

# 植物材料と 自動車

西村拓也

●トヨタ車体  
材料技術部  
主査

●静岡大学  
農学部  
特任教授

mail: nishimura.takuya.a@shizuoka.ac.jp

20231215



トヨタ車体株式会社は、  
トヨタグループのミニバン・商用車・SUVの領域で完成車両メーカーです。



 **トヨタ車体**  
TOYOTA AUTO BODY

# 「目次」

- ・ 自己紹介
- ・ 世界の環境材料開発動向
- ・ 社会実装に向けて取り組んでいくこと
- ・ 木質バイオマス利用推進に向けて

## 私の仕事



セルロースナノファイバー (CNF)



## 日本の森と自動車産業を結ぶ材料開発

### 材料製造工程



## 部品への採用実績

フォグランプブラケット



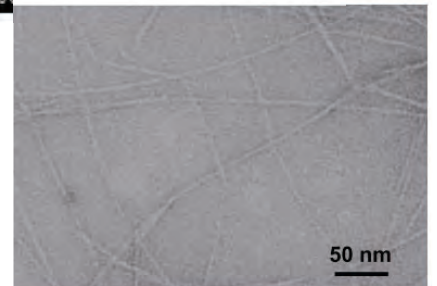
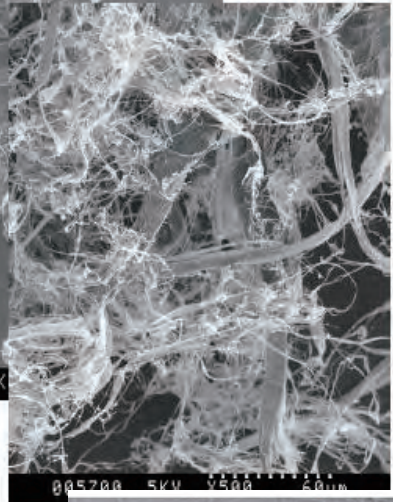
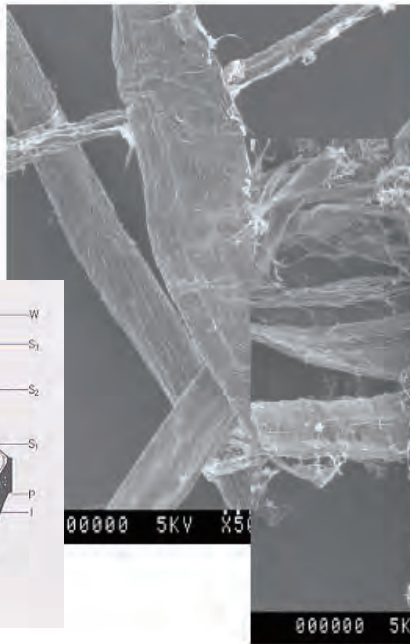
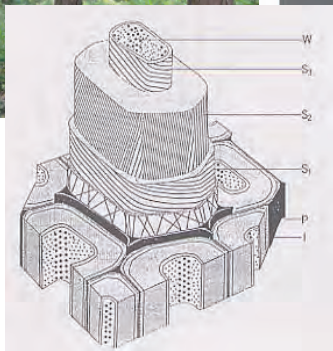
ワイヤーハーネスプロテクター



バッテリーキャリア



徐々に部品採用が増え、且つ同部品で他の車種への採用

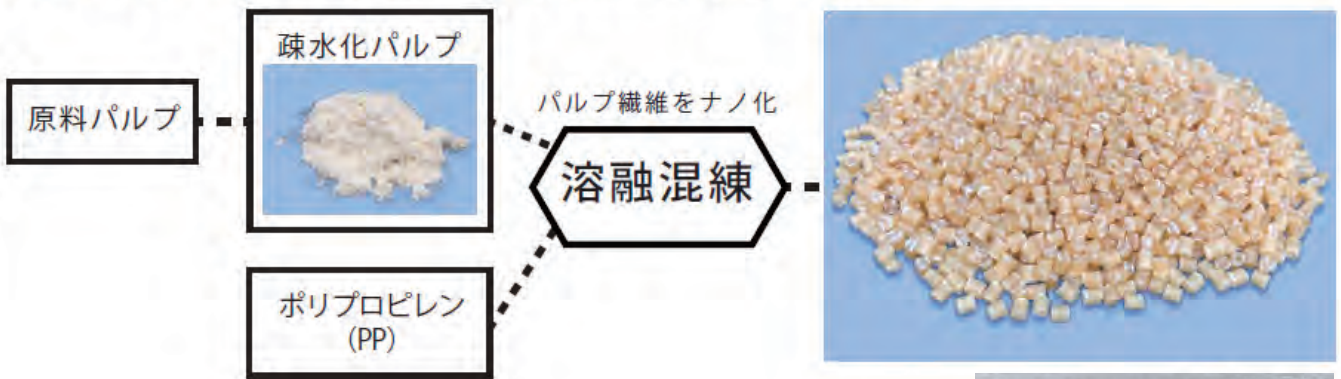


TEMPO酸化セルロースナノファイバーのTEM

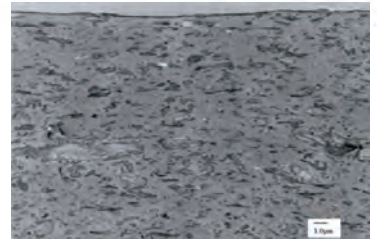
CNF(セルロースナノファイバー)  
幅4nmあるいは15nmの伸びきり鎖微結晶ナノファイバー  
ヤング率:138GPa, 引張強度:3GPa (鋼鉄の5倍)  
→ 防弾チョッキに使用するアラミド繊維と同等

