

核一廠除役計畫說明

台灣電力公司

民國104年12月18日



台灣電力公司

誠信、關懷、創新、服務

簡報大綱

- 一. 法規規定
- 二. 核一廠除役計畫之規劃基準
- 三. 核一廠除役計畫內容綜合說明
- 四. 核一廠除役計畫之品質要求
- 五. 核一廠除役計畫之限制

一. 除役相關法規規定



一. 除役相關法規規定

• 核子反應器設施管制法 及其 施行細則

- ⇒ 經營者應於核子反應器設施預定永久停止運轉之3年前向主管機關提出除役申請。(§23)
- ⇒ 核子反應器設施之除役，應採取拆除之方式進行。而拆除係以放射性污染之設備、結構及物質為範圍。(§21)
- ⇒ 於取得主管機關審核發除役許可後，25年內完成除役作業。(施行細則§21)
- ⇒ 拆除後之廠址輻射劑量，應符合主管機關所定之限制性/非限制性使用標準。

本公司依據我國相關法規規定，進行核一廠除役作業規劃

二. 核一廠除役計畫之規劃基準



二. 核一廠除役作業規劃

- 第一核能發電廠(簡稱核一廠)簡介

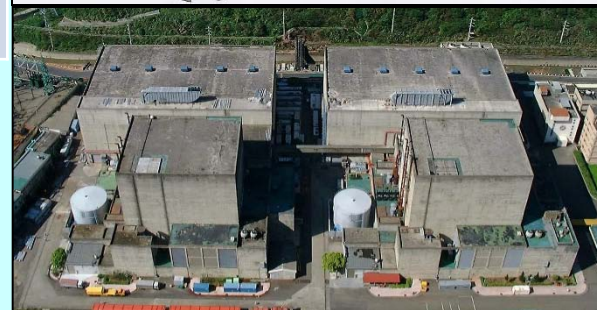
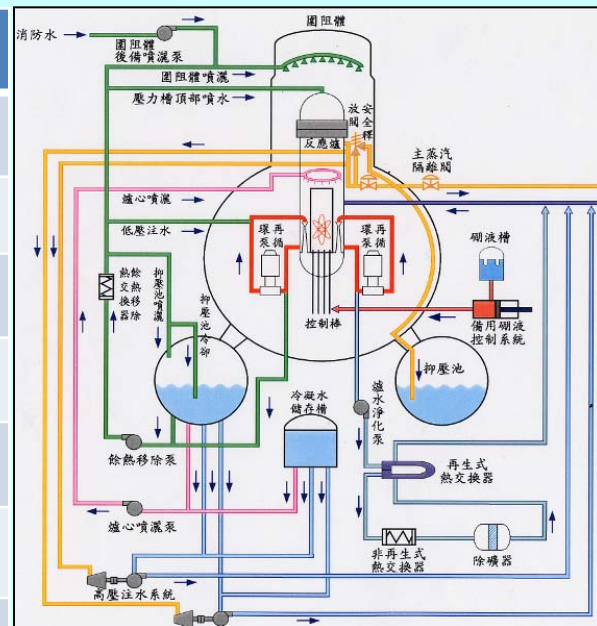


二. 核一廠除役作業規劃

• 第一核能發電廠(簡稱核一廠)簡介

	基本資料	
反應器型式	BWR-4	
圍阻體型式	Mark-I	
額定熱功率	1775 MWt	
額定發電量	636 MWe	
反應器機組	一號機	二號機
正式商轉日	1978.12.06	1979.07.16
執照屆期日	2018.12.05	2019.07.15

- 依規定，核一廠需於104年12月5日前提出除役許可申請。
- 本公司已於104年11月25日提出申請。



二.核一廠除役作業規劃

• 除役策略

- 除役方式：採取「**拆除**」方式，以放射性污染之設備、結構及物質為範圍
- 除役期限：於**25年內**完成拆除作業
- 除役目標：以**非限制性使用(0.25mSv/yr)**之標準為輻射劑量管制之目標
- 除役作業規劃以**人員安全**為第一優先原則
- 高低階放射性廢棄物規劃分別暫貯於廠內**乾式貯存設施**及**低放射性廢棄物貯存庫**，待最終處置場完成，再進行處置作業
- 低於一定活度或比活度以下之放射性廢棄物採取**外釋方式**處理

二.核一廠除役作業規劃

• 除役策略

- 停機後將進行系統除污之系統，主要包括**反應器冷卻水再循環系統**、**餘熱移除系統**及**爐水淨化系統**。其中，反應器冷卻水再循環系統之除污，不包含反應器壓力槽(RPV)，主要是為避免除污劑腐蝕RPV表面之活化物質，以致二次廢棄物之活度及數量遽增。惟若除役現場輻射劑量率過高，導致拆除作業無法執行時，仍將考量進行RPV之除污作業。
- 所有用過核子燃料需先全部自用過核子燃料池移往乾式貯存設施後，才開始執行反應器廠房的主要拆除工作。
- 採用切割方式來拆除反應器壓力槽。



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 除役相關法規要求(除役計畫之內容要求)

