

基礎知識篇

關於放射線

1. 放射線的定義

放射線存在於我們日常生活中，廣泛運用於醫療，工業，農業等各個領域。有自然界原本存在的自然放射線，也有人類製造出的人工放射線。自然放射線在 46 億年前地球形成的時候就已經存在了，人類從誕生至今，是在有放射線的環境下進化而來的。然而人類在 1895 年才知道了放射線的存在。在此之前，不被人類五官感知的放射線一直不被人所知。自從放射線的發現以來，人類一直在積極的研究放射線領域，從而發現了放射性物質、宇宙線和核分裂。如今，對於科學技術進步而言，人工放射線的利用已經是不可或缺。

放射線可以理解為“擁有直接或間接電離空氣能力的電磁波或粒子束”。在這個定義中，電磁波是伴隨著空間上移動的磁場產生振動電場的波，它的性質由波的長度（波長）決定。圖 1 表示的是電磁波的種類，波長越長，能量越小；波長越短，能量越大。又因為波長不同，性質也不同，所以不同波長的電磁波各自被命名。波長最短，能量最大的電磁波被稱為 X 線或 γ 射線（伽瑪射線）。粒子束指的是高速運動的粒子，不過，砂礫之類的就算以再高的速度運動也不能稱為放射線，只有可以構成原子的電子、中子、質子、正電子等粒子在超高速運動的情況下才可以叫做放射線。在這裏，原子是指最大程度地粉碎物質時，可以得到的最小物質單位。原子的大小大約有 10^{-10} m（1mm 的 1000 萬分之一），其中的原子核與原子相比極其微小，大約 $10^{-15} \sim 10^{-14}$ m（1mm 的萬億分之一至千億分之一）。原子核由帶正電的質子和不帶電的中子構成，質子和中子統稱為核子。質子的質量是 1.673×10^{-27} kg，中子的質量是 1.675×10^{-27} kg，兩者幾乎相等。相對而言，電子的質量只有 9.109×10^{-31} kg，質子、中子的質量大約是電子的 1840 倍。因此，在計算原子質量的時候，往往忽略電子質量，只考慮質子和中子。最後，電離指的是原子、分子、失去一個或一個以上的電子，也叫做離子化。原子或分子吸收了放射線的能量，放出電子從而被電離。

〈圖 1 和 2〉

2. 放射線是如何產生的呢

人們為了利用放射線，大致有兩種方法。一種是利用電力製造出放射線，還有一種方法是從放射性物質中提取放射線。

2-1. 利用電力製造放射線

電力產生放射線的方法是 1895 年德國物理學家倫琴博士在使用陰極射線所做的電氣實驗中發現的。當時倫琴博士不知道它究竟是什麼，就以“X”來表示這個未知物，將其命名為 X 線。如圖 3 所示，電子以極高的速度從負極放出，並與正極的金屬（通常是鎢和鉬）發生衝撞，從而產生 X 線。

電力產生 X 線有兩種方式。第一種是陰極放出的帶負電的電子與構成金屬的原子內帶正電原子核由於庫倫力相吸引，導致電子減速（有時甚至會靜止）。這時，電子由於減速失去的動

能以放出 X 線的方式轉化為光能。第二種方式是，從陰極放出的電子撞擊金屬原子的電子（也叫做軌道電子，參照圖 4），將其從原子外側彈出，具有更大動能的外界電子進入了被彈出的電子的原有位置。然後，進入原子內側的電子多餘出來的動能便以放出 X 線的形式轉化為光能。

在第二章的臨床醫學的《診斷 I（CT）》、《治療 I（放射線治療）》以及《治療 II（血管造影・IVR）》裏，都會用到放射線。

（圖 3 及圖 4）

除此之外，還有其他利用電力使電子、質子、中子加速從而產生放射線的發生裝置。這種裝置，有外圍 1436m 的世界最大級放射光設施 Spring-8（兵庫縣佐用町），也有直徑僅 2m 的迴旋加速器。在第二章臨床醫學篇《診斷 III（RI・PET）》中，會使用到由小型迴旋加速器做成的放射性醫療品。本書雖然不做介紹，可是這種利用放射線發生裝置加速重離子，能實現只殺死癌細胞而不傷害正常細胞的重離子治療，作為最理想的治療法，十分受到注目。目前在日本，可以進行這種治療的地方僅有兩處，其建設費用高達 200 億日元，如果能夠實現以更低價格創建的話，日後可以期待赴日治療。

2-2. 從放射性物質中提取放射線的方法

原子中的原子核所擁有的能量最小的時候最為安定。原子序數很小的情況下，質子數和中子數相等時最安定；原子序數很大的情況下，質子數比中子數多的時候最安定。因此，不符合該規則的為不安定的原子核，這種原子核會放出放射線來使自己安定，而聚集了這種不安定原子的就是放射性物質。放射性物質也叫做放射性同位素（英文叫做 RadioIsotope；略稱 RI）。大部分的放射性同位素是人工造出的，但是也有很多自然界原本存在的放射性同位素，譬如居裏夫婦發現的 ^{226}Ra （鐳 226）和 ^{40}K （鉀 40）等。在本書第二章臨床醫學篇《診斷（RI・PET）》中所使用的是人工放射性同位素。