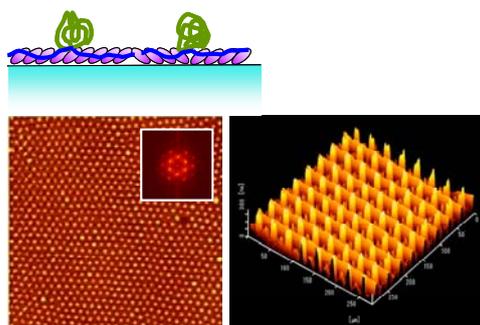


ディビジョン番号	15
ディビジョン名	コロイド・界面化学

大項目	3. 分子集合体
中項目	3-2. 液晶・ゲル
小項目	3-2-1. サーモトロピック液晶

#### 概要（200字以内）

サーモトロピック液晶の応用として、既にディスプレイ（LCD）技術が巨大な産業へと展開している。しかし、これら物質群の持つ学術的や応用面での魅力と多様性はこれに留まらない。動的で自己集合を示すサーモトロピック液晶の多様な集合体構造形成と物性・機能発現において現段階では予測できないほどの広範な展開が期待でき、研究課題も豊富にある。種々の機能材料系とのナノ～巨視サイズにわたる複合化による材料設計も今後の魅力的な課題である。



液晶分子集合体を利用した新たな構造形成法の例：液晶分子のアシストで形成されるブロック共重合体のナノパターン構造(左)と高感度光応答が可能な高分子膜での物質移動で形成されるレリーフ(右)

#### 現状と最前線

- 1. 分子設計と合成** 産業界では LCD にて用いるネマチック系棒状液晶物質の開発が主要なターゲットであるが、学術分野では、より高秩序の集合体を形成する、キラルネマチック系、新規スメクチック系、ディスコチック系などの研究が活発に進められている。分子構造も単純な棒状から、バナナ型、超分子構築系、有機・無機ハイブリッド系、金属錯体の導入、特殊形状高分子系（ dendrimer やブロック共重合体系など）への展開が進んでいる。さらに、 $\pi$ 共役系を構築する新たな有機合成手法の開発や C60 や CNT などのカーボン材料の修飾法が改良されるにつれ、分子構築要素が広がり新たな分子の設計も多様化し、多くの新型の液晶分子が誕生し続けている。
- 2. 構造・物性** 棒状液晶分子では、新規スメクチック液晶相に関する構造と物性に関する研究が急激に展開している。バナナ型分子の集合体発現する強誘電性が発現などアキラル分子における対称性制御にて興味深い進展がある。ツイストグレインバウンダリー（TGB）相やキュービック相も盛んな研究対象となりつつある。円盤状分子あるいはその類縁体では、多段相転移挙動や構造に関する理解が急激に進んでいる。過渡的な転移上で形成されるブルー相を安定化させる提案もあり、動的なフォトニック結晶構造の利用や物性に関する研究が盛んに展開されている。
- 3. 界面制御・分子配向** サーモトロピック液晶のもつ機能を有効に引き出すためには、分子の配向制御が不可欠であり、その鍵技術が界面配向制御である。液晶分子の配向には高分子

膜表面のラビングする手法がLCD業界で広く用いられているが、画面の大型化につれ、光表面配向法などの非接触による配向法開発の重要性が再認識されている。また、光配向制御法は、配向対象は典型的な棒状分子のネマチック液晶に限らず、多様な液晶状態あるいは液晶状態を経由するプロセスでの材料配向制御に広く適用が可能であることが分かってきており、今後の展開が期待される。

**4. 機能** キャリア伝導、電界発光、磁気等機能を有する分子自身に特殊機能を持つ機能液晶分子が多く合成され、集合体における特性評価が進められている。液晶状態では外部電場等の刺激でその配向を動的に変化させるので、新たなスイッチング機能素子創出への展開が期待される。

また超分子液晶構築に基づいた各種サーモトロピック液晶の設計が積極的に進められており、超分子液晶系では、外部刺激により配向のみならず、液晶相自体を劇的に変化させる機能を持つ。こうしたアプローチと関連して、液晶が形成するナノ相分離に基づく伝導性などの異方的な機能発現が実証されている。キラルネマチック相は生体高分子あるいは関連したキラル高分子による選択波長反射、チューニング可能な構造色の付与と機能化に関する研究も進展している。また、低分子液晶系であればせん周期の動的なチューニング可能であるため、これを利用した波長可変レーザ発振や発光素子開発への展開が進んでいる。

液晶は協同性の高い分子集合体であるため、フォトクロミック分子の導入により光照射により容易に構造変化や配向変化を誘起することができる。この現象を利用した、ホログラフィック記録、メカニカル応答、光誘起物質移動、液晶性ブロック共重合体マイクロ相分離の構造と配向制御など研究が急速に発展している。さらに、液晶を配向溶媒として利用する合成や重合手法の進展や精密なナノ構造形成へ利用する技術の進展も著しい。

参考文献：日本液晶学会「液晶」の各号（1997～2007）

#### 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

計算科学の進展（分子構造と相発現、相転移現象の把握等）、有機合成化学の進展による新規液晶構造の発見、分子の構造・極性制御による集合状態の自由な変換、バイオミメチック系の発展、電界発光やレーザ発振液晶素子の実現（円偏光発光を含む）、液晶の協同性を利用した各種材料の組織構造の光配向と変換、液晶溶媒を利用した高度合成場構築、高度アクチュエーション機能の創出

##### ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

計算科学の進展（分子構造と物性の相関把握、界面配向の正確な理解等）、生体に見られるような高度な組織構造の実現への指針、LCD製造プロセスにおける光等の外部場による配向手法の実用化、LCD以外の産業創出、有機合成化学の進展による新規液晶構造と新機能の発見

#### キーワード

分子設計、相転移、分子配向制御、動的機能、構造形成、構造・機能スイッチング

（執筆者：関隆広）