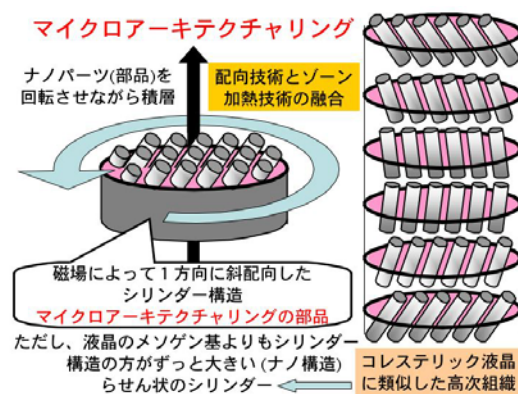


ディビジョン番号	13
ディビジョン名	高分子

大項目	2. 高分子の構造と物性
中項目	2-3. 固体物性
小項目	2-3-3. 高次組織

概要（200字以内）

高分子は自発的に高次組織（ミクロ相分離構造や結晶ラメラ、球晶、シシカバブ構造）を形成する。これら高次組織と物性の相関はかなり明らかにされ、物性発現の弊害要因構造を特定できる段階に到達している。今後は、弊害要因構造を駆逐しながら自己組織化していくような機構の構築が課題である。最終的には、それを要素技術として確立し、より高次の組織を人為的に作り上げるマイクロアーキテクチャリング技術への展開が望まれる。



現状と最前線

高分子が自発的に形成する高次組織（ミクロ相分離構造や結晶ラメラ、球晶、シシカバブ構造）と物性の相関はかなり明らかにされ、現在、物性発現の弊害要因を特定できる段階に到達している。これら高次組織は物性発現の妨げであり、実用面では弊害の方が多い。大きな球晶は力学物性を低下させるし、ミクロ相分離構造も同様に、グレイン（後述）境界が弊害を及ぼす。今後は、そのような弊害要因を駆逐しながら自己組織化して行くような巧妙な機構（強制的自己組織化と呼ぶ）の構築が課題である。

ブロック共重合体が形成するミクロ相分離構造は、高分子が自発的に形成する高次組織のモデルであり、研究が進んでいる。これを例にとって強制的自己組織化について説明する。単一のミクロ相分離構造は数 10nm 程度のサイズ（いわゆるナノ構造）で自発的に秩序配列する。しかしながら、実際の材料中では秩序配列したナノ構造が同一方向に配向している領域（グレインと呼ばれる）は巨視的サイズに及ぶことはなく、種々の大きさや形態のグレインがランダムに入り組んだポリグレイン状態である。物性発現のためにはグレインを高次組織化する必要がある。まずはグレインの大きさを制御する技法の確立が望まれ、グレインの大きさを巨視的サイズに拡大させる試みが外場印加により色々なされているのが現状である。このような配向モノグレインの作製には、流動場、伸長場、電場、磁場、そして溶媒蒸発場などが用いられている。

図1にその一例を示す。これは、比較的厚みのぶあつい膜（膜厚1mm程度）に対して垂直にシリンダー構造を配向させる手法であり、溶媒蒸発がキャスト膜内部の構造形成に強い影響を残し、そのメモリーが絶乾後のキャスト膜の熱処理によって引き出され、球状ミクロ相分離構造の一方のみを合体を引き起こす。その結果、合体により形成されるシリンダー構造が自然にキャスト膜面に垂直に配向する。

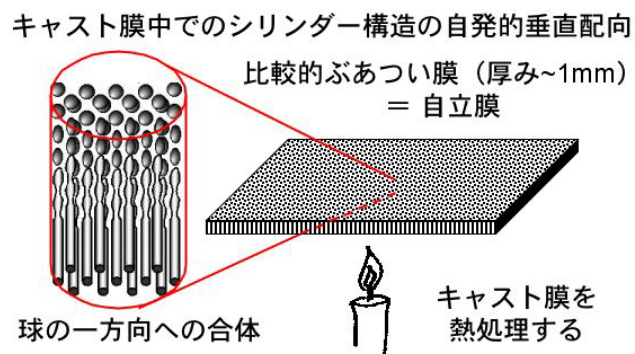


図1 強制的自己組織化の一例

将来予測と方向性

配向モノグレインを3次元的に規則配列させ、より高次の組織を作り出す技術（マイクロアーキテクチャリング）への展開について、一例を概要欄の図に示した。外場によって1方向に斜配向したシリンダーをナノパーツとして用い、これを回転させながら積層するとコレステリック液晶に類似した高次組織が構築できる。具体的には、磁場中で試料のごく一部分をゾーン加熱し、そこに存在するシリンダーのみを磁場配向させる。試料を回転させながら加熱ゾーンをゆっくり通過（図では鉛直方向に移動）させると、らせん状のナノシリンダー構造が出来上がると期待される。ここで強調したい点は、液晶のメソゲン基よりもシリンダー構造の方がずっと大きい。また、キラルな高分子鎖を1成分にもつブロック共重合体はらせん状のシリンダー構造を形成するという報告があるが、ここでは分子鎖自体を modify するのではなく、あくまで自己組織化を基本とすることである。

・5年後までに解決・実現が望まれる課題

要素技術としての配向制御技術の確立。

配向モノグレインの作製のための強磁場配向制御（シリンダー構造を1方向に斜め配向させ、さらにシリンダー配向方向を自在に制御する；磁場マニピュレーション）技術の確立。

・10年後までに解決・実現が望まれる課題

磁場配向性能の向上（配向完了時間の低減、配向迅速化、優先配向方向からの乱れの低減）

数10 μ m級ゾーン加熱技術の確立（加熱ゾーン層の薄化、加熱ゾーン層外への熱のしみ出し防止技術の確立）

マイクロアーキテクチャリング技術の確立（磁場配向技術と数10 μ m級ゾーン加熱の融合）

キーワード

強制的自己組織化 (constrained self organization)、排他的 (exclusive) 自己組織化、限定的 (confined) 自己組織化、ナノ構造、マイクロアーキテクチャリング (micro-architecturing)

(執筆者：櫻井 伸一)