

衛星用大型アンテナ材料の耐放射線性評価

Radiation Resistivity of Materials for Satellite Large Antenna

岩田 稔

Minoru IWATA

九州工業大学

電子線および陽子線の放射線被ばく量に対する物性変化応答性を評価した結果を用い、実宇宙環境の劣化をモデル化することによって、実宇宙における複合材料の有用性を評価した。

キーワード：複合材料、宇宙、耐放射線性

1. 目的

近年、高いアンテナ鏡面精度を要求する大型アンテナを持った衛星が計画されている。この衛星がバンアレン帯を通過すると、従来よりも厳しい放射線環境に曝され、その吸収線量は 100MGy にも達すると見積もられている。このため、衛星用材料の耐宇宙環境性が問題視され、特にアンテナ支持構造である複合材料の曲げ剛性の耐放射線性が大きな懸念事項となっている。本研究ではこれらの大型アンテナ展開構造を持った衛星に使用する複合材料の耐放射線性を評価すると共に、衛星用材料の耐放射線性試験方法を再構築する基礎データを収集する。

2. 方法

本研究では日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所の 1 号加速器および TIARA 施設を用いて電子線および陽子線の照射を実施した。本研究で用いた材料は実宇宙環境で深さ方向に不均一な被ばくを生じ、この深度吸収線量分布は地上の加速器で完全に模擬することは不可能に近い。このため本研究では、まず電子線の放射線被ばく量に対する物性変化応答性を評価し、この結果を用いて、実宇宙環境で深さ方向に不均一に劣化した場合の物性変化を予測する方法をとった。また陽子線照射結果と比較することにより線質効果が耐宇宙環境性評価において発現するかどうかを調べた。

3. 研究成果

電子線および陽子線の照射結果より、エポキシ系複合材料（硬化剤：アミン系）の実宇宙環境における耐放射線性を評価するために必要なデータを得ることができた。電子線照射では 100MGy の被ばく量で曲げ剛性が 12% 程度増加した。実際、実宇宙環境で衛星用材料表面はこのレベルの吸収線量を受ける。しかし地上の電子線照射では深さ方向にほぼ均一に 100MGy 被ばくしている一方で、実宇宙環境では深くなるほど吸収線量が減少する。実宇宙環境での被ばくによる物性変化挙動を予測するため、吸収線量に対する材料の曲げ剛性変化挙動として電子線照射結果を用い、実宇宙環境の深度吸収線量分布が付与された時の曲げ剛性変化をシミュレーションした。その結果、材料の断面形状が 1mm 角の場合、実宇宙環境における材料の曲げ剛性変化量は 5.23% となるが、15mm 角の場合はわずか 0.46% となり、部材の太さを変化させることで、衛星ミッションで要求される曲げ剛性変化量の範囲内に収めることが可能であることが分かった。本研究では陽子線照射による曲げ剛性の変化が測定誤差範囲内であったため線質効果を明らかにすることはできなかった。これは陽子線照射によって生じた劣化層が試験片厚さに比べて非常に薄いためである。しかしこの地上照射試験設備の陽子線照射による劣化層厚さは、実宇宙環境の陽子線による劣化層厚さとおおよそ同じオーダーであることから、実宇宙環境の陽子線による劣化が物性に与える影響は、構造部材においてほとんど無視できると考えられる。このように非常に大雑把ではあるものの最小限の放射線照射試験結果を用い、実宇宙環境の劣化をモデル化することによって、実宇宙で複合材料が使えるのか使えないのかを判断するというこれまでに例のない評価手法の研究にトライできたことは、宇宙用材料の耐宇宙環境性評価技術の向上という観点から見て大きな前進であると言える。

4. 結論・考察

供試体として用いたエポキシ系複合材料が実宇宙で使えるのか使えないのかを評価した結果、使用を想定しているミッションでは、放射線による物性変化は、設計要求の許容範囲内に収まる見通しとなっている。今後はさらに細かいデータ取得と解析によって、本研究で用いた手法が耐宇宙環境性評価のための照射試験実施指標となるよう、研究を進めていく。

5. 引用(参照)文献等

内田治郎、岩田稔、趙孟佑、岸本直子、樋口健、日本機械学会 2010 年度年次大会講演論文集(5)、pp. 385-386, 2010.