展示物質的化學世界

文／陳藹然

化學存在我們生活的每一個角落，有物質的地方就有化學，建立對化學的正確概念就應該從「認識物質世界」開始，國立臺灣科學教育館的「化學展示區」就是在這樣的理念下設計誕生。

化學是一門源自古老的且發展成熟的科學領域。18 世紀起，化學發展開始有了大躍進，從以前的空想派，接著鍊金術的興起，後來化學轉向實驗的科學。物質的純化、化合物與元素的確認，到倍比定律、定比定律等的發現，而後原子論的提出，這些發展直指化學反應的核心。從巨觀的化學世界，發展到分子和原子的層級，圖 1 是以巨觀方式展示原子的微觀層級。20 世紀各項新型化學儀器的發明，跳脫傳統的分析方法，創立新的儀器分析化學，更將化學的發展快速地向前邁了一大步。「化學：我們未來的關鍵」，這是 2010 年在東京舉行國際奧林匹亞化學競賽的口號。

圖 1：原子塔（圖片選自 Gertrud K.，Flickr 相簿）

圖 2：國立臺灣科學教育館的「微觀的生活空間」展示品外貌

化學合成與材料

如果說化學是研究物質組成、性質與變化的科學，那麼合成就是化學的心臟，擔負研究與創造新物質的使命。現在的化學合成，早已不再是當年鍊金術的摸索階段，而是進展為經過詳細設計的明確化學研究（well-defined chemistry）；化學合成好比一個複雜的藝術，瞭解物質的結構與特點，在分子和原子層次的結構設計與反應，創造出擁有特定性質與功能的化合物。例如：科學家在實驗室裡分析原子級結構的生物大分子，如 DNA、RNA、蛋白質和多醣，化學合成的科學家在實驗室裡利用有機小分子合成為生物大分子，研究不同官能基組合對分子結構與功能的影響。

實際上，化學合成除了在有機、無機化學各有其學術應用外，在藥物化學、材料化學等方面對我們生活品質的改善和人類健康等各方面也有重大貢獻。因為化學合成是材料化學發展一日千里的超級渦輪引擎，以合成手段開發新材料，如一個分子大小的二極體、有機發光化合物或聚合物、不同尺寸與成份的奈米光晶、奈米碳管或奈米金屬線、有機無機混成材料、陶瓷複合材料等，這些奈米等級的新材料組合成的奈米元件，不但讓各種電子商品迷你化、精緻化，更重要的是使用這些新材料元件商品功能性質得到大幅提升。

電子顯微鏡與微觀世界

19 世紀化學家戴維說：「沒有比好的儀器更能幫助科學發展。」工欲善其事，必先利其器，科學發展的基礎建立在更精密的和準確的測量上，新分析技術與科學工具的開發是為明日的研究需要作準備。當科學研究發展至分子和原子等級，改良

並開發能分析、觀察或進行奈米等級甚至更小結構的儀器，成為當務之急。1980 年當掃描式電子顯微鏡第一次出現在世人面前時，大家驚訝到：原來原子是可以被「看」到，也可以用這樣方式來研究物質表面。此後，20 世紀的電子顯微鏡技術已被廣泛應用在物質結構觀察、反應追蹤等。圖 2 為國立臺灣科學教育館的「微觀的生活空間」展示品的外貌，觀眾可以手調旋轉鈕觀察到不同尺度的微觀物質世界。

由於電子顯微鏡是使用高能電子束代替光，其觀察尺度極限一直受限於觀察用相機的解析度，隨著更高解析度相機的開發，相信不久的將來，直接在電子顯微鏡下進行分子或原子等級的化學反應並立刻觀察到反應後的化合物結構，達成完全控制的化學反應將不再是夢想。傳統的分析工具也隨著新的電子、離子光學和測量的發展大幅改進，例如：使用真正同步的多通道檢測器提高質譜儀的性能，而新型固態方法核磁共振光譜用到更小的樣本地區可幫助鑑定分析新材料特性。還有，採用同步輻射使作為優秀光源的分析實驗方法，得到高精度、高敏度的分析結果，是在材料科學與生命科學領域上的應用發展上一個重要里程碑。

