

立法院第 8 屆第 3 會期
教育及文化委員會

「核一、核二、核三廠用過核子燃料之貯存現況、乾式貯存與最終處置之規劃與執行情形，以及蘭嶼核廢料之最終處置執行情形」及「龍門電廠(核四)核子燃料購入及貯存現況」專案報告

報告人：行政院原子能委員會
蔡春鴻主任委員

中華民國 102 年 4 月 11 日

目 錄

壹、 核一、核二、核三廠用過核子燃料之貯存現況、 乾式貯存與最終處置之規劃與執行情形.....	1
貳、 蘭嶼核廢料之最終處置執行情形.....	6
參、 龍門電廠(核四)核子燃料購入及貯存現況.....	11
肆、 結語.....	13
附圖一 用過核子燃料乾式貯存設施安全管制流程	14
附圖二 用過核子燃料最終處置計畫全程規劃.....	14
附圖三 低放射性廢棄物最終處置設施選址程序...	15
附表一 核電廠用過核子燃料貯存量統計表.....	16
附表二 國際用過核子燃料最終處置計畫時程表...	16

主席、各位委員先進：

今天應 大院要求，針對「核一、核二、核三廠用過核子燃料之貯存現況、乾式貯存與最終處置之規劃與執行情形，以及蘭嶼核廢料之最終處置執行情形」及「龍門電廠(核四)核子燃料購入及貯存現況」議題，代表行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)就安全管制機關立場提出專案報告，謹摘要報告如下：

壹、核一、核二、核三廠用過核子燃料之貯存現況、乾式貯存與最終處置之規劃與執行情形

一、核一、核二、核三廠用過核子燃料之貯存現況

目前我國對用過核燃料管理的方針，係採「近程燃料池貯存、中程乾式貯存、長程最終處置」之管理策略，與世界上多數使用核能發電的國家是相同的。

用過核燃料從反應器爐心退出後，因為具有很高的衰變熱及放射性，必須先貯存在廠房內的燃料池，經過一段時間的冷卻，以利後續的作業。核一、核二、核三廠歷年運轉產生的用過核燃料，迄 102 年 3 月底止，總計 16,343 束，目前均尚貯存於各電廠的燃料池內，其數量統計如附表一。

國內核電廠的用過燃料池，係引進美國同型電廠的設計，其貯存容量須適時進行擴充，才能維持 40 年運轉期間的貯存需求。核一、二、三廠均參照美國同類型機組的作法，申請擴充燃料池貯存容量，經原能會參考美國法規，邀集專家學者審查，確認無安全疑慮後才核准擴充。國內三座核電廠在擴充貯存容量後，目前每部機組的用過核燃料池都仍保有貯存空間，並無貯存超量或不安全的情形。

核一廠 2 部機組(BWR-4)目前用過核燃料池的貯存量，與美國同型電廠例如 Vermont Yankee 及 Pilgrim 核電廠的貯存量相當(都超過 2,800 束)；而另一部同型的 Duane Arnold 核電廠，則因該電廠已設置乾式貯存設施，因此其燃料池的實際貯存量較核一廠為低。與核一廠同型的這些美國核電廠，都曾向美國核管會申請獲准進行變更格架設計，用過核燃料池擴充後的最大容量也均超過 3,000 束(核一廠每部機為 3,083 束)。

核二廠(BWR-6)與美國密西西比州 Grand Gulf 電廠同型，目前核二廠每部機組約貯存用過核燃料 4,000 束，Grand Gulf 電廠也因已設置了乾式貯存場，其燃料池目前貯存量較核二廠稍低(3,600 束)，但該廠亦經美國核管會核准擴充貯存容量至 4,400 束。

二、用過核子燃料乾式貯存之規劃與執行情形

我國對用過核子燃料的安全管理，中程採乾式貯存的策略，台電公司乃參考國際間普遍的作法，規劃於各電廠內興建乾式貯存設施，將目前貯存在用過燃料池的用過核燃料移往乾式貯存設施。其中，核一廠用過核燃料乾式貯存設施正在興建及進行試運轉，核二廠的乾式貯存設施正由原能會進行建造執照的審查作業。

有關用過核燃料乾式貯存設施的安全管制，原能會依法採取建造執照與運轉執照兩階段審查機制。原能會除邀集專家學者審查安全分析報告外，同時在設施建造、試運轉與運轉期間，均派員執行安全與品質檢查，以確保用過核燃料乾式貯存作業的安全。我國用過核燃料乾式貯存設施的安全管制流程詳如附圖一。

