

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

日本核設施除役拆除實施標準之管制實例研究
A Case Study on the Standards for Decommissioning and
Dismantling of Nuclear Facilities in Japan

計畫編號：110B011

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 110 年 5 月至 110 年 12 月

研究經費：新臺幣 66.5 萬元

核研所聯絡人員：陳家貫

報告日期：110 年 11 月 19 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.....	6
壹、 計畫緣起與目的.....	8
貳、 研究方法與過程.....	9
一、 資料蒐集.....	9
二、 資料分析.....	9
三、 結果彙整.....	9
參、 濱岡核電廠除役計畫認可申請書.....	10
一、 濱岡核電廠除役設施及其廠址.....	10
(一) 除役設施的範圍及其廠址.....	10
(二) 除役設施的狀況.....	18
二、 除役拆除設施及其拆除方法.....	41
(一) 除役拆除對象.....	41
(二) 除役基本方針.....	42
(三) 除役整體概要.....	48
(四) 安全確保對策.....	50
(五) 拆除物的處理.....	54
(六) 拆除工法.....	57
三、 濱岡核電廠除役計畫認可申請書修訂內容之探討.....	103
(一) 除役計畫內容變更.....	103

(二) 變更申報 (輕微變更)	108
四、 除役計畫中拆除工作項目所對應之審查標準	109
肆、 濱岡核電廠除役工程	115
一、 濱岡 1、2 號機除役工程規劃	115
二、 濱岡 1、2 號機拆除現況.....	118
(一) 第一階段：設備及組件拆除作業	121
(二) 第二階段：設備及組件拆除作業	122
(三) 第三~四階段：設備及組件拆除作業	129
三、 管制機關審查意見.....	130
四、 業主自主管制.....	135
伍、 參考文獻	136

圖目錄

圖 3-1	主要除役設施除污前的污染分布推估 (1 號機)	24
圖 3-2	主要除役設施除污前的污染分布推估 (2 號機)	24
圖 3-3	除役工程整體流程	43
圖 4-1	濱岡核電廠除役工程規劃	115
圖 4-2	第一階段完成示意圖	116
圖 4-3	第二階段完成示意圖	116
圖 4-4	第三階段~第四階段部分完成示意圖	117
圖 4-5	除役完成示意圖	118
圖 4-6	第一階段「拆除作業準備階段」實際執行狀況	118
圖 4-7	燃料移出作業流程	119
圖 4-8	系統除污範圍	120
圖 4-9	第一階段拆除設備	121
圖 4-10	反應器圍阻體氮氣供給設備的拆除實況	121
圖 4-11	變壓器的拆除實況	121
圖 4-12	循環水泵的拆除實況	122
圖 4-13	重油槽的拆除實況	122
圖 4-14	第二階段「反應器區域周圍設備拆除階段」實際執行狀況	123
圖 4-15	第二階段拆除設備	124

圖 4-16	第二階段：輻射管制區域內（室內）	124
圖 4-17	硼酸注入系統的拆除實況	125
圖 4-18	汽機廠房內發電機的拆除實況	125
圖 4-19	發電機輔助設備的拆除實況	125
圖 4-20	第二階段：輻射管制區域內（室內）	126
圖 4-21	水泥固化設備的拆除實況	126
圖 4-22	第二階段：拆除煙囪（1 號及 2 號機共用）	127
圖 4-23	煙囪（1 號及 2 號機共用）拆除工程示意圖	128
圖 4-24	煙囪（1 號及 2 號機共用）的拆除實況	128
圖 4-25	煙囪（1 號及 2 號機共用）拆除前後對比圖	129
圖 4-26	第三~四階段：設備及組件拆除作業	130

表目錄

表 3-1	1 號機除役設施	10
表 3-2	2 號機除役設施	14
表 3-3	核燃料物質存放位置及其種類、數量	21
表 3-4	放射性固體廢棄物的貯存及暫存狀況（1 號機）	22
表 3-5	放射性固體廢棄物的貯存及暫存狀況（2 號機）	22
表 3-6	除役工程主要實施內容	43
表 3-7	第二階段拆除設備（1 號機）	59
表 3-8	第二階段拆除設備（2 號機）	64
表 3-9	第二階段拆除工法（1 號機）	70
表 3-10	第二階段拆除工法（2 號機）	86
表 3-11	濱岡核電廠除役計畫變更認可一覽表	104
表 3-12	濱岡核電廠變更申報（輕微變更）一覽表	109

中文摘要

標題：日本核設施除役拆除實施標準之管制實例研究

計畫編號：110B011

計畫參與人員：許文勝、楊雋之

所屬單位：清華大學

日本除役中之濱岡核電廠 1、2 號機與台灣核一廠同為輕水型沸水式反應器(BWR-4 Mark-1)，其除役作業執行上的實務經驗與技術應用相似之處甚多，頗值得國內電廠學習參考。因此，本研究將針對濱岡核電廠所提出之除役計畫認可申請書（2009 年認可、2021 年修訂）中與拆除實施有關的各項內容進行細部探討，並分析、彙整研究結果，以提供國內管制單位在執行除役拆除審查時之參考。

英文摘要

Hamaoka Nuclear Power Plant Unit 1 and 2 in Japan have been permanently shut down for decommissioning in 2009. Since the reactor type of Hamaoka-1 and Hamaoka-2 is BWR-4, which is the same as that of Chinshan NPP in Taiwan, the regulation experience for dismantling gained by the former could provide the latter with useful information. Therefore, this research will conduct a case study on the dismantling plans which were approved in 2009 and revised in 2021 by gathering materials and performing information analysis. The results obtained by the research could be useful for the regulatory body to review such plans in Taiwan.

壹、計畫緣起與目的

福島事故後日本決定除役的商用核電機組大幅增加，包含福島第一及第二核電廠機組在內迄今為止(2021)已累計達 24 部。然而，其中大部分仍處於日本核電廠規劃除役流程中第一階段的「拆除作業準備階段」；僅有在福島事故前就已進入除役狀態的東海核電廠及濱岡核電廠 1、2 號機是處於除役第二階段的「反應器區域周邊設備解體拆除階段」，也是日本除役核電廠中少數實際進行拆除作業的機組。由於日本過去未有商用核電機組完成除役的案例，預期未來其他電廠將以這 3 部機組的除役經驗為借鏡，展開各自的除役作業。

而濱岡核電廠 1、2 號機與台灣除役中的核一廠同為輕水型沸水式反應器(BWR-4 Mark-1)，其除役作業執行上的實務經驗與技術應用相似之處甚多，頗值得國內電廠學習參考。因此，本研究將針對濱岡核電廠所提出之除役計畫認可申請書(2009 年認可、2021 年修訂)中與拆除實施有關的各項內容進行細部探討，並分析、彙整研究結果，以提供國內管制單位在執行除役拆除審查時之參考。

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「濱岡核電廠 1 號反應器及 2 號反應器除役計畫認可申請書」為主，以瞭解除役作業執行上的實務經驗與技術應用。

二、 資料分析

以「濱岡核電廠 1 號反應器及 2 號反應器除役計畫認可申請書」作為分析重點，深入分析與拆除實施有關的各項內容。

三、 結果彙整

彙整相關研究成果，提供管制單位在執行除役拆除審查時之參考。

參、 濱岡核電廠除役計畫認可申請書

一、 濱岡核電廠除役設施及其廠址

(一) 除役設施的範圍及其廠址

除役設施的範圍包括已獲反應器設置許可或反應器設置變更許可之 1 號及 2 號機的反應器及其附屬設施（除了減容機以外，不包括與 3 號、4 號及 5 號機的共用設施，以及未遭放射性物質污染的地下廠房、地下結構物及廠房地基）。

除役對象設施如表 3-1、表 3-2 所示。

濱岡核電廠的廠址面積為 1,600,000 m²，廠區內共有五部機組及其附屬設施。1 號及 2 號機已於 2009 年結束運轉並開始進行除役；3 號、4 號及 5 號機則於福島事故後因配合日本政府要求，目前均處於停止運轉狀態。

表 3-1 1 號機除役設施

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱
反應器設施的一般結構	其他主要結構	反應器廠房
		廢料廠房
		汽機廠房
		活性炭惰性氣體吸附設備
		冷凝水脫鹽設備廠房
反應器本體	爐心	燃料元件、控制棒材料、爐心支撐結構物
	減速劑及反射體	輕水
	壓力槽	壓力槽

	輻射屏蔽體	壓力槽外側牆壁
		乾井外圍牆壁
		反應器廠房外牆
		廢料廠房外牆
核燃料物質處理及貯存設施	核燃料物質處理設備	燃料更換機(1號機反應器廠房內)
		反應器廠房起重機(1號機反應器廠房內)
	核燃料物質貯存設備	新燃料貯存庫
		用過核燃料貯存設施(1號機反應器廠房內)
反應器冷卻系統設施	1次側冷卻設備	再循環系統
		反應器冷卻水淨化系統
		主蒸汽系統
		汽機
		主冷凝器
		汽機旁通系統
		飼水系統
	緊急冷卻設備	爐心噴灑系統
		高壓注水系統
		低壓注水系統
		反應器隔離冷卻系統
其他主要事項	餘熱移除系統	

1號機除役設施

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱
儀控系統設施	儀控	核子儀器
		其他主要的儀控(反應器水位、反應器壓力、再循環流量、

		飼水流量、蒸汽流量、控制棒位置、控制棒驅動用冷卻水壓力等)
	安全保護回路	反應器停機回路 其他主要安全保護回路(輔助保護功能、警報、連動回路)
	控制設備	控制棒材料(控制棒) 控制棒材料驅動設備
	緊急控制設備	硼酸注入系統
	其他主要事項	棒值最小限制器 再循環流量控制 初壓調整設備
放射性廢棄物廢棄設施	氣體廢棄物廢棄設施	再結合器
		廢氣滯留管
		活性炭惰性氣體吸附設備
		煙囪
	液體廢棄物廢棄設施	組件洩水處理系統
		地面洩水處理系統
		再生廢液處理系統
		淋浴排水系統
		冷凝器冷卻水排放渠道
	固體廢棄物廢棄設施	濃縮廢液貯存槽
		反應器冷卻水淨化系統粉末樹脂貯存槽
		燃料池冷卻淨化系統粉末狀樹脂貯存槽
		用過樹脂貯存槽
		冷凝水系統粉末樹脂貯存槽
		濾渣貯存槽

		固化設備（水泥固化方式）
		減容機（1號、2號、3號、4號及5號機共用）

1 號機除役設施

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱
輻射管理設施	室內管理用主要設備	區域監測器及程序監測器
		試樣活度量測設備（1號及2號機共用）
		輻射管理室（1號及2號機共用）
		除污室（1號及2號機共用）
	戶外管理用主要設備	煙囪監測器（1號及2號機共用）
		排水監測器 排水取樣設備
圍阻體設施	結構	圍阻體（乾井、抑壓池）
	其他主要事項	圍阻體內氣體濃度控制系統（可燃性氣體濃度控制系統、惰性氣體系統）
		乾井內氣體冷卻設備
		圍阻體冷卻系統
		反應器廠房通風系統
		備用氣體處理系統
其他反應器 附屬設施	緊急電源	柴油發電機
		蓄電池
	其他主要事項	汽機填函蓋的蒸汽產生器

1 號機除役設施

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱
其他主要設施	電廠輔助系統	通風系統（汽機廠房通風系統、主控室通風系統、廢料廠房通風系統、活性炭惰性氣體吸附設備廠房通風系統、冷凝水脫鹽設備廠房通風系統）
		滅火設備
		壓縮空氣系統
	反應器輔助系統	反應器設備冷卻系統
	—	起重機具

表 3-2 2 號機除役設施

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱
反應器設施的一般結構	其他主要結構	反應器廠房
		廢料廠房
		汽機廠房
反應器本體	爐心	燃料元件、控制棒材料、爐心支撐結構物
	減速劑及反射體	輕水
	壓力槽	壓力槽
	輻射屏蔽體	壓力槽外側牆壁
		乾井外圍牆壁
		反應器廠房外牆
		廢料廠房外牆
核燃料物質處理及貯存設施	核燃料物質處理設備	燃料更換機（2 號機反應器廠房內）
		反應器廠房起重機（2 號機反應器廠房內）

	核燃料物質貯存設備	新燃料貯存庫	
		用過核燃料貯存設備(2號機反應器廠房內)	
反應器冷卻系統設施	1次側冷卻設備	再循環系統	
		反應器冷卻水淨化系統	
		主蒸汽系統	
		汽機	
		主冷凝器	
		汽機旁通系統	
		飼水系統	
	緊急冷卻設備	爐心噴灑系統	
		高壓注水系統	
		低壓注水系統	
		反應器隔離冷卻系統	
	其他主要事項		餘熱移除系統

2號機除役設施

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱
儀控系統設施	儀控	核子儀器
		其他主要的儀控(反應器水位、反應器壓力、再循環流量、飼水流量、蒸汽流量、控制棒位置、控制棒驅動用冷卻水壓力等)
	安全保護回路	反應器停機回路
		其他主要安全保護回路(輔助保護功能、警報、連動回路)
	控制設備	控制棒材料(控制棒)
		控制棒材料驅動設備

	緊急控制設備	硼酸注入系統
	其他主要事項	棒值最小限制器
		再循環流量控制
		壓力控制設備
放射性廢棄物廢棄設施	氣體廢棄物廢棄設施	再結合器
		廢氣滯留管
		活性碳式活性碳惰性氣體吸附設備
		煙囪（1號及2號機共用）
	液體廢棄物廢棄設施	組件洩水處理系統
		地面洩水處理系統
		化學廢液處理系統
		淋浴排水系統
		冷凝器冷卻水排放渠道
	固體廢棄物廢棄設施	濃縮廢液貯存槽
		反應器冷卻水淨化系統粉末樹脂貯存槽
		燃料池系統粉末狀樹脂貯存槽
		用過樹脂貯存槽
		冷凝水系統粉末樹脂貯存槽
		濾渣貯存槽
		固化設備（水泥固化方式）
減容機（1號、2號、3號、4號及5號機共用）		

2號機除役設施

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱
輻射管理設	室內管理用主要設備	區域監測器及程序監測器

施		試樣活度量測設備（1 號及 2 號機共用）
		輻射管理室（1 號及 2 號機共用）
		除污室（1 號及 2 號機共用）
	戶外管理用主要設備	煙囪監測器（1 號及 2 號機共用）
		排水監測器
		排水取樣設備
圍阻體設施	結構	圍阻體（乾井、抑壓池）
	其他主要事項	圍阻體內氣體濃度控制系統（可燃性氣體濃度控制系統、惰性氣體系統）
		乾井內氣體冷卻設備
		圍阻體冷卻系統
		反應器廠房通風系統
		備用氣體處理系統
其他反應器 附屬設施	緊急電源	柴油發電機
		蓄電池

2 號機除役設施

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱
其他主要設施	電廠輔助系統	通風系統（汽機廠房通風系統、主控室通風系統、廢料廠房通風系統）
		滅火設備
		壓縮空氣系統
	反應器輔助系統	反應器設備冷卻系統
	—	起重機具

(二) 除役設施的狀況

1. 除役設施的概要

(1) 1 號機

1 號機反應器設施為濃縮鈾、輕水減速、輕水冷卻型沸水式反應器(BWR)，熱輸出功率約 1,593MW。

(2) 2 號機

2 號機反應器設施為濃縮鈾、輕水減速、輕水冷卻型沸水式反應器(BWR)，熱輸出功率約 2,436MW。

2. 除役設施的運轉履歷

(1) 1 號機

- 1970 年 12 月 10 日取得反應器設置許可
- 1974 年 6 月 20 日達到初次臨界
- 2001 年 11 月 7 日發生餘熱移除系統破管事件，於是將反應器置於停機狀態，在這之前約運轉了 27 年
- 除了在 2002 年 4 月 26 日進行第 19 次定期檢查及 2003 年 3 月 6 日進行停機餘裕試驗（反應器啟動前的例行定期檢查）之外，反應器均

處於停機狀態

- 2008 年 12 月 22 日依據電氣事業法第 9 條第 1 項之規定，提出電氣工作物變更申請，2009 年 1 月 30 日進入除役
- 2008 年 12 月 22 日提出反應器設施安全規定（以下簡稱「安全規定」）變更認可申請，2009 年 1 月 19 日取得變更認可
- 2009 年 1 月 30 日永久停止運轉
- 反應器內裝填的核燃料已於 2005 年 11 月 11 日自爐心中取出

(2) 2 號機

- 1973 年 6 月 9 日取得反應器設置變更許可
- 1978 年 3 月 28 日達到臨界
- 自 2004 年 2 月 22 日進行第 20 次定期檢查後停機至今，約運轉了 26 年
- 2008 年 12 月 22 日依據電氣事業法第 9 條第 1 項之規定，提出電氣工作物變更申請，2009 年 1 月 30 日進入除役
- 2008 年 12 月 22 日提出「安全規定」變更認可申請，2009 年 1 月 19 日取得變更認可

- 2009 年 1 月 30 日永久停止運轉
- 反應器內裝填的核燃料已於 2004 年 3 月 1 日自爐心中取出

3. 除役設施的狀況

(1) 核燃料物質的狀況

1 號機反應器設施的用過核燃料，係貯存於：

1 號機反應器廠房內用過核燃料貯存設施（燃料池）、4 號機反應器廠房內用過核燃料貯存設備（燃料池）（1 號、2 號、3 號及 4 號機共用）、5 號機反應器廠房內用過核燃料貯存設備（燃料池）（1 號、2 號、3 號、4 號及 5 號機共用）、新燃料則貯存於 1 號機新燃料貯存庫。

2 號機反應器設施的用過核燃料，係貯存於：

2 號機反應器廠房內用過核燃料貯存設備（燃料池）、5 號機反應器廠房內用過核燃料貯存設備（燃料池）（1 號、2 號、3 號、4 號及 5 號機共用）、新燃料則貯存於 2 號機反應器廠房內用過核燃料貯存設備及 2 號機新燃料貯存庫。

有關核燃料物質存放位置及其種類、數量如表 3-3 所示。

表 3-3 核燃料物質存放位置及其種類、數量

類別	貯存位置	貯存量	
		1 號機	2 號機
用過核燃料	用過核燃料貯存設施 (1 號機反應器廠房內)	138 組	—
	用過核燃料貯存設施 (1 號機反應器廠房內) (僅有經過冷溫臨界試驗的燃料)	68 組	—
	用過核燃料貯存設備 (4 號機反應器廠房反應器室內)	220 組	0 組
	用過核燃料貯存設備 (5 號機反應器廠房反應器室內)	220 組	330 組
	用過核燃料貯存設備 (2 號機反應器廠房內)	—	1,164 組
新燃料	1 號機新燃料貯存庫	96 組	—
	2 號機新燃料貯存庫	—	52 組
	用過核燃料貯存設備 (2 號機反應器廠房內)	—	148 組

※ 2009 年 4 月 1 日之資料

(2) 放射性廢棄物的狀況

從設施排放至環境中的氣體及液體廢棄物，依其特性採取措施，以降低放射性物質濃度及排放量，並管制在不超過「安全規定」之排放管制目標值。固體廢棄物則依據廢棄物的種類，貯存或暫存於反應器設施內各貯存槽或廠址內的固體廢棄物貯存庫、雜項固體廢棄物暫存室。

放射性固體廢棄物的貯存及暫存狀況如表

3-4、表 3-5 所示。

表 3-4 放射性固體廢棄物的貯存及暫存狀況（1 號機）

廢棄物的貯存及暫存位置	貯存及暫存量	
固體廢棄物貯存庫 ^{*1}	約 14,100 個(以 1 桶 200 公升換算)	
雜項固體廢棄物暫存室 ^{*1}	約 328m ³	
濃縮廢液貯存槽	約 52 m ³	
反應器冷卻水淨化系統粉末樹脂貯存槽	約 20 m ³	
燃料池冷卻淨化系統粉末樹脂貯存槽	約 25 m ³	
用過樹脂貯存槽	約 16 m ³	
冷凝水系統粉末樹脂貯存槽	約 375 m ³	
濾渣貯存槽	約 1 m ³	
廢棄物暫存倉庫 ^{*1}	控制棒	84 支
	燃料匣	1,620 個
	中子偵檢器	209 個
	其他	約 12 m ³
用過核燃料貯存設施 (1 號機反應器廠房內)	控制棒	28 支
	燃料匣	58 個
	中子偵檢器	2 個
	其他	約 1 m ³

