

低放射性廢棄物最終處置計畫書

(修訂二版)

台灣電力股份有限公司

核能後端營運處

104 年 5 月

10. 替代/應變方案

國內核能發電及醫學、農業、工業、學術研究等各界在核能的應用上均會產生低放射性廢棄物。為妥善解決核能應用產生的低放射性廢棄物問題。政府於民國 77 年頒布「放射性廢料管理方針」，明訂放射性廢棄物處置策略為「放射性廢料之最終處置，採境內、境外並重原則，積極推動；不論境外是否可行，仍應在境內覓妥處置場址備用」。續於民國 95 年公布「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」（簡稱「場址設置條例」），明定選址主辦機關為經濟部，並應成立選址小組執行處置設施之選址工作。而台電公司為國內產生低放射性廢棄物最大宗來源者，經濟部依據場址設置條例，經會商主管機關後指定台電公司為選址作業者。

目前國內產生之低放射性廢棄物，除蘭嶼貯存場現有 100,277 桶外，其餘大部分低放射性廢棄物均安全存放在各核能電廠之放射性廢棄物貯存庫內（約 10 萬桶），且各核能電廠(含興建中之龍門電廠)均有足夠空間貯存該電廠運轉達 40 年所產生之低放射性廢棄物。

由於低放射性廢棄物最終處置場屬於鄰避設施，世界各國在尋找處置場地時，也面臨許多挑戰。台電公司依據行政院發布之「放射性廢料管理方針」，平行於境內、境外尋找低放射性廢棄物最終處置場址。

「場址設置條例」公布施行後，台電公司在經濟部督導下，執行境內選址作業。低放射性廢棄物最終處置計畫從選址、施工至營運階段，期程規劃至少 10 年，由於最終處置設施之設置為一敏感議題，所規劃時程與推動進度易受外在社會環境影響，以及施工階段可能遭遇之不確定因素不易掌控，計畫推動過程有不可預期之變化，因此需規劃相關替代/應變方案。

依據前述「放射性廢料管理方針」明訂之策略，「放射性廢料之最終處置，採境內、境外並重原則，積極推動；不論境外是否可行，仍應在境內覓妥處置場址備用」，國內應有一處最終處置場。因此，若境外處置各方面條件均已成熟可行，則可作為境內處置之平行替代方案。若境內處置計畫無法按預定期程順利推動，以及境外處置亦未可行時，則規劃之應變方案包括在核能電廠增建貯存設施以因應電廠除役所需之貯存空間，或是興建集中貯存設施因應。

10.1 替代方案

台電公司於民國 84 至 86 年間，曾分別與北韓、俄羅斯接洽低放射性廢棄物運送該國。北韓案因雙方在推動上有所爭議，致使合約生效要件未完備而未生效。俄羅斯案則因該國環保法之限制，致合約無法履行。

民國 89 年，台電公司經由兩岸核能科技交流活動，與大陸中國核工業集團公司洽商核能技術合作事宜，雙方達成就台電公司低放射性廢棄物送大陸處置之共識，並簽定核能技術合作意向書。嗣後，因兩岸關係緊張而中止本議題之後續協商。民國 97 年兩岸關係逐漸和緩，民間交流活動亦漸趨回溫，兩岸政府於 101 年 6 月簽訂「海峽兩岸核電安全合作協議」，就核電安全、緊急應變通報等事項設置固定之聯絡窗口，也替未來各項核安問題之討論保留空間。

經濟部爰於 102 年 9 月 18 日邀集相關單位召開會議決議，台電公司 89 年與大陸中國核工業集團公司簽訂之合作意向書仍具效力。台電公司將依據政策指示與相關法令，在主管機關督導下，續與大陸中國核工業集團公司洽商合作事宜。

一、 境外處置推動考量事項

境外處置雖可提供放射性廢棄物處置更多之選擇機會，惟因其具有高國際政治社會敏感性，在推動上須審慎考量下列事項：

(一) 應符合國際相關規範：依據國際原子能總署（IAEA）所發布「放射性廢棄物跨國境運送施行法規」（第 11 條第 3 項）規定，放射性廢棄物接收國應在具備安全管理與處置放射性廢棄物所需之行政與技術能力及管制組織並符合國際安全標準時，始能接受他國之放射性廢棄物。以下摘譯相關內容：

