



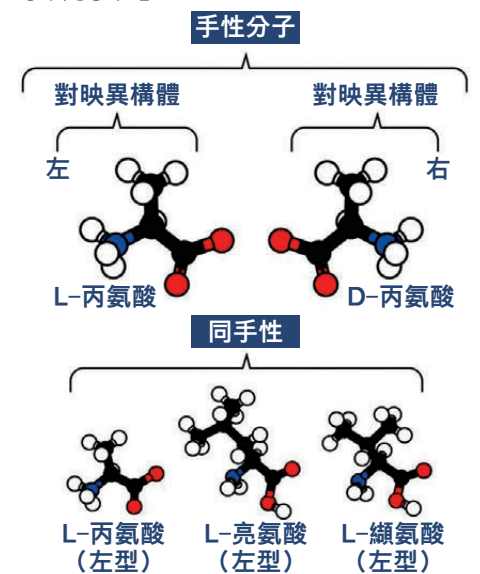
諾貝爾獎
化學獎

在不對稱有機合成中發現非線性效應破「同手性」百年難題

分子左右對稱卻只選一邊？法日雙傑解謎奪化學諾獎

手性

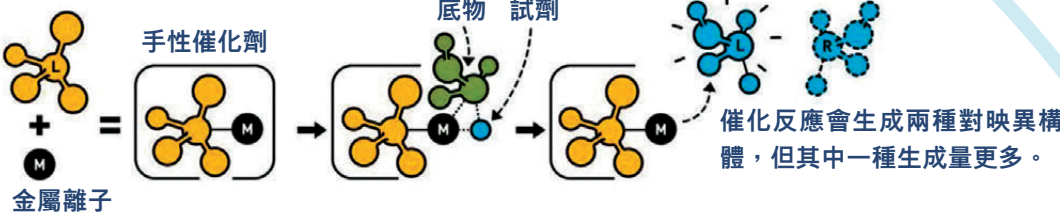
當一種分子存在兩個不同鏡像，這分子就稱為「手性分子」，而它的兩個鏡像就稱為「對映異構體」，分為左型和右型兩種形式。若一組分子（例如氨基酸）僅由左型或右型對映異構體組成，這種現象稱為「同手性」。



不對稱反應

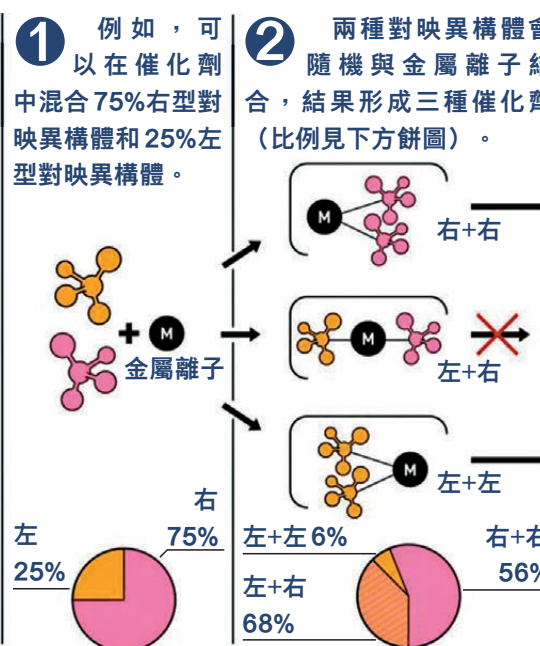
在不對稱催化反應中，一種對映異構體的生成量多於另一種。為實現這種反應，化學家需要使用具有手性的催化劑。目前，這種催化劑通常由一個金屬離子，和一種手性物質的對映異構體組成。在反應過程中，催化劑將其手性傳遞給產物。

