

## 【基盤研究(S)】

### 理工系 (数物系科学)



#### 研究課題名 分子性導体における極限 $\pi$ 電子物性

理化学研究所・加藤分子物性研究室・主任研究員

かとう れいぞう  
加藤 礼三

研究分野：数物系科学

キーワード：分子性固体・有機導体、電気・磁氣的機能、強相関係、有機電子材料・素子

#### 【研究の背景・目的】

固体中の電子は、置かれた環境に依存して多彩な性質を示し、これが電子機能の多様性を産み出している。特に、電子を収容する軌道の性格は極めて重要である。分子性固体において (p および d 軌道から構成される)  $\pi$  電子系は、1) 単純で明快な電子構造を持つ、2) 強相関電子系、低次元電子系の宝庫である、3) 巨大な外場応答が可能、4) 柔らかく軽い、5)  $\pi$  電子を収容する「分子」は多様な内部自由度を有し、また化学修飾が容易、6) ウェットプロセスで高純度試料が得られ、多量のエネルギーを要する高温プロセスが不要、等の特徴を持ち、電子物性の基礎および応用の両面から国内外で活発な研究が行われている。

本研究は、電気伝導性分子集合体 (分子性導体) を舞台として、化学的手法・物理的手法を駆使して、 $\pi$  電子の機能を極限まで高めること、および  $\pi$  電子物性の可能性を究極まで追求することを目的とする。つまり、分子性導体の単結晶を用いて  $\pi$  電子の物性値 (超伝導転移温度、移動度、光応答特性値等) を極限まで高めるとともに、 $\pi$  電子が示す機能の可能性 (例えば、電場誘起超伝導、光誘起超伝導等) を、物質開発・輸送物性・磁気物性・光物性の総合的観点から徹底的に追求する。

#### 【研究の方法】

##### 1. デュアル機能 (遍歴/局在スピン) $\pi$ 電子の極限物性

$\pi$  電子だけで伝導電子—局在スピン系が構築されている新しいタイプの遍歴/局在電子相互作用系物質について、電子スピン共鳴やサイクロトロン共鳴等を用いて、微視的な電子状態、特に極低温での基底状態を明らかにして、その近藤効果的な振舞いの本質を明らかにする。

##### 2. 強相関 $\pi$ 電子 FET (Field Effect Transistor) の極限性能

分子性導体の薄片単結晶を、シリコンやプラスチック基板上に密着させて作製した単結晶デバイスを用いて、移動度の極限、バンドフィリング制御の極限 (1つの目標として電場誘起超伝導) 等に挑む。また、電界効果と組み合わせた光誘起相転移等の、 $\pi$  電子の光伝導物性開発を行う。

##### 3. ディラック $\pi$ 電子の極限機能

ディラック  $\pi$  電子系  $\alpha$ -(ET)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> へのキャリア注入を試みる。キャリアの注入法としては、電界効果および光照射を用いる。磁気抵抗・ホール効果

からランダウ準位の観測を試みる。ディラックコーンの傾きによる効果から生じる新しい電子物性の探索を行い、ディラック  $\pi$  電子の物性を極める。同時に、新たなディラック  $\pi$  電子系の探索を行う。

##### 4. $\pi$ 電子の超高压下極限物性

結晶格子が柔らかく圧力の影響を受けやすい分子性導体に対し、ダイヤモンドアンビルセルを用いた超高压下での輸送現象測定を行い、超高压下における  $\pi$  電子系の極限物性探索を行う。

#### 【期待される成果と意義】

本研究では、オリジナルな物質系とオリジナルな測定手法を用いて、物理学者と化学者との緊密な連携に基づく物質・物性開発を行う。「分子系  $\pi$  電子でどこまで可能か」という問題を極めることによって、新しい学際的学術領域の形成が期待できる。本研究の成果は、 $\pi$  電子系の基礎学理を確立すると同時に、将来の分子エレクトロニクスにおける物質開発・デバイス開発の方向性を明確にすると期待できる。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Y. Kosaka, H. M. Yamamoto, A. Nakao, M. Tamura, and R. Kato, “Coexistence of Conducting and Magnetic Electrons Based on Molecular  $\pi$ -Electrons in the Supramolecular Conductor (Me-3,5-DIP)[Ni(dmit)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>”, *J. Am. Chem. Soc.*, **129**, 3054-3055 (2007).
- N. Tajima, S. Sugawara, R. Kato, Y. Nishio, and K. Kajita, “Effect of the Zero-Mode Landau Level on Interlayer Magnetoresistance in Multilayer Massless Dirac Fermion Systems”, *Phys. Rev. Lett.* **102**, 176403 (2009).
- Y. Kawasugi, H. M. Yamamoto, N. Tajima, T. Fukunaga, K. Tsukagoshi, and R. Kato, “Field-Induced Carrier Delocalization in the Strain-Induced Mott Insulating State of an Organic Superconductor”, *Phys. Rev. Lett.*, **103**, 116801 (2009).

#### 【研究期間と研究経費】

平成22年度—26年度  
167,500千円

#### 【ホームページ等】

<http://www.riken.jp/lab-www/molecule/>