



圖一：實驗中的居禮夫婦

十大美麗化學實驗之四一

居禮夫婦發現釷與鐳元素

文／李俊毅 臺灣大學化學系
林雅凡 臺灣大學化學系博士責任編輯

當今舉世公認居禮夫人（Marie Curie，1867-1934）為女性科學家的表率，而她與丈夫皮耶（Pierre Curie，1859-1906，圖一）發現放射性元素的歷程一直是學習科學必讀的經典故事。

1896年貝克勒（Henri Becquerel）發現鈾鹽會放出「看不見的光」，這種光和磷光（phosphorescence）不一樣，磷光需要由外在環境提供能量才會放光，但是鈾鹽似乎本身就會釋放出光線。從現在的觀點來看，貝克勒事實上是發現了放射性（radioactivity）。居禮夫人注意到了這個發現，於是她選擇鈾鹽的放射性當作博士論文研究主題，並且使用了丈夫皮耶在十五年前發明的靜電計（electrometer），這種儀器的精密度非常高，可偵測極微弱的電流。居禮夫人發現鈾鹽會使周圍的空氣導電度增加，可由此來鑑定放射線的強度。

居禮夫人測量了瀝青鈾礦

（pitchblende）的放射性，瀝青鈾礦含有75%的氧化鈾（ UO_2 ），放射強度卻是氧化鈾的四倍，因此她推測礦物中應該另外存在比純鈾更活潑的物質，後來便是由瀝青鈾礦中提煉出釷（polonium，Po，以居禮夫人的故鄉波蘭命名）與鐳（radium，Ra）兩種新元素。瀝青鈾礦是種組成複雜的礦物，雖然釷在其中的含量比鐳還低，但是釷的化學性質與其他礦物中的化合物均不同，比較容易鑑定（儘管元素態釷因半衰期過短而未能取得）。鐳就麻煩多了，因為鐳的性質與鋇相似，而鐳和鋇在瀝青鈾礦都存在著。

居禮夫婦先假設放射性來自於元素本身的性質，而創造出一種新的分離方法，就是每做一次分離就測量分離物質的放射性，若是方法正確，所得物質的放射性應該會越來越高。他們首先先從一噸的瀝青鈾礦中分離出10~20公斤含有微量硫酸鐳的硫酸鋇，再將硫酸鹽轉化成氯鹽。在氯鹽中鐳的比例僅佔有十萬分之三，透過氯化鐳比氯化鋇的溶解度還差的性質，經過好幾年、數千次的

再結晶，終於從數十噸的礦石中得到零點一克的鹽類殘渣。居禮夫婦原以為他們的實驗失敗，所以相當灰心地出外走走，不過居禮夫人不論怎麼想都覺得實驗方向應該是正確的，沒理由失敗啊。等到夜晚再度回到實驗室外，居禮夫婦看到窗戶內的殘渣正發出閃亮的光芒，多麼感動的一刻呀！發光的殘渣正是純的氯化鐳（radium chloride, RaCl_2 ），時年1898年。

整個過程都是在非常簡陋的小屋進行，漏水、夏天炙熱、冬天酷寒，惡劣環境並未澆熄他們的熱情，每天除了皮耶授課、居禮整理家務外，夫婦剩下的時間都投入實驗，日復一日的重覆工作。堅毅的居禮夫人說：「就算要我花一輩子的時間來分離鋇和鐳，我也不會後悔。」

氯化鐳透過光譜分析偵測到新的元素特徵譜線，因而證明新元素的發現（不過元素態的鐳，直到皮耶過世後四年，居禮夫人才在氫氣下電解氯化鐳而得）。氯化鐳放射性是鈾的五百萬倍，所以放射性才會強到足以直接用肉眼觀察。雖然這是居禮夫婦多年辛勤工作的結晶，但是居禮夫人認為科學發現不應該占為己有，因而沒有申請專利。後來鐳廣泛應用在放射治療上，居禮夫人都未分到一杯羹，她還熱心地在一次世界大戰時供給鐳以供醫療。

居禮夫婦的相知相惜是科學界上的一段佳話，皮耶幫助居禮夫人完成博士學業，也尊重她的貢獻。居禮夫人

除了辛勤研究外，同時努力扮演好持家的角色。除了居禮夫婦於1903年共獲諾貝爾物理獎，1911年居禮夫人獨獲諾貝爾化學獎外，居禮夫人的大女兒與女婿於1935年因放射性研究共獲諾貝爾化學獎，小女兒的丈夫作為聯合國兒童基金會執行長則在1965年代表領取諾貝爾和平獎。總計居禮一家共獲六座諾貝爾獎，至今未有其他世家能望其項背。居禮夫人不求浮名虛利的風範流傳千古，實難以用一篇千字文便能形容，就用底下這段小故事作為結尾吧：

有一天居禮夫人的朋友到她家作客，忽然看見她的小女兒正在玩英國皇家學會剛頒給她的一枚金質獎章，不禁大吃一驚，忙問：「居禮夫人，英國皇家學會的獎章是極高的榮譽，妳怎麼能給孩子玩呢？」居禮夫人笑了笑說：「我是想讓孩子們從小就知道，榮譽就像玩具，只能玩玩而已，絕不能永遠守著它，否則就將一事無成。」

（本文轉載自國科會高瞻計畫中學教學資源平台—中學教材示範網頁暨種子教師工作坊）

參考資料：

1. Marie Curie. http://en.wikipedia.org/wiki/Marie_Curie
2. Marie Curie “Radium and the New Concepts in Chemistry” Nobel lecture http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1911/marie-curie-lecture.html
3. http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1911/marie-curie-bio.html
4. 王道還 『科學史上的這一個月—1903年6月居禮夫人獲得博士學位』科學發展 2002年6月，354期，72~74頁