

ナノフィラー分散エラストマーの力学物性

[研究代表者] 福森健三 (工学部応用化学科)

研究成果の概要

1nm~10nmオーダの直径を有し、かつ高強度・高弾性を示すナノフィラーと高分子との複合化において、ナノフィラー同士の凝集力が高く、かつ対象とする高分子との界面親和性が低いことにより、期待されるナノフィラーの補強効果が十分発揮されない状況がある。そこで、代表的な高補強性ナノフィラーの一つである多層カーボンナノチューブ (MWCNT) 表面をオレフィン系高分子との親和性の高い流動パラフィンでコートしたPar-MWCNTは、オレフィン系エラストマーへの少量 (0.5vol%) 添加により、系の力学物性向上を実現した。

本研究では、植物由来のセルロースナノファイバー (CNF) の一部にリグニンが残存するリグノCNF (LG-CNF) について、オレフィン系エラストマーとの複合化におけるPar-MWCNTを上回る補強効果を明らかにした。

研究分野: 高分子材料化学、高分子材料工学

キーワード: エラストマー、セルロースナノファイバー、複合化、力学物性

1. 研究開始当初の背景

1nm~10nmオーダの直径を有し、かつ高強度・高弾性を示すナノフィラーは、高分子材料に対する高補強性フィラーとしての応用が期待される。しかしながら、ナノフィラーと高分子材料との複合化において、ナノフィラー同士の凝集力が高く、かつ対象とする高分子との界面親和性が低いことにより、期待されるナノフィラーの補強効果が十分発揮されない状況がある。そこで、代表的な高補強性ナノフィラーの一つである多層カーボンナノチューブ (MWCNT) 表面をオレフィン系高分子との親和性の高い流動パラフィンでコートしたPar-MWCNTは、オレフィン系エラストマーへの少量 (0.5vol%) 添加により、未処理のMWCNTに比べて、系の力学物性の大幅向上を実現した¹⁾。

2. 研究の目的

本研究では、高補強性ナノフィラーとして、植物由来・低環境負荷のセルロースナノファイバー (CNF) の一部に疎水性成分としてのリグニンが残存するリグノCNF (LG-CNF) に着目し、MWCNTと同様に、少量添加のLG-CNFとオレフィン系エラストマーとの複合化による系の力学物性の向上を検討する。

3. 研究の方法

(1) LG-CNF の形態観察

LG-CNFの形態観察には、日本電子製JSM-6700型電界放出型走査電子顕微鏡 (FE-SEM) 装置を使用し、加速電圧は2kVとした。FE-SEM観察用LG-CNFの調製方法は、LG-CNF 0.1gを超音波ホモジナイザーを用いて蒸留水 100mL中に均一分散させた状態とし、その一部を取り出しtert-ブタノールで数回置換した後、凍結乾燥処理を行った。つぎに得られた微量試料を真鍮台座に貼り付けたカーボンテープ上に固定し、その表面にOs蒸着処理を施した。

(2) LG-CNF分散オレフィン系エラストマーの作製と力学物性評価

ポリプロピレン (PP) とエチレン-プロピレン-ジエン共重合体ゴム (EPDM) の配合比率が20/80(v/v)のオレフィン系ポリマーブレンドをベースとする動的架橋熱可塑性エラストマー (D-TPE) とLG-CNFとの複合化は、密閉式混練機を使用して、D-TPEの作製プロセスにおけるPPおよび架橋剤の投入前にLG-CNF粉体を0.5vol% (EPDMの一部を置き換え) 添加した。

作製したLG-CNF分散オレフィン系D-TPE (混練物) の加熱プレス成形 (200℃→60℃: PPの結晶化処理) に

より引張試験用シート状成形体（150mm×150mm×1mm厚）とし、得られた成形体から打ち抜き刃を用いてリング状試験片（外径22mm、内径19mm）を作製した。引張試験は、リング状試験片を対象に、室温（25℃）、引張速度100mm/minの測定条件で行った。

4. 研究成果

(1) LG-CNFの形態

図1は、LG-CNF粉体のFE-SEM像を示す。図1より、オレフィン系エラストマーとの混練・複合化前のLG-CNFの直径は、一部解繊してナノファイバーの形態にあるが、大部分は数 μm から10 μm に近い大きさでナノファイバーが凝集した状態にあることが確認された。

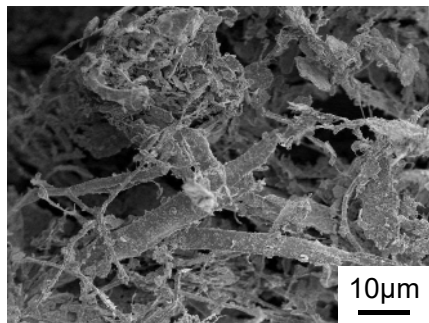


図1 LG-CNFのFE-SEM像

(2) LG-CNF分散オレフィン系エラストマーの力学物性

図2は、引張試験で得られた真応力-伸長比曲線について、LG-CNF未添加系（Unfilled）、LG-CNF-0.5vol%添加系およびPar-MWCNT-0.5vol%添加系¹⁾の比較を示す。図2より、LG-CNF添加系は、未添加系に比べて、同一の伸長比における真応力値が高く、かつ高い破壊特性値（破壊真応力、破壊伸長比）を示すこと、さらに同一の添加量におけるPar-MWCNTとの比較では、弾性率は若干低い、破壊特性値に関する優位性があることが

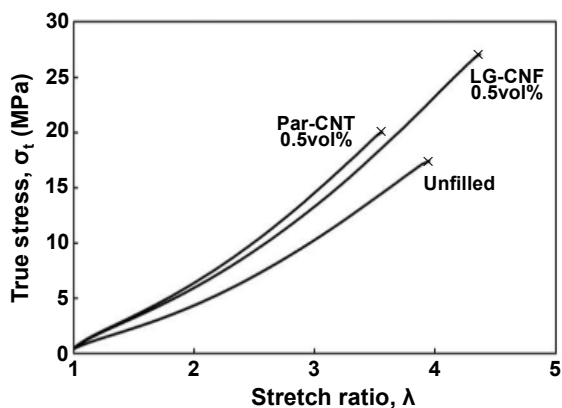


図2 各エラストマーの真応力-伸長比曲線

確認された。これらの結果より、ナノファイバーとしてのLG-CNFは、オレフィン系エラストマーに対して、オレフィン系と親和性の高い流動パラフィン表面コートしたPar-MWCNT添加系と同等以上の高い補強効果を有することが明らかになった。

5. 本研究に関する発表

- (1) 廣瀬威仁, 福森健三, “セルロースナノファイバー分散PP/EPDM系動的架橋熱可塑性エラストマーの力学物性”, プラスチック成形加工学会第30回秋季大会 Proceedings, P063, 京都, 2022年11月.
- (2) 廣瀬威仁, 福森健三, “セルロースナノファイバー分散オレフィン系動的架橋熱可塑性エラストマーの高機能化”, 日本ゴム協会2023年年次大会研究発表講演会講演要旨, B-18, 神戸, 2023年5月.

引用文献

- 1) 福森健三, “ポリマーブレンドにおけるナノファイバーの分散技術とその応用”, プラスチックエージ, 67(4), 63-67 (2021).