

2021 年度修士論文

電子線照射による PAN 系炭素繊維の弾性率変化と 炭素繊維構造分析による結晶構造・欠陥との相関関係評価

九州工業大学 工学府 機械宇宙システム工学コース 博士前期課程 2 年
岩田研究室(極限環境材料研究室) 学生番号 203D4004 和田 典

今日、宇宙産業では、宇宙機の大型化や打ち上げにかかるコストカットのために、鉄などの金属より軽量で高強度、高弾性率等といった優れた性能を持つ CFRP（炭素繊維強化プラスチック）の使用が増加している。人工衛星のパラボラアンテナの骨組み部分に CFRP を使用する試みも行われており、高い形状精度が要求される超大型宇宙用高精度構造物に CFRP を使用するために宇宙環境下での CFRP も物性変化メカニズムを解明することが必要になる。

本研究では様々な宇宙での環境要因の中でも、電子線における炭素繊維の引張弾性率変化と炭素繊維の結晶構造、内部欠陥について測定し、それらの関係性を議論した。

測定の結果より、電子線による炭素繊維の引張弾性率変化は炭素繊維の結晶構造や欠陥の変化が複合的に影響していると考えられる。今後の課題として、炭素繊維 1 本ずつの個性を検討するために非破壊での結晶構造や欠陥の測定方法を確立する必要がある。

Evaluation of elastic modulus change of PAN carbon fibers by electron beam irradiation and correlation with crystal structure and defects by carbon fiber structure analysis

Today, the space industry is increasingly using CFRP (carbon fiber reinforced plastic), which is lighter than metals such as steel and has superior properties such as high strength and high modulus, in order to increase the size of spacecraft and cut launch costs. The use of CFRP for the framework of parabolic antennas of satellites is also being attempted, and it is necessary to clarify the mechanism of change in physical properties of CFRP under the space environment in order to use CFRP for super-large space structures that require high shape accuracy.

In this study, among various environmental factors in space, tensile modulus changes of carbon fiber, crystal structure of carbon fiber, and internal defects were measured by electron beam, and the relationship between them was discussed.

From the results of the measurements, it is considered that the change in tensile modulus of carbon fiber caused by electron beam has a combined effect of changes in the crystal structure and defects of carbon fiber. As future work, it is necessary to establish a non-destructive method of measuring crystal structure and defects in order to examine the individuality of each carbon fiber.

修士論文

電子線照射による PAN 系炭素繊維の弾性率変化と
炭素繊維構造分析による結晶構造・欠陥との相関関係評価

提出者：機械宇宙システム工学コース

学籍番号：203D4004 氏名：和田 典

指導教員：岩田 稔 准教授

提出日 令和4年 2月 10日

目次

第1章 序論.....	3
1.1 研究背景.....	4
1.2 研究状況.....	7
1.3 研究目的.....	9
1.4 研究意義.....	9
第2章 基礎理論.....	10
2.1 炭素繊維についての基礎知識.....	10
2.1.1 炭素繊維の特徴 ^[35]	10
2.1.2 炭素繊維の製造方法 ^{[35][36]}	11
2.1.3 炭素繊維の構造と物性の関係 ^{[36][37]}	11
2.1.4 複合材料の物性.....	13
第3章 測定原理.....	15
3.1 直径測定原理.....	15
3.2 引張弾性率測定原理.....	17
3.3 粉末 X 線回折原理.....	18
3.4 ラマン分光法原理.....	23
3.5 密度測定法原理.....	24
第4章 試験装置.....	27
4.1 炭素繊維サンプル.....	27
4.2 直径測定装置.....	28
4.3 引張試験装置.....	34
4.4 電子線照射装置.....	35
4.5 粉末 X 線回折装置.....	35
4.6 ラマン分光装置.....	36
4.7 密度測定装置.....	37
4.9 電子線照射装置.....	39
第5章 試験手法.....	40

5.1	引張弾性率測定手法.....	40
5.1.1	炭素繊維直径測定.....	41
5.1.2	炭素繊維引張試験.....	43
5.1.3	電子線照射.....	44
5.2	粉末 X 線回折測定手法.....	45
5.3	ラマン分光測定手法.....	46
5.4	密度測定手法.....	48
第 6 章	試験結果と考察.....	49
6.1	結果.....	49
6.1.1	引張弾性率測定の結果.....	49
6.1.2	粉末 X 線回折測定の結果.....	50
6.1.3	ラマン分光測定の結果.....	59
6.1.4	密度測定の結果.....	71
6.2	考察.....	75
6.2.1	電子線照射による引張弾性率変化.....	75
6.2.2	電子線照射による引張弾性率変化率の先行研究との比較.....	76
6.2.3	引張弾性率と面間隔、積層厚の関係について.....	77
6.2.4	引張弾性率と R 値の関係について.....	78
6.2.5	引張弾性率と密度の関係について.....	79
第 7 章	総括.....	81
7.1	結論.....	81
7.2	今後の課題.....	81
	謝辞.....	82
	参考文献.....	83
	付録.....	86

参考文献、謝辞、付録 全文を希望の方は cho@ele.kyutech.ac.jp までご連絡下さい。