

世界で広がる ナノセルロースの生産と利用

株式会社エンパシード

平田 悟史

発表者について

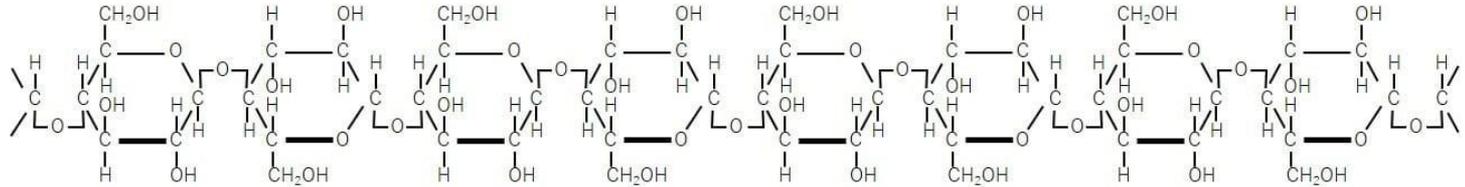
- 産業技術総合研究所で、ナノセルロースに関する産学官連携組織である「ナノセルロースフォーラム」の設立・運営に携わってきました。
- 退職後、ナノセルロースに関する技術情報サイト「ナノセルロース・ドットコム」を運営しているほか、海外の組織と共同でWorld Nanocellulose EXPO 2021などの展示会の運営も行っています。

本日本話する内容

- ナノセルロースとは
- ナノセルロースの種類／特性
- 国内・海外におけるナノセルロースの生産
- 国内・海外のナノセルロースを用いた製品
- 注目されるナノセルロースの新しい用途
- バクテリアナノセルロースに関する話題

ナノセルロースとは

セルロース分子鎖



セルロースマイクロフィブリル

セルロース分子鎖 30~40本が束になったもの
ナノセルロースの基本単位



ナノセルロース

セルロースマイクロフィブリル、およびそれが束になったもの



形状による分類

セルロースナノファイバー
(セルロースナノフィブリル、**CNF**)

セルロースマイクロフィブリル (**i-CNF**)



セルロースマイクロフィブリルの束



セルロースナノクリスタル(**CNC**)

