

蘭嶼貯存場遷場規劃報告



台灣電力公司

105 年 12 月

目 錄

目 錄.....	I
圖 目 錄.....	III
表 目 錄.....	IV
第一章 前言	1
1.1. 緣起	1
1.1.1. 行政院蘭嶼貯存場遷場推動委員會及國家永續發展委員會之運作.....	2
1.2. 蘭嶼貯存場簡介.....	3
第二章 遷場規劃方案	9
2.1 運輸法規.....	10
2.1.1. IAEA 低放廢棄物運輸安全法規體系	10
2.1.2.我國低放廢棄物運輸安全法規體系	11
2.2 船舶規格評估.....	13
2.3 運輸作業安全評估.....	14
2.4 運輸包件評估.....	15
2.5 蘭嶼貯存場專用碼頭現況.....	16
2.6 回運原產地方案.....	17
2.6.1 原產地貯存設施容量	17
2.6.2 運輸路線規劃	18
2.6.3. 運輸碼頭評估	22
2.6.4. 預算概估	23
2.6.5 時程概估	25
2.6.6 利害關係人溝通作業可行性分析.....	26
2.6.7 初步評估結果	27

2.7 送至集中式貯存設施方案.....	27
2.7.1 集中式貯存設施規劃緣由.....	27
2.7.2 集中式貯存設施可行性研究評估.....	28
2.7.3 集中式貯存設施選址作業規劃.....	28
2.7.4 預算概估	29
2.7.5 時程概估	30
第三章 結語.....	31

圖 目 錄

圖 1.2-1	蘭嶼貯存場全景	6
圖 1.2-2	蘭嶼貯存場採近地表壕溝式貯存.....	7
圖 1.2-3	蘭嶼貯存場貯存溝示意圖	7
圖 1.2-4	55 加侖桶	8
圖 1.2-5	3×4 重裝容器	8
圖 2.5-1	蘭嶼貯存場龍門碼頭現況	16
圖 2.6.2-1	蘭嶼陸路運送路線示意圖	18
圖 2.6.2-2	明光碼頭至核一廠陸路運送路線示意圖	19
圖 2.6.2-3	明光碼頭至核二廠陸路運送路線示意圖	19
圖 2.6.2-4	重件碼頭至核三廠陸路運送路線示意圖	20
圖 2.6.2-5	核二廠明光碼頭至核研所運送路線示意圖	20
圖 2.6.2-6	海運路線示意圖	21
圖 2.6.3-1	核二廠明光碼頭現況	22
圖 2.6.3-2	核三廠重件碼頭現況	23
圖 2.6.5-1	蘭嶼廢棄物回運原產地時程概估.....	26

表 目 錄

表 1.2-1	「蘭嶼貯存場」低放廢棄物桶依產源統計表	5
表 1.2-2	「蘭嶼貯存場」低放廢棄物包裝統計表	5
表 2-1	貯存方案及其優勢與挑戰分析表	9
表 2.6.1-1	核一、二、三廠及核研所規劃回運量	17
表 2.6.2-1	海運航程與航行時間表	21
表 2.6.4-1	回運原產地預算估計表	24
表 2.7.4-1	送集中式貯存設施預算估計表	29

第一章 前言

1.1. 緣起

任何國家於醫學、農業、工業、教學、研究及發電等原子能或輻射物理之和平使用時，均會伴隨產生不同輻射強度之放射性廢棄物，目前我國所產生之低放射性廢棄物（簡稱低放廢棄物）係經過處理後暫時貯存於行政院原子能委員會（簡稱原能會）核能研究所（簡稱核研所）、台灣電力股份有限公司（簡稱台電公司）各核能電廠及蘭嶼貯存場，計畫上，將俟低放廢棄物最終處置設施完成後再運往進行最終處置。

蘭嶼貯存場原先係由原能會所規劃建置，於 69 年 2 月開始興建，71 年 4 月完工後，由前原能會放射性待處理物料管理處經營管理，71 年 5 月開始接收、存放全國醫、農、工、學、研及核能發電等各界產生之低放廢棄物。

之後，依據行政院於 77 年 9 月頒布之「放射性廢料管理方針」，台電公司於 79 年 7 月受命接管蘭嶼貯存場之經營，原能會則負責安全監督工作。台電公司從 85 年 3 月起不再將低放廢棄物運入蘭嶼貯存場，當時總計貯存了 97,672 桶（55 加侖桶）之低放廢棄物。

因蘭嶼貯存場低放廢棄物桶鏽蝕問題，台電公司遂於 96 年 12 月 13 日展開低放廢棄物桶檢整重裝工作，至 100 年 11 月 26 日完成，全數檢整完成後之桶數因第四類（2,410 桶）檢整後之體積增加約 2.1 倍，致略增為 100,277 桶。

蘭嶼貯存場自 71 年開始接收貯存來自全國各界之低放廢棄物後，蘭嶼居民迄今舉行多次遊行抗議，要求台電公司儘速遷場。雖然低放廢棄物最終處置設施啓用後，可接收蘭嶼貯存場之低放

廢棄物桶，惟若在低放最終處置設施尚未完成前，欲將蘭嶼貯存場遷移，則目前場內存放的低放廢棄物桶須有安全的去處。為妥善處理蘭嶼貯存場遷移之議題，行政院於 91 年成立「行政院蘭嶼貯存場遷場推動委員會」、102 年又設立「民間與官方核廢料處置協商平台」。近期立法院及民間團體陸續建議將蘭嶼貯存場內原先由台電公司所產生之低放廢棄物遷回到原產生之核一、二、三廠，民間所產生之低放廢棄物則回運到核研所。

在低放最終處置設施完成之前，社會輿論時有搬遷蘭嶼低放廢棄物之呼籲，台電公司尊重各界的看法，亦積極研謀蘭嶼遷場之妥適解決方案，並在主管機關原能會的行政指導下，初步建議可仿效荷蘭、瑞士設置「集中式貯存設施」，其主要目的在於提供用過核子燃料與低放廢棄物之中期貯存，並順利銜接最終處置。

台電公司正盡一切努力配合主辦機關經濟部推動低放最終處置設施場址選址與公投作業，亦積極推動集中式貯存設施應變方案，並就「蘭嶼低放廢棄物回運原產地」進行相關技術與輿情評估，期早日完成蘭嶼貯存場遷移之目標。

1.1.1. 行政院蘭嶼貯存場遷場推動委員會及國家永續發展委員會之運作

行政院為研處蘭嶼貯存場遷場事宜，於 91 年成立「行政院蘭嶼貯存場遷場推動委員會」（簡稱遷場推動會）。遷場推動會設召集人 1 人及委員 26 人，成員除政府相關部會代表外，並聘請立法院原住民問政會代表、蘭嶼居民、台東縣政府代表及學者專家等人擔任委員，各屆召集人均由行政院指定政務委員擔任。

