

居里夫人小傳

蘇賢錫

國立臺灣師範大學物理系

50 年前的 7 月，這位著名的波蘭物理學家因放射線所引起的白血球過多症而去世，她享年 67 歲。就放射線對工作人員的危險性之最新知識而言，也竟能這麼長壽，實在令人驚訝。

慘澹的開始

居里夫人是第一位卓著的女性科學家，不僅她個人獲得諾貝爾獎，又與她的丈夫共同獲得另外一個諾貝爾獎。同時也是另一位諾貝爾獎得主的母親與岳母，她建立的科學王朝持續到第三代——她的二孫成為科學家，而孫兒的配偶也都是科學家。

爲了說明居里夫人分離鐳的意志力，要在她的背景中尋找到依據，實在太困難了。甚至由她十幾歲時就縈繞於懷的對科學之興趣，也無法說明。她出生在華沙的教師家庭，取名馬利亞·斯科達司卡（Marya Skłodowska）。正如今天，當時的華沙也在蘇俄統治之下。1830 年與 1863 年反抗失敗了之後。公開的波蘭民族主義已被壓制，但暗中，仍有一部分的人，靠秘密集合，課堂與討論來維持。爲了箝制這塊領土，蘇俄控制了波蘭教育制度。對斯科達司卡家而言，這項措施帶來了兩個後果。第一，父親Wladyslaw永遠被限制在待遇微薄的職位，結果，整個家庭極其窮困。第二，也是更重要的，女性被禁止接受高等教育。求學意願強烈而聰慧的女孩，如果她們有足夠的財力，必須到別處去接受大學教育。

此外，斯科達司卡家還有其他的困難。母親 Bronislawa 因感染肺結核而辭去教職；她在馬利亞 11 歲時，就與世長辭。馬利亞的大姊 Sophia 在 1876 年也因傷寒去世。

雖然這是一項悲慘的遭遇，但在 19 世紀當時，並不罕見。然而這種困境並不曾使馬利亞的意志消沈，反而堅強起來，終於成為後來的居里夫人。在 18 歲時，馬利亞的非凡精神便首次顯示出來：她的二姊 Bronya 希望當醫生，但女性被禁止接受醫學教育。於是姊妹倆私訂協議——這是一個長期的安排，不容易經得起時間與環境的考驗。協議的內容是，馬利亞去當家庭教師，以收入供應 Bronya 去巴黎接受醫學教育，然後，當 Bronya 取得醫師資格時，她再以同樣方法來支援馬利亞。從 Bronya 前往巴黎，到 1891 年馬利亞去和她相聚，足足經過五年的時間。當時，Bronya 已嫁給波蘭同胞（Casimir Dluski），生活比較安定。馬利亞過去當家庭教師時，飽受心理的壓力與孤獨的滋味，而可能因其反作用而開始自修科學。她也為附近的農家子女設立一所當時法律所不許的學校。她 19 歲時幾乎要嫁給她所服務的那家主人的兒子 Casimir Zorawski。——後來，Zorawski 成為華沙工業大學數學教授，如果馬利亞與他結合，她也可能在波蘭科學界出人頭地。然而，這樣一來，她的研究可能不會像在巴黎那樣精采了。馬利亞願意嫁給 Zorawski，但她沒有如願，因為遭到 Zorawski 的家族的反對，他們認為她的條件不夠好。

到了 1890 年，家庭環境與經濟情況使馬利亞能夠前往巴黎。她猶豫一年之後，終於整裝出發。為了節省經費，她坐在四等火車的活動摺椅上，通過整個德國。在巴黎，她與家人住在波蘭移民的社區中，度著淒苦的日子。起初，由於語言問題與自修課業不夠完整的關係，她發現功課相當吃力。於是，她搬到更加靠近巴黎大學文理學院（Sorbonne）的地方，以便省去上學時間，並且更加努力用功。她在傳統的巴黎閣樓住了三年，吃的是很差的伙食。1893 年與 1894 年，她分別以全班第一名與第二名獲得物理學與數學的學士學位。此後的生涯不是靠計畫而是靠機會來決定。1894 年春天，她遇到傑出的物理學家皮爾·居里（Pierre Curie，1859—1906）。1895 年 7 月 25 日，馬利亞與皮爾結婚，改名為瑪利（Marie）。當時皮爾並沒有送花給倔強的馬利亞，而送了他親自簽名的幾份研究論文。對她來說，這些禮物更有價值。

