

非相溶高分子ブレンドのトポロジー転移と電気粘性効果

(北大院工) 折原 宏, 羅 亮皓
(大分大工) 氏家誠司

【はじめに】

互いに相溶しない二種類の流体を混合すると単一の流体には無い新たなレオロジー的性質が現れることが古くから知られており, その制御は工業的に重要である. 我々はある種の非相溶高分子ブレンドにおいては流動に加えて電場を印加するとこれらの相乗効果により界面構造の単なる変形に止まらず, そのトポロジーまでもが変化し, 平均粘度が劇的に増大する現象(電気粘性効果)を見出している. 例えば, せん断流下でドロレットが分散した構造は電場を印加するとネットワーク構造へ変化する. この結果は, 非相溶高分子ブレンドにおいてトポロジー変化を引き起こす外場として電場が極めて効果的で, レオロジー特性を制御するのに有用であることを示している. 本特定領域研究では, 流動および電場下において非相溶高分子ブレンドの構造観察とレオロジー測定が同時にできるシステムを構築し, 非平衡系における構造とレオロジーの関係, さらに転移機構を明らかにすることを目的とする. 以下では, これまでに我々が行って来た研究を紹介し^{1,2)}, 今後の計画を述べる.

【試料および実験系】

本研究では側鎖型液晶性高分子(LCP)と絶縁性オイル(OIL)の非相溶混合ブレンドを用いた. ただし, LCPは測定を行った室温では等方的である. LCP(旭化成から提供)を蛍光色素で染色した. OILはLCPとの屈折率が近いメチルフェニルシリコンオイル(東芝シリコン(株))を用いた. 混合比はLCP:DMS=1:4である.

Fig. 1 に実験系を示す. 上下の回転盤が互いに逆方向に回転するので, 回転盤の間に流速ゼロの面ができる. この流速ゼロ面ではドリフトが無いので, 構造の詳細な観察が可能である. 観察は共焦点レーザー蛍光顕微鏡(CLSM)により行った. また, 対物レンズにピエゾアクチュエーターを取り付けて, 深さ方向の観察も行なった.

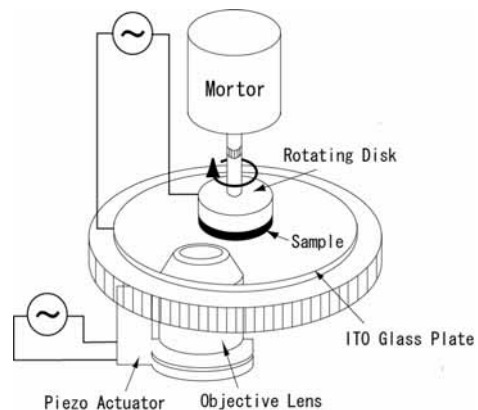


Fig.1 Schematic illustration of experimental system.

【結果と考察】

まず, Fig.2 にレオメーターで測定したこのブレンドの流動曲線を示す. 各せん断速度において電場強度の増大とともに応力が増大しており, 電気粘性効果が発現しているのがわかる. 次に構造変化を示す. Fig.1 の装置において, せん断速度 10s^{-1} で, 下部ガラス板から高さ $50\mu\text{m}$ の場所で流速ゼロとなるように上下の回転盤の回転速度を調節した. Fig.3 に流速ゼロの位置に焦点面を合わせたときのCLSM像を示す. 無電場下ではLCPがオイル中にドロレットとして分散している. 流体に 0.15kV/mm の電場をかけるとドロレットはその形状を時間的に変化させながら, 合体と分離を繰り返している. 0.25kV/mm ではドロレット同士は完全

につながりネットワークを形成している。この構造変化を定量化するために最大のLCPのクラスターを画像処理により抽出し、その面積を求めた。Fig. 4(a)にこの面積のLCPの全面積に対する比 p の電場依存性を示す。電場が大きくなるとLCPが繋がるのが p の増大よりはっきりとわかる。 $\epsilon_1^{1/2} E / (\eta_1 \dot{\gamma})^{1/2}$ (ϵ_1 と η_1 はLCPの誘電率と粘度、 $\dot{\gamma}$ はせん断速度)が無次元量であるので、この量を横軸にプロットするとユニバーサルな曲線に乗りスケールリング則が成り立っているのがわかる (Fig. 4(b))。