第 1章 綜合概述

第 2章 設施及廠址環境說明

第 3章 設施運轉歷史及曾發生之重大事件與其影響

第 4章 廠址與設施輻射特性調查及評估結果

第 5章 除役期間仍須運轉之重要系統、設備、組件及其運轉方式

第 6章 除役時程、使用之設備、方法及安全作業程序

第 7章 除役期間預期之意外事件安全分析

第 8章 除污方式及除役期間放射性廢氣、廢液處理

第 9章 除役放射性廢棄物之類別、特性、數量、減量措施及其處理、運送、貯存與最終處置規劃

第10章 輻射劑量評估及輻射防護措施

第11章 環境輻射監測

第12章 組織與人員訓練

第13章 核子保防物料及其相關設備之管理

第14章 保安措施

第15章 品質保證方案

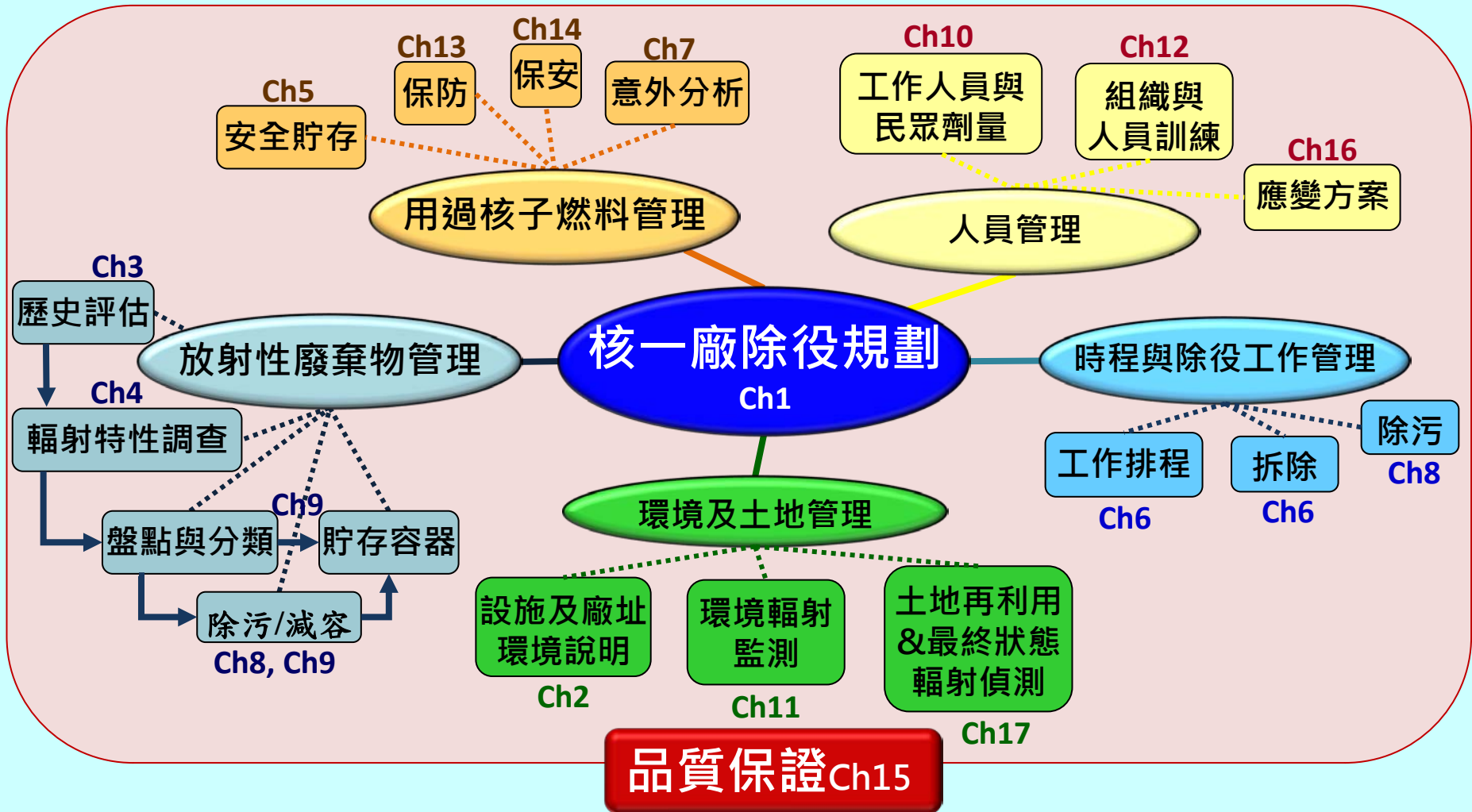
第16章 意外事件應變方案

第17章 廠房及土地再利用規劃

- 依據「**除役計畫導則**」規定章節編定
- 參照「**除役計畫審查導則**」撰寫報告內容

三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 核一廠除役作業規劃與DP各章關連



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 核一廠除役規劃-Ch1綜合概述

1. 核一廠未來完成除役後，除保留區(含放射性廢棄物貯存設施)外，其餘土地將朝電力事業用途來做規劃，如興建各類電力設施等。
2. 除役後之廠址輻射劑量將符合非限制性使用標準，即對一般人造成之年有效劑量不得超過0.25 mSv之限值。
3. 核一廠除役主要分成四個階段，共計25年

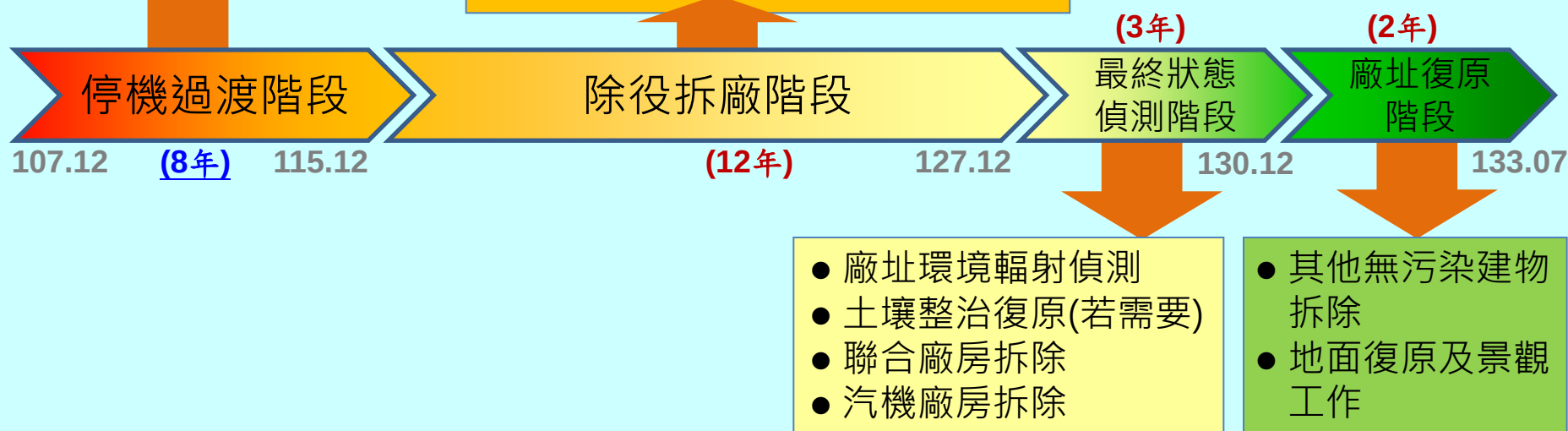


三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 核一廠除役規劃 - Ch1綜合概述

- 除役廠商招標作業
- 除役停機作業
- 停機後現場調查作業
- 系統除污及洩水
- 除役工程規劃
- 除役所需新建設施興建

- 將用過核子燃料移置乾貯設施
- 汽機廠房大型組件拆除
- 反應器及其內部組件拆除
- 反應器冷卻系統管路拆除
- 用過核子燃料池拆除
- 主圍阻體拆除
- 其他輻射污染系統及設備的拆除
- 建物的除污



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

用過核子燃料安全貯存管理

第五章 除役期間仍須運轉之重要系統、設備、組件及其運轉方式

第七章 除役期間預期之意外事件安全分析

第十三章 核子物料保防

第十四章 保防措施



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 用過核子燃料安全貯存管理—Ch5

➤ 用過核子燃料池冷卻系統能夠維持安全運轉--Ch5

- 須維持燃料池冷卻淨化、補水及電力系統功能，並在發生假設事故時，能維持燃料池水位。

⇒用過核子燃料池冷卻及相關過濾系統，在用過核子燃料完全移出用過核子燃料池前，皆繼續維持運轉。

燃料池冷卻系統包括：

- ✓ 用過核子燃料池冷卻淨化系統(Spent Fuel Pool Cooling and Cleanup System, SFPCCS)
- ✓ 新增用過核子燃料池冷卻系統(Spent Fuel Pool Additional Cooling System, SFPACS)

