

2022
AUGUST
雙月刊

核 後 端

Nuclear BACK-END

010



臉書專頁

我國第一核能發電廠
除役現況介紹

芬蘭高放最終處置場
已挖掘 5 條處置隧道

血管微創介入治療介紹—
顱內動脈瘤栓塞

美國離岸風電產業
正準備蓬勃發展

面對猴痘疫情侵台
我們可以做什麼？

曝露在無線網路射頻中
對健康有沒有危害？

編輯室手札

我國核一廠自 67 年 12 月 10 日 1 號機開始商轉，40 年來兩部機共發電約 3,380 億度，肩負北台灣穩定供應電力的使命。108 年 7 月 15 日核一廠隨著 2 號機運轉執照屆期正式除役，成為我國第一座邁入除役的核電廠。目前核一廠已完成拆除 1、2 號機連絡鐵塔，這 2 座是發電機對外輸電的連絡鐵塔，其拆除有宣示電廠正式進入除役的重大意義。隨後也完成拆除氣渦輪機設備及建築物，以便在此建造室內乾式貯存設施。

核子科技除了應用於發電、醫學診斷與治療之外，在我們生活中也發揮許多重要的作用。本期「生活中的輻射」單元，介紹 X 射線繞射儀可有效保護具有文化意義或價值的歷史古文物。以及對抗人畜共通疾病，例如新冠肺炎病毒、猴痘病毒等，利用 RT-PCR 可及早檢測出各種病原體，有助於疾病防治與疫情管控工作。

而在環境保護、保存和復原方面，核子技術具有 4 種功能：減緩氣候變遷、循環再利用減少塑膠污染、監測環境污染、管理淡水資源。尤其是在目前世界各地飽受極端氣候肆虐之苦，迫切需要使用潔淨能源、減少溫室氣體排放、碳捕捉等立即有效的措施。

「美國離岸風電產業正準備蓬勃發展」一文，介紹加州莫羅灣風力發電能源區，占地約 97 萬平方公里。該地區預計在全面開發後，將為電網帶來 3 百萬瓩的潔淨能源。雖然再生能源屬於潔淨能源，但是供電不夠穩定，需要貯存電力設備，以便調度運用。「PG&E 在加州的巨型儲能電池投入使用」指出，由特斯拉與太平洋天然氣與電力公司合作設計，在美國北加州建造的 18.25 萬瓩儲能系統，可在高需求期間以每小時 182.5 的最大速率貯存和分配高達 73 萬瓩的能量到電網。當能源需求低，或太陽能、風能產生的替代能源高時，大型電池會充電；當需求增加時，再將儲存的電力輸送到電網，以此方法提供額外的容量，可彌補再生能源供電變動的缺點。

在極端氣候的威力之下，除了發電設施、儲能設備之外，輸電線路和電網韌性也是我們這一代人的瓶頸。許多地區的電力傳輸系統都很老舊，難以負荷惡劣天候帶來的嚴峻考驗。即使發電設施能夠發電，大型電池也儲飽了電，但是電力無法傳輸，消費端用戶取得的電力就是「0」。如果不改善這些基礎設施，我們所做的很多事情都會是徒勞無功。面對極端氣候的挑戰，人類的功課才剛開始。☸

目錄

專題報導 2 英國核電廠的除役經驗 - 編輯室

原子能小學堂 10 我國第一核能發電廠除役現況介紹 - 編輯室

生活中的輻射 16 血管微創介入治療介紹—顱內動脈瘤栓塞 - 蘇逸欣
22 面對猴痘疫情侵台，我們可以做什麼？ - 編輯室
25 我們只有一個地球：應用核子科學保護環境的四種方式 - 編輯室
28 保護馬爾他千年歷史遺產的核子技術 - 編輯室

科普有意思 30 曝露在無線網路射頻中，對健康有沒有危害？
- 美洲保健物理學會台灣分會

國際脈動 34 西班牙第一批用過核子燃料放入乾式貯存設施 - 編輯室
35 挪威規畫除役計畫的合約 - 編輯室
36 芬蘭高放最終處置場已挖掘 5 條處置隧道 - 編輯室
37 安全報告確認加拿大處置場址的適用性 - 編輯室
38 英國處置場場址調查加入第 4 個地點 - 編輯室
40 美國離岸風電產業正準備蓬勃發展 - 編輯室

新聞報馬仔 42 國外新聞 - 編輯室
45 國內新聞 - 編輯室

出版單位：財團法人核能資訊中心
地址：新竹市光復路二段一〇一號
電話：(03) 571-1808
傳真：(03) 572-5461
臉書粉絲專頁：請搜尋「財團法人核能資訊中心」
電子郵件：nicentersys@gmail.com
發行人：郭瓊文
編輯委員：李四海、陳條宗、郭瓊文、謝牧謙（依筆畫順序）

主編：鍾玉娟
文編：呂樂樂、翁明琪
執編：長榮國際文化事業部
設計排版：長榮國際文化事業部
地址：臺北市民生東路二段 166 號 6 樓
電話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司 印刷廠
行政院原子能委員會敬贈 廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈 廣告

英國核電廠 除役經驗

文 編輯室

位於英國肯特郡南部的鄧傑內斯核電廠。

從 1956 年開始，英國的第一座核電廠開始為家庭和企業供電。燃料製造和再處理廠則建於 1970 年代至 1990 年代。

在 1990 年代後期，核電廠貢獻出英國每年總發電量的 25% 左右，但隨著電廠關閉以及與老化相關的問題影響電廠的可用性，此一比例逐漸下降。2020 年時，核能發電占 16%。

- 英國政府規劃到 2050 年時將新增 24 百萬瓩的核電容量，以提供約 25% 的電力。
- 已對新反應爐設計及其選址進行徹底的評估程序。
- 英國發電已民營化並開放電力市場，這使得重大資本投資成為問題。

英國目前有 33 座反應爐開始除役，其中 26 座是帶有石墨減速劑的早期 Magnox 類型。第一個除役的是伯克利核電廠（2 座 13.8 萬瓩機組），在運轉 27 年後於 1989 年因經濟因素關閉，於 1992 年完成燃料移除。冷卻池隨後被排乾、除污和回填，拆除渦輪機大廳。反應爐建築處於延長的安全貯存 (Safstor) 時期。最終它們也將被拆除，留下的場地進行平整和美化。英國其他反應爐廠址也遵循同樣的模式。氣冷式反應爐每單位容量的除役成本比輕水反應爐高得多—至少是 Magnox 的 5 倍。這是由於材料體積大，需要處理大量的石墨減速劑。Magnox 的單位容量除役廢棄物量則是西方輕水式反應爐（台灣也採用這種型式）的 10 倍。



運轉中機組數
636.8 萬瓩



興建中機組數
326 萬瓩



停機中機組數
727 萬瓩

除役的資金來源

根據 2008 年英國的能源法規定，核電廠營運商必須在被核准開始建造新的核電廠之前，就須提交附有資金來源的除役計畫（FDP）。除役計畫必須包含除役、廢棄物管理和處置的詳細成本核算計畫。政府為中強度放射性廢棄物和用過核子燃料的處置設定一個固定的單價，其中包括巨大的風險溢價，並隨著通貨膨脹而增加。在核電廠營運期間，營運商需要逐步撥付資金，形成安全、獨立的基金。廢棄物的所有權將作為 FDP 的一部分，按議定的時間表轉移給政府。

與除役相關的 4 個財團競標接管英國的 10 座 Magnox 核電廠，作為民營部門的「母公司（PBO）」，14 年期間需完成 22 座反應爐和兩座核子研究設施的除役任務。

英國核能除役局（NDA）於 2013 年 1 月開始與他們進行對話，並於 2014 年 3 月宣布，卡文迪許（Cavendish）核工業公司和福陸（Fluor）企業的合資公司已被選為首選投標人。Magnox 公司和廠址恢復研究公司（RSRL）被授權管理這 12 座廠址，並於 2014 年 9 月完成過渡給卡文迪許福陸夥伴（CFP）公司的程序。



英國 17 座核子設施地圖 (圖片:NDA)

CFP 成為 Magnox 和 RSRL 的母公司。2015 年 4 月，Magnox 公司通過合併接管兩個 RSRL 的廠址，合約價值約 61 億英鎊（約 1,476 億新台幣）。

然而，隨著工作的進行，NDA 委員會得出結論：「2012 年招標、2014 年得標的這份合約中，規定的工作與實際需要完成的工作之間存在明顯的差異。所需要的額外工作規模相當於對規範進行重大的變更。」因此決定在 2019 年 9 月提前兩年通知終止合約，CFP 也同意這一點。

NDA 估計，清理除役的核子設施將在 120 年內花費 1,320 億英鎊（約 4 兆 7,520 億新台幣）。此估算是基於拆解、設備除污和拆除建築物、管理與處置所有廢棄物以及整治土地的預期成本。除役工作由為 NDA 工作的授權除役公司執行，目前每年的成本約為 30 億英鎊（約 1,080 億新台幣）。其中，約 2/3 由政府支付，其餘來自 NDA 的商業活動所獲得的收入。

除役監管作業

NDA 是英國核電廠除役的監管機構，是根據 2004 年能源法案所創立的非政府部門公共組織，代表政府領導 17 個廠址的除污和除役工作。NDA 也透過各種商業活動帶來收入，以降低政府公共資本的支出。

NDA 由商業、能源與工業戰略部（BEIS）贊助和資助。NDA 清理廠址的計畫得到 BEIS 和蘇格蘭部長的批准，為 NDA 提供了計畫的框架。NDA 雇用了超過 380 名長期員工。

作為歐洲最大的核子除役和修復計畫之一的所有者，NDA 的主要優先事項是領導整個 NDA 小組的工作，並制訂執行的戰略，每 5 年更新一次。NDA 也希望協助英國政府成為民用核能領域的全球領導者。

NDA 的 17 個廠址包括第一批核電廠、研究中心、燃料相關設施和塞拉菲爾德（Sellafield）一擁有最大的放射性材料庫存和最複雜的除役設施。目前 NDA 的

計畫表明，完成除污和廢棄物管理的核心任務需要 100 多年的時間。目標是到 2333 年讓所有廠址達到最終狀態。

除污和除役是一項複雜的工作，依賴 NDA 集團全方位的專業知識和技能。在過去的幾年裡，已經對交付 NDA 使命的組織其管理方式做出了重要決定，以創建一個更強大、結構更簡單的 NDA 小組。

NDA 小組現在由 NDA 及其 4 個關鍵組成部分組成：塞拉菲爾德、Magnox 與 Dounreay、放射性廢棄物服務、核子運輸解決方案。NDA 的其他子公司包括 Rutherford Indemnity、NDA Archives、NDA Properties 和 Energus。

隨著此一架構的最終確定，NDA 和每個營運公司將繼續擁有符合法定和監管要

英國除役核電廠一覽表

	機組名稱	機組型式	容量(MWe)	啟動年分	運轉時間	停機年分
1	Berkeley 1-2 *	氣冷式	138	1962	26	1988-89
2	Bradwell 1-2 *	氣冷式	138	1962	39	2002
3	Calder Hall 1-4 *	氣冷式	49	1956-59	44-46	2003
4	Chapelcross 1-4 *	氣冷式	48	1959-60	44-45	2004
5	Dungeness A 1-2 *	氣冷式	225	1965	41	2006
6	Dungeness B 1-2 *	先進氣冷式(AGR)	545	1983-85	36-38	2021
7	Hinkley Point A 1-2 *	氣冷式	235	1965	35	2000
8	Hunterston A 1-2 *	氣冷式	150	1964	25	1989-90
9	Hunterston B 1	氣冷式	490	1967	54	2021
10	Oldbury 1-2 *	氣冷式	217	1967	44	2011
11	Sizewell A 1-2 *	氣冷式	210	1966	41	2006
12	Trawsfynydd 1-2 *	氣冷式	195	1965	26	1993
13	Wylfa 1-2 *	氣冷式	490	1971	44, 41	2015, 2012
14	Windscale	原型先進氣冷式 (Port AGR)	24	1963	18	1981
15	Dounreay DFR	實驗型快中子式 (Exp FNR)	11	1962	18	1977
16	Dounreay PFR	原型快中子式 (Prot FNR)	234	1975	19	1994
17	Winfrith	SCHWR Prot	92	1968	23	1990

* 註：運轉完整的生命週期

資料來源：WNA (<https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/decommissioning-nuclear-facilities.aspx>)

求所需的政策和程序，這些政策和程序將受到每個組織內適當的品質保證。

根據英國政府和 EDF 電力公司就英國 7 個先進氣冷反應爐 (AGR) 除役的安排，NDA 小組的範圍將會擴大。

AGR 將在未來 10 年內達到其運轉壽命的終點，隨著它們的關閉，所有權將轉移到 NDA 集團，利用該集團的專業知識及 Magnox 核電廠除役方面的經驗，以執行 AGR 的除役工作。

