

行政院原子能委員會
委託研究計畫期末研究報告

日本核設施除役拆除實施標準研究
Study on the Implementation Standards for Decommissioning and
Dismantling of Nuclear Facilities in Japan

計畫編號：109B007

受委託機關(構)：國立清華大學

計畫主持人：許文勝

聯絡電話：03-5715131#35806

E-mail address：wshsu@ess.nthu.edu.tw

研究期程：中華民國 109 年 5 月至 109 年 12 月

研究經費：新臺幣 71.2 萬元

核研所聯絡人員：簡士傑

報告日期：109 年 12 月 03 日

報告內容係研究者之研究觀點，
不代表委託單位之政策或意見。

目 錄

中文摘要	1
ABSTRACT	2
壹、計畫緣起與目的	3
貳、研究方法與過程	4
一、資料蒐集	4
二、資料分析	4
三、結果彙整	4
參、核設施除役拆除實施標準	5
一、適用範圍	5
二、參考標準	5
三、名詞定義	6
四、除役基本原則	6
五、除役的實施	7
(一) 一般事項	7
(二) 掌握除役設施的狀況	8
(三) 核燃料物質的管理及轉讓	8
六、除役工程	11
(一) 安全貯存	11
(二) 除污作業	12

(三) 拆除作業.....	17
(四) 設施、設備及組件的維護.....	20
七、 確保除役期間的安全.....	22
(一) 一般事項.....	22
(二) 確保輻防安全.....	22
(三) 輻射管理.....	23
(四) 排放管制【環境監測】.....	25
八、 附錄.....	29
(一) 附錄 A—各設施除役的適用項目.....	29
(二) 附錄 B—拆除前除污.....	35
(三) 附錄 C—除污作業的事前調查.....	38
(四) 附錄 D—鋼材的除污技術.....	45
(五) 附錄 E—混凝土的除污技術.....	56
(六) 附錄 F—拆除後除污.....	60
(七) 附錄 G—防止污染擴散措施的範例.....	63
(八) 附錄 H—拆除作業.....	69
(九) 附錄 I—拆除工法彙整.....	77
(十) 附錄 J—拆除工法實例.....	80
(十一) 附錄 K—發電用反應器設施除役時功能維持及檢查方法的範例	82

(十二)	附錄 L—除役作業可用設備及功能範例	91
(十三)	附錄 M—確保除役施工人員安全及其相關法令	109
(十四)	附錄 N—除役期間適用的原子爐等規制法以外的法令	

124

肆、	管制要項	134
一、	核燃料的儲存	134
二、	設施、設備及組件的維護	134
三、	確保輻防安全	135
四、	實施輻射管理	135
五、	排放管制(環境監測)	137
伍、	參考文獻	139
附件一	取得除役計畫認可之核設施安全檢查實施要領	140
附件二	發電用反應器設施及實驗研究用等核設施除役計畫審查標準	144
附件三	除役中發電用反應器設施安全規定審查標準之制定	162
附件四	反應器設施拆除之安全確保基本概念	173

圖 目 錄

圖 8-1	廢棄物最終處置場的概念圖-安定型最終處置場.....	132
圖 8-2	廢棄物最終處置場的概念圖-管理型最終處置場.....	132
圖 8-3	廢棄物最終處置場的概念圖-屏蔽型最終處置場.....	133

表 目 錄

表 8-1	各設施除役的適用項目	29
表 8-2	鋼材的除污方法(1/2).....	50
表 8-3	鋼材的除污方法(2/2).....	52
表 8-4	混凝土結構除污方法彙整	58
表 8-5	拆除後鋼材的除污方法彙整	61
表 8-6	於除役作業中防污染擴散措施的範例	67
表 8-7	設備、組件及管路的拆除	77
表 8-8	混凝土結構物的拆除	79
表 8-9	拆除工法一覽	80
表 8-10	除役期間所需的安全功能	82
表 8-11	除役作業可用設備及其功能〔PWR〕(1/3).....	92
表 8-12	除役作業可用設備及其功能〔PWR〕(2/3).....	94
表 8-13	除役作業可用設備及其功能〔PWR〕(3/3).....	96
表 8-14	除役作業可用設備及其功能〔BWR〕(1/4)	98
表 8-15	除役作業可用設備及其功能〔BWR〕(2/4)	99
表 8-16	除役作業可用設備及其功能〔BWR〕(3/4)	102
表 8-17	除役作業可用設備及其功能〔BWR〕(4/4)	103
表 8-18	職業安全相關主要法令	121

表 8- 19	勞動安全衛生法的內容	122
表 8- 20	特別管理產業廢棄物	129
表 8- 21	廢棄物的分類及最終處置場的範例	130

中文摘要

日本於 2011 年福島事故後，截至 2019 年底已累計有 24 部商用核電機組決定除役，其核電廠的除役規範與相關實務經驗有許多可供我國借鏡之處。期望藉由本研究之執行，深入分析日本原子力學會 (Atomic Energy Society of Japan，簡稱 AESJ) 於 2015 年所發行的「核設施除役拆除實施標準(AESJ-SC-A003:2014)」及其他相關技術報告，以獲知日本核電廠除役相關規範內容，提供管制機關作為未來執行除役管制事項之參考，進而協助落實我國核電廠安全除役之目標。

Abstract

As of the end of 2019, there are 24 commercial nuclear power reactors in Japan decided to decommission. In the meanwhile relevant regulations, such as “Implementation Standards for Decommissioning and Dismantling of Nuclear Facilities (AESJ-SC-A003:2014)” by Atomic Energy Society of Japan (AESJ), were established in Japan to meet the demand. It is expected that through the study, useful information obtained from analysis of the above documents will be provided to domestic regulatory agency to assist in enhancing decommissioning safety for nuclear power plants in Taiwan.

壹、計畫緣起與目的

核電廠的生命週期可分成三個重要的階段，分別是「建廠」、「運轉」及「除役」。而除役是核電廠生命週期的最後一個階段，現行運轉中的核電廠均免不了總有一天將面臨到“除役課題”。

台灣電力公司的「第一核能發電廠」是台灣首座商業運轉核電廠，亦是台灣三座核電廠中最早屆滿 40 年運轉年限並進入除役階段的核電廠，根據「核子反應器設施管制法施行細則」之規定，台電公司須於除役許可生效後 25 年內完成除役作業。然而，台灣過去並無除役相關經驗，這也將是台灣核電領域首次面對的挑戰。為強化我國除役安全管理之技術及能力，有必要汲取國外之除役經驗及作法，以確保整個除役期程能順利且安全地進行，充分維護公眾與環境的輻射安全。

日本於 2011 年福島事故後，截至 2019 年底已累計有 24 部商用核電機組決定除役，其核電廠的除役規範與相關實務經驗有許多可供我國借鏡之處。期望藉由本研究之執行，深入分析日本原子力學會(Atomic Energy Society of Japan，簡稱 AESJ)於 2015 年所發行的「核設施除役拆除實施標準(AESJ-SC-A003:2014)」及其他相關技術報告，以獲知日本核電廠除役相關規範內容，提供管制機關作為未來執行除役管制事項之參考，進而協助落實我國核電廠安全除役之目標。

貳、 研究方法與過程

本計畫規劃之執行方法及步驟如下：

一、 資料蒐集

資料蒐集重點以日本 AESJ 核設施除役拆除實施標準 (AESJ-SC-A003:2014)及其他相關技術報告 (例如：NRA「取得除役計畫許可之核設施安全檢查實施要領」、NRA「發電用反應器設施及實驗研究用等核設施除役計畫審查標準」、NRA「除役中發電用反應器設施安全規定審查標準之制定」、原子力安全委員會「反應器設施拆除之安全確保基本概念」)為主，以瞭解日本核電廠除役相關規範及審查標準。

二、 資料分析

以日本 AESJ 核設施除役拆除實施標準 (AESJ-SC-A003:2014)及上述相關技術報告作為分析重點，深入探討日本所採行的核電廠除役相關規範及審查標準。

三、 結果彙整

彙整相關研究成果，提供管制機關作為未來強化除役安全管制之借鏡。

參、核設施除役拆除實施標準

一、適用範圍

本標準規定了以下設施於除役期間的基本概念與實施方法，上述期間包含各除役工程計畫開始執行直至實施完成：熔煉設施、加工設施、實驗研究用反應器設施、發電用反應器設施、用過核燃料貯存設施、再處理設施、廢棄物管理設施、第一種放射性廢棄物（即我國指稱的「高放射性廢棄物」）掩埋地的附屬設施、第二種放射性廢棄物（即我國指稱的「低放射性廢棄物」）掩埋地的附屬設施、核燃料物質使用設施。然而，有關核原料的處理、放射性廢棄物的處置方法、外釋的判斷方法以及開放廠址等事項，則不在本標準範圍內。

二、參考標準

「核設施除役拆除實施標準」係引用以下參考文獻，並將其相關規定作為本標準之一部分。

- **JIS Z 4001:1999** 核能用詞
- **AESJ-SC-A002:2011** 實用發電用反應器設施的除役計畫：2011
- **AESJ-SC-A006:2013** 發電用反應器設施除役時的耐震安全概念：2013
- **AESJ-SC-A007:2013** 實驗研究用反應器及核燃

料處理設施的除役計畫：2013

- **AESJ-SC-F005:2005** 外釋的判斷方法：2005
- **JEAC4111** 核能安全管理系統規程
- **JEAC4209** 核能電廠維護管理規程

三、 名詞定義

「核設施除役拆除實施標準」的用詞定義係依據以下標準之規定：

- **JIS Z 4001:1999**
- **AESJ-SC-A006:2013**
- **AESJ-SC-A007:2013**
- **AESJ-SC-F005:2005**
- **JEAC4209**

四、 除役基本原則

應按照除役計畫，以確保安全為首要前提，並遵循以下基本原則執行核設施的除役。

- 執行除役時，應落實輻射防護與勞工安全，以確保安全。
- 應適當進行除污作業及拆除作業，以降低附近公眾及工作人員的輻射曝露，並盡可能合理抑低其輻射劑量，使其低於法律規定之劑量限值，充分

確保勞工安全。此外，應適當維護管理所需使用的設備，以安全且確實地執行除役，同時確保核燃料物質的管理及轉讓、安全貯存、核燃料物質或因核燃料物質產生污染物的廢棄以及除役期間的安全。

- 透過適當的除污作業、拆除作業及廢棄物的處理，盡可能合理減少產生的放射性廢棄物。
- 為安全且確實執行除役工程而引進各種設備時，應確保這些設備及功能的安全性。
- 應於適當的品質管理活動下進行除役期間的管理及操作。

五、 除役的實施

(一) 一般事項

實施除役的業者應依照除役計畫中載明之除役基本原則、管理方式及施工方法，並根據設施的狀況，以確保安全為首要考量，訂定合理且具體的實施計畫，加以付諸執行。除役計畫的各技術性要求事項，如下所示：

- 掌握除役設施的狀況
- 核燃料物質的管理及轉讓
- 除役工程

- 核燃料物質或因核燃料物質產生污染物的廢棄
- 確保除役期間的安全

(二)掌握除役設施的狀況

針對除役計畫進行技術性討論之前，應先掌握除役設施的狀況，並針對除役設施及其廠址，以及核燃料物質污染的分布進行調查。在除役的實施階段，由於設施的狀況、污染及劑量率的狀況會隨著除役作業的進展而變化，故應持續掌握除役設施的狀況，並在必要的情況下進行更詳細的污染狀況調查及現場調查等。此外，亦有必要瞭解劑量率較低地方的狀況。當瞭解這些除役設施的狀況後，將有助於選擇施工方法，以及進行工程檢討，從而確保除役作業的安全。

(三)核燃料物質的管理及轉讓

發電用反應器設施應依照以下方式進行核燃料的儲存及運送（轉讓）。然而，將根據核燃料的活度衰減、衰變熱的減少及除役作業的進展，針對不同的除役階段進行適當的管理。

1. 核燃料的儲存

(1) 一般事項

有關除役期間核燃料的儲存，可參考發電用

反應器設施於運轉時的貯存方式，並配合除役各階段進行適當的管理。此外，在完成除役設施廠內所有核燃料的轉讓並免除核燃料管理責任之前，將依照核燃料物質管理相關法規，採取與運轉期間相同的量測管理措施，並將核燃料維持及管理在無法再次裝入爐心的狀態。

(2) 設備及儲存方式

應根據核燃料的特性，將核燃料儲存於可提供防止臨界、移除衰變熱、屏蔽及密封之安全功能的設備或具有等效性能的設備內。若要繼續使用運轉期間所使用的核燃料儲存設備（貯存設備及操作設備），則應維持及管理該設備所具備的防止臨界、移除衰變熱、屏蔽及密封之功能及性能，直至不再使用該設備為止。然而，若將核燃料存放於與運轉期間不同的設備內（包括增設及改造之設備）或以不同的方式儲存，則應依法規所定程序為之，使用與運轉期間所要求之等效設備及方式進行儲存。

(3) 注意事項

若核燃料的儲存與除役作業同時進行時，則

應進行管理，以免影響以下事項：

- 確保核燃料儲存設備的安全功能及性能
- 儲存核燃料之建築物的屏蔽性能、強度及耐震強度
- 儲存核燃料之建築物內的輻射監測裝置及通風設備的功能及性能
- 與核燃料儲存設備有關的電源設備、儀控設備及核機冷卻系統設備的完整性（必要時將進行識別或分離）

2. 核燃料的運送（轉讓）

(1) 一般事項

核燃料的運送應比照發電用反應器設施運轉期間採取相等的管理。此外，核燃料的轉讓應依據除役計畫許可申請，確認是否已向指定的核能業者或海外業者完成核燃料的轉讓。核設施內有多個發電用反應器設施時，若將核燃料運送到其他未除役之設施並以轉移管理權來進行轉讓，則應確認是否已完成管理權的移轉。

(2) 設備及儲存方式

應使用與運轉期間所使用之設備或具有等

效功能之設備，並依照同等程序進行核燃料的運送。應使用經過維護管理並能確保其安全功能及性能的核燃料運送設備。使用與運轉期間不同的設備及程序，或首次運送時，應依法規所定程序，使用與運轉期間所要求之等效設備，並依照同等程序進行運送。

(3) 注意事項

若除役作業與核燃料的運送同時進行時，則應對除役作業進行管理，以免影響以下事項：

- 核燃料運送設備之安全功能及性能
- 核燃料運送作業的安全性

六、 除役工程

(一) 安全貯存

為減少除役期間附近公眾及工作人員的輻射曝露及/或降低放射性廢棄物中所含放射性物質濃度，可有計畫地將受到放射性物質污染的拆除物安全貯存一定時間。進行安全貯存時，應根據曝露及/或放射性廢棄物中所含放射性物質濃度的衰減目標值，並根據放射性半衰期、放射性物質濃度及劑量率，設定安全貯存的範圍及時間，並進行以下措施：

- 根據污染狀況，對安全貯存的系統或設備採取隔離措施
- 根據污染及劑量率的狀況，對進行安全貯存的建築物及區域採取門禁措施

安全貯存期間只要不妨礙到安全貯存的進行，則可於安全貯存範圍以外區域進行作業。在採取適當措施之情況下，亦可於安全貯存範圍內進行抽樣工作、維護及檢查。

(二)除污作業

1. 一般事項

經由除污可減少除役期間附近公眾及工作人員的曝露及/或降低放射性廢棄物中所含放射性物質濃度。

2. 活度的衰減

應適當考量停機後至開始除役作業為止的放射性衰減，以規劃、執行除役作業。若預期在進行安全貯存一段期間後，放射性將隨著時間逐漸衰減，則可參考「安全貯存」的章節內容。

3. 拆除前除污【系統除污】

拆除前的除污可降低附近公眾及工作人員的輻

射曝露及/或降低放射性廢棄物中所含放射性物質濃度。在開始除役作業前，應依照以下程序進行拆除前除污：

(1) 事前調查

在進行拆除前除污時，應確立除污目的，並根據除役計畫的調查結果及除污作業計畫制定更為詳細的施工計畫。應注意以下事項（下頁內容）進行事前調查。此外，亦應注意參與事前調查相關工作人員的輻射防護與勞工安全。

A. 除污對象調查

應確立拆除前除污的區域及除污對象，並注意以下事項，進行除污對象的調查：

- － 針對除污範圍的系統、隔離，以及需要分區除污的系統、連接位置、除污體積、除污面積、材料及運轉歷史記錄等進行調查。
- － 將除污設備插入或設置於除污對象內部時，應針對設置位置、進出孔、除污對象形狀等進行

調查。

B. 劑量率調查

針對處理放射性物質的核設施，應進行除污對象及作業環境的劑量率調查並注意以下事項：

- 對於具有顯著劑量率的物體，必要時藉由量測或評估來推估劑量率。
- 為減少工作人員於除污作業時的輻射曝露，應藉由量測或評估來推估除污對象周圍之系統、組件及除污作業場所的劑量率。
- 為掌握除污效果，應視需要事前決定物體劑量率的推估位置或量測點，並藉由量測或評估來推估除污前的表面劑量率及/或作業環境的劑量率。

C. 污染形態調查

應蒐集有關除污對象之污染資訊，以詳細研擬除污方法、除污範圍、廢棄

物產量及廢棄物管理。

- 藉由調查或評估來推估殘留放射性物質的核種組成及濃度，以及附著放射性物質之物體的重量、元素組成、化學形態及物理形態。

D. 現場調查

確認現場的除污對象、除污設備的配置及設置空間等。

- 確認除污設備的配置及設置空間，並調查地面承載能力、臨時管路配置、與現有設備的接合部分、干擾物，以及機器、設備的進出路徑。
- 調查電力、水、空氣及蒸汽等公用設施的供應位置及可供應量。
- 調查可用的現有設備及組件。

(2) 選擇除污方法及其適用範圍

選擇適用的除污方法及其適用範圍時，應注意以下事項：

- 使用條件（除污目的、除污範圍、是否需要進行分區除污、形狀、組成材料、預訂除污作業及除污程序、除污因數(DF)目標值、除污後設備的處理）
- 安全性、可靠度、使用壽命（化學品處理、防止洩漏）
- 可操作性，可維護性
- 降低曝露（工作人員的曝露劑量及作業人數、除污後工作人員於拆除作業時接受曝露的減少程度或表面劑量率或除污後拆除作業場所的劑量率）
- 防止二次污染擴散
- 減少廢棄物並降低對周邊環境及作業環境的影響（二次廢棄物產量的減少程度及處理的容易性、除污後放射性廢棄物污染的減少程度）
- 與現有設備的統整性（除污劑對處理設備及處置設施的影響程度、除污設備的配置及設置空間、設備進出路徑、處理設備的規模）
- 採購及運轉費用

(3) 實施除污

綜整上述的考量因素，應注意以下事項：

- 減少附近公眾及工作人員的輻射曝露
- 確保勞工安全並防止污染擴散
- 確立除污方法、除污範圍、人員編制、除污作業、除污程序、輻射作業方法、作業管理項目、事故預防措施及監測方法（防止洩漏、監測、化學品處理、燒傷等安全措施）
- 拆除物的處理
- 開始除污作業及完成除污作業的符合條件

4. 拆除後除污【系統組件除污】

進行拆除後除污，可降低拆除作業所產生放射性廢棄物的放射性物質濃度，甚至可合理地將廢棄物外釋(Clearance)。

(三)拆除作業

應依照以下程序進行拆除作業，並降低附近公眾及工作人員的輻射曝露：

1. 事前調查

在進行拆除作業時，應根據除役計畫的調查結果及除污作業計畫制定更為詳細的施工計畫。進行事前調查時，應注意以下事項。此外，亦應注意參與

事前調查相關工作人員的輻射防護與勞工安全。

(1) 拆除對象調查

應確立拆除範圍，於調查拆除對象時注意以下事項：

- 調查拆除對象設備的分離位置
- 調查拆除對象設備及附屬設備、管路等連接物的形狀、狀態、尺寸、重量及數量
- 調查可能影響拆除作業進行的拆除物及其周圍狀況

(2) 劑量率調查

由於核設施所處理的放射性物質具有顯著劑量率，於調查拆除對象及作業環境的劑量率時，應注意以下事項：

- 針對具有顯著劑量率的拆除對象，必要時藉由量測或評估來推估劑量率
- 為減少工作人員於拆除作業時的曝露，應藉由量測或評估來推估拆除對象周圍之系統、組件及拆除作業場所的劑量率

(3) 污染狀況調查

應根據以下調查，選擇拆除方法、規劃輻射

防護及確立放射性固體廢棄物的分類方法：

- 藉由量測或評估，調查拆除對象殘留放射性物質的化學形態、物理形態及核種濃度
- 調查拆除對象的表面污染

(4) 現場調查

應根據以下調查確認拆除作業的可操作性：

- 拆除機具（包括儲存及運輸設備）的安裝及操作空間
- 拆除機具的配置及設置空間，以及拆除物的臨時存放空間
- 拆除機具及拆除廢棄物於搬運時之干擾點
- 起吊重物及形成開口時的耐震性
- 搬運及存放重物時之地面承載能力
- 電力、水、空氣及蒸汽等公用設施的供應位置及可供應量
- 可用的現有設備及組件

2. 選擇施工方法

應選擇拆除作業適用的施工方法，並注意以下事項：

- 使用條件（組成材料、形狀及厚度、殘留放射性

物質的化學形態、物理形態及核種濃度)

- 安全性、可靠度、耐久性 (防止火災、爆炸及有毒氣體產生)
- 可操作性、可維護性
- 降低曝露 (工作人員的曝露劑量及作業人數)
- 防止二次污染擴散 (除污性)
- 減少廢棄物並降低對周邊環境及作業環境的影響 (減少放射性粉塵等二次廢棄物的產量)
- 與現有設備的統整性
- 採購及運轉費用

3. 施工

綜整上述的考量因素，應注意以下事項：

- 降低附近公眾及工作人員的輻射曝露
- 確保勞工安全並防止污染擴散
- 確立施工範圍、人員編制、拆除作業、施工程序、輻射作業方法、作業管理項目、拆除物的處理
- 開始施工及完成施工的符合條件
- 應從拆除作業階段開始即有系統地根據放射性濃度，加以分類放射性廢棄物

(四)設施、設備及組件的維護

除役期間應維持及管理必要的功能，以確保附近公眾及工作人員的輻射防護安全。在維持及管理功能時，應根據確保安全所需之功能進行適當的維護。此外，可引進除役設備來替代運轉期間所使用的設施或設備。有關除役設備的維護，如同上述應根據確保安全所需之功能進行適當的維護。隨著除役作業進展的放射性衰減，以及高劑量組件的拆除等，除了可調整需要維持及管理的設備功能外，亦可進行事後維修等檢查工作。

應維持的設備功能，包括：

- 將放射性物質圍阻於設施內之包封功能（建築結構物等）
- 輻射屏蔽功能（建築結構物等）
- 避免放射性粉塵向管制區外擴散之防止擴散功能（通風設備）
- 作業場所的空氣淨化功能（通風設備）
- 放射性物質的排放管理功能（輻射管理設備、環境監測設備）
- 除污功能（放射性廢棄物處理設備）
- 確保安全相關功能（防火設備、照明設備、通訊設備、電源設備等）

七、 確保除役期間的安全

(一)一般事項

無論在核電廠運轉期間或除役期間均須依據「原子爐等規制法」，確保輻射防護安全。依據相關安全法規，確保高處作業、防火及防觸電等勞工安全。品質保證方面參考 JEAC4111；維護管理方面則參考 JEAC4209，建立除役期間的品質保證及維護管理計畫，以確保安全。

(二)確保輻防安全

實施除役時，須確保輻射防護安全與勞工安全，以防止事故發生。以下將介紹如何確保輻射防護安全：

1. 降低放射性物質排放量的措施

針對放射性廢棄物的處理方式如下，應盡可能合理抑低排放至周邊環境的放射性物質濃度及數量。

- (1) 針對氣體及懸浮微粒之放射性物質，應視需要使用具備防止擴散功能的設備，如現有的建築結構物、通風設備及/或防止污染擴散的密閉設備以及使用具有適當之過濾器的局部排氣裝置。
- (2) 針對液體放射性物質，則在具備除污功能的現有放射性廢液處理設施中進行處理及/或引進新的放射性廢液處理裝置進行處理。

2. 減少輻射曝露的措施

在高劑量率區域工作時，應使用遙控設備及屏蔽等，以減少體外曝露。為防止體內曝露，則應使用能夠抑制放射性粉塵產生的工法，並根據放射性物質濃度，使用防止污染擴散的密閉設備、局部排氣裝置及防護口罩等防護具。進行施工時，應適當量測作業場所的劑量率、放射性粉塵濃度及污染密度，以進行適當的輻射管理。

(三)輻射管理

1. 一般事項

除役期間仍採取與運轉期間相同的輻射管理措施。然而，隨著除役的進展可改變輻射管理的範圍及管制程度。進行除役時，應詳加研究輻射作業方法並制定輻射管理守則進行輻射管理，以盡可能合理抑低工作人員的輻射曝露。

(1) 實施輻射管理

執行以下的輻射管理，以減少除役期間輻射作業的曝露，以及避免工作人員受到不必要的曝露。

A. 工作人員的輻射曝露管理

為減少工作人員的輻射曝露，應執行以下輻射作業及曝露劑量的管理：

- 管理個人曝露劑量（使用人員輻射偵檢器、量測物體表面污染、量測全身劑量）
- 管理輻射作業時間
- 推估工作人員的曝露劑量
- 減少曝露的措施

B. 進出入管制

為防止工作人員受到不必要的輻射曝露，應對管制區的分區及進出入執行以下管理。除了在高劑量區域、高污染區設置標示牌外，亦應視需要藉由柵欄或上鎖方式與其他區域區隔開來，以防止不必要的接近。

- 設定、變更及解除管制區的劃分
- 管制區的進出入管制
- 污染區的進出入管制
- 高劑量區域限制進入

C. 輻射量測設備的管理

應規定輻射量測設備的管理方法並維護管理其性能，以進行個人曝露管理及作業環境監測。

D. 作業環境監測

為掌握作業環境的狀況，應對以下事項進行監測：

- 劑量率
- 污染區空氣中的放射性物質濃度
- 污染區的表面污染密度

E. 防止污染擴散

為防止污染擴散，應執行以下管理：

- 物品攜入管制
- 管制區的進出入管制
- 污染區的通風空調管理
- 防止放射性粉塵飛揚管理

(四)排放管制【環境監測】

1. 一般事項

除役期間仍採取與運轉期間相同的排放管制措

施。然而，隨著除役的進展可改變排放管制的範圍及管制程度。

2. 實施排放管制

針對因除役而排放至環境中的放射性物質進行以下監測及管制：

(1) 排放管制

除役期間實施的排放管制如下：

- 針對排放的放射性核種，應視需要考慮對環境的影響訂定排放管制目標值，並使其不超過此目標值
- 排放至周邊監測區之水中及空氣中的放射性物質濃度的三個月平均值，應管制在不超過法規規定之周邊監測區外的濃度限值
- 應確保周邊監測區邊界附近的劑量率無異常升高之情形

(2) 監測位置

為管制排放至環境中的放射性物質，應設定量測的頻率並於以下位置進行放射性物質的監測。

- 放射性氣體廢棄物產生源附近

- 放射性氣體及液體廢棄物排放至環境的位置
- 環境輻射監測位置

(3) 放射性氣體廢棄物源附近的監測

為實施區域管制，以及降低周邊監測區外之空氣放射性物質濃度，而有必要對產生源進行管制時，應對放射性氣體廢棄物產生源附近之廢氣進行取樣，並藉由量測其放射性物質濃度加以監測。

(4) 放射性氣體及液體廢棄物的環境排放監測

對放射性氣體及液體廢棄物的環境排放監測如下：

A. 放射性氣體廢棄物中的放射性物質濃度

應對煙囪中的放射性氣體廢棄物及其他排放物進行取樣，並量測其放射性物質濃度。

B. 放射性液體廢棄物中的放射性物質濃度

放射性液體廢棄物排放前，應先進行取樣，並量測其放射性物質濃度。

C. 環境輻射的監測

使用適當的設備，連續或定期進行

空間劑量率量測，或採用一段期間的累積劑量，以評估周邊監測區外的劑量。

此外，對空氣中懸浮微粒進行取樣，並量測其放射性物質濃度。

(5) 活度量測設備的管理

有關上述活度量測裝置及環境輻射量測裝置的管理方法，應加以規定管理。

八、 附錄

(一)附錄 A—各設施除役的適用項目

表 8-1 各設施除役的適用項目

除役之適用項目	反應器設施		核燃料循環設施						核燃料物質使用設施	
	發電用反應器設施	實驗研究用反應器設施	熔煉設施 ^{a)}	加工設施	用過核燃料貯存設施	再處理設施	廢棄物管理設施	廢棄物掩埋地的附屬設施 ^{b)}	適用第41條 ^{c)}	不適用第41條 ^{d)}
5 除役的實施	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{e)}
5.1 一般事項	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{e)}
5.2 掌握除役設施的狀況	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{e)}
5.3 核燃料物質的管理及轉讓	○ ^{f,n)}	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.3.1 發電用反應器設施										
5.3.1.1 核燃料的儲存										
5.3.1.2 核燃料的運送（轉讓）	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—

