



NPO 法人東海地域生物系先端技術研究会  
2023年度第2回セミナー

# 木材-プラスチック複合材料の開発

(ナノの可能性 ミクロの実用性)

2023年8月25日

静岡大学

グローバル共創科学部

准教授 青木憲治

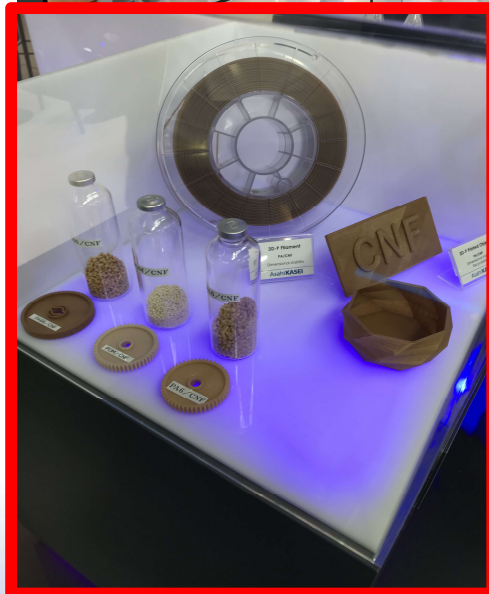
# 発表内容

- ・森林資源を活用したバイオエコノミー
- ・CNFを社会実装するための  
「技術的課題」、「ビジネス的課題」
- ・研究戦略（課題解決へのアプローチ）
- ・「樹脂添加剤」用CNFマスターバッチの開発  
「静岡レシピ」と「Cellmapp」
- ・CNFの均一分散によって期待される効果
- ・「ナノ」か「ミクロ」か
- ・マイクロフィブリル化セルロース(MFC)を用いた  
ガラス繊維代替複合材料の開発

# 国際プラスチック展の様子(2022年10月K-Messeにて)



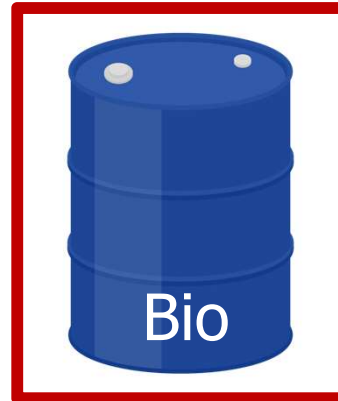
# 国際プラスチック展での展示物(2022年10月K-Messeにて)



## 2050年に向けた材料のイノベーション(原料)



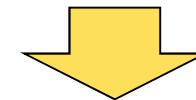
- ・非可食バイオマス
- ・セルロース



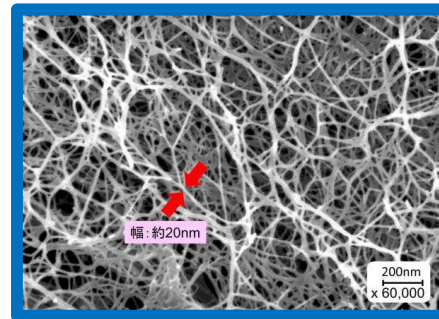
バイオエタノール



樹脂



セルロース



補強材、添加剤

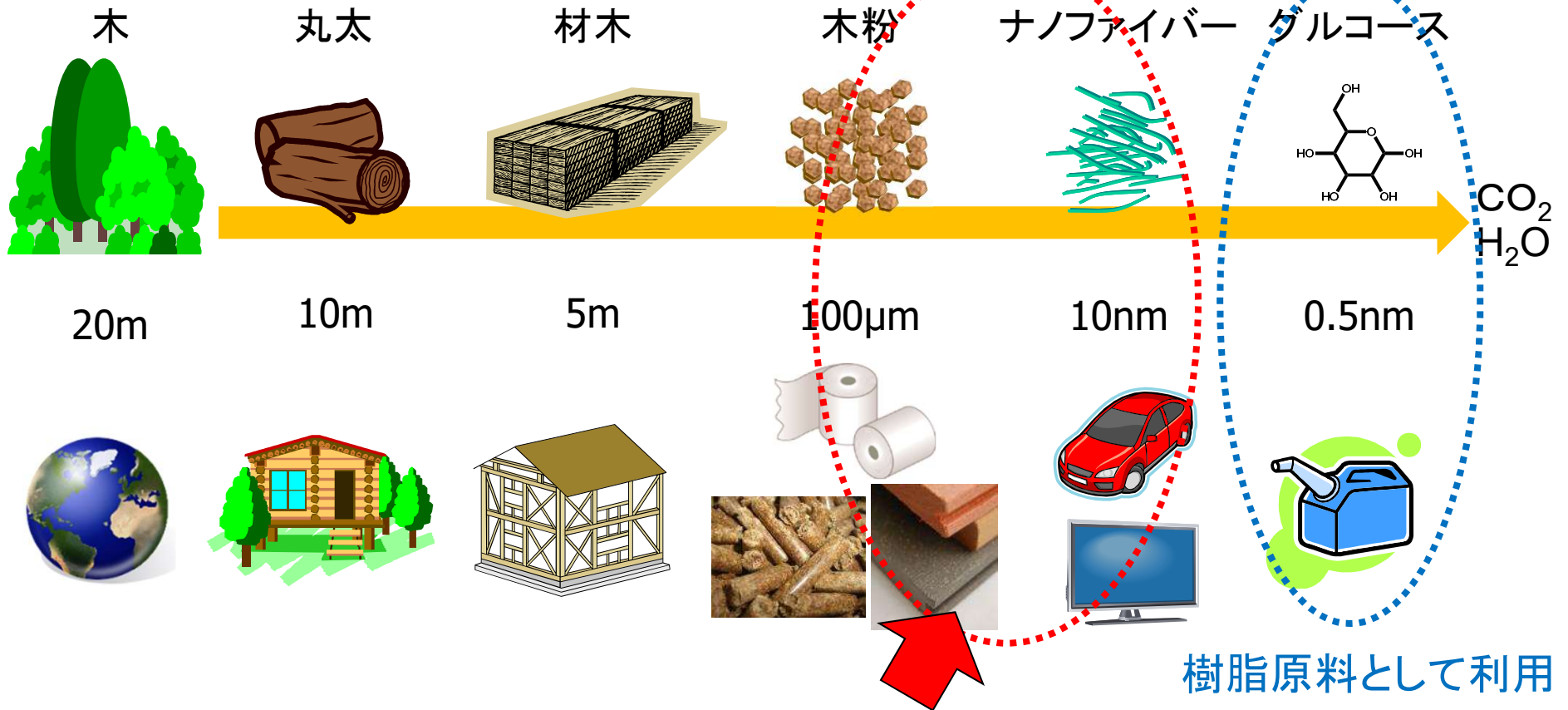
- ・CNF(ナノ)
- ・MFC(マイクロフィブリル)



