

サブゼミ「低温」

テーマ : 「有機伝導体の物性」
講師 : 鹿野田一司 (分子研)
口頭発表者 : 小松徳太郎 (京大理)

当サブゼミでは有機伝導体を中心とした固体の物性を NMR、ESR、磁化率測定、電子輸送特性の測定を手段として得られた結果を基に紹介する。

有機物に於ける超伝導 (異方的 Gap、Vortex dynamics、etc)、磁性 (SDW:Spin Density Wave、SP:Spin Peierls、etc)、電子相関等が話題の中心になるだろう。

2日目のポスターセッションでは問題の対象を有機物に限定しない。広く低温電子物性の研究の発表の場となり、活発な議論が交わされれば幸いである。

世話人. 開康一 (学習院大理)

1993年物性若手夏の学校 サブゼミ「低温」

有機伝導体の物性

分子科学研究所 鹿野田一司

原子が集まって金属ができる様に、分子が集まれば、電子が局在から解き放たれ金属的になることは全く不思議ではない。このような物質を分子性伝導体あるいは有機分子を強調して有機伝導体というのであるが、この分野の研究は1950年代に発見された物質をきっかけに活発になった。その後、TTF-TCNQ、TMTSF系、BEDT-TTF系、と略称される物質群（アルファベットはその物質を構成する分子名を表している）をkey materialsとして、物性物理に話題を提供し続けている。特に、BEDT-TTF系は、現在最も盛んに研究されている系である。この物質群の多くは層状構造の伝導体であり、有機物質で最も高い転移温度を持つ超伝導体がこの系に含まれる。ゆえに実験家はBEDT-TTF系に群がる。実はそれだけではなく、この系を契機にしてフェルミ面の実験的理論的研究が進展した。しかも、最近では、この系を舞台にして、超伝導と磁気秩序との競合が再び（過去にTMTSF系でも話題になった）問題になっている。伝導体を作る分子としては今ではそう新鮮ではなくなったBEDT-TTFであるが、その物性は益々面白くなっている。そこで、このサブゼミでは、このBEDT-TTF系の物理を中心に、この3～4年の間にコンセンサスが得られたことと、コンセンサスが得られず平行線をたどっている問題をお話しようと思う。キーワードは、「フェルミ面」、「超伝導」、「磁性」である。

ところで、有機物というとアレルギーを起こす物理家が多い。（私もかつてそうだった。今はだいぶ解放された。）確かに、結晶構造の絵を見ると、多くの原子があまり良くない対称性を持って複雑に配列して、何が何だか分からない。おまけに、有機化学のいわゆる亀の甲が出てきてしまうと、物理とは程遠い世界を感じてしまうのである。しかし、分子性固体は分子の集合体であることを思い出せば、そう悲観することはない。すなわち、分子は巨大な原子と見なせるのである。そうすると、複雑な結晶構造も巨大原子の単純なパッキングと考えることができる。分子性伝導体のおそらく最もユニークな側面は、固体の構成要素であるこの分子の内部自由度が、伝導電子に何らかの新たな相互作用を与える可能性である。今後、あるいは将来、研究の焦点はこの方向に向く

であろうが、残念ながら現時点では、観測されている電子物性を説明する上で、分子内自由度を取り上げる必要性はそう明確ではない。この意味で、分子性伝導体を内部自由度を無視した固い巨大原子の集合体と見なすのは、第一近似として、当面は許される。（この近似を越える描象が本当に必要になった時、有機伝導体の物理は新たな局面を迎えるであろう。）このゼミでお話しすることを簡単にまとめておく。

ここで話題にする有機伝導体は、前述したように層状構造をとることから、電子系も2次元的である。その電子状態を特徴づけるフェルミ面を実験的に調べる努力がなされてきたが、磁場中での量子振動（ドハース・ファンアルフェン効果、シュブニコフ・ドハース効果）の観測により、フェルミ面の描象が確立してきた。複雑な実空間の構造とは対象的に単純なものとなっている。

超伝導に関しては、超伝導電子対の対称性と、ボルテックス状態の二つの問題を取り上げる。前者については、実験的に磁場侵入長の温度依存性を決定する努力がいくつかの手段を用いてなされている。つまるところ問題は、低温で、指数関数的な温度変化かあるいはべき乗か、ということである。しかし、弱磁場下（ $\ll H_{c1}$ ）帯磁率、 μ SR、強磁場下（ $\gg H_{c1}$ ）磁化曲線、それぞれの解析結果は一致しない。それぞれの測定手段に内在する問題点を、私なりにお話したい。有機超伝導体の混合状態にも、酸化物と同じように不可逆曲線が存在することが分かっている。この曲線に関連して、ボルテックスのダイナミクスはどうなっているのか、NMRからのアプローチを紹介する。

磁性との関連では、2種類の物質群を取り上げる。1つは、超伝導転移温度が ~ 10 K程度でありながら、ハロゲン・イオンの置換あるいは微小圧力で、突如、反強磁性半導体に転移してしまう。その起源はまだ定かでない。もう1つは、超伝導転移温度が1ケタ小さく ~ 1 Kである物質で、アルカリ・イオンの置換で、超伝導が消失（少なくともバルク的には消失しているとされている）し、金属的な伝導を低温まで示す。ところが、 ~ 10 K付近で、いくつかの物理量に異常が現れる。特に磁化率の振る舞いは、反強磁性秩序を強く示唆している。にもかかわらず、今のところ、NMRや μ SRのような微視的プローブでは静的磁気秩序の徴候がない。果たして低温の電子状態はどのようなものなのか。