

森の空気を吸って育ったスーパーカー

矢野 浩之（生存圏研究所 教授）



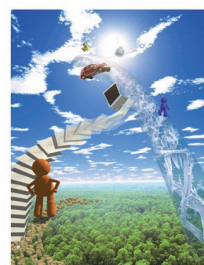
皆さん、こんにちは。ただ今ご紹介いただきました、京大生存圏研究所の矢野です。今の紹介にありましたように、私は生粋の信州人でして、今日も実家からお城の中を抜けてこの会場に来たところです。

私は、今日はこういったタイトルで話をさせていただきますが、その前に、うちの研究所について簡単な紹介をさせていただきます。2004年にできた研究所ですが、人間が活動する範囲は、宇宙から森林、そういったところまで幅広くありますけども、その中で起こっている出来事を把握して、人間が生きていくために必要な技術を開発する目的でできた研究所です。

京都大学には、キャンパスが3つあります。京都の北のほうにある本部、西のほうにある工学部、そして宇治市なんですけれど、京都市内からちょっと離れたところですが、そこに私もがいます理科系の研究所を集めたキャンパスがあるわけです。ただ、歴史的には2番目に古くて、研究所から直線で3キロぐらいのところに、10円玉のデザインで有名な平等院がある、そういう環境で研究活動をしております。

私のことを簡単に紹介させていただきます。飯田で生まれて、須坂に行きまして、穂高南小学校を卒業して、丸の内中学、松本深志高校、ずっと長野県の中を移動してきた人間です。中学・高校のときには、家の裏山ですべて野鳥の観察をしていました。大学を出て大学院に入るまでの間は、3カ月くらいボルネオに行っていました。

森の空気を吸って育ったスーパーカー



京大大学生存圏研究所 矢野浩之

生存圏研究所: 2004ー



2

京都大学宇治キャンパス



3



①丸の内中学、松本深志高校時代は野鳥を追っていました。



②ボルネオ島でのサゴヤシ調査：農学部時代

4

- 京都大学 農学部 林産工学科→ボルネオ3か月
→京都大学 木材研究所(大学院)
→京都府立大学 林学科(助手、講師)
→京都大学 木質科学研究所
(現生存圏研究所、助教授、教授)
- 専門: バイオマス資源(木材、竹等)を用いた材料開発

5

私の大学院に入ってからのご歴史をこちらに書いてありますが、林産工学科というのは、木材を専門に勉強する学科なんですね。そこから大学院で木材研究所に移りまして、助手、講師で、京都府立大学の林学科で過ごして、木質科学研究所という、今の生存圏研究所の前身になります。そこに移ってきました。このように、木材を一筋に専門にして研究をやってきた人間です。

皆さんは木材なんて、今更何か研究することはあるのかと思われるかもしれません。私も大学に入ったときは、非常にがっかりして、ここで何を勉強するのかと思ったのですが、実は非常に奥の深い面白い材料です。今日は、その木材を使ってスーパーカーを作った話をさせていただきます。

まずは木材の作り手が、樹木です。樹木は、皆さんご存じのように、光合成によって大気中の二酸化炭素を吸収・固定してくれるものです。その成長過程でダムのような働きをしたり、あるいは荒れた土地を修復してくれたり、そういう環境を守る機能があり、なおかつそこから作り出される木材は、ケミカル、エネルギー、そしてマテリアルとして使われる。非常に、私たちにとってはありがたい存在です。

特に日本は国土の7割が森林に覆われた、先進国の中でも珍しい森林国なんですね。その裏山、つまり人工林なのですが、スギとかヒノキを植えています。こちらでご覧いただきたい

森の空気を吸って育ったスーパーカー



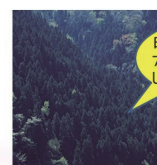
6

植物は善である



7

日本の持続型資源:人工林で木材が毎年3000万トン増えています。



日本は国土の7割が森林。しかも、...

