

# 炭素繊維複合材料

## 新規相溶化剤による未来材料の創成

金沢工業大学 革新複合材料研究開発センター  
研究員 附木 貴行

2019年8月20日

# 従来技術とその問題点

## 繊維強化プラスチック(FRP)

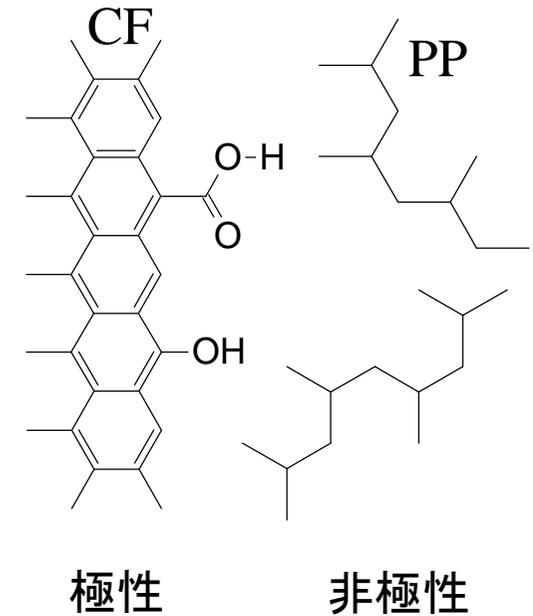
- ◆ 繊維（炭素繊維、ガラス繊維、バイオマス繊維）
- ◆ 高強度、軽量、補強用添加剤に使用

課題：樹脂と繊維の相溶性の低下

疎水性樹脂との界面接着性が低く補強効果が十分に発揮されない

非晶性の相溶化剤による親和性の向上

→ 母材の結晶性、力学物性の低下

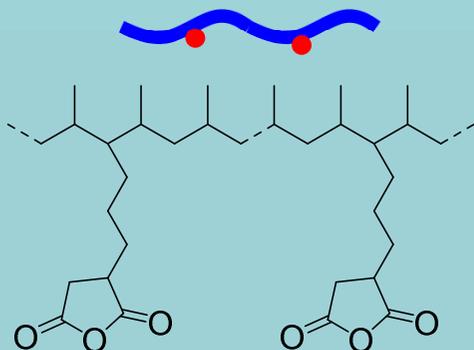


# 新技術の特徴・従来技術との比較

## 既存の研究

### MAPP

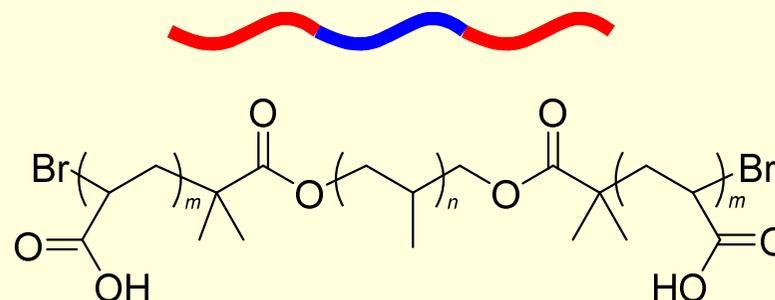
無水マレイン酸変性  
ポリプロピレン



## 本研究

### iPP-PAA

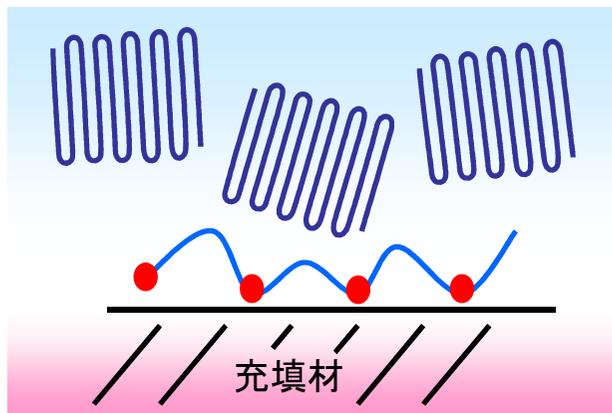
アイソタクチック  
ポロプロピレンポリアクリル酸



分子量	数千	数千から数万
酸含量	5wt%ほど	~20wt%
酸の導入方式	グラフト重合	分子鎖末端にブロック単位
結晶性	ほとんどない	市販PPと同等
備考	バージンPPに 数%添加して市販	様々なPPグレードから合成可能

