

濃度勾配のある高分子溶液中で熱泳動により駆動されるコロイドの輸送

(産総研、ナノシステム研究部門) 関 和彦

【はじめに】最近、熱勾配下で温度の高い方から低い方へ熱泳動するコロイドが、ポリマー溶液中では温度の高い方へ集まる現象が観測されている。[1]さらに別の条件では、コロイドは温度の最も高いスポットではなくその周辺にリング状に集まることも観測されている。[2]これらの実験ではレーザーが用いられており、局所的に温度勾配が作られ、温度やコロイドおよびポリマー濃度がマイクロメートルスケールで測定されている。[1-3]実験結果は、高分子濃度とコロイドのサイズを軸とした2次元の相図として整理されており、コロイドの濃度分布のパターンを統一的に示している。本講演では、輸送方程式を導出し、得られた方程式がリング形成を含めたコロイドの空間分布を再現することを示す。さらに、相図の理論的な解析から、熱泳動の強さの指標である Soret 係数のコロイドサイズ依存性についての知見が得られることを示す。

【結果と考察】熱泳動により駆動されるコロイドに対する高分子の濃度勾配の効果として、排除体積相互作用を考慮した。コロイドと濃度勾配を伴って分布している粒子との排除体積相互作用の効果を理論的に考慮するために、コロイドと高分子のサイズが同じであると仮定した格子モデルを用いてコロイドに対する輸送方程式の導出を行なった。その結果コロイドの定常流 J は、コロイドの濃度 $c(r,t)$ と高分子の濃度 $p(r,t)$ を用いて以下の式で表すことができた、

$$J = \left[D \{1 - p(r)\} \left\{ \nabla c(r) + c(r) S_T^c \nabla T(r) \right\} + c(r) \nabla p(r) \right]. \quad (1)$$

ここで、 D はコロイドの拡散係数、 S_T^c は Soret 係数を表す。この式は、高分子による排除体積相互作用のために、コロイドの拡散係数は因子 $1 - p(r)$ 減少し高分子の濃度勾配 $\nabla p(r)$ によるドリフトが引き起こされることを示している。実験で得られているコロイドの空間分布は、リング状の空間分布も含めてこの式から得ることができる。さらに、コロイドのサイズと高分子のサイズが異なっている場合に拡張するために、(1)式をエントロピーと化学ポテンシャルを用いた輸送方程式から再導出した。この方法を用いて、コロイドのサイズと高分子のサイズが異なる場合の定常流の拡張式を導出し、その結果を相図に表し実験結果と比較する事により、Soret 係数のコロイドサイズ依存性についての考察を行なった。

【参考文献】

- (1) H. R. Jiang, H. Wada, N. Yoshinaga and M. Sano, Phys. Rev. Lett. 102, 208301 (2009).
- (2) Y. T. Maeda, A. Buguin and A. Libchaber, Phys. Rev. Lett. 107, 038301, (2011).
- (3) Y. T. Maeda, T. Tlusty, and A. Libchaber, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 109, 17972 (2012).
- (4) K. Odagiri, K. Seki and K. Kudo, Soft Matter, 8, 2775 (2012).