

行政院原子能委員會

勞務採購案期末報告

109 年度國際除役技術指引和法規彙整之管制研究

委託單位： 行政院原子能委員會

執行單位： 財團法人中華民國輻射防護協會

計畫主持人： 張似璫 博士

計畫編號： AEC10902006L

報告日期： 中華民國 109 年 12 月

## 摘要

為推動我國核電廠除役順利且安全地進行，本計畫主要目標為協助並強化管制單位掌握核能電廠除役期間相關的安全規範與技術指引。為達設定之目標，本計畫研究內容方向如下：1. 蒐集國際原子能總署發行與核電廠除役相關之文件；2. 彙整與研析美國廠址歷史評估文件；3. 研析與美國停機後除役活動報告以及執照終止計畫部分相關之美國核管會視察報告。

工作項目 1 參考 IAEA 資料架構，蒐集 IAEA 除役相關資料包含基本法則、要求、導則以及技術文件共 103 份。為求資料使用容易性，遂將蒐集之 IAEA 及去年研究蒐集之 NRC 文獻按照原能會核能管制處、原能會輻射防護處、原能會放射性物料管理局以及其他等四個單位使用者的角度做資料分類並製圖。此外，亦參照 IAEA 與 NRC 文件/法規層級之架構做出兩個單位除役文件之對照表。最後特別根據原子能委員會核能管制處之權責範圍，將技術報告按照不同除役應用主題以及需求期程做更深入的分類。

工作項目 2 為 NUREG-1575 (MARSSIM)及 NUREG-1757 Vol.2 兩份文件之廠址歷史評估部分進行重點摘述，以及挑選美國 Rancho Seco、Zion、Vermont Yankee 等三座電廠之歷史場址評估報告進行研析比較，並根據 HSA 報告的研析、NUREG-1575 (MARSSIM)及 NUREG-1757 Vol.2 兩份文件提供審查建議，供主管機關參考。

工作項目 3 蒐集 San Onofre Units 2 & 3 自 2013 年宣布永久停止運轉並開始進行除役至 2020 年 7 月止之視察報告，總計 37 份。蒐集 Zion 電廠 Units 1 & 2 自 2000 年開始至 2020 年 3 月發布之最新視察報告，總計 65 份。報告統整 SONGS、Zion 電廠除役視察項目與頻次分析，以及彙整視察報告之重要發現與違規事項發現。

## 目錄

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 摘要 .....                                                   | I  |
| 目錄 .....                                                   | II |
| 圖目錄.....                                                   | IV |
| 表目錄.....                                                   | V  |
| 第一章、緒論 .....                                               | 6  |
| 第二章、國際原子能總署除役資料彙整與比較 .....                                 | 7  |
| 2.1 國際原子能總署簡介 .....                                        | 7  |
| 2.2 IAEA 出版品資料架構.....                                      | 8  |
| 2.3 IAEA 除役資料 .....                                        | 12 |
| 2.3.1 安全要求 .....                                           | 12 |
| 2.3.2 安全導則 .....                                           | 13 |
| 2.3.3 技術報告 .....                                           | 14 |
| 2.4 IAEA 除役資料比較 .....                                      | 18 |
| 第三章、美國歷史廠址評估報告.....                                        | 24 |
| 3.1 NUREG-1575 (MARSSIM)及 NUREG-1757 Vol.2 廠址歷史評估重點摘述..... | 24 |
| 3.2 美國核電廠廠址歷史評估報告彙整 .....                                  | 29 |
| 3.2.1 廠址特性確認 .....                                         | 29 |
| 3.2.2 廠址歷史評估方法 .....                                       | 30 |
| 3.2.3 以往與現在之使用情形 .....                                     | 30 |
| 3.2.4 發現 .....                                             | 31 |
| 3.2.5 附錄 .....                                             | 32 |
| 3.3 HSA 研析結果與討論 .....                                      | 32 |
| 3.4 HSA 審查建議.....                                          | 34 |
| 第四章 美國核管會除役視察報告 (IR).....                                  | 54 |
| 4.1 美國 SONGS 電廠視察報告(IR)彙整 .....                            | 54 |
| 4.1.1 IR 彙整.....                                           | 55 |
| 4.1.2 視察項目與頻次分析 .....                                      | 59 |
| 4.2 美國 ZION 電廠視察報告(IR)彙整 .....                             | 65 |
| 4.2.1 IR 彙整.....                                           | 65 |
| 4.2.2 視察項目與頻次分析 .....                                      | 71 |
| 4.3 IR 資料分析與建議.....                                        | 75 |
| 4.3.1 特殊發現與違規事項 .....                                      | 75 |
| 4.3.2 建議 .....                                             | 94 |
| 第五章、結論 .....                                               | 95 |
| 5.1 工作項目 1 結論.....                                         | 95 |
| 5.2 工作項目 2 結論.....                                         | 95 |
| 5.3 工作項目 3 結論.....                                         | 96 |
| 參考文獻 .....                                                 | 99 |

|                                         |        |
|-----------------------------------------|--------|
| 附錄一、MARSSIM HSA 相關章節重點摘錄.....           | App1-1 |
| 附錄二、NUREG 1757 Vol.2 廠址歷史評估相關內容中譯 ..... | App2-1 |
| 附錄三、Vermont Yankee 核電廠 HSA 執行摘要中譯 ..... | App3-1 |

## 圖目錄

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 圖 2-1、IAEA 安全標準系列採用層級.....                             | 9  |
| 圖 2-2、IAEA 安全標準系列報告封面。(從左至右依序為安全基本法則、安全要求、安全導則。 )..... | 10 |
| 圖 2-3、IEAE 安全標準系列的長期結構.....                            | 10 |
| 圖 2-4、IAEA 除役相關參考資料彙整圖 (按使用者分類).....                   | 20 |
| 圖 2-5、美國 NRC 除役相關法規指引彙整圖 (按使用者分類).....                 | 21 |
| 圖 2-6、核能管制處適用之 IAEA 除役相關參考資料 (按類別).....                | 23 |
| 圖 3-1、核電廠除役輻射偵檢及廠址調查主要程序 .....                         | 24 |
| 圖 3-2、廠址歷史評估報告格式範例 .....                               | 27 |
| 圖 3-3、Rancho Seco 電廠受輻射影響地區 .....                      | 35 |
| 圖 3-4、Zion 電廠受輻射影響地區 .....                             | 36 |
| 圖 3-5、Vermont Yankee 電廠受輻射影響地區 .....                   | 37 |

## 表目錄

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 表 2-1、IEAE 安全標準系列報告編碼含意.....                            | 11 |
| 表 2-2、 IEAE 核子能源系列報告編碼含意.....                           | 11 |
| 表 2-3、IAEA 除役相關安全要求文件列表 .....                           | 12 |
| 表 2-4、IAEA 除役相關安全導則文件列表 .....                           | 13 |
| 表 2-5、IAEA 除役相關技術報告文件列表 .....                           | 14 |
| 表 2-6、NRC 與 IAEA 除役文件對照(節錄).....                        | 22 |
| 表 2-7、技術文件蒐集完整資料(節錄).....                               | 22 |
| 表 3-1、輻射偵檢及廠址調查主要程序相關章節 .....                           | 25 |
| 表 3-2、有助於 HSA 先期調查之問題.....                              | 38 |
| 表 3-3、廠址歷史評估報告電廠(已除役)相關資訊.....                          | 39 |
| 表 3-4、廠址歷史評估報告目錄 .....                                  | 40 |
| 表 3-5、廠址特性確認章節目錄之比較.....                                | 44 |
| 表 3-6、廠址歷史評估方法章節目錄之比較.....                              | 45 |
| 表 3-7、受審閱文件之比較.....                                     | 46 |
| 表 3-8、以往與現在之使用情形章節目錄之比較 .....                           | 47 |
| 表 3-9、發現章節目錄之比較 .....                                   | 49 |
| 表 3-10、可能的污染物.....                                      | 50 |
| 表 3-11、受輻射影響之建物、結構物及系統 .....                            | 51 |
| 表 3-12、Vermont Yankee 電廠受輻射影響之建物、結構物及土壤，以及未受影響區 .       | 52 |
| 表 3-13、附錄文件之比較.....                                     | 53 |
| 表 3- 14、Vermont Yankee 電廠 HSA 報告「表 1-受影響區判定總結」之節錄 ..... | 53 |
| 表 4-1、SONGS 電廠相關資訊 .....                                | 54 |
| 表 4-2、SONGS 電廠 Units 2 & 3 視察報告彙整表.....                 | 55 |
| 表 4-3、SONGS 電廠視察報告與視察 IP 項目紀錄(節錄).....                  | 59 |
| 表 4-4、SONGS 電廠除役重要記事 .....                              | 59 |
| 表 4-5、SONGS PSDAR 除役期程 .....                            | 61 |
| 表 4-6、SONGS 電廠視察項目與頻次分析表 .....                          | 64 |
| 表 4-7、ZION 電廠相關資訊 .....                                 | 65 |
| 表 4-8、Zion 電廠 Units 1 & 2 視察報告彙整表.....                  | 65 |
| 表 4-9、Zion 電廠遞交 LTP 前視察報告與視察 IP 項目紀錄表(節錄).....          | 71 |
| 表 4-10、Zion 電廠遞交 LTP 後視察報告與視察 IP 項目紀錄表(節錄).....         | 71 |
| 表 4-11、Zion 電廠 LTP 相關記事 .....                           | 72 |
| 表 4-12、Zion 電廠視察項目與頻次分析表 .....                          | 74 |
| 表 4-13、電廠除役特殊發現與違規事項彙整表 (節錄).....                       | 76 |
| 表 4-14、SONGS 電廠除役特殊發現與違規事項表 .....                       | 79 |
| 表 4-15、Zion 電廠除役特殊發現與違規事項.....                          | 86 |

## 第一章、緒論

### 計畫目的與工作內容

我國核一廠 1 號機與 2 號機分別於 107 年 12 月與 108 年 7 月運轉執照到期，核一廠 1 號機組依法於 104 年 11 月間提出之除役計畫(除役許可申請)，106 年 6 月經主管機關(行政院原子能委員會)審查通過，並於 108 年 7 月 12 日獲原能會核發除役許可[1]。國內核能電廠於執照到期後，即進入除役。除役期間分為過渡階段、拆廠階段、最終狀態偵測階段、復原階段共計 25 年。目前核一廠二部機組執照已到期進入除役，核二廠及核三廠則仍處於運轉期間，預計於 2025 年全部機組執照到期。

為求管制作業與時俱進，並達協助與強化我國核電廠除役管制規範之目標，本計畫目的乃蒐集彙整國際除役技術指引和法規，作為我國核電廠除役管制之參考依據。藉由研析所蒐集之資料，進行應用於我國核電廠之適切性評估，並因應我國情境建議相應修正與細節補充。本計畫著重於國際除役內容要素彙整比對，並考量由於除役時程將長達 25 年，108 年原能會計畫「核電廠除役管制各階段工程技術與分析應用研究」執行成果[2]，建議管制機關應先關注除役過渡階段與除役拆廠階段的相關技術議題。

國內核能管制法規大多參考美國核管會的相關規定。NUREG 1575 (MARSSIM)是美國多部會輻射偵測暨廠址調查手冊，提供電廠除役後廠址外釋輻射特性偵檢程序或與偵檢程序相關行動的指引。NUREG 1757 則是核電廠除役綜合導則，其中 Vol. 2 的主題為輻射特性調查、偵檢與射標準之決定，提供符合依照 10 CFR Part 20 Subpart E 規範執照終止(執照終止規範 (License Termination Rule, LTR))輻射標準之導則。本研究今年聚焦於屬於除役前期準備階段的廠址歷史評估(Historical Site Assessment, HSA)報告之蒐集及研析，以提出適用於我國情境之 HSA 審查要點。本年度工作項目：

1. 蒐集國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)除役有關安全規範與指引及除役相關技術報告，作為我國核電廠除役管制之參考依據。
2. 蒐集並研析美國核能電廠廠址歷史評估(Historical Site Assessment, HSA)文件，提出適用於我國情境之 HSA 審查要點。
3. 整理並研析美國核管會電廠除役視察報告(Inspection Report, IR)，以提出適用於我國的核電廠除役定期安全檢查之管制要項建議。

## 第二章、國際原子能總署除役資料彙整與比較

108 年原能會計畫「核電廠除役管制各階段工程技術與分析應用研究」之子項計畫二「國際除役技術指引和法規彙整之管制研究」完成美、日、德、法等四國法制架構以及該等國家之核電廠除役相關重要法規和安全指引/導則彙整。該報告建議除了因應我國國情，主管機關應以美國之除役法規與技術規範為我國主要參考對象，並納國際原子能總署（以下簡稱原子能總署或 IAEA）的安全技術規範為輔[2]。為強化前項計畫內容，本章節將先簡介國際原子能總署，後就其發行與除役相關出版品進行彙整，並將之與美國除役資料進行比對，進而完備我國除役參考資料。

### 2.1 國際原子能總署簡介

國際原子能總署成立於 1957 年，該機構係因應核子技術的發現以及其多樣化應用所帶來的恐懼與期待而生。該機構創立起源於 1953 年 12 月 8 日，美國艾森豪總統於聯合國大會上發表的「原子能用於和平」演說。IAEA 和核子科技與其具爭議性應用密切相關，不論是作為武器或是實用的工具。艾森豪總統在 1953 年的演說內容對 IAEA《規約 (Statute)》有著很大的塑形作用，該規約在 1956 年 10 月獲得 81 個國家一致通過。在第一次大會上，會中代表決議將總部設立在奧地利維也納。

IAEA 的成立對於聯合國而言係「原子能用於和平」的世界組織。自創立開始，該機構便被授權與成員國以及多邊夥伴進行合作以促進安全、有保障的與和平的核子技術。IAEA《規約》第二條定義該機構雙重任務的目標，即促進和控制原子[3]。核子科學與科技是 IAEA 一切活動基礎。該機構在許多核子科學領域向成員國提供科學建議，教育，培訓和技術文件，提供關鍵核子數據以及幫助他們提高對核子技術廣泛應用的認識[4]。

我國亦本著原子和平用途之原則於 1968 年簽署禁止核子武器蕃衍條約(NPT)，並於 1971 年 12 月 6 日與美國、IAEA 簽訂三邊核子保防協定，承諾遵照 IAEA 之國際核子保防架構執行，致力推動核能和平用途之立場。我國現有核子設施遵循 IAEA 核子保防機制，除核物料列帳管制外，亦接受檢查員定期赴現場檢查。行政院原子能委員亦派員駐維也納強化與 IAEA 之聯繫，並設有原子能委員會原能組執掌以上事務，足見 IAEA 對我國之重要性[5]。

## 2.2 IAEA 出版品資料架構

IAEA《規約》要求原子能總署促進國際合作。然而，輻射危險有可能超越國界，因此國際合作的目的就是通過交流經驗和提高控制危險，預防事故，應對緊急情況和減緩任何有害後果的能力來促進和加強全球安全。國際安全相關公約，行為規範和安全標準為開展國際合作提供了便利。

監管核子安全和輻射安全是國家責任。對於各種國際安全，採用原子能機構的安全標準，置於其國家條例中使用。對會員國而言，原子能機構的安全標準提供了確保有效預算這些公約所規定的義務的一致和可靠的手段。世界各地的設計者，製造者和營運者也適用這些標準，以加強電力生產、醫學、工業、農業，研究和教育領域的核子安全和輻射安全[6]。

在原子能總署的主要出版品中安全標準系列(Safety Standard Series)提供確保核子安全的基本原則、要求與建議。該系列出版為保護人類與環境免受游離輻射影響之國際參考，並為國際間高度安全水平協調做出貢獻，其安全規範標準體系架構如圖 2-1。

原子能總署將該安全標準區分為三個層級，由上至下分別為：安全基本法則(Safety Fundamental)、安全要求(Safety Requirement)與安全導則(Safety Guides)。

### 安全基本法則 (藍色標題)

代表著防護、安全的基本目標與原則，以及為安全要求提供基準。該層級報告封面使用之顏色為藍色(圖 2-2)。

### 安全要求 (紅色標題)

為一套完整且一致的安全要求，確保現在和未來對於人類與環境之保護。這些要求受到安全基準的目標與原則所約束。如果不符合要求，必須採取措施以達到或是恢復到要求的安全級別(levels)，這些要求的格式與形式利於它們以統一的方式建立國家管制框架。許多要求並不針對特定的特定方，暗示的是相關各方負責的這些要求。該層級報告封面使用之顏色為紅色(圖 2-2)。

### 安全導則 (綠色標題)

對於如何符合安全要求提供建議與指引，其建議的必要採取措施(或對應替代方案)

為國際間之共識。安全導則介紹國際上良好作法，並反映最佳實踐以幫助使用者達到高級別的安全性。該層級報告封面使用之顏色為綠色(圖 2-2)。

發布的安全要求與導則報告中又分為通用(General)與特定(Specific)兩類，通用類別有通用安全要求(General Safety Requirements, GSR)與通用安全導則(General Safety Guides, GSG)；特定類別有特定安全要求(Specific Safety Requirements, SSR)與特定安全導則(Specific Safety Guides, SSG)。圖 2-3 為國際原子能機構安全標準系列叢書的長期結構，得知區別在於該報告適用之設施與活動，通用類別適用於所有設施與活動，而特定類別則如字面上意義有對應之適用活動及設施，可分為六個類別：1). 核子設施之場址評估；2). 核能電廠之安全；3). 研究型反應器之安全；4). 燃料循環設施之安全；5). 放射性廢棄物處置之安全；6). 放射性物料之安全運輸。安全標準出版編碼與該報告內容之關係如表 2-1。

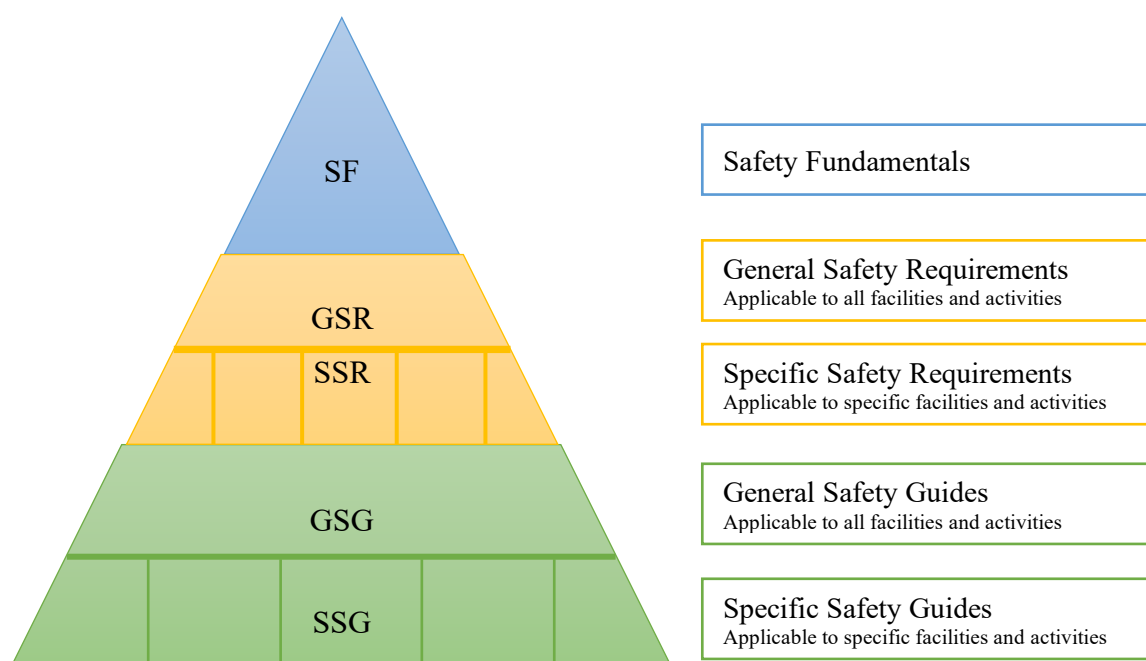


圖 2-1、IAEA 安全標準系列採用層級

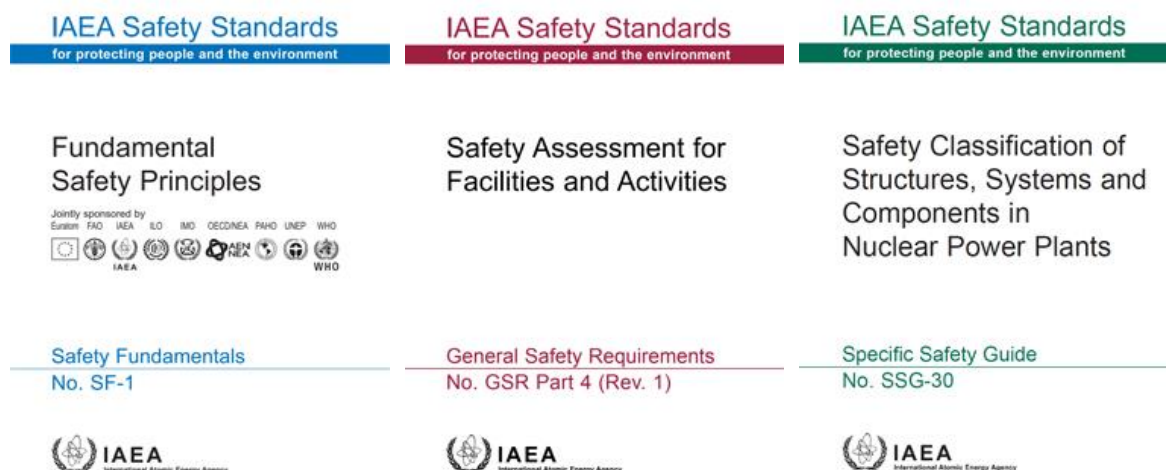


圖 2-2、IAEA 安全標準系列報告封面。(從左至右依序為安全基本法則、安全要求、安全導則。)

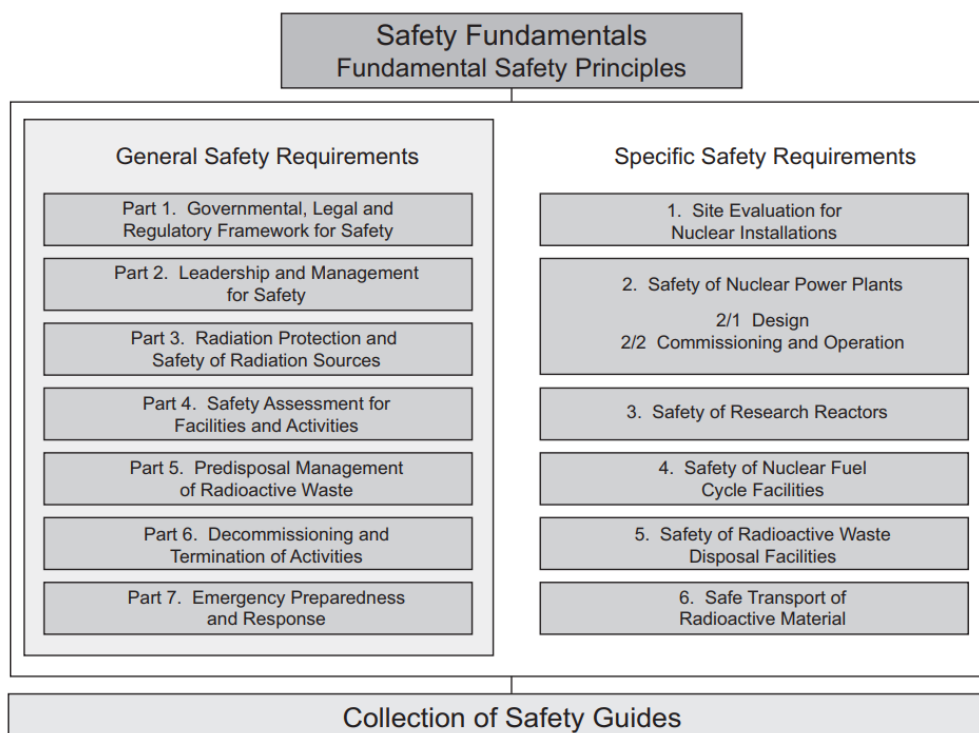


圖 2-3、IEAE 安全標準系列的長期結構 [6]

表 2-1、IEAE 安全標準系列報告編碼含意

| 編碼 | 編碼含意                  |
|----|-----------------------|
| NS | 核子安全 Nuclear safety   |
| RS | 輻射安全 Radiation safety |
| TS | 運輸安全 Transport safety |
| WS | 廢棄物安全 Waste safety    |
| GS | 通用安全 General safety   |

### 其他安全相關刊物

IAEA 做為國際組織持續關注於核子活動的安全與防護，並常以出版物形式發布。除了上述提及之安全標準系列報告，其他與核子活動相關之發行刊物尚有：技術報告(TECDOC)、安全報告(Safety Reports)、核能系列(IAEA Nuclear Energy Series)等。

與核子活動安全(safety)相關之報告以安全報告(Safety Reports)發行，該報告提供實務案例以及詳細方法以輔助安全標準。其他 IAEA 發行刊物與安全相關有緊急整備與應變報告(Emergency Preparedness and Response publications)、放射性評估報告(Radiological Assessment Reports)、國際核子安全小組 INSAG 報告(International Nuclear Safety Group's INSAG Reports)、技術報告(Technical Reports)與 TECDOCs。此外原子能總署也發行輻射事故報告、訓練手冊以及實務(practical)手冊，以及其他特殊安全相關刊物。

與核子保安(security)相關刊物以 IAEA 核子保安系列(IAEA Nuclear Security Series)發行。IAEA 核子能源系列(IAEA Nuclear Energy Series)為彙整訊息方面出版物，以鼓勵和協助為了和平目的進行核能的研究、發展以及實際應用。該系列刊物包含核能、核子燃料循環、放射性廢棄物以及除役等領域之最新與先進技術、良好實踐與案例的報告與導則指引[7]。該系列報告和安全標準系列架構雷同分為三層：1). 基本原則與目標；2). 導則；3). 技術報告。IEAE 核能系列報告編碼含意如表 2-2 所示。

表 2-2、 IEAE 核子能源系列報告編碼含意

| 編碼 | 編碼含意                                                       |
|----|------------------------------------------------------------|
| NG | 通用(general)                                                |
| NP | 核能(nuclear power)                                          |
| NF | 核子燃料(nuclear fuel)                                         |
| NW | 放射性物質與除役(radioactive waste management and decommissioning) |

## 2.3 IAEA 除役資料

本研究內容蒐集 IAEA 除役資料係參考安全標準系列為架構。以基本法則為高層級，依序是要求、導則，最下層則為 IAEA 其他出版之技術文件。IAEA 除役資料係以 2006 年出版的安全標準系列編號 Safety Standards Series No. SF-1 基本安全原則 (Fundamental Safety Principles) 為最高準則。

### 2.3.1 安全要求

蒐集除役相關之安全要求資料自 2000 年起，共 8 份詳見表 2-3。

表 2-3、IAEA 除役相關安全要求文件列表

| 出版品編號                                                                              | 出版年  | 標題                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| IAEA Nuclear Energy Series NW-O                                                    | 2011 | Radioactive Waste Management Objectives                                                    |
| IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3                                        | 2014 | Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards |
| IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 1 (Rev. 1)                               | 2016 | Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety                                    |
| IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3 (Interim) Superseded by No. GSR Part 3 | 2014 | Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards |
| IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 5                                        | 2009 | Predisposal Management of Radioactive Waste                                                |
| IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 6                                        | 2014 | Decommissioning of Facilities                                                              |
| IAEA Safety Standards Series No. WS-R-2 Superseded by: GSR Part 5                  | 2000 | Predisposal Management of Radioactive Waste, Including Decommissioning                     |
| IAEA Safety Standards Series No. WS-R-5 Superseded by: GSR Part 6                  | 2006 | Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material                                   |

### 2.3.2 安全導則

蒐集除役相關之安全導則資料自 1999 年起，共 25 份詳見表 2-4。

表 2-4、IAEA 除役相關安全導則文件列表

| 出版品編號                                                                                     | 出版年  | 標題                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.1 Superseded by No. SSG-47                        | 1999 | Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors                          |
| IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.2 Superseded by No. SSG-49                        | 1999 | Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities                         |
| IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.4 Superseded by No. SSG-47                        | 2001 | Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities                                       |
| IAEA Safety Standards Series No. GS-G-1.1 Superseded by: GSG-12                           | 2002 | Organization and Staffing of the Regulatory Body for Nuclear Facilities                |
| IAEA Safety Standards Series No. GS-G-1.3 Superseded by: GSG-13                           | 2002 | Regulatory Inspection of Nuclear Facilities and Enforcement by the Regulatory Body     |
| IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.5 Superseded by: SSG-40 and Superseded by: SSG-41 | 2003 | Predisposal Management of Low and Intermediate Level Radioactive Waste                 |
| IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.6 Superseded by: SSG-40 and Superseded by: SSG-41 | 2003 | Predisposal Management of High Level Radioactive Waste                                 |
| IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.7                                                 | 2004 | Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance                      |
| IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.13                                                | 2005 | Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants                        |
| IAEA Safety Standards Series No. WS-G-5.1                                                 | 2006 | Release of Sites from Regulatory Control on Termination of Practices                   |
| IAEA Safety Standards Series No. WS-G-6.1                                                 | 2006 | Storage of Radioactive Waste                                                           |
| IAEA Safety Standards Series No. GS-G-3.3                                                 | 2008 | The Management System for the Processing, Handling and Storage of Radioactive Waste    |
| IAEA Safety Standards Series No. GS-G-3.4                                                 | 2008 | The Management System for the Disposal of Radioactive Waste                            |
| IAEA Safety Standards Series No. WS-G-5.2 Superseded by No. GSR Part 3                    | 2008 | Safety Assessment for the Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material     |
| IAEA Safety Standards Series No. SSG-10                                                   | 2010 | Ageing Management for Research Reactors                                                |
| IAEA Nuclear Energy Series NW-G-2.1                                                       | 2012 | Policies and Strategies for the Decommissioning of Nuclear and Radiological Facilities |
| IAEA Safety Standards Series No.                                                          | 2012 | Storage of Spent Nuclear Fuel                                                          |

|                                         |      |                                                                                                    |
|-----------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SSG-15                                  |      |                                                                                                    |
| IAEA Safety Standards Series No. SSG-25 | 2013 | Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants                                                    |
| IAEA Safety Standards Series No. GSG-3  | 2013 | The Safety Case and Safety Assessment for the Predisposal Management of Radioactive Waste          |
| IAEA Safety Standards Series No. SSG-40 | 2016 | Predisposal Management of Radioactive Waste from Nuclear Power Plants and Research Reactors        |
| IAEA Safety Standards Series No. SSG-41 | 2016 | Predisposal Management of Radioactive Waste from Nuclear Fuel Cycle Facilities                     |
| IAEA Safety Standards Series No. GSG-10 | 2018 | Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities             |
| IAEA Safety Standards Series No. GSG-9  | 2018 | Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment                                    |
| IAEA Safety Standards Series No. SSG-47 | 2018 | Decommissioning of Nuclear Power Plants, Research Reactors and Other Nuclear Fuel Cycle Facilities |
| IAEA Safety Standards Series No. SSG-49 | 2019 | Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities                                     |

### 2.3.3 技術報告

蒐集除役相關之技術報告資料自 1976 年起，共 69 份詳見表 2-5。

表 2-5、IAEA 除役相關技術報告文件列表

| 出版品編號                            | 出版年  | 標題                                                                                                                       |
|----------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IAEA TECDOC No. 179              | 1976 | Decommissioning of Nuclear Facilities                                                                                    |
| IAEA TECDOC No. 205              | 1978 | Decommissioning of Nuclear Facilities (Report of A Technical Committee Meeting, Vienna, 24-28 Oct. 1977)                 |
| Technical Reports Series No. 230 | 1983 | Decommissioning of Nuclear Facilities: Decontamination, Disassembly and Waste Management                                 |
| Technical Reports Series No. 249 | 1985 | Decontamination of Nuclear Facilities to Permit Operation Inspection, Maintenance, Modification or Plant Decommissioning |
| Technical Reports Series No. 267 | 1986 | Methodology and Technology of Decommissioning Nuclear Facilities                                                         |
| Technical Reports Series No. 278 | 1987 | Methods for Reducing Occupational Exposures During the Decommissioning of Nuclear Facilities                             |
| Technical Reports Series No. 286 | 1988 | Decontamination and Demolition of Concrete and Metal Structures During the Decommissioning of Nuclear Facilities         |

|                                  |      |                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IAEA TECDOC No. 511              | 1989 | Decontamination and Decommissioning of Nuclear Facilities (Final Report of Three Research Co-ordination Meetings Held Between 1984 and 1987)                                                                              |
| Technical Reports Series No. 293 | 1989 | Factors Relevant to the Recycling or Reuse of Components Arising from the Decommissioning and Refurbishment of Nuclear Facilities                                                                                         |
| Technical Reports Series No. 334 | 1992 | Monitoring Programmes for Unrestricted Release Related to Decommissioning of Nuclear Facilities                                                                                                                           |
| IAEA TECDOC No. 714              | 1993 | National Policies and Regulations for Decommissioning Nuclear Facilities                                                                                                                                                  |
| IAEA TECDOC No. 716              | 1993 | Decontamination and Decommissioning of Nuclear Facilities (Results of a Co-ordinated Research Programme, Phase II: 1989-1993)                                                                                             |
| Technical Reports Series No. 348 | 1993 | Application of Remotely Operated Handling Equipment in the Decommissioning of Nuclear Facilities                                                                                                                          |
| Technical Reports Series No. 351 | 1993 | Planning and Management for the Decommissioning of Research Reactors and Other Small Nuclear Facilities                                                                                                                   |
| Technical Reports Series No. 365 | 1994 | Decontamination of Water Cooled Reactors                                                                                                                                                                                  |
| Technical Reports Series No. 373 | 1994 | Decommissioning Techniques for Research Reactors                                                                                                                                                                          |
| IAEA TECDOC No. 841              | 1995 | A directory of Information Resources on Radioactive Waste Management, Decontamination and Decommissioning, and Environmental Restoration<br>Data as of June 1995                                                          |
| Technical Reports Series No. 382 | 1997 | Design and Construction of Nuclear Power Plants to Facilitate Decommissioning                                                                                                                                             |
| IAEA TECDOC No. 1022             | 1998 | New Methods and Techniques for Decontamination in Maintenance or Decommissioning Operations                                                                                                                               |
| Technical Reports Series No. 389 | 1998 | Radiological Characterization of Shut Down Nuclear Reactors for Decommissioning Purposes                                                                                                                                  |
| "The yellow book"<br>OECD/NEA    | 1999 | A Proposed Standardised List of Items for Costing Purposes in the Decommissioning of Nuclear Installations Interim Technical Document, in co-operation with OECD/NEA and EC, OECD/NEA, Paris (Interim Technical Document) |
| IAEA TECDOC No. 1124             | 1999 | On-site Disposal as a Decommissioning Strategy                                                                                                                                                                            |
| Technical Reports Series No. 395 | 1999 | State of the Art Technology for Decontamination and Dismantling of Nuclear Facilities                                                                                                                                     |
| Technical Reports Series No. 399 | 2000 | Organization and Management for Decommissioning of Large Nuclear Facilities                                                                                                                                               |
| Technical Reports Series No. 401 | 2001 | Methods for the Minimization of Radioactive Waste from Decontamination and Decommissioning of Nuclear Facilities                                                                                                          |
| IAEA TECDOC No. 1273             | 2002 | Decommissioning Techniques for Research Reactors                                                                                                                                                                          |
| IAEA TECDOC No. 1305             | 2002 | Safe and Effective Nuclear Power Plant Life Cycle Management Towards Decommissioning                                                                                                                                      |

|                                     |      |                                                                                                                                                |
|-------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Safety Reports Series No. 36        | 2002 | Safety Considerations in the Transition from Operation to Decommissioning of Nuclear Facilities                                                |
| Technical Reports Series No. 411    | 2002 | Record Keeping for the Decommissioning of Nuclear Facilities                                                                                   |
| Technical Reports Series No. 414    | 2003 | Decommissioning of Small Medical, Industrial and Research Facilities                                                                           |
| IAEA TECDOC No. 1394                | 2004 | Planning, Managing and Organizing the Decommissioning of Nuclear Facilities: Lessons Learned                                                   |
| Technical Reports Series No. 420    | 2004 | Transition from Operation to Decommissioning of Nuclear Installations                                                                          |
| IAEA TECDOC No. 1476                | 2005 | Financial Aspects of Decommissioning                                                                                                           |
| Safety Reports Series No. 44        | 2005 | Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance                                                             |
| Safety Reports Series No. 45        | 2005 | Standard Format and Content for Safety Related Decommissioning Documents                                                                       |
| Technical Reports Series No. 428    | 2005 | The Power Reactor Information System (PRIS) and Its Extension to Non-electrical Applications, Decommissioning and Delayed Projects Information |
| Technical Reports Series No. 440    | 2005 | Dismantling of Contaminated Stacks at Nuclear Facilities                                                                                       |
| Technical Reports Series No. 439    | 2006 | Decommissioning of Underground Structures, Systems and Components                                                                              |
| Technical Reports Series No. 441    | 2006 | Management of Problematic Waste and Material Generated During the Decommissioning of Nuclear Facilities                                        |
| Technical Reports Series No. 444    | 2006 | Redevelopment of Nuclear Facilities after Decommissioning                                                                                      |
| Technical Reports Series No. 446    | 2006 | Decommissioning of Research Reactors: Evolution, State of the Art, Open Issues                                                                 |
| IAEA TECDOC No. 1572                | 2007 | Disposal Aspects of Low and Intermediate Level Decommissioning Waste                                                                           |
| IAEA Nuclear Energy Series NG-T-2.3 | 2008 | Decommissioning of Nuclear Facilities: Training and Human Resources Considerations                                                             |
| IAEA TECDOC No. 1602                | 2008 | Innovative and Adaptive Technologies in Decommissioning of Nuclear Facilities                                                                  |
| Technical Reports Series No. 462    | 2008 | Managing Low Radioactivity Material from the Decommissioning of Nuclear Facilities                                                             |
| Technical Reports Series No. 463    | 2008 | Decommissioning of Research Reactors and Other Small Facilities by Making Optimal Use of Available Resources                                   |
| Technical Reports Series No. 464    | 2008 | Managing the Socioeconomic Impact of the Decommissioning of Nuclear Facilities                                                                 |
| Technical Reports Series No. 467    | 2008 | Long Term Preservation of Information for Decommissioning Projects                                                                             |

|                                         |      |                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IAEA Nuclear Energy Series NW-T-2.5     | 2009 | An Overview of Stakeholder Involvement in Decommissioning                                                                                           |
| IAEA Nuclear Energy Series NW-T-3.3     | 2009 | Integrated Approach to Planning the Remediation of Sites Undergoing Decommissioning                                                                 |
| IAEA Nuclear Energy Series NW-T-2.1     | 2011 | Selection and Use of Performance Indicators in Decommissioning                                                                                      |
| IAEA Nuclear Energy Series NW-T-2.2     | 2011 | Redevelopment and Reuse of Nuclear Facilities and Sites: Case Histories and Lessons Learned                                                         |
| IAEA Nuclear Energy Series NW-T-2.3     | 2011 | Decommissioning of Small Medical, Industrial and Research Facilities: A Simplified Stepwise Approach                                                |
| OECD/NEA No. 7088                       | 2012 | International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations in co-operation with OECD/NEA and EC, OECD/NEA, No. 7088, Paris |
| Safety Reports Series No. 67            | 2012 | Monitoring for Compliance with Exemption and Clearance Levels                                                                                       |
| IAEA TECDOC No. 1702                    | 2013 | Planning, Management and Organizational Aspects of the Decommissioning of Nuclear Facilities                                                        |
| Safety Reports Series No. 77            | 2013 | Safety Assessment for Decommissioning                                                                                                               |
| Safety Reports Series No. 77 supplement | 2013 | Safety Assessment for Decommissioning - Supplementary files                                                                                         |
| IAEA Nuclear Energy Series NW-T-2.4     | 2014 | Cost Estimation for Research Reactor Decommissioning                                                                                                |
| IAEA Nuclear Energy Series NW-T-2.6     | 2015 | Decommissioning of Pools in Nuclear Facilities                                                                                                      |
| IAEA Nuclear Energy Series NW-T-1.10    | 2016 | Advancing the Implementation of Decommissioning and Environmental Remediation Programmes                                                            |
| IAEA Nuclear Energy Series NW-T-2.8     | 2016 | Managing the Unexpected in Decommissioning                                                                                                          |
| IAEA TECDOC No.1816                     | 2017 | Model Regulations for Decommissioning of Facilities                                                                                                 |
| IAEA TECDOC No.1832                     | 2017 | Data Analysis and Collection for Costing of Research Reactor Decommissioning - Report of the DACCORD Collaborative Project                          |
| IAEA TECDOC No. 1867                    | 2019 | Handbook for Regulatory Inspectors of Nuclear Power Plants                                                                                          |
| IAEA TECDOC No. 1878                    | 2019 | Demonstrating Performance of Spent Fuel and Related Storage System Components during Very Long Term Storage                                         |
| IAEA TECDOC No. 1880                    | 2019 | Planning and Execution of Knowledge Management Assist Visits for Nuclear Organizations                                                              |
| Safety Reports Series No. 95            | 2019 | Methodologies for Assessing the Induced Activation Source Term for Use in Decommissioning Applications                                              |
| Safety Reports Series No. 97            | 2019 | Management of Project Risks in Decommissioning                                                                                                      |