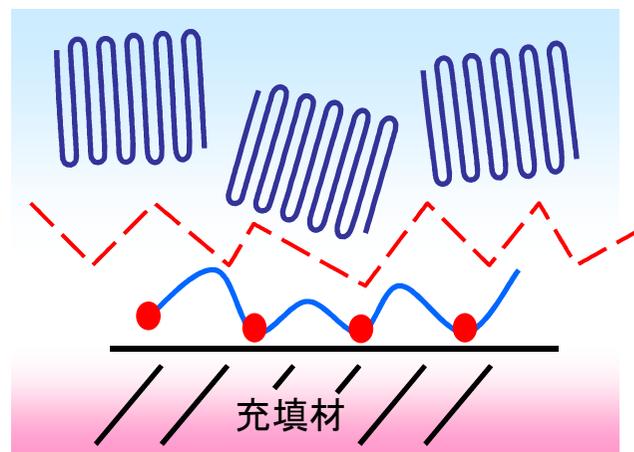
# iPP-PAA の炭素繊維複合材料への期待

MAPP



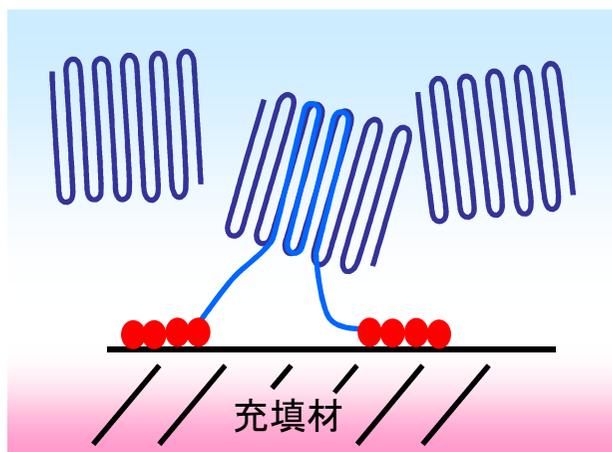
PP/CF界面に偏析

破壊時



PP/CF界面での破壊

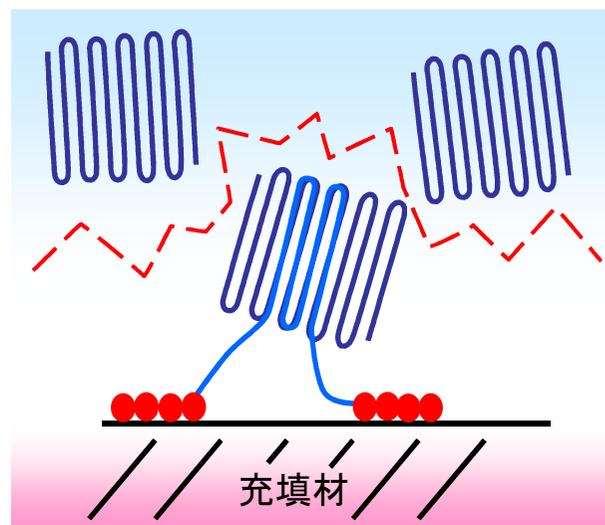
iPP-PAA



PPマトリックスで結晶化

新しいメカニズム

破壊時



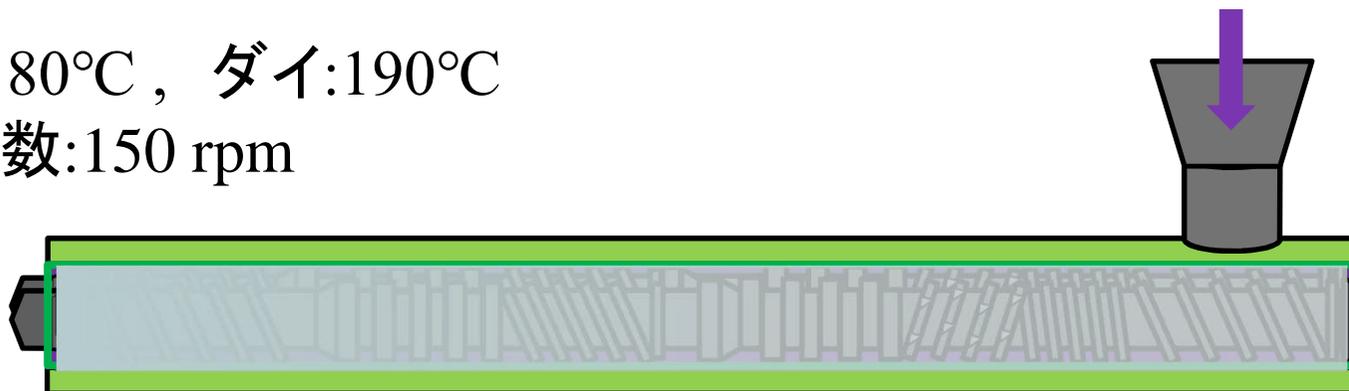
PPマトリックスで破壊

# 実験方法 コンポジット作製

二軸混練押出機を用いてサンプルを作製

樹脂(例:PP)/相溶化剤(例:iPP-PAA)

シリンダー:180°C, ダイ:190°C  
スクリュ回転数:150 rpm



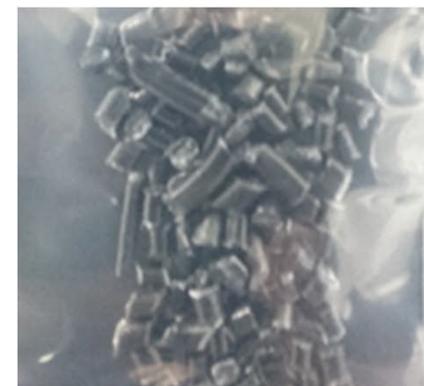