100nm~1μm

3~50nm



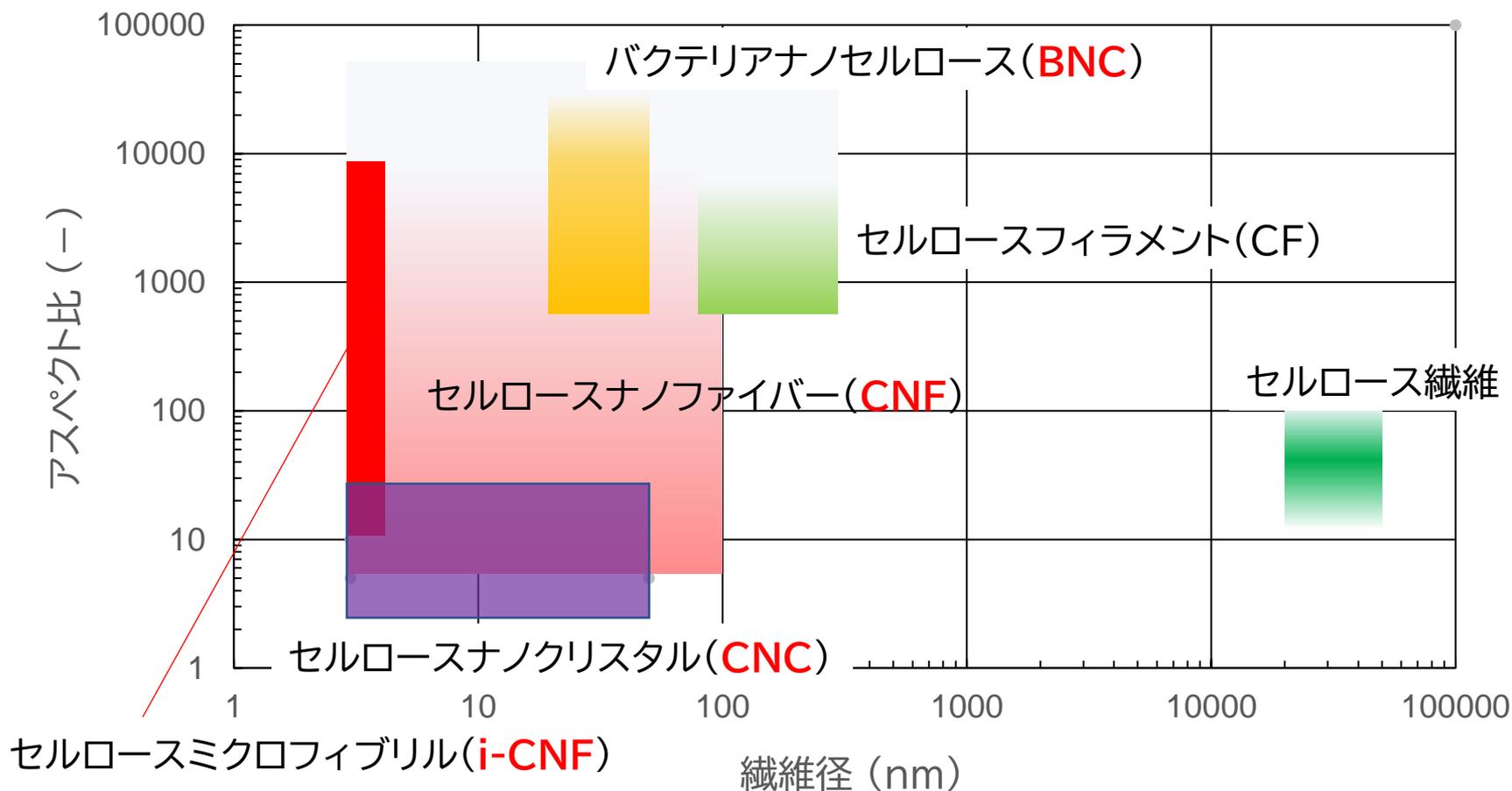
原料による分類

植物 植物由来のナノセルロース
植物に含まれるセルロース繊維を解繊したもの。
一般的なナノセルロース。

糖類 バクテリアナノセルロース
(バクテリアセルロース、**BNC**)
糖類を原料にして酢酸菌によって生合成されたもの。
このシンポジウムで取り上げているもの。

