



Nanocellulose Symposium 2015

第280回生存圏シンポジウム

進む！セルロースナノファイバープロジェクト

KYOTO, JAPAN March 20, 2015

京都テルサ テルサホール



主催：ナノセルロースフォーラム
京都大学生存圏研究所

日程：2015年3月20日（金）

場所：京都テルサ テルサホール（京都府京都市）

◆プログラム

12:30～12:35 開会挨拶

12:35～13:50

1. 「高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発」発表
～NEDO 非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発事業～
 - 1) 「高耐熱・高分散性リグノ CNF 開発の重要性とプロジェクト概要」
京都大学 生存圏研究所 矢野浩之氏 1
 - 2) 「高耐熱リグノセルロースナノファイバーの開発」 王子ホールディングス（株） 五十嵐優子氏 9
 - 3) 「変性リグノセルロースナノファイバー強化熱可塑性樹脂の開発」
（地独）京都市産業技術研究所 仙波健氏 13
 - 4) 「セルロースナノファイバー強化樹脂材料の発泡成形」
（地独）京都市産業技術研究所 伊藤彰浩氏 19
 - 5) 「高植物度熱可塑性リグノセルロースナノファイバー材料の開発」 星光 PMC（株） 山田修平氏 27

13:55～15:10

2. 「工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた高機能性素材等の開発」発表
～農研機構・革新的技術創造促進事業「異分野融合共同研究」～
 - 1) 「ナノセルロース・スーパーコンポジットの開発」 信州大学 カーボン科学研究所 野口徹氏 31
 - 2) 「物理処理と酵素処理を併用した木質材料由来ナノファイバーの食品等への応用」
（独）農林水産省森林総合研究所 林徳子氏 39
 - 3) 「セルロースナノファイバーの用途拡大に向けて：ソフトマターへの新展開」
京都大学 大学院農学研究科 谷史人氏 47
 - 4) 「農林系廃棄物を用いたハイブリッドバイオマスファイラー製造および複合材料開発
ーリグノセルロースナノファイバーの応用展開ー」
（独）産業技術総合研究所 バイオマスリファイナリー研究センター 遠藤貴士氏 49
 - 5) 「高分子分散剤による木材由来 NC の界面機能制御と樹脂複合材料への応用」
京都大学 化学研究所 辻井敬巨氏 59

15:10～15:40 【休憩】

15:40～16:30

3. Topics
 - 1) 「ナノセルロース実用化に向けた国の支援策について」
経済産業省製造産業局紙業服飾品課 野村秀徳氏 63
農林水産省林野庁森林整備部研究指導課 上野克己氏 71
環境省地球環境局低炭素社会推進室 峯岸律子氏 77
 - 2) 「セルロースナノファイバーとフェノール樹脂複合体の開発」 (株) デンソー 小島和重氏 83

16:30～17:15

4. 実証プラント状況
 - 1) 「変性セルロースナノファイバー強化樹脂の開発状況」 星光 PMC（株） 佐藤明弘氏 87
 - 2) 「ウォータージェット法によるナノセルロース製造プラント」 (株) スギノマシン 小倉孝太氏 91
 - 3) 「セルロースシングルナノファイバーからなる増粘剤の製造実証と用途開発」
第一工業製薬（株） 後居洋介氏 99

17:15～17:20 閉会挨拶

17:50 閉場

◆同時開催 ポスターおよび試作品展示

主 催：ナノセルロースフォーラム、京都大学生存圏研究所

後 援：経済産業省、農林水産省、環境省、京都市、紙パルプ技術協会、（公社）高分子学会
（公社）日本材料学会、セルロース学会、（一社）日本木材学会
（地独）京都市産業技術研究所、京都大学産官学連携本部

「高機能リグノセルロースナノファイバーの
一貫製造プロセスと部材化技術開発」発表
～ NEDO 非可食性植物由来化学品
製造プロセス技術開発事業～

京都大学 生存圏研究所

矢野 浩之氏

NEDO研究開発プロジェクト: 非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発
 研究開発項目②「木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発」

高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと 部材化技術開発

プロジェクトメンバー: 京都大学、王子ホールディングス(株)

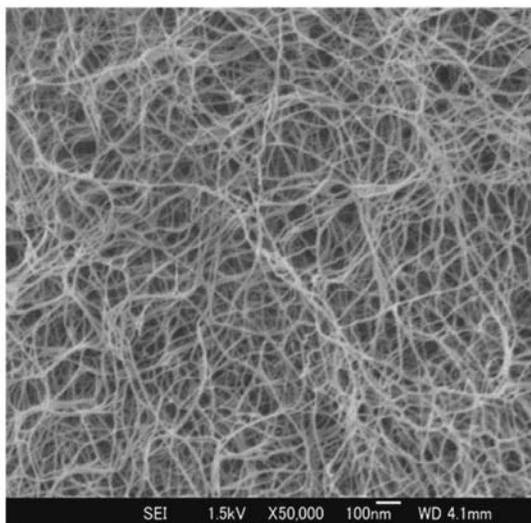
日本製紙(株)、星光PMC(株)、(地独京都市産業技術研究所

アドバイザー: トヨタ車体(株)、(株)デンソー、ミサワホーム(株)



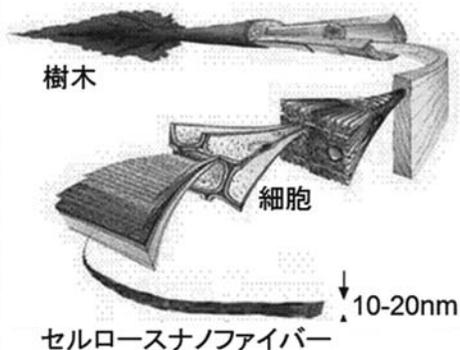
京大大学生存圏研究所 矢野浩之

セルロースナノファイバー



木材細胞壁中のCNF

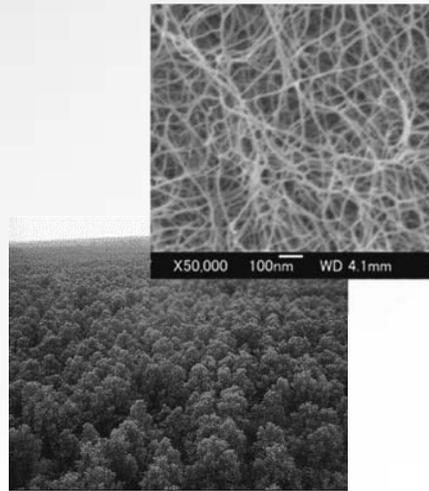
- 全ての植物細胞の基本骨格ナノファイバー
- 1兆トンの蓄積: 持続的再生可能資源



1兆トンの蓄積!

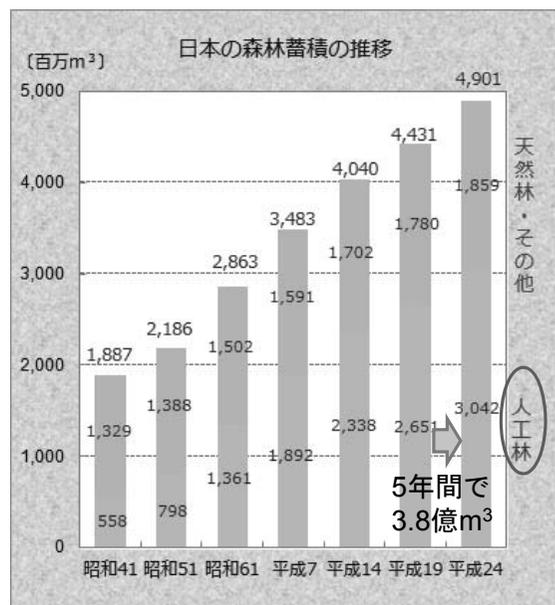
セルロースナノファイバー(CNF)

- 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)
 - 弾性率不変:-200℃~+200℃
 - 高熱伝導性:ガラス相当



国産材:日本の人工林では毎年1500万トンのセルロースナノファイバーが増えています。

我が国では人工林の蓄積量が毎年7500万m³増加しています。スギ、ヒノキ中心の木材1m³の重量を約400kgとすると、その半分はセルロースナノファイバーなので、人工林で毎年1500万トンのセルロースナノファイバーが蓄積していることになります。それは我が国における年間プラスチック消費量の約1.5倍の量に匹敵します。固定価格買取(FIT)制度でのバイオマス使用量は年間500万m³で増加量から見て影響は小さいといえます。



出展: 林野庁 森林資源の状況、平成24年3月

「日本再興戦略」改訂2014

(平成26年6月24日閣議決定)

二. 戦略市場創造プラン

テーマ4：世界を惹きつける地域資源で稼ぐ地域社会の実現

テーマ4 - ① 世界に冠たる高品質な農林水産物・食品を生み出す豊かな農山漁村社会

(3) 新たに講ずべき具体的施策

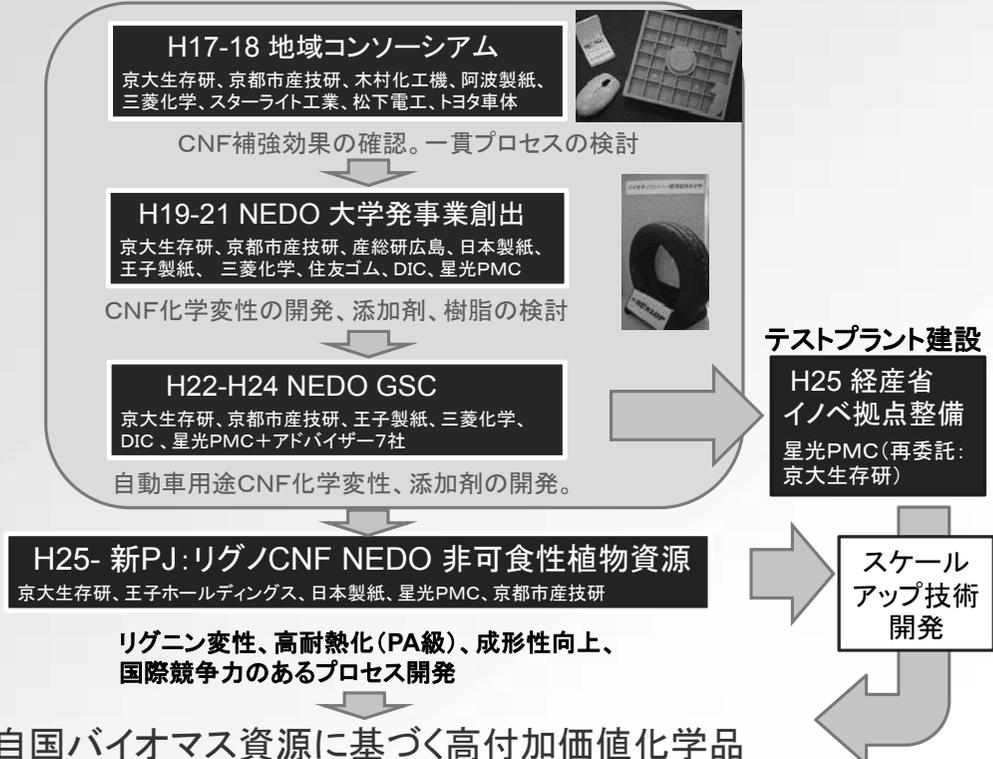
iv) 林業・水産業の成長産業化等

① 林業の成長産業化

豊富な森林資源を循環利用し、森林の持つ多面的機能の維持・向上を図りつつ、林業の成長産業化を進める。(中略)

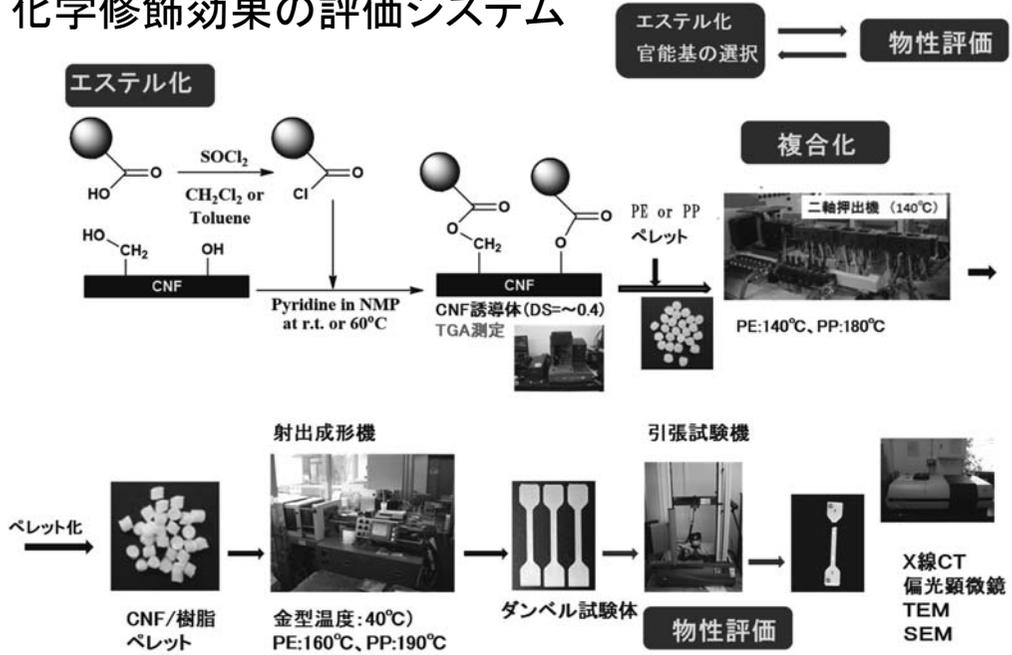
・木質バイオマスについて、地域密着型の小規模発電や熱利用との組み合わせ等によるエネルギー利用促進を図るとともに、セルロースナノファイバー(超微細植物結晶繊維)の研究開発等によるマテリアル利用の促進に向けた取組を推進する。

京都大学における構造用ナノセルロース材料開発PJ



本プロジェクト保有のキーテクノロジー①

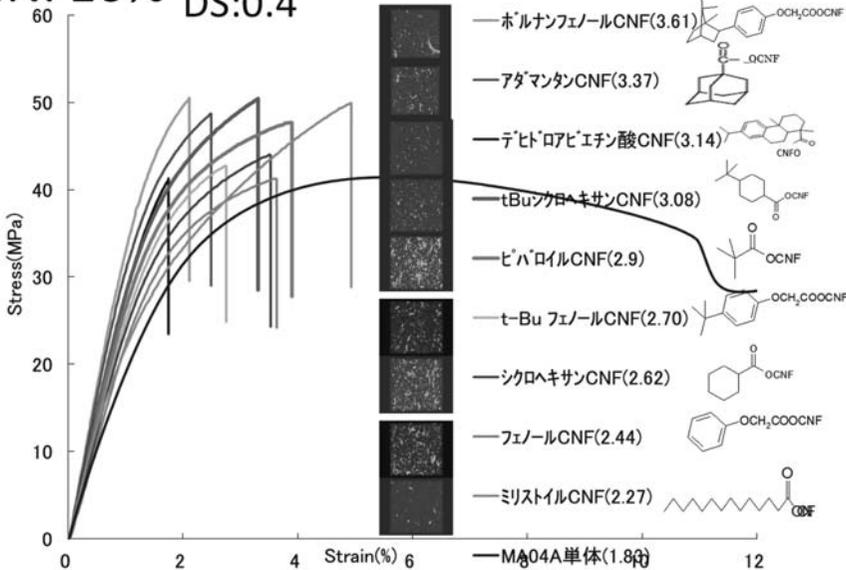
化学修飾効果の評価システム



本プロジェクト保有のキーテクノロジー②

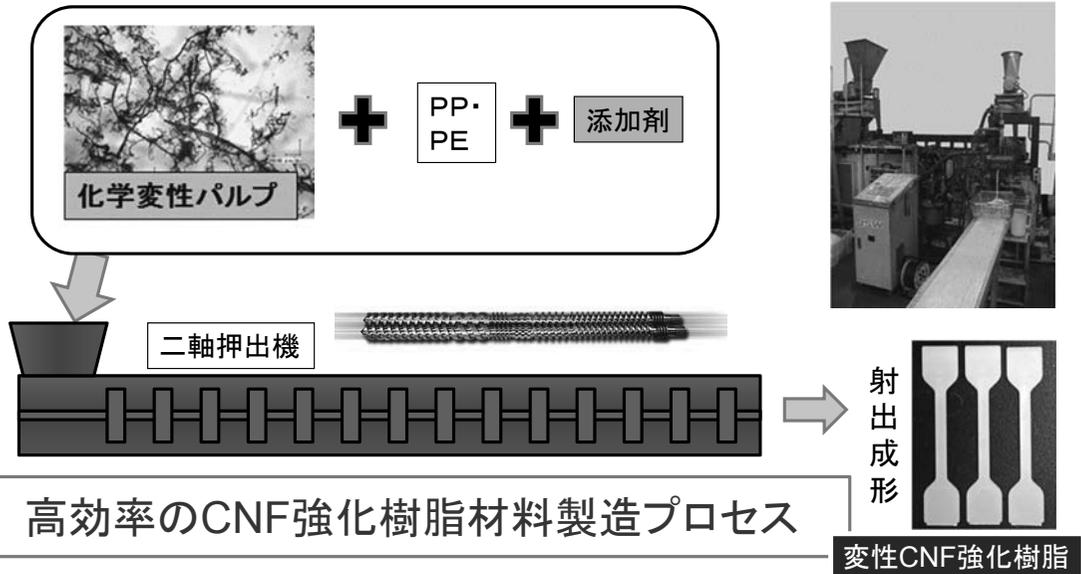
導入する官能基と補強性の関係

PP, CNF10% DS:0.4

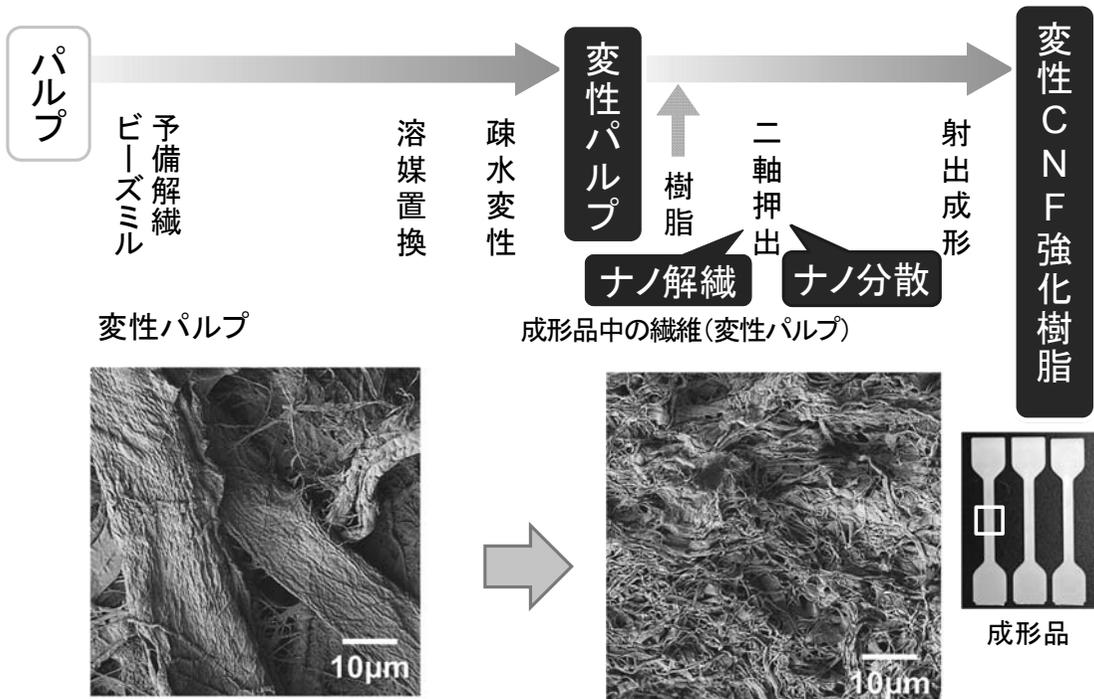


本プロジェクト保有のキーテクノロジー ③

パルプのナノ化と樹脂中へのナノ分散を同時に行う！

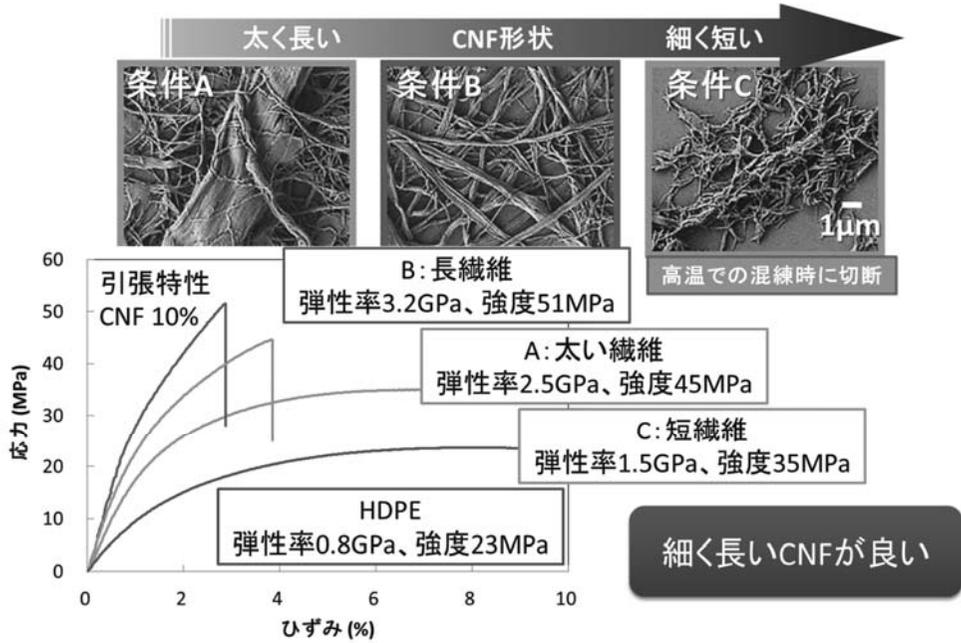


変性パルプ → 強化材料



課題：耐熱性と解繊性の向上

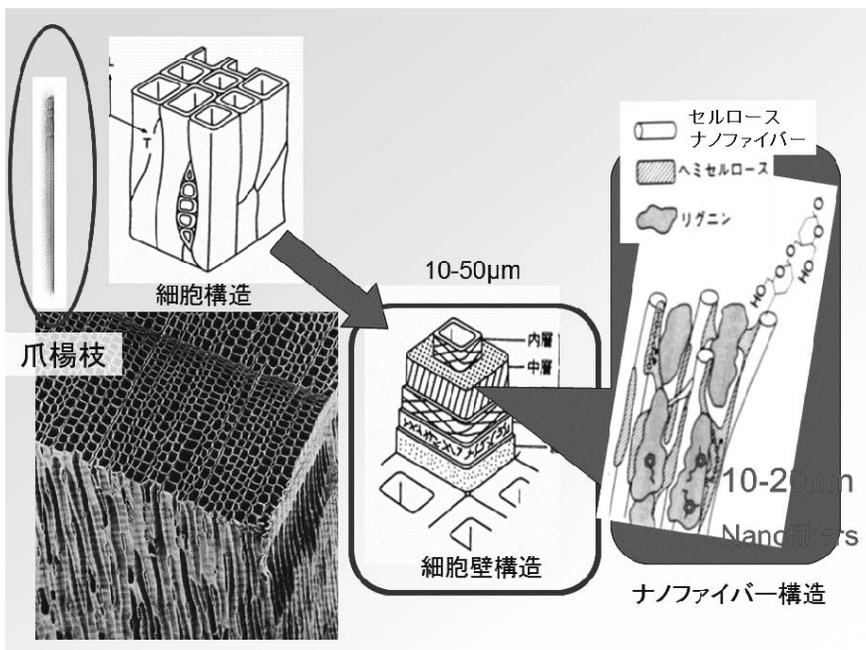
CNF形状と引張特性



本研究開発で目指すもの

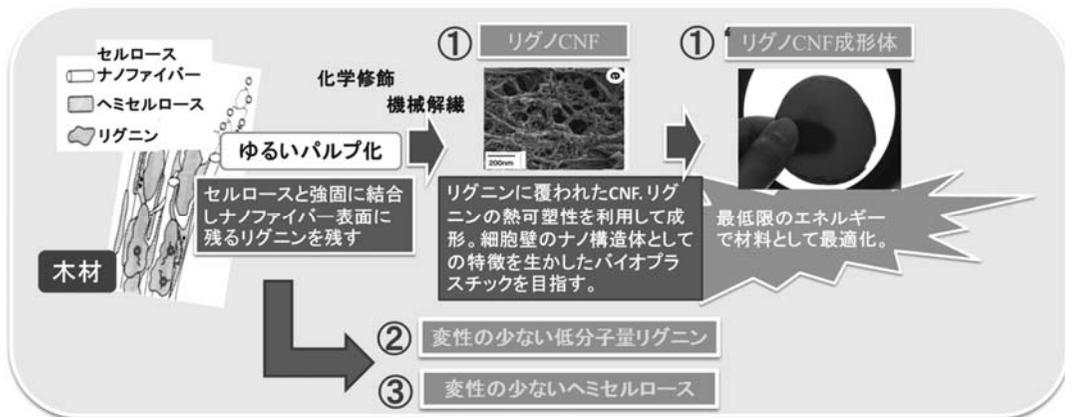
次世代CNF:リグノCNFの開発

木材は結晶性ナノファイバーで強化されたナノコンポジット



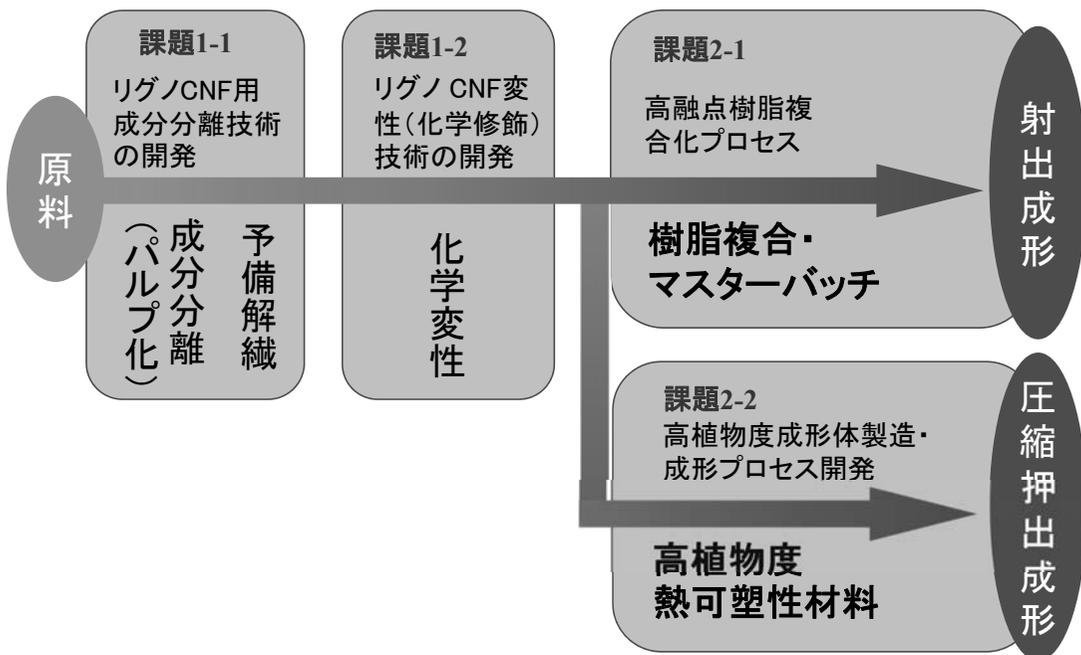
高分散、高強度、高耐熱のCNF:リグノセルロースナノファイバー

- ・細胞壁中での構造を保って取り出したリグノCNFを化学変性。
- ・複合樹脂の応用範囲拡大、高補強率、信頼性向上。



高機能リグノCNF一貫製造プロセス

H25-27年度:リグノCNF材料一貫製造プロセスの要素技術開発



「高機能リグノセルロースナノファイバーの
一貫製造プロセスと部材化技術開発」発表
～ NEDO 非可食性植物由来化学品
製造プロセス技術開発事業～

王子ホールディングス（株）

五十嵐 優子氏

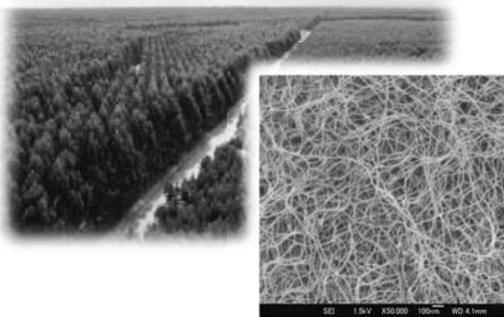
高耐熱リグノセルロース ナノファイバーの開発

王子ホールディングス株式会社
京都大学 生存圏研究所

日本製紙株式会社

○五十嵐 優子
矢野 浩之、中坪 文明、
尾村 春夫、奥村 博昭、
蕪崎 大輔、安藤 大将、吉田 英里
伊達 隆

CNF複合材料

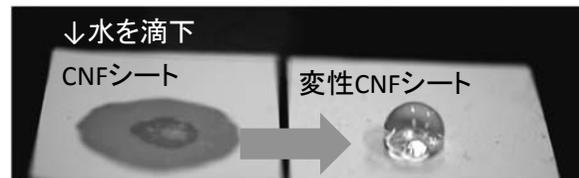


CNFの特徴・・・

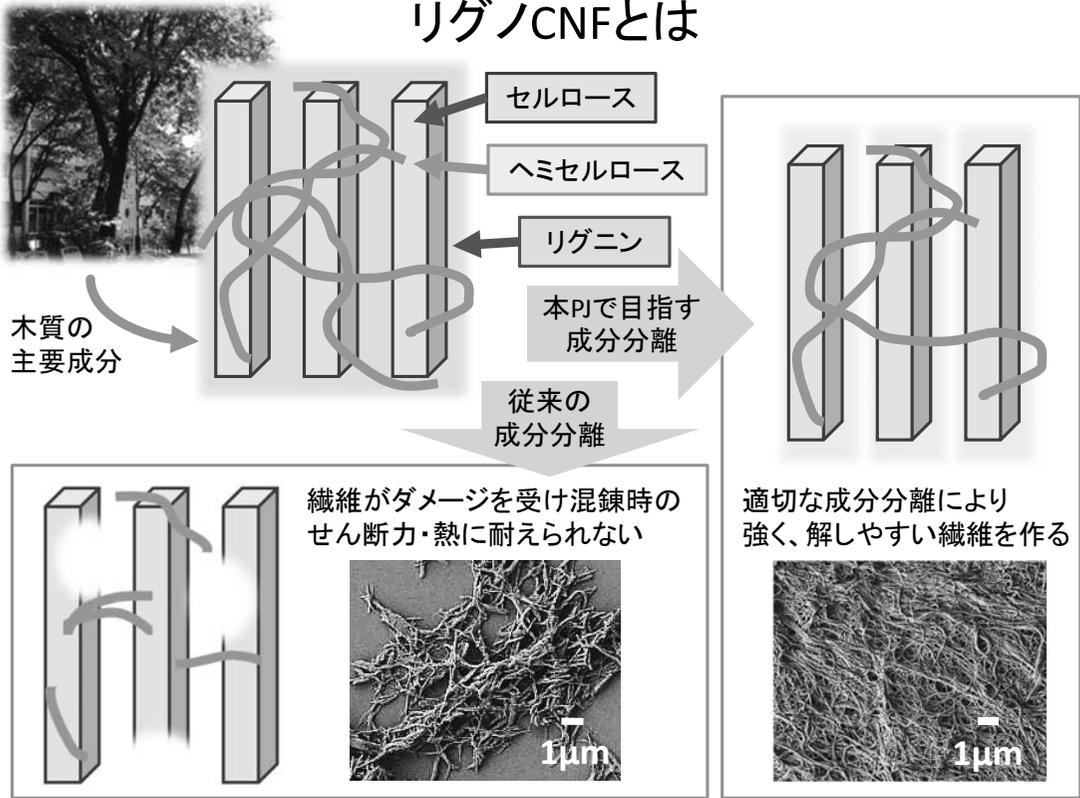
- 再生可能資源
- 高強度、軽量、低熱膨張

複合材料にするために・・・

- 表面改質(親水性→疎水性)
- 解繊コスト低減
(特殊装置→汎用装置)
- 熱分解の抑制

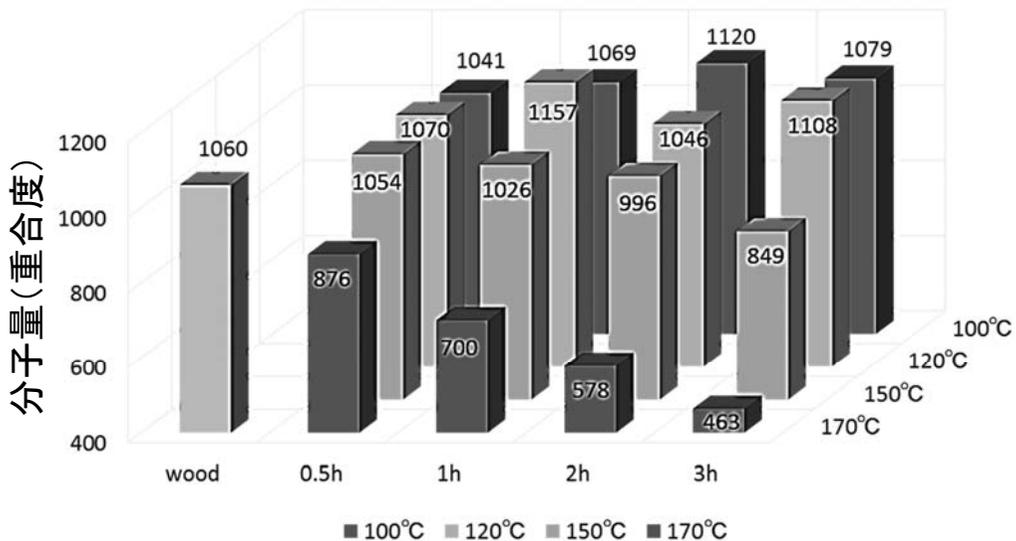


リグノCNFとは



成分分離による分子量変化

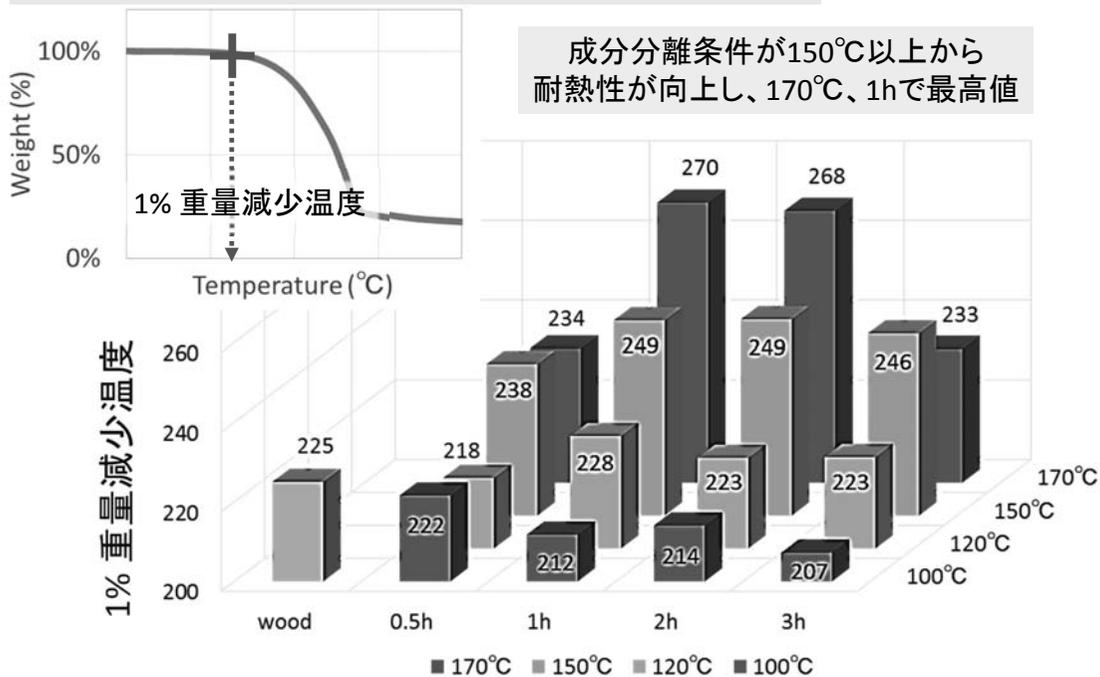
リグノパルプの分子量測定(粘度法)



成分分離条件が150°C、2時間以降、分子量が顕著に低下

成分分離による耐熱性変化

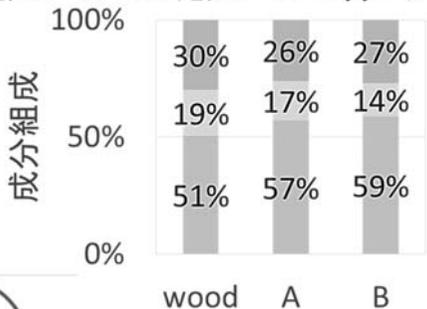
変性リグノパルプの耐熱性(熱重量分析)