三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 用過核子燃料安全貯存管理—Ch5

- 判定各系統於除役各階段，需維持運轉或停止運轉之原則
 - 參考美國電力研究院EPRI 1013510建議，透過考慮所要求設備之狀態(Required Equipment Status, RES)，逐一評估各系統在除役各階段所擔任的角色，藉以判定屬於需維持運轉或停止運轉。經判定毋須維持可用狀態，則透過修改FSAR/TS解除功能，並於適當時機停止運轉，以利安排系統組件之除污及拆除；經判定屬於需維持運轉，除役期間依更新核准之FSAR/TS接受管制。
 - 需維持運轉系統，如具備可確保防止用過核子燃料池發生設計基準事故之能力；或一旦發生事故，能夠防止事故後會導致廠外曝露劑量超過法規標準者，屬安全相關(Safety Related, SR)；其他具有維持適居性、廠房空調過濾、消防、通訊、儀用空氣及電力用電等功能性系統，以及特定功能系統，則屬於非安全相關(Non-Safety Related, NSR)。



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 用過核子燃料安全貯存管理 –Ch7

本公司參考下述國際除役相關法規、國外核設施除役計畫，以及核一廠FSAR與其BWR反應器型式特性等資料；按可能的事件情節進行檢視與選定核一廠除役期間意外事件安全評估之項目。

- IAEA Safety Guide-WS-G-5.21
- IAEA Safety Standards GSR-Part 6、
- IAEA Safety Standards WS-G-5.2
- 德國原子能法
- NUREG-0586
- YANKEE ROWE核電廠除役計畫意外事件分析
- Millstone核電廠一號機DSAR
- EPRI

事件	除役階段	停機過渡	除役拆廠	廠址最終狀態偵測*	廠址復原
與用過核子燃料貯存相關之意外事件					
重物墜落撞擊用過核子燃料池		✓	✓		
臨界		✓	✓		
用過核子燃料池喪失冷卻能力		✓	✓		
用過核子燃料池冷卻水流失		✓	✓		
地震、颱風、洪水、海嘯等自然災害		✓	✓		
除役作業活動潛在之輻射意外事件					
除污意外		✓	✓	✓	
拆除意外			✓	✓	
吊卸意外		✓	✓	✓	
放射性廢棄物包裝意外		✓	✓		
放射性廢棄物暫存之意外		✓	✓		
放射性廢棄物之貯存容器廠內運送意外		✓	✓		
廢氣處理系統之排氣管路破裂意外		✓	✓		
廢液處理系統之桶槽破裂意外		✓	✓		
火災及爆炸事件					
火災		✓	✓	✓	
爆炸		✓	✓	✓	
地震、洪水土石流及雷擊事件					
地震		✓	✓	✓	
洪水		✓	✓	✓	
土石流		✓	✓	✓	
雷擊		✓	✓	✓	
功能喪失事件					
輔助系統功能喪失事件		✓	✓	✓	
外部電力喪失事件			✓	✓	
行政管制與意外事件之預防					
人員疏失		✓	✓	✓	
惡劣氣候		✓	✓	✓	
海嘯		✓	✓	✓	
飛機撞擊		✓	✓	✓	

三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

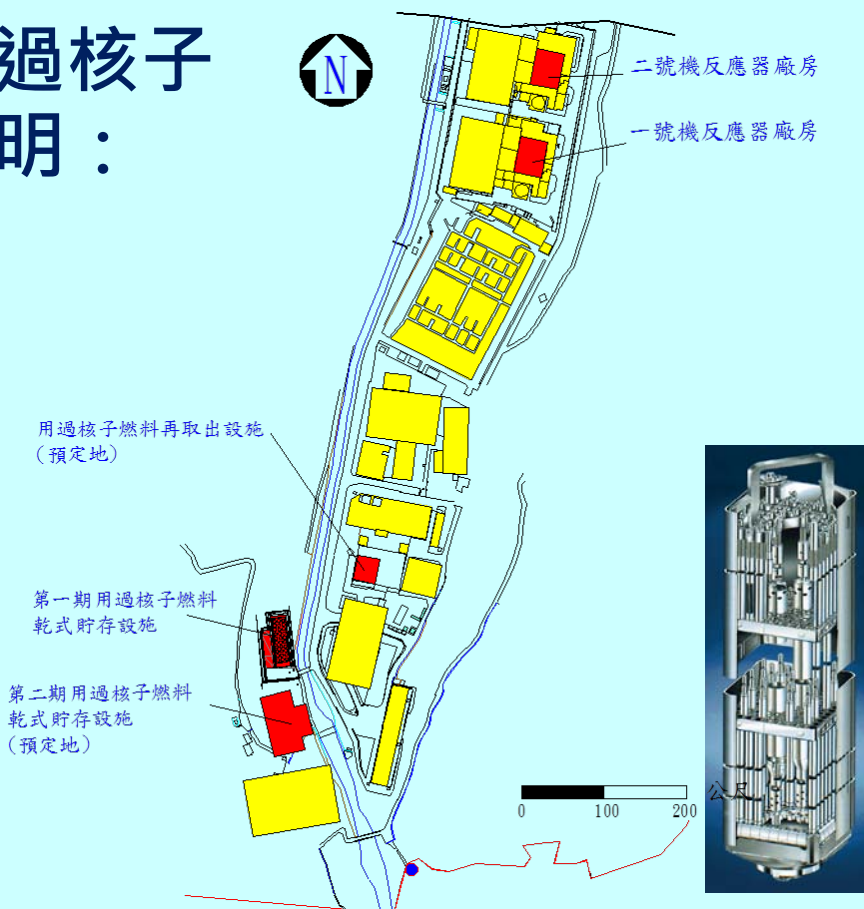
- 用過核子燃料安全貯存管理—Ch7
 - 核一廠除役各階段可能發生意外事件評估
 - 與用過核子燃料貯存相關之意外事件
 - 除役作業活動潛在之輻射意外事件
 - 火災及爆炸事件
 - 地震、洪水、土石流及雷擊事件
 - 功能喪失事件
 - 行政控管與意外事件之預防

三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 用過核子燃料安全貯存管理 –Ch13

針對除役期間各階段用過核子燃料之相關管理措施說明：

- 核子保防物料
- 核子保防設施
- 核子保防器材



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

- **用過核子燃料安全貯存管理**—Ch14
 - 配合除役各階段用過核子燃料貯存之各設施所進行各種保安管制措施
 - 門禁管制
 - 人員管制
 - 物品管制



