

氏 名	うおんしーらくさー ぱちやらっと WONGSRIRAKSA Patcharat
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 6 1 6 号
学位授与の日付	平成 23 年 9 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学 位 論 文 題 目	Fabrication and Mechanical Properties of Continuous Natural Fiber Reinforced Thermoplastic Composites by Braiding Technique (組物技術を用いた連続天然繊維強化熱可塑樹脂複合材料の成形と力学的特性)
審 査 委 員	(主査)教授 濱田泰以 教授 西村寛之 客員教授 松本明博 Rajamangala 大学 Dean of Faculty of Engineering Sommai PIVSA-ART 准教授 仲井朝美

論文内容の要旨

天然繊維は、低価格、低密度、生分解性を有するということから、高分子基複合材料の強化材料として開発が進んでいる。熱可塑性樹脂の成形時間は、熱硬化性樹脂よりも大幅に短い。これらのことより、近年、天然繊維強化熱可塑性樹脂複合材料は多くの分野で注目を集めている。しかし、熱可塑性樹脂は高い熔融粘度を有するため、強化繊維への樹脂の含浸が困難であるという問題を有する。本研究では、この問題を解決するために、強化繊維束内への含浸の向上を期待し、組紐技術を応用した **Micro-Braided yarn** を用いることを試みた。**Micro-Braided yarn** とは、樹脂繊維を強化繊維の周りに組むことにより作製される熱可塑性樹脂複合材料成形のための高含浸性中間材料である。すなわち樹脂繊維を強化繊維束の近傍に配置することができるため、含浸性の向上が期待できる。

本研究では、連続天然繊維強化熱可塑性樹脂複合材料の力学的特性の向上を目的とした。この目的を達成するために、2つの問題点を解決する必要がある。1つは天然繊維が吸湿性を有するため、成形時に水分を除去する必要があることである。そこで、表面処理を用いることにより吸水率を抑制すること、また新規乾燥方法を開発することによりこれらの問題点を解決した。次に、単一樹脂材料を用いた複合材料においては、その力学的特性が限定されることである。例えばポリ乳酸樹脂を用いた天然繊維強化複合材料の場合、じん性が低く、衝撃特性が低下するという問題点がある。高分子材料の場合、2種類以上の高分子材料を混合したポリマーブレンドにより、これらの問題点を解決している。本研究では、**Micro-Braided yarn** を用いた、新しいポリマーをブレンドする手法を提案する。組物は全ての繊維束に異なる繊維を使用できるという特徴を有する。このため、異なる種類の樹脂繊維を任意の位置に配置可能であり、母材樹脂の特性を自在に設計することが可能となる。そこで本研究では、**Micro-Braided yarn** を用いた樹脂ハイブリッド連続天然繊維強化複合材料の成形手法を確立し、力学的特性を明らかにすることを目的とした。

第2章では、ジュート紡績糸の周りにポリ乳酸 (PLA) 繊維を組み上げた **Micro-Braided yarn** を作製した。様々な乾燥条件により乾燥させた **Micro-Braided yarn** を用いて一方向複合材料を作製し、含浸状態および力学的特性を評価した。さらに、天然由来であるセラック樹脂(ラックカイガラムシの分泌物)を用いて、強化繊維に表面処理を施した。これにより、吸水を抑制し、さらに、乾燥時間を減少させることが可能であることを明らかにした。

第3章では、恒温槽および凍結乾燥機を使用して乾燥させたジュート紡績糸の力学的特性を評価した。この結果、凍結乾燥は、ジュート紡績糸の水分除去に有効であるが、長時間の乾燥処理により力学的特性が低下することが確認された。凍結乾燥法を使用する場合、乾燥時間の選定が重要であるという知見が得られた。