動物 チュニケート由来のセルロースナノファイバー
(**t-CNF**)
ホヤという海産動物の外皮に含まれるナノセルロース。セルロース純度が高い。

ナノセルロースの種類



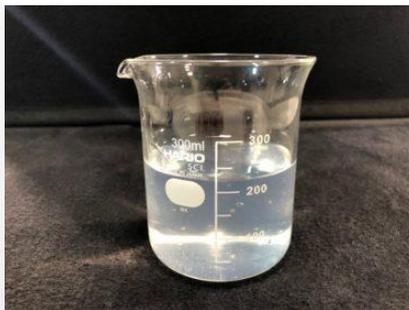
ナノセルロース商品の種類

水分散体

乾燥粉末

疎水化処理したもの
非水系のもの

樹脂に混ぜたもの
フィルム化したもの

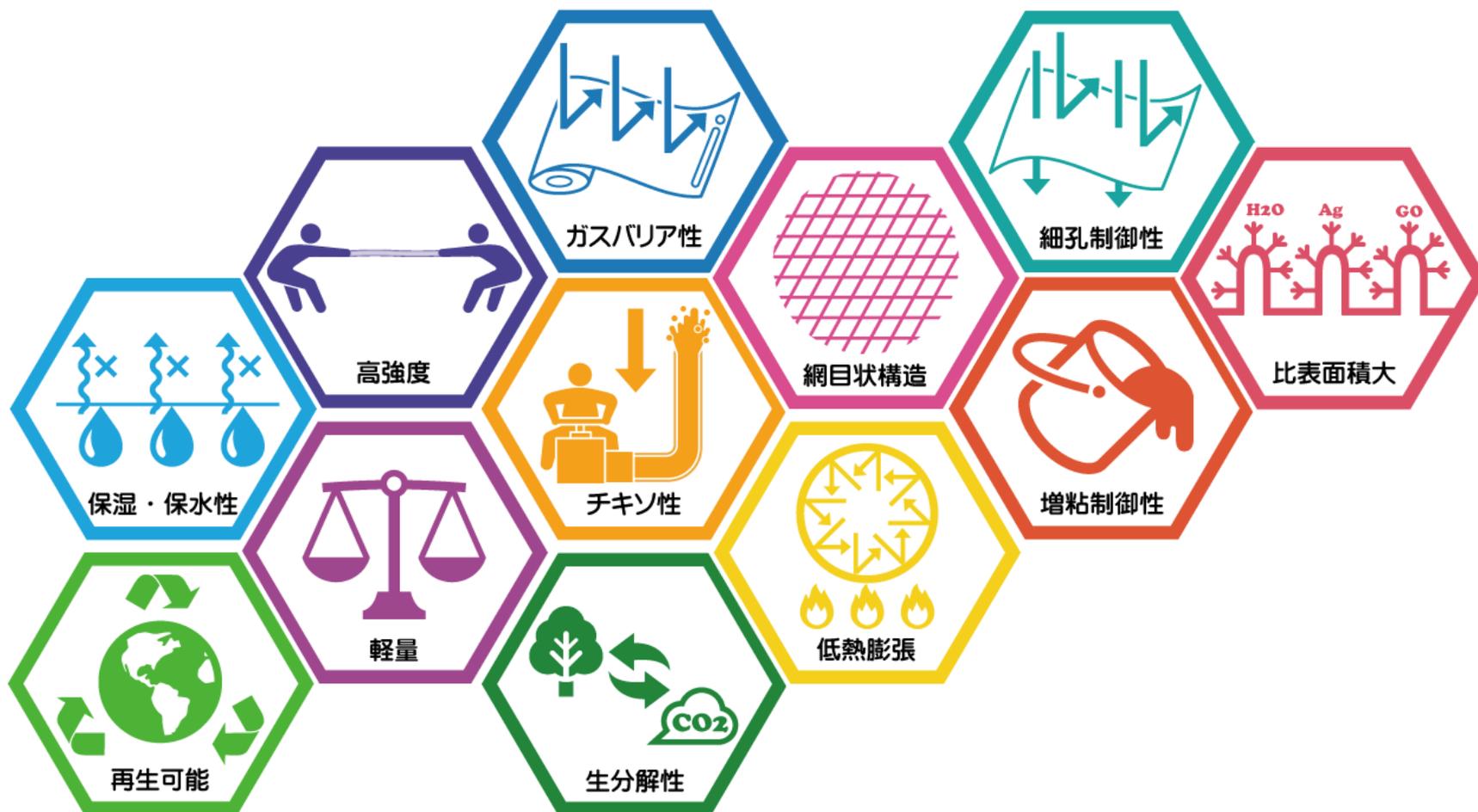


固形分含量90%以上

最も一般的な
ナノセルロースの形態
固形分含量1~5%程度

製造したナノセルロースを化学的および物理的に
処理することで、より使いやすくなったもの

ナノセルロースの特性



ナノサイズにまで解繊していないセルロース繊維にも、下記の特性はある

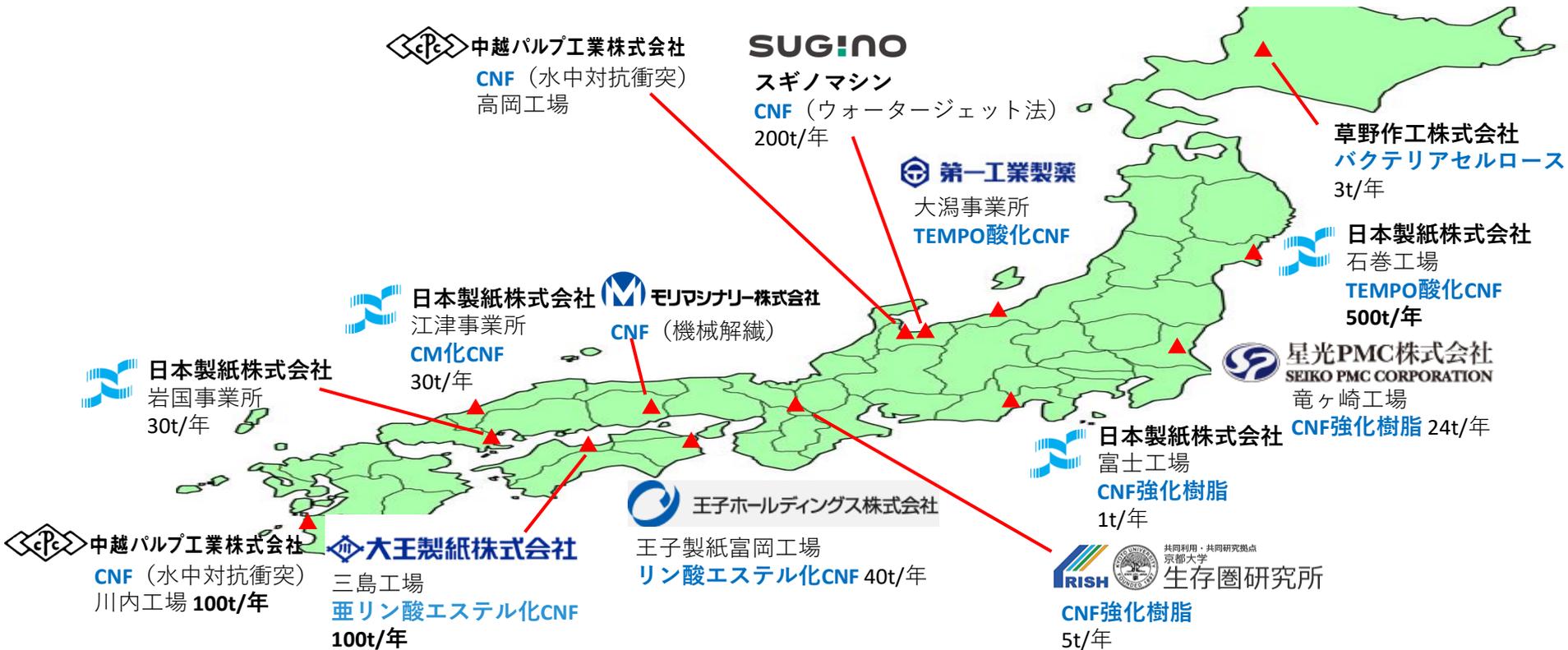


国内におけるナノセルロースの生産

少なくとも 28社がナノセルロース材料(加工したものを含む)を製造・販売している。