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

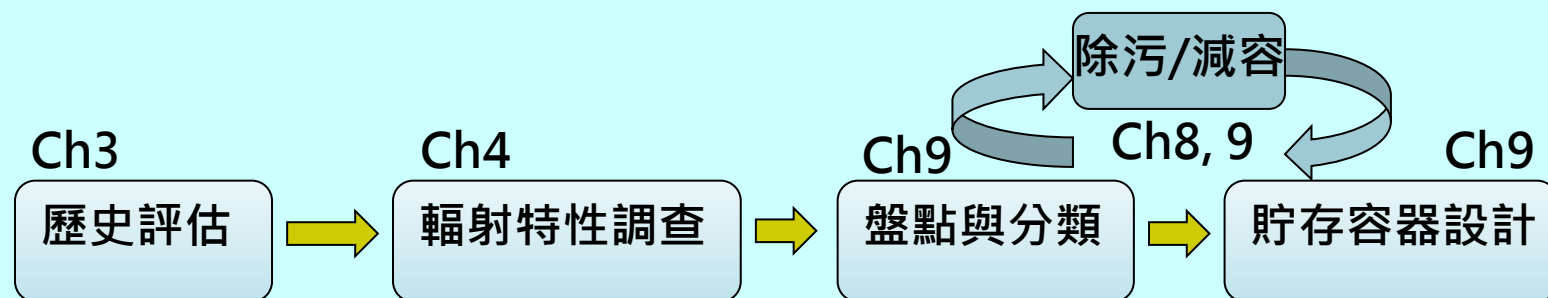
放射性廢棄物管理

第三章 設施運轉歷史及曾發生之重大事件與其影響

第四章 廠址與設施之輻射特性調查及評估結果

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

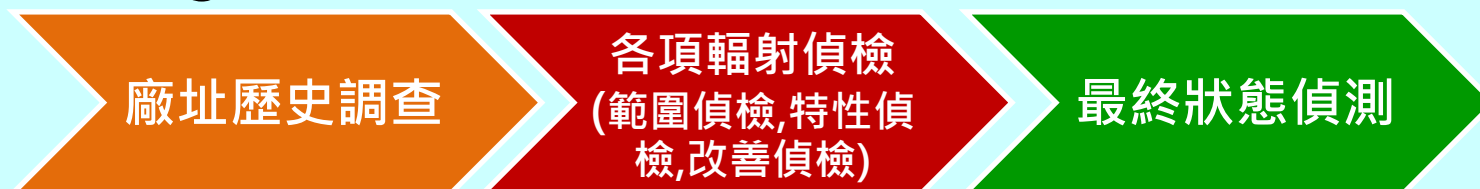
第八章 除污方式及除役期間放射性廢氣、廢液處理



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 放射性廢棄物管理 -Ch3、Ch4廠址特性調查

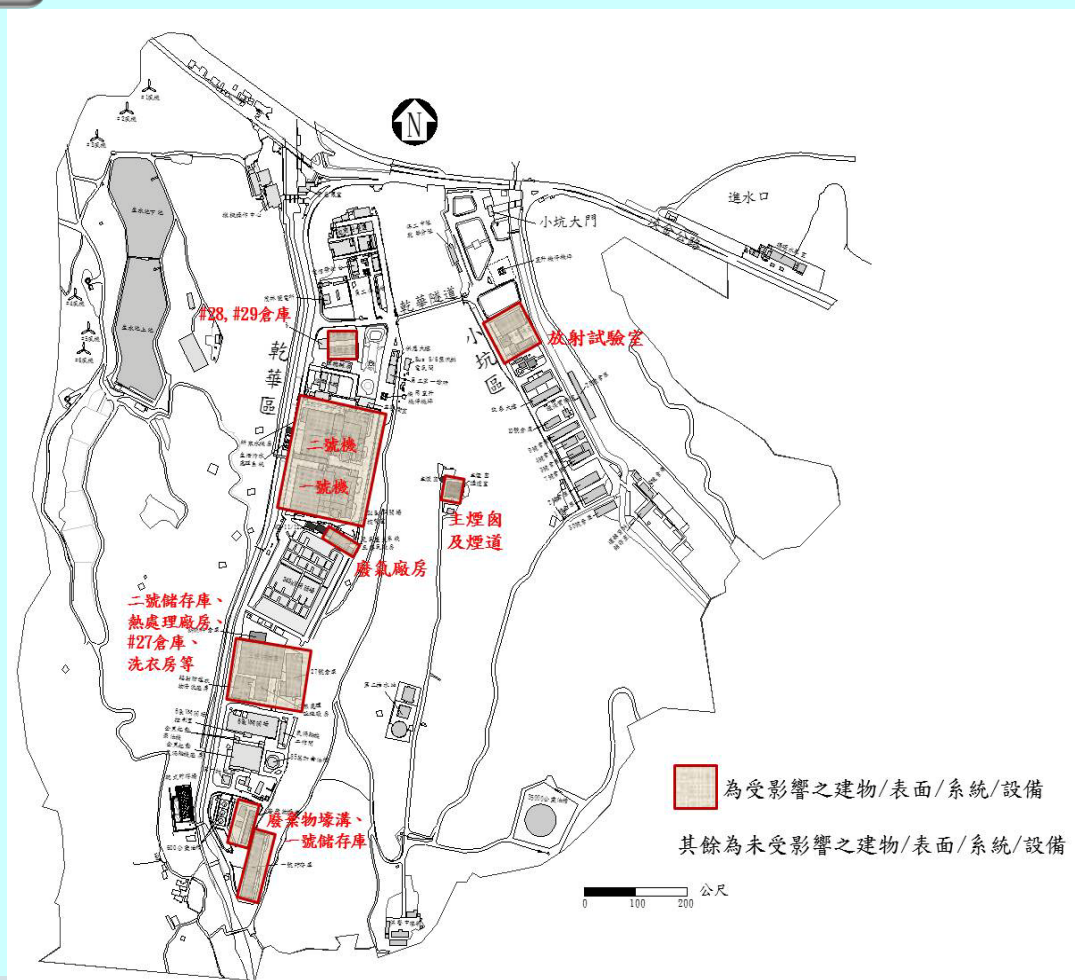
- 依據NUREG-1575 美國多部會輻射偵檢與場址調查手冊(Multi-Agency radiation Survey and Site Investigation Manual, MARSSIM) 之方式辦理。



- 目前已完成歷史調查及現場輻射偵檢作業，將電廠進行初步輻射區域分級，再配合廠房3D模型，據以估算除役廢棄物。
- 由於核一廠目前仍處於營運階段，現階段僅進行歷史調查及輻射偵檢作業，詳細廠址輻射偵檢作業將俟核一廠停止運轉後進行；待核一廠除役作業完成後再配合廠址再利用規劃進行最終狀態偵測。

