

Nanocellulose Symposium 2022／第 468 回生存圏シンポジウム

CNF とキチン NF 夢と現実、そしてこれから

March 29, 2022

主催：京都大学生存圏研究所、バイオナノマテリアル共同研究拠点（経済産業省 Jイノベ拠点）
(<https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/bionanomat/>)

Nanocellulose Symposium 2022 ／第 468 回 生存圏シンポジウム

CNF とキチン NF

夢と現実、そしてこれから

March 29, 2022

主催：京都大学生存圏研究所、
バイオナノマテリアル共同研究拠点（経済産業省 J イノベ拠点）
(<https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/bionanomat/>)

Nanocellulose Symposium 2022／第468回 生存圏シンポジウム

「CNFとキチンNF 夢と現実、そしてこれから」

日本におけるCNF研究が始まってから20年が経ちました。“鋼鉄の1/5の軽さで鋼鉄の5倍強いナノ纖維”は様々なところでCNFの代名詞の様にいわれています。しかし、その実力と実際に使った時のパフォーマンスに差を感じている方は多いのではないでしょうか。高性能素材として夢を見て、がっかりされている方や本当のところCNFはどうなのだろうか?と疑問を持たれている方も多いと思います。今年度のナノセルロースシンポジウムは、TEMPO酸化CNF、機能材料用CNF、構造用CNF、キチンNFの夢(ポテンシャル)と現実(材料開発の現状)、そしてこれから(今後の方向性)について、長年にわたりそれをリードしてきた研究者が思う存分に語ります。また、最後には、CNFの実用化に関する最新の報告があります。

バイオマス由来の高性能材料、カーボンニュートラル、サスティナビリティに関心をお持ちの多くの皆様のご参加をお待ちしています。

■日 時：令和4年3月29日（火）

プログラム

- 開始20分前よりCNF関連動画を配信します。-

13:00 開会挨拶

13:05 第一部

① TEMPO酸化CNF

東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 斎藤 繼之氏 5

② 機能材料用CNF

大阪大学 産業科学研究所 第2研究部門 能木 雅也氏 29

14:25 休憩

14:35 質疑（第1部）

14:55 第二部

③ 構造用CNF

京都大学 生存圏研究所 矢野 浩之氏 65

④ キチンナノファイバー

鳥取大学 工学研究科 化学・生物応用工学専攻 伊福 伸介氏 99

⑤ CNF実用化例

「CNFと水酸化カルシウムの複合体を利用した廃水処理技術の開発」

岐阜県産業技術総合センター 浅倉 秀一氏 121

「CNF配合発泡剤マスターbatchと発泡成形」

永和化成工業（株） 関 苑江氏 129

「発酵ナノセルロース(NFBC)の生産増強と事例紹介」

草野作工（株） 松島 得雄氏 141

17:05 休憩

17:15 質疑（第2部）

17:35 閉会挨拶

17:40 閉会

主 催：京都大学生存圏研究所、バイオナノマテリアル共同研究拠点（経済産業省 J イノベ拠点）
(<https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/bionanomat/>)

共 催：近畿経済産業局、地方独立行政法人京都市産業技術研究所、
環境省ナノセルロース・プロモーション事業、ナノセルロースジャパン

後 援：紙パルプ技術協会、日本製紙連合会、セルロース学会、公益社団法人日本化学会、
公益社団法人日本材料学会関西支部、公益社団法人日本材料学会木質材料部門委員会、
公益社団法人日本木材加工技術協会関西支部、一般社団法人日本木材学会、
一般社団法人プラスチック成形加工学会、近畿化学協会、京都大学産官学連携本部、
一般社団法人西日本プラスチック製品工業協会、SPE 日本支部、
関西イノベーションイニシアティブ（代表幹事機関公益財団法人都市活力研究所）、
一般社団法人京都知恵産業創造の森、四国 CNF プラットフォーム、
ふじのくに CNF フォーラム、薩摩川内市竹バイオマス産業都市協議会、フィラー研究会
(順不同)

拠点の紹介

2020.4-

CNF材料を軸としたオープンイノベーションHUB

Home / 概要 / CNFとは / 普及活動 / 共同利用施設 / 共同研究 / お問い合わせ /

地域オープンイノベーション拠点選抜制度
(J-Innovation HUB)
第1回選抜拠点 国際展開型

バイオナノマテリアル共同研究拠点

KYOTO UNIVERSITY



<https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/bionanomat/>

京都大学 バイオナノマテリアル共同研究拠点

省庁等

経済産業省
環境省
NEDO

ナノセルロースジャパン

サステナブル経営推進機構
全国の研究機関
大学等
産業技術総合研究所
公設試験研究機関

地域のCNF支援組織

京都市産業技術研究所
近畿経済産業局
(関西CNFプラットフォーム)
ふじのくにCNFフォーラム
富士市CNFプラットフォーム
四国CNFプラットフォーム
薩摩川内市竹バイオマス産業都市協議会



<https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/bionanomat/>

HOME

CNFとは

CNFおよびCNF材料に関する 解説PPTスライド集

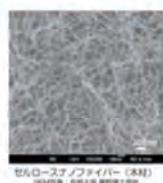
CNF紹介

矢野グループでは、「ナノセルロース」を、セルロースナノファイバー（CNF）及びセルロースナノクリスタル（CNC）、さらにはそれらを原料とした複合材料を包括した概念としております。

セルロースナノファイバーとは？

セルロース ナノファイバーとは

全ての植物細胞壁の骨格成分で、植物繊維をナノサイズまで細かくほぐすことで得られます。



セルロースナノファイバー（木村）
SEM写真：細胞壁構造上部



近畿プロセスで製造したCNF化細胞壁性状
NEDOリソウ CNFプロジェクト2013-2018の概要
リグニンの再利用による高強度CNF材料の製造
CNFで得た多様なクリオ
マテリアル＆サイクル特性
バイオスマッシュ

動画



PDF

<https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/bionanomat/>

Home

/ 概要

/ CNFとは

/ 普及活動

/ 共同利用施設

/ 共同研究

/ お問い合わせ

HOME

普及活動

拠点主催のシンポジウム要旨集 2004-

バイオナノマテリアルシンポジウム

▶ [バイオナノマテリアルシンポジウム2021要旨](#) (2021年12月17日更新)

ナノセル塾

▶ [令和3年度ナノセルロース塾募集](#) ※応募期間2021年8月3日～

ナノセルシンポ

▶ [ナノセルロースシンポジウム2021](#)
▶ [ナノセルロースシンポジウム2020](#)
▶ [ナノセルロースシンポジウム2019](#)
▶ [ナノセルロースシンポジウム2018](#)
▶ [ナノセルロースシンポジウム2017](#)
▶ [ナノセルロースシンポジウム2016](#)

普及活動

- ▶ [ナノセル塾](#)
- ▶ [ナノセルシンポ](#)
- ▶ [NEDO講座](#)
- ▶ [海外動向調査](#)
- ▶ [その他](#)



<https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/bionanomat/>

拠点が保有するCNF材料
製造・観察・評価装置

地域オープンイノベーション拠点選抜制度
(J-Innovation HUB)
第1回選抜拠点 国際展開型

京都大学バイオナノマテリアル共同研究拠点

Home / 概要 / CNFとは / 普及活動 / 共同利用施設 / 共同研究 / お問い合わせ /



大型プロジェクトで15年かけて構築したセルロースナノファイバー材料の製造・加工・分析に関する装置群を集約。
原料の木質バイオマスから始まり自動車・情報家電用材料部材等の製造まで、各工程ごとに材料の製造、構造・特性評価が可能。



地域オープンイノベーション拠点選抜制度
(J-Innovation HUB)
第1回選抜拠点 国際展開型

京都大学バイオナノマテリアル共同研究拠点

Home / 概要 / CNFとは / 普及活動 / 共同利用施設 / 共同研究 / お問い合わせ /

HOME

共同研究

現在行っている共同研究

過去の共同研究

- › (2005-2007) 経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発事業
- › (2005-2008) JST科学技術振興調整費産学官共同研究の効果的な推進事業
- › (2005-2009) JST包括的産学融合アライアンス(京大アライアンス)
- › (2010-2012) 『鉛触媒』NEDOグリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発
- › (2010-2012) NEDOグリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発
- › (2013-2019) NEDOリグノCNF強化樹脂
- › (2016) 環境省ナノセルロースフィールドPJ
- › (2017) 環境省ナノセルロースフィールドPJ
- › (2018) 環境省ナノセルロースフィールドPJ
- › (2019) 環境省ナノセルロースフィールドPJ
- › (2020) 環境省R2年度委託事業 アセチル化CNF強化バイオPE

共同研究

現在行っている共同研究

過去の共同研究

調査報告

2005年からの
「プロジェクト」および
「国内外動向調査」の
報告書

<https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/bionanomat/>

TEMPO 酸化 CNF

東京大学大学院

農学生命科学研究所 生物材料科学専攻

齋藤 繼之氏



TEMPO酸化CNF

東京大学 大学院農学生命科学研究科 生物材料科学専攻

齋藤 繼之, 藤澤 秀次, 佐久間 渉, 石岡 瞬



Saito et al., Biomacromolecules 2006

TEMPO酸化法

CNF特性

軽量, 高強度, 透光性

断熱性, 低熱膨張, 難燃性

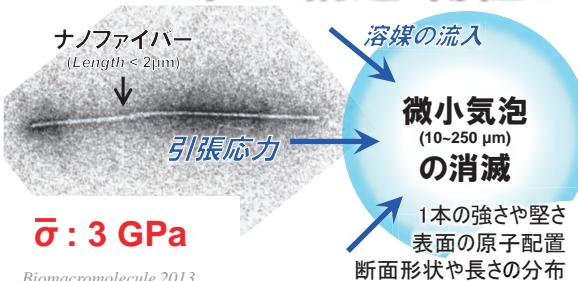
絶縁性, 高誘電率, イオン捕捉能

生分解性, 等々



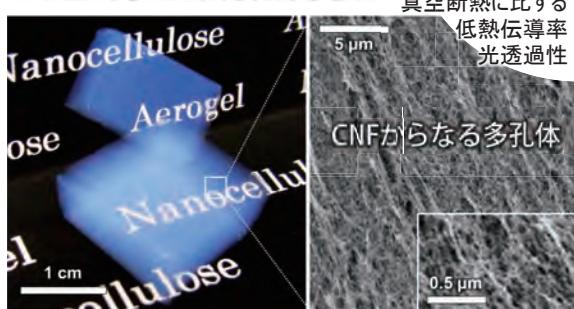
100 nm

“CNF 1本の構造/物性”



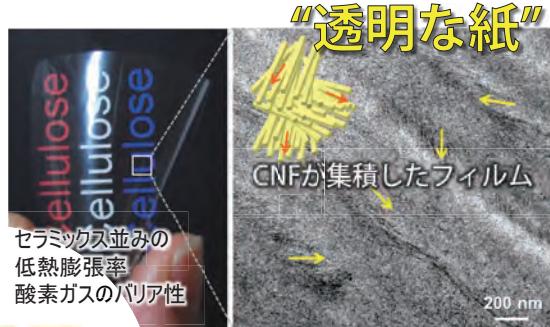
Biomacromolecule 2013,
ACS Nano 2021, Angew. Chem. Int. Ed. 2021, etc.

住環境や自動車の窓にも適用できる
“透明な断熱材”



Angew. Chem. Int. Ed. 2014, ACS Nano 2021, Materials Horiz. 2014, Biomacromolecules 2013, etc.

次世代の電子デバイスや高機能包材に貢献する

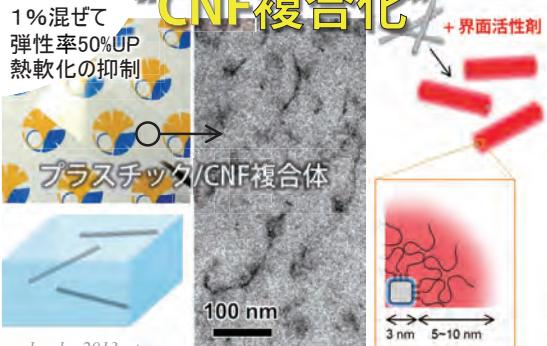


Nanoscale Horiz 2018, Biomacromolecules 2008, etc.

CNF

プラスチックを強くして、薄くできる

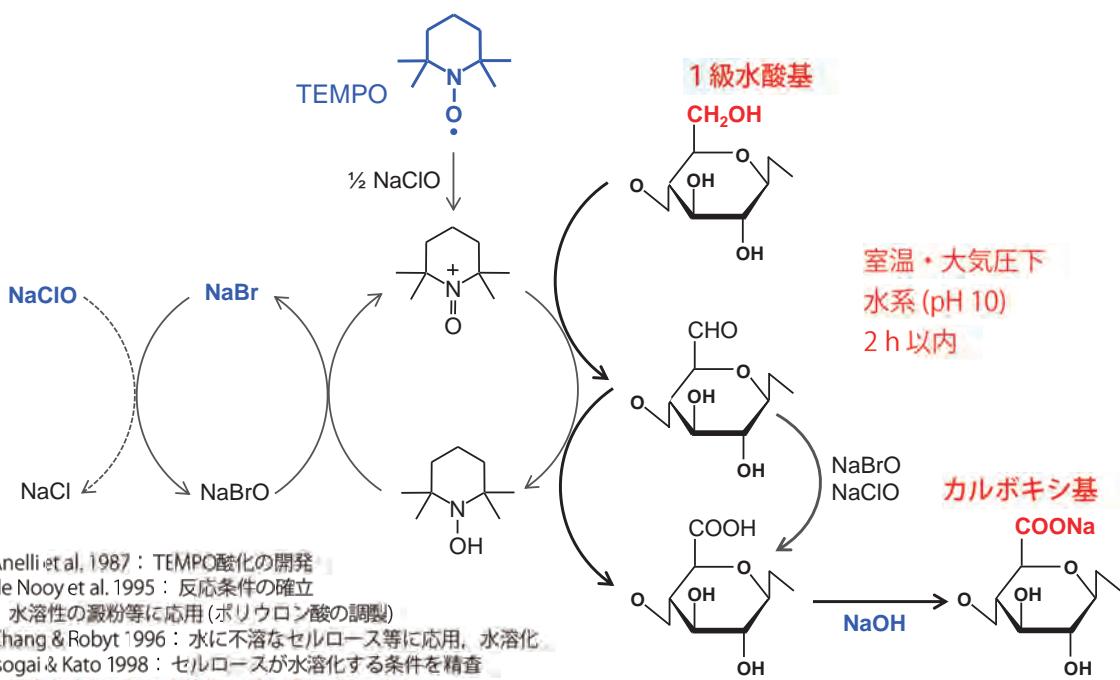
“CNF複合化”

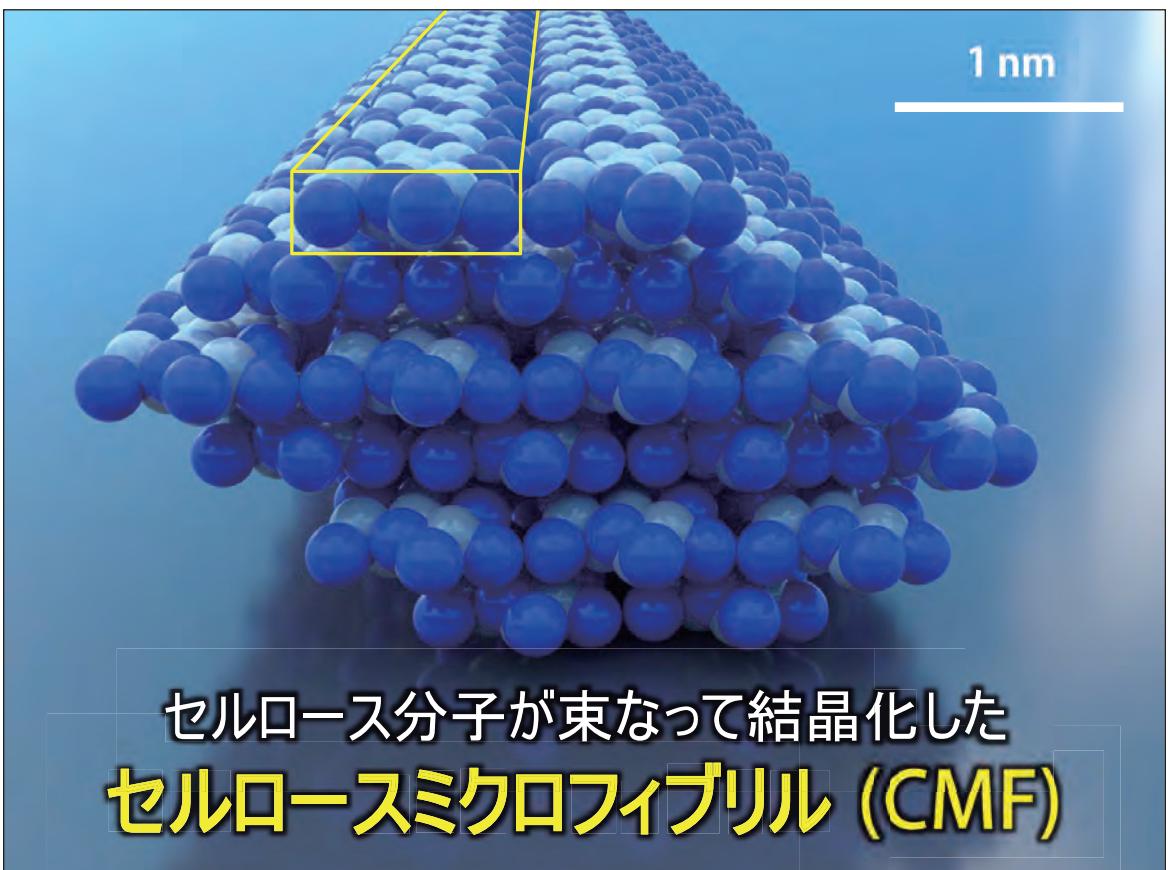
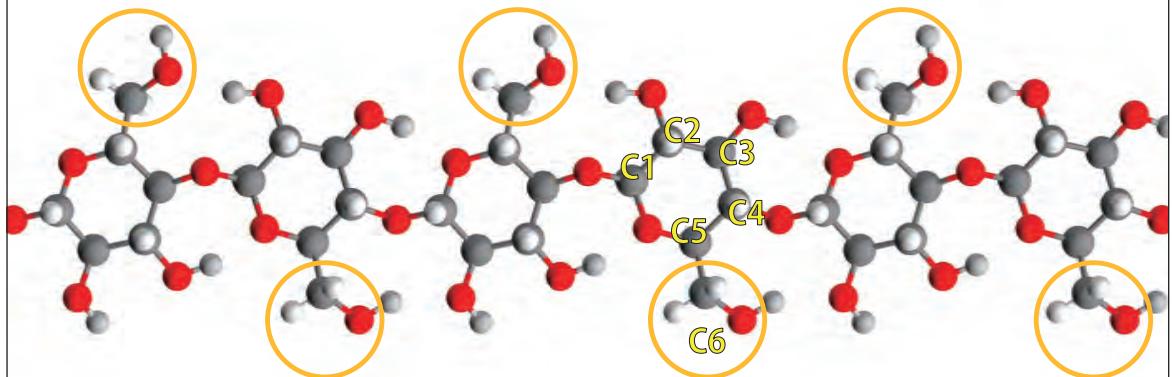


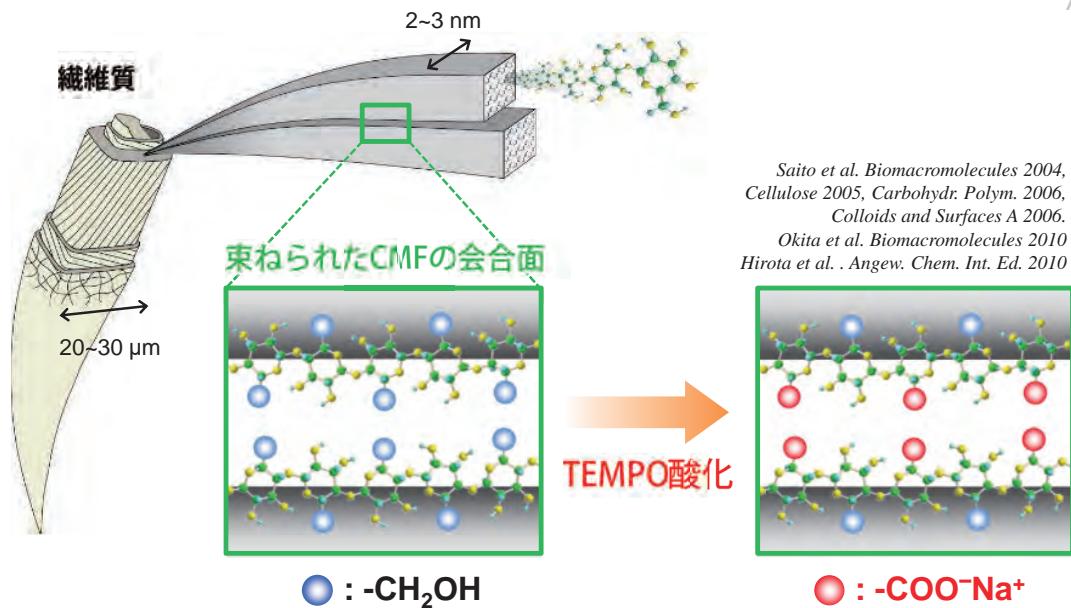
TEMPO触媒酸化

4/48

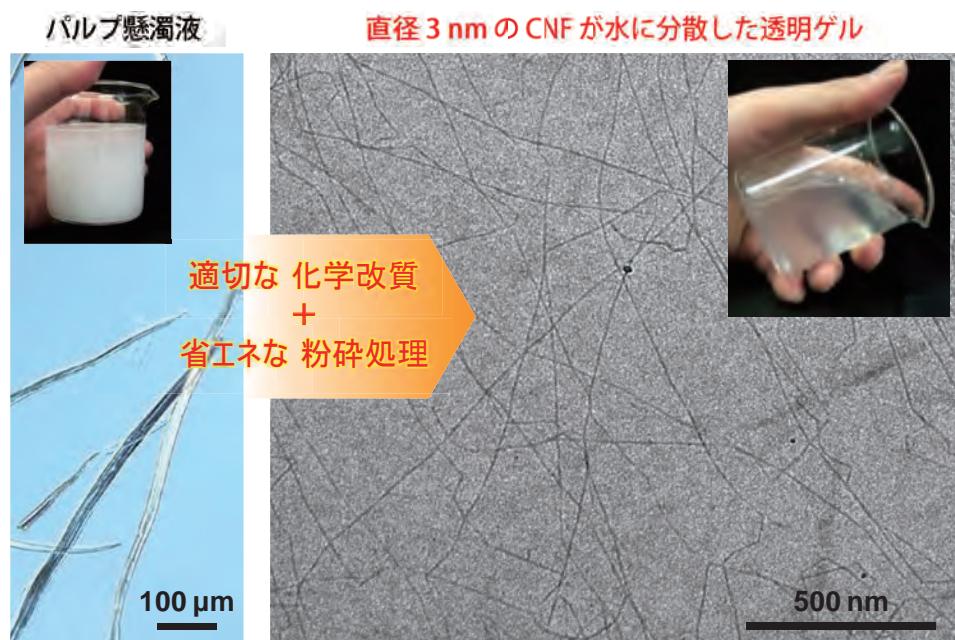
多糖類からポリウロン酸塩を生成する水系反応







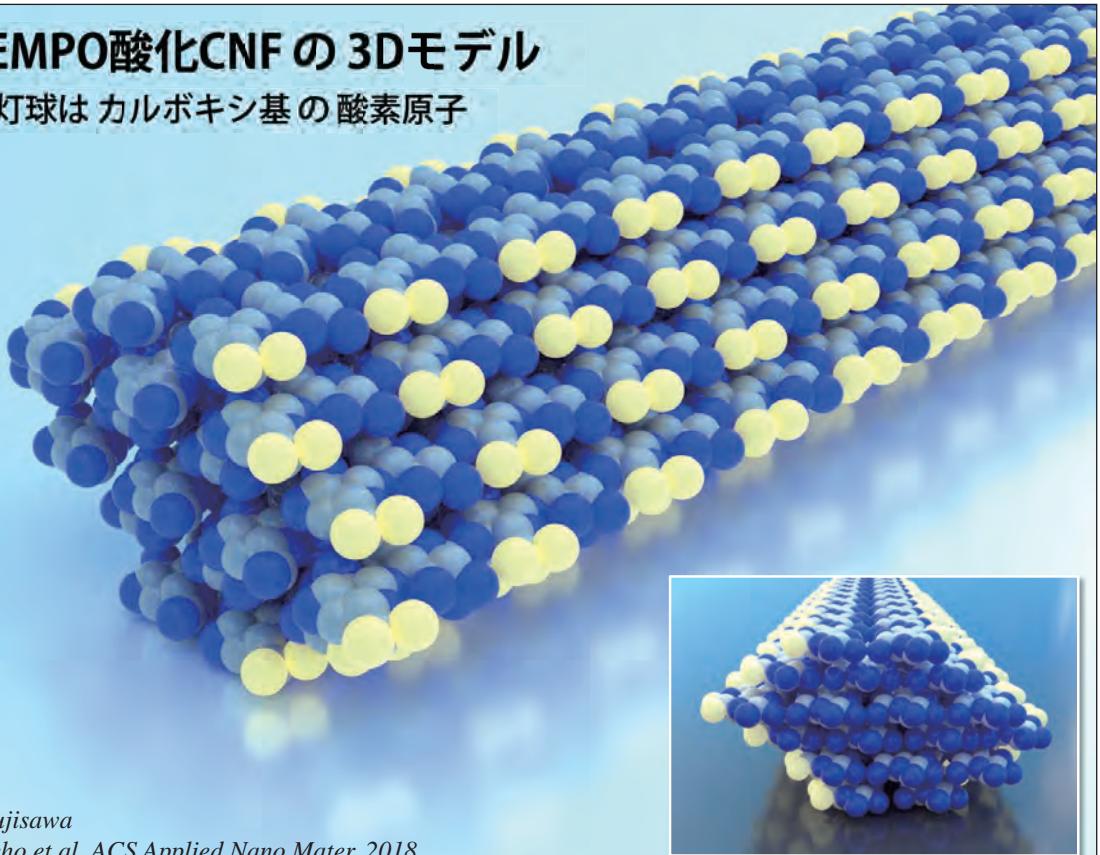
CMF表面にカルボキシ基を導入：
CMFの結束が緩む(膨潤性の付与)



表面カルボキシ化されたCMF単位の分散体：
TEMPO酸化CNF

TEMPO酸化CNFの3Dモデル

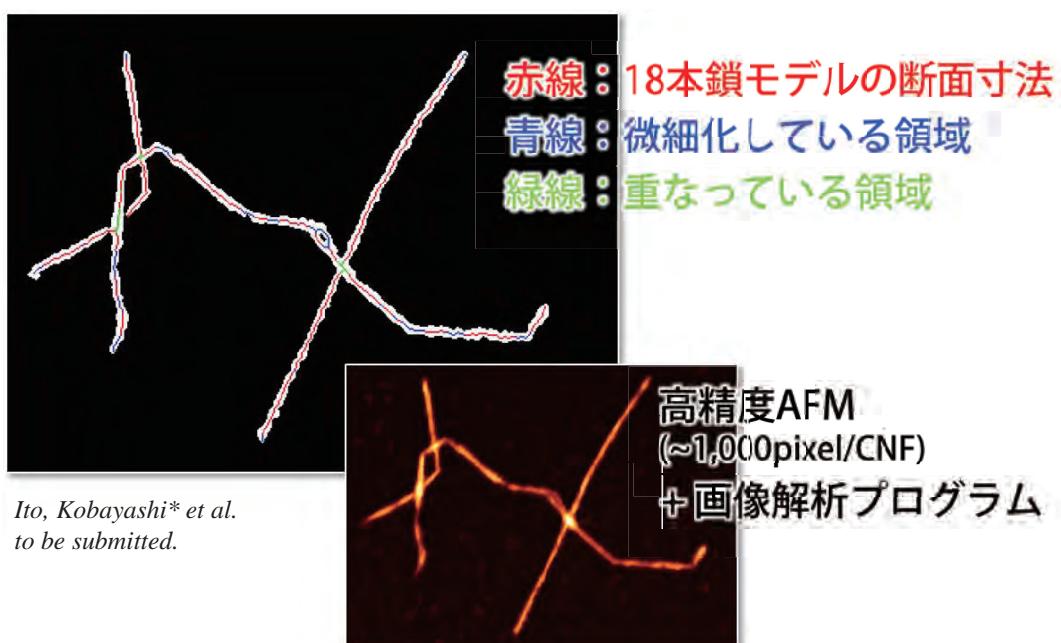
点灯球はカルボキシ基の酸素原子



© Fujisawa
Daicho et al. ACS Applied Nano Mater. 2018

10/48

CNFの長軸方向には
局所的に分子鎖が欠損した領域が存在する

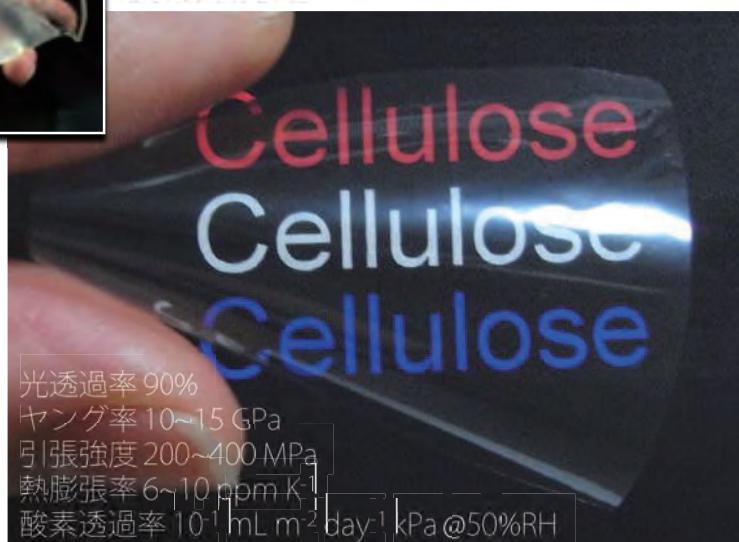


透明で強く、熱で軟化・膨張しない、高ガスバリアなフィルム

“透明な紙”

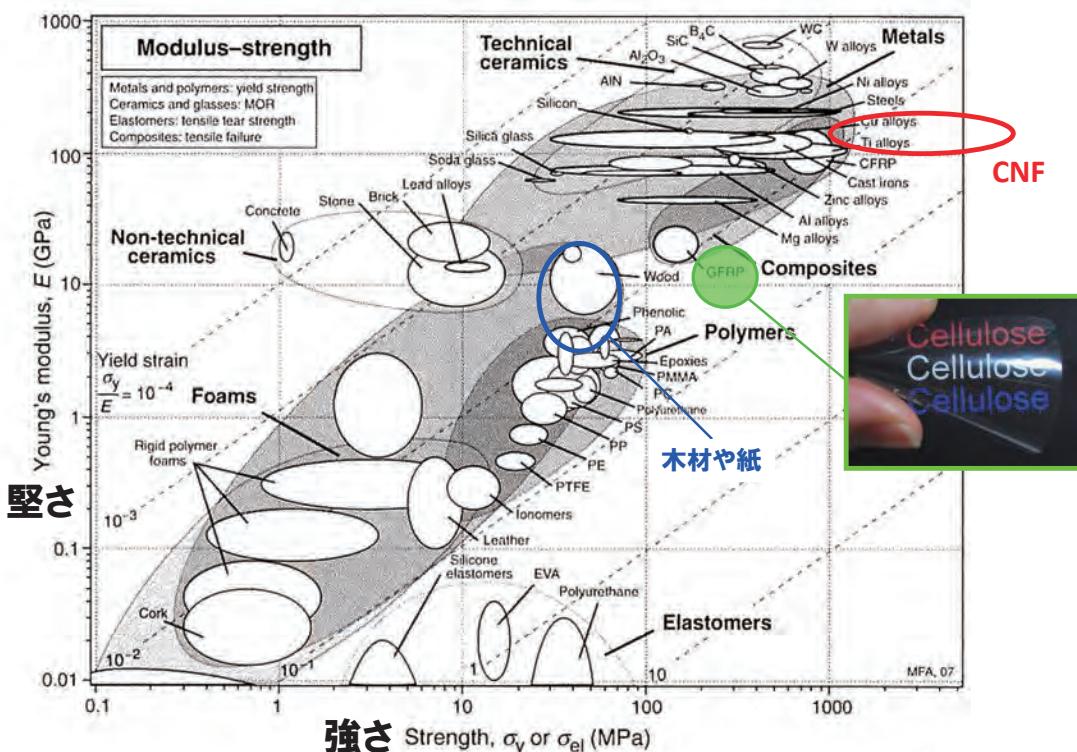


蒸発乾燥すると



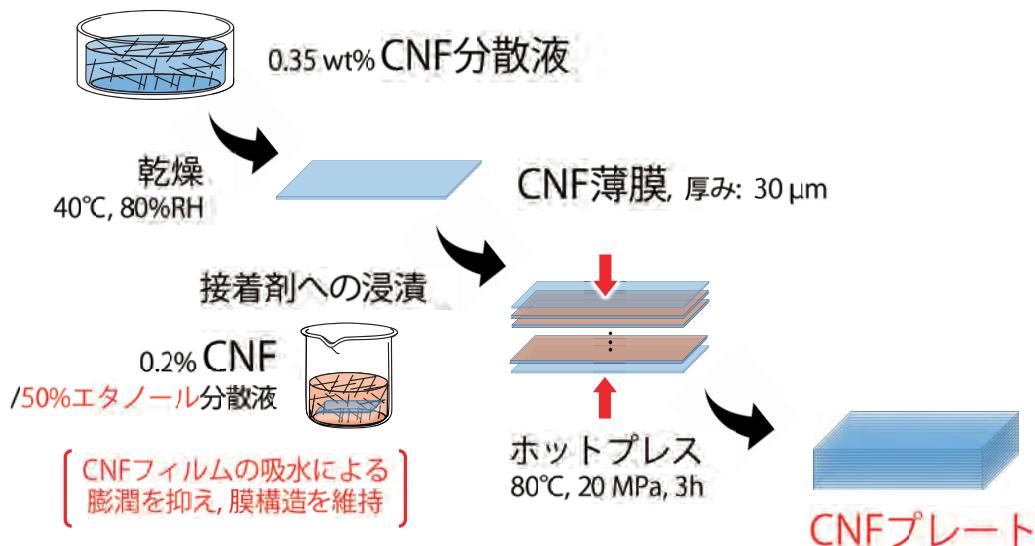
Fukuzumi et al. Biomacromolecules 2009, Nogi et al. Adv. Mater. 2009, Zhao et al. Nanoscale Horiz. 2018

12/48

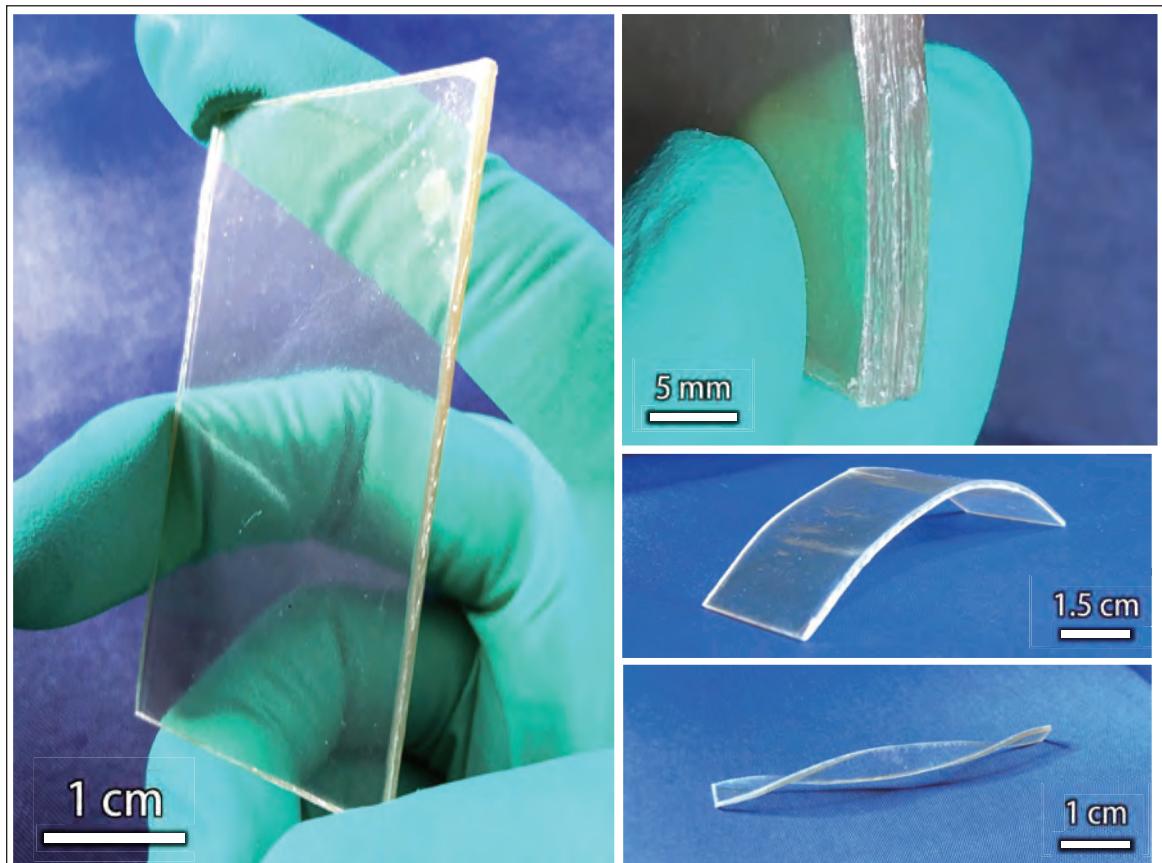


Ashby et al. Eds., Materials: Engineering, Science, Processing and Design, 2nd Ed.

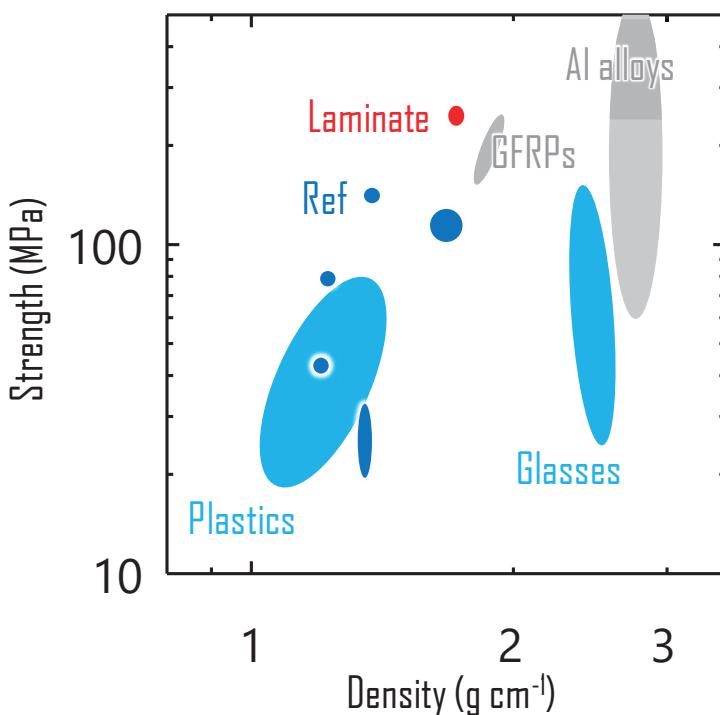
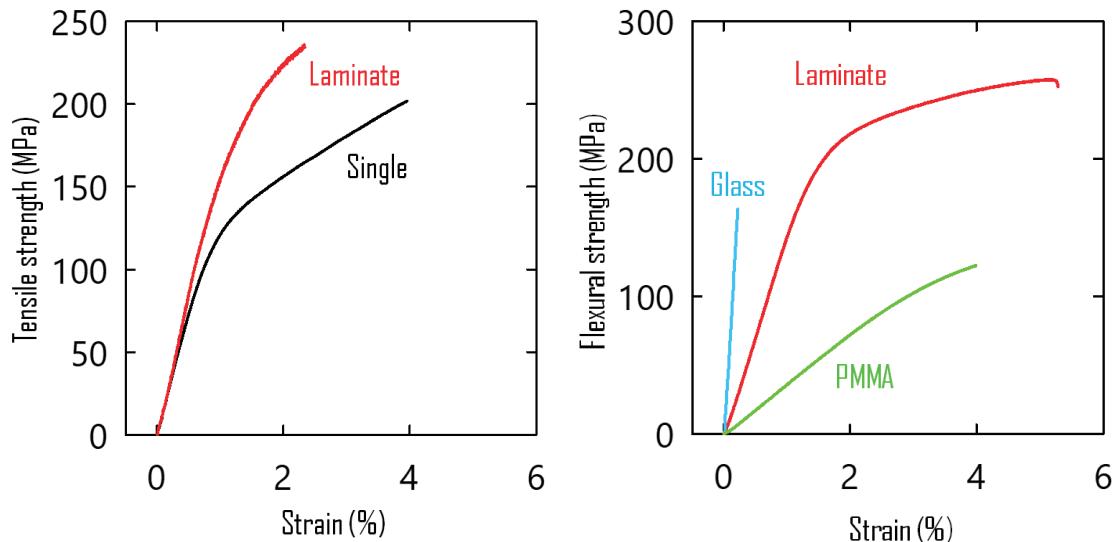
CNF薄膜から多重積層体の形成



Ishioka et al. to be submitted



CNF積層体は、単層よりも強く、 他の透明材料よりも強靭

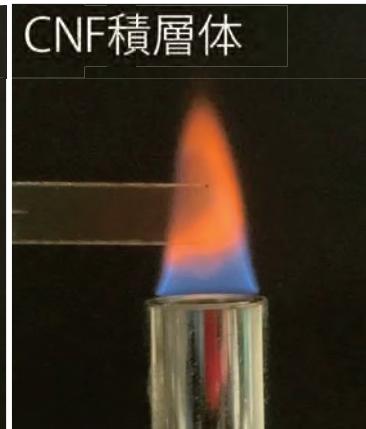


自己消火性を発現

PMMA



CNF積層体

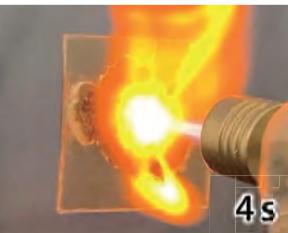
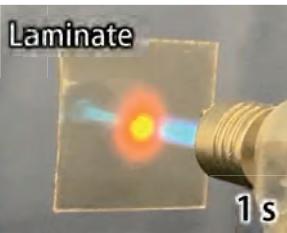


木材



Low heat release capacity (41 J/gK), stable char formation, etc.

