

出國報告（出國類別：開會）

## 參與除役法規及除役作業管制研討會

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：王輔勳 核安處資深專業工程師

吳尚澤 核安處專員

派赴國家/地區：日本

出國期間：112/10/23 ~ 112/10/26

報告日期：112/12/18

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參與除役法規及除役作業管制研討會

頁數 10 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/黃惠淪 / (02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

王輔勳/台灣電力公司/核能安全處/資深專業工程師/(02)23667155

吳尚澤/台灣電力公司/核能安全處/管制法規專員/(02)23667488

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會 6 其他

出國期間：112/10/23~112/10/26

派赴國家/地區：日本

報告日期：112/12/18

關鍵詞：核能電廠除役

內容摘要：

考量本公司核能電廠將陸續於 2025 年前進入除役，擬參訪除役相關機構(或核能電廠)瞭解該國相關法規要求及管制實務以向核安會申請放寬管制要求，節省除役費用。本次聯繫到日本四國電力，經接洽後參訪為壓水式反應爐型式的伊方核電廠(1 號機 2016 年進入除役；2 號機 2018 年進入除役)，除針對除役期間持照者的持照文件、消防設計、除役作業、設備安全分級、PRA 應用及廢棄物管理，伊方電廠也安排現場觀摩，藉由雙方交流了解日本除役法規及實務作法。

本文電子檔已傳至公務出國報告資訊網 <https://report.nat.gov.tw/reportwork> )

# 目次

壹、	出國目的.....	1
貳、	出國過程.....	2
參、	會議內容摘要.....	3
肆、	心得及建議事項.....	9

## 壹、出國目的

考量本公司核能電廠將陸續於 2025 年前進入除役，擬參訪國外除役相關機構(或核能電廠)瞭解該國相關法規要求及管制實務以向核安會申請放寬管制要求，節省除役費用。

## 貳、 出國過程

經聯絡後，日本四國電力公司邀請本公司人員於 2023 年 10 月 23 日至 10 月 26 日赴四國伊方電廠進行技術交流，活動期間討論除役期間持照者持照文件、消防設計、除役作業、設備安全分級、PRA 應用及廢棄物管理，另也為本公司安排現場觀摩。

出國行程規劃表

日期	行程內容
112/10/23	去程（台北－四國）
112/10/24~112/10/25	與四國電力討論除役作業及參訪伊方電廠
112/10/26	返程（四國－台北）

## 參、 會議內容摘要

### 1、 第一天(112/10/24)：

在雙方正式開始會議前，由對方先召開參訪前會議，會議主持人係伊方電廠代理廠長池田修司先生，與會人員包含伊方電廠除役課課長札本真介先生及四國電力總公司除役組副組長古谷泰大先生。雙方進行簡單的自我介紹後，即到會議室進行簡報及討論。

(一) 台電公司及台灣核電廠簡介：首先由本公司向四國電力伊方電廠報告本公司目前各電廠的除役近況及除役計畫內的重要里程碑，讓與會人員了解本國除役法規的規定及本公司參訪目的。

(二) 四國電力及伊方電廠簡介：由古谷泰大先生報告，並由札本真介先生補充說明現場情況。

(1) 伊方電廠位於四國愛媛縣南部鄰瀨戶內海，廠內共三部機組，均為壓水式反應爐，其中 1 號機(566 MW)及 2 號機(566 MW)分別於 2016 年 5 月及 2018 年 5 月宣布除役，而 3 號機(890 MW)則在 2016 年 8 月重新起動運轉。

(2) 因日本原子能法未規定要幾年內完成除役作業，因此是由業者在除役計畫中自己決定要多久完成除役作業。四國電力規劃 1、2 號機除役作業預計 40 年完成，分為四個階段，重要工作如下所列，目前 1、2 號機進度均在第一階段：

