

行政院原子能委員會核能研究所

委託研究計畫研究報告

(含低放射性污染物設施在除役期間消防法規變更之影響)

**(The Effect Analysis of Fire Code Changes for Low-Radiation
Facilities in the Decommissioning Transition Phase of Nuclear
Power Plants)**

期末報告

計畫編號：108B006

受委託機關(構)：社團法人美國消防工程師學會台灣分會

計畫主持人：沈子勝

聯絡電話：03-3184128

E-mail address：una088@mail.cpu.edu.tw

核研所聯絡人員：林書睿

報告日期：108 年 12 月 05 日

目 錄

目 錄.....	I
圖 次.....	II
表 次.....	III
中文摘要.....	1
英文摘要.....	3
第一章 前言.....	5
第一節 計畫緣起與目的.....	5
第二節 研究方法與過程.....	7
第二章 消防安全防護評估方法.....	11
第一節 RG1.191 基本原則.....	14
第二節 RG1.191 消防防護計畫擬定建議.....	15
第三節 相關文獻之消防防護計畫擬定建議.....	53
第三章 除役期間消防防護計畫建議.....	81
第一節 消防防護計畫修正方向.....	81
第二節 消防防護計畫修正建議.....	82
第三節 除役期間火災危害分析案例.....	113
第四章 結論與建議.....	117
參考文獻.....	119

圖 次

圖 1- 1 台電核能發電廠除役時程	7
圖 2- 1 核一廠除役後保留區域	13
圖 2- 2 自衛消防編組架構圖	60
圖 2- 3 自衛消防編組體制與指揮示意圖	60
圖 2- 4 自衛消防編組體制與指揮示意圖	61
圖 2- 5 自衛消防編組啟動示意圖	61
圖 2- 6 自衛消防編組體制與指揮示意圖	62
圖 2- 7 自衛消防編組體制與指揮示意圖	62
圖 2- 8 自衛消防編組啟動示意圖	63
圖 2- 9 獨立式自動滅火設備	73
圖 2- 10 獨立式自動滅火設備配置情形	74
圖 2- 11 獨立式自動滅火設備放射情形	75
圖 2- 12 施工過程防火措施	76
圖 2- 13 施工過程應注意事項示意圖	76
圖 3- 1 SONG 核能發電廠照片	114

表 次

表 1- 1 我國第一核能發電廠預定除役時間	5
表 2- 1 全球已完成除役的核能電廠一覽表	11
表 2- 2 除役期間風險因子彙整表	17
表 2- 3 消防管理人員職責彙整表	58
表 2- 4 自衛消防編組架人員及任務彙整表	63
表 2- 5 獨立式自動滅火設備介紹	74
表 3- 1 除役期間核能發電廠消防防護計畫適用法規彙整表	82

中文摘要

各種工業設計均有其壽命值存在，例如：汽車的使用里程數或年限，核能電廠也不例外，台灣電力公司（以下簡稱台電公司）所屬第一核能發電廠一號機及二號機之停止運轉日期分別為 107 年 12 月 5 日及 108 年 7 月 15 日，運轉執照年限為 40 年，一號機已屆使用年限，二號機將屆使用年限，兩者正面臨除役（decommissioning）階段，按照除役計畫，預定於 25 年內完成除役，但除役過程並非直接執行停機程序如此簡單，在除役期間包含多項工作，其中涉及安全作業程序可分為下列事項：

- （1）通風與過濾。
- （2）輻射防護。
- （3）職業安全衛生。
- （4）電器安全。
- （5）消防安全。

除役過程必須嚴謹以及採取安全之程序，妥善的規劃及有效的執行除役工作，基此，除役期間的消防安全防護工作更顯重要。

為協助主管機關原子能委員會（以下簡稱原能會）訂定有關消防計畫視察導則，本研究將蒐集、彙整國外核能發電廠在除役期間

所引用之消防法規與導則指引，針對運轉中核能電廠消防法規與國外導則指引之差異進行比較，另外並蒐集相關之具體執行案例進行初步研析。建立國內除役相關法規或視察導則資料雛形，供未來做研究時持續擴充，作為未來有關核能發電廠除役期間消防安全防護工作之參考。

英文摘要

Various industrial designs have their life values. For example, the mileage or the number of years of use of a car, nuclear power plants are no exception. The first nuclear power plant of Taiwan Power Company is facing decommissioning. In the stage, according to the decommissioning plan, it is scheduled to complete the decommissioning within 25 years, but the decommissioning process is not as simple as executing the shutdown procedure. During the decommissioning period, there are a number of tasks, including safety procedures such as (1) ventilation and filtration, (2) radiation protection, (3) occupational safety and health, (4) electrical safety and (5) fire safety. The process must be rigorous and adopt proper planning, safe procedures, and effective implementation of decommissioning work. Fire safety protection during decommissioning is even more important.

In order to assist the Atomic Energy Commission (hereinafter referred to as the Nuclear Regulatory Authority in Taiwan) to establish guidelines for fire protection, this study will collect and summarize the guidelines for fire protection regulations and guidelines cited by foreign nuclear power plants during the decommissioning period. In view of the differences between the fire protection regulations of nuclear power plants in operation and in decommissioning of foreign countries, some

cases of decommissioning will be collected for preliminary analysis which can be referenced for drafting the guidelines of fire protection for the decommissioning of nuclear power plants in Taiwan.

第一章 前言

第一節 計畫緣起與目的

依據「核子反應器設施管制法」之規定，經營者應於核子反應器設施預定永久停止運轉 3 年前向主管機關提出除役申請。台灣電力公司所屬的第一核能發電廠（以下簡稱核一廠）已於 107 年起邁入除役作業階段（表 1-1），以目前國內政策趨勢，核能發電廠之除役工作為目前國內的重要課題且刻不容緩。

表 1-1 我國第一核能發電廠預定除役時間

名稱	第一核能發電廠	
機組	一號機	二號機
建廠許可日期	60 年 12 月 15 日	61 年 12 月 04 日
核定正式運轉日期	67 年 12 月 06 日	68 年 07 月 16 日
現有運轉執照期限	107 年 12 月 05 日	108 年 07 月 15 日
型式	奇異公司 沸水式第 4 型	
申請除役	104 年	

由於核一廠運轉執照屆滿停機後，爐心內之用過核子燃料必須將先全部退出，並且安全存放於用過核子燃料池中。整體除役工作期程長達 25 年，其中停機過渡階段之時程規劃為 8 年；在這段除

役期間，用過核子燃料貯存於用過核子燃料池中，用過核子燃料池相關冷卻系統需維持安全運轉；俟用過核子燃料冷卻至用過核子燃料乾式貯存設施之設計基準後，移至室內乾式貯存設施進行貯存，此時即進入除役拆廠階段。

在停機過渡階段，用過核子燃料未移出爐心前，參考國際對相關安全與作業之管制經驗，比照運轉期間標準進行管制，除役期程如圖 1-1。為因應以上所述，按照核一廠除役計畫第六章除役時程、使用之設備、方法及安全作業程序規範電廠除役期間的廠房、系統、設備及各種作業，將依據「消防法」、「消防法施行細則」、「各類場所消防安全設備設置標準」或其他相關法規進行管理。前揭國內法規並無針對核能發電廠用途場所量身訂做一套適用的法規，因此，本研究蒐集彙整國外相關規範或指導綱領以及火災危害分析案例，結合國內法規進行相關解析，先發展適合核能發電廠除役階段之消防防護計畫，以作為未來視察導則之參考。



圖 1-1 台電核能發電廠除役時程¹

本委託研究計畫主要協助核能發電廠之主管機關原子能委員會（以下簡稱原能會）訂定核能發電廠除役期間消防防護計畫，研究方向為蒐集、彙整國外核能發電廠在除役期間所引用之消防法規與導則指引，需依據運轉中核能電廠消防法規與國外導則之差異進行比較，並蒐集相關之具體執行案例進行初步探討。

第二節 研究方法與過程

一、研究方法

核能發電廠在建築物用途與運用上屬於特殊空間，為了符合運轉功能的需求，因此，核能發電廠內部之各項設計與佈局與一般的建築物不同，空間用途、建構方式與各種設備與設施較為複雜。在核能發電廠空間內，具有發電機械設備、備用柴

¹ 資料來源：原能會核能管制處委員會議簡報資料

油發電機、電纜與各種電器設備，均可能造成火災，核能發電廠除役期間，在廠區各棟建築物未完成拆除前，該空間的安全防護，攸關場所內部人員與附近住民的安全，因此，凸顯出消防防護計畫的重要性。

消防防護計畫目標旨為核能發電廠在除役期間提供適當的消防安全防護水平，深入防範火災風險因子之威脅性。在深度防禦部分是涉及全面性的行政控制計畫、設施設備防火功能，減少對安全重要的結構、系統和部件的火災損壞；將其保持在安全關閉狀態時，避免放射性物質釋放或擴散之可能性。

(一)文獻研究法：蒐集國外在核能電廠除役期間引用之消防法規與導則指引或研究文獻等相關資訊，以提供作為本國核能電廠除役期間消防防護計畫擬定之參考。

(二)案例分析法：蒐集具體執行案例有關核能發電廠除役期間消防防護計畫擬定情形與問題分析，針對個案進行探討。

二、研究過程

(一)本研究消防防護計畫預定探討內容如下：

1. 國內消防法規與國外消防法規或除役期間消防規範分析。

2. 潛在火災危害因子之風險評估。
3. 消防防護計畫所扮演的角色之探討：
 - (1) 事前預防。
 - (2) 災害應變。
 - (3) 災後處置。
4. 消防系統中斷和損傷之控制：
 - (1) 分析各種消防安全設備功能。
 - (2) 提出替代消防安全設備功效性。
5. 建立緊急應變原則策略：
 - (1) 火災之應變及負責人通報事項。
 - (2) 自衛消防編組任務、各編組演練及應變程序。
 - (3) 廠區及轄區消防隊通報。
 - (4) 自衛消防編組與消防救災單位兩者間之聯繫、救災資訊提供、救災路徑引導。
 - (5) 人命保護。
 - (6) 災後復原及污染物外洩控制事項。
6. 蒐集分析除役相關法規與研究資料，提供未來擬定視察導則時之參考方向。

(二)本研究所蒐集之除役相關消防防護計畫資料，可進一步協助主管機關作為核能發電廠除役期間消防安全防護原則之參考。

(三)預期完成之工作項目及具體成果：

1. 本研究將進行核能發電廠除役期間消防防護計畫，
預期完成工作項目如下：
 - (1) 蒐集美國核管會在除役期間引用之消防法規與導則指引。
 - (2) 彙整美國核管會在除役期間引用之消防法規與導則指引。
 - (3) 完成運轉中核能發電廠消防法規與美國核管會導則指引（RG 1.191）之差異比較。
 - (4) 蒐集具體案例。
2. 本研究預期貢獻如下：
 - (1) 研擬核能發電廠除役期間有關消防安全設備替代性原則，提供除役過程使用之參考。
 - (2) 研提核能發電廠除役期間火災風險因子分析原則，作為消防防護計畫之參考依據。
 - (3) 研擬未來核能發電廠除役期間消防安全視察導則參考之原則。

第二章 消防安全防護評估方法

The World Nuclear Industry Status Report 2019 報告指出，根據國際原子能總署（International Atomic Energy Agency，縮寫 IAEA）2019 年統計資料，截至 2019 年中，全球有 181 座核反應器正在等待或已在除役的各階段，181 座其中僅 19 座已完成除役，13 座在美國、5 座在德國、1 座在日本（19 座中，僅 10 座已回復成綠地）。

在世界各國已完成除役資料中，以美國對於核能發電廠除役相關工作具備較豐富的經驗，因此，本研究擬以美國核能監管委員會 RG1.191 規範為主軸，參酌國內建築法、建築技術規則、消防法及各類場所消防安全設備設置標準等相關規定作為探討核能發電廠除役期間消防防護計畫研擬之研究。

表 2-1 全球已完成除役的核能電廠一覽表

國家	核能電廠名稱
德國	HDR Grosswelzheim, Niederaichbach (KKN), VAK Kahl, Gundremmingen-A(KRB A), Wuergassen(KWW)
日本	JPDR
美國	Big Rock Point, Elk River, Fort St Vrain, Haddam Neck, Maine Yankee, Rancho Seco, Saxton, Shippingport, Shoreham, Trojan, Yankee Rowe, Pathfinderr, CVTR

在「核能電廠防火法規評估期末報告（核一廠）²」研究案內容係指出運轉中之核能電廠火災防護執行方案，係以 NFPA 805 規範作為性能式消防安全評估，內容包含下列事項：

(一)火災防護基本策略：分為軟體與硬體層面，包含消防防護計畫、火災預防管理、廠內消防隊、消防水源、水系統消防安全設備、火警警報系統消防安全設備、氣體滅火系統等項目。

(二)防火區劃與相關的火災危害因子特性之確認。

(三)確保每一防火區劃性能，例如核能安全、放射性物質釋放或擴散、生命安全及運行中斷等。

參照核一廠除役計畫第一章所提拆除範圍主要包括發電設備廠區（Power Block Side）之所有建築物（除役保留區除外，如圖 2-1），拆除的建築物包括一號及二號機聯合結構廠房及汽機廠房、廢氣廠房、EDG-5 廠房、修配大樓、新修配大樓、重機械房、28 號倉庫、29 號倉庫及氫氣產生室等，以及主煙囪與連接管線。

²核能電廠防火法規評估期末報告（核一廠），台灣電力股份有限公司，2011 年。



圖 2-1 核一廠除役後保留區域

另考量核一廠除役期間作業需求，將新建放射性廢棄物處理及貯存設施，包括「低放射性廢棄物貯存庫」、「第二期用過核子燃料室內乾式貯存設施（包含用過核子燃料再取出設施）」及「減容設施（包含低放射性廢棄物焚化爐、低放射性廢棄物超高壓壓縮機）」等。基此，本研究所研擬訂定之消防防護計畫範圍包含「拆除範圍的建築物」及「新建的建築物」，內容主要以防火管理規範的消防防護計畫事項、施工中防護、防止因火災事故造成放射性物質輻射釋放或擴散及消防安全設備的替代措施進行探討。

核能發電廠除役期間與運行中的運作方式一定會有不同，基於消防安全管理的立場，核能發電廠運行中消防安全管理事項已規範許多事項，因此，本研究擬參考原核一廠運行中消防防護計畫作為

除役期間消防防護計畫擬定之基本要件，主要以國內及內政部消防署公布之消防防護計畫範本，再參照 RG1.191 監管指南以及參酌日本「JEAG4103-2009 原子力発電所の火災防護管理指針」所列指針目次作為本研究之消防安全防護計畫章節編列內容之參考。

在 1996 年 7 月 29 日核能發電廠除役規則公布之前，NRC 並沒有規範有關核能發電廠永久停止營運及除役期間的消防法規，美國核能監管委員會於 2001 年 5 月發布 RG1.191 監管指南，RG1.191 監管指南主要是載明有關 NRC 工作人員對於核能發電廠永久除役過程中所擬定的消防防護計畫所必須依循的方法，以下先針對 RG1.191 監管指南進行介紹。

第一節 RG1.191 基本原則

美國核能監管委員會 RG1.191 監管指南規範有關核能發電廠永久停止運行，並將燃料從反應器之容器中永久清除的消防防護計畫許可證基本條件。內容提到有關 10 CFR-50 規範適用核能發電廠除役和永久停機期間的消防防護計畫；10 CFR 50.48 (f) 規範則要求持有永久關閉核能發電廠的許可證必須訂有消防防護計畫，以解決因火災造成放射性物質釋放或擴散的可能性。運行中核能發電廠消防防護計畫主要目標為最大程度地減少安全重要的結構、系統和構

件（SSC）的火災損害；確保安全關閉核子反應器的能力；並使其保持安全關機狀態；而除役期間之核能發電廠消防防護計畫為保護用過核子燃料完整性，防止因火災造成放射性物質釋放或擴散，主要目標分為以下三點：

