



奈米科技 的展望

奈米是一種長度單位，等於 10^{-9} 公尺。

所有小於一百奈米的物質，
其物理性質和化學性質都變了，
無法再以傳統的理論來解釋。

奈米技術的研究應用，
被認為是人類又一次的工業革命。



■ 演講人／牟中原

初期的奈米只能代表流行

值此奈米科技還未完全成熟的時代，市面上許多產品都已冠上奈米兩個字。現在的奈米產品，只能算是一種傳達「這是最流行的」意思，這與早期流行「原子」的時候很類似。

第二次世界大戰剛結束，原子彈使人印象深刻，緊接著原子時代來臨，原子物理學成爲最熱門的學問，當時剛上市的鋼珠筆稱爲原子筆，新布料做成的長褲稱爲原子褲。總之，現在流行的奈米冰箱、奈米馬桶，多少也和原子筆一樣，在名稱上帶有很強的流行意味。

比可見光波長尺度小

奈米一詞源自拉丁文nano，是一個表示數量級的字首，英文將nano 加meter 組成爲nanometer 這個字，是一種長度單位，並以縮寫nm表示 10^{-9} 公尺。一奈米是一公尺的十億分之一。如果材料在尺度上，至少有一維在一百奈米以下的，稱爲奈米材料；在結構空間中，至少有一維尺度在一百奈米以下的，稱爲奈米結構。若拿奈米尺寸和極細小的東西比較：一奈米相當於一微米（ μm ）的千分之一；一個病毒大約是一微米的十分之一；一個

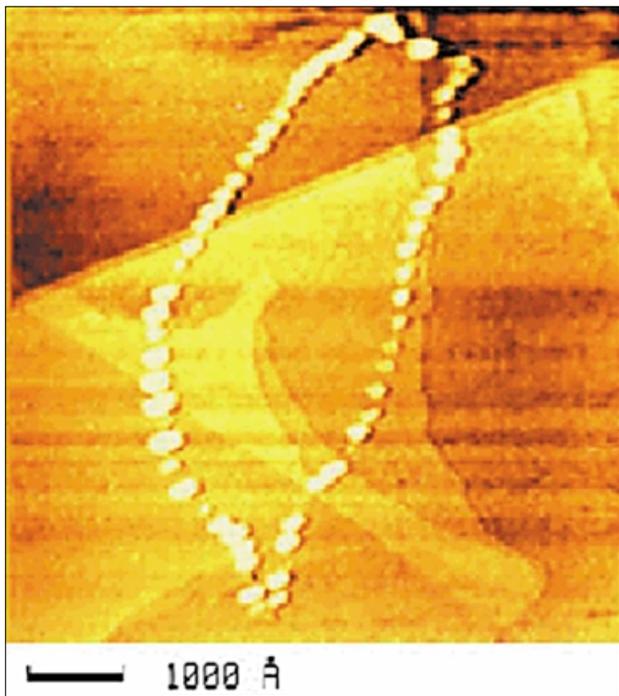
細菌大約是一微米；人類頭髮直徑，一般在20微米至50微米之間。

一微米大小的細菌是普通「光學顯微鏡」所能看到的最小東西。一般可見光波長大約在0.4~0.76微米之間，因此，比可見光波長尺度還小的物質，單靠普通光學顯微鏡是看不清楚的。由於一奈米只有一微米的千分之一，所以由奈米材料組成的物質，只有透過「穿隧電子顯微鏡」才看得到。

