調査・報告

ナノセルロースに関する調査研究

田辺　寛*　毛利　敦雄**　林　成実**　石井　治彦***　岡田　英樹****　櫻井　貴文****

Report of Market and Technology Trend of Nanocellulose

TANABE Hiroshi*, MOURI Atsuo**, HAYASHI Narumi**, ISHII Haruhiko***,
OKADA Hideki**** and SAKURAI Takafumi****

1. 緒　　言

ナノセルロースは，植物細胞壁の骨格を成す成分であり，一般にはセルロースナノファイバー（以下，CNF）及びセルロースナノクリスタル（以下，CNC）の総称を指す [1)]。ナノセルロースは，パルプ（植物繊維）をナノサイズまで細かくほぐす（解繊）することで得られ，近年，製紙メーカーや機械メーカーが量産化プラントを製造して製造量が増加する一方で，現状での用途は，おむつやヘッドフォンの振動板などの紙製品やボールペンのインクに限られており [2)]，用途開発の途上にある。

当所では，ナノセルロースの用途開発を目的として，県内企業への情報提供のための講演会を開催するとともに，技術動向や県内企業のニーズを調査した。また，最終的に県内企業のニーズに基づいたCNFに関する研究テーマを当所の共同研究事業に提案した。

2. 活動概要

2.1 講演会の開催

県内企業に対しナノセルロースの概要や最新の技術動向を情報提供するために講演会を開催した。講演テーマ及び講演者は以下のとおりで，講演会の様子を図1に示す。参加者は，19企業4団体，計43名となった。

開催日：平成29年9月15日
会場：県央技術支援センター　研修室
（講演 1）「第一工業製薬におけるセルロースナノファイバー研究のこれまでとこれから～実用化事例と最新の開発状況～」
第一工業製薬（株）事業本部　レオクリスタ事業部　専門課長　後居　洋介　氏
（講演 2）「あいち産業科学技術総合センターにおけるCNFの取組について」
あいち産業科学技術総合センター　産業技術センター　主任研究員　森川　豊　氏

聴講者のアンケート結果では，CNF の機能に関し，フィラー用途としての興味が多く，次いで粘度向上，吸着性となっていた。一方，製品への適用可能性を聞く設問では，樹脂やゴムへのフィラー，塗料の粘度向上，建設資材への添加，食品添加剤などが挙げられており，幅広い分野でCNFの適用可能性を検討していることが

図1　講演会の様子

*　県央技術支援センター
**　中越技術支援センター
***　下越技術支援センター
****　研究開発センター

うかがえた。

2.2　技術動向調査

ナノセルロースに関する技術動向や市場を把握するため，学会などの各種団体や国，都道府県などの行政機関が主催するセミナーや展示会，勉強会に参加し，最新の技術動向や製品への適用を行ううえでの技術的課題を調査した。

CNF は，パルプ等の植物繊維から得られるが，近年は，酢酸菌等の微生物により CNF が合成されることが分かっており，北海道大学などが研究を進めている。また，CNF に関連した材料として，キチンナノファイバーがある。キチンは，カニなどの甲殻類の外皮から得られる物質であるが，キチンナノファイバーはカニ殻などを精製及び粉砕処理することで得られる。CNF の工業的な製造方法としては，パルプから製造する CNF が中心になることは間違いないが，パルプを解繊し得られる CNF でも機械解繊と化学解繊では特性が異なることから，用途に最適な CNF を選定する必要がある。

ナノセルロースの安全性については，米国を中心に網羅的かつ系統的な検討が進んでおり，米国内ではそれらを既に学会などで公表済みで標準化しようという動きがある。日本国内でも，この動きに追随するための受け皿が必要となり，（国研）産業技術総合研究所が事務局となっているナノセルロースフォーラム内に分科会を設置し，検討が行われた。分科会では，リスク評価のストラテジー（順序）を検討して，日本でのリスク評価の実施例を公表している。なお，実際の安全性評価は，個別の企業などにて実施する。

CNF と樹脂との複合化については，自動車向けの樹脂への適用に向けての開発が進められており，展示会などでの CNF メーカーによるサンプル展示は散見されるが，量産化はされていない。CNF と樹脂との複合化技術は，京都大学が草分けであり，当該技術は「京都プロセス」と呼ばれる。同大は（地独）京都市産業技術研究所とともに，樹脂複合化工程の開発を進め，研究開発の過程で CNF の化学修飾や変性パルプの利用など，様々な進展を遂げながら現在に至っている。現状の複合化プロセスでは，2 軸押し出し機を利用し，疎水化した乾性パルプを樹脂と混合して，押出機の中で解繊しながらマスターバッチを製造するのが特徴で，繊維のナノ化と樹脂への均一分散が同時に行えることを利点としている。平成 28 年からは，同大学も参画する環境省の NCV（ナノセルロースビークル）モデル事業において，自動車部品への CNF 添加樹脂の実証試験が実施されており，成果が注目される。

