

力学機能のナノエンジニアリング
2021 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

加藤 和明

東京大学大学院新領域創成科学研究科／物質・材料研究機構
講師／主任招聘研究員

緩やかな拘束を用いた高分子樹脂の強靱化

§ 1. 研究成果の概要

新しい高分子樹脂群であるポリロタキサンガラスには、他の材料には無い制御された幾何学的な拘束により、高分子鎖の高い運動性や変形に応答した相分離構造が表れ、材料の力学物性を制御するための新たな材料設計指針の構築が期待できる。本研究では、剛性と靱性を両立した透明樹脂の創製を目指し、2021年度はクレイズ安定化機構の解明に向けたナノ力学測定に最適なサンプルの調製と、軸高分子の運動性の制御に向けた系統的な合成と物性評価を行った。まず、以前にクレイズの構造を明らかにしたポリロタキサンガラスを用いてナノインデンテーションを行ったところ、バルクフィルムとは異なり材料表面では非常に速い吸湿のため、測定が困難であることが判明した。そこで、環状成分に疎水的な置換基を修飾したポリロタキサンガラスを新たに合成し、白化をしながら降伏を示し数倍延伸可能であることと、未変形試料のナノインデンテーションが安定して行えることを確認した。さらに、延伸によって生じた白化部分を走査型電子顕微鏡により観察し、クレイズの詳細な構造を明らかにした。また、化学構造が系統的に異なる一連のアシル化ポリロタキサンガラスを合成し、その力学物性を比較した。アシル基の嵩高さに応じて弾性率やガラス転移温度は予想通り低下したが、延性はこれらとは無関係な挙動を示し、この材料の剛性と延性は必ずしもトレードオフの関係にはなっていない可能性が示唆された。そして、動的粘弾性測定などにより各材料の挙動を比較したところ、環状成分であるアシル化シクロデキストリンの局所的な運動性には違いがほとんどない一方で、この材料の特有の高分子鎖の運動性については有意な差が見られた。そして、延性を示す材料ではこの運動性が脆性材料よりも高い傾向にあることが明らかとなった。また、この軸高分子の運動性が、環状成分との相互作用により化学的に変化させられることも実証した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Direct enhancement of intercomponent interactions in polyrotaxane and its pronounced effects on glass state properties”, *Chemical communications*, vol. 57, pp.12472–12475, 2021.