

CNF が変わる 次世代モノづくり

— 性能・研究・LCA で見る実装可能性 —

環境省 ナノセルロースプロモーション（NCP）事業

目次

・ 冒頭あいさつ	1p
・ 次世代新素材「セルロースナノファイバー（CNF）」とは	2p
・ CNF× サークュラーエコノミー	3p
・ LCA で環境影響の見える化	4p
・ CNF 材料の社会実装を支えるサポート体制	5p
・ CNF+高機能プラスチック性能	6p
・ CNF+リサイクルプラスチック	7p
・ CNF+バイオプラスチック	8p
・ CNF+発泡プラスチック	9p
・ CNF+3D 造形技術	10p
・ NCV コンセプトカー	11p
・ CNF 新製造プロセス～京都プロセス（第4世代）について～	12p

冒頭あいさつ

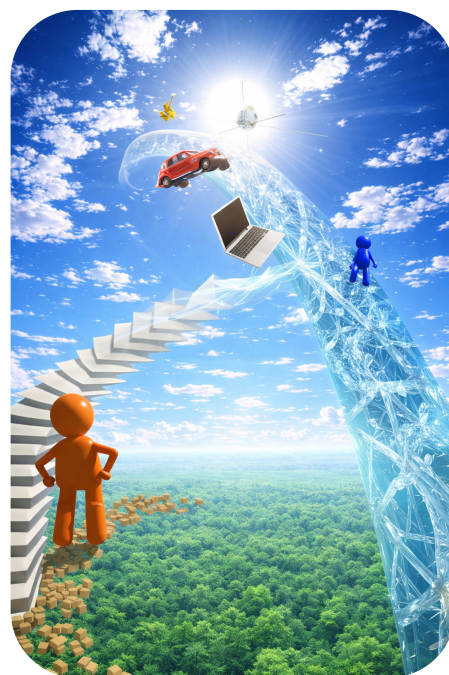
セルロースの起源は 10 億年以上前の海の中に遡るといわれています。地球誕生が 46 億年前のビッグバンですから、セルロースはその時間スケールで比べることができる素材です。その後、陸上に上がって 5 億年。この長い時間はセルロースを栄養源とする生物を陸上に産み出し、セルロースは本質的に生分解性の物質となりました。その生分解性を制御する多くの技術はすでに開発されており、セルロースを環境負荷の小さな耐久材料へと変換することが可能になっています。

また、現在の産業を支えている金属、プラスチック、セラミックスはいずれも二酸化炭素を排出して製造されますが、植物が生産するセルロースは光合成により大気中の二酸化炭素を吸収して作られます。この点が既存の産業素材と大きく異なる点です。

近年、これらの優れた環境性能に加え、セルロースが形作るセルロースナノファイバー（CNF）の構造材料としての優れた特性に注目が集まっています。植物が作り出すセルロースはすべて結晶性（伸びきり鎖結晶）ナノファイバーとして存在し、鋼鉄の 1/5 の軽さで 5 倍以上の強度を有し、マイナス 200℃からプラス 200℃までの広い温度範囲で強度や剛性がほとんど変化しません。

21 世紀に入り、この優れた性能を活かした材料の開発が世界中で急速に進んでいます。とりわけ軽量で高強度の CNF については自動車等モビリティへの応用が期待されるようですが、そこにはコストの壁が立ちはだかっています。その壁を突破するには CNF 材料を作る側と使う側の連携が不可欠です。

環境省“ナノセルロースプロモーション（NCP）事業”は、無償でのサンプル提供、用途に合わせた材料のカスタマイズ、LCA 等による環境性能評価を通して、製造企業とユーザー企業を繋ぎ、コスト / パフォーマンスの壁を越えた CNF 材料の社会実装を支援しています。簡単な NDA で用途に応じた CNF 材料を提供いたします。



一緒になって無人の荒野を開拓し、日本発の環境素材で世界に打って出ませんか？

次世代新素材 セルロースナノファイバー（CNF）とは

概要

- ・日本における森林は国土面積の約 7 割を占める貴重な資源です。
- ・資源小国である日本においては輸入に頼る部分が多く、自国の資源を活用することが課題とされています。
- ・新素材 CNF は、再生可能でありサーキュラーエコノミーの実現に資するとしてその活用が望まれています。

CNF とは

- ・木材などの植物資源から化学的・機械的処理によって得られる、ナノサイズの繊維状素材です。
- ・軽量かつ高強度であり、熱膨張性が低く、生分解性も備えていることから、環境負荷の少ない次世代素材として注目されています。すでに自動車、家電、住宅、建材などの分野で実用化が進んでいます。
- ・森林資源や植物バイオマスといった、再生可能でカーボンニュートラルな国内資源から製造できるため、持続可能な資源利用の観点からも有望です。
- ・環境省ではこれまで、CNF を活用した製品の開発や実証事業を推進しており、循環型社会の実現に向けた社会実装を支援しています。

CNF の活用例



CNF の製造方法

植物バイオマス



木材繊維（パルプ）



セルロースナノファイバー



北越紀州製紙

京都大学

CNF × サークュラーエコノミー

サーキュラーエコノミーとは

持続可能な開発に貢献するため、資源を一度使って廃棄する「使い捨て型」の経済から脱却し、製品や素材、資源をできるだけ長く使い続けることを目指すのがサーキュラーエコノミーです。

