



財團法人 中華民國輻射防護協會

輻射防護簡訊

第 152 期

出刊日期 108 年 8 月 15 日

本期內容 CONTENT

簡介美國核能電廠除役法規的最新發展

1

筆者將介紹美國核管會目前正在修訂的除役法規內涵，制定的過程及時間表。這項新法規代表了美國近年來對核電廠除役作業的重視以及經驗上的成熟，同時也象徵了它在核能法規上邁向了一個更新的里程碑。

訓練班課程

6

公告本會各項訓練班開課時間

輻協新聞廣場

7

各項證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞

新書介紹—核設施除役之歷史發展與現況

9

Nuclear Decommissioning- Its History, Development and Current Status 一書由 Michele Laraia 所編寫，於 2018 年 8 月出版。這本書是作者長期從事除役工作的經驗分享，以編年的方式說明核設施除役發展進程與現況，其參考文獻中可瞭解相關的技術內容。

英國除役與放射性廢棄物管理暑期研習課程介紹

13

Informa 創立於 1971 年，是英國一所專業、致力於提供專業知識學習與人脈建立的訓練機構。除役與放射性廢棄物管理暑期研習課程 (Decommissioning and Radioactive Waste Management Summer School) 自 1984 年起辦理至今 (2019 年) 已有 35 年的歷史，文中筆者將概述課程，分享上課心得。

簡介美國核能電廠 除役法規的最新發展

作者 陳士友 教授
美國伊利諾理工學院
輻射防護協會海外諮詢委員

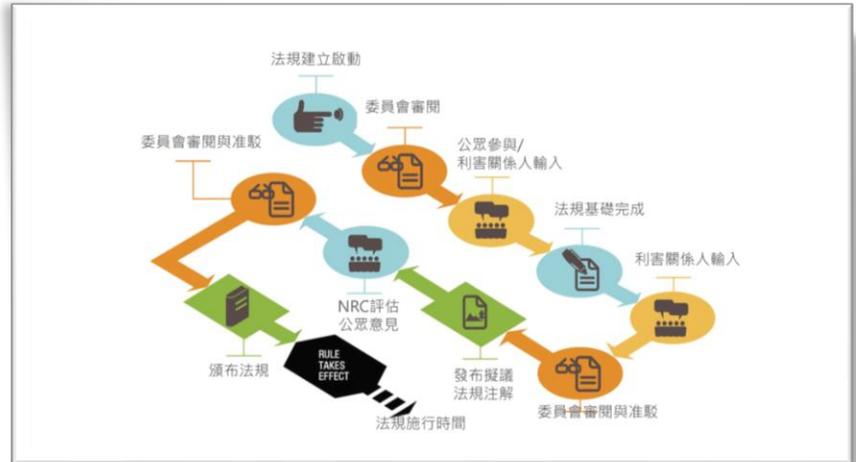


圖 1 美國典型的法規建立過程與事項

(圖片來源：[NRC](#))

前言

筆者應中華民國輻射防護協會的邀請為國內同仁們提供有關美國核能電廠的除役法規及經驗，為此輻協輻射防護簡訊今年在第 150 期分別以上下兩篇披露了拙作有關目前美國核能電廠除役作業與管制規範。而在本文中筆者將介紹美國核管會 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, NRC) 目前正在修訂的除役法規內涵，及其制定的過程及時間表。這項新法規代表了美國近年來對核電廠除役作業的重視以及經驗上的成熟，同時也象徵了它在核能法規上邁向了一個更新的里程碑，意義十分重大。筆者在本文中將就此作個簡介，為了節省篇幅起見，本文中有關現行的除役各項法規細節將略去不再詳述。

緣起

美國民營的核能工業自六十年代開始積極發展，於七十年代達到巔峰，在鼎盛時期總計有一百多座核電廠散布全美各地，這個歷史性的發展一直持續到 1979 年三哩島核子事故後告一段落。如果以一座核電廠為期四十年的執照時間來推算，目前大部分電廠的執照早已屆期，而應該面對除役的命運。然而從長遠的經濟效益而言，

絕大多數的電廠都選擇了延役一途，將既有的執照再延長了二十年。在這缺乏急迫性的氛圍下，美國核子管制委員會 (以下簡稱核管會) 積極的進行除役法規修訂。其中縱使有少數電廠在各總原因下選擇了除役，他們也都能在個案的考量下，運用現有的法規達到除役的目的。然而，近二十年來客觀情況有所丕變，一方面由於核廢料貯存的困難，另一方面在發電成本上日漸流失的競爭力，進而促使更多的核能電廠走上了除役一途。為了因應這個趨勢，近年來美國核管會在除役法規上下了不少工夫，並積極的推動最新的整合性法規，此法規可望在今年 (2019) 年底成案，正式上路。

美國除役法規的沿革及發展

美國的核能電廠法規一直到了 1988 年才正式將除役初步納入規範，而到了 1990 年初有鑑於首批核電廠的執照期限將屆，核管會於是開始著手籌

畫除役法規的正式修訂，現行的除役法規是 1996 年修訂的版本。為了更進一步整合法規的各項相關規範，核管會行政部門在 1997 -2001 年間開始提出了一系列的建議，其目的乃是在於降低除役作業的風險，同時也簡化其作業程序。

然而正當新的除役法規計畫上路的時候，美國發生了 2001 年 911 恐攻事件，而使得核管會的注意力轉移到其他更迫切的議題上。這麼一等就過了十多年，直到 2014 年美國杜克佛羅里達能源公司 (Duke Energy Florida, Inc.) 在其除役的作業計畫上提出緊急應變豁免 (Exemption from Emergency Planning Requirements) 申請後，核管會才下定決心於次年 (2015) 公告修法，重啟除役法規的修訂，進而廣徵各方意見，並決心在 2019 年年底前修訂完成。此一法規的重點如下：

1. 緊急應變計畫作業的簡化及整合；

2. 擷取過去的除役經驗;
3. 核管會在廠方所提出的停機後的除役作業報告 (PSDAR) 上所能做出的建言;
4. 評估三種除役方式 (立即拆除 DECON、安全暫存 SAFSTOR、固封除役 ENTOMB) 的適用性及相關的除役時程;
5. 如何決定地方政府及民眾在除役過程中應有的參與角色;
6. 其他核管會認為重要的議題。

此除役法規的修訂稱為-核設施過渡至除役的法規精進 (Regulatory Improvements for Production and Utilization Facilities Transitioning to Decommissioning) (筆者按：美國的核設施涵蓋所有核燃料循環，核能電廠是其中重要的一項設施)。為此核管會針對以上各項議題在 2017 年發布了除役法規的初級報告，包括了法規基礎 (regulatory basis) 及法規分析 (regulatory analysis)。在聽取了各方的意見後，核管會於 2017 年年底公告了新的法規基礎及分析以作為新法規的立案依據，同時還發布了法規所需的環評報告草案 (Draft Environmental Assessment, NRC 2018)。

新法規的修訂內容及重點

美國核管會除役新法規的修訂將涉及多方面的法規條文，以下列出將受到影響的幾項現行法規：

- 10 CFR Part 20, “輻射防護標準”
“Standards for Protection Against Radiation”