## CNFを補強繊維として活用した射出材料 (CNF+PP複合材料) の性能

### ■ CNF+PP 複合材料の製造の流れ



トヨタ車体・植物材料開発室もTABWDの技術を活かし、  
2014年からCNFを活かした材料開発の研究を  
環境省の委託事業を受託しスタート



# 今、私がいるところ

## 令和5年度の取組 ～ ふじのくにCNFプロジェクト ～

基盤強化

### ふじのくにセルロース循環経済フォーラム

- CNFを始めとしたセルロース素材の製品開発支援、社会実装を通じた脱炭素社会の実現を目指し、発展的に改組
  - » 民間から副会長に迎えるとともに、参加企業を拡大（輸送機器産業等）

連携

### 富士市CNFプラットフォーム

- 用途開発の加速化、産業創出を目的とした連携・ネットワーク体制（令和元年11月設立）

イノベーション

### ふじのくにCNF研究開発センター

- 富士工技センター内に研究支援体制を確保

機器整備、技術相談  
遊星式混練機、射出成形機 など

静岡大学サテライトオフィス  
CNF人材育成（社会人）

オープンゼミ  
機具特別教授による産業人材育成

富士市CNF連携拠点  
（機具特別教授ラボ）

### 静岡大学

- 静岡大学が学内に研究所を設立、寄附講座を開講

#### セルロース循環経済研究所

- 自動部品への応用を目指して複数のチームで学際的な研究を推進

#### ふじのくにCNF寄附講座

- CNFと自動車部品に精通した、新たな特任教授を招聘

西村

グローバル展開

### 国際シンポジウム

日程：令和5年10月1日（日）  
場所：ロゼシアター（富士市）  
内容：海外の著名な研究者を招聘した講演、パネルディスカッション ほか

### 国際展示会

日程：令和5年10月2日（月）～3日（火）  
場所：ふじさんめっせ（富士市）  
内容：国内外のセルロース関連企業・団体ブース  
企業プレゼン、個別商談ブース ほか

東アジア文化都市の協働プログラムとして開催



企業支援

連携強化

地元経済界、県内セルロース関連企業

セルロース産業の世界的拠点の形成

## 世界の環境材料開発動向



## 世界で最初の植物繊維複合材料が用いられた車



**Duroplast :**  
「コットン補強フェノール樹脂」  
をボデー部品に採用

Trabant 601

	Years of production	N° of cars
<b>Trabant 601</b>	since 1964 to 1990	2,818,547

11

## POEMA project 1991~

The poverty and environment in amazonia  
research and development program



Source:  
<http://www.umich.edu/~indec/ococonutfiber2.pdf>

12

## 植物繊維を用いた内装部品



Mercedes-Benz S-Class:  
27 parts, Total weight 42.7 kg  
Predecessor:  
24.6 kg

### Wood fibers:

Door panels (front, back)

### Cotton, wool:

Damping mats, seat covers

### Flax fibers:

Hatrack, rear trunk cover

### Coconutfiber, latex:

Back rest (front seat)

### Wood veneer:

Decorative covers

### Olive stones:

Carbon filter

### Paper:

Filter element

Source:

Umwelt-Zertifikat Mercedes-Benz S-Klasse, 2005-10

13

## 世界の環境材料開発動向

### 廃材活用



ubq



UBQ ; イスラエルの会社。ごみを捨てるのではなく、ペレットにする。これでCO2を閉じ込めたペレットとして自動車向けPPに使う。ベンツの車種、EQSなどに採用を目指し検討開始。

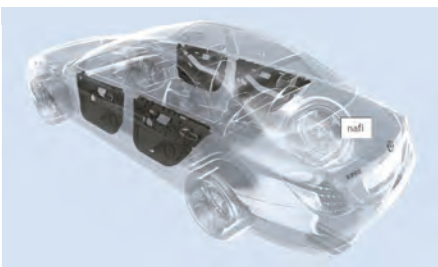
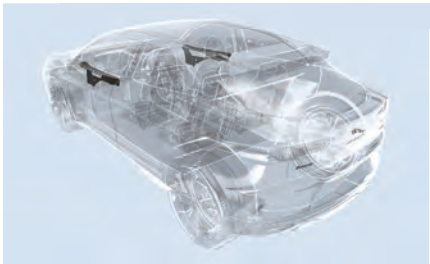
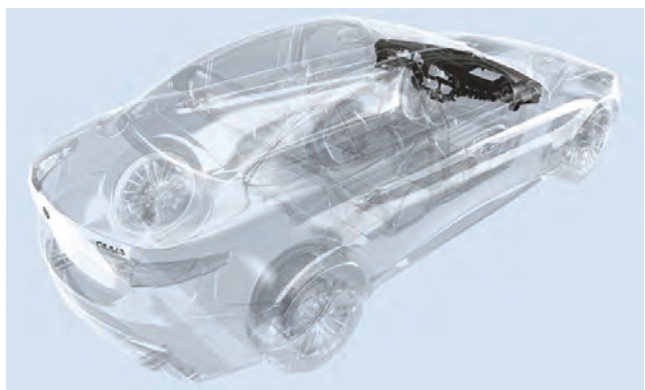


# 植物繊維を用いた内装部品

Faurecia



- 2005, Natural Fiber polypropylene (NFPP) Flax-based 50% of bio content  
30% lighter than standard materials
- 2013, NafiLean Hemp-based 20% of bio content  
20 to 25% lighter than standard materials
- 2014, Biomat Hemp/resin-based 65% of bio content  
9% lighter than standard materials



equip 17 vehicles  
(including the Renault Clio, the Alfa Romeo Giulia, the Peugeot 508 and the Land Rover Velar).




NPE 2018 (USA)

# Fordの植物材料開発

**Soybean oil:** 大豆油をポリオールとして使ったウレタン、シートクッション

**Wheat straw:** 麦藁を使った射出材料。TABWDのような材料

**Kenaf:** ケナフトリム 

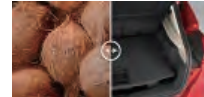
**Guayule:** ゴムの木に代わる樹種さがし。

**Coconut fiber:** トランクライナー。

**Rice hulls:** ブラケット。

**Cellulose:** センターコソールなど

**Tequila :** テキーラの絞りかすを用いたエアコン部品



## Circular Economy and End-of-Life

### Using recycled and renewable materials in our vehicles' design enables us to both reduce landfill waste and use fewer natural resources.