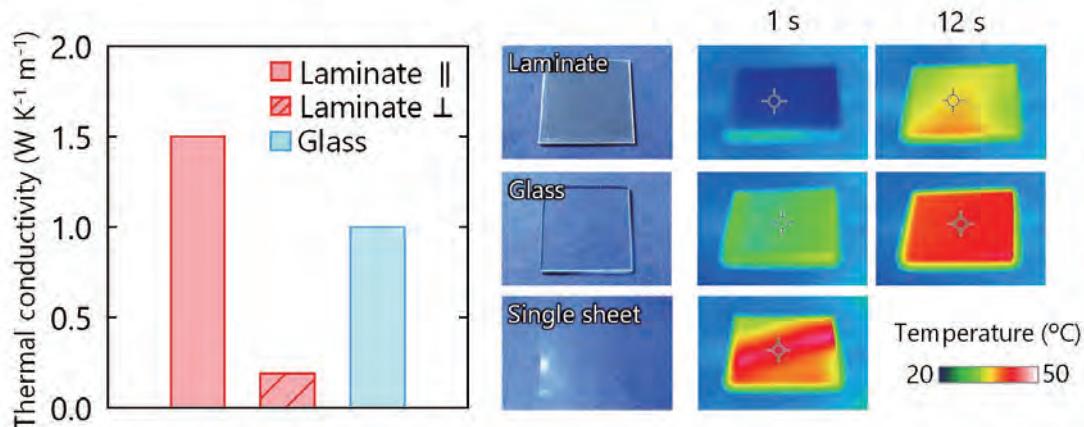
Ishioka et al. to be submitted



...

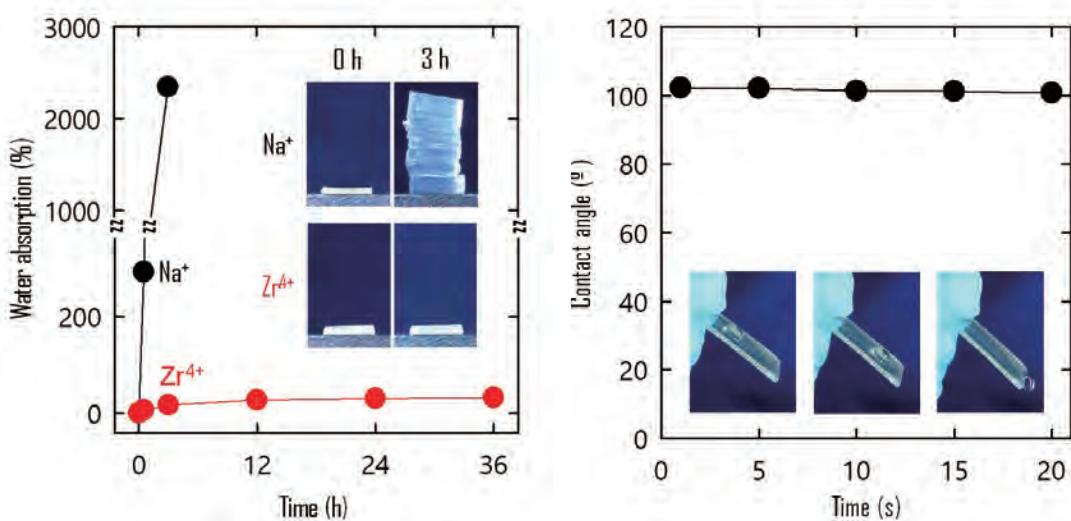


熱伝導率の異方性



Ishioka et al. to be submitted

吸水率を激減、撥水性を付与



Ishioka et al. to be submitted

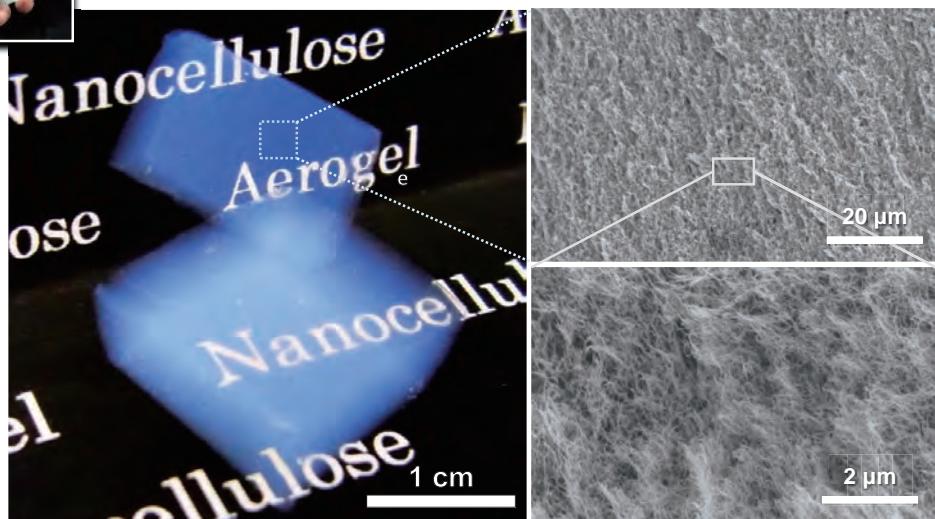
光は通して 熱は通さない 多孔質(エアロゲル)

“透明な断熱材”



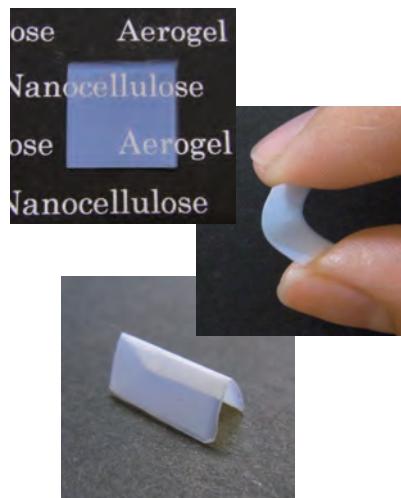
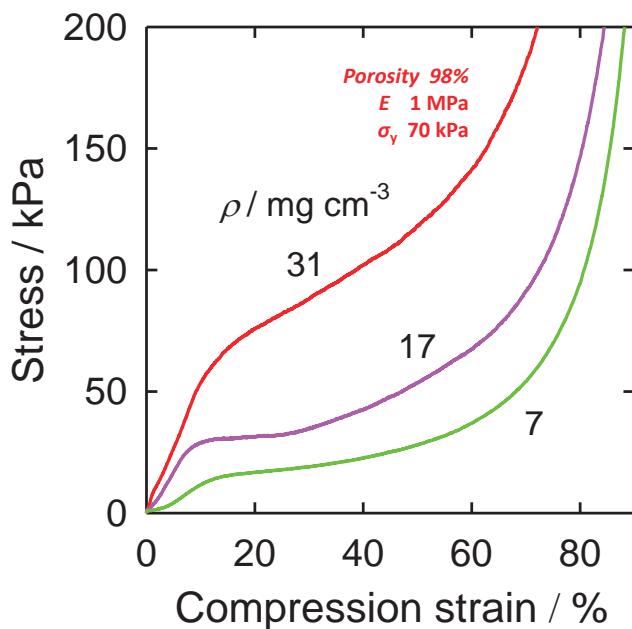
超臨界乾燥すると

Kobayashi et al. Angew. Chem. Int. Ed. 2014



空隙率 98~99.7%, 光透過率 90%@1 mm,
比表面積 500~600 m² g⁻¹, 熱伝導率 15~40 mW m⁻¹ K⁻¹

圧縮しても割れず、折り曲げも可能



Kobayashi et al. Angew. Chem. Int. Ed. 2014

実用化が期待される「夢の材料」

“透明断熱材”



住環境や自動車の熱エネルギー損失低減により
CO₂削減に貢献

24/48

【エアロゲル】

湿潤ゲルの超臨界乾燥で得られる多孔質

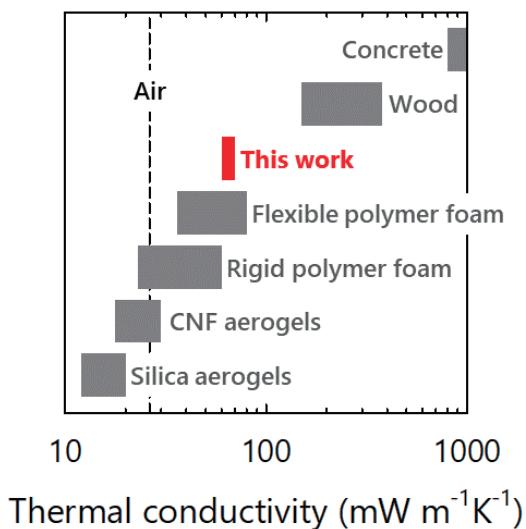
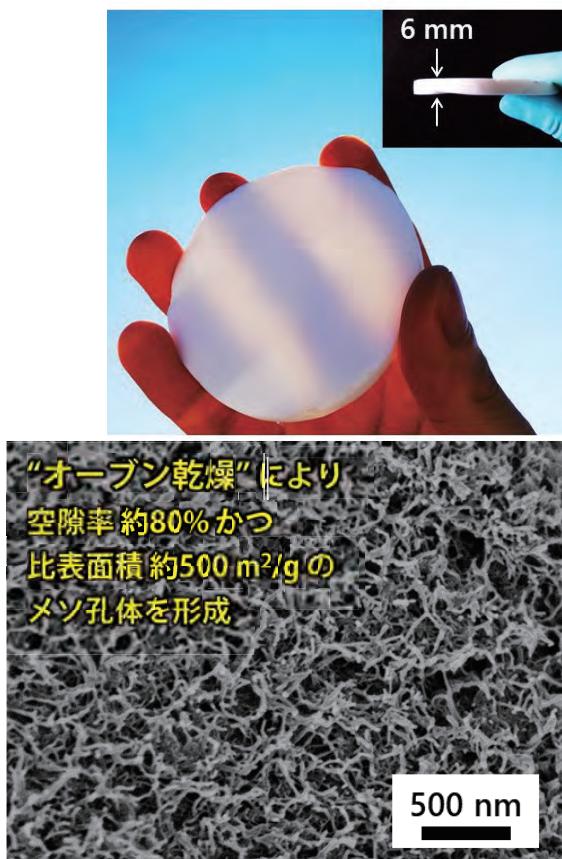
- 高空隙率・高比表面積：透明・高断熱
- × 特殊な耐圧加熱設備を要する
- × スケールアップできない

【キセロゲル】

湿潤ゲルの蒸発乾燥で得られる多孔質

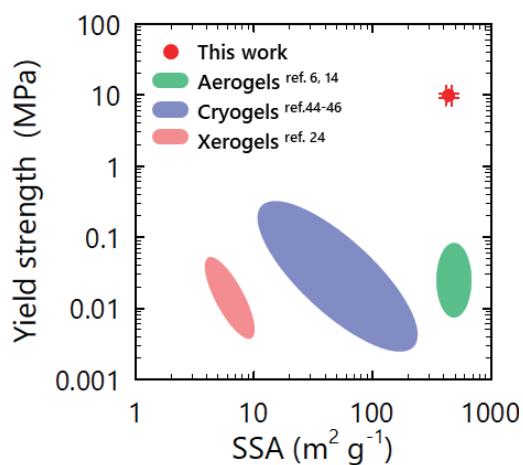
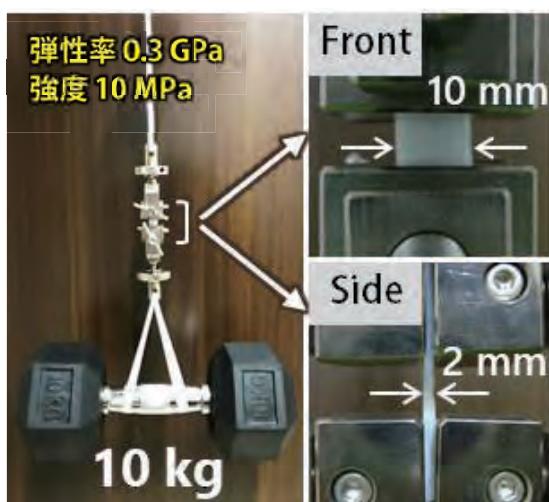
- 汎用な設備で製造できる
- スケールアップできる
- × 低空隙率・低比表面積：不透明・低断熱

乾燥収縮の制御：溶媒/濃度/温度/架橋構造 etc



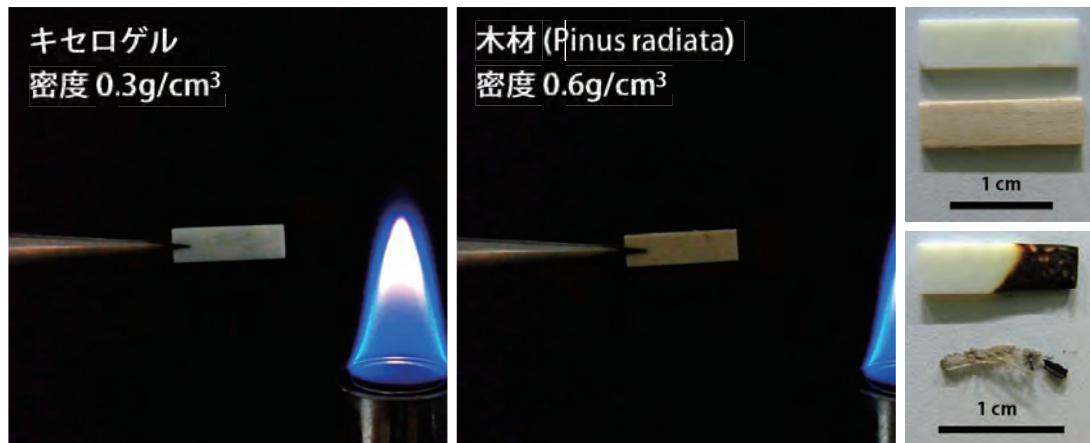
Yamasaki et al. *Front. Chem.* 2019
Sakuma et al. *ACS nano* 2021

空隙率80%かつ比表面積500m²/gでありながら
非孔性プロファイルムに比する強度を発現

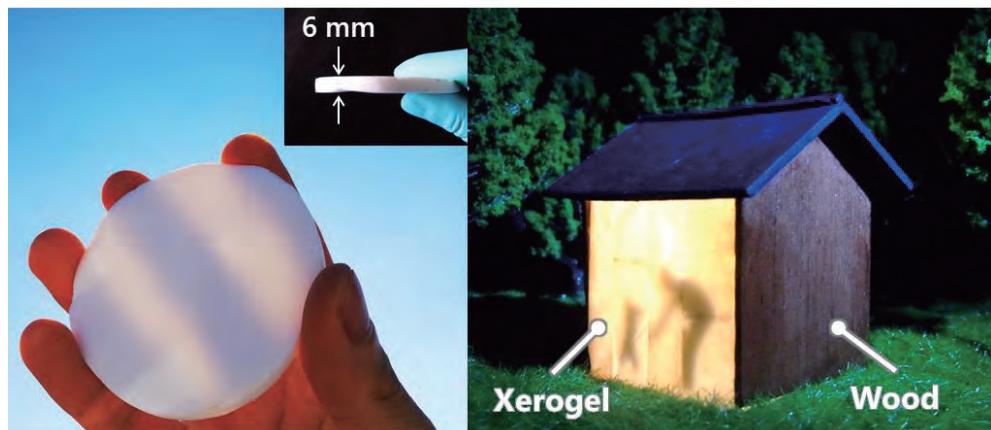


Sakuma et al. *ACS nano* 2021

自己消火性を発現



CNF表面の水酸化アルミニウム構造
 $(R\text{-COO[Al(OH)}_2\text{]} \text{ or } [R\text{-COO}]}_2\text{[Al(OH)}])$ が脱水吸熱
 $2\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ($\Delta h = -1050 \text{ kJ/kg}$)



高強度 (10 MPa) で 透光性 (10~50%@1mm) があり,
 断熱性 (0.06~0.07 W/mK) と 自己消火能 (0.01s以下) を
 兼ねそなえた多機能なオープン乾燥体 (xerogel) :
CNFを多孔化する基盤技術

【クライオゲル】

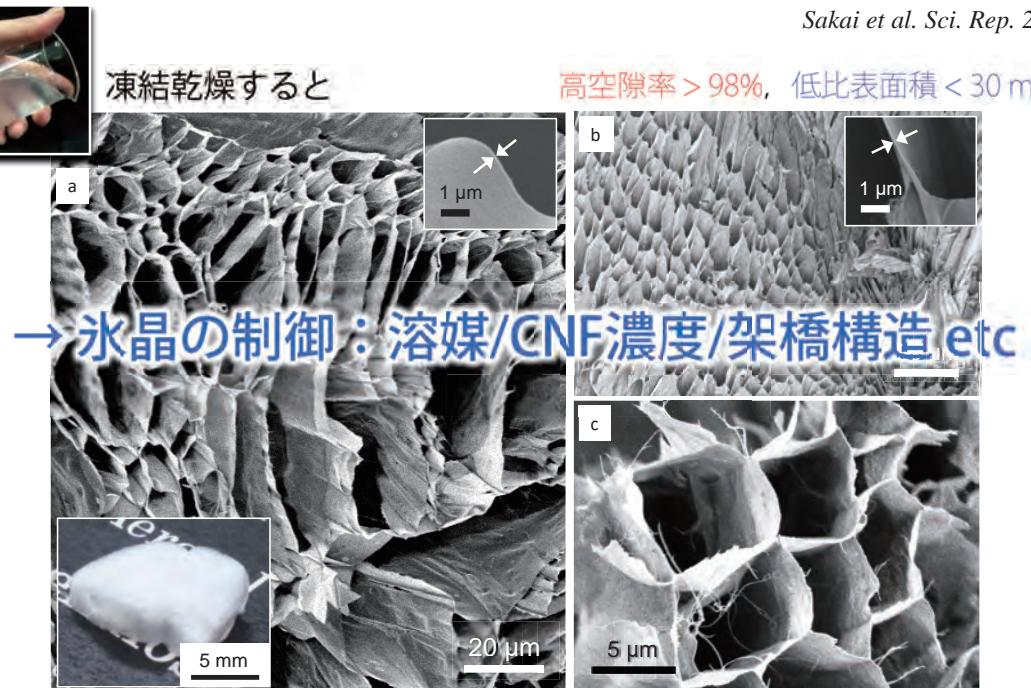
湿潤ゲルの凍結乾燥で得られる多孔質

- 設備の汎用性：国内で産業利用
- スケールアップ：1m幅の板は可

マクロポーラスな多孔質（フォーム）

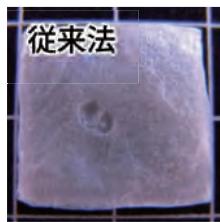
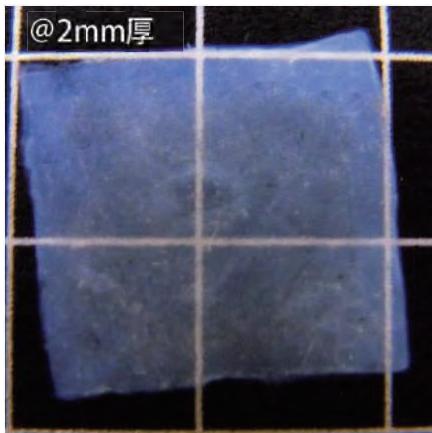
30/48

Sakai et al. Sci. Rep. 2016



(a) Foam with a solid volume fraction V_s of 0.32%. (b,c) Foam with a V_s of 1.04%.

凍結乾燥ならば 透明断熱材を形成できる！



Step 1. 酸ゲル化

Step 2. t-BuOH溶媒置換

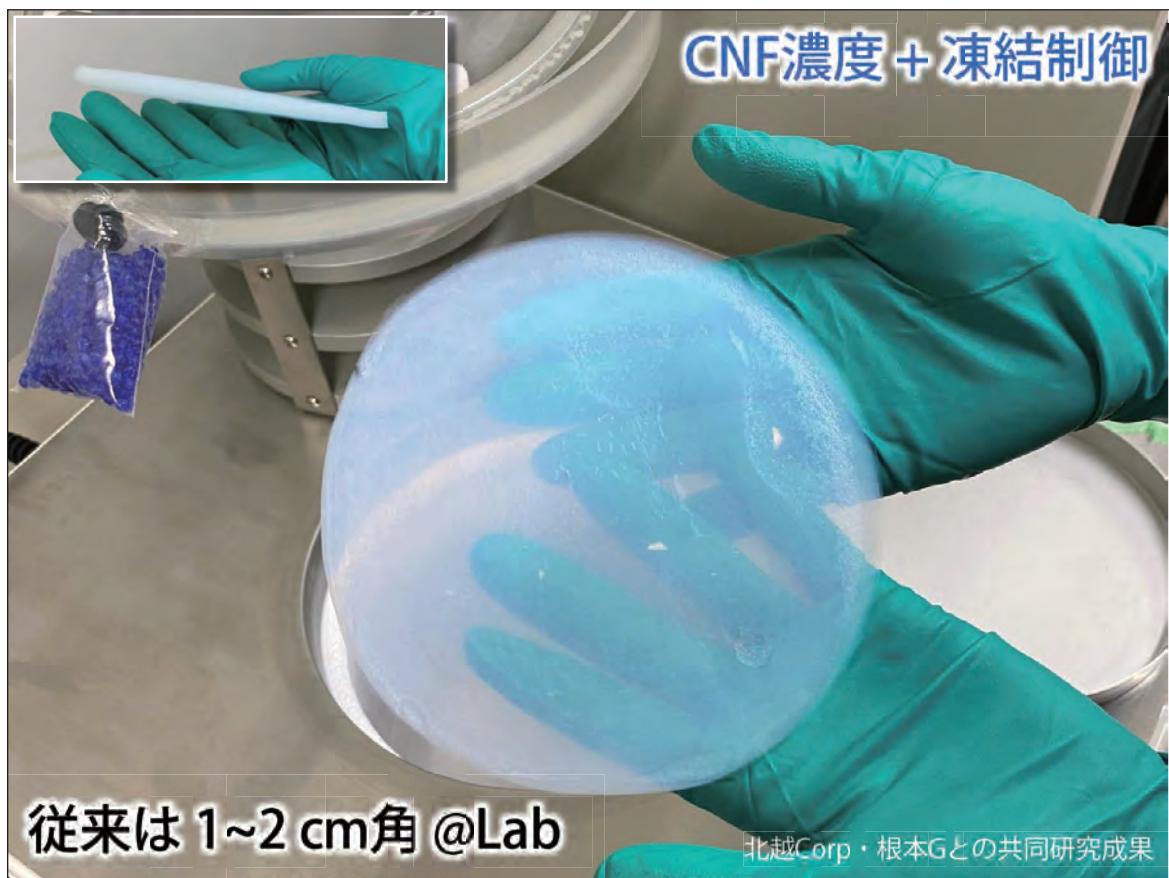
Step 3. 液体窒素による急速凍結

空隙率 99% かつ 比表面積 450 m²/g,

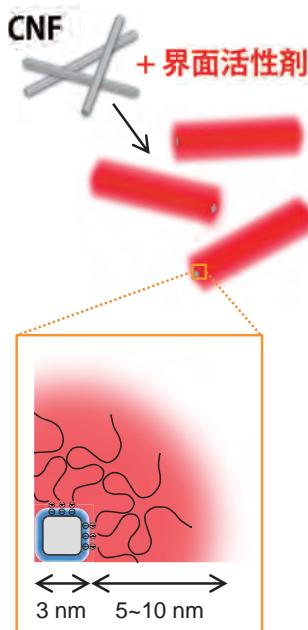
1mm厚の光透過率 70%@600 nm,

熱伝導率 0.02~0.03 W/mK

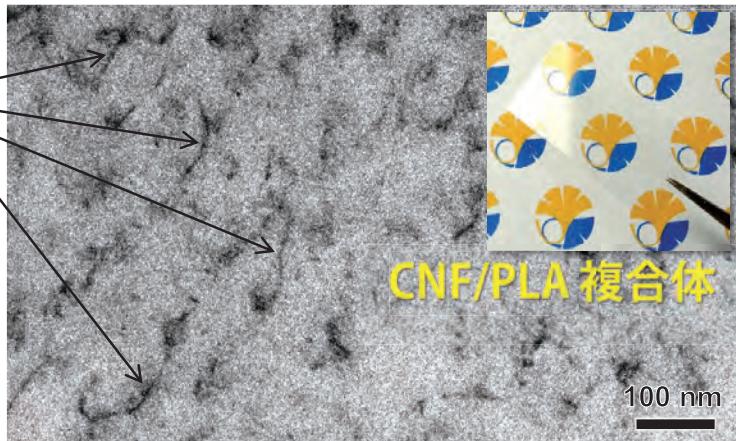
Hou, Kotsuka et al. to be submitted



プラスチックとの複合化



界面活性剤で表面改質したCNFは
疎水的なプラスチックと均一に複合化



CNF/PLA 複合体

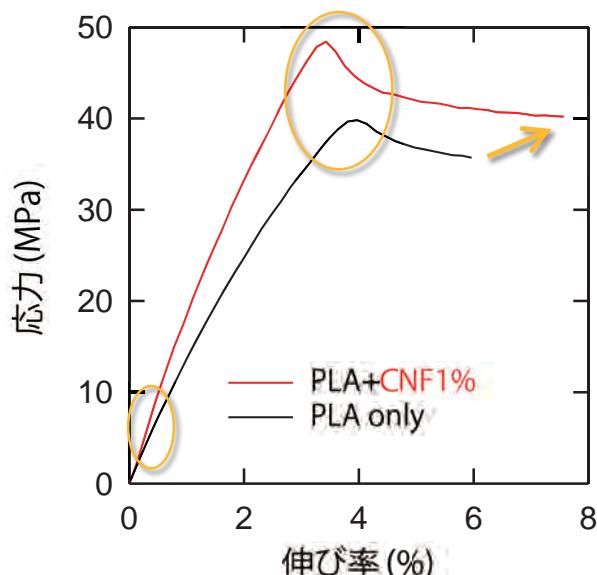
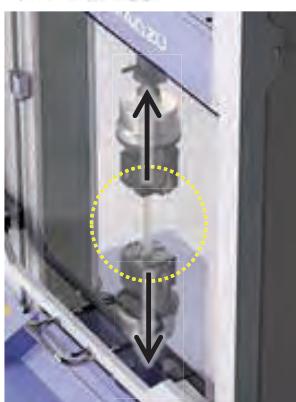
フィルム断面の電子顕微鏡写真

表面改質：疎水化と立体安定化

Fujisawa et al.
Biomacromolecules 2013

弾性率と強度だけでなく 韌性も向上

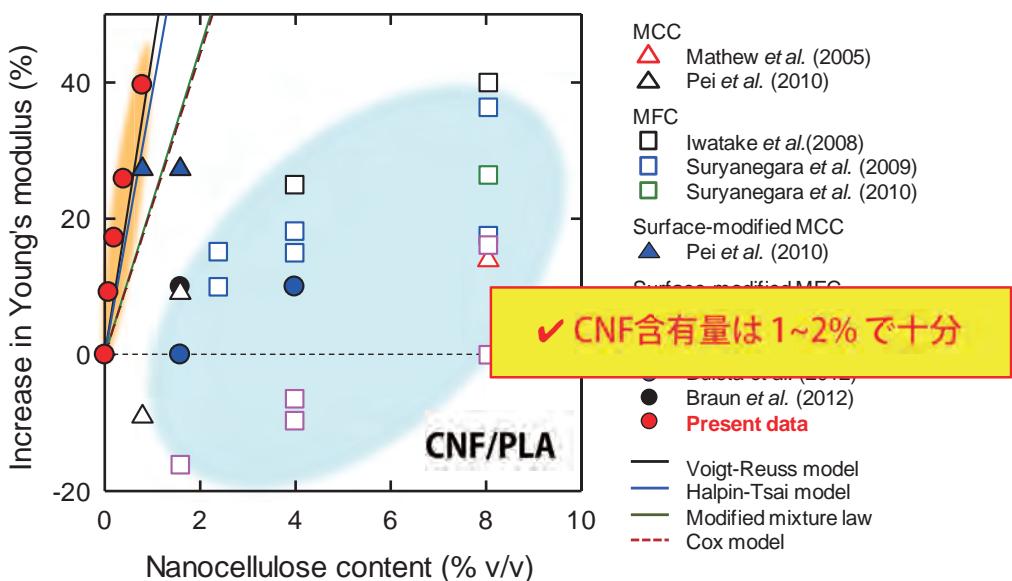
引張試験



✓ 適切に表面修飾すれば脆くならない

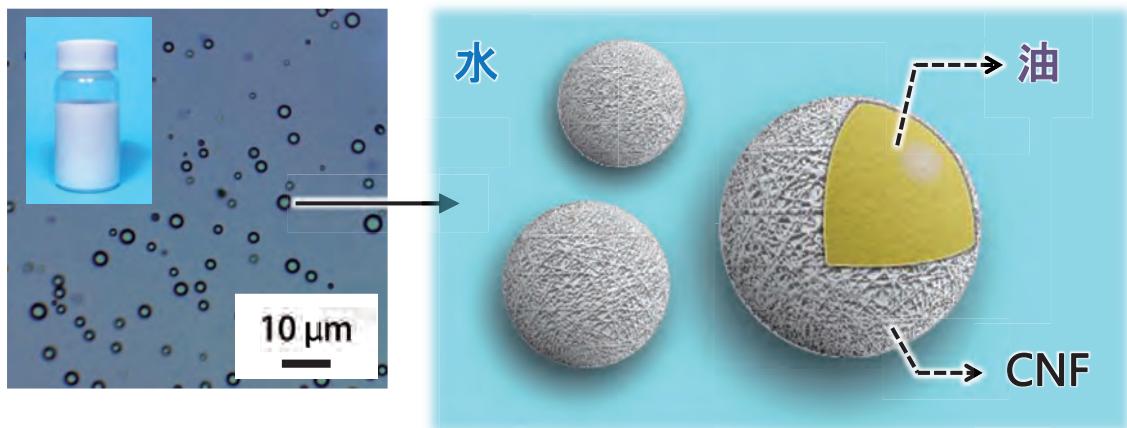
Fujisawa et al. *Biomacromolecules* 2013

均一複合化による効率的補強



Fujisawa et al. Biomacromolecules 2013

安定なO/Wエマルションの形成

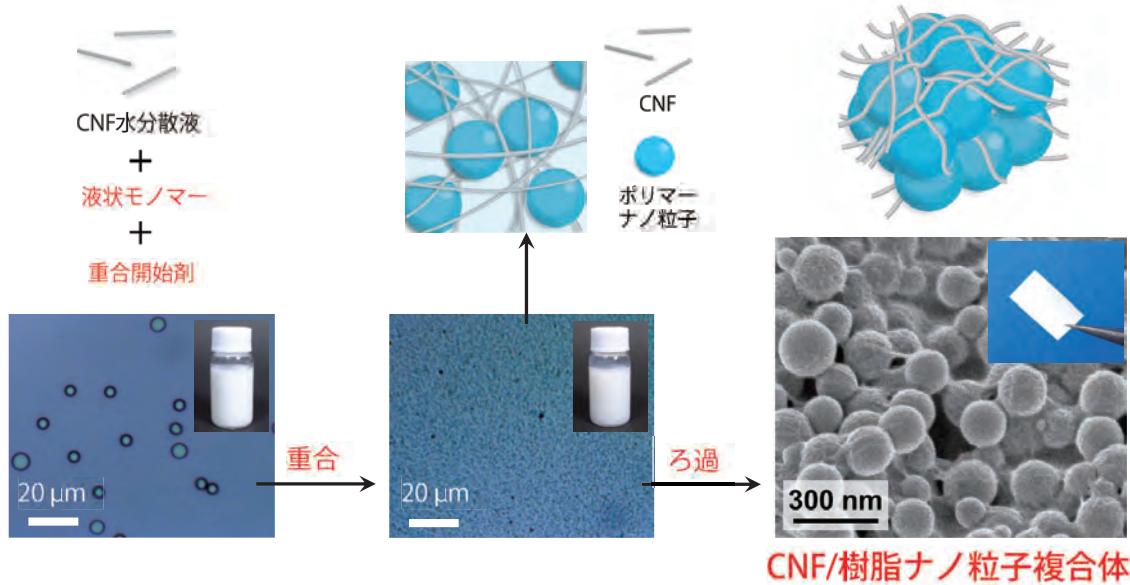


CNFが油滴表面に吸着し、油滴を安定化

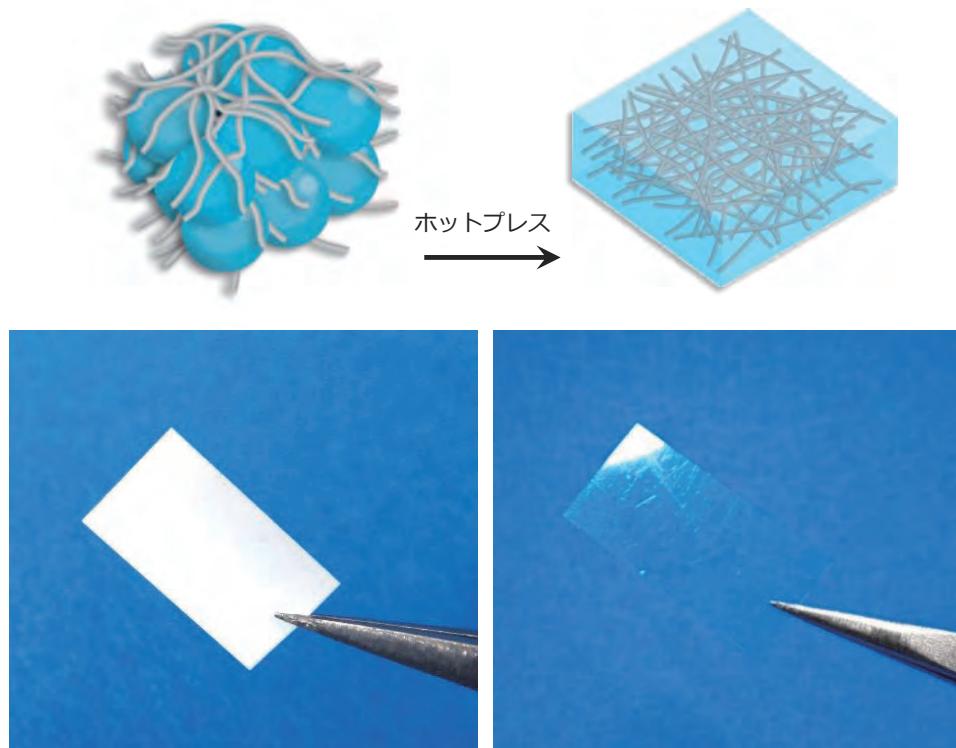
Pickeringエマルション

Fujisawa et al. Biomacromolecules 2017; Goi et al. Langmuir 2019

水系の乳化(懸濁)重合プロセスによる CNF/樹脂複合化

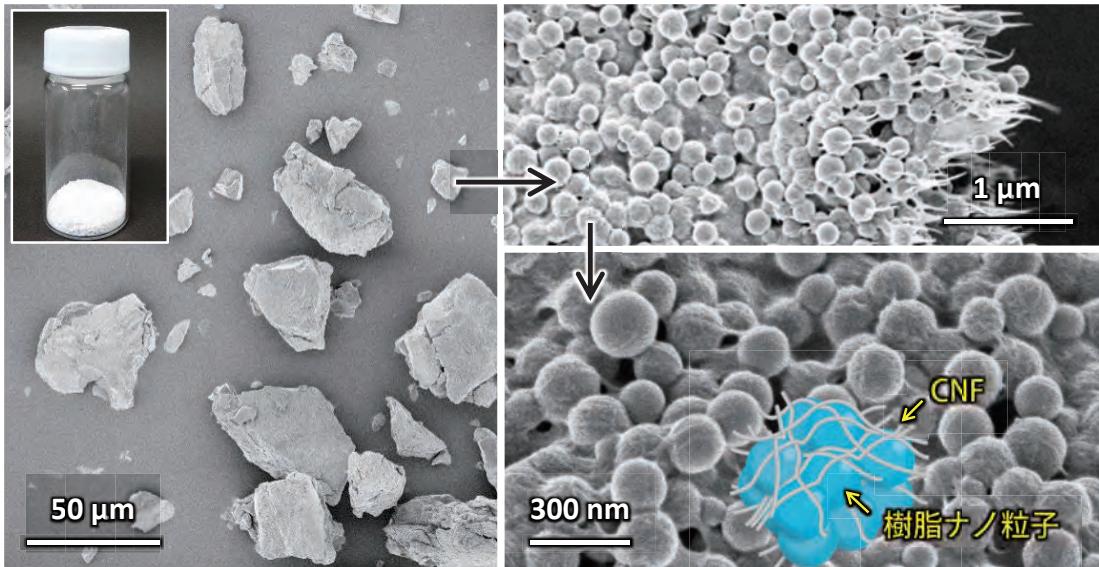


Fujisawa et al. Biomacromolecules 2017



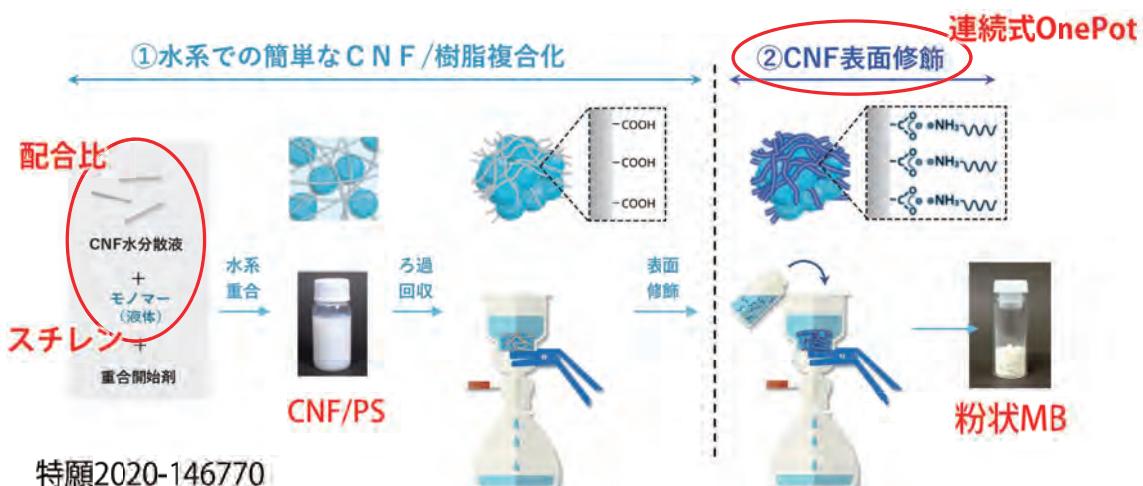
Fujisawa et al. Biomacromolecules 2017

CNFと樹脂ナノ粒子が均一複合化した粉体強化樹脂マスターbatch(MB)応用



JST未来社会創造事業CNFプロジェクト藤澤G/東亞合成G共同研究成果

MB用に改変した合成プロセス

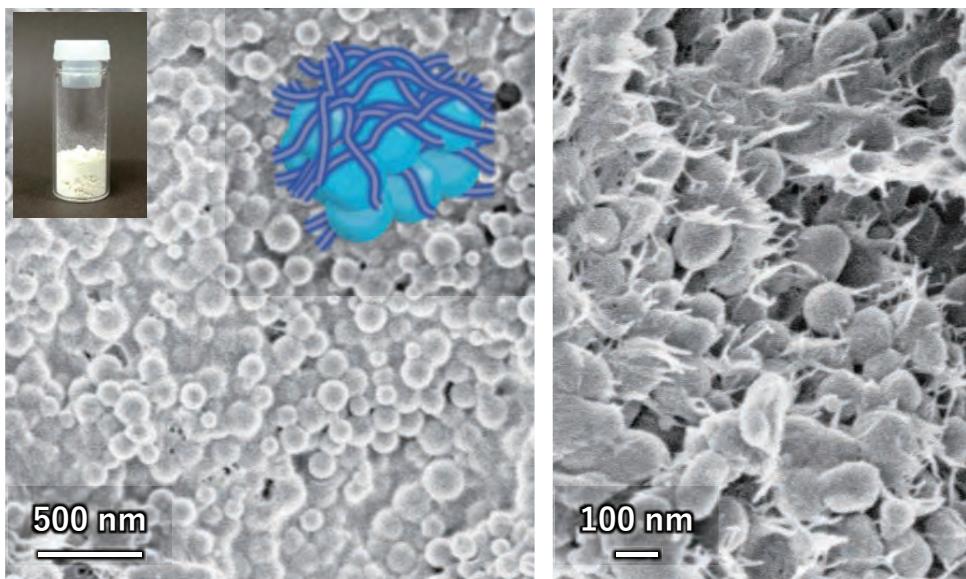


特願2020-146770

- ・配合比により粉状MBのCNF含有量を増加：2% → 20%
- ・モノマーはスチレン(ABSによる希釈を想定)
- ・CNFの表面修飾は懸濁(乳化)重合と連続したワンポットの中和反応

