

課題番号 : F-16-TT-0049
利用形態 : 共同研究
利用課題名(日本語) : 分子レベルでの構造制御に基づく再生可能資源としての高タフネスシルク素材の創成
Program Title (English) : Creation of the silk materials with strong toughness based on the molecular-level structural control
利用者名(日本語) : 吉岡太陽
Username (English) : T. Yoshioka
所属名(日本語) : 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構(農研機構)
Affiliation (English) : National Agriculture and Food Research Organization (NARO)

1. 概要(Summary)

強度と伸びのバランスに優れ、かつ、再生可能資源でもある絹糸(シルク)は、次世代構造材料の候補として注目されている。一方で、シルクを繊維以外の形状で利用するため、一旦溶液化し(再生シルク)、様々な形状に加工すると、本来の力学特性が大きく損なわれてしまう。これは、カイコが繊維化過程で付与するタンパクの階層構造を再構築することが困難であるためである。申請者らは、再生シルクを用いた素材化において、天然シルクを超える力学特性の付与を目指し、構造制御法の開発に取り組んできた。すでに、力学強度の強化に必須となる結晶配向性の付与方法を確立し、天然シルクを超える弾性率を得ることに成功した(Yoshioka T., et al., Biomacromolecules 2016, 17, 1437)。一方で、破断強度の値は半分程度と劣っている。本申請研究の目的は、破断強度の改善を目指すうえで、構造制御の観点より取り組むべき課題点を明確にすることである。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

多目的 X 線回折装置 (Rigaku Rint TTRIII)、高速フーリエ変換型赤外分光光度計 (Varian FTS7000)

【実験方法】

予め作成した、再生シルクフィルムおよびその加熱延伸フィルムについて、上述の装置を用いた構造解析を行い、以下の項目について調べた。

- 1) 延伸前後の結晶型
- 2) 延伸条件による結晶化度、結晶配向度への影響
- 3) 延伸試料の微結晶サイズの測定

3. 結果と考察(Results and Discussion)

申請者らが考案した手法により作製される延伸シルクは、天然シルクよりも高弾性率であり、結晶配向性も高い。しかし、破断強度は低い。結晶構造、結晶化度、結晶配向度を調べた結果、天然シルクと大差ないことが確認された。一方、分子鎖軸方向の微結晶サイズの評価(002 反射の

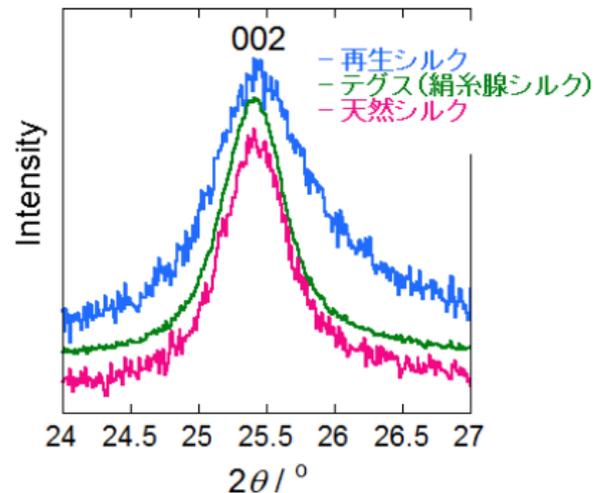


Fig. 1 WAXD 00 l profiles measured by a transmission method.

半値幅の評価(Fig. 1)において、天然シルクの約半分程度と小さいことがわかった。一方、絹糸腺延伸試料(テグス)では、結晶配向度は再生シルクよりも低いものの、天然シルクと同等の微結晶サイズを示した(Fig. 1)。再生シルクの分子量低下は無視できるレベルであることを電気泳動より確認しており、微結晶サイズの低下は、構造形成過程に起因すると考えられる。天然シルクの微結晶サイズは、カイコ絹糸腺内でのタンパク会合状態ですでに決まっており、延伸過程には依存しない可能性が示唆された。今回の実験結果より、延伸を施す前のタンパク会合状態の解明と、その制御が今後の課題として示された。

4. その他・特記事項(Others)

本研究は、農研機構 亀田恒徳 ユニット長、豊田工業大学 田代孝二 教授との共同研究の一環として実施した。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。