5.3.2 發電用反應器設施 以外的反應器設施	-	○ ^{g)}	○ ^{h)}	○ ⁱ⁾	× ^{j)}	○ ^{k)}	○ ^{l)}	— ^{r)}	○ ^{m)}	○ ^{m)}
5.3.2.1 核燃料物質的取 出、回收及處理	-	○ ^{g)}	○ ^{h)}	○ ⁱ⁾	× ^{j)}	○ ^{k)}	○ ^{l)}	— ^{r)}	○ ^{m)}	○ ^{m)}
5.3.2.2 核燃料物質的儲存	-	○ ^{g)}	○ ^{o)}	○	× ^{j)}	○ ^{p)}	○ ^{l)}	— ^{r)}	○	○
5.3.2.3 核燃料物質的運送 (轉讓)	-	○	○	○	× ^{j)}	○	○ ^{l)}	— ^{r)}	○	○
5.4 除役工程	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{e)}
5.4.1 安全貯存	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{e)}
5.4.2 除污作業	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.4.2.1 一般事項	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.4.2.2 活度衰減	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.4.2.3 拆除前除污	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.4.2.4 拆除後除污	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.4.3 拆除作業	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.4.4 設施、設備及組件 的維護	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{d)}
5.5 核燃料物質或因核燃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

料物質產生污染物的廢棄										
5.5.1 一般事項										
5.5.2 放射性固態廢棄物的分類	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.5.3 放射性廢棄物的處理	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.5.4 放射性固態廢棄物的儲存	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.5.5 放射性固態廢棄物的運送	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.5.6 放射性固態廢棄物的廢棄	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.6 確保除役期間的安全	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{q)}
5.6.1 一般事項	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{q)}
5.6.2 確保輻防安全	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{q)}
5.6.3 輻射管理	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{q)}
5.6.3.1 一般事項	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{q)}
5.6.3.2 實施輻射管理	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{q)}

5.6.4 排放管制（環境監測）	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{p)}
5.6.4.1 一般事項										
5.6.4.2 實施排放管理	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{p)}
備註 ○：適用、×：不用、－：不適用 註： (a) 核燃料物質的管理方法不在本標準範圍內。 (b) 指高放射性廢棄物及低放射性廢棄物掩埋事業相關廢棄物掩埋地的附屬設施。 (c) 適用第 41 條的設施，是指核燃料物質的使用量超過原子爐等規制法施行令第 41 條所規定之數量的設施。 (d) 不適用第 41 條的設施，是指核燃料物質的使用量超過原子爐等規制法施行令第 39 條之規定，而少於第 41 條規定之數量的設施。 (e) 根據使用許可申請書及除役計畫書的內容進行檢討。（若不適用第 41 條的設施，則不需附上事故災害預防措施的相關說明書，該說明書涵蓋使用設施操作失誤、機器或裝置故障、地震、火災、爆炸等原因引發事故的										

類型及程度)

- (f) 在除役開始前，應從爐心中完全取出用過核燃料。
- (g) 從爐心中取出燃料束，可於運送至廠外之前先儲存於該設施的貯存設施內一定時間。某些情況下，亦可在核燃料於運送至廠外之前，先存放在已喪失反應器功能的反應器本體內。
- (h) 熔煉設施於正常操作後，可針對未能回收而殘留的核燃料物質作進一步回收。此外，可視情況對已回收之核燃料物質進行穩定化處理。
- (i) 加工設施本體於正常操作後，可針對未能回收而殘留的核燃料物質作進一步回收。此外，可視情況對已回收之核燃料物質進行穩定化處理。
- (j) 在除役開始前，應從用過核燃料貯存設施中完全移除用過核燃料。
- (k) 再處理設施本體於正常操作後，可針對未能回收而殘留的核燃料物質作進一步回收。此外，可視情況對已回收之用過核燃料及核燃料物質進行穩定化處理。
- (l) 不需在除役開始前，從廢棄物管理設施移出管理中的固體核燃料物質等，或與該處理相關的液體或固體核燃

料物質等。

- (m) 從使用過的設備或位置回收核燃料物質，可視情況對已回收之核燃料物質進行穩定化的處理。
- (n) 從爐心取出的用過核燃料，於運送至廠外之前可先儲存於該設施之貯存設施內。
- (o) 核燃料物質於運送至廠外之前，可先儲存於該設施之貯存設施內。
- (p) 用過核燃料及核燃料物質於運送至廠外之前，可先儲存於該設施之貯存設施內。
- (q) 若不適用第 41 條的設施，則不需附上事故災害預防措施的相關說明書，該說明書涵蓋使用設施操作失誤、機器或裝置故障、地震、火災、爆炸等原因引發事故的類型及程度。
- (r) 廢棄物掩埋地的附屬設施不直接處置用過核燃料。

(二)附錄 B—拆除前除污

1. 設備、組件及管路的除污

受放射性物質污染的設備、組件及管路在拆除或安全貯存前，可採取化學除污法，將化學溶液或反應氣體輸送至系統內循環，以溶析或去除內表面的污染物質。或採取機械除污法，利用噴砂、噴射、研磨、振動等方式去除污染物上存在的污染物質。反應器設施利用化學除污法進行的全系統除污，亦稱作拆除前系統除污。雖然拆除前除污使用的除污技術與核電廠運轉期間相同，但與後者的不同之處在於，除役期間的除污對材料的健全性無嚴格限制。因為預定除污的物件會於除污後被拆除，故只要確保安全無虞，亦可採取如侵蝕污染設備基材的除污法。然而，基材的過度腐蝕可能導致二次廢棄物增加及污染範圍擴散，因此應盡可能確保除污性能，並防止基材的過度腐蝕及避免產生大量二次廢棄物。關於拆除前除污的注意事項，除了一般的安全措施（例如化學品處理）外，尚需注意以下幾點：

- 在確定除污的系統範圍時，應調查污染形態並評估污染量，以進行合理的除污。

- 為防止除污液洩漏至系統外，應確立隔離除污範圍的位置、方法及操作程序，同時採取措施，以防止高濃度放射性物質污染液體洩漏。
- 若除污液為強酸性時，則應適當調整除污液，以防止可燃性氣體生成，及釋放出揮發性放射性物質。
- 設置可處理除污過程中產生二次廢棄物的設備。
- 若除污過程中可能產生易引起火災或爆炸的高危險性物質(如氫氣)，則應設置能夠適當去除這些物質的設備。
- 除污時進入氣相的放射性物質，避免因風門或排氣扇故障，而導致放射性廢氣回流至建築物內或意外釋放至環境中。
- 在處理可燃性或易燃性物質時，應採取適當的防火及防爆措施。
- 在處理如雷射等熱能時，應防止火災或爆炸的發生。
- 在噴砂除污方面，應適當設定噴砂材料流速及除污時間，以防止噴砂材料過度噴射而貫穿除污物導致噴砂材料飛揚。

- 確保未受污染的部分不會受到污染。
- 根據污染狀態，不限使用單一方法，而可組合多種方法，以選擇有效的除污方法。

2. 混凝土結構物的除污

在拆除建築物時，應先拆除受污染混凝土，將其與未受污染混凝土進行適當分離，而未受污染部分則可依照普通建築物之程序進行拆除。此外，提前拆除受污染混凝土亦可防止未受污染混凝土受到污染，從而減少放射性廢棄物產量。由於大多數的混凝土表面均有塗層，因此大部分污染物會附著於表層上（包括那些經由擦拭即可清除的污染部分）。即使混凝土有受到污染物滲入，若其表面健全，則污染部分最深僅達表面深度幾公釐至幾公分。因此，可使用一般建築施工所使用的鑽鑿設備。

- 為避免放射性物質飛揚及工作人員的體內曝露，必要時設置能夠防止污染擴散的密閉設備。
- 為減少混凝土的處理量，應使用能夠分離受污染部分的施工方法。
- 為抑制放射性物質釋放並確保作業期間的安全，選擇除污範圍時，應避免影響整個建築物的健全

性。

- 假若產生易引起火災或爆炸的高危險物質（如氫氣），則應設置能夠適當去除這些物質的設備。
- 在處理可燃性或易燃性物質時，應採取適當的防火及防爆措施。
- 在處理如雷射等熱能時，應防止火災或爆炸的發生。
- 確保未受污染的部分不會受到污染。
- 根據污染狀態，不限使用單一方法，而可結合多種方法，以選擇有效的除污方法。

(三)附錄 C—除污作業的事前調查

1. 除污作業的事前調查

在進行除污作業時，應對殘留於除污對象的放射性物質進行調查，確定其核種組成及核種濃度，以及附著放射性物質之物體的重量、元素組成及化學形態，物理形態及其分布概況，以便進行合理的除污作業。雖然於除役計畫階段已掌握除役對象受核燃料物質污染的分佈概況，但除役實施階段亦應考慮到新資訊，以決定除污對象，以及除污方法的選擇及評估。此外，在除污設備的設計及除污程序擬定前，

應對除污設備安裝位置的空間、劑量率、管路連接位置等進行具體的現場勘查。在進行除污作業的事前調查時，應注意以下幾點：

- 在研擬殘留放射性物質的調查計畫時，應充分利用在除役計畫階段進行的核燃料物質污染分布評估的結果。
- 應有效利用計算方法及量測方法並根據需要進行綜合評估，以評估放射活化污染以及放射性物質的附著、滲透造成的二次污染。
- 由於現場勘查可能會獲得與除役計畫階段不同的建築圖、設備配置圖，因此應先研擬詳細的調查計畫。

2. 調查污染狀況

(1) 污染物的狀況調查

針對污染物的狀況調查，將對除役設施進行以下調查或選擇：

- 核設施的建築圖、設備配置圖、運轉歷史調查
- 選擇除污對象
- 考慮可能二次污染的設施，並調查其結構材料的材質及元素組成

(2) 評估殘留放射性物質的核種組成及核種濃度

應根據二次污染物的狀況調查，選擇能夠代表各設備運轉狀態的抽樣點，並藉由取樣量測方法及/或計算評估方法進行殘留放射性物質的核種組成及核種濃度，以及附著放射性物質之物體的重量、元素組成、化學形態及物理形態的評估。然而，該評估是以除污作業的事前調查為目的，因此放射活化污染不包括在調查對象中，僅針對二次污染進行調查。由於各系統的污染活度及核種組成均不同，因此，應根據核種行為的相似性，對各系統、牆面、地面等進行分類，以選擇抽樣量測點，進行二次污染物質的活度調查。將藉由以下調查及方法進行二次污染物質的活度調查：

- 調查表面污染歷史（利用記錄等進行調查）
- 可能存在二次污染的混凝土分析（取樣）
- 設備及管路的輻射量測（伽馬射線量測）
- 設備內表面污染的量測（拭跡調查）

3. 污染評估

(1) 放射性物質的附著、滲透造成二次污染的評估方法

放射性物質的附著、滲透造成二次污染的核種組成、核種濃度及其分布，應藉由以下一種方法或結合多種方法進行評估：

A. 透過污染密度量測的評估方法

透過量測污染密度的評估方法量測設備或設備表面及建築物結構材料表面上的污染密度，或量測代表性樣品的活度，以確定污染的核種組成、核種濃度及其分布。

B. 透過活度平衡計算的液體污染評估方法

針對在運轉過程中會與流體接觸的設備，藉由污染行為模型來驗證設備中的流體條件，並透過活度平衡計算，確定污染的核種組成、核種濃度及其分布。

C. 透過表面劑量量測的污染評估方法

實際量測設備或設備外表面的等效劑量率，並輔以核種組成的資訊，以確定污染的核種組成、核種濃度及其分布。

4. 拆除前及拆除後除污方法的選定及其適用範圍的相關事前調查

針對拆除前及拆除後除污，應根據目的及對象範圍的輻射活化，並從以下方法中選擇除污方法。具體的除污方法包括化學除污、機械除污、電化學除污或其它的除污方法。

- 僅溶解及去除設備、組件及管路內表面上的薄膜。
- 不僅是鋼的氧化膜，連同基材表面一同溶解及去除。
- 切割或粉碎混凝土表面，並加以去除。

此外，應考慮到除污對象範圍的管路、組件、牆面及地面等的表面污染密度，以決定除污範圍的系統劃分。此外，為避免放射性物質從濃度高的地方擴散至濃度低的地方，應依據事前調查的結果，決定最後的除污方針及程序。若廢棄物在運送方面有窒礙難行的情況時，將會影響到除污作業的進行，因此有必要針對二次廢棄物的接收單位及運送方法作好充分的事前討論及調查。有關拆除前及拆除後除污方法的選定及其適用範圍的相關事前調查項目如下：

- 除污目的（應確立目的，包括：減少附近公眾曝露、減少工作人員曝露、防止體內曝露、降低放射性廢棄物的放射性物質濃度，以及藉由外釋達

到廢棄物的減少)

- 除污對象範圍的系統與除污設備的連接位置
- 除污對象範圍的除污容積(m^3)及除污面積(m^2)
- 除污對象範圍的組成材料
- 除污對象範圍的推估附著污染物量、推估活度及滲透深度(推估或取樣調查)
- 除污對象範圍的推估附著污染物形態(推估或取樣調查)
- 除污結束時的目標劑量率
- 除污對象範圍的系統劃分建議
- 除污對象範圍於運轉期間的水化學運轉歷史紀錄
- 除污對象範圍於運轉期間的除污歷史紀錄
- 除污方法的選擇
- 除污設備的配置及設備安裝的可行性(設置空間、地面承載能力、臨時管路配置、機器及設備的進出路徑、干擾物、現有設備的有效利用)
- 將除污設備插入或設置於除污對象內部時，應針對設置位置、進出孔進行調查
- 二次廢棄物的接收單位(廢棄物貯存機構)

- 二次廢棄物的運送方法（參考法規依據）
- 二次廢棄物的產量及處理、處置性
- 廢水輸送目的地及水質接受標準（系統更換水、系統最終淨化水、除污後的機械清潔水）
- 預期氣體的產生、揮發性放射性物質的排放及廢氣處理設備的排放目的地
- 除污劑（化學品）的存放位置、存放方法及相關規定
- 除污對象設備的表面劑量率
- 除污施工現場的劑量率及進行除污作業人員的預期曝露劑量
- 預定的除污作業及除污程序
- 搭配使用化學除污法及機械除污法
- 準備必要的公用設施（電源、除礦水補充水系統、廠內用壓縮空氣）
- 使用化學分析室（放射性實驗室）
- 輻射偵檢器（區域監測器）等的必要性
- 確認及反映過去的不合格案例
- 確認事故預防措施及監測方法（防止洩漏、監測、化學品處理、燒傷等安全措施）

- 除污後的設備（存放、運送或處置）

(四)附錄 D—鋼材的除污技術

雖然去除鋼材表面污染的方法有很多種，不過大致可分為化學除污法、機械除污法，以及電化學除污法（常利用於金屬表面研磨的電解研磨法）。由於這些方法的適用性係取決於使用時機（拆除前或拆除後）、污染型態、去除效率、物體形狀等，因此有必要配合使用其中幾種方法。

1. 化學除污法

化學除污法的目的及方法，依據拆除前後而不同。拆除前除污為減少除役施工時附近公眾及工作人員的曝露及/或降低放射性物質濃度，故於除役施工前進行拆除前除污。主要是以系統為對象，並以還原作用、氧化作用的方法為主。除污劑則包括有機酸的草酸及無機酸的鹽酸、硝酸等。其中以草酸為最常用，因可將除污廢液進行分解處理，而減少廢棄物。

拆除後除污是以減少廢棄物量及降低放射性物質濃度為目的，並使用有機酸的甲酸及無機酸的鹽酸、硫酸、磷酸等，以可獲得較高除污效果的方法為主。

化學除污法從 1950 年代後期開始應用於研究用反應器及試驗迴路碳鋼的除污，1970 年代應用於商用反應器及大規模的系統除污，到了 1980 年代則開發出應用於除役的除污技術。隨著除污法應用範圍的擴大，不斷改良除污劑的種類及除污步驟，以提升除污因數(DF)及減少廢棄物。典型除污劑的分類如下：

- 有機酸：草酸及甲酸
- 無機酸：鹽酸、硫酸、硝酸及磷酸

此外，還有一種將上述除污劑與氧化劑(如過錳酸鉀)結合進行氧化程序的方法，近年來已應用於運轉中核電廠。

使用溼式法進行除污的最大優點是，即使形狀複雜的除污對象物只要能和除污液接觸即可期待除污效果，但缺點是會產生放射性廢液而且除污時間較長。

使用乾式法進行除污的最大優點是不會產生廢液，但適合的除污對象物卻受到限制。例如，能夠將以下反應氣體導入到程序內進行除污的對象，僅限於滯留於鈾濃縮設施相關程序內的固體鈾氟化物。

- 反應氣體： IF_7 、 ClF_3 、 BrF_3 、 BrF_5

(1) 拆除前除污

作為具體的除污技術，溼式法中有利用以還原劑為主的藥劑溶析放射性物質的方法，以及利用氧化還原反應的方法。前者是利用草酸、檸檬酸等還原反應來溶解及去除除污對象物的鐵表面氧化膜；後者則主要應用於不銹鋼等的含鉻材料。不銹鋼中存在鉻氧化物不會在還原反應中溶解，因此有必要使用過錳酸鉀的氧化反應使其溶解。近年來，常使用結合氧化與還原反應的除污法，以獲得較高的除污因數。此外，再處理設施使用的除污方法是藉由系統內硝酸的再利用及氫氧化鈉等，以稀釋、洗淨及溶解系統中殘留的氧化鈾、核分裂生成物及污泥沉澱物等。而關於乾式除污的具體實例，為了將附著或滯留於鈾濃縮設施程序內的 UF_5 加以回收及去除，可於程序內導入 IF_7 反應氣體，待 UF_5 氟化、氯化成 UF_6 後，即可將鈾除污。

(2) 拆除後除污

拆除後進行的化學除污是一種使用除污溶液，並藉由酸溶解、還原溶解及氧化溶解反應，

將附著於除污對象物上的污染物去除的除污法。可使用酸、鹼及鉗合劑等作為除污溶液。此外，目前正研發一種硫酸銻除污法，可藉由添加氧化劑，以改善溶解性。一般大多是將除污對象物浸於化學藥劑中，然而亦有將除污劑製成泡沫或凝膠狀，並讓其附著於除污對象物上加以除污的技術。

2. 機械除污法

機械除污包括利用噴砂法、噴射法、研磨法及振動法等達到除污的方法。噴砂法的研磨材料包括硬介質的沙、金屬小球、氧化鋁等；軟介質則包括塑膠小球及乾冰等。

3. 電化學除污法

電化學除污法較常見的例子是電解除污法，該技術已普遍使用於一般業界的金屬表面研磨，其最大的特徵是可在較短時間內獲得較高的除污效果。電解除污法與化學除污法一樣，均使用化學藥劑作為電解液，故會產生放射性廢液。此外，對於形狀複雜的除污對象物，有時候除污效果並不理想，為了解決此一問題，目前正開發一

種結合電解除污與機械作用（如刷頭）的技術。

4. 其他

其它的除污技術包括：熔融分離法是利用氧化物生成自由能的差異，將受到鈾等放射性核種污染的金屬加以熔融氧化，並將氧化物之放射性核種轉移至爐渣層的方法，可應用於金屬除污。將磷酸三丁酯(TBP)等萃取試劑作為鈾及鈾的反應劑，並與超臨界狀態的 CO_2 混合成溶劑的超臨界流體(CO_2)除污法，以及利用雷射光剝蝕效果的雷射除污法。

表 8-2 鋼材的除污方法(1/2)

大分類	中分類	小分類	技術名稱	技術概要	NO.
鋼材除污技術	化學除污法	還原溶解除污法	草酸除污法(OX 法)	草酸具有還原、溶解氧化鐵（主要由鐵組成）的作用。另一方面，氧化鉻由不溶性鉻組成，並需經由氧化處理，轉化為可溶性六價鉻後再使其溶析。	1
			LOMI 法(Low Oxidation-State Metal Ion)	這是一種使用 2-吡啶甲酸鈣鹽形式的 V^{2+} ，並將腐蝕生成物中 Fe^{3+} 還原成高溶解性 Fe^{2+} 的除污方法。	2
			ELOMIX 法(LOMI Electrochemical Ion Exchange)	電化學 LOMI 離子交換法(ELOMIX)是 LOMI 法的改良。	3
		氧化溶解除污法	四價鈾除污法	利用 $Ce(IV)$ 的氧化能力氧化溶解 Cr，同時用硝酸及硫酸溶解 Fe、Ni。此外，硝酸及硫酸亦可溶解金屬基材，可去除表面殘留的少量包層。由於此法應用於拆除後的廢棄物除污，故除污液的濃度相對較高。Ce 在除污過程中轉變為三價，可透過臭氧或電解等進行再生。	4
		酸溶解除	甲酸除污法	利用甲酸溶解碳鋼基材，並藉由還原力溶解表面膜。除污廢液	5

		污法		可藉由過氧化氫分解成水及二氧化碳。	
			鹽酸除污法	是一種在氯中添加還原劑或鈇鹽，以提高包層溶解度的除污方法。	6
			硝酸除污法	是一種在用硝酸(HNO_3)溶解不銹鋼及英高鎳容器中的鈾及其他氧化物的除污方法。	7
			磷酸除污法	一種利用磷酸(H_3PO_4)快速除污，去除碳鋼表面薄膜的方法。	8
		氧化/還原 溶解除污 法	CORD 法(Chemical Oxidation Reduction Decontamination)	是一種用草酸（還原劑）溶解氧化鐵，以及用過錳酸（氧化劑）溶解氧化鉻的方法。	9
			HOP 法(Hydrazine Oxalic acid and Potassium Permanganate)	是一種使用過錳酸鉀作為氧化劑，並用草酸及聯胺作為還原劑的除污方法。	10
			T-OZON 法(Toshiba Ozone Oxidizing decontamination for Nuclear Power Plant)	是一種用草酸（還原劑）溶解氧化鐵，並用臭氧（氧化劑）溶解氧化鉻的方法。	11
			DFD 法	是一種使用氟硼酸(HBF_4)的除污方法。	12

			(Decontamination for Decommissioning)		
			POD 法(PWR Oxidation Decontamination)	是一種使用過錳酸鹽溶解及去除氧化鉻及氧化鐵的除污方法。	13
			AP/還原溶解除污法	為提高檸檬酸銨(AC)、胺磺酸(Sul)、草酸(OX)等除污效果，事先用鹼性過錳酸鹽(AP)進行預處理的除污方法。	14
		塗層法	泡沫除污法	是一種將中性清潔劑製成的泡沫作為化學除污劑轉移介質的除污方法。	15
			凝膠及糊劑	是一種使用凝膠劑作為化學除污劑轉移介質的除污方法。	16
			剝離塗層除污法	在受污染的處理對象物體表面塗上一層可剝離塗料，藉由表面附著的污染物被吸附到塗料（聚合物）中進行除污的方法。	17

表 8-3 鋼材的除污方法(2/2)

大分類	中分類	小分類	技術名稱	技術概要	NO.
鋼材除污技術	機械除污法	噴砂法	鋼料噴砂法	是一種以鋼碎片作為磨料並與高壓空氣一起噴射到鋼表面，對鋼表面上的活度污染物進行切割及破壞，而進行除污的技術。	18
			氧化鋯噴砂除污法	是使用壓縮空氣或離心輪將磨料（氧化鋯）噴射到除污對象物	19

				上，並將除污對象物的表面與其表面污染物一起研磨去除的除污方法。	
			氧化鋁噴砂除污法	是使用壓縮空氣或離心輪將磨料（氧化鋁）噴射到除污對象物上，並將除污對象物的表面與其表面污染物一起研磨去除的除污方法。	20
			乾冰粒噴洗除污法	是使用 CO ₂ 顆粒作為磨料的除污方法。	21
			冰粒噴砂除污法	是使用冰及低壓空氣作為磨料，並噴射到受污染物體表面上的除污方法。	22
		噴射法	高壓水噴射除污法	是一種將幾十至數百 kg/cm ² 水壓的水噴射至洗淨對象位置進行洗淨的方法。	23
		研磨法	刷子除污法	是一種使用旋轉刷來刷除表面污染物的方法。	24
			水流式研磨除污法	將細顆粒磨料與水混合並使其快速流動於待除污的管路中，藉由細顆粒磨料與管路內壁上的放射性腐蝕生成物碰撞所產生之機械衝擊力，將放射性腐蝕生成物加以剝離、去除。	25
			空氣迴旋流動式研磨除污法	是一種將磨料與迴旋空氣混合，並對管路內壁進行機械研磨的除污方法。	26
		振動法	超音波除污法	振盪器產生 20kHz 以上的超音波，此振動轉換為相同頻率的機械能量。利用水或溶劑的振動，以洗淨對象物的除污方法。	27

	電氣化學除污法	電解法	電解除污法	在電解液中將除污對象物連接至陽極，以溶解除污對象物的表層。	28
	其它	熔融分離法	優先氧化除污法	從活化金屬或受污染的金屬中去除對體外曝露影響較大的 Co-60 及具有長期影響的 Ni-63，是一種從鐵及鉻中熔融並分離出鈷及鎳的除污方法。	29
			熔渣除污法	是一種利用基材（例如鐵）及污染元素（例如鈾）的氧化物生成自由能之間的差值，將污染元素轉移至爐渣層的除污方法。	30
			基材融化除污法	是一種利用基材金屬及表面氧化膜之間熔點的差值來分離氧化膜的除污方法。	31
			高溫溶劑萃取法	將目標金屬（不鏽鋼、碳鋼）與溶劑一起熔融，並利用鐵相及溶劑相之間的分離元素(Co、Ni)配比，從回收金屬（例如鐵）中分離出元素。	32
			熔鹽電解法	是一種透過電解及鉛萃取方式，從鐵、鉻及鎳組成的金屬中分離出鎳及鈷的除污方法。	33
		其它	超臨界除污法	是一種使用溶劑的除污方法，該溶劑是以磷酸三丁酯(TBP)等萃取試劑作為鈾及鈾的反應劑，並與超臨界二氧化碳混合而成。	34
			雷射除污法	是一種利用高功率密度短脈衝雷射照射到金屬材料表面時所產	35

				生剝蝕效果的除污方法。	
			雷射化學除污法	是雷射除污的技術之一，用於有效處理化學或機械除污後殘留的點狀污染。	36

(五)附錄 E—混凝土的除污技術

1. 混凝土的除污方法

混凝土結構受放射性物質污染的形式可分成表面污染及滲透污染。即使混凝土有受到污染物滲入，若其表面健全，則污染部分最深僅達表面深度幾公釐至幾公分。因此，只要透過反覆地進行表面刨除，即可移除滲透污染。雖然去除混凝土表面的方法有很多種，不過大致可分為機械方法、熱方法及化學方法。由於這些方法的適用性係取決於去除深度、去除效率、物體形狀及位置等，因此有必要配合使用其中幾種方法。

2. 混凝土的除污作業

在混凝土除污方法的技術分類中，機械除污法是藉由切割或粉碎混凝土表面進行物理剝離的技術，並可將受污染表面層去除至一定深度且不會造成污染。機械除污法具有較好的工作效率及除污因數，已成為混凝土除污工程的主要技術。熱除污法是一種利用混凝土表面加熱而使內部水分迅速膨脹產生之壓力來粉碎表面層的技術。其他的技術則包括利用酸、鉗合劑的化學反應、利用微生物，以及將放射性

物質包封於混凝土內的技術，而這些技術被歸類為化學除污法。如上所述，現有的混凝土除污施工技術種類繁多。

表 8-4 混凝土結構除污方法彙整

大分類	中分類	小分類	技術名稱	技術概要	浸透污染適用評估	NO.
混凝土 除污技術(表面 剝離)	機械除 污法	切割	圓柱形銑刀	用切割能力強如金剛石等製成的刀刃排成圓柱形並使其連續轉動，壓於混凝土表面上進行切割。	○	1
			研磨機	將裝有金剛石等硬質材料的轉盤旋轉，並壓於混凝土表面上進行切割。	△	2
			水刀	利用高壓水將混凝土表面塗層去除。	○	3
			噴砂(各種研磨劑)	利用壓縮空氣等噴射磨料顆粒，以粉碎混凝土表面。可使用鐵粉、沙子、冰、乾冰等作為磨料。	△	4
		粉碎	刨除	利用具有突起物的多個敲擊工具，對混凝土表面進行連續搗碎動作。	○	5
			鑿刀(軋碎機)	利用鑿刀不斷撞擊混凝土表面，並藉由衝擊力粉碎混凝土表面。軋碎機是一種透過振動(例如液壓及氣壓)產生衝擊力的機器。	○	6
	熱除污	粉碎	雷射	利用雷射照射進行熱處理，以去除混凝土表	△	7