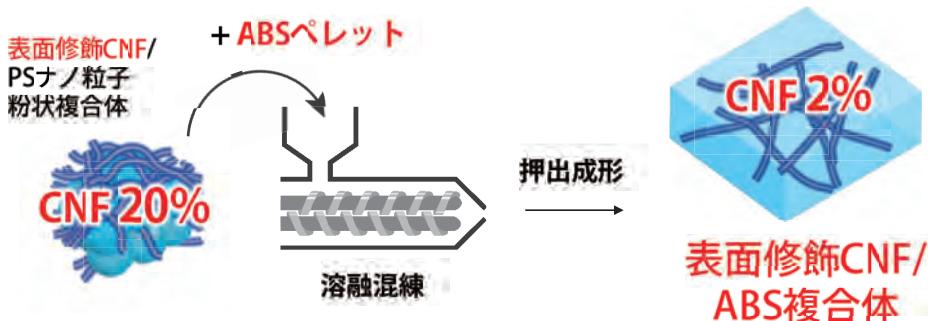
JST未来社会創造事業CNFプロジェクト藤澤G/東亞合成G共同研究成果

高濃度化 + 表面修飾 後もMB構造を維持



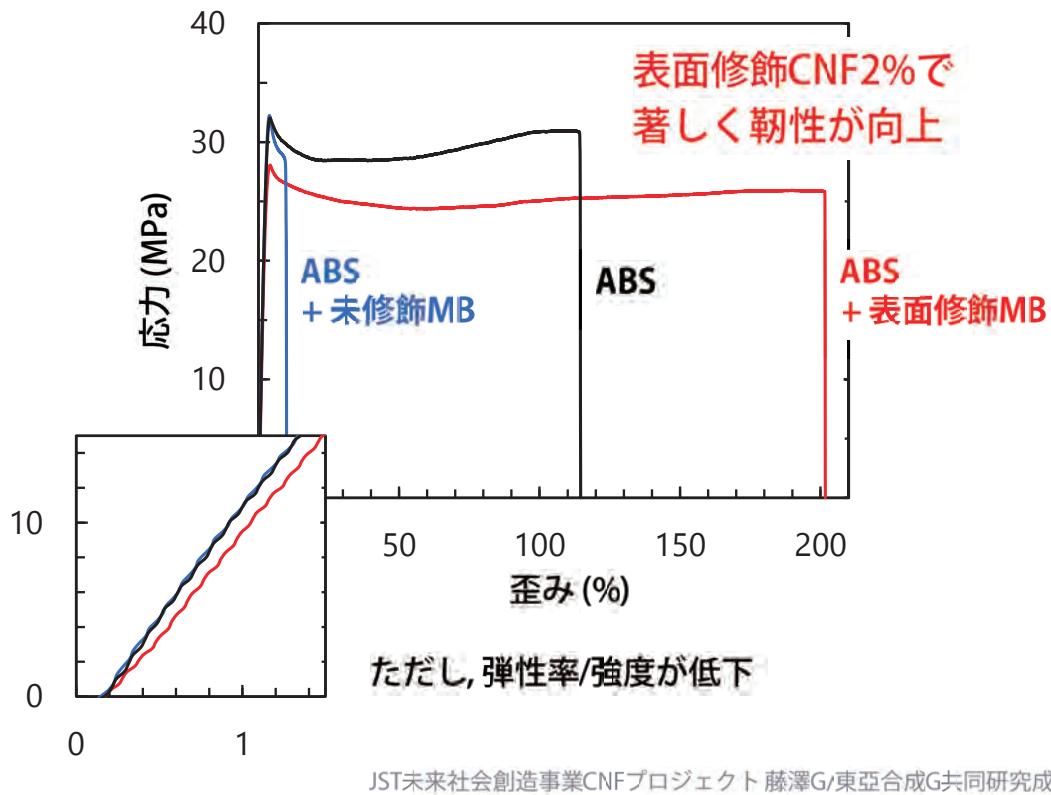
- CNF含有量が10倍(20%)で表面修飾を経ても均一に複合化
- CNF/スチレン/修飾剤の仕込み量に対する回収率 > 90%

ABS樹脂との溶融混練による複合化

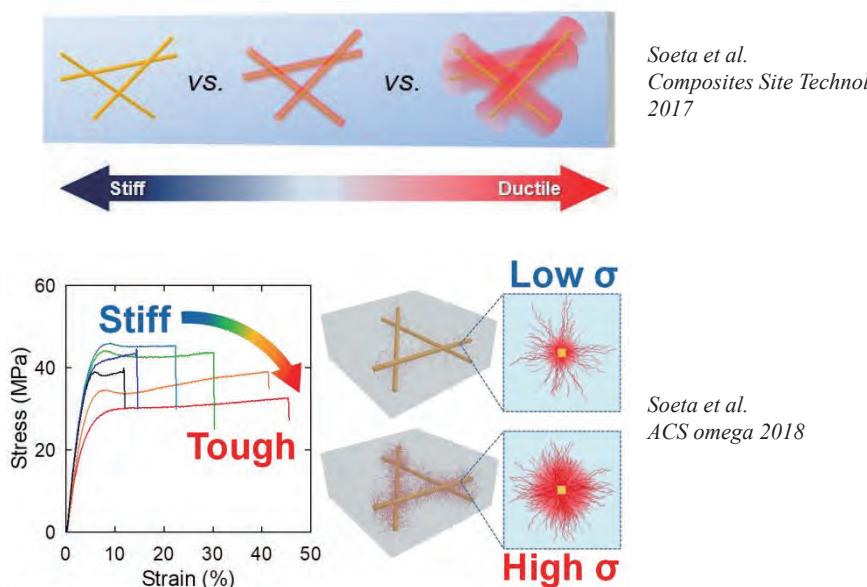


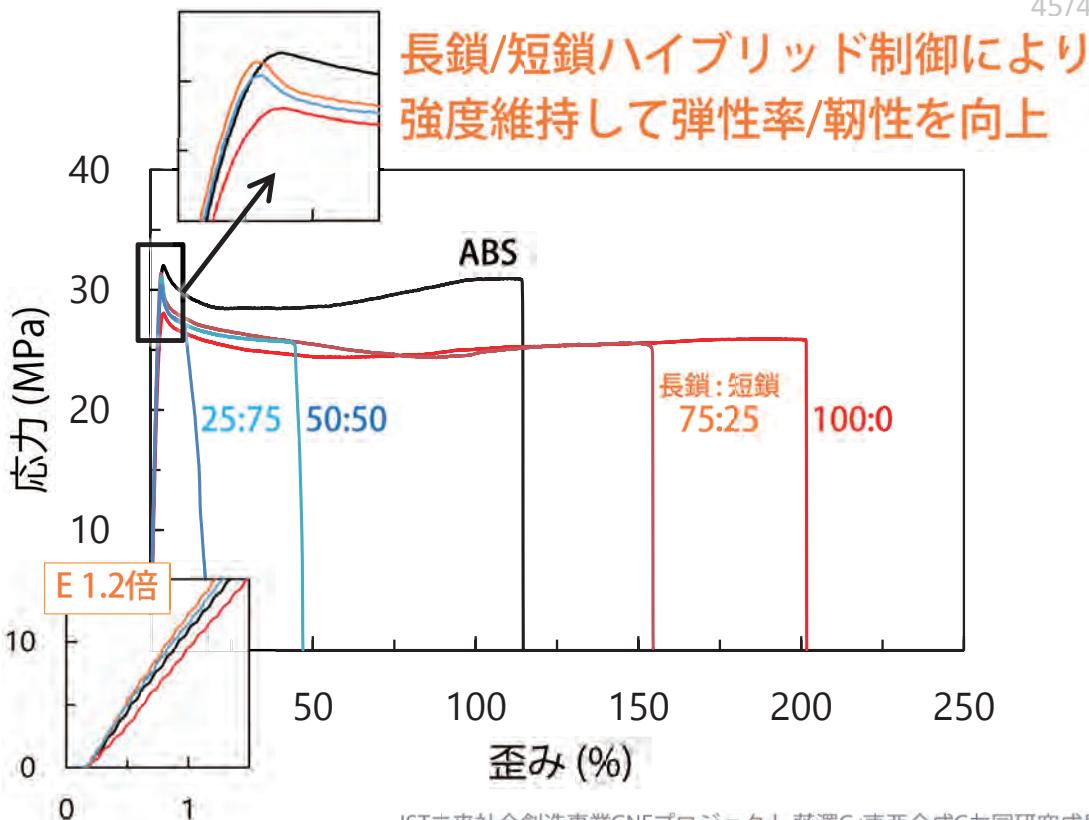
表面修飾基：ポリエーテルアミンEO/PO共重合型

(特願2019-44803; PCT/JP2020/007662; 特願2020-200967)

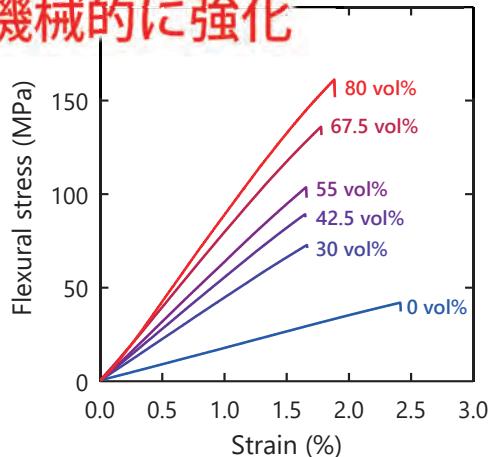


表面修飾基の鎖長/密度を制御して 弾性率/強度/伸びの最適化

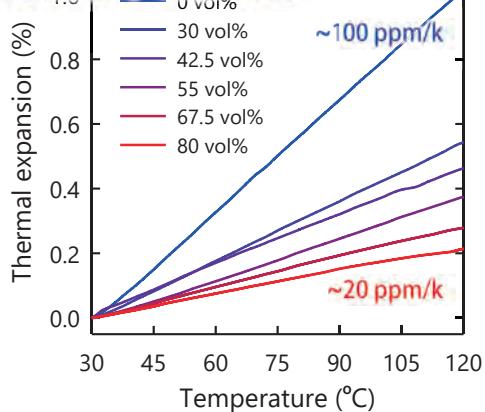




機械的に強化



熱膨張を低減



難燃性を付与



Visions

- 精密制御により実現する効率と付加価値を重視したCNF利活用の技術体系を確立
- 低炭素社会の実現にむけて森林起点の新産業創出に貢献

機能材料用 CNF

大阪大学 産業科学研究所 第2研究部門

能木 雅也氏

木から生まれる夢の新素材 セルロースナノファイバー研究最前線
大阪大学産業科学研究所 能木雅也
<https://www.nogimasaya.com>



機能材料用CNF

2022年3月29日 13:45-14:25 (質疑応答込み40分)
Nanocellulose Symposium 2022／第468回生存圈シンポジウム
「CNFとキチンNF 夢と現実、そしてこれから」@宇治

2/70

表面を平滑化した セルロースナノファイバー透明シート

(京大生存研)○能木雅也、岩本伸一朗、矢野浩之



2007年8月 日本木材学会 広島

【横河バイオフロンティア】高機能ナノセルロース素材「S-CNF」の提供を開始

～フィルム、充填剤、機能添加剤など、化学・素材業界に新たな提案～

2021年6月15日発表

横河電機株式会社（本社：東京都武蔵野市 代表取締役社長：奈良 寿）の子会社である横河バイオフロンティア株式会社（本社：東京都武蔵野市 代表取締役社長：伊賀 光博）は、100%植物由来の素材である硫酸エステル化セルロースナノファイバー「S-CNF™」を提供する事業を開始しましたのでお知らせします。第一段階としてサンプル提供を開始、今後は商用生産にも着手し、化学・素材産業を中心とするお客様向けに植物由来の多様性に優れた素材であるS-CNFを提供していきます。



<https://www.yokogawa.com/jp-ybf/solutions/solutions/scnf/>



S-CNF™ 粉末



S-CNF™ のAFM画像

4/70

表面を平滑化した セルロースナノファイバー透明シート

(京大生存研)○能木雅也、岩本伸一郎、矢野浩之



2007年8月 日本木材学会 広島

ナノエレメントによる透明複合材料

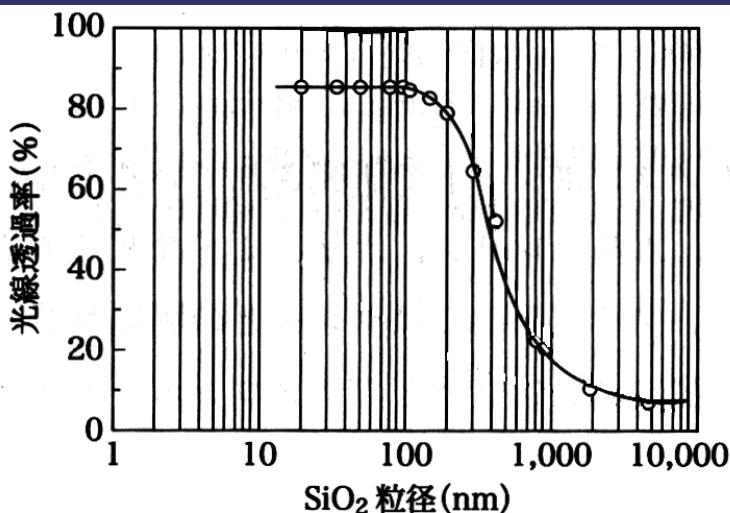
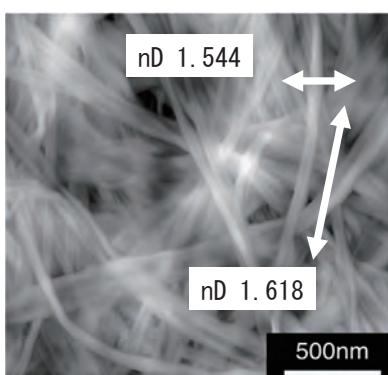


図 フェノール樹脂+シリカ系ナノコンポジットの透明性
(シリカ含有率10wt%、波長：600nm、サンプル厚さ
100μm)

K. Haraguchi and Y. Usami *Kobunshi Ronbunshu*. **55** 715 (1998)

エレメントが光の波長よりも十分小さくなると、
光散乱がなくなり透明複合材料が可能となる。

バクテリアセルロースナノファイバー補強透明材料



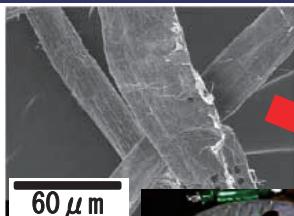
幅50nmのBCナノファイバー

様々なプラスチックに透明補強が可能



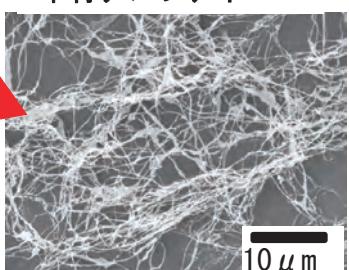
H. Yano et al, *Adv. Mater* (2005)

第1世代木材ナノファイバー補強透明材料

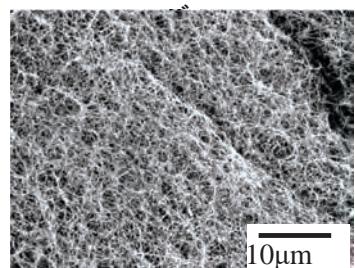


グラインダー磨碎処理

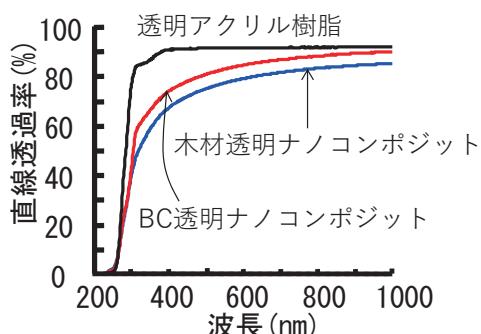
木材ナノファイバー



BCナノファイ



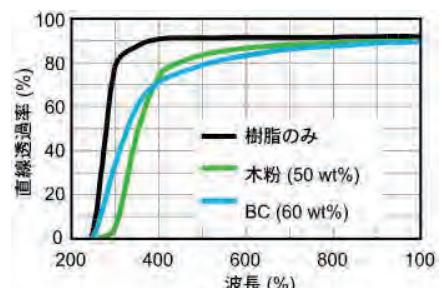
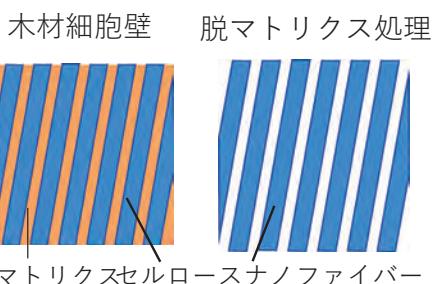
第1世代木材ナノファイバー補強透明材料



S. Iwamoto *et al*, *Appl. Phys. A.* (2005)

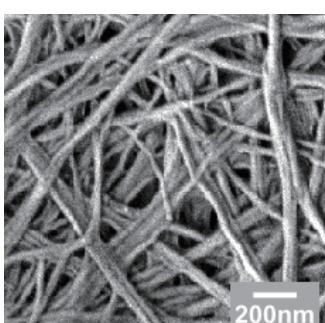
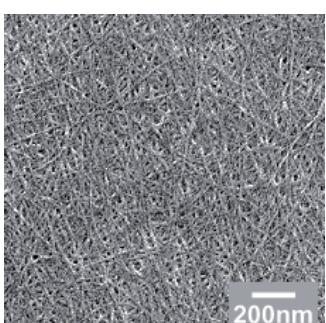
第2世代木材ナノファイバー補強透明材料

“ネバードライ”で解纖処理を行う



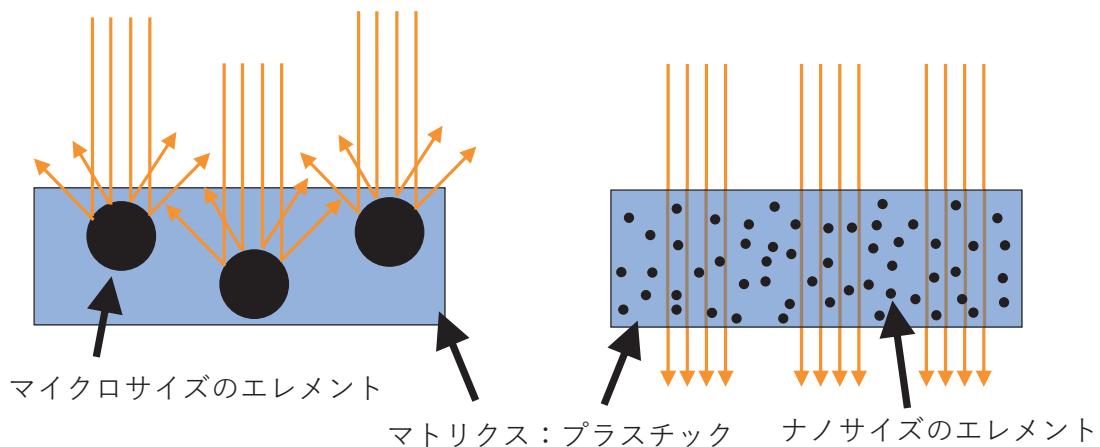
第2世代木材ナノファイバー補強透明材料

木材ナノファイバー(幅15nm) BCナノファイバー(幅50nm)



K. Abe *et al*, *Biomacro.* (in printing)

まとめ：纖維補強透明材料の概念



10/70



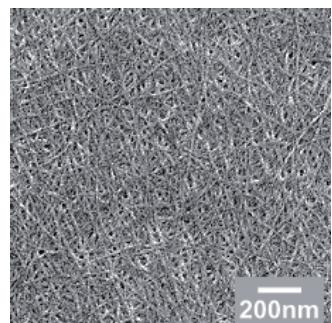
セルロースナノファイバーを高密度にパックすると、どんな材料になるでしょうか？

木材ナノファイバーシートの作成方法

シトカスプルース木片



脱脂 : アルベン抽出 6hr
脱リグニン : 5回 (NaClO 50g, 70°C, pH4-5)
脱ヘミセル : 5%KOH, 20°C, 24hr



グラインダー処理 (1,500rpm 1回)



1wt%セルロース懸濁液



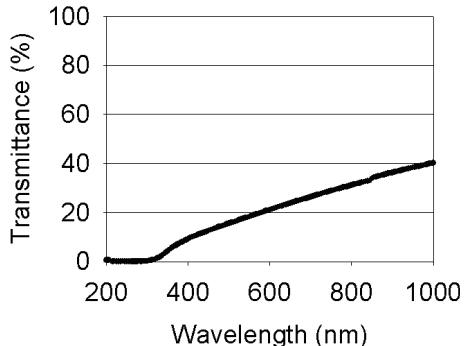
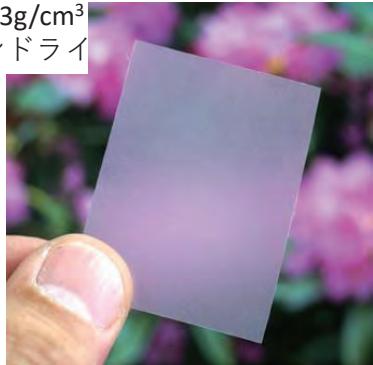
ろ過・製膜



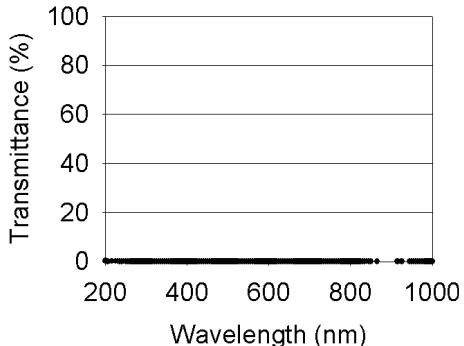
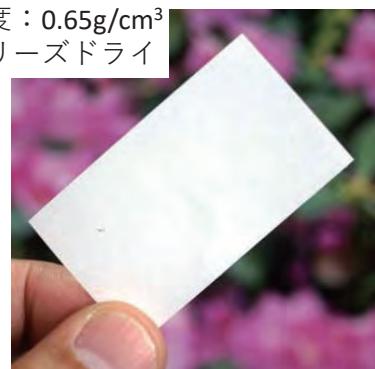
オーブン乾燥 (55°C, 48hr)
フリーズドライ

セルロースナノファイバーシート

密度 : 1.3g/cm³
オーブンドライ

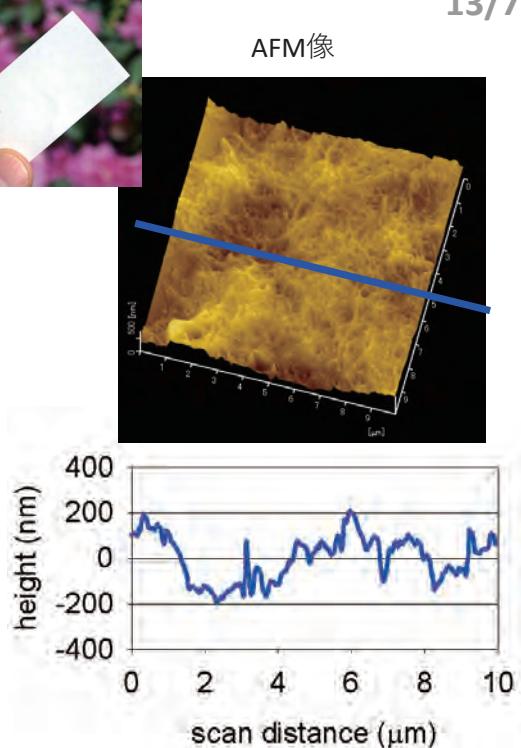
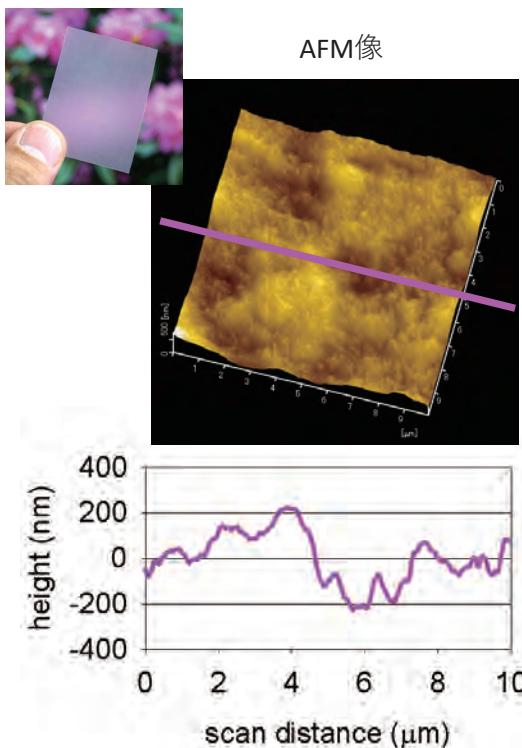


密度 : 0.65g/cm³
フリーズドライ



12/70

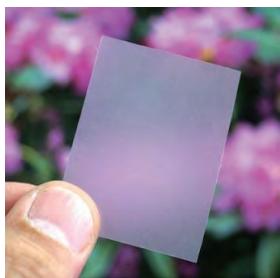
密度が高くなると、透明感が出てくる。なぜ？



両者とも同じように表面が凸凹している。



セルロースの水素結合によって、非常に高密度にパックされている

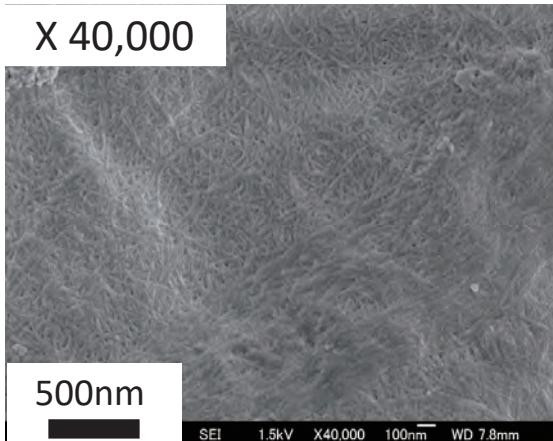


密度 : 1.3g/cm³
オープンドライ



密度 : 0.65g/cm³
フリーズドライ

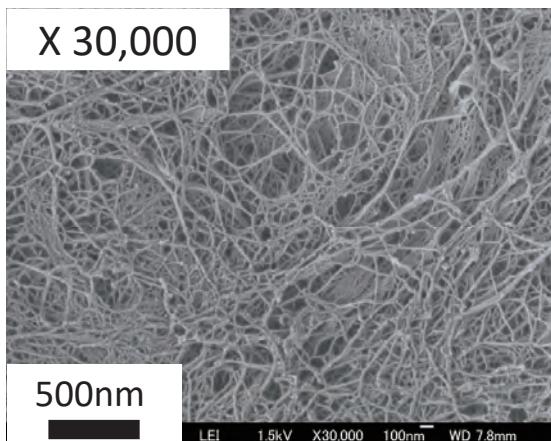
X 40,000



500nm

SEI 1.5kV X40,000 100nm WD 7.8mm

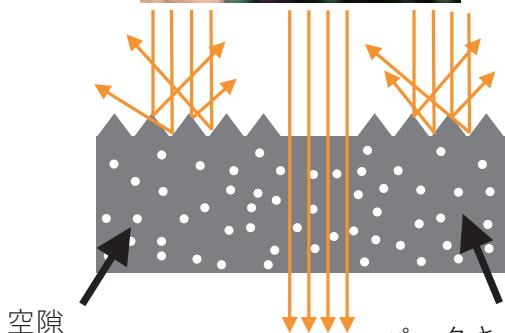
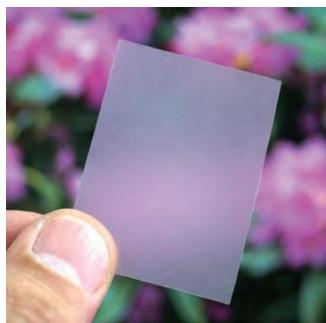
X 30,000



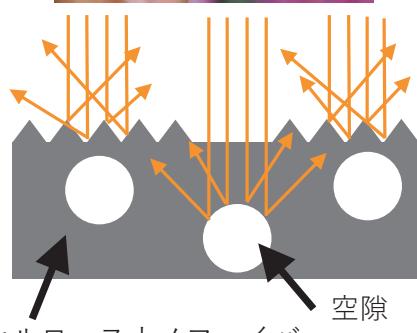
500nm

LEI 1.5kV X30,000 100nm WD 7.8mm

ナノファイバーの間に空隙がほとんど存在していない。

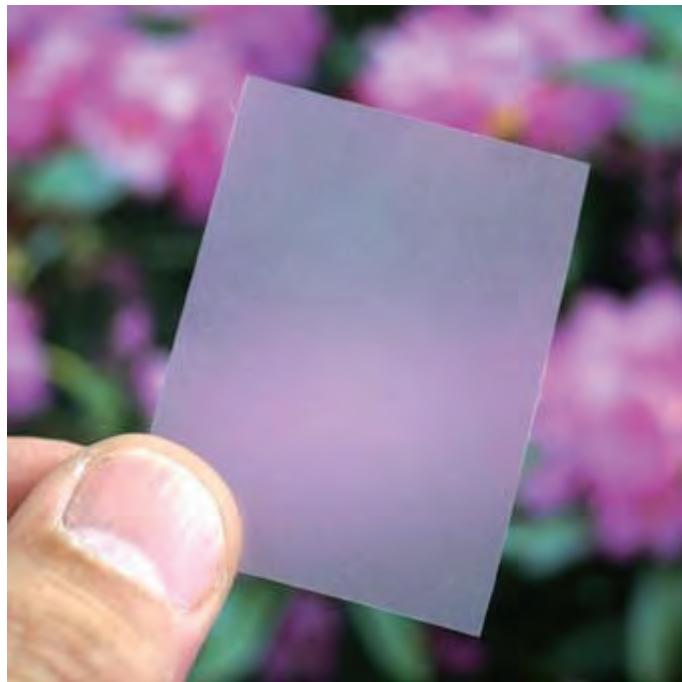


透過光 : 20 %



透過光 : 0 %

空隙が小さければ、光は透過する。

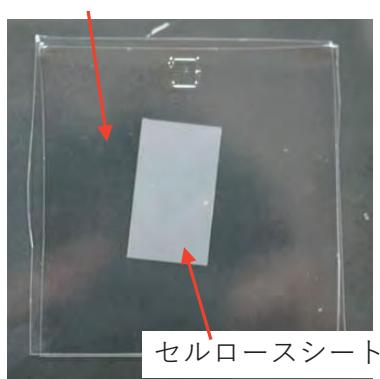


擦りガラスに似てると思いませんか？

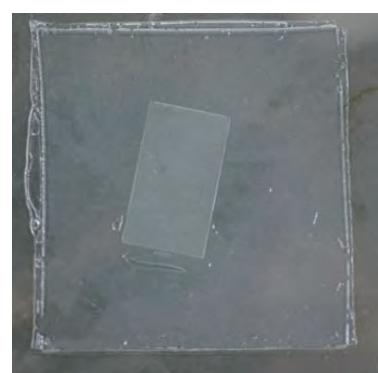
透明化の一例

材料：ポリスチレンフィルム
ガラス転移点：90-100°C
融点：230-250°C
屈折率：1.59-1.60

ポリスチレンフィルム



120°C
1-2MPa
2分間



プラスチックを熱変形させ、表面の凹凸を平滑にする。

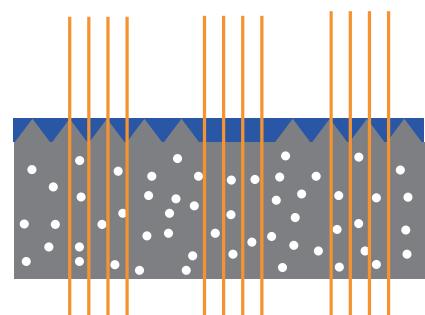
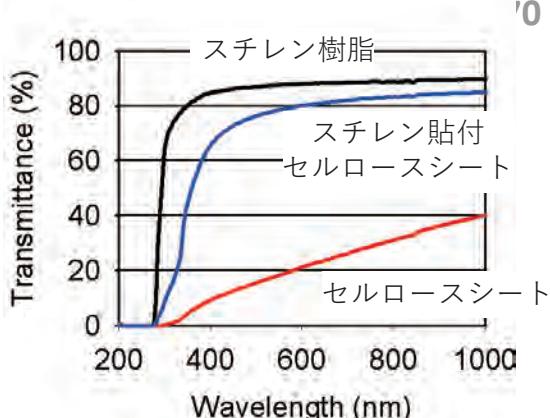
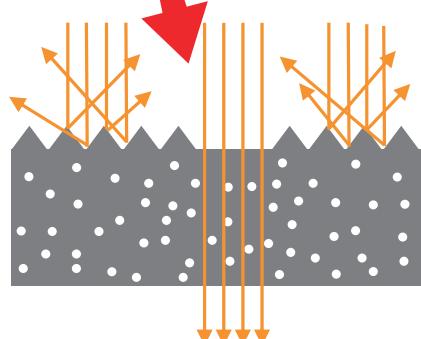
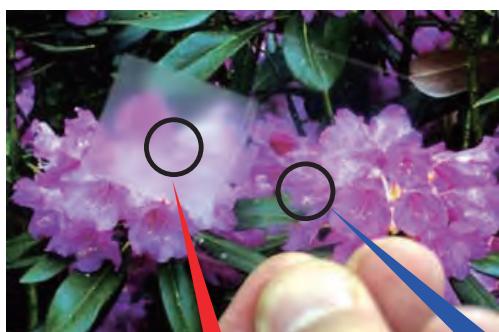
ポリスチレンフィルム



セルロースシート

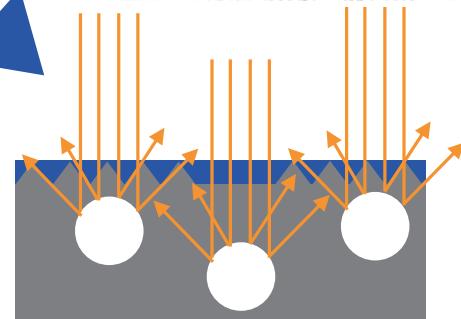
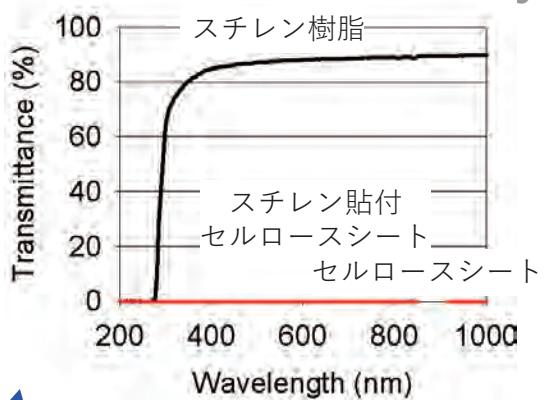
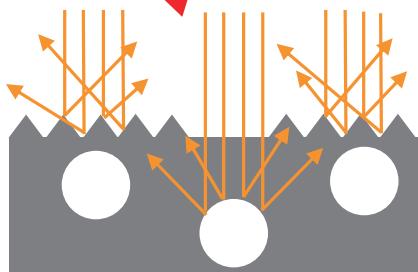
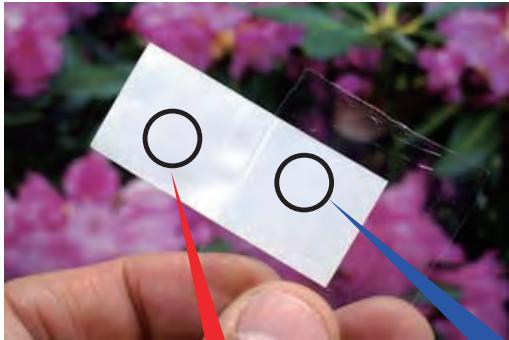
PETフィルムでも成功。

オープンドライシートの平滑化



表面平滑による透明化

フリーズドライシートの平滑化



表面平滑しても不透明

フリーズドライシート



樹脂含浸させた
フリーズドライシート



D

22/70

ここまでまとめ

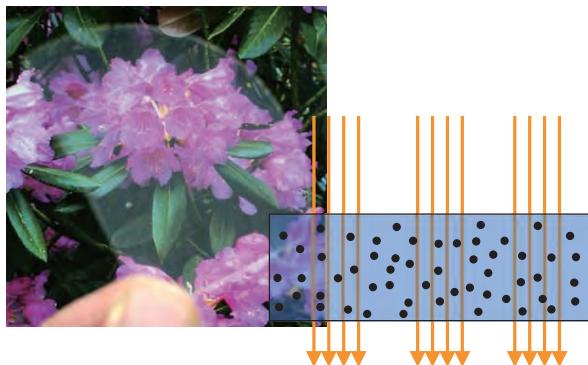
透明材料を作製するには、

セルロースを溶融させる。(セルロース系プラスチック)

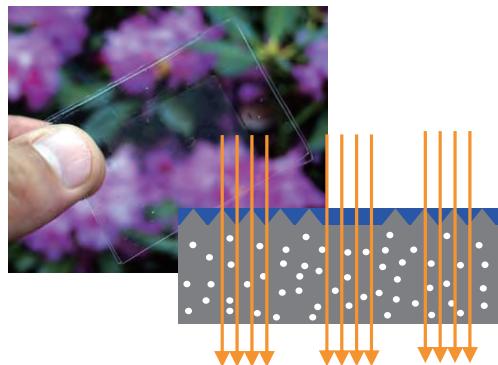
エレメントをナノサイズにする。(セルロースナノコンポジット)

空隙をナノサイズにする。(本材料)

