

## Part1 構造用材料としての CNF の現状と将来

解説

# 京都プロセスの工業化を目指したナイロン樹脂混練プロセスのスケールアップ技術開発

宇部興産(株) Nougawa Norimasa 直川 典正\*1、Nakagawa Tomoyuki 中川 知之\*2

\*1 化学生産本部 生産技術センター センター長  
\*2 ナイロン・ファイン事業部 ナイロン開発部・主席部長  
〒755-0067 山口県宇部市大字小串1978-10  
☎0836-31-2617

### ● ナイロン樹脂

ナイロンとは分子鎖にアミド基(-CONH-)を有し、機械的特性、耐薬品性、摩擦・摩耗特性などに優れるエンジニアリングプラスチックである。宇部興産ではナイロン6やナイロン12などのナイロン事業をグローバルに展開しており、各種包装フィルム、漁網、自動車部品のインテークマニホールドや燃料チューブなど幅広く用いられている。近年、バイオマス原料を使用した材料やリサイクル性に優れた材料への要求が高まってきており、環境調和型素材の開発は重要なテーマの1つとなっている。

### ● NEDOリグノCNFプロジェクトにおける取り組み

セルロースナノファイバー (CNF)は、強くて

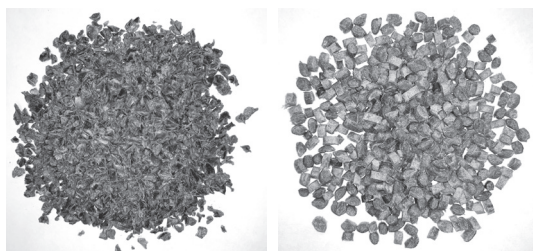


図1 マスターバッチ混練物 (左) 京都大学作製 (右) 宇部興産作製

軽く、植物由来で地球にやさしい素材として注目されている。当社は、ナイロンを用いた環境調和型材料の開発を目指して、2017年度から京都市大生存圏研究所の矢野浩之教授をリーダーとするNEDO委託事業「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」に、京都大学からの再委託先として参画した。

矢野教授らは、耐熱性と樹脂との相溶性に優れたCNF材料と、CNFで補強した樹脂複合材料を高効率で連続的に製造するプロセス(京都プロセス)を開発した。京都プロセスは、原料バイオマスからリグノパルプを製造し、化学処理した変性パルプを樹脂とマスターバッチ(MB)混練してナノ化分散させ、希釈混練して樹脂複合材料を得る一貫製造プロセスである。この中でも樹脂との混練はナノ化、複合化の重要な工程であり、当社はこの工程の工業化を目指したスケールアップ技術

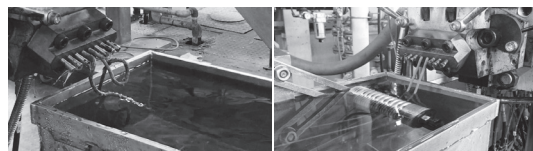


図2 マスターバッチの混練機から吐出する様子 (左) 検討初期 (右) 改善後

の開発に取り組んだ。

- ナイロン/CNF複合混練の
- スケールアップ

### 1. スケールアップ課題—工業化プロセス

京都大学にはこのプロセスを実証するテストプラント(最大生産能力はトン/年)があり、当社は、この技術を基にナイロン6と変性パルプの混練プロセスのスケールアップを検討した。このテストプラントでは、変性パルプとナイロン6との混練で得られるマスターバッチのペレットが扁平・ねじれ形状(ジャコ状)であり(図1左)、ハンドリング性など工業化、スケールアップに課題があると考えられた。そこで、我々は自前のコンパウンド技術を活用し、自社製ナイロン6を用いて変性パルプとの混練条件の検討、試作を繰り返した。検討初期では、原料のフィードと食い込みが不安定で、混練機からの吐出が安定しなかったが(図2左)、フィード方法や混練条件を改善することで吐出物がストランド状で得られ(図2右)、均一なペレット(図1右)を得ることに成功し、安定連続運転が可能になった。最終的に京都大学のテストプラントから約10倍の量産化を実現し、工業化が可能なMB混練技術を開発することができた。

### 2. スケールアップ課題 材料性能/機械物性

前節の検討で複合混練プロセスについて生産性が向上したものの、そのサンプル(図3、CNF10%初期)は京都大学で作製した材料(図3、京大MB)に比べて機械物性が低く、これを改善すべく混練プロセスを見直し、物性向上に取り組んだ。その結果、変性パルプに改良処方をしてMB混練を行うことで、パルプの解繊性および樹脂中への分散性が向上し、機械物性が向上した(図3、改良1)。さらに、原料のナイロン6を最適化することで京都大学製と同等以上を示し、ベンチマーク材のナイロン6/ガラス繊維20%複合材料と同等の曲げ弾性率を示した(図3、改良2)。一方、衝撃強度は京都大学品とほぼ同等であったものの、ナイロン6単体の値より低く、改善が必要で

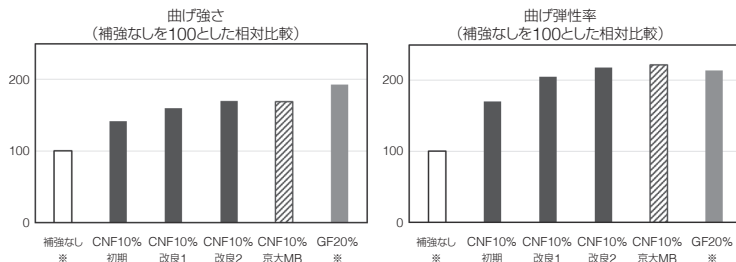


図3 ナイロン6複合樹脂の機械物性 曲げ特性の比較(京都大学提供のデータ)

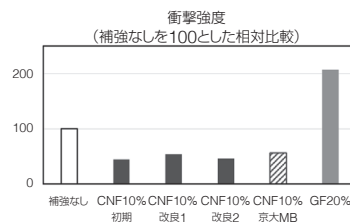


図4 ナイロン6複合樹脂の機械物性 衝撃強度の比較

ある(図4)。

- おわりに
- 

今回、京都プロセスを用いたCNF強化ナイロンについて、工業化を見据えた混練プロセスを検討し、京都大学のテストプラントから約10倍のスケールアップとなる技術開発について報告した。部材への適用には更なる材料性能の向上が求められ、変性パルプをよりナノ化・均一分散し易くする処方、ナイロン樹脂の選定、混練条件の最適化などが必要と考えられる。

CNF強化樹脂の構造用部材への適用、社会実装には、パルプ、樹脂、部品などサプライチェーン連携の研究開発・評価が必要であり、NEDO、環境省それぞれにおいて2020年度以降の新たな事業が始まっている。グリーンナノファイバーであるCNFのポテンシャルは高く、さらなる材料性能の向上とコストダウンにより、次世代の環境調和型部材としてインターマニホールドなど自動車の構造部品や産業機器など幅広く使用されることが期待される。