為儘量減低用過核燃料乾式貯存設施對環境輻射的影響，核一、二廠乾式貯存設施的輻射屏蔽設計，採取比美國同型設施更嚴格的標準，對廠界外民眾每年不超過 0.05 毫西弗，為國外設計值的五分之一，亦僅為民眾劑量安全標準 1 毫西弗的 1/20。

在核一廠用過核燃料乾式貯存設施之興建過程中，原能會邀請新北市政府、石門區公所與各里里長、社區發展協會理事長、環保團體及學者專家等 20 位代表，

共同參與訪查與監督設施之施工品質，每季安排實地訪查核一廠乾式貯存設施之施工品質與進度，並實地量測乾式貯存設施附近的環境背景輻射，使地方人士瞭解現場的環境輻射，俾能與未來執行貯存作業後作比對。截至 101 年 12 月止，已辦理 6 次訪查活動，本月將辦理第 7 次。

未來乾式貯存設施完工啟用後，原能會將持續嚴格監督其營運安全，並已規劃將該設施之輻射劑量及溫度監測資訊，連結至原能會核安監管中心，進行全天候 24 小時的遠端監測，且將公開於原能會網站，讓民眾能夠安心、放心。

三、用過核子燃料最終處置之規劃與執行情形

國際間對用過核燃料的最終處置，普遍規劃採行「深層地質處置」的方式，將用過核燃料埋藏於深約 300 至 1000 公尺之穩定岩層中。最終處置之技術除處置地質環境調查、慎選處置場址特性條件及處置設施安全評估外，在工程設計上，乃配合慎選包封容器、緩衝與回填材料等工程障壁設施，以及包括處置母岩與地質圈等天然障壁所形成的多重障壁，可以長時間有效阻絕或延遲放射性核種外釋與遷移，以確保環境及民眾安全。

各核能國家在用過核燃料最終處置方面，配合其核

能規模、自然與社會環境，都已投入相當的人力與經費，循序漸進地進行場址調查研究、工程材料與技術研究、處置安全評估技術及地下實驗室的模擬研究等。各國規劃用過核燃料最終處置計畫的時程，約介於 37 年至 75 年間（如附表二）。美國、瑞典、芬蘭、法國、加拿大、英國及日本等國，均已進行處置技術相關研究多年，相關工程與安全評估技術已陸續發展成熟。芬蘭已於 2004 年開始在 Okilouto 建造用過核燃料深層地質處置場，預定於 2020 年完工啟用；瑞典於 2009 年選定 Forsmark 為最終處置場址，預定於 2023 年啟用；法國於 2012 選定 Meuse 為最終處置場址，預定於 2025 年啟用。

依據放射性物料管理法(以下簡稱物管法)之規定：台電公司應負責處理、運送、貯存及最終處置其所產生的核廢料（含用過核燃料）；並應依最終處置計畫時程，切實推動相關工作。台電公司提報之「用過核燃料最終處置計畫書」，原能會於 2006 年 7 月完成審查核定。依該計畫書，處置計畫全程分為五個階段，處置場預定於 2055 年完工啟用。我國用過核燃料最終處置計畫全程規劃如附圖二。

就技術層面而言，國際間咸認「以現有的工程技術能夠安全處置用過核燃料」。台電公司的最終處置計畫

執行步驟，亦與國外推動處置計畫的時程相似（如附表二）。惟台灣地質環境相對複雜，最終處置計畫需要較長時間的岩層調查研究及工程技術發展，方能逐步達成階段性目標。

在用過核燃料最終處置之安全管理方面，原能會督促台電公司應依計畫時程執行處置計畫並進行技術研發。台電公司目前尚在處置計畫的第一階段，即執行「潛在處置母岩特性調查與評估階段」（2005 年至 2017 年）的工作，此階段之工作目標為：(1)2009 年提出用過核燃料最終處置初步技術可行性評估報告；(2)2017 年提出用過核燃料最終處置技術可行性評估報告。依計畫時程，台電公司已於 2009 年提出初步技術可行性評估報告，確認國內具有潛在處置母岩，可供進一步研究探討。

貳、蘭嶼核廢料之最終處置執行情形

一、蘭嶼核廢料貯存安全管制

台電公司蘭嶼貯存場自民國 71 年啟用至 85 年 5 月停止接收核廢料止，累計貯存放射性廢棄物固化桶共 97,672 桶。外界傳言當年興建蘭嶼貯存場時，是使用「罐頭工廠」的謊言欺騙蘭嶼人，這傳言並非事實。當時原能會陳報行政院의 公文，或向台灣省政府及台東縣政府