エレメントを小さくする



空隙を小さくする



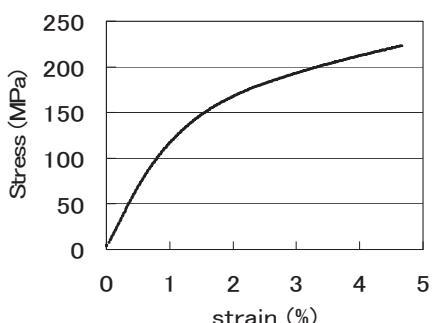
セルロースは透明である！

本材料のポテンシャル

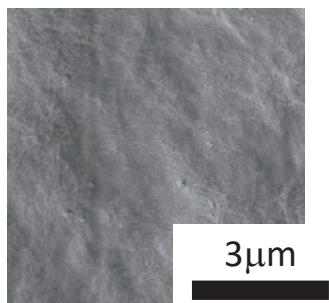
セルロースナノファイバーシート



セルロースナノファイバーシートのS-Sカーブ



水素結合によって高密度にパック



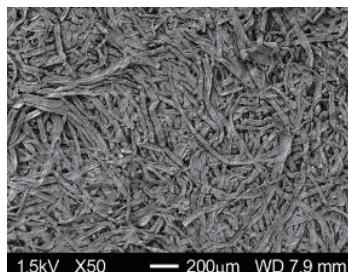
ヤング率: 13 GPa
強度: 218 MPa

熱膨張率: 10 ppm/K

セルロースシート表面を平滑にするだけで、優れた物性を示す透明材料が得られる。

乾かすだけ。。

25/70



20世紀までの紙
幅15μmの繊維

21世紀からの紙
幅15nmの繊維

M. Nogi* et al. Advanced Materials 2009

Cellulose : 100%



CTE : 5-8 ppm/K
Haze : 1-5%
Young's modulus : 13 GPa
Tensile strength : 223 MPa

参考動画

セルロースナノファイバー複合透明プラスチック



セルロースナノファイバー透明複合材料
<https://youtu.be/7Lz0rl9uaOU>



複合透明材料の原理 屈折率
<https://youtu.be/k8rMHjejlv0>



柔らかいのに熱膨張しない材料
<https://youtu.be/UEo8GALqGR8>

透明な紙



紙は、なぜ白い?
<https://youtu.be/MpkN6dH2abw>



透明な紙 論文紹介
<https://youtu.be/7Lej3Ij2L-4>



透明な紙は、
PETフィルムよりも耐熱性が高い!
<https://youtu.be/78AGcsKe1pQ>



透明な紙の耐熱性、
カルボキシル基量が支配する
<https://youtu.be/HSJng3gQctw>



ナノペーパーの透明性は、
繊維の太さではなく、空隙が決める!
https://youtu.be/uia_qORT8F4

セルロースなの
チャンネル登録もヨロシク！



紙のうえに、デバイスを作ろう！！

28/70

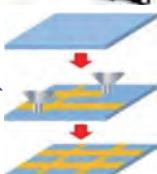
「セルロースナノファイバーを用いた プリンテッド・エレクトロニクス技術の開発」



セルロース
ナノファイバー



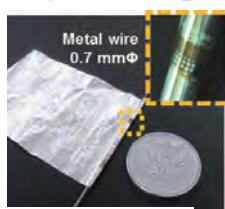
印刷による
低温プロセス



最先端・次世代研究開発支援プログラム（グリーン・イノベーション）
研究代表者：阪大 能木雅也

進化する紙：ペーパーデバイスに向けて

29/70



記憶する紙
Sci. Rep. 2014

アンテナ
Adv. Mater. 2014
Nanoscale 2013



情報の送受信

情報の記憶



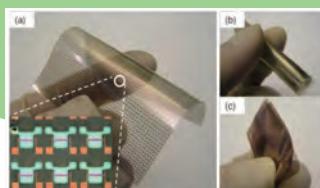
電力供給



情報の入出力



紙の太陽電池
Sci. Rep. 2015



ペーパートランジスタ
Adv. Funct. Mater. 2014



印刷配線
Nanoscale 2013
ACS Appl. Inter. 2015



電気の流れる透明な紙
NPG Asia 2014
Sci. Rep. 2015

参考動画：ペーパーデバイス

30/70



電気の流れる透明な紙
<https://youtu.be/yh1iYTQe6YE>



透明な紙は、誘電率が高い！
<https://youtu.be/7n5s2h72rDU>



記憶する紙（ペーパーメモリ）と電気絶縁性
<https://youtu.be/jGoyJBS9qMQ>

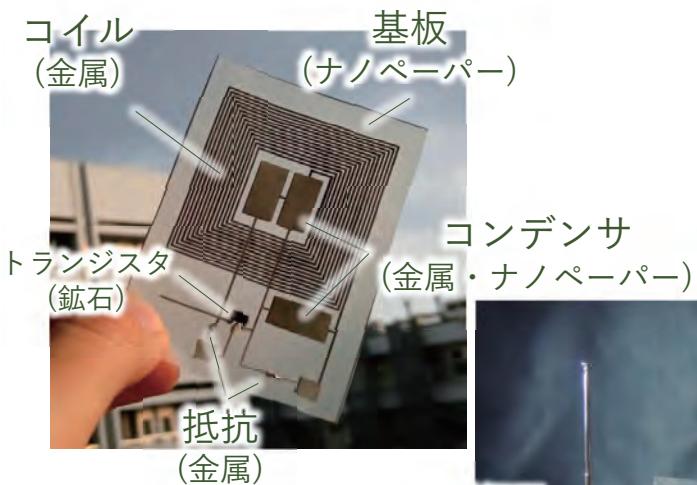


回収不要「土に還る」ペーパーセンサー
<https://youtu.be/fAr5R7eOzUU>

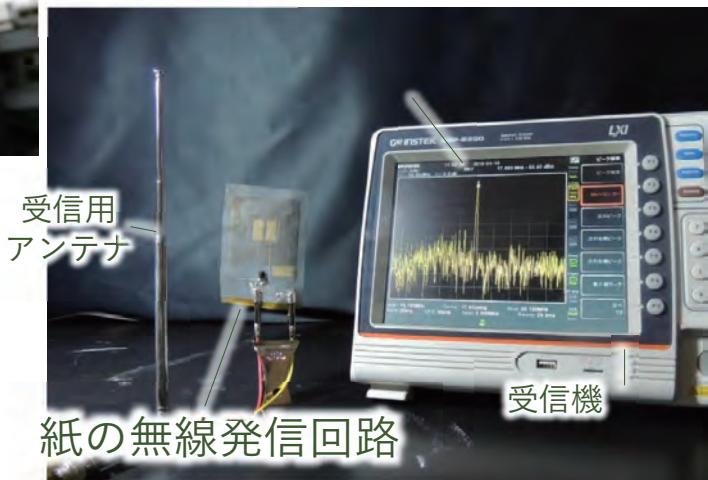
セルロースなの
チャンネル登録もヨロシク！



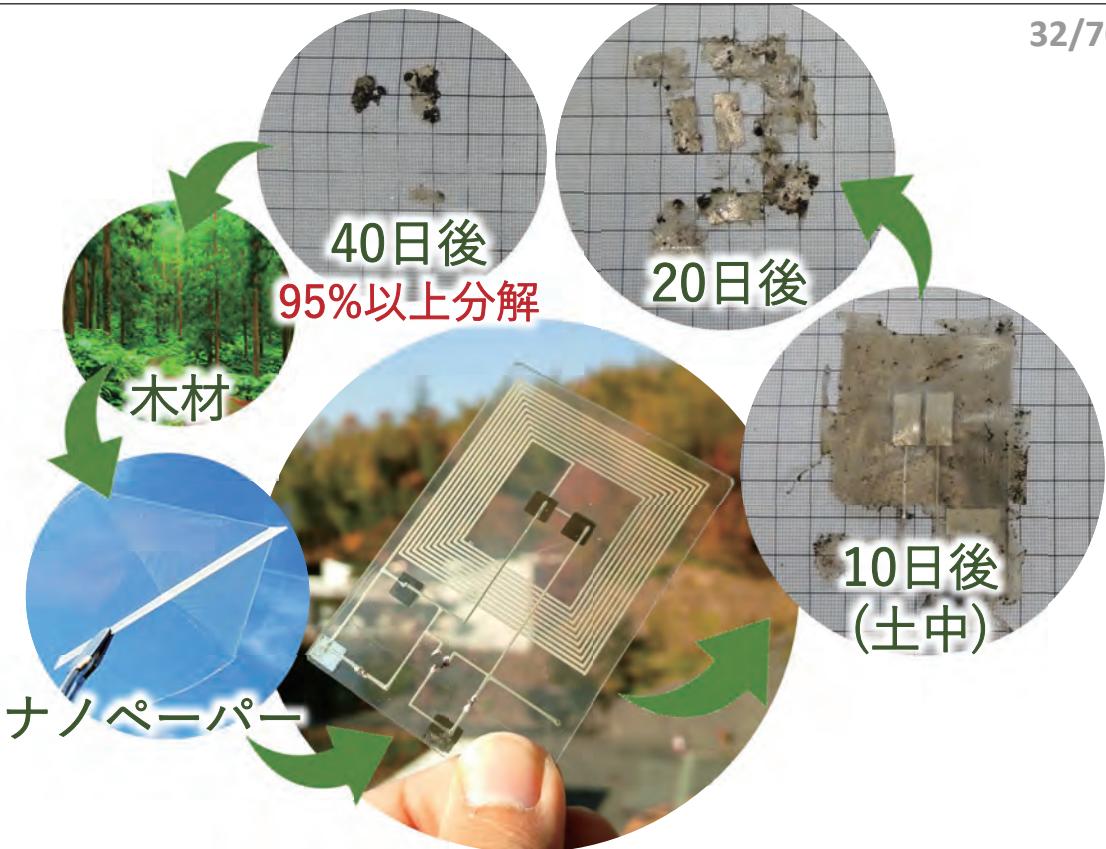
スイッチを入れると動作する（湿度センサ） 31/70



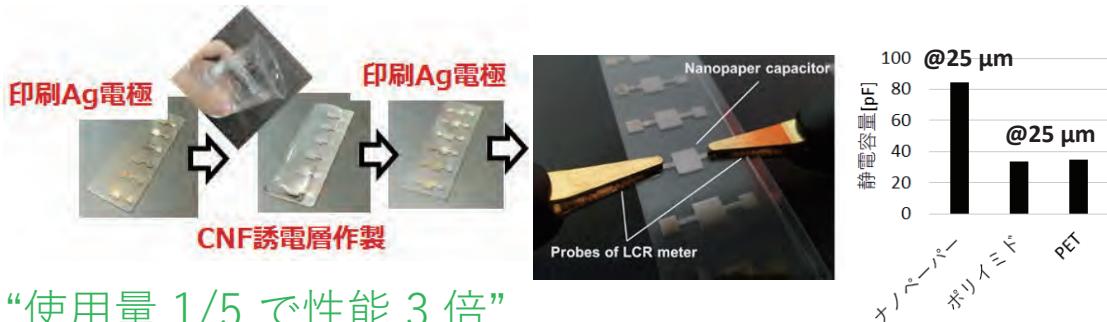
MHz帯での
無線発信に成功



32/70



- ▶ 溶媒キャスト法の応用：塗布による 薄膜形成
- ▶ 薄膜の活用：コンデンサ誘電層として 機能開拓



“使用量 1/5 で性能 3 倍”

精密制御により CNFフィルム の **効率** と **附加価値** を実現
(POC)

CNFフィルムを“基材”として
だけではなく“機能膜”としても活用

コンデンサ概要

電極面積 A [m^2] : 積層性

$$C[F] = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d}$$

誘電体厚さ d [m] : 薄膜形成

誘電体比誘電率 ϵ_r

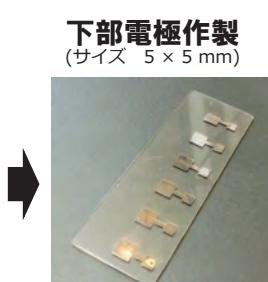
真空の誘電率 ϵ_0 [F/m]

キャスト成膜
技術を発展！

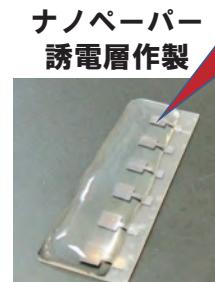
CNFコンデンサ作製手順



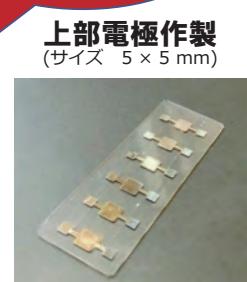
塗布乾燥
90°C 2h



インクジェット印刷
銀ナノインク 150°C 10分

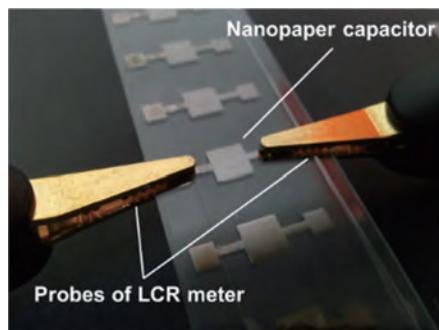
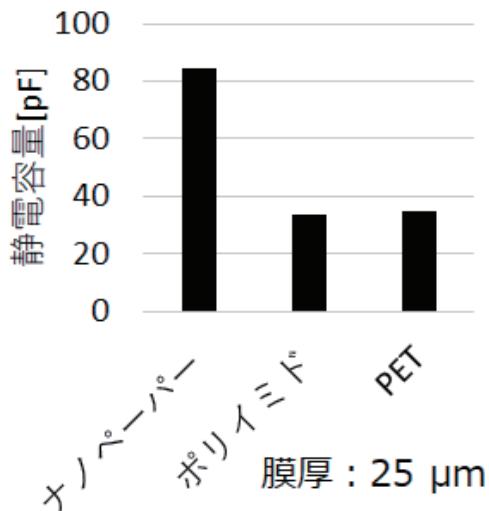


塗布乾燥
90°C 2h



インクジェット印刷
銀ナノインク 150°C 10分

エンプラより2倍の性能



電極面積 A [m^2] : 積層性

$$\text{静電容量 } C \quad C[F] = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 A}{d}$$

誘電体厚さ d [m] : 薄膜形成
誘電体比誘電率 ε_r
真空の誘電率 ε_0 [F/m]

ナノペーパー・デバイスの良いところ

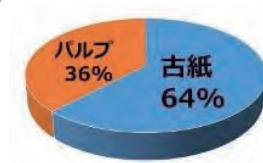
- CO₂削減



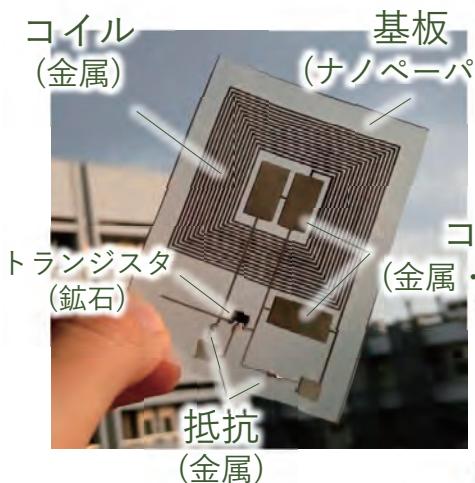
- 熱に強いので高性能

- 材料に還す（ちり紙交換）

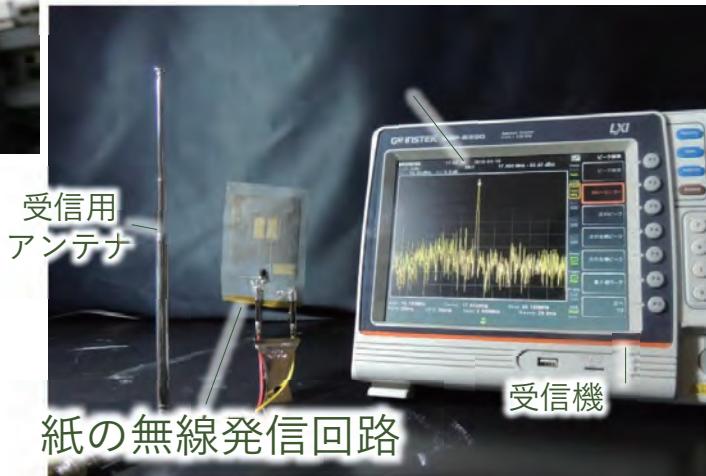
- 自然に還す



スイッチを入れると動作する（湿度センサ） 37/70



コンデンサ
(金属・ナノペーパー)



MHz帯での
無線発信に成功

38/70

活用シーンは、無限大！



リアルタイム・高精度な
災害情報提供



きめ細やかな
天候情報収集



食糧生産・管理
の効率化

FAQ

紙・セルロースは高吸湿性なので、
ペーパーデバイスは
故障・ショートしやすいのでは？



でも、水は乾く。。
デバイスも乾いたら、故障が直る？



濡れるとマイグレーションが発生し、^{41/70} 短絡が故障を引き起こす (乾いても、短絡は残る。。)

下記動画 0:10-0:43をご確認ください。

濡れても割れても電子回路を守る機能性コーティング
—木材由来のナノ纖維が短絡(ショート)を防ぐ—

<https://youtu.be/6ENGdrD2vWM?t=10>



松浦は回路を「セルロースナノファイバー」で
コーティングすることで、水浸24時間後も
短絡を防止できることを実証しました



既存の防止方法：濡らさない！！ ^{42/70}



えっ！？

「濡れる・濡れない」じゃなくて、
「短絡する・しない」が本質では？



「ずぶ濡れになつても安心です！」
という技術は無いの？？

CNF封止材 ずぶ濡れになつても、短絡しません！

下記動画 0:54-1:51をご確認ください。

濡れても割れても電子回路を守る機能性コーティング
—木材由来のナノ纖維が短絡(ショート)を防ぐ—

<https://youtu.be/6ENGdrD2vWM?t=54>

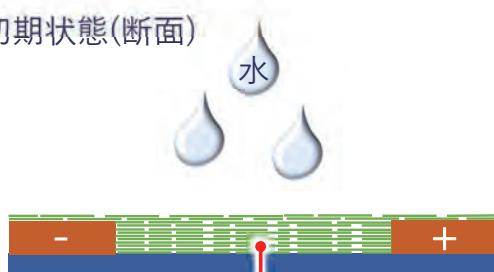


乾燥は問題を「セルロースナノファイバー」で
コーティングすることで、水浸24時間も
短絡を防止できることを見ました

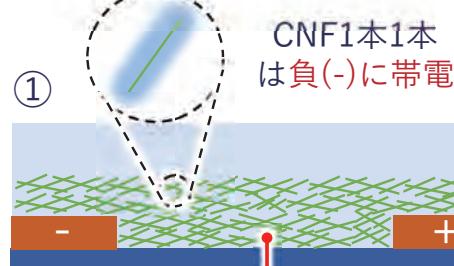


マイグレーション防止メカニズム解説 44/70

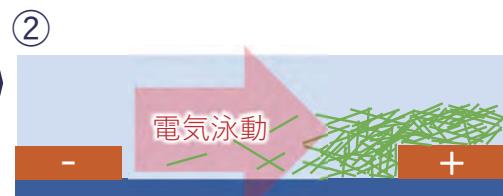
初期状態(断面)



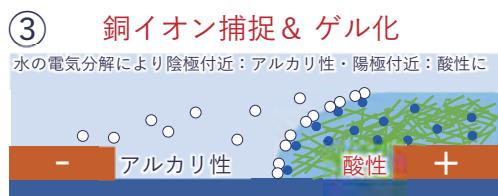
CNF乾燥膜：隙間なく積層



ナノ纖維が吸水 → ほぐれる

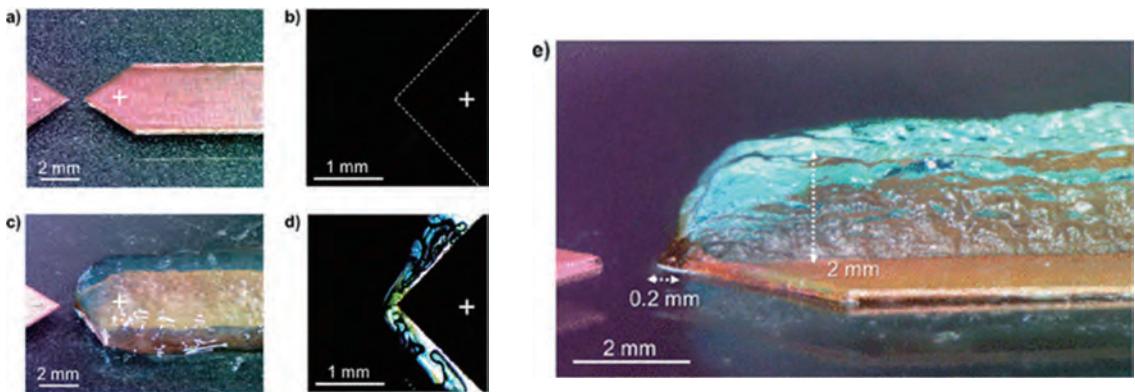


負に帯電したCNFが
陽極(+)に電気泳動



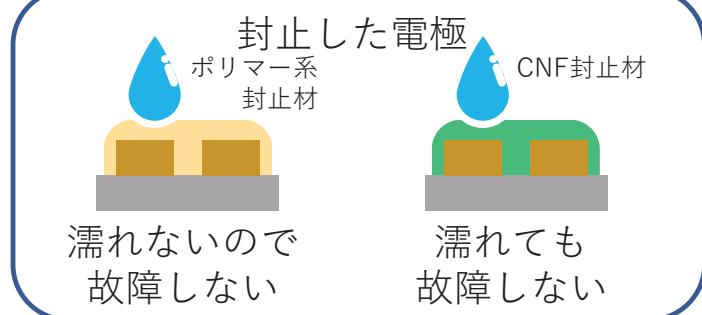
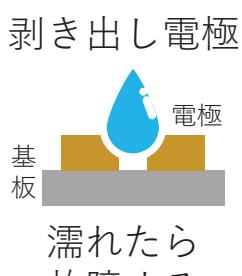
● 負に帯電したCNFが
● 銅イオン(Cu^{2+})を捕捉・ゲル化
+
○ OH^- と銅イオンが反応・移動停止

CNFが陽極近傍に移動し、マイグレーションの発生を防ぐ



ずぶ濡れになんでも安心です！
→ 封止膜が割れても、移動して防ぐ！

従来技術との比較



封止材が割れたら？

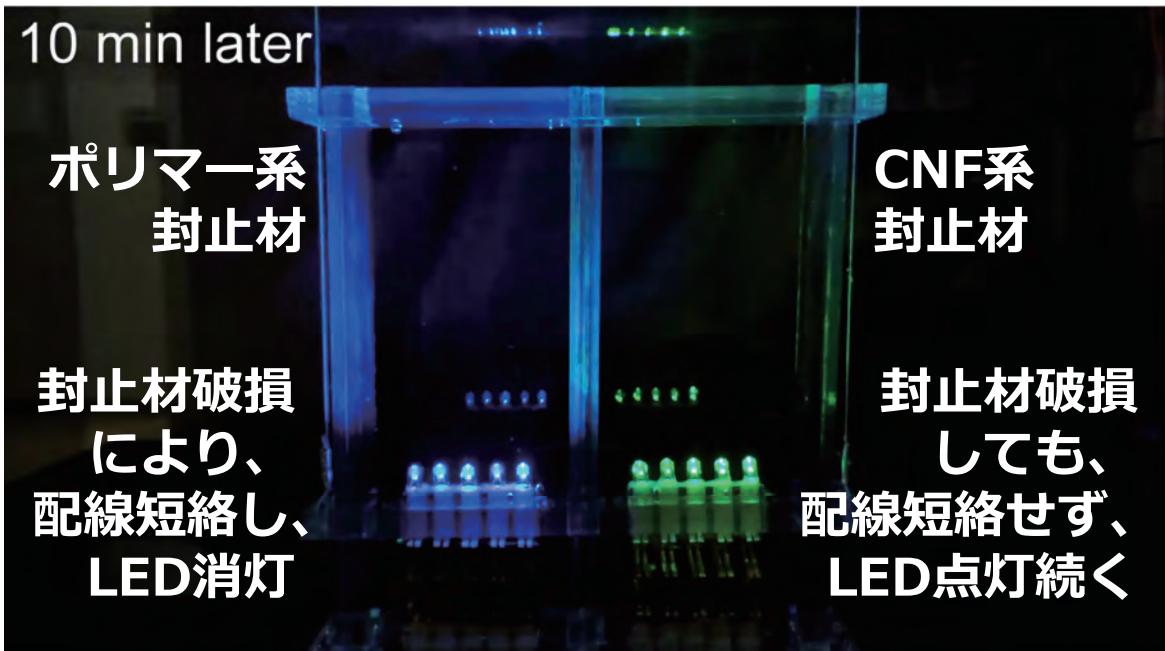


割れたら
故障する



水中での配線折り曲げ実験

47/70



参考動画

マイグレーション防止CNF封止材

48/70



ナノセルロースを塗れば、
濡れても割れても故障しないデバイスに
<https://youtu.be/vvtyUktd4Gk>



濡れても割れても電子回路を守る機能性コーティング
—木材由来のナノ繊維が短絡(ショート)を防ぐ—
<https://youtu.be/6ENGdrD2vWM>



【研究成果記者会見】
水に濡れても、割れても電子回路を守る機能性保護膜
<https://youtu.be/SpexshdPw8E>

セルロースなの
チャンネル登録もヨロシク！



まとめ

本日の見逃し動画

50/70



地球温暖化・気候変動防止のために、森林を切る？ 切らない？

https://youtu.be/2c_hkByV1w0

「プラスチックより、エコな紙や木を使いましょう！」
「環境保護のため、森林伐採しちゃダメ！！」
どちらが正しい意見か分かりますか？？



今すぐ、森林伐採を！

<https://youtu.be/Snsf2qgbKo4>

森林って、日本にどれくらいあるか知っていますか？
その森林、いつ利用すべきか知っていますか？
疑問に思ったら、すぐに動画チェック！！



東大齋藤＆阪大能木、CNFの未来を語る

<https://youtu.be/7-fI5D1B4Po>

動画作成 富士市CNFプラットフォーム

2020年12月 富士市にて対談動画
バイオエコノミー社会に向けたCNFのポテンシャル

セルロースなの
チャンネル登録もヨロシク！



Cellulose : 100%



CTE : 5-8ppm/K
Haze : 1-5%
Young's modulus : 13GPa
Tensile strength : 223MPa

紙のうえに、デバイスを作ろう！！

52/70

「セルロースナノファイバーを用いた
プリンテッド・エレクトロニクス技術の開発」



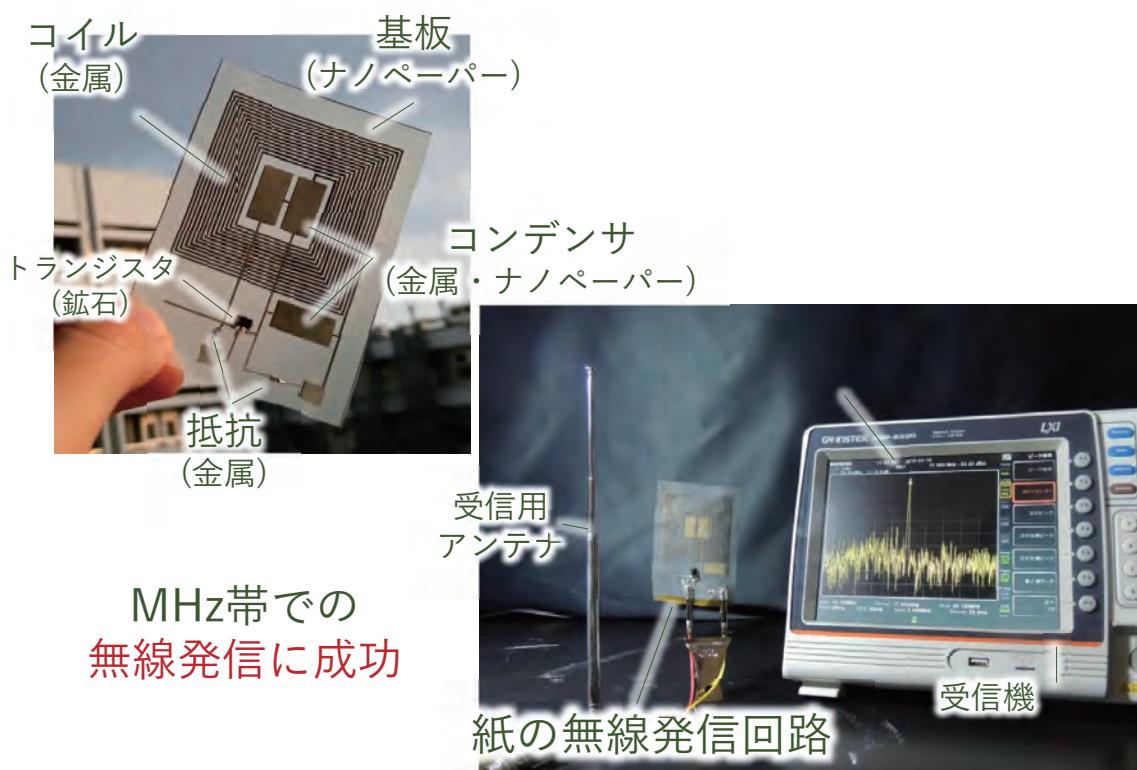
最先端・次世代研究開発支援プログラム（グリーン・イノベーション）
研究代表者：阪大 能木雅也

進化する紙：ペーパーデバイスに向けて

53/70



スイッチを入れると動作する（湿度センサ） 54/70

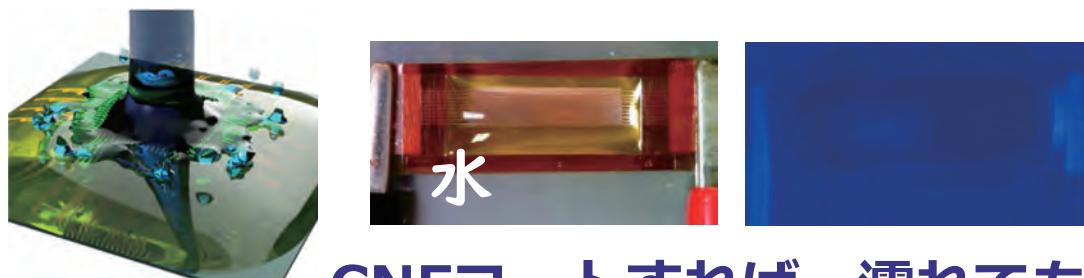


FAQ

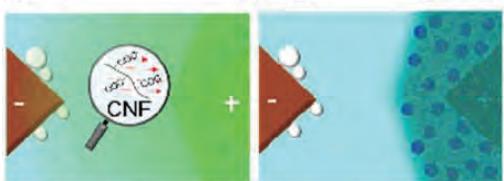
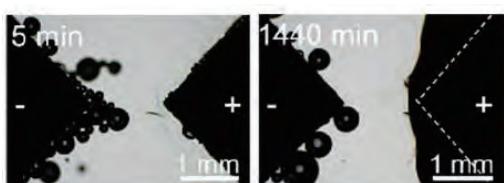
紙・セルロースは高吸湿性なので、
ペーパーデバイスは
故障・ショートしやすいのでは？



CNFを使うと、
電子回路は濡れてもショートしない！

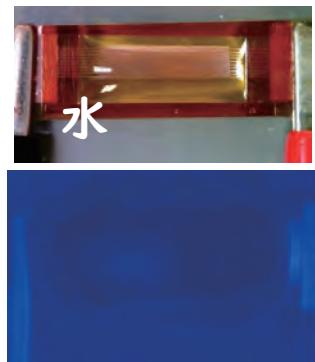
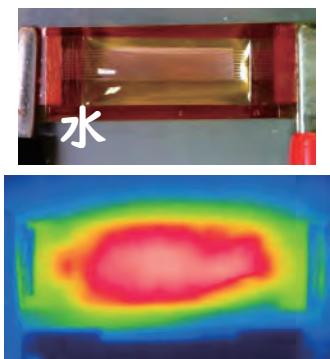


CNFコートすれば、濡れても、
24時間発熱なし



封止材が割れたら

ポリマー封止
では発熱



ナノセルロース封止
では故障・発熱なし

屋外に放置すると。。

ポリマーはゴミに



ナノセルロースは
循環資源に



ナノセルロースは、
濡れても割れても故障せず、ゴミにならないデバイス
を実現します！



活用シーンは、無限大！



リアルタイム・高精度な
災害情報提供



きめ細やかな
天候情報収集



食糧生産・管理
の効率化

止まらない、エコ循環！

Never stop Eco-circulation !

土に埋めたら
分解され
数十年後は樹木へ
そして再び、ペーパーセンサーに



<https://www.youtube.com/channel/UCYrTfJCO6RqJwl1X15xYyDA>




「紙の歴史」
「紙が白い理由」
「セルロースなの」で動画検索
ミュートでも、理解できる動画ばかりです。

動画一覧（日本語版45本、合計86本・5言語）2022年3月6日現在

【論文紹介】1-6/22本



ナノセルロースを塗れば、濡れても割れても故障しないデバイスに
<https://youtu.be/vvtyUktd4Gk>



濡れても割れても電子回路を守る機能性コーティング
—木材由来のナノ纖維が短絡(ショート)を防ぐ—
<https://youtu.be/6ENGdrD2vWM>



回収不要「土に還る」ペーパーセンサー
<https://youtu.be/fAr5R7eOzUU>



透明ナノペーパー作製方法 乾燥時間短縮バージョン
https://youtu.be/WBHv_gkvMxs



透明ナノペーパー作製方法 高濃度懸濁液バージョン
<https://youtu.be/OEmfRcy-IUw>



高湿度雰囲気での成膜は、ナノペーパーの透明性をアップする
<https://youtu.be/-bNIPJByx3k>



動画一覧（日本語版45本、合計86本・5言語）2022年3月6日現在

【論文紹介】7-12/22本



記憶する紙（ペーパーメモリ）と電気絶縁性
<https://youtu.be/jGoyJBS9qMQ>



透明な紙は、誘電率が高い！
<https://youtu.be/7n5s2h72rDU>



電気の流れる透明な紙
<https://youtu.be/yh1iYTQe6YE>



透明な紙の耐熱性、カルボキシル基量が支配する
<https://youtu.be/HSJng3gQctw>



TEMPOナノファイバーに水素化ホウ素還元処理すると、
再分散性と耐熱性がアップ！！
<https://youtu.be/FEEMwH4QoNY>



ナノペーパーの透明性は、纖維の太さではなく、空隙が決める！
https://youtu.be/uia_qORT8F4



動画一覧（日本語版45本、合計86本・5言語）2022年3月6日現在

【論文紹介】13-18/22本



透明な紙は、PETフィルムよりも耐熱性が高い！
<https://youtu.be/78AGcsKe1pQ>



透明な紙 論文紹介
<https://youtu.be/7Lej3Ij2L-4>



ナノセルロース製造で、ヘミセルロース豊富なパルプなら乾燥してOK
<https://youtu.be/Pq5yAUpd9eY>



木材成分に注目しセルロースナノファイバーの単離
<https://youtu.be/ZiLQ79JzStw>



TEMPO酸化処理でセルロースナノファイバーの登場
https://youtu.be/tYSaZ3E_jJE



柔らかいのに熱膨張しない材料
<https://youtu.be/UEo8GALqGR8>



動画一覧（日本語版45本、合計86本・5言語）2022年3月6日現在

【論文紹介】19-22/22本



複合透明材料の原理 屈折率
<https://youtu.be/k8rMHjeilvo>



セルロースナノファイバー透明複合材料
<https://youtu.be/7Lz0rl9uaOU>



ミクロフィブリル化セルロースは、高強度複合材料を実現する
<https://youtu.be/AaRJWamjDnM>



Turbakが1983年に発表したミクフィブリル化セルロースに関する論文紹介
<https://youtu.be/rDLVJ-WC1QA>



動画一覧（日本語版45本、合計86本・5言語）2022年3月6日現在 【豆知識】1-6/12本



今すぐ、森林伐採を！
<https://youtu.be/SnsfZIqbKo4>



木を伐る？伐らない？
エコ素材？環境破壊？
https://youtu.be/2c_hkByV1w0



10秒で感じる「紙の歴史」 パピルスから透明な紙まで
<https://youtu.be/lZv1Znj79Qq>



どうして、紙は白い？
皆さん、理由を知っていますか？
<https://youtu.be/MpkN6dH2abw>



透明な紙って、なに？
<https://youtu.be/jQTBOEL75zo>



窓ガラスに、うっすら顔が映る理由
https://youtu.be/0R3qE613_8U



動画一覧（日本語版45本、合計86本・5言語）2022年3月6日現在 【豆知識】7-12/12本



セルロースナノファイバーって、どこにある？
<https://youtu.be/9yf37lUcEGY>



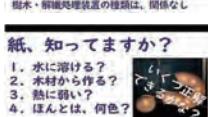
CMFとMFCの5W1H、この2つ何が違う？
<https://youtu.be/vn-5SO0A-xE>



3つのセルロース繊維：
パルプ・ミクロフィブリル化セルロース・セルロースナノファイバー
https://youtu.be/KAZI_nUDiqQ



5つのナノセルロース 製造方法
<https://youtu.be/LkdhAj7mNjw>



紙、知っていますか？
1. 水に溶ける？
2. 木材から作る？
3. 熱に弱い？
4. ほんとは、何色？
<https://youtu.be/XFAZhlpGqM4>



誰が、木を曲げた？
https://youtu.be/gwl_ypmqFns



動画一覧（日本語版45本、合計86本・5言語）2022年3月6日現在 【講演動画】5本



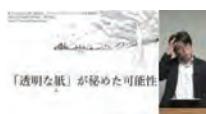
【研究成果記者会見】
水に濡れても、割れても電子回路を守る機能性保護膜
<https://youtu.be/SpexshdPw8E>



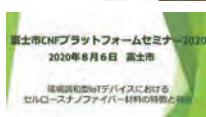
東大斎藤&阪大能木、CNFの未来を語る
<https://youtu.be/gARfYfnv47g>



CNFからなる“透明断熱材”的実現に向けた取り組み
<https://youtu.be/7xOH-Jd5zfw>



「透明な紙」が秘めた可能性
<https://youtu.be/8uNKT48y8jo>



富士市CNFプラットフォームセミナー2020講演ビデオ 2020/8/6
<https://youtu.be/05KvwsYBOUY>



動画一覧（日本語版45本、合計86本・5言語）2022年3月6日現在 【PR動画】6本



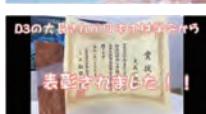
ナノセルロース研究最前線 2022
<https://youtu.be/7-fLSD1B4Po>



ナノセルロース最前線2021
<https://youtu.be/d2yw6LJDmNQ>



ナノセルロースの研究しませんか？ 大学院生募集中！
<https://youtu.be/b7KoSGgecrk>



授賞式@研究室
<https://youtu.be/5-3UKTIUWjo>



透明な紙：セルロースナノファイバー材料の開発
<https://youtu.be/uBm0VmjjwYPE>



阪大産研 先端実装材料分野 (2019年まで)
https://youtu.be/SQuis_4P5GI

構造用 CNF

京都大学 生存圏研究所

矢野 浩之氏

構造用セルロースナノファイバー - 夢と現実、そしてこれから -



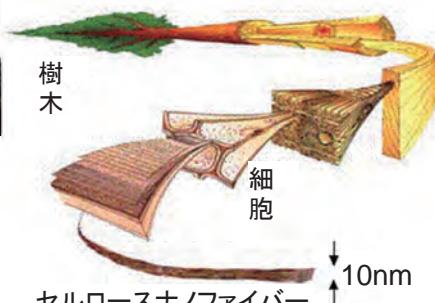
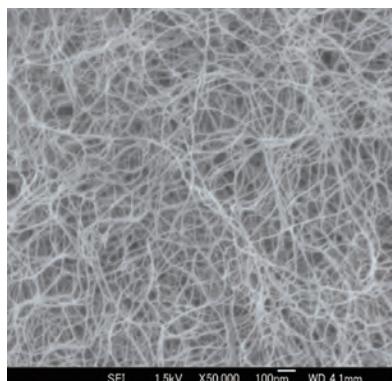
京都大学生存圏研究所 矢野浩之

夢

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

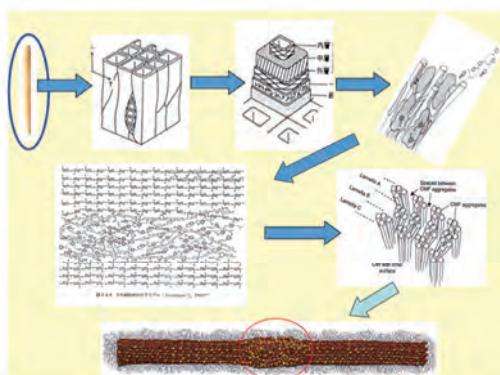
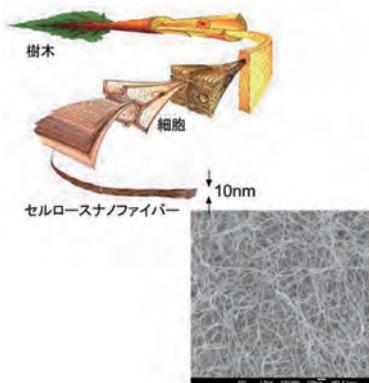
セルロースナノファイバー



木材のCNF（京都大学 栗野博士提供）

3

セルロースナノファイバー



セルロースナノファイバー(CNF)は、セルロース分子鎖が伸びきり鎖の状態で結晶を形成している幅4-20nmのナノ纖維です。学術的にはセルロースミクロフィブリルあるいはセルロースミクロフィブリル束と呼ばれ、鋼鉄の1/5の軽さで、その7-8倍の強度を有しています。熱膨張係数はガラスの1/50。これは石英ガラスに匹敵します。また、-200°Cから+200°Cの広い温度範囲で弾性率、剛性がほとんど変化しません。一方で、200°Cを越える温度に長時間曝されると熱による劣化が始まります。可視光波長(400~800nm)に比べ十分に細いCNFは可視光の散乱を生じないため、アクリル樹脂、エポキシ樹脂などの透明樹脂を、その透明性を大きく損なわずに補強できます。

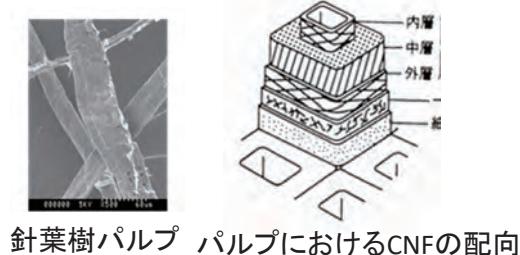
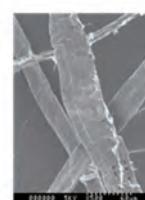
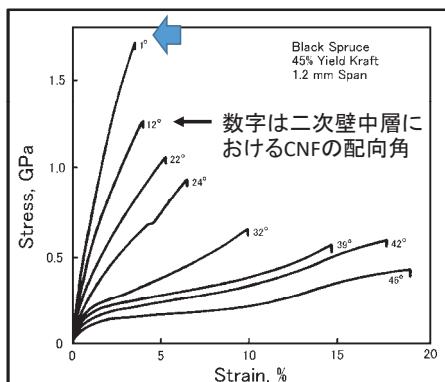
木材は、その半分がCNFです。鉄筋コンクリートに例えると木材や竹の細胞ではCNFが鉄筋となりリグニンがコンクリートの役割を果たしています。

4

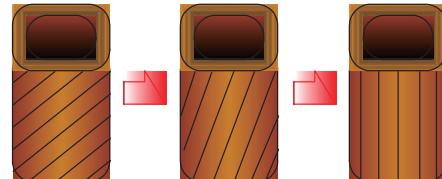
高弾性:140GPa、高強度:3GPa (鋼鉄の8倍の強度)の根拠

今から40年近くも前に、パルプ一本をつまんで引っ張った研究者がいました。その結果が下図です。矢印で示した試料の結果は、このパルプが1.7GPaで切断していることを示しています。このパルプでは、セルロースナノファイバーの約7割が繊維の方向に配列し、残りの3割はタガの様に横に巻いています。したがって、引っ張り方向で抵抗する7割のCNFでパルプ1.7GPaの強度が出たということになり、CNFの強度は少なくとも $1.7/0.7=2.5\text{GPa}$ はあると考えられます。また、下記の図からはパルプの弾性率も計算できます。それによると約100GPaです。同様に0.7で割ると、140GPaとなります。この値はX線を用いてセルロース結晶について求められている弾性率と一致します。このことから、セルロースナノファイバーの弾性率は140GPa(鋼鉄の2/3)と考えます。

SS curves of kraft pulp single fiber



針葉樹パルプ パルプにおけるCNFの配向

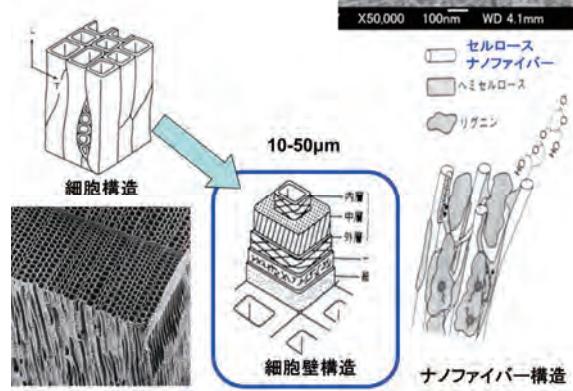
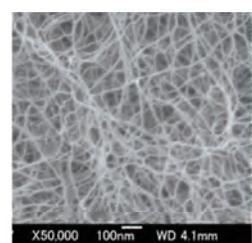


Page D.H. and El-Hosseiny F., J. of Pulp and Paper Sci. 1983.