我が国では人工林の蓄積量が毎年7500万m³増加しています。スギ、ヒノキ中心の木材1m³の重量を約400kgとすると、人工林で毎年3000万トンの木材が増え続けていることになります。



出展: 林野庁 森林資源の状況。平成24年3月

8

のが、緑色の部分がスギ・ヒノキの蓄積量を示しています。私たちは、木材を、建築材料、あるいは紙の原料として使っているんですが、使っているにもかかわらず、毎年、裏山で8000万立方メートルの木材が増え続けているんです。これは、木材の量に換算しますと3000万トン。日本が1年間に使うプラスチックが1000万トンですので、その3倍の量が裏山で毎年増え続けている。それがこの日本の状況です。

木材が生産される現場をここではご紹介していますが、何が起きているかという、大気中の二酸化炭素を吸収して、固定して、ということがここでは起きているわけですね。それをベースにして、私は車を作ることを考えておりました。

それでは、まずはこの動画をご覧くださいと思います。

(動画：開始)

僕が今日見せたいのは、ある生まれ変わった車。それがこの京都大学に置かれている、世界に1台しかない木で作られた車。

ボディやドアはもちろん木。鋼鉄の5分の1の重さなのに、特殊な加工で5倍の強度を実現した。

車内にも随所に木が。木といっても、木材チップから取り出した繊維をナノサイズまで小さくして固めたセルロースナノファイバーという新素材。

組み木細工も使い、和のテイスト満載だ。

一見木には見えないルーフガラスなども、この新素材で作られている。

複雑な形のホイールのカバーも、元は木だよ。

結果、車の重量は16%も軽くなり、排ガスの二酸化炭素も減少と、いいこと尽くし。

原料は、今までは捨てていた端材。だから資源の節約にもなっているんだ。

京都大学の教授が、「あと10年後には木の部品が普通に使われるようになる」と胸を張った。

未来レンズが映し出す車のその先は、教授いわく「裏山から車が作られる時代」。

(動画：終了)

いかがでしたでしょうか。木材が形を変えて、あのようなスーパーカーに変わっていくというわけです。この車の開発は、材料ができた後、4年間かけて環境省のプロジェクトとして行いました。トヨタ中央研究所の材料関係のトップをされていた、臼杵先生をプロジェクトリーダーにお迎えしまして、22の機関が集まって、みんなでそれぞれの部品を作っては性能を評価してきたということです。

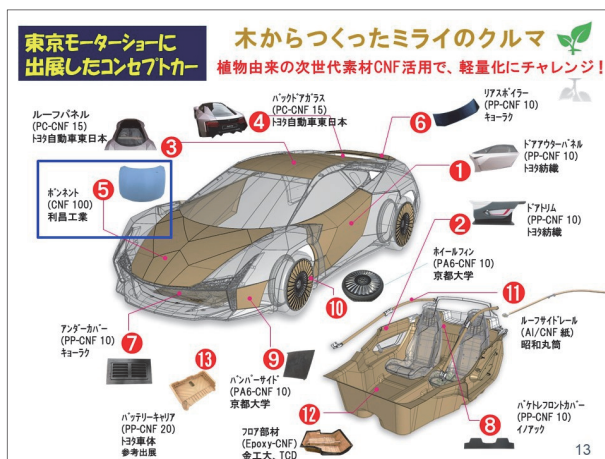


環境省PJ 平成28年度～平成31年度（令和元年度）
コンソーシアム設立：平成28年10月26日

**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～**

PIリーダー
臼杵京大特任教授
(元豊田中央研究所)

NCV
Nano Cellulose Vehicle Project



それでは、それぞれのパーツにどのような材料が使われているのかを、ご紹介したいと思います。まずはボンネットです。塗装をしてしまうと分かりませんが、塗装する前はこのような白い材料になります。このボンネット。このような形の材料だということをご紹介します。これも動画をご覧ください。

(動画：開始)

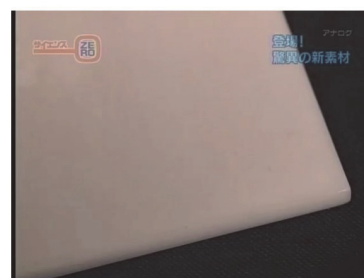
こうしてハンマーでたたいても頑丈で壊れにくいのが特徴です。

さらに、重さ5キロの重りを落としても、ご覧のとおり。

(動画：終了)

今、思いっきりたたいても割れなかった材料を、顕微鏡で5万倍ぐらいで拡大してみますと、非常に細い繊維でできていることが分かります。これがセルロースナノファイバーと呼ばれるものになりますが、決して特殊なものではなく、紙の原料のパルプというものがありますが、髪の毛の3分の1ぐらいの細さの繊維ですけれども、それをさらに拡大していきまると、なんとこのパルプはナノの繊維でできていることが分かります。

