

§ 小孩也能懂的核能 §

各位親愛的父母、師長，以及讀者朋友：

核能，真的是非常令人著迷的科學議題，隱含著大自然的許多奧秘（誰想得到呢？這些放射性元素居然就存在於自然界當中！），並且集結許多才智過人的科學家的心血。我們希望孩子們了解，關於「核能」的來龍去脈。無論願意或不願意，我們以及下一代，還有下下代、再下下下代一直到好久好久以後的人們，都已經是「核子時代」的一份子。

我們並非要表達一個「立場」，我們希望的，是讓每一位讀者——特別是我們的下一代認識、理解「核能」究竟是什麼。然後以自身的理性做判斷。更重要，也是我們真正希望讀者思考的，是「能源的問題」。

人類正在快速的消耗這顆星球的能源，無論是針對核能，或者其他替代能源的討論，無非都是因為我們「需要」能源。許多科學家正在努力，希望能找到更乾淨、更有效率的能源生產方式，不知道會不會有成功的一天。但是在那一天來臨之前，在核廢料的污染衰退之前，我們可以做什麼？或者，我們應該做什麼？

希望我們可以有足夠的智慧，面對這些困難的問題。

維京國際編輯部

一・關於核能

簡言之，核能就是指原子碰撞（核分裂）或聚合（核融合）等核反應所釋放的能量。核能的發展過程如下：

放射性元素的發現與應用

十九世紀末，法國科學家貝克勒（Henri Becquerel）受德國物理學家倫琴（Wilhelm Röntgen，發現X射線的科學家）啟發，發現「鈾」具有放射性（輻射）。之後，居里夫人（Maria Skłodowska-Curie）發明放射性同位素的分離技術，同時發明了移動式的X光機，並將放射性同位素的研究應用於治療腫瘤。

核子時代的來臨

二十世紀中前期（1920－30年代），物理學家愛因斯坦（Albert Einstein）提出質能轉換公式；物理學家費米（Enrico Fermi）以中子撞擊鈾，發現新元素「鈾」，並且推測、發現核分裂的可能性。以費米為首的科學家開始研究核分裂的技術，並完成人類史上第一座核子反應爐——芝加哥一號，證實人類能夠控制核分裂。1940年代，美國開始研究核分裂應用於軍事用途的可能性，並於1945年製造出原子彈，投擲於日本的廣島和長崎，大戰結束後，美俄兩國競相研究核能與核武。1954年，俄國建造第一座核能發電廠，人類正式進入「核子時代」。

核分裂

重原子「鈾」經中子撞擊，會分裂為兩個較輕的原子（同時釋放數個中子），分裂產生的中子在這個過程中繼續撞擊其他重原子，進而發生鏈式反應（大量重原子在極短時間內分裂的連鎖反應）。

核分裂的反應非常快速（每次分裂所產生的中子數字不只一個，會在極短的時間內以幾何級數方式成長），原子彈就是運用核分裂瞬間釋放龐大能量的方式造成破壞。

但在商業用途（發電）上，對於核分裂若不加以抑制，發電機組很快就會因為功率過高造成爐心熔毀，而導致放射性物質外洩（發電用的燃料重原子含量很少、濃度很低，因此不會引發原子彈般的核爆），所以會藉由冷卻劑來降低中子自身的速度，讓鏈式反應能夠觸發，並且藉著控制棒等設備控制中子的數量，以避免功率過高產生危險。

核融合

原理和核分裂相反，核融合利用較輕的兩個原子碰撞，結合成較重的原子的原理（碰撞的過程中會產生能量）——這也是恆星發光發熱的原理（太陽本身就是一座巨大的核融合反應爐）。理論上來說，核融合將會是比核分裂更為「乾淨」的能源生產方式（雖都有輻射污染的疑慮，但核融合的燃料「氘」半衰期只有 12 年，遠較核分裂產生的廢料動輒數百年以至數萬年的半衰期為短）。