璀璨的機遇

她也很幸運，因為她當時得到學位，正在找尋適當的博士論文題目。1895 年 11 月，當時也在巴黎從事研究工作的法國物理學家貝克勒（Antoine Henri Becquerel，1852—1908），偶然發現鈾鹽的放射性。這項新研究吸引了不少人的興趣，而這顯

然是撰寫博士論文的最佳研究領域。本來馬利亞雖然也打算回波蘭，但是爲了婚姻當然的使她留在巴黎。

居里夫婦之間在科學上的關係，有兩種演繹。比較普遍的看法是，把居里先生視作背景人物。另一方面，有些人認爲居里夫人依靠居里先生的頭腦與經驗來成名；其實不然，雖然居里先生本身確實是有天才的科學家。居里夫婦一起研究之前，居里先生 21 歲時已經與其胞兄 Jacques 共同發現壓電現象。此外，居里先生也曾經發明相關儀器來測量微小電流，而居里夫人在研究放射性時，這種儀器擔任了重要的角色。後來，居里先生的研究集中在晶體對稱性方面。1890 年與 1895 年之間，他花費很多時間去研究各種磁性，特別注意磁性隨溫度變化的情形。他把磁性分爲三類（反磁性，順磁性，鐵磁性），並且證明後面兩種磁性之間的關係：當溫度升高到某一點——現在稱爲居里點或居里溫度，鐵磁性（或強磁性）物質就變成順磁性（或弱磁性）物質。居里先生的研究成果非常豐碩，研究範圍廣潤而深入，爲一般有興趣的研究人員提供更多的題目。

居里先生出生在共和黨的急進家庭，傳統上反對法國教權。1848 年的法國革命與 1871 年的巴黎公社，他那位當醫師的父親 Eugène，均處在困境中，因爲 Eugène 依靠巴黎公社的支援來經營醫院。雖然居里先生持著左派的見解，却是對政治活動非常消極。在科學上，他過分理想主義，發表論文緩慢，不願意參加優先權的競爭，並且懷疑自己引用的文獻。他不善於推展自己的前途，毫無升遷或當選要職的希望。結果，他也永遠鬧窮，實驗室缺乏設備。他們結婚時，他是 35 歲，比居里夫人大 8 歲。當時，英國人比法國人更欣賞他。然而，殘酷的法國數學家朋加萊（Jules Henri Poincaré，1854—1912）後來把他描寫成一條「受到鞭答的狗」。

在這種情況之下，居里夫人及時趕到適當的位置。她能獲得適當的題目，有一段饒有趣味的故事：

在科學史上，技術性發明所得的榮譽，比應得的少很多。居里夫人打算在放射性的新領域從事研究工作，主要是因爲 1858 年德國波昂（Bonn）的機械工程師蓋斯勒（Heinrich Geissler，1814—1879）發明水銀真空泵。這種泵可以得到比從前更高的真空度，能使研究人員比較詳細去研究，在高度真空的情形下，玻璃管內的氣體導電現象。外表上關係疏遠的這個領域，由其研究結果，科學家首次瞭解，原子有其成分，而且原子可能並非不可分割的，猶如從希臘哲學家德謨克里脫（Democritus，460？—370？B.C.）一直到英國化學家及物理學家道爾頓（John Dalton，1766—1844）所深信。1822 年，英國化學家德維（Sir

Humphry Davy, 1778—1829) 在倫敦皇家研究所觀察低壓氣體放電，而1848年英國物理學家及化學家法拉第 (Michael Faraday, 1791—1867) 繼續這項研究。然而，重要的效應僅僅發生在高度真空的情況下，而蓋斯勒的水銀真空泵正好提供這條件。