## 2.4 IAEA 除役資料比較

本計畫報告所蒐集之除役相關資料資料細項包含出版類別、出版編號、出版年份、標題、摘要、報告連結等基本資訊。為使資料易於使用，本章節就報告第 2.3 節所蒐集之文獻資料，進一步按照使用者的角度做資料分類並製圖。除役進行時各相關單位負有各自權責範圍，本報告設定之使用者有行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)核能管制處、原能會輻射防護處、原能會放射性物料管理局以及其他。使用前述四種使用者角度進行分類整理結果如圖 2-4 所示。另外，本年度計畫也將 108 年「國際除役技術指引和法規彙整之管制研究」計畫所蒐集之美國除役文獻資料按照相同方式進行重新整理並製成圖 2-5。利用前述 IAEA 與 NRC 文件/法規層級之架構，可以得到兩個不同單位之間文件對應的階層，例如美國法案(Act)為其他衍伸法規之基準，對應到 IAEA 的基本法則(Fundamental)；美國 CFR 對應到 IAEA 安全要求(Requirement)；美國 Regulatory Guide 對應到 IAEA 安全導則(Guide)；最後則是兩方技術文件資料的對應。表 2-6 為 IAEA 與 NRC 除役相關文件之比較內容節錄，完整資料以電子檔形式提供，詳見電子檔附件 1。

本計畫蒐集之 IAEA 出版之技術文件資料共有 69 份，雖然已經採用上述使用者角度進行分類，但仍屬繁多。上層架構之報告多以原則與通用性為內容，但下層之技術報告則提供除役階段在不同專業領域之實務與技術內容。故除了採用使用者角度分類外，另採用兩種方式彙整：一、應用主題；二、除役時程。表 2-7 為技術文件資料之節錄，完整資料以電子檔形式提供，詳見電子檔附件 2。

原子能總署自 2007 設立 IAEA International Decommissioning Network (IDN)，該組織任務係為了提升各界技術與專業程度，透過合作、訓練、知識與資訊共享方式促進核子設施安全除役[8]。根據該組織提供之除役文件框架，進一步將所蒐集之技術文件分成 6 類主題，分別是：經費估算、管理、實施、發展、技術與管制。本小節亦按上述 6 種主題整理出原能會核能管制處之需求部分，並製作可輔助該單位執掌業務使用之 IAEA 除役相關文件索引圖(圖 2-6)。

除了以上述主題方式分類，為進一步提升主管機關使用資料的便利性，再將各項文件以可能用使用到的時間點以近期、中期、遠期需求加以粗分標註。根據台電公司核一廠除役階段及作業規劃[1]，了解目前我國核一廠規劃進行 25 年除役期程中有四大階段，依序是：除役過渡階段、除役拆廠階段、廠址最終狀態偵測階段及廠址復原階段。於此

近期代表除役過渡階段(8 年)；中期為除役拆廠階段(12 年)；遠期為廠址最終狀態偵測階段(3 年)及廠址復原階段(2 年)。本小節亦整理出原能會核管處在不同期程可能使用到之技術文件。

**近程**需求使用可參考之除役相關資料有下列：

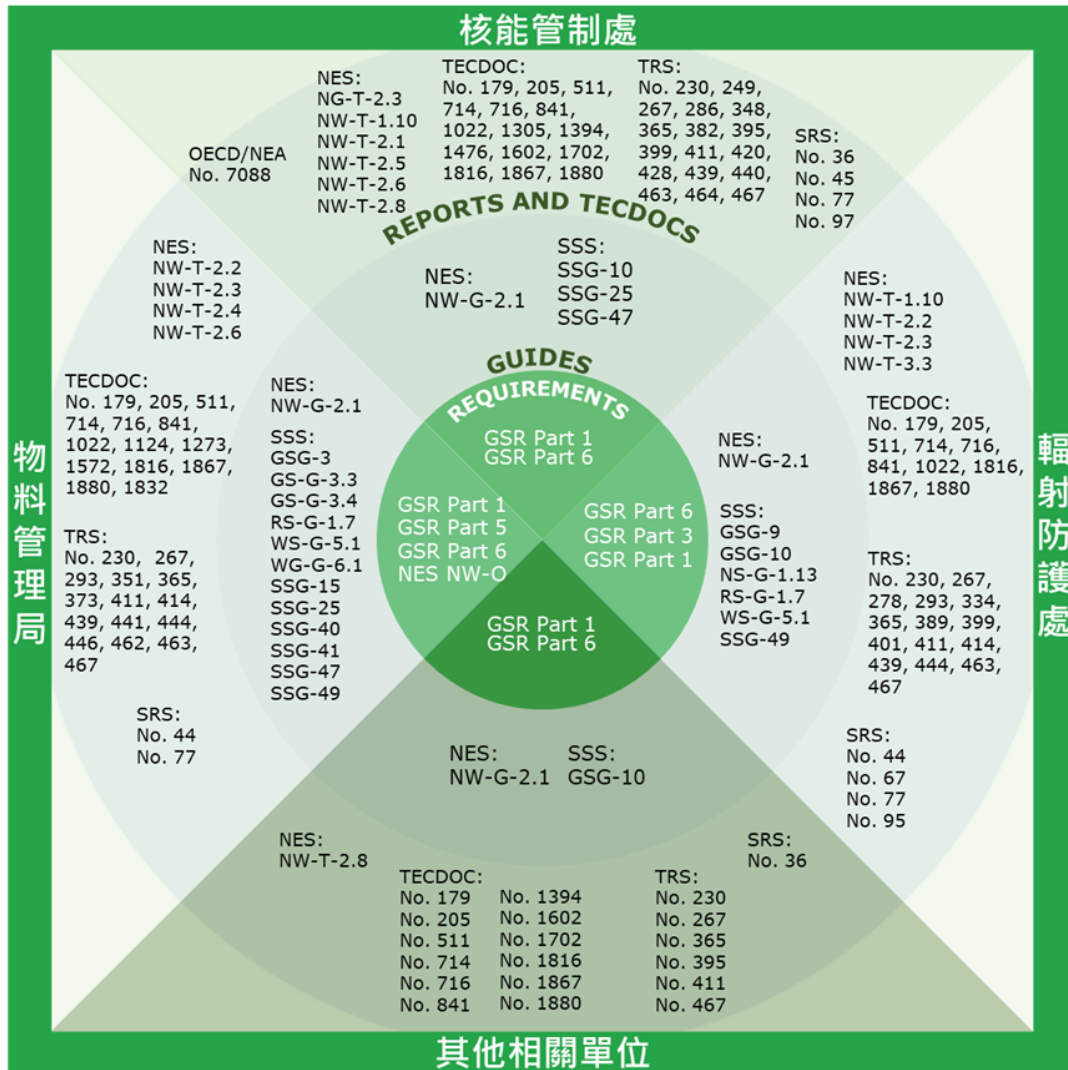
- IAEA Nuclear Energy Series：NG-T-2.3、NW-T-2.1、NW-T-2.5、NW-T-2.8
- IAEA TECDOC：No. 1022、No. 1305、No. 1394、No. 1476、No. 1602、No. 1702
- Safety Reports Series：No. 36、No. 45、No. 97
- Technical Reports Series：No. 249、No. 382、No. 395、No. 399、No. 420、No. 428、No. 439、No. 463、No. 464
- OECD/NEA："The yellow book"、No. 7088

**中程**需求使用可參考之除役相關資料有下列：

- IAEA Nuclear Energy Series：NW-T-1.10、NW-T-2.6、NW-T-2.8
- IAEA TECDOC：No. 1022、No. 1394、No. 1602
- Safety Reports Series：No. 97
- Technical Reports Series：No. 249、No. 286、No. 348、No. 395、No. 439、No. 440、No. 463

**遠程**需求使用可參考之除役相關資料有下列：

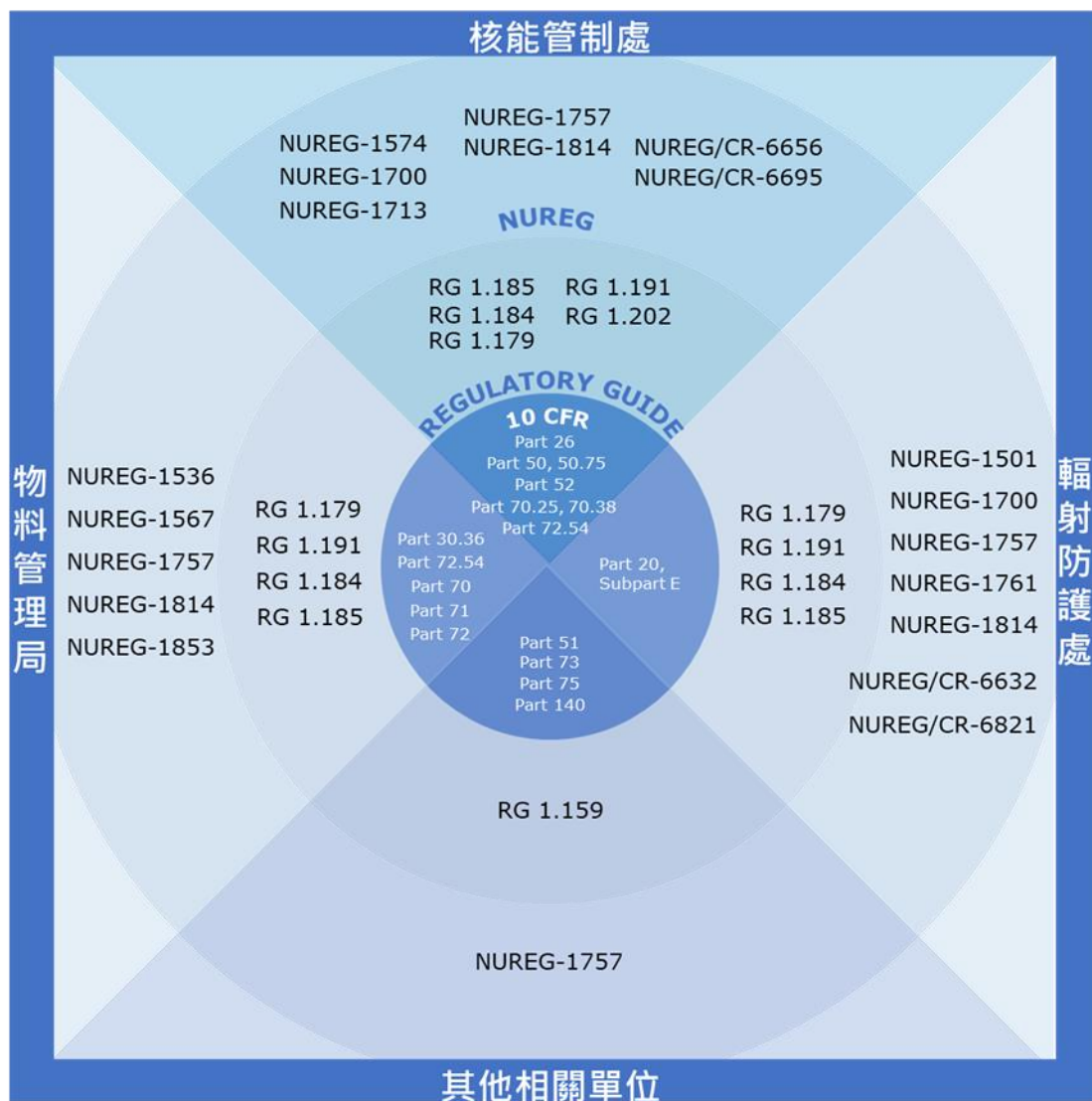
- IAEA Nuclear Energy Series：NW-T-1.10、NW-T-2.8
- IAEA TECDOC：No. 1394、No. 1602
- Safety Reports Series：No. 97
- Technical Reports Series：No. 286、No. 463



註：中心最高準則為 Safety  
Standards Series No. SF-1

SSS=Safety Standards Series  
NES=Nuclear Energy Series  
TRS=Technical Reports Series  
SRS=Safety Reports Series

圖 2-4、IAEA 除役相關參考資料彙整圖 (按使用者分類)



註：中心最高準則為美國法案(Act)包含原子能法、派理斯安德森法、能源重組法、國家環境政策法。

圖 2-5、美國 NRC 除役相關法規指引彙整圖 (按使用者分類)

表 2-6、NRC 與 IAEA 除役文件對照(節錄)

| 指引<br>User      | No.      | Year | Title                                                                                    | Safety Guide<br>User | No.                                                                              | Year | Title                                                                                              |
|-----------------|----------|------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 經濟部             | RG 1.159 | -    | Assuring the Availability of Funds for Decommissioning Nuclear Reactors                  |                      |                                                                                  |      |                                                                                                    |
| 核管處、輻防處、<br>物管局 | RG 1.179 | -    | Standard Format and Content of License Termination Plans for Nuclear Power Reactors      | 輻防處、<br>物管局          | IAEA Safety Standards Series No. WS-G-5.1                                        | 2006 | Release of Sites from Regulatory Control on Termination of Practices                               |
| 核管處、輻防處、<br>物管局 | RG 1.184 | -    | Decommissioning of Nuclear Power Reactors                                                | 核管處、<br>輻防處、<br>物管局  | IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.1<br><b>Superseded by No. SSG-47</b>     | 1999 | Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors                                      |
|                 |          |      |                                                                                          | 核管處、<br>輻防處、<br>物管局  | IAEA Safety Standards Series No. WS-G-5.2<br><b>Superseded by No. GSR Part 3</b> | 2008 | Safety Assessment for the Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material                 |
|                 |          |      |                                                                                          | 核管處、<br>物管局          | IAEA Safety Standards Series No. SSG-47                                          | 2018 | Decommissioning of Nuclear Power Plants, Research Reactors and Other Nuclear Fuel Cycle Facilities |
|                 |          |      |                                                                                          | 輻防處、<br>物管局          | IAEA Safety Standards Series No. SSG-49                                          | 2019 | Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities                                     |
| 核管處、輻防處、<br>物管局 | RG 1.185 | -    | Standard Format and Content for Post-Shutdown Decommissioning Activities                 |                      |                                                                                  |      |                                                                                                    |
| 核管處             | RG 1.202 | -    | Standard Format and Content of Decommissioning Cost Estimates for Nuclear Power Reactors |                      |                                                                                  |      |                                                                                                    |
|                 |          |      |                                                                                          | 物管局                  | IAEA Safety Standards Series No. GSG-3                                           | 2013 | The Safety Case and Safety Assessment for the Predisposal Management of Radioactive Waste          |
|                 |          |      |                                                                                          | 輻防處                  | IAEA Safety Standards Series No. SSG-9                                           | 2018 | Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment                                    |

表 2-7、技術文件蒐集完整資料(節錄)

| Technical report<br>User | Application                    | Publication type      | ID                                   | Year | Title                                                                                                                                                                                                                     | Description                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Link                                                          | 需求期限 | 備註                   |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------|----------------------|
| 核管處                      | Decommissioning Cost Estimates | OECD/NEA              | "The yellow book" OECD/NEA           | 1999 | A Proposed Standardised List of Items for Costing Purposes in the Decommissioning of Nuclear Installations Interim Technical Document, in co-operation with OECD/NEA and EC, OECD/NEA, Paris (Interim Technical Document) | The proposed list as well as the underlying principles on the cost items involved, were discussed with representatives of the three organisations in view of general harmonisation and completeness in order to obtain a standard for a decommissioning cost structure that could be acceptable to the organisations and their Members. The principles had to be clarified to the reader and the possible user in a final report including: - A description of the methodology and the terminology used; - A description of the methodology for handling decommissioning projects and describing different decommissioning stages; - A glossary of terms used in the decommissioning and waste management sector. Section 2 of this report gives a historical overview of this co-ordinated action and describes how it was organised. Section 3 describes how the methodology was implemented in the process of identification, definition, harmonisation and verification of general and specific activities and relating cost items in order to meet the requirements of the success of nuclear facility decommissioning is the adequate competence of personnel involved in decommissioning activities. The purpose of this publication is to provide methodological guidance for, and specific examples of good practices in training as an integral part of human resource management for the personnel performing decommissioning activities. The use of the systematic methodology and techniques described in this publication may be tailored and applied to the development of training for all types of nuclear facilities undergoing decommissioning. Examples of good practices in other aspects of human resources, such as knowledge preservation, management of the workforce and improvement of human performance, are also covered. The information contained in this publication, and the examples provided in the appendices and enclosed CD-ROM, are representative of the experience of decommissioning of a wide variety of nuclear facilities having been achieved in recent years, much remains to be done in terms of addressing the legacies from the early development of nuclear energy, including the dismantling of redundant research and fuel cycle facilities, research reactors and power plants, and the remediation of sites affected by past uranium mining and processing operations. Some countries are moving forward with dealing with these legacies and accordingly have built up appropriate technical resources and expertise, but many national programmes still face very significant challenges. This publication discusses the barriers that prevent the implementation of decommissioning and environmental remediation (D&ER) projects and provides potential solutions to overcome the identified barriers and thereby this publication provides guidance for application to decommissioning projects. It is structured in order to take the reader progressively through all aspects of designing, selecting and using performance indicators. A process for setting up a performance indicator system against basic principles is presented, including a discussion of each step in the process. Finally, practical guidance on the use of performance indicators in specific Member States is provided alongside field experience. While the advice is primarily for use by decommissioning project managers, its value will also be in improving the project information provided to stakeholders such as regulators and other | http://www.oecd-nea.org/rwm/reports/1999/costlist.pdf         | 近    |                      |
| 核管處                      | Management                     | Nuclear Energy Series | IAEA Nuclear Energy Series NG-T-2.3  | 2008 | Decommissioning of Nuclear Facilities: Training and Human Resources Considerations                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1332_web.pdf   | 近    | 核管處(主)、物管局(次)、輻防處(次) |
| 核管處<br>輻防處               | Implementation                 | Nuclear Energy Series | IAEA Nuclear Energy Series NW-T-1.10 | 2016 | Advancing the Implementation of Decommissioning and Environmental Remediation Programmes                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1729_web.pdf | 中、遠  |                      |
| 核管處                      | Management                     | Nuclear Energy Series | IAEA Nuclear Energy Series NW-T-2.1  | 2011 | Selection and Use of Performance Indicators in Decommissioning                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1504_web.pdf | 近    |                      |

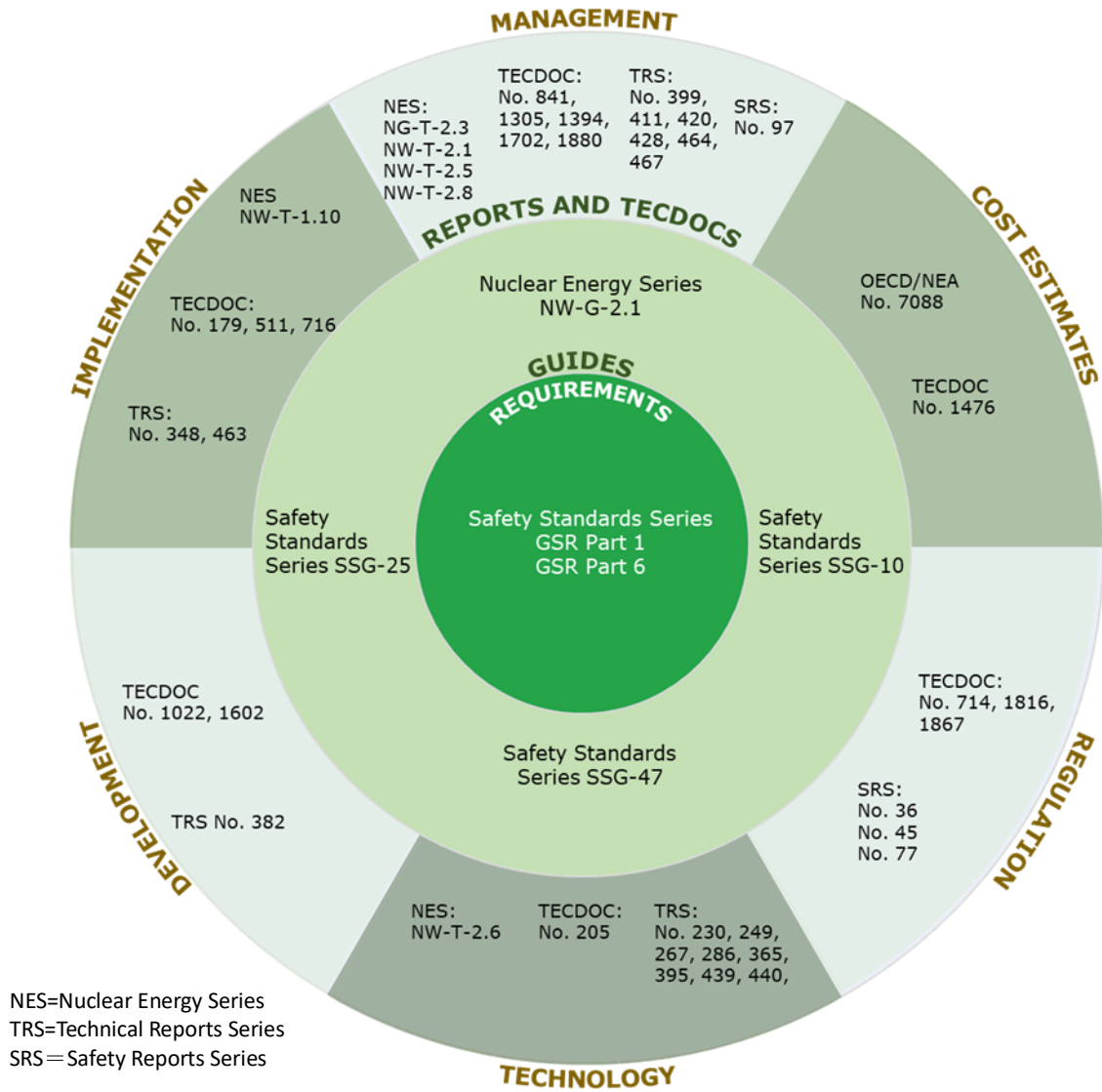


圖 2-6、核能管制處適用之 IAEA 除役相關參考資料 (按類別)

### 第三章、美國歷史廠址評估報告

廠址歷史評估為輻射偵檢及廠址調查的初始準備過程(圖 3-1)，其目的是為了蒐集和廠址與其環境相關的現存資訊，用以規劃後續除役活動。美國核管會出版的 NUREG-1575, Rev. 1 “Multi-Agency Radiation Survey And Site Investigation Manual (MARSSIM)”[9] 以及 NUREG-1757 Vol.2 ”Consolidated Decommissioning Guidance: Characterization, Survey, and Determination of Radiological Criteria”[10]為相關程序主要的文件。本研究將探討 NUREG-1575 (MARSSIM)以及 NUREG-1757 Vol.2 內容中與廠址歷史評估相關部分，並蒐集美國除役電廠的廠址歷史評估(HSA)報告，針對 Zion、Rancho Seco、Vermont Yankee 三個除役完成或除役中電廠之廠址歷史評估作法進行分析比較，以提出適用於我國情境之 HSA 審查要點。以電子檔形式提供兩份報告的完整版，詳見電子檔附件 3&4。



圖 3-1、核電廠除役輻射偵檢及廠址調查主要程序

#### 3.1 NUREG-1575 (MARSSIM)及 NUREG-1757 Vol.2 廠址歷史評估重點摘述

NUREG-1575 (MARSSIM)及 NUREG-1757 Vol.2 中與輻射偵檢及廠址調查主要程序相關章節列於表 3-1。其中與廠址歷史評估相關的章節為 NUREG-1575 2.4 節與第 3 章，以及 NUREG-1757 Vol.2 4.0 節，其重點詳見於附錄 1 及附錄 2，部分重點摘述如下。

HSA 的主要目標為：

- 確認污染的潛在來源
- 判定廠址是否對人類健康和環境有威脅
- 區別受影響與未受影響的地區
- 提供範圍偵檢與特性偵檢設計的輸入數據(或參考數據)

- 提供污染遷移可能性的評估
- 確認與調查廠址相關的額外潛在放射性廠址

HSA 一般分為三個階段：(1) 確認候選廠址、(2) 初期設施或廠址調查、(3) 廠址訪查或檢查。根據 HSA 階段蒐集的資訊進行廠址評估。另外，HSA 應找出如表土放射性，放射性殘留在下水道系統、廢棄物管道、地面漏水孔、通風管道、和地下埋管等可能須解決的特殊偵檢情況。

MARSSIM 第三章廠址歷史評估的內容為：

- 3.1 簡介
- 3.2 數據品質目標(Data Quality Objectives, DQO)
- 3.3 廠址確認
- 3.4 HSA 的先期調查
- 3.5 廠址勘查
- 3.6 HSA 資料評估
- 3.7 決定廠址調查作業的後續步驟
- 3.8 廠址歷史評估報告
- 3.9 廠址歷史評估報告之審查

表 3-1、輻射偵檢及廠址調查主要程序相關章節

| 輻射偵檢及廠址調查<br>主要程序 | 相關章節                                             |
|-------------------|--------------------------------------------------|
| 廠址歷史評估            | NUREG 1575：2.4 節、第 3 章<br>NUREG 1757 Vol.2：4.0 節 |
| 範圍偵檢              | NUREG 1575：2.4 節、5.2 節<br>NUREG 1757 Vol.2：4.2 節 |
| 特性偵檢              | NUREG 1575：2.4 節、5.3 節<br>NUREG 1757 Vol.2：4.2 節 |
| 改善行動輔助偵檢          | NUREG 1575：2.4 節、5.2 節<br>NUREG 1757 Vol.2：4.3 節 |
| 最終狀態偵檢            | NUREG 1575：2.4 節、5.2 節<br>NUREG 1757 Vol.2：4.4 節 |

## ➤ 數據品質目標 (Data Quality Objectives, DQO)

HSA-DQO 之預期結果：

- 選定個人或一組人(包括決策者)為規劃小組(DQO 步驟 1)。
- 廠址問題之簡述(DQO 步驟 1，問題陳述，MARSSIM 附錄 D)。
- 初步將廠址與偵檢單元分為受影響與未受影響區(DQO 步驟 4，定義研究範疇，MARSSIM 附錄 D)。

DQO 之規劃小組由各技術領域專家所組成，並應將利害關係人代表納入其中。由規劃小組釐清並定義特定廠址調查的 DQO。數個 DQO 流程的結果必須在一開始執行 HSA 時就提出。隨著廠址評估作業的推進，DQO 流程的迭代特質允許其重新評估先前的決定，最後的分類在規劃最終狀態偵檢前完成即可。

## ➤ HSA 的先期調查

執行先期調查作業的目的是獲得足夠的資訊將廠址或偵檢單元初步分為受影響區與未受影響區。了解放射性污染的潛在分布則可進一步將廠址或偵檢單元分類為第 1 級或第 2 級地區以進行後續範圍偵檢及特性偵檢的作業規劃。表 3-2 的 20 個問題將有助於 HSA 先期調查之參考。

## ➤ 廠址勘查

廠址勘查或現場訪視之目的是收集足夠的資料，以決定未來所要採行的行動，並記錄廠址內具有危害(建物結構等)的情形，供未來執行偵檢工作時參考。廠址勘查前應準備勘查計畫，規劃每次的勘查作業與確認所需收集的特定資料。進行廠址勘查應妥為準備準備照相機記錄廠址情形、偵檢儀器(包括輻射偵檢器)、標示重要位置與水流分佈區的地形圖影本、與其他廠址重要的特性資料等。以記錄簿來記錄現場勘查作業與觀察的事項。建議記錄簿要以防水的墨水書寫，最好每人一本，最好每頁均簽註姓名、日期與時間，修正時需經核可才可進行，並應加以記載。

## ➤ HSA 資料評估

HSA 之目的是確認廠址或設施的現況。經 HSA 評估後有三項可能建議：1. 採取緊急行動以降低對人員健康與環境之風險。2. 可能受到影響，須做進一步的調查。這些

地區可能為第 1、2 或 3 級，應進行範圍偵檢或特性偵檢，所蒐集的資料可供後續偵檢規劃時參考。3. 廠址或地區未受影響，可以外釋供做其他用途。

由分析歷史資料得知在環境介質中有污染存在，此時可判定廠址受到污染，**無須證明污染問題確實存在**。相反的，歷史分析資料也可以用來支持未受到污染的假設。然而這些資料不應被當作支持未受到污染假設的唯一基礎。若利用歷史分析資料作為排除污染存在的主要理由時，則**須要求這些資料能證明污染確實不存在**。

用來正確與完整地提出廠址處置建議時需要確認可能的污染物質、確認可能污染的地區、確認可能污染的環境介質(如表土、次表土、地表水、地下水、空氣、結構物等)。收集與分析現有的資料，**建構概念廠址模型**。此模型最重要的部分就是建立廠址的圖表，包括已知污染地區、可能受污染的地區、受影響地區放射性核種的形式與濃度、可能的污染介質、與參考(背景)區的位置，平面圖中並應包含建物與財產邊界。根據輻射偵檢及廠址調查作業流程所蒐集到的新資料，更新與修正概念廠址模型。當資料無法合理的由收集和實驗的方式獲得時，可採用**專業判斷**來輔助 HSA 做決策。

➤ 廠址歷史評估報告格式範例(圖 3-2)

1. 專業用語、首字母縮略語與縮寫字。
2. 執行摘要
3. 廠址歷史評估的目的。
4. 廠址特性確認
  - 4.1 非自然特徵
    - 4.1.1 名稱-CERCLIS ID# (適用時)、持有人/操作人之姓名、住址
    - 4.1.2 位置-街道名、城市名、縣市名、州名、地理座標
    - 4.1.3 地形圖
    - 4.1.4 地層圖
  - 4.2 自然環境背景
    - 4.2.1 地質
    - 4.2.2 水文地質
    - 4.2.3 水文
    - 4.2.4 氣象
5. 廠址歷史評估方法
  - 5.1 方法與原理
  - 5.2 廠址邊界
  - 5.3 審閱的文件
  - 5.4 物業檢查
  - 5.5 人員訪談

## 6. 以往與現在之使用情形

6.1 歷史—操作年份、設施類型、操作說明、相關法規、許可與執照、廢料處理程序

6.2 目前用途—設施類型、操作說明、射源(污染來源)可能之類型與大小、濺灑或外釋之情形、廢棄物清單、放射性核種盤存量、緊急或除污之作業

6.3 鄰近土地使用情形—包括濕地或托兒所等敏感地區

## 7. 發現

7.1 可能的污染物

7.2 可能的受污染區

7.2.1 受影響區—包括已知與潛在的

7.2.2 未受影響區

7.3 可能受污染之介質

7.4 相關之環境事項

## 8. 結論

## 9. 參考文獻

## 10. 附錄

A. 概念模式與顯示分類之廠址圖

B. 文件清單

C. 照片文件記錄

原始的廠址照片與適當的廠址特寫

### ➤ 廠址歷史評估報告之審查

規劃小組指派第一位審查人員詳細審查 HSA 報告內容的一致性，以符品質管制機制的精神。第二位審查人員須具有豐富的廠址評估經驗，檢視全部的資料確保其一致性，並對 HSA 報告的結論提出獨立評估意見。第二位審查員亦應進行整體評估確認廠址內是否仍有未被 HSA 報告找出具放射性的地區。此兩位審查員均應審視 HSA 報告確認報告內的資料、彙總數據與結論的一致性，以確保 HSA 報告提出適切的建議。

審查之品保目標是找出並改正錯誤。重大不一致的現象意味著結論可能有錯誤或有瑕疵，導致不適當之建議。當發現這些差異時，應指示 HSA 調查人員與審查人員進行複審並解決互相抵觸的情形。在某些情況下，有經驗的調查員對廠址條件有不一樣的解釋與對可能的污染也會有不一樣的結論或假設。任何差異點應在審查過程中解決。如果審查員的觀點與調查員意見相反，雙方應討論取得共識。對缺乏明確證據的情況，必須做保守性的判斷，以避免低估污染的存在。

### 3.2 美國核電廠廠址歷史評估報告彙整

本研究共蒐集 8 份美國核電廠廠址歷史評估報告[11-18]，其電廠之相關資訊列於表 3-3。以電子檔形式提供完整的評估報告，詳見電子檔附件 5~12。原則上各電廠的廠址歷史評估作業均遵照 MARSSIM 的建議進行，其報告格式也都根據 MARSSIM 的建議撰寫，各報告目錄列於表 3-4 中。雖然各報告之章節名稱與 MARSSIM 建議原則上相同，但內容著重點則各有不同。挑選其中與國內電廠功率較類似的 PWR 及 BWR 電廠，並考量其除役年代，選擇了 Rancho Seco、Zion、Vermont Yankee 等三個電廠進一步比較其報告內容。

Rancho Seco 電廠(PWR 873 MWe)運轉約 15 年，已於 2009 年完成除役，此次研析之 HSA 報告為作為執照中止計畫(LTP)附件資料的 2006 年修正版。Zion 電廠(PWR 1040 MWe)運轉約 25 年後由 ComEd 電力公司於 1998 年宣布電廠永久停機，進入安全暫存(SAFSTOR)，預計在 2013 年執照到期後再進行除役(DECON)，此次研析的報告為永久停機後於 1999 年完成的版本。Vermont Yankee 電廠(BWR 650 MWe)，在 2012 年執照到期後，申請延役 20 年，但因為經濟因素決定於 2014 年永久停止運轉開始進行除役，該電廠共運轉約 42 年，此次研析的報告為 2014 年完成針對輻射所做的廠址歷史評估版本。其中 Vermont Yankee 電廠的型式、功率與運轉時間和我國核一廠最為相似，附錄 3 為其廠址歷史評估報告之執行摘要中譯，提供參考。以下針對廠址特性確認、廠址歷史評估方法、以往與現在之使用情形、發現、附錄等章節，進行三個電廠的廠址歷史評估報告內容分析與比較。

#### 3.2.1 廠址特性確認

MARSSIM 建議在此章節述明廠址的名稱及持有人/操作人之姓名住址、廠址位置含完整地址及地理座標、並提供地形圖與地層圖等非自然特徵，以及地質(geology)、水文地質(hydrogeology)、水文(geology)、氣象(meteorology)等自然環境。表 3-5 為 3 份報告廠址特性確認章節目錄及頁數的比較。

Rancho Seco 電廠 HSA 報告的廠址特性確認章節，遵照 MARSSIM 建議提供相關非自然特徵及自然環境資訊，並提供圖表說明相關數據。

Zion 電廠 HSA 報告的廠址特性確認章節亦遵照 MARSSIM 建議提供相關資訊，較

特別的是，此章節亦提供了環境輻射說明，可供後續背景輻射的判定參考。

Vermont Yankee 電廠 HSA 報告的廠址特性確認章節，在非自然特徵部分，除了提供 MARSSIM 建議之資訊外，還描述了電廠廠界內的建築物佈局，並提供地圖。在自然環境部分，提供廠址過去地質調查結果報告作為地質環境的參考資料，並描述廠址內水文狀況，特別針對地下水部分分節說明，但未提供氣象方面的資訊。

