

# 粘着材の耐宇宙環境性評価による先進的衛星ミッションにおける適用可能性検証

九州工業大学大学院 工学府 先端機能システム工学専攻 岩田研究室 15350921 橋本 紘樹

## 1. 研究背景

現在、さまざまな目的を持った人工衛星があり、地球観測、測位、通信、サンプル採取など今や我々の日常に欠かせないものとなっている。近年、宇宙環境下での粘着材の使用が注目を浴びている。例えば、次期小天体探査機で粘着材を用いた試料採取や、デブリを回収する方法として粘着材が使われる事が挙げられる。

## 2. 研究目的

宇宙は、放射線や紫外線、原子状酸素、温度サイクルなどといった過酷な環境にある。この環境下に粘着材が曝露された場合どの程度の耐久性があるかまだ分かっていないのが現状である。本研究では、将来の次世代宇宙開発および探査などで粘着材が使用されることを想定し、シリコーン系粘着材、アクリル系粘着材それぞれの様々な宇宙環境に対する耐久性を評価し将来の宇宙開発プロジェクトに対して適切な粘着材を提案することのできる知見の蓄積を目的としている。

## 3. 試験結果

### 3.1. 真空環境下でのタック試験

通常のタック試験は大気中で行うが、宇宙では真空環境下のタック値が重要である。そこで大気中と真空中での粘着材のタック値を比較した。測定結果を表 1 に示す。これにより真空環境下でもタック値には変化がないことが分かった。

表 1 真空環境下でのタック試験

真空度[Pa]	タック値[N]
大気中	2.6
$4.0 \times 10^{-2}$	2.7
$4.0 \times 10^{-3}$	2.6

### 3.2. 宇宙環境模擬試験

宇宙空間の高真空環境に長時間粘着材を曝露すると、粘着性能が低下する可能性があるため本研究では真空チャンバを用いて真空曝露試験を行った。試験結果を図 1 に示す。真空環境下に曝露しても粘着材の劣化は確認できなかった。

太陽からの紫外線は粘着材において光化学反応を引き起こし、変質することによって粘着性能が低下するおそれがある。このため、紫外線照射設備を用いて、粘着材の耐久性を評価した。結果を

図 2 に示す。シリコーン系粘着材では劣化は確認できなかったが、アクリル系粘着材では照射量が増えるにつれ、劣化が進むことが分かった。

低地球軌道の主たる大気成分である原子状酸素は有機材料表面に著しい侵食現象を引き起こすことから、粘着材の耐久性を調べる上で原子状酸素照射試験は重要な評価項目となる。本研究では原子状酸素照射装置を用いて軌道上約 5 日分の照射を行った。図 3 に結果を示す。シリコーン系粘着材とアクリル系粘着材の両方が劣化傾向のあるように見えるが、軌道上約 5 日分の照射でもタック値は残っている。

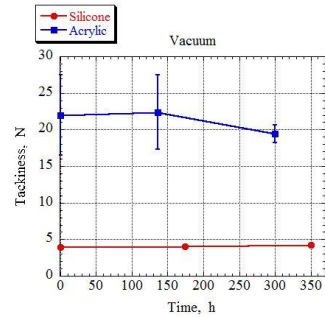


図 1 真空曝露試験結果

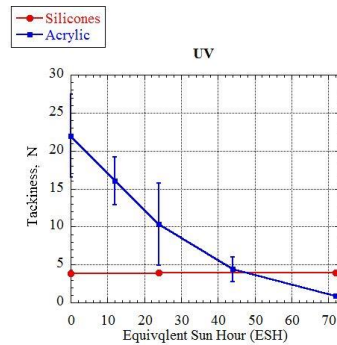


図 2 紫外線照射試験結果

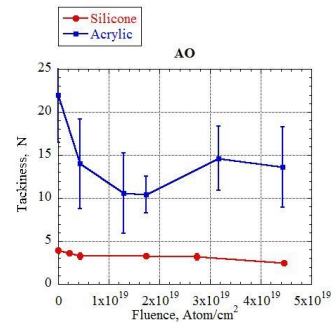


図 3 原子状酸素照射試験結果

### 3.3. 低温環境試験

この低温環境試験でもアクリル系粘着材、シリコン系粘着材の両方で測定を行ったが、今回はシリコン系粘着材の結果のみを示す。人工衛星は太陽光の当たる時と当たらない時で温度が変わる。そこで低温側でどの温度まで粘着材を使用できるのか試験を行った。試験結果を図4に示す。-75℃付近でタック値が0になった。この付近でガラス凝固が起きたと考えられる。

