レーザートラッピング結晶化法におけるエナンチオマー過剰率の光波の全角運動量依存性

Laser trapping crystallization method using total angular momentum

千葉大学大学院工学研究院 [1], 千葉大学分子キラリティセンター[2], 台湾国立交通大学 [3], 奈良先端大物質 [4], ○豊田 耕平 [1]、宮本 克彦 [1,2]、杉山 輝樹 [3,4]、尾松 孝茂 [1,2]

Chiba Univ[1]., Chiba Univ. MCRC[2], NCTU[3], NAIST[4], Kohei Toyoda[1], Katsuhiko Miyamoto[1,2], Teruki Sugiyama[3,4] Takashige Omatsu[1,2]

E-mail: omatsu@faculty.chiba-u.jp

螺旋波面に由来する軌道角運動量(ℓ=0,±1,±2,,,)を持つ光波を光渦と呼ぶ。近年、光渦の軌道角運動量と物質を相互作用させると、物質がマクロなキラル構造体へと変形することが発見された。また、キラル構造体の形状は、螺旋波面に由来する光渦の軌道角運動量(ℓ=0,±1,±2,,,)と円偏光に起因するスピン角運動量(s=0,±1)の和で与えられる全角運動量(J)で決まることも解明されてきた。

われわれは、レーザートラッピング結晶成長法の光源に光渦を用いると、形成された結晶のエナンチオマー過剰率が光渦の全角運動量の大きさに応じて制御できることを発見した。

対象として、金ナノ微粒子（直径 150 nm）を添加した塩素酸ナトリウム($NaClO_3$)飽和水溶液を用いた。光源には、近赤外 CW レーザー(波長 1.06 μm、パワー1.35 W)を用いた。レーザー光の波面と偏光を螺旋型位相板と 1/4 波長板によって変調して、円偏光光渦を発生させた。発生した光渦を対物レンズ(NA0.9)によって気液界面に集光した。集光ビームの直径は 4 μm であった。

レーザー照射点で金ナノ微粒子が凝集し、光渦の角運動量によって回転運動を始めた。その後、準安定相であるアキラル結晶が断続的に形成と溶解を繰返した。さらに数分後、アキラル結晶がキラル結晶に多形転移した(図 1)。得られた結晶のエナンチオマーは、検光子回転法によって同定した(図 2)。照射条件ごとに 30 個の結晶を作製し、L 体と D 体の個数 N_L, N_D からエナンチオマー過剰率 $CEE = \frac{N_L - N_D}{N_L + N_D}$ （×100）を見積もった。図 3 は$|J|$ = 0~3 の光渦によって結晶を作製した時に得られた CEE をプロットしたものである。ℓ の符号によって L 体、あるいは、D 体が過剰であることが分かる。この実験結果は、軌道角運動量の符号がキラル結晶核のエナンチオマーの決定に寄与していることを示している。さらに、CEE は、軌道角運動量ではなく全角運動量の大きさで決まることが分かった。得られた CEE の最大値は 53%であった。発表当日には、CEE の光パワー依存性についても併せて報告する。

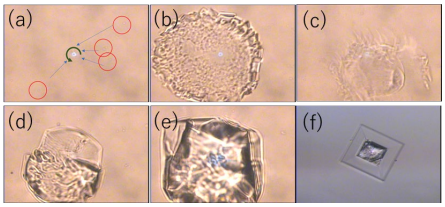

図 1 結晶の形成過程。(a) 金ナノ微粒子の凝集(b)(c)アキラル結晶が断続的に形成(d)-(f)キラル結晶の形成

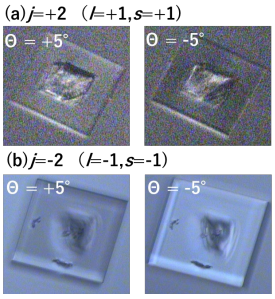

図 2 クロスニコル像
(a) j=2(l=1 s=1) L 体
(b) j=-2(l=-1 s=-1) D 体

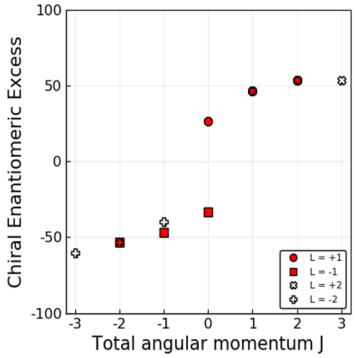

図 3 全角運動量に対する CEE