	法		面。實例包括熔融玻璃化破碎及蒸汽爆炸破碎。		
		微波	利用微波加熱混凝土中的水分，使其迅速膨脹並剝落混凝土表層。混凝土含水量越高，則效果越好。	△	8
	化學除污法	利用微生物	將一種特殊的細菌（產生硫氧化劑之硫桿菌屬）與纖維素及硫混合形成凝膠，然後將其噴灑到混凝土表面進行培養。當混凝土已充分劣化時，降低其溫度及濕度，使細菌停止活動，此時再使用真空吸塵器吸除劣化的表面。	△	9
		塗層法	對受污染的表面進行塗層，在塗膜固化過程中將放射性物質包封於塗膜中，然後只需將乾燥後的塗膜剝離即可簡單去除放射性物質。此方法不會產生如灰塵或廢液等二次廢棄物。	×	10
備注：滲透污染適用評估 ○：適用於滲透深度大於 5 mm 以上、△：適用於滲透深度小於 5 mm、×					

(六)附錄 F—拆除後除污

1. 拆除後除污

針對拆除後的設備及管路，可藉由對放射性廢棄物進行除污，以降低放射性物質濃度，或藉由廢棄物之外釋作業，減少放射性廢棄物之數量，以達到合理的處理及處置為目的。除污方法包括使用化學藥品的化學除污、利用電解研磨技術的電化學除污，以及運用噴砂、噴射、研磨、振動等技術的機械除污，或其它的除污方法（例如熔融）。化學除污通常將污染物放進桶槽內再進行除污。

2. 注意事項

藉由調查及評估來推估除污後放射性物質的放射性核種組成、核種濃度及附著放射性物質之物體的重量、元素組成、化學形態及物理形態，以決定廢棄物的處理及處置方法。進行拆除後除污時之注意事項如下：

- 考慮最適合各除污對象的除污劑、方法及除污設備。
- 根據除污對象的不同，結合多種除污方法，並取各除污方法的優點。

- 考慮除污效果、二次廢棄物產量、經濟性及降低曝露等整體的平衡性。
- 研究如何減少除污過程中產生之二次廢棄物產量的方法（例如，藉由再生及回收達到廢液的減量）。
- 將拆除廢棄物切割成小尺寸後進行除污、量測，可減少處理設備的尺寸。然而，由於切割作業及處理數量會隨之增加，故應考慮到成本的平衡。
- 若除污液為強酸性時，則應適當調整除污液，以防止可燃性氣體生成，及釋放出揮發性放射性物質。
- 在噴砂除污方面，應適當設定噴砂材料流速及除污時間，以防止噴砂材料過度噴射而貫穿除污物導致噴砂材料飛揚。

表 8-5 拆除後鋼材的除污方法彙整

除污種類	除污方法	除污技術的概要
機械除污法	刷洗	是一種利用旋轉刷頭以洗掉表面污染的方法。其優點是易於處理且不產生二次廢棄物。可使用含有研磨劑之刷頭，以提高除污效果。
	高壓噴水	是一種從噴嘴噴出高壓水以去除表面污染的方法。雖然此方法可節省除污時間及成本，但卻會增加產生的廢液。

	超音波清洗	是一種藉由超音波產生局部衝擊力去除污染的方法。面對形狀複雜物體，亦可預期除污效果。
	噴砂除污	是一種將磨料與加速流體一起從噴嘴中噴射出來，藉由衝擊力對表面進行研磨的除污方法。可將沙子、玻璃、金屬、陶瓷（氧化硼）等作為磨料，並以氣體（主要是空氣）或液體（水）作為加速流體。雖然此方法可於短時間內獲得相對較高的除污效果，但由於磨料的破損或污染會增加二次廢棄物。因此，有時亦使用冰或乾冰作為磨料。
	塗膜剝離除污	是一種將特殊塗料塗於受污染的表面上，然後將乾燥及凝固的塗料與污染物一起剝離的方法。雖然此方法的除污效果不是很好，但易於處理。
	振動除污	將待除污物與磨料一起放入桶罐內並施加振動，藉以將污染物進行研磨及去除。雖然此方法易於處理，但於清潔及更換磨料時應小心注意。
電化學除污法	電解研磨除污	在電解液中對除污對象物施加電流，並透過電化學溶解表面薄層，藉以達到除污的方法。根據電解液的類型及電極形狀的不同，目前有幾種不同的方式，雖然均可於短時間內獲得很好的除污效果，但是如何不受除污對象物形狀的影響，以及如何處理用過電解液均為尚待解決的問。
化學除污法	浸漬化學除污	是一種將除污對象物浸入化學除污溶液中，透過化學反應使其溶解，藉以達到除污的方法。通常以強酸作為除污溶液。鈾(IV)的硫酸溶液是一種強氧化劑，對金屬具有強溶解性，是一種有效的方法。雖然該方法不太受形狀的影響，但除污時間相對較長，以及如何處理用過除污溶液亦是尚待解決的問題。
其它方法	熔融除污	是一種利用基材（例如鐵）及污染元素（例如鈾）的氧化物生成自由能之間的差值，將污染元素轉移至爐

		渣層的除污方法。在處理高溫熔體時須謹慎。假若基材的氧化物生成自由能小於或等於污染元素（例如，鋁或鈾），則無法利用此方法。日本以外具有相關實務經驗的國家為德國、瑞典等。
--	--	---

(七)附錄 G—防止污染擴散措施的範例

1. 防止污染擴散的目的

防止污染擴散措施旨在盡可能地減少除役作業造成的污染範圍及污染量，以防止工作人員不必要的曝露及放射性廢棄物不必要的增加。

2. 防止污染擴散的管理

為確實執行防止污染擴散措施，應進行以下管理：

(1) 物品攜出管理

將物品攜出管制區時，應進行以下管理：

- 將物品攜出管制區時，應進行污染檢測，以確認物品表面的放射性物質密度不超過法律規定的表面密度限制的十分之一。物品存放於容器內者，檢測容器外表面；物品未存放於容器內者，檢測物品外表面。
- 但該管制區無污染之虞者，不在此限。

(2) 物品運送管理

在管制區內，將物品從放射性物質污染程度高的區域運送至污染程度低的區域或未受污染區時，應進行以下管理：

- 在運送物品時，應進行污染檢測，以確認放射性物質密度小於運往目的地所規定的表面密度限制。物品存放於容器內者，檢測容器外表面；物品未存放於容器內者，檢測物品外表面。

(3) 管制區進出管理

針對管制區及污染區的進出，應按照該區的污染類別執行以下管理：

- 應於管制區的邊界及不同污染類別區域的邊界設置進出管制站，以便預先穿脫適當等級的防護裝備。
- 當從放射性物質污染程度高的區域退出至污染程度低的區域，或未受污染管制區及管制區外時，應量測身體及身上穿戴衣物的表面污染密度。

(4) 污染區的通風空調管理

針對污染區的通風空調，應進行以下管理：

- 原則上，空氣從放射性污染程度低的區域流向污

染程度高的區域。

- 空氣或設備廢氣從放射性物質污染程度高的區域流向污染程度低，或未受污染管制區及管制區外時，應對廢氣中的放射性物質濃度進行管理，使其低於排放目標區的空氣中放射性物質濃度限值。
- 若局部排氣裝置、局部排氣風管以及類似裝置的排氣管路直接連接至建築物的排氣風管時，應避免因回流而造成污染擴散。

(5) 防止放射性粉塵飛揚

針對因除役而產生放射性粉塵及放射性懸膠體的地方，必要時執行以下管理：

- 產生放射性粉塵及放射性懸膠體的地方，使用氣密式隔離帳篷加以圍阻，以防止其洩漏，並回收放射性粉塵及放射性懸膠體。
- 覆蓋切割刀片或線鋸附近，以防止放射性粉塵及放射性懸膠體飛散。
- 採取低粉塵飛散的切割方法。
- 將切割對象物周圍的組件及結構物、容器及設備加以覆蓋，以防止放射性飛散物的附著。

- 擦拭受污染部分，以去除污染。
- 使用塗料等方式，以固定污染。

3. 防止污染擴散措施

以下是除役作業時防止污染擴散的一般措施：

(1) 作業環境

- 劃分作業場所區劃。
- 對作業場所進行除污，以及整理、整頓。
- 採取污染圍阻措施（氣密式隔離帳篷、局部排氣裝置、覆蓋保護膜）。
- 縮小污染作業的範圍。

(2) 作業方法

- 確認待切割設備或管路內無殘留放射性氣體或液體。
- 鋪設腳踏黏墊，以防止污染擴散於更衣區及通道的地面上。
- 真空吸塵器應裝設過濾器。
- 針對受污染地方進行除污並替換保護膜。

(3) 作業員

- 利用施工前會議，宣導防止污染擴散措施。
- 正確穿戴防護裝備並徹底執行穿脫程序。

- 落實輻防教育。

表 8-6 於除役作業中防污染擴散措施的範例

作業		防污染擴散措施
除污作業	拆除前（系統）除污 拆除後除污	• 採隔離或密封措施，以防止除污液或噴砂研磨碎屑散射。
	建築物的除污	• 以現有牆面及防止污染擴散的密閉設備對混凝土除污作業區予以區劃分隔，並使用局部排氣裝置對內部進行通風換氣。 • 為防止污染擴散，應封閉作業區的開口部分，並於施工地面、牆面上鋪設保護膜。 • 為利除污作業的進行並防止污染擴散，應提前拆除混凝土結構附近的管路及管架。 • 混凝土除污設備裝設粉塵回收裝置，以有效收集粉塵產生處附近的局部粉塵。 • 混凝土結構的除污方面，若無塗膜保護表層的情況下，應避免採用濕式工法，以防止因滲透而造成污染擴散。 • 針對已完成建築物混凝土除污處理的作業區，應鋪設保護膜並管制人員進出，以防止二次污染。
拆除作業	拆除爐內結構物 拆除反應器容器(BWR) 拆除反應器壓力槽(PWR)	• 在水中進行切割操作時，應於水面上設置密閉設備，以防止污染擴散。 • 進行切割作業時，應監控切割屏蔽水是否有溢出的情形。必要時採取措施，避免切割屏蔽水飛濺。 • 進行切割作業時，原則上禁止人員進出及打開防止污染擴散的密閉設備。 • 在水中收納拆除物的容器，應對其外表面

		進行洗滌、瀝水及污染檢測，並確認容器外表面無污染。若有污染時，應進行除污。 - 在空氣中進行切割作業時，應使用可防止污染擴散的密閉設備覆蓋切割作業場所。 - 在空氣中將拆除物放入容器時，應覆蓋保護膜以防止容器表面的二次污染，並確認容器外表面無污染。若有污染時，應進行除污。
	切割反應器屏蔽牆(BWR) 切割一次屏蔽(PWR) 生物屏蔽牆的控制爆破(BWR) 一次及二次屏蔽的控制爆破(PWR)	- 以現有牆面及防止污染擴散的密閉設備對混凝土切割、拆除作業區予以區劃分隔，並使用局部排氣裝置對內部進行通風換氣。 - 為防止污染擴散，應封閉作業區的開口部分，並於施工地面、牆面上鋪設保護膜。 - 應使用粉塵回收設備，以有效收集在切割混凝土結構時所產生的大量粉塵及污泥 - 為避免切割時向周圍飛濺的冷卻水及污泥造成污染擴散，應盡可能減少冷卻水用量，並在附近鋪設保護膜。 - 作業區的區劃分隔牆面於拆除時，應檢查牆體結構強度，並確認沒有問題。 - 拆除混凝土塊的二次切割應於氣密式隔離帳篷內進行。
	拆除其它金屬設備	在拆除表面污染程度較低的設備（例如蒸餾水系統設備、洗滌廢水處理系統設備(PWR)、主蒸汽系統及抽氣系統、廢液處理系統(BWR)等）時，可設置局部排氣風管來替代防止污染擴散的密閉設備。
放射性廢	放射性廢棄物的處理	處理過程中產生的氣體，應透過專用排氣設備排出。

棄物 的管 理		• 確認存放放射性廢棄物的容器為密封狀態並且無損壞。 • 確認密封容器的表面無二次污染。
---------------	--	---

(八)附錄 H—拆除作業

1. 設備、組件及管路的拆除

有關設備、組件及管路的拆除如下：

(1) 拆除特性及拆除方法

核設施拆除作業具有以下特性：拆除對象為受到放射活化或放射性物質污染的結構物，而且作業環境曝露於輻射之下。反應器設施（例如壓力槽、爐內結構物等）中的設備、組件及管路，其放射性主要是由於在反應器運轉過程中受核燃料分裂反應所產生的中子照射所致（這個過程稱為放射活化反應。如生成 ^{60}Co 等活化生成物）。有時，冷卻水中的腐蝕生成物會在運轉過程中受到放射活化，並附著於一次側系統的組件及管路的表面。因此，拆除作業是處於高輻射環境，並且二次廢棄物（空氣中及水中懸浮物、熔渣等）亦具有放射性。因此，考量這些特性而開發了各種切割方法。從切割機制來看，切割技術可分為

熱切割及機械切割；而根據作業環境又可分為水中切割及空氣中切割。一般而言，熱切割的切割速度快且切割反作用力不會施加回切割機具上，屬於中小型的切割機具。另一方面，機械切割產生的粉塵量少且粉塵粒徑大，因此容易處理二次廢棄物。水中切割可藉由水來屏蔽切割對象物的輻射，以及去除粉塵的效果。另一方面，由於空氣中切割不產生放射性廢液，因此只要進行適當的輻射防護，即可輕易接近切割對象物並能夠使用手動切割機具。在進行拆除作業時，應考量這些切割技術的特性及結構物的材質、形狀及厚度、工作環境、使用條件，以及拆除過程中產生的二次廢棄物等來選擇拆除方法。

(2) 拆除時的注意事項

除了一般的安全措施（熱切割時的火災防護、防止切割物掉落等）外，進行設備、組件及管路切割等拆除作業時的注意事項如下：

F. 選擇拆除工法時，應注意以下幾點：

- － 對於設備、組件及管路具有足夠的切割性能。

- 具有高可靠性(例如故障率低、切割性能穩定等)。
- 可用於狹窄或能見度較差的作業空間，並具有良好的可操作性。
- 二次廢棄物的產量少且易於回收及處理。
- 能夠盡可能防止放射性粉塵的產生。
- 不會損及除役安全必要設備的安全功能，而且不會對鄰近設備產生不利影響。
- 易於除污（使用平滑的形狀及材質）。
- 公用設施的可及性（例如易於接近公用設施的供應位置、足夠的供應量）。

G. 討論拆除工期時，應注意以下幾點：

- 拆除爐內結構物、壓力槽等大型設備時，應盡可能事先拆除

該設備周圍的組件，以提高可操作性。

- 拆除設備及組件時，應儘早拆除曝露源（例如劑量率及放射性較高的部分）。
- 影響設施安全的重要公用設施，應詳細討論其拆除時機。
- 拆除含有放射性物質的設備時，應維持建築物及建築物通風設備的封閉功能。若臨時設置的設備亦可提供適當的封閉功能時，則不在此限。

H. 為降低工作人員的輻射曝露及防止污染擴散，應注意以下幾點：

- 必要時採用遙控拆除、水中拆除等方式。
- 考慮拆除物的放射性物質濃度及拆除時粉塵的飛揚程度，必要時設置氣密式隔離帳篷，並經由粒子過濾器排氣。

- 當產生廢液或樹脂時，應防止飛濺（利用現有堰堤及臨時堰堤、使用容器防止飛濺）。
- 在進行高劑量區域的拆除時，應使用試驗模型機具進行預演訓練，以縮短曝露時間。

2. 混凝土結構的拆除

(1) 拆除特性及拆除方法

混凝土結構的拆除技術及機具包括：利用機械衝擊、切削、流體能量、爆炸衝擊壓、火焰熔斷、膨脹壓力及液壓等利用各種技術及機具的拆除工法。由於核設施的混凝土結構物中有些部分具有活度（ ^{152}Eu , ^{60}Co 等活化生成物），或有放射性物質附著或滲透（活度污染），因此拆除時，應考慮如何減少工作人員的輻射曝露（例如抑制粉塵產生或採取遙控操作）。核設施拆除時產生的混凝土廢棄物約占總廢棄物的 90%。其中大部分是屬於非放射性廢棄物。因此，可根據混凝土中放射性物質濃度，合理地分類拆除或去除受污染部位後，視同一般建築物予以拆除，以減少放射

性廢棄物的數量。此外，進行建築物的拆除時，可事先拆除受污染混凝土，以大幅減少污染混凝土的數量。

(2) 拆除時的注意事項

除了一般的安全措施（火災防護、防止拆除物掉落等）外，進行混凝土結構拆除時的注意事項如下：

A. 選擇拆除工法時，應注意以下幾點：

- 能有效拆除厚牆或含有大量鋼筋的緻密混凝土結構。
- 為減少污染混凝土的產量，應盡可能精準分離受污染部分。
- 具有良好的安裝、搬移、可操作性及可維護性，並且根據實務經驗具有很高的可靠度。
- 可用於狹窄或能見度較差的作業空間，並具有良好的可操作性。
- 二次廢棄物的產量少且易於回收及處理。

- 不會損及除役安全必要設備的安全功能，而且不會對鄰近設備產生不利影響。
- 易於除污（使用平滑的形狀及材質）。
- 公用設施的可及性（易於接近公用設施的供應位置、足夠的供應量）。
- 使用炸藥時，可防止炸藥殘留。

B. 討論拆除工期時，應注意以下幾點：

- 區域內含有影響設施安全的重要公用設施時，應詳細討論該區域建築物的拆除時機。
- 因拆除或改建而導致建築物剛性降低，或因設置重物而造成載重增加時，應討論上述情況對於建築物結構強度的影響。
- 針對放射性物質濃度不同的混凝土應盡可能錯開拆除的時間，以免拆除物混淆。

- 為確保預期外釋的混凝土結構不會受到二次污染，應確定拆除工期及程序。

C. 為降低工作人員的輻射曝露及防止污染擴散，應注意以下幾點：

- 為減少工作人員的輻射曝露，必要時採用遙控施工方法。
- 為抑制放射性物質的排放並確保作業的安全性，應選定拆除範圍，以免影響建築物整體的健全性。
- 考慮拆除物的放射性物質濃度以及拆除時粉塵的飛揚程度，必要時設置氣密式隔離帳篷，並經由粒子過濾器排氣。
- 為防止混凝土拆除過程中產生大量粉塵及污泥擴散，應於產生區域附近使用有效的集塵設備。
- 當產生廢液或離子交換樹脂時，

應防止飛濺（利用現有堰堤及臨時堰堤、使用容器防止飛濺）。

- 在進行高劑量區域的拆除時，應使用試驗模型機具進行預演訓練，以縮短曝露時間。

(九)附錄 I—拆除工法彙整

1. 適用於除役的拆除工法

選擇除役的拆除工法時，須瞭解其規格、效率、可操作性及成本等資訊。除役拆除工法種類繁多，其中也有廣泛使用於一般拆除作業的工法。核設施內的組件主要為金屬製；建築物本體主要由混凝土建成。兩者的材料及形狀各異，適用的拆除方法亦不相同。

表 8-7 設備、組件及管路的拆除

切割類型	拆除工法	拆除工法的概要
電能切割	電漿弧切割	在電極與被切割物件之間產生等離子弧，並藉由游離工作氣體獲得高溫狀態（幾萬度），使被切割物件局部熔化。
	電弧圓盤鋸切割	在高速旋轉（300 至 1200rpm）的刀片與被切割物件之間產生高電流電弧，以局部熔化被切割物件，並藉由旋轉刀片將熔融物去除進而切斷。

	放電加工切割 (TIG、MIG 切割)	在旋轉的圓盤狀或帶鋸狀的旋轉電極與被切割物件之間施加直流電，並利用所產生的電弧熱量使被切割物件熔化進而切斷。
	電弧水刀切割	送入消耗性電極的金屬線並與被切割物件之間產生電弧，然後從噴嘴噴出高壓噴射水以切割熔融金屬並吹除熔融物質。
	電弧氣刨切割	在連接至正極的電極及連接至負極的被切割物件之間產生電弧，以熔化被切割物件，並將空氣噴射至其中，再從後方將熔融金屬往前噴射吹除進而切斷。
氣體切割	氧氣切割（氣割）	利用氣體火焰（氧氣、乙炔焰等）將切割處預熱至燃點，再從火口中心噴出氧氣，藉由氧化及燃燒鐵進而切斷。
	粉末氣體切割	透過乾燥空氣或氮氣將氧化性粉末（鐵粉等）連續供應至氣體切割的氧氣流中，並利用氧化熱進而切斷。
	氧氣槍切割	使用細長鋼管代替氧氣切割的火口，將切割氧氣輸送至大型鋼塊內部進而切斷。
物理性切割	圓盤刀具切割	將圓盤狀刀具（圓盤切割機刀具）壓在被切割物件上，並藉由移動切削刀，使切削刀進入切割物體進而切斷。
	機械鋸切割	藉由鐵鋸刀片來回移動或旋轉運動進行切割，一般使用移動式或固定式。例如，弓鋸、截斷鋸、帶式氣鋸等。
爆炸切割	聚能裝藥切割	將裝填在圓錐型或凹型金屬襯套中的炸藥引爆，隨著襯套塌陷會釋放出金屬微粒，並形成沿同一方向運動的噴射流，而使被切割物件受到噴射流的能量切斷。
	深冷爆炸切割	一般而言，鋼的溫度降低至一定溫度時，其延

		展性將轉變為脆性。利用此一特性，藉由液態氮深度冷卻被切割物件至脆性狀態，再爆炸切斷。
雷射切割	雷射切割	激發原子使其產生 CO 氣體等雷射光束，再利用透鏡聚焦雷射光，以高功率密度的熱源切斷物件。

表 8-8 混凝土結構物的拆除

切割類型	拆除工法	拆除工法的概要
敲擊粉碎	軋碎機	利用壓縮空氣或液壓反覆敲擊混凝土使之造成裂縫，進而破壞。然而，鋼筋需利用氣體切割機單獨切割。
	鋼球	將大鐵球用履帶吊車吊起後，使之自由落下，藉由撞擊力破壞混凝土。同樣，需利用氣體切割機單獨切割鋼筋。
磨削切割	金剛石切削	採用帶有金剛石顆粒的圓鋸刀片，藉由旋轉圓鋸刀片來切割混凝土。刀刃需要澆水冷卻。可同時切割鋼筋，但切割鋼筋時需花費時間。
	金剛石芯鑽	原理上與金剛石切割機相同，由於刀片的形狀為空心圓柱，因此也會將混凝土切割成圓柱形。切割鋼筋時亦需花費時間。
	金剛石線鋸	將散佈有金剛石顆粒的金屬片，以珠子狀黏著在金屬線上，連接金屬線的兩端，以形成環狀，藉由拉動旋轉進行切割。金屬線需要澆水冷卻。切割鋼筋時亦需花費時間。
	水刀	將高達 2000atm 的高壓水從細噴嘴噴射至物體上。可藉由混合研磨材料（例如鐵粉）與高壓水一起噴出，以提高切割性能，並能同時切

		斷鋼筋。但有鋼筋時，切削深度會變得不均勻。
壓碎	壓碎機	利用大型液壓鉗將混凝土壓碎。有時鋼筋可一起被切割。然而液壓鉗切割物件厚度受其鉗口開度侷限。
熔化	火焰噴射切割機	將煤油與氧氣以極高速噴射，利用火焰噴射將混凝土與鋼筋同時熔化並吹除。由於此操作的噪音很大，故不適合在市區使用。此操作亦可於水下使用，此情況下則不產生噪音。
利用膨脹壓力脹裂	控制炸藥	在混凝土中鑽孔並填裝炸藥，藉由引爆炸藥使混凝土破裂。隨後再進行二次破碎作業，例如使用軋碎機等進行破碎、切割鋼筋。
	靜態破碎材料	以生石灰材料製成，添加水後因水合作用而膨脹。在混凝土中鑽孔並將其放入，使之膨脹裂開。隨後再進行二次破碎作業。

(十)附錄 J—拆除工法實例

核設施的解體拆除技術繁多，已在日本國內外許多除役研究項目中獲得實證，並且應用在除役項目的實際機具操作上。拆除工法的應用對象可分為金屬及混凝土。金屬的拆除方式一般分為機械切割及熱切割；混凝土的拆除方式則分為切削、粉碎及熱切割。

表 8-9 拆除工法一覽

大分類	小分類	解體拆除工法	
金屬拆除工法	機械切割	(1)	金剛石線鋸

		(2)	機械鋸（往復鋸/帶鋸）
		(3)	圓盤刀具切割
		(4)	動力式電剪及剪機
		(5)	圓盤銑刀
		(6)	銑削/邊刀/立銑刀切割
		(7)	聚能裝藥切割
		(8)	磨料水射流切割
		(9)	磨料切割機
	熱切割	(10)	電漿弧切割
		(11)	TIG 切割、MIG 切割、電弧水刀切割
		(12)	氧氣切割
		(13)	鋁熱反應（氧氣槍）
		(14)	氧氣汽油噴燈
		(15)	氧熔劑切割
		(16)	金屬破碎切割(MDM)
		(17)	放電加工切割(EDM)
		(18)	電弧圓盤鋸切割
		(19)	氣刨+氣體切割
		(20)	雷射切割
混凝土拆除工 法	切割	(21)	金剛石線鋸
		(22)	圓盤刀具切割
		(23)	鑽孔
		(24)	磨料水射流
	粉碎	(25)	粉碎機
		(26)	安全鎖千斤頂
		(27)	軋碎機
		(28)	控制爆炸
		(29)	等離子（放電衝擊）粉碎工法
		(30)	膨脹灌漿

	熱切割	(31)	火焰切割
		(32)	鋁熱劑法
		(33)	直接通電/電磁感應
		(34)	雷射

(十一) 附錄 K—發電用反應器設施除役時功能維持及檢查
方法的範例

1. 發電用反應器設施除役時的設施特性

除役期間核燃料運出至廠外後，原本發電用反應器設施所要求的「安全停機」、「冷卻」及「包封」等安全功能中，將繼續維持放射性物質的「包封」功能。另一方面，核燃料尚存放在廠內時仍須維持「安全停機」中的次臨界功能及「冷卻」功能。

表 8-10 除役期間所需的安全功能

功能		除役期間	
		核燃料運出前	核燃料運出後
安全停機 (維持次臨界)	爐心：反應器安全停機功能	×	×
	SPF ^{a)} ：維持次臨界功能	○	×
冷卻	爐心：衰變熱移除功能	×	×
	SPF ^{a)} ：衰變熱移除功能	○	×
包封	爐心 ^{b)} ：壓力邊界功能、 活度邊界功能	×	×
	SPF ^{a)} ：活度邊界功能	○ ^{c)}	○ ^{c)}

	包含活度設備：活度邊界功能	○ ^{c)}	○ ^{c)}
備註： (a) 用過燃料池淨化冷卻設備應維持活度邊界。 (b) 爐心包封是指維持一次側冷卻設備的壓力邊界或活度邊界。 (c) 該設備拆除之前，係藉由包含這些設備的建築物來維持活度邊界。			

將核燃料運出除役設施後，該設施的活度總量與運轉期間相比將大幅減少。

施工造成放射性物質的「包封」功能喪失而導致放射性物質排放時，可停止施工以降低或減少放射性物質排放至環境，因此與運轉期間相比，可說已充分降低對周圍環境的影響。

有關除役期間應維持及管理的設備，亦應考量這些除役特性，擬定適當的除役計畫。

2. 發電用反應器設施除役期間功能分類示例(參考運轉期間安全功能的重要度分類)

運轉期間的發電用反應器設施，應根據安全功能的重要度分類進行設計，以確保安全。雖然除役期間不適用運轉期間所要求的安全功能的重要度分類，但在考量發電用反應器設施除役期間的設備功能維護目標時，可參考安全功能的重要度分類。在此，相對於運轉期間安全功能的重要度分類，考量發電用

反應器設施除役期間的設施特性下，以發電用反應器設施的除役為例，表示其概念如下：

(1) 等級 1

根據運轉期間發電用反應器設施安全功能的重要度分類，將等級 1 定義如下：

A. PS-1

- 可能因損壞或故障而造成(a)爐心嚴重熔毀、或(b)核燃料大量損毀的結構、系統及組件。

B. MS-1

- (a)當發生異常情況時，能夠進行反應器緊急停機、餘熱移除、防止反應器冷卻水壓力邊界過壓，以及防止過度輻射對廠址附近公眾造成影響的結構、系統及組件、(b)安全上必要的其他結構、系統及組件。

根據上述定義，PS-1 分類要求反應器冷卻水壓力邊界功能、抑制過剩反應度功能及維持爐心形狀的功能。然而，處於反應器停機或除役期間

爐心內已不存在核燃料時則不適用。

MS-1 分類則要求反應器緊急停機功能、冷卻水壓力邊界的過壓防止功能、反應器停機後的熱移除功能、爐心冷卻功能、發生事故時的放射性物質包封及屏蔽功能，以及特殊安全設施動作信號功能。由於除役期間不進行反應器的運轉，亦不會發生與運轉相關的緊急情況，故不適用。

(2) 等級 2

根據運轉期間發電用反應器設施安全功能的重要度分類，將等級 2 定義如下：

A. PS-2

- (a)不因損壞或故障而立即造成爐心嚴重熔毀或核燃料大量損毀，但可能導致向廠址外排放過多放射性物質的結構、系統及組件、(b)在正常運轉及運轉期間發生異常暫態變化時需要作動的結構、系統及組件，其故障時可能損害爐心冷卻。

