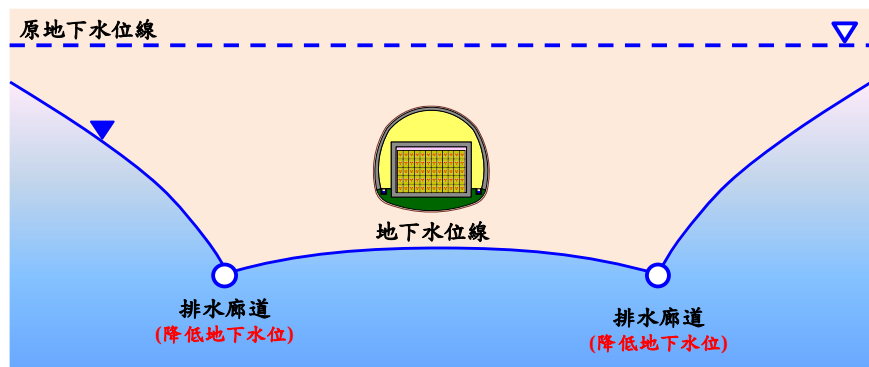


圖 3.1.2-2 排水廊道降水示意

3.1.3 烏坵鄉建議候選場址處置設施規劃

針對金門縣烏坵鄉建議候選場址，依其流場條件所進行整個處置設施空間配置參見圖 3.1.3-1。

表 3.1.3-1 烏坵鄉建議候選場址處置設施之基本資料

設計項目	設計值	設計項目	設計值
通行隧道進出口頂拱圓心高程	EL13.2m	處置坑道間距	31.7m
通行隧道坡度	0~7%	處置坑道總長度	11,880m
處置坑道頂拱圓心高程	EL-99.75m~EL-100m	處置坑道(220m)總數	54
處置坑道坡度	0.1%	通行隧道總長度	5,432m
處置坑道上方岩覆	58.83m~59.08m	銜接段及處置坑道端部封堵段	1,620m
處置坑道寬度	10.7m		

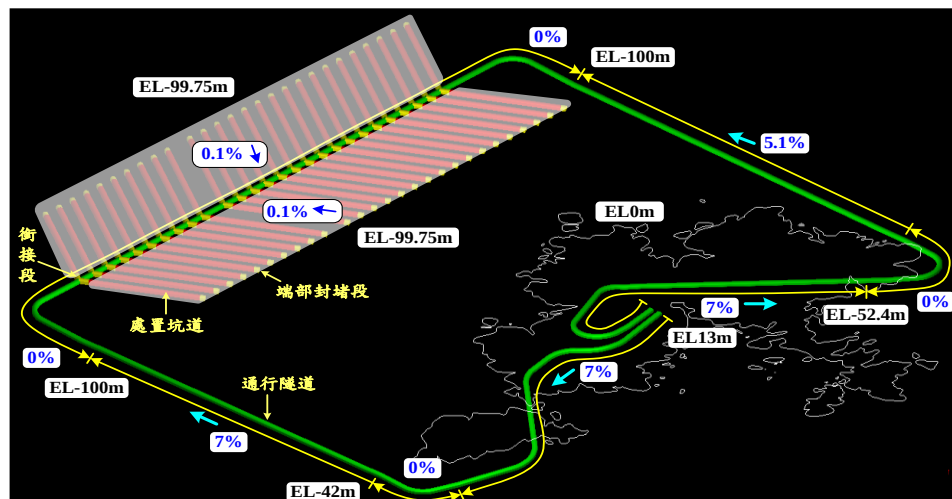


圖 3.1.3-1 烏坵鄉建議候選場址處置設施空間配置

3.2 工程障壁系統

3.2.1 工程障壁系統之安全考量

工程障壁系統之安全考量包括長期安全、力學穩定、及營運安全，茲就上述考量說明如下：

一、長期安全

工程障壁之設計須能達到阻止核種外釋之安全需求，在營運期間，工程障壁所提供之長期安全功能不應隨時間改變。此外，應依據不同分類廢棄物，採用不同之障壁規劃。

二、力學穩定

坑道在開挖及營運過程中，需能支撐岩盤荷重，符合坑道力學穩定之安全要求，其時間尺度應該涵蓋整個營運期間。

三、營運安全

處置坑道內，應設計適當之輻射屏蔽設施，以提供作業人員在營運期間之輻射安全。此外，處置坑道空間須滿足吊車作業需要，處置坑道及處置窖間隔牆須能承受架空吊車荷重。

處置坑道及通行隧道均需配置排水系統，以蒐集並排出自圍岩入滲隧道之地下水。同時，亦需有足夠空間，以裝設供風及排風管並確認排風污染低於法規限值。

3.2.2 達仁鄉建議候選場址工程障壁系統設計

為增加坑道與圍岩之安定，整體輪廓以近似圓形設計。依照「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」，將針對 A 類放射性廢棄物，B、C 類放射性廢棄物，分別設計對應之「多重障壁」系統如圖 3.2.2-1~圖 3.2.2-2。工程障壁各構件之物理參數詳表 3.2.2-1：

表 3.2.2-1 工程障壁各構件之物理參數

構件	飽和密度(kg/m ³)	孔隙率(-)	水力傳導係數(m/s)	擴散係數(m ² /s)
廢棄物體	1,900	0.35	2x10 ⁻⁹	7x10 ⁻¹⁰
水泥砂漿	2,100	0.30	1x10 ⁻⁹	4x10 ⁻¹⁰
處置窖	2,400	0.20	1x10 ⁻¹⁰	1x10 ⁻¹²
緩衝材	2,000	0.40	1x10 ⁻¹²	2x10 ⁻¹⁰

構件	飽和密度(kg/m ³)	孔隙率(-)	水力傳導係數(m/s)	擴散係數(m ² /s)
基礎層	2,400	0.20	1×10^{-10}	1×10^{-12}
回填材	2,100	0.30	2×10^{-10}	1×10^{-10}
二次襯砌	2,200	0.25	1×10^{-9}	2×10^{-9}
擾動區	2,300	0.25	1×10^{-9}	2×10^{-9}

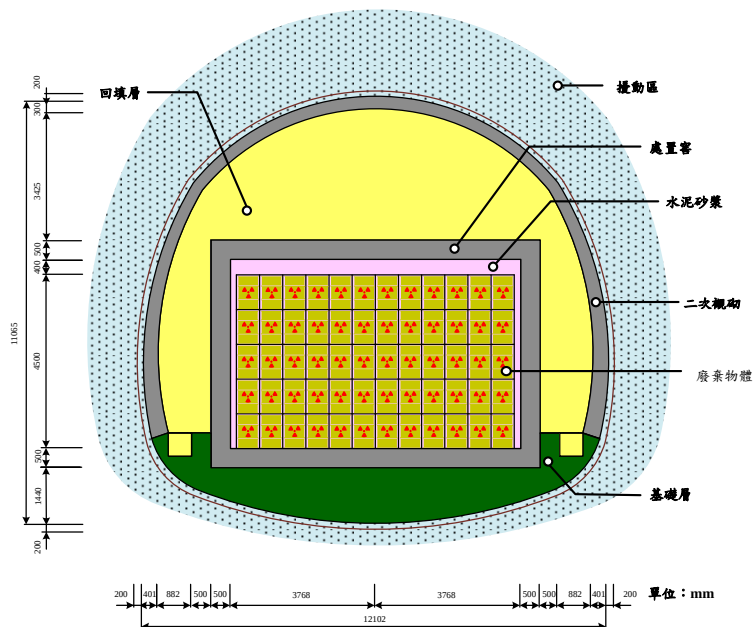


圖 3.2.2-1 A 類放射性廢棄物處置坑道工程障壁設計

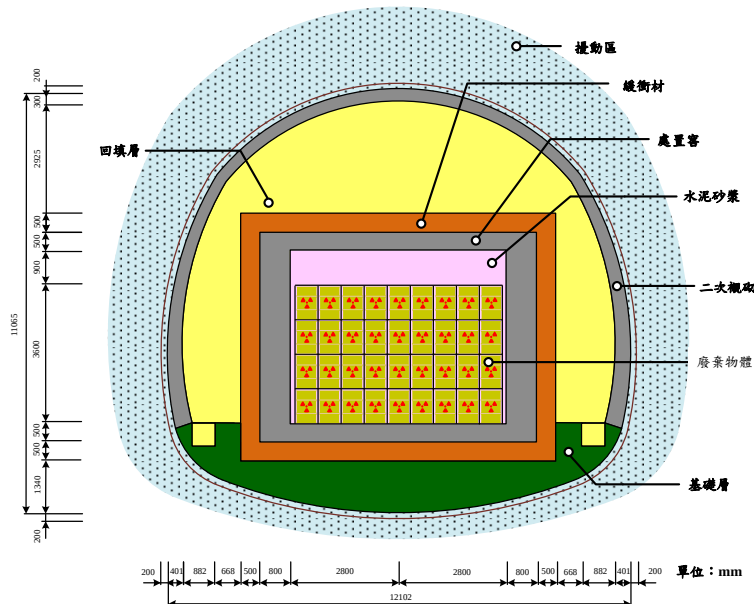


圖 3.2.2-2 B、C 類放射性廢棄物處置坑道工程障壁設計

一、廢棄物盛裝容器：

處置場在概念設計階段，廢棄物盛裝容器以 55 加侖桶為主，此外尚有蘭嶼貯存場之 3x4 與 3x1 桶裝之重裝容器。未來處置場

可接收之盛裝容器需符合物管局 97 年 10 月修正頒佈「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 8 條及 9 條規定。

二、填充材：

填充材目前以水泥砂漿為考量，其目的在於增加營運期間處置窖內廢棄物堆疊之力學穩定性，避免廢棄物體因外力而傾倒或損壞，並於處置場封閉後遲滯核種釋出。

三、處置窖：

處置窖之結構物材料為鋼筋混凝土。針對 A 類低放射性廢棄物，處置窖之尺寸為 8.5m×5.9m×15.6m，可堆放之 55 加侖桶為 1,500 桶(圖 3.2.2-3)。B、C 類低放射性廢棄物處置窖之尺寸為 7.2m×5.5m×15.6m，可堆放之 55 加侖桶為 900 桶(圖 3.2.2-4)。

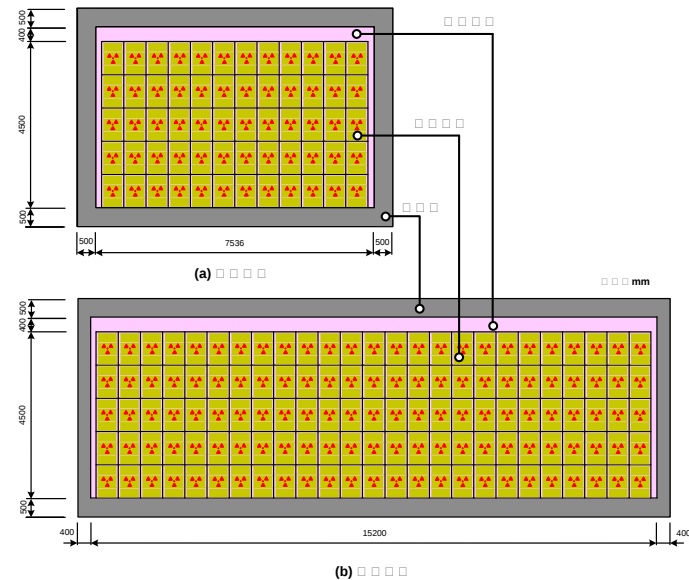


圖 3.2.2-3 A 類低放廢棄物處置窖之 55 加侖桶堆放規劃

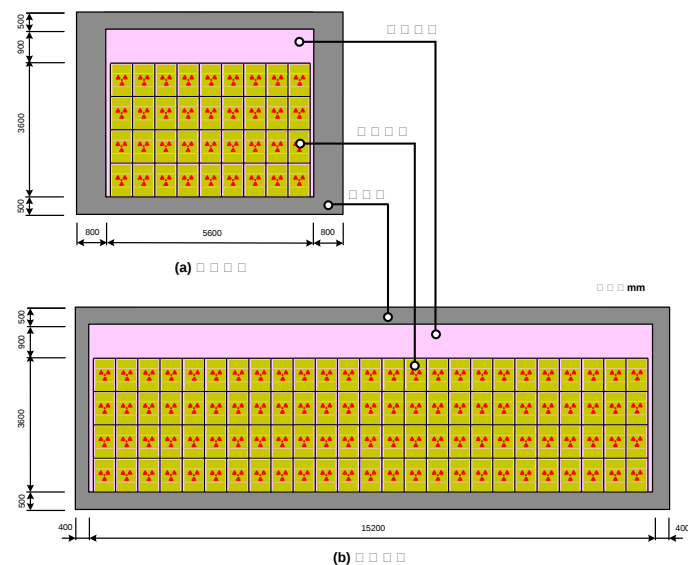
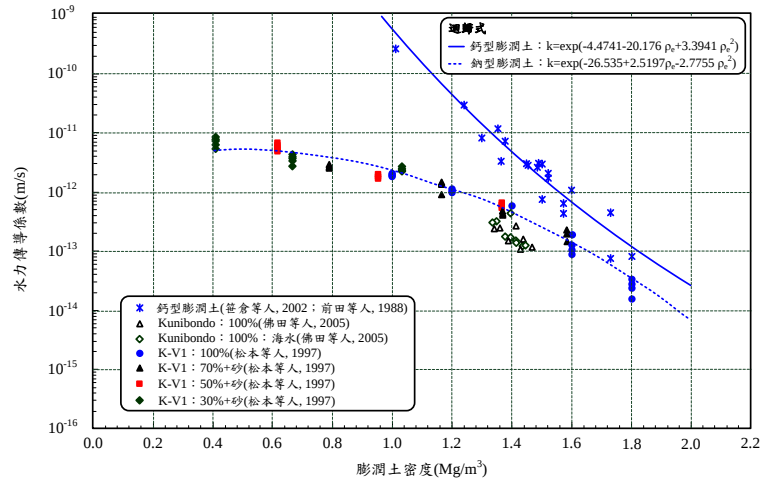


圖 3.2.2-4 B、C 類低放廢棄物處置窖之 55 加侖桶堆放規劃

四、緩衝材：

本概念設計規劃 B、C 類低放射性廢棄物之處置窖周圍將使用緩衝材料以抑制地下水滲流量，並以膨潤土(Bentonite)為主要考量，利用膨潤土遇水膨脹修復空隙之特性來確保其安全功能。

由於緩衝材周邊為水泥材料，水泥材料溶出的鈣成分，使鈉型膨潤土變質成為鈣型膨潤土。圖 3.2.2-5 為鈉型膨潤土與鈣型膨潤土之有效黏土密度與透水係數之關係。圖中顯示，在相同的有效黏土密度下，鈣型膨潤土的水力傳導係數較鈉型膨潤土大。因此，若採用鈣型膨潤土為設定目標，或是鈉型緩衝材有鈣型化之情況時，膨潤土所佔的比例必須增加。故針對本概念設計之緩衝層將採預置磚堆疊方式施作，其膨潤土密度以大於 1.6 Mg/m^3 ，水力傳導係數應小於 10^{-12} m/s 為設計目標。