Over 85%\* of vehicle parts and materials are recycled and reused at their end of life. Understanding that the metallic portions of vehicles are already highly recycled, we are focusing on recycled and renewable content in plastics.

#### PLASTIC IN VEHICLES

The average SUV contains more than 750 pounds of plastic. By increasing the sustainability of plastics in our vehicles' design, we can make a beneficial impact on the environment – and our business.

By 2025 we aim to use 20% recycled and renewable plastics in new vehicle designs for North America, Europe and now also Turkey. Our target for China is 10%. Our broader aspiration is to utilize only recycled or renewable content in vehicle plastics. Ford has begun the process of tracking the recycled and renewable content on pilot programs and will continue work to operationalize the process for future programs.

Waste products generated by other industries comprise much of our recycled and renewable content. We use the ISO 14021 standard to account for this content. When tracking our status for recycled content, we use the part inventory list associated with the high volume variant available for each program.

#### Using Recycled Materials for Vehicle Parts

While not every polymer can easily use recycled material, there is potential for recycling to reduce the carbon footprint of some of our plastics by 70-90%.

Through activities such as transforming recycled plastic bottles into vehicle parts we are helping to play a major role in promoting environmentally friendly auto parts.

Due to its light weight, recycled plastic is ideal for the manufacture of underbody shields, engine under shields and front and rear wheel arch liners that can help improve vehicle aerodynamics. We also use post-consumer nylon and polypropylene carpeting for cylinder head covers, fans and shrouds, cam covers, and carbon canisters.

### Converting CO<sub>2</sub> to Polyurethane Foam

Ford has been awarded a grant by the U.S. Department of Energy to conduct research on using CO<sub>2</sub> as a feedstock to make polyurethane foams. The \$2.5 million grant is one of 30 DOE projects to help decarbonize the U.S. industrial sector, advance clean manufacturing and improve America's economic competitiveness.

Using polyols that are derived from captured waste CO<sub>2</sub>, Ford will develop and scale up technology to produce polyurethane foams used for automobiles for seating and other applications such as for crash protection and noise, vibration, and harshness reduction. Machine learning will be used to accelerate the development and formulation of the polyol molecular platform and foams to meet manufacturability, performance, and cost metrics while improving sustainability as measured through Life Cycle Assessment (LCA).

### Using Renewable Materials for Vehicle Parts

Renewable, plant-based materials are also part of our sustainability strategy. Ford is a leader in this space, using nine plant-based materials in current and past vehicle production. These robust materials have multiple benefits including enabling lighter weight parts that improve fuel economy, sequestering carbon and reducing global warming impacts. They also require less energy to manufacture. Our industry-first sustainable materials include soy foam, wheat straw, rice hulls, tree-based cellulose, and coffee chaff.

Soy seat cushions, backs and headrests were one of many Ford firsts. They have been used in every Ford North American built vehicle for more than a decade, over 18.5 million vehicles. Bio-based foams have reduced greenhouse gas emissions by over 228 million pounds, and use of soy foam launched on Mustang and now on all American vehicles, has helped save 5 million pounds of petroleum annually since 2008.

Our Advanced Polymer Technologies team continues to pioneer the development of new sustainable plastic materials including using waste from olive production to reinforce plastics, captured carbon dioxide in plastic formulation and polymer resins made from renewable feed stocks. For example, we are testing whether the tree-based cellulose composites, that were incorporated into Lincoln Continental consoles, can be used in other applications.



Materials: Utilize only recycled or renewable content in vehicle plastics



### WHAT IS A TYPICAL VEHICLE

Around 40,000 parts...  
using 1,000 materials...  
and 10,000 chemical substances...

75%  
METALS (ALREADY  
HIGHLY RECYCLED)

17%  
PLASTICS, ELASTOMERS,  
TEXTILES (AREA TO  
IMPROVE)

4%  
LIQUIDS (ALREADY  
RECYCLED OR REUSED)

4%  
OTHER

# 1. 欧州のCN、プラスチック関連の主な規制

## ■ Fit for 55

温室効果ガス削減目標  
(1990年比55%以下)  
達成のための政策パッケージ



ESR:EU-ETSの範囲外の部門  
(運輸、農業、建物、廃棄物など)  
のGHG 排出を対象とした規制

→再生プラスチック  
活用推進

土地活用、林業規制の見直し  
→バイオマス発電の奨励

## ■ グリーンディール政策、 循環型経済行動計画ほか

2030年までにEU域内で使用される全てのプラスチック包装材をリユースまたはリサイクルを義務付ける等、  
環境政策であると同時に、欧州経済社会の構造転換を図る包括的な新経済成長戦略

## 再生材動向

BASF

2030年 再生化率25%を目指す

サビック

2030年 再生化率25%を目指す

現状、明確なルールがないが近く決まる認識(‘30年再生化率25%以上)  
樹脂メーカーは自動車メーカーの動きを注視  
(ルノー2025年 45%再生化比率達成を目標)  
→ **その一方でリサイクルの推進はCO2排出の増加につながる懸念も  
(LCAについてはすべての車に対して評価が求められるようになる)**



# さまざまな素材を使い、環境材料を提案

住友化学

**Meguri**  
独自技術により性能低下を抑えた再生材料を提供  
**再生ポリプロピレン**

製品使用シーン  
自動車内装部品、自動車外装部品

住友化学は、廃車部品から得られる廃プラスチックを用いた再生ポリプロピレン製造プロセスを開発しました。これら再生ポリプロピレンは当社独自の材料配合技術およびリサイクル技術により、一般的な再生材に比べ優れた物性および外観特性を実現しました。廃車部品由来および中量回収した廃プラスチックをマテリアルリサイクルする再生ポリプロピレンは、バージンPPに比べCO<sub>2</sub>排出量が少なく、お客様の製品の環境負荷低減に大きく貢献します。

