

本系列介紹一些有趣的科技大發現與發明故事，這些靈機一動的突破思維常帶來創新的工具、方法、理論等，也促進了人類的福祉。

珍珠與鑽石

林天送

珠寶閃爍奪目的光彩令人著迷，古代的朝貢莫不以珠寶為重。愛迪生曾說過：「有二樣東西是我的實驗室無法製造的，那就是珍珠與鑽石。」但今日科技的發展，已使得珍珠可藉養殖生產，鑽石也能以人工製造。

小百科

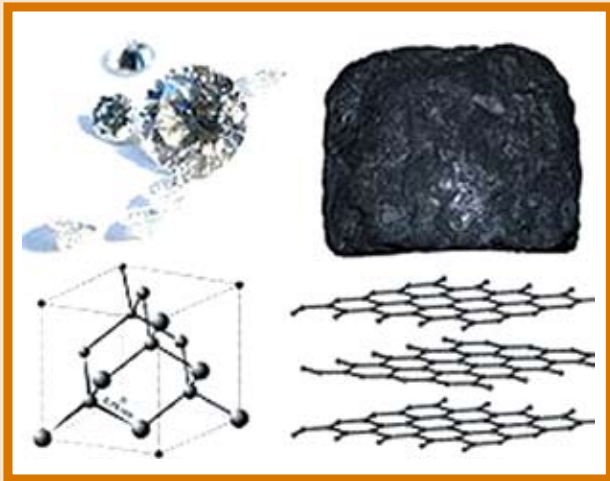
珍珠又名真珠（日文）或蚌珠，它的主要化學成分是碳酸鈣（ CaCO_3 ），是一種得自蛤蚌、牡蠣類等軟體動物貝殼的晶體。當蛤蚌的外套和甲殼受傷時，這蛤蚌會分泌碳酸鈣去彌合傷口，由於存在著質核（nucleation nuclei），碳酸鈣會長成晶體，而這一層層的碳酸鈣晶體薄膜就形成了漂亮的珍珠。

珍珠的光澤是光在這些透明的真珠質層間不斷反射和暈彩（iridescence）所造成的，真珠質層越薄越有光澤，珍珠也越漂亮，其中又以黑珍珠最名貴。一般珍珠要數年才能成形，但若孕育的珍珠太大，蛤蚌很可能中途死去。

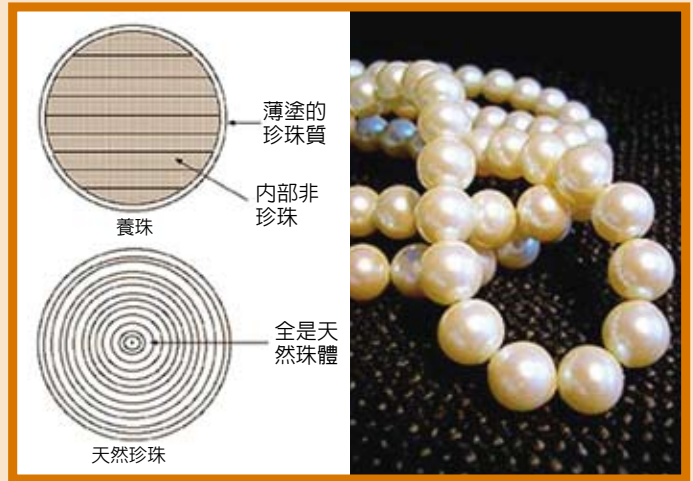
鑽石是碳的同素異形體，本質與做為燃料的木炭相同，不同的是鑽石的化學鍵與晶體結構比它的同素異形體兄弟穩定多了，因此它的硬度比什麼都高。而且當光線進入多角形的晶體時，還會因曲折反射而放出閃爍奪目的光彩。



珍珠的形成程序



鑽石與石墨的晶體結構



(上) 人工仿製珍珠，(下) 從蛤蚌取出的珍珠。

碳的同素異形體除了鑽石之外，還有石墨（graphite）、碳六十（buckyball）、奈米碳管（carbon nanotube）等。值得一提的是，在高壓和高溫的條件下，石墨會轉變成鑽石。2010年的諾貝爾物理獎就是頒給2位研究石墨烯（graphene）的科學家，而石墨烯是由單層石墨原子所構成的。

