

延伸技術と撚糸技術の融合による超高強度繊維の創製

研究代表者

上原宏樹 群馬大学大学院理工学府 教授



1. 研究の背景と達成目標

本研究では、本研究代表者が独自に開発してきた「熔融延伸技術」を我が国の繊維産業が蓄積してきた「撚糸技術」と組み合わせることにより、有機溶剤を用いることなく、高強度な超高分子量ポリエチレン(UHMW-PE)モノフィラメントを製造する技術を確認するとともに、産業化に向けた性能評価を行う。

① UHMW-PE 薄膜の作製

本研究代表者は、これまで、UHMW-PE フィルムの熔融一軸延伸による高性能化を検討してきたが、ゲル紡糸繊維と同様の「伸びきり鎖結晶」構造を形成させるには至っていない。そこで、UHMW-PE フィルム高倍率まで熔融二軸延伸して薄膜を調製することで、分子鎖絡み合いを完全に解きほぐすことを試みた。

② UHMW-PE 複合糸の作製

上記の熔融二軸延伸 UHMW-PE 薄膜をそのまま一軸延伸しても、フィルムが裂けてしまい、それ以上の伸びきり鎖結晶を配列化させることは難しい。そこで、UHMW-PE 薄膜をスプリット・ヤーン化したのちに撚糸して複合糸を製造し、これをさらに熔融延伸することにより、ヤーン同士が融着したモノフィラメントを製造する。

2. 主な研究成果と社会、学術へのインパクト

【主な研究成果】

- ・UHMW-PE 熔融二軸延伸膜を短冊型に切り出し、これらを撚り合わせながら再度、熔融一軸延伸することによって、モノフィラメント繊維を製造することができた。
- ・この繊維は、従来のゲル紡糸繊維と比較して、釣り糸の性能として重要な「コシ」が改善するとともに、耐摩耗性も高くなった。これにより、アタリ感度に優れ、かつ、ガイド擦れによる強度低下が抑制された高性能釣り糸を安価に製造することが可能となった。

【社会、学術へのインパクト】

- ・本研究の複合糸の製造においては、従来の UHMW-PE ゲル紡糸繊維の生産で用いられているような大量の有機溶剤を用いないため、コスト面および環境面で優れている。
- ・キャノン財団の地域メディアに対するアウトリーチ活動の支援を受け、2016 年 10 月に桐生地区の夕刊紙である「桐生タイムス」に本研究が紹介され、これがきっかけとなって、UHMW-PE ゲル紡糸繊維を原料に釣り糸を製造している地場企業から、開発連携の申し出を受けるに至った。現在、実生産に向けた取り組みを展開している。
- ・これら本研究代表者がこれまで培ってきた「熔融延伸技術」とその繊維分野への貢献に対して、第 42 回(平成 28 年度)繊維学会賞(受賞題目「熔融延伸による高性能繊維・膜の創製」)が平成 29 年 6 月の繊維学会総会にて授与される。

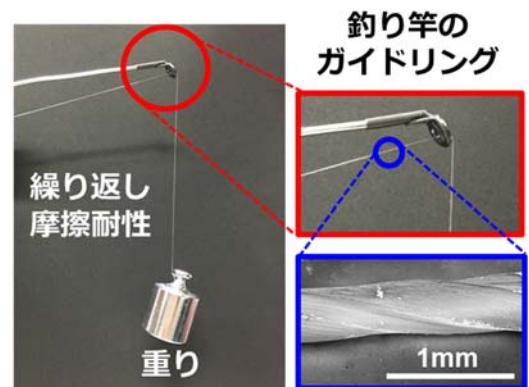


図 1. 調製した UHMW-PE モノフィラメント繊維と釣り糸性能試験(摩擦耐性)

3. 研究成果

① UHMW-PE 薄膜の作製

大面積の熔融延伸膜を製膜するために、装置メーカーと協力して、最大延伸比 20 倍×20 倍までの高倍率延伸(現状で世界最大)を実現する二軸延伸装置を開発した(特許出願済)。

② UHMW-PE 複合糸の作製

上記の大型二軸延伸装置で製造したスプリット・ヤーンを撚糸し、最適条件で熔融一軸延伸することで、モノフィラメントを製造することに成功している。得られたモノフィラメントの強度は、撚糸しないで延伸した繊維と比較して約 2 倍の値を示しており、モノフィラメント化が得られる繊維の性能向上に効果的であることが実証されている(特許出願予定)。

4. 今後の展開

熔融二軸延伸による製膜について、分子鎖絡み合いの解きほぐしを最大限に進行させる条件最適化のために、熔融二軸延伸に適用可能な平面型のインプロセス NMR プローブを大型二軸延伸装置に組み合わせる。これにより、どの UHMW-PE 原料についても、迅速に最適製膜条件を決定できるプロトコルを整える。

大型二軸延伸装置で製膜した大面積膜のスプリットについては、工業用カッターを用いて効率的にヤーン調製ができることがわかっているので、この工程を地場メーカーへの技術移転を想定してマニュアル化する。

スプリット・ヤーンの撚糸・延伸については、熔融一軸延伸のため、最適条件を見出す体制が整っている。撚糸に関しては、地場メーカーでの袋編み装置を利用した実証生産、ならびに、延伸については本研究で開発した巻取り型の熔融一軸延伸装置を用いた実証生産を行う予定である。

5. 発表実績

【受賞】

- [1] 第 42 回(平成 28 年度)繊維学会賞、「熔融延伸による高性能繊維・膜の創製」、平成 29 年度繊維学会年次大会、タワーホール船堀、2017 年 6 月 7 日。

【講演】

- [1] 上原宏樹、「超高分子量ポリエチレンの熔融延伸過程におけるインプロセス計測と高性能化・高機能化(招待講演)」、マテリアルライフ学会第 26 回研究発表会・第 100 回複合材料懇話会講演会、群馬大学太田キャンパス、2015 年 7 月 3-4 日。
- [2] 上原宏樹、「延伸過程における分子鎖絡み合い挙動のインプロセス解析(特別講演)」、第 64 回高分子討論会、東北大学川内キャンパス、2015 年 9 月 15-17 日。
- [3] 上原宏樹、「熔融延伸による高性能繊維・膜の創製(受賞講演)」、平成 29 年度繊維学会年次大会、タワーホール船堀、2017 年 6 月 8 日。

【特許出願】

- [1] 特願 2016-095638、「複合膜、複合膜の製造方法、ストレッチャブル電子デバイス及びストレッチャブル電子デバイスの製造方法」、国立大学法人群馬大学(出願人)、上原宏樹・山延健(発明者)、平成 27 年 5 月 11 日出願。
- [2] 特願 2016-219487、「二軸延伸機」、国立大学法人群馬大学(出願人)、上原宏樹・山延健・上野雅彦(発明者)、平成 28 年 11 月 10 日出願。

【新聞報道】

- [1] 上原宏樹、「桐生発の高強度繊維を」、桐生タイムス第 1 面、2016 年 10 月 26 日。