

ディビジョン番号	13
ディビジョン名	高分子

大項目	2. 高分子の構造と物性
中項目	2-5. 高分子液晶
小項目	2-5-1. サーモトロピック液晶

概要（200字以内）	
<p>高分子液晶は流動，電場，磁場などに応答して高配向性を示し，この配向は固体状態となっても維持されるため，低線膨張率，高耐熱性の特徴を併せ持つ。この特性を生かして，高強度高弾性率繊維，精密機器部品部材，位相差補償板などに応用されている。また，サーモトロピック液晶を架橋したエラストマー（ゲル）は，液晶相転移に伴って構造転移や体積相転移を引き起こす。人工筋肉，アクチュエーターの新しい材料として注目される。</p>	<p>(a)剛直主鎖型高分子液晶  (b)半剛直主鎖型高分子液晶  (c)側鎖型高分子液晶</p> <p>(図1)高分子液晶の分子構造</p>

現状と最前線	
<p>サーモトロピック高分子液晶は，メルト状態で液晶状態を示す高分子である。液晶形成をつかさどるメソゲンが高分子主鎖骨格中にある主鎖型液晶性高分子と，高分子骨格主鎖の側鎖にメソゲンがある側鎖型液晶性高分子に大別される。これらに加えて，液晶高分子を架橋した液晶エラストマー（ゲル）や液晶性モノマーを液晶状態でバルク重合した液晶ネットワークがある。</p> <p>(1)主鎖型液晶性高分子 主鎖型液晶性高分子には，芳香環ユニットを基本単位とする剛直主鎖型高分子液晶（図1 a）とメソゲンをメチレン鎖で交互に連結した半屈曲性主鎖型高分子液晶（図1 b）の2種類がある。剛直主鎖型液晶性高分子は熔融状態で通常ネマチック液晶のみが形成され，流動配向できる。一度形成された配向は緩和することがないため，高強度・高弾性率，低線膨張率，高耐熱性などの特徴を有する。6-ヒドロキシ-2-ナフトエ酸と4-ヒドロキシ安息香酸からなる剛直主鎖型ポリエステル系のネマチック相で第二高調波発生（SHG）が報告され，この高分子が極性構造を持つ初のネマチック液晶性物質であることが見出された。この極性構造を利用することで，新たな応用展開が期待される。一方，半屈曲性主鎖型高分子液晶は，ネマチック相だけでなく，コレステリック相，スメクチックA相，スメクチックC相，スメクチックCA相などの液晶種を形成する。高分子の鎖状態と熱的性質の相関に関する理論的および実験的な解析とともに，よりマクロな視点に立って，液晶状態での1本鎖の形態の解明や鎖状分子の液晶構造形成過程の追跡が行われるようになってきた。</p>	

(2) 側鎖型液晶性高分子 側鎖型液晶性高分子 (図 1 c) は、メソゲンの末端あるいは側面がメチレン鎖などのスペーサーを介して高分子骨格主鎖に連結した構造を持つ。スペーサーによって、メソゲンの運動が高分子の運動とデカップルされるため、主鎖型高分子液晶に比べ、電場、磁場によるメソゲンの配向制御が容易である。側鎖型液晶性高分子の強誘電キラルスメックチックC相が液晶ディスプレイに応用されたことがある。特に光学的機能に着目し、フォトニクス素子の構築、共役系の導入による導電性の発現、強誘電性を利用したSHG発現などが研究対象となっている。側鎖型液晶性高分子を1成分としたブロック共重合体における、液晶相転移とマイクロ相分離構造との相関、液晶配向によるマイクロ相分離の配向制御の研究が行われてきている。

(3) 液晶エラストマー (ゲル) 側鎖型あるいは主鎖型高分子液晶を部分的に架橋することで液晶エラストマーを得ることができる。液晶エラストマーは十分な分子運動性を有し、応力場のみならず、電場や磁場でメソゲン配向を制御できる。液晶エラストマーは、外部刺激に対する応答性という液晶としての性質と、エラストマーとしての力学的特性の融合によるまったく新しいソフトマテリアルとしての特性の発現が検討されている。

(4) 液晶ネットワーク 重合性基を2つ以上有する液晶性モノマーを液晶状態でバルク重合した架橋密度のきわめて高いものを指す。モノマー状態でモノドメイン状態を作り出し、それを保持したまま重合することで、モノドメイン試料が得られる。たとえば、光重合開始剤を添加したネマチック液晶モノマーをラビング処理したガラスセルに注入し、ネマチック相で重合し、メソゲン長軸がラビング方向に一様にそろった1軸配向フィルムを得たり、電場や磁場で配向制御して配向方向がフィルムの断面方向に対して平行あるいは垂直にそろったネットワークを合成したりすることができる。ネマチック液晶モノマーに光学活性物質を添加しコレステリック液晶として重合すれば、コレステリックネットワークが調製できる。重合制御でコレステリックらせんピッチをネットワークの断面方向に傾斜させ、可視光全域を選択反射するコレステリックネットワークが合成されている。

(参考文献) 液晶便覧, 液晶便覧編集委員会編, 丸善 (2000)

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題  
液晶エラストマーの架橋構造と力学物性の相関の解明  
高分子鎖が形成する高分子液晶の高次構造の解明
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題  
生体由来原料のサーモトロピック高分子液晶の実用化, 機能発現

キーワード

液晶 非線形光学効果 強誘電性 エラストマー モノドメイン

(執筆者: 戸木田 雅利)