B. MS-2

- 能夠最大程度地減少因(a)PS-2的結構、系統及組件的損壞或故障而對廠址附近公眾造成的輻射影響、(b)因應異常情況所需特別重要的結構、系統及組件。

根據上述定義，MS-2 分類要求用過燃料池的補水功能、防止放射性物質排放的功能、掌握事故時電廠狀態的功能、減緩異常狀態的功能，以及可從主控室外進行反應器停機操作功能。核燃料貯存期間仍需要用過燃料池的補水功能，其它功能則由於除役期間不進行反應器的運轉，故不適用。

PS-2 分類要求保有反應器冷卻水、放射性物質的貯存功能(反應器冷卻水壓力邊界外)、安全處理核燃料的功能、關閉安全閥/釋壓閥的功能。由於保有反應器冷卻水及關閉安全閥/釋壓閥均是防止運轉時反應器喪失冷卻水及避免停機失敗的情形，故除役期間不適用。

放射性物質的貯存功能(反應器冷卻水壓力

邊界外) 包括用過燃料貯存池及廢棄物處理設備等，當內含的放射性物質減少且不再需要安全功能時，將不再適用。安全處理核燃料的功能包括用過燃料池吊車等。

(3) 等級 3

根據運轉期間發電用反應器設施安全功能的重要度分類，將等級 3 定義如下：

A. PS-3

- (a)導致異常狀態的肇始事件並且是 PS-1 及 PS-2 以外的結構、系統及組件、(b)能夠將反應器冷卻水中的放射性物質濃度保持在低水準，而不會干擾到正常運轉的結構、系統及組件。

B. MS-3

- (a)即使運轉過程中發生異常的暫態變化，在與 MS-1、MS-2 配合下而能夠減緩事件的結構、系統及組件、(b)因應異常情況所需之必要的結構、系統及組

件。

根據上述定義，PS-3 分類要求反應器冷卻水的保持及循環功能、放射性物質的貯存功能、電源供應功能（不包括緊急用電源）、電廠儀控功能、電廠運轉輔助功能及反應器冷卻水淨化功能。

由於除役期間不進行反應器的運轉，故不求反應器冷卻水的保持及循環功能、避免核分裂生成物外逸功能及反應器冷卻水淨化功能。然而，除役期間因其故障而造成放射性物質洩漏等肇始事件時，則適用上述的其它功能，但當內含的放射性物質減少且不再需要安全功能時，將不再適用。

MS-3 分類要求反應器壓力上昇的減緩功能、輸出功率上昇的抑制功能、反應器冷卻水的補水功能、汽機跳脫功能、緊急應變功能、事故時的取樣功能、通訊聯絡功能、輻射監測功能、反應器儀控功能、滅火功能及緊急照明功能。其中，由於除役期間亦需因應放射性物質洩漏等異常事件，根據異常程度而可能需要緊急應變功能、輻射監測功能及滅火功能。

(4) 除役時的功能維持目標

運轉期間發電用反應器設施安全功能的重要度分類，係從確保安全功能的角度，根據各級別所確立的設計、建造及測試技術以及運轉管理，來實現以下目標：

- 等級 1：確保且維持可合理實現的最高可靠度
- 等級 2：確保且維持高度的可靠度
- 等級 3：確保且維持與一般工業設施同等或更高的可靠度

與運轉期間相比，由於除役時設備功能喪失的異常狀態擴大情況會大幅減少，因此除了核燃料貯存期間外，基本上可視為相當於等級 3 或更少。而核燃料貯存期間有必要維持與運轉時一樣，相當於等級 2 或等級 3 的設備功能，但可隨著核燃料的貯存量及放射性衰減程度而變更功能維持目標。此外，在除污及拆除過程中處理具有較高活度的物件時，即使採取了防止飛揚/洩漏及降低曝露等措施，仍可能因事故而對周圍環境造成影響時，則應提高功能維持目標，以避免事故發生。此外，由於除役的狀況會隨著施工進度而變

化，因此有必要於實施階段個別判斷使用設備的功能維持目標。

3. 除役時的檢查計畫

應根據除役特性及各功能維持目標，對除役時所使用的設備進行維護保養。

(1) 檢查範圍

應事先確定要使用的設施，並依據「使用計畫」決定除役時的檢查範圍。

(2) 檢查計畫

對於檢查範圍，應事先選擇管理維護方式，並制定「管理維護計畫」以確定檢查方法、檢查頻率及時間點。應從以下中選擇適當的管理維護方式：

- 預防維護
- 事後維修

(3) 檢查計畫示例

若除役期間仍存放著核燃料，其燃料貯存及處理設備的預防維護，基本上與運轉時一樣。若核燃料已運送至廠外，或是尚存放著核燃料但已與燃料貯存及處理設備完全分開且不影響這些

設備時，基本上該設備亦採取預防維護。然而，應根據除役特性，重新審視檢查方法。此外，等級 3 以下的設備之中，能夠隔離及修繕、無儲存藥物，藉由巡邏等可檢測異常，以及組件異常時不致造成二次災害及人為災患者，可採取事後維修。

(十二) 附錄 L—除役作業可用設備及功能範例

1. 除役作業可用設備及其功能

應為每個拆除對象設備選擇其拆除方法，以進行除役作業。此時所需的設備包括除污、拆除，以及將廢棄物裝入容器內再進行撤除的設備，其必要功能為除污功能、氣體/液體廢液處理功能、拆除功能、防止污染擴散功能、空氣淨化功能、屏蔽功能、固體廢棄物處理功能、廢棄物儲存功能、廢棄物量測功能、氣體/液體廢棄物排放管理功能、環境監測功能、氣象觀測功能以及這些功能運作時所需的公用設施供應功能。施工方法方面，可考慮利用現有設備進行拆除作業。

選擇可用設備時的步驟如下：

- 針對每個拆除對象設備，擬定其除污及拆除方法。

- 根據每個拆除對象設備所擬定的拆除方法，選出拆除所需的必要功能。
- 根據所選出的拆除必要功能，再選出可提供此功能的現有設備。

可提供拆除作業功能的設備包括：放射性廢棄物處理設備、通風設備、吊車設備、建築結構物、放射性廢棄物貯存設備、輻射管理設施等。上述設備應維護管理一段時間，直到使用替代設備或不再需要該功能為止。

表 8-11 除役作業可用設備及其功能〔PWR〕(1/3)

除役實施項目	預期功能	可用設備	
		設置許可上的分類	設備名稱
核燃料管理	燃料處理功能	燃料處理貯存設備	用過燃料池吊車
			燃料處理棟吊車
	燃料貯存功能		新燃料池
			用過燃料池
	燃料冷卻功能		用過燃料池水淨化冷卻設備
	防止臨界功能		用過燃料池格架
	特殊安全設施	燃料更換水設備	
安全貯存	安全貯存範圍隔離功能	未有左述功能的現有設備	
	安全貯存範圍限制出入功能	未有左述功能的現有設備	

除污作業	化學除污功能 ・ 拆除前除污 ・ 拆除後除污	組件等	壓力槽
			一次側冷卻水泵
		特殊安全設施	燃料更換水設備
		反應器輔助設備	化學與容積控制系統
			餘熱移除設備
			核機冷卻水設備
			核機冷卻海水設備
		公共設施供應功能	汽機附屬設備
			二次側補水設備
	廠用輔助設備		輔助蒸汽設備
			儀用空氣設備
		一次側補水設備	
物理除污功能 ・ 拆除前除污 ・ 拆除後除污	未有左述功能的現有設備		
拆除作業	輻射屏蔽、防止擴散功能	燃料處理貯存設備	新燃料池
			用過燃料池
			反應器爐穴
		特殊安全設施	燃料更換水設備
	公共設施供應功能	汽機附屬設備	飼水設備
			二次側補水設備
	拆除功能（金屬、混凝土）	未有左述功能的現有設備	
	重物搬運功能	起重設備	環形吊車
			汽機廠房吊車
	空氣淨化、防止擴散功能	通風設備	燃料處理棟空調裝置
			通風空調設備
			圍阻體空調裝置
			圍阻體再循環裝置

			圍阻體空氣淨化裝置
			輔助廠房空調裝置
			取樣室空調裝置
			瀝青固化廠房空調裝置
			控制廠房空調裝置
			安全核機開關器室空調裝置
			空調用冷水設備
	防止擴散功能	特殊安全設施	環帶空氣淨化設備
			安全核機室空氣淨化設備

表 8-12 除役作業可用設備及其功能〔PWR〕(2/3)

除役實施 項目	預期功能	可用設備	
		設置許可上的 分類	設備名稱
輻射管理	出入管理功能	輻射管理設備	出入管理設備
			污 染管理設備
	取樣功能		取樣設備
			取樣分析相關設備
	活度量測功能		輻射監測設備
			電子式人員輻射偵檢器
		儀控系統設備	程序儀控設備
	輻射屏蔽、防 止擴散、除污 功能	輻射管理設備	一次屏蔽
			二次屏蔽
		組件等	壓力槽
		特殊安全設施	燃料更換水設備
		反應器輔助設 備	用過燃料池水淨化冷卻設備
			用過燃料池水
			反應器爐穴

		廠房、建築結構物等	反應器廠房
			反應器圍阻體
			反應器輔助廠房
			瀝青固化廠房
			雜項固體處理廠房
			固體廢棄物貯存庫
	控制功能	儀控系統設備	控制室
排放管理	氣體/液體廢棄物排放管理功能	輻射管理設備	輻射監測設備
	環境監測功能		排氣煙囪
	氣象觀測功能		輻射監測設備
	氣象觀測功能		氣象觀測設備
	液體廢棄物排放管理功能	汽機附屬設備	冷凝水設備（循環水設備）
	控制功能	儀控系統設備	控制室
放射性廢棄物管理	氣體/液體廢棄物處理、除污功能	放射性廢棄物處理設備	排氣煙囪
			氣體廢棄物處理設備
			硼酸回收設備
			組件洩水廢液處理設備
			地面洩水廢液處理設備
			洗滌廢液處理設備
			廢料桶裝置（瀝青固化）
			雜項固體焚化設備
	廢棄物處理功能		減容裝置
			泥漿填充處理設備
	公共設施供應功能	反應器輔助設備	核機冷卻水設備
			核機冷卻海水設備
		汽機輔助設備	飼水設備
			二次側補水設備

		廠用輔助設備	輔助蒸汽設備
			儀用空氣設備
			一次側補水設備
	淺地層處置廢棄物製作功能	未有左述功能的現有設備	
	淺地層處置廢棄物保存功能	放射性廢棄物儲存設備	固體廢棄物貯存庫
			用過樹脂儲存槽
	淺地層處置廢棄物量測功能	未有左述功能的現有設備	

表 8-13 除役作業可用設備及其功能〔PWR〕(3/3)

除役實施 項目	預期功能	可用設備	
		設置許可上的 分類	設備名稱
安全確保	輻射屏蔽、防 止擴散功能	廠房、建築結 構物等	反應器廠房
			反應器圍阻體
			反應器輔助廠房
			瀝青固化廠房
			雜項固體處理廠房
			汽機廠房
	火災防護功能	廠用輔助設備	滅火設備
	照明功能	電氣設備	照明設備
	控制功能	儀控系統設備	控制室
	通訊功能	電氣設備	通訊聯絡設備
	緊急應變功能		安全避難通道
			緊急時對策所
	公共設施供應功能		
	電源供應功能	電氣設備	輸配電線

			開關場
			變壓器
			廠內高壓系統
			廠內低壓系統
			柴油發電機
			直流電源設備
			儀控電源
			照明及作業用電源
	飼水功能	汽機附屬設備	飼水設備
			二次側補水設備
	蒸汽供應功能 驅動用空氣供應功能	廠用輔助設備	一次側補水設備
			輔助蒸汽設備
			儀用空氣設備
			雜用空氣設備
	冷卻水供應功能	反應器輔助設備	核機冷卻水設備
			核機冷卻海水設備
	空氣淨化、防止擴散功能	通風設備	燃料處理棟空調裝置
			通風空調設備
			圍阻體空調裝置
			圍阻體再循環裝置
			圍阻體空氣淨化裝置
			輔助廠房空調裝置
			取樣室空調裝置
			瀝青固化廠房空調裝置
			控制廠房空調裝置
			安全核機開關器室空調裝置
			空調用冷水設備

表 8-14 除役作業可用設備及其功能〔BWR〕(1/4)

除役實施 項目	預期功能	可用設備	
		設置許可上的 分類	設備名稱
核燃料管 理	燃料處理功能	反應器輔助設 備	燃料更換機
			反應器廠房吊車
	燃料貯存功能		新燃料儲存庫
			用過燃料池
	燃料冷卻功能		燃料池冷卻淨化系統
	防止臨界功能		用過燃料格架
安全貯存	安全貯存範圍 隔離功能	未有左述功能的現有設備	
	安全貯存範圍 出入限制功能	未有左述功能的現有設備	
除污作業	拆除前系統化 學除污功能	控制棒及爐心	控制棒及控制棒驅動裝置
		反應器冷卻設 備	冷卻水再循環系統
		反應器輔助設 備	餘熱移除系統
		儀控設備	主控室
			反應器控制系統
			安全保護系統
			反應器電廠及程序儀控
			運轉監控輔助裝置
	公用設施供應 功能	電氣設備	作業用電源設備
		汽機設備	循環水系統
		廠用輔助系統	飼水處理設備
			補水系統
			廠內鍋爐

			儀控用壓縮空氣系統
			廠用壓縮空氣系統
			核機冷卻水系統
	液體廢棄物處理功能	放射性廢棄物 廢棄設施	液體廢棄物處理系統
			低電導度廢液系統
			高電導度廢液系統
			除污廢液系統
	拆除前除污、拆除後除污功能		
	化學除污功能、機械除污功能	未有左述功能的現有設備	
	公用設施供應功能	電氣設備	作業用電源設備
		汽機設備	循環水系統
		廠用輔助系統	飼水處理設備
			補水系統
			廠內鍋爐
			儀控用壓縮空氣系統
			廠用壓縮空氣系統
	核機冷卻水系統		
液體廢棄物處理功能	放射性廢棄物 廢棄設施	液體廢棄物處理系統	
		低電導度廢液系統	
		高電導度廢液系統	
		除污廢液系統	

表 8- 15 除役作業可用設備及其功能〔BWR〕(2/4)

除役實施項目	預期功能	可用設備	
		設置許可上的分類	設備名稱

拆除作業	輻射屏蔽、防止擴散功能	燃料處理貯存設備	用過燃料池
			燃料更換機
	公用設施供應功能	汽機附屬設備	循環水系統
		廠用輔助系統	飼水處理設備
			補水系統
			核機冷卻水系統
	拆除功能（金屬、混凝土）	未有左述功能的現有設備	
	重物運送功能	反應器輔助設備	反應器廠房吊車
		汽機設備	汽機廠房吊車
	空氣淨化、防止擴散功能	特殊安全設施	反應器棟通風空調系統
		廠用輔助系統	汽機廠房通風空調系統
			主控室通風空調系統
			附屬棟通風空調系統
			廢棄物處理廠房通風系統
			活性碳惰性氣體滯留裝置廠房通風空調系統
			廢棄物臨時儲存廠房通風空調系統
	防止擴散功能	特殊安全設施	備用氣體處理系統
輻射管理	出入管理功能	輻射防護及管理設施	出入管理關係設備
			個人管理用量測設備及量測機器
	取樣功能	廠用輔助系統	取樣系統
		輻射防護及管理設施	取樣分析相關設備
			個人管理用量測設備及量測機器
			輻射量測校正設備

	輻射量測功能		輻射監測設備
			個人管理用量測設備及量測機器
		儀控設備	運轉監控輔助裝置
	輻射屏蔽、防止擴散、除污功能	輻射防護及管理設施	輻射防護設施屏蔽設備
		反應器冷卻設備	壓力槽
		特殊安全設施	一次圍阻體
		反應器輔助設備	燃料池冷卻淨化系統
			用過燃料池
		廠房、建築結構物	反應器廠房
			圍阻體
			服務廠房
			固體廢棄物貯存庫
			廢棄物處理廠房
			汽機廠房
	控制功能	儀控設備	主控室
			運轉監控輔助裝置
排放管理	氣體廢棄物排放管理功能	輻射防護及管理設施	取樣分析相關設備
			輻射監控設備
			輻射偵檢器的校正設備
		電廠配置	排氣煙囪
	環境監測功能	輻射防護及管理設施	輻射監測設備
	氣象觀測功能	儀控設備	主控室
			運轉監控輔助裝置
	液體廢棄物排放管理功能	輻射防護及管理設施	取樣分析相關設備
			輻射監控設備

			輻射偵檢器的校正設備
	控制功能	儀控設備	主控室

表 8-16 除役作業可用設備及其功能〔BWR〕(3/4)

除役實施項目	預期功能	可用設備	
		設置許可上的分類	設備名稱
放射性廢棄物管理	氣體/液體廢棄物處理、防止擴散功能	放射性廢棄物廢棄設施	排氣煙囪
			氣體廢棄物處理系統
			液體廢棄物處理系統
			低電導度廢液系統
			高電導度廢液系統
			洗滌廢液系統
			除污廢液系統
			淋浴排水系統
			洩油系統
			濃縮廢液系統
	固體廢棄物處理功能		固體廢棄物處理系統
			用過樹脂系統
			雜項固體系統（焚化設備）
			固化系統（水泥）
			固化系統（塑膠固化）
			減容裝置
放射性廢棄物管理	公用設施供應功能	反應器輔助設備	核機冷卻水設備
		汽機設備	冷凝水器
		電廠輔助系統	飼水處理設備
			補水系統

			廠內鍋爐
			儀控壓縮空氣系統
			廠內壓縮空氣系統
	淺地層處置廢棄物製作功能	反應器輔助設備	用過燃料池
		放射性廢棄物廢棄設施	雜項固體系統（焚化設備）
			固化系統（水泥）
			固化系統（塑膠固化）
			減容裝置
	淺地層處置廢棄物保管功能	放射性廢棄物儲存功能	用過樹脂系統
			廠內廢棄物臨時儲存倉
			固體廢棄物貯存庫
	淺地層處置廢棄物量測功能	—	—

表 8-17 除役作業可用設備及其功能〔BWR〕(4/4)

除役實施項目	預期功能	可用設備	
		設置許可上的分類	設備名稱
安全確保	輻射屏蔽、防止擴散功能	廠房、建築結構物等	反應器廠房
			圍阻體
			固體廢棄物貯存庫
			廢棄物處理廠房
			汽機廠房
	火災防護功能	電廠輔助系統	滅火系統
	照明功能	電氣設備	照明
	控制功能	儀控設備	主控室
	通訊功能	電氣設備	廠內通訊設備

	緊急應變功能		安全避難通道
			緊急時對策所
	公共設施供應功能		
	電源供應功能	電氣設備	輸配電線
			開關場
			變壓器
			廠內高壓系統
			廠內低壓系統
			柴油發電機
			直流電源系統
			儀控用電源設備
			廠內通訊設備
			照明
			作業用電源設備
			電纜
			電線
	飼水功能	汽機設備	循環水系統
		電廠輔助系統	飼水處理設備
	補水系統		
	蒸汽供應功能		廠內鍋爐
	驅動用空氣供應功能		儀控壓縮空氣系統
	廠內壓縮空氣系統		
	冷卻水供應功能		核機冷卻水系統
	空氣淨化、防止擴散功能	特殊安全設施	緊急氣體處理系統
		電廠輔助系統	反應器棟通風空調系統
			汽機廠房通風空調系統
			主控室通風空調系統
			附屬棟通風空調系統

			廢棄物處理廠房通風系統
			活性碳惰性氣體滯留裝置廠房通風空調系統
			廢棄物臨時儲存廠房通風空調系統

2. 從現有設備替換成替代設備時的應注意事項

雖然在除役作業中，所有作為拆除對象的設備最終將被拆除，但有些設備的功能仍可有效利用於其他拆除對象設備的除污作業及拆除作業，因此應考慮有效利用這些設備。在此情況下，為了能夠順利且合理地規劃並實施除役作業，以下整理了一些重要的因素，以作為是否需要儘早使用替代設備的判斷依據。應從設備能力、施工性、可操作性、安全性、必要性及經濟性等方面考量，並依據以下內容判斷是否有必要從現有設備替換成替代設備。在檢討是否替換成替代設備時的考量重點如下：

(1) 設備能力

除役期間使用現有設備時，應考慮設備能力是否充足，並視需要進行輔助及改造工作。引進替代設備時，亦應確保必要的功能。以下是進行

檢討時的應注意事項：

- 當使用現有設備作為除污廢液及切割廢液的處理設備時，有必要進行預處理，以便藉由現有的廢液處理設備來處理廢液的化學或物理性質。此外，由於除役期間處理廢液的放射性物質濃度與運轉期間的設計條件不同，因此需要確認屏蔽能力是否足夠。若屏蔽能力不足，則應採取措施，例如裝設臨時屏蔽或藉由門禁管制等輻射管理。然而，由於裝設新的屏蔽設備亦會增加放射性廢棄物的數量，因此在處理高放射性物質濃度的拆除物及二次廢棄物時，應盡可能利用現有設備。待這些除污、拆除以及因除污、拆除所產生的放射性粉塵及放射性廢液的處理完成後，再更換成替代設備。
- 引進替代設備進行切割時的排氣處理、除污或切割時的廢液處理時，有必要配置具有包封功能的設備，以防止放射性物質污染擴散及洩漏擴大。特別是通風空調設備，需要供氣及通風功能，以防止氧氣不足及進行管制區內的空氣管理。此外，由於通風空調設備遍布設施全區，在階段性撤除

時應進行流量控管，以避免空氣回流。

(2) 施工性

利用現有設備進行除役作業時，有必要將管路及通風風管延伸到拆除區域。此外，為維持現有設備的運作，除了設備本體及系統管路外，亦應維持電源及控制電纜、核機冷卻水管路、驅動輔助蒸汽管路、壓縮空氣管路、氣體管路及其供應源設備。並且由於這些設備可能會對除役作業造成一些干擾，某些情況下可能需要進行移設。引進替代設備時，應將必要的處理設備設置於拆除區域內或其附近，以利設備配置及提升運用性。此外，有必要考量拆除區域或其附近的作業空間以及確保設備設置空間、替代設備的搬出入方法、工期等，以確認可行性。

(3) 可操作性

在廢液處理、排氣處理及廢棄物處理方面，在現場進行施工操作時，可藉由在現場安裝控制盤或替代設備來提高可操作性。除役作業方面，由於待處理對象物會隨著作業進度而變化，因此有可能需要移動控制盤及替代設備，並從設備設

置的時間損耗及提高可操作性的觀點考量，有必要檢討替代設備的可搬性。此外，應考慮將主控室集中管理的功能予以分散或移設於除役作業專用，以加速拆除不需要的電纜設備。

(4) 安全性

有時可能需要引進替代設備來提高安全性，以防止意外斷開電纜連接情形。

(5) 必要性

由於拆除廢液處理設備及通風空調設備時需要引進替代設備，因此可於除役初期階段即引進替代設備，或是在除役作業的最後階段對設備能力需求量變小時再引進替代設備。

(6) 經濟性

從上述 a)~e)的考慮因素及設置/撤除作業的工期及運轉、維護管理工期等經濟性觀點來看，有必要針對現有設備的利用情況及引進替代設備的情況進行綜合判斷，並制定合理的計畫。此外，利用現有設備時，應考慮到設備從暫停操作到再運作期間的維護管理費以及重新啟動所需費用。

(十三) 附錄 M—確保除役施工人員安全及其相關法令

1. 除役施工安全相關法令及導則

有關除役施工安全，在「勞動安全衛生法」及相關法令（政令、省令、函釋、標準及準則）中，規定了防止職災的危害防止標準，以及確保現場人員安全及健康、創造舒適工作環境等措施。施工人員必須遵守這些規定。此外，關於拆除作業的相關通知、施工準則及手冊，則由中央主管機關及相關組織進行發布。主要的準則及導則如下：

- 施工現場安全（國總建第 378 號）
- 混凝土結構物拆除作業之職災預防措施（基發第 0318002 號）
- 混凝土結構物拆除作業之安全總檢查（基安安第 0414009 號）
- 建築物拆除作業時外牆倒塌引起之公眾災害預防措施相關導則（國總建第 103 號，國住防第 4 號）
- 鋼筋混凝土建築物拆除施工準則（草案）同解釋（日本建築學會）
- 混凝土結構物拆除作業準則（建設業職災防止協

會)

- 拆除作業安全衛生管理(全國拆除事業團體聯合會)

2. 現場安全管理

(1) 安全管理編制

應建立安全管理組織並明定管理者、監督者、責任者的職責分工，以促進施工安全管理。施工契約包括統包及分包等。由於管理組織因承包形式而異，因此必須事先備齊資料並與勞動基準監督署(Labour Standards Inspection Office)協商。以一家公司承包為例，根據「勞動安全衛生法」，施工時的安全管理組織概況如下所述。得標的主承包商為特定主要雇主(Specified Principal Employers)，應根據勞工(包括下包商的員工)人數採取必要措施。

- 勞工人數在 50 人以上者，則特定主要雇主須選任統括安全衛生責任者(General Safety and Health Manager)及主要安全衛生責任者(Principal Safety and Health Supervisor)進行全面整合管理，並向勞動基準監督署報告。勞工人數在 10 以上 50 人以

下者，雖須選任安全衛生推進者(Safety and Health Promoter)，但無需呈報勞動基準監督署。

- 勞工人數在 20 以上 50 人以下者，由於特定主要雇主有義務進行施工的整合管理，故須在主承包公司內選任工地安全衛生管理者(Site Safety and Health Supervisor)，並呈報給勞動基準監督署，指導管理者進行整合管理。或亦可採取與勞工人數在 50 人以上者相同的編制。
- 勞工人數在 20 人以下者，雖然特定主要雇主有義務進行施工整合管理，然而依據法律無選任工地安全衛生管理者的義務。
- 針對合作者亦有相關規定，須選任安全衛生責任者(Safety and Health Controller)、職長(foremen)、安全管理者(Safety Officer)、衛生管理者(Health Officer)、作業監督者等進行安全管理。

假若除役設施業者決定自行施工，則不需呈報監督署，可於公司的安全衛生管理組織內進行即可。

(2) 施工現場整合管理實施項目

為避免工傷事故，主承包商於建築工地實施

的安全管理稱為整合管理。具體實施項目則如下所示：

A. 制定安全衛生管理計畫書

安全衛生管理計畫書目錄的撰寫架構應如下所示：

- 基本導則
- 作業場所安全目標
- 作業場所安全重點措施
- 各工程類別之安全管理計畫及
安全管理計畫表(總工期/月/週)
- 安全衛生管理組織圖
- 安全活動計畫
- 作業場所規則
- 防災委員會章程
- 緊急聯絡表
- 防火管理人員編制表
- 自衛消防隊人員編制表

B. 擬定具體的安全衛生管理

(A) 主承包商的實施項目

以採購者的立場而言，特定主要雇

主有計畫、協商、聯絡、協調、指導及支援等管理責任，因此在管理上有必要與協力廠商明確劃分各自的角色。

(B) 例行安全衛生管理示例

為預防災害所實施的日常安全管理活動如下：

- 個別作業施工前會議 主承包商的監督者與協力廠商的職長在施工前，應確定作業方法及作業流程等，並找出每項工作的危險、危害因素，以檢討安全措施。
- 作業開始前會議 依據個別作業施工前會議之結果，作業開始前，職長應讓施工人員充分瞭解作業方法、流程及安全重點。
- 晨會 應讓所有人員充分瞭解危險作業及區域等，徹底遵守現場紀律並提高安全意識。

- 安全會議 職長應讓施工人員充分瞭解當天的作業內容、作業方法、作業流程及安全措施等指示及聯絡事項。
- 現場危險研判會議 在施工現場以最小單位為一組，讓每個人思考風險並提出判斷。
- 現場巡邏 確認計畫或指示事項的執行情況及情況的變化，並提供指示及指導糾正。
- 安全工程會議 如同一期間有聽從不同指揮系統的兩組施工人員時，彼此間應充分溝通、協調，並視需要發布工作說明書
- 防災委員會的運作 公布並記錄防災委員會的組成及協商內容。

(C) 完善職長會組織

促進職長之間的溝通並培養團隊精神，藉由彼此間互相鑽研以提升安全管

理能力，並理解本身承擔的責任，以增進施工安全，提高生產性。

(D) 入場時的管理

確認作業人員是否接受健檢及適當的安排，並針對現場狀況、新進人員教育訓練等，加以記錄、管理。

(E) 臨時設備的維護管理

檢查及維護施工所需的臨時設備，並針對不安全的部分予以改善或採取其他措施。

(F) 施工機械的管理

在搬入施工機械時，應確認維護狀態及安全性。此外，每天進行使用前檢查，使機械處於良好狀態。

(G) 改善作業環境

除了改善現場環境外，亦需設置安全標誌及張貼注意事項。

3. 具體安全措施示例

在施工、拆除作業中，最常發生高處作業時的墜落災害。有關除役作業安全評估的代表性假想事故，

包括火災、爆炸、重物掉落及喪失廠外電源。這些具體措施之示例如下：

(1) 高處作業採取措施

從事高處作業時，應注意以下幾點：

- 作業時應使用安全帶
- 選任作業指揮者於現場指揮
- 勿於工作平台上留下任何可能掉落之物品
- 高處作業下方不進行其他作業。地面禁止人員進入
- 上工前應確實檢查高空作業車，並由合格的駕駛人員操作

