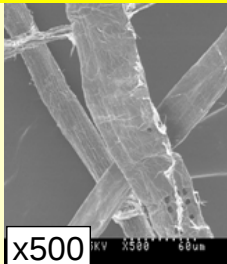


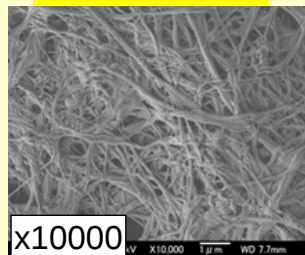
バイオナノファイバーで創るバイオ自動車

京都大学 生存圏研究所
矢野浩之

木材細胞(パルプ)

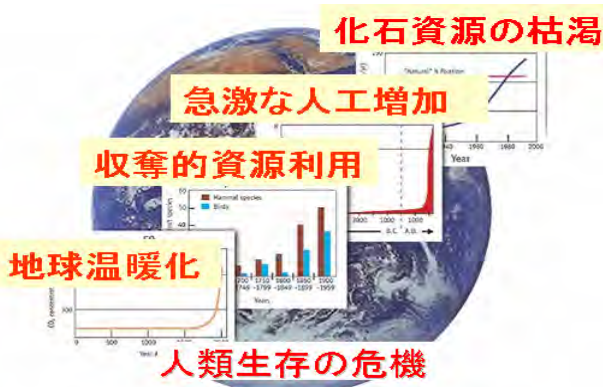


ナノファイバー化



バイオナノファイバー:すべての植物細胞の基本骨格物質。軽量・高強度・低熱膨張ナノファイバー

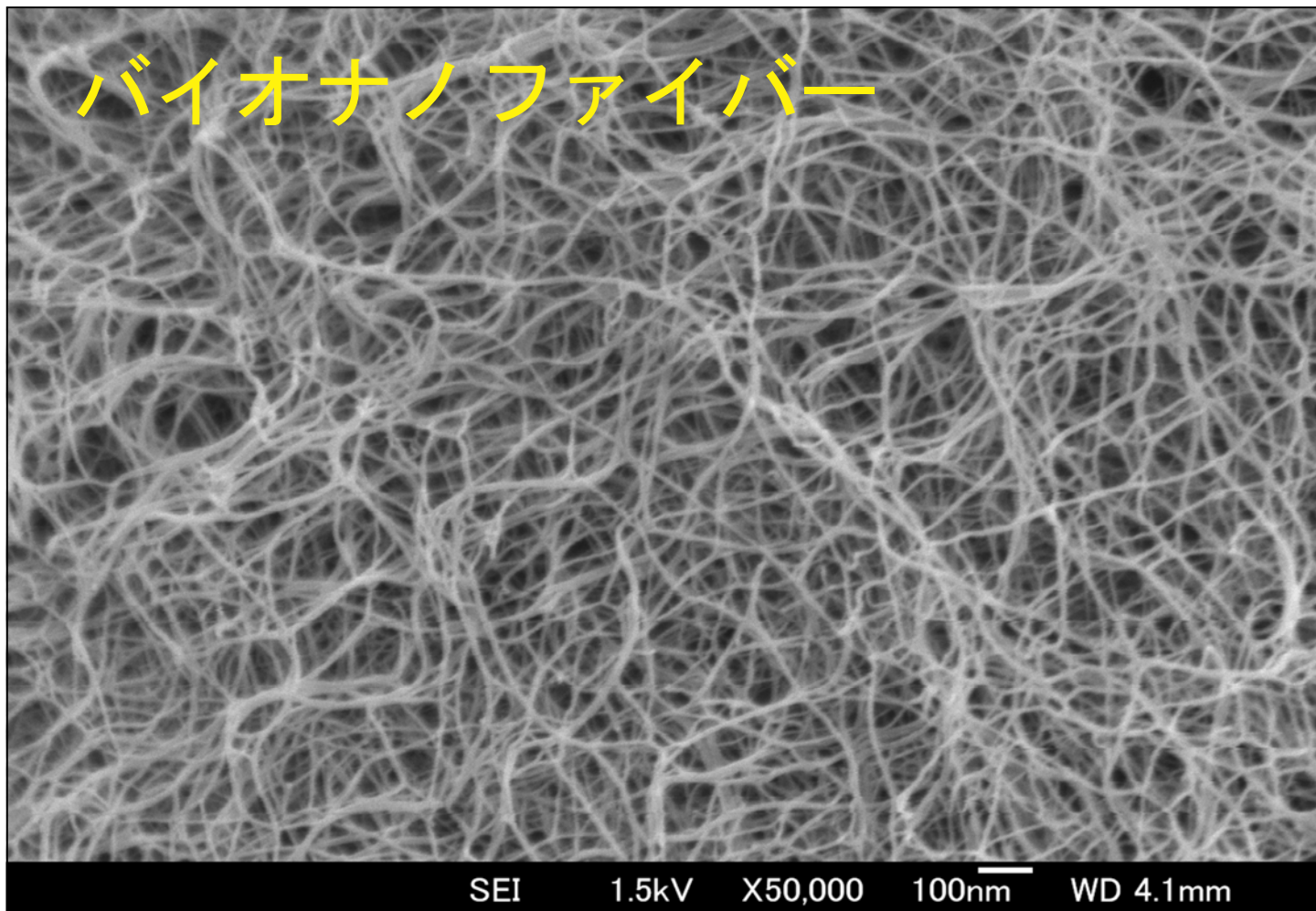
循環型資源に基づく持続的社會基盤の構築



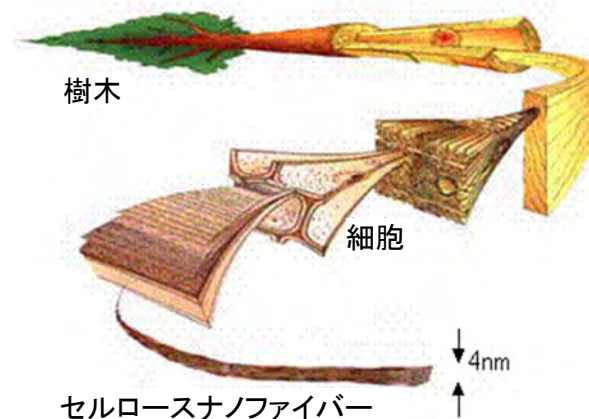
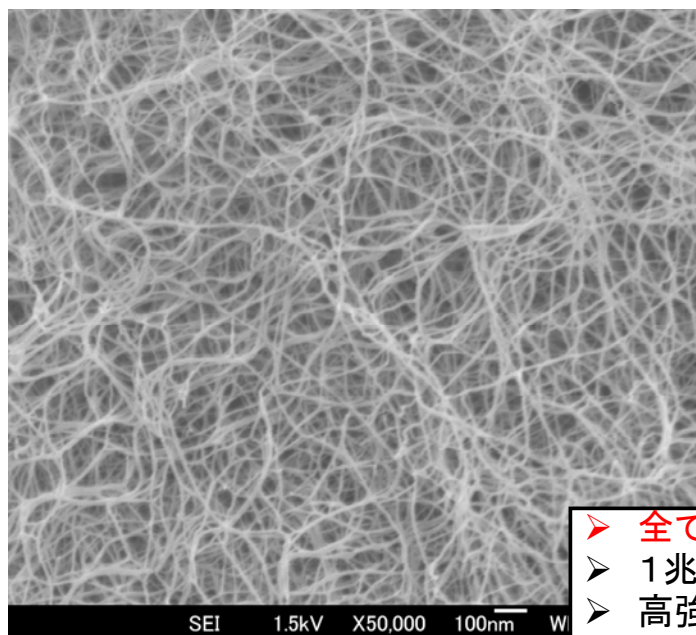
急激な人口増加と世界的な生活レベルの向上に伴い、石油を始めとし、ガス、鉄鉱石等々、資源という資源が高騰している。現在の国民の生活レベルを下げることなく、我が国の資源保証を図るには、20世紀を支えた枯渇性資源ベースの「もの作り」から、自国の植物資源ベースで、それを性能的に凌駕する「もの作り」を実現する「植物材料イノベーション」が必要である。

1. 環境と経済を両立した持続可能な発展に向けて、
 2. 自国の資源で革新を続ける強靱な経済・産業の創成に向けて、
- 植物材料イノベーション

バイオナノファイバー



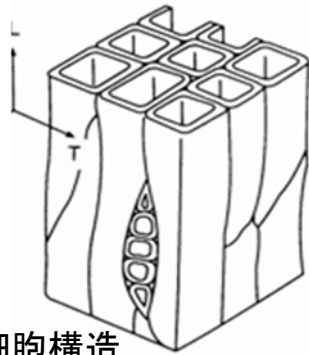
バイオナノファイバー, BNF (セルロースナノファイバー)



