
研究所説明会

2025年4月22日
日本製紙株式会社



とともに未来を拓く

目次



01	研究開発本部の紹介	P4
02	モビリティ&インダストリアル市場	P16
	① バイオエタノール	P16
	② CNF強化樹脂	P21
	③ CNF蓄電体	P26
	④ リチウムイオン電池向けCMC	P35
03	コンストラクション市場	P42
	⑤ ミクロフィブリルセルローズ(MFC)	P42
	⑥ スターリグノ	P46
04	フード&アグリ市場	P55
	⑦ カルボキシメチル化(CM化)CNF	P55
	⑧ トルラプラス	P60
	⑨ 元気森森	P65



企業グループ理念

理 念

日本製紙グループは世界の人々の豊かな暮らしと文化の発展に貢献します

目指すべき企業像

以下の要件を満たす、社会から永続的に必要とされる企業グループ

1. 事業活動を通じて持続可能な社会の構築に寄与する
2. お客様のニーズに的確に応える
3. 社員が誇りを持って明るく仕事に取り組む
4. 安定して利益を生み出し社会に還元する

重視する価値

Challenge, Fairness, Teamwork

スローガン

木とともに未来を拓く～日本製紙グループ～



木とともに未来を拓く総合バイオマス企業として、これまでにない新たな価値を創造し続け、真に豊かな暮らしと文化の発展に貢献します。

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

4

研究開発本部本部長の越智でございます。本日はお忙しい中、当社研究開発状況の説明会にお越しくださいまして誠にありがとうございます。

短い時間ではございますが、当本部の全体概要を私が、そのあと、木材成分の活用に関するトピックスを担当部門からご紹介いたします。

それでは私から全体概要ということではじめさせていただきます。

このスライドは、日本製紙 G の理念、目指すべき企業像を示しておりますが、この理念、世界の人々の豊かな暮らしと文化の発展に貢献することと、木とともに未来を拓くのスローガンをベースに我々、研究開発活動を進めております。

研究開発本部の基本方針

- I 既存事業の収益拡大(紙・板紙、紙容器、化成品、機能性フィルム)
- II 木材成分を最大限活用し、環境負荷低減と暮らしの向上に貢献

1. 強みであるチップ調達力、パルプ生産能力を活かして、パルプ(セルロース)の様々な用途展開を推進する。
2. リグニン他の用途展開も進め、サステナブルな木材の各成分を最大限有効活用し、環境負荷低減、暮らしの向上に貢献する。
3. 名実共に総合バイオマス企業へと発展する。
また、機能性樹脂、フィルム事業は継続して収益を拡大させる。

▶ サステナブルな木の用途を極限追及

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 5

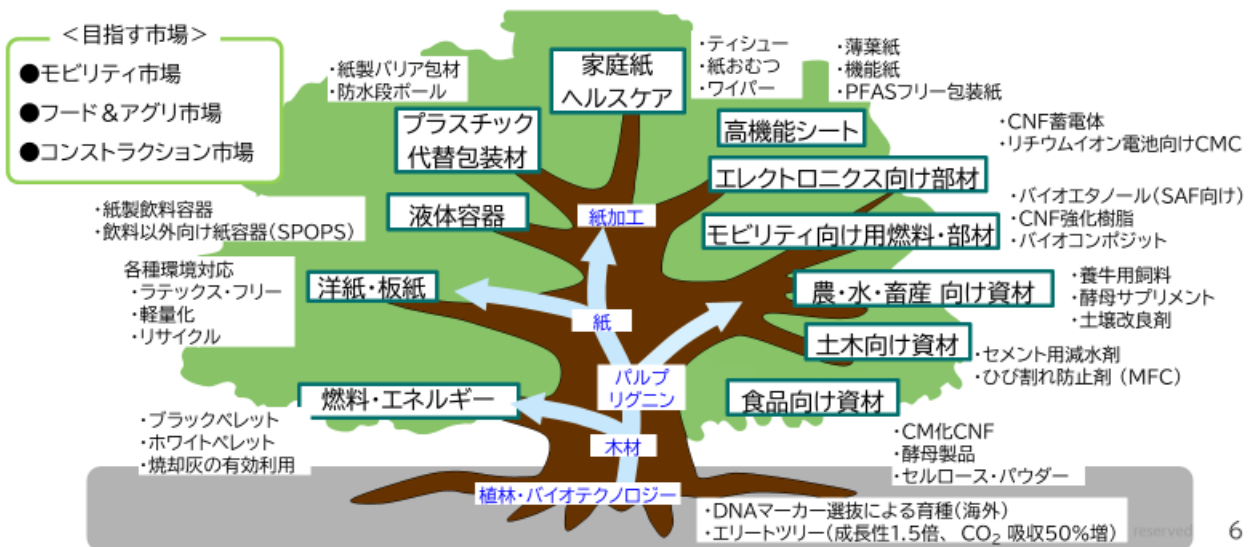
これは当本部の基本方針ですが、既存事業の収益拡大に加え、木材成分を最大限活用し、環境負荷の低減と暮らしの向上に貢献することとしています。

ここに1～3といろいろな記載ありますが、要は、サステナブルな木質成分を徹底的に使うための研究開発を大きな課題としています。

本日はこの部分の開発状況についてご説明いたします。

木材成分の最大限の活用

「人類の文化と生活を有史以来支えてきた紙の技術を活用し、循環型社会の構築を目指す」

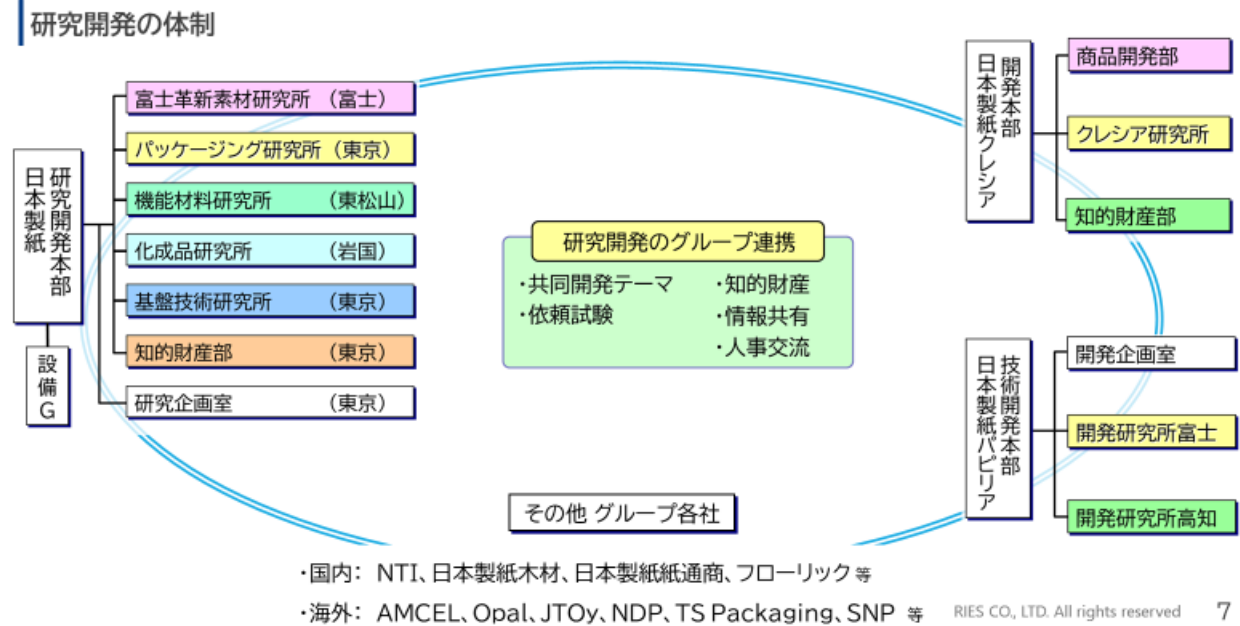


6

これは、木をベースに色々な原燃料や材料、製品への用途拡大を進めているそのイメージ図です。

木を利用するといってもその木がないと始まりませんので、出来るだけ短時間により多く成長するエリートツリーの開発から、洋紙や板紙、液体容器、家庭紙など既存分野に加え、プラスチック代替やエレクトロニクス部材など幅広い用途開発を進めています。

最近では木質材料を燃料としたあとの焼却灰の有効利用に関する検討まで進めています。



その研究を行うための組織ですが、ここ王子に基盤技術研究所とパッケージング研究所の2つの研究所、そして知的財産部がございます。

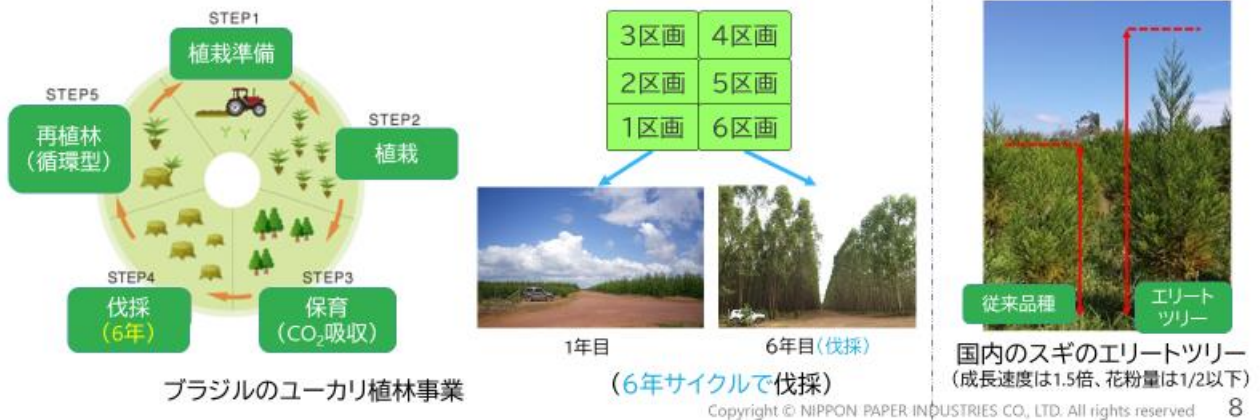
また、富士工場吉永の敷地内に富士革新素材研究所、岩国工場に化成品研究所、そしてここは木材関連からは離れますが、機能性フィルムの研究開発を進める機能材料研究所が、その生産事業所である東松山事業所内にございまして、合計5研究所、1部の体制となっています。

また、日本製紙の研究開発本部がG研究開発の扇の要的な位置づけになっておりまして、日本製紙クレシア、日本製紙パピリアの開発部門、その他国内、海外の関係会社とも連携して開発を進めています。

ちなみに、クレシア研究所はここ王子の研究棟内にございます。

木のサステナビリティ(持続可能資源)

- ・木は、「植栽→保育→伐採」のサイクルで得られる持続可能で、CO₂を固定化できる資源
- ・ブラジル植林地では6年サイクルで伐採。エリートツリーの開発により収量増。
- ・当社は国内でもスギのエリートツリー（成長速度は1.5倍、花粉量は1/2以下）のトップランナー



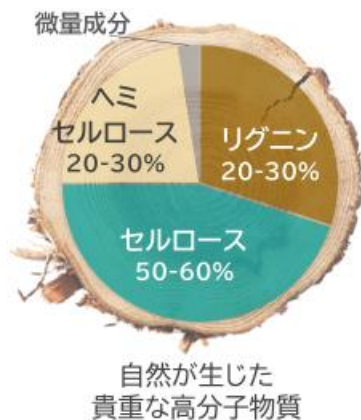
では、なぜ我々が木を大事に使いこなすことを目標としているのか、その理由をご理解のように木材は化石資源と異なり持続可能で、その成長過程で CO₂ を吸収固定化できる資源であることがベースですが、その持続可能性について、最新の状況はどうなっているのかを少しお話させていただきます。

まずは広葉樹材ですが、当社での主要海外植林地であるブラジル/アムセル社での状況を紹介します。アムセル社ではユーカリを植栽していますが、植栽後 6 年で 20m 以上に成長しますので、6 年で伐採します。ならずと 1 日に 1 cm 以上成長することになります。

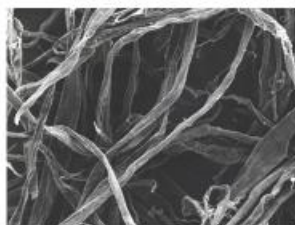
その後またすぐに植栽しますので、この絵にありますように 1 年で伐採する面積の 6 倍の面積があれば、植栽、伐採また植栽とぐるぐる回せます。我々研究ではより成長性の高いエリートツリーの開発を遺伝子情報をもとにした育種、選抜を行っておりまして、年々成長量が高くなってきています。この植林地は 2006 年に買収していますが、当時からはヘクタールあたり 2 倍弱くらいのチップ生産量に向上しています。

また国内はスギ、ヒノキなどの針葉樹がメインですが、森林総研などが開発した成長性が従来品種より 1.5 倍高く、花粉量が 1/2 以下のエリートツリーを、今まで培ってきた育苗技術を活用して苗生産を行い、その事業化も進めています。

「木」を形成する3成分



木材成分	含有率	特徴
セルロース	50～60%	・1種類の糖(グルコース)が直鎖状に重合した高分子 ・木材繊維の主成分 ・再生繊維(レーヨン)の原料などに利用
ヘミセルロース	20～30%	・複数の糖(キシロースなど)が重合した高分子
リグニン	20～30%	・木の中では、木材繊維同士を接着させる成分 ・燃やすと発熱量が高く、エネルギー源としても利用



木材パルプの外観（セルロース主体）



黒液から固形化したリグニンの外観

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

9

その木を徹底的に使うといっても、木にはどんな成分があるのか、ここで説明いたします。

木材はセルロース、リグニン、ヘミセルロースが主要3成分で、最も含有量が多いのがセルロースとなります。実際には木材チップを薬品を使って高温高压で煮て、これを蒸解と言いますが、セルロース分を化学的に分離したのが化学パルプで、そのパルプを主に製紙用途に使用しています。

特にグラフィック系の紙の需要が減退する中、木材に最も多く含まれるこのセルロース、パルプの他の用途展開が必要になってきています。

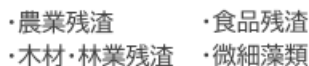
一方、リグニン、ヘミセルロースはチップの蒸解時の排液である黒液中に多く含まれ、現在は主としてボイラー燃料いわゆるバイオマス燃料として使用されますが、木質由来ですから、このリグニンやヘミセルロースもサステナブル材料ですので、その用途展開のための研究も進めています。