1. 參與放射性廢棄物跨國境運送的每一國都應該採取適當的必要措施，來確保其運送方式符合國際的安全標準。
2. 放射性廢棄物的跨國境運送只能在依照他們各國各別的法律與法規，在事先得到運送、接受或轉送國的通知與同意下方可進行。
3. 參與放射性廢棄物跨國境運送之每一國應該有一個相關的管制機關，並採取適當的必要措施來管制此運送。

4. 接受國不應允許接受放射性廢棄物來加以管理或處置，除非它有行政與技術的能力及管制架構來管理與處置這些放射性廢棄物，並符合國際安全標準。

- (二) 應符合我國相關法規：如「低放射性廢棄物申請輸出作業須知」及「低放射性廢棄物輸入輸出過境轉口運送廢棄轉讓許可辦法」。此外，因涉及國際事務，在推動過程中，須讓外交部、經濟部、原能會等政府相關部會有充分之了解並事先取得必要之許可。
- (三) 應符合放射性廢棄物接受國法規：例如：該國法令未禁止輸入放射性廢棄物；且允許放射性廢棄物接收後永不退運。
- (四) 應事先徵得放射性廢棄物運送途經國家之諒解。
- (五) 境外處置案國際敏感性高，應考量放射性廢棄物接受國之政治、社會情勢。

二、 境外處置推動原則

依據前述應考量事項，境外處置之推動原則建議如下：

- (一) 對於已有處置設施且有意願接受台電低放射性廢棄物之國家，台電公司將先評估其可行性，確定放射性廢棄物接受國處置場址、技術、安全、經濟、國際政治之可行性且可符合上述國際、接受國、我國等相關法規之要求。如可行，於簽約後依相關規定進行運送計畫，將放射性廢棄物運往該接受國處置，並按實際放射性廢棄物數量計價支付接受國。
- (二) 對於尚無處置場但有意願接受台電放射性廢棄物者，因境外處置國際敏感性高，導致是否可順利推動之不確定性亦高，而台電為國營事業，礙於法令限制，難以事先投資方式在該國開發建造處置場，故原則上台電之參與方式為，台電作為該處置場之「潛在客戶」之一，俟接受國處置場啟用後，依相關規定進行運送計畫，將放射性廢棄物運往該接受國處置，並按實際放射性廢棄物數量計價支付接受國。

綜上，放射性廢棄物之跨國境運送已有相關規定及原則可為遵循，惟因涉及核能安全與環境保護議題，向為國際間關切之事項，具政治敏感性，故目前國際

社會對於低放射性廢棄物仍多採「自行處置」之態度，尚未有送至他國處置之先例。為顧及到我國的國際形勢，主動推展放射性廢棄物境外最終處置仍有其困難性，然考慮將低放射性廢棄物運送大陸地區處置亦為境外處置選項之一，鑒於「海峽兩岸核電安全合作協議」雙方設有不談及放射性廢棄物處置之前提，及台電公司與大陸簽訂之合作意向書仍具效力之情況下，台電公司將依據政府政策指示與主管機關之督導，在符合相關法令規定下，續與大陸中國核工業集團公司洽商合作事宜。

10.2 應變方案

考量境內處置或境外處置無法順利推展之情況可能發生，宜有其他應變方案因應。應變方案除了目前規劃暫存於各核能電廠，並視除役計畫需要規劃增建貯存倉庫外，另一應變方案則係行政院原子能委員會於 103 年 1 月 17 日函請選址主辦機關經濟部督導台電公司提出之集中式貯存設施規劃。

一、暫存於各核能電廠

(一) 運轉廢棄物之貯存

1. 現有核電廠貯存設施貯存容量與貯存現況說明

核一廠目前低放射性廢棄物貯存設施包括 1 號貯存庫、2 號貯存庫及壕溝。其中 1 號貯存庫容量為 23,390 桶；2 號貯存庫容量為 77,814 桶；壕溝貯存容量則為 2700 桶。因此核一廠低放射性廢棄物貯存設施總貯存容量為 103,904 桶。

核二廠目前低放射性廢棄物貯存設施包括 1 號貯存庫、2 號貯存庫、3 號貯存庫、廠房暫存區及壕溝。其中 1 號貯存庫容量為 12,000 桶；2 號貯存庫容量為 40,000 桶；3 號貯存庫容量為 39,133 桶；廠房暫存區貯存容量為 288 桶；壕溝貯存容量則為 4,000 桶。因此核二廠低放射性廢棄物貯存設施總貯存容量為 95,421 桶。