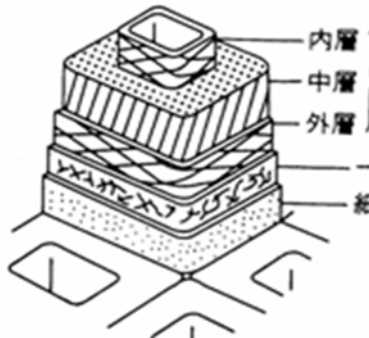
木材のBNF (京都大学 栗野博士提供)

- 全ての植物細胞の基本骨格ナノファイバー
- 1兆トンの蓄積: 持続的再生可能資源
- 高強度(鋼鉄の5倍): アラミド繊維と同等
- 低熱膨張(ガラスの1/50: 石英ガラス並み)
- 低環境負荷、安全、生分解性

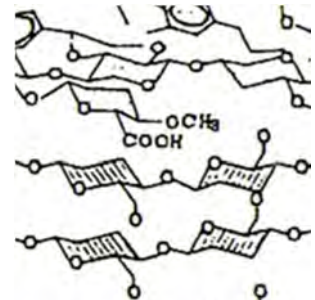
木材の階層構造



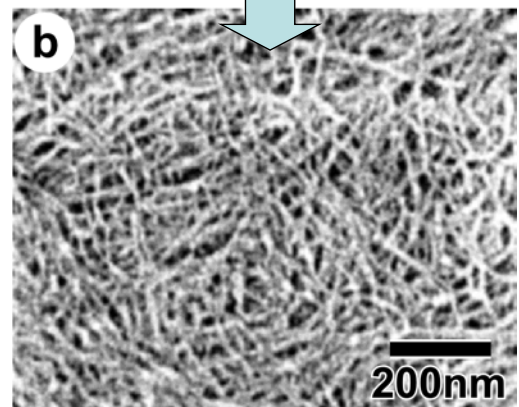
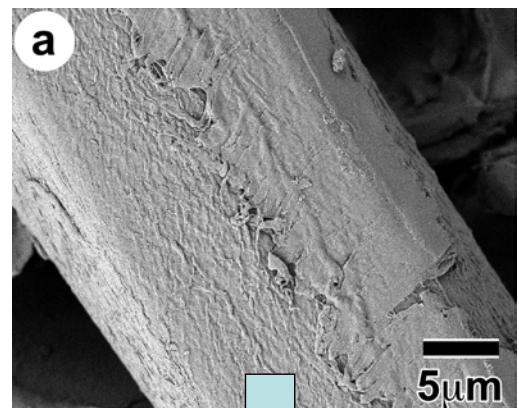
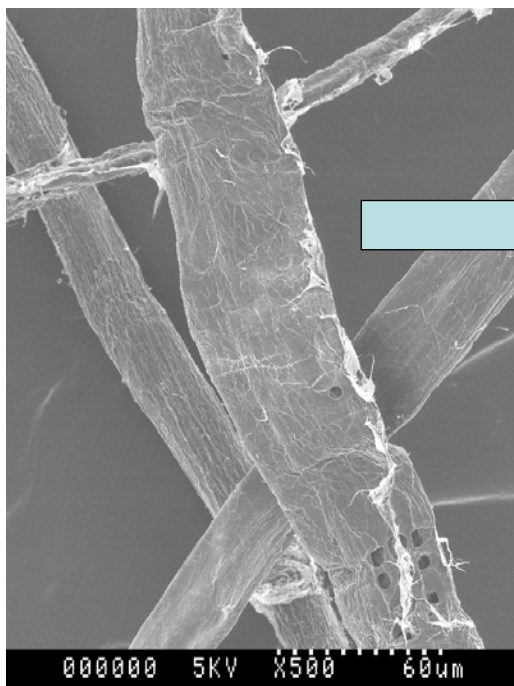
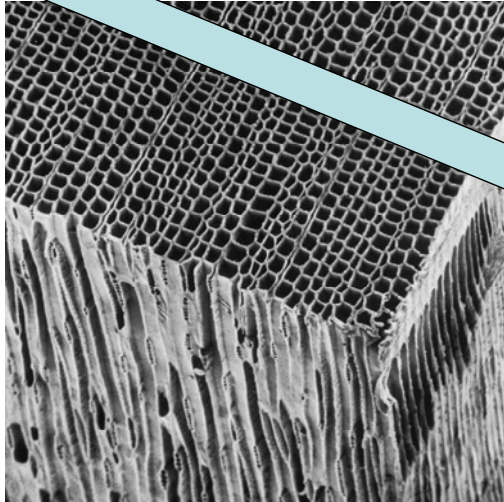
細胞構造