修理・再利用・リサイクルを通じて資源の価値を循環させることで、廃棄物の削減や資源消費の抑制を図り、環境負荷の低減と持続可能な社会の実現を目指します。

サーキュラーエコノミーにおける森林の役割と重要性

- ◆環境：再生可能なバイオマス資源としての活用
- ◆経済：地域経済を支える土台、新たな価値創出
- ◆社会：自然と調和した暮らしの基盤

新素材 CNF を活用したサーキュラーエコノミーの実現

サーキュラーエコノミーを実現するためには、循環を前提とした製品設計と、それを支える素材選択が重要です。

CNF は植物由来の再生可能資源を原料とし、軽量性や高強度といった特性を活かすことで、製品の軽量化や高性能化を可能にします。

これにより、使用材料の削減や製品の長寿命化が進み、資源使用量の抑制や廃棄物削減に貢献します。

さらに、化石資源由来材料の一部代替や、設計自由度の向上を通じて、環境配慮と機能性を両立した製品開発を後押しします。

CNF は、素材レベルから循環型の考え方を組み込むことで、新しいものづくりの可能性を広げる素材です。



LCA で環境影響の見える化

ライフサイクルアセスメント（LCA）とは

LCA（ライフサイクルアセスメント）は、製品やサービスが環境に与える影響を、原材料の調達から製造、使用、廃棄に至るまでのすべての工程で評価・数値化する手法です。

再生可能資源から生まれたセルロースナノファイバー（CNF）のような新素材も、どの工程でどれだけの資源やエネルギーを使い、どのような環境負荷が発生しているのかを可視化することで、その価値を正しく伝えることができます。

LCA は、ものづくりにおける「環境との向き合い方」を見直し、サステナブルな選択を後押しするための重要なツールです。



【事例紹介】NCV(ナノセルロースヴィークル) 事業

次世代素材 CNF(セルロースナノファイバー) を活用して、2020 年に 10 %程度の軽量化を目標に、実際に製造してみようと 22 の大学・研究機関・企業が目的を共有して実施したプロジェクトです。



◆検討内容

自動車部材を CNF 材料で試作し、そのプロセスを具体化した部材について、CO₂ 削減や強度、断熱性などの性能評価を行いました。



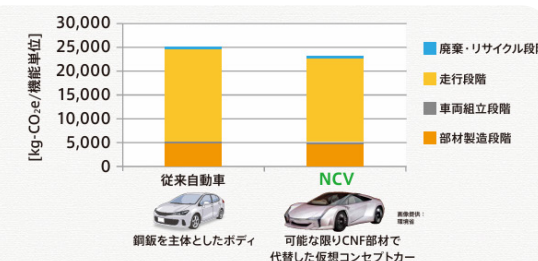
◆結果

自動車部材として実現可能な CNF 材料について、製品活用時の CO₂ 削減効果の評価・実証を行った結果、軽量化により 16%、燃費改善効果により 11%の削減ポテンシャルが見込まれるという結果になり、NCV の有用性が示されました。

ライフサイクルCO₂排出量 (ガソリン車)