用過核子燃料、核子物料、混合廢棄物管理和廠址除役與修復，直接與 NDA 的除污和除役工作相關。目前，NDA 最急迫的任務是處理對廠址危害最大的材料、用過核子燃料、核子物料和高放射性廢棄物。一旦庫存變得安全，就可以拆解和清除多餘的核子設施。

Wylfa 核電廠於 2019 年 10 月獲得核子監管辦公室 (ONR) 的官方「無燃料驗證」後，所有 Magnox 廠址均已宣布無剩餘燃料，英國 26 座 Magnox 反應爐的移除燃料作業宣告完成。所有 11 噸分離出的鈾現已安全地從 Dounreay 核電廠運送到塞拉菲爾德鈾管理中心進行貯存。第一批混凝土澆注在塞拉菲爾德價值 10 億英鎊的設施上，重新包裝鈾材料，以實現安全可靠的長期貯存。

回收再利用

2012 年，英國核電廠的 5 台蒸汽產生器被運往瑞典的 Studsvik 公司進行回收利用。Studsvik 還在英國坎布里亞郡的

Lillyhall 設立一家工廠，用於回收核子設施中的材料，在處理了來自多個地點的 2,000 噸金屬，並回收了 96% 的金屬後，該工廠於 2013 年全面運轉。

世界上第一座商業核電廠的除役經驗

塞拉菲爾德是全世界單一核子設施中最大的一座，廠區內有用過核子燃料再處理場、用過核子燃料儲存水池、中強度放射性廢棄物處理場、貯存場、核電廠、除役中或待除役核能設施，及為數眾多的支援設備、設施等。

其中用過核子燃料再處理廠共有 3 座，最早的一座已經停用，目前還在運作中的 THORP 再處理廠，已經不再接受核子燃料再處理的新合約，等到所有合約執行完畢，於 2018 年開始進行除役。另一個處理 Magnox 燃料的再處理場，在最後一個使用 Magnox 燃料的卡德霍爾 (Calder Hall) 核電廠於 2019 年停止運轉後，於 2020 年開始除役。

隨著再處理作業的結束，塞拉菲爾德的使命正在改變。重點轉移到環境清理和廢棄物管理上。當工作人員準備從世界上第一個商業核電廠中取出最後一批燃料時，塞拉菲爾德便展開廠址清理的工作。

卡德霍爾是世界上第一個併入國家電網的工業規模核電廠。由 4 座 5 萬瓩 Magnox 反應爐、2 個渦輪機和 4 座冷卻塔組成，這些冷卻塔已於 2007 年 9 月被爆破拆除。

Magnox 是一種核電反應爐型式，使用天然鈾運轉，以石墨作為減速劑，二氧化

碳氣體作為熱交換冷卻劑，屬於更廣泛的氣冷反應爐。

卡德霍爾核電廠的檔案

- 1956 年 10 月 17 日，英國女王啟用了卡德霍爾核電廠。
- 卡德霍爾核電廠的原始設計運轉壽命為 20 年，但在 2003 年 3 月 31 日關閉之前，該設施安全運轉了 47 年。
- 該廠在生命週期內產生的電力滿足英格蘭和威爾斯全境 3 個月平均電力需求。
- 該廠占地 43.75 英畝的塞拉菲爾德廠區一與白金漢宮的場地面積相同。
- 該廠 4 座冷卻塔中的兩個在 2007 年之前一直矗立在廠區，拆除後現在是一個新的筒倉維護設施所在地。

當地居民、議員兼西坎布里亞廠址利害關係者小組主席大衛摩爾說：「卡德霍爾？它就像英國的核工業之父。」

卡德霍爾核電廠的除役

2003 年

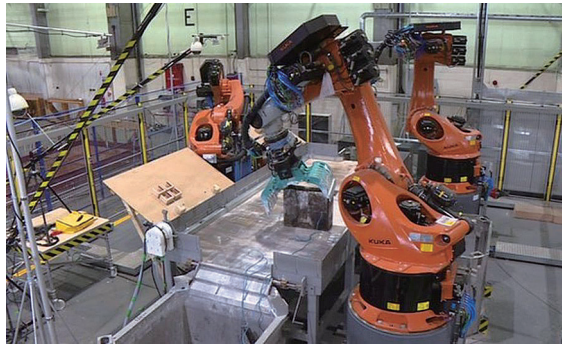
卡德霍爾核電廠在服務了 47 年後，於 2003 年 3 月 31 日停機。在停機時，該廠所有的 4 座反應爐都裝滿了需要在 Magnox 再處理廠進行處理的燃料。

2007 年

2007 年 9 月 29 日，使用 192 公斤炸藥炸毀卡德霍爾核電廠 4 座 88 公尺高的冷卻塔。超過 20,000 噸的瓦礫需要處理，需要大約 12 週的時間。鋼材部分被回收，而混凝土則被磨碎、回收、處理並用於填充塔下方冷卻池的空隙。這個過程從拆除



卡德霍爾核電廠於 2003 年 3 月 31 日停機。(圖片來源：維基百科)



左上：建造新的屏蔽管道網絡以將液體泵出
左下：無人機可檢查對人類有危險的高輻射區域
右上：巨型機械手臂未來可用於拆除和包裝受污染的設備

(圖片來源：塞拉菲爾德公司)

將熱交換器連接到 4 座反應爐的管道開始，每個拆除的管道重達 45 噸，他們委託了世界上最大的起重機來協助拆除這些結構。

16 個熱交換器中，每一個的外部支撐鋼結構和樓梯間也被拆除。每個周圍的鋼結構重約 340 噸，並且盡可能的回收這些材料。隨著冷卻塔的安全拆除，電廠一部分物理結構也被拆除。

2010 年

從卡德霍爾的熱交換器、渦輪機和相關建築物中剝除材料。總共在 5 年內清除了 2,300 噸石棉覆層，這是超過 100 萬工時的工作成果，成為當時歐洲最大的石棉清除計畫。

反應爐停止運轉後，石棉就不再保持恆溫，其穩定性也無法保證。因此，必須按照嚴格的監管控制去除致癌物質。大部分的工作必須在高處進行，使用 36 公尺高的鷹架塔，做為 16 台熱交換器外部篷幕的結構，防止石棉外釋，並為工作人員提供安全、通風的工作條件。此項目最初預估耗資 2,758 萬英鎊（約 12 兆 4,170 億新台幣），最終成本為 2,625 萬英鎊（11 兆 8178 億新台幣），在預算內完成。

2011 年

開始將 4 座反應爐內約 4 萬根燃料棒轉移到燃料處理廠的工作。整個燃料移除計畫預計長達 6 年的時間，在此期間，燃料將從反應爐中取出，並轉移到塞拉菲爾德廠區的其他地方進行再處理。一旦所有燃

料都被移除，反應爐和相關基礎設施將逐步除役，以使卡德霍爾核電廠廠址能夠進入「維護保養」階段。反應爐建築處於被動狀態，並受到監控和維護，直到廠區完全除污。

2016 年

卡德霍爾核電廠其中一座反應爐燃料移除完成，其餘 3 座反應爐計畫在 2019 年之前淨空。

2019 年

經過 47 年的運轉，世界上第一座商業核電廠準備取出最後一批燃料。總計取出 38,953 根用過的燃料棒，將它們裝在屏蔽容器中轉移到塞拉菲爾德的燃料處理廠。在儲存池中冷卻後，將外殼取出，將燃料棒帶到 Magnox 再處理廠進行處理。這會從燃料中提取可重複使用的鈾和鈾。

一旦卡德霍爾核電廠的反應爐清空，並且最初的運轉後清理工作已經完成，這座核電廠將不會構成放射性風險或危害。

卡德霍爾廠區隨後將進入中期維護保養階段，將資源集中在降低塞拉菲爾德廠區其他地方的風險上。

2027 年以後

目前的計畫顯示，到 2027 年，原本的卡德霍爾核電廠將只剩下 4 座反應爐建築。後續反應爐建築物將被拆除，只剩下包含反應爐核心的混凝土生物防護罩。NDA 預計卡德霍爾核電廠要到 2120 年

才能完全除役與拆除，費用預計超過 700 億英鎊（約 2 兆 5,200 億新台幣）。

法國、德國、義大利、西班牙和美國的反應爐，以及英國的其他 Magnox 反應爐已經在使用這種「安全儲存」除役原則。

英國企業活躍於全球核能產業已有 60 年之久，擁有廠房設計和營運支援、除役計畫管理，以及為客戶量身打造除役廢棄物的處理和貯存設施經驗。英國 NDA 也曾率領由 12 家英國企業組成的產業訪問團，於 2017 年 1 月 19 日來台訪問，分享核能設施除役和放射性廢棄物管理經驗。☸

參考資料：

1. Nuclear Power in the United Kingdom, World Nuclear Association
2. Nuclear Decommissioning Authority, about us
3. Decommissioning the world's first commercial nuclear power station, NDA, 09/03/2019
4. Historic Calder Hall cooling towers demolished, World Nuclear News, 10/01/2007
5. Decommissioning milestones for UK plants, World Nuclear News, 03/29/2010
6. Sellafield completes defueling of Calder Hall, World Nuclear News, 09/03/2019
7. How Sellafield's radiation-proof robots do our dirty work, BBC, 08/11/2015



我國第一核能發電廠 除役現況介紹

第一核能發電廠(以下簡稱核一廠)是我國第一座核電廠,自67年12月10日1號機開始商轉,40年來兩部機共發電約3,380億度,肩負北台灣穩定供應電力的使命。108年7月15日核一廠隨著2號機運轉執照屆期正式除役,成為我國第一座邁入除役的核電廠。

核一廠1號機及2號機的運轉執照有效期限,分別為107年12月5日及108

年7月15日,依據核子反應器設施管制法第23條的規定,經營者應於核子反應器設施預定永久停止運轉的3年前提出除役計畫,因此台電公司於104年11月24日向主管機關行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)提出核一廠除役計畫,並於106年6月28日獲原能會審查通過。

另依據環境影響評估法,核一廠除役計畫應實施環境影響評估,因此台電公司

於 105 年 1 月 6 日提出環境影響說明書，108 年 7 月 2 日，環境影響評估報告書定稿版經環保署同意認可。原能會於接獲環境影響評估審查結果後，於 108 年 7 月 12 日核發除役許可，並自 108 年 7 月 16 日起生效。

除役目標及時程

依據核子反應器設施管制法第 21 條及其施行細則第 16 條的規定，核一廠的除役作業規劃，將採取拆除的方式進行，並於取得主管機關核發的除役許可後 25 年內完成除役。拆除或移出的放射性污染設備、結構或物質，將貯存於主管機關核准的放射性廢棄物貯存設施。除役後的廠址輻射劑量將符合非限制性使用標準，對一般人造成的年有效劑量不得超過 0.25 毫西弗的限值。

核電廠除役的主要流程是先將用過核子

燃料自反應爐移出，再拆除污染的設備，接著進行廠房除污，除污後方能拆除廠房，最後進行廠址復原。依據核一廠除役計畫，核一廠除役分成 4 個階段，包括除役過渡階段約 8 年、除役拆廠階段約 12 年、廠址最終狀態偵測階段約 3 年及廠址復原階段約 2 年，共計 25 年。目前核一廠除役處於除役過渡階段，主要工作包含用過核子燃料管理、除役作業準備、拆解與拆除及放射性廢棄物管理整備，各主要工作現況詳述如下。

用過核子燃料管理

除役過渡階段最首要的工作，是將用過核子燃料自反應爐爐心及用過核子燃料池移出至乾式貯存設施，以利後續除役拆廠工作。然而核一廠用過核子燃料室外乾式貯存設施，因尚未取得地方政府核發的水土保持完工證明，暫時無法啟用。



核一廠空拍圖



發電機定子以門式吊車移出氣渦輪機廠房，運往核二廠作為備品。(圖片來源：台電)

用過核子燃料無論是放在反應爐內、用過核子燃料池或乾式貯存設施都屬安全的方式，但若能置於乾式貯存設施，由於不需要電力及冷卻水維持冷卻，依靠自然對流通風即可冷卻，相對更安全。反之，反應爐內有用過核子燃料期間，便須確保核能（反應爐）安全，目前台電公司是在維持反應爐停機安全下推動核一廠除役工作。

除役作業準備

台電公司已評估除役各階段仍須運轉的系統、設備及組件，由電廠運轉、維護保養、品質及其他技術部門等共同討論，制訂定期測試與例行保養週期；而非屬仍須運轉的系統、設備及組件，則於適當時機陸續修訂或刪除其除役過渡階段前期安全分析報告 (PDSAR) 及技術規範 (PDTS)，

