

2024 年度年次報告書

トランススケールな理解で切り拓く革新的マテリアル

2023 年度採択研究代表者

渡邊 雄一郎

京都大学 大学院工学研究科

助教

電場下ナノスケール制御による革新的超分子ポリマーマテリアルの創生

研究成果の概要

本研究では、分子の自己集合挙動を外部電場により能動的に制御し、革新的な超分子ポリマーマテリアルを創出することを目指している。当該年度は、用いる分子構造の抜本的な見直しと、電場印加に用いる電極の改良および新規作製に注力した。

昨年度の検討を通じて、対象分子の溶媒への溶解性や、使用する電極の耐溶媒性、さらに分子挙動の観察手法に関して課題が明らかとなった。これを踏まえ、本年度は水溶性を有する分子の設計・合成に取り組み、水中における電場応答性の評価を実施した。分子の主骨格には、顕微鏡下での挙動観察が容易なシアニン系有機色素を導入した。これにより、可視光領域での高い吸収特性を活かしたリアルタイム観察が可能となった。まず、合成したシアニン色素分子を水中で超分子重合しナノチューブ構造体を調製した。得られたナノチューブに対し外部電場を印加し、その配向挙動の制御を試みた。電場を印加していない条件ではナノチューブは無秩序なランダム配向を示したのに対して、不均一交流電場を印加した場合には、電場方向に沿った配向が顕著に観察された。これにより、外部電場によるナノチューブの配向制御が可能であることを実証することができた。現状、再現性が低い課題があるため、条件検討を重ねていく。また、周波数や電圧に加えて溶媒の乾燥による浸透流の影響も考慮してプロセスを理解したい。

不均一交流電場を発生させるための専用電極の自作に取り組んだ。文部科学省「マルチマテリアル化技術・次世代高分子マテリアル重要技術領域」のクリーンルームを活用し、各種基板上に複数の材質による電極を作製した。ガラス基板および石英基板上に Ti/Al または Ti/Au からなるクリークギャップ電極を形成し、これら電極を用いた超分子ポリマーの配向・配列制御に取り組んだ。引き続き、電極構造のさらなる最適化を進め、再現性の高い配列制御条件の確立を目指すとともに、電場応答性に優れた分子の選定を行い、本研究の最終目標である電場応答型マテリアルの開発へ挑戦する。