

国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）
研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）産学共同（育成型）
令和2年度採択課題（2020～2022年度）

革新的グリーンプロセッシングによる 高強度・機能性繊維作製システムの確立

[研究責任者]

群馬大学大学院理工学府・助教
攪上 将規（かきあげ まさき）

革新的グリーンプロセッシングによる 高強度・機能性繊維作製システムの確立

<研究責任者>

群馬大学大学院理工学府・助教 攪上 将規

<参画機関>

信州大学、群馬県繊維工業試験場

「有機溶媒を使わない、環境にやさしい手法（グリーンプロセッシング）による高強度繊維の作製」

【どのように実現するのか？】

分子鎖が非常に長い（分子量が非常に大きい）超高分子量ポリマーを原料として、インプロセス計測により得られた成形加工過程における構造形成メカニズムに基づいて溶融状態での紡糸および延伸を展開することで、低環境負荷・低コストでの高強度繊維の作製を目指す。

	これまでの方法	本研究の方法	
有機溶媒	大量に使用	使用しない	▶ 製造工程における環境負荷の低減
コスト	高い	低い	▶ 製品の低価格化
設備	大規模	小規模	▶ 中小企業への技術展開
機能化	難しい	可能	▶ 抗菌性、消臭性などの付与

【実現したら・・・】

持続可能な開発目標（SDGs）の達成に貢献する環境低負荷型紡糸法の開発

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

多品種少量生産による製品多様化

機能性の付与

衣料品、アウトドア用品、遊具、抗菌繊維、医療用繊維に展開



織都・桐生から社会に貢献する繊維材料の創出を目指します

詳しい研究内容についてはこちらをご覧ください



グリーンプロセッシング = 環境低負荷型成形法



『有機溶媒を使わない、環境にやさしい手法』による高強度繊維の作製

どのように実現するのか？

【これまでの方法】

超高分子量
ポリマー



大量の
『有機溶媒』に溶解

環境負荷
高コスト



工程・設備の
複雑化

紡糸・延伸
脱溶媒処理



原料：数百円/kg
製品：数万円/kg

高強度繊維

【本研究の方法】

超高分子量
ポリマー



『加熱』して融解

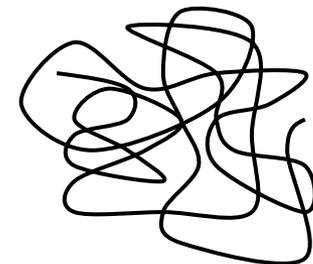


紡糸・延伸



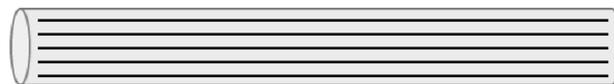
高強度繊維

繊維の原料 → プラスチック（高分子・ポリマー）
= “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)



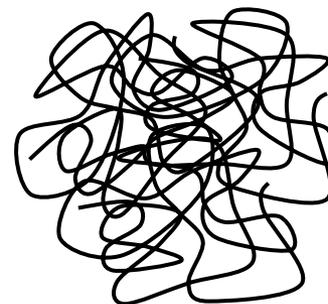
非常に長いポリマー

- ✓ 分子鎖の**長さを長くする**（**超高分子量ポリマー**）



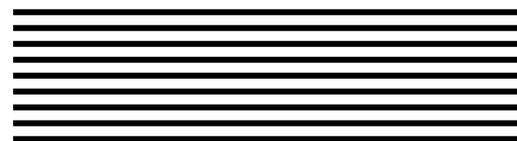
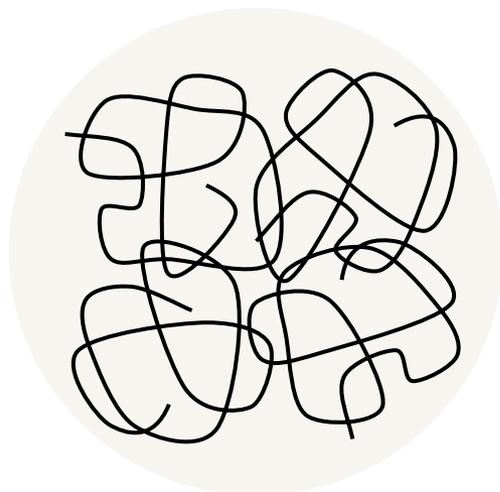
非常に長いたくさんの **“ひも”** をきれいに並べる

