

氏 名	びんばとんむらっと ばでいん PINPATHOMRAT BADIN
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 1 0 2 2 号
学位授与の日付	令和 3 年 9 月 24 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	Study on UV-C Resistance of 3D Printed Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic Composites (3D プリントした炭素繊維強化熱可塑性樹脂複合材料の耐 UV-C 特性に関する研究)
審 査 委 員	(主査)准教授 山田 和志 教授 小原 仁実 教授 横山 敦士

論文内容の要旨

本論文は、3D プリンターを用いて作製した炭素繊維強化プラスチック(CFRP)複合材料成形品に対して UV-C 照射を行ない、短波長紫外線劣化に対する炭素繊維の効果ならびに新規劣化評価法を見出すことを目的としている。高分子材料の物性向上を目的として繊維複合材料が数多く開発されており、中でも CFRP 複合材料は、その高い比強度および弾性率、軽量性などから、航空宇宙材料および自動車産業、スポーツ用品や土木工学など幅広い産業用資材として活用されている。これら複合材料の機械的性質や長期耐久性能は材料や製品の信頼性に大きな影響を与える。近年、熱可塑性樹脂を用いた繊維強化複合材料も多く開発されているが、耐紫外線に関する研究例は少なく、詳細な研究が必要とされる。本論文ではポリアミド(PA)/CF 複合材料およびポリ乳酸(PLA)/CF 複合材料成形品に対して UV-C 照射を行い、炭素繊維を含有することによる諸物性への影響について検討している。さらに新たな試みとして 3D 蛍光分光法により劣化評価可能か否かについて挑戦している。本論文は 4 章から構成されており、以下に各章の概要を示す。

第 1 章では本論文の背景として、炭素繊維や複合材料の性質や研究動向、3D プリンター成形法および加速劣化試験法などについてまとめ、本論文の目的および構成について述べている。

第 2 章では、エンジニアリングプラスチックの 1 つである PA の耐 UV-C 特性評価をする目的で、3D プリンター成形した PA および PA/CF のダンベル型試験片に対して UV-C 照射を行い、熱測定および分光測定、引張試験の測定により物性への影響を検討している。分光測定結果より試験片表面は炭素繊維の有無にかかわらず光酸化されるが、PA/CF 試験片では融点低下や引張強度の低下が生じないことから、炭素繊維に UV-C の侵入抑制効果があることを見出している。

第 3 章では、生分解性プラスチックの 1 つである PLA の耐 UV-C 特性を評価する目的で、3D プリンターにより成形した PLA および PLA/CF 試験片に対して UV-C 照射を行い、第 2 章と同様の測定評価を行い、PLA に対して炭素繊維が UV-C 劣化抑制効果を有することを明らかにしている。さらに、3D 蛍光スペクトル結果より、PA および PLA とそれら複合材料の劣化を発光強度変化として簡便に捉えられることを明らかにし、今後の劣化評価法の 1 つとして期待できることを示している。

第4章では、本論文で得られた知見をまとめ、結論として本研究の成果と今後の展望とを総括している。

論文審査の結果の要旨

近年、地球温暖化やマイクロプラスチックなどの問題から、生分解性プラスチック材料の利用や高機能性材料の開発が盛んに行われている。繊維強化複合材料は使用するプラスチックの量を削減しつつ、力学特性や熱特性、衝撃特性など多くの物性改質に寄与している。中でも炭素繊維複合材料(CFRP)は軽量かつ高比強度であるため、自動車/航空宇宙材料をはじめとしてスポーツ用品素材などにも幅広く応用されているが、比較的波長エネルギーの大きい深紫外線(UV-C)劣化に関する研究例は少なく、UV-Cによる力学特性や熱特性、長期耐久性への影響を詳細に検討することは今後の産業資材への応用のためにも重要である。本論文ではエンジニアリングプラスチックの1つであるポリアミドを使った炭素繊維複合材料(PA/CF)および生分解性プラスチック材料の1つであるポリ乳酸を使った炭素繊維複合材料(PLA/CF)のフィラメントから3Dプリンターにて作製した成形品に対してUV-C加速劣化試験を実施し、物性評価している。これらの結果、CF含有材料ではサンプル表面は光酸化されるものの、熱特性および力学特性の低下を抑制できることを見出している。さらに、本論文では新たな劣化評価方法として3次元蛍光分光法を導入し、UV-C照射による高分子材料(PAおよびPLA)の物性低下と蛍光発光強度の低下およびピークシフトに類似性があることを見出している。その点で学術的に新規性が高い。3次元蛍光分光法は従来の劣化評価方法と比較し、試料準備が簡便であり、且つ短時間で測定可能なことから、その他の高分子材料の劣化評価にも応用できる可能性がある。

本論文の内容は、申請者を筆頭著者としてレフェリー制度の確立した雑誌に掲載された学術論文2報を基礎としている。また、いずれの論文においても、二重投稿等の研究者倫理に反することがないことを確認した。

(学術論文)

1. Badin Pinpathomrat, Kazushi Yamada, Atsushi Yokoyama
"The effect of UV irradiation on polyamide 6/carbon-fiber composites based on three-dimensional printing", SN Applied Sciences (2020) 2:1518.
2. Badin Pinpathomrat, Chieko Narita, Atsushi Yokoyama, Kazushi Yamada
"Evaluation of degradation of ultraviolet-C irradiated polylactic acid/carbon-fiber composites using fluorescence spectroscopy", Advanced Composite Materials, Accepted on June 11, 2021.

以上の結果より、本論文の内容には新規性と独創性、さらに学術的な意義があると審査員全員が認めた。