セルロース/樹脂複合材料

# 森林資源の活用

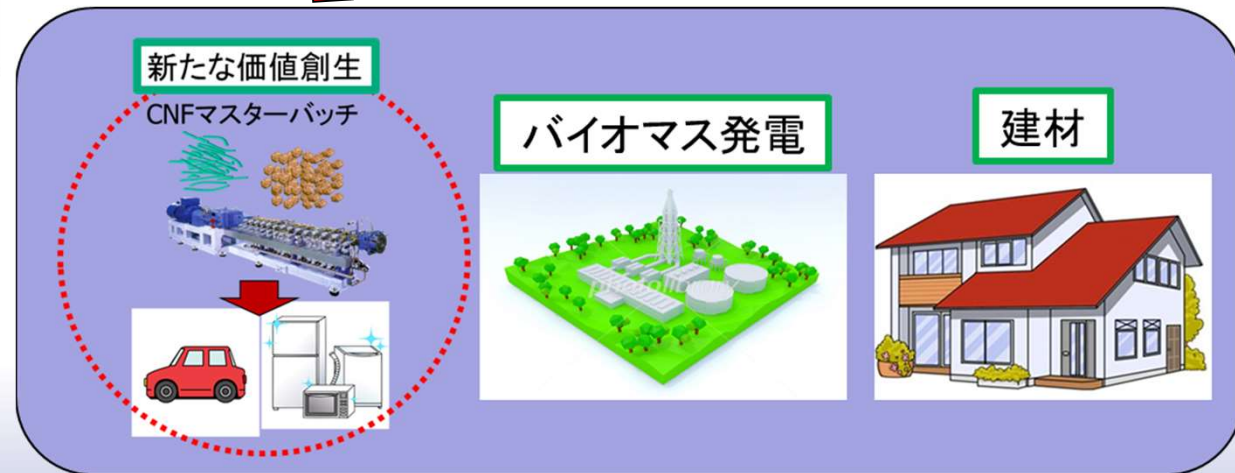
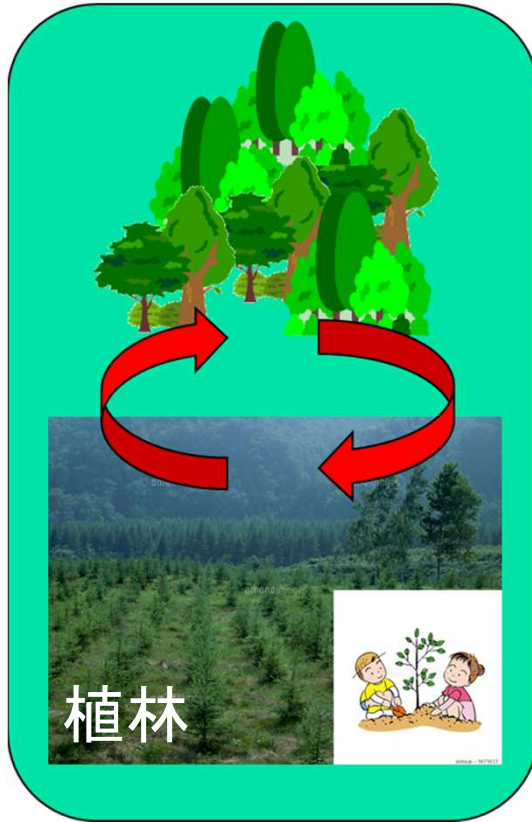
補強材・添加剤として利用



セルロースナノファイバー(CNF)  
 ミクロフィブリル化セルロース(MFC)

# バイオエコノミー(森林資源の活用)

切って、(余すことなく)使って、植える



“CNFを社会実装”するための

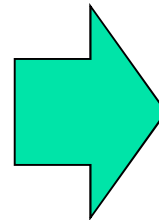
# 「技術的課題」



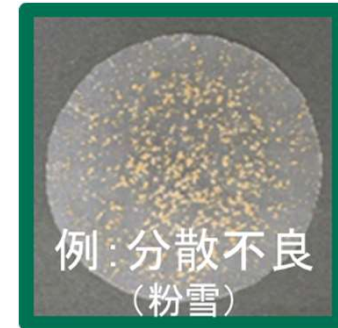
## CNF製品の社会実装に向けた課題

### ◆技術的課題

- ・“水(セルロース)と油(樹脂)は混ざらない(難しい)”



CNFを樹脂中に  
均一分散させる技術が必要



### ◆ビジネスとしての課題

- ・価格が高い。
- ・製造プロセス上、CNFは水分散体である。
- ・CNFの製造コストは下げられても輸送費は下げられない。

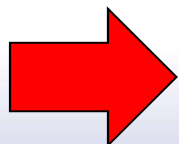
例えば、



輸送費:  
CNF2wt% ⇒固形分:200kg⇒1,000円/kg  
CNF10wt%⇒固形分:1,000kg⇒200円/kg



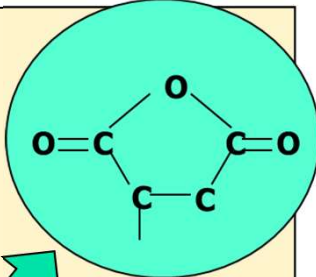
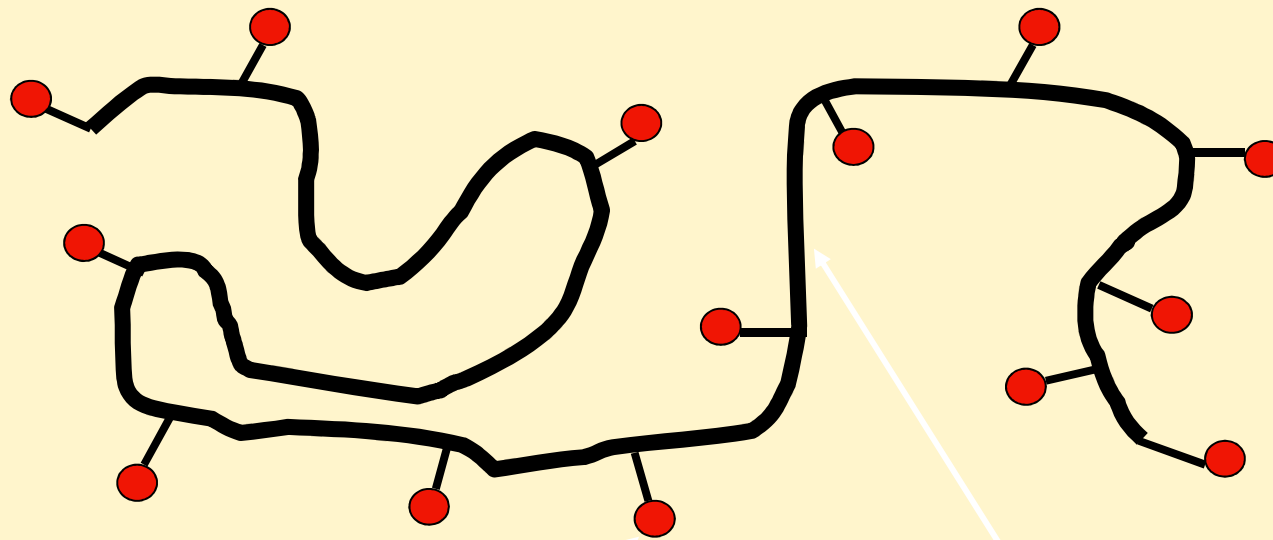
水分を除去しな  
なければならない。