目録の概要  
原料 → 回収 → 分別 → 処理 → 再生 → 製品

再生PPの性能比較  
再生PPを使用してもバージンPP材料と同等の性能を実現します。  
再生PP適用により腐食傾向の外観特性も、独自配合技術により改善します。

住友化学

**Meguri**  
8 “ごみ”由来エタノールや廃プラスチックを原料とした環境配慮型ポリオレフィン  
**環境配慮型ポリオレフィン**

製品使用シーン  
“ごみ”由来エタノールや廃プラスチックを原料とし、ケミカルリサイクル技術を用いて製造される環境配慮型ポリオレフィンは、従来の化石由来品と同等の品質を持つ循環型社会に対応したポリオレフィンです。人々の日常を支えるエッセンスな素材として、自動車や電子機器、各種包装材料などさまざまな用途に利用されます。

① “可燃性ごみ”をリサイクルして得られる“ごみ”由来エタノール（積水化学工業社製）や、バイオエタノールなど、環境に配慮したエタノール原料からエチレンを生産する技術の実証と、得られたエチレンから従来と同等の品質を持つポリオレフィンの試製造を開始しました。本検討は2025年度の事業化を目指します。

② 廃プラスチックを直接分解しモノマーに変換した後、再度重合することにより、従来と同等の品質を持つポリオレフィンを製造する技術の開発にも取り組んでいます。この取り組みはNEDOグリーンイノベーション基金事業に採択されました。

当社は、独自のCarbon Footprint of Product (CFP)の算出システムCFP-TOMO<sup>®</sup>を活用したこれらポリオレフィン製品のGHG排出量削減の検証、マスバランス方式<sup>(1)</sup>を採用したISCC PLUS<sup>(2)</sup>認証<sup>(3)</sup>の取得等に取り組んでいます。また、環境配慮型ポリオレフィン製品の一部は、社会からの認知と製品価値を高めるため、当社独自ブランド「Meguri」<sup>(4)</sup>として販売することを検討します。

住友化学



# さまざまな素材を使い、環境材料を提案

三井化学



環境対応、低環境負荷  
株式会社プライムポリマー

Prasus® (プラサス®)  
**バイオマスPP・PE (マスバランス方式)**

用途: バイオマスナフサを原料とするポリオレフィン類

開発の狙い: GHG排出量の低減  
開発の進捗: 1. アイデア段階 2. 試作・実験段階 3. 開発完了段階 4. 製品化完了

製品の概要 構造・原理・特徴

**Prasus™**  
Powered by PRIME POLYMER

バイオマスナフサ → クラッカー → エチレン, プロピレン, ベンゼン, その他成分 → PRIME POLYMER ポリオレフィン, フェノール

石油由来ナフサ

様々な生産へバイオマス素材を提供

① 第三者認証 (ISCC PLUS認証) ② 石化品と同等の品質 (強度・耐久性・品質管理)

③ GHG排出量60%削減 (対石化品)

④ 日本国内製造で高品質・安定供給可能

深掘り対応策: マスバランス方式の認知度

お問い合わせ先: 三井化学株式会社 三井化学プラマー・ソリューション事業本部 利用内線 TEL: 030-88113-1200 E-mail: Yuba\_Kusumim@msc.jp

持続可能な未来に向けてシトロエンが提案するコンセプトモデル

***the Citroen Oli concept***



•シトロエンの電気自動車のコンセプトカー「OLI（オリ）」。2030年発売予定  
目標重量は1000kg。例えば、日産の軽自動車EV「サクラ」とほぼ同じ。  
航続距離400km（サクラは180km）。全長4.20m×全幅1.90m×全高1.65m。

- 徹底した軽量化と最高速度を110km/hに制限。
- 必要最小限のバッテリーで最大限のエネルギー効率を得るための速度制限。
- 部品点数大幅削減。
- 部品軽量化
- 各パーツを新品に取り替えやすくすることで、リサイクル性向上。
- また、中古車になっても維持しやすい。
- ロングライフサイクル→サステナブル



# Volvoが考える素材の未来

## THE RISE OF CONSCIOUS DESIGN

How future-facing businesses, designers and organisations are adopting considered, long-term, sustainable and circular approaches to design.

"The future of premium and luxury will revolve around basic 'R' principles – recycle, repair, reduce, re-use, repurpose and rethink."





WEN ZHOU, CO-FOUNDER, 3.1 PHILLIP LIM

### THE NEED FOR A NEW MATERIAL WORLD

Global demand for new textile fibres is expected to increase by 150% by 2050. <sup>1</sup>	The vegan leather market is expected to reach £63.2bn in value by 2025. <sup>2</sup>	Circular economy strategies could cut global greenhouse gas emissions by 39%. <sup>3</sup>	67% of global consumers support the desire for greater carbon transparency. <sup>4</sup>
--	--	--	--





- ・レザーはなくし、その代替材料が伸びる
- ・サーキュラーエコノミーの強力推進
- ・CO2可視化
- ・高級路線での新素材の活用 (Polestar Engineered)

### KEY TRENDS DRIVING CONSCIOUS DESIGN

 <p><b>WHOLE-SYSTEM THINKING</b> We are developing a more holistic understanding of sustainability and ethics.</p>	 <p><b>NATURE RENAISSANCE</b> The pandemic has led to a renaissance of love for wildlife and nature.</p>
 <p><b>TRUST FATIGUE</b> There is an epidemic of widespread mistrust of institutions.</p>	 <p><b>LUXTAINABILITY RISING</b> Sustainability, regeneration and circularity is driving new directions in luxury.</p>

# Volvoが考える素材の未来

### TOMORROW'S MATERIALS

 <p><b>NATURAL LUXURY</b> Responsibly sourced wool. Linen.</p>	 <p><b>REPURPOSED RICHNESS</b> Cellulose. Regenerated cellulose. Recycled polyester.</p>	 <p><b>BIO-POSITIVE PREMIUM</b> Totomoxtle. Piñatex. Leap. Algae. Biovyn.</p>	 <p><b>EXPERIMENTAL TEXTILES</b> Mycelium. Microsilk. Zoa.</p>
---	---	--	---

- ・ウールやリネン
- ・リサイクル材
- ・サーキュラーエコノミーの強力推進

### VOLVO CARS MATERIALS

Instead of leather interiors, Volvo Cars will offer customers alternative choices such as:



A new Volvo-created material made from bio-based and recycled sources.