資料來源：修改自電氣事業連合会・核燃料サイクル開発機構, 2005, p3-15

圖 3.2.2-5 鈉型與鈣型膨潤土密度與水力傳導係數之關係

五、回填材：

對於 B、C 類廢棄物處置時使用的回填材，以膨潤土與砂混合材料為主要考量，A 類廢棄物處置時使則考慮使用水泥材料。

六、基礎層：

基礎層主要用於承載上部緩衝材、處置窖、回填材以及廢棄物之重量；在處置場封閉後，應能長時間遲滯核種釋出。基礎層以鋼筋混凝土材料為主要考量。

七、二次襯砌：

二次襯砌主要用於營運期間，承載處置坑道開挖後圍岩之荷重，以及減少圍岩地下水入滲。考量材料以鋼筋混凝土為主。

八、擾動區：

處置坑道在開挖時應採用對於圍岩擾動較小之開挖工法。於斷面開挖後應針對擾動區進行固結灌漿，以盡量減少其透水能力。

3.2.3 烏坵鄉建議候選場址工程障壁系統設計

考量烏坵鄉建議候選場址母岩屬岩性堅實之花崗岩類，因此整體輪廓以方便營運考量之倒 D 型設計。由於依照「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」，本概念設計將針對 A 類放射性廢棄物，B、C 類放射性廢棄物，分別設計對應之「多重障壁」系統如圖 3.2.3-1 及圖 3.2.3-2。工程障壁各構件之物理參數詳表 3.2.3-1，其中，

因本場址位於海水位以下，故應考量海水條件之影響，如圖 3.2.3-3。

表 3.2.3-1 工程障壁各構件之物理參數

構件	飽和密度(kg/m ³)	孔隙率(-)	水力傳導係數(m/s)	擴散係數(m ² /s)
廢棄物體	1,900	0.35	4×10^{-9}	7×10^{-10}
水泥砂漿	2,100	0.30	2×10^{-9}	4×10^{-10}
處置窖	2,400	0.20	2×10^{-10}	1×10^{-12}
緩衝材	2,000	0.40	1×10^{-11}	2×10^{-10}
基礎層	2,400	0.20	2×10^{-10}	1×10^{-12}
回填材	2,100	0.30	4×10^{-10}	1×10^{-10}
擾動區	2,300	0.25	2×10^{-9}	2×10^{-9}

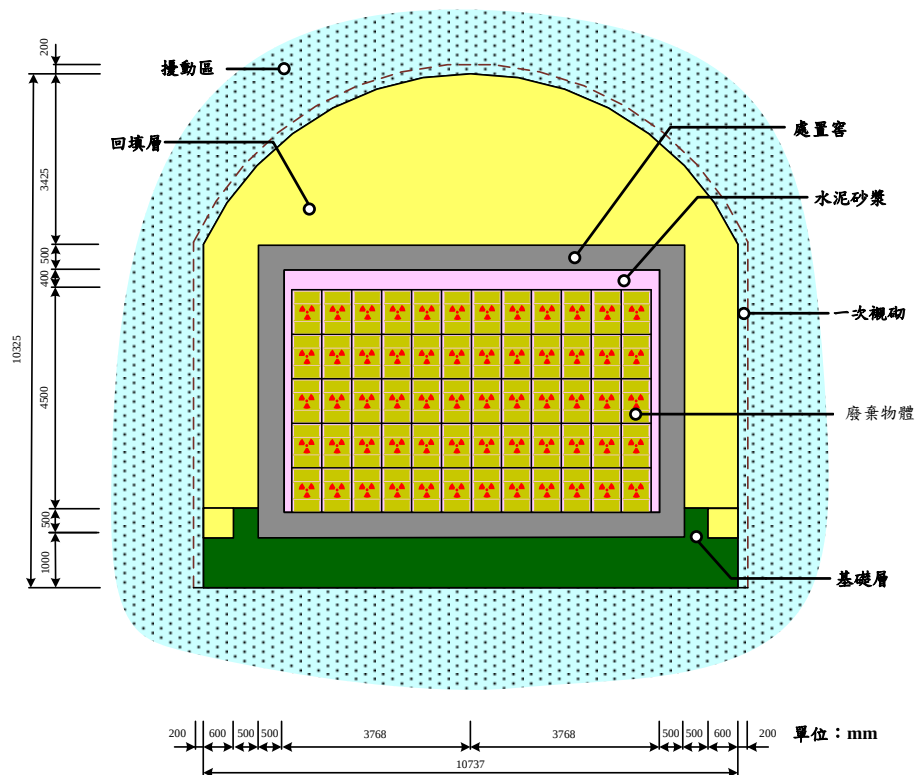


圖 3.2.3-1 A 類放射性廢棄物處置坑道工程障壁設計

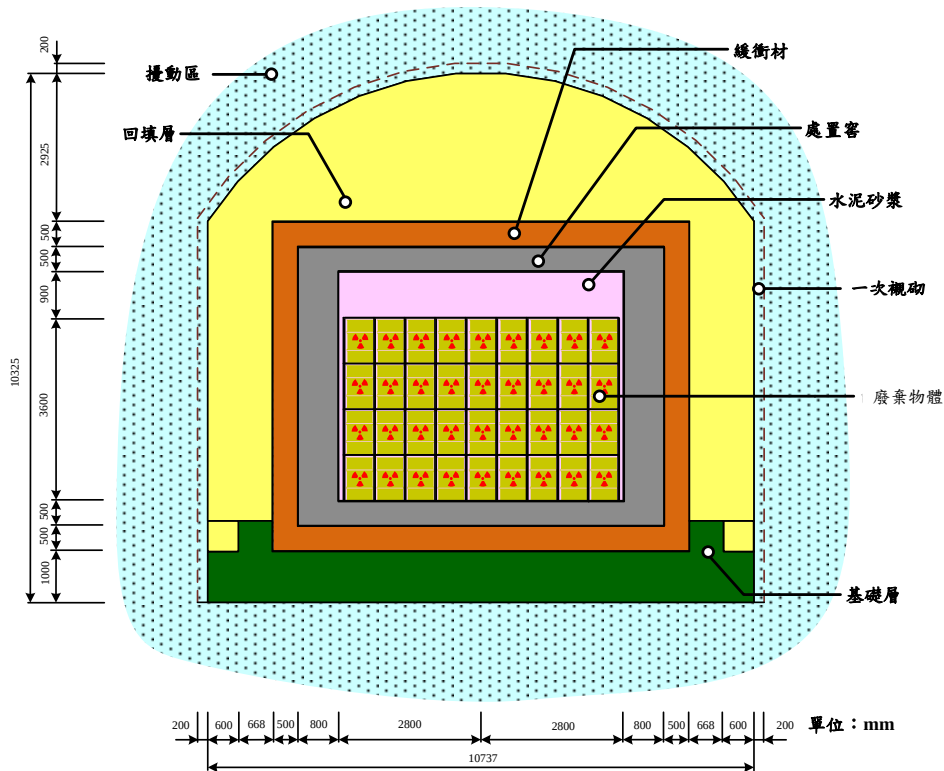
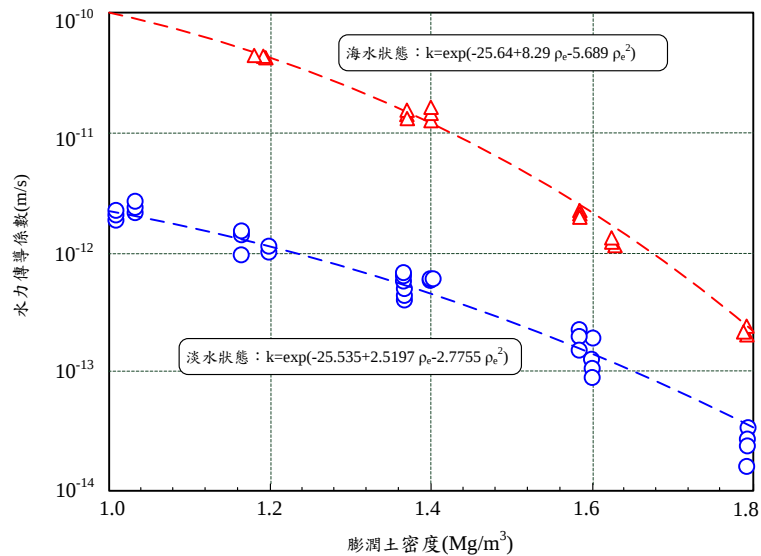


圖 3.2.3-2 B、C 類放射性廢棄物處置坑道工程障壁設計



資料來源：修改自電氣事業連合会・核燃料サイクル開発機構, p3-16

圖 3.2.3-3 不同水質條件下膨潤土密度與水力傳導係數之關係

3.3 處置設施封閉設計

3.3.1 處置設施封閉考量

處置場接受放射性廢棄物達到預訂處置容量後，即依放射性物料管理法及其施行細則規定擬訂封閉計畫及監管計畫，經

報請主管機關核准後實施封閉與監管作業。封閉之概念係為了確保工程障壁能確實發揮遲滯核種遷移的功能，避免處置場封閉後形成核種遷移的快速路徑及工程障壁的功能退化。

3.3.2 處置設施封閉設計

處置坑道及銜接坑道之回填材與封塞主要是為了確保工程障壁能確實發揮遲滯核種遷移的功能，避免處置場封閉後形成核種遷移的快速路徑及工程障壁的功能退化，如圖 3.3.2-1 所示。此範圍內回填材須達到「維持與周邊岩盤相當的低透水性」，水力封塞須達到「與緩衝材相同之性能」，對整體之要求則為「處置場封閉後避免形成核種遷移路徑(開挖影響區、支保部分劣化及孔隙連續)及工程障壁的性能降低(降低緩衝材平均密度)」。

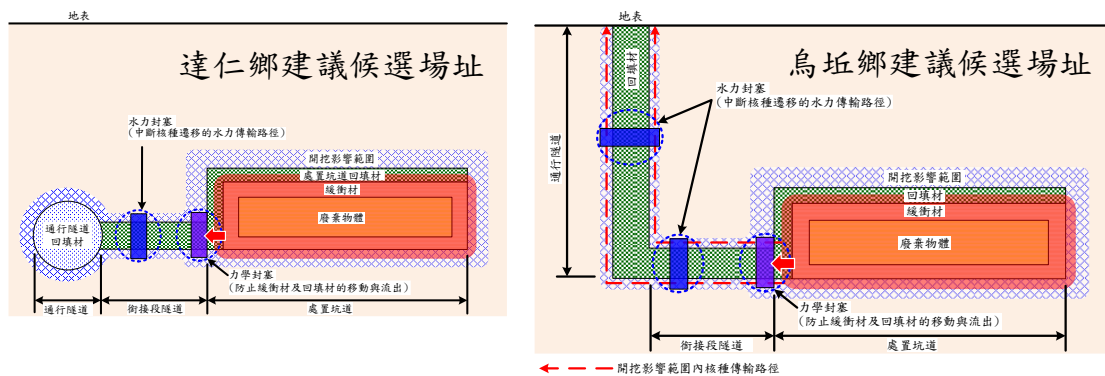


圖 3.3.2-1 處置設施封閉設計概念

3.4 輔助區設計

3.4.1 輔助區設施需求

處置場輔助區主要提供處置場安全營運所需之支援設備與人力空間，輔助區之主要設施包括：營運大樓、工安大樓、行政大樓、空調室及通風機室、污水處理廠、維護工廠、警衛室、道路及排水、監測系統等。

3.4.2 達仁鄉建議候選場址輔助區設計

針對達仁鄉建議候選場址，其輔助區規劃於進出通行隧道之出入口處，需藉由開挖、回填及整地等以達到需求之面積。

有關之山坡開挖、回填、擋土、護坡、排水及設置滯洪沉砂池等設施，除需符合水文、降雨強度及道路標準等相關規定外，亦須符合水土保持技術規範之規定。整個輔助區及接收港平面布置圖參見圖 3.4.2-1。

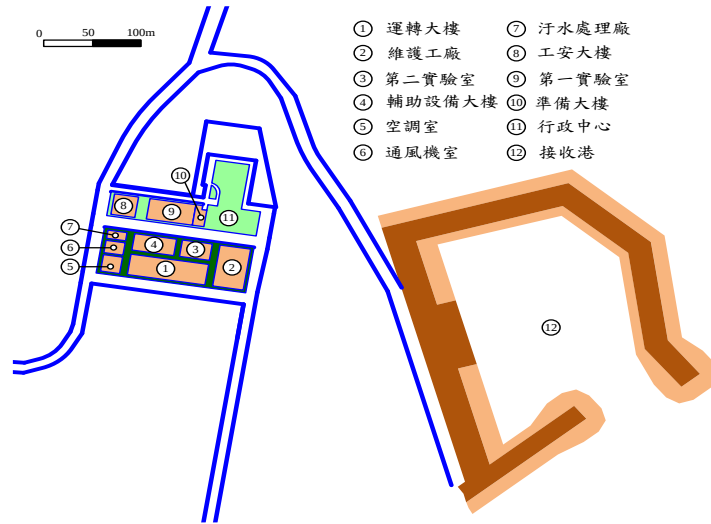


圖 3.4.2-1 達仁鄉建議候選場址輔助區平面布置圖

3.4.3 烏坵鄉建議候選場址輔助區設計

針對烏坵鄉建議候選場址，其輔助區規劃於進出通行隧道之出入口附近，需藉由開挖、回填及整地等以達到需求之面積。施工有關之開挖、回填、擋土、護坡、排水及設置滯洪沉砂池等設施，除需符合水文、降雨強度及道路標準等相關規定外，亦須符合排水管理辦法(103 年經濟部水利署)之規定。整個輔助區及接收港平面布置圖參見圖 3.4.3-1。

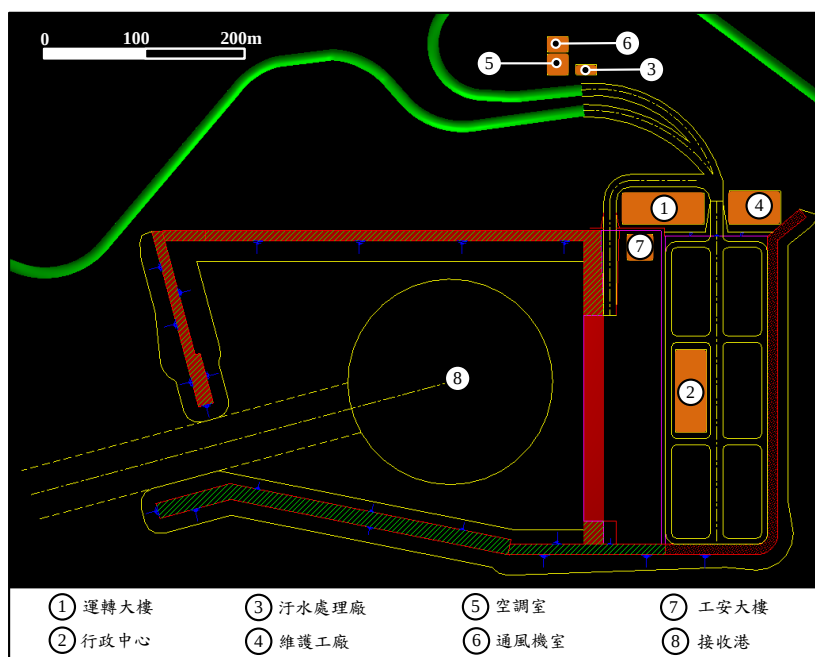


圖 3.4.3-1 烏坵鄉建議候選場址輔助區平面布置圖

第四章 處置場興建、營運與封閉作業規劃

4.1 興建、營運與封閉階段作業與時程規劃

最終處置計畫可依其階段性目標與任務概分成四個階段：「處置場選址階段」、「處置場建造階段」、「處置場營運階段」與「處置場封閉監管階段」，以下將就二場址分別說明各階段預期辦理工作內容及預估期程。

