

金属をドーピングした DNA の ESR による電子状態解析

都立大院物理 田中俊輔 溝口憲治 坂本浩一 尾島雅也 佐野さやか

Electronic states of metal-doped DNA studied by ESR

Dept. of Phys., TMU

S. Tanaka, K. Mizoguchi, S. Sakamoto, M. Ojima, and S. Sano

1. はじめに

DNA は生物の遺伝情報をつかさどる二重らせん構造をもった有機高分子である。近年 DNA の電荷輸送特性に関する研究が盛んに行われているが、未だ統一の見解は得られていない。^{1), 2)} それに対し本グループでは、ESR, SQUID を用いて DNA 固有の電子状態および2価の金属イオンをドーピングした DNA の電子状態を解明することを目的として研究を進めている。

2. 研究経過

(1) 2価金属 Mn をドーピングした DNA について

本グループは、サケの DNA に2価の金属 Mn をドーピングした DNA (Mn-DNA) の電子状態について ESR, SQUID、および X 線蛍光分析を用いて調べてきた。その結果、Mn イオンは $Mn^{2+}(S=5/2)$ の状態にあり、DNA の塩基対間に 1 base pair あたりに1つの割合で1次元的に配位していることがわかった (Fig1)。³⁾ また、Mn-DNA には湿度依存性があり、乾燥状態(dry)になると大気中での状態(ambient)に比べて ESR 線幅が広がることがわかった (Fig2)。そして、これらのスペクトルの解析結果から ambient は Gaussian と Lorentzian の中間の line shape、dry は Lorentzian 型の line shape を示すことがわかった (Fig3)。この結果は ambient では1次元、dry では3次元的な交換相互作用が働いていることを表しており、DNA の構造の B-form から A-form への変化とコンシステントな関係にあることが示唆された。また、Mn-DNA の Q-band ESR での温度変化の実験を行った結果、ambient では低温で ESR 線幅がわずかに変化するのに対し、dry では低温で急激に増大することがわかった。この結果は、SQUID による磁化率の温度変化の解析において、Curie-Weiss 温度が ambient での $-0.8K$ から dry で $-2.0K$ へと増大したこと、および dry での比熱測定の結果、 $0.4K$ 近辺でピークが現れたことと合わせて考えると、Mn-DNA は

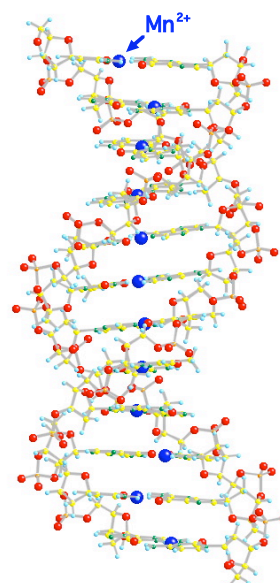


Fig.1:

Mn-DNA (B-form)

dry において反強磁性転移が起きることが示唆された。

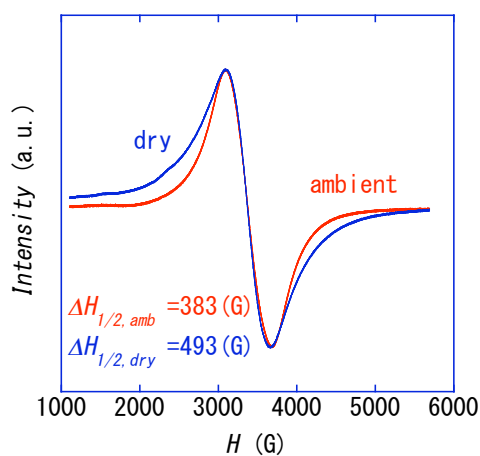


Fig.2:

Mn-DNA の ESR スペクトル

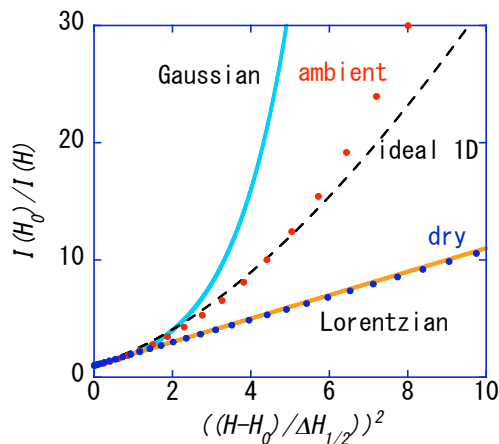


Fig.3:

湿度による line shape の変化

(2) B-DNA 固有の磁性について

最近 DNA の磁性に関する研究から、マクロな領域にわたって coherent current が流れているという Nakamae *et al* のセンセーショナルな報告⁴⁾ がなされたので、本グループではこの件に関して、サケの DNA を用いて検証実験を行った。その結果、彼らが根拠とする B-DNA が低温で示す常磁性は、DNA に吸着した微量の酸素分子の磁性で再現可能であることがわかった (Fig. 4)。本グループの見解としては、B-DNA は large band-gap の半導体、B-DNA 固有の磁性は反磁性、低温で示す常磁性は微量に吸着した酸素分子が要因であり、Nakamae *et al* の解釈には非常に疑問が残ることが明らかになった。

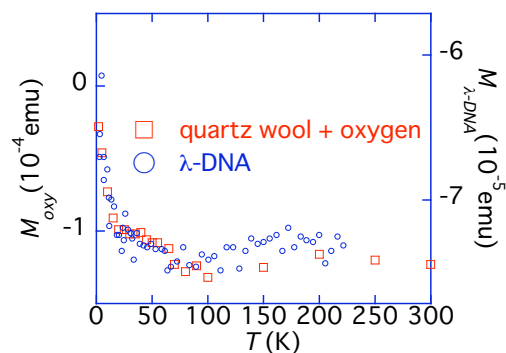


Fig.4:

λ-DNA と酸素分子の比較

参考文献

- 1) H.-W. Fink and C. Schenberger, *Nature*, **398**, 407 (1999)
- 2) A.Y. Kasumov, M. Kociak, S. Gueron, B. Reulet, V.T. Volkov, D.V. Klinov, and H. Bouchait, *Science*, **291**, 280 (2001)
- 3) K. Mizoguchi, S. Tanaka, T. Ogawa, H. Shiobara, and H. Sakamoto, *Phys. Rev. B* **72**, 033106 (2005)
- 4) S. Nakamae, M. Cazayous, A. Sacuo, P. Monod, and H. Bouchait, *Phys. Rev. Lett.* **94**, 248102 (2005)