### 3.2.2 廠址歷史評估方法

MARSSIM 建議在此章節述明所採用的方法與原理，明定廠址邊界，並列出進行審閱的文件，且應說明執行物業檢查及人員訪談的過程與結果。表 3-6 為 3 份報告廠址特性確認章節目錄及頁數的比較。表 3-7 為三個電廠審閱文件之比較。三個電廠均採用 MARSSIM 提供的方法及原理進行，評估輻射對電廠系統、結構體、組件及環境介質的影響，用以分辨廠址內的受影響區及未受影響區，並進一步將受影響區根據 MARSSIM 的定義初步分為第 1 級、第 2 級及第 3 級地區。

Rancho Seco 電廠 HSA 報告的此章節，完全遵照 MARSSIM 的建議撰寫，人員訪談有 150 個發現。值得提及的是 Rancho Seco 電廠提供了電廠建設過程中的照片在附錄 E 中。

Zion 電廠 HSA 報告的廠址歷史評估方法章節內容與其他二份報告差異很大，其內容除了原本的建議之外，還將評估報告目的以及初始廠址歷史評估數據的分析包括在此章節中，並提供確認可能的污染物及污染區域的原則，非常值得參考。相關的受審閱文件清單、人員訪談問卷等另列於附錄中。

Vermont Yankee 電廠亦完全遵照 MARSSIM 的建議撰寫，共計訪談了 9 位年資超過 36 年的員工，人員訪談並無特別的發現。將受審閱文件的發現列表整理，相當清楚。

### 3.2.3 以往與現在之使用情形

MARSSIM 建議在此章節述明操作年份、設施類型、操作說明、相關法規、許可與執照、廢料處理程序等歷史，以及射源(污染來源)可能之類型與大小、濺灑或外釋之情形、廢棄物清單、放射性核種盤存量、緊急或除污之作業等目前用途，並提供鄰近土地使用情形一包括濕地或托兒所等敏感地區。表 3-8 為 3 份報告以往與現在之使用情形章節目錄及頁數的比較。

Rancho Seco 電廠此版本的 HSA 報告是作為 LTP 的參考資料，因此在此章節除了營運階段的運轉歷史外，還說明了除役時程規劃，以及在除役階段的拆除作業、放射性廢棄物處理等過程，亦列出輻射源及其導出濃度指引基準(DCGL)，此外還提供偵檢單元的劃分及分級結果，並總結受審閱文件的發現。有關偵檢單元的劃分及分級，一般而言會在發現章節進行討論。

Zion 電廠 HSA 報告的以往與現在之使用情形章節內容遵照 MARSSIM 建議提供相關資訊，但在電廠運轉歷史方面採用附件的方式呈現，對於鄰近土地使用情形提供了較詳細的說明。

Vermont Yankee 電廠 HSA 報告的以往與現在之使用情形章節非常簡短，與 MARSSIM 的建議也不太相同。在此章節描述了可能影響廠址輻射狀態的情況，如桶槽的洩漏及放化實驗室的排水系統；放射性廢棄物處理、貯存及運送；運轉期間的正常排放落塵/沖刷等等。

### 3.2.4 發現

MARSSIM 建議在此章節述明可能的污染物、可能的受影響區—包括已知與潛在的、未受影響區、可能受污染之介質以及相關的環境事項。表 3-9 為 3 份報告發現章節目錄及頁數的比較。三個電廠可能的污染物列於表 3-10，三個電廠主要的可能受污染介質為土壤、地下水、混凝土、鋼筋等。

由於大部分評估結果已在 Rancho Seco 電廠 HSA 報告的以往與現在之使用情形章節中討論，因此 Rancho Seco 電廠 HSA 報告的發現章節非常簡短，直接將受影響之建物及地區列出，而不進行討論。可能的污染物列於表 3-10，受輻射影響之建物、結構物及系統則列於表 3-11，圖 3-3 為 Rancho Seco 電廠受輻射影響地區。較特別的是，Rancho Seco 電廠並未將 H-3 列為可能的污染物，此點有待確認。

Zion 電廠 HSA 報告的發現章節遵照 MARSSIM 建議提供相關資訊，本文中僅說明最後的評估結果，而偵檢單元的總結、人員訪談的問題與結果、審閱文件的結果等則放在附錄中。可能的污染物列於表 3-10，受輻射影響之建物、結構物及系統則列於表 3-11，圖 3-4 為 Zion 電廠受輻射影響地區。

Vermont Yankee 電廠 HSA 報告與評估發現相關的章節有 3 章，其中第 5 章評估發現和其他二份報告非常相近，可能的污染物列於表 3-10，受輻射影響之建物、結構物及

系統則列於表 3-12，圖 3-5 為 Vermont Yankee 電廠受輻射影響地區。除此之外，提供了環境背景輻射活度做為參考。在第 6 章及第 7 章分別討論了受污染的建築物和結構物，以及廠址內受影響的土壤，特別的是在第 7 章中提供了地下水監測計畫。

### 3.2.5 附錄

MARSSIM 建議提供概念模式與顯示分類之廠址圖、文件清單、照片文件記錄作為附錄。由於 Vermont Yankee 電廠並未提供附錄文件清單，表 3-12 為其他二份報告附錄文件的比較。惟本研究一直無法搜尋獲得這些文件檔案，因此僅能提供清單做為參考。原則上由文件名稱看來，其性質與 MARSSIM 所建議的均一致。

## 3.3 HSA 研析結果與討論

美國除役核電廠均採用 MARSSIM 的建議進行廠址歷史評估作業，藉由審閱和廠址與其環境相關的現存資訊及人員訪查，確認特定除役場址的可能污染源和可能受污染的介質，將廠址或偵檢單元分類為受影響與未受影響地區，並進一步將受影響區初分為第 1 級(污染程度可能超過 DCGL)、第 2 級(不太可能超過 DCGL)與第 3 級(非常不可能超過 DCGL)，以提供後續範圍偵檢與特性偵檢設計時的參考資訊。HSA 並能提供推導導出濃度指引基準(DCGL)所需資訊。在 HSA 階段，受影響區的分級可以就歷史資料進行專業判斷，不一定需要 DCGL 作為依據。

制定 DQO 對於執行 HSA 是重要的，隨著廠址評估作業的推進，DQO 流程的迭代特質允許其重新評估先前的決定，這對廠址與偵檢單元的分類相當重要，最後的分類在規劃最終狀態偵檢前完成即可。

由分析歷史資料得知在環境介質中(如表土、地表水、地下水、空氣或建築物)有污染存在，此時可判定廠址受到輻射影響，而無須證明污染問題確實存在。相反的，歷史資料也可以用來支持未受到污染的假設。若利用歷史資料作為排除污染存在的主要理由時，則須要求這些資料能證明污染確實不存在。建議仍應規劃在 HSA 階段劃分為未受影響區的偵測作業，只是可以不必按照 MARSSIM 針對受影響區分級偵檢的方式進行。

根據目前所蒐集之 HSA 報告，各電廠針對受影響區與未受影響區的判定原則有兩種情形，有些電廠採用先判定受影響區，其餘為未受影響區，如 Vermont Yankee 電廠，

有些則是判定未受影響區，其餘為受影響區，如 Rancho Seco 電廠。為保守起見，且符合 MARSSIM 的要求(未受影響須被證明)，採用判定未受影響區，其餘為受影響區的判定原則可能更為合適。再利用歷史資料進行受影響區的初步分級。

為了初步分類及推導 DCGL(導出濃度指引基準) 所需，環境輻射背景活度的認定非常重要，參考電廠的 PSAR 並進行修正(如 Zion 電廠)或另外執行研究計畫(如 Vermont Yankee 電廠)都是可行的。無論用哪種方式獲得背景值，環境輻射背景活度的討論均應在 HSA 報告中呈現。

三個電廠的可能污染物差異並不大(表 3-10)，此資料應可提供國內電廠作為參考，可能污染物中的 H-3、Fe-55、Ni-63、Sr-90 屬於難測核種，應先優先建立這些核種國內的量測能力。

MARSSIM 第 3 章提供了非常清楚的 HSA 資料評估方法。評估現有的資料後，建構概念廠址模型。此模型最重要的部分就是建立廠址的圖表，包括已知污染地區、可能受污染的地區、受影響地區放射性核種的形式與濃度、可能的污染介質、與參考(背景)區的位置，平面圖中並應包含建物與財產邊界。根據輻射偵檢與廠址調查作業流程所蒐集到的新資料，更新與修正概念廠址模型。完善的概念廠址模型對於後續工作是不可或缺的一環。圖 3-3~3-5 為 Rancho Seco、Zion、Vermont Yankee 三個電廠提供的廠址模型，其中 Zion 電廠以顏色區分受影響分級，最為清楚易讀。詳細的文件清單、評估結果、照片、地圖等以附錄的方式呈現，讓報告更容易聚焦。表 3-14 為 Vermont Yankee 電廠 HSA 報告表 1 的節錄，該表是藉由審閱文件進行受影響區判定的總結，本研究認為非常值得推薦國內採用此方式呈現。

針對廠址歷史評估的審查，MARSSIM 建議的是業者本身對廠址歷史資料評估的審查，只是報告架構中並未有這方面的章節，因此在所研析的 HSA 報告中並未看到這方面的說明，無法判斷是否遵照 MARSSIM 的指引。原則上美國核管會並不審查 HSA 報告，而是在審查 LTP 時，HSA 報告會作為附件提出。

由於在除役拆廠階段的各項活動可能造成廠址的二次污染，因此廠址歷史評估應持續更新。依照我國的除役時程，建議應在提出最終狀態偵檢計畫時，一併提出更新版的廠址歷史評估報告，且應執行未受影響區的偵檢，作為其未受影響的佐證。

除了輻射污染方面的歷史評估外，其他的非輻射的有害物質污染的歷史評估也是重

要的。Zion 報告的”發現”章節提到非輻射的污染物，Vermont Yankee 電廠則是提出了獨立的非輻射廠址歷史評估報告[19]。該評估報告以電子檔形式提供，詳見電子檔附件 13。建議我國在進行核電廠除役相關作業管制時，也應要求業者進行非輻射污染方面的歷史評估。

### 3.4 HSA 審查建議

我國除役的管制雖大都參考美國核管會(NRC)，但在時程上與審查文件的要求上還是有些許不同。我國要求電廠在執照到期三年前應提出除役計畫供主管機關審查，審查通過才發給除役許可，進行後續除役相關工作。對照 MARSSIM 廠址歷史評估報告的格式，相關內容主要出現在台電核一廠與核二廠除役計畫第 3 章，部分放在第 2 章和第 4 章。主管機關要求台電公司在永久停機之後，補齊提出除役計畫與永久停機之間的歷史評估，提出更新版廠址歷史評估報告更新版送交主管機關審查，列為核二廠除役計畫審查完結後的重要管制事項。

根據 HSA 報告的研析，提供以下幾點審查建議，供主管機關參考：

1. 要求台電公司根據 MARSSIM 所建議的報告格式(圖 3-2)提出更新版的特定廠址歷史評估報告。
2. 報告內應充分說明所審閱的文件、人員訪查方式、及資料評估方法。詳細的文件清單及紀錄可以附件的方式呈現。
3. 報告中應討論環境輻射背景活度的認定，此數值可作為初步判斷的基準，也提供後續進行輻射偵檢與廠址調查之參考。
4. 資料評估結果應清楚說明，Vermont Yankee 電廠 HSA 報告「表 1-受影響區判定總結」的格式(表 3-14)可供參考。且應提出評估結果內部審查的佐證。
5. 提供完整清楚的概念廠址模型，未來隨著輻射偵檢與廠址調查的進展，滾動式修正此概念模型。

此外，主管機關審查 HSA 報告之人員，應具備足夠的 MARSSIM 相關知識，並對核電廠可能受到的污染有一定的了解。

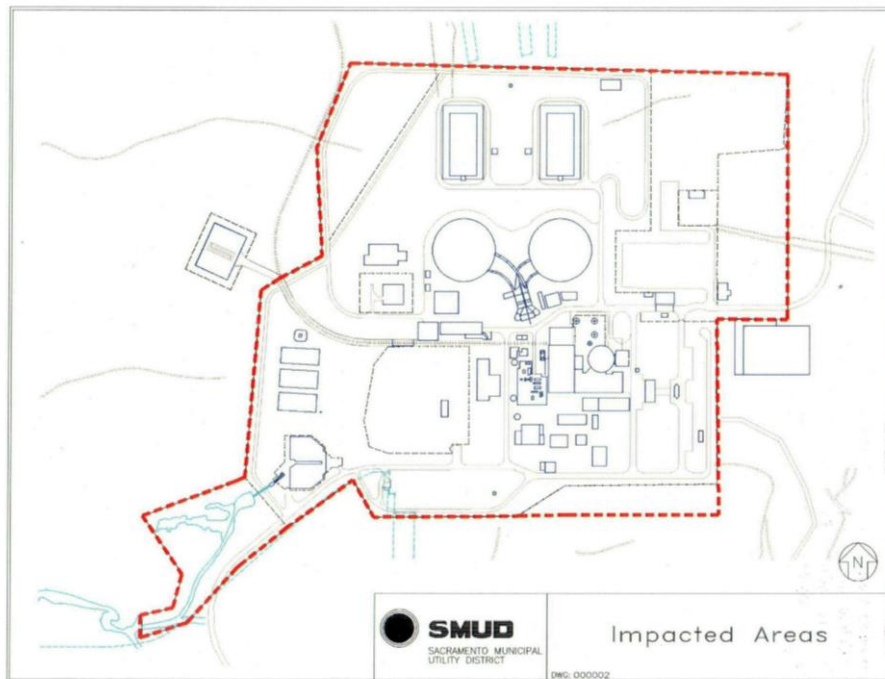


Figure 6.1  
Impacted Area Designations

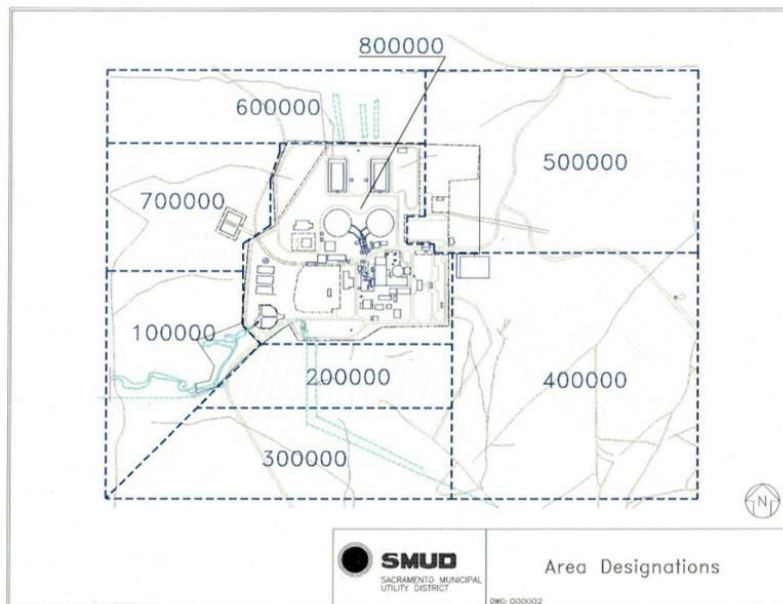


Figure 6.2  
Area Designations

|                    |               |
|--------------------|---------------|
| Area 100000 (SA01) | Impacted      |
| Area 200000 (SA02) | Impacted      |
| Area 300000 (SA03) | Non-Impacted  |
| Area 400000 (SA04) | Non-Impacted  |
| Area 500000 (SA05) | Non-Impacted* |
| Area 600000 (SA06) | Non-Impacted  |
| Area 700000 (SA07) | Non-Impacted  |
| Area 800000 (SA08) | Impacted      |
| Area 900000 (SA09) | Non-Impacted  |

\* Area 500000 contains an impacted area within it as described in Section 6.10.5.

圖 3-3、Rancho Seco 電廠受輻射影響地區

圖片來源：Rancho Seco 電廠 HSA

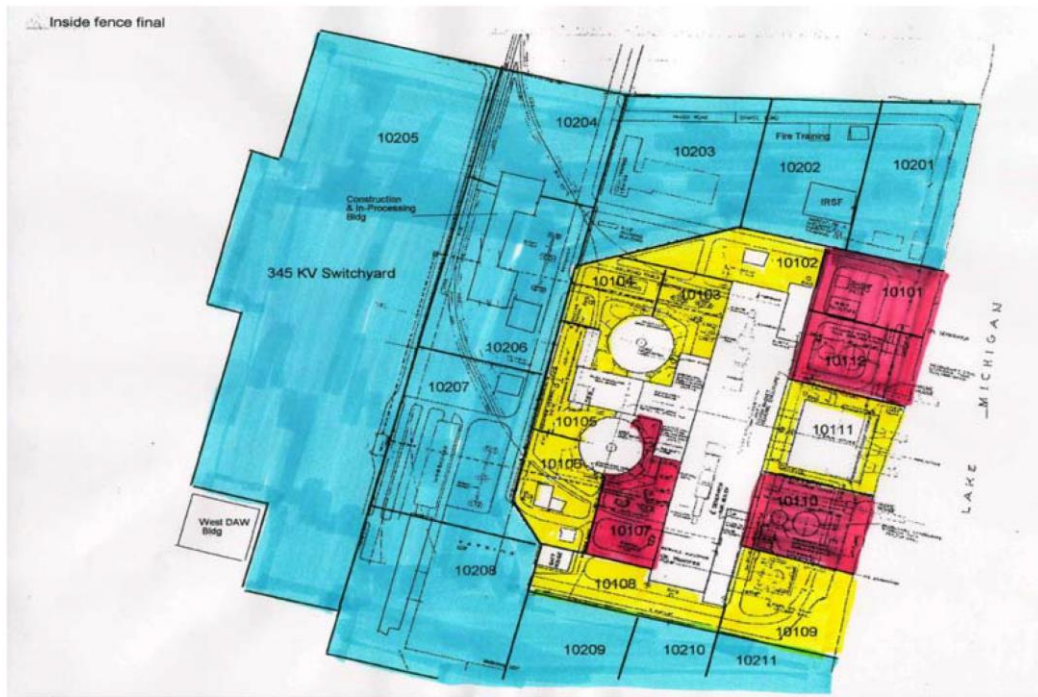


Figure 3: Survey Unit Categorization - Area Inside Outer Security Fence

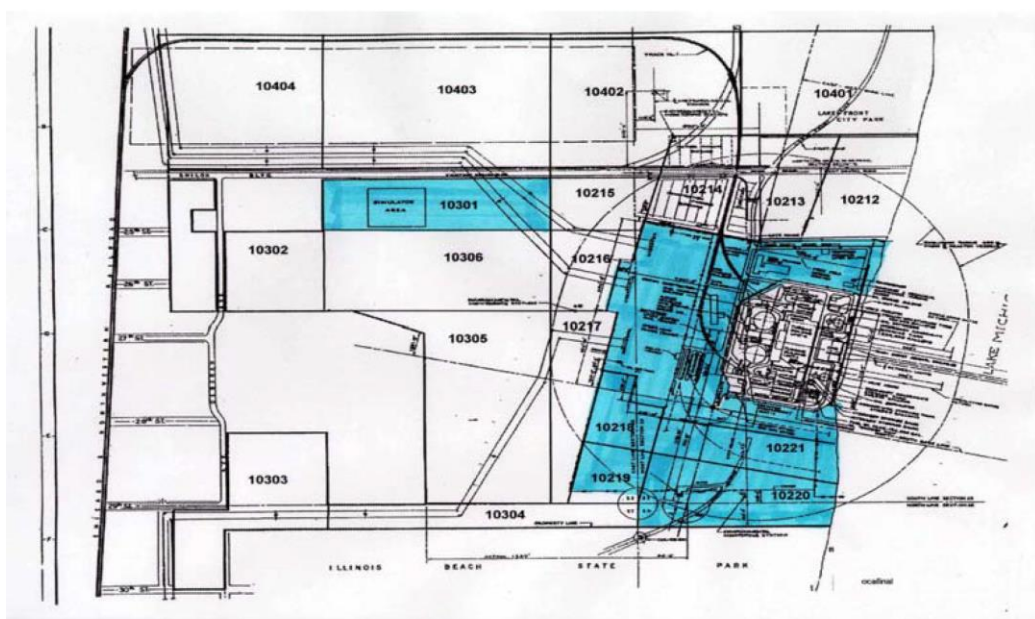


Figure 4: Survey Unit Categorization - Area Inside Owner Controlled Area

圖 3-4、Zion 電廠受輻射影響地區

圖片來源：Zion 電廠 HSA[11]

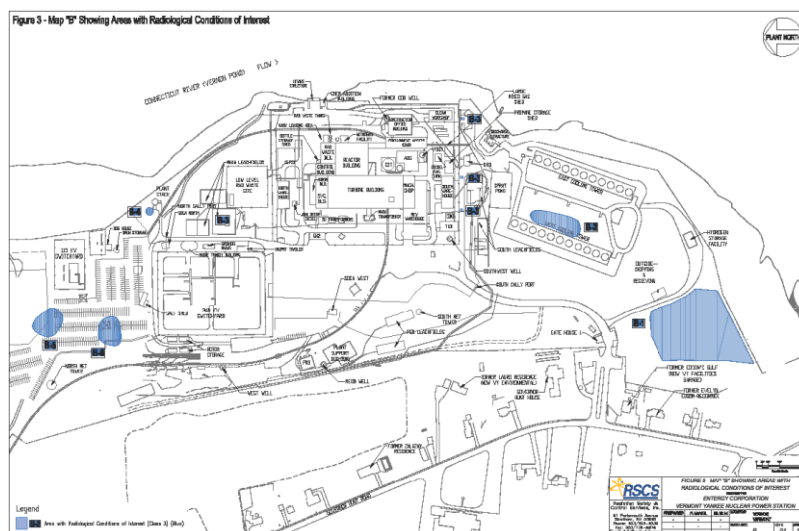
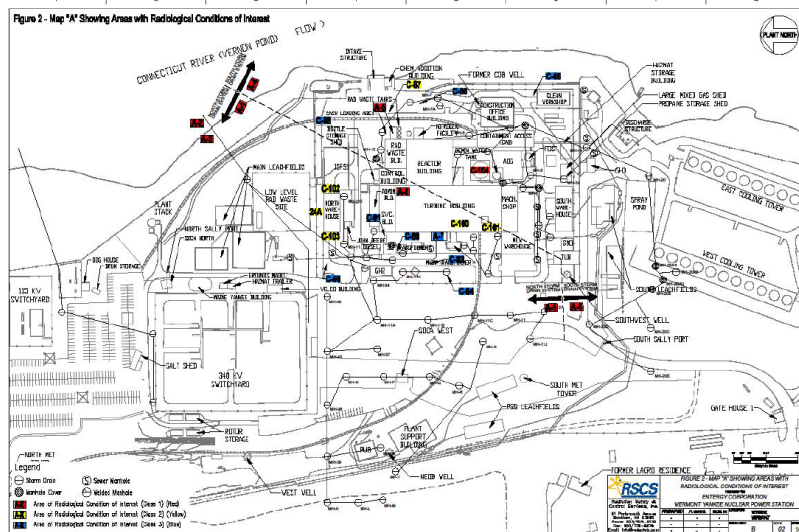
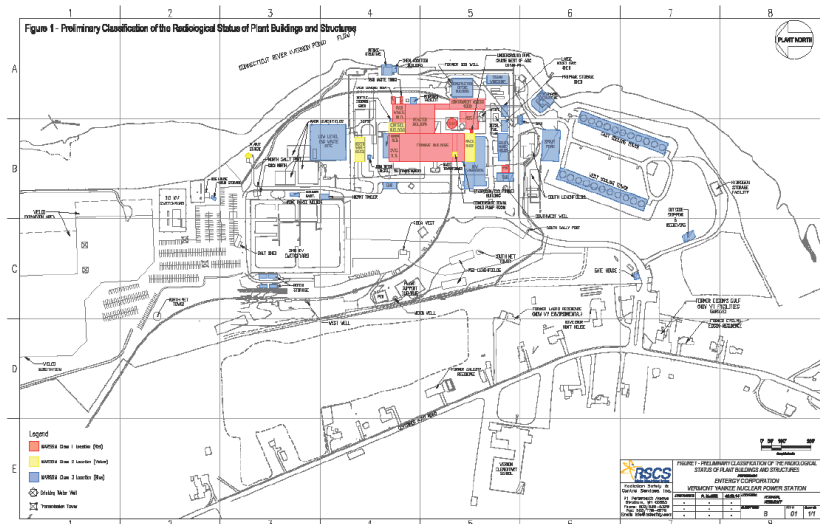


圖 3-5、Vermont Yankee 電廠受輻射影響地區

圖片來源：Vermont Yankee 電廠 HSA

表 3-2、有助於 HSA 先期調查之問題

|                                                                      |                                                            |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1.廠址曾被核准作放射性物質的製造、使用或銷售？                                             | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 2.廠址內是否曾被核准處理或焚化放射性物質？是否有其作業的證據？                                     | 放射性物質處理作業的證據表示該區域受影響的機率較高                                  |
| 3.廠址內是否曾經有深井進行或相關作業的核准？                                              | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 4.廠址是否曾被核准使用除了醫療或牙科X-光機之外的可發生游離輻射設備或放射性物質進行研究？                       | 研究可能導致放射性物質的外釋，該區域受影響的機率較高                                 |
| 5.廠址中是否曾貯存或處置放射性土壤水分密度計(銻-鉍或銻-鉍射源)或放射性厚度監測計？                         | 依密封射源的洩漏測試，可顯示貯存地區是否受到影響。若有證據證實曾進行放射性物質之處理處置，表示該區域受影響的機率較高 |
| 6.廠址過去是否曾以活化方式生產放射性物質？                                               | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 7.廠址中是否貯存放射性射源？                                                      | 依密封射源的洩漏測試，可顯示貯存地區是否受到影響。                                  |
| 8.廠址是否涉及曼哈頓計畫或任何曼哈頓工程區作業的證據(1942-1946)？                              | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 9.廠址是否曾涉及支援核武的測試(1945-1962)？                                         | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 10.廠址中是否有任何設施曾做為武器貯存區？廠址是否曾執行武器的維護保養？                                | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 11.是否在廠址曾執行過放射性污染船舶、車輛或飛機之除污、維修、或貯存？                                 | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 12.廠址或廠址附近是否有飛機意外事故的紀錄(例如：耗乏鈾平衡錘、鈾合金、鐳儀表版)？                          | 可能包含其他考量，如未被發現的放射性物質的證據                                    |
| 13.廠址是否曾進行核醫藥物之製造、貯存、搬遷或處理？                                          | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 14.廠址是否曾進行動物研究？                                                      | 放射性物質使用於動物研究的證據，表示該區域受影響的機率較高                              |
| 15.廠址是否曾經生產、研究、測試或貯存鈾、鈾或鐳混合物(NORM)？                                  | 表示該區域受影響的機率較高，或可能導致背景變動之增加                                 |
| 16.廠址是否曾經涉及加工或製造天然放射性物質(例如鐳、肥料、磷酸化合物、鈾化合物、耐火物質或貴重金屬)，或鈾的開採、碾磨、加工或生產？ | 表示該區域受影響的機率較高，或可能導致背景變動之增加                                 |
| 17.廠址內是否曾經使用過煤或煤的產品？<br>若是，燃燒後的煤灰或煤灰是否殘留在場內？<br>若是，是否有雨水沖刷或在場內形成水塘？  | 可能包含其他考量，如背景變動之增加                                          |
| 18.廠址中是否曾處理過高活度的天然放射性物質(例如噴砂用的獨居石砂)？                                 | 可能包含其他考量，如背景變動之增加                                          |
| 19.廠址是否處理過石油、天然氣工廠的管路？                                               | 表示該區域受影響的機率較高，或可能導致背景變動之增加                                 |
| 20.是否有其他任何理由，懷疑廠址受到放射性物質污染？                                          | 可能污染的環境介質，包括表土、次表土與環境介質、地表水、地下水、空氣與結構物等，參見原文3.6.3節         |

表 3-3a、廠址歷史評估報告電廠(已除役)相關資訊

| 電廠名稱                                 | 型式  | 功率<br>(MWe) | 運轉時間<br>(年) | 除役完成年 | HSA 完成<br>日期 |
|--------------------------------------|-----|-------------|-------------|-------|--------------|
| Haddam<br>Neck/Connecticut<br>Yankee | PWR | 560         | 29          | 2007  | 2001.08.22   |
| Rancho Seco 1                        | PWR | 873         | 15          | 2009  | 2006.08.03   |
| Yankee Rowe                          | PWR | 167         | 31          | 2007  | 2004.01.21   |

表 3-3 b、廠址歷史評估報告電廠(除役中)相關資訊

| 電廠名稱                                         | 型式  | 功率<br>(MWe) | 運轉期間        | 目前狀態                        | HSA 完成<br>日期 |
|----------------------------------------------|-----|-------------|-------------|-----------------------------|--------------|
| Crystal River Unit 3                         | PWR | 860         | 1976 ~ 2013 | Transitioning<br>to SAFSTOR | 2016.06.28   |
| Humboldt Bay Power<br>Plant, Unit 3          | BWR | 63          | 1963 ~ 1976 | DECON                       | 2011.07      |
| La Crosse Boiling<br>Water Reactor           | BWR | 48          | 1969 ~1987  | DECON                       | 2015         |
| Vermont Yankee<br>Nuclear Power<br>Station   | BWR | 650         | 1972 ~ 2014 | DECON                       | 2014.09      |
| Zion Nuclear Power<br>Station, Units 1 and 2 | PWR | 1040        | 1973~ 1998  | DECON                       | 1999.08      |

表 3-4a、廠址歷史評估報告目錄

| Zion Station (1999) [錯誤! 找不到參照來源。]                               | Haddam Neck Plant (2001) [12]                            |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Glossary of Terms, Acronyms and Abbreviations</b>             | <b>1.0 Glossary of Terms, Acronyms and Abbreviations</b> |
| <b>Executive Summary</b>                                         | <b>2.0 Executive Summary</b>                             |
| <b>Purpose and Methodology of the Historical Site Assessment</b> | <b>3.0 Purpose of the Historical Site Assessment</b>     |
| <b>Property Identification and Description</b>                   | <b>4.0 Property Identification</b>                       |
| <b>History and Current Usage</b>                                 | 4.1 Physical Characteristics                             |
| <b>Findings</b>                                                  | 4.2 Environmental Setting                                |
| Potential Contaminants                                           | <b>5.0 Historical Site Assessment Methodology</b>        |
| Potential Non-Radioactive Contaminants                           | 5.1 Approach and Rationale                               |
| Potential Radioactive Contaminants                               | 5.2 Boundaries of Site                                   |
| Potential Contaminated Areas                                     | 5.3 Documents Reviewed                                   |
| Non-Impacted Areas                                               | 5.4 Property Inspections                                 |
| Related Environmental Concerns                                   | 5.5 Personal Interviews                                  |
| Future Actions                                                   | <b>6.0 History and Current Usage</b>                     |
| <b>Conclusions</b>                                               | 6.1 History                                              |
| <b>References</b>                                                | 6.2 Current Usage                                        |
| <b>Appendix 1 - Site Conceptual Model</b>                        | 6.3 Adjacent Land Usage                                  |
| <b>Appendix 2 - Personnel</b>                                    | <b>7.0 Assessment Findings</b>                           |
| Interview/Questionnaire Data                                     | 7.1 Potential Contaminants                               |
| <b>Appendix 3 - List of Documents Reviewed and Data</b>          | 7.2 Potential Contaminated Areas                         |
| <b>Appendix 4 - List of Related Databases/Computer Files</b>     | 7.2.1 Impacted Areas                                     |
| <b>Appendix 5 - CD Images – Construction</b>                     | 7.2.2 Non-Impacted Areas                                 |
| <b>Appendix 6 - Listing of HSA Supplemental Documents</b>        | 7.3 Potential Contaminated Media                         |
| <b>Appendix 7 - Unit 1 and Unit 2 Supplemental Information</b>   | 7.4 Related Environmental Evaluations                    |
|                                                                  | <b>8.0 Conclusions</b>                                   |
|                                                                  | <b>9.0 References</b>                                    |
|                                                                  | <b>10.0 Appendices</b>                                   |
|                                                                  | A. Conceptual Model and Site Diagram                     |
|                                                                  | B. List of Documents                                     |
|                                                                  | C. Photo documentation Log                               |

表 3-4b、廠址歷史評估報告目錄

| Yankee Nuclear Plant (2004) [13]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Rancho Seco (2006) [14]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1 ABBREVIATIONS</b></p> <p><b>2 EXECUTIVE SUMMARY</b></p> <p><b>3 PURPOSE OF THE HISTORICAL SITE ASSESSMENT</b></p> <p><b>4 PROPERTY IDENTIFICATION</b></p> <p>4.1 Physical Characteris</p> <p>4.2 Environmental Setting</p> <p><b>5 HISTORICAL SITE ASSESSMENT AND SURVEY AREA DELINEATION</b></p> <p>5.1 Approach And Rationale</p> <p>5.2 Boundaries Of The Sit E</p> <p>5.3 Documents Reviewed</p> <p>5.4 Property Inspections</p> <p>5.5 Personnel Interviews</p> <p><b>6 HISTORY</b></p> <p>6.1 Licensing History</p> <p>6.2 Regulatory Involvement</p> <p>6.3 Facility Description</p> <p>6.4 Adjacent Land Use</p> <p><b>7 FINDINGS</b></p> <p>7.1 Overview</p> <p>7.2 Non-Impacted Area Assessment</p> <p>7.3 Potentially Contaminated Areas</p> <p>7.4 Contaminated Media</p> <p>7.5 Related Environmental Concerns</p> <p><b>8 REFERENCES</b></p> | <p><b>1.0 Introduction</b></p> <p><b>2.0 Objectives of Historical Site Assessmient</b></p> <p><b>3.0 Tems, Acronymis, and Abbreviations</b></p> <p><b>4.0 Property Identification</b></p> <p>4.1 Facility Characteristics</p> <p>4.2 Environmental Characteristics</p> <p><b>5.0 HSA Methodology</b></p> <p>5.1 Approach and Rationale</p> <p>5.2 Documents reviewed</p> <p>5.3 Site Reconnaissance</p> <p>5.4 Personnel Interviews</p> <p>5.5 Historical Construction Photograph Review</p> <p><b>6.0 Operational History</b></p> <p>6.1 Introduction</p> <p>6.2 Decommissioning Plan Chronology</p> <p>6.3 Regulatory Overview</p> <p>6.4 Waste Handling Procedures</p> <p>6.5 Current Site Usage</p> <p>6.6 Site Dismantlement</p> <p>6.7 Radiological Sources</p> <p>6.8 W aste Stream Description</p> <p>6.9 Incident Descriptions</p> <p>6.10 Survey Unit Identification and Classification</p> <p>6.11 Radiological Im pact Sum m aries</p> <p><b>7.0 Findings</b></p> <p><b>8.0 Conclusions</b></p> <p><b>9.0 References</b></p> <p><b>Appendix A:</b> HSA 10 CFR Part 50.75(g) Document Review Summary</p> <p><b>Appendix B:</b> Personnel Interview Program</p> <p><b>Appendix C:</b> Area Summary and Preliminary Survey Unit Identification</p> <p><b>Appendix D:</b> Miscellaneous Location and Earthquake Data and Figures</p> <p><b>Appendix E:</b> Miscellaneous Historical Construction Photographs</p> |

表 3-4c、廠址歷史評估報告目錄

| Humboldt Bay(2011) [15]                                                                              | Vermont Yankee (2014) [16]                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>I GLOSSARY OF TERM S, ACRONYMS AND ABBREVIATIONS</b>                                              | <b>Glossary of Terms, Acronyms and Abbreviations</b>                |
| <b>2 EXECUTIVE SUMMARY</b>                                                                           | <b>Executive Summary</b>                                            |
| <b>3 PURPOSE OF THE HISTORICAL SITE ASSESSMENT</b>                                                   | <b>1.0 Purpose</b>                                                  |
| <b>4 PROPERTY IDENTIFICATION</b>                                                                     | <b>2.0 Property Identification</b>                                  |
| 4.1 Physical Characteristics                                                                         | 2.1 Physical Characteristics                                        |
| 4.2 Environmental Setting                                                                            | 2.2 Environmental Setting                                           |
| <b>5 HISTORICAL SITE ASSESSMENT METHODOLOGY</b>                                                      | <b>3.0 Historical Site Assessment Methodology</b>                   |
| 5.1 Approach and Rationale                                                                           | 3.1 Approach and Rationale                                          |
| 5.2 Boundaries of The Site                                                                           | 3.2 Documents Reviewed                                              |
| 5.3 Documents Reviewed                                                                               | 3.3 Property Inspections                                            |
| 5.4 Property Inspections                                                                             | 3.4 Personnel Interviews                                            |
| 5.5 Personal Interviews                                                                              | <b>4.0 Historical and Current Use</b>                               |
| <b>6 HISTORY</b>                                                                                     | 4.1 History                                                         |
| 6.1 Licensing History                                                                                | 4.2 Description of Circumstances Impacting Site Radiological Status |
| 6.2 Current Site Status                                                                              | <b>5.0 Assessment Findings</b>                                      |
| 6.3 Fossil Power Units                                                                               | 5.1 Contaminants                                                    |
| 6.4 Nuclear Power Unit                                                                               | 5.2 Environmental Radioactivity                                     |
| <b>7 DATA QUALITY OBJECTIVES &amp; RADIOLOGICAL FINDINGS</b>                                         | 5.3 Contaminated Media                                              |
| 7.1 Potential Contaminates                                                                           | 5.4 Non-Impacted Areas                                              |
| 7.2 Potentially Contaminated Areas                                                                   | 5.5 Impacted Areas                                                  |
| 7.3 Related Environmental Concerns                                                                   | <b>6.0 Impacted Buildings and Structures</b>                        |
| <b>8 CONCLUSIONS</b>                                                                                 | 6.1 Class 1 Buildings and Structures                                |
| <b>9 FUTURE DECOMMISSIONING ACTIONS</b>                                                              | 6.2 Class 2 Buildings and Structures                                |
| <b>10 REFERENCES</b>                                                                                 | 6.3 Class 3 Buildings and Structures                                |
| <b>11 APPENDICES</b>                                                                                 | <b>7.0 Soil and Groundwater Impacts</b>                             |
| A. Site Diagrams Showing MARSSIM Classifications                                                     | 7.1 Impacted Site Soil                                              |
| 1. Surface Soil Classifications                                                                      | 7.2 Groundwater Monitoring (Radiological and Non-radiological)      |
| 2. Subsurface Soil Classifications                                                                   | <b>8.0 Summary and Conclusions</b>                                  |
| 3. Buildings and Structures Classifications (includes Basements, Embedded Piping, and Buried Piping) | <b>9.0 References</b>                                               |
| B. Table of Impacted Areas and Classifications                                                       |                                                                     |
| C. Aerial Photographs                                                                                |                                                                     |
| D. Decay Corrected Radionuclide Inventory                                                            |                                                                     |
| E. 2008 Characterization Results of Surface and Subsurface Soils                                     |                                                                     |

