

熱輸送のスペクトル学的理解と機能的制御
2017 年度採択研究者

2018 年度 実績報告書

澤田敏樹

東京工業大学物質理工学院
助教

生体高分子の階層的な集合化を利用したナノスケール熱動態の理解と機能制御

§ 1. 研究成果の概要

繊維状ウイルスの一種である M13 バクテリオファージ(ファージ)を素材として、それらを非共有結合を基に高度に配向させて様々な集合体(フィルム)を構築し、その熱拡散率ならびに構造を評価することで、有機系高分子の非共有結合を介した熱輸送について明らかにすることを目的とした。昨年度の研究から、ファージ水溶液を乾燥させる際に生じる液滴の端で生じるマランゴニ対流に基づいて(いわゆるコーヒーリング効果)、そのマクロな配向度を制御できることを見出している。特にフィルムの外側では高い配向度となり、結果として熱拡散率が向上することが明らかとなっている。この高い熱拡散率を示すための因子を明らかにすることを目指し、詳細な構造を解析した。その結果、ファージが形成する液晶配向様式が重要であり、二次元にも三次元にも欠陥のない集合構造を形成することが高い熱拡散率には重要であることがわかった。

一方で、フィルムを形成する素材であるファージはタンパク質と DNA からなる生体高分子集合体であるため、熱に対する耐性が懸念される。一般にタンパク質は 80~90 度程度で変性し、固有の機能が失われることが知られている。構築しているフィルムのマテリアルとしての有用性を明らかにするため、150 度で 30 分という熱処理を施し、熱処理が与える効果を評価した。その結果、高い熱拡散率をもつフィルムの外側では熱処理をしても熱拡散率の減少は全く見られなかった(図)。一方で、熱拡散率の低い位置では熱拡散率は 70%程度まで減少した。これは、高い熱拡散率を示す集合構造は欠陥が少なく、よくパッキングして安定化しているためと推察される。以上のように、繊維状ウイルスからなる集合体が生体高分子からなる集合体としては十分に高い熱安定性をもつことがわかり、熱輸送材料としての有用性を明らかにすることができた。

熱処理前後の
熱拡散率の比 $\approx 1.2 \quad \approx 0.74 \quad \approx 0.76 \quad \approx 0.78$

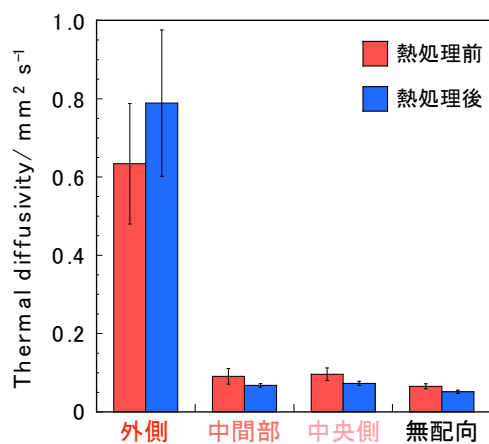


図 熱処理前後におけるフィルムの位置それぞれの熱拡散率

§ 2. 研究実施体制

- ① 研究者: 澤田 敏樹 (東京工業大学物質理工学院 助教)
- ② 研究項目
 - ・フェージ分子ならびにその集合化の制御
 - ・熱拡散率の測定および熱輸送機構の解明