4.1.1 達仁鄉建議候選場址作業時程規劃

達仁鄉建議候選場址之選址及興建作業流程如圖 4.1.1-1 所示，圖中流程之起始點為本建議候選場址通過公投成為候選場址，而終點為處置場營運。考量到處置場投入營運之時效性，茲將處置坑道分為 2 期施作。圖 4.1.1-2 為達仁鄉建議候選場址各期施工內容及範圍，其中第 1 期施工包含所有通行隧道及部分處置坑道；第 2 期之施工內容及範圍主要包括第 1 期施工範圍以外之處置坑道。各項作業辦理之預估時程及關連順序詳圖 4.1.1-3。

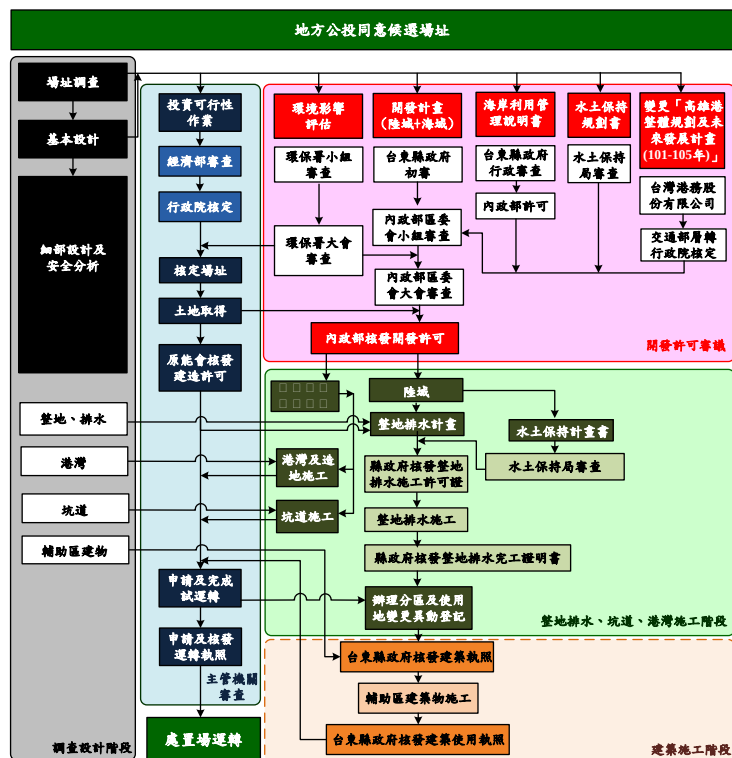


圖 4.1.1-1 台東縣達仁鄉建議候選場址選址及興建作業流程圖

施工內容及範圍主要包括第 1 期施工範圍以外之處置坑道。各項作業辦理之預估時程詳圖 4.1.2-3。

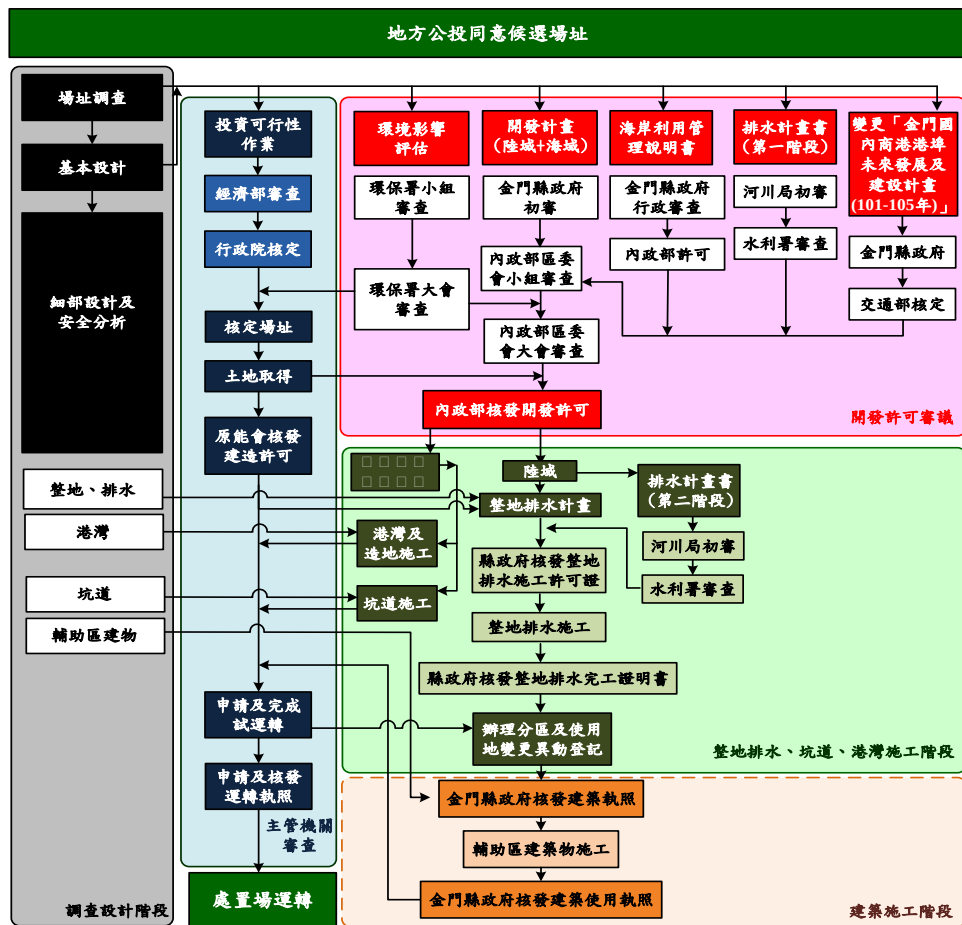


圖 4.1.2-1 金門縣烏坵鄉建議候選場址選址及興建作業流程圖

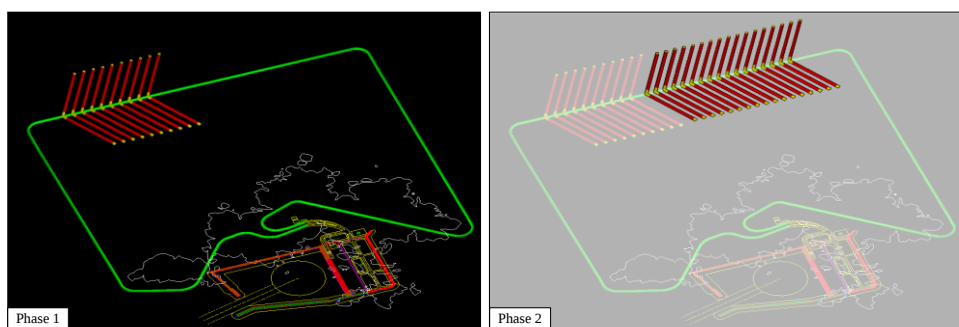


圖 4.1.2-2 烏坵鄉建議候選場址各期施工內容及範圍

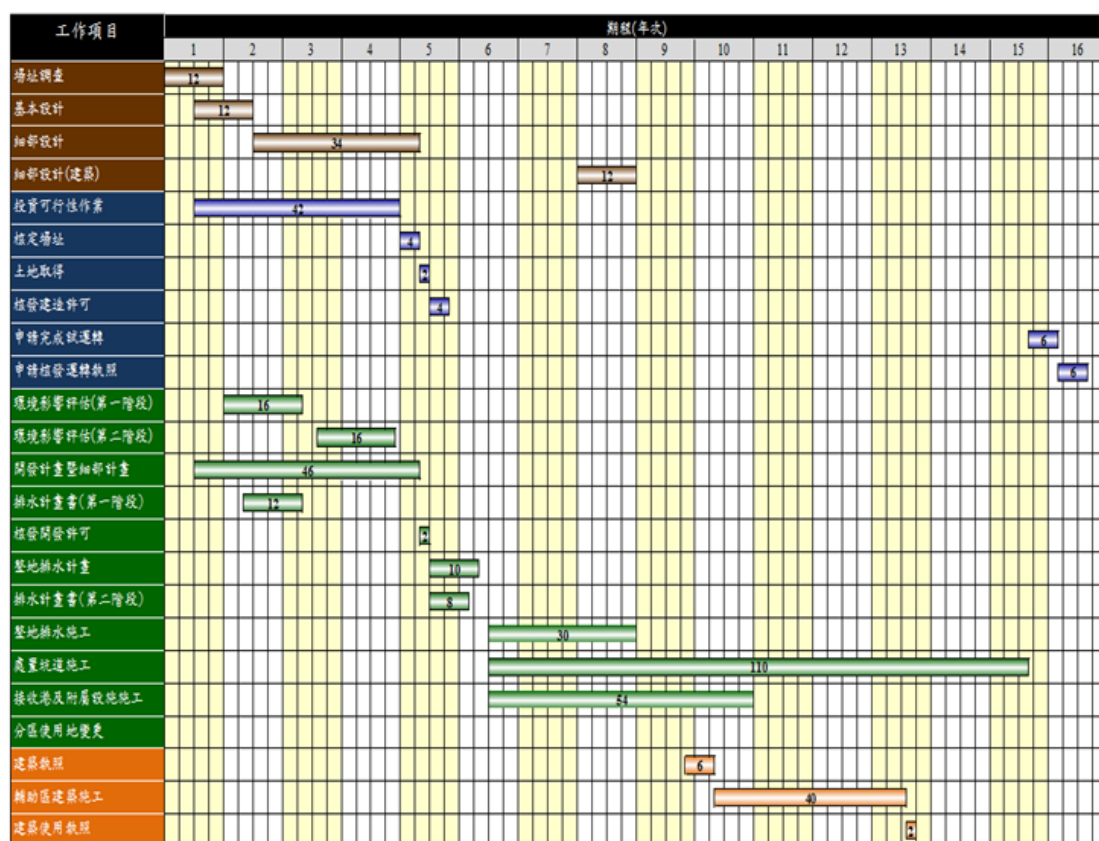


圖 4.1.2-3 金門縣烏坵鄉建議候選場址各項作業辦理之預估時程

4.2 達仁鄉建議候選場址之興建階段作業規劃

4.2.1 施工規劃目標與環境條件

一、環境條件

本場址位於台東縣達仁鄉南田村，屬近岸型場址，場址區域內多為山坡地且岩性分佈以硬頁岩偶夾砂岩為主。根據鄰近區域隧道開挖之經驗，於開挖過程中可能遭遇地下水湧出之現象。此外東海岸多為陡峭岩岸，有利於減少接收港灣之浚挖深度。

二、通行隧道及處置坑道工程

(一)通行隧道

總長度約 5,982m。處置坑道施工前必須先完成連接洞口之前段通行隧道(如圖 4.1.1-2)，本段之通行隧道長度約 1,748m，僅可容許單一工作面，為坑道工程之要徑。剩餘之通行隧道可與處置坑道平行施工。通行隧道施工速率(包含岩栓、噴凝土、二次襯砌等隧道穩定及保護設施)暫以 2.8m/日估算。通行隧道長度、斷面及開挖量詳表 4.2.1-1。

(二)處置坑道

第一期之處置坑道包括貯存 A 類低放射性廢棄物之處置坑道，1 條長度 777.7m、6 條長度 352m；貯存 B/C 類低放射性廢棄物之處置坑道，長度 2 條 777.7m、1 條長度 352m。第一期之處置坑道共計 10 條，總長度約 4,798m，預定可採 3 個工作面同步進行。處置坑道施工速率(包含岩栓、噴凝土、二次襯砌等隧道穩定及保護設施)暫以 2.8m/日估算。通行隧道與處置坑道長度、斷面及開挖量長度、斷面及開挖量詳表 4.2.1-1。

(三)處置窖

處置窖為鋼筋混凝土結構物，依鋼筋混凝土結構物施作程序包括鋼筋組立、模板及混凝土澆置、拆模養護等。

(四)通風與照明

通行隧道之通風及照明設施。

(五)開挖碴料處理

開挖之碴料除篩選供坑道回填用途之外，剩餘之碴料應依環境影響評估、水土保持計畫等書圖內容，運至土資場或本工程專用之棄碴區堆置。

表 4.2.1-1 通行隧道與處置坑道長度、斷面及開挖量一覽表

坑道	長度 (m)	坑道 斷面 積 (m ²)	開挖量 (m ³)	預估施 工速率 (m/日)	處置 廢棄物數 量 (桶)	備註
通行隧道	5,982	97.5	583,245	2.8	-	註 1
一期處置坑道	4,798	110	527,670	2.8	379,500	3 個工作 面
二期處置坑道	7,125	110	816,717	-	708,000	註 2

註 1：到達一期全部處置坑道前為 1 個工作面，之後為 2 個工作面。

註 2：實際開始施工時間尚遠，且未來可以一期施工累積經驗預估，現階段暫不估計施工速率。

三、接收港工程

接收港各分項工程規劃說明如下：

(一)防波堤：包括拋石堤及沉箱堤之施做。

(二)填地與浚挖：港池與航道之浚挖，及碼頭後線之填築。

(三)碼頭與護岸：碼頭及港域周邊護岸施做。

(四)其它附屬設施：包括港區照明、岸水、岸電，導航設施及辦公室及倉庫等。

四、輔助區建築施工

包括營運大樓、行政大樓、工安大樓、空調室及通風機室等建築及機械設備之施工與安裝；景觀工程包括花台、植樹等；雜項工程包括圍牆、停車場、指示標誌等。

4.2.2 設施興建工程規劃與施工方法

本設施興建工程之主體在於處置坑道及接收港灣施工，以下將就此二項主體工程說明其施工規劃與方法。

一、坑道開挖施工

依目前坑道概念設計，聯絡坑道與處置坑道接近直交，受限於轉彎半徑，初步排除隧道鑽掘機全斷面開挖工法，另依目前掌握之場址地質資料，岩體單壓強度小於 50 MPa，初步研判坑道開挖應採局部斷面開挖工法，例如旋臂式掘削機、開挖機為主，如遭遇強度較高之岩體，考量採用鑽炸法為輔。

針對坑道開挖過程所使用之支撐系統，主要參考新奧工法之理念進行。

二、港灣興建施工

達仁建議候選場址接收港工程之主要工程項目包括防波堤、專用碼頭、消波護岸、港池浚挖及填地等。

4.3 烏坵鄉建議候選場址之興建階段作業規劃

4.3.1 施工規劃目標與環境條件

一、環境條件

本場址位於金門縣烏坵鄉小坵村，屬離島型場址，場址區域內多為花崗岩體夾閃長岩脈，地質狀況良好。此外本場址之潮差大，接收港口之設計水深較深。

二、通行隧道及處置坑道工程

(一)通行隧道

總長度約 5,432m。處置坑道施工前必須先完成連接洞口之前段通行隧道(如圖 4.1.2-2)，本段之通行隧道長度約 2,339m，僅可容許單一工作面，為坑道工程之要徑。剩餘之通行隧道可與處置坑道平行施工。通行隧道施工速率(包含岩栓、噴凝土、二次襯砌等隧道穩定及保護設施)暫以 2.0m/日估算。通行隧道長度、斷面及開挖量詳表 4.3.2-1。

(二)處置坑道

第一期之處置坑道包括貯存 A 類低放射性廢棄物之處置坑道，19 條長度 220m；貯存 B/C 類低放射性廢棄物之處置坑道，長度 1 條 220m。第一期之處置坑道共計 20 條，總長度約 4,400m，預定可採 2 個工作面同步進行。處置坑道施工速率(包含岩栓、噴凝土、二次襯砌等隧道穩定及保護設施)暫以 2.0m/日估算。處置坑道長度、斷面及開挖量詳表 4.3.2-1。