日本製紙の目指すバイオ・リファイナリ構想

➤ オイル・リファイナリ



➤ 一般的なバイオ・リファイナリ



➤ 日本製紙の目指すバイオ・リファイナリ

・木材から、既存事業の紙・板紙を含め、発電、燃料、化学品、飼料など様々な製品・市場に展開する。

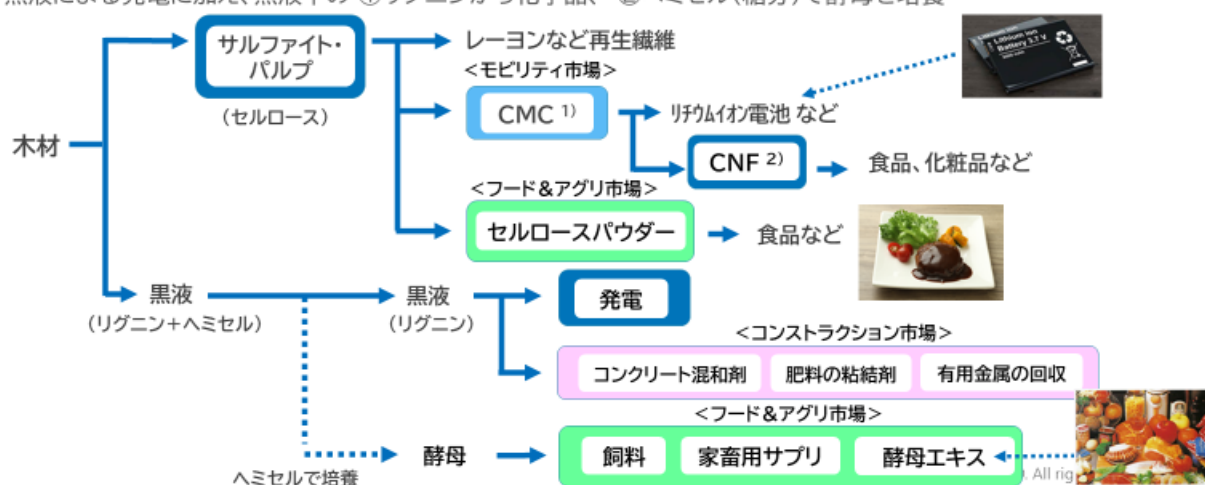


先ほどから木材を大事に使っていくことが主要な研究課題と申し上げていますが、日本製紙が目指すところ、それは、今まで原油から様々な燃料、化学品が作られる、いわゆるオイルリファイナリーに対して、木質由来のバイオリファイナリーということだけではなく、持続可能な資源である木材の各成分を、既存の紙・板紙などに加え、様々な化学品原料、さらには CNF 関連、その他製品に最大限に展開することで、世界の人々の豊かな暮らしと文化の発展に貢献し、木とともに未来を拓くそこを目指して開発を進めています。

既存バイオリファイナリ・モデル（江津工場モデル）

- サルファイト・パルプ化法により、サルファイト・パルプ を生産・販売
- サルファイト・パルプからカルボキシメチルセルロース(CMC)を製造。CMCからCNFを製造。
- 黒液による発電に加え、黒液中の ①リグニンから化学品、②ヘミセル(糖分)で酵母を培養

1)カルボキシメチルセルロース
2)セルロースナノファイバー



この木材を色々な原料や燃料、製品に大事に使っていくこと、これについては実は当社では古くから江津工場で行っています。

ただし、江津工場の場合、木材からパルプを取り出す化学パルプ工程が、サルファイトパルプ化法によるパルプです。これは、国内では当社だけですが、SPパルプとか溶解パルプともいったりもされます。

このサルファイトパルプは化学品原料向けとして、出来るだけセルロース純度を高めたパルプで、パルプ強度などの点で製紙用には向いていないパルプです。

従いまして江津のサルファイトパルプは、レーヨンなどの再生繊維原料として、あるいは当社のCMCの原料として、江津で生産するCNF原料にも使用されます。

一方、黒液にはリグニン、ヘミセルロースが含まれますが、そのままボイラ-燃料として、またサルファイト蒸解由来のリグニンは界面活性剤としての性質もあり、それを活かしたコンクリート分散剤などへの製品化を行っています。

そして、ヘミセルロース分は酵母の培養の栄養源として利用し、培養した酵母は飼料や家畜用サブリなどの材料として使用されています。

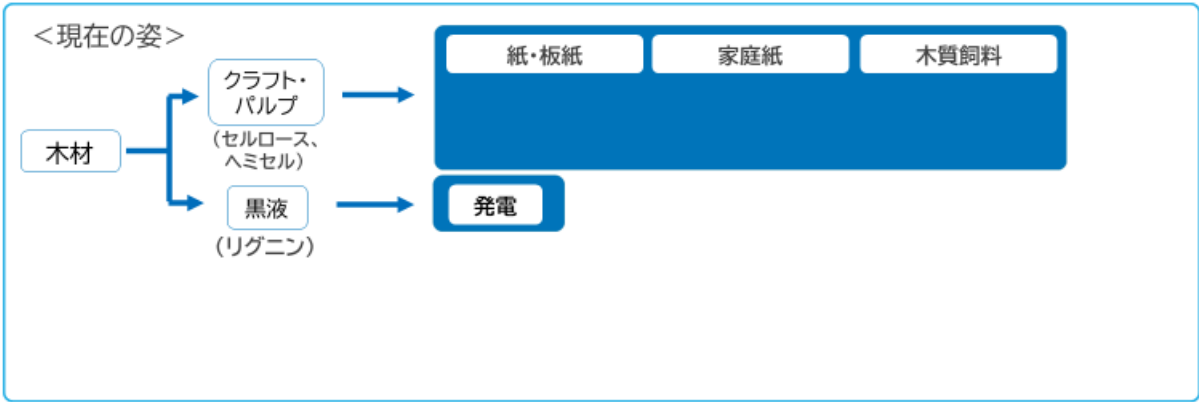
今後はこの江津モデルを更に伸長させること、またこのようなビジネスモデルを江津工場のサルファイト蒸解でなく、一般的な紙パルプ工場でのクラフト蒸解によるクラフトパルプ由来からでも同様に進めることを目指しています。



今後目指すバイオリファイナリ・モデル（クラフト・パルプ工場モデル）－1（現在の姿）

- 当社で広く展開するクラフトパルプ化で、日本製紙版・バイオリファイナリ事業を目指す

パルプ化法	略号	パルプ収率	パルプの特徴	パルプの利用目的	工場
サルファイト法	SP	40～50%	・セルロース純度が高い	化学品原料	・江津
クラフト法	KP	50～60%	・強度が高い （紙の強度も高い）	製紙原料	・旭川 ・白老 ・秋田 ・石巻 ・岩沼 ・岩国 ・八代



12

そのクラフトパルプについて少し説明致しますと、現在、当社でも江津工場以外はクラフト法によるクラフトパルプ、いわゆる KP です。クラフトとはドイツ語で強いという意味でサルファイト法に比較し、歩留まりが高く、強度が高いため、製紙用としては KP が用いられます。

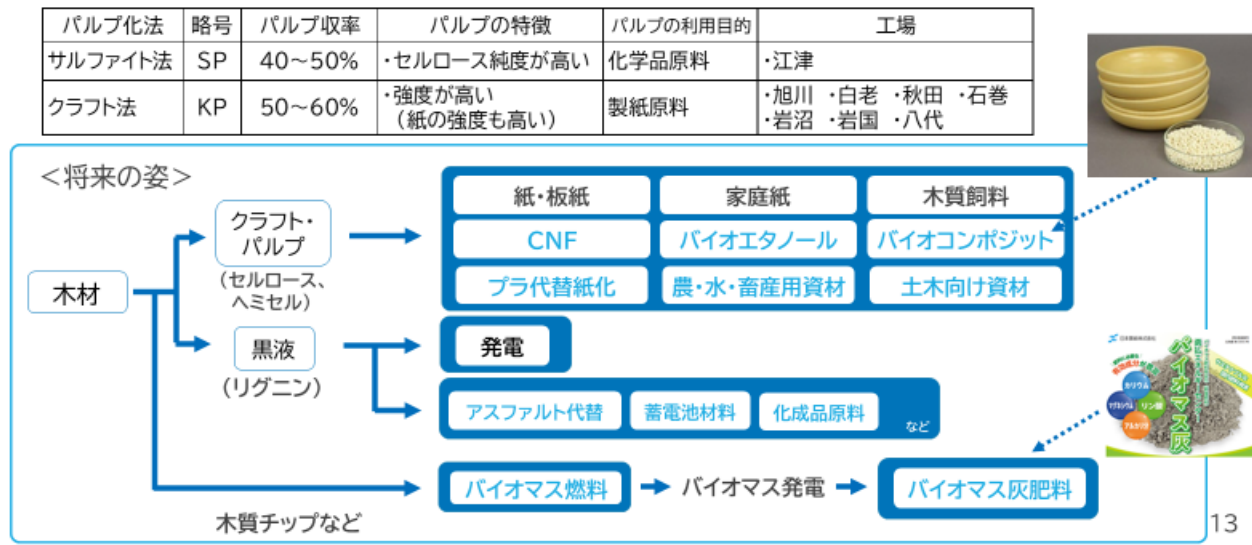
紙パルプの一貫工場では、クラフトパルプを生産し、その蒸解排液の黒液はボイラー燃料に、そして、パルプから紙・板紙を生産してきました。

グラフィック系の紙需要がシュリンクしている状況ですので、繰り返しになりますが、木材成分中で最も含有量が多いセルロース、パルプを既存事業分野以外の他の用途に広げることが必須です。



今後目指すバイオリファイナリ・モデル（クラフト・パルプ工場モデル）－2（将来の姿）

- 当社で広く展開するクラフトパルプ化で、日本製紙版・バイオリファイナリ事業を目指す

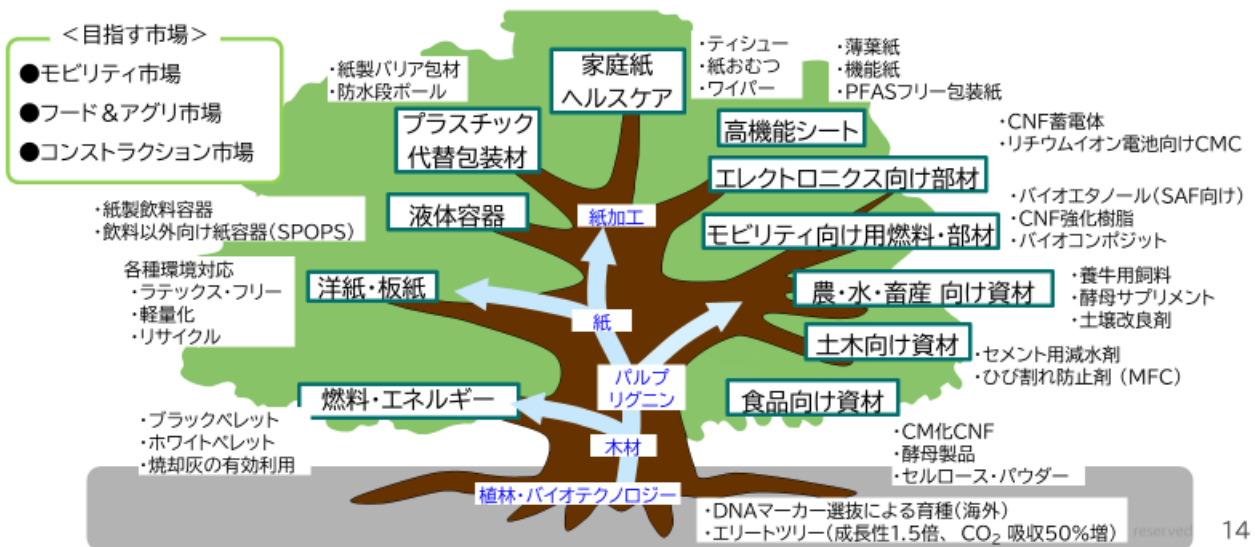


この他用途の開発ですが、クラフトパルプは木質飼料に加え、青文字で記載しましたよう各種CNF、バイオエタノール、粉碎したセルロース繊維をプラスチックと複合化するバイオコンポジット、プラ代替の紙化、農・水産・畜産や土木用資材への様々な展開を検討しています。

また、リグニンはアスファルトの一部代替、蓄電池材料や化成品原料に少しパルプとは外れますが、木材チップや農業残渣物のバイオマス燃料化、更にはその焼却灰の有効利用方法などの検討も進めています。

木材成分の最大限の活用

「人類の文化と生活を有史以来支えてきた紙の技術を活用し、循環型社会の構築を目指す」



14

先ほどもお示した木材を最大限有効活用するイメージ図を再掲しますが、本日はこの中で特に、モビリティ市場、フード・アグリ市場、コンストラクション市場向けの開発状況について、紹介させていただきます。

それでは各報告に移ります。ご清聴、ありがとうございました。

SAF向けバイオエタノールの取組み

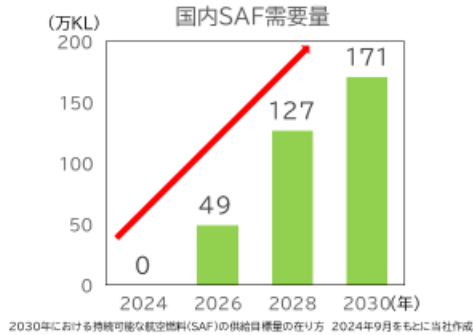


①航空分野の脱炭素の動きとバイオエタノールの可能性

現在主流の廃食油由来のSAF*(HEFA)は原料と供給量に限りがあることから、2030年代には、**エタノールを原料とするSAF(ATJ)の市場が拡大すると予測**

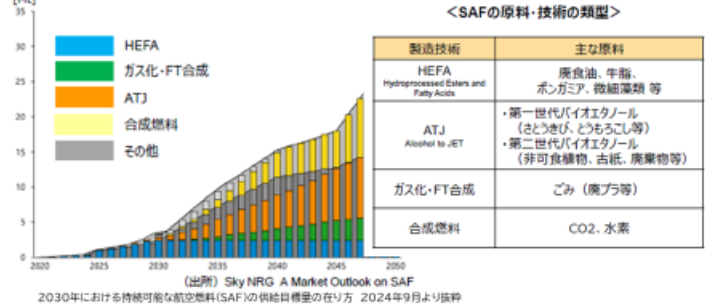
*持続可能な航空燃料
Sustainable Aviation Fuel

■ 持続可能な航空燃料(SAF)の需要増加



■ SAFの原料・技術についての動向

<欧州における将来のSAFの製造技術予測>



⇒ **GHG削減効果の高いエタノールの需要拡大※・ビジネスチャンス**

※2030年の自動車向けを含む国内バイオエタノール市場規模を約500万リットル/年と推定

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

16

バイオエタノールに関する取組みについてご説明いたします。最初に航空分野の脱炭素の動きとバイオエタノールの可能性についてご説明いたします。

航空分野の脱炭素には SAF と呼ばれる持続可能な航空燃料の利用が重要であり、その需要は左の図にあるように急激に増加する見込みです。

SAF には原料・技術によって右の表のようにいくつかの種類があります。現在主流の廃食油由来の SAF、いわゆる HEFA と呼ばれるものは、原料と供給量に限りがあることから、2030 年代にはエタノールを原料とする ATJ の市場が拡大すると予測されています。

従って、GHG 削減効果の高いエタノールの需要拡大、ビジネスチャンスがあると言えます。

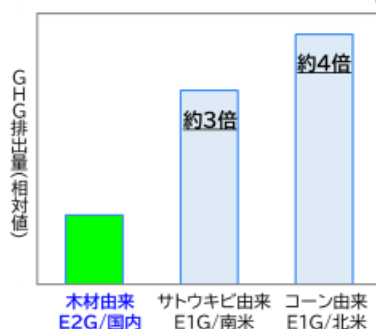
② バイオエタノールの分類とGHG排出量

現在、コーンやサトウキビ由来の第一世代エタノール(E1G:可食原料由来)が主流だが、食料競合や欧州での規制等から**第二世代エタノール(E2G:非可食原料由来)の拡大を予測**

■ 原料を軸としたエタノールの分類



■ エタノール製造におけるGHG排出量の比較 (当社試算)



なぜGHG削減効果が高いか？

- 輸送距離が短い
- リグニン由来のカーボンニュートラルエネルギーを利用できる
- エネルギー供給構造高度化法の次世代エタノール※に該当する見込み

※可食原料由来エタノールに対して2倍カウント(≒2倍の価値)

⇒ 国産材を用いた木質セルロース由来のE2Gは高いGHG削減効果を持つ*

*輸入木質チップを用いた場合は海外輸送のGHG排出量が大い

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

17

次にバイオエタノールの分類と GHG 排出量のご説明いたします。

現在のバイオエタノールは、北米のコーンや南米のサトウキビといった、食べられる原料、可食原料由来の第一世代エタノール、E1G が主流です。しかしながら、食料競合や欧州での規制などから、今後は食べられない原料、非可食原料由来の第二世代エタノール、E2G が拡大すると予測されています。