PP/iPP-PAA (100/3)

PP/CF/iPP-PAA (95/5/3)

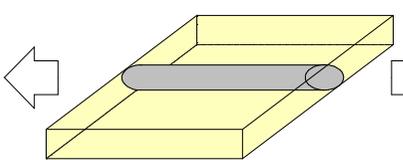
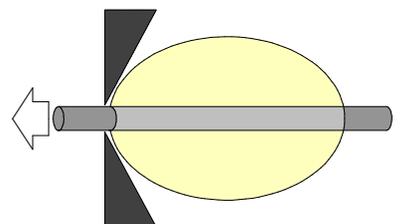
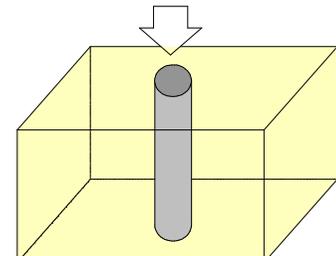
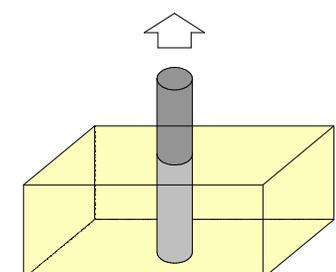


PP/rPP-PAA (100/3)

PP/CF/rPP-PAA (95/5/3)



# 実験方法 界面接着性の評価方法

	Fragmentation (FT)	Micro-Droplet (MD)	Push-out	Pull-out
Model				
Preparation	simple	simple	difficult	difficult
Test technique	easy	difficult	difficult	difficult