➡ 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

ひもをほどいてから、繊維をつくる

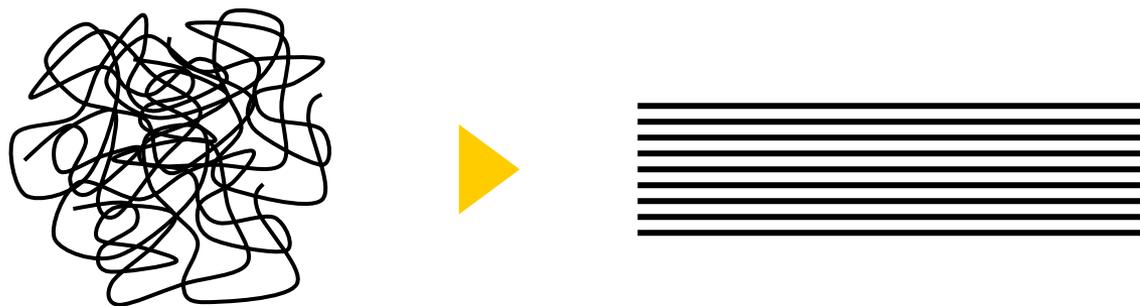


原料：数百円/kg

製品：数万円/kg

【問題点】 高環境負荷、高リスク、複雑化、高コスト

高分子を有機溶媒に溶かす（溶解）のではなく、
加熱して融かして（融解）、繊維をつくる



たくさんの絡み合いがある

一般的な紡糸手法だが、**超高分子量ポリマーでは困難**・・・

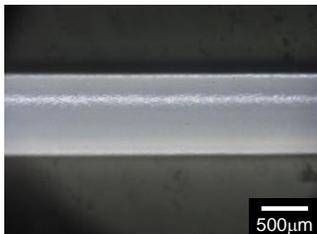
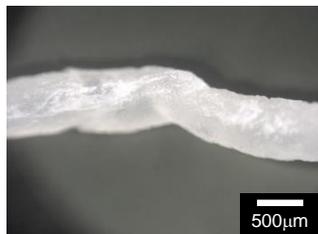
【問題点】

- ✓ 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

- ✓ 融かしたときに流動しない



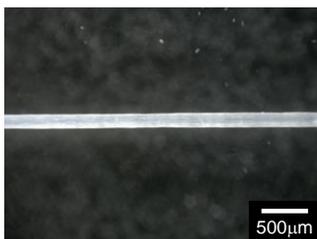
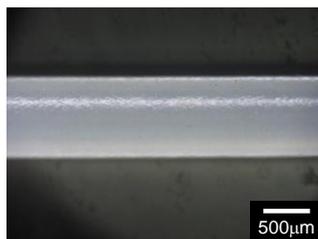
溶融流動特性の制御による『溶融紡糸』の実現