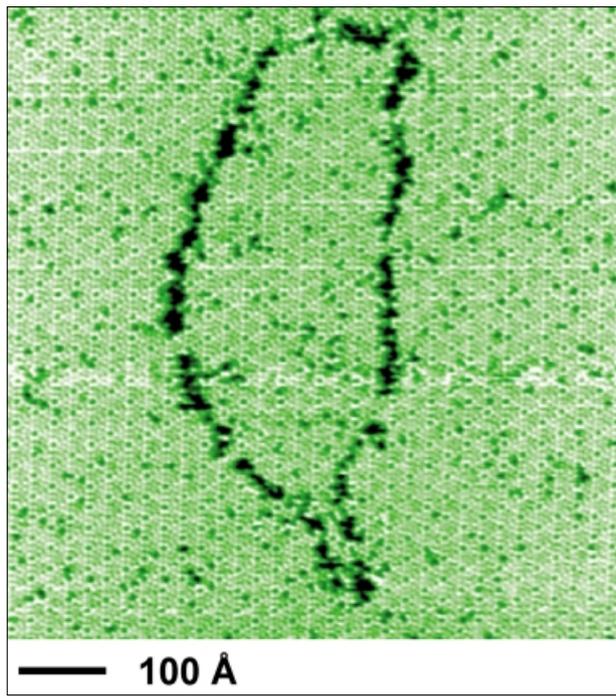
謝謝你 費曼先生

最早提出奈米想法的，是加州理工學院獲得諾貝爾物理學獎的理查·費曼（Richard P. Feynman）。一九五九年，費曼先生在該校召開的美國物理學會年會中演講，他鼓勵年輕學者努力把東西做小，只要東西一直往下縮小，就有機會騰出很大的發展空間。由於當時許多預測的想法現在都已實現，人們便開始注意奈米材料與技術的應用，於是，一個使尺度不斷往下縮小的革命——奈米科技，就這麼開始了。

在人類文明發展史中，農業時代、銅器時代、鐵器時代都與技術提升有關。西元前兩千年，人類使用的器具以農具爲主，關心的長度單位只到公分。一七五〇年



中央研究院鄭天佐博士等提供



中央研究院鄭天佐博士等提供

應用奈米技術製成的全世界最小的台灣地圖。左圖是在金表面上完成的，右圖（尺寸70奈米）是在矽表面上完成的。

工業革命開始，機械、齒輪出現，大部分機械以公厘計算。一九六〇年微電子時代來臨，電晶體、積體電路出現，人類進入微米時代。現在，新一代的人類想要掌握更小的奈米尺寸，亦渴望理解小尺寸世界的規則，以便擁有全新的技術能力，進而創造一個全新時代。

奈米技術的發展可從半導體看起。台灣生產的積體電路體積一直在縮小中。世界上最早出現的電晶體體積很大，比真空管小不了多少，之後，開始慢慢往下縮小。英代爾公司在二〇〇〇年十二月對外表示，已開發出迄今世界上最小最快的電晶體晶片，厚度僅30奈米，相當於三百個原子疊在一起的厚度。這項突破將使電腦晶片速度在今後的五到十年內，提高至二〇〇〇年的十倍，英代爾宣稱，新處理器製造的產品將在二〇〇五年以後推出上市。

八〇年代以後，人類開始發展原子操控技術，由於原子力顯微鏡、掃瞄式電子顯微鏡等高科技儀器發明，

促使人類對微觀世界有了更進一步的認識。科學家對於這些極細小的東西，除了想要看到以外，還希望能操控它，這就把人類推向了奈米世界的研究領域。研究奈米技術需要物理、化學、工程及材料等多方面的豐富知識與經驗，加上跨領域的技術整合，終而促成奈米材料研發的趨勢。

超微材料 不再是原來的它

傳統上用來解釋材料性質的理論，只適用於一百奈米以上的物質，因此，比一百奈米小的物質，很難單從傳統理論中得到完美的解釋。通常材料尺寸在一奈米至百奈米之間的微粒稱為「超微粒材料」，當大塊物體變成超微粒時，無論是金屬或非金屬物質，其物理性質和化學性質，尤其是強度、韌性、比熱、電性、磁性等方面都發生變化，不再是原來我們所認識的它。