表 3-4d、廠址歷史評估報告目錄

| La Crosse (2015) [17]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Crystal River (2016) [18]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. PURPOSE OF THE HISTORICAL SITE ASSESSMENT</b><br><b>2. PROPERTY IDENTIFICATION</b><br>2.1. Site Location and Physical Characteristics<br>2.2. Environmental Setting<br><b>3. HISTORICAL SITE ASSESSMENT METHODOLOGY</b><br>3.1. Approach and Rationale<br>3.2. Boundaries of Site<br>3.3. Documents Reviewed<br>3.4. Property Inspections<br>3.5. Personnel Interviews<br>3.6. Historical Construction Photograph Review<br><b>4. HISTORY AND CURRENT USAGE</b><br>4.1. Historical Use<br>4.2. Current Use<br>4.3. Adjacent Land Usage<br><b>5. FINDINGS</b><br>5.1. Review of LACBWR Records<br>5.2. Basis for Site Classification<br>5.3. Impacted Area Assessments<br>5.4. Potential Contaminants<br>5.5. Potentially Contaminated Areas<br>5.6. Impacted Area Assessments<br>5.7. Potentially Contaminated Media<br>5.8. Environmental Concerns<br><b>6. CONCLUSIONS</b><br><b>7. REFERENCES</b> | <b>1 Executive Summary</b><br><b>2 Glossary</b><br><b>3 Introduction</b><br><b>4 Property Identification</b><br>4.1 Environmental Setting<br>4.2 Conceptual Site Model<br><b>5 Historical Site Assessment Methodology</b><br>5.1 Approach and Rationale<br>5.2 Documents Reviewed<br>5.3 Property Inspections<br>5.4 Personnel Interviews<br><b>6 Assessment Findings</b><br>6.1 Site-Wide Impacts<br>6.2 Non-Radiological Impacts<br>6.3 Radiological Impacts<br><b>7 Conclusions</b><br><b>8 Recommendations</b><br><b>9 Cited References</b><br><b>10 Appendices</b><br>A. Summary Table of Non-Radiological Areas<br>B. Summary Table of Radiological Areas<br>C. Document Figures |

表 3-5、廠址特性確認章節目錄之比較

| 電廠 | Rancho Seco (R1, 2006)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Zion Station (1999)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Vermont Yankee(2014)                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 目錄 | <b>Property Identification</b><br><b>4.1 Facility Characteristics</b><br>4.1.1 Licensee Identification (DPR-54)<br>4.1.2 Location<br>4.1.3 Topography<br>4.1.4 Stratigraphy<br><b>4.2 Environmental Characteristics</b><br>4.2.1 Geology<br>4.2.2 Seismology<br>4.2.3 Hydrology<br>4.2.4 Hydrogeology<br>4.2.5 Meteorology<br>4.2.5.1 General Climatology<br>4.2.5.2 Extreme Winds<br>4.2.5.3 Tornados<br>4.2.5.4 Tropical Storms and Hurricanes<br>4.2.5.5 Precipitation Extremes<br>4.2.5.6 Snow and Ice Storms<br>4.2.5.7 Thunderstorms | <b>Property Identification and Description</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Physical Characteristics</b><br/>Site and Facility Description</li> <li>• <b>Environmental Setting</b><br/>           Geology<br/> <u>Site Conditions</u><br/> <u>Shoreline Modification</u><br/>           Hydrology<br/> <u>Site and Facilities</u><br/> <u>Hydrosphere</u><br/> <u>Floods</u><br/> <u>Rainfall</u><br/> <u>Groundwater</u><br/>           Meteorology<br/> <u>Climate</u><br/> <u>Wind Direction</u><br/> <u>Wind Direction Persistence</u><br/> <u>Severe Weather</u> </li> <li>• <b>Radiological Conditions</b><br/>           Environment Prior to Zion Operations<br/> <u>ARMS Study</u><br/> <u>Pre-Operational Environmental Report</u><br/>           Radiological Contributions from Other Sources<br/>           Operational Radiological Monitoring Data         </li> </ul> | <b>Property Identification</b><br><b>2.1 Physical Characteristics</b><br><b>2.2 Environmental Setting</b><br>2.2.1 Geological Setting<br>2.2.1.1 Surficial Geology<br>2.2.1.2 Bedrock Geology<br>2.2.2 Hydrology<br>2.2.2.1 Groundwater Levels and Flow Directions<br>2.2.2.2 Groundwater Recharge and Discharge |
| 頁數 | ~12(含圖表)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ~13(含圖表)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ~5                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

表 3-6、廠址歷史評估方法章節目錄之比較

| 電廠 | Rancho Seco (R1, 2006)                                                                                                                                                                                                     | Zion Station (1999)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Vermont Yankee (2014)                                                                                                                                                                     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 目錄 | <b>HSA. Methodology</b><br><b>5.1 Approach and Rationale</b><br><b>5.2 Documents reviewed</b><br><b>5.3 Site Reconnaissance</b><br><b>5.4 Personnel Interviews</b><br><b>5.5 Historical Construction Photograph Review</b> | <b>Purpose and Methodology of the Historical Site Assessment</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Purpose</b></li> <li>• <b>Methodology Approach and Rationale</b></li> </ul> Preliminary HSA Investigation<br>Existing Radiation and Other Environmental Data<br>Licenses, Site Permits and Authorizations, and Other Authorizations<br>Operating Records<br>Zion Data Collection<br>Contacts and Interviews<br>Interview Questionnaires Used at Zion<br>Evaluation of the Initial Historical Site Assessment Data<br>Identify Potential Contaminants<br>Identify Potential Contaminated Areas | <b>Historical Site Assessment Methodology</b><br><b>3.1 Approach and Rationale</b><br><b>3.2 Documents Reviewed</b><br><b>3.3 Property Inspections</b><br><b>3.4 Personnel Interviews</b> |
| 頁數 | ~4                                                                                                                                                                                                                         | ~9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ~3                                                                                                                                                                                        |

表 3-7、受審閱文件之比較

| 電廠      | Rancho Seco (R1, 2006)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Zion Station (1999)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Vermont Yankee(2014)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 受審閱文件清單 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● License and Technical Specification reports;</li> <li>● Annual operational and environmental reports;</li> <li>● Environmental investigations performed by independent entities;</li> <li>● Regulatory actions against the site;</li> <li>● Documentation from interviews conducted with currently employed and retired/separated site personnel;</li> <li>● Radiological control surveys associated with identified events;</li> <li>● Site inspection and surveillance documents associated with identified events;</li> <li>● Federal, State and local regulations;</li> <li>● Regulatory and Industry guidance documents;</li> <li>● Annual Environmental and Operational documents;</li> <li>● License Event Reports (LERs);</li> <li>● Occurrence Description Reports (ODRs);</li> <li>● Quality departure documents, including Potential Deviations from Quality (PDQ) and Deviation from Quality (DQ);</li> <li>● Radiological and environmental survey documents; <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Routine radioactive release reports;</li> <li>■ Non-routine reports provided to the NRC under the provisions of the facility's technical specifications, 10 CFR Part 20, and 10 CFR Part 50;</li> <li>■ Plant incident or condition reports;</li> <li>■ Radiological assessments; and</li> <li>■ Quality control/Quality Assurance finding documents.</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Most recent site radiological surveys,</li> <li>● Most recent site and system radiochemical analyses,</li> <li>● Most recent offsite environmental and meteorological results (REMP data),</li> <li>● Most recent 10CFR61 analyses,</li> <li>● Most recent offsite radiochemistry analyses (e.g., quarterly Sr-89/90, TRU),</li> <li>● Most recent semi-annual effluent report,</li> <li>● Most recent summary of site's 10CFR50.75g(1) files (if applicable),</li> <li>● Permit related chemical analyses including drinking water, NPDES data,</li> <li>● monitoring data, public health analyses of on-site drinking water wells, etc.,</li> <li>● Waste analyses and profiles,</li> <li>● Any site chemical data collected in conjunction with a leaking underground storage</li> <li>● tank incident, chemical release, or groundwater-monitoring program.</li> <li>● Operation record</li> <li>● etc.</li> </ul> <p>詳細清單列在 Zion HSA 報告附錄中</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● interviews of long-tenured employees,</li> <li>● spill reports,</li> <li>● radiological incident files,</li> <li>● special survey and operational survey records,</li> <li>● VYNPS file maintained in compliance with 10 CFR 50.75(g), <ul style="list-style-type: none"> <li>■ VYNPS Radioactive Effluent Release Reports,</li> <li>■ VYNPS Annual Radiological Environmental Monitoring Reports,</li> <li>■ Phase I and II Environmental Site Assessment report of the VYNPS</li> </ul> </li> </ul> |

表 3-8、以往與現在之使用情形章節目錄之比較

| 電廠 | Rancho Seco (R1, 2006)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Zion Station (1999)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Vermont Yankee(2014)                                                                                                                  |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 目錄 | <b>Operational History</b><br><b>6.1 Introduction</b><br><b>6.2 Decommissioning Plan Chronology</b><br><b>6.3 Regulatory Overview</b><br><b>6.4 Waste Handling Procedures</b><br>6.4.1 Process Control Program (PCP)<br>6.4.2 Rancho Seco Administrative Procedures (RSAP)<br>6.4.3 Radiation Control Manual (RCM)<br>6.4.4 Radwaste Control Manual (RWCM)<br>6.4.5 Chemistry Department Procedures Manual<br>6.4.6 Surveillance Procedures (SP)<br><b>6.5 Current Site Usage</b><br>6.5.1 Description of Operations<br>6.5.2 Preliminary Site Characterization<br><b>6.6 Site Dismantlement</b><br>6.6.1 Dismantlement activities within the Power Block<br>6.6.2 Dismantlement activities outside the Power Block<br><b>6.7 Radiological Sources</b><br>6.7.1 Spent Fuel<br>6.7.2 Irradiated Hardware<br>6.7.3 Reactor Vessel and Internals<br>6.7.4 Plant Systems<br>6.7.5 Industrial Area Contamination<br>6.7.6 Non-Industrial Area Contamination<br><b>6.8 Waste Stream Description</b><br>6.8.1 Hazardous Materials/Wastes<br>6.8.2 Low Level Radioactive Waste (LLRW)<br>6.8.3 Spent Fuel<br><b>6.9 Incident Descriptions</b><br>6.9.1 Radiological Spills<br>6.9.2 Chemical Spills<br>6.9.3 Loss of Material Control<br>6.9.4 System Cross-Contamination<br>6.9.5 Onsite Disposal of Licensed Radioactive Materials<br><b>6.10 Survey Unit Identification and Classification</b><br>6.10.1 Site Classification<br>6.10.2 Assessment Performance<br>6.10.3 Areas | <b>History and Current Usage</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• History</li> <li>• Current Usage</li> <li>• Adjacent Land Usage</li> </ul> Geography and Demography<br><u>Site Location and Description</u><br><u>Exclusion Area Authority and Control</u><br><u>Nonmilitary Facilities</u><br><u>Military Facilities</u><br><u>Waterways</u> | <b>Historical and Current Use</b><br><b>4.1 History</b><br><b>4.2 Description of Circumstances Impacting Site Radiological Status</b> |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
|    | 6.10.4 Survey Units<br>6.10.5 Initial Designation of Areas<br>6.10.6 Survey Unit Designation Program<br><b>6.11 Radiological Impact Summaries</b><br>6.11.1 Area 100000 (SA01) -Plant Effluent Area<br>6.11.2 Area 200000 (SA02) - South Plant Outfall Area<br>6.11.3 Areas 300000-700000<br>6.11.4 Area 800000 (SA08)<br>6.11.5 Area 900000 (SA09) |    |    |
| 頁數 | ~33                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ~5 | ~1 |

表 3-9、發現章節目錄之比較

| 電廠 | Rancho Seco (R1, 2006) | Zion Station (1999)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Vermont Yankee(2014)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 目錄 | Findings               | <b>Findings</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Potential Contaminants</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Potential Non-Radioactive Contaminants</li> <li>Potential Radioactive Contaminants</li> </ul> </li> <li>• <b>Potential Contaminated Areas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Impacted Areas – Known and Potential</li> <li>Non-Impacted Areas</li> </ul> </li> <li>• <b>Related Environmental Concerns</b></li> <li>• <b>Future Actions</b></li> </ul> | <b>5.0 Assessment Findings</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>5.1 Contaminants</b></li> <li><b>5.2 Environmental Radioactivity</b></li> <li><b>5.3 Contaminated Media</b></li> <li><b>5.4 Non-Impacted Areas</b></li> <li><b>5.5 Impacted Areas</b></li> <li><b>6.0 Impacted Buildings and Structures</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>6.1 Class 1 Buildings and Structures</b></li> <li><b>6.2 Class 2 Buildings and Structures</b></li> <li><b>6.3 Class 3 Buildings and Structures</b></li> </ul> </li> <li><b>7.0 Soil and Groundwater Impacts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>7.1 Impacted Site Soil</b></li> <li><b>7.2 Groundwater Monitoring (Radiological and Non-radiological)</b></li> </ul> </li> </ul> |
| 頁數 | ~3                     | ~7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ~12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

表 3-10、可能的污染物

| 電廠         | Rancho Seco (R1, 2006)                                                                                                                                            | Zion Station (1999)                                                                                                          | Vermont Yankee(2014)                                                                                                                                                             |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 可能的污<br>染物 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mn-54</li> <li>• Fe-55</li> <li>• Co-58</li> <li>• Co-60</li> <li>• Ni-63</li> <li>• Cs-134</li> <li>• Cs-137</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• H-3</li> <li>• Fe-55</li> <li>• Co-60</li> <li>• Ni-63</li> <li>• Cs-137</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• H-3</li> <li>• Mn-54</li> <li>• Fe-55</li> <li>• Co-60</li> <li>• Zn-65</li> <li>• Sr-90</li> <li>• Cs-134</li> <li>• Cs-137</li> </ul> |

表 3-11、受輻射影響之建物、結構物及系統

| 電廠                        | Rancho Seco (R1, 2006)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Zion Station (1999)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 受影響之<br>建物、結<br>構物及系<br>統 | <p>正常運轉情況下受影響的建物、結構物及系統</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactor Containment Building,</li> <li>• Auxiliary Building,</li> <li>• Spent Fuel Storage Building,</li> <li>• Interim Onsite (radwaste) Storage Building,</li> <li>• Tank Farm and the systems contained within it</li> </ul> <p>主冷卻系統與次蒸氣系統交叉污染</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbine Building;</li> <li>• Emergency Feed pumps;</li> <li>• CST in the tank farm;</li> <li>• Regenerate Holdup Tanks;</li> <li>• Auxiliary Boilers;</li> <li>• Main and Auxiliary Steam Systems;</li> <li>• Main Feed Water System;.</li> <li>• Retention basins;</li> <li>• Condensate System; and</li> <li>• Auxiliary Feed Water System.</li> </ul> <p>因主系統滲漏或與其接觸</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrogen Gas System;</li> <li>• Control Rod Drive Cooling System;</li> <li>• Service Air System;</li> <li>• Nuclear Service Cooling Water System;</li> <li>• Turbine/Component Cooling Water System.</li> </ul> | <p>正常運轉情況下受影響的建物、結構物及系統</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit One Containment</li> <li>• Unit Two Containment</li> <li>• Fuel Handling Building</li> <li>• Radioactive Waste Building</li> <li>• Auxiliary Building</li> <li>• Interim Radwaste Storage Facility</li> <li>• East DAW Building</li> <li>• West DAW Building</li> </ul> <p>主冷卻系統與次蒸氣系統交叉污染</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbine Building</li> <li>• Unit One Main Steam Valve House</li> <li>• Unit Two Main Steam Valve House</li> <li>• Waste Water Treatment Facility</li> <li>• Warehouse/Mechanical Maintenance Training Area</li> <li>• Station Construction Building</li> <li>• IDNS Building</li> <li>• Gate House</li> <li>• North Warehouse</li> <li>• South Warehouse</li> <li>• West Training Building</li> </ul> |

表 3-12、Vermont Yankee 電廠受輻射影響之建物、結構物及土壤，以及未受影響區

表格來源：Vermont Yankee 電廠 HSA

| Impacted                      |                                                              |                               |                                                                                                                                                                   |                     |                                                       | Non-Impacted        |                              |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Figure/<br>Location           | Class 1                                                      | Figure/<br>Location           | Class 2                                                                                                                                                           | Figure/<br>Location | Class 3                                               | Figure/<br>Location |                              |
| Fig 1 /<br>A4, A5 &<br>B4, B5 | Reactor Building<br>(RB)                                     | Fig 1 / B5                    | Maintenance Machine<br>Shop                                                                                                                                       | Fig 1 / B4          | Control Building                                      | Fig 1 / B2          | Dog House Building           |
| Fig 1 /<br>B4                 | Service Building<br>(RCA)                                    | Fig 1 / B4                    | North Warehouse                                                                                                                                                   | Fig 1 / A4          | Nitrogen Storage<br>Facility                          | Fig 1 / B7,<br>B8   | Hydrogen Storage<br>Facility |
| Fig 1 /<br>B4, B5             | Turbine Building (TB)<br>Including the<br>basement           | Fig 1 / B3                    | Plant Stack                                                                                                                                                       | Fig 1 / B5          | South Warehouse                                       | Fig 1 / C2          | Met Tower - North            |
| Fig 1 /<br>A4, B4             | Radioactive Waste<br>Building (RWB)                          | Fig 1 A5<br>to B3             | HVAC duct from Plant<br>buildings to the Plant<br>Stack                                                                                                           | Fig 1 / B5          | New Warehouse                                         | Fig 1 / C5          | Met Tower - South            |
| Fig 1 /<br>B5                 | Condensate Storage<br>Tank and associated<br>structure (CST) | Fig 2 /<br>C-102, C-<br>103   | Soil adjacent to the<br>North Warehouse (east<br>and west)                                                                                                        | Fig 1 / A5          | Construction Office<br>Building (COB)                 | Fig 1 / C3          | Salt Storage Shed            |
| Fig 1 /<br>A5                 | Containment Access<br>Building (CAB)                         | Fig 2 /<br>C-87               | Surface soil East of<br>Cask Loading Bay                                                                                                                          | Fig 1 / B4          | Bottle Storage Shed -<br>North of Control<br>Building | Fig 1 / B3          | SOCA Building - North        |
| Fig 1 /<br>A5, B5             | Advanced Off-Gas<br>Building (AOG)                           | Fig 2 /<br>C-102 and<br>C-103 | Surface soil in the<br>vicinity of manhole MH-<br>11E on the gravel area<br>between the North<br>Warehouse and the<br>black top roadway<br>(closer to the roadway | Fig 1 / B6,<br>B7   | Cooling Tower 1                                       | Fig 1 / C4          | SOCA Building - West         |

表 3-13、附錄文件之比較

| 電廠 | Rancho Seco (R1, 2006)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Zion Station (1999)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 附錄 | <p><b>Appendix A:</b> HSA 10 CFR Part 50.75(g) Document Review Summary</p> <p><b>Appendix B:</b> Personnel Interview Program</p> <p><b>Appendix C:</b> Area Summary and Preliminary Survey Unit Identification</p> <p><b>Appendix D:</b> Miscellaneous Location and Earthquake Data and Figures</p> <p><b>Appendix E:</b> Miscellaneous Historical Construction Photographs</p> | <p><b>Appendix 1</b> - Site Conceptual Model</p> <p><b>Appendix 2</b> - Personnel Interview/Questionnaire Data</p> <p><b>Appendix 3</b> - List of Documents Reviewed and Data</p> <p><b>Appendix 4</b> - List of Related Databases/Computer Files</p> <p><b>Appendix 5</b> - CD Images - Construction</p> <p><b>Appendix 6</b> - Listing of HSA Supplemental Documents</p> <p><b>Appendix 7</b> - Unit 1 and Unit 2 Supplemental Information</p> |

表 3-14、Vermont Yankee 電廠 HSA 報告「表 1-受影響區判定總結」之節錄

| No. | Area                                          | Figure No. / Map Location | Current Condition                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Prelim Class (1, 2 or 3) | Justification for Preliminary Classification                                                                                                  |
|-----|-----------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2   | North Storm Drain Outfall and River Sediments | 2 / A-2 and A-3           | A sample in 1997 contained a discrete particle of Co-60 of 3,820 pCi. This detection was reported to the NRC in BVY 97-101(Reference 10). The source of the particle was likely washout of the Turbine Building HVAC exhaust that formerly discharged to the Turbine Building roof but was redirected to the Plant Stack in late 1993. The roof was replaced in the early 2006. Samples of river sediment are collected from an area along the shoreline 80 ft by 160 ft. This sampling is done two times per year as required by the VYNPS ODCM. Recent sampling results are only showing trace levels of Cs-137 and sporadic low level detections of Co-60. A dose assessment of the Co-60 particle concluded that this area poses no risk to human health, as reported in BVY 97-101. The ongoing radiological environmental monitoring program (REMP) is designed to detect and monitor any buildup of radioactivity in the environment from plant activities. | 2                        | Detection of a discrete particle of Co-60 in the silt in the river near the area of the North Storm Drain outfall.                            |
| 3   | South Storm Drain System                      | 2 / A-4                   | The system was sampled extensively in 1993. Tritium is detected sporadically in the South Storm Drain System. MH-14 is currently sampled weekly for tritium. There was one positive tritium value in 1998 (900 pCi/l) in MH-14. All other samples were <700 pCi/l. This is a recognized NRC Bulletin 80-10 issue (contamination of a nonradioactive system). Extensive sampling of the storm drain systems was done during the summer of 1999. VYNPS has completed an evaluation pursuant to 10 CFR 50.59 (a regulation controlling changes, tests and experiments by nuclear plant licensees) on both the North and South Storm Drain Systems. Information on the storm drain system contamination is included in the Annual Radiological Environmental Operating Report.                                                                                                                                                                                         | 1                        | This system receives much of the storm water from the station power block and MH-12 receives storm water from the Radwaste Cask Loading Area. |

## 第四章 美國核管會除役視察報告 (IR)

為提供國內電廠除役工作之參考，本計畫報告內容選定美國兩座電廠之除役期間視察報告進行整理，分別為 San Onofre 電廠(San Onofre Nuclear Generating Station, SONGS) 與 Zion 電廠，因美國 San Onofre Units 2 & 3 屬除役作業前期；Zion Units 1 & 2 則幾乎完成除役作業。透過該等電廠之視察報告內容，參考 SONGS 電廠遞交停止運轉後除役活動報告(Post Shutdown Decommissioning Activity Report, PSDAR)，以及 Zion 電廠遞交執照中止計畫(License Termination Plan, LTP)，以及 108 年「國際除役技術指引和法規彙整之管制研究」視察計畫內容，進行資料彙整並提供管制單位審查建議。

### 4.1 美國 SONGS 電廠視察報告(IR)彙整

SONGS 電廠位於美國加利福尼亞州奧蘭治縣聖克萊門特東南約 6.5 公里，共有三部機組，皆為壓水式反應器。1 號機 (Unit 1)裝置容量為 436 MWe，自 1968 年開始商轉，在運轉 25 年後於 1992 年永久停止運轉，目前處於安全暫存(SAFSTOR)狀態[20]。

2 號與 3 號機 (Units 2 & 3)的裝置容量約 2200 MWe，自 1982 年開始商轉。在 2012 年慣例停機維修與升級時發現蒸汽產生器管路有破損狀況，因此議題設施經營者遂決定於 2013 年 6 月宣布永久停機。目前 Units 2 & 3 處於除役階段 (DECON)。表 4-1 列出兩座電廠相關資訊，包含美國核管會核發給各機組的執照編號(License No)與文件編號(Docket No)[21]。

表 4-1、SONGS 電廠相關資訊 [2]

|       |                   |                        |
|-------|-------------------|------------------------|
| 電廠名稱  | San Onofre Unit 1 | San Onofre Units 2 & 3 |
| 反應器型式 | PWR               | PWR                    |
| 裝置容量  | 436 MWe           | 1070 & 1080 MWe        |
| 運轉期間  | 1968-1992         | 1982-2013/06           |
| 預估完成  | 2030              | 2030                   |
| 電廠狀態  | 安全暫存              | 立即拆除                   |
| 執照編號  | DPR-13            | NPF-10 & NPF-15        |
| 文件編號  | 50-206            | 50-361 & 50-362        |

#### 4.1.1 IR 彙整

San Onofre 電廠有兩座，本計畫僅聚焦在 San Onofre Units 2 & 3 電廠，蒐集該電廠自 2013 年宣布永久停止運轉並開始進行除役至 2020 年 7 月止之視察報告，總計 37 份。蒐集方法係透過美國核管會官方文件紀錄系統 Agencywide Documents Access and Management System (ADAMS)進行檢索。除了給予搜尋關鍵字詞，例如 Inspection report，亦需要透過輸入預計搜尋電廠之文件編號(即 50-361 或 50-362)使系統能準確提供與該電廠相關資料。如過程中認為資料有所缺失，便再以網路搜尋引擎確認該等文件確實無法公開取得。表 4-2 為 SONGS 電廠 Units 2 & 3 自 2013 年至 2020 年視察報告彙整表。

表 4-2、SONGS 電廠 Units 2 & 3 視察報告彙整表

| 報告編號       | NRC 文件編號    | 報告標題                                                                                                                                        |
|------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IR 2013004 | ML13308C438 | NRC INTEGRATED INSPECTION REPORT<br>05000361/2013004 and 05000362/2013004                                                                   |
| IR 2013005 | ML14036A431 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION -<br>NRC INSPECTION REPORT 050-00361/13-005 AND 050-<br>00362/13-005                                  |
| IR 2013007 | ML13311B007 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION,<br>UNITS 2 AND 3 - NRC FIRE PROTECTION<br>INSPECTION REPORT 05000361/2013007 AND<br>05000362/2013007 |
| IR 2014002 | ML14120A514 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION -<br>NRC INSPECTION REPORT 050-00361/14-002 AND 050-<br>00362/14-002                                  |
| IR 2014003 | ML14223B217 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION -<br>NRC INSPECTION REPORT 050-00361/14-003 AND 050-<br>00362/14-003                                  |
| IR 2014004 | ML14321A900 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION -<br>NRC INSPECTION REPORT 050-00361/14-004; 050-<br>00362/14-004                                     |
| IR 2014005 | ML15040A060 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION -<br>NRC INSPECTION REPORT 050-00361/14-005; 050-<br>00362/14-005                                     |
| IR 2014006 | ML15216A615 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION -<br>NRC INSPECTION REPORT 050-00361/14-006; 050-<br>00362/14-006                                     |

|                                                                        |             |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IR-14-007, IR-14-001                                                   | ML14045A317 | IR 05000206-14-007, 0500036-14-007, 05000362-14-007, and 07200041-14-001, On 01/14-16/2014, San Onofre Nuclear Generating Station (SONGS) and Independent Spent Fuel Storage Installation (ISFSI).                                                            |
| IR 2015001, IR 2015002, IR 2015003, IR 2015004, IR 2015005, IR 2015006 | ML17236A496 | San Onofre , NRC IR 05000361/2015001, 05000362/2015001, 05000361/2015002, 05000362/2015002, 05000361/2015003, 05000362/2015003, 05000361/2015004, 05000362/2015004, 05000361/2015005, 05000362/2015005, and 05000361/2015006, 05000362/2015006. Cancellation. |
| IR 2015007                                                             | ML15042A331 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION – NRC INSPECTION REPORT 050-00361/15-007; 050-00362/15-007                                                                                                                                                              |
| IR 2015008                                                             | ML15191A223 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION – NRC INSPECTION REPORT 050-00361/15-008; 050-00362/15-008                                                                                                                                                              |
| IR 15-009                                                              | ML15274A558 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION – NRC INSPECTION REPORT 050-00361/15-009; 050-00362/15-009                                                                                                                                                              |
| IR 15-010                                                              | ML15278A382 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION – NRC INSPECTION REPORT 050-00361/2015-010; 050-00362/2015-010                                                                                                                                                          |
| IR 15-011                                                              | ML15350A205 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION – NRC INSPECTION REPORT 050-00361/15-011; 050-00362/15-011                                                                                                                                                              |
| IR 2016001                                                             | ML16127A580 | San Onofre Nuclear Generating Station - NRC Inspection Reports 05000361/2016001, 05000362/2016001 and 07200041/2016001                                                                                                                                        |
| IR 2016001                                                             | ML16216A364 | Errata to San Onofre Nuclear Generating Station - NRC Inspection Reports 05000361/2016001; 05000362/2016001; and 07200041/2016001.                                                                                                                            |
| IR 2016-003                                                            | ML16190A400 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION – NRC INSPECTION REPORT 050-00361/2016-003; 050-00362/2016-003 AND 050-00206/2016-001                                                                                                                                   |
| IR 2016004                                                             | ML17129A617 | San Onofre Nuclear Generating Station - NRC Inspection Report 05000206/2016004, 05000361/2016004, 05000362/2016004, and 07200041/2016002                                                                                                                      |
| IR 2016005                                                             | ML16287A735 | San Onofre Nuclear Generating Station - NRC Inspection Report 05000361/2016-005 and 05000362/2016-005.                                                                                                                                                        |
| IR 2017001                                                             | ML17059D526 | San Onofre Nuclear Generating Station - NRC Inspection Report 05000361/2017-001 and 05000362/2017-001.                                                                                                                                                        |

|                           |             |                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IR 2017002                | ML17158B317 | San Onofre Nuclear Generating Station - NRC Inspection Report Nos. 05000361/2017-002 and 05000362/2017-002.                                                                          |
| IR 2017003,<br>IR 2017001 | ML18200A400 | San Onofre Nuclear Generating Station - NRC Inspection Report 05000206/2017-003, 05000361/2017-003, 05000362/2017-003, And 07200041/2017-001                                         |
| IR 2017004                | ML17268A393 | San Onofre Nuclear Generating Station - NRC Inspection Report 05000361/2017-004 and 05000362/2017-004.                                                                               |
| IR 2017005,<br>IR 2017006 | ML17326A734 | San Onofre, Inspection Report 05000361/2017-005, 2017-006 and 05000362/2017-005, 2017-006                                                                                            |
| IR 2017007                | ML17345A924 | San Onofre, NRC Inspection Report 05000361/2017007 and 05000362/2017007.                                                                                                             |
| IR 2018001                | ML18061A013 | San Onofre - NRC Inspection Report 05000361/2018-001 and 05000362/2018-001.                                                                                                          |
| IR 2018002                | ML18219B607 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION - NRC INSPECTION REPORT 05000361/2018-002 AND 05000362/2018-002                                                                                |
| IR 2018003                | ML18323A024 | Southern California Edison Company; San Onofre Nuclear Generating Station - NRC Inspection Report 05000361/2018-003 and 05000362/2018-003.                                           |
| IR 2018004                | ML19044A506 | San Onofre Nuclear Generating Station - NRC Inspection Report 05000206/2018-004, 05000361/2018-004, And 05000362/2018-004.                                                           |
| IR 2018005<br>(Errata)    | ML18341A172 | ERRATA: SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION - NRC SPECIAL INSPECTION REPORT 050-00206/2018-005, 050-00361/2018-005, 050-00362/2018-005, 072-00041/2018-001 AND NOTICE OF VIOLATION |
| IR 2018006                | ML19190A217 | NRC SUPPLEMENTAL INSPECTION REPORT 050-00206/2018-006, 050-00361/2018-006, 050-00362/2018-006, 072-00041/2018-002                                                                    |
| IR 2019001                | ML19071A349 | San Onofre - NRC Inspection Report 05000206/2019001, 05000361/2019001, and 05000362/2019001.                                                                                         |
| IR 2019002                | ML19141A296 | San Onofre Nuclear Generating Station, NRC Inspection Report 05000206/2019002, 05000361/2019002, and 05000362/2019002                                                                |
| IR 2019003                | ML19197A048 | Southern California Edison Company; San Onofre Nuclear Generating Station - NRC Inspection Report 05000361/2019-003 and 05000362/2019-003                                            |
| IR 2019004                | ML19267A078 | San Onofre Nuclear Generating Station - NRC Inspection Report 05000361/2019-004 and 05000362/2019-004                                                                                |

|             |             |                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IR 2019-005 | ML19316A762 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION INDEPENDENT SPENT FUEL STORAGE INSTALLATION (ISFSI) INSPECTION REPORT 050-00206/2019-003, 050-00361/2019-005, 050-00362/2019-005, 072-00041/2019-001       |
| IR 2019-006 | ML19337C188 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION - NRC INSPECTION REPORT 05000361/2019-006 AND 05000362/2019-006                                                                                            |
| IR 2019-007 | ML20049G943 | San Onofre Nuclear Generating Station Independent Spent Fuel Storage Installation (ISFSI) - NRC Inspection Report 05000206/2019-004; 05000361/2019-007; 05000362/2019-007; AND 07200054/2019-002 |
| IR 2020-001 | ML20054A940 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION - NRC INSPECTION REPORT 05000361/2020-001 AND 05000362/2020-001                                                                                            |
| IR 2020-002 | ML20188A388 | SAN ONOFRE NUCLEAR GENERATING STATION - NRC INSPECTION REPORT 05000206/2020-002, 05000361/2020-002, AND 05000362/2020-002                                                                        |
| IR 2020-005 | ML20119A876 | San Onofre Nuclear Generating Station Independent Spent Fuel Storage Installation (ISFSI) - NRC Inspection Report 05000206/2020005; 05000361/2020005; 05000362/2020005; AND 07200041/2020001     |
| IR 2020-006 | ML20217L386 | San Onofre Nuclear Generating Station Independent Spent Fuel Storage Installation (ISFSI) - NRC Inspection Report 05000206/2020006; 05000361/2020006; 05000362/2020006; AND 07200041/2020002     |

本章節就所上述所蒐集之電廠除役視察報告進行資料細項整理，紀錄報告細項包含視察電廠文件編號(Docket No.)、視察期間、視察結束會議(Exit Meeting)日期、報告發布日期，以及該次視察使用之視察程序書(Inspection Procedure, IP)編號與項目，採用表格形式呈現。表 4-3 為 SONGS 電廠視察報告分析之部分節錄，完整資料置於附件 3 以電子檔形式提供。

表 4-3、SONGS 電廠視察報告與視察 IP 項目紀錄(節錄)

|            | Docket No.                                                                        | 05000361<br>/05000362 | 05000361<br>/05000362 | 05000361<br>/05000362 | 05000361<br>/05000362 | 05000361<br>/05000362 | 05000361<br>/05000362 | 05000361<br>/05000362 | 05000361<br>/05000362 | 05000361<br>/05000362 | 05000361<br>/05000362 | 05000361<br>/05000362 | 05000361<br>/05000362                             |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------------------|
|            | Inspection duration                                                               |                       |                       |                       |                       |                       |                       | cancelled             | Jan 14 - 16,<br>2014  | Cancelled             |                       | April 8-9, 2015       | May 18-21,<br>June 25, and<br>July 27-30,<br>2015 |
|            | Exit meeting date                                                                 | 7-Jan-14              | 3-Oct-13              | 1-Apr-14              | 15-Jul-14             | 8-Oct-14              | 15-Jan-15             |                       | 16-Jan-14             |                       | 15-Jan-15             | 15-Jun-15             | 17-Aug-15                                         |
|            | Issue Date                                                                        | 3-Feb-14              | 7-Nov-13              | 30-Apr-14             | 11-Aug-14             | 17-Nov-14             | 6-Feb-15              | 4-Aug-15              | 13-Feb-14             |                       | 11-Feb-15             | 10-Jul-15             | 8-Oct-15                                          |
| IP No.     | IP Title                                                                          | 2013005               | 2013007               | 2014002               | 2014003               | 2014004               | 2014005               | 2014006               | 2014007               | 2015001-006           | 2015007               | 2015008               | 2015009                                           |
| IP 36801   | Organization, Management, and Cost Controls                                       | V                     |                       |                       |                       | V                     | V                     |                       |                       | V                     |                       | V                     | V                                                 |
| IP 37801   | Safety Reviews, Design Changes, and Modifications                                 | V                     |                       | V                     |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       | V                                                 |
| IP 40801   | Self-Assessment, Auditing, and Corrective Action at Permanently Shutdown Reactors | V                     |                       | V                     | V                     | V                     | V                     |                       |                       | V                     |                       |                       | V                                                 |
| IP 41500   | Training and Qualification Effectiveness                                          |                       |                       | V                     |                       |                       | V                     |                       |                       | V                     |                       |                       |                                                   |
| IP 42700   | Plant Procedures                                                                  |                       |                       | V                     |                       |                       | V                     |                       |                       | V                     |                       |                       |                                                   |
| IP 60801   | Spent Fuel Pool Safety at Permanently Shutdown Reactors                           | V                     |                       | V                     |                       | V                     | V                     |                       |                       | V                     |                       |                       | V                                                 |
| IP 60853   | On-Site Fabrication of Components and Construction of an ISFSI                    |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                                                   |
| IP 60854   | Preoperational Testing of an ISFSI                                                |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                                                   |
| IP 60855   | Operations of an ISFSI                                                            |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                                                   |
| IP 60855.1 |                                                                                   |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       | V                     |                       |                       |                       |                                                   |
| IP 60856   | Review of 10 CFR 72.212(b) Evaluations                                            |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                                                   |
| IP 60856.1 |                                                                                   |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       | V                     |                       |                       |                       |                                                   |
| IP 60857   | Review of 10 CFR 72.48 Evaluations                                                |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       | V                     |                       |                       |                       |                                                   |
| IP 62801   | Maintenance and Surveillance                                                      | V                     |                       | V                     |                       | V                     |                       |                       |                       |                       | V                     |                       |                                                   |
| IP 64704   | Fire Protection Program                                                           | V                     | V                     |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                                                   |

