

3. ジョセフソン結合網における超伝導転移

市岡優典

2次元超伝導薄膜においては、常伝導状態での抵抗の値により低温で超伝導転移し得るかどうかが決まっているということが実験によって報告されている。¹⁾ そして、この現象を理論的に理解するためのモデルとしてジョセフソン接合網が用いられている。このモデルにおいては、まず、正方格子に金属微粒子を配置し、それらが粒子内で局所的に超伝導転移して、各粒子における超伝導のオーダーパラメーターが定義されるとする。そしてこのオーダーパラメーターの位相が系全体でそろえば超伝導状態になるといえる。この系が超伝導転移するかどうかは静電エネルギーによる局在しようとする効果と、最近接粒子間のジョセフソン接合による超伝導になろうとする効果の競合により決まっているが、さらに、常伝導状態の抵抗との関連を考察するために、散逸の効果を導入し²⁾ 最近接粒子間が温度に依存しない一定値の抵抗で結ばれていると考える。(RSJモデル)。この散逸の効果は超伝導転移を助ける役割をしている。

さて、このモデルにより系の性質を考察するわけであるが、ハミルトニアンにおけるジョセフソン結合の項がコサインの形をしているために取り扱いが困難である。そこで超伝導状態の側からの近似として、コサインを展開し、その高次の項を摂動として扱った。そして、「花びらダイヤグラム」を集める近似によりセルフエネルギーを計算し、くりこむと、その結果、ジョセフソン結合の項を

$$E_J \{1 - \cos(\phi_l - \phi_{l'})\} \rightarrow E_{eff} (\phi_l - \phi_{l'})^2$$

$$E_{eff} = E_J \exp\{-\langle (\phi_l - \phi_{l'})^2 \rangle\}$$

と置き換えれば良いことがわかった。この結果は Chakravarty et al.³⁾ の変分による結果と一致している。そして自己無撞着に E_{eff} を決めてやると転移温度以上では値がゼロとなることがわかり、超伝導転移を説明できる。

また、この系のベクトルポテンシャルに対する線形応答を考えることによって、電流密度を計算した。従来、この方法では物理的でない結果が得られるとされていたが、超伝導電流の項も考慮に入れ、かつ、展開の高次の項を「花びらダイヤグラム」を集める近似により計算すると、転移温度以下では超伝導電流が流れ、転移温度以上では一定の抵抗値で常伝導電流が流れるという結果が得られ、この方法でも実際の現象に対応した結果が得られることがわかった。

参考文献

- 1) B.G.Orr et al., Phys. Rev. B32 (1985) 7586;
H.M.Jaegar et al., Phys. Rev. B34 (1986) 4920;
D.B.Haviland et al., Phys. Rev. Lett. 62 (1989) 2180.
- 2) A.O.Caldeira and A.J.Leggett, Ann.Phys.(N.Y.) 149 (1983) 374.
- 3) S.Chakravarty et al., Phys. Rev. Lett. 56 (1986) 2303.

4. 有機超伝導体 $K-(ET)_2Cu(NCS)_2$ における 一軸性伸張歪の効果

伊 東 裕

BEDT-TTF (ET) 分子と陰イオンとが層状に積層した構造を持つ有機超伝導体においては、ET分子1個当りの有効体積の増加と共に超伝導転移温度 T_c が向上することが、陰イオンの置換あるいは静水圧下の実験により明らかにされている。また Kusahara