国内で E2G を生産する場合、国産材を用いた木質セルロース由来の E2G は高い GHG 削減効果を持つと考えられます。これは原料の輸送距離が短く、リグニン由来のカーボンニュートラルエネルギーを利用できるためです。このことから、国産材を用いた E2G は E1G よりも高い環境価値を持つと考えられます。

③バイオエタノール製造における日本製紙グループの強み

GHG削減効果の高いエタノールの生産には国産材の調達が重要
当社は製紙業界の中で群を抜いた国産材利用率(≒調達実績)

■ 製紙業界の原料に占める国産材利用率



■ 国産材100%でパルプを製造する岩沼工場(宮城県)



⇒国内用材*需給の10%を占める国内最大級のサプライチェーンを活用
 *燃料以外の材料として用いる木材

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

続いてバイオエタノール製造における日本製紙グループの強みについてご説明いたします。

先ほど申し上げましたが、GHG 削減効果の高いエタノールの大量生産には国産材の調達が重要となります。

当社は左の図のように製紙業界の中でも群を抜いた国産材利用率であり、調達実績があります。宮城県の岩沼工場では、特定銘柄を除き国産材 100%でパルプを製造しているなど、一朝一夕には築けない国内最大級の国産材のサプライチェーンを持つことが強みと言えます。

④国産木材由来の純国産SAF向けバイオエタノールプロジェクト



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 19

ここで国産木材由来の純国産 SAF 向けバイオエタノールプロジェクト、「森空プロジェクト」についてご紹介いたします。

これは森のチカラを空飛ぶチカラにという志のもと、当社と住友商事、バイオベンチャーの GEI 社が、それぞれの強みを生かしてバイオエタノールを製造し、SAF 向けやガソリンへの直接混合向け、バイオケミカル製品への展開などに取り組む枠組です。

国産材を活用することで GHG 削減効果の大きいエタノールを供給するだけでなく、国内資源循環の加速と地域経済活性化、などに貢献します。

このように当社のチカラとバイオベンチャー・商社のチカラを合わせたオープンイノベーションの枠組み、森空プロジェクトを拡大していきます。

⑤森空プロジェクトの歩みと事業スケジュール



⇒「森空プロジェクト」を軸に、国産木質バイオものづくりをリーディングする

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 20

最後に森空プロジェクトの歩みと事業スケジュールについてご説明いたします。

まず、ビジネス面では2023年2月に3社でプロジェクトを開始し、本年2月に3社での合同会社設立に合意、3月にJAL社、エアバス社の森空プロジェクト参画をアナウンスしております。

また、技術開発については、昨年度にNEDOバイオものづくり革命推進事業に採択され、本年より事業を開始しております。そして、認証・価値創造につきましては、2023年8月よりSAF官民協議会の認証タスクグループのパイロット事業者として、国内森林資源の認証適合や森林価値の向上・環境醸成に取り組んでいます。

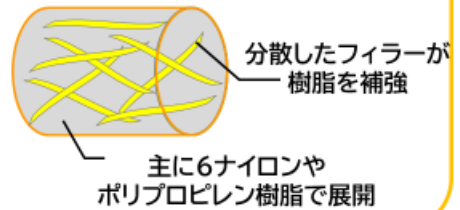
これらの取組みに合わせて岩沼工場にセミコマーシャル機の建設を進めており、森空プロジェクトを軸に、国産木質バイオマスを用いたバイオものづくりをリーディングしてまいります。



セレンピアプラス®は、
製紙用パルプが原材料

従来フィラー(ガラス・タルク)と
比較して低密度で植物由来

ペレット模式図



4つのキーワード

安価な製造法

共同開発

軽量化

エコフレンドリー

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 21

それでは、セレンピアプラス CNF 強化樹脂の開発につきましてご報告させていただきます。

日本製紙では、セレンピアプラスの商標のもと、セルロースナノファイバーCNF を強化材とした樹脂の開発を進めています。

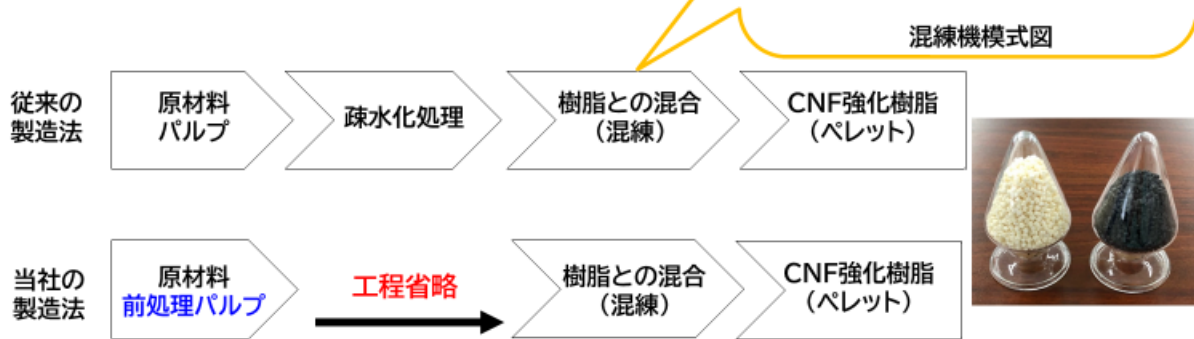
この写真は、樹脂がポリプロピレンのマスターバッチであり、右が黒顔料で着色したものになります。模式図に示すように、ポリプロピレンや6 ナイロンなどの樹脂の中にフィラーとしてセルロース繊維が均一に分散した構造となっており、フィラーを含まない樹脂と比較して、強度が高くなる、つまり補強できること、が特徴となります。

従来のフィラーは、ガラス繊維やタルクなどの鉱物が使用されていますが、植物由来の製紙用パルプをフィラーとして使用することで低密度つまり軽い等の特徴のある性能をもった製品となります。

本開発の特徴として、「安価な製造法」「共同開発」「軽量化」「エコフレンドリー」4つのキーワードに沿って説明します。

安価な製造法

工程省略により、コストダウンが可能



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 22

一つ目のキーワードは「安価な製造法」です。

CNF 強化樹脂は、当該分野のパイオニアである京都大学の矢野教授とともに開発を進めてまいりました。ここで開発した従来の製造方法「京都プロセス」では、原材料のパルプを疎水化処理し、パルプとプラスチック樹脂を混練機に添加、溶けた樹脂の中で混練することで、パルプ繊維のナノ解繊と分散を同時に行う方法となります。

現在では、当社にて使用するパルプの前処理を行うことで、最も製造方法の律速となっていた疎水化処理を省略可能となり、市販樹脂のコスト感から外れることなく、製造が可能となっています。

共同開発

モビリティ用途で量産化を実現(2023年)



50t/年以上の製造能力

公的プロジェクトを通じて、実証設備を導入
→助成金活用による早期の設備導入

樹脂メーカーや大学等と共同研究
→開発期間を短縮化

社内外との協業関係構築
→BCPを見据えた安定製造体制

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 23

二つ目のキーワードは「共同開発」であり、当社はモビリティ用途では世界初となる、CNF強化樹脂セレンピアプラスの量産化を早期に実現することができました。

当社の研究開発の推進力の一つに公的プロジェクト、ここでは国や静岡県への参画を挙げることができます。

写真はその成果の一つで、プロジェクトによる検討をもとに実証設備を導入し、事業化に向けた検討を進めております。導入当初は50t/年の製造能力でしたが、検討が進捗した現在では、この数倍の製造量が可能となっており、事業化を推し進める基盤となっています。

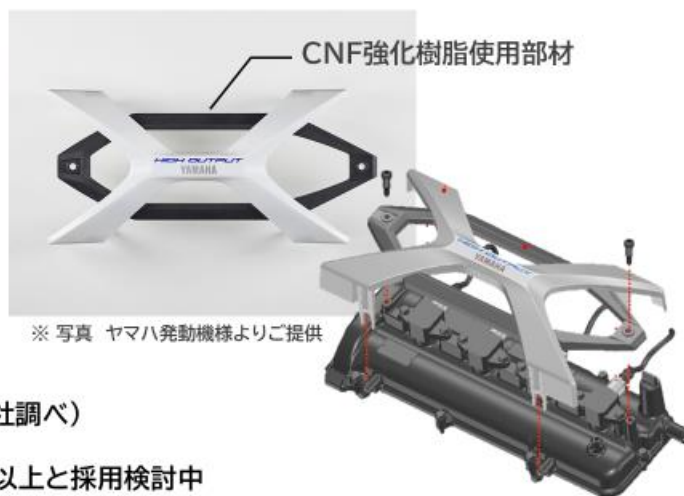
また開発当初から、大学や公的な研究機関、UBE様や他の樹脂メーカー、薬品メーカー、樹脂コンパウンダー、各用途のユーザーとともに実用化に向けた検討を進めてまいりました。こうした共同開発を通じて得た協力関係は、プロジェクト終了後も現在でも継続しています。

軽量化

ヤマハ発動機様水上オートバイに採用
現行品と比較して25%の軽量化



ウェーブランナー「FX Cruiser HO」



※ 写真 ヤマハ発動機様よりご提供

・輸送機器部品の量産品として世界初採用(当社調べ)

→二輪、四輪、他用途(家電、建材、運送)20社以上と採用検討中

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 24

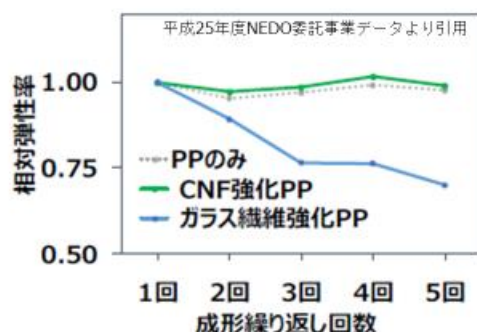
三つ目のキーワードが「軽量化」であり、セレンピアプラスの開発事例を紹介します。

ヤマハ発動機様は、検討当初から CNF 材料に関心を持っていただいており、静岡県で紹介にて 2018 年から当社と開発を開始、2023 年に水上オートバイのエンジン部材として採用いただくことができました。自動車を含むモビリティ分野の商業部材では世界初の事例と考えています。CNF 強化樹脂は、このエンジンカバーの黒い樹脂部となります。

ヤマハ発動機様とはマリン分野に加え二輪分野の検討を進めております。また、自動車用途を始めとする他の家電・建材・運送用途など 20 社以上の検討を進めており、早期の事業化を果たすべく、開発に取り組んでいます。

エコフレンドリー

石油由来樹脂の使用量を削減



CNF強化品: マテリアルリサイクル適性有
→樹脂のリサイクル使用に貢献



国内外での植林活動



静岡県・静岡大学が推進する「ふじのくにCNFプロジェクト」にて、静岡県産木材等を使用したコンセプトカー「しずおかもくまる」に採用

(ふじのくにセルロース循環経済国際展示会 2024年10月)

再生可能な森林資源で樹脂を強化
→プラスチック使用量削減に貢献

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 25

四つ目のキーワードが「エコフレンドリー」で、石油由来の樹脂使用量の削減に貢献します。

ここでは具体的な事例を2つ紹介します。左のグラフは、横軸に成型繰り返し回数、縦軸に弾性率を基準とした強度を示しています。従来のガラス繊維を用いたPPは、青のグラフになりますが、成型を繰り返すたびに強度が低下するのに対し、緑のグラフで示したCNFは強度低下がほとんどないことがわかんと思います。これは、今後世界で期待される「リサイクル」に適している材料であることを示しています。

右は、原材料として使用するパルプが当社の製紙原料であり、100%全て外部認証機関で認定を受けた再生可能な森林からのバイオマス材料となります。これをプラスチック樹脂と複合することで、石油由来の樹脂材料の使用量削減することができます。

このコンセプトのもと、製作したのが右の写真の「しずおかもくまる」です。「しずおかもくまる」は、静岡県や静岡大学が推進する「ふじのくにCNFプロジェクト」のもと、静岡県産木材等を使用した電気自動車のコンセプトカーです。当社は、このプロジェクトにセレンピアプラスを提供し、部材として高い評価をいただくことができました。

このように樹脂部材のリサイクル使用や新規使用量削減などの社会課題への貢献を果たす新素材として、CNF強化樹脂であるセレンピアプラスの早期事業化を進めてまいります。

蓄電デバイスと社会課題

蓄電デバイス(リチウムイオン電池など)の課題



- レアメタルリスク
- 有機溶媒使用 → 発火リスク、漏洩による人体影響
- デバイス製造時に大量のCO₂

日本製紙の提案する解決策



環境に優しい森林資源の活用

セルロースナノファイバー(CNF)を
蓄電デバイスの主要部材に！

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 26

続きまして、CNF 蓄電体の開発になります。

現在、リチウムイオン電池などのデバイスには、リチウムなどを使用することによるレアメタルのリスクや、有機溶媒使用による発火や漏洩による人体影響などの課題があることに加え、デバイス製造時に大量のCO₂が発生するという課題もあります。

これらの課題を解決するために、当社はセルロースナノファイバー、CNF を蓄電デバイスの主要部材に活用できるよう研究を進めています。

セルロースナノファイバー(CNF)とは

木をナノレベルまで解きほぐした超極細繊維



製造体制



化学処理(TEMPO酸化)CNF

- ・石巻工場で量産設備稼働中
- ・製造能力 500t/年

様々な用途で採用が進む
→ コストダウン

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 27

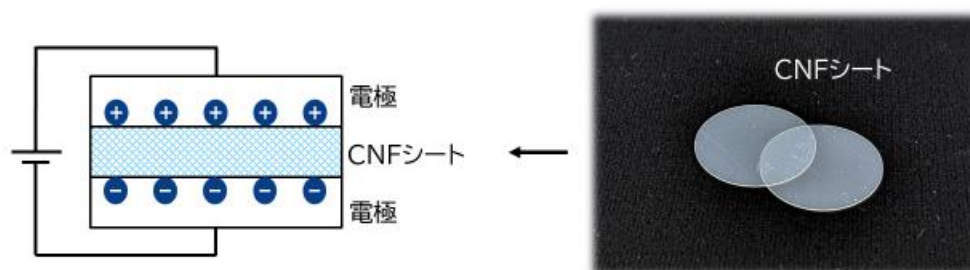
セルロースナノファイバーとは木材を極限まで細かくして得られる超極細の繊維です。

当社では TEMPO 酸化という化学処理を行ったセルロースナノファイバーを製造しており、その繊維は 2-4nm と非常に細い繊維幅となります。また、当社は石巻工場に 500t/年の TEMPO 酸化 CNF 量産設備を有し、十分な供給能力を持っています。