#### 4.1.2 視察項目與頻次分析

2013 年 6 月 12 日，Southern California Edison (SCE)通知 NRC SONGS 電廠 2、3 號機組將永久停機，並於同年 6 月 28 日與 7 月 22 日分別將燃料從 3 號與 2 號機組永久移出反應爐，因此 San Onofre Nuclear Generating Station (SONGS) 電廠不再適用 IMC0351 進行評估。9 月 3 日，NRC 正式通知 SCE 反應爐運轉評估計畫停止(Operating Reactor Assessment Program)已經停止，且電廠除役視察計畫自 7 月 23 日開始生效 (ADAMS 文件編號 ML131640201)。該份文件明確通知 SONGS 對於後續電廠視察評估自 2013 年 7 月 22 日止，停止採用 IMC0351 “Implementation of the Reactor Oversight Process for Reasons Other Than Significant Performance Problems”以及 IMC2515 “Light Water Reactor Inspection Program – Operations Phase”兩份視察手冊(Inspection Manual Chapter, IMC)，轉而採用 IMC 2561 - “Decommissioning Power Reactor Inspection Program”進行除役活動之監督。表 4-4 為 SONGS 電廠除役重要記事表。

表 4-4、SONGS 電廠除役重要記事

| 日期            | 重要記事                            |
|---------------|---------------------------------|
| June 12, 2013 | 通知 NRC #2&#3 永久停機 (ML131640201) |
| June 28, 2013 | #3 燃料永久移出反應爐 (ML13204A304)      |

|              |                                      |
|--------------|--------------------------------------|
| Jul 22, 2013 | #2 燃料永久移出反應爐 (ML13183A391)           |
| Jul 23, 2013 | NRC 除役視察計畫開始 (ML13246A435)           |
| Sep 3, 2013  | NRC 反應爐運轉評估計畫停止                      |
| Sep 23, 2014 | 遞交 PSDAR、燃料管理計畫、經費估算等報告              |
| Dec, 2016    | Decommissioning Solutions(SDS)取得除役合約 |
| Jan. 2018    | 開始將用過燃料轉移至乾式貯存 (2017 年底完成擴建)         |

從 2014 年 SONGS 電廠遞交之 PSDAR 報告規劃該電廠除役進行分成三個部份分別執行(表 4-5)[22]：

1. Part 50 執照終止。規劃執行期間：2013/6～2032/12。主要為 SONGS 電廠 Units 2 & 3 廠址內組件、建物除污與拆除。
2. 用過燃料管理。規劃執行期間：2013/6～2051/8。此部分進行項目包含 SONGS 廠內乾式貯存設施(ISFSI)擴建，三座機組用過燃料轉移至 ISFSI、設施運轉、用過燃料再度轉移至廠外 DOE 監管之最終處置設施、ISFSI 設施拆除與解除管制。
3. 廠址復原。規劃執行期間：2013/6～2051/12。特別指未受輻射污染部分清理，建物拆除、土地清理以及最後將用地歸還海軍。

表 4-5、SONGS PSDAR 除役期程 [22]

| Task Name                                                             | Start      | Finish     |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|------------|
| Part 50 License Termination (other than ISFSI)                        |            |            |
| Announcement of Cessation of Operations                               | 06/07/2013 | N/A        |
| Decon Period 1 – Transition to Decommissioning                        | 06/07/2013 | 12/31/2013 |
| Decon Period 2 – Decommissioning Planning and Site Modifications      | 01/01/2014 | 06/30/2015 |
| Decon Period 3 – Decommissioning Preps/Reactor Internals Segmentation | 06/30/2015 | 06/01/2019 |
| Decon Period 4 – Plant Systems and Large Component Removal            | 06/01/2019 | 09/24/2022 |
| Decon Period 5 – Building Decontamination                             | 09/24/2022 | 07/13/2024 |
| Decon Period 6 – License Termination During Demolition                | 07/13/2024 | 12/24/2032 |
| Spent Fuel Management                                                 |            |            |
| SNF Period 1 – Spent Fuel Management Transition                       | 06/07/2013 | 12/31/2013 |
| SNF Period 2 - Spent Fuel Transfer to Dry Storage                     | 01/01/2014 | 06/01/2019 |
| SNF Period 3 – Dry Storage During Decommissioning – Units 1, 2 & 3    | 06/01/2019 | 12/05/2031 |
| SNF Period 4 – Dry Storage Only – Units 1, 2 & 3                      | 12/05/2031 | 12/31/2035 |
| SNF Period 5 – Dry Storage Only – Units 2 & 3                         | 12/31/2035 | 12/31/2049 |
| SNF D&D Period 1 – ISFSI Part 50 License Termination                  | 12/31/2049 | 05/06/2050 |
| SNF D&D Period 2 – ISFSI Demolition                                   | 05/06/2050 | 09/08/2051 |
| Site Restoration                                                      |            |            |
| SR Period 1 – Transition to Site Restoration                          | 06/07/2013 | 06/30/2015 |
| SR Period 2 – Building Demolition During Decommissioning              | 06/30/2015 | 07/11/2017 |
| SR Period 3 – Subsurface Demolition Engineering and Permitting        | 10/01/2019 | 07/13/2024 |
| SR Period 4 – Building Demolition to 3 Feet Below Grade               | 07/13/2024 | 10/14/2028 |
| SR Period 5 – Subgrade Structure Removal Below -3 Feet                | 10/14/2028 | 12/5/2031  |
| SR Period 6 – Final Site Restoration and Easement Termination         | 05/06/2050 | 12/15/2051 |
| Final Easement Termination                                            | 12/15/2051 | N/A        |

SONGS 電廠除役有關 Part 50 執照終止部分共分為六個階段，以下列出各階段執行要項：

#### 第 1 階段(06/07/2013 -12/31/2013)

- 宣布電廠停止運轉
- 反應爐內燃料移除
- 通知燃料永久移除
- 遺留低階放射性廢棄物處置

#### 第 2 階段(01/01/2014-06/30/2015)

- 除役相關許可申請準備
- 永久移除燃料技術規範 (March 21, 2014 遞交)
- 永久移除燃料輻射緊急應變計畫(March31, 2014 遞交)
- 提交 PSDAR、DCE、IFMP・執行廠址歷史評估與廠址特性

- 設計與安裝燃料池獨立島區(Spent Fuel Pool Islanding)、控制室遷移(Control Room Relocation)與安全性修改
- 選擇除役總承包商

### 第 3 階段 (06/30/2015 - 06/01/2019)

- 承包商動員與規劃
- 系統除污
- 反應器內部移除準備
- 反應器內部切割規劃與實施
- 採購乾式貯存密封鋼筒 (greater-than-class C, GTCC)

### 第 4 階段(06/01/2019 -09/24/2022)

- 升級業主控制區(Owner Controlled Area) Rail Spur
- 安裝大範圍的輻射偵檢系統用以監測出/入廠址之運輸
- 非基本必要系統的移、包裝、處置
- 減少石綿與鉛
- 用過燃料池關閉
- 移除用過燃料池支架、燃料池獨立島區設備、以及橋式起重機
- 基本必要系統的移除、包裝與處置
- 大型組件移除
- 執照終止計畫準備

### 第 5 階段(09/24/2022 -07/13/2024)

- 受污染建物除污
- 渦輪機建物除污・燃料處理建物除污
- 輔助放射性廢棄物建物除污
- 輔助控制建物除污
- 穿透建物除污
- 安全設備與主蒸氣隔離閥(Main Steam Isolation Valve, MSIV) 建物除污

- 除污時的建物輻射偵檢

第 6 階段(07/13/2024 -12/24/2032)

- 最終狀態偵檢

- 驗證與美國 NRC 許可

在核電廠除役期間，美國核管會主要依據兩份視察手冊進行除役視察：IMC 2515 附錄 G - 核電廠停機過渡階段之視察指引(Baseline Inspection Guidance for Power Reactors Preparing for Transition to the Decommissioning Phase) [23]及 IMC 2561 - 核電廠除役視察計畫(Decommissioning Power Reactor Inspection Program) [24]。視察重點有輻射監控、安全審查計畫、用過燃料池營運、程序遵守、管理等項目。該等視察計畫亦按照除役性質提供視察程序項目頻次的增減建議[2]。比對蒐集視察報告所使用的 IP 項目，發現視察報告編號IR 2013004 之後，視察項目由 IMC2515 附錄 G 的停機過渡階段視察項目轉為 IMC2561 核電廠除役視察計畫建議項目。

針對所蒐集之視察報告，按照上述 SONGS 電廠除役規劃各階段期程做劃分進行使用 IP 項目分析，並且參考對照 IMC 2515 附錄 G 以及 IMC 2561 附錄建議視察項目後，統整出 SONGS 電廠除役第 1 至第 3 階段視察項目與頻次分析(表 4-6)，並有下列幾點發現：

- NRC 除役視察約每季進行一次，但會視情況增加視察次數 (如進行 ISFSI 視察、除役緊急應變計畫視察)。
- 通常與 ISFSI 相關項目會獨立成為一次視察內容。
- 採用視察程序以 IMC 2561 附錄 A 之電廠除役視察程序為主，並視需求採用該 IMC 附錄 B 之輔助/加強視察程序。
- SONGS 電廠視察尚未使用 IMC 2561 附錄 A 之核心視察程序 IP 83801 - Inspection of Remedial and Final Surveys at PSRs，因其尚未進入 FSS 階段。
- 無法從視察報告頻次對應 IMC 2561 附錄 A 表 II 建議核心視察項目年度視察時間(hrs)。

表 4-6、SONGS 電廠視察項目與頻次分析表

| IP 編號    | 標題                                                                                 | 第 1 階段<br>(06/07/2013 -<br>12/31/2013) | 第 2 階段<br>(01/01/2014 -<br>06/30/2015) | 第 3 階段<br>(06/30/2015 -<br>06/01/2019) |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 36801    | Organization, Management and Cost Controls at Permanently Shutdown Reactors (PSRs) | 1 次/半年                                 | 2 次/年                                  | 1-2 次/年，不一定採用                          |
| 37801    | Safety Reviews, Design Changes, and Modifications at PSRs                          | 1 次/半年                                 | 1 次/年                                  | 1 次/年                                  |
| 40801    | Self-Assessment, Auditing, and Corrective Action at PSRs                           | 1 次/半年                                 | 2014 年 1 次/季，2015 年未採用                 | 1-2 次/年                                |
| 60801    | Spent Fuel Pool Safety at PSRs                                                     | 1 次/半年                                 | 2014 年 3 次/年，2015 未採用                  | 1 次/季                                  |
| 62801    | Maintenance and Surveillance at PSRs                                               | 1 次/半年                                 | 1 次/半年                                 | 1-2 次/年                                |
| 71111.01 | Adverse Weather Preparations                                                       | 未採用                                    | 未採用                                    | 1 次/年，不一定採用                            |
| 71801    | Decommissioning Performance and Status Reviews at PSRs                             | 2 次/半年                                 | 1 次/季                                  | 1 次/季                                  |
| 83750    | Occupational Radiation Exposure                                                    | 未採用                                    | 1 次/年                                  | 1 次/年                                  |
| 83801    | Inspection of Remedial and Final Surveys at PSRs                                   | 未採用                                    | 未採用                                    | 未採用                                    |
| 84750    | Radioactive Waste Treatment, and Effluent and Environmental Monitoring             | 未採用                                    | 2014 年 1/半年，2015 未採用                   | 1 次/年                                  |
| 86750    | Solid Radioactive Waste Management and Transportation of Radioactive Materials     | 1 次/半年                                 | 1-2 次/年                                | 1 次/半，不一定採用                            |

## 4.2 美國 ZION 電廠視察報告(IR)彙整

Zion 電廠位於伊利諾州北部，由 Commonwealth Edison(ComEd) 擁有與負責運轉，兩部機組皆為壓水式反應器，分別於 1973 年 12 月及 1974 年 9 月開始商轉發電，於 1998 年 2 月永久停止運轉。在停止運轉後採取立即拆除(DECON)策略，根據美國核管會資料說明預計於今年完成除役。剩餘的監管活動尚有持照者遞交之最終狀態偵檢報告審查以及執照解除前 NRC 必須執行的確認輻射偵檢[25]。表 4-7 為 Zion 電廠相關資訊。

表 4-7、ZION 電廠相關資訊 [2]

|      |                  |
|------|------------------|
| 電廠名稱 | Zion Units 1 & 2 |
| 型式   | PWR              |
| 裝置容量 | 1040 MWe         |
| 運轉期間 | 1973/1998/02     |
| 預估完成 | 2020             |
| 執照狀態 | 立即拆除             |
| 執照編號 | DPR-39 & DPR-48  |
| 文件編號 | 50-295 & 50-304  |

### 4.2.1 IR 彙整

本計畫蒐集 Zion 電廠 Units 1 & 2 的電廠視察報告係自 2000 年開始之 2020 年 3 月發布之最新報告，總計 65 份。若以電廠遞交執照終止計畫時間之 2015 年為時間分野，在 LTP 遞交前共蒐集 53 份報告；LTP 遞交後總計蒐集有 12 份報告。蒐集方法係亦是透過美國核管會官方 ADAMS 文件紀錄系統進行檢索。除了給予搜尋關鍵字詞，亦需要透過輸入預計搜尋電廠之文件編號(即 50-295 或 50-304)使系統能準確提供與該電廠相關資料。表 4-8 為 Zion 電廠 Units 1 & 2 於 2000~2020 年視察報告彙整表。

表 4-8、Zion 電廠 Units 1 & 2 視察報告彙整表

| 報告編號      | NRC 文件編號    | 報告標題                                                             |
|-----------|-------------|------------------------------------------------------------------|
| IR 00-001 | ML003715801 | NRC INSPECTION REPORT 50-295/2000-01(DNMS); 50-304/2000-01(DNMS) |
| IR 00-002 | ML003746044 | IR 05000295/2000-002(DNMS); 05000304/2000-002(DNMS) (ZION 1 & 2) |

|             |             |                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IR 00-004   | ML003782091 | IR 05000295/2000-004(DNMS); 05000304/2000-004(DNMS) Zion 1 and 2.                                                                                                                                                                         |
| IR 2001-001 | ML010540247 | NRC INSPECTION REPORT 50-295/20001-01(DNMS); 50-304/2001-01(DNMS)                                                                                                                                                                         |
| IR 2001-002 | ML011000484 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/20001-002(DNMS); 05000304/2001-002(DNMS) - ZION                                                                                                                                                            |
| IR 2001-003 | ML011580369 | IR 05000295/2001-003(DNMS); 05000304/2001-003(DNMS) - ZION                                                                                                                                                                                |
| IR 2001-004 | ML012390360 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/20001-004(DNMS); 05000304/2001-004(DNMS) - ZION                                                                                                                                                            |
| IR 2001-006 | ML020320284 | IR 05000295/2001-006(DNMS); 05000304/2001-006(DNMS), Zion, Inspection on 12/05/2001 - 01/18/2002 Related to Management and Control, Decommissioning Support activities, spent fuel safety, and radiological safety. No violations noted.  |
| IR 2002-002 | ML020850805 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/20002-002(DNMS) - ZION                                                                                                                                                                                     |
| IR 2002-003 | ML021520003 | IR 05000295/2002-003(DNMS) - Zion, routine decommissioning inspection covered aspects of licensee facility management and control, decommissioning support activities including surveillance procedures status. No violations identified. |
| IR 2002-004 | ML021960461 | IR 05000295-02-004 (DNMS) on 06/25/02 - Zion, routine decommissioning inspection covered aspects of licensee facility management and control, decommissioning support activities.                                                         |
| IR 2002-005 | ML022690610 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/20002-005(DNMS) - ZION                                                                                                                                                                                     |
| IR 2002-006 | ML030370482 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/20002-006(DNMS) - ZION                                                                                                                                                                                     |
| IR 2003-001 | ML031260632 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/2003-001(DNMS) - ZION                                                                                                                                                                                      |
| IR 2003-002 | ML031990088 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/2003-002(DNMS) - ZION                                                                                                                                                                                      |
| IR 2003-003 | ML032970614 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/2003-003(DNMS) - ZION                                                                                                                                                                                      |

|                      |             |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IR 2003-004          | ML033630756 | ZION NUCLEAR STATION, UNITS 1 AND 2<br>NRC SAFEGUARDS INSPECTION OF COMPLIANCE<br>WITH ORDER INSPECTION REPORT<br>05000295/2003004(DRS); 05000304/2003004(DRS)                                                                                                           |
| IR 2003-005          | ML040510355 | IR 05000295-03-005(DNMS) on 01/23/2004 for Zion,<br>concerning decommissioning activities.                                                                                                                                                                               |
| 2004 (IEMA-<br>BNFS) | ML042600265 | Illinois Emergency Management Agency - Bureau of<br>Nuclear Facility Safety Decommissioning Inspection Report,<br>Quarterly Inspection Period: July 1, 2003 through September<br>30, 2003.                                                                               |
| IR 2004-001          | ML040760539 | ZION NUCLEAR STATION, UNITS 1 AND 2, NRC<br>PHYSICAL SECURITY INSPECTION REPORT<br>05000295/2004001(DRS); 05000304/2004001(DRS)                                                                                                                                          |
| IR 2004-002          | ML042810050 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/2004-002(DNMS)<br>- ZION NUCLEAR STATION                                                                                                                                                                                                  |
| IR 05-001            | ML051820446 | IR 05000295-05-001(DNMS) Zion Nuclear Station on<br>6/8/05                                                                                                                                                                                                               |
| IR 05-002            | ML052940327 | NRC INSPECTION REPORT 050-00295/05-002(DNMS) -<br>ZION NUCLEAR STATION                                                                                                                                                                                                   |
| IR 06-001            | ML061250155 | NRC INSPECTION REPORT 050-00295/06-001(DNMS)<br>ZION NUCLEAR STATION                                                                                                                                                                                                     |
| IR 06-002            | ML062730010 | NRC INSPECTION REPORT 050-00295/06-02 (DNMS) -<br>ZION NUCLEAR STATION                                                                                                                                                                                                   |
| IR 07-001            | ML070960520 | NRC INSPECTION REPORT 050-00295/07-01(DNMS) -<br>ZION NUCLEAR STATION                                                                                                                                                                                                    |
| IR 07-002            | ML072630562 | IR 05000295-07-002, On 09/05 - 09/07/2007, Zion Nuclear<br>Station. Routine Decommissioning Inspection Focused On<br>The Evaluation Of The Licensee's Facility Management &<br>Control, Decommissioning Support Activities, Spent Fuel<br>Safety, & Radiological Safety. |
| IR 08-001            | ML080930452 | NRC INSPECTION REPORT 050-00295/08-01(DNMS) -<br>ZION NUCLEAR STATION                                                                                                                                                                                                    |
| IR 08-002            | ML082750103 | NRC INSPECTION REPORT 050-00295/08-02(DNMS) -<br>ZION NUCLEAR STATION                                                                                                                                                                                                    |
| IR 09-002            | ML090860846 | IR 05000295-09-02 & 05000304-09-02; on 03/09-11-2009;<br>Exelon Generation Company LLC; Zion Nuclear Station<br>Decommissioning Inspection.                                                                                                                              |

|           |             |                                                                                                                                                                                                            |
|-----------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IR 09-003 | ML082750103 | NRC INSPECTION REPORT 050-00295/08-02(DNMS) - ZION NUCLEAR STATION                                                                                                                                         |
| IR 10-001 | ML101320708 | NRC INSPECTION REPORT 050-00295/10-01(DNMS); 05000304/10-01(DNMS) — ZION NUCLEAR STATION                                                                                                                   |
| IR 10-002 | ML102800318 | IR 05000295-10-002(DNMS), 05000304-10-002 on 09/07/10 - 09/09/10 for Zion Nuclear Station.                                                                                                                 |
| IR 10-003 | ML110060682 | NRC INSPECTION REPORT 050-00295/10-03(DNMS); 050-00304/10-03(DNMS) — ZION NUCLEAR STATION                                                                                                                  |
| IR 11-001 | ML11231A641 | NRC INSPECTION REPORT 050-00295/11-01(DNMS); 050-00304/11-01(DNMS) ZION NUCLEAR POWER STATION                                                                                                              |
| IR 11-002 | ML111330338 | NRC Inspection Report Nos. 05000295/11-02(DNMS); 05000304/11-02(DNMS) - Zion Nuclear Station Units 1 and 2.                                                                                                |
| IR 11-007 | ML11304A144 | IR 05000295-11-007 & 05000304-11-007, (DNMS), for Zion Nuclear Power Station.                                                                                                                              |
| IR 11-008 | ML12037A155 | NRC INSPECTION REPORT 050-00295/11-08(DNMS); 050-00304/11-08(DNMS) - ZION NUCLEAR POWER STATION                                                                                                            |
| IR 12-007 | ML12163A349 | IR 05000295-12-007, 05000304-12-007 (DNMS), on 03/23/2012, Zion Nuclear Power Station, CoverLetter.                                                                                                        |
| IR 12-008 | ML12222A405 | IR 05000295-12-008 (DNMS), 05000304-12-008 (DNMS), 6/28/2012, Zion Nuclear Power Station.                                                                                                                  |
| IR 12-009 | ML12346A156 | NRC INSPECTION REPORT 050-00295/12-009(DNMS); 050-00304/12-009(DNMS) — ZION NUCLEAR POWER STATION                                                                                                          |
| IR 12-011 | ML13046A140 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/12011(DNMS); 05000304/12011(DNMS) - ZION NUCLEAR POWER STATION                                                                                                              |
| IR 12-012 | ML13008A219 | Exelon Generation Co., LLC, U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) Office of Investigations (01) Investigation; Summary of 01 Report No. 3-2010-034; NRC Inspection Report Conference Letter - Licensee. |
| IR 13-007 | ML13077A139 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/2013007(DNMS); 05000304/2013007(DNMS) - ZION NUCLEAR POWER STATION                                                                                                          |

|                        |             |                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IR 13-008              | ML13115A272 | IR 05000295-13-008 (DNMS); 05000304-13-008 (DNMS), 03/13-15/2013 and 03/25-29/2013; In Office Review Through 04/15/2013, Zion Nuclear Power Station.                                                                |
| IR 2013011             | ML13319A628 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/2013011(DNMS); 05000304/2013011(DNMS) – ZION NUCLEAR POWER STATION                                                                                                                   |
| IR 2013012             | ML13325A898 | NRC INSPECTION REPORT NOS. 05000295/2013012(DNMS); 05000304/2013012(DNMS); 07201037/2012001(DNMS) — ZION NUCLEAR POWER STATION                                                                                      |
| IR 2013013             | ML14028A207 | IR 05000295-13-013, 05000304-13-013 & 07201037-12-002, on 12/17/2013, Zion Nuclear Power Station, Units 1 & 2.                                                                                                      |
| IR 2013014             | ML14052A359 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/2013014(DNMS); 05000304/2013014(DNMS) – ZION NUCLEAR POWER STATION                                                                                                                   |
| IR 14-007, IR 14-001   | ML14141A123 | IR 05000295-14-007 (DNMS); 05000304-14-007 (DNMS); 07201037-14-001 (DNMS), 12/18-21 & 28-31/2013, 01/1-4, 7-9 & 21-24/2014, 02/10-14 & 24-28/2014 and 03/13-14/2014, Zion Nuclear Power Station First Quarter 2014. |
| IR 2014-008            | ML14231A033 | IR 05000295/2014-008 (DNMS), 05000304/2014-008(DNMS); 07201037/2014-002 (DNMS) - Zion Nuclear Power Station, Second Quarter 2014 Inspection Report.                                                                 |
| IR 2014009             | ML14316A214 | NRC INSPECTION REPORT 05000295/2014009(DNMS); 05000304/2014009(DNMS); 07201037/2014003(DNMS) – ZION NUCLEAR POWER STATION                                                                                           |
| IR 2014010, IR 2014004 | ML15037A539 | Zion Nuclear Power Station Fourth Quarter 2014 Inspection Report 05000295/2014010(DNMS); 05000304/2014010(DNMS); 07201037/2014004(DNMS).                                                                            |
| IR 2015007, IR 2015001 | ML15131A248 | Zion Nuclear Power Station First Quarter 2015 Inspection Report 05000295/2015007(DNMS); 05000304/2015007(DNMS); 07201037/2015001(DNMS).                                                                             |
| IR 2015008             | ML15218A359 | IR 05000295/2015008(DNMS); 05000304/2015008(DNMS), 06/19/2015 - Zion Nuclear Power Station.                                                                                                                         |
| IR 2015009             | ML15309A341 | NRC Inspection Report No. 05000295/2015009(DNMS); 05000304/20150009(DNMS) Zion Nuclear Power Station.                                                                                                               |

|                           |             |                                                                                                                                                                             |
|---------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IR 2015010,<br>IR 2015002 | ML16047A092 | IR 05000295/2015010 (DNMS); 05000304/2015010 (DNMS); and 07201037/2015002 (DNMS), Zion Nuclear Power Station, October 1, 2015, through December 31, 2015.                   |
| IR 2015401                | ML15329A113 | IR 05000295/2015401 (DNMS), 05000304/2015401 (DNMS), and 07201037/2015401 (DNMS), October 27, 2015, Zion Independent Spent Fuel Storage Installation - Security Inspection. |
| IR 2016001                | ML16127A612 | NRC INSPECTION REPORT NO. 05000295/2016001(DNMS); 05000304/2016001(DNMS) - ZION NUCLEAR POWER STATION                                                                       |
| IR 2016002,<br>IR 2016001 | ML16228A187 | Inspection Report 05000295/2016002 (DNMS); 05000304/2016002 (DNMS); 07201037/2016001 (DNMS), Zion Nuclear Power Station.                                                    |
| IR 2016003                | ML17047A500 | NRC Inspection Report No. 05000295/2016003(DNMS); 05000304/2016003(DNMS) - Zion Nuclear Power Station.                                                                      |
| IR 2017001                | ML17200C932 | Zion Nuclear Power Station - NRC Inspection Report No. 05000295/2017001(DNMS); 05000304/2017001(DNMS).                                                                      |
| IR 2017002                | ML18044A577 | NRC Inspection Report No. 05000295/2017002(DNMS); 05000304/2017002(DNMS) - Zion Nuclear Power Station.                                                                      |
| IR 2018001                | ML18271A122 | NRC Inspection Report No. 05000295/2018001(DNMS); 05000304/2018001(DNMS); And 07201037/2018001(DNMS) Zion Nuclear Power Station.                                            |
| IR 2018002                | ML19058A248 | NRC Inspection Report No. 05000295/2018002(DNMS); 05000304/2018002(DNMS) Zion Nuclear Power Station.                                                                        |
| IR 2019001                | ML20080J249 | NRC INSPECTION REPORT NO. 05000295/2019001(DNMS); 05000304/2019001(DNMS) - ZION NUCLEAR POWER STATION                                                                       |

將上述所蒐集之電廠除役視察報告進行資料細項整理，紀錄報告細項包含視察電廠文件編號、視察期間、視察完成日期、報告發布日期，以及該次視察使用之 IP 編號與項目，採用表格形式呈現。表 4-9、表 4-10 為 Zion 電廠視察報告分析之部分節錄，完整資料置於附件 4 以電子檔形式提供。

表 4-9、Zion 電廠遞交 LTP 前視察報告與視察 IP 項目紀錄表(節錄)

|          | Docket No.                                                                     | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|          | Inspection duration                                                            |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
|          | Completed Date                                                                 | 14-Jul-00             | 14-Nov-00             | 13-Mar-01             | 24-May-01             | 10-Aug-01             | 18-Jan-02             |
|          | Issue Date                                                                     | 25-Jul-00             | 27-Nov-00             | 10-Apr-01             | 7-Jun-01              | 23-Aug-01             | 30-Jan-02             |
| IP No.   | IP Title                                                                       | 2000002               | 2000004               | 2001002               | 2001003               | 2001004               | 2001006               |
| IP 62801 | Maintenance and Surveillance at Permanently Shutdown Reactors                  | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     |                       |
| IP 64704 | Fire Protection Program                                                        |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| IP 71707 | Plant Operations                                                               |                       |                       | V                     |                       |                       |                       |
| IP 71714 | Cold Weather Preparations                                                      |                       | V                     |                       |                       |                       | V                     |
| IP 71801 | Decommissioning Performance and Status Review                                  | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     |
| IP 80721 | Radiological Environmental Monitoring                                          |                       |                       | V                     |                       |                       | V                     |
| IP 81018 | Physical Security Plan                                                         |                       |                       |                       |                       |                       | V                     |
| IP 81700 | Physical Security Program For Power Reactors                                   |                       |                       |                       | V                     |                       |                       |
| IP 82401 | Decommissioning Emergency Preparedness Scenario Review and Exercise Evaluation |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| IP 82501 | Decommissioning Emergency Preparedness Program Evaluation                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| IP 83723 | General Employee Radiation Safety, Radwaste, and Transportation Training       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| IP 83726 | Control of Radioactive Materials and Contamination, Surveys, and Monitoring    | V                     |                       |                       |                       | V                     | V                     |
| IP 83750 | Occupational Radiation Exposure                                                |                       |                       |                       | V                     | V                     | V                     |

表 4-10、Zion 電廠遞交 LTP 後視察報告與視察 IP 項目紀錄表(節錄)

|                                                                                | Docket No.          | 05000295<br>/05000304                                                              | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 | 05000295<br>/05000304 |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ZION #1 & #2                                                                   | Inspection duration | 1st calendar quarter of 2015                                                       | Apr 1-Jun 30, 2015    | Jul 1-Sep 30, 2015    | Oct 1-Dec 31, 2015    | Jan 1-Mar 31, 2016    | Apr 1-Jun 30, 2016    | Jul 1-Sep 30, 2016    | Oct 1-Dec 31, 2016    | Jan 1-Mar 31, 2017    | Apr 1-Jun 30, 2017    | Jul 1-Sep 30, 2017    |
|                                                                                | Completed Date      | Apr. 2, 2015                                                                       | Jun. 19, 2015         | Sep. 30, 2015         | Dec. 31, 2015         | Jul 18, 2016          | Jan 12, 2017          | Jun 21, 2017          | Jan 18, 2018          | Aug 21, 2018          | Jan 21, 2019          | Feb 19, 2020          |
|                                                                                | Issue Date          | 8-May-15                                                                           | 5-Aug-15              | 4-Nov-15              | 16-Feb-16             | 15-Aug-16             | 16-Feb-17             | 18-Jul-17             | 13-Feb-18             | 28-Sep-18             | Feb 27, 2019          | 18-Mar-20             |
| Inspection Aspects                                                             | IP No.              | IP Title                                                                           | 2015007               | 2015008               | 2015009               | 2015010               | 2016002               | 2016003               | 2017001               | 2017002               | 2018001               | 2018002               |
| Organization, Management and Cost Controls                                     | IP 36801            | Organization and Management Controls at Permanently Shutdown Reactors              |                       | V                     |                       | V                     |                       |                       |                       |                       | V                     |                       |
| Safety Reviews, Design Changes, and Modifications                              | IP 37801            | Safety Reviews, Design Changes, and Modifications at Permanently Shutdown Reactors | V                     | V                     |                       |                       |                       |                       | V                     |                       | V                     |                       |
| Self-Assessment, Auditing, and Corrective Action                               | IP 40801            | Self-Assessment, Auditing and Corrective Action at Permanently Shutdown Reactors   | V                     | V                     | V                     | V                     |                       | V                     | V                     |                       | V                     | V                     |
| Operation of an Independent Spent Fuel Storage Installation                    | IP 60855            | Operation of an Independent Spent Fuel Storage Installation                        |                       |                       |                       |                       | V                     |                       |                       |                       |                       |                       |
| Operation of an Independent Spent Fuel Storage Installation                    | IP 60855.1          | Operation of an Independent Spent Fuel Storage Installation                        | V                     |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       | V                     |                       |
| Operation of an Independent Spent Fuel Storage Installation                    | IP 60858            | Operation of an Independent Spent Fuel Storage Installation                        | V                     |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Maintenance and Surveillance                                                   | IP 62801            | Maintenance and Surveillance at Permanently Shutdown Reactors                      |                       |                       |                       |                       |                       | V                     | V                     |                       | V                     |                       |
| Fire Protection Program                                                        | IP 64704            | Fire Protection Program                                                            |                       |                       |                       | V                     |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Decommissioning Performance and Status                                         | IP 71801            | Decommissioning Performance and Status Review                                      | V                     | V                     | V                     | V                     |                       |                       | V                     | V                     |                       | V                     |
| Decommissioning Emergency Preparedness Scenario Review and Exercise Evaluation | IP 82401            | Decommissioning Emergency Preparedness Scenario Review and Exercise Evaluation     |                       |                       | V                     |                       | V                     |                       |                       |                       |                       |                       |
| Decommissioning Emergency Preparedness Program Evaluation                      | IP 82501            | Decommissioning Emergency Preparedness Program Evaluation                          | V                     |                       |                       |                       | V                     | V                     |                       |                       |                       |                       |
| Occupational Radiation Exposure                                                | IP 83750            | Occupational Radiation Exposure                                                    | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     |                       | V                     | V                     |
| Inspection of Final Status Surveys at Permanently Shutdown Reactors            | IP 83801            | Inspection of Remedial and Final Surveys at Permanently Shutdown Reactors          | V                     |                       |                       |                       | V                     | V                     |                       | V                     | V                     | V                     |
| Radioactive Waste Treatment, and Effluent and Environmental Monitoring         | IP 84750            | Radioactive Waste Treatment, and Effluent and Environmental Monitoring             |                       | V                     |                       | V                     |                       | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     |
| Solid Radioactive Waste Management and Transportation of Radioactive           | IP 86750            | Solid Radioactive Waste Management and Transportation of Radioactive               |                       | V                     | V                     | V                     |                       | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     |
| Exit Meeting                                                                   |                     | Exit Meeting                                                                       | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     | V                     |

#### 4.2.2 視察項目與頻次分析

Zion 電廠自 1998 年進入除役，在 2014 年 12 月提出電廠執照終止計畫 (LTP 應於預計終止執照的至少兩年前提出)。NRC 在 Zion 電廠遞交第 0 版 LTP 後陸續要求電廠提供相關補充資料，直至 2018 年遞交第 2 版 LTP 才獲得 NRC 的核准。Zion 電廠 LTP 相關記事參見表 4-11。

根據 10 CFR 50.82，LTP 應為最終安全分析報告(Final Safety Analysis Report, FSAR)之補充或相當於 FSAR 之計畫。提交的 LTP 資訊應該要反映出設施除役的最近狀態。參考 NUREG-1700 說明 LTP 需要提交資訊包含：1. 場(廠)址特性；2. 確認剩餘拆除活動；3. 場(廠)址整治計畫；4. 最終輻射偵檢的詳細計畫；5. 在限制性使用下，描述場(廠)址的最終使用；6. 更新廠址特定剩餘除役費用估算；7. 環境報告(ER)的補充，描述任何和執照終止活動相關的新資訊或重要的環境改變；8. 以及在執照終止批准前，確認是否有任何部份的設施或場(廠)址被外釋使用[2, 26]。

彙整遞交 LTP 後的除役視察報告內容，NRC 視察大部分涉及事項係與 LTP 相關，視察範疇如下：

- 驗證除污程度是否符合 LTP 要求的殘留放射性水平(Residual radioactivity levels)
- 輻射量測、偵檢，整治行動輔助偵檢(Remedial Action Support Survey)與最終狀態偵檢(FSS)之文件要求是否符合 LTP 與實施程序
- 驗證整治偵檢(Remediation Surveys)是否妥善實施，偵檢單位(Survey units)是否已完成準備且為執行 FSS 所採用
- 驗證 FSS 計畫的實施是合適的，並且確認該結果的接受度。針對設計變更，持照者是否執行合適的安全性評估或篩選，並完成設計變更評估、以及該變更進行之工作的除役影響評估(10 CFR 50.59)
- 是否按照獲核准 LTP 之影響範圍進行維持或實施。

上述範疇採用 IP 83801 - Inspection of Final Surveys at Permanently Shutdown Reactors 以及 IP 71801 - Decommissioning Performance and Status Review 為視察依據。

表 4-11、Zion 電廠 LTP 相關記事

| 日期         | LTP 相關記事                                 |
|------------|------------------------------------------|
| 2014/12/19 | 遞交 LTP, R0 ML15005A336                   |
| 2015-2016  | 補充資料 ML15061A281、ML17129A311、ML16211A200 |

|           |                                                         |
|-----------|---------------------------------------------------------|
| 2017/7/20 | 補充資料與修正 LTP, R1                                         |
| 2018      | 補充資料 ML18052A529、ML18052A851、ML18103A016<br>ML18242A082 |
| 2018/9/28 | LTP, R2 NRC 核准 ML18163A313、ML18164A222                  |

根據蒐集之 Zion 電廠視察報告進行視察報告與視察 IP 項目紀錄(圖 4.3、電子檔附件 14)，並參考對照 IMC 2515 附錄 G 以及 IMC 2561 附錄建議視察項目後，統整出 Zion 電廠遞交 LTP 之後視察項目與頻次分析(表 4-12)，以及下列幾點發現：