- 10 CFR Part 26, “職場適任程序”
“Fitness for Duty Programs”
- 10 CFR Part 50, “國內核設施許可”
“Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities”
- 10 CFR Part 51, “國內許可及相關監管功能之環境保護法規”
“Environmental Protection Regulations for Domestic Licensing and Related Regulatory Functions”
- 10 CFR Part 52, “核能電廠的執照, 認證, 及批准程序”
“Licenses, Certifications, and Approvals for Nuclear Power Plants”
- 10 CFR Part 72, “用過核燃料的獨立乾式貯存設施、高階核廢料及與反應器相關的超 C 類核廢料的申請許可要求”
“Licensing Requirements for the Independent Storage of Spent Nuclear Fuel, High-Level Radioactive Waste, and Reactor-Related Greater Than Class C Waste”
- 10 CFR Part 73, “廠內設施及物品的保護措施”
“Physical Protection of Plants and Materials”
- 10 CFR Part 140, “廠方財務保護規定及賠償同意書” “Financial Protection Requirements and Indemnity Agreements”

以目前的除役法規而言，廠方可依循 10 CFR Part 50 (舊型反應器) 或是 10 CFR Part 52 (新型反應器) 的規定，遵

循其中的除役條文 10 CFR 50.82 或 10 CFR 52.110 來進行各階段的作業，待除役完成後，就得以在 10 CFR 50 或 10 CFR 52 的規定下依法解除電廠現有的執照。因此，順著這一系列的法規架構及流程，核管會得以將其所要修訂的除役條文無縫接軌的建立現在現行的法規上。

以下簡單的列舉幾項新法規修訂的重點：

1. 緊急應變計畫

新的法規為目前的緊急應變法規 10 CFR 50.47 (緊急應變計畫) 及 10 CFR 50 Appendix E (核設施之緊急計畫及應變措施) 提供了四種漸進的執行方式：(1) 停役後的緊急應變計畫；(2) 用過核燃料永久移除於反應器爐心之外；(3) 只適用廠內獨立用過核燃料乾式貯存設施之緊急應變計畫；和 (4) 無須任何緊急應變計畫。這些情況在下一段會再進一步解釋。

2. 廠內設施及物品的保護

新法規在這方面會做個改變，尤其有關 10 CFR 50, 72 和 73 的部分，當電廠正要進入除役之時。這項改變只是限制在組織及人事上的改變，對於實質上的保護作業並無影響。

3. 網路安全

這是針對網路的安管問題的另外一項有關廠內設施的保護，尤其是有關 10 CFR 73.54 及 73.55 的法規，後者是當除役過程中用過核燃料還存在風險時，防止對核子物品的破壞。(見下文討論第一階段核燃料的風險評估)

4. 有關除役信託基金的動用

在 10 CFR 50.57 中，新法規將允許廠方較多的彈性的去動用除役信託基金，並准許廠方使用部分的基金在獨立用過核燃料乾式貯存設施 (ISFSI) 的管理上，不再需要由核管會核准。

5. 除役財務的保險

在某種條件下新法規不再硬性要求廠方維持特定的除役財務保險，尤其是當核燃料不再有廠外意外風險後，對財務保險的要求也就相對的降低。這項修訂將影響到 10 CFR 50 及 10 CFR 140 的相關作業。

6. 外國法人持有核電廠的條件

原先的法規在 10 CFR 50.38 中硬性規定外國法人不得持有核電廠的擁有權。一旦核電廠進入除役階段後，這項限制外國法人核電廠擁有權的立意已經不再存在，所以廠方在除役時若將電廠擁有權轉換給外國法人，將不再需要按原有法規申請。

新法修訂的動機及分析

➤ 鎖定修訂對象

當一座核電廠從正常運轉階段結束過渡到除役階段，它的營運方式也會自然地隨著變更。然而，在現行法規之下要做如此的變更，則需由廠方提出一系列應除役之需的執照修訂作業。例如核電廠除役的前提是將核燃料移出原子爐爐心，暫貯於燃料貯存池內。由於原先在爐心內可能存在的臨界意外風險已大大的降低，照理廠內原先的緊急應變計畫及措施就沒有必要再繼續維持。然而，礙於現行法規，廠方在還沒經過批准前卻不得擅自更改既有的規範，而必須經過執照的修訂來取得核管會的的豁免許可。由於這些執照修訂作業曠日廢時，常常帶給除役作業在人力及財力上相當的負擔。有關用過核燃料棒在貯存池內引起臨界的風險，在經過核管會研究後大致上已經認定是安全無虞 (見 NUREG-1738, Technical Study of

Spent Fuel Pool Accident Risk at Decommissioning Nuclear Power Plants, 2001)，這也就直接證明了電廠既有的緊急應變計畫並沒有繼續存在的必要性。

有鑑於此，核管會的法規分析鎖定了十數個優先項目，作為新除役法規整合的對象，其中包括了緊急應變計畫、除役保證金、人員藥物檢測等等，此外還加入網路安全、核子物品的安全監控等新的項目，林林總總共有十三項之多。核管會針對每一項目進行了法規的成本及效益分析，其分析基礎是建立在 2013 - 2014 間停役的四家電力公司中的五座核電廠 (表 1)。舉凡有關停役後所需的執照修訂作業，諸如公聽會的辦理、法規豁免申請、法規修正申請等等都包括在內，總計共有七十九次。由此可見，目前法規的規定的確造成了除役作業的繁瑣與不便，因此這些項目在法規整合過程中都得加以考慮是否要精簡或刪除。

表 1 近年來美國核電廠停役後的執照修訂作業一覽表^a

電廠名稱	永遠停機日期	除役方式	公聽會次數	法規豁免申請次數	法規修正申請次數	現有規範廢除次數	其他	合計
Kiwanee	2013 年 5 月	安全暫存 (SAFSTOR)	3	9	4	3	6	22
Chrystal River Unit 3	2013 年 2 月	安全暫存 (SAFSTOR)	3	5	5	2	4	16
SONGS Unit 2 & 3	2013 年 6 月	立即拆除 (DECON)	8	6	4	2	3	15
Vermont Yankee	2014 年 12 月	安全暫存 (SAFSTOR)	2	9	7	4	4	26
總計			16	29	20	11	19	79

a. 取自美國核管會法規分析報告 (2018)

► 採取漸進方式 (Graded Approach)

在發展新的除役法規時，核管會採用了一貫的漸進方式，即是建立本著風險為基礎而整合的法規。為此，核管會在電廠停役後將用過核燃料棒所貯存的情況而做成四階段的考量：

1. 第一階段 (Level 1)：這一階段起始於廠方正式發布電廠永久停役書 (Certification of Permanent Cessation of Power Operations)，一直到核燃料自反應器爐心永久移除，暫存於用過燃料池中 (冷卻)。在這段期間，廠址內可能存在的風險乃是在於燃料池突然 (在十小時內) 失水而引起核燃料因過熱而溶解。由於用

過核燃料在前十個月內的衰變熱還是很高，因此在這個階段必須考慮這項風險存在的可能性。

2. 第二階段 (Level 2)：這一階段類似於第一階段，只是核燃料在用過燃料池中已超過十個月，即使用過燃料池中突然因意外而失水的情況下，短期內也不至於引起重大的核子意外事故。