現在は、様々な用途で採用が進んでおり、コストダウンにつながっています。

CNF蓄電体とは

TEMPO酸化CNFを用いた蓄電デバイス



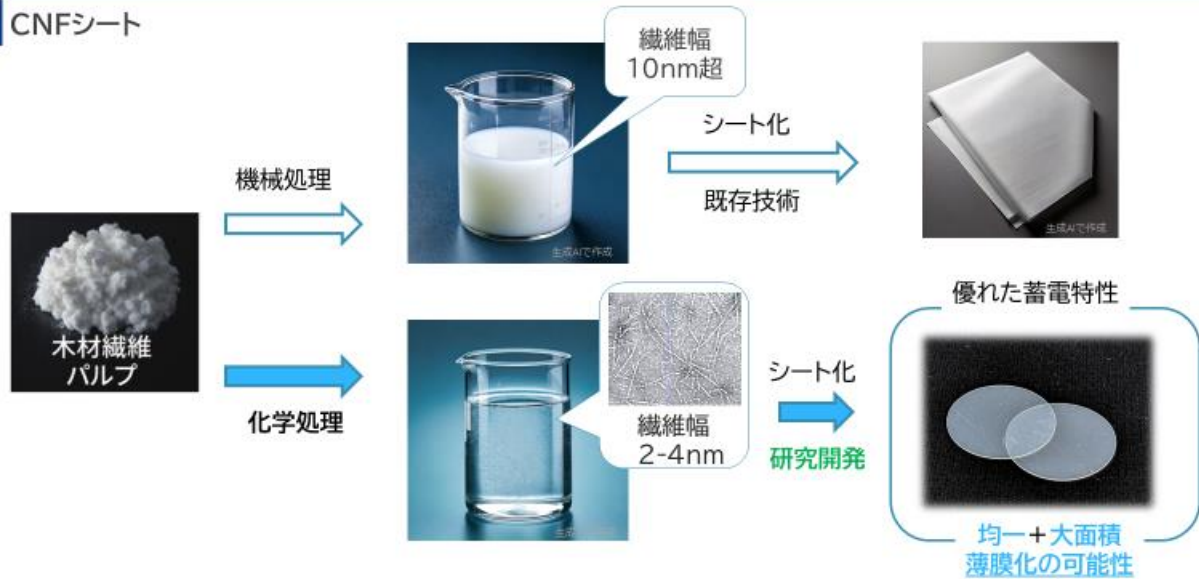
- 木質バイオマス素材。レアメタルフリーな蓄電デバイス
- 有機電解液不使用のため、発火リスク低減／低環境負荷
- 電池と異なり化学反応を伴わず、素早い充電、放電が可能

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 28

それでは、CNF の蓄電体に関わる説明に入ります。

CNF 蓄電体の構造は非常にシンプルで、TEMPO 酸化した CNF シートを電極で挟んだだけの構造です。CNF シートは、木質バイオマス素材であること、レアメタルや有機電解液を使用していないため、発火のリスクや環境負荷が低いこと、さらに電池と異なり「急速な充電・放電が可能」となります。

CNFシート



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

29

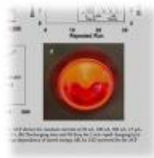
蓄電の肝となる CNF シートですが、均一で微細な表面凸凹と薄膜化により、蓄電性能は大きく向上します。

従来、他社にてシート化された CNF は、機械処理した繊維幅が 10nm を超えた比較的繊維幅が大きい CNF を使用したケースに限定されていました。一方、当社化学処理 CNF は繊維幅が 2~4nm と極細であるため、凝集させずに均一なシートへの成膜は、困難を極めました。そこで、CNF 分散液の最適化、シート化方法と乾燥方法を見直すことで、均一で大面積なシートを確保することに目途をえました。

また、本成膜方法と当社極細 CNF により、薄膜化の可能性が拡大し、蓄電デバイスの更なる性能向上が期待できます。

研究状況と実績

2021年3月
東北大での発見



(共著論文より引用)
[Amorphous cellulose nanofiber
supercapacitors | Scientific Reports
\(nature.com\)](#)

試験用セル



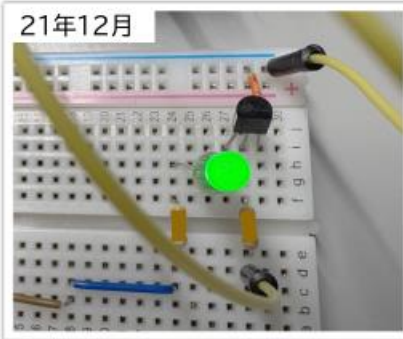
CNFシート

一瞬の点灯

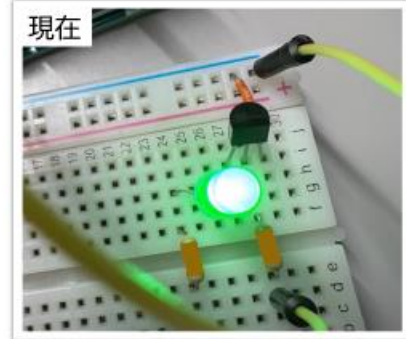
蓄電量
10⁶倍

- ・輝度アップ
- ・一定時間継続

21年12月



現在



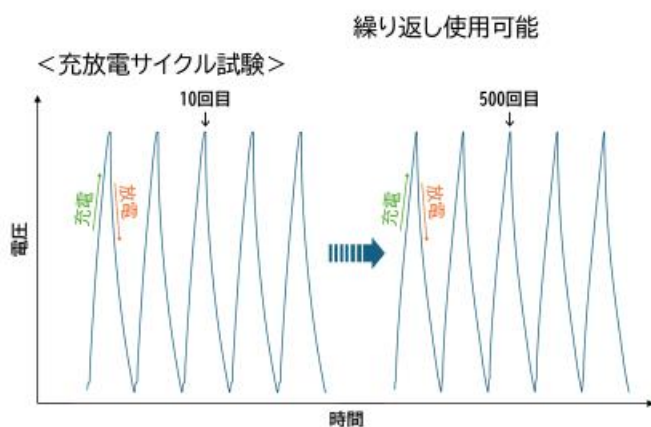
Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

30

次に蓄電量についてです。

2021年3月に東北大学の福原先生がCNFの微細な凹凸への蓄電性を確認し、当社も2021年12月に同現象を確認しました。開発当初は瞬間的な点灯しかできませんでしたが、現在は、より明るく一定時間点灯できるようになりました。蓄電量は2021年12月と比較して10の6乗倍に増加しています。

研究状況と実績



登録特許: 2件(国内)、3件(外国)

公開特許: 6件(国内+外国)、公開前特許: 多数

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

31

次に充放電の安定性についてです。

この図は充放電の繰り返し実験結果ですが、500回繰り返しても性能が劣化しにくく、信頼性も高いと考えられます。これらのデータに基づき、国内外で特許を取得しており、技術的な足固めを進めています。

コイン型デバイス



軽量・省スペース

ラミネート型デバイス



大面積・容量大

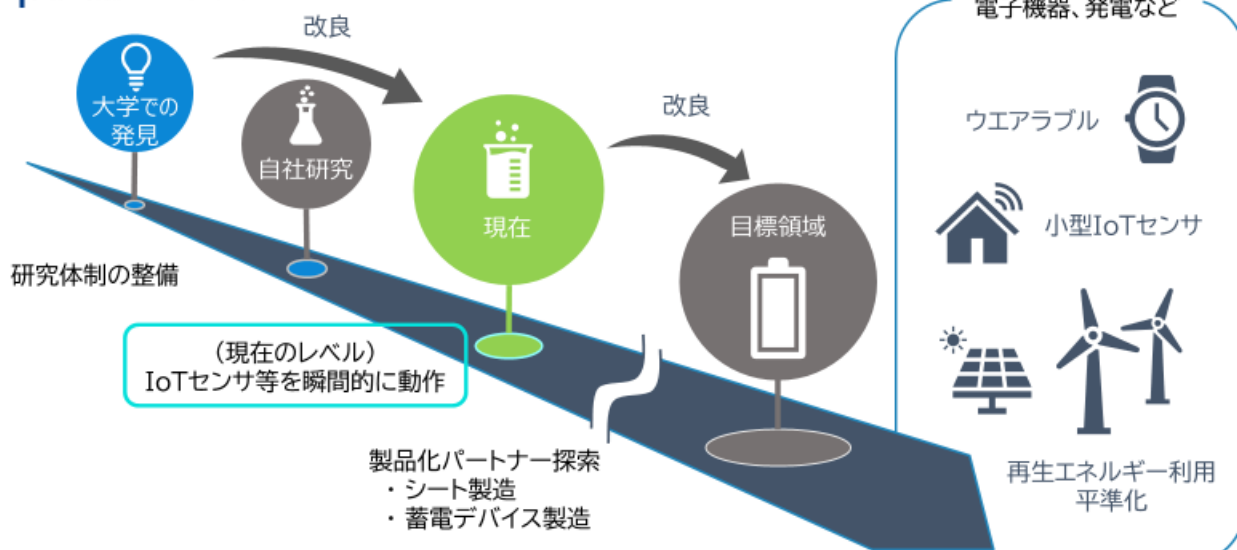
基本性能:確認済み

⇒ 実用性評価を開始

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 32

基礎的な特性把握に加え、今後の事業化も見据え、自社内で実用的な CNF 蓄電デバイス試作も進め、2025 年 3 月に 2 つのタイプの試作品が完成しました。基本性能は確認済みですが、現在、実用性評価をすすめています。

開発概況と想定用途



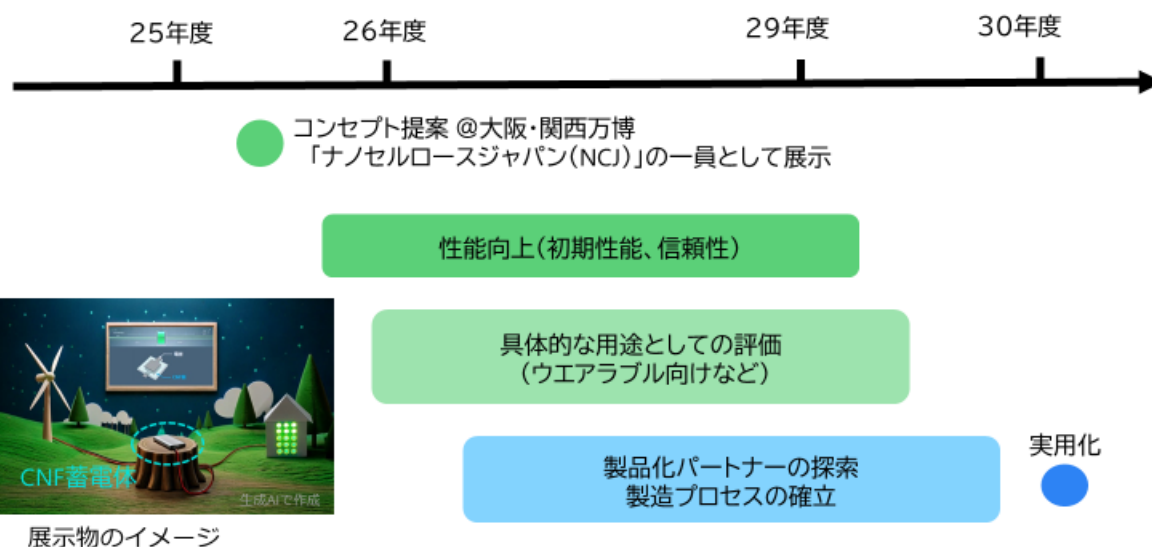
Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 33

開発状況についてまとめます。

2021 年の東北大学での蓄電原理の発見から、現在の蓄電量のレベルとしては小さな IoT センサを瞬間的に動作させることが可能となっています。今後も改良を進めるとともに、製品化パートナーの探索を進めて、まずはウェアラブル用途や小型 IoT センサ等、比較的小型用途での実用化を目指したいと思います。

最終的には、太陽光発電や風力発電などの再生可能で変化が大きいエネルギーを蓄電し、電力の平準化に貢献することを目指しています。

スケジュール

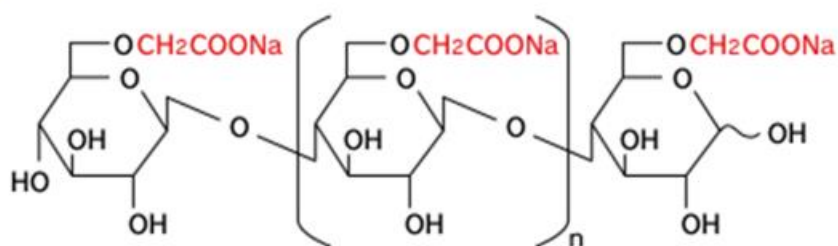


Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 34

最後に、今後のスケジュールとなりますが、本年6月10日から16日にかけて、大阪・関西万博にてナノセルロースジャパンの一員としてCNF蓄電体を展示いたします。

本展示では、デバイスメーカー、アッセンブリーメーカー、エンドユーザー様に当社コンセプトを提案します。これを大きなきっかけとして、性能向上、具体的な用途としての評価、製造パートナーの探索とプロセス確立を進め、2030年の実用化を目指します。

カルボキシメチルセルローズ(CMC)について



- ◆ セルローズの一部に**カルボキシメチル基**を導入した製品
- ◆ 商品名「SUNROSE®」として販売
- ◆ セルローズは通常水に入れても溶解しないが、
CMCは水に入れると溶解して粘性のある液体になる

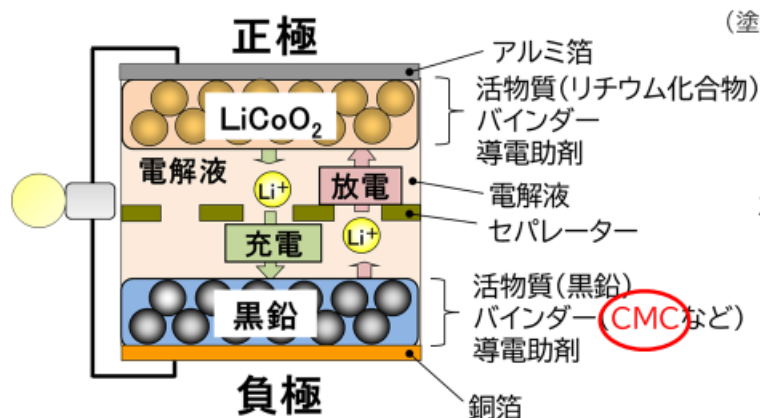
Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 35

リチウムイオン電池向けカルボキシメチルセルローズについて、説明いたします。

CMC はスライドに示すようにセルローズの一部にカルボキシメチル基を導入した高分子で、弊社製品は商品名「サンローズ」として販売しております。

CMC は写真に示すような粉末状の製品なのですが、セルローズが通常水に入れても溶解しないのに対し、CMC は水に入れると溶解し、粘性のある液体となります。CMC はこの粘度調整剤等の機能により、食品用途、工業用途等、様々な用途で用いられております。

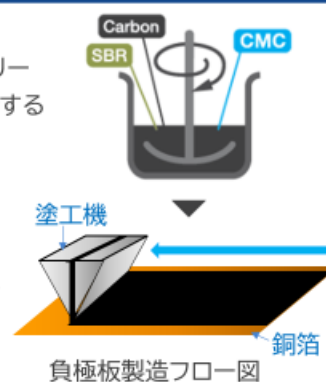
リチウムイオン電池(LiB)について



リチウムイオン電池の構造

①負極スラリー(塗料)を混合する

②銅箔にスラリーを塗工する



CMCの主な機能

- ◆ スラリー(塗料)の粘度調整剤
- ◆ 電池材料の分散剤
- ◆ 負極のバインダー(接着剤)

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 36

CMC が使用される用途の中でも、弊社 CMC が多く販売されている用途が今回紹介するリチウムイオン電池向け CMC となります。

左にリチウムイオン電池の構造のイメージ図を示していますが、CMC はリチウムイオン電池の負極のバインダー用途で使用されております。

右には負極板の製造フロー図を示しておりますが、負極は黒鉛、CMC 等を水の中で混合したスラリーを作製し、それを銅箔に塗工した後、乾燥することで得られます。その際に、CMC はスラリーの粘度調整剤、電池材料の分散剤、負極乾燥後のバインダーとしての役割を担っています。

リチウムイオン電池(LiB)の用途例



スマートフォン



ノートパソコン



タブレット



EV車
(電気自動車)

- ◆ LiB向けCMCとして、他社にはない独自の専用銘柄(MACシリーズ)を開発し、販売
 - ◆ LiB向けCMCでは国内トップシェア
- 世界市場(推定) 約150億円 弊社CMCシェア率 15~20%

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 37

次にリチウムイオン電池の用途例を示します。

リチウムイオン電池は現在、こちらに示すような多用途で使用されており、今後の伸びも期待できる分野であることから、弊社ではリチウムイオン電池向け CMC として、他社にはない独自の専用銘柄を開発し、販売しております。