*1 1 號、2 號、3 號、4 號及 5 號機共用 2009 年 4 月 1 日之資料

表 3-5 放射性固體廢棄物的貯存及暫存狀況（2 號機）

廢棄物的貯存及暫存位置	貯存及暫存量	
固體廢棄物貯存庫 ^{*1}	約 9,800 個(以 1 桶 200 公升換算)	
雜項固體廢棄物暫存室 ^{*1}	約 273m ³	
濃縮廢液貯存槽	約 70 m ³	

反應器冷卻水淨化系統粉末樹脂貯存槽		約 33 m ³
燃料池冷卻淨化系統粉末樹脂貯存槽		約 20 m ³
用過樹脂貯存槽		約 84 m ³
冷凝水系統粉末樹脂貯存槽		約 844 m ³
濾渣貯存槽		約 0 m ³
減容固化用濃縮廢液集液槽 ^{*1}		約 114 m ³
減容固化用粉末樹脂接收槽 ^{*1}		約 203 m ³
廢棄物暫存倉庫 ^{*1}	控制棒	20 支
	燃料匣	1,938 個
	中子偵檢器	138 個
	其他	約 10 m ³
用過核燃料貯存設備 (2 號機反應器廠房內)	控制棒	131 支
	燃料匣	55 個
	中子偵檢器	81 個
	其他	約 1 m ³

*1 1 號、2 號、3 號、4 號及 5 號機共用 2009 年 4 月 1 日之資料

(3) 除役設施的污染狀況

1 號及 2 號機反應器設施在經過二十幾年運轉，一部分設備及廠房已被活化或遭到放射性物質污染。壓力槽及其周圍屏蔽體區域（以下簡稱「反應器區域」）由於經過反應器中子活化，為相對具有較高活度污染等級之區域。除役設施的污染僅限於反應器廠房、廢料廠房及汽機廠房等內

部，而這些污染設施均設定為管制區域。

推估的污染分布如圖 3-1、圖 3-2 所示。

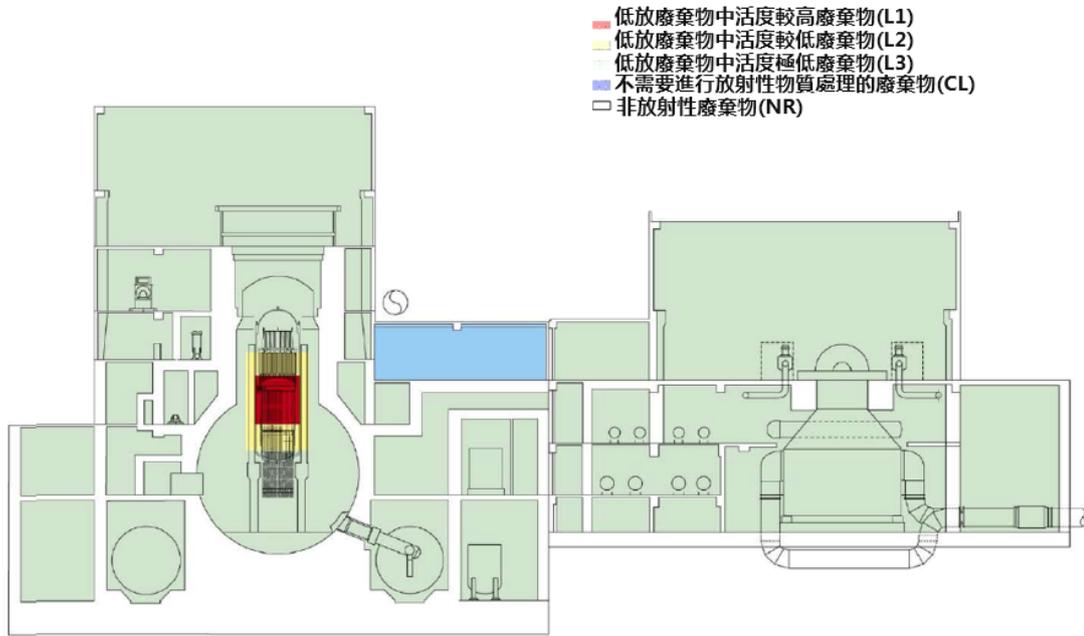


圖 3-1 主要除役設施除污前的污染分布推估（1 號機）

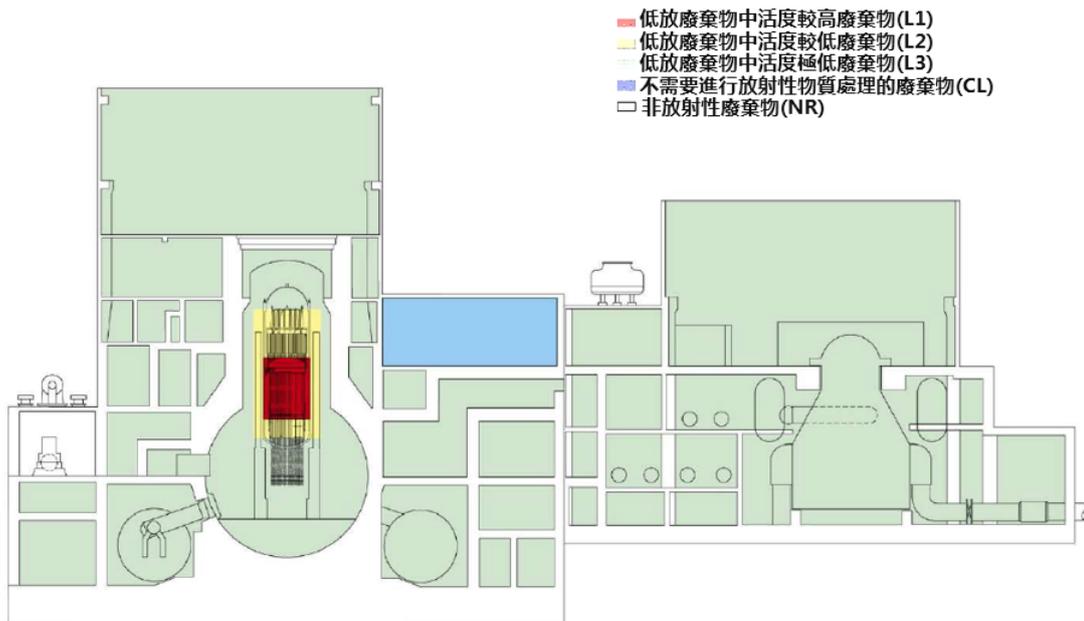


圖 3-2 主要除役設施除污前的污染分布推估（2 號機）

(4) 除役設施的管制狀況（1 號機）

A. 反應器設施的一般結構

反應器設施的一般結構包含反應器廠房、廢料廠房、汽機廠房、活性炭惰性氣體吸附設備廠房、冷凝水脫鹽設備廠房。有關這些設施的輻射屏蔽功能、防止放射性物質洩漏至廠外的功能均予以維護管理中。

B. 反應器本體

反應器本體包含爐心（燃料元件、控制棒材料、爐心支撐結構物）、減速劑及反射體（輕水）、壓力槽及輻射屏蔽體（壓力槽外側牆壁、乾井外圍牆壁、反應器廠房外牆、廢料廠房外牆）。

爐心中的燃料元件已全數從反應器中取出並貯存於 1 號機反應器廠房內用過核燃料貯存設施、4 號機反應器廠房內用過核燃料貯存設備（1 號、2 號、3 號及 4 號機共用）、5 號機反應器廠房內用過核燃料貯存設備（1 號、2 號、3 號、

4 號及 5 號機共用)。控制棒材料已從爐心中抽出並放置於反應器內，處於停用狀態。爐心支撐結構物處於停用狀態。

作為減速劑及反射體的輕水，在依據反應器設置許可申請書及反應器設置變更許可申請書（以下簡稱「反應器設置許可申請書」）記載之方法進行處理後，可回收至冷凝水槽作為電廠供水再利用或評估對環境影響後排放至廠外。

壓力槽內仍是充填輕水的狀態。

輻射屏蔽體的輻射屏蔽功能予以維護管理中。輻射屏蔽體中，反應器廠房外牆、廢料廠房外牆的防止放射性物質洩漏至廠外的功能予以維護管理中。

C. 核燃料物質處理及貯存設施

核燃料物質處理及貯存設施包含核燃料物質處理設備（燃料更換機）（1 號機反應器廠房內）、反應器廠房起重機（1 號機反應器廠房內）及核燃料物質貯存設施（新燃料貯存庫、用過核燃料貯存

設施（1 號機反應器廠房內）。

從用過核燃料貯存設施中運出用過核燃料，或將反應器內的控制棒材料運送至用過核燃料貯存設施（1 號機反應器廠房內）時，仍需使用燃料更換機（1 號機反應器廠房內），故其燃料處理功能予以維護管理中。

由於新燃料或護箱的搬運或除役作業仍需使用反應器廠房起重機（1 號機反應器廠房內），故其燃料處理功能予以維護管理中。燃料貯存庫為核燃料物質貯存設施，由於仍貯存新燃料，故其維持次臨界及燃料貯存功能予以維護管理中。用過核燃料貯存設施（1 號機反應器廠房內）內，由於仍貯存用過核燃料，故其維持次臨界、貯存、屏蔽、冷卻淨化等燃料貯存功能予以維護管理中。

D. 反應器冷卻系統設施

反應器冷卻系統設施包含一次側冷卻設備（再循環系統、反應器冷卻水淨

化系統、主蒸汽系統、汽機、主冷凝器、汽機旁通系統、飼水系統)、緊急冷卻設備(爐心噴灑系統、高壓注水系統、低壓注水系統、反應器隔離冷卻系統)及餘熱移除系統。

反應器冷卻系統設施中，除了主冷凝器、餘熱移除系統之外，其餘設備均已處於停用狀態。由於主冷凝器仍需適當排放放射性液體廢棄物，為確保其排放路徑，故予以維護管理中。由於用過核燃料仍在貯存中，故餘熱移除系統的燃料池飼水及冷卻功能予以維護管理，以便作為燃料池冷卻淨化系統的後備設備。

進行系統內殘留放射性物質去除功能(以下簡稱「系統除污」)的再循環系統、反應器冷卻水淨化系統及餘熱移除系統以外的反應器冷卻系統設施，其冷卻水均已處置完畢。

E. 儀控系統設施

儀控系統設施包含儀控、安全保護回路、控制設備、緊急控制設備。在安全保護回路中，有關反應器廠房高活度信號觸發反應器廠房通風系統關閉，以及備用氣體處理系統啟動相關回路，由於用過核燃料仍在貯存中，故其安全保護功能予以維護管理中。其他功能則處於停用狀態。

F. 放射性廢棄物的廢棄設施

放射性廢棄物的廢棄設施包含氣體廢棄物廢棄設施（再結合器、廢氣滯留管、活性炭惰性氣體吸附設備、煙囪（1號及2號機共用））、液體廢棄物廢棄設備（組件洩水處理系統、地面洩水處理系統、再生廢液處理系統、淋浴洩水處理系統、冷凝器冷卻水排放渠道）及固體廢棄物的廢棄設備（濃縮廢液貯存槽、反應器冷卻水淨化系統粉末樹脂貯存槽、燃料池冷卻淨化系統粉末樹脂貯存槽、用過樹脂貯存槽、冷凝水系統粉末樹脂

貯存槽、濾渣貯存槽、固化設備（水泥固化方式）、減容機（1 號、2 號、3 號、4 號及 5 號機共用）。

由於氣體廢棄物廢棄設施之再結合器、廢氣滯留管及活性炭惰性氣體吸附設備為處理及處置反應器運轉產生放射性廢棄物的設備，故均已處於停用狀態。煙囪（1 號及 2 號機共用）則確保其排放路徑，予以維護管理中。

由於放射性液體廢棄物廢棄設備之組件洩水處理系統、地面洩水處理系統、再生廢液處理系統、淋浴洩水處理系統、冷凝器冷卻水排放渠道仍需進行放射性廢棄物的處理處置，故其放射性廢棄物處理功能予以維護管理中。

由於放射性固體廢棄物廢棄設備中，濃縮廢液貯存槽、反應器冷卻水淨化系統粉末樹脂貯存槽、燃料池冷卻淨化系統粉末樹脂貯存槽、用過樹脂貯存槽、冷凝水系統粉末樹脂貯存槽、濾渣貯存

槽仍需進行放射性廢棄物的處理處置，故其放射性廢棄物處理功能予以維護管理中。

G. 輻射管理設施

輻射管理設施包含室內管理用主要設備（區域監測器、程序監測器、試樣活度量測設備（1號及2號機共用）、輻射管理室（1號及2號機共用）、除污室（1號及2號機共用）），以及室外管理用主要設備（煙囪監測器（1號及2號機共用）、排水監測器等）。

室內管理用主要設備中，與停用設備有關的程序監測器係處於停用狀態；與維護管理中的設備有關的程序監測器、全廠房內區域監測器、試樣活度量測設備（1號及2號機共用）、輻射管理室（1號及2號機共用）、除污室（1號及2號機共用）則仍需維護管理輻射監控功能。

室外管理用主要設備的輻射監控功能予以維護管理中。

H. 反應器圍阻設施

反應器圍阻設施包含圍阻體(乾井、抑壓池)、圍阻體內氣體濃度控制系統(可燃性氣體濃度控制系統、惰性氣體系統)、乾井內氣體冷卻設備、圍阻體冷卻系統、反應器廠房通風系統、備用氣體處理系統。

圍阻體在設備通口打開的狀態下予以維護管理中。圍阻體內氣體濃度控制系統(可燃性氣體濃度控制系統、惰性氣體系統)及圍阻體冷卻系統，均處於停用狀態。反應器廠房通風系統的通風功能予以維護管理中。由於用過核燃料仍在貯存中，故備用氣體處理系統的通風功能予以維護管理中。

I. 其他反應器附屬設施

其他反應器附屬設施包含緊急電源設備及汽機填函蓋的蒸汽產生器。

在緊急電源設備中，由於柴油發電機仍需供應貯存中用過核燃料的冷卻電

力，故其供電功能予以維護管理中。蓄電池供電功能予以維護管理，以便維持設備及用於除役作業。

汽機填函蓋的蒸汽產生器處於停用狀態。

J. 其他主要設施

其他主要設施包含通風系統（汽機廠房通風系統、主控室通風系統、廢料廠房通風系統、活性炭惰性氣體吸附設備廠房通風系統、冷凝水脫鹽設備廠房通風系統）、滅火設備、壓縮空氣系統、反應器設備冷卻系統及起重機具，這些設備功能均予以維護管理中。

(5) 除役設施的管制狀況（2 號機）

A. 反應器設施的一般結構

反應器設施的一般結構包含反應器廠房、廢料廠房、汽機廠房。有關這些設施的輻射屏蔽功能、防止放射性物質洩漏至廠外的功能均予以維護管理中。

B. 反應器本體

反應器本體包含爐心（燃料元件、控制棒材料、爐心支撐結構物）、減速劑及反射體（輕水）、壓力槽及輻射屏蔽體（壓力槽外側牆壁、乾井外圍牆壁、反應器廠房外牆、廢料廠房外牆）。

爐心中的燃料元件已全數從反應器中取出並貯存於 2 號機反應器廠房內用過核燃料貯存設備、5 號機反應器廠房內用過核燃料貯存設備（1 號、2 號、3 號、4 號及 5 號機共用）。控制棒材料已從爐心中抽出並放置於反應器內，處於停用狀態。爐心支撐結構物處於停用狀態。

作為減速劑及反射體的輕水，在依據反應器設置許可申請書及反應器設置變更許可申請書（以下簡稱「反應器設置許可申請書」）記載之方法進行處理後，可回收至冷凝水槽作為電廠供水再利用或評估完對環境的影響後排放至廠外。

壓力槽內仍是充填輕水的狀態。

輻射屏蔽體的輻射屏蔽功能予以維護管理中。輻射屏蔽體中，反應器廠房外牆、廢料廠房外牆的防止放射性物質洩漏至廠外的功能予以維護管理中。

C. 核燃料物質處理及貯存設施

核燃料物質處理及貯存設施包含核燃料物質處理設備（燃料更換機）（2 號機反應器廠房內）、反應器廠房起重機（2 號機反應器廠房內）及核燃料物質貯存設施（新燃料貯存庫、用過核燃料貯存設備（2 號機反應器廠房內））。

從用過核燃料貯存設施中運出用過核燃料，或將反應器內的控制棒材料運送至用過核燃料貯存設備（2 號機反應器廠房內）時，仍需使用燃料更換機（2 號機反應器廠房內），故其燃料處理功能予以維護管理中。

由於新燃料或護箱的搬運或除役作業仍需使用反應器廠房起重機（2 號機反應器廠房內），故其燃料處理功能予以

維護管理中。

新燃料貯存庫為核燃料物質貯存設施，由於仍貯存新燃料，故其維持次臨界及燃料貯存功能予以維護管理中。用過核燃料貯存設備（2 號機反應器廠房內）內，由於仍貯存用過核燃料，故其維持次臨界、貯存、屏蔽、冷卻淨化等燃料貯存功能予以維護管理中。

D. 反應器冷卻系統設施

反應器冷卻系統設施包含一次側冷卻設備（再循環系統、反應器冷卻水淨化系統、主蒸汽系統、汽機、主冷凝器、汽機旁通系統、飼水系統）、緊急冷卻設備（爐心噴灑系統、高壓注水系統、低壓注水系統、反應器隔離冷卻系統）及餘熱移除系統。

反應器冷卻系統設施中，除了主冷凝器、餘熱移除系統之外，其餘設備均已處於停用狀態。由於主冷凝器仍需適當排放放射性液體廢棄物，為確保其排

放路徑，故予以維護管理中。由於用過核燃料仍在貯存中，故餘熱移除系統的燃料池飼水及冷卻功能予以維護管理，以便作為燃料池冷卻淨化系統的後備設備。

進行系統除污的再循環系統、反應器冷卻水淨化系統及餘熱移除系統以外的反應器冷卻系統設施，其冷卻水均已處置完畢。

E. 儀控系統設施

儀控系統設施包含儀控、安全保護回路、控制設備、緊急控制設備。在安全保護回路中，有關反應器廠房高活度信號觸發反應器廠房通風系統關閉，以及備用氣體處理系統啟動相關回路，由於用過核燃料仍在貯存中，故其安全保護功能予以維護管理中。其他功能則處於停用狀態。

F. 放射性廢棄物的廢棄設施

放射性廢棄物的廢棄設施包含氣體

廢棄物廢棄設施（再結合器、廢氣滯留管、活性炭惰性氣體吸附設備、煙囪（1號及2號機共用））、液體廢棄物廢棄設備（組件洩水處理系統、地面洩水處理系統、化學廢液處理系統、淋浴洩水處理系統、冷凝器冷卻水排放渠道）及固體廢棄物的廢棄設備（濃縮廢液貯存槽、反應器冷卻水淨化系統粉末樹脂貯存槽、燃料池系統粉末樹脂貯存槽、用過樹脂貯存槽、冷凝水系統粉末樹脂貯存槽、濾渣貯存槽、固化設備（水泥固化方式）、減容機（1號、2號、3號、4號及5號機共用））。

由於氣體廢棄物廢棄設施之再結合器、廢氣滯留管及活性炭惰性氣體吸附設備為處理及處置反應器運轉產生放射性廢棄物的設備，故均已處於停用狀態。煙囪（1號及2號機共用）則確保其排放路徑，予以維護管理中。