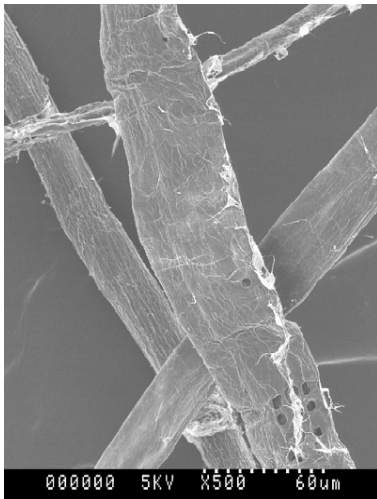


細胞壁構造

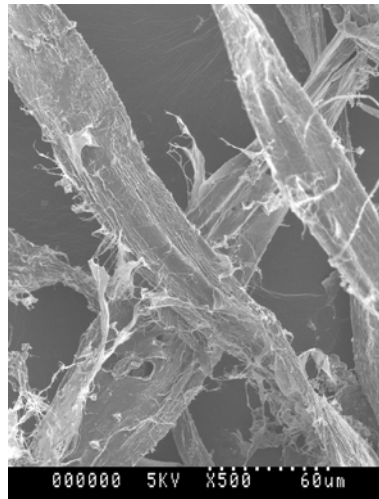


分子レベル構造

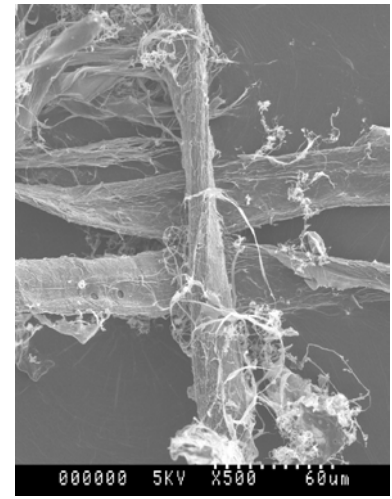




Pulp

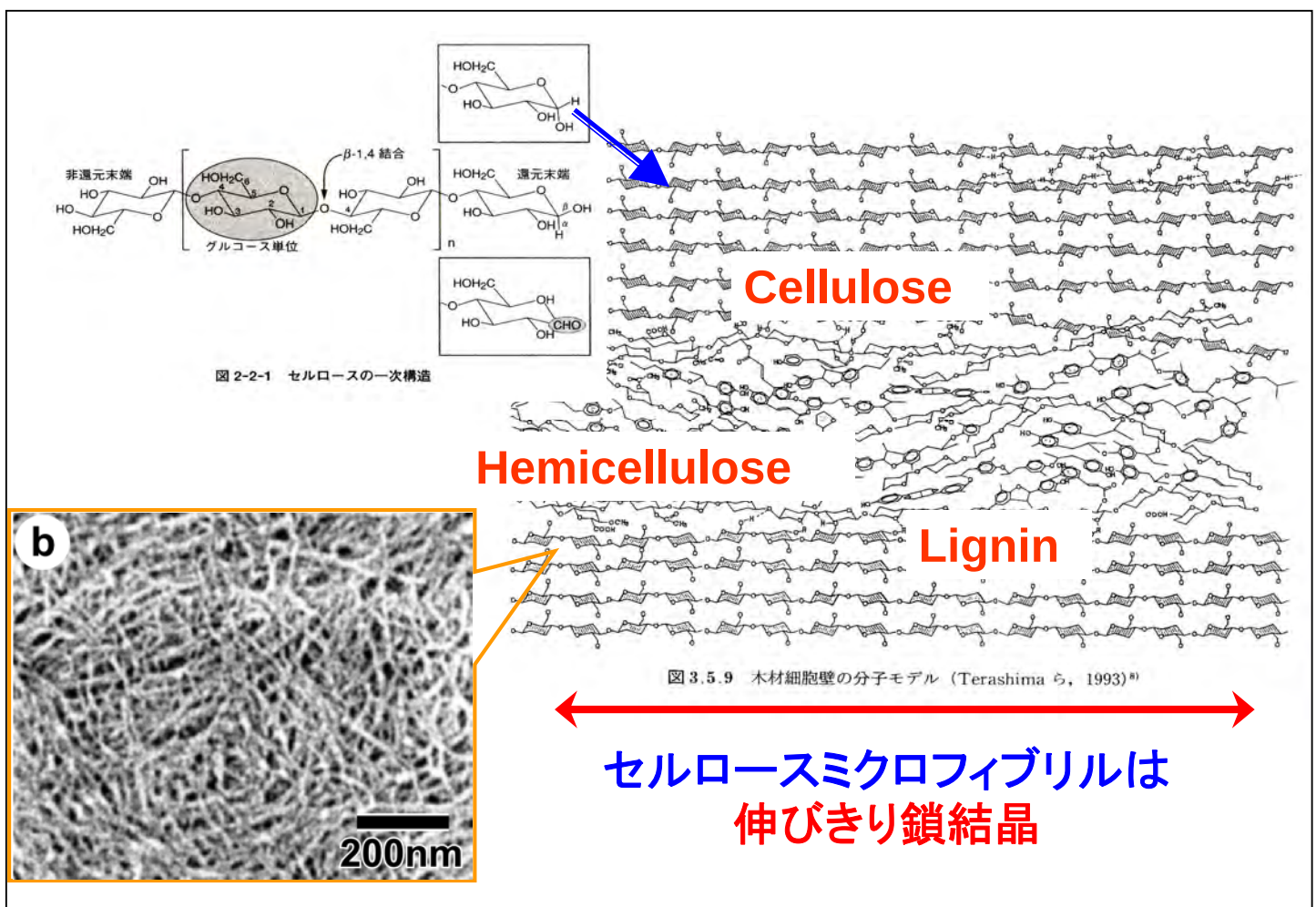


R2



R4

リファイナー処理(R2, R4)による
木材細胞(パルプ)の毛羽立ち



バイオナノファイバー (セルロースマイクロフィブリル)

•伸びきり鎖結晶

ヤング率:138GPa, 引張強度:3GPa (鋼鉄の5倍)

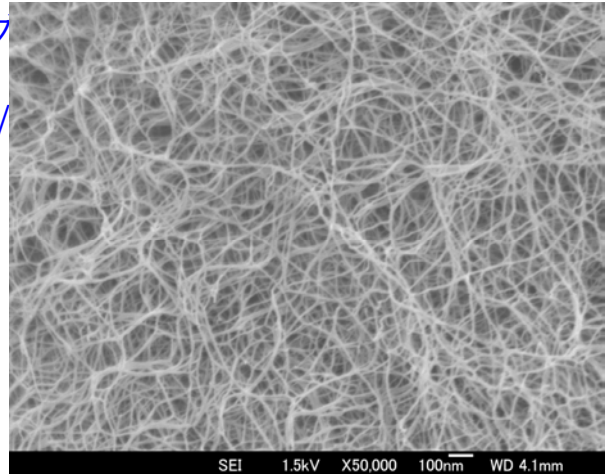
→ アラミド繊維 (ケフ)

熱膨張係数 (CTE) : 0.1 ppm/°C

→ 石英ガラス

•ナノファイバー (幅4nm)

生き物の力を借りて...

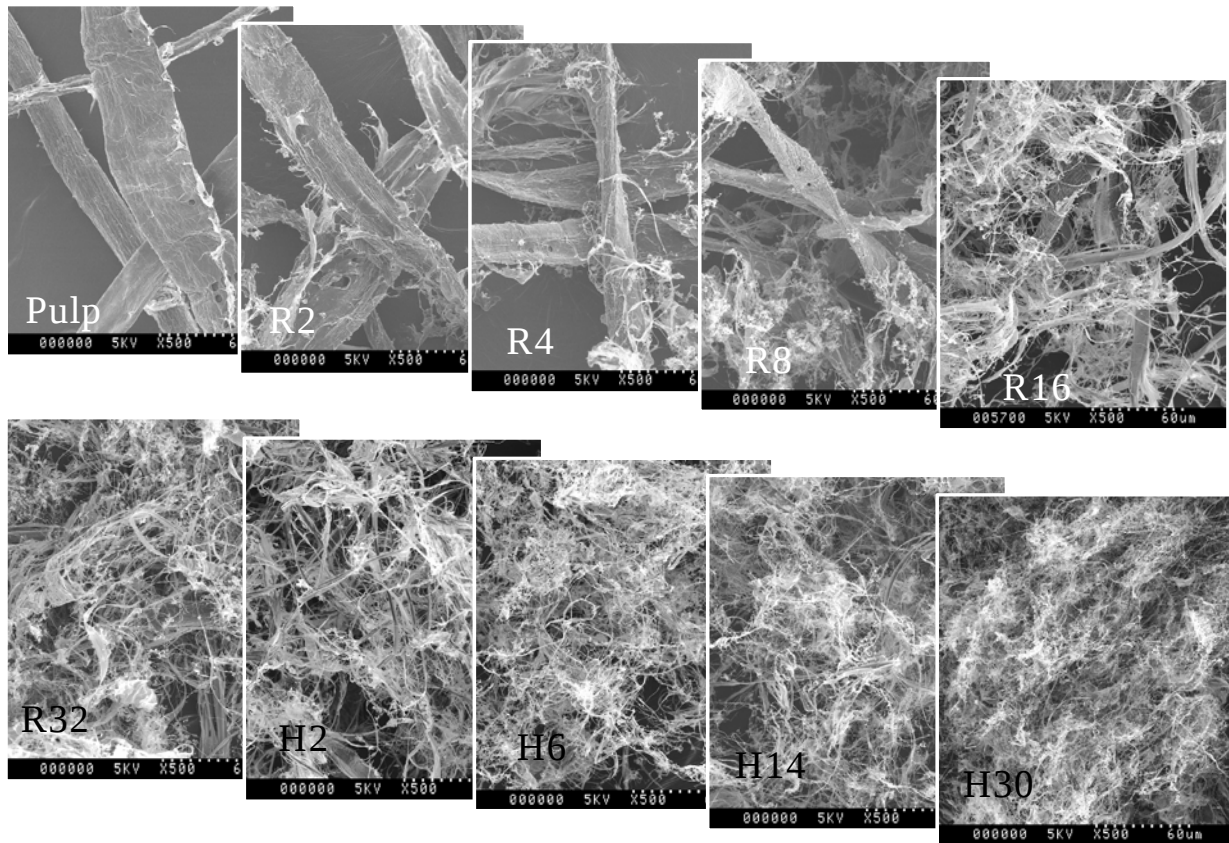


バイオ自動車

車体重量を300kg軽減→20%燃費向上



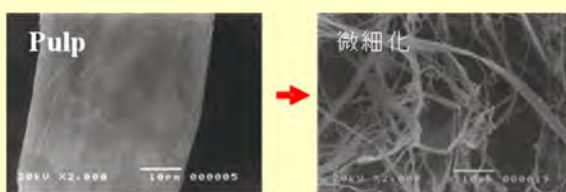
パルプのナノファイバー化



高強度バイオナノファイバー材料

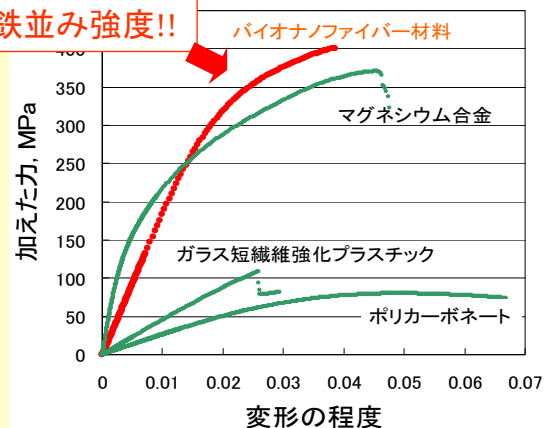


バイオナノファイバー: 機械的処理によりパルプ(左)をナノ解繊(右)