核三廠目前低放射性廢棄物貯存設施包括貯存庫及 1、2、3、4 號貯存區。其中貯存庫容量為 30,000 桶；1、2、3、4 號貯存區總貯存容量為 10,600 桶。因此核三廠低放射性廢棄物貯存設施總貯存容量為 40,600 桶。

現有核電廠低放射性廢棄物貯存容量與貯存貯存現況，詳如表 10.1 所示。另依據各核能電廠近 5 年低放射性廢棄物產量，計算其年平均產量分別為，核一廠約 1,162 桶、核二廠約 1,474 桶、核三廠約 224 桶，依此推估各廠達運轉年限(40 年)時，貯存設施尚有餘裕之容量，亦同時顯示於表 10.1。

2. 現有核電廠貯存設施之運轉年限說明

依據「放射性物料管理法施行細則」第 27 條，放射性廢棄物貯存設施核發運轉執照之有效期間最長為 40 年。

由於核一、二及三廠現有的貯存設施，均是在電廠開始運轉之後才啟用，以電廠運轉壽命 40 年計，則這些貯存設施均是在電廠除役之後才會屆滿運轉執照有效期。其中核一廠 1 及 2 號貯存庫，分別於民國 87 年及 96 年啟用，則運轉執照有效期分別於民國 127 年及 116^{*}年屆滿；核二廠 1、2 及 3 號貯存庫，分別於民國 72 年、85 年及 95 年啟用，則運轉執照有效期分別於民國 112 年、125 年及 115^{*}年屆滿；核三廠貯存庫於民國 100 年取得運轉執照，則運轉執照有效期於民國 120^{*}年屆滿。

因此，核電廠現有貯存設施不論貯存容量及運轉壽命均能符合核電廠運轉 40 年之所需。

另依據「放射性廢棄物貯存及其設施安全管理規則」第 17 條規定：經營者應每十年執行貯存設施再評估，並將再評估報告載明下列事項，報請主管機關核備：

- (1) 綜合概述。
- (2) 設施結構檢查及評估。
- (3) 吊卸設備檢查及評估。
- (4) 廢棄物貯存狀況評估。
- (5) 貯存作業評估。
- (6) 輻射影響評估。

- (7) 十年來異常事件經驗回饋。
- (8) 除役初步規劃。
- (9) 其他經主管機關指定之事項。

目前台電公司均依上述規定，針對電廠貯存設施每十年提送再評估報告，以確保貯存設施運轉安全。

除每十年提送再評估報告外，台電公司針對這些貯存設施均會依程序書定期進行設施及設備保養及維護，貯存庫廢棄物桶貯存區之溫度和濕度均採中央式空調設計，以控制廢棄物桶貯存的空氣環境，貯存庫並設有監控系統(如 CCTV)以確保貯存廢棄物桶之完整和環境安全。為降低工作人員劑量，貯存庫廢棄物的運貯也盡量採用遠端遙控方式進行。此外，核一、二、三廠分別設置有廠內與廠外之輻射偵測設備實施連續偵測，其結果顯示對廠界外劑量均在歷年背景變動範圍內，故這些貯存設施均未對廠外造成輻射影響。

參考國外核能電廠運轉 40 年後再延壽及荷蘭的長期安全貯存設施經驗可知，這些貯存庫的鋼筋混凝土結構，在電廠除役前之規劃準備階段，視當時低放射性廢棄物最終處置計畫之執行狀況，須適時啟動延壽評估。

低放射性廢棄物貯存設施之延壽評估，可依據「放射性物料管理法」第 18 條規定，及參考「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第十七條及第十八條規定辦理，以確認其使用壽命年限可達 60 年甚或 100 年。貯存庫的延壽評估內容將至少包括：

- (1) 設施結構檢查及評估，包括水文水理分析、邊坡穩定分析與評估、結構物耐震分析、耐震詳細評估、耐震評估成果、建築物地質及結構安全綜合評估等。
- (2) 吊卸設備檢查及評估，包括吊卸設備、消防安全設備等。
- (3) 廢棄物貯存狀況評估。
- (4) 輻射影響評估，包括直接輻射劑量計算、向天輻射劑量計算、貯存

期間之年劑量評估等。

(5) 十年來異常事件經驗回饋等。

3. 長期安全貯存

依據前節所述，低放射性廢棄物可以安全貯存 40 年以上，而荷蘭在 1984 年決定將低放射性廢棄物及高放射性廢棄物至少先貯存 100 年，再考量以深層地質處置為其營運策略。荷蘭認為此種策略至少有下列 6 種正面效應：

