

## 中 村 敏 和 ( 助 教 授 )

A-1) 専門領域：物性物理学

A-2) 研究課題：

- a) 擬一次元電子系低温電子相の微視的考察
- b) 遍歴 - 局在複合スピン系の電子状態
- c) 有機二本足梯子系のスピンギャップと反強磁性揺らぎの競合
- d) 分子性導体における新電子相の探索

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 強相関低次元電子系の低温電子状態は、物理の基本的かつ重要な問題を含有しており、今なお非常に大きな注目を浴びている。特に、TMTCF系では、わずかな圧力範囲にspin-Peierls相、整合反強磁性相、不整合SDW相、超伝導相が隣接していることがすでに知られており、物質(化学圧力)ならびに物理圧力による一般化相図が確立している。同一系(同一物質)で多彩な電子相が競合している例は他に類がなく、擬一次元電子系の理解を深めるのに非常に有利な系である。最近、 $(\text{TMTTF})_2\text{MF}_6$  ( $M = \text{P}, \text{As}, \text{Sb}$ )に対する $^{13}\text{C}$ -NMRや誘電率測定が行われ、電荷分離状態、強誘電状態の可能性が注目されている。我々は、擬一次元系の低温電子状態を系統的に理解するため、 $^{13}\text{C}$ 同位体置換したTMTTF分子を合成し、一連のTMTTF系化合物に対する $^{13}\text{C}$ -NMR、ESR測定を開始した。まず、絶縁体化温度が低い $(\text{TMTTF})_2\text{Br}$ について測定を行った。以前行った $^1\text{H}$ -NMRの結果から、反強磁性相では一次元軸方向にスピンのup-downと配列していることがわかっている。このことから、反強磁性相では電荷分離状態が起こっていることが強く示唆されている。 $^{13}\text{C}$ -NMRの結果から高温常磁性相で明瞭な電荷分離状態は観測されなかったが、反強磁性転移直上の30 K以下で電荷分離が起こっていることがわかった。現在さらに、電荷揺らぎ状態について考察を行っている。
- b) CHTM-TTPは、京大工の御崎らにより開発された新規のTTP誘導体である。我々は、その2:1塩である $(\text{CHTM-TTP})_2\text{TCNQ}$ に注目し、磁気的な観点からの研究を行っている。 $(\text{CHTM-TTP})_2\text{TCNQ}$ は、ドナー、アクセプターがそれぞれシートを形成した分離積層構造を為す。ドナー分子は一方向に積層しているが、アクセプター分子は分子面方向のスリップが大きい。そのため、電気伝導性はドナーが支配的であると考えられる。電気抵抗は、室温で弱い温度依存性を示した後、220 Kで急激なjumpを示す。しかしながら、それより低温でも、30 K付近までは金属的な挙動を示す。この系の微視的状态をESR、 $^1\text{H}$ -NMRといった実験手法を用いて調べた。スピン磁化率は240 Kで大きな1段目のトビを示した後、さらに低温の170 K近傍でヒステリシスを伴う2段目のトビを示す。EPRのg値の解析、 $^1\text{H}$ -NMRスピン格子緩和率測定から複合スピン系における寄与の分離を行った。その結果、TCNQ分子上の局在スピンの実効モーメント減少とともに、電気抵抗が大きくジャンプすることがわかった。さらに低温では局在スピンの完全な消失する。
- c) いわゆる2本足梯子系は、スピンギャップ系としての物理的な興味、ならびに高温超伝導体の候補物質として注目されている。 $(\text{BDTFP})_2\text{X}(\text{PhCl})_{0.5}$  ( $X = \text{PF}_6, \text{AsF}_6$ )は東北大高橋らによって開発された有機2本足梯子系である。これらの塩は、いずれも低温で金属絶縁体転移を示す。我々は、この系の低温電子状態に興味を持ち、磁気共鳴測定から低温電子状態を調べている。上記の2つの塩は、ほとんど結晶構造が同じであるにもかかわらず、低温電子状態が顕

著に異なっている。PF<sub>6</sub>塩は175 K近傍で磁化率が急激に減少し、スピン-重項転移を起こす。一方、AsF<sub>6</sub>塩は250 K近傍で磁化率の大きなjumpを伴う一次転移を示し、低温側ではCurie的に振る舞う。低温の50 K以下で、磁化率は急速な減少に転じ、14 KでEPR信号が消失する。単結晶試料に対する<sup>1</sup>H-NMRスピン-格子緩和率( $T_1 T$ )<sup>-1</sup>の温度依存性からこの系が14 Kで磁気秩序をおこしていることが分かった。但し、反強磁性モーメントの大きさがきわめて小さい。また、反強磁性共鳴から、鎖間の磁気双極子相互作用が重要であることが分かった。

d) 分子性導体における新電子相を探索するために、興味深い新規な系に対して微視的な観点から測定を行っている。

#### B-1) 学術論文

**T. NAKAMURA**, "Possible Successive SDW Transition in (EDT-TTF)<sub>2</sub>AuBr<sub>2</sub>," *J. Phys. Soc. Jpn.* **69**, 4026 (2000).

