宇宙用材料の耐環境性評価と開発

Durability Assessment and Development of Materials for Spacecrafts

宇宙航空研究開発機構　°後藤 亜希，木本 雄吾

JAXA, °Aki Goto and Yugo Kimoto

E-mail: goto.aki@jaxa.jp

宇宙空間には、高真空、原子状酸素 (Atomic Oxigen: AO)、紫外線 (Ultraviolet: UV)、宇宙放射線、熱サイクル、アウトガスの再付着による汚染など、宇宙機を構成材料の機能を低下させるさまざまな環境因子が存在する。したがって、宇宙ミッションを安全かつ着実に実行するためには、宇宙機構成材料の宇宙環境下での劣化予測が重要となる。JAXA では、宇宙環境模擬試験設備を利用した宇宙用材料の耐宇宙環境性評価を行っている。本発表では JAXA の宇宙環境模擬試験設備の概要及び性能について紹介した後、試験設備の実用例として、宇宙用材料開発の一例について紹介する。

AO は低地球軌道 (高度 200~600 km) における大気の主成分であり、宇宙機外表面の熱制御フィルムなどの有機材料を浸食する [1]。真空複合環境試験設備は、AO を炭酸ガスレーザ光を用いたレーザデトネーション法により生成させ、10^{-3}~10^{-2} Pa 程度の真空下で試料へ照射する [2]。AO ビーム速度は、低地球軌道の AO 相対速度 (約 8 km/s) に調整可能であり、本設備を使用することで実宇宙環境での AO と材料の衝突を模擬可能である。また、本設備は真空紫外線 (Vacuum Ultraviolet: VUV)、及び電子線 (EB) のビーム源を有しており、3 種線源の同時照射試験も行うことができる。

太陽光から放射される UV は、化学結合を切断するポテンシャルを持ち、有機材料を変色させる。宇宙機熱制御フィルムの UV による変色は、宇宙機の熱設計に影響を与える点において問題である。UV 照射試験装置は太陽光スペクトルを模擬した Xe ランプ光源で、10^{-4} Pa 以下の真空下で UV を試料に照射する。試料固定台は温度制御機能を有し、軌道上での予測温度下での照射試験が可能である。

JAXA では、真空複合環境試験設備や UV 照射試験装置などの宇宙環境模擬試験設備を使用し、耐宇宙環境性材料の新規開発も行っている。その一例として、耐 AO コーティングの開発を挙げる。我々は、耐 AO 特性を有する材料として、耐宇宙環境性に優れる無機シリカ (SiO_2) と物理的損傷を受けにくい有機シリコーン (R_2SiO) の中間的性質を示すシルセスキオキサンに注目し、シルセスキオキサンからなる耐 AO 性コーティングを開発した [3]。本コーティングは、東亞合成 (株) 製のシルセスキオキサン誘導体 (光硬化型 *SQ* シリーズ) からなり、宇宙機用熱制御フィルムとして一般的に利用されるポリイミドフィルムなどに対して塗布加工が可能である。本コーティングを塗布したポリイミドフィルムについて、宇宙環境模擬試験設備を使用した AO 及び UV 照射試験を実施したところ、優れた耐 AO 性、耐 UV 性を示した。また、アウトガス特性など宇宙機搭載に必要な材料要求を満たすことが確認された。現在本コーティングは、宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV) の機体識別マークの保護材として採用されている (3 号機以降)。さらに、Roll-to-Roll ウェットコーティング工程の確立により、約 1 m 幅の本コーティングポリイミドフィルム製造を実現している [4]。本コーティングは今後幅広い宇宙ミッションでの利用が期待されるものであり、従来の人工衛星や ISS が周回する軌道よりも大気密度が高く材料への影響の大きい超低高度軌道 (高度約 300 km 以下) での利用の可能性が検討されている。

参考文献

[1] 木本雄吾，宮崎英治，石澤淳一郎，島村宏之: 低軌道における宇宙用材料への原子状酸素の影響とその地上評価, J. Vac. Soc. Jpn. 52, 475-483 (2009).
[2] 島村宏之，馬場勧，宮崎英治: 真空複合環境試験設備ハンドブック JAXA-RM-07-004 (2007).
[3] 石澤淳一郎，木本雄吾，田村高志，古田尚正，北村昭憲，鈴木浩: 耐原子状酸素コーティングの開発状況と材料保護効果，第 56 回宇宙科学技術連合講演会講演集，2012-11-20/11-22. 日本航空宇宙学会, 1L09, (2012).
[4] Yugo Kimoto, Takeshi Fujita, Naomasa Furuta, Akinori Kitamura, Hiroshi Suzuki: Development of Space-Qualified Photocurable-Silsesquioxane-Coated Polyimide Films, Journal of Spacecraft and Rockets, Posted online on October 7, (2016).

© 2017年 応用物理学会