- (一)合理防止火災發生。
- (二)迅速發現、控制和撲滅確實發生的火災。
- (三)盡量減少火災對公眾、環境和廠區人員造成放射性危害的風險。

第二節 RG1.191 消防防護計畫擬定建議

一、基本設計概念

基於消防安全性能設計的概念，在核能發電廠除役的過程中，為了因應廠內各種火災危害因子（Fire Hazard Analysis，FHA），消防防護計畫應具備彈性，並可作適時適當的修正，以符合除役期間各階段現況的需求。

制定績效目標與措施層面，應以既定的工業標準和慣例作為消防防護計畫制定的本質基礎，以確保 10 CFR 50.48 所規範的防火目標有辦法落實執行。假設選擇使用與 RG1.191 監管指南所建議的消防防護計畫指導方針不同時，則應提出同等效能

的消防防護替代方法，並證明該替代方法具備有同等效能，例如：替代消防安全設備的探測或者滅火功能之同等性能或效用。

有關運行中核電廠消防防護計畫的制定概念，主要目標是「減少因為火災造成廠內重要結構、系統和部件（SSC）的損害；並確保具備核子反應器安全停機能力，並將此維持在安全停機狀態」。永久停止營運及除役期間的主要防火課題是保護用過核子燃料的完整性，防止或減少因為火災的發生，造成放射性廢棄物所釋放的放射性物質污染廠內的 SSC，消防防護計畫必須可以持續執行及應付意外事件的發生。有關廠區人員在火災事故的輻射劑量限值可參照 10 CFR 第 20 部分規範「防輻射標準」。

基本上，運行中核能發電廠原制定之消防防護計畫可作為擬定除役期間核能發電廠消防防護計畫的參考基礎。核能發電廠除役期間消防防護計畫係以提升深度的防禦水平，就是所稱的「縱深防禦」，以防止火災威脅為目的。

縱深防禦可分為軟體與硬體層面，包含行政管理計畫、建築物與結構物的防火功能、內部人員的緊急應變能力以及防止或減輕放射性物質造成 SSC 的傷害等防火元素。

運用前述的各項防火元素的組合，可以降低火災事件造成危害的可能性與結果，消防防護計畫應以「萬無一失」的概念作為擬訂之精神，換句話說，無論任何一個防火元素失效時，可以由運用其他元素補償措施，從而最大限度地降低對公眾、環境及廠區內部工作人員之風險。

一般來說，核能發電廠除役階段整個過程及其他相關活動是動態性的，因此，廠區各種內部條件與配置是不斷變化的。核能發電廠除役期間的各種作業活動過程中，可能會增加火災發生機率或避難逃生障礙等風險因子如下表 2-2。

表 2-2 除役期間風險因子彙整表

項次	風險因子	內容
1	增加廠區動火作業	➤ 因除役過程所建構的臨時工作物，可能必須透過焊接、切割、研磨等施工項目，可能因為火花、發熱等而造成火災風險提升
2	新增之可燃物型態	➤ 除役致生之廢棄物儲放 ➤ 除役臨時結構物之材料
3	廠房配置或結構改變	➤ 防火區劃破壞 ➤ 隔間拆除或修改 ➤ 隔間結構改變
4	避難逃生路徑改變	➤ 廠房人員 ➤ 施工承包商
5	放射性廢棄物儲存風險	➤ 儲存位置的區劃

		➤ 利用不燃材料包覆
6	消防系統停用與廢除	➤ 區域未防護

除了上述所提的變化之外，在行政組織的結構及任務，與運行中核能發電廠也會有所不同，例如：工作人員配置的員額可能低於運行中，所以任務分配上也必須特別注意人力的配置是否足以進行平時管理與緊急應變，因此，此部分也應納入消防防護計畫擬定之考量。

由於核能發電廠除役過程是動態的，所以消防防護計畫也應該因應需求來改變，原則上，應該定期每年一次進行年度評估，但是，除役過程如有發現其它火災風險因子未納入消防防護計畫內容時，因應其必要性，即應進行適當的修正，以因應除役期間各階段的各項設施設備及狀況的異動。

消防防護計畫必須載明火災防護對策及目標，並且在計畫裡列出各單位共同構成消防防護計畫的所有策略、計劃及程序，並明確界定計畫內所有人的責任³。在績效目標上，消防防護計畫縱深防禦的主要的目標如下：

- (一)防止火災，隔離可燃性物品與點火源，確保火災不會發生。
- (二)迅速探測、控制和撲滅可能導致放射性危害的火災。採取

³ INTERNATIONAL GUIDELINES FOR THE FIRE PROTECTION OF NUCLEAR POWER PLANTS, ISSUED IN 2015 ON BEHALF OF THE NUCLEAR POOLS' FORUM 5th EDITION

適當的防火等級，包括火警探測系統、自動或手動滅火系統、消防水源及緊急應變能力。

(三)最大限度地降低因火災可能導致放射性物質釋放或擴散而對公眾、環境和廠區人員造成的風險。SSC 應具備適當的防火等級，以防止或減輕因火災引起的放射性物質釋放或擴散造成損傷。

為了實現上述主要三大目標，可以透過以下方式的組合：

(一)消防防護系統的設計、設置及操作。

(二)消防安全管理。

(三)防火和消防設施。

(四)品質確保。

(五)緊急應變管理。

另外，除上述所提項目，縱深防禦最重要的項目是「滅火能力」，如發生以下狀況時，則必須採用人力方式進行滅火，以替代補足廠內自動滅火系統未能涵蓋防護之處：

(一)現場一個或多個主動和被動系統都無法撲滅火災時。

(二)未在固定滅火系統的防護區域發生火災時。

二、火災危害分析（Fire Hazard Analysis，FHA）

火災危害分析必須全面評估設施設備之火災危險性，防火能力被定義為「確保用過核子燃料和其他放射性物質不受潛在火災威脅所造成輻射釋放的能力」。火災危害分析可以作為廠區運行的基準，因應核能發電廠除役期間各種獨特或不同的防火課題和策略，面對各種情況必要性，進行重新評估與修訂。火災危害分析內容應具備以下項目：

(一)火災危害因子：確認廠內各區域潛在的特殊火災危險性。

核能發電廠除役期間的火災危險性與運行中的核能發電廠的火災性危險可能有所不同，隨著除役工作的進行可能會發生不同的變化。火災危害分析應考慮除役期間所增加可燃物負載量之可能性，例如：設備設置區域、廢棄物堆積和儲存的區域以及廠內拆除工作所需要的材料；另外，因應除役期間需求，涉及明火或火花的熱處理作業也可能會增加。其他火災危險因子可能還包含臨時結構和支援系統或設備（例如：電氣設備、加熱設備和通風設備等）。

(二)廠房配置及條件：火災危害分析應載明核能發電廠防火區劃的佈局、配置和狀況，並應進行更新，以反映除役階段所造成的各種重大變化。例如：拆除或修改設施結構；停

用、修改或拆除工廠系統可能都會影響消防防護計畫的各種要素。

(三)火災防護元素：載明有關行政控制程序、火災探測和自動滅火系統、排煙系統、防火區劃及其他行政與消防防護計畫等相關事項，以明確火災危害因子的防護元素。

(四)放射性危害和至關重要系統的安全性：應確認火災區域放射性危害，發生火災時，造成放射性物質釋放，通風系統必須考量其釋放限值應符合 10 CFR 20 部分中的劑量標準。

(五)共置設施的暴露風險：除役期間必須建立臨時結構物，除役和拆除活動所產生之放射性和其他廢棄物之儲存方式的火災危害分析，以及發生火災時，造成放射性釋放造成傳播到其他廠區之危害分析。

行政院原子能委員會 2005 年「核能發電廠火災危害分析技術之研究」委託研究計畫報告中提到核能發電廠潛在火災風險因子如下：

(一)核能發電廠內可燃物種類不易掌控。

(二)核能發電廠內可燃物分佈不一致。

(三)引火源的位置和種類難掌握。

- (四) 阻礙物影響滅火系統效用。
- (五) 密閉空間逃生不易。
- (六) 密閉空間形狀不定。
- (七) 消防安全設備造成其他設備受損。
- (八) 伴隨輻射釋放或擴散之危害導致延誤救災。

廠內 FHA 應涵蓋廠區的所有相關區域，以清楚地載明足夠的縱深防禦來滿足消防防護計畫主要目標。並應由經過認可的消防和核子反應器系統工程師執行，包括以下內容⁴：

- (一) 評估防火區劃、設備（包括電纜）及建築物內部的結構及隔間佈局。
- (二) 列出可燃物清單，包括每個防火區劃或隔間內的最大瞬時可燃物。
- (三) 消防安全設備，包括防火區劃或隔間內的火警探測系統以及手動和自動滅火系統。
- (四) 確保單一次的火災事件不會損害安全關閉功能或導致放射性污染不受控制地釋放到環境中。分析應使用公認的技術作為基礎，同時應考慮到：

1. 以實際的保守設計基礎評估火災中釋放的火焰生長

⁴ 同註 3。

和熱量。

2. 火災發生時對設備的影響。
3. 當設備故障和人為操作錯誤時的影響。
4. 操作滅火系統可能對安全關閉功能產生的潛在不利影響。

(五)對放射性物質的輻照燃料儲存區之分析。

三、行政管理

行政管理涉及消防防護計畫活動或政策的執行、程序及方法，以確保達到消防防護目標。行政管理包含防火功能（例如：防火區劃、探測及滅火系統）的維護、測試、檢查和堪用性要求；組織責任以及一般員工、緊急應變人員及承包商的培訓或資格規範，以下就各個行政管理方面進行說明。

(一)組織方面：

核能發電廠除役階段的組織編制可能小於營運階段所需的組織規模。因此，消防防護計畫應明確規定內部人員的管理責任及執行消防防護計畫內容的組織編制與任務，另外，也必須建立承包商的消防防護責任。消防活動的組織或職務必須明確化，注意要點如下：

1. 消防防護計畫的整體管理。
2. 制定、維護、更新和驗證消防防護計畫的合規性。
3. 實施消防防護計畫要求（包括政策和程序、培訓、消防系統控制、系統檢查、測試、維護和設計、可燃物管理和熱處理作業）。
4. 緊急應變小組（例如：廠區消防隊）的領導指揮，人員配置和培訓以及與支援單位的互助協議。

負責執行消防防護計畫之組織的相關人員應具備核能安全和消防工程背景，以確保消防防護計畫是依照合適的工業標準和 NRC 所規範之規定進行。

(二)火災防護程序方面：

必須提供正式的程序內容，以建立組織責任和行政執行的火災防護方案。緊急應變程序必須載明緊急應變行動，包括操作程序（例如：通風系統操作程序和操作要求），減輕火災所造成的後果。

失火對策（Pre-Fire Plans）必須依照各區域的火災危害特性，進而擬定滅火策略，另外，廠外的緊急應變支援人員必須與廠區消防隊進行有關領導指揮架構方面的協議。

在 NFPA 804 及 805 對於失火對策包含事項如下：

1. 載明核能發電廠中，因安全或輻射因素限制人員進入之區域及核准進入方式。
2. 區域平面配置、與安全停機相關之構件、滅火系統及可能遭受的火災危害情形。
3. 依需要進行定期更新及修正。
4. 置放於控制室及廠內消防隊。
5. 載明緊急事故發生時與廠內其他應變組織的合作事項。

另外，在「INTERNATIONAL GUIDELINES FOR THE FIRE PROTECTION OF NUCLEAR POWER PLANTS」一文中對於失火對策應包含的事項如下：

1. 防火區劃佈局、火災危險、安全相關部件和可能存在的任何防火功能的詳細資訊。
2. 對策內容應包括下列事項：
 - (1) 火警緊急應變程序。
 - (2) 緊急應變小組的通知（例如廠內或非現場消防隊）。
 - (3) 與運營及安保人員協調。
 - (4) 消防技術。
 - (5) 對潛在放射性危害的反應。

(6) 其他潛在危險（例如電氣設備、化學物品）。

除役和拆除核能發電廠之相關活動導致各種火災危害因子不斷的變化。為因應環境不斷的變化，必須維持足夠的火災防護和安全所需的工作人員，因此，核能發電廠內部人員和承攬除役工作之承包商必須隨時保持警覺，消防防護計畫應與施工過程進行整合，並應對涉及火災危險或消防系統維護、測試、損傷或停用的工作活動進行適當的審查和授權。

(三)訓練方面

培訓的必要性，確保核能發電廠內部員工、承包商和緊急應變人員具備必要的知識和技能，以正確執行消防防護計畫，有關培訓相關事項如下：

1. 一般原則

應告知核能發電廠內部人員和承包商有關預防火災方法、火災警報的緊急應變、滅火器的位置、如何使用以及進行初期滅火的危險性等處理火災相關程序。律定使用滅火器進行滅火的編組人員，並接受適當的培訓。

2. 防火巡視

防火巡視人員應向施工與熱處理作業人員告知具體的職責和責任。防火巡視人員必須具有使用滅火器滅火的培訓或演練，此部分可參照 NFPA 1 的第 34 章「焊接、切割和使用割炬」和第 41 章「保護建築施工和拆除操作」；NFPA 51B 的第 3 章「防火注意事項」；「切割和焊接過程之防火標準」。

3. 廠內消防隊與廠外支援

律定廠內消防隊的滅火職務，並進行培訓。消防隊人員和廠外緊急應變支援人員培訓事項如下：

- (1) 廠內設施佈局情形。
- (2) 了解火災危害因子。
- (3) 消防防護計畫。
- (4) 消防安全設備操作。
- (5) 輻射危害和健康物理知識。

在 NFPA 804 及 805 提到有關核能發電廠消防隊（Plant Industrial Fire Brigade）必須符合以下規定：

- (1) 全職、經過培訓且裝備優良，常時 5 名消防隊人員待命，資格符合 NFPA 相關規定。

- (2) 專職因應火災及緊急事故，不應指派其他職務。
- (3) 每班除了消防隊長，至少 2 名隊員具備對核能發電廠安全系統充足的訓練及知識（可由核能發電廠專業人員引導替代），並確實了解滅火系統對核能安全系統的性能基準所造成的影響。
- (4) 確認火災的同時，廠區消防隊應立即被通知。
- (5) 廠區消防隊人員每年應通過測試，包含空氣呼吸器運用。

消防隊人員和廠外救援人員必須定期進行演習，以確保平時具備緊急應變能力。在 NFPA 804 及 805 提到有關訓練及演練的規範事項（Training and Drills）如下：

- (1) 建立消防隊培訓計畫並接受相關訓練、每季進行滅火操作及訓練。
- (2) 與廠區消防隊共同進行緊急應變人員應接受相關訓練，以確保在緊急狀況時能與廠區消防隊共同作業。
- (3) 每季舉行演練一次、測試廠區消防隊緊急應變能力、執行消防防護計畫、與其他單位共同合作的情況、在不同的場所實施演練，並於演練後進行討論（特

別是具有潛在危害因子的區域)。

(4) 提供政府機關消防單位熟悉特定場所之訓練，並邀請參加年度演練。

(5) 提供政府機關消防單位有關輻射物質及危險物質教育訓練。

(6) 核能發電廠防火管理人應與政府機關消防單位主管訂立互助協定，包含與其他單位共同合作的滅火與救援計畫。

另外，應為核能發電廠消防隊提供防護服裝、空氣呼吸器、輻射監測設備、個人劑量計和滅火設備，例如：軟管、噴嘴、滅火器和其他必要設備，均應符合 NFPA 標準。

以書面形式載明核能發電廠培訓計畫，並應保留所有核能發電廠消防隊培訓的書面記錄。相關培訓資料可參考 NFPA 600「工業消防隊標準」、NFPA 801「設施處理放射性物質標準」以及 NFPA 1500「消防部門職業安全和健康計畫」。

(四)可燃物管理方面

可燃性材料，包括易燃性和可燃性液體、壓縮氣體、建築材料和廢棄物，在使用、儲存和處置上，應採取減少火災發生機率的方式。

有關易燃性和可燃性液體和氣體的處理、儲存和使用相關訊息和指導方針可以參照 NFPA 1 第 3 章之 11「可燃垃圾和垃圾」及第 5 部分「特殊工藝和材料處理」；NFPA 241「處理和危害」；NFPA 30「保護建築、改造和拆遷業務」提供有關可燃材料管理的訊息和指導方法；「易燃和可燃液體代碼」以及 NFPA 55「便攜式氣瓶中壓縮和液化氣體的使用和處理」。

