
導電塑膠傳奇： 「摻滲溴於聚乙炔實驗」的創意

姜傳康

美國聯邦商務部國家標準及技術署（NIST）

發現「導電塑膠」是舉世公認二十世紀最具創意的物理與化學成就，而第一個「導電塑膠」—「聚乙炔」—如何從化學眾材料脫穎而出，饒富傳奇性。

多加催化劑、製成銀色聚乙炔

這是製做「銀色聚乙炔」的故事。一九六七年發生在日本東京工業大學。[1-3]當年，韓國邊衡直博士（時年約四十一歲）到日本東京工業大學進修，在實驗室製做一種塑膠，學名叫「聚乙炔」。實驗中照規定需要加入少量催化劑，他卻加入大量催化劑，超出當時實驗室規定的一千倍。結果，使得本來應該要做的黑色粉末聚乙炔，結成了薄膜。而且，薄膜的一面，呈現銀色光澤。諾貝爾獎得主白川英樹指此「催化劑事件」為他研究聚乙炔的轉捩點。在台北市國立台灣師範大學舉行「二〇〇一年國際科學教育會議」時，中央研究院李遠哲院長致詞中，不僅提到這個故事，還特別引申這個故事，以之策勵科學教育的精神與方向。

或許有人以為，製成有銀色光澤的聚乙炔就是「發現」了「導電塑膠」，這是根本的誤解。李院長致詞中所提到的「催化劑事件」，時有流傳，但它並不是白川英樹

等得到諾貝爾獎的「導電塑膠的發現」，也不是科學上所指的物理與化學的創意或成就。

銀色薄膜的聚乙炔和黑色粉末的聚乙炔，在外行人眼中，看來像是兩種截然不同的材料。可是，你知道嗎？它們實實在在是同一種聚乙炔，只是在不同的製作方法程序下，外觀改變了。假如今天有人要你製造聚乙炔的薄膜，你可以先製作大量黑色粉末狀聚乙炔，然後以類似造紙程序加工，再將粉末壓平，同樣也能製成一片漂亮的銀色聚乙炔薄膜。因為，黑色粉末聚乙炔和銀色薄膜聚乙炔，在化學上，兩者是一同種物質；在物理上，兩者都是「不導電的絕緣體」。黑色或銀色，純粹是光學現象，與其導電性全然無關。所以，製成有銀色光澤的聚乙炔，和「發現」能通電流的「導電塑膠」是毫不相干的兩件事。

這個「催化劑事件」讓我聯想到一個教學問題。該實驗中使用的催化劑是一種強氧化劑，又因為乙炔氣體會燃燒，所以化學反應是在真空的玻璃試管中進行，顯然它是一個高危險性的實驗。若是今天你的實驗室中，有位學生故意把催化劑加多了，而且不只加多一倍、兩倍而已，而是加多了一千倍，你敢想像它的後果嗎？身

為老師，你會如何處理呢？

有趣的是，在這個事件之後，白川英樹製做聚乙炔加催化劑，卻從此開始改為採用這超高的份量，個中奧妙與潛在意義，我們不妨細細咀嚼。李院長的話，倍加引發我們省思。

創新物理實驗、發現導電塑膠

這是發現「導電塑膠」的故事。一九七六年發生在美國費城賓州大學。[1,4] 畢業於國立台灣師範大學的姜傳康(筆者)設計了一個簡明的新物理實驗，把「絕緣體」的塑膠轉變成「導體」，發現了能通電流的「導電塑膠」。二〇〇〇年諾貝爾獎化學獎頒獎典禮上，諾貝爾獎得獎人白川英樹以實驗現場証人身份，向全世界描述，當年，親眼目擊這一個歷史性物理實驗的珍貴記憶；他見到第一個「導電塑膠」誕生那一刻的激動感受，在廿多年後的今天，依舊栩栩如生。他堅定地宣稱，姜傳康設計的實驗是「敲開導電塑膠大門」的實驗。革命性突破傳統觀念，融物理與化學，震撼世界的創意，就是在這一個物理實驗之中。