(三)處置窖

處置窖為鋼筋混凝土結構物，依鋼筋混凝土結構物施作程序包括鋼筋組立、模板及混凝土澆置、拆模養護等。

(四)通風與照明

通行隧道之通風及照明設施。

(五)開挖碴料處理

開挖之碴料除篩選供坑道回填用途之外，剩餘之碴料應依環境影響評估、水土保持計畫等書圖內容，以填海造地或本工程專用之棄碴區堆置。

表 4.3.2-1 通行隧道與處置坑道長度、斷面及開挖量一覽表

坑道	長度 (m)	坑道 斷面 積 (m ²)	開挖量 (m ³)	預估施 工速率 (m/日)	處置 廢棄物數 量 (桶)	備註
通行隧道	5,432	100.4	545,372.8	2.0	-	註 1
一期處置坑道	4,400	100.4	441,760	2.0	403,200	2 個工作 面
二期處置坑道	7,480	100.4	750,992	-	663,600	註 2

註 1:到達一期全部處置坑道前為 1 個工作面，之後為 2 個工作面。

註 2:實際開始施工時間尚遠，且未來可以一期施工累積經驗預估，現階段暫不估計施工速率。

三、接收港工程

同達仁鄉建議候選場址。

四、輔助區建築施工

同達仁鄉建議候選場址。

4.3.2 設施興建工程規劃與施工方法

本設施興建工程之主體在於處置坑道及接收港灣施工，以下將就此二項主體工程說明其施工規劃與方法。

一、坑道開挖施工

初步研判坑道開挖應採用鑽炸法為主，如遭遇強度較低或較破碎之岩體，可採局部斷面開挖工法為輔，例如旋臂式掘削機、開挖機等。針對烏坵鄉建議候選場址之開挖支撐仍採用新奧工法之設計理念。

二、港灣興建施工

烏坵鄉建議候選場接收港工程之主要工程項目包括防波堤、專用碼頭、消波護岸、港池浚挖等。

4.4 營運階段作業規劃

4.4.1 營運階段作業考量

一、處置數量

低放射性廢棄物處置場應處置之廢棄物數量預估為 100 萬桶，其中假設 B、C 類低放射性廢棄物數量為 10 萬桶；A 類低放射性廢棄物數量為 90 萬桶。

二、廢棄物接收與檢查

利用專用輸送車直接送到營運大樓之廢棄物盛裝容器接收與檢查設施，進行廢棄物盛裝容器之檢整。

三、輻射安全

營運階段之安全對策包括應針對營運時之輻射安全與緊急事故，並參考有關輻射防護之法規依據及劑量限值進行評估。

針對輻射屏蔽，應考量之項目包括施工及營運界面、營運過程以及封閉階段等三個部分。茲就上述考量說明如下：

(一)屏蔽厚度

工作人員的年劑量限值為 50mSv，5 年平均不超過 20mSv，因此保守以 20mSv 為參考限值。假定工作人員在此工作區 1 年工作 200 小時(1 年總工作時數 2,000 小時的 1/10)。參考 A 及 C 類放射性廢棄物分類標準，以 Cs-137 的上限濃度進行每個處置窖工作人員劑量評估，分析結果詳表 4.4.1-1 及表 4.4.1-2。表中顯示，針對 A 類放射性廢棄物，屏蔽厚度 20cm 以上可符合需求。針對 C 類放射性廢棄物，屏蔽厚度 80cm 以上可符合需求。

表 4.4.1-1 A 類放射性廢棄物之年劑量及屏蔽厚度關係

屏蔽厚度(cm)	20cm	40cm	60 cm	80 cm	100 cm
劑量率(毫西弗/小時)	6.8×10^{-2}	2.7×10^{-3}	1.1×10^{-4}	4.0×10^{-6}	1.5×10^{-7}
工作時間(小時)	200	200	200	200	200
年劑量(mSv)	13	0.54	0.022	8×10^{-4}	3×10^{-5}

表 4.4.1-2 C 類放射性廢棄物之年劑量及屏蔽厚度關係

屏蔽厚度(cm)	20cm	40cm	60 cm	80 cm	100 cm
劑量率(毫西弗/小時)	3.2×10^2	1.3×10^1	5.0×10^{-1}	1.9×10^{-2}	6.9×10^{-4}
工作時間(小時)	200	200	200	200	200
年劑量(mSv)	6.4×10^4	2.6×10^3	100	3.8	0.14

(二)施工與營運界面之考量

由於兩處場址之通行隧道均屬環狀且具雙向通行能力，因此於靠近入口端先行開挖處置隧道，或於靠近出口端先行開挖處置隧道，其效果相同。

處置場址之興建分為 2 階段。第一階段工程將完成整體通行隧道工程，興建第一階段完工後，該區域即開始營運。然此時第二階段之興建工程尚在進行，為避免施工與營運之動線重疊，增加營運風險。因此應於施工及營運界面，設置臨時阻隔牆，以分離排水系統及行進動線。於兩類工作介面將設管制點，兩類工作相關人員機具將僅各自利用其通行隧道至地面，不可通過管制點。同時管制點亦保留緊急時可雙向避難之功能。

4.4.2 達仁鄉建議候選場址之營運階段作業規劃

一、基本作業流程

營運期間基本作業流程詳圖 4.4.2-1。

二、地下設施內之運送、定置、窖內填充及封頂作業

廢棄物盛裝容器將利用通行隧道的專用運輸車拖運，運到處置坑道之處置單元周邊後，再以軌道吊車搬運至定點進行吊裝置放。待該處置分層堆放完畢後，即進行水泥砂漿澆置，以填充盛裝容器間之孔隙。針對台東縣達仁鄉建議候選場址不同類型之處置窖，所規劃之廢棄物盛裝容器定置、處置窖內填充及封頂作業流程示意如圖 4.4.2-2 所示。

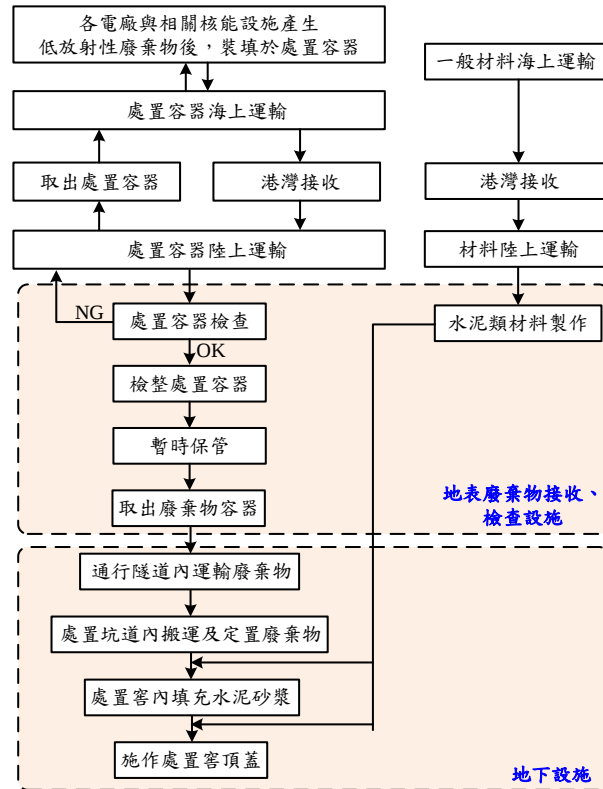


圖 4.4.2-1 營運期間基本作業流程

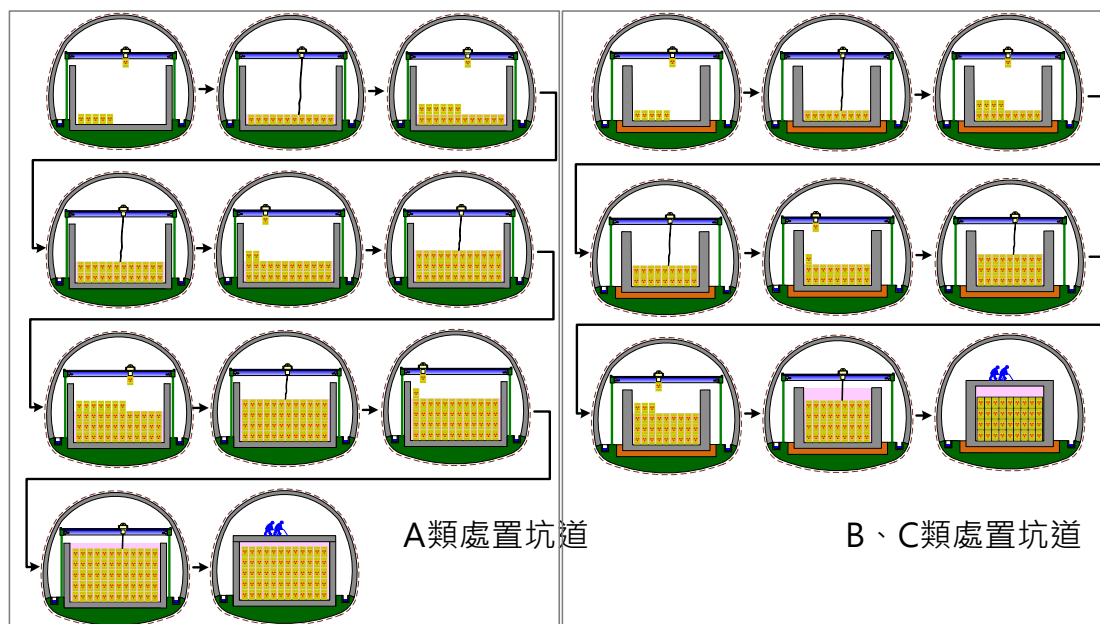


圖 4.4.2-2 達仁建議候選場址處置坑道營運示意

三、營運階段水隔離考量

針對營運期間之處置坑道水隔離，擬以重力排水之概念，將滲入處置坑道之水體(視需要於處置窖上方配置臨時擋水遮罩)，引導至兩邊側溝(縱向坡度為 0.1%)，再導向通行隧道之排水系統。因通行隧道高程高於隧道洞口，匯集於通行隧道之地下水，將自然透過重力排水之形式排出。

4.4.3 烏坵鄉建議候選場址之營運階段作業規劃

一、基本作業流程

烏坵鄉建議候選場址營運期間之基本作業流程與達仁鄉建議候選場址相同，詳前節圖 4.4.2-1。

二、地下設施內之運送、定置、窖內填充及封頂作業

針對烏坵鄉建議候選場址不同類型之處置窖，所規劃之廢棄物盛裝容器定置、處置窖內填充及封頂作業流程如圖 4.4.3-1。

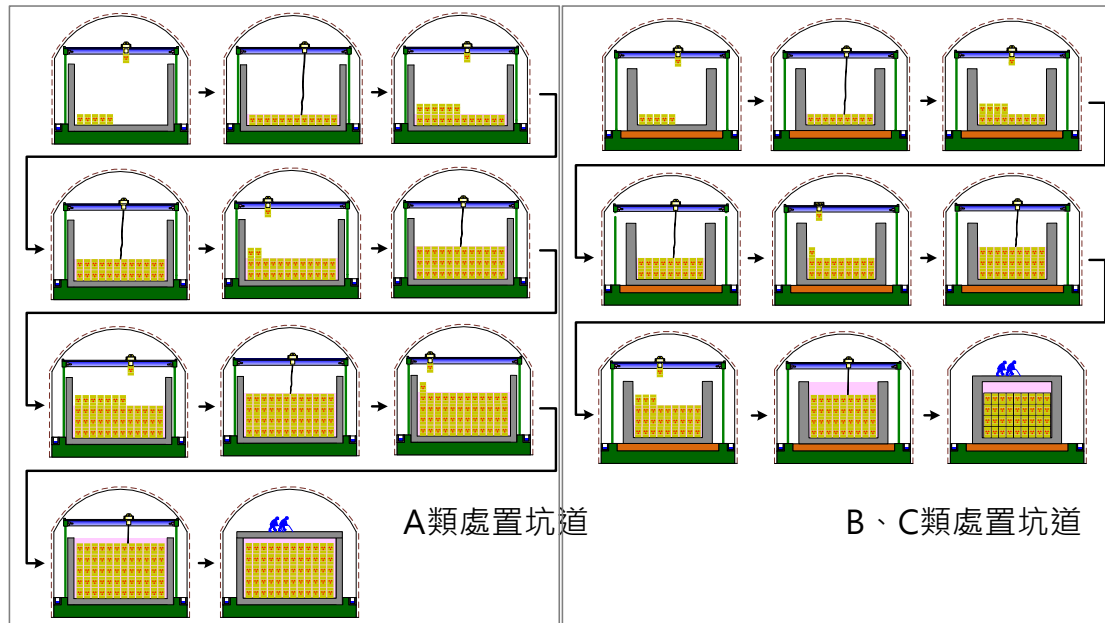


圖 4.4.3-1 烏坵建議候選場址處置坑道營運示意

三、營運階段水隔離考量

針對營運期間之處置坑道水隔離，擬以重力排水之概念，將滲入處置坑道之水體(視需要於處置窖上方配置臨時擋水遮罩)，引導至兩邊側溝(縱向坡度為 0.1%)，再導向通行隧道之排水系統。因通行隧道高程低於隧道洞口，匯集於通行隧道之地下水，需以抽水機抽排至地表排放。

4.5 封閉階段作業規劃

4.5.1 封閉階段作業考量

封閉作業包括處置場回填封塞等作業及綠化工程等，預定工作期程為 24 個月。完成封閉後，應對處置管制地區之穩定性，進行至少 5 年之觀察及監測，方得向主管機關申請核准其設施之土地再利用或免於監管。

4.5.2 達仁鄉建議候選場址之封閉階段作業規劃

根據暫擬之施工程序進行封閉期程估算，考量模板拆裝、緩衝材料排放等施工程序，處置坑道以澆置速率 $250\text{m}^3/\text{日}$ 加以估算，通行隧道以壓實速率 $450\text{m}^3/\text{日}$ 加以估算。坑道長度、回填量體及施工速率詳表 4.5.2-1。依據概算之處置坑道與通行隧

道之回填量體及施工速率加以推算，處置坑道回填約需 19.4 月；通行隧道之回填約需 17.3 月，總計約 36.7 月。

表 4.5.2-1 坑道長度、回填量體及施工速率對照表

坑道	長度 (m)	回填斷面積 (m ²)	回填量 (m ³)	設備 (組)	預估施工速率 (m ³ /日)
通行隧道	5,982	78	466,596	2	450
處置坑道	12,222	35.6	435,093	3	250

4.5.3 烏坵鄉建議候選場址之封閉階段作業規劃

烏坵場址之處置坑道封閉作業規劃與達仁場址相近，請參考前節說明。根據前述之施工程序進行封閉期程估算，考量模板拆裝、緩衝材料排放等施工程序，處置坑道以澆置速率 250m³/日加以估算，通行隧道則以夯實或澆置法封閉，以澆置速率 300m³/日加以估算。坑道長度、回填量體及施工速率詳表 4.5.3-1。依據概算之處置坑道與通行隧道之回填量體及施工速率加以推算，處置坑道回填約需 16.4 月；通行隧道之回填約需 30.3 月，總計約 46.7 月。

表 4.5.3-1 坑道長度、回填量體及施工速率對照表

坑道	長度 (m)	回填斷面 (m ²)	回填量 (m ³)	設備 (組)	預估施工速率 (m ³ /日)
通行隧道	5,432	100.4	545,373	2	300
處置坑道	11,880	31.1	368,874	3	250

