

## セルロースナノファイバー添加樹脂の SUS304 に対する水潤滑摩擦特性の評価

Evaluation of friction properties between cellulose nanofibers-mixed resin  
and SUS304 under water

兵庫県大・工（学）\*泉 厚志 兵庫県大・工（正）松本 直浩 兵庫県大・工（正）木之下 博

Atsushi Izumi\*, Naohiro Matsumoto\*, Hiroshi Kinoshita\*

\*University of Hyogo

### 1. はじめに

製品の軽量化を目的として、金属材料の代わりに樹脂材料が利用される。しかし、金属材料と比較して樹脂材料は耐摩耗性が劣る。そこで樹脂材料にナノ材料を添加することで单一素材には見られなかった新たな特性を得る複合材料の研究がされている。そこで我々はナノ材料として、木材や草本類等のバイオマス資源を解纏することで得られるセルロースナノファイバー(CNF)に着目した。CNFは高弾性率、高強度、軽量、低熱膨張性などの優れた特性を持ち、補強繊維として期待されるナノ材料である<sup>1)</sup>。

本研究では接着性、耐熱性に優れ、接着剤や炭素繊維複合材料の母材として広く使用されているエポキシ樹脂に、CNFを添加した樹脂フィルムを作製した。往復しゅう動摩擦試験を行い、試験後の球、樹脂フィルムの摩耗痕をレーザー顕微鏡、SEM、EDXを用いて観察し、CNF添加による摩擦特性への影響を評価した。

### 2. 試験方法

#### 2.1 試料作製方法

主剤にビスフェノール A 型エポキシ樹脂、硬化剤にメタキシリレンジアミン、メタノール分散の疎水性 CNF を用い、CNF3mass%の樹脂フィルムを作製した。エポキシ樹脂 3.0g に CNF ゲルを加え、超音波モジナイザーで 30min 分散させた。次に CNF ゲルによる粘度調整のためエタノールを加え、硬化剤を加えた。減圧容器内にて 300rpm で 5min攪拌し、後に 10min 静置して脱泡した。金型上に流し込み、薄く広げて減圧容器内にてさらに 60min 脱泡した後、80°C で 15hour 加熱と室温 24hour 静置することで硬化し、樹脂フィルムを得た。

#### 2.2 摩擦試験方法

本試験で用いた摩擦試験機の概略図を Fig.1 に示す。往復しゅう動摩擦試験機(pin on plate型)を用いて試験を行った。試験球として直径 2mm, Ra 約 0.03μm の SUS304 球を用いた。固定した樹脂フィルム (Ra 約 0.2μm) に精製水を滴下し、樹脂フィルムと試験球を接触させた。このとき試験球には上部につけたおもりの自重で 1N の荷重が加わるように調整した。しゅう動回数は 40000cycle とし、振幅 2.5mm、回転数は 300rpm とした。摩擦力はひずみゲージにより測定し、球および樹脂フィルムの摩耗体積は試験後の摩耗痕をレーザー顕微鏡で観察し基準面に対する凹みで評価した。さらに試験後の球および樹脂フィルム表面を SEM、EDX で分析した。

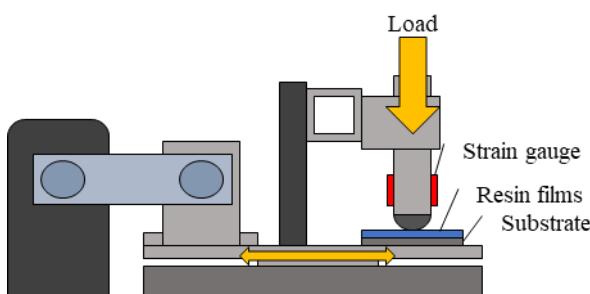


Fig.1 Outline drawing of testing machine

### 3. 結果と考察

各 CNF 添加濃度におけるしゅう動 20000~40000cycle の平均摩擦係数を Fig.2、試験後の樹脂フィルムの摩耗体積を Fig.3 に示す。0mass%は試行回数 76 回の平均値、CNF3mass%は効果がみられた一例を示しており、エラーバーは標準誤差を表している。0mass%の樹脂フィルムと比較して CNF を 3%添加した樹脂で摩擦係数と摩耗体積の低下がみられるケースがあり、CNF が樹脂の摩擦摩耗特性を改善する効果があることが分かった。