普及綠色化學觀念

綠色化學觀念出現在 1990 年代，由於環保意識抬頭，各種有毒化學物質和廢棄物處理是現今「綠色化學」技術發展的出發點，越來越多的研究集中於降低反應過程污染、開發對環境無害的替代品或新產品。近年來，各國科學家向八大工業國高峰會提出的共同聲明（G-science academies statements），針對氣候變化、能源、環境等提出建言，顯示各國政府將加大對綠色化學的投資，重視環境物質文明的進步衝擊生態環境等議題。此外，化石燃料儲量嚴重遞減，生質能源、電子產業的廢棄物和其它生產的廢棄物，可經由綠色化學技術再生為可利用之生產原料，這是另一個發展重點。我們必須做到：今天的廢棄物是明天的資源，通過低環境影響的技術和方法，製造綠色與永續的產品，解決現在與未來全球性的資源、能源、環境等問題。

Paul Anastas 和 John C Warner 提出綠色化學的 12 條原則，包含減少化學工業製程廢物與污染的產生、設計更安全的化合物、降低化學合成反應的危險性，如選用更安全的溶劑和反應條件、使用可再生的原料、提高化學合成效率避免衍生物等等。由於綠色化學中的一個重點是提高化學合成效率避免衍生物，講究「提升原子經濟效益」，發展催化反應當是重點中的重點。理想的情況下，我們應該以 100% 的產率和 100% 的化學選擇性生產理想的化合物為目標，避免產生任何廢物或副產物，且這個過程必須是經濟，安全，資源節約，節能和環境無害。

建立化學意象

過去一味地追求物質文明的享受，造成資源的過度開發與環境的破壞，身為 21 世紀的化學家應該負起巨大的責任，必須解決一連串現有能源、材料、環境、自然災害、水、食品和健康相關的社會和全球性問題，而如何在科學發展中與自然環境永續保存取得平衡，是更重要的課題與使命。為了達成這個使命，21 世紀的化學家除了自身的研究發展，如何教育民眾與下一代，並提高其「科學素養」是不可逃避

圖 3：「探索化學世界」展示區的門口（國立臺灣科學教育館　提供）

之社會責任。良好的科學教育是培養國民「科學素養」的基礎，也是一個國家國立的根本。一般民眾和學生對「科學」而言，有著艱深、難以理解的不良印象，特別是對「化學」而言，還有著「有毒」、「死亡」、「恐懼」等嚴重負面觀感。其實，化學存在我們生活的每一個角落，有物質的地方就有化學，建立對化學的正確概念就應該從「認識物質世界」開始。圖 3 和圖 4 分別為國立臺灣科學教育館新建置的「探索化學世界」展示區的門口和意象圖。

三項化學展示品

國立臺灣科學教育館的「化學展示區」就是在這樣的理念下設計誕生。1962 年諾貝爾獎得主華森說：生命只是一件關於化學的事（Life is simply a matter of chemistry）。此化學展示區希望重新喚起人們對日常生活接觸事物再探索的興趣，做到中小學課程的宗旨以「人的生活」為中心，推廣到「人與自然」的目標；仔細觀察，學會發問，提出假設，找尋答案並進行科學討論，落實生活中的科學教育。

此展示區的入口，映入眼簾的是有如大型藝術品的分子模型。物質由原子組成，這樣一個基礎概念經由分子模型的呈現，顯示各種化學現象的第一步，需要清楚瞭解物質奈米結構，然後才能真正認識這些現象的運作機制。臺灣大學化學系金必耀教授利用數學組合模型— Zometool，建構出微觀分子結構，如從碳簇、準晶等巨型模型，展示大自然魔術師藏於微觀世界的美學（請見本期〈從碳簇、準晶到 Zometool 的化學世界〉一文）。

接著，各式各樣活潑生動的展示品將書上無趣、死板的化學原理轉化成有趣的互動式展品以介紹物質的各種性質；千萬不要錯過的是那面「週期表元素展示櫃」。筆者所撰〈親眼看見真實元素的週期表〉一文，與你分享親眼看見元素的感動，記得與同學、親朋好友來現場尋找週期表元素的地圖遊戲吧。