協調規劃興建貯存場時，都用「蘭嶼國家放射性待處理物料貯存場」的名稱，也有照片作為佐證。從民國 64 年起，國內各大報紙也陸續刊登「核能電廠廢料將貯存蘭嶼地區」的新聞報導，清楚說明貯存場興建規劃及相關內容，顯示原能會並沒有隱瞞事實。

因蘭嶼天候環境的關係，早期貯放的廢料桶有銹蝕破損的情形，原能會乃於 85 年 4 月要求台電公司積極進行檢整重裝作業，並於 85 年 12 月核備台電公司所提廢棄物桶試驗性工作計畫書。台電公司經過試驗性檢整重裝作業，累積相關作業經驗後，原能會要求台電公司修正「蘭嶼貯存場銹蝕破損廢棄物桶檢整重裝作業工作計畫書」，經審核後於 96 年 5 月 14 日准予核備，台電公司於同年 12 月全面展開檢整重裝作業。貯存場已於100 年 11 月底完成所有廢料桶檢整重裝作業，共回貯計 100,277 桶，已恢復靜態貯存狀態，並可確保貯存安全無虞。

原能會於蘭嶼貯存場執行廢棄物桶檢整重裝作業的四年期間，多次派員執行安全檢查，共開立 45 件注意改進事項及 4 件違規事項，其中也包括廢棄物取桶作業污染區之負壓控制及輻射防護作業等缺失事項，均要求台電公司進行改善。

在工作人員健康監管方面，參與檢整重裝作業人員，經由原能會審查及檢查工作紀錄、人員工作劑量管制表及劑量紀錄、全身計測偵測報告及環境輻射偵測紀錄等資料，可以確認所有人員體內均無銨-137、鈷-60等人工放射性核種。檢整重裝作業工作人員之輻射劑量均符合法規安全標準。

在環境偵測方面，雖然貯存場排水口附近潮間帶曾被檢測出微量人工放射性核種，但仍遠低於法規訂定之環境容許限值。原能會審視歷年來貯存場區各項偵測紀錄與輻射監測數據，並無違反輻防安全標準或污染環境的情形。

為確保蘭嶼的民眾安全及環境品質，原能會所屬輻射偵測中心每年均執行環境取樣分析，樣品包含飲用水、地下水、海水、土樣、岸砂、草樣、魚類、海藻等，每年的環境試樣分析總計 500 餘次，歷年來分析結果均遠低於法規限值。依據環境輻射偵測結果，可以確認蘭嶼地區未受貯存場的不良影響。

此外，蘭嶼的輻射監測，可分成環境的輻射監測與貯存場的輻射監測兩部分。在環境的輻射監測部分，原能會所屬輻射監測中心的監測站，設在人口集中區蘭嶼高中，該監測站歷年監測平均值為 0.04~0.05 微西弗／

小時。在貯存場的輻射監測部分，台電公司於貯存場前門口、後門口與員工辦公場所旁分別設有 3 個監測站，歷年監測平均值為 0.04~0.07 微西弗／小時，均屬於安全的背景輻射範圍。

行政院江院長已經表示，蘭嶼貯存場不會作為核廢料最終處置場，並將由政務委員召集定期檢討核廢料議題，包括核廢料遷出之問題。原能會已要求台電公司，在核廢料遷出蘭嶼前應再強化蘭嶼環境偵測作業，並於各村落建立環境輻射即時監測系統。原能會將不定期派員赴貯存場執行安全檢查，嚴密管制貯存場各項作業。此外，原能會已要求台電公司應於今年 5 月提出蘭嶼貯存場營運安全的精進提升方案，以確保核廢料遷場前的貯存安全。

二、低階核廢料最終處置之管制

為規範低階核廢料最終處置設施場址之選址程序，符合安全及環境保護之要求，立法院於 95 年制定「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」(以下簡稱選址條例)。國內目前低階核廢料最終處置之執行分工，是台電公司依循物管法執行處置計畫，以及經濟部依選址條例主辦選址作業。原能會則依法訂定「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」及「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」，

據以執行低階核廢料最終處置之安全管理作業。台電公司依物管法的規定，已經於 93 年提報「低放射性廢棄物最終處置計畫書」，並於 96 年及 101 年提報修定版經原能會審查核定，台電公司應依計畫時程切實推動。蘭嶼貯存的低階核廢料，未來可與核一、二、三廠的低階核廢料合併進行最終處置。