専用銘柄として開発した MAC シリーズは、現在リチウムイオン電池向け CMC では国内トップシェアとなっており、世界市場で見ても、リチウムイオン電池向け CMC が推定約 150 億円の市場規模であるのに対し、弊社 CMC のシェア率は 15~20%であり、多くのユーザーで採用されております。

日本製紙のLiB向けCMCの特徴

一般グレード



LiB向けグレード(MACシリーズ)



特許取得状況

国名	特許番号
日本	5514734
韓国	10-1541789
	10-1508493
アメリカ	9240583
イタリア	502016000036562
イギリス	2355215
フランス	2355215
ドイツ	602009036105.8

- ◆ 綺麗な塗膜が得られる技術について
各国で特許取得
- ◆ この弊社独自の技術をユーザーも評価

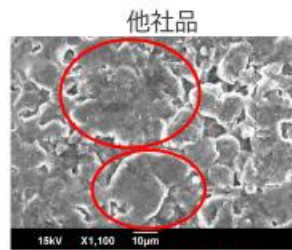
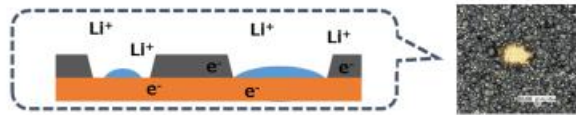
Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 38

このように多くのユーザーで採用されている弊社のリチウムイオン電池向け CMC である MAC シリーズの特徴について、説明いたします。

こちらは CMC 溶液をガラス面に塗布した写真となりますが、左の写真の一般グレードの CMC を塗布したガラス板では、CMC の未溶解のゲル化物が多く存在しているのが見て取れるのに対し、右の写真の弊社 MAC シリーズを塗布したガラス板ではそのような未溶解ゲルが見られず、綺麗な塗膜が得られているのが見て取れると思います。

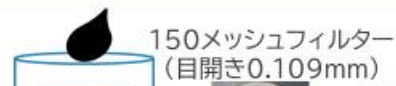
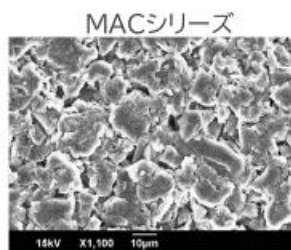
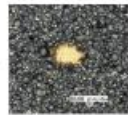
この技術はこちらの表に示した各国で特許も取得している弊社独自の技術であり、この特徴がユーザーからも評価されております。

日本製紙のLiB向けCMCの特徴

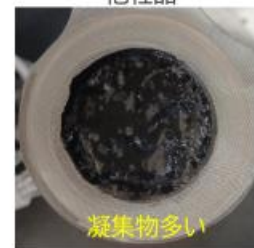


リチウム金属析出

短絡・発火の原因となるリチウム金属が発生し難く安全性向上に寄与



吸引ろ過



凝集物多い

12分

ろ過時間



凝集物少ない

35秒!!

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

39

次に MAC シリーズの未溶解ゲルが少ない利点をいくつか紹介させていただきます。

左側の図は極板のイメージ図を示していますが、未溶解ゲルが存在すると乾燥時に写真のような欠陥を生じることがあり、こういった欠陥があると、その部分にリチウム金属が析出してしまう可能性があります。リチウム金属が析出すると、短絡、発火の原因となる可能性があるため、弊社 MAC シリーズは安全性向上に寄与すると考えております。

また、右には電極スラリーのろ過性試験の結果を示しておりますが、MAC シリーズを用いた電極スラリーは他社品を用いたものと比較して、凝集物が少なく、フィルターの目詰まりが少なくなることで、ろ過時間が格段に短くなることを確認しております。

このように MAC シリーズを用いた電極スラリーはろ過性にも非常に優れるため、生産性向上にも大きく寄与すると考えております。

今後の戦略



- ◆ EV市場の拡大に伴いCMCの販売増加を見込む
- ◆ 今後の海外でのCMCの需要拡大に備えて、ハンガリーに製造工場を立ち上げ(2025年度稼働開始)

- ◆ ニーズに応じた製品開発や全固体電池などの次世代向け電池に対応した製品開発により売り上げアップとLiB向けCMCのシェア率25%以上(2030年)を目指す

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 40

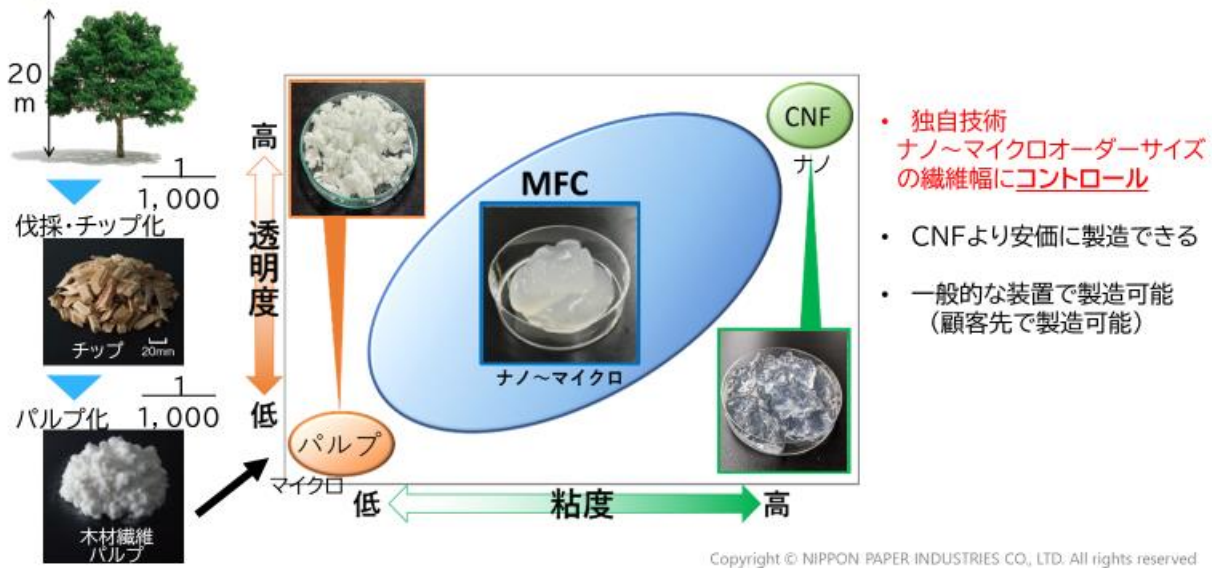
最後に今後の戦略について、説明いたします。

こちらは会社四季報のデータとなりますが、EV車は今後も増加傾向にあると予測されており、2035年には自動車の5割超がEV車になると予測されております。トランプ大統領の影響で、この予測よりもEV車の普及が鈍化する可能性はありますが、各国でガソリン車の新車販売を規制する動きもあること等から今後もEV車が増えていくと考えられ、EV市場の拡大に伴い、CMCの販売増加を見込んでおります。

そのため、今後の欧州を中心とした海外でのCMCの需要拡大に備えて、弊社CMCのハンガリー工場を2025年度の稼働開始で立ち上げることとなっております。

今後もニーズに応じた製品開発や全固体電池などの次世代電池に対応した製品開発も進めることで、売上アップと2030年にリチウムイオン電池向けCMCの世界でのシェア率を25%以上獲得することを目指していきます。

パルプ、セルローズナノファイバー(CNF)との違い



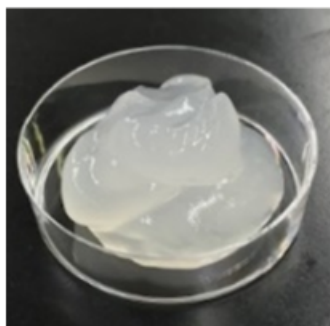
それでは、マイクロフィブリルセルローズ、MFC についてご説明させていただきます。

最初に、マイクロフィブリルセルローズ／MFC という素材について紹介します。

MFC は、この図のように透明度、粘度の点で、パルプと、パルプを解繊して製造するセルローズナノファイバーの中間の性能を示し、サイズはナノからマイクロサイズの繊維が含まれています。

当社は、ナノサイズの繊維に解繊する技術をもつことで、独自技術としてその中間である「ナノ～マイクロオーダーサイズの繊維幅」にコントロールすることが可能となり、CNF ほどに解繊しないため、より安価に製造できます。また、MFC は、一般的な高圧洗浄機といった装置にて製造可能であり、使用する現地／顧客先にパルプと装置を持ち込み、使用する前に製造・使用することも可能です。

マイクロフィブリルセルロース(MFC)の特徴



● バイオマス素材

再生可能でカーボンニュートラルな環境にやさしいセルロースが原料



特徴的な粘性

静置時は粘度が高く、動かすと粘度が低下する。
スプレー噴霧ができる。



保水性

微細な繊維の間に水を保持し、
ハイドロゲルの状態を維持できる。



生分解性

生分解性があり、環境への影響
は非常に小さい。



分散安定性

MFCの添加により他成分の
分散性が向上し、分散液を長
時間均一な状態で保てる。

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 43

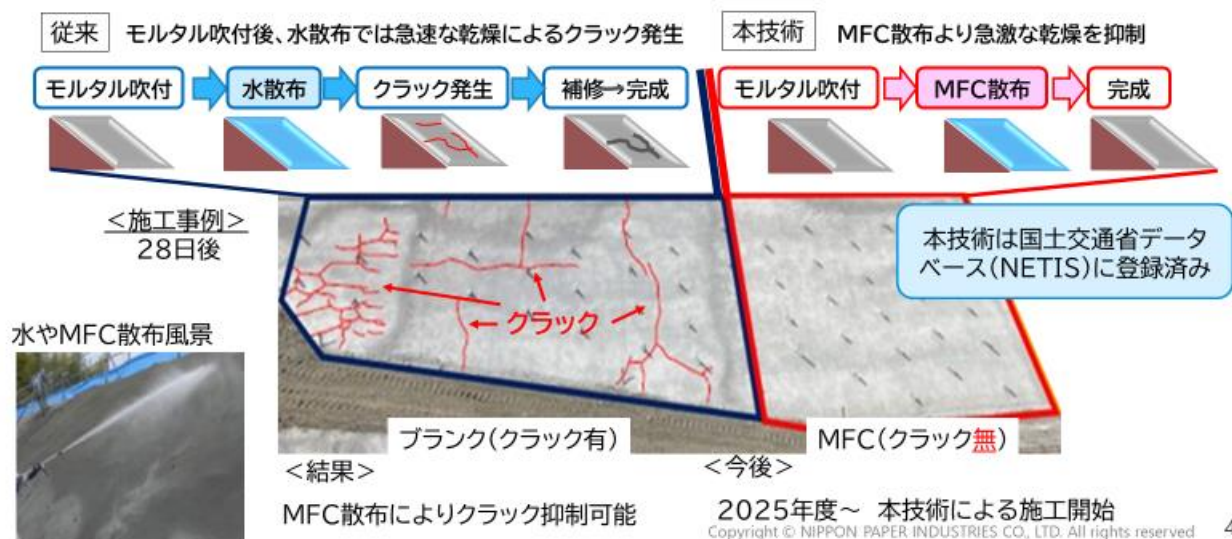
次に、MFC の特徴を紹介します。

最も大きな特徴は「バイオマス素材であること」で、再生可能でカーボンニュートラルなセルロースが原料であることです。

さらに、4 つの特徴があり、一つ目は、特徴的な粘性があることです。これは、静置時は粘度が高く、動かすと粘度が低下する特徴があり、スプレーで噴霧可能です。二つ目は、保水性が非常に高いことです。これは微細な繊維の間に水を保持し、ハイドロゲルの状態を維持できるためです。三つめは、木材のセルロースからできているので、生分解性があります。最後の四つ目は、MFC の添加により、他の成分を分散させることができます。

使用用途① モルタル養生材用途

ーライト工業(株)との共同開発/独自技術ー



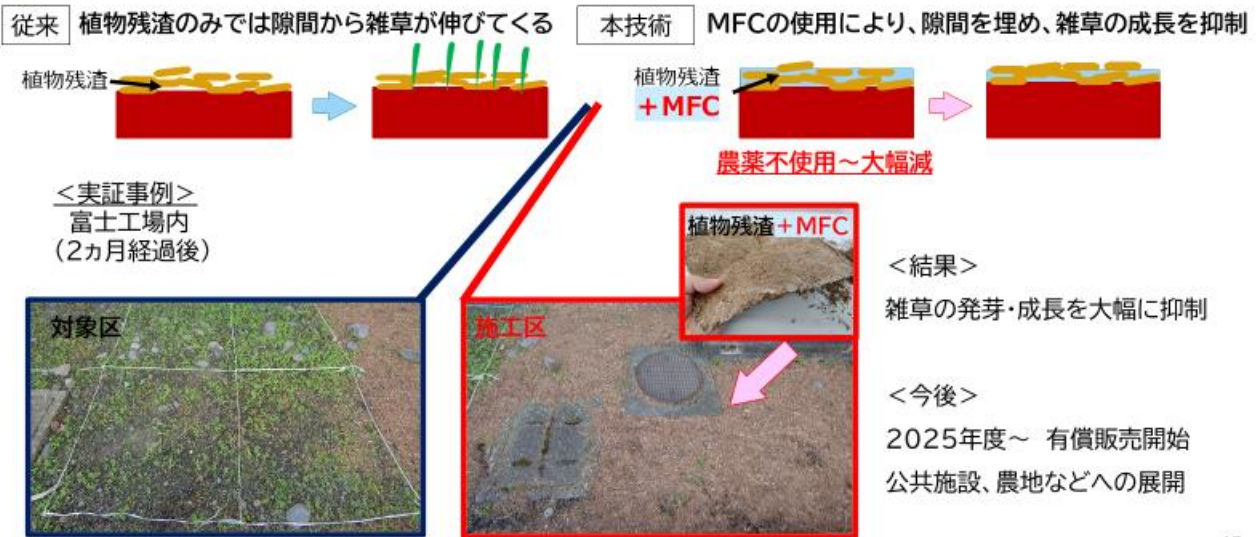
それでは、MFC の使用例を 2 つ紹介します。

一つ目はモルタル養生材用途です。モルタル養生材用途としては、高速道路などの「のり面施工」があり、業界最大手のライト工業様との共同研究案件です。この写真は、法面施工を行った現場の写真であり、左側が従来施工、右側が本技術を用いた施工となります。

従来はモルタル吹付後、水を散布しますが、急速な乾燥によりクラックが発生します。このクラックは補修が必要となります。一方、本技術を用いた水散布の代わりに粘性のある MFC を散布した場合、水分が斜面にとどまってくれるため、急激な乾燥を抑制でき、クラックが発生しません。本技術により、工程の削減と短縮が可能となります。

この技術は国土交通省の新技术情報システム（NETIS）に登録済みであり、2025 年度から本技術の営業施工を開始します。

使用用途② 雑草抑制用資材用途 —植物残渣とMFCの組み合わせ—



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

45

二つ目は、雑草抑制用資材用途であり、植物残渣と MFC を組み合わせた施工方法となります。

この写真は、雑草抑制の施工を行った現場の写真であり、左側は従来施工、右側が本技術を用いた施工となります。従来は、雑草を抑制させるために植物残渣を土壤に敷いていますが、隙間から雑草が生えてくることが課題でした。そこで、本技術では、植物残渣に加えて MFC を散布することで残渣の隙間を埋めることにより、雑草の成長を抑制できることが分かりました。