由於放射性液體廢棄物廢棄設備之

組件洩水處理系統、地面洩水處理系統、化學廢液處理系統、淋浴洩水處理系統、冷凝器冷卻水排放渠道仍需進行放射性廢棄物的處理處置，故其放射性廢棄物處理功能予以維護管理中。

由於在放射性固體廢棄物廢棄設備中，濃縮廢液貯存槽、反應器冷卻水淨化系統粉末樹脂貯存槽、燃料池系統粉末樹脂貯存槽、用過樹脂貯存槽、冷凝水系統粉末樹脂貯存槽、濾渣貯存槽仍需進行放射性廢棄物的處理處置，故其放射性廢棄物處理功能予以維護管理中。

G. 輻射管理設施

輻射管理設施包含室內管理用主要設備（區域監測器、程序監測器、試樣活度量測設備（1號及2號機共用）、輻射管理室（1號及2號機共用）、除污室（1號及2號機共用）），以及室外管理用主要設備（煙囪監測器（1號及2號機共用）、排水監測器等）。

室內管理用主要設備中，與停用設備有關的程序監測器係處於停用；與維護管理中的設備有關的程序監測器、全廠房內區域監測器、試樣活度量測設備（1 號及 2 號機共用）、輻射管理室（1 號及 2 號機共用）、除污室（1 號及 2 號機共用）則仍需維護管理輻射監控功能。

室外管理用主要設備的輻射監控功能予以維護管理中。

H. 反應器圍阻設施

反應器圍阻設施包含圍阻體（乾井、抑壓池）、圍阻體內氣體濃度控制系統（可燃性氣體濃度控制系統、惰性氣體系統）、乾井內氣體冷卻設備、圍阻體冷卻系統、反應器廠房通風系統、備用氣體處理系統。

圍阻體在設備通口打開的狀態下予以維護管理中。

圍阻體內氣體濃度控制系統（可燃性氣體濃度控制系統、惰性氣體系統）

及圍阻體冷卻系統，均處於停用狀態。

反應器廠房通風系統的通風功能予以維護管理中。由於用過核燃料仍在貯存中，故備用氣體處理系統的通風功能予以維護管理中。

I. 其他反應器附屬設施

其他反應器附屬設施包含緊急電源設備。在緊急電源設備中，由於柴油發電機仍需供應貯存中用過核燃料的冷卻電力，故供電功能予以維護管理中。蓄電池供電功能予以維護管理，以便維持設備及用於除役作業。

J. 其他主要設施

其他主要設施包含通風系統（汽機廠房通風系統、主控室通風系統、廢料廠房通風系統）、滅火設備、壓縮空氣系統、反應器設備冷卻系統及起重機具，這些設備功能均予以維護管理中。

二、 除役拆除設施及其拆除方法

（一）除役拆除對象

在除役對象設施中（如表 3-1、表 3-2 所示），除了冷凝器冷卻水排放渠道以外，其他所有設備均須拆除。由於冷凝器冷卻水排放渠道仍需進行雨水排水，故將繼續使用不進行拆除。

（二）除役基本方針

核設施除役係以確保安全為首要前提，除應滿足「核原料物質、核燃料物質及原子爐規制法」（以下簡稱「爐規法」）、「核原料物質、核燃料物質及原子爐相關法律施行令」（以下簡稱「爐規法施行令」）、「實用發電用反應器設置、運轉規則」（以下簡稱「實用爐規則」）等相關法令及「實用發電用反應器設置、運轉規則規定訂定劑量限值告示」（以下簡稱「劑量告示」）等相關告示之要求外，同時亦應遵守原子力安全委員會（原子力規制委員會前身）的「確保反應器設施拆除安全的基本概念」。

日本原子力學會標準「實用發電用反應器設施除役計畫：2011」及「核設施除役：2011」，以及先驅電廠的實務經驗亦可作為參考。

除役作業需要進行污染狀況調查等拆除作業準備工作、累積拆除作業相關實務經驗，以及在考慮活度衰減下降低工作人員曝露等。

因此，將除役工程分為四個階段並依以下順序實施：

- 拆除作業準備階段
- 反應器區域周圍設備拆除階段
- 反應器區域拆除階段
- 廠房拆除階段

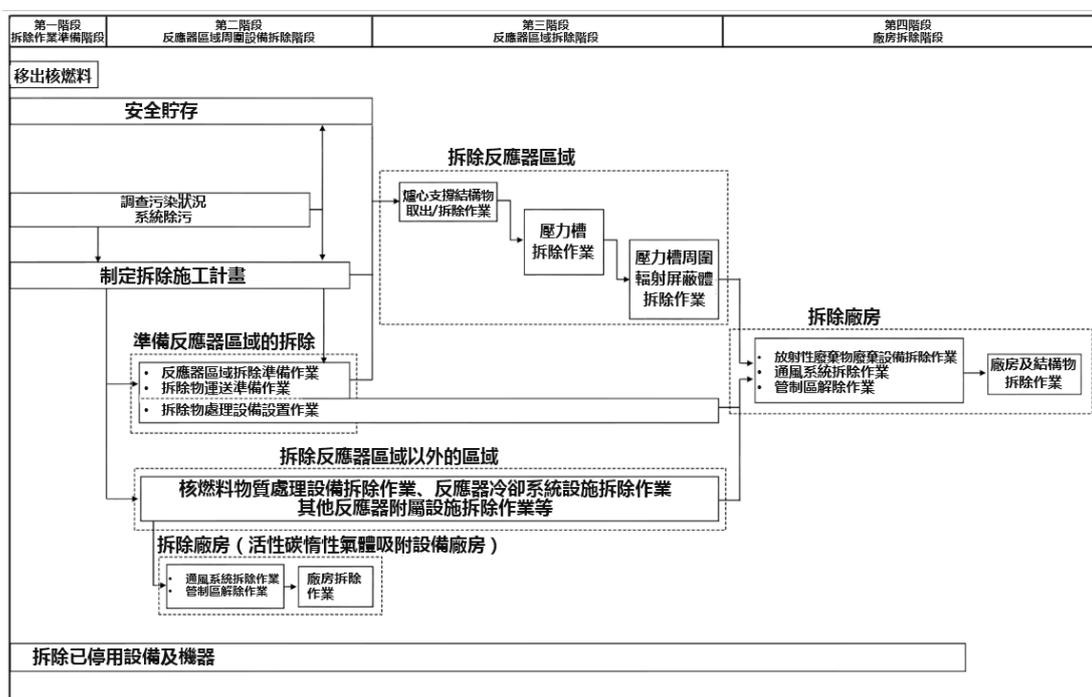


圖 3-3 除役工程整體流程

表 3-6 除役工程主要實施內容

分類	主要實施項目
第一階段 拆除作業準備階段	<ul style="list-style-type: none"> • 移出核燃料 • 系統除污 • 調查污染狀況

	<ul style="list-style-type: none"> • 設備、組件的拆除作業^{*2}
<p>第二階段</p> <p>反應器區域周圍設備拆除階段</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 反應器區域周圍設備拆除作業^{*3} • 系統除污（繼續） • 調查污染狀況（繼續） • 廠房拆除作業^{*4}
<p>第三階段</p> <p>反應器區域^{*1}拆除階段</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 反應器區域拆除作業 • 反應器區域周圍設備拆除作業（繼續）^{*3} • 廠房拆除作業（繼續）^{*4}
<p>第四階段</p> <p>廠房拆除階段</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 管制區域解除後，廠房的拆除作業 • 反應器區域周圍設備拆除作業（繼續）^{*3}

*1 反應器區域：指受中子活化污染之主要區域，包括爐心支撐結構物等爐內結構物（以下簡稱「爐心支撐結構物」、壓力槽及壓力槽周圍輻射屏蔽體

*2 管制區域內的拆除作業，僅限於以下情況：拆除下來的設備將使用於其他反應器設施或該除役對象設施

*3 包含管制區域外的設備拆除作業

*4 限 1 號機的活性碳惰性氣體吸附設備廠房

以下說明整個除役期間的基本方針，以及在第一階

段及第二階段中實施或著手進行的項目。

第三階段以後著手進行的項目，將根據第一階段及第二階段所實施污染狀況調查結果來擬定拆除工法及拆除順序、以及放射性廢棄物的處理及管理。在開始反應器區域拆除作業前，將確定要實施的項目載明於除役計畫內，並取得變更認可。基於降低反應器區域拆除過程中工作人員輻射曝露的考量，將確認足夠的安全貯存期間（從開始除役到開始反應器區域拆除作業為止前）。

將藉由適當的拆除工法、拆除順序及制定核燃料物質除污方法、除污順序，以降低工作人員及附近民眾的輻射曝露，並盡可能合理抑低其輻射劑量，使其低於「劑量告示」規定之劑量限值。

將制定適當的拆除工法及拆除順序，並使用適當的處理方法，盡可能合理減少放射性廢棄物產生量。

將妥善維護管理必要的設備，以安全且確實執行除役。

受污染的設備應視需要進行系統除污。在高劑量率區域工作時，將使用遙控設備及屏蔽，並採取防止污染擴散的措施。

為抑低對附近民眾造成的輻射曝露，放射性氣體廢

棄物及放射性液體廢棄物將依相關法令、相關告示及「反應器設施許可申請書」中所載之方法進行妥善處理及排放管理。

放射性固體廢棄物，將依相關法令、相關告示及「反應器設施許可申請書」中所載之方法進行處理，並根據活度等級分類，以及依據特性進行處理，在除役完成前，將其廢棄於符合「爐規法」第 51 條之 2 的廢棄設施中。不需要進行放射性廢棄物處理的廢棄物，在完成「爐規法」所訂之程序及確認後，將盡可能回收再利用。非放射性廢棄物（包含管制區外產生的廢棄物）將盡可能回收再利用，亦或作為事業廢棄物妥善廢棄。

拆除產生的放射性固體廢棄物，在確定處置設施後，將其運往處置。第二階段將不需要進行放射性廢棄物處理的廢棄物，以及經過分類、除污而不需要進行放射性物質處理的廢棄物（指完成「爐規法」第 61 條之 2 所訂之程序及確認後，不需要進行放射性物質處理的廢棄物）從主要設備上拆除並盡可能作為非放射性廢棄物處理。同時將產生的放射性固體廢棄物暫存於 1 號及 2 號機的設施內。

除役期間附近民眾平時接受輻射劑量評估結果，將

管制在不超過「反應器設置許可申請書」中所記載之限值。為安全且確實執行除役，將視除役作業進度，妥善維護管理必要的反應器設施，以確保安全。有關收納含有放射性物質之系統及組件的廠房、結構物，在拆除這些系統及組件之前，將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。設施內貯存用過核燃料期間，將維護管理：維持次臨界、貯存、屏蔽、冷卻淨化等核燃料貯存功能，以確保用過核燃料的貯存安全。引進有安全設計的除役專用設備。設置新設備（以下簡稱「拆除物處理設備」）進行拆除物切割、減容，或設置放射性廢棄物處理設施，若上述設備與 3 號、4 號或 5 號機共用時，將視需要取得反應器設置變更許可。

實施除役時，為確保安全，將必要事項規定於「安全規定」中，並在適當的品質保證活動下進行。

從拆除作業中獲得相關數據並累積實務經驗。

已獲反應器設置許可或反應器設置變更許可之 1 號及 2 號機反應器設施中，與 3 號、4 號及 5 號機的共用設施，同時也是除役對象外設備的核燃料物質處理設備、核燃料物質貯存設施、固體廢棄物廢棄設施等，將比照運轉中的設備進行妥善維護管理及使用。

為確保除役設施安全，於 3 號、4 號及 5 號機或除役對象外的共用設備施工時，將事先確認除役設施應維持功能未受影響。

(三) 除役整體概要

根據日本核電廠除役標準流程（綜合能源調查會原子力部會報告：1985 年 7 月、1997 年 1 月），核電廠停止運轉後，應移出用過核燃料，進行系統除污，並安全貯存約 5~10 年使活度衰減後再進行拆除。

1 號機反應器設施自 2001 年 11 月 7 日反應器停機以來，除了 2003 年 3 月 6 日進行停機餘裕試驗（反應器啟動前的例行定期檢查）之外，反應器均處於停機狀態；2 號機反應器設施自 2004 年 2 月 22 日反應器停機以來，反應器處於停機狀態。

第一階段除了移出 1 號及 2 號機反應器設施內的核燃料外、同時進行系統除污及調查污染狀況。擬定第二階段中將實施的拆除工法及拆除順序，並制定拆除施工計畫。在不影響安全確保功能的範圍內，著手拆除管制區以外已停用的設備。第一階段管制區域內的拆除作業，僅限於以下情況：拆除下來的設備將使用於其他反應器設施或該除役對象設施。此情況下，為確保除役設施安

全，應事先確認應維持功能未受影響。

第二階段將拆除反應器區域以外已停用的設備，同時進行反應器區域拆除準備作業、拆除物運送準備作業、拆除物處理設備設置作業。第一階段實施的系統除污、調查污染狀況，將繼續進行。為了解決煙囪（1 號及 2 號機共用）的渦振現象，將變更放射性氣體廢棄物的排放路徑，並拆除現有煙囪（1 號及 2 號機共用）。因此於解除不再使用的 1 號機活性碳惰性氣體吸附設備廠房後，著手進行拆除。

第三階段將拆除具有較高活度等級之爐心支撐結構物、壓力槽、壓力槽周圍輻射屏蔽體、圍阻體。反應器區域的拆除將在安全貯存期結束後進行，可從反應器區域以外的設備拆除中汲取累積的除役經驗。將施工方法載明於除役計畫內，並在取得變更認可後，著手進行反應器區域的拆除。

第四階段將拆除剩餘的受污染的設備及廠房。受污染的設備拆除後，再藉由鑽鑿法等去除廠房內殘留的污染。基於防止污染擴大的考量下，進行通風系統及放射性廢棄物廢棄設施的拆除，並在確認污染狀況後，解除管制區。待各廠房內所有的管制區解除後，逐次將其拆

除。將施工方法載明於除役計畫內，並在取得變更認可後，著手進行廠房的拆除。

(四) 安全確保對策

根據前述「除役基本方針」，應採取以下措施：

- 防止放射性物質洩漏及擴散至設施內外
- 減少曝露
- 防止事故發生

在引進各種除役設備時，應實施安全確保對策（參考後述「引進有安全設計的除役設備」）。關於這些安全確保事項，係規定於「安全規定」中，將依據該規定進行拆除作業。第三階段以後實施的拆除作業，將根據污染狀況調查結果，研擬施工方法及施工順序，並在拆除前先制定詳細的安全確保對策，將其載明於除役計畫內並取得變更認可。

1. 防止洩漏及擴散對策

對於氣體放射性物質，將利用現有廠房、建築結構物及通風設備維持其防止氣體放射性物質向設施外洩漏及擴散的功能，並在不損及該功能情況下，擬定施工方法。在拆除受污染的設備時，將視需要引進能夠防止污染擴散的密閉設備、局部過濾器及局部

排氣設備等具有防止擴散功能的設備。施工時將維持其防止氣體放射性物質向設施外擴散的功能。對於液體放射性物質，同樣利用現有放射性廢棄物處理設施進行處理，並在維持其防止洩漏功能的前提下，擬定施工方法。在拆除現有放射性廢棄物處理設施時，將視需要引進具有防止洩漏功能的設備（如放射性廢棄物處理設備）。施工時將維持其防止洩漏功能。

為確認防止放射性物質向設施外洩漏及擴散的措施有得到妥適管理，將對拆除中反應器設施的放射性物質排放管理及周邊環境進行相關的輻射監測。

2. 降低工作人員輻射曝露對策

進行拆除作業時，應考量施工範圍的表面污染密度、等效劑量率及空氣中放射性物質濃度，並藉由採取以下措施，盡可能合理抑低工作人員的輻射曝露。

開始拆除作業前，將視需要進行系統除污。

對於活度等級較高的反應器區域，將在安全貯存期間結束後進行拆除。

在高劑量率區域工作時，將使用遙控設備及屏

蔽等，以減少體外曝露。

施工前先確認施工範圍的污染狀況，並根據該結果，制定防止放射性物質擴散、降低工作人員輻射曝露等安全確保對策，藉此達到抑制放射性物質向環境的排放及降低工作人員輻射曝露。

使用能夠抑制放射性粉塵產生的工法，以防止體內曝露。在高劑量率區域工作時，藉由裝設防止污染擴散的密閉設備、局部過濾器及局部排氣設備，以防止設施內污染擴大，並使用防護口罩等防護具。

施工時，將視需要設定目標劑量，並與實際曝露劑量作比較，研擬改善措施，以減少曝露。依據作業區域內的輻射環境，使用輻射測量計等測量等效劑量率，同時針對等效劑量率可能有較大變動的作業，使用可攜式區域偵檢器等監測施工期間的等效劑量率。

在引進遙控操作設備及拆除物運送設備等處理高活度污染物時，基於降低工作人員輻射曝露的考量，將依據作業區域內的空間劑量率作適當的屏蔽設計。

3. 事故預防對策

為避免除役期間的人為失誤、機器或設備故障引起的人為災害，以及避免對附近民眾造成影響，將事先調查施工的危險性，並採取必要的安全對策。在引進遙控操作設備及拆除物運送設備時，將採取防止污染物墜落及碰撞措施。針對高活度污染物處理設備可能因其喪失包封功能而導致放射性物質散逸至廠外的部分，將採用與耐震重要度等級 B 的同等設計。

為因應地震、颱風等自然現象，在去除廠房內的顯著污染前，將維持現有廠房。

作為對於火災等人為事件的安全對策，將採取以下措施：

- 維護現有滅火設備
- 使用耐燃等級的設備
- 針對可燃性物質的存放及可燃性氣體的使用進行徹底管理
- 選擇適合裝載重量的起重設備

事故發生時，採取能夠防止事故擴大的應變措施，並爭取盡快修復。

作為一般職業事故預防對策，將針對以下情況

採取措施：

- 高空作業
- 石綿等有害物質
- 觸電防護
- 粉塵危害
- 防止密閉空間缺氧
- 振動
- 噪音

施工時以不影響周圍設備，以及不對 3 號、4 號、5 號機造成影響的前提下，擬定施工方法。

4. 引進有安全設計的除役設備

在引進除役設備時，若已有相同設備，則遵循與該設備許認可有關的技術基準；若無相同設備，則根據「除役基本方針」，按照設備功能等遵循日本工業規格及規範，必要時採取防止洩漏及擴散、減少曝露、防止事故等安全確保對策。

設置新的拆除物處理設備或放射性廢棄物處理設施並與 3 號、4 號、5 號機共用時，將視需要取得反應器設置變更許可。

(五) 拆除物的處理

1. 放射性氣體廢棄物

放射性氣體廢棄物排放路徑變更工程完成前：
拆除產生的放射性氣體廢棄物將依相關法令、相關告示及「除役基本方針」，比照反應器運轉期間的處理方法進行妥善處理，並使用煙囪（1 號及 2 號機共用）、廢棄物減容處理設備廠房煙囪（1 號、2 號、3 號、4 號及 5 號機共用）進行排放管理。

放射性氣體廢棄物排放路徑變更工程完成後：
第二階段的放射性氣體廢棄物排放路徑變更工程是針對 1 號及 2 號機通往煙囪（1 號及 2 號機共用）的主排氣風管，分別於匯合處上游位置，將其切斷後各裝設 1 個排氣口。

拆除產生的放射性氣體廢棄物將依相關法令、相關告示及「除役基本方針」，比照反應器運轉期間的處理方法進行妥善處理，並使用 1 號機排氣口、2 號機排氣口、廢棄物減容處理設備廠房煙囪（1 號、2 號、3 號、4 號及 5 號機共用）進行排放管理。

2. 放射性液體廢棄物

拆除產生的放射性液體廢棄物將依相關法令、相關告示及「除役基本方針」，比照反應器運轉期間

的處理方法進行妥善處理，並藉由冷凝器冷卻水排放渠道進行排放管理。

3. 放射性固體廢棄物

拆除產生的放射性固體廢棄物將依相關法令、相關告示及「反應器設施許可申請書」中記載之方法進行處理，並根據活度等級分類及依據特性進行處理，在完成除役前，將其廢棄於符合「爐規法」第 51 條之 2 的廢棄設施中。

