

目的別テーマ：ハイパフォーマンス/ハイブリッド繊維の開発

研究テーマ

15-5-6：高度複合紡糸とレーザー加熱延伸によるナノファイバーの創製

ABSTRACT

By combining multi-islands conjugate melt spinning and CO₂ laser-heated flow drawing, poly(ethylene terephthalate) nano-fiber which have a diameter of 36 nm was obtained by the 174 times flow drawing and 3 times re-drawing. In addition, obtained fiber bundle including the nanofiber has strength over 500 MPa.

研究目的

高度な海島複合紡糸技術と炭酸ガスレーザー加熱延伸技術を組み合わせることにより、高速、安価にポリエステル、ナイロン等のナノファイバーを創製する。

5年間の研究内容と成果

ポリエチレンテレフタレート (PET) の炭酸ガスレーザー加熱延伸により、配向結晶化を引き起こすネック延伸状態と、引き起こさない流動延伸状態が、いずれも安定して得られ、両者は互いにカタストロフィックに転移することが分かった。図1にはこの転移時の延伸応力と延伸倍率の関係を示して有る。両者は延伸応力 6 MPa 付近で転移し、延伸倍率 4-6 倍ではどちらの延伸形態もとることが分かった。

ネック延伸状態は、繊維構造形成を伴うため、倍率が 10 倍程度に制限される。これに対し、流動延伸状態の倍率には原理的な制約は無い。然るに、これまで数倍の倍率までしか得られていなかった。これは、加熱領域で流動延伸することによって延伸が不安定化してしまうためである。上記の結果より、レーザー加熱することで加熱領域幅を最小化すれば、数百倍まで安定した流動延伸状態が得られることが確かめられた。

本研究では、高度複合紡糸技術によって作成した多島海島繊維を炭酸ガスレーザー加熱延伸することにより、連続したポリエステルナノファイバーの創製を目指した。レーザー加熱延伸に用いた繊維は帝人ファイバー社製の PET/Nylon 多島複合溶解紡糸繊維である。この繊維をレーザー加熱流動延伸したところ、装置の巻取限界速度（延伸倍率 174 倍）まで安定して巻き取れた。流動延伸状態では外力による仕事や結晶化に伴う発熱は無視できるほど小さいため、繊維の温度はほぼレーザー光強度と繊維の走行速度のみによって決まる。繊維が安定的に流動延伸された条件にでは、繊維はレーザーによってほぼ 200℃ まで急速かつ均一に加熱され、冷却されつつ延伸されていると推定できる。この温度は PET の融点以下であり、比較的高粘度の状態での流動延伸したために島繊維が相互に融着しにくかった可能性がある。

174 倍延伸した複合繊維の断面 TEM 画像を図2に示す。得られた島繊維に融着している部分は見られず、平均的な直径は約 100 nm 程度である。またさらに細い繊維を 6 本融着し、174 倍まで流動延伸し

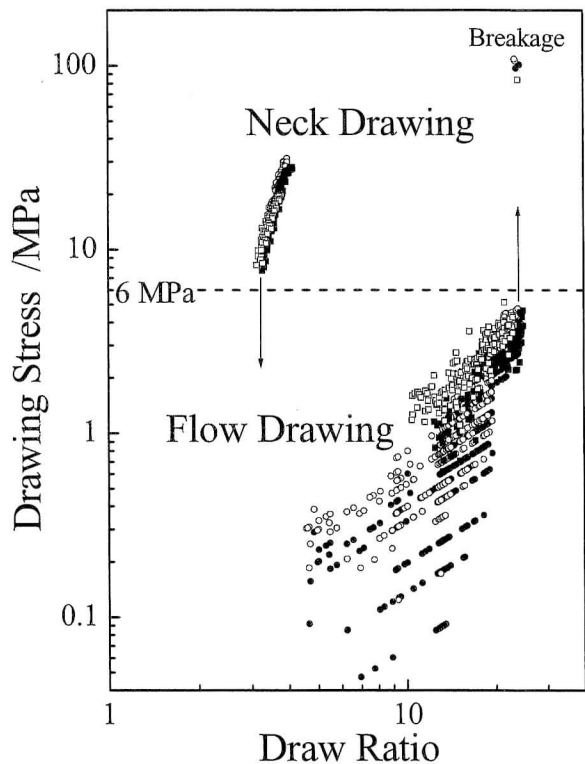


Fig. 1 Drawing stress for taken-up fiber plotted against draw ratio. The marks (□, ■, ○, ●) show the results of four experimental data sets.

て得られた繊維は、さらに3倍までネック延伸可能であった。得られた繊維は500MPa以上の強度と20%以上の伸度を示す。この繊維を蟻酸処理してナイロン成分を除去することにより、直径36nm程度の、均一で連続したポリエステルナノファイバーを得ることができた(図3)。

得られたポリエステルナノファイバーは、連続繊維束状態で得られ、機械加工に耐える十分な強度を有するため、編織等の2次加工が可能であり、製品形態の自由度が高い。従って衣料用途や高性能フィルター素材等への適用はもちろん、ほとんど不可視な衣服素材や、ウィルスの進入を防護しつつも着けていることがほとんど分からないマスク等、優れた応用が期待される。

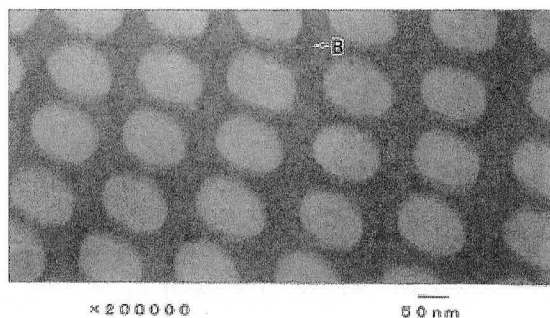


Fig. 2 TEM Image of Ultra-multi-island Conjugated Fiber

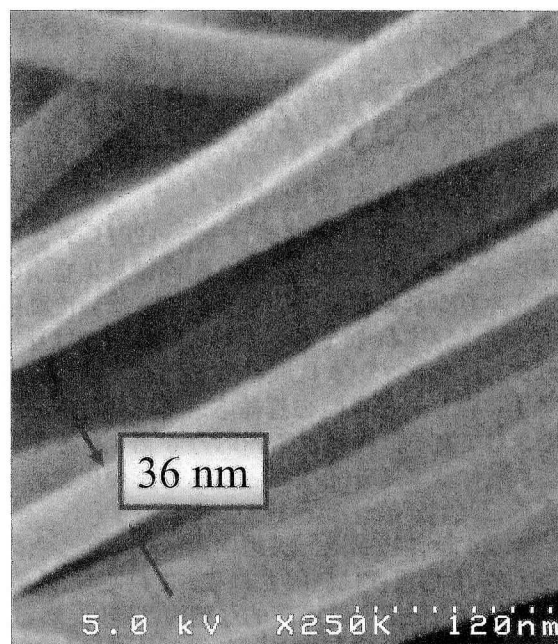


Fig. 3 SEM Image of PET Fiber Provided from Ultra-multi-island Conjugated Fiber