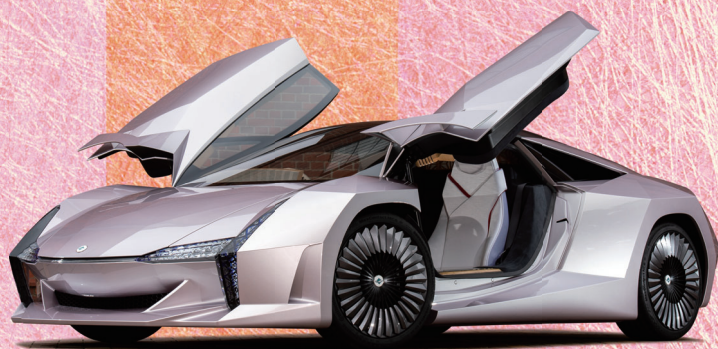


Nanocellulose Symposium 2020 / 第 417 回 生存圏シンポジウム

# 構造用 CNF 材料の 開発と自動車への応用

KYOTO, JAPAN February 27, 2020

京都テルサ テルサホール



画像提供：環境省

主催：京大生存圏研究所





Nanocellulose Symposium 2020 / 第 417 回 生存圏シンポジウム

# 構造用 CNF 材料の開発と 自動車への応用

---

KYOTO, JAPAN February 27, 2020

主催：京大大学生存圏研究所

# Nanocellulose Symposium 2020 第 417 回 生存圏シンポジウム

## 「構造用 CNF 材料の開発と自動車への応用」

昨年開催された東京モーターショーに、コンセプト、デザインからスタートし3年かけて完成させた実走する自動車、ナノセルロースヴィークル（NCV）を出展しました。NCVには京都大学生存圏研究所ならびに京都市産業技術研究所が多くの機関と共に開発してきた様々なセルロースナノファイバー材料が実装されています。今回のシンポジウムでは長年にわたり NEDO プロジェクトで開発され、NCV プロジェクトにおいて評価されたセルロースナノファイバー材料の実用化、社会実装を願い、今年度が最終年度となる NEDO リグノ CNF プロジェクトおよび環境省 NCV プロジェクトの成果について報告致します。

今回は約 40 機関のブース出展に加え NCV や搭載部材の展示も行うなど、例年にも増して充実した展示に努めます。多くの皆様のご来聴をお待ちしています。

■日 時：2020年2月27日（木）10：00～18：00（受付9：00から）

■会 場：京都テルサ テルサホール

### ブース出展及びポスター展示

- ・西館 2 階テルサホールロビー 09:00-09:50、12:30-13:30、15:10-16:30
  - ・東館 2 階セミナー室 12:30-13:30、15:10-16:30
- \*シンポジウムの進行上、ブース出展はシンポジウム開始の10分前に終了します。

### プログラム

10:00 開会挨拶

10:05 来賓挨拶

#### 10:10 NEDO リグノ CNF プロジェクト

- 1) 京都プロセスによるセルロースナノファイバー強化樹脂の開発  
(大) 京都大学生存圏研究所 矢野浩之氏 ..... 1
- 2) CNF 強化 PP における原料樹種依存性  
日本製紙(株) 伊達 隆氏 ..... 11
- 3) 熱可塑性樹脂補強における進展  
(地独) 京都市産業技術研究所 仙波 健氏 ..... 21
- 4) CNF 強化熱可塑性樹脂のフィルムインサート成形 + 発泡成形  
(地独) 京都市産業技術研究所 伊藤彰浩氏 ..... 33
- 5) 熱可塑性樹脂の発泡性への CNF 添加の効能  
(大) 京都大学工学研究科 大嶋正裕氏 ..... 41
- 6) 京都プロセスの工業化を目指した樹脂混練プロセスのスケールアップ技術開発  
宇部興産(株) 直川典正氏 ..... 53
- 7) CNF 強化ポリアセタールのスケールアップ  
三菱エンジニアリングプラスチック(株) 池田剛志氏 ..... 57
- 8) 塩化ビニル樹脂とリグノセルロースナノファイバーの複合化技術の開発  
大洋塩ビ(株) 前場 敏氏 ..... 63

#### 12:10 NCV (Nano Cellulose Vehicle) の紹介

コンセプトカー紹介

(株) トヨタカスタマイジング&ディベロップメント 鈴木幸弘氏 ..... 71

---

#### 12:30-13:30 休憩（ブース出展及びポスター展示）

---

#### 13:40 CNF 原料検討プロジェクトの成果概要

木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価

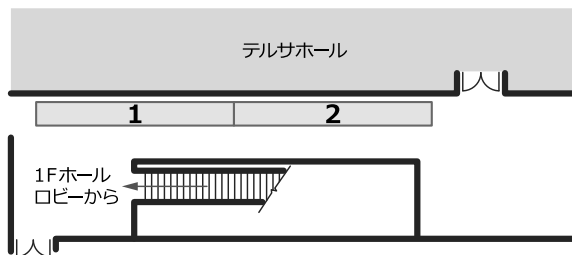
(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林 徳子氏 ..... 85



14:00	<b>CNF 安全性評価手法開発プロジェクトの成果概要</b>	
	CNF 安全性評価手法開発プロジェクトの成果概要	
	(国研) 産業技術総合研究所 梶原秀夫氏 .....	95
14:20	<b>環境省ナノセルロースヴィークル (NCV) プロジェクト (1)</b>	
1)	NCV プロジェクトの概要ー CNF を活かしたクルマづくりー	
	(大) 京都大学生存圏研究所 臼杵有光氏 .....	105
2)	セルロースナノファイバーの自動車エンジン部品への応用について	
	アイシン精機(株) 田中一貴氏 .....	111
3)	ポリアミド樹脂と CNF 複合材料を用いた 3D プリンター成形	
	(大) 京都大学生存圏研究所 奥平有三氏 .....	119
-----		
15:10-16:30	<b>休憩 (ブース出展及びポスター展示)</b>	
-----		
16:40	<b>環境省ナノセルロースヴィークル (NCV) プロジェクト (2)</b>	
1)	セルロースナノファイバーの自動車内装部品への展開	
	(株) イノアックコーポレーション 鈴木裕明氏 .....	125
2)	CNF 構造要素モデルの提案と高濃度 CNF 成形品試作のための接着性能評価	
	(大) 名古屋工業大学 栗山 晃氏 .....	133
3)	RTM 成形による CNF 製大型自動車部材への挑戦	
	(学) 金沢工業大学 附木貴行氏 .....	143
4)	ナノセルロースヴィークルの脱炭素化への貢献	
	(一社) サステナブル経営推進機構 山岸 健氏 .....	155
5)	NCV プロジェクトを通して見えてきたこと	
	(学) 金沢工業大学 影山裕史氏 .....	163
17:55	閉会挨拶	
18:00	閉会	

**主 催：** 京都大学生存圏研究所  
**共 催：** 近畿経済産業局及び地方独立行政法人京都市産業技術研究所  
**後 援：** ナノセルロースフォーラム、紙パルプ技術協会、セルロース学会、(一社) 日本木材学会、  
(一社) プラスチック成形加工学会、京都大学産官学連携本部

展示会場 ① テルサホールロビー(西館2F)

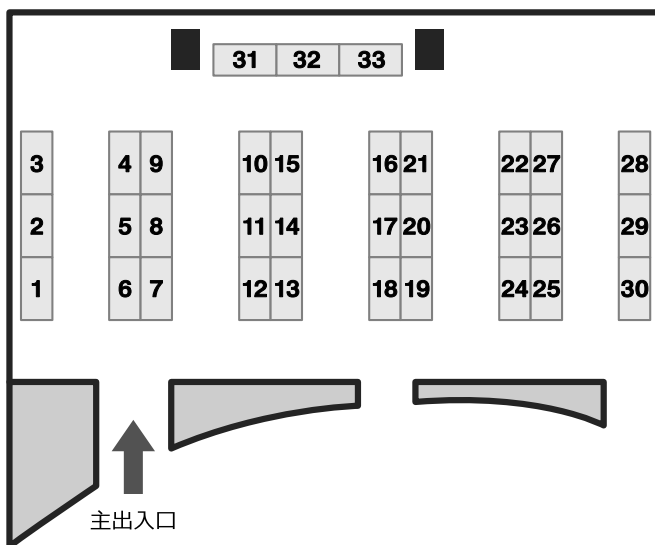


- 1 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)  
非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発プロジェクト
- 2 環境省 NCV(Nano Cellulose Vehicle)プロジェクト



NCV紹介

展示会場 ② セミナー室(東館2F)

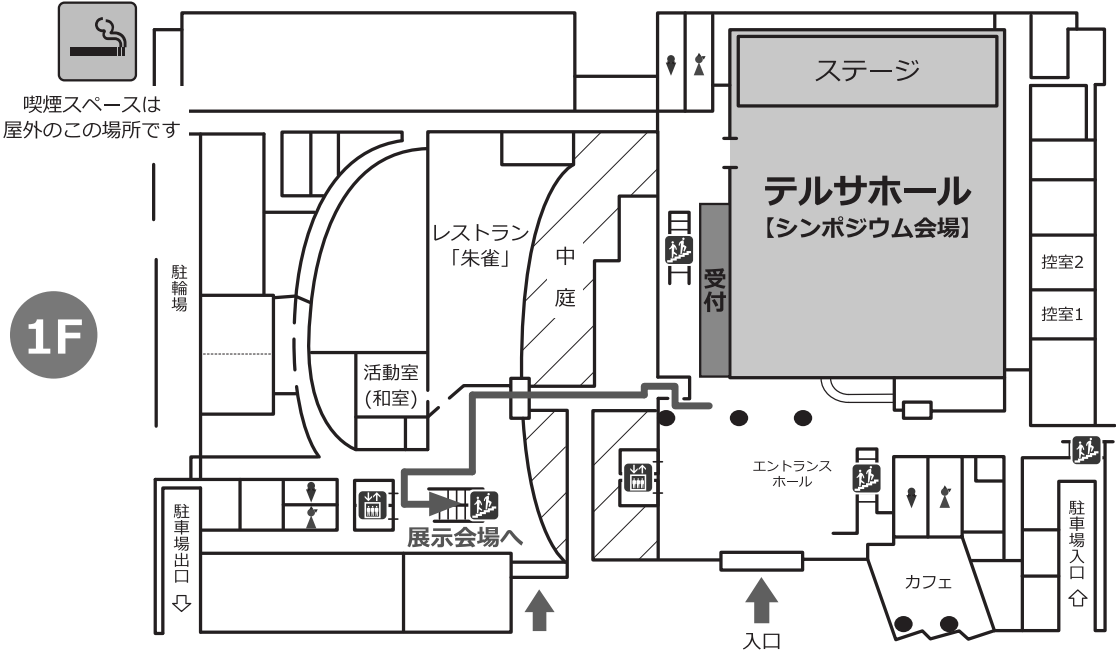


- |                 |                    |                       |
|-----------------|--------------------|-----------------------|
| 1 星光PMC(株)      | 12 大昭和紙工産業(株)      | 23 高蔵工業(株)            |
| 2 王子ホールディングス(株) | 13 (株)日本製鋼所        | 24 タケ・サイト(株)          |
| 3 第一工業製薬(株)     | 14 増幸産業(株)         | 25 (国研)産業技術総合研究所      |
| 4 大王製紙(株)       | 15 相川鉄工(株)         | 26 ふじのくにCNFフォーラム      |
| 5 (株)スギノマシン     | 16 神栄化工(株)         | 27 富士市・富士市CNFプラットフォーム |
| 6 日本製紙(株)       | 17 西光エンジニアリング(株)   | 28 (株)富士通総研           |
| 7 豊田合成(株)       | 18 (株)島津製作所        | 29 鹿児島県薩摩川内市          |
| 8 (株)服部商店       | 19 利昌工業(株)         | 30 四国CNFプラットフォーム      |
| 9 凸版印刷(株)       | 20 (株)吉川国工業所       | 31 熊本県産業技術センター        |
| 10 モリマシナリー(株)   | 21 三和化工(株)         | 32 岡山県工業技術センター        |
| 11 草野作工(株)      | 22 あいち産業科学技術総合センター | 33 (地独)京都市産業技術研究所     |



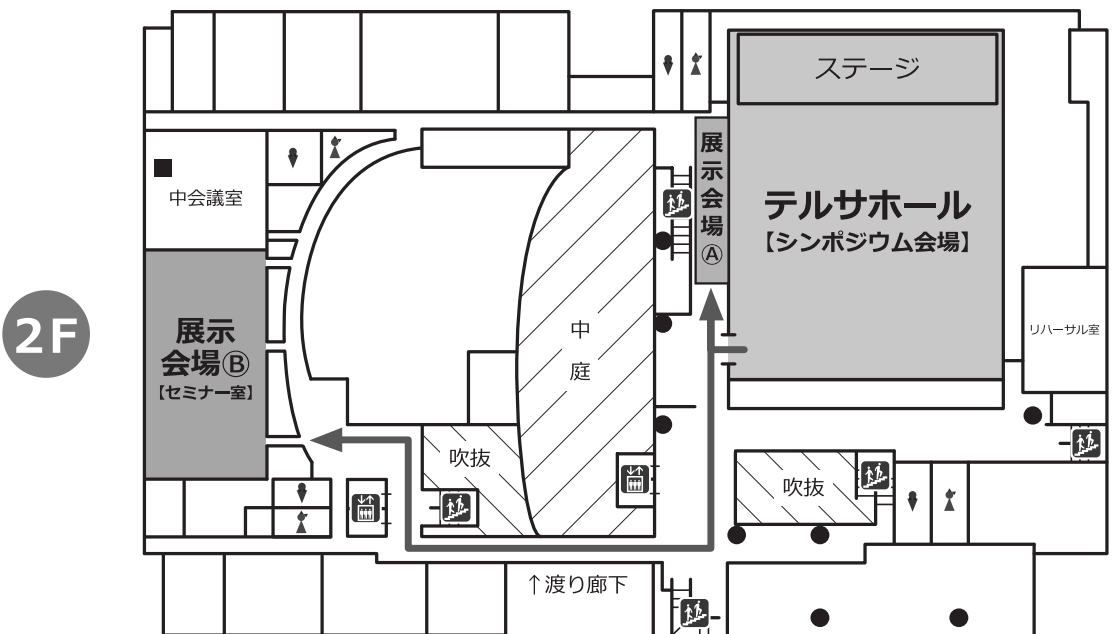
# 東館

# 西館



# 東館

# 西館







京都プロセスによる  
セルロースナノファイバー強化樹脂の開発

(大) 京都大学生存圏研究所

矢野 浩之氏





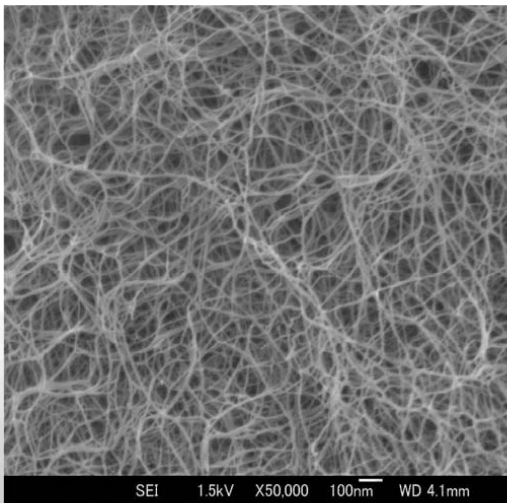
# 京都プロセスによる セルロースナノファイバー強化樹脂の開発

- 21世紀のモノづくりはベジタリアン -

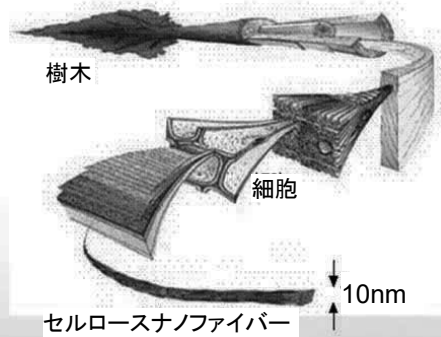


京都大学生存圏研究所 矢野浩之

## セルロースナノファイバー



木材のCNF (京都大学 栗野博士提供)

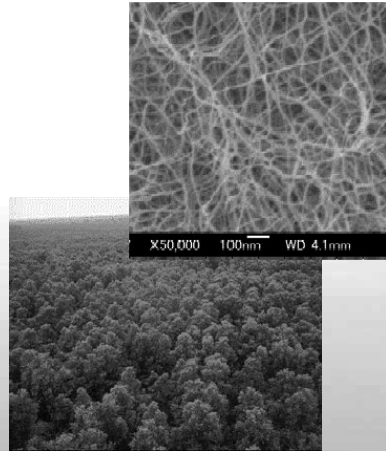


1兆トンの蓄積!

- 全ての植物細胞の基本骨格ナノファイバー
- 1兆トンの蓄積: 持続的再生可能資源

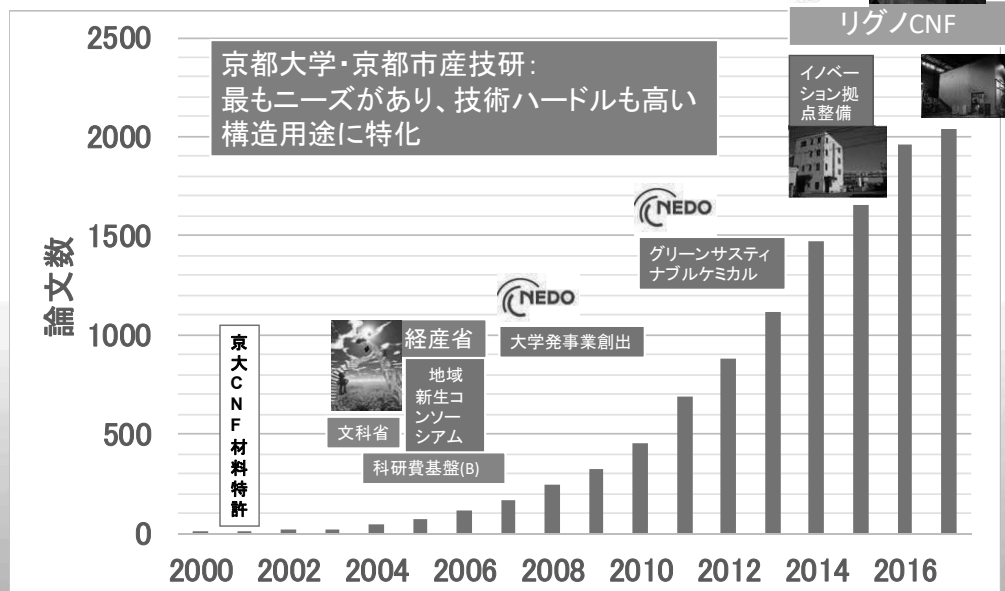
# 木質の本質：セルロースナノファイバー(CNF)

- 全ての植物細胞の基本骨格物質
- 1兆トンの蓄積(埋蔵石油資源の6倍)・持続型資源
- 高性能グリーンナノファイバー
  - 伸びきり鎖微結晶ポリマー
  - 幅:10-20nm, 長さ1μm以上
  - 軽量: 1.5g/cm<sup>3</sup>
  - 高弾性:140GPa、高強度:3GPa  
(鋼鉄の8倍の強度)
  - 低線熱膨張:0.1ppm/k (長さ方向)  
(石英ガラス相当)
  - 弾性率不変:-200℃~+200℃
  - 高熱伝導性:ガラス相当耐
  - 耐熱性:200℃付近から熱変性



→化学変性で250℃付近まで耐熱化

## ナノセルロースに関する論文・著書数の推移と 京都大学・京都市産技研における構造用CNF研究開発





「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発／  
木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発」

## 高機能リグノセルロースナノファイバーの 一貫製造技術と部材化技術開発

(2013年度～2019年度 7年間)

京都大学、王子ホールディングス(株)、日本製紙(株)、  
星光PMC(株)、(地独)京都市産業技術研究所

## CNF強化プラスチックへの期待：

日本の得意な技術で新たな市場を開拓

- 世界のプラスチック生産量 3億トン

### 2010年の主要国・地域の樹脂別生産量

	アメリカ	中国	西欧*	日本	韓国	台湾
低密度ポリエチレン	9,312	9,857	7,900	1,948	2,078	103
高密度ポリエチレン	7,660		5,550	1,015	2,028	544
ポリプロピレン	7,826	9,167	8,800	2,709	3,806	1,215
ポリスチレン	2,293	-	3,700	822	1,037	845
塩化ビニル樹脂	6,358	11,300	5,550	1,749	1,404	1,432
その他	13,184	13,283	14,900	3,999	2,675	2,192
合計	46,633	43,607	46,400	12,242	13,028	6,331

単位：1,000トン

3億トンの5%をセルロースナノファイバーに置き換える：1500万トン  
1000円/kg とすると15兆円の市場

# 実用化に向けた二つの技術課題

課題1: パルプのナノ化コスト

課題2: プラスチックとの相溶性



『パルプ直接混練法』“京都プロセス” 

繊維のナノ化と高融点樹脂への均一分散を同時に達成。

➡ 製造コストの大幅削減！

パルプ

(ナノセルロース原料)



化学変性  
パルプ

+

樹脂

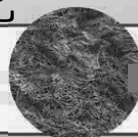
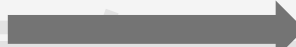


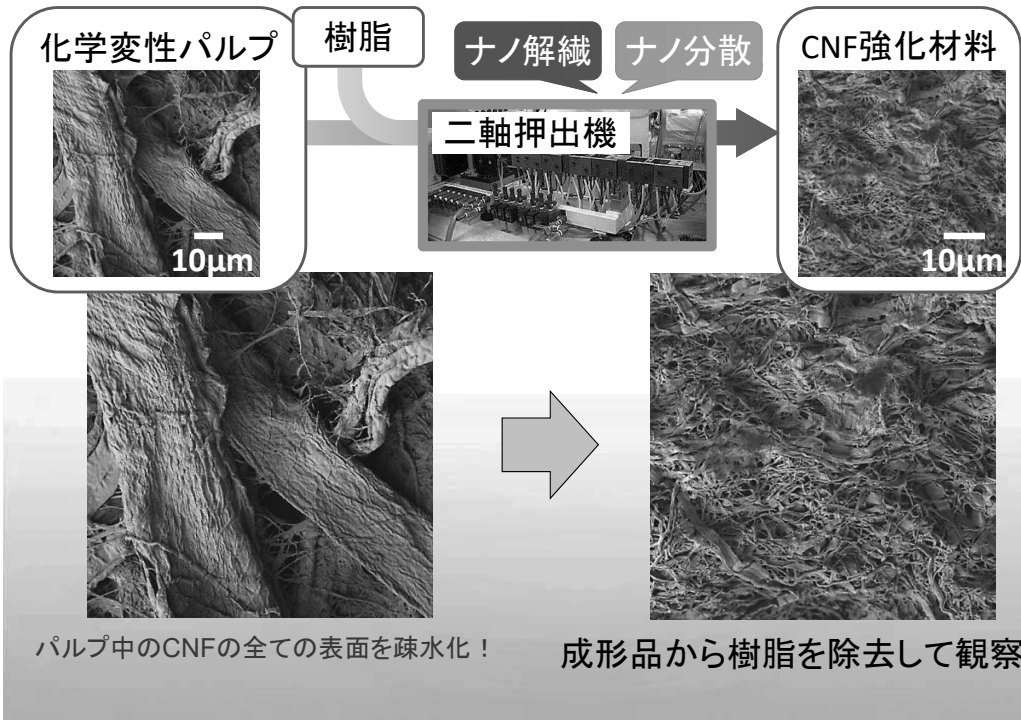
CNF強化樹脂成形体

▽

7 ナノ解繊と樹脂複合化

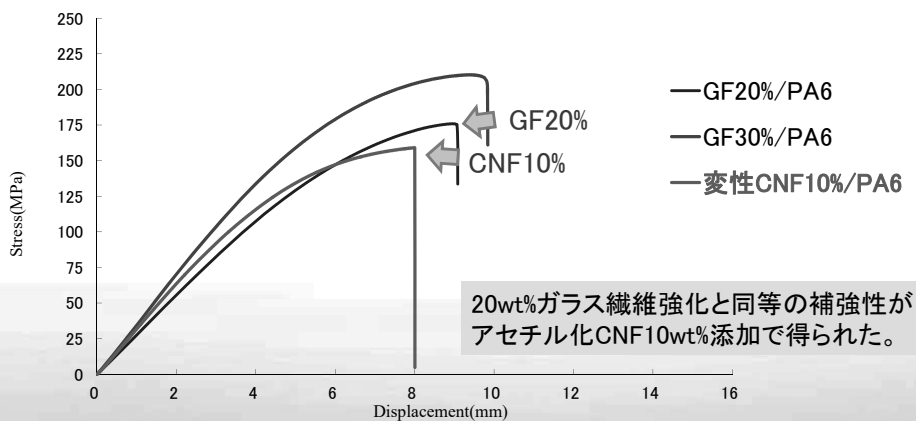
押出機





## 市販繊維強化材料(PA系)との比較: 混練温度: 230 $^{\circ}$ C

CNF10wt%(アセチル化)でガラス繊維20wt%品と同等の強度



曲げ特性	PA6	GF20%/PA6	GF30%/PA6	CNF 10%/PA6
弾性率 (GPa)	2.22	4.70	5.92	5.30
強度 (MPa)	91	175.7	210.8	160.0

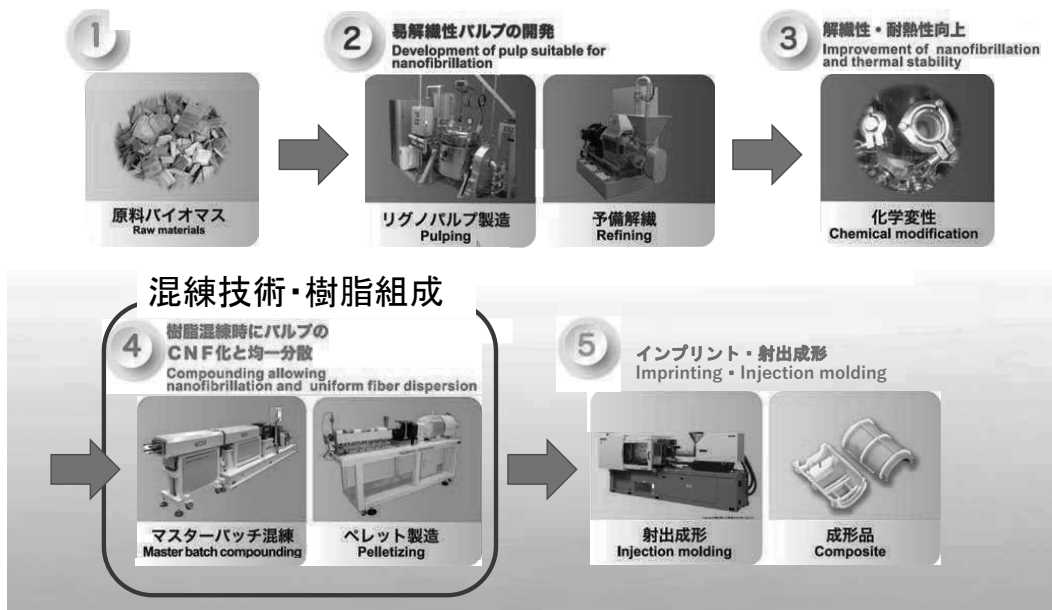
## 京都プロセスによる様々な樹脂補強

アセチル化処理

10wt% CNF

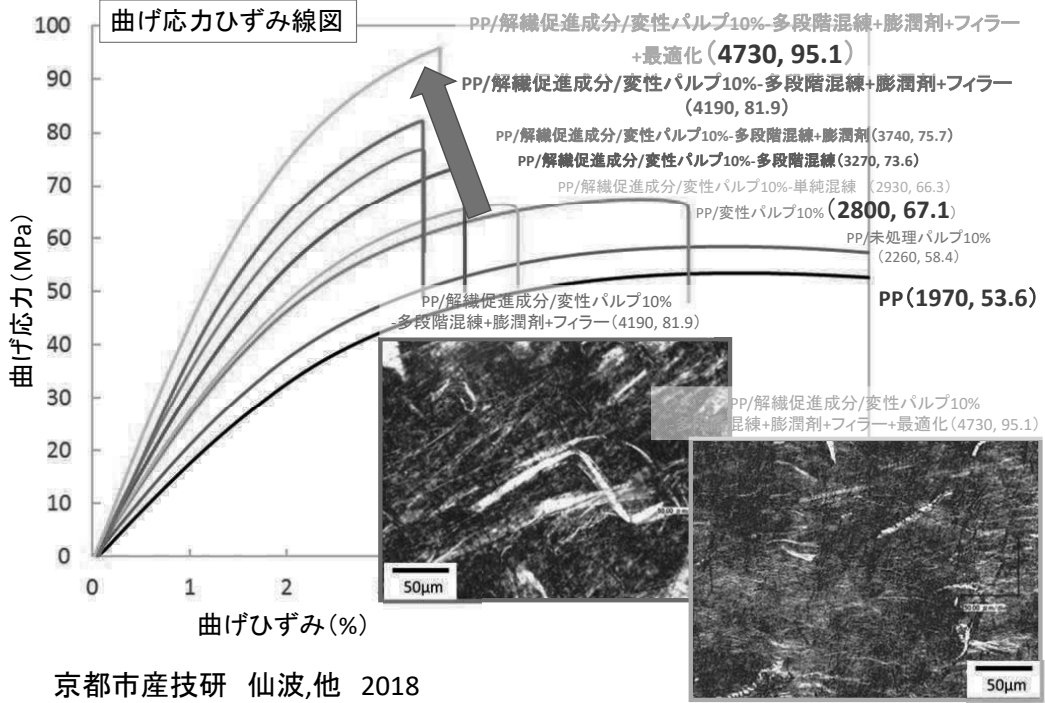
樹脂, 溶融温度	樹脂 E, Gpa	CNF/樹脂 E, GPa	樹脂 曲げ強度, MPa	CNF/樹脂 曲げ強度, MPa
PA6, 225°C	2.22	⇒ 5.34	91	⇒ 157
POM, 166°C	2.29	5.35	78	131
PLA, 170°C	3.41	6.40	108	119
ABS (200°C)	1.93	3.78	63	88
PA12, 175°C	1.24	3.15	52	89
PBT, 222°C	2.27	4.38	80	113
HDPE, 129°C	1.10	2.39	24	43
PP, 165°C	2.14	2.8	58	67

## CNF材料一貫製造プロセスの確立

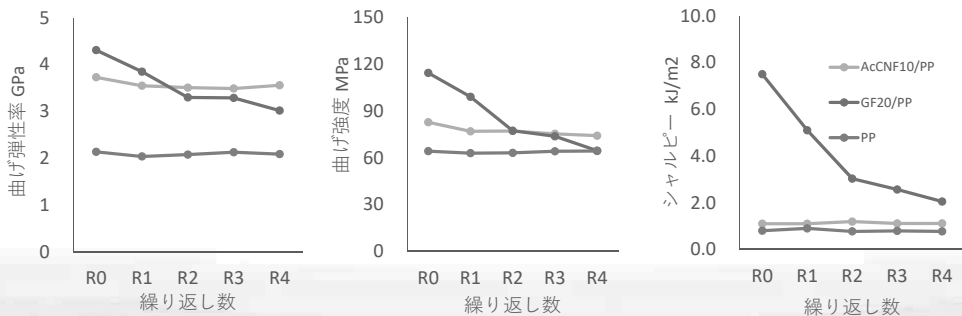




## 混練技術・樹脂組成の検討



## マテリアルリサイクル性評価

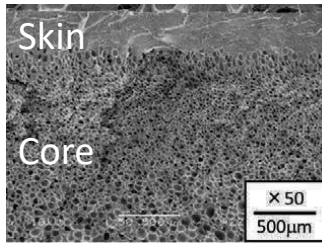


R1:粉砕→R2:混練→R3:粉砕→R4:混練

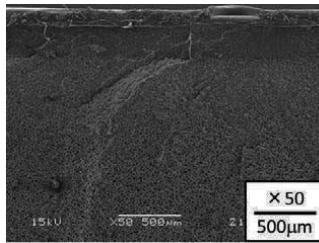
ガラス繊維強化材料はマテリアルリサイクルで性能が低下。

# 発泡材料

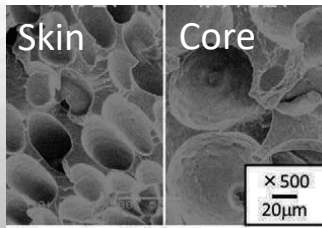
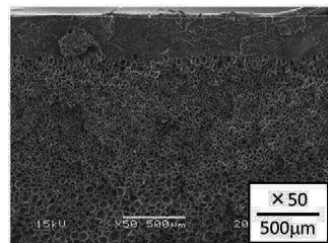
PA6



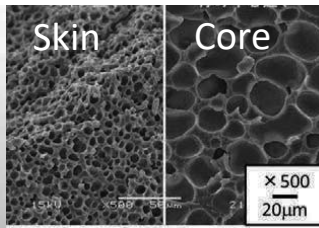
CNF/PA6



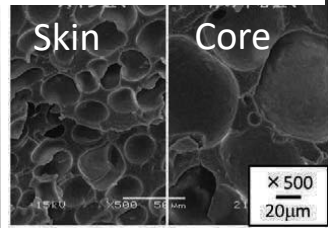
Inorganic/PA6



PA6 2.5times



Ac-CNF5% 2.5times



Inorganic filler 5% 2.5times

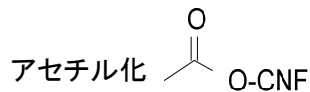
Itoh, et al., 2016

# CNF材料一貫製造テストプラント



生産能力5トン/年

京大大学生存研、2016

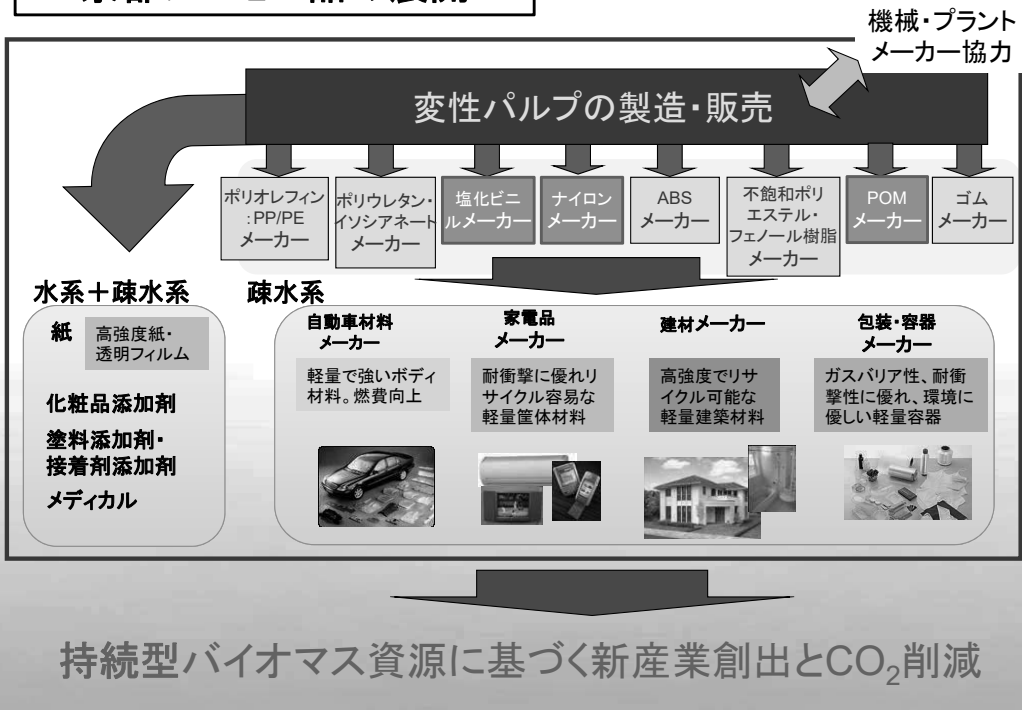


CNF/PA6, etc.  
10t/年 (10%CNF/樹脂ベース)



日本製紙富士工場、2017

## 京都プロセス品の展開



本研究の一部は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」事業の一環として実施しました。

ご清聴ありがとうございました。



CNF 強化 PP における原料樹種依存性

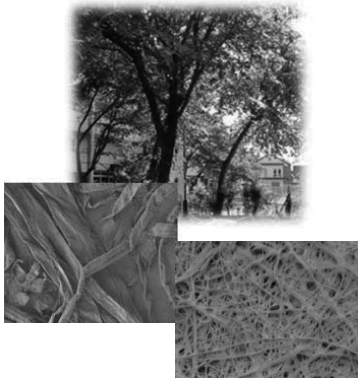
日本製紙（株）

伊達 隆氏





## CNF強化PPにおける原料樹種依存性

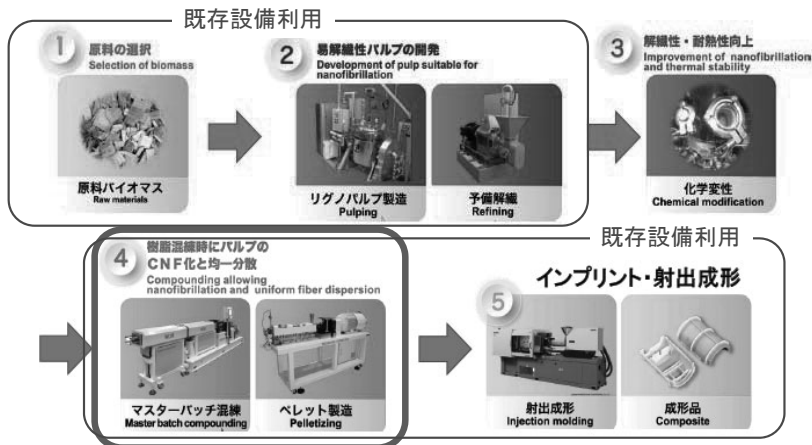


日本製紙株式会社  
伊達 隆

1

## 京都プロセスの工程図

confidential



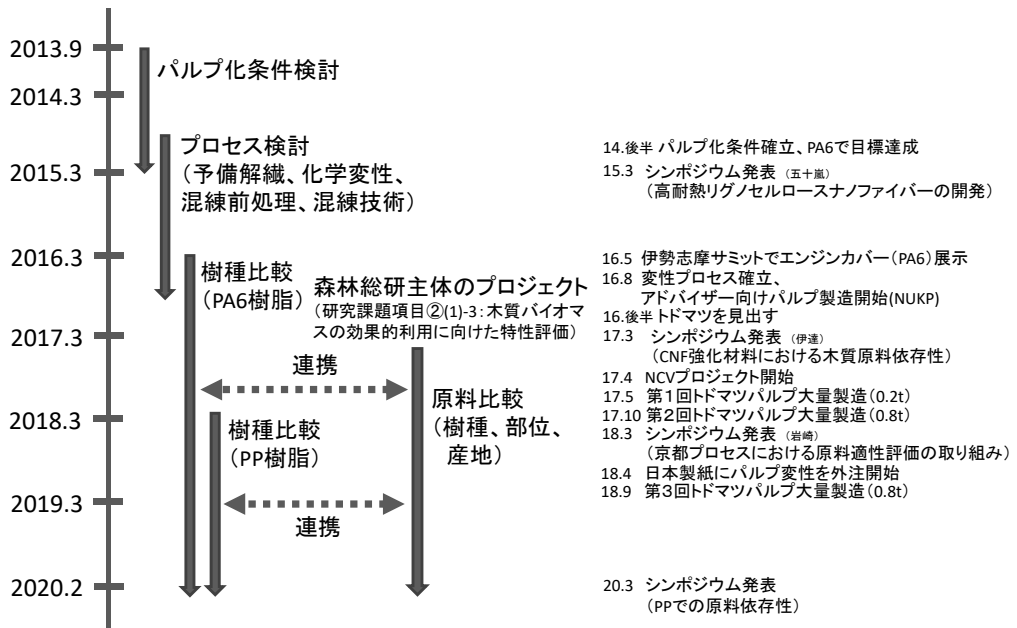
参画機関: 京都大学、王子ホールディングス、日本製紙、星光PMC、京都市産業技術研究所

京都プロセスは、原料選定から、パルプ化、化学修飾、樹脂混練、射出成形、性能評価まで一貫して行うことのできる、セルロースナノファイバー・樹脂コンポジットの一貫製造プロセスである。  
プロセスが確立したことで、系統立てた原料比較が行えるようになった。

2

# プロジェクトでの原料検討の経過

confidential



3

# 本検討で使用した原料樹種

confidential

森林総研主導の原料プロジェクトと連携して樹種の検討を行った

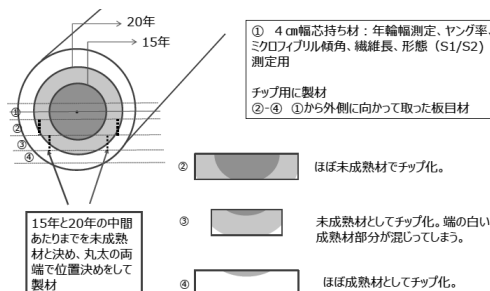
## ・検討した原料樹種

- スギ・・・産地(茨城、富山、熊本)、部位(未成熟、成熟)※
- トドマツ・・・産地(下川、津別)
- シュガービート・・・PA6の評価で良好
- コウヨウザン・・・PA6の評価で良好

### ※部位

未成熟材: 材の中心部分

成熟材: 材の外側の部分

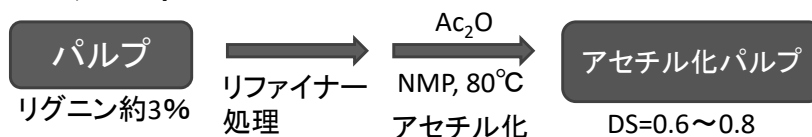


4

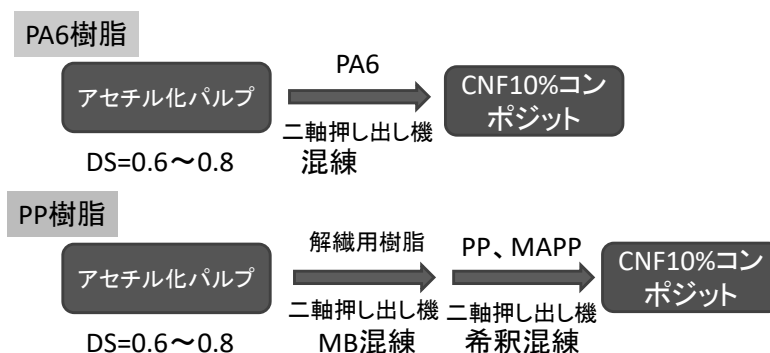
# 評価サンプルの作成方法

confidential

## ■ アセチル化



## ■ コンパウンド化



5

# 各樹種のパルプ化、アセチル化検討結果

confidential

### ※アセチル化反応条件

パルプ (Dry100g、リファイナー処理)、NMP 600ml、 $Ac_2O$  0.8mol eq.、 $K_2CO_3$  0.3 mol eq.  
 温度、時間: set 80°C (内温60~75°C)、2時間

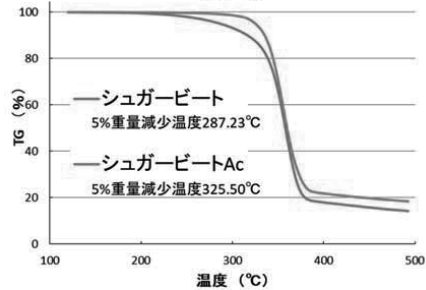
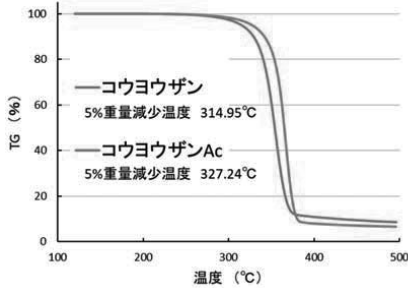
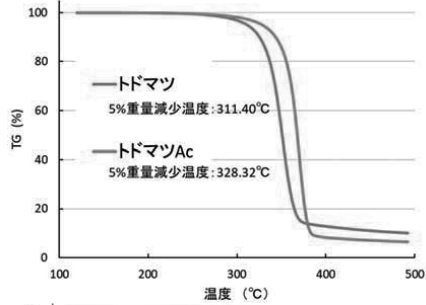
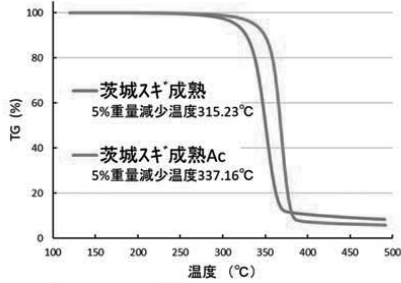
### ※パルプ成分、重合度、アセチル化DS

