

日本明開始第二輪核污水排海



# 880噸核燃料殘留 福島禍害無盡頭

數讀福島核電站核廢料情況：

核污水：130萬噸，排放30年  
 未處理的核燃料碎片：880噸  
 未取出的燃料棒：1007支

**費用**  
 回收融化核燃料：預計6萬億日圓  
 廢堆作業：預計8萬億日圓  
 賠償和清理放射污染：已支付12萬億日圓

來源：大公报整理



▲機器人在3月在水下拍攝的福島1號反應堆基座內圖像。法新社

## 福島核電站退役時間表

- 2011年3月：福島核電站因為地震和海嘯，嚴重受損
  - 2014年12月：取出4號反應堆的燃料棒
  - 2021年2月：全部取出3號反應堆的燃料棒
  - 2023年8月：日本正式將核污水排海
  - 尚未進行**
  - 2025年下半年：嘗試取出2號機的燃料棒
  - 2024-2026年：嘗試取出2號機的核燃料碎片
  - 2027-2028年：嘗試取出1號機的核燃料碎片
  - 2041-2051年：完成核電站廢堆
  - 2053年前後：核污水排放完畢
- 來源：《日經新聞》

## 一塊核碎片都未取出

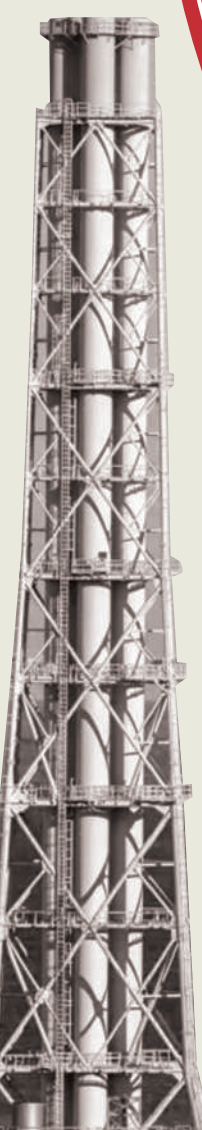
發電機組內的核燃料碎片取出，是將核電站完全退役的最高難度的一環。大約880噸高放射性融化核燃料仍在1-3號機組三個反應堆內，大約是1979年美國三里島核電站部分堆芯熔毀後清理受損燃料時清除量的10倍。

日本政府和東電的目標是在2041年至2051年間，完成福島核電站的退役工作。過去12年，東電公司在清除福島核電站內殘留的核燃料碎片方面，卻幾乎沒有作出任何實際工作，甚至連一塊核燃料碎片都沒有取出。機器人探測器提供了部分信息，但融化碎片的狀況在很大程度上仍然未知。

東電最初計劃在2022年底開始，針對輻射水平相對較低、未有發生氫爆的2號機組，率先進行碎片清理工作。然而，到了2022年8月，東電卻以清除核燃料碎片的機械臂研發延誤為由，宣布改期。

針對毀壞程度較大的3號機組，東電在去年稱，正考慮採用「淹沒法」清除燃料碎片。採用該方法時，工人將用金屬結構搭建覆蓋3號反應堆的建築物，向結構內部注水以淹沒反應堆，然後清除浮上建築物上部的核燃料碎片。至於此方法是否可行，仍是未知之數。

(共同社)



東電展開福島核電站清理工作前，必須先查明核燃料碎片的地點和規模。但由於核電站輻射量高，人類無法接近，必須使用機器人和機械臂進行遠端操作。但是，由於核電站內部損毀嚴重，這些機器體積必須小，也無法使用厚重的防輻射套，因此挑戰重重。

由於現場輻射量遠高於人體可以承受的水準，日本工程人員利用量身定做，配備攝影鏡頭的機器人，以調查反應堆情況。2017年，東電使用東芝研發的「蠍形」機器人進行探測，但機器人在未抵達地點就在路上被卡住，就是在作業兩小時後因為高輻射量停

## 輻射量高 機器人頻「陣亡」

擺，「陣亡」速度比預期快5倍。

這款「蠍形」機器人可以承受73希沃特（sievert）輻射值，但反應堆內部偵測到輻射值650希沃特。1希沃特的劑量足以造成不適和噁心症狀。人體暴露於5希沃特下，會造成半數暴露者於1個月內喪生，10希沃特劑量則會讓人於數週內喪命。

2019年，東電用遙控機器人深入2號反應堆，首次嘗試尋找核燃料碎片。但到了去年8月，東電卻推遲了在此基礎上的碎片樣本取出工作，據稱是大型機械臂研發受阻。

(法新社、共同社)

## 逾千燃料棒仍未移除

移走核電站內的核燃料棒，是核電站報廢的重要一步，東電也是一拖再拖。受大地震帶來的海嘯影響，福島第一核電站1號到4號核反應堆嚴重受損，其中1號至3號反應堆發生爐心熔毀，這些反應堆裏一共有逾3000根核燃料棒。