並依法向主管機關提出解除管制申請，再於查證及確認與其他相關系統的介面關係後，依據更新核准的程序書執行該系統的隔離、斷電及洩水作業，並以不得影響仍須運轉系統的正常運作為原則，豁免監測、維護、定期檢查等相關要求。

輻射特性調查也是除役過渡階段很重要的一項除役作業準備工作，目的是有系統地對核一廠進行整體輻射特性調查規劃、核種清單實測確認及最終狀態偵測計畫所需數據收集，以便能全盤掌握並確認廠址內可能殘餘的放射性範圍與程度。這些偵測資料可供除役計畫中有關輻射劑量評估、拆除工法與除污技術選擇、廢棄物量估算及除役成本評估及最終狀態偵檢 (FSS) 等，以進行精確與縝密的規劃與考量。核一廠除役輻射特性調查偵檢計畫已

於 109 年 2 月 15 日獲原能會准予核備，目前 1、2 號機汽機廠房、反應器廠房、廢料廠房等皆按偵檢計畫的排程執行中。

拆解與拆除

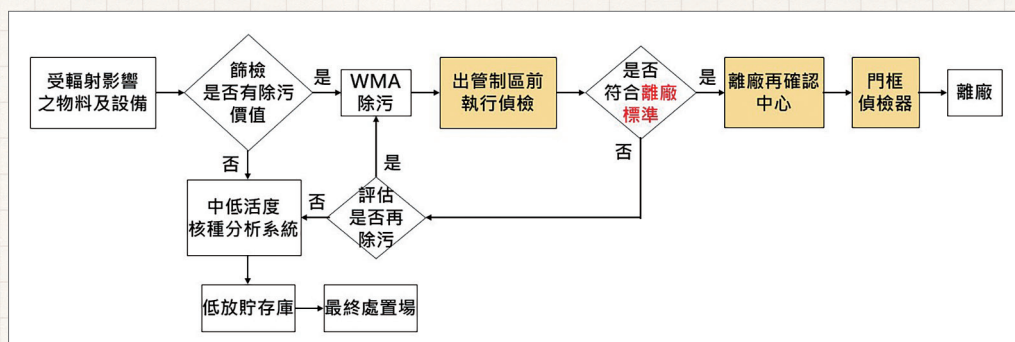
為因應用過核子燃料尚未能自反應爐移出，台電公司調整除役工作排程，優先進行非屬反應爐相關部分可先執行的拆除作業，並且先以未受輻射影響的設備做為拆除標的物，培養拆除經驗。核一廠第一項進行的除役拆除工作為「核一廠主變壓器至開關場間連絡鐵塔拆除作業」，台電公司於 108 年 6 月 12 日將拆除作業方案送原能會審查，同年 11 月 13 日獲原能會准予備查，隨後於 11 月 20 日開始拆除作業，109 年 1 月 13 日完成拆除 1 號機連絡鐵塔 (G1-T1)；同年 2 月 27 日完成拆除 2 號機連絡鐵塔 (G2-T1)，這 2 座鐵塔是核一廠發電機對外輸電的連絡鐵塔，其拆除有宣示電廠正式進入除役的重大意義。

完成鐵塔拆除後，台電公司為積極推動興建室內乾式貯存設施，位於其預定地的氣渦輪機廠房等建物，便列為核一廠優先

拆除的標的物。台電公司於 109 年 3 月 2 日將拆除作業方案送原能會審查，同年 10 月 5 日「核一廠氣渦輪機設備及廠房與第一抽水站設備拆除作業方案」獲原能會准予備查，次日便開始進行氣渦輪機設備拆除工作，直至 110 年 11 月 18 日完成拆除氣渦輪機設備及建物。

放射性廢棄物管理整備

依照國際經驗，除役產生的可外釋廢棄物數量約為全部產生廢棄物數量的 90% 以上，因此考量資源再利用，採取外釋處理，回收有用的資源廢棄物，可有效減少低放射性廢棄物產出。因此，核一廠已規劃受輻射影響的物料及設備除污、偵檢流程。拆除後會先進行篩檢是否有除污價值，如有除污價值則搬運至放射性廢棄物處理區域 (WMA) 進行除污，除污後出管制區前會執行偵檢，偵檢結果若污染程度符合離廠標準，會再送至離廠再確認中心量測確認方能離廠，並於離廠前經過門框偵檢器再次偵測確認；而無除污價值的物料會以中低活度核種分析系統進行核種



受輻射影響的物料及設備除污、偵檢流程 (圖片來源: 台電)



核一廠放射性廢棄物處理區域第 1 台乾式噴砂除污機 (圖片來源: 台電)

分析，再存放於低放射性廢棄物貯存庫，最後送至最終處置場進行最終處置。為了確實掌握拆除後物料的流向，核一廠已於 110 年 11 月完成建置廠區拆除料帳管理平台，整合盤點資料、拆除資料及物流資料，確保每一批物料的流向都在管控中。

受輻射影響的物料及設備除污、偵檢流程中，有除污價值的物料會搬運至放射性廢棄物處理區域進行除污，目的是降低物料的污染程度至符合離廠標準，達到廢棄物減量及再利用的目標，降低廢棄物處置壓力及成本。核一廠規劃將放射性廢棄物處理區域設置於 2 號機汽機廠房 3 樓。為拆除此空間的既有設備，台電公司已於

109 年 9 月 23 日將拆除作業計畫送原能會審查，110 年 9 月 30 日「核一廠汽機廠房主發電機及其附屬設備、主 / 輔變壓器、冷凝水泵馬達等設備拆除作業計畫」獲原能會准予備查，目前台電公司正依規畫準備拆除作業。此外，核一廠已先購置第 1 台乾式噴砂除污機，開始執行污染物件噴砂測試，未來將依測試結果編寫除污計畫送原能會審查，並規劃採購第 2 台噴砂除污機。

離廠再確認中心的建置則是仿效國外除役電廠，二度過濾確認拆解物，使未來除役拆廠的資源可再利用，確保輻射及環境安全，讓社會大眾安心。台電公司已將核一廠的重機械廠房、28 號倉庫及 29 號倉庫，分別規劃為離廠再確認中心的待測暫存區、量測中心及完測暫存區。

未來物料將自核一廠保護區北側出口先運至待測暫存區，再送至量測中心進行量測，確認廢棄物符合離廠標準後送至完測暫存區，最後再運出廠外。目前核一廠已完成離廠再確認中心第一階段儀器建置及人員訓練，110 年 11 月 25 日完成保護區北側新增出口；實驗室相關程序與制度的建立，已於 110 年 10 月 27 日通過財團法人全國認證基金會 (TAF) 認證。目前尚在進行建物與外圍環境整治工作，待整治完成便可啟用。

除此之外，除役過渡階段的放射性廢棄物管理整備工作，尚有低放射性廢棄物新盛裝容器開發、低放射性廢棄物貯存庫及減容設施的建置，都在如火如荼地進行中。

結語

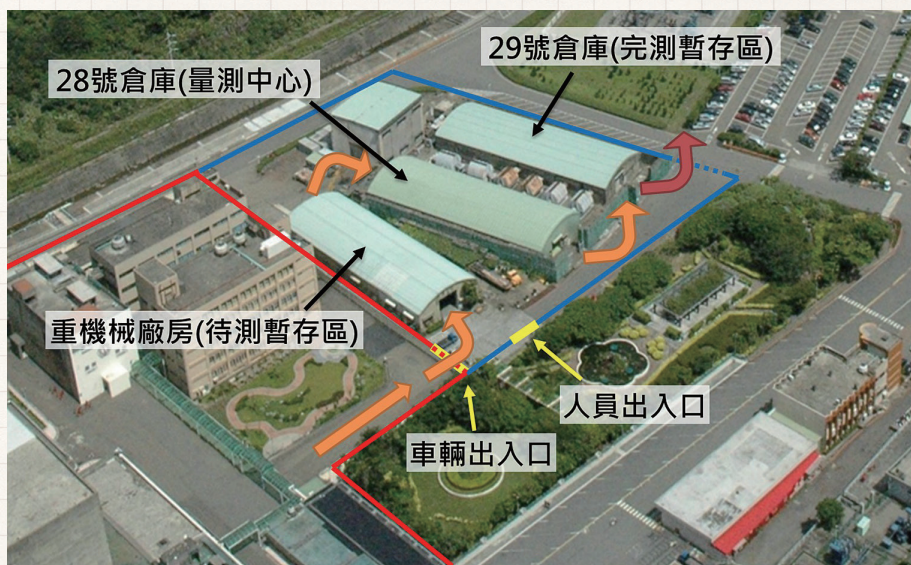
由於核一廠用過核子燃料室外乾式貯存設施暫時無法啟用，用過核子燃料尚未能自反應爐移出，目前台電公司必須在維持反應爐停機安全下推動除役工作。

目前核一廠持續進行系統設備隔離及輻射特性調查，而因應反應爐爐心仍有用過核子燃料，台電公司調整除役工作排程，優先進行非屬反應爐相關部分可先執行的拆除作業。另針對放射性廢棄物管理整

備，積極建置放射性廢棄物處理區域及離廠再確認中心，以滿足往後物料除污及離廠偵檢的需求。而低放射性廢棄物新盛裝容器開發、低放射性廢棄物貯存庫及減容設施的建置也在進行中。

綜合上面所述，核一廠除役各項工作已陸續展開，面對用過核子燃料尚未能自反應爐移出，台電公司仍積極推動除役工作，致力於確保安全除役，如期達成除役期限。☸

No. 10
2022.
Aug.



離廠再確認中心動
線規劃 (圖片來源:
台電)





血管微創介入治療介紹一 顱內動脈瘤栓塞

文 聯新國際醫院 影像檢查科主任 蘇逸欣

影像醫學科 (或放射科) 於早期常被稱為二線科，因為主要工作為放射師負責完成影像相關檢查，放射科醫師負責撰打報告。這 10 年來因為科技與醫材的進步，血管微創治療技術與手術方式屢屢創新，於國際學術的發表上亦強力支持了血管微創介入治療的重要性以及療效，研究的成果

更突顯出經由血管微創介入治療可為病人帶來更小的侵襲性以及良好的預後。

血管微創介入治療為使用透視型 X 光儀器 (血管攝影儀器) 在連續性的曝射之下進行治療 (圖 1)，因此務必特別注意輻射劑量及治療時間的監控，避免病人接受過多的輻射劑量而造成損傷。腦部血管微

創介入治療為介入治療中重要的一部分，其治療項目眾多，以下為各位介紹常見的治療項目：「顱內動脈瘤栓塞」。

腦中風簡介

腦中風可區分成兩種原因：

1. 缺血性腦中風—約占 75%；
2. 出血性腦中風—約占 25%。

其中出血性腦中風主要原因之一為「顱內動脈瘤破裂」，大部分這類病人的動脈瘤往往已經破裂而造成劇烈頭痛，意識不清才緊急就醫處理，就醫後經檢查確認為顱內動脈瘤破裂後進行治療。

治療方式有兩種：

1. 神經外科開刀治療 (圖 2)；
2. 神經放射科經動脈栓塞治療 (圖 3)。

本文即簡介神經放射科經「血管微創介入栓塞治療」的方式，來瞭解其基本概念。



圖 1. 血管攝影儀器

顱內動脈瘤形成及其危險性

顱內動脈瘤名稱上雖然有個瘤，但卻不是惡性的東西，並不會擴散或是轉移，也無法由抽血的結果來篩檢。它是一種血管側邊或是終端的不正常膨大，因為血流的大量衝擊使得薄弱的血管壁向外突出而成的動脈瘤 (圖 4)；我們可以稱動脈瘤為潛伏性的殺手，因為絕大部分的人終其一生可能都有無症狀的尚未破裂的動脈瘤。

未破裂的動脈瘤，需不需要治療，主要是考量其大小和形狀，一般任何形狀大於 7mm 的，或是小於 7mm 但形狀不規則的，未來的破裂機率較高，此時不論病患是有無頭痛或是神經學症狀都需要處置。但是一旦破裂時就會造成蜘蛛網膜下腔出血，病人會有劇烈頭痛，不緊急處理的話，其死亡率高達 50%。

動脈瘤盛行率及篩檢方式

動脈瘤的盛行率據國外報導為總人口的 2%，平均 1-2% 的國人有此疾病而不自知。據亞洲地區的統計數據，每 100 人中就有 3 到 4 人患有腦動脈瘤 (3%-4%)，較西方人統計的發生率為高，且女性比男性多；雖然破裂機率很低，不過，一旦發生，有 1/3 的病人就會當場死亡。

哪些人容易患有動脈瘤？除少數有遺傳性疾病如：

1. 神經纖維瘤第一型；
2. 遺傳性纖維組織病變；
3. 遺傳性多囊腎病變；
4. 嚴重的菌血症。

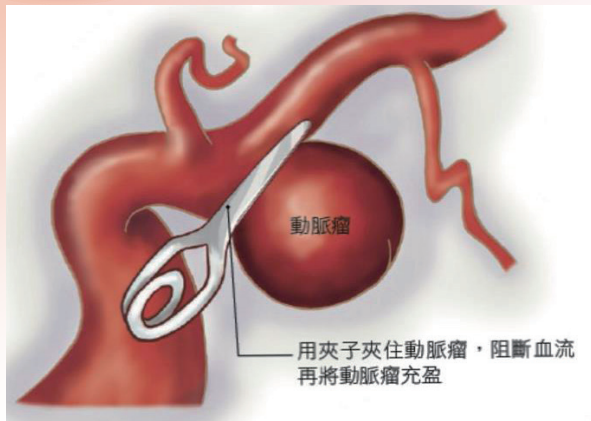


圖 2.