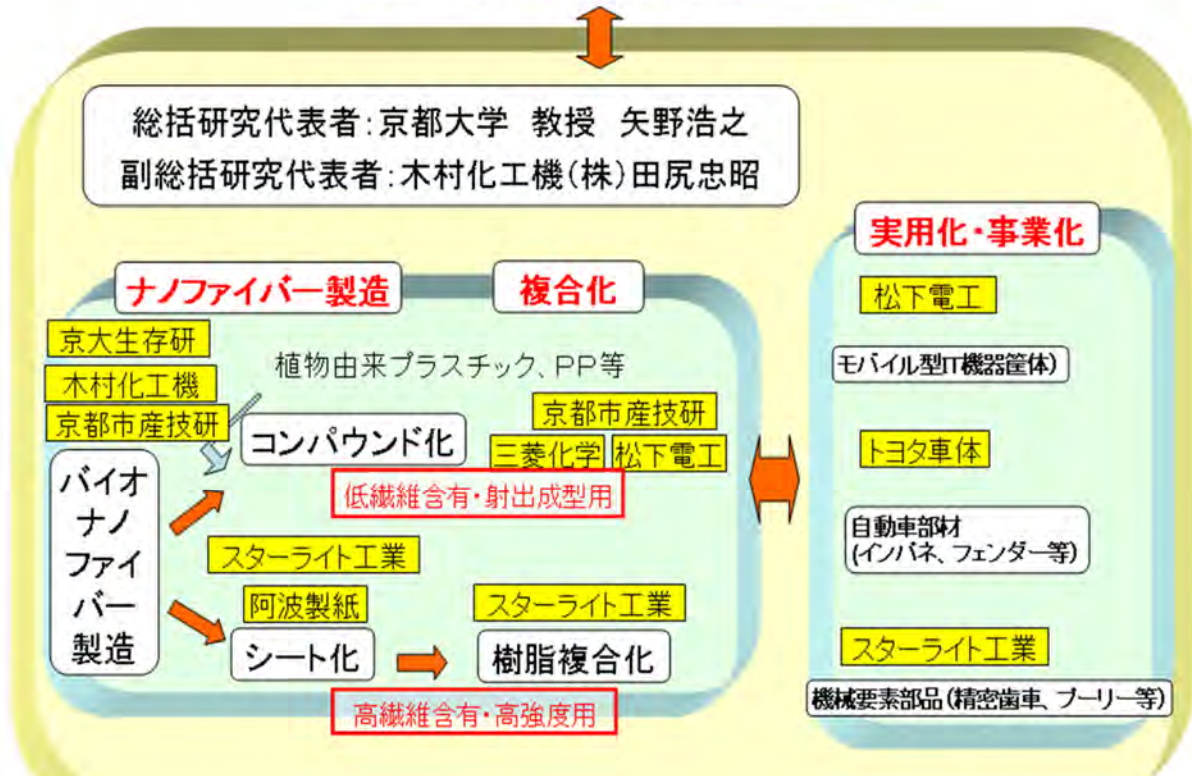
伸びきり鎖からなるクモの巣状ネットワーク 400円/kg

軽くて
鋼鉄並み強度!!



平成17-18年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 「バイオマスナノファイバーの製造と高植物度ナノコンポジットの開発」

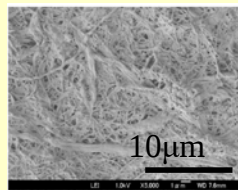
管理法人：(株)関西TLO



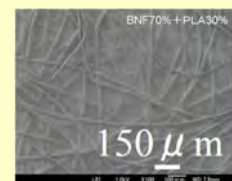
地域コンソーシアム開発技術(1)

世界初 安価なバイオナノファイバーの製造

酵素処理パルプ（紙の原料）を二軸混練機で処理することで安価なナノファイバー製造を可能に（400円/kg）（木村化工機）。



現行抄紙装置によるBNFシート化を可能に



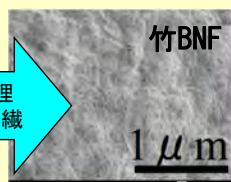
BNFにポリ乳酸繊維を混合することで、抄紙時の濾水時間を大きく低下（19秒、歩留まり89%）。実機を用いたBNF抄紙を開始（阿波製紙）。

世界初 竹からバイオナノファイバー

竹を原料とした均一ナノファイバーの製造を実現（京都市産技研）。



脱リグニン処理
グラインダー解繊



自動車・機械部品の試作



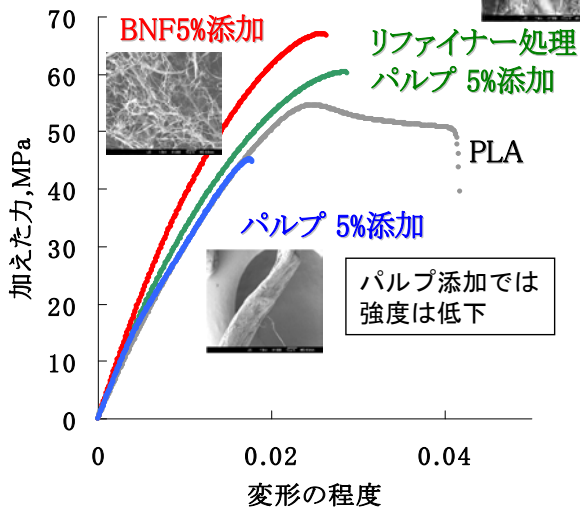
フェノール樹脂複合BNFシートから自動車フェンダー、歯車・軸受けを試作（トヨタ車体、スターライト工業）
目的は耐衝撃性、耐摩耗性の向上。

地域コンソーシアム開発技術(2)

世界初

BNF混練によるポリ乳酸樹脂の補強

BNFをポリ乳酸に10%混練複合。弾性率40%、強度30%のアップに成功。射出成形可能。
(京大・生存研、京都市産技研、松下電工)



BNF強化ポリ乳酸樹脂射出成形体



(京都市産技研、三菱化学、松下電工)