うち、26社がセルロースナノファイバー(CNF)関連。BNCは2社、CNCは1社。

業種		製紙	化学	機械・その他
CNF	単一のセルロース マイクロフィブリル	日本製紙、大王製紙、王子 HD、丸住製紙、レンゴー	第一工業製薬、東亜合成	KRI、 横河バイオフロンティア
	セルロースマイクロ フィブリルの束	大王製紙、中越パルプ工業、 愛媛製紙、大昭和紙工産業、 王子HD	ダイセルミライズ、GSアライアンス	モリマシナリー、 カミ商事、 スギノマシン、増幸産業、 コスにじゅういち
	疎水化・非水系の もの	王子HD、中越パルプ工業	服部商店、大阪ガス、GSアライアンス、成光プレシ ジョン	モリマシナリー、 スギノマシン、KRI
	樹脂に混ぜたもの、フィ ルム化したもの	王子HD、中越パルプ工業、 大王製紙、日本製紙	北越東洋ファイバー、星光PMC、花王、 アイ・コンポロジー、トクラス、吉川国工業所、 スターライト工業、GSアライアンス	KRI
CNC(セルロースナノクリスタル)				フィラーバンク
BNC(バクテリアナノセルロース)				草野作工、フジッコ
CF(セルロースフィラメント)				スギノマシン