處理放射性廢棄物時，將藉由分類、減容、除污等減少放射性廢棄物產生量，此外為妥善處理及管理拆除物、放射性廢棄物，將引進拆除物運送設備等。不需要進行放射性物質處理的廢棄物，在經過「爐規法」所訂之程序及確認後，盡可能回收再利用。

非放射性廢棄物（包括管制區外產生的廢棄物）盡可能回收再利用，亦或作為事業廢棄物妥善廢棄。

拆除產生的放射性固體廢棄物，在確定處置設施後，將其運往處置。因此，第二階段將不需作為放射性廢棄物處理的廢棄物，以及經過分類、除污後不需要進行放射性物質處理的廢棄物（指經過「爐規法」第 61 條之 2 所訂之程序及確認後，不需要進行放射

性物質處理的廢棄物) 從主體設施上拆除並盡可能作為非放射性廢棄物處理。同時將產生的放射性固體廢棄物貯存/暫存於 1 號及 2 號機的汽機廠房內及反應器廠房內設置的暫存區域，或貯存/暫存於固體廢棄物貯存庫等現有設施內。

(六) 拆除工法

1. 第一階段

第一階段將有計畫地進行燃料運出及系統除污。

反應器設施中，廠房及建築結構物、核燃料物質處理及貯存設施、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備、電源設備、其他安全確保所需設備，將維護管理其必要功能。其他內含放射性物質的系統及組件，將採取防止放射性物質散逸及擴散措施，並妥善貯存直至拆除為止。

為期擬定適當的拆除工法及拆除順序，以及提升拆除期間放射性固體廢棄物產生量的評估精準度，以減少工作人員與附近民眾的輻射曝露，將對設施的污染狀況進行調查。

在進行設施污染狀況調查時，有關設施內殘留的放射性物質，可分為以下兩部分進行評估：

- 爐心結構材料於反應器運轉過程中受中子照射
活化污染
- 冷卻水中的腐蝕生成物於爐心位置受中子照射
活化後，附著並殘留於設施組件及管路內側的
二次污染

在不影響系統維護管理的考量下，進行試樣採集。此外，在不影響安全功能的範圍內，著手拆除管制區域外的設備及組件；管制區域內則僅拆除將使用於其他反應器設施或該除役設施的設備及組件。此情況下，為確保除役設施安全，應事先確認應維持功能未受影響，以及確認該除役設施有實施安全確保對策。

此外，在除役設施內進行與 3 號、4 號、5 號機或非除役對象的共用設施有關的施工時，為確保除役設施安全，將事先確認應維持功能未受影響，並比照運轉中設備進行施工。例如，在 2 號機汽機廠房內進行 5 號機低壓汽機轉子的拆除作業時，將研擬安全措施，並藉由防止汽機轉子傾覆對策、防止放射性物質散逸及擴散對策，確認汽機廠房所需的防止洩漏功能、屏蔽功能未受影響。

1 號及 2 號機反應器廠房內的用過核燃料移出後，於 1 號及 2 號機的補水系統內裝設連接管，2 號機冷凝水槽將改由 1 號及 2 號機共用，之後 1 號機補水系統則使用 2 號機冷凝水槽（1 號及 2 號機共用）。

2. 第二階段

第二階段將拆除反應器區域以外已停用設備，同時進行反應器區域拆除準備作業、拆除物運送準備作業、拆除物處理設備設置作業。進行放射性氣體廢棄物排放路徑變更工程，拆除現有煙囪（1 號及 2 號機共用）。對於不再需要的 1 號機活性碳惰性氣體吸附設備廠房，將於管制區域解除後拆除。此外，將繼續進行第一階段所實施管制區域以外已停用設備的拆除。第二階段拆除設備如下表 3- 7、表 3- 8 所示。

表 3- 7 第二階段拆除設備（1 號機）

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱	拆除分類
反應器設施的一般結構	其他主要結構	反應器廠房	×
		廢料廠房	×
		汽機廠房	×
		活性碳惰性氣體吸附設備	○

		廠房		
		冷凝水脫鹽設備廠房	×	
反應器本體	爐心	燃料元件、控制棒材料、爐心支撐結構物	×	
	減速劑及反射體	輕水	—	
	壓力槽	壓力槽	×	
	輻射屏蔽體	壓力槽外側牆壁		×
		乾井外圍牆壁（僅拆除反應器乾井上方的屏蔽塞）		△
		反應器廠房外牆		×
		廢料廠房外牆		×
核燃料物質處理及貯存設施	核燃料物質處理設備	燃料更換機（1號機反應器廠房內）	×	
		反應器廠房起重機（1號機反應器廠房內）	×	
	核燃料物質貯存設備	新燃料貯存庫	○	
		用過核燃料貯存設施（1號機反應器廠房內）（僅拆除用過核燃料貯存格架）	△	
反應器冷卻系統設施	1次側冷卻設備	再循環系統	○	
		反應器冷卻水淨化系統	○	
		主蒸汽系統	○	
		汽機	○	
		主冷凝器	○	
		汽機旁通系統	○	
		飼水系統	○	
	緊急冷卻設備	爐心噴灑系統	○	
		高壓注水系統	○	
		低壓注水系統	○	

		反應器隔離冷卻系統	○
	其他主要事項	餘熱移除系統	○

○：第二階段拆除設備

△：第二階段拆除部分設備

×：第二階段不拆除設備

—：對象外

第二階段拆除設備（1號機）

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱	拆除分類
儀控系統 設施	儀控	核子儀器	○
		其他主要的儀控（反應器水位、反應器壓力、再循環流量、飼水流量、蒸汽流量、控制棒位置、控制棒驅動用冷卻水壓力等）	○
	安全保護回路	反應器停機回路	○
		其他主要安全保護回路（輔助保護功能、警報、連動回路）	○
	控制設備	控制棒材料（控制棒）	×
		控制棒材料驅動設備	○
	緊急控制設備	硼酸注入系統	○
	其他主要事項	棒值最小限制器	○
		再循環流量控制	○
		初壓調整設備	○
放射性廢 棄物廢棄 設施	氣體廢棄物廢棄 設施	再結合器	○
		廢氣滯留管	○
		活性炭惰性氣體吸附設備	○

		煙囪（1號及2號機共用）	○
液體廢棄物廢棄設施		組件洩水處理系統（配合區域拆除情況，僅拆除已停用部分）	△
		地面洩水處理系統（配合區域拆除情況，僅拆除已停用部分）	△
		再生廢液處理系統	×
		淋浴排水系統	×
		冷凝器冷卻水排放渠道	×
固體廢棄物廢棄設施		濃縮廢液貯存槽	×
		反應器冷卻水淨化系統粉末樹脂貯存槽	×
		燃料池冷卻淨化系統粉末狀樹脂貯存槽	×
		用過樹脂貯存槽	×
		冷凝水系統粉末樹脂貯存槽	×
		濾渣貯存槽	×
		固化設備（水泥固化方式）	○
		減容機（1號、2號、3號、4號及5號機共用）	○

第二階段拆除設備（1號機）

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱	拆除分類
輻射管理設施	室內管理用主要設備	區域監測器及程序監測器 （僅拆除活性碳惰性氣體 吸附設備廠房內的區域監	△

		測器) (除了程序系統液體監測器外,其餘拆除)	
		試樣活度量測設備(1號及2號機共用)	×
		輻射管理室(1號及2號機共用)	×
		除污室(1號及2號機共用)	×
	戶外管理用主要設備	煙囪監測器(1號及2號機共用)	○
		排水監測器	×
		排水取樣設備	×
圍阻體設施	結構	圍阻體(乾井、抑壓池) (僅拆除乾井上蓋)	△
	其他主要事項	圍阻體內氣體濃度控制系統(可燃性氣體濃度控制系統、惰性氣體系統)	○
		乾井內氣體冷卻設備	○
		圍阻體冷卻系統	○
		反應器廠房通風系統	×
		備用氣體處理系統	○
其他反應器附屬設施	緊急電源	柴油發電機	○
		蓄電池(除了廠用蓄電池外,其餘拆除)	△
	其他主要事項	汽機填函蓋的蒸汽產生器	○

第二階段拆除設備(1號機)

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱	拆除分類
------	------	---------	------

其他主要設施	電廠輔助系統	通風系統（汽機廠房通風系統、主控室通風系統、廢料廠房通風系統、活性炭惰性氣體吸附設備廠房通風系統、冷凝水脫鹽設備廠房通風系統）（僅拆除活性炭惰性氣體吸附設備廠房通風系統）	△
		滅火設備（配合區域拆除情況，僅拆除已停用部分）	△
		壓縮空氣系統（配合區域拆除情況，僅拆除已停用部分）	△
	反應器輔助系統	反應器設備冷卻系統（配合區域拆除情況，僅拆除已停用部分）	△
	—	起重機具（配合區域拆除情況，僅拆除已停用部分）	△

表 3-8 第二階段拆除設備（2 號機）

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱	拆除分類
反應器設施的一般結構	其他主要結構	反應器廠房	×
		廢料廠房	×
		汽機廠房	×
反應器本體	爐心	燃料元件、控制棒材料、爐心支撐結構物	×
	減速劑及反射體	輕水	—
	壓力槽	壓力槽	×

	輻射屏蔽體	壓力槽外側牆壁	×
		乾井外圍牆壁（僅拆除反應器乾井上方的屏蔽塞）	△
		反應器廠房外牆	×
		廢料廠房外牆	×
核燃料物質處理及貯存設施	核燃料物質處理設備	燃料更換機（2 號機反應器廠房內）	×
		反應器廠房起重機（2 號機反應器廠房內）	×
	核燃料物質貯存設備	新燃料貯存庫	○
		用過核燃料貯存設備（2 號機反應器廠房內）（僅拆除用過核燃料貯存格架）	△
反應器冷卻系統設施	1 次側冷卻設備	再循環系統	○
		反應器冷卻水淨化系統	○
		主蒸汽系統	○
		汽機	○
		主冷凝器	○
		汽機旁通系統	○
		飼水系統	○
	緊急冷卻設備	爐心噴灑系統	○
		高壓注水系統	○
		低壓注水系統	○
		反應器隔離冷卻系統	○
	其他主要事項	餘熱移除系統	○

第二階段拆除設備（2 號機）

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱	拆除分類
------	------	---------	------

儀控系統 設施	儀控	核子儀器	○
		其他主要的儀控（反應器水位、反應器壓力、再循環流量、飼水流量、蒸汽流量、控制棒位置、控制棒驅動用冷卻水壓力等）	○
	安全保護回路	反應器停機回路	○
		其他主要安全保護回路（輔助保護功能、警報、連動回路）	○
	控制設備	控制棒材料（控制棒）	×
		控制棒材料驅動設備	○
	緊急控制設備	硼酸注入系統	○
	其他主要事項	棒值最小限制器	○
		再循環流量控制	○
		壓力控制設備	○
放射性廢 棄物廢棄 設施	氣體廢棄物廢棄 設施	再結合器	○
		廢氣滯留管	○
		活性碳式活性碳惰性氣體 吸附設備	○
		煙囪（1號及2號機共用）	○
	液體廢棄物廢棄 設施	組件洩水處理系統	×
		地面洩水處理系統	×
		化學廢液處理系統	×
		淋浴排水系統	×
		冷凝器冷卻水排放渠道	×
	固體廢棄物廢棄 設施	濃縮廢液貯存槽	×
反應器冷卻水淨化系統粉 末樹脂貯存槽		×	

		燃料池系統粉末狀樹脂貯存槽	×
		用過樹脂貯存槽	×
		冷凝水系統粉末樹脂貯存槽	×
		濾渣貯存槽	×
		固化設備（水泥固化方式）	○
		減容機（1號、2號、3號、4號及5號機共用）	○

第二階段拆除設備（2號機）

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱	拆除分類
輻射管理設施	室內管理用主要設備	區域監測器及程序監測器（除了程序系統液體監測器外，其餘拆除）	△
		試樣活度量測設備（1號及2號機共用）	×
		輻射管理室（1號及2號機共用）	×
		除污室（1號及2號機共用）	×
	戶外管理用主要設備	煙囪監測器（1號及2號機共用）	○
		排水監測器	×
		排水取樣設備	×
圍阻體設施	結構	圍阻體（乾井、抑壓池）	△
	其他主要事項	圍阻體內氣體濃度控制系統（可燃性氣體濃度控制系統、惰性氣體系統）	○

		乾井內氣體冷卻設備	○
		圍阻體冷卻系統	○
		反應器廠房通風系統	×
		備用氣體處理系統	○
其他反應器附屬設施	緊急電源	柴油發電機	○
		蓄電池（除了廠用 250V(A 串)、125V 外，其餘拆除）	△

第二階段拆除設備（2 號機）

設施類別	設備類別	設備或廠房名稱	拆除分類
其他主要設施	電廠輔助系統	通風系統（汽機廠房通風系統、主控室通風系統、廢料廠房通風系統）	×
		滅火設備（配合區域拆除情況，僅拆除已停用部分）	△
		壓縮空氣系統（配合區域拆除情況，僅拆除已停用部分）	△
	反應器輔助系統	反應器設備冷卻系統（配合區域拆除情況，僅拆除已停用部分）	△
	—	起重機具（配合區域拆除情況，僅拆除已停用部分）	△

第二階段拆除完後的區域將作為拆除物的處理、測量、存放區域，並以區域為單位進行拆除，同時確保反應器區域拆除物的運送路徑及設備放置空間。

由於拆除產生的放射性固體廢棄物，在確定處置設施後，才能運往處置，故先拆除不需作為放射性廢棄物處理的廢棄物，以及經過分類、除污後不需要進行放射性物質處理的廢棄物。進行拆除作業及除污作業時，將以下廢棄物的存放位置設定於管制區域內，並於施工時管制其貯存容量：

- 拆除及除污產生的放射性固體廢棄物
- 於處理過程中但尚未除污的廢棄物
- 推估為不需要進行放射性物質處理的廢棄物

第二階段實施的拆除工法如表 3-9、表 3-10 所示。

表 3-9 第二階段拆除工法（1 號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(1)反應器冷卻系統設施拆除工程	<ul style="list-style-type: none"> · 反應器廠房 · 汽機廠房 · 冷凝水脫鹽設備廠房 	反應器冷卻系統設施	<ul style="list-style-type: none"> · 一次側冷卻設備 · 緊急冷卻設備 · 其他主要項目 	<ul style="list-style-type: none"> · 已停用 · 已完成除污作業 	<p>拆除反應器冷卻系統設施。</p> <ul style="list-style-type: none"> · 拆除順序原則上是先拆除未受污染的設備再拆除受污染的設備，依此順序實施。若因設備阻擋等因素而不得已先從受污染的設備開始拆除時，拆除前應先採取措施盡可能防止未受污染的設備遭到污染。 · 使用工具等進行 	<ul style="list-style-type: none"> · 拆除時，採取一般職業災害預防措施。使用耐燃性材料、存放可燃性物質及使用可燃性氣體時將進行徹底管理並選擇適合裝載重量的起重設備。 · 依需要使用屏蔽墊、採取屏蔽措施，以降低體外曝露。藉由提升施工效率或管制進出等降低曝露。 	<ul style="list-style-type: none"> · 完成反應器冷卻系統設施的拆除工程

				<p>拆除，並用機械切割設備或熱切割設備進行切割。</p> <ul style="list-style-type: none"> 受污染的設備在經過分類、除污後，盡可能使其成為不需要進行放射性物質處理的廢棄物。若難以做到時，則採取防止污染擴散措施，並視需要貯存於容器內，例如貯存/暫存於1號及2號機的汽機廠房內及反應器廠房內設置的暫存區域，或貯存/暫存於固 	<ul style="list-style-type: none"> 切割受污染的設備時，為抑制放射性物質排放至環境及防止體內曝露，必要時設置防止污染擴散的密閉設備、局部排氣設備及使用防護口罩等防護具。切割時，基本上以機械切割為主，但已考慮到放射性粉塵的影響並做好防護措施時可採用熱切割。 	
--	--	--	--	---	---	--

					體廢棄物貯存庫 等現有設施內。		
--	--	--	--	--	--------------------	--	--

第二階段拆除工法（1 號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(2)儀控系統設施拆除工程	<ul style="list-style-type: none"> 反應器廠房 汽機廠房 	儀控系統設施	<ul style="list-style-type: none"> 儀控 安全保護回路 控制設備(控制棒材料除外) 備用控制設備 其他主要項目 	<ul style="list-style-type: none"> 已停用 	拆除儀控系統設施中，列為拆除的對象。	<ul style="list-style-type: none"> 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全確保對策相同(維護管理相關事項除外) 將維護管理反應器廠房、汽機廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備等。 	<ul style="list-style-type: none"> 完成儀控系統設施中，列為拆除對象的拆除工程
(3)放射性廢棄物的	汽機廠房	放射性廢棄物的廢	氣體廢棄物的廢棄設施	<ul style="list-style-type: none"> 已停用 減容機 	放射性廢棄物的廢棄設施	<ul style="list-style-type: none"> 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設 	<ul style="list-style-type: none"> 完成放射性廢

<p>廢棄設施 拆除工程</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 廢料廠房 · 活性碳 惰性氣體 吸附設備 廠房 	<p>棄設施</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 設備洩水處理系統 · 地面洩水處理系統 · 固化設備(水泥固化方式)及減容機(1號、2號、3號、4號及5號機共用) 	<p>(1號、2號、3號、4號及5號機共用)已完成必要的法律程序</p>	<p>中，列為拆除的對象。</p> <ul style="list-style-type: none"> · 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同 	<p>施拆除工程」的安全確保對策相同(維護管理相關事項除外)</p> <ul style="list-style-type: none"> · 維護管理廢料廠房、汽機廠房、活性碳惰性氣體吸附設備廠房、放射性廢棄物的廢棄設施(拆除對象除外)、輻射管理設施、通風設備 	<p>棄物的廢棄設施中，列為拆除對象的拆除工程</p>
----------------------	--	------------	---	--------------------------------------	--	--	-----------------------------

第二階段拆除工法（1號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(4)輻射管理設施拆除工程	· 設施全區	輻射管理設施	· 區域監測器 (活性碳惰性氣體吸附設備廠房內)及程序監測器 (程序系統液體監測器除外) · 煙囪監測器	· 已停用 · 已切換至排氣口監測器	輻射管理設施中，列為拆除的對象。 · 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同	· 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全確保對策相同 (維護管理相關事項除外) · 維護管理反應器廠房、廢料廠房、汽機廠房、活性碳惰性氣體吸附設備廠房、冷凝水脫鹽設備廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設	· 完成輻射管理設施中，列為拆除對象的拆除工程

						施(拆除對象除外)、通風設備等。	
(5)反應器圍阻設施拆除工程	· 反應器廠房	反應器圍阻設施	· 圍阻體中的乾井上蓋 · 其他主要事項(反應器廠房通風系統除外)	· 已停用	反應器圍阻設施中，列為拆除的對象。 · 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同	· 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全確保對策相同(維護管理相關事項除外) · 維護管理反應器廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備等。	· 完成反應器圍阻設施中，列為拆除對象的拆除工程

第二階段拆除工法（1號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(6)其他反應器附屬設施拆除工程	<ul style="list-style-type: none"> 反應器廠房 汽機廠房 	其他反應器附屬設施	<ul style="list-style-type: none"> 備用電源設備（廠用蓄電池除外） 其他主要事項 	<ul style="list-style-type: none"> 已停用 	<p>其他反應器附屬設施中，列為拆除的對象。</p> <ul style="list-style-type: none"> 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同 	<ul style="list-style-type: none"> 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全確保對策相同（維護管理相關事項除外） 維護管理反應器廠房、汽機廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備等。 	<ul style="list-style-type: none"> 完成其他反應器附屬設施中，列為拆除對象的拆除工程
(7)核燃料物質處理	<ul style="list-style-type: none"> 反應器廠 	核燃料物質處理及	<ul style="list-style-type: none"> 新燃料貯存庫及用 	<ul style="list-style-type: none"> 已停用 	核燃料物質處理及貯存設施中，列	<ul style="list-style-type: none"> 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設 	<ul style="list-style-type: none"> 完成核燃料物