(2) 防火及爆炸措施

使用火源時，應注意以下幾點：

A. 計畫時或作業前

- 在有危險品的地方不使用火源。
- 在有爆炸危險的地方使用防爆型機電設備。
- 針對容易引起火災的可燃物應進行包裝、儲存或處置等處理，以盡量減少著火的可能。

- 應將作業場所周圍的可燃及易燃材料遠離火源。

B. 作業中

- 使用火源時，應按照預定的使用地點及使用程序，並正確地使用指定的設備。
- 施工時，應於附近設置滅火器並使用防火毯防止火花潑濺。
- 進行焊接及熔斷工作時，為防止壓縮氣瓶傾倒，應以鏈條固定上下兩個位置，以免掉落。
- 應安排監工人員隨時注意火花有無發生四散情形。此外，防火管理者應負責巡邏確認施工狀況。
- 管制區產生的廢棄物（包括油在內）應予以回收並儲存在指定的容器中。
- 作業結束後，應對工作場所貫徹「整理、整頓、清潔、清掃」

的 4S 工作。

- 作業結束後，應巡視用火地點及其周邊區域一段時間，檢查是否有異常情形。

C. 處理重物

處理重物時，應注意以下幾點：

- 移動重物時，應選擇能充分承擔負載的起重機。
- 開工前，吊掛負責人、起重機操作員、吊掛人員及訊號員應共同確認工作內容。
- 起重機作業區域禁止人員進入。
- 使用前，應檢查起重設備的吊鉤及鋼索。
- 吊掛作業應由合格人員操作，並注意操作吊舉物的重心及鋼索的吊掛角度。
- 訊號員傳遞信號時，應聲音響亮、動作清晰明瞭。

D. 拆除電氣設備

拆除電氣設備時，應注意以下幾點：

- 分包商應選任作業指揮者以指揮鷹架拆組、更換及切割作業。
- 為了安全起見，最好重新鋪設拆除作業所需的電纜。當切斷及連接已鋪設的現有電纜時，應確認通電路徑並在識別標誌後再使用。
- 作業指揮者應使切割、加工系統的電源斷路器保持斷電，避免誤啟動，並且附上警示說明。
- 從事切割作業時，人員應配戴絕緣手套、長筒橡膠靴、防護墊，或使用具有完整絕緣包覆的切割機器。
- 從事切割作業時，作業指揮者應使用驗電器確認線路未通電，再指示切割。
- 作業指揮者應確認沒有殘餘電荷的風險。若有風險時，應使用

安全的方法放電後再指示工作。

E. 密閉空間作業

由於空間密閉可能因氧氣不足（空氣中的氧氣濃度小於 18% 或硫化氫濃度超過 10ppm 的狀態）而發生危險，因此作業時應注意以下幾點：

- 應選任一名缺氧（硫化氫）危險作業主任者。
- 指派一名監工。
- 對作業員進行缺氧相關的教育訓練。
- 作業主任者應量測氧氣（及硫化氫）的濃度。
- 開工前，應檢查空氣呼吸器、安全帶、安全帶穿戴設備等。
- 設置通風設備並進行通風。
- 清點進入及離開的人員。
- 在門口標示禁止通行的標誌，並採取必要措施。

F. 其它

營造業中最常見的事故是墜落，其次是被機具捲入或夾住、其他是高空墜物、割/擦傷、跌倒等。由於這些意外事故占了整體的 80% 以上，因此施工前應事先擬定對策，以因應這些可能發生的事故。

表 8-18 職業安全相關主要法令

	法律	施行令	施行規則
憲法(27 條)	勞動基準法		勞動基準法施行規則 女性勞動基準規則 建設業附屬宿舍規程
	勞動安全衛生法	同施行令	勞動安全衛生規則 起重機安全規則 吊籠安全規則 有機溶劑中毒預防規則 高壓作業安全衛生規則 游離輻射危害預防規則 缺氧症預防規則 粉塵危害預防規則 特定化學物質危害預防規則 石棉危害預防規則
	作業環境量測法	同施行令	同施行規則
	塵肺症法		同施行規則
	勞工職災賠償保險法	同施行令	同施行規則
	建築勞工就業改		同施行規則

	善相關法律		
	爆炸物（火藥）管 理法		同施行規則
註記 安全衛生相關申請書規定於勞動安全衛生規則體系中。			

表 8- 19 勞動安全衛生法的內容

目錄	內容
一般規定	目標、定義、業者及勞工的責任、共同企業體（聯合承攬）代表人申請書
職災預防計畫	制定職災預防計畫等
安全衛生管理組織	對總括安全衛生管理者 (General Safety and Health Manager)、安全管理者(safety officer)、衛生管理者(health officers)、安全衛生推進者(Safety and Health Promoter)等、產業醫師 (Industrial Physician)等、作業主任者 (Operations Chief)、統括安全衛生責任者 (Overall Safety and Health Controller)、主要安全衛生管理者 (Principal Safety and Health Supervisor)、工地安全衛生管理者(Site Safety and Health Supervisor)、安全衛生責任者 (Safety and Health Controller)、安全委員會 (Safety Committee)、衛生委員會 (Health Committee)及安全管理者進行教育訓練
勞工危險或健康危害預防措施	業者應採取的措施、勞工需遵守的事

	項、發布技術準則、業主應實施的調查、主要業主應採取的措施、特定主要業主應採取的措施、發包者應採取的措施、禁止發包者的違法指示、承包商應採取的措施、機械或建築物租賃者應採取的措施
機械、危險品及有害物質相關管制 機械相關管制	使用限制、檢驗證書的有效期限、轉讓、租借及設置的限制、單機(個別)檢定/型式認證、定期自主檢查、登錄制性能檢查/個別檢查型式檢定機關
危險品及有害物質相關管制	禁止/允許製造有害物質、標示、提交文件、危害調查
勞工就業措施	安全衛生教育、特殊教育訓練、職長訓練、就業限制、中高齡者應注意事項
維持及促進勞工健康措施	工作環境量測及結果評估、作業管理、作業時間限制、提交及記錄健康檢查/自主健康檢查的結果、健康指導、醫師諮詢、健康管理手冊、禁止生病的人工作、健康教育
營造舒適工作環境措施	業者應採取的措施
證照等	證照、考試、指定的測試機構、技能培訓講座、指定教練場
安全衛生改善計畫等	安全衛生改善計畫之制定說明及遵守、職業衛生諮詢之安全衛生診斷、業務/測驗/登記
監督等	計畫申請書、厚生勞動大臣/都道府縣勞動局長的審查、勞動基準監督署長/監督官的權限/職務、產業安全專門官/勞動衛生專門官的權限/職務、勞動衛

	生指導醫師、厚生勞動大臣等的權限、透過研究所調查職災原因、禁止對勞工採取不利處置以阻止其爭取合法權益、建築物或機械設備之停用命令、緊急情況下之停工命令
雜項	對法令應有充分的瞭解、保存文件、健康檢查資料之保密措施、費用、豁免
罰則	對違規者的罰則

(十四) 附錄 N—除役期間適用的原子爐等規制法以外的法令

1. 除役施工相關法令

進行除役施工時，為防止對周邊居民及第三方造成傷害並減少對環境造成之影響，必須遵守以下各法律所規定的禁止項目及計畫申請義務。但輻射安全不在此範圍內。

(1) 水污染防治法及相關法令

本法旨在規範從工廠及工作場所排放到公共水域及滲入地下的水，並藉由促進生活排水措施之實施，防止公共水域及地下水水質的污染（包括水的狀態惡化），以保護人民健康及生活環境。此外，當工廠及工作場所排放的污水及廢

液對人體健康造成損害時，業主應對受害者負起賠償損害責任，以保護受害者。

(2) 噪音管制法及相關法令

本法旨在規範由工廠及工作場所之商業活動及建築工程所產生相當範圍的噪音，並藉由規範車輛噪音的允許限值，以保護生活環境及人民健康。

(3) 振動管制法及相關法令

本法旨在規範由工廠及工作場所之商業活動及建築工程所產生相當範圍的振動，並藉由道路交通振動相關要求措施，以保護生活環境及人民健康。

(4) 空氣污染防制法及相關法令

本法旨在規範由工廠及工作場所之商業活動及建築物拆除等所產生的煙塵、揮發性有機化合物及粉塵排放等，並藉由空氣污染物防治措施及車輛排放氣體之限制，以保護人民健康及生活環境免受空氣污染的危害。此外，當空氣污染對人體健康造成損害時，業主應對受害者負起賠償損害責任，以保護受害者。

(5) 消防法及相關法令

本法旨在預防、警戒及撲滅火災，以保護國民的生命、身體及財產免於火災侵害。除了減少火災或地震等災害所造成的損害外，亦應以正確方式運送傷病患，從而維護安寧秩序，促進社會公共福利。

(6) 高壓氣體安全法及相關法令

本法旨在管制高壓氣體的生產、儲存、販售、運輸、其它處理及消費，以及容器的製造及處理，以防止高壓氣體造成的災害，並鼓勵民營企業及日本高壓氣體安全協會自主展開與高壓氣體安全相關的活動，以確保公共安全。

(7) 爆炸物管理法及相關法令

本法旨在規範火藥的製造、儲存、販售、轉移、其他處理及消費，以及容器的製造及處理，以防止火藥造成的災害，確保公共安全。

(8) 河川法及相關法令

本法旨在防止洪水及暴潮等災害的發生，確保河流的妥善使用，維持流水正常功能，並透過全面管理及維護河川環境，以有助於保護及發展

國家土地，從而維護公共安全及促進公共福利。

(9) 下水道法及相關法令

本法規定了各流域下水道綜合建設計畫，以及公共下水道（各鄉鎮市）、流域下水道（跨鄉鎮市）及都市下水路（專排雨水）的設置管理標準等，以發展下水道系統，促進都市健全發展並提升公共衛生，維護公共水域水質。

(10) 土壤污染整治法及相關法令

本法藉由制定措施，掌握特定有害物質污染土壤的情況並防止該污染對人體健康造成損害，從而保護人民健康。

(11) 其他法令

有關於防止海洋污染及海上災害的法律、漁港法、海岸法及港灣法等。或是依據除役設施所在地的環境管制或地方政府獨立制定的條例，有些甚至是比起上述法令更加嚴格的規定，因此有必要事先進行調查並採取措施。

2. 放射性廢棄物以外之廢棄物處理的法令

由除役所產生之放射性廢棄物以外的其他廢棄物（包括有價物）的處理、處置及再利用，必須遵守

以下法律之規定處理：

(1) 廢棄物處理與清掃的相關法律（簡稱廢掃法）及
相關法令

本法旨在控制廢棄物的排出，藉由對廢棄物進行妥善地分類、儲存、收集、運輸、再生及處置等處理，並使生活環境保持清潔，從而保護生活環境及改善公共衛生。

(2) 促進資源有效利用的相關法律（簡稱資源有效利用促進法）及相關法令

由於日本的主要資源大部分仰賴進口，近年來隨著國民經濟的發展，大量消耗資源並產生大量的二手物品及副產品，其中有相當一部分被廢棄，甚至再生資源及再生零件中亦有大部分未被利用即遭廢棄。為確保有效利用資源、抑制廢棄物的產生並維護環境，本法旨在透過採取必要措施，抑制二手物品及副產品的產生，並促進再生資源的利用，從而促進國民經濟的健全發展。

(3) 建築工程資材的相關法律（建築回收再利用法）
及相關法令

本法藉由採取措施促進特定建築資材的分

類拆除及再資源化，並且藉由實施拆除業者的登記制度，確保有效利用再生資源及妥善處置廢棄物，從而保護生活環境及促進國民經濟的健全發展。

(4) 其它

除了廢掃法以外，還有其它適用的法令規定了對人體有害的特別管理產業廢棄物。主要適用法令、技術基準及因應對策的示例，如 W.1 所示。此外，由於有些是依據除役設施所在地的環境管制或地方政府獨立制定的條例，甚至是比起上述法令更加嚴格的規定，因此有必要事先進行調查並採取措施。

3. 放射性廢棄物以外之廢棄物的分類及最終處置場

除役施工所產生之放射性廢棄物以外的廢棄物可分為一般廢棄物、產業廢棄物及特別管理產業廢棄物。這些廢棄物的分類及最終處置場的形式，如圖 W.1 所示。最終處置場的概念圖，如 W.2 所示。

表 8- 20 特別管理產業廢棄物

廢棄物名稱	適用法令	技術基準及因應對策
廢石綿	- 廢棄物處理與清	- 拆除及處理處置的技術基準及手

	掃相關法律 - 空氣污染防治法 - 勞動安全衛生法 - 石棉危害預防規則	冊的示例 - 防止在建築物拆除或裝修過程中接觸石棉粉塵的手冊（營建業職災防止協會） - 防止建築物拆除過程中石棉飛散的手冊（1980 年之前的噴塗成分中很可能含有石棉）
廢多氯聯苯 (PCB)	- 廢棄物處理與清掃相關法律 - 促進多氯聯苯廢棄物妥善處理相關特別措施法	- 因應對策 - 有義務將廢棄物外包給 PCB 處理業者處置或由擁有者進行儲存及管理。 - 根據特別措施法，儲存 PCB 的業者有義務在 2016 年 7 月 14 日前將其處置完成。 - 儲存 PCB 的業者有義務每年報告儲存的狀態。（1972 年之前的日光燈安定器中很可能含有 PCB）
廢酸鹼	- 廢棄物處理與清掃相關法律 - 消防法 - 毒物及有害物質管制法	- 因應對策 - 將 pH 2.0 以下的酸及 pH 12.5 以上的鹼，外包給合格業者處置。
廢油	- 廢棄物處理與清掃相關法律 - 消防法	- 因應對策 - 因具有易燃性及揮發性，故須特別小心注意火源，並常備滅火器。

表 8-21 廢棄物的分類及最終處置場的範例

	分類	產生廢棄物的範例	最終處置場的範例
--	----	----------	----------

營 建 廢 棄 物	一 般 廢 棄 物	商業活動產生的一般廢棄物	辦公室生活垃圾 拆除辦公室、宿舍等所產生的各種廢料	管理型
	產 業 廢 棄 物	殘材、碎片	混凝土碎片、磚屑、瀝青混凝土碎片及廢輕質氣泡混凝土	安定型
		廢塑膠	廢保麗龍等包裝材料、廢乙烯基、合成橡膠碎片、廢輪胎及廢塑膠膜	
		金屬廢料	鋼筋廢料、金屬加工廢料及鷹架鐵管	
		玻璃、陶瓷	廢玻璃、廢瓷磚、石綿、岩棉板	
			石膏板	
		污泥	含水率高的泥漿污泥挖掘物	管理型
		廢木材	室內材料、門、窗框等木材	
		廢紙	包裝/充填材料、廢紙箱、廢壁紙	
		廢纖維	廢布、繩子及榻榻米	
		渣煤	餘燼及灰燼	
		廢油	防水瀝青等	
	特 別 管 理 產 業 廢	廢石綿	飛散性石綿廢棄物	屏蔽型
		廢酸	(pH2 以下)硫酸等排水中和劑	
		廢鹼	(pH12.5 以上) 冷凍機/冰箱冷媒	
		易燃性廢油	(燃點 70°C 以下)揮發油類、煤油類及柴油類	

棄物	廢多氯聯苯	含有 PCB 的變壓器、電容器及日光燈安定器	交由 PCB 處理業者處置或儲存
----	-------	------------------------	------------------

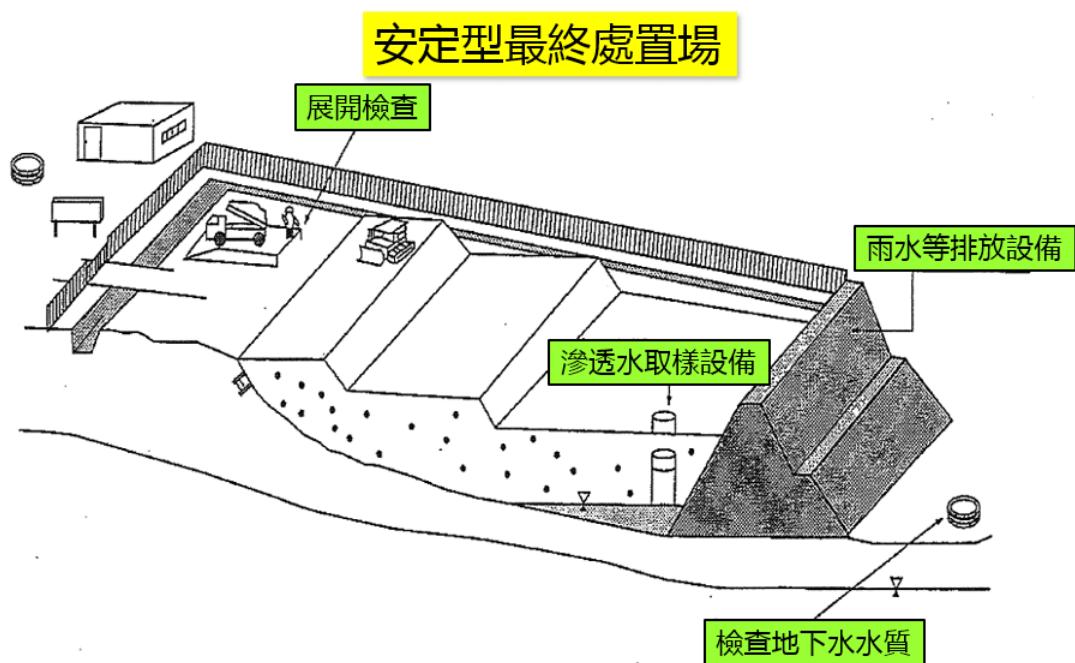


圖 8-1 廢棄物最終處置場的概念圖-安定型最終處置場

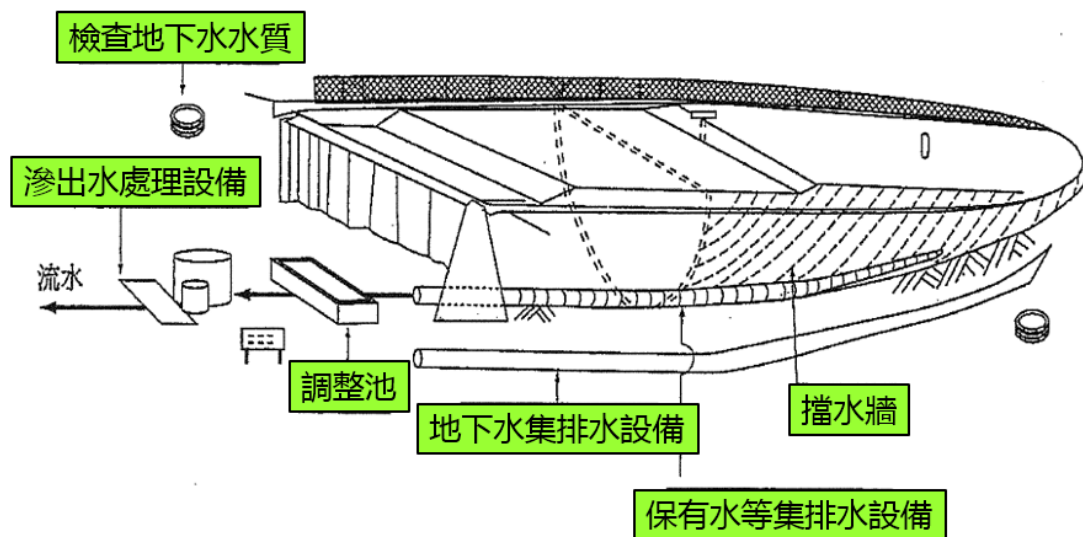


圖 8-2 廢棄物最終處置場的概念圖-管理型最終處置場

屏蔽型最終處置場

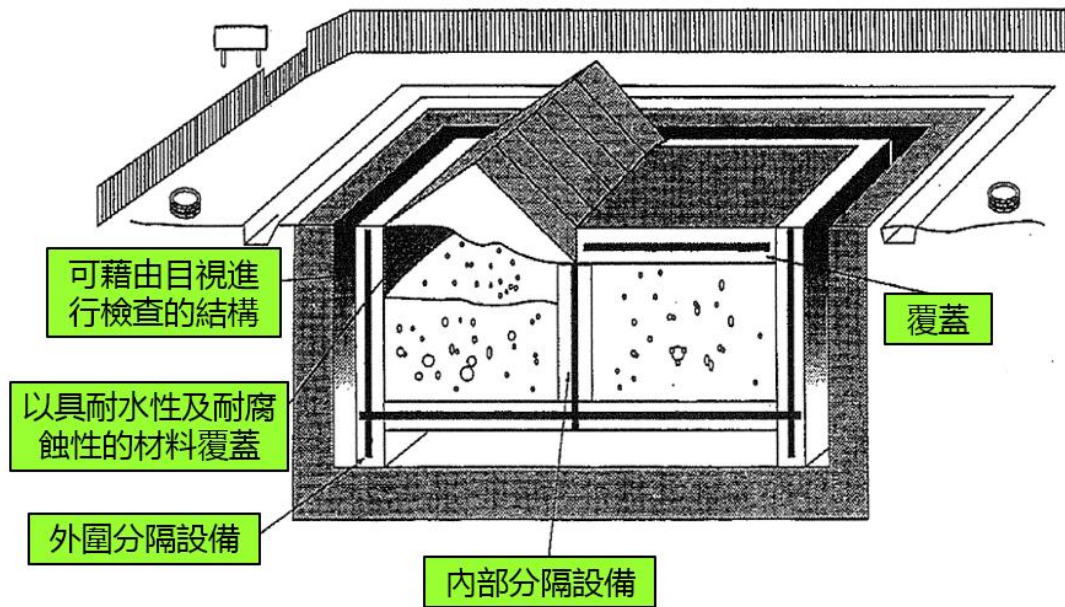


圖 8-3 廢棄物最終處置場的概念圖-屏蔽型最終處置場

肆、 管制要項

一、 核燃料的儲存

- (一)採取與運轉期間相同的量測管理措施，並將核燃料維持
及管理在無法再次裝入爐心的狀態
- (二)注意事項確保核燃料儲存設備的安全功能及性能
- (三)儲存核燃料之建築物的屏蔽性能、強度及耐震強度
- (四)儲存核燃料之建築物內的輻射監測裝置及通風設備的功
能及性能
- (五)與核燃料儲存設備有關的電源設備、儀控設備及核機冷
卻水系統設備的完整性（必要時將進行識別或分離）

二、 設施、設備及組件的維護

- (一)將放射性物質圍阻於設施內之包封功能（建築結構物等）
- (二)輻射屏蔽功能（建築結構物等）
- (三)避免放射性粉塵向管制區外擴散之防止擴散功能（通風
設備）
- (四)作業場所的空氣淨化功能（通風設備）
- (五)放射性物質的排放管理功能（輻射管理設備、環境監測
設備）
- (六)除污功能（放射性廢棄物處理設備）
- (七)確保安全相關功能（防火設備、照明設備、通訊設備、電

源設備等)

三、 確保輻防安全

(一)降低放射性物質排放量的措施：針對放射性廢棄物的處理方式如下，應盡可能合理抑低排放至周遭環境的放射性物質濃度及數量

1. 針對氣體及懸浮微粒之放射性物質，應視需要使用具備防止擴散功能的設備，如現有的建築結構物、通風設備及/或防止污染擴散的密閉設備以及使用具有適當之過濾器的局部排氣裝置
2. 針對液體放射性物質，則在具備除污功能的現有放射性廢液處理設施中進行處理及/或引進新的放射性廢液處理裝置進行處理

(二)減少輻射曝露的措施：在高劑量率區域工作時，應使用遙控設備及屏蔽等，以減少體外曝露。為防止體內曝露，則應使用能夠抑制放射性粉塵產生的工法，並根據放射性物質濃度，使用防止污染擴散的密閉設備、局部排氣裝置及防護口罩等防護具。進行施工時，應適當量測作業場所的劑量率、放射性粉塵濃度及污染密度，以進行適當的輻射管理

四、 實施輻射管理

(一)工作人員的輻射曝露管理：為減少工作人員的輻射曝露，

應執行以下輻射作業及曝露劑量的管理：

1. 管理個人曝露劑量（使用人員輻射偵檢器、量測物體表面污染、量測全身劑量）
2. 管理輻射作業時間
3. 推估工作人員的曝露劑量
4. 減少曝露的措施

(二)進出管制：為防止工作人員受到不必要的輻射曝露，應

對管制區的分區及進出執行以下管理。除了在高劑量區域、高污染區設置標示牌外，亦應視需要藉由柵欄或上鎖方式與其他區域區隔開來，以防止不必要的接近

1. 設定、變更及解除管制區的劃分
2. 管制區的進出管制
3. 污染區的進出管制
4. 高劑量區域限制進入

(三)輻射量測設備的管理：應規定輻射量測設備的管理方法

並維護管理其性能，以進行個人曝露管理及作業環境監測

(四)為掌握作業環境的狀況，應對以下事項進行作業環境監

測：

1. 劑量率
2. 污染區空氣中的放射性物質濃度
3. 污染區的表面污染密度

(五)為防止污染擴散，應執行以下管理：

1. 物品攜入管制
2. 管制區的進出入管制
3. 污染區的通風空調管理
4. 防止放射性粉塵飛揚管理

五、 排放管制(環境監測)

(一)除役期間實施的排放管制如下：

1. 針對排放的放射性核種，應視需要考慮對環境的影響
訂定排放管制目標值，並使其不超過此目標值
2. 排放至監測區之水中及空氣中的放射性物質濃度的
三個月平均值，應管制在不超過法規規定之監測區外
的濃度限值
3. 應確保監測區邊界附近的劑量率無異常升高之情形

(二)監測位置：為管制排放至環境中的放射性物質，應設定

量測的頻率並於以下位置進行放射性物質的監測

1. 放射性氣體廢棄物產生源附近
2. 放射性氣體及液體廢棄物排放至環境的位置

3. 環境輻射監測位置

(三)放射性氣體廢棄物源附近的監測：為實施區域管制，以及降低監測區外之空氣放射性物質濃度，而有必要對產生源進行管制時，應對放射性氣體廢棄物產生源附近之廢氣進行取樣，並藉由量測其放射性物質濃度加以監測

伍、 參考文獻

1. 日本原子力學會 2015 年 「核設施除役拆除實施標準」(AESJ-SC-A003:2014)

附件一 取得除役計畫認可之核設施安全檢查實施要領

訂定 2014 年 10 月 8 日 原規規發第 1410075 號 原子力規制廳長官決定

獲除役計畫認可之核能設施安全檢查實施要領依下述內容訂定之

2014 年 10 月 8 日

原子力規制廳

獲除役計畫認可核能設施安全檢查實施要領之制定

原子力規制廳將獲除役計畫認可之核能設施安全檢查實施要領以附帶形式另訂定之。

此外，依據目前管制業務程序實施之相關準則(原規總發 120919097 號(2012 年 9 月 19 日原子力規制委員會決定))2・(2)之規定，並由原子力安全保安院上承的「獲除役計畫認可之反應器設施安全檢查實施要領 (內規)」(2008・04・22 原院第 9 號(2008 年 4 月 30 日原子力安全保安院制定))、「獲除役計畫認可之加工設施及反應器設施相關安全檢查次數(2006・05・10 原院第 2 號(2006 年 6 月 14 日原子力安全保安院制定))，及由文部科學省所下承之「安全檢查實施要領」(規共要 201(2006 年 4 月 1 日原子力規制室長制定))，均不再被使用

附 則 此規則於 2014 年 10 月 8 日起施行

取得除役計畫認可之核設施安全檢查實施要領

原子力規制廳

1. 目的

此實施要領之制定，是根據核原料物質、核燃料物質及反應器管制相關之法律(1957 年法律第 166 號。以下均以「反應器管制法」統稱。)，並對於設置了已獲除役計畫認可反應器之總公司及電廠或其他相關電廠(以下均以「電廠」統稱。)相關安全規定之遵守狀況，對其檢查(以下均以「安全檢查」統稱)之實施方法為制定內容。

2. 發電用反應器設施

對於設置了已獲除役計畫認可反應器之電廠，對於其安全檢查實施方法，除了下述訂定事項外，亦準用於「發電用反應器設施安全檢查實施要領之制定」(原規規發第 1406099 號(2014 年 6 月 9 日原子力規制廳長官決定))。

1) 安全檢查實施次數

- 核燃料物質在發電用反應器設施內時：
一年實施四次。
- 核燃料物質不在發電用反應器設施內時：
一年實施少於四次。
(考量除役工程之實施狀況，並決定當年度安全檢查實施方針之次數與時長。)