外科開顱手術，使用動脈瘤專用的夾子夾住動脈瘤頸部，以阻斷血液再度流入動脈瘤內腔，使動脈瘤慢慢萎縮，預防動脈瘤破裂。

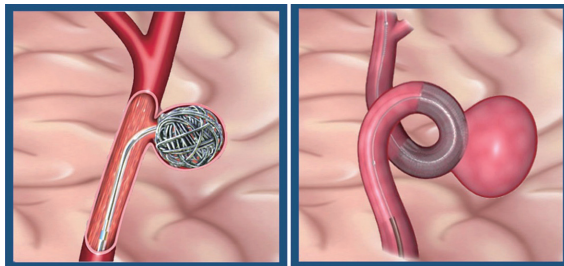


圖 3.

神經放射科經動脈栓塞治療，將栓塞物質置入血管內，以阻斷血液再度流入動脈瘤內腔，使動脈瘤慢慢萎縮，預防動脈瘤破裂。(左圖為可分離白金線圈栓塞，右圖為高密度導流支架栓塞)

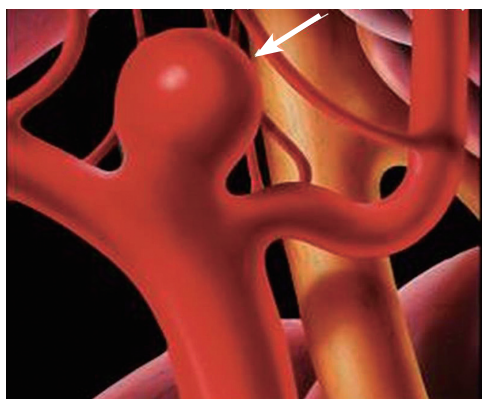
以上都可能造成顱內動脈瘤，但其他大部分發病的人多為單獨個案。好發年齡以40~60歲為主；目前對於篩檢方面的建議為「若直系親屬具有動脈瘤病史」，建議務必做一次篩選性的檢查；非直系的親屬有動脈瘤病史則可視經濟狀況，建議40歲以上至少一生中做一次腦部血管健檢，確保安全。

檢查方式可使用以下方式，並經由專業的放射科醫師來判讀：

1. 電腦斷層血管攝影（圖5）（施打對比劑）
2. 磁共振造影血管攝影（對比劑施打或不施打皆可）；
3. 數位減像血管攝影（圖6）。

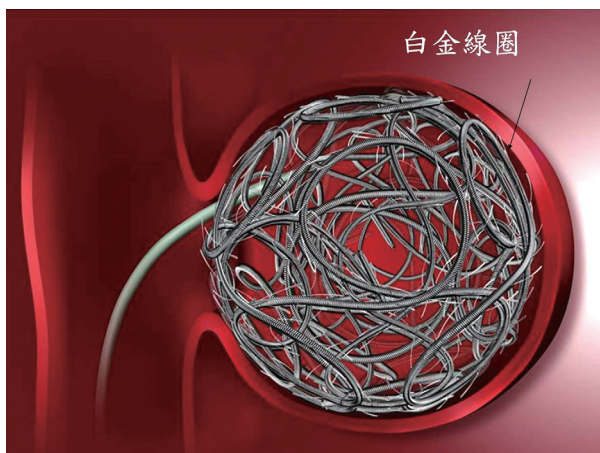
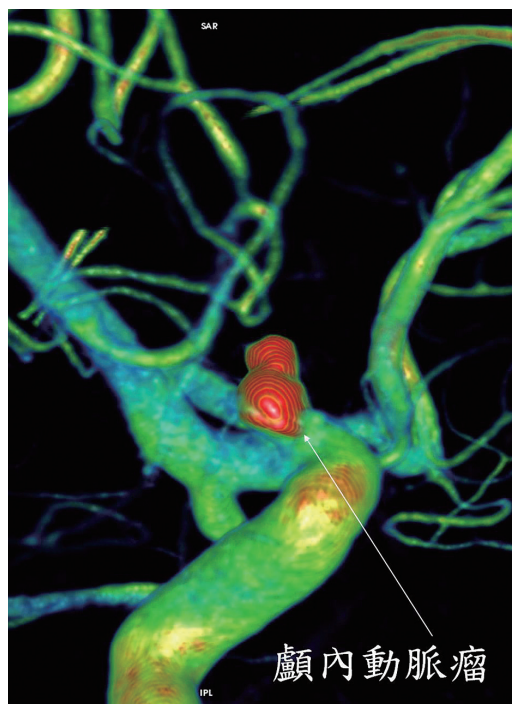
血管微創介入栓塞治療之介紹

傳統治療動脈瘤方式是以開刀夾除為主，隨著科技的發達，可經由神經放射科醫師藉由動脈血管利用導管治療方式將栓塞物質置入，進而達到栓塞動脈瘤的效果。栓塞物質目前有兩種醫材可供選擇，第一種為：「可分離之白金線圈」用來栓塞於動脈瘤內腔（圖7），阻止血流進入動脈瘤內而形成血栓；第二種醫材是：「高密度導流支架」，此導流支架為超高密度的支架（可以想像成10支普通支架堆疊成1支的密度），置入後可將血流導走，亦可達到避免血流流入動脈瘤內腔的效果（圖8）。



左：圖 4. 顱內動脈血管的動脈瘤

右：圖 5. 電腦斷層掃描檢顱內動脈瘤（白色箭頭處為顱內動脈瘤）



左：圖 6. 數位減像血管攝影篩檢顱內動脈瘤（白色箭頭處為顱內動脈瘤）

右：圖 7. 白金線圈栓塞進動脈瘤內腔（圖片中間為白金線圈填入動脈瘤內腔）

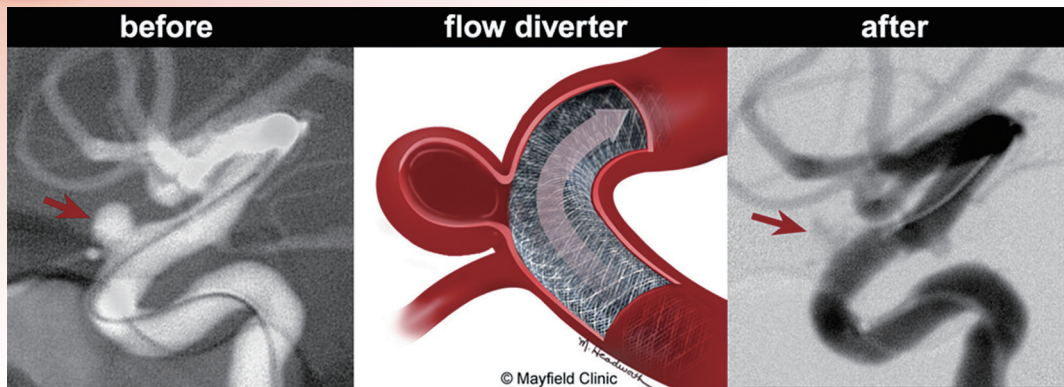


圖 8.

高密度導流支架（圖片中間金屬狀）置放前與置放後的影像。（左邊紅色箭頭處為置放導流支架前，對比劑流入動脈瘤內腔的影像；右邊紅色箭頭處為置放導流支架後，對比劑無法流入動脈瘤內腔的影像）

這兩種栓塞的醫材主要目的皆是避免血液再流入動脈瘤內腔，動脈瘤進而萎縮（圖 9、圖 10），如此將可避免動脈瘤破裂的風險。此微創介入治療主要的優勢是傷口小，只需在鼠膝部開個比針孔略大的傷口即可進行治療，並不需要像開刀治療般經由頭蓋骨開洞治療。栓塞手術的風險性以血栓脫落（5%）、破裂（1%）為首要，治療過程中若動脈瘤不幸破裂流血不止，可能有生命危險（0.1%）。

顱內動脈瘤栓塞手術後的療程和預後

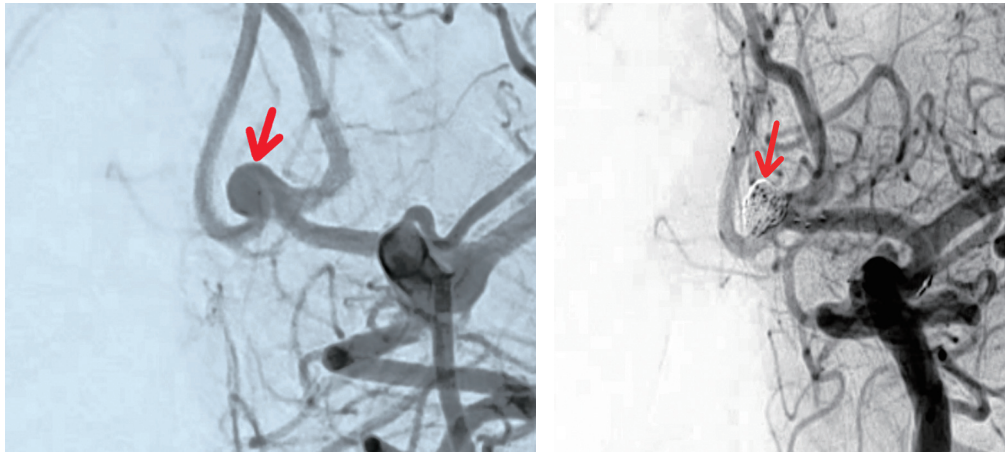
動脈瘤破裂合併蜘蛛網膜下腔出血若施救得宜，得以度過危險期，其腦功能恢復的程度依年紀、動脈瘤位置、出血量和有無血管攣縮、復健的成效等因素而定，很難在術前「肯定的」預知治療結果。病患出院後生活照常，不需特別注意與忌口。術後須注意高血壓的控制和戒菸，術後定

期追蹤，且須適時安排影像檢查追蹤確認，包括電腦斷層血管攝影，磁共振造影血管攝影和數位減像血管攝影。

顱內動脈瘤栓塞的品質管理

為了維護病人安全以及維持醫療品質，於施行顱內動脈瘤栓塞手術時實施以下預防性措施，以預防手術中及手術後的併發症發生：

- 一、使用最新影像後處理軟體，具有先進影像後處理技術，可呈現血管立體影像及虛擬血管影像，於術前準確量測動脈瘤大小、位置及方向，有助於手術的準確度。
- 二、使用最新血管攝影斷層掃描技術，確認病人術前有無顱內微小出血處；以及術後確認病人並未因手術程序而造成的顱內微小出血，此有助於提升手術安全性。



左：圖 9. 動脈瘤栓塞前的透視 X 光影像（紅色箭頭處為動脈瘤）

右：圖 10. 動脈瘤栓塞後的透視 X 光影像（紅色箭頭處為被線圈填滿的動脈瘤）

三、術中持續以監測器監測病人血壓是否維持正常值，血壓太高或太低皆有可能造成後遺症，因此必須於手術進行時嚴格的監控血壓。

未來展望

腦部血管微創介入治療的手術併發症低，成功率高，並且術後再出血及復發的機率亦不高，最重要的是術後病人生活品質功能評估，病人生活可自理無須他人協助者的比例相當高。未來希望能朝向提供更高品質的栓塞治療，以及降低病人術後併發症與復發率而努力，成為國內醫療界相關領域的標竿。🧠





面對猴痘疫情侵台 我們可以做什麼？

譯 編輯室

自 1970 年代初期以來，非洲就有猴痘（Monkeypox）和拉薩熱（Lassa fever）的報導。然而，目前還沒有足夠的數據來全面瞭解最近的傳播情況。全球自今（2022）年 5 月起於非猴痘疫區爆發疫情以來，截至 7 月 22 日全球累計至少 74 國 / 地區報告 16,836 例確診，其中以歐洲及美洲區域疫情最嚴峻，累計病例前 5 名分別為西班牙、美國、德國、英國、法國。