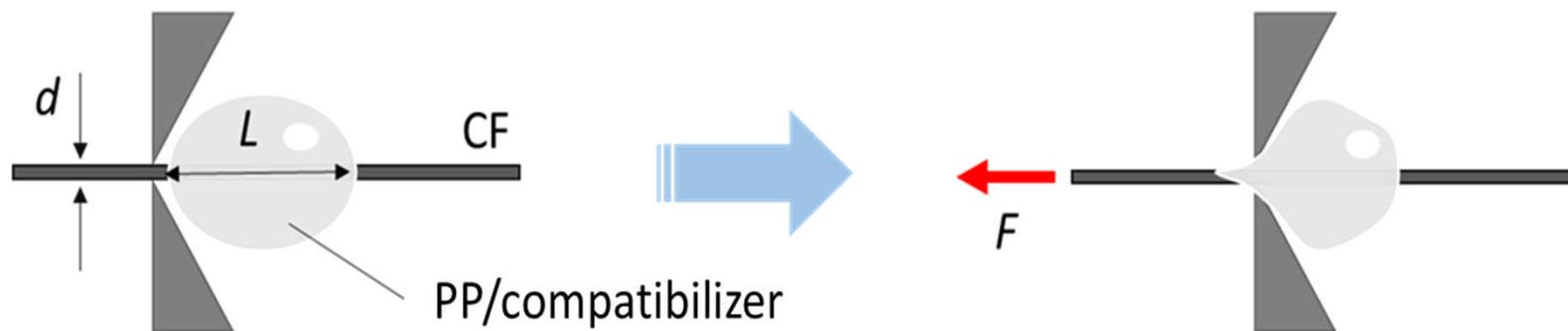
界面せん断強度を測定するには、主に4つの測定方法がある。

- FT : 繊維を樹脂の中に組み込み、樹脂と繊維の両方に負荷をかけ  
破断した繊維の長さ(臨界繊維長)を測定する
- MD: 繊維に付着させた樹脂にのみ負荷をかけ、  
樹脂が繊維を抜けるまでに必要な力を測定する

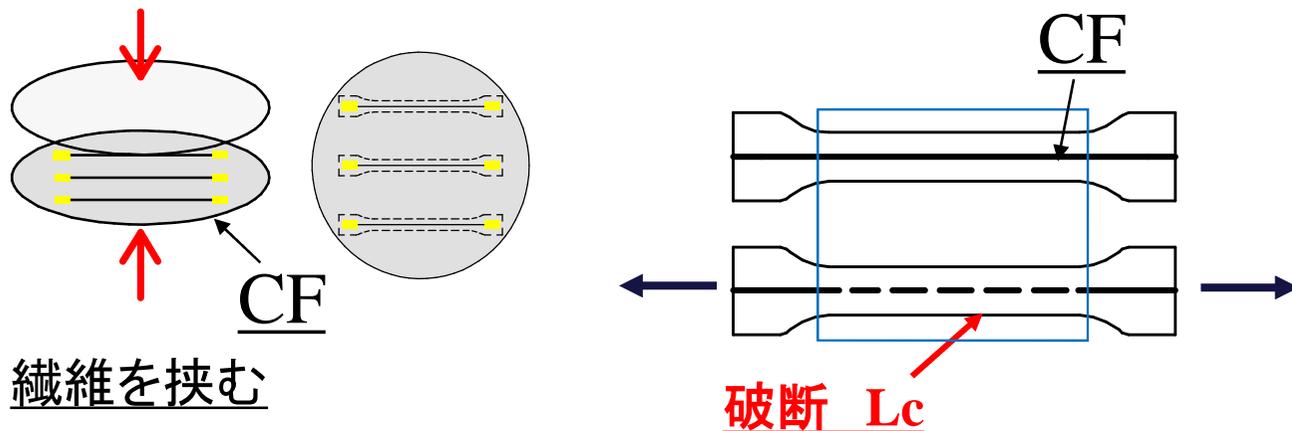
# 実験方法 界面せん断強度の測定

マイクロドロプレット (Micro-Droplet Test: MD) による  
界面せん断強度測定

CF上の樹脂玉をブレードで挟み、  
界面せん断強度 (IFSS) を測定



フラグメンテーションテスト (Fragmentation test : FT)



