ソフトマテリアルの利活用に関する調査研究

石井　治彦*　中部　昇**　岡田　英樹**　櫻井　貴文**
毛利　敦雄***　小林　泰則***　林　成実****

Report of Market and Technology Trends of Soft Matter

ISHII Haruhiko*，NAKABE Noboru**，OKADA Hidek**，SAKURAI Takafum**
MOURI Atsuo***，KOBAYASHI Yasunor*** and HAYASHI Narum****

1. 緒　　言

ソフトマテリアルの一種であるゲルやゴム，エラストマーのような柔軟な素材は，プラスチックとは異なる柔軟性や質感が付与できるため，自動車などの工業分野を始めとして，医療分野などにも幅広く用いられている。ソフトマテリアルの開発においては，用途に応じた特性調節が必要なことから，素材自体の開発にとどまらず，フィラー混練などによる機能付加が進められている。マトリックス材を補強するフィラーについても，さまざまな材料が模索されているが，近年セルロースナノファイバー（CNF）が注目を集め，企業や大学，公設試など様々な機関が取り組んでいる。

そこで，本調査研究では，ソフトマテリアルを利活用するにあたっての技術動向調査，県内企業のニーズ・シーズ調査，そして抽出された技術課題とその対策についての調査を行った。また，県内企業への情報提供の場として講演会を開催した。

2. 活動概要

2.1 講演会開催

新素材フィラーのひとつとして注目されている，CNF に関する講演会を実施した。CNF は植物繊維を微細にほぐすことで作製できるが，作製法は水撃などの機械的作用によるものと，触媒を使用して化学的操作を伴うものの 2 種類がある。前者の太さはおおむね数 nm～数 10nm に対して，後者の太さはおおむね 10nm 以下である[1)]。

このような CNF を製品へ応用する取り組みについて，2 件の講演をいただいた。講演には企業から 30 社 45 名の参加があった。概要は以下のとおり。

セルロースナノファイバー講演会
（平成 28 年 9 月 29 日，県央技術支援センター）

講演 1）県内の取り組み
「セルロースナノファイバーのエアフィルタへの応用」
（北越紀州製紙（株）研究所　根本純司氏）

メンブレンフィルタやガラス繊維不織布のサブミクロンから数ミクロンオーダーの空孔に，CNF の微細なクモの巣構造を作製する研究について紹介した。化学処理で作製された CNF を分散した水溶液にクモの巣構造の足場となるフィルタを浸漬させ，加熱乾燥させることで空孔内にさらに微細な CNF のクモの巣構造が作製でき，従来に比べ高性能なフィルタになりうる評価結果が得られた。この技術を応用し，製品開発に向け取り組み中である旨の紹介があった。

講演 2）県外の取り組み

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

「セルロースナノファイバーの様々な熱可塑性プラスチックへの複合事例紹介」
（(地独) 京都市産業技術研究所　研究副主幹　仙波健氏）

熱可塑性プラスチックの補強を目的とした，様々なプラスチックへの CNF の混練と，強度評価の事例紹介。CNF がプラスチックに混ざりやすいように，その構造の一部を疎水化しプラスチックへの混練性向上を図った。これにより，従来は 240℃付近で熱分解していたプラスチックと CNF の複合材で 50℃程度の耐熱性向上が見られた。また，化学変性させたパルプをプラスチックとともに 2 軸混練機に投入することで CNF 複合材料を作製する，非常に簡便なプロセスの開発についても紹介があった。

2.2　県内企業の動き

県内企業からソフトマテリアルに対するニーズについて聞き取りを行った。当所に対するニーズには大別して「新材料に関する情報提供」と「製品や開発品の評価方法の検討と実施」の 2 つがあった。前者は，CNF を分散したプラスチック材料の機能付加及び疲労特性について，木材表面への塗工による効果などに関心が寄せられた。後者は，ゲルの強度，エラストマー製品の特性評価について要望が寄せられた。

2.3　ゲル強度試験

水溶性ゲルの硬さ評価について県内企業から要望があり，当所の設備を利用して実施した。なお，試験に際しては，JIS K6503 にかわ及びゼラチンにおける 5.4 ゼリー強度[2)] を参考とした。

試験装置を図 1 に示す。試験は，試料表面に対して垂直にプローブを押し込んだ後に引き抜く過程の中で，プローブに加わる荷重の変化を測定した。プローブの押し込み速度及び引き抜き速度は 0.5mm/s とし，押し込み深さは試料表面から 4mm とした。

測定例を図 2 に示す。横軸はデータ採取開始を 0 とする時間，縦軸は荷重変化と，プローブ先端の位置変化である。試験開始から約 2 秒後にプローブが試料に接触する。その後，荷重は不規則に変動を始め，その後一様に上昇した。試料表面から 4mm 押し込まれた時点で最大荷重を示した。この後プローブを上方に移動，その際荷重は急激に低下し，試料はプローブが引き抜かれる方向に移動を始めた。試料表面位置（18 秒の時点）では，荷重がわずかに負の値を示した。以上の試験により，プローブのゲル表面への付着，押込み，ゲル表面から脱離する一連の挙動を評価できることがわかった。