- Zion 電廠在遞交 LTP 前，以每年進行 3-4 次除役視察為基準，並視情況增加(如，2011 福島事故後特別視察 Zion 用過燃料池安全性)；或減少(如，季視察活動合併 IR 2011001)。
- Zion ISFSI 相關活動視察在 2013 年後開始出現，並不一定會獨立成為一次視察內容。
- Zion 電廠遞交 LTP 後，自 2016 年下半年開始，視察頻次轉為半年一次。
- 目前最後一份視察報告為 IR 2019001(Issue date 2020/3/18)，視察活動期間：2019/1/23 -2020/2/19。採用視察程序以 IMC2561 附錄 A 之電廠除役視察程序為主，並視需求採用該 IMC 附錄 B 之輔助/加強視察程序。
- 自 2000 年開始至遞交 LTP 前，採用之 IMC2561 附錄 A 核心視察程序不含 IP 71111.01-Adverse Weather Preparations
- 自 2000 年開始至遞交 LTP 前，IP 40801、60801、71801、83750 為較多使用之視察程序
- 自遞交 LTP 後(2015～2019)，視察採用 IMC2561 附錄 A 核心視察程序不含 IP 71111.01、IP 60801，以 IP 40801、83750、86750 為使用最多之視察程序。

表 4-12、Zion 電廠視察項目與頻次分析表

| IP 編號    | 標題                                                                                 | LTP 遞交後 |        |        |        |        |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
|          |                                                                                    | 2015 年  | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 |
| 36801    | Organization, Management and Cost Controls at Permanently Shutdown Reactors (PSRs) | 1 次/半年  | 未採用    | 未採用    | 1 次/年  | 未採用    |
| 37801    | Safety Reviews, Design Changes, and Modifications at PSRs                          | 2 次/年   | 未採用    | 1 次/年  | 1 次/年  | 未採用    |
| 40801    | Self-Assessment, Auditing, and Corrective Action at PSRs                           | 1 次/季   | 1 次/半年 | 1 次/年  | 1 次/年  | 1 次/年  |
| 60801    | Spent Fuel Pool Safety at PSRs                                                     | 未採用     | 未採用    | 未採用    | 未採用    | 未採用    |
| 62801    | Maintenance and Surveillance at PSRs                                               | 未採用     | 1 次/年  | 1 次/年  | 1 次/年  | 未採用    |
| 71111.01 | Adverse Weather Preparations                                                       | 未採用     | 未採用    | 未採用    | 未採用    | 未採用    |
| 71801    | Decommissioning Performance and Status Reviews at PSRs                             | 1 次/季   | 1 次/年  | 1 次/年  | 1 次/年  | 1 次/年  |
| 83750    | Occupational Radiation Exposure                                                    | 1 次/季   | 3 次/年  | 1 次/半年 | 1 次/年  | 1 次/年  |
| 83801    | Inspection of Remedial and Final Surveys at PSRs                                   | 1 次/年   | 3 次/年  | 1 次/年  | 1 次/半年 | 1 次/年  |
| 84750    | Radioactive Waste Treatment, and Effluent and Environmental Monitoring             | 1 次/半   | 1 次/年  | 1 次/半年 | 1 次/半年 | 1 次/年  |
| 86750    | Solid Radioactive Waste Management and Transportation of Radioactive Materials     | 3 次/年   | 1 次/半年 | 1 次/半年 | 1 次/半年 | 1 次/年  |

## 4.3 IR 資料分析與建議

### 4.3.1 特殊發現與違規事項

在 NRC 完成一次電廠視察後，視察員將根據該次電廠視察項目與發現結果提出一份視察報告。該報告的標題通常包含「NRC Inspection Report」、視察電廠文件編號(Docket No.)與視察報告編號。視察報告內容可分成四大部分：

1. 給設施經營者/持照者的信件。約 2~4 頁不等，主要目的在於描述該次視察期間、視察目的，並概述該次視察期間是否有特別的發現或違規(violation)事項。並聲明對報告內容如有疑義之處，該採取何種途徑向 NRC 提出回應。
2. 執行摘要 (Executive Summary)。約 2~4 頁不等，用於簡述該次視察涵蓋範圍，以及各項視察範圍結果陳述。
3. 詳細報告 (Detailed Report)。內容多寡視視察發現而定。各章節大多按照視察使用 IP 描述，並在章節內容說明對應的視察範疇(Scope)、觀察與發現(Observation and Findings)，以及結論(Conclusions)。
4. 補充資訊(Supplemental Information)。約 2~4 頁不等，羅列該次視察執行人員、使用視察程序書(IP)、開啟/關閉/討論之項目(Items)，以及視察文件列表。

本計畫透過上述資訊將所蒐集到的 SONGS(Unit 2 & 3)、Zion 電廠視察報告內所提及之特殊發現或違規事項，採用系統性方式彙整列表。列表資訊包含 NRC 開啟/關閉/討論之項目所給予的編號(Item No.)、視察報告編號、項目簡述、違規等級(如有)、以及相關內容所在之報告章節、視察使用 IP 等資訊。表 4-14 為電廠除役特殊發現與違規事項彙整表之節錄，完整資料以電子檔形式提供，詳見電子檔附件 15。

表 4-13、電廠除役特殊發現與違規事項彙整表（節錄）

| IR         | Status              | Item No.                                             | Type | Summary                                                                                                        | Violation degree                                                        | IP    | Title                                                                 | Section                                                                     | Brief                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------|---------------------|------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IR 2015007 | Opened & Closed NCV | 05000295/1<br>5007-01 &<br>05000304/1<br>5007-01     | NCV  | NCV/ Failure to conduct radiological evaluations required by 10 CFR 20.1701/20.1702                            | Severity Level IV (very low safety significance) as non-cited violation | 83750 | Occupational Radiation Safety                                         | 7.1 Radiological Evaluations and Job Controls – Work in Unit 2 Sandbox Area | Evaluations were not performed to determine the need for engineering controls and/or respiratory protection equipment associated with work in the Unit 2 sandbox area, as required by 10 CFR 20.1701 and 20.1702. A non-cited violation was identified (Section 7.1).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| IR 2015008 | Opened & Closed NCV | 05000295/2<br>015008-01 &<br>05000304/2<br>015008-01 | NCV  | NCV/ Failure to Perform Change to the ODCM in accordance with QAPP                                             | Severity Level IV (very low safety significance) as non-cited violation | 83750 | Occupational Radiation Safety                                         | 5.2 Failure to Perform Change to the ODCM in accordance with QAPP           | A Severity Level IV violation was identified by the NRC for the failure to have sufficient information to support the changes to the licensee's ODCM dated May 12, 2015. Specifically, the licensee removed a fourteen day time constraint from Surveillance 1 of Table 12.2.1 which then would permit the licensee to perform discharges from the Lake Release Tank without the need for a radiation monitoring instrument. However, the licensee's technical justification only addressed the validity of performing the discharge by obtaining two independent samples of the tank contents and never provides the justification on the status of the radiation monitoring instrument at the Lake Release tank. By not having sufficient information, the licensee failed to follow the licensee's own QAPP protocols. (Section 5.0) |
| IR 2015010 | Opened & Closed NCV | 07201037/2<br>015002-01                              | NCV  | NCV/ Failure to Maintain an Unloading Program                                                                  | Severity Level IV (very low safety significance) as non-cited violation | 71801 | Decommissioning Performance and Status Reviews                        | 4.2 (d) Independent Spent Fuel Storage Installation                         | The inspectors identified a Severity Level IV, non-cited violation (NCV) of TS 5.2 in NAC MAGNASTOR Certificate of Compliance (CoC) 1031, Amendment 3, Appendix A, for the failure to maintain a program for unloading fuel and components from Transportable Storage Canisters (TSCs) located in the Independent Spent Fuel Storage Installation (ISFSI). (Section 4.0)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| IR 2015010 | Closed IFI          | 05000295/2<br>014010-01 &<br>05000304/2<br>014010-01 | IFI  | IFI/ Evaluate Capability of Unit 2 Vent Stack Effluent Monitor                                                 |                                                                         | 84750 | Radioactive Waste Treatment and Effluent and Environmental Monitoring | 6.0 Radioactive Waste Treatment and Effluent and Environmental Monitoring   | For IFI 05000295/2014010-01 and 05000304/2014010-01, the inspectors reviewed the technical adequacy of the new Unit 2 Ventilation Stack Monitor for its monitoring range and the emergency assessment capability. The new Unit 2 Ventilation Stack Monitor was properly installed with adequate range of detection and emergency assessment capability. Based on the review, the inspectors closed IFI- 05000295/2014010-01; 05000304/2014010-01.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| IR 2016003 | Opened & Closed NCV | 05000295/2<br>016003-01 &<br>05000304/2<br>016003-01 | NCV  | NCV/ Failure to Notify the NRC Within Four Hours of an Event for Which Other Government Agencies Were Notified | Severity Level (SL) IV violations as non-cited violation                | 40801 | Self-Assessments, Audits, and Corrective Actions                      | 2.0 Self-Assessments, Audits, and Corrective Actions                        | The inspectors identified a SL IV NCV of 10 CFR 50.72(b)(2)(xi) for the licensee's failure to notify the NRC within four hours of an event for which the licensee notified or will be notifying other government agencies. (Section 2.0)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

彙整 SONGS 電廠除役特殊發現與違規事項精要彙整於表 4-15。蒐集範圍為 2013 年 ~ 2020 年 SONGS IR，共 34 個項目(Item)，其中 NRC 僅於 IR 2018005 給予 Noitce of Violation (VIO)。該次視察給予違規乃是針對密封桶(canister)裝載入 ISFSI 未能對準之事件。此次違規有下列幾點內容：

1. 人為經驗不足。先前在裝載 canister 28 時，已顯現對準(alignment)困難之處，但未將該狀況列入報告並做出改善行動。調查中又發現，1/30-8/3 期間金屬桶裝載過程常與 vault 組件有碰觸產生，持照者亦並未針對此執行評估與處置。
2. 業者在進行吊掛作業時不慎使備用的安全相關吊索設備失去其功能
3. 訓練相關。Vertical Cask Transporter (VCT) 操作培訓課程並沒有建立合適、專業的裝載訓練，於 8/3 裝載 misalignment 事件並無進行事前"dry run"操作測試。訓練計劃沒有提供一個用來判斷裝載過程中，rigger/spotter 是否合格的正式的過程。另外視察中發現，用來模擬訓練操作使用的金屬鋼桶規格與實際有些微不同，該差別並沒有列在任何訓練教材內亦為導致事件成因之一。
4. 未適切制定吊索鬆弛識別相關程序
5. 未做到保持安全設備的餘裕空間(redundancy)，亦並未在發生時及時通知 NRC。

後續視察追蹤相關部分：

1. 檢視業者的後續(follow-up)措施是否足夠，管制單位檢視業者的矯正措施(自我監控/程序/訓練/裝備 CAP/通報)可使其符合相關規範以及可避免再犯，主要包含：增加專業人員監督的人數，修正鋼桶吊運程序，全程監督重量感應設備等。
2. 業者在進行吊運作業時並未備妥備用的防墜落(drop)措施，之後已改正，經檢視亦無再發生之可能，可關閉議題 (矯正措施可參考 ML 19116A056)
3. Holtec 本身的設計訓練課程內容不足：未考量到 HI-STORM UMAX (Holtec International Storage Module Underground MAXimum Capacity)系統的獨特性，導致 misalignment 事件
4. 吊運密封鋼桶之程序制定嚴謹度不足導致發生 misalignment 事件，矯正措施修正程序包含：在吊掛過程中持續監控重量感測裝置，明確指定作業人員任務角色等。
5. 業者並未向 NRC 通報此次發生的 misalignment 事件，就通報層面(reportability)進行的矯正措施有：進行訓練、定期再訓練、以保守的角度看待發生事件並向上通報由 shift manager 決定是否通報、全員聽取關於未進行事件通報的違規內容簡報。

其他特殊發現與違例涉及範圍有：

- 用過燃料池：防震設計更動(與 UFSAR (Updated Final Safety Analysis Report))不符)、於水溫過低狀態進行操作
- ISFSI 設施：材料使用未遵照核准測試程序、安全評估方法未經 NRC 許可、VCT 作業執行(地震分析相關)
- 燃料部分：吊運過程未遵照訓練計畫、燃料裝載程序、運送設備(地震分析相關)
- 消防部分：物質放置不符規定
- 運送護箱：設計變更與分析
- 用過燃料密封鋼筒：備用吊掛系統失常

Zion 電廠除役特殊發現與違規事項精要彙整於表 4-15。蒐集範圍為 2000 年 ~ 2019 年 Zion IR，共 47 個項目(Item)，其中 NRC 僅於 IR 2013011 給予 Noitce of Violation (VIO)。該違規與未能及時執行合適的輻射偵檢確認周圍輻射污染狀態相關。

其他特殊發現與違例涉及範圍有：

- 用過燃料池核島區：喪失電源供應、斷路器失效
- 事件即時通報相關
- 安全性問題：人員進出控管程序(personnel access control program)漏洞修正、安全入侵設備(security intrusion device)
- 人員訓練：廢棄物處理與運送輻防人員
- 資訊提供：經費資訊完整性與正確性、廢液處理年度報告
- 防火消防：暫置可燃物品控管程序
- 人員防護：孕婦劑量監測、作業環境輻射監測、出入人員控管
- 廢棄物處理：系統變更、護箱設計規範、輻射檢測程序、廢液監測系統修改、運送過程物質洩漏
- LTP：FSS 程序是否遵循 LTP 規劃

表 4-14、SONGS 電廠除役特殊發現與違規事項表

| No. | IR      | Item No.                                       | Item Status/ Item                                                                                                                           | Brief                                                                                                                    |
|-----|---------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | 2014002 | 05000362/2013-001-00                           | Closed LER/<br>EDG Governor Actuator Hydraulic Fluid Contamination                                                                          | 與緊急柴油發電機 governor actuator hydraulic fluid 污染相關，尚未確認成因，但不排除是紀錄遭竄改所造成。                                                    |
| 2.  | 2014002 | 05000361/2013-003-02 &<br>05000362/2013-003-02 | Closed URI/<br>Procedure Adequacy for Responding to External Flooding Events                                                                | 發現 SONGS 的淹水分析(flooding analysis)不夠保守，但因為電廠不需要再裝載燃料進入壓力槽(vessel)，所以關閉議題。                                                 |
| 3.  | 2014004 | 05000362/2012-009-02                           | Closed VIO/<br>Failure to Verify Adequacy of Thermal-Hydraulic and FlowInduced Vibration Design for the Unit 3 Replacement Steam Generators | 找到蒸汽產生器管路的磨損與完整性的肇因，雖然對安全性有一定程度重要性，但在除役狀態無關故關閉。                                                                          |
| 4.  | 2015009 | 050-00361; 050-00362/1509-01                   | Opened & Closed NCV/<br>Failure to obtain license amendment for change in seismic classification for SFP makeup system                      | 在未通知管制機關前便逕行更改用過燃料池補救系統(SFP makeup system)的防震設計等級(seismic design classification)，與更新的 Final Safety Analysis Report 描述不符。 |
| 5.  | 2015011 | N/A                                            | Discussed LER/<br>LER EN 51554                                                                                                              | 視察員發現 SONGS 未進行 SFP 在低水溫狀態下操作分析，改正措施(corrective actions)為進行 SFP 在低水溫狀態下操作分析。未來針對該議題持續視察。                                 |
| 6.  | 2016001 | 05000361/2015-002-00                           | Closed LER/<br>Spent Fuel Pool Temperature Drifted Below Updated Final Safety Analysis Report (UFSAR) Value                                 | 延續 05000361/2015-002-00 議題，在 UFSAR 中更新更低用過燃料池水溫限制分析。新訂的用過燃料池水溫下限並不會對燃料護套造成影響。                                            |

|     |         |                                         |                                                                                                                                                               |                                                                                                                     |
|-----|---------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.  | 2016004 | 07200041/2016002-01                     | Opened & Closed NCV/<br>Failure to test grout density in accordance with Holtec Procedure HSP-58                                                              | 用過核子燃料貯存設施(ISFSI)下方的 subgrade 和材料強度符合 Holtec UMAX FSAR 要求，但是並未遵照程序測試密封容器 (cavity enclosure containers, CEC)下方的灌漿密度。 |
| 8.  | 2017002 | 05000361/2017002-01/05000362/2017002-01 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to Maintain a Certified Fuel Handler Training Program                                                                         | 並未遵循規 NRC 已核准的訓練計畫，進行燃料 shift manager/certified fuel handler 的訓練以及再訓練。但輻防訓練計畫有按照規範要求與程序實施。                          |
| 9.  | 2017003 | 07200041/2017001-01                     | Opened & Closed NCV/<br>Failure to Control Field Design Changes to ITS Components                                                                             | 運送護箱(transfer cask)設計有變更，後來經過分析，變更後的設計可接受，看似程序上的瑕疵，但風險存在(if modified design 不在可接受範圍內)                               |
| 10. | 2017003 | 07200041/2017001-02                     | Opened URI/<br>10 CFR 72.48 Methodology                                                                                                                       | ISFSI 相關，評估的方法尚未經過 NRC 認證，歸類為未解決項目 URI                                                                              |
| 11. | 2018002 | 05000362/2018002-01                     | Opened & Closed NCV/<br>Failure to maintain Unit 3 Penetration Room free of combustible material                                                              | (消防相關) SONGS 3 號機 penetration room 含有可燃性物質(放在位於 active 電纜線托架下方的 inactive 電纜線托架上)，此亦違反了必須將可燃物質移至電纜線托架 10 英尺外之規範      |
| 12. | 2018004 | 05000206/2018004-01                     | Opened & Closed NCV/<br>Failure to follow procedure use and adherence during implementation of work activities on the Unit 1 Reactor Pressure Vessel canister | 對 1 號機反應器壓力槽的密封鋼筒(canister)進行作業時，並未遵循程序與規定。                                                                         |
| 13. | 2018005 | 072-00041/2018-001-01                   | Opened VIO/<br>Failure to identify and correct conditions adverse to quality. (10 CFR 72.172)                                                                 | canister into ISFSI download misalignment 肇因是人為經驗不足。先前在裝載 canister 28 時，已顯現 alignment 困難之處，但未將該狀況列入報告並做出            |

|     |         |                       |                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                     |
|-----|---------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |         |                       |                                                                                                                                                   | 改善行動。至 8/3 canister 29 裝載過程中又再度出現問題並進行調查。調查中又發現，1/30-8/3 期間金屬桶裝載過程常與 vault 組件有碰觸產生，持照者亦並未針對此執行評估與處置。                                                                                                                |
| 14. | 2018005 | 072-00041/2018-001-02 | Opened AV/<br>Failure to ensure redundant drop protection features were available (10 CFR 72.212)                                                 | 業者在進行吊掛作業時不慎使備用的安全相關吊索設備失去其功能                                                                                                                                                                                       |
| 15. | 2018005 | 072-00041/2018-001-03 | Opened VIO/<br>Failure to assure that operations of important to safety equipment were limited to trained and certified personnel (10 CFR 72.190) | 訓練相關可再加強。VCT (Vertical Cask Transporter) 操作培訓課程並沒有建立合適、專業的裝載訓練，於 8/3 裝載 misalignment 事件並無進行事前"dry run"操作測試。訓練計劃沒有提供一個用來判斷裝載過程中，rigger/spotter 是否合格的正式的過程。外視察中發現，用來模擬訓練操作使用的金屬筒規格與實際有些微不同，該差別並沒有列在任何訓練教材內亦為導致事件成因之一。 |
| 16. | 2018005 | 072-00041/2018-001-04 | Opened VIO/<br>Failure to provide adequate instructions or procedures. (10 CFR 72.150)                                                            | 並未適切制定吊索鬆弛判定相關程序                                                                                                                                                                                                    |
| 17. | 2018005 | 072-00041/2018-001-05 | Opened AV/<br>Failure to make 24-hour notification (10 CFR 72.75)                                                                                 | 須保持安全設備的 redundancy，但並未做到，亦並未及時通知 NRC。1. 乾貯桶操作時發生 misalignment 事件，Zion 將之列入 Action Request 進行 divider shell 和 canister 的狀況評估。2. 在卸載 canister29 時禁用安全吊帶(slings)將近 45 分鐘，canister 處於可能掉落情形 (沒有 redundant 保護           |

|     |         |                      |                                                                                                                                              |                                                                                                                                                |
|-----|---------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |         |                      |                                                                                                                                              | 措施)。且未在事件發生後 24 小時內通報                                                                                                                          |
| 18. | 2018006 | 07200044/2018-002-01 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to ensure appropriate quality standards (10 CFR 72.146)                                                      | 設備標示/歸類相關：當載重移除時，載重監控裝置 (loading monitoring device) 應會發出相應訊號，但業者將新安裝的設備歸類為與安全非相關，之後業者再確認監控裝置符合 NEI 06-12 & ANSI 標準，並檢討相關環節避免再犯，                |
| 19. | 2018006 | 07200044/2018-002-02 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to ensure purchased material conformed to the procurement documents ( 10 CFR 72.154)                         | 設備採購相關：(1)鎖鏈和吊掛設備必須通過 2 倍的額定負重測試，業者採購設備經僅過 1.5 倍的測試；(2)測試並未在 Holtec 認可的製造商工廠進行測試，而是在製造商工廠進行測試。此違規被判定為輕微是因為此時鎖鏈掛勾並未進行負載，業者根據以上規範進行矯正並檢討相關環節避免再犯 |
| 20. | 2018006 | 07200044/2018-002-03 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to ensure the loaded transfer cask and its conveyance was evaluated under the site-specific DBE (10 CFR 212) | 業者過往在執行 VCT 作業時並未按照廠區地震相關分析結果進行，在執行 VCT 作業前不恰當地解開防震束縛帶(seismic restraint band)，但業者之後進行相關評估，canister 及運輸工具並不會在過程中傾覆                             |
| 21. | 2018006 | 07200044/2018-002-04 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to provide adequate written basis for 72.48 change (10 CFR 72.48)                                            | 業者先前對於密封鋼桶之刮痕及刨除深度計算有錯誤，經重新評估(透過現場目測及統計分析)，其結果可接受                                                                                              |
| 22. | 2018006 | 07200044/2018-002-05 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to request the certificate holder to obtain a CoC amendment (10 CFR 72.48)                                   | 原先的安全分析報告分析內容並未包含業者自行變更使用的 intermediate shelf (在發生地震時，MPC 可能會掉落至 SFP 底部)，之後業者修正用過燃料裝載程序，棄用 intermediate shelf                                  |

|     |         |                       |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                            |
|-----|---------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 23. | 2018006 | 072-00041/2018-001-01 | Closed VIO/<br>Failure to identify and correct conditions adverse to quality (10 CFR 72.172) EA-18-155                                                      | 此次視察主要是再檢視業者的 follow-up 措施是否足夠，管制單位檢視業者的矯正措施(自我監控/程序/訓練/裝備/通報)使其符合相關規範以及可避免再犯，各個層面的矯正措施詳見 1.2.3.b，主要包含：增加 specialist oversight 的人數/修正鋼桶吊運程序，全程監督重量感應設備...等 |
| 24. | 2018006 | 072-00041/2018-001-02 | Closed VIO/<br>Failure to ensure redundant drop protection features were available (10 CFR 72.212) EA-18-155                                                | 業者在進行吊運作業時並未備妥備用防掉落(drop)措施，之後已改正，經檢視亦無再發生之可能，因此關閉議題 (矯正措施可參考 ML 19116A056)                                                                                |
| 25. | 2018006 | 072-00041/2018-001-03 | Closed VIO/<br>Failure to assure that operations of important to safety equipment were limited to trained and certified personnel (10 CFR 72.190) EA-18-155 | Holtec 本身的設計訓練課程內容不足：未考量到 UMAX 系統的獨特性，導致這次的 misalignment 事件                                                                                                |
| 26. | 2018006 | 072-00041/2018-001-04 | Closed VIO/<br>Failure to provide adequate instructions or procedures (10 CFR 72.150) EA-18-155                                                             | 吊運密封鋼桶之程序制定嚴謹度不足導致發生 misalignment 事件，矯正措施為修正程序包含：在吊掛過程中持續監控重量感測裝置/明確指定作業人員任務角色...等                                                                         |
| 27. | 2018006 | 072-00041/2018-001-05 | Closed VIO/<br>Failure to make 24-hour notification ( 10 CFR 72. 75) EA-18-155                                                                              | 業者並未向 NRC 通報此次發生的 misalignment 事件，就 reportability 層面進行的矯正措施包含：進行訓練/定期複練/以保守的角度看待發生事件並向上通報由 shift manager 決定是否通報/全員聽取關於未進行事件通報的違規內容簡報                       |

|     |         |                       |                                                                                                                                       |                                                                                                                                   |
|-----|---------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 28. | 2018006 | 2018-001-0            | Closed LER/<br>Spent Nuclear Fuel Canister Temporarily<br>Wedged in Dry Cask Storage Container                                        | 業者在進行吊掛作業時不慎使備用的安全相關吊索設備失去其功能，之後矯正措施被 NRC 接受                                                                                      |
| 29. | 2018006 | 53858                 | Closed EN/<br>Inadequate Analysis for VCT Operations                                                                                  | 業者過往在執行 VCT 作業時並未按照廠區地震相關分析結果進行，在執行 VCT 作業前不恰當地解開防震束縛帶(seismic restraint band)，經檢視其矯正措施可使作業過程符合規範，亦可避免再犯，議題項目關閉。                  |
| 30. | 2018006 | 07200041 /2017-001-02 | Closed URI/<br>10 CFR 72.48 Methodology                                                                                               | 業者自行變更了設計(intermediate shelf)，與其原先於 Holtec FSAR 所假設事故分析內容(傳送箱接觸用過核燃料池側邊及底部)有所差異，業者之後也於程序中移除了利用 intermediate shelf 的步驟，此議題以 NCV 處理 |
| 31. | 2018006 | 2018-002-0            | Discussed LER/<br>Spent Nuclear Fuel Transport Conveyance<br>Vehicle Operated Outside Obstacle Clearance<br>Limit                     | 之前進行用過燃料運送作業所使用之低台面傳送設備(Low-profile transporter)底部設計並未遵循廠區地震分析結果訂定之間隙限制(Clearance limit)規範。業者分析報告仍在持續進行中                          |
| 32. | 2019005 | 07200044/2019-001-01  | Opened & Closed NCV/<br>Failure to Ensure the Loaded Transfer Cask<br>and its Conveyance was Evaluated Under the<br>Site-specific DBE | 之前進行用過燃料運送作業所使用之低台面傳送設備(Low-profile transporter)底部設計並未遵循廠區地震分析結果訂定之間隙限制(Clearance limit)規範。業者分析報告仍在持續進行中                          |
| 33. | 2019005 | 2018-002-0            | Closed LER/<br>Spent Nuclear Fuel Transport Conveyance<br>Vehicle Operated Outside Obstacle Clearance                                 | 之前進行用過燃料運送作業所使用之低台面傳送設備(Low-profile transporter)底部設計並未遵循廠區地震分析結果訂定之間隙限制(Clearance limit)                                          |

|     |         |            |                                                                                                                            |                                                                                                                                        |
|-----|---------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |         |            | Limit, Revision 0                                                                                                          | 規範。經業者再分析後發現其作業之條件仍在地震相關之設計基準事故範圍內(Revision 0)                                                                                         |
| 34. | 2019005 | 2018-002-1 | Closed LER/<br>Spent Nuclear Fuel Transport Conveyance<br>Vehicle Operated Outside Obstacle Clearance<br>Limit, Revision 1 | 之前進行用過燃料運送作業所使用之低台面傳送設備(Low-profile transporter)底部設計並未遵循廠區地震分析結果訂定之間隙限制(Clearance limit)規範。經業者再分析後發現其作業之條件仍在地震相關之設計基準事故範圍內(Revision 1) |

表 4-15、Zion 電廠除役特殊發現與違規事項

| No. | IR        | Item No.                               | Item Status/ Item                                                                                            | Brief                                        |
|-----|-----------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1   | IR 200001 | 50-295/96003-01                        | Closed LER/<br>Loss off Auxiliary Building Ventilation<br>Resulting from Inadequate Design                   | 由於設計考量不足導致輔助廠房通風系統失去其功能，關閉項目。                |
| 2   | IR 200001 | 50-295/96010-01                        | Closed LER/<br>Reactor Trip Due to Equipment Failure                                                         | 設備故障導致反應器跳脫，關閉項目。                            |
| 3   | IR 200001 | 50-295/96023-00<br>(報告內文 97023-00)     | Closed LER/<br>Auxiliary Building Ventilation does not<br>Conform to the UFSAR due to Analysis<br>Deficiency | 輔助廠房通風系統由於其分析過程存在瑕疵，故與 updated FSAR 不符，關閉項目。 |
| 4   | IR 200001 | 50-295/97016-00                        | Closed LER/<br>Failure to Recognize 125 VDC Buses<br>Inoperable                                              | 並未發現 125 VDC 匯流排不可用，關閉項目。                    |
| 5   | IR 200001 | 50-295/97018-01<br>(報告內文 97018-00)     | Closed LER/<br>Failure to Recognize 125 VDC Buses<br>Inoperable                                              | 並未發現 125 VDC 匯流排不可用，關閉項目。                    |
| 6   | IR 200001 | 50-295/97022-00                        | Closed LER/<br>Non-Safety System Affects Control Room<br>Habitability                                        | 非安全相關系統影響控制室適居性，關閉項目。                        |
| 7   | IR 200001 | 500-295/97019-06 &<br>500-304/97019-06 | Closed IFI/<br>Review Licensee's Investigation and Corrective<br>Actions for Zebra Mussels                   | 檢視業者影響斑馬貽貝 (Zebra Mussel) 之後續矯正措施，關閉項目。      |

|    |            |                                            |                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                        |
|----|------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | IR 200001  | 500-295/98008-01 & 500-304/98008-02        | Closed IFI/<br>Review of the License's Final Assessment of the Maintenance Rule Program                                                              | 視察員檢視業者的自我維護(Maintenance Rule Program)最終評估結果，認為其不存在缺陷，關閉項目。                                                                                            |
| 9  | IR 200002  | 50-295/200002-01                           | Opened IFI/<br>Training Matrix which is scheduled for completion in mid-August. Reviewing this training matrix is an inspector's follow-up item      | 各種專業訓練(舉例來說:火災訓練)因人員輪替或離職使得熟練度不足，執掌廠內訓練主管已針對此情形召集各部門商討，改善訓練方式(亦規劃每六個月檢視訓練需求)                                                                           |
| 10 | IR 200002  | 050-295/97023-11 & 050-304/97023-11        | Closed IFI/<br>Failure to Document an Annual Pre- Fire Plan                                                                                          | 防火規劃內容隨著核電廠除役進度而有所改變，追蹤檢視 Zion 防火規範內容，符合 10CFR50.48f 規定，關閉項目。                                                                                          |
| 11 | IR 2001001 | 050-295/2001-01                            | Opened IFI/<br>Internal and external communications issues following loss of offsite power to the SFNI                                               | 持照者最終確實有完成不尋常事件(喪失用過燃料池核島區的電源供應)的即時通報，並未違規。然而在通報過程中，持照者內部組織間的即時通報有進步的空間，但其實 NRC 內部亦存在此問題，此議題持續追蹤。                                                      |
| 12 | IR 2001001 | 50-295/20001-02                            | Opened URI/<br>Proper use of the station modification and corrective action programs to control activities with potential impact on SFNI performance | 完全喪失用過核燃料島區的電源供應，其肇因與變壓器負載設置不當有關，此被列為待定解決議題                                                                                                            |
| 13 | IR 2001002 | 0500095/2001-002-01 & 05000304/2001-002-01 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to use the corrective action program when being informed that the current transformers were undersized               | 雖然已知供給小於正常電流流量的變壓器被安裝在提供廠內電源的線路上，但持照者並未依循 ZAP 700-02 進行組織內部的通報。後來持照者已進行成因分析以及矯正行動(強化溝通以及使用 Management Action Response Checklist (MARC) 供管理者進行後續內部管控不當行 |

|    |            |                      |                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |            |                      |                                                                                                                       | 為)，再考量用過燃料池於喪失電源供應時期之水溫僅上升 1 度，本事件以 NCV 作結                                                                                                                                                                                                  |
| 14 | IR 2001002 | 05000295/2001-001-02 | Closed URI/<br>Current transformer installation without use of the station modification and corrective action program | 同上，經檢視持照者之矯正措施，關閉 URI。                                                                                                                                                                                                                      |
| 15 | IR 2001002 | 05000295/2001-001-02 | Discussed IFI/<br>Evaluation of the cause of loss of offsite power to the SFNI and communication weakness             | 此次事件經調查，發現其肇因來自超過 20 個操作不當 (inappropriate action, IA)和設備故障(Equipment Failure, EF)，關鍵肇因包含電路傳輸配電單位和變壓器安裝部門並未妥善溝通，測試變壓器時並未通過負荷測試(load test)但未意識到其嚴重性亦未解決，亦未針對缺失送出 Action Request/Problem Identification Form (AR/PIF)等，持照者後續實施大量的矯正措施，本事件持續追蹤。 |
| 16 | IR 2001003 | 05000295/2001-001-01 | Discussed IFI/<br>Evaluation of the cause of loss of offsite power to the SFNI and communication weakness             | 視察員持續追蹤發生 SFNI 失去廠外電源供應的肇因以及跨部門聯絡未臻完善情形。Zion 廠方相關的措施已檢討完畢，但仍在檢視參與緊急應變的廠外單位措施。當 SFNI 的電源供應全部喪失時，進入緊急應變計畫的時間從 1 小時變成 24 小時，此外，若緊急發電機已安置用於恢復 SFNI 電源供應，則無須進入緊急應變計畫。此項目尚未關閉，持續進行追蹤。                                                             |
| 17 | IR 2001003 | 05000295/2001-003-01 | Opened IFI/<br>Review of the vendor recommended breaker maintenance activities and frequency of maintenance           | 西屋公司無法斷定斷路器(breaker)失效原因，將製造商的保養防護手冊建議內容與業者之維護程序做比對，兩者之維護頻率亦將進行比對，此項被列為追蹤項目                                                                                                                                                                 |

|    |            |                                         |                                                                                                |                                                                                                                                              |
|----|------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18 | IR 2001003 | 05000295/2001-003-02                    | Opened IFI/<br>Evaluation of the licensee's surveillance requirements                          | 再確認業者是否了解所要求的偵測項目並確切執行，此為追蹤項目                                                                                                                |
| 19 | IR 2002002 | 50-295/2001-01 & 50-301/2001-01         | Closed IFI/<br>Internal and External Communication Issues Following Loss of Site Power to SFNI | 關閉此項目，此項目內容為當電廠失去用過燃料池核島區電源供應時內部與外部的聯絡溝通                                                                                                     |
| 20 | IR 2002003 | 050-295/2000003-02 & 050-304/2000003-02 | Closed IFI/<br>Access Control Equipment Performance                                            | 視察員在人員存取控制程序(personnel access control program)中發現漏洞，該漏洞降低設備檢測未經授權的材料的能力。具體細節被認為是保密資料(Safeguards Information)。檢查員的觀察和測試活動確認該漏洞已得到適當修正，故關閉此項目。 |
| 21 | IR 2002003 | 050-295/2000003-03 & 050-304/2000003-03 | Closed IFI/<br>Intrusion Alarm Performance                                                     | 自 1999 年 10 月安裝安全入侵設備(security intrusion device)以來，一直沒有按照設計的方式運行。具體細節被視為保密資料。適當的記錄和現場測試活動確認，入侵設備的安全性很高，故關閉此項目。                               |
| 22 | IR 2011007 | NA                                      | Minor safety significance                                                                      | 廢料處理人員確實已接受相關的訓練(DOT 和 subpart H)，但是參與危險物質運送的輻防人員並未完成 DOT 和 subpart H 的訓練。                                                                   |
| 23 | IR 2012007 | NA                                      | More than minor safety significance, Non-cited violation (NCV)                                 | 報告未公開，也沒有摘要報告                                                                                                                                |
| 24 | IR 2012009 | NA                                      | More than minor safety significance, Non-cited violation (NCV)                                 | 報告未公開，也沒有摘要報告                                                                                                                                |

|    |            |                                       |                                                                                                                                                      |                                                                                                        |
|----|------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 25 | IR 2012012 | NA                                    | Violation of 10 CFR 50.9, regarding completeness and accuracy of information                                                                         | 根據 Exelon Generation, LLC's (Exelon)提交的 biennial decommissioning funding status (DFS) reports 所做的調查結果。 |
| 26 | IR 2013007 | 05000295/13007-01 & 05000304/13007-01 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to Implement Transient Combustibles Procedure                                                                        | 暫置的可燃性物質有相對應的控管程序(ZAP003)，但持照者並未實施。視察員發現於防火計畫的變更內容並未更新至防火報告，持照者已實施矯正措施。                                |
| 27 | IR 2013008 | NA                                    | Minor safety significance                                                                                                                            | 每個月應就孕婦劑量做監測，但持照者並未實施                                                                                  |
| 28 | IR 2013011 | 05000295/13-11-01 & 05000304/13-11-01 | Opened VIO/<br>Failure to perform adequate radiological surveys to identify the presence of discrete radioactive particles                           | Notice of Violation, IR 2013011 (ML13350A020)<br>持照者並未就人員進行即時及足夠的 discrete radioactive particle 進行偵測   |
| 29 | IR 2013014 | 05000295/13-14-01 & 05000304/13-14-01 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to comply with RWP instruction for security guard presence during liner movement in the Unit-1 Containment Building. | 與工作人員之劑量有關，雖然已有輻射工作許可(RWP)的制度和流程，但是在一號機圍阻體內部執行工作時，有保警出現，顯示制度和指示不足，持照者也採行矯正措施避免此情形再發生。                  |
| 30 | IR 2013014 | 05000295/13-11-01 & 05000304/13-11-01 | Closed VIO/<br>Radiation surveys not adequate to identify DRPs                                                                                       | 本次視察也審查 IR 2013011 corrective actions                                                                  |
| 31 | IR 2014007 | NA                                    | Minor safety significance                                                                                                                            | 此項違規與液態廢棄物處理系統的變更有關，就安全來說僅有微量的影響                                                                       |
| 32 | IR 2014008 | 05000295/14-08-01 & 05000304/14-08-01 | Opened & Closed NCV/<br>SFP area radiation monitor alarms do not allow for timely initiation of safety actions due to audibility                     | 雖然已備有用過核燃料池輻射安全的儀器及相應程序，但是在 fuel handling building 中以輻射值監測系統代替臨界監測系統時，並未安裝可聽見/可看見的警報，以                 |

|          |            |                                             |                                                                                                         |                                                                                         |
|----------|------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|          |            |                                             |                                                                                                         | 致於此作法無法有效在輻射值上升時及時警示相關工作人員                                                              |
| 33       | IR 2014008 | NA                                          | Minor safety significance                                                                               | 運送放射性物質時，混凝土護箱已符合 CoC，亦已通過 NRC 的授權，但是 Cask 設計圖 (drawing)並未符合相關規範                        |
| 34       | IR 2014008 | NA                                          | Minor safety significance                                                                               | 在運送放射性廢棄物前，業者並未遵從相關程序書的每個步驟進行相應的輻射檢測(radiation survey)，業者並未就 impact limiter 的內部表面進行輻射檢測 |
| 35       | IR 2014009 | 07201037/14-03-01                           | Opened & Closed NCV/<br>Failure to monitor for hydrogen gas during welding of a spent fuel storage cask | 在焊接盛裝用過核燃料的容器時並未監測氫氣濃度                                                                  |
| 36       | IR 2014010 | 05000295/14-10-01 &<br>05000304/14-10-01    | Opened IFI/<br>Evaluate capability of Unit 2 vent stack effluent monitor                                | 流出廢液監測系統進行矯正之執行品管會影響到未來的偵測品質                                                            |
| 遞交 LTP 後 |            |                                             |                                                                                                         |                                                                                         |
| 1        | IR 2015007 | 05000295/15007-01 &<br>05000304/15007-01    | Opened & Closed NCV/<br>Failure to conduct radiological evaluations required by 10 CFR 20.1701/20.1702  | 業者並未在 2 號機組模擬測試區域(Sandbox Area)評估使用工程防護(Engineering Controls)或是呼吸防護設備的需求                |
| 2        | IR 2015008 | 05000295/2015008-01&<br>05000304/2015008-01 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to Perform Change to the ODCM in accordance with QAPP                   | 業者更動 ODCM 但並未提供合理的解釋，業者將 14 天限制 (14 day time constraint)移除，也因此可於不需設置輻射監控儀器的情況下逕行排放物質至湖中 |
| 3        | IR 2015010 | 07201037/2015002-01                         | Opened & Closed NCV/<br>Failure to Maintain an Unloading Program                                        | 與 NAC MAGNASTOR 混凝土護箱有關的 NCV。在用過核燃料池已無法貯存用過核燃料時，業者並未建立由                                 |

|    |            |                                           |                                                                                                                                   |                                                                                                               |
|----|------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |            |                                           |                                                                                                                                   | TSC(transportable storage canister)移出(unload)用過核燃料的計畫方案                                                       |
| 4  | IR 2015010 | 05000295/2014010-01 & 05000304/2014010-01 | Closed IFI/<br>Evaluate Capability of Unit 2 Vent Stack Effluent Monitor                                                          | IFI 05000295/2014010-01 的 follow up 無特殊發現，項目關閉                                                                |
| 5  | IR 2016003 | 05000295/2016003-01 & 05000304/2016003-01 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to Notify the NRC Within Four Hours of an Event for Which Other Government Agencies Were Notified | 通報機制及程序檢視：業者未能在 4 小時內及時通報 NRC 所發生的事件                                                                          |
| 6  | IR 2016003 | 05000295/2016003-02 & 05000304/2016003-02 | Opened & Closed NCV/<br>Leakage of Contamination from a Steam Generator Sent to a Burial Site                                     | 已密封的蒸汽產生器藉由鐵路運送至埋放地點時，發生放射性物質洩漏的情況                                                                            |
| 7  | IR 2017001 | 05000295/2017001-01 & 05000304/2017001-01 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to Submit Accurate Annual Radiological Environmental Operating Report                             | 業者並未提供送 2016 年的年度廢液處理相關報告(完整資訊)給 NRC                                                                          |
| 8  | IR 2017002 | 05000295/2017001-01 & 05000304/2017001-01 | Review the licensee's corrective actions                                                                                          | NRC 檢視 2017001 提及之違規(並未提送 2016 年之年度廢液處理)之矯正措施，業者已執行如 ODCM 提及之廢液持續監測相關措施，並未有進一步發現(No findings were identified) |
| 9  | IR 2018001 | 05000295/2017001-01 & 05000304/2017001-01 | Review the licensee's corrective actions                                                                                          | (與前項相關)經視察發現，業者於 2016 年報的輻射物排放至環境方面並未提供確切的資訊                                                                  |
| 10 | IR 2019001 | 05000295/2019001-01 & 05000304/2019001-01 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to Implement the LTP                                                                              | 業者將已污染的水泥殘塊置於 FSS 控管區(FSS Controls)，與 LTP 所續內容有所抵觸                                                            |

|    |            |                                              |                                                                                |                                                                                                                              |
|----|------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |            |                                              |                                                                                | LTP 規定，進行 FSS 量測時，須全程進行管控直至釋出置環境時該區已不再有再度被汙染的可能性。                                                                            |
| 11 | IR 2019001 | 05000295/2019001-02 &<br>05000304/2019001-02 | Opened & Closed NCV/<br>Failure to Submit Complete and Accurate<br>Information | 業者提送給 NRC 的 FSS 報告(FSSR)內容的第一階段(2018 年 11 月)不夠完備亦不夠精確，於年度除役經費使用狀態表述有誤，業者提送的經費使用狀態是 negative balance，但實際上將其他財源併同考量的話，其實經費是充裕的 |

