

「超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製」
平成26年度採択研究代表者

H29 年度
実績報告書

加藤 隆史

東京大学大学院工学系研究科
教授

ソフトナノ空間を形成する自己組織化液晶高分子を基盤とする
革新的輸送材料の創製

§ 1. 研究実施体制

(1)「加藤」グループ

- ① 研究代表者:加藤 隆史 (東京大学大学院工学系研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・自己組織化ナノ液晶高分子の開発と合成・ナノ空間界面制御・配向制御
 - ・所望の輸送・分離を行なう材料を開発するための学理の構築
 - ・研究全体の総括

(2)「辺見」グループ

- ① 主たる共同研究者:辺見 昌弘 (東レ(株) 理事)
- ② 研究項目
 - ・液晶モノマーから所望の自己組織化ナノ高分子薄膜を形成する技術の確立
 - ・得られた薄膜の機能評価・構造評価の実施と手法の確立

(3)「細野」グループ

- ① 主たる共同研究者:細野 英司 (産業技術総合研究所省エネルギー研究部門 主任研究員)
- ② 研究項目
 - ・自己組織化ナノ液晶高分子の精密構造評価と二次電池電解質への応用

(4)「灘」グループ

- ① 主たる共同研究者:灘 浩樹 (産業技術総合研究所環境管理研究部門 主任研究員)

② 研究項目

- ・自己組織化ナノ液晶高分子によるイオン・分子の輸送・分離の計算機シミュレーション

(5)「栗栖、片山」グループ

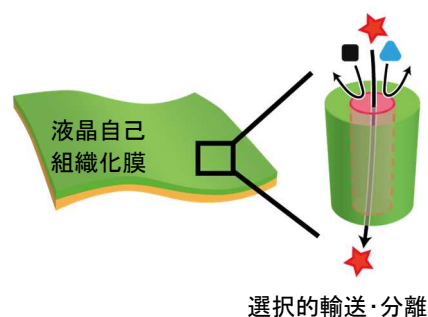
- ① 主たる共同研究者:栗栖 太(東京大学大学院工学系研究科 准教授), 片山 浩之(東京大学大学院工学系研究科 准教授)

② 研究項目

- ・自己組織化ナノ液晶高分子によるウイルス除去テストの実施と評価
- ・既存の水浄化方法の問題点の明確化

§ 2. 研究実施の概要

資源やエネルギーを有効に活用し、持続的に発展する社会を作るために、新たな分離・輸送材料の開発が期待されている。本研究では、規則的なソフトナノ空間を自発的に形成し、かつナノ空間を制御できる材料として「自己組織化ナノ液晶高分子」(図 1)を開発する。多孔質高分子膜による輸送・分離は広く利用されているが、従来材料はナノレベルの孔構造制御はできていない。本研究は、液晶高分子の自己組織的な規則的な孔を活用することにより、従来は不可能であった、物質を高選択的に輸送・分離する革新的素材を開発することを目的とする。



選択的輸送・分離

図 1. 自己組織化ナノ液晶高分子による輸送・分離の概念図

平成29年度は、1) 自己組織化ナノ液晶高分子を用いる水処理膜材料、2) 自己組織化ナノ液晶高分子のウイルス除去膜などへの応用展開、3) イオン認識能を有する液晶分子の開発、4) 自己組織化ナノ液晶高分子におけるイオンの高速輸送技術の構築と応用をメインテーマとして、新たな分子の設計と合成、液晶高分子の材料化とナノ構造の評価に取り組んだ。

水処理膜材料におけるナノチャンネル構造の最適化を進めるために、カラムナー構造あるいは双連続構造を形成した、異なるイオン性部位を有する重合性液晶分子から水処理膜を作製し、それらの膜の塩や糖、色素分子に対する除去能や透水性等の統合的な評価を行った¹⁾。さらに、液晶ナノチャンネルを構成するイオン部位の違いが、チャンネル中の物質移動に与える影響について、シミュレーションによって検証を進めた。測定およびシミュレーションの結果から、液晶分子のイオン性部位とチャンネル中の物質との相互作用が大きく影響することを明らかにした¹⁾。また、新たに双性イオン部位を有する重合性分子を開発し、水処理膜としての性能評価を行なった。

さらに、アルカリ金属イオンに対する選択的な認識能を有する新たな液晶分子を開発した。クラウンエーテル骨格と疎水性部位からなる分子を開発し、リチウムイオンに対する会合力を指標として、クラウンエーテル部位の構造最適化を進めた。リチウムイオンに対する高い選択性と会合力を示し、イオンとの複合化によりカラムナー液晶を形成する新規分子を得た²⁾。

また、イオン輸送能を示す液晶材料に関する技術開発を進め、電気化学的安定性に優れた液晶電解質のイオン輸送能の向上に成功し、液晶電解質からなるリチウムイオン二次電池の室温動作や高速充放電を達成した³⁾。低流動性の液晶電解質を用いることにより、エネルギーデバイスの安全性向上につながると期待される。今後、重合性液晶電解質の開発などを進めていく。

- 1) T. Sakamoto, T. Ogawa, H. Nada, K. Nakatsuji, M. Mitani, B. Soberats, K. Kawata, M. Yoshio, H. Tomioka, T. Sasaki, M. Kimura, M. Henmi, and T. Kato, "Development of Nanostructured Water Treatment Membranes Based on Thermotropic Liquid Crystals: Molecular Design of Sub-Nanoporous Materials", *Advanced Science*, Vol. 5, p 1700405-1/9 (2018).
- 2) Y. Luo, N. Marets, and T. Kato, "Selective Lithium Ion Recognition in Self-Assembled Columnar Liquid Crystals Based on a Lithium Receptor", *Chemical Science*, Vol. 9, pp. 608-616 (2018).

- 3) T. Onuma, E. Hosono, M. Takenouchi, J. Sakuda, S. Kajiyama, M. Yoshio, and T. Kato,
"Noncovalent Approach to Liquid-Crystalline Ion Conductors: High-Rate Performances and
Room Temperature Operation for Li-Ion Batteries", *ACS Omega*, Vol. 3, pp. 159-166 (2018)