

有機溶媒を使用しない手法による 高強度繊維の作製手法

群馬大学 大学院理工学府 分子科学部門
助教 攪上 将規

2022年11月18日

新技術の概要

高強度繊維である超高分子量ポリエチレン(UHMW-PE)繊維の製造方法として、**大量の有機溶媒を用いる手法**が用いられている。しかし、環境負荷が高く、工程が複雑で大規模な設備を必要とするため、コストも高くなる、といった課題がある。



本技術は、溶融紡糸と溶融延伸を組み合わせることで、有機溶媒を使用しない溶融プロセスにてUHMW-PEを原料とする高強度繊維を作製する手法である。

本技術による繊維作製では有機溶媒の使用に伴う作業環境の整備が必要ないことから、中小企業などにおいて多品種少量生産が可能となり、繊維製品の高付加価値化につながると考える。

UHMW-PE繊維

超高分子量ポリエチレン(UHMW-PE)

- ✓ 分子量100万以上のPE
- ✓ エンジニアリングプラスチックの一種

通常分子量PE:
数万~数十万

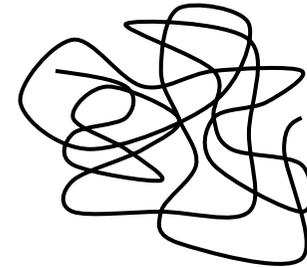


UHMW-PE繊維

- ✓ 高強度、高弾性率、軽量(水に浮くほど軽い)、耐摩耗性、耐疲労性、衝撃吸収性や耐光性、耐薬品性などに優れる
- ✓ 船舶用ロープや釣り糸、防護手袋、安全用具などに使用

高強度繊維の作製

高分子 → “ひも” のように長い構造 (分子鎖)



繊維の高強度化に必要なこと...

- ✓ 繊維中の分子鎖を**一方向に規則的に並べる**
(高配向化・高結晶化)



非常に“長い” ポリマー

- ✓ 分子鎖の**長さを長くする** (超高分子量)

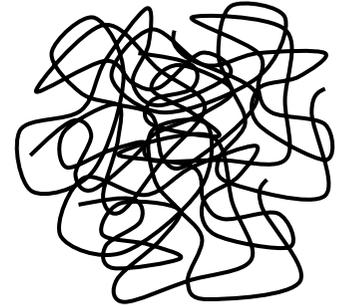


従来の作製方法とその問題点

超高分子量

非常に長い、たくさんの分子鎖をきれいに並べる

➡ 分子鎖が絡まってしまい、非常に難しい...

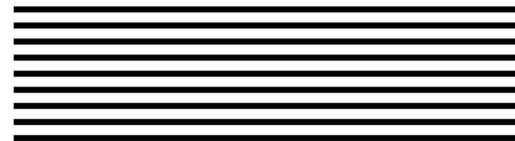
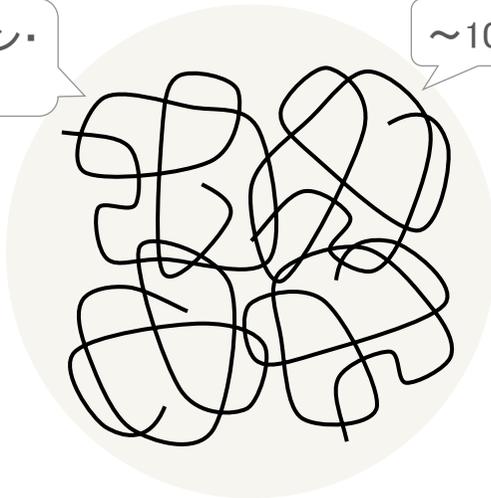


大量の『有機溶媒』に溶かしてほどいてから、並べる

【ゲル紡糸法】

デカリン・キシレン・
パラフィン、など

~10wt%



原料：数百円/kg

製品：数万円/kg

【問題点】高環境負荷、工程複雑化、大規模設備、高コスト

グリーンプロセッシングによる繊維作製

グリーンプロセッシング = 環境低負荷型成形法

▶ 有機溶媒を使用しない手法による高強度繊維の作製

従来: 有機溶媒を用いる繊維作製



- ✓ 大量の有機溶媒を使用
- ✓ 工程の複雑化・大規模設備が必要

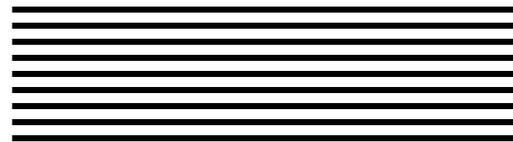
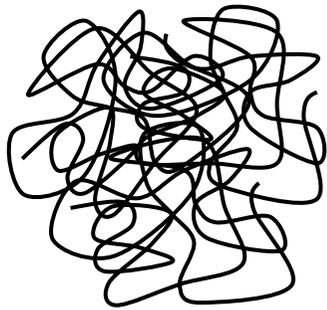
本技術: 熔融プロセスによる繊維作製