Different types of premium textiles, including textiles made from recycled PET bottles, bio-attributed materials from sustainable forests in Sweden and Finland, and corks recycled from the wine industry.

### CONSCIOUS DESIGN PRINCIPLES



**CIRCULAR ECONOMIES**  
Moving from linear consumption models towards closed-loop systems.



**REGENERATIVE RESILIENCE**  
Spearheading new practices when sourcing raw materials.



**TOTAL TRANSPARENCY**  
Where every material and its impact is fully traceable.

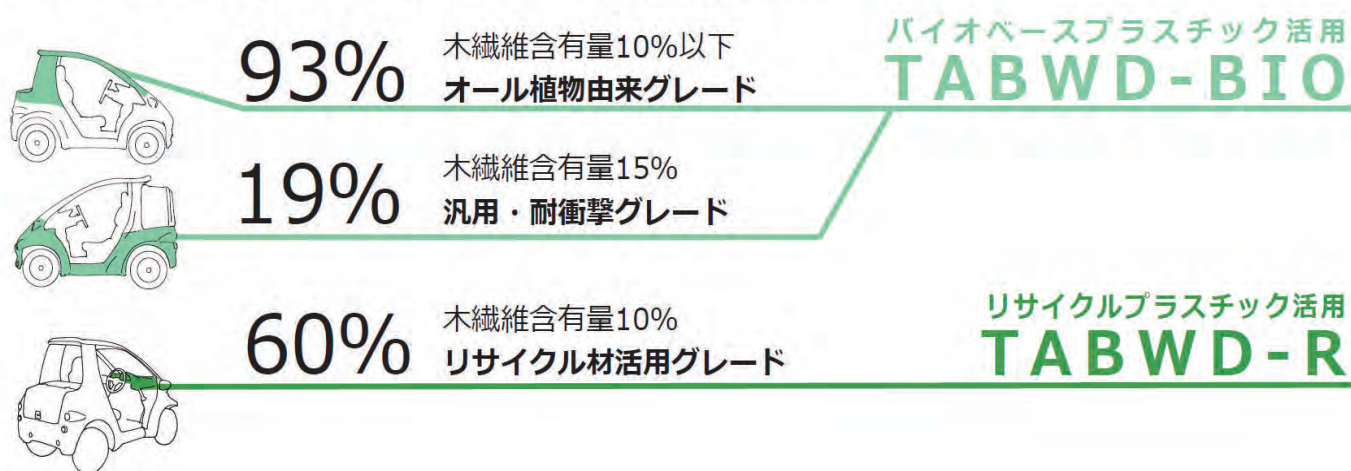


**OPEN-SOURCE SUSTAINABILITY**  
Insight and education making design output more sustainable and ethical.

- ・CO2可視化
- ・高級路線での新素材の活用 (Polestar Engineered)
- ・バイオ原料を用いた既存ブラ
- ・再生可能材料
- ・トレイサビリティ



### 同重量の既存部品と比べたCO<sub>2</sub>排出削減量



### 材料開発キーワードの変遷

- 貧困と環境破壊
- 石油資源の枯渇
- CO<sub>2</sub>濃度増加、地球温暖化
- 非可食資源の活用
- 大量のゴミ問題
- リサイクル促進
- 循環型社会へ（廃棄されていたものを原材料に）