110度で加熱後の射出成型体。無添加ポリ乳酸樹脂成型体(左)は大きく変形。BNF強化で変形が抑制(右)。

バイオナノファイバーのポテンシャル

カーボンニュートラルの特性を維持しつつ、高強度、低熱膨張性を達成

自動車



軽量で強いボディ材料。燃費向上

住宅材料



高強度でリサイクル可能な
住宅内装材料

家電品



耐衝撃に優れ、
リサイクル容易な筐体材料

包装・容器



ガスバリア性、耐衝撃性に優れ、
環境に優しい容器

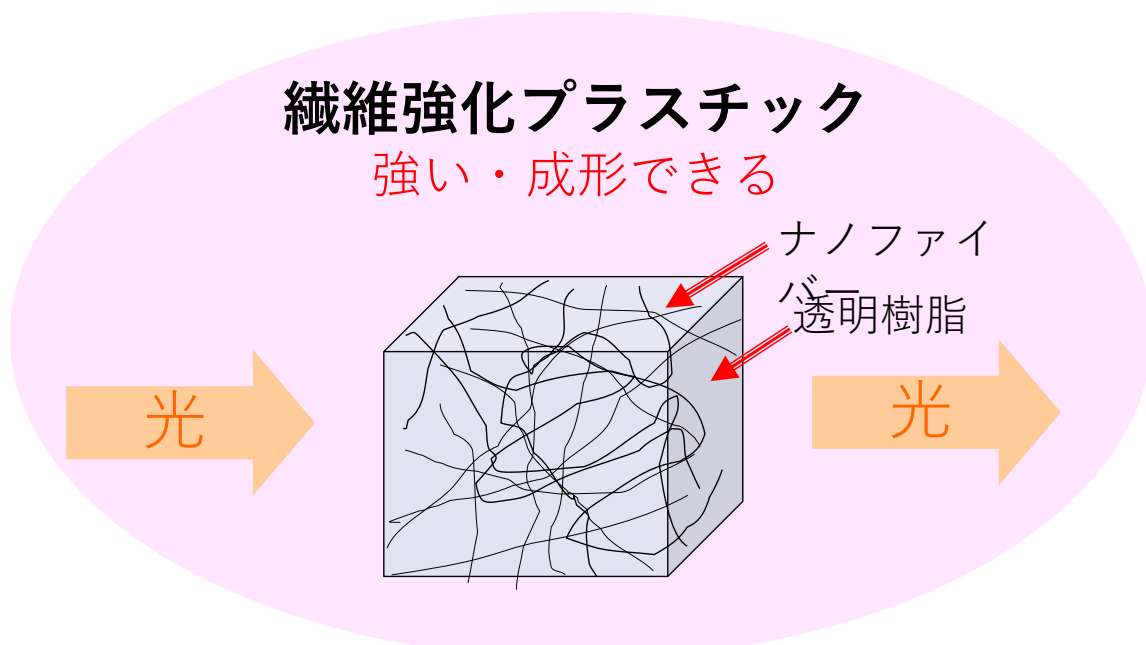
バイオ自動車

車体重量を300kg軽減→20%燃費向上



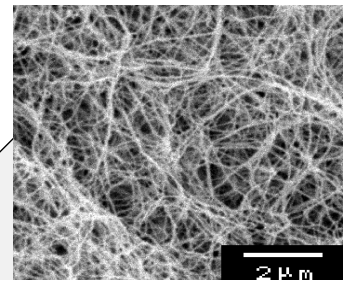
透明補強

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。



バクテリアセルロー

セルロース
マイクロフィブリル



ナノネットワーク

酢酸菌

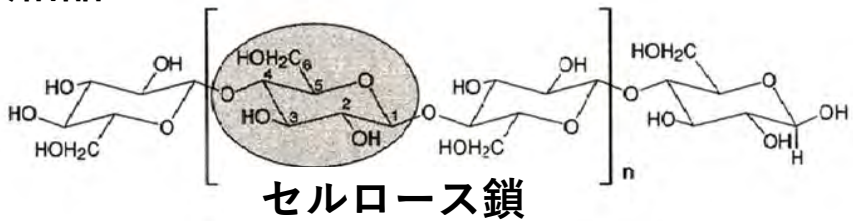
10nm

50nm

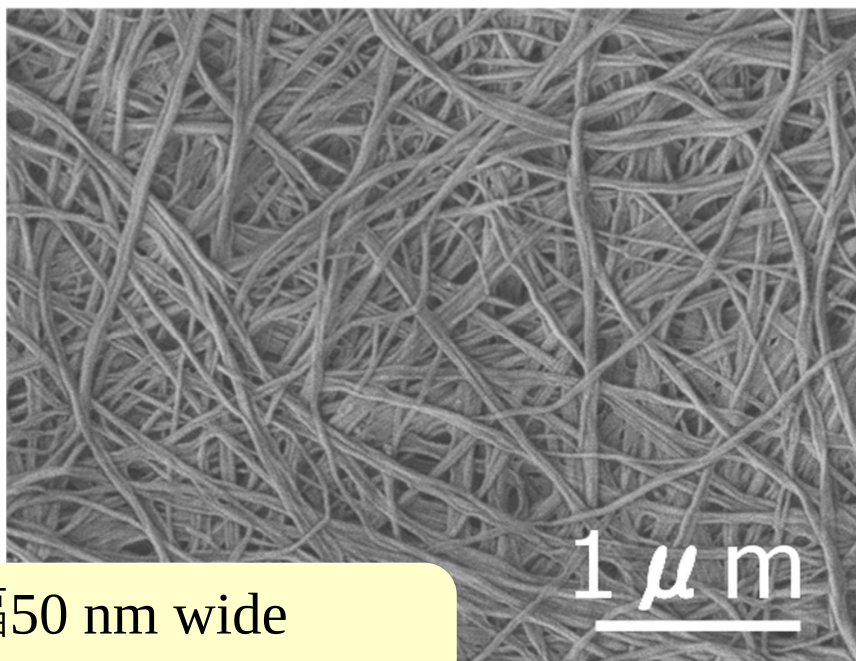
マイクロフィブリル束

4nm

伸びきり鎖結晶



バイオナノファイバー：バクテリアセル



幅50 nm wide

⇒可視光波長の1/5以下

バクテリアセルロース ペリクル



ナタデココ

BC/透明樹脂複合材料の作製

3% NaOH 水溶液中で
煮沸。菌体を除去



繊維含有率: 1%

脱水・乾燥

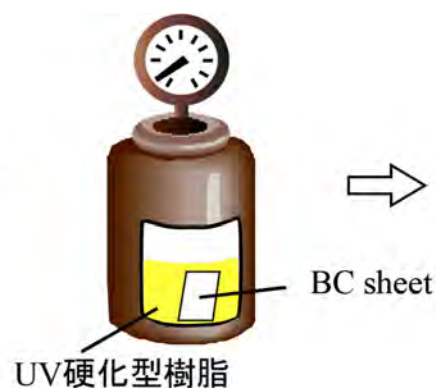


圧縮圧力 0.3 MPa、
温度 70 C

乾燥BCシート、
厚さ60 μ m



屈折率 (587.6 nm) :
BC: 1.54-1.62
アクリル樹脂: 1.49
エポキシ樹脂: 1.52



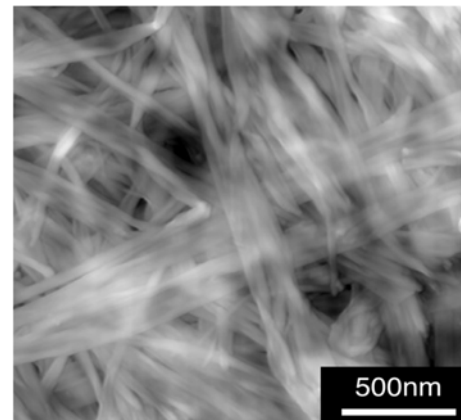
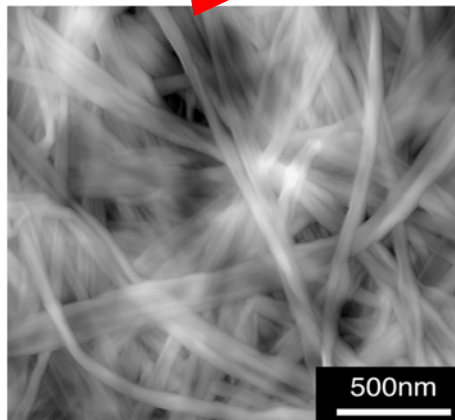
UV 硬化

繊維率 60 - 70 %でも透明

BNFシート

BNF/アクリル樹脂

BNF/エポキシ樹脂



バイオナノファイバー強化透明材料



高強度：鋼鉄並み



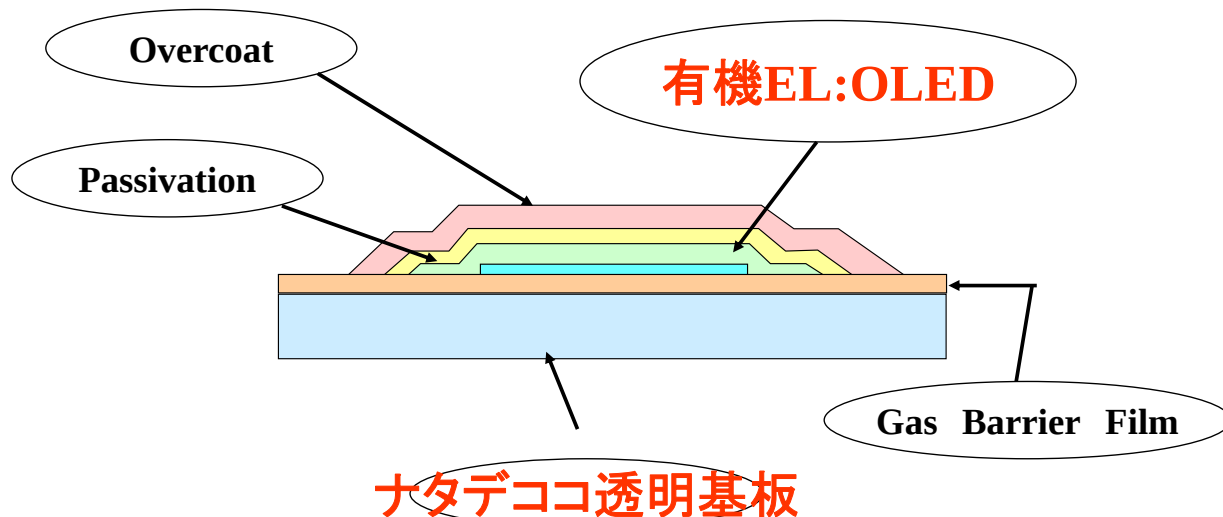
低熱膨張：ガラス並み



透明・フレキシブル

フレキシブルOLED試作

(京都大学・包括的産学連携アライアンスの成果)



有機EL発光



京大など
繊維加えた
新素材で
巻いて運べるディスプレイ

京都大学と千歳科学技術大学が共同で、大ロームバイオニア、三井化学は二十五日、巻物のように巻き取るといった衣服でも使えるような透明なディスプレイ装置の新素材・技術を開発した。



京都新聞、H17年1月25日付け夕刊

曲げられる薄型ディスプレイ



紙のように曲げられる次世代の薄型ディスプレイの基板づくりに、デサートなどの食料「ナタデココ」が活用できることも、開発が急速に進む薄型ディスプレイ生産

学、京都大学の産学連携の共同研究で分かった。強度や耐熱性などはガラス基板並みという。材料費も安く、開発が急速に進む薄型ディスプレイ生産

新戦力は「ナタデココ」

ナタデココからつくった透明な基板に発光素子を選んで試作した薄型ディスプレイ。薄型ディスプレイの基板に活用できるナタデココ

基板に活用、実用化へ

京大など共同研究
三菱化学、パイオニアとの共同開発

朝日新聞、H17年2月21日付け朝刊

バイオ自動車

車体重量を300kg軽減→20%燃費向上



豊富なバイオナノファイバー源

- 木材（紙パルプ）
- バクテリアセルロース
- . . .
- . . .