遷場推動會自 91 年 5 月 29 日舉行第一次委員會議，至 96

年 8 月 14 日第 3 屆第 1 次委員會，期間共舉行 7 次委員會議。經多次研商結果，促成「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」（簡稱選址條例）並完成立法，旋即於 95 年 5 月 24 日公布施行。鑑於低放最終處置設施場址選址作業已有條例可循，行政院爰於 97 年 6 月將遷場推動會併入「行政院國家永續發展委員會」（簡稱永續會）進行相關管考工作。

嗣於 105 年 11 月 3 日永續會第 29 次會議中，確認在永續會組織架構下成立「非核家園推動專案小組」，召集機關由經濟部擔任，成員包括機關代表、在地住民、專家學者及民間團體代表等，研議有關蘭嶼貯存場遷場等議題。

1.2. 蘭嶼貯存場簡介

蘭嶼位於台灣東南端外海，距台灣本島約 90 公里，面積約 48.3 平方公里，由火山噴發形成，地質年齡約 1,600 萬年，以安山岩為主。蘭嶼貯存場位於蘭嶼島東南角，佔地約 13 公頃，如圖 1.2-1。該貯存場採近地表壕溝式設計，如圖 1.2-2，全場設有 23 座貯存溝。單一貯存溝貯存容量分為 1,200、2,400、2,800 與 3,200 桶等不同設計。貯存溝結構設計示意如圖 1.2-3，每座貯存溝單邊寬約 6 公尺，高約 4.5 公尺（地下 3 公尺、地上 1.5 公尺），長度則自 33 公尺至 88 公尺不等，均由厚達 0.35 公尺的鋼筋混凝土構築，可堆疊 4 層廢棄物桶，如圖 1.2-4。

蘭嶼貯存場現有低放廢棄物總量為 100,277 桶（總體積約 5.4 萬 m^3 ），屬台電公司生產之低放廢棄物約佔 90%、其他民間生產之低放廢棄物（又稱：小產源）約佔 10%，詳細數量依產源整理如表 1.2-1。蘭嶼貯存場所有低放廢棄物桶中以 55 加侖一般碳鋼桶貯存之固化低放廢棄物有 30,852 桶，而以檢整時採用之 55 加侖鍍鋅碳

鋼桶貯存之固化低放廢棄物有 5,015 桶，鋼桶尺寸：57cm(ϕ) $\times$ 88cm(H) $\times$ 1.5mm(t)，標稱容積 (nominal volume) 約 0.225m^3 ，實際容積約 $0.18\text{--}0.2\text{m}^3$ ，實重約 350–450 公斤。

另外有 63,810 桶固化低放廢棄物裝入「3 $\times$ 4 重裝容器」(如圖 1.2-5)，該型容器以 SS400/AS36 鍍鋅碳鋼製成，外部尺寸為 2.9m(L) $\times$ 2.2m(W) $\times$ 1.1m(H)，每只容器可容納 12 個 55 加侖桶，總外部體積約 6.8m^3 ，內部容積約 5.1m^3 ，約略等於半只 20 呎半高標準貨櫃。重裝容器本身重量約 2,500 公斤，廢棄物桶 12 桶約 5,400 公斤，屏蔽鋼板約 5,400 公斤，總重約 13,300 公斤，若再灌入水泥固化，則總重約 17,700 公斤。各種包裝形式的數量統計如表 1.2-2。

表 1.2-1 「蘭嶼貯存場」低放廢棄物桶依產源統計表

來源	桶數
核一廠	40,479
核二廠(含減容中心)	37,156
核三廠	6,336
蘭嶼貯存場檢整	5,015
核能研究所	11,291
預估蘭嶼貯存場除役產生量	11,000
合計	111,277

表 1.2-2 「蘭嶼貯存場」低放廢棄物包裝統計表

包裝形式		桶數	備註
55 加侖一般碳鋼桶		30,852	
55 加侖鍍鋅碳鋼桶		5,015	
3×1 重裝容器+全容器水泥固化		600	200 櫃
3×4 重裝容器	55 加侖桶	63,431 _註	5,286 櫃
	55 加侖桶+全容器水泥固化	24	2 櫃
	55 加侖桶+鐵屑	355	30 櫃
合計		100,277	