3. 第三階段 (Level 3)：在這一階段，所有用過核燃料已自反應器爐心移除超過十五年，而且都已經安全置放於廠內的獨立乾式貯存設施 (ISFSI)。核管會假設核燃料會在獨立乾式貯存設施內總共存放十六年

後，再移到廠外用過核燃料處置設施，這也是目前的假設。

4. 第四階段 (Level 4)：在這階段所有用過核燃料假設都已經移到廠外設施。

新法規的分析根據以上四個階段的情況，每進行一個步驟其可能的風險就會隨著遞減，因循著這個過程，有些現行的法規將被取消或者變更原有規範，其中最有代表性的就是有關緊急應變的計畫。若按照現行法規 (10 CFR 50 Appendix E) 的規定，即便在除役期間核子意外的風險已經大大的降低或不存在，廠方仍必須繼續執行原有的緊急應變計畫。

表 2 新除役法規的各項成本效益分析結果^a

項目編號	除役法規項目	淨效益 (或成本) ^{b,c} , (2018 百萬美元 ; 7% NPV ^d)
1	緊急應變計畫	\$7.74
2	廠內設施及物品保護	\$0.88
3	網路安全措施	\$0.08
4	員工藥物檢測	\$7.02
5	核燃料搬運員工的認證及定義以及取消值班的技術指導員	\$0.37
6	除役基金的保證	\$2.06
7	廠指內外的意外財務保證	\$0.56
8	環境的考量	(\$0.04)
9	記錄存檔的要求	\$0.24
10	低階核廢料外運的時程	\$0.16
11	用過核燃料的處置計畫	(\$0.30)
12	回應法規的額外作業	(\$0.06)
13	外國擁有權	\$0.08
	總計	\$18.80

a. 取自核管會法規分析報告 (2018)

b. 所有的結果代表初步的估算

c. 所有的結果與投資時間及回報率息息相關

d. NPV= Net Present Value (淨現值，計算長期投資的回報值)

► 建立成本效益的分析

核管會針對著新法規做了本益成效的分析 (Cost-Benefit Analysis) · 其詳細內容見諸於法規分析報告 (NRC Regulatory Analysis 2018) · 核管會除了評估風險之外還逐項進行了法規執行後的成本效益分析 · 表 2 為分析的結果 · 從表 2 中我們可以看出逐條法規的淨效益 · 總計新的除役法規會為每座核能電廠節省了大約一千八百多萬美元之多 · 其中有關緊急應變計畫及員工藥物檢測就佔了將近一千五百萬美元 · 佔全部淨效益的百分之八十 · 就整體的分析看來 · 新的除役法規將會為核能電廠的除役作業帶來可觀的正面經濟效益 ·

結論

經過多年來的努力以及凝聚了各方的意見後 · 美國核管會結束了其精細而繁重的作業及分析 · 為現階段法規訂定了深厚的基礎 · 為此 · 核管會在 2018 年 5 月 7 日 (SECY-18-0055) 發布了草擬的核設施過渡至除役的法規精進 (Regulatory Improvements for Production and Utilization Facilities Transitioning to Decommissioning) 法規文件供各方參考 · 其中附帶了下列幾項基礎文件：

- 法規分析
- 法規指南
- 環評報告

待核管會蒐集了更多的意見之後 · 將於今年 (2019) 年底正式將此除役法規公告成法 · 同時也會相繼發表相關的法規規範及技術指導報告 (例如 NUREG 及 Regulatory Guide) ·

後記

筆者十分慶幸美國核管會在短短幾年內能將延宕多年的核能電廠除役法規獲得了如此重大的進展 · 使得漸漸興起的除役事業有著更確切而完整的法規依據 · 因此筆者對此新除役法規有著相當的興趣與期待 · 將來若有更新的發展會再向國內同仁們作個匯報 ·



參考文獻

1. 中華民國輻射防護協會輻射防護簡訊第 150 期 (2019 年 4 月).
2. US NRC SECY-18-055, Proposed Rule: Regulatory Improvements for Production and Utilization Facilities Transitioning to Decommissioning (RIN 3150-AJ59) (May 7, 2018).
3. US NRC, Regulatory Analysis for the Proposed Rule: Regulatory Improvements for Production and Utilization Facilities Transitioning to Decommissioning (May 2018).
4. US NRC, Regulatory Guidance for the Proposed Rule—Regulatory Improvements for Production and Utilization Facilities Transitioning to Decommissioning (May 2018).
5. US NRC, Regulatory Guidance for the Proposed Rule—Regulatory Improvements for Production and Utilization Facilities Transitioning to Decommissioning (May 2018).
6. U.S. NRC, Draft Environmental Assessment for the Proposed Rule—Regulatory Improvements for Production and Utilization Facilities Transitioning to Decommissioning (May 2018).
7. U.S. NRC, NUREG-1738, Technical Study of Spent Fuel Pool Accident Risk at Decommissioning Nuclear Power Plants (2001).
8. Gregoire, Tim, The New Decommissioning Rules, Nuclear News, Vol. 60, No. 13, American Nuclear Society (December 2017).
9. NEI, "NEI Comments on the NRC Draft Regulatory Basis Document Regulatory Improvements for Power Reactors Transitioning to Decommissioning; Docket ID: NRC-2015-0070" (June 13, 2017).



訓練班課程(108 年度)

放射性物質或可發生游離
輻射設備操作人員研習班

A 組 36 小時-許可類

A3 新竹 帝國經貿大樓

7 月 16 日~7 月 23 日

A4 高雄 帝國經貿大樓

8 月 6 日~8 月 13 日

B 組 18 小時-登記類

B12 高雄 文化大學推廣部

7 月 3 日~7 月 5 日

B13 新竹 帝國經貿大樓

7 月 24 日~7 月 26 日

B14 台北 建國大樓

8 月 13 日~8 月 15 日

B15 台中 文化大學推廣部

8 月 27 日~8 月 29 日

B16 高雄 文化大學推廣部

9 月 17 日~9 月 19 日

B17 新竹 帝國經貿大樓

9 月 24 日~9 月 26 日

B18 台北 建國大樓

10 月 2 日~10 月 4 日

B19 台中 文化大學推廣部

10 月 22 日~10 月 24 日

輻射防護專業人員訓練班：
輻防員(108 小時) / 輻防師
(144 小時)

員 35 期

新竹 帝國經貿大樓

第一階段

7 月 1 日~5 日

第二階段

7 月 8 日~12 日

第三階段

7 月 29 日~8 月 2 日

第四階段

8 月 5 日~8 月 8 日

進階 22

新竹 帝國經貿大樓

第一階段

8 月 14 日~8 月 16 日

第二階段

8 月 19 日~8 月 21 日

輻射防護繼續教育訓練班
(3/6 小時)

台中 文化大學推廣部

7 月 19 日(上午&下午)

台北 建國大樓

8 月 23 日(上午&下午)

新竹 清華大學

8 月 30 日(上午&下午)

高雄 科學工藝博物館南館

10 月 8 日(上午&下午)

台中 文化大學推廣部

10 月 18 日(上午&下午)

鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練班

鋼 3 新竹 帝國經貿大樓

9 月 10~9 月 11 日

鋼 4 高雄 文化大學推廣部

10 月 16~10 月 17 日

上課地點

台北

建國大樓：台北市館前路
28 號

新竹

帝國經貿大樓：新竹市光復
路二段 295 號 20 樓

台中

文化大學推廣部：台中市西
屯區台灣大道三段 658 號

高雄

國立科學工藝博物館-南館：
高雄市三民區九如一路
797 號

文化大學推廣部高雄教育
中心：高雄市前金區中正
四路 215 號 3 樓

課程安排問題，請聯絡本會，電話 (03) 572-2224

分機 313 李貞君 (繼續教育)；

314 林珽汶 (專業人員)；

315 邱靜宜 (鋼鐵建材、放射性物質與游離輻射設備)

傳真 (03) 572-2521315



輻防新聞廣場

最新證照考試日期與榜單

- 行政院原子能委員會 108 年第 2 次輻射防護及操作人員測驗
[訊息連結](#)

報名期間：民國 108 年 8 月 5 日起至 8 月 23 日截止。

測驗日期：民國 108 年 10 月 26 日(星期六)。

測驗地點：

台北試區：考試院國家考場(台北市文山區木柵路 1 段 72 號)

高雄試區：高雄市立三民高級家事商業學校(高雄市左營區裕誠路 1102 號)

詳細報名簡章等相關測驗資料，請點選下方(相關網站)即可下載瀏覽。

相關連結：[輻防及輻安測驗](#)

國內新聞

- 行政院原子能委員會發布對 108 年 7 月 15 日媒體刊載「核一廠假除役真大修」之回應說明。
[訊息連結](#)

對 7 月 15 日媒體刊載「核一廠假除役真大修」乙文，原能會感謝作者長期關心國內核能安全，並就核一廠除役提出觀察與建言，以下謹就核能安全主管機關的立場，針對部分觀察與建言補充澄清說明如下

一、本會已於今(108)年 7 月 12 日依核子反應器設施管制法(以下簡稱核管法)第 23 條規定核發核一廠除役許可，並將於 7 月 16 日生效。除役許可生效後，台電公司即需依除役計畫展開除役作業，本會亦將督促台電公司確實落實除役計畫。

二、核一廠 2 部機組於運轉執照屆期，除役許可生效後，依核管法第 6 條即不得再有運轉之情事外，並須依核管法第 21、25 條等相關規定，於除役許可生效後 25 年內，依除役計畫於完成除役，除役就是除役，並無所謂假除役，也不會有重啟的議題。此與先前核二廠 2 號機因設備故障，較長時間停機檢修後，於運轉執照有效期間內申請起動之狀況，並不相同。

三、核一廠進入除役階段，在核子反應器及用過燃料池內仍有用過核子燃料期間，本會已要求台電公司對於核子反應器及用過燃料池相關設備必須比照運轉期間管制，以確保用過核子燃料安全。至於其他設備，則可依除役計畫進行停用隔離，以及拆除之規劃與作業。故除役期間之維護作業，與運轉期間為機組再起動運轉發電之大修維護，在範圍及目的並不相同。

四、本會除將持續監督用過核子燃料的貯存安全外，後續並將督促台電公司確實落實除役計畫。最後再次感謝作者長期以來，對我國核能安全與核電廠除役，所投注之關心與提出觀察建言。(發布日期 108 年 7 月 15 日)

- ➔ 行政院原子能委員會發布有關媒體報導俄國北部發生武器爆炸導致輻射劑量飆高之情事，目前瞭解尚無輻射外洩擴散之回應說明。[訊息連結](#)

有關媒體報導俄國北部某軍事基地 8 月 8 日測試武器時發生爆炸，導致北德文斯克市的加馬輻射量激增到平常的 20 倍，並持續將近半小時一事，原能會持續密切注意事件發展，相關作為及掌握資訊說明如下：

一、原能會的核安監管中心及輻射偵測中心，立即加強監控全國 53 處即時環境輻射監測站數據變化，國內環境輻射監測值均為正常。

二、俄國鄰近國家之官方單位包括大陸生態環境部、日本原子力規制委員會 (NRA) 及南韓核能安全與保安委員會 (NSSC) 迄今均未發布相關消息，各國環境輻射監測數據亦在正常背景值範圍內。

三、全民的原能會以國人的輻安守護者為己任，自事件發生起便高度關注後續發展與全時監控國內環境輻射變化。未來如確認俄國爆炸案有輻射外洩情形，原能會將立即啟動強化監控機制，並將即時發布輻射監控結果，讓民眾掌握相關最新訊息。

(發布日期 108 年 8 月 10 日)

即時訊息與新知分享

- ➔ 輻射偵測中心公告對外技術服務下載申請表更新。[訊息連結](#)

相關連結：[對外技術服務下載申請表更新](#) (發布日期 108 年 8 月 1 日)

- ➔ 輻射偵測中心發布 108 年 7 月份輻安預警自動監測月報。[訊息連結](#)

相關連結：[輻安預警自動監測月報-108 年 7 月](#) (發布日期 108 年 8 月 12 日)
產量表

- ➔ 放射性物料管理局更新管制動態 - 小產源放射性廢棄物。

相關連結：[小產源放射性廢棄物產量表](#) (更新日期 108 年 8 月 13 日)

- ➔ 2019 核能電廠除役技術研討：MARSAME 基本方法與應用經驗

2019 核能電廠除役技術研討
MARSAME 基本方法與應用經驗

- MARSAME 的基本架構、檢測方法與設計
- MARSAME 的特性與優點
- MARSAME 的應用經驗
- 應用與討論

8/27 (二)
下午 13:30-17:00

清華大學綠能館 R208
(新竹市光復路二段 101 號)

主講人：吳全富博士
CHUAN-FU WU Ph.D.

- ◆ 2013-今 美國能源部核能公司 ES&H Solutions 負責人
- ◆ 2011-2013 美國 ATL International 顧問公司 副總裁
- ◆ 2000-2011 美國能源部 聯邦核能主管 (2007-2011)
- ◆ 1988-2000 美國華盛頓州核能及燃料公司 技術部門經理
- ◆ 國際電工委員會核能技術小組 (40 國家委員會代表、分組召集人)
- ◆ 國際核能管理委員會諮詢委員會委員
- ◆ 美國核能除役諮詢委員會委員
- ◆ 美國核能除役諮詢委員會委員
- ◆ 美國核能除役諮詢委員會委員 (2016) 主席與分會會長 (2004)

報名資訊
http://chuanfuwu.com/2019

主辦單位：中國核能學會核能除役技術委員會 協辦單位：美國核能除役諮詢委員會 中國核能學會核能除役技術委員會 中國核能學會核能除役技術委員會

由財團法人中華民國輻射防護協會與清華大學核子工程與科學研究所共同主辦邀請吳全富博士來台演講。內容將針對 MARSAME 的基本架構、檢測方法與設計、特性和優點、以及應用經驗做重點式的解說。

活動時間：8 月 27 日(星期二) 下午 1:30-5:00

活動地點：清華大學綠能館 R208

詳細資訊&報名：[由此報名](#) (8/20 下午 6 時止)