1. 瞬態可燃物（即非永久性）

盡可能減少與除役活動有關的短暫火災危險因子，並應在活動結束後立即將其清除。特別注意事項如下：

- (1) 瞬態可燃材料的數量不應超過實際需要，並應與點火源分開。
- (2) 應盡量減少可燃性廢棄物的累積與儲存。
- (3) 木材不可使用於具有放射性釋放潛力的廠區。

應盡量減少臨時使用的木材，假設已經使用的

話，應將木材列為壓力浸漬阻燃木材。

- (4) 應盡量減少使用塑料薄膜，假設已經使用的話，塑料薄膜具備阻燃效能，可參考 NFPA 701「阻燃紡織品及薄膜的防火測試標準方法」。
- (5) 放射性污染或具有火災後釋放放射性物質的可燃垃圾材料，應以將火災威脅最小化的方式進行處理、包裝和儲存。此類廢物應採用主動滅火系統或防火區劃或侷限等方式進行防護。
- (6) 油性碎布和易自燃的材料應存放在明列之處理容器中，並應每日從含有放射性物質或污染的區域清除。
- (7) 應保持良好的內部管理方法，特別注意含有放射性物質或污染性廢棄物及設備之區域。在每班結束時，應從工作地點清除可燃性物質（包括廢物和碎屑），避免累積。針對溢出的易燃性液體必須立即清除，並考量作業人員的安全。每日應從該區域清除清潔材料和廢物並妥善處理。實施一般內部管理措施、清除垃圾及雜物、

維持整個廠區內部出入通道的整潔。

2. 易燃性與可燃性液體、氣體儲存

易燃性液體和易燃性壓縮氣體應儲放在對於放射性物質、污染物或 SSC 等相關區域未具有顯著火災風險之處所，這些區域對防止或減輕放射性物質釋放至關重要。相關訊息和指導方針可參照 NFPA 30 和 NFPA 55 規範。儲存易燃性和可燃性液體或壓縮氣體的區域禁止吸菸及使用明火。

(五)點火源管理方面

1. 熱處理作業管理

掌控切割、焊接、研磨和涉及明火的工作，避免產生顯著的火災風險。在 NFPA 1 第 34 章「焊接，切割和使用割炬」；NFPA 51B 和 NFPA 241 的提供了相關的訊息和指導方針，最大限度地降低熱處理作業的火災風險，落實在熱處理作業期間及熱處理作業後至少半小時以上的防火巡視。

2. 臨時或移動式發熱設備管理

消防防護計畫必須規範防止移動式發熱設備引起

火災所必要確保措施。計畫必須列出除役期間核能發電廠可以使用熱處理作業設備品項，並防止臨時加熱裝置翻倒、與可燃性材料、設備及結構隔離，對於燃料加熱、燃料儲存、轉移和添加燃料系統以及操作應符合 NFPA 規範。

管控具有放射性危害的區域或大量可燃材料區域使用移動式熱處理作業設備，因為此類區域對放射性物質或對安全系統存在著暴露危險性。相關的訊息及指導方針可參照 NFPA 1 第 41 章和 NFPA 241 第 3 章。

3. 吸菸管理

指定吸菸區域，在許可吸菸區域內，必須提供熄滅菸及丟棄菸蒂的安全容器，並嚴禁在未許可之核電廠其他區域吸菸，特別是在危險操作區域或可燃性或易燃性材料附近，並且張貼禁止吸菸標示作為警示。

(六)消防防護系統與設備管理方面

1. 消防防護設備管理

- (1) 應定期進行盤點、檢查、測試和維護消防隊個人防護設備（包括空氣呼吸器），以確保其性能正常。

(2) 應定期進行盤點、檢查、測試和維護手動滅火設備，包括滅火器、軟管、噴嘴、工具、配件、攜帶式照明、通信及通風設備，以確保在發生火災時能夠正常運行。

2. 消防系統和功能之操作性、檢查、測試及維護作業

建立檢查、測試和維護程序，以驗證防火系統及功能的可操作性。防火功能包括被動防火系統，例如：防火區劃構件及防火填塞。消防系統包括火警自動警報系統、滅火系統及消防供水系統。依照設備製造廠商的建議進行檢查、測試及維護計畫、保險標準或消防工程判斷，就像是目前 NFPA 推行的工業法規及標準規範。

應通過書面程序記錄檢查、測試和維護結果以及後續的作為，執行防火系統和功能之檢查、測試和維護的人員應接受所分配系統類型的培訓。

3. 消防系統停電和減損之管理

消防防護計畫必須提供必要性的管理措施，將消防系統損害的影響和持續時間最小化。此部分的訊息

及指導方針可參考 NFPA 25 第 11 章「損傷」；「水類型之防火系統的檢查，測試和維護標準」。

管理措施應具備判斷、優先權和及時改善消防系統損傷之規範，並將損傷狀況通報消防專責人員，並律定消防系統在損傷期間之替代措施。替代措施可能包括但不限於對受影響地區進行防火巡視，限制涉及火災危險的工作活動，提供替代防火措施，以及尋求消防單位的支持。

除役期間的工作應避免安排涉及熱處理作業、使用易燃性或可燃性材料，或者在消防系統受損的區域進行其他火災危險作業。

4. 防火圍阻或區劃之管理

消防防護計畫應解決火災圍阻或區劃的管理，以及在除役期間對這些結構修改或拆除設施時之維護。當去除滲透密封或者其他修改所造成防火區劃缺口，必須依照區劃的防火能力與火災危害因子進行修正，以進行防護。應制定及執行有關防火門、防火閘門、防火牆或隔離之檢查、測試及維護程序，以確保這些

裝置可以按照預期運行。

防火區劃的管理部分，應依照除役期間核能發電廠之設施設備變化和危害性異動（即火災和放射性）進行重新律定、修改或移除。此部分的訊息及指導方針可參考 NFPA 221「防火牆和防火區劃標準」。

(七)消防防護系統與設備管理

1. 臨時圍阻與結構管理

消防防護計畫應有臨時架設的圍阻和結構所產生的火災危害因子之處理原則。消防防護計畫內容應有評估每個臨時結構物內、外部的自動或手動滅火能力是否足夠之項目，依照美國核能監管委員會監管指南「可燃材料的管理」規定盡量減少和管理可燃建築材料的使用；NFPA 241 第 2 章「臨時建築、設備及儲存」為管理與臨時建築物相關的火災危害因子提供了相關的訊息和指導。

臨時結構物不應對含有放射性物質或放射性污染的廠區結構或受污染的廢棄物堆積或儲存區域產生顯著的火災危害因子。在 NFPA 80A「保護建築物免受

外部火災暴露的建議措施」章節中為提供了利用適當的結構進行隔離，以盡量減少火災之指導原則。在 NFPA 701 規範提到有關膜型材料必須經過大尺寸的試驗以符合認證要求。

2. 預防結構和材料火災

消防防護計畫應確保含有放射性物質的結構免受暴露火災影響，有關瞬態可燃物引發火災危害影響，包括儲存的材料、碎片（debris）、植被（vegetation）以及鄰近結構（contiguous structures），其他相關訊息可參照 NFPA 80A 規範。

(八)實體防火功能

快速檢測、控制和抑制火災的能力是消防防護計畫深度防禦主要目標之一。對實體防火功能需求取決於廠房火災危害因子可能導致放射性物質釋放或擴散之潛在因子。

操作核子反應器設施中的火警探測系統通常設置在有顯著火災危害威脅相關安全設備之位置。火警自動警報系統主要功能是及早探測火災或自動滅火系統的動作時，發出警報通報廠內工作人員。

核能發電廠除役期間，面對火災危害的探測和警報要求可能有很大的變化。至關重要安全設備之安全關機的優先權轉換，以防止放射性物質的釋放或擴散，對於原來所規劃之火警警報系統及探測設計可能需要重新評估，以確保除役期間全面的防護火災危害因子。

火災警報設備及監控信號功能應該是不間斷的，火警警報系統應具備通知廠內人員之警報信號功能，相關訊息可參照 NFPA 72「火警警報規範」。另外，火警警報系統應符合以下標準。

1. 自動滅火系統的動作時，連動火警警報。
2. 使用偵煙、偵熱或火焰探測器等火警探測器，以利及早發現火災。
3. 火警自動警報系統應具備監控自動滅火系統之功能。

(九)防火區劃

1. 律定防火區劃

建立防火區劃的主要訴求是防止或限制火災在各區域的傳播、保護人員以及限制火災延燒。透過核能發電廠除役期間火災危害分析，重新評估設計防火區

劃，以達到除役期間及各階段過程中的特殊危險性和防護要求。例如：防火區劃的設置應考量廠內存在的危害性；某一區域發生火災可能導致放射性物質超出標準的釋放量；使用手動滅火的能力、控制火災的能力、人員安全撤離廠區的能力等。

2. 防火區劃規範

火災區域應由防火區劃進行區隔。防火區劃的耐火等級應與個別防火區劃之潛在火災危害因子程度相稱，防火區劃構件為牆壁、天花板、樓板及支撐結構，例如：樑、托樑和柱子。

防火區劃之開口部，應設置防火門、防火窗、防火閘門等相關構件予以密封；防火構件和防火填塞材料必須通過測試合格。防火區劃的設計和設置可參照 NFPA 80「防火門和防火窗標準」；NFPA 221 和 NFPA 801 規範。防火區劃之任何未受保護的開口，應進行火災危害分析以確認及證明其合理性。

3. 防火門規範⁵

(1) 防火牆上所設置之門需為經過認可的防火門。

⁵ 同註 4。

(2) 防火門必須附有防火標示。

(3) 防火門應保持常時關閉。當需要保持常開時，應按照 FHA 之要求，安裝防火門自動釋放器，或者聲明該門無法操作，並按照核能發電廠所規範之程序及
要求，採取預防措施。

(十)滅火系統

1. 消防水源

在核能發電廠除役期間，應維持消防供水系統，該系統應能供應自動滅火系統和手動滅火作業所需的最大水源容量，至少提供最大滅火流量 2 小時需求，
確認消防水源有效性時，應考量以下因素：

(1) 水源供給之可靠度。

(2) 儲槽或其他水源、消防幫浦、消防栓和分配系統之
可用性。

(3) 必須具備足夠的流量和壓力，以符合自動或手動滅
火作業或兩者同時使用時之水流量需求。

(4) 供水水源與配水系統之容量。

(5) 假如供水系統為民生用水及消防系統兼用時，系統

應能夠提供最大的每日消耗量或高峰時段流量，以較高者為準，並加上所需的最大滅火流量。

除役活動可能會隔離、移除或廢止某個分配系統。任何系統的變化都應該經過審慎的審查和評估，例如其他含有放射性物質相關區域具備足夠的流量；防護含有放射性物質的區域的火災威脅因子；或者減輕放射性物質釋放必要的系統。

如果溫度不能確保維持在 4°C (40°F) 以上時，則應參照 NFPA 「防止水系統滅火構件凍結」 規範，除役期間定期檢查水系統滅火構件的防凍保護。除役期間絕對不允許有多單元兼用情形影響操作個別單元或消防供水及分配系統的運作，必須維持隔離單元的能力。供水系統的設計和設置必須參照 NFPA 20 「離心式消防幫浦設置標準」； NFPA 22 「消防水箱防火標準」； NFPA 24 「消防幹管及設置標準」以及 NFPA 801。

2. 自動滅火系統

當核能發電廠進入除役階段時，既存的自動滅火

系統應依照火災危害因子分析維持功能性；這些系統應能夠確保廠區的避難逃生動線，以便在發生火災時疏散廠區人員，在使用或儲存易燃性或可燃性材料的處所，應設置自動滅火系統。

為因應除役期間所新建或臨時結構，應依據火災和放射性危害性因子設置自動滅火系統。選擇要設置自動滅火系統種類，必須考量火災危險和健康危害、滅火藥劑的清理以及滅火藥劑對該區域重要系統、結構和構件的影響。

自動滅火系統設計、安裝和操作基準可參照 NFPA 11「低膨脹泡沫標準」；NFPA 11A「中高膨脹泡沫系統標準」；NFPA 12「二氧化碳滅火系統標準」；NFPA 12A「海龍 1301 滅火系統」；NFPA 13「撒水滅火系統設置」；NFPA 15「固定式撒水系統設置標準」；NFPA 16「開放式泡沫滅火系統及泡沫滅火系統設置標準」；NFPA 16A「密閉式泡沫滅火系統設置標準」；NFPA 17「乾式化學滅火系統標準」；NFPA 17A「濕式化學滅火系統標準」和

NFPA 75「電子計算機/數據處理設備保護標準」。

在核能發電廠除役期間，對廠區的自動防火系統需求可能會發生變化，取決於區域內部的變化狀況，例如：可燃性材料的增加或移除、放射性材料的去除和污染，檢查廠區是否存在可能影響自動滅火系統需求的變化條件。

3. 手動滅火系統

廠內應提供手動滅火系統，以防護自動防系統未保護的區域。除役期間各項活動可能會改變廠區內部格局配置和火災危害因子，可能需要建造臨時圍阻措施或結構，並且可能需要廢止或拆除自動滅火系統，拆除或修改設施時，則必須依照除役期間火災危害因子分析結果，提供或維持足夠的手動滅火能力，以確保防止火災引起的放射性物質釋放或擴散。評估手動防火系統時，應注意以下重要事項：

- (1) 維護立管和軟管系統，確保手動滅火功能。無論是在任何區域，立管和軟管系統應隨時保持堪用，參見 NFPA 14「立管和軟管系統安裝標準」。

(2) 設置手動滅火系統以補充未設置自動滅火系統且不需要快速控制火災之區域。對手動滅火系統的需求應該考量既存的危害因子；某一特定區域的火災可能導致放射性物質釋放或擴散之可能性；手動滅火系統必須具備有效控制和抑制火災的能力；以及具有該地區人員安全疏散之能力。

(3) 室外消防栓和軟管必須隨時保持堪用，以支援廠內火災的手動滅火系統，避免建築物外部火災威脅到含有放射性物質或 SSC 區域，防止或減輕放射性物質的釋放，有關其他信息和指導可參考 NFPA 24。

(十一)廠內消防隊與廠外緊急應變單位

廠區消防隊或廠外緊急應變單位必須具有手動滅火能力，制定消防緊急應變計畫，載明火警時之緊急應變程序、內容和人員任務。

有關消防活動、培訓、設備和消防緊急應變計畫的信息和指導，可參照 NFPA 600、NFPA 801 與 NFPA 1500，有關確保手動滅火能力部分，應考慮以下因素：

1. 廠內消防系統連結與廠外緊急應變單位之消防安全設

備和設施必須具備兼容性。

2. 消防安全設備設施應提供手動滅火設備，包括軟管、噴嘴、防護服裝、空氣呼吸器、通訊設備、搶救設備、梯子、排煙設備、便攜式照明設備、便攜式輻射監測設備、滅火器和其他相關器具。
3. 廠內消防隊和廠外緊急應變單位應定期辦理訓練及演習。

另在「INTERNATIONAL GUIDELINES FOR THE FIRE PROTECTION OF NUCLEAR POWER PLANTS」

一文提到有關廠內消防隊的相關規範，列述如下：

1. 原則
 - (1) 具有廠內消防隊，成員至少五名（經訓練合格的消防員），隨時待命。
 - (2) 消防隊長和至少兩名以上成員具備充分了解廠區之安全相關系統，能夠預測火災對安全關閉之影響力。
 - (3) 廠區消防隊成員應具備以下條件：
 - A. 需為全職消防員，不得兼任其他任務。
 - B. 應接受過培訓及隨時待命，以處理火災。