**T. NAKAMURA, T. TAKAHASHI, S. AONUMA and R. KATO**, "EPR Investigation of the Electronic States in Beta'-Type [Pd(dmit)<sub>2</sub>]<sub>2</sub> Compounds (Where dmit is the 1,3-Dithia-2-Thione-4,5-Dithiolato)," *J. Mater. Chem.* **11**, 2159 (2001).

#### B-2) 国際会議のプロシーディングス

**T. NAKAMURA**, "Low-Temperature Electronic States in (EDT-TTF)<sub>2</sub>AuBr<sub>2</sub>," *J. Phys. Chem. Solids* **62**, 381-383 (2001).

**R. CHIBA, H. YAMAMOTO, K. HIRAKI, T. TAKAHASHI and T. NAKAMURA**, "Charge Disproportionation in (BEDT-TTF)<sub>2</sub>RbZn(SCN)<sub>4</sub>," *J. Phys. Chem. Solids* **62**, 389-391 (2001).

**Y. TAKANO, K. HIRAKI, H. M. YAMAMOTO, T. NAKAMURA and T. TAKAHASHI**, "Charge Disproportionation in the Organic Conductor,  $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>," *J. Phys. Chem. Solids* **62**, 393-395 (2001).

**K. NOMURA, N. MATSUNAGA, A. ISHIKAWA, H. KOTANI, K. YAMASHITA, T. SASAKI, T. HANAJIRI, J. YAMADA, S. NAKATSUJI, H. ANZAI, T. NAKAMURA, T. TAKAHASHI and G. SAITO**, "Spin Density Wave in Quasi-One-Dimensional Organic Conductors," *Phys. Status Solidi B* **223**, 449-458 (2001).

**A. ISHIKAWA, N. MATSUNAGA, K. NOMURA, T. NAKAMURA, T. TAKAHASHI and G. SAITO**, "Pressure and Magnetic Field Dependence of SDW Transition in (TMTTF)<sub>2</sub>Br," *Phys. Status Solidi B* **223**, 539-543 (2001).

**T. NAKAMURA**, "Observation of SDW Sub-Phase in Q1D 1/4-Filled System, (EDT-TTF)<sub>2</sub>AuBr<sub>2</sub>," *Synth. Met.* **120**, 831-832 (2001).

**H. TSUKADA, T. NAKAMURA, Y. MISAKI and K. TANAKA**, "Magnetic Investigation of Organic Conductors Based on TTP Derivatives," *Synth. Met.* **120**, 869-870 (2001).

**H. OHTA, T. SAKURAI, S. OKUBO, R. KATO and T. NAKAMURA**, "High Field ESR Measurements of Me<sub>4</sub>As[Pd(dmit)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>," *Synth. Met.* **120**, 891-892 (2001).

**A. ISHIKAWA, N. MATSUNAGA, K. NOMURA, T. NAKAMURA, T. TAKAHASHI and G. SAITO**, "Pressure Dependence of the SDW Transition in (TMTTF)<sub>2</sub>Br," *Synth. Met.* **120**, 905-906 (2001).

**R. CHIBA, H. YAMAMOTO, K. HIRAKI, T. TAKAHASHI and T. NAKAMURA**, "Charge Ordering in  $\theta$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>RbZn(SCN)<sub>4</sub>," *Synth. Met.* **120**, 919-920 (2001).

**Y. TAKANO, K. HIRAKI, T. TAKAHASHI, H. YAMAMOTO and T. NAKAMURA**, "Charge Ordering in  $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>," *Synth. Met.* **120**, 1081-1082 (2001).

B-6) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

日本物理学会 領域7世話人(2000-2001).

日本物理学会 評議員(2001- ).

日本物理学会 名古屋支部委員(2001- ).

B-7) 他大学での講義、客員

名古屋大学理学部化学科, 「物性化学1」, 2001年10月-2002年3月.

C) 研究活動の課題と展望

本グループでは、分子性導体の電子構造(磁性、電荷)を主に微視的な手法(NMR、ESR)により明らかにしている。平成13年4月から藤山茂樹博士が助手として着任した。グループがスタートしてから3年余が経ち、NMR分光器2台が稼働している。さらに、高圧下極低温下といった極端条件での測定を計画中である。分子性導体における未解決な問題を理解するとともに、一連の分子性導体の磁氣的、電氣的性質を調べ、分子性導体における新しい電子相、新機能を持った物質群を探索する。