- (1) 民眾對長期貯存之接受性高。一般民眾認為進行實質管制比採取深地層處置(利用分析模式來證明其安全性)較有信心。
- (2) 有 100 年的期間可讓後端營運基金滋息達到廢棄物處置所需費用之規模。
- (3) 在 100 年期間，國際上或區域上對於放射性廢棄物可能找到共同的解決方法。未來藉由國際或區域合作將更有經濟效益，同時可得到更高的安全標準及更可靠的管制措施。
- (4) 在 100 年期間，部份會產生熱量的高放射性廢棄物將已冷卻至無需再冷卻之程度。
- (5) 在 100 年期間，有大量的低放射性廢棄物將衰減至輻射背景值以下之程度。
- (6) 在 100 多年前，人類甚至還不知道有放射性存在。而在 100 年後，對於放射性廢棄物將有可能會出現突破性的處理技術或營運方法。

目前荷蘭已將全國所產生的放射性廢棄物貯存在放射性廢棄物管理機構(COVRA)所興建的集中式貯存設施。由荷蘭的案例可知，採取貯存方式亦具有可達到 100 年安全貯存的功能。

(二) 除役廢棄物之貯存

1. 除役法規說明

依據我國「核子反應器設施管制法」第 21 條之規定：核子反應器

設施之除役應採取拆除之方式；第 23 條則規定，應於核子反應器設施預定永久停止運轉之 3 年前提出除役計畫。另依據「核子反應器設施管制法施行細則」第 16 條：核子反應器設施之除役，於取得主管機關核發之除役許可後 25 年內完成。拆除或移出之放射性污染設備、結構或物質，應貯存於主管機關核准之設施。此外，依據「核子反應器設施除役許可申請審核辦法」第 3 條第 7 項之規定，除役計畫書之內容應載明除役廢棄物處理、運送、貯存及最終處置規劃等。

2. 除役工作時程規劃

台電公司依據前述法規之要求，已規劃如圖 10.1 所示之除役工作時程，包括除役的前置工作階段，如廠址歷史及特性調查、除役策略及作業研究、除役工作規劃、除役計畫與環境影響評估報告準備、陳報、核准等，約 7 年。因此我國各核能電廠除役拆廠之前期準備作業，在永久停機前 7 年就須開始進行。

整個除役作業時程規劃為下列 5 個階段，包括：

- (1) 除役計畫準備與核准階段。
- (2) 停機過渡階段。
- (3) 除役執行階段。
- (4) 廠址環境輻射偵測階段。
- (5) 廠址復原階段。

3. 相關貯存庫規劃說明

依前述的除役作業說明，在停機過渡階段才會開始產生除役低放射性廢棄物，其來源主要為設備及設施除污作業所產生，其量不大。在除役拆廠執行階段，為低放射性廢棄物產生最大量的階段。廠址環境輻射偵測階段及廠址復原階段所產生的廢棄物量應屬較少。針對各階段所產生的廢棄物量，除役法規要求在除役計畫書中應載明其廢棄物處理、運送、貯存及最終處置規劃等。因此，未來在除役計畫書內將會有較詳細的除役廢棄物數量估算及產生時程，以及規劃除役廢棄

物的處理、貯存與處置。

以核一廠為例，目前核一廠 1 號機及 2 號機的運轉執照有效期將分別於 107 年 12 月與 108 年 7 月屆滿，依照我國相關法規規定，台電公司必須於 104 年 12 月前提報「核一廠除役計畫」併同其他申請文件向原能會申請除役許可。台電公司目前正進行相關作業，例如廢棄物的更精確估算等，依台電公司 101 年 2 月定稿之「核一廠放射性廢棄物數量評估」報告，除役產生之廢棄物桶數最大值(指廢棄物不做任何處理)為 110,856 桶、最小值(指減容後數量，金屬以鎔鑄法、可燃廢棄物以熱處理法，其減容比為 1/3~1/10)為 14,986 桶、合理中間值為 18,064 桶。其中最大值是作為倉貯量之規劃，而最小值則是作為減容設施採購參考，中間值則是做為最終處置場規劃用。

