

他山之石——日本核設施除役法規之修訂

陳勝朗 核能科技協進會

前言

日本核監管局 (NRA) 是根據《反應器管理法》、《輻射使用安全條例》，負責核安全條例和核能使用保障措施。根據關於防止放射性同位素引起的輻射危害的法案等，負責核安全和輻射安全。以及根據核能緊急應變法的核能緊急應變的準備。

NRA 是環境部的一個外部獨立局。NRA 的主席和委員由首相任命，並徵得國會的同意。

本報告內容僅就日本於 2005 年 11 月後修訂的核能法規，其中關於除役法規規定的考量要因和依據的情形，以及定稿內容公佈，提供說明，以為國內借鏡參考。

一. 除役法規規定修訂

1. 修訂目的

旨在實現安全、順暢、合理的除役計畫。

2. 修訂考量要因

核電廠設施將從停止運轉轉變拆除狀態，隨著進行除役作業。此監管對象發生變化的情況是：1). 沒有反應器運行，也沒有核燃料，2). 設施拆除將產生許多不同類型的放射性廢棄物，而且隨著作業快速產生待處理和處置。

由於既有電廠的除役作業，需配合除役任務的安全管理系統，更專注於廢棄物料和放射性庫存的管理（例如廢物最小化），並需引入臨時結構和作業機具以協助拆除，以及運送更多的材料作業要求。基此，因作業環境的要求變化，必須提出下列重要措施計畫：1). 有關作業計劃和控制安全工作，更包括工業安全 2). 輻射曝露和放射性廢棄物的控制 3). 確認廢棄物的最終狀態和現場是安全的。當然也包括作業人力及專長需求的變化因素。

3. 國際組織 IAEA 公佈除役計畫標準導則

國際原子能總署 (IAEA) 為了協助監管機構和核電營運者瞭解核設施除役過程的安全相關的實用資訊，於 2005 年發佈〈IAEA Safety Report No. 45 provides information on the content and format for the decommissioning plan〉文件。同時，也指稱：確實的設施和場址特性調查作業是除役過程要求的一個關鍵要項。需要在特性調查作業上投入足夠的時間和精力，因為它是除役計畫的規劃過程——工作時間表的規劃、所需的勞動力負荷、所需的資金、產生的各類各式廢物量、作業人員的輻射暴露和維護安全工作條件所需的努力等需求的重要依據。

除役計畫內容綱要

1. INTRODUCTION

2. DOCUMENT PREPARATION AND APPROVAL

3. DECOMMISSIONING PLAN DETAILS

3.1. Introduction

3.2. Facility description

3.3. Decommissioning strategy

3.4. Project management

3.5. Decommissioning activities

3.6. Surveillance and maintenance

3.7. Waste management

3.8. Cost estimate and funding mechanisms

3.9. Safety assessment

3.10. Environmental assessment

3.11. Health and safety

3.12. Quality assurance

3.13. Emergency planning

3.14. Physical security and safeguards

3.15. Final radiation survey

4. RELATED DOCUMENTS

4.1. Characterization plan

4.2. Characterization survey report

4.3. Final radiological survey plan

4.4. Final radiological survey report

4.5. Public relations plan

4.6. SITE POLICIES AND PROCEDURES

4.7. FINAL DECOMMISSIONING REPORT

4. 推進除役法規修訂的經驗在日本

東海一號機組(Tokai-1) 是日本第一案例實施除役核電廠。其作業過程為

- 1998年3月永久停止運轉(運行32年)
- 1998年5月-2001年3月 移出核燃料
- 2001年6月最後一批用過核燃料移除
- 2001年10月 提交除役通知書
- 2001年12月開始除役作業
- 2005年12月增訂法規<Act on the regulations of Nuclear source material, nuclear fuel material, and reactors >
- 2006年3月 提交除役計劃申請書
- 2006年6月 批准除役計劃

二. 修訂後之除役法規規定

1. 除役計劃批准

反應器廠管理法規定了除役的要求，根據《反應器廠管理法》中規定的每項設施和活動。

對於核動力反應器廠的除役，被許可人必須拆除設施、核燃料材料的轉移、去汙、污染的修復對象和區域，以及將輻射控制記錄移交給指定機構。開始除役時，被許可人應編制**除役計劃**並獲得NRA的批准。除役計劃及其附件中應包括的項目是為NRA條例中的每項活動指定。用於核電的除役反應器廠，除役計劃應包括下列項目和所列檔下面附上方案。