樹種、パルプ化条件	セルロース (%)	ヘミセルロース (%)				リグニン (%)	DP	結晶化度 (%)	アセチル化 DS
		GM	XY	AR+GA	Total				
スギ・茨城未成熟, 160°C120分	74.3	15.2	7.2	1.1	23.5	2.2	1029	82.8	0.62
スギ・茨城成熟, 160°C120分	74.6	15.6	6.6	1.0	23.2	2.2	993	76.5	0.65
スギ・富山未成熟, 160°C120分	77.1	14.1	5.6	0.8	20.5	2.4	1016	80.0	0.61
スギ・富山成熟, 160°C120分	74.0	16.3	6.2	1.0	23.5	2.5	974	75.5	0.55
スギ・熊本, 159°C150分	77.9	14.4	4.5	0.7	19.6	2.5	977	79.2	0.62
トドマツ・下川, 160°C180分	65.4	23.3	4.5	3.8	31.6	3.0	1036	82.7	0.77
トドマツ・津別, 155°C180分	76.4	14.7	6.2	0.7	21.6	2.0	1061	80.3	0.71
シュガーピート・土別, 100°C120分	85.8	2.4	3.3	1.3	7.0	7.2	951	65.3	0.65
コウヨウザン・高知, 155°C180分	74.0	16.3	6.1	1.5	23.9	2.1	1017	83.6	0.61

6

# アセチル化によるパルプの耐熱性の向上

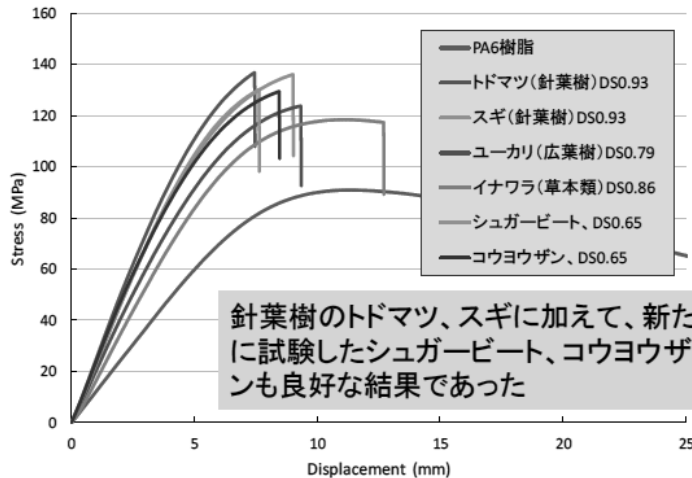
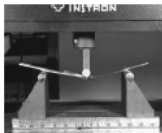
## パルプの耐熱性(TGA測定)



どの樹種のパルプでもアセチル化によって耐熱性が向上した

# PA6樹脂での結果 (10%CNF/PA6)

・コンポジット強度  
10%CNF/PA6  
直練り  
曲げ試験  
4mmダンベル



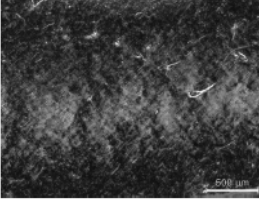
	針葉樹		広葉樹	草本	新規樹種		
曲げ特性	PA6	トドマツ	スギ	ユーカリ	イナワラ	シュガービート	コウヨウザン
弾性率 (GPa)	2.08	4.31	4.09	3.59	3.14	3.96	4.13
強度 (MPa)	95.2	136.8	135.1	123.1	118.5	128.1	129.1
変位 (mm)	>30	7.60	8.61	9.06	12.25	7.61	8.40
繊維率 (%)		8.8	9.9	9.9	9.9	11.2	10.5

# コンポジット中のCNFの観察(偏光顕微鏡、SEM)

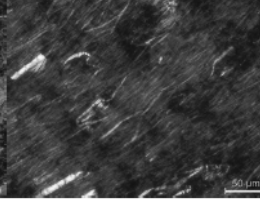
confidential

## トドマツ

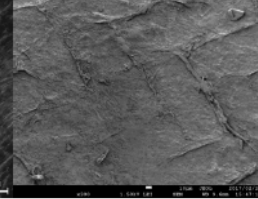
50倍



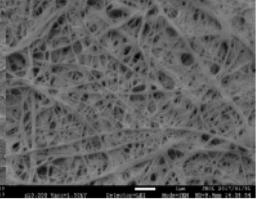
400倍



300倍

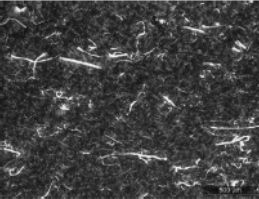


10,000倍

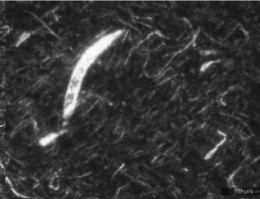


## スギ

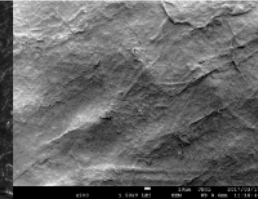
50倍



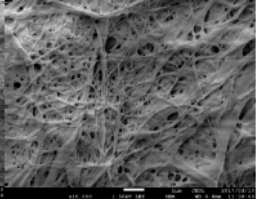
400倍



300倍



10,000倍



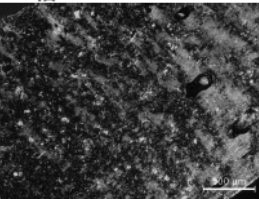
9

# コンポジット中のCNFの観察(偏光顕微鏡、SEM)

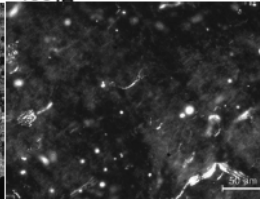
confidential

## シュガービート

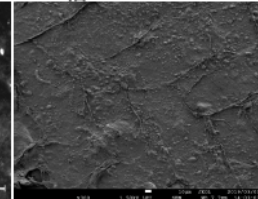
50倍



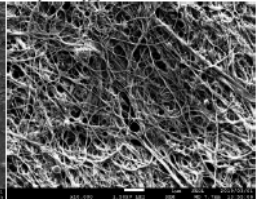
400倍



300倍

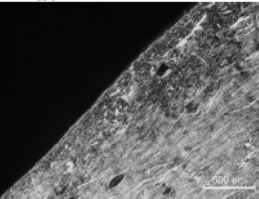


10,000倍

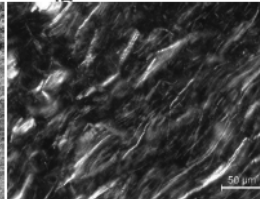


## コウヨウザン

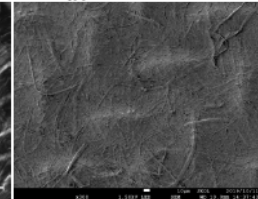
50倍



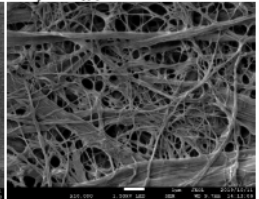
400倍



300倍



10,000倍



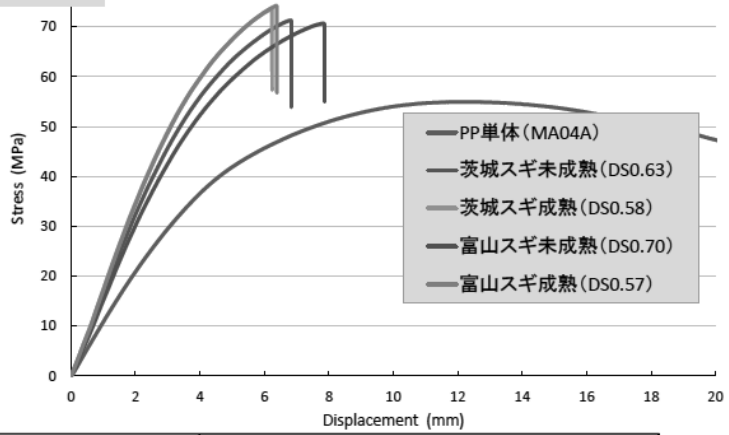
10

# PP樹脂での結果(10%CNF/PP)

confidential

## スギ:産地、部位の影響

・コンポジット強度  
10%CNF/PP  
MB混練→希釈混練  
曲げ試験  
4mm試験片



曲げ特性	PP	スギ			
		茨城未成熟	茨城成熟	富山未成熟	富山成熟
弾性率(GPa)	1.73	2.85	3.03	2.67	3.02
強度(MPa)	54.9	71.3	74.0	70.3	74.2
変位(mm)	>25	6.80	6.34	7.60	6.36

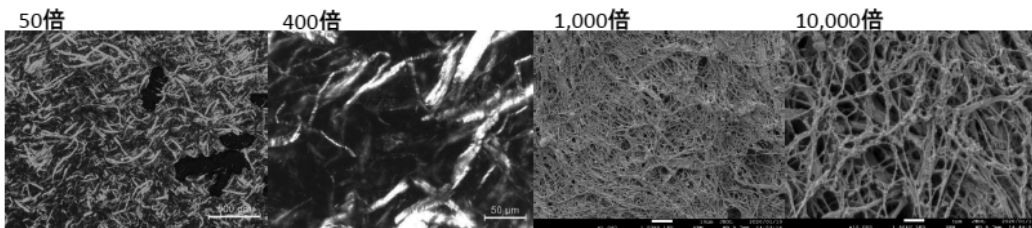
スギでは成熟材のほうが良好

11

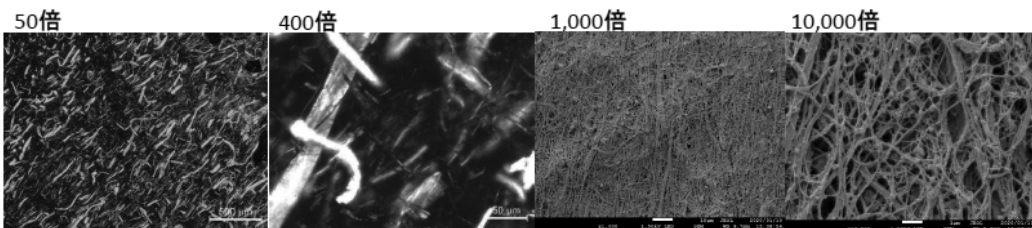
# コンポジット中のCNFの観察(偏光顕微鏡、SEM)

confidential

## スギ・茨城未成熟



## スギ・茨城成熟

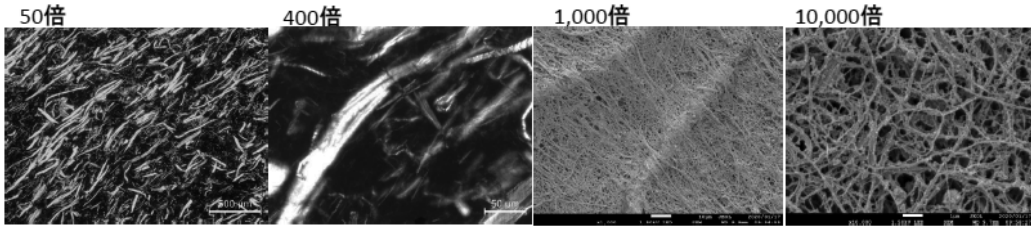


12

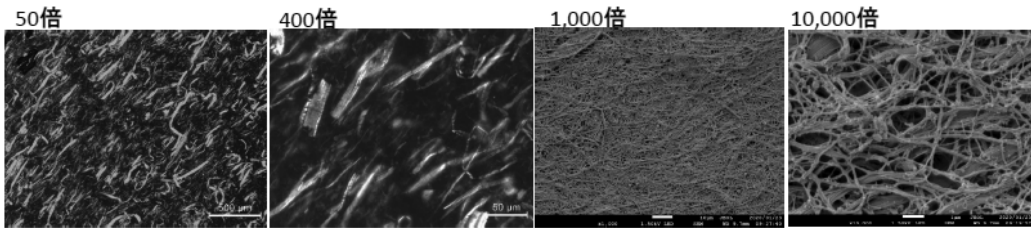


# コンポジット中のCNFの観察(偏光顕微鏡、SEM) confidential

## スギ・富山未成熟



## スギ・富山成熟

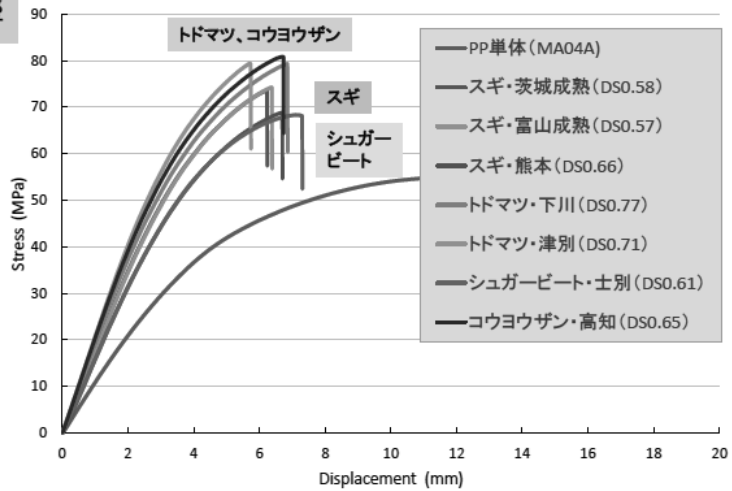


13

# PP樹脂での結果(10%CNF/PP) confidential

## 樹種、産地の影響

・コンポジット強度  
10%CNF/PP  
MB混練→希釈混練  
曲げ試験  
4mm試験片



曲げ特性	PP	スギ			トドマツ		シュガー ビート	コウヨウザ ン
		茨城成熟	富山成熟	熊本	下川	津別		
弾性率(GPa)	1.73	3.03	3.02	2.85	3.28	3.47	2.74	3.55
強度(MPa)	54.9	74.0	74.2	68.8	79.2	80.3	68.1	80.9
変位(mm)	>25	6.34	6.36	6.70	6.70	6.10	7.00	6.50

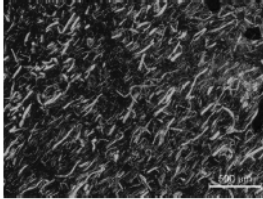
14

## コンポジット中のCNFの観察(偏光顕微鏡、SEM)

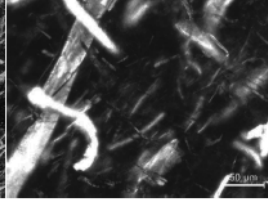
confidential

### スギ・茨城成熟

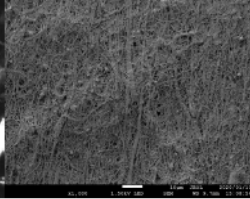
50倍



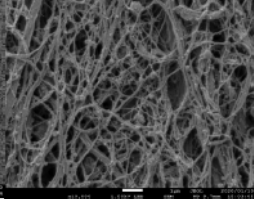
400倍



1,000倍

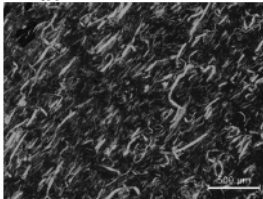


10,000倍

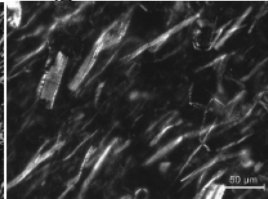


### スギ・富山成熟

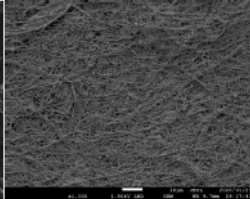
50倍



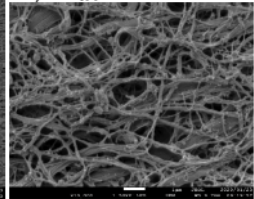
400倍



1,000倍



10,000倍



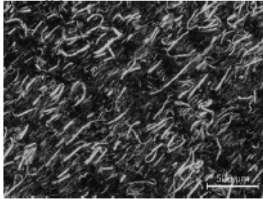
15

## コンポジット中のCNFの観察(偏光顕微鏡、SEM)

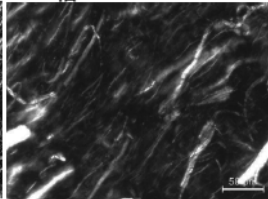
confidential

### スギ・熊本

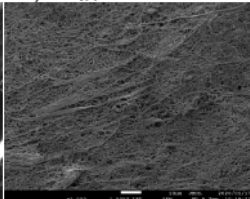
50倍



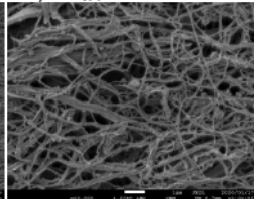
400倍



1,000倍



10,000倍

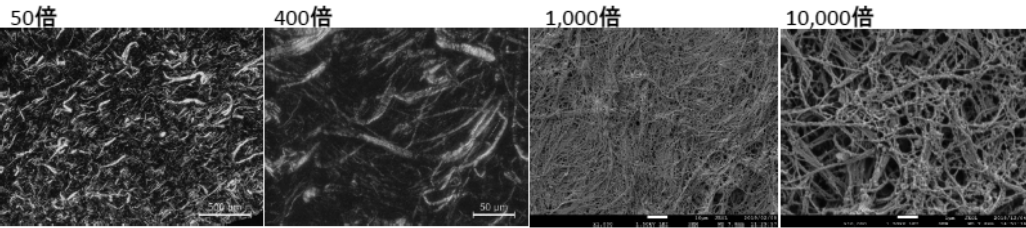


16

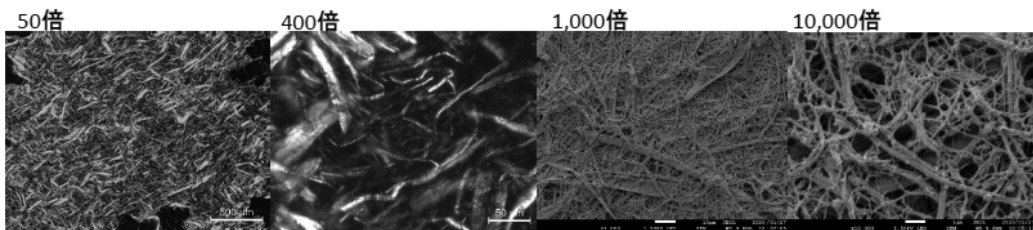
# コンポジット中のCNFの観察(偏光顕微鏡、SEM)

confidential

## トマツ・下川



## トマツ・津別

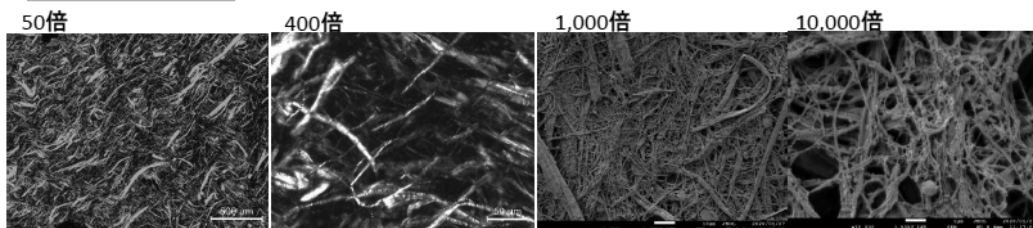


17

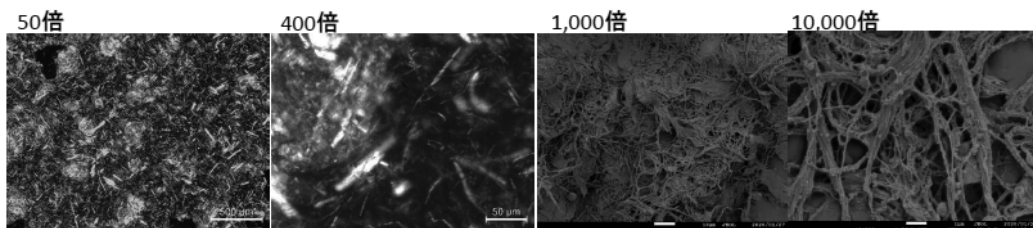
# コンポジット中のCNFの観察(偏光顕微鏡、SEM)

confidential

## コウヨウザン



## シュガービート



18

## まとめ

- 京都プロセスで種々の原料でのPP樹脂補強の検討を行った
- パルプ化条件を適正化することで、高重合度を保ったパルプが製造できた
- アセチル化により、どのパルプも耐熱性が向上した
- ナイロン樹脂(PA6)と同様に、PP樹脂(MA04A)においても、CNF添加で弾性率、強度が向上することが分かった
- CNF10%配合において、ニートPP樹脂に対して、最大で曲げ弾性率1.9倍、曲げ強度1.4倍に性能が向上した
- スギの場合、未成熟材よりも成熟材のほうが高強度であった
- トドマツやコウヨウザンは高強度であったが、スギはそれよりは少し低く、シュガービートは更に低かった。シュガービートは短繊維化していることが観察された
- 解繊性とコンポジット強度の関連性はあまり見られなかった
- 解繊性については、PA6樹脂と比較してまだ未解繊繊維があるので、PP樹脂中でのパルプの解繊性をいかに上げるかが課題である

## 謝辞



本研究は、  
NEDO平成25年度委託事業「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」  
高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発  
の支援を受けて行われました

御静聴有難うございました

熱可塑性樹脂補強における進展

(地独) 京都市産業技術研究所

仙波 健氏





# NEDOリグノCNFプロジェクト 熱可塑性樹脂補強における進展

(地独)京都市産業技術研究所  
仙波 健

## 内容

1. CNF/PP複合化
  - ①CNFの汎用強化繊維化へ-PPの重要性
  - ②PPの難しさ -PA6との比較, PPとの混練で起こること
  - ③解決策
  - ④様々なPPグレードへの補強効果と課題, 解決策は?
  - ⑤弾性率・強度, 耐衝撃性のバランスと低線熱膨張
2. CNF/PPのグレード開発
  - ①高弾性率・強度, 低熱膨張
  - ②耐衝撃, 低熱膨張
  - ③高耐衝撃, 超低熱膨張
  - ④耐衝撃, 低熱膨張, 高流動
3. まとめ

※PP:ポリプロピレン, PA6:ポリアミド6

# 1. CNF/PP複合化

## ①CNFの汎用強化繊維化へ-PPの重要性 PPがCNF汎用化への壁

世界と主要国のプラスチック生産額 単位: 1,000トン

	2008	2009	2010	2011	2012
アメリカ	46,061	44,757	46,633	46,814	48,057
中国	31,296	35,613	43,607	47,982	52,133
日本	13,041	10,915	12,242	11,212	10,520
韓国	11,865	12,749	13,028	12,922	13,355
台湾	5,713	6,159	6,331	5,959	5,880
ドイツ	18,375	17,250	18,550		
ペナレックス	11,025	10,350	9,275		
フランス	7,350	6,900	7,950	50,400	49,000
イタリア	4,900	4,600	5,300		
英国	3,675	3,450	3,975		
スペイン	3,675	3,450	3,975		
その他	88,024	73,807	94,134	104,711	109,055
合計	245,000	230,000	265,000	280,000	288,000

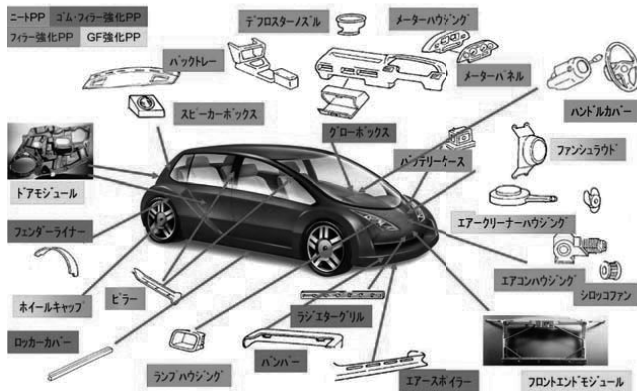
データソース  
米: ACC, 中国: CPPIA, 日本: 経産省, 韓国: KFPIC, 台湾: TPIA, 左記以外: PlasticsEurope

2012年の主要国・地域の樹脂別生産量 単位: 1,000トン

	アメリカ	中国	EU*	日本	韓国	台湾
低密度ポリエチレン	9,221	10,491	8,000	1,677	2,081	58
高密度ポリエチレン	8,046		5,500	928	2,152	470
ポリプロピレン	7,405	10,491	8,650	2,390	3,855	1,049
ポリスチレン	2,473	4,496	3,300	701	1,059	838
塩化ビニル樹脂	6,945	13,178	4,900	1,332	1,401	1,510
その他	13,967	13,483	15,550	3,492	2,807	1,955
合計	48,057	52,133	45,900	10,520	13,355	5,880

データソース  
米: ACC, 中国: CPPIA, 日本: 経産省, 韓国: KFPIC, 台湾: TPIA, 左記以外: PlasticsEurope

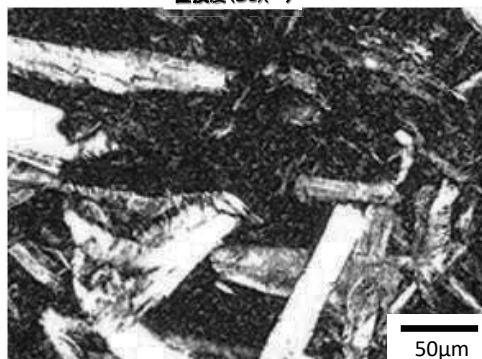
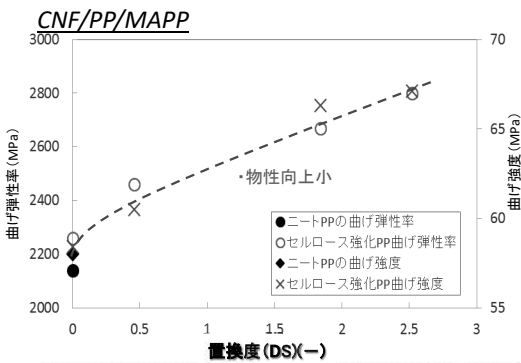
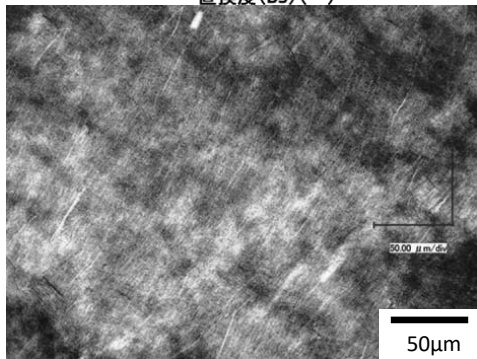
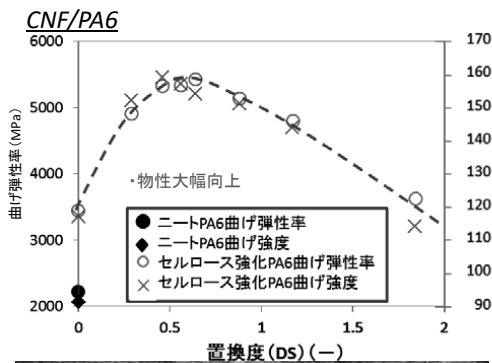
### 自動車用PP搭載部品



未来材料 三菱化学 藤田裕二氏

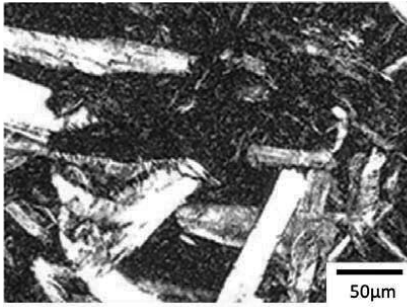
[http://www.jpif.gr.jp/5topics/conts/world3\\_c.htm](http://www.jpif.gr.jp/5topics/conts/world3_c.htm)

## 1. CNF/PP複合化 ②PPの難しさ -PA6との比較

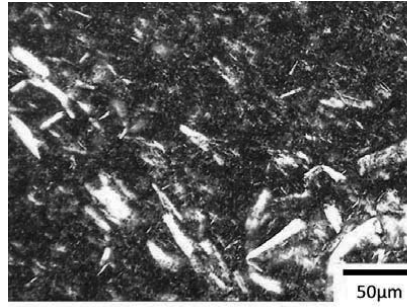


# 1. CNF/PP複合化 ②PPの難しさ-PPとの混練で起こること

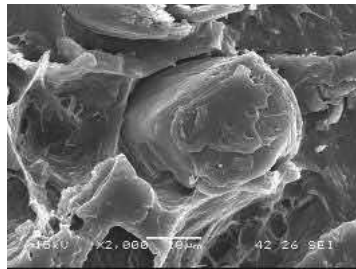
解れず分散不良



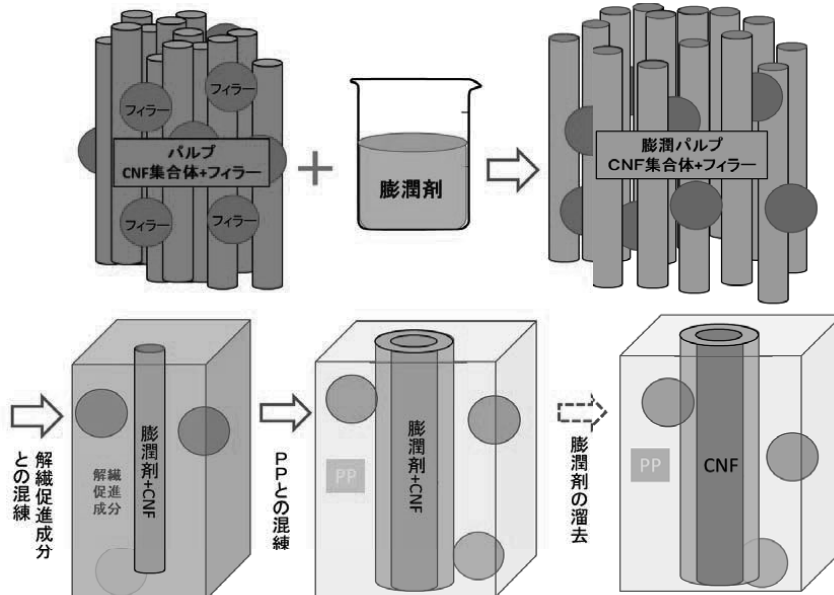
解そうとすると干切れる



セルロース/樹脂の界面接着が弱い



# 1. CNF/PP複合化 ③解決策

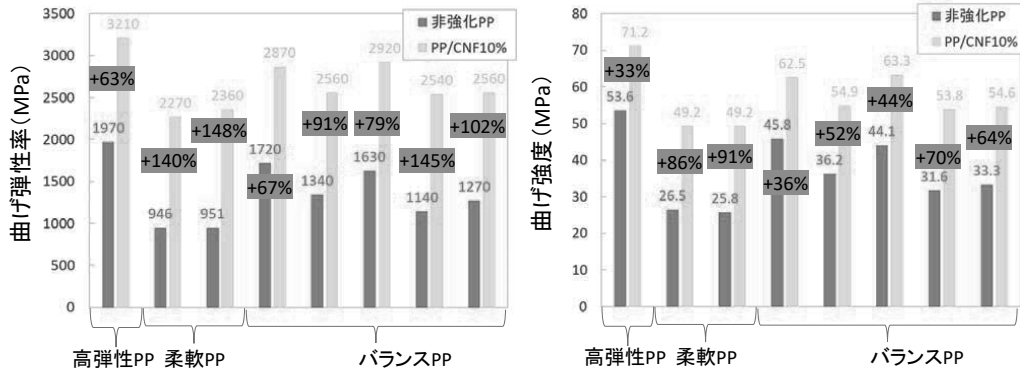


- ・パルプ膨潤剤 → 解繊促進, 切断抑制
- ・無機フィラー → 解繊促進
- ・解繊促進樹脂/ポリマーブレンド → 解繊促進, 界面接着

# 1. CNF/PP複合化

## ④様々なPPグレードへの補強効果と課題, 解決策は?

MAPPを解繊促進成分として使用



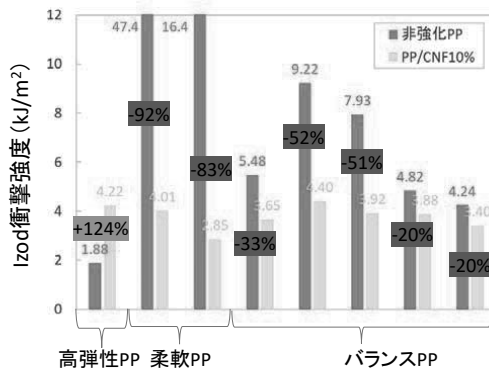
様々なPPをCNFにより補強した結果、

- ・曲げ弾性率は、63～148%向上
- ・曲げ強度は、36～91%向上
- ・比重(実測)は全て1以下

# 1. CNF/PP複合化

## ④様々なPPグレードへの補強効果と課題, 解決策は?

MAPPを解繊促進成分として使用



耐衝撃性は、高弾性PP以外は全て大幅に低下  
 どれも3～4kJ/m²に収束  
 ➡セルロース特有の耐衝撃性の低下要因がある?



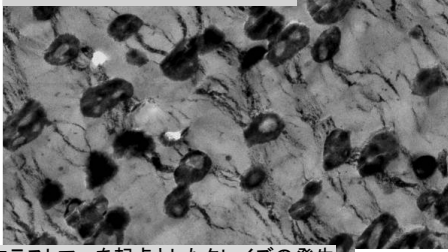
1. CNF/PP複合化

④様々なPPグレードへの補強効果と課題, 解決策は?

### ポリマーおよびGF強化ポリマーの衝撃吸収機構

京大大学生存圏研究所  
佐野博成先生撮影

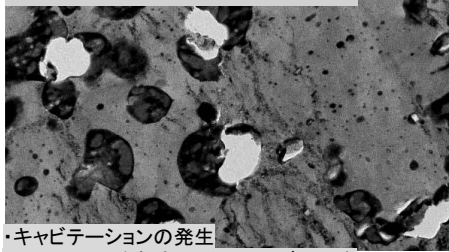
ブロックPP: 衝撃強度9kJ/m<sup>2</sup>



- ・エラストマーを起点としたクレイズの発生
- ・エラストマーによるクレイズ進展の抑制

2µm

ブロックPP: 衝撃強度30kJ/m<sup>2</sup>以上



- ・キャビテーションの発生
- ・エラストマーを起点としたクレイズの発生
- ・エラストマーによるクレイズ進展の抑制

2µm

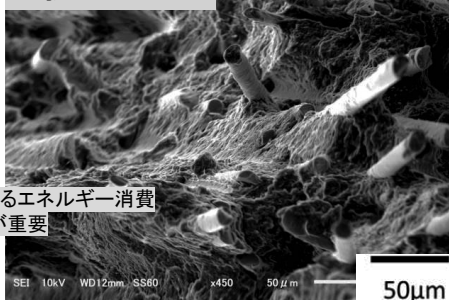
GF強化PP



- ・繊維の引き抜けによるエネルギー消費
- ・程良い界面の接着が重要

50µm

GF強化PP+MAPP



50µm

京都工芸繊維大学山田先生

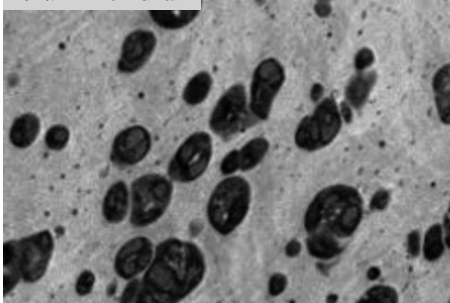
1. CNF/PP複合化

④様々なPPグレードへの補強効果と課題, 解決策は?

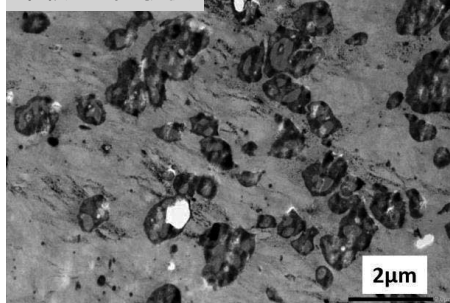
### CNF強化ポリマーの衝撃破壊状況

京大大学生存圏研究所  
佐野博成先生撮影

柔軟PP 試験前

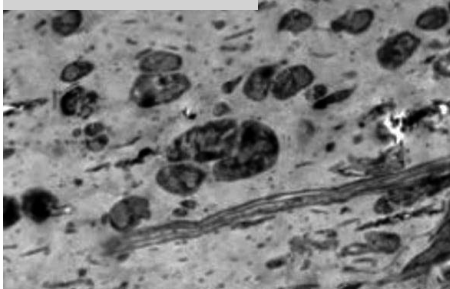


柔軟PP 試験後

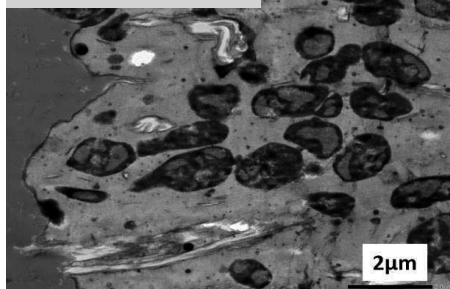


2µm

柔軟PP+CNF 試験前

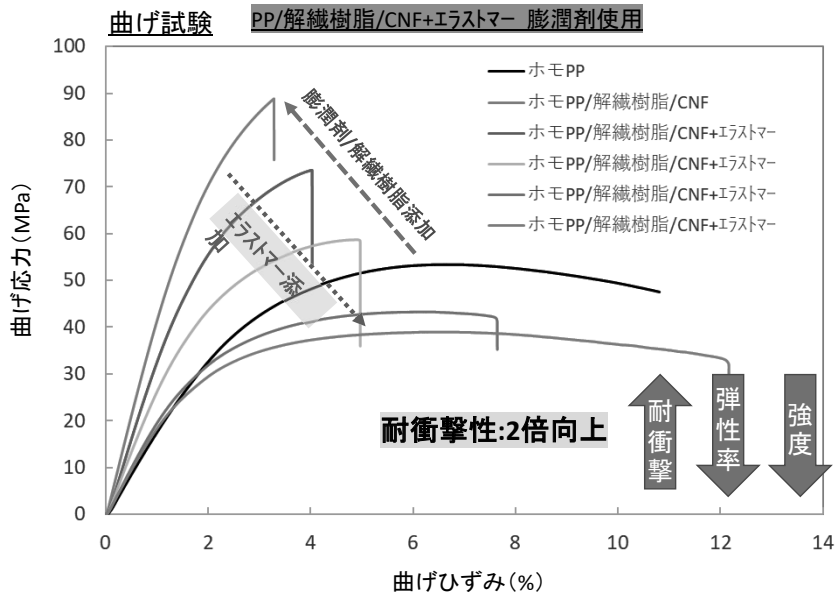


柔軟PP+CNF 試験後

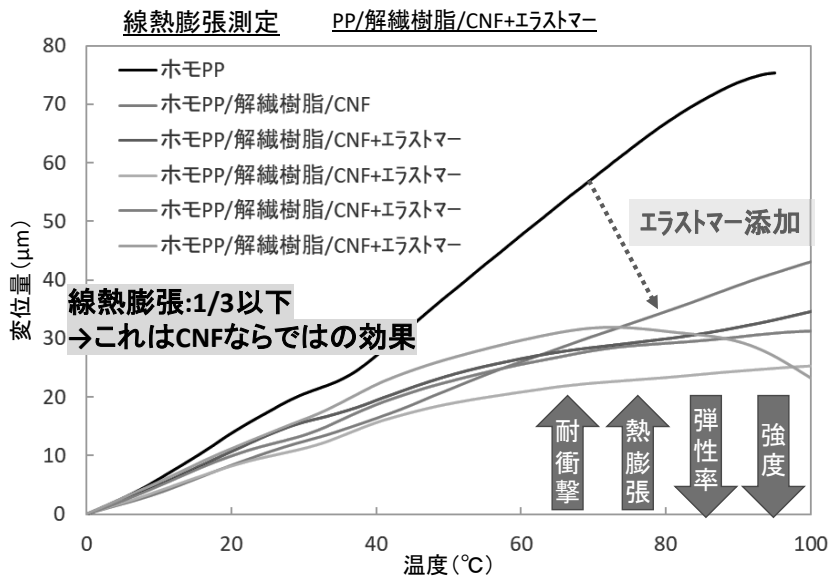


2µm

# 1. CNF/PP複合化 ⑤弾性率・強度, 耐衝撃性のバランスと低線熱膨脹

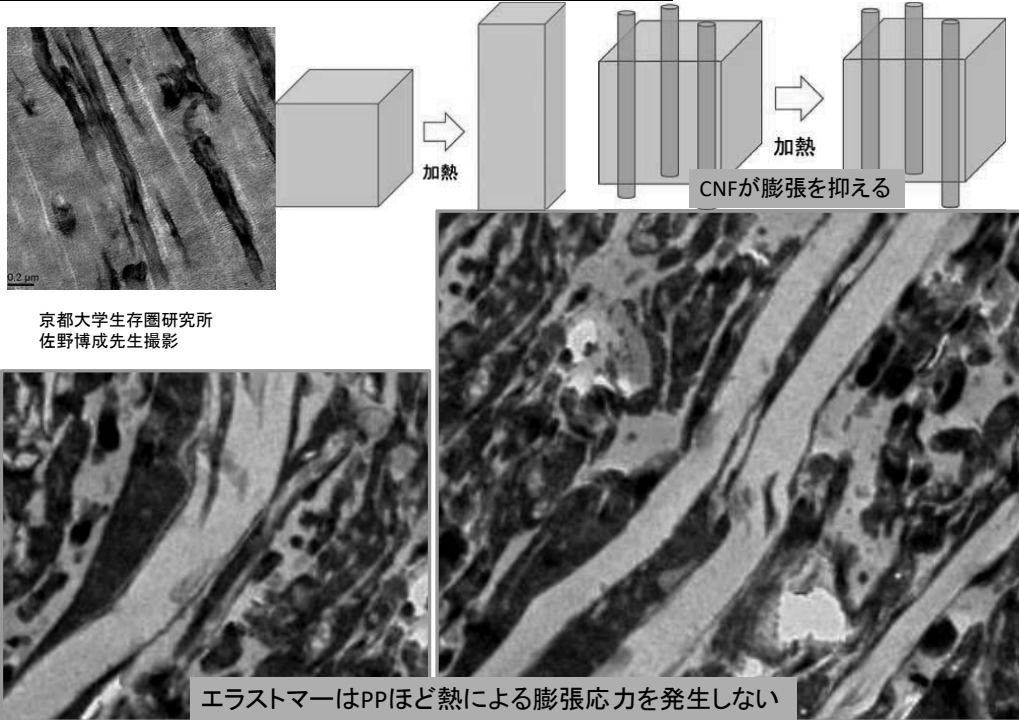


# 1. CNF/PP複合化 ⑤弾性率・強度, 耐衝撃性のバランスと低線熱膨脹

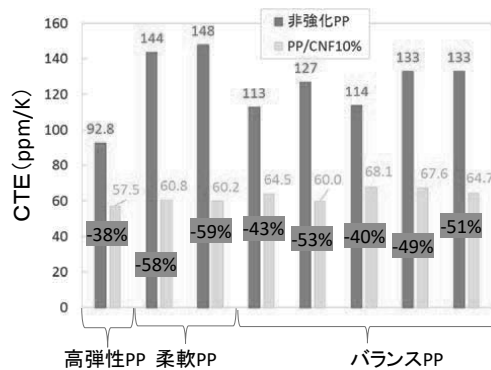




1. CNF/PP複合化 ⑤弾性率・強度, 耐衝撃性のバランスと低線熱膨脹  
 CNF/PP+エラストマーにおけるCNFがエラストマー相及ぼす影響



1. CNF/PP複合化 ⑥弾性率・強度, 耐衝撃性のバランスと低線熱膨脹へ



様々なPP種に対してCTE大幅改善

・-38~-59%

・57.5~68.1ppm/K

さらに下げる！！

静的力学的特性, 耐衝撃性のバランス+低CTEを目指す

# 内容

## 1. CNF/PP複合化

- ①CNFの汎用強化繊維化へ-PPの重要性
- ②PPの難しさ -PA6との比較, PPとの混練で起こること
- ③解決策
- ④様々なPPグレードへの補強効果と課題, 解決策は?
- ⑤弾性率・強度, 耐衝撃性のバランスと低線熱膨張

