

2025年度 第20回凝縮系科学賞受賞者業績紹介

「実験部門」

業績題目：新規オリゴマー電荷移動錯体の合成と物性開拓

受賞者：藤野 智子（ふじの ともこ）氏（横浜国立大学）

学歴

2005年3月 東京大学 理学部化学科 卒業

2007年3月 東京大学大学院 理学系研究科化学専攻 博士前期課程 修了

2007年7月 東京大学大学院 理学系研究科化学専攻 博士後期課程 中途退学

2011年3月 東北大学 博士（理学・論文）取得

職歴

2007年8月 東北大学大学院 理学研究科化学専攻 助教

2016年12月 東京大学大学院 理学系研究科化学専攻 助教

2019年6月 東京大学物性研究所 凝縮系物性研究部門 助教

2025年6月 横浜国立大学大学院 工学研究院 機能の創生部門 准教授

受賞理由

分子性導体の研究は電荷移動錯体の発見以来、70年以上にわたる新物質開発と物性開拓が進められ、金属状態、超伝導状態、強磁性金属状態、マスレスディラック電子など、様々な物性を示すことが明らかとなってきました。その過程で個々の分子の量子状態がどのように固体結晶の量子物性と結びつくのか、構造と機能の関係が、強結合近似や第一原理計算、あるいは電子相関を入れたモデル計算等によって明らかにされています。このような低分子材料の物性科学が進む一方で、導電性ポリマーは別の切り口からの研究が進み、1次元格子上 SSH(Su-Schrieffer-Heeger)模型あるいはその連続体近似での TLM(Takayama-LinLiu-Maki)による解析解などにより理解が可能となったソリトン、ポーラロンを中心として説明されることが多い状況となっていました。

藤野氏はこのような有機材料を基盤とした伝導体の二つの見方を橋渡しするための材料系として、低分子と高分子の中間に位置するオリゴマー分子に着目し、その有機合成における自由度をいかんなく發揮してオリゴマー電荷移動錯体の物性開拓に取り組みました。ポリマー材料で高伝導性を示す PEDOT-PSS をモデルとして、その単量体であるチオフェンの数を徐々に増やすことで生じる物性の変化を、単結晶の伝導度測定に基づき丁寧に議論しました。結晶化の過程で、置換基を変える必要が生じたときも、その有機合成の能力によって適切な共重合ユニットを選択し、結果として鎖長・オンサイトクーロン反発および分子配

列の変化による伝導度の飛躍的な向上を観測することに成功しています。また、ここで開発したオリゴマーを転用することによって、新しい交互積層型電荷移動錯体の開発にも成功しました。交互積層型では、ドナー分子とアクセプター分子が交互に重なるため、基本的なバンド構造は半導体ですが、藤野氏はドナー分子とアクセプター分子の分子軌道準位と軌道の対称性が非常に良く整合した組み合わせを見つけることで、そのバンドギャップがほぼゼロに等しいような電子構造を実現することができました。ここでは従来の1次元鎖に加えて鎖間効果が顕著となるという電子状態の高次元化が重要な要素として浮かびあがってきました。

これらの研究は、当初の目的である低分子伝導体と高分子伝導体の境界領域開拓に留まらず、将来の分子性導体開発における大きな発展につながる可能性があります。また、藤野氏は新たな中性金属錯体を合成し、その両極性トランジスタ動作も見出すなど、広範な分子性化合物の開発に寄与しています。

よって、藤野氏の業績は凝縮系科学賞にふさわしいものといえます。

- [1] K. Onozuka, T. Fujino*, R. Kameyama, S. Dekura, K. Yoshimi, T. Nakamura, T. Miyamoto, T. Yamakawa, H. Okamoto, H. Sato, T. Ozaki, and H. Mori*,
“Metallic State of a Mixed-sequence Oligomer Salt that Models Doped PEDOT Family”,
J. Am. Chem. Soc. **145**, 15152 (2023).
- [2] T. Fujino*, R. Kameyama, K. Onozuka, K. Matsuo, S. Dekura, T. Miyamoto, Z. Guo, H. Okamoto, T. Nakamura, K. Yoshimi, S. Kitou, T. Arima, H. Sato, K. Yamamoto, A. Takahashi, H. Sawa, Y. Nakamura, and H. Mori*,
“Orbital Hybridization of Donor and Acceptor to Enhance the Conductivity of Mixed-stack Complexes”,
Nat. Commun. **15**, 3028 (2024).
- [3] M. Ito, T. Fujino*, T. Higashino, M. Hishida, and H. Mori*,
“Distinct Hole and Electron Transport Anisotropy in Ambipolar Nickel Dithiolene-based Semiconductor”,
Angew. Chem. Int. Ed. **64**, e202512609 (2025) .