值得注意的是，這些國家的病毒是非地方性的疾病。

我國目前已通報 10 例病例，累計 2 例境外移入確診病例。衛生疾病管制署自 6 月 23 日起將猴痘列為第二類法定傳染病。7 月 23 日，世界衛生組織（WHO）宣布將猴痘疫情列為「國際關注公共衛生緊急事件」。

拉薩熱是由拉薩病毒（Lassa virus）造成的一種急性病毒性出血熱疾病，流行地區為西非。拉薩熱首次的報告是在 1950 年代，但是直到 1969 年拉薩病毒才在兩名死亡的奈及利亞護士身上分離出來，屬人畜共通及動物傳染性病毒。在西非地區，拉薩熱是當地的地方性流行疾病，亦是一種高致死性疾病。大約 80% 的感染者屬輕微或無徵狀感染，其餘 20% 則會有嚴重的多重系統疾病。

國際原子能總署（IAEA）近日舉辦一場研討會，探討核子技術如何在「人畜共患傳染病綜合行動（ZODIAC）」倡議下協助預防猴痘和拉薩熱疫情的爆發。與會者同意加強共同努力以對抗這些病毒。召開這次會議的目的是幫助各國使用核子技術和相關技術，以利於檢測、減輕和瞭解這類病毒的行為。

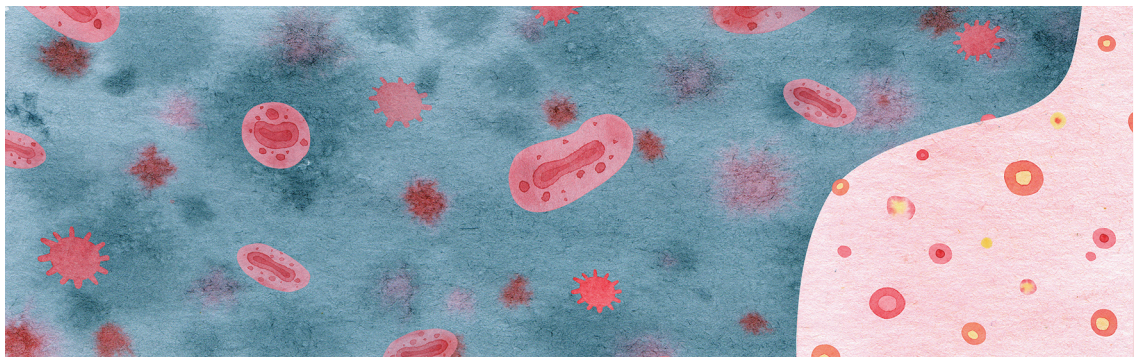
與國際原子能總署、糧食與農業組織（FAO）、世界衛生組織（WHO）和相關領域的國際專家，以及來自 ZODIAC 國家實驗室的 250 多名參與者，同意在該

倡議下加強合作，並確定研究主題，以瞭解動物帶原者和宿主的流行病學作用。

利用核子科學技術，國際原子能總署將與非洲、亞洲、歐洲和拉丁美洲的 ZODIAC 國家實驗室合作，對這兩種疾病的診斷演算法進行微調。這些行動將有助於更瞭解這些病毒如何在動物體內傳播、如何在環境中生存以及如何物種之間傳染。

國際原子能總署透過動物生產與健康實驗室和農業核子技術聯合中心，協助開發檢測工具，以評估嚙齒類動物和其他哺乳動物物種在人畜感染中的作用。這些活動，例如確定研究重點以及猴痘和拉薩病毒的檢測與特性表徵，將根據糧農組織、世界動物衛生組織（WOAH）和世界衛生組織正在進行的工作來推動。

ZODIAC 倡議是在新型冠狀病毒（COVID-19）大流行期間啟動，希望提高國家實驗室盡早檢測和控制人畜共患傳染病的能力。ZODIAC 是以獸醫診斷實驗室（VETLAB）非洲與亞洲網絡為基礎，以 125





生活中的輻射

個成員國指定的國家實驗室網絡為中心。

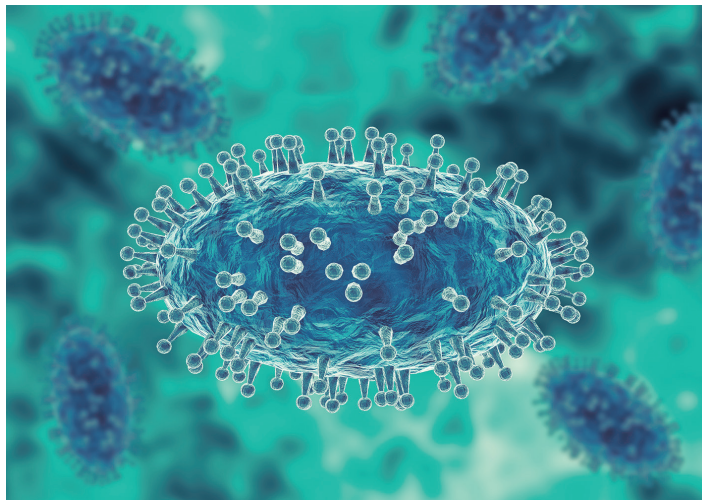
猴痘疫情之所以大爆發，根據世界衛生組織的說法，可能是因為有一段時間沒有追蹤偵測到病毒傳播的狀況，而導致目前的情勢。

雖然猴痘的死亡率通常低於 10%，但如果肝臟或腎臟等器官受到影響，拉薩熱可能會更加致命。今年 2 月，歐洲已確認有 4 例拉薩熱從西非傳播，其中 3 人倖存，1 人死亡。儘管這不是該疾病第一次從西非輸出，但傳播原因仍然未知。

與會者一致認為，現在迫切需要一種用於在家庭和野生動物環境中篩檢病毒的系統，類似於已經為 COVID-19 開發的系

統。專家和國家協調員還討論如何利用可用的診斷工具，例如即時聚合酶連鎖反應（RT-PCR），這是檢測包括 COVID-19 在內的各種病原體最廣泛使用的核子衍生實驗室方法之一。

即時聚合酶連鎖反應利用放射性同位素在病原體中特定遺傳物質的標記上，快速確認病毒株，是一種在 DNA 擴增反應中，以螢光染劑偵測每次聚合酶連鎖反應（PCR）循環後產物總量的方法。此實驗法已被眾多科學家採用，因為其偵測範圍廣、靈敏度高、準確、專一及快速。PCR 的發展因為偵測感染病患的病毒（不過 RNA 病毒須先反轉錄成 DNA 才進行 PCR）或細菌量、癌症監測、診斷個別基因差異的用藥反應等應用而大幅提高。☢



猴痘病毒 3D 模型圖。

資料來源：

1. <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-offers-assistance-in-using-nuclear-science-to-address-monkeypox-and-lassa-fever-outbreaks>
2. https://www.cdc.gov.tw/TravelEpidemic/Detail/7TV6l-LYtGxJu_cljqQU6w?epidemicId=jd0bPcz23Li8QrBk8yjCDQ



我們只有一個地球： 應用核子科學保護環境的四種方式

譯 編輯室

6月5日是世界環境日，在這個國際日中呼籲全球採取集體、具變革性的行動來慶祝並保護和復原我們的地球。

長期以來，人類過度開採自然資源同時也污染環境，帶來嚴重的危害：失控的氣候變化、大規模的喪失生物多樣性、新疾病的出現和蔓延。然而，亡羊補牢為時未晚，其中有一些解決方案需要依賴核子科學，以幫助我們的星球走上復原之路。

以下是核子科學技術在保護、保存和復原環境方面發揮重要作用的4種方式：

1. 減緩氣候變化

氣候變化是人類面臨的最大挑戰之一，很大程度上是由燃燒化石燃料產生的碳排放所驅動。減少並最終停止這些排放需要政府、相關產業和民眾的共同努力，降低對化石燃料的依賴程度，並過渡到再生能



源和核能等低碳能源。

核電約占全球電力供應的 10%，占全球低碳電力的 1/4 以上。發電時，核電廠幾乎不產生碳排放，因此未來在向低碳排放源的過渡中可發揮關鍵的作用。國際原子能總署（IAEA）輸出了大量關於核能如何助力脫碳和及時採取氣候行動的知識。最近，國際原子能總署啟動了一項計畫，旨在加快核能製氫的發展，幫助重工業和交通運輸等依賴化石燃料且最具挑戰性的部門實現脫碳。

2. 循環利用減少塑膠污染

自 1950 年以來，人類已產生超過 80 億噸的塑膠。塑膠污染已成為當今最緊迫的全球環境挑戰之一，無論是在陸地上還是在海洋中，塑膠都會扼殺動物和海鳥，並進入了食物鏈。目前執行的塑膠回收以及採用傳統方法的塑膠循環利用都遠遠不足夠，因此國際原子能總署與各國合作，在核子技術的幫助下尋求解決方案。

2021 年，國際原子能總署發起「核子技術用於控制塑膠污染 (NUTEC Plastics)」倡議，這是支持使用專門核子技術方法來精確追蹤，和量化環境中微塑膠顆粒與相關共存污染物在環境中的移動及影響，使專家能夠確定海洋塑膠的現狀和趨勢，評估它們對海洋動物的影響，並為知情決策者擬訂風險假想方案。

這項倡議也有助於回收更多的塑膠，使用如交聯（cross-linking）、鍊切斷（chain scission）、接枝（grafting）和表面改質（surface modifications）等核子技術，專家可以協助將以前不可回收的塑膠變成可回收的塑膠。

3. 監測環境污染

現代社會人類的許多活動都會向環境釋出污染物。空氣、水或土壤中的污染影響成為生物、地質和化學循環的一部分。使用核子技術和工具，例如專家可以用放射性同位素研究這些污染物和受污染場地的過程。



在空氣中，同位素和核子工具可用於監測重金屬、溫室氣體、放射性氣體和粒子穿過大氣層的路徑。

在陸地上，核子技術可以精確地辨別和測量污染物。利用這些技術，國際原子能總署協助各國對環境保護措施進行監測、建立模型和評估。

在海洋中，尖端的核子技術和同位素技術可以準確地監測污染，最大限度地減少事故的影響，並減輕其對當地民眾的影響。2022 年 1 月，秘魯由於遙遠的東加發生地震所引發的海嘯，而經歷了一次嚴重的石油洩漏事件，國際原子能總署派出一個實況調查專家工作組，協助該國清理漏油並監測事件的影響。

4. 管理淡水資源

人類的生命取決於水的供應，也依賴水的可獲取性。透過測量水中的同位素比率，可以確保我們取得的飲用水、工業用水和

農業用水是永續的，此技術為同位素水文學（isotope hydrology）的科學領域。

國際原子能總署藉由其同位素水文實驗室支援各國，將核子技術和同位素技術應用於淡水資源評估，以及水管理和保護的各個方面。例如，在辛巴威，原子能總署協助專家使用同位素技術評估其地下水和河流系統的相互作用，進而有效地管理其淡水資源、因應污染問題並確保民眾的供水安全。另外，在玻利維亞，核子技術則用於監測冰川退縮及其對濕地的影響。☸

資料來源：<https://www.iaea.org/newscenter/news/only-one-earth-4-ways-nuclear-science-is-helping-the-environment>



保護馬爾他 千年歷史遺產的核子技術

譯 編輯室

馬爾他國家文化保護機構的專家們使用核子技術展現出顏料、陶器、砂漿和其他具有數百年歷史材料的特徵，作為保護該國 8,000 年歷史文化遺產的文物與手工藝品的一部分。

透過國際原子能總署（IAEA）的技術合作計畫—《文化遺產領域科學應用技術能力培訓與提升》所提供的支持下，「馬爾他遺產（Malta Heritage）」的工作人員購買了一台重達 1 噸的 X 射線繞射儀（diffractometer），並接受使用 X 射線繞射儀的培訓，這是一種不需將手放在物體上

即可分析和瞭解古代文物的材料、年代和出處，而避免污染的風險。瞭解這些細節使得工作團隊能夠確定最合適的文物保存方法。

馬爾他遺產診斷科學實驗室（DSL）經理格里馬（Matthew Grima）表示：「文化遺產倫理表明，最少的干預是保護過程的重要關鍵。微量分析使我們能夠調查幾粒或幾毫克的材料，為評估文化遺產樣本提供了侵入性最微小的方法。但由於 X 射線繞射領域對我們而言是全新的事物，我們決定尋求國際原子能總署的協助，對該領域專業知識的移轉。」

透過參與技術合作計畫，「馬爾他遺產」穩定地提高和擴大了應用核子技術保護文化遺產的能力。2011 年，馬爾他遺產診斷科學實驗室的工作人員受益於國際原子能總署所籌辦的培訓課程，該課程闡明如何應用非侵入性、非破壞性輻射技術來觀察所採樣材料的歷史與當下的變化。