除役計劃中需包括的內容項目：

- 姓名和地址，如果是法人，代表的姓名
- 將進行除役的設施或活動地點的名稱和地址地方
- 將除役的核動力反應器廠的名稱
- 將除役的設施及其地點
- 前項設施及拆除中擬拆除的設施方法
- 核燃料材料的管理和轉讓
- 修復因核燃料材料造成的污染設施
- 核燃料材料或被其污染的物料的處置
- 除役時間表

附於申請表的參考文件

- 表明已從核動力反應器廠中移除乏燃料的證據
- 與除役設施現場和施工工作區有關的圖件與除役相關的地圖
- 除役輻射控制說明
- 可能發生的事故類型、意義、影響等說明人為錯誤、機器或設備故障、地震、火災等
- 描述核燃料材料造成的污染分佈和方法用於評估污染
- 核動力反應器廠設施的描述，其功能將在運行期間保持除役期間、它們的性能以及性能要保持
- 除役和採購所需資金數額說明資金計劃
- 實施除役制度的說明
- 質量保證計劃的描述
- NRA認為必要的檔或圖紙，除此之外在前面的項目中說明NRA條例規定了批准除役計劃的標準。為了動力器廠除役，應當滿足下列條件：
 - 已從反應器廠器廠芯中取出乏燃料
 - 核燃料材料的管理和轉移是適當的
 - 核燃料材料或材料的管理、加工和處置被核燃料材料污染是適當的
 - 應妥善實施除役，以防止因核燃料材料、被核燃料材料污染的材料或核動力反應器廠。

2. 除役計劃批准要求

- 1). 根據〈the rules for installing and operating the commercial power〉規定，NRA 應在安全審查中確認除役計劃符合下列標準規定批准。
 - (1). 用過核燃料應已從反應爐中取出。
 - (2). 核燃料材料的管理和轉移適當。
 - (3). 核燃料材料及放射性廢棄物的管理、加工和處置適當。
 - (4). 採取適當的防護措施以防止因核燃料材料、污染材料和核反應器意外事故傷害。
- 2). 除役計劃申請應附加文件批准的事項
 - (1). 證明用過核燃料已被清除的文件來自動力反應爐的核心。
 - (2). 擬除役設施場地平面圖及除役所需的施工工作區域圖。
 - (3). 關於輻射暴露控制的書面文件。
 - (4). 關於類型、級別、效果等的書面文件操作過程中可能發生的事故錯誤、機器或設備故障、地震、火災或其他除役期間的緊急情況。
 - (5). 關於污染分佈的書面文件及其評估方法。
 - (6). 關於動力反應器設施的書面文件，其除役期間需要保持其功能，性能，以及在此期間保持他們的時期表現。
 - (7). 關於除役所需資金數額的書面文件和籌資計劃。
 - (8). 關於實施除役組織制度的書面文件。
 - (9). 關於質量保證計劃的書面文件。
 - (10). 除上述所列文件外 NRA 認為必要的物品、文件或圖紙。

3. 除役完成確認

完成除役後，被許可人應獲得 NRA 的確認除役的完成符合 NRA 條例規定的標準。確認申請應包括下表所示的項目。

除役完成確認申請書應包括的內容項目

- 姓名和地址，如果是法人，代表的姓名
- 發生除役的設施或活動地點的名稱和地址
- 除役核動力反應器廠的名稱
- 核動力反應器廠拆除情況
- 核燃料材料的轉讓狀況
- 因核燃料材料造成的污染材料的補救狀況
- 核燃料材料或其他被核燃料污染的材料處置狀況隨著 NRA 對除役完成的確認，建立許可證核設施到期。

核監管局根據下列文件和現場調查，驗證經營者的除役完成報告情況，滿足上述標準法規規定，並確認除役完成的下列標準：

- 1). 核燃料材料的轉移已經完成。
- 2). 不需要採取任何措施來防止輻射造成的損害。
- 3). 對除役設施場地內的土壤和剩餘設施，放射性廢棄物的管理已經完成。
- 4). 完成輻射管理記錄向核監管局指定機構的轉移。

4. 除役前吊銷許可證規定

在許可證被吊銷或另一個實體不成功的情況下（例如，由於解散被許可人），前被許可人（被吊銷執照的被許可人，或者在沒有繼承的情況下對於所有權，清算人或破產受託人或管理繼承的人代表繼承人的財產），應被視為被許可人，直到 NRA 確認完成除役。在這些情況下，前被許可人必須制定除役計劃並應用該計劃在 NRA 條例規定的期限內向 NRA 申請批准。

