

# 第33回新産業技術促進検討会シンポジウム

## NEDO「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」プロジェクト成果報告会

# ～ バイオエコノミー社会の未来に挑む ～

モノづくり日本会議と新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)は3月12日、第33回新産業技術促進検討会シンポジウム「NEDO「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」プロジェクト成果報告会」をオンライン開催した。温暖化ガス削減に向けて応用が期待される、植物由来の新材料「セルロースナノファイバー(CNF)」についての技術開発の成果を報告し、将来を展望した。



**開会あいさつ**  
NEDOは2013年度から7年間、産学官の英知を結集して、木質系バイオマスを原料とするCNFの一貫製造プロセスと部材化技術開発プロジェクトを推進している。CNFは19年5年からCNFのプロジェクトが始まり、NEDOを設立、CNFについては、これまでのプロジェクトもあり、これから引き続き、20年度から炭素循環社会に向けて、CNF市場の拡大が予想される中、どのような新しい事業で利用されるか予測し、企業にも研究開発・事業化を進めてもらうように考える。

**世界最先端の開発**  
Fの一貫製造プロセスと部材化技術開発プロジェクトに取り組んできた。2050年カーボンニュートラルに向け、植物由来のCNFへの期待はますます高まっている。CNFや樹脂複合材料は日本が世界最先端で開発を進めており、世界に先駆け実用化・事業化する中で、部材産業のゲームチェンジャーを起すことを期待する。

**NEDO バイオエコノミー室の取り組み**  
NEDOは2013年度から7年間、産学官の英知を結集して、木質系バイオマスを原料とするCNFの一貫製造プロセスと部材化技術開発プロジェクトに取り組んできた。2050年カーボンニュートラルに向け、植物由来のCNFへの期待はますます高まっている。CNFや樹脂複合材料は日本が世界最先端で開発を進めており、世界に先駆け実用化・事業化する中で、部材産業のゲームチェンジャーを起すことを期待する。

**人材育成講座も開始**  
CNF市場の拡大が予想される中、どのような新しい事業で利用されるか予測し、企業にも研究開発・事業化を進めてもらうように考える。

**「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」プロジェクトの全体概要**  
CNFは全ての植物細胞液の基本骨格物質で、特に構造用途への展開が地球上に1兆トンの蓄積が期待されている。材料開発を20年近く進めているが、鉄の結晶構造により、5分の1の軽さで5倍以上の強度を有する。熱による伸び縮みも非常に小さい。さまざまな用途に期待されている。

**新産業創成に貢献**  
積があり、毎年増え続けている。材料開発として世界のトップを走っており、私たちがはパルプ直接混練法を開発した。これを元に本プロジェクトも始まり、安全評価手法の開発や原料の特性評価などを横断的に進めている。本事業は世界で初めて林業から最終部材までを異分野連携でつなぎ、新しい産業創成に貢献する。

**研究テーマ概要**  
21世紀のモノづくりは、所は京都市産業技術研究所ベジタリアンだ。植物に依存した持続型社会を作る。京都大学生存圏研究所と連携し、CNFの活用を推進する。CNFを自動車や建築資材、家電など構造用途に使う研究を行っている。親水シオンで開発を進める。

**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**  
性のCNFを疎水性の樹脂に混ぜると、コストの課題解決のために、押出機で溶融混練してナノコンポジットにする混練法「京都プロセス」を開発した。社会実装はこれからが本番で、今後モノづくりの未来をリードする。

**CNF強化樹脂材料の特性**  
**耐熱性向上など試行**  
CNF強化樹脂材料を、あらかじめ解繊した(ほぐした)CNFと樹脂を複合化するのではなく、溶融混練機内でパルプの繊維長を維持しながら解繊し、ナノ化する。セルロースと熱可塑性プラスチックの複合化では、セルロースの熱安定性が低い熱分解劣化による問題があったが、パルプのアセチル化による変性で耐熱性向上を試みた。疎水性が高いポリプロピレン(PP)と親水性のセルロースの複合化も、解繊促進剤やパルプ膨潤剤などを利用した。今後はCNF強化PPの高性能化を進め、CNF強化バイオプラスチックなどの開発を進める。

**量産化技術開発の現状と今後について**  
**川中・川下企業と連携推進**  
原料バイオマス選定からパルプの製造、解繊、化学変性、ペレット製造、成形などを行い、CNF強化樹脂成形部材を製造する。2013年からNEDOプロジェクトに参画し、17年に実証設備を完成し製造を始めた。全国4カ所の製造拠点のうち、静岡富士の実証機は年間10トンの設備能力を持つ。自動車部品では環境省のナノセルロースヒール(NCV)プロジェクトのコンセプトカーにも使われている。生産拡大のほか、樹脂メーカーとの混練技術開発や成形加工メーカーへの材料提供、評価のフィードバックなど、川中、川下企業との連携を進める。

**CNF強化ナイロン製造における混練プロセスのスケールアップ**  
**量産化でコストダウン**  
CNFから作った変性パルプに当社のナイロンを混練してマスターバッチを得る。さらにもう一度ナイロンと混練して、ナイロンCNF複合樹脂を製造する。2016年に大学のテストプラントと比べて10倍の量産化を達成し、テストプラントと同等の材料性能を達成した。複合樹脂に混合ナイロンの選定や、混練条件の最適化を進め、量産化でコストダウンし、次世代の部材としての実用化を目指す。