Inventory of major potential World fiber sources (Rowell, 1998)

Resources	Availability (百万トン)
Wood	1750 (17億tons)
Straw (barley, rice etc)	1145
Stalk (corn, cotton etc)	970
Sugarcane bagasse	75
Reed	30
Bamboo	30
Cotton Staple	15
Core (Jute, Kenaf)	8
Bast (Jute, Kenaf)	2.9
Cotton linters	1
Papyrus	5
Sabai grass	0.2
Leaf (sisal, abaca)	0.48

34億立方メートル

トウモロコシ: 7億トン

米・小麦: 各6億トン

いも類: 7億トン

綿花: 24百万トン

天然ゴム: 9百万トン

石油系樹脂: 1.5億トン

バイオナノファイバー源として

エネルギー資源作物廃棄物

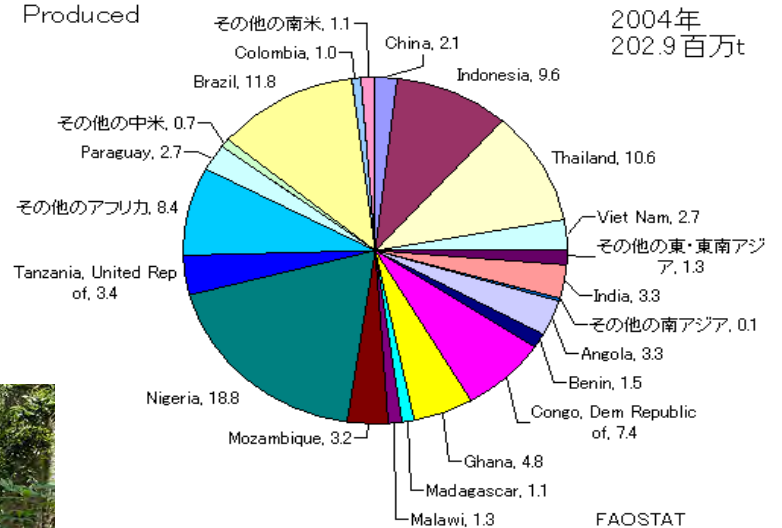
- バガス(サトウキビ絞りかす)
- 砂糖ダイコン(ビート)絞りかす
- キャッサバ絞りかす
- トウモロコシ: コーン絞りかす
- オイルパーム: オイル絞りかす
- その他



サトウキビ



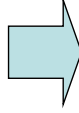
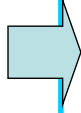
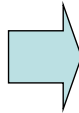
Cassava 生産の国別構成 %
Produced



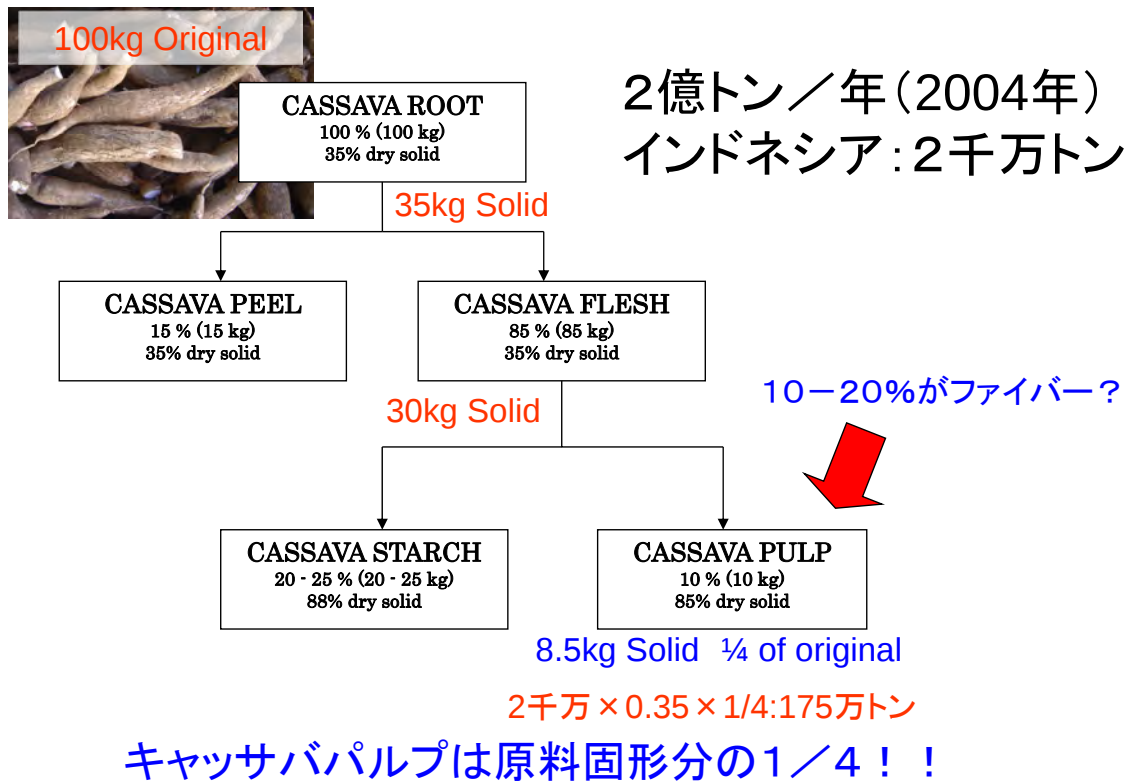
2億トン／年（2004年）

キャッサバ

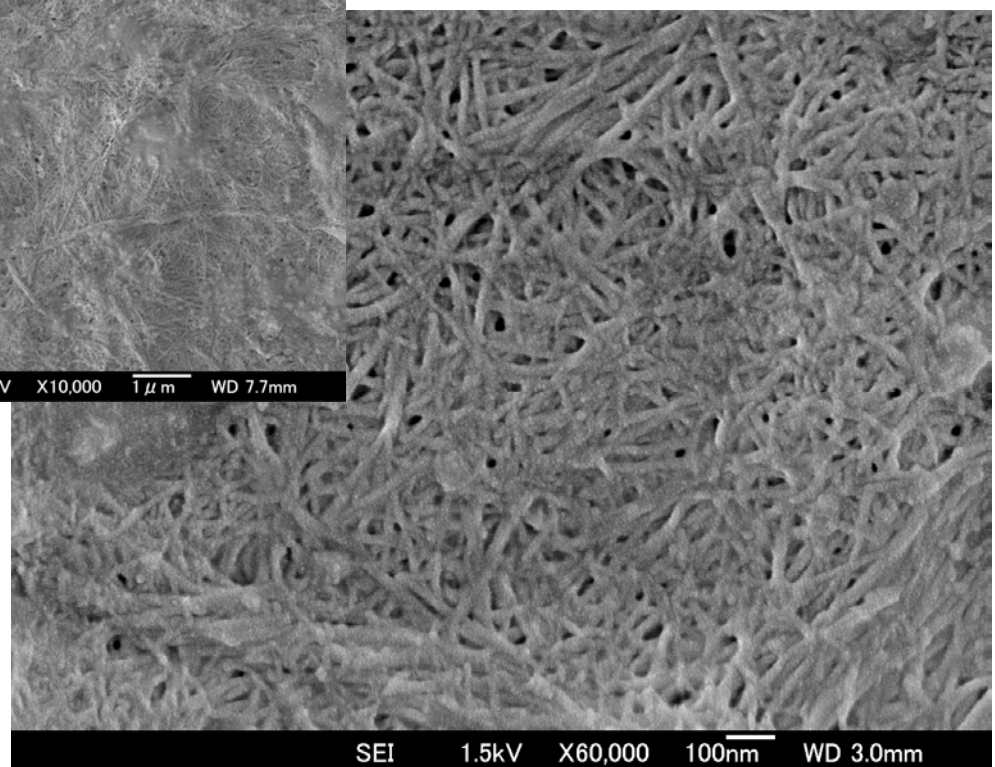
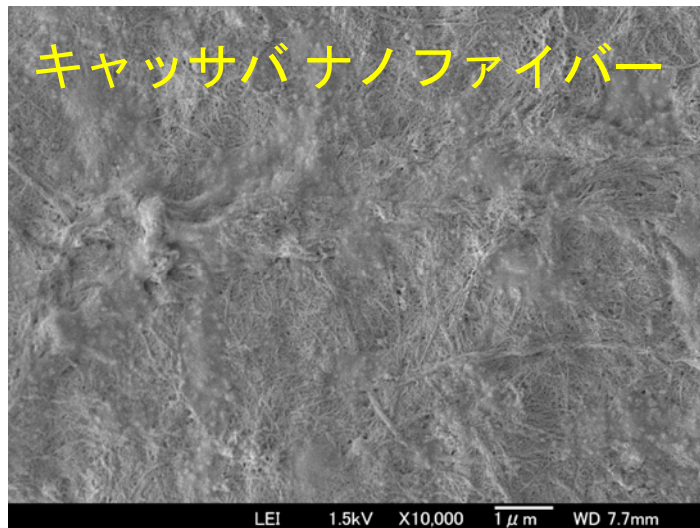
インドネシアにおける キャッサバ デンプン製造工程