破断したCFの長さ(臨界繊維長)を測定

～理論式～

$$L_c = \frac{4}{3} L_{af} , \tau = \frac{D \cdot \sigma_f}{2L_c}$$

$\tau$ : 界面せん断強度

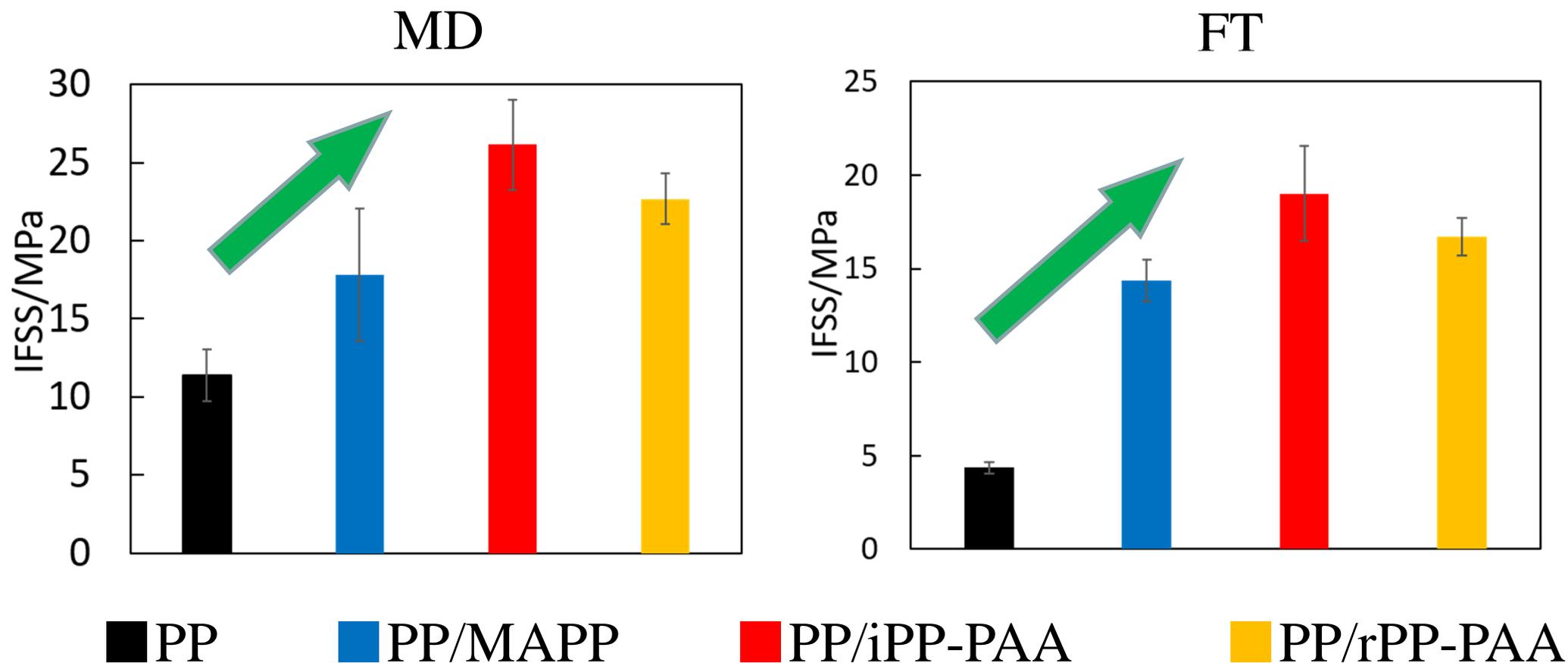
$D$ : 繊維径

$\sigma_f$ : 繊維の引張強度

$L_c$ : CFの臨界繊維長

$L_{af}$ : CFの破断繊維長

# 実験データ 界面せん断強度



iPP-PAA添加により界面せん断強度が向上