*註：含柏油固化 4,240 桶。



圖 1.2-1 蘭嶼貯存場全景



圖 1.2-2 蘭嶼貯存場採近地表壕溝式貯存

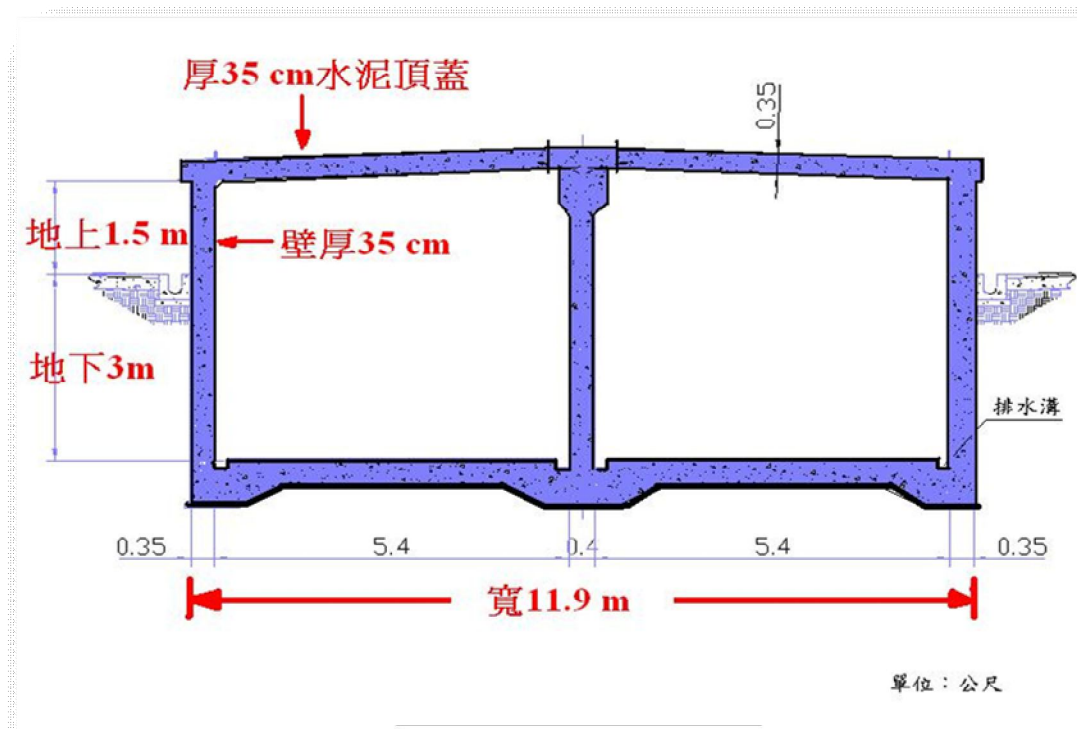


圖 1.2-3 蘭嶼貯存場貯存溝示意圖



圖 1.2-4 55 加侖桶



圖 1.2-5 3×4 重裝容器

第二章 遷場規劃方案

蘭嶼貯存場遷場之關鍵點為「遷出之低放廢棄物應安全的置於何處」，由於低放最終處置設施選址作業未能順利進行，以致於低放最終處置設施之營運時程未能確定，故較為可行之方式為將蘭嶼貯存場遷出之低放廢棄物送至適宜地點進行中期貯存，以銜接未來最終處置。本報告提出蘭嶼貯存場低放廢棄物「回運原產地」與「送至集中式貯存設施」2 規劃方案，將先就共同部分說明，再分別敘述其差異部分。該 2 規劃方案之優勢與挑戰初步分析如表 2-1 所示。

表 2-1 貯存方案及其優勢與挑戰分析表

方案	方案說明	優勢與挑戰之分析
1	回運原產地	優勢： - 呼應蘭嶼部分鄉民儘速遷場之訴求。 - 蘭嶼貯存場 90%之低放廢棄物來自核一、二、三廠，經查目前各廠之既有貯存設施有足夠空間容納回運之低放廢棄物，如運輸條件(如碼頭、船舶、設備等)成熟且原產地貯存設施接收設備改善完成，可立刻執行遷出。 挑戰： - 蘭嶼貯存場約有 10%來自小產源之低放廢棄物，尚需原能會表示同意運返核研所貯存。 - 因採分散式貯存，故運輸路線及牽涉地域將較為複雜。 - 因應低放廢棄物運回各廠貯存，需就各廠除役計畫重新檢視貯存空間是否足夠，且目前核一、二、三廠之低放廢棄物貯存設施均無法直接接收蘭嶼貯存場「3×4 重裝容器」及「3×1 重裝容器」，未來執行本方案時，將規劃改善或新設各核能電廠之貯存設施以為

方案	方案說明	優勢與挑戰之分析
		因應。 4. 預期核一、二、三廠及核研所之週遭鄉鎮民眾及運輸路徑上之民眾將有激烈抗爭活動。 5. 預期核一、二、三廠及核研所所在地之地方政府與民意代表會表示強烈反對立場。
2	送至集中式貯存設施	優勢： 1. 因採集中貯存，故運輸路線及牽涉地域較為單純。 2. 預期遭受外界反對程度將較低。 3. 可解決目前核一、二、三廠低放廢棄物與用過核子燃料乾式貯存設施被質疑將永遠貯存於電廠之疑慮。 挑戰： 集中式貯存設施仍在可行性研究階段，其期程不確定性較高，故執行時程亦難以預估。

2.1 運輸法規

2.1.1. IAEA 低放廢棄物運輸安全法規體系

國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)所制定之放射性廢棄物運輸安全法規，通常列為《安全標準，Safety standards》。現行安全標準涵蓋政府管制架構、輻射防護、運輸作業安全、與意外事故緊急計畫等項目。這些法規內容大致歸納為：

- 一、運輸作業應建立涵蓋核能管制、環境保護、交通運輸、公共衛生、緊急計畫等之跨部門平台；並應建立安全監督機制。
- 二、IAEA 輻射防護基準，係依據國際輻射防護委員會(ICRP)的《ICRP Publication 60: 1990 Recommendations of the

International Commission of Radiological Protection》所衍生之《International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources》(Safety series No. 115)，亦為我國輻射防護法規制定之依據。

三、運輸作業安全規定，包括：

- (一) 一般規定：輻射防護、緊急處理計畫 (emergency response plan)、品質保證計畫、確保遵守法規。
- (二) 放射性物質活度限值。
- (三) 運輸要求與運輸管理：首次與每次運輸前要求、防止污染與洩漏、確認運輸指數 (Transportation index, TI)、運輸標籤規定、啟運人職責、運輸與中途儲存、海關作業等。
- (四) 試驗程序。
- (五) 審查與核准之行政程序。

2.1.2.我國低放廢棄物運輸安全法規體系

我國低放廢棄物運輸安全法規，包括：

- 一、《游離輻射防護法：91》(原能會)
- 二、《游離輻射防護安全標準：94》(原能會)
- 三、《放射性物質安全運送規則：96》(原能會)
- 四、《放射性廢棄物運作許可辦法：103》(原能會)
- 五、《船舶危險品裝載規則：104》(交通部)

台灣輻射防護法源為《游離輻射防護法：91》，及其子法《游

離輻射防護安全標準：94》，該標準即採用 ICRP-60 號建議架構，因此符合 IAEA 之輻射防護要求。另，《游離輻射防護法：91》第 6 條要求主管機關規範放射性物質之包裝、包件、交運、運送、貯存作業及核准等事項。原能會據以制定《放射性物質安全運送規則：96》。

依照《放射性物質安全運送規則：96》，包件表面的輻射強度應符合規定，運送工具外表面任一點之輻射強度不得大於每小時 2 毫西弗；距外表面二公尺處不得大於每小時 0.1 毫西弗。且運送過程需在貨櫃車駕駛處、貨櫃車表面、距貨櫃車外側垂直平面 1 公尺處以及 2 公尺處進行輻射劑量偵測；另，依據《放射性廢棄物運作許可辦法：103》(以下簡稱許可辦法)第 4 條規定，運送低放廢棄物包件時，於無屏蔽情況下，其表面外 3 公尺處之最大輻射劑量率，應小於每小時 10 毫西弗。

有關向主管機關申請運送作業許可方面，許可辦法第 3 條規定，申請放射性廢棄物之運送許可，應符合放射性物質安全運送規則規定，並由持有人或運送人提出運送計畫，報請主管機關核准。每次執行運送作業前，另須填報交運文件，送主管機關備查。

前述運送計畫應載明下列事項：

- 一、 放射性廢棄物之種類、性質、數量。
- 二、 運送路線、設備、機具、包裝容器及運送作業之可能休息點。
- 三、 工作人員之任務編組及通訊方式。
- 四、 作業程序。
- 五、 輻射劑量評估及輻射防護措施。
- 六、 意外事故評估及其應變措施。

同時，由於本專案運輸包含公路及海路，故須依據許可辦法第 6 條及第 8 條規定放射性廢棄物包件經公路及海洋運送者，應依核准之運送計畫及下列規定執行：

公路部分：

- 一、 由訓練合格人員押運，並攜帶交運文件、物質安全資料表、輻射偵檢設備、通訊設備、意外事件處理裝備及運送計畫。
- 二、 持有人或運送人視需要得協調當地及沿途警察機關實施交通管制及排除道路障礙或安全戒護。