台電公司將依法規要求，在除役計畫書內對整個低放射性廢棄物處理、貯存與處置做完整的規劃。

二、集中式貯存設施規劃

台電公司核能電廠產生之低放射性廢棄物，於最終處置場啟用前，係暫存於各核能電廠與蘭嶼貯存場，唯考量最終處置計畫與替代方案期程的不確定性，及未來核能電廠陸續除役後，可能造成不易集中管理之情況，而規劃以集中式貯存設施作為另一項應變方案的選擇。

「集中式貯存設施」為放射性物料管理方式之一，世界各核能先進國家亦不乏有採行此策略者，例如，荷蘭在 1984 年決定將放射性廢棄物(包括高放射性廢棄物及低放射性廢棄物)貯存至少 100 年，再進行深層地質處置；瑞士因舉行兩次低放處置場選址公投均告失敗，至今仍未選定場址，然瑞士聯邦政府自 2001 年即開始運轉集中式貯存設施，並規劃於 2030 年最終處置場得以營運；另美國為解決用過核子燃料最終處置計畫所面臨的困境，提出集中式乾式貯存設施之構想，以暫時接收各核能電廠之用過核子燃料。此類國際經驗，亦可供國內放射性廢棄物處理策略之參考。

例如，荷蘭國會於 1984 年通過「放射性廢棄物政策書(Radioactive Waste Policy Paper)」，包括應成立放射性廢棄物專責營運機構，並且確立放射性廢棄物的處理與處置方針，在往後 50 至 100 年裡所有的放射性廢棄物均將貯存在單一

的地表貯存設施，在貯存期間應致力於深層地質處置之研究，且不排除與其他國家合作處置設施的開發與營運。荷蘭政府認為長期貯存策略之正面效應至少有 6 點(詳如前述「長期安全貯存」)，國內若以集中式貯存設施做為最終處置之應變方案，亦可將長期貯存之可能性納入規劃評估。

荷蘭放射性廢棄物之管理機構為 COVRA，該機構之中、低放射性廢棄物集中處理與暫存場，位於荷蘭西南方 Vissingen-Oost 工業區。除了廢樹脂在電廠內處理外，其他中、低放射性廢棄物都送到 COVRA 處理、貯存。固態的可壓縮廢棄物先以 100 公升的鐵桶盛裝，再以超高壓縮機壓縮，然後將壓成餅狀的廢棄物放入 200 公升的鐵桶內並灌入混凝土及封蓋後，堆置於溫濕度均維持恆定的廠房，廠房均為模組式建築物，可貯存中、低放射性廢棄物至少 100 年。

集中式貯存設施所需工程技術相較於處置設施稍為單純，唯仍需符合相關法令與規章之要求辦理，初步規劃興建集中式貯存設施之初期開發面積少於 1 公頃，依法不需辦理環評，若將來仍有需要辦理環評，再將環評所需期程(兩階段共需約 3 年)列入，並視未來實際作業情況調整全部工作期程。目前規劃全部工作期程如圖 10.2 所示，暫估約需 8 年，各項應執行之工作項目與預估時程，臚列如下：

- (1) 場址調查(含發包作業)：1.5 年
- (2) 投資可行性報告政府核准與土地取得：1.5 年
- (3) 貯存設施工程發包：1 年(與土地取得平行辦理)
- (4) 細部設計與建造執照申請文件準備：1 年
- (5) 建造執照申請(含安全分析報告審查)：1 年
- (6) 貯存場施工(含相關附屬設施工程)：2 年
- (7) 試運轉與運轉執照申請：1 年

考量推動本方案涉及層面與範圍廣泛，故有必要先進行規劃評估，評估範疇包括策略面、社會面、環境面與技術面之相關議題，如：安全性、必要性、適法性、民意接受性、土地需求、經濟效益及與最終處置之銜接等。規劃評估結果，將於 105 年陳報經濟部同意後，啟動集中式貯存方案。唯無論是否進行集中式貯

存設施方案，最終處置設施選址作業仍須依法持續進行。

表 10.1 核電廠現有貯存設施貯存容量及預估至電廠運轉年限尚餘貯存容量

電廠(機組運轉年限至)	核能一廠 (107,108)	核能二廠 (110,112)	核能三廠 (113,114)
總貯存容量(桶)	103,904	95,421	40,600
103 年 6 月底止貯存量(桶)	44,687	51,327	8,427
預估 103 年 7 月至電廠運轉年限產生量(桶)	5,810	12,529	2,464
預估至電廠運轉年限尚餘貯存容量(桶)	53,407	31,565	29,709