# 実験方法 引張試験の測定

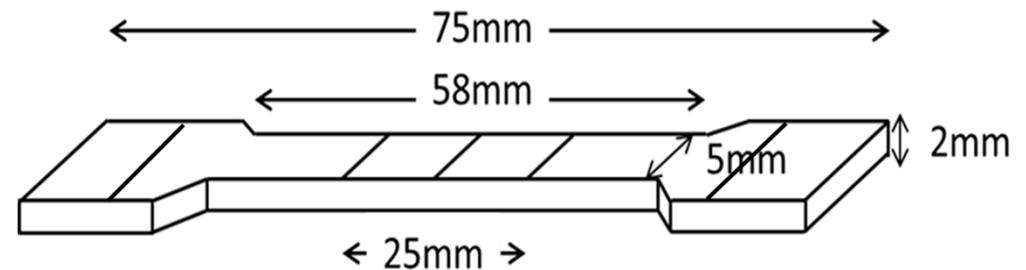
ダンベル型試験片を作製し、**機械的特性**を評価

## Injection Molding condition

Melting temperature	190 °C
Mold temperature	60 °C
Injection pressure	0.25~0.3 MPa



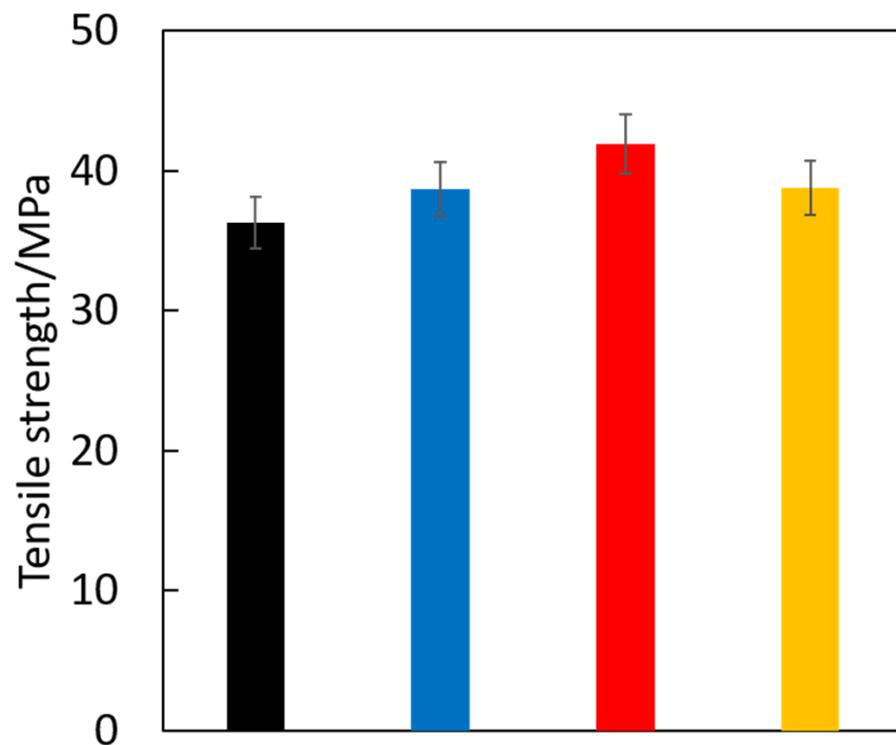
## Test piece



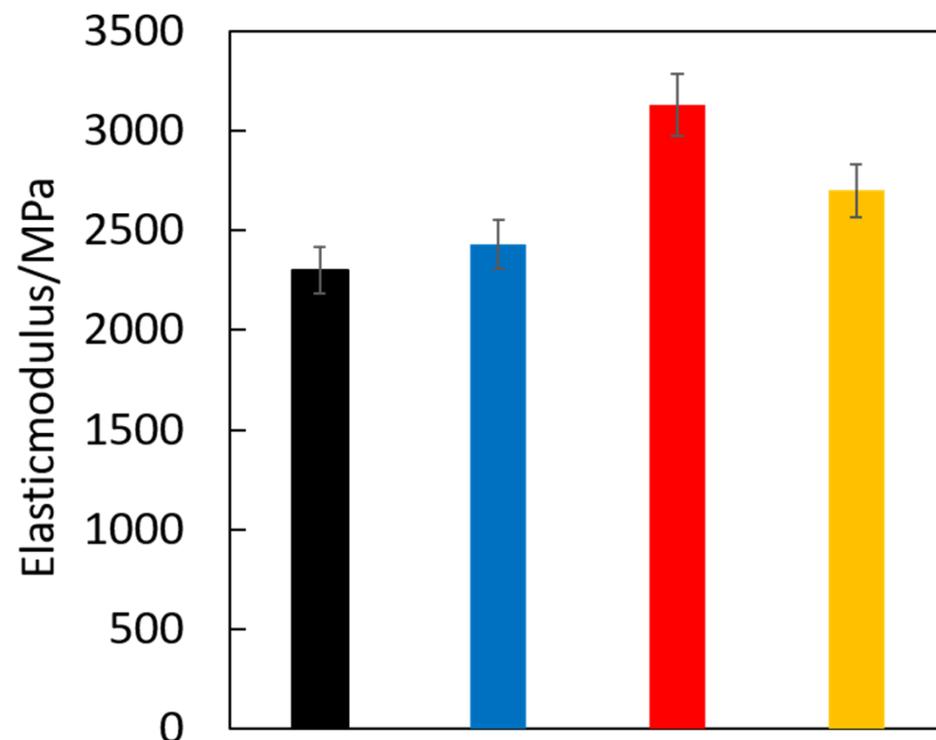
(tensile rate : 5 mm/min)