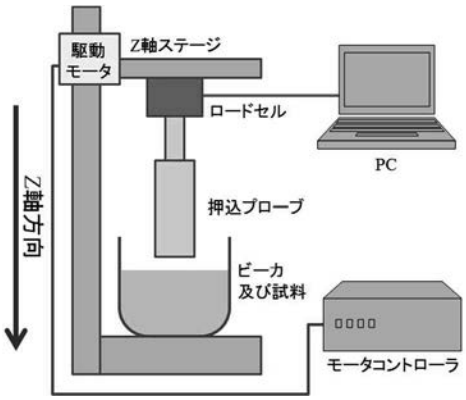

図 1　ゲル強度試験装置概略図

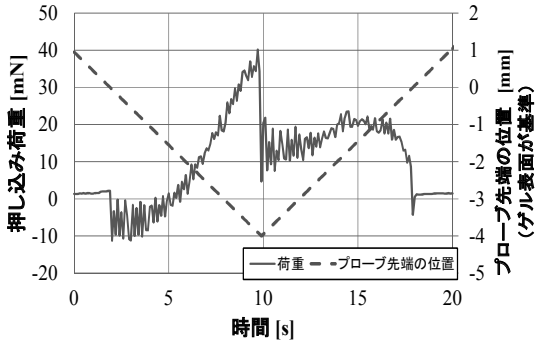

図 2　ゲル強度試験の一例

本来，ゲルの特性を評価するに当たっては，変形速度やひずみによる影響などに加え，熱分析などを組み合わせた評価が望ましいが，ゲル製品の硬さを簡易的に比較する場合は，押込力の最大値やプローブからの脱離力で比較することも可能と考えられる。

2.4　エラストマーの強度試験

エラストマーやゴムの強度評価については，JIS K6254 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム －応力－ひずみ特性の求め方 で定められた強度試験片の寸法が製品に比べて大きく，試験片が十分に確保できない場

合がある。そこで，エラストマー製品から，規格外の試験片を取り出して特性を評価する方法について検討を行った。一般的に，エラストマーは変形速度に応じて異なる力学挙動を示すことが知られており，詳細な評価には周波数特性や温度特性などを組み合わせることが求められるが，今回は圧縮条件下で使用される製品を想定したため，定速圧縮試験及び緩和試験により特性評価を試みた。

厚み 4mm の熱可塑性エラストマーシートから，φ8mm ポンチで円柱形に打ち抜いた試料を試験に供した。

試験は，万能材料試験機（(株) 島津製作所製，AG-250kNI）を用いて圧縮円盤で試料を挟み，圧縮過程と緩和過程における荷重変化を測定した。試験条件は表 1 のとおり。圧縮円盤の動作速度を 0.01 と 0.1mm/s とし，最大圧縮荷重 490N まで圧縮した後，5 分間隙間を固定し，荷重の緩和を測定した。

圧縮及び荷重緩和過程を図 3 に示す。圧縮過程については，0.01，0.1mm/s ともに押込量 0.6mm 付近までほぼ同じ曲線を示した。その後，徐々に 0.01mm/s が下側に位置する形で推移し，490N に至る圧縮量は 0.08mm 程度の違いが見られた。試験前のエラストマーシートの厚みの面分布を測ったところ 0.02mm 未満の厚み分布あり，変形速度により圧縮挙動が変化したと考えられる。

次に緩和過程について，5 分間のうちに荷重の緩和を示した。それぞれの緩和挙動については，0.1～10 秒の傾きに着目すると，0.1mm/s の方が 0.01mm/s より傾きが大きい。また 10 秒以降では，両者の傾きに大きな差は見られない。このことから，今回試験した熱可塑性エラストマーは，圧縮速度を変化させ，10 秒までの傾きを比較することで，特性評価につながることが示された。このような試験方法で，製品の用途によってはエラストマーの速度依存性や荷重の緩和挙動を評価できることがわかった。

表 1　圧縮過程及び緩和過程の試験条件

圧縮過程	試験速度	mm/s	0.01	0.1
	最大圧縮荷重	N	490	
緩和過程	490N に至った変位を 5 分間維持する			
試験温度		℃	22±1	

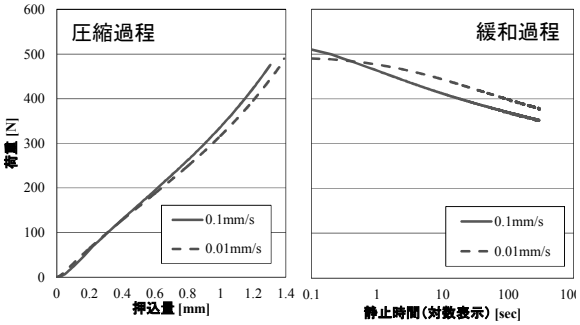

図 3 エラストマーの圧縮及び緩和過程の一例

本調査研究の過程で，大学，企業との協力関係を築いたが，競争的資金への応募や製品開発には至らなかった。今後は個々の事案への個別対応を行う予定である。

3. 結　　言

(1) 新素材のひとつである CNF に関する講演会を実施し，企業から 45 名の参加があった。

(2) ソフトマテリアルに関して県内企業に聞き取り調査を行ったところ，「新材料に関する情報提供」と「製品や開発品の評価方法」についてのニーズが得られた。

(3) ニーズのひとつである製品評価方法について，ゲル強度評価及びエラストマーの特性評価を行った。この試験方法を持って，大学，企業との協力関係を構築した。

参考文献

1) ナノセルロースフォーラム編，“図解よくわかるナノセルロース”，日刊工業新聞社.

2) 日本規格協会，“JIS K6503 にかわ及びゼラチン”.