## 2. CNF/PPのグレード開発

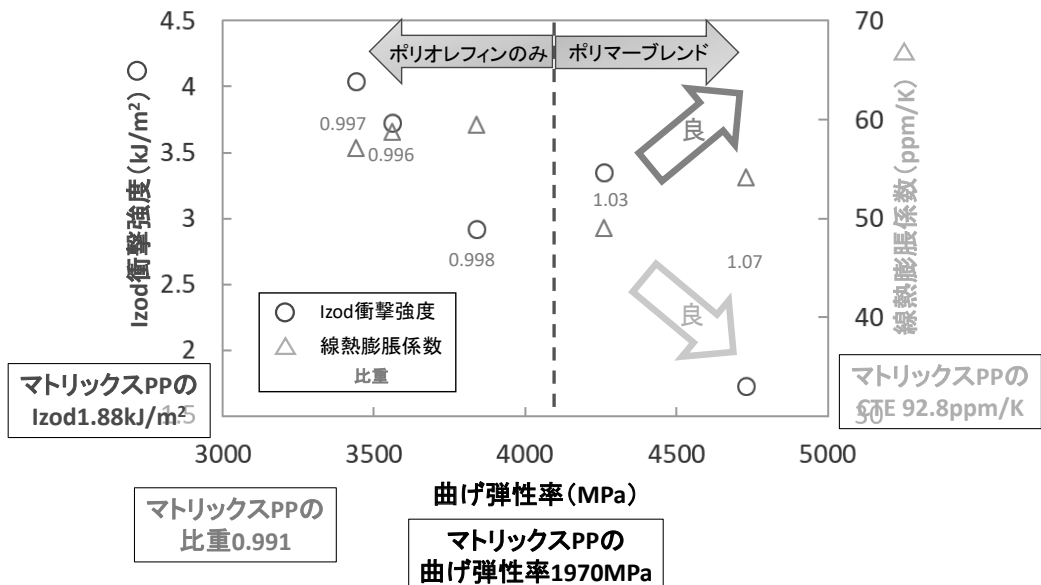
- ①高弾性率・強度, 低熱膨張
- ②耐衝撃, 低熱膨張
- ③高耐衝撃, 超低熱膨張
- ④耐衝撃, 低熱膨張, 高流動

## 3. まとめ

※PP:ポリプロピレン, PA6:ポリアミド6

### 2.CNF/PPのグレード開発 ①標準グレード(高弾性)

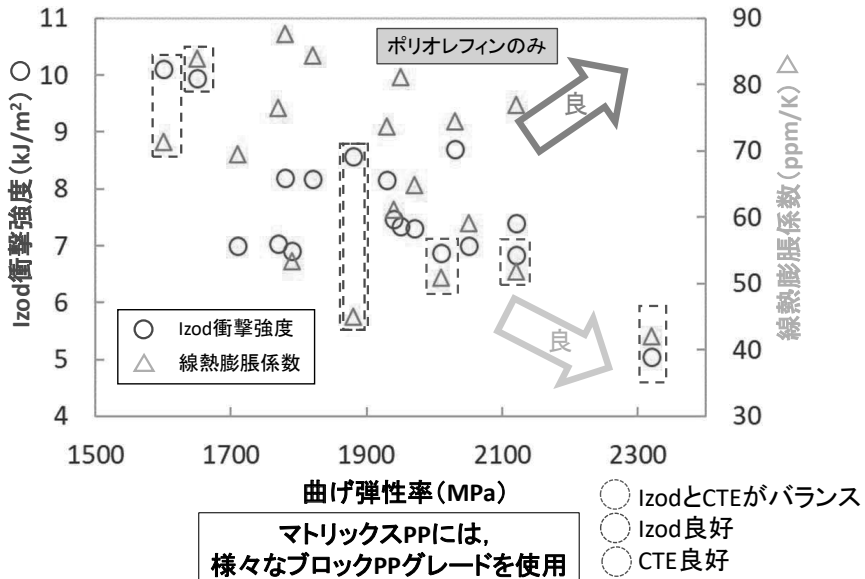
密度:0.95-1.1g/cm<sup>3</sup>, E:4.0-4.5GPa, 曲げ強度:80-90MPa, Charpy: 2-4kJ/m<sup>2</sup>, CTE 40-50ppm/K



- ・高弾性・高強度を目指すためCNFは10wt%且つエラストマー成分は入っていない
- ・耐衝撃性が2~4kJ/m<sup>2</sup>と低い
- ・曲げ弾性率は3500MPa以上

## 2.CNF/PPのグレード開発 ②耐衝撃・低線熱膨張グレード

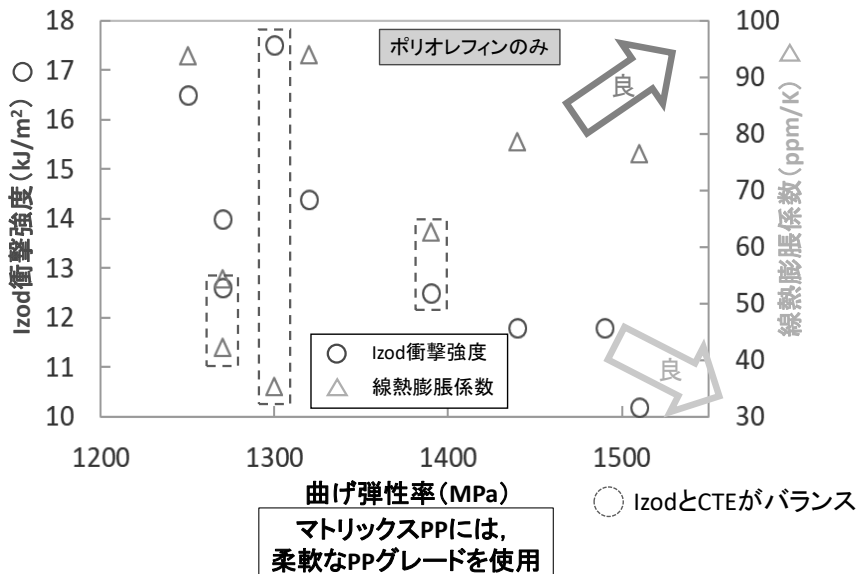
密度:0.95-1.0g/cm<sup>3</sup>, E:1.8-2.0GPa, 曲げ強度:40-50MPa, Charpy: 8-10kJ/m<sup>2</sup>, CTE 40-50ppm/K



- ・CNFは数wt%～10wt%, エラストマー成分を追添したのものもあり
- ・耐衝撃性が5～10kJ/m<sup>2</sup>
- ・CTEは40～90ppm/K
- ・曲げ弾性率は1500～2300MPa
- ・比重0.97～1.08

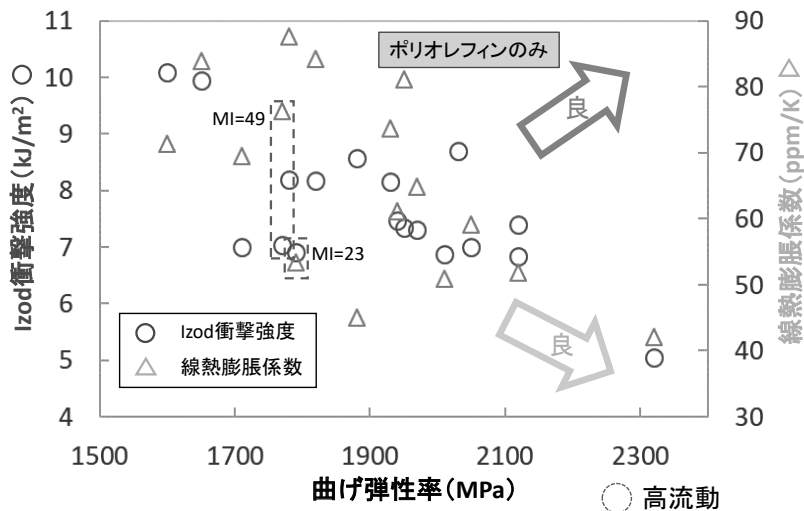
## 2. CNF/PPのグレード開発 ③高耐衝撃・超低線熱膨張グレード

密度:0.95-1.0g/cm<sup>3</sup>, E:1.0-1.2GPa, 曲げ強度:30-40MPa, Charpy: 12-20kJ/m<sup>2</sup>, CTE 20-30ppm/K



- ・CNFは数wt%～10wt%, エラストマー成分を追添したのものもあり
- ・耐衝撃性が10～18kJ/m<sup>2</sup>
- ・CTEは良いものは30～60ppm/K
- ・曲げ弾性率は1200～1600MPa
- ・比重0.95～0.99

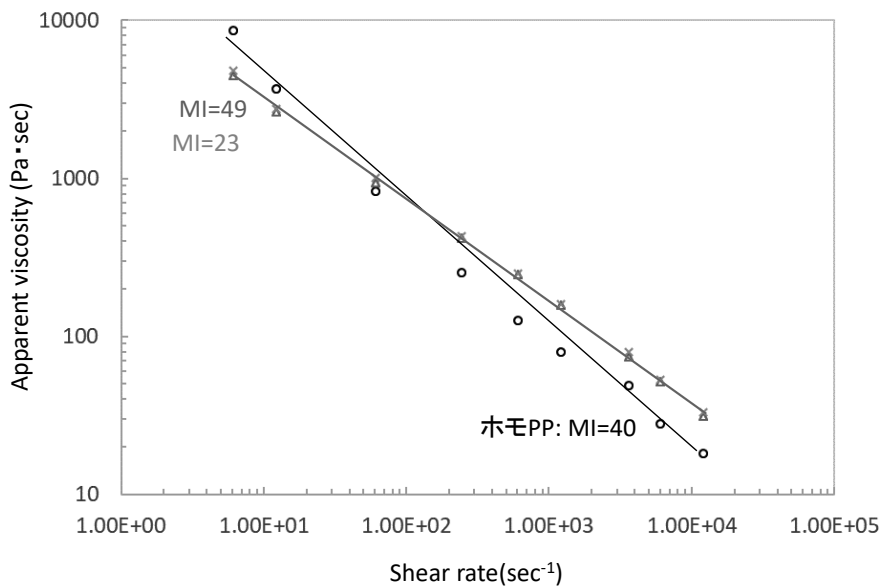
## 2. CNF/PPのグレード開発 ④耐衝撃, 低熱膨張, 高流動



マトリックスPPには,  
高流動PPグレードを使用

- ・MI=23,49で射出成形性十分
- ・弾性率, Izod衝撃強度, CTEもバランス

## 2. CNF/PPのグレード開発 ④耐衝撃, 低熱膨張, 高流動



- ・低せん断～高せん断領域まで, MI=40のニートPPと同等
- ・低せん断領域も低粘度であり, 薄肉成形にも適合

### 3. まとめ

CNFの普及のためのPP材料の重要性, 複合化の難しさ, これまでの開発の概要と今年度の成果を報告した。

弾性率・強度, 耐衝撃性, 低線熱膨張のバランスのとれたCNF強化PP材料を目指した3グレードとこれに高成形加工性を加味した材料を開発した。

- ①高弾性率・強度, 低熱膨張
- ②耐衝撃, 低熱膨張
- ③高耐衝撃, 超低熱膨張
- ④耐衝撃, 低熱膨張, 高流動

従来PPに+ $\alpha$ の特性として低CTE・計量を特徴とし目標値を達成した。

### 謝辞

本発表における実験結果については,  
国立研究開発法人  
新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の  
委託業務の結果得られたものです。  
関係各位に感謝申し上げます。





CNF 強化熱可塑性樹脂の  
フィルムインサート成形 + 発泡成形

(地独) 京都市産業技術研究所

伊藤 彰浩氏



# CNF強化熱可塑性樹脂の フィルムインサート成形+発泡成形

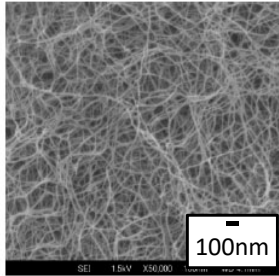
(地独)京都市産業技術研究所  
伊藤 彰浩

## アウトライン

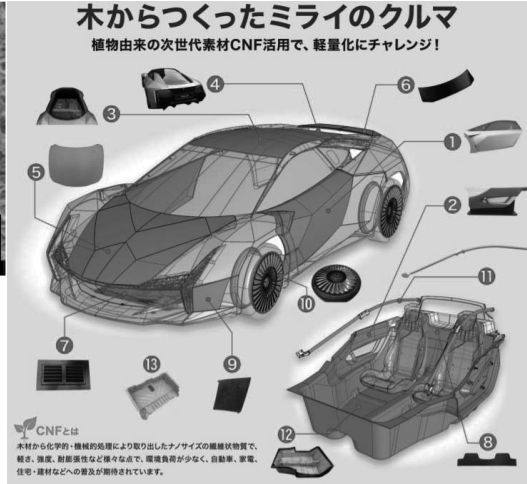
- ◇背景
- ◇目的
- ◇フィルムインサート成形概要
- ◇発泡成形+フィルムインサート成形  
条件依存性  
3点曲げ試験、デュポン衝撃、線熱膨張率
- ◇まとめ

# 背景

CNF強化プラスチック、CNF強化プラスチック発泡体の自動車用途での試作が進む中で、耐衝撃性と軽量性は重要なパラメータとなる。

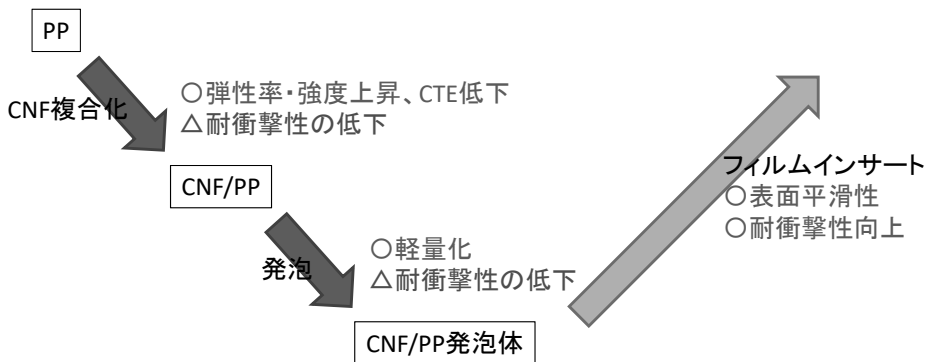


京都大学 粟野博士 提供



出展：環境省 NCVプロジェクトHP

# 【耐衝撃×軽量】コンセプト



ベースPPの検討、フィルムインサート+発泡で  
軽量・高耐衝撃性部材の検討

# 目的

発泡+フィルムインサートにより軽量で耐衝撃性に優れた材料を創り出す。

アドバイザー： NISSHA(株)

## 【目標】

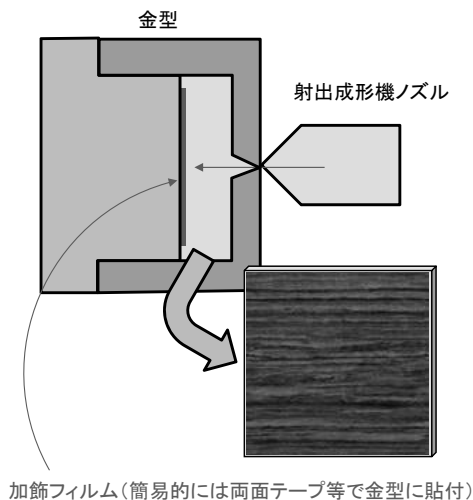
	既存材料(ブロックPP)	開発材料
密度	0.9g/cm <sup>3</sup>	約0.7g/cm <sup>3</sup>
剛性	同等	
耐衝撃性(面衝撃)	1mからの落錘で非破壊	
線熱膨張率	> 100ppm/K	約50ppm/K

5

# フィルムインサート成形

加飾フィルムをインサートすることで成形と同時に加飾を行う成形法

→ 耐衝撃性の向上に利用できないか？



・フィルムの材質、表面性状  
・成形温度 が重要

PA6 及び GF15%/PA6での傾向

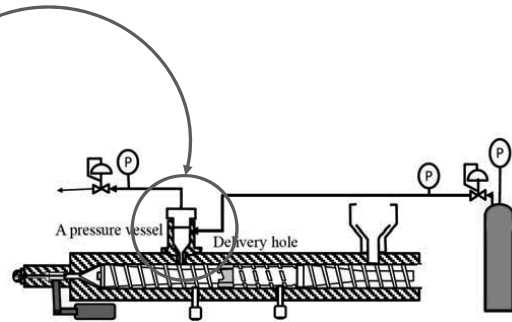
成形温度	280°C	240°C
フィルム厚み	1mm	0.2mm
デュポン衝撃 打撃面	反フィルム側	フィルム側

以上を踏まえCNF/PP材で検討

6

# 発泡射出成形

- ・装置： 85トン低圧発泡射出成形機 (RIC Foam)
- ・金型： 平板型 (90mm × 90mm、初期厚み2mm)
- ・材料： ・CNF7%/PP
- ・シリンダ・ノズル温度： 220°C
- ・金型温度： 40°C
- ・発泡方法： ベント加圧 (5 or 7MPa・N<sub>2</sub>)  
コアバック発泡 (1.5 or 2倍)



L. Wang, Y. Hikima and M. Ohshima, A. Yusa, S. Yamamoto, and H. Goto  
: FOAMS2017 Book of Abstracts (2017).

7

# 発泡体外観

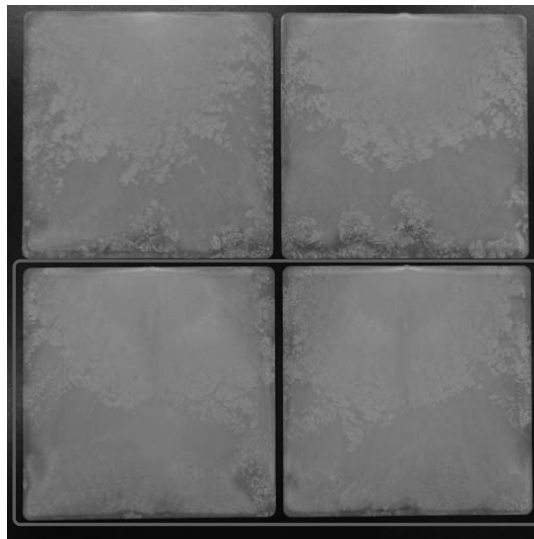
CNF7%/PP

× 1.5倍発泡

× 2倍発泡

5MPa N<sub>2</sub>

7MPa N<sub>2</sub>

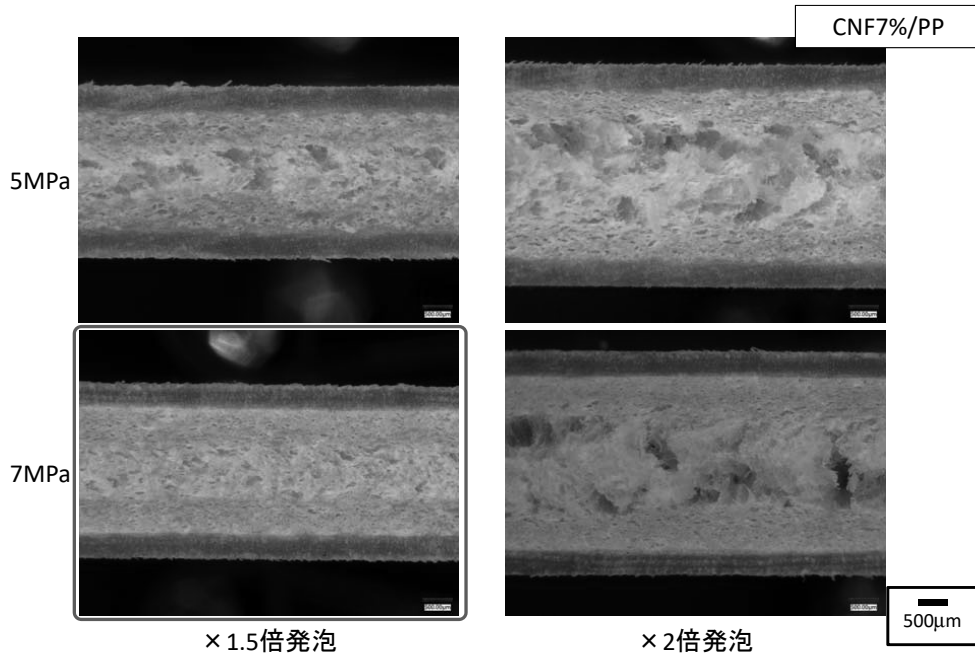


高N<sub>2</sub>圧(7MPa)の方が表面の荒れが少ない

8

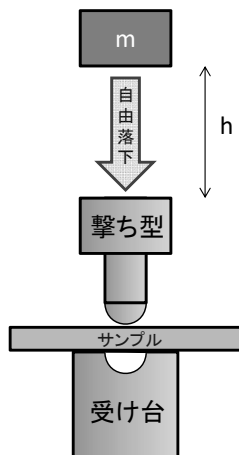


# 断面気泡構造



N<sub>2</sub>圧を7MPaにすることで1.5倍発泡の気泡微細化。2倍発泡はいずれも不均一 9

# デュポン式衝撃試験



- ・おもり(m): 300 ~ 2000g
- ・高さ(h): 50 ~ 1000mm

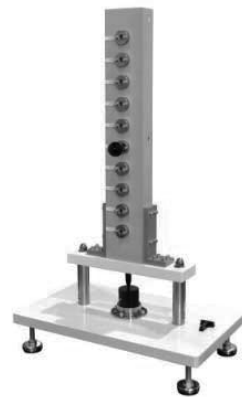


写真: (株)安田精機製作所

試験は、おもりの重さを固定して高さを上げていき、1000mmでも破壊しない場合は、より重いおもりに変更する。

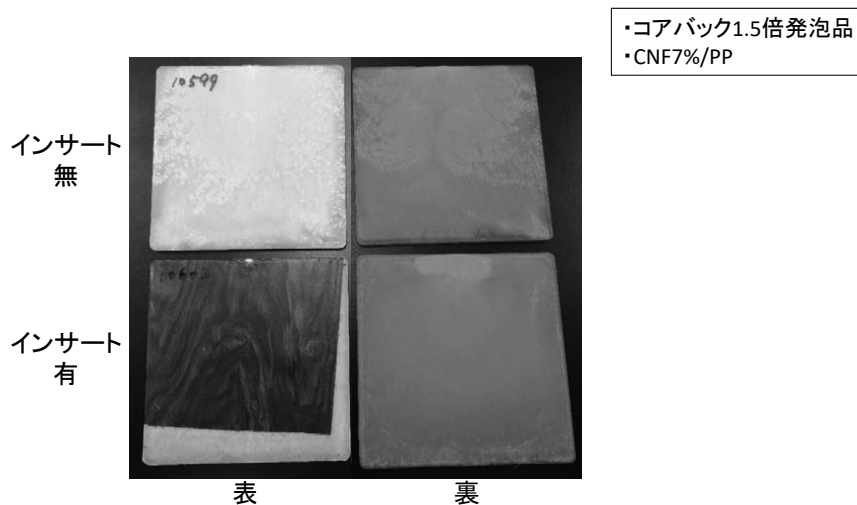
## 物性試験(3点曲げ・デュポン衝撃)

NO.	材料	N <sub>2</sub> 圧力 [MPa]	発泡倍率 [倍]	デュポン衝撃 (1kg)		曲げ弾性率 [GPa]
				高さ[mm]	エネルギー [J]	
1	ブロックPP	-	-	NB	-	0.95
2	CNF7%/PP	-	-	NB	-	1.61
3		5	1.5	650	6.4	0.85
4			2	750	7.4	0.79
5		7	1.5	800	7.8	0.95
6			2	700	6.9	0.72

気泡構造の均一なものが高物性

11

## フィルムインサート成形



いずれの材料も、フィルム選定と成形条件の最適化により  
フィルムと材料間に気泡を噛むことなく平滑な面が得られた。  
また、フィルムにより発泡成形品特有の表面の模様(スワールマーク)も抑えられている。

12

# フィルムインサート品の物性試験

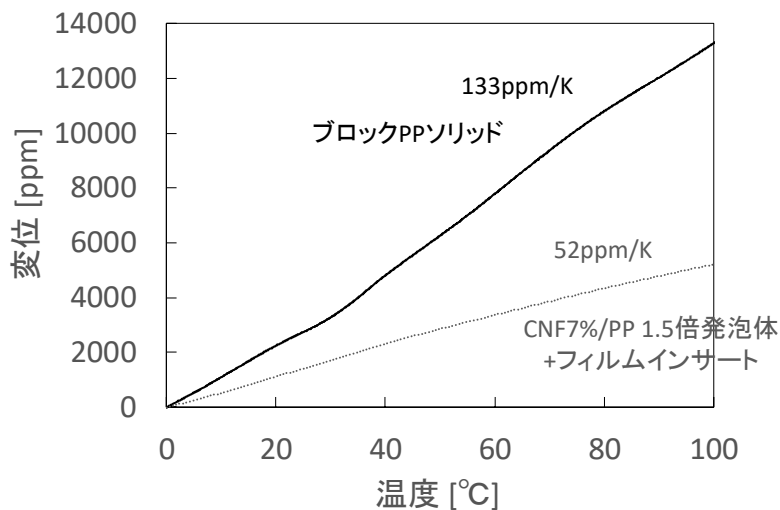
NO.	材料	N <sub>2</sub> 圧力 [MPa]	発泡倍率 [倍]	フィルム		デュポン衝撃 (1kg)		曲げ弾性率 [GPa]
				表	裏	高さ [mm]	エネルギー [J]	
1	ブロックPP	-	-	-	-	NB	-	0.95
2	CNF7%/PP	-	-	-	-	NB	-	1.61
3		5	1.5			650	6.4	0.85
4			2			750	7.4	0.79
5		7	1.5			800	7.8	0.95
6			2			700	6.9	0.72
7			1.5			木目 (50um)	軟質 (150um)	NB↑

フィルムインサートによりデュポン衝撃特性が向上

13

# 線熱膨張率

MD方向



CNFの存在により低線熱膨張率 (CTE)

14

## 結果まとめ

	既存材料(ブロックPP)	開発材料
密度	0.9g/cm <sup>3</sup>	0.74g/cm <sup>3</sup>
弾性率・強度	0.95GPa	0.82GPa
耐衝撃性(面衝撃)	デュポン1kg・1mで非破壊	
線熱膨張率	133ppm/K	52ppm/K

発泡+フィルムインサートにより軽量で耐衝撃性に優れ  
線熱膨張率の低い材料を創り出すことが出来た。

15

## まとめ

	既存材料(ブロックPP)	開発材料
密度	0.9g/cm <sup>3</sup>	0.74g/cm <sup>3</sup>
厚み	2.9mm	3.0mm
剛性	同等	
重量比	1	0.86
耐衝撃性(面衝撃)	デュポン1kg・1mで非破壊	
線熱膨張率	133ppm/K	52ppm/K

発泡+フィルムインサートにより、高い衝撃性を維持しつつ  
既存材料の14%の軽量化が出来、線熱膨張率の低い材料  
を創り出すことが出来た。

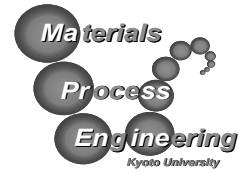
熱可塑性樹脂の発泡性への CNF 添加の効能

(大) 京都大学工学研究科

大嶋 正裕氏







# 熱可塑性樹脂の発泡性への CNF添加の効能

→ALCAプロジェクト←



京都大学工学研究科  
京都大学生存圏研究所  
京都市産業技術研究所  
星光PMC

大嶋正裕、引間悠太、Wang Long, 岡田きよみ  
矢野浩之  
仙波健、伊藤彰浩  
関口尊文

令和2年2月27日

## プロジェクトの目的

材料：PP/PLA/PBS  
CNF/ポリマー  
ナノコンポジット

- 京都プロセス
  - 疎水化変性技術
  - 混練技術

成形法：  
コアバック式  
発泡射出成形機

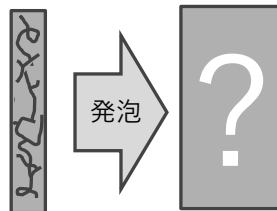
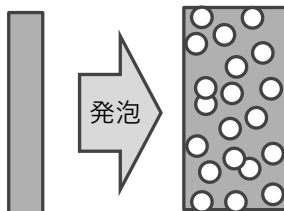
- 気泡核数の増加
- 気泡成長の抑制

発泡特性・製品物性への  
CNF添加の影響??

- メカニズム探索：  
添加剤としてCNF
- 高分子の結晶化
  - レオロジー特性

① CNF添加によりどのレベルの発泡体が創製できるのか?

② CNFの添加剤としての性能探索  
成形法・製品に適した最適な疎水化変性とCNF量が存在するか



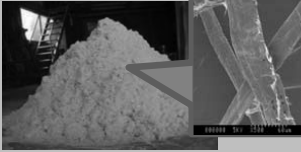
CNFの役割は  
気泡壁の補強だけ?

CNF添加で  
泡のサイズに変化?

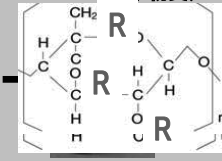
# 材料： CNF/可塑性樹脂 (京都プロセス)

Chemical modification of Pulp(パルプの化学変性プロセス<京都プロセス>)

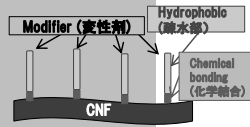
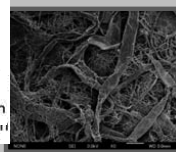
Pulp(化学物質)



Chemicals(化学物質)

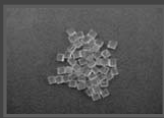


Chemically-modified Pulp (化学変性パルプ)



Compounding + Pulp defibration Process (パルプの解繊とマスターバッチ作成プロセス)

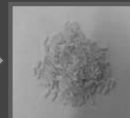
Base Resins, PP or PA (ベース樹脂)



Extrusion Mixing(押出混練)



CNF/Polymer Nanocomposites (CNF+ ポリマーコンポジット)



- セルロースのOH基をアルキル基に置き換え、親水性・疎水性を調整して、ポリマーナノコンポジットを製造できる

令和2年2月27日

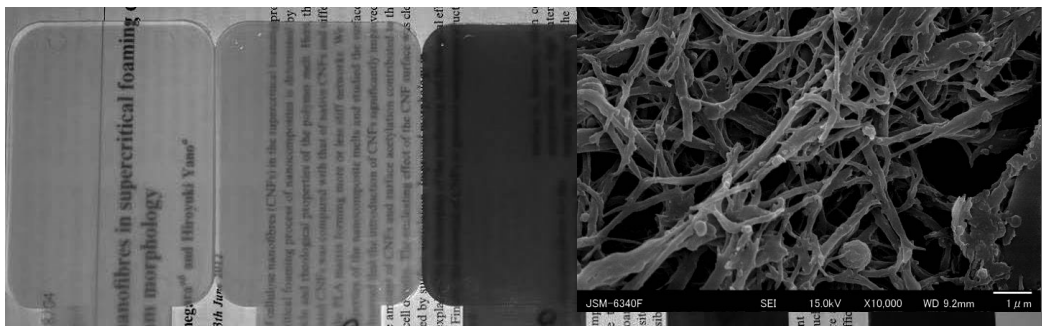
3

## PPと化学変性CNF (DS=0.4)との相容性



CNFの重量分率が異なる未発泡射出成型品

厚み2mm



iPP alone

CNF(1wt.%)

CNF(5wt.%)

CNF(10wt.%)

CNF(15wt.%)

CNF重量%

色目(茶色)

透明性・分散性

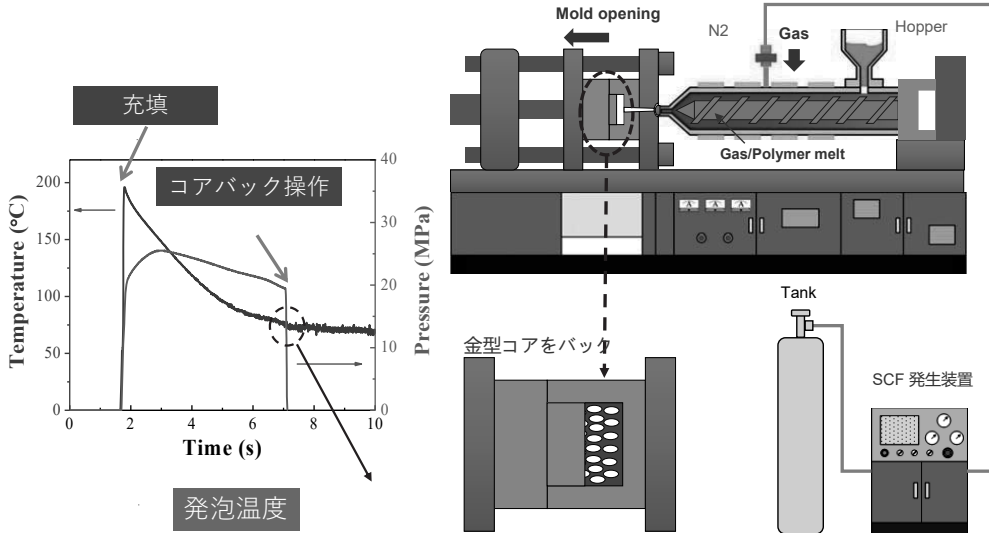
変わらず

令和2年2月27日

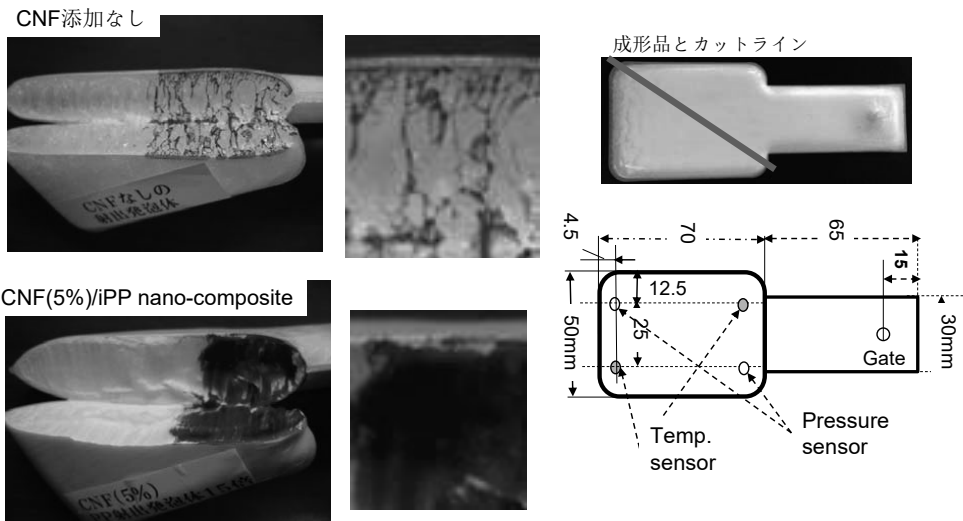
4

# 成形法：コアバック射出発泡成形

- ・発泡剤を混合した樹脂を射出成形し，金型内で発泡
- ・発泡部材の量産が可能

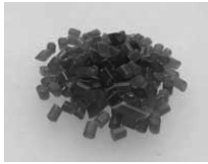


## CNFの添加の有無とセルの形状変化(発泡体断面写真)



令和2年2月27日

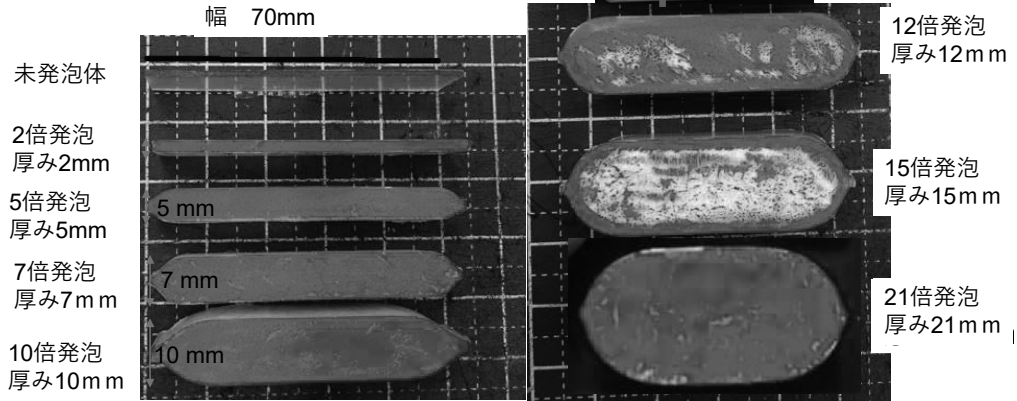
# PP/CNFコンポジット系



CNF添加により最大21倍の発泡倍率を達成

➤ 気泡微細化効果 + 気泡壁補強効果による発泡体強化

## PP/CNFコンポジット



赤色インクで発泡体の切断面を塗色

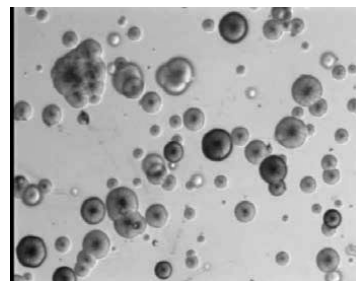
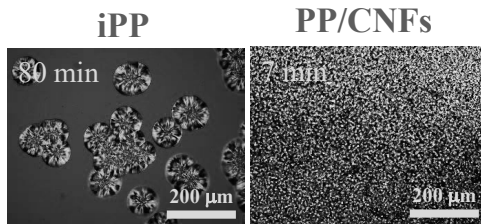
令和2年2月27日

7

# CNFの発泡成形加工での利点1 – (異物性)

結晶性ポリマーにとっては異物  
(結晶核剤として機能)

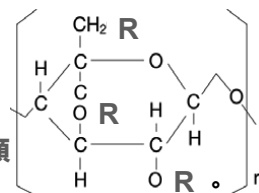
結晶核を発泡核剤とできることを発見



isothermal crystallization at 135 °C

CNF添加は結晶を微細化する  
結晶化を促進する

置換度ならびに置換基の種類で結晶化への影響が異なる



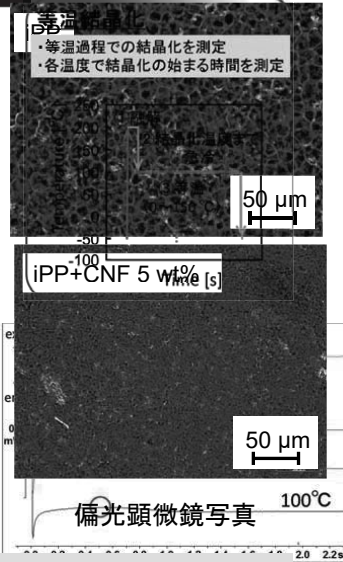
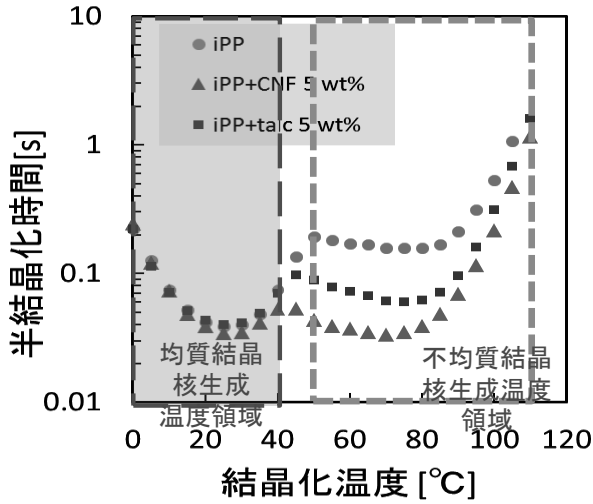
気泡核生成の促進

アルキル基の種類によって、結晶化挙動が異なることを見出す

令和2年2月27日

8

## 等温結晶化速度 (Peak時間) とCNF



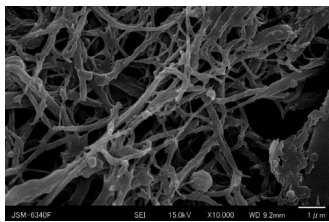
変性CNF は半結晶化時間を不均質核生成温度領域で大幅に短くする  
変性CNF は、不均質結晶核生成を促進する

令和2年2月27日

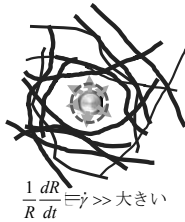
9

## CNFの発泡成形加工での利点2 (増粘)

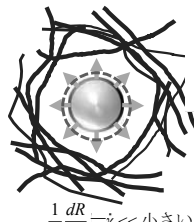
- ポリマー中でネットワーク構造を形成する



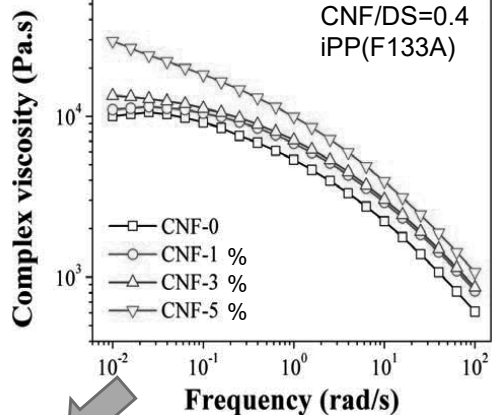
低せん断速度で粘度が上がる原因  
(樹脂中でのネットワーク形成)



R (気泡半径) が小さいため



R が大きいため



気泡が大きくなってきた低せん断での気泡成長の抑制が可能な樹脂となる

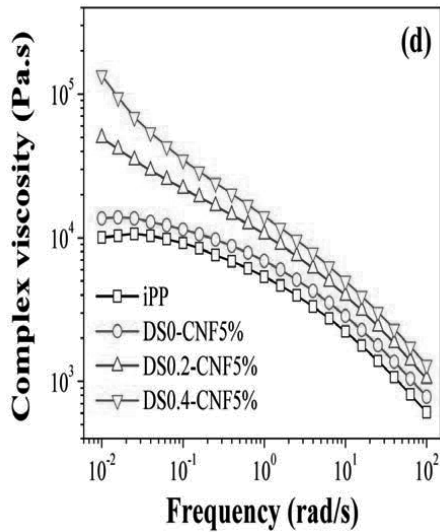
令和2年2月27日

10

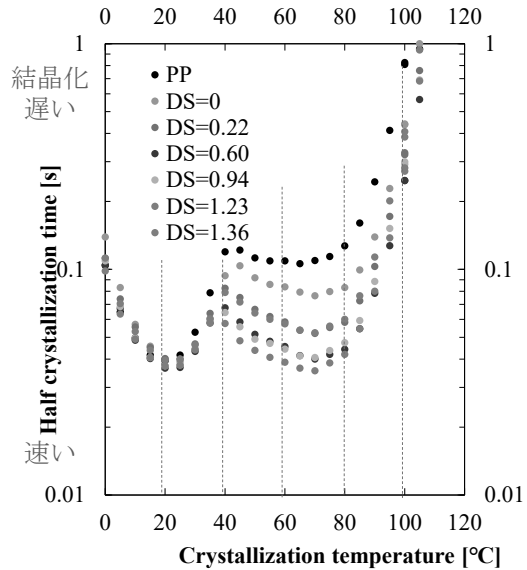


# 最適な疎水化（DS）の存在

複素粘度への影響



結晶化への影響



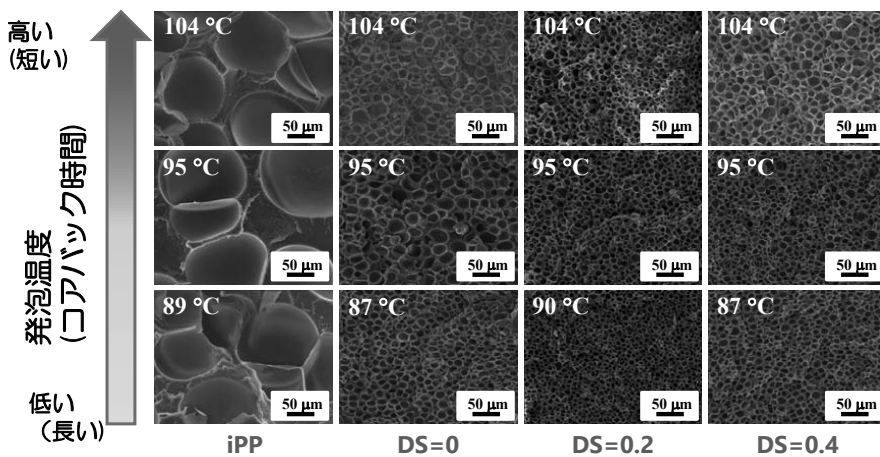
令和2年2月27日

11

## 発泡射出成形実験（断面SEM：2倍発泡）



Cellular structures at the expansion ratio of 2-fold



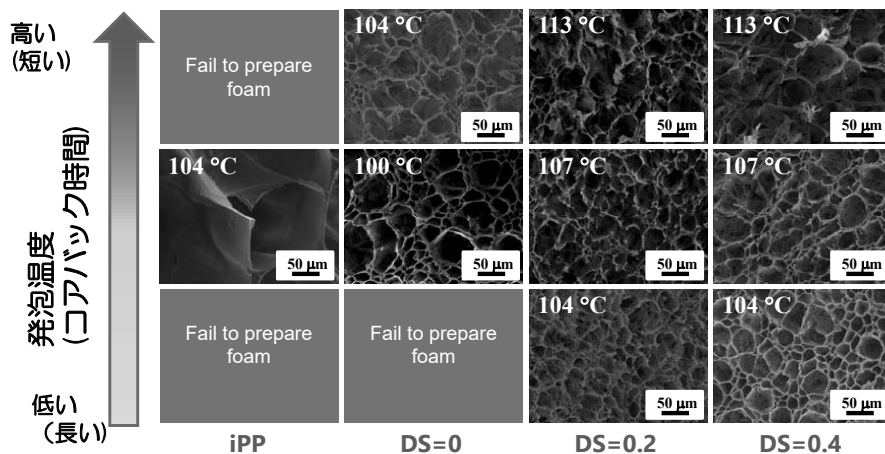
2倍発泡では、どのDSでも微細化する（発泡核剤（異物）として機能）



12

## 発泡射出成形実験（断面SEM：7倍発泡）

Cellular structures at the expansion ratio of 7-fold (PP/CNF(5wt%))



