

## 中村敏和(助教授)(1998年6月1日着任)

A-1) 専門領域：物性物理学

A-2) 研究課題：

- a) 固体広幅 NMR による TMTTF 系競合電子相の電子状態理解
- b) パルス ESR による  $(\text{TMTTF})_2\text{X}$  の相転移近傍スピンドイナミクス
- c) ESR および NMR によるヘキサベンゾコロネンナノチューブの電子物性研究
- d)  $(\text{TMTTF})_2\text{X}$  の局所電荷密度：放射光 X 線 MEM 解析
- e) パルスおよび高周波 ESR を用いたスピン科学研究の新しい展開

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 1/4-filled 一次元電子系 TMTTF 塩は、同一の結晶構造を持ちながら近接した温度・圧力領域に種々の電子相が競合しており、非常に興味を持たれている。我々はこの系の電荷秩序転移が、カウンターイオンのサイズや対称性によらず、普遍で固有な性質であることを見いだした。一方で、中間常磁性相における電荷秩序相の安定性と低温基底状態との関連が新たな問題点として浮かび、一次元電子系一般化相図の再考察・修正が余儀なくされている。我々はこれらの問題を解決すべく、反強磁性揺らぎの次元性ならびに電荷分離秩序パラメータの定量的理解を行うために、 $^{13}\text{C}$  NMR 吸収線の温度依存性・異方性ならびにスピン格子緩和率  $T_1^{-1}$  を測定すると共に、スピン-スピン緩和機構の詳細な解析を行っている。
- b) 上記の問題に関連し、基底状態相転移点近傍での電荷・スピン再配列問題に関する知見を得るため、パルス ESR 法によるスピン-格子緩和時間測定を行っている。PF<sub>6</sub> 塩に対する温度依存性測定から、スピンパイエルス相転移直下では通常のスピンギャップ生成では説明できない異常なスピン格子緩和が観測され、十分低温においてスピンギャップ状態へと系が移行していることがわかった。中間常磁性相における電荷秩序配列そのままではスピンギャップ生成は不安定と考えられるので、スピンパイエルス相転移近傍で電荷秩序再配列が起こり、低温で通常のスピン一重項に転移しているものと考えている。
- c) 東大工・ERATO-SORST の相田グループからヨウ素酸化により電気伝導性を示すヘキサベンゾコロネン (HBC) ナノチューブが開発された。我々は、HBC ナノチューブの電子状態を磁気共鳴測定法を用いて調べている。ヨウ素をドーピングすると大きな ESR 信号が観測され、スピンを持ったキャリアが生成していることが分かる。ESR 線幅から室温近傍で HBC ナノチューブが高い伝導性を持っていることが分かる。 $^1\text{H}$  NMR スピン格子緩和率  $T_1^{-1}$  は、150 K 以下の広い温度範囲では  $T^{0.5}$  に従う特徴的な振る舞いを示す。これは一次元系のスピン拡散に特有な緩和と考えられ、スピン系がヘリカルなチューブを一次的に伝搬していることを示唆している。
- d) TMTTF 塩の電荷秩序問題は磁気共鳴測定等により理解が進んでいる、その一方で直接的観測は為されていない。そこで、 $(\text{TMTTF})_2\text{X}$  の電荷分布状態を分子内レベルで明らかにするために、室温並びに低温での KEK-PF 放射光実験施設による X 線測定を行い構造解析を行い、マキシマムエントロピー法 (MEM) による局所電荷分布解析を行った。その結果、 $(\text{TMTTF})_2\text{PF}_6$  塩の電荷秩序相において電荷分離状態の直接観測し、それまで ESR の結果から提案された電荷配列モデルが適当であることを見いだした。
- e) 分子研所有のパルスおよび高周波 ESR を用いて、高分解能 ESR・高エネルギー特性を利用した複雑なスピン構造

の決定，多周波領域にわたるスピンドYNAMICS計測といった種々な点から，スピン科学研究展開を行っている。今後さらに，当該グループだけでなく所外の ESR コミュニティーと連携を取り，パルス・高周波 ESR の新たな可能性や研究展開を議論し，大学共同利用機関である分子研からのスピン科学の情報発信を行っていく。

#### B-1) 学術論文

**F. NAD, P. MONCEAU, M. NAGASAWA and T. NAKAMURA**, “ $4K_F$  CDW Induced by Long Range Coulomb Interactions,” *J. Phys. IV France* **131**, 15–19 (2005).

**S. FUJIYAMA and T. NAKAMURA**, “ $^{13}C$  NMR Spectral Study of Q1D Organic Conductor  $(TMTTF)_2AsF_6$ ,” *J. Phys. IV France* **131**, 33–37 (2005).

**Y. NOGAMI, T. ITO, K. YAMAMOTO, N. IRIE, S. HORITA, T. KAMBE, N. NAGAO, K. OSHIMA, N. IKEDA and T. NAKAMURA**, “X-Ray Structural Study of Charge and Anion Orderings of TMTTF Salts,” *J. Phys. IV France* **131**, 39–42 (2005).

