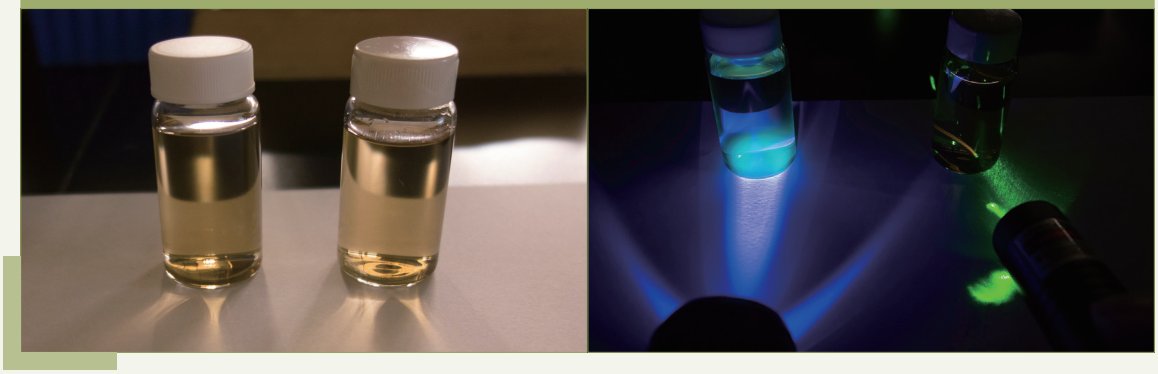
● 涂煥昌

會發光的碳

科學上有個奇妙的現象，同個物質若分別處於宏觀與微觀的狀態時，居然會呈現不同的特性。以碳為例，人們對它的印象不外是一團黑色的物體。但很奇妙的是，若把它縮小到奈米的尺度時，會發現這「碳奈米」卻發光起來。臺灣大學化學系張煥宗教授就對這現象潛心研究，而發現了「碳奈米」許多意想不到的特性，也發展出許多應用的可能。

在 2006 年間，科學家意外地發現，在特定的環境中，若以雷射光照射石墨，後者會散逸出些許發光的物質。這些不知名的東西後來經證實是一些「碳點」，

碳點的水溶液



在日常中是接近透明淡黃色的，但在不同光線照射下，會呈現不同的顏色，這是碳點的一個特性。

但因它並非當時實驗的主體，所以僅很少數人對它繼續深究。長期研究發光物質與奈米科學的張教授對它產生了好奇，他表示：「碳點」具有螢光特性，只要給予適當能量，應該就會發光。研究團隊甚至發現，若給與不同顏色的光線（代表不同能量），「碳點」也會對應呈現不同顏色的螢光，而這些特性為後來的應用開展了許多可能。

在探究「碳點」的特性時，張教授的團隊也成功研發出製造低成本「碳點」的方法。他表示，早先製造「碳點」的方式需要特定的條件與環境，風險、成本都很高。而他們團隊研發的綠色化學合成法，流程簡單，且成本低廉，具有優渥的開發條件。也因為原料取得的門檻降低了，張教授的團隊得以陸續開發出許多「碳點」的新應用。

他進一步分享了「碳點」的來源：其實充斥在日常生活中的茶葉、咖啡渣等都可以是「碳點」的來源；重點是，不同原料所製造的「碳點」，表面的官能基可能有些許不同，而這些細微的差異會導引出各種不同的應用。例如，來自茶葉的「碳點」可抑制乳癌細胞；來自薑的「碳點」則可抑制肝腫瘤生長。

除了製造簡單、原料來源豐富且取得容易外，「碳點」另有不受酸鹼影響的高穩定性，極佳的生物相容性，良好的催化活性、導電度等特性。張教授分析，「碳點」除了最早發現的螢光特性外，針對其陸續掌握到的各項特質，已另可應用於生物感測（例如毒物檢測試劑）、能源開發（例如燃料電池、超電容製造）、癌症治療等面向。張教授的團隊日前便以「碳點」在製作超級電容方面的研究在國際知名期刊《*Journal of Materials Chemistry A*》上發表了重要的論文，廣泛受到矚目。

對於「碳點」未來的發展，張教授認為在醫療藥材方面，特別是作為藥物的載體，應該是一個可深予期待的新方向。

涂煥昌
本刊特約文字編輯