海洋部分：

- 一、 包件置於隔離之船艙或貨櫃內。
- 二、 運送船舶應攜帶交運文件、物質安全資料表及運送計畫。
- 三、 放射性廢棄物持有人應將運送有關資料先行通知運送人，並視需要協調各預定停靠港埠之警察機關，協助戒護。
- 四、 船舶抵達目的港埠時，應在輻射防護人員監視下提貨，除遇不可抗拒因素外，不得逕行進庫貯存。
- 五、 國內運送前，將運送期間之氣象預報資料送交主管機關備查。

2.2 船舶規格評估

為適合蘭嶼龍門專用碼頭操作特性效率與安全，運輸船舶需特別設計製造。如參考電光一號經驗，電光一號為台灣首艘用於低放

廢棄物海路運輸的專用運輸船隻。該船本為台電公司所有，由聯合船舶設計中心設計、中國造船公司（現為台灣國際造船公司）承造，1989 年起造，1991 年啟用，1996 年停航，2010 年除役。雖服役期間甚短，卻成功將數萬桶低放廢棄物自各廠運至蘭嶼貯存場，達成零事故之安全佳績，故擬參考電光一號 700 DWT (Deadweight Tonnage, DWT)級之規格，作為未來運輸船舶之規範。

電光一號為鋼質雙俤、兩套 360°迴旋螺槳、單層甲板雙底雙殼船隻。總長(LOA)約 53 m，舷寬(B，MLD)約 10.5 m，船深(D，MLD) 5 m，吃水深度 3.6 m（配合蘭嶼龍門碼頭水深），總載重(DWT) 737 噸，總噸位 834 噸。可載運 4.68 m × 3.28 m × 2.12 m 專用貨櫃 12 隻（每隻可裝載 48 桶低放廢棄物，總重 37 公噸）；或 20'×8'×8'-6"標準貨櫃 12 隻（每隻可裝載 20 桶低放廢棄物，總重 24 公噸），單趟最大運輸能力為 576 桶低放廢棄物。未來載運功能經重新設計亦可運輸蘭嶼貯存場「3×4 重裝容器」或其他型式之包件等。

該船主機為 2 × 1,300 hp 之 inboard 引擎，推進器為 AZIMUTH 360°定距螺槳，艏推力器由 350 hp 引擎驅動，具 3.6T 側向推力。經濟巡航速度（主機 90%出力）11.5 節(每小時 1 海浬)，最大航速 13 節，單俤 90%出力下航速高於 7 節，經濟航速下續航力 1,800 nm，可適航於 7-8 級海象。

2.3 運輸作業安全評估

參考電光一號，該船依據《低放射性廢料運送船隻安全規範》與《低放射性廢料船舶運送輻射安全規範》設計，雖該兩項法規已廢止，但係根據國際海事組織（IMO）所制定的《國際輻射照射後核燃料、鈾與高強度放射性廢料包件安全裝載規章，International Code for the Safe Carriage of Packaged Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High-level Radioactive Wastes on Board Ships, INF

Code》的高標準所設計，對損害管控、輻射防護等有特殊設計。另，該船具備 2 艙浸水存活能力（不含機艙同時浸水）。貨艙設計為雙層殼（double hull），翼艙寬度 $> B/5$ ，雙層底深度 $> B/15$ ，機艙及住艙位於艏部，貨艙與機艙以淡水泵、CO₂ 及 portable tank 等艙間隔，備有輻射防護相關安全設備及放射性污水處理等設施。貨艙與人員艙之間以厚度 25.4 mm 之鋼板屏蔽。

台電公司以電光一號運送低放廢棄物至蘭嶼貯存，曾撰寫詳盡之《放射性廢料運送計畫書》並奉主管機關核備。參考前揭之計畫書，其中關於放射源項（source term）、輻射強度與廢棄物桶輻射劑量率由 QAD-CG 程式模擬；運送作業輻射安全與相關劑量評估，則以 RADSHIP-5 程式分析。後者係依據美國 Sandia National Laboratory 所開發的 RADTRAN 程式，配合台電公司實際運輸作業修改而成，程式相關計算結論說明如下：

假設將核一廠低放廢棄物以每年 12 航次、每次 576 桶速率運往蘭嶼貯存，陸運距離約 20 km、海運距離約 220 nm 狀況下，分析正常運輸作業下工作人員最大年劑量。結果顯示，貨櫃司機與海運船員在運輸作業接受最大輻射劑量率為 17.9 與 8.05 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ，均低於法規限值，故若採用與電光一號相同規格之船隻作為運輸工具，其運輸安全經初步評估應無虞。

2.4 運輸包件評估

我國於《放射性物質安全運送規則》中規定：「在例行運送狀況下，運送工具外表面任一點之輻射強度不得大於 2 mSv/hr；距外表面 2 m 處不得大於 0.1 mSv/h」。

有鑑於此，參考蘭嶼貯存場於檢整重裝作業所使用之「3×4 重裝容器」（如圖 1.2-5），為具有低放廢棄物運輸及貯存用之雙重功能

容器，業經設計、試製及測試完成。試製完成之重裝容器經密封試驗、吊卸試驗、墜落試驗、堆積試驗等試驗後(已於 100 年 5 月 10~20 日完成試驗)，重裝容器外觀均完好無損，其試驗結果皆已達到設計及法規之要求，於 100 年 12 月 5 日經主管機關原能會放射性物料管理局審查同意並核備，除符合可作為低放廢棄物貯存用容器外，亦符合《放射性物質安全運送規則》規定可作為運輸用包件，故擬規劃將蘭嶼貯存場目前之 55 加侖桶，全數裝入「3×4 重裝容器」後(但不灌入水泥固化)，再進行運輸作業。

2.5 蘭嶼貯存場專用碼頭現況

蘭嶼龍門碼頭係為接收台灣所產生之低放廢棄物至蘭嶼貯存之專用碼頭，其現況如圖 2.5-1。主要設施包括東防波堤 110 m，西防波堤 60 m，消波護岸 100 m，北碼頭 100 m、南碼頭(重件碼頭)長 110 m，港池水域面積 2.5 公頃，迴船池直徑 70 m、水深 3.5 m，港口寬度 45 m，航道方向 SSW，未來經疏浚後，應可供 700 DWT 級運輸船減載進出作業。