舉例來說，將一大塊黃澄澄人見人愛的金子，一直

染料墨水商品



左圖照光試驗後



工研院奈米顏料墨



左圖照光試驗後



左上圖是用一般顏料畫出來的圖畫，被光照射（如右上圖）顏色已逐漸褪去。左下圖是用奈米級材料做成的顏料繪圖，畫作色澤飽滿，即使以光線照射（如右下圖）顏色依然鮮豔。

切小，到它不再像大尺度的黃金時，也就是達到奈米尺寸的時候，科學家最感興趣的是：它還具有金的性質嗎？顏色是金色的嗎？硬度與黃金一樣嗎？熔點一樣嗎？所有性質都與巨觀材料的性質一樣嗎？當然，一顆金原子鐵定不再是黃澄澄的金色，當金分散到奈米尺寸時，寬度是五個原子、六個原子、或八個原子時，各種性質都不一樣了，這就給製造材料者一個很大的發揮空間。

說來有趣，科學家積極研究的奈米技術，就曾在古代出現過。中國古書裡提到的道家煉丹術，以及文獻中描述的唐朝皇帝保養身體時所喝的紅色金液，可能就是含奈米金的水。又如，利用奈米金屬對光所具有的吸收與發色性質，中古歐洲工匠在為教堂繪製彩色玻璃或聖畫像時，或許也曾採用含奈米材質的顏料。

新世紀的超級纖維——奈米碳管

東西變小以後有什麼好處呢？第一個好處是，它的表面積與體積的比值（即比表面積）變大了。一個球形顆粒的比表面積通常與直徑成反比，東西愈小，直徑愈小，比表面積就愈大，因此很適合用來做催化劑。第二個好處是具有量子力學上所謂的小尺寸效應，例如金、銀之類的導體，當中的電子通常呈現波動特性，導體尺寸變小以後，波動性質就更為顯著。此外，由於表面積增加，束縛能量下降，使得物質本身變軟。而東西變小以後，又可摻入其它物質中，成爲一種更爲堅硬的複合材料。

奈米碳管被稱爲是二十一世紀的「超級纖維」，也是奈米材料中頗具代表性的物質之一。一根奈米碳管，直徑大約1.4奈米，可用來製造奈米級電子線路。

傳統電視機的映像管很笨重，在機器後端占了很大空間，只要其中一部分壞掉，就看不到電視畫面。高中課本中曾提到尖端放電原理——把導體頂端做得很尖，當有足夠電壓時，便從尖端放電。利用此方法，可先用化學沈積法把奈米碳管「長」在一片很薄的半導體表面上，然後釋放電流，進行尖端放電；當釋出的電子打到



中古世紀教堂或富豪家中經常可見彩繪玻璃。今人將彩繪玻璃加外框後製成一幅掛在牆上的彩色圖畫，其色料主要由奈米級金屬化合物製成。

螢光幕時即出現光點。這樣的電視螢幕可以很薄，而且是由非常多的奈米碳管放電所組成，只要碳管受損比率在30%內，仍可看到電視畫面。

時髦的奈米材料成品——光觸媒

SARS疫情爆發後，奈米級二氧化鈦光觸媒成爲相當暢銷的商品，它是奈米材料首次在國內研發成功並且商品化的實例。光觸媒必須先塗布在物體表面，並經紫外線照射後，才能使附著在上面的有機物、污染物或細菌變成二氧化碳和水，最後消失在空氣中。

光觸媒是七〇年代發展出來的產品，當它被超愛乾

淨的日本人發現後，日本即成爲世界上投入這方面研究最多的國家。二氧化鈦俗稱鈦白粉，因爲是白色的，會強烈反光，放在紙裡面，可製成反光度很強的紙張；也可用它來製造白色顏料、白色油漆。又因其可吸收紫外光，常用在化妝品或防曬油裡。若要製造光觸媒，須採用奈米級銳鈦礦二氧化鈦材料才有效；有時候，在材料裡添加一點奈米金或奈米銀顆粒，可幫助吸光，由於銀本身具有殺菌效果，縱使無紫外線照射，仍舊可以用來抑制細菌繁殖。

只是，要讓光觸媒發生作用需要時間。一位韓國教授針對常在食物裡出現的細菌做實驗後發現，若以奈米光觸媒處理並以紫外線照射，半小時後，附著的細菌只剩下40%，兩小時後，細菌幾乎全部死光。如果室內一片漆黑，或只有紫外線而沒有光觸媒時，細菌絲毫不受影響。雖然人們已證實，奈米光觸媒對許多種類細菌起殺菌效果，但是，尙未有文獻顯示其對病毒同樣有效。