【今後の予定】

これまでの研究により、せん断流動および電場下で非相溶高分子ブレンドが構造変化をし、その結果粘度の増大が引き起こされることが分かったが、従来の装置では3次元構造を実時間で観測することができない。ドロプレットからネットワーク構造への転移においては平均曲率が大きく減少する筈であるが、これを調べるには実時間3次元計測が不可欠である。このような系は従来の界面テンソルを越えた取り扱いを必要とする筈であり、この点からも興味深い。さらに、過渡応答も含めて調べるために、レオメーターと共焦点レーザー蛍光顕微鏡を合体したシステムによりレオロジー測定と構造観察を同時に行なう予定である。

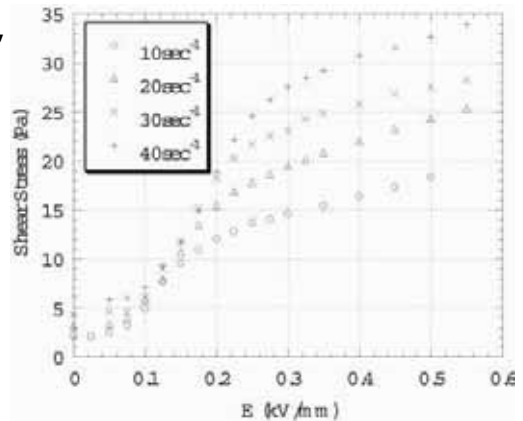


Fig.2 Electric field dependencies of shear stress at several shear rates.

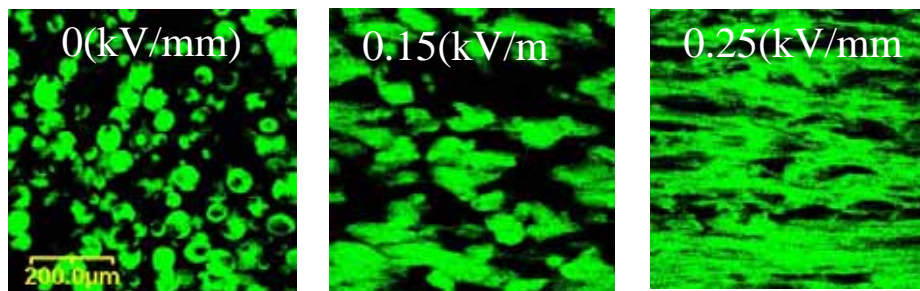


Fig.3 Electric field dependence of structure.

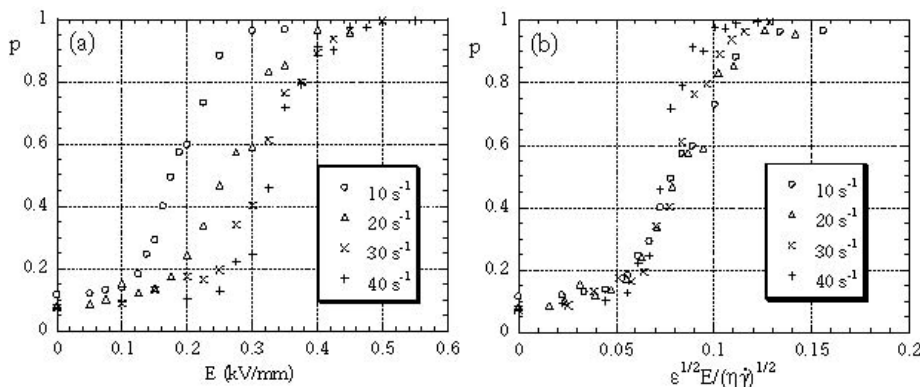


Fig.4 Plots of (a) p vs E and (b) p vs scaled E .

【参考文献】

- (1) H. Orihara, Y. Ikeyama, S. Ujiie and A. Inoue: J. Rheol. **47** (2003) 1299.
- (2) H. Orihara, T. Shibuya, T. Nagaya and S. Ujiie: J. Phys. Soc. Jpn. **75** (2006) 063802.