圖 2.5-1 蘭嶼貯存場龍門碼頭現況

2.6 回運原產地方案

2.6.1 原產地貯存設施容量

蘭嶼貯存場現有低放廢棄物總量為 100,277 桶，裝入「3×4 重裝容器」者共 63,810 桶，裝入「3×1 重裝容器」者共 600 桶，重新裝入 55 加侖桶者則有 35,867 桶。惟目前核一、二、三廠之低放廢棄物貯存設施均無法直接接收「3×4 重裝容器」及「3×1 重裝容器」，未來執行本方案時，將規劃改善或新設各核能電廠之貯存設施以為因應。

若依其產源送回核研所及核一、二、三廠等原產地貯存，其中核二廠之低放廢棄物貯存設施設計容量有不足之虞，為求管理上之方便，初步規劃將核二廠容量不足之 7,160 桶低放廢棄物全數運至核一廠貯放，蘭嶼貯存場除役預估將產生 11,000 桶低放廢棄物，則送至核三廠貯存，如下表 2.6.1-1 所示：

表 2.6.1-1 核一、二、三廠及核研所規劃回運量

來源	蘭嶼 貯存量(1)	電廠預估 40 年運轉 廢棄物總量(2)	現有低放 貯存設施 設計容量(3)	容量檢核 (3)-(2)-(1)	規劃 回運量
核一廠	43,702	49,313	103,904	10,889	50,862
核二廠	38,946	63,635	95,421	-7,160	31,786
核三廠	6,336	10,553	40,600	23,711	17,336
核研所	11,293	註 25,862	註 59,092	註 足夠	11,293
蘭嶼除役	11,000			-11,000	
小計	111,27	149,363	299,017		111,277

註：參考原能會公告之「核能研究所放射性廢棄物處理與貯存設施 104 年運轉年報」，截至 104 年底，核研所貯有低放廢棄物共 15,019 桶(不含低微污染廢土)及廢棄射源 10,843 枚，若廢棄射源 1 枚保守以 1 只 55 加侖桶計，則共計 25,862 只 55 加侖桶；另，核研所之低放廢棄物貯存設施，其設計貯存容量總計為 19,948 只 55 加侖桶及 7828.9 m³。若每一 55 加侖桶以 0.2 m³ 計，則 7828.9 m³ 約等於 39,114 只 55 加侖桶，即總設計貯存容量為 59,092 只 55 加侖桶。於目前條件下，暫不考慮未來每年產生之小產源廢棄物，核研所之低放貯存設施足夠容納蘭嶼回運之廢棄物無虞。

