

poly(ethylene terephthalate)繊維引張時の USAXS 像変化におよぼす 延伸倍率・引張速度の影響

(信州大・繊維) ○大谷颯生、布施遼平、富澤錬、金慶孝、大越豊
(東レリサーチセンター) 岡田一幸、(東レ繊維研) 前川茂俊、勝田大士

【緒言】優れた機械的特性により幅広く用いられている Poly(ethylene terephthalate)(以下 PET)繊維について、さらなる構造—物性関係の明確化を目的とし、これまでに引張変形中の結晶構造・ラメラ構造・長周期構造といった数 nm—数十 nm スケールの構造変化に関する研究を行ってきた。本研究では 3.5-5.4 倍に延伸した PET モノフィラメントを歪速度 8–180 %/min で引っ張りながら USAXS 像を撮像し、構造変化を評価した。

【実験】Pellet IV : 0.70 dL/g の PET 樹脂を 290℃で押し出し、93℃の温水浴中にて 3.5、4.5、5.0、5.4 倍まで延伸した試料を作製した。得られた繊維を室温(25℃)にて、試料長 120±10 mm、歪速度 8–180 %/min で引っ張りながら、カメラ距離 8018 mm で USAXS 像を撮像した。測定は SPring-8 BL03XU で行い、X 線波長 0.200 nm、ビーム径 30 μm、検出器 PILATUS 1M を用いた。測定周期は 1.0 秒、露光時間 0.9 秒とし、得られた散乱像から空気散乱を減算した。

【結果・考察】Fig. 1 に各試料の S-S カーブと、引張変形中における USAXS 像を示す。いずれも横軸は延伸倍率×引張試験倍率によって求めた総延伸倍率(TDR : Total Drawing Ratio)であり、応力には真応力を用いている。定性的には、どの延伸倍率の試料でも、同じ TDR ならほぼ同様な USAXS 像を示す。すなわち、TDR3.5 付近では赤道に弱く配向した散乱像だけが目立つが、TDR4.5 で層線散乱が目立ち始め、TDR4.5–5.9 では層線状散乱が赤道方向に広がり、層線ピークの回折角は低角度側に移動する。さらに TDR5.9 以降では子午線に沿ってストリークが観察されるようになり、TDR の増加に伴って層線状散乱は強度低下し、赤道・子午線ストリークが強度増加した。特に DR3.5 の TDR6.6 倍以上では、赤道・子午線方向に沿った鋭いストリークが観察された。ただし、同じ TDR でも、良く見れば延伸倍率による差が観察される。たとえば同じ TDR 5.7 でも、高延伸倍率試料ほどピーク位置はより低角側に観察され、子午線ストリークが弱い様に見える。

USAXS 像に観察される層線状散乱は、繊維軸方向に沿って密度が変動する層状構造の存在を示唆する。いずれの延伸倍率の試料でも TDR4.5 - 5.4 でこの層線状散乱の赤道方向幅が拡大することは、この層状構造のラテラル方向への秩序性が減少することを、層線状ピークの回折角が減少することはこの層状構造の間隔が伸びることを意味する。このうちラテラル方向への秩序性の減少はフィブリル間の滑り、層状構造間隔の伸びはフィブリルもしくはフィブリル間隔の伸びと推定できる[1]。また TDR5.7 の赤道ストリーク強度が高倍率繊維ほど弱いのは、同じ TDR でも高温で伸ばされる割合が多いほどクラックが形成・成長しにくいためだろう。

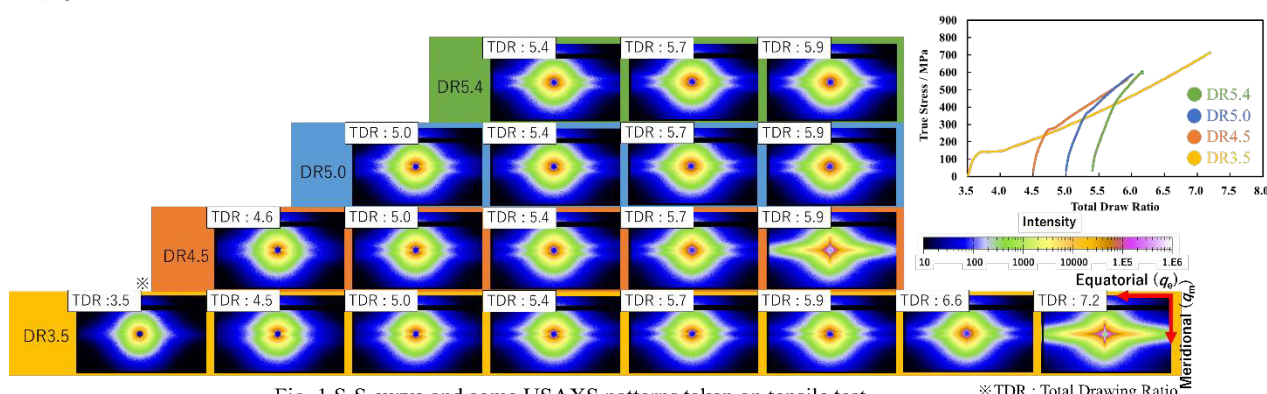


Fig. 1 S-S curve and some USAXS patterns taken on tensile test.
Total Drawing Ratio of each USAXS patterns are shown in the figure.

【参考文献】

1. 布施遼平他、2023 年繊維学会年次大会予稿集、1E09

Effects of draw ratio and tensile rate during tensile testing on the change of USAXS images of poly(ethylene terephthalate) fibers. Satsuki OTANI, Ryohei FUSE, Ren TOMISAWA, KyoungHou KIM, Yutaka OHKOSHI, Kazuyuki OKADA, Shigetoshi MAEKAWA, Hiroo KATSUTA, Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, 3-15- 1 Tokida, Ueda-City, Nagano 386-8567 Japan, Tel: +81 268-21-5523, E-mail: rtomisawa@shinshu-u.ac.jp