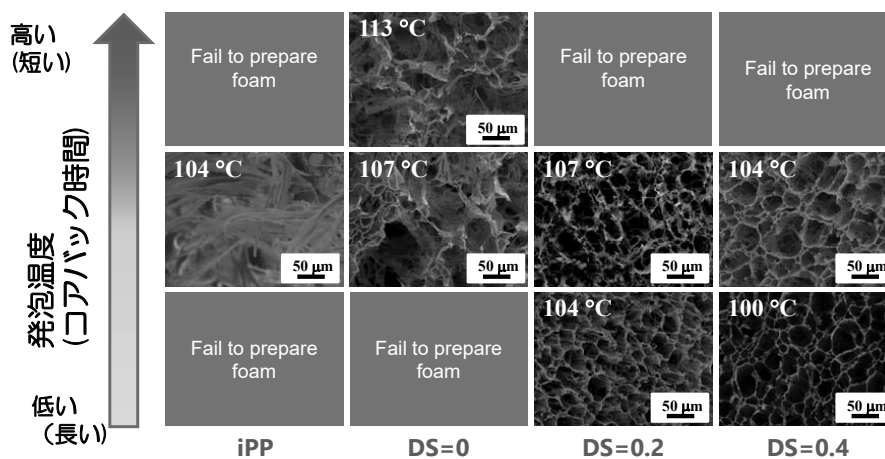
発泡倍率を上げていくと、DSが0.2と0.4では、操作可能領域（発泡温度）が広がっている。（CNFの分散性改善の効果）



13

## 発泡射出成形実験（断面SEM：10倍発泡）

Cellular structures at the expansion ratio of 10-fold (PP/CNF5wt%)



微細化は同じ程度だが、若干DS=0.2がDS=0.4より微細（異物感の高さ）一方で、DS=0.4は、DS=0.2より操作領域（発泡温度）が広い（親和性の高さ＝分散性の高さ）



14



## PP/CNF のまとめ

### ▶ PP/CNF ナノコンポジット (自動車部材への展開を視野)



#### CNFの効能

- 増粘効果：低周波での増粘効果 (気泡の微細化)
- 結晶化の促進効果 (気泡核の増加)
- DSを上げると  
樹脂親和性向上⇒CNF分散性の向上  
⇒操作可能領域の拡大
- 異質性の喪失 ⇒核剤 (不均質核生成) 効果の低下

## バイオプラスチックへの水平展開

### ▶ ポリ乳酸(PLA)/CNFの発泡成形

- CNFの効能が他のポリマーに生きるのか

令和2年2月27日

15

## PLA / CNF ナノコンポジット材料

### ポリ乳酸(PLA)

- 植物由来
- 結晶性 (結晶化速度は遅い)

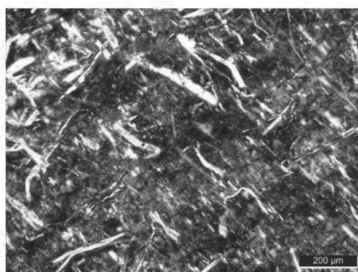
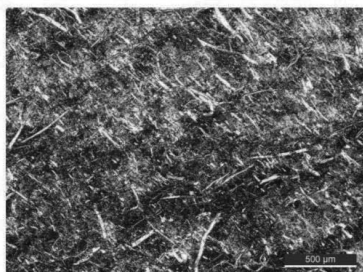
### アセチル変性CNF (Ac-CNF)

水酸基置換度 DS = 0.7, NBKP

※NBKPは針葉樹漂白パルプ

PLA/Ac-CNF (10%)マスターバッチ化  
(京都市産技研)

希釈混練により CNF 5%サンプルを作成



良好に解繊が進行

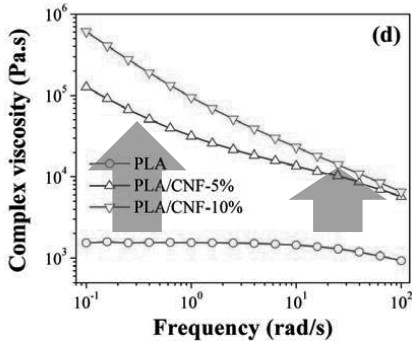
マスターバッチサンプルの偏光顕微鏡画像

令和2年2月27日

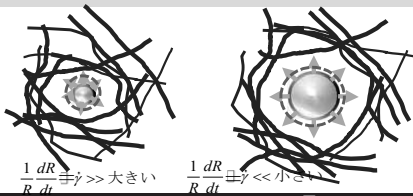
16

# PLA/CNFコンポジットの材料特性

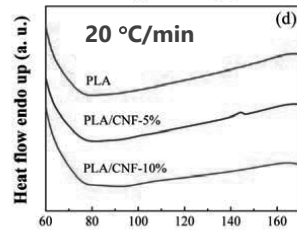
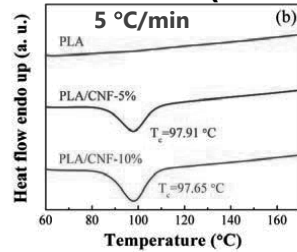
## 粘弾性(レオロジー)特性



- CNF添加で低周波数域ほど増粘
- 気泡の合一を抑制



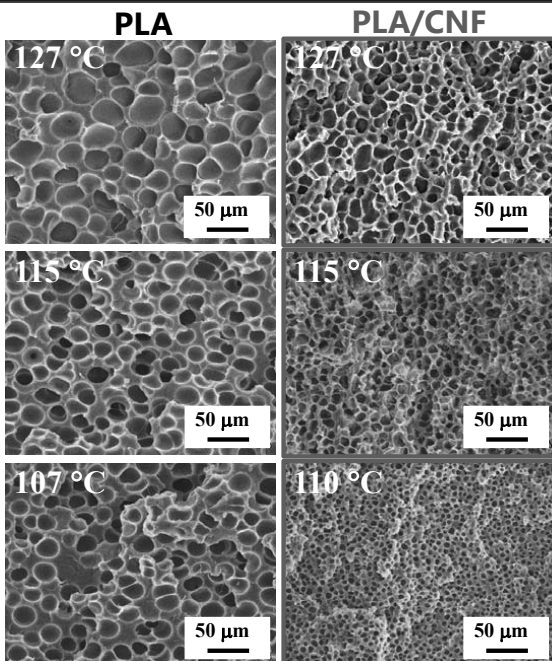
## 結晶化挙動(DSC)



- CNFの添加で結晶化促進
- しかし、高速冷却条件では結晶化せず。成形時には影響なし

17

# 発泡体断面の気泡構造の比較



発泡倍率：2倍

材料条件：

CNF：5 wt%添加

水酸基置換度(DS)：0.7

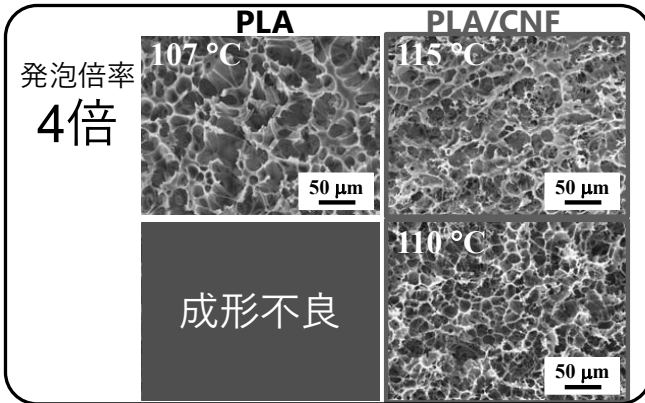
**CNF添加により  
気泡構造は微細化**

PP/CNFと比較すると、  
CNF添加による気泡微細化効果は小さい  
(結晶化によるアシスト小)

令和2年2月27日

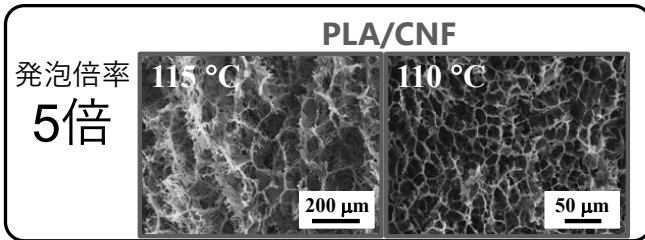
18

# 高倍率発泡での発泡成形性



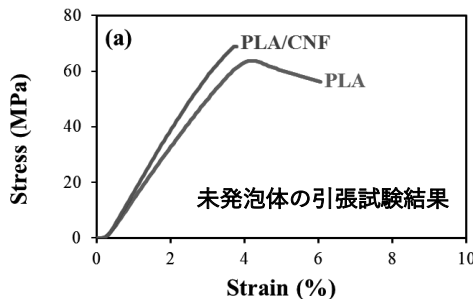
材料条件：  
CNF：5 wt%添加  
水酸基置換度(DS)：0.7

4倍発泡では  
PLAは発泡成形性：低  
CNF添加で成形性改善

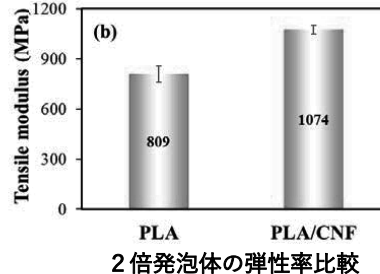
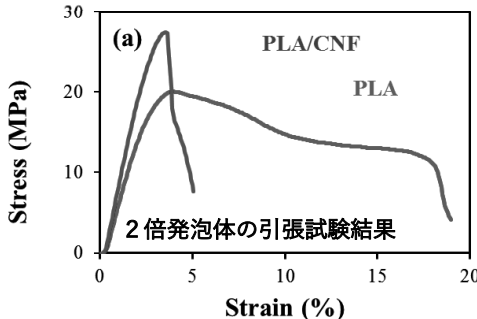
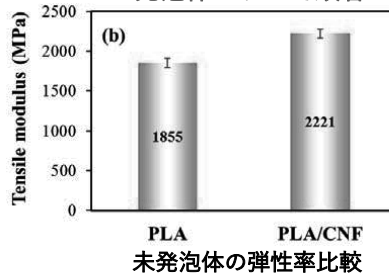


5倍発泡では  
PLAは発泡成形不可  
CNF添加で成形性改善

# CNF添加による発泡体の補強効果



CNF添加による弾性率向上は発泡体において顕著



## まとめ

### ■ CNFの熱可塑樹脂への効能

・増粘効果：低周波での増粘効果

普通の増粘は温度で調整できる。周波数依存の増粘は、  
CNFの添加剤の効能

・結晶化の促進効果

成形条件の変化につながる。

製品の弾性率の向上（補強はする）が延性は喪失する。

・最適なDSが存在（樹脂親和性の向上 ↔ 異質性の損失）

製品に合わせた変性

ご清聴ありがとうございました



京都プロセスの工業化を目指した  
樹脂混練プロセスのスケールアップ技術開発

宇部興産（株）

直川 典正氏







# 京都プロセスの工業化を目指した 樹脂混練プロセスのスケールアップ技術開発

2020年2月27日(木)

宇部興産株式会社  
生産技術センター  
直川典正



《無断複製、転載禁止》 All Right Reserved, Copyright c2020 UBE Industries, Ltd.

## 宇部興産 - 事業内容

➢ 2018年度 連結売上高：7,301億円

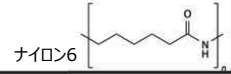
<p><b>化学</b> 売上シェア43% (3,149億円) ※</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>ナイロン原料／樹脂</li> <li>合成ゴム</li> <li>工業薬品</li> <li>機能性材料</li> <li>電池材料</li> <li>ファインケミカル</li> </ul>
<p><b>医薬</b> 売上シェア1% (101億円)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>自社医薬（創薬）</li> <li>受託製造</li> </ul>
<p><b>建設資材</b> 売上シェア34% (2,502億円)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント／生コン</li> <li>各種建材</li> <li>カルシア／マグネシア</li> </ul>
<p><b>機械</b> 売上13% (972億円)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>成形機（射出成形機／ダイカストマシンなど）</li> <li>産業機械</li> <li>橋梁</li> </ul>
<p><b>エネルギー・環境</b> 売上シェア10% (758億円)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>石炭貯蔵／販売</li> <li>自家発電／売電</li> </ul>

※：セグメント間の内部売上有るため、シェアを合計しても100%にはなりません  
 ※：2019年4月より医薬事業部を化学カンパニーに、エネルギー・環境事業部を建設資材カンパニーに編入しております。

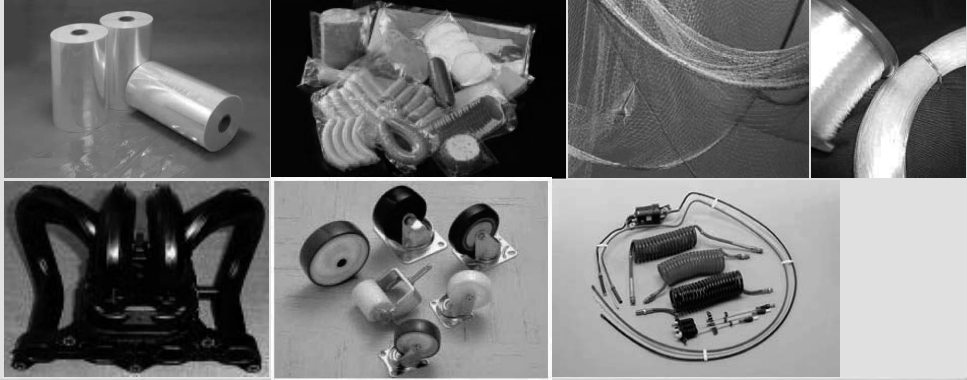
《無断複製、転載禁止》 All Right Reserved, Copyright c2020 UBE Industries, Ltd.

ナイロンとは

分子鎖にアミド基 (-CONH-) を有し、機械的特性、耐薬品性、摩擦、摩耗特性などに優れる。

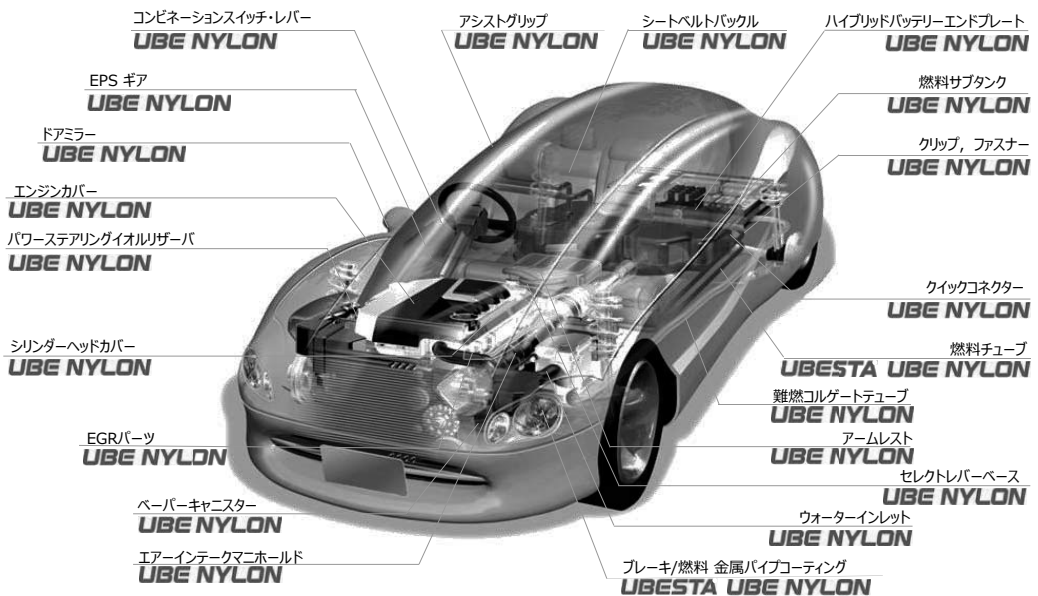


用途例



《無断複製、転載禁止》 All Right Reserved, Copyright c2020 UBE Industries, Ltd.

自動車部材に用いられる宇部興産のナイロン製品



《無断複製、転載禁止》 All Right Reserved, Copyright c2020 UBE Industries, Ltd.

# CNF/樹脂複合材料



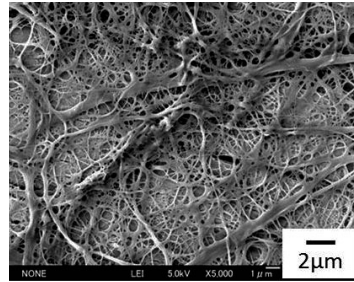
セルロースナノファイバー(CNF)

森林が紡ぐナノファイバー

地球に  
やさしい

強い

軽い



出典：京都市産業技術研究所

熱可塑性樹脂との複合化  
従来のガラス繊維に代わる  
補強材料として期待



NEDOプロジェクトの枠組み  
自動車等への部材に関する技術開発

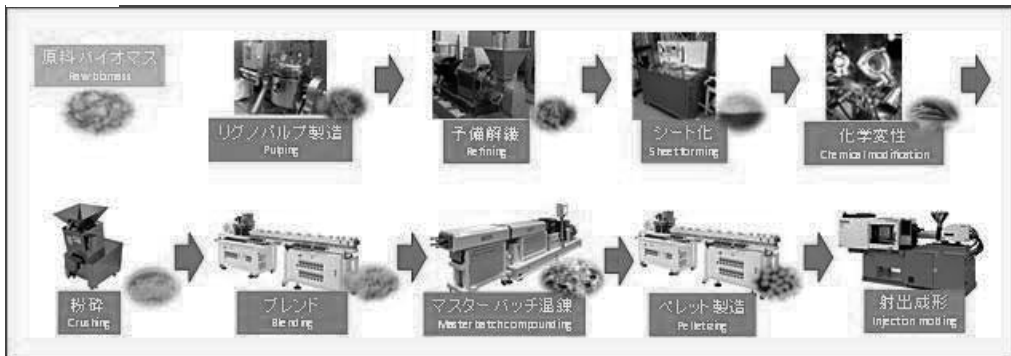
UBE:2017年度より再委託にて参画

# NEDO リグノCNFプロジェクトの中の宇部興産



京都プロセス

変性リグノセルロースナノファイバー・樹脂複合材料の一貫製造プロセス



NEDO ニュースリリースより引用:「高性能ナノ繊維で強化した樹脂複合材料と高効率製造プロセスを開発」  
平成28年3月23日掲載



宇部興産の役割

部材製造プロセスのスケールアップ技術の開発



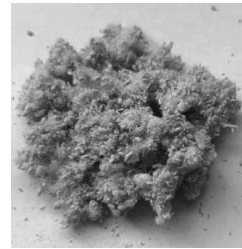
京大大学生存圏研究所のテストプラント

京大大学生存圏研究所HPより引用  
URL : [https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/news/\\_event\\_20160415/](https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/news/_event_20160415/)

最大生産能力 5t/年

## 京都プロセス

原料バイオマスから変性パルプ、  
複合樹脂ペレット製造までの  
一貫製造プロセス



変性パルプ

京大大学生存圏研究所の技術をベースに  
ナイロン/CNF複合樹脂のスケールアップ

《無断複製、転載禁止》 All Right Reserved, Copyright c2020 UBE Industries, Ltd.

7



ナイロン樹脂材料開発のテスト設備

京大大学生存圏研究所のテストプラントから  
約10倍のスケールアップ、量産化！

今後は  
更なる補強効果(機械物性)の向上、生産性の向上(コストダウン)を目指す

**UBE NYLON** をベースに  
独自のコンパウンド技術を活用  
スケールアップ技術開発



CNF10%/ナイロン複合樹脂

《無断複製、転載禁止》 All Right Reserved, Copyright c2020 UBE Industries, Ltd.

8

CNF 強化ポリアセタールのスケールアップ  
三菱エンジニアリングプラスチックス（株）

池田 剛志氏





# CNF強化ポリアセタールのスケールアップ

三菱エンジニアリングプラスチック（株）  
櫻澤 麻希子  
○ 池田 剛志

*Dupital* ユピタル

 三菱エンジニアリングプラスチック株式会社

## 目次



### 背景

- ① ポリアセタール（POM）とは
- ② CNF強化POMの特徴

### 検討内容

- ③ CNF強化POMのスケールアップ検討方法
- ④ 変性パルプでのスケールアップ検討
- ⑤ 膨潤剤を用いたスケールアップ検討

### まとめ

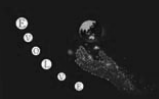
*Dupital* ユピタル

 三菱エンジニアリングプラスチック株式会社 2



# ① ポリアセタール (POM) とは

Contribute to the world through EVOLVE



オキシメチレン基  $-(CH_2O)-$  を主骨格とする高結晶性のエンジニアリングプラスチック  
英語表記 **Polyoxymethylene** からPOMと略称される

## POMの特徴

- ✓ バランスの良い機械特性
- ✓ 耐クリープ性、耐疲労性に優れる
- ✓ 耐薬品性に優れる
- ✓ 摺動性に優れる



複写機ギア列



燃料ポンプユニット

## セルロースとの相性

- ・ 加工温度が200℃前後と低い
- ・ SP値が1.1程度と比較的高い



ドアロック機構



インナードアハンドル

**Dupital** ユピタル

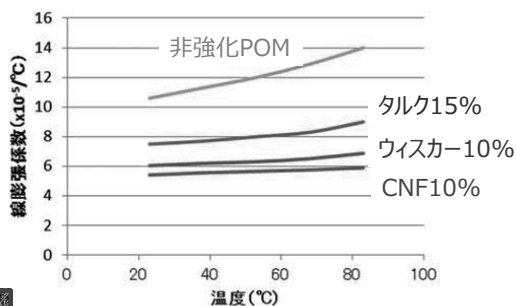
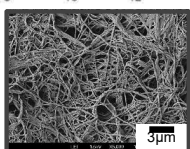
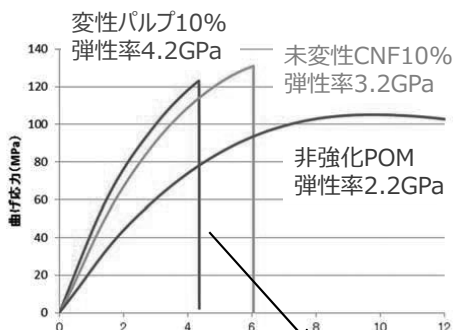
三菱エンジニアリングプラスチック株式会社 3

# ② CNF強化POMの特徴

Contribute to the world through EVOLVE



CNF強化POMは、無機フィラー強化材料と同等以上の高強度や低線膨張を発現

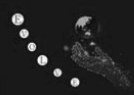


**Dupital** ユピタル

三菱エンジニアリングプラスチック株式会社 4

### ③ CNF強化POMのスケールアップ検討方法

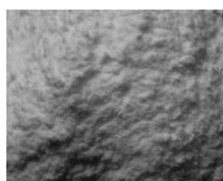
Contribute to the world through **EVOLVE**



変性パルプを樹脂と熔融混練時にCNFに解繊させる『京都プロセス』を採用  
二軸押出機を大型化してスケールアップを検討



疎水化変性パルプ



POM



二軸押出機で熔融混練



CNF強化POM

スクリーン径

18mmφ



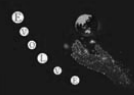
26mmφ  
37mmφ  
44mmφ

**Dupital** ユピタル

三菱エンジニアリングプラスチック株式会社 5

### ③ CNF強化POMのスケールアップ検討方法

Contribute to the world through **EVOLVE**



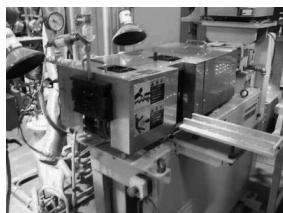
検討を通して、原料・加工・複合体の各要素で課題を抽出

疎水化変性パルプ



- ・ 取り扱い
- ・ フィード性

二軸押出機で熔融混練



- ・ 吐出量
- ・ 押出トルク
- ・ 樹脂温度

CNF強化POM



- ・ 機械物性
- ・ 解繊性

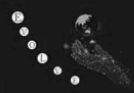
**Dupital** ユピタル

三菱エンジニアリングプラスチック株式会社 6

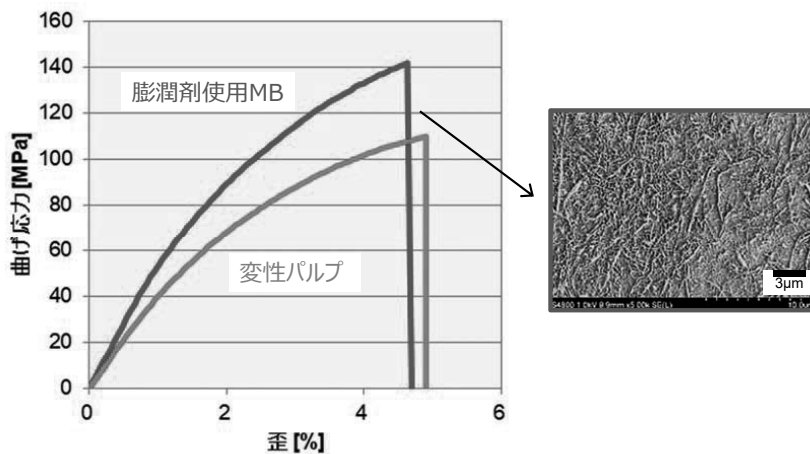


## ⑤ 膨潤剤を用いたスケールアップ<sup>®</sup>検討

Contribute to the world through **EVOLVE**



37mmφの押出機で、膨潤剤を使用したマスターバッチを適用



解繊性が向上し、機械物性が大幅にアップ

**Dupital** ユピタル

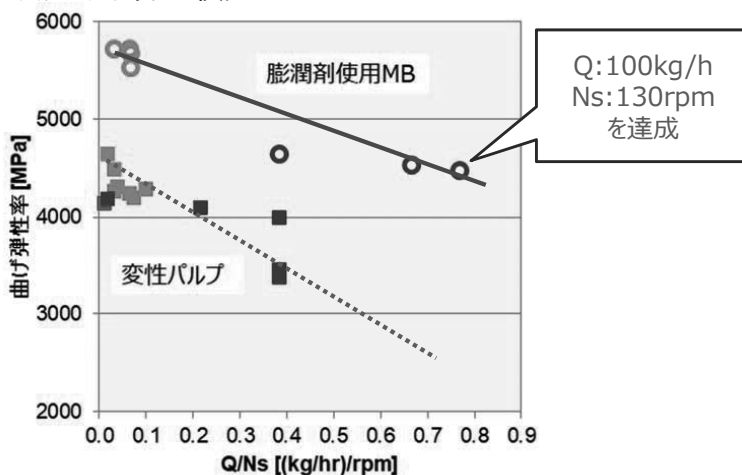
三菱エンジニアリングプラスチックス株式会社 9

## ⑤ 膨潤剤を用いたスケールアップ<sup>®</sup>検討

Contribute to the world through **EVOLVE**



44mmφ押出機へのスケールアップを検討



膨潤剤の活用で機械物性が底上げされ、スケールアップが容易に

**Dupital** ユピタル

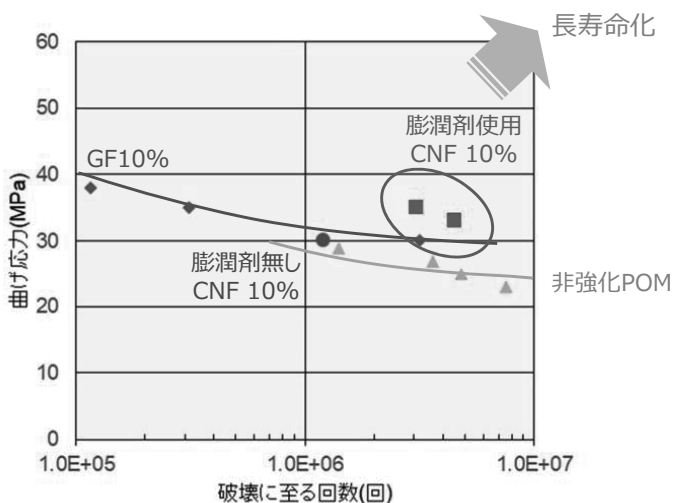
三菱エンジニアリングプラスチックス株式会社 10

## ⑤ 膨潤剤を用いたスケールアップ検討

Contribute to the world through EVOLVE



耐疲労特性で、従来材料からの改良効果を発現



Dupital ユピタル

三菱エンジニアリングプラスチック株式会社 11

## まとめ

Contribute to the world through EVOLVE



- 44mmφの二軸押出機へのスケールアップを実証  
変性パルプにて50kg/h  
膨潤剤使用MBにて100kg/h の吐出量を実現
- 膨潤剤使用MBの効果  
Q/Ns増大による機械物性の低下の緩和  
耐疲労性の改良の可能性

**CNFの未開拓の性能は、まだ存在する！**

※NEDO、京都大学、京都市産業技術研究所他、関係各位のご協力に感謝いたします

Dupital ユピタル

三菱エンジニアリングプラスチック株式会社 12

塩化ビニル樹脂とリグノセルロースナノ  
ファイバーの複合化技術の開発

大洋塩ビ（株）

前場 敬氏







World standard quality

2020.2.27

第417回 生存圏シンポジウム

Nanocellulose Symposium 2020

# 塩化ビニル樹脂と リグノセルロースナノファイバーの 複合化技術の開発

大洋塩ビ株式会社  
技術研究センター 技術サービスG  
前場 敬

1



## 会社概要

World standard quality

会社名	大洋塩ビ株式会社 (英文名: TAIYO VINYL CORPORATION)
営業開始日	2000年4月1日
資本金	60億円
株主	東ソー株式会社(68%) 三井化学株式会社(16%) デンカ株式会社(16%)
事業内容	塩化ビニル樹脂の製造及び販売
生産能力	570,000t/y

2



# 大洋塩ビ(株)・東ソー(株)拠点地図

World standard quality



## 東ソーグループ 塩化ビニル樹脂 製造拠点

社名	国	能力
Tosoh (Guangzhou) Chemical Industries, Inc.	中国	220
Philippine Resins Industries, Inc.	フィリピン	210
P.T. Standard Toyo Polymer	インドネシア	93
合計		523

3



# 製品紹介

World standard quality

## TH 塩ビホモポリマー

優れたドライアップ性とフィッシュアイ性で、軟質系、硬質系フィルムシート用に適しています。

## TU 変性高重合度塩ビポリマー

軟質塩ビ分野において、製品物性の向上、高級化及びゴム領域への利用など各種用途に使用されています。

## TE エチレン・塩ビコポリマー

内部可塑化効果により溶融粘度が低下するため、特に加工性が優れており、その利点を生かして多岐の製品分野で使用されています。

## TG EVA・塩ビグラフトコポリマー

低温での脆性・耐衝撃性及び耐候性が優れており、その特性を生かして広範囲な用途で使用されています。

4



## 塩化ビニル樹脂の概要

World standard quality

### 長所

- 機械的物性
- 耐クリープ性
- 耐久性
- 耐薬品性
- 透明
- 接着性、印刷性
- 難燃性
- 電気特性

### 短所

- 低温時の耐衝撃性
- 熱変形温度(やや低い)
- 可塑剤のしみ出し(軟質)

### PVCの特徴

極性基を持ち非結晶性

⇒様々な物質との混和性が良い

⇒可塑剤や添加剤、改質剤の配合で要求物性を発現

5



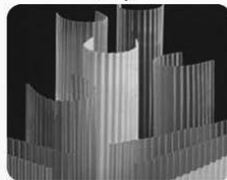
## 塩化ビニル樹脂の製品用途

World standard quality

パイプ



波板



窓枠



食品ラップ



合成皮革



電線被覆材



※塩ビ製品カタログ(VEC)

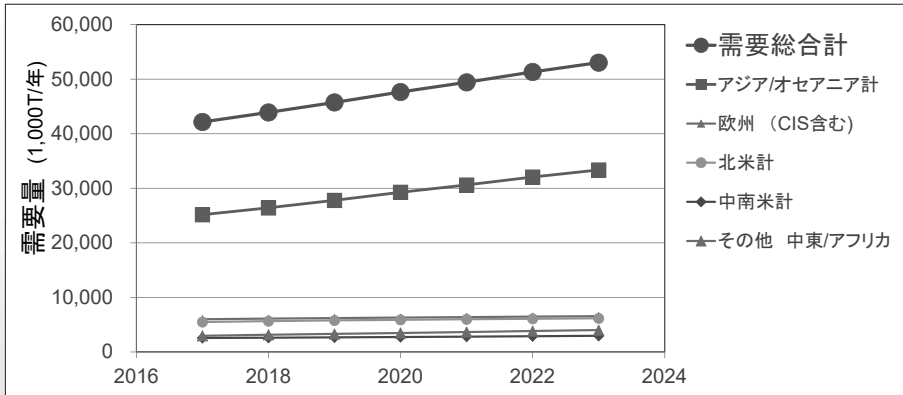
可塑剤添加により硬質～軟質まで幅広い用途に使用

6



## 世界の塩ビ樹脂の需給動向

World standard quality



経済産業省 素材産業課 令和元年10月公表 「世界の石油化学製品の今後の需給動向」より作成

PVC需要は今後も成長が期待される

⇒インフラ、建築、etc...

⇒セルロースナノファイバー(CNF)複合化で性能向上

7



## CNF複合化技術開発の経緯

World standard quality

2013年度～2019年度:

NEDO非可食資源植物由来化学品製造プロセス技術開発

研究開発項目②木質バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発

高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発



2018年度～:

PVCとリグノCNFの複合化技術の開発

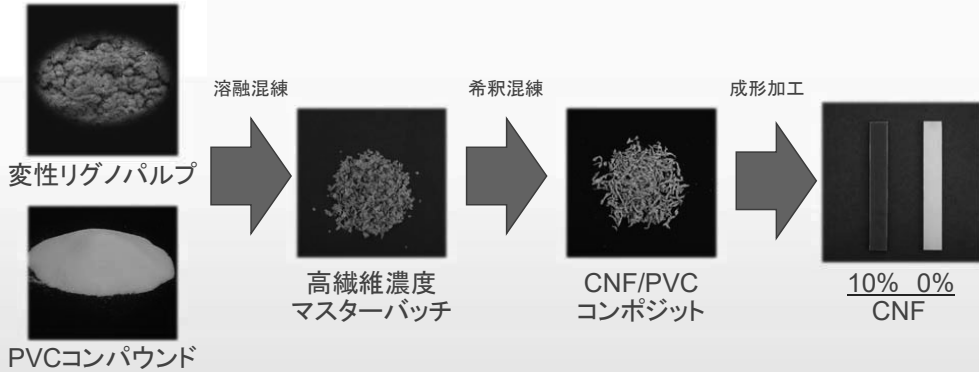
8



# CNF/PVCコンポジットの製造方法

World standard quality

京都プロセス(パルプ直接混練法)により作製



PVC混練時の特徴

- 融点と分解温度が近い⇒剪断発熱による熱分解
- 溶融時の樹脂粘度が高い⇒パルプの切断・凝集

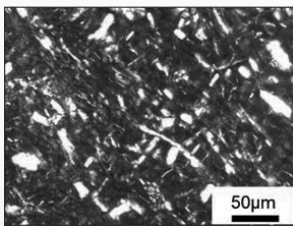
9



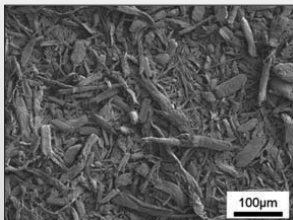
# CNF/PVCコンポジットの繊維観察

World standard quality

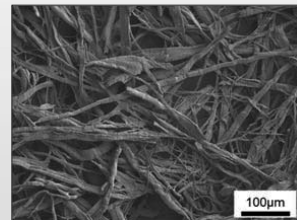
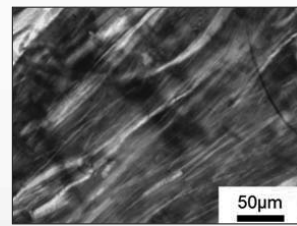
偏光顕微鏡写真



SEM写真(樹脂抽出後)



条件適正化  
 混練条件  
 解繊促進樹脂  
 etc.



条件適正化により樹脂中パルプの解繊と分散が促進

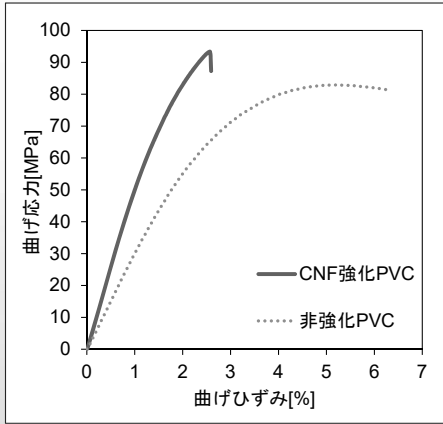
10



# CNF/PVCコンポジットの強度特性

World standard quality

## 曲げ試験結果



サンプル	曲げ試験	
	強度	弾性率
	MPa	MPa
非強化PVC	82	3021
CNF強化PVC	95	5383

非強化と比較して約1.2倍の曲げ強度、約1.8倍の曲げ弾性率

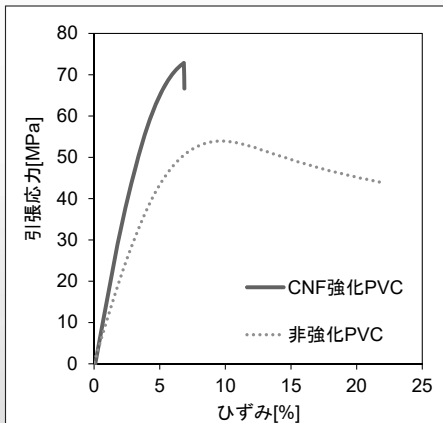
11



# CNF/PVCコンポジットの強度特性

World standard quality

## 引張試験結果



サンプル	引張試験	
	強度	弾性率
	MPa	MPa
非強化PVC	48	2490
CNF強化PVC	68	4022

非強化と比較して約1.4倍の引張強度、約1.6倍の引張弾性率

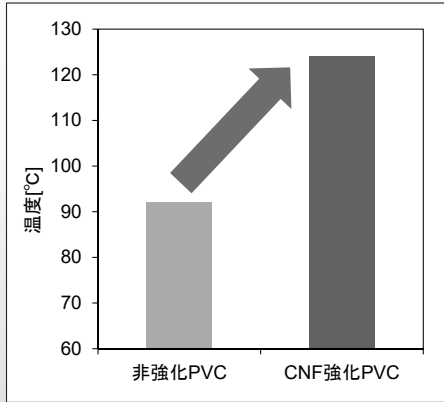
12



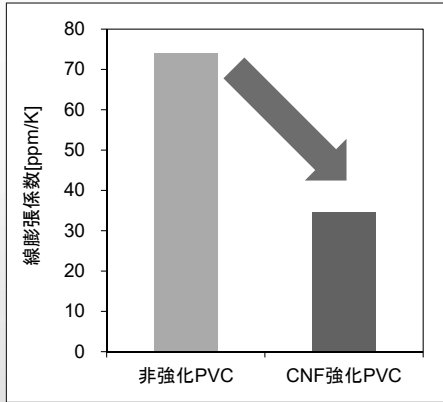
# CNF/PVCコンポジットの熱特性

World standard quality

## ビカット軟化温度



## 線膨張係数



ビカット軟化温度30°C向上、線膨張係数約1/2倍  
 ⇒熱変形温度、形状安定性の向上

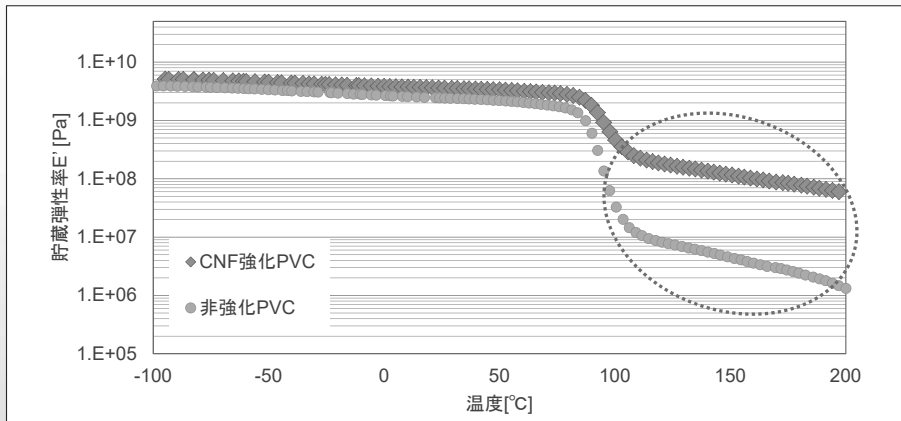
13



# CNF/PVCコンポジットの熱特性

World standard quality

## 動的弾性率



高温領域(100°C~)の貯蔵弾性率が飛躍的に向上  
 ⇒CNF特有の補強効果

14





# CNF/PVCコンポジットの熱特性

World standard quality

## 熱伝導率

$$\lambda = \kappa \times d \times C_p$$

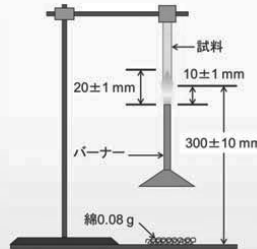
$\lambda$ : 熱伝導率、 $\kappa$ : 熱拡散率、 $d$ : 密度、 $C_p$ : 比熱

サンプル	$\kappa$ [mm <sup>2</sup> /s]	$d$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$C_p$ [J/g/K]
非強化PVC	0.113	1.338	1.08
CNF強化PVC	0.143	1.366	1.07

サンプル	熱伝導率 $\lambda$ [W/(m・K)]
非強化PVC	0.163
CNF強化PVC	0.209

## 難燃性

### 垂直難燃性試験(UL94規格)



判定		
V-2	V-1	V-0
難燃性		
低い ⇔ 高い		

サンプル	UL94
非強化PVC	V-0
CNF強化PVC	V-0

PVC特有の熱特性(熱伝導率、難燃性)を維持

15



# まとめ

World standard quality

## PVCとリグノCNFの複合化技術

- 弾性率UP
- 耐熱性UP
- CNFならではの特徴
- ⇒ 用途展開
  - 硬質: 建材、パイプ、etc
  - 軟質: 合成皮革、電線被覆材、etc

## 今後の課題

- パルプの更なるナノ解繊と均一分散
- プロセスの低コスト化

16

コンセプトカー紹介  
(株) トヨタカスタマイジング  
&ディベロップメント  
鈴木 幸弘氏



# NCV (Nano Cellulose Vehicle) コンセプトカー紹介



発表者：鈴木幸弘（TCD 開発本部 研究開発部）



## TCD会社紹介

<https://www.toyota-cd.co.jp/>

モータースポーツ  
事業



開発  
研究開発



(神奈川)  
設計  
評価  
コンポジット

Racing Development  
**TRD**

MODELLISTA

(東京)  
デザイン

用品事業

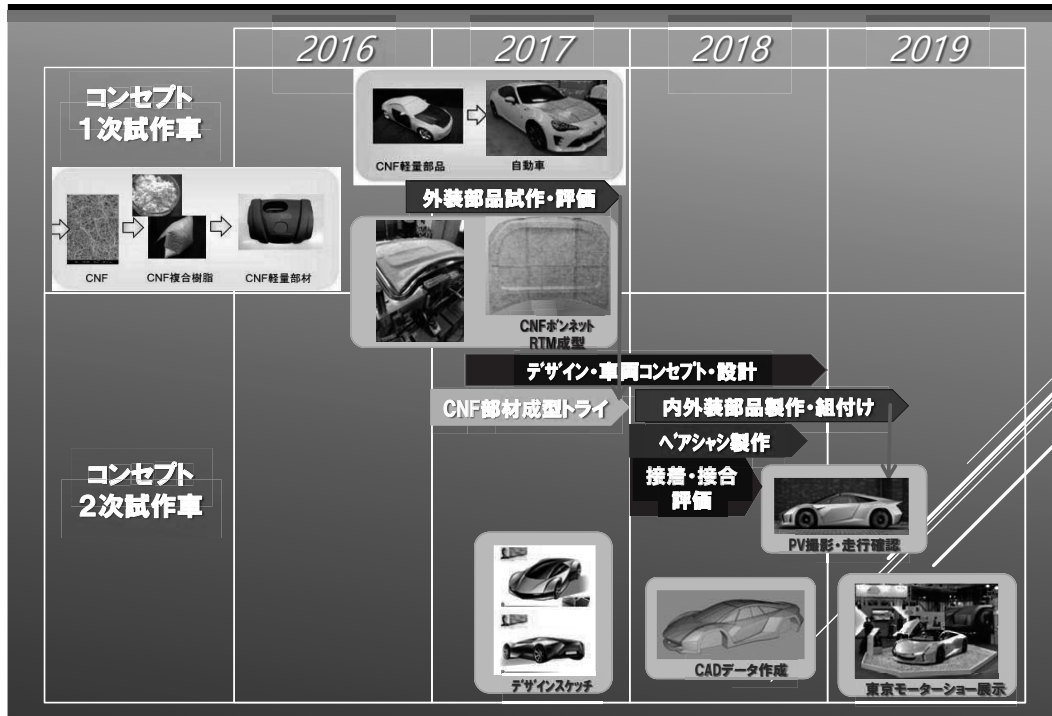


特装事業



(愛知)  
営業  
設計  
製造

# NCVコンセプトカー開発大日程



# NCV1次試作車へのCNF部品化検討

・トヨタ86を題材にCNF材料置換での軽量化効果の検討  
(水平外板のエンジンフード、トランクリッドを実機搭載用試作部品に選定)