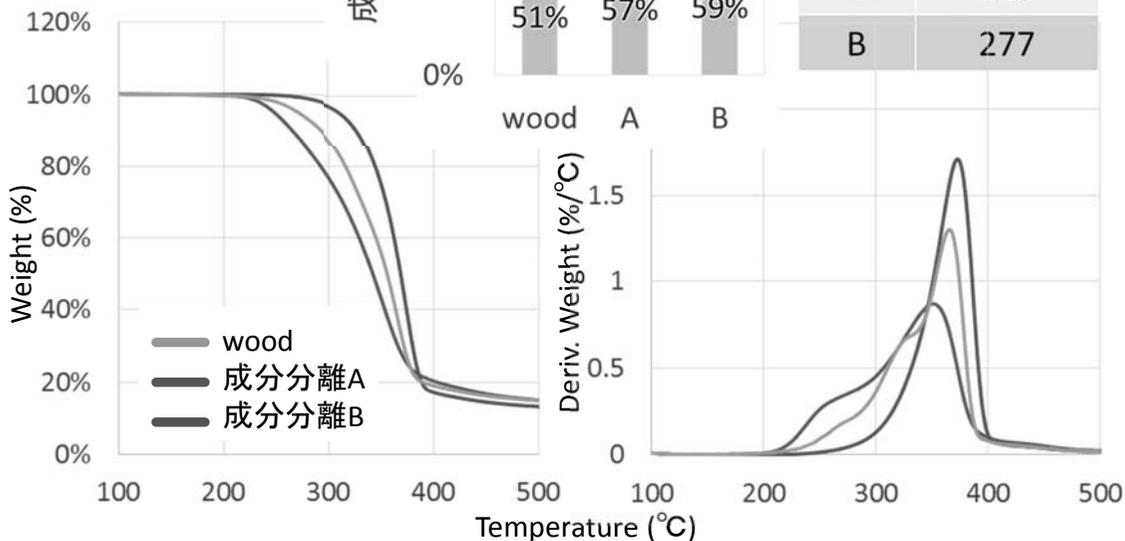
成分分離方法による耐熱性改善

■ セルロース ■ ヘミセルロース ■ リグニン

化学組成が同等でも成分分離方法により耐熱性が変化



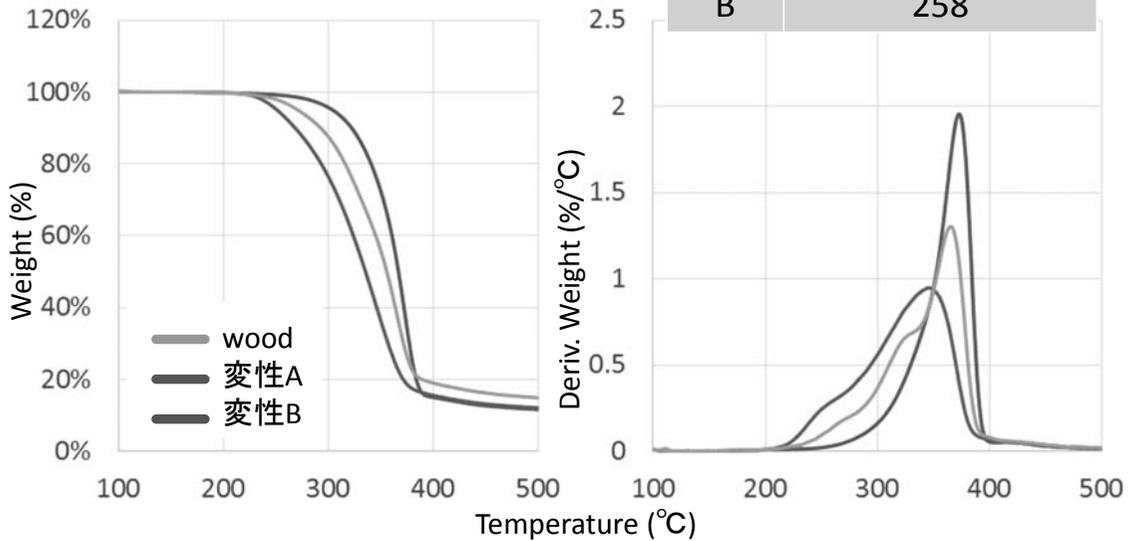
	1% 重量減少温度
wood	198
A	223
B	277



変性による耐熱性改善

同一のリグノパルプでも
化学変性の種類により
耐熱性が変化

	1% 重量減少温度
wood	198
A	226
B	258



まとめ

- 成分分離、化学変性の検討により
高耐熱性リグノCNFの製造に成功
- 耐熱性向上により、高温混練樹脂にも
対応可能に

「高機能リグノセルロースナノファイバーの
一貫製造プロセスと部材化技術開発」発表
～ NEDO 非可食性植物由来化学品
製造プロセス技術開発事業～

(地独) 京都市産業技術研究所

仙波 健氏

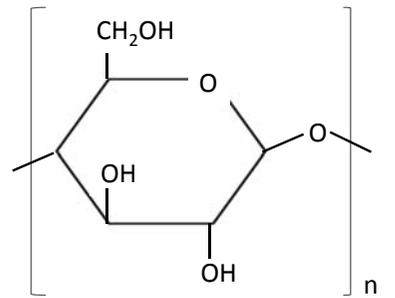
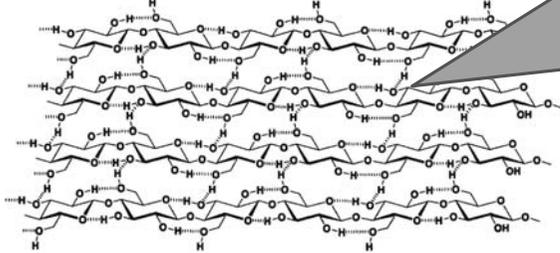


変性リグノセルロースナノファイバー強化 熱可塑性樹脂の開発

(地独)京都市産業技術研究所
仙波 健

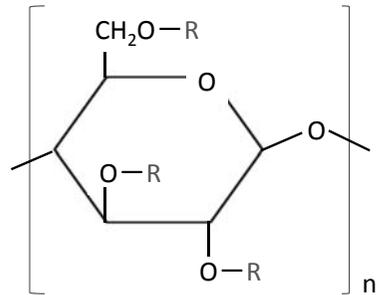
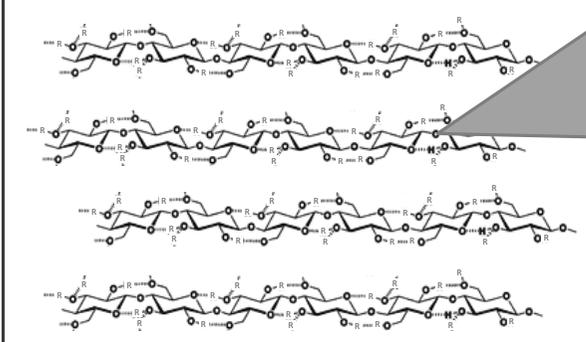
リグノセルロースの変性

未処理リグノセルロース



OH基の影響により水素結合が強く解れない

変性リグノセルロース



OH基の置換により水素結合が抑制

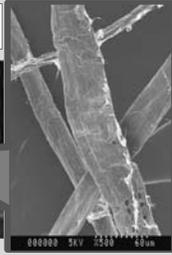


易解繊性の付与

リグノセルロースナノファイバーとポリマーの複合化の流れ

変性(化学修飾)工程

パルプ

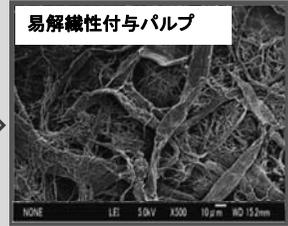


+

化学修飾剤

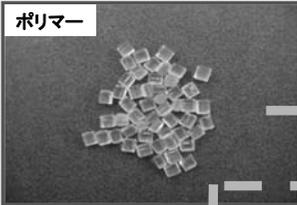


易解繊性付与パルプ



ポリマー複合化工程

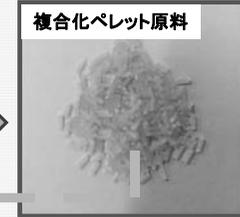
ポリマー



混練押出機

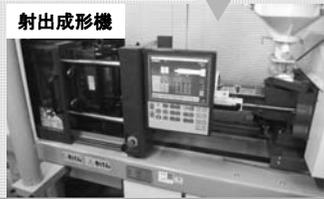


複合化ペレット原料

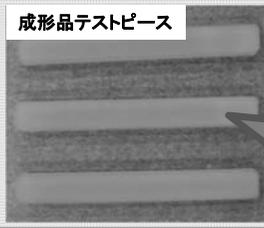


成形加工工程

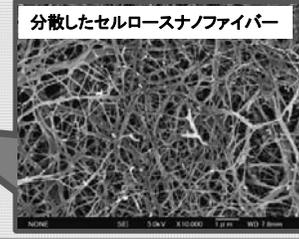
射出成形機



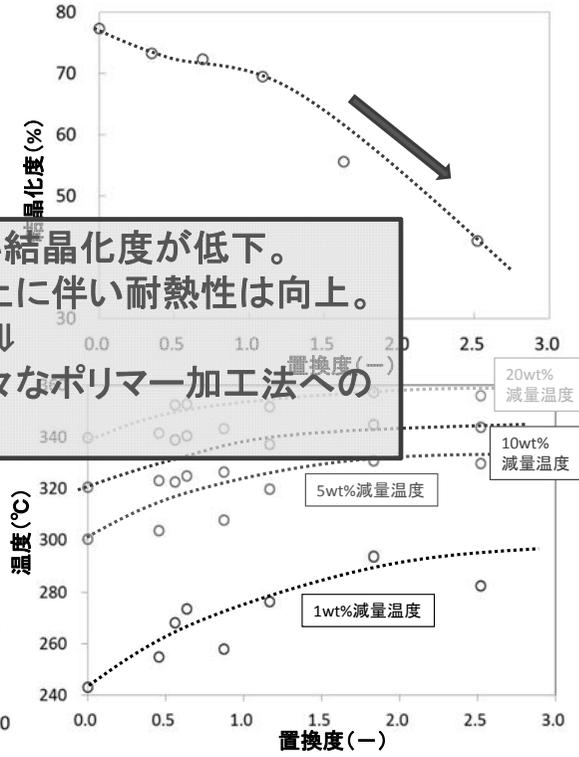
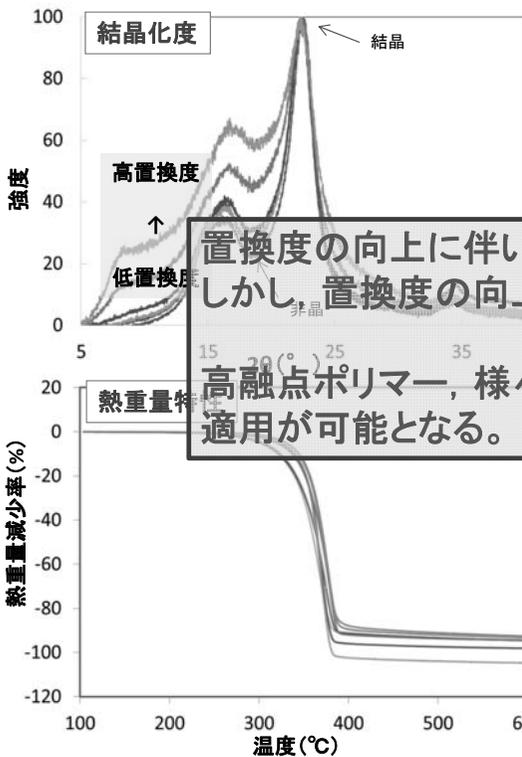
成形品テストピース



分散したセルロースナノファイバー



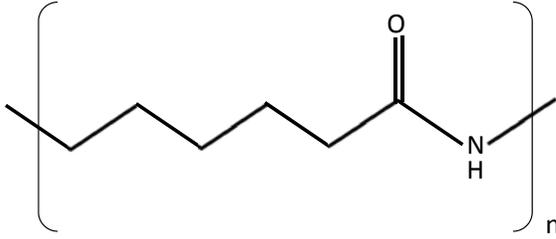
変性リグノセルロースナノファイバーの特性



変性リグノセルロースナノファイバーとPA6の複合化

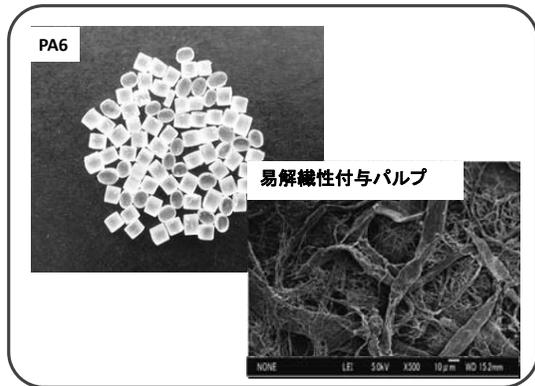
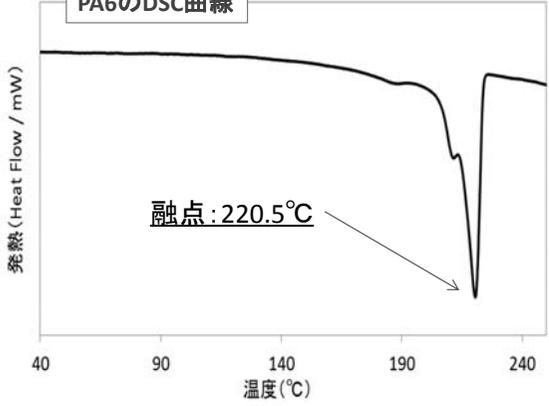
マトリックスポリマー: ポリアミド6

化学構造と特徴



- ・ 汎用エンジニアリングプラスチック
- ・ 耐薬品性(ガソリン, オイル)
- ・ 強靱性, 耐衝撃性など

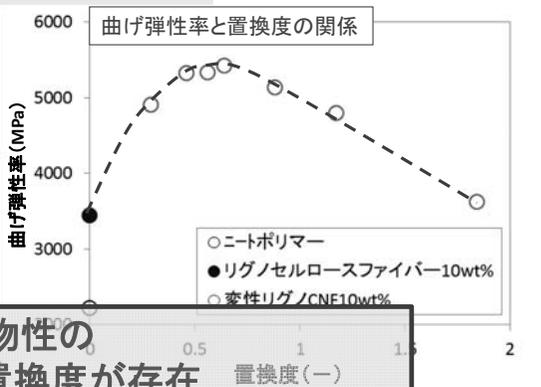
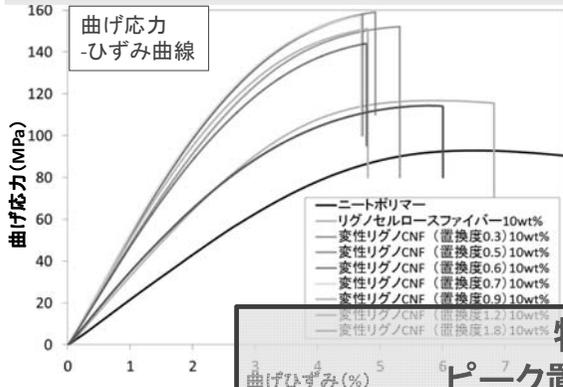
PA6のDSC曲線



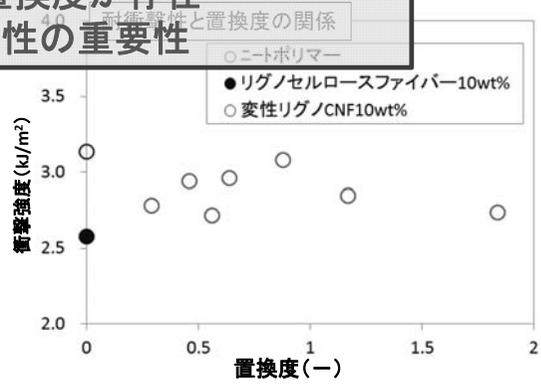
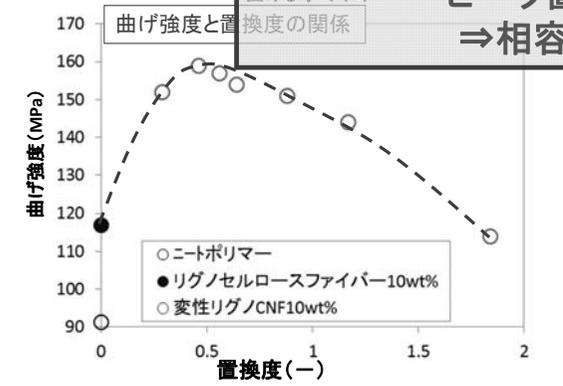
混練押出, 射出成形においては, 230~250°C程度の高温となる。

変性リグノセルロースナノファイバー強化PA6複合材料の特性 1

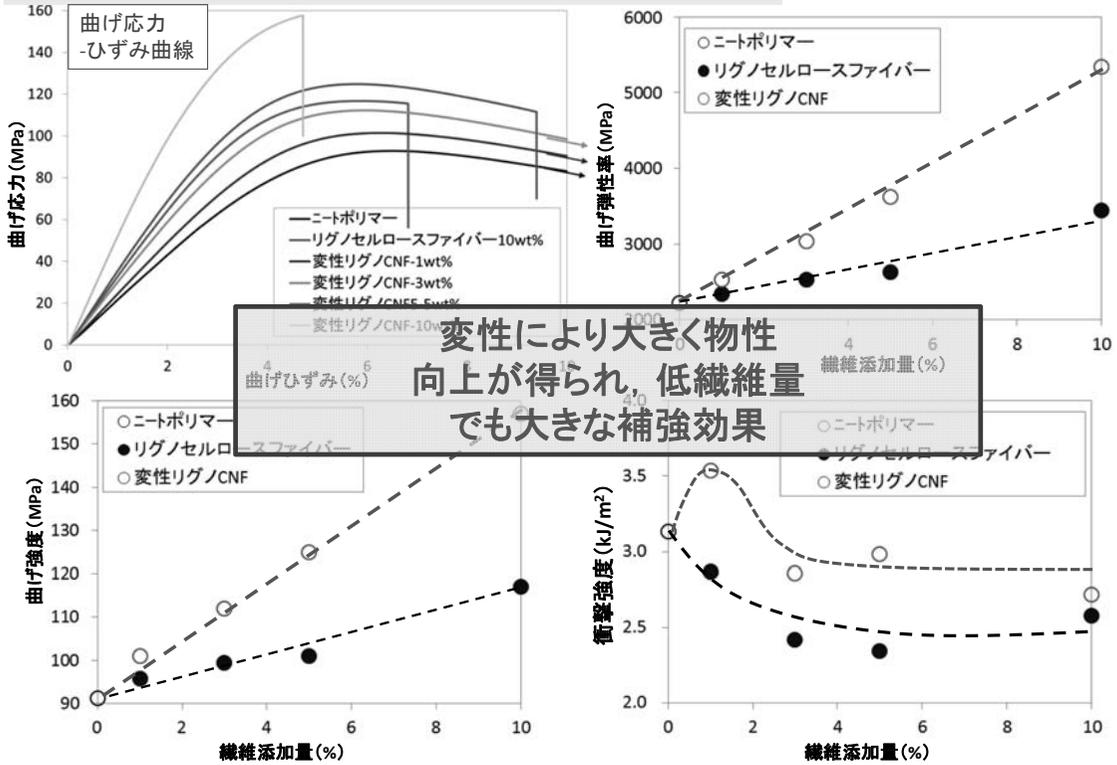
変性度合が力学的特性に及ぼす影響



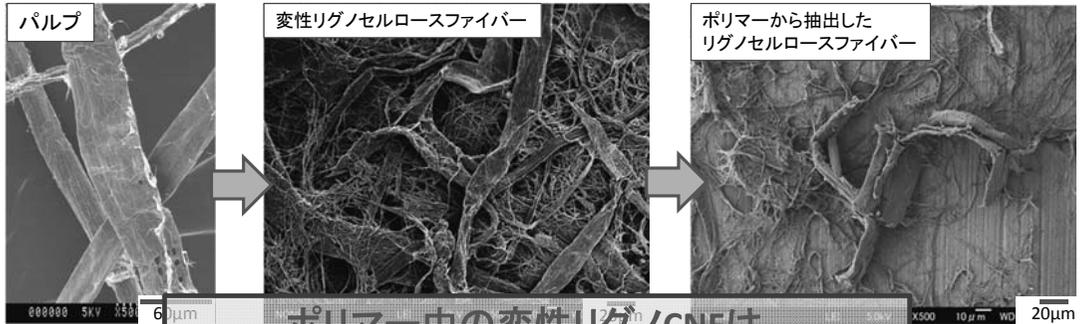
物性のピーク置換度が存在 ⇒ 相容性の重要性



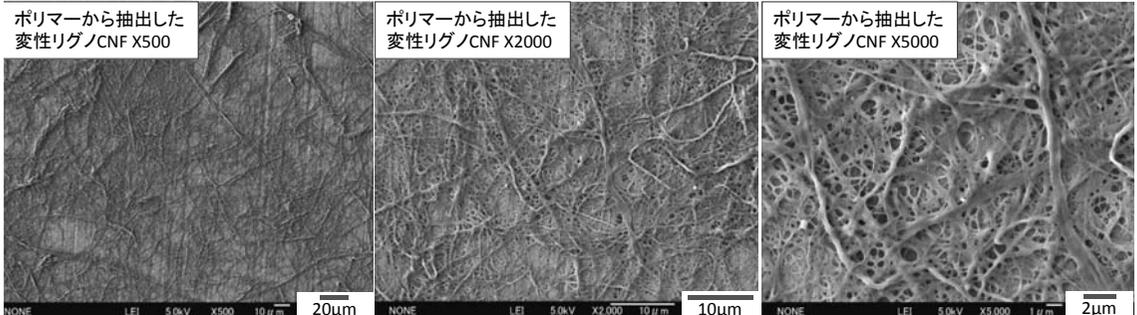
変性リグノセルロースナノファイバー強化PA6複合材料の特性 2 繊維添加量が力学的特性に及ぼす影響



変性リグノセルロースナノファイバー強化PA6複合材料の分散状態観察



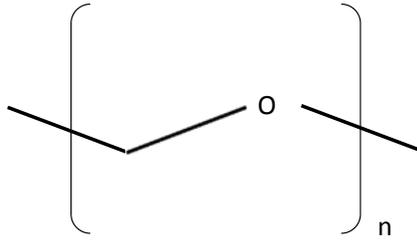
ポリマー中の変性リグノCNFは、サブミクロン以下のサイズ



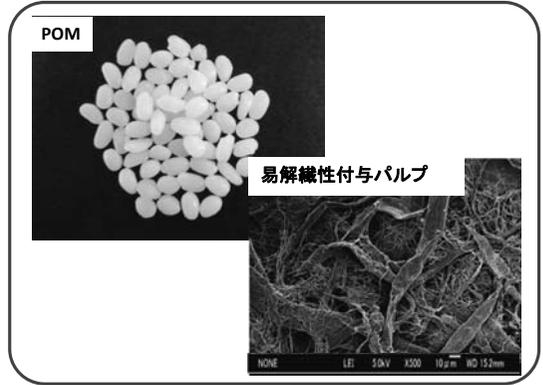
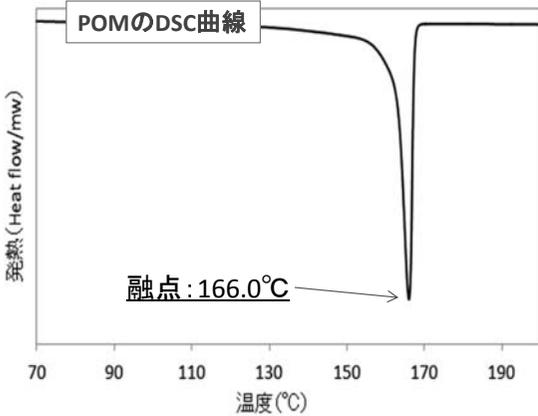
変性リグノセルロースナノファイバーとPOMの複合化

マトリックスポリマー: ポリオキシメチレンコポリマー

化学構造と特徴



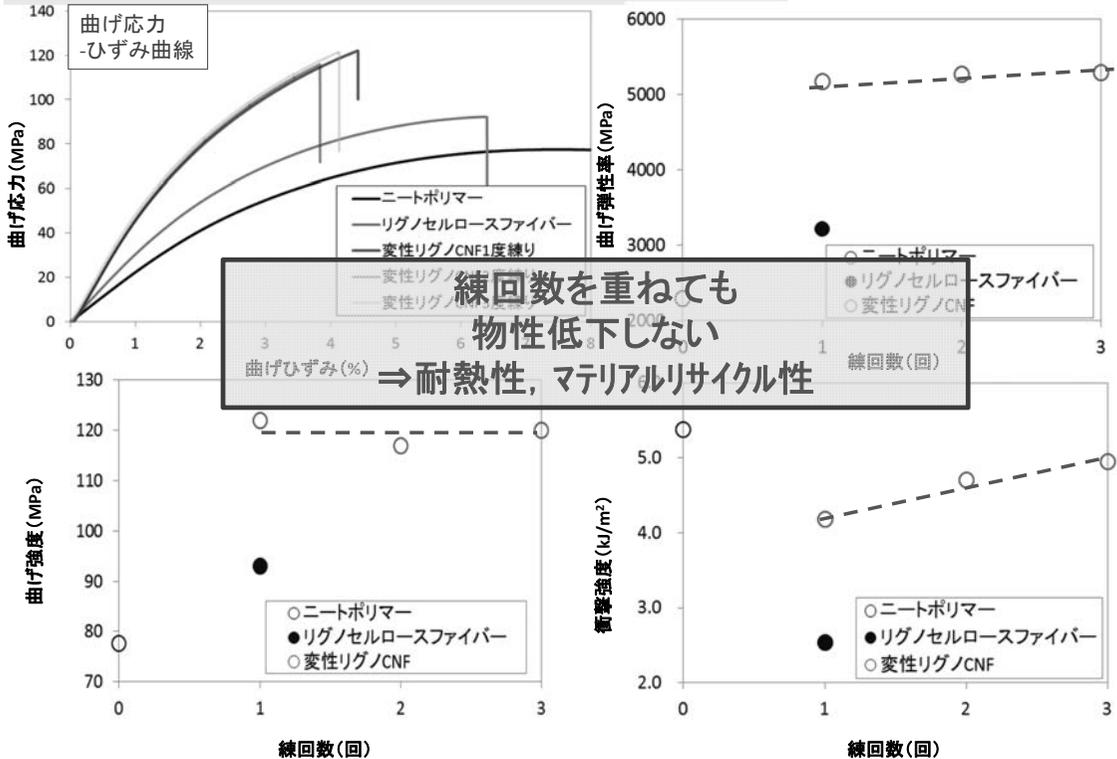
- ・ 汎用エンジニアリングプラスチック
- ・ 耐摩耗性, 摺動性
- ・ 寸法安定性
- ・ 低吸水性
- ・ 耐薬品性



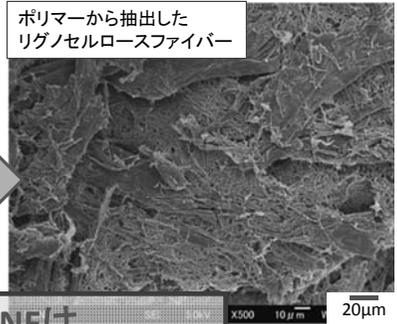
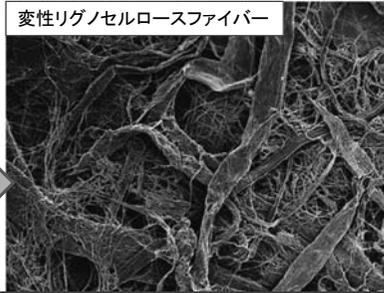
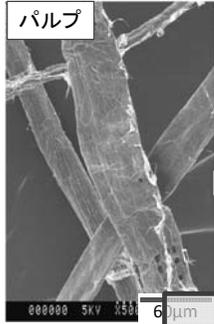
混練押出, 射出成形においては, 180~200°C程度の高温となる。

変性リグノセルロースナノファイバー強化/POM複合材料の特性

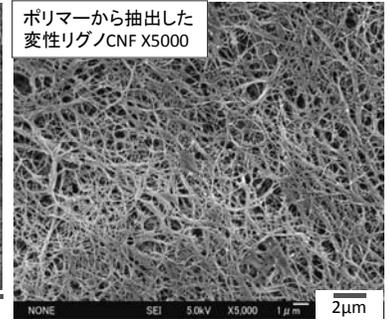
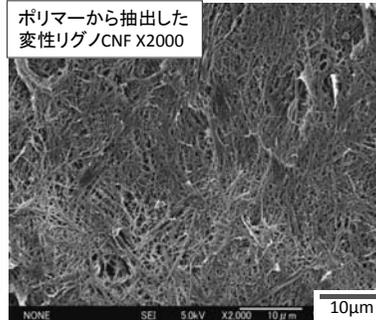
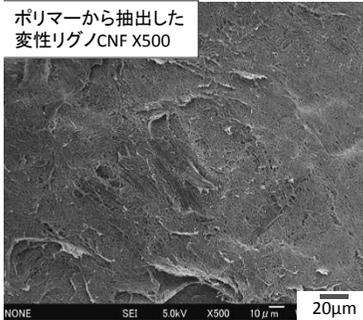
混練回数が力学的特性に及ぼす影響



変性リグノセルロースナノファイバー強化POM複合材料の分散状態観察



ポリマー中の変性リグノCNFは、
サブミクロン以下のサイズ



変性リグノセルロースナノファイバー強化熱可塑性樹脂複合材料のまとめ

セルロースファイバーの耐熱性向上

真空、圧空成形

射出成形

押出成形

圧縮成形 SHINTO

小林技研工業

変性によるリグノセルロースの耐熱性の向上
↓
各種ポリマー成形加工における熱劣化への耐性の向上

ポリマー複合材料においては、セルロースの僅かな劣化による異物の発生が、最終成形体の特性に影響を及ぼす。

三位一体の技術開発により、高性能セルロース系複合材料の開発を目指す

セルロースファイバーのナノ分散化

セルロースファイバー-樹脂の相容性向上

相容性良

相容性良

相容性悪

1 μm

100nm

2 μm

10 μm

10 μm

三菱化学 佐野博成氏提供

「高機能リグノセルロースナノファイバーの
一貫製造プロセスと部材化技術開発」発表
～ NEDO 非可食性植物由来化学品
製造プロセス技術開発事業～

(地独) 京都市産業技術研究所

伊藤 彰浩氏

セルロースナノファイバー 強化樹脂材料の発泡成形

(地独)京都市産業技術研究所
高分子系材料チーム
伊藤 彰浩

研究の位置付け

本プロジェクトで開発した材料
「CNF/熱可塑性樹脂複合高耐熱性材料」
(①PA6系・②POM系)
の発泡成形性及びその発泡体の物理的特性を
ラボスケールの発泡成形実験により
評価した。

PA6の発泡成形

PA6

融点: 約220°C

- 成形温度230~250°C
- 化学発泡剤の分解温度に対し高温
- 温度に制約のない物理発泡を適用

PA6発泡体の用途

- ・自動車・工業部品
- ・研磨パッド

PA6の発泡成形方法

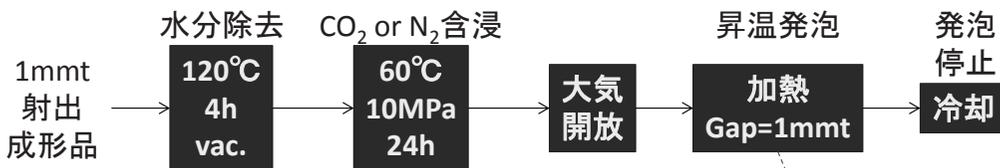
- ・工業的には射出発泡成形、押出発泡成形による連続生産が中心
- ・現段階ではサンプル作製量が限られるため、バッチ実験にて発泡体の成形性、物理的特性を評価

本プロジェクトで開発した材料を発泡成形
↓
軽量・高弾性率・高耐熱の発泡材料の開発

3

発泡体作製手順

バッチ式高圧ガス含浸(低温) → 昇温発泡



真空乾燥機



高圧容器 (オートクレーブ)

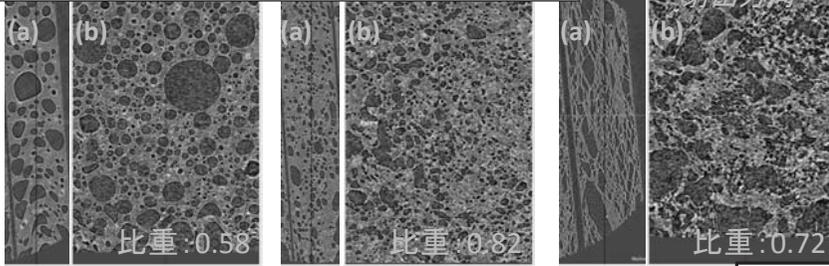


熱プレス機

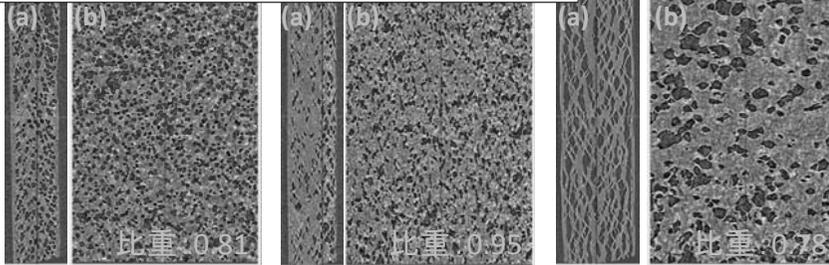
4

PA6系発泡体の気泡構造(一例)

発泡剤: CO₂、プレス温度245°C、プレス時間: 30s



発泡剤: N₂、プレス温度: 230°C、プレス時間: 10s

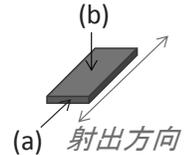


PA6

未変性CNF10%

A変性CNF10%

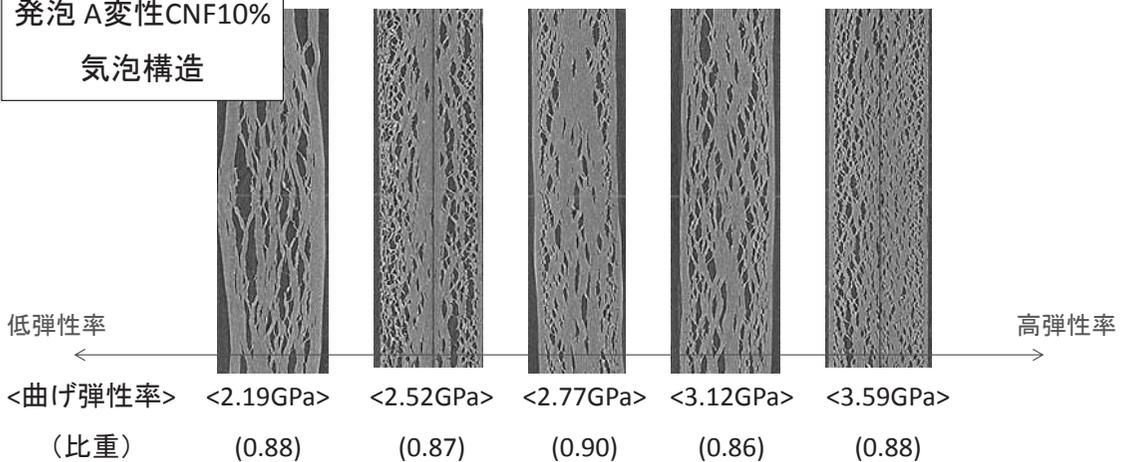
X線CT画像
観察方向



発泡条件により
気泡径・外観を
制御
↓
物性試験

発泡体の気泡構造と曲げ特性

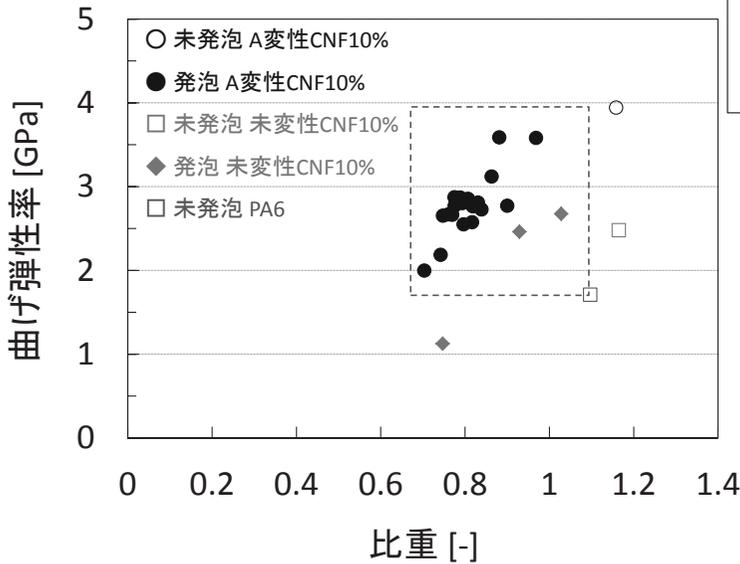
発泡 A変性CNF10%
気泡構造



同程度の比重の発泡体について...