C. 可採用全職和兼職（即從廠區工作人員選取）

消防員組合方式。

D. 火災警報應立即通知消防隊。

2. 訓練和技能

(1) 任職期間，廠區消防隊成員應該能夠完成所有任務，

每年辦理定期身體健康檢查，確保負荷下列事項：

A. 進行預期體能負荷量高之活動。

B. 使用及操作個人防護設備。

(2) 新進成員培訓：辦理初期強化訓練及符合消防員標

準，所有廠區消防員應定期接受複訓，以維持消防

技術之熟捻度。培訓計畫除訂定危險事故緊急應變

標準外，尚需包括對火災期間可能遭遇之放射性和

健康物理危害的緊急應變標準。

(3) 廠區消防隊培訓計畫應記錄在案並隨時更新。記錄

應載明下列事項：

A. 確認訓練課程及培訓過程之細節。

B. 初步培訓。

C. 複訓。

D. 特殊訓練。

E. 參訓記錄。

F. 進行領導指揮及管理培訓。

(4) 除了上述訓練之外，消防演習對於測試、維持及強化廠區消防隊反應能力是至關重要的。定期演習具有下列優點：

A. 提升團隊緊急應變能力。

B. 確保可以正確使用設備。

C. 確認消防防護計畫執行之有效性。

D. 測試廠區消防隊與其他單位互助之協調性。

(5) 每個團隊應輪流及定期在各個廠區進行演習，並應規劃訓練情境，特別是有關廠區的 FHA（Fire Hazard Analysis） / FSSA（Fire Safe Shutdown Analysis）及廠區 SSC 或重大火災危險性之區域。

(6) 利用演習可以用來評估廠區消防隊所有成員之個人技能與團隊合作能力。在演習期間必須具有充足的督導人員來評估廠區消防隊整體與個人表現。

(7) 應保存完整的演習紀錄，記錄下列事項：

A. 訓練情境。

B. 廠區消防隊成員應變處置過程。

C. 廠區消防隊執行指定任務的應變能力。

- (8) 每次演習結束之後，應進行評核，以確定是否符合演習所定之目標。記取各次演習經驗與評核結果，修正廠區消防隊的培訓計畫，必要時，應制定相對應之防火對策。

廠區所有員工均需接受基本的消防安全培訓，包含發現火災時，應如何發出火警警報，並且在許可的狀態之下，使用移動式滅火器進行滅火作業。

(十二)風險管理

消防防護計畫所定規範，在發生火災時，應具有保障廠內人員安全之功用。隨著廠區內部格局變化，應明確建立和維持出口和避難疏散路線，並且應考量濃煙造成廠內人員避難疏散之影響性。應設置火警自動警報設備及緊急照明設備，並且應對廠內人員進行火災緊急應變訓練。

對策及程序部分，應建立面對放射物釋放或擴散或其他各種火災緊急避難疏散對策及程序，確保廠內人員安全

之其他訊息和指導可參照 NFPA 101「建築物 and 結構中的火災生命安全規範」。

有關「10 CFR-50 規範⁶」提到適用核能發電廠除役和永久停機期間之火災防護事項（50.48 Fire protection）介紹如下：

1. 依據本部分所認證的營運許可證或併用本章第 52 部

分許可證必須滿足附錄 A 標準 3 的消防防護計畫。消

防防護計畫必須滿足以下條件：

- (1) 載明設施的整體消防防護計畫。
- (2) 確認被許可單位組織內負責該計畫的各種職位。
- (3) 說明被授權擔任各個職位所必須負責職責。
- (4) 消防防護計畫內容應該包含防火概述、火災探測和抑制能力以及火災損害的限制。

2. 消防防護計畫必須載明執行上述之具體特徵的程序，

列舉如下：

- (1) 有關執行防火和手動滅火活動人員的行政管理事項。
- (2) 有關自動和手動操作的火災探測和抑制系統的事項。
- (3) 有關安全重要的結構、系統或部件的火災損壞的限

⁶ <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part050/full-text.html#part050-0048>

制，以確保安全關閉設施的能力。

3. 委員會終止反應器許可證之前，被許可單位應保留消防防護計畫，並記錄消防防護計畫歷次的更改內容。
被許可單位必須保留許可證取消之日起 3 年內的歷次程序修訂版。
4. 根據本章第 52 部分，申請設計核准、設計認證或製造許可證的單位，必須對廠區的防火設計特徵進行描述和分析，以證明符合附錄 A 標準 3 規範。

加拿大核能安全委員會 REGDOC 2.5.2 「核子反應器設施設計：核能發電廠⁷」第七章第 12 節提到有關核能發電廠消防安全規定，包括外部建築物和工廠運行中不可或缺的 SSC，介紹如下：

1. 總則：操作程序、SSC、防火區劃、空間隔間、防火系統和故障安全操作設計應達到下列目標：
 - (1) 預防火災發生。
 - (2) 減少火災延燒及影響性。
 - A. 快速探測和抑制火災以減少損害。

⁷ <https://nuclearsafety.gc.ca/eng/acts-and-regulations/regulatory-documents/published/html/regdoc2-5-2/index.cfm#sec7-24>

B. 侷限火災蔓延和避免未撲滅的火勢造成負面相依性為害。

- (3) 防範安全支援系統過多的損失。
- (4) 確保安全關機機制。
- (5) 監督臨界安全參數的可行性。
- (6) 防止因火災引起的有害物質（核能材料或放射性物質）造成不受控制情形或不可接受的釋放值範圍。
- (7) 遏止內外事件造成不利工作之影響。
- (8) 確保結構在火災事件中可發揮效能及穩定性。

建築物構造應使用不燃、阻燃及耐熱材料，火災被定義為一種內部危害因子，發生火災時，應提供基本的安全防護功能。滅火系統的設計及設置必須具備在故障、錯誤或無意的操作的狀況下，不會嚴重危害到至關重要 SSC 之能力。

2. 指導原則：採用下列方法以達到防火效能。

- (1) 符合防火功能、火災探測功能、火災警報功能、緊急通信功能、滅火能力、消防設施設備抗震能力。
- (2) 使用防火區劃進行 SSC 區劃，以保障安全。

3. 生命安全：設計內容應能保護廠內人員和公眾免受火災或爆炸之影響，並依照下列條件建立放射性、毒性和人為因素等評估標準：

(1) 非屬事件初始的密切關係者（包括公眾、廠內人員和緊急應變人員）應受到保護，免於受傷害和生命損失。

(2) 屬於事件初始的密切關係者，降低其受傷或死亡的機率。

(3) 為確保達到上述生命安全目標，設計內容應具備下列條件：

A. 全區域具備的火災探測功能。

B. 建立可靠且有效緊急通知模式，包含緊急情況的性質及應採取的防護措施。

C. 各區域應具備多方向且獨立安全出口路線。

D. 具備易於接近的出口。

E. 避難動線和出口處具備可靠且有效的避難方向指示和照明設備。

F. 具備充足的工作人員引導避難疏散。

- G. 保護廠內人員在出口處和避難區域免遭受火災及負面相依因子（即燃燒產物：煙、熱等）之影響。
- H. 保障火災時滅火控制人員或災後減災活動人員之安全。
- I. 具備足夠之配套基本設施（照明設備、通道等），供廠內工作人員在火災中或火災後進行緊急應變、廠區掌控及減災活動。
- J. 建築物結構具有完整性及穩定性，以確保廠區工作人員和緊急應變人員在火災中及火災後之安全防護。
- K. 保護廠區工作人員免遭受火災中有害物質、放射性物質或核能材料釋放或擴散之影響。

第三節 相關文獻之消防防護計畫擬定建議

一、基本設計概念

在「原子力発電所向け国際ガイドライン（火災防護編）⁸」

文章提到有關核能發電廠除役期間，應執行下列事項：

(一)應保持與 FHA 之風險作相對應的防火要求。

(二)消防防護計畫應定期更新及不定期修正，確保可以實現下

列目標：

1. 防止起火和火勢蔓延。
2. 早期發現、探測和撲滅火災。
3. 對於至關重要之核子安全結構、系統與構件提供充分防護。
4. 提供品質保證，確保火災不會造成無法接受的放射性物質釋放或擴散。
5. 提供合理保證，確保火災不會造成無法接受的經濟面影響。

(三)為確保消防防護計畫與 FHA 之關聯性，應執行下列事項：

1. 要確認除役期間所新增之風險。
2. 更新管理手段，以降低除役期間與活動過程所帶來的相關風險。

⁸原子力発電所向け国際ガイドライン（火災防護編），国際原子力プールフォーラムを代表して出版，2015 年発行第 5 版。

3. 火災防護方法明顯不適用時，或現有火災防護方法不符合指導文件或規範性行為準則時，應將 FHA 納入考量，並考量其差異性，但假設火災防護方法不進行修正時，應以 FHA 進行差異性比較，並以文書方式解釋與說明其允許偏差情形。

(四)對現有系統應進行維護、測試並保持堪用狀態，直到確認 FHA 不再需要該系統為止。

(五)考量核能發電廠內部活動可能造成有害性和放射性物質釋放而影響環境，因此，消防防護功能必須保持一定水準。

在「Operational Safety including Commissioning」文中提到有關消防防護計畫⁹擬訂時，必須注意下列事項：

(一)被許可單位應執行消防防護計畫所規範內容，將可能造成放射危害或對 SSC 造成不利影響之發生火災可能性降至最低，從而確保核子反應器安全的保持關閉狀態。消防防護計畫內容應具有下列事項：

1. 對核能發電廠設施進行全面火災危害因子分析，應定期進行審查，並且在必要時進行更新。

⁹ Operational Safety including Commissioning (FANR-REG-16) Version 0, Federal Authority for Nuclear Regulation (FANR) P.O. Box 112021, Abu Dhabi, United Arab Emirates

2. 詳細載明廠區整體的消防防護計畫，包括合理控制火勢，並防止火勢蔓延的行政控制和人員的要求。
3. 詳述火警探測和撲滅火災能力的計畫，期能迅速發現，控制和撲滅可能發生之火災，計畫中包括由經過消防訓練之工作人員對火災立即做出反應之能力。
4. 其他事項：
 - (1) 運用縱深防禦原則。
 - (2) 管控可燃性材料儲放位置、方式及火源使用狀況。
 - (3) 定期執行消防安全設備檢修及測試。
 - (4) 建立手動滅火作業之能力。
 - (5) 廠內工作人員之職責分配、訓練與執行。
 - (6) 評估除役期間設備設施修改時，對於消防安全措施之影響性。
 - (7) 評估火警誤報所造成相關設備誤動作之影響性，包含多個且同時造成之誤動作。

(二)規劃時應特別注意因火災造成放射性物質釋放之可能性，律定適當措施，防護內部人員、消防人員、公眾及環境。

(三)被許可單位應確保適當的程序和稱職的人員與配備到位，

有效地與相關單位（消防及醫療）進行協議合作，定期進行聯合消防演習，藉以評估發生火災時之緊急應變規劃之有效性。

二、因應火災防護之核能發電廠佈局與組織

(一)核能發電廠佈局¹⁰：

1. 從核能發電廠的設計階段開始所列出每個區域的可燃物清單，在除役期間仍需滿足一般安全性需求。
2. 對於至關安全重要設施周圍建立防火區劃。

(二)防火管理組織：

1. 防火管理對象物：核能發電廠相關建築物主體、放射性物質與場所內部人員。
2. 防火管理人選任：選任位於管理或監督層次，並具備核能安全和消防安全工程背景，能適當公正地執行防火管理業務、確保消防防護計畫是依照合適的工業標準和 NRC 規定進行之防火管理人，使其可以落實推動防火管理業務。
3. 消防管理人員等主要職責：彙整如下表 2-3。

¹⁰ FIRE PROTECTION IN NUCLEAR POWER PLANTS, Printed by the IAEA in Austria June 1992

表 2-3 消防管理人員職責彙整表

項次	職稱	任務	
1	管理權人 (核能發電廠廠長)	➤ 制定、實施、管理及評估消防防護計畫的最終責任者 ➤ 遴用防火管理人 ➤ 協助防火管理人落實執行防火管理所需工作	
2	防火管理人 (工安組經理)	總務工作	➤ 消防防護計畫之教育和訓練實施 ➤ 建立防火措施系統，例如火災時，維護核反應器設施的活動
		計劃管理	➤ 消防安全設備與措施之綜合管理 ➤ 負責制定、實施、管理和評估消防防護計畫的有效性 ➤ 基於消防防護計畫有效性評估結果，提出建議對策，並予以實施及管理 ➤ 消防防護計畫修正與宣導 ➤ 蒐集有關消防防護措施的相關技術訊息 ➤ 火災影響評估
		任務工作	➤ 依據「消防法」制定消防防護計畫，並轉知各主管部門 ➤ 執行消防演習 ➤ 自衛消防編組與相關負責防火任務人員之教育訓練 ➤ 建築物內有關火源設備設施之檢查及維護

		➤ 廠區全體人員防火教育 ➤ 消防管理人員之指導及監督 ➤ 風險性及可燃性材料儲存和處理之相關防火指導及監督 ➤ 建築設備（建築物空調、火災報警設備、滅火器、電氣設備及起重機等）之防火指導及監督 ➤ 新建、增建和改建相關之防火指導及監督 ➤ 火源使用或處理之指導及監督 ➤ 疏散出口及避難通道之確認 ➤ 其他相關事項
3	防火負責人 （各部門主管）	➤ 區域消防安全設備之檢查及維護 ➤ 對於施工中各種情形進行監控、指導和建議（有權停止工作） ➤ 火源使用指導，全面遵守防火管理規範 ➤ 充分了解室內消防栓及滅火器人員位置和操作方法 ➤ 地震中的防火管理及檢查 ➤ 向防火管理人報告檢查結果 ➤ 防火管理相關申請文件許可與批准 ➤ 危險物品及可燃性物質管理
4	火源責任者 （各負責廠區主管）	➤ 進行消防安全設備日常檢查 ➤ 向防火負責人報告消防檢查結果及消防管理狀況 ➤ 在主要負責的區域進行檢查（例如：電力及燃氣設備等）