## トヨタ86材料置換シミュレーション

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト				
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0				
鋼	1.4	1.0	1.0 </tr <tr> <td>CNF</td> <td>1.4</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> </tr>	CNF	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0				

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

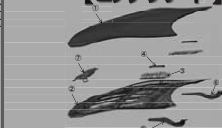
材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

## 1.HOOD (エンジンフード)



## RTM工法

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

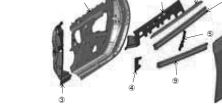
## 4.ルーフパネ



## 2.フロントフェンダー

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

## 6.DOOR (ドアパネ)



## 3.トランクリッド

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

## CNF/PA6インジェクション



## 【ホワイトボディ】



材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

材料	重量	剛性	強度	コスト
アルミ	1.4	1.0	1.0	1.0
鋼	1.4	1.0	1.0	1.0
CNF	1.4	1.0	1.0	1.0

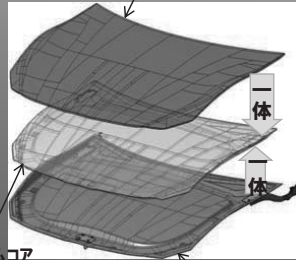
## NCV1次試作車用CNF部品設計・試作

### ①エンジンフード (水平外板)



各部品材料、工法、  
構造決定して  
下配分担任て試作

CNF/ケナフ t=1mm

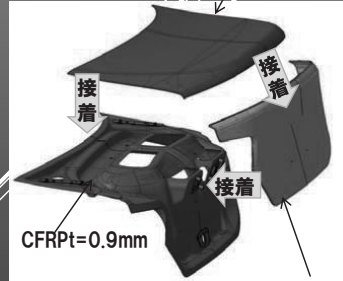


フォームコア  
比重0.051~0.11 CNF/ケナフ t=1mm

### ②トランクリッド (水平・垂直外板)



CNF100% t=2mm



CFRPt=0.9mm

PA+CNF5%  
ソリット t=2.2mm  
~発砲6mm

29年度作業日程	10	11	12	1	2	3
①エンジンフード成形 (低圧RTM一体成形)		金沢工大、TCD				
②トランクアッパー成形 (独自成形)		利昌工業				
②トランクローア成形 (射出成形)		ダイキョーニシカワ				
②トランクインナー成型 (A/C成型)			TCD			
部品アッセンブリ						TCD
車両組付け						TCD

## NCV1次試作車用部品試作

### ①エンジンフード 金沢工業大学、TCD CNF+エポキシ樹脂 RTM(Resin Transfer Molding)



### ②トランクリッド アッパー 利昌工業(株) CNF100%成形体 独自成形



### ダイキョーニシカワ(株) トランクリッド ローア ナイロン6(PA6)-CNF5% 射出発泡成形



## NCV1次試作車発表（2018年）

【日本経済新聞4/26】



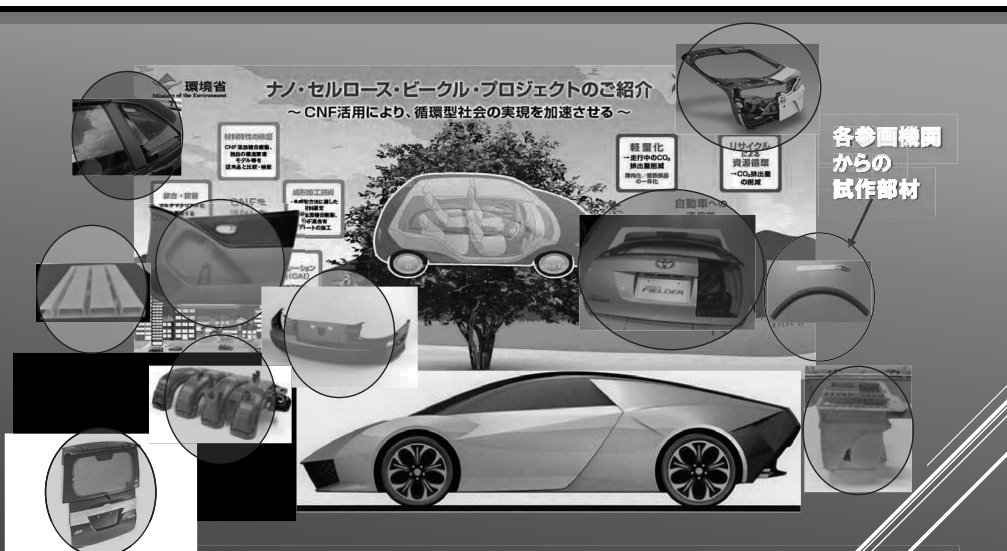
【WBS6/6放送】



【エコプロ展12/6～8】



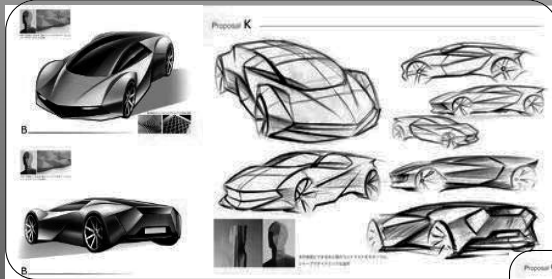
## NCV2次試作車構想



「①先進的で自然由来と和を体現できるデザイン」  
「②走行可能で、CNF部品を最大限取入れ軽量化」  
⇒2019年東京モーターショーへの展示



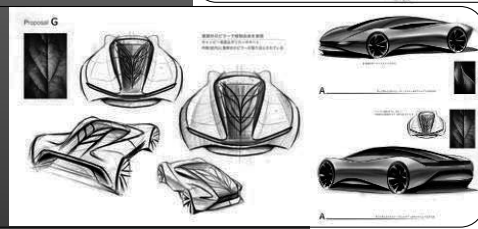
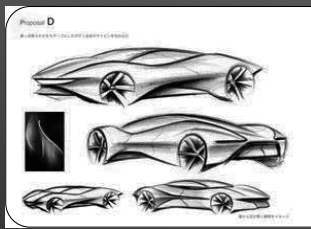
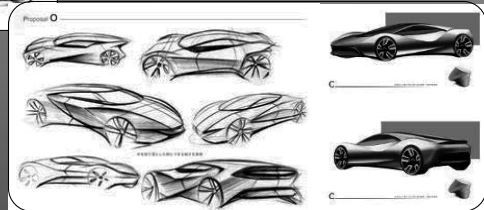
## NCV2次試作車デザインスケッチ案



【木彫りイメージ】:最終案

【切り株イメージ】

【葉のつぼみイメージ】



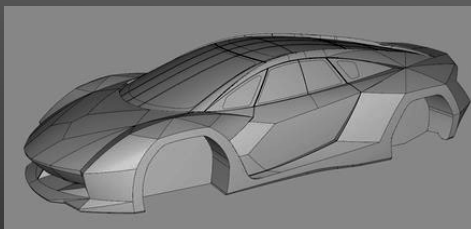
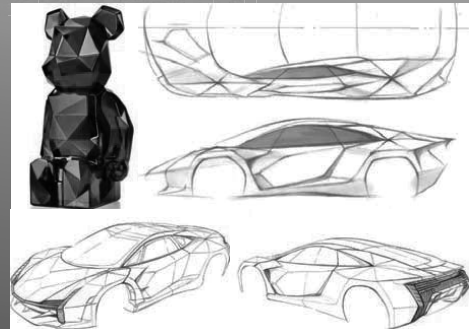
【葉脈イメージ】

## NCV2次試作車 外装デザイン検討

【デザインテーマ】 自然由来と和の工芸⇒木彫り(ポリゴン)イメージ外装



【外装デザインスケッチ】



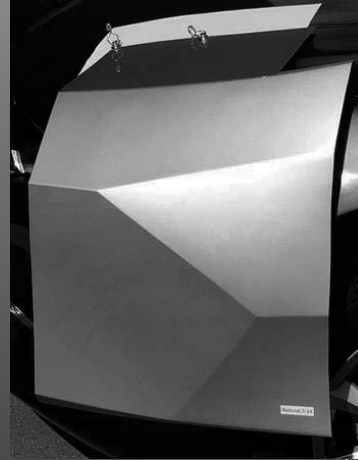
## NCV2次試作車 専用カラーデザイン

NIPPON PAINT AUTOMOTIVE COATINGS CO.,LTD.

桜をモチーフにすることにより植物、自然、持続的社會、日本のイメージをベースに各色の味付けをした。



カラーネーム  
「環桜:わざくら」

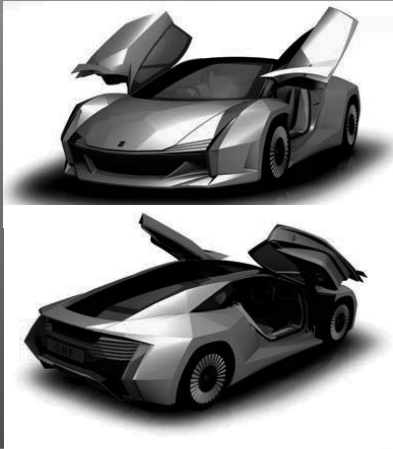


緻密なキラキラ感と赤く浮く2色性により桜の花の和のテイストと金属感の融合を表しスマート感と先進性を表現した。

大+中粒径アルミ  
\*G/S 2色性光輝材  
\*\*V/G 2色性光輝材

## NCV2次試作車 最終外装デザイン

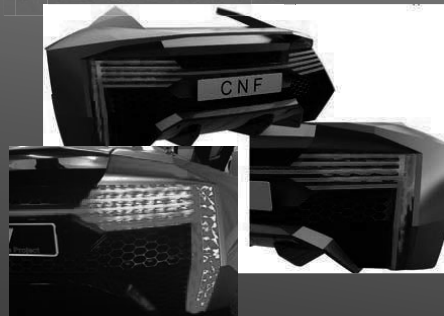
【外装最終デザイン】



【フロントヘッドランプデザイン】



【リヤコンビランプデザイン】



【七宝焼き環境省エンブレム】



【ホイールデザイン】



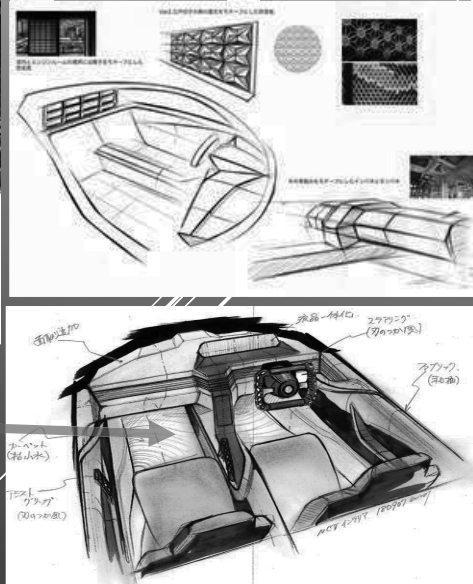
## NCV2次試作車 内装デザイン検討

【内装デザインテーマ】 和を感じられるインテリア⇒茶室と着物をイメージ



LEXUSでも使われている丹後織通(だんづ)フロアマットに枯山水イメージのカット

【内装デザインスケッチ】



## NCV2次試作車 最終内装デザイン



NCV  
Steering Wheel  
Idea D

刀の柄をイメージしたステアリングホイール



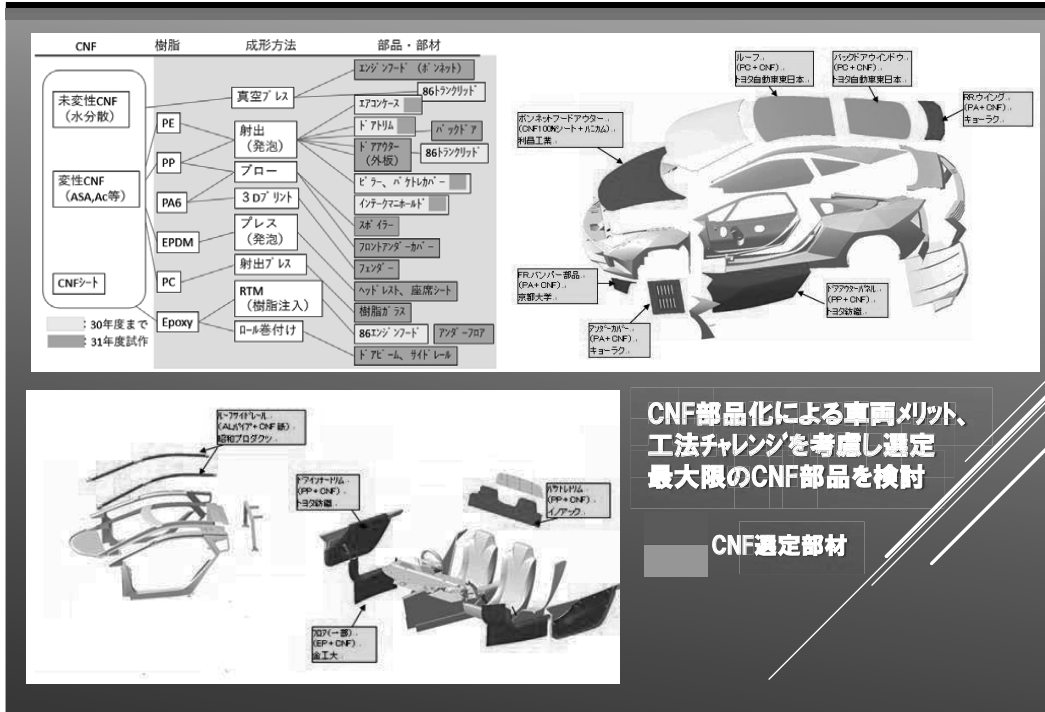
京扇子をモチーフとしたメーターディスプレイ。スピードメーターは的(まと)をイメージしたデザイン。



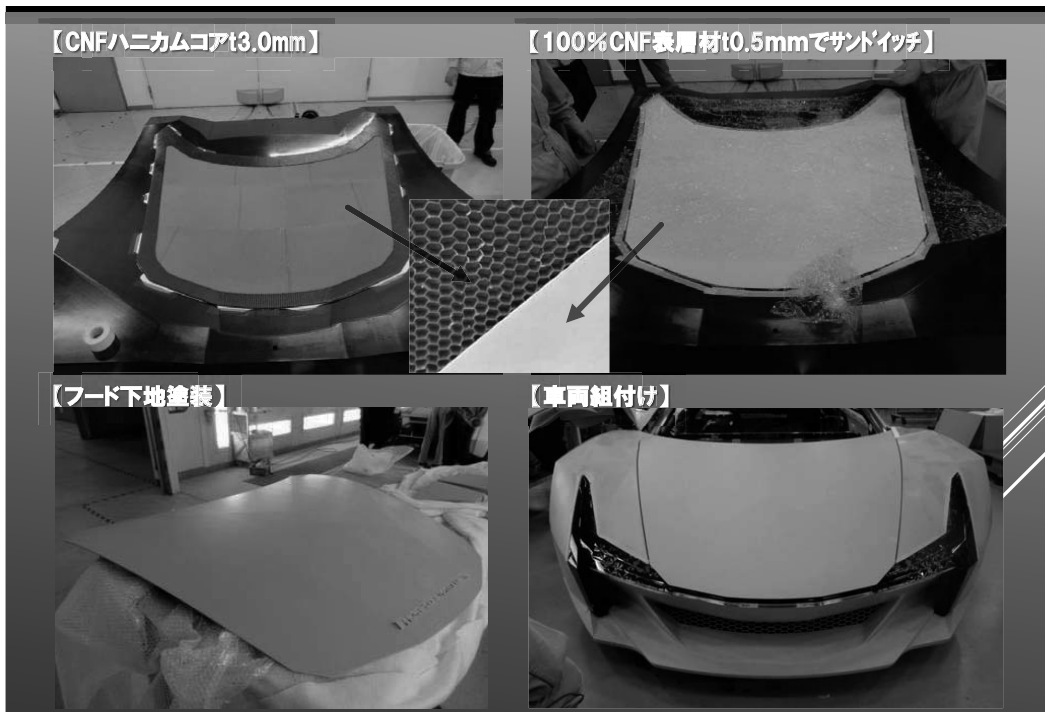
茶室をイメージさせる直線基調のインパネ&コンソールデザイン



## NCV2次試作車 CNF部材適用部位/工法検討



## NCV2次試作車 CNFボンネットアウターアッセンブリ



## NCV2次試作車 外装部品塗装前仕上げ

【CNFTアアウター(トヨタ紡織)】



【CNFリヤウイング(キョーラク)】



【サインパネルアウター】



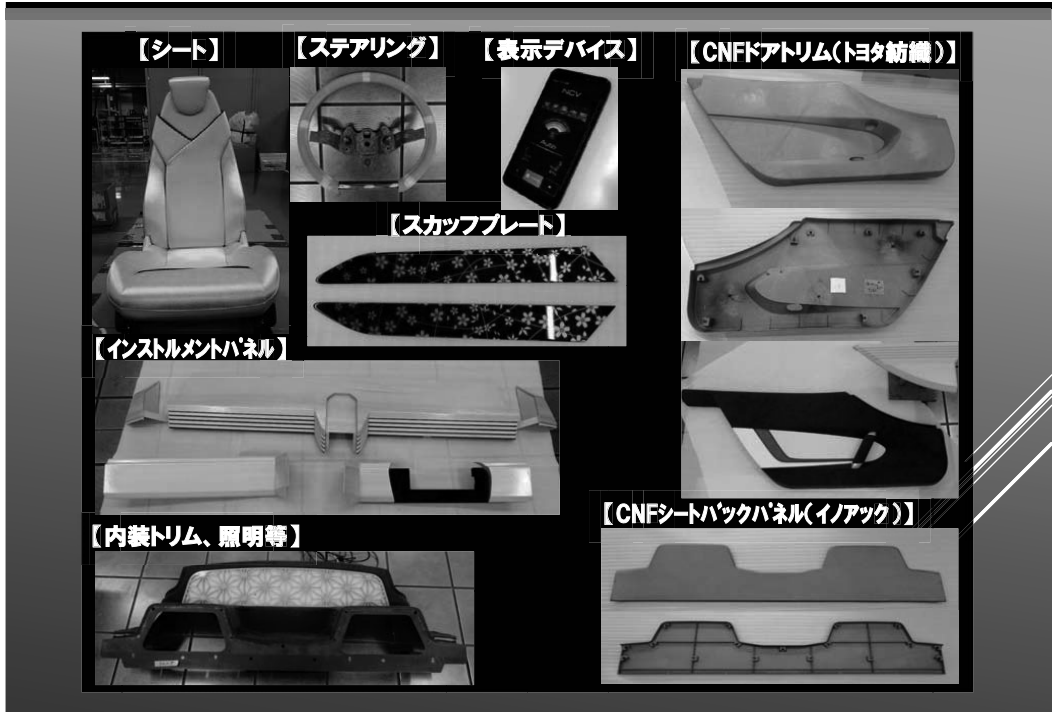
【CNFフロントバンパーサイド(京大)】



## NCV2次試作車 外装専用色塗装



## NCV2次試作車 内装部品



## NCV2次試作車 OA組付け/車完



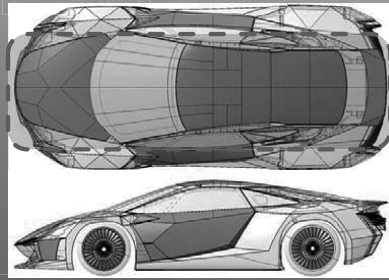
## NCV2次試作車諸元

### 【車両諸元表】

(2Lクラス市販車)

車名	86	NCVコンセプト
メーカー	トヨタ	環境省
		
車両型式	DBA-ZN6-E2B8	
車両重量(kg)実測(前後)	1168	1051
総排気量(cc)	1998	1742
最高出力(PS)	207	240
全長(mm)	4240	4290
全幅(mm)	1775	1875
全高(mm)	1320	1150
ホイールベース(mm)	2570	2380
トレッド(FR)(mm)	1520	1650
トレッド(RR)(mm)	1540	1615
乗車定員(名)	4	2
パワーウェイトレシオ	5.8	4.4

### 【外装部品CNF適用範囲】



水平面部品の63%の面積に  
CNF材料を使うことで、  
従来材部品より30%以上  
軽量化と低重心化を実現

## NCV2次試作車 プロモーションビデオ撮影







## ～謝辞～

本業務は環境省プロジェクト「社会実装に向けた  
CNF材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～」  
（NCVプロジェクト）の中で実施したものである。  
本プロジェクトに参画している機関および  
コンセプトカー製作に関わっていただいた  
社内各部署、協力メーカーの方々皆様  
に感謝いたします。

**NCV**

Nano Cellulose Vehicle Project



環境省

Ministry of the Environment

ご清聴ありがとうございました



木質系バイオマスの効果的利用に向けた  
特性評価

(国研) 森林研究・整備機構  
森林総合研究所

林 徳子氏



NEDOプロジェクト「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」  
「セルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発」

「木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価」

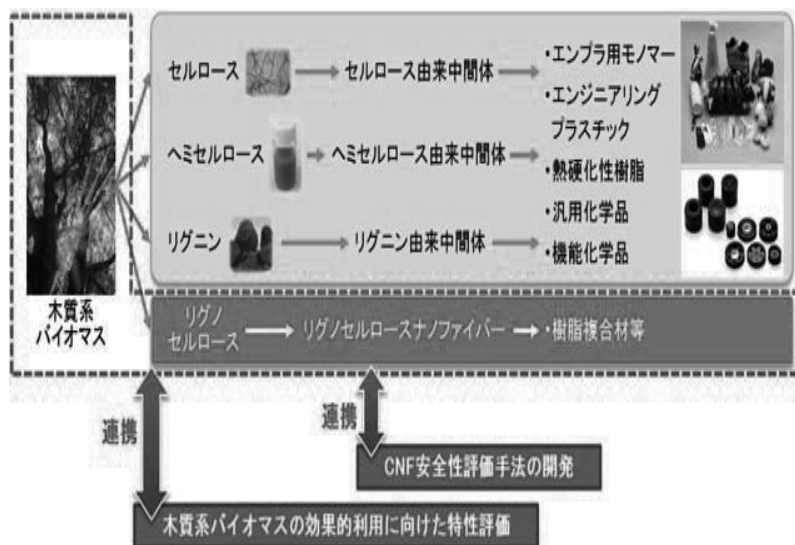
国立研究開発法人森林研究・整備機構 林 徳子

共同提案：国立研究開発法人森林研究・整備機構  
国立研究開発法人産業技術総合研究所  
国立大学法人東京大学  
国立大学法人京都大学  
国立大学法人京都工芸繊維大学  
国立大学法人大阪大学  
国立大学法人東京工業大学  
株式会社スギノマシン  
第一工業製薬株式会社  
三菱鉛筆株式会社

「セルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発」  
の位置づけ

2

本プロジェクトの全容



NEDO HPより

# 本研究開発の背景

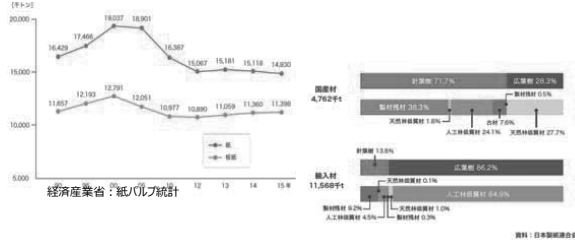
## 日本の現状

- ◆ 製紙会社を中心に急速にCNFの大量生産が進む
- ◆ CNF利用分野は徐々に拡大

様々な分野でCNF利用が期待される中、CNF利用技術の開発促進は必須

### 1. 製紙業界の現状

緩やかな成長を遂げてきた紙・板紙の内需は、2000年にピークを迎えたあとの2009年に大きく数量を落とし、それ一進一退の状態が続いていたが、リーマン・ショック後以降も、停滞・減少の傾向を示している。今後はバイオファイナリーを目指す方向であり、バイオファイナリーはパルプ工程と類似。



### 2. 国内森林蓄積量の増加

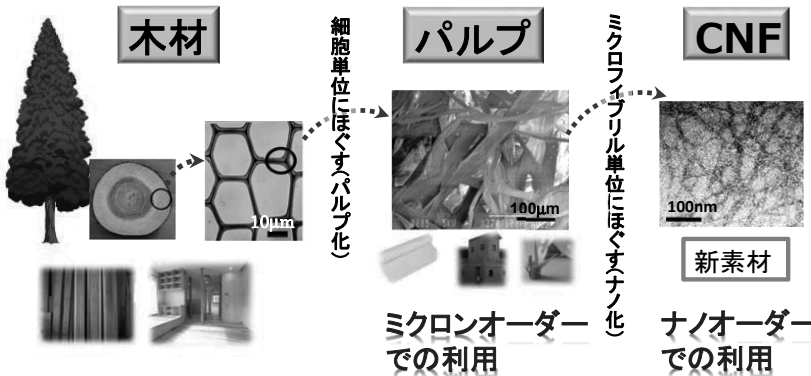
我が国では、戦後造林した人工林が成熟期を迎え、国内の森林資源量は増加の一途にある。樹種別の蓄積量では、スギ、ヒノキ等針葉樹がほとんどである。住宅着工等建材への利用が不振な中、新規利用分野の開拓が重要である。CNFはこれら国産材の新規利用分野の可能性があり、中山間地域に新たな産業の場の形成による発展が期待できる。

＜森林の有する多面的機能の発揮に関する目標＞

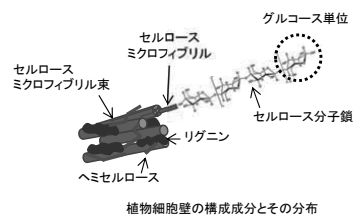
	H22年 (現状)	目標とする森林の状況			指向 状態 (参考)
		H27年	H32年	H42年	
森林面積(万ha)	1,030	1,030	1,020	1,000	660
育成林層林	100	120	140	200	680
天然生林	1,380	1,360	1,350	1,310	1,170
合計	2,510	2,510	2,510	2,510	2,510
総蓄積(百万m <sup>3</sup> )	4,690	4,930	5,200	5,380	5,450
ha当たり蓄積(m <sup>3</sup> /ha)	187	196	207	214	217
総成長量(百万m <sup>3</sup> /年)	74	68	61	55	54
ha当たり成長量(m <sup>3</sup> /ha年)	2.9	2.7	2.4	2.2	2.1



# セルロースナノファイバー 1

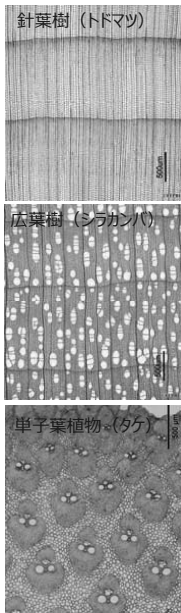


- ### CNFの特性
- しなやかで軽く強い
  - 大きな比表面積
  - 熱に対する寸法安定性





## 木材

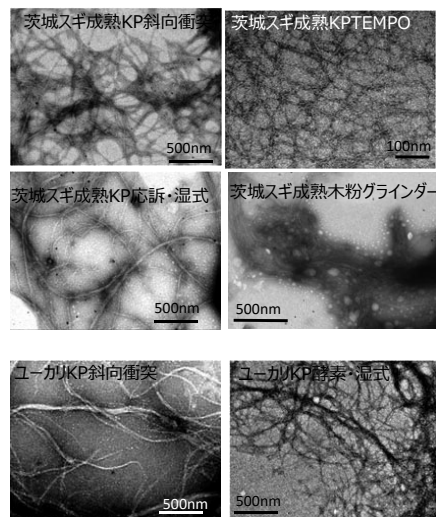


写真の上方向が幹の外側。

## パルプ

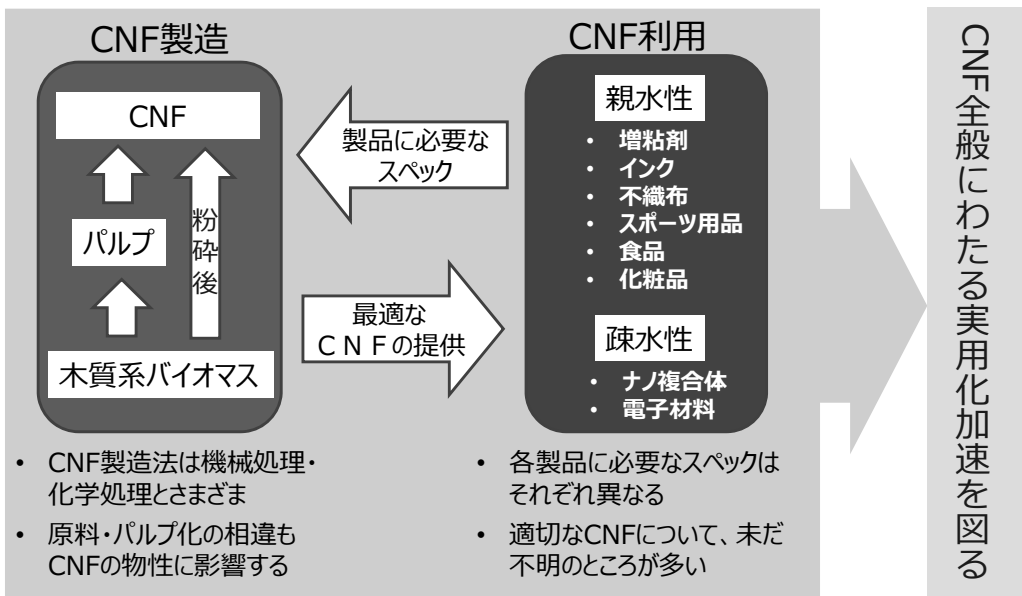


## CNF



# 本研究開発の背景・目的

バラツキの大きい生物素材を工業原料として使いこなすために、原料・パルプ・CNF・CNF利用の系統だった評価を行って、品質の基準を明らかにする必要がある。



# 木質系バイオマス、パルプ化法の選択理由

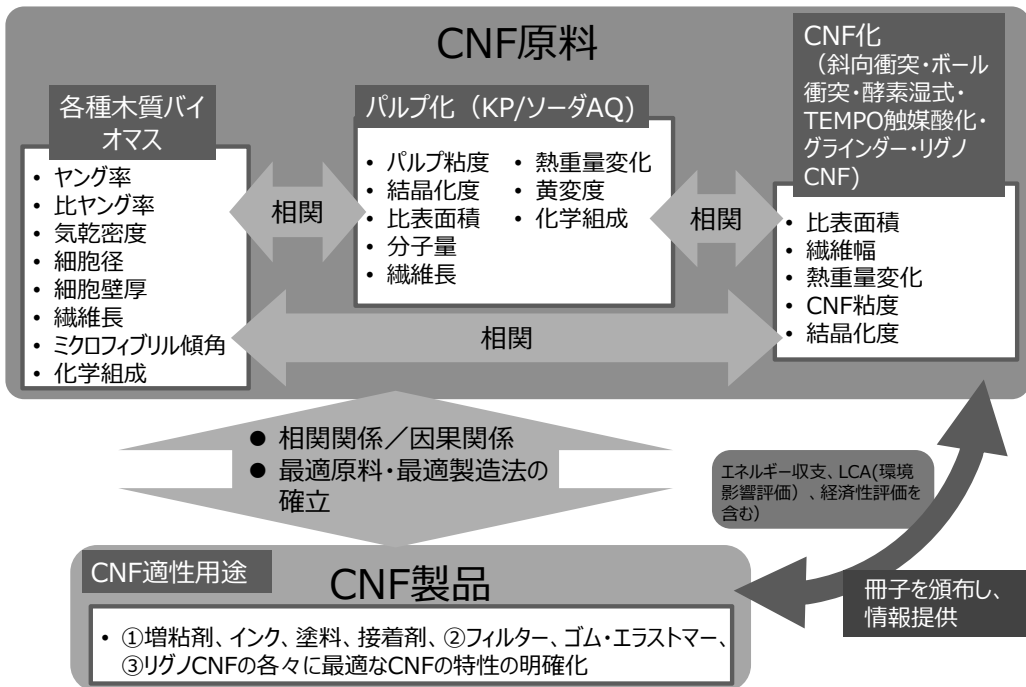
7

そもそも、CNFにしてしまえば全部同じでは？ ⇨ 調べてみなければわからない

材料・パルプ化		特徴および選択理由
針葉樹	スギ	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本の主要樹種で蓄積が大きい</li> <li>密度が低い。</li> <li>建築用材、建具、小物に使われる。</li> <li>産地によって名前が分けられ、物性が異なるため、中密度、低密度、高密度の3品種を選択。</li> </ul>
	カラマツ	<ul style="list-style-type: none"> <li>寒冷地における主要樹種で蓄積が大きい</li> <li>密度が高い。</li> <li>合板や集成材に用いられるが、その他の用途開発が必要</li> <li>寒冷地においてスギからの転換により資源量増が見込まれる。</li> </ul>
	トドマツ	<ul style="list-style-type: none"> <li>北海道における主要樹種で蓄積が大きい。</li> <li>密度が低い。</li> <li>リグノCNFで好成績が得られている</li> </ul>
	コウヨウザン	<ul style="list-style-type: none"> <li>成長が早い早世樹（スギよりも成長がよい）ため、将来の主要樹種候補</li> <li>密度が低いが、ヤング率の高い個体がある。</li> <li>中国南部に資源量大きい。</li> </ul>
広葉樹	シラカンバ	<ul style="list-style-type: none"> <li>寒冷地におけるバイオエア樹種</li> <li>広葉樹の中では比較的密度が低い。</li> <li>用材としての用途がない</li> </ul>
	ユーカリ	<ul style="list-style-type: none"> <li>パルプの主要な樹種で、資源量大きい</li> <li>生長が早い、比較的密度が高い。</li> </ul>
草本	モウソウチク	<ul style="list-style-type: none"> <li>蓄積が大きい、国内で竹林の増加が問題視</li> <li>単子葉植物（肥大成長しない）</li> <li>東南アジア、中国に資源量大きい。</li> </ul>
パルプ	クラフト法	日本の製紙業界の主要なパルプ化法
	ソーダAQ法	NEDO非可食プロジェクト、成分分離等で以前から採用されている方法

# 原料評価手法の開発

8





# パルプの特性

## パルプの物理物性

### 得られたパルプの物性

- KP: 繊維長が長く、セルロース繊維が保持される傾向
- ソーダAQ: 繊維長が短く、セルロース繊維が処理により切断傾向
- KPIは樹種による差大: スギ<カラマツ<トドマツ<シラカンバ<タケ
- ソーダAQは樹種による差小; 針葉樹<広葉樹

IB-M  
IB-J  
BK-M  
BK-J  
KM-I  
KM-J  
KR-I  
KR-J  
TD-I  
TD-J  
SK-I  
SK-J  
M

## パルプの化学物性

### 得られたパルプの化学特性

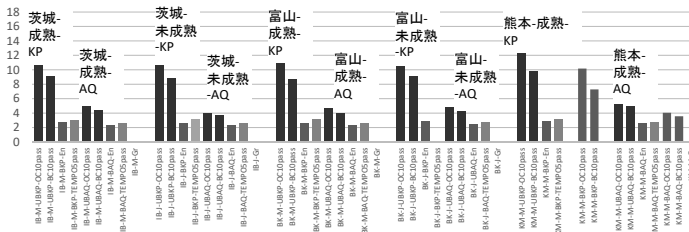
- 針葉樹と広葉樹でヘミセルロース成分が異なる。
- ソーダAQでは、キシランが分解される傾向
- 耐熱性はパルプ形状によって異なる傾向を示し、繊維長が短い弱いパルプの方が耐熱性が低い傾向

ソーダAQ (耐熱性低い) > KP (耐熱性高い)

草類スギ 富山スギ 熊本スギ カラマツ トドマツ シラカンバ ユーカリ モウソウタケ

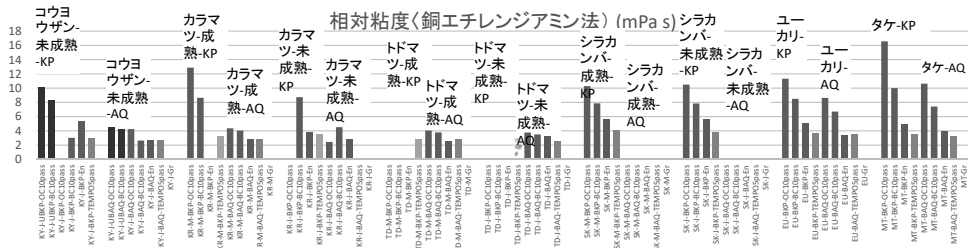
# 各種CNF化法とパルプ粘度 (相対粘度) の関係性

相対粘度(銅エチレンジアミン法) スギ



本来、分子量で測定すべき項目であるが、分子量測定には時間がかかること、銅エチレンジアミン法の測定限界であるが、簡便に差がわかることから、本方法での比較を提案する。

相対粘度(銅エチレンジアミン法) (mPa s) シラカンバ



- 品種による差、成熟・未成熟の差は少ない (WJ法でヤング率大のものが長い傾向)
- 樹種による差有り: 草本> 広葉樹> 針葉樹 (カラマツ<トドマツ>スギ (針葉樹はヤング率と同じ傾向) )
- パルプ化による差大: KP由来> ソーダAQ由来
- CNF化による差有: WJ法> 酵素・湿式法≥TEMPO処理法
- WJ法では未漂白パルプ由来> 漂白パルプ由来; 斜向衝突法> ボール衝突法

# 生産されたCNFと原料・パルプの関連

13

## 生産されたCNF評価

- 比表面積：CNF製造法：TEMPO> 酵素・湿式>WJ（ボール衝突> 斜向衝突）> グライNDER  
パルプ化法：AQ由来> KP由来
- 繊維幅：約3nm一定（TEMPO）； 30-60nm 酵素・湿式>グライNDER> 斜向> ボール
- 分散性：TEMPO> 酵素・湿式> WJ>グライNDER； AQ由来> KP由来
- CNF粘度：シラカンバ由来> 針葉樹由来； KP由来> AQ由来
- 熱分解温度：WJ> 酵素・湿式>グライNDER> TEMPO  
AQ> KP； WJ/酵素/グライNDER）； KP由来>AQ由来（TEMPO）  
成熟由来> 未成熟由来（グライNDERのみ）
- 結晶化度：酵素・湿式> WJ> TEMPO>グライNDER（スギ）他樹種では変わらず  
KP由来> AQ由来； 未成熟由来≒成熟由来
- 疎水性CNF（京都方式）：スギ(密度の高いスギ以外)、トドマツがほぐれやすく、分散性良



CNF化法違いにより、得られるCNFの特徴が異なった

パルプ化法・原料の相違の影響が示唆された

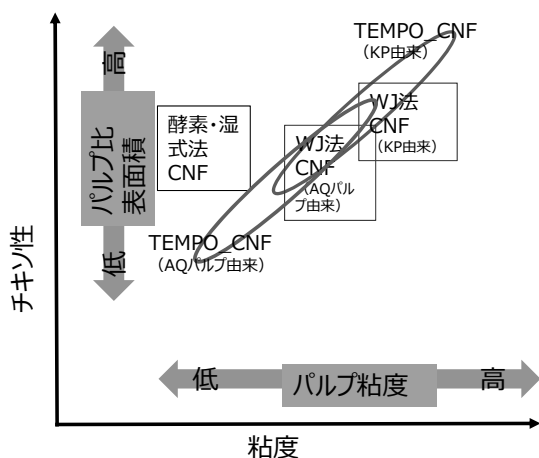
# 各製品におけるCNFの適性と原料・パルプの関係

14

	原料・パルプ・CNFの適性
増粘剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>● それぞれのCNFにおいて、チキソ性・粘度に特徴あり</li> <li>● 高粘度・高チキソはTEMPO処理CNF</li> <li>● 低粘度・高チキソを示すのは酵素・湿式法CNF</li> <li>● ソーダAQパルプ由来のCNFの方が粘度は低い傾向を示す。</li> </ul>
インク	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ろ過性とインク性能の結果からTEMPO処理CNFが最適</li> <li>● スギの品種や樹種による差有り。</li> </ul>
塗料	<ul style="list-style-type: none"> <li>● スギ・ボール衝突CNF混入塗膜で弾性率向上。</li> <li>● スギTEMPOCNF混入塗膜で耐候性向上</li> </ul>
化粧合板用接着性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● スギKP由来斜向衝突、カラマツ、シラカンバのソーダAQ由来TOCN, 酵素・湿式法CNFでツキ板接着熱圧時間短縮。</li> <li>● CNFを用いると粘度が高くなるのが問題。</li> </ul>
フィルター	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ソーダAQパルプ・スギノマシン法および酵素法CNFでナノ繊維紡糸可能。</li> <li>● 空隙率の減少によりフィルター性能上昇</li> </ul>
ゴム・エラストマー	<ul style="list-style-type: none"> <li>● シューズのソールに対し補強、軽量化</li> <li>● 針葉樹未成熟材由来のチップがほぐれ易く、強度向上</li> </ul>
リグノCNF	<ul style="list-style-type: none"> <li>● コンポジット化したものの強度は樹種による差有り。</li> </ul>

# 機能性添加剤（増粘剤）

- 原料・パルプ化法・CNF化法の違いによって粘度・チキソ性に差有り
- CNFは、増粘剤として高粘度・高チキソに分類されるが、製法によって性質が異なる。
- 増粘剤の用途に応じて、CNF製法・パルプ化法・原料を選択可能。



**CNF比表面積** (TEMPO以外) = 細いCNFほど大きい

酵素・湿式 ≥ WJ (ボール > 斜向) > グラインダー;  
AQ由来 > KP由来

**CNF幅**

約3nm一定 (TEMPO)  
30-60nm 酵素・湿式 > グラインダー > 斜向 > ボール

**CNF粘度** = 長いCNFほど大きい

シラカンパ由来 > 針葉樹由来  
KP由来 > AQ由来

# ゴム補強特性

	比表面積 (ナノ化率)		PP・ゴム補強	
	スギ産地	低	熊本	低
	高	富山	高	富山, 熊本
樹齢	低	未成熟	低	成熟
	高	成熟	高	未成熟
他種との比較	コウカザン、トマツは富山スギに近い傾向、成熟材が高解繊、補強効果も高い傾向			
要因 (単純化)	低	・組織が強靱 ・水浸透性が低い	低	・CNFの凝集が高い ・アンカー効果が低い
	高	・組織が脆弱 ・水浸透性が高い	高	・CNFの凝集が低い ・アンカー効果が高い

原料評価より

富山県産スギ → 低ヤング率 (丸太)  
未成熟材 → 低ヤング率 (丸太)  
富山県産スギ → 細胞壁が薄い (成熟材)  
富山県産スギ → 高空気透過率  
未成熟材 → 高空気透過率  
未成熟材 → 短繊維

パルプ評価より

富山県産スギ → 高比表面積  
未成熟材 → 高比表面積

リグノ

CNF製造・樹脂ゴム補強に適したスギ

・建材不適の低強度スギ  
・若いスギ

暫定

### ● CNFナノファイバー不織布フィルターの開発



空調機・空気清浄機分野で、大きな市場の伸びが期待される調湿用の省エネ型エアフィルターへの展開を目指すために吸湿機能を有する高性能フィルターとしての目標値

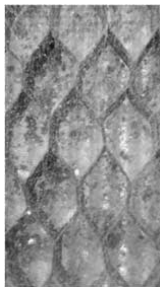
ユニットフィルターでの達成目標

粒子捕集効率 > 65 % (@0.4 $\mu$ m粒子)

圧力損失 < 50 Pa (@ 5.3cm/sec)

水蒸気除去率 > 15 % (水蒸気)