2) 安全檢查時長

以一次安全檢查為一周時長為實施標準。

(考量除役工程之實施狀況，並決定當年度安全檢查實施方針之次數與時長。)

3) 違反規定之處理方式

若發現有違反安全檢查之安全規定的嫌疑時，確認對業者之事實關係。根據已確認之事實關係而判定違反安全規定時，在綜合考量對已發生事件之核能安全影響程度後，評估對象事件，並判別安全規定之違反(判定對象事件是否為輕微之違反(以下均以「監視」統稱。))。

若安全規定違反為「監視」判定結果時，須向安全管制委員會報告，同時依委員會之判斷，發出依法令之命令或指導文書，而發電用反應器設施安裝者須在適當期間內匯報防止其再發生之對策。

而安全規定之違反結果為「監視」時，須確認日後業者實施基本檢查之改善措施狀況。

3. 發電用反應器設施以外之反應器設施

設置了獲除役計畫認可發電用反應器設施以外反應器之電廠，對於其安全檢查實施方法，除了下述訂定事項外，亦準用於「核燃料設施安全檢查實施要領之制定」(原規規發第 1410083 號(2014 年 10 月 8 日原子力規制廳長官決定))。

1) 安全檢查實施次數

- 核燃料物質在發電用反應器設施內時：

一年實施四次。

- 核燃料物質不在發電用反應器設施內時：

一年實施少於四次。

(考量除役工程之實施狀況，並決定當年度安全檢查實施方針之次數與時長。)

參考文獻

1. 日本原子力規制廳 2014 年「廃止措置計画の認可を受けた原子力施設の保安検査実施要領」

附件二 發電用反應器設施及實驗研究用等核設施除役計畫審查標準

制定 2013 年 11 月 27 日 原管廢發第 13112716 號 原子力規制委員會決定
修訂 2019 年 7 月 24 日 原規放發第 19072414 號 原子力規制委員會決定
改正 2020 年 3 月 30 日 原規規發第 20033024 號 原子力規制委員會決定

發電用反應器設施及試驗研究用反應器設施之除役計畫審查基準依下述訂之

2013 年 11 月 27 日

原子力規制委員會

發電用反應器設施及試驗研究用反應器設施除役計畫審查基準之制定

原子力規制委員會將發電用及試驗研究用反應器設施之除役計畫審查標準如附件。

此外，依據目前管制業務執行程序的相關準則（原規總發 120919097 號）2·(2)，繼承自舊原子力安全保安院的「除役計畫之認可（內規）」（2006.05.25 原院第 3 號），及繼承自文部科學省的「研究爐除役計畫之認可相關工作程序（規炉要 207）」，則不再使用。

附 則

此規程於 2013 年 12 月 18 日施行

附 則

此規程於 2019 年 9 月 1 日施行

附 則

此規程於 2020 年 4 月 1 日施行

目次

□ 前言

1. 目的
2. 相關法令及訓令

□ 審查對象及方法

1. 審查對象
2. 審查方法

□ 審查工作程序

1. 基本概念
2. 申請書記載事項之審查標準
3. 申請書附件記載事項之審查標準

□ 前言

1. 目的

本審查標準，乃依照核原料物質、核燃料物質及反應器管制法(1957 年法律第 166 號。以下均以「法」簡稱。)中下列法條所提出：

與許可之取得有關者：

- 法第 23 條第 1 項(試驗研究用反應器經營者)
- 法第 43 條之 3 之 5 第 1 項(發電用反應器經營者)

以及與許可之廢除有關者：

- 法第 43 條之 3 之 3 第 1 項(舊試驗研究用反應器經營者)
- 法第 43 條之 3 之 35 第 1 項(舊發電用反應器經營者)

〈除役計畫認可申請〉

- 法第 43 條之 3 之 2 第 2 項 (試驗研究用反應器經營者)
- 法第 43 條之 3 之 34 第 2 項 (發電用反應器經營者)
- 法第 43 條之 3 之 3 第 2 項 (舊試驗研究用反應器經營者)
- 法第 43 條之 3 之 35 第 2 項 (舊發電用反應器經營者)

〈除役計畫變更認可申請〉

- 法第 43 條之 3 之 2 第 3 項 (試驗研究用反應器經營者)
- 準用法第 43 條之 3 之 34 第 3 項 (發電用反應器經營者)之法第 12 條之 6 第 3 項

以及

- 法第 43 條之 3 之 3 第 4 項 (舊試驗研究用等反應器經營者)
- 準用法第 43 條之 3 之 35 第 4 項 (舊發電用反應器經營者)之法第 12 條之 7 第 4 項

相關之審查標準。

2. 相關法令及訓令

〈試驗研究用及發電用反應器經營者除役計畫認可相關法規〉

- 法第 43 條之 3 之 2 第 2 項 (認可)
- 法第 43 條之 3 之 34 第 2 項 (認可)
- 準用法第 43 條之 3 之 2 第 3 項之第 12 條之 6 第 4 項 (認可標準)
- 準用法第 43 條之 3 之 34 第 3 項之法第 12 條之 6 第 4 項 (認可標準)
- 供試驗研究用之反應器等設置、運轉規則 (1957 年總理府令第 83 號，以下簡稱「試驗爐規則」。)之第 16 條之 6 (申請書之記載事項、附件、提交份數)
- 試驗爐規則第 16 條之 9(依原子力規制委員會規則訂定之認可標準)

- 實用發電用反應器之設置、運轉規則(1978年通商產業省令第77號。以下簡稱「實用爐規則」)之第116條(申請書之記載事項、附件、提交份數)
- 實用爐規則第119條(依原子力規制委員會規則訂定之認可標準)
- 研究開發階段發電用反應器之設置、運轉規則(2000年總理府令第122號。以下簡稱「開發爐規則」)之第111條(申請書之記載事項、附件、提交份數)
- 開發爐第114條(依原子力規制委員會規則訂定之認可標準)

〈試驗研究用及發電用反應器經營者之除役計畫變更認可相關法規〉

- 準用法第43條之3之2第3項之法第12條之6第3項(認可)
- 準用法第43條之3之2第3項之法第12條之6第4項(認可標準)
- 準用法第43條之3之34第3項之法第12條之6第3項(認可)
- 準用法第43條之3之34第3項之法第12條之6第4項(認可標準)
- 試驗爐規則第16條之7(申請書之記載事項、附件、提交份數)
- 試驗爐規則第16條之9(依原子力規制委員會規則訂定之認可標準)
- 實用爐規則第117條(申請書之記載事項、附件、提交份數)
- 實用爐規則第119條(依原子力規制委員會規則訂定之認可標準)
- 開發爐規則第112條(申請書之記載事項、附件、提交份數)
- 開發爐規則第114條(依原子力規制委員會規則訂定之認可標準)

〈舊試驗研究用及舊發電用反應器經營者之除役計畫認可相關法規〉

- 法第43條之3之3第2項(認可)
- 準用法第43條之3之3第4項之法第12條之7第5項(認可標準)
- 法第43條之3之35第2項(認可)
- 準用法第43條之3之35第4項之法第12條之7第5項(認可標準)
- 準用試驗爐規則第16條之12之試驗爐規則第16條之6(申請書之記載事項等)
- 準用試驗爐規則第16條之12之試驗爐規則第16條之9(依原子力規制委員會規則訂定之認可標準)
- 試驗爐規則第16條之13(申請期限)
- 實用爐規則第122條(申請書之記載事項等)
- 實用爐規則第119條(依原子力規制委員會規則訂定之認可標準)
- 實用爐規則第123條(申請期限)
- 開發爐規則第117條(申請書之記載事項等)
- 開發爐規則第114條(依原子力規制委員會規則訂定之認可標準)

- 開發爐規則第 118 條（申請期限）

〈舊試驗研究用及舊發電用反應器經營者之除役計畫變更認可相關法規〉

- 準用法第 43 條之 3 之 3 第 4 項之法第 12 條之 7 第 4 項（認可）
- 準用法第 43 條之 3 之 3 第 4 項之法第 12 條之 7 第 5 項（認可標準）
- 準用法第 43 條之 3 之 35 第 4 項之法第 12 條之 7 第 4 項（認可）
- 準用法第 43 條之 3 之 35 第 4 項之法第 12 條之 7 第 5 項（認可標準）
- 準用試驗爐規則第 16 條之 12 之試驗爐規則第 16 條之 7（申請書之記載事項等）
- 準用試驗爐規則第 16 條之 12 之試驗爐規則第 16 條之 9（依原子力規制委員會規則訂定之認可標準）
- 實用爐規則第 124 條（申請書之記載事項等）
- 實用爐規則第 119 條（依原子力規制委員會規則訂定之認可標準）
- 開發爐規則第 119 條（申請書之記載事項等）
- 開發爐規則第 114 條（依原子力規制委員會規則訂定之認可標準）

〈手續費相關法規〉

- 法第 75 條第 1 項（手續費之繳納）
- 核原料物質、核燃料物質及反應器管制條例(1957 年實施條例第 324 號) 第 65 條第 1 項（手續費之金額）

〈裁罰相關法規〉

- 法第 78 條第 5 號之 3（違反法第 43 條之 3 之 2 第 2 項及法第 43 條之 3 之 34 第 2 項之規定而為除役者，處一年以下有期徒刑或一百萬日圓以下罰金）
- 法第 78 條第 5 號之 5（違反法第 43 條之 3 之 3 第 2 項及法第 43 條之 3 之 35 第 2 項之規定者，處一年以下有期徒刑或一百萬日圓以下罰金）

□ 審查對象及方法

除役計畫認可申請及除役計畫變更認可申請相關審查對象及方法如下：

1. 審查對象

審查對象，即由試驗研究用反應器經營者、發電用反應器經營者(以下簡稱「反應器經營者」)及舊試驗研究用反應器經營者、舊發電用反應器經營者（以下簡稱「舊反應器經營者」）所提交的除役計畫認可申請書

與除役計畫變更認可申請書，及其附件。

此外，舊反應器經營者的除役計畫申請期限，以反應器經營者許可終止之日、反應器經營者解散或死亡之日起六個月內為之。

2. 審查方法

審查，即確認申請之除役計畫是否符合下列認可標準。

而審查時，應參考「反應器設施拆除之安全確保基本概念—JPDR 之拆除時」(1985 年 12 月 19 日核能安全委員會制定、2001 年 8 月 6 日以「反應器設施拆除之安全確保基本概念」作部分修訂)。

此外，應審酌其申請內容，依其需要進行實地調查、並聽取專家意見。

○依據原子力規制委員會訂定的標準，有關發電用反應器設施的除役規定在實用爐規則第 119 條及開發爐規則第 114 條：

- (1) 應從除役的發電用反應器爐心取出用過核燃料。
- (2) 應適當管理及讓渡核燃料物質。
- (3) 應適當管理、處理及廢棄核燃料物質及核燃料物質污染物。
- (4) 除役的進行，應適當防止核燃料物質、核燃料物質污染物以及發電用反應器所致的災害。

○試驗研究用反應器設施之除役，規定在試驗爐規則第 16 條之 9：

- (1) 除役時應確認核燃料物質、核燃料物質污染物，及反應器災害的防止無任何問題。

注) 航行資料彙編的變更程序

將所有燃料元件(包括用過核燃料)從除役對象的發電用反應器設施、試驗研究用反應器設施(以下無特別附註時均以「反應器設施」統稱。)運出後，必須執行航行資料彙編的變更程序，亦即將反應器設施從航行資料彙編(AIP-JAPAN)中刪除。因此，該除役計畫的審核負責人在確認燃料元件運出後，應盡快向「國土交通省航空局安全部運行安全課小型機安全對策組」連絡。

□ 審查標準

1. 基本概念

反應器設施除役的安全管制，應隨除役的進展執行合理的安全管制，基於此觀點，於 2005 年 5 月修法(2005 年 12 月 1 日施行)引進除役計畫認可制度。反應器經營者及舊反應器經營者於除役前，預先訂定計畫，並接受原子力規制委員會認可審查。

○發電用反應器設施之除役：

- 實用爐規則第 119 條
- 開發爐規則第 114 條

依上述法條訂定的措施，內容包含發電用反應器設施的拆除、核燃料物質的轉讓、核燃料物質污染物的除污及廢棄。

因此，審查除役計畫審查時，應確認符合下列規定：預定拆除的發電用反應器設施及其拆除方法、核燃料物質的轉讓方法、核燃料物質污染物的除污方法，及核燃料物質污染物的廢棄方法，均採取措施使從事輻射工作人員的曝露劑量不超過原子力規制委員會規定的劑量限值，而且所呼吸的空氣中放射性物質濃度不超過濃度限值。發電用反應器設施排放放射性氣體或液體廢棄物時，均採取措施使其監測區外的放射性物質濃度不超過原子力規制委員會規定的濃度限值，而且輻射劑量不超過劑量限值。

○試驗研究用反應器設施之除役：

規定在試驗爐規則第 16 條之 9，為確認核燃料物質、核燃料物質污染物，及反應器災害之防止無任何問題之措施。

此外，試驗研究用反應器設施之除役計畫在審查上，亦須確認與「○發電用反應器設施之除役」中的發電用反應器設施除役計畫是否為相同審查。在此基本概念之後，除役計畫認可申請書及其附件之審查標準，可見於下列「2. 申請書記載事項之審查標準」。

2. 申請書記載事項審查標準

(1) 拆除對象設施及拆除方法

- 試驗爐規則第 16 條之 6 第 1 項第 5 號
- 實用爐規則第 116 條第 1 項第 5 號
- 開發爐規則第 111 條第 1 項第 5 號

1) 將拆除之反應器設施

反應器經營者在完成除役，而且經由原子力規制委員會確認其結果符合標準時，其設置許可即為失效。

此外，舊反應器經營者所為的除役，其結果未經由原子力規制委員會確認符合標準前，仍視為反應器經營者。

因此，依據反應器設置許可的內容，可識別除役對象設施的範圍，並且進一步顯示除役對象設施中的拆除對象設施。

2) 拆除方法

反應器設施的除役，要求核燃料物質、核燃料物質污染物及反應器所致災害必須適當防止。

也就是說，反應器在永久停止運轉後，若是發電用反應器，則將用過核燃料從反應器爐心取出；而若是試驗研究用反應器，則須採取

措施以停止其功能（藉由去除反應器的核分裂產生能力，使反應器功能停止的措施）。

反應器設施的拆除作業在實施上，考量抑低民眾及從事輻射工作人員所受劑量，須事先評估設施內殘留的放射性物質的種類、數量及分布，以及放射性廢棄物的產生量。再考量拆除前除污、或放射性設備的拆除時程，以選定拆除的程序及工法。

反應器設施的除役，一般來說，在經過反應器功能停止、燃料元件拆除及運出、系統隔離及設施封閉、為使反應器設施內的殘餘的輻射藉由時間衰變所為的安全貯存等程序，其拆除作業須花費長時間進行。

因此，其拆除方法須設想整個反應器設施的除役過程，於下述各階段採取適當措施。並且應妥當訂定各工程的動工條件及完成條件

①試驗研究用反應器及發電用反應器自功能停止至燃料元件運出廠房的階段

試驗研究用反應器及發電用反應器功能停止的措施，即將所有燃料元件從爐心取出後，便不可再將燃料元件裝填進爐心內，同時將燃料元件保管於核燃料物質貯存設備中，再於該設備拆除前將其運出反應器設施外。

應確保反應器廠房設施、通風設備及廢棄設備的圍阻功能，及與該功能相關的輻射管理設備、電源設備。

②自燃料元件運出後至拆除階段

應確保反應器廠房設施、通風設備及廢棄設備的圍阻功能，及與該功能相關的輻射管理設備、電源設備。

③拆除階段

依照反應器設施內殘留的放射性物質的評估，對核燃料物質的污染進行除污，並廢棄核燃料物質的污染物。

○發電用反應器設施從反應器爐心取出用過核燃料為除役計畫的認可標準，因此應在申請拆除前將燃料從爐心取出。

○發電用反應器設施的用過核燃料仍存在於用過燃料池的期間內，應考慮冷卻水從發電用反應器設施大量流失事件的發生。對於減緩用過核燃料損壞及防止臨界等嚴重事故對應設備的拆除，應事先妥善評估需要維護管理其功能的期間，或已經不需要該設備。

注) 申請除役計畫認可時，依據試驗爐規則、實用爐規則及開發爐規則必須記載於申請書的事項（以下簡稱「申請書記載事項」）中，若有某部分經判斷於申請之後再予以規定亦屬合理時（例如各項工程的安全性等詳細內容），只要明確界定該部分（以下簡稱「後期工程」）的範圍，並記載除

役實施人員編制、試驗研究用反應器本體或發電用反應器本體的拆除基本方針、除役所需資金及其籌措計畫等必要事項，即可視為完成記載必要事項。

此外，依上述狀況申請後，進行後期工程之前應確定申請書記載事項的詳細內容，且確認是否記載除役計畫變更認可的主旨。

(2) 除役期間應維持性能的設施

- 試驗爐規則第 16 條之 6 第 1 項第 6 號
- 實用爐規則第 116 條第 1 項第 6 號
- 開發爐規則第 111 條第 1 項第 6 號

從抑低民眾及從事輻射工作人員曝露劑量的觀點，與核燃料物質除污有關且已立案的程序、設備及機器或者於設施拆除程序上需要維持其性能的設施(以下簡稱「性能維持設施」)，應根據除役對象設施內殘留的放射性物質數量及分布等，分別於除役各階段予以適當設定，並說明維持管理的基本概念。此外，分別按各設施說明依據上述方式所選定的設備。

(3) 應維持性能的設施，其位置、構造、設備、性能及應維持期間

- 試驗爐規則第 16 條之 6 第 1 項第 7 號
- 實用爐規則第 116 條第 1 項第 7 號
- 開發爐規則第 111 條第 1 項第 7 號

關於(2)所選定的性能維持設施，應說明其位置、構造、設備，性能，以及應維持期間。關於性能維持設施的性能，應依照該設施需要維持的各項功能，說明滿足其性能的必要規格(以下簡稱「必要規格」)。

此外，實施反應器設施拆除工程時，基於抑低民眾及從事輻射工作人員暴露劑量或其他核能安全的觀點，而引進的專用設施或設備，應說明該設施或設備的設計及工程方法。

(4) 核燃料物質的管理與轉讓

- 試驗爐規則第 16 條第 1 項第 8 號
- 實用爐規則第 116 條第 1 項第 8 號
- 開發爐規則第 111 條第 1 項第 8 號

將除役對象的反應器設施中的全部核燃料物質轉讓至轉讓對象，其中用過核燃料，依照設置許可的「用過核燃料處置方法」進行轉讓。核燃料物質的轉讓，應則採取下列措施：

① 核燃料物質的存在場所、種類及數量的確認

除役開始前，應確認核燃料物質存在場所、種類及數量。

② 核燃料物質之貯存

核燃料物質在運出之前，應貯存於核燃料物質貯存設備。

③ 核燃料物質的運送

運送核燃料物質時，應依相關法令採取措施。

④ 核燃料物質的轉讓對象

- 反應器經營者，依法第 61 條第 3 號、第 4 號、第 9 號及第 11 號
- 舊反應器經營者，依法第 61 條第 10 號的規定，選定核燃料物質的轉讓對象。

(5) 核燃料物質的除污

- 試驗爐規則第 16 之 6 第 1 項第 9 號
- 實用爐規則第 116 條第 1 項第 9 號
- 開發爐規則第 111 條第 1 項第 9 號

對於除役對象的反應器設施，說明其核燃料物質污染分布的預先評估結果、除污方法及安全管理上的相關措施。

(6) 核燃料物質及核燃料物質污染物的廢棄

- 試驗爐規則第 16 條之 6 第 1 項第 10 號
- 實用爐規則第 116 條第 1 項第 10 號
- 開發爐規則第 111 條第 1 項第 10 號

除役對象的反應器設施中的放射性廢棄物應確實廢棄。此外，放射性固體廢棄物被廢棄前，應貯存於對象設施的放射性廢棄物設施。而核燃料所致污染物的廢棄，採取下述措施：

①放射性氣體廢棄物的廢棄

反應器設施除役時產生的放射性氣體廢棄物，其處理方式與運轉時相同。

②放射性液體廢棄物的廢棄

反應器設施除役時產生的放射性液體廢棄物，其處理方式與運轉時相同。

③放射性固體廢棄物的廢棄

反應器設施除役作業產生的放射性固體廢棄物，應依放射性物質污染程度予以區分。於產生、處理及貯存等各階段，應採取有效措施以防止飛散、污染擴散及輻射曝露。反應器設施除役時產生的放射性固體廢棄物，於廢棄前應確保足夠的貯存容量。

(7) 除役時程

- 試驗爐規則第 16 條之 6 第 1 項第 11 號
- 實用爐規則第 116 條第 1 項第 11 號
- 開發爐規則第 111 條第 1 項第 11 號

反應器設施的除役，包括從反應器取出核燃料使反應器功能停止、系統隔離或封閉、反應器設施拆除等階段，一般來說需要花費長時間進行。而此除役期間，於反應器設施拆除階段，基於抑低民眾及從事輻射工作人員曝露劑量以及確保安全的考量，在拆除作業的同時，仍須妥善維護管理必要的反應器設施。

基於上述理由，應說明整個除役計畫的動工時間、維護管理時間、拆除作業動工時間及完成時間，其時間軸以年為單位，以時程表呈

現除役方針及程序。

注)於上述(1)到(7)，一個電廠或工廠內同時設置多個反應器設施時，可以對其中一部分反應器設施進行除役，在此情形下應注意下列各項：

①關於拆除的反應器附屬設施

電廠或工廠內有多個反應器設施，而且除役的反應器與其他反應器共用附屬設施時，應說明其附屬措施的處理方式。

②關於核燃料物質的轉讓方法

電廠或工廠內有多個反應器設施，而對其中一部份反應器設施進行除役時，若核燃料物質貯存於電廠或工廠中除役對象外的設施(包含與除役反應器設施共用的設施)時，則應說明該貯存設施在許可、認可方面均可管理。

③關於放射性固體廢棄物的廢棄

電廠或工廠內有多個反應器設施，而對其中一部份反應器設施進行除役時，若放射性固體廢棄物存放於電廠或工廠中除役對象外的設施(包含與除役反應器設施共用的設施)時，則應說明該貯存設施在許可、認可方面均可管理。

(8) 除役之品質管理系統

- 試驗爐規則第 16 條之 6 第 1 項第 12 號
- 實用爐規則第 116 條第 1 項第 12 號
- 開發爐規則第 111 條第 1 項第 12 號

根據核能設施安全作業品質管理的必要人員編制標準相關規則（2020 年原子力規制委員會規則第 2 號），除役的一連串程序均應依循設置許可申請書內的準則而建構的品質管理系統。

此外，依循已建構的品質管理系統，訂定除役實施事項。

3. 申請書附件的記載事項審查標準

(1) 證明「已將用過核燃料從發電用反應器爐心取出」的資料（試驗研究用反應器設施除外）：

- 實用爐規則第 116 條第 2 項第 1 號
- 開發爐規則第 111 條第 2 項第 1 號

（例）運轉日誌證明已將燃料從爐心取出、或空白的爐心配置圖證明無燃料裝填至爐心中。

(2) 除役對象設施場址的圖面及除役的工程作業區域圖（試驗研究用反應器設施除外）：

- 實用爐規則第 116 條第 2 項第 2 號
- 開發爐規則第 111 條第 2 項第 2 號

（例）場址圖中清楚說明除役相關部分（廠房及設施等）。

(3) 除役所致輻射曝露的管理說明書

- 試驗爐規則第 16 條之 6 第 2 項第 2 號
- 實用爐規則第 116 條第 2 項第 3 號
- 開發爐規則第 111 條第 2 項第 3 號

反應器設施於除役上，基於應抑低公眾及從事輻射工作人員之曝露劑量，應依照因除役產生之放射性廢棄物之型態（放射性氣體廢棄物、放射性液體廢棄物等類別）進行妥當的輻射管理後，確實廢棄之。此外，除役期間應了解其平時對公眾周邊之影響。

1) 除役期間的輻射管理

除役期間，核燃料物質除污及放射性廢棄物廢棄有關的輻射管理基本概念、具體方法（一般事項、管制區、保全區及監測區的設定及解除、從事輻射工作人員的輻射防護及放射性廢棄物的排放管理）。以下說明除役期間，核燃料物質除污、放射性廢棄物廢棄的安全對策。

①防止核燃料物質所致污染擴散的對策

為了防止核燃料物質所致污染的擴散、依其需要應使用防止污染擴大的密閉設備、局部過濾等。此外，應維持放射性氣體廢棄物的設施內進排氣系統的功能。

②降低曝露的對策

核燃料物質除污時，依其需要設置屏蔽體、配戴呼吸防護用具，以降低體外及體內曝露。

2) 除役所致放射性廢棄物的產生量

除役所致放射性廢棄物的產生量，應依其分類評估產生量。

3) 除役期間平時周圍民眾劑量的評估

反應器設施除役期間，應妥善評估放射性氣體廢棄物及放射性液體廢棄物排放至環境所致的周圍民眾劑量，及因貯存放射性固體廢棄物產生的直接輻射、向天輻射所致的周圍民眾劑量。

①氣象條件

除役期間，因反應器設施平時排放放射性物質所致的周圍民眾曝露劑量評估，應依照適當氣象觀測方法、觀測值的統計處理及大氣擴散的分析方法(以下簡稱「氣象條件」)，以呈現大氣中放射性物質的擴散狀態。而此氣象條件，在「關於發電用反應器設施安全分析的氣象指針」(1982 年 1 月 28 日由原子力安全委員會制定、於 2001 年 3 月 29 日部分修訂，以下簡稱「氣象指針」)中，說明了氣象觀測方法、觀測值的統計處理方法，及平常運轉時大氣擴散的分析方法，以推估大氣中放射性物質的擴散狀態，審查時當以此為參考。此外，應注意氣象指針所示：「在使用本指針所定以外的方法時，若有充足根據證明可行時，即許可其使用。」

②放射性物質排放量的計算

平時排放至周圍環境的放射性物質數量，是以拆除作業所產生的空氣中粉塵等放射性物質為對象，計算時應適當設定排氣系統過濾器及臨時設備的功能。

此外，計算時應依照反應器型式與設施狀況，先考量每一核種對曝露的影響，然後再考量放射性物質。

③由於放射性物質排放所造成的周圍民眾曝露劑量

考量評估對象核種於環境中遷移的特徵，設定曝露途徑；建構曝露評估模型，採用適當參數；並綜合上述①的氣象條件及②的排放量，於監測區外的評估地點，對放射性物質排放所致的曝露劑量做妥善評估。

而就如「□、審查工作程序 1、基本概念」所示，除役計畫應確保拆除作業及核燃料物質除污等措施，不會使監測區外的劑量超過原子力規制委員會所規定的限值。而反應器經營者及舊反應器經營者，對於反應器設施周圍一般民眾的劑量，應努力做到合理抑低。根據上述觀點的評估方法，可見於原子力安全委員會制定的「發電用輕水型反應器設施周圍劑量目標值的評估指針」（1976 年 9 月 28 日原子力委員會制定、2001 年 3 月 29 日原子力安全委員會部分修訂）（以下簡稱「劑量評估指針」、舊反應器安全基準專門部會制定的「發電用輕水型反應器設施安全審查時一般民眾劑量評估」（1989 年 3 月 27 日原子力安全委員會同意、2001 年 3 月 29 日原子力安全委員會部分修訂），審查時以此做為參考。此外，應注意劑量評估指針提到：「在使用本指針以外的計算模型及參數時，若有足夠根據證明可行時，即許可其使用。

④評估除役期間，因貯存放射性固體廢棄物所產生的直接輻射及向天輻射

除役期間，評估在管制區內貯存放射性固體廢棄物所產生的直線輻射及向天輻射的曝露劑量。評估時應適當設定除役期間管制區內放射性固體廢棄物的貯存量，並考慮屏蔽設計以及至評估地點的距離。

4) 除役期間從事輻射工作人員接受的劑量

應預先評估除役期間從事輻射工作人員的總曝露劑量，據以探討除役作業方式及降低曝露對策的妥當性

(4) 除役期間因人為失誤、機械或設備故障、地震、火災等狀況引起的假想事故說明書

- 試驗爐規則第 16 條之 6 第 2 項第 3 號
- 實用爐規則第 116 條第 2 項第 4 號
- 開發爐規則第 111 條第 2 項第 4 號

於確認除役計畫是否符合認可標準上，固然需要考量除役期間平時對一

般民眾的影響，亦需要假設除役工程上因過失而發生的反應器事故，確認其種類、程度、影響等。

1) 假設事故

應先考量每一核種對曝露的影響，再假設造成放射性物質排放量最大的事故。

2) 事故時的周圍民眾劑量評估

①氣象條件

應說明除役期間反應器設施於事故時，放射性物質排放所致的民眾曝露劑量評估的氣象條件。此氣象條件可見於氣象指針，為推估大氣中放射性物質的擴散狀態，而有氣象觀測方法、觀測值的統計處理方法及假想事故發生時的大氣擴散分析方法，審查時當以此為參考。此外，應注意氣象指針所示：「在使用本指針所定以外的方法時，若有充足根據證明可行時，即許可其使用」。