2020年 技術ポテンシャル

- 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%



CNF材料の社会実装を私たちがサポートします

脱炭素社会・循環経済・分散型社会への移行による持続可能で強靱な経済社会へ



石油由来素材からの 転換を お考えですか？

石油由来素材からの転換は、未来への大きな挑戦です。
私たちは豊富な知見とネットワークで、その一歩を強力
にサポートし、持続可能な社会の実現を共に目指します。

新製品・新技術を見つけたい

環境に良い素材を使いたい！

最新の開発状況や実用例は？



CNFにご興味を持たれたら、お気軽にご相談ください

体制：地域との連携によるCNF社会実装モデル



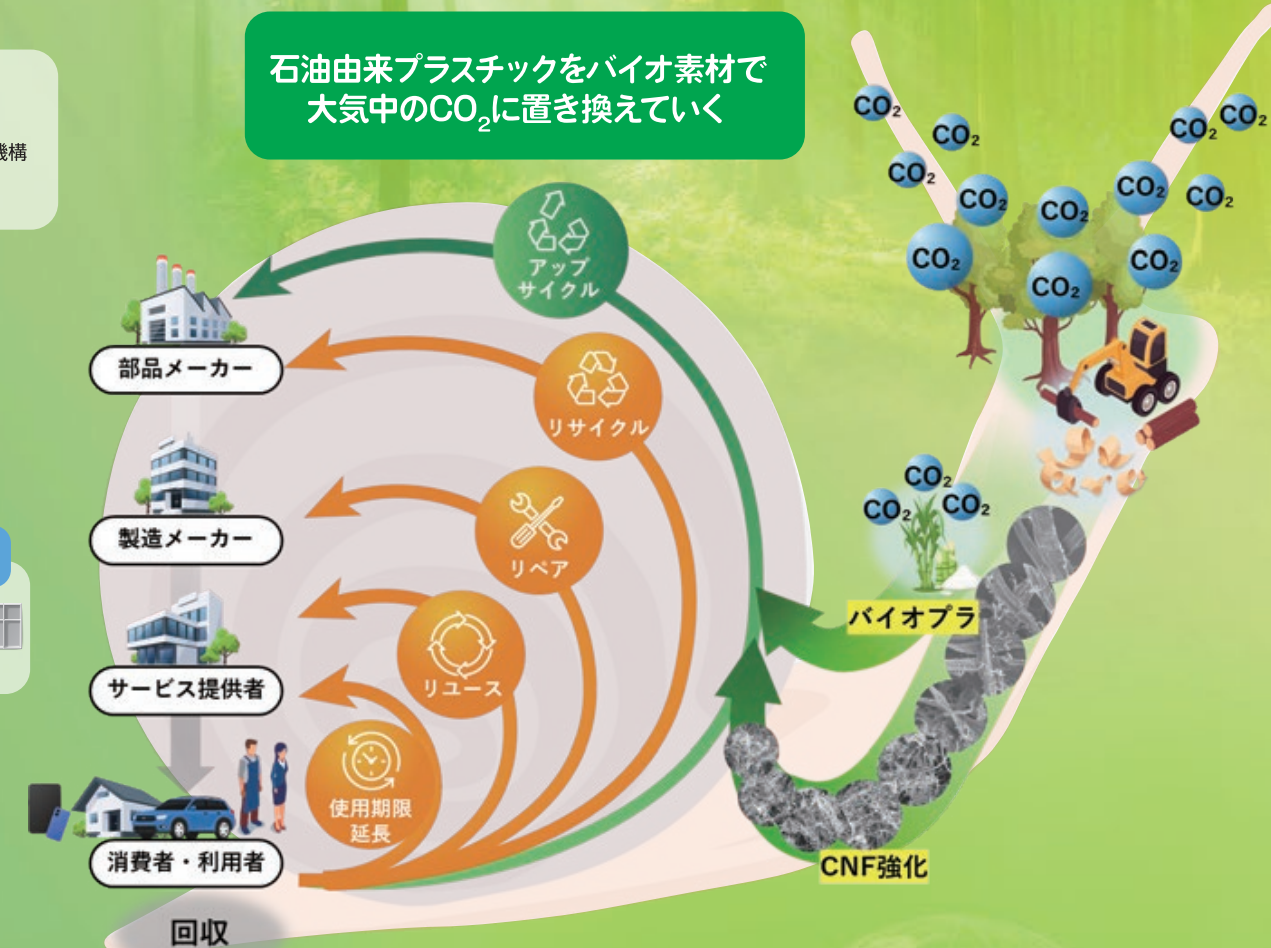
HUB拠点による支援内容



目標：循環融合（カタツムリモデル）



石油由来プラスチックをバイオ素材で
大気中のCO₂に置き換えていく



持続可能で強靱な経済社会
を共に築きませんか

たった1割の添加が、プラスチックの性能を劇的に変える CNFが創る高機能プラスチックの未来

CNFがもたらす革新的な技術をご覧ください。CNFをわずか1割添加するだけで、ポリプロピレン(PP)の剛性を2倍に高め、自動車部品の軽量化と化石由来プラスチックの使用量削減を目指す技術、そして塩化ビニル(PVC)の熱膨張や熱変形を抑制し、高耐熱で高性能な住宅用サッシ部材を実現する技術をご紹介します。私たちは、CNFがプラスチックの未来をどのように変えるか、具体的な性能データと共にお見せします。



自動車部品の軽量化と高剛性化

PP + CNF = 剛性2倍、化石由来プラスチック3割減へ
ポリプロピレン

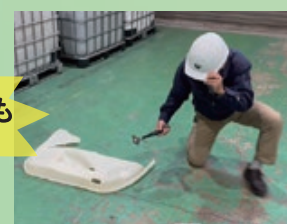
ポリプロピレン(PP)は自動車のバンパーや内装材に多用されています。CNFの複合化により、PPの剛性や寸法安定性が大きく向上します。

自動車ドアトリム



MFR:3g/10minでも
細部まで充填

ハンマーで叩いても
割れません!



打撃部分は白化。
エラストマー部分が衝撃で収縮しポイド形成。
そこからエネルギーを吸収する
微小クレーズが無数に発生

目標は
イチ、ニイ、サン
!!!

1 イチ(1割添加)

バイオ素材(CNF)を1割添加し、

2 ニイ(2倍)

剛性を2倍に向上させ、

3 サン(3割減)

剛性向上で部品を2割薄肉化し、化石由来
プラスチックの使用量を3割削減



住宅用断熱サッシの高耐熱化と低熱膨張化

PVC + CNF = 熱変形を抑制し、高性能サッシを実現
塩化ビニル

省エネ・脱炭素には住宅の高断熱化が重要です。
CNFは熱による膨張・収縮を抑制し、高性能サッシ部材を実現します。

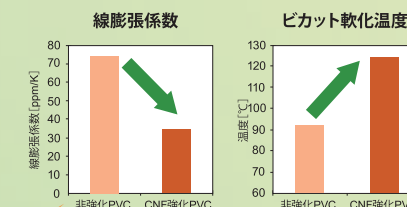
住宅用断熱サッシ



従来の窓枠に使われる塩化ビニル(PVC)は、熱による膨張や収縮が大きく、また夏場に強度が低下するという課題がありました。

私たちは、CNFをPVCに複合させることで、この課題を解決します。資料のデータが示すとおり、CNF強化PVCは熱による変形を大幅に抑制し、線膨張係数を約1/2に、耐熱温度を30℃向上させることが可能です。

