

出國報告（出國類別：開會）

赴日參加「2008年東亞放射性廢棄物 營運國際會議」

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：蔡顯修 處長

江明昆 主任

邱顯郎 組長

派赴國家：日本

出國期間：97年10月19日至97年10月24

報告日期：97年11月24

QP - 08 - 00 F04

摘 要

日本原子力環境整備促進暨資金管理中心(Radioactive Waste Management Funding and Research Center, RWMC)於 97 年 10 月 20-21 日在日本東京舉辦「2008 年東亞放射性廢棄物營運國際會議」，參加國家包括美國、日本、韓國、中國大陸、德國、台灣等。我國出席單位包括原能會物管局、核研所、龍華科技大學、核能科技協進會、台電公司等。會議內容包括放射性廢棄物處置技術、放射性廢棄物除污與處理技術、最終處置場場址特性與實驗評估技術、用過核子燃料營運、公共關係與國際合作、放射性廢棄物處置效能與安全評估等主題。

本公司蔡顯修處長等與會人員除於上述會議中共同主持技術研討分組會議外，並於會中簡報兩篇論文：(一)“Site Selection for Disposal of Low Level Radioactive Waste”論文，主要內容包含我國過去選址之努力、低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例相關規定及介紹我國 3 個已公告之潛在場址；(二)“The status of Taipower’s spent fuel management program”論文，主要內容包含我國之核能發電介紹、用過核子燃料之營運計畫及現況(濕式貯存現況、乾式貯存計畫、直接最終處置計畫、再處理)、核後端基金。

目 次

(頁碼)

壹、目 的	1
貳、過 程	1
一、行程及工作摘要.....	1
二、「2008年東亞放射性廢棄物營運國際會議」－全體會議部分.....	2
(一) 中國大陸放射性廢棄物之營運.....	2
(二) 韓國高放射性廢棄物營運.....	6
(三) 日本放射性廢棄物之營運.....	12
三、「2008年東亞放射性廢棄物營運國際會議」－技術研討分組會議部分....	18
四、技術參訪(1)－瑞浪超深地層研究所.....	19
五、技術參訪(2)－六個所村核能園區低放射性廢棄物處置中心.....	22
參、心 得 及 建 議.....	26
肆、附 錄	27

壹、目的

瞭解國際上現行核能後端營運之最新技術研發成果、規劃現況及運轉經驗等，並和各國與會人員討論彼此關心的議題、交換心得與意見，以做為我國未來推動相關業務之參考。

貳、過程

一、行程及工作摘要

本次出國期間為 97 年 10 月 19 日至 10 月 24 日共計 6 天，任務包括參加「2008 年東亞放射性廢棄物營運國際會議」、發表論文、共同主持技術研討分組會議、技術參訪位於岐阜縣之東濃地科中心瑞浪超深地層研究所與位於青森縣東北方之六個所村核能源區低放射性廢棄物處置中心，行程及工作內容詳如下表所示。

行 程			任務地點	工作內容
日期	出發	抵達	城市	
10/19	台北	東京	東京	去程
10/20	-	-	東京	參加「2008 年東亞放射性廢棄物營運國際會議」、發表論文、共同主持技術研討會
10/21			東京	參加「2008 年東亞放射性廢棄物營運國際會議」、發表論文、共同主持技術研討會
10/22			岐阜縣	會議主辦單位安排之技術參訪－瑞浪超深地層研究所
10/23			青森縣	會議主辦單位安排之技術參訪－六個所村核能源區低放射性廢棄物處置場

10/24	東京	台北		返程
-------	----	----	--	----

二、「2008 年東亞放射性廢棄物營運國際會議」－全體會議部分

日本原子力環境整備促進暨資金管理中心(Radioactive Waste Management Funding and Research Center, RWMC)於 97 年 10 月 20-21 日在日本東京舉辦「2008 年東亞放射性廢棄物營運國際會議」，出席國家包括美國、日本、韓國、中國大陸、德國、台灣等。我國參加單位計有原能會物管局、核研所、龍華科技大學、核能科技協進會、台電公司等，會議內容包括放射性廢棄物處置技術、放射性廢棄物除污與處理技術、最終處置場場址特性與實驗評估技術、用過核子燃料營運、公共關係與國際合作、放射性廢棄物處置效能與安全評估等主題。

本次會議之全體會議首先由大會主席－日本原子力環境整備促進暨資金管理中心理事長井上毅先生(Mr. Takeshi Inoue)致歡迎詞；續由我國核能研究所化工組莊文壽組長致詞，介紹東亞放射性廢棄物營運國際會議籌組歷程與活動情形；緊接著邀請東亞地區的四位特別來賓做專題演講，演講者與題目分別為大陸中國核電工程有限公司副總經理司范仲先生報告“Radioactive waste Management and Practices in China”，韓國水力與核電公司資深副總經理 Kee Cheol Park 先生報告“Radioactive Waste Management in KOREA”，日本電力工業中央研究所地球工學研究所所長 Motoi Kawanishi 先生報告“Current Status of R&D for Radioactive Waste Management in JAPAN”，我國物管局長黃慶村先生報告“Strategy and Current Status of Radioactive Wastes of FCMA”。以下茲分別摘要中國大陸、韓國、日本放射性廢棄物之營運。

(一) 中國大陸放射性廢棄物之營運

中國大陸第一座核能發電廠於 1991 年開始營運，目前營運中之核能發電機組共有 11 部，總裝置容量為 9100MWe，佔全國總發電裝置容量的 1.3%。另有 12 部機組在建造中。

依照「核能發電中長期發展計畫」，在 2020 年，核能總裝置容量將可達到 40GWe，佔全國總發電裝置容量的 4%。而放射性廢棄物之安全營運為核子工業之一大重要課題。

1. 中國的放射性廢棄物營運政策如下：

- (1) 爲了保護未來子孫及避免帶給下一代過重的負擔，放射性廢棄物應該在以保護人類健康及生態環境的前提下作適當的管理。
- (2) 確保主要的放射性廢棄物處理設施及其操作與所有相關的設施及其操作在設計、建造及運轉方面同步進行。
- (3) 放射性廢棄物從產生到最終處置階段，國家須控管整個放射性廢棄物的處理流程，包括須依照放射性廢棄物分類處理的標準，。
- (4) 放射性廢棄物必須依照下列準則作處理：將產生量減至最低、依照放射性廢棄物類型集中收集、純化、減容、嚴謹的包裝、安全運輸、廠內貯存、集中處置、管控排放、加強監督。
- (5) 排放至環境的放射性氣體或液體應符合國家放射性污染防治標準。由核能發電所產生的放射性液體，在排放至自然環境前，必須根據國家放射性污染防治標準要求來處理以及做好貯存工作。
- (6) 由核能發電所產生的放射性固體廢棄物應在經過處理之後，將其移交至處置單位作處置，並負責處置費用。
- (7) 固體及經過固化的液體放射性廢棄物應根據分類標準作最終處置。中低放射性固體廢棄物應在區域性的近地表處置設施中作處置。高放射性廢棄物及其它放射性廢棄物不適合作近地表處置者，包括像是壽命較長及活性較高廢棄的放射性射源，應由國家集中化的地質處置場作處置。
- (8) 禁止攜帶放射性廢棄物及受放射性污染的物品進入中國，及禁止經由中國移轉放射性廢棄物及受放射性污

染的物品。

2. 法律架構及內容

中國所採用的放射性廢棄物分級管理乃根據其對人類及生態環境可能造成的潛在放射性傷害作分級管理，而縣級以上的政府部門需連同負起放射性廢棄物管理的責任。諸如國務院以下的政府部門，像是國家環保總局(SEPA)、中國大陸國家原子能機構(CAEA)、國家發展與改革委員會(State Development and Reform Committee)、衛生部(Ministry of Health)、國家安全部及其它產業部門等等，而國家環保總局及中國大陸國家原子能機構是主要的管制機構。

(1) 國家環保總局應整合全國放射性汙染防制工作的監督與管理，其在放射性廢棄物處理上的功用及職責如下：

- 制定政策、規定、標準及技術上的指導。
- 執行監督及檢視放射性廢棄物處理工作，調查及批准處置液體、氣體、固體廢棄物、監督廢棄物的釋出、連同其它部門一起處理關於環境汙染等意外事件。
- 負責監督全國各地的輻射環境，每年編彙國家輻射環境品質報告。
- 針對相關設施的輻射環境影響報告作審查及核准。
- 核發放射性廢棄物處理設施執照。
- 民營核子設施及其運用所作放射性廢棄物處理活動之審查及核准。
- 核子設施除污活動的審查及批准。