5

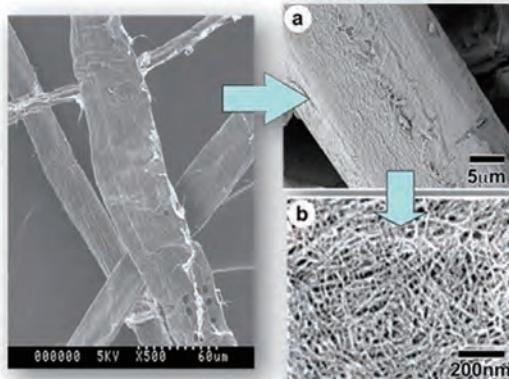
木質の本質:セルロースナノファイバー(CNF)

- 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/cm³
 - 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)
 - 弹性率不变: -200°C ~ +200°C
 - 高熱伝導性: ガラス相当耐
 - 耐熱性: 200°C付近から熱変性
→化学変性で250°C付近まで耐熱化



6

我が国に豊富な持続型資源

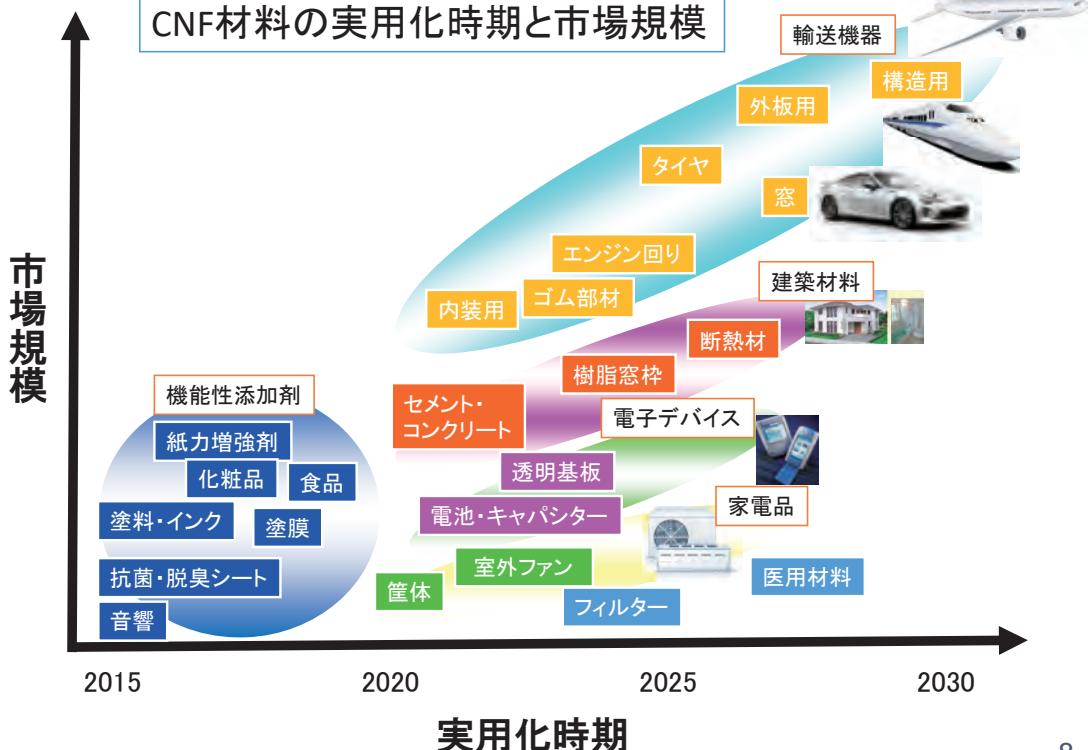


出展：林野庁 森林資源の状況、平成24年3月

木材からリグニンを取り除いて細胞一つ一つに解したものが、コピー紙などの原料となるパルプです。我が国では、年間2000万トン近い紙用パルプが生産されていますが（石油由来プラスチックの2倍）、それらはすべてセルロースナノファイバーの集合体であり、一本のパルプ纖維には数百万本のCNFが含まれます。

植物により大気中のCO₂を吸収、固定して生合成されるCNFは、サーキュラーエコノミー、バイオエコノミーの基盤素材として世界中で期待されています。特に、国土の約7割を森林が占め、スギやヒノキなどの産業造林地において毎年1500万トンのCNFが増え続けている我が国では、大型産業資材としてのCNFに大きな期待が集まっています。 7

CNF材料の実用化時期と市場規模



現実

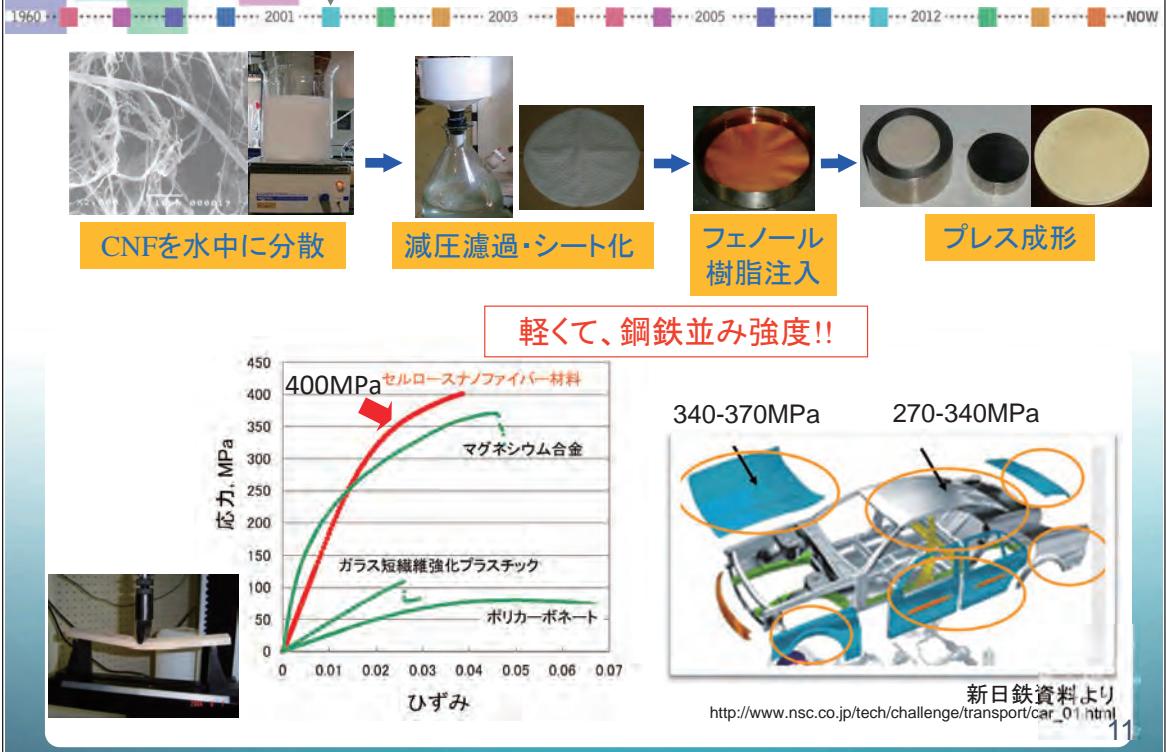
9

高強度材料、透明材料、ゴム補強

10

高強度セルロースナノファイバー材料

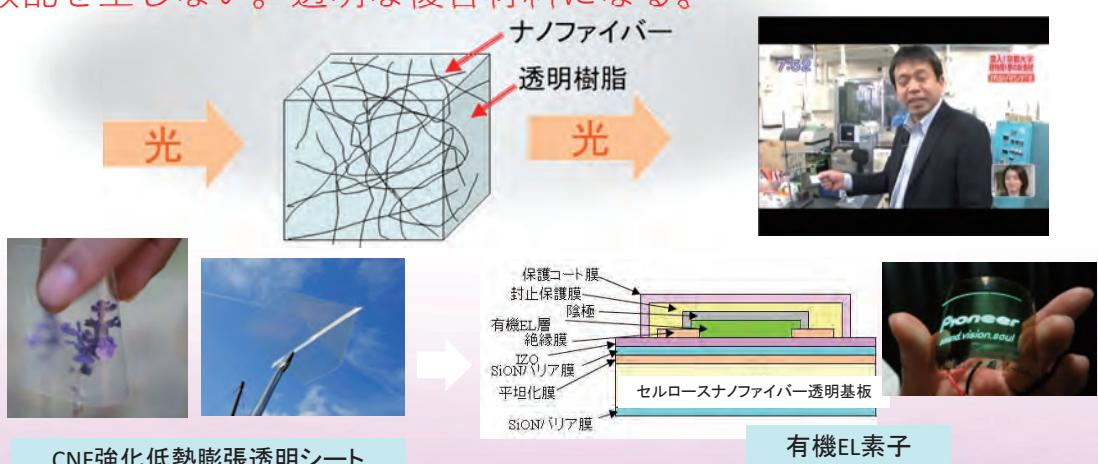
2001



透明材料: 均一ナノ纖維の可視光透明性を利用 2003

1960 2001 2003 2005 2005 2012 NOW

可視光波長に対し十分に小さいコンポーネントは
散乱を生じない。透明な複合材料になる。



鋼鉄の様に強くて、ガラスの様に熱膨張が小さく、
プラスチックの様にフレキシブルな透明材料

京都大学有機エレクトロニクスデバイスPJでの開発

nano cell 12

京都大学における透明材料の開発

バクテリア
セルロース



2003

木材CNF



2006

100%
木材CNF



2008

透明なカニ



2010

透明な紙



2012

透明な綿布



2015



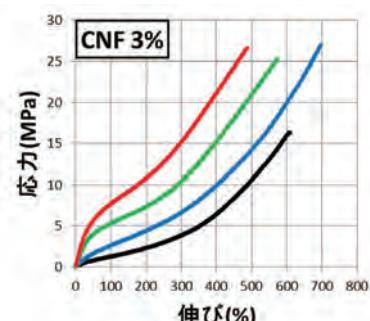
有機EL素子

13

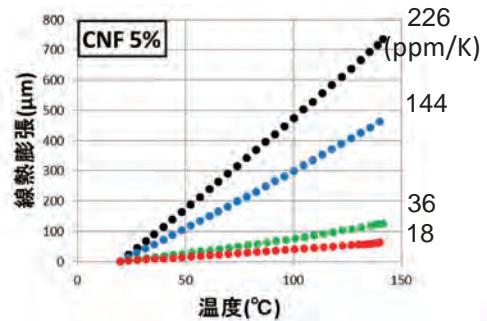
セルロースナノファイバー強化天然ゴム 2006, 2011

1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 NOW

3%のCNF添加で弾性率が8倍に増大



線熱膨張が大きく低下



●天然ゴム ●未修飾 ●ステアロイル化 ●オレオイル化

(加藤、中坪、矢野:2011)

タイヤの軽量化

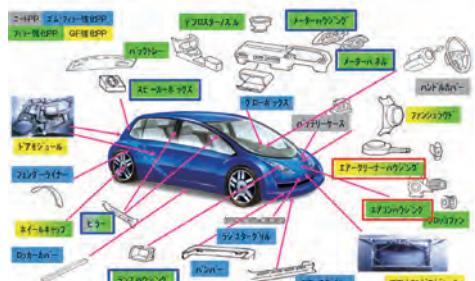
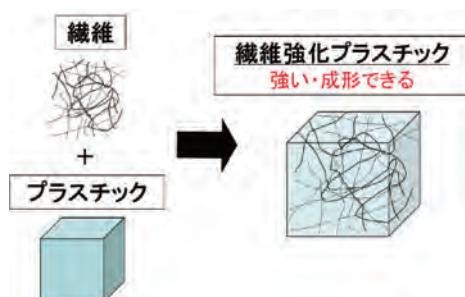


低熱膨張性



Someya, T. (2004-)

nano cell 14

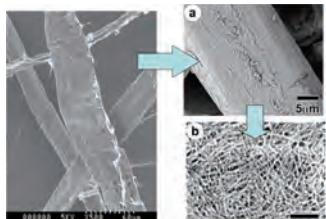


藤田祐二、未来材料、2005年10月号

主要国・地域の樹脂別生産量(2010) 2. 6億トン

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

『パルプ直接混練法』“京都プロセス”



	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

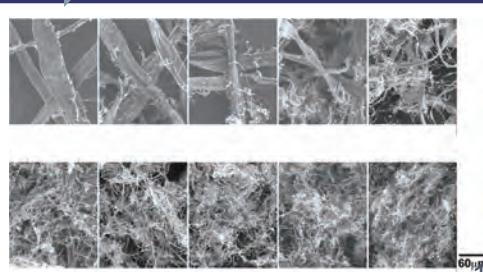
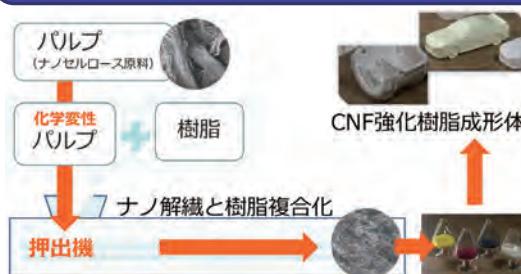
* 経産省ロードマップ 2030年目標

パルプを構成するセルロースナノファイバーとその強度特性

パルプは数百万本のCNEで出来ています

繊維のナノ化と高融点樹脂への均一分散を同時に達成。

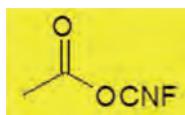
製造コストの大幅削減！



京都プロセスによる様々な樹脂の補強

10wt% CNF

化学変性:
アセチル化処理

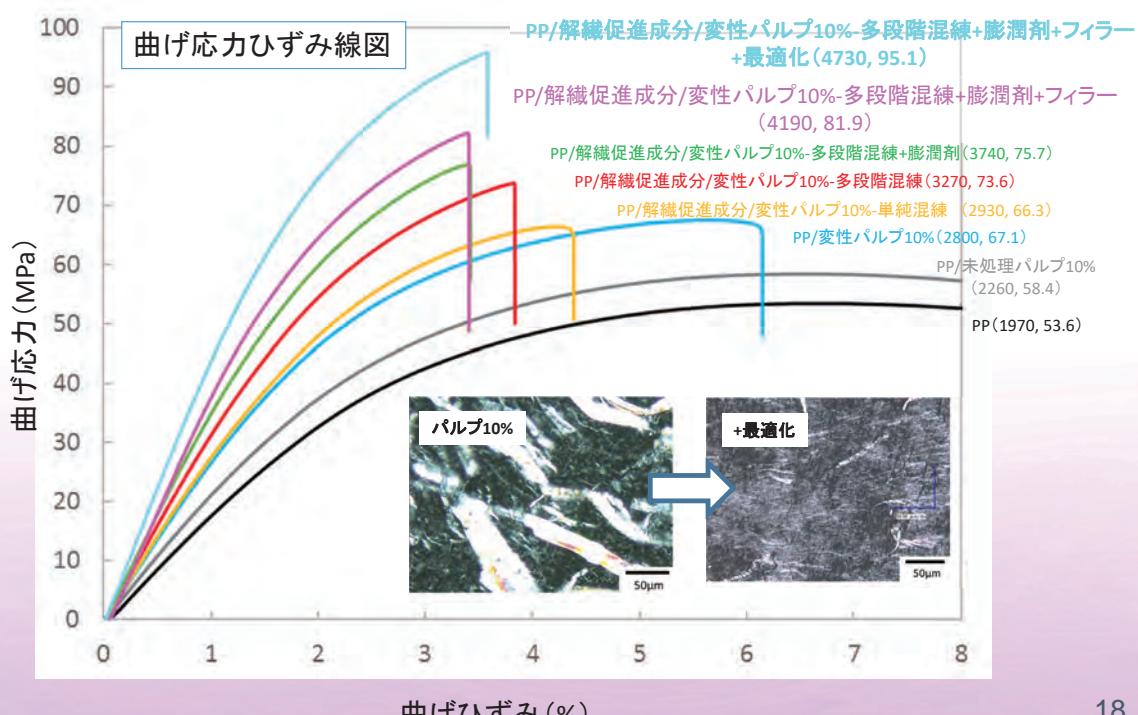


樹脂、 溶融温度	樹脂 E, GPa	CNF/樹脂 E, GPa	樹脂 曲げ強度, MPa	CNF/樹脂 曲げ強度, MPa
PA6, 225°C	2.22	5.34	91	157
POM, 166°C	2.29	5.35	78	131
PLA, 170°C	3.41	6.40	108	119
ABS (200°C)	1.93	3.78	63	88
PA12, 175°C	1.24	3.15	52	89
PBT, 222°C	2.27	4.38	80	113
HDPE, 129°C	1.10	2.39	24	43
PP, 165°C	1.97	2.80	58	67
PP, 組成検討後		4.73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

様々な樹脂を京都プロセスにより補強した結果を示しています。疎水化変性にはアセチル化を用いています。アセチル化はPA6やPOM、PLAなど多少の極性がある樹脂の補強には有用です。しかし、PPやPEにはアセチル化処理だけでは十分な補強性は得られず、解纖を促進するための膨潤剤や相溶化剤に関する工夫が重要です(PP、組成検討後)。アセチル化以外の変性を用いることも考えられますが、アセチル化処理は、1. 低コスト(市場のアセテートは330円/kg、財務省統計2017)、2. 耐熱性向上:20-30°C、3. 水素結合形成阻害(解纖性向上)、4. 生分解性(土壤中・海洋中)、5. 低環境負荷変性プロセスの点で優れています。17

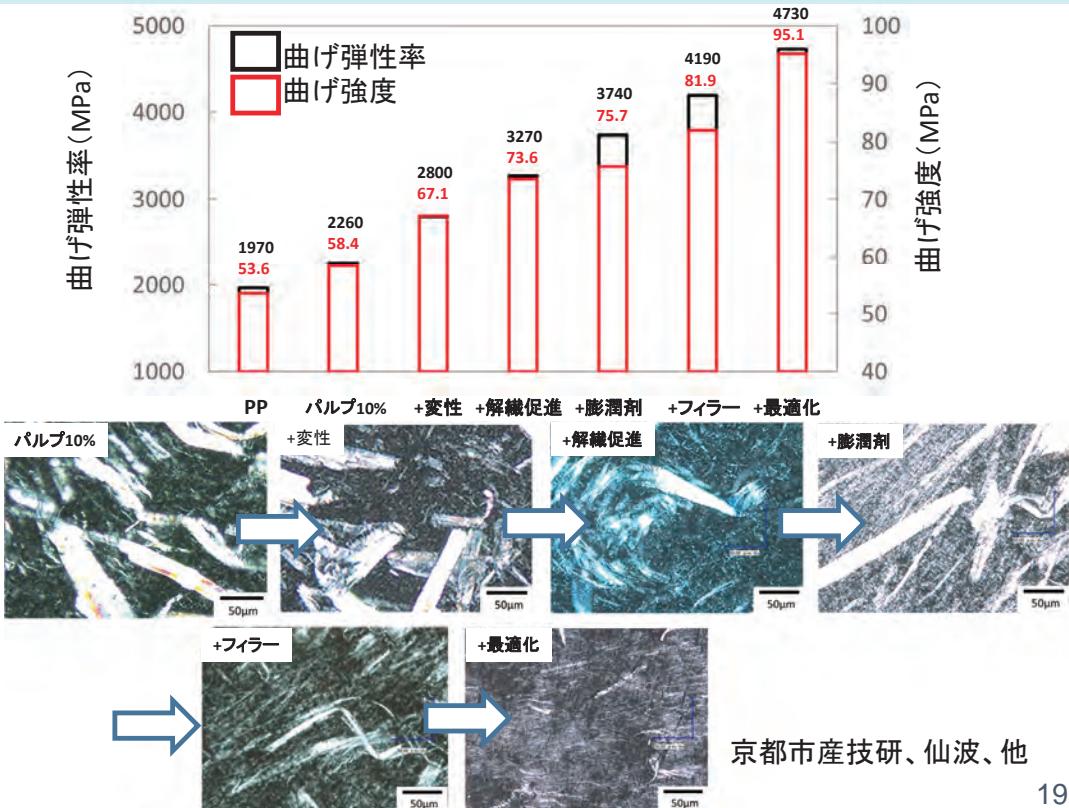
樹脂組成・ 混練法の検討

①解纖促進樹脂、②MB法、③膨潤剤、④無機添加物



18

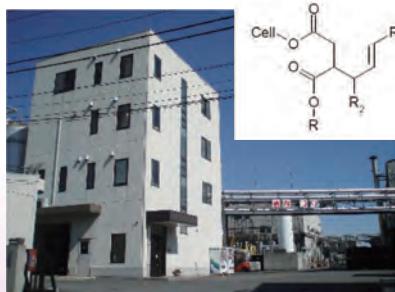
CNF良分散PPマトリックス材料-まとめ



京都プロセス®による商用プラントおよびテストプラント

CNF/PP

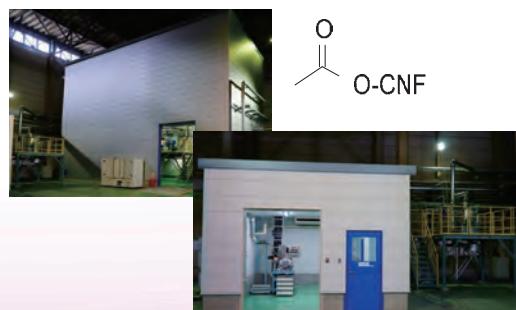
200t/年 (30%CNF/樹脂ベース)



竜ヶ崎工場、星光PMC
2014→2017(拡張、商用)

CNF/PA6, etc.

10t/年 (10%CNF/樹脂ベース)



富士工場、日本製紙
2017→2021(50t/年)

疎水化CNF世界初の社会実装



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）

GEEL—
KAYANO
—25
PROTECTION PERFECTED
200万足/年

asics
I MOVE ME™

2018年6月1日10時 プレスリリース
21

採用・販売実績例



2018年より800万足の販売実績





NEWS RELEASE

2019-07-19

第32回オリンピック競技大会（2020／東京）

東京2020パラリンピック競技大会

フィールドキャストおよびシティキャストユニフォームについて

フィールドキャスト

シティキャスト



11万足

©Tokyo 2020

《シューズ》

東京2020大会のために新たに開発しています。

暑さ対策のため中敷と靴底に通気孔を設け、新鮮な空気を靴内に効率的に取り込み、快適な状態を保つ構造としています。また、快適な作業に必要な安定性やクッション性、フィット性も追求しています。

中敷と靴底は、次世代高機能素材である植物由来の「セルロースナノファイバー」を使用した自社開発のフォーム材を採用しています。

23

NCV動画

<https://www.youtube.com/watch?v=XM0uEmtek1E>

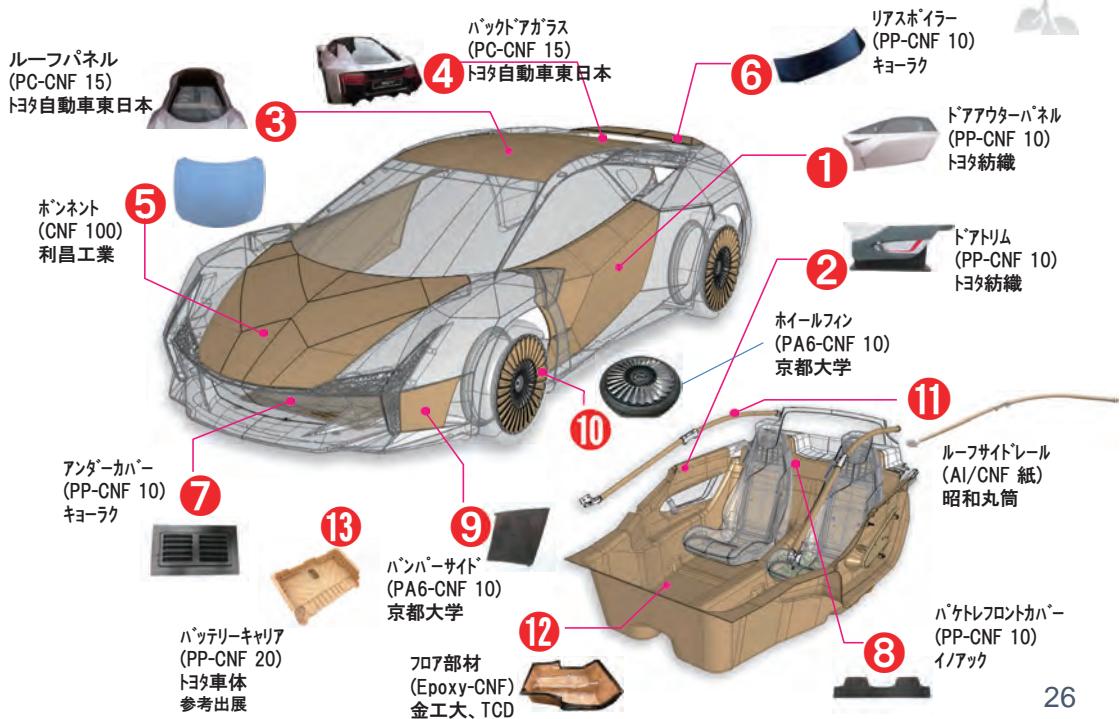
24



25

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！



26

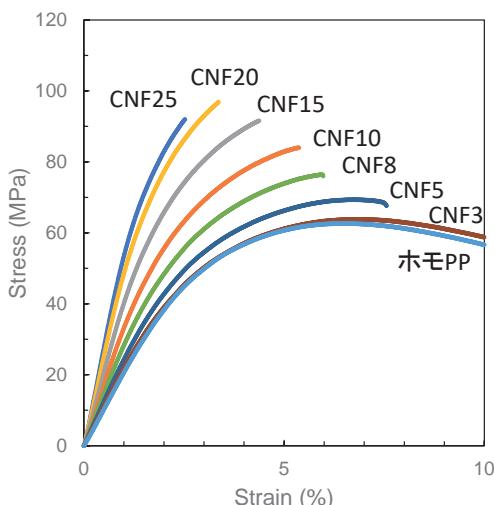
厳しい現実

コストと耐衝撃特性

27

化粧をとると、・・・

京都プロセスによるPP補強



CNFに対し半分の重量のtalcを添加。
相溶加剤としてMAPPを使用。

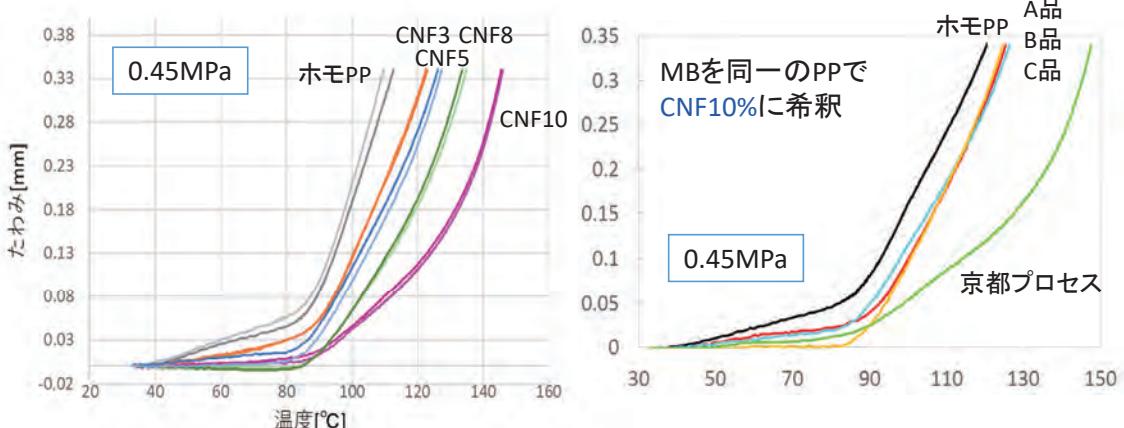
	曲げ試験			シャルピー衝撃試験 (4J)	
	弾性率 (GPa)	強度 (MPa)	破断ひずみ (%)	シャルピー衝撃値 (kJ/m ²)	
Neat 木モPP	2.14 (0.01)	2.02 (0.03)	62.6 (0.1)	-	2.20 (0.04)
CNF3%	2.27 (0.02)	2.23 (0.03)	63.8 (0.2)	11.31 (0.7)	2.58 (0.30)
CNF5%	2.56 (0.02)	2.46 (0.04)	69.3 (0.1)	7.65 (0.6)	2.70 (0.07)
CNF8%	3.00 (0.01)	2.89 (0.05)	76.4 (0.2)	6.10 (0.2)	2.88 (0.13)
CNF10%	3.57 (0.03)	3.29 (0.02)	83.8 (0.4)	5.4 (0.1)	2.68 (0.21)
CNF15%	4.40 (0.06)	4.12 (0.04)	92.2 (1.0)	4.4 (0.2)	2.79 (0.08)
CNF20%	5.35 (0.05)	5.02 (0.04)	96.5 (2.3)	3.3 (0.2)	2.79 (0.11)
CNF25%	5.88 (0.05)	5.56 (0.07)	91.0 (1.2)	2.5 (0.1)	2.04 (0.17)

変形速度: 10mm/min 2mm/min

アセチル化変性パルプを用いた京都プロセスにより木モPPを補強した結果を示しています（曲げ試験）。CNFに対し半分の重量のtalcを添加し（解纖促進効果があります）、相溶化剤としてMAPPを使用しています。10%のCNF添加（数ミクロン幅のCNF束が残存しています）で弾性率は約2倍、強度は1.5倍になります。シャルピー衝撃値は20%CNFまでは多少向上しますが、最大で3kJ/m²程度です。25%のCNFを添加すると弾性率は6GPa近くまで増大しますが、破断ひずみは大きく低下します。

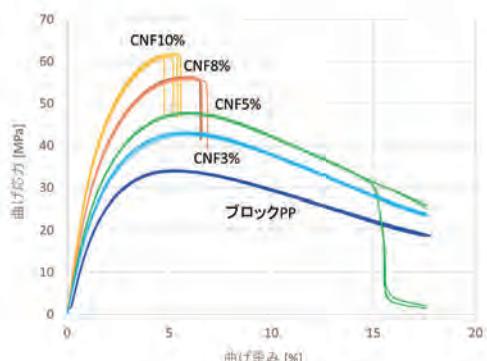
28

耐熱性:HDTの比較(PP)



熱変形温度(HDT)は3点曲げ試験(油槽中、JISに定めた試料形状、応力、支持条件下)において曲げたわみが0.34mmに達する時の温度です。耐熱性の指標となります。ここでは低荷重、0.45MPaの結果を示しています。3%CNF添加でHDTは木モPPの111°Cから127°Cまで増大します。10%CNFではPPの融点に近い146°Cにまで上昇します。このことは高温物性がCNF添加で向上することを示しています。右図は現在入手可能なMBIについて希釀PPを揃え京都プロセス製造サンプルと比較したものです。熱変形温度が大きく異なることがわかります。この結果は、京都プロセス以外のサンプルでは樹脂の変形をCNFが拘束出来ていないことを示しています。樹脂内でCNFが凝集てしまっていること、樹脂とCNFの界面が弱いことなどが考えられます。熱変形温度はCNFによる補強性を評価する点でも有効です。 29

高耐衝撃ブロックPPの補強の衝撃

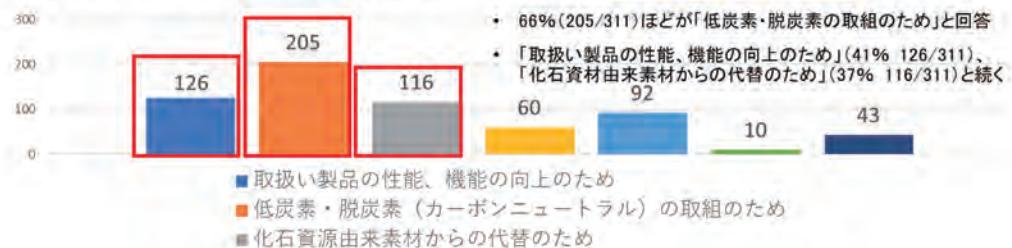


CNF	弾性率 [GPa]	強度 [MPa]	歪み [%]	シャルピー 4J [kJ/m ²]	CTE 40-80°C [ppm/K]
① 10%	3.56	62.1	6.16	2.81	15.0
② 8%	3.00	56.1	6.56	3.06	19.5
③ 5%	2.56	47.7	NB	3.93	31.0
④ 3%	2.30	42.9	NB	5.14	62.5
⑤ PP	2.07	33.9	NB	43.7	81.2

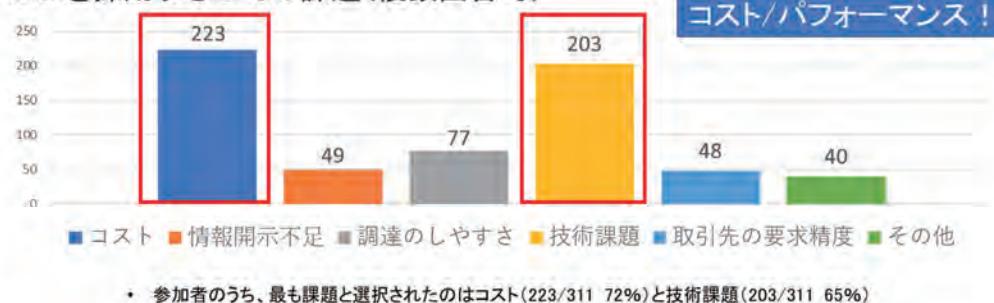
アセチル化変性パルプを用いた京都プロセスによる高弾性・高耐衝撃PPの補強について紹介します。曲げ試験の結果です。CNFに対し半分の重量のtalcを添加し相溶化剤としてMAPPを使用しています。10%CNF添加で弾性率は1.7倍の3.6GPaにまで増大します。曲げ強度は約2倍です。熱膨張係数(CTE)は鋼鉄並みの15ppm/Kにまで低下します。一方で、耐衝撃性はニートPPの43.7kJ/m²から2.8kJ/m²にまで大きく低下します。実のところ3%のCNF添加で耐衝撃性は5.1kJ/m²にまで低下してしまいました。高耐衝撃PPにはエラストマーが添加されていますが、その変形で衝撃を吸収する前に、剛直なCNFネットワークが切断され、材料が破壊に至っていることが推測されます。一方、柔らかなエラストマーが多く含まれることで樹脂部分の熱変形(CTE)はCNFネットワークで抑え込まれ大きく低下します。 30

311名からの回答、2021.10.5

CNFに取り組む理由(複数回答可)



CNFを採用するまでの課題(複数回答可)



コスト/パフォーマンス！

- 参加者のうち、最も課題と選択されたのはコスト(223/311 72%)と技術課題(203/311 65%)

31

これから

32

CNF材料の低コスト化、用途拡大、 CO2ゼロエミッションに向けて

1. 次世代京都プロセスの開発
2. 高耐衝撃材料の開発
3. 使えば使うほどCO2が減る材料

33

京都プロセス第4世代の開発

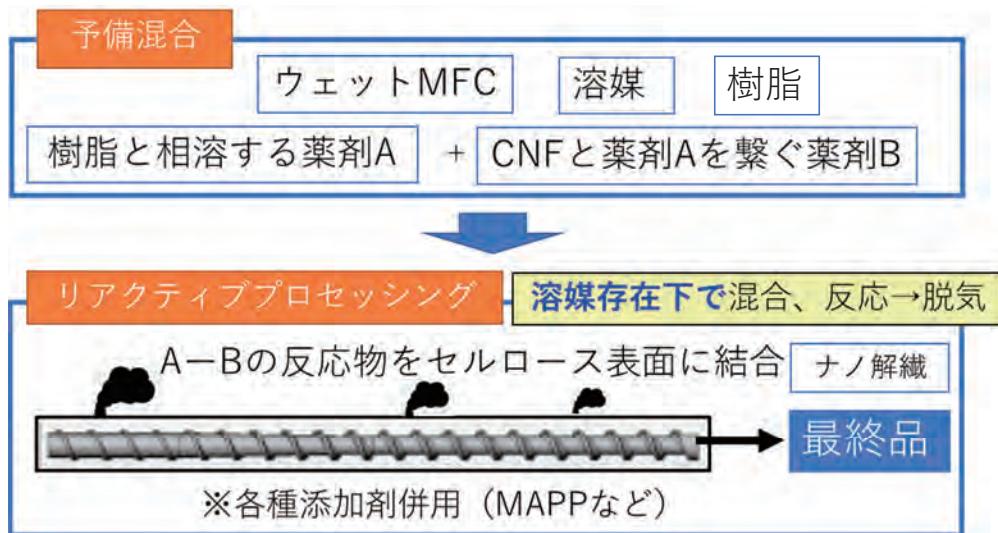
京大生存研・京都市産技研における構造用ナノセルロース材料開発

2005-



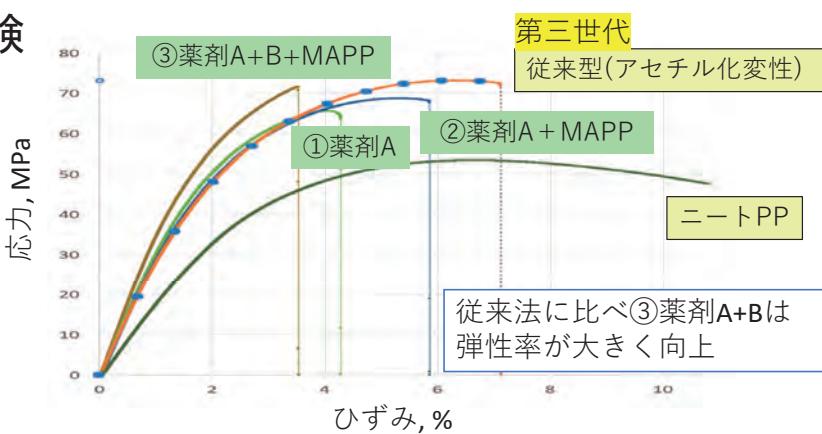
34

第4世代 高生産・高効率リアクティブプロセッシング



35

曲げ試験



CNF:10wt%

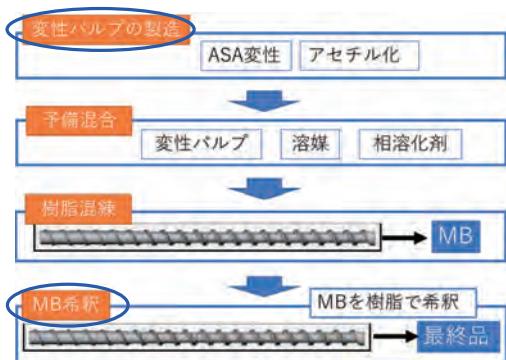
処理方法	MAPP, %	曲げ弾性率, GPa	曲げ強度, MPa	シャルピー, KJ/m ²
ニートPP	-	1.97	53.6	1.67
従来法	10	3.03	73.2	2.39
①薬剤A	-	3.18	64.9	2.03
②薬剤A	5	3.08	68.9	2.18
③薬剤A + B	5	3.69	71.8	1.47

