

コレステリック液晶に見られる過渡的なパターン形成

阪大院・生命機能 岡本尚子 吉岡伸也 木下修一

1 はじめに

コレステリック液晶内部では、わずか数nmの液晶分子がその数千倍の μm オーダーの螺旋秩序を形成している。螺旋配列のような比較的大きな秩序構造は、個々の分子といった非常に小さなスケールのものからどういったメカニズムを経て形成されていくのだろうか。

コレステリック液晶は螺旋周期に応じた波長の光を選択的に反射する。螺旋周期は温度に強く依存するので、螺旋を形作る個々の分子は温度に伴いその配列を大きく変化させることになる。これまで我々は、低分子のコレステリック液晶に変化率一定の温度変化を与え、新たな周期構造へと推移していく際に、液晶内部でどのような動きが起こっているのかを、スペクトルの時間分解測定および顕微鏡観察を通じて詳細に調べてきた。

2 実験

用いた試料は cholesteryl oleyl carbonate (図1)である。この試料を、スぺーサ(積水化学、SP-250)を用いて $50\mu\text{m}$ の厚さを保たせたカバーガラスのセル(配向処理を施していない)に挟み、ずり応力を加えて液晶の螺旋軸をガラスとほぼ垂直な方向に向くようにした。さらに、セルの下部からペルチェ素子で 0.01°C の精度で温度コントロールした。このような制御を用いて、まずセルの温度を 22.30°C で安定させ、その後変化率一定の温度変化(加熱、 $0.01^\circ\text{C}/1\text{s}$)を与え、液晶内部の変化の過程を観察した。光源はXeランプ(Olympus、AH2-RX)を用い、試料には光学素子で左円偏光にして入射した。測定は、液晶セルから透過してくる光のスペクトル変化を分光器(Ocean Optics、USB-2000)で約0.1秒おきに時間分解して観測すると同時に、顕微鏡により内部の様子を拡大し、デジタルカメラ(Olympus、DP70)で撮影を行った。

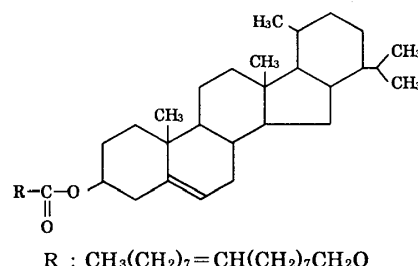


図1 : 試料、cholesteryl oleyl carbonate

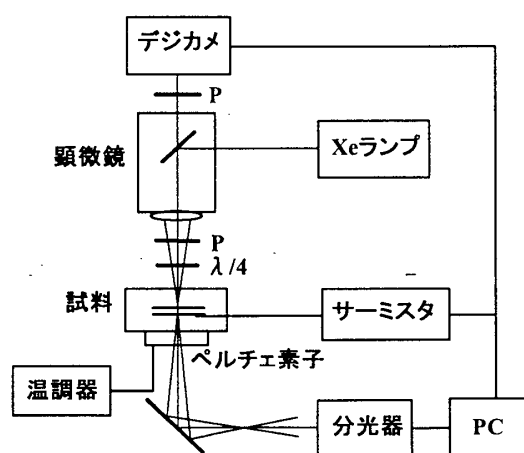


図2 : 実験配置の様子

3 結果および考察

図3のように透過スペクトルには螺旋周期に対応する波長成分が窪みとなって現れる。緩やか

に温度を加熱していくと、透過スペクトルのピークは図3の 0sec でのようなシャープな形を保ったまま短波長側へシフトしていく。これに対して、急激な温度変化を与えると、①徐々に推移するピークに加え、②短波長側に生じる第2のピークが観測される(図3)。これに顕微鏡観察の結果を照らし