- ✓ 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『溶融延伸法』の導入

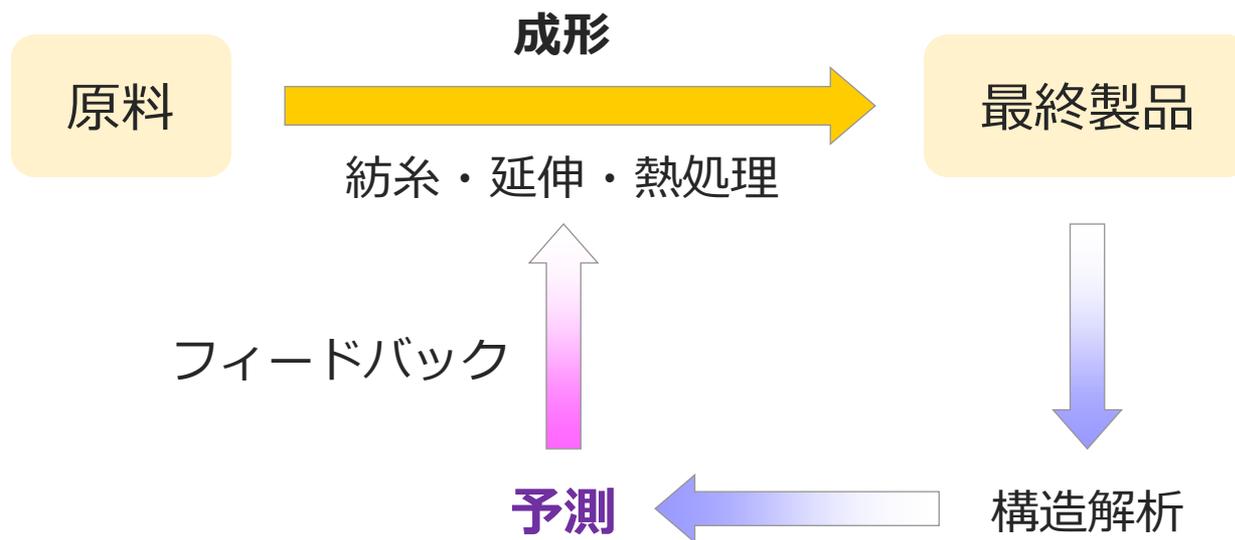


➡ 溶融プロセスによる高強度超高分子量ポリマー繊維の作製に成功

Mater. Today Commun., 23, 100864 (2020). など

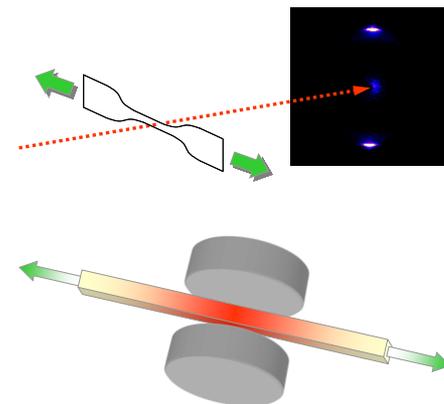
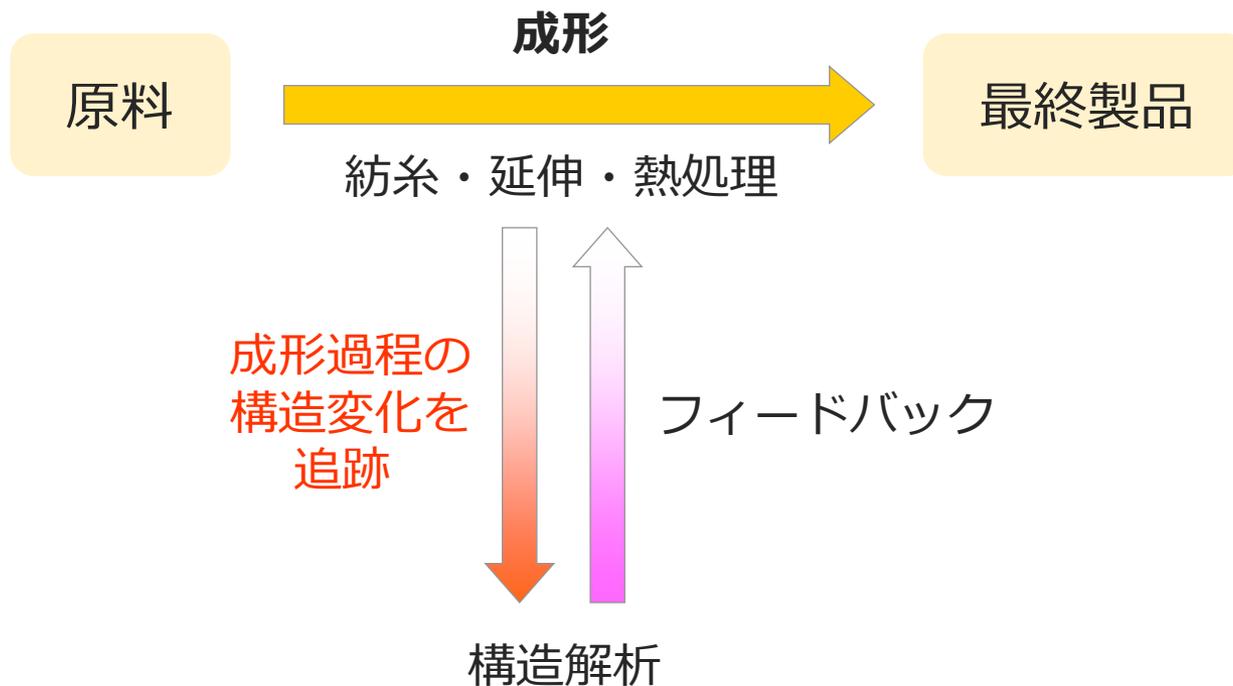
成形技術の高度化 ➡ 構造形成メカニズムの解明が不可欠