利用所提供的培訓和 X 射線繞射儀設備，「馬爾他遺產」的員工 6 月時在瓦萊塔（Valletta）完成了一個區域培訓課程，傳授他們新培育的技能，並與來自歐洲和中亞 8 個國家的專家分享他們的經驗。

格里馬表示，「將 X 射線繞射與其他輻射技術相結合時，可以確定陶瓷的年代並研究它們的出處。我們的產品組合中有超過 100 萬件具有文化價值的物品和遺址，隨著 X 射線繞射儀系統的購置、調試和運轉，已幫助我們解決難題並減輕工作量。另外也以創作風格的角度研究許多物品。其他來源不明的人工製品，已經過科學方法測定出年代。」

以核子科學揭露過往樣貌

為了更有效保護具有文化意義或價值的文物，首先要確定它們的原始材料和製作方法，而 X 射線繞射是因應此一需求不可或缺的工具。

X 射線繞射儀是一種非破壞性、高度敏感的技術，它利用 X 射線來顯示有關結晶體（crystalline）材料的資訊。結晶體材料是固體材料，例如玻璃和矽，其成分排列成高度有序的微觀結構。這項技術很有用處，因為它可以用於許多不同類型的結

晶材料且非常微小的樣本。X 射線繞射儀通常用於檢查和評估其組成材料，以更瞭解或在某些情況下驗證特定文物的來源和背景；可幫助專家確定物品的化學成分、原子排列和來源，無論它們是具有千年歷史的小雕像還是相對現代的藝術品。

科學家將結晶體材料曝露在 X 射線下，當 X 射線與材料中結晶體的原子相互作用時，它們會發生散射並產生干涉效應，稱之為繞射圖案。這種模式可以提供有關晶體結構或晶體物質身份的資訊，這有助於科學家準確辨識物品的晶體結構。

現在博物館、美術館和圖書館已越來越多地轉向使用輻射技術檢查和處理狀況惡化的文化資產，以穩定它們並確保它們的壽命。特別是對於那些需要緊急出手干預，或使用傳統修復技術可能會造成損害的情況。✿



X 射線繞射是一種非破壞性、高度靈敏的技術，運用 X 射線來顯示有關結晶體材料的資訊。（圖片來源：馬爾他遺產）

資料來源：

<https://www.iaea.org/newscenter/news/deploying-nuclear-technologies-to-preserve-and-protect-maltas-millennia-old-heritage>



曝露在無線網路射頻中， 對健康有沒有危害？

譯 美洲保健物理學會台灣總會

無線網路在我們的環境中已變得到處都有了，無線熱點在許多公共場域可被使用，且在家裡與學校也快速地增加中。無線網路使用低功率射頻 (radiofrequency, RF) 傳送器稱為通訊接入點 (access points)，與其他裝在筆記型電腦或其他攜帶式設備的低功率傳送器用戶端卡 (client cards) 做聯繫。幾乎所有這些無線網路均使用 Wi-Fi 技術，也有其他無線技術在使用中。

雖然無線網路使用的是非常低的功率，仍有些人會質疑射頻訊號串聯的網路可能會對健康產生威脅。無線網路射頻訊號造成可能的健康風險問題，有兩部

分：人們曾經歷過來自網路何種程度的曝露？對於人類身體，來自網路的射頻能量有多少可能的負面影響？

無線網路使用的是低功率，其對無線裝置電腦使用者的曝露等級是屬於低階的。其他未使用支援無線設備的人，仍會處在較低的射頻能量曝露中。最大輸出功率的用戶端卡（裝在電腦中）或通訊接入點（無線熱點通常裝在公共區域的天花板上），一般均低於行動電話的最大功率輸出。更進一步地，這訊號的特性將隨著與傳送器天線的距離而衰減。

其他因素用來限制公眾曝露在無線場域有：用戶端卡或通訊接入點。但真正傳送訊號的時間非常少，所以，有許多因素來限制這用戶端卡或通訊接入點在傳輸能量的時間，這包括在某一特別時間只有一個傳送器會有動作，這將限制有線網路與無線網路連結，及被網路使用的錯誤改正計畫的容量。

因此，一部含無線用戶端卡的筆記型電腦所產生的曝露，遠小於離身體相同距離處所使用的行動電話。因為與使用者有較遠的通訊接入點，由通訊接入點所產生的曝露也同樣較低。事實上，偵檢器顯示在普通環境下，來自無線網路的射頻場，幾乎總小於在同樣接近行動電話基地台、廣播發射機及其他射頻能量通用場所射源的區域。

在 2006 年，由工業界支持執行的計畫—在美、法、德、瑞典 4 個國家量測

現在我們的生活環境中到處都有無線網路，許多公共場所也可找到無線熱點。





市區與郊區的射頻場等級 (Foster 2007)。該測量計畫在 55 個場地含私人住宅、商業場所、健康照護與教育研究所及其他公共空間，做了 356 個背景射頻訊號的測量。

詳細結果刊載在 "Radiofrequency Exposure From Wireless LANs" (Foster 2007) 內，顯示在所有已測量的無線訊號等級案例中，均遠低於國際安全限度，特別是那些「電力與電子工程研究院及國際非游離輻射防護委員會 (Institute of Electrical and Electronics Engineers and the International Commission on Nonionizing Radiation Protection (ICNIRP 2002))」的標準。這些限度是設計來保護所有已知的射頻能量的危害。在幾乎所有案例中，這些可測量場所的訊號低於那些來自其他鄰近射頻能量射源，包括行動電話基地台。

過去多年來，在一般環境中，對於來自射頻場的低階曝露可能造成健康風險的關切仍為數不少。為說明這些疑慮，全世界的衛生署曾重複審視科學文獻，結果均稱未找到有說服力的證據，以證明低於國際安全限制的射頻場有任何危害。例如，世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 最近在其事實表單 (Fact Sheet) 說：「行動電話基地台與無線網路產生的射頻場曝露，不致於造成健康的影響。」 (WHO 2006)

少數個人曾報導來自無線網路及其他低階射頻場射源的射頻訊號，能觸動類似過敏反應 (稱為電力過敏症)。這是一件科學家們曾以幾年時間研究過的關於

來自不同射源低階射頻場的複雜議題。

雖然個人受電力過敏症的苦惱是真的，可受控制的研究仍無法將它們的病徵與射頻場曝露相聯結。這些研究顯示出，現在關於個人是否相信他（她）是受曝露的，而非真的受曝露。引述 WHO 的事實表單：「電磁場不曾被證明會引起這種症狀；儘管如此，承認人們受到這些症狀折磨的困境仍然很重要。」(WHO 2006)

如此一來，電力過敏症是一種複雜的心理現象，而非對射頻場直接的毒性反應。事實上，只要在環境中出現許多射源的射頻場，或有很多強化的無線網路射頻場，個人相對容易聯想無線網路可能是造成顯著健康的問題，或有電力過敏的人可能會認定無線網路是對他（她）造成健康危害的原因。

結論：人們受射頻場曝露的等級，遠低於國際安全限度。更進一步地，幾乎在所有偵測過的地方，無線網路的訊號均遠低於來自其他射源的射頻訊號。只要來自無線網路的射頻場對人們的低階曝露，與來自在現代環境中無所不在的其他射頻能量的射源做比較，任何有關無線網路的健康關注，看起來似乎是不夠具體。☢



人們受無線網路射頻曝露影響的層級，遠低於國際安全的限制範圍。

參考資料：

1. Foster KR. Radiofrequency exposure from wireless LANs. *Hlth Phys* 92:280–289; 2007.
2. International Commission on Nonionizing Radiation Protection. General approach to protection against nonionizing radiation. *ICNIRP Statement in Hlth Phys* 82:540–548; 2002.
3. World Health Organization. Electromagnetic fields and public health: Base stations and wireless technologies; May 2006. WHO Fact Sheet. Available at: who.int/mediacentre/factsheets/fs304/en/index.html. Accessed 2 April 2007.

西班牙第一批用過核子燃料 放入乾式貯存設施

譯 編輯室

西班牙加羅尼亞（Garóña）核電廠第一個裝有用過核子燃料的貯存容器，已被放置在廠內中期乾式貯存設施中。在除役工作開始之前必須將核電廠貯存池中所有用過的燃料清除完畢。

這一批是預計貯存在加羅尼亞獨立式中期倉庫（Individualized Temporary Warehouse, ATI）中 5 個貯存容器中的第一個，這與核電廠用過核子燃料管理計畫第一個裝載階段所預測的一致。在核子安全委員會（Nuclear Safety Council, CSN）的有利報告之後，這項計畫最近獲得了生態轉型與人口挑戰部的批准。

這項裝載作業耗時 160 多個小時，包括準備容器、將其運送到貯存池、裝載 52 根用過核子燃料棒、提取，最後轉移到 ATI 設施。整個過程由 CSN 監督。這座貯存容器是由西班牙 Ensa 公司製造，裝載完成後高度為 4.85 公尺，直徑為 2.1 公尺，重量為 71 噸。加羅尼亞 ATI 設施於 2017 年建造完成，該設施允許乾式和中期貯存兩用金屬容器，其設計可裝載用過核子燃料，然後將燃料從核電廠運送到集中式中期貯存設施（ATC）。

核電廠擁有者 Nuclenor 公司表示，其他 4 座貯存容器的裝載和轉送到 ATI 的作業將在未來幾個月內進行。至於貯存池中剩餘的 2,245 根用過核子燃料棒的清除工作，將與另外 44 個容器一起完成，這些容器目前正在製造過程中。

加羅尼亞核電廠的 44.6 萬瓩沸水反應爐於 1971 年開始運轉，由於某些技術需要升級，CSN 認為該反應爐運轉至 2019 年較妥當。然而，反應爐於 2012 年 12 月中旬關閉，以避免相關稅金的追溯問題。

Nuclenor 公司需要在「拆除前階段」執行一系列任務，包括將加羅尼亞燃料貯存池中的用過核子燃料轉移到中期貯存設施中。此外，還必須處理核電廠運轉期間所產生的放射性廢棄物。

西班牙除役公司 Enresa 已於 2020 年 5 月向生態轉型與人口挑戰部提交申請，要求轉讓加羅尼亞核電廠的所有權，並進行第一階段的拆除。🔍

參考資料：

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/First-used-fuel-placed-in-Garona-storage-facility>

挪威規畫除役計畫的合約

譯 編輯室

Jacobs UK Limited 和 Multiconsult Norge AS 的合資企業已被挪威核子除役公司 (NND) 選中，以規劃挪威核子設施的除役。該合資企業在競標中排名最高，擁有推展工作的優先選擇權。

NND 於 2018 年 2 月成立，隸屬貿易、工業與漁業部，負責研究反應爐和其他相關核子基礎設施的除役，以及放射性廢棄物的安全處理、貯存和處置。

挪威兩座研究反應爐—哈爾登 (Halden) 的核燃料與材料試驗反應爐和凱勒 (Kjeller) 的 JEEP-II 中子散射設施，分別於 2018 年 6 月和 2019 年 4 月宣布永久關閉。他們的所有權和責任將從能源技術研究所轉移到 NND。

與 Jacobs/Multiconsult 合資企業的合約是一項框架協議，包括除役階段所需工作範圍內的廣泛項目。最初的重點將放在哈爾登和 JEEP-II，範圍包括新設施的工程概念設計和規畫、現有核子設施和非核子設施的升級、為 NND 提供技術文件協助，以及準備安全案例以符合所有權和運轉許可的需求。

這項工作預計將立即開始並持續 6 年。這

6 年合約的總價值估計為 7.5 億挪威克朗 (約 21 億 7,500 萬新台幣)，最高為 9 億挪威克朗 (約 26 億 1,000 萬新台幣)，此外還有一個價值 1 億挪威克朗 (約 2.9 億新台幣) 的選擇權。

NND 技術長 Nils Bøhmer 表示：「挪威核子設施的除役是一項複雜的任務，NND 很高興看到國際和當地 / 國家供應商都對這項任務非常感興趣。NND 對 Jacobs 帶來的國際除役經驗表示歡迎，並承認這將對 NND 提供寶貴的協助。同時，我們也非常感謝 Multiconsult Norge AS 擁有的挪威經驗，這兩家公司將成為 NND 未來幾年的強力合作夥伴。」

除了研究反應爐之外，挪威還有一些其他核子設施將除役，以及必須以安全方式處理和處置的各種放射性廢棄物。哈爾登和凱勒反應爐的用過核子燃料處理和除役的總體計畫，預計將花費約 200 億挪威克朗 (約 580 億新台幣)，耗時 20 至 25 年完成。

資料來源：

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Contract-for-planning-Norway-s-decommissioning-pro>