新書介紹— 核設施除役之歷史發展與現況

編譯者 尹學禮
輻射防護協會 顧問

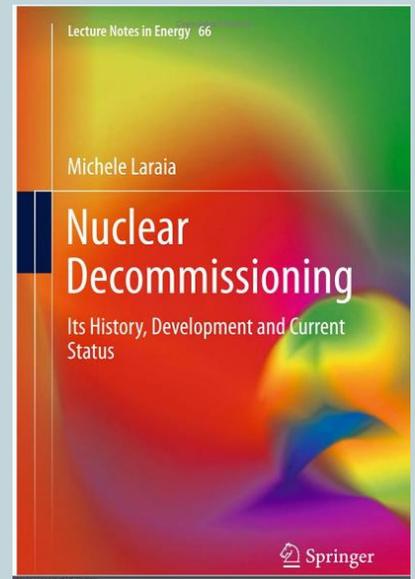
Nuclear Decommissioning- Its History, Development and Current Status 一書由 Michele Laraia 所編寫，於 2018 年 8 月出版。本書除前言外，共分為十個章節，前言中介紹國際上與核設施除役相關的一些組織，包括國際原子能總署(IAEA)，經濟合作暨發展組織(OECD)，歐盟(EC)，美國能源部(DOE)及核管會(NRC)等，及其在除役領域的貢獻。目的為說明除役工作的過去歷史、現在狀況、以及未來發展的前景。這本書是作者長期從事除役工作的經驗分享，以編年的方式說明核設施除役發展進程與現況，其參考文獻中可瞭解相關的技術內容，其中第十章是作者彙總說明除役的發展現況與展望，特別提出技術與管理上仍待改善的項目，都能切中要點，可以看出作者的語重心長。以下簡短的介紹十個章節的內容。

第一章簡介。除役工業是集合不同之專業、經驗、知識等的一項新型工業。創新是推動新型工業成長最主要的推動力量，而支持創新的因素包括需求性、相關領域的專業人員、以及充分的財務能力。

第一章附錄說明除役計畫之成長率。自 1963 年後，核電廠的老化及新型核電廠的發展是造成核電廠關廠之主要因素，其餘因素包含更嚴格的安全規範、核能計畫的停滯、廢核趨勢、以及 2011 年日本福島核電廠事故後的影響等。

第二章說明核設施除役是具有相同目的各項工業之組合。相關技術課題包括環境污染防治之輻射防護方法，廢棄物管理，及人員訓練與成本估算等。由字義而言，decommission 字首 de 的意義是分開或是移除，而 commission 意思是指將責任賦予某人的行為，因此除役 decommission 就是將設施運轉的執照予以收回的意思。

第三章說明除役工作的歷史演進。早期未做除役計畫，所以許多研究用反應器及核燃料相關設施，都處於半廢棄的狀態。在 1980 與 1990 年代，除役的研發計畫很多，目的是向民眾證明除役與其技術的可行。至 2000 年時已有一些電廠進行除役，累積了相當的經驗，而除役工作之文化面與民眾的需求考量是需要重視的新課題。



書籍資料

Nuclear Decommissioning Its History, Development, and Current Status

Author: Michele Laraia

- Series: Lecture Notes in Energy (Book 66)
- Hardcover: 127 pages
- Publisher: Springer; 1st ed. 2018 edition (April 15, 2018)
- Language: English
- ISBN-10: 3319759159
- ISBN-13: 978-3319759159

Table of Contents 目錄

Chapter 1 Introduction: How a New Industry Comes About	
Chapter 2 Nuclear Decommissioning as “Combination” of Different Industries with One and Same Objective	
Chapter 3 The Historical Evolution of Decommissioning	
Chapter 4 The Beginnings: 1960s	
Chapter 5 The Awareness: 1970s	
Chapter 6 Research and Development: 1980s, 1990s	
Chapter 7 The Maturity (1990s, 2000s)	
Chapter 8 New Issues Emerge	
Chapter 9 Founders and Early Scientists	
Chapter 10 Take Stock of Progress and Look Ahead	



(作者 Michele Laraia)

第四章說明除役於 1960 年代創始期的進展。最早之除役計畫，是二次大戰期間美國曼哈頓計畫 CP-1，於 1943 年改建為 CP-2，並持續運轉至 1954 年加以拆除掩埋。SL-1 反應器於 1961 年事故後是第一個全面的除役計畫，為因應作業時的高輻射，也設計了吊車及屏蔽以保護工作人員。早期除役時，較重視易量測的核種，而後逐漸開始考量廢棄物處置時較長半化期之核種。針對難測核種，也發展出比例因數的關係。

第四章附錄說明除役策略之演化。核電廠自永久停止運轉後，先會將燃料送至用過燃料池貯存，準備將來作再處理或運送至獨立之用過燃料貯存設施。IAEA 於 1975 年確認了核電廠除役的三階段，包括監管下之貯存，限制性以及非限制性之場址使用。至 1990 年代末期，IAEA 改為採取立即拆除、安全暫存、以及固封除役(即是就地處置)等三項除役的策略。IAEA 於 2014 年並說明除役最好採立即拆除的方式。在美國，由於核廢料處置場的可獲得性可能日漸減少，以及對未來除役經費的不確定性，許多反應器之除役採取立即拆除。東歐許多國家則因為核設施並未於其運轉期存下足夠的除役經費而採取延

後拆除策略。選擇除役策略的主要標準，包括輻射因素、核廢料管理與處置、土地之使用、公眾意見、相關法規、合乎道德的因素、經驗與專業知識、以及計畫的複雜性等。目前立即拆除與安全暫存之比例約各佔一半。

第五章說明 1970 年代覺醒期的進展。包括除污、管路切割等除役技術。IAEA 於 1975 年的報告中，說明包括除役各階段之定義、場址限制性與非限制性釋出的標準、核設施除役之設計、設備與技術的發展、除役產生之廢棄物、除役之費用以及國際合作等事項。並於 1978 年的研討會中指出可以安全而經濟地除役，並恢復廠址作非限制性之使用。1974 年美國 Elk River 是第一台進行除役的核能電廠，樹立了除役的典範。早期的除役只規範個人劑量的限度，後來也逐漸重視集體劑量。

第五章附錄 1 說明除役時的清潔標準。IAEA 於 2004 年出版之 RS-G-1.7 提供了不同核種的清潔標準，惟相關參數如平均品質、監測方法、使用儀器、統計方式等，仍需輔助指引以完成評估。美國除役作業之解除管制的標準為 0.25mSv/y，因為這劑量值相當低無法

直接量測，故通常是用管制單位所接受之 RESRAD 程式做評估。

第五章附錄 2 說明核設施嚴重事故後之除役。事故後包括安定化、恢復以及最終除役等作業階段。事故後除役面對的不確定性因素，包括輻射污染的程度、廢棄物的產生及其管理、相關法規的規定、紀錄及相關數據的管理、人力與財力資源、以及利益相關者的介入等。

第五章附錄 3 說明核設施除役之決策。是否於拆除前進行除污需考量除污作業產生的二次污染及廢棄物；選擇廢棄物採取循環再利用或進行貯存處置的策略時，必須考量國家政策、民眾意見、技術妥適性、風險分析以及總體經濟之效益等因素。最重要的就是所採取的策略應達成除役預期的目標。