#### 4.3.2 建議

根據彙整視察報告之重要發現與違規事項彙整發現，不論 SONGS Units 2 & 3 電廠或是 Zion Units 1 & 2 電廠在除役階段時，NRC 進行視察的結果多以非正式提出違規舉發(Non-cited Violation)作結。在視察員發現問題時會先判別違規程度(蒐集案例皆為 Severity Level (SL) IV)，然後視持照者(或設施經營者)對於該問題現況與處理方式再判定是否給予違規舉發(Notice of Violation)，即在視察報告中可以發現，如果對於視察員發現之違規事項，設施經營者已經做出或提出違規事項的矯正行動(Corrective actions)，往往不會給予違規舉發。

自從 SONGS 電廠進入除役以來 NRC 視察重要發現或違規事項，很多是與 ISFSI、用過核子燃料處理、運送部分相關，從該座電廠除役規畫得知近幾年 SONGS 電廠的 ISFSI 設施有擴建作業，以及 SONGS 電廠 3 座機組的用過核子燃料陸續從用過燃料池移入 ISFSI 作業，而成為 NRC 視察重點。

從 Zion 電廠視察違例項目可以發現人員(輻射)安全防護方面是除役中的一項重點，不論是焊接作業時的氫氣監測、作業時輻射值上升警示失能、備用設備失能，作業人員(包含孕婦)劑量監測或是人員出入控管都有其重要性。

管制單位在視察時，除了掌握業主在執行除役作業與核准的規畫作業是否一致外，建議應該與業主建立良好的溝通管道與監管機制，此狀況可以避免現場作業有所變更但主管機關卻未獲通知，並預防危害的形成。最後一點則是人員訓練部分，各項作業人員的專業度訓練是相當重要的，視察內容提及除役作業期程相當長，人員的輪替、離職而造成作業熟練度不足導致作業疏失，所以視察時也應注意此方面。

## 第五章、結論

針對本年度工作項目：1.蒐集 IAEA 除役有關安全規範與指引及除役相關技術報告，作為我國核電廠除役管制之參考依據、2..蒐集並研析美國核能電廠廠址歷史評估文件，提出適用於我國情境之 HSA 審查要點、3.整理並研析美國核管會電廠除役視察報告(IR)，以提出適用於我國的核電廠除役定期安全檢查之管制要項建議，結論如下：

### 5.1 工作項目 1 結論

本計畫參考 IAEA 資料架構，蒐集 IAEA 除役相關資料包含基本法則、要求、導則以及技術文件共 103 份。為求資料使用容易性，將所蒐集之 IAEA 及去年研究蒐集之 NRC 文獻按照原能會核能管制處、原能會輻射防護處、原能會放射性物料管理局以及其他等四個單位使用者的角度做資料分類並製圖(圖 2-4、圖 2-5)。此外，亦參照 IAEA 與 NRC 文件/法規層級之架構做出兩個單位除役文件之對照表(表 2-6)。除了上述依照使用者角度將資料分類製圖外，面對繁多的技術文件，特別為核能管制處之權責範圍相關部分，按照不同除役應用主題做更深入的分類(圖 2-6)。最後為進一步提升主管機關使用資料的便利性，再將各項文件以可能用使用到的時間點以近期、中期、遠期需求加以標註。期許對我國核電廠除役管制能提供清楚明瞭之參考依據。

### 5.2 工作項目 2 結論

美國除役核電廠均採用 MARSSIM 的建議進行廠址歷史評估作業，藉由審閱和廠址與其環境相關的現存資訊及人員訪查，確認特定除役場址的可能污染源和可能受污染的介質，將廠址或偵檢單元分類為受影響與未受影響地區，並進一步將受影響區初分為第 1 級(污染程度可能超過 DCGL)、第 2 級(不太可能超過 DCGL)與第 3 級(非常不可能超過 DCGL)，以提供後續範圍偵檢與特性偵檢設計時的參考資訊。

MARSSIM 第 3 章提供了非常清楚的 HSA 資料評估方法。評估現有的資料後，建構概念廠址模型。根據輻射偵檢與廠址調查作業流程所蒐集到的新資料，更新與修正概念廠址模型。

由於在除役拆廠階段的各項活動可能造成廠址的二次污染，因此廠址歷史評估應持續更新。依照我國的除役時程，建議應在提出最終狀態偵檢計畫時，一併提出更新版的廠址歷史評估報告，且應執行未受影響區的偵檢，作為其未受影響的佐證。

除了輻射污染方面的歷史評估外，其他的非輻射的有害物質污染的歷史評估也是重要的。建議我國在進行核電廠除役相關作業管制時，也應要求業者進行非輻射污染方面的歷史評估。

根據 HSA 報告的研析，提供以下幾點審查建議，供主管機關參考：

1. 建議根據 MARSSIM 所提出的報告格式(圖 3-2)提出特定廠址歷史評估報告。
2. 報告內應充分說明所審閱的文件、人員訪查方式、及資料評估方法。詳細的文件清單及紀錄可以附件的方式呈現。
3. 報告中應討論環境輻射背景活度的認定，此數值可作為初步判斷的基準，也提供後續進行輻射偵檢與廠址調查之參考。
4. 資料評估結果應清楚說明，表 3-14 的格式可供參考。且應提出評估結果內部審查的佐證。
5. 提供完整清楚的概念廠址模型，未來隨著輻射偵檢與廠址調查的進展，滾動式修正此概念模型。

此外，主管機關審查 HSA 報告之人員，應具備足夠的 MARSSIM 相關知識，並對核電廠可能受到的污染有一定的了解。

### 5.3 工作項目 3 結論

本計畫蒐集 San Onofre Units 2 & 3 自 2013 年宣布永久停止運轉並開始進行除役至 2020 年 7 月止之視察報告，總計 37 份(表 4-2)。蒐集 Zion 電廠 Units 1 & 2 自 2000 年開始至 2020 年 3 月發布之最新視察報告，總計 65 份(表 4-8)。在核電廠除役期間，美國核管會主要依據兩份視察手冊進行除役視察：IMC 2515 附錄 G - 核電廠停機過渡階段之視察指引[23]及 IMC 2561 - 核電廠除役視察計畫[24]。視察重點有輻射監控、安全審查計畫、用過燃料池營運、程序遵守、管理等項目。

統整出 SONGS 電廠除役視察項目與頻次分析(表 4-6)，並有下列幾點發現：

- NRC 除役視察約每季進行一次，但會視情況增加視察次數 (如進行 ISFSI 視察、除役緊急應變計畫視察)。
- 通常與 ISFSI 相關項目會獨立成為一次視察內容。
- 採用視察程序以 IMC 2561 附錄 A 之電廠除役視察程序為主，並視需求採用該 IMC 附錄 B 之輔助/加強視察程序。
- SONGS 電廠視察尚未使用 IMC 2561 附錄 A 之核心視察程序 IP 83801-Inspection of Remedial and Final Surveys at PSRs，因其尚未進入 FSS 階段。

Zion 電廠自 1998 年進入除役，在 2014 年 12 月提出電廠執照終止計畫(LTP)後，NRC 視察大部分涉及事項係與 LTP 相關。統整出 Zion 電廠遞交 LTP 之後視察項目與頻次分析(表 4-12)，有下列幾點發現：

- Zion 電廠在遞交 LTP 前以每年進行 3-4 次除役視察為基準，並視情況增加(如，2011 福島事故後特別視察 Zion 用過燃料池安全性)；或減少(如，季視察活動合併 IR 2011001)。
- Zion ISFSI 相關活動視察在 2013 年後開始出現，並不一定會獨立成為一次視察內容。
- Zion 電廠遞交 LTP 後，自 2016 年下半年開始，視察頻次轉為半年一次。
- 目前最後一份視察報告為 IR 2019001(Issue date 2020/3/18)，視察活動期間：2019/1/23 - 2020/2/19
- 採用視察程序以 IMC2561 附錄 A 之電廠除役視察程序為主，並視需求採用該 IMC 附錄 B 之輔助/加強視察程序。
- 自 2000 年開始至遞交 LTP 前，採用之 IMC2561 附錄 A 核心視察程序不含 IP 71111.01-Adverse Weather Preparations
- 自 2000 年開始至遞交 LTP 前，IP 40801、60801、71801、83750 為較多使用之視察程序
- 自遞交 LTP 後(2015～2019)，視察採用 IMC2561 附錄 A 核心視察程序不含 IP 71111.01、IP 60801，以 IP 40801、83750、86750 為使用最多之視察程序。

根據彙整視察報告之重要發現與違規事項彙整發現，不論 SONGS Units 2 & 3 電廠或是 Zion Units 1 & 2 電廠在除役階段時，NRC 進行視察的結果多以非正式提出違規舉發(NCV)結案。在視察員發現問題時會先判別違規程度，然後視持照者(或設施經營者)

對於該問題現況與處理方式再判定是否給予違規舉發(VIO)。從 SONGS、Zion 電廠的重要發現與違規事項有以下發現與建議。

SONGS 電廠許多違規與用過燃料池作業、用過核子燃料搬運/處理、ISFSI 運作相關，和其除役作業規劃內容有關聯繫。人員(輻射)安全防護在 Zion 電廠除役視察中係較容易出現違規的部分。建議管制單位在視察時，除了掌握業主在執行除役作業與核准的規畫作業是否一致外，應該與業主建立良好的溝通管道與監管機制，此狀況可以避免現場作業有所變更但主管機關卻未獲通知，並預防危害的形成。最後，則是不可輕忽人員訓練部分，各項作業人員的專業度訓練是相當重要的，因為除役作業期程相當長，人員的輪替、離職造成作業熟練度不足可能導致作業疏失，所以進行視察時也應特別注意。

## 參考文獻

1. 行政院原子能委員會，核一廠 1 號機於 107 年 12 月 6 日進入除役期間，原能會將嚴格監督台電公司落實除役計畫及安全要求（民 107 年 12 月 5 日）。檢自 <https://www.aec.gov.tw/newsdetail/headline/4687.html> (Feb. 6, 2020)
2. 梁正宏等人，「核電廠除役管制各階段工程技術與分析應用研究，」 期末報告，108 年 12 月。
3. IAEA History, 檢自 <https://www.iaea.org/about/overview/history> (Nov. 17, 2020)
4. IAEA Nuclear science, 檢自 <https://www.iaea.org/topics/nuclear-science> (Nov. 17, 2020)
5. 駐奧地利台北經濟文化代表處-原能組介紹，檢自 <https://www.taiwanembassy.org/at/post/190.html> (Nov. 17, 2020)
6. IAEA Safety Standards Series No. SF-1, *Fundamental Safety Principles*, IAEA, Vienna (2006).
7. IAEA Safety Standards Series No. GSG-14, *Arrangements for Public Communication in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency*, IAEA, Vienna (2020)
8. IAEA International Decommissioning Network -IDN，檢自 <https://nucleus.iaea.org/sites/connect/IDNpublic/Pages/default.aspx> (Nov. 17, 2020)
9. US NRC, *Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual (MARSSIM) (NUREG 1575)*, 2009
10. US NRC, *Consolidated Decommissioning Guidance: Characterization, Survey, and Determination of Radiological Criteria (NUREG-1757, Vol.2, Rev.1)*, 2006
11. Zion Station Historical Site Assessment, ML15342A281, 1999
12. Haddam Neck Plant Historical Site Assessment Supplement, ML012420073, 2001
13. Yankee Nuclear Plant Site, Historical Site Assessment, ML042510589, 2004

14. Rancho Seco - Historical Site Assessment, Revision 1, ML062220351, 2006
15. Humboldt Bay Power Plant (HBPP) Historical Site Assessment 2011 Update, ML13130A134, 2011
16. Vermont Yankee-Radiological-Historical-Site-Assessment, 2014
17. LACBWR Historical Site Assessment, ML19007A041, 2015
18. Crystal River, Unit 3, Historical Site Assessment Rev. 00, ML19029A010, 2016
19. Vermont Yankee-Non-Radiological-Historical-Site-Assessment, 2014
20. US NRC, Facility Locator, San Onofre – Unit 1, 檢自 <https://www.nrc.gov/info-finder/decommissioning/power-reactor/san-onofre-unit-1.html> (Nov. 17, 2020)
21. US NRC, Facility Locator, San Onofre – Unit 2 & 3, 檢自 <https://www.nrc.gov/info-finder/decommissioning/power-reactor/san-onofre-units-2-3.html> (Nov. 17, 2020)
22. San Onofre Nuclear Generating Station, Units 2 and 3, *Post-Shutdown Decommissioning Activities Report (PSDAR)*, R0, 2014 (ML15204A383)
23. IMC 2515, APPENDIX G - Baseline Inspection Guidance for Power Reactors Preparing for Transition to the Decommissioning Phase  
<https://www.nrc.gov/docs/ML1518/ML15183A264.pdf>
24. IMC 2561 - Decommissioning Power Reactor Inspection Program  
<https://www.nrc.gov/docs/ML1734/ML17348A400.pdf>
25. US NRC, Facility Locator, Zion – Unit 1, 檢自 <https://www.nrc.gov/info-finder/decommissioning/power-reactor/zion-nuclear-power-station-units-1-2.html> (Nov. 17, 2020)
26. NRC, *Standard Review Plan for Evaluating Nuclear Power Reactor License Termination Plans* (NUREG-1700, Revision 2), 2018

## 附錄一、MARSSIM HSA 相關章節重點摘錄

### Chapter 2.4 輻射偵檢與廠址調查過程

輻射偵檢與廠址調查(Radiation Survey and Site Investigation, RSSI)過程就是採用一系列輻射偵檢設計，以證明放射性污染廠址可符合以劑量-或風險為基礎的法規要求。RSSI 過程有六個主要的步驟：

#### 步驟 1 廠址確認 (Site Identification)

一般在開始除役之前都能容易的完成廠址確認。任何準備終止持有美國 NRC 或州政府所發給使用執照的設施，均可確認為廠址。有關廠址確認方面的數據，可參考 MARSSIM 3.3 節。

#### 步驟 2 廠址歷史評估 (Historical Site Assessment, HSA)

廠址歷史評估(HSA)的目的是為了蒐集和廠址與其環境相關的現存資訊。HSA 的主要目標如下：

- 確認污染的潛在來源
- 判定廠址是否對人類健康和環境有威脅
- 區別受影響與未受影響的地區
- 提供範圍偵檢與特性偵檢設計的輸入數據(或參考數據)
- 提供污染遷移可能性的評估
- 確認與調查廠址相關的額外潛在放射性廠址

HSA 一般分為三個階段：確認候選廠址、初期設施或廠址調查、廠址訪查或檢查。根據 HSA 階段蒐集的資訊進一步評估廠址。

#### 步驟 3 範圍偵檢 (Scoping Survey)

如果在 HSA 期間收集的數據指出某地區受到輻射影響，則將執行範圍偵檢。範圍偵檢依據有限的量測結果提供特定廠址的資訊，其主要目標如下：

- 執行初步的危害評估
- 支持將所有或部分的廠址分類為“第 3 級地區”的決定

- 評估輻射偵檢計畫是否能有效地在特性或最終狀態偵檢中使用
- 提供完成廠址優先處理的資訊(只有 CERCLA 與 RCRA 廠址)
- 提供作為特性輻射偵檢的輸入數據(如果有需要)

依據 HSA 結果，判斷那些地區需做範圍輻射。如果 HSA 將某地區分為第 3 級且範圍偵檢並未發現污染，則該地區可分類為第 3 級，按第 3 級要求執行最終狀態輻射偵檢；如果範圍偵檢測出有污染，該地區可考慮視為第 1 級(或者第 2 級)，以執行特性與最終狀態偵檢。

#### 步驟 4 特性偵檢 (Characterization Survey)

依據 HSA 與範圍偵檢的結果，如果一地區被分類為第 1 級或第 2 級地區，則必須執行特性偵檢。特性偵檢係依 HSA 與範圍偵檢結果來規劃，並針對污染區做詳細的放射性環境特性調查。特性輻射偵檢的主要目的如下：

- 決定污染的本質與廣度
- 收集數據以選擇補救方法與技術
- 評估輻射偵檢計畫是否能有效地使用於最終狀態偵檢
- 支持改善行動調查/可行性研究需求(只有 CERCLA 廠址)或設施調查/矯正量測研究需求(只有 RCRA 廠址)
- 提供最終狀態輻射偵檢設計的輸入數據

特性偵檢是所有偵檢類型中，執行最全面與產生最多數據的偵檢，包含準備偵檢區參考格子座標、系統性和判斷性量測、與偵檢不同的介質 (如表土、建築物的內部與外部的表面)。至於在輻射偵檢與廠址調查過程中，要取那些種環境介質則必須視廠址特性來決定。

#### 步驟 5 改善行動的輔助偵檢 (Remedial Action Support Survey)

如果某一地區完成特性偵檢後，發現其污染值超過 DCGLs 時，應準備除污計畫。改善行動輔助偵檢是在執行除污過程中即時的輻射偵檢，以達到清潔的目的。執行改善行動輔助偵檢在於：

- 支持補救作業的圓滿性
- 決定廠址或偵檢單元是否已準備好做最終狀態偵檢
- 提供最終狀態偵檢時，評估特定廠址的最新數據

## 步驟 6 最終狀態偵檢 (Final Status Survey)

最終狀態偵檢結果用來證明是否符合法規要求，是本手冊最重視的偵檢。最終狀態偵檢的主要目標如下：

- 選擇/證實輻射偵檢單元分類
- 驗證每一個輻射偵檢單元殘餘污染的潛在劑量或者風險低於外釋標準
- 驗證每一個輻射偵檢單元內的熱點(小地區高活度)造成的潛在劑量與風險低於外釋標準
- 使用最終狀態偵檢結果，驗證所有的放射性參數滿足所定的法規值與條件

圖 2.4 說明輻射偵檢與廠址調查作業流程中對偵檢區的分類與其決定模式。此流程圖說明初期在有限數據情況下，如何很快估計偵檢區的輻射等級。這個圖也顯示以區域分類與輻射等級分類之間的關係，可做為決定分類的依據。圖 2.5 為 HSA 流程圖說明廠址廠址歷史評估過程的主要步驟與決定模式。

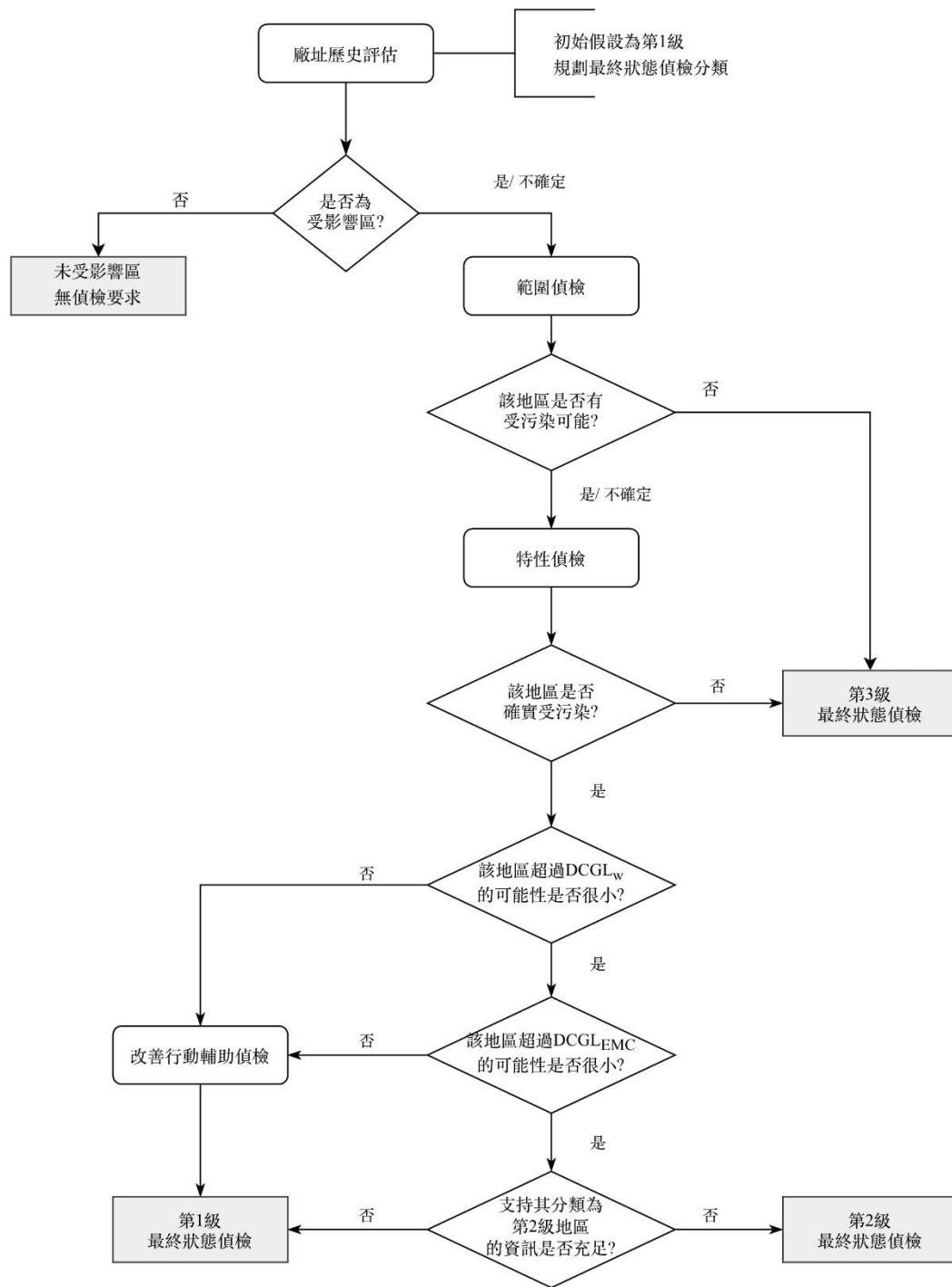


圖 2.4 輻射偵檢與廠址調查(RSSI)作業流程

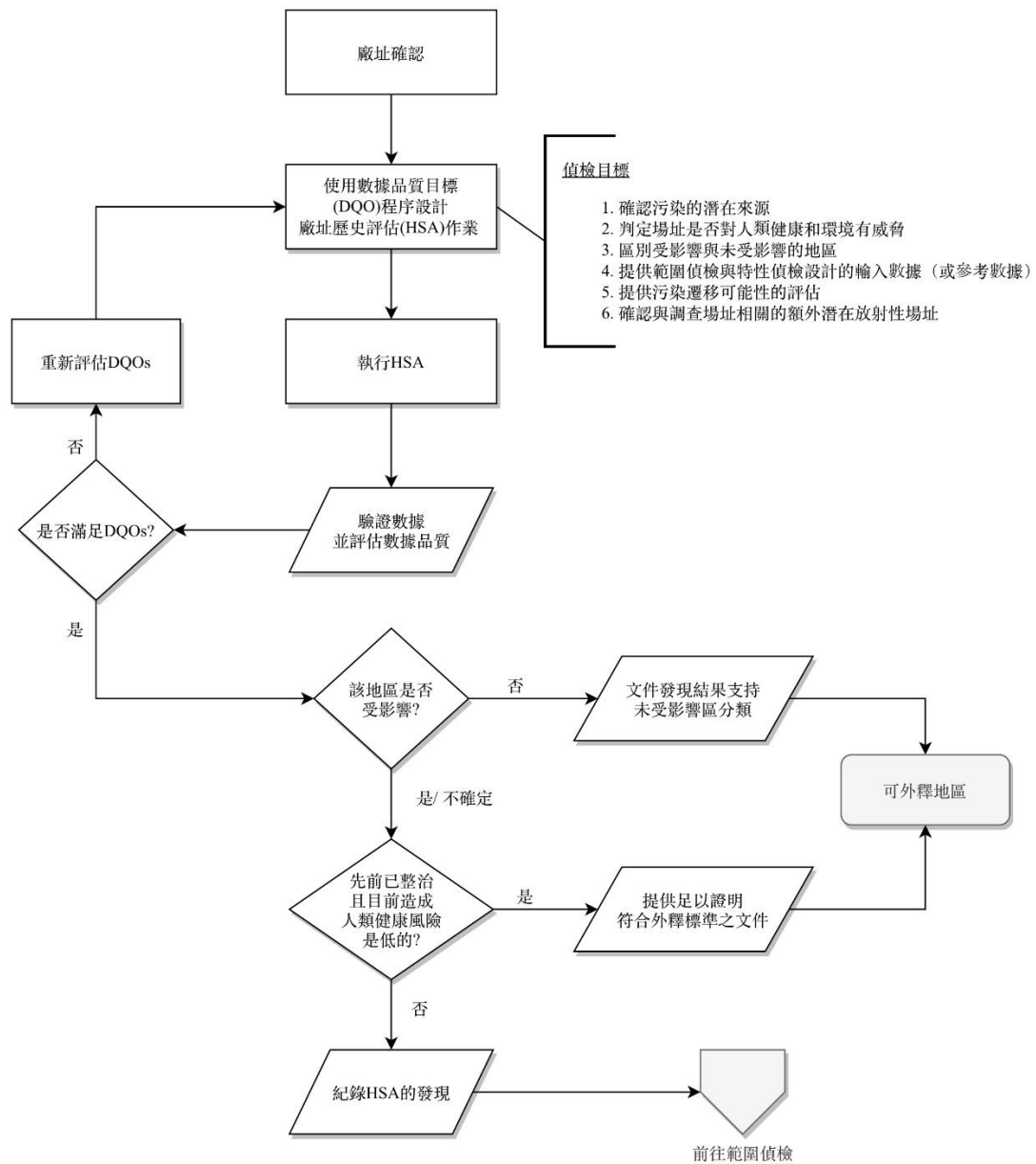


圖 2.5 廠址歷史評估(HSA)流程圖

## Chapter 3 廠址歷史評估

### 3.1 簡介

核設施除役時的輻射偵檢與廠址調查(Radiation Survey and Site Investigation, RSSI)採漸進式的方式，廠(場)址歷史評估 (HSA) 為其中的第一項。HSA 即為蒐集核設施自運轉開始迄今完整的歷史資料，並進行訪查。

HSA 執行的詳細程度與廠址的性質、曾發生的歷史事件、管制架構與資料的完整程度有關。例如 NRC 要求轄下的機構留下例行運轉記錄，此即為 HSA 的基礎。進行 HSA 時僅須確保檢閱資料的完整性，即可進行評估。

對於 HSA 發現僅有密封射源或少量的放射性核種的設施，可能可以採用簡易的除役程序 (參考原文附錄 B SIMPLIFIED PROCEDURE FOR CERTAIN USERS OF SEALED SOURCES, SHORT HALF-LIFE MATERIALS, AND SMALL QUANTITIES)。

HSA 目的為：

- 確認放射性物質與污染的潛在來源或已知來源
- 判定廠址是否對人類的健康造成威脅
- 評估污染遷移的可能性
- 提供範圍偵檢與特性偵檢設計的參考資訊
- 初步分類廠址或偵檢單元為受影響與未受影響地區

HSA 提供推導 DCGL(導出濃度指引基準) 所需資訊。HSA 亦可支援 EPA 超級基金方案中緊急應變及移除活動，滿足公眾對資訊的需求，以及在廠址調查初期提供適當的資訊。

HSA 一般分為三個部分：1. 確認廠址、2. 設施或廠址先期調查、3. 廠址勘查。根據 HSA 所蒐集的資訊來進行廠址評估。

### 3.2 數據品質目標 (Data Quality Objectives, DQO)

三個 HSA-DQO 預期結果：

- 選定個人或一組人(包括決策者)為規劃小組(DQO 步驟 1，問題陳述，MARSSIM 附錄 D)。
- 廠址問題之簡述(DQO 步驟 1，問題陳述，MARSSIM 附錄 D)。
- 初步將廠址與偵檢單元分為受影響與未受影響區(DQO 步驟 4，定義研究範疇，MARSSIM 附錄 D)。

這些結果有助於 DQO 程序後續的應用。

規劃小組應釐清並定義特定廠址調查的 DQO。DQO 之規劃小組由各技術領域專家所組成，並應將利害關係人代表納入其中。一旦成立規劃小組後，在後續的評估及可能的偵檢作業中應考慮公眾參與所扮演的角色。

小型廠址及較單純的狀況時，規劃工作由設施業主負責即可。對於某些特定廠址(如 CERCLA)，規劃小組應包含管制機構代表。官方代表不必直接參與制訂偵檢計畫，但要熟悉偵檢規劃，並依據往例和目前法規規定提供意見及資訊。

對於大型複雜的設施，規劃小組成員應包括技術專案經理、廠址負責人、科學家、工程師、社區與地方政府代表、保健物理師、統計學家、管制機構代表。也可包括其他個人，如特定的決策者或資料使用者，他們在未來有可能會用到這些研究的發現。

決策者根據規畫小組的建議做最後的決定。

下列步驟將有助於制定 DQO：

- 敘述問題與處境的情況與所採取偵檢的原因。
- 彙總既有資訊，簡述目前對問題與現況的了解。
- 執行文獻的蒐集與訪談，檢視過去與進行中的研究，以確保正確地定義出問題。
- 針對複雜的問題，可考慮分為幾個可處理的部份。

根據在先期調查所蒐集到的資訊發展出概念模式進行廠址的初步分類。

數個 DQO 流程的結果必須在一開始執行 HSA 時就須提出，這些資訊或決定可能只能依據有限或不完整的資料。隨著廠址評估作業的推進以及面臨很難做決定時，DQO 流程的迭代特質允許其重新評估先前的決定，這對廠址與偵檢單元的分類相當重要，最後的分類在規劃最終狀態偵檢前完成即可。

### 3.3 廠址確認

有些廠址因已知其之前的使用情形及存在有放射性物質而確認。對於潛在具放射性之廠址，可依下列方式加以確認：

- 經授權擁有或處理放射性物質的紀錄 (如持有 NRC 或 NRC 協議州政府的執照等)
- 陳報給政府機構有可能有放射性物質的外釋。
- 依超基金補償再授權法案(SARA 第 105(d)節)之人民陳情書。
- 地面與空中之放射性偵測。
- 熟悉廠址的人員。
- 查詢 EPA 環境輻射偵檢系統資料庫(Environmental Radiation Ambient Monitoring System, ERAMS) (參考原文之附錄 G)

### 3.4 HSA 的先期調查

執行先期調查作業的目的是獲得足夠的資訊將廠址或偵檢單元初步分為受影響區與未受影響區。了解放射性污染的潛在分布則可進一步將廠址或偵檢單元分類為第 1 級或第 2 級地區以進行後續範圍偵檢及特性偵檢的作業規劃。表 3.1 的 20 個問題將有助於 HSA 先期調查之參考。

表3.1 有助於HSA先期調查之問題

|                                                                       |                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 21. 廠址曾被核准作放射性物質的製造、使用或銷售？                                            | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 22. 廠址內是否曾被核准處理或焚化放射性物質？是否有其作業的證據？                                    | 放射性物質處理作業的證據表示該區域受影響的機率較高                                  |
| 23. 廠址內是否曾經有深井進行或相關作業的核准？                                             | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 24. 廠址是否曾被核准使用除了醫療或牙科X-光機之外的可發生游離輻射設備或放射性物質進行研究？                      | 研究可能導致放射性物質的外釋，該區域受影響的機率較高                                 |
| 25. 廠址中是否曾貯存或處置放射性土壤水分密度計(銻-鉍或銻-鉍射源)或放射性厚度監測計？                        | 依密封射源的洩漏測試，可顯示貯存地區是否受到影響。若有證據證實曾進行放射性物質之處理處置，表示該區域受影響的機率較高 |
| 26. 廠址過去是否曾以活化方式生產放射性物質？                                              | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 27. 廠址中是否貯存放射性射源？                                                     | 依密封射源的洩漏測試，可顯示貯存地區是否受到影響。                                  |
| 28. 廠址是否涉及曼哈頓計畫或任何曼哈頓工程區作業的證據(1942-1946)？                             | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 29. 廠址是否曾涉及支援核武的測試 (1945-1962)？                                       | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 30. 廠址中是否有任何設施曾做為武器貯存區？廠址是否曾執行武器的維護保養？                                | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 31. 是否在廠址曾執行過放射性污染船舶、車輛或飛機之除污、維修、或貯存？                                 | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 32. 廠址或廠址附近是否有飛機意外事故的紀錄(例如：耗乏鈾平衡錘、鈾合金、鐳儀表版)？                          | 可能包含其他考量，如未被發現的放射性物質的證據                                    |
| 33. 廠址是否曾進行核醫藥物之製造、貯存、搬遷或處理？                                          | 表示該區域受影響的機率較高                                              |
| 34. 廠址是否曾進行動物研究？                                                      | 放射性物質使用於動物研究的證據，表示該區域受影響的機率較高                              |
| 35. 廠址是否曾經生產、研究、測試或貯存鈾、鈾或鐳混合物(NORM)？                                  | 表示該區域受影響的機率較高，或可能導致背景變動之增加                                 |
| 36. 廠址是否曾經涉及加工或製造天然放射性物質(例如鐳、肥料、磷酸化合物、鈾化合物、耐火物質或貴重金屬)，或鈾的開採、碾磨、加工或生產？ | 表示該區域受影響的機率較高，或可能導致背景變動之增加                                 |
| 37. 廠址內是否曾經使用過煤或煤的產品？<br>若是，燃燒後的煤灰或煤灰是否殘留在場內？<br>若是，是否有雨水沖刷或在場內形成水塘？  | 可能包含其他考量，如背景變動之增加                                          |
| 38. 廠址中是否曾處理過高活度的天然放射性物質                                              | 可能包含其他考量，如背景變動之增                                           |

|                              |                                                    |
|------------------------------|----------------------------------------------------|
| (例如噴砂用的獨居石砂)?                | 加                                                  |
| 39. 廠址是否處理過石油、天然氣工廠的管路?      | 表示該區域受影響的機率較高，或可能導致背景變動之增加                         |
| 40. 是否有其他任何理由，懷疑廠址受到放射性物質污染? | 可能污染的環境介質，包括表土、次表土與環境介質、地表水、地下水、空氣與結構物等，參見原文3.6.3節 |