東電在2014年已從沒有出現爐心熔毀的4號反應堆，取出了1535束核燃料棒。但由於反應堆內超高輻射量導致拆除裝置接連故障，直到2019年4月，東電才首次從發生爐心熔毀的3號反應堆中取出核燃料棒，當時已比原定計劃推遲了四年多。這些燃料棒每支約重250公斤，需要使用遙控機械臂，通過遠程操作完成，一根取出的時間耗時約一小時，其後放入特製運輸保護容

內，再運至核電站內另一處新的乏燃料（在反應堆用過的核燃料）池內集中儲存。

3號反應堆的566根核燃料棒拆除工作，終在2021年2月完成。東電在1、2號核反應堆燃料池尚存約千根核燃料棒。東電宣布在2025年下半年，啟動2號反應堆615根核燃料棒的取出工作。東電計劃在2031年之前，完成所有機組的燃料棒取出作業。不過，這些燃料棒取出之後如何處理，東電尚未敲定。

(共同社)

▲福島第一核電站航拍圖。法新社

儘管4個反應堆結構很相似，但受災情況各不相同。因此，東電需要建造4個獨特的結構來支撐起重機，以安全地取回儲存在單元上層未損壞的核燃料。該步驟預計最早2031年才能完成。

京都大學退休研究員小出裕章認為，日本政府和東電「用時30-40年」的反應堆報廢「路線圖」是無法實現的「幻想」，因為「100年也不可能」取出那些大量散落的核殘渣，只能用「石棺」封上。

(《朝日新聞》、美聯社)

## 「100年也不可能完成」

日本政府和東電估計，需要大約30-40年的時間對受損的福島核電站進行災後清理，預計在2041年至2051年完成核電站的退役工作。然而，目前退役工作「仍然非常接近起跑線」，一切關鍵步驟都大幅延後：核燃料棒未完成回收、未清除核燃料碎片，更不必說拆卸機芯熔化的反應器。

其中清除核燃料碎片的工作最為困難。東電認為，有些核燃料碎片仍在反應堆核心中；有些落到

了圍繞着反應堆芯的壓力槽底部；有些燒穿了容器並落在反應堆底部的混凝土上。

因反應堆建築物中的輻射水平極高，能在一小時內導致操作人員死亡，當局正計劃使用遠端遙控操作來清除殘餘燃料碎片。但據福島縣知事內堀雅雄稱，當局目前「還沒有準確掌握」反應堆內核燃料的具體位置和狀況。

## 福島第一核電站 受損反應堆現狀：



▲受損的福島核電站1號反應堆外部建築現狀。路透社

### 1號機組反應堆 (氫爆、堆芯熔化)

2012年4月19日永久關閉。氫氣爆炸。

應對：建造一個大型罩子，將整個建築物罩住。



### 2號機組反應堆 (爆炸、堆芯熔化)

2012年4月19日永久關閉。

應對：反應堆上半部分將不被拆除，目前正在建造一個由出入龍門架和前室組成的燃料處理系統，以便從南側取出燃料棒。

### 3號機組反應堆 (氫爆、堆芯熔化)

2012年4月19日永久關閉。

應對：2021年2月，566支燃料棒已移走。建造穹頂封住。

### 4號機組反應堆 (只有氫爆)

2012年4月19日永久關閉。

應對：2014年12月，1535支燃料棒已全部移出。

來源：東電網站

## 內部結構存坍塌風險

由於東電工作進展緩慢，隨著時間推移，福島核電站又生出了另一個令人擔憂的因素：支撐1號機組壓力容器的地基已嚴重損壞，或有坍塌風險。

今年4月，東電首次使用水底機器人探測一號反應堆機組的底座。根據機器人傳回的圖像，用於支撐核反應堆的圓柱狀壓力槽底座半圈以上混凝土已腐蝕殆盡，裸露在外的鋼筋也已變形。

圖像還顯示，壓力容器下方的控制棒等零件出現部分變形，並附着許多沉積物。東電發言人指出，沉積物應是核燃料及反應器組件的熔融混合物「爐心熔融物」硬化積累而成。圖像當中顯示，底部沉積物約有40至50厘米高。

東電過去曾說，就算壓力槽底座

遭部分腐蝕，耐震度仍將足夠維持。但在機器人傳來的新圖像發布後，東電改口說侵蝕狀況比預期嚴重，表示今後將對圖像進一步分析，重新評估。事件再度引發各界對福島核電站耐震能力的質疑，擔憂一旦坍塌，或者遭遇地震，恐釀重大災難。

(美聯社、共同社)



▲工人們3月在福島核電站安裝排污管道。路透社