CNFを樹脂に容易に均一分散できるCNFマスターバッチが必要

# 相溶化剤: 無水マレイン酸変性PP(MAPP)の構造

無水マレイン酸変性ポリプロピレン(MAPP)

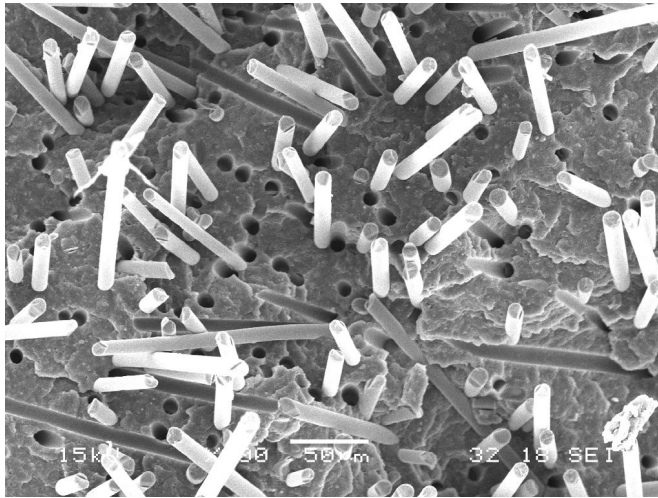


無水コハク酸

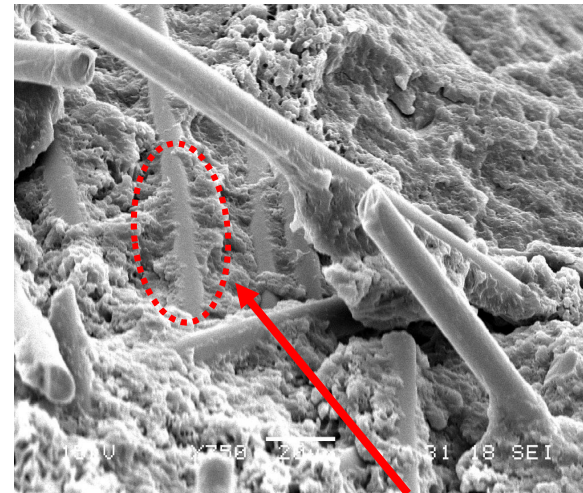
PP鎖

## MAPPの機能と役割

オレフィン等の無極性樹脂とフィラーとの複合化の際に添加され、**フィラー界面と化学結合を形成**し、機械的物性の向上、**分散向上**等に寄与する。



MAPP無添加

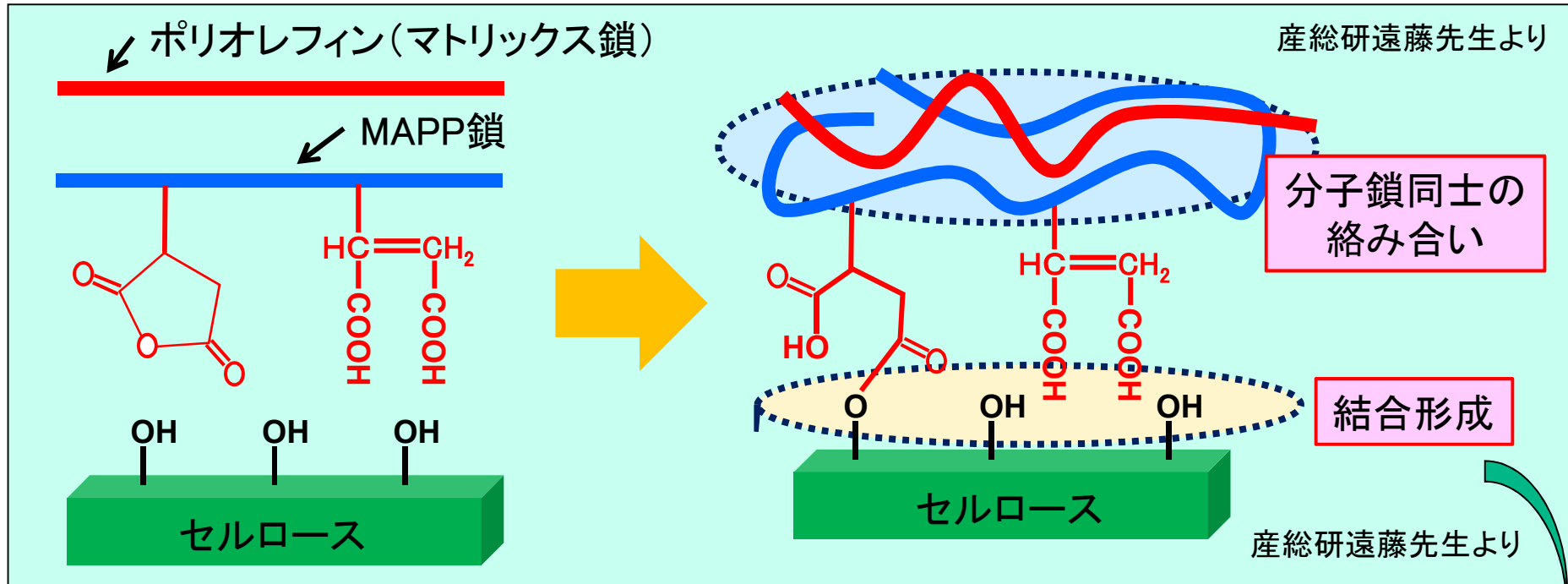


"ぬれ" MAPPの効果

