

2021 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	渡邊 峻一郎
研究機関名	東京大学
所属部署名	大学院新領域創成科学研究科
役職名	准教授
研究課題名	コンデンスドプラスチックの電子論と機能性の創成
研究実施期間	2021 年 4 月 1 日～2022 年 3 月 31 日

### 研究成果の概要

本研究では、高分子半導体に結晶材料と同様の周期的結晶ポテンシャルを設計し、金属の特徴的な電子の性質を模倣・卓越するような「コンデンスドプラスチック」を創製する。具体的には、近代文明において常に破壊的イノベーションを達成してきた高分子化学合成をもってしても未踏であるプラスチック金属・プラスチック超伝導体の実現、そして希少金属の電子機能性代替の実現を最大のミッションとする。これらの全ては、凝縮固体中で波として振る舞う電子機能性であることから、周期的結晶ポテンシャルを形成し得る高密度かつ高周期性を有する高分子システムを実現し、「物質」と「電子」の凝縮を課題として「コンデンスドプラスチック」の物質科学を展開する必要がある。

本年度は、プラスチックにおける「物質」と「電子」の凝縮を目指し、材料探索や高密度キャリアドーピング手法の開発を継続して実施してきた。高分子だけでなく低分子材料にキャリアドーピングのコンセプトを拡張し、特に結晶粒界や欠陥をほとんど排除した「単結晶」をモデルケースとして電子相転移の可能性を模索した。その結果、印刷法を用いて製造可能な大面積の単結晶薄膜の表面のみを選択的にキャリアドーピングする手法の開発に成功し、有機半導体では世界初となる絶縁体—金属転移の実験的観測に成功した。1分子ユニットに0.2電荷程度の極めて高い電子密度を実現できたことで、金属の電子基底状態であるフェルミ縮退した電子系が示す普遍的な物性の観測にも成功しつつある。この結果は、分子性材料においても固体物理学・金属電子論の標準理論から普遍的に予想される様々な電子相転移現象が実現可能であることを強く示唆している。また、高分子材料への新規なドーピング手法の検討やキャリアドーピングメカニズムの解明など、研究計画通りの進捗が得られている。