- ・発泡体の表面平滑性が悪く、気泡が粗大なものや、厚み中央部が未発泡のものは低弾性率を示す。
- ・気泡が均一に分散しており微細なものは高弾性率・高強度を示す。

PA6系発泡体の曲げ弾性率



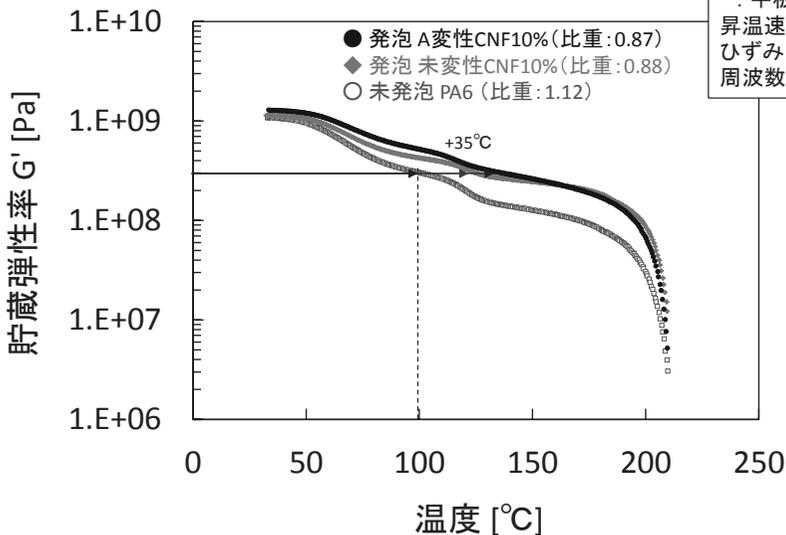
・熱プレス温度
・熱プレス時間
をえることで
発泡体の比重をコントロール

◇3点曲げ試験
・下部支点間距離
: 厚み × (16 ± 1) mm
・試験速度: 5 mm/min
・試験片形状
: 約 40 mm × 6 mm × 1 mm

・CNF複合化、変性処理によりPA6発泡体の弾性率が向上
・未発泡PA6よりも低比重で高弾性率(比重>0.7)

7

PA6系発泡体の動的粘弾性測定



ジオメトリ: トーション
サンプル形状
: 平板 (チャック間 10 mm × 6 mm × 1 mm)
昇温速度: 5 °C/min
ひずみ: 0.1%
周波数: 1 Hz

発泡A変性CNF10%は未発泡PA6よりも低比重で優れた高温特性を示す。

(ex. 比重2割減、135°Cで100°C PA6相当のG')

POMの発泡成形

POMは寸法精度が求められる精密機械部品に多用されるが、樹脂の収縮率が大きく、射出成形ではヒケなどが問題なり押出成形部材の2次加工により製造される。

その改善策の一例として発泡成形による寸法安定化が有効とされる。CNF添加によりさらに収縮(膨張)が抑えられればより寸法精度が増すと考えられる。

低発泡倍率で寸法精度を高め
機械的物性を維持して利用

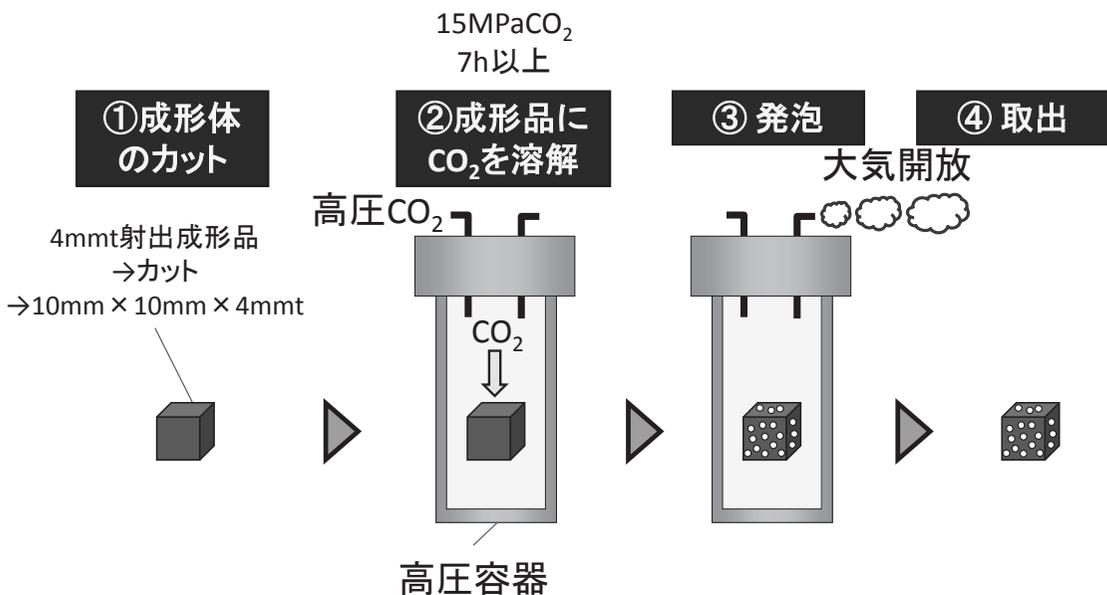
+ CNF複合化

低線熱膨張率で寸法精度の高い発泡材料の開発

9

発泡体作製手順

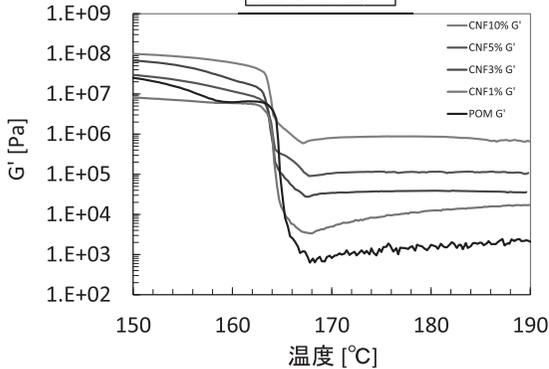
バッチ式高压ガス含浸(高温) → 圧力解放発泡



10

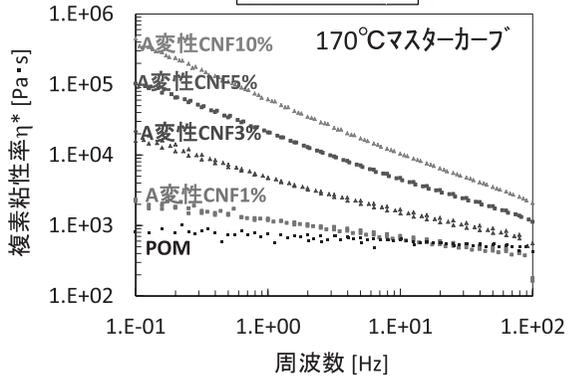
POM系の動的粘弾性測定

昇温測定



ジオメトリ: 8mmφ/平行プレート
 昇温速度: 2°C/min
 ひずみ: 0.1%
 周波数: 1Hz

周波数分散

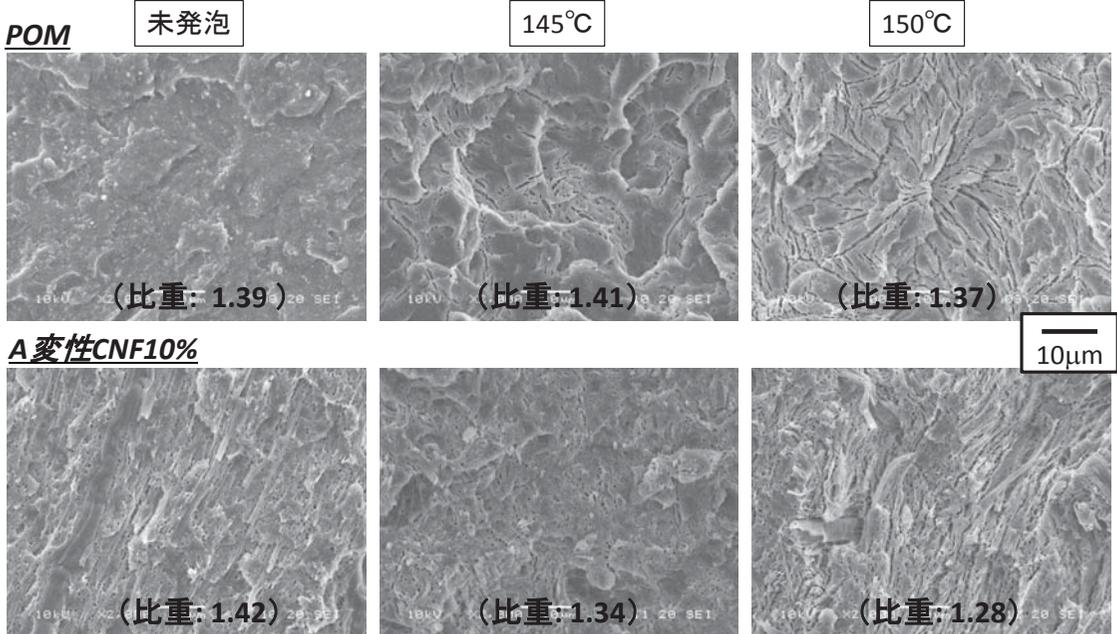


ジオメトリ: 8mmφ/平行プレート
 ひずみ: 0.1%
 測定温度: 170, 180, 190°C

- ・融点(165°C)付近でG'が急激に低下
 - ・A変性CNF含有量増加に伴い熔融状態でのG'が上昇
 - ・A変性CNF含有量増加に伴い特に低周波でのη'が上昇
- 気泡成長抑制の可能性

11

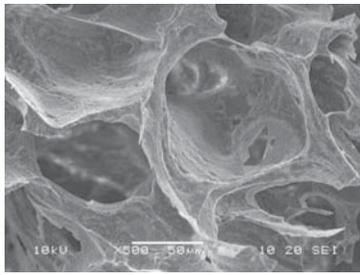
POM系発泡体の気泡構造(SEM像)145,150°C



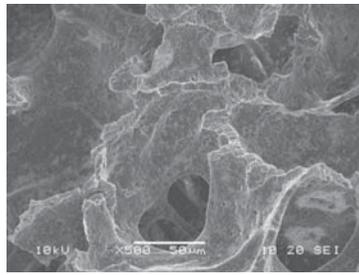
低倍率発泡条件においては、サブミクロンの微細気泡発生
 A変性CNF含有に伴い比重低下

12

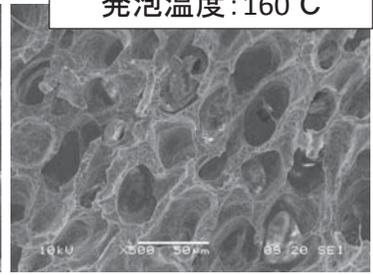
POM系発泡体の気泡構造 (SEM像) 160°C



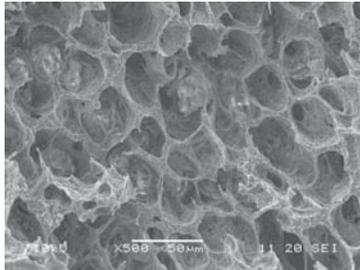
POM
(比重: 0.28)



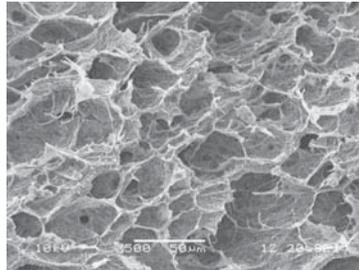
A変性CNF1%
(比重: 0.39)



A変性CNF3%
(比重: 0.43)



A変性CNF5%
(比重: 0.43)



A変性CNF10%
(比重: 0.44)

発泡温度: 160°C

50μm

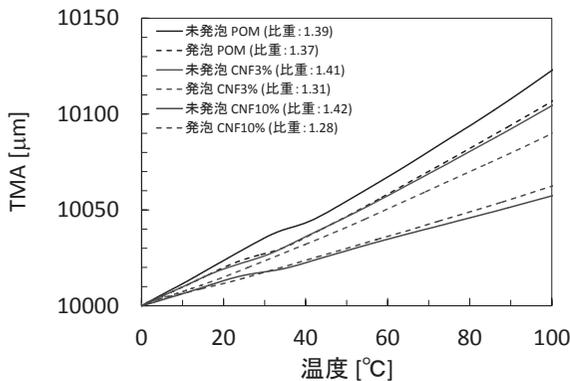
高倍率発泡条件では
CNF含有量: 増加
↓
気泡成長抑制
(気泡径: 減少)
独立気泡: 増加

13

POM系発泡体の線熱膨張率

POMは寸法精度が求められる部品に多用されるが、樹脂の収縮率が大きく、一例として発泡成形による寸法安定化が有効とされる。CNF添加によりさらに収縮(膨張)が抑えられればより寸法精度が増すと考えられる。

- ・測定モード: 膨張
- ・試験片寸法: 10mm × 10mm × 4mm
- ・昇温速度: 5°C/min
- ・測定温度範囲: -5°C以下~100°C



サンプル	比重 [-]	線熱膨張率 (0-100°C平均) [ppm/K]
未発泡 POM	1.39	124
未発泡 A変性CNF1%	1.41	114
未発泡 A変性CNF3%	1.41	106
未発泡 A変性CNF5%	1.41	77
未発泡 A変性CNF10%	1.42	56
発泡 POM	1.37	117
発泡 A変性CNF1%	1.32	114
発泡 A変性CNF3%	1.31	97
発泡 A変性CNF5%	1.29	87
発泡 A変性CNF10%	1.28	60

※110°C・48h真空乾燥後、室温24h以上経過後測定
※射出成形方向の値

- ・未発泡体について、CNF含有量の増加とともに線熱膨張率が低下
- ・発泡の前後で線熱膨張率に大きな変化なし
(発泡体についても、CNF含有量の増加とともに線熱膨張率が低下)

14

まとめ

セルロース/熱可塑性樹脂複合材料の発泡特性を評価

セルロース複合化、セルロース変性により...

① PA6系

- ・発泡体の曲げ弾性率が向上
- ・発泡体の高温での弾性率が向上

② POM系

- ・熔融状態の弾性率、粘度が上昇
- ・低倍率発泡条件においては比重低下
- ・高倍率発泡条件においては気泡成長抑制
- ・発泡体の線熱膨張率が減少

今後は、本結果をフィードバックしての発泡に適した複合材料開発、
工業的な発泡成形方法での試験が望まれる。

「高機能リグノセルロースナノファイバーの
一貫製造プロセスと部材化技術開発」発表
～ NEDO 非可食性植物由来化学品
製造プロセス技術開発事業～

星光 PMC (株)

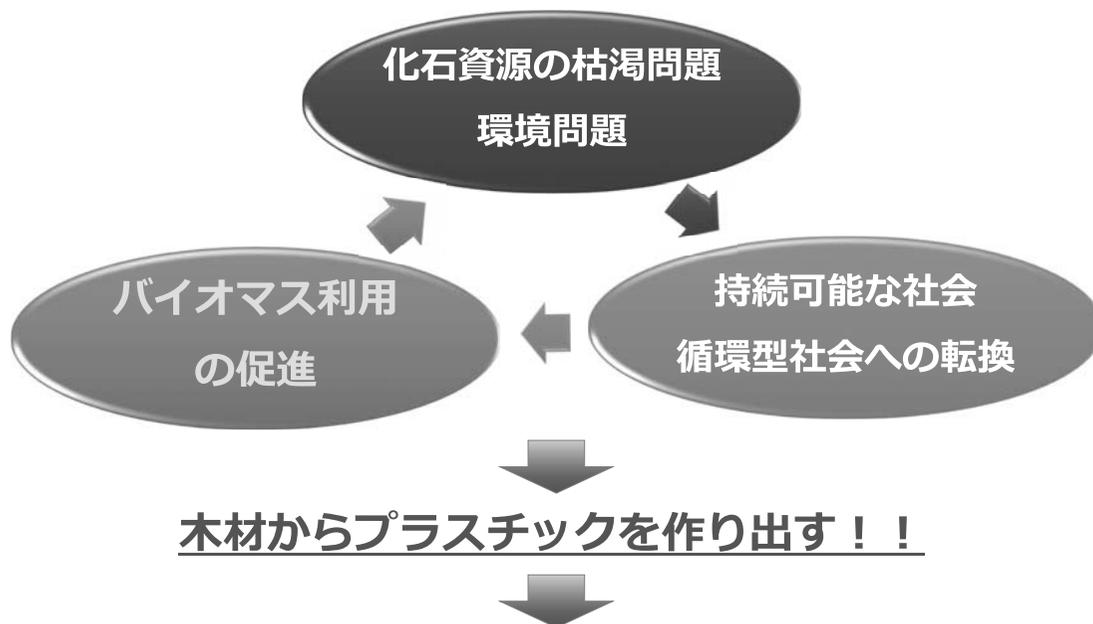
山田 修平氏

高植物度熱可塑性 リグノセルロースナノファイバー 材料の開発

星光PMC株式会社 新規開発本部 ○山田 修平 佐藤明弘
京都大学 生存圏研究所 矢野 浩之 中坪 文明 安藤 大将

1

緒言



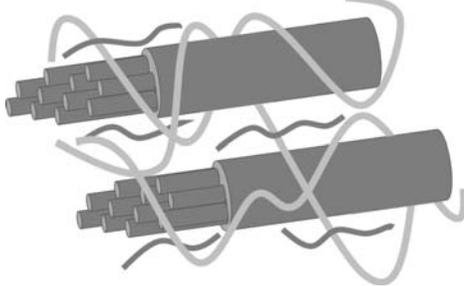
天然のナノコンポジットである植物細胞の構造を活かした
高植物度リグノCNF材料の開発を目指す

2

緒言

天然のナノコンポジットである植物細胞の構造を活かした
高植物度リグノCNF材料の開発を目指す

植物細胞の構造



■ セルロース ■ ヘミセルロース ■ リグニン

<天然のナノコンポジット>

フィラー成分
: セルロースナノファイバー
(CNF)

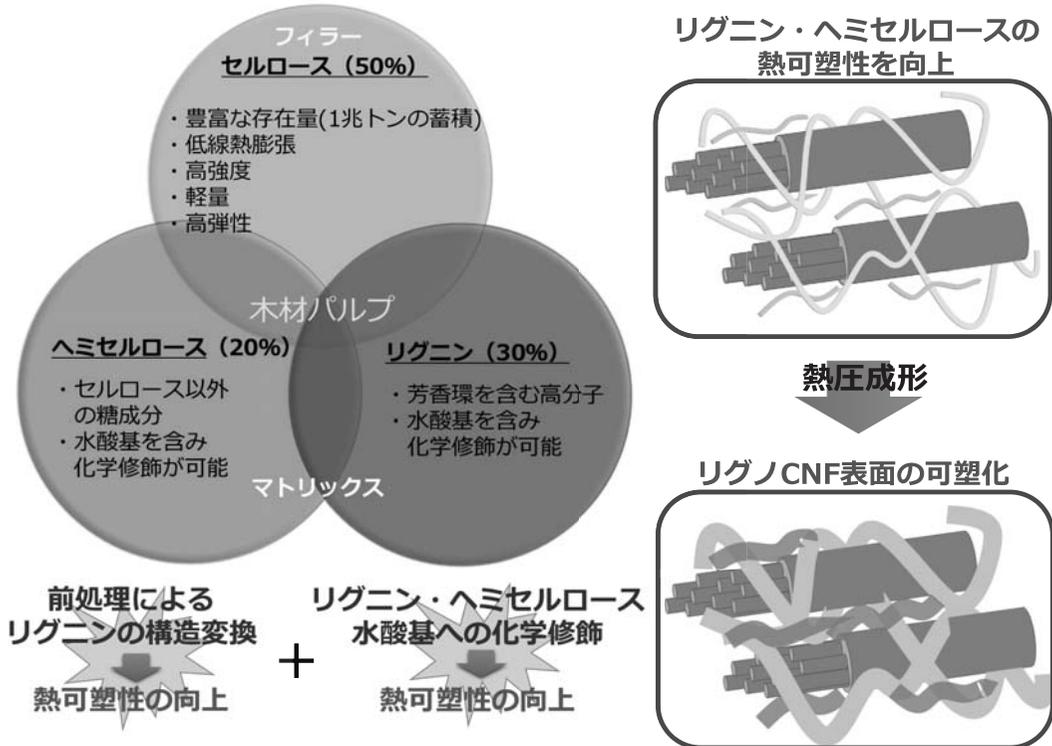
マトリックス成分
: ヘミセルロース
リグニン

高植物度リグノCNF材料の開発

- ✓ 高植物度
- ✓ 低線熱膨張率
- ✓ 高強度
- ✓ 軽量化

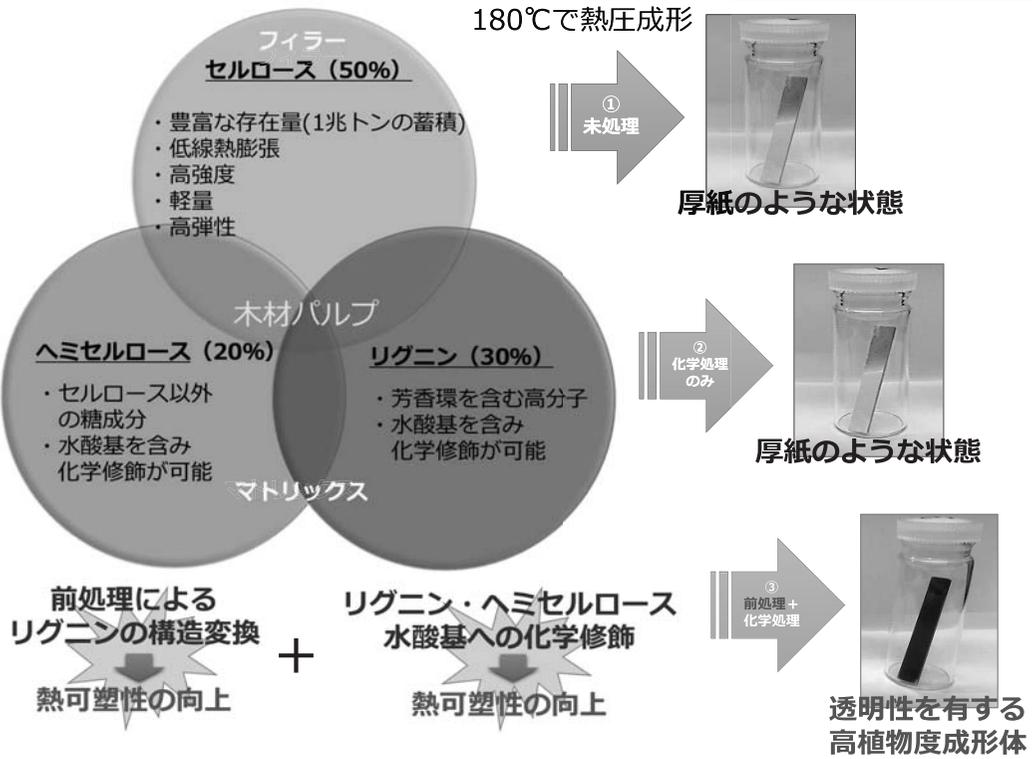
3

アプローチ



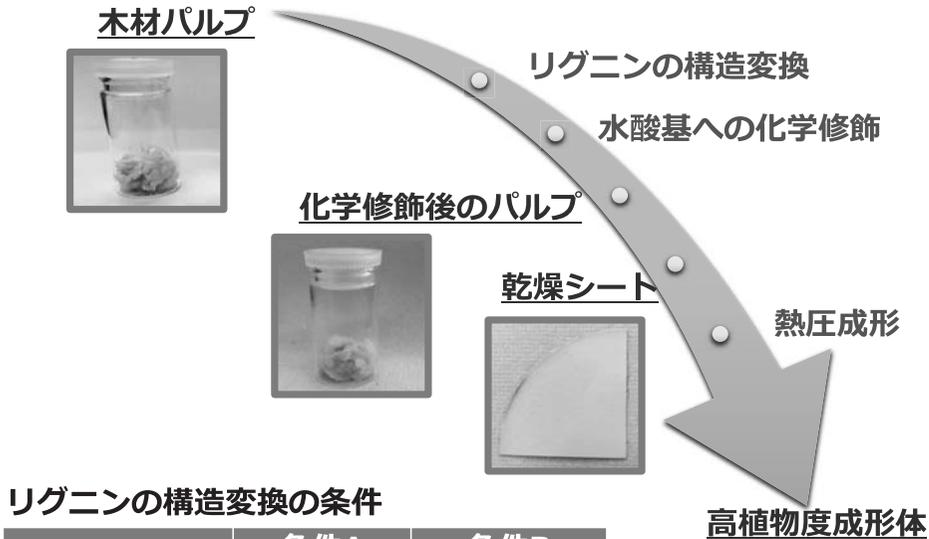
4

概要



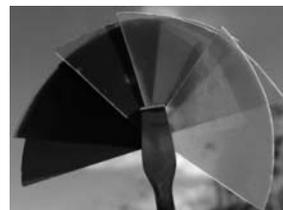
5

木質パルプの熱可塑化（リグニンの構造変換）



リグニンの構造変換の条件

	条件A	条件B
植物度	約85%	
成形温度	190℃	170℃
密度(g/cm ³)	1.35	1.36



6

熱圧成形体の物性

	条件A	条件B	
植物度	約85%		高植物度
成形温度	190℃	170℃	
曲げ弾性率	10.4 GPa	8.9 GPa	高弾性
曲げ強度	75 MPa	80 MPa	
貯蔵弾性(25℃)	16.5 GPa	13.8 GPa	
線熱膨張率(20-100℃)	25.6 ppm/K	14.9 ppm/K	
鋼鉄1gと同等剛性を得るための必要量	0.47g	0.50g	

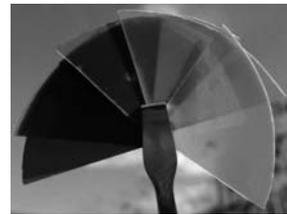
アルミ並みの 鋼鉄と比較して
低線熱膨張係数 53%の軽量化

鋼鉄並みの 鋼鉄と比較して
低線熱膨張係数 50%の軽量化

7

結言

高植物度リグノCNF材料の熱可塑性を利用することで高植物度、高弾性率、低線熱膨張の熱可塑性成形体を開発！



高植物度

高弾性

鋼鉄並みの 鋼鉄と比較して
低線熱膨張係数 50%の軽量化

	植物度 (%)	密度 (g/cm ³)	曲げ弾性率 (GPa)	線熱膨張係数 (ppm/K)	鋼鉄と同等剛性を得るための必要量 (g)
高植物度成形体	85%	1.36	8.9	14.9	0.5
鋼鉄	-	7.80	210	13	1
アルミ	-	2.70	70	24	-

8

「工学との連携による農林水産物由来の
物質を用いた高機能性素材等の開発」発表
～農研機構・革新的技術創造促進事業
「異分野融合共同研究」～

信州大学 カーボン科学研究所

野口 徹氏

Nanocellulose Symposium 2015

第280回生存圏シンポジウム

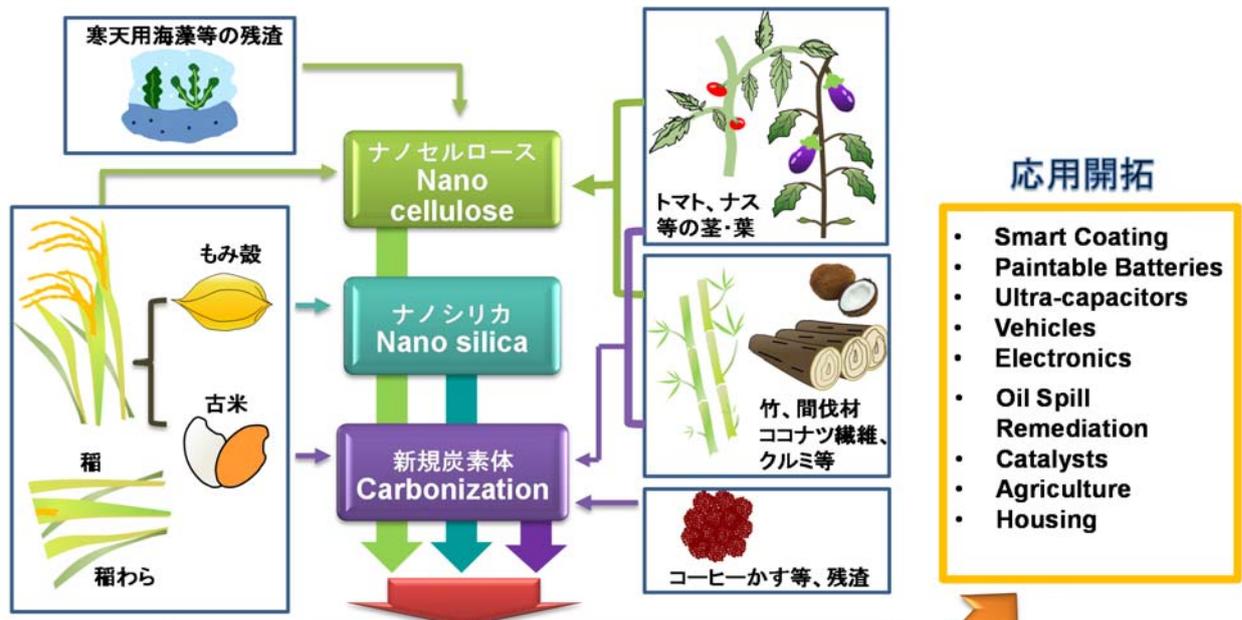
農林水産省「革新的技術創造促進事業(異分野融合)」
 「工学との連携による農林水産物由来の物質を
 用いた高機能素材等の開発」
ナノセルロース・スーパーコンポジットの開発

KYOTO, JAPAN March 20, 2015
 京都テルサ テルサホール

信州大学 カーボン科学研究所
 野口 徹

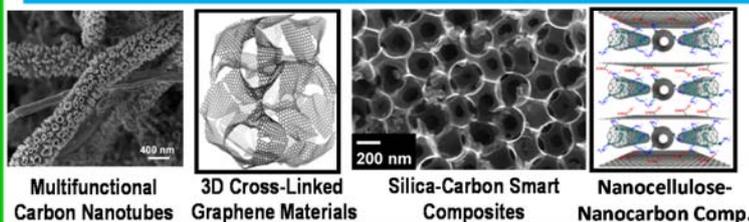
農林水産物由来のナノ物質開拓(ナノ・ナノ複合)の研究展開

2P/16



国際的視点で日本の農工連携研究の戦略的展開を推進

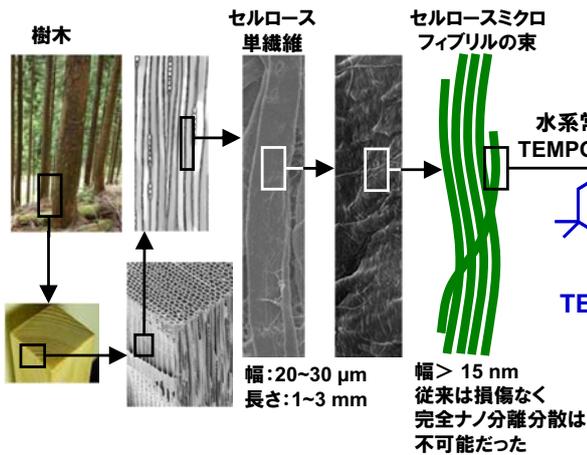
ナノ材料とのナノ・ナノ複合 (Nano-Nano Combination)



シナジー効果を発揮してコンソーシアムの成果を一層高める

NanoAgri
 ConsorHum

樹木セルロースの階層構造

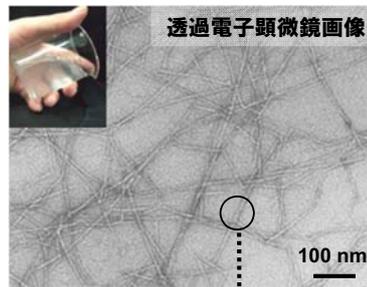


TEMPO触媒酸化で得られる新規セルロースナノファイバーの特長

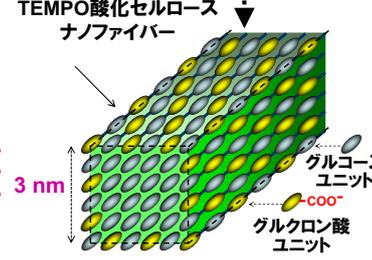
- ① 3 nmの超極細、均一幅の新規バイオナノファイバー
- ② 70%以上の高結晶化度 → 高強度、6 ppm/kの低線熱膨張率
- ③ 表面に高密度のカルボキシル基: 表面構造改質・制御が可能
- ④ 完全にナノ分散したシングルナノファイバー
- ⑤ キャストフィルムは高酸素バリア性、高強度、高透明性
- ⑥ カーボンニュートラル: 素材の環境適合性
- ⑦ 常温常圧での水系触媒反応: 変換プロセス・反応の環境適合性
- ⑧ 極めて低い解繊エネルギー: ナノ分散工程の低環境負荷

TEMPO酸化セルロースナノファイバー (TOCN)

幅: 3 nm, 結晶化度 > 70%
セルロース鎖分子30~40本からなる、超極細均一幅、結晶性バイオナノ素材



構造モデル



1本のセルロース分子

バリューチェーン&サプライチェーン

農林水産物由来原料、残渣



エネルギー貯蔵デバイス、他

伊那食品工業、ルビコン

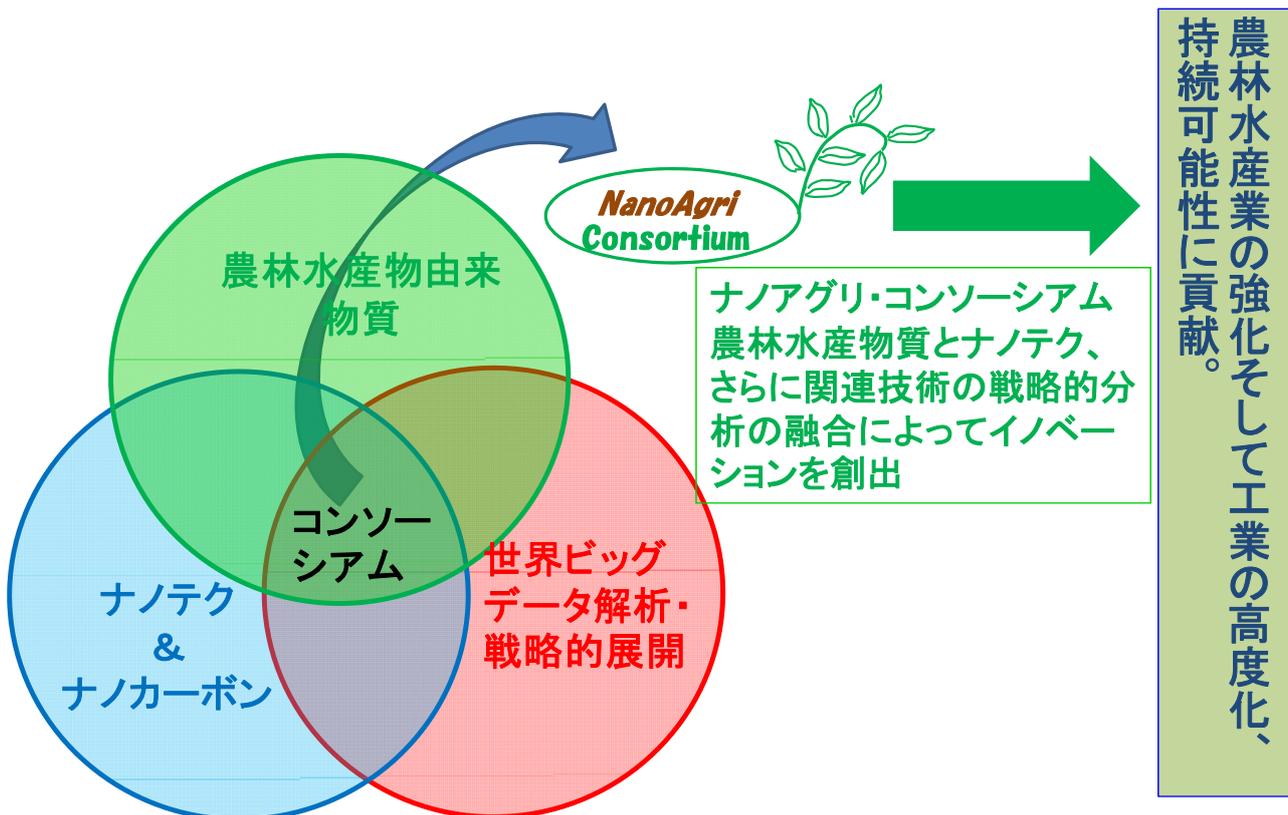
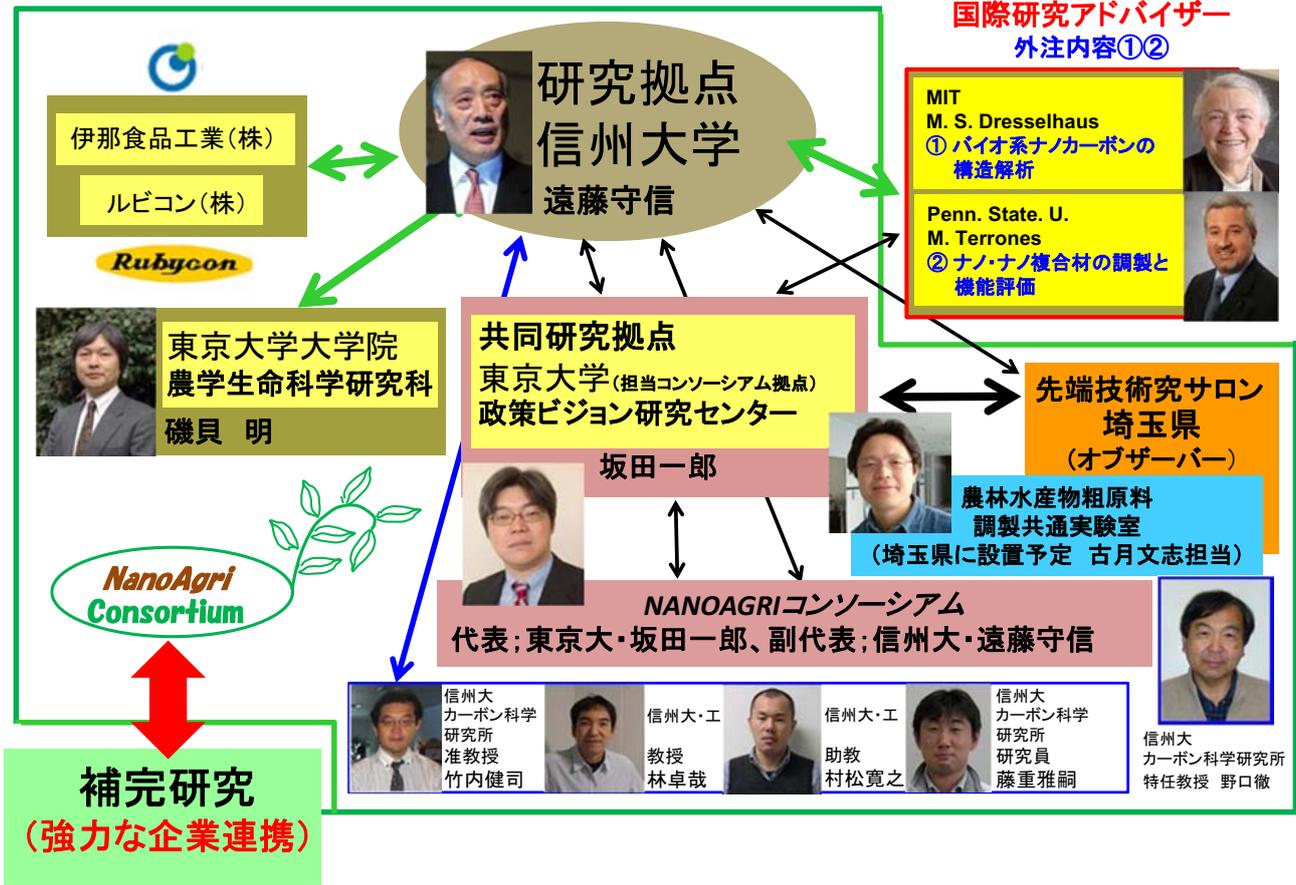