(2) 中國大陸原子能機構(CAEA)須負責：

- 關於核能和平使用之政策發展。
- 關於核能和平使用之產業標準發展。

- 核物料的管控。
- 負責核子意外事件之應變，尤其是組織核子意外協調國家委員會。
- 核能發展專案的審查及核准。
- 研發專案的審查及核准。

(3) 執照持有者須負責：

- 研擬及提送執照申請文件。
- 提送安全分析報告及環境影響報告。
- 監督及管控放射性廢棄物之釋出及提送監控報告給主管機關。
- 研擬與執行放射性廢棄物處理系統之運轉操作及維護規則、訓練。
- 研擬品保計畫及設立品保系統。
- 向相關部門報告營運狀況。
- 研擬與執行緊急應變計畫。

3. 高放射性廢棄物之處理與處置

- (1) 採封閉式核燃料循環策略。
- (2) 與德國技術合作進行高放射性廢棄物之玻璃固化處理。
- (3) 研訂「高放射性廢棄物最終處置研究發展計畫導則」。
 - 目標：於本世紀中葉建造高放射性廢棄物最終處置場。
 - 分成三個執行階段。
 - ◆ ~2020年：地下實驗室之場址特性及確認工作。
 - ◆ 2021 ~ 2040年：地下實驗室中進行研究發展工

作。

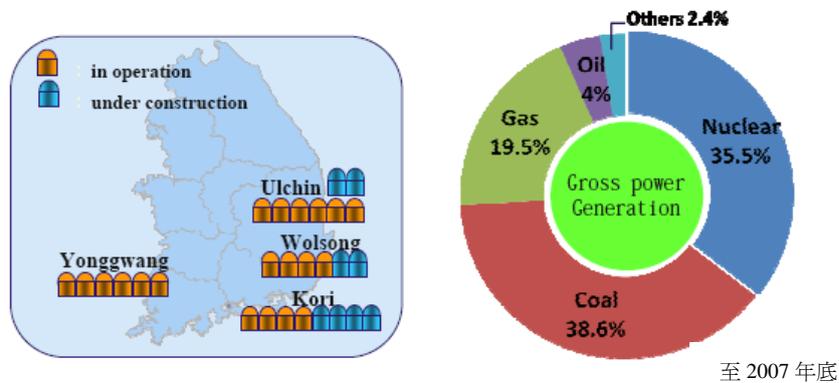
◆ 2041 ~ 2050年：最終處置場之建造。

(4) 北山場址—前景看好之場址

- 位於中國西北甘肅省之戈壁沙漠地區。
- 低人口密度區。
- 地質結構穩定。
- 已經鑽探 500—700 公尺深。

(二) 韓國高放射性廢棄物營運

韓國目前在營運中的核能機組有 20 座，包括 4 座重水式反應器 (CANDU) 及 16 座壓水式反應器 (PWR)，裝置容量 17,716 Mwe，核能發電占總發電量 35.5 %，詳如下圖。依照政府對電力需求與供應的長期計畫來看，未來在 2020 年之前，將會再增加 8 座機組參加運轉，總裝置容量為 9,600 MWe。



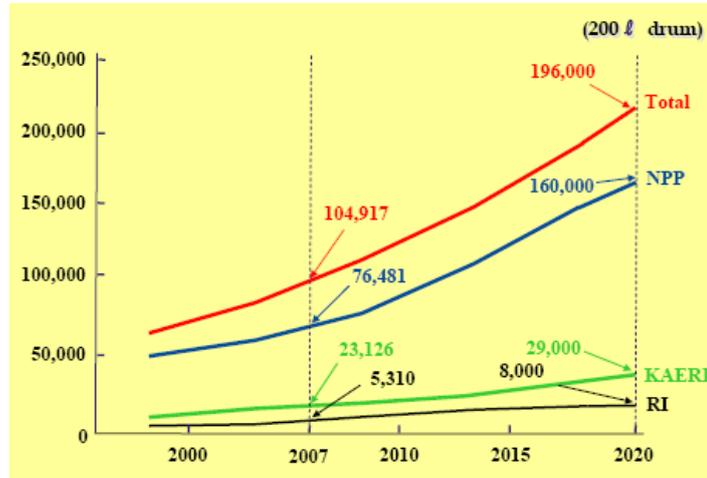
圖：韓國核能電廠名稱及核能發電占比

1. 國家放射性廢棄物之營運計畫

低放射性廢棄物至 2009 年底前貯存於核電廠內；用過核子燃料至 2016 年底前貯存於核電廠內。

2. 低放射性廢棄物之營運

韓國低放射性廢棄物之預計產生累積數量如下圖，其貯存現況如下表：



圖：低放射性廢棄物之預計產生累積數量

表：低放射性廢棄物之貯存容量、貯存現況及預計飽和時間

至 2007 年底(200 公升桶)

核電廠	貯存容量	貯存數量	飽和年度
Kori	50,200	37,977	2014
Yonggwang	23,300	18,246	2012
Ulchin	17,400	13,506	2008
Wolsong	9,000	6,752	2009
Total	99,900	76,481	—

2005 年 3 月，韓國會通過「中、低階放射性廢棄物處置場申辦地區支援特別法」，主要內容包括：提供處置場址所在地及鄰近鄉鎮回饋金、地方政府每年可依據放射性廢棄物處置數量收取費用、地方統籌運用於振興地方發展，用過核子燃料之相關設施必須與低放射性廢棄物處置場址

所在地分開；另由中央相關部會首長組成「支援委員會」，協助地方發展，政府承諾將韓國水力核能電力公司總部遷移至處置場址所在地，與地方共存共榮決心。

2005 年 8 月底，南韓共有全羅北道的群山市(Kunsan)、慶尙北道的慶州市 (kyongju)、浦項市 (Pohang)及盈德郡 (Yongduk) 四鄉鎮向政府申請自願設置低階放射性廢棄物處置場。2005 年 11 月 2 日，4 區同時辦理公民投票，慶州市民眾以 70.8%的投票率，89.5%同意而勝出。

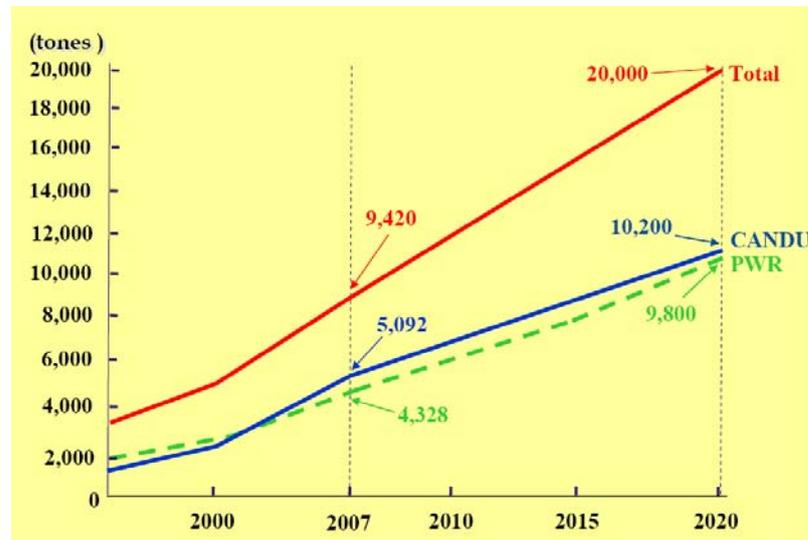
低放射性廢棄物處置場所需面積為 2,096,838 平方公尺，總設計容量為貯存 800,000 桶。第 1 階段規劃容量為 100,000 桶，處置方式為洞穴處置（詳如下圖），韓國政府也已經在去年（2007）11 月開工，目前正積極建設，預計於 2010 年 6 月完工，建造成本為 15.2 億美元。



圖：韓國慶州市低放射性廢棄物處置場

3. 用過核子燃料之營運

韓國用過核子燃料之預計產生累積數量如下圖，其貯存現況如下表：



圖：用過核子燃料之預計產生累積數量

表：用過核子燃料之貯存容量、貯存現況及預計水池飽和時間

至 2007 年底(公噸)

核電廠	貯存容量	貯存數量	飽和年度
Kori	2,253	1,623	2016
Yonggwang	2,686	1,491	2016
Ulchin	2,327	1,214	2008
Wolsong	5,980	5,092	2009
Total	13,246	9,420	—

