

有機超伝導体 BEDT-TTF 塩における光誘起電気伝導度変化の 時間分解測定

(北海道大学 電子科学研究所¹・大学院環境科学院²・大学院理学研究院³)

○飯森 俊文¹, Farzana Sabeth², 中畑 喬之², 内藤 俊雄³, 太田 信廣¹

【はじめに】有機導電体は、多彩な物理現象を提供する舞台であり、先端材料としてのポテンシャルを有するために物性科学研究者の興味を広く引き続けてきた物質である。多くの有機導電体において、超伝導相を含む多様な相状態が拮抗して出現し、圧力や静磁場などの外部刺激に鋭敏に応答して相変化を示すことが知られている。我々のグループでは、光と外部電場を用いることで、有機導電体の相状態と電気伝導度を制御する研究をすすめてきた。金属-絶縁体相転移を示す有機導電体である α -(BEDT-TTF)₂I₃ (α -I₃) について、光とパルス電場による電気伝導度のスイッチング現象、およびパルス電場で制御されるメモリー効果に関する研究を行ってきた。¹⁾ 最近我々は、超伝導体である BEDT-TTF 塩について、超伝導相転移温度 (T_c) に近い温度における光応答に関する研究をすすめている。²⁾ κ -(BEDT-TTF)₂Cu[N(CN)₂]Br (κ -Br) は、銅酸化物系高温超伝導体と物性の類似点が指摘される重要な物質である。また、 β -(BEDT-TTF)₂I₃ (β -I₃) は、 α -I₃ と化学組成は同一でありながら、結晶構造が異なった超伝導体であり、2つの超伝導相転移を示す。低 T_c β 相 ($T_c = 1.5$ K) と高 T_c β 相 ($T_c = 8$ K) が1つの結晶に共存するため、光を用いた超伝導相の制御を目的とした研究の対象物質として重要である。本研究では、これらの物質のパルスレーザー光照射による電気伝導度の変化に関して、時間分解測定による研究を行った。

【実験手法】試料単結晶は、電気分解法により合成した。温度制御は、ヘリウムガスを冷媒として用いたクライオスタットを使用して行った。パルス Nd:YAG レーザー (532 nm、パルス時間幅 10 ns) を光源として用い、結晶の2次元伝導面に垂直に入射させた。レーザーパルス光照射と同期した抵抗値の過渡的な変化を、デジタルオシロスコープを用いて測定した。

【結果】 κ -Br について、光照射にともなう抵抗値変化の時間プロファイルを測定した (Fig. 1)。レーザー光の強度は 5 μ J/pulse であり、バイアス電流は 0.6 mA を用いた。 $t = 0$ においてレーザー光を照射し、縦軸は暗中所ける抵抗値からの変化量を示している。今回、 $T = 17$ K-6 K の温度範囲において測定を行ったところ、すべての温度において抵抗値の過渡的な増大が観測された。しかしながら観測される時間プロファイルは、温度に依存して顕著な変化を示した。減衰時間については、10 K 付近において、著しく長くなった。一方、ピーク強度については、超伝導相で多少増大を示すものの、それほど大きな変化はみられなかった。

光吸収により誘起される試料の温度上昇、すなわち熱効果について、多角的に検討を行った。まず既に報告されている熱容量の温度依存性³⁾に基づいて検討を行った。熱容量は、温度の低下にともなってほぼ単調に減少するため、熱効果によって信号が観測されていると仮定した場合、光吸収による温度上昇は、試料温度の低下とともに増加すると予想される。しかし、実測された抵抗値の変化量から温度上昇を見積もると、超伝導相において温度上昇が減少することになり、実験結果を説明できない。さらに熱伝導率の温度変化でも、観測結果を説明できないことが示される。また一般的に、熱効果の場合には、温度上昇 ΔT と観測される抵抗値の変化 ΔR のあいだには、次の関係が成り立つ。

$$\Delta R = \frac{dR(T)}{dT} \Delta T$$

ここで $dR(T)/dT$ は、抵抗値の温度依存性 (Fig. 2 (a)) の微分である。Fig. 2 (b) は、観測された信号強度と $dR(T)/dT$ を比較したものである。いずれも約 10 K において極大を示すが、超伝導相において差異が認められることから、観測された光応答においては、熱効果ではなく光照射効果が本質的に重要であると考えられる。また一般に、相転移の臨界点で緩和時間が発散的に遅くなる臨界緩和現象が知られているが、 κ -Br は特異的な臨界緩和現象を示すことが明らかになった。 β -I₃ についても実験を行ったところ、光照射により過渡的に抵抗値が増大するが、超伝導相は金属相に比べて強い光応答を示すことがわかった。

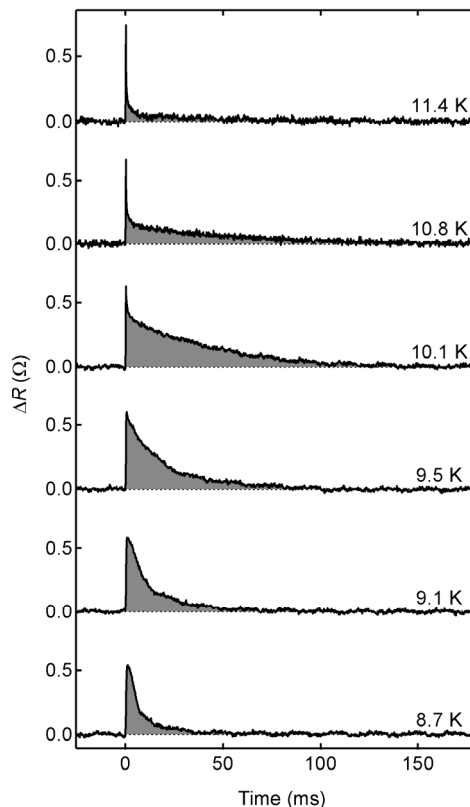


Fig. 1. κ -Br の抵抗値変化の時間プロファイル。

【参考文献】 (1) T. Iimori, T. Naito, N. Ohta, *J. Phys. Chem. C* **113**, 4654 (2009); *Appl. Phys. Lett.* **90**, 262103 (2007); *J. Am. Chem. Soc.* **129**, 3486 (2007). (2) T. Iimori, T. Naito, N. Ohta, *J. Phys. Chem. C* **114**, 9070 (2010). (3) H. Elsinger et al., *Phys. Rev. Lett.* **84**, 6098 (2000).

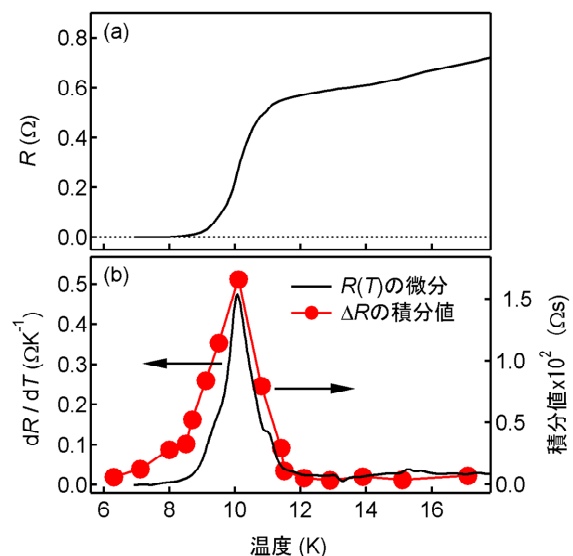


Fig. 2. (a) 抵抗値の温度依存性. (b) $R(T)$ の微分および信号強度。