靈機一動

日本的御木本幸吉（Kokichi Mikimoto, 1858-1954）因家庭貧窮，沒有念完小學就在市場當菜販。一天清晨在觀看漁夫挖貝殼取牡蠣時，發現有一蛤蚌竟然包藏著一顆閃光的珍珠。自此他一有空就跑去魚市場，研究藏有珍珠的蛤蚌有什麼特徵。他發現有珍珠的蛤蚌實在少的可憐，原來珍珠的昂貴是有其原因的。他靈機一動想到或許可以用人工養殖生產珍珠，因此就向親戚借錢投入珍珠的養殖生產。

御木本嘗試了各種方法，終於在1905年找到祕密，並申請專利。但用這方法所養殖得到的珍珠是半圓形的，與圓形的天然珍珠不同。

當時另有2位日本人也從事珍珠的養殖生產，一位是農林廳的生物雇員西川藤吉（Tokichi Nishikawa），另一位是見瀨辰平（Tatsuhei Mise）。他倆人都曾經專程去澳洲學習養殖珍珠的技術，各學有所成，也各自申請了專利。但後來發現二人的養殖原理與方法類似，經過協商後，就把養殖方法稱為「見瀨—西川方法」（Mise-Nishikawa method）。這方法是用特製的長針刺傷蛤蚌的上皮細胞，並放進質核以形成珍珠小袋（sac）。

雖然御木本前後共申請到3個養殖生產珍珠的專利，但因為「見瀨—西川方法」比較科學且成本



打造出Mikimoto品牌的珍珠王國的御木本幸吉

較低，並且能養殖出圓形的珍珠，御木本就放棄自己的方法，轉而出資購買「見瀨—西川方法」的專利。御木本並把女兒嫁給西川，自此各家珍珠養殖生產都採用「見瀨—西川方法」。

澳大利亞是南海珍珠的主要產地。近年來在南太平洋和印度洋，人們用比較大的珍珠蛤來生產珍珠，使得南海產的珍珠較大，並發出銀色的光澤，但大於14毫米的珍珠並不多見。

1990年代，日本人另發明了使用淡水蛤生產珍珠的技術，淡水珍珠會發出特殊的彩虹般顏色。近年中國就盛行淡水養殖珍珠，目前的珍珠大都來自浙江地區。溫州地帶則盛產人工仿製珍珠，產量甚多。

化石墨為鑽石

天然鑽石埋藏在地表下層約140~190公里處（大約從台北到台中的距離），在這麼深的地層由於有高壓力及高溫度，才能把碳轉化成鑽石。一般在火山爆發後的地方也可能找到鑽石。

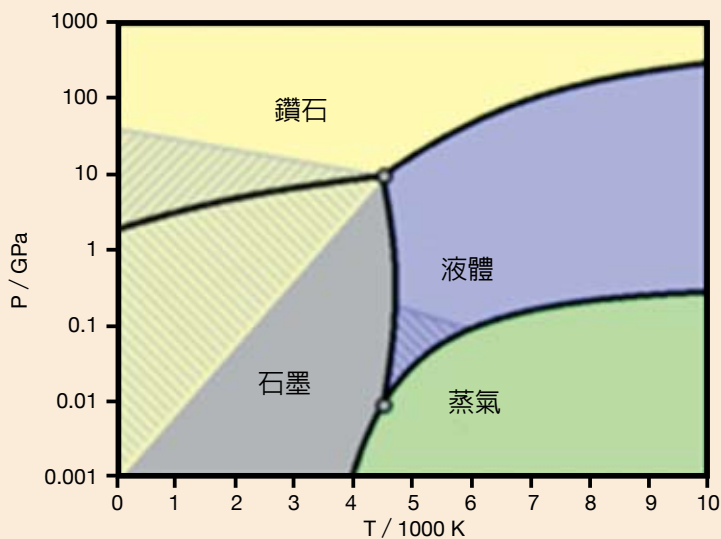
在二百多年前科學家就已測定出碳的相圖，

並預測在攝氏2千度和10GPa（GPa是giga pascal = 10^9 Pa，而1bar（巴）= 10^5 Pa，因此10GPa=100,000bar，約10萬大氣壓）的條件下能把石墨轉化成鑽石。