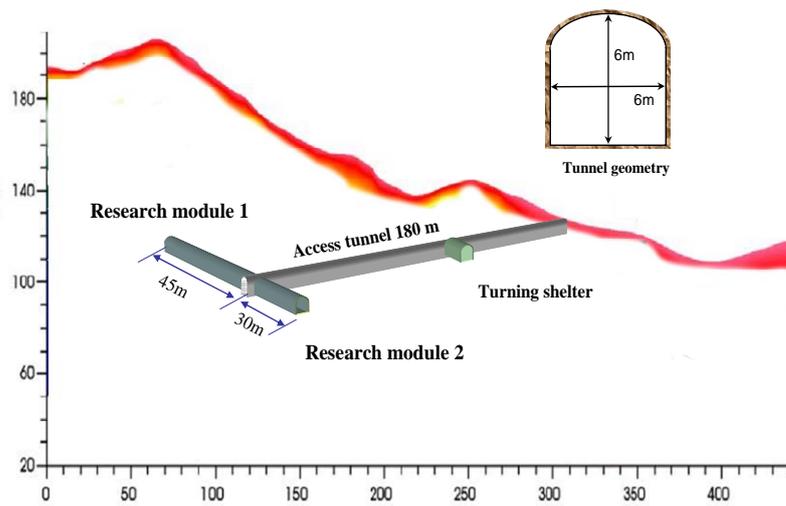
韓國 20 座機組所產生的用過核子燃料量至 2007 年底已累積達 9,420 噸，預計在 2020 年以前將累積達 20,000 噸用過核子燃料，而目前用過核子燃料皆存放於核電廠內。至於用過核子燃料之營運策略係採「直接最終處置」

方式或採「再處理」方式，目前韓國政府仍在觀望中，依據 2004 年核能委員會之決議，預計於 2016 年韓國政府將會決定用過核子燃料之營運策略。

將來不論採「直接最終處置」方式或採「再處理」方式，均須有最終處置場。因此，爲了將來處理用過核子燃料的長遠發展著想，必須解決這項根本問題，故韓國從 1997 年即展開高放射性廢棄物(HLW)處置技術的研發計畫。

爲了發展一個安全且可行的處置系統，有必要將此系統置於地下的地質環境作驗證，以證明所提議之地質處置系統是安全且可行的。因此，韓國建造了一個小規模的地下研究隧道(KURT)，其目的在建立一個具長期安全性的高放射性廢棄物處置場之參考系統，並在不使用放射性物質的情況下，韓國原子能研究所計畫利用 KURT 研究各種水文地質及地球化學的相關行爲，進行各個現場測試，並藉此檢視高放射性廢棄物處置系統的安全功能。

爲了描繪場址的地質特性，在 2003 年進行地表勘查、地震勘查、電阻勘查、坑道鑽孔、以孔內超音波攝影儀器進行坑道觀察及實驗室測試，最後根據場址的特性，於 2004 年完成 KURT 的細部設計，於 2004 年 11 月獲得科學技術部及韓國大田地方政府的建造許可。於 2005 年 3 月始動工，以地下隧道的方式建於韓國原子能研究所的後山，歷經 1.7 年之後於 2006 年 11 月建造完成，KURT 總花費爲韓幣 34 億元（約新台幣 8500 萬元）。隧道深 180 公尺，總長約 255 公尺，斜面坡度-10%，2 個實驗模組分別置於 2 個隧道端點，詳細如下示意圖。



圖：KURT 2006年11月完工之示意圖



KURT隧道正門

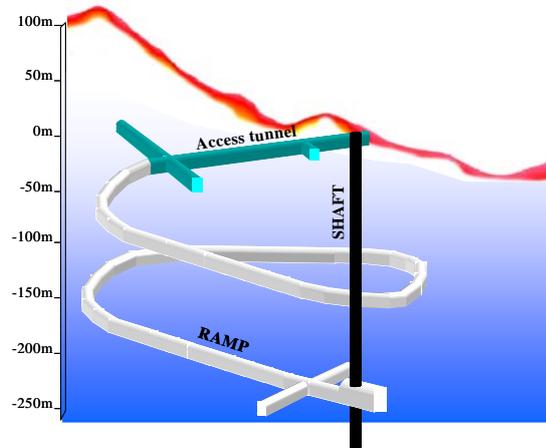


KURT通道隧道



KURT實驗模組

2012 年以後，斜坡式的隧道將繼續往下開挖，直到通氣立坑達 300 公尺以上，詳細如下示意圖。



在地下水文調查的現場測試中，地球化學的情形、岩石群的行爲、非放射性物質在岩石及岩石群間之傳輸、工程障蔽系統之功能、安全評估、最終處置系統的驗證都將於 KURT 中執行。KURT 被歸類為「一般設施」，故根據現行的法律，任何放射性的物質不可攜入及使用。這樣的科研成果可增進對地下環境的認知，不僅提供了制訂國家高放射性廢棄物營運政策所需之資料及訊息，並加強社會大眾對放射性廢棄物處置計畫的接受度。

(三) 日本放射性廢棄物之營運

日本目前營運中之核能發電廠有 55 座，總裝置容量為 49,580 MWe，核能發電占總發電量 30%。另，建造中核能機組有 2 部，規劃中有 11 部，計 68 部，總裝置容量為 66,810MWe。依照日本政府對電力需求與供應的長期計畫來看，未來在 2030 年之前，核能發電占總發電量將維持在 30 至 40%。

1. 日本放射性廢棄物處理政策

2005 年日本原子能委員會訂定「核能政策架構」，相關政府部門將該架構奉為核能政策的基本原則，推動核能科學與工程之研究、發展及使用。

2000 年長期計畫經日本原子能委員會修訂，而內容著

重於放射性廢棄物的後端處理。計畫內容說明受惠於核能電力的這一代，應該有義務將因使用能源及研究發展所造成的放射性廢棄物以最安全的方式處置，並應持續努力以維持適當廢棄物處置計畫能穩定的進展。計畫中的放射性廢棄物處理及處置基本政策如下：

- (1) 放射性廢棄物主要由核電廠及核燃料循環設施所產生(包括用過核子燃料經國外再處理後，依合約規定運回日本的廢棄物)，還有來自各大學、研究機構、醫療機構及其它設施所產生的放射性廢棄物。

這些廢棄物需由廢棄物產生者執行安全處置，而政府應提供指導或規範，確保廢棄物產生者適當且安全的處置放射性廢棄物。

- (2) 因放射性廢棄物依其放射性程度及所含放射性物料種類有很大的變化，故需安排以處置的方式將放射性廢棄物作分類，不論其源於哪一個設施，依其特性作處理與處置。
- (3) 爲了贏得民眾對放射性廢棄物最終處置業務的信任，需盡力提供處置專案的完整資訊，並確保資訊透明化。
- (4) 主動推動減少廢棄物製造量，並將其加以循環利用。爲達此目的，必須更積極的進行研究發展。與放射性廢棄物處理與處置工作相關的團體及政府機關應共同進行研究如何應用廢棄物，及更廣泛的研究發展如何應用廢棄物的系統，包括令人滿意的安全檢驗。

2. 放射性廢棄物營運之組織與義務

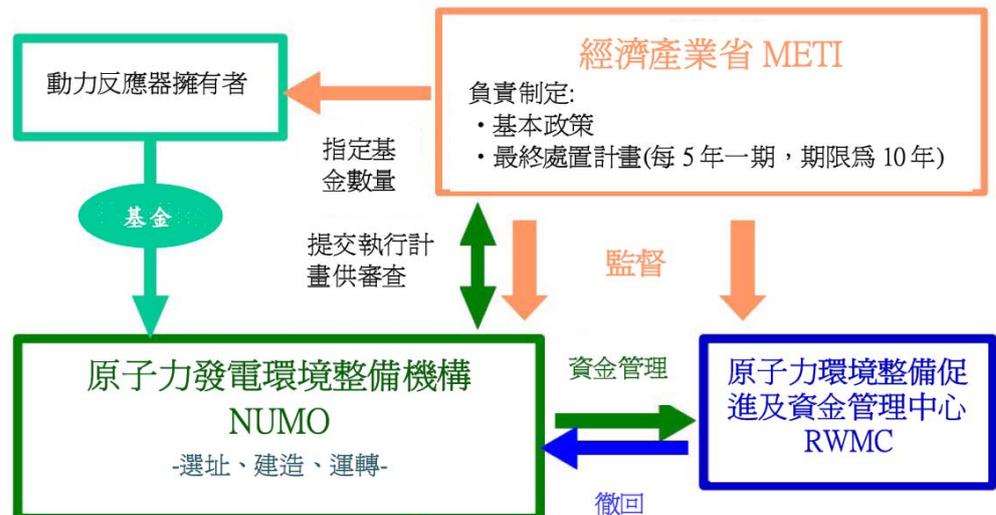
關於放射性廢棄物處理與處置之責任，基本上取決於放射性廢棄物產生者；產生者應依照特定的計畫及以自己的經費費，以適當且確切的方式盡其義務，日本政府須負責作最後的確認，確保放射性廢棄物產生者已盡其義務，並達到安全要求，其包含處置方式的全面性規劃與放射性廢棄物處置之安全確認，並設計所需的合法措施，以符合