キャッサバ(タピオカ)からのデンプン製造における マテリアルバランス(物質フロー)

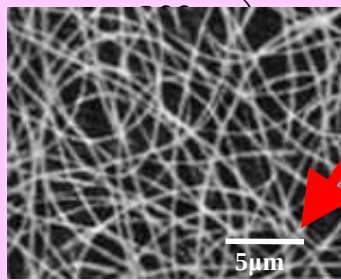


キャッサバナノファイバー



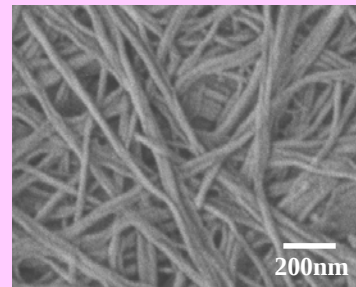
農産廃棄物・産業廃棄物から作ったナノファイバー

最先端ナノテクノロジー：
エレクトロンスピンニング法による
人工ナノファイバー(太さは最小で



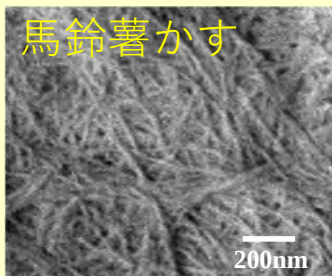
バーは
5000nm !

現行の市販バイオナノファイバー：
バクテリアセルロース (ナタデココ)
1 - 2 万円/kg

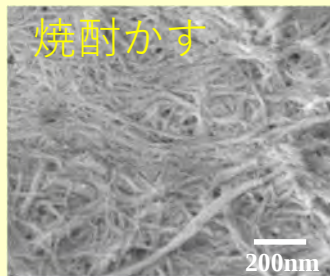


農産廃棄物・産業廃棄物から作ったバイオナノファイバー：

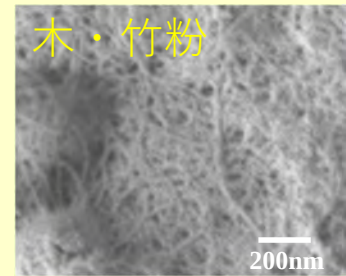
馬鈴薯かす



焼酎かす



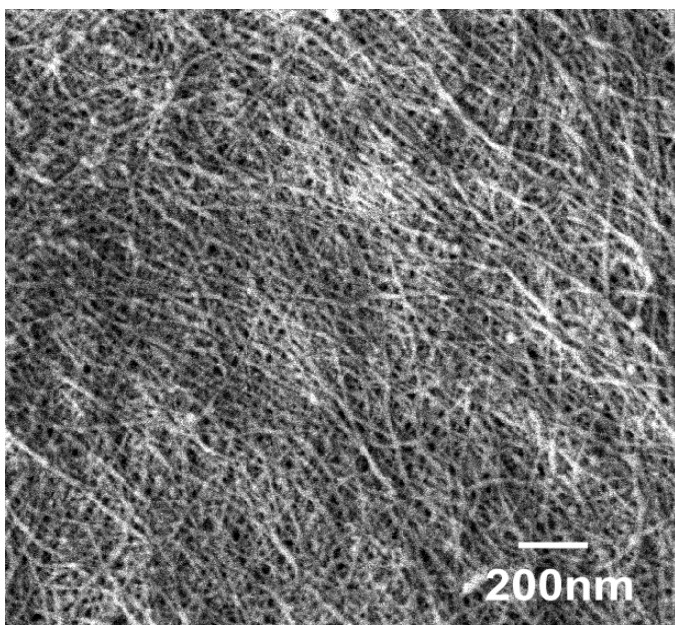
木・竹粉



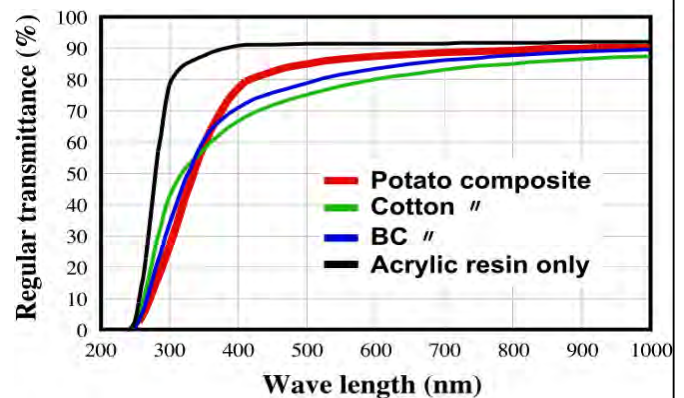
馬鈴薯かす以外に、木粉・竹粉・焼酎かす等の農産廃棄物・産業廃棄物からも製造可能。
植物系ナノファイバーは、人工ナノファイバーやバクテリアナノファイバーよりさらに細い！

ポテトパルプ ナノファイバー

1 time grinding treatment !!



Uniform width (20nm)
High aspect ratio



バイオナノファイバー源として

- ・ バガス(サトウキビ絞りかす)
- ・ 砂糖ダイコン(ビート)絞りかす
- ・ キャッサバ絞りかす
- ・ トウモロコシ:コーン絞りかす
- ・ オイルパーム:オイル絞りかす
- ・ その他

カスを加寿に！！

バイオナノファイバー研究の更なる展開

総合科学技術会議 イノベーション25

5月18日会議資料

⑤ 食料・飼料と競合しないバイオマス資源の総合利活用

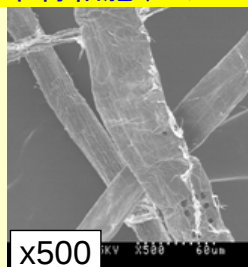
① プロジェクトの概要及び効果	森林資源をはじめ、資源作物、有機系廃棄物など、食料・飼料と競合しないバイオマス为原料とした化石燃料代替燃料の開発を目指す。加えて、汎用化成品、 <u>セルロースナノファイバなどの繊維部材の量産技術を開発の視野に入れ、供給基盤を整備することによってバイオマス資源の総合利活用システムを構築する。</u>
② 必要性	エネルギーの安定供給や地球環境問題へ対応するために、バイオマス資源を有効に活用していくことが重要である。京都議定書目標達成計画におけるバイオ燃料への置換 50 万 kl の導入（2010 年度）を達成するとともに、食料・飼料と競合しない木質系などのバイオマス資材の確保を行い、それを効率的にバイオマス燃料に変換していく技術開発が求められている。 また、我が国では運輸エネルギーの石油依存度を 2030 年度までに 80% 程度にする目標や EU、米国では 2030 年までに原油依存率を 30%削減する数値目標を掲げていることから、<u>バイオマス燃料の本格的導入とバイオマス由来の材料製造技術の開発が必要である。</u>

NEDO大学発事業創出プロジェクト H19-21

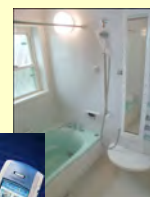
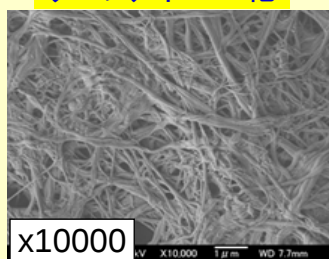
「変性バイオナノファイバーの製造 および複合化技術開発」

成果管理責任者 国立大学法人 京都大学 産官学連携センター 教授 年光昭夫
研究開発代表者 国立大学法人 京都大学 生存圏研究所 教授 矢野浩之

木材細胞(パルプ)