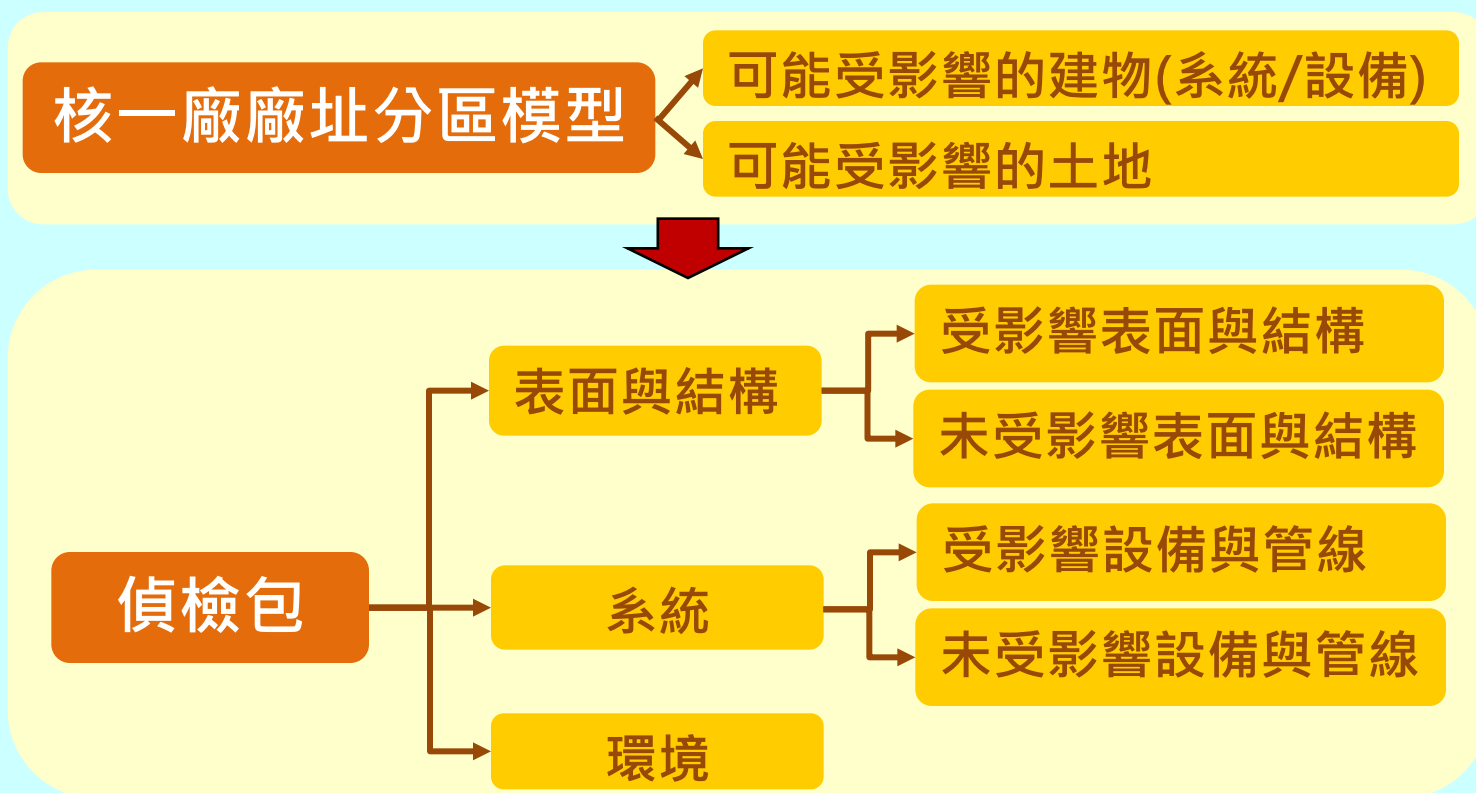
三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

本公司依據歷史評估成果，將核一廠區分為



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 放射性廢棄物管理 - Ch4廠址特性調查



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 放射性廢棄物管理 - Ch4廠址特性調查

調查方法	具體調查作業內容
1. 劑量率	● 量測設備表面的接觸劑量率及 30 cm 處的劑量率； ● 量測地面 1 m 處劑量率； ● 為符合ALARA，對於某些高劑量率區域（例如乾井），部份點位採用電廠既有的量測數據。
2. 表面污染值	● 對設備/地面/牆面表面進行拭跡取樣，並將樣品送回實驗室計讀。
3. 管線內液體樣與環境試樣	● 以虹吸管取得管線內液體樣品，並將樣品送回實驗室進行核種分析。 ● 環境水樣與土樣



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

- **放射性廢棄物管理** – Ch9放射性廢棄物之類別、特性、數量

– 除役廢棄物盤點及估算流程

資料蒐集(input)

- 設備&管線&閥件清單、FSAR
- 各式圖面(廠房平面配置圖、P&ID等)

資料庫建立

- 23個廢棄物盤點表
- 盤點表以外之分類(二次廢棄物等)
- 3D 工程圖
- 特性調查結果

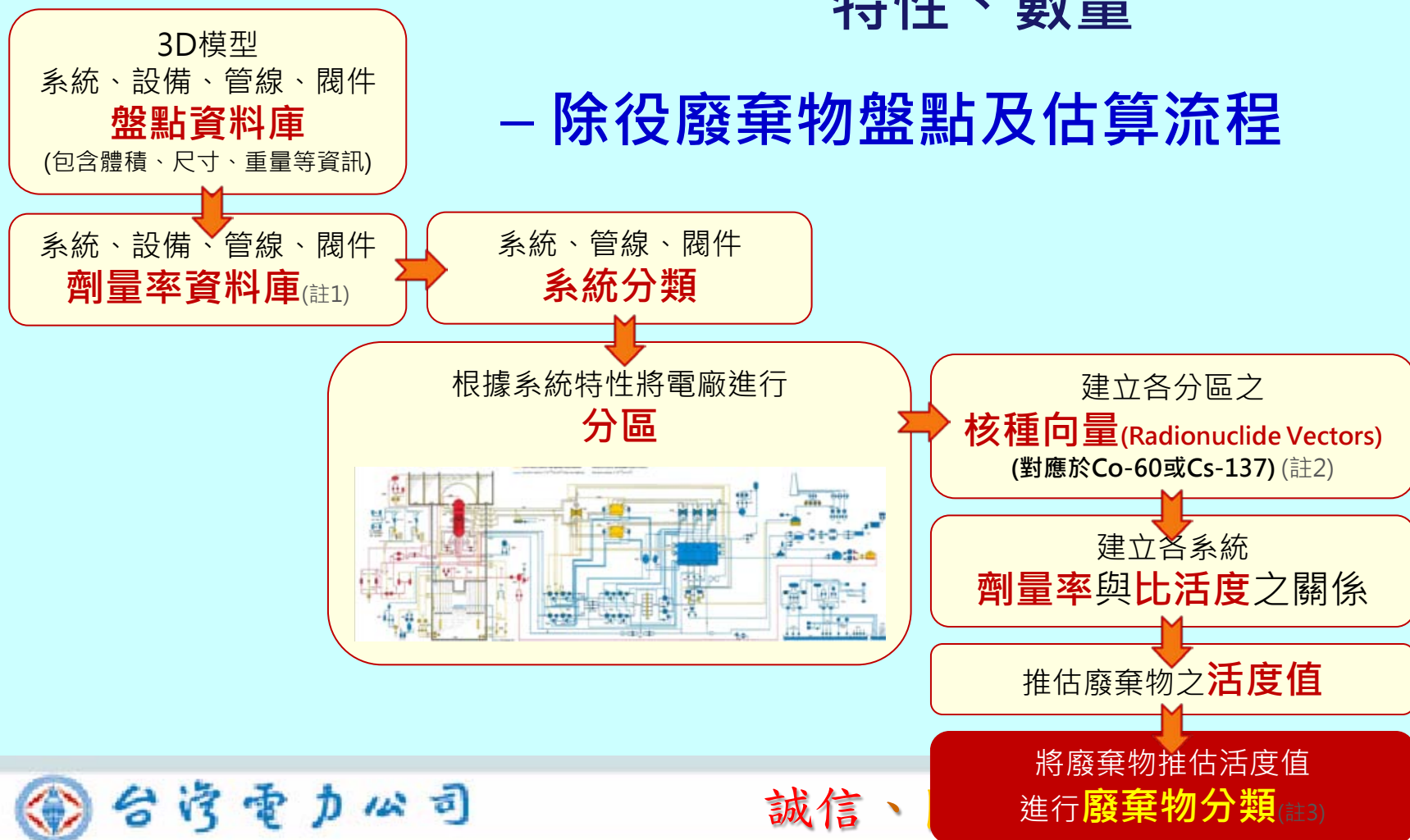
放射性廢棄物估算結果(output)