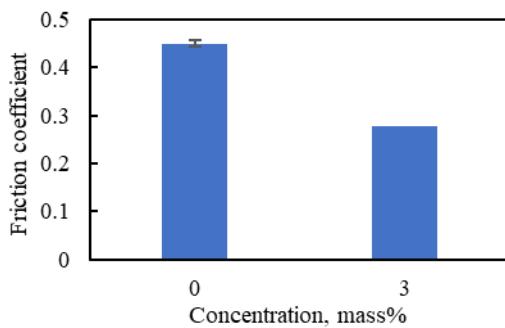


Fig.2 Friction Coefficient of Epoxy/CNF

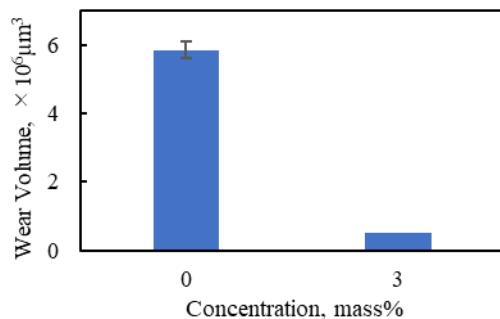


Fig.3 Wear Volume of Epoxy/CNF

次に、試験後の試験球表面を光学顕微鏡で観察した結果を Fig.4 に示す。球表面に変色がみられ、CNF を添加したもので小さくなつた。また表面粗さは 0mass%で  $R_a=0.085\mu\text{m}$ , 3mass%で  $R_a=0.065\mu\text{m}$  となり、大きな差は見られなかつた。

さらに、試験後の樹脂フィルムを光学顕微鏡で観察した結果を Fig.5 に示す。試験球同様に CNF を添加した場合、摩耗量の減少が見られた。また表面粗さは、0mass%で  $R_a=0.44\mu\text{m}$ , 3mass%で  $R_a=0.25\mu\text{m}$  となり、比較的滑らかな表面となつた。

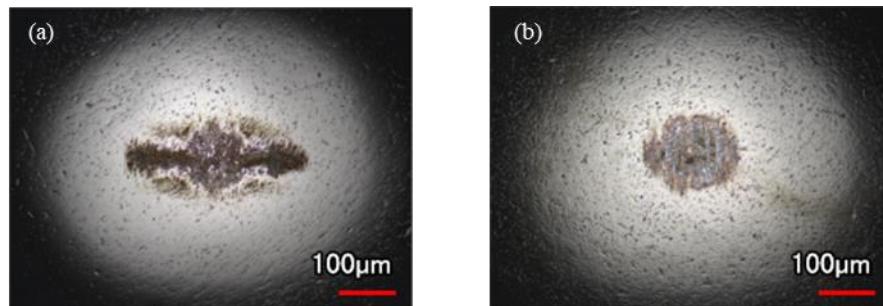


Fig.4 Optical microscope image of ball surfaces after testing with (a) 0mass% and (b) 3mass% epoxy/CNF

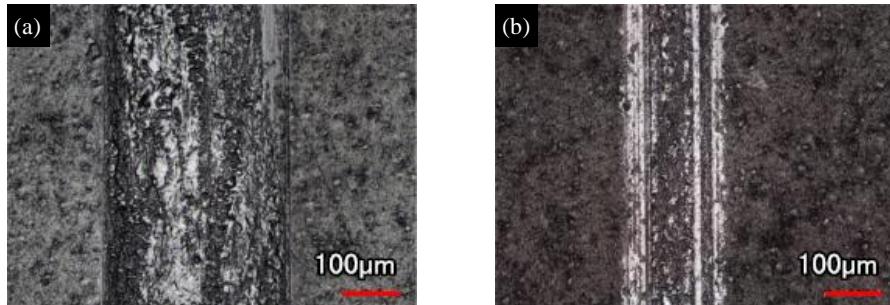


Fig.5 Optical microscope image of resin surfaces of (a) 0mass% and (b) 3mass% epoxy/CNF

以上の結果は、CNF による樹脂の補強効果が影響したものと考えられる。さらに、SUS304 球摩耗痕の EDX 分析を行ったところ、CNF 添加の有無にかかわらず 10,000cycle 以降で樹脂摩耗粉の移着が確認された。また、摩擦面から排出された摩耗粉に違いが見られた。0mass%の摩耗粉は粒径がほぼ均一で緻密に凝集し大きく成長しているのに対し、3mass%では 0mass%と比較して粒径が不均一で緻密性が低く、大きく成長しにくいことが分かつた。このことから、CNF により摩耗粉の成長を抑制する効果が考えられ、樹脂の摩耗低減効果に影響した可能性がある。今後はこれらの詳細な検証を進めるとともに、評価数を増やして CNF 添加効果を定量的に把握する。

#### 4. おわりに

CNF 添加樹脂の SUS304 に対する水潤滑下の摩擦特性を調べた。CNF により摩擦摩耗特性の向上効果が得られた。摩耗粉の凝集の違いなど、今後メカニズムの評価を進める。

#### 文献

- 榎原圭太. "セルロースナノファイバー." 成形加工 29.7 (2017): 260-262.