本技術によって、雑草の発芽・成長を大幅に抑制できること、農薬などの使用が抑制でき安全性が増すこと、生分解性であり環境に優しいことなどが確認できました。

本年度から、有償販売を開始し、公園などの公共施設、農地などへの展開を行います。

リグニンスルホン酸の用途例



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

46

木質由来の界面活性剤である「StarLigno」についてご紹介いたします。

リグニンは、先のご紹介にもありましたが、木材成分の約 1/4 を占める成分です。

当社江津工場では、一般の紙をつくる製法とは異なり、国内で唯一のサルファイトパルプ化を採用しております。日本製紙では、黒液として得られるリグニンスルホン酸を国内で唯一販売しています。こちらに示すような灰を造粒する接着剤や、植物の生理状態を健全に保つバイオスティミュラント資材、コンクリート化学混和剤として利用されています。

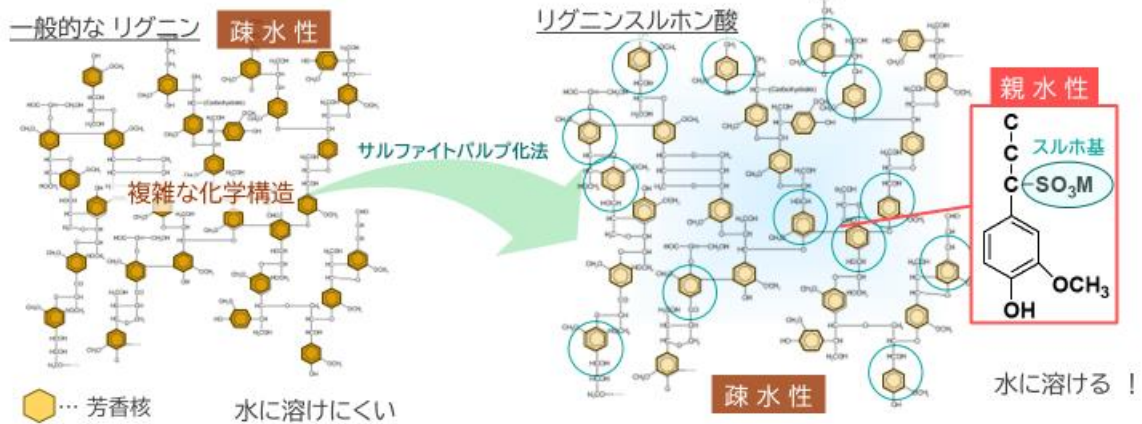
国内唯一の技術 リグニンスルホン酸 について

リグニンスルホン酸

本来水に溶解しない「リグニン」が水に溶ける！

疎水性部分と親水性部分をもつ 界面活性剤

1937年より培われた独自の化学変性技術を保有



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

47

リグニンスルホン酸について、もう少し詳しくご紹介してまいります。

一般的なリグニンは、こちらに示すような芳香核、六角形の化学構造が並ぶ複雑な構造で、水に溶けにくい疎水性成分です。サルファイトパルプ化法では、親水性のスルホ基と呼ばれる構造が各所に導入され、水に溶けるリグニンスルホン酸が得られます。

このリグニンスルホン酸は、疎水性の部分と親水性部分を持つ界面活性剤として機能します。当社ではこのようなリグニン製品を1937年より取り扱っており、当社独自の技術による研究を重ねてまいりました。

リグニンスルホン酸の界面活性剤効果（例 コンクリート用化学混和剤）

リグニンスルホン酸



水になじみやすい部分
水に溶けにくい部分

▶ 家庭用洗剤のような働きをする

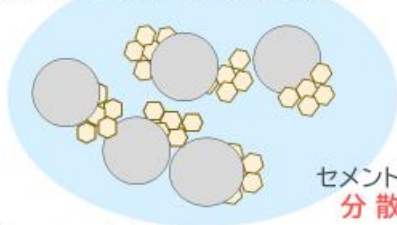
界面活性剤

(コンクリートの構成成分)

水	セメント	砂	砂利
---	------	---	----

コンクリート化学混和剤

セメントを水になじみやすい形に改質



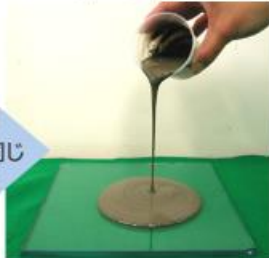
セメント
分散剤

● セメント … 水に溶けない

無添加



リグニン添加



水の量は同じ

✓ 水を減らせる 作業性向上・強度向上

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 48

さて、リグニンスルホン酸の界面活性剤の効果について、さらに詳しくご紹介します。

水になじみやすい部分と、水に溶けにくい部分をもつことによって、界面活性剤は機能します。

家庭用洗剤のように、水に溶けにくい油を溶けやすくするような効果をいいます。当社のリグニンスルホン酸は主にコンクリート化学混和剤として利用されていますので混和剤を例にご紹介します。

水にとけないセメント表面にリグニンが作用して、セメントを水になじみやすい形に改質し、水にセメントを分散させます。このような成分を分散剤といいます。こちらの写真に具体的に示していますが、どちらも同じ水の量に設定しています。

リグニンスルホン酸を添加したものでは流動性が大きく違うことがご覧いただけたと思いますが、リグニンスルホン酸を使用することによって、水が少ない場合にもさらさらと流れる液体として取り扱うことができるようになります。

リグニンスルホン酸の性能（例 コンクリート用化学混和剤）

■ 従来技術 … 石油化学系分散剤に劣る

日本製紙のコンクリート用化学混和剤の変遷

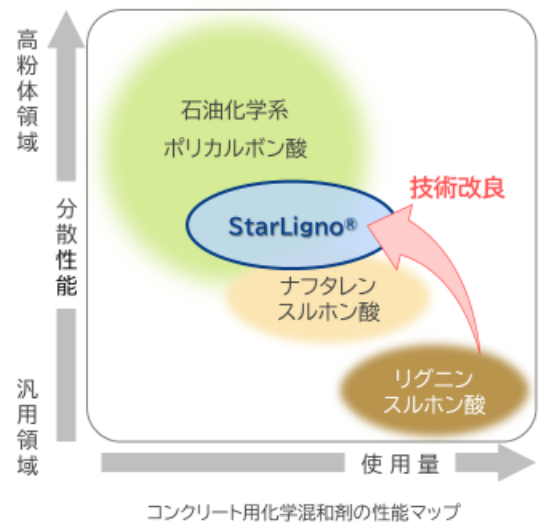
成 分		
1964	リグニンスルホン酸塩	天然物由来
1981	ナフタレンスルホン酸縮合物	
	⋮	石油化学由来
1997	ポリカルボン酸塩	

■ 新 技 術 … 日本製紙の強みを生かすことを軸に開発

日本製紙独自のバイオマス素材 リグニンスルホン酸 の活用

界面活性能を 独自技術で飛躍的に改良

リグニン誘導体新製品 StarLigno®



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

49

当社では、界面活性剤として使用されるリグニンスルホン酸を発展させてきましたが、時代のニーズに合わせて、ナフタレンスルホン酸や、ポリカルボン酸の石油化学性の分散剤へも展開してまいりました。

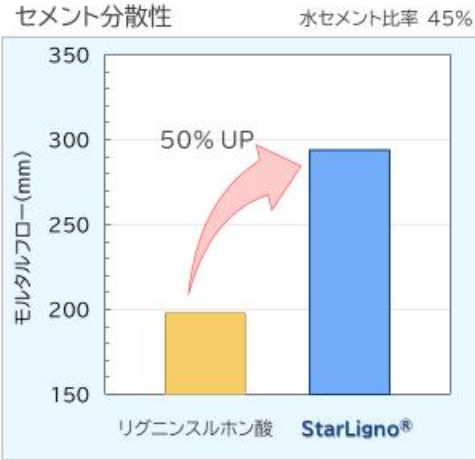
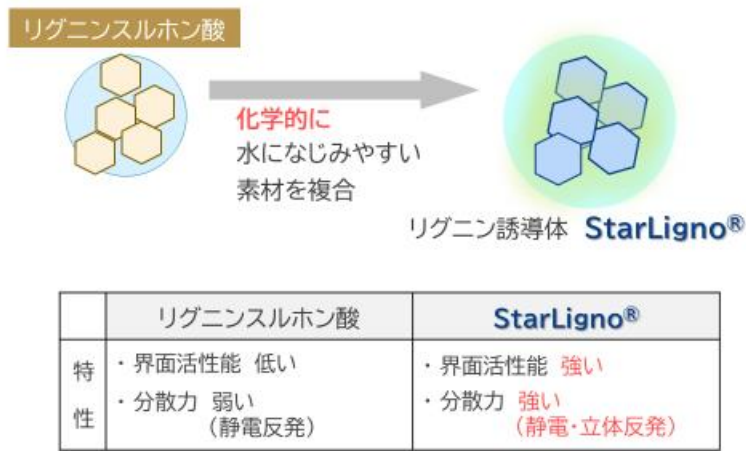
リグニンスルホン酸の分散性能はこちらに示す通りですが、時代の変化にともない石油化学系分散剤より劣ることが課題となっていました。木材を合理的かつ、高度に活用することは現代の要望でもあり、木と共に歩んできた当社の使命と考えており、当社独自のバイオマス素材、リグニンスルホン酸を活用することを主軸に研究を重ねてまいりました。

この度、当社独自のリグニン変性技術にて StarLigno を開発しました。次のスライドにてその特徴をご紹介します。



StarLigno®の特徴

新たな日本製紙独自の変性技術を開発 ▶ リグニンスルホン酸の特長を生かし新しい機能性を付与



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 50

StarLigno は、リグニン変性技術を新たに開発し、従来のリグニンスルホン酸へ水になじみやすい素材を化学的に複合させることで誕生しました。

リグニンスルホン酸の特長を生かしながらも、新しい機能として、こちらの表の示すように界面活性効果をより強く発現できる設計としています。その結果、化学混和剤としてセメント分散性能として示すと、従来リグニンスルホン酸に比べて約 50%も分散性を高めることができます。

StarLigno®の用途 ① 現場添加型コンクリート流動化剤

- 特徴・・・工事現場にてコンクリートの流動性を改善し、高流動コンクリートを調製できる混和剤用原料
- 強み・・・1. 現場での省人化：高い流動性が維持されるため、コンクリートの締固め不要
2. 作業効率の向上：添加専用設備不要(ミキサー車に直接投入)
3. コンクリート品質の維持：粉体であり、コンクリートの配合設計に影響しない

鹿島建設 LACsコンクリート 2024年6月プレスリリース *鹿島建設ウェブサイトより抜粋

Low Action Casting / Low Actual Cost / Limited Abandoned Compaction / Lead Abbreviation Casting / 楽(らく)コンクリート

従来工法



作業員： 9名
作業時間： 5.5時間
打設数量： 約540m³



水溶性紙でバックした粉体混和剤*

現場で直接添加して流動化

*StarLigno®を含む鹿島建設開発化学混和剤

LACsコンクリート



作業員： 2名
作業時間： 2時間
打設数量： 約540m³

作業人数：約80%削減
作業時間：約60%短縮

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

51

それでは開発した StarLigno の用途例をご紹介します。

こちらは鹿島建設様の LACs コンクリートへの適用例です。鹿島建設様の LACs コンクリートの技術が合わさり実現していますが、StarLigno は工事現場で高流動性コンクリートを調整可能な混和剤の原料として活用されています。工事現場で高い流動性が維持されるため、締固めと呼ばれるコンクリートを型枠の隅々まで行き渡らせるための作業が不要となります。

また、一般的なコンクリート混和剤は生コン工場で、事前に配合して添加されますが、工事現場のミキサー車に直接添加するだけで使用でき、普通コンクリートを高流動化することができます。さらに、粉末製品であることから、液体タイプの混和剤で課題となるコンクリート中の水分変化に影響せず、コンクリートの品質に影響しません。

こちらに鹿島建設様での適用をご紹介しますけれども、従来の施工方法では作業員 9 名、作業時間 5.5 時間を要する工事内容です。スターリグノを含む化学混和剤をこのように水溶性の紙で包んだものを直接投入することで、こちらの LACs コンクリートが得られ、LACs コンクリートの場合、人員が 9 名から 2 名、時間が 5.5 時間から 2 時間という形で短縮、省力化、効率構造、作業効率向上に貢献しております。

このようにスターリグノの普及は工事現場での少人化、作業効率の貢献という形で実現できます。

StarLigno®の特徴

界面活性能の向上により新用途へも拡大

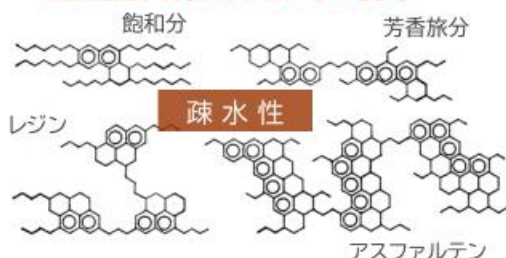
▶ StarLigno® を使用するアスファルト乳剤

アスファルト

- ・原油の成分のなかで重質なもの
- ・常温で固体／半固体
- ・耐水性接着剤として道路舗装に使用

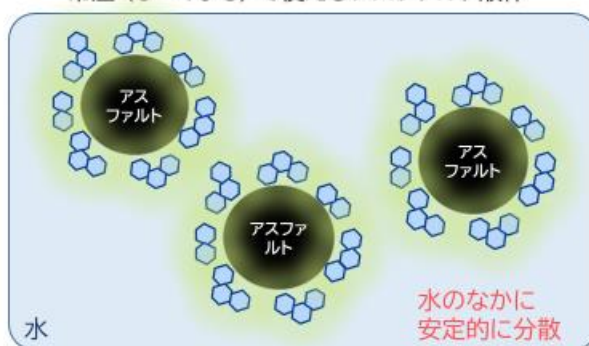


加熱溶融（約200℃）して使用



アスファルト乳剤の流動性向上に貢献

常温（5～40℃）で使えるアスファルト液体



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 52

続いて、アスファルト向けの用途例をご紹介します。

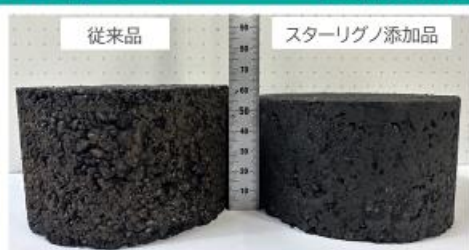
アスファルトは原油成分の重質な部分で、一般的には、加熱によって粘度を下げ、流動性を発揮させて利用します。

今回開発した StarLigno では、こちらの図のように、アスファルトを水に分散させて常温で液体のように扱うことができる「アスファルト乳剤」にも利用されます。StarLigno を利用することによってアスファルト乳剤をさらに安定的に水に分散させることができます。

StarLigno®の用途 ② 常温アスファルト混合物

- 特徴・・・常温アスファルト混合物の流動性を飛躍的に改善して加熱式アスファルト混合物に匹敵する舗装実現
※従来の常温アスファルト混合物は強度などの問題で補修や簡易舗装にしか使用できない
- 強み 1. 製造・輸送・施工時の加熱工程が不要
2. 一般的な加熱アスファルトと比較して製造時のCO2の発生量を半減
3. 夏場の建設現場における労働環境の軽減にも寄与

東亜道路工業 常温アスファルト混合物用乳剤



提供:東亜道路工業
常温アスファルト乳剤混合物の比較

同じ締固め条件でもより緻密な構造となる → 強度が増す

加熱式アスファルトに匹敵する舗装を実現



施工温度 常温

提供:東亜道路工業



常温アスファルト乳剤混合物の施工テストの様子

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 53

こちらは、東亜道路工業様と共同で開発して「常温アスファルト混合物用乳剤」です。

従来、常温混合物は、強度などの課題から、補修や簡易舗装にしか使用できないという課題がありましたが、StarLigno を利用すると、道路舗装にも利用できる常温アスファルト混合物が製造できます。