- ✓ 有機溶媒を使用しない
 - ✓ 工程・設備の単純化
- グリーンプロセッシング
多品種少量生産

熔融プロセスとその課題

高分子を有機溶媒に溶かす（溶解）のではなく、原料粉末を加熱して融かして（融解）、繊維をつくる **【熔融紡糸法】**



分子鎖が長く、
・ 熔融粘度が高い
・ たくさんの絡み合いがある

一般的な紡糸手法だが、UHMW-PEでは困難・・・

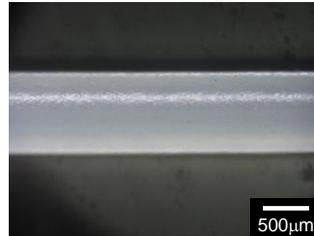
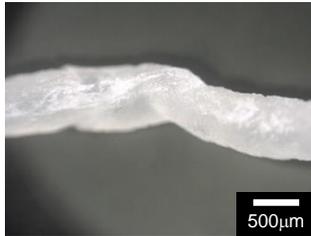
【問題点】

- ✓ 融かしたときに流動しない・・・繊維状にするのが難しい
- ✓ 分子鎖がきれいに並ばない・・・強度が低い

熔融プロセスによるUHMW-PE繊維の作製

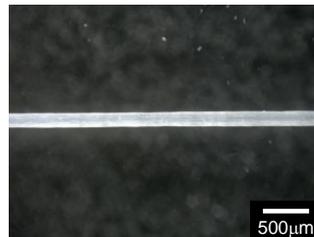
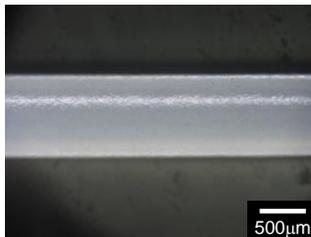
- ✓ 融かしたときに流動しない

熔融流動特性の制御による『熔融紡糸』の実現



- ✓ 分子鎖がきれいに並ばない

絡み合いを解きほぐしながら引き伸ばす『熔融延伸法』の導入



“熔融状態”で延伸する

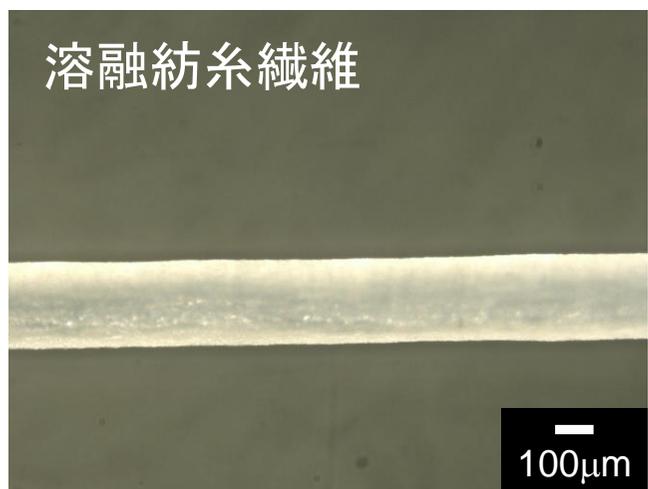
破断強度: 1.1GPa、繊維径: 約150 μm

熔融プロセスによる高強度UHMW-PE繊維の作製に成功

熔融プロセスによるUHMW-PE含有繊維の作製

熔融成形性に優れる通常分子量PEにUHMW-PEを複合化

→ 熔融成形性 + 高強度

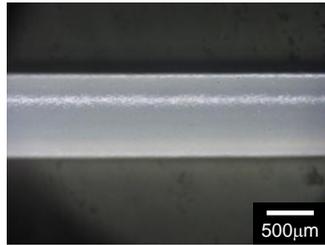


熔融プロセスによる
高強度・高タフネスUHMW-PE含有繊維の作製に成功

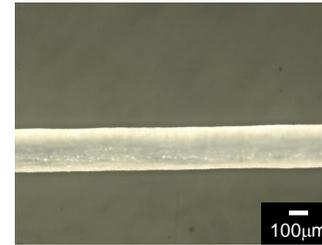
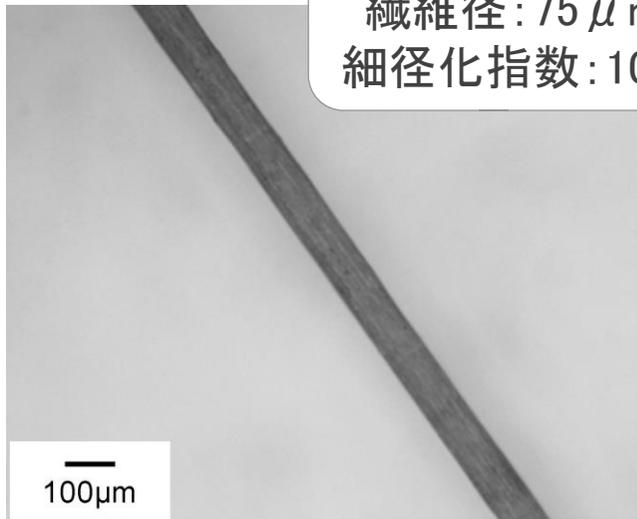
破断強度: 1.1 GPa、タフネス: 297 MJ/m³
繊維径: 約75 μ m