第五章 最終處置安全分析

5.1 達仁鄉建議候選場址安全分析

5.1.1 安全分析基本假設

- 一、整個設施預計容納國內所有低放射性廢棄物(不包括超 C 類放射性廢棄物)。評估時假設低放射性廢棄物總計 100 萬桶：A 類低放射性廢棄物 90 萬桶；B、C 類低放射性廢棄物 10 萬桶。
- 二、本安全評估只考量處置設施封堵後之安全，營運過程的安全性已納入第七章考慮。。

三、本評估只考慮對人類的影響，其他生物的影響將於第五章場址特性要求與調查規劃中納入考量。

四、分析時僅針對放射性的影響進行評估，化學或生物毒性的影響則於第七章廢棄物接收標準將其排除。

五、本安全評估針對處置設施場址土地利用之預估，係基於目前土地利用的情況來推演，並研判此地區將來不可能發展成為都市或工業區。

(一)當地居民的生活習慣及產業行為，此地區未來之生活形態以小型農業或魚蝦養殖為主。

(二)本評估不考量科技的發展，因此針對於當地居民及社會結構的轉變及進步將不予考慮。

六、假設處置設施結束營運後之完整性不依靠後代子孫的維護。因此，評估時將不考慮封閉後的可恢復性、補救措施及長期監測。

5.2 達仁鄉建議候選場址設計情節之安全分析

5.2.1 發展設計情節

一、外部因子初步篩選

由於台東縣達仁鄉建議候選場址之處置廢棄物為低放射性廢棄物，所設計之處置深度屬於近地表之範疇。因此本安全分析擬採用IAEA(2004a, p1~413)針對近地表處置設施所發展之通用 FEP 表單。其中針對該 FEP 表單外部因子之初步篩選結果如表 5.2.1-1 所示。

表 5.2.1-1 外部 FEP 初步篩選結果

1.1 處置場議題(REPOSITORY ISSUES)			
編號	內容	是否納入分析	說明
1.1.01	場址調查(Site investigation)	是	
1.1.02	開挖與施工(Excavation/construction)	是	
1.1.03	廢棄物與回填物放置(Emplacement of wastes and backfilling)	是	
1.1.04	關閉(Closure e.g. capping)	是	
1.1.05	處置場紀錄與標誌(Records and markers, repository)	是	僅於監管階段考量
1.1.06	廢棄物配置(Waste allocation)	是	
1.1.07	處置場設計(Repository design)	是	
1.1.08	品質控制(Quality control)	是	
1.1.09	時程與規劃(Schedule and planning)	是	
1.1.10	處置場址的管理控制(Administrative control, repository site)	是	

1.1.11	處置場監測(Monitoring of repository)	是	不影響處置設施之性能
1.1.12	意外和非規劃事件 (Accidents and unplanned events)	是	於固體及氣體傳輸情節考量
1.1.13	可回收性(Retrievability)	否	假設無需求
1.2 地質作用過程與影響(GEOLOGICAL PROCESSES AND EFFECTS)			
編號	內容	是否納入分析	說明
1.2.01	構造運動及造山運動(Tectonic movements and orogeny)	是	
1.2.02	變形、彈性、塑性及脆性(Deformation, elastic, plastic or brittle)	否	場址條件
1.2.03	地震(Seismicity)	是	將於替代情節考量
1.2.04	火山與岩漿活動(Volcanic and magmatic activity)	否	選址階段已排除
1.2.05	變質(Metamorphism)	否	
1.2.06	地熱活動(Hydrothermal activity)	否	選址階段已排除
1.2.07	沖蝕與沉積(Erosion and sedimentation)	是	
1.2.08	成岩作用(Diagenesis)	否	
1.2.09	鹽層和溶解(Salt diapirism and dissolution)	否	
1.2.10	水文與水文地質對地質變化的反應(Hydrological / hydrogeological response to geological changes)	是	
1.3 氣候作用過程和影響(CLIMATIC PROCESSES AND EFFECTS)			
編號	內容	是否納入分析	說明
1.3.01	全球氣候變遷(Climate change, global)	是	隱含在其對當地和區域氣候的影響
1.3.02	區域氣候變遷(Climate change, regional and local)	是	
1.3.03	海平面改變(Sea level change)	是	
1.3.04	近冰河效應(Periglacial effects)	否	場址位於亞熱帶，不受冰河影響
1.3.05	局部冰河和冰原效應(glacial and ice sheet effects, local)	否	理由同 1.3.04
1.3.06	溫暖氣候效應(熱帶與沙漠)(Warm climate effects (tropical and desert))	是	
1.3.07	水文 / 水文地質對氣候變遷的反應 (Hydrological/hydrogeological response to climate changes)	是	
1.3.08	生態對氣候變遷的反應(Ecological response to climate changes)	否	
1.3.09	人類對氣候變遷的反應(Human response to climate changes)	是	
1.3.10	其它地形的改變(Other geomorphologic change)	否	已於 1.2.01 及 1.2.07 考慮
1.4 未來人類的活動(FUTURE HUMAN ACTIONS)			
編號	內容	是否納入分析	說明
1.4.01	人類對氣候的影響(Human influences on climate)	否	已於 1.3.09 考慮
1.4.02	動機和知識議題(不注意/蓄意的人類活動)(Motivation and knowledge issues (inadvertent / deliberate human actions))	是	
1.4.03	鑽孔活動(人類侵入)(Drilling activities(human intrusion))	是	
1.4.04	採礦和其它地下活動(人類侵入)(Mining and other underground activities (human intrusion))	否	該地區的礦產資源不豐富
1.4.05	非入侵式場址調查(Un-intrusive site investigation)	否	非入侵式場址調查不影響分析結果
1.4.06	地表開挖 (Surface Excavations)	是	
1.4.07	污染 (Pollution)	否	假設沒有顯著影響

1.4.08	場址開發 (Site Development)	否	理由同 1.4.04
1.4.09	考古 (Archaeology)	否	假設考古行為不影響處置設施
1.4.10	水管理(井、水庫、壩)Water management (wells, reservoirs, dams)	是	
1.4.11	社會和公共團體的發展(Social and institutional developments)	是	見評估內容說明現況條件
1.4.12	科技發展(Technological developments)	否	見評估內容說明現況條件
1.4.13	補強行動(Remedial actions)	否	保守假設沒有補強措施
1.4.14	爆炸和墜機(Explosions and crashes)	否	機率極低
1.5 其它(OTHER)			
編號	內容	是否納入分析	說明
1.5.01	隕石衝擊(Meteorite impact)	否	機率非常低，非放射性影響的後果更顯著
1.5.02	雜項及與不確定性相關之特徵、事件及過程 (Miscellaneous and FEPs of uncertain relevance)	否	

二、設計情節建置

設計情節所考量之核種傳輸形態以液體傳輸為考量，主要構成之外部因子包括地質及氣候作用過程、工程障壁劣化與影響及未來人類的活動，均以未來較可能發生之條件進行假設。依上述條件產生之設計情節如表 5.2.1-2。

表 5.2.1-2 設計情節之考量條件

情節	1.1 處置場議題	1.2 地質作用 過程與影響	1.3 氣候作用 過程與影響		1.4 未來人類的活動
	設施功能及障壁劣化條件		氣候演進	降雨條件	
設計情節	障壁 如預期劣化	1. 依推估之水文地質單元評估流場 2. 依文獻資料評估場址沖蝕與沉積特性	全球暖化	增加 10%	以海岸型環境條件推估人類活動

5.2.2 分析模式與參數設定

本評估擬利用 GoldSim 軟體進行此場址的安全評估模擬。針對台東縣達仁鄉建議候選場址所規劃之一維整體分析概念模擬模型詳圖 5.2.2-1 及圖 5.2.2-2。圖 5.2.2-3 則是根據上述概念模型，於 GoldSim 程式建置之數值分析模型。近場所考量之傳輸機制包括對流、延散及擴散，為合理模擬擴散機制，每個工程障壁單視均內含數十個 Cell 元素。圖中 Far_Field 內包括數十個 Pipe 元素，分別代表處置坑道不同位置流至生物圈之流徑。各項參數設定說明如后：

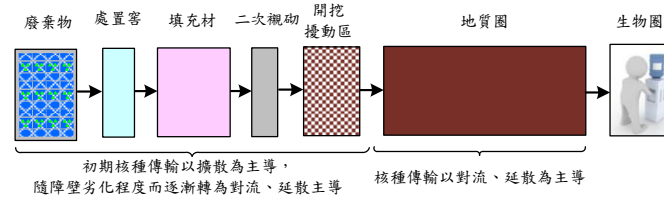


圖 5.2.2-1 A 類處置坑道放射性核種液體傳輸外釋途徑概念圖

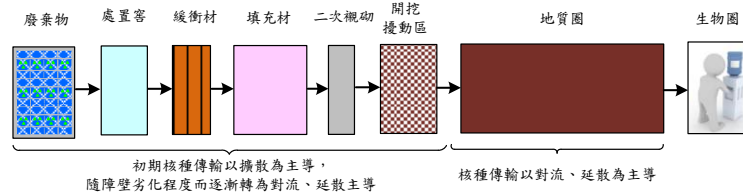


圖 5.2.2-2 B、C 類處置坑道放射性核種液體傳輸外釋途徑概念圖

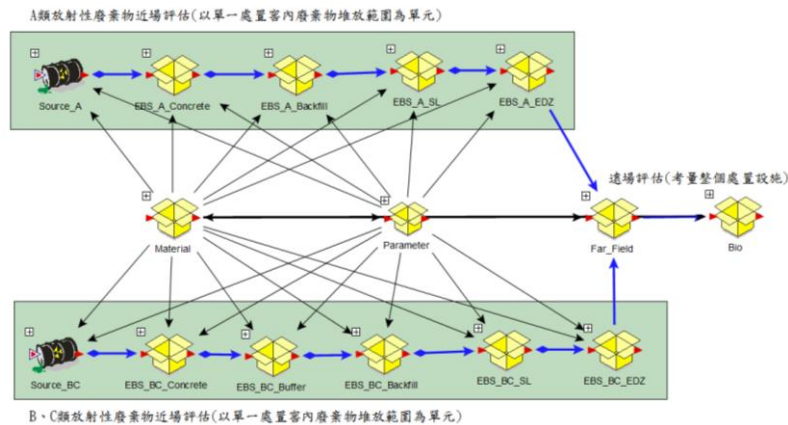
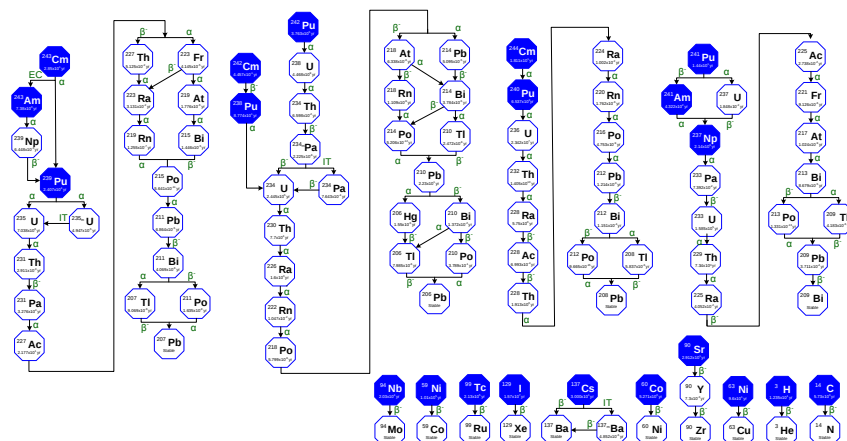


圖 5.2.2-3 GoldSim 整體評估數值分析模型

一、源項核種活度、數量及分析考量

本分析假設廢棄物均以 55 加侖桶盛裝，55 加侖桶幾何條件為設計混凝土固化體之參考依據。每一桶 55 加侖桶內含之母核種將直接採用法規核種，其活度則依法規上限值進行設定。各母核種於衰變過程之子核種(圖 5.2.2-4)亦納入考量。



二、近場分析考量

承本報告流場分析之結果，再配合目前之概念設計，在工程障壁材料未劣化的條件下，滲入 A 類放射性廢棄物處置坑道之單位長度流量約為 $0.0133\text{m}^3/(\text{m yr})$ ；B、C 類放射性廢棄物處置坑道之單位長度流量約為 $0.0046\text{m}^3/(\text{m yr})$ 。

由於滲入坑道流量尚無合理評估資料，本報告就工程障壁隨時間劣化之入滲量假設如表 5.2.2-1 所示。

工程障壁	封閉後時間							
	0 年		50 年		500 年		>1,000 年	
	流量比(入滲流量/初始流量)							
	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類
廢棄物	1	1	2	1	10	1.5	100	5
處置窖	1	1	2	1	10	1.5	100	5
緩衝材	--	1	--	1	--	1.5	--	5
回填材	1	1	2	2	10	10	100	100
二次襯砌	1.5	1.5	3	3	15	15	100	100
開挖擾動區	2	2	4	4	20	20	100	100

外釋核種離開近場後即進入遠場地質圈，在地質圈中即受到地下水流場之趨動而進入生物圈。遠場之核種傳輸主要為對流及

擴散，因此分析時將採 Pipe 元素進行模擬。針對本場址所設定之粒子追蹤監測點詳圖 5.2.2-5。進行遠場評估後，將依各出滲點區域特性，再針對各流域關鍵群體進行生物圈劑量評估。進行遠場評估時，將以每個監測點為分析單元，進行遠場核種傳輸評估。

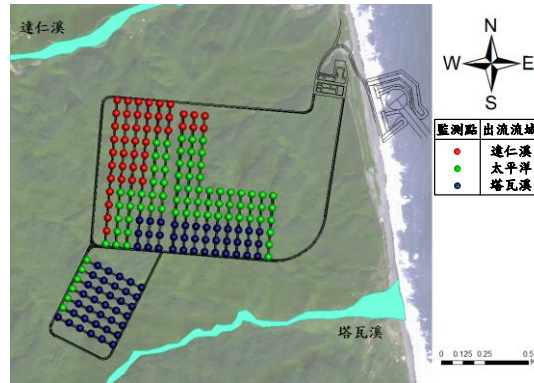


圖 5.2.2-5 粒子追蹤監測點與其出滲位置說明

四、吸附係數

由於處置設施回填後，因再灌水或再飽和使地下水流動產生變化，處置設施周邊岩盤將回復為還原狀態。因此，障壁吸附係數將參考 JAEA(2013)資料，並以還原狀態為考量。此外，本評估在分析時間達 500 年時，折減工程障壁各材料吸附能力一個數量級。

五、生物圈河川條件含水層

本評估僅針對達仁溪流域以及塔瓦溪流域之關鍵群體進行評估。參考「中華民國 103 年台灣水文年報 (2015.06)」之知本溪之年流量，經以比較雨量與集水面積比例差異推估達仁溪年流量為 $5.49 \times 10^7 \text{m}^3$ ，塔瓦溪年流量則為 $1.61 \times 10^7 \text{m}^3$ 。