在處置場選址方面，經濟部依選址條例規定，於 100 年 3 月公告建議候選場址遴選報告，於 101 年 7 月核定並公告台東縣達仁鄉及金門縣烏坵鄉二處建議候選場址，後續將辦理地方性公民投票。依據台電公司低放處置計畫之規劃時程，若選址地方公投順利通過，預定於 105 年完成環評作業，110 年啟用最終處置場。有關低階核廢料最終處置選址的流程如附圖三。

低階核廢料最終處置場的設計，世界各國皆採多重障壁的概念，以隔絕放射性核種於人類生活環境之外。多重防護措施包括核廢料固化體、盛裝容器、緩衝回填材料等工程及天然障壁，此種處置方式已獲國際原子能總署的認可與推薦。目前全球營運中的處置場計有 80 處，分屬 34 個國家，在技術上並無困難。

在低階核廢料最終處置的工程技術與安全評估能力上，國內已進行多年的研究發展，業已具備此方面之技

術能力。近年來，為了進一步精進處置技術，已於能源國家型科技計畫中整合國內相關學術研究機構參與研究發展。此外，亦與國際相關核能機構進行處置技術交流，例如國際原子能總署(IAEA)、美國核能管制委員會(NRC)、日本原子力安全基盤機構(JNES)、日本電力中央研究所(CRIEPI)、瑞典放射性廢棄物處置專責機構(SKB)等，藉由參採各核能先進國家之技術及經驗，精進國內之最終處置技術能力。

目前各核電廠產生的低階核廢料，均有足夠的貯存設施及容量，並無安全上的顧慮。原能會將督促台電公司依核定之最終處置計畫切實推動，如期展開最終處置作業。最近因核四公投的議題，引起社會對核廢料處理問題的關切，惟不論將來核四公投結果如何，國內三座核電廠已產生的核廢料，以及已貯存於蘭嶼的核廢料，均須予以妥善處理。

參、龍門電廠(核四)核子燃料購入及貯存現況

台電公司於 97 年 2 月及 99 年 2 月向原能會申請輸入核四廠 1 號機及 2 號機的初始爐心燃料各 872 束。在管制程序上，台電公司係依據物管法之規定，提報核四廠初始爐心核子燃料暫貯計畫書，經原能會就輻射安

全、臨界安全、貯存設施安全等進行審查，確認符合安全規定並經現場履勘後，於 97 年 3 月核定核四廠初始爐心核子燃料之貯存場所。

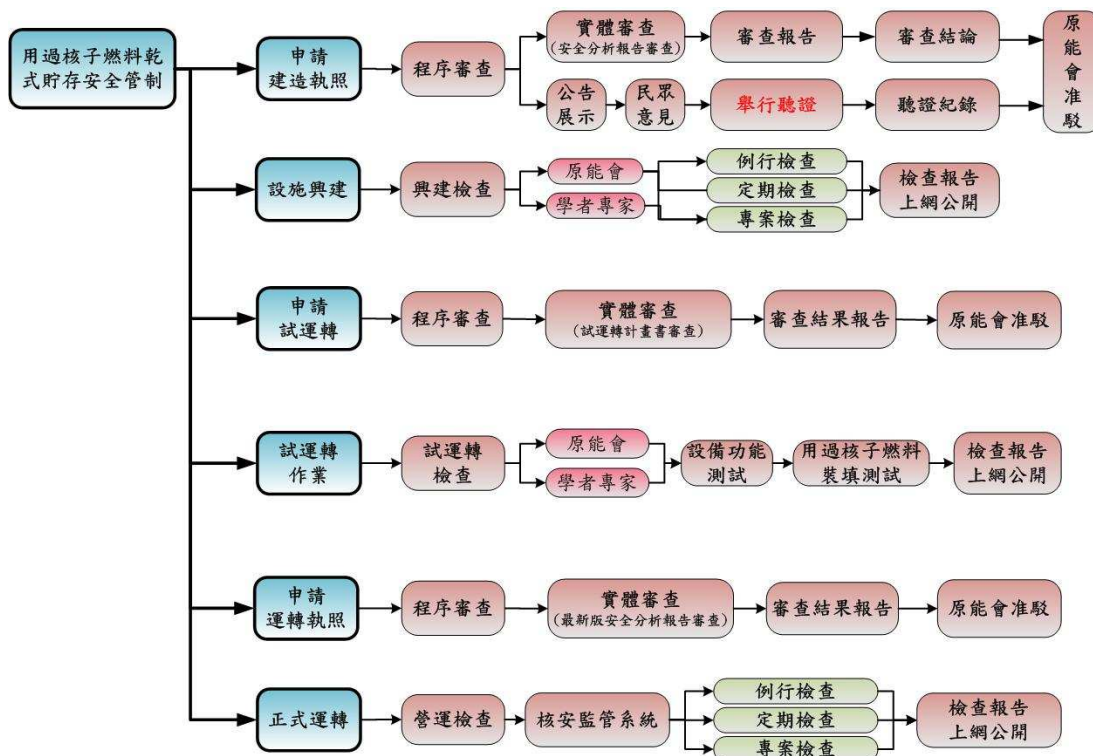
至於核子燃料之輸入及運送管制方面，應依原子能法及物管法之規定，向原能會逐批次提出輸入申請；另依「核子燃料運作安全管制規則」之規定，應提報核子燃料「運送計畫」與「安全管制計畫」，經原能會審查通過後，始得進行運送作業。台電公司係於 96 年 9 月提報核四廠核子燃料「運送計畫」與「安全管制計畫」，原能會於 96 年 12 月完成審查核定。台電公司於 97 年 4 月提出核四廠核子燃料輸入及運送申請，經審查符合規定後，原能會發給輸入及運送許可。