		➤ 主要負責區域之消防安全設備之維護及管理 ➤ 出口處引導消防員
備註：在相關區域出入口明顯處標示負責滅火人員		

(三)自衛消防編組架構、人員及任務¹¹：自衛消防編組架構如下

圖 2-2，每當人員有變更時，應進行更新。

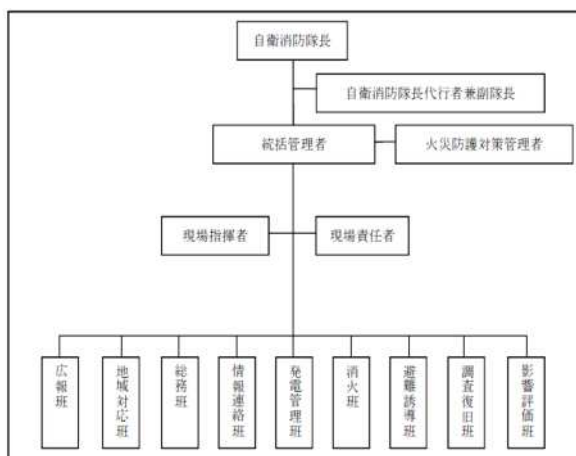


圖 2-2 自衛消防編組架構圖

1. 各時段自衛消防編組體制和指揮系統如下：

(1)防護區域內平日白天發生火災時，動作流程如圖 2-3。

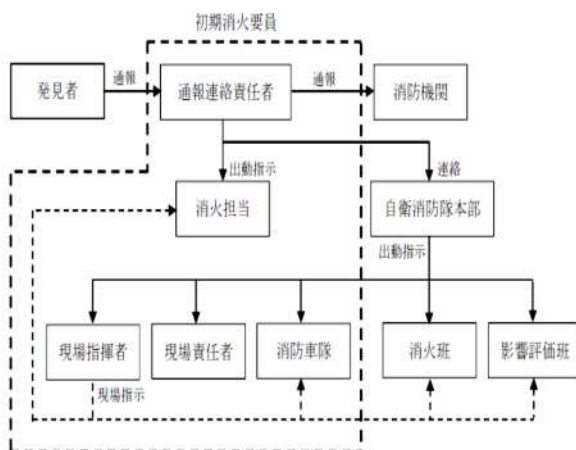


圖 2-3 自衛消防編組體制與指揮示意圖

¹¹東北電力株式会社，女川原子力発電所2号炉火災防護について，平成29年12月19日。

(2)防護區域內夜間或假日發生火災時，發現火災動作流

程如下圖 2-4，自衛消防編組啟動流程如下圖 2-5。

A. 發現火災

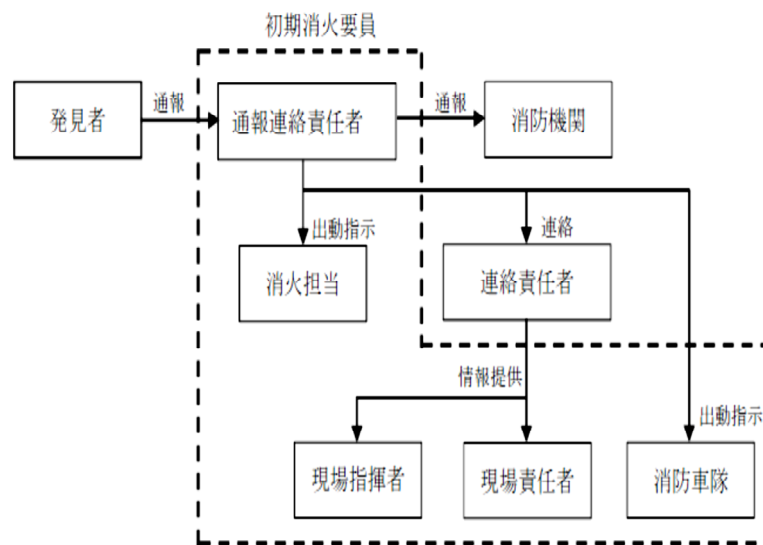


圖 2-4 自衛消防編組體制與指揮示意圖

B. 自衛消防隊啟動

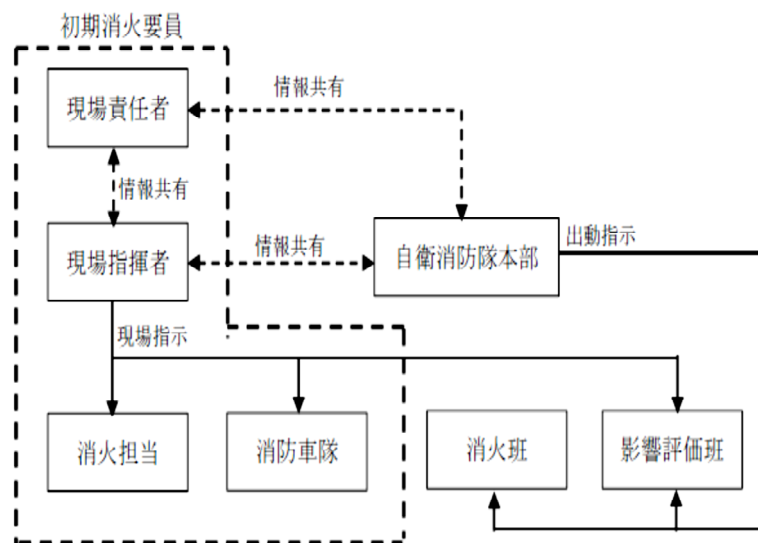


圖 2-5 自衛消防編組啟動示意圖

(3)防護區域內平日白天發生火災時，動作流程如圖 2-6。

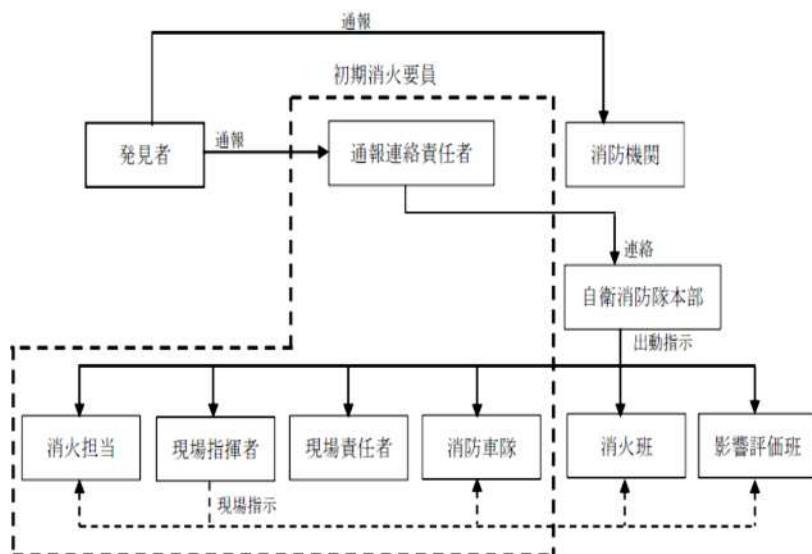


圖 2-6 自衛消防編組體制與指揮示意圖

(4)防護區域外夜間或假日發生火災時，發現火災動作流

程如下圖 2-7，自衛消防編組啟動流程如下圖 2-8。

A. 發現火災

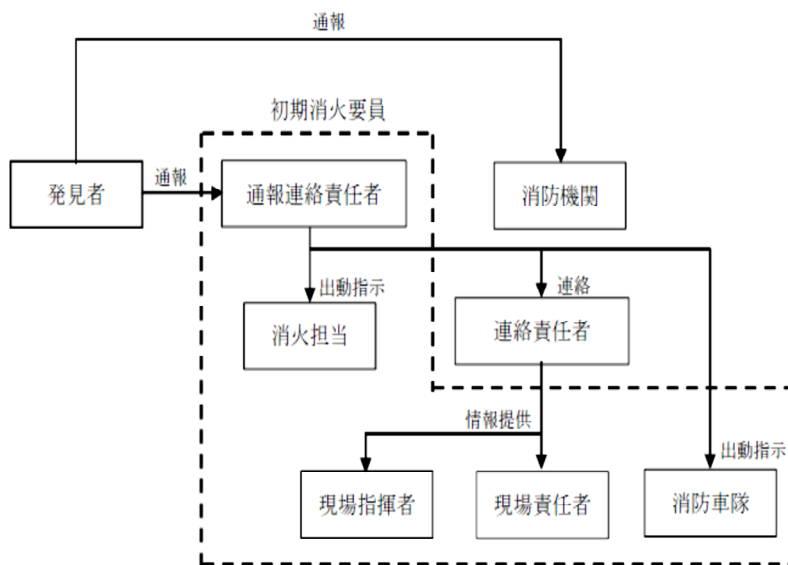


圖 2-7 自衛消防編組體制與指揮示意圖

B. 自衛消防隊啟動

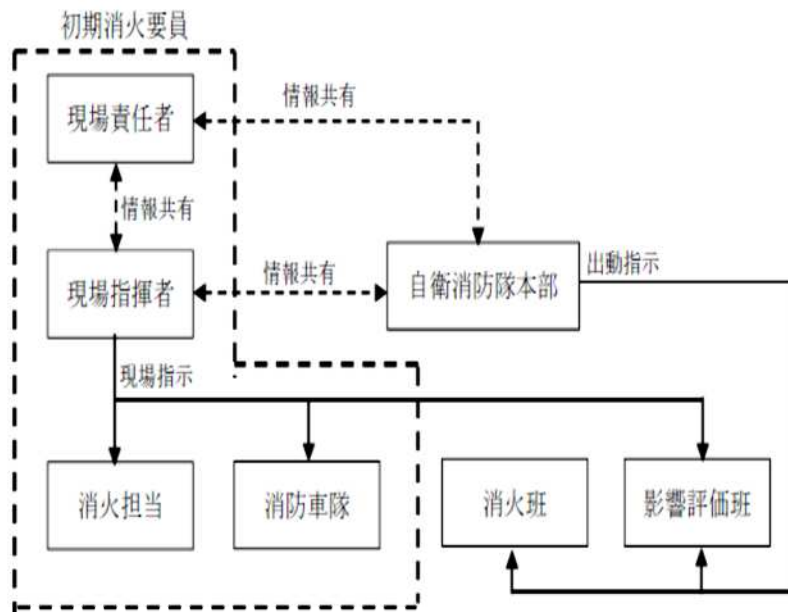


圖 2-8 自衛消防編組啟動示意圖

2. 自衛消防編組

(1) 人員及任務如下表 2-4。

表 2-4 自衛消防編組架人員及任務彙整表

項次	名稱		任務
1	編組原則		為確保火災及其他災害發生時，能將損害損失減至最低
2	職責	隊長	➤ 展開自衛消防活動時，擔任指揮官發號施令，同時與政府機關消防隊保持密切聯繫，以順遂展開救災活動 ➤ 主要負責廠區發生火災、地震等緊急意外事故時，災害現場初期緊急應變指揮工作，並配合後續消防人員抵達後相關之救援活動，工作事項如下： ● 了解事故規模及範圍，判斷是否需要尋求外援，並設立指揮

			據點 ● 進行相關協調聯繫，確保自衛消防編組之運作，有效處理所有區域狀況，確實進行初期應變行動
		副隊長	輔助隊長，當隊長不在時，代行其職務
		消防顧問	擔任初期自衛消防活動現場與控制室之聯繫工作，並於火災現場指導救火人員採取適當滅火方式
		指揮班	輔助自衛消防編組隊長、副隊長（當隊長及副隊長不在時，由班長代理其任務），進行指揮上必要事項，並提供救災資訊及器具或請求支援
		通報班	掌握自衛消防活動及災情，並適時向建築物內部及相關人員、政府機關消防單位等進行緊急廣播及通報聯繫
		滅火班	運用滅火器、室內消防栓等消防安全設備進行初期滅火
		避難引導班	火災發生時，進行電梯管制，並運用手提擴音器、手電筒、哨子等輔助器具，以安全門為重點，有效引導人員進行逃生避難
		救護班	進行傷患之初期救護及搬運，並設置急救護所
		安全防護班	操作安全門及防火捲門、關閉空調設備，對危險物品、瓦斯及電氣設備，採取安全措施，並防止水損及移除妨礙消防活動之物品
		搬運班	防護救災器材之運送及提供（如無此班

			之編組，宜由安全防護班擔任)
--	--	--	----------------

(四)與政府機關消防單位合作事項：

1. 政府機關消防單位和自衛消防編組之間所扮演之角色：

政府機關消防單位到達後，為使其接續自衛消防編組

之滅火活動，廠區自衛消防編組應採取下列措施：

(1) 為使政府機關消防單位易於進入火場，對於構成活

動障礙之物品，應先予以移除。

(2) 引導政府機關消防單位至火災區域現場，為使政府

機關消防單位迅速到達火災現場，應積極執行下列

引導事項：

A. 到達起火區域最短通道之引導。

B. 前往進出口之引導

C. 前往緊急用昇降機處所之引導。

2. 與政府機關消防單位情報資訊交換¹²：廠區應有專任

單位相關負責人或熟悉狀況內容人員，積極與政府機

關消防單位指揮中心連絡，並提供下列相關情報：

(1) 事故情況

A. 火災狀況。

¹²日本消防庁，原子力施設等における消防活動対策マニュアル，平成 26 年 3 月。

- B. 自衛消防編組初期活動情形。
- C. 廠區消防隊活動情形。
- D. 建築物配置情況：包括管理區域的區域劃分。
- E. 放射性物質輻射劑量及污染狀況。
- F. 監控狀態。
- G. 廠區放射性物質的狀態：儲存位置及種類等。
- H. 提供政府機關有關廠區相關圖資及資料。

(2) 生命威脅情況

- A. 受傷人員及待救援者之人數及狀況。
- B. 接觸污染的狀況。
- C. 避難引導的狀況。

(3) 活動危險情況

- A. 暴露及污染危險情形。
- B. 危險物品存放情況。
- C. 電氣設備位置與狀態。

(4) 其他認為必須提供之相關情報。

(五) 廠區消防隊之教育訓練

1. 廠區消防隊教育及訓練項目

- (1) 核能發電廠基礎知識。
- (2) 核能發電廠專業術語。
- (3) 核能發電廠空間內部的狀況。
- (4) 核能發電廠的設備系統和設備佈局。
- (5) 核能發電廠內的滅火器、室內消防栓位置。
- (6) 緊急應變處理程序。
- (7) 滅火作業注意事項。
- (8) 輻射管理程序。
- (9) 測量儀表處理程序。
- (10) 其他認為應實施訓練之項目。

2. 廠區消防隊組織與裝備

(1) 廠區消防隊組織^{13,14}

A. 至少有 5 名廠內消防人員（經消防專業訓練合格），隨時待命派遣之人員。

B. 消防隊隊長及至少 2 名以上消防人員應對核能發電廠安全相關系統具有足夠的知識，以預測火災所造成核能發電廠之影響程度。

¹³原子力発電所向け国際ガイドライン（火災防護編），国際原子力プールフォーラムを代表して出版，2015 年発行第 5 版。

¹⁴RG1.191

C. 廠區消防隊成員應具備以下條件：

- a. 屬於專職消防人員。
- b. 經過消防訓練合格，並且可以在火災警報後立即執行緊急應變作業。
- c. 具備與兼任消防人員（例如核能發電廠內自衛消防編組人員）整合協調能力。
- d. 接受火災警報訊號後，應立即通報政府機關消防單位。

(2) 廠區消防隊裝備¹⁵

- A. 基本裝備應包括消防衣、帽、鞋等全身式個人裝備、無線電通信設備、攜帶式照明設備和通風設備。
- B. 自給式正壓空氣呼吸器（ Self-Contained Breathing Apparatus ）。
- C. 依據核能發電廠需求配置消防車輛、裝備器材。

(3) 消防演習情境模擬：假設的火災情景，參考核能發電廠防火指南（JEAG 4607-2010，NEC）擬定以下

¹⁵原子力発電所向け国際ガイドライン（火災防護編），国際原子力プールフォーラムを代表して出版，2015 年発行第 5 版。

火災假設情境，大部分的火災情境與油、火相關，

例如：

- A. 啟動變壓器、主變壓器和現場變壓器的火災。
- B. 渦輪機在主油箱中起火。
- C. 緊急柴油發電機起火。
- D. 重油箱火災。
- E. 輔助鍋爐油箱著火。
- F. 危險品倉庫著火。
- G. 在廢油儲存中著火。
- H. 柴油箱火災。
- I. 承包商動火作業發生火災。
- J. 輔助鍋爐房發生火災。

三、火災預防

(一)防火措施之確保¹⁶：核能發電廠除役期間之火災防護措施，

可燃性材料必須經過核准，並且在許可範圍內使用，使用後應儘速移出廠區。潛在火災危害因子分析應反映出現場放射性物質種類和數量的改變，火災探測功能和消防栓系統應維持功能正常，直到所有放射性或受污染的材料從現

¹⁶FIRE PROTECTION IN NUCLEAR POWER PLANTS, Printed by the IAEA in Austria June 1992

場移除。

(二)消防安全設備管理

1. 消防安全設備維護：每月應由廠區工作人員定期自主檢查，年度則委託消防專技人員進行檢修及申報。對於檢查後必須改善之設備，應儘速規劃消防改善計畫，並依計畫實施改善。
2. 各項消防安全設備動態基本原則：在核能發電廠除役期間，盡可能將可燃性物質從廠區移除，並採用火災危害分析進行修正，以反映出放射性和有害物質的種類和數量的最新變化。以火災危害分析為基礎，廠區消防安全系統應保持正常運行，直到所有放射性或受污染的材料以安全方式儲存或移除為止¹⁷。針對消防安全設備在核能發電廠除役期間的動態變化，參酌 RG1.191 規範，建議如下：
 - (1) 滅火器：維持數量、位置，並依據廠內隔間變化隨時配合移置或新增，直至可燃性物質和點火源被移除。

¹⁷ FIRE PROTECTION SYSTEMS FOR NUCLEAR FACILITIES, STANDARD NO. AERB/NF/SS/FPS (Rev. 1), GOVERNMENT OF INDIA

(2) 室內消防栓設備：維持數量、位置、功能，並依據廠內隔間變化，如有防護不足之處，以增設消防水帶之原則進行防護，保持工廠消防供水系統能夠供應滅火設備所需的最大水源容量需求至少維持 2 小時以上放射量，直至廠區拆除後再行拆除。

(3) 室外消防栓設備：維持數量、位置、功能，最大水源容量比照室內消防栓設備，直至廠區拆除後再行拆除。

(4) 自動撒水設備：根據火災危害分析，系統應保持可操作狀態以利發生火災時，可順利滅火及廠內人員。維持數量、位置、功能，並依據廠內隔間變化，如有防護不足之處，以增設移動式自動滅火系統之原則進行防護，最大水源容量比照室內消防栓設備，直至廠區拆除後再行拆除。