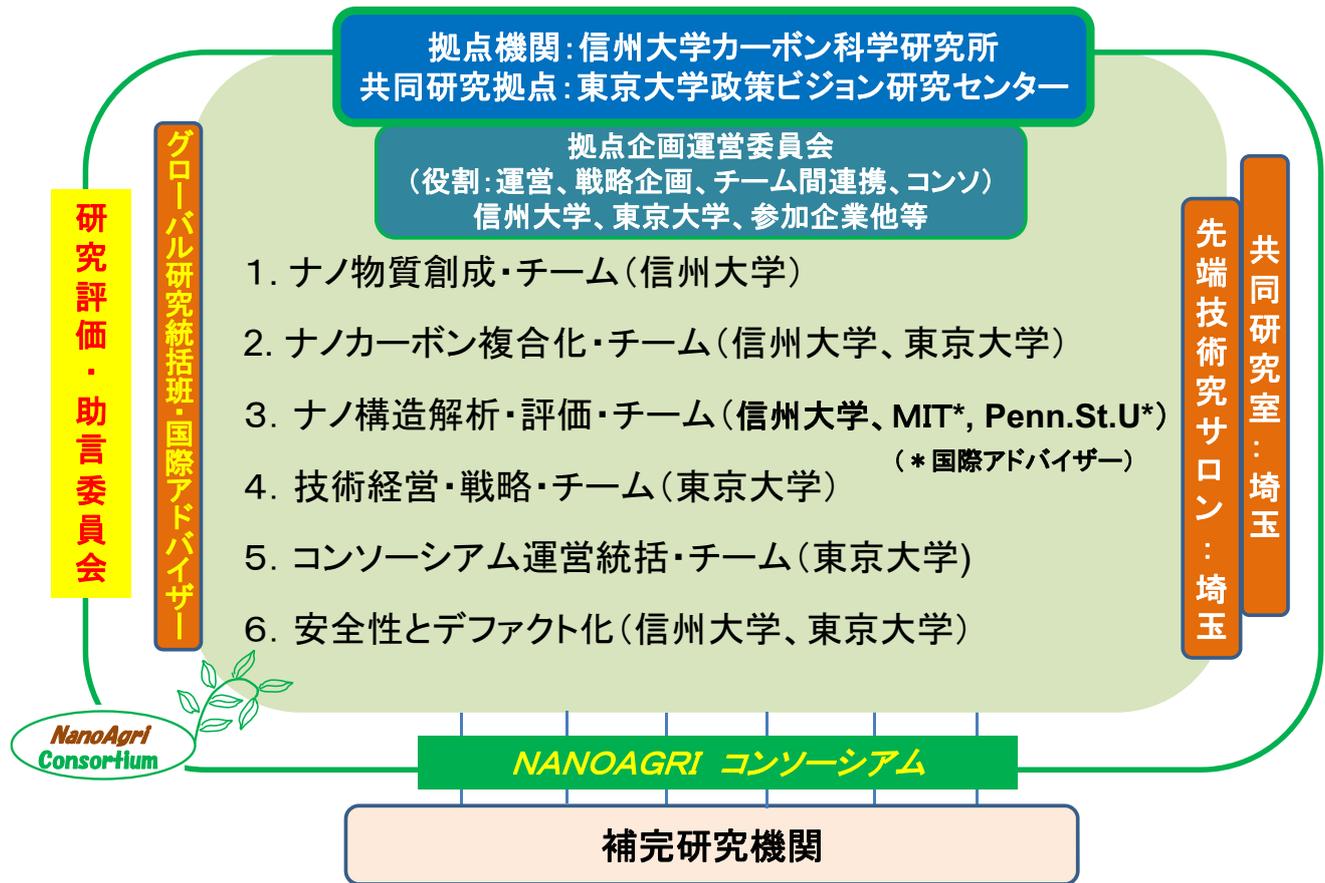
応用分野

- ・輸送機器
- ・電子機器
- ・エネルギー貯蔵デバイス
- ・スマートコーティング
- ・油回収剤
- ・浄水剤
- ・エアフィルター
- ・触媒担体
- ・土壌改良剤
- ・農業機器・資材
- ・住宅資材
- ・ゴムシール材
- ・エラストマー複合材

ナノ・ナノ複合 (Nano-Nano Combination)、デバイス化

デファクト化・安全性





ナノアグリコンソーシアムのまとめ

工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた高機能性素材等の開発

研究テーマ

1. 農林水産物粗原料のナノ化・高純度化処理技術の開発
2. 複合素材開発に最適な構造を有するナノセルロース調製法等の確立
3. 農林水産物由来物質とのナノコンビネーション化のためのカーボンナノチューブの分散技術の開発
4. 農林水産物由来ナノセルロース等とナノカーボンの複合化による物性(機械強度、軽量等)や機能(電気・熱伝導性等)が優れた新規先端材料の開発
5. 農林水産物由来物質を原料とする高機能性ナノカーボン材料の開発とエネルギー貯蔵デバイス等への応用

NANOAGRI Consortium (ナノアグリ・コンソーシアム)

農林水産物由来物質とナノテク、さらに技術・研究動向分析の戦略的融合によってイノベーションを創出し、農業の強化そして産業の高度化に貢献する。特に世界トップレベルの農業技術と工業技術を有する日本でのみ可能な両分野の共創を当”ナノアグリ・コンソーシアム”によって推進し、我が国が固有に成しうる新たな技術分野の開拓に寄与したい。その際、ナノテク最高レベルの研究者から成る国際アドバイザーによるグローバル視点の助言を得て、新しい科学と技術、安全性研究等のこれまでの広範な研究蓄積を基盤に、世界影響力を拓きつつデファクト化に繋げて人類規模の貢献を目指す。

農産廃棄物・林地残材

セルロース (50%)

ヘミセルロース (20~30%)

リグニン (30~20%)

NC

中性の水系高純度化システム
TEMPO/NaOCl/NaO₂Cl系
触媒酸化

TEMPO酸化セルロース

カルボキシル基密度: 1.7 / nm²

4 nm

表面カルボキシル化

高純度ナノセルロース調製法検討

幅: 3 nmで均一高アスペクト比

CNT

CNT凝集体

分散

多層CNT

単層CNT

従来法を越える最適化分散手法

カーボンナノチューブ凝集体からの高度分散法の検討

ナノ・ナノ複合化

セルレーションモデル

セルレーション複合材料モデル等によるNCとCNTによるナノ・ナノ複合の実現

セルレーション構造のTEM像

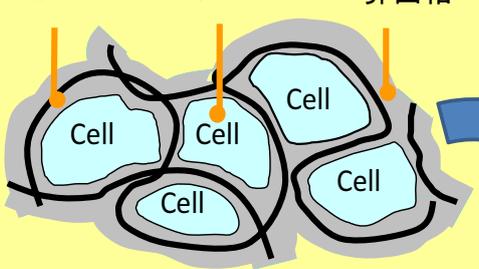
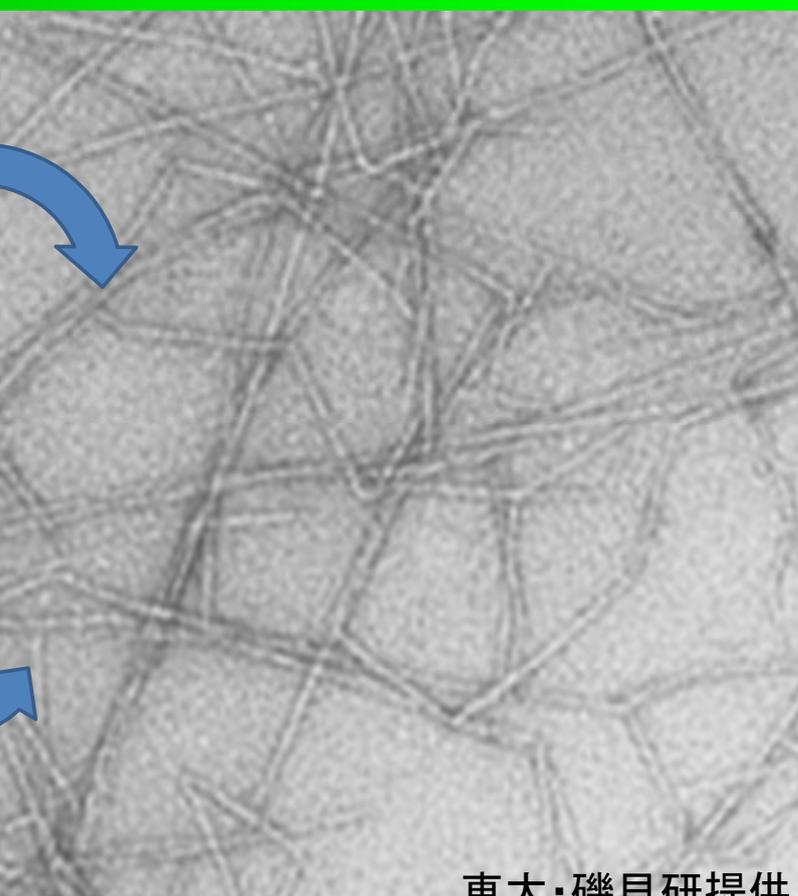
(a) 3 wt% (b) 17wt% (c) 37wt%

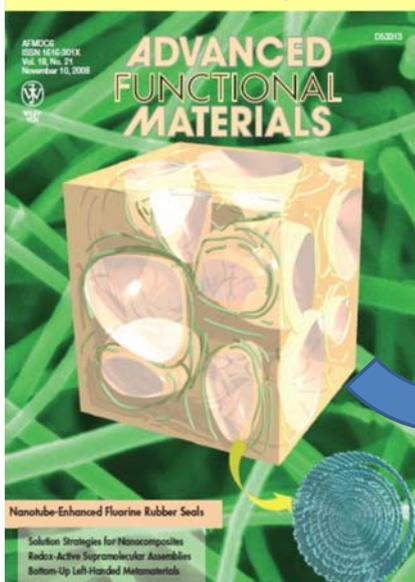
ナノセルロース・セルレーションへ

CNT

マトリックス

界面相



東大・磯貝研提供

【 研究の目的 】

工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた高機能性素材等の開発において、農林水産物由来のナノセルロースおよびバイオ系ナノカーボンを用いた高機能性、低コストのナノ・ナノ複合材を創出するとともに用途を開発し新産業創出、農業の活性化に貢献する。

【 領域別研究戦略の位置づけ 】

『農産物や木材由来のセルロースナノファイバー(NC)を用いた素材開発』

『ナノカーボンを用いた素材開発』

【 ナノセルロースの魅力 】

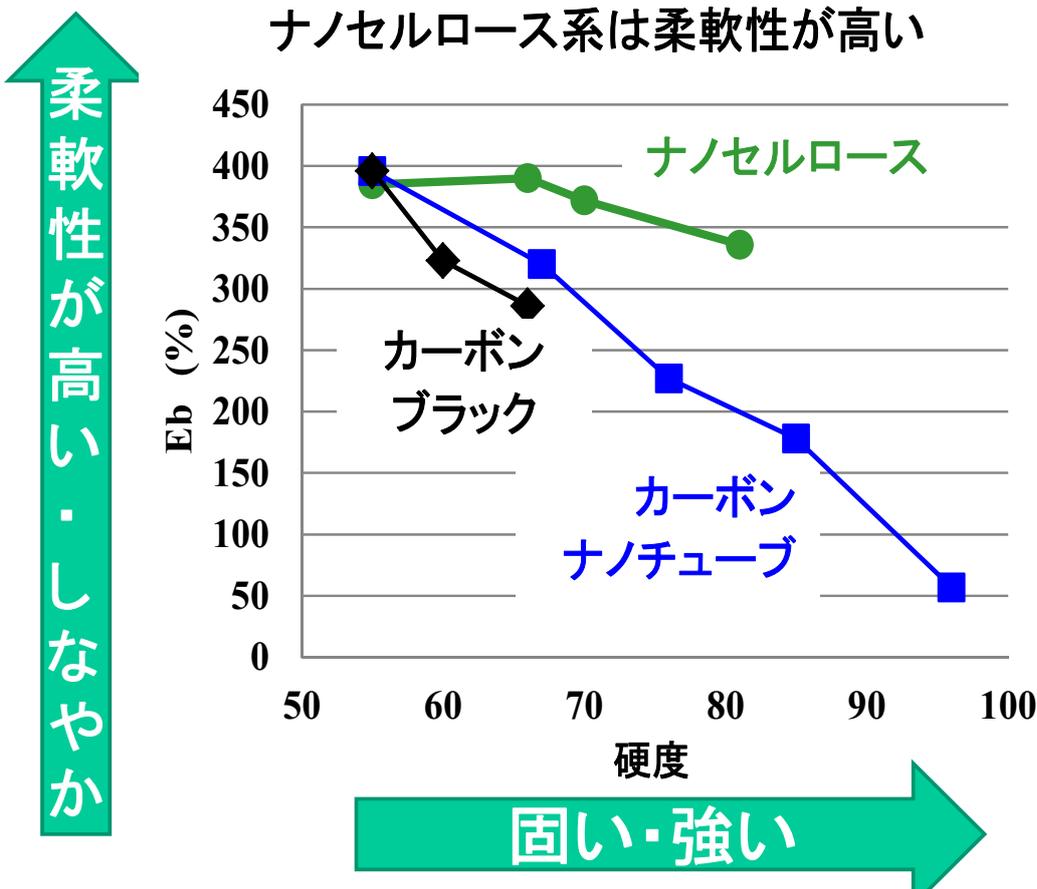
- ・化学合成では製造できない均質な極細のナノセルロース
- ・高強度、高柔軟、安定した高温特性を兼ね備えた高分子複合材料を与える
- ・化石燃料使用量削減 ・社会情勢に影響を受けない安定供給が可能

【 目標 】

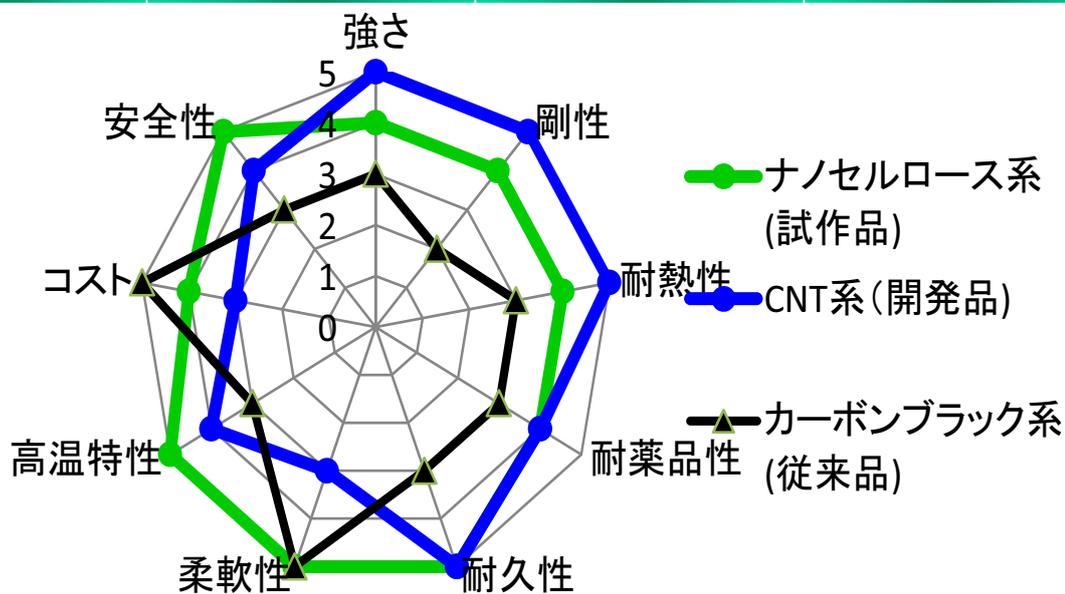
カーボンナノチューブセルレーション技術を用いてナノセルロースおよびバイオ系ナノカーボン高分子複合材料を実用化する。

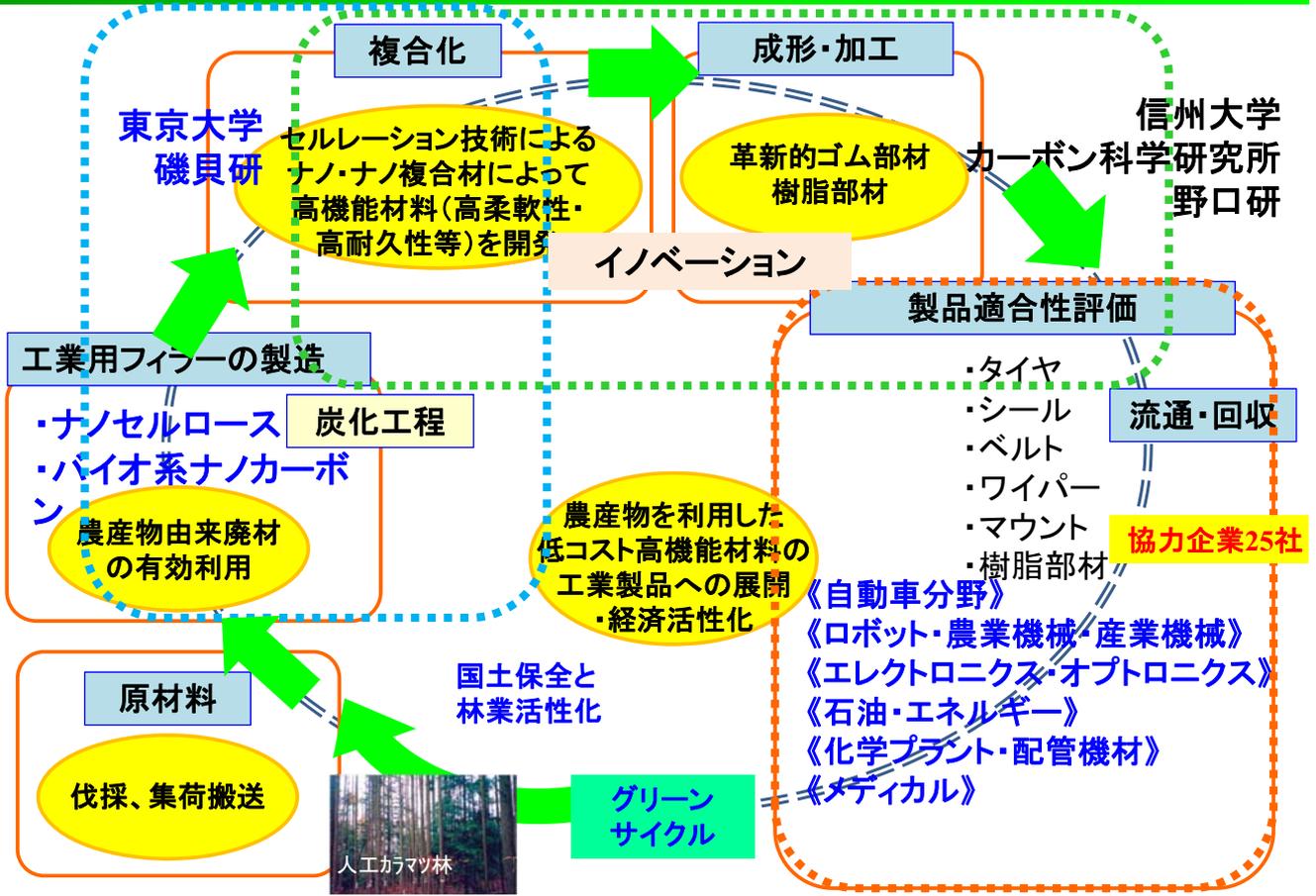
カーボンナノチューブ, ナノセルロースの比較

	ナノセルロース	カーボンナノチューブ
直径	3-4nm : 1とすると	2-7nm : 10~100
価格	10-100nm : 1とすると	10-30nm : 5~30
長さ	5μm以上 調整可能	1-10μm 調整困難
形状	ペースト状 スラリー状 ゲル状	固形 水分散液
強度・弾性率	○	◎
柔軟性	◎	○
耐熱性	max 150°C(推定)	max 500°C
耐薬品性	○	◎



	ナノセルロース系	CNT系	カーボンブラック系
	試作品	開発品	従来品
電気特性	絶縁体	強帯電防止	弱帯電防止
カラリング	着色可能	黒色	黒色





「工学との連携による農林水産物由来の
物質を用いた高機能性素材等の開発」発表
～農研機構・革新的技術創造促進事業
「異分野融合共同研究」～

(独) 農林水産省森林総合研究所

林 徳子氏

革新的技術創造促進事業(異分野融合共同研究)
工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた高機能性素材等の開発

補完する拠点研究機関の試験研究計画名:
「農林水産物由来のナノ材料の創成と応用の開拓」

補完研究計画名:
「物理処理と酵素処理を併用した木質材料由来
ナノファイバーの食品への応用」



独立行政法人森林総合研究所

林 徳子

16p/1

研究の目的

- ① 拠点研究の対象とされない国産広葉樹、竹等の木質系バイオマスを用い、低環境負荷な方法でのナノファイバー生産
- ② 上記ナノファイバーの生産スケールアップシステムの確立
- ③ 上記ナノファイバーを食品工業分野等に活用するための安全性の確認、品質管理等を含めた実用化技術の開発研究

- ・ 国産材500万m³の需要拡大の一助として国産広葉樹・竹の利用開拓
- ・ 中山間地の活性化
- ・ 機械的破碎の際にセルラーゼを用いることで、エネルギー負荷の低減などより環境負荷の低い方法でセルロースのナノ化が可能
- ・ 拠点研究機関や他の補完研究機関との協力

16p/2

開発すべき技術的課題

既に食品添加物として利用されている微細繊維状セルロースよりもさらにダウンサイジングされたナノセルロースの食品安全性が未だ確立されていないことから、

- ① 本研究で利用したいと考えているヘミセルロースリッチなセルロースナノファイバーを食品工業分野に活用するための一連の処理技術の確立
- ② 当該ナノセルロースの生産スケールの拡大
- ③ 食用途への安全性の確立ならびに実用化技術の確立
- ④ 出口企業との連携強化による他の多糖類ゲル等との複合化技術を開発して実用化にアプローチ

16p/3

世界各国でのセルロースナノファイバーの安全性評価

機関	安全性評価の状況
PFI (ノルウェー)	多種類のCNFの細胞毒性を評価し、CTAB吸着CNF以外、毒性なしとの結果を得ている。
VTT (フィンランド)	未修飾CNFについて細胞毒性・遺伝性試験を行い、毒性なしの結果を得ている。
UPM (フィンランド)	UPM-Biofibrilsの安全性を確認している。フィンランド労働健康研究所、Stora Ensoと協力し、労働者の安全について評価を行っている。
Innventia (スウェーデン)	他の機関と連携して評価中である。
FPL (米国)	NIOSH(米国労働安全衛生研究所)でCNCの安全性を確認中であり、近くレポート提出予定である。
メイン州立大学 (米国)	外部機関に評価依頼し、無毒との評価を得ている。
FPIInnovations (カナダ)	硫酸基を持つCNCについてはカナダの安全性評価をクリアしている。
トロント大学 (カナダ)	環境への影響、遺伝毒性、細胞毒性について試験し、安全との評価を得ている。

平成24年度中小企業支援調査(セルロースナノファイバー)(経産省)

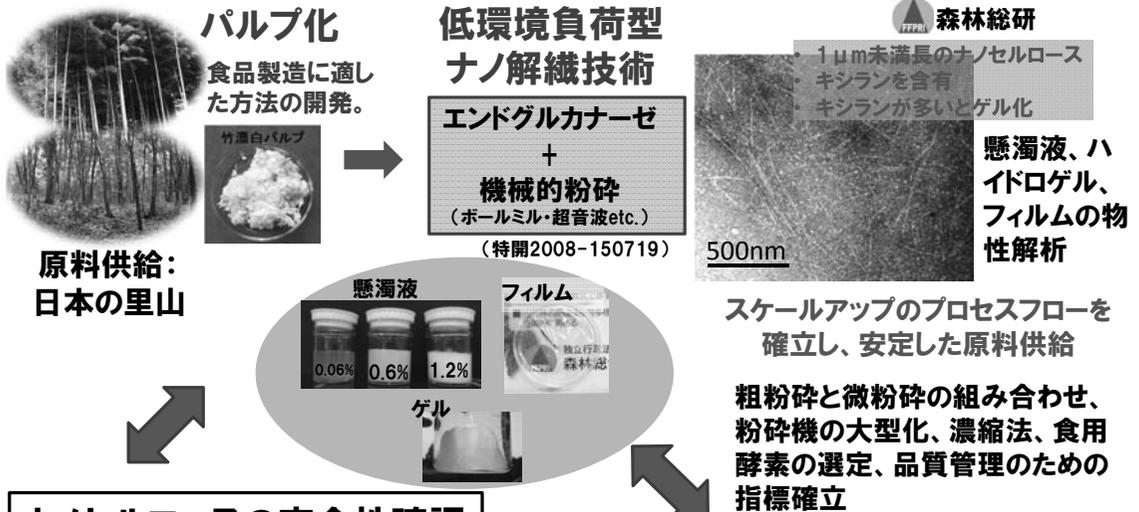
既存添加物名簿収載品目リスト(最終改正 平成26年1月30日)

番号	名称	品名/別名	簡略名又は類別名	基原・製法・本質	用途	備考
45	サバクヨモギシードガム (サバクヨモギの種皮から得られた、多糖類を主成分とするものをいう。)	アルテミシアシードガム サバクヨモギ種子多糖類		キク科サバクヨモギ(<i>Artemisia halodendron</i> TURCZ. ex BESS., <i>Artemisiaaordosica</i> KRASCHEN, <i>Artemisia sphaerocephala</i> KRASCH)の種子の外皮を、脱脂、乾燥して得られたものである。主成分は、α-セルロースを基本骨格に持つ、中性多糖類及び酸性多糖類である。	製造用剤 増粘安定剤	Artemisia sphaerocephala seed gum Artemisia seed gum
250	微結晶セルロース (バルブから得られた、結晶セルロースを主成分とするものをいう。)	結晶セルロース	セルロース	バルブから得られた、結晶セルロースを主成分とするものである。乾燥物及び含水物がある。	製造用剤	Microcrystalline cellulose
251	微小繊維状セルロース (バルブ又は綿を微小繊維状にして得られた、セルロースを主成分とするものをいう。)		セルロース	バルブ又は綿を微小繊維状にして得られた、セルロースを主成分とするものである。	増粘安定剤 製造用剤	Microfibrillated cellulose
280	粉末セルロース (バルブを分解して得られた、セルロースを主成分とするものをいう。ただし、「微結晶セルロース」を除く。)		セルロース	バルブを分解して得られた、セルロースを主成分とするものである。	製造用剤	Powdered cellulose
281	粉末モミガラ (イネのみ殻から得られた、セルロースを主成分とするものをいう。)			イネ科イネ(<i>Oryza sativa</i> LINNE)のみ殻を、微粉砕して得られたものである。主成分はセルロースである。	ガムベース	Powdered rice hulls
353	リントーセルロース (ワタの単毛から得られた、セルロースを主成分とするものをいう。)		セルロース	アオイ科ワタ(<i>Gossypiumhirsutum</i> LINNE)の葉の単毛を、精製して得られたものである。主成分はセルロースである。	製造用剤	Linter cellulose
145	サバクヨモギシードガム (サバクヨモギの種皮から得られた、多糖類を主成分とするものをいう。)	アルテミシアシードガム サバクヨモギ種子多糖類		キク科サバクヨモギ(<i>Artemisia halodendron</i> TURCZ. ex BESS., <i>Artemisiaaordosica</i> KRASCHEN, <i>Artemisia sphaerocephala</i> KRASCH)の種子の外皮を、脱脂、乾燥して得られたものである。主成分は、α-セルロースを基本骨格に持つ、中性多糖類及び酸性多糖類である。	製造用剤 増粘安定剤	Artemisia sphaerocephala seed gum Artemisia seed gum
329	モウソウテク乾留物		竹乾留物	イネ科モウソウテク(<i>Phyllostachys heterocycla</i> MITF.)の茎をチップ状にしたものを、減圧加熱下で乾留したのもより得られたものである。	製造用剤	Mousouchiku dry distillate
331	木材チップ	シュベアーネ		カバノキ科ハンバミ(<i>Corylus heterophylla</i> FISCHER var. <i>thunbergii</i> BLUME)又はフナ科ブナ(<i>Fagus crenata</i> BLUME)の幹枝を熱水殺菌したものを、粉砕して得られたものである。	製造用剤	Wood chip

指定添加物のほか、わが国において広く使用されており、長い食経験があるものは、例外的に使用、販売等が認められており、既存添加物名簿に収載されています。この類型は、平成7年の食品衛生法改正により、指定の対象が、化学的合成品から、天然物を含む全ての添加物に拡大された際に設けられました。

16p/4

竹、国産広葉樹についての前処理・解繊技術の確立およびスケールアップ



ナノセルロースの安全性確認

- 昭和三女子大 森林総研
- 消化管での挙動・安全性の確認(大腸上皮細胞、マウスへの経口投与、消化管内でのNCの物性確認)
 - ヒトへの投与

ナノセルロース利用食品の開発

- 昭和三女子大 伊那食品工業
- チキントロピー性に基づくさっぱりした粘性を利用した食品への応用
 - 他の多糖類との複合化による利用開発

16p/12

なぜナノセルロースを食品に？

(セルロースは不溶性食物繊維)

食生活の欧米化に伴う大腸憩室疾患、大腸癌等成人病の増加



- 不溶性食物繊維による糞便量の増加は病気の治癒や予防につながる
- その他にも高齢者増加に伴い、増粘多糖の需要は増加中

本研究においては

- ナノセルロースの大腸での作用は？
 - ヘミセルロース(キシラン)が含まれる利点は？
 - 動物実験に続いて、ヒトでの安全性は？
- を確認し、生産のスケールアップを図る

- セルロースの食品用途の需要は多く、大量の消費が期待できる。
- ナノセルロースと食品工業とのコラボレーションによる、農林水産業の強化。
- キシラン含有ナノセルロースはナノカーボンとの相溶性良好。拠点研究機関への提供可能。

16p/6

各種のセルロースナノ化処理で得られるセルロースナノファイバー

ナノ化処理	特徴	呼称
強酸	<ul style="list-style-type: none">・ 枝分かれの無い棒状・ 短い(幅:10-50nm, 長さ:500nm)・ 高結晶性・ ヘミセルロースは含まない	セルロースナノクリスタル
高圧ジェット噴射、グラインダーなど機械的解繊	<ul style="list-style-type: none">・ 幅が一様でない・ 枝分かれが多い・ 長い(1 μm以上) → 低濃度でゲル化、粘度が高くなる	セルロースナノファイバー
TEMPO触媒酸化	<ul style="list-style-type: none">・ 表面がカルボキシル化・ 長い(幅3-4nm, 1 μm以上) → 低濃度でゲル化、粘度が高くなる。	
機械処理とエンドグルカナーゼ併用	<ul style="list-style-type: none">・ 枝分かれ少なく棒状・ 長さ300nm-1 μm・ ヘミセルロースの影響 → 低濃度でゲル化するが操作性良	ナノクリスタルとナノファイバーの間

16p/7

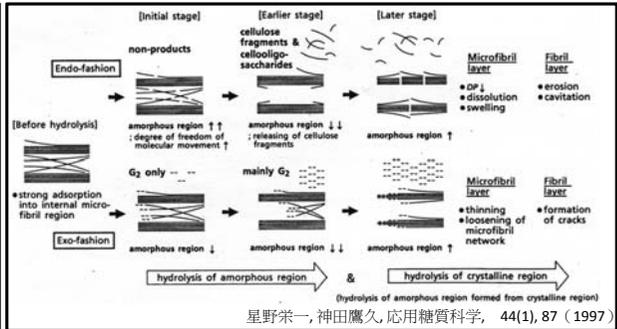
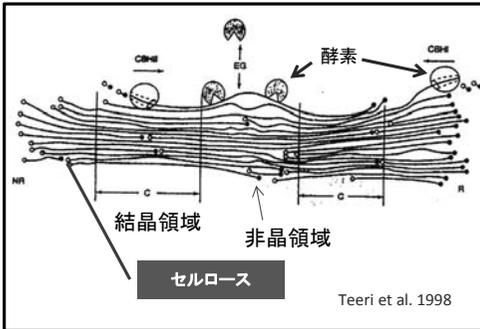
セルラーゼの種類とセルロースの分解

- セルラーゼとは、セルロースを分解する酵素(タンパク質)で、微生物、植物界で広く生産されている。特に強力なセルラーゼは *Trichoderma* 菌などカビ由来のものである。
- セルラーゼをその作用機作で分類すると下記の3つに大きく分類される。

- Endo: endoglucanase (EG): セルロースの非晶領域に作用
- Exo: cellobiohydrolase (CBH): 結晶領域に作用
- β glucosidase: 上記の酵素が生成した2糖類(セロビオース)をグルコースに分解

➡ 相乗的に作用してセルロースを分解

セルラーゼの分解様式

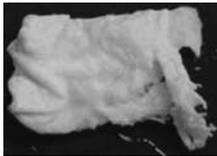


セルロース→グルコース

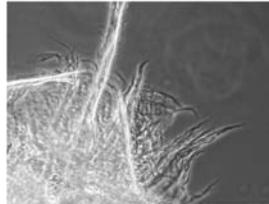
セルロースマイクロフィブリルはまずフィブリル化=ナノ化
16p/8

機械的破碎と酵素を用いた場合のセルロースの形態の相違

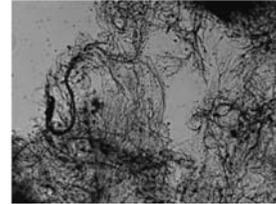
ホヤの外殻



ホモジナイザーのみ



セルラーゼ+軽度のホモジナイザー



ナノファイバー

機械的解繊によるナノファイバー化

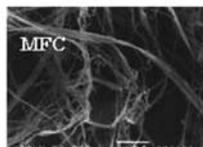


図1 クラフトパルプとそれを解繊したマイクロファイブリル化セルロース(MFC)

京都大学 矢野研究室HPより

ウォータージェットによるナノファイバー化

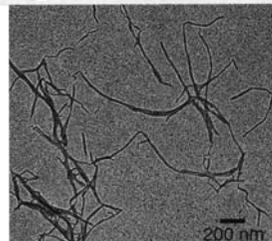
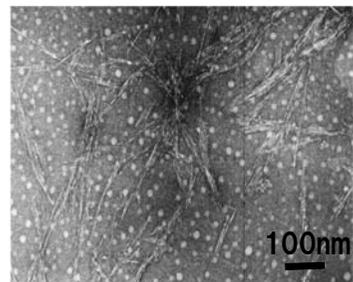


図4 セルロース・ナノファイバーのウラン染色透過電子顕微鏡鏡像
結晶性セルロース(KC フロック W-50GK, 日本製紙ケミカル)をウォータージェット処理することによって得られたセルロース・ナノファイバー。

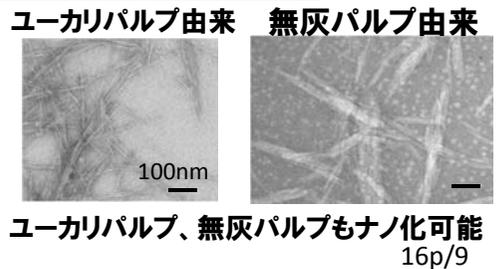
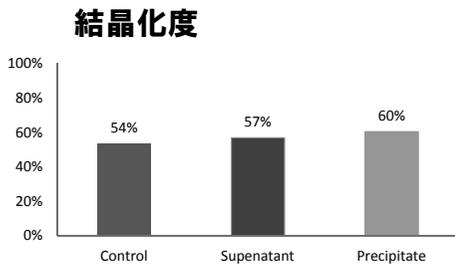
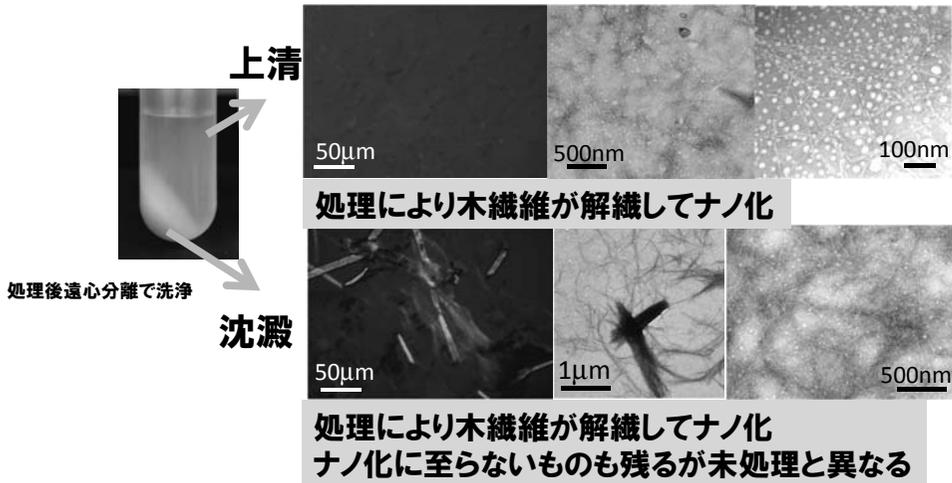
川崎ら, 顕微鏡 45(1) 60-64 (2010)