芬蘭高放最終處置場 已挖掘 5 條處置隧道

譯 編輯室

芬蘭放射性廢物管理公司 Posiva Oy 宣布，在歐基盧歐圖（Olkiluoto）附近的昂卡洛（Onkalo）地下用過核子燃料最終處置場，前 5 條實際處置隧道的挖掘工作已經完成。

Posiva 公司表示，最後的岩石爆破於 6 月 18 日進行，第 5 條隧道的盡頭於 6 月 21 日完成。隧道從 2021 年 5 月開始挖掘，總長度約為 1,700 公尺。挖掘承包商是 YIT Suomi Oy 公司，多年來一直為 Posiva 公司挖掘隧道。該計畫經理 Kimmo Kemppainen 指出：「現在，處置隧道的建設將繼續進行，同時也加強隧道和隧道底部的平整度。」Posiva 公司說，他們將在前 5 條處置隧道中鑽孔，以容納大約 180 個處置罐。

用過核子燃料將被放置在母岩中，深度約為 450 公尺。處置系統包括密封的鐵銅罐、可封閉處置罐的膨潤土緩衝物、由可膨脹的粘土製成的隧道回填材料、隧道與建築物的密封結構，以及封閉後的岩石。

在最終處置設施 100 年的運轉期間，預計將開挖 100 條處置隧道，總長約 35 公里。每條隧道的最大長度為 350 公尺，隧道高約 4.5 公尺，寬約 3.5 公尺。

前 5 條隧道的開挖是 Posiva 公司 EKA 計畫的一部分，價值約 5 億歐元（約 150 億新台幣），該計畫涵蓋所有最終處置設施的需求，包括其建造與設備，以及在第一條隧道中開始最終處置作業。

這座處置場是世界上第一座用過核子燃料最終處置設施，預計將於 2020 年代中期開始運轉。在瑞典的佛斯馬克（Forsmark）也計畫建造一座類似的最終處置場。



Onkalo 的前 5 條處置隧道之一（圖片來源:Posiva 公司）

資料來源：

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Rail-transfer-landmark-for-UK-waste-disposal-proje>

安全報告確認 加拿大處置場址的適用性

譯 編輯室

加拿大放射性廢棄物管理組織 (NWMO) 對正在評估的兩個潛在地點，是否適合建造深層地質處置場以貯存該國用過核子燃料充滿信心。

基於多年研究和實地工作，新發布的安全信心報告總結 NWMO 對兩個選址區域的理解：瑞維爾 (Revell) 場址，位於伊格納斯鎮西北約 43 公里處，以及瓦比貢湖 Ojibway 東南 21 公里處，另一處則是位於南布魯斯市提斯沃特西北約 5 公里處的南布魯斯 (South Bruce) 場址。

NWMO 表示，他們發現這兩處潛在場址都具有可支持計畫整體安全性的共同特徵。它們位於穩定、地震靜止的環境中，具備必要的深度、寬度和體積的岩層，使貯存場能被隔離。該貯存場將建在地下 500 多公尺處。這兩個地點的岩石中都沒有已知的經濟可開發資源，例如礦物、鹽或氣體，因而降低了未來人類侵入處置場的風險。NWMO 總裁兼執行長 Laurie Swami 說：「安全是我們的重中之重，它推動我們所做的一切。」這些報告代表正在進行的選址過程中的重大成就。

NWMO 於 2010 年啟動選址程序，有知情且願意的地主是首選的場址，有 22 個社區表示有興趣接受處置場。現在正在考慮的兩個地點都在安大略省，經過多年的技術評估和社區參與，從最初的名單中縮小了範圍，預計將在 2023 年做出最終選擇。NWMO 安全與技術研究主任吉爾賽斯基 (Gierszewski) 說：「安全的信心報告概述了 NWMO 相信可以在任一潛在場址建造深層地質處置場的基礎，以便長期安全和負責任地管理加拿大用過核子燃料。我們在加拿大的工作基於數十年的國際研究和科學共識，即深層地質貯存場是安全、長期管理用過核子燃料的最佳解決方案。」

NWMO 表示，這些報告將用於支持該計畫的持續對話，包括告知正在考慮接受該計畫的社區。最終選址完成後，將透過對處置場設計和安全案例的嚴格監管審查以確認其安全性，監管和審查過程預計需要大約 10 年才能完成。

資料來源：

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Safety-reports-confirm-suitability-of-Canadian-rep>

英國處置場場址調查 加入第 4 個地點

譯 編輯室

位於英格蘭東部林肯郡的舍鐸索普（Theddlethorpe）建立了一個社區夥伴關係，以評估英國的地質處置設施（GDF）是否可以安全地放在海岸線以外的地下深處。這是繼 2021 年在英格蘭西北部的坎布里亞郡西部建立的 3 個合作夥伴關係之後的第 4 個。

與當地民眾的對話在未來幾年中將繼續進行，工作小組從 2021 年開始參與接手，以評估在舍鐸索普地區設置地質處置設施的可能性。

社區夥伴關係是一個更大、更長期的團體，目前已經開始招募。確定將 Withern & Theddlethorpe 和 Mablethorpe 這兩個地區列入候選名單後，後續行動將集中於進一步的討論，協助當地對地質處置設施的瞭解。雖然調查區域涵蓋 Withern & Theddlethorpe 和 Mablethorpe，但核子廢棄物服務公司（NWS）表示，他們正在海岸以外的地下深處尋找適合的地質處置設施場址。

此處舊的天然氣終端設施可能會成為地面接收站，計畫在海岸線以外的深層岩層

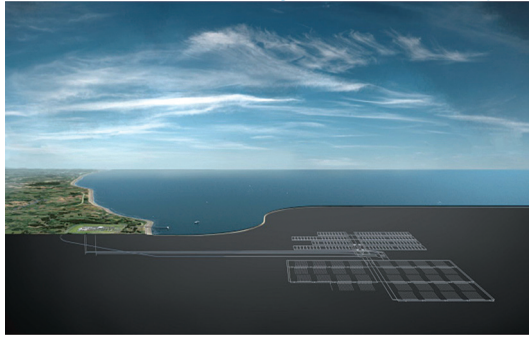
中建造地下設施。地面地基設施可以提供通往數公里外的地下隧道和拱頂的通道，這些隧道和拱頂建於深達 1,000 公尺的岩石中。

推動社區夥伴關係的形成，每年可為社區、每個夥伴關係和地方計畫提供 100 萬英鎊（約 3,600 萬新台幣）的投資資金，如果採取深鑽孔調查措施來評估地質狀況，則每年可增至 250 萬英鎊（約 9,000 萬新台幣）。

NWS 副執行長兼主要資本計畫總監惠勒（Karen Wheeler）說：「我們非常高興看到舍鐸索普建構了地質處置設施的社區夥伴關係，這提供了一個平台，可以增加社區的參與度，並為社區帶來直接利益的相關計畫啟動投資的資金。」

「這第 4 個社區夥伴關係，代表我們與社區針對地質處置設施及其意義，在進行接觸時所取得的實質進展。我們期待在這些區域繼續討論並開始調查，以尋找一個合適的地點。」

舍鐸索普地質處置設施社區夥伴關係臨



舍鐸索普地區海岸外地質處置設施的示意圖(圖片來源: NWS)

時主席柯林斯 (Jon Collins) 補充說：「社區夥伴關係是一個令人興奮的新工作階段，將持續數年，在該地區開發地質處置設施提案的各個方面都可以探索與討論。為此，夥伴關係需要反映社區的想法，這是民眾參與、分享他們的觀點，並與其他人一起研究這對該地區帶來什麼樣的機會。」

地質處置設施的建設既需要合適的場地，也需要有意願的社區。找到合適的地點來建造地質處置設施可能需要 10 到 15 年，但如果在舍鐸索普找到合適的地點，則需要進行「公眾支持測試 (Test of Public Support)」，以直接向居住在受影響地區的人發表意見。沒有公眾的支持，該計畫將無法進行。

另外 3 個社區夥伴關係—科普蘭中部 (Mid Copeland) 地質處置設施社區夥伴關係、科普蘭南部 (South Copeland) 地質處置設施社區夥伴關係和阿勒代爾 (Allerdale) 地質處置設施社區夥伴關係—已經在西坎布里亞郡建立。

NWS 表示，將繼續在英國其他地區舉行非正式討論，這可能會成立更多的工作

小組和社區夥伴關係。

地質處置設施包括一個高度工程化的地下拱頂和隧道網絡，用於永久處置高放射性廢棄物，使其中的輻射永遠不會到達地表環境。芬蘭、瑞典、法國、加拿大和美國等國家也在尋求這種選擇。☢



資料來源：

<https://www.renewableenergyworld.com/storage/freeze-thaw-battery-is-adept-at-preserving-its-energy%EF%BF%BC/>

美國離岸風電產業 正準備蓬勃發展

譯 編輯室

2016 年起，美國海上風電的發展過程是沿著太平洋沿岸進行開發。時至今日，美國海洋能源管理局（BOEM）將於今（2022）年秋季舉行第一次太平洋沿岸水域開發權的租賃拍賣會。

4 月初，海洋能源管理局發布加州中部莫羅灣（Morro Bay）風力發電能源區的環境評估草案。加州北部洪堡（Humboldt）的環境評估草案已於 1 月公告，為今年秋季這兩個地區的租約拍賣奠定基礎。海洋能源管理局策略與資源辦公室的區域主任蘇馬特（Necy Sumait）表示，受益於從東海岸固定式離岸風電市場所得的經驗，過程仍在規畫進度內進行。

蘇馬特表示：「從流程的角度來看，我認為海洋能源管理局在建設和營運計畫方面的要求，對開發商來說，應該是相當清楚的。」同時他也確認了海洋能源管理局在經過多年準備和利害關係者的參與後，對租賃拍賣會的執行是否成功感到極大的壓力。

莫羅灣風力發電能源區占地約 97 萬平方公里，距離加州聖路易斯奧比斯波（San

Luis Obispo）約 32 公里。該地區預計將在全面開發後，為電網帶來 3 百萬瓩的潔淨能源。洪堡風力發電能源區將由 3 個商業租賃託管，位於尤里卡市（Eureka）近海約 33 公里，總面積約 53 萬平方公里，預計將支援至少 1.6 百萬瓩離岸風電的進展。

根據挪威 Aker Offshore Wind 公司的美國業務部資深副總裁馬古里斯（Jonah Margulis）的說法，利用浮體式離岸風電開發美國太平洋沿岸的權利拍賣將「極具競爭力」。「所有跡象都表明它將極具競爭力。不僅僅是在加州，如果放眼全球的浮體式離岸風電計畫，整體規模正在急劇加速。我們現在正在談論大型商業規模的浮動項目。幾年前，也許這是一個白日夢，但如今已成為事實。」

輸電、供應鏈和港口預備

海洋能源管理局的租賃拍賣會後，將展開一場建設基礎設施的競賽，以幫助該行業在未來幾年能蓬勃發展。對於加州近海的前兩個開發區而言，電網局限性和港口可用性仍然是一大挑戰。



美國 Principle Power 公司的全尺寸浮體式離岸風力發電原型機 (WindFloat 1) · 該計畫於 2011 年安裝於葡萄牙維亞納堡 (Viana do Castelo) 近海 · 配備 0.2 萬瓩風力渦輪機。(圖片來源: Principle Power)

根據全球風能協會 (Global Wind Energy Council) 關於美國浮動式離岸風電市場的報告，洪堡地區可以提供約 15 萬瓩的額外容量，而無需進行大規模的電網升級。由於 Diablo Canyon 核電廠即將除役，莫羅灣受到的限制相對較少。

在輸電規畫方面，加州受益於卡西歐 (CAISO) 的單一電網營運商。海洋能源管理局的蘇馬特表示，卡西歐在該機構的支持下一直積極進行輸電規畫，以滿足離岸風電的需求。2 月，卡西歐公告了第一份 20 年輸電展望，其中包含考慮對 10 百萬瓩離岸風電的輸電支援。蘇馬特表示：「北海岸的風更大，在輸電方面更具挑戰性，但加州已經開始了規畫過程，我認為未來有一個完善的藍圖。」

根據國家可再生能源實驗室最近的一份報告，目前西海岸沒有港口能夠支援浮動式離岸風電的相關活動。

總部位於加州的 Principle Power 公司勢必前往歐洲，展示其浮動式離岸風電平台技術的可行性和融資可能性。但該公司工程副總裁皮埃佛 (Antoine Peiffer) 表

