

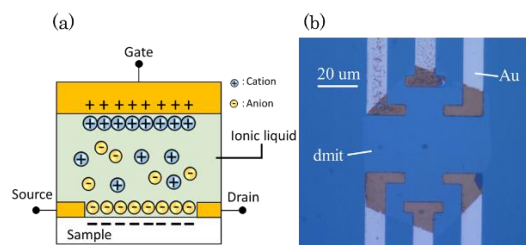
物性物理学教室

1 変位電流評価法を用いた κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu(N(CN) $_2$)Cl の注入電荷密度測定及び EtMe $_3$ Sb[Pd(dmit) $_2$] $_2$ のバンドフィリング制御

田島 聖士

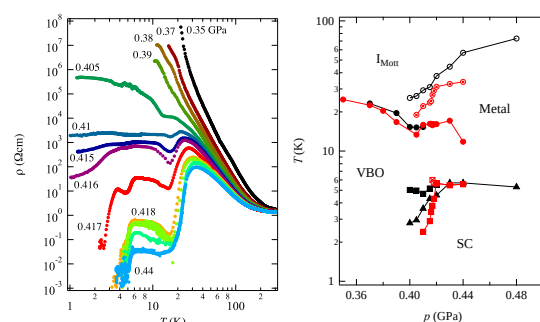
有機モット絶縁体を用いて電気二重層トランジスタ(EDLT)を作製し、電界効果によるキャリア注入を試みた。 κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu[N(CN) $_2$]Cl を用いた EDLT では、変位電流を測定することで試料表面に蓄積された電荷の密度を調べ、電子、正孔ともに約 20% のキャリアを注入できることがわかった。

EtMe $_3$ Sb[Pd(dmit) $_2$] $_2$ を用いた EDLT では、電界効果によるモット転移は観測されなかったが、単純な電界効果では説明できない電気抵抗変化が観測された。電気抵抗は 220 K から 50 K の間で熱活性化型の温度依存性を示し、その活性化エネルギーはゲート電圧によって 3.2 meV から 5.0 meV の間で非単調に増減した。

(a) EDLT 模式図. (b) EtMe $_3$ Sb[Pd(dmit) $_2$] $_2$ と基板.2 EtMe $_3$ P[Pd(dmit) $_2$] $_2$ の圧力による 2 つの超伝導転移

中村 健太

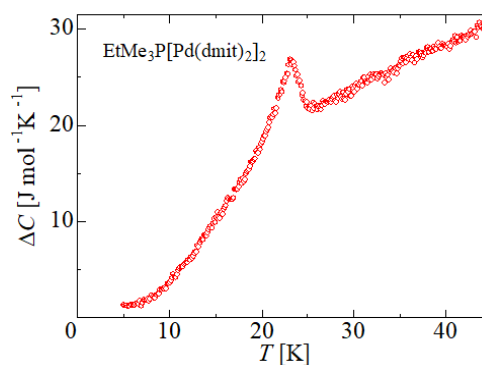
Valence Bond 秩序 (VBO) 状態からの超伝導転移が分子性導体 EtMe $_3$ P[Pd(dmit) $_2$] $_2$ の圧力下で発見された。本研究では、電子対を形成した VBO 相が超伝導発現にどのように関与するのかという問題に取り組み、この物質における VBO 相と超伝導相の相境界近傍の状態を圧力下電気伝導性から詳細に調べた。例えば、約 0.4 GPa の圧力下でこの物質は、約 15 K で金属から VBO 相へ 1 次相転移するが、それに伴う相分離状態が 2 つの超伝導転移現象を生じることが判明した。

EtMe $_3$ P[Pd(dmit) $_2$] $_2$ の圧力下における電気抵抗の温度依存性 (左) と相図 (右)3 EtMe $_3$ P[Pd(dmit) $_2$] $_2$ における VBO 相の比熱測定

大阪 周平

EtMe $_3$ P[Pd(dmit) $_2$] $_2$ は反強磁性的交換相互作用が相互に働く局在スピンの三角格子に配置するため、磁気的フラストレーションが強い系である。この系は 25 K 以下の Valence Bond 秩序(VBO)相へ転移するが、加圧により VBO 相は抑制され、通常とは異なるトリプレット超伝導相が発現することが指摘されているが、まだ熱力学的な測定はされていない。

まず常圧下で VBO 形成過程を比熱測定から評価をし、磁気測定と VBO 形成に伴うエネルギーギャップが一致することを確認した。加圧下での測定に移行するため圧力媒体中の AC 法による比熱測定を行い、転移に伴う比熱のピークを確認した。

