

2-5-15. メカノクロミック材料

概要

メカノクロミック材料は、機械的刺激（摩砕・圧縮・引張など）を加えると色が変わり、刺激を除くか第二の刺激（加熱，溶媒曝露）を加えることで元の色に戻る材料である（図 1）．特に，光励起時の発光色変化は，メカノクロミック発光（MCL: Mechanochromic Luminescence）と呼ばれる．有機分子や有機金属錯体の結晶，液晶，高分子などの多様な系における研究が進展しており，次世代の圧力センサーや偽造防止技術などへの応用が期待されている．

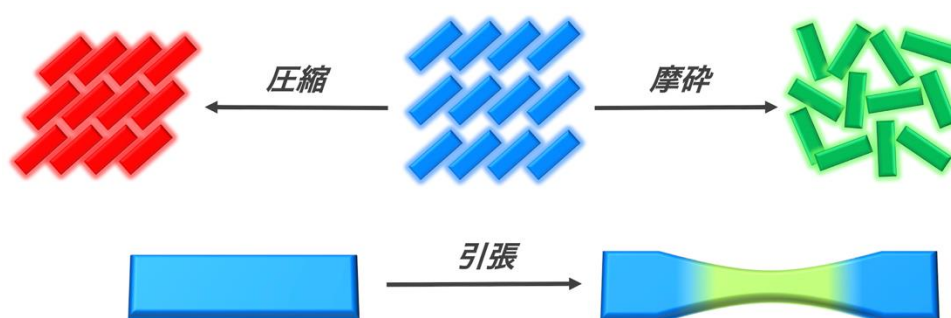


図 1 機械的刺激により色が変わるメカノクロミック材料

現状と最前線

外部からの刺激により色が可逆的に変化するクロミズム現象のうち，機械的刺激に応答するものをメカノクロミズムと称する．1990 年代以降，フォトニック結晶に代表される構造色の変化や，高分子に導入した色素の吸収波長変化を利用したメカノクロミック材料が盛んに研究されてきた．また，2007 年に水素結合性ピレン誘導体（荒木ら），2008 年に金イソシアニド錯体（伊藤(肇)・澤村ら）が，こすると発光色が変わることが報告されたことを契機として，メカノクロミック発光（MCL）材料に関する研究が国内外で急速に進展している．

有機分子や有機金属錯体の結晶では，機械的刺激により非晶質化や相転移が起こり，分子配座や分子間／金属原子間相互作用が変化することで，結晶状態と異なる発光色を示す．多くの場合，機械的刺激により発光波長が長波長化するが，短波長化する例や，段階的に発光波長が変化する例などが増加している（図 2）．通常，発光波長の変化量は 150 nm 以下であるが，顕著に変化する例として，アミノベンゾピラノキサテン（神野・村中・榎本ら）や，アントリル金イソシアニド錯体（関・伊藤(肇)ら）がある．応答挙動の制御手法として，2 種類の発光分子を混合する手法が提案されている（伊藤(傑)・立川ら）．また，熱活性化遅延蛍光（武田・南方ら），室温りん光（谷・小川ら），円偏光発光（伊藤(傑)・今井ら）

といった多様な発光原理に基づくメカノクロミック発光材料も開発されている。

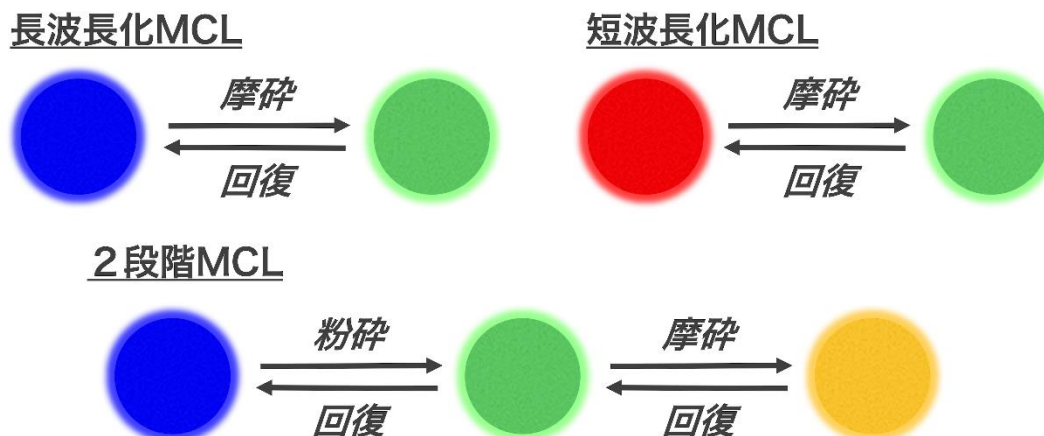


図2 メカノクロミック発光材料の代表的な応答挙動

静水圧を加えると吸収・発光スペクトルが変化する現象も広義のメカノクロミズムであるが、特に圧電クロミズムと呼ばれることが多い。有機分子結晶や有機金属結晶、有機-無機ハイブリッド材料の圧電クロミック発光が広く研究されており、すり潰しによる異方的刺激と静水圧による等方的刺激を加えた際に異なる色に変化する結晶（齊藤・山口ら）などが見いだされている。

高分子分野では、動的共有結合を活用する着色型や蛍光型のメカノフォア（大塚ら）や、ロタキサン型やシクロファン型の超分子メカノフォア（相良ら）などを組み込んだメカノクロミック材料の研究が進展している。

文献

1. Y. Sagara, T. Mutai, I. Yoshikawa, K. Araki, *J. Am. Chem. Soc.*, **129**, 1520–1521 (2007).
2. H. Ito, T. Saito, N. Oshima, N. Kitamura, S. Ishizaka, Y. Hinatsu, M. Wakeshima, M. Kato, K. Tsuge, M. Sawamura, *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 10044–10045 (2008).
3. S. Ito, *Chem. Lett.*, **50**, 649–660 (2021).
4. S. Ito, *J. Photochem. Photobiol. C*, **51**, 100481 (2022).
5. S. Ito, S. Wakiyama, H. Chen, M. Abekura, H. Uekusa, R. Ikemura, Y. Imai, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **64**, e202422913 (2025).

将来予測と方向性

10年後までに解決・実現が望まれる課題：分子構造や結晶構造から機械的刺激応答性を予測する理論の確立。単一分子レベルの微細な刺激の検出。均質な応答性を示す大面積材料の開発。圧力センサーや偽造防止技術の社会実装。

（執筆者：伊藤 傑）