国内のナノセルロース主な生産設備



海外におけるナノセルロースの生産

	北欧4国	ドイツ	英国	スイス・フランス	ポルトガル・スペイン
CNF	商業生産	商業生産	商業生産	商業生産	
CNC	商業生産				
BNC		研究	研究		商業生産
CF		商業生産		商業生産	

	アメリカ	カナダ	ブラジル
CNF	商業生産	商業生産	生産検討
CNC	商業生産	商業生産	
BNC			研究
CF	商業生産	商業生産	

	イスラエル	イラン	インド
CNF		商業生産	研究
CNC	(商業生産)	商業生産	研究
BNC		商業生産	
CF			

	中国	韓国	フィリピン・インドネシア	マレーシア
CNF	商業生産	商業生産		商業生産
CNC	商業生産			
BNC	商業生産	商業生産	商業生産	
CF	商業生産			

この5年間で、ナノセルロースは世界中で生産されるようになった

理由

植物由来のもの … セルロースを含む原料と実験装置があれば、簡単に製造できる
バクテリアナノセルロース … 糖質と酢酸菌さえ入手できれば、簡単に製造できる
研究者・技術者 … アメリカ、カナダ、フランスで技術を習得した人が母国に戻った

廉価品はコモディティー化が進む

世界中で作られるようになると、必要な性能さえ満たせば、安価なものが
選ばれることになる

大規模設備を持つ先行メーカーは需要開拓に苦勞

国内に安価な原材料がなく、輸入に頼らざるを得ないこと

- ✓「日本の国土の75%は森林」というのは、伐採・運搬の担い手とコストを無視したナンセンスな議論。
- ✓現状では輸入木材パルプが最も有望（多くの国内メーカーが使用している）。

海外への輸出は困難であること

- ✓価格が高い。
- ✓日本企業はハイスペック品を指向しているが、もともとハイスペック品は需要が少なく、製造・利用の垂直連携ができていないので、用途開発と一体化しないと新たな需要喚起は難しい。
- ✓乾燥しないと長距離輸送はコスト的に合わないが、日本が主に製造しているCNFは乾燥するために化学処理が必要で、コストアップにつながる。

用途開発が追い付いていないこと

- ✓（後で説明するが）ナノセルロースを使用した製品は多数あるが、ナノセルロースを大量に使用する製品や、ナノセルロースがキラーアプリケーションとなっているものは、必ずしも多くない。

ナノセルロースを用いた製品(国内)

商品名(一般名)	販売事業者	ナノセルロースの特性
セリッシュ(マイクロフィブリル化セルロース繊維)	ダイセルミライズ	保湿性・保水性、増粘制御性、高強度
ユニボール シグノ 307(ゲルインクペン)	三菱鉛筆	チキソ性、増粘制御性
肌ケア アクティ(紙おむつ)	日本製紙クレシア	比表面積大、表面に官能基
スピーカー、ヘッドフォン	オンキヨー&パイオニア	高強度
キレキラ!トイレおそうじシートナノEX(トイレクリーナーシート)	大王製紙	高強度
ローズフレグランスジェル、ローズボディ&ハンドクリーム(化粧品)	コーヨー化成	保湿・保水性、増粘制御性
ゲルカヤノ25(ランニングシューズ)	アシックス	高強度、軽量
アルバ23(卓球ラケット)	ダーカー	高強度(反発力)
どら焼き	田子の月	保湿・保水性
SURISURI(化粧水)	RBP	保湿・保水性、増粘制御性、網目状構造
生コンクリート圧送用先行剤 ルブリ	タケ・サイト	チキソ性、増粘制御性
漆喰	田中石灰工業	保湿・保水性、高強度、増粘制御性
ダンロップ エナセーブ NEXTⅢ(タイヤ)	住友ゴム工業	高強度
生コン付着防止コーティング剤 オビス	タケ・サイト	チキソ性、増粘制御性
ソルダペースト(クリームはんだ)	松尾ハンダ	チキソ性、増粘制御性
G-SLIDE WAX (スキー・スノーボード用ワックス)	成光プレジジョン	増粘制御性、高強度
レボルディアCNF (卓球ラケット)	タマス	高強度(反発力)