5.2.3 敏感度及不確性分析

安全評估的架構包括源項、近場、遠場及生物圈之各項參數均應進一步釐清及確認，表 5.2.3-1 為針對變異性較大參數之不確定性來源說明，茲就各大項之說明如下：

表 5.2.3-1 評估參數之不確定性來源評估及目前處理方式

項目		不確定性來源	處理方式
源項	母核種活度	母核種及其活度資料庫尚未完成	以法規核種活度上限值進行評估
	溶解度	缺乏實測資料	假設核種無限溶解

項目		不確定性來源	處理方式
近場	擴散係數	缺乏實測資料	參考相關文獻進行設定
	吸附分配係數	缺乏實測資料	參考相關文獻進行設定
	坑道內流量	評估所需之流場條件缺乏實測資料驗證 障壁長期劣化所增加之坑道流量難以定量掌握	根據有限元素數值分析所得之流場條件進行評估 障壁劣化之影響係以工程判斷進行假設，並以替代情節考量加劇劣化之情況
遠場	水文地質單元	實測資料不足，難以驗證假設條件	以假設條件進行水文地質單元分區
	水力傳導係數	實測資料不足，難以驗證假設條件	參考既有文獻進行參數假設
	邊界條件	調查工作尚未展開	以集水區範圍作為分析邊界
	吸附分配係數	缺乏實測資料	參考相關文獻進行設定
	流徑長度及速度	處置設施範圍廣泛，不同位置所得流徑長度及速度不一	設定多個粒子追蹤監測點，並分別計算
	地下水流場	地下水流場有限元素分析結果缺乏實測資料驗證	直接採用有限元素數分析之流場結果
生物圈	關鍵群體生活方式及曝露途徑	核種外釋之位置可能位於不同流域	評估時已針對核種可能外釋之各流域進行關鍵群體劑量評估

一、源項

源項資料主要之不確定性來源為母核種之活度資料。由於缺乏完整之實測結果，因此本安全評估所採用之母核種活度將以法規上限值進行分析。然由既有之實測成果則顯示，本分析所採用之核種活度值高出實測平均值約二個數量級(詳表 5.2.3-2)，故本研究以既有核種活度實測成果之平均值，進行劑量評估。所得之評估結果顯示，關鍵群體所曝露之最大劑量為 0.000514mSv/yr，遠小於法規限值(0.25mSv/yr)，亦低於採用法規活度上限值所得之結果(0.0379mSv/yr)約二個數量級。顯示採用法規活度上限值作為源項輸入相當保守。

表 5.2.3-2 參考台電現有資料庫之母核種平均活度及其活度比

Nuclide	A 類放射性廢棄物(桶)		B、C 類放射性廢棄物(桶)	
	TBq	活度比(a)	TBq	活度比(a)
C-14	7.81E-05	1.30E-02	8.04E-04	1.34E-02
Tc-99	3.72E-06	1.69E-03	1.11E-04	5.04E-03
I-129	2.31E-06	3.85E-02	9.79E-05	1.63E-01
Np-237	2.95E-06	2.00E-02	6.75E-05	4.56E-02
Pu-238	5.06E-07	3.42E-03	9.53E-06	6.44E-03
Pu-239	1.60E-06	1.08E-02	3.69E-05	2.49E-02
Pu-240	2.95E-06	2.00E-02	6.75E-05	4.56E-02
Pu-242	2.95E-06	2.00E-02	6.75E-05	4.56E-02

Nuclide	A 類放射性廢棄物(桶)		B、C 類放射性廢棄物(桶)	
	TBq	活度比(a)	TBq	活度比(a)
Am-241	4.18E-04	2.82E+00	1.03E-02	6.94E+00
Am-243	2.95E-06	2.00E-02	6.75E-05	4.56E-02
Cm-243	2.95E-06	2.00E-02	6.75E-05	4.56E-02
Cm-244	1.15E-08	7.75E-05	5.11E-07	3.45E-04
Pu-241	5.79E-05	1.11E-02	1.23E-03	2.36E-02
Cm-242	1.06E-12	3.59E-11	2.77E-10	9.36E-10
H-3	4.63E-06	1.54E-05	8.06E-05	2.69E-04
Co-60	6.53E-05	1.26E-05	2.75E-04	5.29E-05
Ni-63	4.62E-04	3.55E-03	8.11E-03	1.56E-03
Sr-90	2.23E-06	7.43E-03	4.99E-05	9.60E-07
Cs-137	1.46E-04	1.97E-02	7.36E-04	2.17E-05
C-14metalb	0	0	0	0
Ni-59metal	0	0	0	0
Nb-94metal	0	0	0	0
Ni-63metal	0	0	0	0

註：(a)活度比為台電資料庫實測平均值除以法規上限值

(b)台電現有資料庫無活化金屬廢棄物量測核種活度資料

源項資料中，核種溶解度為另一個不確定性參數。評估時保守以核種可於水中無限溶解之條件進行評估。

二、近場

近場之吸附係數及擴散係數均參考文獻資料，因此所採用之數值存在其不確定性。為釐清上述參數之影響，本報告將針對上述參數進行參數敏感度分析如下：

1. 吸附係數：假設處置設施於封閉後 500 年，其吸附功能僅剩初始狀態之 10%。保守假設各障壁均無吸附功能，並針對設計情節重新進行安全評估。分析結果詳圖 5.2.3-1。

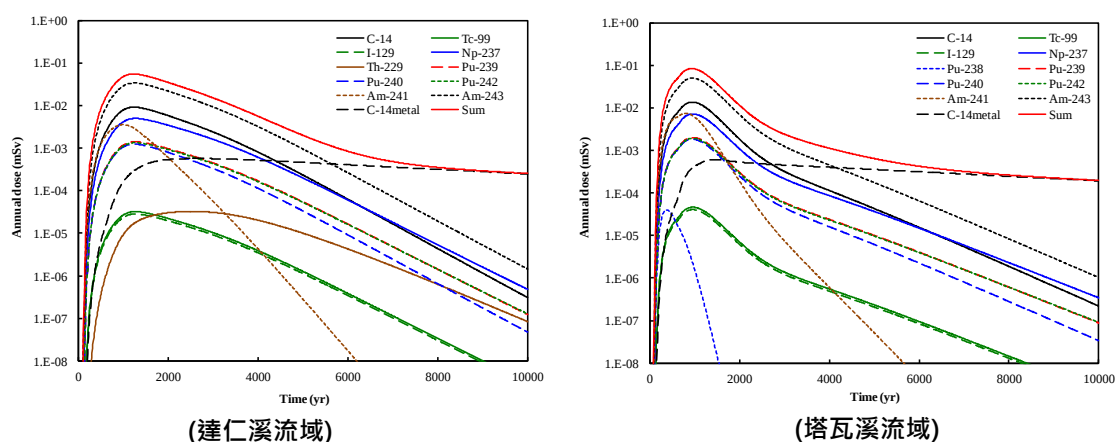


圖 5.2.3-1 不考慮吸附功能下之劑量評估結果

2.擴散係數：本安全評估針對工程障壁之擴散係數均參考自文獻資料，因此所採用之數值存在其不確定性。為釐清吸附係數之影響，在此先假設工程障壁之擴散係數為原設定值之 100 倍，並以設計情節之條件進行分析，所分析結果詳圖 5.2.3-2。基於目前之參數設定，核種於地下水傳輸機制以平流為主導，故擴散參數較為不敏感。

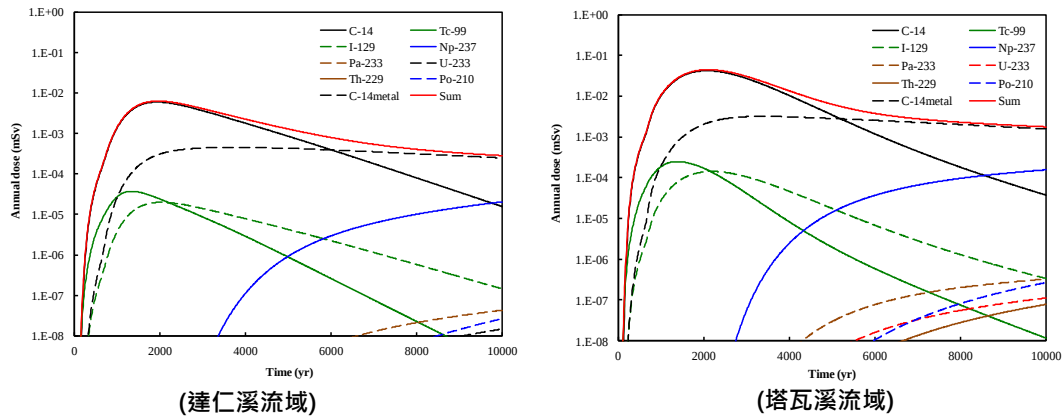


圖 5.2.3-2 放大擴散係數 100 倍下之劑量評估結果

三、遠場

在安全評估中，粒子追蹤所得之流徑長度及速度為重要輸入參數。由於處置場址涵蓋範圍較大，因此不同位置均有不同之流徑長度及流速。為合理考量整個處置設施不同位置之影響，本評估已於處置設施各位置平均設定粒子追蹤點，求得各位置之流徑長度及流速，再用以建置整體安全評估模型。由分析結果顯示，吸附係數在最保守條件下，將比既有假設條件高出一個數量級。

四、生物圈

核種將外釋至不同流域，本評估已針對可能外釋之達仁溪及塔瓦溪流場，分別評估所在位置關鍵群體之曝露劑量。

5.2.4 設計情節分析結果

本情節考量處置設施於全球暖化條件，並假設場址降雨量較現況增加 10% 下之液體傳輸，工程障壁正常劣化之考量則以工程判斷進行條件假設。進行劑量評估時，除考量本場址關鍵群體之近岸型生活形態外，亦依核種釋出之達仁溪及塔瓦溪分別考量。不同流域下各核種之劑量分析結果如圖 5.2.4-1。

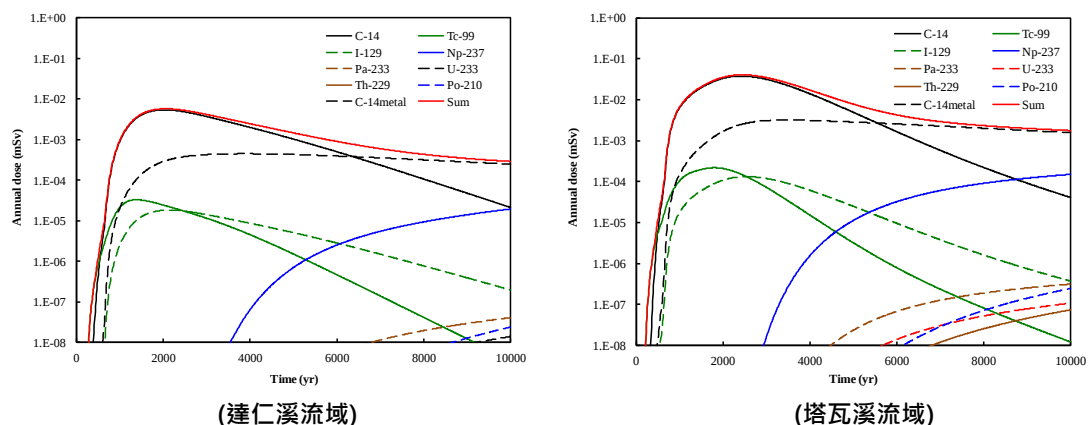


圖 5.2.4-1 設計情節(液體傳輸)下之劑量評估結果

5.3 達仁鄉建議候選場址替代情節之安全分析

5.3.1 發展替代情節

針對替代情節之考量，其核種傳輸形態仍以液體傳輸為主。對於外部因子之考量，則進行不同程度之障壁劣化、氣候演進以及降雨條件進行複合考量，所產生之替代情節共 10 組。

表 5.3.1-1 各種情節之考量條件

情節		1.1 處置場議題	1.2 地質作用 過程與影響	1.3 氣候作用 過程與影響		1.4 未來人類的活動
		設施功能及障壁劣化條件		氣候演進	降雨條件	
替代情節	1	障壁劣化加劇	1. 依推估之水文地質單元評估流場 2. 依文獻資料評估場址沖蝕與沉積特性	全球暖化	增加 10%	以海岸型環境條件推估人類活動
	2	障壁		西元 2100 年進入冰河期	同現況條件	
	3	如預期劣化			增加 10%	
	4	障壁			同現況條件	
	5	劣化加劇			增加 10%	
	6	障壁		西元 7100 年進入冰河期	同現況條件	
	7	如預期劣化			增加 10%	
	8	障壁			同現況條件	
	9	劣化加劇			增加 10%	
	10	地震後障壁嚴重劣化		全球暖化	增加 10%	

5.3.2 分析模式與參數設定

相關說明詳見 5.2.2 節。以下僅針對具差異性之分析考量進行說明，與設計情節相同之設定即不贅述。

一、工程障壁劣化之影響

考量到長時間尺度下，工程障壁材料功能之不確定性，本評估將於部分替代情節中，保守考量工程障壁加劇劣化之情況，如表 5.3.2-1 及表 5.3.2-2 所示。

二、遠場分析考量

於替代情節中，同樣以每個監測點為分析單元，進行遠場核種傳輸評估。在分析時，每一個分析單元依其面積比，等比放大 Pipe 元素起始點之核種濃度。由於流場條件將隨時間改變，因此每個 Pipe 所需之流量、流徑長度及流出時間均依各時期之流場分析結果進行設定。

表 5.3.2-1 工程障壁加劇劣化條件下於不同時間下之流量比

工程障壁	封閉後時間							
	0 年		50 年		500 年		>1,000 年	
	流量比(入滲流量/初始流量)							
	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類
廢棄物	2	1.5	4	1.5	20	3	200	10
處置窖	2	1.5	4	1.5	20	3	200	10
緩衝材	--	1.5	--	1.5	--	3	--	10
回填材	2	2	4	4	20	20	200	200
二次襯砌	3	3	6	6	30	30	200	200
開挖擾動區	4	4	8	8	40	40	200	200

表 5.3.2-2 工程障壁在封閉後 500 年遭遇強地震作用後之流量比

工程障壁	封閉後時間							
	0 年		50 年		500 年		>1,000 年	
	流量比(入滲流量/初始流量)							
	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類
廢棄物	1	1	2	1	200	10	200	10
處置窖	1	1	2	1	200	10	200	10
緩衝材	--	1	--	1	--	10	--	10
回填材	1	1	2	2	200	200	200	200
二次襯砌	1.5	1.5	3	3	200	200	200	200
開挖擾動區	2	2	4	4	200	200	200	200

5.3.3 敏感度及不確性分析

針對安全評估中，各參數之不確定性分析已於 5.2.3 節進行說明。此外，設計情節針對吸附係數及擴散係數等參數，進行敏感度定量評估，已可掌握此二參數之影響趨勢，因此不再作評估。針對既有核種活度實測成果平均值，進行劑量評估，所得結果詳表 5.3.3-1。

表 5.3.3-1 採用台電現有活度資料庫下各分析情節之劑量分析總表

情節	主要劑量貢獻核種	最大年劑量(mSv)	最大年劑量發生時間	有效劑量(mSv/y)
替代情節	1	C-14	0.00058819	封閉後2,250年
	2	C-14	0.00049157	封閉後2,530年
	3	C-14	0.00051401	封閉後2,430年
	4	C-14	0.00055867	封閉後2,350年
	5	C-14	0.00058819	封閉後2,250年
	6	C-14	0.00049157	封閉後2,530年
	7	C-14	0.00051401	封閉後2,430年
	8	C-14	0.00055867	封閉後2,350年
	9	C-14	0.00058819	封閉後2,250年
	10	C-14	0.00065407	封閉後1,970年

5.3.4 替代情節分析結果

本安全評估中針對各項外部因子之組合條件，進行 10 種替代情節下之劑量評估，所得之分析結果如表 5.3.4-1 所示。表中顯示，在各情節下處置設施自封堵後之年劑量均低於法規上限值(0.25mSv/yr)，主要之關鍵核種為 C-14。

