

9eV 窒素・アルゴン分子衝突によるフッ素系高分子材料劣化現象 —地上実験結果と宇宙実験データの比較—

Erosion phenomena of fluoropolymer under 9 eV nitrogen/argon collisions
-Comparison of ground test results and flight data analysis-

神戸大院工 ◯横田久美子、藤本晋嗣、安田 茂、田川雅人

Kobe Univ. ◯Kumiko Yokota, Shinji Fujimoto, Shigeru Yasuda, Masahito Tagawa
E-mail: yokota@mech.kobe-u.ac.jp

1. はじめに

近年、高分解能地球観測等のために従来よりも低高度を飛行する宇宙機が開発されつつある。これらの宇宙機は大気密度の高い領域を周回することから地球高層大気中に存在する酸素原子と宇宙機材料との相互作用により宇宙用材料が急速に劣化することが危惧されている。このような超低軌道を周回する宇宙機に必要な基本的技術を確認するために超低軌道技術試験機(Super-low altitude test satellite; SLATS)の打ち上げが計画されている。超低軌道衛星には酸素原子耐性の高いフッ素系材料の利用が考えられているが、本研究グループによるレーザーデトネーション法を用いた高分子材料の劣化実験の結果からは窒素分子の高エネルギー衝突によりフッ素系材料が急速に劣化し、フッ素系材料の宇宙環境劣化は酸素原子が原因であるという従来の説を否定する結果が得られている。そこで本発表では宇宙環境における窒素分子衝突効果を地上試験装置内でアルゴンを用いて再現した実験結果と、これまでに報告されている国際宇宙ステーション(ISS)を用いて行われた軌道上実験の再解析結果を比較した。



Figure 1 MISSE-2 pallet attached to the International Space Station (ISS) Quest Airlock.

2. ISS を用いた宇宙実験

MISSE-2 に搭載された PEACE polymers experiment では Teflon FEP を含む 41 個のサンプルが 2001 年 8 月から 2005 年 7 月まで宇宙環境に曝露された。その間の原子状酸素フルーエンスは Kapton-H の質量減少量から $8.4\text{E}+21 \text{ atoms/cm}^2$ と推定された。一方、同期間における窒素分子のフルーエンスは、MSIS-E90 モデルにより独自に計算した結果 $6.1\text{E}+20 \text{ molecules/cm}^2$ と推定された。FEP の質量減少量(0.01248g)からエロージョンイールドは $2.0\text{E}-25 \text{ cm}^3/\text{AO}$, $2.8\text{E}-24 \text{ cm}^3/\text{N}_2$ と計算された。

3. 超熱アルゴンビームを用いた地上実験結果

地上実験はレーザーデトネーション装置を用いて超熱アルゴンと原子状酸素の混合ビームを形成し、フッ素系ポリマーをコートとした水晶振動子の発振周波数の変化からエロージョンレートを計算した。飛行時間スペクトルを用いたビーム評価の結果、原子状酸素フラックスは $6.1\text{E}+13 \text{ atoms/cm}^2/\text{s}$ 、アルゴンフラックスは $3.8\text{E}+13 \text{ atoms/cm}^2/\text{s}$ であることが示された。これらのフラックスと QCM で計測した質量減少レートから、フッ素系ポリマーの反応イールドは $1.7\text{E}-24 \text{ cm}^3/\text{AO}$, $2.8\text{E}-24 \text{ cm}^3/\text{Ar}$ が得られた。解析方法の詳細は田川により報告されている。

4. まとめ

軌道上におけるフッ素系高分子の劣化は N_2 に起因すると考えると地上実験と宇宙実験の結果を矛盾無く説明できることが示された。

謝辞：本研究の一部は科学研究費補助金の支援により行われたものである。