但是，核融合目前還有技術性的難題需要克服：原子本身帶有電子，電子具有電磁相斥的特性，除非能製造極端高溫的環境，否則無法順利進行結合。以現行的技術仍無法製作出強度、穩定度與產能都達到商業運轉標準的核融合反應爐。

核反應的過程會產生「熱」，依照愛因斯坦提出的質能方程式（ $E=mc^2$ ），「熱」能夠轉換為能量，這就是核能發電的基礎原理。

二・核能的主要應用範圍

除了科學研究，核能在目前的人類社會應用非常廣泛，主要有：

商業用途：

通常指「核能發電」，同時也是現階段除軍事用途外，核能在世界上最主要的使用範疇。全世界目前有超過 400 組反應爐在工作。

軍事用途：

核能在軍事方面的應用主要有兩個部分。一為毀滅性武器，例如：原氫彈子彈、等。另一個部分則是作為軍用船艦的動力來源，例如：核動力潛艦、核動力軍艦。

原子彈與氫彈的不同：

原子彈：

運用核分裂技術產生強大破壞力的炸彈。和核能發電最大的不同在於重原子含量，原子彈的重原子（鈾，或者鈾）含量高達 95% 以上，以產生足夠的破壞力（核能發電使用的燃料鈾則只有 3% – 5% 的濃度）。

氫彈：

運用核融合技術的炸彈，破壞力較原子彈更為強大。由於核融合需要極高的溫度，才能使原子克服電磁相斥而碰撞。為製造高溫的環境，實際上，氫彈會先引爆一枚內含的原子彈，再以原子彈爆炸產生的高溫進行核融合。

醫學：

核分裂的撞擊過程中會產生光子（以伽馬射線的方式前進），即醫學上使用的「放射線」。其他不同的放射性同位素也被運用在醫療用途，使用於治療特定疾病或顯影設備。例如：X 光機、核磁共振、放射性同位素治療。

三・核能發電優劣比一比

核能發電的優點

- ・相較於火力發電，不會產生大量溫室氣體，不會對大氣造成破壞。
- ・不會排放大量的污染物質到大氣中，不會造成嚴重的空氣污染。
- ・可以減少對化石燃料的依賴。
- ・產能穩定，燃料體積小、運輸和儲存較易，費用較低。

核能發電的缺點

- ・雖然不會產生溫室氣體，但大量排放的熱水會影響周圍的海洋生態。
- ・核能發電產生的放射性廢料處理困難。
- ・放射性物質衰變期長，意外洩漏將對環境與生物造成巨大的傷害。
- ・核一、核二廠皆緊鄰人口密集的都會區，一旦發生意外將造成重大影響。

臺灣現有的核電廠：

- ・第一核能發電廠（金山發電廠／核一廠）：新北市石門區，運轉中。
- ・第二核能發電廠（國聖發電廠／核一廠）：新北市萬里區，運轉中。
- ・第三核能發電廠（馬鞍山發電廠／核三廠）：屏東縣恆春鎮，運轉中。
- ・第四核能發電廠（龍門發電廠／核四廠）：新北市貢寮區，已停工。

四・重大核能事故

烏克蘭車諾比核電廠事故：

1986 年 4 月 26 日，發生於車諾比核電廠的核子反應爐事故，也是人類歷史上最嚴重的核能事故。車諾比核電廠位於烏克蘭境內，事發當時，四號反應爐正進行測試。測試過程中，由於反應爐原始設計的缺陷和操作不當（操作人員未依安全規定，移除過多控制棒）導致反應爐的功率急遽升高，超過安全範圍而發生蒸汽爆炸，並引發連續的爆炸和大火。

車諾比核電廠的反應爐沒有圍阻體（類似「外殼」的概念，以鋼材或混凝土搭建，將反應爐完全包圍的安全措施）的設計，因此反應爐熔毀後，大量的放射性物質就直接釋入大氣之中，並隨風擴散至鄰近區域。火災控制住後，科學家為了阻止反應爐內殘存的放射性物質繼續外洩，建造了一副「石棺」完全的包覆四號反應爐。並且在災難發生後的 36 小時內，疏散了超過 30 萬居民，新興都市普里皮亞季（因為車諾比核電廠而興建的新市鎮）更是完全疏散，至今仍無人居住，但鄰近地區目前已恢復一般的民生活動。