# 実験データ 引張試験結果

## 引張強度



## 引張弾性率



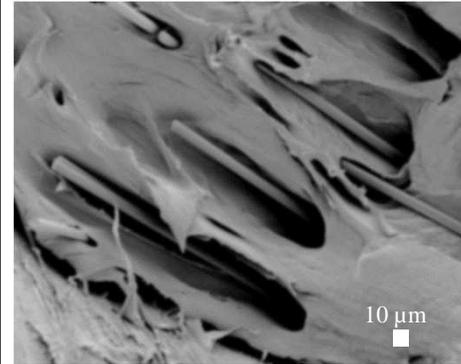
PP/CF
  PP/CF/MAPP
  PP/CF/iPP-PAA
  PP/CF/rPP-PAA

iPP-PAA 添加により引張強度および引張弾性率が向上

# 実験データ 破断表面

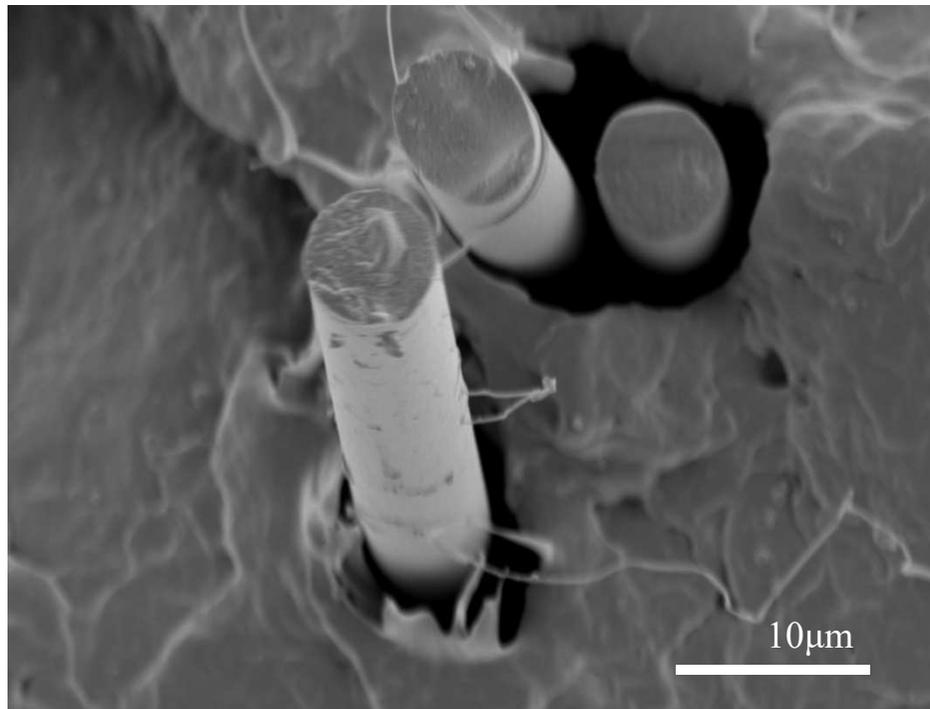
走査型電子顕微鏡  
(Scanning Electron Microscope :  
SEM)