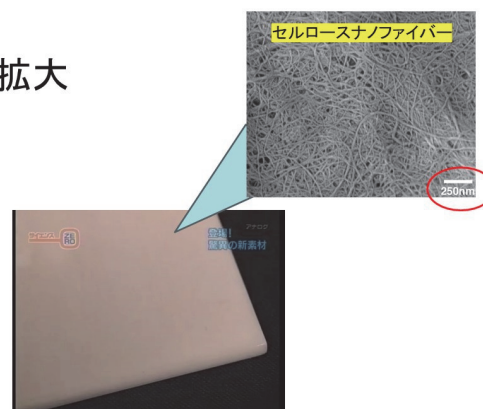
これを、機械的な処理によってほぐしていくわけです。そうすると、どんどんナノ化が進んできて、これを固めるだけで、先ほどご紹介しました白い板ですが、非常に硬い板を作ることができます。



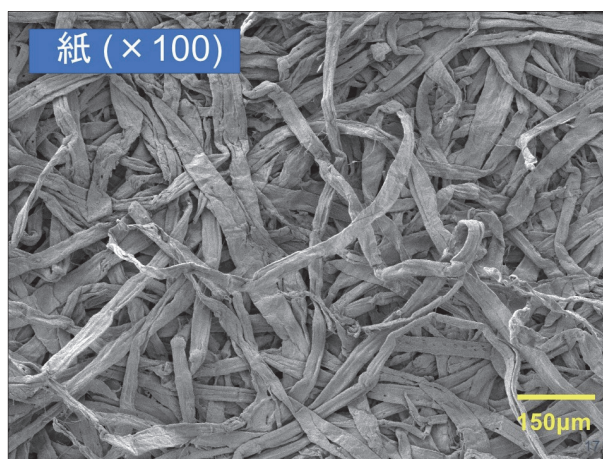
NHK サイエンスゼロ 2005

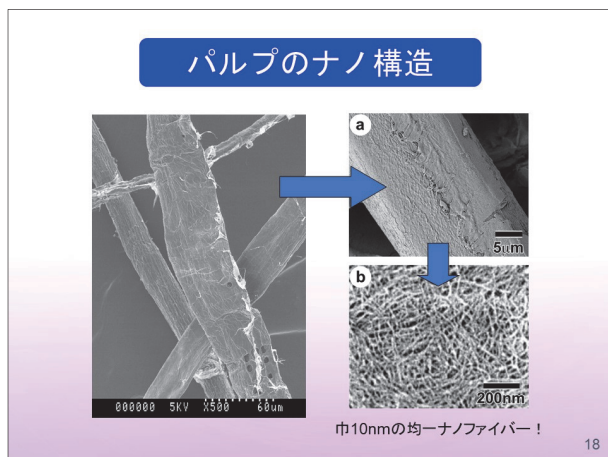
15

拡大



16





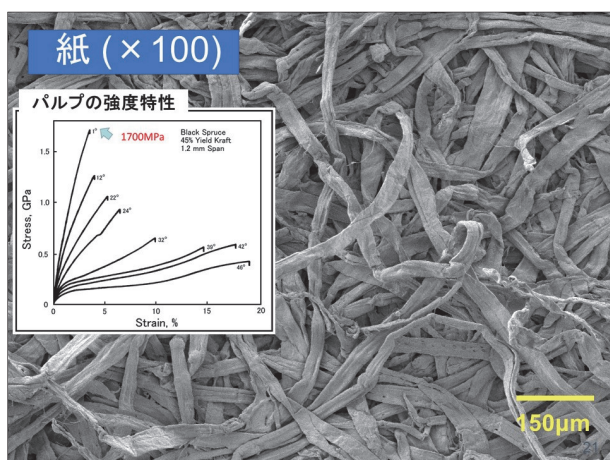
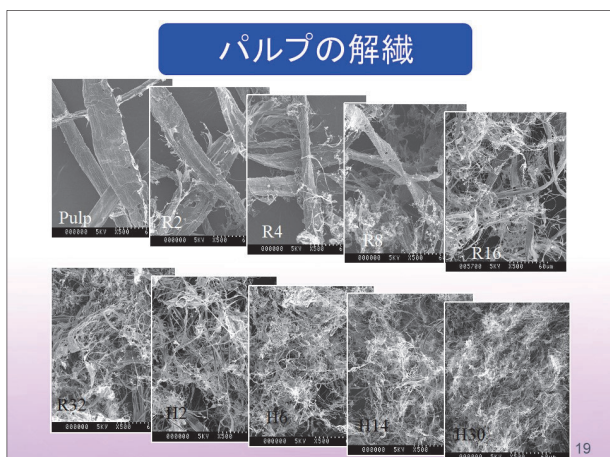
セルロースナノファイバーは決して特殊ではないという話をしましたが、全ての植物は細胞でできています。その細胞は壁を持ちます。細胞壁といいますが、その細胞壁を構成している基本成分がセルロースのナノファイバーです。