車諾比核電廠是人類歷史上第一起造成傷亡的核能意外事件，也是最嚴重的一起意外，除了鉅額的金錢損失，更影響數百萬人的安全、健康以及飲食，並且嚴重污染周邊的土地。

日本福島第一核電廠事故：

2011 年 3 月 11 日，發生於福島第一核電廠的核子反應爐事故，是歷史上第二起國際核能事件分級歸類為第七級的重大事件（前一起為車諾比）。事發當時，宮城縣外海發生規模 9.0 的超級強震，福島第一核電廠的反應爐在強震發生時就已自動停機，因為強震同時切斷了電力網路，反應爐只能暫時依靠廠區的十三台緊急備用發電機進行冷卻。

不幸的是，強震所引起，高達 15 公尺的海嘯越過 5.7 公尺高的海堤灌入核電廠，十二台緊急發電機因此失去作用。一、二、三號反應爐的冷卻系統失效，溫度開始升高，電力公司雖然立即由鄰近地區調派、運送緊急發電設備，但由於路況不佳而無法及時趕達，福島第一核電廠的一、二、三號反應爐的爐心因此熔毀，並且因為爐心熔毀造成氫氣爆炸，爆炸突破圍阻體，放射性物質因此被釋放進入大氣中。

事件發生後，雖然沒有車諾比事件那麼慘痛的生命損失，釋入大氣層的輻射劑量大約僅車諾比事件的十分之一，但是仍有大量的放射性物質進入土地與大海中。即使核電廠的安全性已經得到控制，但是後續的污染清理、恢復仍需要幾十年的努力和大量金錢才能完成。

五・親子討論：

1. 為什麼放射性物質很危險？如果外洩了，會發生什麼事嗎？
2. 如果不要核能發電，是否有其他更好的選擇，能真正滿足我們的需求？
3. 核電廠等於核子武器嗎？為什麼我們對於核電廠有這麼多的擔憂？
4. 能源的需求越來越大，我們不斷的消耗地球有限的資源，有什麼是我們可以做的，能夠幫助我們的地球呢？
5. 看完本書，你是否有發現作者用許多不同的色彩，表達不同的心情呢？不同的色彩，代表什麼樣的心情呢？

六・名詞解釋：

反應爐

一種用於啟動、控制並且維持核分裂或核融合的裝置。反應爐中進行的核反應必須得到精準的控制，產生的能量釋放才能夠為人所用。目前核反應爐主要的功用有：發電、作為交通工具的動力來源（核動力船隻）、生產醫療或工業用同位素，以及武器級的鈾元素和科學研究。

燃料棒

如同汽車必須有汽油才能運作，反應爐也要有燃料（核分裂所必需的原料）才能運轉，燃料棒通常為金屬製、中空，可放置以低純度濃縮鈾製成的燃料丸。燃料棒經常以數根組成「一束」的方式安置於反應爐中。

控制棒

控制反應爐中核分裂速率的設備，通常以銀、鎳、硼、鈷等可吸收中子的金屬製成，緊急狀態下，所有控制棒完全插入，就可以使反應爐停止運轉。

冷卻劑／緩和劑

通常為水，水能讓中子的速度減緩，讓核分裂的反應能夠順暢運作，某些反應爐的冷卻劑可加入硼酸或其他可吸收中子的液體，作為控制棒以外的另一種抑制方式。

爐心熔毀

反應爐因冷卻不及而熔化造成的損害，爐心熔毀是非常嚴重的情況，會使有害的放射性物質外洩。

核廢料

指包含有放射性物質的廢料，一般於核分裂等核反應過程中所產生。以其單位體積和單位質量的放射性強弱區分為「低、中、高」三類。例如使用過的燃料棒屬於高階核廢料，需要非常小心的處理，以免放射性物質外洩至自然環境之中。