一九七六年，當時筆者正在賓大物理系希格爾小組做博士後的研究，專門研究「一維材料」的導電性質。白川英樹也自日本來到賓大化學系麥克達米小組當超博士。白川抵美一個多月，絕緣性的聚乙炔，像其他許多化學樣品一樣地，送來檢定電性。經過悉心深入研究之後，筆者決定不採取平時使用的一般導電測量方法，而特

別創新地設計一個「現場連線式」導電測量方法。並且，還巧妙地發明了史無前例的「摻滲溴方法」。以這兩個關鍵方法為核心，整體策劃設計完成後，於十一月二十三日星期四下午，進行實驗。結果，在賓大物質結構研究所地下層，在那間他每日工作的簡陋小小物理實驗室內，這個匠心獨具的實驗，創造了科學歷史上的一項奇蹟！因為，在這個實驗的過程中，首度觀察到，原本是「絕緣體」的聚乙炔，直接蛻變而成為「導體」；經過「摻滲溴」之後，聚乙炔導電率躍增數百萬倍！在這間小小物理實驗室的角落，誕生了第一個會通電的新塑膠；粉碎了舊傳統中「塑膠不能導電」的觀念；揭開了化學謎底；將高分子科學引入「導電塑膠」時代。

這類新發現的塑膠，俗稱「導電塑膠」。其實，除了具「導電性」的塑膠外，尚能製出有「發光性」、「半導體性」等物理現象的塑膠，諾貝爾獎委員會統稱之為「第四代塑膠」。「現場連線式」的「摻滲溴實驗」，在化學上，成功地製成了第一個導電塑膠；在物理上，更開拓性地証實、確立了塑膠的「摻滲觀念」。當時筆者發表的多篇聚乙炔論文中闡述的重點，就是這「摻滲觀念」。是這「摻滲」秘訣，使塑膠能產生種種物理現象。在塑膠「摻滲觀念」發現之前，有些塑膠是導電塑膠，而之前大家並不明瞭個中道理。因為，當時科學界尚無人提出正確的解釋理論，直到「摻滲觀念」提出後，才揭開了這個謎底。今天，大家不但知道「導電塑膠」存在，而

且不單只限於「聚乙炔」而已。多年來，基於這個「摻滲觀念」，化學家陸續不斷地做出了許多新導電塑膠。

「發現」之前，塑膠不能通電，是大家公認的鐵律。「發現」之後，「塑膠能通電」，又被視為「理所當然」的現象。令人感嘆的是，至今仍在許多科學家演講文獻中自相矛盾。一方面，因無從說明發現導電塑膠的創意，而將它牽強地，以描述物理和化學基本原理的推演，輕輕帶過。同時另一方面，科學界又一致肯定推崇，「導電塑膠」的「發現」，是二十世紀最具創意的物理與化學界的成就。諾貝爾獎更進一步，為了肯定這項創新的成就，頒獎給希格爾、麥克達米、白川英樹三人。當年未曾參與「發現」過程者，自然無法提供符合真相的描述，更無法回答究是如何跨出「這一步」的這個疑問，也無法闡釋全世界關心科學人士，所最感興趣而又最感迷惑的創意問題，以致科學界至今流言甚多。不知是因為當年這個表面簡單平凡的物理實驗，已臻超凡不着相的境界；還是平易近人的「實驗錯誤」，更能打動人心；在人云亦云、眾說紛紜之下，結果過去李院長所提到的「催化劑故事」，反成了眾人茶餘飯後的唯一趣味話題。

在簡單平凡的外表下，這個物理實驗，巧妙地揉合了當時尖端的物理和化學智識。透過「摻滲溴實驗」，將原理簡單明瞭地示範出來，化解了學者心中不解的疑惑。而在「發現」後，力排眾議，更深一步分析研究，建立理論基礎，也正是科學

