

液晶の欠陥(TGB)の作る秩序構造—呈色等方相—

山本 潤・西山伊佐・横山 浩 科学技術振興事業団 ERATO横山液晶微界面プロジェクト

Defect Lattice Systems in Liquid Crystals -Iridescent Isotropic phase-

Jun Yamamoto, Isa Nishiyama and Hiroshi Yokoyama

Yokoyama Nano-structured Liquid Crystal project, ERATO, JST

1. 液晶とナノ構造化液晶 近年様々なタイプのフラストレーションを導入することにより、液晶秩序をさらに大きなスケールで変調させ、分子間相互作用の遠く及ばないサイズ(～可視光波長)の超構造(フォトニック格子)をデザインしようとする試みがある。すなわち、下層の液晶秩序を“場”とした、フラストレーション間の遠距離相互作用を誘導し、より大きな構造を構築するわけである。これを“ナノ構造化液晶”と呼ぶ。ナノ構造化液晶では、“連続体”と相反する、ある種の“非一様性”が大きな役割を担っている。ナノ構造化液晶生成の駆動力はフラストレーションであるが、フラストレーションとは様々なタイプの“非整合性”である。この非整合性にも、エネルギー的なコントラストと、運動に関するエントロピー的なものがある。フラストレーションの強度が強い場合や、粒子などの緩和されない特異点を混入した場合、欠陥(秩序の特異点)が励起される。この結果、欠陥の周囲に秩序の歪が分布し、背景の液晶秩序を“場”として、欠陥間(＝フラストレーション間)に長距離相互作用が生じる。最終的に系は、全体の弾性歪のエネルギーを最小とする超構造を形成するのである。

2. ツイン/モノマー混合系と相図 我々は最近、強誘電性液晶分子2つを化学的に結合したツイン分子と、モノマーとの混合系を研究した。この結果、カイラル相互作用とスメクティック層状構造との競合によって誘導される、TGB(スメクティック相特有の欠陥構造)が空間に規則正しく配列した、“欠陥の秩序構造”を持つと思われる、いくつかの液晶相を確認した。偏光顕微鏡、X線、粘弾性、動的光散乱、可視分光測定から、モノマーのSA相、及びツインのSC*相、SCA相の他に、混合系では完全な液体(等方)相と区別される、4つの液晶相が現れることがわかった(図1)。うち、2つの液晶相は光学的には擬等方性を示し、偏光顕微鏡では区別することが困難である。本来の液体相をIsoI、高温側の擬等方相をIsoII、最も低温側の擬等方相をIsoIIIと呼ぶ。残りの2つの相は、光学的に異方性を示し、最も低温側の相はTGB相である。4つの相は全て、SA相よりも高温側に現れ、層状構造とカイラリティ由来のらせん構造の競合により誘起される、TGBと呼ばれる欠陥を内包する、“欠陥の秩序”が作る液晶相であると予測される。

3. 4つのTGBが作る欠陥の秩序相群の物性(図2) 4つのTGB関連の液晶相のうち、最も特徴的なのは、初めて発見されたIsoIII相であり、以下に特徴をまとめる。①光学的に等方的であるが、温度・ツイン濃度に大きく依存した特定可視光波長で、強い選択反射を示す。選択反射以外の可視光の波長では1mmの光学セル中、無配向状態においても、ほとんど透明である。②低温側のSA相とほぼ同じか若干短い周期の層状構造の存在を示すX線散乱が観測される。ピーク強度・半値幅からは、SA相に比べて層状構造の秩序度が低い、大きな乱れを含むことがわかる。③粘弾性測定から、IsoIIIはSA相の層圧縮弾性率に比べて1/20～1/50程度の大きさで、周波数依存性が全くない弾性率が観測される。低周波極限でも弾性率は同じ大きさであり、偏光顕微鏡下の試料観察からも、巨視的には流動性がない弾性体であることがわかる。④数100kHzの強い揺らぎが動的光散乱で観測され、内部に特徴的な運動が存在すること示唆している。