第4章では、樹脂繊維にPLAおよびポリキシメチレン(POM)繊維を使用したMicro-Braided yarnを作製し、樹脂繊維の配置が複合材料の力学的特性におよぼす影響を明らかにした。樹脂繊維の配置は、PLAとPOMを交互に配置した場合および、PLAをジュート紡績糸近傍の第1層目にPOMを第2層目に配置した場合について検討した。この結果、PLAとPOMを交互に配置した場合、引張特性および曲げ特性が高い値を示すことを明らかにした。

第5章および第6章では、第4章で明らかになった樹脂繊維の交互配置方法を用いて、様々な樹脂ハイブリッド複合材料の力学的特性を評価した。第5章では、マレイン酸変性ポリプロピレン(MAPP)および植物由来ポリアミド(Bio-PA)を使用した。この結果、Bio-PAを配置することにより、ジュート紡績糸へのMAPPの含浸性の向上が確認された。第6章では、PLAおよびBio-PAを使用した。この結果、樹脂繊維を交互に配置することにより、PLAもしくはBio-PA単体の場合よりも含浸性が向上し、力学的特性が向上することが確認された。

論文審査の結果の要旨

強化繊維に天然繊維、母材に生分解性樹脂を用いた複合材料は、バイオマス由来のエコ材料として注目を集めている。一方で、既存の生分解性複合材料の力学的特性は高いとはいえず、そのため実用化されているものはまだ少ないのが現状である。本研究では、連続天然繊維強化熱可塑性樹脂複合材料の力学的特性の向上を目的とし、天然繊維の吸湿性の改善および樹脂ハイブリッド技術を用いた含浸性、界面接着性の向上を試みている。その結果、吸水を抑制し、さらに、乾燥時間を減少させることが可能な表面処理手法を確立している。さらに、樹脂ハイブリッド化により、単一材料を用いた複合材料よりも含浸性、界面接着性が向上し、力学的特性を改善することが可能となることを示している。

これらの知見により、コストおよび力学的特性の両観点から材料選択が可能となったことは本論文の大きな成果である。したがって、本論文により循環型社会構築のための3R技術およびエネルギー消費削減技術の一端が確立されたこととなる。

本論文の内容は次の6報に報告されている。

- 1. Effect of Drying Time on Fabrication of Continuous Natural Fiber Reinforced Biodegradable Resin Composites**
Patcharat WONGSRIRAKSA and Asami NAKAI
Materials Sciences and Applications, in submitting
- 2. Effect of Drying Method for Natural Fiber on Mechanical Properties of Composites**
Patcharat WONGSRIRAKSA and Asami NAKAI
Advanced Composites Letter, in submitting
- 3. HYBRIDIZATION OF THERMOPLASTIC POLY (LACTIC ACID) AND POLYOXYMETHYLENE COMPOSITES THROUGH MICRO-BRAIDING**
Patcharat Wongsriraksa, Takayuki Sakai, Yew Wei Leong, and Asami Nakai
SPE-ANTEC Technical Papers, 57, PENG-11-2010-0565, pp.607-610 (2011)
- 4. In-Situ Hybridization of Thermoplastic PLA and POM Composites by Micro-Braiding Yarn**
Patcharat WONGSRIRAKSA and Asami NAKAI
Seikei-Kakou, in submitting
- 5. MISCIBILITY OF POLYOXYMETHYLENE AND POLY (LACTIC ACID)**
Satoshi Nagai, Akira Itou, Wongsriraksa Patcharat, Kazushi Yamada, Yew Wei Leong, and Hiroyuki Hamada
SPE-ANTEC Technical Papers, 57, PENG-11-2010-0383, pp.47-51 (2011)
- 6. MECHANICAL PROPERTIES OF CONTINUOUS NATURAL FIBER REINFORCED PLA/POM RESIN HYBRID COMPOSITES**
P. Wongsriraksa, A. Itou, S. Nagai, Y.W. Leong, A. Nakai

Proceedings of the 18th International Conference on Composite Materials (ICCM18), AF1718, pp.1-2 (2011)

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。