左型對映異構體



卡甘發現一種新現象

卡甘嘗試在催化劑中混合左型與右型對映異構體。他發現這樣做可增強反應的不對稱性。

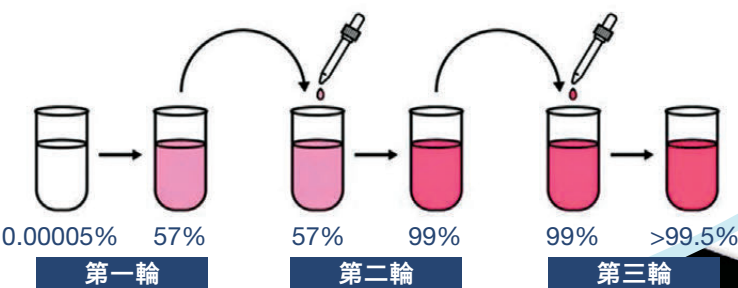


「破合」反應

破合設計了一種化學反應，該反應能形成手性催化劑，而這種催化劑又能驅動自身的形成。他由此成為首位從非手性分子組合中產生出手性的化學家。

自我強化過程

在一次實驗中，破合從催化劑的一種對映異構體的微過量狀態開始。這足以使該對映異構體迅速主導整個反應。在破合3次補加底物和試劑後，該對映異構體在產物中的佔比超過99.5%。



從製藥到探索生命起源 獲獎研究應用眾多

香港文匯報訊 今次獲頒諾貝爾化學獎的不對稱有機合成中的非線性效應和自催化現象，在製藥業有良好應用前景。專家指出，在現代製藥業中，不同的對映異構體可能一種是良藥，另一種卻是無效的代謝物甚至劇毒，未來的藥物合成技術或可借鑒今次的獲獎概念，減少對昂貴稀缺的催化劑依賴。

在現代製藥業中，部分藥物的催化劑需為純度極高的貴金屬，它們成本高昂，變相影響藥物產能。分析認為在理想情況下，若能合理利用非線性效應，藥廠無須使用高純度的催化劑，也能更好地理解催化反應機理、優化反應，盡可能合成高純度的同手性藥物，節約成本的同時也能大幅減少化學廢棄物。

有助治療和預防愛滋病

英國皇家化學學會2022年出版專業參考書《不對稱自催化：破合反應》，專門總結了今次獲獎的破合反應的應用。如今已有製藥團隊以破合反應為基礎，利用不對稱自催化

手性放大機制，完成一款名為依非韋倫（efavirenz）的抗反轉錄病毒藥物關鍵中間體的手性合成，將其用於治療和預防愛滋病。

不對稱自催化還啟發了物理學、超分子化學，甚至計算機科學領域的研究。如今科學家們正在設計新型感應芯片與光電材料，它們可以對光偏振、機械剪切，甚至磁場微擾等極微量的物理刺激，產生雪崩式的放大反應。自催化體系中的對稱性破缺現象，也與計算機科學和物理學的複雜系統自發有序化現象有相似的數學結構，科學家們仍在探索其中的跨學科聯繫。

亦有化學家將目光投向模擬生命起源。破合反應表明，只要滿足自催化條件，同手性可以從完全隨機、毫無偏好的起點自發產生。儘管破合反應使用的是人工合成分子，其反應條件也與早期地球環境有別，化學家們仍在嘗試將這一原理，應用到更接近生命起源場景的體系中，探尋生命起源的奧秘。

破合憲三

76歲

國籍：日本
學歷：東京大學理學博士
職位：東京理
科大學理學
部第一部
應用化學
科教授



卡甘
(Henri B. Kagan)

95歲

國籍：法國
學歷：法蘭西公學院化學
博士
職位：法國巴黎第十一大
學（巴黎-薩克雷大
學）榮休教
授，法
國科學
院院士

香港文匯報訊 瑞典皇家科學院10月7日宣布，2026年諾貝爾化學獎授予法國化學家卡甘

與日本化學家破合憲三，表彰他們發現不對稱有機合成中的非線性效應和自催化現象。

兩位科學家合力解開化學界逾百年的「同手性（homochirality）起源」

謎團，成功用實驗證明極微量的不對稱手性分子，可以透過自催化，將

產物放大為同手性。這一突破為解釋地球生命起源中的同手性自發

產生現象，提供了有力理論支持與關鍵線索，也對製藥業、香

料、農用化學品等產業帶來革命性影響。

自然界中部分化學反應會產生兩種不同的分子，它們的化學性質相同，結構鏡像對稱，但不能完全重合，正如人類的左手與右手。科學家們將這類分子稱為「手性分子」，將互為鏡像的兩種分子稱作「對映異構體」。有趣的是，自然界似乎只選擇了一種手性，例如脫氧核糖核酸（DNA）和最常見的糖類葡萄糖，總是由右旋構成，構成蛋白質的基本單位氨基酸，則總是由左旋構成。生命的「同手性」從何而來、如何發生，一直是個謎團。