2.6.2 運輸路線規劃

本方案運輸路線規劃如下：

一、蘭嶼內陸路運送路線

蘭嶼貯存場經環島公路運送至蘭嶼龍門專用碼頭（如圖 2.6.2-1）。



圖 2.6.2-1 蘭嶼陸路運送路線示意圖

二、台灣境內陸運運輸路線

(一) 遷出之原屬核一、二廠低放廢棄物運送至核二廠之明光碼頭，經濱海公路送往核一、二廠貯存設施進行貯存，如圖 2.6.2-2、2.6.2-3。

(二) 遷出之原屬核三廠低放廢棄物運送至核三廠自有之重件碼頭，經廠內道路送往貯存設施貯存，如圖 2.6.2-4。

(三) 遷出之小產源廢棄物運送至台電公司核二廠之明光碼頭，經新北市、台北市與桃園市等地方公路及國道送往核研所之貯存設施貯存，如圖 2.6.2-5。



圖 2.6.2-2 明光碼頭至核一廠陸路運送路線示意圖



圖 2.6.2-3 明光碼頭至核二廠陸路運送路線示意圖



圖 2.6.2-4 重件碼頭至核三廠陸路運送路線示意圖

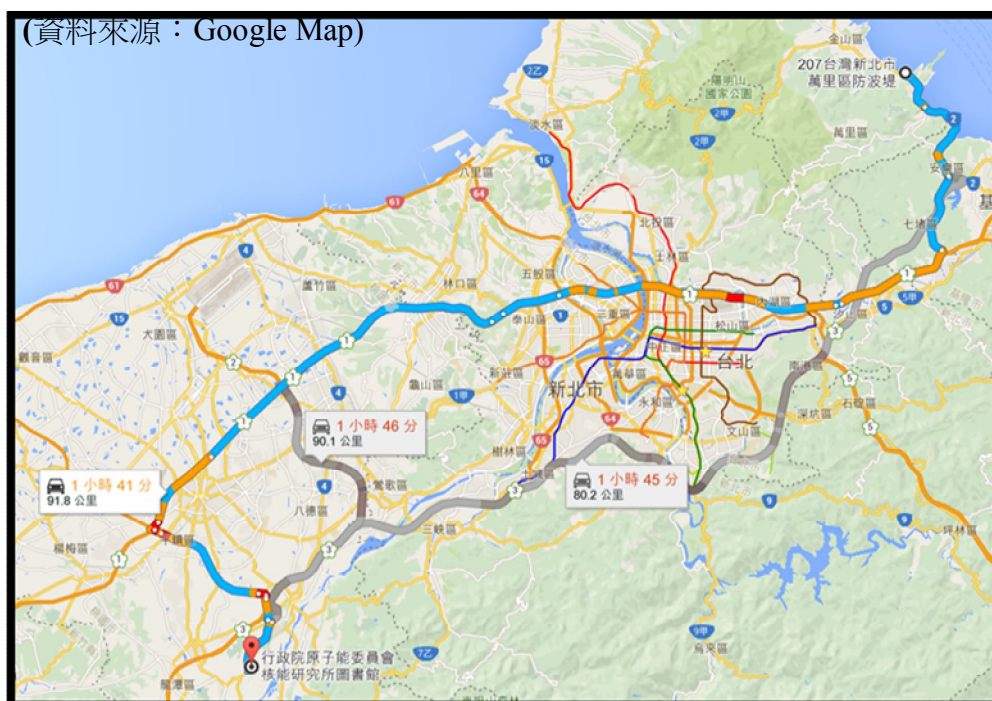


圖 2.6.2-5 核二廠明光碼頭至核研所運送路線示意圖

三、海路運輸路線

海陸運輸路線規劃，初步如圖 2.6.2-6 所示，如以經濟航速 11 節估計，海運航程與單程航行時間估計如表 2.6.2-1。

表 2.6.2-1 海運航程與航行時間表

路徑	行程 (海哩，nm)	單程航行時間 (小時)
蘭嶼龍門碼頭→明光碼頭	220	21
蘭嶼龍門碼頭→核三重件碼頭	45	5

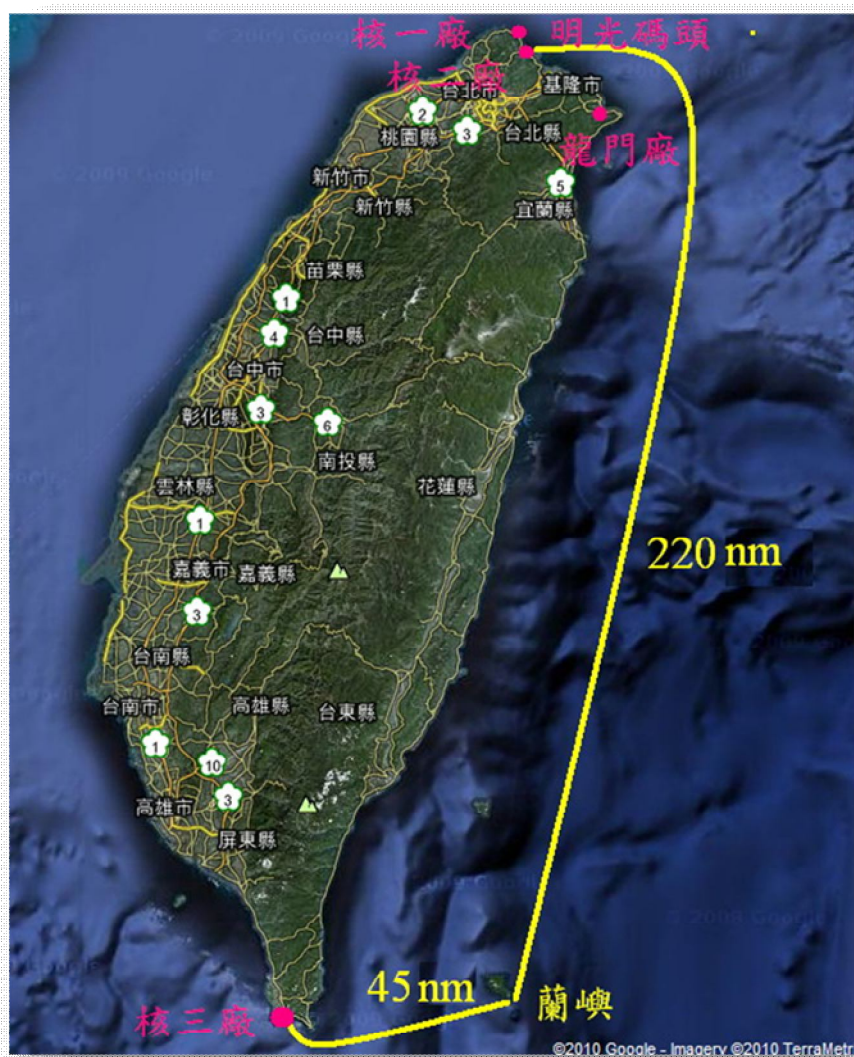


圖 2.6.2-6 海運路線示意圖

2.6.3. 運輸碼頭評估

一、核二廠明光碼頭現況

明光碼頭位於新北市萬里區，為運送核一、二廠低放廢棄物之重件碼頭，其現況如圖 2.6.3-1。主要設施包括東防波堤 145m，西防波堤 170m，護岸 305m，貨櫃專船碼頭(重件碼頭)長 110m、寬 15m，南側拖船碼頭 40m，港池水域面積 2.5 公頃、水深 4.0m，港口寬度約 53m，航道方向 NNW，可供 700 DWT 級貨輪進出作業。明光碼頭自完工以來每於季節風過後，港口會有淤積現象，需進行必要疏浚工作。



圖 2.6.3-1 核二廠明光碼頭現況

二、核三廠重件碼頭現況

核三廠重件碼頭位於屏東縣恆春鎮，為核三廠興建時期運輸重件之碼頭，其現況如圖 2.6.3-2。主要設施包括護岸 80m，重件碼頭長 110m、寬 21m，港池水域面積約 0.5 公頃、水深 5.5m，航道方向 SE，經必要疏浚後，應可供 700 DWT 級運輸船進出作業。



圖 2.6.3-2 核三廠重件碼頭現況

綜觀核二廠明光碼頭、核三廠重件碼頭，其規格皆足以提供如電光一號等級之船舶進行靠泊及裝卸載低放廢棄物，惟均已久未使用，因此需要進行維修、補強及疏浚等工程，始可進行運輸作業，初步估計工程需時約 1 年。另，參考行政院環境保護署「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」(102 年 9 月 12 日修正)第八條，由於本工程之性質非屬興建或擴建工程，僅在原有港口區域進行維修、補強及疏浚，初步認為不需進行環境影響評估；惟考量環評之精神為「預防及減輕開發行為對環境造成不良影響，藉以達成環境保護之目的」，若前揭港口所在縣市政府(新北市府、臺東縣府、屏東縣府)認定本工程有對環境造成不良影響之虞，仍有可能要求台電公司進行環境影響評估，環境影響評估所需時程，目前暫難以精確評估。

2.6.4. 預算概估

本方案運輸包括陸運與海運，並以海運為主。所有運輸船舶、車輛、吊卸機具，皆依需要購置或租用，並定期保養維護。規劃運輸作業時，皆需考慮各核能電廠年度低放廢棄物產生量及各核能電廠貯存設施的貯存容量與其接收能力，說明如下：

- 一、低放廢棄物運輸船規劃採購規格同電光一號之 700 噸級 DWT 之船舶，船上配有吊運貨櫃之吊運設備，使用年限 30 年。每艘採購及營運費用(含運輸 4 年油料、船員、保養及上架檢查後勤補給)約 6 億元，3 艘船舶共計約 18 億元。
- 二、低放廢棄物曳引車暨拖車將採購國內一般陸運用 43 T 拖車頭，再加裝屏蔽後使用，預估在蘭嶼購買 4 台曳引車及 12 台拖車。另租用 3 台用於核能電廠廢棄物運輸，租用方式為 1 台車頭和拖車以及司機 1 日（8 小時）2 萬元的租金費用，全部共計約 1 億元。
- 三、蘭嶼貯存場於「提升安全營運計畫」中已規劃將所有廢棄物均裝入「3×4 重裝容器」，故此部分不於本方案中估算費用。
- 四、為因應廢棄物運輸船之使用，將對核能二、三廠及蘭嶼貯存場現有碼頭及運輸道路加以改善，並定期保養維護。初步估計約 40 億元。
- 五、綜上所述，另加計碼頭管理、維護及雜項費用，初步估計約需 64 億元，如表 2.6.4-1 所示。

表 2.6.4-1 回運原產地預算估計表

單位:新台幣億元

費用分類	相關費用
採購運輸船舶(含 4 年船員人力)	18
購買及租用運輸車輛及吊車(含人力)	1
碼頭及運輸道路改善	40
碼頭管理(4 年)、維護及雜項費用	5
合計	64