②放射性物質的排放量

計算時應依照反應器型式與設施狀況，先考量每一核種對曝露的影響，然後再考量放射性物質。

③由於放射性物質排放所造成的周圍民眾曝露劑量

考量評估對象核種於環境中遷移的特徵，設定曝露途徑；建構曝露評估模型，採用適當參數；並綜合上述①的氣象條件及②的排放量，於場址外的評估地點，對放射性物質排放所致的曝露劑量做妥善評估。

而劑量評估方法，應依(3)3)③相關原子力安全委員會指針內容，作為審查時的參考。除役工程中因過失等狀況而發生假想事故時，其種類、程度、影響，以及對周圍民眾造成輻射曝露風險等概念可參考「水冷式試驗研究用反應器設施安全評估審查指針」(1991年7月18日原子力安全委員會決定、2001年3月29日原子力安全委員會部分修訂)解說中的事故評估。

上述審查指針在事故評估上，雖以「對周圍民眾不應造成輻射曝露的顯著風險。」作為判斷標準之一，但審查指針解說提到：「判斷是否有『顯著的輻射曝露風險』需要同時考量事故劑量與事故發生頻率」，亦提到：「依據ICRP於1990年建議，民眾曝露的年有效劑量限值以1mSv為限；但於特殊情形時，5年中平均每年未超過1mSv時，1年內亦可超過此有效劑量。此為平時輻射曝露的概念，但也適用於發生頻率小的『事故』，而事故發生時，周圍民眾的有效劑量評估值不超過5mSv的話，便可視為風險小。」。

(5) 核燃料物質的污染分布及其評估方法說明書

- 試驗爐規則第16條之6第2項第4號
- 實用爐規則第116條第2項第5號

- 開發爐規則第 111 條第 2 項第 5 號
反應器功能停止或反應器設施拆除時，殘留於反應器設施的放射性物質(活化放射性物質、污染放射性物質及發電用反應器設施運轉時產生的放射性固體廢棄物)的種類、數量及分布，應根據以反應器運轉經歷為基礎的計算結果、量測結果等作妥善評估。

(6) 需要維持性能的設施、有關其性能及應維持期間的說明書

- 試驗爐規則第 16 條之 6 第 2 項第 5 號
- 實用爐規則第 116 條第 2 項第 6 號
- 開發爐規則第 111 條第 2 項第 6 號

應說明性能維持設施各項設備的維護管理及其安全對策，於維持性能期間採取以下措施：

1) 廠房與結構物的維護管理

收納內含放射性物質的系統與機器的廠房、結構物，在拆除該系統及機器之前，應妥善維護管理障壁及輻射屏蔽體，以防止放射性物質洩漏至外部。

2) 核燃料物質處理設施及貯藏設施的維護管理

將新燃料及用過核燃料貯存於核燃料貯存設備期間，應維護管理該核燃料物質貯存設備及核燃料物質處理設備，以滿足其所需性能。緩和過核燃料顯著損壞及防止臨界的必要設備，應予以維護管理。

3) 放射性廢棄物的廢棄設施的維護管理

4) 輻射管理設施的維護管理

反應器設施內外的輻射監測、放射性物質排放至環境的管理，及管制區內作業的從事輻射工作人員曝露管理等相關設備，均妥善維護管理。

5) 拆除時所需的其他設施的維護管理

①貯存管理核燃料及處理放射性廢棄物時，為降低從事輻射工作人員曝露需要空氣淨化時；以及為防止拆除作業可能產生的放射性粉塵向反應器設施外排放或防止其遷移至其他區域時，妥善維護管理通風設備。

②喪失商用電源後，為了確保拆除中的反應器設施安全，需要確保充足容量的電源設備，上述電源設備受到妥善維護管理。

③其他確保安全的必要設備（照明設備、核機冷卻設備等），維護管理以確保其功能。

6) 檢查與校正

性能維持設施的各項設備、機器及除役的安全措施，為期確保其安全，並在必要期間維持其必要性能與功能，實施適當頻率的檢查與校正。

7) 其他安全對策

應說明反應器設施於除役期間採取以下安全措施：

- ①依輻射曝露的可能程度劃分管制區，在採取安全措施的同時，亦對該區域實施進出管制，以防止從事輻射工作人員不必要的曝露。
- ②為確認排放至周圍環境的放射性物質，其管理是否妥善執行，應確實執行拆除中反應器設施對外排放管理的輻測監測，以及周圍環境的輻射監測。
- ③反應器設施內存在核燃料物質時，採取措施以防止第三者非法接近反應器設施。
- ④基於防止輻射傷害的觀點，妥善維護管理火災防護設備。此外，貯存可燃性物質的場所，採取適當防護措施，以防止火災發生。

○對於發電用反應器設施，說明性能維持設施的維護管理方法。此外，性能維持設施應維護的性能未依照以下規定時，應具體說明其根據：

- 實用發電用反應器及其附屬設施之技術基準相關規則（2013年原子力規制委員會規則第6號）第二章及第三章
或
- 研究開發階段發電用反應器及其附屬設施之技術基準相關規則（2013年原子力規制委員會規則第10號）第二章及第三章

○試驗研究用反應器設施的除役，包括從試驗研究用反應器取出核燃料使反應器功能停止、系統隔離或封閉、反應器設施拆除等階段，一般來說需要花費長時間進行。而此除役期間，於試驗研究用反應器設施拆除階段，基於抑低民眾及從事輻射工作人員曝露劑量以及確保安全的考量，在拆除作業的同時，仍須妥善維護管理必要的試驗研究用反應器設施。基於上述理由，應說明整個除役計畫的動工時間、維護管理時間、拆除作業動工時間及完成時間，其時間軸以年為單位，以時程表呈現除役方針及程序。

此外，對於放射性物質殘留於試驗研究用反應器設施的評估，應說明試驗研究用反應器功能停止時，或試驗研究用反應器設施拆除時，殘留於試驗研究用反應器設施的放射性物質(活化放射性物質、污染放射性物質及試驗研究用反應器設施運轉時產生的放射性固體廢棄物)的種類、數量及分布，並根據以試驗研究用反應器運轉經歷為基礎的計算結果、量測結果等作妥善評估。

(7) 除役費用估算及資金籌措計畫說明書

- 試驗爐規則第16條之6第2項第6號

- 實用爐規則第 116 條第 2 項第 7 號
- 開發爐規則第 111 條第 2 項第 7 號

①除役所需費用

應載明反應器設施拆除所需的總估算費用

②資金籌措計畫

實用發電用反應器，應載明發電用反應器設施後端基金累計總額，以及包含此費用的籌款方法。

(8) 實施除役的人員編制說明書

- 試驗爐規則第 16 條之 6 第 2 項第 7 號
- 實用爐規則第 116 條第 2 項第 8 號
- 開發爐規則第 111 條第 2 項第 8 號

1)對於主要電廠或工廠以及與除役有關的電廠或工廠，應規定下列事項：

①除役人員編制

②除役各種職位的職務內容

2)電廠或工廠進行除役前，應訂立選任監督者的基本方針。

建議以表 1 記載的內容選任監督者(以下簡稱「除役主任者」)。

此外，第 43 條之 3 之 26 中，雖規定了有義務選任發電用反應器主任技術者，作為發電用反應器運轉的安全監督者，但在除役計畫認可上，依實用爐規則第 116 條第 2 項第 1 號及開發爐規則第 111 條第 2 項第 1 號，將用過核燃料從發電用反應器爐心取出後，由於發電用反應器不再運轉，因此不課予法第 43 條之 3 之 26 中有關發電用反應器主任技術者的選任義務。(試驗研究用反應器亦是如此)

表 1 除役主任之選任條件

核燃料物質在除役對象設施時	須符合下列任何一項 一、具有法第 41 條第 1 項之反應器主任技術者證照者 二、具有法第 22 條之 3 第 1 項之核燃料處理主任者證照者 三、依據技術士法第 32 條第 1 項規定，登記於技術士名冊之核能、輻射部門者（限試驗研究用反應器）
---------------	--

核燃料物質不在除役對象設施時	須符合下列任何一項 一、具有法第 41 條第 1 項之反應器主任技術者證照者 二、具有法第 22 條之 3 第 1 項之核燃料處理主任者證照者 三、依據技術士法第 32 條第 1 項規定，登記於技術士名冊之核能、輻射部門者（限試驗研究用反應器） 四、具有關於放射性同位素管制法律法第 35 條第 1 項之第 1 種輻射防護主任者證照者
----------------	---

(9) 除役品質管理系統說明書

- 試驗爐規則第 16 條之 6 第 2 項第 8 號
- 實用爐規則第 116 條第 2 項第 9 號
- 開發爐規則第 111 條第 2 項第 9 號

應明確記載下列內容

- ①於反應器設施的安全規定內，訂立以業者代表人作為最高管理人的品質管理系統。
- ②關於除役安全作業的計畫、實施、評估及改善等一連串過程須明確，藉由有效運用可達成、維持並促進核能安全。
- ③依據品質管理系統，對於需要維持功能的設備及其他設備，應明確說明確有執行其維護作業

參考文獻

1. 日本原子力規制委員會 2020 年「発電用原子炉施設及び試験研究用等原子炉施設の廃止措置計画の審査基準」

附件三 除役中發電用反應器設施安全規定審查標準之制定

訂定 2013 年 11 月 27 日 原管廢發第 13112715 號 原子力規制委員會決定
修訂 2015 年 8 月 5 日 原規規發第 15080526 號 原子力規制委員會決定
修訂 2017 年 11 月 29 日 原規技發第 1711299 號 原子力規制委員會決定
修訂 2019 年 7 月 24 日 原規放發第 19072414 號 原子力規制委員會決定
修訂 2019 年 12 月 25 日 原規規發第 1912257 號—4 原子力規制委員會決定

除役階段發電用反應器設施安全規定審查標準依下述內容制定

2013 年 11 月 27 日

原子力規制委員會

除役階段發電用反應器設施安全規定審查標準之制定

原子力規制委員會將除役階段發電用反應器設施安全規定審查標準以附件另訂定之。

此外，依據目前管制業務程序執行的相關準則(原規總發 120919097 號)2・(2)，並由舊原子力安全保安院上承的「除役階段實用發電用反應器設施安全規定審查(內規)」(2010・02・05 原院第 6 號)，及「除役階段研究開發階段供發電用反應器設施安全規定審查(2010・02・05 原院第 7 號)」，均不再使用

附 則 此規定於 2013 年 12 月 18 日起施行

附 則 此規定於 2016 年 4 月 1 日起施行

附 則 此規定於實用發電用反應器設置、運轉等一部分規則之修訂規則施行日(2017 年 12 月 14 日)起施行

附 則 此規則於 2019 年 9 月 1 日起施行

附 則 1 此規則於「為強化核能利用安全對策之核原料物質、核燃料物質及反應器管制相關法律」部份修訂之法律(2017 年法律第 15 號)第 3 條規定之施行日(2020 年 4 月 1 日)起施行。

1. 前言

此審查標準的適用範圍，為擬申請或已取得除役計畫認可的發電用反應器經營者(以下簡稱「反應器經營者」)所申請的安全規定認可申請書或安全規定變更認可申請書(以下簡稱「申請書」)的審查。

而反應器經營者，依照核原料物質、核燃料物質及反應器管制之相關法律(1957 法律第 166 號。以下簡稱「法」)第 43 條之 3 之 24 第 1 項規定，每一電廠均應訂立安全規定，且須經原子力規制委員會的認可。

而反應器經營者，針對下述

- 法第 43 條之 3 之 34 第 2 項
- 實用發電用反應器之設置、運轉等規則(昭和 53 年通商產業省令第 77 號。以下簡稱「實用爐規則」)之第 92 條第 3 項
- 研究開發階段發電用反應器之設置、運轉等規則(平成 12 年總理府令第 122 號。以下簡稱「開發爐規則」)之第 87 條第 3 項。

規定的各項目提交申請書，以取得新增或變更安全規定的認可。

而已受理申請書的原子力規制委員會，須對經營者所申請的安全規定審查，確認是否符合法第 43 條之 3 之 24 第 2 項所規定的認可要件。

- 未違反法第 43 條之 3 之 5 第 1 項或第 43 條之 3 之 8 第 1 項之已獲許可的狀況，或依同條第 3 項或第 4 項前段的規定申報的狀況。
- 充分防止核燃料物質、核燃料物質所致污染物或發電用反應器所致的災害。

因此，基於應使經營者所申請的安全規定審查標準明確，除役階段的安全規定於審查時應確認事項以下述內容定之。

注)實用爐規則第 92 條第 3 項、研開爐規則第 87 條第 3 項主旨中規定了「法第 43 條之 3 之 34 第 2 項中擬申請認可者，至其認可日前，為實施除役計畫所訂定的除役，依法第 43 條之 3 之 24 第 1 項規定必須於原先取得認可的安全規定中增加下列事項，或另取得安全規定變更的認可。」，因此須在除役計畫(變更)的認可日前取得安全規定的認可。

2. 針對各事項的審查

下列為各事項的審查標準：

(1) 能遵守相關法令及安全規定的人員編制

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 1 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 1 號

1) 能遵守相關法令及安全規定的人員編制(包括執行長的參與)，依安全規定作成的要領書、作業程序書及其他安全相關文書，應依其重要程度編寫並遵守，而其定位須明確。且應特別載明執行長的積極參與情形。

- 2) 為確實遵守安全相關法令及安全規定，應明確建構能遵從法規的人員編制。

(2) 品質管理系統

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 2 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 2 號

- 1) 品質管理系統(以下簡稱「QMS」)，是根據已取得法第 43 條之 3 之 5 第 1 項或第 43 條之 3 之 8 第 1 項之許可(以下簡稱「許可」)，或依法第 43 條之 3 之 34 第 2 項之認可的系統，並根據與核能設施安全規定有關品管人員編制標準的規則(2020 年原子力規制委員會規則第 2 號)及與核能設施安全規定有關品管人員編制標準之規則解釋(原規規發第 1912257 號—2(2019 年 12 月 25 日原子力規制委員會訂定))所訂定。

而具體上與安全規定相關的活動，其計畫、實施、評估及改善的組織與運作方式，包含安全文化的培養、維護的人員編制與程序書的定位等，均應予以規定，以期能掌握發電用反應器設施安全規定相關活動的管理程度。

此外，此內容依核能安全的重要程度，其適用程度應合理且應依組織規模為之，而所訂定的內容，應有合理實現的可能。

各要求事項落實到個別業務時，應明確訂定具體的人員編制與方法。而若將此具體方法訂定於文件體系(亦包含安全規定的下級文件)中時，則此文件體系應明確。

- 2) 程序書等文件在安全規定上的定位：要領書、程序書及其他安全規定相關文件，應依其重要程度，將安全規定與其 2 次文件、3 次文件等與 QMS 有關文件的階層體系予以明確定位，以期能確實遵守。

(3) 除役的品質管理系統

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 3 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 3 號

除了上述，應訂定除役實施時的組織、文件等規定。且依照各除役階段，明確說明其確保安全規定的方法。

(4) 除役人員的職務及組織

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 4 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 4 號

- 1) 總公司及電廠於除役階段，為確保反應器設施安全，應訂定其人員編制及各職稱的職務內容。

- 2) 選任除役主任相關事項

作為除役的安全監督負責人(以下簡稱「除役主任」)，應依各除役階段將具有核燃料物質、放射性廢棄物處理及管理相關專業知識

或有實務經驗的人員做妥善分配，並明定其職務與責任範圍。此外，除役主任應妥善做好安全上的監督，發揮必要的權限以及組織上的職位功能。對此應考量以下內容：

□. 選任除役主任及配置相關事宜

除役主任為經營者(社長、理事長等)之下、各單位主管之上的職位，且具有表 1 記載的資格，因此應考量依除役階段的專業知識或實務經驗及職位而選任之，而該主任依其職務的重要性，其立場應能對各單位主管呈報意見。

□. 除役主任的職務相關事宜

- a. 呈報意見給各單位主管
- b. 給予發電用反應器設施除役人員指導與建議。
- c. 製作或修訂安全教育的實施計畫時，詳細檢查、指導或建議其內容。
- d. 各種手冊的制定、修改或廢除時，詳細檢查、指導或建議其內容。
- e. 製作或修訂與安全規定有關的重要計畫時，詳細檢查、指導或建議其內容。
- f. 確認安全規定的記錄。
- g. 依據法令的報告，詳細檢查、指導或建議其內容。

□. 尊重除役主任的意見

- a. 各單位主管應尊重除役主任的意見
- b. 實施發電用反應器設施除役的人員，應尊重除役主任的指導與建議

□. 輔佐除役主任的組織

考量各個除役對象的發電用反應器設施的規模，或經營該設施的總公司或電廠的組織規模大小不一，可依各經營者的判斷，設立除役主任的輔佐組織。此種情況下，若輔佐組織另有兼任其他職務時，為了使該組織的輔佐業務不受影響，應具備明確的命令指揮系統。

□. 除役主任代理人的選任及配置

考量各個除役對象的發電用反應器設施的規模，或經營該設施的總公司或電廠的組織規模大小不一，可依各經營者的判斷，先行選任除役主任的代理人並予以配置。而此時，安全監督代理人的選任及配置，則依照「□. 除役主任的選任及配置相關事宜」相同的程序辦理。

此外，在取得法第 43 條之 3 之 34 第 2 項除役計畫認可，並已完成發電用反應器功能停止措施時，該發電用反應器便不屬於法第 43 條之 3 之 26 第 1 項關於「發電用反應

器之運轉」所規範的對象，因此依據該條文主旨而取得安全規定變更認可的經營者，則不須再選任發電用反應器主任技術者。

表 1 除役主任的選任要件

核燃料物質在除役對象設施時	須符合下列任何一項 一. 具有法第 41 條第 1 項之反應器主任技術者證照者 二. 具有法第 22 條之 3 第 1 項之核燃料處理主任者證照者
核燃料物質不在除役對象設施時	須符合下列任何一項 一. 具有法第 41 條第 1 項之反應器主任技術者證照時 二. 具有法第 22 條之 3 第 1 項之核燃料處理主任者證照者 三. 具有關於放射性同位素管制法律法第 35 條第 1 項之第 1 種輻射防護主任者證照者

(5) 除役人員的安全教育

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 5 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 6 號

關於本事項，應載明下列各點：

- 1) 訂定有關發電用反應器設施的運轉及管理人員(包含隸屬於提供勞務業者的人員。以下簡稱「作業人員」)的安全教育實施方針。
- 2) 作業人員依安全教育實施方針，訂定安全教育實施計畫，其中規定了計畫性的安全教育實施內容。
- 3) 作業人員依規定確認依安全教育實施方針所進行的安全教育實施狀況。
- 4) 輔助燃料處理相關業務及放射性廢棄物處理設備相關業務的作業人員，依規定應接受該業務的安全教育。
- 5) 關於安全教育的內容，為使其完全不抵觸相關法令及安全規定，應明確訂定具體的安全規定內容及其重新評估的頻率

(6) 發電用反應器停止運轉的永久性措施

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 6 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 7 號
- 核燃料物質不在除役對象設施時除外。

訂定發電用反應器永久停止運轉的相關措施，具體內容如下：

- 1) 核燃料物質不裝填於發電用反應器爐心內。
- 2) 原則上中央控制室的反應器模式開關轉到停機位置後，便不切換到其他位置。
- 3) 核燃料物質的轉讓對象應明確

(7) 發電用反應器設施運轉的安全審查

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 7 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 8 號

此項載明下述內容：

- 1) 訂定發電用反應器設施的安全規定重要事項及發電用反應器設施的安全規定運作重要事項審議委員會的設置、組成及審議事項。

(8) 管制區、安全區及監測區的設定與進出管制

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 8 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 9 號

此項載明下述內容：

- 1) 明確標示管制區，並訂定相關措施以區分管制區與其他區域，其中包含管制區的設定及解除等相關實施內容
- 2) 對於管制區內的區域區分，訂定無污染可能的管制區及其以外的管制區的表面污染密度與空氣中放射性物質濃度標準值。
- 3) 管制區中需要實施特別措施的區域，應訂定必須採取的措施、及其適用條件：有關體外輻射的等效劑量率、空氣中放射性物質濃度以及人員可能接觸的地板、牆壁、物品的表面污染密度標準。
- 4) 訂定管制區的出入管理相關措施事項。
- 5) 訂定離開管制區時的表面污染密度標準。
- 6) 訂定管制區進出人員應遵守的事項及措施。
- 7) 訂定運出或搬運管制區內的物品或核燃料物質時的相關事項。
- 8) 明確標示安全區，並訂定安全區的管制措施。
- 9) 明確標示監測區，並訂定非工作人員不可進出監測區的限制措施。
- 10) 訂定提供勞務業者應遵守的輻射防護重要事項及措施。

(9) 排氣監測設備及排水監測設備

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 9 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 10 號

此項載明下述內容：

- 1) 與放射性氣、液體廢棄物排放濃度測量有關的排放管理設備，應明訂其安裝、功能維護及其使用方法。上述設備的功能維護方法，作為設施整體管理方法的一部份，也可以與(17)項的設施管理相關事宜併同為之。此外，上述設備中的輻射測量使用方法，作為設施整體管理方法的一部份，也可與(11)項的輻射偵檢器管理與

輻射測量方法相關事宜併同為之。

(10) 劑量、等效劑量、除污等

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 10 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 11 號

此項載明下述內容：

- 1) 從事輻射作業人員的曝露劑量不超過劑量限值的管理措施(包含個人劑量計的管理方法)。
- 2) 遵循國際輻射防護委員會(ICRP)於 1977 年建議的輻射防護基礎概念(ALARA: As Low As Reasonably Achievable)的精神，管制從事輻射作業人員的曝露劑量。
- 3) 物品或核燃料物質移動至管制區無污染區域時的相關措施。
- 4) 依實用爐規則第 78 條或研開爐規則第 73 條應對地板、牆壁等實施除污的表面污染密度標準。
- 5) 訂定測量管制區及監測區邊界附近等效劑量率的相關事項。
- 6) 訂定搬運核燃料物質(新燃料、用過核燃料及放射性固體廢棄物除外)至電廠外的行為(在電廠外的搬運行為除外)。此外，此項可併同(12)項及(13)項相關搬運內容為之。
- 7) 關於非放射性廢棄物的廢棄物處理，參考「核能設施『非放射性廢棄物的廢棄物』處理(指示)」(2008.04.21 原院第 1 號(2008 年 5 月 27 日原子力安全保安院制定(NISA-11 1a-08-1)))並予以明訂。此外，為期與放射性廢棄物明確區分，可與(13)項的放射性廢棄物管理相關事項併同為之。
- 8) 依法第 61 條之 2 第 2 項規定取得認可時，根據該項已獲認可的活度濃度測量及評估方法，針對認可申請書內容(包含該條第 1 項應受確認之物)的放射性物質活度濃度進行測量及評估，並妥善處理。此外，為期與放射性廢棄物明確區分，可與(13)項的放射性廢棄物的管理相關事項併同為之。

- 9) 訂定防止污染擴散的輻射防護措施。

(11) 輻射偵檢器的管理及輻射測量方法

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 11 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 12 號

此項載明下述內容：

- 1) 訂定輻射偵檢器(包含排放管理用的測量儀器及輻射偵檢器，以下相同。)的種類、保管場所、數量與功能維護及使用方法(包含測量及評估方法)。
- 2) 輻射偵檢器的功能維護方法，作為整體設施管理方法的一部份，可與(17)項的設施管理相關事宜併同為之。

(12) 核燃料物質的收支、搬運、貯存等其他處理

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 12 號
 - 研開爐規則第 87 條第 3 項第 13 號
- 核燃料物質不在除役對象設施時除外。

此項載明下述內容：

1) 電廠內的核燃料物質搬運及電廠外的搬運相關事宜。

此項訂定電廠的新燃料運搬與貯存，及用過核燃料的搬運與貯存。此時應採取安全措施使其不達到臨界，並訂定有關貯存設施的貯存條件。

此外，亦訂定有關搬運新燃料及用過核燃料至電廠外的行為(不包含在電廠外搬運的行為)。而此項可與(10)與(13)的搬運相關事宜併同為之。

(13) 放射性廢棄物的廢棄

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 13 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 14 號

此項載明下述內容：

1) 此項訂定放射性氣體廢棄物的排放場所、為達到排放管理目標值的排放管理方法，及放射性氣體廢棄物的排放物質濃度測量項目與頻率。

2) 此項訂定放射性液體廢棄物的排放場所、為達到排放管理目標值與標準值的排放管理方法，及放射性液體廢棄物的排放物質濃度測量項目與頻率。

3) 訂定平時環境輻射監測的人員編制(計畫、實施、評估等)。

4) 訂定排氣、排水等管制事項，以遵守 ALARA 的精神。

5) 訂定貯存與儲藏放射性固體廢棄物相關的具體管理措施，以及搬運、輻射安全確保的措施。

6) 訂定放射性液體廢棄物固化處理與放射性廢棄物廢棄至電廠外(包含放射性廢棄物的輸入)相關的實施人員編制。

7) 明確建構對搬運放射性固體廢棄物至電廠外(於電廠外的搬運進行除外)的人員編制。

此外，此項可與(10)與(12)的搬運事宜併同為之。

(14) 緊急狀況時應採取的措施

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 14 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 15 號

此項載明下述內容：

1) 訂定緊急狀況前預先準備，於狀況發生時實施的內容

2) 製作緊急狀況時與運轉有關的組織內規程。

3) 緊急狀況發生時，遵循已規定的通報途徑，向相關機關通報。

4) 緊急狀況發生時所採取的措施依照原子力災害對策特別措施法

(1999 年法律第 156 號)第 7 條第 1 項核能業者防災業務計畫執行。

- 5) 緊急狀況發生時，發布緊急人員編制，並實施緊急應變措施及緊急行動。
- 6) 選定符合下述要件的從事輻射工作人員，從事緊急作業
 - ・在接受緊急作業時的輻射對生物的影響以及輻射防護等知識後，向設施經營者提出書面申請，表達願意從事緊急作業的意思。
 - ・已接受有關緊急作業訓練者。
 - ・從事有效劑量限值 250mSv 的緊急作業人員，為原子力災害對策特別措施法第 8 條第 3 項規定的核能防災重要人員、該法第 9 條第 1 項規定的核能防災管理人員，以及該條第 3 項規定的副核能防災管理人員。
- 7) 針對從事輻射工作人員在進行緊急作業期間的劑量管理(包含穿戴輻射防護口罩所致的體內曝露管理)以及完成緊急作業後的健康檢查，應訂定適當的內容。
- 8) 事態受控制後，即解除緊急人員編制。
- 9) 訂定防災訓練的實施頻率。

(15) 發電用反應器設施針對設計基準事故的安全規定措施

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 15 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 16 號

此項載明下述內容：

- 1) 依據已取得許可的基本設計、基本設計導則或已取得法第 43 條之 3 之 34 第 2 項認可的除役計畫，為使其訂定的對策能發揮功能，依其假想事件，訂定下述措施
 - ・擬訂有關維護發電用反應器設施功能的行動計畫，在配置重要人員的同時，依照計畫為之。而此計畫包含了下列內容(研究開發階段發電用反應器則不包含 b.的內容)
 - a. 火災
可燃物管理、向消防人員通報、滅火、防止延燒以及消防隊到達火災現場前所採取的行動等內容。
 - b. 火山現象造成的影響(包含可能發生的影響，以下簡稱「火山影響等」)
火山影響等發生時維持緊急交流動力電源設備功能的對策。
 - c. 可能導致嚴重事故的事故(運轉時異常暫態及設計基準事故除外)或嚴重事故(以下簡稱「嚴重事故等」)
嚴重事故等發生時防止貯存於用過核燃料貯存設備的燃料元件發生嚴重損傷的對策。
 - d. 大規模自然災害或大型飛機故意衝撞，以及其他恐怖攻擊所

造成發電用反應器設施大規模損壞(以下簡稱「大規模損壞」)

① 大規模損壞且大規模火災發生時的滅火行動。

② 大規模損壞時為確保用過核燃料池水位以及為降低燃料元件嚴重損傷的對策。

③ 大規模損壞時為降低放射性物質排放的對策

□・對維護必要功能的重要人員實施教育訓練。特別是對重大事故等或大規模損壞時維護發電用反應器設施必要功能的重要人員實施教育訓練，應一年一次以上定期實施。

□・設置電源車、消防車、化學車、泡沫藥劑、消防水帶、照明器具、無線電設備、過濾器及其他器材，以維護其必要功能。

□・完備人員編制，以維護必要功能。

(16) 與發電用反應器設施及除役措施安全規定相關的記錄與報告

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 16 號及第 17 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 17 號及第 18 號

此項載明下述內容：

- 1) 應對發電用反應器設施的安全規定作必要記錄，並管理之。同時須對安全規定及其下級文件，訂立必要記錄與管理的相關措施
- 2) 關於實用爐規則第 67 條或研開爐規則第 62 條所訂定的記錄，應訂定相關的管理事項(計量管理規定及核物質防護規定除外)。
- 3) 訂定應向電廠廠長及除役主任的報告事項。
- 4) 發生實用爐規則第 134 條各項及研開爐規則第 129 條各項的事故故障或類似事件時，執行長應能夠在安全確保方面積極參與，例如：建立能夠確實向執行長報告的人員編制。
- 5) 類似事故故障的重大事件，應具體載明。