第六章說明 1980 與 1990 年代的研究發展期。在此時期共有三種國際合作方式，包括雙邊合作、區域合作、以及透過網路的國際合作等。其益處包括分享與學習、產生串級效應、利用同儕審查強化可靠性、以及透過合作與資訊的交換查核進度等。1984-1989 年間歐盟

之相關計畫包括建物與系統的長期穩處理、貯存廢棄物之大型容器、除役期間廢棄物產生量之估算、以及設計特性對除役之影響等；美國能源部啟動了針對環境管理的相關研究發展計畫；日本之 JPDR 計畫是測試與比較除役之相關技術，其研究的領域包括計畫管理、除污、遙控、拆除工具、與核種盤存估算等。1990 年代 IAEA 推行的計畫包括核設施之除污與除役、除污之新方法與技術、研究用反應器之除役技術等。2000 年後相關除役研發工作之趨勢，相當重視機器人的研究發展與應用。

第七章說明 1990 與 2000 年代成熟期的進展。大型反應器除役已證明是安全、可管理、而且具有成本效益的，因此建立了除役產業市場。20 世紀末，由於機器人與電腦的發展，使得除役技術更為強大，也解除了某些人對核設施除役可行性的疑惑。

第七章附錄 1 說明早期之除役規劃。1990 年 IAEA 說明應分為最初之規劃，運轉期間之定期修正規劃，以及永久停機時作最終規劃等。並於 2014 年說明，自建造成核設施開始，就需要提出除役計畫，於運轉期間應每五年更新除役計畫，並送請管制單位審查。

第七章附錄 2 說明有助於除役的設計規劃。設施建造時就應該考量未來除役的便利性，例如要便於切割、防止污染、減少廢棄物的產生量等。此外興建及運轉期間之紀錄，對除役作業是非常有價值的。

第七章附錄 3 說明研究用反應器與其他小型核設施之除役規劃。研究用反應器的特性是形式繁多、實驗廣泛、缺乏除役之經費、以及常靠近人群居住處所。由於這些特性，許多國家首次面對

研究用反應器的除役時，由於缺少規劃，未能及時除役，以致團隊解散，結構劣化，會需要更多的除役經費。

第七章附錄 4 說明極低微廢棄物 VLLW 之情況。早期廢棄物是依可壓縮性、可燃性，及表面劑量率來分類。IAEA 於 2009 年提出了極低微廢棄物 VLLW 類別，好處是可以做淺表掩埋處置，管制措施少，運送及人員成本低。

第八章說明新出現的課題。2000 年代初期，除役計畫最大的限制，是規劃與管理的不足，以及對責任的確認與轉移不夠清楚。IAEA 提出了有關除役規劃與執行的六個重點，包括除役計畫是動態且易變動的、與利益關係人的溝通至為關鍵、明確的最終狀態是除役的最高指標、必須有充足之經費、除役計畫之人員與組織要及早定案、重視專業人士與外包商以及執照持有者要負除役主要的責任。

第八章附錄說明除役成本的估算。早期對核設施除役成本的估算，是以其建造成本的 10-15% 為依據。由於除役所需之費用與廢棄物的數量相關，應先估算每一項工作需要的費用，再彙總出除役的成本。OECD、IAEA 與 EC 於 2012 年更新出版了黃皮書，說明規劃之除役成本項目清單，書中對除役活動分為 11 項類別，大致包括運轉前之措施、設施停止運轉的措施、拆除的措施、廢棄物之處理、計畫之管理、研究與發展、以及燃料與核廢料等。OECD/NEA 於 2013 年成立了除役費用專家小組，探討除役所需的費用，以及如何管理除役基金等。

第九章說明除役工作之奠基者與早期的科學家們。其中包括 André Crégut 先生，自 1957 年開始在法國從事核子反

應器運轉之工作，後加入了法國的 CEA，退休後加入美國之 NEXI 公司為技術主任。Chuck Negin 先生，於 1970 年代至 1990 年代，在商用核電工業界工作，是開啟核電廠延役至 60 年的先驅。Paul Woolam 先生，自 1975 年開始加入研究用反應器除役計畫，在 OECD/NEA 擔任除役政策、策略及成本專家小組的主席。Tom La Guardia 先生，有超過 48 年除役規劃與管理的經驗，於 1986 年編寫第一本核電廠除役成本之教科書。

第十章對相關進展做彙總並提出前景。雖然除役相關技術已很成熟，但對第一次面對除役工作的國家仍是挑戰。對除役之要求是快速、安全、可靠、且費用合宜，目前待改善者，包括了減少成本及財務風險、簡化廢棄物之管理、以及減少輻射曝露及工業風險等。以下為幾項相關進展的說明：

1. 強化輻射特性偵檢的技術，包括使用 GPS 確認位置，使用輻射探頭以瞭解管線內輻射狀況，使用遙控量測儀器於難測位置之輻射狀況。
2. 加強研究污染的化學特性以利除污作業，也應研究防止二次污染等。
3. 由於用過燃料與用過射源之運送困難，最終處置場之進度也遇到了障礙，可先採用用過燃料乾式貯存設施作過渡。
4. 非輻射與輻射影響具有相同的重要性，工安與意外的防止，是未來核設施除役的重點。
5. 減少廢棄物之趨勢是儘量做物料之再循環使用。可再加強發展廢棄物分離的偵檢儀器，以應對更嚴格難測的清潔標準。目前因處置場址獲得不易，也可

以先做現場之貯存，待處置場興建完成再進行最終處置。

6. 法規應要求業者定期更新除役計畫，美國核管會擬於核電廠之除役規定中，加入緊急應變、網路安全、人員訓練、除役信託基金、以及賠款等事宜。

7. 核設施由運轉進入除役階段，保留與傳承相關知識、專業人才與安全文化是三項相互關連的重要事項。對於未來擬不再使用核能的國家，更應保留專業人力與知識以確保除役作業的順利。最

好於核設施停止運轉後立即進行除役，以避免相關之設施資料、專業知識與人力的流失。

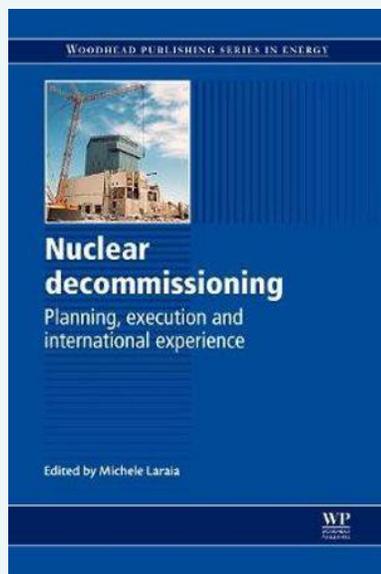
8. 核設施及周圍土地的除污工作，必須要符合未來規劃用途之使用標準。要確保有可靠之除役經費，未來的趨勢是業者應定期向主管機關報告其財務狀況，並告知利益相關者。