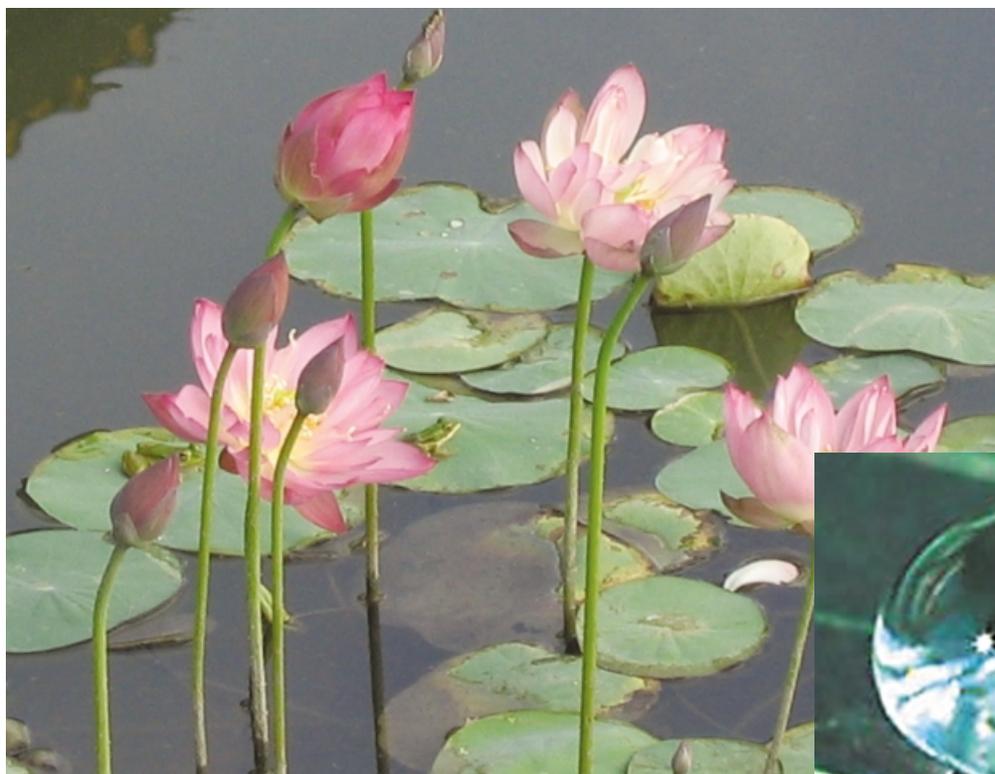
奈米光觸媒的主要用途是做「超乾淨表面」。例如，建築物外牆要保持清潔必須經常清洗，尤其大樓的玻璃帷幕，在刷洗時不但麻煩，也很危險。如果能讓牆壁具備超級沾水或超級不沾水特性，就可保持乾淨。

超級沾水性是指水一上去以後，就散布成很薄的一層薄膜，我們稱它爲親水性。在實驗室裡清洗燒杯時，經常讓人覺得，剛洗淨的玻璃表面顯得較爲光滑，主要因爲燒杯的玻璃是高度親水性材料，水上去以後會攤平。倘若以奈米光觸媒二氧化鈦在玻璃表面鍍上一層薄膜，雖然機制與前述不盡相同，但是同樣會產生親水性表面；在陽光下或紫外線照射下，它還可分解有機物，具備了自清及殺菌功用，這正合乎日本人的超愛乾淨需要。

自然界的奈米結構

「荷花效應」是超級乾淨、超級不沾水的代表。荷葉表面看起來很平滑，但從奈米尺度看，它是凹凸不平的，這種表面特性，讓水滴不易散布在荷葉表面上，僅能形成圓球狀後滾落葉面中心。原來，荷花水分需求量大，但老天無法每天下雨，於是，當霧水、露珠變成圓球滾到荷葉中心時，再由葉莖吸收，這是荷花的維生策略之一。又因爲水無法停留在荷葉表面，污垢自然也無法沾附，無怪乎古人讚美荷花是「出淤泥而不染」。

