

セルロースナノファイバーの分散技術と熱可塑性 CFRP の高強度化

繊維生活部 ○長谷部裕之 奥村航 本水貢

1. 目 的

セルロースナノファイバー（以下 CNF）は、植物由来材料であるため環境負荷が少なく、優れた力学的性質を有していることからカーボンニュートラルや SDGs に資する材料として近年注目されている。この CNF を熱可塑性ポリマー（樹脂）に添加させることで力学的性質が向上するという報告があるが、汎用性の熱可塑性ポリマーの多くは疎水性であり、親水性である CNF と親和性が低い。さらに熔融粘度が大きいため、CNF が分散しにくいことが課題である。

そこで本研究では、疎水化した CNF を用いるとともに、熱可塑性ポリマーの原料である流動性の高いモノマーを用いることで、CNF が分散した熱可塑性ポリマーを得る手法を検討した。さらに、この CNF 添加熱可塑性ポリマーと炭素繊維織物を用いて試作した熱可塑性 CFRP の力学的性質を検討した。

2. 内 容

2.1 CNF の添加手法と CNF の分散性評価

CNF 表面を改質した中越パルプ工業（株）製の表面疎水化 CNF（nanoforest-M, 以下疎水化 CNF）とナガセケムテックス（株）製の熱可塑性エポキシモノマー（XNR6850A）を用いて分散状態の検討を行った。工程を図 1 に示す。まず、40℃に加熱した熱可塑性エポキシモノマーに疎水化 CNF を 0.5～2.0 wt% 添加し、攪拌しながら 100℃まで加熱した後、保温しながら 30 分間攪拌した。その後、105℃の真空乾燥機内で脱泡し、CNF 添加熱可塑性エポキシモノマーを得た。

熱可塑性エポキシモノマーの温度に対する熔融粘度の変化を図 2 に示す。親水性 CNF を添加した熱可塑性エポキシモノマーは、測定した温度域において CNF 未添加のブランクと同程度の熔融粘度を示すのに対し、疎水化 CNF を添加した熱可塑性エポキシモノマーは、高い熔融粘度を示した。一般的に CNF が樹脂中に分散されると樹脂の熔融粘度が増加する増粘効果があるため、疎水化 CNF は、熱可塑性エポキシモノマー中に分散していると推測される。

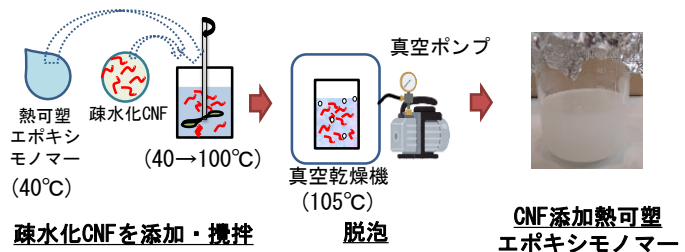


図 1 CNF の熱可塑性エポキシモノマーへの添加工程

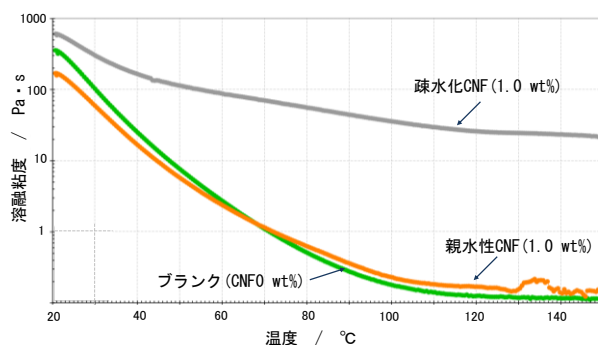


図 2 熱可塑性エポキシモノマーの熔融粘度

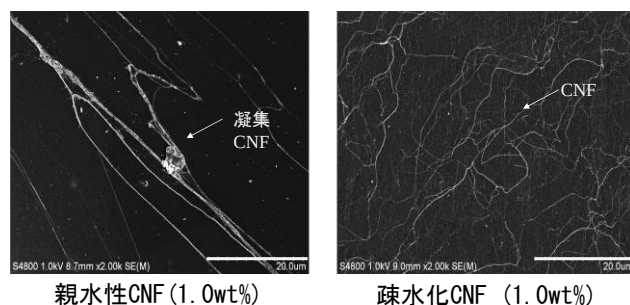


図 3 CNF 添加熱可塑性エポキシポリマーの拡大観察画像

次に、熱可塑エポキシモノマーに重合触媒を添加し、さらに加熱、加圧後に得られるフィルムを走査型電子顕微鏡で観察した結果を図3に示す。白く線状に観察されるのが CNF であるが、親水性 CNF を用いた場合は線が太く、凝集物が観察されるのに対し、疎水化 CNF では繊維が細く、視野一面に広がる形態が観察された。この結果から、疎水化 CNF は熱可塑エポキシモノマーに均一に分散しており、重合して熱可塑エポキシポリマーとなっても疎水化 CNF の分散状態は保持されていることが示唆された。

