

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

小椎尾 謙

九州大学 先導物質化学研究所
准教授

二軸伸長変形下におけるマルチスケール構造解析による
非晶性高分子の分子鎖凝集構造と変形メカニズム

§ 1. 研究成果の概要

材料の力学試験において、二軸伸長は、一軸伸長では得られない情報を得ることが可能であり、より実用環境に近い応力場である。本研究では、広角 X 線散乱(WAXS)測定および偏光高速度カメラを用いて、ガラス状高分子の二軸伸長過程における構造変化と力学物性の関係を解明することを目的とする。

試料としてポリメチルメタクリレート(PMMA)($M_w=1.2M$)を用い、熱プレスにより膜厚 0.20 mm 程度のフィルムを調製した。一軸、二軸伸長試験を室温 \sim 80 °Cの条件で行った。また、伸長過程における分子鎖凝集構造の変化を解析するため、偏光高速度カメラ観察および大型放射光施設 SPring-8 にてその場 WAXS 測定を行った。

力学試験より、一軸、二軸伸長ともに 26 °Cでは脆性破壊を示した。昇温すると、一軸、二軸伸長ともに 50 °Cで降伏を示し、延性的な挙動に変化した。これは、40 \sim 50 °Cに観測される側鎖の回転運動に起因する β 分散に由来する。偏光高速度カメラ観察において、一軸伸長試験では、位相差が増大し、屈折率楕円体の短軸方向が伸長方向に配向したことから、分子鎖が伸長方向に配向していることが明らかとなったが、二軸伸長では、位相差、屈折率楕円体の短軸方向ともに、顕著な変化は観測されなかった。これは、二軸伸長変形によって、巨視的には等方的な構造変化のみが生じたためと考えられる。これに対して、WAXS 測定では、分子鎖間距離、分子鎖方向の側鎖間距離、分子鎖方向の炭素-炭素間距離に相当する3つのアモルファスハローが観測され、一軸伸長では、偏光高速度カメラ観察と同様、分子鎖が伸長方向に配向していることを示す3つのハローのピークシフトと強度変化が観測された。これに対して、二軸伸長変形では、ピークシフトは顕著に観測されなかったが、3つのハローの強度に変化が生じ、分子鎖がやや伸長されている傾向を示した。これより、分子鎖の局所的なランダムな配向は生じるが巨視的には等方的になっていることが明らかとなった。