及貯存設施拆除工程	房	貯存設施	過核燃料貯存設施(1號反應器廠房內)的用過核燃料貯存格架		<p>為拆除的對象。</p> <ul style="list-style-type: none"> 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同 	<p>施拆除工程」的安全確保對策相同(維護管理相關事項除外)</p> <ul style="list-style-type: none"> 維護管理反應器廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備等。 	<p>質處理及貯存設施中，列為拆除對象的拆除工程</p>
-----------	---	------	------------------------------	--	---	--	------------------------------

第二階段拆除工法（1號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(8)反應器本體拆除工程	· 反應器廠房	· 反應器本體	· 乾井外圍牆壁中，反應器乾井上方的屏蔽塞	· 已停用	反應器本體中，列為拆除的對象。 · 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同	· 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全確保對策相同（維護管理相關事項除外） · 維護管理反應器廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備等。	· 完成反應器本體中，列為拆除對象的拆除工程
(9)其他主要設施拆除工程	· 設施全區	· 其他主要設施	· 活性炭惰性氣體吸附設備廠	· 已停用 · 活性炭惰性氣	其他主要設施中，列為拆除的對象。 · 與「工程名稱(1)	· 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全	· 完成其他主要設施中，

			房通風系統 · 壓縮空氣系統 · 反應器設備冷卻系統 · 起重設備 · 滅火設備	體吸附設備廠房通風系統的開工條件為該廠房內的污染設備已拆除完畢	反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同	全確保對策相同(維護管理相關事項除外) · 維護管理反應器廠房、廢料廠房、汽機廠房、活性炭惰性氣體吸附設備廠房、冷凝水脫鹽設備廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備等。	列為拆除對象的拆除工程
--	--	--	--	---------------------------------	-----------------------	--	-------------

第二階段拆除工法（1 號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(10) 廠房及結構物拆除工程 ①	· 室外	· 放射性廢棄物的廢棄設施	· 煙囪(1 號及 2 號機共用)	· 已完成放射性氣體廢棄物排放路徑變更工程 · 煙囪(1 號及 2 號機共用)內的污染設備已拆除完畢	放射性氣體廢棄物排放路徑變更工程是針對 1 號及 2 號機通往煙囪(1 號及 2 號機共用)的主排氣風管，分別於匯合處上游位置，將其切斷後各裝設 1 個排氣口。 · 使用機械切割設備或熱切割設備進行切割或粉碎拆除。	· 拆除時，應採取一般職業災害預防措施。使用耐燃性材料、存放可燃性物質及使用可燃性氣體時將進行徹底管理並選擇適合裝載重量的起重設備。考慮煙囪(1 號及 2 號機共用)中的砂漿可能含有石綿，故在拆除砂漿時，將依據「石綿危害預防	· 完成煙囪(1 號及 2 號機共用)的拆除工程

						<p>規定」採取措施。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 切割受污染的設備時，為抑制放射性物質排放至環境及防止體內曝露，必要時設施防止污染擴散的密閉設備、局部排氣設備及使用防護口罩等防護具。切割時，基本上以機械切割為主，但已考慮到放射性粉塵的影響並做好防護措施時可採用熱切割。 • 必要時採取火災預防對策(使用防
--	--	--	--	--	--	--

						火毯等)、噪音對策(使用低噪音重型機具等)、振動對策(重型機具低速運轉等)及防塵對策(灑水等)。	
--	--	--	--	--	--	--	--

第二階段拆除工法（1 號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(10) 廠房及結構物拆除工程 ②	· 活性碳情性氣體附設廠房	· 反應器設施的一般結構	· 活性碳情性氣體吸附設備廠房	<ul style="list-style-type: none"> · 已完成廠房內受污染設備的拆除 · 已完成廠房及結構物的除污作業 · 已解除管制區 	<ul style="list-style-type: none"> 拆除廠房。 · 使用大型軋碎機等重型機具進行拆除。 	<ul style="list-style-type: none"> · 拆除時，應採取一般職業災害預防措施。使用耐燃性材料、存放可燃性物質及使用可燃性氣體時將進行徹底管理並選擇適合裝載重量的起重設備。 · 符合一般鋼筋混凝土建築物拆除作業中的安全確保對策。 	<ul style="list-style-type: none"> · 完成廠房拆除工程

						<ul style="list-style-type: none">• 必要時採取火災預防對策(如使用防火毯等)、噪音對策(如使用低噪音重型機具等)、振動對策(如重型機具低速運轉等)及防塵對策(如灑水等)。	
--	--	--	--	--	--	---	--

表 3-10 第二階段拆除工法（2 號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(1)反應器冷卻系統設施拆除工程	<ul style="list-style-type: none"> 反應器廠房 汽機廠房 	反應器冷卻系統設施	<ul style="list-style-type: none"> 一次側冷卻設備 緊急冷卻設備 其他主要項目 	<ul style="list-style-type: none"> 已停用 已完成除污作業 	<p>拆除反應器冷卻系統設施。</p> <ul style="list-style-type: none"> 拆除順序原則上是先拆除未受污染的設備再拆除受污染的設備，依此順序實施。若因設備阻擋等因素而不得已先從受污染的設備開始拆除時，拆除前應先採取措施盡可能防止未 	<ul style="list-style-type: none"> 拆除時，應採取一般職業災害預防措施。使用耐燃性材料、存放可燃性物質及使用可燃性氣體時將進行徹底管理並選擇適合裝載重量的起重設備。 依需要使用屏蔽墊、採取屏蔽措施，以降低體外曝露。藉由提升施工 	<ul style="list-style-type: none"> 完成反應器冷卻系統設施的拆除工程

				<p>受污染的設備遭到污染。</p> <ul style="list-style-type: none"> · 使用工具等進行拆除，並用機械切割或熱切割等切割設備進行切割。 · 受污染的設備應在經過分類、除污後，盡可能不需要進行放射性物質處理。若難以作為非放射性廢棄物處理時，將採取防止污染擴散措施並根據需要貯存於容器內，例如貯存/暫 	<p>效率或管制進出等降低曝露。</p> <ul style="list-style-type: none"> · 切割受污染的設備時，為抑制放射性物質排放至環境及防止體內曝露，必要時設置防止污染擴散的密閉設備、局部排氣設備及使用防護口罩等防護具。切割時，基本上以機械切割為主，但已考慮到放射性粉塵的影響並做好防護措施時可採用熱切割。 · 施工時，將視需要 	
--	--	--	--	---	--	--

					<p>存於 1 號及 2 號機的汽機廠房內及反應器廠房內設置的暫存區域，或貯存/暫存於固體廢棄物貯存庫等現有設施內。</p>	<p>設定目標劑量，並與實際曝露劑量作比較，研擬改善措施以減少曝露。依據作業區域內的輻射環境，使用輻射測量計等測量等效劑量率，同時針對等效劑量率可能有較大變動的作業，使用可攜式區域偵檢器等監測施工期間的等效劑量率。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 維護管理反應器廠房、汽機廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管
--	--	--	--	--	--	--

						理設施、通風設備等。	
--	--	--	--	--	--	------------	--

第二階段拆除工法（2號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(2)儀控系統設施拆除工程	<ul style="list-style-type: none"> 反應器廠房 汽機廠房 	儀控系統設施	<ul style="list-style-type: none"> 儀控 安全保護回路 控制設備（控制棒材料除外） 備用控制設備 其他主要項目 	<ul style="list-style-type: none"> 已停用 	拆除儀控系統設施中，列為拆除的對象。 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同	<ul style="list-style-type: none"> 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全確保對策相同（維護管理相關事項除外） 維護管理反應器廠房、汽機廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管 	<ul style="list-style-type: none"> 完成儀控系統設施中，列為拆除對象的拆除工程

						理設施、通風設備等。	
(3)放射性廢棄物的廢棄設施拆除工程	<ul style="list-style-type: none"> 汽機廠房 廢料廠房 	放射性廢棄物的廢棄設施	<ul style="list-style-type: none"> 氣體廢棄物的廢棄設施 固化設備(水泥固化方式)及減容機(1號、2號、3號、4號及5號機共用) 	<ul style="list-style-type: none"> 已停用 減容機(1號、2號、3號、4號及5號機共用)已完成必要的法律程序 	<p>放射性廢棄物的廢棄設施中，列為拆除的對象。</p> <ul style="list-style-type: none"> 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同 	<ul style="list-style-type: none"> 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全確保對策相同(維護管理相關事項除外) 維護管理廢料廠房、汽機廠房、放射性廢棄物的廢棄設施(拆除對象除外)、輻射管理設施、通風設備 	<ul style="list-style-type: none"> 完成放射性廢棄物的廢棄設施中，列為拆除對象的拆除工程

第二階段拆除工法（2號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(4)輻射管理設施拆除工程	· 設施全區	輻射管理設施	· 程序監測器(程序系統液體監測器除外) · 煙囪監測器	· 已停用 · 已切換至排氣口監測器	輻射管理設施中，列為拆除的對象。 · 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同	· 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全確保對策相同(維護管理相關事項除外) · 將維護管理反應器廠房、廢料廠房、汽機廠房、放射性廢棄物的廢	· 完成輻射管理設施中，列為拆除對象的拆除工程

						棄設施、輻射管理設施(拆除對象除外)、通風設備等。	
(5)反應器圍阻設施拆除工程	· 反應器廠房	反應器圍阻設施	· 圍阻體中的乾井上蓋 · 其他主要事項(反應器廠房通風系統除外)	· 已停用	反應器圍阻設施中，列為拆除的對象。 · 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同	· 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全確保對策相同(維護管理相關事項除外) · 維護管理反應器廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備等。	· 完成反應器圍阻設施中，列為拆除對象的拆除工程

第二階段拆除工法（2號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(6)其他反應器附屬設施拆除工程	· 反應器廠房	其他反應器附屬設施	· 備用電源設備(廠用蓄電池250V及125V除外)	· 已停用	其他反應器附屬設施中，列為拆除的對象。 · 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同	· 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全確保對策相同(維護管理相關事項除外) · 將維護管理反應器廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備等。	· 完成其他反應器附屬設施中，列為拆除對象的拆除工程
(7)核燃料物質處理及貯存設施	· 反應器廠房	核燃料物質處理及貯存設施	· 新燃料貯存庫及用過核燃料	· 已停用	核燃料物質處理及貯存設施中，列為拆除的對象	· 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全確保對策相同	· 完成核燃料物質處理及貯存設施的拆除工程

施拆除工程			貯存設施(2號反應器廠房內)的用過核燃料貯存格架		象。 ·與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同	全確保對策相同(維護管理相關事項除外) ·維護管理反應器廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備等。	及貯存設施中，列為拆除對象的拆除工程
-------	--	--	--------------------------	--	---------------------------------------	---	--------------------

第二階段拆除工法（2號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(8)反應器本體拆除工程	· 反應器廠房	· 反應器本體	· 乾井外圍牆壁中，反應器乾井上方的屏蔽塞	· 已停用	反應器本體中，列為拆除的對象。 · 使用機械切割設備進行切割或粉碎，必要時採取防止污染擴大措施，將拆除物放入容器中運送。	· 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安全確保對策相同(維護管理相關事項除外) · 維護管理反應器廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備等。	· 完成反應器本體中，列為拆除對象的拆除工程
(9)其他主要設施拆除工程	· 設施全區	· 其他主要設施	· 壓縮空氣系統 · 反應器設	· 已停用	其他主要設施中，列為拆除的對象。	· 與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的安	· 完成其他主要設施中，

			備冷卻系統 ·起重設備 ·滅火設備		·與「工程名稱(1)反應器冷卻系統設施拆除工程」的施工原則相同	全確保對策相同(維護管理相關事項除外) ·維護管理反應器廠房、廢料廠房、汽機廠房、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備等。	列為拆除對象的拆除工程
--	--	--	-------------------------	--	---------------------------------	---	-------------

第二階段拆除工法（2 號機）

工程名稱	地點	對象分類		開工條件	施工內容	安全確保對策	完工條件
		設施名稱	設備名稱				
(10) 廠房及結構物拆除工程	· 室外	· 放射性廢棄物的廢棄設施	· 煙囪(1 號及 2 號機共用)	<ul style="list-style-type: none"> · 已完成放射性氣體廢棄物排放路徑變更工程 · 煙囪(1 號及 2 號機共用)內的污染設備已拆除完畢 	<p>放射性氣體廢棄物排放路徑變更工程是針對 1 號及 2 號機通往煙囪(1 號及 2 號機共用)的主排氣風管，分別於匯合處上游位置，將其切斷後各裝設 1 個排氣口。</p> <p>· 使用機械切割設備或熱切割設備進行切割或粉碎拆除。</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 拆除時，應採取一般職業災害預防措施。使用耐燃性材料、存放可燃性物質及使用可燃性氣體時將進行徹底管理並選擇適合裝載重量的起重設備。考慮煙囪(1 號及 2 號機共用)中的砂漿可能含有石綿，故在拆除砂漿時，將依據「石綿危害預防 	<ul style="list-style-type: none"> · 完成煙囪(1 號及 2 號機共用)的拆除工程

						<p>規定」採取措施。</p> <ul style="list-style-type: none">• 切割受污染的設備時，為抑制放射性物質排放至環境及防止體內曝露，必要時設施防止污染擴散的密閉設備、局部排氣設備及使用防護口罩等防護具。切割時，基本上以機械切割為主，但已考慮到放射性粉塵的影響並做好防護措施時可採用熱切割。• 必要時採取火災預防對策(使用防	
--	--	--	--	--	--	---	--

						火毯等)、噪音對策(使用低噪音重型機具等)、振動對策(重型機具低速運轉等)及防塵對策(灑水等)。	
--	--	--	--	--	--	--	--

第二階段將活用反應器運轉期間定期檢查時所累積的分解檢查、設備更換等方面的實務經驗，並根據「除役基本方針」進行拆除。施工時，平均分攤工作量，安全執行拆除作業，並獲取拆除施工相關數據及累積實務經驗。除役設施的拆除作業，係使用工具等進行拆除，以及使用機械切割設備或熱切割設備進行切割，或使用軋碎機等敲擊粉碎。切割時，基本上以機械切割為主，但已考慮到放射性粉塵的影響並做好防護措施時可採用熱切割。

這些拆除作業雖然是以活度較低的設備為施工對象，但為避免施工造成放射性物質排放至環境，仍需視情況引進防止污染擴散的密閉設備、局部過濾器及局部排氣設備。

系統除污將從第一階段開始持續進行。

反應器設施中，廠房及建築結構物、核燃料物質處理及貯存設施、放射性廢棄物的廢棄設施、輻射管理設施、通風設備、電源設備、其他確保安全所需必要設備等將維護管理其必要功能。其他內含放射性物質的系統及組件，將採取防止放射性物質散逸及擴散措施，並妥善貯存直至拆除為止。

為期擬定適當的拆除工法及拆除順序，以及提升拆除期間放射性固體廢棄物產生量的評估精準度，以減少工作人員與附近民眾的輻射曝露，將採集代表性試樣進行活度量測量。污染狀況調查從第一階段開始持續進行，第二階段則以反應器區域周圍作為調查對象。試樣採集方面，在不影響系統的維護管理下進行。

在除役設施內進行與 3 號、4 號、5 號機或非除役對象的共用設施有關的施工時，為確保除役設施安全，將事先確認應維持功能未受影響，並比照運轉中設備進行施工。

3. 第三階段以後

第三階段以後的拆除，將依據污染狀況調查結果，研擬拆除工法及拆除順序、並將施工方法載明於除役計畫內取得變更認可後進行。

- (1) 第三階段將拆除放射活度較高的反應器區域。此外，繼續進行第一階段所進行管制區域以外已停用設備的拆除及第二階段所進行反應器區域以外設備的拆除。安全貯存期間結束後，將開始反應器區域的拆除。有關放射活度較高的反應器區

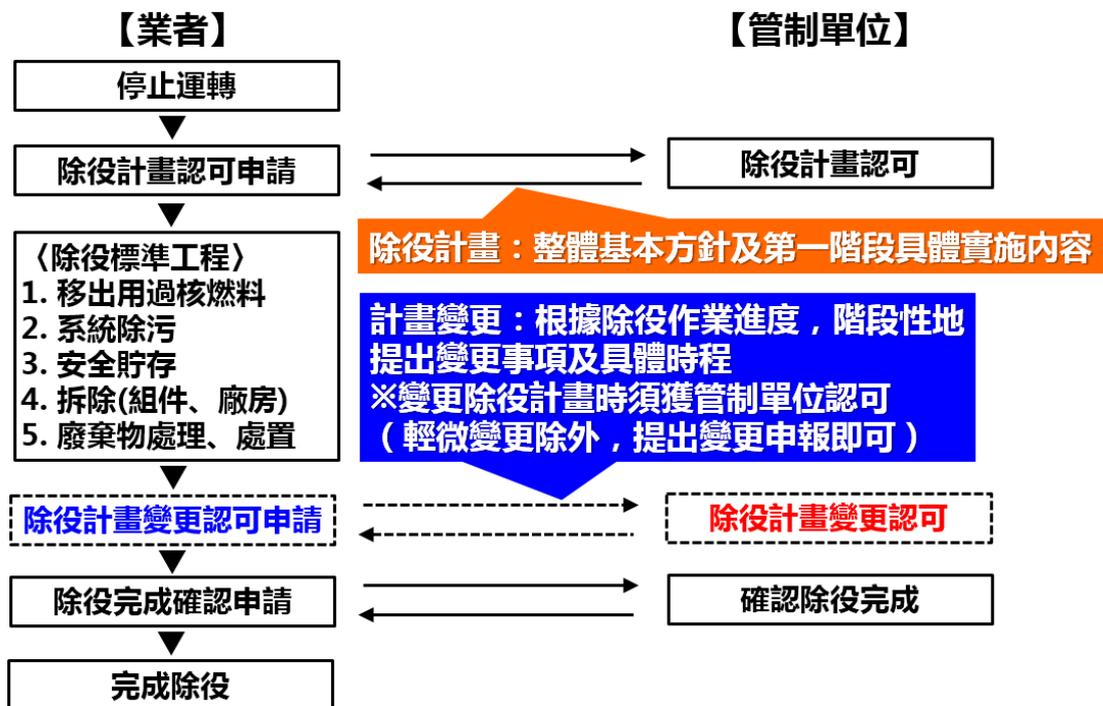
域的拆除，將活用第二階段所積累的設備拆除經驗，進行安全且合理適當的拆除作業。反應器區域內的設備，原則上使用機械切割設備進行切割後移除，以抑制放射性物質排放至環境及減少工作人員輻射曝露。從施工順序來看，移除爐心支撐結構物後，將進行壓力槽、壓力槽周圍屏蔽體的拆除。第三階段進行反應器區域設備的拆除作業時，為減少工作人員的輻射曝露，將使用遙控設備、防護面罩等，並使用拆除物運送設備，以妥善處理及運送拆除物。為抑制施工造成放射性物質排放至環境及對附近民眾造成影響，將視需要引進高效率空氣微粒子過濾設備、防止污染擴散的密閉設備、局部過濾器及局部排氣設備。使用這些設備處理放射活度較高的污染物時，將視使用及安裝狀況，擬定必要的安全確保對策。

- (2) 第四階段，將拆除已停用的反應器廠房通風系統、放射性廢棄物的廢棄設施，以及其他所有列為拆除對象的設備、廠房。在拆除完受污染的設備後，廠房內殘留的污染可藉由鑽鑿法等去除。設施內已確認完成除污後，將依序解除管制區。管制區