性能データ



CNF強化PVC:線膨張係数が約1/2に
ビカト軟化温度:30℃向上

CNFにご興味を持たれたら、お気軽にご相談ください



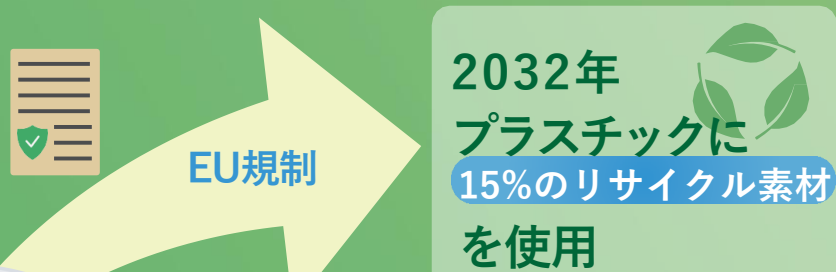
新車ELV規則に対応するCNF&リサイクルプラ



2032年には、「EUで販売する」新車のプラスチックに15%のリサイクル素材使用が義務付けられるELV規則が施行されます。リサイクルプラスチックの「強度低下」や「性能ばらつき」といった課題を、私たちはCNFで解決します。ここでは、CNFがリサイクルプラスチックの性能を劇的に向上させ、環境規制と製品性能の両立を可能にするソリューションをご紹介します。

リサイクルプラスチックの課題

2032年までに新車のプラスチックに15%のリサイクル素材使用が義務付けられるELV規則は、自動車メーカーにとって大きな挑戦です。しかし、リサイクルプラスチックは、再生を繰り返すたびに強度が低下し、性能にばらつきが生じるという課題を抱えています。私たちはこの問題を解決し、厳しい規制をクリアするための道を示します。



環境への配慮



ELV規則を乗り越えるソリューション

リサイクルプラスチック + CNF = リサイクルプラスチックの性能が大きく向上

CNFをわずかに添加するだけで、リサイクルプラスチックの性能は劇的に向上します。10%のCNF添加で、剛性・強度を1.5倍に高めることが可能です。これにより、品質を安定させながら、環境規制と製品性能を両立できます。私たちはCNF強化プラスチックが繰り返しリサイクル可能であることを証明し、持続可能なモノづくりを支援します。

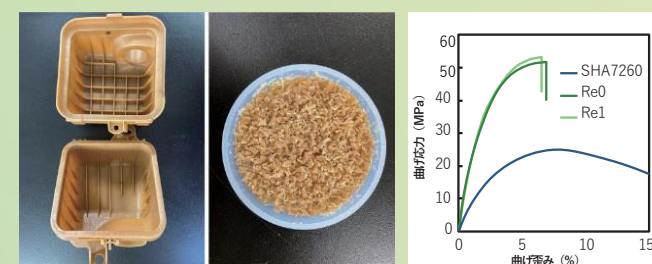
10%のCNF添加で剛性1.5倍、強度1.5倍

バレット材	曲げ弾性率 (MPa)	曲げ強度 (MPa)	破壊ひずみ (%)	シャルピー強度 (kJ/m ²)	MFR (g/10min)
Recycled PP	913 (9)	25.6 (0.1)	-	59 (0.9)	-
CNF2%/RePP	1040 (12)	28.7 (0.1)	-	12 (0.5)	3.8
CNF5%/RePP	1378 (11)	35.2 (0.2)	-	8.4 (0.3)	-
CNF10%/RePP	1500 (17)	37.9 (0.1)	-	5.3 (0.4)	7.3

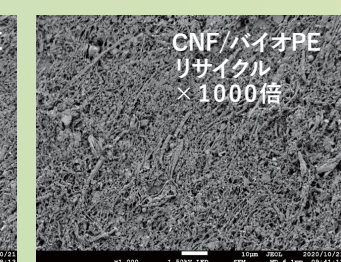
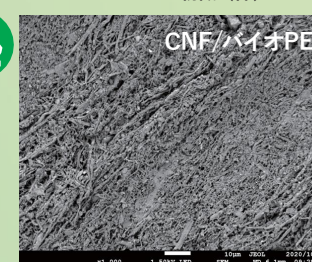
自動車内装材	曲げ弾性率 (MPa)	曲げ強度 (MPa)	破壊ひずみ (%)	シャルピー強度 (kJ/m ²)	MFR (g/10min)
Recycled PP	1220 (P5)	35.3 (0.30)	-	5.97 (0.29)	35
CNF2%/RePP	1518 (26)	39.8 (0.54)	-	4.28 (0.06)	24
CNF5%/RePP	1882 (37)	45.5 (0.25)	-	3.18 (0.42)	13
CNF10%/RePP	2687 (7)	58.6 (0.04)	6.90 (0.07)	2.40 (0.06)	4.6