處置義務的長期保證。

日本經濟產業省(The Ministry of Economy, Trade and Industry(MEIT))為核子相關能源利用行政作業的主管機關。而經濟產業省(MEIT)中的日本原子力安全保安院(The Agency of Nuclear and Industrial Safety)負責管制核能發電設施、工業用核子燃料循環設施及放射性廢棄物設施的安全。

在日本處理高放射性廢棄物之專責機構稱為原子力發電環境整備機構(Nuclear Waste Management Organization of Japan -NUMO)，所負責的事項有高放射性廢棄物處置場之選址、建造、執照申請、運轉與封閉等工作；而高放射性廢棄物地質處置技術研發工作原來係由日本原子能研究所(Japan Atomic Energy Research Institute, JAERI)及日本核燃料循環與開發機構(JNC)所負責，此 2 機構業於 2005 年 10 月 1 日合併為日本原子力研究開發機構 (Japan Atomic Energy Agency, JAEA)。NUMO 及 JAEA 皆是屬於民間經營的核能單位。

2005 年 10 月，根據新頒布的“後端法”，高放射性廢棄物的基金安排做了一些改變。根據這部法律，成立了“原子力環境整備及資金管理中心 (RWMC)”作為獨立的資金管理實體。高放射性廢棄物最終處置的相關組織如下圖。



圖：日本高放射性廢棄物最終處置的相關組織

3. 放射性廢棄物處理、貯存及處置設施

(1) 低放射性廢棄物處理設施

日本約有 180 個研究機構使用放射性同位素 (radioisotopes, RI)，也因此產生放射性廢棄物。隸屬日本原子力研究機構東海研究所的放射性廢棄物處理設施專門負責處理研究機構所產生的放射性廢棄物，將固體放射性廢棄物焚化及壓縮，將液體放射性廢棄物蒸發、濃縮；完成上述處理後進行貯存作業，其貯存容量為 139,000 廢料桶(200 升之標準桶)。

日本約有超過 5,000 個設施使用放射性同位素，也因此產生放射性廢棄物。日本同位素協會 (Japan Radioisotope Association) 負責收集放射性同位素廢棄物，之後將這些同位素廢棄物貯存於岩手縣瀧澤村的 Kaya 紀念瀧澤研究機構 (Kaya Memorial Takizawa Research Institute)，並將固體廢棄物焚化、壓縮處理，將液體廢棄物蒸發、濃縮、攪拌脫水處理。

(2) 低放射性廢棄物處置設施

位於日本青森縣六所村的日本核子燃料有限公司 (JNFL) 低放射性廢棄物處置中心是日本唯一在運轉的放射性廢棄物處置設施，它從 1992 年 12 月開始提供服務，主要是處置核能電廠的低放射性廢棄物。處置中心的 1 號設施貯存容量為 200,000 桶經固化的固體廢棄物 (其容納同性質的固化廢棄物)。2000 年 10 月，處置中心的 2 號設施開始運轉，並可貯存 20,000 桶經過壓縮的固體廢棄物。

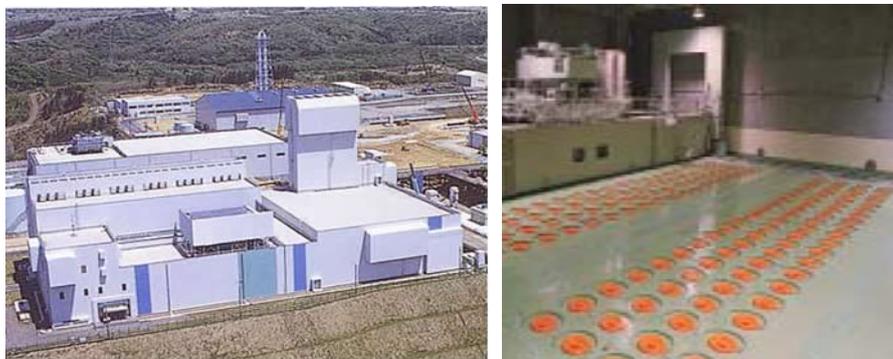
兩座處置設施的總容量為 400,000(200 公升裝)桶，其規劃最終容量可增加至 3,000,000 桶，詳如下照片。



圖：日本青森縣六所村的日本核子燃料有限公司低放射性廢棄物處置中心

(3) 高放射性廢棄物貯存設施

高放射性廢棄物目前有兩個貯存設施。1 個屬於日本核子燃料有限公司位於青森縣六所村的貯存設施，專供貯存海外再處理後所運回的高放射性廢棄物，該貯存設施的所有吊卸過程及檢視過程都由遙控操作，而廢棄物所產生之衰變熱是經由自然通風的方式進行冷卻。從歐洲運回的第一批玻璃固化高放射性廢棄物於 1995 年運抵日本，因此，該貯存設施於 1995 年 4 月開始運轉，設計容量為 1,440 罐玻璃固化高放射性廢棄物，截至 2008 年 9 月 30 日止，存有 1,310 罐玻璃固化高放射性廢棄物，未來可擴增至兩倍容量。



圖：日本核子燃料有限公司位於青森縣六所村的玻璃固化高放射性廢棄物貯存設施

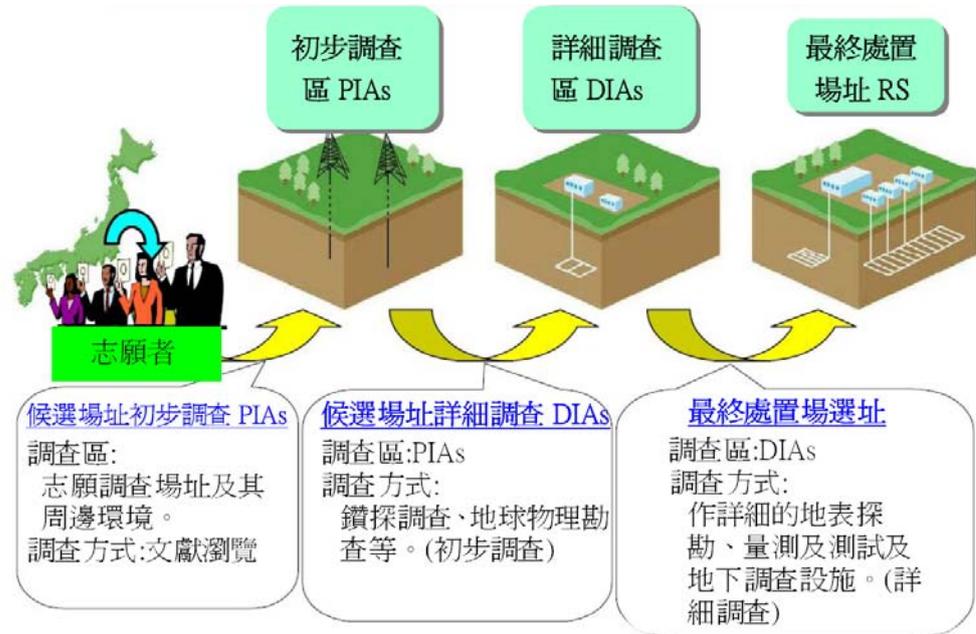
另 1 個屬於日本原子力研究機構(Japan Atomic Energy Agency, JAEA)位於茨城縣東海再處理中心，該貯存設施專門用來貯存東海再處理廠所產生的高放射性廢棄物玻璃固化體，而廢棄物所產生之衰變熱是經由強制通風的方式進行冷卻。貯存設施的設計容量為 420 個玻璃固化高放射性廢棄物，目前貯存 218 個玻璃固化高放射性廢棄物。

4. 高放射性廢棄物處置計畫

JAEA 所屬之東海事業所是日本高放射性廢棄物處置計畫研究發展之主辦單位，該所分別 1993 及 2000 年出版了高放射性廢棄物深層地質處置綜合研究報告—H3 及 H12 報告，而 2005 年出版了 H17 報告。另，JAEA 所屬的幌延(Horonobe)地下研究中心自 2000 年以來，一直在北海道進行研發工作，調查地下約 500 米深度的沉積岩，並於 2005 年 11 月開始進行地下立坑和橫坑的建造工作。JAEA 所屬位於岐阜縣的東濃(Tono)地球科學中心，預計於地下 1000 米深處的花崗岩建造一座小型設施—瑞浪(Mizunami)超深地層地下實驗室，目前已開挖約 300 公尺的深度。