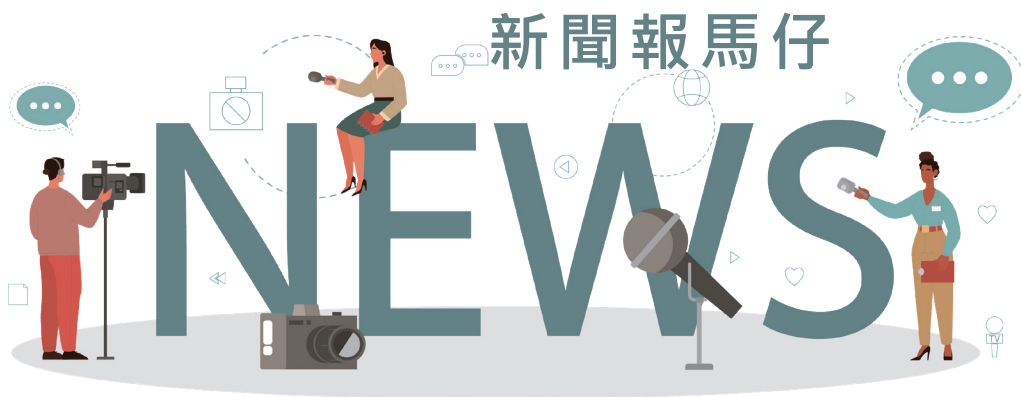
示，近幾個月來，他看到港口規畫方面取得了令人鼓舞的進展。

3 月，加州能源委員會批准了 1,050 萬美元的預算，用於翻修洪堡港灣，以支援浮動式離岸風電活動。這筆贈款將資助基礎工程和設計工作、進行現場調查和特別研究、準備必要的環境影響評估進程、實施早期建設，和啟動環境緩解措施。皮埃佛表示：「這真的令人鼓舞，因為我們需要振興這些類型的設施，來服務這個新興行業，我們正在做的事是努力提高對該行業的理解，並與開發人員合作、以了解我們將如何部署這些大型計畫。」

浮動式離岸風電開發商和供應商也必須遵守瓊斯法案 (Jones Act) 的船舶部署原則。不過，這個行業與固定式離岸風電相比，具有一些優勢，因為浮動式離岸風力渦輪機和平台主要是在港口完成。

資料來源：

<https://www.renewableenergyworld.com/wind-power/floating-offshore-wind-prepares-to-break-out-in-the-u-s/>



國外新聞

西班牙核電廠的拆除工作接近完成

西班牙的荷西卡布雷拉（José Cabrera）核電廠的拆除已達到最後的里程碑之一：拆除大型建物，即舊渦輪機建築。廢棄物管理公司 Enresa 表示，該建築被改建為除役輔助建築（EAD）。

這座建築高 30 公尺，兩個月時間就被徹底拆除。主要由鋼筋混凝土結構組成，其上支撐著高低渦輪、交流發電機和冷凝器。

EAD 在拆除計畫的第一年，在準備作業階段進行調整。渦輪機大樓被改建為處理拆除活動產生的放射性廢棄物的地方。建物的拆除象徵著恢復階段的開始，和對廠區的最終放射性監測，其計畫最近得到核子安全委員會的批准。

荷西卡布雷拉是西班牙在 1968 年開始運轉的第一座核電廠。在運轉 38 年後，於 2006 年 4 月因行政命令而關閉，這是西班牙首次全面拆除核電廠。2006 年關

閉後，Enresa 公司開始撰寫拆除和除役計畫的監管文件。

Enresa 公司將拆除計畫視為一個工業過程，希望能完全釋放廠區並妥善管理產生的材料。任務包括：移除一般的組件；拆除放射性組件；建築物的除污、拆除和廠區環境恢復。

據估計，拆除計畫將產生約 104,000 噸材料，其中約 4% 將歸類為放射性廢棄物。一般的材料被拆除並送到相關的加工廠，非常低、低和中放射性的廢棄物則會定期運送至 El Cabril 的處置設施。

Nuclear Engineering International, 06/30/2022

從 Sellafield 貯存倉中取出的第一批廢棄物

英國的塞拉菲爾德（Sellafield）已開始從屑料廢棄物貯存倉（Magnox Swarf Storage Silo, MSSS）中清除廢棄物。塞拉菲爾德公司表示，現場的團隊開始清除

MSSS 內的廢棄物。MSSS 位於塞拉菲爾德場區最早期的部分，過去 60 年來一直將放射性廢棄物貯存在這個充滿水的空間中。該建築貯存了從 Magnox 反應爐的用過核子燃料棒中取出的外殼，以便對內部的燃料進行再處理。

現在，由於建築物的年代、內部的設備以及從未考慮過除役這一事實，它是塞拉菲爾德場址和核子除役管理局（NDA）眼中最危險的核子設施之一。塞拉菲爾德團隊現在開始清除內部的廢棄物，將其放入專用的不銹鋼廢棄物容器中，並將其運送到場內的現代化貯存設施。

MSSS 計畫負責人 Chris Halliwell 提及他們面臨的一些挑戰：「這是塞拉菲爾德公司和供應鏈中數百人、數十年準備工作的結晶。除了保持建築物的原始混凝土結構外，我們設計並安裝專用的取回機器。3 台取回機器中的第一台現已開始運作，這將需要另外 20 年左右的時間才能完成。我們的團隊使用這台機器向下伸入筒倉的隔間，從內部抓取廢棄物，並將其放入專為這項工作而設計和製造的容器中。」

最終，這些金屬廢棄物箱將被安全地存放在目前正在建造的新貯存設施內。為了盡快清除廢棄物，先利用塞拉菲爾德的現有貯存空間，直到新設施準備就緒。當可用時，所有廢棄物最終將被送往地質處置設施。一旦清空廢棄物，注意力將轉向除役，最後拆除這座筒倉建築。

Nuclear Engineering International, 06/13/2022

Orano NPS 與韓國簽署乾式貯存協議

Orano 的子公司法國 Orano NPS 表示，最近與韓國的 Kepco E&C 和 SeAH Besteel 簽署一項合作協議，以開發用於用過核子燃料的乾式貯存解決方案。這項合作夥伴關係將為韓國電力公司的未來乾式貯存計畫提供優化建議，包括運用 Orano NPS 在用過核子燃料管理方面客戶服務的經驗。具體而言，其美國子公司 TN Americas 在美國核能市場提供 NUHOMS 燃料乾式貯存解決方案的服務擁有數十年的經驗。

根據協議條款，3 家公司將利用雙方的專業知識擴大合作。Orano NPS 提供在乾式貯存系統設計和許可方面的技術知識，Kepco E&C 將協助韓國當地的工程和許可流程，SeAH Besteel 將擔任系統製造商。Orano USA 執行長 Amir Vexler 指出：「此一聯盟使我們能夠為客戶提供強化和本地化的商業解決方案，在該地區呈現出有吸引力的發展前景。」

Nuclear Engineering International, 05/31/2022

荷蘭擴大放射性廢棄物貯存

荷蘭位於弗利辛根附近斯洛地區的放射性廢棄物中央組織（Covra）於 5 月 20 日表示，經過 5 年的建設期，哈伯格（Habog）的高放射性廢棄物處理與貯存大樓新的區域正式啟用。

自 1980 年代初以來，Covra 一直在處理和貯存來自波賽爾（Borssele）核電廠、研究反應爐、實驗室、醫院、化學工業、土木工程和海上工業的放射性廢棄物。Covra 表

示，在政府決定讓波賽爾核電廠和 Petten 與 Delft 的研究反應爐保持更長的開放時間之後，有必要擴大產能以貯存這些單位產生的核子殘餘材料。

2018 年，開始進行對哈伯格現有設施的擴建。在具防護能力和高度安全的新空間中，可以將總共 50 立方公尺的放射性廢棄物貯存在密封的混凝土豎井中。加上已經貯存在現有哈伯格設施中的 110 立方公尺廢棄物，總貯存容量達 160 立方公尺。

Covra 的主管 Jan Boelen 說，這座建築非常堅固，可以保護外部環境免受貯存的輻射水平影響。「大樓的混凝土牆有 1.7 公尺厚，超過一半的結構由混凝土組成，已經加入了大約 8,000 立方公尺的混凝土。此外，還包含 1,200 噸鋼材。混凝土掩體結構堅固，可以承受地震、洪水、風暴、瓦斯爆炸、恐怖襲擊甚至飛機墜毀等極端情況。我想這可以說這是我們國家最安全的建築之一。」

財政部長 Sigrid Kaag 表示，Covra 的擴建也符合內閣採取措施—建造兩座新核電廠的規劃。她說，只有妥善管理廢棄物，才有可能在現在和未來負責任地應用核子技術。

Boelen 說，他預計哈伯格設施至少會持續使用到下個世紀末。但在此之前，政府必須在 2100 年決定最終處置高放廢棄物，然後將其永久貯存在深層地質處置場中。

哈伯格除了是一棟貯存大樓，也是一件藝術品。建築物被漆成橙色，但每隔 20 年就會被漆成較淺的顏色，象徵著保存材

料的放射性衰變。最終，建築物會完全變成白色。

Nuclear Engineering International, 05/24/2022

PG&E 在加州的巨型儲能電池投入使用

2022 年 4 月 18 日由特斯拉與太平洋天然氣與電力公司（PG&E）合作設計和建造的北加州 18.25 萬瓩儲能系統現已投入使用。

太平洋天然氣與電力公司在一份聲明中表示，該系統包括 33 個混凝土板上的 256 個特斯拉巨型儲能電池 Megapack，能夠在高需求期間以每小時 182.5 的最大速率貯存和分配高達 73 萬瓩的能量到電網。當能源需求低，或太陽能、風能產生的替代能源高時，大型電池會充電，當需求增加時，再將儲存的電力輸送到電網，以此方法提供額外的容量。

舊金山電力委員會表示，該系統是太平洋天然氣與電力公司電池儲能系統的 9 個計畫之一，2024 年總容量將超過 333 萬瓩。

太平洋天然氣與電力公司執行長波普（Patti Poppe）表示：「我們致力於為客戶實現最大價值的方式，安全地提供可靠和清潔的能源，但我們不能獨自進入這個清潔能源的未來，此計畫需要特斯拉這類的創新合作夥伴。太平洋天然氣與電力公司將繼續尋找並與最優秀、最聰明的人合作，為我們的客戶提供突破性的潔淨能源解決方案。」

Renewable Energy World, 04/19/2022

國內新聞

協和更新改建計畫填地區東移 完全保留海扇及潛堤區珊瑚

台電表示，為了盡最大努力保護海洋生態，協和計畫作出重大變更，提出「東移方案」，預定填地興建儲氣槽的區域將東移，原本各界關切可能受影響的潛堤區珊瑚，將完全保留下來。

協和電廠增氣計畫興建燃氣機組，需解決供氣問題。經評估，現有電廠廠內多山坡，用地不足，也無法滿足氣槽設置的安全性要求，因此台電規劃填地興建天然氣儲氣槽。

台電進一步指出，協和計畫興建 2 部總裝置容量 260 萬瓩的燃氣機組，可就近供應基隆、台北南港及新北汐止等地工商發展的電力需求，避免讓北北基用電過度仰賴外援。更重要的是，從南港、汐止沿著基隆河谷延伸至基隆港，整個基隆河谷廊帶產業快速發展，預估未來 10 年用電仍將持續成長，更需要穩定電力作為後盾。

本刊訊，7/7/2022

「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」公開上線

2021 年 4 月日本政府宣布 2 年後將逐批排放福島第一核電廠儲存的含氚處理水到海洋，為確保民眾的安全與權益，原能會與相關部會共同合作，做好因應準備，並建立

日本排放前我國海域的輻射背景資料庫。

原能會核能研究所透過行政院國家科學技術發展基金支持，已建置「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」，整合海域輻射監測數據與地理資訊地圖，將原本原能會網站的日本福島核災含氚廢水專區資訊精進改版，以更視覺化的方式提供相關資訊的單一傳遞窗口，期能擴大科普與資訊公開效益。未來會持續更新海域輻射監測結果、精進平台功能。

原能會「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」，可由行政院原子能委員會官網>焦點專區/便民專區>日本福島核災含氚廢水進入。

本刊訊，7/1/2022



協和電廠 (圖片來源:台電)

Drigg · UK



英國低放經驗 最終處置經得起時間考驗

我國低放射性廢棄物處置場的選址仍待國人共同決定，然而核廢料的存在是我們無法改變的事實。反觀全世界，已設置最終處置場的國家，皆以科學技術安全運轉中。

英國Drigg低放最終處置場，從1959年運轉以來，採用近地表掩埋方式，處置了100萬立方公尺的廢棄物，可以算是歷史相當久遠的低放射性廢棄物最終處置場。鄰近土地為牛、羊牧場及國家公園所在地，各類廢棄物長年海運、陸運、鐵路運輸頻繁，並沒有發生民衆抗爭事件，行之多年，經得起時間考驗。



台灣電力公司
核廢有共識 子孫無煩惱



核廢單一國家證書



核能後端營運網站

廣告