それによって出来上がっているのがパルプです。昔、このパルプをつまんで引っ張った先生がおられまして、そのときの強度が1.7ギガパスカル、1700メガパスカルという数字でした。これが強いのか弱いのかよく分かりませんが、実は自動車に使われる鉄板・鋼鉄が、0.3～0.4ギガパスカルですので、このパルプはとても強いものだということが分かります。

皆さんにとって少し分かりにくいかもしれませんが、ティッシュペーパーを少し裂いてみるわけです。簡単に破れますが、破れたところをよく見ると、ちょろっとしたひげのようなものが生えています。これがここに映っているパルプというものです。それをさらにほぐしていったものが、セルロースのナノファイバーになります。

強度をほかの高強度繊維と比べてみます。炭素繊維とほぼ同じ強度なんですね。しかもナノの材料。これがセルロースのナノファイバーです。

ただ、決して特殊なものではありません。木材は半分がこのセルロースナノファイバーでできていますし、稲わら、あるいはサトウキビから糖蜜を絞った後の絞りかす、キャッサバか



樹脂複合材に用いられる繊維との比較

	CNF/ リグノCNF	炭素繊維 (PAN系)	アラミド繊維 (Kevlar® 49)	ガラス繊維
密度 (g/cm ³)	1.6	1.82	1.45	2.55
引張弾性率 (GPa)	140	230	112	74
引張強度 (GPa)	3	3.5	3	3.4
価格 (円/kg)	500	3000	5000	200~300

リグノCNFは、ガラス繊維より軽く、また、強度、弾性率などの力学的性能はアラミド繊維と同程度ですが、ナノ繊維であるため比表面積が大きく、射出成形可能な短繊維強化樹脂複合材として比較した場合、炭素繊維やアラミド繊維、ガラス繊維に比べ高い補強性が期待できます。成形体の表面平滑性、精密加工性にも優れています。

22



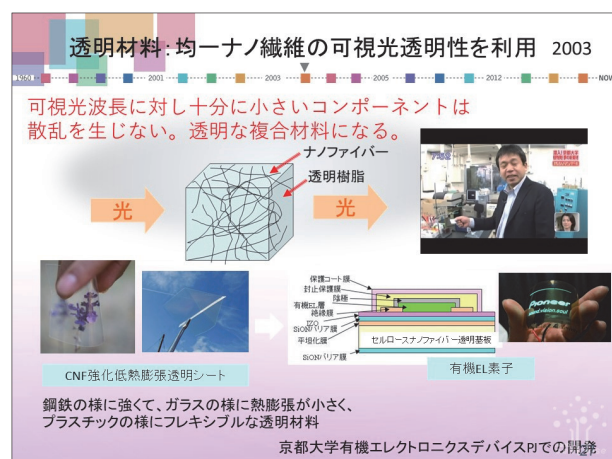
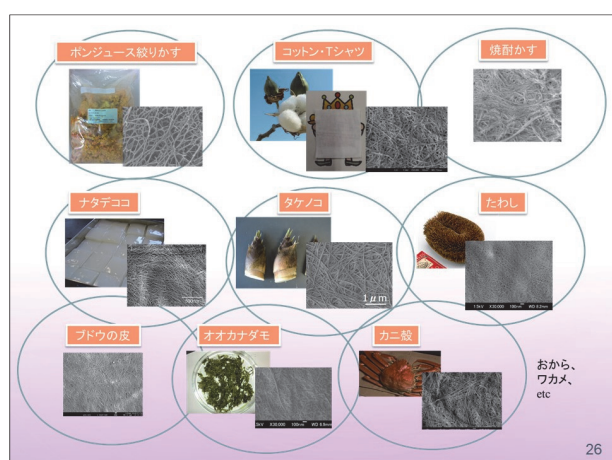
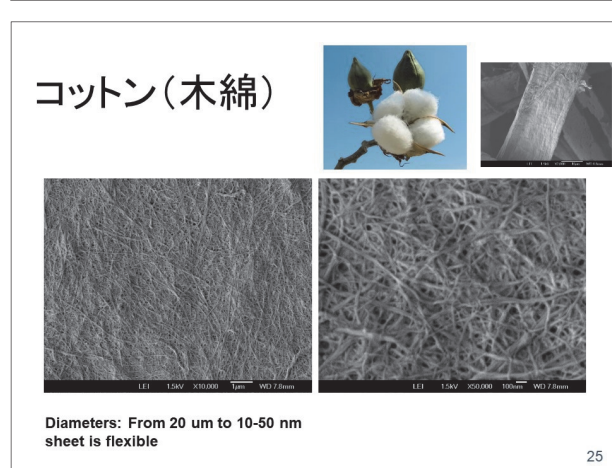
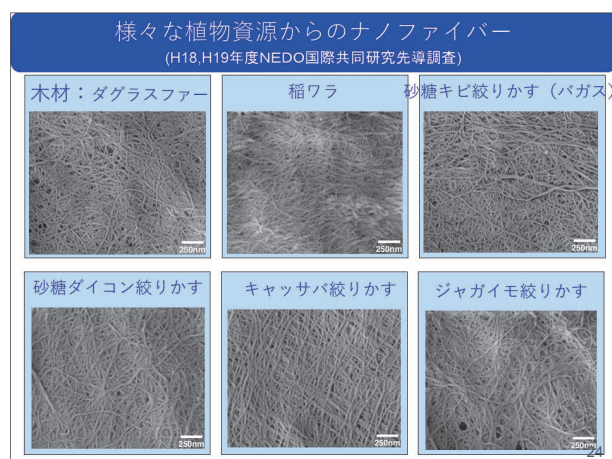
らデンプンを取った後の絞りかす、そういったいわゆる産業廃棄物、農産廃棄物といったものが、みんなこのセルロース以外のものを洗い流してほぐしてやると、同じ形状、同じ強度的性質のナノの繊維になります。極めて身近にある繊維です。