2000 年 5 月，日本國會通過了“特定放射性廢棄物最終處置法 Specific radioactive waste final disposal act (簡稱“最終處置法)”，規定要將高放射性廢棄物進行深層地質最終處置。根據該法案，2000 年 10 月成立了私有性質的“原子力發電環境整備機構(NUMO)”，推動最終處置計畫，包括選址、技術示範、執照申請、建造、運轉、50 年監控的可再取出性，以及最終處置設施的封閉。

NUMO 已經開始進行公開的場址評選程序，這項工作將分三階段進行如下圖，預定於 2013 年開始進行場址詳細的調查、2028 年完成選定場址，2030 年啓用。



圖：高放射性廢棄物處置選址程序步驟

三、「2008 年東亞放射性廢棄物營運國際會議」－技術研討分組會議部分

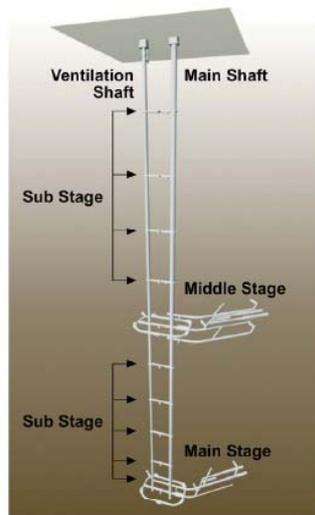
10 月 20 日技術議題分組會議分爲 3 個會場進行其相關論文簡報，包括 1A&2A 會場的最終處置技術、1B&2B 會場的處理與除役及除污技術、1C&2C 會場的處置技術與場址特性及實驗評估技術。其中蔡顯修處長除共同主持 C 會場的分組會議外，並於會中報告 “Site Selection for Disposal of Low Level Radioactive Waste”，主要內容包含我國過去選址之努力、低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例相關規定、介紹我國 3 個已公告之潛在場址及結語，簡報資料如詳如附錄一。研討會第一天議程於 18:00 結束後，大會安排餐敘，各國與會人員藉此餐敘機會互相交流，交換彼此意見與經驗，並延續會議中討論之議題作進一步溝通。

10 月 21 日技術議題分組會議分爲 2 個會場進行其相關論文簡報，包括，上午的議程包含 3A 會場的處置技術(三)、3B 會場的處置與其他技術、4A 會場的最終處置之安全評估技術

(一)、4B 會場的用過核燃料管理技術，下午的議題則包含 5A 會場的最終處置之安全評估技術(二)及 5B 會場的社會溝通技術與策略。其中邱顯郎組長除共同主持 4B 會場的分組會議外，並於會中報告 “The status of Taipower’s spent fuel management program”，主要內容包含我國之核能發電介紹、用過核子燃料之營運計畫及現況(濕式貯存現況、乾式貯存計畫、直接最終處置計畫、再處理)、核後端基金及結語，簡報資料如詳如附錄二。研討會於 10 月 21 日 16:50 圓滿結束，本公司參加此次會議同仁，除了論文發表、共同主持分組會議、聽取相關領域題目之演講外，也在休息或用餐時間與參加會議之其他國家的專家學者交流，一方面蒐集資料及獲取新知，另一方面介紹本公司後端營運計畫現況，以提升本公司後端營運計畫之國際聲望，為未來可能之國際合作鋪路。

四、技術參訪(1)－瑞浪超深地層研究所

10 月 22 日由大會安排前往瑞浪市東濃地科中心(Tono Geoscience Center)之瑞浪超深地層研究所(MIU, Mizunami Underground Research Laboratory) 進行技術參訪。該場址為當地政府提供，並不是將來放射性廢棄物之預定處置場址，只是供研發使用之地下實驗室，其目的為深層地質處置環境調查、分析、評估及發展深層地質處置之系列工程，是有限目的之研究發展用場址，並非真正深層地質處置場址。場址以花崗岩為基盤，上覆沉積層。瑞浪超深地層地下實驗室之二條立坑示意及其規格如下圖所示。以二條立坑作為通道，立坑之間距為 40 公尺，主立坑規劃最大深度為地表下 1025 公尺，圓形直徑為 6.5 公尺；換氣立坑規劃最大深度為地表下 1010 公尺，直徑為 4.5 公尺。中期階段(middle stage)為地表下 500 公尺，主要階段(main stage)為地面下 1000 公尺，每個次階段(sub stage)為 100 公尺。



● Specifications

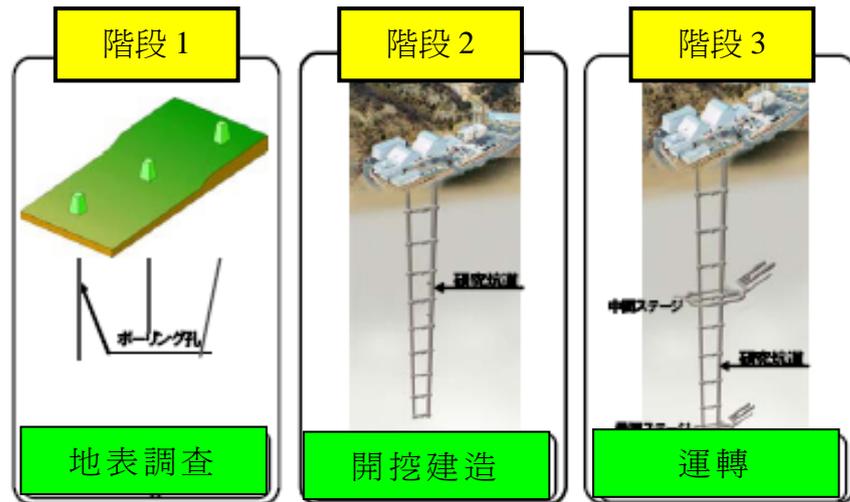
- Access style: Shaft
- Number of access shaft: 2 Shafts
- Separation of access shafts: 40m
- Shape of access shafts: Circular
- Max depth of access shafts: 1,025mbgl
- Inner diameter of Main Shaft: Ø6.5m
- Inner diameter of Ventilation Shaft: Ø4.5m
- Depth of Middle Stage: 500mbgl
- Depth of Main Stage: 1,000mbgl
- Interval of Sub Stages: 100m

*Plan is subject to change



圖： 瑞浪超深地層研究所二條立坑示意及其規格

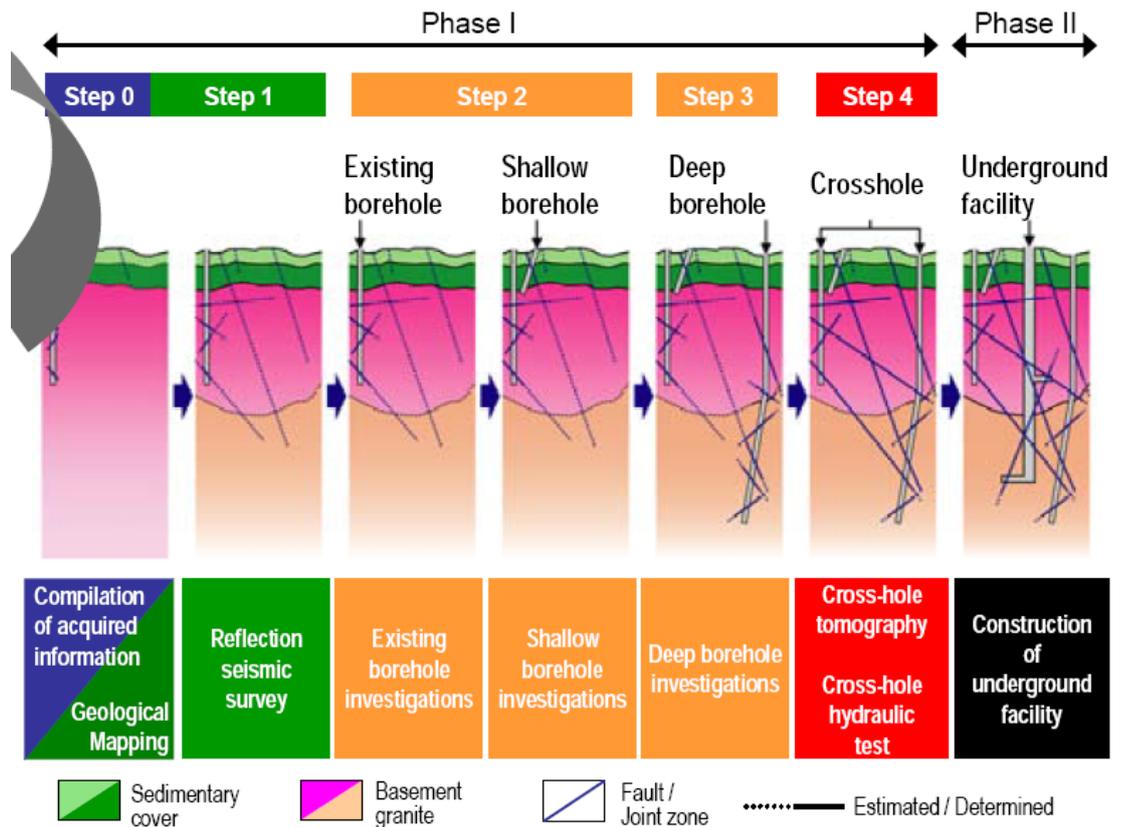
瑞浪超深地層研究主計畫分成 3 個階段進行，分別為地表調查階段、建造階段及運轉階段，詳如下圖。