解除後，利用大型軋碎機等重型機具拆除剩餘廠房。完成除役設施拆除後的原址，將作為濱岡核電廠周邊監測區域持續進行管理。

三、 濱岡核電廠除役計畫認可申請書修訂內容之探討

日本核電廠從停止運轉直至完成除役的申請程序如下：



(一) 除役計畫內容變更

濱岡核電廠除役計畫變更認可一覽如下表所示。第二段以後的除役作業係根據第一階段所進行的調查及評估結果擬定詳細計畫，並經管制單位認可除役計畫變更後始得實施。

表 3-11 濱岡核電廠除役計畫變更認可一覽表

2009 年 1 月 30 日	濱岡 1、2 號機停止運轉
2009 年 6 月 1 日	提出除役計畫認可申請書
2009 年 11 月 18 日	獲除役計畫認可（開始除役的第一階段）
2011 年 2 月 16 日	獲除役計畫變更認可（變更除役計畫內容）
2014 年 2 月 21 日	獲除役計畫變更認可（變更除役計畫內容）
2016 年 2 月 3 日	獲除役計畫變更認可（開始除役的第二階段）
2019 年 1 月 28 日	獲除役計畫變更認可（變更除役計畫內容）
2021 年 3 月 31 日	獲除役計畫變更認可（配合法令的修訂，變 更用語及除役計畫內容）

1. 2011 年 2 月 16 日除役計畫變更認可申請內容概要如下：

- (1) 於除役設施內進行與 3 號、4 號及 5 號機或非除役對象共用設備的相關施工時，明確其責任分攤
- (2) 除役作業準備階段於管制區域內的拆除作業，僅限於拆除後的設備將使用於其他反應器設施或該除役對象設施，並明訂此情況時的確認事項
- (3) 變更有關放射性液體廢棄物處理的相關內容

2. 2014 年 2 月 21 除役計畫變更認可申請內容概要如下：

(1) 變更 2 號機用過核燃料貯存池中所暫存新燃料的運送計畫：

- 2 號機用過核燃料貯存池中暫存的新燃料原定移至 5 號機，改為除污後運往燃料加工廠。因此，變更與此相關的核燃料物質管理及轉讓的內容。此外，該新燃料原預定於 2013 年底移出，改為 2014 年底執行。

(2) 根據 1、2 號機停止運轉後的實際狀況，進行內容變更

- 由於 1、2 號機停止運轉後，放射性液體廢棄物的活度隨之降低，故將稀釋水從冷凝器冷凝水切換至廠用海水系統，並變更與此相關的放射性液體廢棄物處理及管理的內容
- 將 2 號機冷凝水槽改為 1、2 號機的共用設備，並變更 1 號機飼水系統的路徑，以及與此相關的放射性液體廢棄物處理及管理的內容

(3) 變更設備的維護管理，以反映上述的內容變更

3. 2016 年 2 月 3 日除役計畫變更認可申請內容概要如下：

第一階段（拆除作業準備階段）已完成 1、2 號機所有核燃料移出作業，以及完成了第一階段的系統除污及污染狀況調查。為進入到除役的第二階段，2015 年 3 月 16 日濱岡核電廠向原子力規制委員會提出除役計畫變更認可申請，於 2016 年 2 月 3 日獲得管制單位認可。

(1) 修改拆除物數量

- 根據第一階段的污染狀況調查結果，修改活度等級的分類及拆除物數量。

(2) 制定第二階段的拆除施工計畫

- 根據設施污染狀況調查及拆除物數量的修改結果，制定第二階段主要進行反應器區域周圍設備的拆除作業，包括：汽機本體、主冷凝器、冷凝水與飼水系統組件、硼酸注入系統設備、主蒸汽管路，以及 1、2 號機共用煙囪。
- 繼續進行反應器區域設備（反應器壓力槽、爐內結構物、反應器圍阻體）的污染狀況調

查。

- 進行反應器壓力槽等的除污作業了第二階段的拆除施工計畫。

(3) 放射性廢棄物的處置方法

- 第二階段將從「不需要進行放射性廢棄物處理的廢棄物」及「經過分類、除污後而不再需要進行放射性物質處理的廢棄物（放行外釋對象物）」開始拆除，並盡可能將其作為放行外釋對象物處理。
- 對於第二階段以後產生的放射性廢棄物，應於第二階段開始前即確定處置設施，在確定處置設施前將安全暫存於 1、2 號機廠房內。

4. 2019 年 1 月 28 日除役計畫變更認可申請內容概要如下：

(1) 變更 1、2 號機的反應器壓力槽、蒸汽乾燥器及汽水分離器的除污作業方法

- 為進一步減少除污作業時的輻射曝露，對除污作業方法進行以下變更，並修改除役計畫中的相關內容。

（變更前）將蒸汽乾燥器及汽水分離器從反

應器壓力槽中取出後放置於不同的除污槽內，並各別對反應器壓力槽、蒸汽乾燥器及汽水分離器進行除污。

(變更後)蒸汽乾燥器及汽水分離器於反應器壓力槽內直接進行除污。

5. 2021年3月31日除役計畫變更認可申請內容概要如下：

配合「核原料物質、核燃料物質及原子爐規制法」(簡稱「爐規法」)及「實用發電用反應器設置、運轉規則」(簡稱「實用爐規則」)(2020年4月1日施行)的修訂，2020年8月18日提出除役計畫變更認可申請。

(1) 配合「實用爐規則」中「除役計畫認可申請相關條文(第百十六條)」的修訂，於除役計畫本文中增述了以下事項：

- 除役期間應維持功能的設施
- 除役相關品質管理系統

除了於除役計畫本文中增述相關內容外，亦重新審視了「應維持功能的設施」。

(二)變更申報(輕微變更)

表 3-12 濱岡核電廠變更申報（輕微變更）一覽表

2012 年 8 月 24 日	<ul style="list-style-type: none"> 將放射性廢棄物固化設備的固化材料從「塑膠或混凝土」更改為「混凝土」 設施污染狀況調查方面，因取樣作業尚需準備時間，故延長污染狀況調查、系統除污等時程，以及延後提出除役第二階段變更認可申請時程
2014 年 11 月 28 日	<ul style="list-style-type: none"> 於除役計畫的除役對象設施中增加 1、2 號機的輔助鍋爐並修改相關圖面
2015 年 7 月 17 日	<ul style="list-style-type: none"> N/A
2020 年 4 月 20 日	<ul style="list-style-type: none"> 變更中部電力公司的代表人（變更前為勝野哲；變更後為林欣吾）

四、 除役計畫中拆除工作項目所對應之審查標準

原子力規制委員會係依據實用爐規則第 116 條第 1 項第 5 號，對除役計畫中有關拆除工作項目進行審查，並確認其內容是否符合認可標準。

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標準（2020 年 4 月 1 日施行）	對應 章節
1. 除役拆除設施及其拆除方法	

(1)	將拆除之反應器設施	
	反應器經營者在完成除役，並經由原子力規制委員會確認其結果符合標準後，其設置許可即為失效。舊反應器經營者進行的除役，當除役已完成但未獲原子力規制委員會確認其結果符合標準之前，仍視為反應器經營者。	—
	依據反應器設置許可的內容，劃定除役對象設施的範圍。	請參照第參章、一之(一)內容
	並且顯示除役對象設施中的拆除對象設施。	請參照表3- 1、表3-2
(2)	拆除方法	
	反應器設施的除役須適當防止核燃料物質、核燃料物質污染物及反應器等引起之災害。即反應器永久停止運轉後，首先需將用過核燃料從反應器爐心中移出（研究開發階段發電用反應器則移出燃料元件）。進行反應器設施拆除時，基於抑低民眾及輻射工作人員所受劑量之	—

<p>考量，有必要事先評估設施內殘留放射性物質的種類、數量及分布，以及放射性廢棄物的產生量後，研擬拆除作業前實施的除污及放射性設備的拆除時程等，以選定拆除順序及工法。此外，根據除役的進展，需採取安全上必要之反應器設施的維護管理、放射性廢棄物處理等相關措施。反應器設施的除役，一般而言，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、以及為使反應器設施內殘留活度隨時間衰變而進行安全貯存等過程，其設施拆除作業將花費很長時間進行。</p>	
<p>因此，其拆除方法須設想整個反應器設施的除役過程，於以下各階段採取適當措施。此外，要求適當訂定各工程的動工條件及完成條件。</p>	<p>請參照第參章、二之(三)內容</p>
<p>1) 從反應器功能停止到燃料元件運出廠房的階段</p> <p>反應器功能停止的措施，即是將所有燃料元件從爐心中取出後，便不可將燃料元件再次裝填進爐心內。</p>	<p>請參照第參章、一、(一)之2內容</p>

<p>燃料元件應暫存於核燃料物質貯存設備內。</p>	<p>請參照第參章、一、(二)之(1)內容</p>
<p>並在該設備開始拆除之前將其運出反應器設施外。</p>	<p>—</p>
<p>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。</p>	<p>請參照第參章、二之(二)內容</p>
<p>2) 從燃料元件運出後到拆除階段 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。</p>	<p>請參照第參章、二、(六)之1內容</p>
<p>3) 拆除階段 依據反應器設施內殘留放射性物質的評估，對核燃料物質造成污染進行適當除污，並適當廢棄核燃料物質污染物。</p>	<p>請參照表3-1表3-6及第參章、二、(二)之內容</p>
<p>從反應器爐心中取出用過核燃料為發電用反應</p>	<p>請參照第</p>

	<p>器設施除役計畫的認可標準，因此應於申請前，將燃料自爐心中取出。</p>	<p>參章、一、(一)之 2 內容</p>
	<p>發電用反應器設施的用過核燃料仍存放於用過核燃料貯存設施期間，應設想用過核燃料貯存設施發生大量冷卻水洩漏之情形。對於有助於減緩用過核燃料嚴重受損及防止臨界等嚴重事故緊急應變設備的拆除，應適當評估其功能所需維護管理的期間，或適當評估是否已不需要該設備。</p>	<p>—</p>
<p>註</p>	<p>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</p>	<p>請參照表 3- 11</p>

	<p>項，即可視為完成記載必要事項。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，並確認是否記載除役計畫變更認可的主旨。</p>	
--	--	--

肆、 濱岡核電廠除役工程

一、 濱岡 1、2 號機除役工程規劃

中部電力濱岡核電廠 1、2 號機於 2009 年開始除役，並預定於 2036 年完成，整個除役期程預計耗費約 30 年，分為以下四個階段進行：

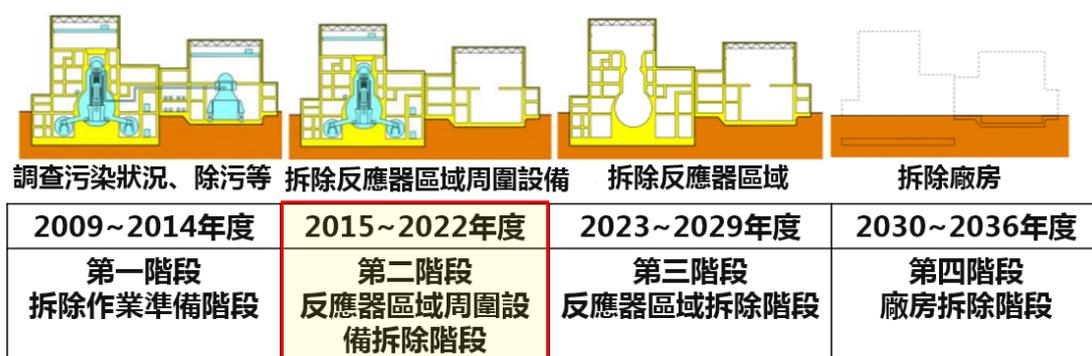


圖 4-1 濱岡核電廠除役工程規劃

2016 年 2 月進入除役第二階段，目前正進行反應器區域周圍設備拆除作業，是日本國內商用輕水型沸水式反應器 (BWR) 實際進行除役拆除之先驅電廠。

第一階段（拆除作業準備階段）拆除管制區以外已停用的設備。實施項目包括：移出核燃料、系統除污、拆除室外設備、調查污染狀況等。

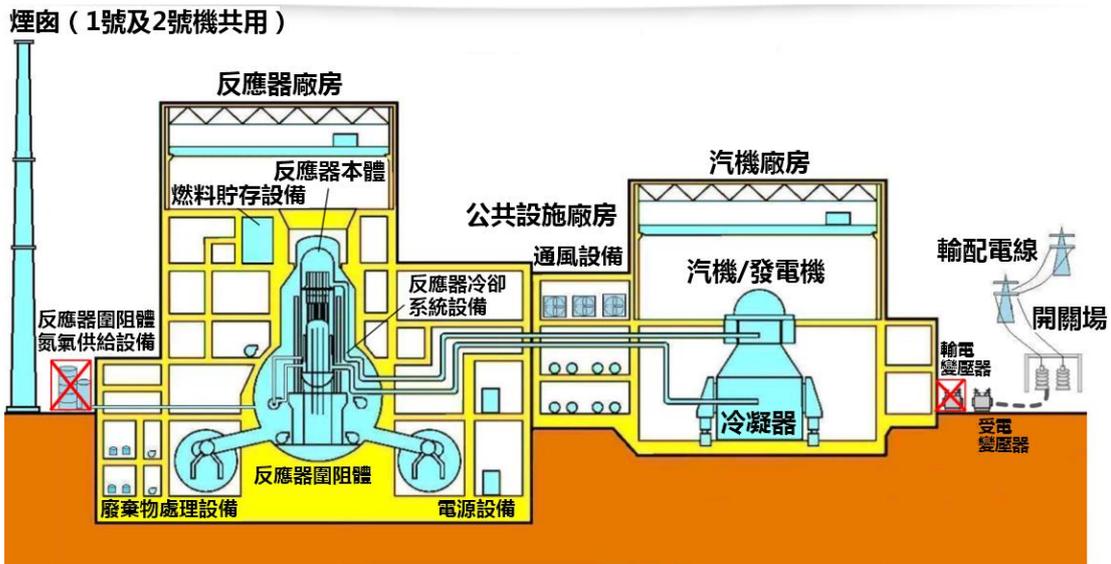


圖 4-2 第一階段完成示意圖

第二階段（反應器區域周圍設備拆除階段）拆除反應器區域以外已停用設備（活度等級較低）。實施項目包括：反應器區域周圍設備拆除作業、設置拆除物處理設備等。

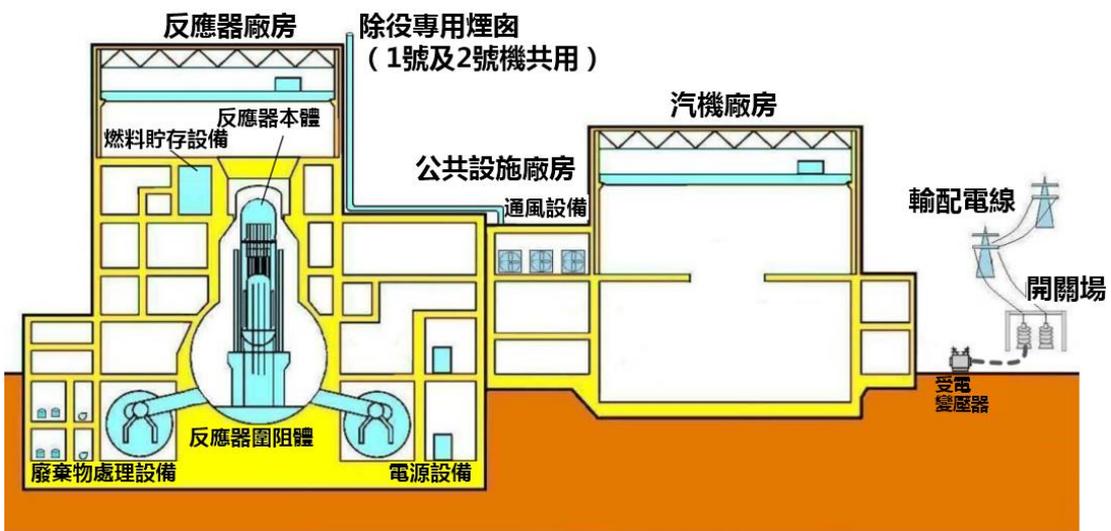


圖 4-3 第二階段完成示意圖

第三階段（反應器區域拆除階段）拆除具有較高活度等級之爐心支撐結構物、壓力槽、壓力槽周圍輻射屏蔽體、圍

阻體。反應器區域的拆除在安全貯存期結束後進行。實施項目包括：反應器區域(包含壓力槽及其周圍屏蔽體區域)拆除作業等。

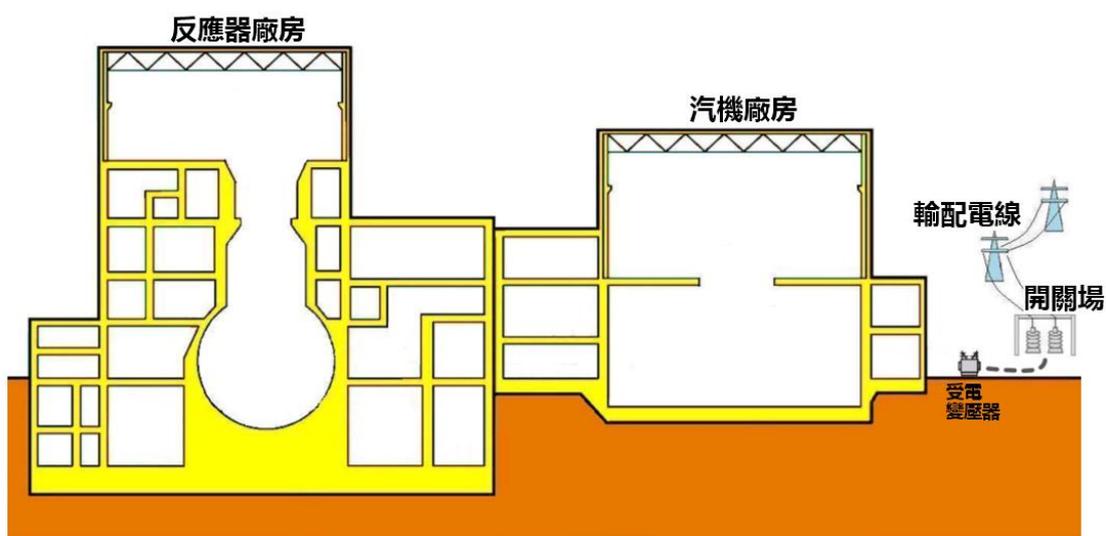


圖 4-4 第三階段～第四階段部分完成示意圖

第四階段（廠房拆除階段）

藉由鑽鑿法等去除廠房牆面殘留的放射性物質後，進行廠房拆除。實施項目包括：在廢棄物處理系統拆除及輻射管制區域解除後，進行廠房拆除作業。

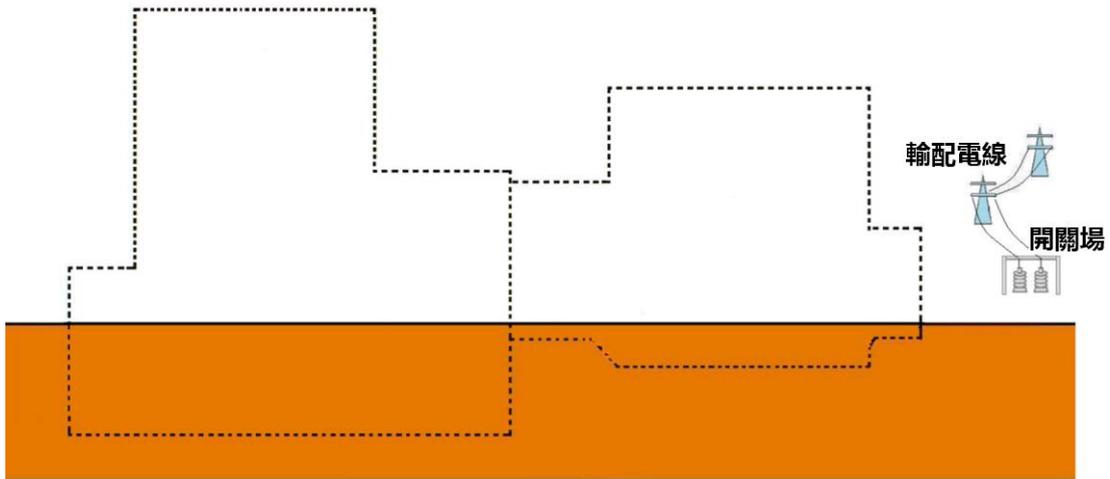


圖 4-5 除役完成示意圖

二、濱岡 1、2 號機拆除現況

第一階段「拆除作業準備階段」實際執行狀況，如下圖

所示：

		2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度			
								4-9月	10月	11月	12月1-3月
除役計畫			▼認可(11月18日)	▼變更認可(2月16日)	▼變更申報(8月24日)	變更認可(2月21日)▼ 變更申報(11月28日)▼		▼變更申報(7月17日) ▼變更認可申請(3月16日)			
移出核燃料	1號機		新燃料 用過核燃料	移至4、5號機	運往燃料加工廠	移至5號機					完成所有核燃料的移出
	2號機		新燃料 用過核燃料		運往燃料加工廠	移至5號機	燃料棒除污 運往燃料加工廠				
調查污染狀況		調查電廠數據等									
		活化污染、二次污染相關評估									
系統除污	1號機	反應器再循環系統、反應器冷卻水淨化系統及餘熱移除系統									
	2號機	反應器冷卻水淨化系統及餘熱移除系統									
設備及組件拆除作業	管制區域外	反應器阻礙氬氣供給設備		蓄重油槽、室外氣體鋼瓶		主變壓器及相關設備 電源暫態穩定設備(TSC)					
						氬氣氧氣供給設備					
	管制區域內 ¹			可燃性氣體濃度控制系統後置冷卻器(2號機)		移除拆除物					

