

超低地球軌道におけるポリイミドエッチング増速効果

Enhanced effect of atomic oxygen-induced polyimide etching in very low Earth orbit

神戸大工¹, 宇宙航空研究開発機構² ○横田 久美子¹, 井出 航¹, 藤田 敦史¹, 堀本 流石¹,
西岡 燦太¹, 牛島 飛羽¹, 田川 雅人¹, 土屋 佑太², 後藤 亜希², 行松 和輝²,
宮崎 英治², 木本 雄吾²

Kobe Univ.¹, JAXA², °Kumiko Yokota¹, Wataru Ide¹, Atsushi Fujita¹, Sasuga Horimoto¹,
Santa Nishioka¹, Towa Ushijima¹, Masahito Tagawa¹, Yuta Tsuchiya², Aki Goto²,
Kazuki Yukumatsu², Eiji Miyazaki², Yugo Kimoto²
E-mail: yokota@mech.kobe-u.ac.jp

1. 目的および背景

近年、従来の低地球軌道(LEO)よりもさらに高度が低い超低地球軌道(VLEO)での宇宙機運用が試みられている。2017年に宇宙航空研究開発機構(JAXA)は超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS)を打ち上げ、将来の超低高度衛星の実現に向けての実軌道上データの取得を行った。SLATSが周回する高度200 km程度のVLEOでは国際宇宙ステーション(ISS)が周回する高度450 km程度のLEOと比較して原子状酸素密度が $10^3 \sim 10^4$ 倍増加するのに加えて、大気成分は N_2 が50%程度を占めるようになる。LEOで多くの高分子材料が原子状酸素との衝突によって劣化することはよく知られているが、大気組成の異なるVLEOでは材料劣化挙動が異なる可能性がある。本発表ではSLATSに搭載されたポリイミドの質量変化をリアルタイム計測する原子状酸素フルーエンスセンサー(AOFS)の履歴から、VLEOにおける原子状酸素誘起ポリイミド劣化現象への N_2 同時衝突の効果について解析した結果について報告する。

2. 超低軌道衛星技術試験機 (SLATS)

SLATS (Fig. 1) は2017年12月23日に種子島宇宙センターから打上げられ、最低周回高度167.4 kmを達成したのち、2019年10月1日に運用を終了した。SLATSには水晶振動子マイクロバランス(QCM)を利用したAOFSが搭載されており、VLEOにおいてQCM上に成膜されたポリイミド薄膜の質量減少を世界で初めてリアルタイムに計測した。ポリイミドの質量減少から算出された原子状酸素密度は、既存の大気モデルであるNRLMSISE-00と比較した。さらにNRLMSISE-00で予測される N_2 密度からポリイミド質量減少における N_2 同時衝突の効果を検証した。

3. 解析結果

高度220-250kmでのAOFS-H7センサー上のポリイミド薄膜の質量減少量からSauerbreyの式を用いて算出した原子状酸素反応確率(Ey)の N_2 割合に対する依存性をFig. 2に示す。ポリイミドに対する原子状酸素のEyは地球高層大気中に含まれる N_2 割合に対して線形的に増大することが観察された。この現象は地上対照実験との比較から N_2 による衝突誘起脱離による劣化増速効果で定量的に説明できることが明らかになった。

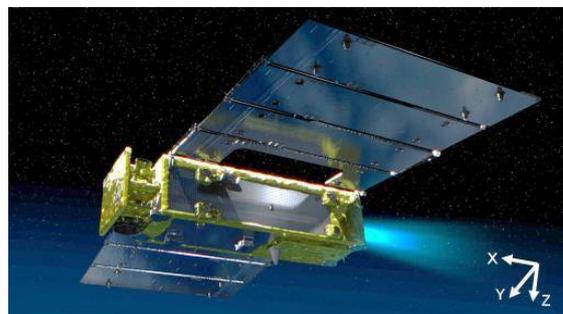


Fig.1 Artistic impression of SLATS

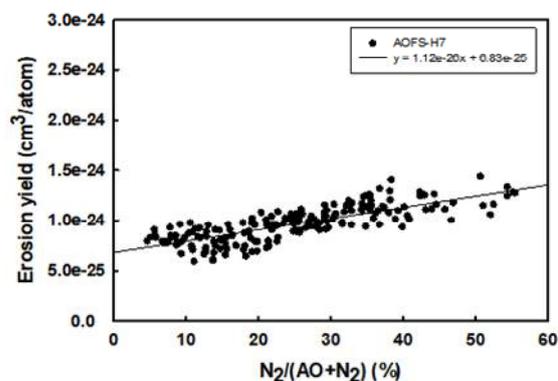


Fig.2 Relationship between erosion yield of polyimide and N_2 fraction in the atmosphere