在高度真空的情況下，當玻璃管的陰極和陽極之間，通以高電壓時，在兩極間產生輝光放電的現象。1859年，這些陰極射線首次由德國波昂大學物理學教授普律克 (Julius Plücker, 1801—1868) 所發現。1880年代，英國物理學家及化學家克魯克斯 (Sir William Crookes, 1832—1919) 認為陰極射線是物質的次原子型態。陰極射線的眞面目是，非常微小而帶負電的粒子，較氫原子幾乎輕2000倍。這件事實由維恰特 (Wiechart)，英國物理學家湯姆生 (Sir Joseph John Thomson, 1856—1940) 與考夫曼 (Kaufmann) 等人，幾乎同時發現。維恰特給這粒子取一個現代式名字——電子。他們證實這些粒子遠較最輕的原子爲小，而科學家開始研究原子結構。

陰極射線的研究也導致放射性的發現。1895年11月，德國物理學家倫琴 (Wilhelm Konrad Roentgen, 1845—1923) 在符茲堡 (Würzburg) 用紙板包住暗室內的克魯克斯陰極射線管，觀察電子撞擊螢光幕的情形。雖然陰極射線管如此密密地遮住，但它運轉時，放在管外，隔有一段距離的螢光幕開始發光，顯示某種穿透性放射線從被遮住的陰極射線管溜出來激發磷光體，倫琴用未開盒的照相底版來做同樣實驗——結果，底版變模糊，或被感光。後來，他請他的太太進來，拍攝聞名一時的人手X光照片，可以清楚地看出結婚戒指和骨頭。倫琴的「X射線」來自電子撞擊後的陰極射線管之玻璃壁。包括克魯克斯在內的很多研究人員，早已注意到，放在陰極射線管附近的照相底版變成模糊，但是倫琴以前，沒有人進一步去探討。

與這件事幾乎一樣偶然的是，1896年2月貝克勒的發現，亦即鈾鹽也產生射氣，感光了被遮蔽的照相底版。他發現，即使是長期放在黑暗中的鈾，也會使這種效應發生。因此，照相底版不是因爲光線激發鈾，產生螢光，而使其變模糊的。在做這項實驗時，貝克勒犯了錯誤的觀念，把光線與X射線扯在一起。早在1896年，英國人湯姆生 (Silvanus Thomson) 也注意到這種效應，但他不知道這種效應是與鈾有關係，而不是與陽光有關係。

居里夫人決定在這新領域完成博士論文。她在理化研究所的居里先生實驗室獲

得無給的臨時工作。她靠他的薪水來生活，薪額等於當時一般巴黎工人的所得。

鐳的發現

居里夫人因分離兩種新元素而聞名——均靠長期性物理與化學方面的艱苦努力——但她的主要科學貢獻比一般人所認識的還要充滿智慧。起初，她測量鈾鹽上方空氣被游離的程度，來調查鈾鹽的放射性強度。在數星期內，她就明白，鈾釋放出來的放射量，只視鈾量的多寡而定，與其化學組成無關。於是，她下定結論：放射性是原子的固有性質，與其化合性毫無關係。她發現只有一種其他的元素具有類似的性質，它就是釷，而她用「放射性」這專用名詞來描述這種現象。當她比較天然鈾礦的放射性強度而發現其強度比預期者為強時，真正出發點來臨了。這些試料已經經過化學分析，確知鈾礦所含的各種元素，其中只有鈾與釷具有放射性。居里夫人大膽地假設，鈾礦可能含有其他的放射性物質，她認為這一定是新元素。然而，分析時並沒有發現不平常的事，所以含量一定甚微，因而其放射性必定甚強。1898年4月12日，她發表這項假設。這時，居里先生暫時擱置他自己的工作，和夫人一起開始分離新元素，以便證實她的假設。