a. 第一階段(預計 10 年)：拆除的準備工作，包含核子燃料轉移、調查汙染物狀態、制定拆除計畫、拆除及移除輻射管制區以外設備，主要係二次側的泵、桶槽及管路。

b. 第二階段(預計 15 年)：拆除並移除反應爐鄰近區域的設備，主要係一次側的泵、桶槽及管路(並延伸至第 3 階段 8 年)。

c. 第三階段(預計 8 年)：拆除並移除反應爐區域的設備，包含反應爐、蒸汽產生器，其間安全貯存約 25 年，讓短半衰期的放射性核種的活度可以大幅降低。

d. 第四階段(預計 7 年)：拆除並移除建築物及其他結構，包含圍阻體廠房、反應爐輔助廠房等。

- (3) 已完成拆除之重要設備：高低壓汽機(已運出廠址)、海水取水口的門式起重機(已運出廠址)、汽機廠房熱交換器、緊急柴油發電機(第 2 天參觀現場時，其中一台 EDG 正拆完準備移出廠外)。
- (4) 用過燃料管理：
  - a. 1 號機：用過燃料池中的 237 束用過燃料從 2018 年 6 月開始作業，已於 2019 年 9 月全數移至 3 號機燃料處理設施的用過燃料池。
  - b. 2 號機：用過燃料池中尚餘 316 束用過燃料，未來預計也會放入 3 號機燃料處理設施的用過燃料池，及興建中的用過燃料乾式貯存設施。
  - c. 所有用過燃料都預計將移到日本青森縣的六本村再處理廠(預計 2024 年完成)。
- (5) 乾式貯存設施：室內乾式貯存設計，將作為將用過燃料送至再處理廠前暫貯使用，該設施興建計畫於 2021 年獲原子力規制委員會(NRA)核准，目標在 2025 年 2 月開始營運。
- (6) 1、2 號機共用控制室大部分儀表均已停用。(該共用控制室除役前已完成數位化更新工程，因此前盤的盤面已數位化，用大螢幕取代。而因為許多儀表已不使用，故牆面的大螢幕停用，全部為黑色。)

### (三) 雙方意見交流

#### (1) 議題一：執照文件運轉規範 Technical Specification(以下稱 TS)

- a. 日本是否有類似台灣核電廠的 TS 文件？
- b. 日本進入除役，是否進行運轉中的 TS 轉換至除役 TS 的過程？
- c. 日本除役 TS 的規定如何？

回答：

- a. TS 概念源自於美國西屋公司，日本已採用其內容作為運轉基礎，並納入其執照文件中的一部份，主體稱作保安規定。但自從福島事件發生後，已額外增加許多保安的設備及規定，如嚴重事故設備、FLEX 等。

- b. 除役期間保安規定已排除對反應爐運轉管制，並僅管制用過燃料池水溫、放射性廢棄物外釋標準等；運轉員人數也因應減少，控制室內人員由 12~14 人降至 2~3 人。
- c. 將提供日文版保安規定供本公司參考。

(2) 議題二：執照文件終期安全分析報告或除役安全分析報告(Final Safety Analysis Report，以下簡稱 FSAR；Defueled Safety Analysis Report，以下簡稱 DSAR)

- a. 日本是否有類似台灣 FSAR 或 DSAR 文件？
- b. 除役後是否針對燃料吊運事故進行重評？
- c. 除役後是否針對留用的設備進行重新分級？
- d. 除役後是否修訂運轉期間的安全分析報告？
- e. 需要向管制機關定期陳報 DSAR 文件？

回答：

- a. 日本運轉中電廠類似 FSAR 的文件係反應爐安裝執照許可及興建計畫許可，其中反應爐安裝執照許可的內容包含安全分析。此外，福島事故後，除前述的申照程序外，運轉中電廠被要求執行個廠安全評估(Safety Assessment Report)，而此安全評估每次大修都要陳報 NRA。而除役電廠則係採用不同的程序，係以取得除役計畫許可，在除役計畫許可中包含對用過燃料池的安全評估及除役期間的人員暴露評估。
- b. 伊方電廠針對燃料束墜落時重新分析放射性外釋量及人員暴露值，其中考量該燃料的放射性強度已衰減，及納入燃料冷卻時間(5 年)，其造成的劑量約  $6.1E-5$  mSv，已非常低了。
- c. 除役期間組件都已停用或降級。
- d. 因採行的程序不同，伊方電廠並非直接修訂運轉期間安全分析報告，而係改採除役計畫許可申照程序，伊方電廠除役計畫已獲 NRA 核准。並告知我們可以在他們公司的官網上下載。(經返國下載伊方電廠 1、2 號機的除役計畫，該資料內容總計約 200 頁，比我國管制機關要求的內容少非常多)

- e. 除役計畫只有在進入不同階段(如第一階段結束進入第二階段)時進行更新，除此之外，如果設備設計變更而影響除役計畫中的敘述，也會進行更新。近期的更新係因為 1、2 號機共用海水系統而修訂。

(3) 議題三：除役期間消防設計

- a. 日本進入除役階段，是否針對每一個防火區進行放射性物質存量調查，以確保火災後放射性外釋的後果小於 10CFR20？
- b. 日本除役電廠要符合的消防法規規定？