- 數量/活度
- 盤點統計輸出

三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 放射性廢棄物管理 – Ch9放射性廢棄物之類別、特性、數量

– 除役廢棄物盤點及估算流程



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 放射性廢棄物管理 – Ch8除污規劃

除污範圍規劃：包括可能受到污染的環境(土壤、地表水與地下水)、結構、系統、組件、可再除污的廢棄物等

– 污染系統之除污規劃

- 規劃將採化學除污方式，DF值的要求至少須大於10
- 需進行化學除污之系統：
 - 反應器冷卻水再循環系統
(不包含反應器壓力槽-為避免腐蝕活化物質及二次廢棄物活度遽增，惟若除役現場輻射劑量率過高，仍將考量進行反應器壓力槽之除污作業。)
 - 餘熱移除系統
 - 爐水淨化系統
- 本公司仍將於停機過渡階段執行停機後現場輻射偵測，以進一步確認應進行除污系統之範圍。

三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 放射性廢棄物管理 – Ch8除污規劃

除污範圍規劃：包括可能受到污染的環境(土壤、地表水與地下水)、結構、系統、組件、可再除污的廢棄物等

– 除污作業規劃

選擇除污效果較好或除污因子較高之除污技術

- 安全性(輻射防護與作業安全)-效果-成本
- 廢棄物最少量(Volumn Reduction及降低二次廢棄物)
- 工業化可行性(採用國際普遍採用且發展成熟的技術)

三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

人員管理

第 十 章 輻射劑量評估及輻射防護措施

第十二章 組織與人員訓練

第十六章 意外事件應變方案



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 人員管理—Ch10輻射劑量評估

本章依據各階段進行之各項作業對於廠內、外工作人員及民眾進行劑量評估及輻射防護措施規劃

- 民眾劑量評估
- 作業人員劑量評估
- 輻射防護措施



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 人員管理—Ch12組織

- 有關核一廠之除役組織規劃，考量核一廠1、2號機停機時程僅相差半年，基於電廠運轉安全性考量，於2號機停機後方進行組織調整。
- 核一廠除役期間之組織將除役工作階段性工作內容轉變而進行組織調整。
- 考量除役期間之人員健康、輻射安全與工業安全管理，在除役各階段之組織中，均分別單獨設置有專責部門執行或監督相關業務。



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

- **人員管理**—Ch16意外事件應變方案

本章主要說明核一廠於除役期間之意外事件應變組織與權責分工、應變場所與設備，及擬定所應採取之應變處理措施與程序，以瞭解當有支援需求時，可動員的單位或組織，萬一核一廠除役期間發生意外事件時，能有組織、有系統地迅速處置，使意外事件對人員、設備之損失與對環境之影響降至最低。



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

時程及拆除管理

第六章 除役時程、使用之設備、方法及安全作業程序



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 時程及拆除管理 -第六章 除役時程

- 除役期程：以一號機運轉執照到期隔日起算，至二號機運轉執照到期隔日後25年—約共25.5年
- 用過核子燃料開始自燃料池移出起，開始進行汽機廠房汽輪機組拆除。
◦ (# 1及 # 2分開進行)-第9 ~ 11年
- 用過核子燃料完全移至乾式貯存場後，開始進行反應器內部組件拆除。
◦ (# 1及 # 2分開進行，規劃每部機組及其內部組件的拆解時間為3年，
一號機及二號機拆解時間重疊，故聯合結構廠房設備拆解第一期時間規劃為4年)-第13 ~ 16年
- 反應器內部組件拆除完成後，配置新的用水及用電管線〔cold & dark〕。
- 拆除聯合結構廠房各樓層設備 (# 1及 # 2同時進行，1F⇒B2 ⇒ B1 ⇒ 2F ⇒ 3F ⇒ 4F ⇒ 5F)與活化污染混凝土-第17 ~ 19.5年。
- 聯合廠房設備完成拆除後，拆汽機廠房設備(B1、1F)-第19.5 ~ 20年。



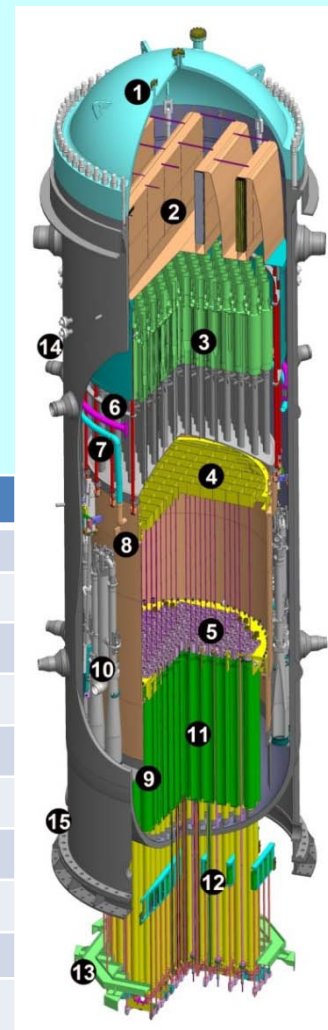
三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

• 時程及拆除管理 - 第六章 除役時程

– 針對下列物件進行拆除作業之規劃

- 中子活化之結構、系統、組件
- 放射性污染之機械系統、設備及組件
- 放射性污染之廠房結構

反應器壓力槽及其內部組件切割規劃(範例)	
名稱	切割工法
1.壓力槽頂蓋	機械式或熱切割(空氣中)
2.蒸汽乾燥器	機械式或熱切割(水中)
3.汽水分離器與側板頂蓋	機械式或熱切割(水中)
4.頂部導板	機械式或熱切割(水中)
5.爐心底板	機械式或熱切割(水中)
6,7飼水噴嘴及爐心噴灑噴嘴	機械式或熱切割(水中)
8.爐心側板	機械式、熱切割或磨料水刀(水中)
10.噴射泵組件	機械式或熱切割(水中)
14.反應器壓力槽	機械式、熱切割或磨料水刀(水中及空氣中)