台電公司原已在核能發電後端營運基金中估算低放廢棄物運輸費用由核能電廠或貯存地運輸至最終處置場所需之運輸器具、車輛、船舶、人員、油料以及相關之碼頭改善等所需之花費。故，若能在蘭嶼貯存場之廢棄物回運後，於船舶使用年限內(30年)且碼頭及道路經評估不須再次疏浚或改善之情況下銜接最終處置，則已採購之船舶及改善後之碼頭及道路均可再次有效利用，避免重複支出。初步評估，若能順利銜接最終處置，扣除採購運輸船舶、碼頭及運輸道路改善之費用約 54 億元，則執行本方案所須增加之額外費用約 10 億元。

2.6.5 時程概估

本方案期程大致可分為船運整備作業、運輸作業及蘭嶼貯存場除役 3 個階段，分別說明如下：

一、船運整備作業(5 年)

船運整備作業包含船隻取得、申請運輸許可、運輸碼頭疏浚、維修及補強等作業，保守估計約需 5 年。

二、運輸作業(4 年)

分析可用碼頭設施、船舶運輸能力、貯存場裝載能力及不影響區域道路公共交通情況下每週可能運次等條件，擬建議採購 3 艘規格同電光一號之 700 噸級 DWT 之船舶進行密集運輸，估計每年天候海況容許運送之時間約有 6 個月，每個月運送 8 航次計，則每年運送 48 航次，可運送約 27,648 桶廢棄物，而目前蘭嶼貯存場存放之低放廢棄物數量為 100,277 桶(不含除役廢棄物)，另考量其它不確定因素，蘭嶼貯存場之廢棄物桶(不含除役廢棄物)全部運往各核能電廠應可於 4 年內完成。

三、蘭嶼貯存場除役(4 年)

蘭嶼貯存場除役時程概估為 4 年，同時在此 4 年間將陸續把除役產生之低放廢棄物運回本島貯存，故不另計算除役廢棄物運輸作業時程。

時程初步概估為自本方案奉准執行起算約 9 年可將蘭嶼貯存場低放廢棄物全部遷出，台電公司接續辦理蘭嶼貯存場除役作業需時約 4 年，如下圖 2.6.5-1 所示。

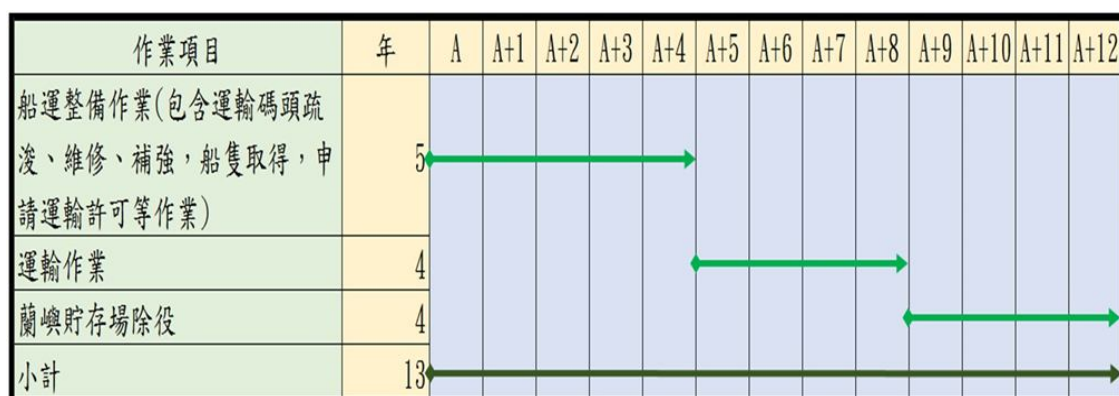


圖 2.6.5-1 蘭嶼廢棄物回運原產地時程概估

2.6.6 利害關係人溝通作業可行性分析

有關外界「蘭嶼低放廢棄物回運原產地」之構想，台電公司所產生之低放廢棄物部分，除進行相關技術評估外，並擬進行利害關係人意見調查，以廣泛了解各原產地所在之地方政府及民眾之意見。至於民間所產生之低放廢棄物部分，則有賴於原能會核研所與桃園市政府、縣議會及當地居民等溝通後執行。

為表示對地方之尊重，台電公司初步規劃在進行利害關係人意見調查前，事先徵詢或調查原產地所在縣市政府之看法，如下所述。

一、新北市政府態度

台電公司於 105 年 7 月 15 日召開之新北市核安監督委員

會，以臨時提案徵詢新北市政府及核安監督委員對本案之意見，遭新北市政府表達強烈反對執行本案。

二、桃園市政府態度

桃園市長鄭文燦於 105 年 8 月 4 日舉辦之「北北桃基防災生活圈首長座談會」，指出對於蘭嶼核廢料貯存應該要透明化討論，不應該回到核一、二廠貯存，這是錯誤的做法。

是故，台電公司持續與利害關係人(如原產地所在縣市政府、民意機關及民眾)溝通中;另針對原核研所小產源廢棄物回運至核研所之溝通工作，則建請原能會辦理。

2.6.7 初步評估結果

經初步評估，本方案於技術上存在可行性，然在利害關係人方面，建議仍須徵得原產地所在地方政府之同意後，始具備可執行之契機。

2.7 送至集中式貯存設施方案

「送至集中式貯存設施」與「回運原產地」2 規劃方案在運輸法規、船舶規格評估、運輸作業安全評估、運輸包件評估、蘭嶼貯存場專用碼頭現況等內容均相同，故以下僅就差異部分說明。

2.7.1 集中式貯存設施規劃緣由

主管機關行政院原能會考量低放處置選址作業可能受到政治、社會、環境及地方民意等變數的影響而未能順利進行，故於 103 年 1 月 17 日函請經濟部督導台電公司，就低放最終處置計畫提出替代應變方案(集中式貯存設施規劃)；又，原能會於 102 年 8 月 22 日「放射性物料臨時管制會議」，請台電公司於用過核子燃料最終處置計畫若無法依時程順利提出候選場址時，應啟動

集中式乾式貯存設施計畫。

台電公司因此參照荷蘭等國之策略，規劃推動興建一座放射性廢棄物集中式貯存設施，其主要目在於提供用過核子燃料與低放廢棄物之中期貯存，並順利銜接最終處置。

2.7.2 集中式貯存設施可行性研究評估

台電公司於 104 年 9 月起委託專業顧問公司，就我國放射性廢棄物種類及特性、集中式貯存設施場址條件、設施概念設計、設施營運與初步安全分析等相關項目進行可行性之研析。經評估後，初步結論為興建一處集中式貯存設施，在安全面、技術面、環境需求面及財務面均具備其可行性。

台電公司已於 105 年 9 月 30 日完成「放射性廢棄物最終處置應變方案可行性研究報告」函請經濟部國營事業委員會轉陳經濟部鑒核，若能獲得政府與各界共識決定推行，亦能早日完成蘭嶼貯存場遷場之目標。

