

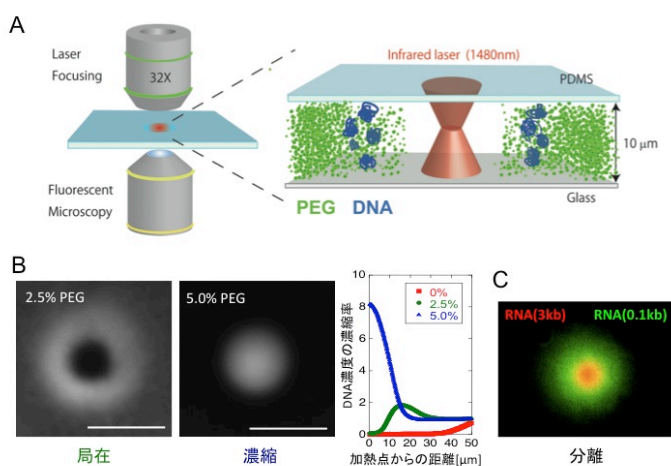
温度勾配下での巨大紐状分子の輸送と秩序形成

(京大白眉センター、科学技術振興機構さきがけ) 前多 裕介

【はじめに】 温度勾配の下で分子が高温側から低温側へと輸送される現象を Soret 効果 (Ludwig-Soret effect) という。Soret 効果は古くから知られているが、近年になって荷電コロイドや荷電高分子を用いた実験と理論の両面から精力的に研究が進められている(1)。本講演では、PEG 高分子溶液中における DNA のソーレ効果を中心に、輸送のメカニズム、パターン形成、分子操作技術への展開について述べる。

【結果と考察】

ポリエチレングリコール(PEG)高分子ポリマーを体積分率 1~5%で添加した溶液中の DNA の Soret 効果を解析した。1480 nm 赤外線レーザーを集光し、最大温度差 5℃、典型的な温度勾配 $\nabla T = 2.5 \text{ K}/\mu\text{m}$ の温度分布 $T(r)$ を形成し、蛍光色素でラベルされた DNA の濃度分布を蛍光顕微鏡で計測した (図 A)。定常的な温度勾配の下で DNA は低温側に輸送され、 $c(r) = c_0 \exp[-S_T(T(r) - T_0)]$ に従う濃度分布を形成する。ここで PEG も同様に Soret 効果で輸送され濃度勾配をうみだすため、DNA は Soret 効果のみならず PEG 濃度勾配に起因する拡散泳動という効果を受ける(2)。2つの輸送が拮抗し、溶液中の PEG 濃度が上昇するにつれて、DNA はリング局在(2%~4%)または高温側へ濃縮される(4%~5%)こと (図 B)、大きさの異なる分子をふるい分けることを見いだした (図 C)。DNA の熱泳動と拡散泳動を考慮すると、定常状態の濃度分布は $c(r) = c_0 \exp[-S_T(T(r) - T_0) + (c_0^{\text{PEG}} - c^{\text{PEG}}(r))V]$ と表すことができ、実験で見られた振る舞いを説明することが出来る (3, 4)。



また、高分子溶液中のソーレ効果は、対象物の電磁気学的な性質によらずに生体高分子や細胞などを捕捉する特性をもつ。これまでに赤外線レーザーをスキャンングすることで、2次元面上で DNA、タンパク質、細菌などを様々なパターンへと捕捉・制御すること、時間的にも変調させることに成功している (5)。講演の最後に本技術について紹介すると共に、ソフトマターのソーレ効果について多角的な議論を行いたい。

図. 高分子溶液中のソーレ効果

A. 実験の模式図, B. DNA のリング局在と濃縮, C. RNA を Soret 効果で分離

【参考文献】

- (1) D Braun and A Libchaber. Phys. Rev. Lett. **89**, 188103 (2002)
- (2) HR Jiang, H Wada, N Yoshinaga, M Sano. Phys. Rev. Lett. **102**, 208301 (2009)
- (3) YT Maeda, A Buguin, A Libchaber. Phys. Rev. Lett. **107**, 038301 (2011)
- (4) YT Maeda, T Tlustý, A Libchaber. Proc. Natl. Acad. Sci. USA **109**, 17972 (2012)
- (5) YT Maeda. Applied Physics Letters, **in press** (2013)