



飯森 俊文

(北海道大学 電子科学研究所 光電子物性研究分野)

<研究タイトル>

光と電場を用いた有機結晶の電気物性制御の研究

<研究概要>

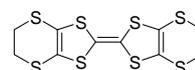
私はこれまでパルスレーザー光を用いた物理化学研究に携わってきました。具体的には、気相分子クラスターのレーザー分光、液体表面の非線形振動分光、および時間分解分光法を用いた光化学反応ダイナミックスの研究を行ってきました。最近では、光と電場の外部摂動を用いて、固体の物性を制御する研究をすすめています。固体を光励起すると、光励起状態が生成し、そこから様々な物理過程を経て緩和が起きますが、スピン状態や電子状態が変化することで物性が異なる別の状態に変化する過程も起こり得ます。また外部電場を用いることによって、電子状態に対して大きな摂動を与えることができます場合があります。このように、非平衡状態が関与した現象を解明するためには、パルスレーザー光を用いた時間分解実験手法は、大変有用になります。

有機導電体と総称される有機半導体や有機超伝導体は、振動-電子間・電子-電子間の相互作用とエネルギーバンド幅の微妙なバランスにより多彩な物性が生じることが知られています。そのため圧力を加えるなど小さな外部摂動によって、電子状態と相状態が劇的な変化を示します。したがって、光や外部電場などの外部摂動を用いた物性の変換と制御を実現する有望な研究対象と期待されます。

電気伝導度は、最も基本的な電気物性であり、その計測を行うことで、絶縁体、金属、そして超伝導といった異なる相状態への変化を最も直接的かつ敏感に捉えることができると考えられます。そこで、極低温状態にある試料にパルスレーザー光を照射し、電気伝導度の時間分解測定を高感度で行うための装置の開発を行い、研究をすすめてきました。

1. 有機導電体における光スイッチング現象の解明と光サイリスター機能の実証

ビスエチレンジチオテトラチアフルバレン(BEDT-TTF)を電子ドナーとした電荷移動錯体は、超伝導体など導電性の結晶を与えることが



BEDT-TTF

知られています。私は、もっとも代表的な BEDT-TTF 塩である α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ について研究を行いました。この物質の抵抗値の温度依存性は、室温では金属相のため比較的低い抵抗値を示しますが、135 K において絶縁体への相転移を示し、温度の低下とともに抵抗値が増大します。そこで低温において絶縁体状態にある試料に、ナノ秒パルスレーザー光を照射し、それと同期した電圧パルスを用いて電流値の時間変化を測定しました。レーザー光照射を行うと同時に電流値が立ち上がり、金属的な高電気伝導状態へのスイッチングが生じることがわかりました。また、半導体スイッチング素子として広く用いられている光サイリスターの機能と類似した特性を明らかにすることができました。この結果は、光サイリスター機能を、有機材料においてはじめて実証したものと考えられます。

2. 光照射とパルス電場を用いた電気伝導度制御とメモリー効果の発見

さらに、光照射と電場によって同物質が一旦スイッチングを起こすと、レーザー光を切った後でも、電圧パルス列を加え続けることで、高電気伝導状態が保持されることを明らかにしました。光照射なしでも高電気伝導状態が保持されることは、メモリー効果が見られることを意味しています。また電圧パルスの時間幅を変化させることで、メモリー効果の出現を制御できることもわかりました。この現象は、温度や圧力などを一切変えずに、光照射と電圧パルス列のパルス時間幅だけで電気伝導度が制御できる点において、非常に特異的です。

3. 超伝導体における光応答の研究

超伝導の光制御を実現するためには、超伝導へ相転移を示す物質の光応答性を解明することが不可欠です。そこで私は、有機超伝導体である κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu[N(CN) $_2$]Br の電気伝導度における光応答性について研究を行いました。超伝導への相転移温度の近傍において、光励起によって抵抗値が過渡的に増加し、元の抵抗値へもどる緩和時間は、転移温度より若干低い温度で異常に増加することが明らかになりました。この結果は、臨界緩和現象の観点から、他の一般的な物質とは挙動が異なっていることを明らかにするとともに、相転移に近い温度で光に対する応答が著しく増強することを明らかにしました。

現在はこれらの成果をふまえて、他の有機超伝導体や分子系に研究を展開しており、さらに電気物性に加えて磁気物性を測定することによって、光と電場の作用による物性の制御とその理解をめざして研究をすすめています。

今回、日本化学会北海道支部奨励賞が授与されることを非常に光栄に思います。本研究は、北海道大学電子科学研究所光電子物性研究分野において太田信廣教授の御指導のもと行われたものであり、心より感謝申し上げます。有機超伝導体の試料合成や実験装置の立ち上げ等に関しまして、北海道大学理学研究院化学部門の内藤俊雄准教授に御指導頂きましたことを深く感謝申し上げます。また北海道大学電子科学研究所光電子物性研究分野の中林孝和准教授をはじめ、共同研究者の方々にも厚くお礼申し上げます。今回の受賞を励みに、一層努力して参りたいと思います。