2.7.3 集中式貯存設施選址作業規劃

面對選址議題，台電公司將依據「公正的組織體」、「公開的參與」及「客觀的標準」三項原則，建議經濟部籌組選址委員會來決議相關選址議題。該委員會成員建議包含政府、政黨、學界與公民團體等代表，並在委員會下由公正單位建立公民團體參與平台。該平台需就集中式貯存設施選址相關議題透過公民參與方式進行討論，並將其成果提交至委員會。委員會將依據公民平台提出之成果，進行選址相關議題討論與決定場址地點。

台電公司同時已初步研擬集中式貯存場址評選作業程序(草案)、場址土地取得及補償(回饋)等配套計畫，俟未來選址委員會及公民平台成立後，可提供相關資料，期能協助委員會推動選址作業。

2.7.4 預算概估

台電公司針對放射性廢棄物之貯存需求、集中式貯存設施之相關技術及安全性等進行初步評估與分析，並就開發、營運及除役等階段之成本進行估算，在不包含放射性廢棄物貯存容器及其相關設備之情況下，估計約需要新臺幣 829 億 5,570 萬元，其中包含開發建設經費新臺幣 602 億 1,126 萬元、營運費用新臺幣 182 億 644 萬元、除役費用新臺幣 10 億 3,800 萬元及外部成本(回饋與補償方案)約需新臺幣 35 億元。

依集中式貯存設施屬性，其投資金額應屬「核能發電後端營運基金收支保管及運用辦法」之支用範圍。惟因其為應變方案，故尚未納入核能後端營運總費用估算中，未來若奉准執行，部分既定推動之貯存設施將不再需要興建，建議重新檢討核能後端營運總費用估算，用以確定基金分配使用，以及是否需增加基金財源等事宜。

至於蘭嶼廢棄物送至集中式貯存設施之費用，亦包含採購運輸船舶(含 4 年船員人力)約 18 億元、購買及租用運輸車輛及吊車(含人力)約 0.6 億元、碼頭及運輸道路改善約 13 億元、碼頭管理(4 年)、維護及雜項費用約 3 億元，合計約 34.6 億元。如表 2.7.4-1。

表 2.7.4-1 送集中式貯存設施預算估計表

單位：新台幣億元

費用分類	相關費用
採購運輸船舶(含 4 年船員人力)	18
購買及租用運輸車輛及吊車(含人力)	0.6
碼頭及運輸道路改善	13
碼頭管理(4 年)、維護及雜項費用	3
合計	34.6

2.7.5 時程概估

為使本方案之場址遴選符合社會公開客觀之期待，因此建議納入公民參與機制，廣納社會大眾對於場址、設施及回饋方案等部分的意見，凝聚出共識後始開始正式書面申請流程。故期程將採彈性浮動方式進行規劃，自選址完成後起算。

因選址階段之公民參與及凝聚社會共識所需時間較難估計，本計畫暫定選址階段結束時間為可行性研究推動後之第 N 年；取得共識後之行政申請及土地取得作業流程預計需時 6 年，故本階段之結束時間為第 $N+6$ 年；申請獲得核准後，始進行工程發包及興建作業，綜合考量各種因素，保守估計需時 10 年，故在第 $N+16$ 年應可完成設施興建。有關申設階段 6 年及興建階段 10 年之說明如下：

一、申設階段：6 年。

本階段主要將續辦理相關開發之行政程序，首先將陳報並申請為重大公共建設計畫，後再據此進行非都市土地開發許可、環境影響評估、工程基本及細部設計、向主管機關申請建造執照以及土地取得相關作業。

二、興建階段：10 年。

未來場址或可能位於離島地區，因此考量海上作業及社會輿情對工程進度可能產生之影響，保守規劃自設施施工至設施營運需時 10 年。

因集中式貯存設施之申設及興建階段合計已達 16 年，期間可涵蓋船運整備作業 5 年，故集中式貯存設施啟用後，可立即展開蘭嶼貯存場低放廢棄物之運輸作業，該作業時程 4 年與「回運原產地」方案相同。故本方案時程初步概估為自集中式貯存設施場址奉核定後起算約 20 年可將蘭嶼貯存場低放廢棄物全部遷出，台電公司接續辦理蘭嶼貯存場除役作業需時約 4 年完成。

第三章 結語

台電公司正盡一切努力推動低放廢棄物最終處置場選址與公投作業，持續在臺東、金門兩處建議候選場址所在縣進行溝通，期能獲得地方支持，順利推動選址地方公投。預計在經場址所在縣公投通過後，依處置設施建設期程規劃，辦理環評、建照申請等申設程序約需 5 年，後依場址所在地為本島或離島不同，第一期興建施工分別為 5 年(臺東縣達仁鄉場址)或 9 年(金門縣烏坵鄉場址)，第一期完成後可立即接收蘭嶼貯存場之低放廢棄物。

惟因低放廢棄物最終處置選址作業未能順利進行，以致於低放廢棄物最終處置設施之營運時程未能確定，故台電公司在主管機關行政院原能會的行政指導下，規劃平行推動「集中式貯存設施」作為最終處置設施之應變方案，主要旨在於提供用過核子燃料與低放廢棄物之中期貯存，以順利銜接最終處置。

社會輿論時有搬遷蘭嶼低放廢棄物之呼籲，台電公司面對有關外界「蘭嶼低放廢棄物回運原產地」之構想，經進行相關技術評估，本方案於技術上存在可行性，然在利害關係人方面，建議仍須徵得原產地所在地方政府之同意後，始具備可執行之契機。

本報告提出「回運原產地」與「送至集中式貯存設施」2 規劃方案，其中「回運原產地」時程初步概估為自本方案奉准執行起算約 9 年可將蘭嶼貯存場低放廢棄物全部遷出；而「送至集中式貯存設施」時程初步概估為自集中式貯存設施場址奉核定後起算約 20 年可將蘭嶼貯存場低放廢棄物全部遷出，台電公司接續辦理蘭嶼貯存場除役作業需時約 4 年完成。

台電公司尊重各界的看法，積極研謀蘭嶼貯存場遷場之妥適解決方案，期早日完成蘭嶼貯存場遷移之目標。面對遷場議題，依據總統於 105 年 8 月 15 日參訪蘭嶼座談會裁示：「有關核廢料的遷移，

將由台電、政府及民間成立平台，研議臺灣核廢料存放的問題，做好非核家園的準備，並將蘭嶼核廢料的處置，作為最優先處理的項目。」行政院已配合總統指示於永續會成立「非核家園推動專案小組」，將蘭嶼遷場規劃與設置行政法人放射性廢棄物管理中心以決定未來場址地點，列為重要推動事項。在未完成蘭嶼貯存場之遷場前，貯存場維持嚴密監管營運，定期檢視廢棄物桶貯存現況，維持安全貯存。