5. 除役操作安全大綱的批准

在獲得除役計劃的批准時，被許可人還應獲得**操作安全計劃**。操作安全計劃應通過添加以下項目或通過修改其原始操作安全程式來實施除役計劃，

除役期間運行安全計劃中應包括的內容項目

- 遵守相關法律和操作安全計劃的系統
- 培養安全文化的系統
- 核動力反應器廠設施的質量保證
- 除役質量保證
- 執行除役人員的職責和組織
- 對執行除役人員的操作安全培訓
- 與關閉核動力反應器廠有關的永久性措施
- 核動力反應器廠設施運行安全審查
- 控制區、訪問控制區和環境監測區的定義，以及與這些區域相關的訪問限制等
- 通風監測設備和排放監測設備
- 監測輻射劑量、劑量當量、放射性物質的濃度，以及受放射性物質污染的物品體表面的放射性物質密度材料和去汙
- 輻射測量儀器的管理
- 核動力反應器廠設施巡邏及相關行動
- 核燃料的接收、移交、運輸、儲存和其他類型的處理材料
- 放射性廢物管理
- 緊急情況下應採取的行動
- 建立火災事故管理程式
- 建立內部洪水事故管理程式
- 在發生重大事故時建立事故管理程式
- 在發生大規模災害時建立事故管理程式地點
- 記錄和報告與核動力反應器廠設施相關的運行安全
- 記錄和報告與除役相關的操作安全
- 核動力反應器廠設施維護管理
- 共用從執行維護和維護的被許可方處獲得的技術資訊與其他核電反應器廠運行許可證持有者的檢查
- 發生不合格情況時的資訊披露
- 除役管理
- 與核動力反應器廠設施有關的運行安全所需的其他事項或除役

6. 意外事故和事故徵候的報告

被許可人必須立即報告事故或事件的發生，因為在 NRA 條例中指定給 NRA，隨後在 10 天內提交後續報告天，以及對原因和預防措施的評估報告事故或事件。

對於可能導致現場緊急情況或一般緊急情況的特定事件，並且《核應急法》規定，被許可人必須立即通知此類事件報告給主管部門。

NRA 已經建立了一個系統，用於接收事故或事故徵候的報告，用於 24 小時和 365 天。

作為對核營運者報告的回應，NRA 公佈了報告的詳細資訊事件、NRA 的響應、事件的臨時 INES 評級，毫不拖延。

7. 除役污染清除程序

在實施許可之前，首先，NRA 審查被許可人的申請設施已完成清除放射性濃度的測量和評價方法，並在適當時予以批准。其次，NRA 確認核營運者實施了這些批准的方法，並通過審查書面記錄或抽樣確定該水準低於許可水準標準。

8. 輻射防護條例—廢物處理許可

打算執行放射性廢物重新包裝、廢物處理或廢物處置作業，必須獲得 NRA 的許可，根據輻射危害預防法。

廢物管理作業許可申請中應包括的項目：

姓名和地址，如果是法人，代表人的姓名

廢物管理作業地點的地址

廢物管理方法

用於重新包裝放射性同位素和放射性物質的設施的位置和結構設施中使用的污

染物和設備

儲存放射性同位素和放射性污染物的設施的位置和結構，設施中使用的設備，以及放射性同位素和放射性物質的儲存能力

廢物管理設施的位置和結構以及在廢物管理中使用的設備設施掩埋處理時必須包括以下事項：

放射性同位素或放射性污染物

- 要掩埋的放射性同位素或放射性污染物的性質和數量
- 針對放射性衰變水準適當實施的措施，以防止放射性危害《輻射危害預防法》規定了以下廢物許可標準管理活動。 NRA 不得授予許可，除非確認該活動符合標準。
- 廢物再包裝設施和設施中使用的設備的位置和結構符合 NRA 條例規定的技術標準。
- 廢物貯存設施和設施所用設備的位置和結構符合 NRA 條例規定的技術標準。
- 設施使用的處置設施和設備的位置和結構符合 NRA 條例中規定的技術標準。
- 此外，放射性同位素或放射性物質引起的輻射危害風險可忽略不計污染物。

三. 對於國內除役法規需修訂的問題

1. 除役法規需修訂的問題說明

核能界俱實務工作經驗者皆知, 核子反應器設施永久停止運轉前三年所提出的除役計畫。其廠址輻射特性調查和廢棄物數量類別預估數據資訊均屬失真的結果, 若依當時能取得得資料與數據進行評估, 其所載的除污與拆除方式, 亦僅以當時的技術為參考依據, 而後續廢棄物的數量貯存、處置規劃亦有相當差距。 下列為法規要求情形。