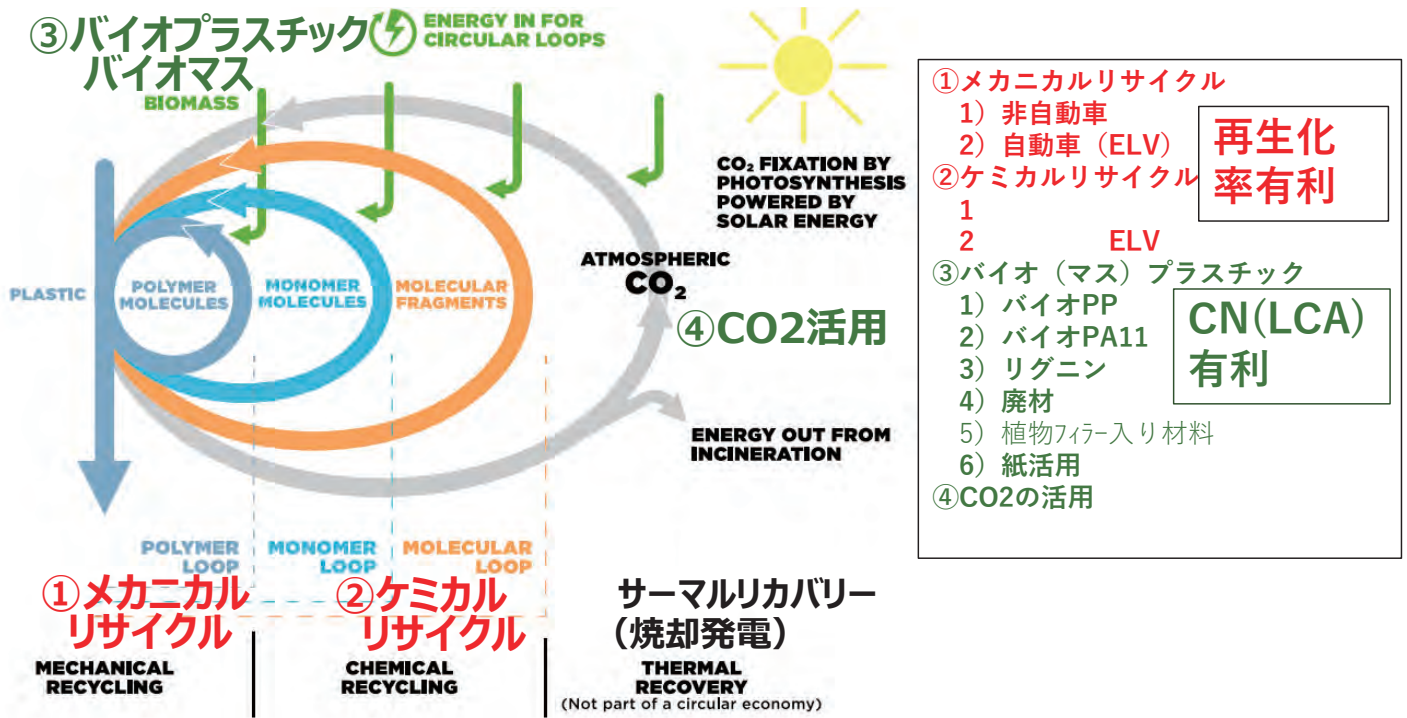
.....様々な手段でカーボンニュートラル実現を目指す



世界の環境材料開発動向

再生化率とLCA,コストのバランスを考慮必要

\* LCAに関してはすべての車に表記が求められるようになる



社会実装に向けて取り組んでいること

～ TABWDで取り組んだこと  
CNFで取り組んでいること ～

● TABWDの製品化で取り組んだこと

部品への採用実績

ラッセル試験



縁石乗り上げ、乗り下げ試験



安心、安全が確保された信頼できる材料、部品をお客様のもとへ

● TABWDの製品化で取り組んだこと

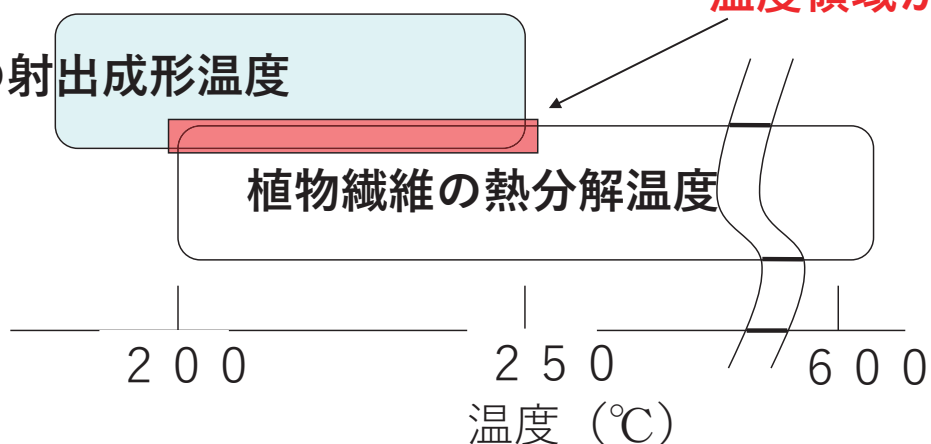
植物繊維が金型に与える影響

各材料の熱特性

PPの射出成形温度

植物繊維の熱分解温度

温度領域が重なる



射出成形における 成形物（物性、外観）、金型などへの悪影響が懸念される

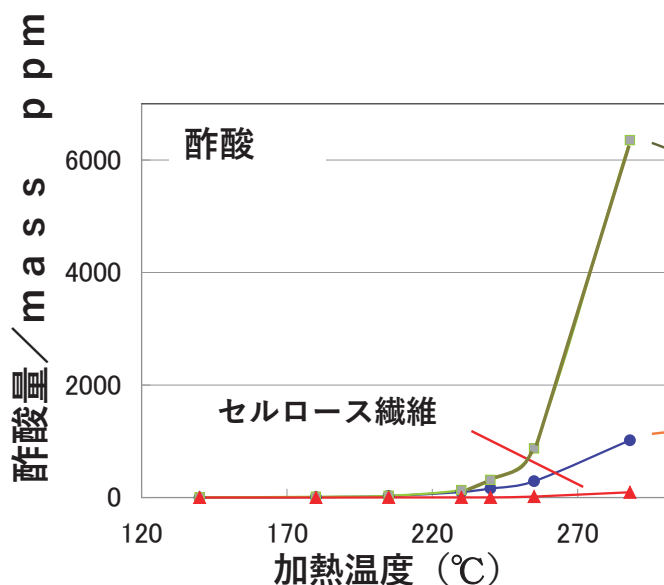
射出成形時の熱により、植物繊維強化複合材から発生する成分とその金型への影響を解明する



● TABWDの製品化で取り組んだこと

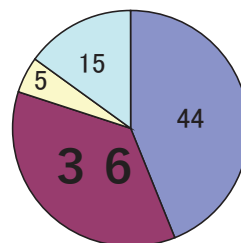
射出成形時の熱による植物繊維強化複合材の分解成分の特定 **成分比率 (%)**