回答：

- a. 目前為了後續拆除設備而正在進行輻射管制區的放射性物質存量調查，但並非用於火災事故分析。
- b. 運轉中電廠，如伊方電廠 3 號機，於福島事故後對於消防的規定變嚴格，要求消防偵檢器多樣性，及要求安裝海龍滅火設備。而對於除役電廠，如伊方電廠 1、2 號機仍僅須符合福島事故前的消防規定，主要係遵循一般消防建築法規。

(4) 議題四：除役作業

- a. 除役作業的重要里程碑？還有多少用過燃料貯存在用過燃料池？
- b. 用過燃料池冷卻系統的安全分級及耐震規定？
- c. 何時停用並隔離安全相關通風過濾系統？
- d. 通風過濾系統是否由電廠的煙囪排放？何時可以拆除煙囪？

回答：

- a. 如伊方電廠簡介簡報，共有 4 個階段。
- b. 若類比於運轉中電廠，用過燃料池冷卻系統安全等級為 PS-3，而耐震要求為 Seismic B。
- c. 除役期間緊急通風系統均已停用，如控制室緊急通風系統已停用。另外除役計畫已承諾在仍有輻射管制區規定時，圍阻體、反應爐輔助廠房、放射性控制室等的非安全通風系統會繼續維持並管理。非安全的用過燃料淨化系統在用過燃料全數移出用過燃料池前也會繼續維持並管理。

- d. 是的。目前拆除計畫規劃在無輻射管制區後才會拆除煙囪，就伊方電廠所知部分日本電廠有因考量老化效應而將煙囪的長度改短。

(5) 議題五：除役期間 PRA 的應用

- a. 運轉中有利用 PRA 進行電廠風險評估嗎？
- b. 進入除役階段針對用過燃料池存放用過燃料期間有要求要利用 PRA 技術進行風險評估嗎？

回答：

- a. 有運用 PRA 結果來評估興建工程管理及預防措施，亦使用於運轉中電廠的大修期間。
- b. 除役計畫並未採用 PRA 進行評估，日本法規亦無規定。

(6) 議題六：廢棄物管理

- a. 除役電廠是否有設置廢棄物處理設施？日本法規對於廢棄物處理設施的規定為何？其設計的考量為何？
- b. 有關受輻射影響區域(輻防管制區)內，所拆除設備、組件、管路等的離廠偵檢方式、程序及標準為何？
- c. 離廠偵檢方式、程序及標準是否有第三方驗證之規劃或要求？
- d. 受輻射影響區域(輻防管制區)內，汙染設備、組件、管路等的除汙方式？要採用何種方式貯存廢棄物？日本最終處置場的規劃？

回答：

- a. 伊方電廠目前仍使用運轉期間設置的廢棄物處理設備。現階段並無建置新廢棄物處理中心的經驗，但未來會視情況設置廢棄物處理設施。
- b. 日本法規規定可採用廢棄物離廠外釋程序，就伊方電廠所知部分日本電廠已採行該程序，但目前伊方電廠並未採用。
- c. 依據現行法規規定，NRA 會針對業者採用離廠外釋程序的量測及評估方法進行審核，並且驗證業者後續採前述方法之量測結果，以此兩步驟驗證，法規並未規定由第三方機構執行驗證。

- d. 現階段尚在規劃拆除輻射管制區內設備的除汙設備及方法。至於最終處置場，日本國內還沒有該設施，相關機構正在根據發電負責的原則進行必要的研究，以確保找到廠址。

2、 第二天(112/10/25)：現場觀摩除役作業及與伊方電廠召開結束參訪討論會議。

因伊方電廠廠內正在興建室內乾貯設施，且 3 號機已重新起動運轉。因此，四國電力公司將伊方電廠 1 號機燃料池內的燃料全數移至 3 號機用過燃料池，該燃料池位於一個獨立的廠房。也因此，1 號機內已無用過燃料，而二次側為清潔區域，不受放射性物質污染，而可以進行非污染區的設備拆除工作，並移出廠外。以下介紹四國伊方電廠帶我們參觀的地點，並於相關地點留影紀念。