*1 管制區域內的拆除作業，僅限於以下情況：拆除下來的設備將使用於其他反應器設施或該除役對象設施。

圖 4-6 第一階段「拆除作業準備階段」實際執行狀況

燃料移出作業流程，如下圖所示：

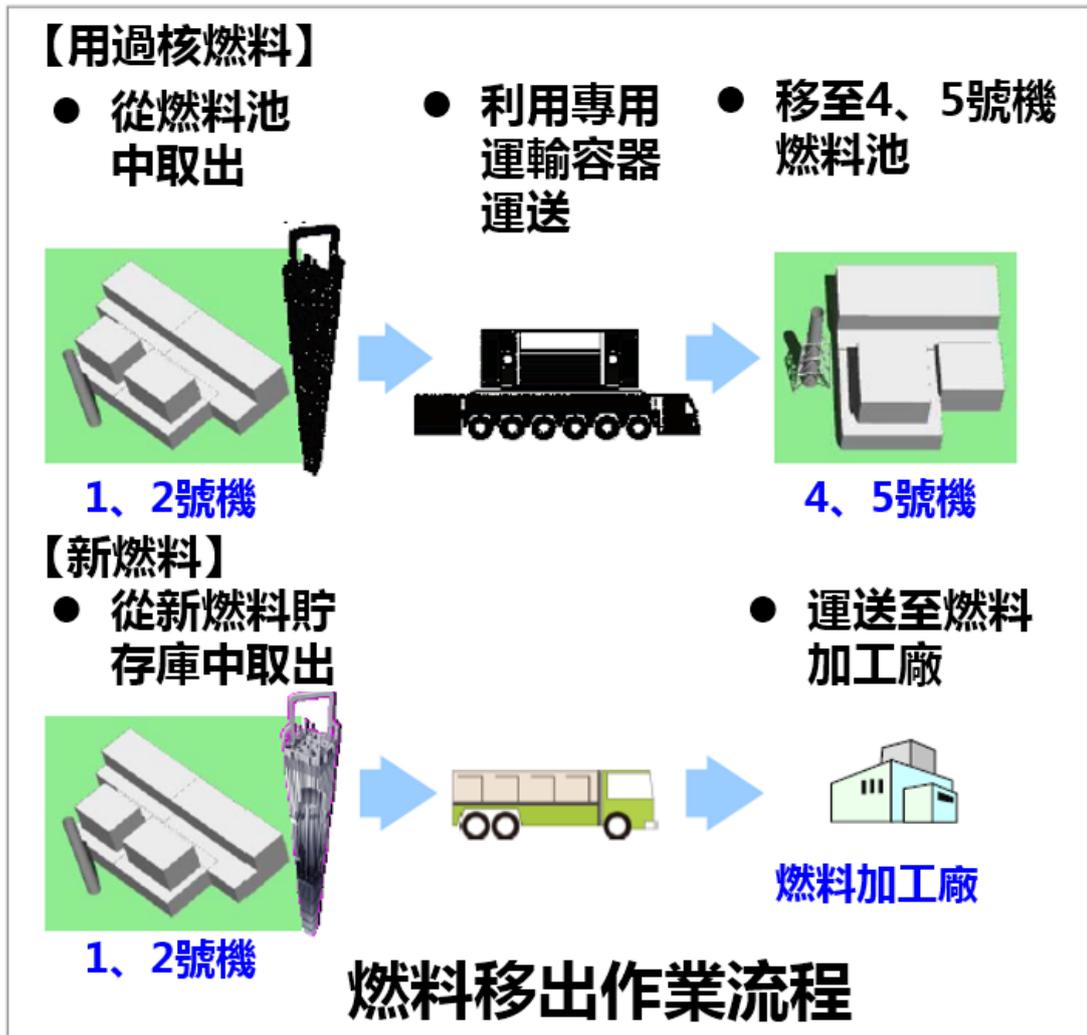


圖 4-7 燃料移出作業流程

調查污染狀況方面，為進行除役相關拆除作業，有必要瞭解目標設備及廠房的活度濃度及數量。濱岡核電廠係藉由以下調查結果，建構數據庫，以研擬拆除工法、廢棄物對策及曝露評估等。

數量：依據設計文件進行統計。

反應器周圍設備：藉由代表性位置取樣測量等，評估活

度特性。

反應器本體部分：

- 以壓力槽、反應器結構物、圍阻體混凝土結構物為對象進行取樣
- 進行活度濃度與母元素的元素組成分析
- 與計算值進行比較驗證，提升評估精準度

由於國際上使用實際設備材料進行驗證的案例稀少，故濱岡核電廠與美國電力研究所(EPRI)協同合作。

而系統除污的範圍，第一階段是進行圍阻體內再循環系統、反應器冷卻水淨化系統及餘熱移除系統的除污作業；第二階段則針對反應器壓力槽、爐內結構物及圍阻體外的反應器冷卻水淨化系統及餘熱移除系統進行除污。

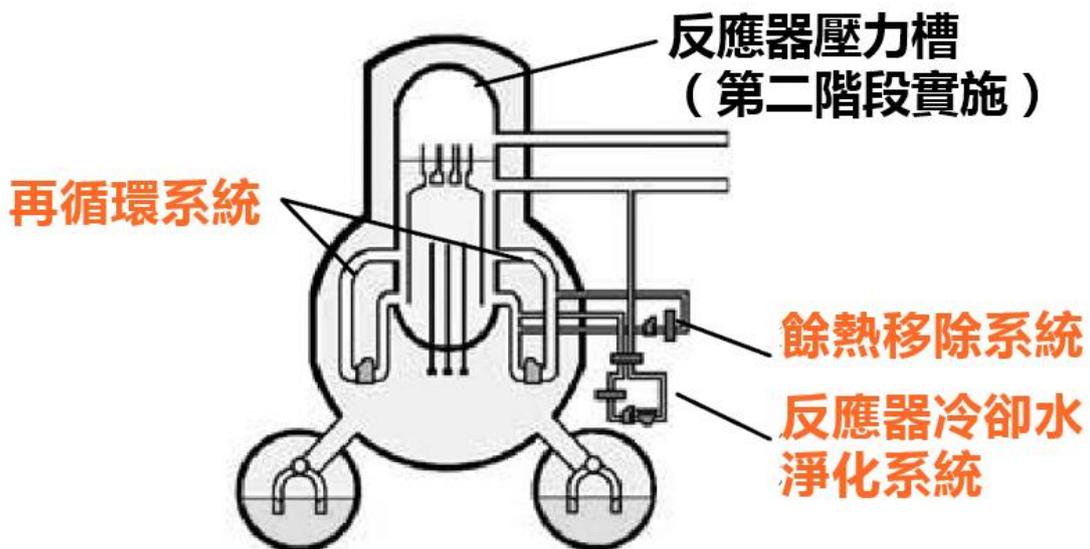


圖 4-8 系統除污範圍

(一)第一階段：設備及組件拆除作業

拆除管制區域外的無污染設備及組件（包括：反應器圍阻體氮氣供給設備、變壓器、循環水泵、重油槽等）。

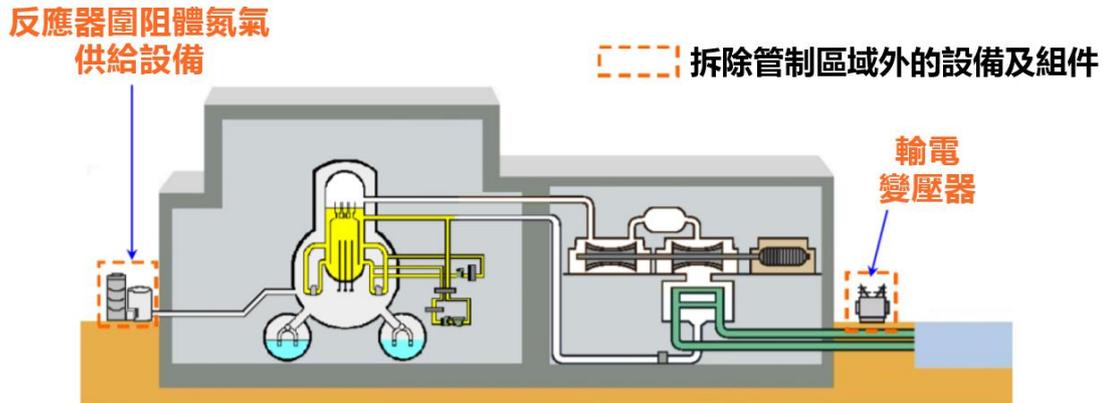


圖 4-9 第一階段拆除設備

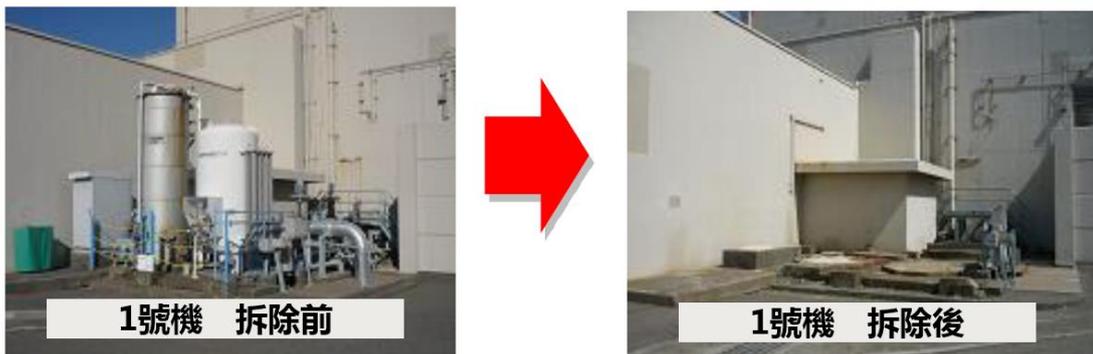


圖 4-10 反應器圍阻體氮氣供給設備的拆除實況

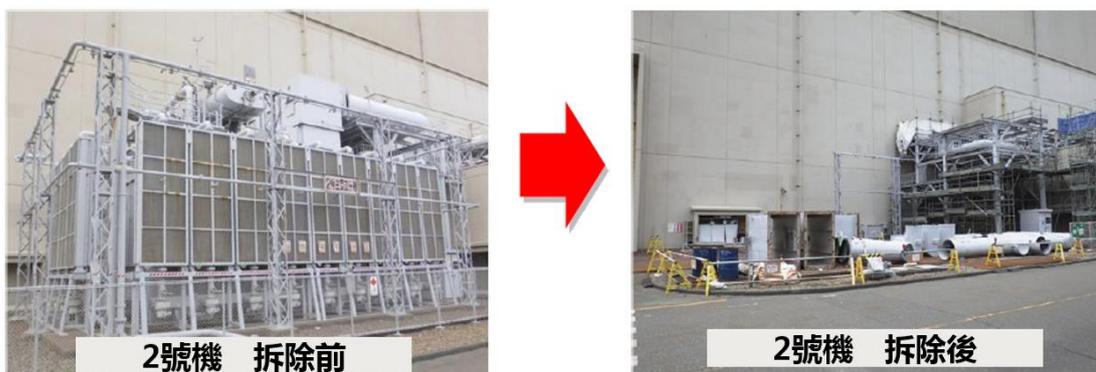


圖 4-11 變壓器的拆除實況



拆除前



拆除後

圖 4-12 循環水泵的拆除實況



拆除前

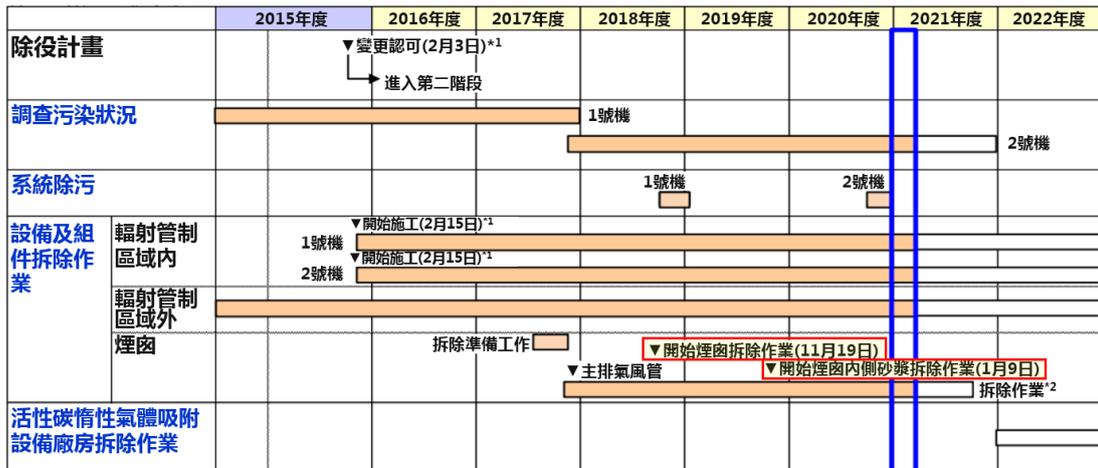


拆除後

圖 4-13 重油槽的拆除實況

(二) 第二階段：設備及組件拆除作業

第二階段「反應器區域周圍設備拆除階段」實際執行狀況，如下圖所示：



截至2021年6月底之工程進度

*1 2016年2月3日獲除役變更認可，開始輻射管制區域內反應器區域周圍設備拆除作業

*2 煙囪內部管路及煙囪筒身拆除作業

圖 4-14 第二階段「反應器區域周圍設備拆除階段」實際執行狀況

第二階段拆除反應器區域周圍設備（活度等級較低），

如下表所示：

表 4-1 第二階段拆除反應器區域周圍設備

管制區域外	<ul style="list-style-type: none"> 室外設備及組件
輻射管制區域內	<ul style="list-style-type: none"> 汽機本體、發電機 汽機廠房內設備（主冷凝器、飼水加熱器等） 反應器廠房內設備（硼酸注入系統設

	備、主蒸汽管路、緊急爐心冷卻系統等)
煙囪（1號及2號機共用）	<ul style="list-style-type: none"> 主排氣風管 煙囪（包含內部管路、支撐結構物）