表 5.3.4-1 各分析情節下之劑量分析總表

情節	主要劑量貢獻核種	最大年劑量(mSv)	最大年劑量發生時間	有效劑量(mSv/y)
基本情節	C-14	0.040351	封閉後2,440年	
替代情節	1	C-14	0.045882	封閉後2,260年
	2	C-14	0.038657	封閉後2,550年
	3	C-14	0.040351	封閉後2,440年
	4	C-14	0.043655	封閉後2,370年
	5	C-14	0.045882	封閉後2,260年
	6	C-14	0.038657	封閉後2,550年
	7	C-14	0.040351	封閉後2,440年
	8	C-14	0.043655	封閉後2,370年
	9	C-14	0.045882	封閉後2,260年
	10	C-14	0.050483	封閉後1,980年

5.4 烏坵鄉建議候選場址安全分析

5.4.1 安全分析基本假設

除土地利用之預估(假設此地區未來之生活形態以漁業及採集海藻為主)，其於基本假設皆與 5.1.1 節相同。

5.5 烏坵鄉建議候選場址設計情節之安全分析

5.5.1 發展設計情節

一、外部因子初步篩選

金門縣烏坵鄉建議候選場址之處置廢棄物為低放射性廢棄物，所設計之處置深度在海床下約 70 公尺，為保守考量其安全評估，將設施視為屬於近地表之範疇。因此本安全分析擬採用 IAEA(2004a, p1~413)針對近地表處置設施所發展之通用 FEP 表單。針對該 FEP 表單外部因子之初步篩選結果如表 5.5.1-1。

表 5.5.1-1 外部 FEP 初步篩選結果

1.1 處置場議題(REPOSITORY ISSUES)			
編號	內容	是否納入分析	說明
1.1.01	場址調查(Site investigation)	是	
1.1.02	開挖與施工(Excavation/construction)	是	
1.1.03	廢棄物與回填物放置(Emplacement of wastes and backfilling)	是	
1.1.04	關閉(Closure e.g. capping)	是	
1.1.05	處置場紀錄與標誌(Records and markers, repository)	是	僅於監管階段考量
1.1.06	廢棄物配置(Waste allocation)	是	
1.1.07	處置場設計(Repository design)	是	
1.1.08	品質控制(Quality control)	是	
1.1.09	時程與規劃(Schedule and planning)	是	
1.1.10	處置場址的管理控制(Administrative control, repository site)	是	
1.1.11	處置場監測(Monitoring of repository)	是	不影響處置設施之性能
1.1.12	意外和非規劃事件(Accidents and unplanned events)	是	於固體及氣體傳輸情節考量
1.1.13	可回收性(Retrievability)	否	假設無需求
1.2 地質作用過程與影響(GEOLOGICAL PROCESSES AND EFFECTS)			
編號	內容	是否納入分析	說明
1.2.01	構造運動及造山運動(Tectonic movements and orogeny)	是	
1.2.02	變形、彈性、塑性及脆性(Deformation, elastic, plastic or brittle)	否	場址條件
1.2.03	地震(Seismicity)	是	將於替代情節考量
1.2.04	火山與岩漿活動(Volcanic and magmatic activity)	否	選址階段已排除
1.2.05	變質(Metamorphism)	否	
1.2.06	地熱活動(Hydrothermal activity)	否	選址階段已排除

1.2.07	沖蝕與沉積(Erosion and sedimentation)	是	
1.2.08	成岩作用(Diagenesis)	否	
1.2.09	鹽層和溶解(Salt diapirism and dissolution)	否	
1.2.10	水文與水文地質對地質變化的反應(Hydrological / hydrogeological response to geological changes)	是	
1.3 氣候作用過程和影響(CLIMATIC PROCESSES AND EFFECTS)			
編號	內容	是否納入分析	說明
1.3.01	全球氣候變遷(Climate change, global)	是	隱含在其對當地和區域氣候的影響
1.3.02	區域氣候變遷(Climate change, regional and local)	是	
1.3.03	海平面改變(Sea level change)	是	
1.3.04	近冰河效應(Periglacial effects)	否	場址位於亞熱帶，不受冰河影響
1.3.05	局部冰河和冰原效應(glacial and ice sheet effects, local)	否	理由同 1.3.04
1.3.06	溫暖氣候效應(熱帶與沙漠)(Warm climate effects (tropical and desert))	是	
1.3.07	水文 / 水文地質對氣候變遷的反應(Hydrological/hydrogeological response to climate changes)	是	
1.3.08	生態對氣候變遷的反應(Ecological response to climate changes)	否	
1.3.09	人類對氣候變遷的反應(Human response to climate changes)	是	
1.3.10	其它地形的改變(Other geomorphologic change)	否	已於 1.2.01 及 1.2.07 考慮
1.4 未來人類的活動(FUTURE HUMAN ACTIONS)			
編號	內容	是否納入分析	說明
1.4.01	人類對氣候的影響(Human influences on climate)	否	已於 1.3.09 考慮
1.4.02	動機和知識議題(不注意/蓄意的人類活動)(Motivation and knowledge issues (inadvertent / deliberate human actions))	是	
1.4.03	鑽孔活動(人類侵入)(Drilling activities(human intrusion))	是	
1.4.04	採礦和其它地下活動(人類侵入)(Mining and other underground activities (human intrusion))	否	該地區的礦產資源不豐富
1.4.05	非入侵式場址調查(Un-intrusive site investigation)	否	非入侵式場址調查不影響分析結果
1.4.06	地表開挖 (Surface Excavations)	是	
1.4.07	污染 (Pollution)	否	假設沒有顯著影響
1.4.08	場址開發 (Site Development)	否	理由同 1.4.04
1.4.09	考古 (Archaeology)	否	假設考古行為不影響處置設施
1.4.10	水管理(井、水庫、壩)Water management (wells, reservoirs, dams)	是	
1.4.11	社會和公共團體的發展(Social and institutional developments)	是	見評估內容說明現況條件
1.4.12	科技發展(Technological developments)	否	見評估內容說明現況條件
1.4.13	補強行動(Remedial actions)	否	保守假設沒有補強措施
1.4.14	爆炸和墜機(Explosions and crashes)	否	機率極低
1.5 其它(OTHER)			
編號	內容	是否納入分析	說明
1.5.01	隕石衝擊(Meteorite impact)	否	機率非常低，非放射性影響的後果更顯著

1.5.02	雜項及與不確定性相關之特徵、事件及過程 (Miscellaneous and FEPs of uncertain relevance)	否	
--------	--	---	--

二、設計情節建置

針對金門縣烏坵鄉建議候選場址，主要影響情節設定之外部因子包括氣候變遷及降雨形態、地形變異、地震、處置場功能及劣化趨勢、土地利用、水文地質。針對上述外部條件考量之各種因素及所對應之 FEP 如表 5.2.1-2。

5.5.2 分析模式與參數設定

源項核種活度、數量及分析考量相關說明詳見 5.2.2 節。近場分析應考量之滲入處置坑道之地下水流量與工程障壁劣化之影響分別說明如下：

(一) 滲入處置坑道之地下水流量

承本報告流場分析之結果，再配合目前之概念設計，在工程障壁材料未劣化的條件下，滲入 A 類放射性廢棄物處置坑道之單位長度流量約為 $0.00068\text{m}^3/(\text{m yr})$ ；B、C 類放射性廢棄物處置坑道之單位長度流量約為 $0.00045\text{m}^3/(\text{m yr})$ 。

(二) 工程障壁劣化之影響

本報告就工程障壁隨時間劣化之入滲量假設如表 5.5.2-1。

表 5.5.2-1 工程障壁正常劣化條件下於不同時間下之流量比

工程障壁	封閉後時間							
	0 年		50 年		500 年		>1,000 年	
	流量比(入滲流量/初始流量)							
	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類
廢棄物	2	1	4	1	20	2	150	10
處置窖	2	1	4	1	20	2	150	10
緩衝材	--	1	--	1	--	2	--	10
回填材	2	2	4	4	20	20	150	150
開挖擾動區	4	4	8	8	40	40	150	150

三、遠場分析考量

評估概念同 5.2.2 節，檢測點布置如圖 5.5.2-1。

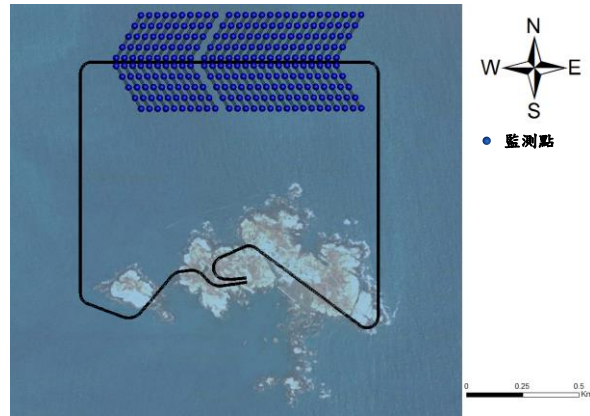


圖 5.5.2-1 粒子追縱監測點

四、吸附係數

評估概念同 5.2.2 節，其中針對天然障壁於海水條件下之吸附係數將參考 SKB(2008) 資料。

五、生物圈海洋稀釋條件及含水層

本場址因處置設施位置在海水位以下，故核種自地質圈出滲後，將直接與海水接觸而稀釋。在海底任一高度之核種平均濃度 C_d 之計算如下所示：

$$C_d = \frac{l \dot{M}}{d U_d} \quad (\text{Eq.5.5.2-1})$$

其中， l 為核種外釋區域(與海流平行)長度，依顆粒追蹤結果取 750m； $\dot{M}$ 為單位面積核種質量通率($\text{kg s}^{-1}\text{m}^{-2}$)； U_d 海底到 d 厚度間之平均流速，保守取 0.01m/s； d 計算位置與海底距離，取魚類主要棲息高度 5m

5.5.3 敏感度及不確性分析

評估概念同 5.2.3 節，分析結果如下說明：

一、源項

評估結果顯示，關鍵群體所曝露之最大劑量為 $2.761 \times 10^{-6} \text{mSv/yr}$ ，遠小於法規限值(0.25mSv/yr)，亦低於採用法規活度上限值所得之結果($1.679 \times 10^{-4} \text{mSv/yr}$)約二個數量級(相關之分析結

果將於後續章節呈現)。顯示採用法規活度上限值作為源項輸入相當保守。

二、近場

近場之吸附係數及擴散係數均參考文獻資料，因此所採用之數值存在其不確定性。為釐清上述參數之影響，本報告將針對上述參數進行參數敏感度分析如下：

1. 吸附係數：保守假設各障壁均無吸附功能，並針對設計情節重新進行安全評估。所分析結果詳圖 5.5.3-1。
2. 擴散係數：本安全評估針對工程障壁之擴散係數均參考自文獻資料，因此所採用之數值存在其不確定性。為釐清吸附係數之影響，在此先假設工程障壁之擴散係數為原設定值之 100 倍，並以設計情節之條件進行分析，所分析結果詳圖 5.5.3-1。

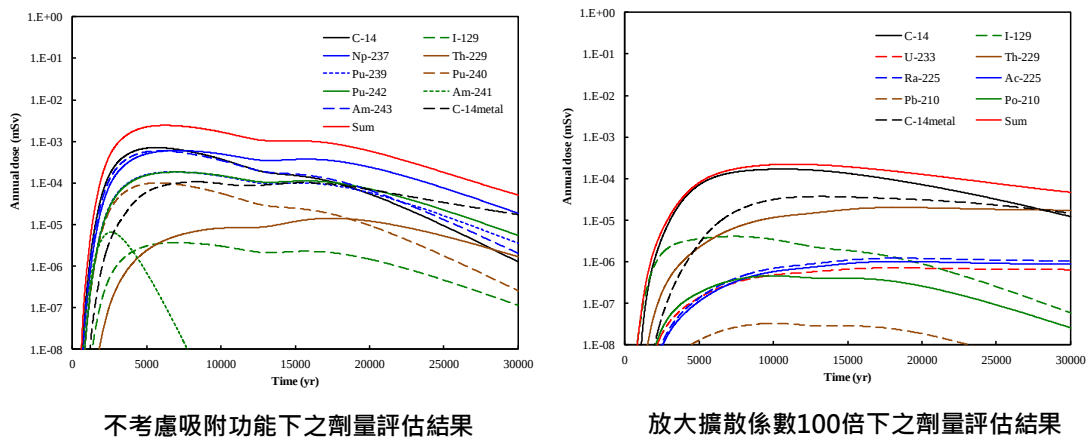


圖 5.5.3-1 不考慮吸附功能下之劑量評估結果

三、遠場

評估同 5.2.3 節。

四、生物圈

本場址可能因為海水位下降而改變生活形態，然因設計情節因考量全球暖化之影響，因此海水位不會變化，故不會出現生活形態改變之條件。

5.5.4 設計情節分析結果

本情節考量處置設施於全球暖化條件，並假設場址降雨量較現況增加 10% 下之液體傳輸，工程障壁正常劣化之考量則以工程判斷進行條件假設。由於此情節之海水位沒有明顯下降，

因此關鍵群體均以海島型生活形態為考量，並據以評估其接收劑量。各核種之劑量分析結果如圖 5.5.4-1 所示。

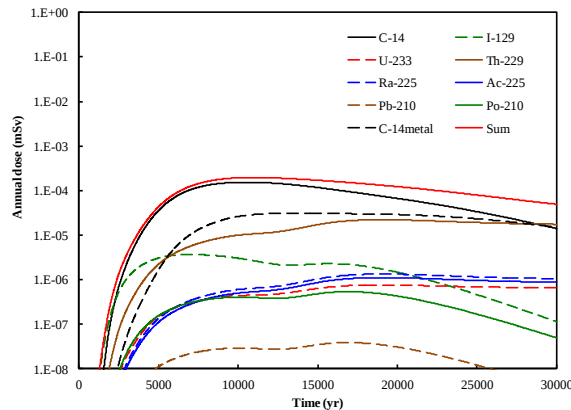


圖 5.5.4-1 設計情節下之劑量評估結果

5.6 烏坵鄉建議候選場址替代情節之安全分析

5.6.1 發展替代情節

情節之建置主要由外部因子啟動，替代情節則是針對具發生機率之外部因子，進行組合後而成。針對金門縣烏坵鄉建議候選場址，主要影響情節設定之外部因子包括氣候變遷及降雨形態、地形變異、地震、處置場功能及劣化趨勢、土地利用、水文地質。針對上述外部條件考量之各種因素及所對應之 FEP 如表 5.3.1-1。

5.6.2 分析模式與參數設定

本分析之評估軟體為美國 Golder Associates Inc. 公司所發展之 GoldSim 程式。針對金門縣烏坵鄉建議候選場址所規劃之一維整體分析概念模擬模型詳圖 5.2.2-1 及圖 5.2.2-2。圖 5.2.2-3 則是根據上述概念模型，於 GoldSim 程式建置之數值分析模型。其餘相關說明詳見 5.2.2 節。以下僅針對具差異性之分析考量進行說明，與設計情節相同之設定即不贅述。

一、工程障壁劣化之影響

在設計情節中，工程障壁因時間劣化之考量將依工程經驗及判斷，推估其遲滯功能隨時間變異之程度。考量到長時間尺度下，工程障壁材料功能之不確定性，本評估將於部分替代情節中，保守考量工程障壁加劇劣化之情況，如表 5.6.2-1 及表 5.6.2-2。