多段溶融延伸による細径化

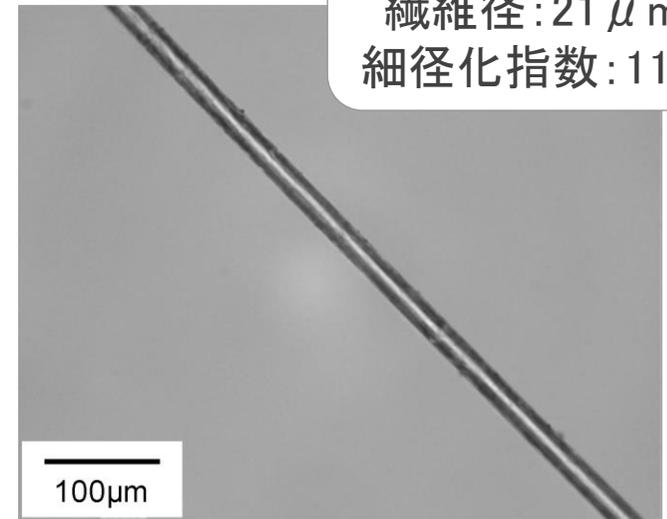
溶融紡糸繊維に対して、**多段溶融延伸**を実施



破断強度: 0.8GPa
繊維径: 75 μm
細径化指数: 10.1



破断強度: 1.1GPa
繊維径: 21 μm
細径化指数: 11.8



細径化された高強度の
UHMW-PE繊維およびUHMW-PE含有繊維の作製に成功

新技術の特徴・従来技術との比較

- ・ 有機溶媒を使用せずに、原料粉末から直接、**細径化された高強度のUHMW-PE繊維およびUHMW-PE含有繊維の作製に成功した。**
- ・ 従来の有機溶媒を用いる高強度繊維作製プロセスに対して、本技術では**有機溶媒を使用しない**ことから、低コスト・低環境負荷で高性能・高機能性繊維の作製が可能となる。
- ・ 中小企業において大規模設備を必要とせずに繊維製造ラインの構築が可能であると考える。
- ・ これらにより、低価格で高性能繊維を提供、および多品種少量生産による製品多様化が期待される。

想定される用途

[波及効果]

- ✓ 持続可能な開発目標(SDGs)の達成に貢献
環境低負荷型紡糸法の開発
高強度化によるプラスチック使用量の削減
- ✓ 低価格で高性能繊維を提供・・・商品が安く買える、新しい用途で利用が広がる
- ✓ 小規模設備での繊維製造が可能・・・中小企業へ技術展開できる
- ✓ 機能化、多品種少量生産による製品多様化が可能・・・新たな価値につながる



[製品例]

- 高強度と柔軟性を兼ね備えた繊維・・・衣料品、アウトドア用品、ジオテキスタイル
- 耐摩耗性に優れた繊維・・・安全用品、遊具
- 衛生面に優れた機能性繊維・・・抗菌繊維、医療用繊維

実用化に向けた課題

- ・ 溶融プロセスによる高強度UHMW-PE繊維およびUHMW-PE含有繊維の作製に成功し、現在は更なる高強度化・細径化、また機能化に向けた条件検討を行っている。
- ・ 本技術による各種繊維の作製を検討している。
- ・ 高強度・機能性繊維の作製、多品種展開を行っていく。
- ・ 今後、実用化に向けて、スケールアップを目指した工業化検討を実施する必要がある。
- ・ 技術移転可能な繊維製造技術、あるいは事業化可能な繊維材料の提案。

企業への期待

- 本技術を展開し、溶融プロセスによる繊維製造および工業化へ向けた共同研究を希望。
- 中小企業において大規模設備を必要とせずに繊維製造ラインの構築が可能であり、かつ多品種少量生産による高付加価値化が期待できることから、これまでは繊維の製造を事業としてこなかった（特に中小の）繊維関連企業においても事業化の可能性があると考えます。
- 本技術を活用できる材料、利用用途をご提案下さい。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : ポリエチレン繊維及び
ポリエチレン繊維の製造方法
- 出願番号 : 特願2022-088981
- 出願人 : 群馬大学
- 発明者 : 攪上将規、上原宏樹、
高澤彩香、五十嵐一真

お問い合わせ先

群馬大学 産学連携・知的財産活用センター

〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1

TEL 0277-30-1171~1175

FAX 0277-30-1178

e-mail tlo@ml.gunma-u.ac.jp