圖：瑞浪超深地層研究計畫分成 3 個階段

其中調查階段可再細分為 5 個步驟(詳如下圖所示)：

- 步驟 0：廣泛蒐集地質資料，釐清地層邊界與不連續面。
- 步驟 1：透過已經存在的淺層鑽井或新鑽井進行探勘。
- 步驟 2：進行深主立坑與換氣立坑之鑽探，進行立坑間之相關試驗。
- 步驟 3：建造實驗用坑道(橫向)，進行斷面水力特性之試驗。
- 步驟 4：跨孔地質斷層掃描及跨孔水力試驗。



圖：調查階段細分為 5 個步驟

步驟 0 至步驟 4 均已完成，其中鑽探深井則已達 1000 公尺處，鑽探特別選擇以穿越斷層帶的方式進行，並採取傾斜水平面 5~7 度的角度進行鑽挖，同時於特定深度後，鑽頭能於特定位置轉變其方向，此機具之研發成果類似電力中央研究所之鑽探設備，顯示日本對於深井鑽探之技術有其獨到之處。MIU 目前正進行第 2 階段之主立坑與換氣立坑的開挖與相關試驗量測，主立坑直徑 6.5 公尺，目前開挖深度為 300.2 公尺；換氣立坑直徑 4.5 公尺，目前開挖深度為 280.5 公尺。平均進深約每 0.5 公尺/日，本次大會安排至深度 200 公尺處實地參觀。

MIU 地球科學之研究成果將被作為政府訂定安全法規之技術基礎，亦將被應用於 NUMO 所執行之最終處置計畫。為配合 NUMO 之最終處置計畫，MIU 地下實驗室於 2003 年 7 月開始開挖，預計於 2009 年達成 1000 公尺深。

五、技術參訪(2)－六個所村核能園區低放射性廢棄物處置中心

10月23日由大會安排前往青森縣六個所村核能源區進行技術參訪，該區由日本核燃料公司（Japan Nuclear Fuel Limited, JNFL）所籌建與運轉，目前園區設置與規劃的核子燃料循環設施有鈾濃縮廠、用過核子燃料接收與貯存設施、用過核子燃料再處理廠、混合氧化物燃料製造廠、玻璃固化廢棄物貯存中心及低放射性廢棄物處置中心，此次參訪主要的設施為低放射性廢棄物最終處置中心及相對較高之低放射性廢棄物處置地下研究設施。

日本核燃料公司成立於1980年3月1日，主要由東北電力、東京電力、中部電力、北陸電力、關西電力、中國電力、九州電力、四國電力、北海道電力等9家核能電力公司組成，資本額2千5百億日圓，現有員工2千餘人，業務範圍主要包含低放射性廢棄物最終處置、鈾濃縮、MOX燃料製造、用過核子燃料再處理、再處理產生廢棄物之暫存、鈾及低放射性廢棄物與用過核子燃料之運輸等。

（一）低放射性廢棄物最終處置中心

日本核能電廠運轉及維護所產生之低放射性廢棄物分為三類，第一類為運轉及維護所產生污染之工作服、手套、去污之紙布等歸類為可燃廢棄物，經焚化後將爐灰固化裝桶；第二類為運轉及維護所換下之管路、泵等金屬為不可燃廢棄物，經壓縮、切割或熔融後裝桶；第三類為水質處理後產生之放射性液體廢棄物，經濃縮後以水泥或聚合物固化裝桶。各電廠所產生之放射性廢棄物均暫存於廠區內之貯存設施內，排定時程後，由低放射性廢棄物運輸專用船隻—青龍丸載往六個所村處置。

低放射性廢棄物處置中心佔地600,000 m²，設計容量300萬桶，已核准之處置面積為80,000 m²（約40萬桶），於1992年12月開始運轉，第一期工程為均勻固化桶處置區，共有30個處置單元（原規劃40個），每一單元長、寬各24 m，高6 m，可處置5,120桶廢棄物，總處置量為200,000桶，截至2008年9月已處置139,000桶；第二期工程為非均勻固化桶處置區，共有16個處置單元，每一單元長36 m，寬37 m，高7 m，可處置12,960

桶廢棄物，總處置量約為 200,000 桶，截至 2008 年 9 月已處置 62,000 桶。其運輸、接收、檢驗、處置流程及低放射性廢棄物最終處置中心之鳥瞰圖如下圖：

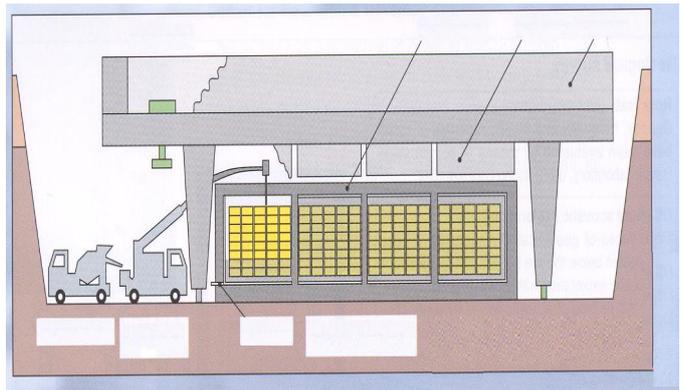
專用船至各核能電廠收齊廢棄物，再以海運送至小川原港卸下



經過固化桶完整性、表面污染及放射性強度檢查後，送至處置中心，以抓具吊入處置單元（八桶一列橫臥式）



每一層裝滿後即以水泥漿澆灌，整個單元裝滿後灌漿加頂蓋，所有單元皆填滿後，置入黏土層，再將原開挖土回填並植被。



圖：運輸、接收、檢驗、處置作業流程

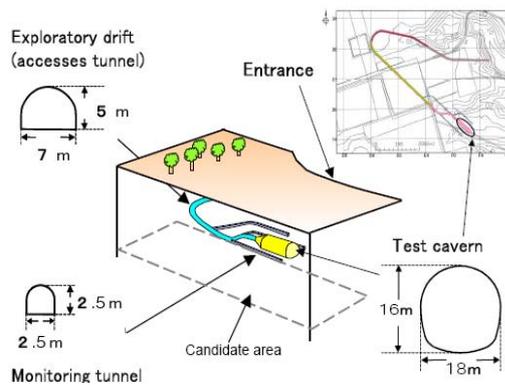


圖：日本青森縣六所村的低放射性廢棄物處置中心

(二) 相對較高之低放射性廢棄物處置地下研究設施

核能電廠所產生之廢棄控制棒及燃料格架，在日本該類廢棄物歸類為屬相對較高之低放射性廢棄物，除掩埋之深度（50-100 m）與前二期之低放射性廢棄物不同（8-9 m）外，處置方式為坑道式，與之前的淺地層掩埋亦有所區別。

爲了處置相對較高之低放射性廢棄物，日本核子燃料有限公司在青森縣六所村建造了地下研究設施—工程障壁的測試洞穴如下圖。



圖：相對較高之低放射性廢棄物處置地下研究設施

為確認該地下研究設施場址之地質、地下水及岩盤之條件能符合處置相關法規之要求，日本核燃料公司在 2002 年 11 月於低放射性廢棄物處置中心南側台地開挖調查坑道，以進行下述 3 方面之調查，驗證在六所村場址地表下 50~100 公尺深處置相對較高之低放射性廢棄物的可行性：