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

環境及土地管理

第二章 設施及廠址環境說明

第十一章 環境輻射監測

第十七章 廠房及土地再利用規劃



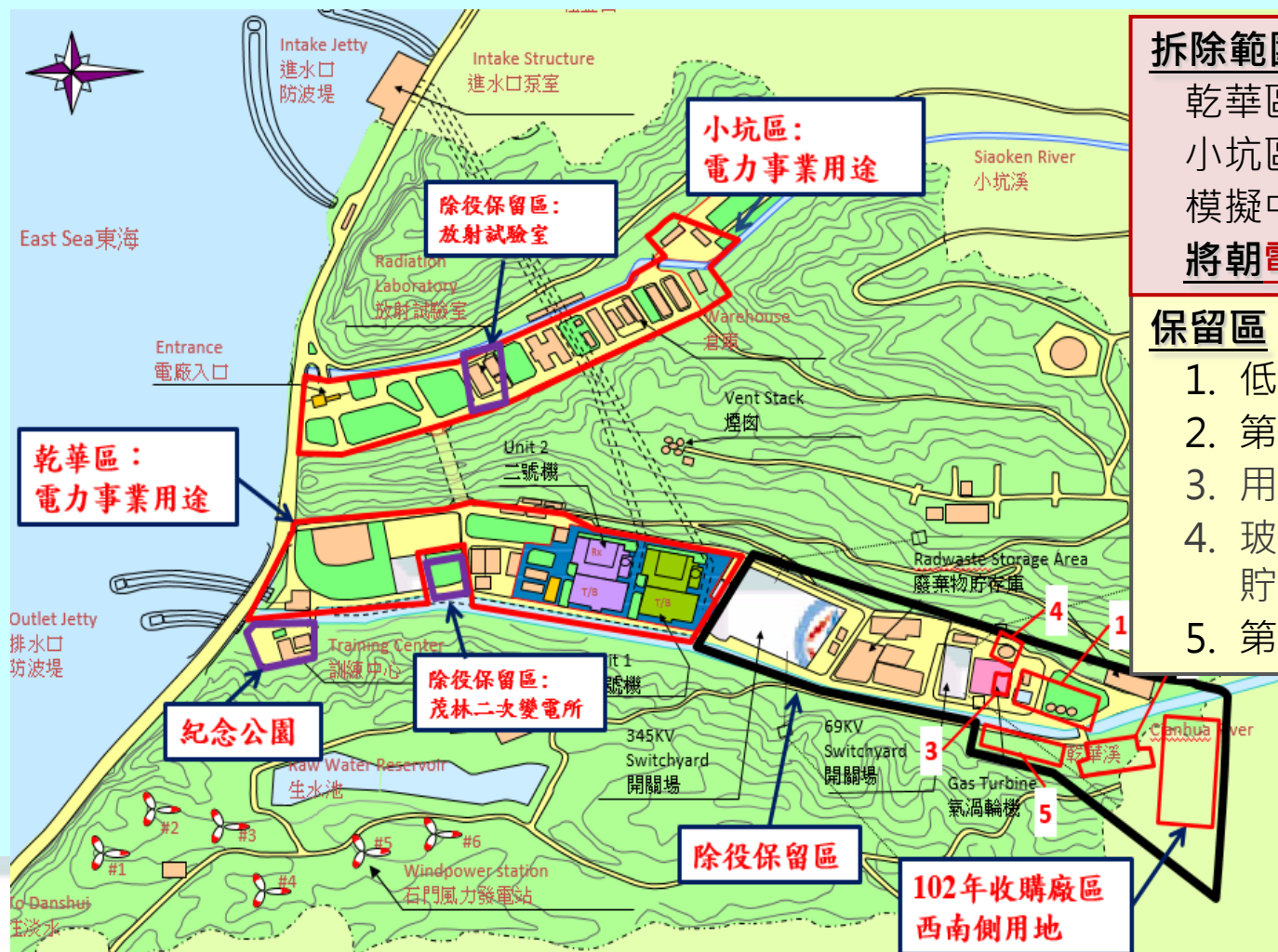
三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

- 環境及土地管理—Ch17廠房及土地再利用規劃
 - 核一廠除役後之廠址(保留區除外)輻射劑量將符合「核管法施行細則」第17條「非限制性使用」標準之規定，即對一般人造成之年有效等效劑量不得超過0.25 mSv之要求外。