在週期表元素展示櫃的旁邊，是多媒體化學實驗區，以立體視覺的方式呈現並強化動手操作實驗過程的互動設計。此區的呈現是為非常特別的、國內罕見的化學實驗虛擬實境。本期主題文章之一是由國立臺北教育大學自然科學教育學系周金城教授撰文〈以多媒體互動式展示驚奇化學實驗〉，讓你有如真實般操作驚奇又有趣的化學實驗。

圖 4：「探索化學世界」展示區的意象圖（國立臺灣科學教育館　提供）

縱覽化學展示區

本期除了介紹上述三項展示品外，國立臺灣科學教育館的「化學展示區」以五大區呈現，分為（A）客廳與房間，看見化學的微妙、（B）遊戲間與浴室，感受化學的樂趣、（C）廚房與餐廳，享受分子的美食、（D）工作間與花園，發現化學的驚奇、（E）

圖 5：微觀現形

A. 客廳與房間，看見化學的微妙

A1. 進入化學世界

A2. 奈米是啥米？

A1-1. 化學分子之美

A2-1. 微觀的生活空間

A2-2. 顯微現形

世外桃源，展望化學的未來。本期主題的三篇文章：〈從碳簇、準晶到 Zometool 的化學世界〉一文即是在描述【A1-1. 化學分子之美】的展示品；〈親眼看見真實元素的週期表〉一文即是在描述【D1-2. 元素排排隊】的展示品。〈以多媒體互動式展示驚奇化學

圖 6：巨型泡泡

B. 遊戲間與浴室，感受化學的樂趣

B1. 化學應用大不同

B1-1. 理化好好玩

B1-1-1. 伽利略溫度計

B1-1-2. 不插電摩天輪

B1-1-3. 低頭的喝水鳥？

B1-2. 色彩繽紛的化學

B1-2-1. 為什麼會發光？

B1-2-2. 七彩溶液

B1-3 浴室裡的化學

B1-3-1. 魔鏡魔鏡，誰最美？

B1-3-2. 巨型泡泡

B2. 看見物質的狀態

B2-1. 三態粒子，誰跑得快？

B2-2. 液晶分子會排隊？

B2-3. 熔化速率一樣快嗎？

實驗〉一文，即在描述【D1-2. 元素排排隊】的展示品。「化學展示區」的展示品大多以動手操作為主，參觀者能夠以互動操作方式體驗化學的樂趣及探索化學的本質，值得大家仔細觀察和品味。

圖 7：人體內的食物高速公路

C. 廚房與餐廳，享受分子的美食

- C1. 分離物質的方法
  - C1-1. 顆粒守門員
  - C1-2. 轉動吧，離心機
  - C1-3. 如何提純精油？
- C2. 飲食與化學
  - C2-1. 生活中的酸與鹼
  - C2-2. 今天，你想要吃什麼？
  - C2-2. 棉花糖
  - C2-2. 水煮牛肉
  - C2-2. 仿魚子醬
  - C2-2. 不同的水煮蛋
  - C2-3. 人造的水果香氣
  - C2-4. 人體內的食物高速公路

圖 8：碳元素的旅行

D. 工作間與花園，發現化學的驚奇

- D1. 元素大點名
  - D1-1. 認識元素符號
  - D1-2. 元素排排隊
- D2. 元素的組合
  - D2-1. 科學雜物櫃
  - D2-2. 水從哪裡來？
- D3. 驚奇化學實驗
- D4. 碳花園
  - D4-1. 碳元素的旅行
  - D4-2. 石油短缺大危機？
  - D4-3. 你每月碳排放有多少？

圖 9：化學大未來

E. 世外桃源，展望化學的未來
化學大未來

結語

愛爾蘭劇作家說：「科學永遠是錯的，他從未解決問題而是創造出更多的問題。」在強調學習動機的現在教育氛圍下，好奇心的誘發、培養成對科學的興趣。在動手實驗與原理解說雙管齊下的活動裡，學會以科學的方法面對處理事情，才是教育真正具有科學素養國民的不二法門。害怕化學嗎？走一趟國立臺灣科學教育館吧！你會有不同的感受和意外的收穫。

陳藹然　國立臺灣大學科學教育發展中心經理