

2023 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

新井 達也

東京大学 大学院新領域創成科学研究科

助教

X 線回折で見る高分子複合材料のリアルタイム内部運動

## 研究成果の概要

高分子材料において、分子や粒子のナノレベルのダイナミクスは、材料のマクロな物性と密接に関係している。研究代表の所属する研究室で考案された Diffracted X-ray blinking (DXB)法は、無数の結晶から生じた回折 X 線を時分割測定し、その強度揺らぎを自己相関関数解析することで結晶のダイナミクスを測定する手法である。本研究の第一の目的は、DXB 法を用いて高分子ナノコンポジット(Polymer nanocomposite: PNC)内部におけるフィラーのダイナミクスを測定する手法を確立することにある。そのために、ゲルやゴムやプラスチックなどの複数の PNC に対して網羅的に DXB 解析を行った。ハイドロゲルナノコンポジットサンプルをモデルシステムとした DXB 解析手法について、温度依存性や粘性・濃度依存性を明確に測定することが分かってきた。また、加硫天然ゴム内部の 2 種類のフィラー( $\text{ZnO}$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )からダイナミクスを測定することに成功し、それらの異なる運動を捉えることに成功した。

他にも、プローブとして  $\text{ZnO}$  を添加した生分解プラスチック(PCL)を加水分解劣化させた際に、最初の数日はダイナミクスが増加する一方、それ以降は減少していく様子が観察された。前者は高分子鎖の切断によるものと考えられ、後者は動きやすくなった高分子鎖が再結晶化を起こしたと考えられる。このような高分子劣化のメカニズム解明に DXB 法を適用できる可能性が示された。

また、上記の X 線回折(広角)だけではなく小角散乱領域でも同様の Blinking 現象が起きており、自己相関関数で解析可能である事を発見した。現在これを用いて高分子材料内部のダイナミクスを測定する手法を考案している最中である。