(5) 二氧化碳滅火設備：比照自動撒水設備動態原則。

(6) 海龍 1301 滅火設備：比照自動撒水設備動態原則。

(7) 泡沫滅火設備：維持數量、位置、功能，最大水

源容量比照室內消防栓設備，直至可（易）燃性物品之儲槽內部可燃液體移除後再行拆除。

(8) 冷卻撒水設備：比照泡沫滅火設備動態原則。

(9) 火警自動警報設備：維持數量、位置、功能，並依據廠內隔間變化，如有防護不足之處，以增設火警探測器之原則進行防護，直至廠區拆除後再行拆除。

(10) 緊急廣播設備：維持數量、位置、功能，並依據廠內隔間變化，如有防護不足之處，採用移設或增設揚聲器之原則進行防護，直至廠區拆除後再行拆除。

(11) 標示設備：維持數量、位置、功能，並依據廠內隔間及避難動線的變化，進行移設或增設，以維持避難動線指示暢通，直至廠區拆除後再行拆除。

(12) 緊急照明設備：維持數量、位置、功能，並依據廠內隔間及避難動線的變化，進行移設或增設，以維持路徑的照度，直至廠區拆除後再行拆除。

3. 因應核能發電廠除役期間之空間變化，所造成之防護

不足或者是替代原來的消防安全設備防護功能，可採用移動式滅火設備，舉例如下圖 2-9，此設備為獨立式自動滅火設備，外觀為金屬外殼，可探測及撲滅火災。不需要特殊的配管配線，以 AC 100V 為電源，本身具備探測火災及滅火功能，可防止火勢蔓延¹⁸。

該項設備本身特點：

(1) 可快速可靠的探測火災：配置紫外火焰探測器及攝像頭，可在火災初期快速探測火災位置。

(2) 可以選擇滅火劑：具有高冷卻效果的泡沫滅火劑

類型及電氣火災相容的粉末滅火劑類型之選擇性。



圖 2-9 獨立式自動滅火設備

4. 型式介紹如下表 2.5。

¹⁸資料來源：http://www.tokyo-bosai-setsubi.co.jp/c_bousaiseihin-p2.html

表 2-5 獨立式自動滅火設備介紹¹⁹

基本介紹	
型式	自立型自動消防裝置
檢知方法	紫外線感知器和紅外線攝影機進行火焰探測
滅火藥劑	水膜發泡劑或粉末滅火劑
使用電壓	AC100V（內置式緊急電源）
使用溫度	常溫
容許濕度	0～100％
設備尺寸	350mm(W)×300mm(D)×1,200mm
放射範圍	前方 5m、左右 160°

5. 獨立式自動滅火設備配置與放射情形分別如下圖 2-10 及圖 2-11。



圖 2-10 獨立式自動滅火設備配置情形

¹⁹ 同註 10。



圖 2- 11 獨立式自動滅火設備放射情形

(三)可燃性物品及點火源之管理

1. 擬定火災情境假設位置。
2. 可燃性物品管理事項。
3. 點火源管理事項。

(四)施工中防火管理

1. 施工期間應該確保所有階段都在防火措施防護範圍內，
如圖 2-12。特別注意應減少因施工作業所帶來可燃物
數量，並定期執行防火巡視。對於施工作業所產生熱
量或火花等情形（例如焊接、切割，焊接）通常是引
起火災常見原因，因此，對於此類施工項目，應採用
簽發工作許可證予以掌控，施工後，應清除或遮蓋可
燃性物質的區域以防止起火，施工區域應配備手提式
滅火器或相關滅火之消防安全設備。

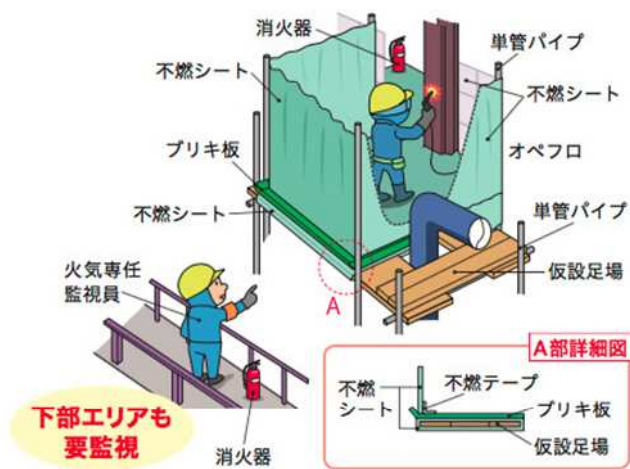


圖 2-12 施工過程防火措施

2. 應採取防火措施確保不會對安全造成重大影響。
3. 在施工過程階段，應採取有效的行政控制措施，包括可燃性材料運輸的方法；管控可燃性材料和火源不可帶入至關重要的區域或者尚無足夠的預防措施之相鄰區域，應適量使用或攜帶可燃性材料進入，勿攜帶超過使用需求量，另當可燃性材料不再需要使用時，應以不燃性材料覆蓋或儘速去除可燃性材料，施工範圍內，不可進行可燃性物質汲取作業，如下圖 2-13 所示。

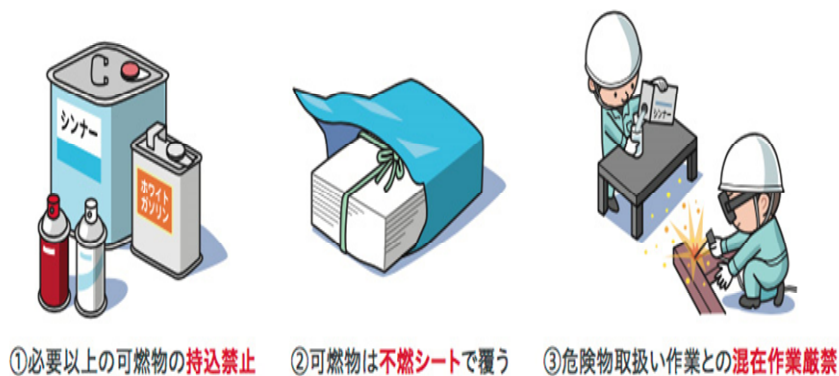


圖 2-13 施工過程應注意事項示意圖²⁰

²⁰ https://1f-all.jp/for_you/column/safety/

4. 對於儲存或使用中的可燃性氣體和液體，應設有可燃性氣體探測器進行偵知，並採取定期巡視檢查和盤點數量，避免有洩漏情形發生。
5. 在氣體或蒸氣的爆炸性混合物可能洩漏積聚之區域，應定期監測和確認爆炸性混合物爆炸範圍上、下限。到達上下限前，應及時發出警報並採取通風對策。

四、低放射性物質輻射防護

(一)設定輻射危險區域：針對核能發電廠除役期間所新增或原儲放低放射性危害物質暫存場所，有關軟體與硬體管理事項分述如下：

1. 軟體部分：

- (1) 嚴格管理低放射性危害物質儲存作業，設置專屬儲存室，並納入消防防護管理，現場明顯處標明該物質種類、數量、危害事項、救災資訊及個人防護注意事項。
- (2) 實施儲存作業安全評估，進行火災危害分析，針對致災危險因子事前預防及改善措施。
- (3) 預先規劃救災及避難逃生動線。

- (4) 納入廠區緊急應變項目，平時落實實施演練及訓練。
- (5) 建立緊急應變通訊平台，平時隨時保持通訊暢通。
- (6) 與政府機關消防單位隨時保持聯繫，在事故發生時，提供專業人力、資訊與支援設備。

2. 硬體部分：

- (1) 滅火設備：暫存場所或區域可採用主動式取代被動式防護為原則，採用性能設計方式設置，提升滅火設備強度，例如自動撒水設備、FM200 滅火設備、二氧化碳滅火設備。
- (2) 警報設備：為及早探測火災，選設偵煙式探測器較佳，另參考 NFPA72 規定，採防護間距配置方式（與撒水頭設計方式相同）、考量環境空氣、溫度等影響因子作為設計參數。
- (3) 排煙設備：為避免因設置排煙設備風管導致低放射性危害物質污染場所其他空間，應採用強化該儲存室或區域建築防火區劃，檢討免排煙設備為原則。

(4) 配線部分以符合各類場所消防安全設備設置標準之耐燃耐熱規範，另參照「用戶用電設備裝置規則」作為防爆設計之依據。

(二)低放射性物質輻射防護管理²¹，分述如下：

1. 固體放射性廢物

除役期間對於廠內所拆除項目，應設法減少產生固體放射性廢物，並避免產生二次廢物和交叉污染，可以利用選擇適當去污和拆除方法來實現減少放射性廢物的數量，例如重複使用或回收構件或材料，清除微量污染的材料，或減少體積（壓實，熔化等）。

2. 液態和氣態廢水

在除役期間初期階段，液體和氣體的排放正常情況下，廢水可能受到原始系統的控制設施的運作。但是，隨著拆除工作的進行，這些系統可能會部分拆除，或者在某些情況下可能會完全更換。這需要及時確認並納入總體規劃。

²¹ NUCLEAR ENERGY AGENCY ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT，Achieving the Goals of the Decommissioning Safety Case，2005

第三章 除役期間消防防護計畫建議

第一節 消防防護計畫修正方向

本研究案「含低放射性汙染物設施在除役期間消防法規變更之影響」重點係為核能發電廠除役期間消防防護計畫應如何因應國內法規進行修訂，對於國內原有內政部消防署所發布之消防防護計畫範本之不足之處予以檢討分析及建議，以作為未來核能發電廠除役期間消防防護計畫訂定之參考依據，使得核能發電廠建築物在除役期間能做到縱深防禦的安全防護概念。

在「消防法」所規範之防火管理基本觀念，主要係要求一定規模以上供公眾使用建築物場所管理權人應遴用防火管理人，依建築物本身的特性，制定適用該場所的消防防護計畫，並依計畫落實執行滅火、報警及避難引導訓練、消防安全設備檢修申報、防火避難設施、日常火源使用之自主檢查及其他防火管理監督等相關事宜。

針對核能發電廠除役期間之消防防護計畫，本研究團隊認為核能發電廠的總體消防安全即是預防火災規劃，利用火災危害分析（FHA）判斷火災潛勢區域，並依照計畫進行建築物預先防火、火災探測及滅火作業。火災防護應應當是一個計劃周密，受行政控制的計劃，並且在核能發電廠的整個生命週期內實施，當然也包括除

役期間。在任何情況下，核能發電廠應提供足夠防火等級，通過規劃的縱深防禦概念來實現。除役期間之消防防護計畫主要是依據場所的火災風險因子檢討制定。除可利用國內消防法所訂的規範作為擬訂外，並評估其中規範各項內容的適用性，因此，為擬訂一套適合除役期間核能發電廠之消防防護計畫的參考原則，參酌國內及國外相關適用法規或規範，彙整如下表 3-1 所示。

表 3-1 除役期間核能發電廠消防防護計畫適用法規彙整表

評估方法	規範名稱
除役期間消防安全評估	➤ RG1.191 ➤ NFPA 804 ➤ NFPA 805 ➤ 10 CFR Appendix R to Part 50
建築安全管理	➤ 建築法 ➤ 建築技術規則
消防安全管理	➤ 消防法 ➤ 消防法施行細則 ➤ 各類場所消防安全設備設置標準 ➤ 消防防護計畫 ➤ 施工中消防防護計劃指導須知

第二節 消防防護計畫修正建議

依據國內消防法第 13 條防火管理規範，對於應實施防火管理

場所，應由防火管理人訂定消防防護計畫，並據以執行，旨在預防火災、減災，本節依照本研究第一章第二節所提消防防護計畫預定探討內容，進行內容擬訂及分析，以作為核能發電廠除役期間擬定消防防護計畫的參考，「核能發電廠除役期間消防防護計畫（含施工期間）」修正建議項目以黑色底線表示之，內容提到有關附件、附表或附圖、部分，則參照內政部消防署公布之消防防護計畫書範本，不另納入本研究內容資料。

壹、總則

一、目的與適用範圍

- (一)目的：本計畫係依消防法第 13 條暨同法施行細則第 13 條至 16 條，規定本場所防火管理必要事項，以落實預防火災、地震及其他災害之目的，同時並採用 RG1.191 所定保護用過核子燃料完整性，防止因火災造成放射性物質釋放或擴散，並達到保障人命安全、減輕災害之目標。

- (二)適用範圍：在除役期間的○○核能發電廠服務、出入之所
有人員均必須遵守，以及適用整個核能發電廠相關設施。

二、管理權人之職責

- (一)管理權人負有○○核能發電廠在除役期間之防火管理業務

之所有責任。

(二)選任位於管理或監督層次，且具備核能安全和消防安全工程背景，能適當公正地執行防火管理業務、確保消防防護計畫是依照合適的工業標準及 NRC 規定之防火管理人，使其推動防火管理業務。

(三)指導及監督防火管理上必要業務之推動。

(四)申報消防防護計畫書及防火管理人遴用及異動。

(五)防火避難設施及消防安全設備之檢查維護之實施及監督，
以及相關設施（備）缺失時之改善作為。

(六)申報防火管理人之遴用及解任。

(七)在防火管理人製定或變更消防防護計畫時須給與必要之指示。

三、防火管理人之職責：防火管理人負責此消防防護計畫之製作及實行，並推行下列防火管理業務。

(一)消防防護計畫之製定、檢討、變更，並針對執行上進行有效性評估，對於評估結果，提出相關建議，並予以適當適時的修正。

(二)滅火、通報及避難訓練之實施。

(三)防火避難設施、用火用電設備器具、危險物品設施之檢查
實施及監督。

(四)電氣配線、電氣機器、機械設備之管理及安全確認。

(五)消防安全設備檢查維護之實施及監督，以及法定檢修之會
同檢查。

(六)進行火災危害影響評估，並且蒐集有關消防防護措施的相
關技術訊息，以建立防火措施。

(七)對於風險性及可燃性材料儲存和處理之防火指導及監督。

(八)對於除役期間所必須新建、增建和改建之臨時建築物或措
施之防火指導及監督，落實熱處理作業期間及熱處理作業
後至少半小時以上的防火巡視。

(九)進行火災危害分析，應包含下列事項：

1.廢棄材料堆積所造成的易燃物負荷增加；明火或高溫作
業增加；臨時結構物和支撐系統所致風險之影響性。

2.廠區佈局、配置、狀況或者相關系統改變，所致火災風
險之影響性。

3.行政控制、消防安全設備、防火區劃及其他防止火災危
害之相關措施。

4.依據火災區域辨別輻射危害，以防止或減輕發生火災時

造成放射性物質洩漏之情形；含放射性物質區域，應考

慮控制滅火活動的逃生路線，並參照 10 CFR 第 20 部份

規範之人員可接受輻射劑量標準。

5.評估與同一區域或附近區域設施發生火災時，所造成的

放射性物質釋放或擴散風險，考慮火災對多點共享系統

之影響，以及火災從一個設施蔓延至另一設施之可能性。

(十)施工中消防防護計畫之製作及安全措施之建立。

(十一)火源使用或處理有關之指導及監督。

(十二)收容人員之適當管理。

(十三)轉知廠內各主管部門執行自衛消防編組與相關防火負責

人之教育訓練，以及對內部員工防災教育之實施。

(十四)防火管理業務相關人員之指導及監督。

(十五)對管理權人提出建議及請求指示。

(十六)防止物品阻礙通路、樓梯、揭示避難路線圖等避難設施

之管理，以及監督避難疏散出口及通道之確認。

(十七)推動防止縱火之預防措施。

(十八)應與轄區消防隊訂立互助協定事項，包含與其他單位共

同合作之滅火與救援計畫。

(十九)各項防火管理相關書面資料之保管與整理。

(二十)其他防火管理上必要之事項。

四、與政府機關消防單位之通報聯繫

(一) 防火管理人遴用及異動時，應於 3 日內填寫防火管理人遴

用（異動）提報表，向當地政府機關消防單位提報。

(二) 消防防護計畫製定及變更後，填具「消防防護計畫製定

（變更）提報表」，檢附「消防防護計畫及消防防護計畫

自行檢查表」，3 天內向當地政府機關消防單位提報。有

關消防防護計畫製定後，有下列事項變更時，管理權人

（或命防火管理人）應向政府機關消防單位提報。

1.管理權人或防火管理人之變更。

2.自衛消防編組之大幅或重要變更。

3.建築用途變更、增建、改建等導致消防安全設備變動時。

4.與政府機關消防單位訂立互助協定事項之大幅或重要變

更時。

(三) 實施滅火、通報、避難訓練時，應於 10 日前填向當地政府

機關消防單位提報，並報告其結果。

(四) 遇有增建、改建、修建、室內裝修施工時，依「製定現有建築物（場所）施工中消防防護計畫指導須知」之規定，於開工（指實際開工日期）3 天前，填具「現有建築物（場所）施工中消防防護計畫提報表」，檢附「現有建築物（場所）施工中消防防護計畫自行檢查表」及現有建築物（場所）施工中消防防護計畫，向當地政府機關消防單位提報。