9. 要注意有關除役資訊的法律問題，雖然因許多人都需要使用除役的資料，而必須要透明化，但是例如用過燃料具有許多敏感資訊，必須依法予以保護。

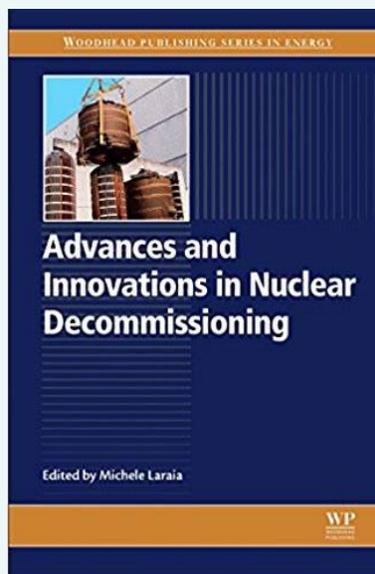
10. 應考量包括動機、行為、心態等總括為文化層面的因素。由於這涉及人的感覺，不易加以確認、量測與評估。例如失業症候群與需不斷調整工作環境，前者可透過訓練相關人員適應除役的工作，後者則需透過文化層面的和解，讓員工能與拆除作業的承包商等共同合作。



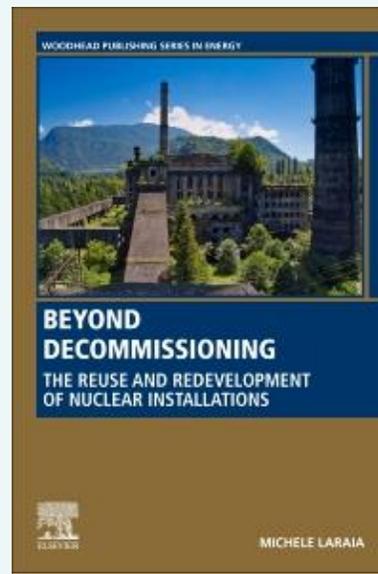
作者其他相關著作



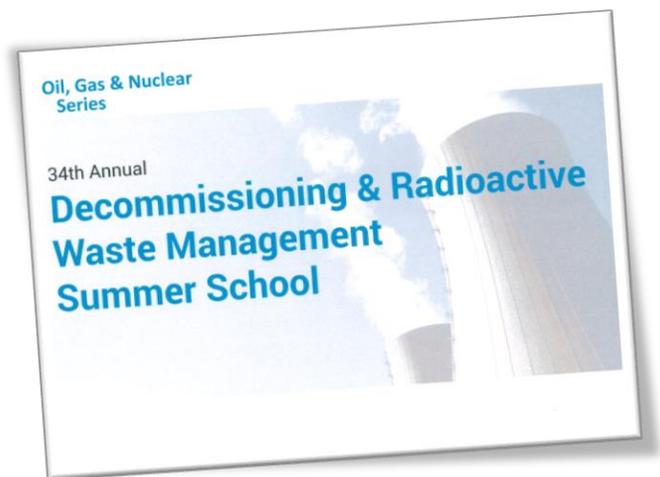
Nuclear Decommissioning :
Planning, Execution and
International Experience
出版日 06 Mar 2012



Advances and Innovations in
Nuclear Decommissioning
出版日 27 Jun 2017



Beyond Decommissioning :
The Reuse and Redevelopment
of Nuclear Installations
出版日 22 Jun 2019



英國除役與放射性廢棄物 管理暑期研習課程介紹

作者 陳瑋
中華民國輻射防護協會

前言

Informa 創立於 1971 年，是英國一所專業、致力於提供專業知識學習與人脈建立的訓練機構，其觸及領域涵蓋自動化、能源、金融、法律、生命科學、海洋、通訊科技等。而筆者於 2018 年參加的除役與放射性廢棄物管理暑期研習課程 (Decommissioning and Radioactive Waste Management Summer School) 正是能源方面相關的課程之一 (<https://knect365.com/>)，此課程自 1984 年起辦理至今 (2019 年) 已有 35 年的歷史，課程共 5 日，上課地點為英國劍橋大學的基督書院 (Christ's college)。

課程介紹

第 34 屆 Informa 自 20 個不同產、官、學界機構單位邀請到共 23 位講員。參加的學員來自比利時、英國、芬蘭、瑞典等國家，其中有一群是英國 Nuclear Decommissioning Authority (NDA) 的新進成員。據悉 NDA 經常讓單位內的新人來上這門暑期課程，一方面能建立相關領域的整體概念，一方面也可以建立人脈。此外，課程中亦邀請

NDA 職員擔任課堂講師介紹英國民生用核子反應器除役的策略。

這個暑期研習班特別之處是以歐洲國家的除役與放射性廢棄物管理為主要內容，課程內容大致可區分為六個主題，首先是從除役與放射性廢棄物管理的概述開始，接著談到除役過程中的考量，包含策略、風險管理、合約與財務方面，再聚焦到全球除役與廢棄物處理案例。課程的後半段則將重心放在放射性廢棄物相關的介紹，包含廢棄物的特性 (characterization)，廢棄物的包裝 (packaging) 處置以及管理等內容。

為了照顧前來上課的學員，課程機構每一年都會安排一位講師擔任類似班導師職務的角色，這位講師會全程陪同學員參與暑期研習班。本屆邀請 Derek Taylor 教授擔任此一職務，Dr. Derek 任職於英國諾汀罕大學 (University of Nottingham)，專長領域是地質能源 (geo-energy)。教授在歡迎致詞中表示他已擔任此角色多年，一開場就先恭喜大家說道，如果你已經或者正要踏入除役與放射性廢棄物管理領域的人，那麼這絕對是一個正在需要人力且持續發

展中的市場。經過教授與同學們間簡短的自我介紹後，便輕鬆地展開了這個短期的課程。

課程主要是以專題演講形式呈現。第一天講述除役與放射性廢棄物管理概述時邀請歐洲聯盟委員會 (European Commission)、歐洲核能機構 (OECD Nuclear Energy Agency, NEA) 與英國核能管制機構 Office for Nuclear Regulation 等單位之講員說明目前歐洲除役概況，介紹歐洲核能機構設立與除役相關小組的功能及活動，以及介紹英國核子設施、管制機構與其如何進行管制。其中講師提及從歐洲的除役經驗得出有三大議題是需要注意的：1. 權責範圍的釐清；2. 常被認為除役活動不夠透明化；3. 除役經費來源。

第二天到第三天課程談及除役過程的考量，除污、拆除的技術與方法，以及相關實務 (包含廢棄物處理) 案例的分享，包含德國、瑞典、英國的 Sellafield、Dounreay、Dragon 等設施。

在初始設計除役計畫時會以放射性活度作為分類的參考，並以實際數據以及電腦軟體輔助進行規劃。根據西屋公司

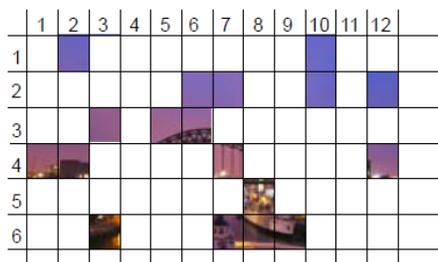
Joseph Boucau 先生上課提到除役花費結構顯示拆除活動 (37%) 為最大支出，廢棄物處理與處置 (10%)、場址清潔、復原 (15%) 等花費占比都是相當高的，而計畫管理、工程支持 (engineering and site support) 支出看似小宗，實則占比相當高 (24%)。