往後幾年的研究工作，正如衆所週知，普遍成為居里夫人傳的核心故事。1898年4月居里夫婦以100克的瀝青鈾礦為試料，開始利用古典的化學技術來分離元素。到了6月，他們與同事比蒙（Gustave Bémont）得到放射性頗強的物質。這是他們從硫化鉍中分離出來的硫化物，包含在內的新元素就是釷。更重要的是，硫化物沈澱後留下來的液體中，仍有強烈的放射性，表示另外還有一種元素。該液體的主要雜質是鉍，但大家已知鉍不是放射性元素。經過一系列沈澱之後，新元素與鉍一起留下來，顯示新元素與鉍，可能屬於同一種化學族。後來證實，的確如此。經過溶解與再沈澱，他們終於能將該物質濃縮到其放射性較鈾幾乎強1000倍。更加令人興奮的是，該元素的光譜線，既不屬於鉍，又不屬於其他的已知元素。它就是鐳。這些工作的完成，費時不到一年，但是，艱苦的工作開始了。

辛勤代價

居里夫婦從波希米亞（Bohemia）的鈾礦坑得到幾噸的廢料（他們自己付出運費），以便分離出相當量的新元素。至少這廢料中的鈾已被取去，這是一大幫忙。往後的四

年間，居里夫婦在庭院的漏雨小屋這種惡劣的環境中工作。居里夫人做第一項基本萃取工作——在露天用水桶與大鍋來做化學分析。居里先生做比較簡單的物理工作，測量萃取物的性質。這小屋沒有抽氣設備。居里夫婦不知道這部分的放射線包括來自非揮發性鐳鹽與氣態氫，所以他們經常接觸與呼吸強烈放射性物質。85年後，他們的工作記錄簿仍然含有危險的放射性。居里夫人說：「雖然如此，我們人生最美好最快樂的歲月，就在這簡陋的小屋度過，完全為工作而獻身。」1902年3月，他們製成氯化鐳，其純度甚至能使他們測量其原子量。四年後，他們從一噸的礦坑廢料中提煉0.1克的 RaCl_2 ，而這物質可以用來減緩癌症。為此貢獻，居里夫婦與貝克勒共得1903年諾貝爾物理獎。在大規模提煉工作中，他們有一位同事得比安（André Debierne）說，假如他們把鐳分離成為溴化物，則他們的工作可能比較容易，因為這樣一來，就不必那麼多次的沈澱。

居里夫婦的研究對理論科學很重要，因為這表示在原子內發生的高能過程，並且1898年以後，吸引很多人去從事放射性的研究工作。他們的成果使當時的科學界相信，確實有些重要的研究課題。其中的主要人物是紐西蘭出生的英國人拉塞福（Ernest Rutherford，1871—1937）。1899年在加拿大魁北克（Quebec）省南部的城市蒙特利爾（Montreal）研究時，他發現鈾放出的射線有兩種：容易被擋住的 α 射線與穿透力較強的 β 射線。這兩種射線均能用磁場使其偏轉，因而是帶電的—— β 射線是電子，而 α 射線是氦原子核。1900年，維拉德（Paul Villard）在巴黎宣稱，他發現未帶電的 γ 射線。

今天，我們對放射性與原子的一般知識，直接來自拉塞福對他本人與別人（包括居里夫婦）的實驗結果之綜合結論。放射性是原子的自動蛻變所導致，這種概念在1902年由拉塞福與其在蒙特利爾的助手蘇第（Frederick Soddy，1877—1956）所提出。起初，居里夫婦不願意接受這種概念，但在1904年，居里夫人顯然接受了。1909年，在拉塞福實驗室進行的蓋格·馬斯登（Geiger-Marsden）實驗中， α 粒子的角色非常重要。他們利用 α 粒子來射擊薄金箔，發現有些直接反彈回來，少數則方向改變近 180° 。重的 α 粒子如此彈回來，使拉塞福想到，原子內的正電與質量位於很小的體積中。1911年，他稱這小體積為原子核，而認為原子內大部分是空的。如此，拉塞福重新提倡1904年日本人長岡半太郎（1865—1950）所提出的原子模型，但是拉塞福的理論才有充分的證據，而這證據使他大為驚奇。關於彈回來的 α 粒子，他置評道：「這幾乎令人不敢相信，好像是你向一張衛生紙射擊15吋砲彈而砲彈居然反彈回來擊中你一樣。」