(五) 依法定期限申報消防安全設備檢修結果報告書，甲類場所每半年一次，甲類以外之場所每一年一次。

五、防火管理委員會

(一) 為確保防火管理業務之落實運作，於○○設置防火管理委員會。

(二) 防火管理委員會於每年之○月及○月定期召開，如有下列情形得召開臨時會：

1. 引起社會廣泛注意之重大火災、地震等災害發生時。
2. 由防火管理人等提出，經管理權人許可時。
3. 廠區除役期間有關行政管理、內部格局、消防安全設備及相關防火措施重大改變，需經管理權人許可時。

(三) 防火管理委員會主要研議事項如下：

1. 有關消防防護計畫之變更及修正等相關事宜。
2. 有關防火避難設施、消防安全設備檢修申報等維護管理事宜。
3. 廠區因應除役期間，內部格局、消防安全設備及防火措施重大改變等相關事宜。

貳、預防管理對策

一、平時火災預防

(一) 本核能發電廠除役期間係依消防法規定，係屬應設消防安

全設備之丁類場所，為落實消防安全設備之維護管理，訂

定於每年之○月及○月，委託（○○○消防設備師／士／

暫行裝置檢修人員或○○專業檢修機構等）檢修消防安全

設備，並於檢修完成後十五日內，依規定將檢修結果於每

年之十二月三十一日前報請當地政府機關消防單位備查。

(二) 為落實平時之火災預防作為，依場所之使用特性、防火避

難設施、燃氣設備及消防安全設備之設置等情形，實施預

防管理編組，人人皆應負起火災防制之責任。

(三) 火災預防管理組織負責平時火災預防及地震時之防止起火，

以防火管理人為中心，各樓層分別設置防火負責人，並劃設責任區域，指派火源責任者進行火災防制措施。

(四) 防火管理人應定期詢問防火負責人、火源責任者及每一位員工，以落實火災預防措施。

(五) 防火負責人之任務為輔助防火管理人，並指導、監督負責區域內之火源責任者。

(六) 火源責任者之任務如下：

1. 輔助防火負責人，擔任指定範圍內之火源管理工作，並負責指定範圍內之防火避難設施、用火用電設備器具、電氣設備、危險物品及消防安全設備等之日常維護管理。

2. 地震時用火用電設備器具之安全確認。

3. 依照「日常火源自行檢查表」、「防火避難設施自行檢查表」及「消防安全設備自行檢查表」進行檢查。

(1) 日常火源自行檢查，應於每日下班時進行（發現問題應立即反應處理）。

(2) 日常防火避難設施之自行檢查，每日應檢查一次（發現問題應立即反應處理）。

(3) 消防安全設備自行檢查表，每月應檢查乙次（發現問

題應立即反應處理)。

二、火災預防措施：

(一)點火源的控制

1.掌控熱處理作業：應掌控切割、焊接、打磨及涉及明火之工作，避免造成不必要的火災危險。

2.掌控吸菸：僅可在指定區域吸菸，並準備安全熄菸物料容器，禁止在其他區域吸菸，尤其是在危險操作或存放可燃或易燃物料的附近區域，此類區域應張貼不得吸菸標示作為警示。

3.掌控易燃物品：包括易燃和可燃液體、壓縮氣體、建築物料和廢棄物的使用、儲存和處置，應採取減少火災的發生機率的方式，採取方式如下所述：

(1) 瞬態易燃物：盡可能減少與除役期間相關之瞬態火災危險，並在活動結束後立即清除。

A. 瞬態易燃物料數量不應超過實際需求量，且應與點火源分開存放，盡量減少易燃廢棄物料的蓄積和儲存。

B. 盡量減少利用木材作為臨時用途，如果必須使

用時，應確保塑料包裝為阻燃材質。

- C. 盡量減少使用塑料包裝，如果必須使用時，塑料包裝應具備阻燃性。
- D. 對於遭受放射性污染的易燃廢料或對放射性物質應予以處置（主動滅火系統或防火屏障或限制數量）、包裝和儲存，以減少造成火災風險。
- E. 油性抹布和易自燃性之物料應存放在處置容器中，並且每日從含有放射性物質或污染物區域中移除。
- F. 保持良好的內部管理規範（每日從相關區域清除清潔物料及廢棄物料），尤其應注意含有放射性物質或受污染廢料和設備之區域，保持整個核能發電廠進出路線暢通無阻。

(2) 可燃性液體、易燃性液體及氣體的儲存

- A. 可燃性、易燃性液體及易燃壓縮氣體應存放在適當的地方，確保不會對含有放射性物質、污染物或 SSC 區域造成火災危險。
- B. 禁止在可燃性液體、易燃性液體及氣體的儲存

區域吸菸或使用明火。

(二)從事下列行為應事先向防火管理人聯絡取得許可後，始得進行：

- 1.指定場所以外之吸菸及火源使用。
- 2.各種用火用電設備器具之設置或變更時。
- 3.危險物品之貯藏、處理，及其種類及數量之變更時。
- 4.進行施工行為時。

(三)用火用電時之應遵守事項：

- 1.使用電熱器等火源設備，不得在指定地點以外之場所進行。
- 2.用火用電設備器具之使用，應事先檢查，並應確認使用時周遭無易燃物品。使用完畢後，應加以檢查確認其是否處於安全狀況，並置放於適當之安全場所。
- 3.列出臨時或便攜式發熱設備使用清單，並將設備固定，以防止傾翻，設備與可燃性物料應予以分開。

(四)掌控防火系統和設備

1. 定期清點、檢查、測試和維護廠區消防隊的安全防護裝備，包含個人防護裝備和 SCBA，確保堪用。

2. 定期清點、檢查、測試和維護手動滅火設備，包括滅火器、軟管、噴嘴、工具、配件、便攜式照明設備及通信和通風設備，以確保火災時能正常運行。
3. 定期進行防火系統和功能部件之檢查、測試和維護程序。防火功能包括被動防火系統，例如：防火構件密封。防火系統包括火災報警系統、滅火系統和消防供水系統。
4. 最大程度地減少對防火系統之長時間損害及影響。
5. 對於防火屏障或措施進行修改或拆除時，應依據修改後的耐火能力及火災時可能造成之危險性，確保更動後所引起的火勢蔓延情況。
6. 防火區劃更異，應依照除役期間設施設備的變化和危害性（即火災和放射性）進行重新律定、修改或移除等事項。

(五)為確保防火避難設施之機能運作正常，所有出入人員應遵守下列事項：

1. 安全門等緊急出口、走廊、樓梯間及避難通道等避難設施：

(1)不得擺放物品，以避免造成避難障礙。

(2)應確保逃生避難時，樓地板無容易滑倒或牽絆避難人員之情形。

(3)作為緊急出口之安全門，應容易開啟，並確保走廊及樓梯間之寬度能容納避難人員。

2. 為防止火災擴大延燒，並確保消防活動能有效進行之防火設施：

(1) 安全門應經常保持關閉，並避免放置物品導致影響其關閉之情形。

(2) 當安全門需要保持常開時，應按照 FHA 之要求，安裝防火門自動釋放器，或者聲明該門無法操作，並按照核能發電廠所規範之程序及要求，採取預防措施。

(3)安全門周遭不得放置容易延燒之可燃物。

(六)特定火災區域防火對策

1. 用過核子燃料池區域

(1) 評估用過核子燃料池區域和鄰近區域的火災危險影響放射性物質（包括用過核子燃料）的可能性。

- (2) 相關區域的輻射危險應予以量化，火災引起的放射性物質洩漏不得超過 10 CFR 第 20 部份的限制。
- (3) 評估提供保護用過核子燃料，減輕任何放射性洩漏所必需的結構、系統和構件（SSC），避免遭受火災影響。
- (4) 評估保持用過核子燃料池之完整性，並最大程度降低輻射洩漏之能力，提供替代冷卻和補充功能。
- (5) 制定設備配置和操作人員在用過核子燃料池區域發生火災時應採取的必要措施之程序。
- (6) 應通過程序建立對在用過核子燃料區之瞬態易燃物和高溫作業的管控。管理控制程序應確保與用過核子燃料池運行和維護相關的除役活動（其中包括任何燃料的移動或搬運操作，例如：桶裝和運輸）皆應接受適當的防火審查核准。
- (7) 用過核子燃料池區域應設置偵煙式探測功能和滅火功能。
- (8) 設置火警警報設備和緊急照明設備供人員避難疏散使用。亦應確保便攜式滅火器或消防水之立管或軟

管（或兩者都是）具備手動滅火功能。

- (9) 用過核子燃料池區域應制定防火對策，以確定區域佈局、出入口、滅火系統種類及位置、重大火災危險、放射性和有毒物質危險性及對預防或減輕放射性物質洩漏，並保護至關重要 SSC 避免火災影響。

2. 放射性廢料儲存區（包含臨時結構物）

- (1) 應律定獨立結構區域儲存放射性廢料。核能發電廠內廢料暫存區域可能是除役過程中必要的。每日應將可燃性廢料從蓄積區轉移至指定儲存區。廢料存儲和暫存區應予以充分的隔離，並避免遭受明火波及。
- (2) 廢料儲存臨時結構應符合防火相關規範，並應設計在發生火災時，放射性物質洩漏可能性最低處。
- (3) 量化放射性廢料儲存和暫存區域之火災危險性以及可能波及鄰近區域之火災危險性。
- (4) 評估火災危險影響放射性物質的可能性。
- (5) 評估如被點燃可能難以抑制，散發大量濃煙、有毒氣體、妨礙滅火和避難疏散等特殊情形（例如：受

污染電纜和塑料）。

- (6) 確保放射性物質廢料含量之估計，火災造成放射性物質洩漏所引起的曝露不得超過 10 CFR 第 20 部份之限制。
- (7) 既存之放射性廢料儲存區域應設有足夠的防火措施，以將發生火災和因此洩漏放射性物質的可能性降至最低。
- (8) 放射性廢料儲存區之臨時結構盡可能採用非易燃材料建造，放射性廢料包裝應採用非易燃或阻燃材料製造，禁止或嚴格管控廢料儲存區內可能產生火源的活動和設備。
- (9) 放射性廢料暫存或儲存區應設置偵煙探測器和滅火功能。
- (10) 設置火警警報設備和緊急照明設備提供人員避難疏散使用。
- (11) 確保手動滅火功能，包括便攜式滅火器。
- (12) 應設置侷限措施以掌控自動或手動滅火所產生的潛在污染徑流。

(13)建立放射性廢料儲存和暫存區域之瞬態易燃物和高溫作業之管理控制。

(14)建立放射性廢料儲存和暫存區域發生火災所應採取的必要措施。例如：通風系統和任何其他建築物的開口（例如：檢修門）應設置限制並降低放射性物質洩漏至環境中之可能性。

(15)建立放射性廢料儲存和暫存區域防火對策。對策應確定區域佈局、出入口、滅火系統的類型和位置、放射性危險及對預防或減輕放射性物質洩漏，保護其至關重要 SSC 免遭受火災的影響。

(七) 繪製場所位置圖，另為確保火災發生時逃生避難之安全，繪製各樓層之平面圖及逃生避難圖，除張貼於公告欄等顯眼處所外，並應確實周知場所內每一位員工（含自衛消防編組之成員），熟悉逃生避難路徑及相關之消防安全設備。

三、火災危害分析

(一)火災危害分析應由具有火災預防背景人員與核子工程師執行，目的如下：

(1) 考量該場所潛在與瞬時著火的火災風險可能。

- (2) 確認電廠中任何位置著火時，「安全停機能力」以及「最小化並控制輻射洩漏至環境的能力」。
- (3) 根據每個防火區劃的要求，再以用途分類，包含重要安全的結構、系統與構件，進行火災預防、火災偵知、火災抑制、火災局限及替代停機能力的特殊措施，並且符合相關法規。

(二)火災危害分析應能分別辨識風險並對於重要安全結構、系統與構件提供適當防護措施，可能造成危害之原因分析如下：

- (1) 預測正常運作下（運轉、裝填燃料、維護、改裝）可能產生瞬時著火危險之可燃物濃度。
- (2) 可燃物品、裝潢家具、建築材料或其組合有利於火勢漫延的可能性。
- (3) 預測作業區域，包含需要疏散與人員暴露在火、熱、濃煙或水之可能性。
- (4) 控制室或其他重要功能場所發生火災。
- (5) 關鍵設施缺乏通道或排煙設施，阻礙電廠運行或消防安全設備等運作。

(6) 缺乏防爆措施。

(7) 失去電力、失去控制或儀表電路損毀。

(8) 滅火系統誤動作。

四、消防安全設備之維護與替代對策

(一)選擇要設置自動滅火系統類型時，必須考量火災危險和健康危害、滅火藥劑的清理以及滅火藥劑對該區域重要系統、結構和構件的影響。

(二)除役期間可能會改變廠區內部配置和火災危害因子，可能需要建造臨時圍阻措施或結構，並且可能需要廢棄或拆除自動滅火系統，拆除或修改設施時，必須依照除役火災危害因子分析提供或維持足夠的手動滅火能力，以確保防止火災引起的放射性物質釋放。

五、施工中消防安全對策之建立：

(一)本場所進行施工時，應建立消防安全對策。如進行增建、改建、修建及室內裝修時，應依消防法施行細則第十五條第二項規定製定施工中消防防護計畫，並向當地政府機關消防單位申報。

(二)上述施工中消防防護計畫之製作，應依據「製定現有建築

物（場所）施工中消防防護計畫指導須知」之規定辦理，並於實際開工日三天前，填具「現有建築物（場所）施工中消防防護計畫提報表」，並依檢附「現有建築物（場所）施工中消防防護計畫自行檢查表」及「現有建築物（場所）施工中消防防護計畫」，提報轄區政府機關消防單位。

(三) 防火管理人於施工時，應注意下列事項：

1. 一般注意事項：

- (1)應對施工現場可能之危害，進行分析評估，並注意強風、地震、粉塵等特殊氣候或施工狀態下可能造成的影響，採取有效之預防措施。
- (2)應定期及不定期檢查施工現場周遭情形，建立督導及回報機制。
- (3)應採取增加巡邏次數等強化監視體制之措施。
- (4)建築物施工場所，如需停止消防安全設備之功能，應採取相關替代防護措施及增配滅火器，並強化滅火、通報等相關安全措施，並嚴禁施工人員吸菸及不當之用火用電。
- (5)評估每個臨時結構物內、外部的自動或手動滅火能力