1. 設施預定地附近地質、地下水及岩盤之狀況

主要調查項目為地質觀察、物理試驗、三維抗壓試驗、透水試驗、流速測定及地下水壓測定，這些項目皆於調查坑內進行。

2. 設施安定性

主要調查項目為地質觀察、岩盤變位測定及支撐工程應力測定，這些項目皆於試驗空洞進行。

3. 南側台地、沼澤之地質及地下水狀況

主要調查項目為鑽探調查、物理試驗、三維抗壓試驗、透水試驗、地下水壓測定、水質試驗及音波探測，這些項目皆以鑽探方式為之。

參、心得及建議

- 一、東亞地區的日本、韓國均對高放射性廢棄物處置技術發展，依整體規劃、分階段、分組織務實執行，各項研究不因尚未有確認場址而停滯。有關我國用過核子燃料或高放射性廢棄物之最終處置計畫，目前正依據原能會 95 年 7 月核定之「用過核子燃料最終處置計畫書」內容按步就班、穩定漸進執行，惟為減少摸索時間、減少不必要之現場鑽探、開挖等嘗試性作業，他山之石可以攻錯，建議多參加國際合作。
- 二、經由技術參訪瑞浪超深地層研究所，實際觀摩及瞭解該設施之規劃、開挖、建造、試驗等分成地表調查、開挖建造、及

運轉 3 個階段作業，其中地表調查階段可再細分為 5 個執行步驟，對於用過核子燃料或(及)高放射性廢棄物最終處置場址之選址程序鑽探與潛在處置母岩調查，有更深一層認識，可供本公司規劃最終處置計畫之參考。

- 三、經由技術參訪六個所村核能源區低放射性廢棄物處置場，實際現場觀摩該設施之運輸、接收、檢驗、處置、管理與管制作業，對於低放射性廢棄物處置場之營運更具體的了解，有助於本公司低放射性廢棄物處置計畫之規劃及管理。
- 四、東亞地區的日本、韓國均已建造地下實驗室，藉此提升高放射性廢棄物之處置技術，以韓國為例，Kurt 地下實驗室建造費用約為新台幣 8600 萬元。無論我國將來係採直接處置或再循環策略，均需最終處置場，因此，建議本公司探討建造地下實驗室之可行性，除可提升我國高放射性廢棄物處置之技術外，並提升我國在高放射性廢棄物處置計畫之國際聲望。
- 五、「東亞放射性廢棄物營運國際會議」乃為促進東亞各國之核能合作與技術交流所定期舉辦之會議，每兩年舉行一次，由中、日、韓三國依序輪流主辦，主要探討放射性廢棄物處理與處置相關議題，與本處業務息息相關，建議將來繼續派員參加該會議，以汲取國外放射性廢棄物之營運發展經驗，俾利我國核能後端營運計畫與國際接軌。

肆、 附錄

- 一、附錄一：“Site Selection for Disposal of Low Level Radioactive Waste”簡報資料。
- 二、附錄二：“The Status of Taipower’s Spent Fuel Management Program”簡報資料。

Site Selection for Disposal of Low Level Radioactive Waste in Taiwan

presented by

Dr . H.S. Tsai

EAFORM , 2008

Contents :

1. Past Activities
2. Regulatory Act
3. Site Selection Processes
4. Closing Remarks

1. Past Activities :

- On-site Storage at NPP (1978~)
- Off-site (Lanyu) Storage Facility (1982~)
- Continuous Efforts for Disposal Site Selection (1991~2004)
 - Hsiao-Chiu Project (1998~2002)



Storage Facility at Chinshan NPP

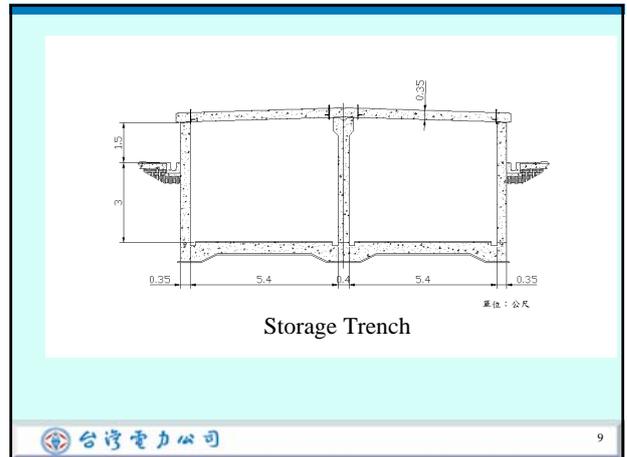
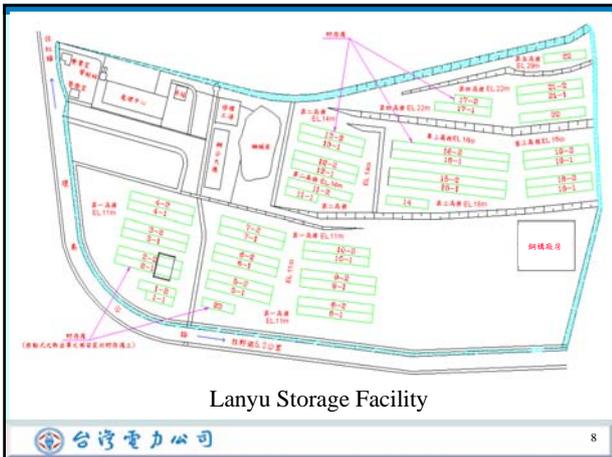


Storage Facility at Kuosheng NPP

Nuclear power plants low level radioactive waste storage status (August 2008)

Plant	Solidified	Spent Resin	Combustible	Compressible	Others	Total
Chinshan	7,367	4,111	10,022	10,475	7,820	39,795
Kuosheng	26,010	5,377	1,979	440	12,576	46,382
Maanshan	2,517	1,470	1,172	1,401	863	7,423
Total	35,894	10,958	13,173	12,316	21,259	93,600

*Unit: 55 gallon drums



Lanyu storage site status (August 2008)

	Chinshan	Kuosheng	Maanshan	Small producers	Volume Reduction Center	Resolidification	Total
Received	0	0	0	0	0	0	0
Total Received	42,028	37,488	6,336	11,292	528	0	97,672
After Repacking	41,893	37,377	6,336	11,292	528	574	97,960

*Unit: 55 gallon drums
 *Lanyu storage site ceased receiving radioactive waste in 1996

台湾電力公司

10



2. Regulatory Act :

- “Act on Site for Establishment of Low Level Radioactive Waste Final Disposal Facility” promulgated in May 2006.
- Competent authority : AEC
- Implementing authority : MOEA
- Site selection operator : TPC

AEC's Responsibilities and Role :

- Prescribes range of areas and standard for recognition of prohibited areas
- Inspection of site survey activities

Prohibited Areas :

- Where the active faults or the geological conditions could endanger the safety of the disposal facilities.
- Where the geochemical conditions reducing effective restraint of pollution dispersion of radioactive nuclides, and is likely to endanger the safety of the disposal facilities.

Prohibited Areas (cont.) :

- Where the conditions of the hydrology on the surface water or underground water are likely to endanger on the safety of the disposal facilities.
- Of high density of population
- Where cannot be developed by law

MOEA's Responsibilities and Role :

- Organizes site selection group
- Designates site selection operator
- Publicizes site selection plan
- In charge of site selection process

Member of the Site Selection Group

- Ministry & Agency Representative (6)
 - (1) Ministry of the Interior
 - (2) Ministry of Economic Affairs
 - (3) Environment Protection Administration
 - (4) Atomic Energy Council
 - (5) Council of Agriculture
 - (6) Council of Indigenous Peoples
- Scholar & Expert (10)
 - Geology, Hydrology, Marine Science, Nuclear Science, Civil Engineering, Social Economy, Culture & Historicity, etc.
- Environment Protection Organization Representative (3)

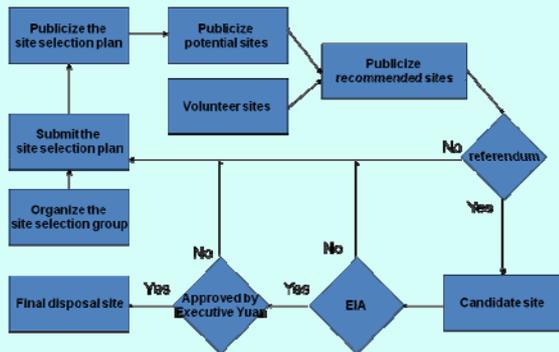
TPC's Responsibilities and Role :