合わせてみる。緩やかな温度変化の場合には図4A のような一様な状態を維持しながら選択波長だけが変化する。このとき内部では広い領域の配列が一体となったまま螺旋周期を徐々に短く変化させていると推測される。対して、急激な温度変化を与えた場合には図4B のような独特のパターンが形成されることがわかってきた。パターンは厚さ $50\mu\text{m}$ のとき、約 $10\sim 12\mu\text{m}$ のサイズで格子状に現れ、③徐々に短波長側へと推移する成分、④急速に発達する短波長寄りの成分と⑤比較的暗い粒状の成分の3つに区分して観測された。このうち、③と④はスペクトルに見られる①と②にそれぞれ対応していると考えられる。(ただし⑤の部分については現段階ではスペクトルとの対応はよくわかってい

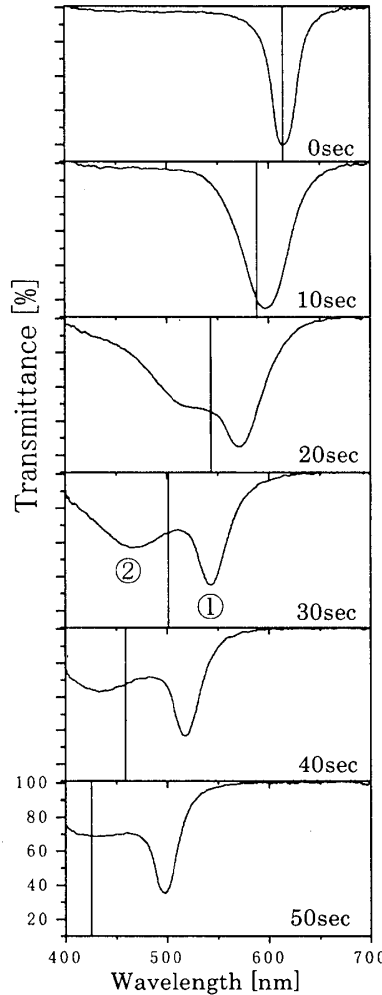


図3(左)：透過スペクトルの時間変化。図中の傍線は平衡位置でのピーク波長。先に進んでいるピーク②と遅れて進むピーク①に分かれている。

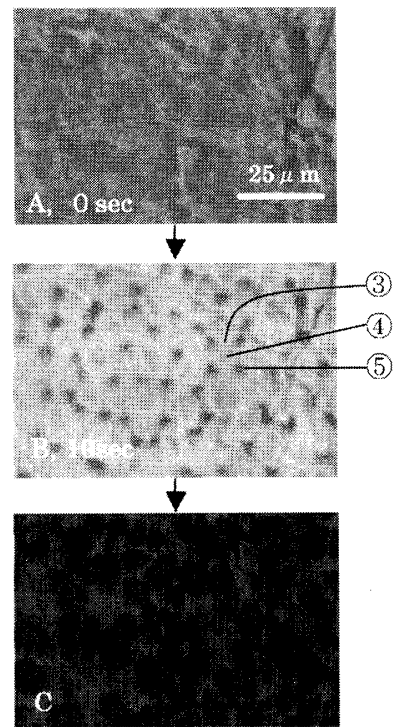


図4、A,B,C(右)：顕微鏡写真。A,B はそれぞれ図3の 0sec,10sec に対応している。B は3つの領域にわかれている(③,④,⑤)。また、温度変化を止めると暗い部分は徐々に統合していく(B→C)。

ない。)また、温度の変化率を下げていくと、見られるパターンのサイズはごくわずかだけ大きくなる(変化率 $0.01^\circ\text{C}/10\text{s}$ のときパターンのサイズ $13\sim 15\mu\text{m}$)ことも明らかになった。

上記の実験事実から、急激な温度変化に迅速に応答するために、液晶内部の構造はあるサイズを持つ領域に分かれ、緩やかな変化の際に見られる変化とは違った道筋で温度に対応した配列へと変化していると考えられる。両変化の途中にはパターン形成のしきい値のようなものがあると推測される。このように、外場の変化の度合いで変化の道筋が変わったり、パターンが観測されたりするのは非平衡特有の現象であり、今後の解析の面からも非常に興味深いと考えている。