エンドグルカナーゼとボールミルによるナノファイバー化



微結晶セルロースセオラスのボールミル/エンドグルカナーゼ処理により生産したセルロースナノファイバー

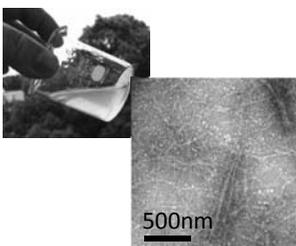
超音波処理・攪拌の際にEGを加えて竹パルプを処理すると…



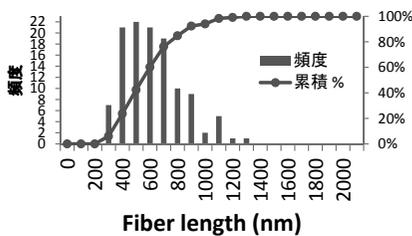
竹ナノファイバーは低濃度でゲル化

- 得られた懸濁液(0.1%~0.9%濃度)を静置すると数日でゲル化

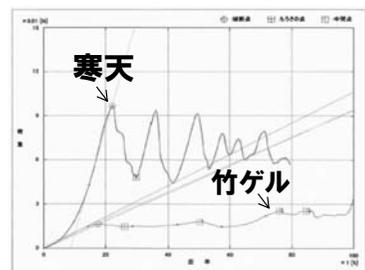
前処理の活性アルカリ18%
(0.2%)



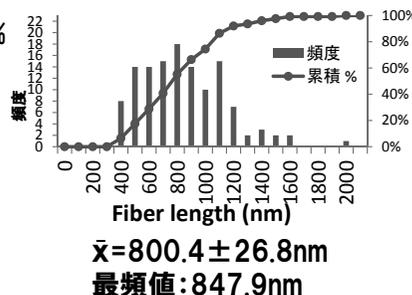
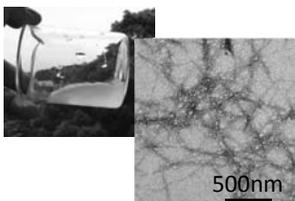
繊維長の分布



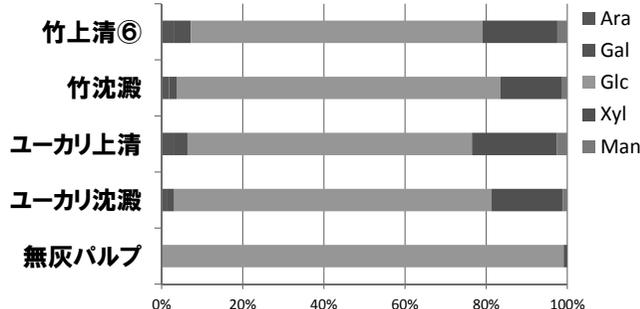
テクスチャー(市販の
寒天ゲルとの比較)



前処理の活性アルカリ16%
(0.6%)

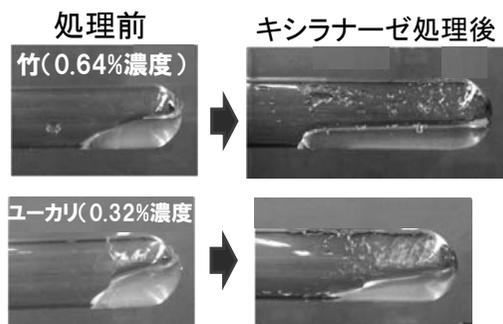


竹、ユーカリ、無灰パルプ由来のナノファイバーの糖組成



参考: 処理前の竹パルプ糖組成は Ara:1.2%; Xyl:20.3%; Glc:78.5%

ヘミセルロースがゲル形成に影響



16p/11

試験研究計画の達成目標

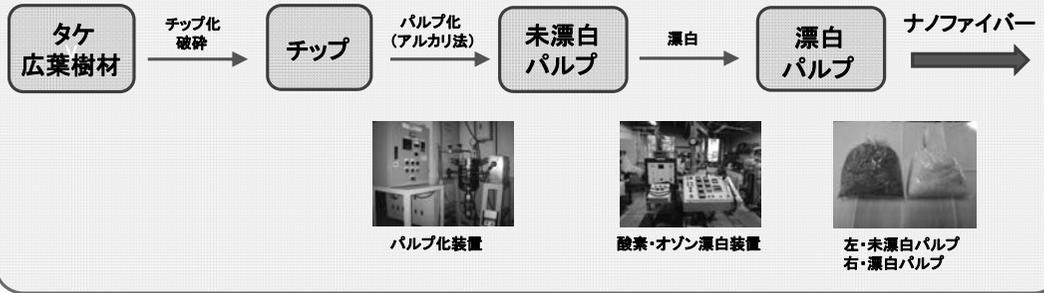
- 竹および数種の国産広葉樹材について食用途も可能なパルプ化法を開発する。
- 物理処理と酵素処理併用によるナノセルロース(NC)生産のスケールアップを図り、最終的にはkg単位で生産する。
- 得られたNCについてヒト腸管上皮細胞やマウスへの投与により消化器官等への影響を明らかにし、食品への応用につなげる。
- NCと親和性の高い他の多糖類との複合化により高機能性ハイドロゲル等食品に限らない製品の開発技術を確立する。
- 並行して、NC生産ラインについて食用途に可能な条件を整備するとともに、NCの安全性を確認する。

16p/13

アントラキノンを用いないパルプ化法の確立

目的: タケおよび広葉樹材からのナノファイバー原料であるセルロースおよびヘミセルロースの単離を行う

★ナノファイバー原料(漂白パルプ)が得られるまでの行程



1. パルプ化(アルカリ法)
水酸化ナトリウム等のアルカリ系薬品を用いて木質繊維の解繊を行うと共にリグニンの部分除去を行う。
2. アントラキノン
パルプ化におけるグニン除去を促進させる効果がある添加剤。材によってはアントラキノン不使用の場合リグニン除去が難しい。
3. 漂白
パルプ化により得られた未漂白パルプ中に含まれるリグニンを完全に除去するために行う。
(塩素・二酸化塩素・次亜塩素酸・過酸化水素・酸素・オゾン等)

16p/15

低環境負荷型ナノ解繊技術-26年度の取り組み-

セルロースは強固な水素結合を形成

↓
パルプ(セルロース)のダウンサイジングは難しい

→ 各セルロースマイクロフィブリル同士を分離するには、強い剪弾力等を必要とするため、高エネルギーが必要

→ セルラーゼの中でもマイクロフィブリル同士を分離しやすいものを選択し、機械処理と組み合わせて低エネルギー化を図る

酵素

- トリコデルマ菌由来
- アスペルギルス菌由来
- 糖質分解酵素ファミリー-45に属するエンドグルカナーゼ
- 酵素添加量
- pH(中性~アルカリ性)

湿式粉碎

(微粉碎)

- ボールミル
- アトライタ
- ビーズミル
- グラインダ(マスコロイダー)
- 超音波破碎機
- 反応量の適正化

ろ過濃縮

(濃縮が必要な場合または樹脂と混練前処理)

- 加圧ろ過
- 真空ろ過
- 遠心ろ過
- 圧搾ろ過
- 加圧膜ろ過(ダイナフィルター)
- 有機溶媒置換
- 蒸発濃縮
- 膜濃縮
- 凍結濃縮

➤ 食用に適する方法、効果的なナノ化の方法、スケールアップ化準備、食用以外への利用のための前処理のための方法選択

16p/16

「工学との連携による農林水産物由来の
物質を用いた高機能性素材等の開発」発表
～農研機構・革新的技術創造促進事業
「異分野融合共同研究」～

京都大学 大学院農学研究科

谷 史人氏



Nanocellulose Symposium 2015

第280回生存圏シンポジウム



『進む！セルロースナノファイバープロジェクト』

セルロースナノファイバーの用途拡大に向けて：
ソフトマターへの新展開



京都大学大学院農学研究科
谷 史人



異分野融合共同研究
工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた高機能性素材等の開発

セルロースナノファイバーを基材とした
QOL向上のための食品・化粧品ソフトマターの開発



ナノアグリ・コンソーシアム

1. 農林水産物粗原料のナノ化・高純度化処理技術の開発
2. 複合素材開発に最適な構造を有するナノセルロース調製法等の確立
3. 農林水産物由来物質とのナノコンビネーション化のためのカーボンナノチューブの分散技術の開発
4. 農林水産物由来ナノセルロース等とナノカーボンの複合化による物性（機械強度、軽量等）や機能（電気・熱伝導性等）が優れた新規先端材料の開発
5. 農林水産物由来物質を原料とする高機能性ナノカーボン材料の開発とエネルギー貯蔵デバイス等への応用



ナノファイバー・ソフトマター研究グループ

1. ナノ-ナノ複合化における補完
→ NC-ナノシリカ複合体化によるナノネットワークのファインチューニング
2. 食品素材に利用可能で原料特性を活かした安全で高機能なナノ構造体の創製
3. ナノ素材に対する安全性評価の共有と国際標準化への寄与



ソフトマター開発のための試験項目

平成26年度

平成27年度

平成28年度

【1】高度マイクロフィブリル化技術による高機能性農林水産物素材の供給

- ・農産物搾りかすからのNC単離
- ・継続的供給

- ・非セルロース含有NCの調製

- ・カルボキシメチル化などのNCの表面改質

【2】NCのレオロジー解析とソフトマターの物性評価

- ・NCの巨視的流動性の定量
- ・NCエマルジョンの調製と安定性評価

- ・ナノシリカ含有NCの巨視的流動性の定量解析
- ・ナノシリカ添加分散系の安定性評価
- ・官能評価と生体適合化

- ・物質設計のための物性値の決定
- ・ナノ構造体化

【3】NCに対する生物学的応答と安全性の評価

- ・透過性の評価(細胞レベル:検出限界との比較)
- ・生理的応答への影響の評価
- ・亜急性毒性・細胞毒性の評価
- ・LD50値の決定

- ・免疫細胞による結合と取込みの評価
- ・腸内細菌叢変化の定量化
- ・炎症性の定量化
- ・無毒性用量の決定
- ・皮膚への透過性/刺激性有無の決定

- ・脂質代謝パラメータとNC資化性の定量
- ・皮膚透過性の有無の決定
- ・炎症性の定量
- ・抗原性・アレルギー性試験の決定

【4】生体親和性を活かした安全・安心な製品開発

- ・エマルジョンへのNC添加法と化粧品でのNC配合量の決定
- ・食品に有効なNCの選定

- ・NC系食品の試作品を作製
- ・NC系化粧品の試作品を作製

- ・NC系食品の商品化レベルの試作品を完成
- ・NC系化粧品の試作品を完成

未利用農林水産物資源の高機能化活用

安全な製品開発
・Biocompatibleな高機能性NC系エマルジョン化粧品

・腸管免疫機能を高めるNC系食品

ソフトマター開発のための連携・協力

公募(補完)研究グループ

公募(補完)研究グループ

・ナノシリカ、ナノ素材の供給

拠点研究機関
ナノアグリ・コンソーシアム

研究拠点代表
信州大学・先鋭領域融合研究群
カーボン科学研究所(遠藤守信)

東京大学大学院農学生命科学研究科
東京大学政策ビジョン研究センター

埼玉県オブザーバー
伊那食品
ルビコン

・MIT
・Penn. State Univ.

公募(補完)研究グループ

連携・協力

本グループ
NC材料開発・供給
解析・ナノ構造体化
機能開発
安全性評価
製品開発

支援

京都大学(産官学連携本部)による
連携協力・
成果活用の支援

成果の
展開

- ①国内・海外への情報発信と普及
- ②関連食品・化粧品ソフトマターの開発
- ③安全性評価の国際標準化への貢献

「工学との連携による農林水産物由来の
物質を用いた高機能性素材等の開発」発表
～農研機構・革新的技術創造促進事業
「異分野融合共同研究」～

(独) 産業技術総合研究所
バイオマスリファイナリー研究センター
遠藤 貴士氏

Nanocellulose Symposium 2015 第280回生存圏シンポジウム 進む！セルロースナノファイバープロジェクト

農林水産省「革新的技術創造促進事業(異分野融合)」
「工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた高機能素材等の開発」

農林系廃棄物を用いた
ハイブリッドバイオマスファイラー製造および複合材料開発
ーリグノセルロースナノファイバーの応用展開ー

もみ殻シリカ高度利用コンソーシアム

(独)産業技術総合研究所 研究代表者:遠藤貴士

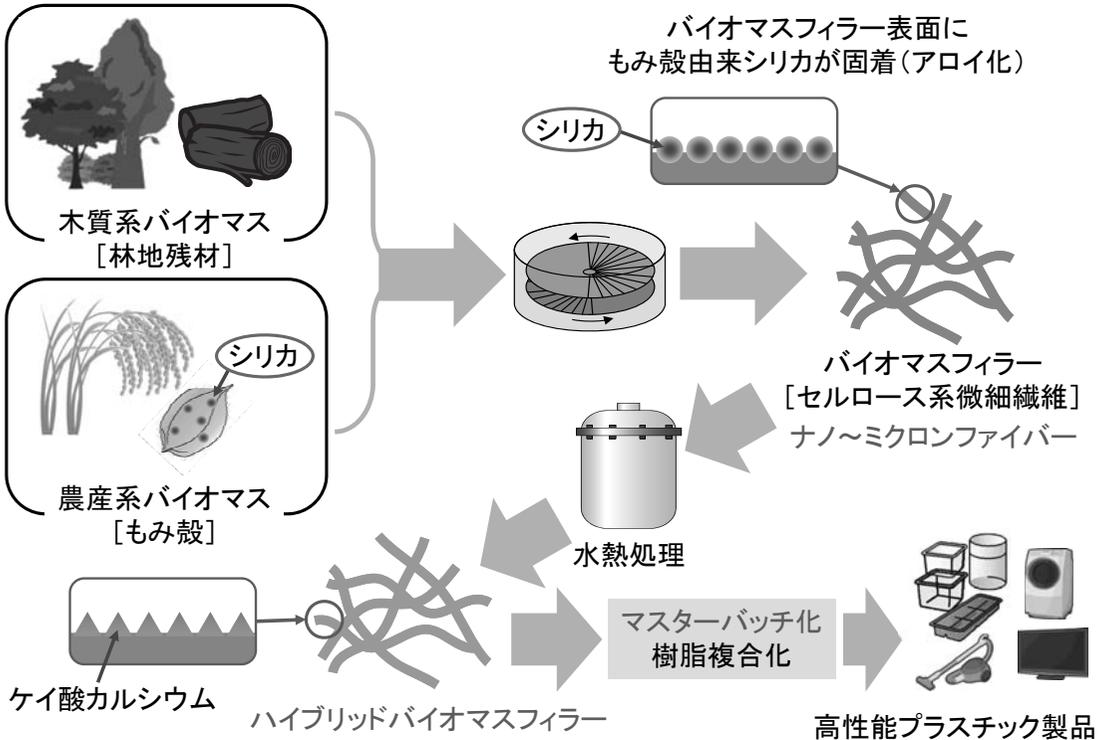
(独)森林総合研究所 研究実施責任者:小林正彦
トクラス(株) 研究実施責任者:伊藤弘和

発表者:(独)産業技術総合研究所
バイオマスリファイナリー研究センター 遠藤貴士

2015年3月20日
京都テルサ(京都)

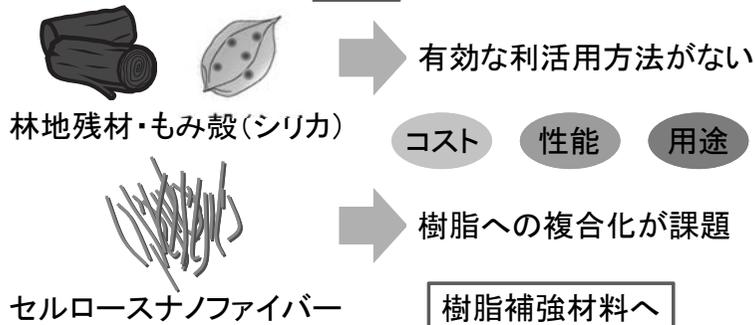
産総研・森林総研・トクラス

本研究開発の概要



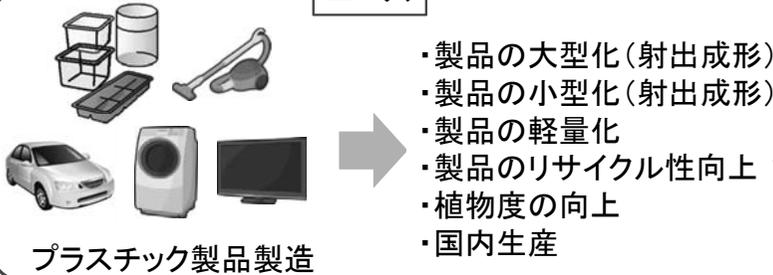
産総研・森林総研・トクラス

課題



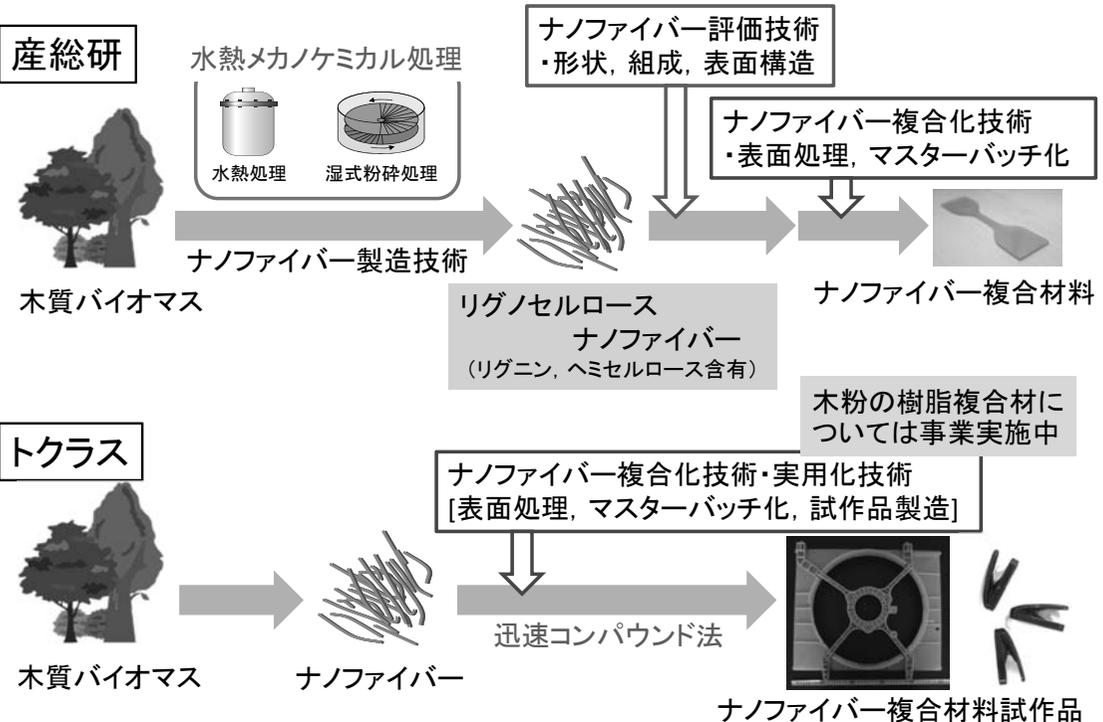
林地残材・もみ殻(シリカ)を原料として

ニーズ



樹脂補強効果の高いハイブリッドバイオマスフィラーを製造する

これまでの研究開発(産総研・トクラス)



森林総研



木粉の湿熱処理による
木質配合率の向上

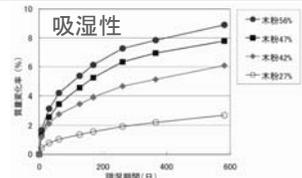
木粉

木材プラスチック複合材
(混練型WPC)

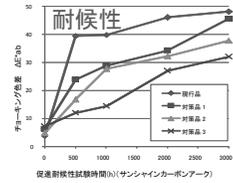


共同実施

耐候性試薬の複合添加による
屋外耐久性の向上



特性評価技術



耐久性評価

- ・木材プラスチック複合材のJIS規格化(JIS A 5741, 平成18年4月)
- ・間伐材からのナノファイバー製造・複合材料化技術開発 (JST「森と人が共生するSAMRT工場モデル実証」)
- ・中山間地においても実施可能な混練型WPC製造技術開発 (農水省「豊かな森づくりを支えるバイオコンポジット事業」)

その他、木質系複合材料の複合化技術・成形加工技術、実用化技術、製品試作、啓発普及活動等を共同で実施

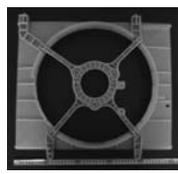
これまでのトピックス

- ・間伐材からのナノファイバー製造・複合材料化技術開発 (JST「森と人が共生するSAMRT工場モデル実証」)
- ・中山間地においても実施可能な混練型WPC製造技術開発 (農水省「豊かな森づくりを支えるバイオコンポジット事業」)

のトピックス



・ナノファイバー製造
・表面処理
・マスターバッチ化



試作品 →

ラジエーター枠

うちわ

クシ

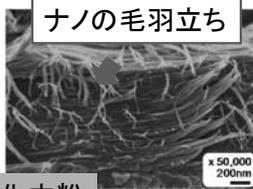
- ・少ないナノファイバー添加量(5wt%以下)で物性向上
- ・高い成形加工性、汎用成形機・金型で成形可能



原料の含有水を利用

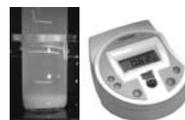
準乾式粉碎

山側で
実施可能な
設備

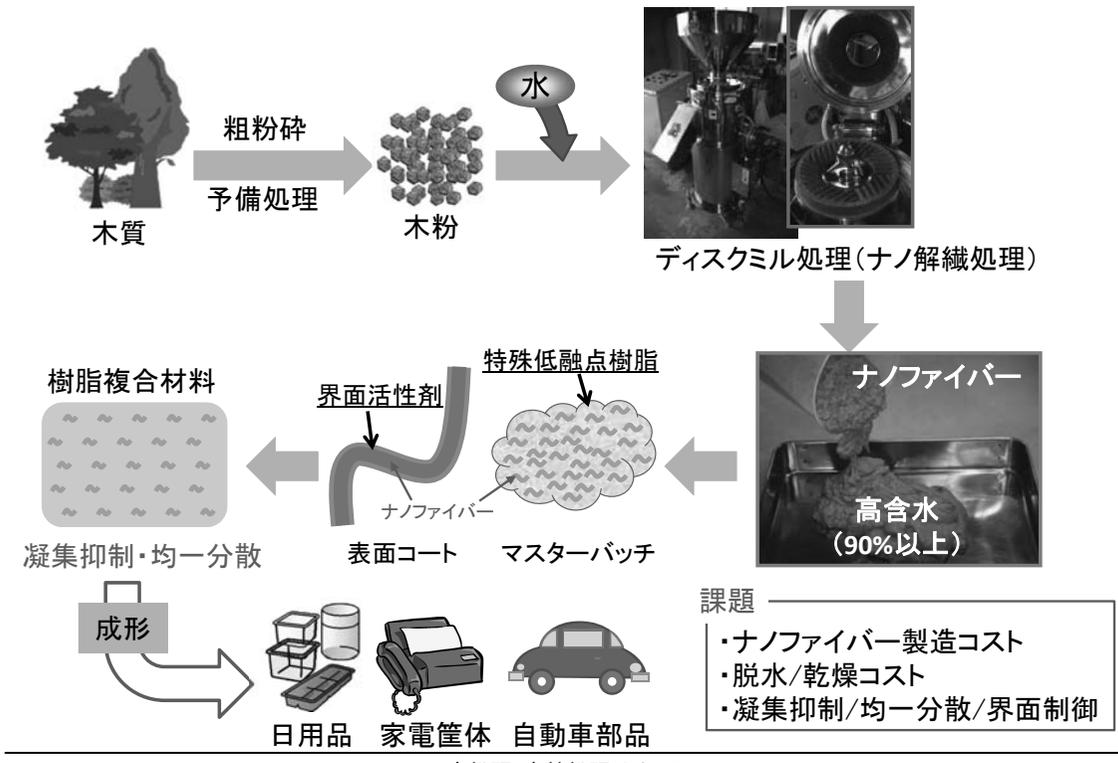


機能化木粉

簡易な
品質評価手法

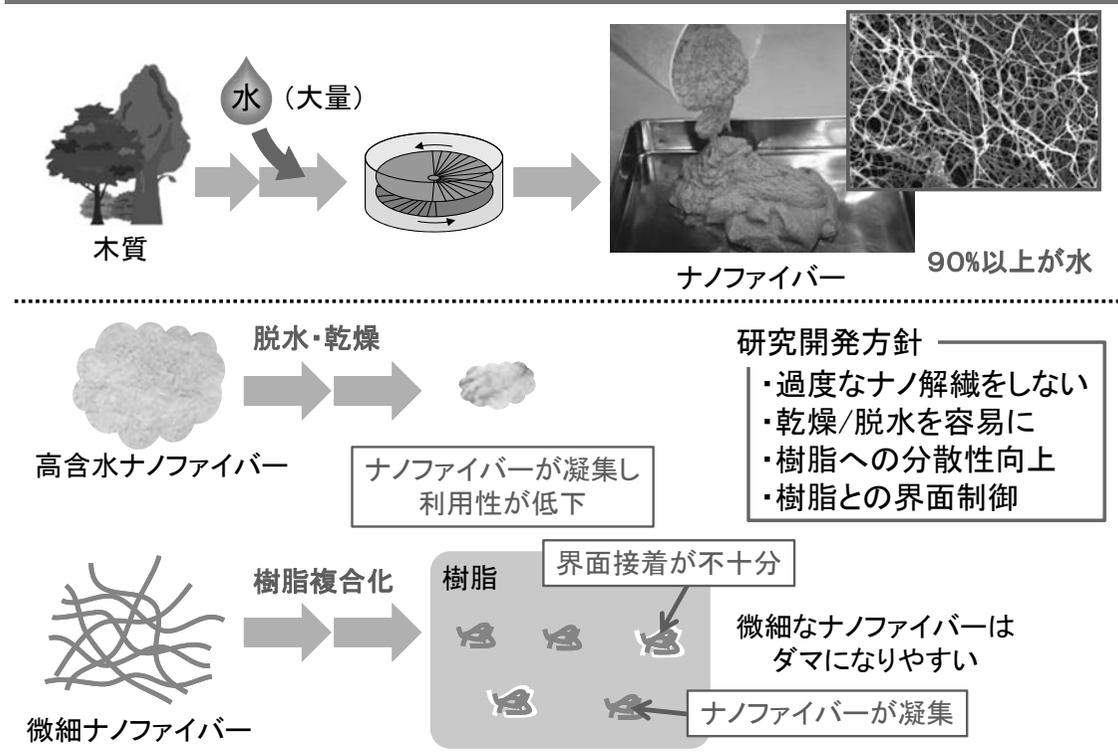


試作品 → スマホケース 自動車部品



産総研・森林総研・トクラス

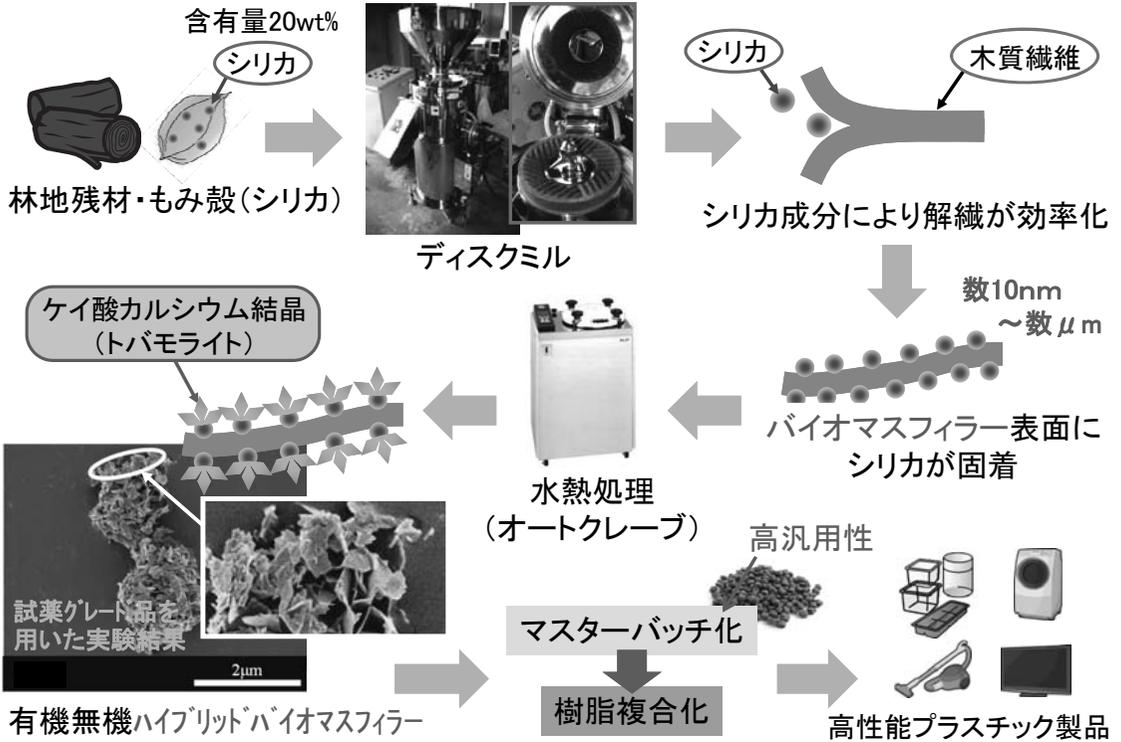
解決すべき重要課題



産総研・森林総研・トクラス

本研究開発プロセス

もみ殻シリカ高度利用コンソーシアム

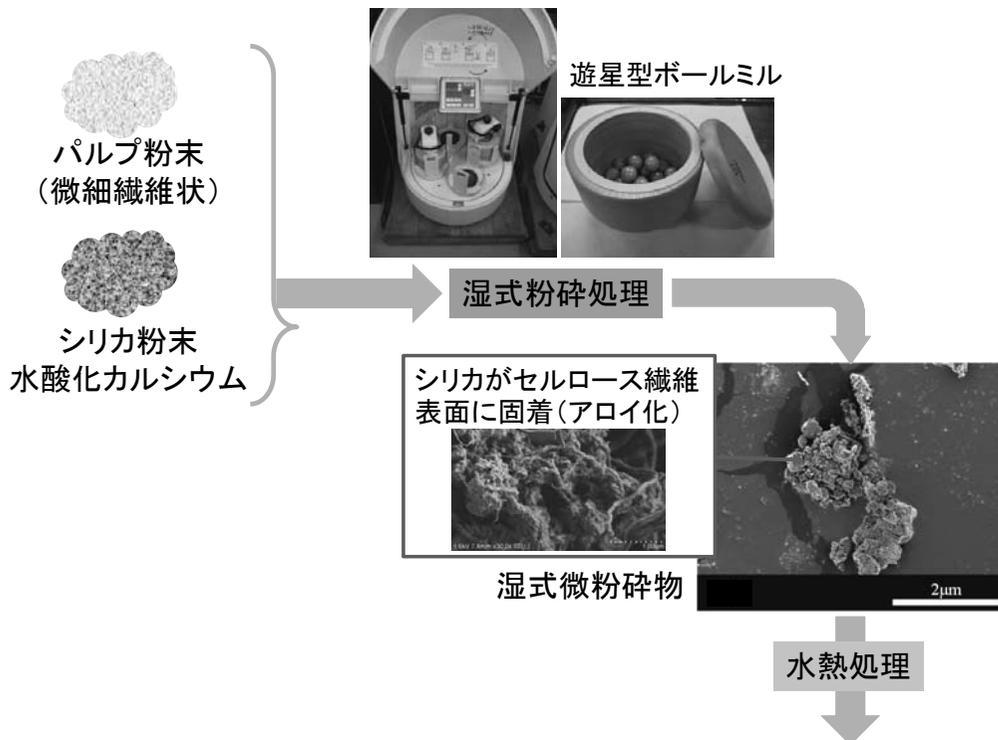


産総研・森林総研・トクラス

9

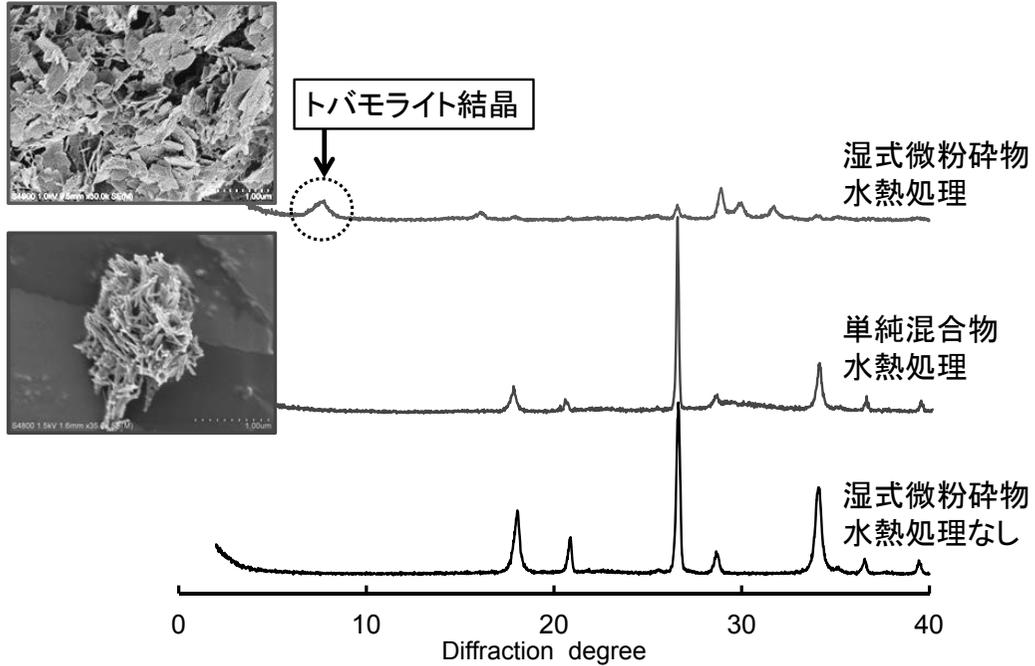
試薬グレード品を用いたモデル実験結果

もみ殻シリカ高度利用コンソーシアム



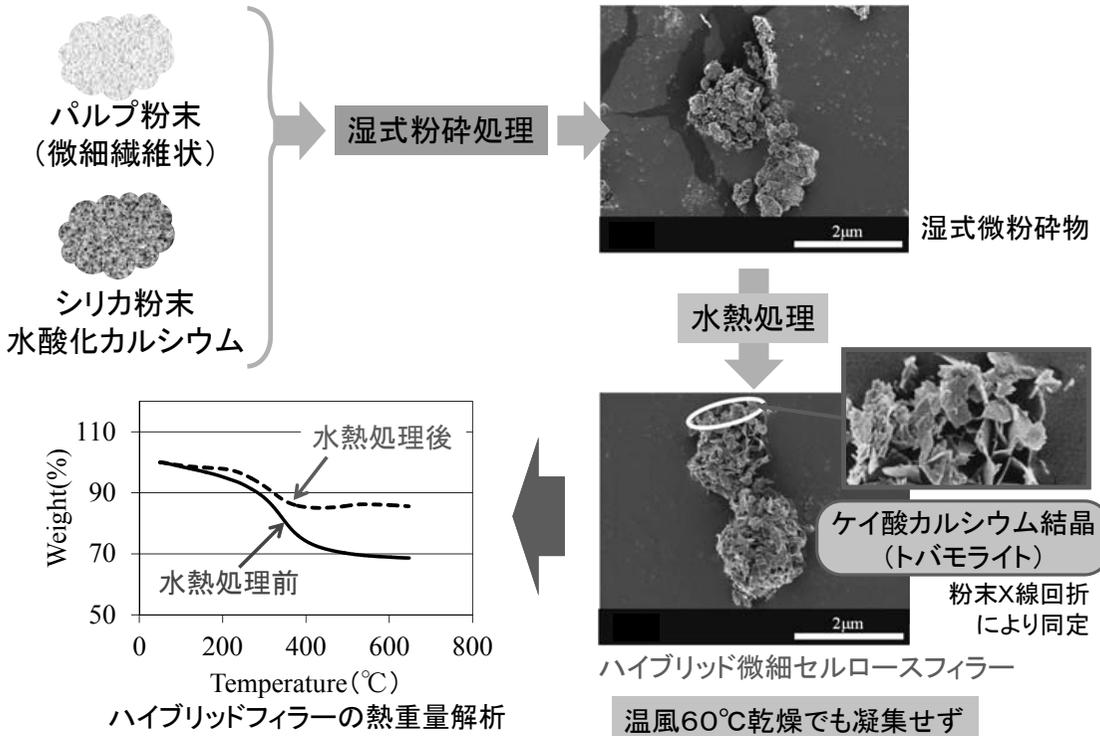
産総研・森林総研・トクラス

10



水熱処理物のX線回折測定結果

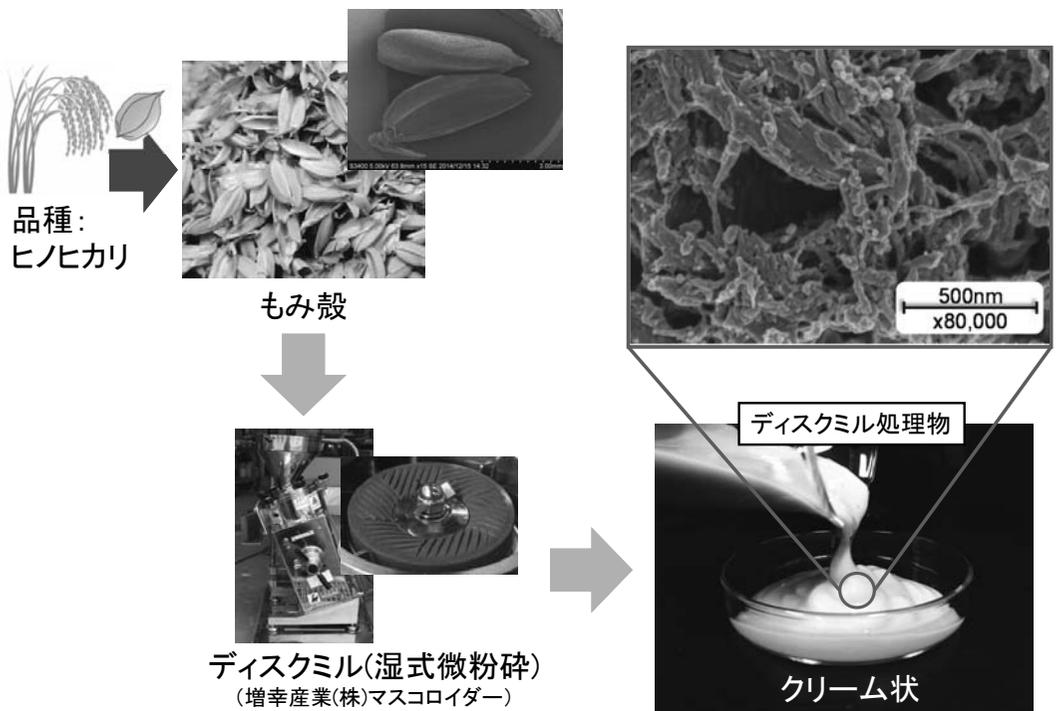
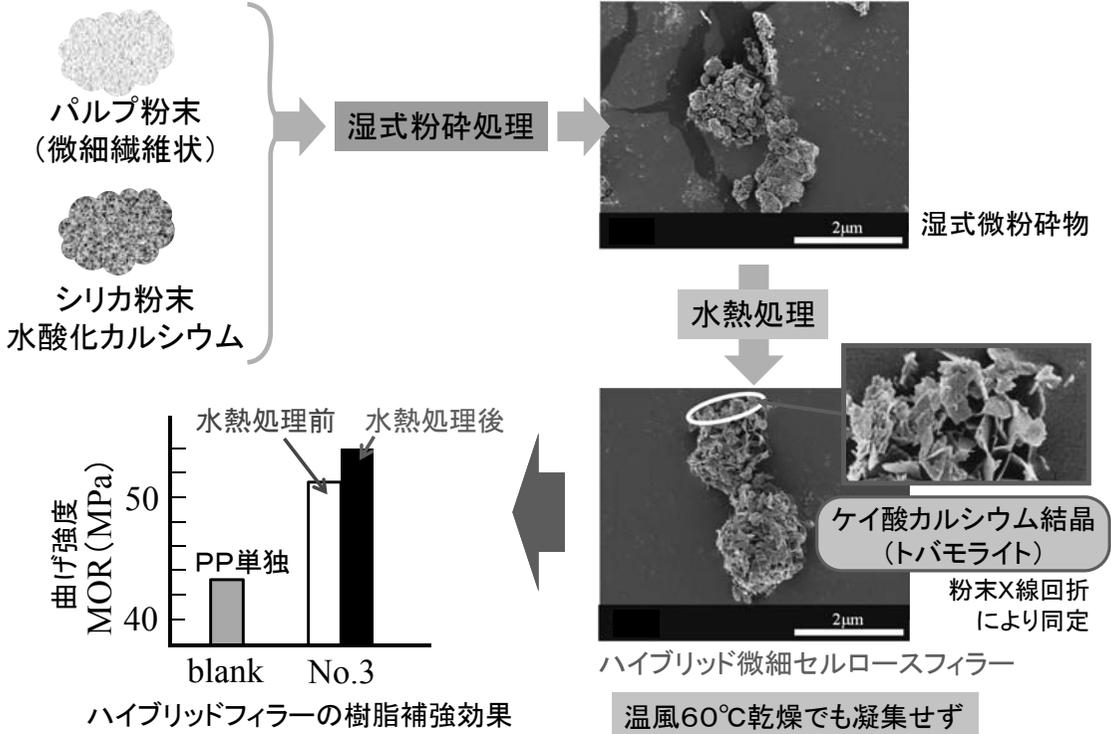
産総研・森林総研・トクラス

