

紫外線模擬光源の違いによる耐宇宙環境性評価結果の相違と劣化分析

工学研究科 電気工学専攻 博士前期課程 2年 趙研究室 熊谷大地

1. 研究背景と目的

宇宙には地上には存在しない放射線や紫外線、原子状酸素などの要素があり人工衛星は常にこれらに曝されている。これらの要素が原因となり人工衛星表面の高分子材料は劣化し、人工衛星の長寿命化、ミッションの長期化に伴い更に深刻なものとなっている。よって、打ち上げ前に宇宙環境を模擬した地上試験によって材料の劣化と物性の変化を十分予測しておかなければならない。本研究は材料劣化の要因の一つとなる紫外線に着目し研究を行った。

現在、宇宙環境下における太陽光紫外線に対する材料劣化試験についてまだ認められた試験基準というものが存在しておらず、世界各国の宇宙開発機関で試験方法や太陽光紫外線模擬の紫外線光源が違っている場合がある。しかしながら、劣化試験の目的は宇宙環境下での劣化の予測および材料の物性変化の予測という同一のものであるため、試験方法、特に紫外線の光源が異なれば材料劣化および物性の変化は異なってくるのではないかと考えられる。よってこの疑問点を発端とし、本研究では光源の違いによって材料劣化と物性の変化にどのような違いが生じるのか検証することを目的としている。

2. 紫外線照射装置の構築と劣化試験

本研究ではまず地上模擬装置の構築から行った。一般的に紫外線光源としてキセノンランプもしくは重水素ランプが使用されており、本装置では両光源を使用できるように設計した。

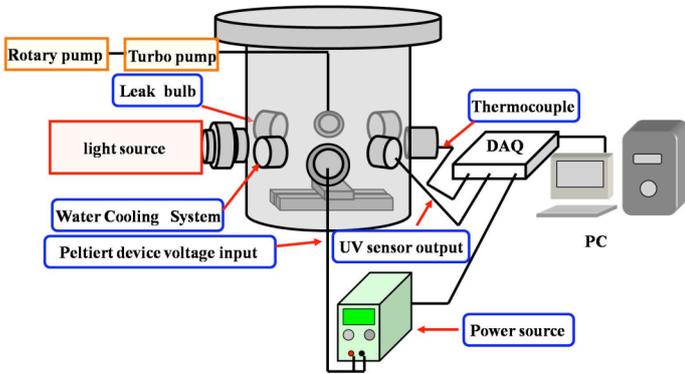


図1 劣化試験装置システム図

光源が違えば放射する紫外線の波長も異なり、キセノンランプでは波長 200~400nm、重水素ランプは波長 120~200nm の紫外線を放射する。キセノンランプは太陽光とスペクトル強度分布が似ており、重水素ランプは波長 200 nm 以下の真空紫外線を放射できる特徴をもっている。図2には各光源のスペクトル強度分布を示す。

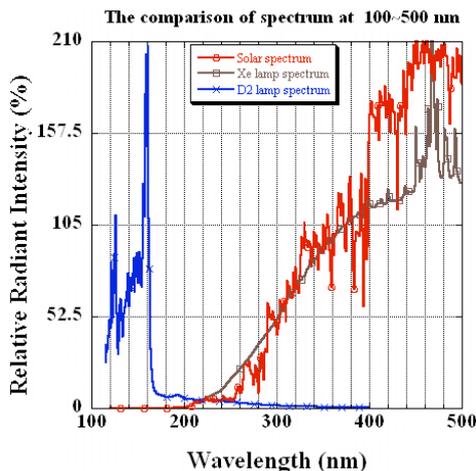


図2 太陽光と紫外線模擬光源のスペクトル強度分布

これら光源は各波長域で太陽光の強度と比較され、もし光源強度が太陽光の5倍の強度なら5 Solar constant(Sc)という単位で定義される。ただし光源によって太陽との比較波長域が違うことに注意が必要である。この Sc という単位に照射した時間(Hour)を乗じたものが、劣化試験の照射量 Equivalent Sun Hour (ESH) という劣化試験の度合いを表わした単位として定義される

$$\cdot \text{Equivalent Sun Hour (ESH)} = \text{強度(Sc)} \times \text{照射時間(Hour)} \cdot \cdot \cdot (\text{式1})$$

本研究では 2000、4000 ESH の劣化試験を実施した。試験試料には実際に宇宙で使用されている膜厚 25 μm のフッ素樹脂 Teflon® FEP (Dupon 社製[構造式-(CF₂)_m-(CF₃)_n-])を使用し、劣化試験後、引張試験、電気的特性、フーリエ赤外分光法分析 (FTIR)、X線光電子分光法(XPS)により分析を行った。

3 分析結果

まず FTIR および電気的特性測定結果にはそれほどの変化は見られなかった。次に引張試験結果を図3に示す。

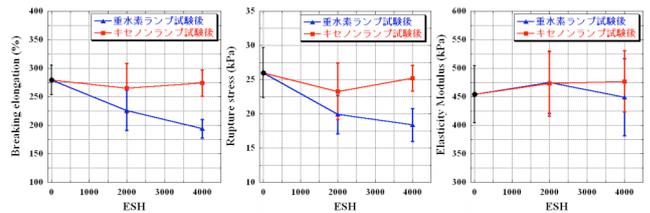


図3 破断伸び、破断強度、弾性率の結果

結果からキセノンランプ劣化試験よりも重水素ランプ劣化試験後の方が破断伸び、破断強度とも低下がしていた。よって宇宙環境下における機械的特性の劣化予測を行いたい場合は重水素ランプを使用するほうが有効であるとわかった。また、XPS 分析結果であるが、試験前試料よりも劣化試験後の両試料は劣化していた。またキセノンランプよりも重水素ランプの方が-CF₂-の割合が減り CF₃の割合が増加しており、劣化の度合いは重水素ランプの方が激しいことがわかる。

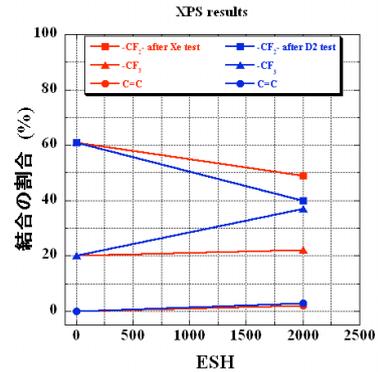


図4 XPS 分析結果

4. まとめと今後の課題

同じ ESH での重水素ランプ劣化試験とキセノンランプ劣化試験との間には試験後試料の劣化と機械的部性の変化に大きく差が生じ、この結果劣化試験相違性について検証することができた。また Teflon® FEP の機械的特性の予測を行う際は重水素ランプが有効であるとわかった。今後の課題として、照射量を増やし、様々な試料での劣化試験を行い、データベースを充実させていくことが挙げられる。

-----発表業績-----

・国際学会：1件

◆26th International Symposium on Space Technology and Science, 2006

・国内学会：1件