従来法：京都プロセス第3世代

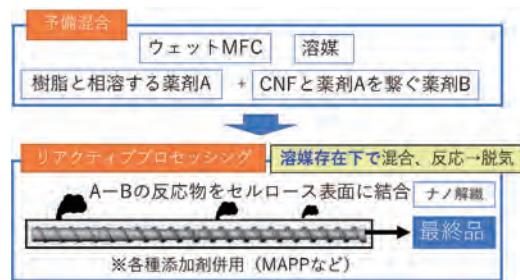
森下、矢野、他 特許出願中

36

従来技術



高効率リアクティブプロセッシング



低成本・ハイパフォーマンスに向けて

- ✓ 樹脂組成だけでなく化学変性も自由にカスタマイズ
- ✓ プロセスの簡略化 4ステップ→2ステップに
- ✓ スケールアップが容易

37

第4世代

矢野試算

CNF+薬剤+水+溶媒の混合→脱水・脱気+混練

目標例:タルク20%PP品の置き換え → + 軽量化、CTE

5%CNF添加PP,PE:420円/kg

内訳:CNF10円、薬剤60円、樹脂150円、加工費200円

目標例:GF20%PP品の置き換え → + 軽量化、リサイクル

10%CNF添加PP,PE:480円/kg

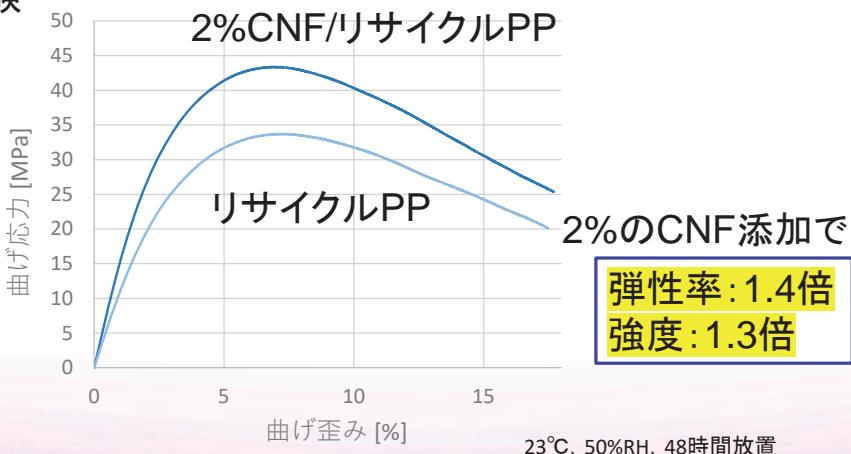
内訳:CNF20円、薬剤120円、樹脂140円、加工費200円

リサイクルPP:40-50円/kg

38

CNF強化容りPP材

曲げ試験

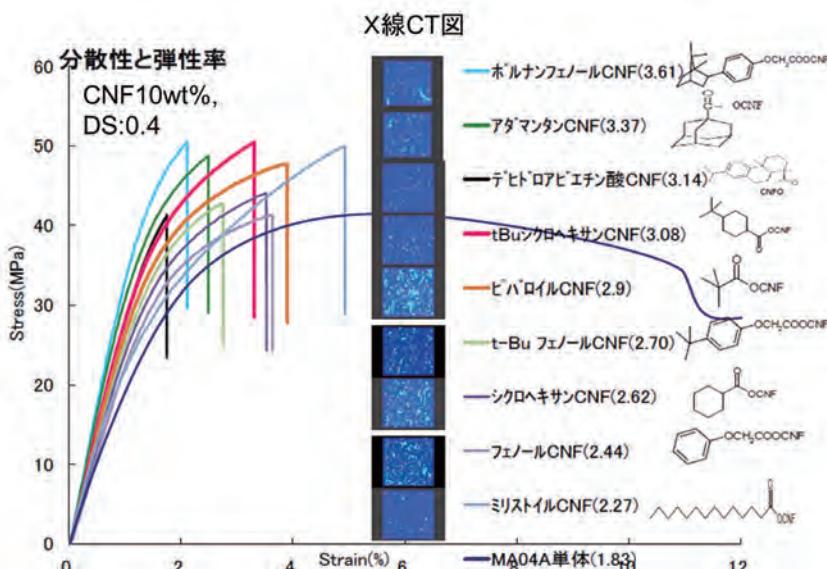


	弾性率 [GPa]	強度 [MPa]	歪み [%]	シャルピー 4J [kJ/m ²]
リサイクルPP	1.17 [0.018]	33.7 [0.27]	17.65 [0.09]	3.51 [0.42]
リサイクルPP/CNF 2%	1.65 [0.026]	43.4 [0.29]	17.71 [0.16]	3.43 [0.48]

39

2. 高耐衝撃材料の開発

従来のCNF強化PP
CNF補強により破断ひずみが大きく低下



40

CNF補強によるブロックPPの耐衝撃性低下

CNF強化PP CNF10 :MAPP5:タルク5 : PP80

PPグレード (何れもノバテック)	Flexural test(MPa)		Izod impact energy 2.75J-N (kJ/m^2)	Flexural test(MPa)		Izod impact energy 2.75J-N (kJ/m^2)
	Modulus	Strength		Modulus	Strength	
MA04A	1970	53.6	1.88	3210(+63%)	71.2(+33%)	4.22(+124%)
BC6DRF	946	26.5	47.4	2270(+140%)	49.2(+86%)	4.01(-92%)
BC03C	1720	45.8	5.48	2870(+67%)	62.5(+36%)	3.65(-33%)
BC03GS	1340	36.2	9.22	2560(+91%)	54.9(+52%)	4.4(-52%)
BC06C	1630	44.1	7.93	2920(+79%)	63.3(+44%)	3.92(-51%)
BC10HRF	1140	31.6	4.82	2540(-45%)	53.8(+70%)	3.88(-20%)
TS-PP	1270	33.3	4.24	2560(+102%)	54.6(+64%)	3.4(-20%)
NEWCON-NBC03HR	951	25.8	16.4	2360(+148%)	49.2(+91%)	2.85(-83%)



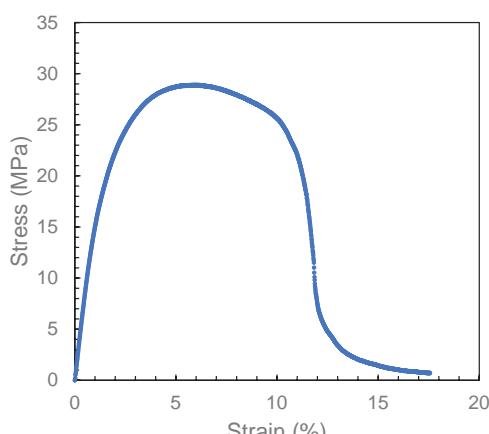
エラストマー添加等、樹脂組成の検討

41

アセチル化CNF強化ブロックPP

組成

AcCNF/PP/MAPP/Talc/EOR: 13/27/10/20/30



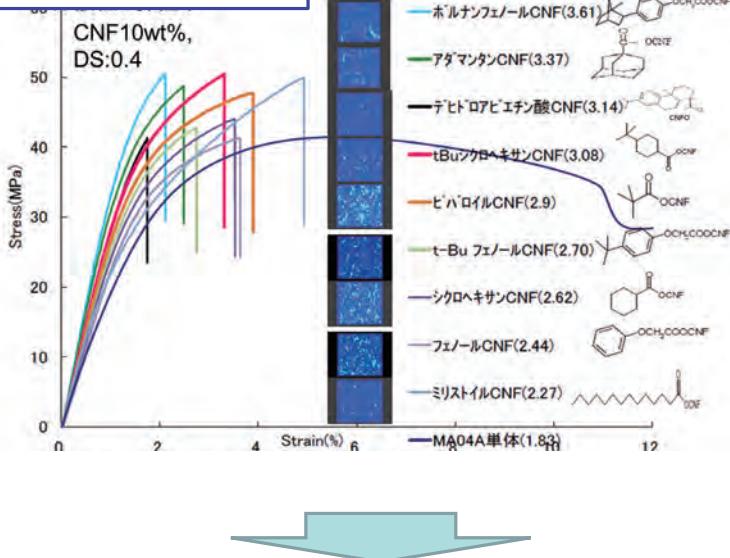
弾性率:1.80GPa
曲げ強度:29.0MPa
破断ひずみ:11.9%
シャルピー衝撃値:6.77kJ/m²

線熱膨張係数は30-40ppm/K

42

従来のCNF強化PP
CNF補強により破断ひずみが大きく低下

X線CT図

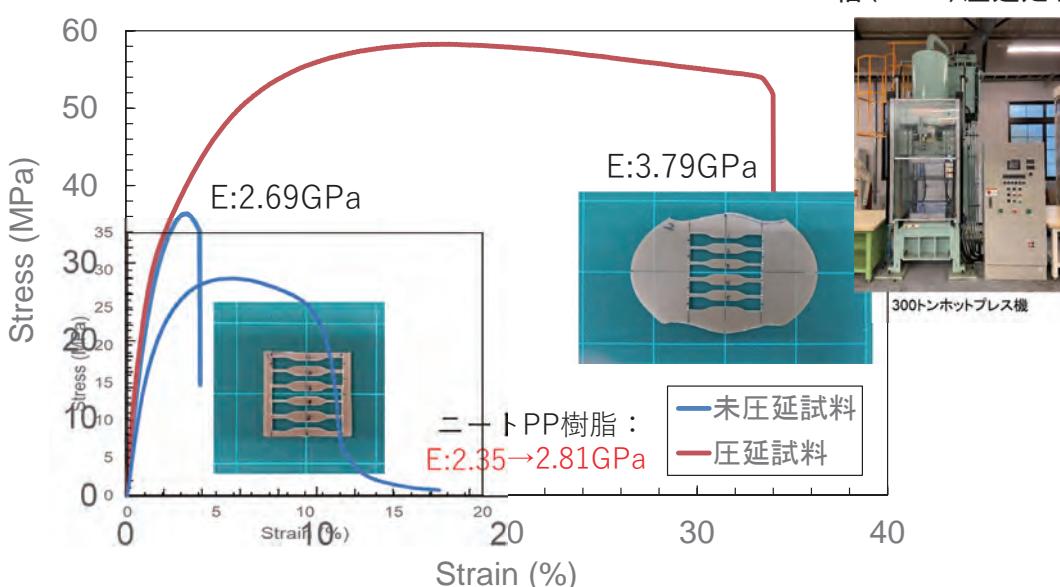


圧延加工による改良

43

圧延加工による引張破断強度の向上

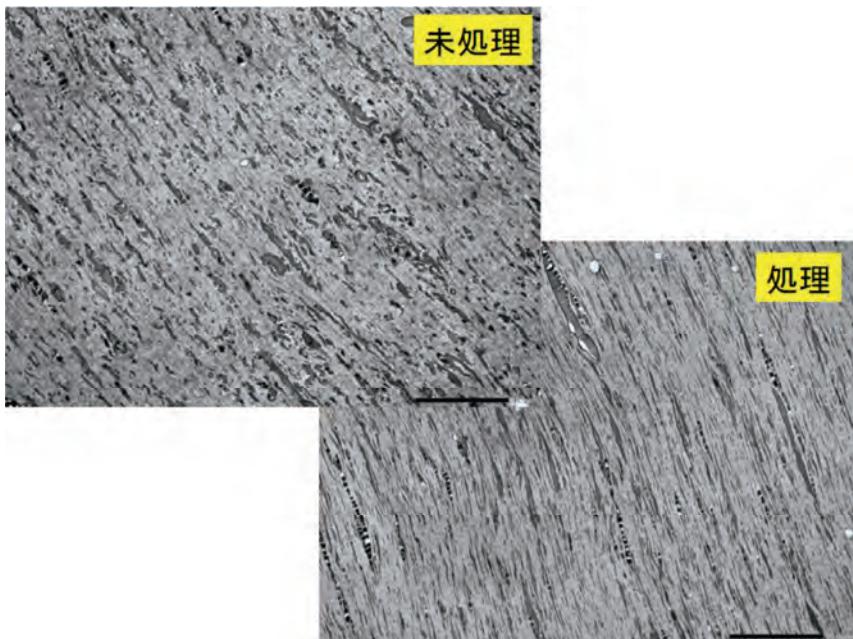
ASA変性CNF10wt%
2倍(50%)圧延処理



西辻、伊藤、佐野、矢野、他 特許出願中

44

10%CNF複合PP、圧延処理の有無



45

3. 使えば使うほどCO₂が減る材料 ～ゼロエミッション・マテリアルへの戦略～

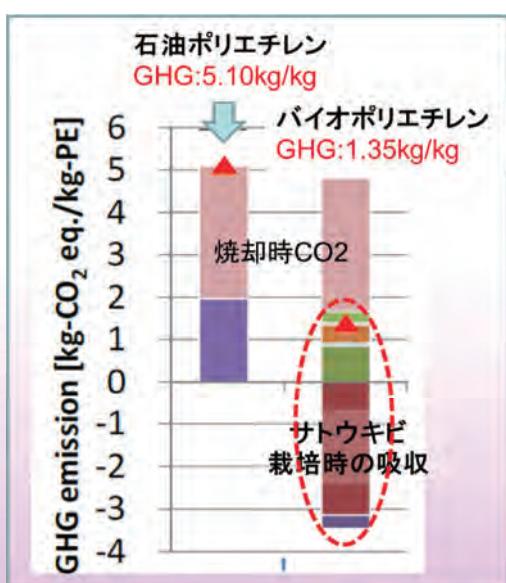


46

戦略1：バイオ＆バイオ

47

バイオ(CNF) & バイオで環境性能を維持して
バイオマスプラスチックの性能を向上



バイオポリエチレンを
1kg製造すると大気中
のCO₂は約2kg減少

しかし

構造用途への課題
耐熱性・剛性

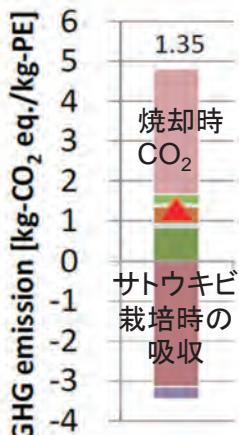


菊池、平尾、他、日本LCA学会、2011（矢野改変）

48

バイオ(CNF) & バイオで環境性能を維持して バイオマスプラスチックの性能を向上

バイオポリエチレン
GHG:1.35kg/kg

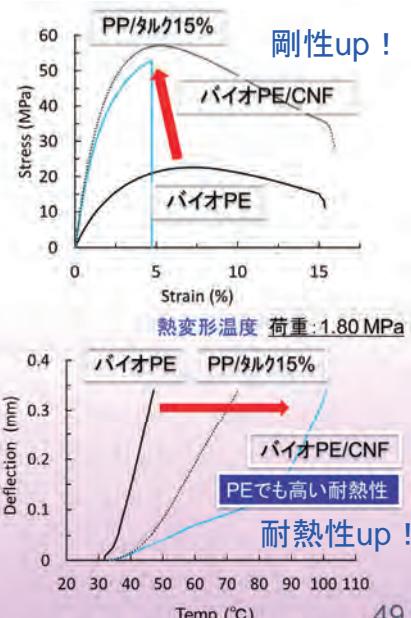


CNF(高性能バイオ素材)



図1 木材とCNF

高強度(炭素繊維相当)
高弾性(鋼鉄の2/3)
低線熱膨張(ガラスの1/50)

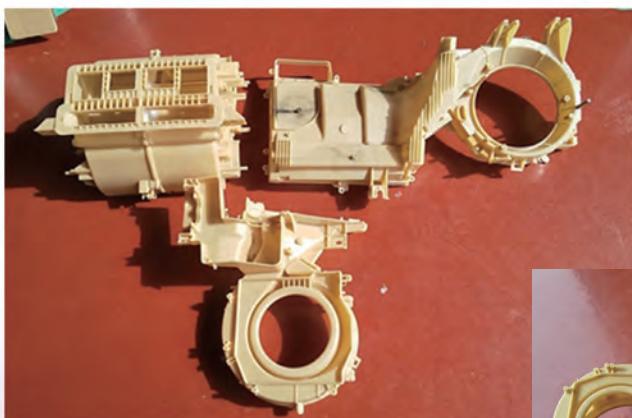


49

CNFによる弾性率、耐熱性の向上

CNF強化バイオPE

(株)デンソー



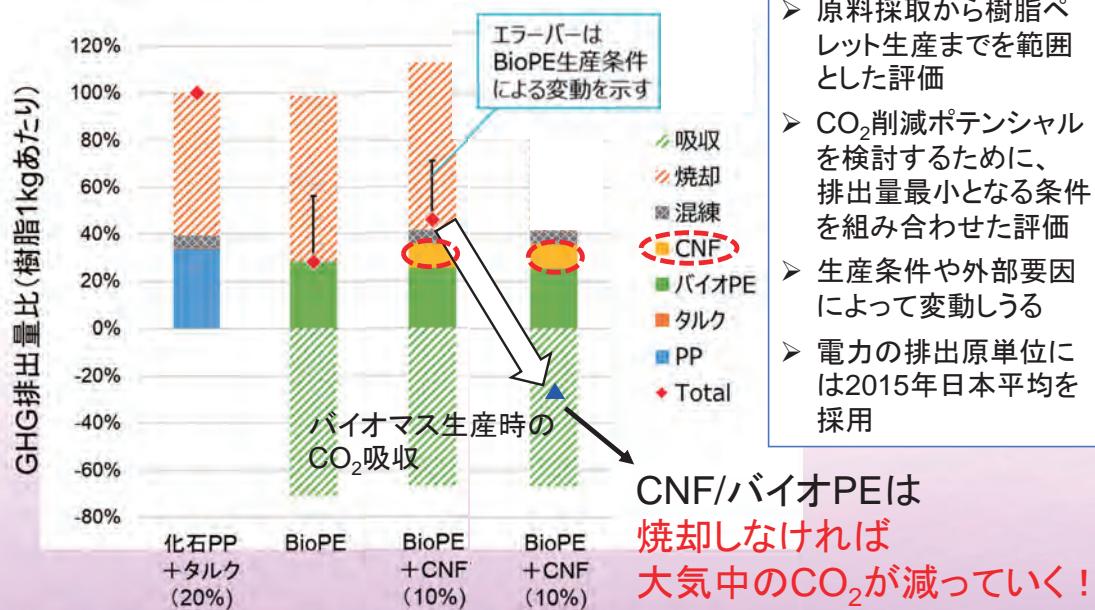
エアコンケース



環境省 アセチル化CNF強化バイオPEプロジェクト 2019-2020

50

GHG: 温室効果ガスは?



令和元年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環実証事業「構築実証事業「京都プロセスで製造したアセチル化セルロースナノファイバー強化バイオPE」成果報告書評価」成果報告書に基づき作成

51

戦略2: マテリアルリサイクル

52

CNF強化バイオPEのリサイクル性評価

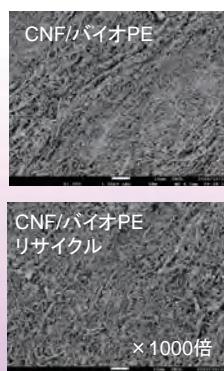
バイオ×バイオ

トヨタ紡織(株)

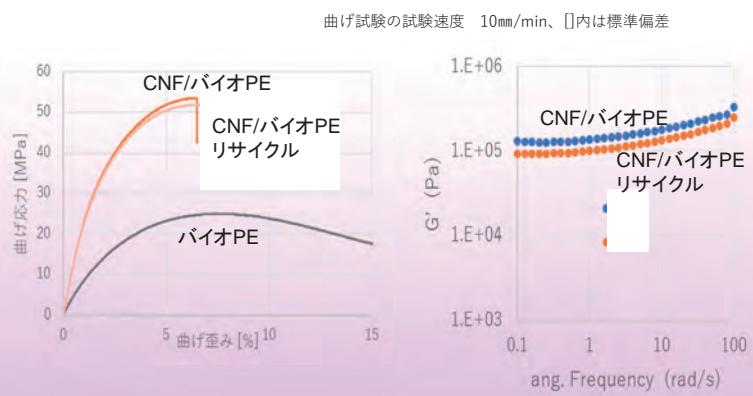


成形品を粉碎・成形

	弾性率 [GPa]	強度 [MPa]	歪み [%]	シャルピー 4J [kJ/m^2]
バイオPE(SHA7260)	1.04 [0.011]	25.1 [0.25]	-	2.69 [0.08]
CNF10%/バイオPE オリジナル	2.62 [0.029]	53.4 [0.05]	6.59 [0.19]	2.47 [0.08]
CNF10%/バイオPE リサイクル 1回	2.62 [0.033]	51.8 [0.26]	6.89 [0.28]	2.41 [0.08]



PEを除去して観察



環境省 アセチル化CNF強化バイオPEプロジェクト 2019-2020

53

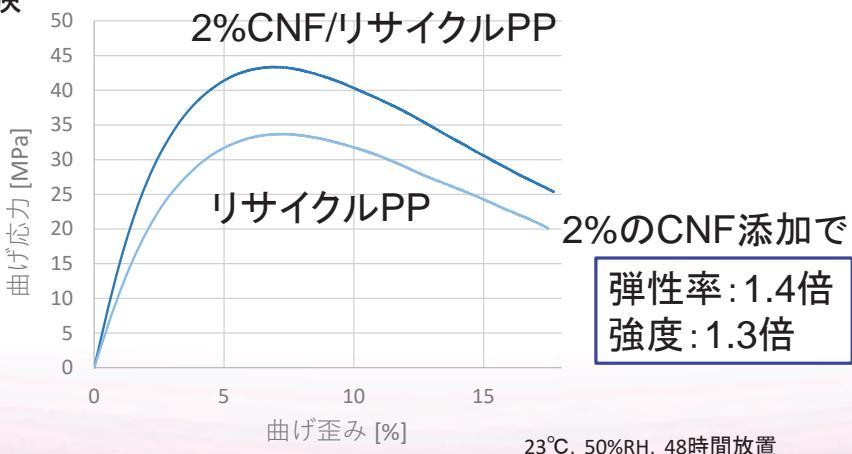
戦略3：リサイクル樹脂のCNF補強

54

CNF強化容リPP材

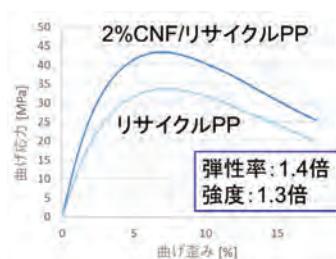
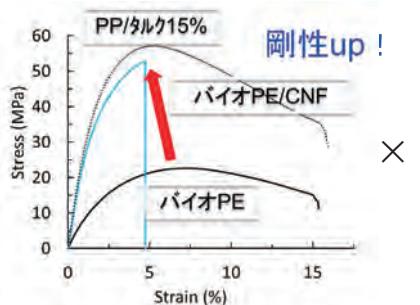
(株)グリーンループ

曲げ試験



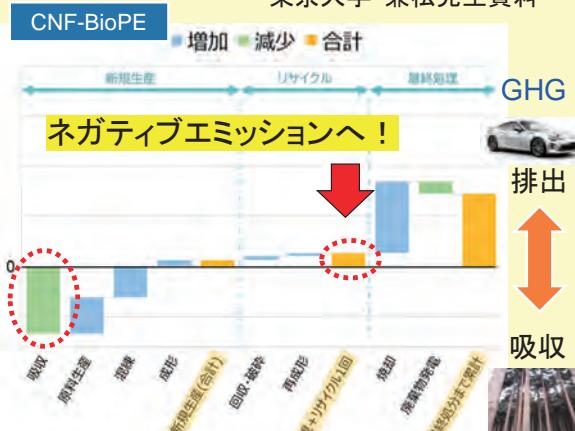
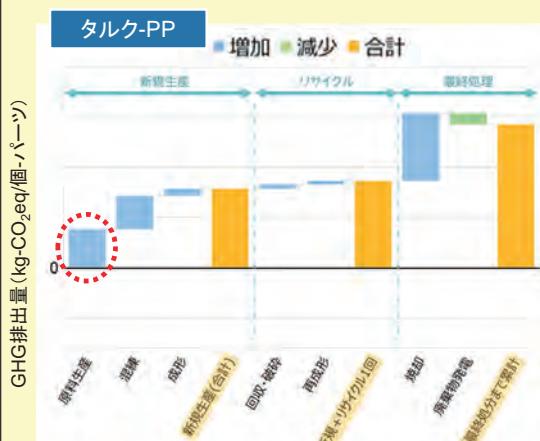
	弾性率 [GPa]	強度 [MPa]	歪み [%]	シャルピー 4J [kJ/m ²]
リサイクルPP	1.17 [0.018]	33.7 [0.27]	17.65 [0.09]	3.51 [0.42]
リサイクルPP/CNF 2%	1.65 [0.026]	43.4 [0.29]	17.71 [0.16]	3.43 [0.48]

55



■ 5%の軽量化 → 樹脂量削減効果を考慮 → パーツ単位での評価を実施

東京大学・兼松先生資料



令和2年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業成果

56

CNF戦略: 更なる脱炭素化 バイオ化+高強度化・軽量化+リサイクル

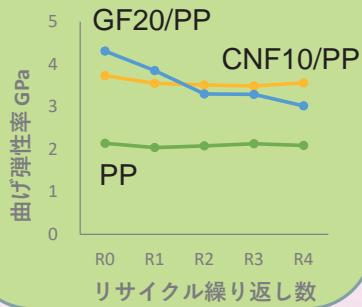
バイオ



軽量・断熱



リサイクル



R1-R2年度 脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業(環境省)

燃やさなければ

使えば使うほど大気中のCO₂が減る材料

57

まとめ

バイオ材料の研究は

生き物の力の借り方

58

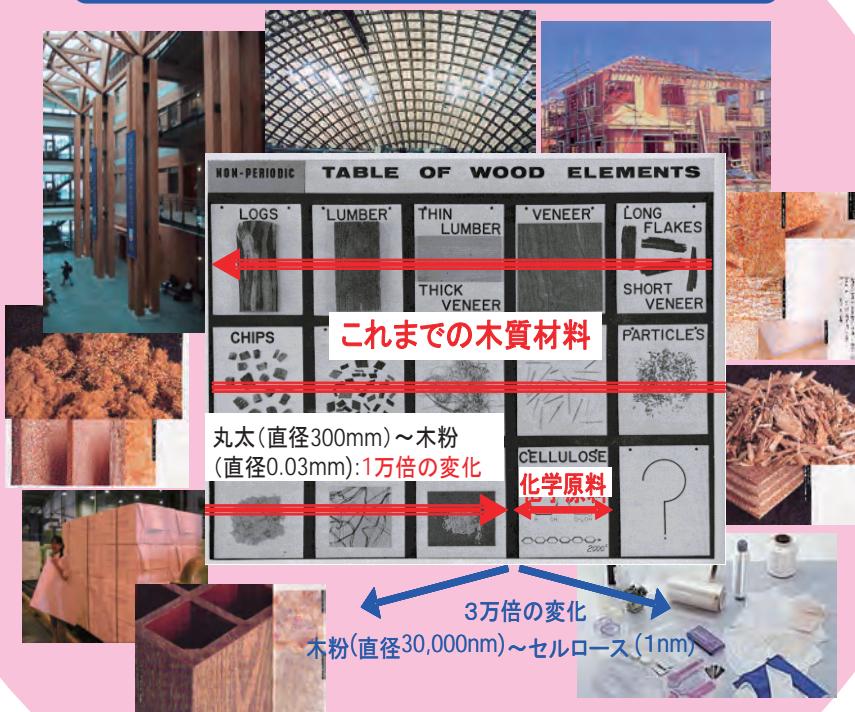
模範解答

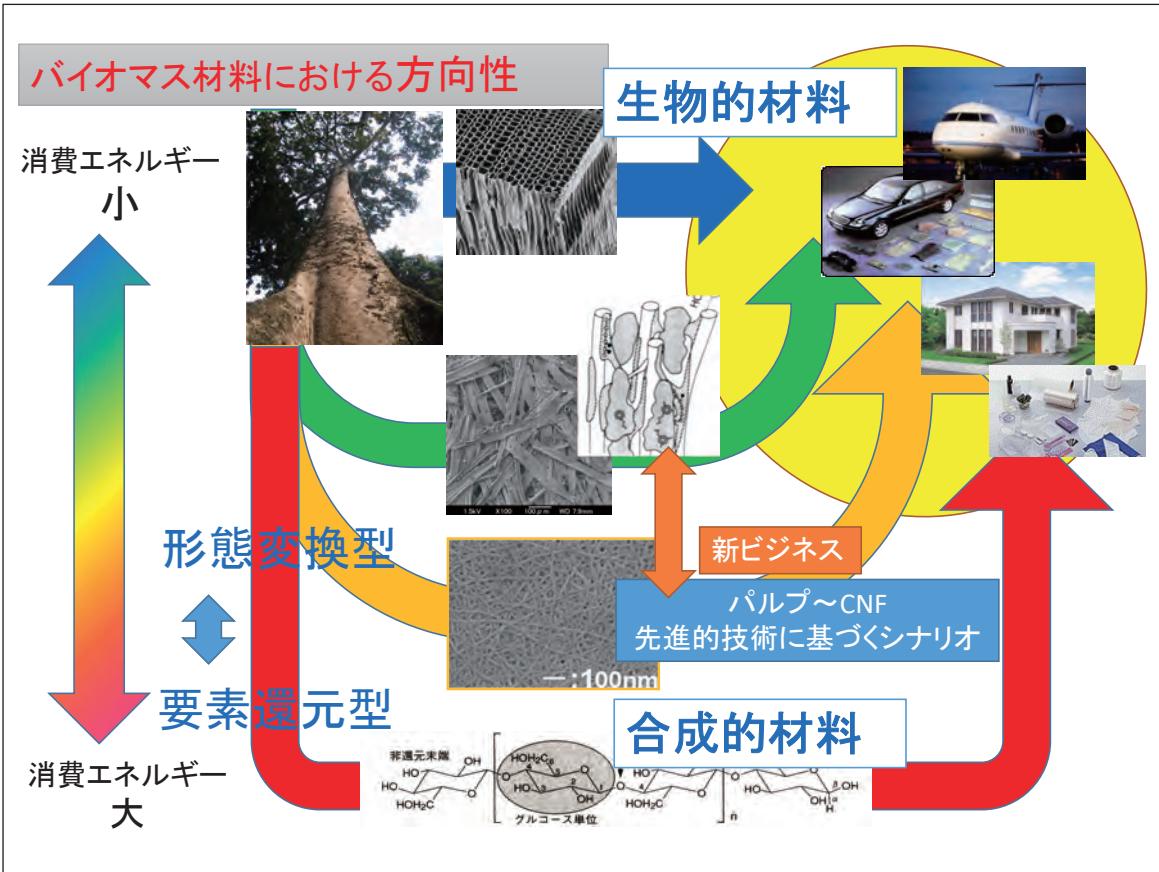
by 吉川さん、関西イノベーションイニシアティヴ

- ・セルロースは空気中のCO₂を削減する材料である。→ 光合成
- ・セルロース自体は、鋼鉄より強度は5倍強い → 伸び切り鎖結晶
- ・セルロースとバイオプラスチックを組み合わせ、燃やさないで再利用すると、CO₂を削減する材料となる → ネガティブエミッション
- ・日本はセルロースのもとである森林資源を豊富に有している
→ 每年人工林で8000万立米、3000万トンの蓄積
- ・セルロースの「ほぐし」度には、パルプからナノ(一番細かい)までの段階があるが、細かくするほどコストは高い。ナノまで行かない中間領域での利用には、大きな可能性がある。
→ コスト/パフォーマンスによる最適化
- ・セルロース材料を利用する上で、最適な形状設計力が重要である。
→ NCV
- ・森林資源、材料、最適設計力、加工・部材化の全てを持っている国は、世界でもほとんどない。 → 異分野・垂直連携

59

木質資源:これまでの材料利用

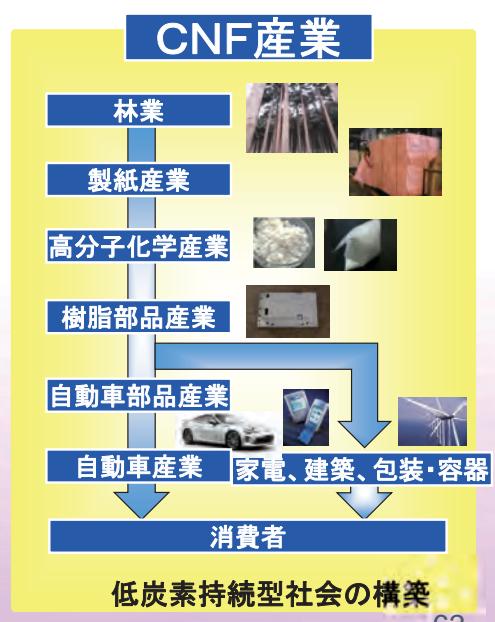




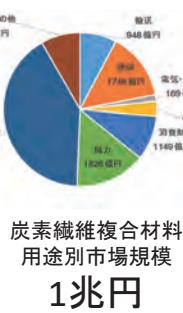
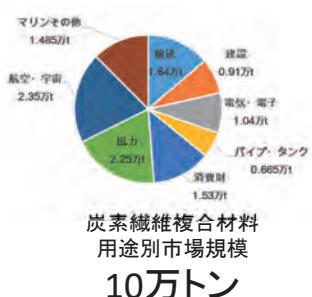
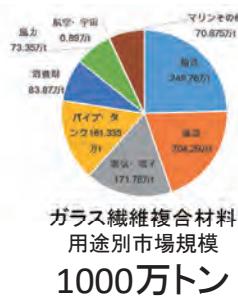
21世紀のモノづくりはベジタリアン

未来の社会では、植物材料を当たり前の様にクルマや建築資材、家電に使って行きます。

石油資源由来のプラスチック素材だけでなく、鋼鉄もガラスもCO₂排出の少ない高性能の植物資源材料に代わります。



バイオマス材料の成長産業化に向けて 繊維強化樹脂材料の市場(2016年)



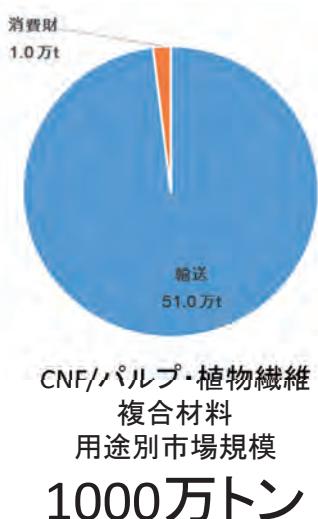
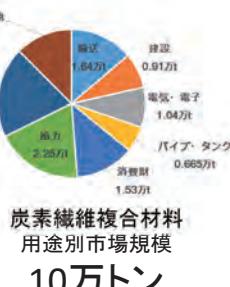
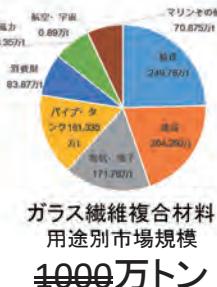
出典:JEC(フランスの複合材料雑誌展示会の会社),富士経済炭素繊維市場調査など

63
63

CO₂ゼロエミッションマテリアル

夢？現実？

繊維強化樹脂材料の市場(2030年)



研究仲間を探しています。

①低コストCNF(500円/kg)の開発

+

②第4世代
リアクティブプロセスの開発

+

③高耐衝撃化
圧延成形法の開発

CNBMアライアンス

CNBM:カーボンニュートラル・バイオマスマテリアル



2030年 65



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・サスティ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。

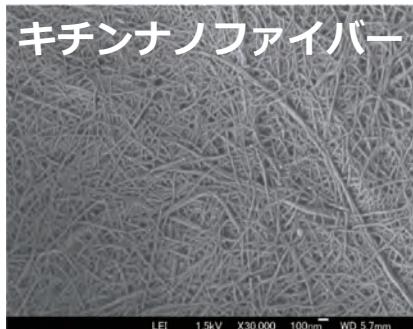
66

キチンナノファイバー
鳥取大学 工学研究科
化学・生物応用工学専攻
伊福 伸介氏

カニ殻由来の新素材 「キチンナノファイバー」の 夢と現実、そしてこれから



カニ殻から



新素材を開発



新産業を創出

鳥取大学工学研究科

教授 伊福 伸介

E-mail: sifuku@tottori-u.ac.jp

蟹取県とつとり

いずれも最下位：

総人口：552,265人（佐賀県は81万）

事業所：25,718か所（佐賀県は3.8万）



ダントツ1位：カニの水揚げ：7,682トン

大量の廃殻が発生

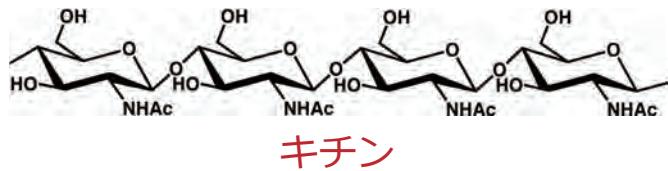
食品加工場から綺麗なカニ殻入手可

地の利を生かして

カニ殻を地域資源として有効利用

県内にカニ殻の新産業を興して地域を活性化

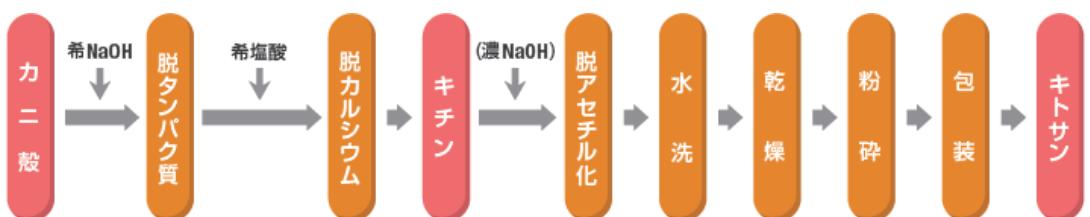
天然の多糖：キチン



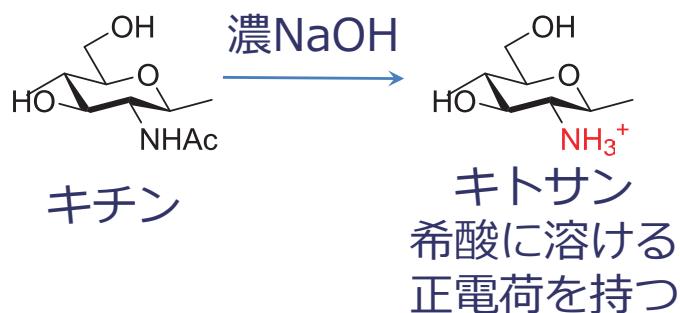
- ・アセチルグルコサミンが連なった直鎖構造
- ・甲殻類や昆虫の外皮を構成する多糖類
- ・年間合成量は $1 \times 10^9 \sim 10^{11}$ トン



キチンとキトサンの製造方法



甲陽ケミカルHPより



キトサンの食品としての代表的な効果

免疫機能の活性化	免疫活性を亢進し、がん抑制効果があるとも考えられている。
体内老廃物の排泄促進	消化管内で食物繊維として作用し、大部分はそのまま糞便中に排泄されます。これにより、食物繊維と同様な作用をします。便の嵩を増やして、便通を促します。腸内細菌叢を改善します。
脂質とコレステロール吸収抑制	脂肪やコレステロールの吸収を促進する胆汁酸を吸着し、脂肪やコレールの吸収を阻害し、これらの血中濃度を低下させるとされています。 
高血圧予防効果	食塩の過剰摂取で高血圧になるとされていますが、キチン・キトサンはこのような高血圧を予防する効果があります。
その他の効用	キチン・キトサンには腐敗抑制の効果があるとされ、漬物に少量添加し雑菌の増殖を抑制できます。 食品工業分野では、工場排水中のたんぱく質やその他の固形成分を吸着・凝集して水を精製する用途で使われています。

キチン・キトサンを用いた医療機器

キチン創傷被覆材



ベスキチン、ニプロ

創の保護、湿潤環境の維持、
治癒の促進、疼痛の軽減

キトサン緊急止血剤



セロックス、
Medtrade Products社

キトサンの正電荷
赤血球、血小板の負電荷
血液が凝固し大量出血を停止

キチン製剤による猫の創傷治癒



前肢に重度な挫創を負った猫



2

カイトパックCによる創の被覆



3

治療中の猫

キチン製剤による猫の創傷治癒



13days

被覆 13日目、旺盛な肉芽増生



6

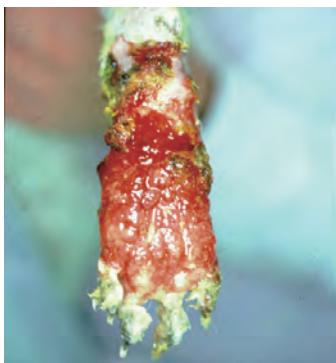
完全治癒に至った猫



19 days

19日目、皮膚の再生

猫後肢端の高度な挫創



キチン微粉末による被覆 損傷足による着地と歩行



犬前肢端の高度な挫創



キチパックによる被覆



挫創の修復



鳥取大学獣医学科 南三郎教授

キチンの課題

キチンは力ニ殻の主成分

創傷治癒の促進効果があるが
ほとんど産業利用されていない
残された最後のバイオマス

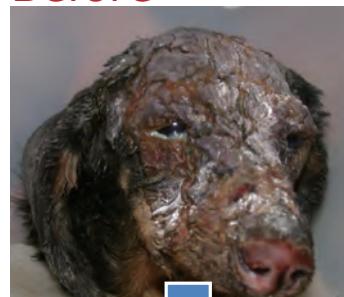


ほとんどの溶媒に不溶

成形・加工が困難

市販のキチン粉末

Before

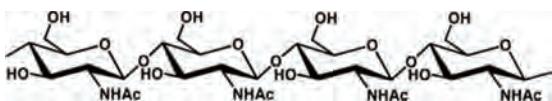


After

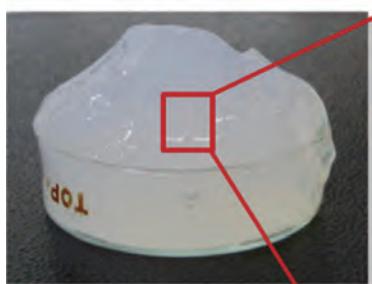


カニ殻由来の新素材「キチンナノファイバー」

カニ殻の主成分「キチン」



大規模に利用可能な「最後のバイオマス」



キチンを極限まで粉碎（製造特許）

幅10ナノの超微細纖維



ジェル状の分散液、機能性評価、加工、製品化しやすい

キチンNFの夢（ポテンシャル）

セルロースNFと同様の形状と物性

健康食品としての効果と実績あり

医療機器としての効果と実績あり

未利用資源の活用

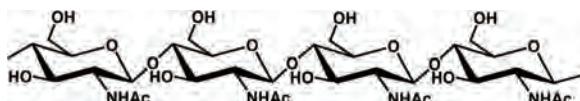
- ・甲殻類の廃殻
- ・昆虫（食）の外皮
- ・キノコの非可食部（廃菌床含む）
- ・菌類（醸造残渣含む）
- ・イカの中骨
- ・貝殻