成形→粉碎→成形

リサイクル可



トヨタ紡織（株）



CNFにご興味を持たれたら、お気軽にご相談ください

CNFが広げるバイオプラスチックの可能性

石油由来プラスチックからの脱却と、製品の高性能化を両立するCNFは、今や未来のプラスチックに不可欠な素材です。植物の力を最大限に活かし、CO₂排出量を大幅に削減するバイオPEや、分解を促進しながら強度を保つ生分解性プラスチックといった、CNF補強がバイオ素材に新たな可能性をもたらす具体的な事例をご紹介します。



日用成形品

環境性能を飛躍的に高める新素材

バイオPE + CNF = 植物の力でCO₂を大幅削減
バイオマスポリエチレン

植物由来のバイオマスポリエチレン(バイオPE)とCNFの組み合わせで、CO₂排出量の少ない高性能プラスチックを開発。化石資源由来プラスチックの代替を目指します。

CNF強化バイオPE製品、試作品



番号札 (株)上山製作所

16%
CO₂削減

茶碗 ユニオン産業(株)

36%
CO₂削減

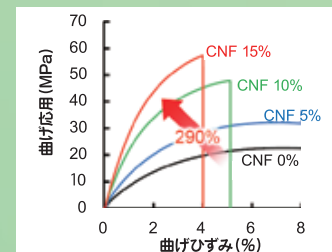
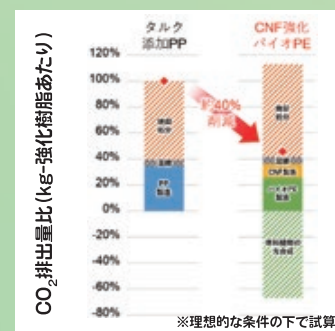
性能データ

<曲げ弾性率>

CNF 0% 1110 MPa → CNF 15% 3220 MPa
290% UP

<荷重たわみ温度(1.80 MPa)>

CNF 0% 47.1 °C → CNF 15% 108.3 °C
61.2°C UP

CO₂排出量削減ポテンシャル

タルクを添加したポリプロピレン(PP)と比較して、CNF強化バイオPEではCO₂排出量を約40%削減することが可能です。

環境志向製品ブランディングへ

プラスチック
トレイ等

分解速度UP、そして強度も維持

生分解性プラスチック + CNF

= 分解を促進しながら、分解過程での強度性能を維持

生分解性プラスチックにCNFを複合させることで、生分解性プラスチックの用途が広がり、環境性能と製品性能を両立した新しいモノづくりが可能になります。

性能データ

<CNF10%PBSの曲げ弾性率と生分解性>

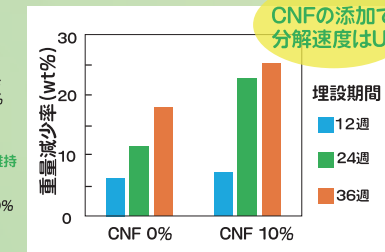
CNF 0% 270 MPa → CNF 10% 1450 MPa
540% UP

土壌埋設 → 24週 1500 MPa
36週 780 MPa

土壌埋設前後の外観



土壌埋設による重量変化



光学顕微鏡観察像



*微生物を青色に染色して観察

CNFを10%添加した材料は、無添加のものと比較して、曲げ弾性率が約3倍に向上します。さらに、土壌に埋設後も、CNFが骨格として一定期間強度を維持しながらも分解を加速します。

CNFにご興味を持たれたら、お気軽にご相談ください





軽量化と高強度を両立する CNF発泡プラスチックの革新

CNFが発泡プラスチックの課題を解決し、新たな価値を創造する技術を紹介します。CNFを複合化することで、発泡倍率の向上、気泡の微細化と均一化、さらには収縮の抑制までを実現。軽量化と高弾性率化を両立させ、ランニングシューズやスタックアップコンテナといった具体的な製品への応用も進んでいます。

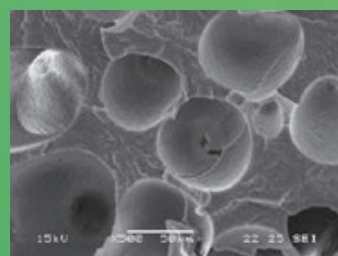


軽量化と強度向上を両立

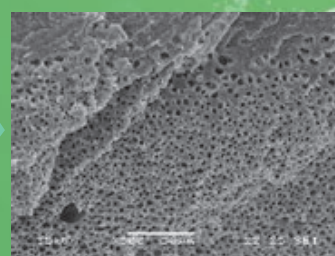
発泡プラスチック + CNF = 気泡を微細化し、成形性と強度を向上

発泡プラスチックは材料削減と部材の軽量化に非常に効果的ですが、一般的に強度が低下するという課題を抱えています。私たちは、CNFを複合化することでこの問題を解決しました。CNFの添加により、発泡体の気泡をより微細で均一にし、強度を改善。さらには、成形性を向上させながら収縮を抑制することが可能です。これにより、CNF発泡プラスチックは、軽量でありながらも高強度な、これまでにない新しい自動車部品やスポーツ用品、緩衝材、パッケージ材として、その可能性を広げていきます。

