

[2024202013]

炭素繊維強化複合材料の放射線による機械特性変化機構の理解 Understanding the mechanisms of radiation-induced changes in mechanical properties of carbon fiber-reinforced plastics

Jeong Kwonhee ^{A)}, 手島賢二郎 ^{A)}, 岩田稔 ^{A)}
Kwonhee Jeong ^{A)}, Kenjiro Teshima ^{A)}, Minoru Iwata ^{A)}
^{A)} Kyushu Institute of Technology

Abstract

Carbon fiber reinforced plastics (CFRP), composed of carbon fibers embedded in a resin matrix, have gained widespread use in fields such as aerospace, automobiles, and sports equipment due to their high strength-to-weight ratio and excellent durability. CFRP materials are being considered as structural materials for spacecraft, where long-term stability and superior mechanical properties are essential. However, the space environment presents unique challenges, including exposure to charged particle radiation, which can degrade material properties over time. To ensure the reliability of CFRP components in orbit, it is crucial to evaluate their resistance to radiation-induced damage in advance. This study investigates the variation in mechanical properties of CFRP under radiation exposure, with a focus on the effects of low-dose radiation. The findings contribute to a deeper understanding of the long-term behavior of CFRP materials in space applications.

Keyword: CFRP, Radiation, Degradation

1. はじめに

炭素繊維強化複合材料（Carbon Fiber Reinforced Plastics；以下 CFRP）は、軽量でありながら高い比強度および比剛性を有することから、航空・宇宙分野をはじめとする各種構造材料としての応用が進められている。特に、宇宙機の構造材としての利用が注目されており、打ち上げ時の重量制限や高い機械的信頼性が求められる宇宙用途において、極めて有用な材料とされている。

一方で、宇宙空間は放射線、高真空、熱サイクルなど、極めて過酷な環境であることが知られている。これらの影響により、CFRP の機械特性が劣化し、宇宙機の長期的な運用に支障をきたす可能性が指摘されており、その詳細な劣化機構については十分に解明されていない。

以上の背景を踏まえ、本研究では CFRP に対する放射線の影響、特に電子線照射による機械特性の変化に着目した。電子線照射装置を用いて宇宙空間における放射線環境を地上で模擬し、照射前後における CFRP の機械特性を比較・評価することで、放射線による劣化挙動およびそのメカニズムの理解を目的とする。

2. 実験方法

2.1 照射サンプル

使用したサンプルは CFRP、CFRTP 及び、これらの積層板に使用されている熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂の計 4 種類を用いた。サンプルは、CFRP、CFRTP とともに 50 本、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂ともに 20 本準備し照射を実施した。CFRP、CFRTP サンプルは一方向性 CFRP 積層板を用いた。

2.2 電子線照射

高崎量子応用研究所 1 号加速器を利用して各試料に電子線を照射し、照射前後の機械特性を測定することで電子線による劣化を評価した。照射は合計で 5 条件 (2 MGy, 4 MGy, 6 MGy, 8 MGy, 10 MGy) であり、低線量域での照射を実施した。Table 1 に照射条件を示す。サンプルはアルゴンガスフロー下で照射を行った。

2.3 機械特性評価

機械特性は 3 点曲げ試験を実施し、曲げ弾性率を算出することで評価した。試験条件は CFRP については JIS K7074、樹脂については JIS K7171 に準拠する。

Table 1 Irradiation conditions

加速電圧	2.0 MeV
照射電流	1.00 mA

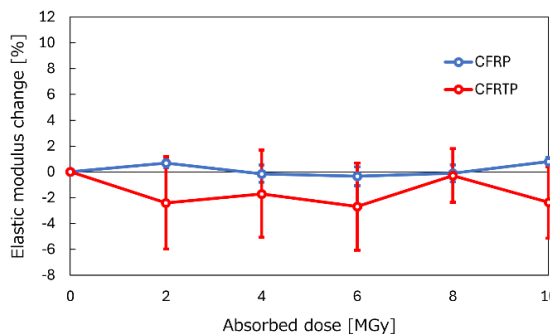


Fig.1 Elastic modulus change of CFRP and CFRTP.

[2024202013]

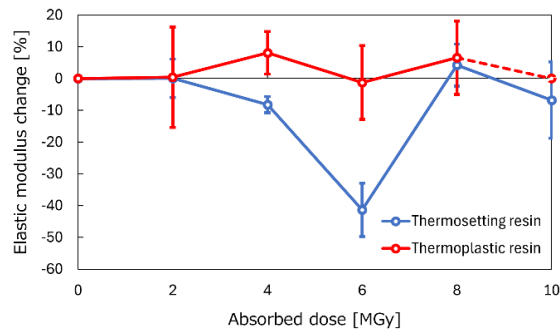


Fig.2 Elastic modulus change of thermosetting resin and thermoplastic resin.

3. 結果

CFRP 及び CF RTP の弾性率の変化率を Figure 1, 熱硬化性樹脂及び熱可塑性樹脂の弾性率の変化率を Figure 2 に示す. Figure 1 より CFRP の弾性率の変化率は $\pm 1\%$ 程度で, 弾性率変化率の増加や減少といった傾向は見られなかった. 一方 CF RTP は全ての吸収線量で減少していることが確認できた. Figure 2 より熱硬化性樹脂の弾性率変化率は減少し, 熱可塑性樹脂の弾性率変化率は増加する傾向にあることが確認できた. Figure 1 と Figure 2 の結果から CFRP と樹脂との相関関係は見られなかった. 今後, 様々な構成の材料に対する実験および分析結果を積み重ね, 線質効果の違いや CFRP に使用される炭素繊維などにも着目しながら劣化の要因について研究を進める.