### 研究開発の武器

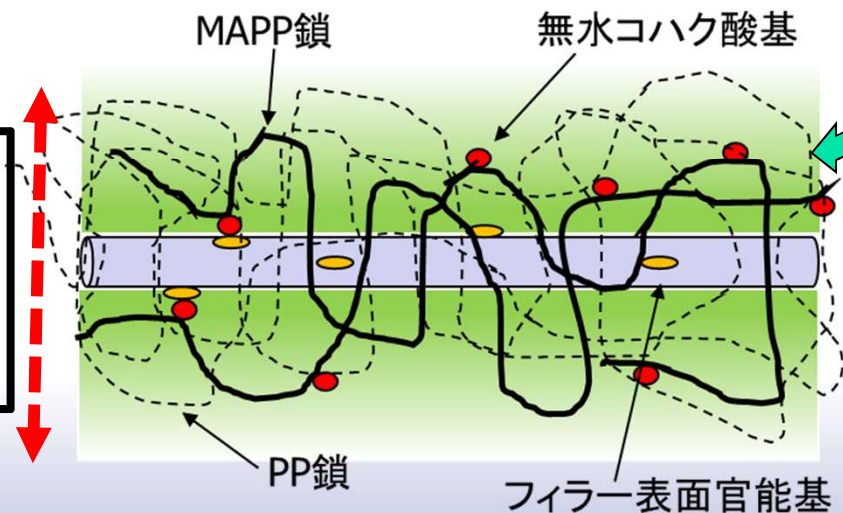
PP系樹脂複合材料設計の必須添加剤であるMAPPをCNFに適した設計(グラフト量、分子量、融点)に調製できる。

# MAPPとセルロースと反応



☆ 結合形成: グラフト量

☆ 分子鎖同士の絡み合い: MAPP分子量  
が  
複合材料の機械的物性に影響を与える

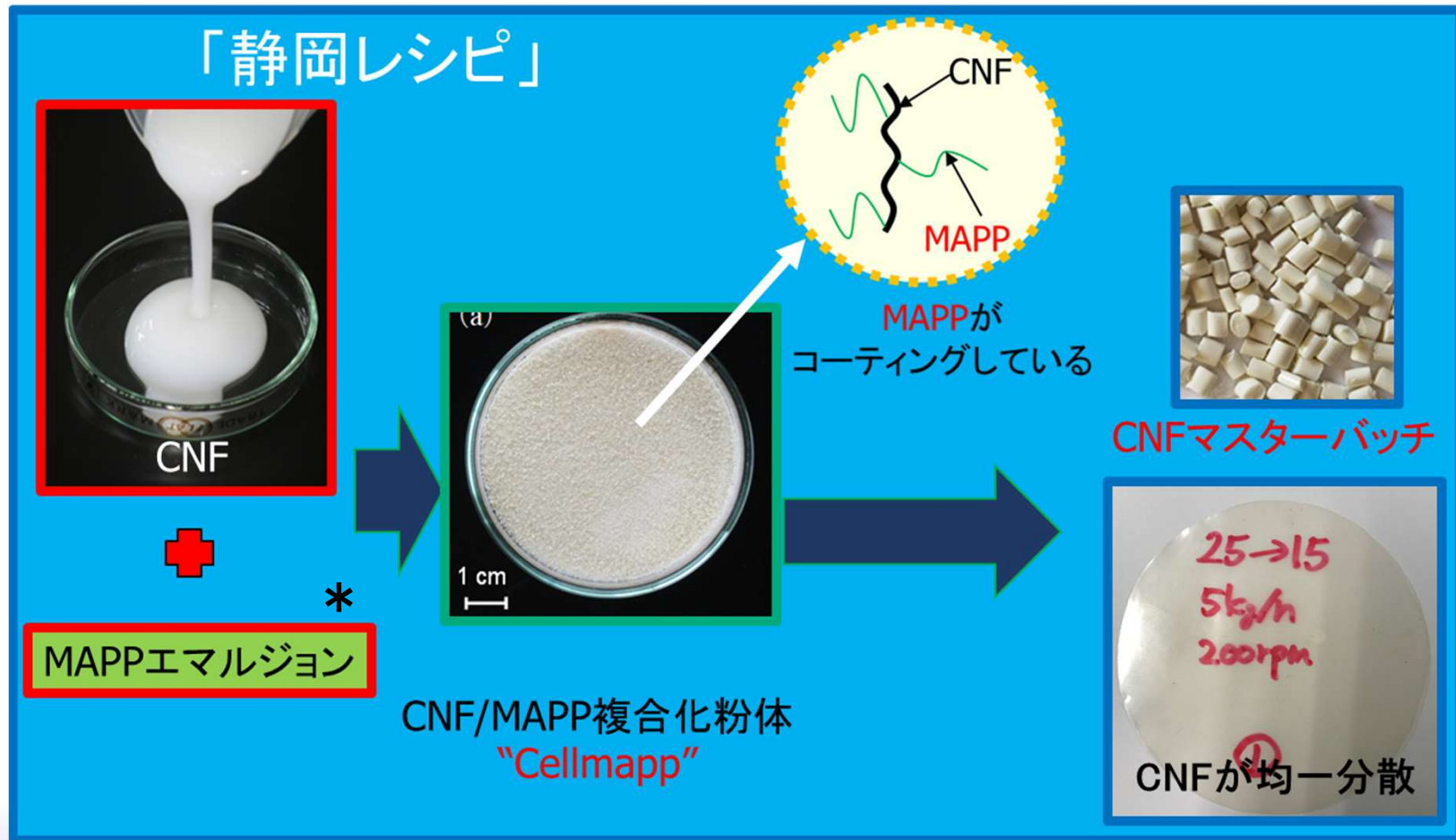


## 技術課題解決への取り組み

### 根幹となる技術開発

PCT/JP2020/036244

(日本、米国、中国、カナダ、イギリス、ドイツ、ノルウェー、フィンランド、スウェーデン)