CNF を製品へ適用する上での課題の一つは，最適な CNF の選択である。CNF は大きく分けて機械解繊と化学解繊が存在し，製品への適用時に特性の違いが見られるため，その特徴を把握したうえでの選択が必要になる。また，県内企業の調査では分散性の悪さを指摘する声も多く，分散度合いの評価も AFM や FE-SEM などの高価な設備で行う必要があり，課題の一つである。さらに，製品への適用の際は，CNF を原料そのままで使用することはほとんど無いと考えられ，CNF の化学修飾などを含めた最適化を行う必要があり，技術的なハードルが高くなる。

2.3　県内企業のニーズ調査

ナノセルロースに関心のありそうな県内企業を訪問して，CNF に関するニーズ調査を行った。全体では 16 企業・2 団体を調査した。以下に調査の結果から判明した CNF に関するニーズおよび適用可能性の一部を記す。

塗料の分野において，CNF は塗料の粘度向上や塗膜の強度向上に寄与できる可能性がある。県内の塗料メーカーでは，CNF を無機系塗料に添加することで，透明性を確保するだけでなく，乾燥後の塗膜強度の保持を期待しており，CNF の塗料へのニーズを確認できた。

桐箪笥の表面処理では，撥水塗料，蝋（ろう）の塗布による撥水・防汚処理が一般的であるが，

撥水防汚機能の強化や耐久性向上が望まれており，CNF を使った新しい機能性コーティングが期待されていた。

一方で，CNF が自然由来の材料であるが故のばらつきがネックとなり，電子材料では採用が難しいとの指摘や高いコストが製品に適用する上での障壁となるとの意見があった。

2.4　工業技術総合研究所の取り組み

県内企業のニーズ調査において，塗料に関するニーズが見受けられたことから，調査研究における取り組みの一つとして，ナノセルロースを添加した塗料の耐候性試験を行った。

塗料を塗布する基板は SUS304 とし，塗料は，透明ウレタン系 1 種類，透明ウレタン系塗料に白色着色剤を加えたもの 1 種類，無機系塗料 1 種類を使用し，それぞれの塗料に CNF，CNC，カルボキシルメチルセルロース（CMC）を添加して基板に塗装し，キセノンウェザーメーターによる 1,000 時間の耐候性試験を実施した。一例として CNF を添加したウレタン系塗料の試験前後の外観を図 2 に示す。耐候性試験後の各塗料は、塗装後に見られたつやが消失しており，ウレタン系塗料では白化が見られたが，黄変は観察できなかった。塗膜の評価は，表面硬さ，摩耗度合い，接触角，色の変化，表面粗さを実施したが，ナノセルロースを添加することで耐候性が向上する根拠は得られなかった。これは，本実験で使用した使用した塗料が紫外線吸収剤を含有するために耐候性が高く，ナノセルロースの耐候性への寄与度を上回ったため，詳細な評価が困難になったことが原因と思われる。

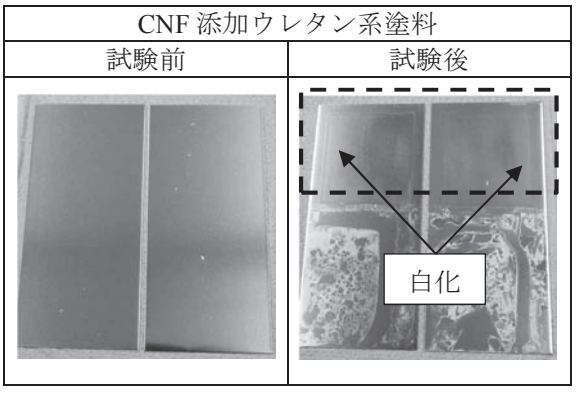

図 2　耐候性試験前後の塗膜の外観
（試験後は点線内を参照）

2.5　公募事業への提案

県内企業のニーズ調査の結果から，CNF は木製品や紙製品の機能性コーティングにニーズがあると判明した。さらに企業との連携の中でコーティング剤の開発を進め，その機能性も確認できたことから，CNF に様々な機能性成分を付加した機能性コーティング剤の開発をテーマに掲げ，当所の共同研究事業への提案を行った。

3.　結　　言

（1）県内企業に対しナノセルロースの概要や最新の技術動向を情報提供するために講演会を開催し，19 企業 4 団体，計 43 名の参加があった。

（2）各種 CNF の製造技術の開発が進み，安全性評価などの標準化が国主導で進められている。一方，用途開発においては，樹脂との複合化技術の開発が進められているが，実用化には至っていない。

（3）ナノセルロースに関する県内企業のニーズ調査から，塗料や木製品などへの適用にニーズがあることが分かった。

（4）CNF に様々な機能性成分を付加した機能性コーティング剤の開発をテーマに掲げ，当所の共同研究事業への提案を行った。

参考文献

1）ナノセルロースフォーラム，“トコトンやさしいナノセルロースの本”，日刊工業新聞社，2017， pp.16-17.

2）https://unit.aist.go.jp/rpd-mc/ncf/all/product.html，ナノセルロース商品化情報，ナノセルロースフォーラムホームページ.