

# CFRP の放射線劣化と宇宙環境模擬試験手法に関する研究

九州工業大学大学院 工学府 博士前期課程 2年電気電子専攻 趙研究室 10349503 内田治郎

## 1 序論

炭素繊維強化複合材料(Carbon Fiber Reinforced Plastic 以下 CFRP)は、近年、人工衛星の高精度鏡面形状を要求する大型展開アンテナ等に用いられるようになり、高い物性の安定性が要求されるようになった。特に宇宙空間には放射線など材料を劣化させる要因が多々あるため、部材の物性が変化し、要求物性値を維持できなくなる恐れがある。そのため人工衛星を打ち上げる際にミッションに応じて部材の弾性率の評価と材料の選定を行う必要がある。現在、CFRP の耐宇宙環境性評価において定められた模擬試験方法がない点や、CFRP の放射線劣化の原因が明らかにされていない点が、耐宇宙環境性に優れた材料を選定・開発する上で問題となっている。本研究では CFRP の放射線劣化に関する宇宙環境を模擬した地上評価試験方法に関する研究と、CFRP の放射線劣化に関する考察を行う。

## 2 宇宙環境を模擬した劣化予測

実宇宙での放射線環境における CFRP の弾性率変化を予測するに当たり、宇宙航空研究開発機構(以下 JAXA)が宇宙用に材料選定したエポキシ系 CFRP とシアネート系 CFRP を供試体とした。それぞれの供試体に放射線(電子線)を地上試験により照射することで CFRP における放射線の弾性率変化特性を測定した。その結果を Fig.1 に示す。宇宙環境での放射線における弾性率変化を予測するためには、地上試験と宇宙環境では被曝形態の違いを考慮する必要がある。地上試験と宇宙環境での被曝形態の違いの簡略図を Fig.3 に示す。地上加速試験では電子のエネルギーが大きいため Fig.3 左図の様に様に被曝してしまうが、宇宙環境での放射線では表面は激しく被曝するが、内部の被曝量は少なく、右図の様に被曝量が表面からの深さ方向に分布ができる。右図のように断面に対して不均一な弾性率を持つ供試体において任意位置の弾性率を  $E(x,y)$ 、断面の中立線からの距離を  $y$ 、不均一な弾性率分布を持つ梁の等価弾性率を  $E_{ave}$  とすると不均一材料における弾性率計算は式(1)を表すことができる。本研究では Fig.3 右図の様に弾性率の不均一な物体と考える事で宇宙環境に曝露された CFRP の弾性率を推算した。Table 1 に推算した結果を示す。試験片の大きさは  $1.5 \times 1.5$  mm の断面形状を有した直方体の試験片であり、宇宙環境で3年間曝露した状況を想定している。

$$E_{ave} = \frac{\int_A E(x,y)y^2 dA}{\int_A y^2 dA} \quad (1)$$

## 3 CFRP とマトリックス樹脂の物性変化の違い

CFRP の放射線における弾性率変化原因を明らかにするため CFRP とそのマトリックス樹脂を使用して製作した樹脂の板それぞれに放射線(電子線)を照射することにより、CFRP とマトリックス樹脂板の放射線における弾

性率変化の違いを考察した。CFRP とマトリックス樹脂の放射線における弾性率変化特性を Fig.2 に示す。Fig.2 を見ると CFRP とマトリックス樹脂板の両供試体に弾性率が増加した後、減少する傾向が見られるが、その挙動は CFRP とマトリックス樹脂で概ね同じ傾向であるが、その挙動は完全に一致しているとは言いがたい。これは CFRP の物性変化にマトリックス樹脂以外の要素、例えば炭素繊維の物性変化が関与している可能性があることがわかる。

## 4 総括

CFRP の電子線照射前後の弾性率変化量と、実宇宙環境での深度吸収線量分布を考え合わせることで、衛星軌道上における CFRP の物性変化量を推定した。このような物性変化予測手法は、地上試験によって実宇宙環境模擬が困難な場合には有効な手法であると考えられる。また CFRP とマトリックス樹脂の電子線照射前後の弾性率変化量を比較することで、CFRP の物性変化挙動の原因究明を試みたが、放射線照射による CFRP とマトリックス樹脂の物性変化挙動は完全に一致せず、今後継続して劣化原因の究明が必要であることが分かった。

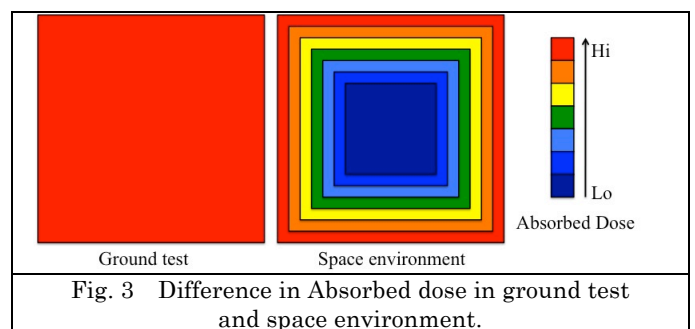
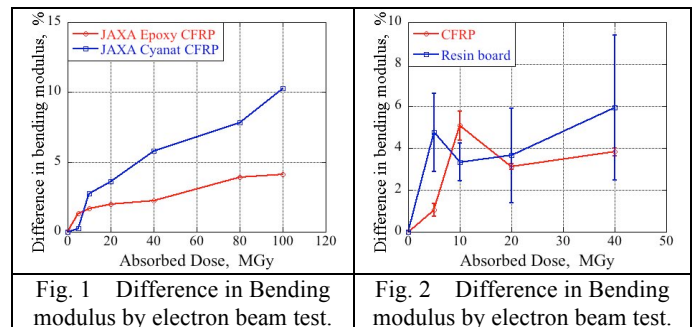


Table 1 Bending modulus change of CFRP exposed for 3 years in space environment

Sample	Difference in bending modulus (%)
JAXA epoxy CFRP	0.0012
JAXA cyanate CFRP	0.00049

## 研究実績(2件)

- (1) 日本機械学会 2010 年次大会 (2010 年 7 月)
- (2) 第 3 回日本複合材料合同会議 (2012 年 3 月発表予定)