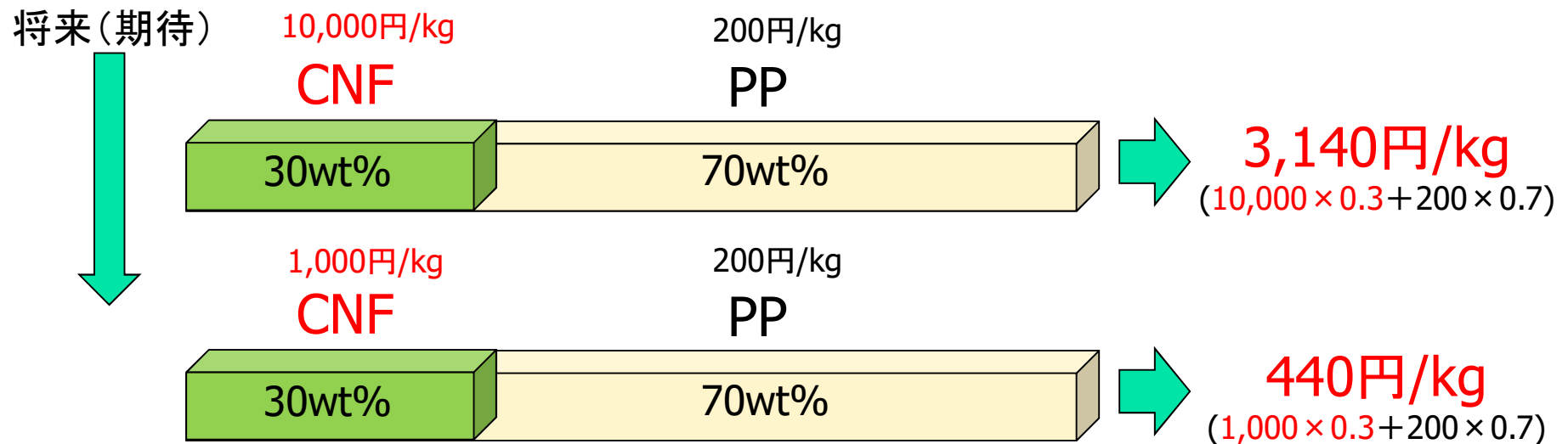
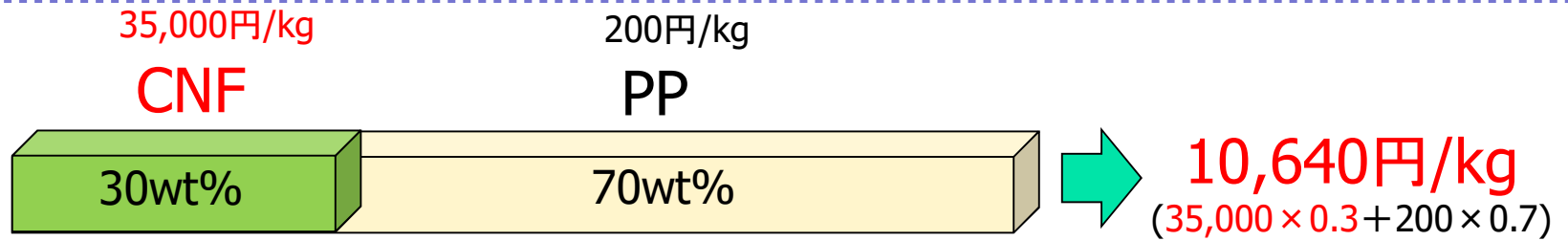