気泡の微細、均一化



ポリアミド (PA6)



Ac-CNF10%添加

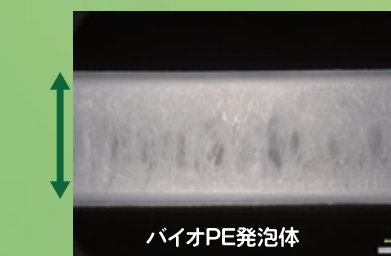
軽量・高弾性率化

性能データ

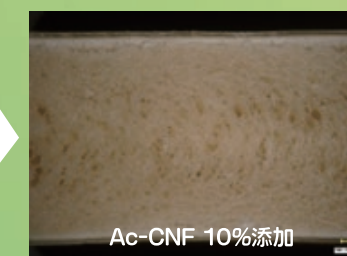
材料	成形法	密度 (g/cm ³)	弾性率 (GPa)
PA6	未発泡	1.13	2.47
Ac-CNF3%	2倍発泡	0.75	2.56
Ac-CNF5%	2倍発泡	0.72	2.81
Ac-CNF10%	2倍発泡	0.71	3.41
	3倍発泡	0.59	2.60

Ac-(アセチル化)CNF添加により
PA6未発泡体に比べて低密度・高弾性率化

最大発泡倍率向上

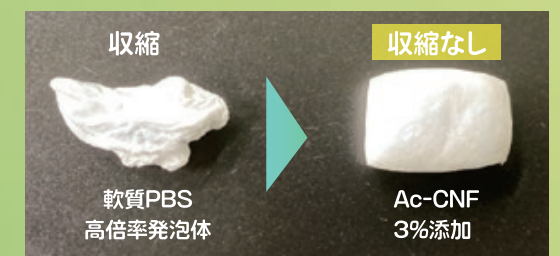


3倍発泡



5倍発泡

収縮抑制



実用化事例

ランニングシューズ



ミッドソールに使用

株式会社アシックス
軽量化と耐久性の両立

スタックアップコンテナ



株式会社吉川工業所
約8%のCO₂削減

CNFにご興味を持たれたら、お気軽にご相談ください

モノづくりの未来形：CNFがかなえる3D造形

私たちは、CNF強化プラスチックを3Dプリンターで造形する革新的な技術に取り組んでいます。この技術は、金型が不要なため、部品設計の微調整や複雑な形状の部品製造、小ロット生産を容易にします。さらに、CNFが持つ軽量化や高強度、リサイクル性といった優れた特性を付与することで、これまでのモノづくりの常識を覆します。

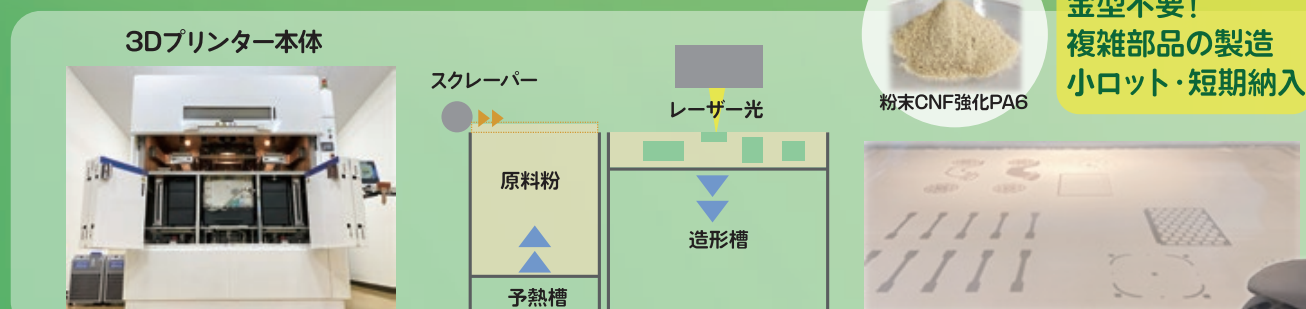


CNFが変える、製造のプロセス

3Dプリンティング + CNF = 金型レス、複雑・高強度な部品を素早く製造

この革新的な技術は、金型を必要としない3Dプリンティングの利点を最大限に引き出します。複雑な形状や内部構造を持つ部品も、設計図から直接造形することが可能です。これにより、部品設計の微調整や、多品種小ロット生産、そして短期間での製品納入が容易になります。私たちは、CNFと3Dプリンティングの融合により、これまでの製造の制約から解放された、新しいモノづくりの形を提案します。

PBF: Powder Bed Fusion (粉末床溶融結合式)

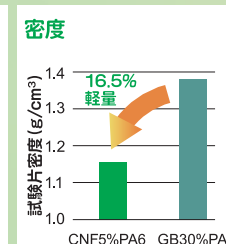
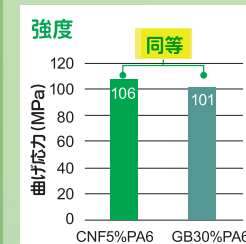