こちらの写真はコットンです。いわゆる綿ですけど、皆さんが今、綿製品を身に着けておられるとしたら、それはセルロースナノファイバーでできたものを身に着けている。コットンでは95%がこのセルロースナノファイバーでできています。

これはミカンを絞った後の絞りかすです。これもセルロースナノファイバーになりますし、皆さんが食べているナタデココというデザート。これは植物ではなくて、バクテリアが作るセルロースナノファイバーです。

植物が作るものを食べているといいますと、タケノコです。これは、大きく成長する前の状態を皆さんが食べているわけですが、あれはセルロースナノファイバーと、デンプン、タンパク質、それを食べているわけです。もやし、レタス、そういったものも朝、皆さんが食べてこられたら、セルロースナノファイバーを食べてきたことになります。

この材料は、強度的な性質に優れているだけではなくて、ナノ繊維は、光に見えないという特徴があるんです。人間に見えないのは、細いから当然なんですけど、光に見えないというのはどういことかといいますと、光は電磁波、波なんで



すね。400 ナノメートルから 800 ナノメートルの波長を持つ波なんです、セルロースナノファイバーは 10 ナノメートルとか、30 ナノメートルとか、それに比べてずっと細いんです。そうすると、光はそこに何も無いように感じて通り過ぎてくる。従って、透明な樹脂の中にセルロースナノファイバーを入れますと、そのまま透明性を保った状態で強い材料を作ることができるということです。