**CNFの用途展開(サンプルワークについて)**  
**幅広い分野で実用性能評価**  
用途開発を進めるため、さまざまな分野にサンプルを提供して評価いただいた。予備解繊したパルプを化学変性し、乾燥させて粉砕して、同時に樹脂とブレンドする。こうして作ったマスターバッチを糸状混練して、主にペレット化したものを、アディバイザー企業に提供した。2016年に京都大学生存圏研究所にプラントを設置し、自動車部材、家電、音響、建材など幅広い分野で使ってもらい、実用性能を評価した。自動車のエンジンカバーの実製品を発泡成形で試作する機会もあり、ガラス繊維を使ったものより30%軽量化できる確認もした。

### CNF安全性評価手法の開発

**排出・暴露試験など実施**  
2006年からNEDOの委託でナノ材料の安全性評価を始めた。CNFについては17年から、現在進行形で、CNFのさまざまな特徴は、安全評価という観点では常に長所となるに限らないため、有害性試験の手法や、排出・暴露評価する手法の開発が必要とされている。多様なCNFから表面改質CNF2種、機械解繊CNF1種を選び、排出・暴露試験に用いた。ラットを使った気管炎投与試験と、皮膚透過性試験の手法を開発した。これらの成果は文書としてまとめ、活用促進につなげる。

**中長期投与で影響評価**  
CNFの有害性試験手法開発のうち、気管炎投与手法は実験動物であるラットの肺に、繊維が分散する手法が必要と考えた。化学染料を使った染色CNFも作製するなどして、中長期の投与試験を行った。3種のCNFの炎症は90日後に減衰した。皮膚の透過性試験は培養細胞と、蛍光ペルル化学染色を施したCNFを使ったところ、角層以降で蛍光が認められないなど、培養皮膚モデルを透過しないことが確認された。また、CNFの遺伝毒性の評価についても、毒性を示さない陰性と結論づけた。これらの研究成果は有害性試験の手順書にまとめ、公開している。

**研究テーマ概要**  
産業技術総合研究所(産総研)安全科学研究所部門研究グループ長 梶原 秀夫氏

**CNFの検出・定量手法の開発**  
100ppm目標に複数方法検討  
CNFの検出・定量が検出限界である。酵素分解法も同様の検出限界があり、糖類が含まれる試料での手法開発が難しい。でも分析が可能である。安全評価にはおおむね100ppmの検出を目標とし、分散液と粉末体の両方で検出可能で、作業環境における飛散CNFの測定にも適用できる。

**CNFの有害性試験手法の開発**  
産総研 安全科学研究所部門主任研究員 藤田 克英氏

**研究テーマ概要**  
用途に適した原料・製造法選択  
高機能リグノセルロースの一貫製造プロセスと部材化技術の開発を加速し、実用化を促進することが大きな目標となっている。CNFは木材パルプを原料とし、その原料はほろつきのある植物素材で、原料から製品まで系統立てて評価する。今後大きな市場が期待されるが、特に機能性添加剤、高機能日用品、変性リグノセルロースの3分野について利用適性を調べた。CNF製造には、バイオマスを生産する森林産業をはじめ、木材産業、パルプ産業、製紙産業、資源化学産業、製薬産業もかわり、連携が必要。用途に適した原料と製造法も選択する必要がある。

**空調用エアフィルターにおけるセルロースナノファイバーの活用**  
少量添加で捕集効率向上  
CNFが持つ非常に大きな比表面積を利用して、分離・吸着材料への展開を検討した。空調や自動車、プラントなどで実用化されているエアフィルターも、応用分野として期待できる。異なる原料樹種、パルプ化方法、ナノ繊維化方法の、種々のCNFを含む、高機能ナノファイバー不織布フィルターを作製し、フィルター性能を評価した。一部のCNFを使った場合、少量の添加によって非常に大きな捕集効率の向上が見られた。その際に圧力損失の大きな変化は見られなかった。CNFの持つ吸湿性を生かしたプレフィルターとしての利用も可能だと考える。

東京工業大学 物質理工学院材料系教授 松本 英俊氏

**研究テーマ概要**  
粘性・希釈安定性など特性評価  
第一工業製薬が増粘剤としてのCNFの用途特性評価を実施し、三葉鉛筆がインク添加剤として評価した。増粘剤は幅広い産業で使われるが、新規増粘剤として適したCNF原料、パルプ、CNF化方法について調べた。185種類のCNFの粘性や希釈安定性など特性を評価し、性質が変わるキントロピ性も粘度の割に高いことがわかった。水性ボールペンのインクに増粘剤を添加し、滑らかに書けるケルリンコボールペンは、増粘剤の選択が重要である。CNFの適性を確認したほか、樹種や製造方法などによりさまざまな特性があることがわかった。

**靴底ゴムを複合材で補強**  
産総研 中国センター機能化学研究部門セルロース材料グループ研究員 遠藤 貴士氏  
たプロジェクトについて発表。コスト削減でも当初の目標を達成している。得られたサンプルを活用し、自動車用などの新しいプロジェクト用途は、具体的な製品ターゲットも始めている。

**多様な出口展開**  
非可食性バイオマスを原料として、出口展開の多様性が期待されるCNFの社会実装に向け



NEDO 材料・ナノ技術部長 今田 直之氏



NEDO 材料・ナノ技術部長 今田 直之氏