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

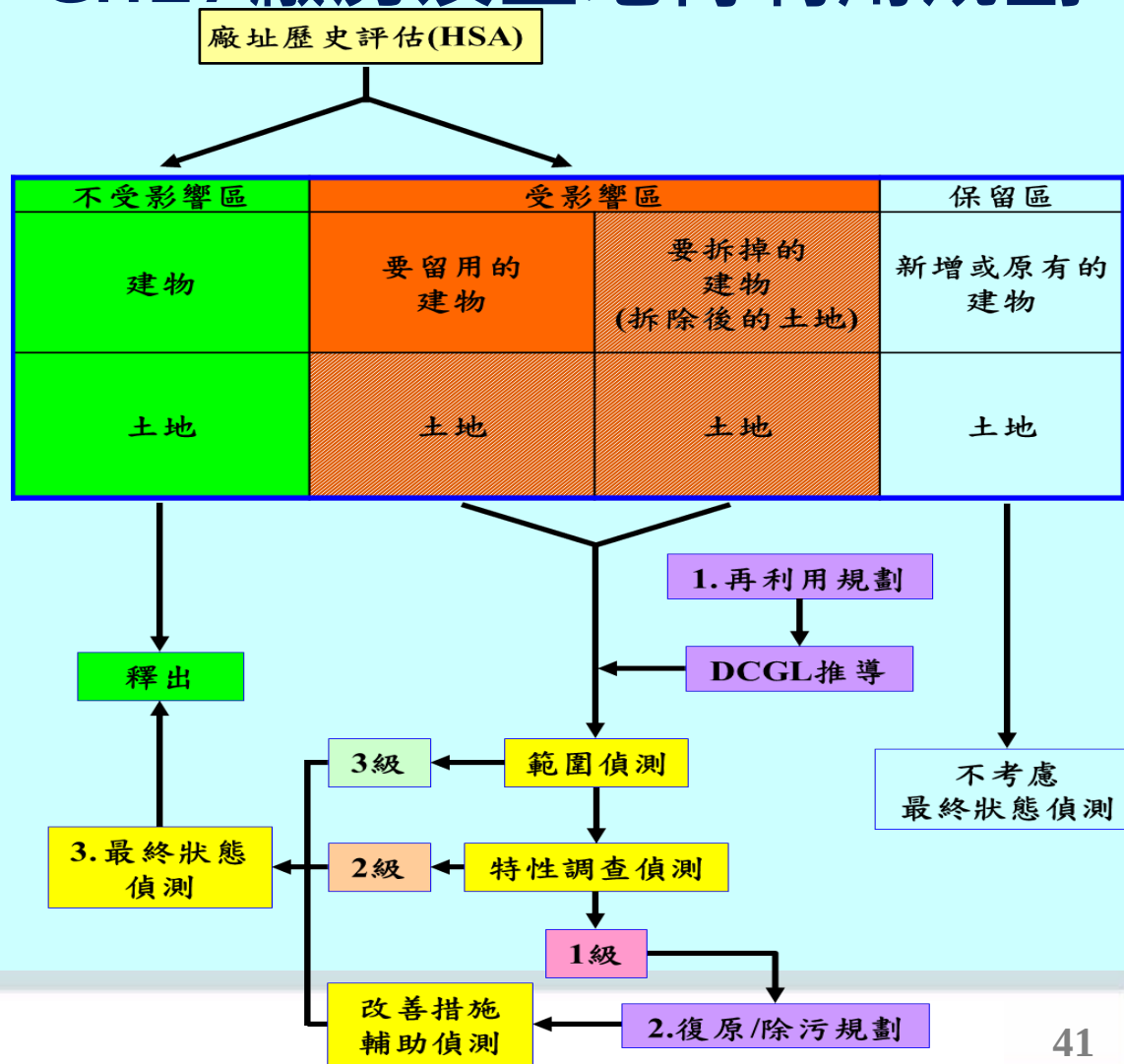
● 環境及土地管理—Ch17廠房及土地再利用規劃



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

● 環境及土地管理—Ch17廠房及土地再利用規劃

- 廠址歷史評估、再利用規劃及各階段輻射狀態偵測之關聯性



三. 核一廠除役計畫內容綜合說明

- **品質保證** -Ch15

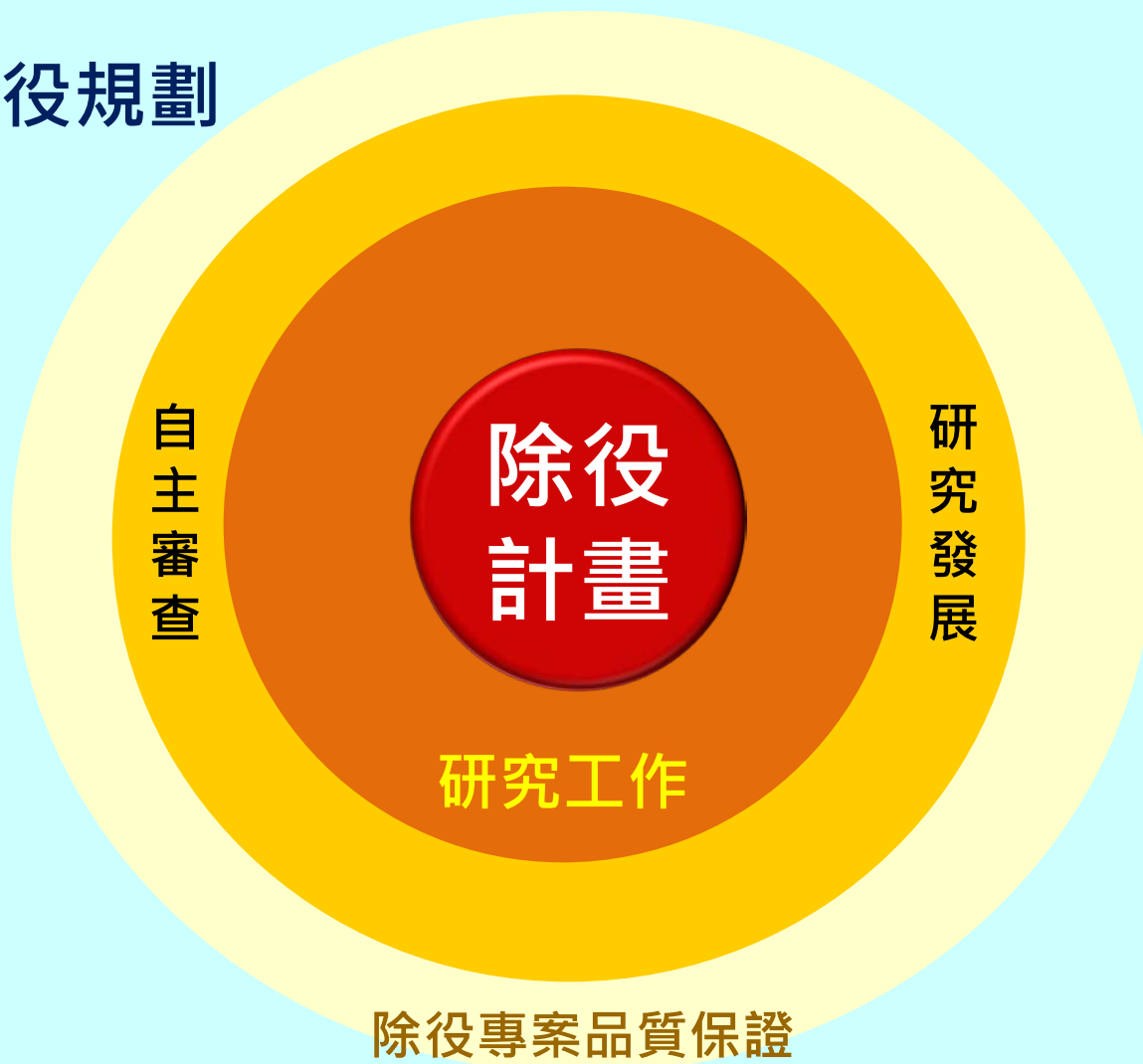
- 本章明列除役之品質保證要旨、組織權責區分及各項作業要求。
- 本章之目的在於未來執行核一廠除役作業時，須依照本方案要求，訂定相關作業程序書，嚴格遵行，以確保除役作業之品質，並保障工作人員與民眾健康及環境安全。

四. 核一廠除役計畫之品質要求



四. 核一廠除役計畫之品質要求

- 核一廠除役規劃
執行架構



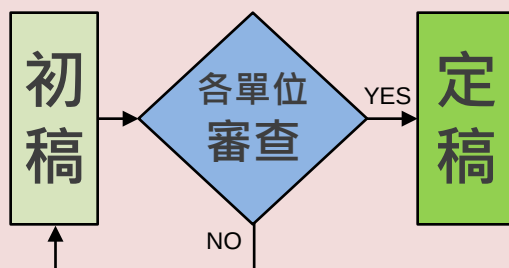
四. 核一廠除役計畫之品質要求

- 核一廠除役計畫品質要求及執行流程

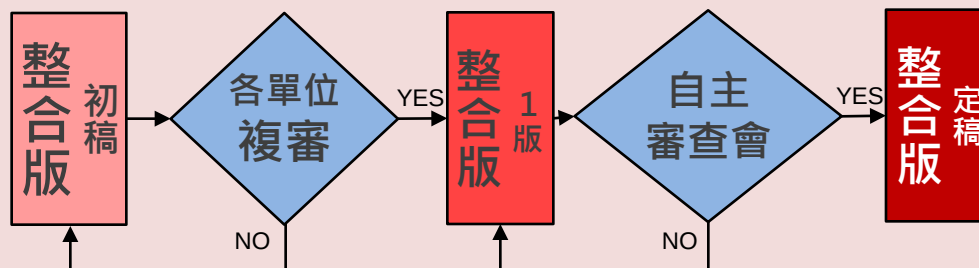
核一廠除役計畫專案品質保證計畫

核一廠除役許可申請及除役作業規劃文件
審查管制作業程序書

各章節編寫



除役計畫



五. 核一廠除役計畫之限制



五. 核一廠除役計畫之限制

- 受限於電廠仍為運轉狀態，諸如廠址現場輻射特性調查、廢棄物數量估算等作業，擬待電廠停止運轉後，再進行更詳細之調查。
- 現階段僅為核一廠之初步規劃階段，除役計畫兼容並敘各種可能採行除役工法，未來仍將視規劃情形、市場技術、發包策略及公司政策等作詳細規劃。
- 本公司將依物管法第 27 條「主管機關核發除役許可後，得視情況會商內政部、直轄市、縣(市)政府及有關機關，並報請行政院核定後公告解除或變更禁制區及低密度人口區。」之規定，於永久停機後適當時間另案提出申請。

簡報完畢 敬請指教