皆さまも舗装工事を日常の1シーンとしてご覧になった機会があるのではないかと思います。路面から湯気が立ち上がる様子や、バーナーを利用して舗装工事がされている場面に遭遇したことがあるのではないのでしょうか？

StarLigno を利用した乳剤では、アスファルト混合物の製造から輸送、施工時の加熱工程が不要となります。加熱が不要であるため、混合物製造時のCO2発生量が半減されます。また、夏場の建設現場における労働環境の軽減にも寄与できると期待しています。

こちらに従来品の乳剤を使用した混合物と、スターリグノを利用した混合物を比較しています。同じ条件で締固めしていますが、スターリグノを添加した混合物はより緻密な構造となっており、強度が高くなることがお分かりいただけると思います。

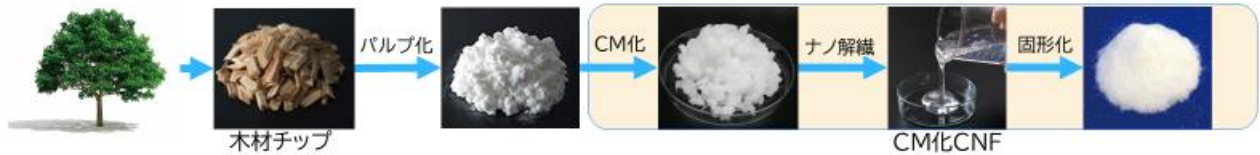
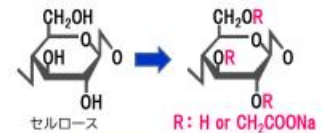
以上のように、この度新しく開発したStarLignoは、従来のリグニンの特長をいかしたまま高性能化を実現しており、今後も広い産業分野で活用されることが期待されます。

セルロースナノファイバー(CNF)について

- ◆ CNFは、木から製造されるパルプを細かく解した**ナノサイズ※1**の極細繊維
- ◆ 日本製紙では、パルプのセルロース成分に**カルボキシメチル化(CM化※2)**を施した**CM化CNF**を製造し、**食品・化粧品用途**へ展開

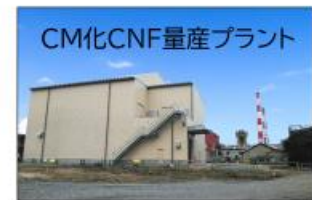
※1：ナノは100万分の1mm

※2：カルボキシメチル化(CM化)



【CM化CNFの特徴】(当社の強み)

- ✓ 長年培ってきたCM化と新たなナノ解繊の**技術の融合**で生まれた**新素材**
- ✓ 独自の高度な固形化技術により、**水への再分散性が良好な粉末品**を提供
- ✓ 木材チップから最終製品(CM化CNF)までを**島根県内の工場で一貫生産**
- ✓ 衛生管理された設備環境で**食品添加物規格に適合した製品**を製造
- ✓ **食品のほか、化粧品、医薬部外品**への使用も可能



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

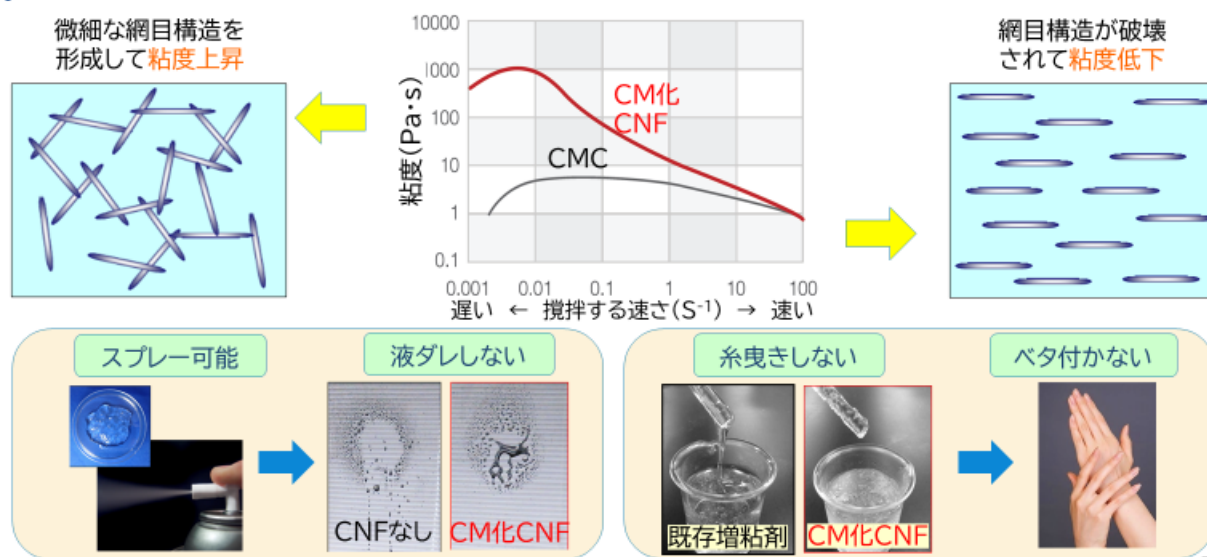
55

セルロースナノファイバーの食品・化粧品への利用ということですが、当社では、パルプ中のセルロースをカルボキシメチル化という化学処理を用いてCM化CNFを製造しており、食品、化粧品用途で展開しております。

CM化CNFの特徴でございますけれども、1つ目は、CM化の技術と新たなナノ解繊の技術を融合させて生まれた新素材であるということ。それから、水に再分散が可能な粉末品を提供できること。島根県の工場で一貫して生産できること。そして、食品添加物規格に適合した製品ということで、化粧品や医薬部外品へも使用が可能ということでございます。

CM化CNFの優れた機能 <特異な粘性(チキソ性※1)>

※1: 攪拌する速さで粘度が変化する性質



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 56

CM化CNFの優れた機能の一つとして、チキソ性と呼ばれる特異な粘性があります。

この図は横軸に攪拌速さ、縦軸に粘度をとったグラフですが、チキソ性とはゆっくり攪拌する状態ではCNF繊維が網目構造を形成して粘度が高く、速く攪拌するとその網目構造が破壊されて粘度が低下します。この性質によって、スプレー噴霧、つまり力がかかった場合は低粘度でスプレー可能、壁面では液だれしない、といったメリットが出てきます。

さらに、既存の増粘剤とは異なり、糸曳きしないため、肌に塗った際に、ベタ付かず、サラッとした触感を得られます。

CM化CNFの優れた機能と応用例 — 食品 —

CM化CNFの微細な網目構造 → 水を保持し、形を保ち、様々な成分の分散を安定化

=ゼリー・中華まん= 保水性(離水防止)	=どら焼き・食パン= 気泡安定性(食感・保形性の向上)	=生クリーム・ドレッシング= 乳化安定性(分離抑制・食感改良)
 		
保水性が高く、ゼリーの浮き水や中華まんの皮への水分移行を防止	生地が木目細かく、しっとり、ふっくら、美味しさが長持ち(賞味期限延長)	均一で安定な乳化により、油の分離を防ぎ、クリーミーな食感

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 57

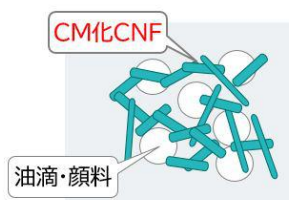
こちらは、CM化CNFの機能と食品への応用例です。CM化CNFは、が微細な網目構造を作ることによって、水を保持したり、形状を保ったり、様々な成分の分散を安定化したりと、実に多彩な機能を発揮します。

ゼリーや中華まんでは、水を保持する力が増して、ゼリーの浮き水防止や、中華まんの具の水分が皮へ移ってベチャ付きを防止します。どら焼きやパンでは、生地がきめ細かく、しっとり、ふっくら、美味しさが長持ちします。これは、賞味期限の延長にも繋がります。生クリームやドレッシングでは、均一な乳化によって、油の分離を防いで、食感を滑らかでクリーミーにすることができます。

CM化CNFの優れた機能と応用例 — 化粧品 —

CM化CNFの微細な網目構造 → 水を保持し、形を保ち、様々な成分の分散を安定化

＝日焼け止め製品＝
乳化・分散安定



油滴・顔料の均一な分散と安定化
塗りムラがなく、高いUV遮蔽効果

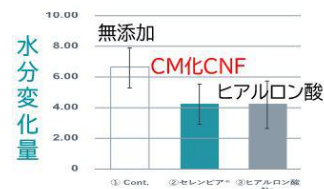
＝シャンプー・トリートメント＝
泡質改善

泡の顕微鏡写真
(CM化CNFあり)



弾力感のある木目細かな泡立ち
滑らかな指通りと高い洗浄性

＝美容液・クリーム＝
保湿・感触改良



ヒアルロン酸と同等の保水力
しっかり保湿とサラッとした触感

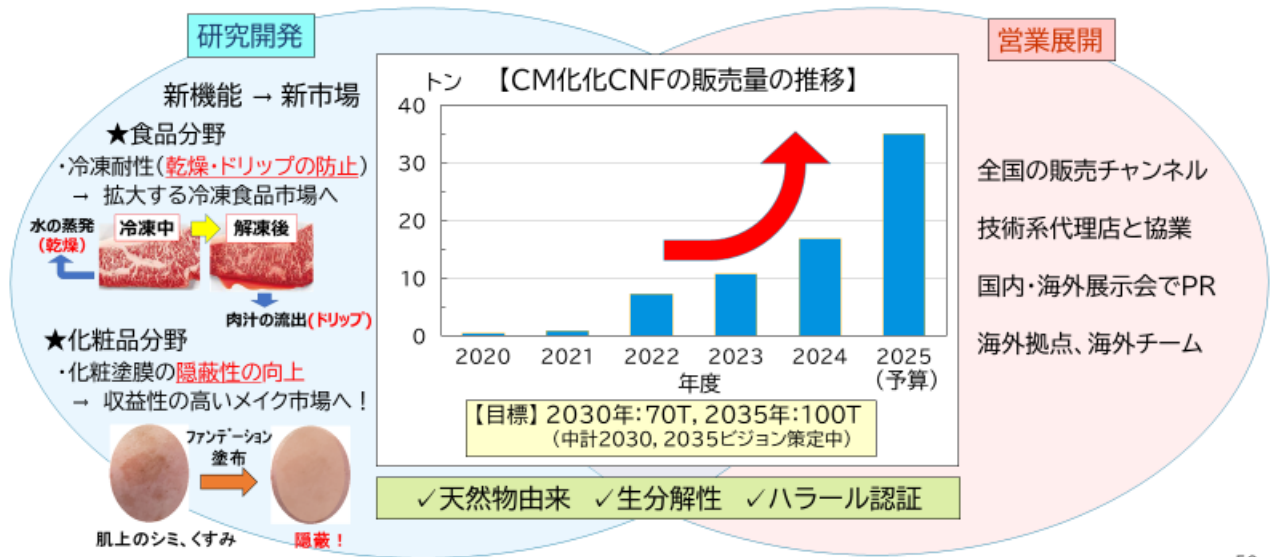
Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

58

こちらは、化粧品での機能と応用例です。

日焼け止め製品は、紫外線を防止する成分である油剤や顔料が均一に分散安定化するため、塗りムラがなく、高い紫外線防止効果を発揮します。続いて、シャンプーやトリートメントは、弾力がある木目の細かい泡により滑らかな指通りと高い洗浄性を発揮します。そして、美容液・クリームでは、保湿成分として有名なヒアルロン酸と同等の保水性を示すだけでなく、伸びやかでサラッとした触感が高評価を得ています。

更なる拡販に向けて・・・明日のおいしいとうつくしいを作る、日本の森から



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

59

今後の更なる拡販に向けて、「明日のおいしいとうつくしいを作る、日本の森から」をキャッチフレーズに、研究開発と営業展開が連携した取り組みを進めています。

研究開発では、新機能を探索して、新市場を創出します。最近では、食品の冷凍時の乾燥や、解凍時のドリップを防止する、冷凍耐性の機能を見出し、今後、拡大する冷凍食品市場への展開を目指します。化粧品では、肌のシミやくすみを隠す隠蔽性向上する機能により、収益性の高いメイク市場への参入を目指します。

営業展開では、全国の販売チャンネルを活用しながら、技術系代理店とも協業し、国内外での展示会でPR活動を行っています。また、新たに海外拠点を設けて、積極的な展開を開始しています。

これらの取り組みによって、本年度の販売予算は、前年から倍増、2035年には100トンの事業規模に成長させることを目指しています。

日本製紙独自の発酵技術

- 従来技術（国内で唯一の技術） - 江津モデル -
黒液中の**ヘミセル(糖分)**で**酵母**を培養、
核酸・脱核酵母(酵母細胞壁)を製造

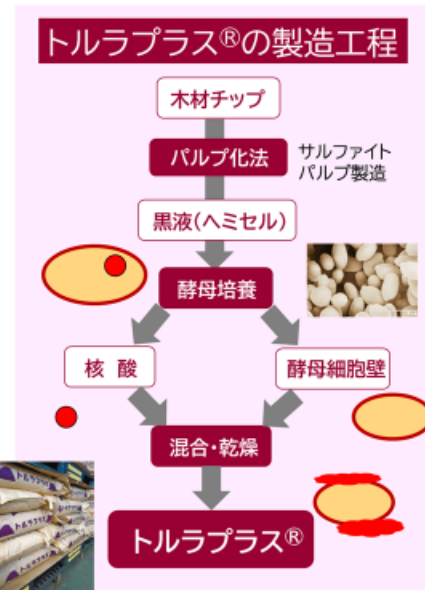
核酸:母乳には、**免疫を調整**する核酸系物質が豊富
主には、新生児用の粉ミルク添加剤に採用

酵母細胞壁:栄養価の高いタンパク質、整腸効果

- 新技術(トルラプラス®)
酵母細胞壁に核酸を配合した新しい飼料

- ① 機能性成分である「核酸」を細胞の外に一旦抽出する（可溶化）
- ② 酵母から取り出した核酸を独自技術で細胞壁成分と混合

➡ 新技術により、免疫効果が**最大化**



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

60

それでは、畜産用サプリメント「トルラプラス」について説明いたします。江津工場モデルでは、パルプ化法でサルファイトパルプ製造時に発生する黒液のヘミセルを原料に酵母を培養して、そこから「核酸」「脱核酵母」の製品を製造しています。

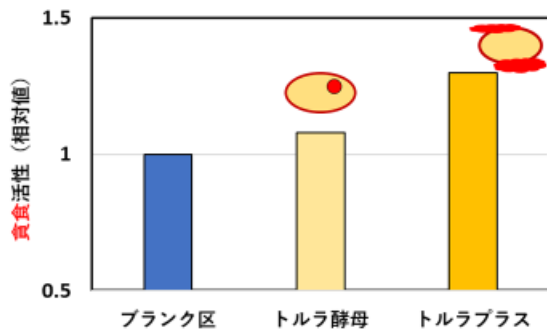
まず核酸ですが、母乳には免疫を調整する核酸系物質が豊富に含まれており、そのため核酸は主に新生児の粉ミルクの添加剤に用いられます。一方で、酵母細胞壁は栄養価の高いタンパクかつ整腸効果のある飼料として販売されています。

今回新技術として紹介するトルラプラスは酵母細胞壁に核酸を配合した飼料になります。その特徴は、右にも示していますが、機能性成分の核酸をいったん細胞の外に抽出して酵母細胞壁と分けます。その後、取り出した核酸を独自技術で酵母細胞壁に混合します。その際免疫効果が最大となるような設計で開発しました。

機能調査 ～委託・共同研究成果例～

●栄養・病理学研究所(R2年委託研究)