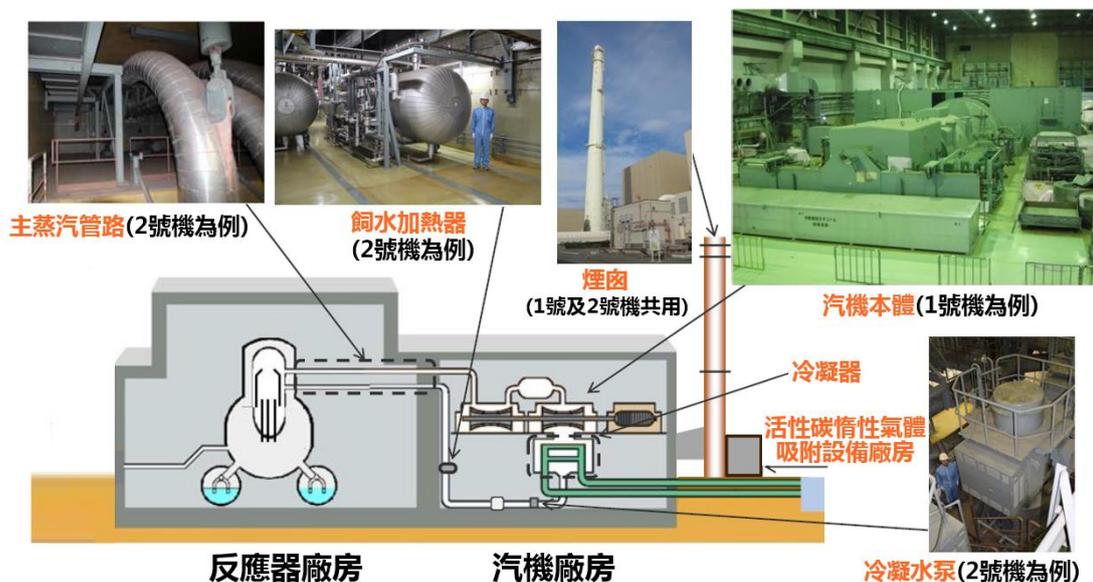


圖 4-15 第二階段拆除設備

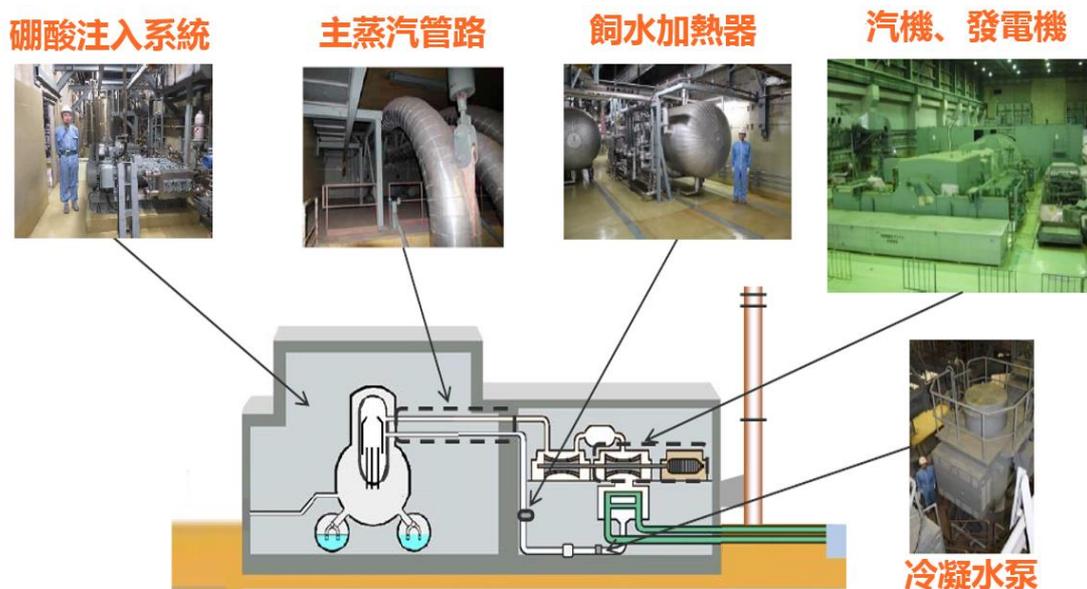


圖 4-16 第二階段：輻射管制區域內（室內）



拆除前

拆除後

圖 4-17 硼酸注入系統的拆除實況



1號機



2號機

圖 4-18 汽機廠房內發電機的拆除實況



拆除前

拆除後

圖 4-19 發電機輔助設備的拆除實況

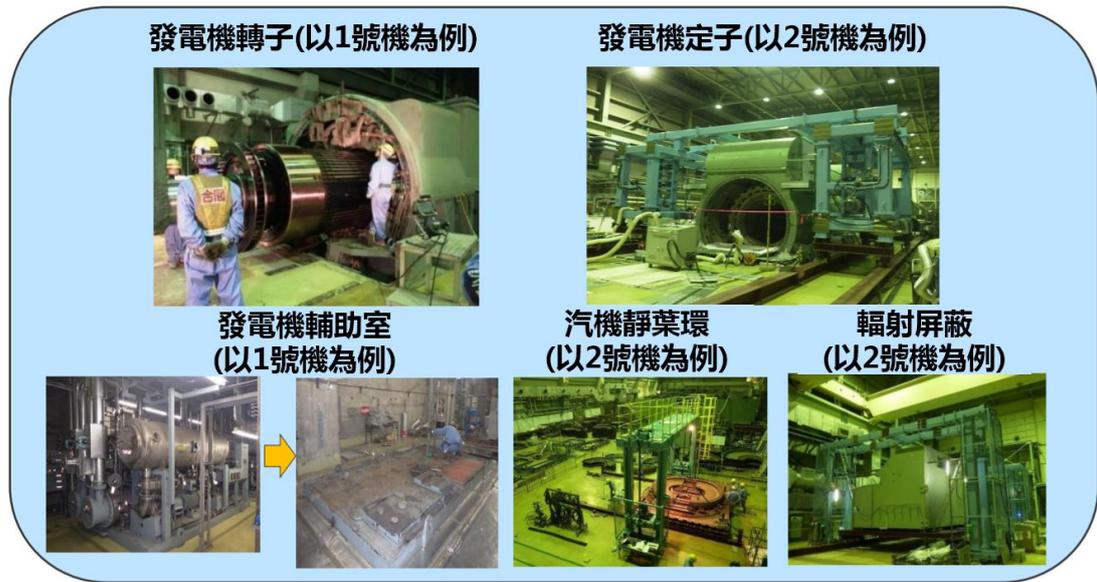


圖 4-20 第二階段：輻射管制區域內（室內）

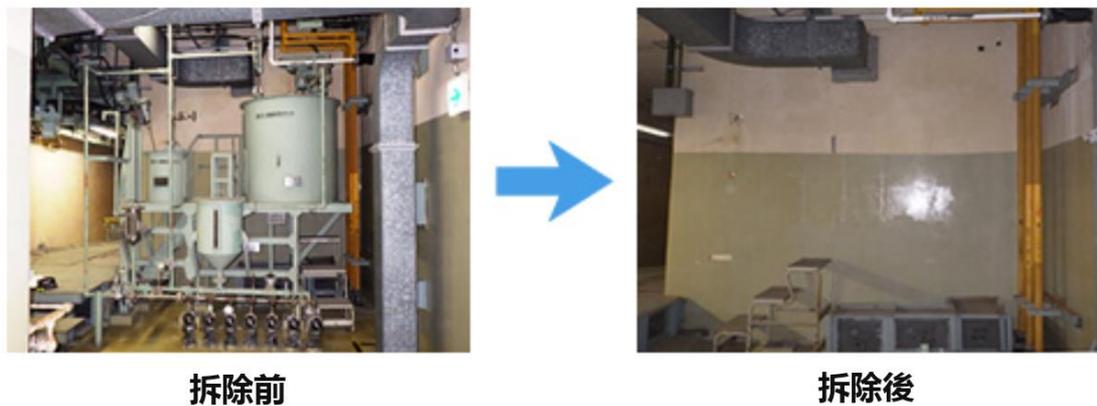


圖 4-21 水泥固化設備的拆除實況

第二階段排氣路徑變更工程概要：

- 為了解決煙囪（1 號及 2 號機共用）的渦振現象，將變更放射性氣體廢棄物的排放路徑，並拆除現有煙囪（1 號及 2 號機共用）
- 針對 1 號及 2 號機通往煙囪（1 號及 2 號機共用）的主排氣風管，分別於匯合處上游位置，將其切斷後各裝設

1 個排氣口

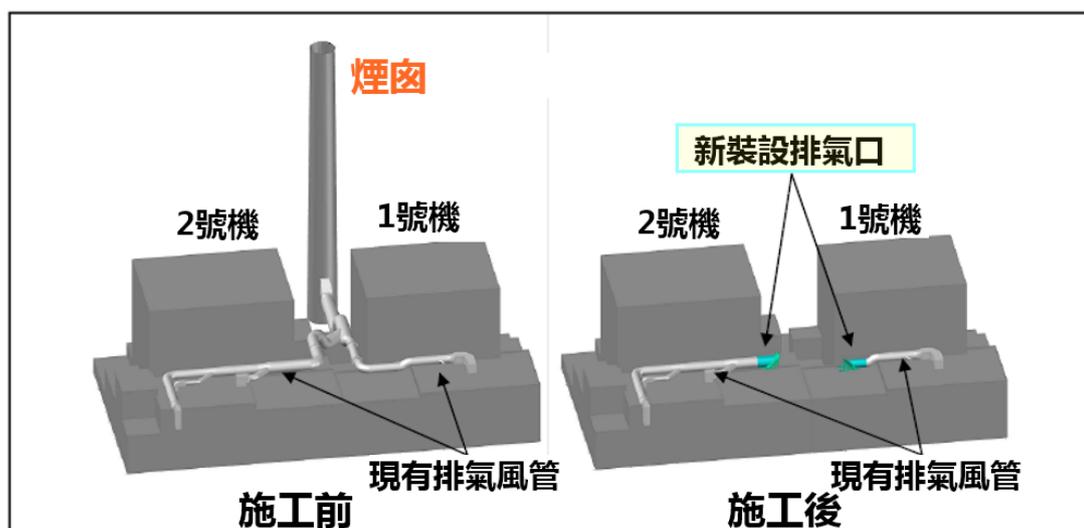
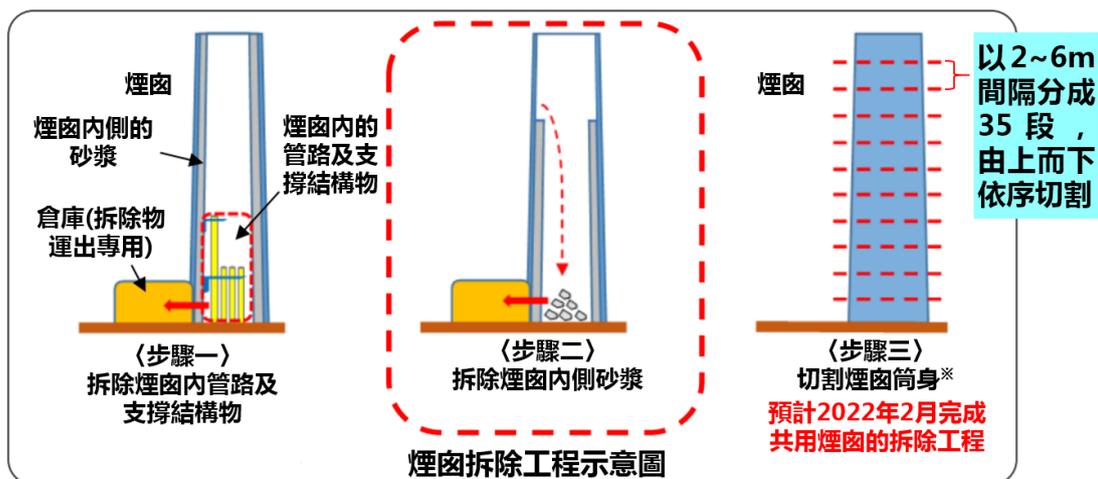


圖 4-22 第二階段：拆除煙囪（1 號及 2 號機共用）

煙囪(1 號及 2 號機共用)拆除時程概要：

- 2017 年 10 月 23 日 開始共用煙囪的拆除準備工作
- 2018 年 2 月 20 日 完成排氣路徑切換工程
- 2018 年 11 月 19 日 開始共用煙囪拆除作業
- 2020 年 1 月 9 日 開始煙囪內側砂漿拆除作業
- 2021 年 8 月 30 日 開始煙囪筒身切割作業

施工內容	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
拆除煙囪內部管路		██████████		
拆除煙囪內側砂漿			▼開始施工 ██████████	▭
切割筒身				▼開始施工 ▭



※ 管路及砂漿經過活度濃度測量，期望達到管制單位「放行外釋」的標準

※ 切割後的筒身(本體牆壁、鋼板)屬於非放射性廢棄物，可作為有價物品再利用或作為事業廢棄物運出電廠處置

圖 4-23 煙囪（1 號及 2 號機共用）拆除工程示意圖

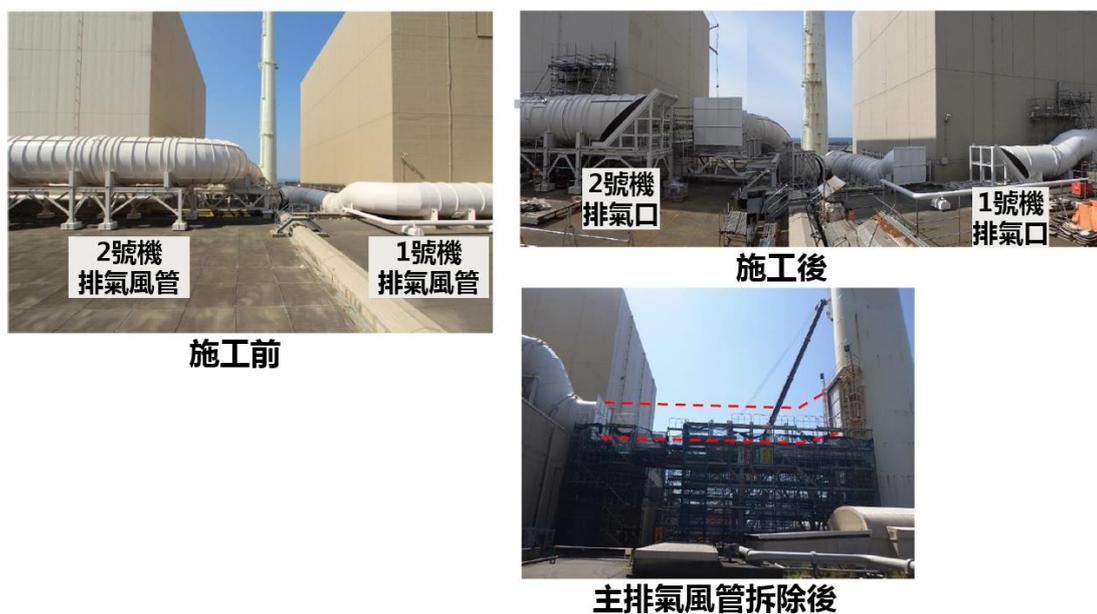


圖 4-24 煙囪（1 號及 2 號機共用）的拆除實況



※ 動工拆除後，煙囪高度剩 76m（攝於 2021 年 9 月）

圖 4-25 煙囪（1 號及 2 號機共用）拆除前後對比圖

(三)第三~四階段：設備及組件拆除作業

2023 年將進入除役第三階段，進行反應器區域拆除作業。

預定 2036 年完成除役。

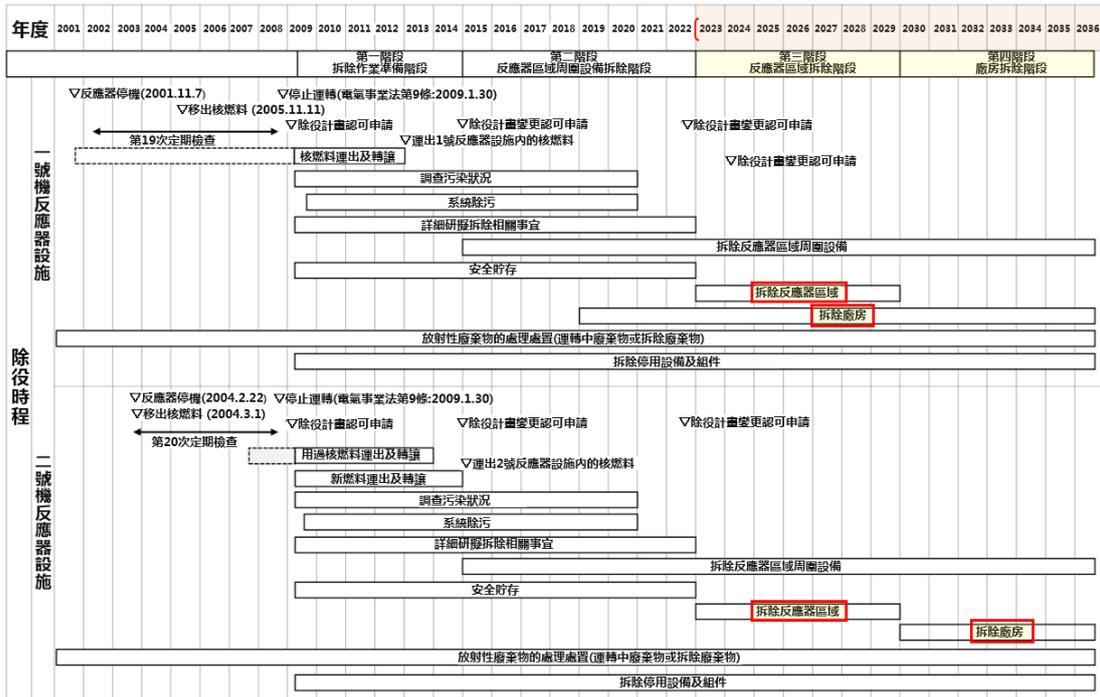


圖 4-26 第三~四階段：設備及組件拆除作業

三、 管制機關審查意見

(濱岡核電廠)

2018 年 12 月 25 日發電用反應器設施除役計畫審查會議 (管制機關與業主)	
管制機關意見	有關放射性廢棄物的活度濃度與掩埋分類之間關係的部分，請說明總活度量與樹脂使用量的計算依據。
電廠答覆	關於活度濃度方面，先在 1 號機反應器內進行取樣，調查此處附著的活度密度。再乘以實際要清洗及除污的物體表面積以算出活度量。樹

	<p>脂方面，根據要去除的金屬量以及樹脂的交換容量，計算出樹脂使用量。</p>
管制機關意見	<p>對於放射性廢棄物（廢樹脂），最終打算以什麼方式處置？</p>
電廠答覆	<p>除役計畫中的放射性固體廢棄物的處理處置，基本是依相關法令、相關告示及「反應器設施許可申請書」中所載之方法進行處理，預定採用水泥固化方式作為最終處置。</p>
管制機關意見	<p>變更內容提到將視情況所需使用機械除污，能否具體說明用於什麼情況？採用什麼方式？用在什麼地方？</p>
電廠答覆	<p>基本上是使用化學除污去除附著於物體表面的放射性物質，然而當有殘留物時，則考慮使用噴射清潔等機械除污的方法去除表面污染物。使用的地方為乾燥器及分離器，使用時會將攝影機放進爐內水中，以確認乾燥器及分離器表面的除污狀況。當發現有殘留的放射性物質時，再將其吊出水面沖洗，或直接在水中產生水流，將其沖走。</p>

<p>2019 年 7 月 23 日發電用反應器設施除役計畫審查會議</p> <p>(管制機關與業主)</p>	
管制機關意見	放行外釋待測區所貯存的物品及期間應有所規範，否則將成為「廢棄物貯存庫」，而需要另外取得「許認可」。
電廠答覆	除役計畫中已明訂待測區內不得混入其他非放行外釋的物品，已獲得認可的放行外釋申請書中也有明確規範，防止對象物以外的任何物品放置到待測區內。
<p>2020 年 10 月 27 日發電用反應器設施除役計畫審查會議</p> <p>(管制機關與業主)</p>	
管制機關意見	蓄電池原本包括在功能維護管理設施中，此次變更申請則將其刪除，應清楚說明刪除理由。 此外，區域偵檢器的管理台數從原來的 34 台變更為 10 台，應清楚說明變更理由。
電廠答覆	下回將針對此部分作補充說明。

此外，本報告亦蒐集與核一廠相同反應器型式(Mark-I)的女川核電廠 1 號機的審查資料，彙整其管制機關意見以作為補充參考資料。女川核電廠 1 號機於 2020 年 3 月 18 日獲

得除役計畫認可，預定 2053 年完成除役，整體工程約耗費 34 年。

管制機關審查意見（女川核電廠）補充如下：

<p>2019 年 9 月 19 日發電用反應器設施除役計畫審查會議</p> <p>（管制機關與業主）</p>	
管制機關意見	<p>原子力規制委員會建議使用乾式貯存方式將用過核燃料貯存於運輸及貯存兼用的護箱內，為何電廠選擇移至 3 機組的用過燃料池？為何完成燃料移出作業需花費 8 年之多？</p>
電廠答覆	<p>有關用過核燃料的處理，下回再作詳細說明。</p>
<p>2019 年 11 月 14 日發電用反應器設施除役計畫審查會議</p> <p>（管制機關與業主）</p>	
管制機關意見	<p>請具體說明第一階段污染狀況調查的結束條件及安全確保對策？</p>
電廠答覆	<p>有關污染狀況調查，主要是瞭解放射性物質產生量及其分布狀況。第一階段掌握反應器周圍活化範圍並評估二次污染分布狀況後，若該數據資料可用於實際拆除作業上，則污染狀況調查工作就算結束。取樣時會採取防止污染擴散</p>

	對策，例如設置隔離帳篷以避免污染擴散。
管制機關意見	1 號機放射性廢棄物處理廠房包括在拆除範圍內，但其中設置的洗滌洩水處理系統，因與 2 號機共用，故不列在此次拆除範圍。像這樣的共用設備具體有哪些？又是與哪些機組共用？設置在哪個廠房？請清楚說明其中的關係。
電廠答覆	此次拆除對象包括放射性廢棄物處理廠房，但未來拆除該廠房時，會先停止設備共用後再行拆除。
<p>2020 年 1 月 14 日發電用反應器設施除役計畫審查會議</p> <p>(管制機關與業主)</p>	
管制機關意見	有關用過燃料池發生大規模漏水時的安全評估，其計算採用無限燃料元件的假設，與實際有限燃料元件的情況相比，將低估水的含量，在次臨界的評估方面，將導致計算結果不夠保守。
電廠答覆	若採用有限燃料元件的假設，將有更多的中子由周圍的水中洩漏出去。因此，無限燃料元件的假設較為保守。

<p>2020 年 2 月 13 日發電用反應器設施除役計畫審查會議</p> <p>(管制機關與業主)</p>	
管制機關意見	<p>次臨界評估採用的 SCALE 程式是被廣泛使用而且經過驗證的工具。此次提供超過 100 個以上的案例，證明各種水密度的情況下，也能確保次臨界。上次的疑問已經獲得解決。</p>
電廠答覆	<p>無。</p>

四、 業主自主管制

有關濱岡核電廠自主管制部分詳載於「安全確保對策」，相關內容請參照「第參章、二、(四)安全確保對策」。

伍、 參考文獻

[1] 日本中部電力公司濱岡核電廠 2009 年認可、2021 年修訂 「濱岡核電廠 1 號反應器及 2 號反應器除役計畫認可申請書」

[2] 日本原子力規制委員會官方網站

<https://www.nsr.go.jp/index.html>

[3] 日本中部電力公司官方網站

<https://www.chuden.co.jp/energy/nuclear/hamaoka/>