※測定はJIS B9908 換気用エアフィルタユニット・換気用電気集じん器の性能試験方法に準拠し、実施する。



吸湿・吸着用プレフィルターとしても検討

プレフィルターとしての達成目標

既存材料(ゼオライト・活性炭)を超える吸湿性

実用可能な繰り返し性 ~500回

水蒸気以外の吸着対象についても検討

## まとめ

- 物性にバラツキの大きい生物素材を、均一な物性が必要な工業原料として使いこなすためには、様々なデータの蓄積が必要。
- 原料・パルプ化法の相違は各CNF化法で製造されたCNFの物性に影響。
- CNF製品各々に最適なCNF有。
- その選択に最適な原料・パルプ化法を選択することで、CNF利用効率を高めることが可能になる。
- 本プロジェクトの成果は冊子およびDVDとして頒布





# CNF 安全性評価手法開発プロジェクトの 成果概要

(国研) 産業技術総合研究所

梶原 秀夫氏



## CNF安全性評価手法開発プロジェクト の成果概要

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
エネルギー・環境領域 安全科学研究部門

梶原 秀夫



## 安全性評価の観点からのCNFの特徴

特有の粘性(スラリー状)

熱安定性の低さ

低吸光度

生物(植物)起源

高分散性(細さ)

分解性(糖を生成)

物理化学特性の多様性(表面修飾、不純物、解繊状態)

⇒ 試験の実施や計測に関する手法開発が必要

消費者製品用途への利用拡大が予想

⇒ 排出・暴露評価手法の開発

及び、暴露シナリオによるケーススタディが必要

## NEDOプロジェクト（2017～19年度）

「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」

- (1) セルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発
- (1) - 2 CNF安全性評価手法の開発

### 安全性評価のための手法開発を中心とした研究開発

実施体制：

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
王子ホールディングス株式会社  
第一工業製薬株式会社  
大王製紙株式会社  
日本製紙株式会社  
国立大学法人京都大学（再委託）

⇒ 研究開発成果は、手引き・手順書、事例集として公開、  
事業者による自主的な安全管理の取り組みに活用される。

## プロジェクトのテーマ構成

### 1) CNFの分析及び有害性試験手法の開発

- 1) -1 CNFの検出・定量手法の開発
- 1) -2 CNFの気管内投与手法の開発
- 1) -3 CNFの皮膚透過性試験手法の開発

### 2) CNFの排出・暴露評価手法の開発

- 2) -1 排出CNFの計測手法の確立及び排出・暴露評価事例の集積
- 2) -2 CNF応用製品に対する暴露シナリオによるケーススタディ

※ 個別テーマは、CNFを扱う事業者のニーズを踏まえて設定した。

# 対象とするCNF

多様なCNFの中から代表的な3種を対象とした。

TEMPO酸化CNF

幅3-4nmのマイクロフィブリル カルボキシル基

リン酸エステル化CNF

幅3-4 nmのマイクロフィブリル、リン酸基

表面改質CNF

機械解繊CNF

幅>10nm、絡み合い

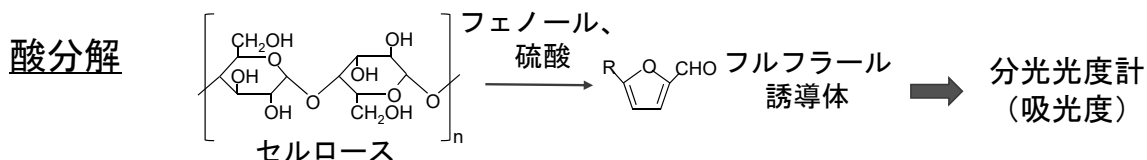
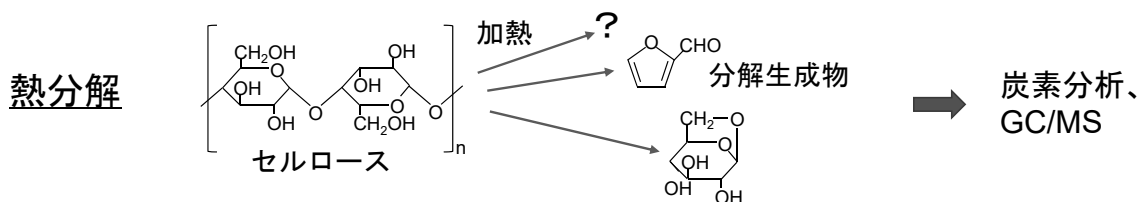
排出・暴露評価では、リグノCNF複合材を対象に加えた。

リグノCNF複合材

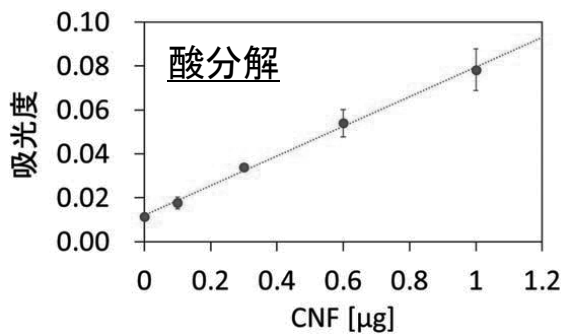
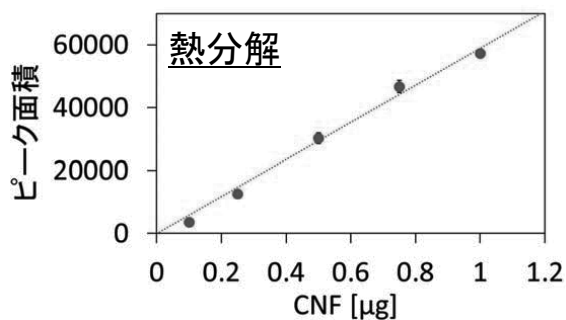
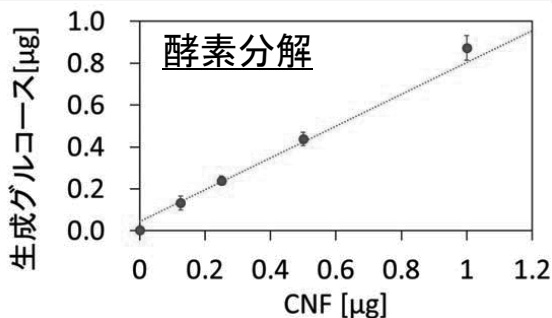
樹脂と混練する過程で解繊（京都プロセス）

## 1)-1 CNFの検出・定量手法の開発

- ・ 微量CNFの検出・定量手法（対象の3種CNFについて1μgを目標）
- ・ CNFの多様性や夾雑物を考慮して、複数手法を開発



# 1)-1 CNFの検出・定量手法の開発

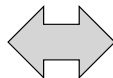


## 気管内投与試験

- ・吸入毒性（吸入により生じる有害性。肺炎症等）を評価する方法
- ・エアロゾルの吸入でなく、被験材料を懸濁した調製液をラット等の気管へ投与する。



吸入暴露試験



気管内投与試験

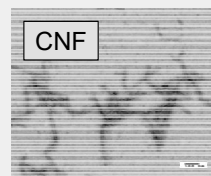
- ・吸入暴露試験に比べて、簡便で低コスト
- ・少ないサンプル量（掛け流しのエアロゾル ⇔ 懸濁液）
- ・ナノ材料の研究開発や自主安全管理に活用されてきた。



## 1)-2 CNFの気管内投与試験のための手法開発

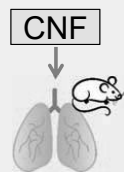
### ① 気管内投与試験のためのCNF試料調製と計測

- ・ 試料調製方法の確立（調製条件と物理化学的特性との関係）
- ・ CNF調製液の殺菌手法の確立
- ・ CNF射出状態の確認



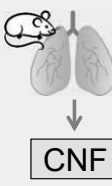
### ② 調製試料を用いた気管内投与試験

- ・ 投与直後のラットの状態の確認
- ・ 中長期の気管内投与試験の試行



### ③ 気管内投与後の肺試料のCNF計測

- ・ 肺試料からの抽出方法の確立
- ・ 適切な分析手法の確立



## 中長期ラット気管内投与試験

### ■ 目的

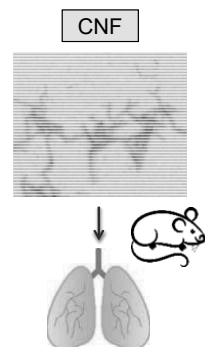
- ・ 投与後90日間のラット肺の炎症の確認
- ・ 肺・各葉でのCNF分布確認のためのCNF定量

### ■ 被験材料

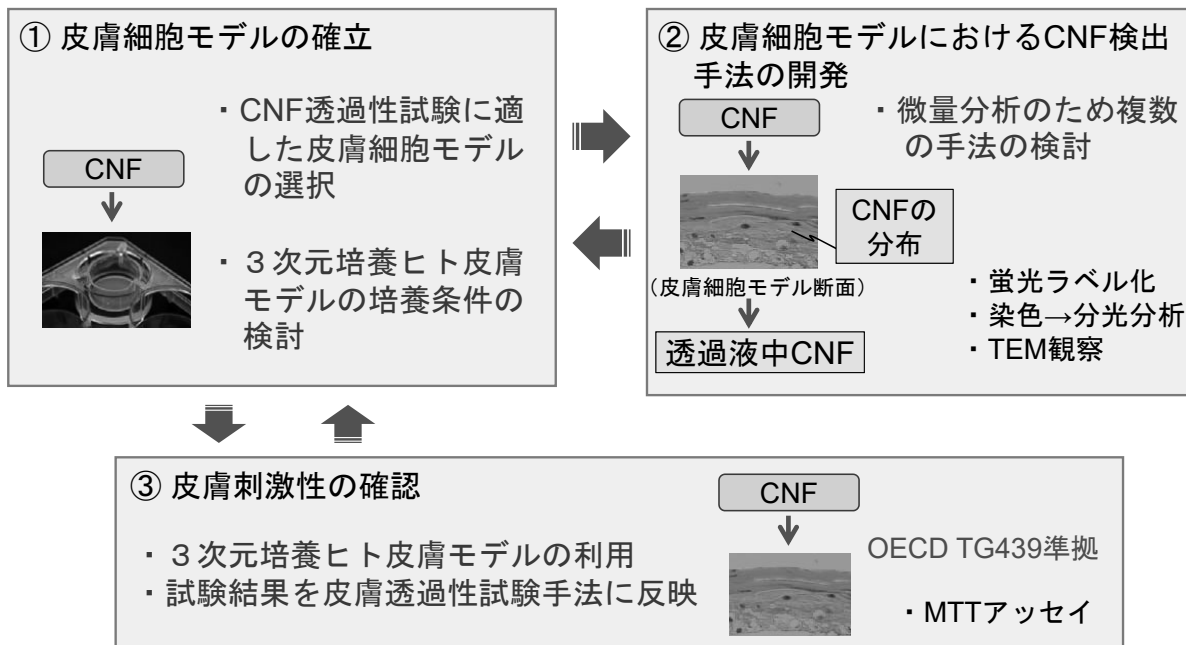
- ・ リン酸エステル化CNF
- ・ TEMPO酸化CNF
- ・ 機械解繊CNF
- ・ 多層CNT

### ■ 試験概要

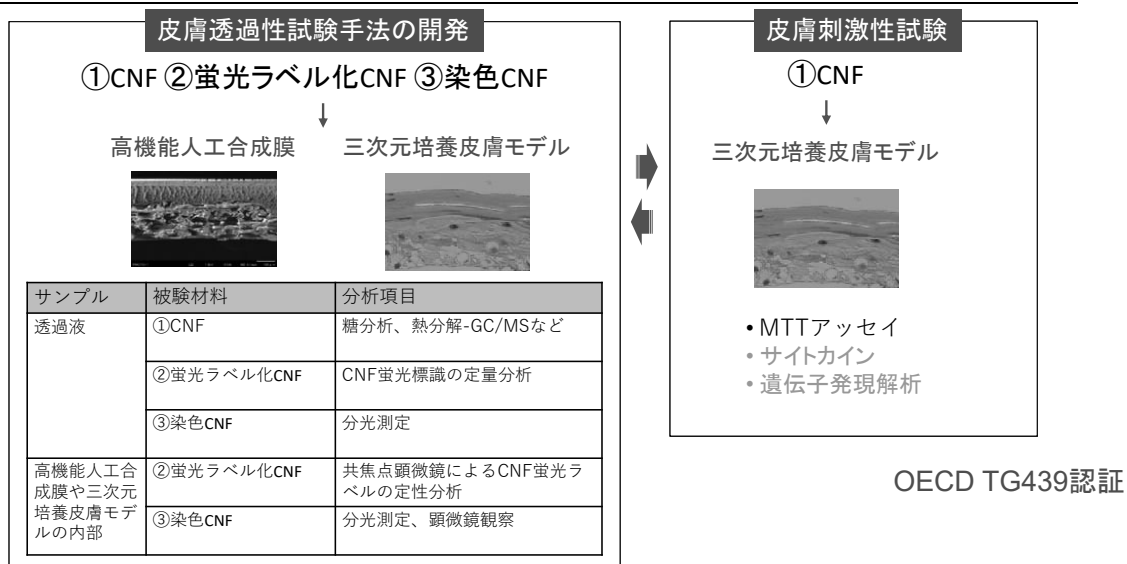
- ・ 期間:ラット気管内投与後90日
- ・ 検査項目:一般状態の観察、体重測定、器官重量、気管支肺胞洗浄液(BALF)検査、病理観察



# 1)-3 CNFの皮膚透過性試験のための手法開発



## 試験概略



皮膚刺激性試験の試験結果を相互比較しながら、皮膚透過性試験手法を開発

## 2)-1 排出CNFの計測手法の確立及び排出・暴露評価事例の集積

### ① 排出CNFの計測手法の確立

○エアロゾル計測器



○捕集→定量

- ・重量分析
- ・熱分解



○捕集→顕微鏡観察



利用  
実用性の  
検証



課題抽出

### ② 現場調査・模擬排出試験の実施

現場調査

- ・CNF製造現場



模擬排出試験

- ・乾燥粉体のハンドリング
- ・スラリーの飛沫
- ・複合材料の切削・摩耗

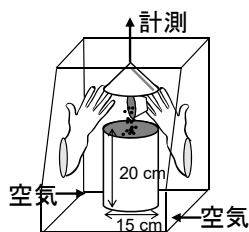


## 模擬排出試験

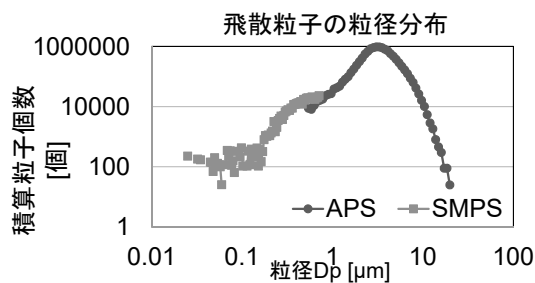
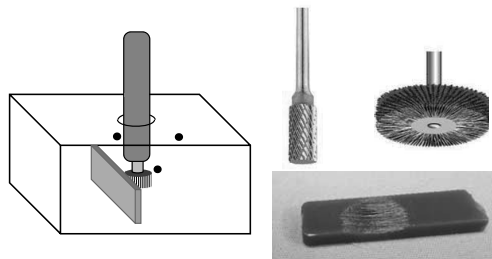
CNFの飛散可能性、濃度、大きさ、形態

CNF乾燥粉体の移し替え

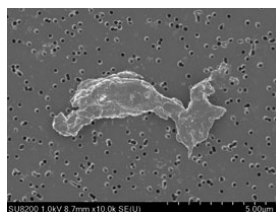
CNF複合材の切削・摩耗



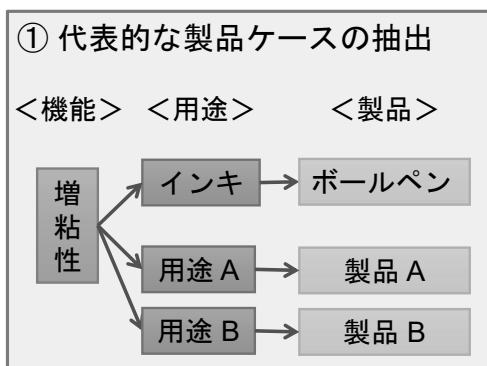
CNF粉体



切削時の飛散粒子



## 2)-2 CNF応用製品に対する暴露シナリオによるケーススタディ



② CNFの分解性データの取得

③ 暴露シナリオ抽出とケーススタディ

	製造段階 (作業者)	使用段階 (消費者)	廃棄段階 (環境)
塗料 化粧品 など (混合物)	CNF取扱い での飛散	製品の使用 での暴露	CNFの 生分解性
複合材料 など (成形品)	CNF取扱い での飛散	複合材の 劣化・摩耗 による飛散	CNFの 生分解性
	複合材製造 ・加工での 切削・研磨 による飛散		

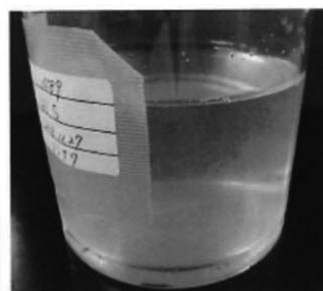
## 生分解性試験の様子

### 生分解性試験の装置

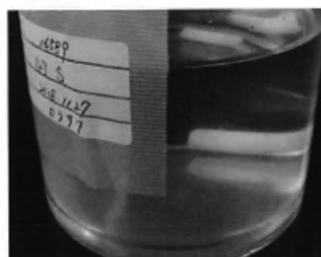


一般財団法人化学物質評価研究機構 (CERI) HPより  
[http://www.cerij.or.jp/service/01\\_safety\\_studies/biodegradability\\_01.html](http://www.cerij.or.jp/service/01_safety_studies/biodegradability_01.html)

### CNFサンプル



試験前



試験後

### OECD 301C試験

## 各種CNFの生分解性試験の結果

試料	生分解性の判断結果
TEMPO酸化CNF	良分解性
リン酸エステル化CNF	良分解性
機械解繊CNF	良分解性
アセチル化CNF (DS=0.69) *	良分解性

(OECD301C法 28日試験)

良分解性：生分解度60%以上

\*アセチル化CNF：

京都プロセスにより製造されるリグノCNF複合材の原材料  
(プラスチック補強材：表面にリグニンを残したCNF) DSはアセチル化度を表す

- ・一般環境での生分解性の試験 (OECD 301C法) の結果 4 種のCNFは良分解性を示した。
- ・このことは、CNFが一般環境に放出された後に速やかに生分解されることを示している。

## アセチル化CNFの海水中生分解性試験の結果

試料	生分解性の判断結果
アセチル化CNF (DS : 0.40)	生分解性のポテンシャルあり
アセチル化CNF (DS : 0.84)	生分解性のポテンシャルあり

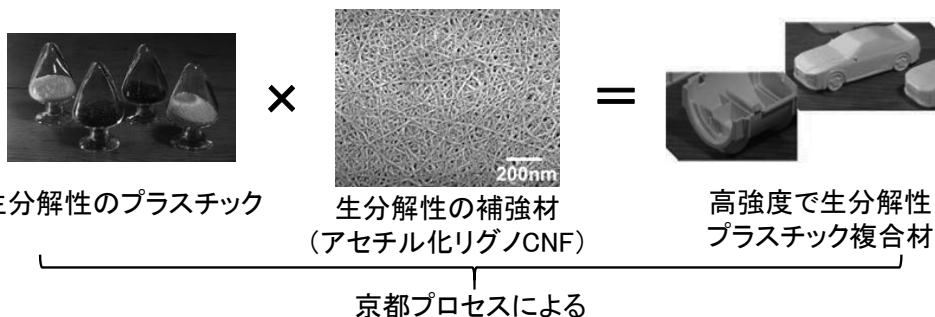
(OECD306改法 60日試験)

生分解性のポテンシャルあり：生分解度60%以上

- ・各種CNFの海水中での生分解性を試験(OECD306改法)により確認した。
- ・プラスチック補強材として使用されるため海水中での生分解が重要となるアセチル化CNFについては、アセチル化度(DS)を変えた2試料ともに「海洋での生分解性のポテンシャルあり」という結果が得られた。

## アセチル化リグノCNFの結果の意義

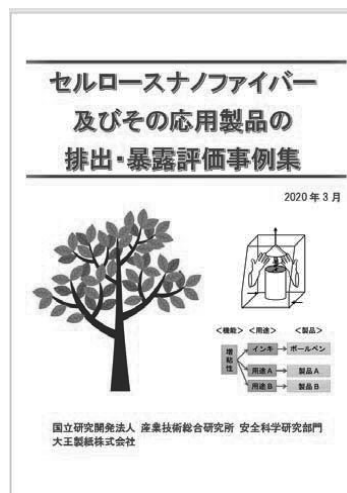
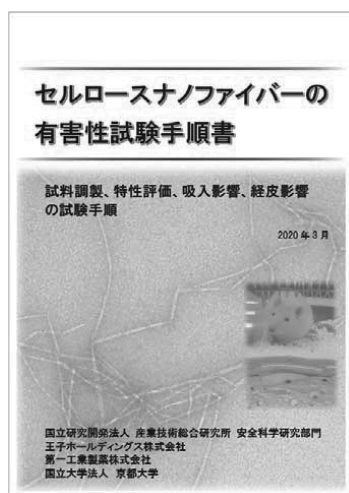
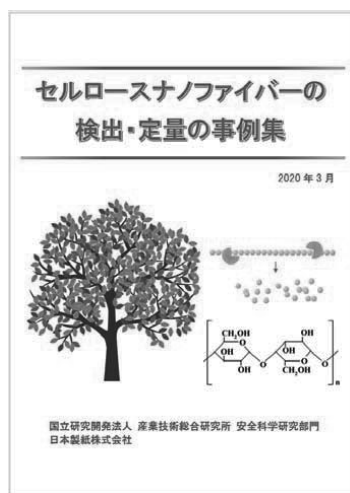
- プラスチック補強材であるアセチル化リグノCNFが良分解性であることが確認された。
- 生分解性でありながら高強度を有する生分解性プラスチック複合材料の開発に道をひらく。
- 生分解性プラスチックの用途を広げることで、海洋プラスチック問題解決に貢献できる可能性がある。



AIST HP (2019/08/08) より [https://www.aist.go.jp/aist\\_j/new\\_research/2019/nr20190808/nr20190808.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/new_research/2019/nr20190808/nr20190808.html)

## 成果物

確立した手法及び適用事例をとりまとめた成果文書を通じて成果の普及を図り、CNFの活用を促す。



2020年3月26日 産総研ホームページより公開予定  
<https://www.aist-riss.jp/research/assessment/>



NCV プロジェクトの概要  
— CNF を活かしたクルマづくり —  
(大) 京都大学生存圏研究所  
臼杵 有光氏





2020年2月27日  
 ナノセルロースシンポジウム@京都テルサ

# NCV

## Nano Cellulose Vehicle Project

### CNF(Cellulose Nano Fiber)を 活かしたクルマづくり

臼杵有光(京都大学 生存圏研究所)  
 usuki@rish.kyoto-u.ac.jp



## NCVプロジェクト概要

(NCV : Nano Cellulose Vehicle)

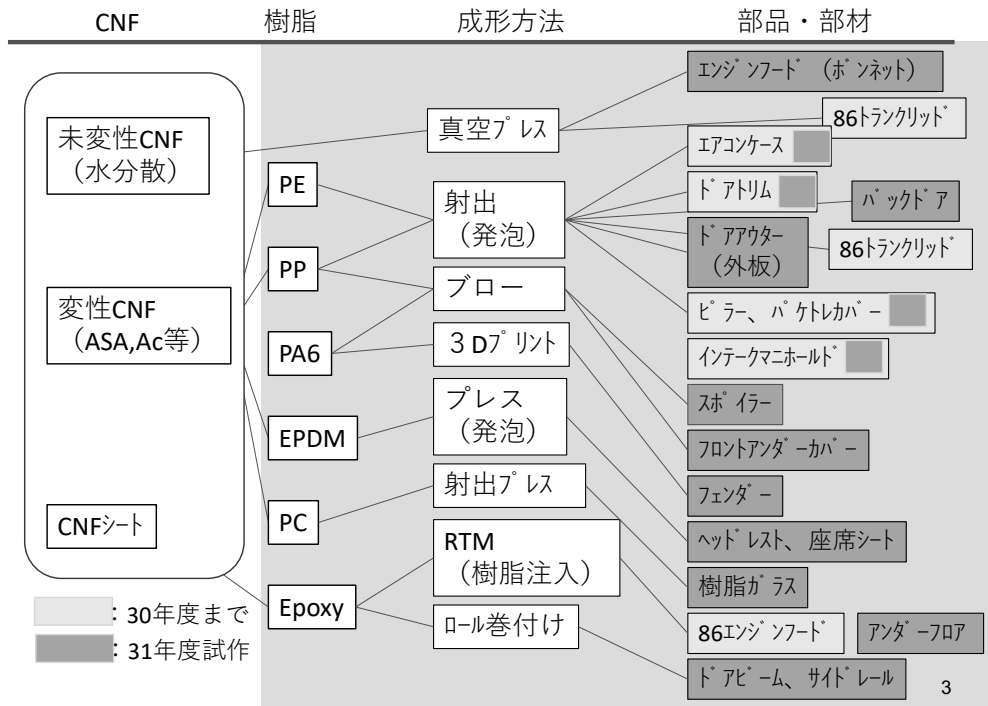
**期間**  
 平成28年度～平成31年度（令和元年度）  
 コンソーシアム設立：平成28年10月26日

**内容**  
 二酸化炭素削減を目的とし、セルロースナノファイバー（CNF）を複合化した樹脂材料について材料～自動車など最終製品までの一連の流れを俯瞰した評価を実施。





**参画機関（22機関）**      \* H29年度から参画      \*\* H30年度から参画

京都大学、サステナブル経営推進機構、京都市産業技術研究所、金沢工業大学  
 名古屋工業大学、秋田県立大学、昭和丸筒/昭和プロダクツ  
 利昌工業、イノアックコーポレーション、キョーラク  
 三和化工、ダイキョーニシカワ、マクセル、デンソー、トヨタ紡織  
 トヨタカスタマイジング&ディベロップメント、アイシン精機\*、東京大学  
 産業技術総合研究所、宇部興産\*\*、トヨタ自動車東日本\*\*

	<b>NCV</b> Nano Cellulose Vehicle Project 参画機関・企業			株式会社 昭和丸筒	昭和プロダクツ 株式会社	
<b>RISHO</b>		<b>INOAC</b>				<b>maxell</b>
<b>DENSO</b> Crafting the Core						



## 試作例

<p>➤ 射出成形 (PP)</p>  <p>ドアトリム ポリプロピレン(PP)-CNF10% トヨタ紡織(株)</p>	<p>➤ 射出成形 (PA6)</p>  <p>インテークマニホールド(吸気部品) ナイロン6(PA6)-CNF15% アイシン精機(株)</p>
<p>➤ RTM (Resin Transfer Molding)</p>  <p>エンジンフード(ボンネット) CNF+エポキシ樹脂 金沢工業大学 (株) トヨタカスタマイズ &amp; デザインソリューションズ</p>	<p>➤ 射出発泡成形 (PA6) 材料はNEDOからの提供品を使用</p>  <p>トランクリッド ロアー ナイロン6(PA6)-CNF5% ダイキョーニシカワ(株)</p>

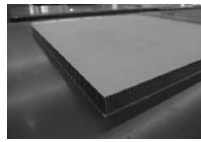


# 試作例

## ➤ 独自成形（100%CNF成形体）



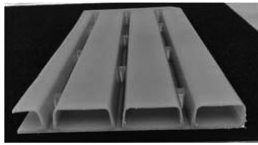
トランクリッド アップパー  
100% CNF成形



ハニカム

利昌工業(株)

## ➤ ブロー成型（デッキボード等）



デッキボード  
ポリプロピレン(PP)-CNF10%

キョーラク(株)



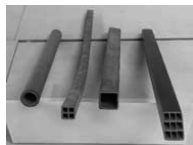
5

# 試作例

## ➤ シートワインディング

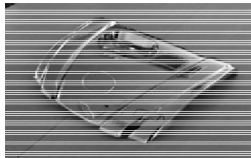


ビーム等補強加工  
紙管+CNFシート



(株)昭和丸筒  
昭和プロダクツ(株)

## ➤ めっき加工（射出成形後）



エンジンカバー  
ナイロン6(PA6)-CNF

部品はNEDOからの  
提供品を使用

マクセル(株)



6

## 一次試作車の概要

【CNF置換部品】（トヨタ86 外板2部品）

①ボンネットフード  
（水平外板）



・エンジンフード (CNF+エポキシ樹脂)  
（製作: 金沢工業大学）

②トランクリッド  
（垂直外板）



・トランクリッド アッパー (CNF100%)  
（製作: 利昌工業(株)）

・トランクリッド ロア（ナイロン6(PA6)-CNF5%）  
（製作: ダイキョーニシカワ(株)）

・組付け  
トヨタカスタマイジング&ディベロップメント

7

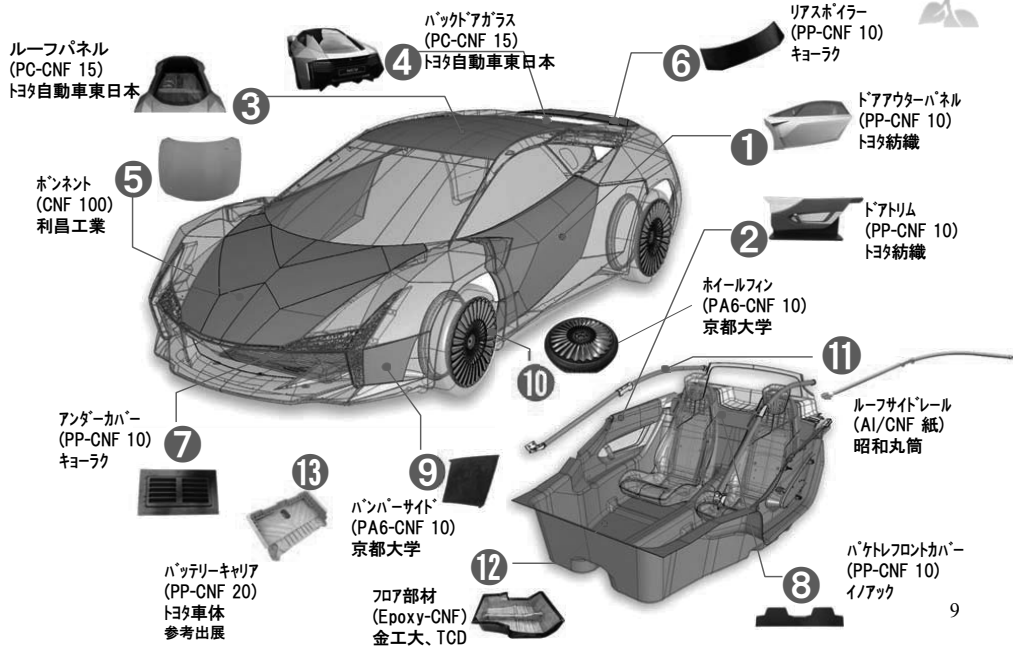
## 最終試作車(コンセプトカー)外観写真



8

**東京モーターショーに  
出展したコンセプトカー**

**木からつくったミライのクルマ**   
植物由来の次世代素材CNF活用で、軽量化にチャレンジ!



## 謝辞

本業務は環境省プロジェクト「社会実装に向けたCNF材料の導入実証・評価・検証  
～自動車分野～」(NCVプロジェクト)の中で実施したものである。

本コンソーシアムに参画している機関のメンバーに対して感謝いたします。





セルロースナノファイバーの  
自動車エンジン部品への応用について

アイシン精機（株）

田中 一貴氏





Nanocellulose Symposium 2020  
第417回生存圏シンポジウム

# セルロースナノファイバーの 自動車エンジン部品への応用について

2020年2月27日  
アイシン精機 材料技術部  
田中 一貴

## 1. 会社製品の紹介（1）：自動車部品事業



▶グループが持つ開発力と生産力を合わせた高い技術力で、  
自動車を構成する領域のほとんどをカバーする幅広い商品を提供。

**車体関連**

- パワー スライドドア
- 塗布型 制振材
- パワー バックドア
- ドアロック

**パワートレイン関連**

- オートマチックトランスミッション
- ハイブリッドトランスミッション
- 電動 ウォーターポンプ
- ピストン
- インテーク マニホールド
- 可変バルブ タイミング

**走行安全関連**

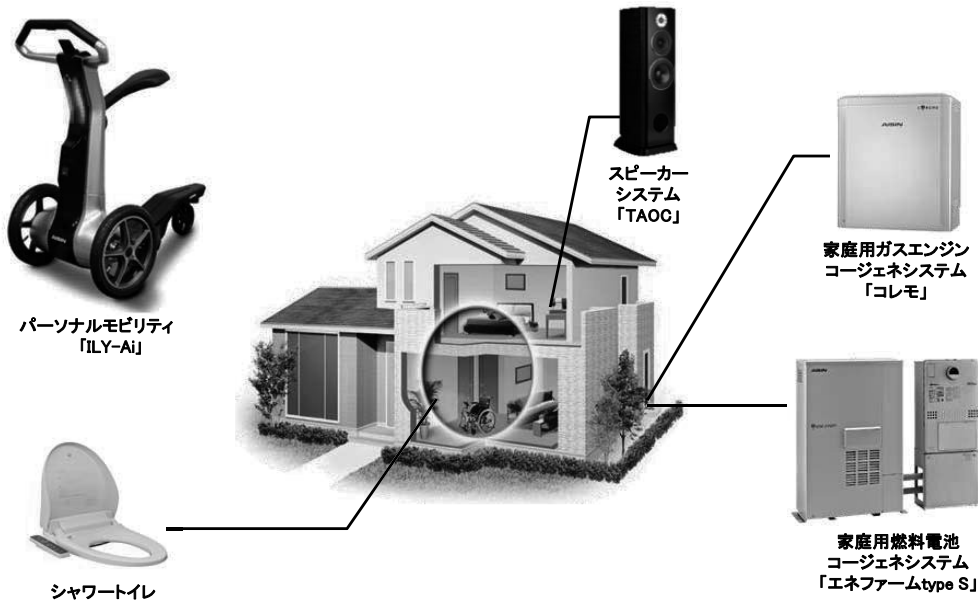
- ディスク ブレーキ
- ESC モジュレーター
- ハイドロ ブースター

**情報・電子関連他**

- カーナビゲーションシステム
- インテリジェント・パーキングアシスト・システム

# 1.会社製品の紹介（2）：住生活・エネルギー関連その他

▶ 快適な暮らしをサポートする「住生活関連事業」や  
省資源と高効率を追求した「エネルギー関連事業」などを展開し、豊かな社会づくりに貢献。



パーソナルモビリティ  
「ILY-Ai」

シャワートイレ

スピーカー  
システム  
「TAOC」

家庭用ガスエンジン  
コージェネシステム  
「コレモ」

家庭用燃料電池  
コージェネシステム  
「エネファームtype S」

# 2.環境への取組み（1）

## 2050年に向けた4つの「進化」と 重点取組み

アイシンは2050年に向けて、グループ連携のもと  
4つの取組みを更に進化させ、製品の製造から使用、  
廃棄までのライフサイクルでCO<sub>2</sub>「ゼロ」をめざします。



環境軸	重点取組項目
低炭素社会の構築	<b>ライフサイクルでのCO<sub>2</sub>「ゼロ」をめざした進化</b> ・CO <sub>2</sub> 大幅削減への新機能部品の開発推進と拡大 ・クリーンエネルギー工場の確立と展開への着手
循環型社会の構築	<b>環境負荷「ゼロ」をめざした進化</b> ・廃棄物低減対策 ・水資源の有効利用とリサイクルの徹底
自然共生社会の構築	<b>自然との調和をめざした進化</b> ・生物多様性を保全する地域プログラムの実施と良い事例共有化
基盤活動	<b>マネジメント・コミュニケーションのグローバル展開をめざした進化</b> ・グローバル連結環境マネジメントシステム評価体制の構築と運用

## 2.環境への取組み（2）

### ■ アイシングループが取り組む優先課題（マテリアリティ）

SDGsの達成貢献に向けた取組みを加速するため、アイシングループとして注力していくマテリアリティを選定。

	SDGs該当目標	優先課題(マテリアリティ)	めざす姿
事業活動を通じた 社会課題の解決	3 気候変動 7 再生可能エネルギー	・地球温暖化防止 ・交通事故低減 ・安全な移動・輸送手段の提供	《自動車部品事業》 ・エネルギー使用量の削減やクリーンエネルギーの活用 更に安全・快適な移動手段の提供を通じ、 より地球や人に優しいモビリティ社会づくりに貢献
	11 持続可能な都市とコミュニティ 13 気候変動	・クリーンエネルギー転換の推進 ・健康と福祉の促進	《住生活・エネルギー関連事業》 ・クリーンで高効率なエネルギー関連商品の普及や 快適な住生活空間の提供を通じ、 より良い暮らしと環境に配慮した街づくりに貢献
	9 産業・インフラの革新 12 持続可能な消費と生産	・技術革新による 持続可能な産業化の促進 ・汚染防止、環境負荷物質削減、 資源循環、資源効率の改善	《全事業共通》 ・未来に目を向けた研究開発による新たな価値の 提供を通じ、豊かで持続可能な社会づくりに貢献 ・地球環境への負荷「ゼロ」を目指した取組みの推 進により、循環型社会への移行に貢献
経営基盤 活動を支える	3 気候変動 8 働きがいと経済成長	・健康・労働安全衛生、 人権保護、多様性の促進、 働き方改革、ワークライフバランス ・持続可能な調達	《全グループ共通》 ・サプライチェーン全体を視野に入れ、多様な人材が 生き生きと安心して働ける職場環境の確保を 目指した取組みの推進
<b>コーポレートガバナンス ・ コンプライアンス ・ リスクマネジメント</b> <b>《社会課題への幅広い貢献(地域貢献)》</b>			

## 3.セルロースナノファイバーに対する取組み

### ■ 環境省NCVプロジェクト

NCV : Nano Cellulose Vehicle

※ 環境省HPより

2020年までにCNF強化樹脂を導入することが可能で、かつ、エネルギー起源CO<sub>2</sub>削減が期待され、CNFの特徴を活かすことができる自動車部位を検討する。

**CNFの特徴**

- ◆ 鋼鉄の5倍の強度、5分の1の軽さ
- ◆ 低線膨張（石英ガラス並み）
- ◆ 可視光の波長より微細
- ◆ 高リサイクル性
- ◆ 再生可能資源
- ◆ 植物由来でカーボンニュートラル



樹脂系材	内装材・外装材の既存樹脂素材は限りなく代替 ・PP/PA素材を使用する部位は限りなくCNF複合材で代替 ・発火・燃焼する樹脂化を実現
金属系材	外板（ドア等）を代替、可能であればボディ、エンジン、構造部材へ ・金属部材より比重が小さいことを生かす ・強度と耐熱性を発揮する必要がある
その他	タイヤ、ガラス等 ・タイヤをCNFを用いたカラータイヤへ ・ガラスをCNFにより強化 ・透明性を生かした部材の活用

**部材をCNF強化樹脂で試作し強度等の性能評価**

**実現可能なCNF強化樹脂代替部材について製品活用時のCO<sub>2</sub>削減効果の評価・実証**

### 当社のタスク

自動車部品の中でも使用環境が厳しいエンジン部品への適用可能性の検討としてインテークマニホールドの用いてPA6-CNF材料を評価する。

## 4.ターゲット部品と目標（1）

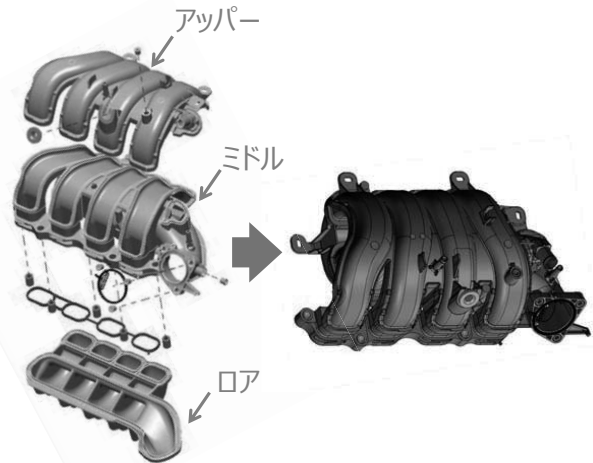
### ■ ターゲット部品：インテークマニホールド

- ・エンジンの各シリンダーに空気を分配・供給する部品
- ・複数の樹脂成形品を溶着して一体化している。

### ■ 部品の主な要求性能

- ・耐圧特性（溶着特性）  
エンジンバックファイヤの圧力に対する耐性

- ・エンジン部品のため、熱に対する要求が高い。
- ・初期だけでなく長期信頼性を満足することが求められる。



## 4.ターゲット部品と目標（2）

### ■ 2019年度の目標

CNF : Cellulose Nano Fiber

PA6-CNF材料のエンジン部材としての適合性について現行材料と比較評価

- I) 最適形状、工法でのインテークマニホールドの試作・評価
- II) 成形、溶着工程の電力測定によるLCCO<sub>2</sub>の効果算出

### ■ 材料課題と製品応用での懸念

CNF複合材料の課題		製品応用における懸念
品質	① CNFのナノ分散が均一にできていない。	機械物性が不足、ばらつきが増加する。
	② 衝撃強度が小さい。	
	③ CNFが吸水して、強度が低下する。	長期信頼性が不足する。
	④ CNFの耐熱性が低く、熱に対する長期信頼性（熱老化性）が低い。	
成形性	成形温度帯の流動性が、現行材よりも低い。	大物、複雑形状の成形ができない。

## 5. (1) 材料物性の把握と課題の抽出

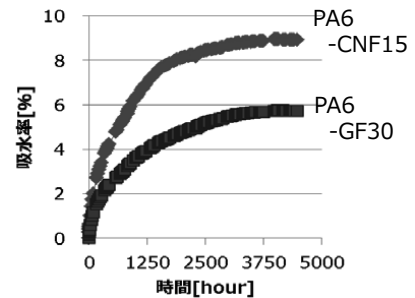
### ■ テストピース形状での品質評価結果

※CNFの添加量は論文データより算出

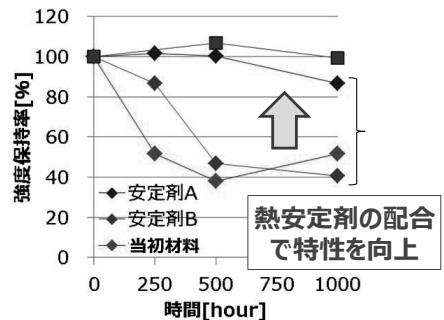
		PA6-GF30	PA6-CNF15※
比重	-	1.36	1.17
樹脂粘度[Pa/s]	成形温度	198	300
引張強度[MPa]	23℃	194	108
引張弾性率[MPa]		7450	6289
曲げ強度[MPa]	23℃	231	167
曲げ弾性率[MPa]		7010	5958
ノッチ付シャルピー 衝撃強度[kJ/m <sup>2</sup> ]	23℃	17	1.7
	-40℃	11.6	1.38
溶着強度[MPa]	23℃	72	45
線膨張係数 [×10 <sup>-5</sup> ]	MD	2.5	4.3
	TD	6.8	5.6

- CNF複合材料は、比重、異方性が小さいため、軽量化、低そり化が期待できる。
- 一方、強度、吸水、耐熱老化性の改良が必要。(耐熱老化性は対策済み)

#### <吸水性>



#### <耐熱老化性>



## 5. (2) 軽量化効果の確認

### ■ 製品形状での成形評価と軽量化効果の算出

#### インテークマニホールドの軽量化効果

	PA6-GF30	PA6-CNF15
重量[kg]	2.2	1.9
重量変化[kg]	-	▲0.3
軽量化率[%]	-	13%

※PA6-CNF15の強度目標達成後の軽量化見込み



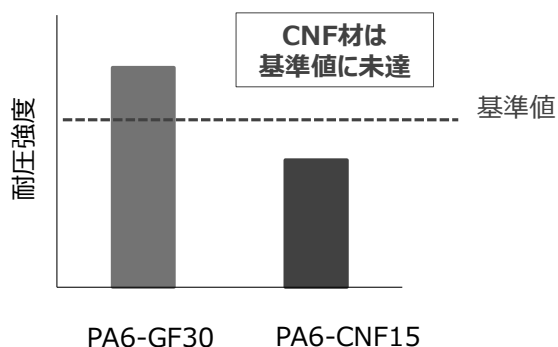
PA6-CNF15で成形した  
インテークマニホールド外観

- 成形条件の最適化により、CNF複合材料を用いたインテークマニホールドを成形できることを確認。
- また補強材をGFから、比重が小さいCNFに変更することで13%軽量化できることを確認。