**K. NOMURA, K. ISHIMURA, K. FUJIMOTO, N. MATSUNAGA, T. NAKAMURA, T. TAKAHASHI and G. SAITO**, “Depinning of the Spin-Density Wave in  $(TMTTF)_2Br$  under Pressure,” *J. Phys. IV France* **131**, 111–114 (2005).

**T. NAKAMURA, K. FURUKAWA and T. HARA**, “ $^{13}C$  NMR Analyses of Successive Charge-Ordering in  $(TMTTF)_2ReO_4$ ,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **75**, 013707 (4 pages) (2006).

**S. FUJIYAMA and T. NAKAMURA**, “Redistribution of Electronic Charges in the Spin-Peierls State in  $(TMTTF)_2AsF_6$  Observed by  $^{13}C$  NMR,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **75**, 014705 (7 pages) (2006).

**P. MONCEAU, F. NAD, J. M. FABRE and T. NAKAMURA**, “Charge and Anion Ordering in  $(TMTTF)_2X$  Quasi-One-Dimensional Conductors,” *J. Low Temp. Phys.* **142**, 367–372 (2006).

**M. HIRAOKA, H. SAKAMOTO, K. MIZOGUCHI, R. KATO, T. KATO, T. NAKAMURA, K. FURUKAWA, K. HIRAKI, T. TAKAHASHI, T. YAMAMOTO and H. TAJIMA**, “Electron Spin Dynamics in  $(DMe-DCNQI)_2M$  ( $M = Li_{1-x}Cu_x$  ( $x < 0.14$ ), Ag),” *J. Low Temp. Phys.* **142**, 617–620 (2006).

**S. KONNO, S. KAZAMA, M. HIRAOKA, H. SAKAMOTO, K. MIZOGUCHI, H. TANIGUCHI, T. NAKAMURA and K. FURUKAWA**, “EPR Study of the Electronic States of  $\beta'$ -(BEDT-TTF)(TCNQ),” *J. Low Temp. Phys.* **142**, 621–624 (2006).

**T. NAKAMURA, T. HARA and K. FURUKAWA**, “Redistribution of Electronic Charge in  $(TMTTF)_2ReO_4$ :  $^{13}C$  NMR Investigation,” *J. Low Temp. Phys.* **142**, 629–632 (2006).

#### B-4) 招待講演

**T. NAKAMURA, K. FURUKAWA, T. HARA, Y. YAMAMOTO, W. JIN, T. FUKUSHIMA and T. AIDA**, “Pulsed and Multi-frequency Magnetic Resonance Investigation for Organic Conductors and Conducting HBC Nanotube,” ASIA-PACIFIC EPR/ESR SYMPOSIUM 2006 (APES '06), Novosibirsk (Russia), August 2006.

#### B-7) 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 代議員 (2001-2003).  
日本物理学会 名古屋支部委員 (2001- ).  
日本化学会 実験化学講座編集委員会 委員 (2002- ).  
電子スピンスイエンズ学会 担当理事 (2004-2006).  
電子スピンスイエンズ学会 運営理事 (2006- ).  
Asia-Pacific EPR/ESR Society Secretary/Treasure (2004- ).  
学会誌編集委員  
電子スピンスイエンズ学会編集委員 (2003).  
電子スピンスイエンズ学会編集委員長 (2004-2005).

#### B-10) 外部獲得資金

特定領域研究, 「分子導体における電荷の遍歴性と局在性の研究」代表者 薬師久弥(中村敏和は準代表者で実質独立)  
(2003年-2007年).  
基盤研究(C)(2), 「一次元有機導体の逐次SDW転移における電子状態の解明」中村敏和 (2001年-2003年).  
特定領域研究(B), 「NMRによる遍歴-局在複合スピン系の微視的研究:新電子相の開拓」中村敏和 (1999年-2001年).  
特定領域研究(A)(2) 集積型金属錯体, 「dmit系金属錯体の微視的研究:磁気構造と電荷局在状態」中村敏和 (1999年).  
奨励研究(A), 「有機導体におけるFermi液体-Wigner結晶転移の可能性」中村敏和 (1998年-1999年).  
特定領域研究(A)(2) 集積型金属錯体, 「微視的手法によるdmit系金属錯体競合電子相の研究」中村敏和 (1998年).

#### C) 研究活動の課題と展望

本グループでは,分子性固体の電子状態(磁性,導電性)を主に微視的な手法(ESR, NMR)により明らかにしている。有機導体に対して研究をもとに強相関低次元電子系の未解決な問題の解明を行うとともに,新規な分子性物質の新しい電子相・新機能を探索している。また,多周波(X-, Q-, W-bands)・パルスESRを用いた他に類を見ないESR分光測定を行い,分子性導体など種々の機能性物質に対して電子状態やスピン構造に関する研究を行うと同時に,ESR測定を中心に多数の協力研究・共同研究を受け入れ,最先端のESR測定研究の展開を全世界に発信している。今後は高圧下・極低温下といった極端条件での測定システム構築を行うとともに,物質科学における磁気共鳴研究のあらたな展開を行っていく。