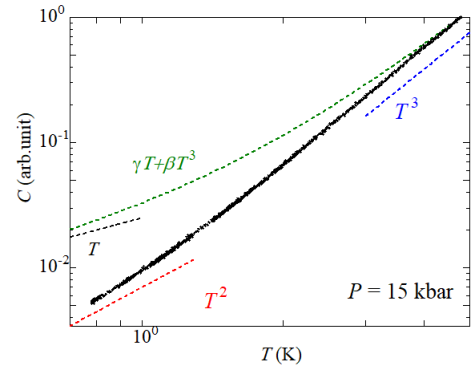


DTA 測定による比熱

4 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ におけるディラック電子系の比熱

山田 遼

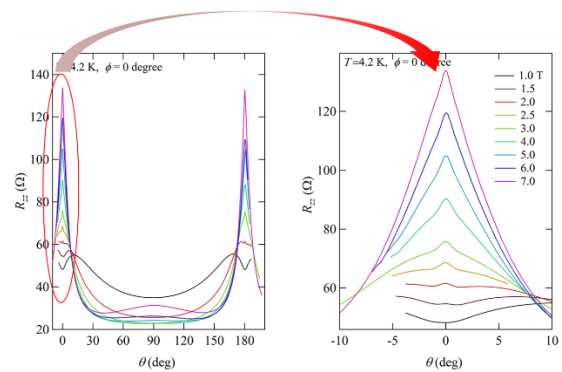
α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ は常圧下において、135 K 近傍で電荷秩序を伴う金属—絶縁体転移を発現するが、圧力印加により抑制され 15 kbar 以上では通常の金属状態とは異なるディラック電子系を形成する。相転移および電子系の研究に欠かせない比熱測定は加圧下のため、未だ定量的評価が出来ていない。本研究では AC 法を用いて高圧下で安定状態となる 8~18 kbar の圧力下において、ディラック電子系の電子比熱を評価した。測定の結果、電子系の寄与の大きい低温では通常の金属中の電子系とは異なり、ディラック電子系で期待される T^2 の温度依存性に近づくことが確認できた。

高圧下 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の低温比熱

5 多層ディラック電子系の層平行磁場効果

飯塚 啄巳

高圧下にある α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ は世界最初のパルくな(層状)質量ゼロのディラック電子系である。この物質を舞台に、層状ディラック電子系の層間電気伝導性の物理が開けた。これまで、層方向の磁場下で層間磁気抵抗効果は活発に調べられてきた。本研究では、この系の層平行磁場効果を層間磁気抵抗測定から調べた。撓んだシリンダー状フェルミ面のトポロジーによる正の大きな磁気抵抗と小閉軌道効果によるピーク構造を観測した。ゼーマン効果によりディラック点近傍の状態密度が増大することを強く示唆する結果である。さらに、小閉軌道効果にディラック電子系の新しい特徴を見出した。

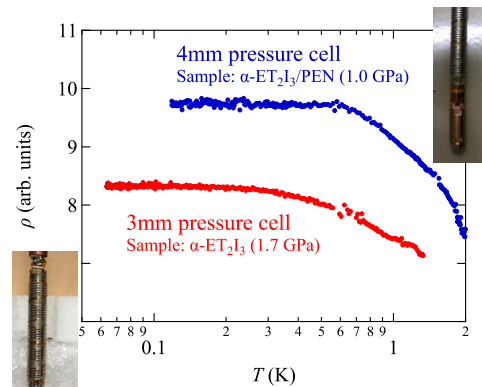


層間磁気抵抗の角度依存性

6 小型希釈冷凍機用圧力セルの制作と分子性ディラック電子系の量子輸送現象

鈴木 将史

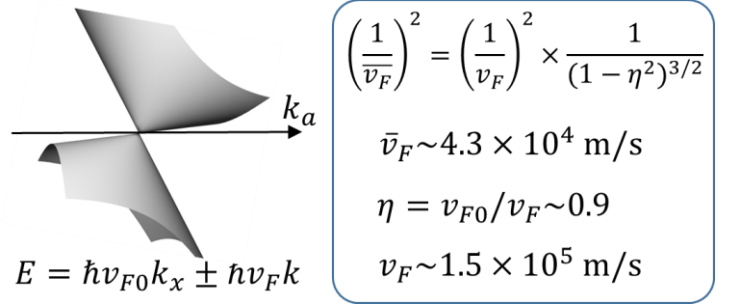
高圧下にある α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ で質量ゼロのディラック電子系が実現した。最近、この系にキャリア注入する方法が確立し、ディラック電子系特有の整数量子ホール効果を実現することに成功した。一方、この系は圧力相図上で電荷秩序絶縁相に隣接する。従って、低温で電子間相互作用が起因の分数量子ホール効果観測が期待できる。本研究では、小型機積冷凍機用の圧力セルを製作し、100 mK の極低温で量子輸送現象を調べた。分数量子ホール効果は検出できていないが、 $N = -1$ ランダウ準位のゼーマン分裂による $\nu = -4$ の量子ホール効果を検出することができた。

高圧下 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の極低温電気伝導

7 分子性ディラック電子系 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の傾いたディラックコーン

富田 麻央

高圧下にある α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ で質量ゼロのディラック電子系が実現した。グラフェンと異なり、ディラックコーンが大きく傾いていることが特徴の1つである。本研究では、ディラックコーンの傾き効果による新奇物理現象の探索を目指して、ディラックコーンの傾きパラメータを輸送現象から調べた。ディラックコーンの傾き方向、傾きの度合い、オリジナルのフェルミ速度および周回平均速度をそれぞれ実験的に決定した。