これも動画をご覧ください。
(動画：開始)
さらにもう1つ、すごい特徴が。
これはセルロースナノファイバーのシートですね。透明に見えます。

はい。これでちょっと待ってください。
透明になった。
薄くしたセルロースナノファイバーは、液体に浸すと透明になる。強くて軽く、しかも透明。

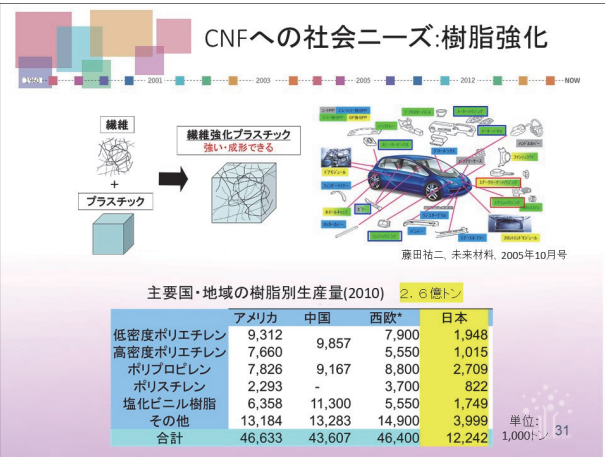
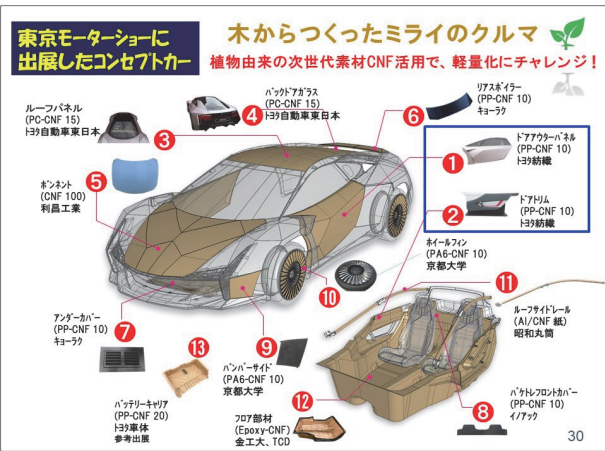
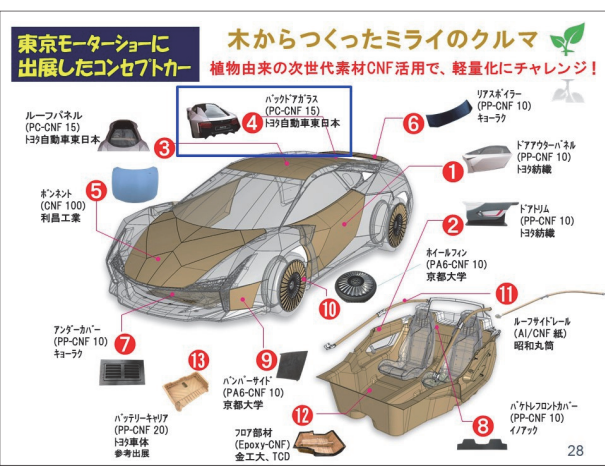
この特徴を活かして、今、その用途として期待されるのがモニターの素材。この透明のセルロースシートの表面に、有機 EL という発光物質を塗ることで、超薄形で、しかも強いディスプレイができちゃう、予定。早く実用化をお願いします。

セルロースナノファイバーでがっちり。
(動画：終了)

日曜日の朝に流れている番組ですけども、まだ、こういった電子デバイスのサブストレート、基板には使われてはいませんが、鋼鉄のように強く、ガラスのように熱膨張が小さくて、しかもガラスと違うのは、非常にフレキシブル。曲げたり、畳んだりできてしまう透明材料ということです。ナノの繊維の特徴が活かしています。

先ほどご紹介したナノセルロースビークルでは、バックドアのガラス、あるいはルーフパネル、そういったところにガラスの代替として使っています。それによってだいぶ車を軽くすることができました。

さらに、ドアの外側と内側です。ここにはプ



プラスチックをセルロースナノファイバーで補強した材料を使っております。プラスチック、私たちの身近なところにたくさん使われている材料です。自動車では、特に軽量化を目的としてたくさんのプラスチックが使われているんですね。世界的にもこういうプラスチックは、年間に、こちらのデータは2.6億トンと書いていますが、もう既に4億トンになろうとしています。そのプラスチックを、鋼鉄の何倍も強いナノの繊維で補強して、さらに自動車で使える範囲を広げましょうということになります。

実際に、例えば代表的なナイロンというプラスチックがありますが、そこにこのセルロースナノファイバーを10%入れますと、剛性、弾性率、曲げにくさが2.5倍向上するとか、強度が2倍になります。自動車に使われるプラスチックの7割はポリプロピレンというプラスチックなのですが、その弾性的な性質が2.5倍ぐらいに上げられる。強度的な性質も2倍ぐらい上げられる。10%のナノの繊維を入れるだけで、こういうことができます。

実際に、ナノセルロースビークルのドアの外側の部分、そして内側のドアトリム、こういったところにこの材料を使いました。

完成をした後に、テストコースで、1日150キロ走らせました。時速は100キロです。その結果として、車体が16%軽くなることで、燃費が11%向上することを明らかにしました。燃費というのは、ガソリン、あるいは電気自動車であれば電気をどれだけ消費するかですが、その消費が減るということは、それだけ二酸化炭素の排出が減ることになります。

