

多価カチオン存在下での DNA 凝縮転移： 温度上昇による凝縮

DNA folding transition in the presence of multivalent cation:
Why is the condensed phase preferred at higher temperature?

京大院・理 齋藤 拓也¹

DNA 鎖は多価カチオンを添加により凝縮する。近年、蛍光顕微鏡を用いた単分子観測法を用いることにより、DNA 鎖は単分子レベルでランダムコイル状態からコンパクトに折り畳まれた凝縮状態へと一次相転移を起こすことが明らかになった (Fig.1) [1]。

凝縮状態の形成は同種荷電高分子間に引力が生じることを意味しており、このような相互作用は“like-charge attraction”と呼ばれ、多くの理論的研究がなされてきている [2]。それら多くの理論によると、対イオン間に相関を持つことで、同種荷電高分子間に働く引力が生じるものと考えられており、このようなモデルでは凝縮に伴い並進エントロピーを減少させることになる。

本研究は凝縮に伴うエントロピー変化を調べるために温度依存性を調べた。Fig.2 に、T4DNA の単分子観測を、コイル・凝縮状態が共存する領域において温度制御することにより、行った結果を示す。その結果、高温側で凝縮状態が安定となることが明らかとなった。

一本鎖の自由エネルギーを考えた時、鎖のエントロピー F_{ela} 、静電エネルギー $F_{\text{ele-st}}$ 、低分子量イオン（以下、微小イオンと称す）の並進エントロピーの項 F_{trans} が考えられる。

$$F_{\text{total}} = F_{\text{ela}} + F_{\text{ele-st}} + F_{\text{trans}} \quad (1)$$

最初の 2 項は低温側で凝縮を誘起する項である。そのため、温度依存性の実験結果を説明するためには、並進エントロピー項が高温側で凝縮を誘起する項、つまり、凝縮状態の微小イオンは、コイル状態のそれよりも並進エントロピー的に大きなイオン分布を形成する。そして、この項は他の項の変化を上回らなければならない。

このような正のエントロピー変化を与える微小イオン分布の変化は、凝縮に伴って微小イオンの放出が生じることに由来するものと考えられる。同種荷電高分子間に働く引力についての、これまでの多くの論文では、微小イオンの並進エントロピー変化は正当に評価できていなかったものと考えられる。

¹E-mail: saito@chem.scphys.kyoto-u.ac.jp

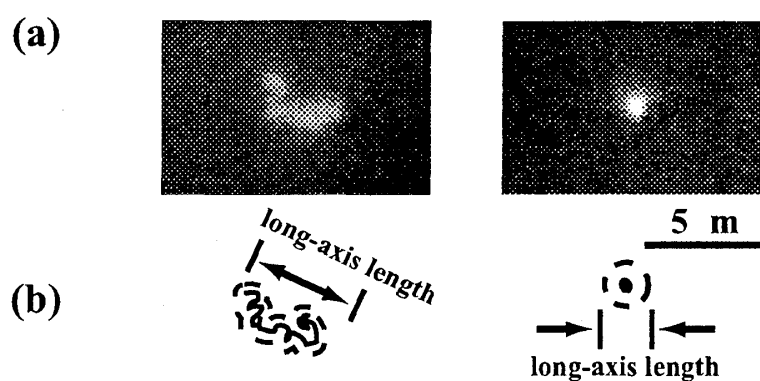


Fig.1 T4DNA(166kbp) の (a) 蛍光顕微鏡像、(b) 模式図：
左-コイル状態、右-凝縮状態

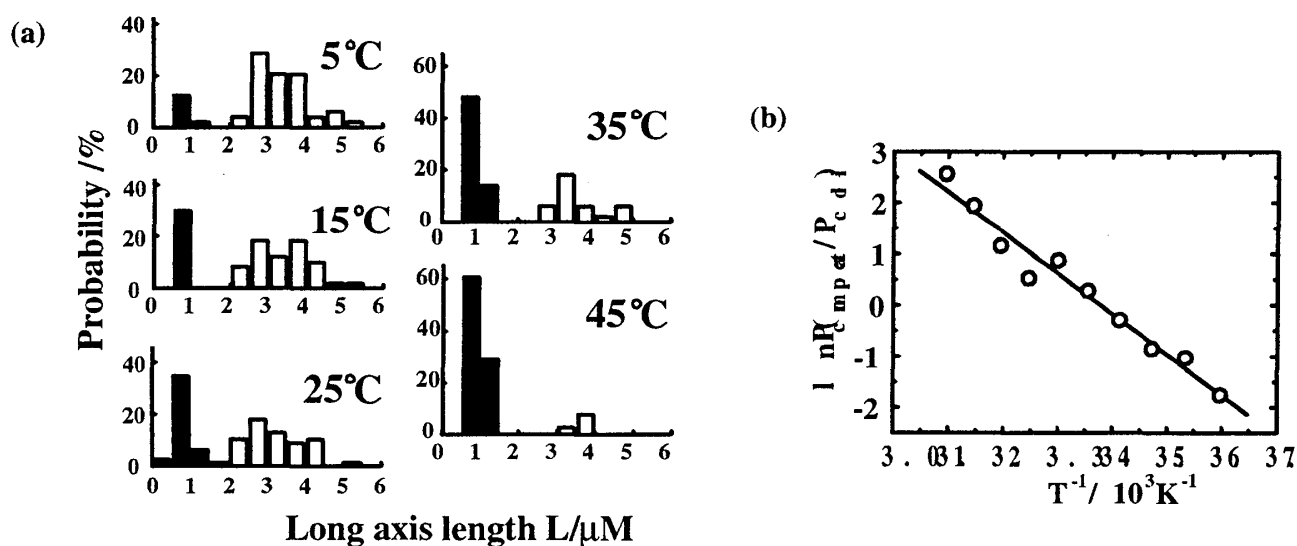


Fig.2 コイル・凝縮状態共存領域における温度依存性、Spermine(4+);1.5 μ M 存在下、
(a) 長軸長分布 (b) 2 状態存在比

参考文献

- [1] K. Yoshikawa and M. Takahashi and V.V. Vasilevskaya and A.R. Khokhlov, Phys. Rev. Lett. **76**, (1996), 3029-3031.
- [2] I. Rouzina and V. A. Bloomfield, J. Phys. Chem. **100**, (1996), 9977-9989.