- Site survey
- Public communication
- Land acquisition

3. Site Selection Processes :

- Site Selection Plan
- Potential Site
- Recommended Candidate Site
- Candidate Site
- Approved Site of Disposal Facilities

Site Selection Work Flowchart :



Selected & Publicized Potential Sites

- Da-Zhen, Tatung
- Mu-Dan, Pintung
- Wan-An , Penhu

Da-Zhen



Mu-Dan



The Status of Taipower's Spent Fuel Management Program

Presented
at
2008 EAFORM Conference in Tokyo, Japan
By
Dr. H.L. Chiu
Taiwan Power Company

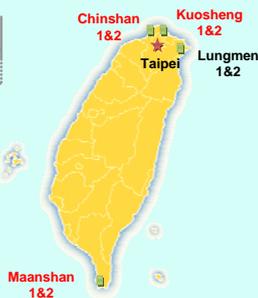
CONTENTS

1. NUCLEAR POWER IN TAIWAN
2. SPENT FUEL MANAGEMENT
 - POOL STORAGE
 - DRY STORAGE
 - FINAL DISPOSAL
 - OVERSEAS REPROCESSING
3. NUCLEAR BACKEND FUND
4. CLOSING REMARKS

1. NUCLEAR POWER IN TAIWAN

Three NPS in operation and one NPS under construction

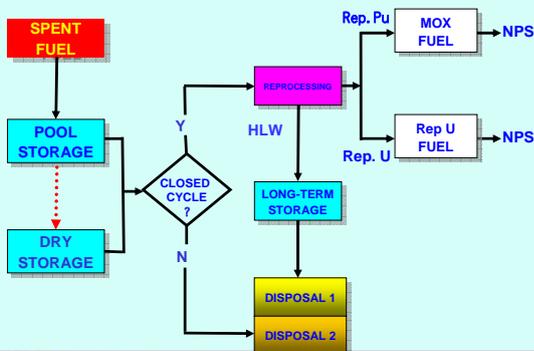
- **Chinshan**, BWR4, 636 MWe*2, commissioned at 1978
- **Kuosheng**, BWR6, 985 MWe*2, commissioned at 1981
- **Maanshan**, PWR, 951 MWe*2, commissioned at 1984
- **Lungmen**, ABWR, 1350 MWe*2, to be commissioned



1. NUCLEAR POWER IN TAIWAN (...)

- Total installed capacity at 2007: 5,144 MWe
 - 13.5 % of installed capacity;
- Total power generated at 2007 : 38.96 TWh
 - 19.3 % of electricity generation;
- 7,350 tons spent fuel will be discharged during a 40-year power.

2. SPENT FUEL MANAGEMENT



2. SPENT FUEL MANAGEMENT (...)

- **SHORT TERM- POOL STORAGE**
 - Maximize spent fuel pool storage capacity by rerecking.
- **INTERIM TERM- DRY STORAGE**
 - Build an on-site dry storage facility with monitoring features.
- **LONG TERM**
 - Develop deep geological repository for final disposal and reserve the flexibility of overseas reprocessing.

2.1 POOL STORAGE

PLANT	POOL CAPACITY (ASSEMBLY)	QUANTITY AFTER 40-YR OPERATION (ASSEMBLY)	CURRENT INVENTORY (AS OF 10/1/2008)	TIME OF LOSING FULL-CORE-OFFLOAD CAPABILITY
CS	3,083	3,766	2,564	2010
	3,083	3,766	2,540	2011
KS	5,026	5,766	3,488	2015
	5,026	5,766	3,376	2016
MS	2,151	1,921	1,054	2025
	2,151	1,921	1,073	2026

2.2 DRY STORAGE

- Chinshan NPS will lose its full-core-reserve capacity in 2010.
- In July 2005, Taipower entered into an exclusive negotiation with INER on the research and development of a BWR spent fuel dry storage product for Chinshan plant.
- INER-HPS dry storage system was developed via technology transfer from NAC International.

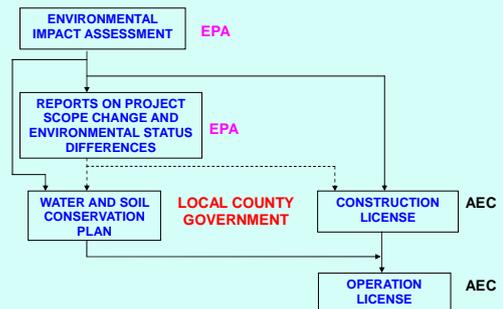
2.2 DRY STORAGE (...)

■ INER-HPS Dry Storage System



2.2 DRY STORAGE (...)

■ LICENSING PROCESS



2.2 DRY STORAGE (...)

- TPC submitted the application for construction license to AEC in March 2007.
- A technical review team (30 experienced experts with 10 technical groups) was organized by AEC.
- After 10 months of review, the review team concluded that the Safety Analysis Report is acceptable.

2.2 DRY STORAGE (...)

- The local government of CS NPP strongly opposes the construction of the dry storage facility unless Taipower can specify a firm target date to ship out spent fuel.

2.2 DRY STORAGE (...)

Project Site Before Construction



Artist Rendition of the CS NPP Spent Fuel Dry Storage Facility



2.3 FINAL DISPOSAL

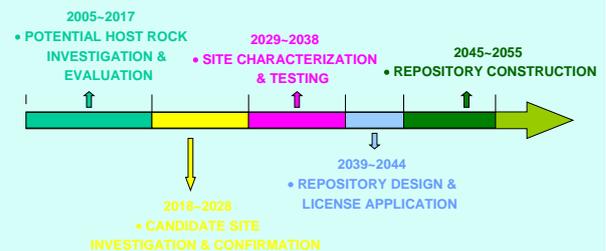
- In accordance with “The Nuclear Materials and Radioactive Waste Management Act” of 2002, Taipower submitted a Program Plan for Final Disposal of Spent Nuclear Fuel to AEC in 2004.
- AEC approved the Plan in July 2006.

2.3 FINAL DISPOSAL (...)

- According to this Plan, the spent fuel disposal program will be carried out in five phases as follows:
 - Potential Host Rock Characterization and Evaluation (2005-2017);
 - Candidate Site Investigation and Confirmation (2018-2028);
 - Detailed Site Investigation and Testing (2029-2038);
 - Repository Design and License Application (2039-2044);
 - Repository Construction (2045-2055).

2.3 FINAL DISPOSAL (...)

PROGRAM PLAN



2.4 OVERSEAS REPROCESSING

- Based on the past experience in implementing dry storage project, it is expected not easy to locate and secure a spent fuel disposal site which is acceptable to the public.
- US announced GNEP initiative promoting the reprocessing option in 2007, Taipower will keep watch on the worldwide development trend in spent fuel management and reserve the flexibility of exercising the reprocessing option.

3. NUCLEAR BACKEND FUND

- Established since 1986 for financing:
 - Package, transport, dry storage, final disposal/ reprocessing of spent fuel;
 - Volume reduction and interim storage of LLW at independent facilities;
 - Disposal of LLW;
 - Decommissioning of nuclear power plants and radwaste facilities;
 - Disposal of decommissioning waste.

3. NUCLEAR BACKEND FUND (...)

- The current rate is NTD 0.17/Kwh (~ 5 U.S. Mills) and can be adjusted annually.
- As of end Sep. 2008, the fund amounted to NTD 190 billion (~ US \$ 5.8 billion).
- Estimated total cost of Taipower nuclear backend programs, in 2001 dollar, is NTD 275 billion (~ US \$ 8.4 billion).
- The estimate of the total cost in 2008 dollar is being updated, which is slated to be completed by the end of 2008.
- The nuclear backend fund is being managed by an ad hoc committee under the Ministry of Economics Affairs, which consists of 13 members from government organizations and academic institutes.

4. CLOSING REMARKS

- Spent fuel management is crucial to the sustainable nuclear power generation.
- The spent fuel in Taiwan is managed in three phases.
 - Pool storage
 - Dry storage
 - Direct disposal/ Overseas reprocessing
- The local government of CS NPS strongly opposes the construction of the dry storage facility unless Taipower can specify a firm target date to ship out spent fuel.

4. CLOSING REMARKS (...)

- Final disposal project for spent fuel in Taiwan are commenced and moving forward step by step; not fast, but steadily.
- Taipower will continue to seek opportunities of international cooperation, including direct disposal and overseas reprocessing.
- To not impose undue burdens on future generations, nuclear backend fund has been established.

**Thank you
for your attention.**