**酢酸の発生源**

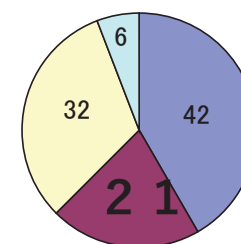


■ : セルロース      ■ : リグニン  
■ : ヘミセルロース   ■ : その他

草本繊維



木本繊維



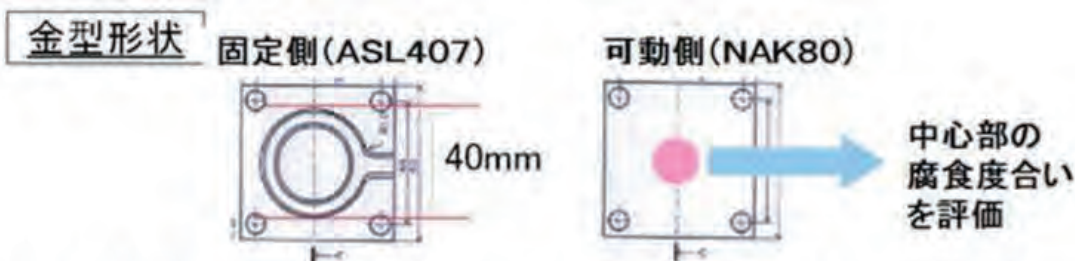
**酢酸発生量は、植物繊維中のヘミセルロース含有率に影響**

33

● TABWDの製品化で取り組んだこと

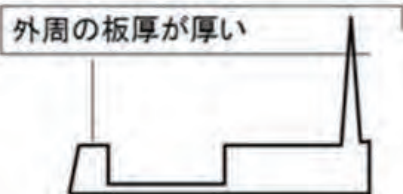
**射出成形時に生じる熱分解が金型に与える影響**

⇒ 金型の腐食を促進させる意地悪試験を実施

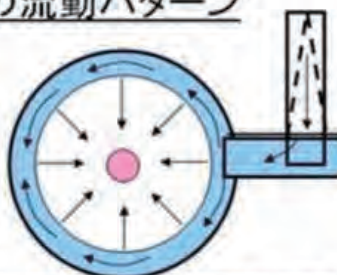


特徴①ガス抜き機構がない→樹脂から出たガス成分を逃がさない

成形物断面形状



樹脂の流動パターン



特徴②発生したガスが中心部に集まる→腐食を促進する

- TABWDの製品化で取り組んだこと

## 外観観察（試験後[3000ショット]の金型）

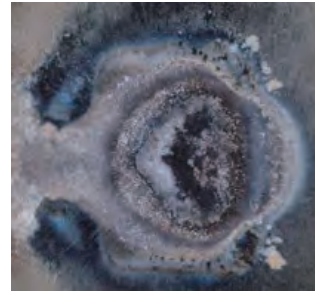
木本繊維

草本繊維

全体



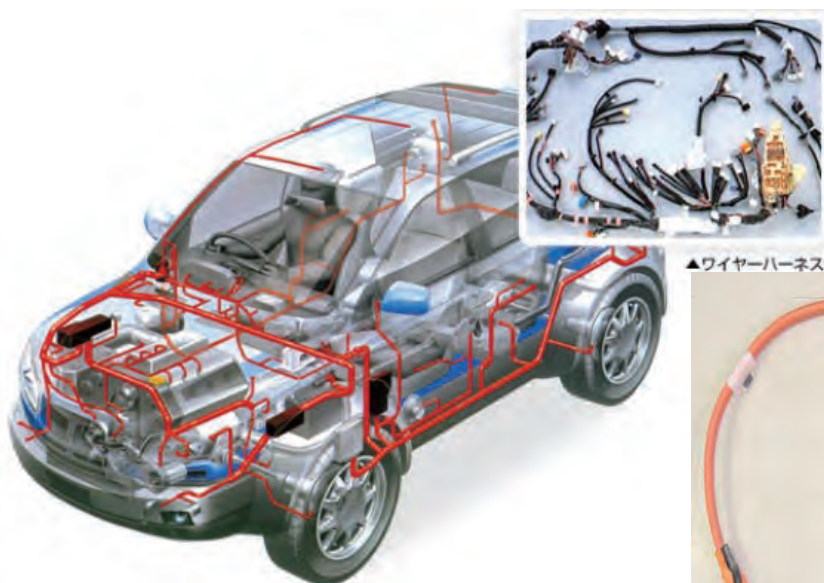
中心部  
拡大



程度が異なるが、金型の腐食がみられた。

- TABWDの製品化で取り組んだこと

## ワイヤーハーネスプロテクターの開発



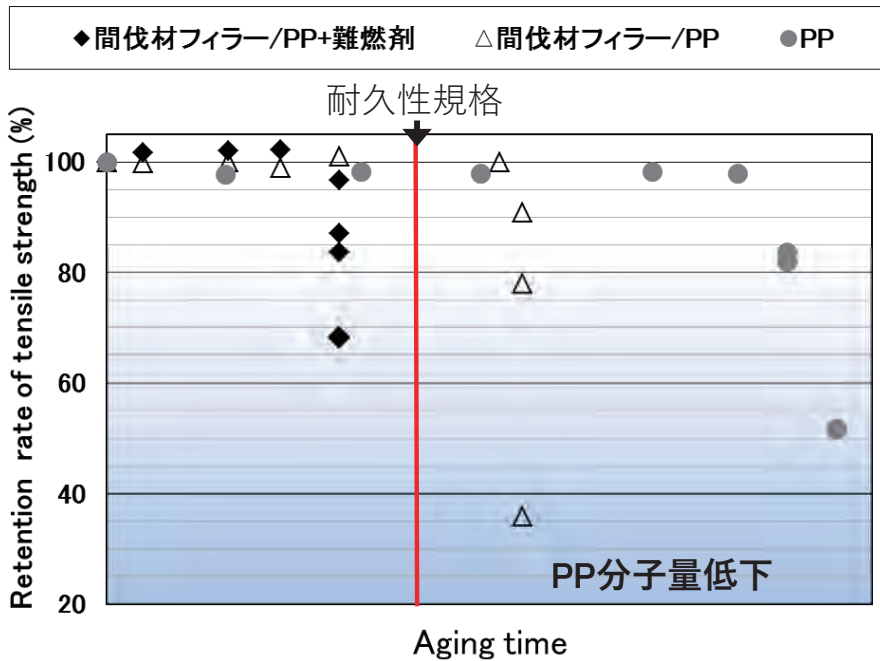
▲ワイヤーハーネス