\* MAPP:無水マレイン酸変性ポリプロピレン

“CNFを社会実装”するための

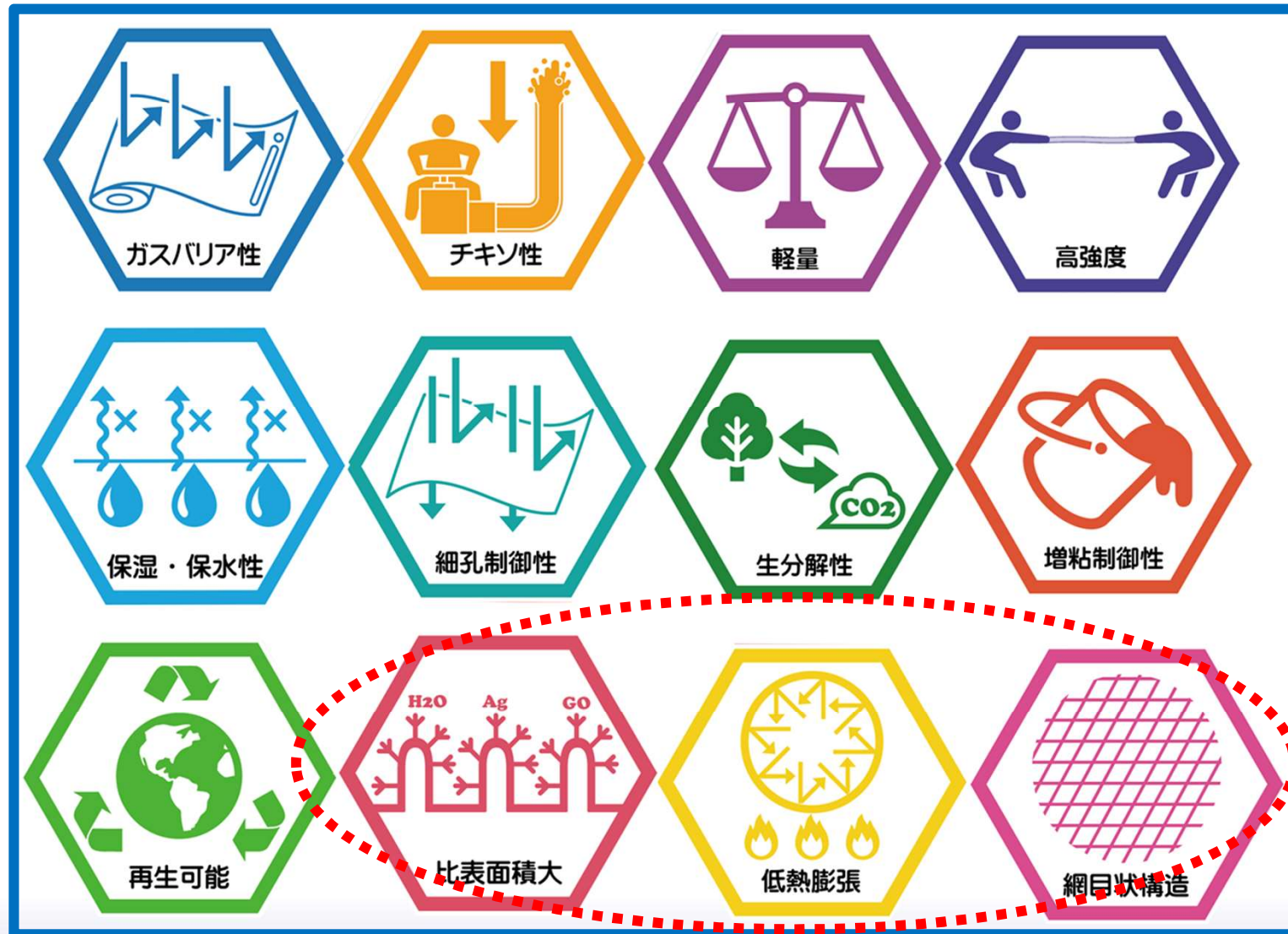
# 「ビジネス的課題」

## CNFの現状価格



早期社会実装を目指すなら、補強材(軽量、高強度)用途は狙えない。

# CNFの様々な特徴と研究戦略



この機能にフォーカスしたテーマの実施



## 「樹脂添加剤」としてCNFの機能を利用する

CNF価格 **10,000円/kg**、CNF添加量 **~2wt%** (200円/kgのコストアップ)  
の価値が顧客に提供できるか。

そのためには、

**CNFを必ず均一分散できるCNFマスターバッチが必要。**

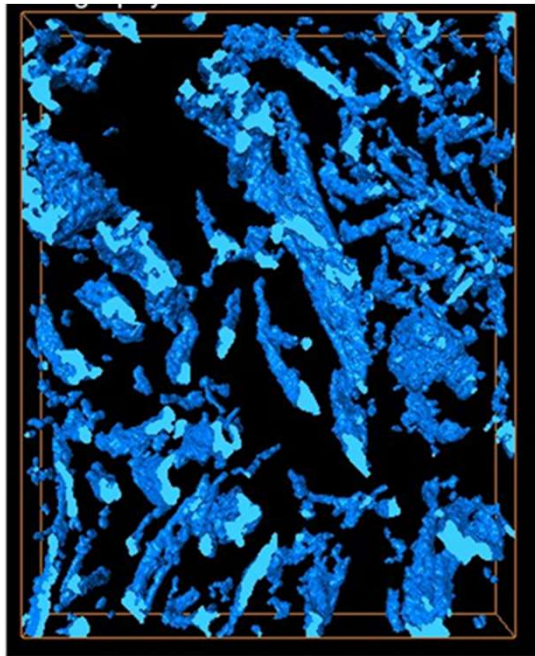


写真 「Cellmapp」を用いて作製した  
CNF/PP(=3:97)複合材料のSTEM tomography 画像  
(612nm × 696nm × 85nm)  
UBE科学分析センター様から御提供

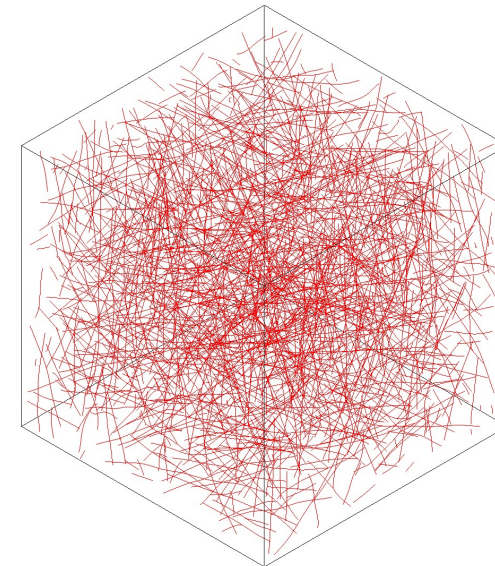


図 CNF充填シミュレーションモデル  
アスペクト比：500  
(0.4vol% ≒ 0.7wt%)

富山県立大 永田先生より

CNFの均一分散によって

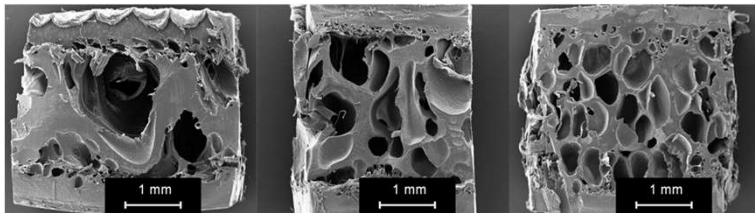
**得られた効果**

# CNFをPP中に均一分散させることによって発現する効果

## セルサイズの制御

### 物理発泡PP

射出グレードPP (MFR:30) を用いたMuCell発泡



PP発泡体

CNF3 wt%/PP発泡体

CNF6 wt%/PP発泡体

## 水系プライマー 塗膜形成



MAPPエマルジョンに  
CNFを混合して乾燥



CNFマスターバッチを  
水系エマルジョン化して乾燥

## 加工性・ひずみ制御

### PP系3Dプリンターフィラメント



CNF無添加

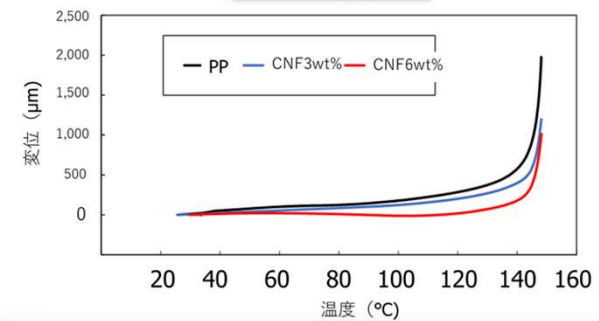


CNF添加



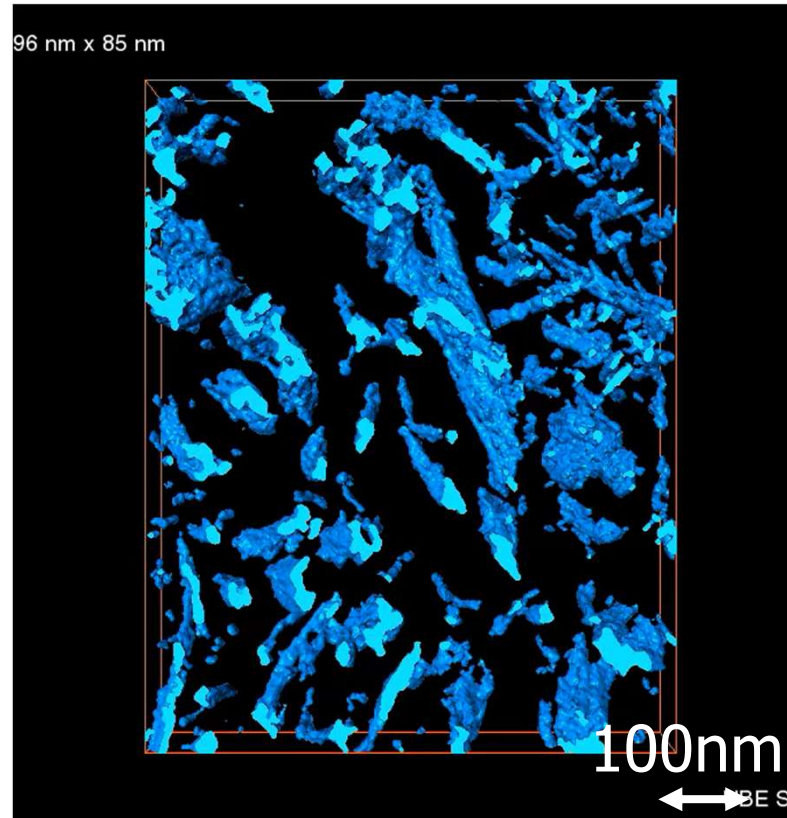
CNFマスターバッチ  
(開発品)