では、実際に走行風景をご覧ください。

(動画：開始)

これはテストコースで走らせたときのシーンです。一瞬ですので、よく見てください。時速100キロで走っているところです。

(動画：終了)

テストコースで実際に時速100キロで走らせて、性能を評価したということです。

CNF強化樹脂材料

(京都プロセス、CNF10%、アセチル化)

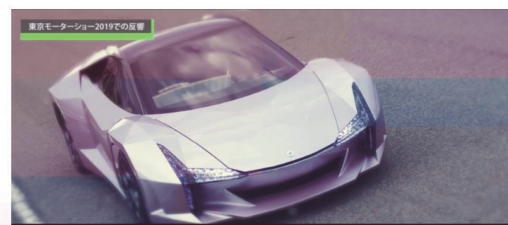
樹脂、 溶融温度	樹脂 E, GPa	CNF/樹脂 E, GPa	樹脂 曲げ強度, MPa	CNF/樹脂 曲げ強度, MPa
PA6, 225°C	2.22	5.34	91	157
POM, 166°C	2.29	5.35	78	131
PLA, 170°C	3.41	6.40	108	119
ABS (200°C)	1.93	3.78	63	88
PA12, 175°C	1.24	3.15	52	89
PBT, 222°C	2.27	4.38	80	113
HDPE, 129°C	1.10	2.39	24	43
PP, 165°C	1.97	2.80	58	67
PP, 組成検討後		4.73		95

CNF添加率:10wt%, アセチル化処理 32

NCV(ドア開放時)外観写真



環境省提供 33



時速100km/hでの150kmの走行試験。
16%の車体軽量化による11%の燃費向上を確認

34



35

いかがでしたか。非常にかっこいい車ですね。最後の道路を走るシーンは、日本で一番長い私道が山口県にあるんですけど、そこで朝にドローンを飛ばして撮影をしました。

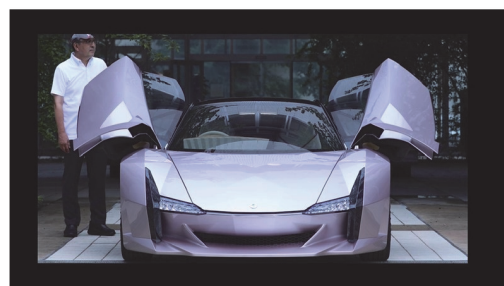
車が完成したのは2019年11月。東京モーターショーに出しました。環境省の事業ということで、その当時の小泉環境大臣が、トヨタ自動車のその当時社長の豊田章男さんを連れてきてこの車を紹介をしたときです。

こういう車づくりと並行して、実は既にこの材料の商品化は進んでいます。2018年6月、アシックスのランニングシューズのミッドソール、スポンジのクッション材料、この部分にセルロースナノファイバー入りの材料が初めて使われました。

シューズを軽くできて、なおかつ長距離を走ってもへたらない。それがこの部材の嬉しさになる。そういう性質がセルロースナノファイバーは出るということで、1年間に世界中で200万足を売り上げました。その後、いろいろ

ラインアップが増えてきて、これまでアシックスは1000万足、このセルロースナノファイバーをクッション部分に使ったシューズを世界中で売り上げております。

NCV PV Making



36

2019年11月 東京モーターショー



37

星光PMC STARCEL®
京都プロセス

世界初！次世代高機能素材「セルロースナノファイバー」を
ミッドソールに活用したシューズを商品化

高機能ランニングシューズ「GEL-KAYANO 25（ゲルカヤノ 25）」

GEL-KAYANO 25

PROTECTION PERFECTED

200万足/年

I MOVE ME

2018年6月1日10時 プレスリリース 38

採用・販売実績例

2018年より1000万足以上の販売実績

昨年の8月からは、いよいよ移動体、自動車だけではなく電車とか飛行機とか、そういう移動するものを移動体といいます。初めて水上バイクのエンジンカバーにこの材料が採用されました。北米で2万台ぐらいの水上バイクを売らしいですが、ヤマハ発動機が世界で初めてセルロースナノファイバー強化樹脂を使ったことになります。このように、少しずついろいろなところに商品化が進んでいるのが、この材料の現状です。