是否足夠。

(6)為防止縱火，有關施工器材、設備等，應確實收拾整理，並建立管制機制。

(7)施工現場應建立用火用電等火源管理機制，同時對現場人員妥善編組，確保火災發生時，能發揮初期應變之功能。

2.進行熔接、熔切、電焊、研磨、熱塑、瀝青等會產生火花之工程作業時，為防止施工作業之火焰或火花飛散、掉落致引起火災，除依前述「一般注意事項」外，應採取下列措施：

(1)應避免在可燃物附近作業，但作業時確實無法避開可燃物者，應在可燃物周圍，採用不燃材料、披覆防焰帆布或區劃分隔等防處措施，予以有效隔離。

(2)作業前應由施工負責人指定防火負責人及火源責任者，進行施工前安全確認，並加強作業中之監視及作業後之檢查。

(3)施工單位在實施熔接、熔切、焊接等會產生火花之作業時，應於週邊備有數具滅火器等滅火設備，俾能隨

時應變滅火。

(4)各施工場所應由防火責任者，依施工進行情形，定期向施工負責人及防火管理人報告。

(5)使用危險物品或易燃物品時，應知會施工負責人及防火管理人，採取加強防護措施。

3.施工期間應事先公告及通知有關人員，依下列原則辦理教育訓練：

(1) 防火防災教育及訓練，必須包括全體員工及施工人員。

(2)教育訓練之內容，應包括潛在之危險區域及防處作為、緊急應變程序、通訊聯絡機制、疏散避難路線、消防機具及滅火設備之位置及操作方法等有關之防火管理措施及應變要領。

(3)進行教育訓練時，應包含滅火、通報，避難引導、安全防護及緊急救護等相關事項，且就有關人員予以編組，實際進行模擬演練。

(4)有雇用外籍人士時，應一併實施防火防災教育及訓練。

(5)施工期間之教育訓練，應於各項工程開工前為之，並

應定期實施再教育訓練。

4. 臨時外牆和結構的控制：防火計劃應解決由臨時圍牆和結構的建造和位置所造成的火災危險。防火計劃應評估每個臨時結構內部和外部對自動或手動滅火能力的需求。應根據 RG1.191 監管指南 3.4「易燃物料的控制」，盡量減少和控制易燃建築物料的使用。NFPA 241 第 2 章「臨時結構、設備和存儲」包含了有關控制與臨時結構的火災危險的其他資訊和指引。臨時結構不得對含有放射性物質或放射性污染的發電廠結構、或受污染的廢料堆積或存儲區域造成火災曝險。NFPA 80A「保護建築物免受外部火災的推薦做法」包含了有關適當隔離建築物的指引，以最大程度地減少火災的發生。
5. 預防暴露結構和物料的火災：防火計劃應確定控制措施，以保護含有放射性物質的結構免受火災的傷害。應考慮由瞬態易燃物（包括存儲的物料、碎片、植被、以及附近或鄰近的結構）所造成的火災危險。更多資訊可見於 NFPA 80A 中。

六、縱火防制對策：

(一)平時之縱火防制對策：

- 1.建築基地內、走廊、樓梯間及洗手間等場所，不得放置可燃物。
- 2.加強對於進出人員之過濾及查核。
- 3.設置監控設備，並加強死角之巡查機制，同時建立假日、夜間等之巡邏體制。
- 4.整理並移除場所周邊之可燃物。
- 5.加強對於出入口之特定人員及出入者之確認及監控。
- 6.最後一位離開者，應做好火源管理，並關閉門窗上鎖。
- 7.落實汽（機）車停放之安全管理。

(二)附近發生連續縱火案件時之對策：

- 1.加強死角之巡查機制，並強化假日及夜間之巡邏體制。
- 2.加強宣導員工落實縱火防制工作，並確實要求最後一位離開者，應關閉門窗上鎖。

參、自衛消防活動

一、自衛消防編組：

(一)為確保火災及其他災害發生時，能將損害損失減至最低，

故成立自衛消防隊設於○○（如一樓警衛室或防災中心等）

(*^註如場所範圍較大，可明顯區分責任區域，或者自行視場所特性之實際需求，增設地區隊) 及自衛消防地區隊。

(二)隊長等各級幹部之職責：

- 1.隊長於展開自衛消防活動時，擔任指揮發號施令，同時與消防隊保持密切連繫，順遂展開救災活動。
- 2.副隊長輔助隊長，當隊長不在時，代行其職務。
- 3.地區隊長擔任負責地區初期自衛消防活動之指揮工作，隨時與隊長保持密切連繫。
- 4.各班班長依其班別，負責滅火、通報、避難引導、安全防护及緊急救護等相關自衛消防編組活動。

二、自衛消防編組之裝備。

肆、假日暨夜間之防火管理體制

一、為確保夜間及假日之火災預防管理，本場所之值日人員（或保全人員），應定期巡邏各場所，以確保無異常現象。

二、列出本○○核電廠之夜間及假日之自衛消防編組及緊急聯絡電話，當夜間及假日發生火災時，應採取下列應變作為：

(一)立即通知政府機關消防單位（119），在進行初期滅火之同

時，應同時通報建築內部之出入人員，並依緊急通報系統，

聯絡自衛消防隊長及防火管理人。

- (二)與政府機關消防單位保持聯繫，將火災情形、延燒狀況等初期火災訊息，隨時提供消防隊掌控，並引導消防人員前往起火地點。

伍、地震防救對策

一、為防範地震造成之災害，場所內應準備必要之防災用品，防火管理人及各樓層火源負責人，應透過防災教育周知所有從業人員，進行平時之安全管理時，並一併進行下列事項：

- (一)檢查附屬在建築物之設施如廣告牌、窗框、外壁等及陳列物品有無倒塌、掉落、鬆脫。
- (二)檢查燃氣設備、用火用電設備器具有無防止掉落措施，以及簡易自動滅火裝置、燃料自動停止裝置之動作狀況。
- (三)檢查危險物品有無掉落，傾倒之虞。
- (四)防火管理人應積極參加政府機關消防單位或防火團體舉辦之講習會或研討會，同時應隨時對從業人員辦理防火講習或宣導教育。

二、地震發生時應採取下列安全措施：

- (一)於用火用電設備器具周遭之員工，應確實切斷電（火）源，

並移除易燃物，經火源責任者確認後報告防火負責人，由防火負責人回報防火管理人（或指揮據點）。

(二)全體員工應確認周圍機具、物品等有無掉落及異常狀況，並告知火源負責人者轉知防火管理人（或指揮據點）。

三、地震發生後應採取下列安全措施：

(一)於用火用電設備器具周遭之員工，應確認電（火）源安全無虞後，方可使用相關設備。

(二)地震發生後如發生災害，於自身安全無虞下，應依自衛消防編組分工，進行救災。

(三)如有受傷者，應列入最優先之救援行動，採取必要之緊急救護措施。

(四)應蒐集相關資料地震資訊，適時通報建築內部人員，如須採取避難行動，應告知集結地點俾集體前往避難場所。

陸、瓦斯災害緊急處置

一、瓦斯洩漏時，應即關閉附近瓦斯開關，並嚴禁火源，同時立即通報瓦斯公司及 119，告知（場所名稱）之瓦斯洩漏位置（或樓層）及有無受傷人員（及人數），並進行場所內廣播，其廣播範例如下：“這裡是○○，現在在○○發生瓦斯釋放或擴散。

請立即關閉瓦斯關開關、停止使用用火、用電設備器具，並熄滅香煙等火源。各位顧客請依照本公司人員之指示避難。”

二、緊急聯絡電話如下：

單位名稱	電話	單位名稱	電話
____消防局	119	____瓦斯公司	()
____警察局	110	____公司主管	住宅：() 公司：() 行動電話：
____電力公司	()	____保全公司	()

柒、防災教育訓練

一、為落實宣導員工有關消防防護計畫之內容，並強化員工之防火防災觀念，藉由防災教育訓練之進行，以提昇全體員工之防災常識及應變能力。同時，防火管理人應積極參加政府機關消防單位或防火團體舉辦之講習或研討，同時應隨時對從業人員辦理防火講習會或宣導會。

二、實施對象：新進人員、廠內員工、承包商、自衛消防編組人員及廠內消防隊人員。

三、進行防災教育之重點如下：

(一)徹底周知消防防護計畫內容及從業人員之任務。

(二)有關火災預防上之遵守事項，以及火災或地震發生時之各項應變要領。

(三)其他火災預防上必要之事項。

四、有關新進人員、廠內員工、承包商、自衛消防編組人員及廠內消防隊人員等之教育訓練之實施時期、實施對象及實施次數，依下表進行：

對象	時期	次數	實施者		
			防火管理人	防火負責人	火源責任者
新進人員	採用時	乙次	○		
正式員工	()月、()月	每年二次以上	○		
<u>自衛消防編組人員</u> <u>廠內消防隊人員</u>	早晨集會時機	視需要進行		○	○
<u>承包商或</u> <u>臨時人員</u>	採用時	乙次	○		
	上班時	視需要進行		○	○

五、有關自衛消防編組人員之教育訓練：為強化自衛消防編組之應變能力，依消防法施行細則第十五條之規定，應每半年至少舉行滅火、通報及避難訓練乙次，每次訓練之實施不得少於四小時，本場所辦理相關訓練之規劃如下：

類 別		實施日期	內 容
部分訓練	通報連絡	() 月、() 月	假設災害發生時，應採取之通報連絡作為，包含場所內之人員通報及政府機關消防單位之通報等。
	滅 火	() 月、() 月	火災初期滅火要領，及進行滅火器、室內消防栓等之實際放射操作。
	避難引導	() 月、() 月	假設災害發生時，應採取之應變作為，包含避難指示、避難引導人員之配置及疏散內部收容人員等。
綜合演練		() 月、() 月	假設災害發生時，應採取之各項應變作為，包含狀況假設、起火地點之確認、通報連絡、初期滅火、形成區劃、避難引導、緊急救護及指揮聯繫等整體之災害初期應變措施等。
備考		1.部分訓練，係著重於單項動作之操作訓練；而綜合演練，係整合部分訓練進行整體之操作演練。 2.其它訓練演練，將視需要安排時間進行夜間（模擬）訓練、自衛消防隊各班之圖面模擬狀況訓練。	

六、有關廠區消防隊與緊急應變人員之教育訓練：

(一)消防隊成員和現場緊急應變人員應接受設施佈局、火災危

險、防火預案、消防設備、輻射危險、以及與消防操作有

關的健康物理方面的培訓。

(二)應定期進行演習以確保消防隊人員準備的情況和能力。

(三)應以書面形式說明發電廠培訓計劃，並應保留所有發電廠

消防隊培訓的書面記錄。

捌、附則

一、本計畫自○○年○○月○○日開始實施，基於防役期間過程的

動態性，應至少每年按照 RG1.191 監管指南重新評估被許可單

位的防火計劃，並根據需要予以修訂，以反映除役期間各個階段的設施狀況。防火計劃應解決下列性能目標。另為因應火災危害因子（FHA）時，應作適時適當的修正，以符合現況的需求。

二、本計畫製作完成後如有變更時，應即報當地政府機關消防單位。

第三節 除役期間火災危害分析案例

一、案例介紹²²

2013 年 6 月 7 日，南加州愛迪生公司（Southern California Edison Company，SCE）宣布「聖奧諾弗雷核電站（San Onofre Nuclear Generating Station，SONGS）」（如圖 3-1）之 2 號和 3 號機組永久除役計畫。2013 年 6 月 12 日，被許可人向 NRC 提交永久停止運營證明，以證明 SCE 已永久停止 SONGS 2 號和 3 號機組的電力運營。

²² <https://www.nrc.gov/info-finder/decommissioning/power-reactor/songs/decommissioning-plans.html>



圖 3- 1 SONG 核能發電廠照片²³

二、更新火災危害分析²⁴（Updated Fire Hazards Analysis）

SONGS 之 2 號和 3 號機組在火災危害分析更新部分包含下

列項目：

(一)重新設計著火區域與區劃，以明確定義廠區著火區域和區

劃之間的邊界。

(二)計劃管理的更新，以反映當前的廠區組織。

(三)每個區域/區劃所更新之火災危害分析（FHA）中增加火災

分析矩陣。其矩陣係為促使 SCE 工程師可以快速評估任何

設計更改後對 FHA 的影響性。

(四)使用保守的假設計算電纜托盤的可燃負荷量。

(五)新增每個區域最大允許火載量。

²³ <https://www.nrc.gov/info-finder/decommissioning/power-reactor/songs/decommissioning-plans.html>

²⁴ San Onofre 2&3 FHA Updated，UFHA 2/3-1.0 Amended: April 2009 TL: E048011，NRC

(六)新增火災區域和區劃特徵圖說、緊急照明設備圖說及指出

被許可方控制規範之障礙涵蓋圖。

(七)其他。

三、更新火災危害分析項目²⁵：

(一)位置概述：說明該區域位置、儲存物質、場所用途區分等

摘要資訊。

(二)火載量：預估區域發生火災之火載量。

(三)設定基本火災：由該區域儲存之可燃物品或進行之作業種

類推估基本火災型態，並進行火災危害潛勢分析。

(四)消防安全設備：該區域本身設置之消防安全設備與火災時

所能取得之鄰近消防安全設備。

(五)建築結構：該區域之建築物結構、具有之防火時效與特殊

應記載事項。

²⁵ 同註 24。

第四章 結論與建議

一、結論

國內消防法第 13 條針對防火管理所規範消防防護計畫應與核能相關規範與文獻資料結合應用，發展出適合除役期間核能發電廠專屬的消防防護計畫，本研究所提消防防護計畫擬定建議屬於一般通則性建議，對於細部內容撰寫時，應依各核能發電廠辦理除役時的各種狀態下擬定之。

二、建議

本研究為初期對核能發電廠除役期間進行建議擬定，而除役期間消防防護計畫最重要的任務是避免因火災造成內部至為重要的 SSC 傷害，進而導致輻射危害釋放或擴散，因此，本研究對於未來進行核能發電廠後續研究提出建議，針對除役期間核能發電廠每個區域之火災危害因子應為詳細的分析與論述，其火災危害分析應能分別辨識風險並對於重要安全結構、系統與構件提供適當防護措施

參考文獻

一、中文資料

1. 美國核能監管委員會 RG1.191「核能電廠除役及永久停機期間之消防計畫」。
2. 邱太銘（2011），國外核子動力反應器設施除役概況簡報資料，行政院原子能委員會核能研究所。
3. 核能電廠防火法規評估期末報告（核一廠），台灣電力股份有限公司，2011 年。
4. 行政院原子能委員會，核能發電廠火災危害分析技術之研究，2005 年。

二、日文資料

1. 日本「JEAG4103-2009 原子力発電所の火災防護管理指針」。
2. 原子力安全システム研究所，日米原子力発電所の自衛消防隊の運営に関する比較と考察，2011 年。
3. 原子力発電所向け国際ガイドライン（火災防護 編），国際原子力プールフォーラムを代表して出版，2015 年発行第 5 版。

4. 日本消防庁，原子力施設等における消防活動対策マニュアル，平成 26 年 3 月。
5. 東北電力株式会社，女川原子力発電所 2 号炉火災防護について，平成 29 年 12 月 19 日。
6. 移動式自動滅火設備 http://www.tokyo-bosai-setsubi.co.jp/c_bousaiseihin-p2.html
7. https://1f-all.jp/for_you/column/safety/

三、英文資料

1. NFPA 804
2. NFPA 805
3. INTERNATIONAL GUIDELINES FOR THE FIRE PROTECTION OF NUCLEAR POWER PLANTS，ISSUED IN 2015 ON BEHALF OF THE NUCLEAR POOLS' FORUM 5th EDITION
4. FIRE PROTECTION IN NUCLEAR POWER PLANTS,
Printed by the IAEA in Austria June 1992
5. Operational Safety including Commissioning (FANR-REG-16)
Version 0, Federal Authority for Nuclear Regulation (FANR)
P.O. Box 112021, Abu Dhabi, United Arab Emirates
6. INTERIM GUIDANCE ON SAFETY ASSESSMENTS OF

NUCLEAR FACILITIES RG-0019 Rev 0, NATIONAL
NUCLEAR REGULATOR

7. FIRE PROTECTION SYSTEMS FOR NUCLEAR
FACILITIES , STANDARD NO. AERB/NF/SS/FPS (Rev. 1) ,
GOVERNMENT OF INDIA
8. https://www.aec.gov.tw/webpage/control/waste/files/index_18_2_1-01.pdf
9. <https://www.nrc.gov/info-finder/decommissioning/power-reactor/songs/decommissioning-plans.html>
10. <https://www.nrc.gov/info-finder/decommissioning/power-reactor/songs/decommissioning-plans.html>
11. San Onofre 2&3 FHA Updated , UFHA 2/3-1.0 Amended:
April 2009 TL: E048011 , NRC