## PPシート 熱変形制御



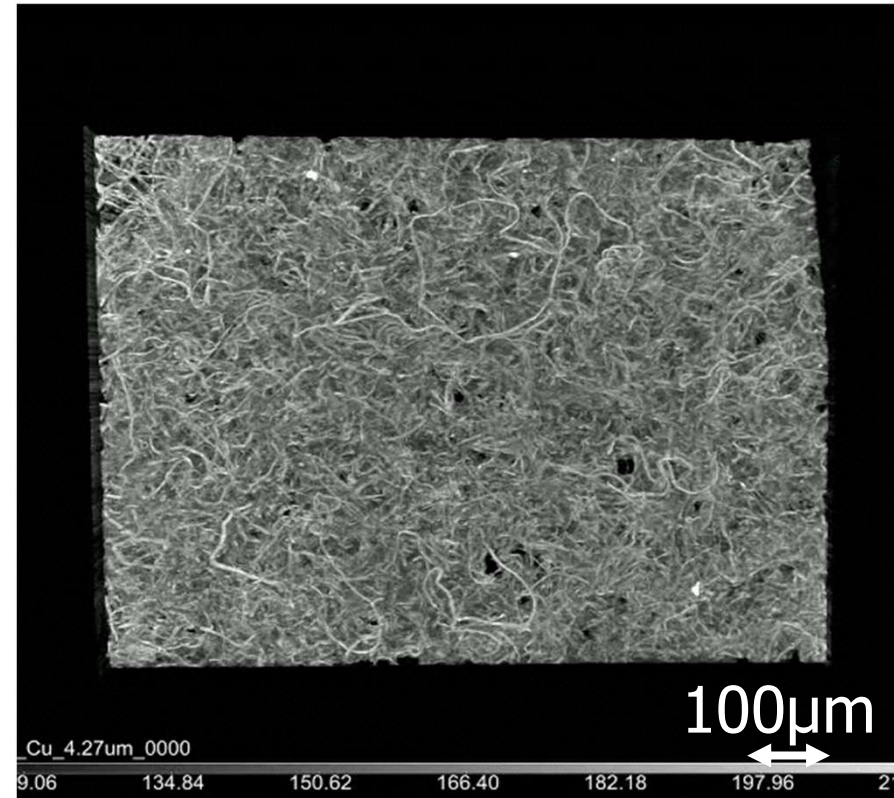
TMA測定結果

## セルロース系樹脂複合材料の開発



UBE科学分析センター様御提供

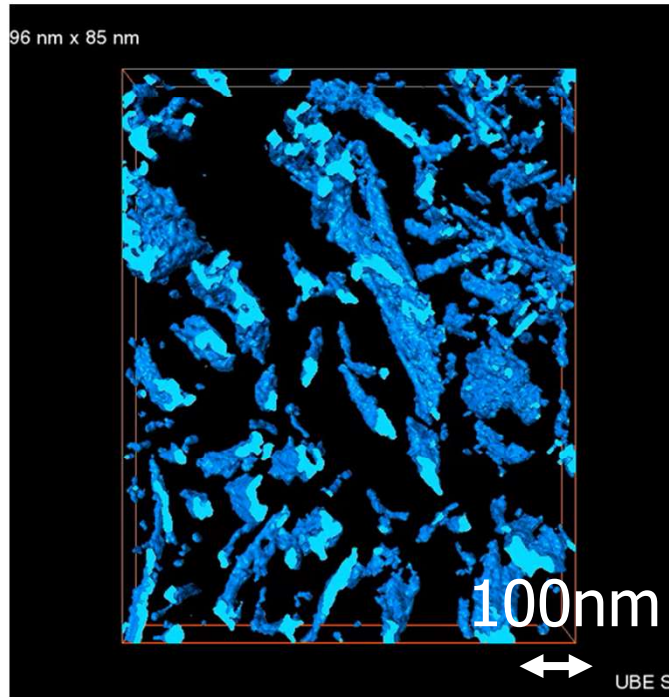
**ナノ**セルロース(CNF)の利用



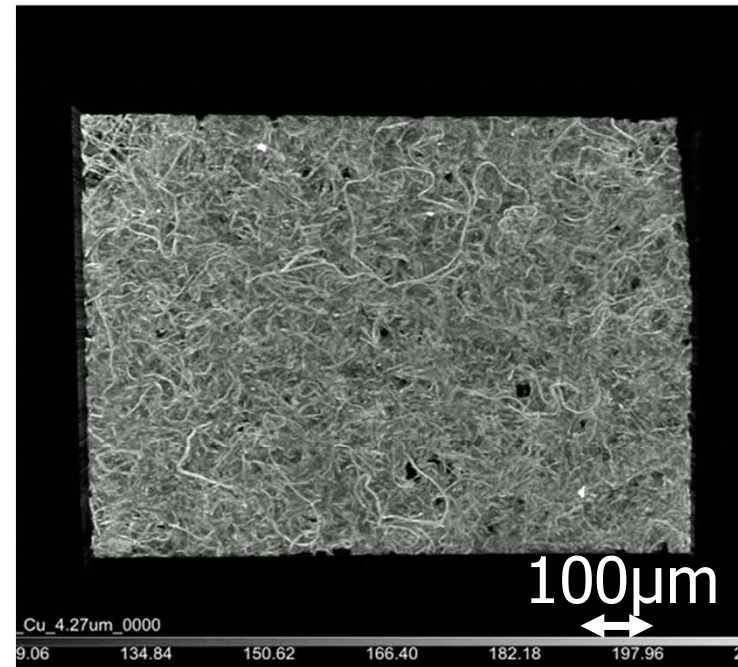
天間特殊製紙様御提供  
撮影:富士工業技術支援センター

**ミクロ**フィブリル化セルロース  
(MFC)の利用

# セルロース系樹脂複合材料の開発



CNF3wt%



MFC30wt%

	CNF	MFC
本数	1000	1
価格	1	1/30

# マイクロフィブリル化セルロース(MFC)を用いた ガラス繊維代替複合材料の開発

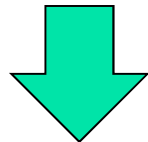
## 世界各国で脱炭素(カーボンニュートラル)に向けた動きが加速

### ◆2015年12月「パリ協定」採択

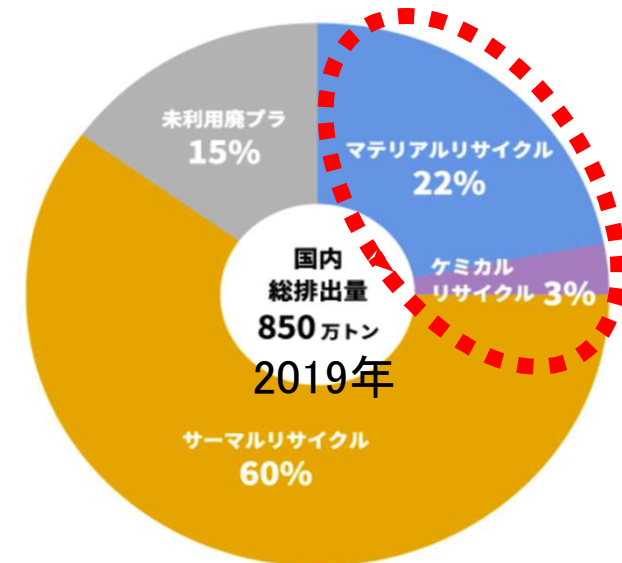
COP21(国連気候変動枠組条約締約国会議)において、2020年以降の温室効果ガス排出量削減の実現に向けた国際的な枠組としてパリ協定が採択。