早在100年前就有人宣稱可以用人工方法製造鑽石，但經分析後發現這些「人造鑽石」並不是鑽石，製程也無法再現。1941年，美國通用電氣公司（GE）著手進行這項研究，後來因二次世界大戰而中止，直到1951年才重起爐灶。在這10年時間，哈佛大學的物理學家布里基曼（Percy W. Bridgman）研發出一套高壓物理實驗設備，更因這項成果榮獲1946年諾貝爾物理獎。

GE的團隊就利用這套高壓設備進行人造鑽石研製，經過許多嘗試，終於在1955年由何爾（Tracy Hall）正式宣布在10GPa和攝氏2千度並有觸媒輔助的條件下，能把石墨轉化成鑽石。雖然成品只有0.15毫米大，但因方法具再現性，可重複製成鑽石，所以何爾做為把石墨轉化成鑽石的第一人應當之無愧。

這些小鑽石因為硬度高，第一個用途就是做



碳的平衡相圖



榮獲1946年諾貝爾物理獎的布里基曼，他研發出的高壓物理實驗設備，催生了第一顆人造鑽石。



切割完美的鑽石

為砂紙、研磨用具。1970年，GE又發表製造出5毫米大的鑽石（相當於1克拉，0.2公克）。後來南非的De Beers公司更勝一籌，製造出25克拉（5公克）的鑽石。

之後化學家陸續找到數種製造鑽石的方法，如（1）化學氣相沉積（chemical vapor deposition, CVD）法，在低壓情況下把1%甲烷+99%氫氣通入反應器，以高頻雷射或高溫使氣體電漿化，先把氣體變成高活性的自由基而在基板或晶種表面沉積一層鑽石膜，時間長了可以慢慢長出塊狀鑽石晶體，約幾個毫米大小；（2）爆炸方法，無需觸媒就可以把石墨直接變成奈米鑽石，但只能製造鑽石微粒；（3）用高音波振盪方法把石墨溶液轉變成鑽石。這些方法都只能製造出工業級的鑽石。

在鑽石製程中，顏色的控制是一個大學問。如史上第一顆人造寶石，就因為含有氮原子的雜質而略帶淺黃色。由於空氣中氮氣含量高達79%，顯

然製造時品質的控制仍然有許多進步空間。用人工方法製成的鑽石成本很高，尤其是裝飾用的大鑽石，價格並不比天然鑽石便宜。

掌聲回響

御木本（Mikimoto）有眼光獨占了珍珠的養殖領域，又有生意頭腦，他曾當眾焚燒一大批不合格的珍珠，以彰顯他的珍珠品質優良，因此讓他打造出Mikimoto品牌的珍珠王國。自從在東京銀座設立了第一家Mikimoto珍珠店後，在日本Mikimoto珍珠幾乎無人不曉。爾後甚至世界各大都市都有Mikimoto的分店。

人造鑽石的品質並不亞於天然鑽石，以各種物理與化學的檢驗幾乎難以區別。第一顆人造鑽石的出世，當歸功於布里基曼教授的高壓物理的實驗結果與設備。科技的進展常常得依賴科學家的研究成果，雖然當初的研究者並沒有注意到應用層面的問題，但後來的創意者總可以發揮得淋漓盡致，類似鑽石進展的情形在科學史上是不勝枚舉的。

林天送

美國華盛頓大學（聖路易市）化學系

深度閱讀資料

Coller, J. (2009) *Splendidly Unreasonable Inventors: The Lives, Loves, and Deaths of 30 Pioneers Who Changed the World*, pp. 24-27. Overlook, New York, NY.

http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1946/index.html

<http://en.wikipedia.org/wiki/Diamonds>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Pearl>