

コロイド・高分子混合系の非平衡熱力学と実験

東京大学大学院理学系研究科 佐野 雅己

非平衡状態におけるソフトマターの基本特性の探求を目的として研究を行っているが、コロイドと高分子の混合系において温度勾配をかけると物質によらずコロイドが高温部に集合する現象を見出し、その非平衡熱力学による理論的説明を試みたので報告する。他に新しい非平衡関係式の検証を高分子溶液中で行った結果についても述べる。

1. 非平衡定常状態における新しい関係式の実験的検証

外場を印加し非平衡状態に置かれたブラウン粒子に対して揺動散逸定理が破れる場合に成立する関係式として最近、Harada-Sasa 等式やその拡張であり非マルコフ過程を含む一般化ランジュバン方程式について成立する Deutsche-Narayan 関係式などが発表されているが、それらの検証実験を高分子中のブラウン粒子を用いて行ったのでその詳細を報告する。図1は関係式の左辺と右辺を周波数成分ごとに比較したものであり、よい一致が見られる。

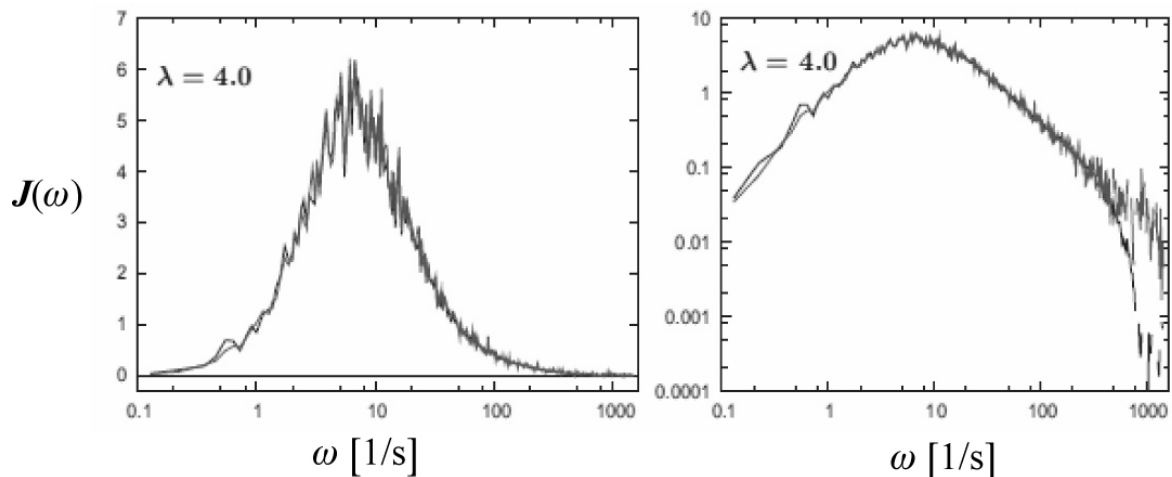


図1 高分子溶液中のコロイド粒子のスイッチング運動によるエネルギー散逸率

2. コロイド・高分子混合系における非平衡を利用したマイクロ操作と熱力学

温度勾配下で起こる熱泳動現象は、線形非平衡熱力学の枠組みで古くから扱われているが、近年マイクロ粒子やナノ粒子を用いた実験が行われるようになり実験と理論の比較が可能となりつつある。熱泳動現象は通常小さな効果であるが、高分子とコロイドの混合系ではこの効果が100倍にも増幅され、ミクروسケールでの粒子やDNAなどの生体分子のトラップや操作、濃縮などにも利用可能であることを最近見出したので報告する。この現象は、溶液中の高分子の熱泳動により空間中に高分子の濃度勾配が生じ、その結果として高分子より大きなコロイド粒子の枯渇層(Depletion Zone)にエントロピー力が働くため、コロイド粒子が凝集する現象である。この実験結果は、Fluctuating Energetics で理論的に定式化可能であることが分かったのでその結果について述べる。