手性分子雖然化學性質相同，其生物作用卻大相逕庭，猶如「我之蜜糖彼之砒霜」。20世紀中期被停用的手性藥物沙利度胺（thalidomide），就曾帶給人們深刻教訓。這款用於緩解焦慮、睡眠問題和孕吐的非處方藥，含有兩種對映異構體，其中一種具有中樞鎮靜作用，另一種卻有強烈致畸性，導致德國等地許多孕婦服藥後誕下畸形胎甚至死胎。因此，製藥業界希望找到一種化學手段，分離含有對映異構體的複合物，或尋找一種催化方法，只留下一種手性分子。

創操控化學反應新方法

多年以來，在實驗室的化學合成中，往往只能產出兩種對映異構體各佔一半的混合物。1986年，卡甘邁出突破的第一步。當時化學家們普遍假設，催化劑中兩種對映異構體的比例，會線性轉移到產物中，但卡甘推斷，某些金屬原子可能同時與兩種對映異構體結合，形成「右-右」、「左-右」、「左-左」三種催化劑形式，其中「左-右」形式反應速度遠低於另外兩種，導致產物中某一對映異構體的過量，遠高於催化劑中的過量。

卡甘將這一結果繪製成圖，產生一條彎曲的曲線，即是「非線性效應」。這種操控化學反應的新方法，只需微量的手性催化劑，便能產生遠超預期比例的同手性分子，打破了傳統的線性比例限制，為化學家們提供了優化反應、獲得高純度同手性分子的重要工具。

1995年，日本化學家破合憲三受卡甘發現啟發，通過大量實驗，終於利用一種能夠自我複製的手性物質5-噻啉基烷醇，設計出歷來首個具備生成同手性產物潛力的化學反應。2003年，破合憲三取得最終成功，設計出完美的自催化反應「破合反應」。在僅有極微量、隨機產生的手性分子作為催化劑情況下，透過高度非線性自催化，讓其中一種手性分子指數級放大，最終實現只生成兩種對映異構體中單一種的化學反應。除生命體本身之外，人類從未在非生物反應中實現此等壯舉。

為理解生命起源開闢新道路

破合反應雖是一種人工實驗，卻為科學界理解生命起源開闢了新的道路。時至今日，全球科學家們正嘗試以類似原理，合成同手性的氨基酸與糖，非線性效應也成為化學家設計新的化學反應時，一項重要的參考工具，從製藥、香料到農業化合物生產，科學家們逐漸能確保獲得具有成效的產物，避免有害的副作用。

諾貝爾化學委員會主席林克形容，卡甘與破合憲三解答了同手性如何自發產生的百年難題，兩人開發的化學反應堪稱壯觀。兩名獲獎者將平分1,200萬瑞典克朗（約938萬港元）獎金。

獲獎科學家：望研究價值能廣為人知

香港文匯報訊 日本化學家破合憲三獲頒今屆諾貝爾化學獎，接受日本放送協會（NHK）訪問時，破合非常激動：「收到消息時我在外出，正在家附近購物，我想這是我一生中最激動人心的一天。」

破合在東京理科大學任教40餘年，培養多名有機化學家。對於今次獲獎的意義，破合謙遜地表示：「我們的研究領域叫做同手性，屬於分子研究範疇。我非常高興這項研究獲得了諾貝爾獎，其價值也將廣為人知。這是一個全世界研究人員都感興趣的領域，我希望未來能進一步深化我的研究。」

卡甘曾被指是諾獎「滄海遺珠」

年屆95歲的法國化學家卡甘，曾被認為是諾貝爾獎的「滄海遺珠」。2001年，諾貝爾化學獎頒給3名在不對稱催化領域做出重大貢獻的化學家，被視為該領域開創者之一的卡甘，卻並未在獲獎名單中。此後多年，卡甘獲得包括被視作諾獎風向標的沃爾夫化學獎等諸多獎項，時隔25年終獲諾獎殊榮。

卡甘的一生幾乎在法國的實驗室度過，見證不對稱催化從邊緣研究逐漸成為化學主流，他的許多學生也在該領域作出了重要貢獻。在卡甘看來，不論榮譽如何，科學研究始終關乎初心。他受訪時曾表示進行研究時，他更關心問題本身是否有意義，能否被解決，而非其獲獎幾率。這種樸實嚴謹的態度，貫穿其60餘年科研生涯。