一般的なアプローチ



【問題点】 “実際に起こっている” 構造変化はわからない

インプロセス計測



インプロセスX線測定・核磁気共鳴測定技術を開発

Polymer, 47, 8053 (2006).
Macromol. Rapid Commun., 29, 1571 (2008).
 など

溶融プロセスによる繊維作製手法の展開



インプロセス計測を用いた構造形成メカニズムの解明



**グリーンプロセッシング（環境低負荷型成形法）による
高強度超高分子量ポリマー繊維作製プロセスの確立**



**産学共同研究の展開
技術移転・事業化の提案**

	これまでの方法	本研究の方法
有機溶媒	大量に使用	使用しない
コスト	高い	低い
設備	大規模	小規模
機能化	難しい	可能

- ▶ 製造工程における環境負荷の低減
- ▶ 製品の低価格化
- ▶ 中小企業への技術展開
- ▶ 抗菌性、消臭性などの付与

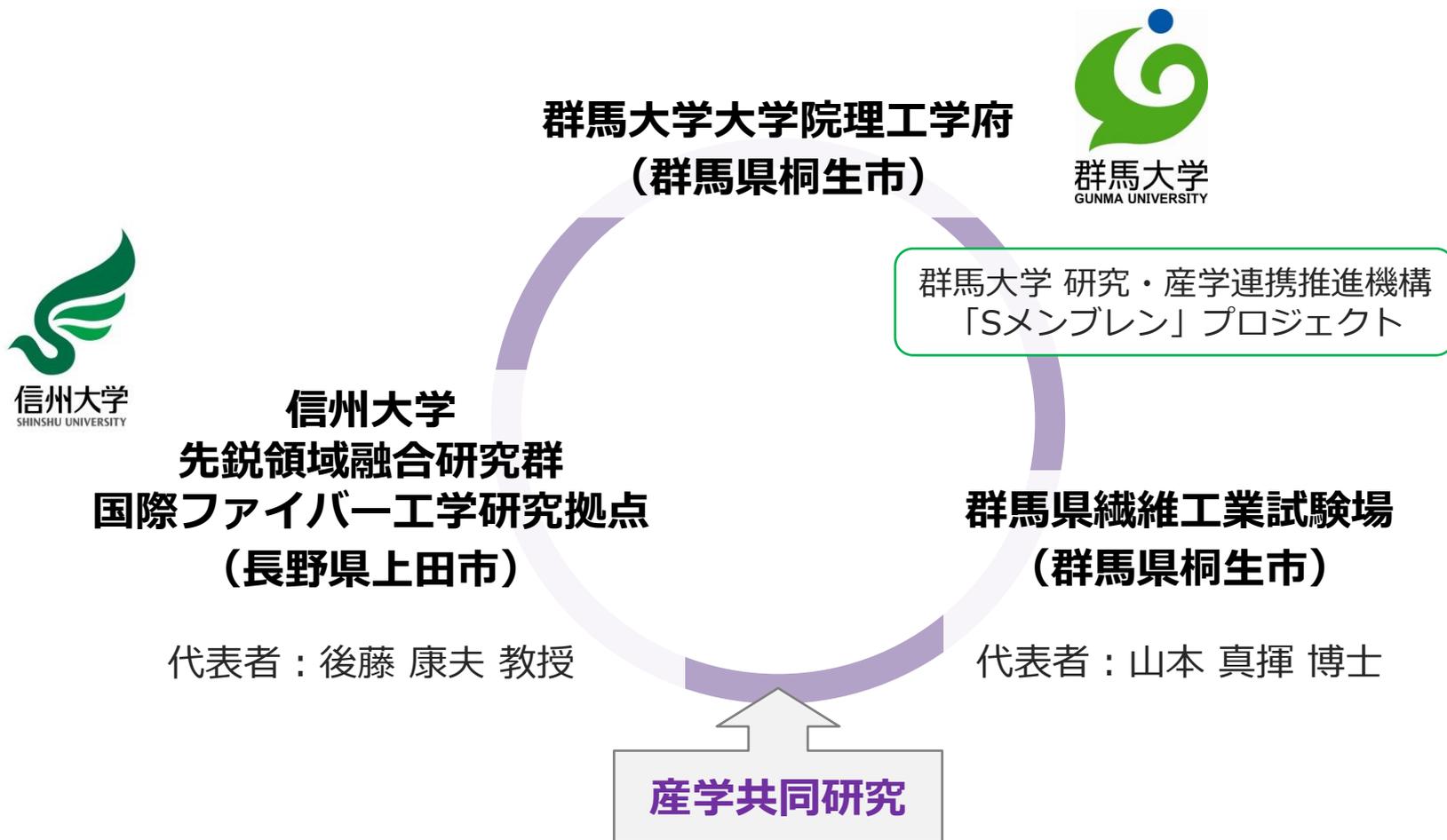
[波及効果]

- ✓ 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
- 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



『織都』桐生および『蚕都』上田から
社会に貢献する繊維材料の創出を目指します！

【文献など】

- *Mater. Today Commun.*, 23, 100864 (2020).
- *Macromol. Mater. Eng.*, 305, 2000252 (2020).
- *Polymer*, 47, 8053-8060 (2006).
- *Macromol. Rapid Commun.*, 29, 1571-1576 (2008).
- 繊維学会誌、第76巻第10号、414-418 (2020).
- “超延伸による高性能化”、高分子の延伸による分子配向・結晶化メカニズムと評価方法、第1章第6節 (pp.61-74)、R&D支援センター (2020).
- “高強度の「スーパー繊維」”、上毛新聞、2020年2月6日掲載

【Webサイト】

- JSTプロジェクトデータベース (<https://projectdb.jst.go.jp/grant/JST-PROJECT-20347668/>)
- JSTプレスリリース (<https://www.jst.go.jp/pr/info/info1464/index.html>)
- JST A-STEP (<https://www.jst.go.jp/a-step/index.html>)
- 群馬大学 Sメンブレンプロジェクト (<https://www.chem-bio.st.gunma-u.ac.jp/~s-mem/>)
- 群馬大学理工学部 高分子構造物性研究室 (上原・攪上研究室)
(<http://polymer.chem-bio.st.gunma-u.ac.jp/uehara/index.html>)
- 研究紹介 (攪上) (<http://polymer.chem-bio.st.gunma-u.ac.jp/kakiage/index.html>)

ご清聴ありがとうございました