原文附錄 G 提供廠址歷史評估相關參考資訊的來源。其中 G1 部分係依資訊類別區分，G2 部分係依資訊來源區分。

附錄 G 之表 G.1 係依資訊類別區分，包括

- 一般廠址資訊
- 射源與廢棄物特性
- 地下水之使用與特性
- 地表水之使用與特性
- 土壤曝露特性
- 空氣曝露特性

附錄 G 之表 G.2 係依資訊來源區分，包括：

- 數據庫
- 地圖與空照圖
- 檔案
- 專家與其他來源

更詳盡的資訊可參照 EPA 1991 年的廠址評估資訊目錄(Environmental Protection Agency (EPA). 1991e. *Site Assessment Information Directory*. EPA, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C.。)

廠址現有資料可提供污染濃度與分佈之情況，惟須注意以往偵檢與取樣資料以及度量方式與標準等，是否符合 HSA 目的之需求，並應了解自前次取樣後污染之情況是否有所改變。(可參考附錄 E 以評估現有之現有資料)

參考之資料可包括設施與放射性物質之執照，設施運轉期間之各項紀錄、地圖、藍圖、不同時間之空照圖，以及相關合約與財務紀錄等。此外，可透過訪查與面談獲取

第一手之資料，或澄清已蒐集資料之正確性，面談時程排在資料收集過程之後會更有效，面談內容可以直接針對需要額外資訊或澄清的特定調查區域提出質詢。洽談的對象可包括經理、工程師、設施工作人員與貨車司機等。為了確保特定的資料能被適當的記錄，面談步驟也可包括雇用訓練有素的調查員與採用說明或問答。

### 3.5 廠址勘查

廠址勘查或現場訪視之目的是收集足夠的資料，以決定未來所要採行的行動，並記錄廠址內具有危害(建物結構等)的情形，供未來執行偵檢工作時參考。通常此勘查適用於無法取得相關資訊的廠址，例如廢棄之廠址等，而對取得 NRC 執照之廠址，相關資料應已充足，可能並不需要現場勘查。

準備廠址勘查前，要先審視有關設施或廠址已知的資料，以確認缺少的資料。根據特定廠址的狀況，考量廠址勘差是否是必要且實際的。開始進行廠址勘查之前，要安排適當進入廠址的通道與準備適宜的健康與安全計畫。

調查者應要求廠址或設備所有人簽名同意，取得進入廠址的權限以利執行勘查作業，並視需要由地方機關通知當地民眾。

廠址勘查前應準備勘查計畫，規劃每次的勘查作業與確認所需收集的特定資料。此計畫應包括廠址周圍環境的調查與提供作業細節以證實或確認下列位置：最近的居民、工作人口、飲用水或灌溉水井、農作物與其他廠址的環境資料。進行廠址勘查應妥為準備準備照相機記錄廠址情形、健康與安全偵檢儀器(包括輻射偵檢器)、標示重要位置與水流分佈區的地形圖影本、與其他廠址重要的特性資料等。以記錄簿來記錄現場勘查作業與觀察的事項。建議記錄簿要以防水的墨水書寫，最好每人一本，最好每頁均簽註姓名、日期與時間，修正時需經核可才可進行，並應加以記載。

### 3.6 HSA 資料評估

HSA 之目的是確認廠址或設施的現況，其蒐集的資料也可用來區分廠址是否需採進一步行動，或對人員健康與環境僅有輕微或沒有威脅的地區，此篩選過程可提供廠址後續處置之建議。HSA 評估後有三項可能建議：

- 採取緊急行動以降低對人員健康與環境之風險。
- 廠址或地區可能受到影響，須做進一步的調查。這些地區可能為第 1、2 或 3

級，應進行範圍偵檢(scoping survey)或特性偵檢(characterization survey)，所蒐集的資料可供後續偵檢規劃時參考。

- 廠址或地區未受影響，可以外釋供做其他用途。

由分析歷史資料得知在環境介質中(如表土、地表水、地下水、空氣或建築物)有污染存在，此時可判定廠址受到污染，不須再考量資料的品質、與廠址運轉的關聯、或與背景輻射水平的關係。在此情況下，歷史分析資料已足以支持所做的污染假設，而無須證明污染問題確實存在。相反的，歷史分析資料也可以用來支持未受到污染的假設。然而這些資料不應被當作支持未受到污染假設的唯一基礎。若利用歷史分析資料作為排除污染存在的主要理由時，則須要求這些資料能證明污染確實不存在。

在多數情況下，除了歷史分析資料之外，亦可獲得某種程度的過程知識(process knowledge)。假如過程知識暗示並無殘留污染，且歷史分析資料也顯示無殘留污染存在，則過程知識可增強做出廠址未受影響決定的信心。但若過程知識與歷史分析資料判斷的結果不同，則該地區應考慮訂為受影響區。

以下為用來正確與完整地提出廠址處置建議評所需的必要資料。如果其中某些資料無法由歷史資料獲得，應該註明為未來偵檢時所需獲得的資料。在 DQO 作業流程第 3 步驟(確認做決定的輸入資料)時需要收集的資料可參考原文附錄 D.3 節。

- **確認可能的污染物質(3.6.1 節)**

廠址運轉是造成潛在殘留污染的主要因素。若係使用未受損之密封射源，污染的可能性很低，審查洩漏測試(Leak-test)記錄就可證明是否有殘留污染。從事化學製程的設施可能會有受污染的管子、管道及處理區，若有濺灑、排放或洩漏時可能會造成土壤污染。若廠址內處理大量的放射性礦石，地面可能會受到污染。若有鬆散物質貯放在室外或通風系統控制不良，則可能隨風飄落在地面造成污染。

若廠址已停止運轉相當時日，則短半化期核種的殘存量會很少，在此情況，藉由計算證明殘留活度不會大於 DCGL，就足以評估殘留污染程度。同樣也可依照對污染物的化學與物理型態之了解進行評估。藉由檢閱放射性核種存量管制記錄、化學與物理型態、廢料運送的總活度與採購紀錄等，決定廠址潛在的殘留污染程度。然而，許多放射性核種會產生大量的衰變產物，此點在評估現有廠址資料時也應該要有所考量。

### ● 確認可能污染的地區(3.6.2 節)

依 HSA 蒐集的資料，可將廠址初步分類為受影響與未受影響區。受影響區係指可能有放射性污染(依據歷史資料)或已知有放射性污染(依據以前或初期輻射監測資料)的地區，包括 1) 使用、貯存放射性物質之場所、2) 記錄顯示有濺灑、排放或其他不正常的情況造成污染擴散之處、3) 掩埋或處置放射性物質之處。因為污染可能不慎擴散，因此這些地區的周圍或相鄰地區也應列入受影響區。

未受影響地區係指依據歷史資料或先前的偵檢資料合理確認不可能有殘留放射性污染的地區，區分此區的標準不須像最後證明符合法規般嚴格，但應保留確認其為未受影響區之書面紀錄。

需注意的是：根據後續輻射偵檢累積之偵檢資料，受影響區之分級可能會據以修正。

應確認受影響地區內所有放射性來源並紀錄其尺寸。可藉由廠址勘查、人員訪談與廠址相關處置記錄、廢料清單與廢料取樣數據等，描述射源之特性。HSA 應說明可能污染範圍是在場界內亦或延伸至場界外。(惟 MARSSIM 第 1 章中提到，其關注的範圍是在廠址的外釋，而非場界外的地區)。

### ● 確認可能污染的環境介質(3.6.3 節)

依 HSA 蒐集的資料確認廠址內是否有受到污染的環境介質。確認環境介質是否含殘留污染物，可幫助進行初步地區分級與規劃後續偵檢作業。主要評估放射性物質是否轉移到表土、次表土、底泥、地表水、地下水、空氣與建築物等環境介質。MARSSIM 的重點在於表土與建築物表面。依據資料分析、專業判斷或兩者併用進行評估，結果可分為「疑似污染」或「未受污染」。

針對各種環境介質的型態及應提出之問題和其評論說明如下。惟須注意特定廠址內的情況會各不相同，額外的問題或特性應在特定廠址評估時被確認並納入 HSA 報告中。

#### 1. 表土

指廠址最上層的土壤，為提供直接曝露、植物生長、呼吸再懸浮物質、並易受人為擾動混合的土壤層。表土也可定義為可利用直接量測或掃瞄技術進行偵測的土壤層厚度，一般指表面下 15 公分的土壤(40 CFR192)。表土可包括碎石、廢土堆、水泥或柏油路面。一般而言，使用放射性物質的地方，首先會假設其表面有污染，再評估確認地區的污染程度(即為第 1、2、3 級地區)。

➤ **所有使用的放射性射源是否均為密封射源？**

廠址若使用密封射源，表土受污染的可能性很低，審查洩漏測試記錄與相關文件，可發現其是否為「未受污染」。

➤ **放射性射源是否僅在廠址特定地區使用？**

如能證實放射性物質只在廠址某些特定地區使用，則有助於認定那些地區受到輻射影響，那些未受到影響。

➤ **表面土壤是否曾被再利用或移除供填土或施工用途？**

此有助於確認是否有其他可能的受輻射影響廠址。

## **2. 次表土與環境介質**

次表土與環境介質的定義指非表面土壤的地下固體物質，調查這些物質的目的在定位及確定可能污染的垂直範圍。次表土量測通常較為昂貴，特別是 $\alpha$ 或 $\beta$ 放射性核種分析。將某些較無污染疑慮的地區從次表土量測規劃中移除或定義出未受影響區不進行取樣，有助於利用有限的資源在較有疑慮的地區。

➤ **是否有已知或懷疑受到污染的表土之地區？**

表土污染會向下遷移，分析表土特性可評估核種的移動性、土壤透氣性與滲透率，以決定次表土受污染的可能性。電腦模擬程式有助於評估這些情形。

➤ **是否有無法確認污染源的地下水？**

受污染的地下水表示有污染源存在，進行HSA時若發現無法確認污染源的地下水，則次表土受到污染是可能的原因之一。

➤ **是否存在增強土壤中放射性核種的移動性的可能因素？**

當土壤中有溶劑或其他揮發性化學物質影響土壤離子交換的能力時，會增強放射性核種的移動性。

➤ **是否有證據顯示表土曾遭擾動？**

近期或以前曾做挖掘工作表面將造成表面的擾動。樹林或有老樹生長的地區，可能代表該區在設施運轉期間未受到擾動。因挖掘而移除植物的地區與相鄰地區的植物生長茂盛狀況會有所區別。假如廠址沒有重新植樹，則會先長草，再長出矮灌木，然後才是長出樹木。通常草地會在幾

年內再覆蓋，鼠尾草或地表植被約數十年，而形成樹林則要上百年。

➤ **是否有證據顯示次表土曾遭擾動？**

非破壞、非輻射的量測技術可以提供次表土受到擾動的證據。磁力線探測器可找出埋藏的金屬物體，地面穿透雷達也能確認地表下異常的事物如壕溝或傾倒廢棄物。各項探測技術與特殊裝備可參考第 MARSSIM 6.10 節。

➤ **是否存在表面結構物？**

在廠址運轉期間施工的工程結構物有可能遮蓋住污染源。應考慮如停車場、建築物或其他結構物下方是否有污染物，而將其列入調查的一部分。地下管線、排水系統、下水道或其他桶槽是可能造成污染的來源。

### **3. 地表水**

地表水包括河川、小溪、湖泊、海岸潮水與海洋。經評估判定放射性核種是否遷移到地表水或其沈積物。先前並無發生污染外釋疑慮的地方，未來發生污染外釋的可能性與廠址至地表水間的距離及廠址發生洪水氾濫的潛勢有關。也可考慮水與土壤間因季節性因素而產生的交互作用，包括因結冰、融解、乾涸等造成土壤開裂，影響放射性核種的擴散性與滲透性。

➤ **附近是否有地表水？**

假如污染物靠近地表水，則應判定地表水是否會因逕流與放射性核種經由土壤遷移而受到污染。“附近”的定義依特定廠址的情形而定，假如地形平坦、降雨量低且為砂質土壤，“附近”大約是指幾公尺之內。假如年降雨量很高或偶發性降雨事件頻繁，在 1200 公尺之內也可視為“附近”。當與最靠近的地表水陸上距離超過 3200 公尺時，通常廠址不需評估地表水途徑的輻射影響。

➤ **廢棄物量是否特別大？**

要看廢棄物的物理與化學型態與其所在位置而定，所謂的“大”只是一個相對的用語。“小”量的液體廢棄物也許會比貯存在防水容器內的“大”量固體廢棄物造成更大的風險與危害。

➤ **排水區是否很大？**

排水區包括廠址本身與產生逕流流過廠址的上游地區。較大的排水區一

般會產生較多的逕流增加地表水受到污染的可能性。

➤ **降雨量是否很大？**

廠址與其周圍假如是平坦地區，降雨量多且滲透率很低，可能會在廠址內積水成池。除此之外，這些性質可能會造成高逕流率並將放射性核種由陸地帶到地表水。年降雨量超過 1000 毫米或二年期間發生過一次 24 小時降雨量超過 50 毫米，就可視為強降雨。

➤ **滲透率是否很低？**

滲透率受到土壤性質的影響，礫質與砂質土壤的滲透率很高，細泥沙與黏土的則很低。廠址鋪設柏油會防止雨水滲透而產生逕流。

➤ **污染源是否包覆不良或易於隨水流掉？**

可利用如圍堤、狹溝、流入與流出控制系統、濺出收集與移除系統等工程結構避免放射性物質遷移到地表水。放射性污染源易於隨水流到地表水的原因包括洩漏、濺灑、放置於室外的堆積物或故意傾倒在地面上。設置地下桶槽、高於地面的桶槽與貯存在建築物內的容器中將使放射性污染源不易於隨水流出場外。

➤ **逕流路線是否規劃良好？**

妥善規劃雨水逕流路線，例如沿著排水溝、渠道、小牆溝等。規劃良好者，污染源較易遷移到地表水，但相對地比較不會使污染擴散到大範圍的表土。

➤ **是否曾發現將廢棄物傾倒於地表水中？**

可從過去廠址實務記錄或從面談中收集所需的資料。

➤ **地下水是否有可能流到地表水？**

由廠址周圍地區水文學與地質學資料可找出排放位置。

➤ **是否有分析結果或間接證據顯示地表水受污染？**

任何認為可疑而有污染可能的情況均可被視為間接證據。

➤ **廠址是否易於發生洪水？**

美國聯邦緊急管理局(Federal Emergency Management Agency –FEMA)公

布 100 年與 500 年的洪水保險機率地圖，用以描繪 100 年與 500 年的洪氾區。也可找到 10 年的洪氾地區地圖。一般而言，廠址位於 500 年的洪氾區就被認為不易有洪水發生。

#### 4. 地下水

瞭解局部地區地質學與地表下方的情況如地層結構，含水層與地下水使用狀況等，才能正確的評估地下水，。

➤ **輻射源是否包封不良？**

適當的包封能防止放射性物質遷移到地下水，通常可採用襯墊(liners)、低滲透性土壤(如黏土)、及滲漏收集系統(leachate collection systems)等工程結構。

➤ **地下水是否可能受輻射源污染？**

地下桶槽、填土(會造成地質與水文不均勻變化)、地面集水坑或環湖均為使核種遷移到地下水的可能因素。地面桶槽、裝桶土壤廢棄物或位於建築物內的輻射源比較不可能造成地下水污染。

➤ **廢棄物量是否特別大？(同地表水)**

要看廢棄物的物理與化學型態與其所在位置而定，所謂的“大”只是一個相對的用語。“小”量的液體廢棄物也許會比貯存在防水容器內的“大”量固體廢棄物造成更大的風險與危害。

➤ **降雨量是否很大？(同地表水)**

廠址與其周圍假如是平坦地區，降雨量多且滲透率很低，可能會在廠址內積水成池。除此之外，這些性質可能會造成高逕流率並將放射性核種由陸地帶到地表水。年降雨量超過 1000 毫米或二年期間發生過一次 24 小時降雨量超過 50 毫米，就可視為強降雨。

➤ **滲透率是否很高？**

滲透率受到土壤性質的影響，礫質與砂質土壤的滲透率很高，細泥沙與黏土的則很低，應選擇適宜的空地進行滲透率調查。

➤ **廠址是否位於石灰岩地形區？**

位於石灰岩地形區的地下水快速流過岩石時會溶解岩石材料(通常是石灰

石)，促使污染物遷移。

➤ **次表土透水性是否很高？**

水在高透水性土壤中較喜歡向下移動造成放射性物質流到地下水。從觀測井水記錄、當地地質文獻與可能知情者面談有助於回答此問題。

➤ **表面到含水層的距離多長？**

地下水源越淺，受到污染的威脅就越大。含水層在未來(例如下一個 1000 年)是否會對飲用水源造成影響並不容易判定。通常使用廠址下方最淺的含水層作為此問題的回答。

➤ **可能的污染物是否在地下水中有很高的移動性？**

放射性核種在地下水中的移動性( Mobility ) 可用分配係數(Distribution Coefficient, Kd)估算。Kd 值越高，如鈾( $K_d=3,200 \text{ cm}^3/\text{g}$ )移動越慢，氫元素( $K_d=0 \text{ cm}^3/\text{g}$ )移動就很快。NRC(NRC1992b)與 DOE(Yu, et al. 1993)提供所編纂的一套 Kd 值，這些值會受到特定廠址考量地影響，因此需要評估或測定特定廠址 Kd 值。採外，放射性核種的移動性也會因存在溶劑與揮發性化學物質而受到影響。

➤ **是否有分析結果或間接證據顯示地下水受污染？**

污染證據可能存在歷史紀錄、水文與地質資料學系統記錄或面談結果中。

## 5. 空氣

空氣很少成為污染的來源，因此評估空氣與其他可能受污染介質的方式不同。空氣被視為放射性物質再懸浮與擴散的途徑同時也是受污染的環境介質。

➤ **是否觀測到污染物排放到空氣中？**

當放射性物質以微粒形式(如礦渣)存在，或吸附在懸浮粒子(如污染的土壤)，且廠址條件有利於空氣傳輸(如乾燥、多灰塵與通風)時，可能可以直接觀測到污染物質排放至空氣中。

➤ **是否有分析結果或間接證據指出污染物排放到空氣中？**

污染排放到空氣中的其他證據包括發現並非由放射性物質直接沈降或由

陸上遷移所造成的表土污染地區。

- 單就氡氣曝露而言，土壤或水中是否存在大量的鐳( $^{226}\text{Ra}$ )，成為空氣中氡氣的來源？

$^{226}\text{Ra}$  會衰變成氡( $^{222}\text{Rn}$ )，氡氣不特別溶於水，故在露天情況下會從水中散逸到空氣中。土壤卻可以保持住氡氣直到衰變成穩定核種(參考 MARSSIM 第 6.9 節)。可以直接量測固體中氡的放射率(氡通量)來評估氡氣的來源。

- 是否有盛行風及傳送污染物之傾向？

廠址及附近區域的地形、地被植物(如當地植被的量與種類)、氣象(如地面上 7 米高的風速)等資訊，加上表土的特定廠址參數，可用以描述微粒傳輸現象。年平均風速可從美國氣象服務中心位在廠址鄰近地區的地面監測站得知。

## 6. 結構物

用來貯存、維護或處理放射性物質的結構物，也可能受到污染。列於表 3.1 的問題有助於判定建築物是否可能受到污染。本節中討論的問題則用來確認無法使用表 3.1 確認而有可能受到污染的結構物或其部分結構。

- 相鄰的結構物是否用來貯存、維護或處理放射性物質？

在此問題中所謂的“相鄰”是相對的。處理設施可能會經由通風系統，造成下風處的建築物受到污染。設施所處理的物質排放到建築物外的可能性越少，污染相鄰結構物的可能性就越低。

- 建築物是否位於以前放射性廢棄物掩埋場或受污染的地面上？

可比較目前與以前照片或地圖，以及相關歷史運轉記錄或結構圖就可瞭解是否有此種情形。

- 建築物是否使用受污染之建材？

水泥、磚塊或空心磚等建材有可能使用受污染的材料製造。

- 建築物未受影響的部分是否與可能受污染區域共用排水系統或通風系統？

從結構物的建築設計圖，加上用目視檢查就可以判定在目前與以往運轉中是否需關心此項。

- 是否有證據顯示先前確認之受污染地區已採用油漆或其他固定污染物方法進行改善？

用油漆固定的可移除污染源較難加以定位，在規劃後續偵檢作業時必須做特別的考慮。

### ● 建構概念廠址模型(3.6.4 節)

收集與分析現有的資料，建構概念廠址模型。此模型最重要的部分就是建立廠址的圖表，包括已知污染地區、可能受污染的地區、受影響地區放射性核種的形式與濃度、可能的污染介質、與參考(背景)區的位置，平面圖中並應包含建物與財產邊界。根據 RSSI 作業流程所蒐集到的新資料，更新與修正概念廠址模型。發展概念廠址模型的流程可參考 MARSSIM 附錄 A(EPA 1996b)。

使用概念廠址模型評估污染的性質與範圍、確認潛在污染源、排放機制、曝露途徑、人員與環境受體位置，以及發展曝露情節，此模型有助於確認資料是否有疏漏、決定需取樣之介質、亦有助於制定資料收集之策略。

利用運轉歷史紀錄或勘查結果將廠址依輻射水平加以分類，此分類有助於：(a)安排有限的資源用於預期可自由外釋的地區；(b)確認可能性很低或不可能無限制外釋的地區。圖 3.1 為廠址清理前依據歷史評估進行廠址分類的範例。

### ● 專業判斷(3.6.5 節)

在某些情況下，所需的資訊、數據等無法由傳統的方式獲得，抑或資料不可靠、不一致、或須花很多金錢和時間才能得到，此時採用專業判斷也許是唯一實際可行的方式。專業判斷是由專家依據其技術知識與專業經驗等針對技術問題進行判斷，並將其見解留下書面記錄。當進行科學調查時，專業判斷常運用於認知不完全之處。只能用在資料不合理的情形。專業判斷能用來對歷史資料作獨立審查，輔助 HSA 做決策。專業判斷只能用在資料無法合理的由收集和實驗的方式獲得時的情況下。

專業判斷的過程需紀錄與下來並盡可能無偏見，合格的專業人員可來自規劃小組人員、專業組織、政府機構、大學、顧問公司與公益團體等。

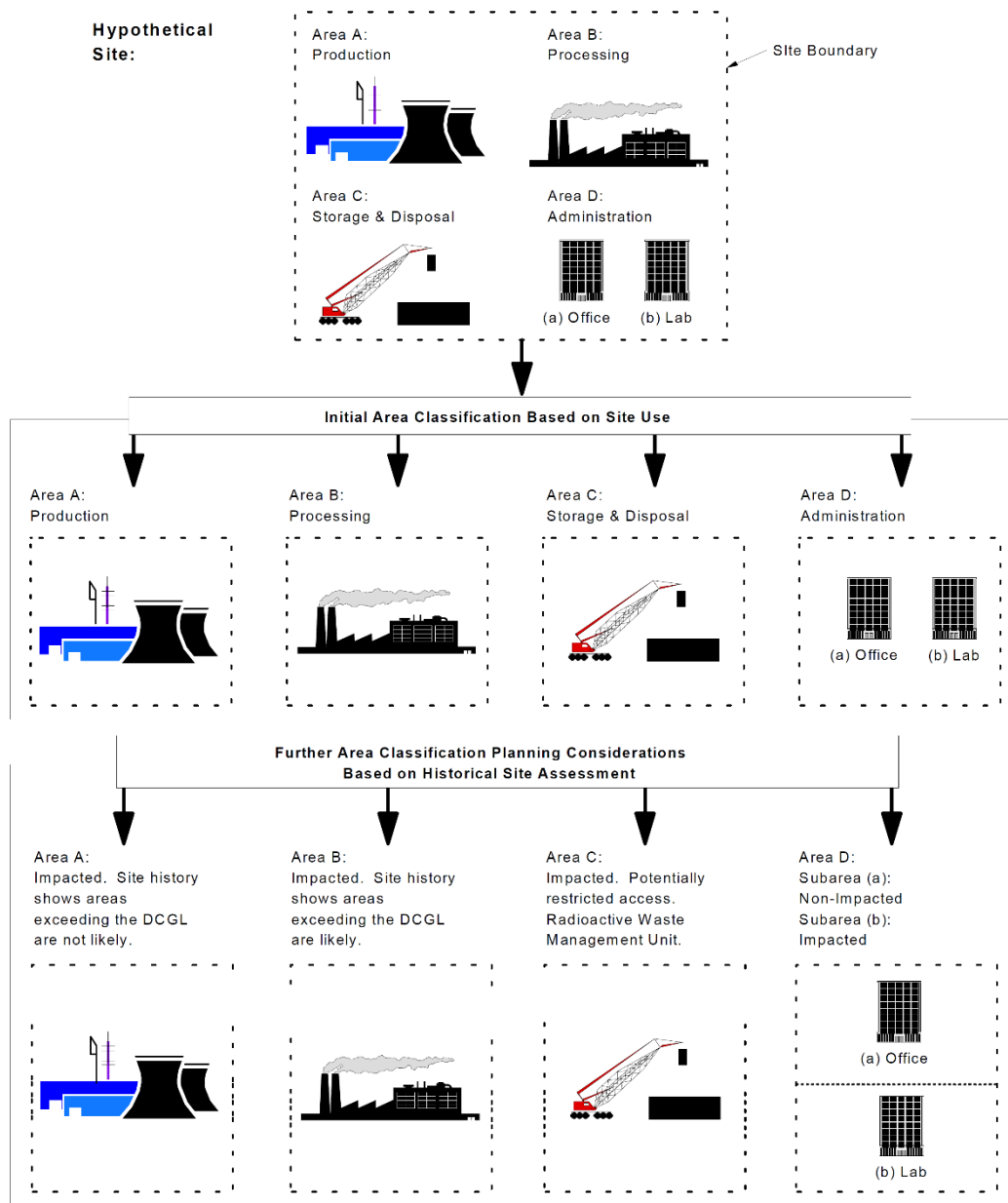


圖 3.1 廠址清理前依據歷史評估進行廠址分類範例

### 3.7 決定廠址調查作業的後續步驟

MARSSIM 手冊目的是敘述如何證明殘餘之放射性符合外釋標準的程序與其方法。決定 HSA 之後的後續步驟的方法，就是審視 MARSSIM 第 5 章中各偵檢階段的目的是否已達成來決定。舉例來說，進行範圍偵檢的目的是提供足夠的資訊決定，(1)是否需進一步評估目前之污染，以及(2)初步估算除污所需的努力程度與規畫更詳盡的偵檢計

畫。如果這些資訊均已由 HSA 獲得，就不須進行範圍偵檢。反之，若由 HSA 獲得的資料有限，就可能需要進行範圍偵檢來縮小特性偵檢的規模。通常 HSA 所收集的資料並不足以證明殘餘之放射性符合外釋標準，這代表外釋之決策須依專業判斷，而最終由管制機關來決定。

### **3.8 廠址歷史評估報告**

廠址歷史評估報告彙總說明有關廠址的已知事項、所採用與引用的資料、HSA 期間執行的作業、與所有研究的資料等。引用的參考文件(如不須公布給民眾的資料)亦須放在報告中，撰寫時應使用通俗的文字，避免專業技術性術語。為使 HSA 報告內容一致，其格式最好依照圖 3.2 的範例來撰寫。主管機關也可額外要求其他資料，報告內容要能真正反應 HSA 時所收集的資料。

### **3.9 廠址歷史評估報告之審查**

由規劃小組指派第一位審查人員先詳細審查 HSA 報告內容的一致性，以符品質管制機制的精神。第二位審查人員須具有豐富的廠址評估經驗，檢視全部的資料確保其一致性，並對 HSA 報告的結論提出獨立之評估意見。第二位審查員亦應進行整體評估確認廠址內是否仍有未被 HSA 報告找出具放射性的地區。此兩位審查員均應審視 HSA 報告確認報告內的資料、彙總數據與結論的一致性，以確保 HSA 報告提出適切的建議。

審查之品保目標是找出並改正錯誤。重大不一致的現象意味著結論可能有錯誤或有瑕疵，導致不適當之建議。當發現這些差異時，應指示 HSA 調查人員與審查人員進行複審並解決互相牴觸的情形。

在某些情況下，有經驗的調查員對廠址條件有不一樣的解釋與對可能的污染也會有不一樣的結論或假設。任何差異點應在審查過程中解決。如果審查員的觀點與調查員意見相反，雙方應討論取得共識。對缺乏明確證據的情況，必須做保守性的判斷，以避免低估污染的存在而做出不適當的 HSA 建議。

1. 專業用語、首字母縮略語與縮寫字。
2. 執行概述
3. 廠址歷史評估的目的。
4. 廠址特性確認
  - 4.1 非自然特徵
    - 4.1.1 名稱-CERCLIS ID# (適用時)、持有人/操作人之姓名、住址
    - 4.1.2 位置-街道名、城市名、縣市名、州名、地理座標
    - 4.1.3 地形圖
    - 4.1.4 地層圖
  - 4.2 自然環境背景
    - 4.2.1 地質
    - 4.2.2 水文地質
    - 4.2.3 水文
    - 4.2.4 氣象
5. 廠址歷史評估方法
  - 5.1 方法與原理
  - 5.2 廠址邊界
  - 5.3 審閱的文件
  - 5.4 物業檢查
  - 5.5 人員訪談
6. 以往與現在之使用情形
  - 6.1 歷史—操作年份、設施類型、操作說明、相關法規、許可與執照、廢料處理程序
  - 6.2 目前用途—設施類型、操作說明、射源(污染來源)可能之類型與大小、濺灑或外釋之情形、廢棄物清單、放射性核種盤存量、緊急或除污之作業
  - 6.3 鄰近土地使用情形—包括濕地或托兒所等敏感地區
7. 發現
  - 7.1 可能的污染物
  - 7.2 可能的受污染區
    - 7.2.1 受影響區—包括已知與潛在的
    - 7.2.2 未受影響區
  - 7.3 可能受污染之介質
  - 7.4 相關之環境事項
8. 結論
9. 參考文獻
10. 附錄
  - A. 概念模式與顯示分類之廠址圖
  - B. 文件清單
  - C. 照片文件記錄  
原始的廠址照片與適當的廠址特寫

圖 3.2 廠址歷史評估報告格式範例

## 附錄二、NUREG 1757 Vol.2 廠址歷史評估相關內容中譯

### Chapter 4.0 廠址歷史評估

輻射偵檢與廠址調查(Radiation Survey and Site Investigation, RSSI)過程採漸進式方式進行，首先為廠址歷史評估(Historical Site Assessment, HSA)，接續為範圍偵檢、特性偵檢等，最後為最終狀態偵檢(Final Status Survey)。HSA為蒐集核設施自運轉開始迄今完整的歷史資料所進行的調查。執行HSA工作所需耗費的努力與廠址的類型、曾發生的歷史事件、管制架構與資料的是否容易取得有關。HSA的主要目的為確認廠址或設施的目前狀態，所收集的資訊也會用來區別廠址內需要採取進一步行動的地區與對人員健康及環境威脅很小或沒有威脅的地區。這個篩選的過程提供廠址可進行處置或需進行後續偵檢的建議。由於此階段所收集的資料大多為定性的，分析數據的品質也無法得知，因此很多決定須仰賴專業判斷。

HSA 的主要目標如下：

- 確認殘留放射性的潛在來源
- 判定廠址是否對人類健康及環境有威脅
- 區別受影響與未受影響的地區
- 提供範圍偵檢與特性輻射偵檢設計的輸入數據
- 提供殘留放射性遷移可能性的評估
- 確認與調查廠址相關的額外潛在放射性廠址

HSA 一般分為三個階段：(1) 確認候選廠址、(2) 初期設施或廠址調查、(3) 廠址訪查或檢查。根據 HSA 階段蒐集的資訊進一步評估廠址。另外，HSA 應找出如表土放射性，放射性殘留在下水道系統、廢棄物管道、地面漏水孔、通風管道、和地下埋管等可能須解決的特殊偵檢情況。HSA 相關指引可查閱 MARSSIM 地 2 章 2.4.2 節與第 3 章。

### 附錄三、Vermont Yankee 核電廠 HSA 執行摘要中譯

Vermont Yankee 核能電廠(VYNPS)廠址輻射歷史評估報告係根據NUREG-1575(MARSSIM)的規範所撰寫。一如預期VYNPS因過去的運轉活動造成部分地區輻射污染。這些污染主要來自放射性物質的溢出(spill)、洩漏(leak)及排放(effluent releases)而沉積在建築物或結構外的某些地點,這些殘餘的污染受限於所使用的監測系統而未在當時被偵測出來,並隨著時間逐漸累積。並未發現任何過往未知或未被記錄的受影響區(impacted areas)。

調查發生過的事件(event)及狀態(condition)以發現是否需要採取適當的行動遏止/避免洩漏的發生或穩定/排除狀態。為避免污染的擴散,並減輕對環境的影響,將採取除污行動。並未發現有任何受到輻射污染的區域有可能在現階段或未來造成人員健康以及環境的威脅。

在電廠保護區(Protected Area)及控制區(Owner-Controlled areas)裡與電廠相關的主要放射性污染物為鈷60(Co-60)、銫137(Cs-137)、及氫(H-3)。其餘如錳54(Mn-54)、鋅-65(Zn-65)、鐵55(F-55)、銫134(Cs-134)及銦90(Sr-90)等放射性核種在廢料大樓(Radwaste Building)的東北側以及化學實驗室水槽下方的土樣中發現。

未受影響區(non-impacted areas)包括輔助廠房(Plant Support Building, PSB)、功率提升廠房(power up-rate building, PUB)、在控制區中的數個小型附屬建築物、以及在控制區外的Entergy能源公司所擁有的財產。

受影響區(impacted areas)包括建築物、結構物、土壤及地下水。所有受影響的地點都位在保護區及控制區中。受影響區已根據現有的輻射特性調查數據、廠址運轉歷史及人員訪查結果給予初步的分級。

在輻射管制區(Radiologically Controlled Area, RCA)中與核能運轉及放射性物料處理相關的建築物、結構物、系統與組件均歸類為第一級區域(Class 1 areas)。包括反應器廠房、汽機廠房、廢料處理廠房、凝結水儲存槽(Condensate Storage Tank)等建築物及其相關的結構物,以及行政大樓(Service Building)和圍阻體通道及廢氣處理廠房(Containment Access and Augmented Off-Gas Buildings)的部分區域。

第二級區域的建築物及結構物中存在著殘存污染的可能性。歸為第二級區域的建築物及結構物有北倉庫(North Warehouse)及修護工廠(Plant Stack and Maintenance Machine

Shop)。第三級區域可能殘存低程度的污染，包括控制廠房(Control Building)，南倉庫(South Warehouse)、施工辦公大樓(Construction Office Building)，冷卻塔(Cooling Towers)以及進排氣結構(Intake and Discharge Structures)。

土壤受到電廠運轉時發生的溢出、洩漏等事件及電廠活動(plant activities)而受到影響。受影響土壤區域包括：

- 雨水排水系統 (Storm drain system)
- 化糞池系統 (Septic system)
- 地下埋管 (Underground pipes)
- 表土 (Surface soil areas)

建築物與結構物外(環境中)的受輻射影響的土壤區域歸類為第一級的區域包括：

- 廢氣處理廠房(AOG)曾發生地下埋管洩漏
- 廢料處理廠房東北側累積的污染物(靠近廢料桶房門附近的受污染土壤)
- 化學實驗室排水管洩出 (NRC 根據 10 CFR 20.2002 核准之現地處置)
- 凝結水儲存桶溢出及底部洩漏
- 北雨水排水系統及南雨水排水系統，屋頂及逕流水的排污口及河流沉積物的堆積

土壤中留有殘餘放射性的區域歸類為第二級，以下為第二級土壤區域的幾個例子：

- 化糞池系統污泥含有低濃度的放射性污染物 (NRC 根據 10 CFR 20.2002 核准在South Field Application Area進行處置)
- 靠近北倉庫南側來自維修工作的噴砂介質
- 裝桶工作造成廢料大樓附近土壤受到影響
- 貯存與處理放射性物料造成北倉庫附近表土受到影響

土壤中可能留有殘餘放射性的區域歸類為第三級，以下為第三級土壤區域的幾個例子：

- 化糞池瀝濾場及桶槽 (Septic leach fields and tanks)
- 冷卻塔淤泥及暫時存放區域 (NRC 根據 10 CFR 20.2002 核准在South Field Application Area進行冷卻塔淤泥處置)
- 以前焚燒木柴廢料區域
- 以前石綿及剝雪的存放區域

根據法規指引及許可要求制訂地下水監測計畫，偵測AOG廠房附近地下水洩漏管線的氚濃度。South Field Application Area (10 CFR 20.2002 執照核准的化糞池污泥及土壤的處置區域)或是化糞池瀝濾場的地下水樣中從未被偵測出任何電廠所產生的放射性核種。