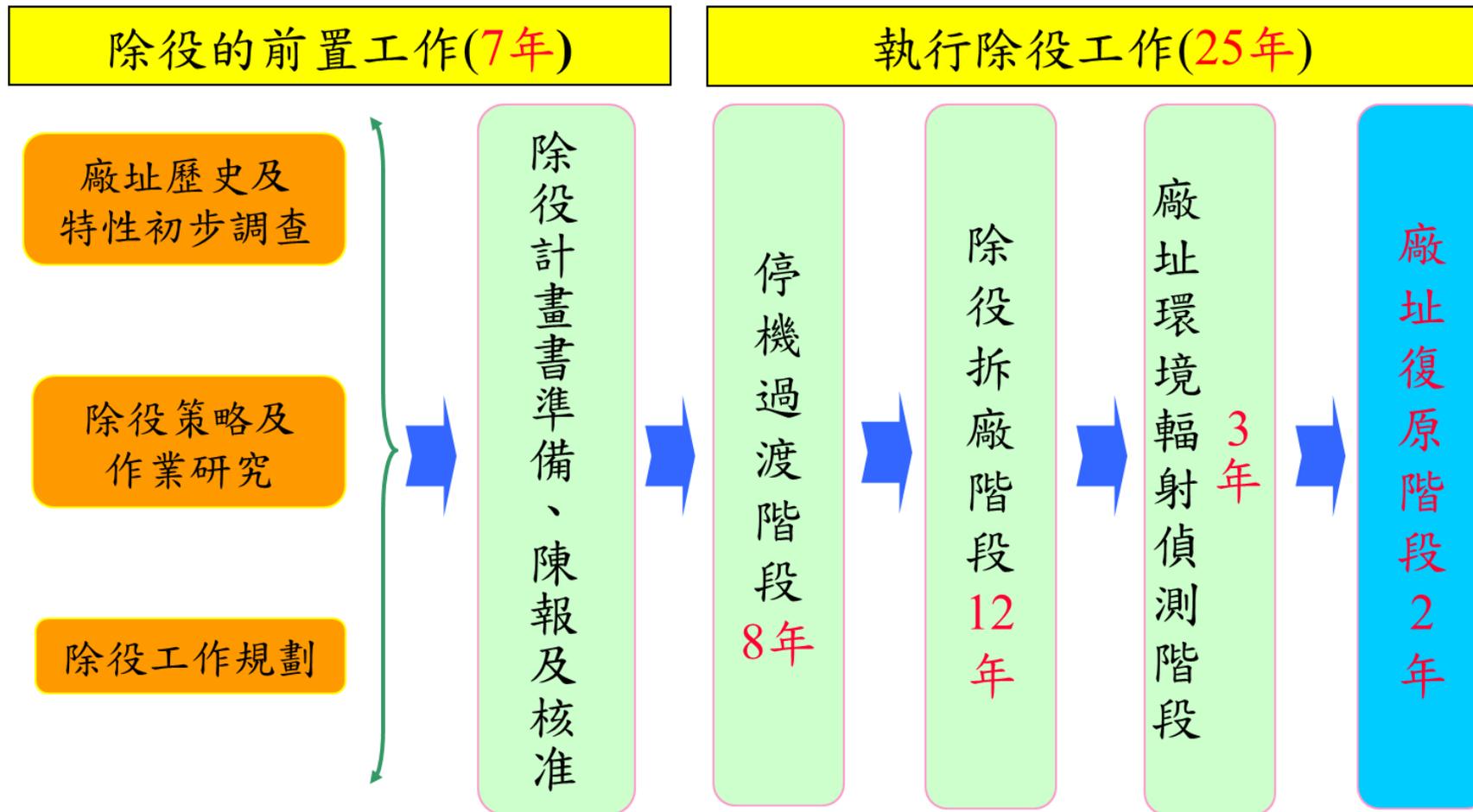


圖 10.1 核電廠除役工作時程規劃

項次	工作項目	第1年	第2年	第3年	第4年	第5年	第6年	第7年	第8年	第9年
1	場址調查(含發包作業)	■								
2	投資可行性報告政府核准與土地取得		■	■						
3	貯存設施工程發包			■						
4	細部設計與建造執照申請文件準備				■					
5	建造執照申請(含安全分析報告審查)					■				
6	貯存場施工(含相關附屬設施工程)						■	■		
7	試運轉與運轉執照申請								■	
8	貯存設施啟用									⇒

圖 10.2 集中式貯存設施之預估期程