

令和6年度実績報告書

令和 7 年 3 月 31 日

公立千歳科学技術大学

学長 宮永 喜一 様

公立千歳科学技術大学特別研究等助成要綱第 7 条に基づき、下記のとおり報告いたします。

報告者	所属	応用化学生物学科学科	職名	教授	准教授	講師	助教	助手
	氏名	大越 研人	ふりがな	おおこし けんと				
研究課題名	ガラス転移点以下で塊状重合したポリマー中に発生する不均一構造の解明							
本研究費による発表論文、著書など								

【背景】

光技術の発展に伴って、透明ポリマーの更なる高透明化が重要な課題となっている。高速で大容量の情報通信網に対応するために隅々まで光ネットワークを張り巡らせる必要があり、これを実現するためには柔軟で折れにくく取り回しが容易なプラスチック光ファイバーが最も適した選択肢である。このため、光通信の分野で用される光ファイバーもガラスからプラスチックへの置き換えが試みられており、そのコア材料に用いるポリマーには究極の透明性が要求されており、光を散乱する結晶による屈折率の不均一構造を持たない非晶性ポリマーが盛んに研究されている。しかし非晶性ポリマー固体中にも不均一な構造が存在することが明らかとなった。内部に屈折率不均一構造が少しでも存在する場合、これにより光散乱が発生し光散乱損失が増加することで透明性が損なわれるため、光散乱損失を低減するために不均一構造の制御が必要である。谷尾研究室では、プラスチック光ファイバーの伝送損失を最小化するために極限まで透明化した PMMA (ポリメタクリル酸メチル) の開発を行っている。しかし、これまでに様々な条件で重合した PMMA の評価を光散乱法により行ったところ、PMMA には数十 nm オーダーのわずかな屈折率の不均一構造が存在し、これが高透明化を妨げていることが分かった。¹ 本研究はこれらの先行研究を受け、谷尾研究室と共同で重合条件の異なる PMMA サンプルの AFM 観察、小角 X 線散乱測定を行い、不均一構造発生の原因を導き出すことを目的として行った。

【結果】

重合温度を 70℃、重合時間を 96、480、600、720 時間で重合した PMMA 薄切片を AFM 観察したところ、球状の不均一構造が観察された。□ AFM で観察された切断円分布と、切断モデルにて計算された 3 次元球の分布の比較より、切断円の分布とその元である 3 次元球の分布は異なり、切断円よりその元である球のほうが常に大きい。そこで、観察される球状構造の直径の平均値を求め、この断面円をもつ球の直径平均 $\bar{D}_c$ を切断モデルを用いて算出した。重合時間の増加に伴い球状構造のサイズが大きくなり、その直径の分布が広がる傾向が見られた。また、70℃で 96 時間、90℃で 96 時間、100℃で 96 時間、130℃で 96 時間重合された PMMA サンプルで同様の観察を行ったところ、PMMA のガラス転移温度である 110℃以下の場合、重合温度が高いほど球状構造のサイズが徐々に大きくなり分布が広がる傾向が見られた。また、130℃で 96 時間重合された PMMA サンプルは他の球状の構造が確認されたサンプルと比べ、球状部分とその外側の弾性率差が小さくなっていた。

超小角 X 線散乱プロファイルの Guinier 解析により粒子直径 $2R$ を算出しても同様に重合時間の増加に伴い球状構造のサイズが大きくなる傾向が見られ、光散乱測定より求められている相関距離 a と強い相関を示した(図 1)。重合時間を 96 時間、重合温度を 70、90、100、130℃で重合した PMMA 薄切片を AFM 観察し、球状構造の直径の平均値を求めると PMMA のガラス転移温度である 110℃に近づくにつれて球状構造のサイズが大きくなることが確認され、超小角 X 線散乱プロファイルの guinier 解析により算出した粒子直径 $2R$ にも同様の傾向が見られた。

【参考文献】

1. N. Tanio, H. Obata, A. Okada, S. Segawa, R. Takemura, R. Kaneko *Kobunshi Ronbunshu*. **66**, 1-9 (2009).

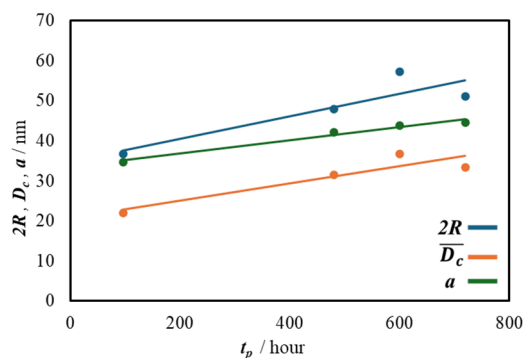


図 1 Guinier 解析、AFM、光散乱測定より求められる球状構造サイズの変化