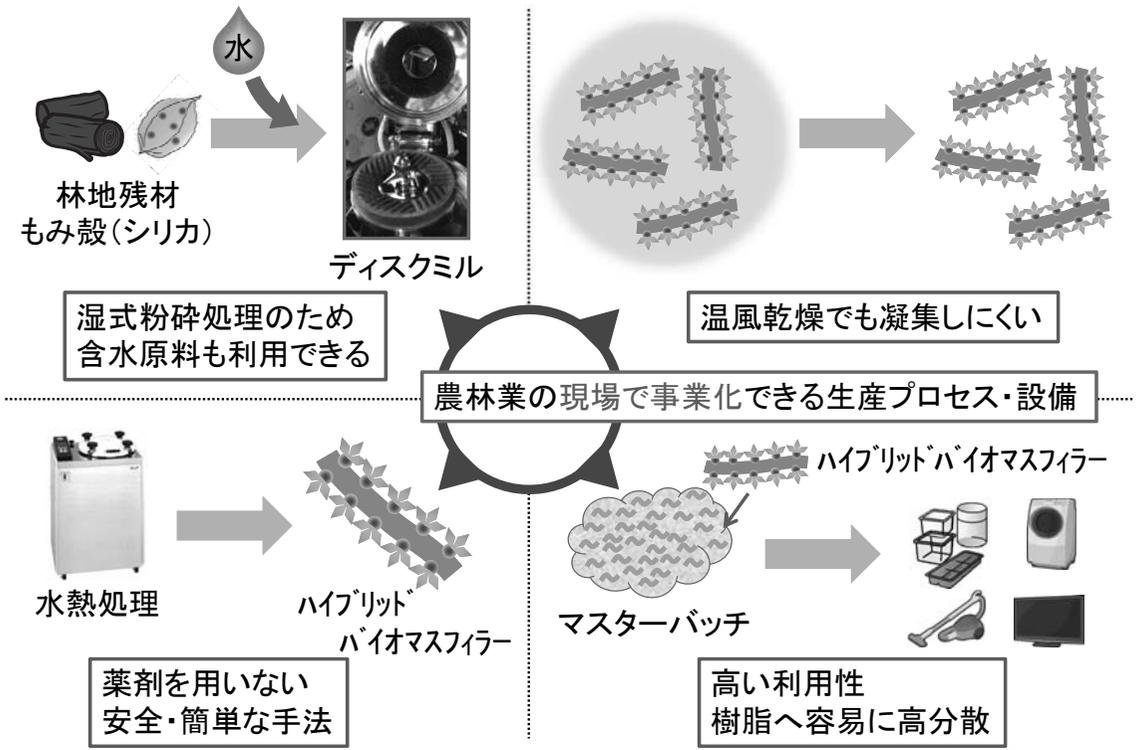


ハイブリッドフィラーの熱重量解析

温風60°C乾燥でも凝集せず

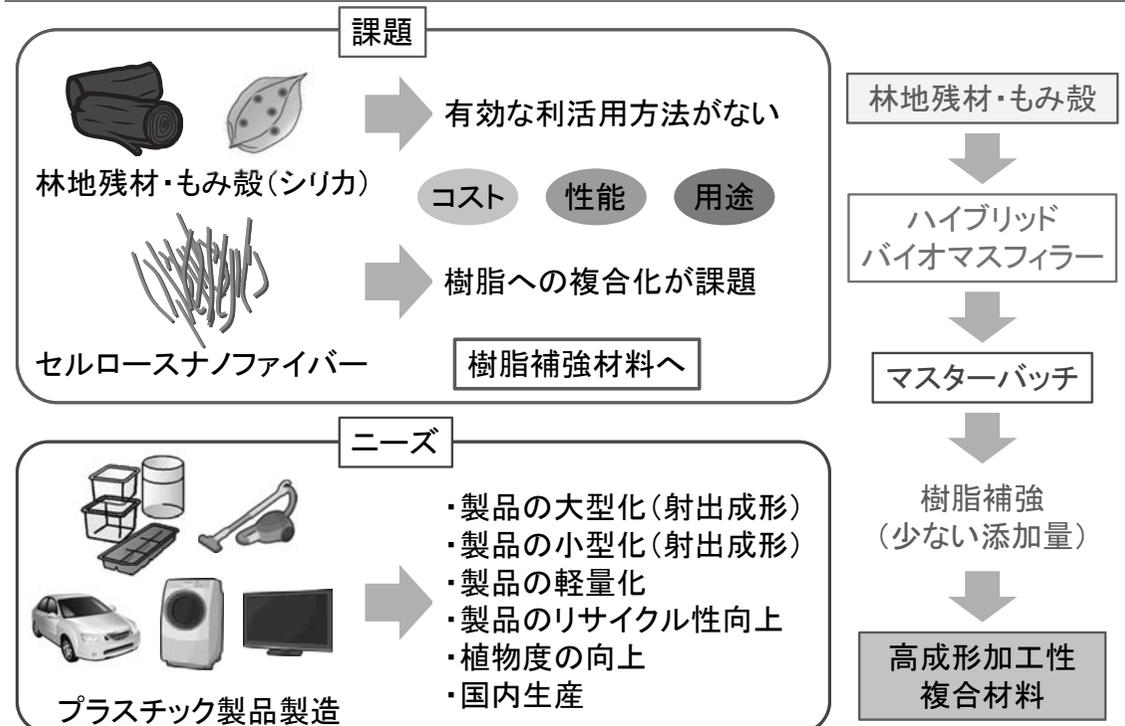
産総研・森林総研・トクラス





産総研・森林総研・トクラス

15



産総研・森林総研・トクラス

16

以上で発表を終わります。
最後までお付き合いいただき
有り難うございました。

「工学との連携による農林水産物由来の
物質を用いた高機能性素材等の開発」発表
～農研機構・革新的技術創造促進事業
「異分野融合共同研究」～

京都大学 化学研究所

辻井 敬巨氏

高分子分散剤による木材由来NCの界面機能 制御と樹脂複合材料への応用



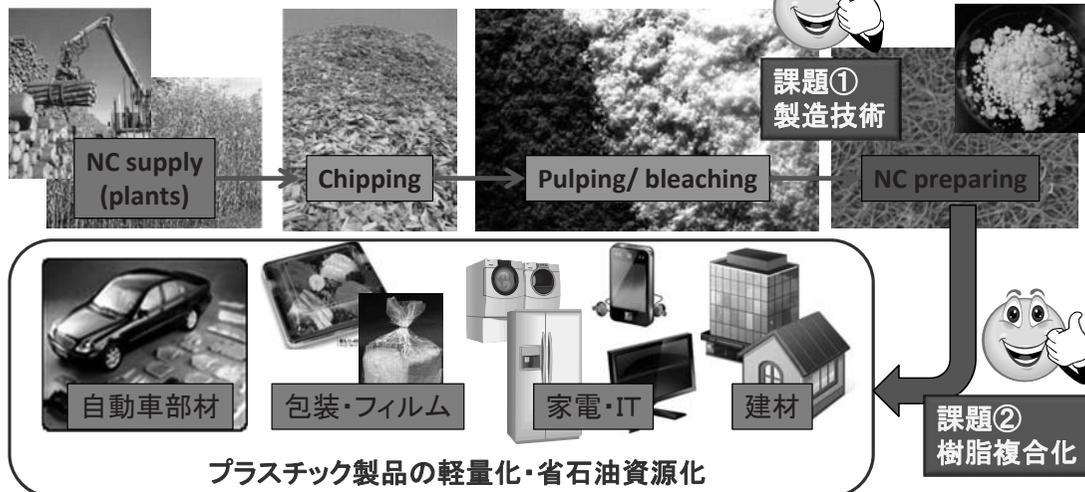
京都大学・化学研究所
DIC株式会社

研究代表：辻井 敬亘（京都大学）

背景

2p/8

植物(木材・農産物)由来のNC製造と素材開発



日本国内プラスチック生産量 ポリエチレン(PE):260万t、ポリスチレン(PS):70万t
➢ 包装材料向け PE:126万t(推定)、PS:30万t
弾性率を3倍、包装材料厚みを3割減できればPE:38万t、PS:9万t、の石油資源削減

課題③
低コスト化

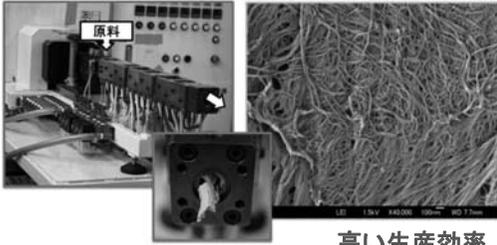
課題④
耐熱化

解決策 ナノ解繊・分散同時プロセス (SFCプロセス)
Simultaneous nano-Fibrillation Compounding Process

セルロース資源のNC化とポリマーへの均一分散化に関する技術

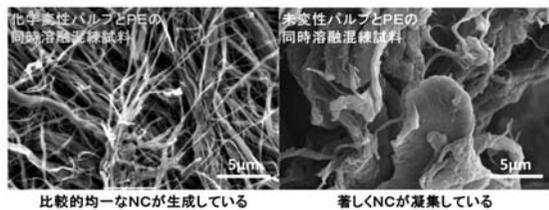


二軸押出装置によるNC製造



高い生産効率

PEとパルプの同時溶融混練



比較的均一なNCが生成している

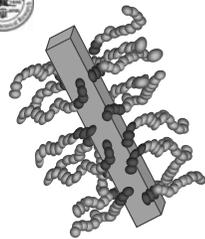
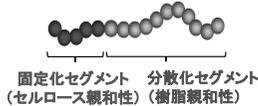
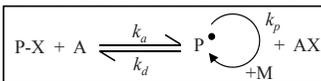
著しくNCが凝集している

NC製造と分散の同時処理技術

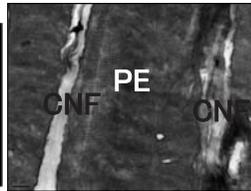
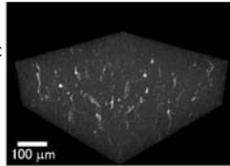
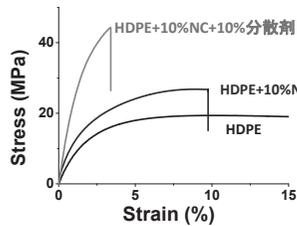
高分子分散剤を用いたNC強化樹脂複合材料の創製に関する技術



低コスト・簡便なリビングラジカル重合



高分子吸着による樹脂分散化・界面機能制御



低コスト・低環境負荷なSFCプロセスの開拓

①原材料

パルプ

前処理 (易解繊性付与)
= 軽微の化学変性 (アセチル化・CM化・AKD化・TEMPO酸化)



高分子分散剤

- ①凝集抑制 (分散性)
- ②界面補強
- ③機能付与 (耐熱・耐吸湿性、結晶化促進など)



樹脂 (PE・PP・PS)

分散剤被覆親水化樹脂
樹脂/分散剤アロイ



②同時プロセス

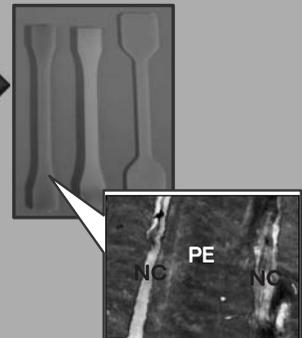
ナノ解繊・分散
複合化・成型



水系混合

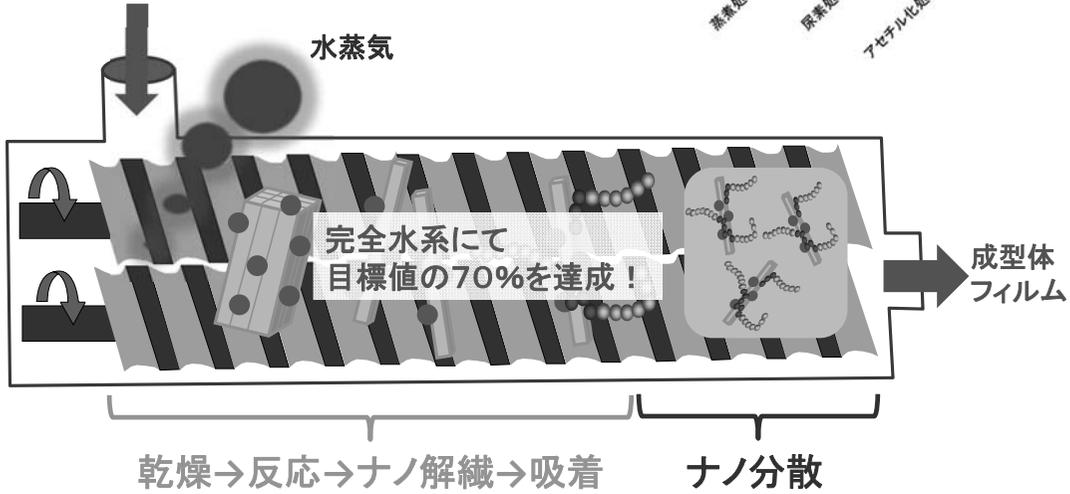
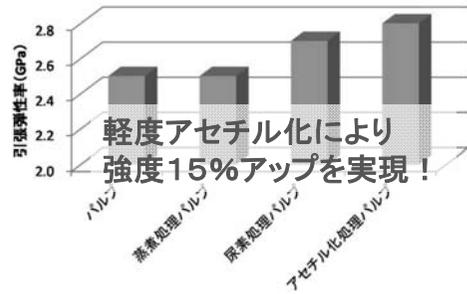
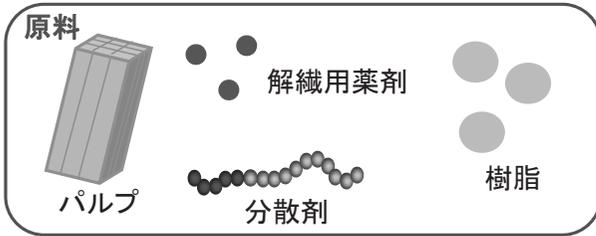
③フィードバック設計

構造⇔物性の相関
・材料特性評価
・結晶・高次構造の解析



達成すべき目標設定

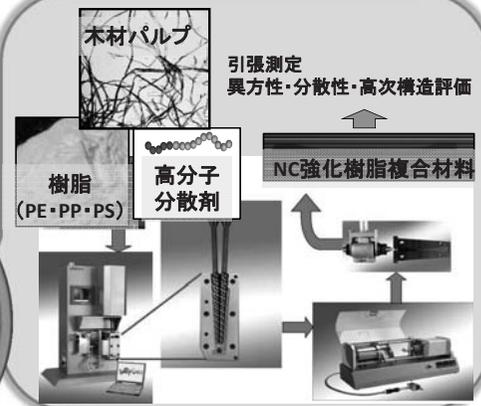
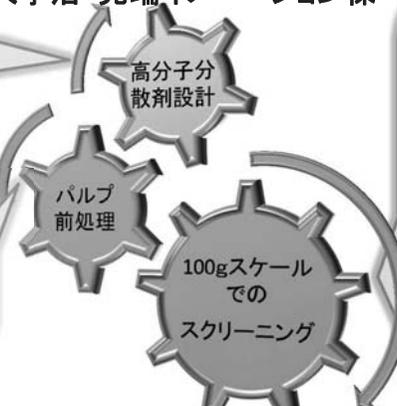
- ・NC強化樹脂を低コストに製造する技術 (SFCプロセス) の確立
- ・NC強化PE: 引張弾性率3.5 GPa、引張強度:50MPa
- ・NC強化PS: 加工温度230°C以上、曲げ強度110MPa以上、曲げ弾性率3.6GPa、衝撃強度13kJ/m²



合同ラボ@京大宇治・先端イノベーション棟

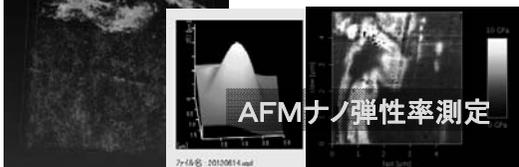
機能設計:
易解繊性
界面補強性
耐熱性

解繊促進:
表面修飾反応
可塑化処理
(蒸気・爆砕など)
相互作用の低下



ナノ構造・物性解析 @京都大学

3次元TEM観察



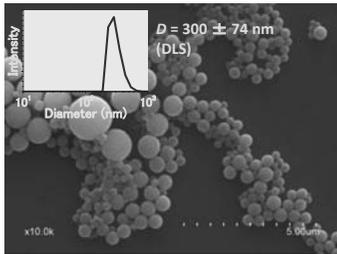
10kgスケール実験

SFCプロセスの事業化 @DIC



①原材料・前処理の検討

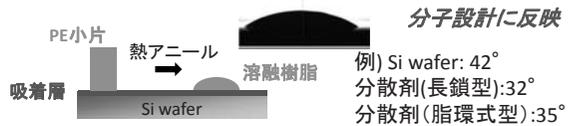
- ✓ ナノ解繊しやすいパルプの探索
 - 原料(針葉樹・広葉樹)の選定
 - 叩解レベルの最適化
 - 化学処理
- ✓ 水系に適した高分子分散剤の開発
 - 親水性分散剤の合成
 - 分散剤の水分散ナノ粒子化



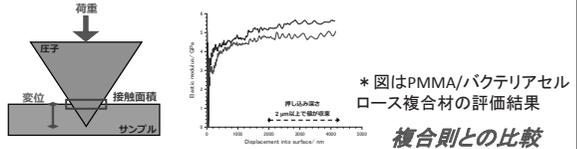
- ✓ 前処理工程の効率化
 - 脱水時間の短縮
 - ナノ解繊促進樹脂微粒子の作製

②物性・構造解析

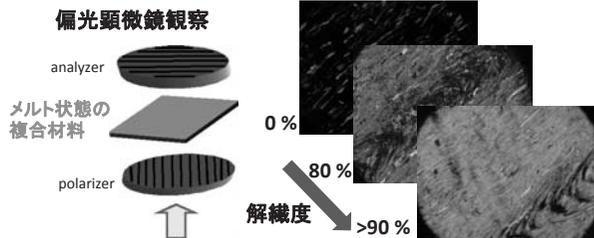
- ✓ 分散剤/PE界面強度の評価(接触角測定)



- ✓ 局所力学物性(ナノインデント測定)



- ✓ パルプの解繊度評価



力学物性のさらなる向上を目指して検討中

研究終了時に得られる成果の獨創性・新規性・新事業創出・貢献度
拠点研究機関との連携・補完性

機能分担(易解繊性←低分子、分散・界面補強性←高分子)により

【獨創性】 高分子分散剤設計と混練プロセス技術をベースとして、完全水系・低環境負荷なナノ解繊・分散同時プロセス(SFCプロセス)を実現し、NC強化樹脂のコスト課題(含水NCの脱水時に進行する自己凝集に起因)を大幅に改善する。

【新発想】 NC強化樹脂に対しては十分な界面補強効果が得られなかった古典的化學変成法をも易解繊性処理として活用しうる(ただし、軽度!)。

【新事業創出の可能性】 高分子分散剤の機能設計により、NCの耐熱化や耐吸湿性を改良し、身近な包装材料として広く使われるPE・PSフィルムの軽量化や植物由来樹脂と複合化した樹脂材料の創生等を目指し、農林分野の国際競争力強化に繋げる。

【社会・經濟への貢献度】 NC強化による樹脂材料の軽量化による省石油資源と環境に配慮した生産技術を実現し、地球温暖化や深刻化する資源問題に貢献する。同時に、本NC源をパルプから農林廢棄・未利用バイオマスへと拡張し、農林水産業の發展や森林保全に役立てる。NCを工業分野に広く展開することで、農林分野の成長産業化を目指す。

【連携・補完性】 拠点と連携し、計画研究における新規ナノ材料やナノ・ナノ複合材料をSFCプロセスにより樹脂複合化することで、新機能を有する工業用素材の開発および工業化を行い、農林水産物の工業材料化を具現化する。

Topics

經濟産業省 製造産業局 紙業服飾品課

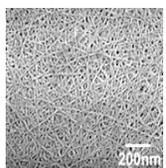
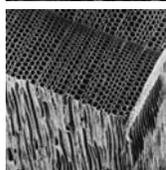
野村 秀徳氏

ナノセルロース実用化に向けた 国の支援策について

経済産業省
製造産業局 紙業服飾品課
課長補佐 野村秀徳
平成27年3月20日

1

ナノセルロースの用途展開、社会実装



ナノセルロース
(セルロースナノ
ファイバー)



森林資源活用
CO2固定
温暖化対策
石油代替
省エネルギー

「日本再興戦略」改訂2014

(平成26年6月24日閣議決定)

二. 戦略市場創造プラン

テーマ4：世界を惹きつける地域資源で稼ぐ地域社会の実現

テーマ4-① 世界に冠たる高品質な農林水産物・食品を生み出す豊かな農山漁村社会

(3) 新たに講ずべき具体的施策

iv) 林業・水産業の成長産業化等

① 林業の成長産業化

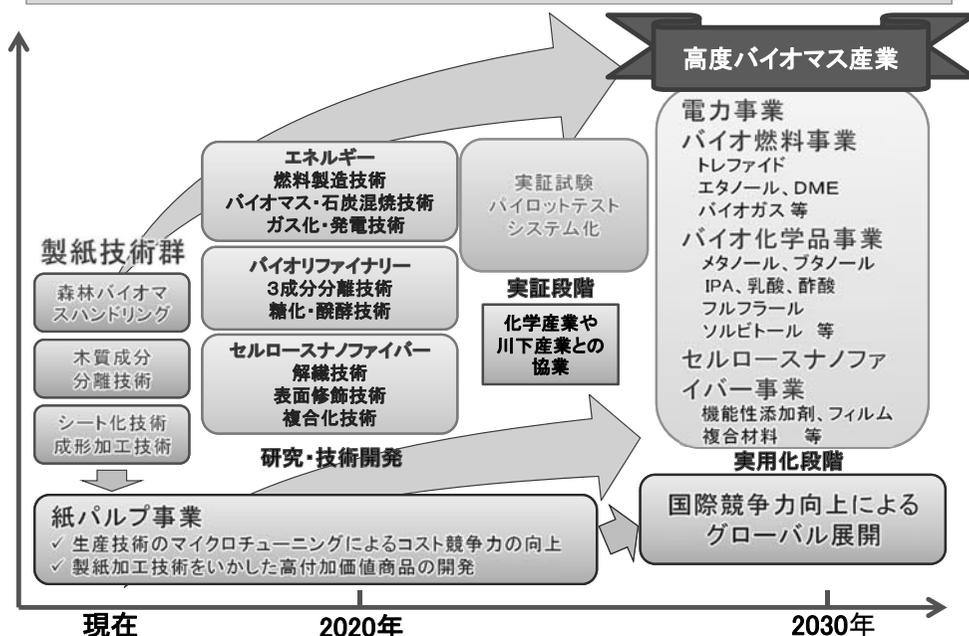
豊富な森林資源を循環利用し、森林の持つ多面的機能の維持・向上を図りつつ、林業の成長産業化を進める。(中略)

・木質バイオマスについて、地域密着型の小規模発電や熱利用との組み合わせ等によるエネルギー利用促進を図るとともに、セルロースナノファイバー(超微細植物結晶繊維)の研究開発等によるマテリアル利用の促進に向けた取組を推進する。

3

製紙産業の将来ビジョンとロードマップ

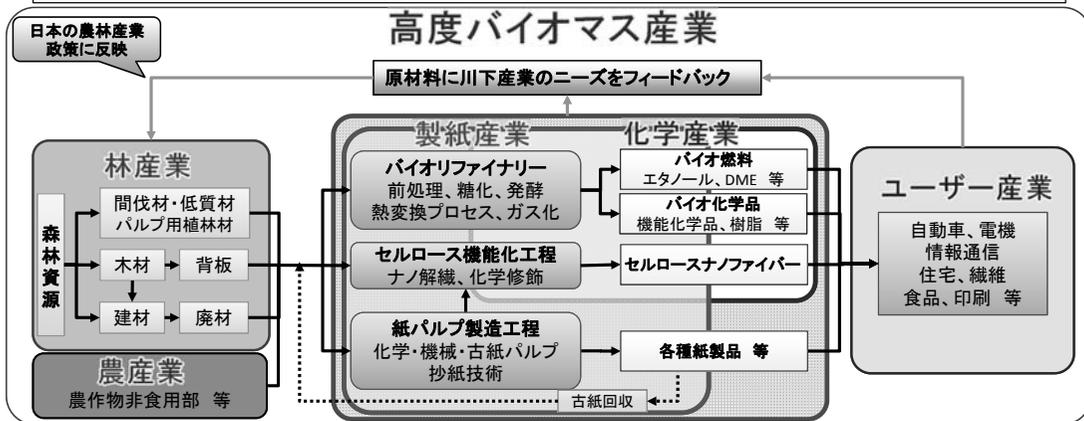
将来ビジョン: 世界に先駆けて低炭素社会、循環型社会の構築を目指し、製紙産業の強みをいかした高度バイオマス産業を創造する。



4

高度バイオマス産業の創造

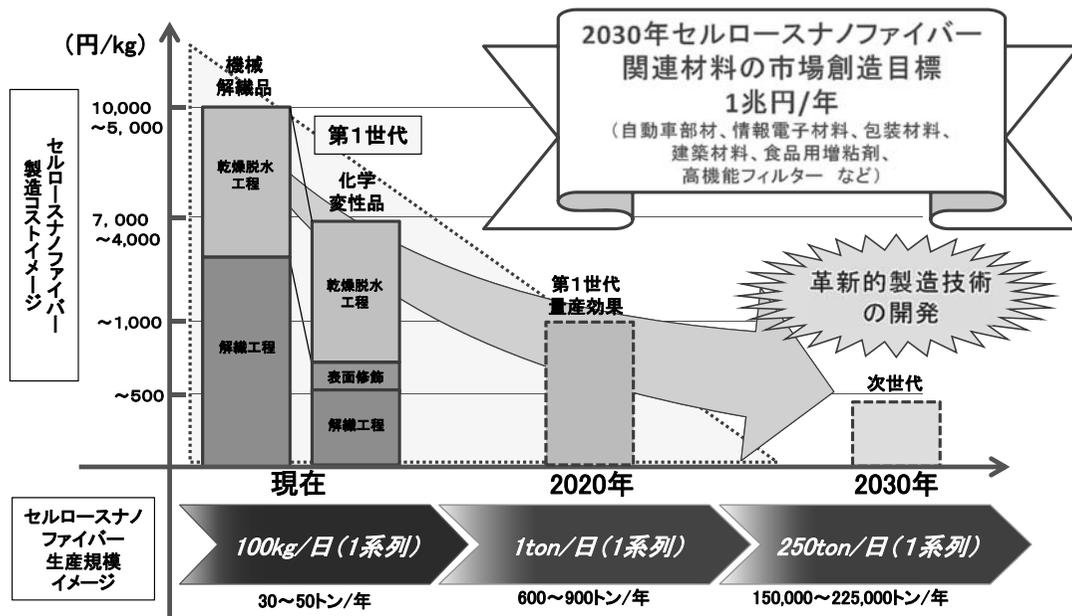
- ▶ 世界に先駆けて低炭素社会、循環型社会の構築を目指し、製紙産業の強みを生かした高度バイオマス産業を創造する。
- ▶ 製紙産業が保有する木質バイオマスの原料生産、集荷、輸送、前処理、エネルギー生産、製品生産までの一貫した技術を駆使して、製紙産業は高度バイオマス産業において中心的な役割を果たす。
- ▶ 高度バイオマス産業の構築には、農林水産省、経済産業省を中心に川上の農林産業から川下の化学産業や自動車産業、電機産業等の日本の産業界全体によるオールジャパン体制での連携・育成が必要である。
- ▶ 環境調和性の高い製品を普及させるため、税制優遇等の政策的な支援が望まれる。
- ▶ 高度バイオマス産業から川上への商品開発に適した原材料へのニーズ情報提供も重要。



5

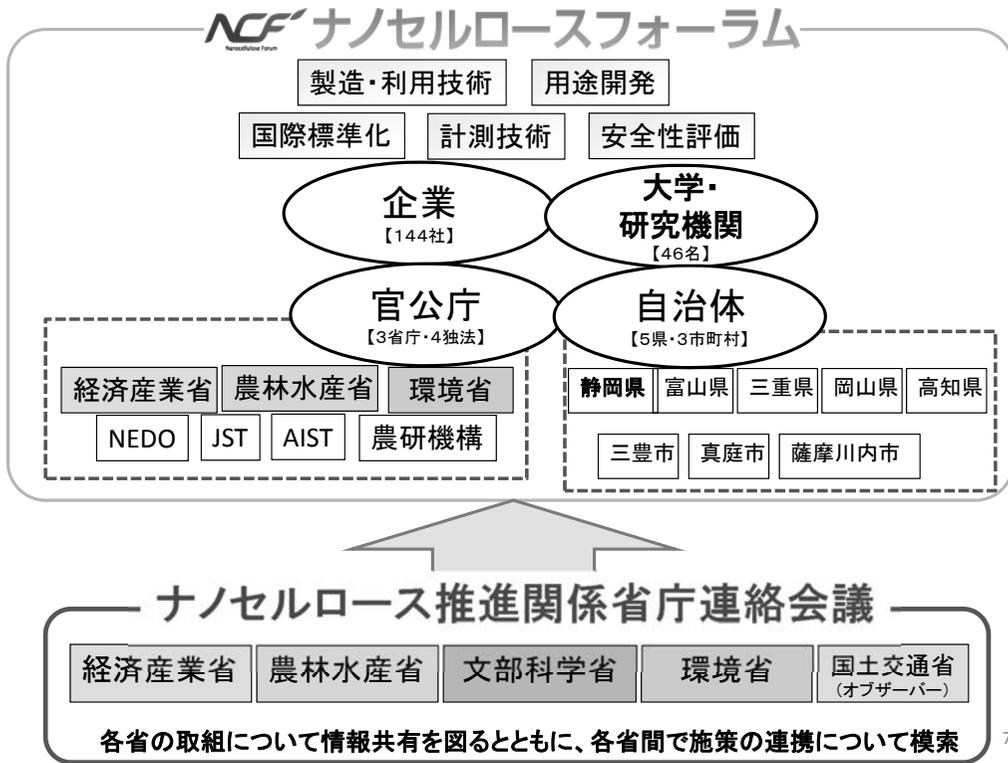
セルロースナノファイバーによる新市場創造戦略

市場拡大には、革新的製造技術の開発による設備・製造コストの大幅な低減が望まれる



6

セルロースナノファイバー推進のための産学官連携体制



NCF ナノセルロースフォーラム

川上側の製紙、化学業界だけでなく、川下側の電気、自動車、機械業界など、計140社以上が参加。

【製紙】

王子ホールディングス(株)、日本製紙(株)、レンゴー(株)、北越紀州製紙(株)、三菱製紙(株)、大王製紙(株)、住友林業(株)、大建工業(株)

【化学、ゴム、プラ】

三菱化学(株)、三井化学(株)、出光興産(株)、宇部興産(株)、昭和電工(株)、信越化学工業(株)、DIC(株)、三菱エンジニアリングプラスチックス(株)、(株)カネカ(株)、(株)ダイセル、(株)ブリヂストン、JSR(株)、住友ゴム工業(株)

【繊維、電子材料】

(株)日立製作所、トヨタ車体(株)、トヨタ紡織(株)、三菱自動車工業(株)、(株)デンソー、(株)小糸製作所、旭化成せんい(株)、オリンパス(株)、花王(株)、グンゼ(株)、凸版印刷(株)、(株)豊田自動織機、富士ゼロックス(株)、富士フイルム(株)、古河電気工業(株)、ミサワホーム(株)、ミズノ(株)、ユニチカ(株)、(株)リコー、(株)日本製鋼所、東芝機械(株)、他

ナノセルロース推進関係省庁連絡会議 設置の目的

ナノセルロースは森林資源、農業廃棄物等を原料とし、植物が創り出す高次結晶構造を利用した高機能工業材料であり、植物由来のカーボンニュートラルなエコ素材でもある。本年6月24日に閣議決定された「日本再興戦略」改訂2014において、「ナノセルロース（セルロースナノファイバー）の研究開発等によるマテリアル利用の促進に向けた取組を推進する」と記載されたことを踏まえ、政府としてその達成に向けた取組を推進するため、ナノセルロースに関係する農林水産省、経済産業省、環境省、文部科学省などが連携してナノセルロースに関する政策を推進することとし、政策連携のためのガバニングボードとして「ナノセルロース推進関係省庁連絡会議」を設置する。

関係省庁は定期的に連絡会議を持ち、各省の取組について情報共有を図るとともに、各省間で施策の連携について模索する。

9

ナノセルロース推進関係省庁連絡会議 構成メンバー

林野庁 森林整備部研究指導課長

農林水産省 農林水産技術会議事務局研究推進課長

経済産業省 製造産業局紙業服飾品課長

〃 化学課機能性化学品室長

環境省 地球環境局地球温暖化対策課長

文部科学省 研究開発局環境エネルギー課長

※オブザーバー 国土交通省

10

関係省庁の役割分担

農林水産省：

ナノセルロースの国産原料を供給する林業、農業及びこれらに係る技術開発並びにナノセルロースを製品化する所管産業を担当する

経済産業省：

ナノセルロースを製品化する製造業を担当する

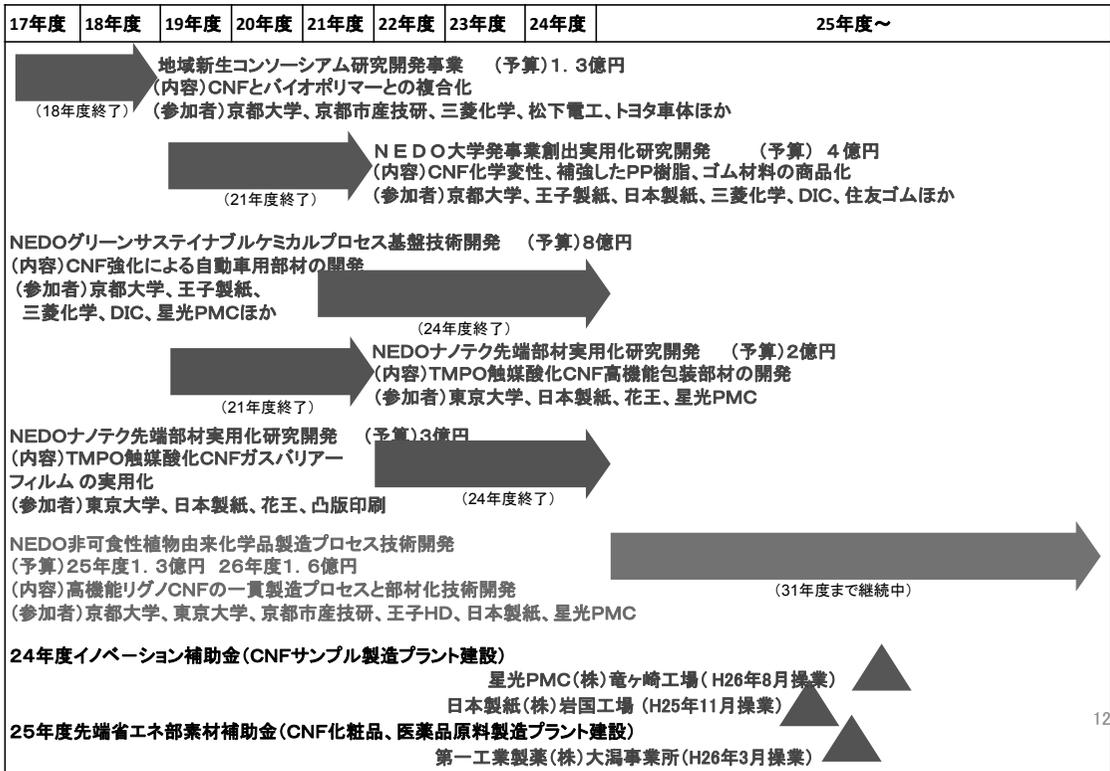
環境省：

ナノセルロースによる地球温暖化対策を担当する

文部科学省：

ナノセルロースの基礎基盤研究を担当する

経済産業省のCNF技術開発プロジェクトの推移



高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発

平成27年度予算案額 4.5億円（新規）

事業の内容

事業目的・概要

- セルロースナノファイバーはすべての植物の基本骨格物質で、鋼鉄の1/5の軽さで鋼鉄の5倍以上の強度、ガラスの1/50の低熱膨張性を有する高性能材料です。2000年代半ばから日本、北米、北欧を中心に研究開発が急速に活発化しております。
- 本事業では、木質系バイオマスからリグニン被覆セルロースナノファイバー（リグノCNF）を分離し、化学変性により高機能リグノCNFを一貫製造するプロセスを開発します。並行して、主要ユーザーである自動車メーカー、ハウスメーカーと協力を、自動車や建材分野等におけるリグノCNFの構造化・部材化に関する技術開発を進め、原料から最終部品までを俯瞰したリグノCNF材料の省エネ型の製造プロセスを構築します。