居里夫婦對原子的理論體系沒有多大貢獻，但是他們夫婦曾經使這方面的研究深具吸引力，並且提供很多資料。

從科學的觀點來看，對居里夫人而言，1902年以後是興趣漸減的時期。1906年，居里先生在街上發生車禍意外身亡後，她變成更加內向，雖然1911年巴黎新聞界盛傳她和法國物理學家藍吉凡（Paul Langevin，1872—1946）之間的超友誼關係。究竟這件緋聞真正進行到什麼程度，不得而知，但是報社掌握一些信件，而轟動一時的行動包括，訴訟與反訴訟，甚至一次或二次決鬥。這時，科學界團結起來為她做後盾——她獲得第二次諾貝爾獎。這大概是根據個人的原則或道德觀念，而不是為了特殊的成果來頒發的，因為1902年以後，她的研究，主要是進一步的確認而已。

鐳的分離工作，影響深遠。1902年，居里夫人已有一女伊蓮（Irène）〔另外一女伊娃（Eve）在1904年出生〕。每星期她要在巴黎附近城市塞弗爾（Sèvres）的一所女子學院授課兩天。這樣，對她的健康有幫助，因為可以使她離開危險的實驗環境。要當正式的職業婦女，她有困難。由於她是女人，而且是外國人，因此，雖然她得過諾貝爾獎，1911年未能當選為法國科學院院士。巴黎大學文理學院比較不守舊，1906年居里先生去世不久，便聘請居里夫人為第一位女性教授。

居里夫人後來的研究包括鐳的分離，要使它成為純金屬。她所以這樣做，是因為她（誤）認為科學界懷疑鐳是真正的元素。第一次世界大戰期間，她與她的女兒伊蓮共同組織法國X射線巡迴救護團。戰後，居里夫人主持政府資助的一所研究所，花費不少時間去籌募基金，充實實驗室設備。兩次訪美使她得到1克的鐳，為實驗室增添很強的放射性源。這件事的受惠者是她的女兒。居里夫人的女兒伊蓮與女婿若利歐（Frédéric Joliot，1900—1958）也因發現人工放射性而獲得1935年諾貝爾化學獎。

放射性研究的犧牲者

居里一家也是放射性對人類的效應之活例。居里夫婦的健康狀態都不好，這種原因不明的症狀，當然是放射性的效應。1906年，使居里先生腳步蹣跚，跌入馬車下，以致喪命，可能不是因為精神恍惚，而是因為生病了。居里夫人的外表雖然脆弱，但她一定很堅強，才能活到67歲——利德（Robert Reid）是她的傳記作家之一，他估計她懷孕時，受到水溶液放射線的汙染，超過現在的許可劑量30倍以上，而受到氡的汙染，則超過目前的限量數百倍以上。伊蓮也受到過量的汙染，終因白血球過多症而死亡，

享年 53 歲。

名望來自洞察力，也來自毅力與功績。八十多年來，人們普遍讚揚，居里夫人的一生是勇氣與毅力的好榜樣，雖然拉塞福的原子模型是近代原子核物理學的出發點，但是，今天，居里夫人比拉塞福更為有名。

參考資料：New Scientist, 26, July 1984.

附錄：高中基礎生物教科書勘誤

頁	行	原 文	應 讀
15	圖 1-10	核糖體	核醣體
60	9	這部分的反應不需要	這部分的反應不需要水
61	1	水分子	小分子
70	圖 3-12	上大靜脈 下大靜脈	上腔大靜脈 下腔大靜脈
81	倒 2	吸呼器官	呼吸器官
88	3	肪脂酸	脂肪酸
88	12	由於腎元及腎小管之構造	由腎小球及腎小管的構造
89	圖 3-26	增列圖註「聽覺區」	
92	9	掌管頸部	掌管頭部
92	倒 9	自主神經	自律神經
	倒 8		
98	8	三、胰島	四、胰島
98	19	睪丸酮	睪固酮
115	倒 8	黃色圓形 301 綠色圓形 99 黃色皺皮 99 綠色皺皮 99	黃色圓形 315 綠色圓形 108 黃色皺皮 101 綠色皺皮 32
		529	556