

# 繊維構造形成に先立つ分子鎖伸長によって推定した Poly(ethylene terephthalate) の引張強度

(信州大学・繊維) ○富澤錬, 伊香賀敏文, 金慶孝, 大越豊  
(東レ・繊維研究所) 前川茂俊, 勝田大士,  
(東レリサーチセンター) 岡田一幸, (京都大学) 金谷利治

【緒言】 Poly(ethylene terephthalate)(PET)繊維の延伸時の配向分子鎖束の伸び量が、延伸後の繊維強度推定に有効であることがわかっている[1]。すなわち、異なる分子量を持つ PET 繊維を等しい応力で延伸した際に、ネック直後の面間隔が延伸後の繊維強度および熱収縮率と負の相関にあることが見出された。しかし、異なる延伸応力で繊維を作成した場合の物性推定については、まだ十分に検討されていない。本研究では、PET 繊維の連続延伸中における WAXD/SAXS 像の変化から、延伸応力が繊維構造形成過程におよぼす影響について調査し、得られた繊維の熱的・機械的物性との関係について考察した。

【実験】 PET 樹脂を紡糸速度 300 m/min で熔融紡糸し、as-spun 繊維を作製した。得られた繊維を SPring-8 BL03XU において 61 – 162 MPa の延伸応力でネック延伸し、延伸中の繊維に X 線を照射することで WAXD 像と SAXS 像を同時に撮像し、得られた像を解析した。また、延伸後の繊維に対し引張試験、熱機械分析 TMA を行った。

【結果と考察】 Fig. 1a に得られた面間隔と、それを 0 ms に外挿した値( $d_0$ )を示す。延伸応力の低下に伴って、0-0.3 ms での面間隔は減少し、経過時間に対する減少率も小さくなった。これにより、見積もられる  $d_0$  も小さくなり、延伸応力 99 MPa までは線形的に、それ以下の延伸応力では急激に  $d_0$  が低下した。得られた  $d_0$  に対して、破断時の真応力をプロットした(Fig. 1b)。結果、Fig. 1a において延伸応力に対して  $d_0$  が線形的に減少した範囲では、真応力がほぼ一定の値を示し、 $d_0$  が急激に減少した範囲では真応力も小さくなった。ただし、最大延伸応力で延伸された繊維のみ、真応力が著しく低下していた。

延伸応力は、延伸時の直径変動と温度に影響をおよぼす。奥村らの研究では、延伸倍率が低い場合にネック長が増加し、歪速度が低下することが示されている[2]。また本研究での推定繊維温度を見積もると、延伸応力 61-138 MPa の範囲で 0 ms での推定繊維温度が 126-170℃と差があることも分かっている。これらはすなわち、低延伸応力かつ低温で繊維が引き延ばされたとき、配向分子鎖束による加工硬化が完了する前に、硬化と同時に構造形成が進んでいることを示唆している。この不十分な硬化によって、分子鎖の絡み合いの解消が起きやすくなり、面間隔のばらつきの増加と緩和の促進が起こることで、結果として面間隔が短くなると考えている。これは、延伸時に負担しうる分子鎖量が減少していることを示している。この減少と真応力の減少傾向に対応関係が見て取れるため、延伸直後の面間隔は延伸応力を変化させた際の物性予測にも有効である可能性高い。なお、最大延伸応力での真応力低下は連続延伸が不安定で糸切れが多かったことから、内部構造のムラが大きくなったことが原因だと推測している。

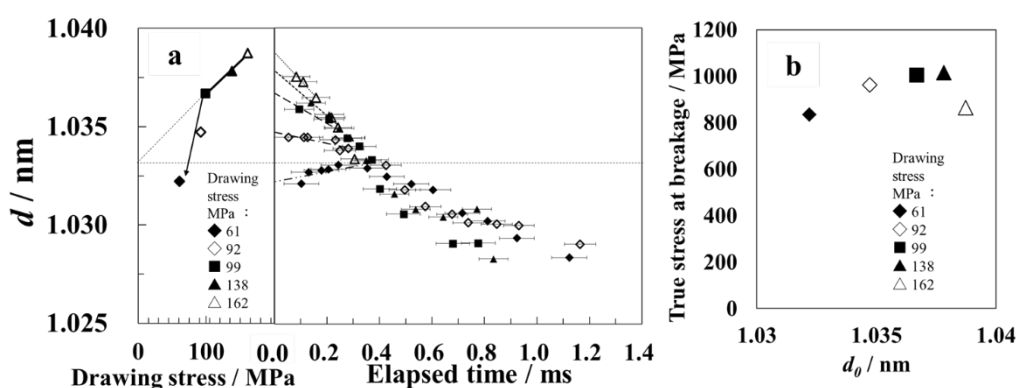


Fig. 1 a, d-spacings ( $d$ ) of smectic (001') diffraction plotted against elapsed time. The d-spacings are extrapolated to the elapsed time of zero, and the extrapolated values  $d_0$  are also plotted against the drawing stress. b, True stress at breakage plotted against  $d_0$ . Drawing stress are shown in figure.

[1] R. Tomisawa. et. al. Scientific Reports (2023) ,13,11759

[2] W. Okumura. et. al, Polymer Processing XVIII (2003), 18, 1, 46-52

Tensile strength of poly(ethylene terephthalate) estimated by molecular chain extension prior to fiber structure formation, Ren TOMISAWA, Toshifumi IKAGA, KyoungHou KIM, Yutaka OHKOSHI, Shigetoshi MAEKAWA, Hiroo KATSUTA, Kazuyuki OKADA, and Toshiiji KANAYA: Faculty of Textile Sci. and Tech., Shinshu University, 3-15-1 Tokida, Ueda, Nagano 386-8567, Tel +81-268-21-5523, rtomisawa@shinshu-u.ac.jp