ナノファイバー化



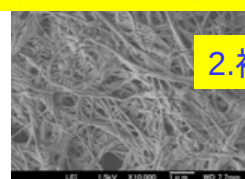
バイオナノファイバー:すべての植物細胞の基本骨格物質。軽量・高強度・低熱膨張ナノファイバー

研究目的・体制

目的

バイオナノファイバー (BNF) に関する京都大学シーズ技術を用い、PP樹脂、ゴムおよび不飽和ポリエステル樹脂との複合化に優れた変性BNFの製造ならびにその複合化技術の実用化研究開発を行う。

1. 変性BNFの製造

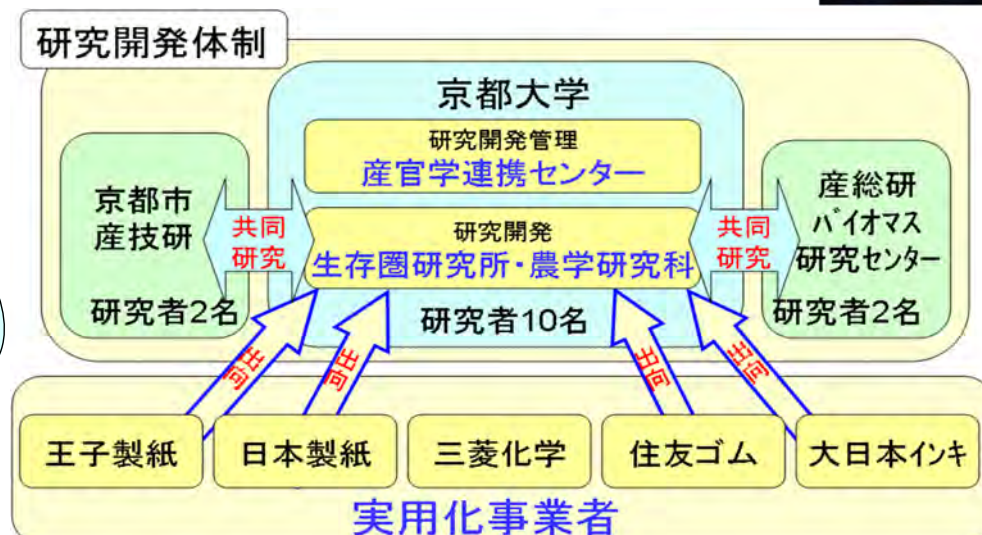


2. 複合化技術の開発



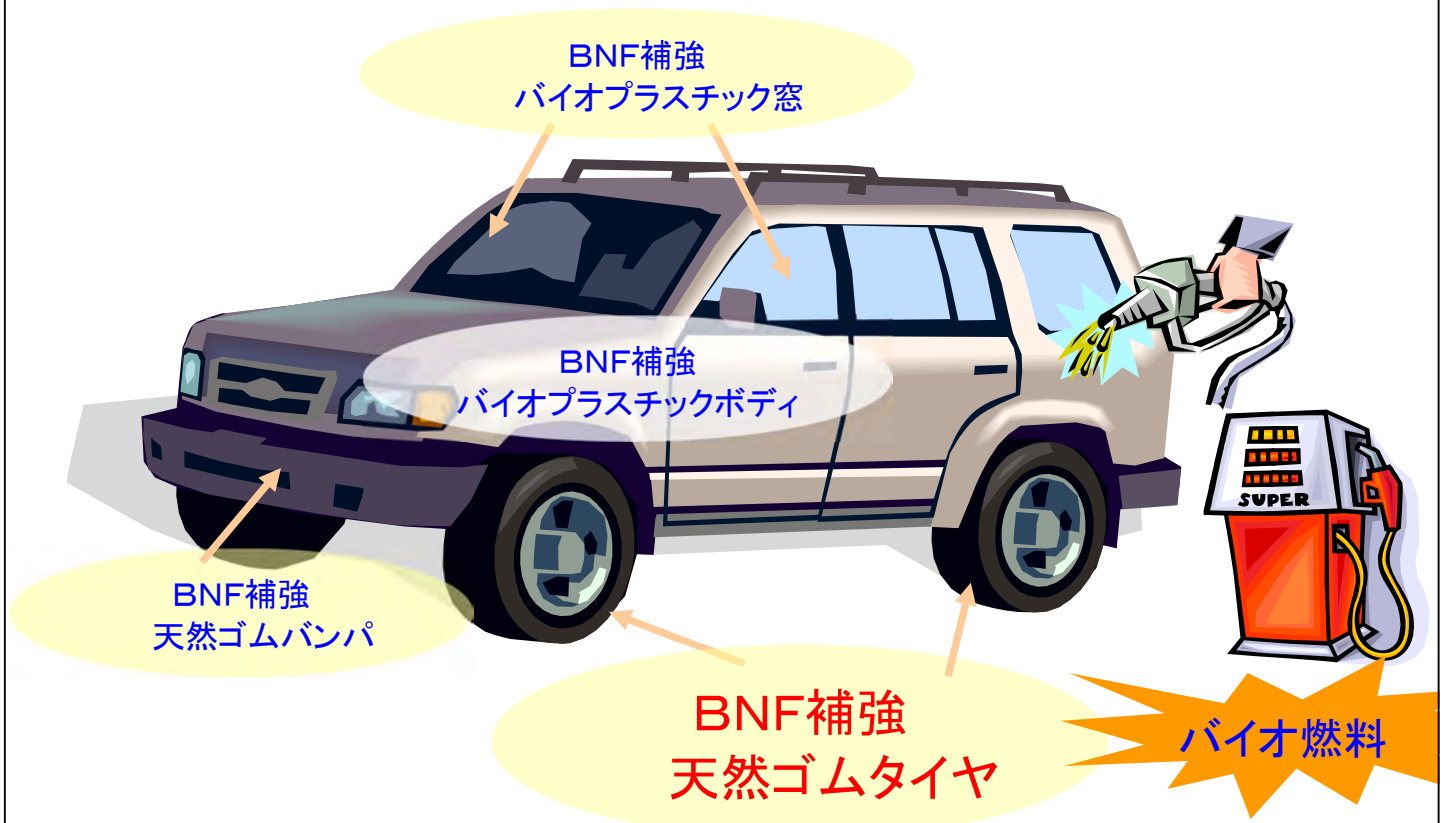
体制

産官学
異業種
垂直連携



バイオ自動車

車体重量を300kg軽減→20%燃費向上



植物材料イノベーションのイメージ



森林バイオマス
農産廃棄物

紙・パルプ産業



20世紀型
化石資源依存産業

植物繊維から
金属並み強度

化学産業



21世紀型
バイオ資源依存産業

用途開発

バイオナノマテリアルによる
未来材料

自動車



軽量で強いボディ材料。燃費向上

家電品



耐衝撃に優れ、リサイクル容易な筐体材料

建材



高強度でリサイクル可能な建築材料

IT部品



高機能・高性能で環境に優しいIT部材

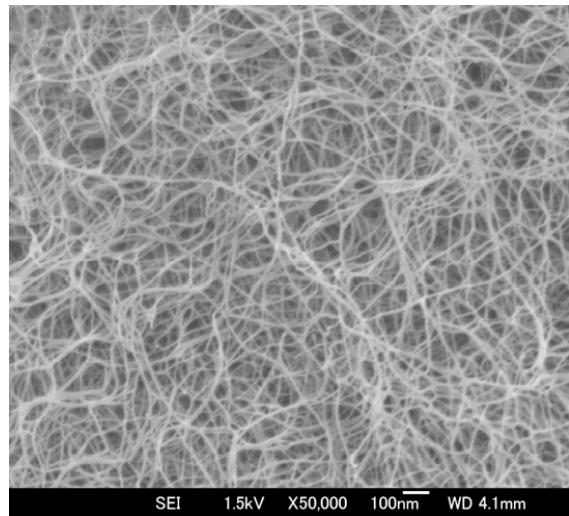
包装・容器



ガスバリア性、耐衝撃性に優れ、環境に優しい容器

2兆円産業

足りないのは、人間の知恵



99.99%は生物の仕事。あと0.01%、人間の知恵を足して、21世紀を生き抜く技術を開発！

鳥獣戯画



鳥獣戯画 高山寺所蔵 鳥羽僧正覚猷（かくゆう、天喜元年（1053年） - 保延6年9月15日（1140年10月27日）） 12世紀-13世紀の作

21世紀の生物材料学
すべての生物を尊敬し、その力を借りる



樹齢300年のクリ