実際の衛星プロジェクトを遂行するにあたり対象物の粘着材が接触した後、粘着材の温度がガラス転移点を下回る可能性が考えられる。そこで粘着材がプローブと接着した後、粘着材の温度がガラス転移点を下回った場合、プローブを剥離するのに力を要するのか評価を行った。結果を図5に示す。サンプル温度変化なしの場合(27℃→27℃)に比べて、サンプルを27℃で接着させ、-105℃まで冷やした時の方が引き剥がし時にプローブにかかる力がかなり大きくなることが分かった。

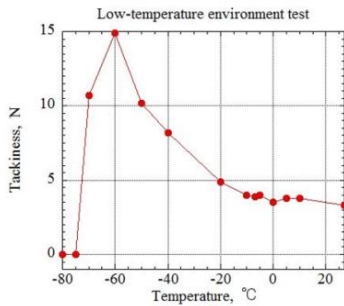


図4 シリコン系粘着材低温環境試験結果

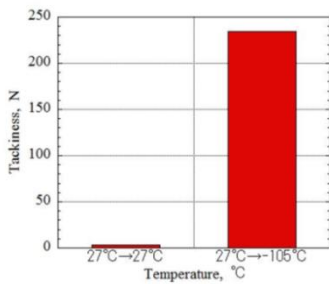


図5 シリコン系粘着材冷却後プローブ剥離

### 4. 考察

XPS 試験と解析をアクリル系粘着材とシリコン系粘着材で行った。今回はシリコン系粘着材の結果のみを示す。

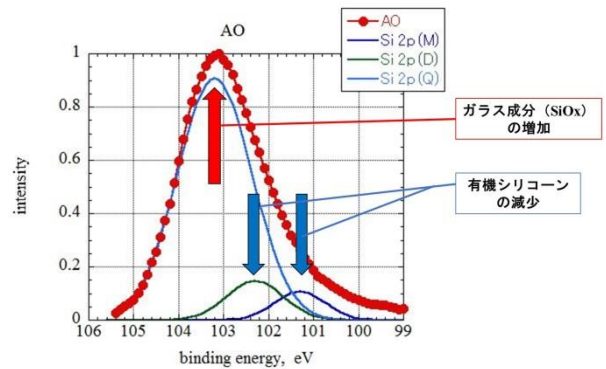
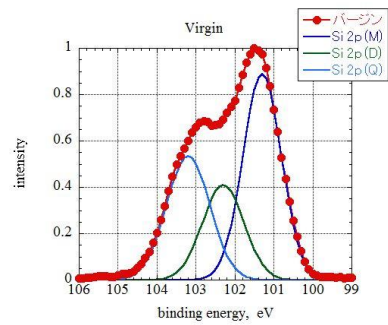


図6 未照射サンプル(上)とAO照射サンプル(下)との比較

未照射サンプルとAO照射サンプルのグラフのピーク分離を行った。(M):  $(\text{CH}_3)_3\text{SiO}_{1/2}$  (D):  $(\text{CH}_3)_2\text{SiO}_{2/2}$  (Q):  $\text{SiO}_{4/2}$  としている。(Q):  $\text{SiO}_{4/2}$ が多くなると酸化が進んでいることになり、表面の濡れ性が低下しタック値に影響が出る。図6よりAO照射の影響で有機シリコン成分(M,D)が減少し、ガラス成分(Q)が増加しているのが分かる。このことによりAO照射の影響によりシリコン系粘着材の表面には酸化膜が形成されていることが考えられる。

### 5. 結論

本研究において、様々な宇宙環境に対するシリコン系粘着材、アクリル系粘着材の特性の変化を知ることができた。アクリル系粘着材は紫外線による影響を受けやすいが原子状酸素に対してある程度耐性があることが確認できた。シリコン系粘着材は原子状酸素の影響で表面に酸化膜が形成され、緩やかながらタック値の低下が確認できたが紫外線に対する耐性は強いことが分かった。原子状酸素の存在しない深宇宙において、粘着材の温度制御を行っていればシリコン系粘着材の利用は可能であると考えがこの場合、放射線の影響を知る必要があるためこれは今後の課題である。