

高分子溶液の非線形電気浸透における流体相互作用の効果

(京都大学理学研究科) 植松 祐輝

【はじめに】

毛細管の中に電解質溶液を満し電場を管に平行方向に掛けると、電気二重層に駆動され溶液が流動する。管中央部では速度は一樣で電場に比例し、この比例係数を電気浸透の移動度と呼ぶ。同じことを高分子溶液で行うと、移動度に電場依存性が現れ、非線形の電気浸透を示す。この現象は理論的には高分子溶液のシアシニングという非線形構成方程式の結果として論じられてきた。近年になって壁付近の高分子が一樣シア流の下で、壁に対してどちらの向きに動くのかが理論と実験で調べられ、流体相互作用を正しく考慮すると高分子には壁から離れる向きに動くことが分かっている。そこで、本研究はブラウン動力学シミュレーションにより電気浸透流中の壁付近の高分子濃度プロファイル計算し電気浸透の移動度がなぜ非線形性になるかを明らかにした(1)。そして、高分子溶液の非線形電気浸透は非線形構成方程式が原因ではなく、壁と高分子との流体力学相互作用による枯渇層の形成が重要であることを示した。

【結果と考察】

図1は電場を加えた時の高分子濃度を壁からの距離について図示したものである。平衡状態では高分子の大きさ程度の枯渇層があるが、電場を加えるにつれて枯渇層が大きくなり、さらにピークが現れることが分かった。図2は高分子濃度プロファイルと移動度の電場依存性についてシミュレーション(点)と理論計算(赤線)の結果を比較したものである。両者はおおよそ定量的にも合致している。移動度は電場に関して増大し、非線形の電気浸透を高分子溶液が示すことが分かった。さらにこれらの結果は高分子のモデルの詳細に寄らず、従って高分子の構成方程式の非線形性は、非線形電気浸透の直接の原因ではないことが分かった。

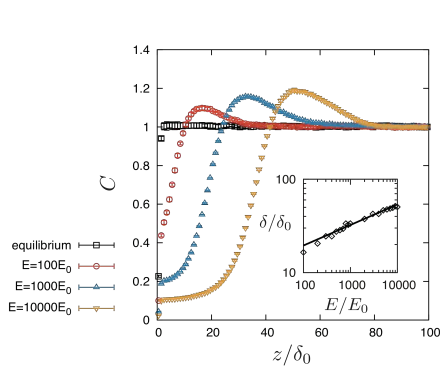


図1. 電場を掛けた時の高分子濃度プロファイル. インセットはピーク位置の変化.

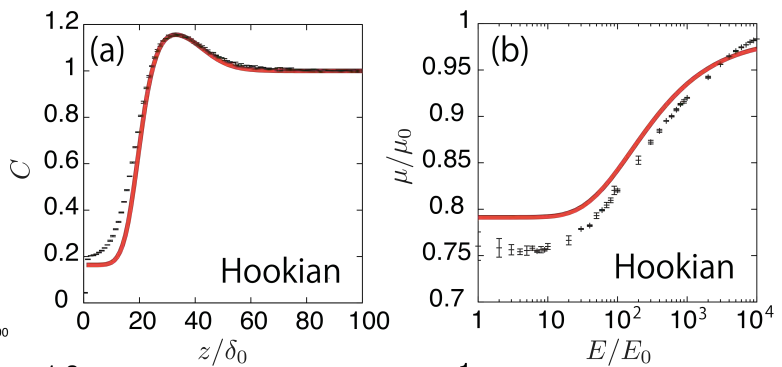


図2. (a)高分子濃度プロファイルのシミュレーション(点)と理論計算(赤線)の比較. (b)電気浸透移動度のシミュレーション(点)と理論計算(赤線)の比較.

【参考文献】

(1) Yuki Uematsu, *Soft Matter* **11**, 7402-7411 (2015).