ナノセルロースを用いた製品(海外)

商品名(一般名)	販売事業者(国名)	ナノセルロースの特性
紙製品 紙力増強剤として使用	BillerudKorsnäs AB(スウェーデン)	高強度、網目状構造
段ボール 紙力増強剤として使用	NorPaper(フランス)	高強度、網目状構造
CNCシート 文化財修復用	Nanopaper(アメリカ)	高強度、網目状構造
食品包装用ガスバリアフィルム	ANPOLY(韓国)	ガスバリア性
ガス・水バリア性フィルム	Valentis Nanotech(イスラエル)	ガスバリア性
水性塗料安定剤、沈降防止添加剤	开翊新材料科技(上海)有限公司(中国)	増粘安定性、チキソ性
フェイスマスク、アイマスク、ネックマスク、デコルテマスク	DeLeón Cosmetics(アメリカ)	保湿・保水性
フェイスマスク	广州市蝶微生物科技有限公司(中国)	保湿・保水性
沈降防止剤、分散剤、塗料・コーティング剤	杭州语晗科技有限公司(中国)	増粘安定性、チキソ性
曇り止め Fog Kicker	Kyttarinic Technologies LLC(アメリカ)	親水性
人工皮革	Malai(インド), Bucha Bio(アメリカ)	高強度、網目状構造
屋内用水性塗料	Whitson's(イギリス)	増粘安定性、チキソ性
創傷被覆材	Axcelon Biopolymers Corporation(カナダ)	保湿・保水性、網目状構造
創傷被覆材、フェイス・アイマスク、化粧品	Bowil Biotech Sp. o.o(ポーランド)	保湿・保水性、網目状構造
3Dプリンター用バイオインク	Cellink AB(スウェーデン)	保湿・保水性、網目状構造
医用材料	Cellutech AB(スウェーデン)	保湿・保水性、網目状構造
外科用インプラント	Hylomorph AG(スイス)	親水性、網目状構造
ヒト細胞培養用ハイドロゲル、創傷被覆材、3Dプリンター用バイオインク	UPM-Kymmene Oyj(フィンランド)	保湿・保水性、網目状構造
創傷被覆材	Seven Industria De Produtos Biotecnologicos (ブラジル)	保湿・保水性、網目状構造
人工涙液	SmileSonica(カナダ)	保湿・保水性、増粘安定性

ナノセルロース製品と使われた特性

	高強度	ガスバリア性	細孔制御性	保水性-保湿性	チキソ性	増粘制御性	比表面積大	三次元網目構造
紙製品	トイレクリーナーシート、芯なしトイレトーパー、段ボール	食品包装材料					紙おむつ・吸水シート	
文具・かばん	トランク・箱				ゲルインクボールペン			
日用品				曇り止め		歯磨きゲル		
スポーツ用品	ランニングシューズ、卓球ラケット、防具、スキーワックス							
オーディオ機器	スピーカー振動板							
自動車用タイヤ	エコタイヤ							
建築・建設材料	コンクリート				生コンクリート圧送用先行剤・漆喰			
塗料・コーティング剤					内装用塗料・コーティング剤、はんだ			
化粧品				化粧水・乳液・クリーム・パック				
食品添加物・食品				食品添加物		食品添加物		
バイオメディカル材料				創傷被覆材		アルコール消毒剤	細胞培養基材	細胞培養基材・バイオインク
エレクトロニクス材料		電池セパレーター					センサー材料	