CNFにご興味を持たれたら、お気軽にご相談ください

高性能とリサイクル性を両立

CNF強化3Dプリンティング材料は、単に金型が不要だけでなく、優れた物理特性も兼ね備えています。CNFの添加により、材料の密度が低くなり、完成部品の重量を10%削減することが可能です。さらに、市販のガラスビーズ入り材料と同等の強度を達成しながら、ガラスビーズ入り材料とは異なりリサイクルが容易であるという大きな利点があります。CNFは、製品の高性能化と持続可能性を両立する、未来の素材です。

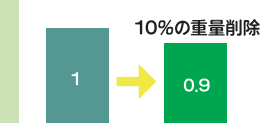
性能データ



CNF5% / PA6
・市販GB30% / PA6と同等強度
・低比重
(部材軽量化へ寄与)

ガラスビーズ入りと異なりリサイクル容易

1 軽量化

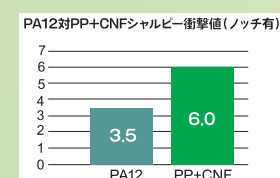


PP



機能を有する製品を金型無しで一体化製作し軽量化が可能

2 耐衝撃性/シャルピー衝撃 (ノッチ有)



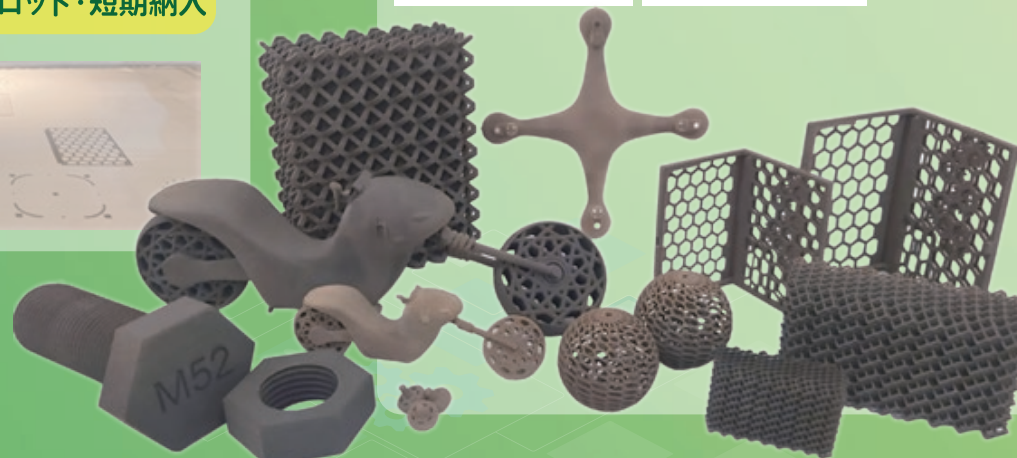
既存材料に対し2倍近い耐衝撃性を発現。自動車内装部品への適用が可能

3 マテリアルリサイクル：CNF配合材料での物性低下は確認されない

回数	曲げ弾性率 (GPa)	曲げ強度 (MPa)	曲げ試験 破断時曲げひずみ (%)	シャルピー衝撃強度 (ノッチ無し) kJ/m²
1回目	1.63	23.7	2.28	7.67
2回目	1.60	25.0	2.07	7.90
3回目	1.68	24.6	1.96	8.10
4回目	1.62	25.3	1.98	7.70
5回目	1.63	24.8	1.98	6.56
6回目	1.60	25.3	2.00	6.91



リサイクル材に添加し物性回復。再リサイクルも可能



CNFが実現した未来の車 Nanocellulose Vehicle (NCV)

環境省が主導した「Nanocellulose Vehicle (NCV)」プロジェクトの成果をご紹介します。これはCNFを可能な限り使用し、4年をかけて開発され、2019年の東京モーターショーに出展された走行可能な試作車です。CNFの活用により、一般的な自動車と比較して16%の軽量化、時速100kmでの走行試験で11%の燃費向上という目覚ましい成果を達成しました。植物由来のCNFが、自動車の未来を大きく変える可能性を示しています。