2.2 疎水化 CNF 分散熱可塑性 CFRP の試作と力学的性質の評価

疎水化 CNF を添加した熱可塑エポキシモノマーと東レ(株)の炭素繊維織物 (T700SC-12000-50C の平織, 目付 200 g/m²) を用い、ラミネートシートを試作した。さらにラミネートシートを 10 枚重ねて、成形温度 150℃, 成形圧力 4 MPa, 成形時間 60 分でプレス成形し、疎水化 CNF を分散した熱可塑性 CFRP を得た(図 4)。

得られた CFRP の曲げ試験の結果を図 5 に示す。疎水化 CNF の添加量の増加に伴い 1.0 wt%まで CFRP の曲げ強さは単調に増加し、最大で 1086 MPa の曲げ強さを示した。また、シャルピー衝撃試験の結果を図 6 に示す。曲げ強度と同様、疎水化 CNF の添加量の増加に伴い 1.0 wt%まで単調に衝撃強さは増加し、最大で 175 kJ/m² の衝撃強さを示した。

以上の結果より、疎水化 CNF を 1.0 wt%添加した CFRP は CNF 未添加のブランクに対し、曲げ強さ、衝撃強さが共に約 11%向上することが分かった。この理由として、疎水化 CNF により熱可塑エポキシポリマー自身の力学的性能、または、疎水化 CNF を介することで炭素繊維と熱可塑エポキシモノマーの界面接着性のいずれかが向上したことが考えられる。

3. 結 果

- (1) 疎水化 CNF を熱可塑エポキシモノマーに添加・攪拌し、その後加熱重合させることで、CNF が良好に分散したポリマーを得ることができた。
- (2) 疎水化 CNF を 1.0 wt%添加した CFRP は曲げ強さおよび衝撃強さが増加し、CNF 未添加のブランクに対し、曲げ強さ、衝撃強さが共に約 11%向上することが分かった。

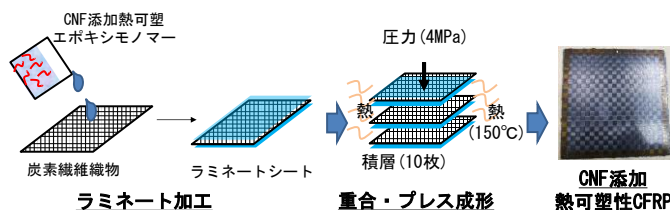


図 4 CFRP の成形工程

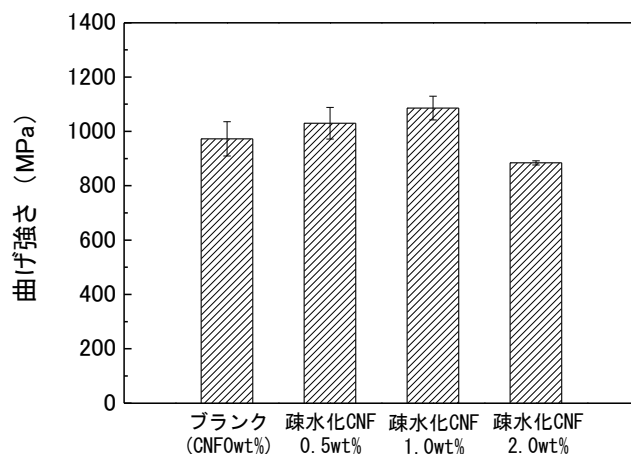


図 5 CFRP の曲げ試験結果

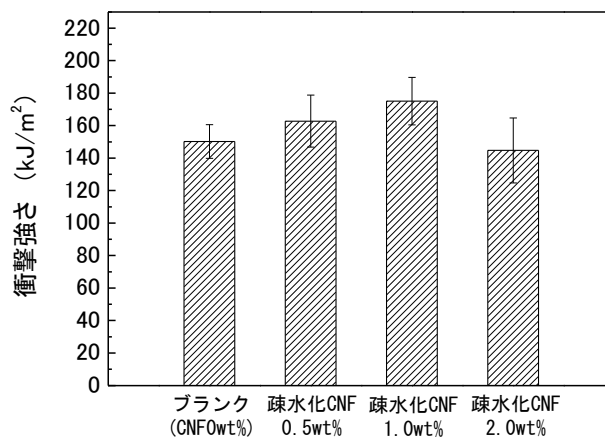


図 6 CFRP の衝撃試験結果