日本が注力している用途開発

セルロースナノファイバーを自動車や家電等に活用することで**軽量化**の効果により、エネルギー効率が向上し、地球温暖化対策に多大なる貢献が期待できる。

(セルロースナノファイバー(CNF)等の次世代素材活用推進事業、環境省、経済産業省、農林水産省 より)



医療・バイオ

歯科用インプラントクラウン (VTT+南洋理工大学)

CNC+2種類のたんぱく質の複合材料、人工のテクニカルセラミックよりも強く、軽く、耐衝撃性に優れる

歯科向け複合材料 (山形大学)

CNC+ヒドロキシアパタイト+キトサン

腹部ヘルニア手術用メッシュ (バルセロナ材料科学研究所)

BNCで作ったメッシュは異物反応も内臓との線維性癒着も起こらない

化学工業

染色技術 (ジョージア大学)

インディゴ粒子を**CNF**と混合して繊維表面に堆積させ染色

農業

農業用マルチフィルム (ドイツ・フラウンホーファー研究所)

紙 + 有機ポリマーと無機ケイ酸塩のハイブリッドポリマー + ナノセルロース

植物病原菌の感染防除 (筑波大学)

0.1% CNF を大豆に噴霧することでダイズさび病菌の感染が減少

霜害防止剤 (ワシントン州立大学)

農作物の芽に CNC 分散液を噴霧すると耐寒性が2~4℃上昇する

建設

コンクリート材料 (バレンシア工科大学 + ミラノ工科大学)

コンクリート + アルミナナノファイバー + CNC

バクテリアセルロースの話題(1)

動物性原料を使わないバクテリアセルロースからつくるビーガンレザー

- 背景**
- ・皮革を得るために動物を殺すことに対して抵抗がある。
 - ・現在の人工皮革は石油系プラスチックから製造されている。
- 動向**
- Malai (インド)**
- ココナッツ産業の廃棄物を利用してバクテリアナノセルロースを生産し、そこから人工皮革を製造する。
- 自社でバックを製造・販売しているほか、靴、家具向けに人工皮革の販売も行っている。
- 殺菌したココナッツ水に酢酸菌を植えて、14日間、静置培養することでBNCを生産している。
- Bucha Bio (アメリカ)**
- バクテリアセルロースと100%植物ベースの成分で作られたバイオ複合材料。MIRAI[®]という商標がついている。
- BNCは3週間の培養で製造している。原料は不明。

森林資源を使わないバクテリアセルロースからつくる繊維

- 背景
- ✓ 繊維産業は、温室効果ガス排出量の10%、廃水量の20%を占めている。
 - ✓ ビスコース/レーヨン繊維の製造には、硫酸や二硫化炭素などの有毒化学物質が必要
 - ✓ 綿、亜麻の栽培には広大な農地と肥料、農薬、水が必要で、環境負荷が大きい
 - ✓ バクテリアセルロースにはヘミセルロース、リグニンが含まれていない

動向 Nanollose Ltd. (オーストラリア)

インドのBNC製造業者であるBirla Celluloseは、BNCから製造された高靱性リヨセル繊維およびその製造方法に関する特許をNanolloseと共同で出願した(2021年1月)

BNCからリヨセル繊維を月産5トンで生産するパイロットプラントを建設するため、投資家から約3.1億円を調達した(2021年4月)。

Cranfield University + University of York (イギリス)

BNCを原料にしたクルクミン/セルロース複合繊維を湿式紡糸法を使用して製造した。

お聞きいただきありがとうございました。
ご質問をうけたまわります。

このプレゼン資料は **NIC** **Nanocellulose.com** で公開しています。
ナノセルロース・ドットコム

ナノセルロース・ドットコム

🔍 検索