植物之外，體內具有奈米級結構的生物亦不在少數。舉例來說，現代科學家希望做出具有奈米結構、可靈敏偵測紅外線（熱能）的天線，以用於軍事及醫療上；而半夜出來覓食的蛇，它之所以有能力在一片漆黑中捕獲獵物，靠的就是長在牠頭部，功能類



陳福昌提供

水珠落至葉面時，會形成接觸角 $103\sim 104$ 度左右的圓球，滾落葉面中心後被莖吸收，稱爲「荷花效應」。



似奈米級陣列紅外線天線的感應器官來感知獵物體溫。又如，蜜蜂、鴿子、蝴蝶、海豚等生物體內的奈米級磁性超微粒，因其具有生物羅盤作用，可在地球磁場導航下辨別方向，即使路途遙遠，仍可找到回家的路。

幾乎所有物質一旦縮小到奈米級以後，許多性質都會改變。例如黃金的化學性質穩定，一向被人們用來作為財產保值。但

是，奈米金卻是不太安定的催化劑，現在已知的一項可貴之處，是它可將非常穩定且具劇毒的一氧化碳轉化為無毒的二氧化碳。如果轉化效率達到百分百，便可用來製造防毒面具濾毒罐，提供于消防員使用。

要奈米技術成熟 仍有得等

奈米科技是實驗室中的新興科技，也是目前全世界公認最具經濟潛力的技術之一。例如，核能工業中的耐輻射和耐腐蝕材料，若以奈米材料取代，可倍增其效能。電子元件採用奈米技術後，可使其在純度、薄度等方面較現今材料更勝一籌，且非常纖細、均勻。太陽能收集器表面上若塗上奈米材料，將使光和熱的吸收效率提高，促進能量的轉換。在未來，應用奈米技術或奈米材料改造的農產品、藥品、超級晶片、智能電腦等，均將成為消費市場的主流商品。

美國科學技術委員會在二〇〇〇年三月提出報告時指出，奈米技術將成為二十一世紀前二十年的主流技術，也是下一次工業革命的核心。歐盟的一項研究報告亦指稱，未來十年內，奈米技術的開發將成為僅次於晶片製造的世界第二大製造業。

上述報告使得奈米科技沸沸揚揚，在科學界熱得不得了。研究奈米技術的專家更預期，未來可能出現強度十倍於鋼的奈米材料，而其重量僅只紙張的十分之一，不但是透明的，且具有順磁性、超導電性、高熔點等特



台灣大學生命科學系周運香教授提供

海豚體內的奈米級磁性超微粒，具有生物羅盤的功能，透過地球磁場導航，讓牠找到回家的路。

性。至於未來使用的奈米碳管，其尺寸將不到人類頭髮直徑的萬分之一，可用來製作極細的導線，或用於製造微型電子零件。

然而，奈米科技從基礎研究到產品問世，中間必須經過應用研究、製程開發、技術轉移等過程；依照目前的學術成果，少說還需好幾年才能商品化。如台積電發表的九十奈米產品在媒體上曝光後，一般民眾都以為此技術已經商品化，事實上，若要做到報紙報導程度，可能要等到二〇〇九年。這與美國半導體工業協會的評估相去不遠，該會表示，要把奈米科技推展成為商業上的可行技術，估計要到二〇一〇年至二〇一五年才臻成熟。 □

科學是一種生活的態度，是一種運用邏輯思考的方法和追根究底的精神，去解決在日常生活上和宇宙探索中所遇見的問題的態度。為了讓社會大眾了解科技發展的趨勢，由國科會主辦，中央大學理學院科學教育中心承辦的「2003展望系列演講」於馬誕生，本篇為春季「生活科技」系列六月十三日講座的演講實錄。

演講人／牟中原
台灣大學化學系

文字整理／張志玲
本刊特約文字編輯