既存のキチンと比較して水中に均一に分散

- ・加工性が向上、試作品の作成が容易
- ・生理機能の検証が容易

アミノ基を持つ

- ・生理機能の発現
- ・高い反応性→化学的変性可能
- ・カチオン性→酸性で安定、アニオン性物質と複合化

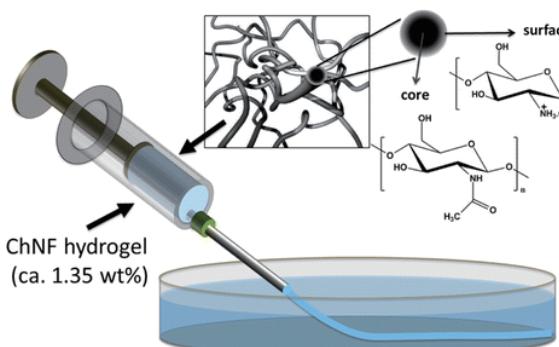


セルロースNFとの差別化が可能

キッチンNFの現実（研究成果）

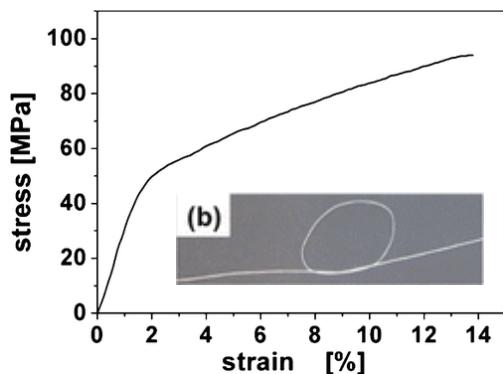
キッチンNF成型の事例① キッチンNF糸の調製

キチンNF分散液 (脱アセチル化度: 10%)



凝固浴中 (THF or EtOH) に紡糸 取り出して乾燥

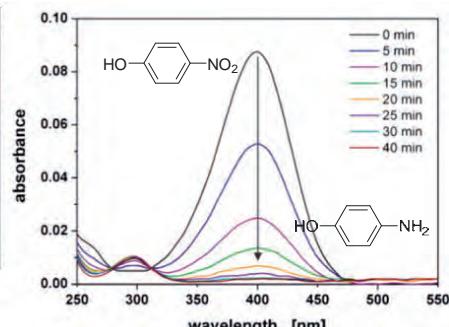
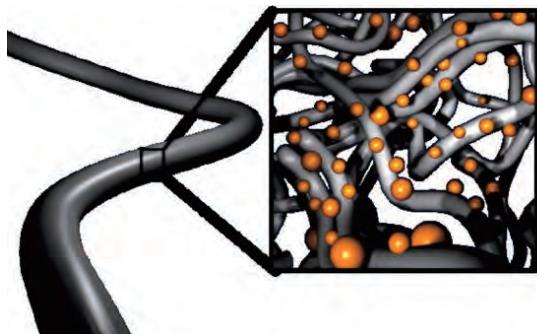
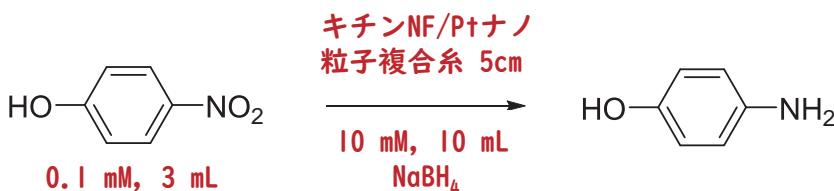
キチンNF糸の機械的特性 応力-ひずみ曲線



ヤング率：3.0 GPa
引っ張り強度：91 MPa
破断ひずみ：14%

Biomacromol. 2012

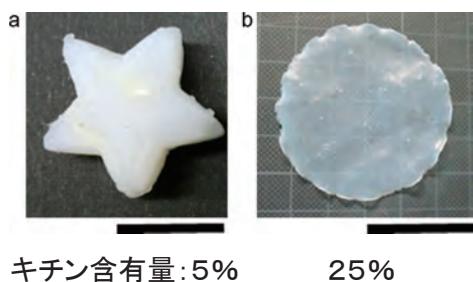
キチンNF/白金ナノ粒子複合系の触媒効果



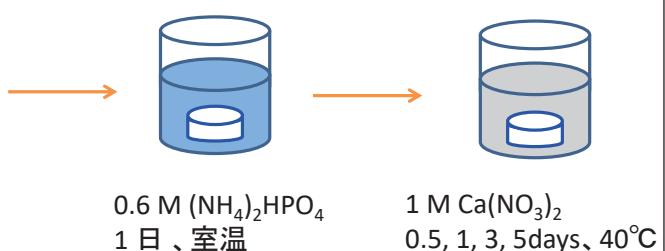
Ptナノ粒子がp-ニトロフェノールの還元を触媒
30分で反応終了
5回反応を繰り返しても活性は低下せず
固体表面に担持されたPtは反応後の回収が容易

キチンNFハイドロゲル/リン酸カルシウム複合体

キチンNFハイドロゲル



キチンNF成型の事例②

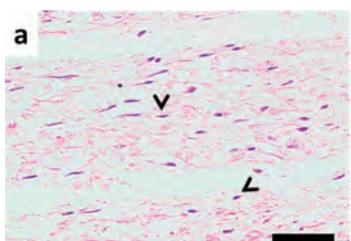


リン酸Ca複合体/キチンNF(w/w)

	(days)	0.5	1	3	5
水洗浄 → キチンNFゲル/リン酸Ca複合体	リン酸Ca/キチン(5%) (重量比)	0.7	0.9	0.9	1.1
	リン酸Ca/キチン(25%) (重量比)	0.5	0.6	0.8	1.0

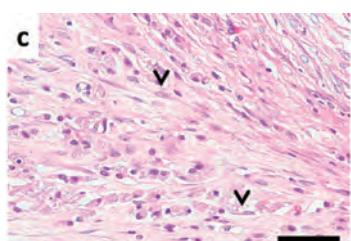
Carbohydr. Polym. 2012

組織学的所見(2週後)



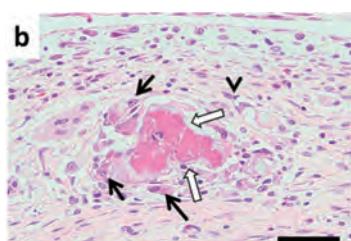
比較対照群

線維芽細胞 (>
)
膠原纖維



キチンNF

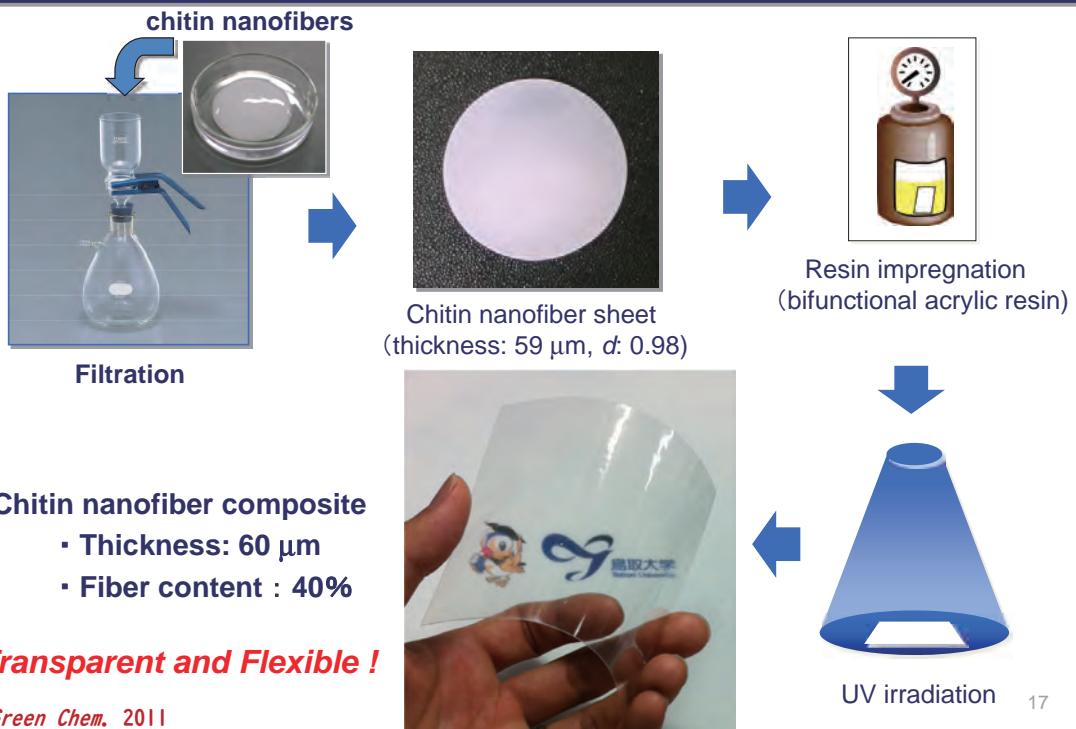
より多くの線維芽細胞 (>
)
より密な膠原纖維



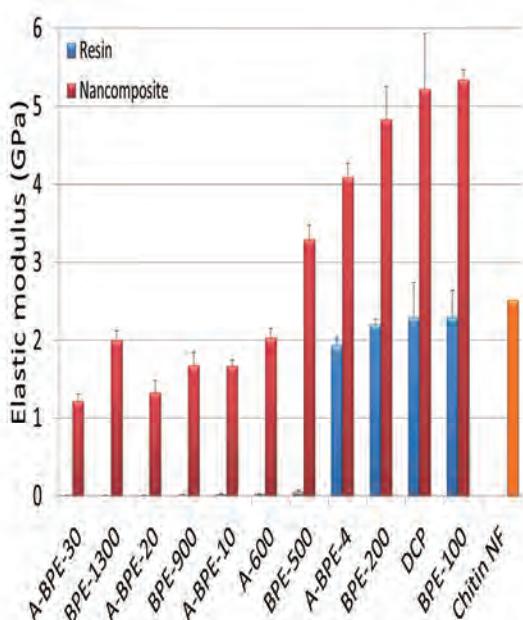
キチンNF/リン酸Ca複合体

より多くの線維芽細胞 (>
)
より密な膠原纖維
骨芽細胞 (→)
石灰化 (⇒)

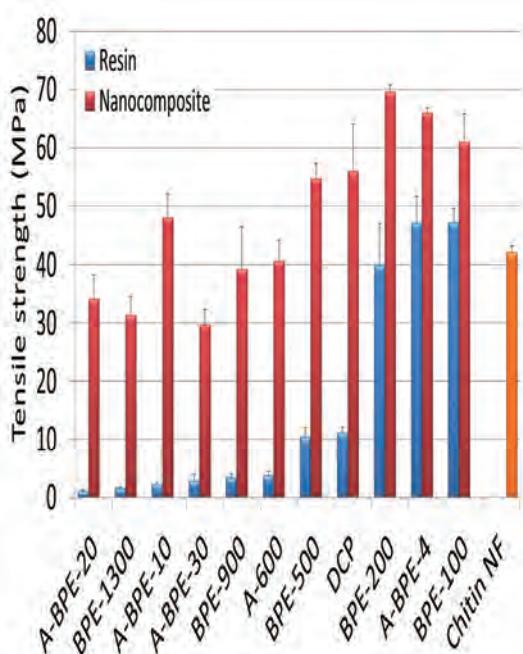
キチンナノファイバーで補強したプラスチックフィルム キチンNF成型の事例③



弹性率(硬さ)

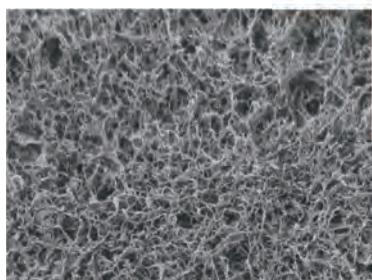


破断強度(強さ)



キチンNF成型の事例④

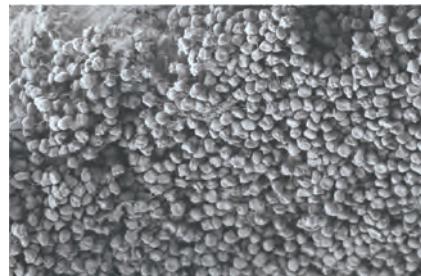
キトサンNF止血スponジ



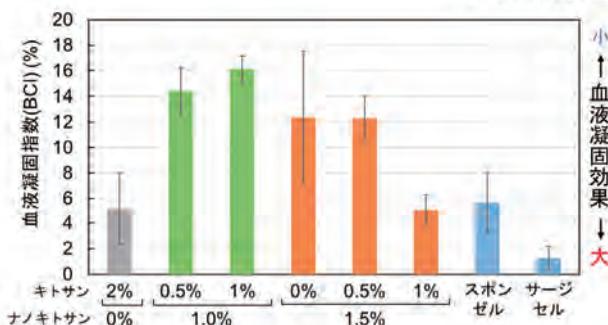
全血 400 μ l



赤血球が強固に吸着



* ポジティブコントロールのBCI=100%



フィブリン網が展開



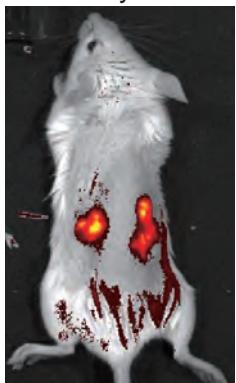
既存の止血剤と同等の効果

スponジの体内動態（蛍光イメージング）

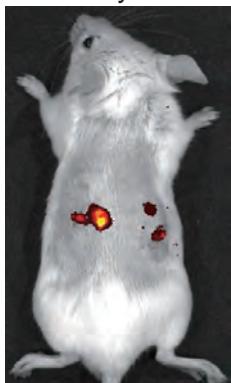
サンプル：ナノキトサン1.5%、キトサン1%

副作用による体重減少は確認されなかった

Day 0



Day 7



Day 48



0~14日後はスponジの蛍光を確認
→ 分解された感じはなかった

48日後には小さい方の
スponジの蛍光が消失

ナノキトサンスponジが分解された可能性が示唆された

肌 美容分野

保湿力の高いジェルタイプで効率的
フルフル

各種メディアで多角紹介!

農 農業分野

植物の生長促進、免疫力アップ
お手入れノンファイバー
イネの生長促進の効果を示すイメージ

食 食品分野

ふくらパン生地強化効果
強力粉(250g) ホームベーカリーでの使いイメージ
強力粉(250g)
強力粉(200g)
モチアーノファイバー
モチアーノファイバーパウダー(1.5kg/1kgの比率)

固めた乳化効果・安全な乳化剤
水と油のうに溶けられないものを均一に溶合する働きを活性化します。

癒 医薬品分野

魔除け効果で
癒分野にも貢献
様々な医療用具に溶かした医療用材
料への応用が期待されています。

『キッチンナノファイバー』とは何だろう?

13年にわたる異分野融合発展研究で
驚くほど多様な広い機能を明らかに

様々な層在能力を有する
カニ殻由来の新素材「キチンナノファイバー」

カニ殻から得たもの10000個の1もの微細纖維として抽出された「キチンナノファイバー」は、水によく分散し、他の材料と組み合った利用法に応じて様々な加工が可能になりました。工芸製品・医薬品・化粧品・食品などあらゆる分野での応用が期待されています。

伊祖 勝介
株式会社マリファナノファイバー
代表取締役社長
元日本ガラス工業技術士官
元日本ガラス工業技術士官
2001年 東京工業大学修士課程修了
2003年 株式会社マリファナノファイバー設立
2007年 株式会社マリファナノファイバー設立

カニ殻を
捨てたきのじゃない!!

「キチンナノファイバー」の製造工程

1. 水中での洗浄
2. カルシウムとアルギン酸の除去であらわタグリ(貝殻土)に取り分けます。(アルギン酸の場合は特に含まれません。)
3. 微細化
蒸式乾燥により、ナノサイズまで細かく粉碎します。

0.5ccのキチンナノファイバーで
コロコロと球形となる
なんと約1万粒!!

【マリファナノ】

代表的なキチンナノファイバーの機能

創傷治癒効果

R. Izumi, Carbohydr. Polym. 123 (2015) 461. (IF=9.4)

皮膚炎緩和効果

R. Izumi, Carbohydr. Polym. 146 (2016) 320. (IF=9.4)

育毛・発毛効果

R. Koizumi, Int. J. Biolog. Macromol. 126 (2019) 11. (IF=7.0)

ナノファイバー関連の査読付き学術論文

化学・材料学分野：48編、医学・薬学分野：24編

農学・食品工学分野：8編

キチンとした学術的な根拠に基づいた機能

肌のトラブルで悩んでいる方はたくさんいます

- 手荒れ、ひび、あかぎれで悩んでいる人

佳秀工業(㈱)

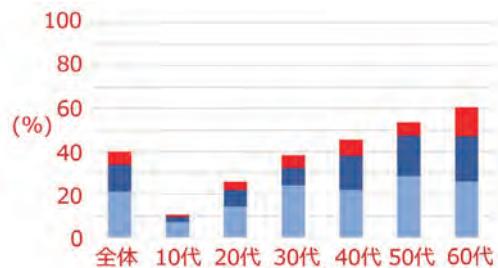
女性の4人に3人



- 脱毛が進んでいると感じている男性

AGAクリニック

男性の4割



- アトピー性皮膚炎患者数 厚生労働省

45.6万人

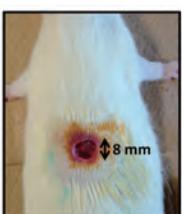


ナノファイバーでQOL向上したい

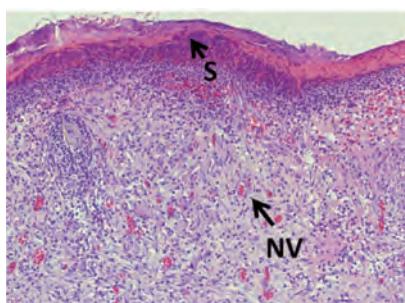
創傷治癒効果

8 days

未処理

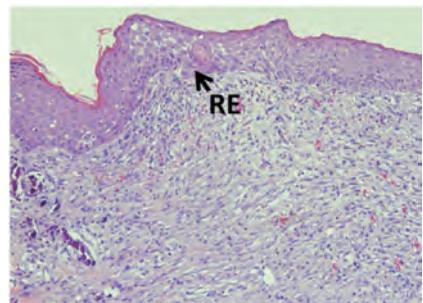


円形損傷
モデル



瘡蓋、血管新生、
炎症細胞浸潤

キトサンNF塗布



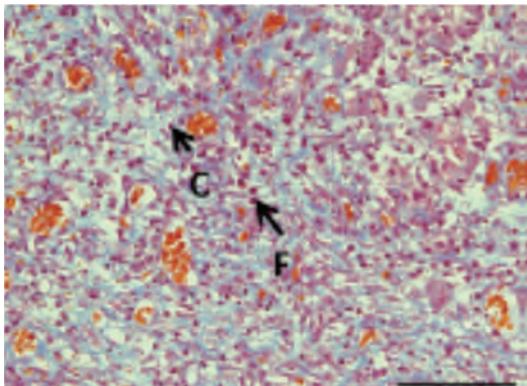
上皮化

炎症の緩和と組織の再生を促進

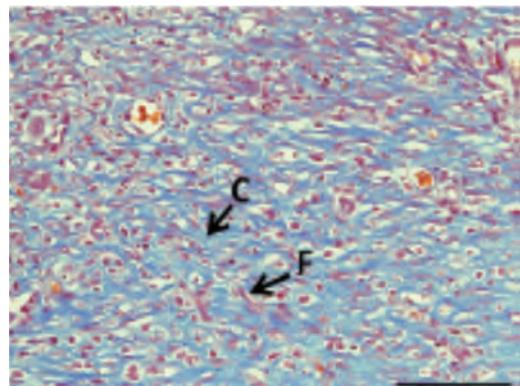
マッソントリクローム染色

8 days

未処理



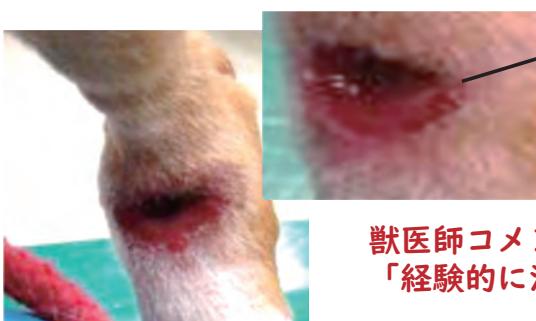
キトサンNF塗布



膠原纖維（青色部分）の產生

	炎症期	増殖期	リモデリング期
未処理	++	+	+
キトサンNF	+	+++	+++

創傷治癒の促進 臨床例その1



注射痕にできた皮膚潰瘍
(ビーグル犬)

獣医師コメント
「経験的に治療期間がおよそ半分で済みます」

キチンNF塗布

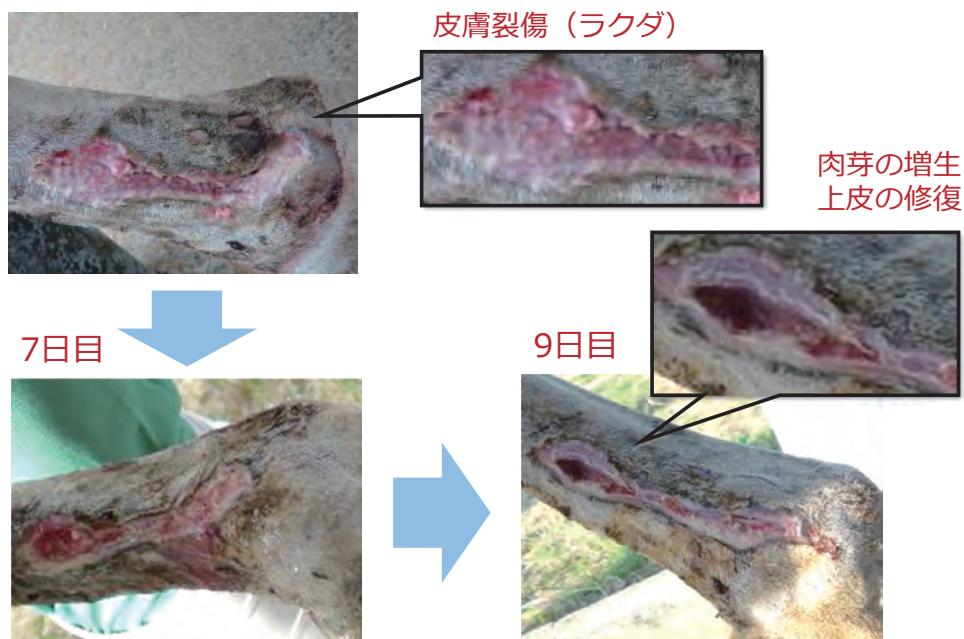


9日目



肉芽の増生

創傷治癒の促進 臨床例その2



バリア機能強化、保湿、抗菌、bFGF産生の亢進が関与

アトピー性
皮膚炎モデル

アトピー性皮膚炎の緩和

無処置



コントロール



キチンNF



キチン粉末



ステロイド



臨床スコア：
(皮膚炎重症度)

6.0点

2.8点

4.2点

3.8点

発赤、出血、浮腫、乾燥、擦り剥き、潰瘍の緩和

NF- κ B, iNOS, IgEの現象が関与

ステロイド薬並みの効果

35 days

皮膚炎の緩和 臨床例その2

Before



After



アメリカンビーグル
6週間使用



担当獣医師コメント：食物、かゆみ止め、抗生素、抗真菌剤の投与をするも改善の兆し見られず。ナノファイバーを滅菌ガーゼに浸漬して塗布後、体毛が顕著に伸び、赤斑の緩和、病巣の縮小を確認。6週後に驚異的な改善を観察した。

獣医師Aコメント：犬のアトピー性皮膚炎は人のそれと似た病態のため、人に対する効果も十分期待できる。

皮膚科医師コメント：ナノファイバーの皮膚炎改善効果はあるのだろう。炎症に伴う脱毛の抑制も期待できる。

キチンナノファイバーの 育毛効果の検証

無処置



コントロール



キチンN F



動物実験方法



$$n = 5$$

Day 0 3 4 6 7 11 12



採材

○ : サンプル塗布
(塗布量:150 μ l、濃度:1%)

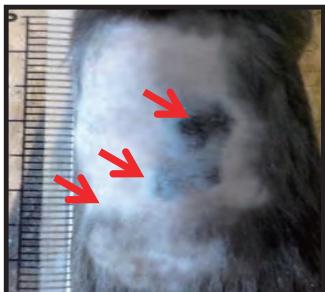
キトサンナノファイバーの育毛効果

未处理



0.9 mm

キトサン
ナノファイバー



3.48 mm

ミノキシジル

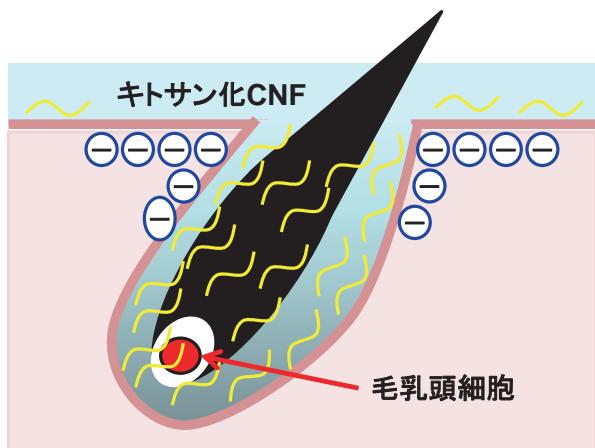
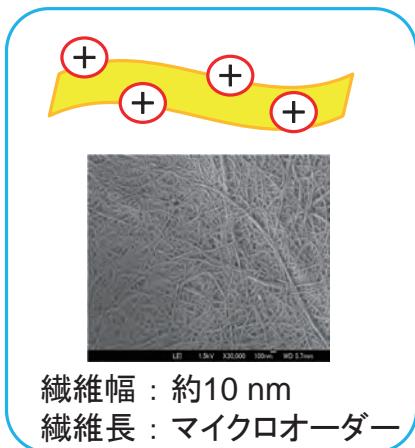


1.22 mm

12 days

約4倍に伸長、ミノキシジルより効果大！

育毛の発生メカニズム



- ①キトサン化ナノファイバーが静電的な相互作用により毛包深部に到達
- ②毛乳頭細胞を刺激
- ③発毛に関わる因子の産生を亢進
(VEGF, FGF-7, ソニックヘッジホッグ)

米澤徹, 生体適合性高分子PLGAナノ粒子の育毛剤技術への応用(2009)

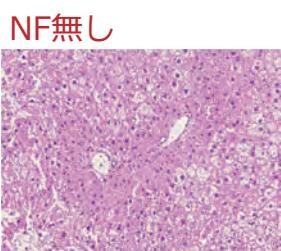
他にもこんな効果が・・・

食に関する効果

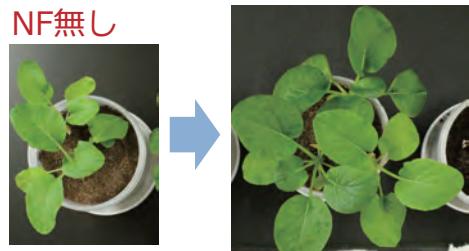
- ・脂肪、コレステロールの抑制
- ・腸管、肝臓の炎症緩和
- ・腸内細菌叢の改善
- ・腎臓病の改善効果
- ・小麦生地の強化
- ・乳化効果

植物に対する効果

- ・成長促進
- ・病害抵抗性誘導
- ・窒素固定能の促進
- ・きのこの重量増加
- ・植物病原菌の制菌



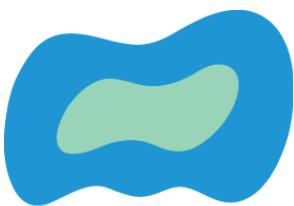
脂肪の吸収抑制（肝臓）



小松菜の成長促進

鳥取大学発ベンチャー（28年5月）

(株)マリンナノファイバー



Marine
Nano-fiber
Tottori University



カニの妖精
マリンナノちゃん

機能性原料として
製造販売



ベンチャーマリンナノファイバー 最近の進捗



神頼みならぬ「カニダノミ」

養毛料

ハンドクリーム

スキンケアジェル

リップクリーム

フェースマスク

鳥取県ウェルカニキャンペーン



平井県知事：
甲殻類だけに効果にくるい無し

さかなクン：
効果がいっぱい甲殻類



アルコール60%配合
ハンドジェルプロ
県に500本寄贈



ペット向け口腔ケア剤＆保湿ジェル



他、50種以上のナノファイバー配合製品が誕生

えび殻由来のハンドクリーム、老舗製菓が発売

サービス・食品 フォローする

2022年1月31日 21:55 [有料会員限定]

保存

□ □ □ □

愛知県の銘菓として知られるえびせんべい「ゆかり」を製造、販売する坂角総本舗（東海市）は31日、製造過程で廃棄されるえび殻を原料としたハンドクリームを発売すると発表した。商品名は「EBIKARA MIRAI（エビカラ ミライ）」。2月7日から坂角総本舗の通販サイトで販売する。



新商品でハンドクリームの「エビカラ ミライ」

ハンドクリームはえび殻から抽出される「キチン」を含んでいる。塗った部分に皮膜を形成する効果があり、水に強く高い保湿力が長時間続くという。鳥取大学発のスタートアップ、マリンナノファイバー（鳥取市）が開発に協力した。

坂角総本舗さんより
エビ殻由来ナノファイバー配合ハンドクリーム発売

「エビカラミライ」
2月7日から通販サイトにて

1月31日日経新聞



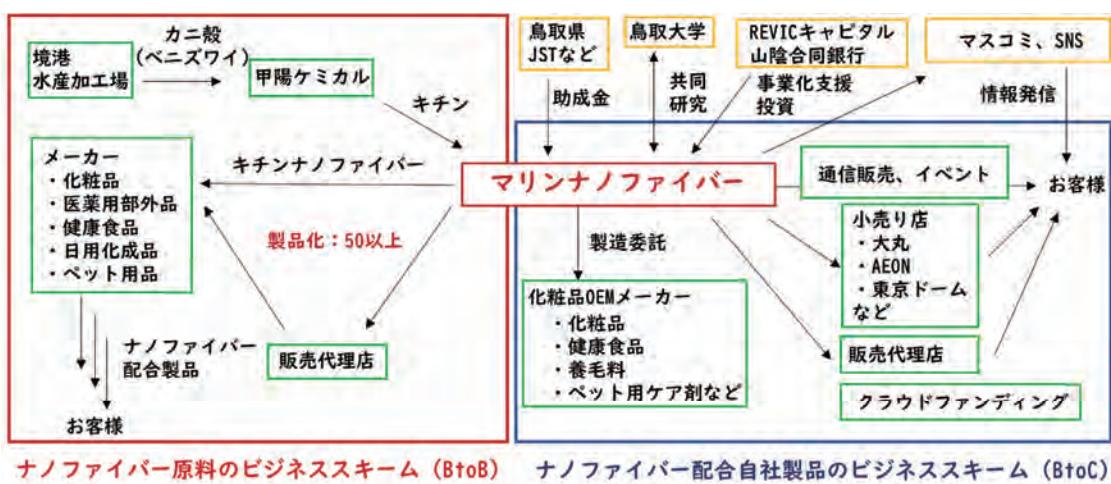
ペット用口腔ケアジェル

DHC様

2022年1月12日発売
1,320円（税込み）



ビジネスモデル



保有株式譲受企業募集中！
伊福まで直接お問い合わせください！

これから(今後の方向性)

高価格
高付加価値

現在:

低価格
汎用的

医薬品(内服薬、外用薬)

医療機器(創傷被覆材、生体接着剤、止血剤)

医薬用部外品(育毛剤、消毒剤)

ヒト、ペット向け
ビューティ&ヘルスケア製品

健康食品(ダイエット、コレステロール、
腸内環境改善)

食品添加剤(乳化剤、増粘剤)

農業資材(農薬・肥料)

私の願い（目標）

1. 手荒れ、皮膚炎、薄毛で悩んでいる方に届けたい
2. 力ニ殻で新産業 鳥取を弱小県から強小県に
3. ナノファイバー関連事業が日本海地域に波及
4. エビ養殖の盛んな途上国（バングラデシュ）に波及
廃殻を肥料、有機農薬、水質改良剤に活用

SDGsの課題目標達成に貢献



貧困



飢餓



技術革新・新産業創出



海洋資源の保全

「CNF と水酸化カルシウムの複合体を
利用した廃水処理技術の開発」

岐阜県産業技術総合センター

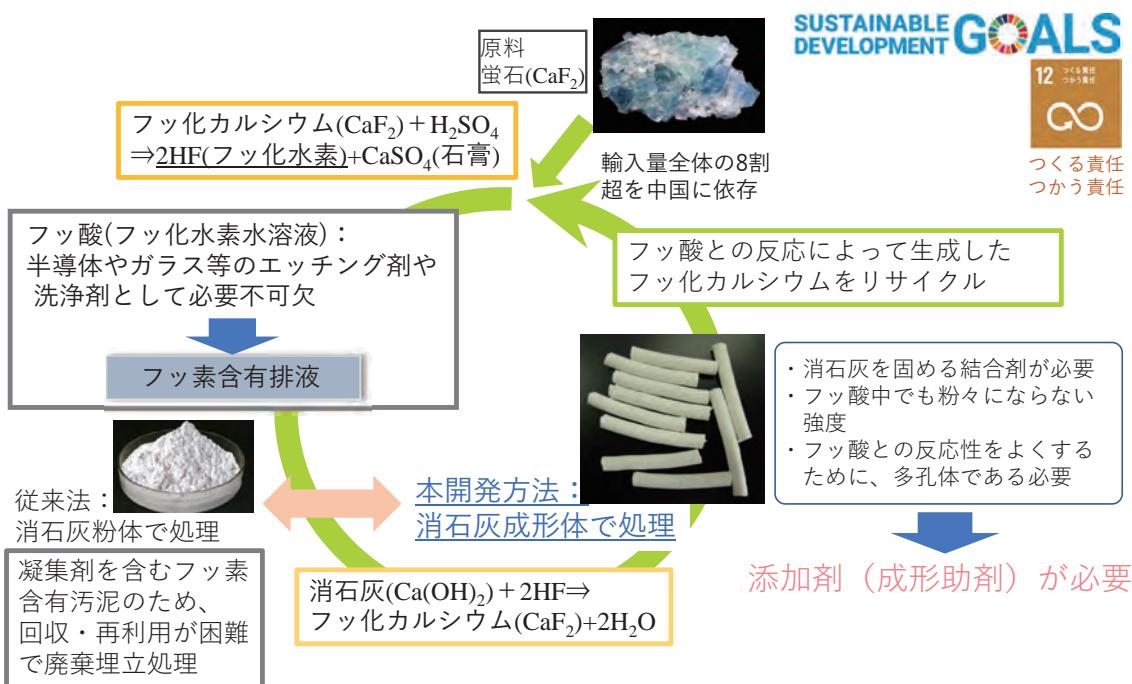
浅倉 秀一氏

Nanocellulose Symposium 2022／第468回生存圏シンポジウム

CNFと水酸化カルシウムの複合体を利用した 廃水処理技術の開発

岐阜県産業技術総合センター 浅倉秀一

研究開発背景



これまでのセラミックス用成形助剤は

焼成するファインセラミックスの場合・・・



消石灰の場合・・・

- 成形助剤が残ったままでは、消石灰表面が糊状に被覆されるため、 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HF} \Rightarrow \text{CaF}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ の反応効率が悪くなる。
- 成形助剤を400 °C以上で分解除去しようとすると、 $\text{Ca}(\text{OH})_2 \Rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ の反応により消石灰でなくなる

➡ 本研究では、従来の糊状のバインダーは使えない！

セルロースナノファイバーの成形助剤としての可能性は

CNFの特徴	成形助剤としての役割
・軽くて高強度	➡・成形体に強度を付与可能
・比表面積が大きく、表面に水酸基	➡・保水性が高い、粉体間の摩擦低減
・非水溶性で幅広い粘性度	➡・べとつかず、鋳込み・押出成形の結合剤
・CNF間で水素結合を形成	➡・ネットワーク形成、粉体の凝集を防ぐ結合剤、分散剤
・水に分散している状態で安定	➡・水スラリーを原料とするセラミックスに混合しやすい
・耐熱温度が200°C程度	➡・従来の成形助剤より熱分解温度が低い

CNFは、水に可溶な結合剤とは異なり、べとつかないため扱いやすく、セラミックスや石灰の表面への被覆や、多孔体の空隙を埋めないため物性や反応性に影響を及ぼさない成形助剤である！

無機粉体とCNFの複合材作製方法（以前の報告では）



アルミナ・シリカ・
リン酸カルシウムなど

+



高粘度



低粘度

CNF

粘度が低く、量が
多い場合はミキサー
で混ぜる



粘度が高く、量が
少ない場合は手で
混ぜる



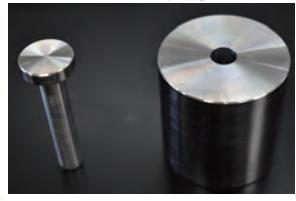
鉄込み成形



瀬戸市HP



プレス成形



大量生産できない

消石灰/CNF複合成形体の作製～材料の混練方法～



消石灰



CNF

自転・公転ミキサー



自転・公転を利用して
均一混合・脱泡が可能



水分が少ない場合も、
均一に混ぜることが可能

消石灰/CNF混合粘土



Point

・粘土の水分率

➢水分が少なすぎると、混ざらない。多すぎると、この後の成形物の保形性が悪くなる。

・攪拌条件

➢混ぜすぎると、試料の温度が上昇する。粘度によって回転速度や時間を調整する必要がある。

消石灰/CNF複合成形体の作製

～成形方法～

押出成形機



複合成形体の押出し



Point

- CNFの種類

➤CNFによっては粘土から脱水が起き、粘土が硬くなることで、押出しが困難になるため、保水性のあるCNFの方が適している。

- 押出スピード

➤速くすることで時間当たりの押出量は増えるが、脱水もされやすくなるため、CNFの種類によって調整する必要がある。

3Dプリンターによる押出機用型の製造



6mm径



2.5mm径

金型の発注 . . .