(17) 發電用反應器設施的設施管理

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 18 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 19 號

此項載明下述內容：

- 1) 對於擬訂設施管理方針、設施管理目標與設施管理實施計畫，及其評估與改善，應參考「核能業者的使用前業者檢查、定期業者檢查、安全措施之使用指南」(原規規發第 1912257 號—7(2019 年 12 月 25 日原子力規制委員會決定))而訂定之。(包含除役計畫認可後有維持安全功能必要的設施管理)。
- 2) 訂定業者使用前檢查及業者定期檢查的實施相關內容。

(18) 與其他電廠經營者共享安全規定的技術資訊

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 19 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 20 號

此項載明下述內容：

從設備廠商等保養檢查相關業者獲得的有關安全規定的技術資訊，藉由沸水式反應器業主組織或壓水式反應器業主組織等資訊交流平台，與其他反應器經營者共享，以提升自身反應器設施安全的措施。

(19) 違規資訊公開

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 20 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 21 號

此項載明下述內容：

- 1) 基於提升反應器設施安全的目的，明訂違規狀況的公開標準。
- 2) 關於資訊公開，明訂必須向核能設施資料庫登記的事項。

(20) 除役管理

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 21 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 22 號

除役作業的計畫、廢棄物的管理、除役實施管理，須記錄其必要事項。

(21) 其他重要事項

- 實用爐規則第 92 條第 3 項第 22 號
- 研開爐規則第 87 條第 3 項第 23 號

除了上述各項，訂定以下內容

- 1) 根據日常 QMS 活動結果，依其需要，訂定發電用反應器設施有關安全規定的重要事項。
- 2) 載明安全規定的「目的」，是為了防止核燃料物質、核燃料物質所致污染物或發電用反應器所致的災害。

參考文獻

1. 日本原子力規制委員會 2019 年「廃止措置段階の発電用原子炉施設における保安規定の審査基準」

附件四 反應器設施拆除之安全確保基本概念

反應器設施拆除之安全確保基本概念

1985 年 12 月 19 日

原子力安全委員會決定

部分修訂 2001 年 8 月 6 日

前言

隨著核能的開發利用，如何確立核子反應器設施的拆除對策成為了重要的課題，當然也必須盡力確保拆除作業的安全。

本專業部門將商業用的發電用反應器設施之拆除納入研究視野，且將 JPDR 與核子動力船 MUZU 的拆除以及商用反應器設施中放射性物質濃度高的爐心側板及蒸汽產生器的替換實際成果也納入考量，將拆除技術的進展以及基於先前已在國外實施的拆除作業知識等等的發展資料進行彙整，歸納以下有關安全確保的基本概念：

- (1) 反應器各功能停止運轉的正確作法
- (2) 拆除作業進行時反應器設施的維護管理的正確作法
- (3) 拆除作業中安全確保的正確作法
- (4) 拆除作業結束後之確認
- (5) 其他

此外，本報告將依據新的知識與經驗，因應需要而重新檢視。

用語說明

在本報告中，其用語定義如以下所述：

- (1) 拆除作業：指在進行拆除相關作業時，將該設施的構造、設備與組件移除，包括系統的隔離。
- (2) 放射性設備、結構物：指被放射性物質污染的設備與結構物，亦包含被活化之物。
- (3) 反應器之功能停止：指藉由移去反應器的核分裂產生能力，使反應器停止其功能。
- (4) 對象設施：指拆除對象的反應器及其附屬設施。
- (5) ALARA：國際放射防護委員會(ICPR)於 1977 年建議並被視為輻射劑量限制體系基礎之一，即「所有曝露，都應考慮經濟上與社會上之因素，而必須盡

可能地合理抑低」之基礎原則(ICPR Pub. 26 第 12 項)，此外 ICPR 於 1990 年的建議仍承用此概念。

- (6) 殘存之放射性物質：指因反應器的運轉所產生之放射性物質，且殘存於反應器設施內
- (7) 作業目標劑量：指從事輻射工作人員曝露劑量之目標值，係根據作業場所的空間輻射劑量率與空氣中放射性物質濃度，並且考量作業方法、作業程序及防護方法等，而以每個作業單位訂定之。
- (8) 防止污染擴散之密閉設備：指為防止污染擴散，防止在拆除過程中產生的粉塵等擴散而設置的暫時性密閉設備
- (9) 從事輻射工作人員：指在業務上進出管制區之工作人員(暫時進出者除外)

安全確認上之重要事項

反應器在永久停止運轉後，在反應器設施中不僅核燃料，還會殘留放射性設備及結構。而拆除反應器設施的作業，主要是將這些核燃料以及具有放射性的設備、結構在輻射環境下依序拆除，再將這些放射性廢棄物進行分類處理，且具有以下特徵：

- (1) 從爐內結構中產生輻射程度較高的廢棄物
- (2) 從混凝土屏蔽中大量產生低放射性的廢棄物
- (3) 拆除進行時對象設施內的輻射程度隨之發生變動
- (4) 拆除進行時安全必要設備的狀況隨之發生變化

在拆除反應器的作業上，應根據 ALARA 的概念來確保其安全，以目前國內外拆除反應器的經驗來看，可說具備了確保拆除作業安全的能力，而以此概念為基礎，且考量上述特徵，有必要針對下述安全確保上之重要事項具體考量與訂立計劃。

- (1) 拆除過程中為了確保安全，反應器設施所需之維護管理方法
- (2) 減少公眾與從事輻射工作人員輻射曝露的策略
- (3) 放射性廢棄物的處理方式

尤其在減少公眾與從事輻射工作人員輻射曝露的策略上，必須採用適當的拆除工法以及拆除順序，並且事先進行曝露劑量評估。

此外，在實施拆除作業時，必須完備品質保證計畫，期使人員編制的權責明確化、拆除中的反應器設施獲得適當管理以及作業內容得到確認。

反應器各功能停止運轉之措施

為了使反應器各功能停止運轉，得採取以下措施：

- 1. 從反應器中移除核燃料
亦即將所有核燃料及中子源從反應器中移除
- 2. 核燃料等措施

亦即將核燃料從對象設施運出，或在運出前視需要將其保存一段時間於對象設施內的核燃料貯藏設施。

此外，對於中子源亦採取同樣的措施。

拆除中反應器的維護管理

在反應器各功能停止運轉後，會有顯著量的放射性物質殘存於對象設施內，故為了確保拆除中放射性物質處理及各項作業安全，以及抑制或減少公眾與從事輻射工作人員的輻射劑量，必須在必要時間內，對所需的設備及機器維護其所需性能。

在維護管理拆除中反應器時，應注意下述事項：

1. 確保安全之必要措施

(1) 防止非法接近等行為之措施

應採取措施以防止第三者非法接近拆除中的反應器。此外對於管制區，應依輻射曝露的可能性程度將其區分，並採取安全措施。同時為了防止從事輻射工作人員不必要的輻射曝露，亦須採取相關措施以限制人員進出該區域。

(2) 維護管理拆除中的反應器之措施

防止系統內殘存的放射性物質在對象設施內外之洩漏以及設備閥門等操作錯誤之對策，從上述觀點，採取系統隔離、密封等妥當措施。此時，應將系統內殘存之放射性氣體及放射性液體，盡可能地從系統內移除。

(3) 輻射監測

為確保能妥當管理排放至周邊環境的放射性物質，應確實執行從拆除中的反應器排放管理有關的輻射監測，以及對於周遭環境的輻射監測。

2. 廠房、結構物之維護管理

收納內含放射性物質之系統與設備的廠房及結構物，具有防止放射性物質外洩的屏蔽及阻擋的功能，於系統與設備被移除之前，必須妥當維護管理。

3. 核燃料處理及貯存設施之維護管理

新燃料以及用過核燃料儲存於貯存設施的期間，應妥善維護管理該設施，以發揮其所需之性能。

4. 放射性廢棄物的廢棄相關設施之維護管理

對於放射性廢棄物的廢棄相關設施，應做妥當維護管理。

5. 輻射管理相關設施之維護管理

反應器內外之輻射監測、放射性物質排放至環境之管制及管制區內作業之從事輻射工作人員之曝露管理，對於上述三者之相關設備應做妥善維護管理。

6. 拆除作業中其他必要設施之維護管理

(1) 通風設備

以下情況，應妥善維護管理通風設備

Ⓛ使用於核燃料貯存管理或放射性廢棄物處理時

Ⓜ使用於降低從事輻射工作人員曝露之空氣淨化時

③為防止拆除作業可能產生的放射性粉塵向對象設施外排放或防止其擴散至其他區域時

(2) 電源設備

在喪失商用電源時，為能確保拆除中的反應器的安全，應確保足夠容量之電源設備，且應妥善維護管理之。

(3) 其他設備

其他與安全有關之必要設備(如照明設備、核機冷卻設備等)，為了確保其正常功能，應做妥善維護管理。

7. 火災防護

應從防止輻射損害之觀點檢視，妥善維護管理火災防護設備。此外，可燃物之保存場所亦應採取妥善的防護措施以防止火災發生。

8. 測試與檢查

為了必要時能夠維持其正常功能與性能，仍需於拆除中維護管理的反應器設施之各項設備與機器，以及與拆除作業相關的安全措施，應以適當的頻率進行測試與檢查。

拆除作業之安全確保

1. 評估放射性物質

(1) 評估殘留的放射性物質

關於反應器各功能停止時或拆除作業時之殘留放射性物質，須先行做核種、數量以及分布之評估

(2) 評估放射性廢棄物之產生量

根據放射性廢棄物產生量之分類，預先進行評估。

2. 拆除作業順序以及選定工法之注意事項

(1) 拆除前之除污

若確知能有效降低從事輻射工作人員的總輻射曝露量，則應進行拆除前之除污。

(2) 放射性設備與結構物之拆除作業

放射性設備與結構物之拆除時機，應根據能否合理降低從事輻射工作人員的總曝露劑量，而做整體考量。

(3) 屏蔽體之確保

由於反應器圍阻體及廠房等可作為屏蔽並能防止污染擴散，在拆除作業上應善加利用。

(4) 遙控操作

拆除高活度的設備與結構物時，應考量遙控操作。

(5) 減少放射性廢棄物之產生量

盡可能合理減少放射性廢棄物之產生量

(6) 注意自然事件以及人為事件

在拆除放射性設備與結構物時，應注意導致事故發生之自然事件與人為事件。

3. 公眾之安全確保

為了確保公眾安全，在計畫降低放射性粉塵釋放至反應器設施外之同時，應注意放射性廢棄物之輸送及儲存時之安全。

4. 降低從事輻射工作人員曝露之對策等

在從事輻射工作人員曝露之降低與曝露控管上，應注意下列事項：

(1) 系統與設備之清除輻射污染作業以及污染擴大之防止

在進行系統清除輻射污染作業之同時，應視其必要防止作業中污染之擴大

(2) 防止放射性粉塵之產生以及防護裝備之使用

採用適當工法與處理方式以盡可能防止放射性粉塵的產生，視需要使用呼吸防護具以減少體內曝露。

(3) 活用屏蔽或遙控操作裝置

在處理於高輻射率狀況下之作業與高輻射率之物質時，應妥當活用遮蔽體或遙控操作裝置。

(4) 設定作業目標劑量

在作業實施前視其必要應設定作業目標劑量，適當地與曝露劑量做比較檢討，以降低曝露。此外，應考量採取妥當之措施以防止不必要之曝露

(5) 輻射監控

作業開始前應做輻射監控，有助於設定作業目標劑量與妥當之輻射控管計畫之立案。此外，在作業進行中亦應視其必要進行輻射監控，且根據輻射程度之變動嘗試將防護方法妥當化。

(6) 教育訓練

應實施輻射安全相關之教育訓練，以確保從事輻射工作人員之安全保障

5. 設定與解除管制區

為了能使設定與解除管制區之作業完美且順利進行，以及確保作業上之安全，應遵循下列事項：

(1) 區分管制區

管制區應依空間輻射劑量率、空氣中或水中的放射性物質之濃度，以及表面污染密度之程度進行區分，且依各自區域進行妥當之輻射管理。

(2) 設定與解除管制區之基準

與管制區之設定解除有關之空氣輻射劑量率、空氣中或水中的放射性物質濃度與表面污染密度之標準，得依相關法規為之。

放射性廢棄物之處理

1. 區分與處理放射性廢棄物

(1) 區分與處理放射性固體廢棄物

對於拆除過程隨之大量產生的放射性固體廢棄物，應依輻射污染程度進行區分，且依其各自之妥當處理方法處理

(2) 區分與處理放射性氣體、液體廢棄物

對於拆除過程產生之放射性氣體與液體廢棄物，應以反應器運轉中的處理方法為基準進行區分與處理

2. 評估放射性廢棄物中放射性物質的量與濃度

(1) 放射性固體廢棄物之評估單位與時間

對於合理且實際評估放射性固體廢棄物中放射性物質的量與濃度，每個顯著的單位量都須考慮到如何在妥當的時間處理放射性廢棄物的運送、處理與儲存方式

(2) 放射性固體廢棄物之評估方法

有關放射性固體廢棄物，評估其所含放射性物質的量及濃度時，應結合放射性活度測量值以及基於廢棄物使用經歷的計算值，並且根據可信賴的數據資料，分別以主要放射性核種或適當分類的核種群組加以執行。

(3) 放射性氣體與液體廢棄物之評估方法

放射性氣體及放射性射體廢棄物中放射性物質的量及濃度的評估應依反應器運轉中的方法來進行。

3. 處理拆除過程中放射性廢棄物等

產生、處理及儲存放射性廢棄物等各階段的處理，應使用為能防止放射性廢棄物的飛散、污染擴大及輻射線等所致之曝露所製造的設備。

4. 減容放射性廢棄物(減少容積)

(1) 安定化與減容之考量

放射性廢棄物應考量化學型態的安定化及視必要減少容積，而採取妥當措施。

但是針對暫時貯存的放射性廢棄物，若因準備進行減容處理而另有容器裝填或保存方式時則不在此限。

(2) 防止混入

根據 1.所區分的放射性廢棄物處理，為了不讓高濃度物質混入低濃度物質，在一時的儲存、固化及顯示的過程中應充分注意之。

5. 輸送放射性廢棄物

放射性廢棄物的廠內運送及廠外運送，應依法規進行

關於拆除作業結束後確認之正確做法

於拆除結束後，有確認下述事項之必要

(1) 核燃料應全部移除

(2) 應妥當且確實丟棄放射性廢棄物

拆除時的安全性評估

1. 評估公眾的曝露劑量

(1) 評估平時公眾的曝露劑量

① 曝露劑量用之氣象條件

氣象條件應依「發電用反應器設施的安全分析相關的氣象準則」
(下面以氣象準則統稱)為基礎設定之。

② 計算放射性物質的外釋量

平時釋放至周邊環境的放射性物質的量，防止污染擴散之密閉設備
及排氣系統過濾器之機能應妥當設定且計算之

③ 評估起因於釋放放射性物質的曝露劑量

曝露劑量應利用①項之氣象條件及②項之放出量進行評估

④ 對於拆除廢棄物的貯存設施，應評估其直接輻射劑量與向天輻射劑量

上述貯存設施的直接輻射劑量與向天輻射劑量，應評估其曝露劑量

⑤ 判斷基準

曝露劑量應盡可能地合理降低之

(2) 評估事故發生時周邊公眾的曝露劑量

① 應設想事故之發生

應設想最大放射性物質放出量的事故

② 計算放射性物質的放出量

依前項條件計算出釋放至周邊環境的放射性物質放出量

③ 評估曝露劑量

評估曝露劑量時，應利用①項之氣象條件及②項之放出量進行評估

④ 判斷基準

不應對周邊公眾造成顯著的輻射曝露風險

2. 評估從事輻射工作人員的曝露劑量

應依拆除計畫事先評估從事輻射工作人員的總曝露劑量

解說

為能更明確地思考本報告中所述每個項目的意思與解釋，以做下述解說：
其以作為解說的項目如下述

- ☐ 安全確保上之重要事項
- ☐ 反應器各功能停止運轉之措施
- ☐ 2. 核燃料等措施
- ☐ 1.(1) 不法接近等防止措施
- ☐ 1.(2) 拆除中反應器設施在維護管理上之措施
- ☐ 1.(3) 輻射控管
- ☐ 2. 建物、結構等維護管理
- ☐ 3. 核燃料之處理及貯藏用設施之維護管理

- ☐ 4. 丟棄放射性廢棄物用設施之維護管理
- ☐ 5. 輻射管理用設施之維護管理
- ☐ 6.(1) 通風設備
- ☐ 6.(2) 電源設備
- ☐ 7. 火災防護
- ☐ 8. 測試與檢查
 - ☐ 1.(1) 評估殘存放射性物質
 - ☐ 1.(2) 評估放射性廢棄物之產生量
 - ☐ 2.(1) 拆除作業前之除污作業
 - ☐ 2.(3) 確保屏蔽體等
 - ☐ 2.(5) 降低放射性廢棄物之產生量
 - ☐ 2.(6) 注意自然事件以及人為事件
 - ☐ 3. 公眾之安全確保
 - ☐ 4.(1) 系統與設備之除污作業以及防止污染擴散
 - ☐ 4.(2) 防止放射性粉塵產生以及使用防護裝備
 - ☐ 4.(3) 活用遮蔽體及遙控操作裝置
 - ☐ 4.(4) 設定作業目標劑量
 - ☐ 4.(5) 輻射監控
 - ☐ 4.(6) 教育訓練
 - ☐ 5.(1) 區分管制區
 - ☐ 5.(2) 設定及解除管制區之基準
 - 1.(1) 區分與處理放射性固體廢棄物
 - 2.(2) 放射性固體廢棄物之評估方法
 - 3. 處理拆除中放射性廢棄物等
 - 4.(1) 安定化與減容之考量

拆除作業結束後之確認

- 1.(1) 評估平時周邊公眾之輻射曝露
- 1.(2) 評估事故發生時周邊公眾之輻射曝露
- 2. 評估從事輻射工作人員之輻射曝露

☐ 安全確保上之重要事項

拆除上的品質保證計畫，即確實實行拆除中及安全確保相關之所有作業，亦包含拆除計畫、輻射管理計畫等相關事項。

☐ 反應器各功能停止運轉之措施

在拆除反應器設施作業上，會進行包含設備及機器的系統隔離之拆除作業，且反應器會失去其控制功能、冷卻功能。因此為了確保拆除上的安全，必須在拆除作業開始前停止反應器的核分裂產生功能。

反應器的功能停止後，因反應器會失去其功能，因此不需維持運轉上的性能，而可簡化其管理。但功能停止後，系統內亦會殘留放射性物質，因此必須注意

□ 1.(2)「拆除中反應器設施在維護管理上之措施」且適當管理之。

□ 2. 核燃料等措施

儲存的核燃料及中子源必須在其貯存設施被拆除前，從對象設施內移除。

□ 1.(1) 不法接近等防止措施

應設立圍籬或標誌以實施防止第三人不法接近拆除中的反應器設施之措施。

而管制區之安全確保措施應依相關法規實施。

□ 1.(2) 拆除中反應器設施在維護管理上之措施

為了拆除中的反應器設施之維護管理及安全確保，必須採取下述措施：

①對於不需維護管理的系統，應防止因誤操作而導致流體流出

②對於不需維護管理的系統，應防止因意外而導致流體流出

③放射性物質外洩之防護措施

④閥門誤操作之防護措施

⑤拆除中的反應器設施內外的監測狀況之相關措施等等。

□ 1.(3)輻射監測

必須依據拆除中的反應器設施狀況，妥善選定監測場所而執行。

□ 2.廠房及結構物等之維護管理

開口部及貫通部因應需要應採取密閉或封閉措施且妥善管理上鎖處。此外，廠房牆壁等損傷處應適時修補之。

□ 3. 核燃料處理及貯存設施之維護管理

核燃料處理及貯存設施之維護管理應依「發電用輕水型反應器設施相關之安全設計審查準則」(準則 49)，以發揮其所需之性能。

□ 4. 放射性廢棄物的廢棄相關設施之維護管理

因反應器運轉時所產生且殘留於拆除中的反應器設施內，或因除污作業所產生之放射性廢棄物，須依其產生量妥善處理之。因此，在使用既有處理設備處理上述廢棄物時，應適時考量其暫時貯存於拆除中的反應器設施內之狀況，且在處理能力範圍內進行維護管理。此外，亦應妥善維護管理拆除時所設立之處理設備

□ 5. 輻射管理相關設施之維護管理

依拆除中的反應器設施狀況，依其需要應考量其配置與測量範圍。

□ 6.(1)通風設備

依拆除中的反應器設施狀況，在妥善劃分對象區域的同時，亦應妥善考量通風容量、過濾器的種類等。

□ 6.(2)電源設備

喪失商用電源後於安全確保上需注意之設備，有照明設備、滅火設備，安全上必要之監測設備、用過燃料的貯存設備、通風設備及放射性廢棄物的處理設備等。

□ 7.火災防護

依其必要應設立可攜式滅火裝置，並維護管理之。

□ 8.測試與檢查

測試、檢查的頻率及內容，應依運轉中反應器設施所規定之項目中的拆除中必要之維護管理項目，做適當調整以執行之。

□ 1.(1) 評估殘存放射性物質

評估殘存放射性物質，需要拆除作業計畫之立案、公眾及從事輻射工作人員接受曝露輻射之推算及放射性廢棄物產生量之推算。

□ 1.(2) 評估放射性廢棄物之產生量

每個放射性廢棄物的產生量依輻射程度及金屬類、水泥類等種類預先進行評估之作業，於處理方法及處理計畫之立案上是有效的。

□ 2.(1) 拆除作業前之除污作業

因低空間輻射劑量率致可選擇之拆除工法種類增加且有選定適當拆除工法之可能。在執行除污作業時，應注意因廢液再利用致 2 次生成物之產生降低狀況。

□ 2.(3) 確保屏蔽體等

在放射性設備及結構物被移除後，反應器圍阻體及廠房之拆除在屏蔽及抑制污染擴大上是有效的。

□ 2.(5) 降低放射性廢棄物之產生量

亦應考量因作業所產生的污染之防止擴大狀況。尤其是輻射污染混凝土的產生量，易因其拆除工法所影響，因此在能掌握其污染狀況且能選定適當工法的同時，在需水的放射性設備及結構物在切割作業狀況下，亦應考量廢液產生量之降低。此外，拆除前及拆除後的除污均對放射性廢棄物產生量之降低是有效的。

□ 2.(6) 注意自然事件以及人為事件

自然事件包含地震、颱風、山崩等狀況，而人為事件包含火災、爆炸等狀況。

□ 3. 公眾之安全確保

為了降低放射性粉塵之排放，如在採用能防止粉塵產生之工法的同時，亦應使用適當排氣設備的過濾器之作法。此外，在儲存放射性廢棄物時，應注意人類適合居住的廠址邊界外之直接輻射劑量與宇宙輻射劑量

□ 4.(1) 系統與設備之除污作業以及防止污染擴散

防止污染擴大應以密封、包裝及表面固定等方式執行

□ 4.(2) 防止放射性粉塵產生以及使用防護裝備

為盡可能防止放射性粉塵的產生，可採用如濕式工法之方式。若無法避免大量粉塵之產生，可設置防止污染擴大之密閉設備且隔離作業現場，並設置具局部排氣的排氣設備。

□ 4.(3) 活用屏蔽體及遙控操作裝置

依作業現場選擇並使用移動式、可攜式、籠罩式、平台式的屏蔽體。切割或搬運放射活化物時，應利用遙控機器人；測量高劑量的物品時應利用遙控測量儀器。

□ 4.(4) 設定作業目標劑量

每個作業目標劑量都應以作業單位設定之。比較檢討後的結果，會使作業方法得到改善且有助於曝露降低。

此外，高階管制區應明確設定界線，以防止從事輻射工作人員不慎進入此區域，同時在高濃度放射性物質的處理作業上，其作業方法、作業程序均應於事前聯絡並於每個作業階段進行確認，以防止不必要的曝露。

□ 4.(5) 輻射監控

反應器拆除作業，因其進展而有作業現場中的輻射程度大幅變動的特殊性。因此每個作業單位在作業開始前應以空間輻射劑量、空氣中與水中放射性物質濃度及表面污染密度進行監測。

此外，作業中亦應進行監測，重新檢視輻射管理計劃的適當性，且依其需要強化或簡化防護方法及變更作業方法等。

□ 4.(6) 教育訓練

制定安全管理計劃，實施教育訓練，同時依其需要製作實際模型作為作業程序訓練以熟練其作業，而縮短作業時間，使作業確實，確保作業之安全等。

□ 5.(1) 區分管制區

管制區應區分為有體內曝露可能的污染區域，及無曝露可能的輻射管制區。此外，各別區域中程度特別高的區域，依其需要劃分為高程度污染管制區及高程度輻射管理區域。

□ 5.(2) 設定及解除管制區之基準

採取防止污染擴大的措施時，在廠房外亦應設置暫時性管制區，以作為可暫時放置放射性廢棄物之場所。

□ 1. (1) 區分與處理放射性固體廢棄物

放射性固體廢棄物須依照「低放射性固體廢棄物的陸地處理之安全規定相關基本概念」(1985年10月原子力安全委員會制定)、「依現行法令超過濃度上限值之低放射性廢棄物之處理相關安全規定概念」(2000年9月原子力委員會制定)、「低放射性固體廢棄物之陸地處理之安全規定相關標準值(期中報告)」(1987年2月原子力安全委員會制定)、「低放射性固體廢棄物之陸地處理之安全規定相關標準值(第二次期中報告)」(1992年6月原子力安全委員會制定)、「低放射性固體廢棄物之陸地處理之安全規定相關標準值(第三次期中報告)」(2000年9月原子力安全委員會)以及「主要反應器設施之外釋標準」(1999年3月原子力安全委員會制定)，並依放射性物質濃度區分外釋標準以下的廢棄物、極低程度放射性廢棄物，並須妥善處理之。

此外，對於拆除中產生的廢棄物，應預先記錄其丟棄內容(包含種類、數量、廢棄方式等)

□ 2.(2)放射性固體廢棄物的評估方法

①測量廢棄物收納容器之表面劑量率、②測量廢棄物收納容器表面的 γ 光譜、③廢棄內容物之樣品分析，對於測量輻射是有效的。而③的樣品分析，須從容器收納前的廢棄物，採用對象代表部位的充足數量的樣品，並使用依輻射種類合適的測量法，針對各主要核種進行測量。藉由③的樣品分析，若能確定各主要核種的存在比率，此資料與從①②的容器表面劑量率資料所計算出的 γ 計算沒量相結合，併同容器全部放射性核種的數量也能算出來。

在有使用經驗、材料不純物等值得信賴資料的狀況下，對於核種的活化產物，計算值是為有力的評估基準。

□ 3.處理拆除作業時之放射性廢棄物

以□ 3.為目的添補設備時，對於拆除添補設備的期間、限定期間所使用的物品等，可使用組裝或可攜式物品。

□ 4.(1)安定化及減容之考量

因放射性廢棄物為長期儲存及處理之對象，依其需要應注意減少其體積。但極低程度及外釋標準下之放射性廢棄物不在此限。

□ 拆除作業結束後之確認

「妥當丟棄」，即將放射性廢棄物依放射型物質濃度丟棄。而將放射性固體廢棄物於其他反應器設施儲存丟棄，或是低程度的放射性固體廢棄物依解說項目中□ 1. (1)的「低放射性固體廢棄物的陸地處理之安全規定相關基本概念」(昭和60年10月原子力安全委員會制定)進行處理是為妥當。

「確實執行」，即具有可完成丟棄之充分預測。

□ 1.(1) 評估平時周邊公眾之輻射曝露

① 曝露劑量用之氣象條件

適用於氣象指針中平時運轉的相關內容

② 計算放射性物質的外釋量

外釋至周邊環境的放射性物質，為因拆除飛散至空氣中粉塵裡的放射性物質。

此外，依爐型的特質應考量並注意其放射性物質。

□ 1.(2) 評估事故發生時周邊公眾的曝露劑量

① 應設想事故之發生

在假想產生最大量放射性物質之事故下，其作業上會喪失放射性物質去除裝置之性能。而放射性物質去除裝置之性能喪失，會導致防止污染擴散密閉設備之壞損。

獨立事件且發生機率小的兩者以上事故，同時發生的狀況不需假設。

② 計算放射性物質的放出量

依爐型特質應考量並注意其放射性物質。

③ 評估曝露劑量

氣象準則中，適用假想事故的相關內容。

④判斷基準

根據「發電用反應器設施的安全分析相關的氣象準則」，對於事故之發生在 不超過 5mSv 的狀況下，或是發生頻率極小的事故，就算超過了 5mSv，其危險程度也是小的。

□ 2. 評估從事輻射工作人員的曝露劑量

從事輻射工作人員的曝露劑量，以拆除上作業方法的適當性之討論內容做為參考

參考文獻

1. 日本原子力安全委員會 2001 年「原子炉施設の解体に係る安全確保の基本的考え方」