## 5. (3) 製品性能の確認

### ■ 耐圧特性の比較評価結果



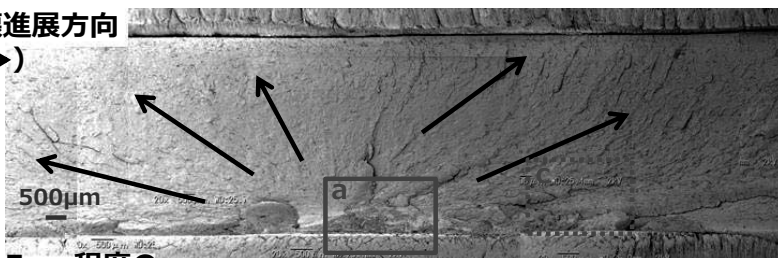
PA6-CNF15破壊後品外観

- CNF材の耐圧強度は、基準値に達しておらず、原因を調査し、強度向上の対策が必要。

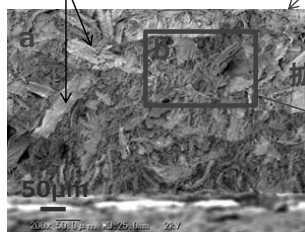
## 5. (4) 要因調査

### ■ 破面の状態観察と破壊起点の推定

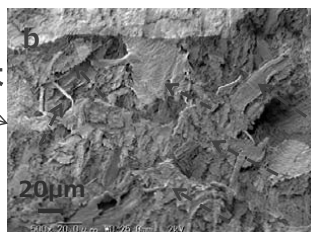
破壊進展方向  
(→)



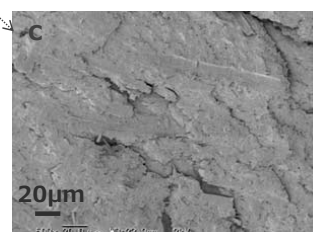
幅15µm程度の  
繊維が複数存在



破壊起点部



参考：破壊起点周辺部

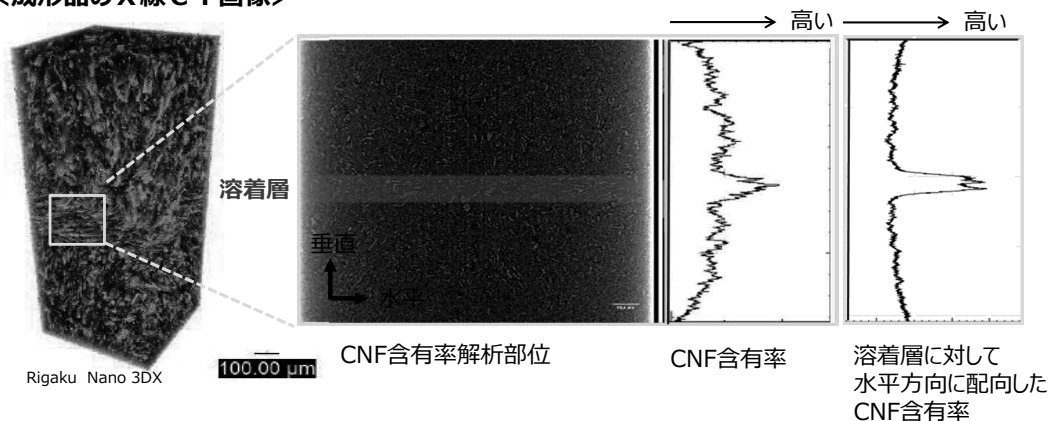


CNFが凝集しているところが、破壊の起点となっていることを確認。

## 5. (5) 要因調査

### ■ 非破壊観察によるCNF凝集の検証

〈成形品のX線CT画像〉



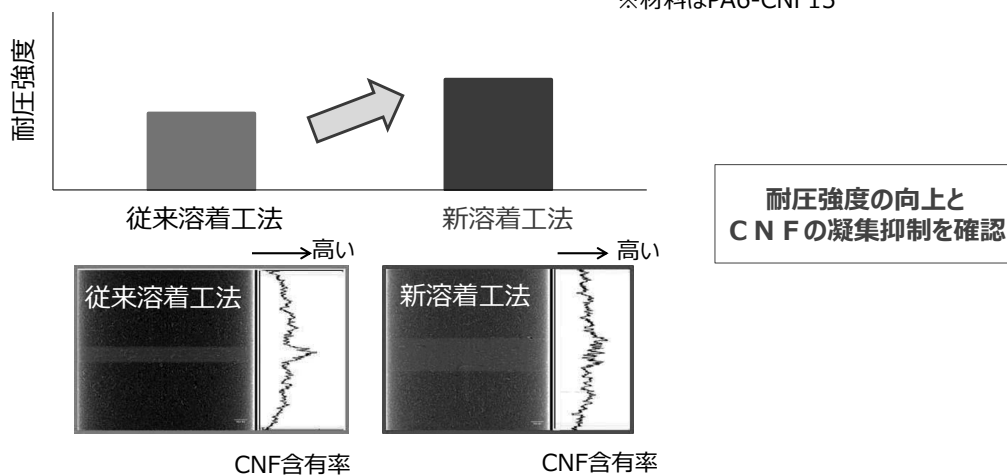
- CNF含有率の結果より、CNFの凝集が溶着層で発生していることを検証
- 溶着層に対して水平方向に配向したCNF含有率が溶着層で高いことから、溶着時に凝集が発生していると推定

**CNFを凝集させない溶着工法と条件の最適化による溶着強度の向上を検討。**

## 5. (6) 対策と効果の確認

### ■ 工法変更による耐圧強度の改良結果

※材料はPA6-CNF15



**耐圧強度の向上と  
CNFの凝集抑制を確認**

**製品への新溶着工法の適用により、耐圧強度の向上を確認できたことで  
製品の初期耐圧強度の基準値達成を目標付け。**

## ■ NCVプロジェクトの成果

インテークマニホールドを用いたPA6-CNF材料の現行材との比較評価から、

- 射出成形機や溶着機など、既存設備を用いて複雑形状の成形が可能であることを確認。
- CNFに適した溶着工法により、製品の初期性能を目途付け。実用化に向けた課題を抽出。
- 現行よりも13%軽量化でき、LCCO<sub>2</sub>発生量を同等以下にできる可能性があることを確認。

## ■ 実用化に向けた材料課題

※LCCO<sub>2</sub>評価についてはSuMPOより報告予定

項目	課題
品質	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 材料改良（強度UP、吸水抑制）</li> <li>• 改良材料の成形性確保</li> <li>• 品質安定性の確保</li> <li>• 品質保証方法の確立</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 目標コストの確保</li> </ul> 現状及び将来コストの見通し（時期、根拠）が不明確
調達性	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 生産量の確保</li> <li>• 海外含めた生産性の確保</li> <li>• 災害、事故等、緊急時の対策</li> </ul>

今後は、製紙会社・材料メーカーとの連携強化により、上記残存課題の早期解決と応用製品の探索を継続し、実用化に向けた開発を加速していきたい。

## 謝辞

本業務は、環境省プロジェクト「社会実装に向けたCNF材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～」(NCVプロジェクト)の中で実施したものです。本コンソーシアムに参画している機関の皆様に御礼申し上げます。

ポリアミド樹脂と CNF 複合材料を用いた  
3D プリンター成形

(大) 京都大学生存圏研究所

奥平 有三氏



# ポリアミド樹脂とCNF複合材料を用いた 3Dプリンター成形

京都大学 生存圏研究所 NCVプロジェクト

奥平 有三

## 報告内容

- (1) はじめに
  - (1) -1 背景、狙い
- (2) 粉末成形
  - (2) -1 粉末床溶融結合プロセスの概要
  - (2) -2 使用した材料
  - (2) -3 PA6-CNF複合材料を用いた3D成形体の機械的特性
  - (2) -4 CNFの複合効果
  - (2) -5 PA6、PA6/CNF複合粒子の表面観察 (SEM写真)
- (3) 自動車部材の3D成形検討
  - (3) -1 環境省NCVプロジェクト コンセプトカーへの3D成形品応用
  - (3) -2 バンパーフィン3D試作品の成形寸法の評価

(1) はじめに

(1) -1 背景、狙い

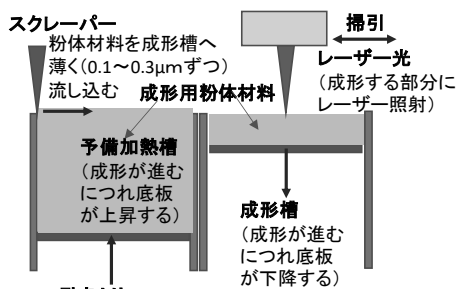
- ① 樹脂-CNF複合材料について 3Dプリンター成形の可能性検討、成形品の 機械的特性を評価する。
  - ② 環境省NCV (Nano Cellulose Vehicle)プロジェクトにおいて CNFを使用した部材を搭載した試作車 (コンセプトカー) を製作する。
- 金型不要のメリットを活かし、樹脂-CNF複合材料を用いて 3Dプリンター成形法 (AM: ADDITIVE MANUFACTURING)により、自動車部材を成形する。

CNFの含有率を増加した場合 (20%以上)、3Dプリンター成形が可能か？  
射出成形の物性値に比較して どの程度の強度、弾性率になるか 評価する。

(2) 粉末成形

(2) -1 粉末床溶融結合プロセスの概要

・プロセス



融点より  
20~30℃  
低い温度に  
加熱しておく

レーザー照射により  
材料の温度を融点以上に  
高め、溶融させる。  
レーザーをスキャンした後すぐに  
粉体層を積層し、  
レーザーを照射する。  
この操作を繰り返し、成形を行う。

材料の融点の近傍温度と  
再結晶温度の間で成形  
プロセスを行う

・使用した粉末床溶融結合装置  
(株)アスペクト社製



	ワークサイズ (mm)	レーザー出力	走査速度
小型機	135×135×200	60W	5 m/sec
中型機	300×300×440	60w、100W	15m/sec
大型機	550×550×540	100W	15m/sec

今回、  
小型機は 物性試験用のサンプル成形に利用、  
中型機、大型機は自動車部品の成形に利用。



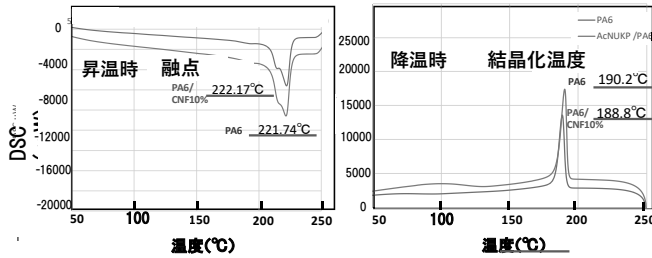
## (2) - 2 使用した材料

今回検討した材料： 冷凍粉碎した粉末材料

PA6/CNF (CNF含有率 0%、5%、7.5%、10%、12.5%、15%、30%)

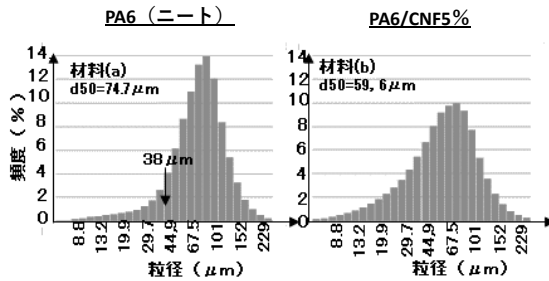
\* DSC (示差走査熱量測定)

融点と結晶化温度の差が大きい方が望ましい。最低 25~30度以上の温度差。



\* 粒度分布 積層厚以上の粉体粒子はカット。(今回は 107 μm以上カット)

平均粒径は積層厚の約1/2以下。通常 微粉(20~30 μm以下)はカット。



## (2) - 3 PA6-CNF複合材料を用いた3D成形体の機械的特性

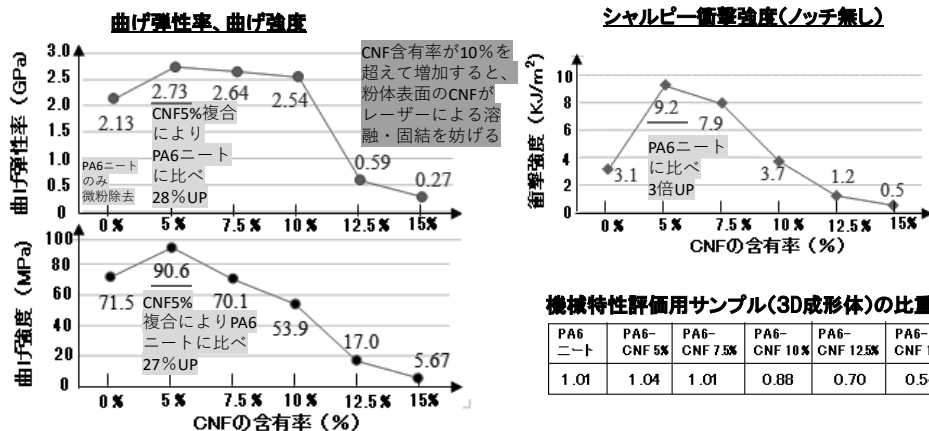
### 1. 使用した材料の平均粒径

実験材料	樹脂-CNF 複合材料の構成	微粉除去 (38 μm 篩を使用)	平均粒径 d50 (μm)
材料(a)	PA6 (ニート)	分級処理	74.7
材料(b)	PA6-CNF5%	分級未処理	59.6
材料(c)	PA6-CNF7.5%	分級未処理	60.7
材料(d)	PA6-CNF10%	分級未処理	60.3
材料(e)	PA6-CNF12.5%	分級未処理	58.8
材料(f)	PA6-CNF15%	分級未処理	57.8

PA6ニートは 微粉を篩いで除去実施。  
除去しない場合は、成形不良が生じる  
場合がある。

### 2. 機械特性の計測結果

CNFを5~10%複合させることにより 高強度、高弾性率を発現。15%以上の場合、成形不良。



#### 機械特性評価用サンプル(3D成形体)の比重

PA6 ニート	PA6- CNF 5%	PA6- CNF 7.5%	PA6- CNF 10%	PA6- CNF 12.5%	PA6- CNF 15%
1.01	1.04	1.01	0.88	0.70	0.54

## (2)-4 CNFの複合効果

①樹脂/CNF複合材料の粉体粒子の強度、弾性率がニート樹脂の粉体粒子より大きい

→ 成形物の機械的特性が向上する。

②予備加熱時(べとつかず)微粉の凝集が抑えられる。粉体の流動性が高く、成形槽内に薄く(100~150 $\mu$ m)積層できる

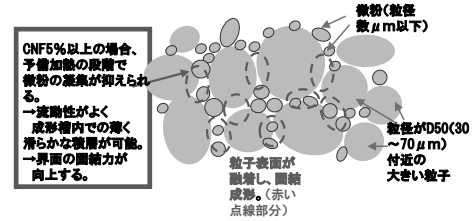
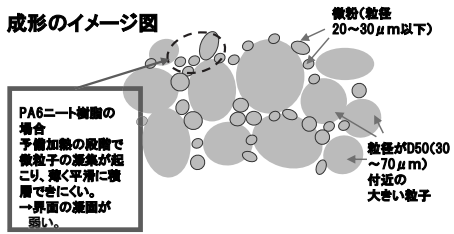
→ 成形物の表面が滑らかになる。ニート樹脂の場合は微粉の凝集が生じ表面が荒れる。粉体粒子間の固結力が向上する

③(成形前)微粉(20~30 $\mu$ m以下)を除去する必要がない

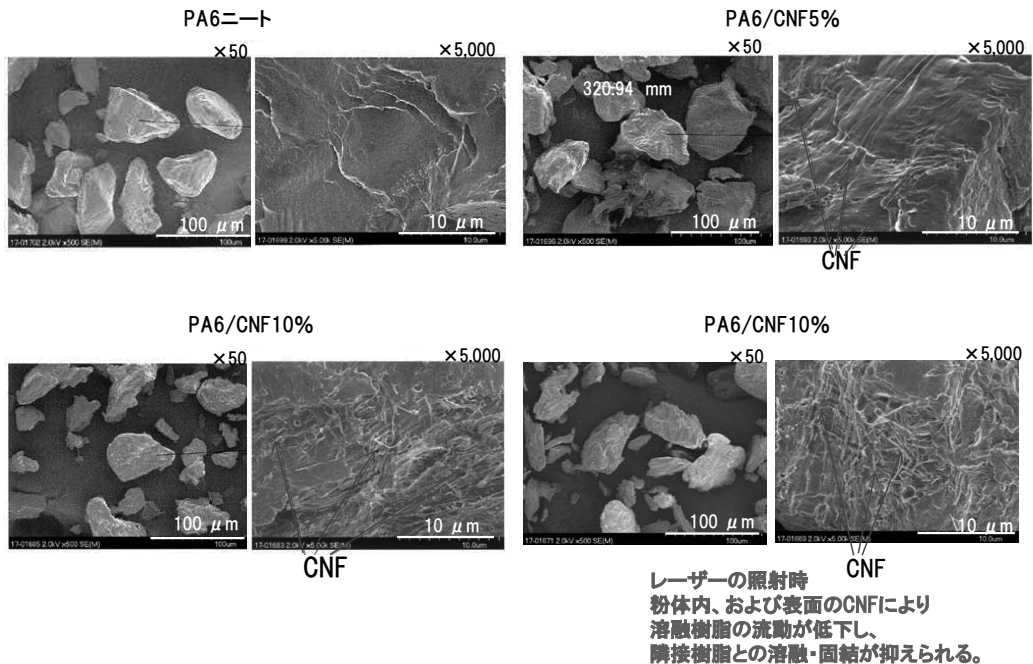
→ 材料前処理プロセスが簡便になる

→ 粒子間の固結が密になり成形物の強度が向上する

### 成形のイメージ図



## (2) - 5 PA6、PA6/CNF複合粒子の表面観察 (SEM写真)



### (3) 自動車部材の3D成形検討

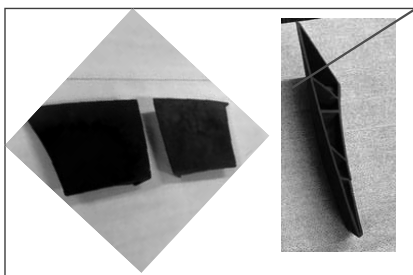
#### (3) -1 環境省NCVプロジェクト コンセプトカーへの3D成形品応用

##### 1. バンパーフィン 2. ホイールフィン



空気抵抗を考え複雑な形状のバンパーフィンは3Dプリンターでないと実現できない形状

ホイールフィンは扇子をデザインし、高速回転するタイヤに合わせた独特の形状を実現



#### (3)-2 バンパーフィン3D試作品の成形寸法の評価

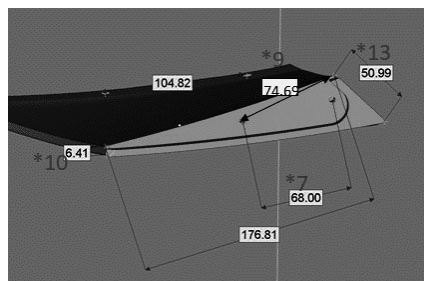
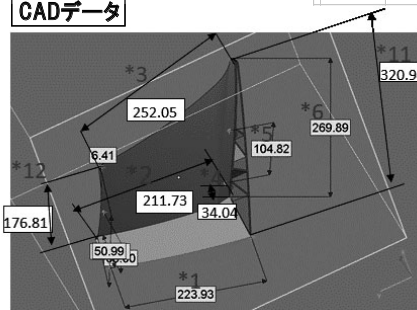
試作品①(L, R)および  
試作品②(L, R)の  
CADデータとの差(右表)

・試作品②について  
CADデータと成形寸法の差は  
ほぼ  $-0.5 \sim 0.5 \text{ mm}$   
の範囲に収まる

黄色の網掛けは差が1mm以上  
→試作品②では 成形条件の  
検討により改良。

寸法箇所	CADのデータ	試作品①L	CADとの差	試作品①R	CADとの差	試作品②L	CADとの差	試作品②R	CADとの差
* 1	223.93	223.5	-0.43	223.5	-0.43	223.5	-0.43	224.0	0.07
* 2	211.73	212.5	0.77	212.5	0.77	211.5	-0.23	211.5	-0.23
* 3	252.05	253.5	1.45	253.5	1.45	252.5	0.45	253.0	0.95
* 4	34.04	34.0	-0.04	34.0	-0.04	34.0	-0.04	34.0	-0.04
* 5	104.82	106.0	1.18	106.0	1.18	105.0	0.18	105.0	0.18
* 6	269.89	273.0	3.11	274.0	4.11	270.5	0.61	270.8	0.91
* 7	68.00	68.0	0	68.0	0.00	68.0	0	68.0	0
* 8	50.99	51.0	0.01	51.0	0.01	51.5	0.51	51.0	0.01
* 9	74.69	75.0	0.31	75.0	0.31	74.5	-0.19	75.0	0.31
* 1 0	6.41	6.5	0.09	6.5	0.09	6.5	0.09	6.5	0.09
* 1 1	320.94	323.0	2.06	323.0	2.06	321.0	0.06	321.0	0.06
* 1 2	176.81	179.5	2.69	179.0	2.19	177.5	0.69	177.5	0.69

#### CADデータ



本研究は環境省プロジェクト「社会実装に向けたCNF材料の導入 実証・評価・検証 ～自動車分野～」(NCVプロジェクト)で実施いたしました。  
ご支援感謝申し上げます。



セルロースナノファイバーの  
自動車内装部品への展開

(株) イノアックコーポレーション

鈴木 裕明氏



Nanocellulose Symposium 2020  
第417回生存圏シンポジウム

# セルロースナノファイバーの 自動車内装部品への展開

2020年2月27日

株式会社 イノアックコーポレーション

鈴木 裕明

INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC

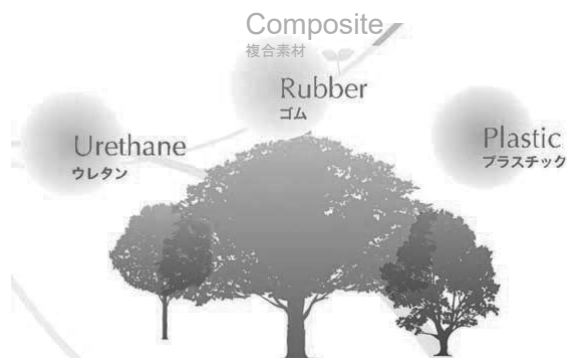
## 1. 株式会社イノアックコーポレーションの紹介



### イノアックの企業理念

一本の大きな木を育てるより  
多くの個性ある木を育て、美しい森をつくる。

イノアックは、ひとつの事業に特化することなく、ゴム・ウレタン・プラスチック・複合素材という4つの苗をもとに、多くの事業(=木)を育て、企業体として多彩な製品、サービスを作り出し、社会へ貢献してまいります。

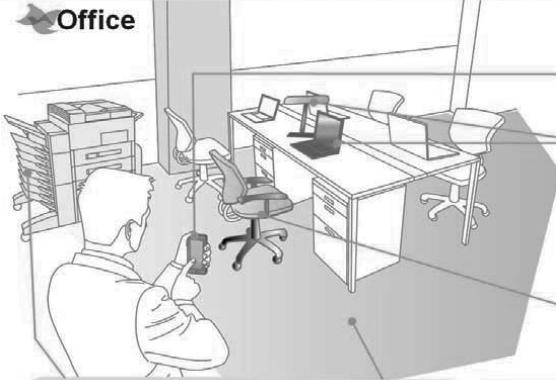


INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC

# 暮らしの中のイノアック ～オフィスの中に～

## Office



### PORON®

高密度で極めて微細、かつ均一なセル構造（内部断熱材、断熱材、パッキン材など）



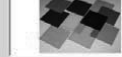
### MASA SHEET

放熱性、電気特性、難燃性を備えた高機能ソリューションシート

#### トランスクール



#### クスバ



### OA機器用機能ローラ

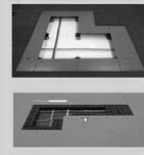
電気抵抗、セル径をコントロールし、効率良く高い画像品質を実現

- ・低密度ウレタン
- ・ENDUR
- ・ExROTH
- ・ExROTH-BB
- ・イオン導電ゴム など



### OAフロアー

スマートなオフィス空間を足元からサポート



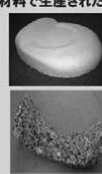
### ウレタンモールド成形品

デザイン通りの形状成型が可能座り心地が良く、型崩れにくい



### ミクセル

機能別に分類された発泡品断熱材を元にした原材料で生産された製品



### インテグラルスキンフォーム

特長スキン層に覆われた表面とクッションを持つコア層を同時に成形するポリウレタンフォーム

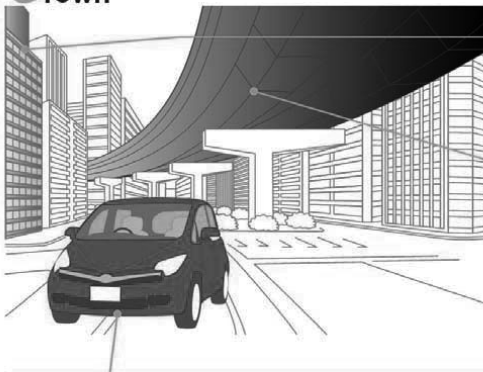


INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC

# 暮らしの中のイノアック ～街の中に～

## Town



### ポリエチレンフォーム

**P・E・ライト** 耐候性、断熱性に優れた、軽くて強い素材（高層ビル窓パッキング材など）

#### 空調断熱



#### 窓パッキングアップ材



### 高機能止水パッキン材

#### トシロク

ひずみの少ない高機能止水材（道路ジョイントなど）

#### ニューフォームエッジ



### 橋梁添架管／凍結防止用複合管

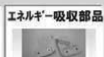
#### アイポリガード

優れた断熱性能を有する硬質ポリウレタンを断熱層に採用。軽量であるため、取扱いおよび施工が容易



### 内装部品

車に乗る人に快適さを提供する様々な内装部品を軽量化・リサイクルを軸に開発



### シート部品

新しいウレタン材料を開発し、快適な乗り心地と軽量化を目指す



### 機能部品

エンジン音や車外音を低減し、安全を高める部品を提供



### 外装部品

車の走行性や安全性を高めデザイン性も持つ部品を軽量化の実現とともに開発。スポイラーはアンテナ等の新しい機能を統合



### モール部品

多くの部位にシール性を高めたリサイクル可能な部品を提供



INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC



## 2. 環境への取り組み



**環境理念：**イノアックグループは、環境と調和するテクノロジーと、環境を大切にする企業活動を通じて、かけがえない地球の自然環境を尊重し、豊かな暮らしやすい社会の実現に貢献します。

### ◆地中熱利用熱交換器

#### ★『U-ポリパイ』

・ ・ 地中に埋設した管の中の液体が地中の熱と熱交換して冷暖房に利用するシステムで、自然エネルギーを利用して低消費電力を実現。

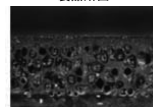


### ◆発泡成形による製品の軽量化

・ ・ 樹脂の射出発泡成形により表面ソリッド層と発泡層（中央部）を持つ成形が可能となり、軽量化と剛性を確保。



製品断面



### ◆不燃高断熱ボード

#### ★『サーマックス』

・ ・ 住宅・非住宅向け使用される高断熱（熱伝導率：0.020～0.022 W/m・k）材。屋内の省エネに貢献。



採用例



INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC

## 3. セルローズナノファイバー（CNF）の取り組み



NCV Nano Cellulose Vehicle プロジェクト

環境省HPより

自然なクルマ ナノセルローズ ヴィークル

CNFを活用した、軽量化自動車の製造にチャレンジ！

※2020年に10%程度軽減をめざす

	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度
CNF材料自動車適性評価			部品試作、置換検討	2019年10月 東京モーターショーで展示 最終試作車
		設計	型、治具、設備	部品試作
				組み立て
			部材性能評価 接合構造含む	CNF車の設計・組み立て
			成形性・接合性評価（射出成形・シート成形）	CNF部材の性能評価
		素材性能評価（強度、耐久性）	CNF材料の成形・加工性評価	CNF材料の特性評価
二酸化炭素排出削減評価		製造プロセスCO <sub>2</sub> 排出削減・省エネ効果評価 軽量化効果、走行評価		

\* 2016年度より参加。CNF部材の成形・加工性・性能評価を実施

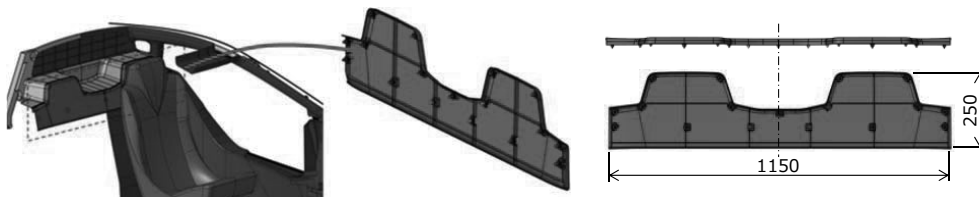
INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC

## 4. ターゲット部品



### ■内装トリム部品：パケトレフロントカバー



### ■内装表皮：内装部品の加飾用表皮

表皮



表皮巻き製品



INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC

## 5. 目標



### ■2019年度の目標

1. 発泡射出成形でのCNF材料（ポリプロピレン系）の成形加工性評価&自動車部品の試作検討  
⇒部品の軽量化効果 20%以上
2. 内装表皮材へのCNFの添加・性能確認

<2016~2018年度取り組み>

- ・ダンベル形状での基礎物性評価  
曲げ比強度、引張比強度、  
シャルピー衝撃強度



- ・内装ピラー形状での製品評価  
落錘衝撃、荷重剛性、VOC



INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC

## 6. 検討状況(内装トリム)



### ■ トリム検討部品：パケトレフロントカバー

・成形品外観 (CNF10%)



化学発泡成形 t=1.5⇒2.5mm

・CNF添加による外観悪化なし

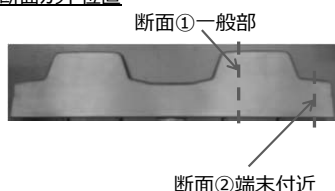
製品重量

CNF添加なし ソリッド t=2.5mm	CNF10% 発泡成形 t=1.5⇒2.5mm
688g	514g

25%軽量化

### ■ 発泡状態確認

断面カット位置



断面①一般部

断面②端末付近

	断面①一般部	断面②端末
PP		
PP/CNF 10%		

INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC

## 6. 検討状況(内装トリム)



### ■ 耐久試験

	PP/CNF10% 発泡t1.5⇒2.5mm	判定
振動試験 -30℃	<p>試験後外観</p> <p>割れ、白化等の外観異常なし</p>	合格
冷熱繰り返し試験 25℃-80℃	<p>試験後外観</p> <p>割れ、白化等の外観異常なし</p>	合格
耐熱試験 80℃	<p>試験後外観</p> <p>割れ、白化等の外観異常なし</p>	合格

上記の耐久試験 問題なし

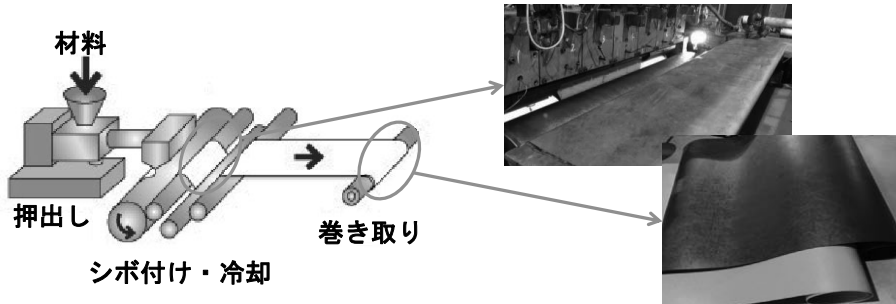
INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC

## 7. 検討状況(内装表皮材)



### 押し出しシート成形工程イメージ



CNF添加有無で シリンダー温度、ダイス温度等 成型条件変化なし

↓  
問題なく成形可能

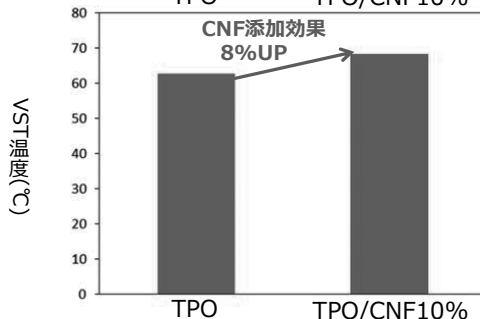
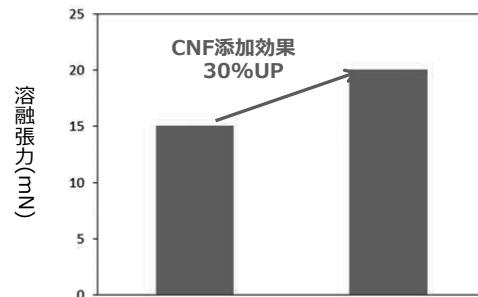
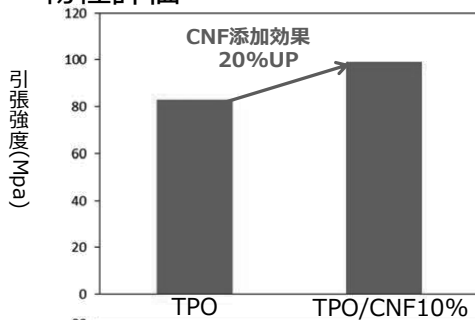
INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC

## 7. 検討状況(内装表皮材)



### ■物性評価



### ★CNF添加効果(シート物性)

- ①引張強度(100%伸び時)  
⇒CNF10%添加で20%強度UP
- ②熔融張力  
⇒CNF10%添加で30%向上
- ③ピカット軟化温度  
⇒CNF10%で8%向上

INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC

## 8. 2019年度の成果と今後の予定



### ■ 2019年度成果

- \* 内装トリム部品：パケトレフロントカバー
  - ・射出発泡成形における**トリム部品での軽量化効果検証**
  - ・車両搭載部品としての課題抽出  
(耐衝撃性、VOC)
- \* 内装表皮：内装部品の加飾用表皮
  - ・表皮生産設備での成形性検証
  - ・CNF入り材料での表皮性能検証

### ■ 2020年度以降の取り組み

- ・材料改良、分散性向上による衝撃性・軽量化効果UP
- ・自動車用途部品の拡大
- ・実装に向け 自動車メーカーへの売り込み

INNOVATION AND GLOBALIZATION

INOAC

## Innovation & Action

イノアックは、これからも、  
豊かな暮らしを未来に繋げる製品づくりを  
続けてまいります。

基礎研究

INOAC

発想尊重

開発力



CNF 構造要素モデルの提案と  
高濃度 CNF 成形品試作のための  
接着性能評価

(大) 名古屋工業大学

栗山 晃氏



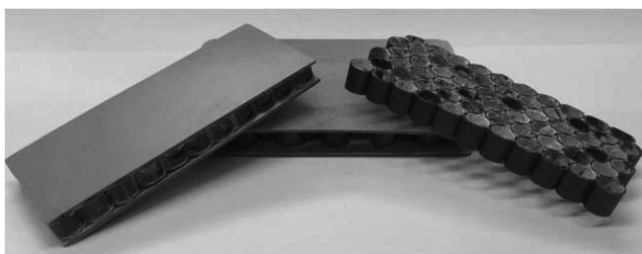


# CNF構造要素モデルの提案と高濃度 CNF成形品試作のための接着性能評価

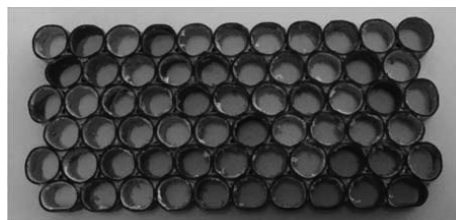


名古屋工業大学  
接着・接合研究所  
栗山 晃

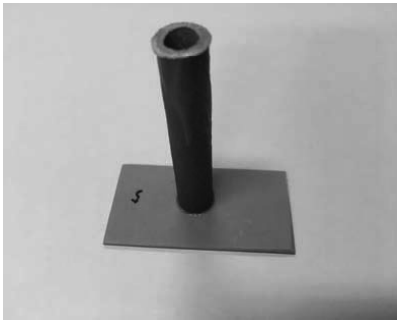
## 1. 構造要素モデルとしてのCNF ハニカムボードの設計と作成



最初はCNFペーパーで作成したパイプをコアにして、CNFボードに接着剤で張り合わせたCNFハニカムボードを作成することにした！



## CNFパイプとCNFボードの接着強度試験法



CNFパイプ/CNFボードの  
接着試験用テストピース



引張試験用治具とテストピース

CNF板提供 利昌工業(株)  
CNFパイプ提供 昭和プロダクツ(株)

## CNFパイプとCNFボードの接着強度試験結果

被着体	接着剤	初期接着度 (MPa)	破壊状態*
CNF パイプ /CNFボード	A社熱硬化エポキシ系	3.1	CF
	B社熱硬化エポキシ系	1.5	CF
	F社熱硬化エポキシ系	3.1	CF/材破
	A社2液エポキシ系	5.2	材破
	C社2液エポキシ系	4.3	CF
	D社2液エポキシ系	5.5	材破
	G社酢ビ系	5.6	CF/材破

\* CF:接着剤の凝集破壊 AF:接着界面での界面破壊 材破:CNFボードの材料破壊

## CNFパイプ接合用接着剤の選定



CNFパイプ/CNFパイプ  
接着試験用テストピース

CNFパイプ提供 昭和プロダクツ(株)

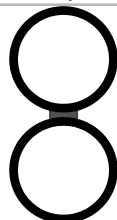


引張試験用治具と  
テストピース

### CNFパイプ同士の接着試験結果

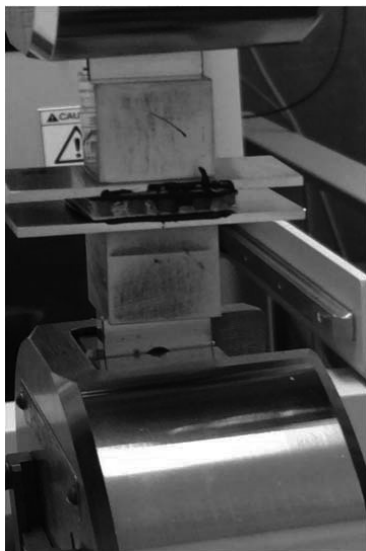
接着剤		CNF丸パイプ			CNF六角パイプ		
		接着力 (N)	接着強度 (MPa)	破壊状態	接着力 (N)	接着強度 (MPa)	破壊状態
A社	熱硬化EP	96	2.0	CF	204	1.7	CF
B社	熱硬化EP	77	1.6	CF	192	1.6	材破
A社	2液EP	58	1.2	CF	144	1.2	AF
C社	2液EP	67	1.4	CF	216	1.8	CF
D社	2液EP	67	1.4	CF	300	2.5	材破
G社	酢ビ系	144	3.0	CF	312	2.6	CF

CF:接着剤の凝集破壊 材破:CNFパイプの材料破壊 AF:接着界面での界面破壊



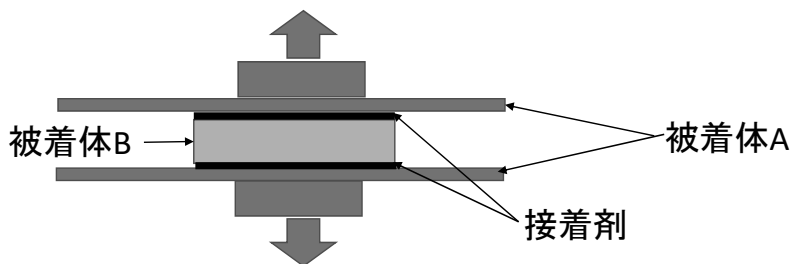
接着強度は同じだが、接着面積が大きい六角形の方が接着力は2～4.5倍大きい。

## ハニカムボードの平面引張試験



### 各種CNF部材の平面引張試験結果

接着するもの 被着体A/被着体B/被着体A	接着剤	引張強度 (MPa)	破壊形態
CFRP/利昌CNFボード/CFRP	I社2液ウレタン	7.8	利昌材破
CFRP/利昌CNFボード/CFRP	I社2液ウレタン	7.7	利昌材破
CFRP/利昌CNFボード/CFRP	E社1液ウレタン(軟)	2.1	利昌材破・利昌AF
CFRP/利昌CNFボード/CFRP	E社1液ウレタン(硬)	4	利昌材破
Al板/利昌ハニカム/Al板	I社2液ウレタン	2.1	ハニカム材破
Al板/利昌ハニカム/Al板	I社2液ウレタン	1.9	ハニカム材破
Al/CFRPアルミハニカム/Al	I社2液ウレタン	>7.2	Al/CFRP面の界面破壊
Al/CFRPアラミドハニカム/Al	I社2液ウレタン	>2.2	Al/CFRP面の界面破壊
Al/CFRP発泡アクリルハニカム/Al	I社2液ウレタン	1.6	発泡アクリル材破



## CNF板サンドイッチパネルの曲げ試験

	筒コア/CNF板	紙ハニカム/CNF板	紙ハニカム/GFRP	CNF紙コア/CNF板*
曲げ強度 (MPa)	59	23	21	72
曲げ弾性率 (GPa)	6.6	3.5	3.8	7.6
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	0.59	0.26	0.23	0.46
破壊モード	引張側表層破壊	コア破壊	コア破壊	コア破壊

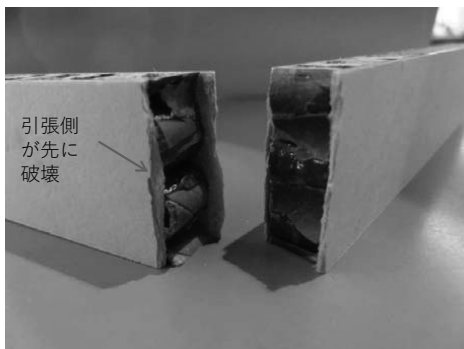
### ●試験片作製条件

表層材 : CNF板 セリッシュ100% 1.0mm、GFRP フェノールガラス 0.5mm  
 : CNF板\* セリッシュ100% 0.5mm  
 コア材 : 丸筒様ご提供の紙筒 10mm厚  
 : フェノール樹脂含浸クラフト紙ハニカム 12mm厚(セルサイズ3.2mm)  
 : フェノール樹脂含浸CNF紙ハニカム 3mm厚  
 接着剤 : エポキシ樹脂接着シート  
 成形条件: 真空バッグ法、130℃ 1.5時間

●ASTM-C393 Standard test method for core shear properties of sandwich constructions by beam flexure  
 試験片寸法: 25×250mm (幅×長さ) 支点間距離: 150mm 試験速度: 1mm/分

利昌工業(株) 提供データ

## ハニカムサンドイッチボードの破壊状態

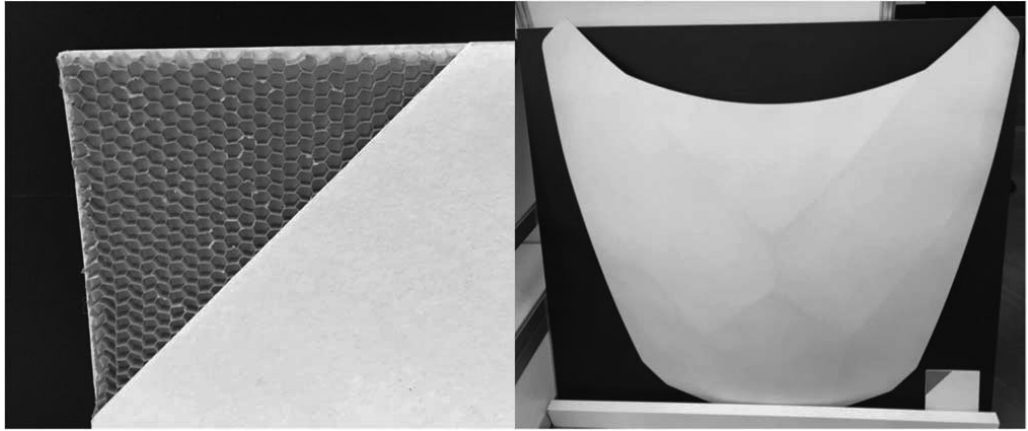


筒コア/CNF板の破壊状態



CNF紙/CNF板の破壊状態

## CNFペーパーコアハニカムボード



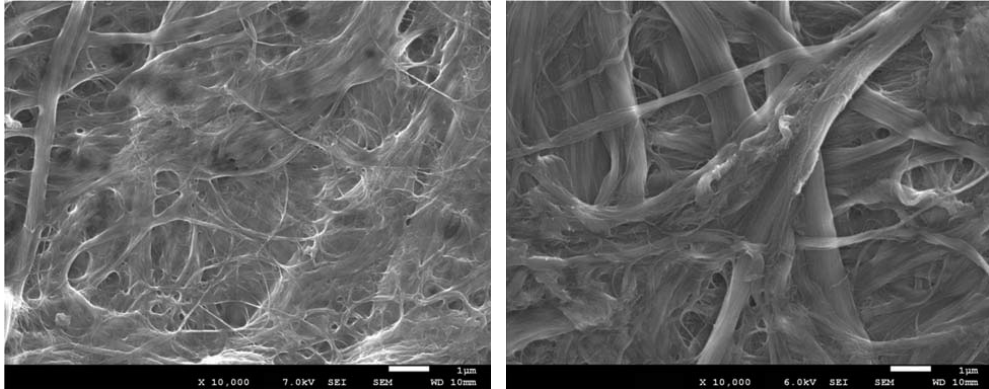
コアをCNFペーパーで作ることによって、CNFハニカムボードの大幅な軽量化が実現できた。