成果目標

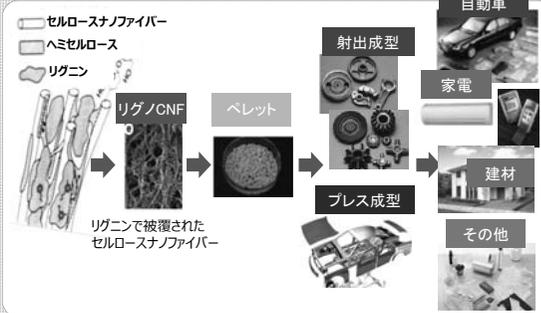
- 27年度から31年度までの5年間の事業であり、最終的には、石油由来化学品と比較して同等以上の性能に加え、軽量化による省エネを可能とするコスト競争力のあるリグノCNF材料・化成品の製造技術を確立します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

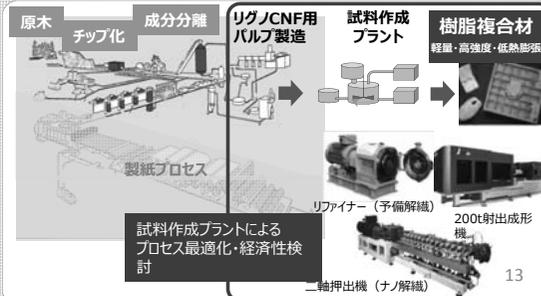


事業イメージ

リグノCNFの用途展開

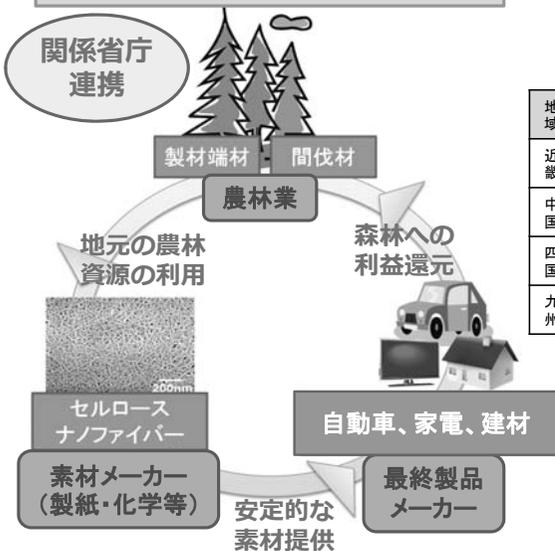


リグノCNFの一貫製造プロセス構築



ローカル・アベノミクスの“エンジン”となるセルロースナノファイバー

①地域の中で「上流」から「下流」まで

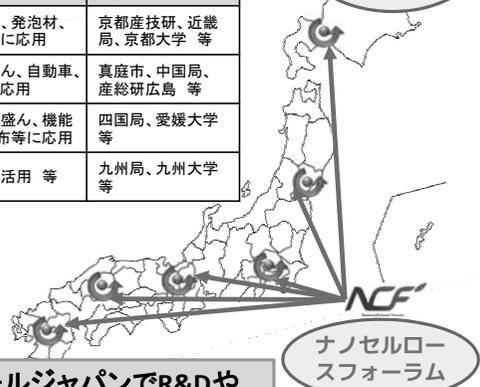


②地域の特徴を生かしたCNF拠点を全国に

地域の特徴例

地域	特徴	中核拠点
近畿	先端研究、発泡材、不織布等に応用	京都産技研、近畿局、京都大学 等
中国	林業が盛ん、自動車、建材等に応用	真庭市、中国局、産総研広島 等
四国	製紙業が盛ん、機能紙、不織布等に応用	四国局、愛媛大学 等
九州	竹資源の活用 等	九州局、九州大学 等

地域拠点



③オールジャパンでR&Dや知財・標準化戦略を支える

ナノセルロースフォーラム

地域資源(間伐材、製材端材)を生かした
新たな産業の創出による雇用と産業活動の活性化

過疎対策、新たな地場産業の創出

Topics

農林水産省 林野庁森林整備部 研究指導課

上野 克己氏

ナノセルロース実用化に向けた取組について

平成27年3月20日

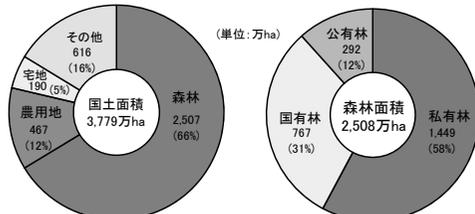
林野庁森林整備部研究指導課

上野 克己

森林の状況

- 我が国は世界有数の森林国。森林面積は国土の2/3にあたる約2,500万ha。
- 森林の約4割(約1,000万ha)は人が植え育てた人工林で、森林資源は人工林を中心に毎年約1億m³増加し、現在の蓄積量は約49億m³。
- 人工林は保育・間伐等の手入れが必要なものも多いが、高齢級の森林が増えており、資源として本格的な利用が可能な段階。

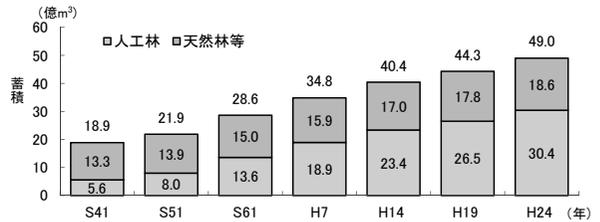
■ 国土面積と森林面積の内訳



資料: 国土交通省「平成23年度土地に関する動向」(国土面積は平成22年末現在)

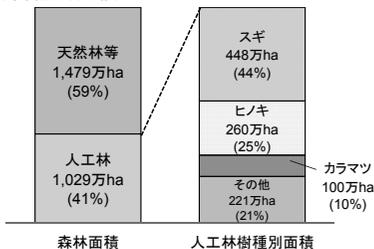
資料: 林野庁「森林資源の現況」(平成24年3月31日現在)

■ 我が国の森林資源の推移



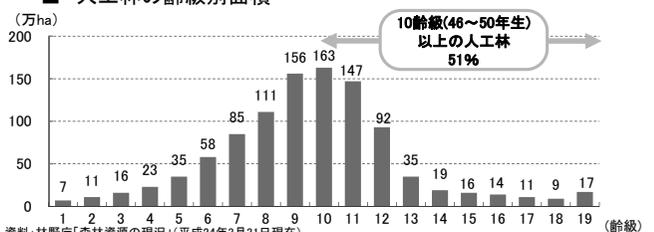
資料: 林野庁「森林資源の現況」(各年の3月31日現在の数値)
注: 総数と内訳の計の不一致は、単位未満の四捨五入による。

■ 人工林樹種別面積



資料: 林野庁「森林資源の現況」(平成24年3月31日現在)

■ 人工林の齢級別面積



資料: 林野庁「森林資源の現況」(平成24年3月31日現在)
注1: 齢級(人工林)は、林齢を5年の幅でくくった単位。苗木を植栽した年を1年生として、1~5年生を「1齢級」と数える。
注2: 森林法第5条及び第7条2に基づき森林計画の対象となる森林の面積。

森林資源の循環利用による林業の成長産業化

- 人工林が本格的な利用期を迎える中、豊富な森林資源を循環利用することが重要。
- このため、新たな木材需要の創出、国産材の安定供給体制の構築により、林業の成長産業化を実現。また、森林の整備・保全等を通じ、森林の多面的機能を維持・向上。
- 消費者や企業等を含む国民全体が、木材利用の意義について理解を深めることも重要。

豊富な森林資源の活用

- ✓ 森林面積は国土の2/3を占め、森林資源は人工林を中心に毎年約1億m³増加。
- ✓ 人工林において高齢級の森林が増えており、資源として利用することが重要。

木材需要の創出と国産材の安定供給

- ✓ CLT等の新たな製品・技術の開発・普及、公共建築物の木造化、木質バイオマスの利用促進等によって新たな木材需要を創出する必要がある。
- ✓ 林業では、施業集約化や路網整備等を推進し、需要者のニーズに対応した国産材の安定供給を行うことが課題。
- ✓ 林業・木材産業の活性化は、山村地域に産業と雇用を生み出す。

多面的機能の発揮

- ✓ 木材利用の拡大と林業の成長産業化は、森林を守り育てることにつながる。
- ✓ 適切な森林の整備・保全による国土保全、地球温暖化防止等へも貢献。



木材利用の意義の普及・啓発（「木づかい運動」の拡大）

- ◇ 毎年10月を『木づかい推進月間』とし、集中的に広報活動を実施
- ◇ 木づかいサイクルロゴマークを通じた普及啓発活動（平成26年3月末現在、355の企業・団体が登録）
- ◇ 木材の良さを実感できる「木育」の実践活動を全国各地で展開



カスケード利用

建築材として使った後も、木材製品や燃料等に利用可能

2

「日本再興戦略」改訂2014 ー未来への挑戦ー（抜粋） （平成26年6月24日 閣議決定）

第二 3つのアクションプラン

二. 戦略市場創造プラン

テーマ4ー① 世界に冠たる高品質な農林水産物・食品を生み出す
豊かな農山漁村社会

(3) 新たに講ずべき具体的施策

iv) 林業・水産業の成長産業化等

① 林業の成長産業化

木質バイオマスについて、地域密着型の小規模発電や熱利用との組み合わせ等によるエネルギー利用促進を図るとともに、セルロースナノファイバー（超微細植物結晶繊維）の研究開発等によるマテリアル利用の促進に向けた取組を推進する。

3

農林水産業・地域の活力創造プラン(抜粋)

(平成25年12月10日決定 平成26年6月24日改訂
農林水産業・地域の活力創造本部)

V 具体的施策 7. 林業の成長産業化

① CLT(直交集成板)等の新たな製品・技術の開発・普及のスピードアップに向けた環境整備や公共建築物の木造化、木質バイオマスの利用促進等による新たな木材需要の創出

セルロースナノファイバーの研究開発等によるマテリアル利用の促進に向けた取組を推進

4

林野庁における取組

・ナノセルロース実用化に向けた支援策

・ナノセルロースフォーラムへの参加

・ナノセルロース推進関係省庁連絡会議の開催

5

ナノセルロース実用化に向けた支援策

＜平成26年度補正予算＞

木材需要拡大緊急対策事業【26億円】
うち「新規木材需要創出事業」【5億円の内数】

木材の新規需要創出を図る観点から、スギ、ヒノキ等を原料としたセルロースナノファイバーの製造技術の実証等を支援。

＜平成27年度予算案＞

新たな木材需要創出総合プロジェクト(新規)【17億円】
うち「木質バイオマスの利用拡大」【5億円の内数】

木質バイオマスの利用促進を図るため、セルロースナノファイバー等のマテリアル利用の促進に向けた技術開発等を支援。

6

木材需要拡大緊急対策事業

【平成26年度補正予算 2,570百万円】

- 戦後造成した人工林が本格的な利用期を迎える中、豊富な森林資源を循環利用し、林業の成長産業化を実現するため、木材需要の拡大が重要。
- しかしながら、木材の最大の需要先である戸建て住宅着工の減少による木材需要の冷え込みが懸念される状況。

緊急対策

木造住宅等需要拡大支援事業【2,070百万円】

■ 関係者が連携して行う地域材利用拡大の取組への支援

地域材の主な利用先である木造住宅を中心に地域材の利用拡大を図るため、関係者が連携しつつ、展示施設の整備及び展示会の開催、モデル的な住宅設計パターンの作成、キャンペーンの実施、優良事例集の取りまとめ等の取組を支援



■ 木製家具の輸出促進のための海外市場の開拓

付加価値の高い木材製品の輸出を拡大するため、木製家具について海外市場調査、輸出向け製品の開発及び海外展示を支援



新規木材需要創出事業【500百万円】

■ 新素材による需要フロンティア開拓の取組への支援

スギ、ヒノキ等を原料としたセルロースナノファイバー(CNF)の製造技術の実証やCLT等新たな木質部材・工法等の技術開発等を支援

セルロースナノファイバー製造実証



- ・CLT等新たな木質部材・工法等の開発
- ・原材料の調達調査

非住宅の中大規模建築物等の木造化等



木材需要の拡大を通じた林業の成長産業化の実現

7

新たな木材需要創出総合プロジェクト[新規] 【平成27年度予算概算決定額 1,689(-)百万円】

背景

戦後造成した人工林が本格的な利用期を迎える中、豊富な森林資源を循環利用し、林業の成長産業化を実現するためには、幅広い分野で、新たな木材の需要拡大に積極的に取り組む必要。

実施内容

林業の成長産業化を実現するため、新たな製品・技術の開発・普及や、建築物・木材製品・木質バイオマス等の各分野での木材利用を幅広く拡大することで、新たな木材の需要を創出するとともに、これらの需要に応える地域材の安定的・効率的な供給体制の構築等に対して総合的に支援。

CLT(直交集成板)等新たな製品・技術の開発・普及 【486(-)百万円】



・CLTの建築基準整備に必要な強度データ収集等



・CLTを用いた建築物の実証



・木質耐火部材の開発



・住宅分野等における新たな製品・技術の開発



・加工機械の開発・普及



・設計士等の人材育成
・木造建築物等の健康面への効果や省エネ性能等調査

地域材利用促進 【960(-)百万円】



・公共建築物等の木造化・内装木質化に向けた設計段階からの技術支援等



・工作物、土木新規分野での木材利用の実証・普及



・工務店等による地域材のモデル的な利用の促進



・木づかい、森林づくり活動の全国的な展開



・木質バイオマスのエネルギー及びマテリアル利用に向け、相談窓口の設置、技術開発等



・輸出の促進、合法木材の普及に向けた調査・普及等

地域材の安定供給体制の構築 【215(-)百万円】

【広域流通型】



・民有林と国有林の連携した協議会の設置や広域原木流通構想に基づく取組への支援

【地域循環型】



・CLT等のラミナ等供給に向けた中小製材工場の連携や山元と地域の加工工場等が連携した体制構築への支援

森林認証・認証材の普及促進 【27(-)百万円】



・国内の森林認証・認証材の普及のため、認証取得に向けた関係者の合意形成への支援等

大型木造建築物等への地域材の利用等

8

ナノセルロースフォーラムへの参加

ホームページへの情報提供

- ①「日本再興戦略」改訂2014 ―未来への挑戦―にセルロースナノファイバーが記載されました。(平成26年6月26日)
- ②ナノセルロース推進関係省庁連絡会議(平成26年8月8日)
- ③ナノセルロースに関する各省庁の平成27年度概算要求(平成26年9月8日)
- ④林野庁 セルロースナノファイバー製造技術実証事業に係る公募(平成27年1月14日)
- ⑤林野庁 新たな木材需要創出総合プロジェクト事業に係る公募(平成27年2月12日)

情報収集

ナノセルロースの新たな用途に向けた利用技術等

9

ナノセルロース推進関係省庁連絡会議の開催



(目的)平成26年6月24日に閣議決定された「日本再興戦略」改訂2014を踏まえ、ナノセルロースに関する農林水産省、経済産業省、環境省、文部科学省などが連携してナノセルロースに関する政策を推進

<構成メンバー>

農林水産省(農林水産技術会議事務局、林野庁)、経済産業省、環境省、文部科学省



関係省庁の取組の情報共有や施策の連携

会議内容:関係省庁におけるナノセルロースの取組及び支援策等



Topics

環境省 地球環境局 低炭素社会推進室

峯岸 律子氏



環境省 地球環境局

第280回生存圏シンポジウム
Nanocellulose Symposium 2015
「進む！セルロースナノファイバープロジェクト」

ナノセルロース実用化に向けた 環境省事業について

京都テルサ テルサホール

平成27年3月20日

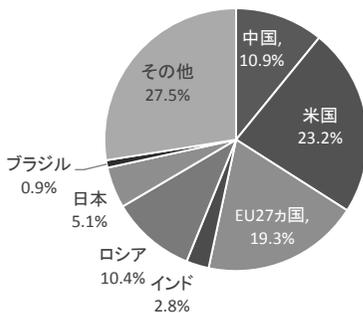
環境省地球環境局地球温暖化対策課
市場メカニズム室 室長補佐 峯岸律子



世界のエネルギー起源CO2排出量の推移

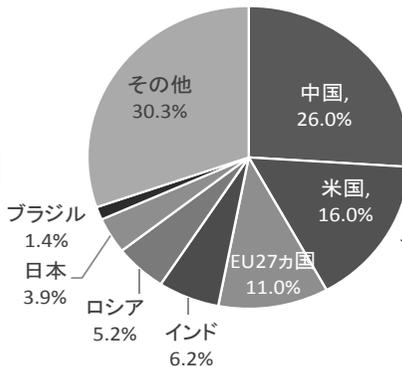
- ◆ 世界全体の温室効果ガス排出量のうち、米中2カ国で世界の40%以上を排出。
- ◆ 今後の排出量は、先進国は微増なのに対し、途上国は急増する見込み。

1990年



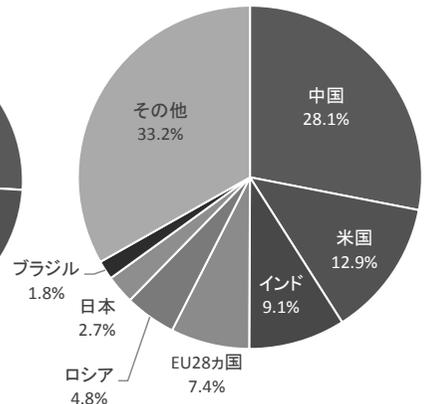
210億トン

2012年(現状)



317億トン

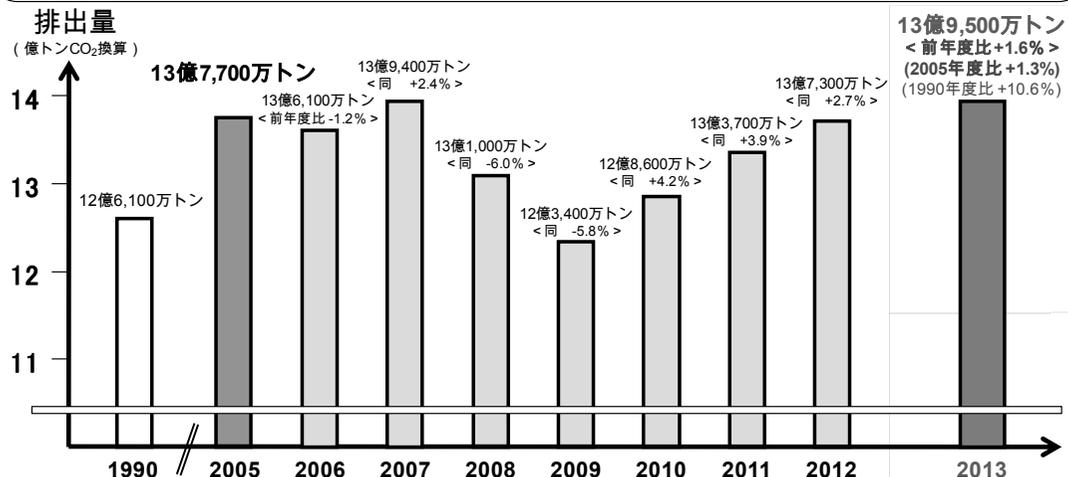
2030年(予測)



365億トン

我が国の温室効果ガス排出量(速報値)

- 2013年度の総排出量は**13億9,500万トン**(前年度比+1.6%、2005年度比+1.3%、1990年度比+10.6%)
- 前年度と比べて排出量が増加した要因としては、化石燃料消費量増加により、産業部門及び業務その他部門のエネルギー起源CO₂の排出量が増加したことなどが挙げられる。
- 2005年度と比べて排出量が増加した要因としては、火力発電の増加による化石燃料消費量の増加により、エネルギー起源CO₂の排出量が増加したことやオゾン層破壊物質からの代替に伴い冷媒分野からのハイドロフルオロカーボン類(HFCs)の排出量が増加したことなどが挙げられる。



- ※1 今回とりまとめた2013年度速報値の算定にあたっては、国連気候変動枠組条約の下で温室効果ガス排出・吸収目録の報告について定めたガイドラインが改訂されたことを受け、対象ガスの追加、排出源の追加、算定方法の変更及び地球温暖化係数の変更を行った。追加・変更後の算定方法を用いて2012年度以前の排出量も再計算しており、2012年度確定値(2014年4月15日公表)との間で差異が生じている。
- ※2 2013年度速報値の算定に用いた各種統計等の年報値について、速報値の算定時点で2013年度の値が未公表のものは2012年度の値を代用している。また、一部の算定方法については、より正確に排出量を算定できるよう見直しを行っている。このため、今回とりまとめた2013年度速報値と、来年4月に公表予定の2013年度確定値との間で差異が生じる可能性がある。なお、確定値では、森林等による吸収量についても算定、公表する予定である。

2

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書

(2014.11.2 第40回総会(コペンハーゲン)にて承認・公表)

総合報告書における主なポイント

1. 観測された変化及びその要因

- 気候システムの温暖化には疑う余地がなく、世界平均気温は上昇している
- 人為起源の温室効果ガスの排出が、温暖化の支配的な原因であった可能性が極めて高い

2. 将来の気候変動、リスク及び影響

- 今世紀末の気温上昇について、厳しい温暖化対策が取られなかった場合は現在と比較し2.6℃~4.8℃、厳しい温暖化対策を取った場合は0.3℃~1.7℃上昇するとの予測
- 現状を上回る緩和と努力がなければ、今世紀末までの温暖化による影響に至るリスクが高くなる

3. 適応、緩和、持続可能な開発に向けた将来経路

- 温暖化を抑制する緩和経路は複数あるが、2℃達成のシナリオでは今後数十年間にわたり大幅に排出を削減し、今世紀末までに排出をほぼゼロにする必要がある
- 温暖化緩和と努力の遅延や、鍵となる技術が利用できない場合に課題が増大する

4. 適応及び緩和

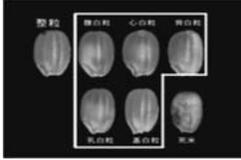
- 将来のエネルギー供給について、CO₂排出量を2040年~2070年までの間に2010年度比90%以上削減すること、低炭素エネルギーの割合を2050年までに80%以上と引き上げること、2100年までにCCS無しの火力発電をゼロにすることが必要となる

3

我が国において既に起こりつつある気候変動の影響

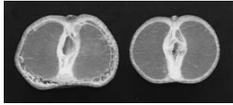
米・果樹

米が白濁するなど品質の低下が頻発。



図：水稲の白未熟粒(写真提供：農林水産省)

・水稲の登熟期(出穂・開花から収穫までの期間)の日平均気温が27℃を上回ると玄米の全部又は一部が乳白化したり、粒が細くなる「白未熟粒」が多発。
・特に、登熟期の平均気温が上昇傾向にある九州地方等で深刻化。



図：みかんの浮皮症(写真提供：農林水産省)

成熟後の高温・多雨により、果皮と果肉が分離する。(品質・貯蔵性の低下)

異常気象・災害



図：洪水被害の事例(写真提供：国土交通省中部地方整備局)

日降水量200ミリ以上の大雨の発生日数が増加傾向

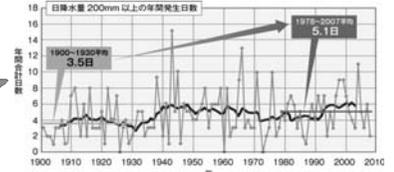


図 日降水量200ミリ以上の年間発生日数と長期変化(国土交通省資料より作成)

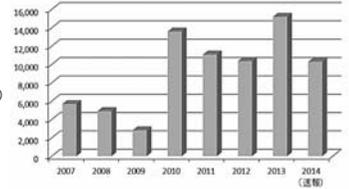
デング熱の媒介生物であるヒトスジシマカの分布北上



図 ヒトスジシマカ(写真提供：国立感染症研究所 昆虫医学部)

熱中症・感染症

2013年夏、20都市・地区計で15,189人の熱中症患者在救急車で病院に運ばれた。(速報)
(国立環境研究所 熱中症患者速報より)



サンゴの白化・ニホンジカの生息域拡大



図 サンゴの白化(写真提供：環境省)



(写真提供：中静透)

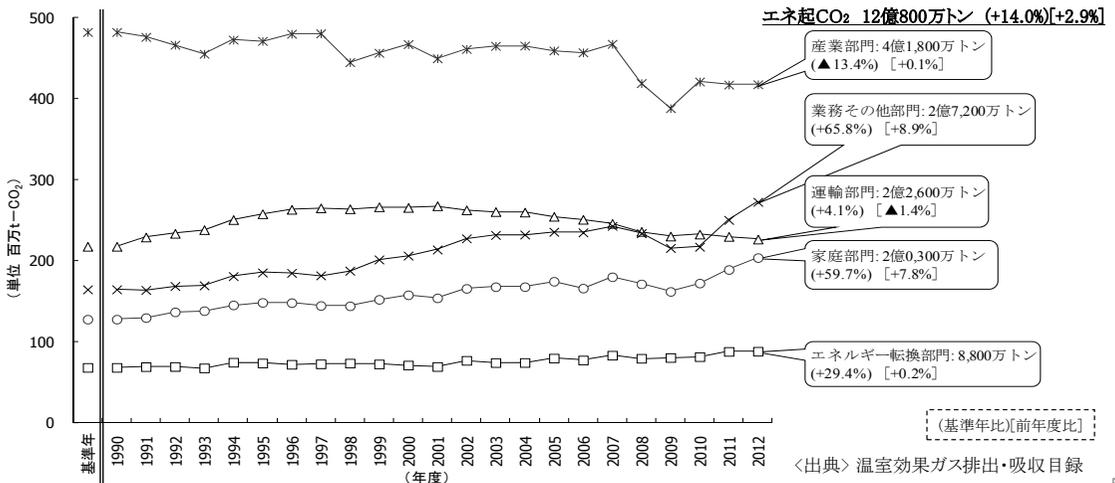
農林産物や高山植物等の食害が発生

農山村の過疎化や狩猟人口の減少等に加え、積雪の減少も一因と考えられる。

生態系

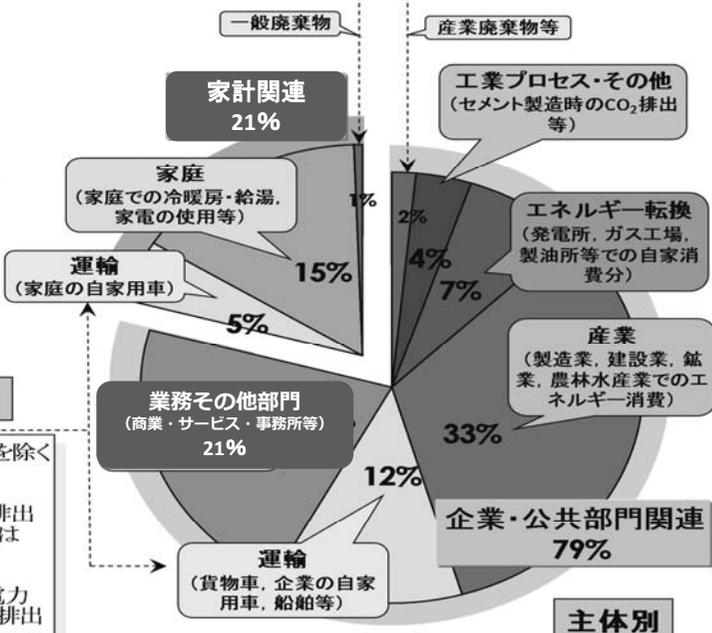
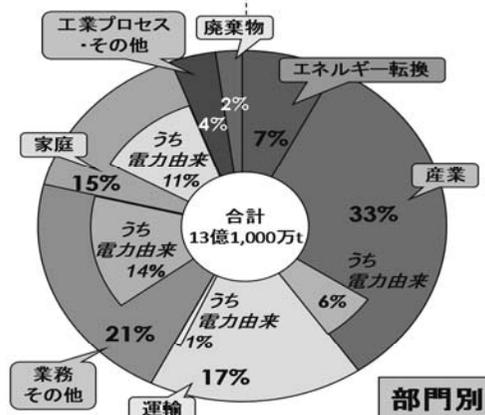
エネルギー起源CO₂の部門別排出量(電気・熱配分後)の推移

- 産業部門(工場等)は、製造業及び非製造業からの排出量減少に伴い減少傾向。
- 運輸部門(自動車等)は、輸送効率の改善等により減少傾向。
- 業務その他部門(商業・サービス・事業所等)は、延床面積の増加、それに伴う空調・照明設備の増加、オフィスのOA化等に伴い1990年度に比べエネルギー消費量が増加したことに加え、震災を契機とした火力発電の増加による電力排出原単位の悪化等により増加傾向。
- 家庭部門は、家庭用機器の大型化・多様化、世帯数の増加等に伴い基準年に比べエネルギー消費量が増加したことに加え、震災を契機とした火力発電の増加による電力排出原単位の悪化等により増加傾向。
- エネルギー転換部門(発電所等)は、電力等のエネルギー需要が増加したこと等により増加傾向。



二酸化炭素排出量の内訳（電気・熱配分後）

家計関連及び業務その他部門（商業・サービス・事務所等）からのCO₂排出量は、日本全体の約4割を占める



- CO₂排出量のうち、工業プロセス、廃棄物等を除く93%がエネルギーの消費に伴うものである。
- 自家用車、一般廃棄物を含め、家庭からの排出は全CO₂排出量のうち約2割であり、残る8割は企業や公共部門からの排出である。
- 「電力由来」とは、自家発電等含まない、電力会社などから購入する電力や熱に由来する排出を指す。

家計関連と企業・公共部門関連に分けたもの

温室効果ガスの削減～再エネ・省エネ

再生可能エネルギーを早く大幅に増やす。

エネルギー効率を高め、エネルギーの使用量を抑制する。

エネルギー供給

農業・土地利用

地域づくり・都市計画

家庭・オフィス

交通・物流

産業

省エネルギー推進に関する環境省の取組

- 平成26年3月に「L²-Tech・JAPANイニシアティブ」を発表。先導的な低炭素技術（Leading & Low-carbon Technology）を「L²-Tech」と位置付け、設備・機器の情報をリストにまとめ、それを活用しつつ、先導的な低炭素技術の開発・導入・普及を推進。
- 業務部門等を対象に、工場やビル等における既存設備の導入・運用状況等を無料で計測・診断し、経済性の高いCO₂削減対策技術等の情報を提供する「CO₂削減ポテンシャル診断」を全国的に実施。さらに、オフィスビル等のCO₂排出量を効率的に削減する先進的な対策技術への投資に対して、補助及び運用改善を促す事業を実施。
- 家庭部門においては、省CO₂・省エネアドバイスをを行う家庭向けエコ診断を実施。
- あらゆる電気機器に組み込まれている光デバイス、パワーデバイスの効率を最大限向上し、エネルギーロスを最小化する窒素ガリウム（GaN）デバイスの開発・実証を実施。
- 「地球温暖化対策の推進に関する法律」に基づく排出抑制等指針を策定し、各部門の温暖化対策を促進。また、住宅・建築物の低炭素化を経済産業省、国土交通省と3省で促進（※都市の低炭素化の促進に関する法律（平成24年9月5日法律第84号））。

8



先導的な低炭素技術（L²-Tech）推進基盤整備事業

平成27年度要求額
650百万円（0百万円）

背景・目的

- エネルギー消費量を抜本的に削減する大胆な省エネを進めるため、平成26年3月「L²-Tech JAPANイニシアティブ」を発表。先導的な（Leading）な低炭素技術（Low-carbon Technology）= L²-Techをリスト化し、開発・普及を強力に推進。
- イニシアティブ推進の基盤整備のため、「L²-Techリスト」の更新・拡充・情報発信、対策導入に必要な技術開発・実証の特定、次世代素材活用の実現可能性調査を実施。

事業目的・概要等

イメージ

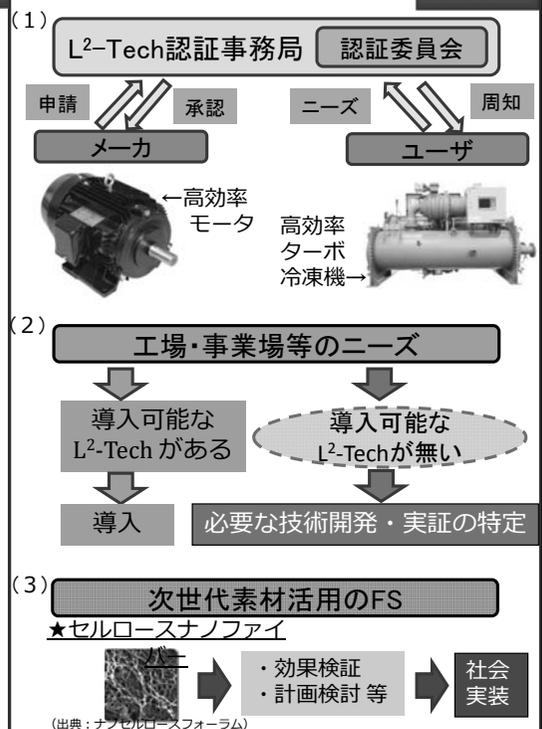
事業概要

- (1) L²-Techリストの更新・拡充・情報発信
メーカーから最新の技術情報が自動的に集まる仕組みなど、「L²-Techリスト」の効率的な更新・拡充手法の検討・実践。
国内・海外への効果的な情報発信手法を検討・実践。特に海外は、対象国の政策実施状況やニーズを把握し、我が国の経験とともに発信。
- (2) 技術開発・実証が特に必要なL²-Techの特定
工場・事業場等における、エネルギー消費設備・機器の利用の実状から、L²-Techへの更新により二酸化炭素やコストの削減につなげるニーズがどの程度あるのか、技術分野ごとに動向分析を行い、開発・普及が急がれる有望な技術を特定。
- (3) セルロースナノファイバー等の次世代素材活用のFS
様々な製品等の基盤となる素材にまで立ち回り、自動車部材の軽量化・燃費改善による地球温暖化対策への多大なる貢献が期待できるセルロースナノファイバー等の次世代素材について、メーカー等と連携し、製品等活用時の削減効果検証、製造プロセスの高効率化検証、リサイクル時の課題・解決策検討、早期社会実装のための戦略の策定等を実施。

事業スキーム 委託対象：民間団体等 実施期間：平成27～31年度

期待される効果

「L²-Tech JAPANイニシアティブ」による大胆な省エネの推進



セルロースナノファイバー（CNF）に関する環境省の取組

セルロースナノファイバーに関係する政策連携

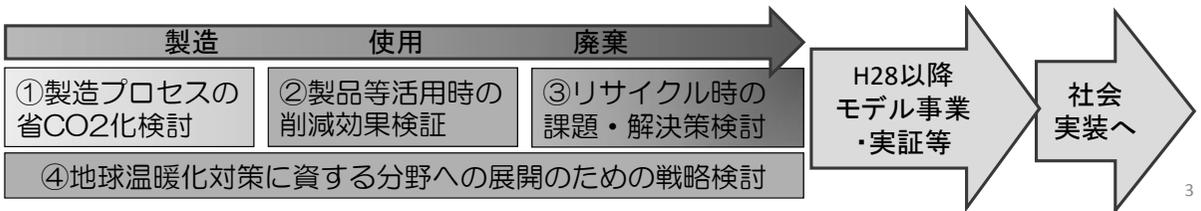
□ 農林水産省（農林水産技術会議・林野庁）、経済産業省（製造産業局）、環境省（地球環境局）、文部科学省により「ナノセルロース推進関係省庁連絡会議」を創設

上流 ↑ ↓ 下流	関係省庁	主な役割分担
	農林水産省	農林業や食品産業からの国産セルロース原料の供給
	経済産業省	セルロースナノファイバーの製造（技術の研究開発等）
	環境省	地球温暖化対策に資する分野への具体的な展開

◆ 文部科学省は、上流から下流に関わる学術的基礎研究を担う

セルロースナノファイバー等の次世代素材活用のFS（平成27年度要求額 300百万円）

- 様々な製品等の基盤となる素材にまで立ち返り、自動車部材、発電機、家電製品等の軽量化や燃費・効率改善による地球温暖化対策への多大なる貢献が期待できるCNF等の次世代素材について、メーカー等と連携し以下の取組等を実施。



Topics

(株) デンソー

小島 和重氏

セルロースナノファイバーとPF樹脂複合体の開発

(株)デンソー 材料技術部
 小島 和重、漆原 勝
 加藤 和生、後藤 伸哉
 京都大学 生存圏研究所
 矢野 浩之

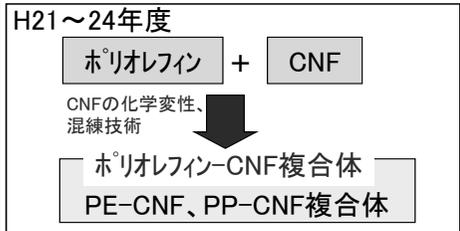


DENSO

©DENSO CORPORATION All rights reserved.
 This information is the exclusive property of DENSO CORPORATION. Without their consent, it may not be reproduced or given to third parties.