1). <核子反應器設施管制法>第 23 條

核子反應器設施之除役, 經營者應檢附除役計畫, 向主管機關提出申請, 經審核合於下列規定, 發給除役許可後, 始得為之: 第二項 除役計畫, 經營者應於核子反應器設施預定永久停止運轉之三年前提出。

2). <核子反應器設施除役許可申請審核及管理辦法> 第三條

除役計畫, 應載明下列事項:

一~六.(內容略)

七、除役放射性廢棄物之類別、特性、數量、減量措施與其處理、運送、貯存及最終處置規劃。

八、輻射劑量評估及輻射防護措施。

3). 核子反應器設施除役計畫導則

第九章 除役放射性廢棄物之類別、特性、數量、減量措施及其處理、運送、貯存與最終處置規劃

一、放射性廢棄物之類別、特性、數量:

- (一) 說明放射性廢棄物數量及特性之推估方法。
- (二) 說明推估之放射性廢棄物來源、類別、型態、數量。
- (三) 說明放射性廢棄物實測或推估之主要核種、比活度、表面污染、中子活化性、空間劑量率等特性。
- (四) 說明除役作業可能衍生二次廢棄物及廢棄物管理措施。

二…….

第十章 輻射劑量評估及輻射防護措施

一、民眾劑量評估

說明除役各階段放射性廢棄物運送、貯存及放射性廢氣、液排放對一般民眾可能造成之輻射劑量評估。內容應包括: 評估方法與程序、評估結果及紀錄保存。

二、作業人員劑量評估

說明除役各階段作業及放射性廢棄物運送、貯存對作業人員之劑量評估。內容應包括：評估方法與程序、評估結果及紀錄保存。

2. 問題剖析

- 1). 核能電廠於永久停止運轉後，首先需將用過核子燃料先行移至用過核子燃料池或乾式貯存設施內貯存，再進行核能電廠含污染液體系統內容物排放及除污，然後再進行放射性廢棄物數量及類別存量測量估算後，接著進行設施及建物拆除，最後將廠址復原後釋出。
- 2). 前述國內除役計畫法規關於輻射調查評估和放射性能廢棄物數量種類的估算之規定要求，相較與 IAEA 和日本的要求實甚為獨特，其務實和合理性值得商榷。
- 3). 國內監管機構和核電營運者，以及專家學者，請反思我等是如何未能合理務實制定除役計畫書內容事項，和申報時間規定，引致花費巨額社會畫成本和投入人力工時推展計畫執行事項！
- 4). 據瞭解，台電公司核一廠迫於法規要求，卻在仍處運轉中的永久停機前三年，就申報"除役計畫"，提出廠址輻射特性調查報告和放射性廢棄物類別及數量。而監管機關在審查報告中，結論還指稱：核電廠目前仍處於運轉狀態，現階段的廠址與設施之輻射特性調查及評估結果，僅執行部分現場輻射量測及取樣分析。基於此，台電公司承諾於永久停機後，會再度將詳細之輻射特性調查作業計畫，於輻射特性調查作業前提報主管機關審核，當完成輻射特性調查作業，再將輻射特性調查報告提報主管機關審核。
- 5). 台電公司多年來對於法規制定似欠缺與主管機關專業協商機制，有待檢討強化。

上述問題國內各核電廠雖已執行在案，但如何和為何要修訂相關法規，請應多加考量。

參考文獻

1. The Secretariat of Nuclear Regulation Authority , Outline of Nuclear Regulation of Japan , November 2015
 2. Tadamichi Satoh ,Regulations for Decommissioning of Nuclear Power Plants in Japan ~aiming to achieve the safe, smooth, and reasonable decommissioning~,The Association for Nuclear Decommissioning Study ,The Association for Nuclear Decommissioning Study 2016 Sino-Japanese Workshop on NPP Decommissioning Technology November22, 2016 .
 3. IAEA Safety Report No.45 , STANDARD FORMAT and FOR SAFETY RELATED DECOMMISSIONING DOCUMENTS , July 2005
 4. 原子能委員會,『核子反應器設施管制法』第 23 條 ,核子反應器設施之除役,經營者應檢附除役計畫,向主管機關提出申請,經審核後發給除役許可。...除役計畫應于預定永久停止運轉之三年前提出.
-