

Comment on the conductivity of the compound TTF-TCNQ

金沢大学・理学部・物理

M.C. 田村 一郎

一次元的化合物TTF-TCNQにおける電気伝導度について、Coleman達¹⁾は、60°k付近で異常なピークを観測した。しかし、その後そのピークは観測されておらず、むしろ否定的な観測がなされている。そして、Groff達²⁾は、60°Kから300°Kで、電気伝導度の温度依存性が $\sigma \propto T^{-2.33 \pm 0.14}$ となることを示した。ここでは、この温度依存性を説明することを試みる。

まず、分子単位の空間的広がりごとびとびに超伝導状態が実現されると仮定する。今後その空間的広がりを cell とよぼう。そして、同じ cell の中での order parameter は一定とする。(図1を参照)さて、GL-free energy を拡張して、次のように書く。

$$\Delta F = \frac{1}{2} \lambda \sum_n (\psi_n^* - \psi_{n-1}^*)(\psi_n - \psi_{n-1}) + a \sum_n |\psi_n|^2 \quad (1)$$

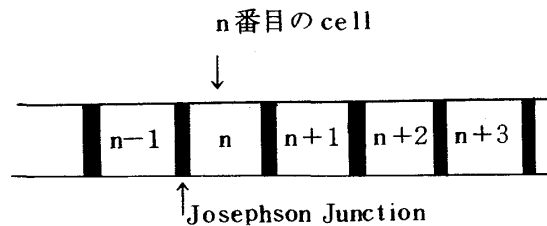


図1

ここで、 $a = a'(T - T_c)$ で、 λ と a' は定数である。また ψ_n は、 n 番目の cell での order parameter とする。

(1)式を Fourier 変換すると、

$$\Delta F = \sum_k \{ \lambda(1 - \cos kd) + a \} |\psi_k|^2 \quad (2)$$

ここで d は、最近接 cell の中心間距離である。(d はすべて同じ大きさとした。) また、電流密度に関しても同様な拡張をすると、次のように書ける。

$$j_n = \frac{\lambda'}{2j} \{ \psi_n^*(\psi_n - \psi_{n-1}) - (\psi_n^* - \psi_{n-1}^*)\psi_n \} \quad (3)$$

ここで λ' は、定数である。

田村一郎

(3)式の Fourier 変換をして、電流の空間的一様性を考えに入れると

$$j = \frac{\lambda'}{N} \sum_k \sin kd \langle |\psi_k|^2 \rangle \quad (4)$$

ここでNは、cell の数である。

(2)式と(4)式は、dc-Josephson 効果の拡張とも考えることができる。

さて、(2)式と(4)式に基づいて、ゆらぎによる電気伝導度を求めてみる。その方法は、REF. 3)と同じであるので省略して結果だけを示すと、

$$\sigma' = \frac{\lambda \lambda' e r k_B d}{2 a'^3} \frac{T}{(T - T_c')^3} \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n-1)!! (2n+2)!}{(2n+2)!! (2n)!} \left[\frac{\lambda}{a' (T - T_c')} \right]^{2n} \right\} \quad (5)$$

ここで、 $T_c' \equiv T_c - \lambda/a'$ 、 r は定数、 e は電子の電荷、そして k_B ボルツマン定数である。

さて、(5)式において、 $T_c' = 0$ としてみよう。すると、 $T_c = \lambda/a'$ となるから、

$$\sigma' = \frac{\lambda \lambda' e r k_B d}{2 a'^3} \frac{1}{T^2} \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n-1)!! (2n+2)!}{(2n+2)!! (2n)!} \left(\frac{T_c}{T} \right)^{2n} \right\} \quad (6)$$

となる。もし、 $T_c \ll 60^\circ\text{K}$ ならば、 $T \geq 60^\circ\text{K}$ で $\sigma' \propto T^{-2}$ となる。この結果は Groff 達の $\sigma \propto T^{-2.33 \pm 0.14}$ にかなり近い。

なお、ここでは、 $T \geq 60^\circ\text{K}$ を問題として、 $T < 60^\circ\text{K}$ を問題としなかったが、これは、Groff 達の考えに従って、 $T < 60^\circ\text{K}$ で起きる metal-insulator 転移は、 $T \geq 60^\circ\text{K}$ での電気伝導度とは関係がないとしたためである。そして、ここでは、 60°K から 300°K での電気伝導度を、不連続な order-parameter を持った超伝導体の転移温度以上でのゆらぎとして説明した。しかし、問題点も多い。まず、(1)式は a が大きい所で使えるかどうかということや、あまりにもゆらぎが長い温度区間で現われていること、さらに、この model が TTF-TCNQ に合てはまるかどうかということである。また、C.W. Chu 達⁴⁾の圧力依存性の問題も重要であると思う。

以上のような問題点に関しては、TTF-TCNQ の分子構造⁵⁾ が非常に重要なことと思う。

最後に、有益な議論をして下さった木村先生に感謝します。

REFERENCES

- 1) L. B. Coleman, M. J. Cohen, D. J. Sandman, F. G. Yamagishi, A. F. Garito and A. J. Heeger: Solid State Commun. **12** 1125 (1973)
- 2) R. P. Groff, A. Suna, and R. E. Merrifield: Phys. Rev. Lett. **33** 418 (1973)
- 3) 中嶋貞雄 超伝導入門 培風館
- 4) C. W. Chu, J. M. E. Harper, and T. H. Geballe: Phys. Rev. Lett. **31** 1491 (1973)
- 5) A. J. Berlinsky and J. F. Carolan and L. Weiler: Solid State Comm. **15** 795 (1974)