的精髓真義。不知眾學者在研讀多篇論文之際，可曾停下來仔細想過，走出那關鍵性「第一步」的跨越者，扮演的是何等份量的角色？

科學教育的精義

平凡的塑膠，由於一個創新「物理實驗」的改造，變成了「導電塑膠」；因為發現了塑膠「摻滲」方法，揭開了化學謎底。基於姜傳康個人大膽跨出具有高度創意的「第一步」，與他隨後發表的多篇研究論文，發展出「導電塑膠」一個新科學領域，影響了新世紀未來科技與工商業前景。也許有人認為「發現」是「偶然」；眾所周知，科學研究，步步有跡可循，科學論文深烙著科學家每一步實地踏出的脚印；科學上的「偶然」，淵源於日以繼夜埋頭實驗室，鑽研探索累積而得的專業、廣博智識基礎。這個世紀級的「偶然」發現，是紮實努力的結晶，是創新求變綻放出來的火花。

一個近代科學的真實故事，一項出奇制勝的研究成果，它影響深遠，出神入化，近乎傳奇。事實上，在這段歷史故事的背後，隱藏著許多嚴肅的科教主題：故事發生地點，橫跨太平洋兩岸；人物囊括中、日、美、韓等數國頂尖科學家；事件攸關今日世界新科技蛻變成長。歷來，實驗室中，點點滴滴都是明日科技的種子、新知的泉源，更是學術的傳統；在舉世激烈的科學競爭中，尤其是決定勝負成敗的關鍵。

科學教育的上乘精義，在於激發創意。筆者這一段親身經歷的故事，或可供

科學教育界師長同學參考。

參考資料

1. 諾貝爾獎得主白川英樹演講錄影在諾貝爾電子圖書館網站。網站內記述有關發現部份有誤。
2. 韓國東亞日報，科學報導（2000年10月19日）。
3. 韓國牛頓科學雜誌，熱門話題（2001年1月）。
4. 台灣科學月刊第390期（2001年6月）。

（上承第33頁）

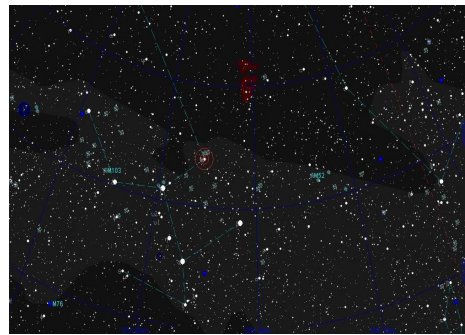
近的星協，太遠就無法辨識出自行量，但是就是因為近的關係，星協在天空中一不小心就分布個數十到上百平方度的大範圍。在這麼大的範圍內，我們如果要找出確切的成員星，就必須得到這範圍內暗星的資訊。但現行的星表中，卻沒有足夠的暗星資訊。

仙后座 OB14 星協

仙后座 OB14 星協的中心位置，位在於疏散星團 NGC133 旁，銀經為 120.4 度，銀緯為 +0.8 度；而赤經為零時 28 分 40 秒，赤緯為 +63 度 33 分 35 秒，距離我們約九百至一千一百秒差距 (parsec，約為三千光年左右)，大約位於於我們太陽所在旋臂的邊緣地帶。到現在為止，似乎沒有關於仙后座 OB14 星協單獨的研究報告，只知道約有八顆星被歸於此星協。是否真的只有八顆成員星，還是只是我們還沒找到呢？我們的研究中，將利用第谷二星表 (Tycho-2 Catalogue) 的恆星自行來搜尋我們的目標。

第谷二星表是由歐洲太空總署的伊巴羅斯 (Hipparcos) 衛星從 1989 年 11 月初到 1993 年 3 月中，依據第谷第一星表所拍攝整理的，包含了精準的位置、自行及兩種波段的

星等，共有約兩百五十萬顆星，可看到約 12 星等的星。因此我們可以利用第谷二星表來搜尋是否有更暗的星被忽略掉了。



圖二 仙后座 OB14 星協的位置圖

結論

疏散星團與 OB 星協對於星系結構與恆星演化扮演著相當重要的角色。疏散星團與 OB 星協通常誕生於旋臂邊緣，對於旋臂結構扮演著重要的指標。而根據星團星協裡恆星相同的性質，可以勾畫出恆星演化完整的歷程。對於認識自己家園與成員，先了解疏散星團與 OB 星協是非常重要的。現今已知有約 1600 個疏散星團，但據估計在銀河系中約有十萬個之多。嗯，還有待努力！