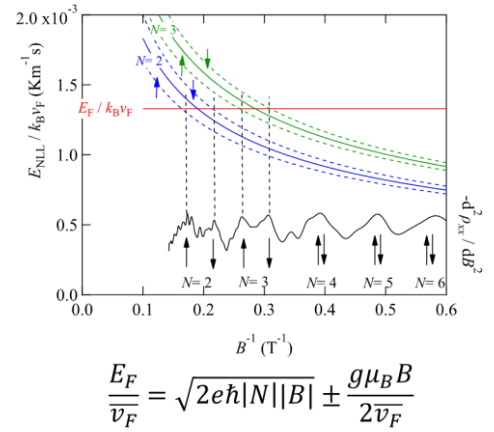


α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ のディラックコーンパラメーター

8 分子性ディラック電子系へのキャリ注入と電子-正孔対称性

佐々木 優

高圧下にある α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ は電荷秩序絶縁相に隣接して質量ゼロのディラック電子系である。このように強相関電子系に隣接したディラック電子系はこの物質が初めてであり、この物質を舞台に強相関ディラック電子の物理展開が期待できる。本研究では、この系の電子-正孔対称性を明らかにすることを目的に、キャリアを注入した試料の量子磁気抵抗振動観測からディラックコーン対のフェルミ速度 v_F^e, v_F^h を調べた。結果、 $v_F^e/v_F^h \sim 1.3$ であり、この系の電子-正孔対称性は完全ではないといえる。また、0.8 GPa 以上の圧力下でフェルミ速度および電子-正孔対称性の圧力依存性は無い。

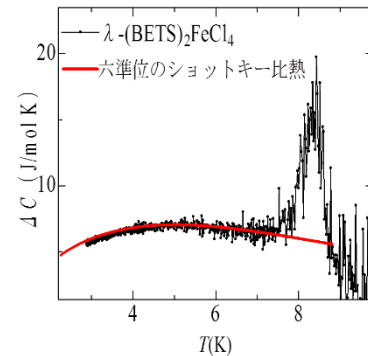


9 有機導体 λ -(BETS) $_2$ FeCl $_4$ のAC法による比熱測定

篠崎 新

λ -(BETS) $_2$ FeCl $_4$ では反強磁性秩序を伴う絶縁体転移を示す。この物質に鉄の濃度の稀薄化または静水圧での加圧を行うと、転移が抑えられて超伝導性が見られ、最低温度で絶縁体化し、伝導性の全く異なる超伝導相、絶縁体相と磁気秩序形成と絡み合う興味深い物質である。絶縁体相では試料内部に内部磁場が発生し、これによる3dスピンのショットキー比熱が出現することが分かっている。

本研究では圧力下での比熱測定を可能とするAC法を用いた比熱測定を行った。得られた比熱から六準位のショットキー比熱と転移に伴う比熱のピークを確認することができた。



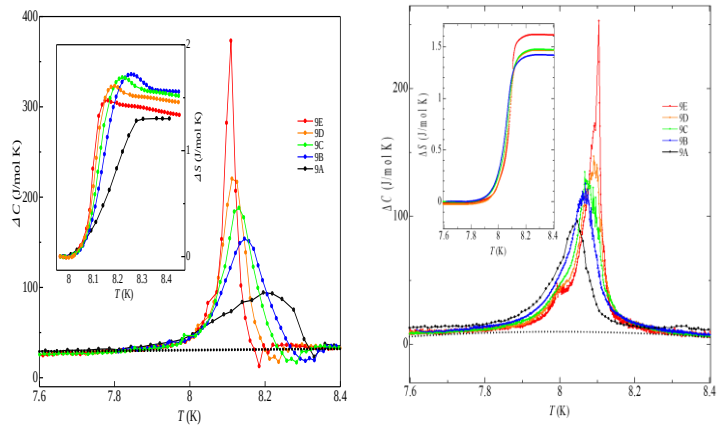
AC法による λ -(BETS) $_2$ FeCl $_4$ の磁気比熱

10 λ -(BETS) $_2$ FeCl $_4$ の比熱測定と新しい解析方法の開発

桐生 雅彦

磁気秩序を伴った金属-絶縁体転移を起こす有機導体 λ -(BETS) $_2$ FeCl $_4$ に着目し、その発現機構を明らかにする目的で熱緩和法による比熱測定を行った。しかし観測された緩和曲線は λ -型特有の鋭い比熱のピークのため歪んでいた。

本研究では緩和曲線の時間微分を用いる新たな比熱の解析法を開発し、転移近傍の緩和曲線に応用した。その結果、試料比熱のピーク形状をより詳細に解析し得ることが解った。この解析法を活用して行われる比熱測定が、今後、この系における転移時の内部構造や転移の機構解明において重要な役割を果たすものと考えられる。



解析法による転移近傍の比熱とエントロピーの違い

(左:従来型 右:今回新たに開発したもの)