最後に1つ、全く違う利用についての紹介をさせていただきたいと思います。ソフトクリームです。それも35℃の部屋に置いたソフトクリームです。今年の夏もたぶん暑くなる。今日は、松本も非常に寒くて、皆さんは夏が暑くなることを忘れていませんか。毎年毎年非常に暑い夏が来ています。その雰囲気、ソフトクリームを2本持って立っているイメージを持ってください。

こちらが0.1%だけセルロースナノファイバーを入れたソフトクリームです。1つ説明をしていっていませんでしたが、食べられるナノの繊維ですから、食品添加剤に入れてもいいわけです。もやしやレタスで、皆さんはセルロースナノファイバーを食べているわけです。

(動画：開始)

では、早速送ります。大体5分、6分ぐらいたちますと、セルロースナノファイバーが何も入っていないほうは、ポタポタ、ポタポタ溶けたものが垂れてきますが、一方のほうは全然形が変わらない。もうしばらくするとポタッと落ちる。3倍長持ちするんです。ナノの繊維のネットワークが、溶けた水とか砂糖を抱きかかえている。

(動画：終了)

こういった食品用途に使う面白さ。塗料の中に入れてみるとか、化粧品の中に入れてみるとか、そういった、構造用に使うのとは別の用途も、どんどん進んでいるわけです。

食品用途につきましては、既に使われているところもあります。最初に使われたのは、どら焼きの皮の部分です。セルロースナノファイバーを入れますと、いつまでも乾かない。しっとり感が長持ちするんです。そういうことで、賞味期限を伸ばすことができる。結果としてフードロスを減らすことができる。そういうところにも、セルロースナノファイバーは貢献しています。

CNF強化樹脂材料の移動体部材への初めての実装：
日本製紙とヤマハ発動機の共同開発(令和5年8月25日)



QNIKKEI 20230826

<https://www.nikkei.com/telling/DGXZTS00006410S3A820C2000000/>

40

冷菓への展開

at 35℃

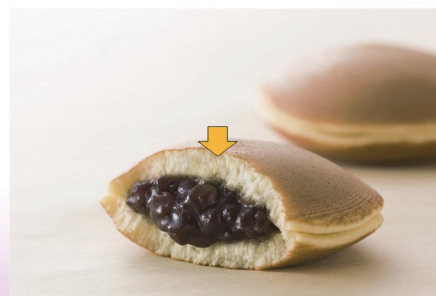


日世株式会社

CNF:0.1%添加

41

どら焼き



<https://www.nipponpapergroup.com/news/year/2018/news181203004302.html>

42

それでは、まとめです。

21 世紀の新しい産業、その中心にセルロースナノファイバーが来ると考えております。私たちは、20 世紀は化石資源に依存して様々な材料を作り、豊かな生活を築き上げてきたわけですが、21 世紀、大気中の二酸化炭素を減らしながら、持続型資源によっていろいろなものを作っていかなければなりません。その中心に来るのが植物、植物バイオマスであることは間違いないと私は思っております。

持続型で、生産される過程では大気中の二酸化炭素を吸収していく。食べてもいい。そして、環境の中に出たときにはうまく分解してくれる。さらに自動車に使うことができるほど性能のいい材料である。こういったものが裏山に、信州ですと、ちょっと離れればたくさんあるわけです。そういったもので 21 世紀の社会を作っていく。そういうことを願っております。植物を未来の資源に変える。

これまで、こういったいろいろな補助金をいただいて研究を続けてまいりました。そのことに御礼を申し上げたいと思いますし、今日、このような機会を与えていただきました京都大学の関係の皆さんにも、心より御礼を申し上げます。ご清聴ありがとうございました。

まとめ

43

20世紀型石油化学産業から 21世紀型バイオマス産業への転換

- ・SDGs・パリ協定：石油・石炭は座礁資産に
- ・マイクロプラスチックによる海洋汚染

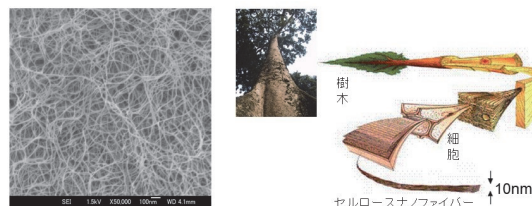


44

未来の社会 未来の材料

持続型・脱炭素・安全安心・低環境負荷、そして高性能

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）

45

みんなが願う社会を



本研究の一部は経済産業省地域「新生コンソーシアムプログラム」および独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、「大学発事業創出実用化研究開発」事業、「グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発」事業、「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」事業、環境省CNF材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～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。

46