目前核四廠 1 號機之核子燃料 872 束，貯存於 1 號機燃料池內；2 號機之核子燃料 872 束，則貯存於輔助燃料廠房內。為了執行核子燃料的貯存安全戒護，核四廠設有 2 處警衛崗哨，由攜帶槍械的警察 24 小時值勤。核子燃料貯存期間，原能會定期派員執行安全檢查，歷次檢查結果均符合規定。由於核子燃料屬於國際核子保防管制的核物料，國際原子能總署(IAEA)也會不定期派員來台執行核子保防檢查，歷次檢查結果均符合規定。

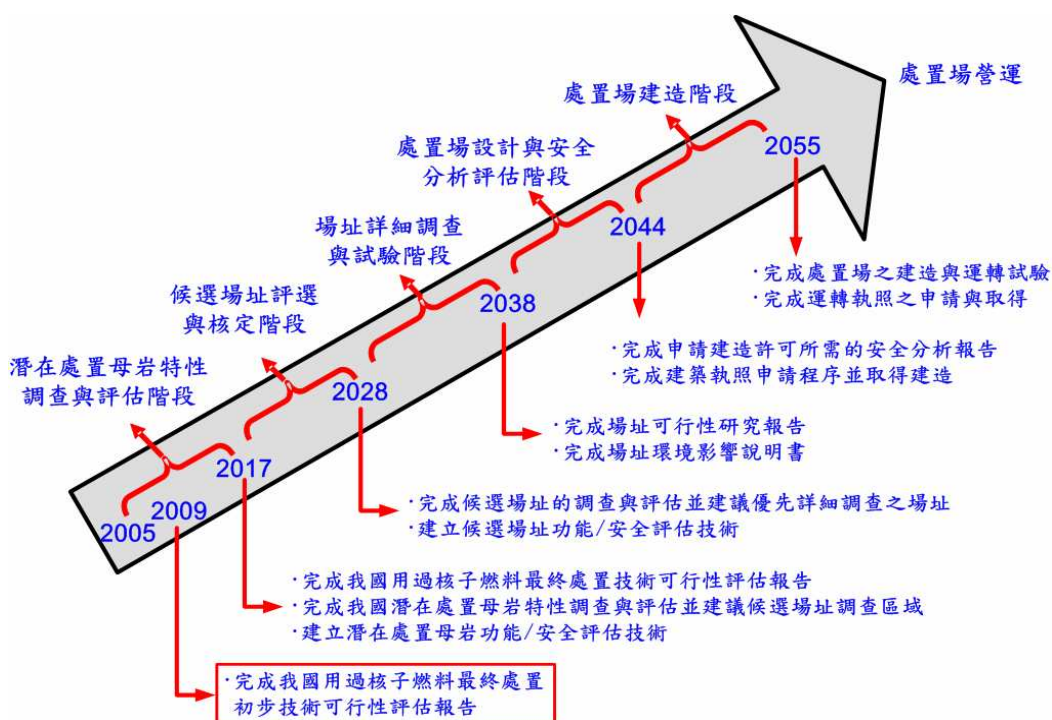
肆、結語

核一、二、三廠及蘭嶼貯存場的低階核廢料，目前並無貯存安全上的顧慮，各電廠的貯存設施也有足夠容量。在最終處置方面，國內已具備技術能力，惟選址作業仍需繼續努力。用過核燃料的乾式貯存現正進行中，原能會將嚴格監督以保障安全，而在最終處置上，國際間對於深層地質處置的技術能力是肯定的，惟須長期蒐集調查地下岩層的特性與安全評估，需要較長的時間來完成處置計畫。原能會將依法督促台電公司執行最終處置計畫，依其規劃時程完成處置場之興建。

