

2024 年度年次報告書

未踏探索空間における革新的物質の開発

2023 年度採択研究代表者

関 修平

京都大学 大学院工学研究科
教授

Giant CISS 物質: 界面陽電子・電子の全運動量制御

主たる共同研究者:

河裾 厚男 (量子科学技術研究開発機構 高崎量子技術基盤研究所 上席研究員)

竹延 大志 (名古屋大学 大学院工学研究科 教授)

平山 元昭 (東京大学 大学院工学系研究科 特任准教授)

研究成果の概要

2024 年度に電子・陽電子 CISS のための鍵プラットフォームである電子共役型共有結合構造体 (COF) の構築とその構造制御・薄膜化について研究を進めた。1) 電子バンド伝導型 COF とその構造に対するプロペラ型 Chirality の誘導、2) マイクロ波界面電荷輸送評価技術: TRMC @ Interfaces を用いた界面電子並進運動量、について実施し、キラル COF 系・分子系における電子スピン偏極率が 60%以上に達する系を見出した。同時に、COF の次元変換を達成し、陽電子輸送を模した水素イオン伝導度計測において世界最高となる伝導度を達成した。

キラルイオン分子とトポロジカル物質との協奏的相互作用を利用して新奇キラル量子物性ならびに CISS 効果の最大化を図ることを目的としている。2024 年度は、(i) トポロジカル強磁性表面に対するイオン液体ゲート下でのキラル分子電気二重層形成と、(ii) 遷移金属ダイカルコゲナイド (TMD) バルク結晶へのキラル分子イオンの電気化学的インターカレーションという二つの実験プラットフォームを構築し、それぞれにおいて顕著な成果を得た。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Rolling two-dimensional covalent organic framework (COF) sheets into one-dimensional electronic and proton-conductive nanotubes” Z. Li, R. P. Paitandi, Y. Tsutsui, W. Matsuda, M. Nobuoka, B. Chen, S. Ghosh, T. Tanaka, M. Suda, T. Zhu, H. Kageyama, Y. Miyake, H. Shinokubo, M. Takagi, T. Shimasaki, M. Tachikawa, K. Suzuki, H. Kaji, Y. Ando, T. Ezaki, S. Seki, *Proc. Nat. Acad. Sci.* **2025**, *122*, e2424314122.
- 2) “Ultrafine Spatial Modulation of Diazapyrene-Based Two-Dimensional Conjugated Covalent Organic Frameworks”, Z. Li, T. Tsuneyuki, R. P. Paitandi, T. Nakazato, M. Odawara, Y. Tsutsui, T. Tanaka, Y. Miyake, H. Shinokubo, M. Takagi, T. Shimazaki, M. Tachikawa, K. Suzuki, H. Kaji, S. Ghosh, S. Seki, *J. Am Chem Soc.* **2024**, *146*, 23497-23507.
- 3) “Electron Transport over 2D Molecular Materials and Assemblies” S. Seki, R. P. Paitandi, W. Choi, S. Ghosh, T. Tanaka, *Acc. Chem. Res.* **2024**, *57*, 2665-2677.
- 4) “Circularly Polarized Light-Induced Microwave Conductivity Measurement: Rapid Screening Technique of Electronic Conductivity in Chiral Molecular Materials” Y. H. Koo, Y. Tsutsui, M. Omoto, Y. Yomogida, K. Yanagi, Y. K. Kato, M. A. Hermosilla-Palacios, J. L Blackburn, S. Seki, *J. Phys. Chem. Lett.* **2025**, *16*, 3232-3239.
- 5) “Impact of Gate Voltage on Mobility of Charge Carriers in Conductive Channel of Organic Molecular Semiconductors: Transport Landscape Assessed by Alternating and Direct Current Mode Techniques”, W. Choi, W. Matsuda, S. Seki, *Adv. Electro. Mater.* **2025**, *11*, 2400304.