二、遠場分析考量

於替代情節中，同樣以每個監測點為分析單元，進行遠場核種傳輸評估。在分析時，每一個分析單元依其面積比，等比放大 Pipe 元素起始點之核種濃度。由於流場條件將隨時間改變，因此每個 Pipe 所需之流量、流徑長度及流出時間均依各時期之流場分析結果進行設定。

表 5.6.2-1 工程障壁加劇劣化條件下於不同時間下之流量比

工程障壁	封閉後時間							
	0 年		50 年		500 年		>1,000 年	
	流量比(入滲流量/初始流量)							
	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類
廢棄物	5	2	8	2	40	4	300	20
處置窖	5	2	8	2	40	4	300	20
緩衝材	--	2	--	2	--	4	--	20
回填材	5	5	8	8	40	40	300	300
開挖擾動區	8	--	16	--	80	--	300	--

表 5.6.2-2 工程障壁在封閉後 500 年遭遇強地震作用後之流量比

工程障壁	封閉後時間							
	0		50		500		>1,000	
	流量比(入滲流量/初始流量)							
	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類	A 類	B、C 類
廢棄物	2	1	4	1	300	20	300	20
處置窖	2	1	4	1	300	20	300	20
緩衝材	--	1	--	1	--	20	--	20
回填材	2	2	4	4	300	300	300	300
開挖擾動區	4	4	8	8	300	300	300	300

三、吸附係數

由於處置設施回填後，因再灌水或再飽和使地下水流動產生變化，處置設施周邊岩盤將回復為還原狀態。表 5.6.2-3 為各情節與不同時期下之海、淡水條件，障壁吸附係數將參考 SKB(2008)資料，並以還原狀態為考量。此外，本評估在分析時間達 500 年時，折減工程障壁各材料吸附能力一個數量級。

表 5.6.2-3 各情節與不同時期下之海、淡水條件

情節		時期(西元年)		
		2100~4600	4600~9100	9100~12100
替代	1	海水	海水	海水
	2	海水	淡水	海水

情節	3	海水	淡水	海水
	4	海水	淡水	海水
	5	海水	淡水	海水
	6	海水	海水	淡水
	7	海水	海水	淡水
	8	海水	海水	淡水
	9	海水	海水	淡水
	10	海水	海水	海水

五、生物圈海洋稀釋條件及含水層

隨著長時間尺度下海水位之下降，場址內處置設施將可能轉為淡水系統。核種自處置設施外釋流經地質圈後，將流至區域含水層。由於處置設施上方地勢平坦，故含水層分布範圍較廣，超過目前之海底地形測量資料，因此含水層將以目前測量範圍為邊界，其面積為 9,026,393m²。假設含水量厚度為 20m，孔隙率 0.3，因此含水層之水量為 5.4x10⁷m³。考量到含水層所在範圍之降雨以及集水區地質圈之補助，假設整個含水層每年之補注/流出量為總含水量之 20%。

5.6.3 敏感度及不確性分析

針對安全評估中，各參數之不確定性分析已於 5.5.3 節進行說明。此外，設計情節針對吸附係數及擴散係數等參數，進行敏感度定量評估，已可掌握此二參數之影響趨勢，因此不再作評估。針對既有核種活度實測成果平均值，進行劑量評估，所得結果詳表 5.6.3-1。

表 5.6.3-1 採用台電現有活度資料庫下各分析情節之劑量分析總表

情節		主要劑量 貢獻核種	最大年劑量 (mSv)	最大年劑量 發生時間	有效劑量(mSv/y)
替代 情節	1	C-14	3.287x10 ⁻⁶	封閉後11,200年	0.25mSv/yr
	2	C-14	1.131x10 ⁻³	封閉後3,190年	
	3	C-14	1.136x10 ⁻³	封閉後3,180年	
	4	C-14	1.275x10 ⁻³	封閉後3,920年	
	5	C-14	1.277x10 ⁻³	封閉後3,920年	
	6	C-14	1.660x10 ⁻³	封閉後10,900年	
	7	C-14	1.663x10 ⁻³	封閉後10,900年	
	8	C-14	1.709x10 ⁻³	封閉後10,750年	
	9	C-14	1.712x10 ⁻³	封閉後10,750年	
	10	C-14	3.729x10 ⁻⁶	封閉後10,800年	

5.6.4 替代情節分析結果

本安全評估中針對各項外部因子之組合條件，進行 10 種替代情節下之劑量評估，所得之分析結果如表 5.6.4-1 所示。表中顯示，在各情節下處置設施自封堵後之年劑量均低於法規上限值(0.25mSv/yr)，主要之關鍵核種為 C-14。

表 5.6.4-1 各分析情節下之劑量分析總表

情節	主要劑量貢獻核種	最大年劑量(mSv)	最大年劑量發生時間	有效劑量(mSv/yr)
基本情節	C-14	0.000196	封閉後10,950年	0.000196
替代情節	1 C-14	0.000227	封閉後11,550年	0.000227
	2 C-14	0.1018	封閉後3,270年	0.1018
	3 C-14	0.1022	封閉後3,260年	0.1022
	4 C-14	0.1210	封閉後4,000年	0.1210
	5 C-14	0.1212	封閉後3,990年	0.1212
	6 C-14	0.1476	封閉後10,850年	0.1476
	7 C-14	0.1481	封閉後10,800年	0.1481
	8 C-14	0.1508	封閉後10,700年	0.1508
	9 C-14	0.1513	封閉後10,700年	0.1513
	10 C-14	0.000264	封閉後11,300年	0.000264

第六章 結論

本報告依循國內低放處置之相關法規，並參考國際相關文獻(IAEA, 2012、IAEA, 2014)，瞭解當前國際上針對近地表放射性廢棄物處置設施開發、營運、封閉、與管制措施的指引與建議，以符合 IAEA 訂定的安全要求。在確認安全與建立信心之部分，則是參考 IAEA 於 2012 年發行之 SSG-23「The safety case and safety assessment for the disposal of radioactive waste」，掌握國際最新趨勢採安全論證與安全評估並行的執行架構。整個低放處置安全分析技術之評核，均以「台東縣達仁鄉」及「金門縣烏坵鄉」2 處建議候選場址為分析對象，並採用資料蒐集、假設及保守推論等方式來特徵化場址特性以及源項條件，並進行處置場多重障壁系統概念設計，以及障壁系統之功能模擬評估，以確認處置安全所需之各項技術。藉由本報告之執行，可證實低放射性廢棄物處置所需各項安全技術之實務可行性。

然國內低放射性廢棄物最終處置事業自民國 101 年 7 月，經濟部

公告「台東縣達仁鄉」及「金門縣烏坵鄉」2處為低放射性廢棄物最終處置設施建議候選場址後，即無明顯之進展。在未選出候選場址的現況下，場址特性調查工作亦無法順利推動。因此，文中所述之場址特性資料仍待未來現場調查後方能確認，屆時本報告中各項評估成果仍需依調查結果予以更新。

參考文獻

- 川上博人，青木広臣，枋山修，鈴木篤，2011，放射性廃棄物の余裕深度処分における埋設深度の 妥当性評価の考え方について，p76~90。
- 工研院能資所，1999，烏坵地區地表地質調查報告。財團法人工業技術研究院能源與資源研究所低放射性廢料最終處置第一階段工作顧問服務(第一次工作變更)計畫，4ML1100-RG-2015-R.1，共 82 頁。
- 工研院能資所，2000a，小坵優先調查候選場址-場址調查報告。財團法人工業技術研究院能源與資源研究所低放射性廢料最終處置第一階段工作顧問服務(第一次工作變更)計畫，4ML1100-RS-2100-R.1，共 275 頁。
- 工研院能資所，2000b，烏坵地區海域地球物理探測。財團法人工業技術研究院能源與資源研究所低放射性廢料最終處置第一階段工作顧問服務(第一次工作變更)計畫，4ML1100-RG-4015-R.1，共 94 頁。
- 台灣電力公司，2002，小坵場址初步安全分析報告，台灣電力公司-低放射性廢料最終處置計畫。
- 台灣電力公司，2011，核能發電廠海嘯總體檢評估。
- 台灣電力公司，2015a，LLWD2-SI-2014-01-V05-場址特性參數評估報告-台東縣達仁鄉。
- 台灣電力公司，2015b，LLWD2-SI-2014-02-V05-場址特性參數評估報告-金門縣烏坵鄉。
- 台灣電力公司，2015c，LLWD-ED-2015-01-V04-台東縣達仁鄉建議候選場址概念設計報告(期末報告)。
- 台灣電力公司，2015d，LLWD-ED-2015-02-V04-金門縣烏坵鄉建議候選場址概念設計報告(期末報告)。
- 台灣電力公司，2016a，LLWD2-SI-2015-01-V03-台東縣達仁鄉場址特性調查計畫。

- 台灣電力公司，2016b，LLWD2-SI-2015-02-V03-金門縣烏坵鄉場址特性調查計畫。
- 行政院原子能委員會，2010，低放射性廢棄物最終處置地質材料對核種遷移之參數研究。
- 宋國城，1991，五萬分之一臺灣地質圖及說明書—恆春半島，中央地質調查所。
- 林偉雄，林啟文，高銘健，1993，五萬分之一臺灣地質圖及說明書—大武，中央地質調查所。
- 黃玉昆、張珂、王明峰、邵和平，1992，閩南粵東沿海北西向斷裂構造的近代活動性與應力場的探討，中國廣州中山大學學報論叢，No.1，p19~39。
- 福建省國土資源廳，2013，福建省花崗岩地貌對比研究，<http://www.fjgtzy.gov.cn/cms/html/fjsgtzyt/2013-05-23/1499177562.html>
- 福建省地質礦產局，1985，福建省區域地質誌，地質出版社。
- 國家災害防救科技中心網站，<http://www.ncdr.nat.gov.tw/>
- 楊任徵，2002，我國用過核廢料長程處置潛在母岩特性調查與評估階段-潛在母岩特性調查計畫-海水面變遷情景分析及不確定性探討報告，台灣電力公司委辦計畫，SNFD-ERL-90-167，工業技術研究院。
- 電氣事業連合会・核燃料サイクル開発機構，2005，TRU 廢棄物処分技術検討書—第 2 次 TRU 廢棄物処分研究開発取りまとめ—，JNC TY1400 2005-013，FEPC TRU-TR2-2005-02。
- 經濟部中央地質調查所，2012，斷層活動性觀測研究第二階段-斷層監測與潛勢分析研究 第二階段總結報告，共 422 頁。
- 經濟部水利署，2014，民國 102 年台灣水文年報第一部分—雨量。
- 劉以宣、邱學林、陸成斌、李趕先，1989，台灣海峽西部石油地質地球物理調查研究，海洋出版社，共 134 頁。

- 鄧國雄、黃發明，2001，福建湄洲島的海階與斷層地形，福建地理，16，3，p1-4。
- Barrier, E., Angelier, J., 1986, Active collision in eastern Taiwan: the Coastal Range, *Tectonophysics*, 125, p39-72.
- Chang, C.P., Angelier, J., Lu, C. Y., 2009, Polyphase deformation in a newly emerged accretionary prism: folding, faulting and rotation in the southern Taiwan mountain range, *Tectonophysics*, 466, p395-408.
- Ching K.E., Hsieh M.L., Johnson K. M., Chen K-H, Rau R-J, and Yang M., 2011, Modern vertical deformation rates and mountain building in Taiwan from precise leveling and continuous GPS observations, 2000–2008, *Journal of geophysical research*, 116, B8, p1-16.
- Dadson, S.J., Hovius, N., Chen, H., Dade, B., Hsieh, M.L., Willett, S.D., Hu, J.C., Horng, M.J., Chen, M.C., Stark, C.P., Lague, D., and Lin, J.C., 2003, Links between erosion, runoff variability and seismicity in the Taiwan orogen, *Nature*, 426, p648-651.
- IAEA(International Atomic Energy Agency), 2004a, Safety assessment methodologies for near surface disposal facilities, Vol. 1, IAEA, Vienna.
- IAEA(International Atomic Energy Agency), 2004b, Safety assessment methodologies for near surface disposal facilities, Vol. 2, IAEA, Vienna.
- IAEA(International Atomic Energy Agency), 2006, Fundamental safety principle, No. SF-1, IAEA, Vienna.
- IAEA(International Atomic Energy Agency), 2009, Classification of radioactive waste, General Safety Guide No. GSG-1, IAEA, Vienna.
- IAEA(International Atomic Energy Agency), 2012, The safety case and safety assessment for the disposal of radioactive waste, Specific Safety Guide No. SSG-23, IAEA, Vienna.
- IAEA(International Atomic Energy Agency), 2011, Disposal of radioactive waste, Specific Safety Requirement No. SSR-5, IAEA, Vienna.

- IAEA(International Atomic Energy Agency), 2014, Near surface disposal facilities for radioactive waste, Specific Safety Guide No. SSG-29, IAEA, Vienna.
- ICRP(International Commission on Radiological Protection), 1998a, Radiological protection policy for the disposal of radioactive waste, ICRP Publication 77, Pergamon Press, International Commission on Radiological Protection.
- ICRP(International Commission on Radiological Protection), 1998b, Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste, ICRP Publication 81, Pergamon Press, International Commission on Radiological Protection.
- ICRP(International Commission on Radiological Protection), 2007, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, Pergamon Press, International Commission on Radiological Protection.
- IPCC, 2013, Climate change 2013: the physical science basis: summary for policymakers. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at: <http://www.ipcc.ch>.
- IAEA, 2009, Study of likely scenarios and less-likely scenarios for sub-surface disposal of radioactive waste, JAEA-Research 2009-063.
- IAEA, 2013, Development of the assessment tool for groundwater scenario concerning sub-surface disposal, JAEA-Data Code 2013-015.
- JNFL web site: <http://www.jnfl.co.jp/business-cycle/llw/llw-center.html>
- Malavieille and Trullenque, 2009, Consequences of continental subduction on forearc basin and accretionary wedge deformation in SE Taiwan: Insights from analogue modeling, *Tectonophysics*, 466, 3-4, p377-394.

- McIntosh et al., 2005, Crustal-scale seismic profiles across Taiwan and the western Philippine sea, *Tectonophysics* 401, p23-54.
- Shinn, E.A., 2001, Coral reefs and shoreline dipsticks, in Gerhard, L.C., Harrison, W.E., and Hanson, B.M., eds., *Geological Perspectives of Global Climate Change: American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology No. 47*, pp. 251-264.
- SKB, 2008, Safety analysis SFR 1: Long-term safety, SKB R-08-130, Svensk Kärnbränslehantering AB, p145.
- SKB, 2014a, Safety analysis for SFR Long-term safety - Main report for the safety assessment SR-PSU, SKB TR-14-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2014b, Flow and transport modelling on the vault scale - Supporting calculations for the safety assessment SR-PSU, SKB R-14-14, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Suppe, J., 1984, Kinematics of arc-continent collision, flipping of subduction, and back-arc spreading near Taiwan, *Geol. Soc. China Mem.*, 6, p21-33.
- Teng, L.S., 1990, Late Cenozoic arc-continent collision in Taiwan, *Tectonophysics*, 183, p57-76.
- U.S.NRC, 1978, Technology, Safety and costs of decommissioning a reference pressurized water reactor power station, NUREG/CR-0130, Volume 1 and Addendum 3.
- U.S.NRC, 1980, Technology, Safety and costs of decommissioning a reference boiling water reactor power station, NUREG/CR-0672, Volume 1 and 2.
- USGS, 1983, Basic ground-water hydrology.