

(4) 異方性の強い超伝導体の共存問題

京大理町田一成

最近有機超伝導体 (TMTSF)₂PF₆ が発見され種々の異常が報告されている。この強い異方性を持った超伝導体の特徴は (1) 常圧下で金属半導体 (MS) 転移を 15 Kで行う。 (2) 圧力とともにその転移点は低下し $p = 6.5 \text{ kbar}$ で 6 Kになる。そして低温 $T = 1 \text{ K}$ で超伝導に転移する。 (3) 更に圧力を増加すると MS 転移点は急速にゼロに向うのに対して超伝導転移点 (T_c) は直線的にゆっくり低下する。 (4) 低温の半導体相は CDW でなく SDW らしい。

ここでは SDW と超伝導 (SC) との共存について考える。両者が共存していることが確かな希土類三元化合物 (GdMo₆S₈ 等) と異なり永久磁気モーメントは存在しない系を取りあげる。フェルミ面の一部に SDW の nesting が成立している部分 (領域 1, 残りの部分を領域 2) があるとする。平均場近似でのモデルハミルトニアン $\mathcal{H}$ を次のようにとる: $\mathcal{H} = \mathcal{H}_0 + \mathcal{H}_{\text{SDW}} + \mathcal{H}_{\text{SC}}$

ここで $\mathcal{H}_0 = \sum_k \epsilon_k c_{k\sigma}^\dagger c_{k\sigma}$, $\mathcal{H}_{\text{SDW}} = (I/2) \sum_{k \in 1} \sum_{\sigma} \sigma (M c_{k\sigma}^\dagger c_{k+Q} + \text{h.c.})$ $\mathcal{H}_{\text{SC}} = g \sum_k (\Delta c_{k\uparrow}^\dagger c_{-k\downarrow}^\dagger$

+ h.c.) である。 M は波数 Q の SDW の副格子磁化であり Δ は SC の gap である。 M と Δ に対する連立方程式を立て、解くと次のような結果が得られる。 (1) SDW の転移温度 (T_{so}) が超伝導温度 (T_c) に比べて高い時 ($T_{\text{so}} > T_c$), 両相は共存する。 (2) しかしその場合でも T_{so} が T_c に接近していると SC によって T_c の低温側の温度 (T_s) で SDW が破壊されることがある。共存はしたがってこの場合狭い温度領域 $T_s < T < T_c$ でのみ実現される。 (3) T_c そのものは SDW の存在によって強くおさえられる。 (4) 超伝導が先に出現してしまうと ($T_c > T_{\text{so}}$), SDW は現われない。

以上の結果を上記の物質でチェックするのは興味深いことである。