- (一) 參觀 1 號機汽機廠房：高、低壓汽機葉片、相關熱交換器已拆除並移出廠內，汽機外蓋仍維持，主要係考量現場工安，確保現場沒有墜落風險。
- (二) 參觀 1 號機緊急柴油機廠房：現場緊急柴油發電機已拆除並移置廠房外，並以塑膠布覆蓋等待移出廠外。
- (三) 參觀海水泵室：現場緊急海水泵已拆除，並已移出廠外。
- (四) 參觀乾式貯存設施建造現場，該設施的主體建物已大致完成，應該可以如預期在 2025 年啟用。
- (五) 參觀 3 號機使用之 FLEX 設備設置。伊方電廠人員表示，共設置 2 套 FLEX 設備，一套較接近 3 號機組，另一套放在下面較遠處備用。所有 FLEX 設備均放置在戶外露天擺放，並加固放置防止移動。

3、 返國後，針對伊方電廠提供的補充資料為「伊方發電廠的原子爐設施保安規定」，重點摘錄說明如下：

- (一) 依其目錄來看，其保安規定分為 2 編，第 1 編是有關運轉中的機組規定(即針對 3 號機的要求)，第 2 編為除役電廠的規定(即針對 1、2 號機)。因本次主要是交流除役電廠，故四國伊方給的資料僅有第 2 編的內容。
- (二) 經查日本的原子能法第 16 條規定，運轉前須將運轉計畫送主管機關核准—此文件他們稱保安規定。其編排方式比較像法律條款，以一條一條來條列規定。在第 2 編中從第 201 條到第 333 條。內容分成 11 章，有總則、品質、保

安管理體制、廢止措施管理、燃料管理、放射性廢棄物管理、放射線管理、設施管理、非常時的措施、保安教育、紀錄及報告。其中的第 4 章比較像美國的 TS 規定。

(三) 在其第 283 條規定當值長每週至少要確認燃料池水溫要低於 65°C 以下，當超過時要儘速將水溫恢復。此規定有使用在核一廠 RHR 停轉備用申請案中向我國管制機關說明核一廠訂池水溫度 51.6°C 的合適性，最後獲主管機關同意。

#### 肆、心得及建議事項

- 一、伊方電廠除役規劃分為四期，除役策略以安全貯存之方式進行，預計 40 年完成除役。除役階段主要係以放射性強度作為分期，從二次側設備、鄰近反應爐之一次側設備、反應爐相關設備、最後相關廠房。對於用過燃料管理先係以清空除役機組之用過燃料為優先，以停用相關設備，用過燃料則暫存 3 號機用過燃料處理設施廠房內之燃料池及未來再轉移至乾式貯存設施，最終仍係以運出廠外至再處理廠處理。伊方電廠係壓水式反應爐設計，二次側的設備無放射性物質污染，所以現場 1 號機二次側設備已陸續規劃拆除。進入除役後現廠設備均已停用或降級，緊急柴油發電機也已拆除。
- 二、由會議中了解日本法規並未規定除役電廠完成除役之時間，因此伊方電廠規劃除役時間長達 40 年，其中有 15 年主要是待輻射管制區內劑量衰減的安全貯存期。好處是後續工作人員暴露劑量可大幅減少，可節省拆除設備所需的除汙設備、方法、及經費並減少二次污染物之產生量。
- 三、因 3 號機繼續運轉，故要同時兼顧機組運轉與除役作業，也因 3 號機繼續運轉，與 3 號機共用的設施仍保留不拆除。因此其 1、2 號機除役計劃中僅規劃少數建物屬除役範圍，大部份的建物仍須繼續使用。緊急計畫區域亦因此而無法縮減，本公司無法參考引用。
- 四、本次藉由參訪會議了解日本及台灣對於除役法規的異同，也了解日本除役期間對於管制方式，如除役期間僅管制用過燃料池水溫、放射性廢棄物外釋標準、對於運轉員的人數管制因應減少；除役電廠僅遵守一般消防建築法規規定；放射性廢棄物外釋程序僅由 NRA 審查偵檢方法及驗證量測結果，而未再請第三方機構進行

驗證；為了節省除役成本，1、2 號機共用海水系統等。此些管制方式可視情況作為後續與核安會討論的案例。

五、目前伊方電廠正在興建室內乾貯設施，若有需要，後續可再洽詢。另藉由本次參訪也已與伊方電廠建立聯繫方式，後續若須詢問日本除役實務作法，也可視需要提出詢問。

六、因日本法規沒有像美國法規規定核電廠要有 FSAR 內容並定期更新，故我國無法參考他們的做法。

七、四國伊方電廠提供的保安規定均為日文原文，短時間無法完成翻譯，可做為日後碰到相關議題時，再翻閱內容進一步瞭解其規定使用。