PF-CNF (セルロースナノファイバー)複合体の開発背景

NEDO PJ:
 「熱可塑性樹脂-CNF複合体」の開発
 アドバイザーとして参画(H21年度～)



高耐熱
 熱可塑性樹脂



熱硬化性樹脂



デンソーと京都大学の共同開発:
 「熱硬化性樹脂-CNF複合体」の開発

フェノール樹脂(PF) + リグノCNF



熱硬化性樹脂-CNF複合体開発
 PF-リグノCNF複合体

PFの特徴

1. 加工温度 < CNFの耐熱温度(200℃)
 加工後、高耐熱性になる
2. リグノCNFの適用で親和性向上が期待
 (リグニンとPFは類似構造)

本研究の目的

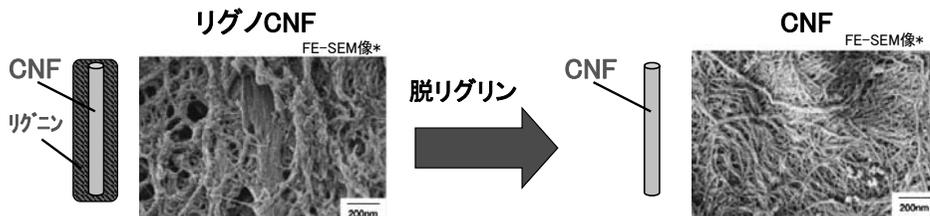
PFとリグノCNFから高弾性率な複合体を開発する

DENSO

©DENSO CORPORATION All rights reserved.
 This information is the exclusive property of DENSO CORPORATION. Without their consent, it may not be reproduced or given to third parties.

■リグノCNFとCNF

*Abe, Nakatsubo, Yano, Composites Science and Technology 69, 2434 (2009)

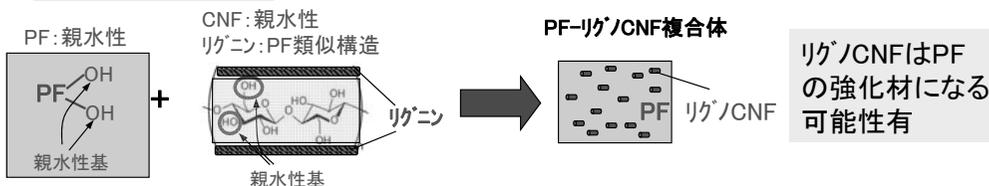


リグノCNFのCNF表面はリグニンで覆われている

■PF-リグノCNF複合体

PF: 親水性 (基存在) + リグノCNF: PF類似構造 (リグニン) + 親水性 (基存在)

親和性大 (推定)



DENSO

©DENSO CORPORATION All rights reserved. This information is the exclusive property of DENSO CORPORATION. Without their consent, it may not be reproduced or given to third parties.

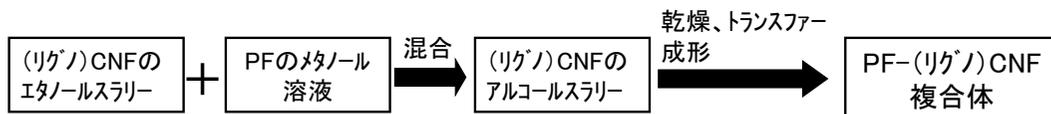
PF-CNF複合体の作製方法

■目的

トランスファー成形法でCNFの分散性及び補強効果を評価する

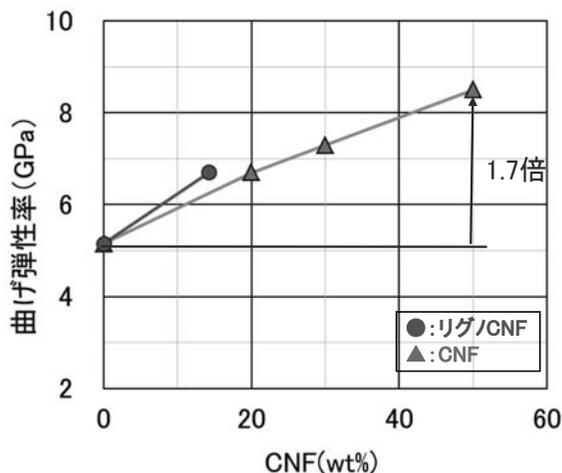
■PF-CNF複合体の作製方法

1. (リグノ)CNFとPFをアルコール中で混合する
2. 乾燥後、トランスファー成形によりテストピースを作製する
3. 曲げ弾性率を評価する



DENSO

©DENSO CORPORATION All rights reserved. This information is the exclusive property of DENSO CORPORATION. Without their consent, it may not be reproduced or given to third parties.



- ・CNF量ともに弾性率は向上し、50wt%配合で1.7倍に向上した
- ・リグノ/CNFの方がCNFよりも補強効果は高かった

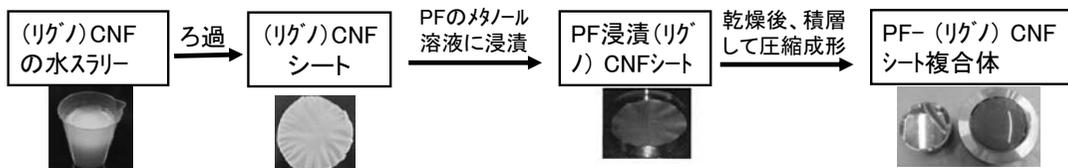
PF-CNFシートの複合体

■目的

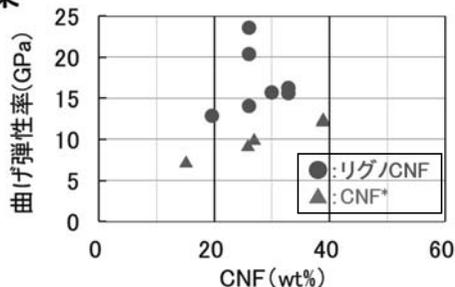
CNFとPFをより均一に分散させ、CNFの補強効果のポテンシャルを把握する

■PF-CNFシート複合体の作製方法

1. (リグノ)CNFの水スラリーから(リグノ)CNFシートを作成する
2. そのシートをPFのメタノール溶液に浸漬、乾燥後、積層して圧縮成形(160°C)する



■結果

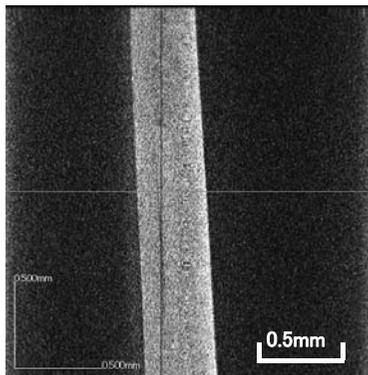


- ・リグノ/CNFの方がCNFよりも補強効果は高かった
- ・リグノ/CNF20wt%以上配合で20GPa以上の弾性率を発現したが、ばらつきは大きかった

*Nakagaito, Yano, Cellulose, 15, 323 (2008)

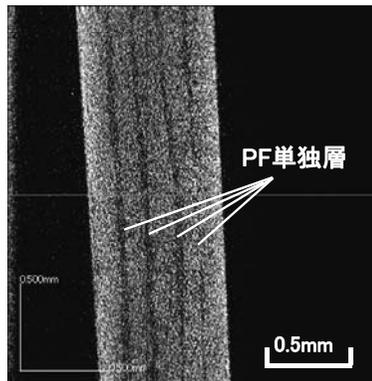
PF-リグノCNFシート複合体のX線CTスキャン像

曲げ弾性率: 24GPa



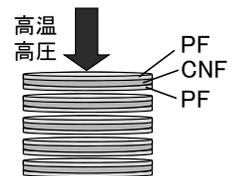
PF単独層は薄い

曲げ弾性率: 12GPa



PF単独層は厚い

PF浸漬CNFシートを5枚積層し圧縮成形



高弾性率品では、
 ・PF単独層は薄い
 ・全体膜厚は薄い



高弾性率品は、
 ・CNFシート内部へのPFの浸透が促進していると推定される

DENSO

© DENSO CORPORATION. All rights reserved. This information is the exclusive property of DENSO CORPORATION. Without their consent, it may not be reproduced or given to third parties.

まとめ

【狙い】

セルロースナノファイバー(CNF)とフェノール樹脂(PF)を組み合わせ、高剛性な材料を開発する

【結果】

PFの補強効果はCNFよりもリグノCNFの方が高く、PFとリグノCNFシートの複合体は最高で20GPa以上の弾性率を発現できた

【今後】

リグノCNFシートを適用することで高弾性率を発現するメカニズムを解明する

DENSO

© DENSO CORPORATION. All rights reserved. This information is the exclusive property of DENSO CORPORATION. Without their consent, it may not be reproduced or given to third parties.

実証プラント状況

星光 PMC (株)

佐藤 明弘氏

変性セルロースナノファイバー強化 樹脂の開発状況

星光PMC株式会社
新規開発本部

SEIKO PMC CORPORATION



当社の開発の経緯

1. 京大・矢野教授をリーダーとするNEDOプロジェクトに参画(2007～)
2. NEDO・GSCプロジェクト(2010-2013)

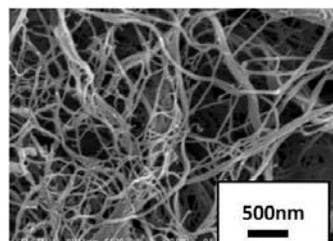


「セルロースナノファイバー強化による自動車用高機能化
グリーン部材の研究開発」に参画

メンバー：京都大学、京都市産技研、王子HD(株)、三菱化学(株)、
DIC(株)、星光PMC(株)

当社はセルロースの変性と熱可塑性樹脂との複合化技術の開発を担当した。

3. 実証評価にむけた取り組み(2013-3～)

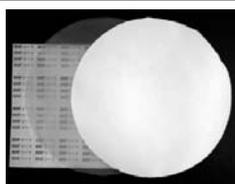


CNFの特性

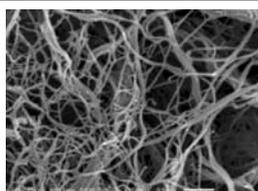
項目	データ	コメント
繊維径 (nm)	3~数百	フィルムは透明
密度 (g/cm ³)	1.5	鋼鉄の1/5
弾性率 (GPa)	140	鋼鉄の5倍以上の強度
強度 (GPa)	3.0	アラミド、炭素繊維と同程度
CTE (ppm/K)	0.1	ガラスの1/50、石英ガラス並
比表面積 (m ² /g)	5-300	高い比表面積。保水性大
弾性率不変		-200°C~200°Cでほぼ一定
平滑性	○	



高粘度



透明



CNFのSEM写真(スケールバーは0.5μ m)

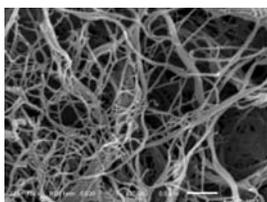
3

SEIKO PMC CORPORATION



セルロースナノファイバー(CNF)と星光PMC

CNFは親水性が極めて高いため、疎水性材料とは混じり難い。



CNF(親水性)



変性・改質技術による
親和性向上



樹脂(疎水性)

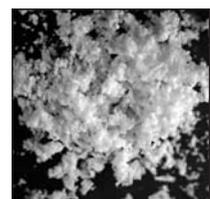
変性・改質技術を応用し、疎水性材料との親和性を向上させた
変性セルロース材料を開発

4

SEIKO PMC CORPORATION



複合材料の作成方法

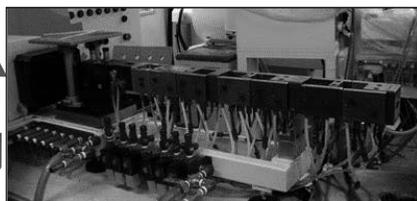


変性セルロース

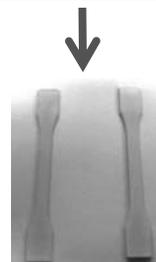


樹脂

2軸押出機



CNF強化樹脂
ペレット



成形

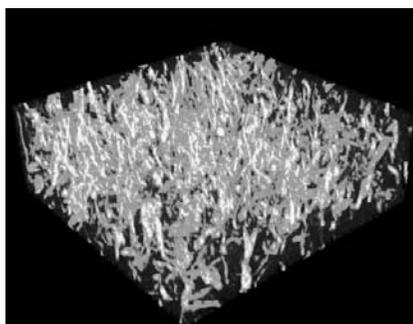
5

SEIKO PMC CORPORATION

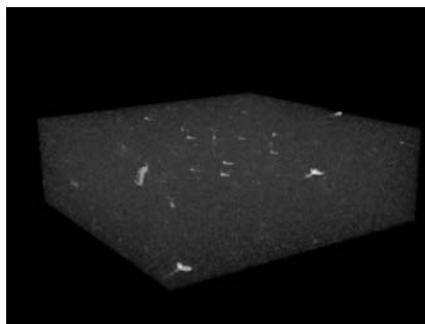


評価結果(NEDO成果)

未変性CNF + 樹脂



変性CNF + 樹脂



幅600 μ m × 奥行600 μ m × 高さ200 μ mの部分を解析(分解能700nm)

- CNFをポリエチレン樹脂(PE)中で均一に分散出来た。
- 優れた力学物性(強度、弾性率、低熱膨張)が得られた。

6

SEIKO PMC CORPORATION



実用化に向けた開発状況

・GSCプロジェクト終了後、実用化を見据えた検討を開始。

1. サンプル量

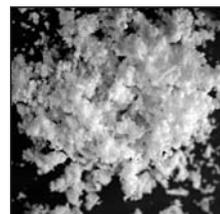
・kg単位でのサンプルが必要。

2. 製品形態

・粉末状よりもペレット状の方が使いやすい。

3. ニーズ

・様々なポリマーとの複合化が必要。



終わりに

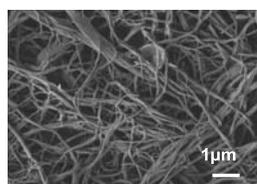
・2014年10月にCNF材料の実証製造設備が完成し、
11月頃より本格的なサンプル配布開始した。



変性パルプ



変性CNF強化樹脂ペレット



樹脂中の変性セルロース

・CNFは非常に可能性を秘めた優れた材料である。
・当社は、「変性・改質」技術をベースとしてCNFの実用化に
向け取り組んでいきたい。



実証プラント状況
(株) スギノマシン
小倉 孝太氏

ウォータージェット法による ナノセルロース製造プラント

株式会社スギノマシン
新規開発部

小倉 孝太

1

スギノマシン 概要

資本金: 23億2400万円

社員数: 約1350名(グループ全体)

本 社: 富山県魚津市



事業所: 国内3事業所、
8営業所

関連会社: 国内5社
海外10社(9ヶ国)

スギノマシン早月事業所・技術センター
後方は北アルプス立山連峰

2



超高压技術



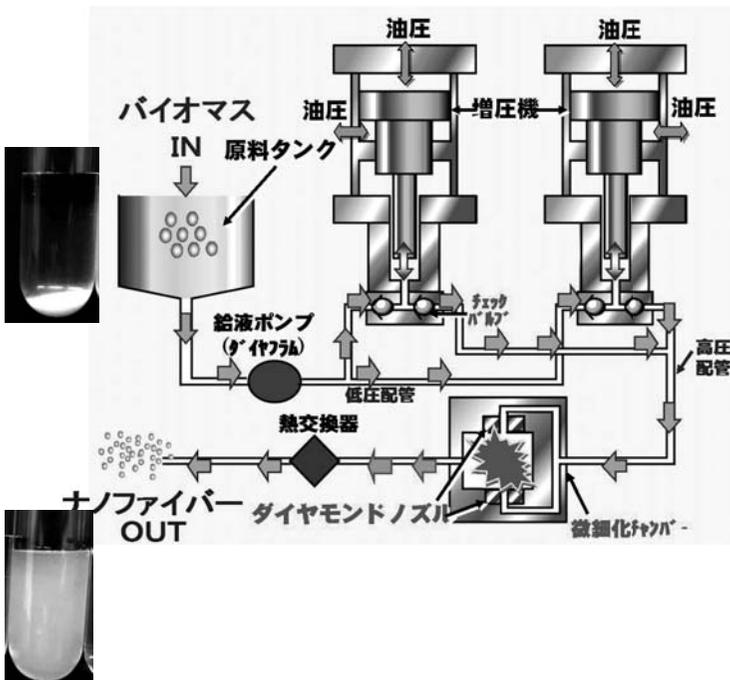
超微粒技術

Technology

超高速技術

超仕上技術

超精密技術



湿式微細化の特長

- 連続処理による大量処理が可能
- 水のみを使用した環境調和型技術
- 物性の制御が可能 (アスペクト比など)
- 多様な用途への選択性
- バイオマス原料の メリットを保持



ウォータージェット法によるナノセルロース製造設備

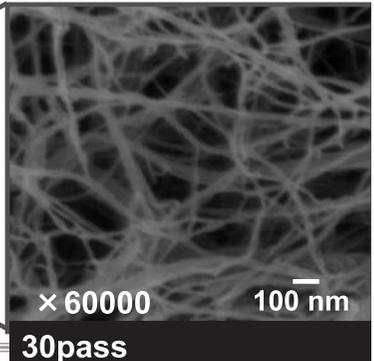
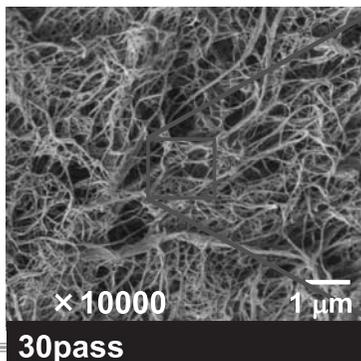
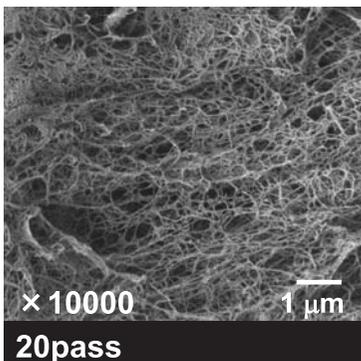
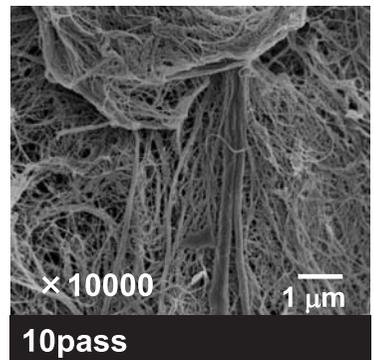
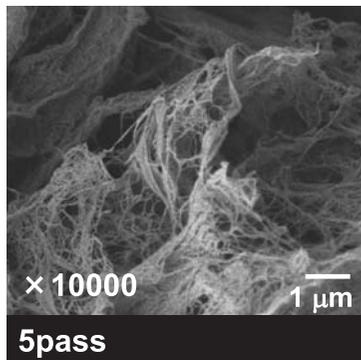
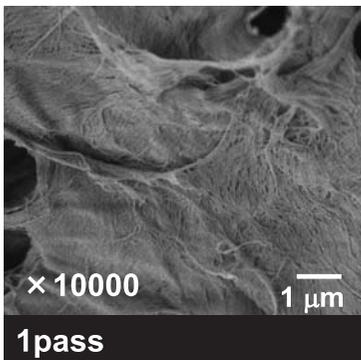


クラス10万 クリーンルームにて製造

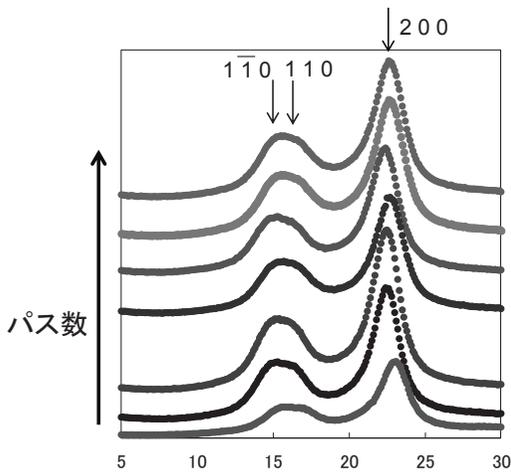
10 wt.%のスラリーで1トン/dayの生産能力を整備
(産業レベルでの製造が可能)



セルロースのナノファイバー化挙動

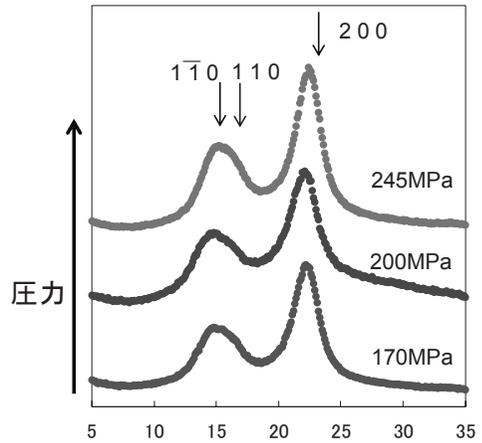


BiNFi-sの結晶化度



スラリー乾燥品のXRDパターン

- ・未処理→WJ処理により面間隔がやや増加
- ・パス数増加による顕著なパターン変化は見られず



スラリー乾燥品のXRDパターン

- ・処理圧力に対する極端な構造変化は見られず

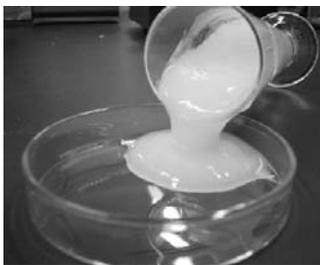
BiNFi-s (Biomass Nano Fiber)

BiNFi-s

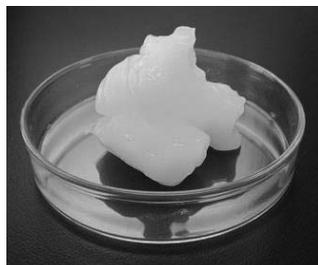
- ビンフィス -



BiNFi-s : Biomass Nano Fiber made by SUGINO



2 wt.% BiNFi-s

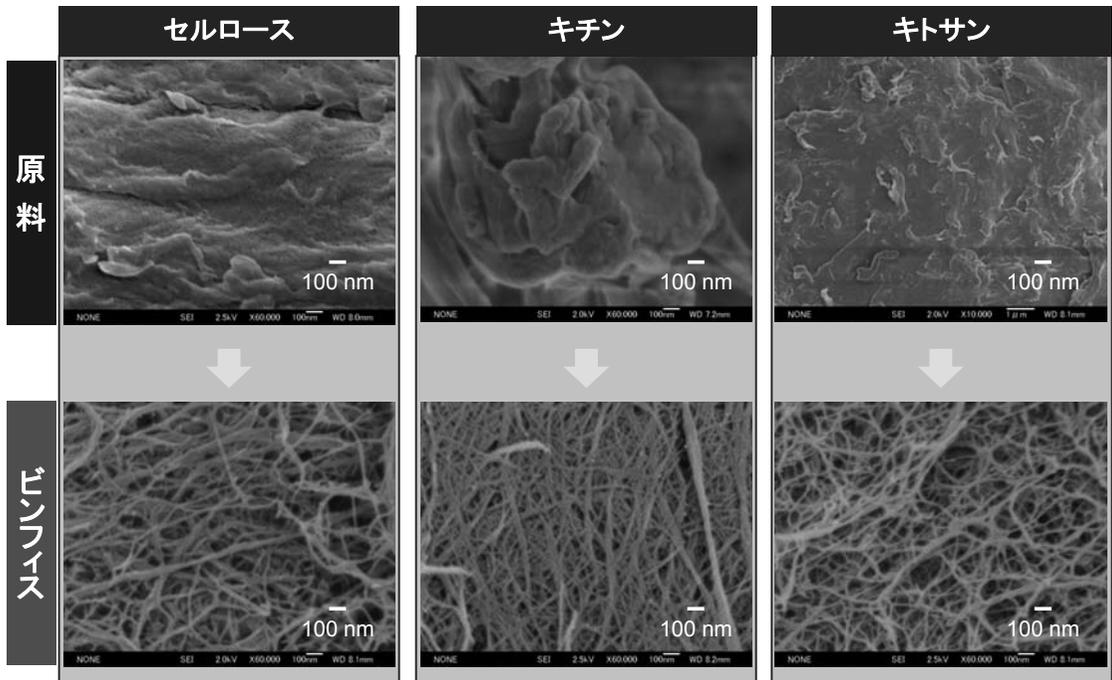


5 wt.% BiNFi-s



10 wt.% BiNFi-s

BiNFi-sのSEM画像



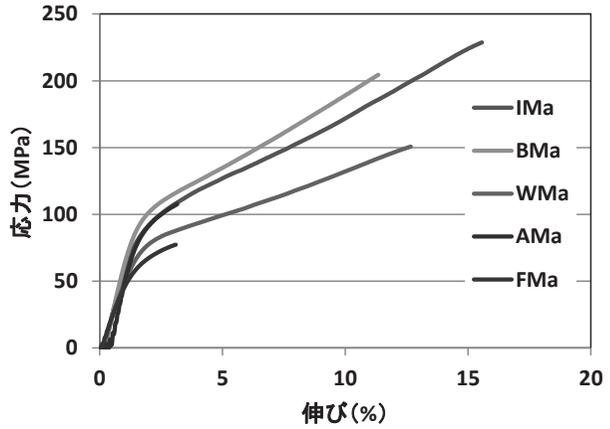
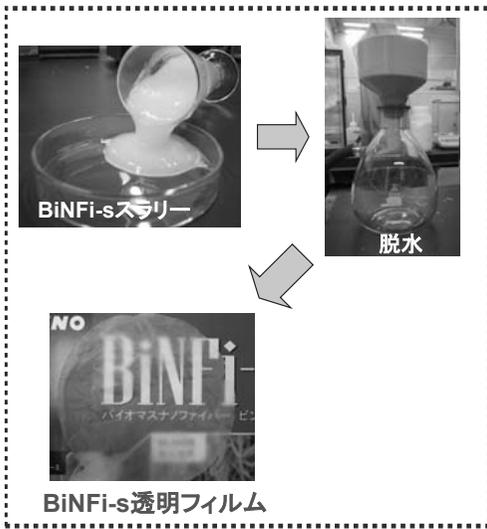
繊維径: 20-50 nm, 繊維長: 数 μ m 9

BiNFi-sのラインアップ



	型式	繊維長 ^{*1}	粘度 ^{*2} (mPa·s)	比表面積 (m ² /g) ^{*3}	引張り強度 (MPa) ^{*4}	分散・乳化 安定性	保水性	増粘性	透明性	補強性
セルロース	① IMa-10002	長い ↑ ↓ 短い	7,000	120	200	★★★		★★		★★★
	② BMa-10002		7,000	120	200	★★	★	★★		★★★
	③ WMa-10002		3,000	120	150	★	★★	★	★	★★
	④ AMa-10002		3,000	150	100	★	★★★★		★★	★
	⑤ FMa-10002		500	150	80	★★	★★		★	
CMC	⑥ TMa-10002	-	3,000	100	-	★		★★★★	★★★★	
キチン	⑦ SFo-20002	-	3,000	200	-	★★	★	★★	★★	★
キトサン	⑧ EFo-08002	-	800	80	140	★	★	★		★

全ラインアップを各1kgずつ、合計8kgのセットも販売しています。 10

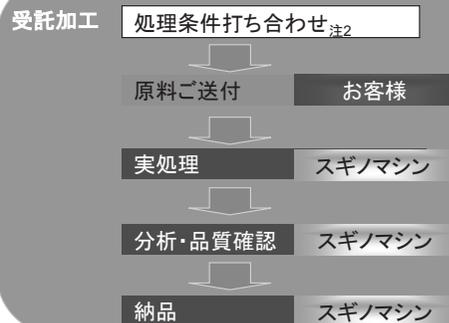
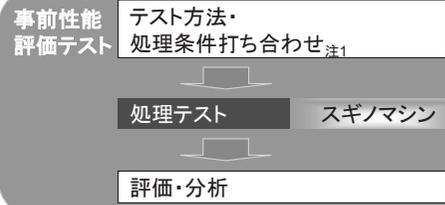


BiNFi-s セルロースは高強度なフィルムとなる。
また、繊維長が長いほど、強度は高くなる。



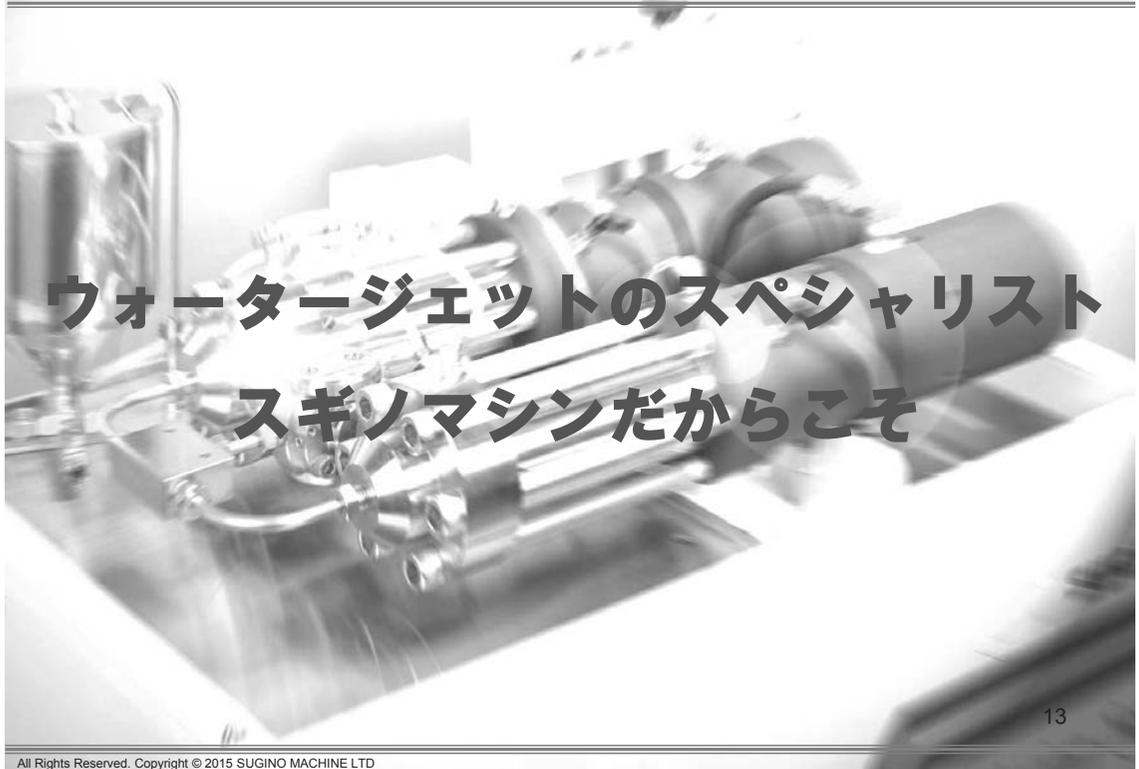
バイオマスナノファイバー製造設備
(製造量: 1 ton/day)

受託加工のフロー



注1:原料の溶質、溶媒の種類、繊維径、粘度、濃度、処理圧力、処理回数などをご確認させていただきます。

注2:原料の処理圧力、パス回数、原料輸送形態をご確認させていただきます。



ウォータージェットのスペシャリスト
スギノマシンだからこそ

13

All Rights Reserved. Copyright © 2015 SUGINO MACHINE LTD

まとめ

- ウォータージェット技術を応用することで、様々な繊維長の均一なナノセルロースの製造・販売を行っている。
- 物質や繊維長などによって性質が異なり、用途によって最適なナノファイバーを選定することが重要である。
- お客様の原料をナノファイバー化するテスト加工・受託加工も受け付けている。

14

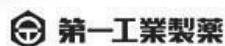
All Rights Reserved. Copyright © 2015 SUGINO MACHINE LTD

実証プラント状況
第一工業製薬（株）
後居 洋介氏

セルロースシングルナノファイバー からなる増粘剤の 製造実証と用途開発

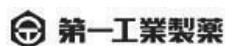
第一工業製薬株式会社
機能化学品研究所 合成研究第一グループ
後居 洋介

2015年3月20日



報告内容

1. 会社紹介
2. CNFからなる増粘剤 レオクリスタについて
3. 製造設備について
4. 用途開発について



基本情報

創業 明治42年

設立 大正7年

資本金 71億41百万円

本社 京都府京都市南区

従業員数 514名(連結 969名)



事業内容

機能化学品事業

界面活性剤、シヨ糖脂肪酸エステル、
水溶性高分子(CMC, PVP) etc

樹脂材料事業

ウレタンプレポリマー、水系ウレタン樹脂、難燃剤 etc

電子材料事業

光硬化樹脂、導電性材料、セラミック材料 etc



製品の用途

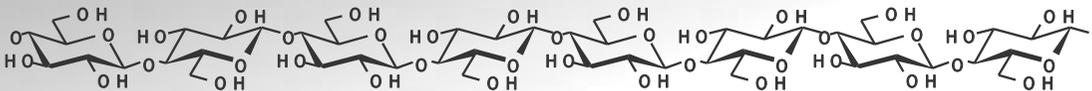


幅広い分野に展開



CNFからなる増粘剤 レオクリスタ

RHEOCRISTA



製品形態

成分	濃度 [wt%]
セルロースナノファイバー	2.0
防腐剤	1.0
水	97.0



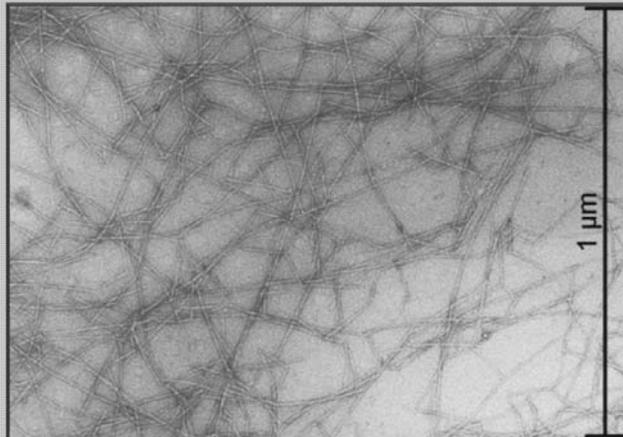
レオクリスタサンプルの外観

＜使用方法＞

水で2 - 20倍に希釈して使用



増粘機構



Microgram of RHEOCRISTA

CSNFがネットワーク構造を形成
水中にナノ分散(溶解していない)



レオクリスタの特徴

- 天然由来
- 高い増粘効果
- 高いチクソ性 -スプレー可能なゲル-
- みずみずしい感触
- 分散・乳化安定性



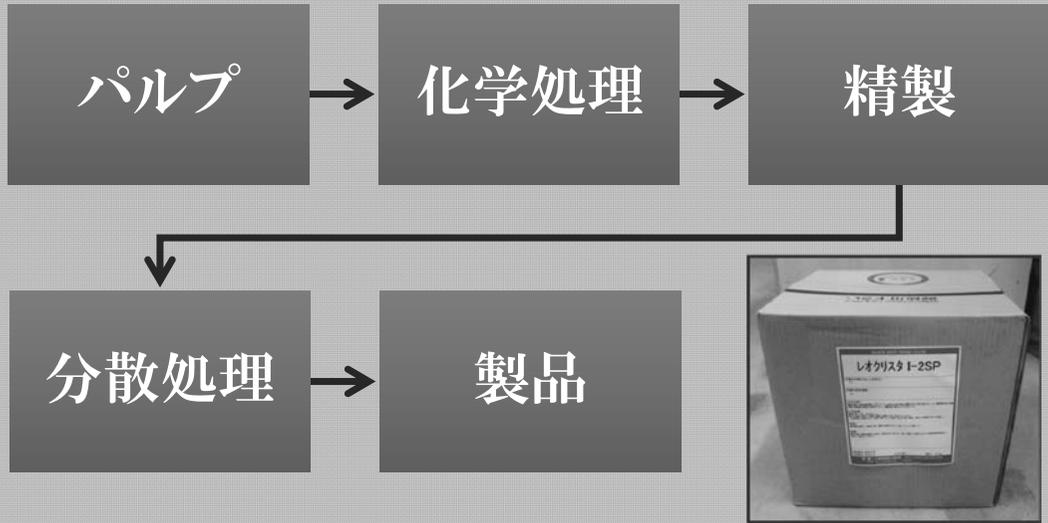
製造設備について

製造場所

大潟事業所(新潟県上越市)に
実証設備建設(延べ床面積600m²)



製造方法



稼動までのスケジュール

日付	内容
2013	先端省エネルギー等部素材開発事業(経産省)補助金採択
2014. 1	実証設備 着工
2014. 3	実証設備 完工
2014. 4-6	試運転
2014. 7-	製造実証

製造実証において…

加熱・冷却時間、および攪拌効率のラボスケールとの違いを検証
温度、pH制御における応答遅れ対策を実施

用途開発について

化粧品分野における用途開発例

•チクソ性、感触、乳化安定性
⇒ジェルミスト化粧水・乳液など

•顔料の分散安定性
⇒サンスクリーン、
リキッドファンデーションなど

上記のような剤型で実用化に向けて
検討されている



用途開発について

一般工業分野における用途開発例

•チクソ性
⇒タレ止め剤など

•分散安定性
⇒顔料、セラミック、機能性微粒子などの分散安定化

農薬など、幅広い分野で
検討されている



Nanocellulose Symposium 2015
進む！セルロースナノファイバープロジェクト

発 行 日 平成27年 3月20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麴屋町東入



後 援： 経済産業省
農林水産省
環境省
京都市
紙パルプ技術協会
(公社) 高分子学会
(公社) 日本材料学会
セルロース学会
(一社) 日本木材学会
(地独) 京都市産業技術研究所
京都大学産官学連携本部