### 【各国の長期目標】

	2030年温室効果ガス削減目標
日本	46%減 (2013年比)
EU	55%減 (1990年比)
英国	68%減 (1990年比)
米国	50~52%減 (2005年比)
中国	65%以上減 (2005年比)



材料、エネルギー、システム分野で  
イノベーションを興さなければ達成できない。



ガラス繊維強化ポリプロピレンは  
サーマルリサイクルさえできない！

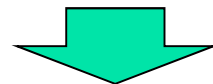
なぜ、1,500円/kg

セルロース/PP複合材料は熱履歴を抑えれば、  
多回・水平リサイクルが可能である。



GFRPP (ガラス繊維強化PP) の場合：

熔融混練時にGFが折れてしまうため、アスペクト比が低下  
よって、大きく強度低下する。⇒カスケードリサイクルの典型



原料価格がGFRPPの3倍(1,500円/kg)でも、  
LCAの点で魅力的である。



## セルロース/PP複合材料の課題と開発目標

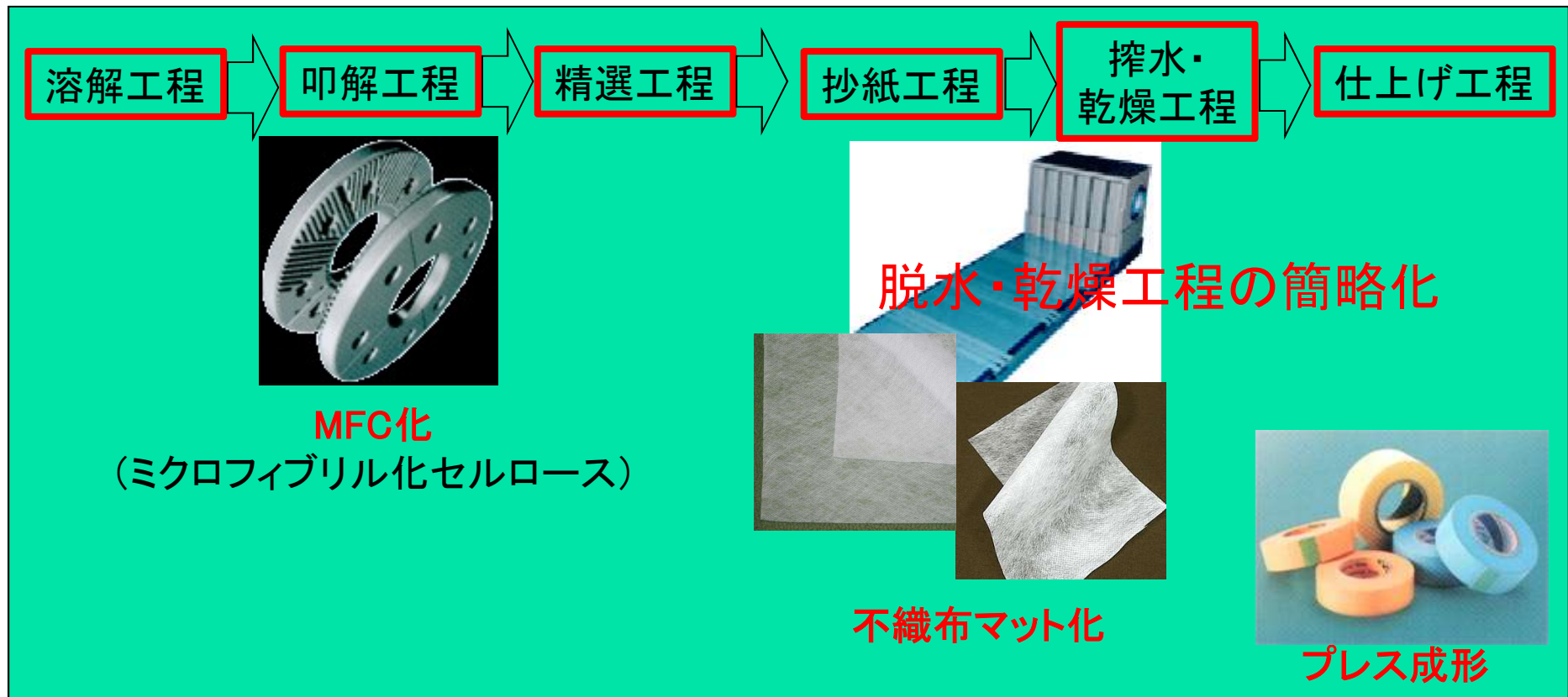
- ◆物性の課題: **衝撃強度が低い!**
- ◆対応: 顧客が興味を持っていただけの物性レベルを達成すること。
- ◆目標: 最低でも**GFRP10wt%の物性レベル**

	曲げ弾性率 (MPa)	シャルピー衝撃強度 (ノッチ付き) (kJ/m <sup>2</sup> )
短繊維ガラス強化PP K7000 (GF10wt%) プライムポリマーHPより	2800	5.0
PP系ウッドプラスチック (木粉51wt%)	4400	<b>2.2</b>

- ◆対応: 価格↓が見込める原料、プロセスの選定
- ◆目標: パイロット生産で**1,500円/kgの実現性**がある製品設計

# 保有技術のコラボレーション (R4年度 Go-Tech事業採択)

天間特殊製紙(株): 湿式法による混抄紙の連続製造技術



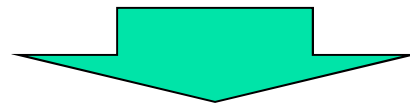
プラス  当研究室の配合技術

## 開発目標に対する達成レベル

### ◆物性: ガラス繊維10wt%品相当の物性を達成

	曲げ弾性率 (MPa)	シャルピー衝撃強度 (ノッチ付き) (kJ/m <sup>2</sup> )
短繊維ガラス強化PP K7000 (GF10wt%) プライムポリマーHPより	2800	5.0
PP系ウッドプラスチック(木粉51wt%)	4400	2.2
CNF10wt%品(市販)	1600	6.2
<b>MFC30wt%/PP(開発品)</b>	<b>2700</b>	<b>6.3</b>

「曲げ弾性率(剛性)」と衝撃強度は「Trade-off」であることから、開発品の物性をベースに高剛性、耐衝撃性のどちらか一方をより際立たせたグレードを準備する。



各社各様の幅広い要求に即時に応える

# 環境試験とセルロース系材料の重要性を啓発 「Flower Pot」プロジェクト（仮）

キーワード: 教育・働きがい・脱プラ





御静聴有難うございました。

[aoki.kenji@shizuoka.ac.jp](mailto:aoki.kenji@shizuoka.ac.jp)