製作時間

コスト



3D CADのSOLIDWORKSデータから
3Dプリンターで製作

HP Jet Fusion 540 3D プリンター



ナイロン樹脂を用いた白色パーツ

- 早い、低成本、金属加工では困難な複雑な形状も製作可能

強度不足の場合は、炭素繊維入り樹脂を用いることも

3Dプリンターで製作した型を用いた様々な形状作製



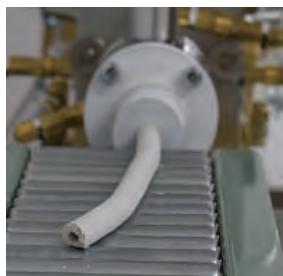
平板状



中空状



T型状



消石灰/CNF複合成形体の作製

～乾燥方法～

トレイに回収した押出成形品



- ・温風乾燥
- ・遠赤外線乾燥
- ・真空乾燥

	120°C温風乾燥	120°C遠赤外線乾燥	室温真空乾燥
BET比表面積 (m ² /g)	16.5	19.1	21.2 多孔体

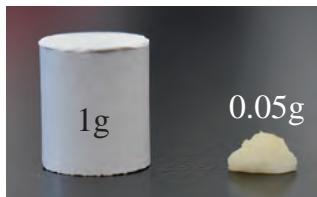
Point

・乾燥方法

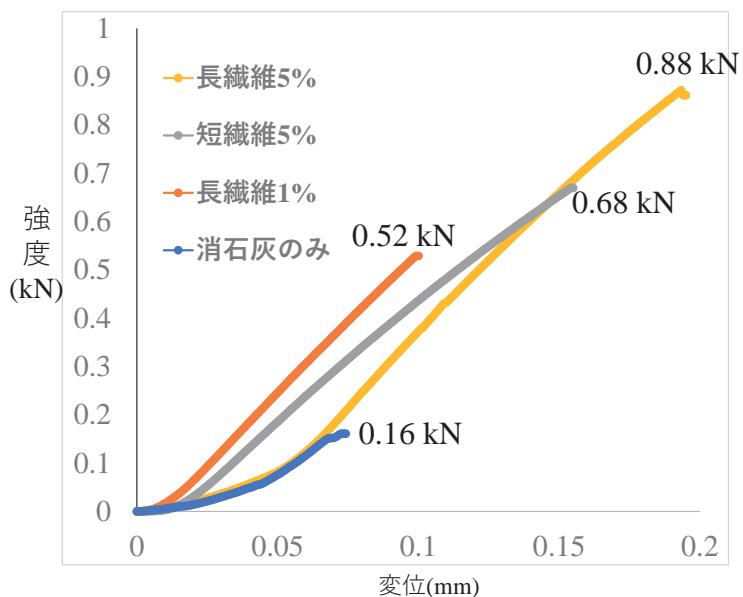
➤コスト（電気代）がかからず、早く乾燥でき、収縮しないような乾燥方法が理想

多孔体（空隙率：大）→反応性大、強度は低下

CNFの種類と濃度の違いによる圧縮強度

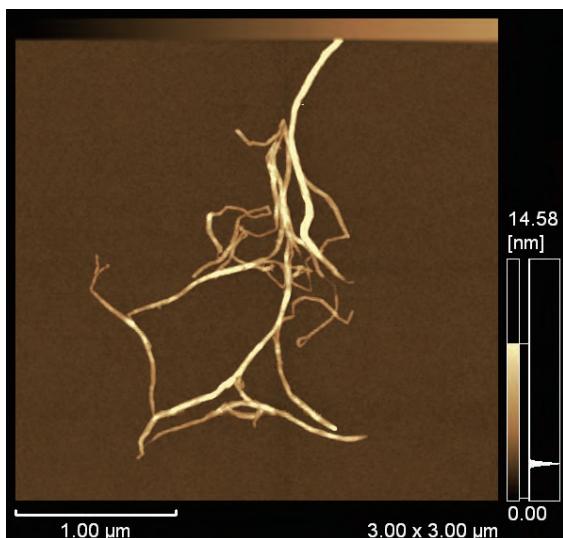


空隙率：約35%

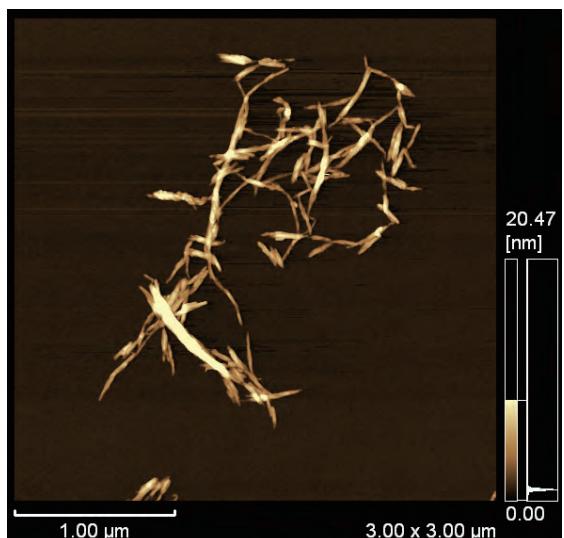


異なる繊維長のCNFのAFM像

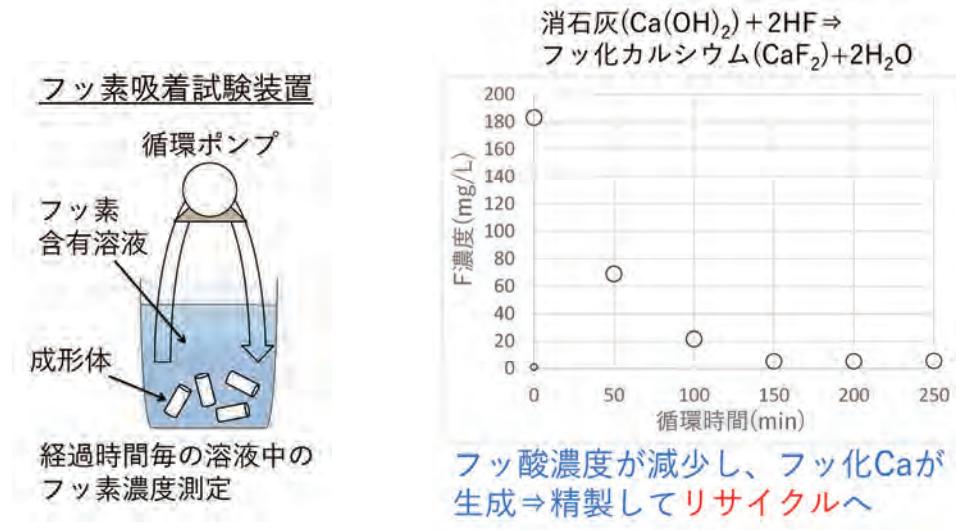
長纖維CNF



短纖維CNF



フッ酸との反応



今後の展開

- 来年度に共同研究先の企業から、消石灰/CNF複合成形体の量産化
- 反応後のフッ化カルシウムのリサイクル技術・未反応消石灰やCNFの除去方法の確立
- 半導体やガラス工場から出るフッ素系廃水処理へ

この研究開発は、経済産業省 戰略的基盤技術高度化支援事業 JJPJ005698の助成を受けました。

PL：上田石灰製造株式会社

SL：岐阜県産業技術総合センター

事業管理機関：公益財団法人岐阜県産業振興センター

実施期間：令和2年度～令和4年度

「CNF配合発泡剤マスターbatchと発泡成形」

永和化成工業（株）

関 苑江氏

CNF×発泡成形について

研究開発部 開発グループ
関 苑江 (2020年入社)



永和化成工業の紹介

2/22

- 創業 : 1955年
- 事業所 : 本社 (京都市中京区)
工場 衣浦 (愛知県)
宇治田原 (京都府)
営業所 東京、名古屋、関西
海外 中国、アメリカ、タイ
- 事業内容 : 化学発泡剤の製造・販売
(国内唯一の化学発泡剤合成メーカー)

経営理念

泡の力で「地球の夢」もっとふくらむ。

私たちは、発泡剤と発泡技術の提供を通して、
より快適で地球にやさしい生活環境を創造し、
持続可能な社会の発展に貢献します。

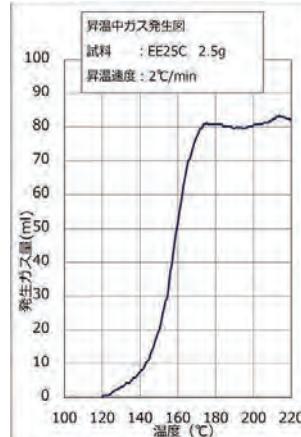
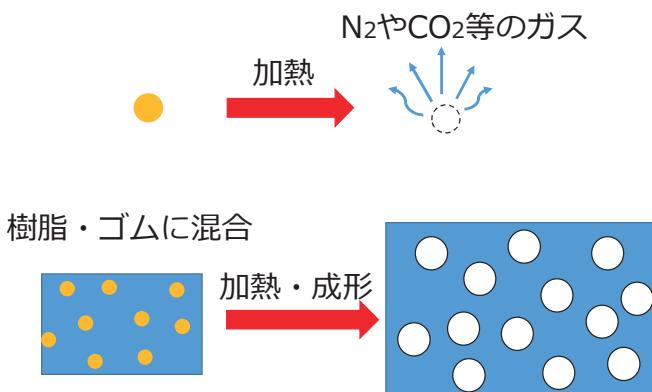


(海外拠点)
★☆中国、☆アメリカ、☆タイ



化学発泡剤について

熱分解型化学発泡剤→加熱することにより分解しガスを発生させる化合物

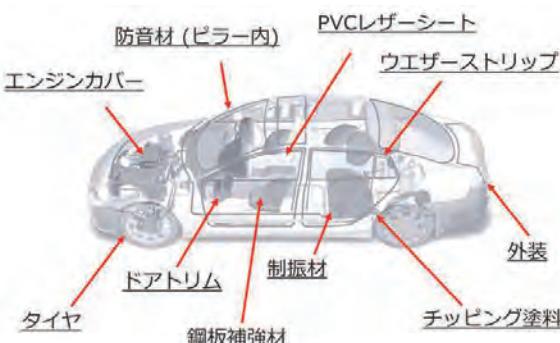


 永和化成工業株式会社
EIWA CHEMICAL IND. CO., LTD.

化学発泡剤での主な発泡用途

自動車部品

目的：軽量化、防音、制振、遮水など



その他

- ・壁紙、床材、断熱材
- ・電線被覆、OAロール
- ・スポーツ用品、シューズ
- ・食品容器 etc.



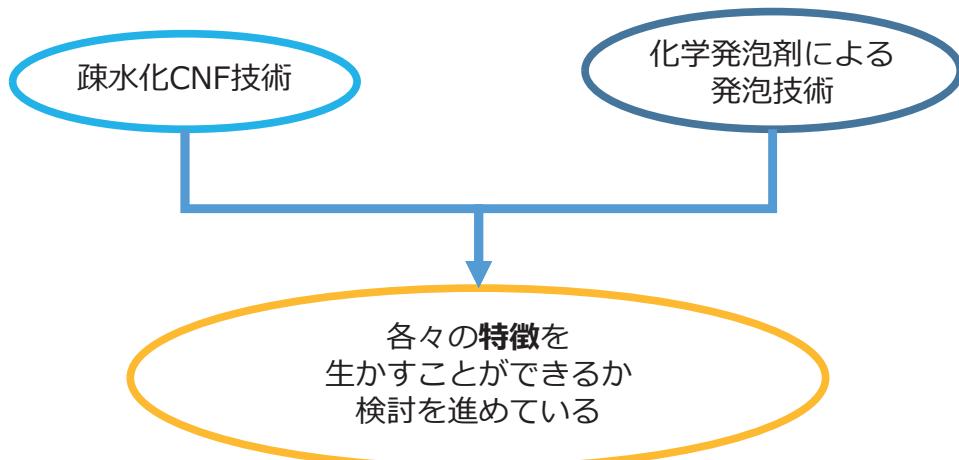
ウエットスーツ



シューズ

 永和化成工業株式会社
EIWA CHEMICAL IND. CO., LTD.

CNFと発泡剤併用の狙い



CNFと発泡の効果（射出成形）

	CNF	発泡
メリット	強度の向上 弾性率の向上 少量添加での性能付与	軽量化 省資源化 強度の向上
デメリット	重量増加 成形品の反り	弾性率の低下

CNFと発泡剤を併用することによる、相乗効果に期待。
まず、弾性率に着目して検討。

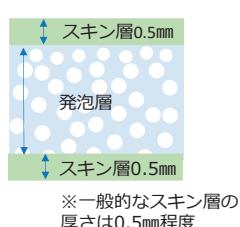


発泡成形品の弾性率について

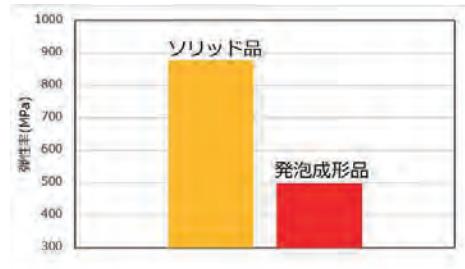
ソリッド品



発泡成形品



弾性率評価結果



弾性率に影響する未発泡層部分

ソリッド=2mm

発泡成形品=1mm

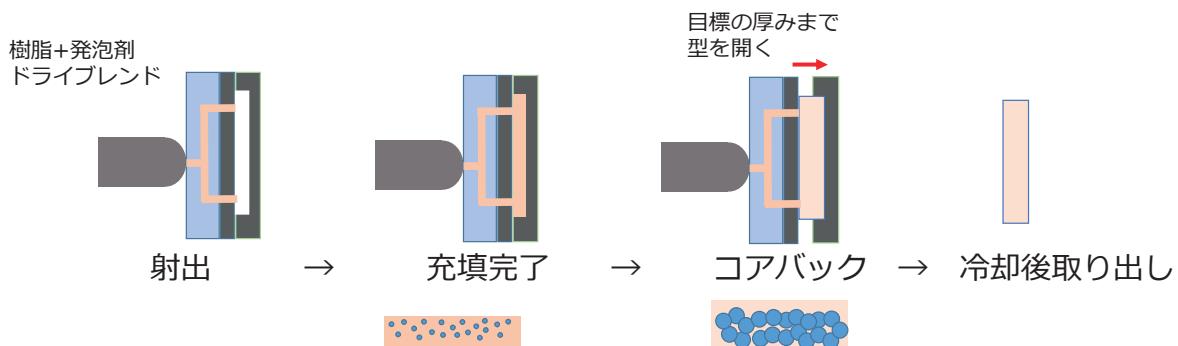
発泡層は空間とみなされる。

→ 発泡成形品は弾性率が低下する。

永和化成工業株式会社
EIWA CHEMICAL IND. CO., LTD.

射出成形（コアバック発泡成形）の説明

金型に樹脂を充填させたのちに、金型を開く発泡成形方法。
発泡剤を3~4%添加することで1.5~2.0倍（厚み）の発泡。



永和化成工業株式会社
EIWA CHEMICAL IND. CO., LTD.

使用した発泡剤とCNF



発泡剤MB※1	
グレード	ポリスレンEE25C(当社品)※2
発泡剤種	無機系
キャリア	LDPE
分解温度	155°C
発生ガス量	165mL/5g
推奨添加量	2~4%(コアパック)

CNFMB※1	
メーカー	星光PMC株式会社
キャリア	PP

※1) MB : マスターbatch

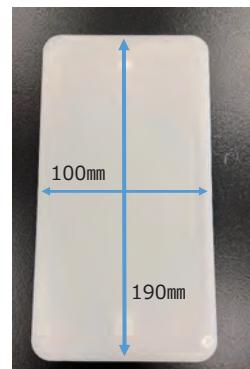
※2) 射出成形向けグレード。

発生ガスにN₂を含まないため、外観が良好。



射出成形試験の条件

成形機	100t射出成形機(当社ラボ成形機)	
成形品サイズ	100mm×190mm	
成形方法	コアパック発泡成形	
成形温度	200°C	
樹脂	樹脂A ブロックPP (MFR 11g/10min)	樹脂B ブロックPP (MFR 55g/10min)
発泡剤添加量	4.0%(EE25C)	
注入板厚	2.0mm	
最終板厚	3.0mm(1.5倍発泡)	

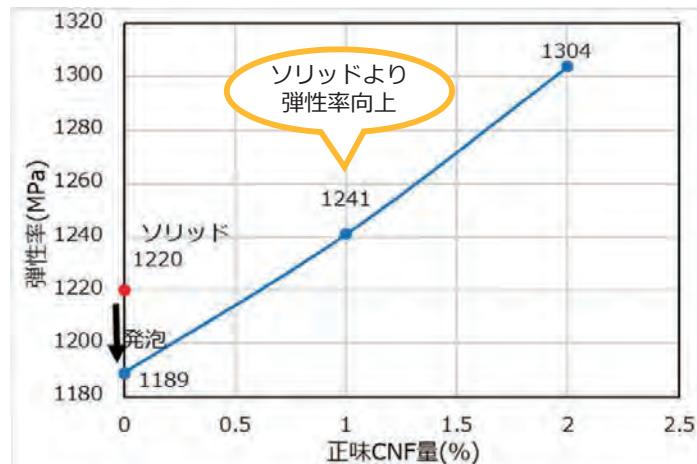


- 正味CNFの添加量：量を振って評価を実施。



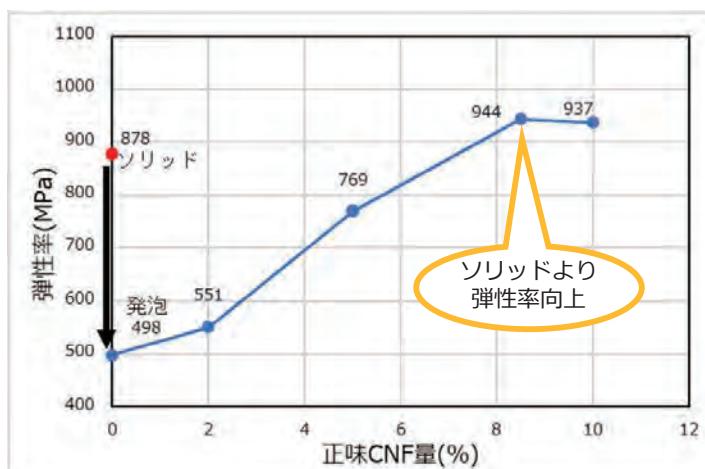
CNF量と弾性率の関係

樹脂A MFR:11g/10min



CNF量と弾性率の関係

樹脂B MFR:55g/10min



弾性率についての小括

13/22

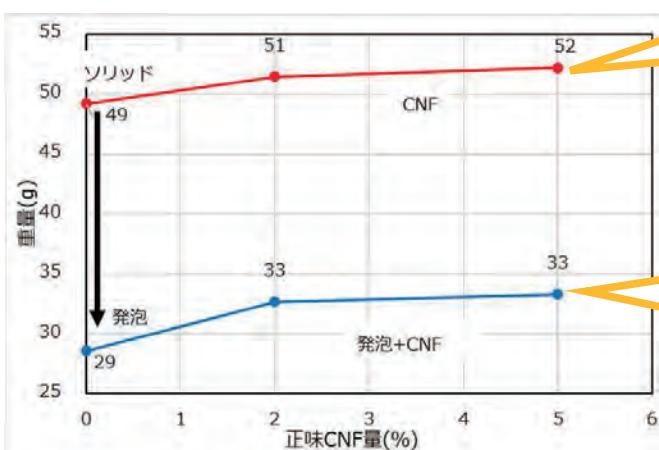
発泡剤のデメリットを解消。

対象の樹脂によってCNFの必要量は異なるが、
CNFの添加で弾性率が向上する。



発泡による軽量化の効果

14/22



・板厚3mmで比較

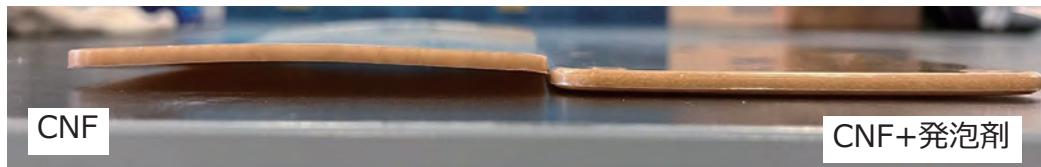
CNFのみ添加
→重くなる。

弾性率向上の
効果を保ちながら
軽量化



成形品の反り比較

15/22



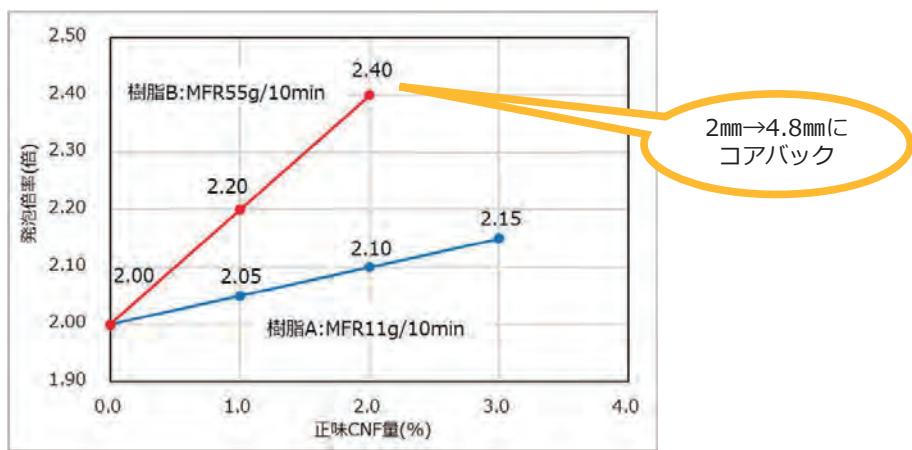
併用することで成形品の反りを低減できる。



CNF量と発泡倍率の関係

16/22

CNFと発泡剤を併用することで、発泡倍率にも向上が見られた。

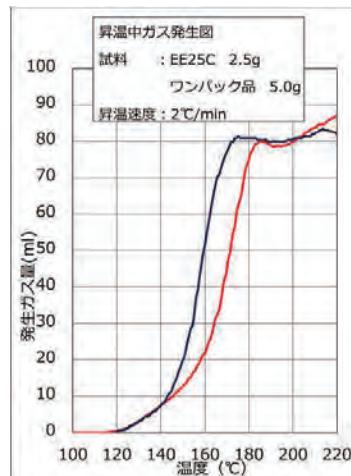


CNFと発泡剤のワンパック化（検討中）

17/22



発泡剤	
発泡剤種	無機系（EE25C同等品）
キャリア	LDPE
CNF濃度	25%
推奨添加量	8%



 永和化成工業株式会社
EIWA CHEMICAL IND. CO., LTD.

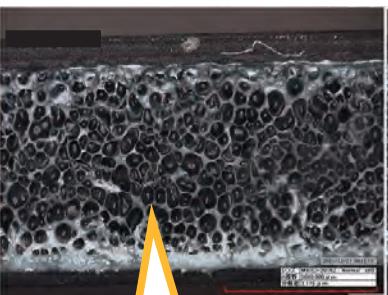
CNFと発泡剤のワンパック化（検討中）

18/22

発泡剤



CNFMB+発泡剤



気泡が粗くなる

CNF入り発泡剤ワンパック品

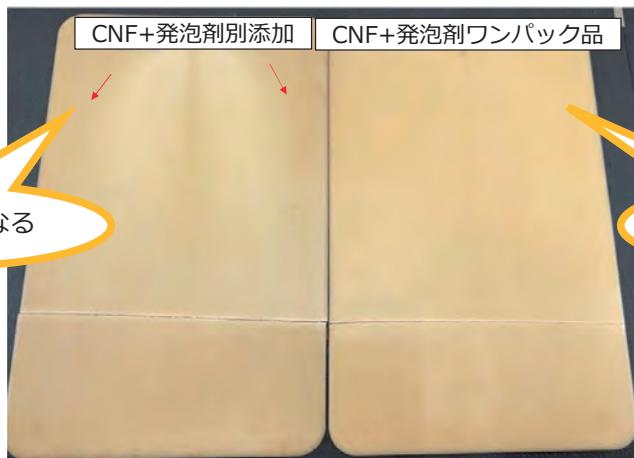


発泡剤のみと同等

 永和化成工業株式会社
EIWA CHEMICAL IND. CO., LTD.

CNFと発泡剤のワンパック化（検討中）

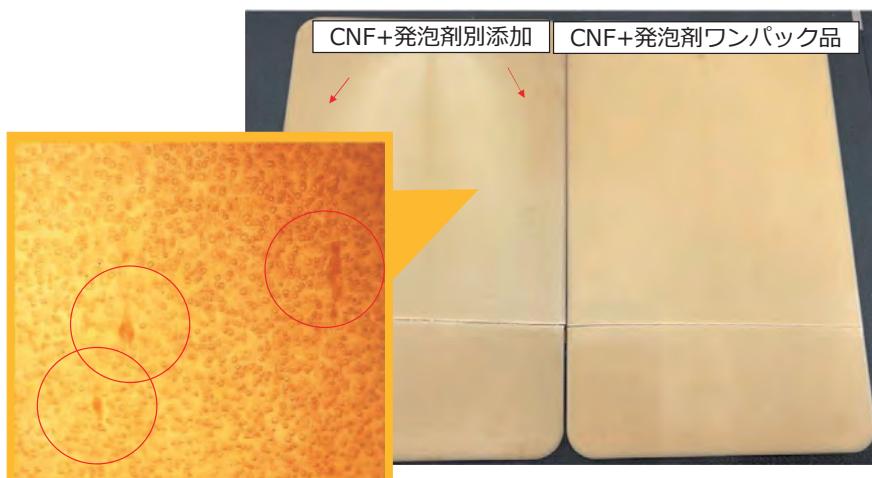
19/22



 永和化成工業株式会社
EIWA CHEMICAL IND. CO., LTD.

CNFと発泡剤のワンパック化（検討中）

20/22



 永和化成工業株式会社
EIWA CHEMICAL IND. CO., LTD.

まとめ

CNFと化学発泡剤の併用により

1. 曲げ弾性率が向上
2. 反りの改善
3. 軽量化
4. 発泡倍率が向上

ワンパック化により

1. 気泡の微細化
2. 分散性の改善



ミニチュアドアトリム
450tコアバック成形機
宇部興産機械(株)様にて作製

→ CNF+化学発泡剤の実用化に向け引き続き検討



ご清聴ありがとうございました。

ご興味をお持ちいただけましたら、
お近くの営業所または弊社HPまでお問い合わせください。

東京営業所：03(3866)9251, 関西営業所：075(256)4332, 名古屋営業所：052(582)1781,
研究開発部：0569(22)6433, HP : <https://www.eiwa-chem.co.jp>

「発酵ナノセルロース（NFBC）の 生産増強と事例紹介」

草野作工（株）

松島 得雄氏

Nanocellulose Symposium 2022／第468回生存圏シンポジウム

発酵ナノセルロース(NFBC)の生産増強と事例紹介

草野作工(株) 松島 得雄



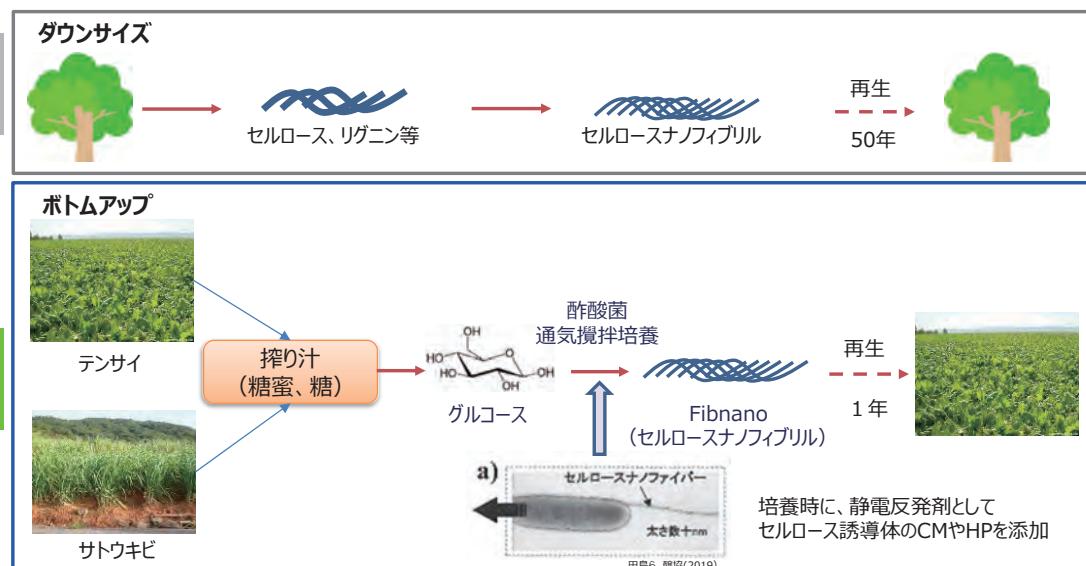
はじめに





微生物によるセルロースナノファイバー合成

一般的



微生物



北海道の強み



写真：北海道南富良野町（典型的な4輪作）



微生物発酵によるFibnano合成（北海道大：田島先生、農工大：小瀬先生）

«1st. step»

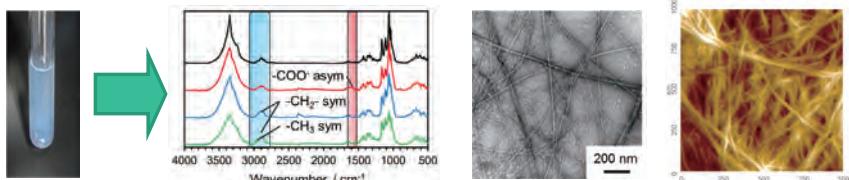
Screening of cellulose-producing bacterium from fruits and production of NFBC.



«2nd. step»

Optimization of cultivation condition.

Structural analyses of NFBC by transparency, FT-IR, XRD, TEM, AFM.



5



Factory: Fibnano production equipment (WO patented)



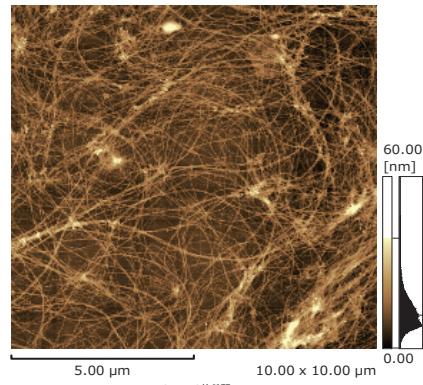
Lab. Scale 2ton/y





Fibnano特徴

製品	微生物発酵系セルロースナノファイバー
メーカー	草野作工
原料	甜菜、さとうきび、キャッサバ等
原料産地	国内(余剰糖のリサイクル)
原料サイクル	甜菜:1年、さとうきび:2年
製造方法	発酵培養
純度	グルコース 98%以上
生分解性	○
耐熱性	単体で約280°C(250°Cで少し黄変)
繊維径	20 nm~50 nm
繊維長	数十~数百 μm
アスペクト比(繊維長/繊維径)	500以上
食品対応	CNFとして可
親油性化	HPタイプ:○
価格(1%ゾル)	¥1,000~3,000/kg
生産性	現状:2t/年→200t/年(2022年3月稼働)
技術課題	用途毎の調整(食品、工業品等)



特徴

Safety Data of Fibnano

Contents of the tests	CM-NFBC	HP-NFBC	Remarks
Chromosome mutation [*]	Negative	Negative	OECD principles of GLP
Reverse mutation test [*]	Negative	Negative	OECD principles of GLP
Repeated-dose toxicity ^{**} 90days ^{***}	Negative (2000mg/kg/day)	Negative (2000mg/kg/day)	GLP, OECD principles of GLP

*: SR17382, SR17387. **: SR17381, SR17386. ***: SR17380, SR17385

【生分解性】
セルラーゼ*でグルコースに分解
*海洋生物でエビ、カニ、ホヤ及び
海洋微生物が酵素を持つ
(耐熱PLA = 非分解)



【加工の優位性】
 • 耐熱性 (セルロースは270°C)
 • 耐水性(CM-NFBCの構造)
 • 耐折強度がパルプの300倍
 • 植物樹脂と複合化で100%植物樹脂

【原料糖】
甜菜糖のサイクルは1年
サトウキビのサイクルは2年
100%植物樹脂のリサイクル性

*木のサイクルは50年

Applications: Products with Fibnano

Metal valve parts instead of plant based plastic



Automotives & Industries



Fibnano®



Packaging container and film



Food additives



KUSANO SAKKO



食品への展開

すりおろし野菜の離水抑制

(ジャガイモのすりおろしにFibnanoを添加)



ファイブナノあり

ファイブナノなし

徐放性

(醤油をFibnanoと混合し、水溶液に添加)



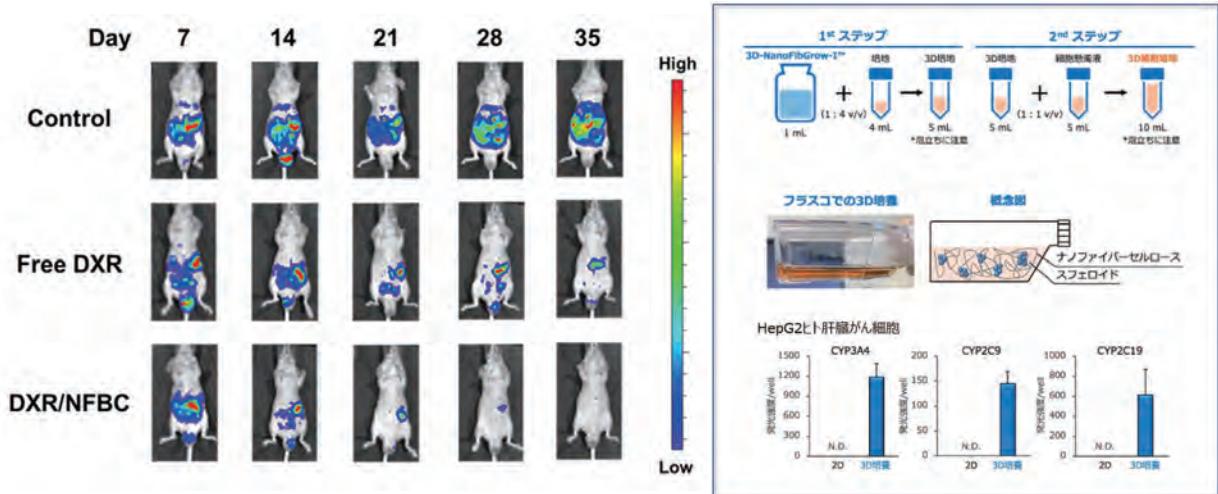
ファイブナノあり

ファイブナノなし

↓ 17時間後

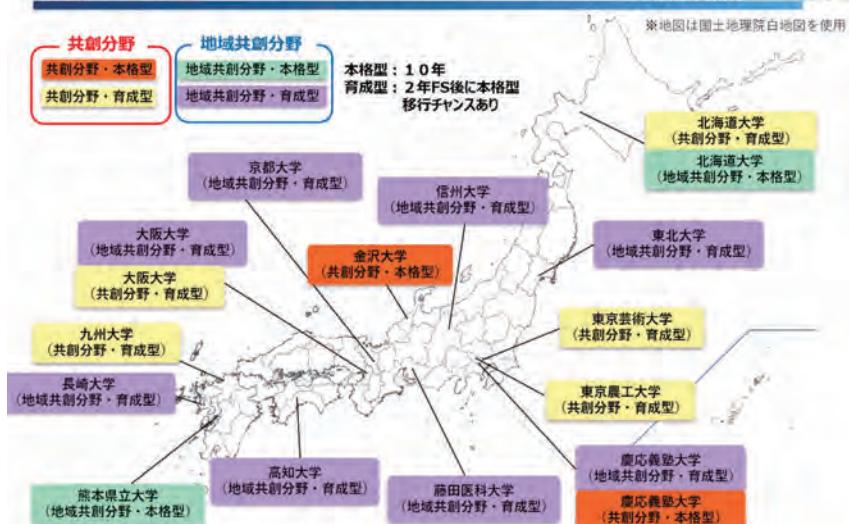
Drug delivery system and cell incubation system (徳島大)

Nano T sailing社



新しいプラスチック循環プラットフォームのデザイン

COI-NEXT R3度新規採択地域分布 [17拠点]



共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT) のコンセプト

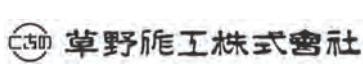
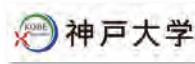


共創の場形成支援プログラム



再生可能多糖類植物由来プラスチックによる 資源循環共創社会

国立大学法人 金沢大学





展開: Composite of CA with Fibnano® for alternative oil based plastics



Characteristics of Fibnano-CA composite

- *Tensile and bending stresses are enhanced in mechanical property tests.
- *Excellent recyclability
- *Higher deflection temperature when loaded.



株式会社 楠田サッコ
KUSANO SAKKO

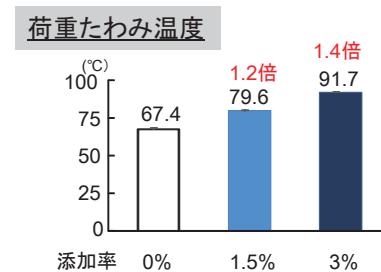
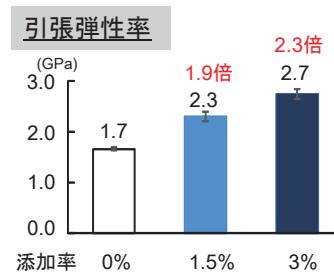
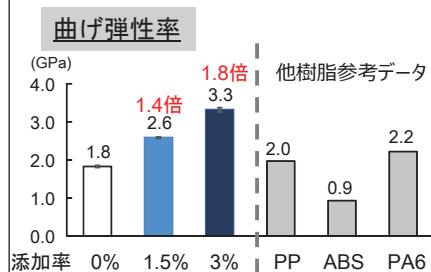
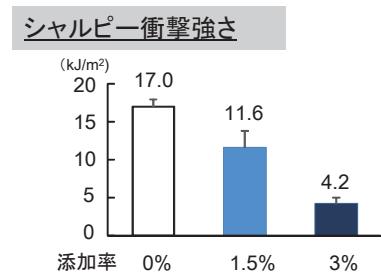
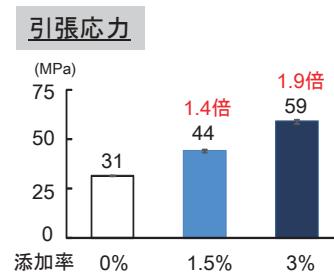
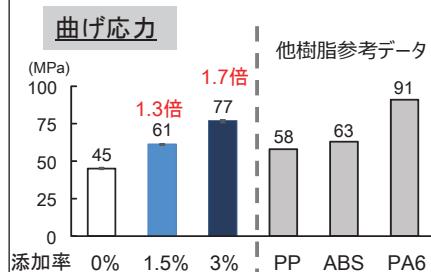
Direct synthesis of a robust cellulosic composite from cellulose acetate and a nanofibrlated bacterial cellulose sol Naoki Wada Received: 30 November 2021 / Revised: 20 December 2021 / Accepted: 6 January 2022, Polymer Journal, Kanazawa Univ.



Fibnano×多糖類複合化樹脂の特徴

Patent pending

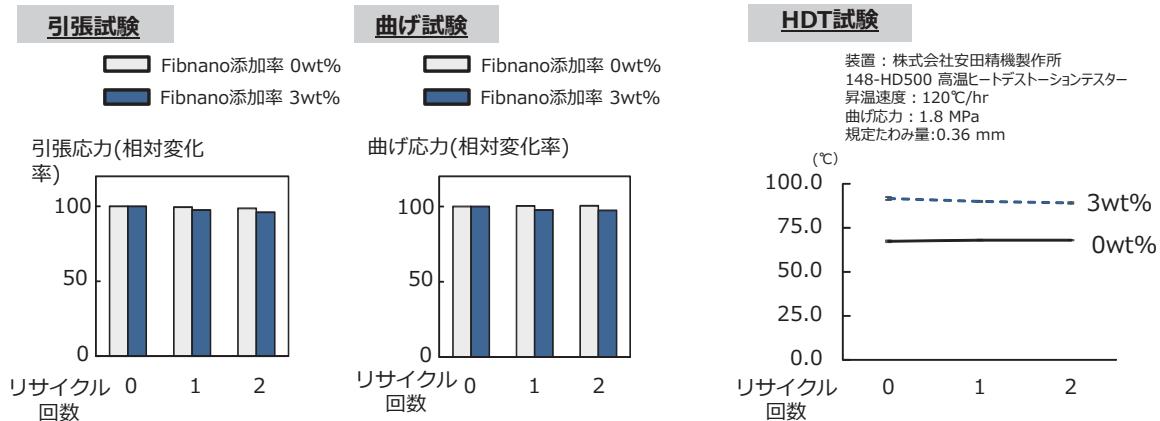
■ Fibnano添加Cellulose acetate樹脂の機械物性





マテリアルリサイクルの影響評価

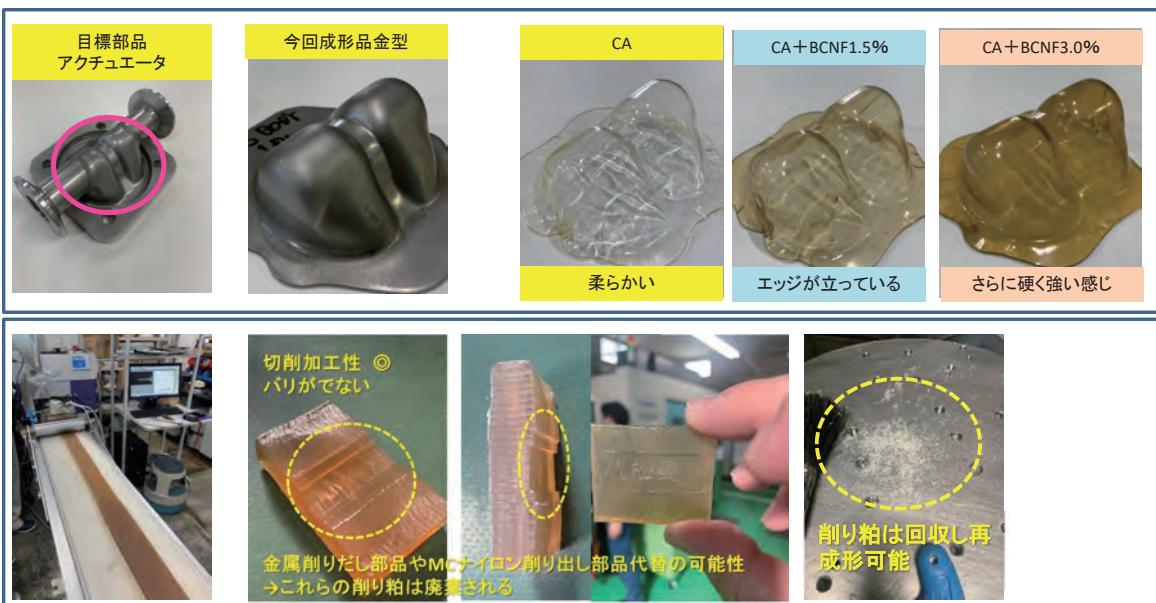
■射出成形品を粉碎機で砕き、繰り返し射出成形した影響を評価



ガラス纖維のような強度低下は起きず、マテリアルリサイクル可能



展開: 金属パーツ代替 (長崎プレス工業、IxZOQ)





- ・水のリサイクル
- ・培養の効率化
- ・資源のリサイクル
- ・グローバルマーケティング

ご清聴ありがとうございました
ご質問をお受けいたします

END
Any questions?

Nanocellulose Symposium 2022
「CNFとキチンNF 夢と現実、そしてこれから」

発 行 日 令和4年3月25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麁屋町東入



共催：近畿経済産業局、地方独立行政法人京都市産業技術研究所、
環境省ナノセルロース・プロモーション事業、ナノセルロースジャパン
後援：紙パルプ技術協会、日本製紙連合会、セルロース学会、公益社団法人日本化学会、
公益社団法人日本材料学会関西支部、公益社団法人日本材料学会木質材料部門委員会、
公益社団法人日本木材加工技術協会関西支部、一般社団法人日本木材学会、
一般社団法人プラスチック成形加工学会、近畿化学協会、京都大学産官学連携本部、
一般社団法人西日本プラスチック製品工業協会、SPE 日本支部、
関西イノベーションイニシアティブ（代表幹事機関公益財団法人都市活力研究所）、
一般社団法人京都知恵産業創造の森、四国 CNF プラットフォーム、ふじのくに CNF フォーラム、
薩摩川内市竹バイオマス産業都市協議会、フィラー研究会（順不同）