

核廢料是什麼？

引言

我們將處理放射性物質後所產生的廢棄物質統稱為核廢料(或稱放射性質廢料)。核廢料的來源通常有下列幾項；

- 使用核能來產生電力的每一個相關步驟
- 國家性質的防禦行為，包括核子武器的製造
- 醫院，大學，還有研究實驗室
- 工業
- 鈾礦的採集與加工

1. 核廢料與人體健康的關係

核廢料中的放射性同位素在歷經放射性衰變的過程中會同時釋放出輻射能(欲了解更多放射性衰變的相關資訊，請參考**放射性物質的半衰期**章節)。這些輻射能以阿爾發粒子、貝塔粒子、以及伽瑪射線的形式出現，視個體所接受到的輻射量而定，可以使活體細胞瓦解或是危害到人體或其他生物的健康。一般來說，人類與地球上的生物都或多或少暴露在少量的自然與人造輻射能中，而若將人體直接暴露在較高程度的輻射能中則會對健康產生危害，例如癌症的發生、基因突變，以及其他的異變性質疾病。

2. 核廢料的種類

核廢料是根據三個標準來做分類的，一為放射量的高低，再者為其來源，還有它對人體健康的影響程度；依照這些標準可將核廢料大致分為三類：高放射性廢料、低放射性廢料、放射性礦渣。

● 高放射性廢料

這是核廢料中放射性最強的一類。它包括了核電廠反應爐所使用過的燃料棒，還有國防所產生的廢料，例如：製造或分解核子武器所產生的廢棄物，以及核子潛艇所使用的燃料棒。高放射性廢料對人體以及其他生物都是極為危險的。這些廢料必須被妥善儲存在極嚴密的防護設施中，直到它經過足夠時間的放射性衰變而將本身的放射能降低至安全程度為止。有些高放射性廢料所含的放射性同位素衰變得很快，而有些則在經歷數千數萬年後仍保有極高的放射性。

另外，核能燃料棒裡原本所儲存的高放射性物質會釋放出大量的熱能，因此需要以某種方式加以吸收或移除。舉例來說，核能電廠所使用的燃料棒內含有高放射性物質，因此發電廠的附近會有一些內建有大水池的設施來存放它們，由水池裡的水吸

收核能燃料棒所產生的熱能。

高放射性廢料的處理是由專業的技術人員以遙控的機械來操作的，並有厚重的保護遮罩隔離兩者。這些高放射性核廢料在運輸的過程中都必須被存放在有密實遮罩的容器中，一般將這些容器稱為運輸護箱。貯放高放射性廢料的相關資訊可以在 **高放射性核廢料的處理辦法摘要** 一章節找到。

● 低放射性廢料

低放射性廢料通常是指僅含有少許放射性物質的相對大量廢料，與高放射性廢料比起來，它對人體較不具威脅性。大多數的低放射性廢料並不需要太多的隔離保護，但仍有某些特定種類的低放射性廢料會使用一些必要的隔離措施。

醫院、核能電廠、研究實驗室，還有許多工廠都是低放射性廢料的產生者。另外，製造核子武器所產生的核廢料中，也有部分是低放射性廢料。從實驗研究、醫療設施、還有核能發電等行為所產生的低放射性廢料中可能包含有一般常用的設備，只要它們被暴露在有放射性物質的環境裡；例如：空的容器、抹布、廢紙張、濾器、毀損的工具，或是已使用過的防護衣。

低放射性廢料會被放入特定的容器裡，並被掩埋在由政府發照核准的特定掩埋場裡。

● 放射性礦渣

核能電廠所使用的燃料是由鈾礦中得來的，而鈾礦則是由地層裡採集而來的。在採集到鈾礦以後，還要經過一連串的鍊製過程，以物理或是化學的方法將純鈾礦與其他的雜質區分開來。這些提煉鈾礦所剩下來的石頭和泥土就叫做放射性礦渣。這些礦渣含有放射性氣體氦222，而人體在暴露於高濃度的氦氣裡時，健康就會受到損害。因此，放射性礦渣通常會被覆蓋以一層土壤，以此防止氦氣被釋入空氣中。

3. 回答下列問題

- 指出兩種同時可以產生高放射性與低放射性廢料的來源。
- 為什麼高放射性廢料比低放射性廢料需要更多的防護隔離措施？
- 低放射性廢料在運送前需要被放置入運輸護箱嗎？請解釋你的答案。
- 低放射性廢料的處理方法與放射性礦渣處理方法有什麼相似的地方？

4. 核電廠反應爐使用過的燃料棒再處理

在台灣，核能發電廠使用的燃料為鈾235(U235)與鈾238(U238)的混合物。當鈾235的分子核進行分裂時會產生巨大的能量，而核能電廠即使用這個能量來發電。在燃料被使用的當時，其中一部份的鈾238會進行吸收中子的動作，二者結合而演變成一種新的放射性物質，鑷。鑷是一種很特殊的物質，因為它並不是在自然界中形成的，它是一種只有在核分裂的過程中才會產生的物質。就像鈾235的分子核一樣，某些鑷元素同位素的分子核很容易就發生分裂，因此鑷元素也會被用來發電或成為製造核子武器的原料。

經過一段時間之後，核燃料裡大部分的鈾235會經歷過核分裂，而該燃料將無法再提供核電廠足夠的電力。然而，這些使用過的核燃料仍然包含有少許剩餘的鈾235與鑷元素。這些剩餘的鈾235與鑷元素可以從使用過的核燃料中被取出，再次加工成為新的核燃料，而這個過程則稱之為核燃料的**再處理**。核燃料再處理的一個優點是可以將剩餘的鈾235與鑷元素回收重新再利用，而不是直接將它們丟棄。另一個優點則是因為鈾235與鑷元素的放射性可以持續數千年之久，將它們從使用過的核燃料中取出可以讓剩下的核燃料衰變得更快速。無論如何，這些剩下來的核燃料仍然屬於高放射性廢料。只不過與直接將使用過的核燃料丟棄而不再回收的做法相比，核燃料再處理所產生的廢料中有更多是屬於低放射性廢料。

回答下列問題

- 核電廠裡新的核燃料中含有鑷元素嗎？請解釋你的答案。
- 核燃料的再處理可以如何減少鈾礦必須被採集的數量？

5. 核武擴散與潛在的竊取危機

即使核能的好處很多，使用核能的隱憂之一即為安全問題。因為只要在核燃料中提煉出一定量的鈾235或是足夠濃度的鑷元素，就可以用它們來製造核子武器。而當某些使用核能發電方式的國家決定利用一部分的核燃料來製造武器時，這個情況就有可能發生。少量的核燃料也有可能因為同樣的原因而被竊取，或賣給其他國家，或被恐怖份子利用，無論它們是否真的是被用來製造武器。我們將核子武器被擴散到全球各地的可能性稱為核武擴散。

將鈾235或鑷元素從使用過的核燃料中提煉出來製作核子武器是一項艱難的任務，它需要價值數千萬至上億元的特殊設備來執行。而由經過再處理手續的核燃料中將這些同位素提煉出來則容易許多，因為它們在 **經過再處理手續的核燃料** 中的濃度比在 **使用過的核燃料** 中高出許多。

回答下列問題

- 為什麼使用從 **經過再處理手續的核燃料** 中提煉出來的鑛元素會比從 **使用過的核燃料** 中提煉出來的鑛元素容易製造核子武器？
- 核能電廠裡的保全人員所要防止的是什麼事情的發生？