就除污而言，首要思考的是除污目的，目的決定了除污的方式，目的可能是：降低背景輻射進而減低在操作、維護、拆除期間的承諾劑量，避免拆除期間污染的擴散，允許設施或物料的再次使用，設施拆除許可、降低廢棄物類別等。此外也要注意二次污染與廢棄物的產生，為了確保工作人員與環境的安全，合適的處置路徑與總量優化，亦要做好二次廢棄物管理。除污程序/技術的選擇取決於下列因素：

- 目標除污程度
- 對於工作人員造成的劑量貢獻
- 待除污物件表面
- 放射性條件
- 對安全與環境的影響
- 污染物的屬性
- 受污染程度
- 可能造成的二次污染產物
- 處置途徑
- 成本
- 可執行程度

最後一天半的課程主軸為放射性廢棄物。首先談到的是廢棄物特性部分，而為什麼需要知道特性呢？主要的原因有：1. 決定廢棄物的特徵 (fingerprint)；2. 決定廢棄物的種類；3. 估算廢棄物

總量；以及 4. 作為成功處理的證明。講師 Richard Hunter 強調在進行取樣 (sampling) 與特性調查前，有事前的規劃才能取得良好的結果。在開始規劃前，要盡可能地蒐集資料，包含紀錄、流程圖、先前的取樣結果、傳聞等，另外還要保持一種健康的懷疑態度 (a healthy dose of skepticism)，因為記號可能更改，記憶會衰退等等因素。取樣的過程似乎像在解謎，而如何進行取樣 (如：隨機、系統性取樣) 則影響著答案的解讀，談到此講師又提醒，大家往往過於依賴事前所蒐集到的資訊，可是只要有一小處更動過便會導致不同結果。



這兩張圖是一樣的地方嗎？底下的圖案是什麼呢？(圖片擷取自上課講義)

放射性廢棄物的來源除了電廠，尚有來自研究發展用途、國防、醫學、工業等。通常而言低階放射性廢棄物需處理的量會大於高階放射性廢棄物的量，這些廢棄物經處理包裝後按其活度分類將

送至不同的處置場。由於除役過程會再產生大量低階放射性廢棄物，英國也將面臨處置容量不足的問題，因此英國 NDA 也把尋找合適場所興建深埋地質處置場作為關鍵任務之一，Radioactive Waste Management Limited (RWM 為 NDA 的子機構) 為主要協助執行地質處置場之單位。在 RWM 講者分享內容中對於深埋地質處置的建置執行是從廢棄物包裝開始設計，並發展可處置評估程序，包含：確認包裝符合處置概念與規範，證明包裝能承受深埋地址處置條件與安全，3. 降低現場危害與減少未來重新作業風險等。希望透過這些程序確保廢棄物包裝經過中期貯存後仍符合未來處置規範。

(RWM 所設計的地質處置場影片：<https://www.youtube.com/watch?v=nKvEohpz2nvo>)。

地質學專家 Tim McEwen 博士講述與地質處置相關內容時提及我們認為地質處置的關鍵防護期長應為幾千年，而真正在做分析的時候會延伸到一萬年。美國在評估除役後土地外釋時需要使用程式估算一千年後的相關劑量，試想經過萬年之後，核種的活度計算不致是問題，但是如何思考一萬年之內的安全因素實屬一門學問(包含氣候變遷、地質構造、人為活動等)。

除了正式課程內容之外，這個暑期研習課程也強調所謂的人脈拓展 (networking)。處在高緯度的夏日，白天時間很長約莫要過了晚間 8、9 點才會開始感受到原來天色已晚，這也讓我們每日都能享受一點課後歡愉的悠閒時光。而劍橋是觀光的熱門景點，因此機構也妥適的安排了兩項不容錯過的課後活動：劍橋市區徒步導覽與撐篙。

課後心得

經過這短期的研習課程，於此分享個人幾點感想：

- 歐洲體系對於除役並不存在如同美國有著完成年限的要求 (60 年)。在英國採取安全暫存 (SAFSTOR) 策略的電廠可以計畫有長達 80 年的彈性作業時間。相較於有著明確年限與做法規範的美式作風，歐洲管制單位更在意管制單位與業者之間的協調溝通。
- 筆者認為永續發展概念也應適用於核燃料循環中。一直以來美國對於核燃料的處理政策都是採取興建永久處置場而捨棄燃料的再處理一途 (reprocessing)。反觀英、法等國都有著燃料再處理設施，一次機緣下筆者請教了相關專業人士，是否認為燃料再處理是目前最好的處理方式。但對方的回答卻出我意料，再處理的立意雖好，可是如果能選擇，他並不想持續這麼做，因為經再處理後的燃料，相關後續的使用還在發展，如是尚無去處的再處理燃料或物料也帶來了更多維護與花費的問題。



不容錯過的撐篙體驗

位於劍橋市中心，發現 DNA 雙股螺旋體華生與克里克常去的酒吧 - Eagle



- 世界的第一座商用核能電廠始於 20 世紀中期，經過半個世紀多以來的歲月，許多國家的核電機組逐步邁入除役階段。然而，國家或業者要採取何種策略進行除役，以及用過燃料與除役過程所產生的放射性廢棄物要如何處理，對於不同電廠 (甚至不同機組) 就可能有著不同的考量之處。筆者認為除役與放射性廢棄物的處理/管理的最大重點在於過程中如何降低與避免輻射造成更多人體與環境的危害。這個目的的達成應是經由多面向綜合考量，進而選出一個整體利益最佳的選項。
- 筆者認為這一暑期研習班頗適合想進入相關領域，或是剛進入相關領域可是年資尚淺的新鮮人來參加，此一課程確實有助於建立除役與放射性廢棄物處理的一個整體框架，讓學員瞭解處理問題之中需要考慮的面相。而對於已在此領域有所專精之人亦可藉由參與這個課程了解歐洲國家的最新發展與開拓相關專業領域人脈。

參與機構/單位

- European Commission
- University of Nottingham
- OECD Nuclear Energy Agency
- Office for Nuclear Regulation
- Nuclear Decommissioning Authority
- Westinghouse Electric Company
- Burges Salmon LLP
- Nuvia Ltd
- Enkom Consulting
- Osthamar Municipality, Sweden
- Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH, Germany
- Sellafield Ltd
- Dounreay Site Restoration Ltd
- Magnox
- Galson Sciences Ltd
- LLW Repository Ltd
- Radioactive Waste Management Limited (RWM)
- Babcock International Group
- McEwen Consulting
- Posiva Oy, Finland

發行人
張似璵

執行編輯
陳 瑋

編輯委員
尹學禮
江祥輝
劉代欽
蔡惠予
魯經邦



出版單位

財團法人中華民國輻射防護協會

行政院新聞局 出版事業登記證
局版北市誌字 第柒伍零號

地址

30017 新竹市光復路二段 295 號 15 樓之 1

03-5722224 電話 | 03-5722521 傳真

01486683 統編

rpa.newsletter@gmail.com 電郵 | www.rpa.org.tw 網站