● TABWDの製品化で取り組んだこと

高温耐久性(テストピース評価)  
間伐材フィラー複合材の高温耐久性

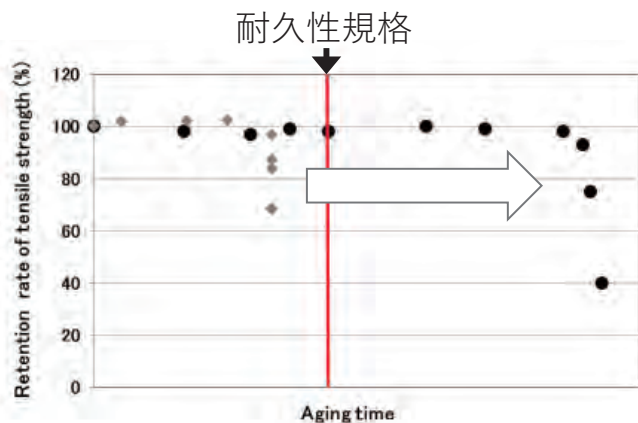


間伐材フィラー、難燃剤はPPの酸化分解を促進する可能性

● TABWDの製品化で取り組んだこと

ワイヤーハーネスプロテクターへ採用

難燃剤の適切な選定、配合、酸化防止剤、金属不活性剤の添加検討により要求性能を満たした。



難燃特性○ 高温耐久性確保

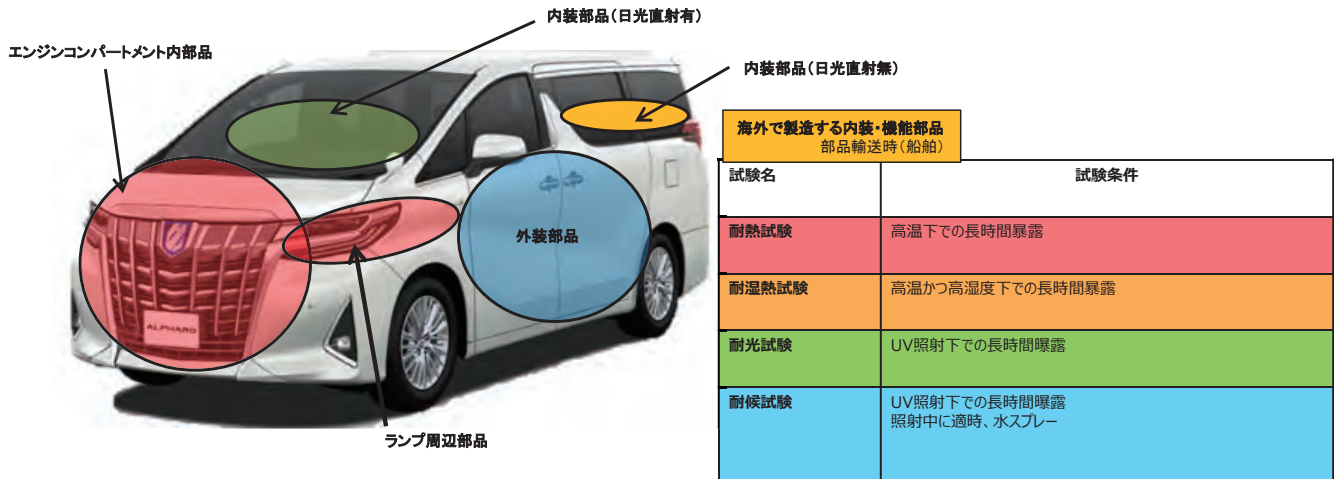
	間伐材フィラー/PP
軽量化	○
耐融雪剤	○
耐熱性	○
難燃性	○
高温耐久性	○
コスト	○
環境貢献 (カーボンニュートラル)	○

## 社会実装に向けて取り組んでいること

### 社会実装を加速させるためにエンジニアとして

例えば、部品の使用環境から劣化要因が異なる

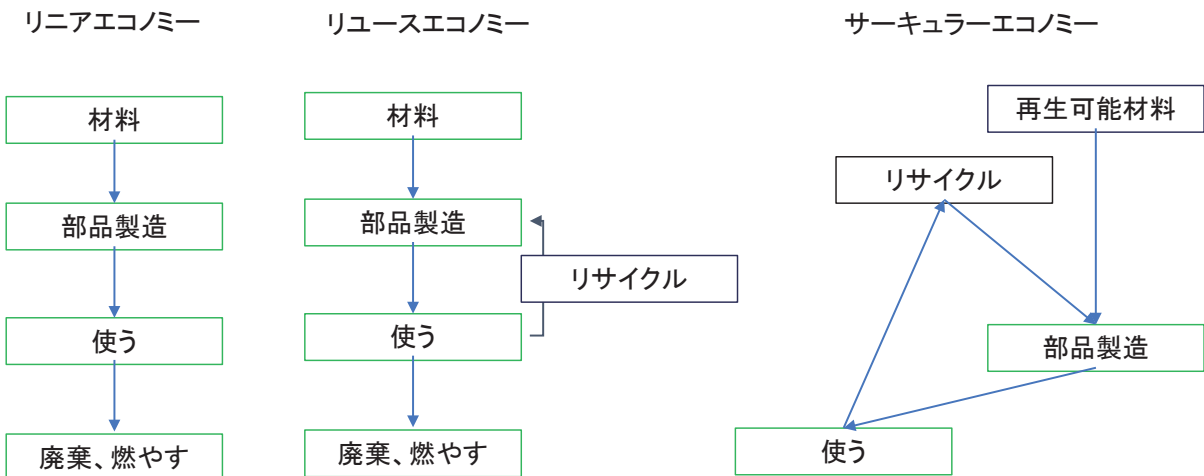
各種自動車部品が晒される環境で耐久試験を実施⇒積極的に課題抽出



⇒「目指したい姿は何か」という部分を聞き出して、そこから本当の問題を洗い出し、対応していく事

## 木質バイオマス利用推進に向けて

### 植物材料を使った部品のサーキュラーエコノミーへの貢献





## 木質バイオマス利用推進に向けて

### 森と製品・2つのループをつなぐ

健やかな森を育てるサイクルと、素材を繰り返し使うサイクルの2つをつなぐことで  
CO<sup>2</sup>の排出を削減しカーボンニュートラルに貢献します



「森をはこぶ」