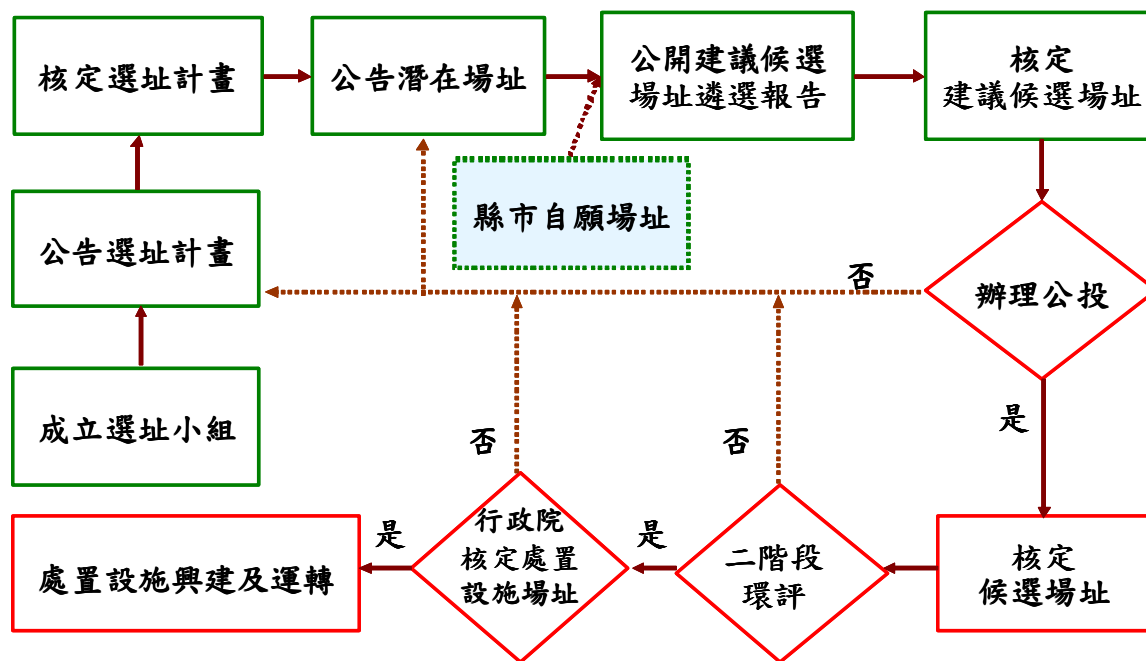
最後，不論將來核四廠是否停建，國內三座核電廠產生的核廢料，以及蘭嶼貯存場的核廢料均須予以妥善處理。核四廠如果能夠繼續興建，其未來運轉產生的核廢料可以併同進行處理，不會構成特別的問題。以上報告，敬請各位委員先進指教。謝謝！



附圖一、用過核子燃料乾式貯存設施安全管制流程



附圖二、用過核子燃料最終處置計畫全程規劃



附圖三、低放射性廢棄物最終處置設施選址程序

附表一、核電廠用過核子燃料貯存量統計表

(日期：102 年 4 月 8 日)

電 廠	機組	商轉年	設計容量 (束)	已貯存量 (束)	預估每週期爐心 退出燃料數量(束)
核一廠	1 號機	67	3,083	2,870	100
	2 號機	68	3,083	2,856	100
核二廠	1 號機	70	4,398	4,024	170
	2 號機	71	4,398	4,068	170
核三廠	1 號機	73	2,160	1,251	66
	2 號機	74	2,160	1,274	66

附表二、國際用過核子燃料最終處置計畫時程表

國家	研究計畫起始(年)	設施預定啟用(年)	期程(年)
美國	1970	~2045	75
瑞典	1970	2023	53
日本	1976	2030~2040	64
法國	1979	2025	46
芬蘭	1983	2020	37
中國大陸	1985	~2050	65
我國	1986	2055	69
韓國	1988	未定	—