16%
軽量化

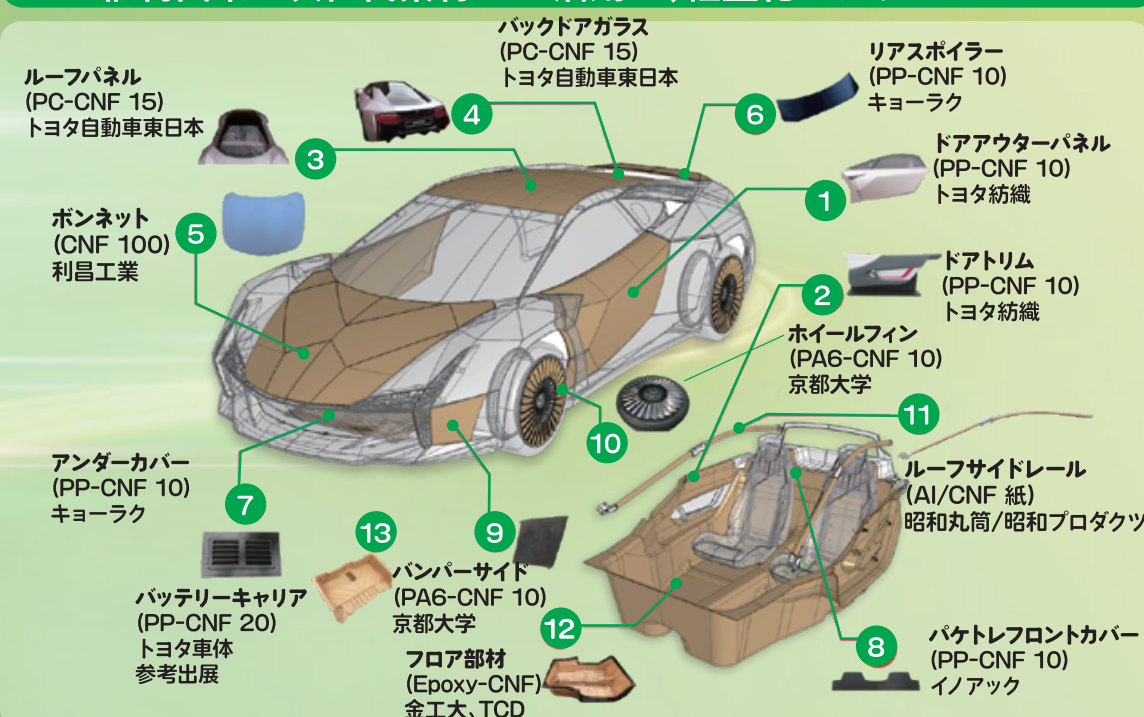
11%
燃料向上

NCVプロジェクトでは、CNFを車体13品目に実装し、16%の軽量化と11%の燃費向上を達成しました。これは、植物由来のCNFが自動車の軽量化という課題を解決し、未来の環境性能を具体的に証明した画期的な成果です。

カーボンニュートラルの実現へ CNFが証明した未来性能

環境省 NCV Pj 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

植物由来の次世代素材CNF活用で、軽量化にチャレンジ



この成果は、京都大学が代表事業者となり、22の大学・研究機関・企業等による共同開発によって実現しました。ルーフパネル、ボンネット、ドアトリムなど、車体の主要な13品目にCNF材料が適用されています。CNFは、分野を超えた連携の力で、自動車産業に革命を起こします。

産学官22の力が 生んだ共創イノベーション

京都プロセス 第4世代 — 高効率リアクティブプロセッシングで拓くCNFの未来 —

～森林資源の恵みを、産業競争力強化と環境価値創造に活かす社会へ～

セルロースナノファイバー (CNF) は、木材由来の軽くて強い素材です。京都大学が開発した「京都プロセス第4世代」では、パルプをそのまま樹脂と直接混練して変性、ナノ解繊する新しい方法を採用しています。従来4工程だった製造工程を2工程とし、低コスト・低CO₂排出・大量生産を可能とする技術です。

本技術によるCNFの更なる普及により、再生可能な森林資源としてのCO₂吸収・貯留量が増えます。CNFを使用した製品は軽量化が可能で、例えば自動車では燃費向上に貢献することが示されています。また、化石資源由来の樹脂使用量を減らすこともでき、ライフサイクル全体でのCO₂削減効果が期待されます。

NCP事業はLCA評価 を支援します

LCA評価による商品化支援例

(株)吉川国工業所
「スタックアップコンテナ」
軽量化によるCO₂排出削減効果



ベス工業(株)
「ブラシ・コーム」
樹脂置き換え ABS→
PPIによるCO₂排出削減効果



CNFにご興味を持たれたら、お気軽にご相談ください

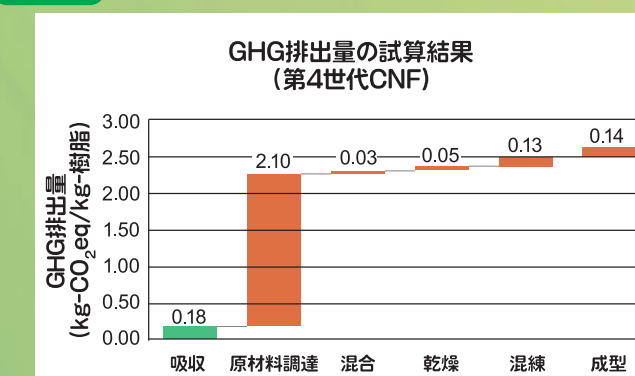
CNFが実現するサステナブルな循環

森から製品まで第4世代のフロー



森から製品まで、 ライフサイクル全体で CO₂を減らすCNFの力

性能データ



本技術により製造された樹脂(第4世代CNFとします)のGHG排出量を試算しました(上図)。CO₂を吸収する森林資源を活用したCNFの使用により、CO₂吸収・貯留効果によるGHG排出量の削減貢献が得られます。需要者・最終製品の要求品質に届えることはもちろん、「CNF配合割合に応じたGHG排出量の削減の主張」も可能となります。「京都プロセス第4世代」は、持続可能な社会を支える次世代材料技術として注目されています。