SEM 条件 : 加速電圧 : 5.0 kV



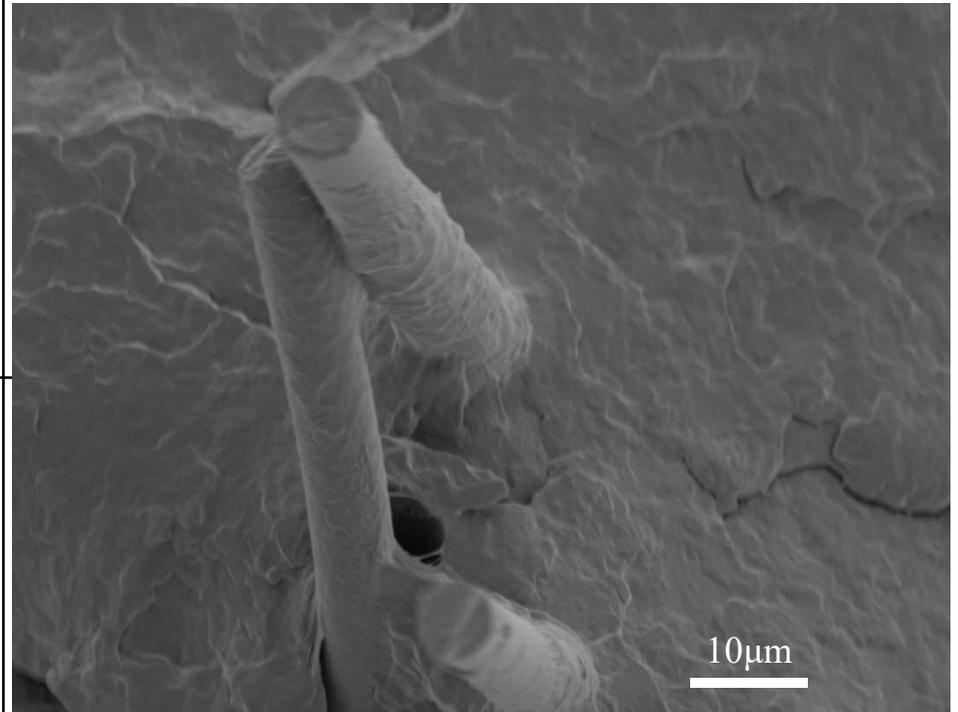
**PP**  
CFと樹脂が  
付着していない

観察倍率 : 350倍



**MAPP**

観察倍率 : 2500倍



**iPP-PAA**

観察倍率 : 1500倍

# 想定される用途

- 本技術は、PP/CFの界面接着性の改善による力学物性の向上を図るものである。
- 上記以外に、バイオマス繊維とのハイブリット効果が得られることも期待される。
- 主にバージンPPの改質剤の他に強度向上による薄肉化による自動車部品の軽量化
- 接着力強化による多層フィルムなど容器包装材
- マテリアルリサイクル時の成形物の物性低下を抑制

# 実用化に向けた課題

- 現在、新規相溶化剤について販売が可能なところまで開発済み。しかし、大量生産の点が未解決である。
- 今後、様々な繊維について実験データを取得し、複合材料に適用していく場合の条件設定を行っていく。

## 企業への期待

- 界面接着性以外の用途、ニーズについての紹介
- 軽量化を視野に入れた繊維強化複合材料の発泡成形技術を持つ、企業との共同研究を希望

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 炭素繊維複合材料
- 出願番号 : 特願2017-39214
- 出願人 : 学校法人金沢工業大学、  
株式会社三栄興業
- 発明者 : 附木貴行・佐々木大輔

# お問い合わせ先

金沢工業大学  
産学連携局 産学連携東京分室  
新川 実、高田 理尋

TEL 03-5777-1964  
FAX 03-5777-1965  
e-mail [iuctky@mlist.kanazawa-it.ac.jp](mailto:iuctky@mlist.kanazawa-it.ac.jp)