※♀マウスに1週間、各飼料を1.8mg/20g/日 投与、
食食(血中異物の分解)能を評価

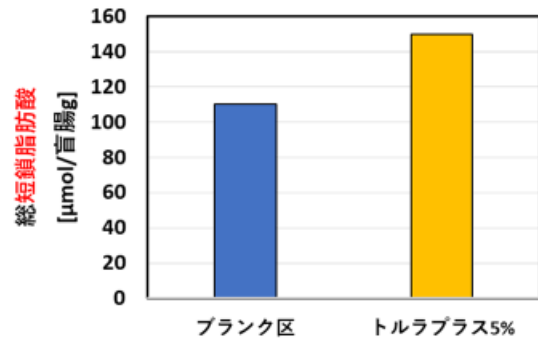


・トルラプラス®給餌で免疫活性が大きく**向上**

※トルラ酵母:トルラプラス®の原料となる酵母

●帯広畜産大学 (R3～R5 共同研究)

※♀ラットに4週間、餌を13g/日 投与、腸内環境を評価



・総短鎖脂肪酸(酢酸、酪酸、プロピオン酸)濃度の**増加**
⇒ 腸内環境の良化(細菌感染の予防効果)

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 61

次にトルラプラスの持つ機能について、委託・共同研究成果例で説明いたします。

左の図は令和2年の成果で、実験用のネズミに生理食塩水を1日1回、1週間ほど投与しました。その食塩水の中には、何も加えない場合、トルラ酵母を入れた場合、そしてトルラプラスを入れた場合に分けました。トルラ酵母はトルラプラスの原料となる酵母です。その後で、血液中に異物を注射した時にどれだけその除去するか、専門的に食食と言いますが、その能力を相対的に評価しました。トルラ酵母もトルラプラスも主要な成分量はほぼ同程度ですが、機能性核酸を細胞の外に抽出したトルラプラスの方が高い食食能、すなわち高い免疫効果を示すことがわかりました。

また右の図は令和3年から2年間の成果です。こちらも実験用のネズミを使って、トルラプラスの入っていないまたは5%入った餌を4週間自由に給餌した後で、盲腸を取り出して短鎖脂肪酸の量で比較しました。その量はトルラプラスを食べさせた方が有意に高くなりました。最近、腸活という健康増進に関わる言葉がはやっていますが、短鎖脂肪酸は、腸内環境を整えて健康増進を図る作用があることが知られており、トルラプラスの給餌は家畜の腸活にとってプラスに働くことがわかりました。

期待効果 ～採用先様でのご評価～



出血性腸症候群(HBS)

- ・症状:天然孔(口、鼻、肛門、目...)からの出血
- ・原因菌: *Clostridium perfringens*

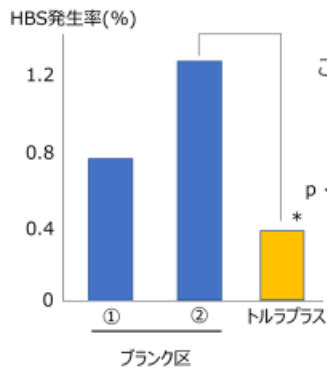


早発性大腸菌症

- ・仔猪(生後10数日〜)で発症
- ・激しい下痢、脱水、死亡率は極めて高い

乳牛

2023年 島根県 M牧場

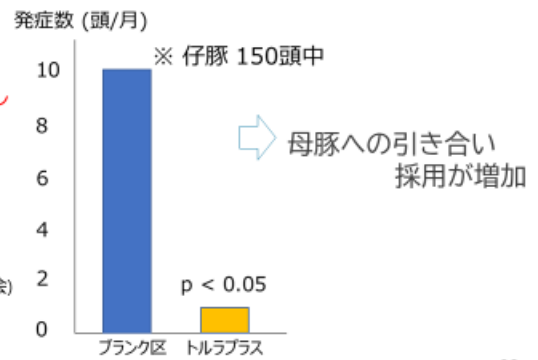


これまでHBSに効く
安価かつ決定的な予防策は無し

管理獣医師が
学会発表
(R5年度獣医師学術中国地区学会)
獣医師の認知度向上

豚

2021年 長野県 H農場



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

62

このスライドでは採用先のお客様においてトルラプラスの給餌効果の実例を示します。

まず、2023年島根県のM牧場における乳牛での例です。牛の病気で出血性腸症候群、HBSという文字通り、口や鼻から出血する細菌の感染症があります。この牧場でトルラプラスを給餌して臨床データを取ったところHBSの発生率が大きく低下しました。これまでHBSに効果のある安価で決定的な予防できる資材はありませんでした。HBSに対するトルラプラスの効果は、唯一無二であると、牧場の専属管理獣医師が認め、学会で発表、また北海道の獣医師を対象に勉強会をするなど、そのインパクトは大きく拡販に大きく寄与しました。

次に2021年長野県のH養豚場の例を示します。母豚にトルラプラスを給餌すると、新生仔猪がかかる早発性大腸菌症病気が大幅に改善する臨床データが得られました。本事例をもとに母豚への採用も増加しました。

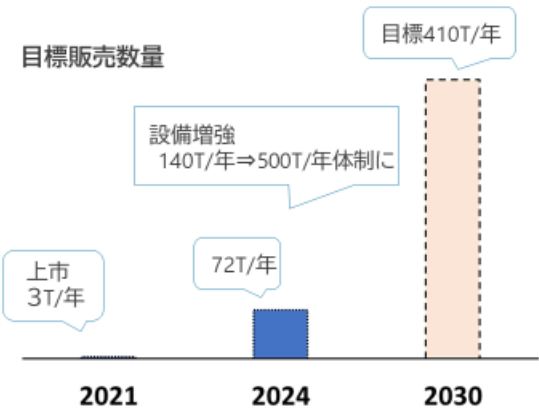
今述べた事例は先のスライドで示したトルラプラスが免疫を調整し、腸内環境を改善するという基礎データに起因するものと考えています。



販売実績と将来展望

国内潜在需要	
トルラプラス®潜在需要	
対象	[t/年]
仔豚	3,681
母豚	1,839
肉牛	14,092
乳牛	7,424

・対象家畜の飼養頭数は農林水産省HPより抜粋
(2024年度)
・ポテンシャル27,000T/年 の1~2%の置き換え



・家畜のストレス低減に関するエビデンスの強化
・農家、畜産関連企業へのワークによる拡販支援

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 63

最後に将来展望です。

国内には対象家畜をあわせるとトルラプラス換算で約 27,000 トン程度の潜在需要があります。2024 年度トルラプラスの販売量は 72 トンでしたが、上市してから展示会や勉強会を重ね、トルラプラスの認知度は確実に向上していると感じています。そこで、今年度増産設備を導入して生産体制を整える工事を行うことを決定しています。設備体制を整えた上で、2030 年度までには 410 トンの売上を目指します。

研究は引き続き、家畜のストレス軽減に関するエビデンス蓄積と農家や畜産関連企業への技術フォローで数量拡大に貢献します。



ニュースリリース記事

成長促進や免疫機能を安定化させる家畜用サプリメント「トルラプラス®」の生産拡大による本格販売開始について

～島根県産の家畜用サプリメントを全国で使用していただけます～

2025年02月06日

日本製紙株式会社

日本製紙株式会社（代表取締役社長：野沢徹、本社：東京都千代田区、以下「当社」）が生産・販売している、核酸(RNA)と酵母細胞壁(β-グルカン)の効果を合わせ持った、家畜動物の成長促進や免疫機能を安定化させる家畜用サプリメント「トルラプラス®」について、新たに生産量を拡大することを決めました。「トルラプラス®」は、木質資源を限りなく有効活用した、自然にも生物にも優しい家畜用サプリメントとなります。

「トルラプラス®」は、2020年より生産を始め、徐々に販売を拡大して来た結果、全国の獣医師・畜産農家からの引き合いが大きく増えてきました。このたび生産量(年間)を140tから約500tへ、3倍以上と大幅に増産できる設備を新たに導入することを決定しました。新設備の稼働による生産拡大は夏ごろからを予定しています。これにより、日本製紙江津工場（島根県、以下江津工場）で生産した「トルラプラス®」を全国で本格的に販売を開始し、今後は、より多くのお客様に使用していただけます。

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

64

今の経緯については、2月6日のニュースリリース記事として、当社ウェブサイトでも閲覧可能です。よろしくお願いいたします。

養牛飼料 元気森森®について



木

国内調達した製材残材、
低質材、間伐材など

チップ化



木材チップ

消化率が低いセンイ
※リグニンを含む

脱
リグニン



養牛飼料 元気森森®

消化率が高いセンイ

→社会課題／非可食資源の飼料化・飼料の国産化に貢献

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 65

養牛飼料、元気森森について紹介いたします。

養牛向け飼料である元気森森は国内で調達した製材残材・低質材・間伐材などの木を細断した木材チップを原料としています。

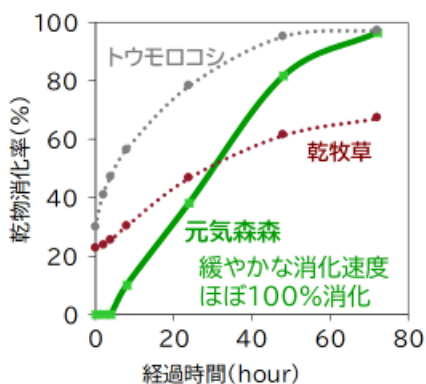
この木材チップの中には牛が食べても消化できないリグニンという成分を含むため、製紙の技術を利用してリグニンを取り除くことで消化率が高いセルロースを取り出しています。

畜産業界は輸入飼料の依存が高い中、元気森森は調達から製造まで国内で行っており、非可食資源の飼料化や飼料の国産化といった社会課題に貢献しています。

元気森森®の特徴

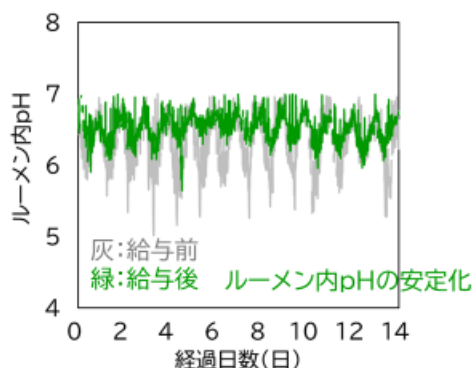
<消化率試験>

※ナイロンバッグ法 特許第5994964号より抜粋



<給与牛のルーメン(第一胃)環境>

※宮崎県畜産試験場 農研機構畜産研究部門 試験結果
※泌乳牛4頭に飽食給与



➡元気森森は牛への負荷が低く、高エネルギーな飼料であり、牛の健康に寄与

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 66

こちらは、元気森森の飼料としての特徴を示しております。

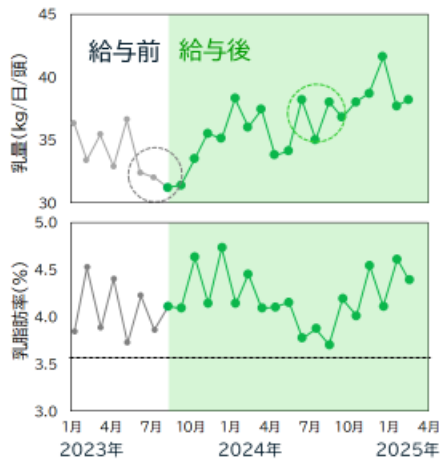
左のグラフはルーメンと呼ばれる牛の胃の中の消化率を示したものです。元気森森は、トウモロコシなどの濃厚飼料と比べ緩やかに消化され、最終的には100%近くが消化されます。

この緩やかに、というところがポイントですが、消化が早いトウモロコシを採食すると、ルーメン内で急激に発酵が促進されるため、右のグラフのようにルーメン内pHが酸性に傾くため、牛の不調を誘発します。また、牧草はpH変動が小さいものの、消化できないリグニンを含むため消化率が劣ります。

元気森森は、消化が緩やかで牛への負荷が低い、高エネルギーである、など既存飼料の良いところを兼ね備えた飼料であり、牛の健康に寄与します。

採用先様でのご評価

<乳成績(乳牛)>



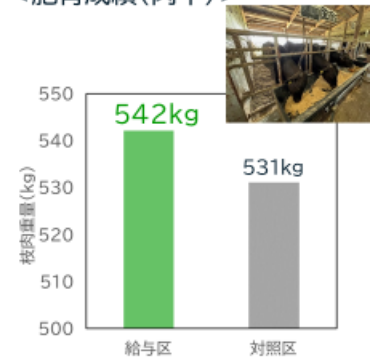
<繁殖成績(乳牛)>



	給与区	対照区
分娩～人工授精	51日	64日
分娩～次回妊娠	77日	99日

(乳成績) 夏場の乳量向上
(繁殖成績) 繁殖成績の向上
(肥育成績) 枝肉重量が増加

<肥育成績(肉牛)>



Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved

67

続いて、元気森森の採用先様での給与効果を示します。左のグラフで示した通り、乳牛では給与後の乳成績の向上が確認されています。特に牛がストレスを感じやすく乳量が低下しやすい夏場においても乳量の増加が確認されています。また、通常、乳量が増加すると乳脂肪率は低下、つまり乳脂肪が薄まってしまいますが、元気森森給与後では乳脂肪率を維持できています。

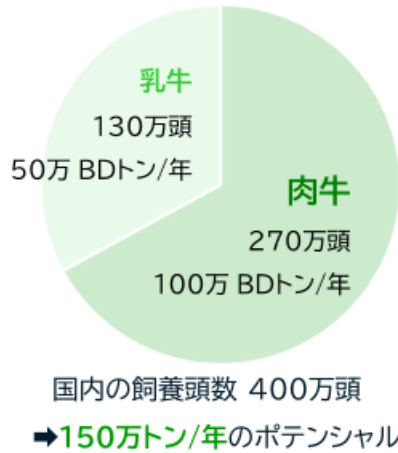
繁殖成績の向上も見られております。分娩後の母牛に給与すると、発情回帰が早まり授精できるまでの期間が短くなったり、受胎率が向上して妊娠までの周期が早まったり、空胎期間が短縮されるため生産性向上につながります。

その他、肉用である肥育牛では枝肉重量が増加しており、牛種に問わず生産性の向上が確認されています。これらの点をご評価いただき採用先が広がってきております。

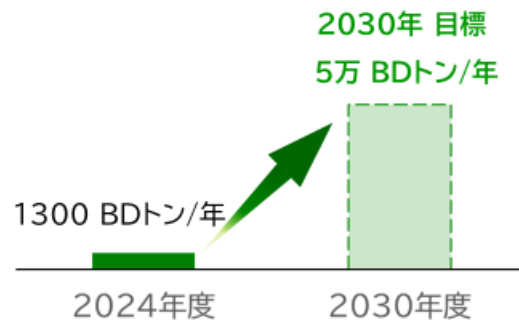
潜在需要と目標数量

<国内の潜在需要>

※1頭1日当たり1BDkg 給与 と仮定



<目標販売数量>



官学との連携、エビデンス蓄積、
環境・国産訴求で数量拡大を目指す

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 68

最後に、国内の潜在需要を示します。

現在、国内には肉牛が270万頭、乳牛が130万頭飼育されています。1頭1日当たり1kgの給与量で試算すると年間150万トンのポテンシャルがあります。

そのため、2024年度は約1,300トンであった販売数量を、2030年までに5万トンへ拡大するべく官学との連携によるエビデンス蓄積や環境・国産の訴求を進め、数量拡大を目指していきます。

日本製紙グループは世界の人々の 豊かな暮らしと文化の発展に貢献します

<注意事項>

当資料に記載されている見通しに関する内容については、種々の前提に基づいたものであり、記載された将来の計画数値、施策の実現を確約したり、保証するものではありません。

日本製紙株式会社

Copyright © NIPPON PAPER INDUSTRIES CO., LTD. All rights reserved 69

(以上)