## 2. CNF紙管による構造要素 モデルの設計



Φ 300mmアルミ/CNFペーパー複合丸パイプ

## CNFペーパーの電子顕微鏡写真



表面

× 10,000倍

裏面

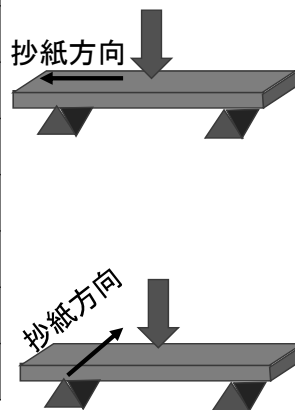
## パイプ用CNF紙の引張破断強度

CNFペーパーの種類	破断強度 (MPa)		
	抄紙方向 (MD)	垂直方向(TD)	紙面に垂直方向
N社10 μ	60	38	—
N社25 μ	103	51	12
N社30 μ	105	61	11
N社40 μ	111	58	13
N社60 μ A	111	30	9
N社60 μ B	112	33	11
N社80 μ	80	26	11
O社40 μ	53	22	13
コピー紙90 μ	43	22	21

紙を引っ張る方向により強度に大きな差がある！

## CNFペーパーボードの曲げ強度 プレス圧と接着剤含浸率の影響

抄紙方向	プレス圧 (kgf)	接着剤含浸率 (%)	曲げ強度 (Mpa)
MD	0	34	50
	5	31	235
	10	29	273
	15	29	280
	15	39	167
	15	55	87
TD	15	31	118



D社2液エポキシ系接着剤使用。

60 $\mu$  CNFペーパーを30枚張り合せたCNFペーパーボード。

CNFペーパーは5kgf/cm<sup>2</sup>以上の圧力をかけないと強度が出ない！

### 熱機械分析(TMA)によるCNF材料の熱線膨張率の測定

材 料	熱線膨張率 (10 <sup>-6</sup> /K)
アルミ箔	34.7
CNF紙	9.2
D社エポキシ樹脂	182.0
CNF紙+D社エポキシ樹脂	19.7
CNF紙+D社エポキシ樹脂+アルミ箔	26.4
CNF紙+I社ウレタン樹脂+アルミ箔	26.5
CNF紙+A社アクリル樹脂+アルミ箔	29.4
CNF板	12.8



## アルミ/CNFペーパー複合パイプの3点曲げ試験結果

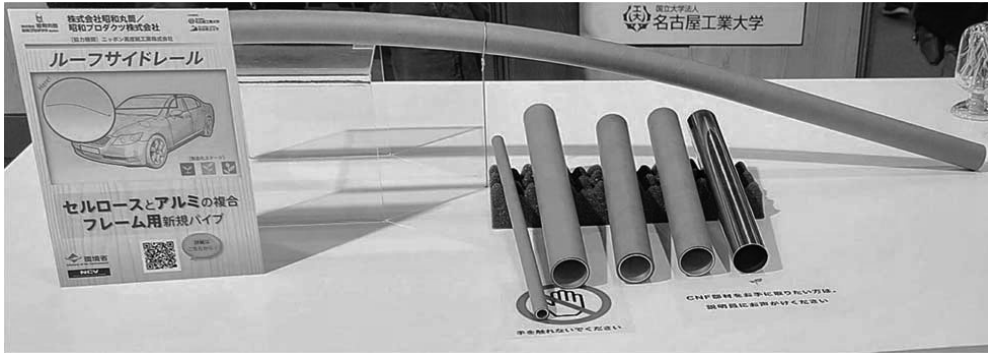
		アルミ単体	アルミ/CNFペーパー複合パイプ	
			平巻き	ラセン巻き
内径	mm	7.01	7.01	7.00
外径	mm	9.01	11.75	11.85
密度	g/cm <sup>3</sup>	2.45	1.62	1.65
曲げ強度	N	633	1,377	1,279
曲げ応力	Mpa	278	199	235
曲げ弾性率	GPa	47.2	12.6	15.5

スピード:5mm/min、 スパン長:80mm、 曲げ弾性率:10-100N

## アルミパイプとの複合化によるメリット

- アルミに接着剤を塗ったCNFペーパーを巻いて熱硬化させることによって、アルミの熱膨張を利用してCNFペーパーの圧着圧を高められ、複合管の強度を高められる！
- 曲げ加工をしたアルミ管にもスパイラルにCNFペーパーを巻くことで、曲がった形状のパイプも作ることができる！

## アルミ/CNFペーパー複合丸パイプ



昭和プロダクツ(株) 展示

## 謝辞

本研究は環境省プロジェクト「社会実装に向けたCNF材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～」(NCVプロジェクト)の中で実施したものです。本プロジェクトに参加している各機関の方々に対して感謝いたします。

特に今回の発表に関しましては、共同で試験をして頂きました、利昌工業(株)様、昭和プロダクツ(株)様、秋田県立大学様には深く感謝いたします。

本日も清聴頂きました皆様方にも感謝いたします。

RTM 成形による  
CNF 製大型自動車部材への挑戦  
(学) 金沢工業大学  
附木 貴行氏



## RTM成形によるCNF製大型自動車部材への挑戦

2020.2.27 @ 京都テルサ テルサホール  
株式会社トヨタカスタマイジング&ディベロップメント  
金沢工業大学 附木 貴行

環境省 NCV (Nano Cellulose Vehicle)プロジェクト

セルロースナノファイバー  
次世代素材CNFを活用し  
10%程度の軽量化を  
目標とします

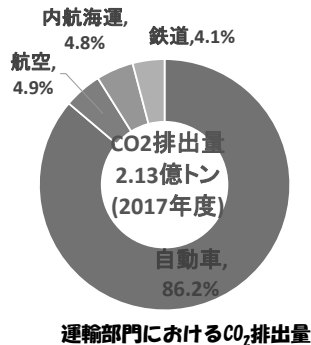


温室効果ガスの排出削減



自動車分野における、部品や製品の軽量化でのエネルギー効率改善による二酸化炭素排出削減を目的とし、セルロースナノファイバー ( Cellulose Nanofiber : CNF ) の特性を生かした用途 ( 部材や部品 ) を提案するとともに、CNF を利用・複合化した樹脂材料について材料から自動車最終製品までの一連の流れを俯瞰した評価を実施する

## Background



温室効果ガスによる地球温暖化が問題！

自動車によるCO<sub>2</sub>排出量を考える

世界人口の増加に伴い  
自動車保有台数も増加  
↓  
さらにCO<sub>2</sub>排出量が増加  
↓  
地球温暖化の促進

[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei\\_environment\\_tk\\_000007.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html)

車体の軽量化によって燃費の向上、CO<sub>2</sub>排出量削減につなげる  
同時に、車体の安全性を維持することが重要

高強度、軽量、カーボンニュートラル等を兼ね備えた植物系材料に期待

15

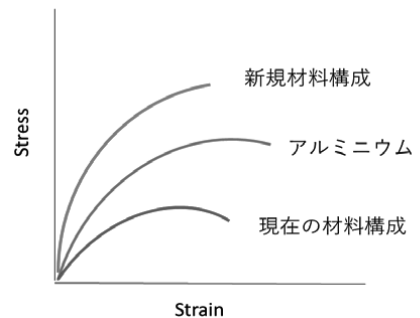


## 研究目標

注目→バイオマス繊維による自動車部品の作製を行う。  
本研究では、大型部材であるエンジンフードの材料構成を考慮し、  
Resin Transfer Molding (RTM) による作製を試みる。

また、バイオマス繊維の積層構成について、最良の組合わせを検討、  
アルミニウム素材と同等以上の物性を得ることを目的とする。

- 各繊維による力学物性および成形性  
(樹脂含浸性の評価)
- 上記結果より積層構成に繋げ、TOYOTA86エンジンフードを作製する。
- 更に大型部材へとつなげる。



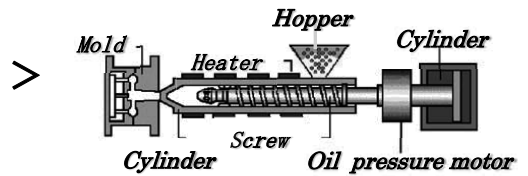
4

- 目標
- ①成形寸法; >エンジンフード
  - ②軽量化率; >50% (対スチール)
  - ③性能; 走行可能レベル
  - ④生産性; <10分/個 (現状CFRP実力)
  - ⑤コスト、

## Resin Transfer Molding (RTM)



## 射出成形 (Injection Molding)



5

# CNF大型部材 (エンジンフード)

## Material

**Skin: CNF Paper 50 mm × 16 mm random material**

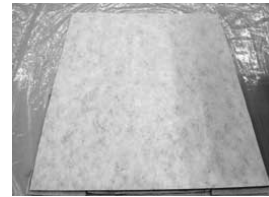
**Kenaf weight 120 g / m<sup>2</sup>**

**Core: Sekisui Foam 10 times foaming t = 10 mm**

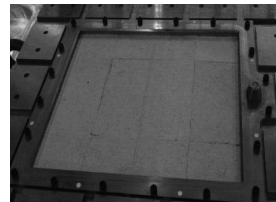
**Resin: base resin: AXSON 5015 curing agent AXSON 5014**

**Viscosity: 25 ° C, 225 mPa · s**

**Specific gravity: 1.12 g / cm<sup>3</sup>**



CNF Paper



Kenaf

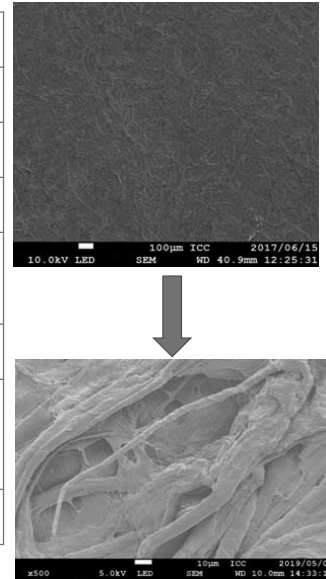
**Bending test @ room temperature      DIN EN ISO 178**

<b>Flexural strength</b>	<b>MPa</b>	<b>100 ± 13</b>
<b>Flexural modulus</b>	<b>N/mm<sup>2</sup></b>	<b>2500 ± 200</b>

6

# CNFの状態

Physical property value		Sample
Square meter	$g/m^2$	31.3
Thickness	mm	0.056
density	$g/cm^3$	0.56
Air permeability resistance	sec / in $\phi$ / 300cc	5.82
Tensile strength	Vertical direction	4.56
	Lateral direction	3.10
size		650mm (wide) x720m



通気性の向上→樹脂含浸性の向上

# 成形方法と評価

Vacuum assisted Resin Transfer Molding (VaRTM) = 真空含浸工法  
 ...FRPの成形法の1つ

力学特性の評価 Bending Test

**特徴**

- ・大がかりな設備が不要
- ・大型構造部材の一体成形が容易
- ・ポイド含有率が低い

VaRTM成形により作製したシートサンプルの曲げ試験

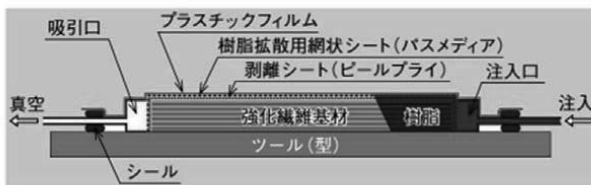
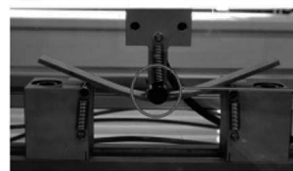
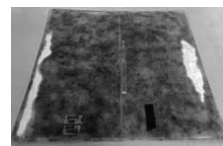


Figure VaRTMの機式図



上面での破壊→圧縮破壊  
 下面での破壊→引張破壊

試験モード シングル 試験種類 3点曲げ  
 速度 5mm/min 試験片形状 平板  
 バッチ数 5本 L = 40mm



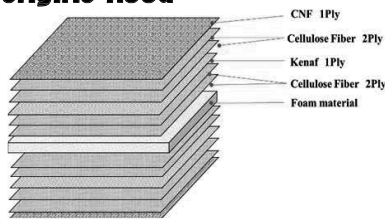
新藤健太郎, 他, 「VaRTM(真空含浸工法)による大型複合材製造技術」, 三菱重工技報, VOL.43, NO.1, (2006), <https://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/431/431011.pdf>



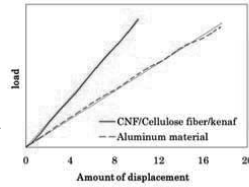
# Laminated structure with basic properties

	Orientation	Thickness /mm	density	$g/m^2$	Flexural modulus/GPa	Flexural modulus (Approximate) /GPa
CNF Sheet	-	0.064	1.23	78.72	6.7	0.24
Cellulose Textile	0/ 90°	0.258	1.3	335.4	11	1.58
Kenaf	-	0.7	1.18	826	3	1.17
total		1.796	1.251	2246.32		7.73

## Layered structure of the engine hood



### 耐デント性(剛性)



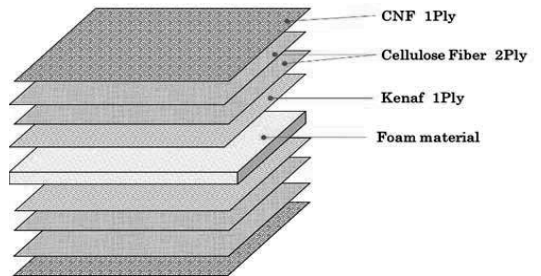
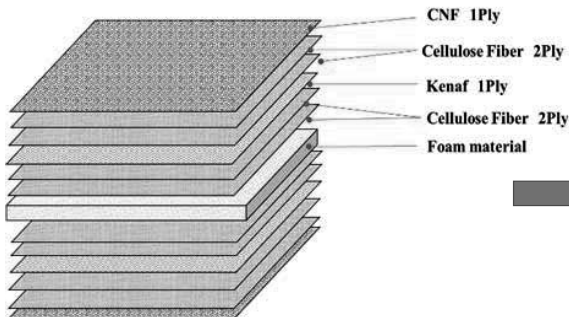
NCVフードとアルミフードとの剛性比較  
 $52.3 \div 29.5 = 1.77$   
 →NCVフードは1.77倍剛性が向上。

市販車用フード（アルミ製）と比較して剛性は1.7倍と高いものが得られた。

薄肉化による軽量化が見込まれる

9

## 更なる軽量化の積層構成



セルロース基材を上下2枚取り除いた構成

10

# CNF製 TOYOTA86エンジンフード設計

新積層構成

パーツ	構造	図	表面積又は体積	材質	板厚(t)	比重	重量(g)	個数	質量×個数	
ボンネットフード										
①	フードアウト	インナーアウト一体成型	1,397,000	mm2	CNF / ケナフ	1	1.5	2,096	1	2,096
②	フードインナ		1,450,000	mm2	CNF / ケナフ	1	1.5	2,175	1	2,175
③	ナットプレートA		14,456	mm3	SPCC SS400	-	7.9	114	1	114
④	ナットプレートB		16,326	mm3	SPCC SS400	-	7.9	129	2	258
⑤	ヒンジブラケットA		16,327	mm2	SPC	-	7.9		2	
⑥	ヒンジブラケットB		5,833	mm2	SPC	-	7.9		2	
⑦	ストライカー		17,262	mm3	SPCC SS400	-	7.9	136	1	136
⑧	コア材		20,918,021	mm3	フォームック ロハセル等	-	0.1	2,092	1	2,092
									6,871	

1010g  
1005g

2850g

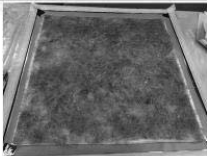
5403g

**1468gの軽量化**

11

## 積層構成とプリフォーム

### Molding method (Kenaf and CNF)

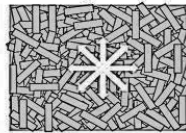


Kenaf 90 g/m<sup>2</sup>

CNF (16mm×700m) カットは100mmでランダムシートを作製

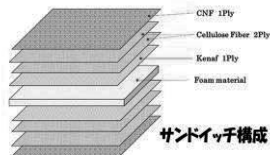


CNF

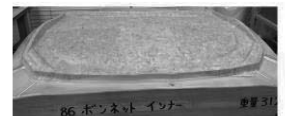


Kenaf

### Preform molding



サンドイッチ構成



減圧→エンジンフード成形

粉状(エポキシ系接着剤)を上面に塗布しながらCNFテープをカットし、ランダムに機械で配置し成形する。

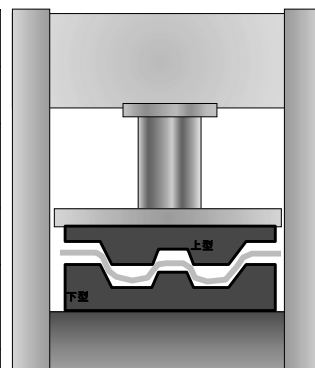
ケナフ/CNF/セルロース基材を型枠に配置、減圧し形状をプリフォームする。

12

# RTMの性能

**KIT** | 金沢工業大学

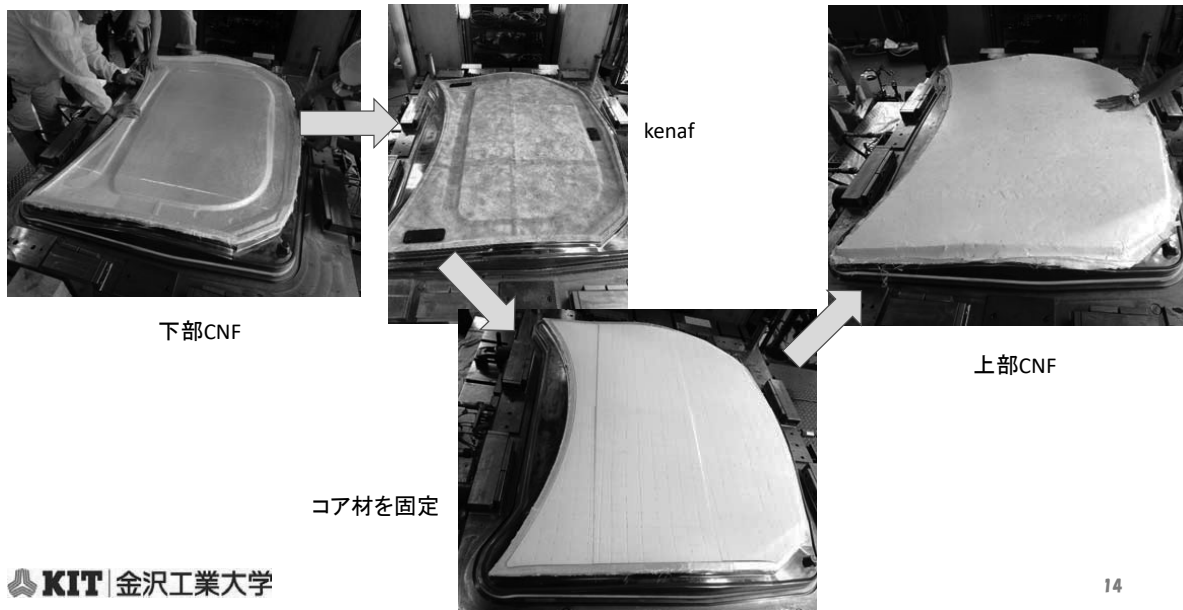
Mold carrier	電源：Φ3-400V	500A	60Hz	187.5KVA
	チラー水 (20~25℃)		80L/min	
Mold temperature controller ①	電源：Φ3-400V	87.5A	60Hz	35KVA
	チラー水 (20~25℃)		20L/min	
Mold temperature controller ②	電源：Φ3-400V	87.5A	60Hz	35KVA
	チラー水 (20~25℃)		20L/min	
Injector	本体電源Φ3-200V	250A	60Hz	50KVA
	注入機専用チラー Φ3-200V (10~15℃)	60A	60Hz	12KVA
	注入機専用コンプレッサ Φ3-200V	70A	60Hz	14KVA



RTM  
ASANO製  
最大加圧能力 600ton  
・テーブルサイズ  
W3000 × D2000mm

13

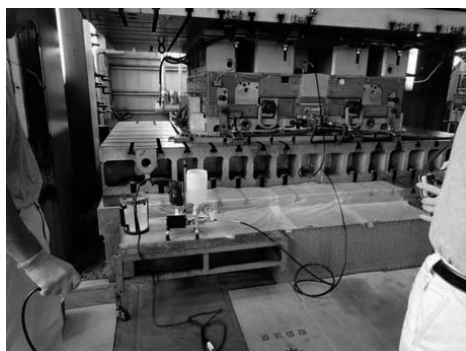
# 金型内にセルローズ積層基材をセッティング



**KIT** | 金沢工業大学

14

## 樹脂注入→硬化→脱型



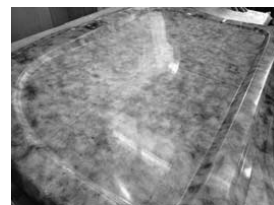
エポキシ樹脂注入(約 5min)

 KIT | 金沢工業大学

型締力  
自重(注入時)→200ton(注入後)  
金型温度 30℃→80℃(硬化)



樹脂硬化→金型開

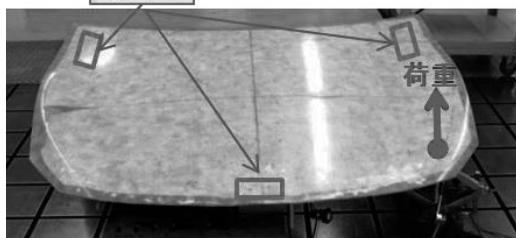


重量: 8kg  
従来品と比較して50%程度の軽量化

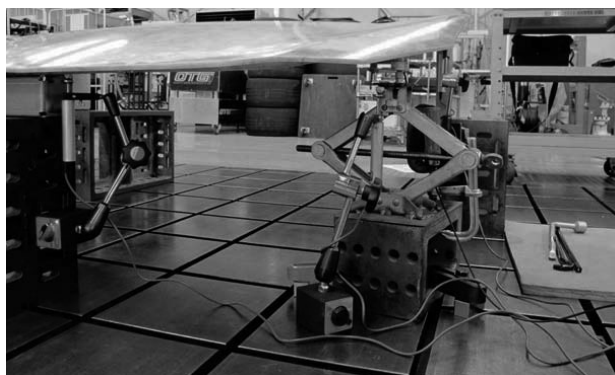
## RTM 成形部品の耐テント性 (剛性) 評価

 KIT | 金沢工業大学

拘束



RTM molded engine hood



一点を固定し、  
ジャッキアップして変位を測定

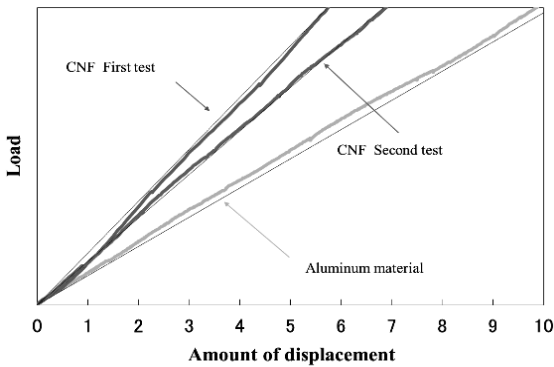


比較のアルミニウムエンジンフード

TCD様の協力の下、剛性の測定

16

# 耐デント性(剛性)試験結果



## NCVフードとアルミフードとの剛性比較

$$52.3 \div 29.5 = 1.77$$

→NCVフードは1.77倍剛性が向上。

$$43.9 \div 29.5 = 1.49$$

→NCVフードは1.49倍剛性が向上。

Figure Comparison of rigidity of aluminum material and CNF / cellulose fiber / kenaf (First:blue,Second:red)

市販車用フード (アルミ製) と比較して剛性は1.49倍と高いものが得られた。



薄肉化による軽量化が見込まれる

# ◆ 燃焼性試験状況

## 燃焼性試験装置



## 試験片設置状況



## 着火状況



## 燃焼試験状況



## ◆ 燃焼性試験結果

### 試験前



10cm × 35cm

上面



Top



Bottom (ignition surface)

下面 (着火面)

Test piece appearance before and after flammability test<sup>19</sup>

## ◆ 燃焼性試験結果

試料	板厚 (mm)	n	燃焼時間 (sec)	燃焼距離 (mm)	燃焼速度 (mm/min)		評価結果
					測定値	最大値	
CNF 積層 複合材料	1.6	1	815	254	18.7	19.1	<b>適合</b>
	~	2	796				
	1.8	3	812				

状態調節：21℃、50%RH で 24hr 以上 試験環境：22℃、51%RH ※  
 平均値使用ガス：メタンガス

試験条件：38mm 標線 (第一標線) から第二標線までの 254mm の区間で燃焼速度を求めた。  
 燃焼速度は次式より求めた。

$$B = 60 \times (D / T)$$

ここで、B：燃焼速度 (mm/min)

D：炎が進行した距離 (mm)

T：炎が D mm 進行するために要した時間 (sec)

評価結果：【適合】…燃えない、または燃焼速度が 102mm/min 以下、または燃焼距離 51mm 以内  
 (且つ 60 秒以内) で自消する場合。

【不適合】…最大燃焼速度が 102mm/min を超える場合。



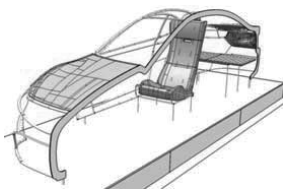
# ◆VOC 発生量測定結果


測定成分	フランク値	VOC 発生量 ( $\mu\text{g}$ /試験片)	測定方法
		CNF 積層複合材料	
ホルムアルデヒド	< 0.06	< 0.06	DNPH カートリッジ捕集- HPLC 法
アセトアルデヒド	< 0.06	0.19	
トルエン	< 0.03	< 0.03	固体捕集- 加熱脱着-GCMS 法
キシレン	< 0.03	< 0.03	
エチルベンゼン	< 0.03	< 0.03	
スチレン	< 0.03	< 0.03	
テトラネカン	< 0.03	< 0.03	
フタル酸ジ-n-ブチル	< 0.06	< 0.06	
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	< 0.06	< 0.06	

## 試験条件

・サンプリングバッグ：PVDF 製バッグ, 10L・加熱温度：65°C・加熱時間：2h

## まとめ

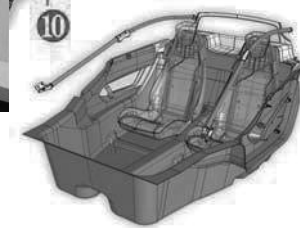


	外観	ポイント	期待効果	懸案事項
部品		①軽量大型 エンジンフード  クラッシュアブル ライン	②軽量化 14kg→ 8kg 走行時CO2低減  ③前突時乗員保護	②更に改良必
断面		高弾性率・中強度 CNFペーパー/ エポキシ樹脂  厚肉発泡体	③デント性 ③歩行者保護 ③非シャープ エッジ破面 ③破材飛散防止	
CNF素材		CNFペーパー (短冊状) ケナフ不織布 CNF配合バインダ	⑥ 燃焼性+VOC ④賦形性 ④樹脂含浸性 (10分) ④プリフォーム固定 ③クラック伝搬抑止	⑤コスト (情報不足) ③塗装 (エア- 水分含有) ④更に改良必



エンジンフード

フロア一部材



- 更なる軽量化(CNF含有量UPによる耐テント性向上)
- 成形性向上(Wet Molding等による含浸時間短縮等)
- コスト調査・予想 ・塗装性評価

 KIT | 金沢工業大学

## 謝辞

本研究は環境省プロジェクト「社会実装に向けたCNF材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～」(NCVプロジェクト)の中で実施したものである。本コンソーシアムに参画している機関のメンバーに対して感謝いたします。

特に、トヨタカスタマイジングアンドディベロップメント様、阿波製紙様、テックワン様に感謝いたします。

ありがとうございました。



2019年 東京モーターショー

 KIT | 金沢工業大学



ナノセルロースヴィークルの  
脱炭素化への貢献

(一社) サステナブル経営推進機構

山岸 健氏



## 環境省NCV事業

# ナノセルロースヴィークルの脱炭素化への貢献

2020. 2.27



一般社団法人サステナブル経営推進機構

LCA事業室 山岸 健

## サステナブル経営推進機構の概要

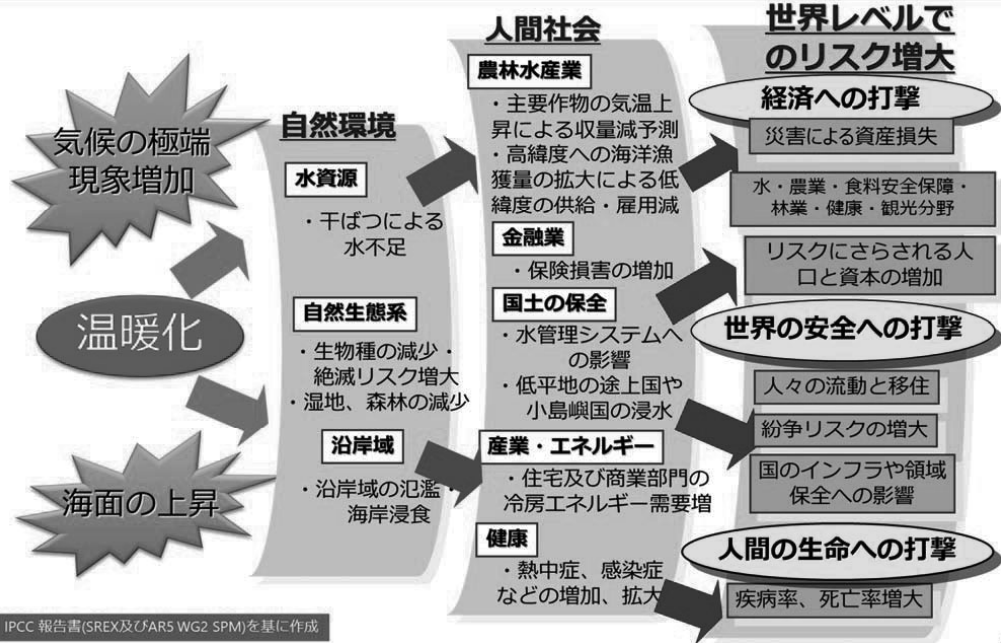


- 略称「SuMPO」(さんぽ)
- 事業開始日 令和元年10月 1日
- 目的  
社会的課題解決に繋がる新たなビジネスモデルの企画、実行、評価、改善等の支援を通じて持続可能な事業経営の実現を目指す
- 事業内容  
地球環境問題等、社会課題解決に繋がる
  - (1) 企業発掘、市場化調査、環境配慮分析等
  - (2) ビジネスモデル、振興計画策定等
  - (3) 経済(波及)効果、環境影響評価等
  - (4) 普及・広報イベント、販促

産業環境管理協会 (JEMAI) のLCA事業推進センターは  
SuMPOに移管されました。

2

# 気候変動はグローバルリスクへ



Copyright©2020 SuMPO All Right Reserved

引用:環境省ホームページ

# パリ協定の動向



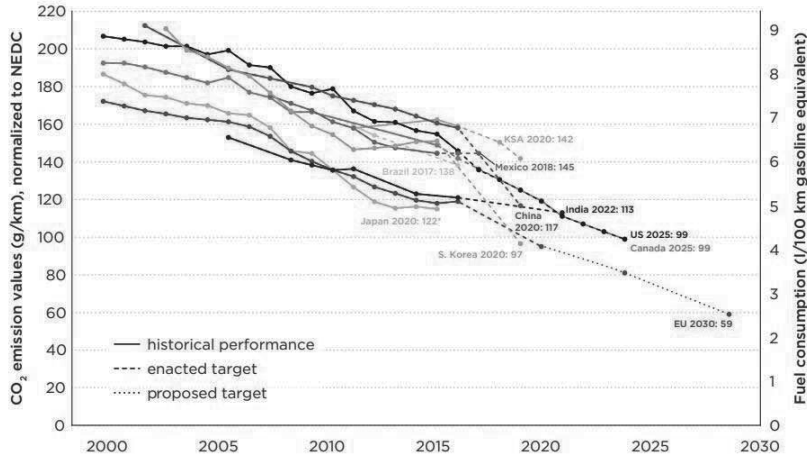
● 2015年のCOP21において、「京都議定書」に代わる、2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みである「パリ協定 (Paris Agreement)」を採択。

目的	世界共通の長期目標として、産業革命前からの地球平均気温の上昇を2℃より十分下方に保持。また、1.5℃に抑える努力を追求。
目標	上記の目的を達するため、今世紀後半に温室効果ガスの人為的な排出と吸収のバランスを達成できるよう、排出ピークをできるだけ早期に迎え、最新の科学に従って急激に削減。
各国の目標	各国は、約束(削減目標)を作成・提出・維持する。削減目標の目的を達成するための国内対策をとる。削減目標は、5年毎に提出・更新し、従来より前進を示す。
長期戦略	全ての国が長期の温室効果ガス低排出開発戦略を策定・提出するよう努めるべき。(関連するCOP決定において、2020年までの提出を招請)
グローバル・ストックテイク	協定の目的・長期目標のため5年毎に全体進捗を評価するため、協定の実施を定期的に確認する。世界全体の実施状況の確認結果は、各国の行動及び支援を更新する際の情報となる。

引用:環境省ホームページ

Copyright©2020 SuMPO All Right Reserved

# 新車のグローバルCO<sub>2</sub>規制の比較



\* Note that Japan has already met its 2020 statutory target as of 2013

Figure 6. Comparison of global CO<sub>2</sub> regulations for new passenger cars.<sup>17</sup>

出所: INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION(2019), "CO2 EMISSION STANDARDS FOR PASSENGER CARS AND LIGHT-COMMERCIAL VEHICLES IN THE EUROPEAN UNION"

- グローバルで劇的な改善を求める燃費規制
- 日本でも2030年度基準として、2020年度基準の4割を超える燃費改善率が検討されている

Copyright©2020 SuMPO All Right Reserved

# 自動車の燃費改善技術



## 自動車の燃費改善技術

16

燃費改善率 ◎: 10%以上 ○: 5~10% □: 5%以下

対象		技術 (G:ガソリン車)、(D:ディーゼル車)		
エンジン	新方式	◎直噴ガソリン(G) ○リンパーン(G)	◎ハイブリッド化 ○HCCI(G)	◎ミラーサイクル
	制御	○アイドルストップ □空燃比、点火時期制御の高精度化(G) □空気流動の適正化 □熱損失低減	□減速時燃料カット □クールドEGR	
	機構	◎可変気筒機構(VCR) □4弁化 ○可変弁機構(VVT等による可変圧縮比)	◎エンジンダウンサイジング ○可変/多段ターボ過給	
	摩擦低減	□潤滑特性の改善	□運動部の軽量化	
駆動・伝達系	ATの改善	◎無段変速機(CVT) □ATの電子制御化	◎自動化MT(DCT) □ATの多段化	
車体		◎軽量化(樹脂, 軽金属, 超高張力鋼の利用) ◎空気抵抗低減(高速時) □低転がり抵抗タイヤ		
その他		□補機類の高効率化(電動化) □廃熱利用		

出所: 大聖 泰弘「日本における次世代自動車用動力システムに関する展望」早稲田大学 AVL 合同シンポジウム「電動化車両 多様化するパワートレイン 2018」

- 燃費改善はあらゆる技術の細かな改善の積み上げ
- 具体的な技術が少ない軽量化の道筋をつけることが求められている

13

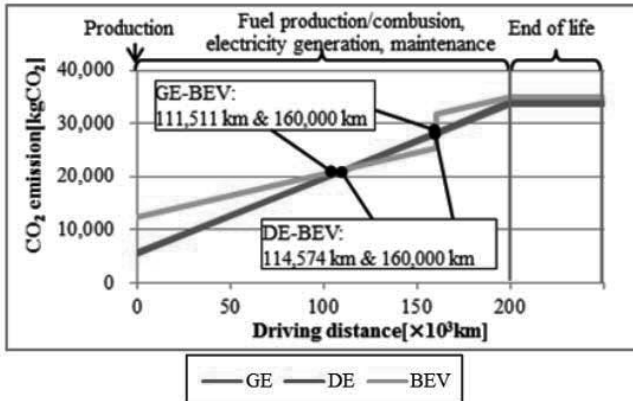


## マツダ自動車による内燃機関自動車とBEVの比較



日本を含めて5地域でのガソリン自動車(GE)、ディーゼル自動車(DE)、及び電気自動車(BEV)の3種の自動車をLCAを用いて、CO<sub>2</sub>排出量を算定。

日本では、距離によっては、電気自動車がメンテナンス(バッテリーの交換等)により、排出量が逆転する結果となることが報告された。地域によって結果は異なる。



GE=ガソリン自動車  
DE=ディーゼル自動車  
BEV=電気自動車

図 1. ライフサイクル CO<sub>2</sub> 評価結果、日本の場合

9

引用: 河本ら, LCAによる内燃機関自動車とBEVのCO<sub>2</sub>排出量の算定, 第14回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, 2019.03, P72~P75

NCV-PJ

## NCV事業におけるCO<sub>2</sub>削減効果の評価の概要



### 自動車分野概況

- ・ 燃費基準の高度化
- ・ パワートレインの多様化
- ・ ライフサイクル視点の高まり

### CNF素材のうれしさ

- ・ 高物性
- ・ 原料の安定確保
- ・ カーボンニュートラル



### 【低炭素化に向けたNCVの考慮ポイント(抜粋)】

- ・ 車両軽量化による燃費改善
- ・ 量産化を見据えた汎用設備の適用
- ・ 多様な部品展開
- ・ マテリアルリサイクル・サーマルリカバリ可能



実試作車の  
試作・展示



# CO<sub>2</sub>排出量削減効果を検証



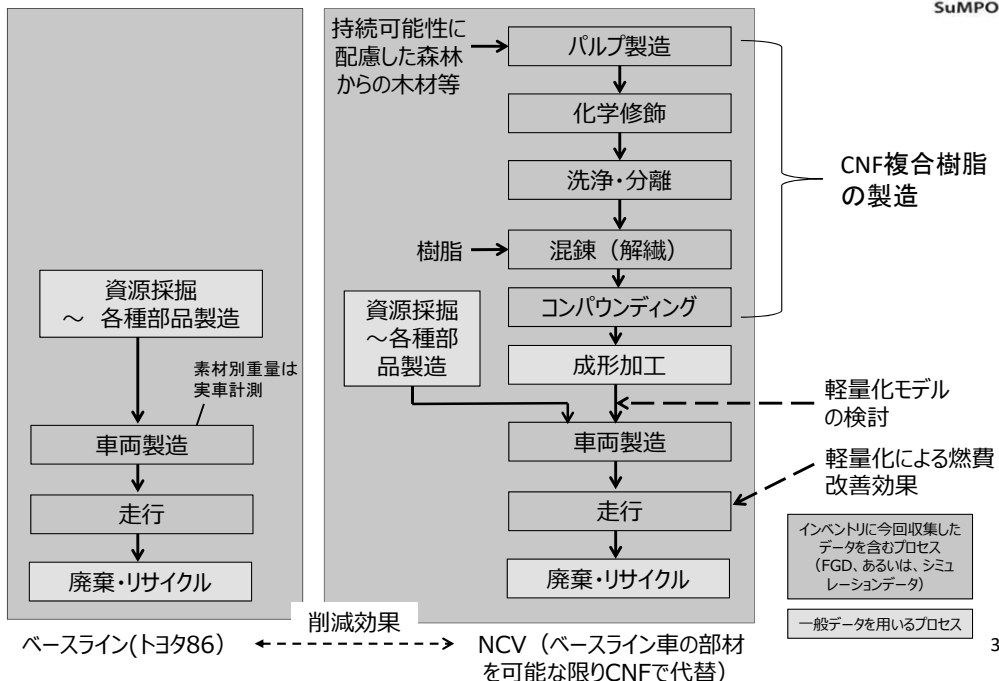
- ・ 本事業の目的に鑑みて気候変動への影響のみを評価
- ・ 検証対象は実試作車と別に仮想コンセプトカーを設定（鋼鉄ボディの車両をベース）
- ・ シミュレーションと実測を組み合わせたLCA



## ■ NCV(ガソリン車)の2020年技術ポテンシャル

車両軽量化率(二次的軽量化含む)	16%
燃費改善効果(エンジンのダウンサイジング含む)	11%
ライフサイクルCO <sub>2</sub> 排出量(CNF効率的量産シナリオ)	2 t-CO <sub>2</sub> e/台

# NCVのライフサイクルCO<sub>2</sub>評価対象範囲

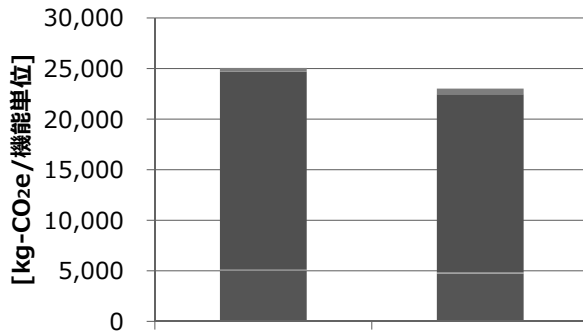




# ライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量(ガソリン車)



2020年  
技術ポテンシャル



従来自動車



鋼鉄を主体としたボディ

NCV



可能な限りCNF部材で代替した仮想コンセプトカー

- 廃棄・リサイクル段階
- 走行段階
- 車両組立段階
- 部材製造段階

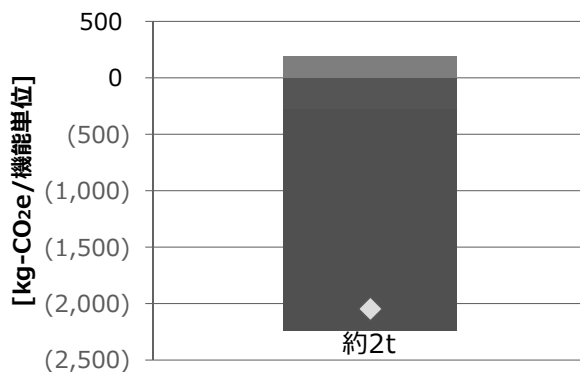
主な算定条件

- ・ 走行距離10万km
- ・ WLTCモード
- ・ 軽量化時エンジンダウンサイジング考慮
- ・ CNF製造の効率的量産前提
- ・ 二次的軽量化(+6%)考慮
- ・ 使用済みCNF部材の廃棄時の廃棄物発電効率13%

# ライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量削減効果(ガソリン車)



2020年  
技術ポテンシャル



- 廃棄・リサイクル段階
- 走行段階
- 車両組立段階
- 部材製造段階
- ◇ 差分合計

主な算定条件

CNF部材適用+二次的軽量化により車両を16%軽量化すると

11%の燃費改善効果 ・ 約2tのライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量を削減

- ・ 走行距離10万km
- ・ WLTCモード
- ・ 軽量化時エンジンダウンサイジング考慮
- ・ CNF製造の効率的量産前提
- ・ 二次的軽量化(+6%)考慮
- ・ 使用済みCNF部材の廃棄時の廃棄物発電効率13%

## まとめ



1. 脱炭素社会の実現を背景にグローバルで強まる燃費規制やライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量の評価
2. セルロースナノファイバー(CNF)を用いたナノセルロースヴィークル(NCV)は車両軽量化で燃費向上に貢献
3. ライフサイクル全体でのCO<sub>2</sub>排出量に関しても、効率的なCNF生産や材料リサイクル等の技術開発・社会システム開発が進展することでCO<sub>2</sub>排出削減効果が期待される。

Copyright©2020 SuMPO All Right Reserved

さんぽ わざ  
心豊かな未来をSuMPOの業で創ります



Sustainable Management Promotion Organization

一般社団法人サステナブル経営推進機構  
〒101-0044東京都千代田区鍛冶町2-2-1  
三井住友銀行神田駅前ビル  
<https://sumpo.or.jp>

Copyright©2020 SuMPO All Right Reserved

Nanocellulose Symposium 2020  
**「構造用CNF材料の開発と  
自動車への応用」**

発行日 令和2年2月27日

編集兼発行者 京都大学 生存圏研究所  
〒611-0011 京都府宇治市五カ庄  
電話0774-38-3658

印刷所 株式会社 田中プリント  
〒600-8047 京都市下京区松原通麩屋町東入







共催：近畿経済産業局及び地方独立行政法人京都市産業技術研究所

後援：ナノセルロースフォーラム、紙バルブ技術協会、セルロース学会、(一社)日本木材学会、  
(一社)プラスチック成形加工学会、京都大学産官学連携本部