

月面の真空極低温環境において 駆動機器を守る耐粉塵シール技術

SATテクノロジー・ショーケース2023

■ はじめに

宇宙での活動は、ますますその領域を拡大し活発化することが予想され、現在、多くのプロジェクトが計画されている。特に、月面探査は今後、ますますの活性化が見込まれている。月面をはじめとする重力天体での探査活動においては、極高真空や極限温度環境、放射線などの様々な環境因子が宇宙機器に影響を与える。特に、月の表面に大量に存在するレゴリスと呼ばれる砂塵は大きな問題となる。月の砂は大変細かいものが多く、粒子の平均的な大きさはおよそ70 μm であり、表面がゴツゴツと尖った形状で、極めて硬いなどの特徴がある。レゴリスが電子機器や駆動機器に入り込むと機器の故障や不具合を引き起こし、ミッションの失敗に直結する。

レゴリスへの対策として、特に駆動機器の回転体においては、回転する軸と固定部とのすき間や軸受からのレゴリスの侵入を防ぐため、シールと呼ばれる部品が必要になる。真空中で大きな温度差がある中で粉塵を封止(シール)することに大きな難しさがあるとともに、駆動機器は限られた電力で駆動させる必要があるため、回転体のシールによる抵抗は可能な限り小さくすることが求められている。

■ 活動内容

宇宙航空研究開発機構(JAXA)では、これまで月面での粉塵対策として、耐摩耗性材料・コーティングの研究や粉塵シールの研究を行ってきた。その中で本稿では、宇宙用駆動機器を粉塵(レゴリス)から守るためのシール技術の研究開発について記載する。

1. 軸受用粉塵シールの研究開発

軸受用のシールについては、軸受メーカーと共同で、主に2つのシール方式について、研究開発を進めてきた。一つは、リング状の樹脂複合材を軸受端面としゅう動させることによりシールするカラーシール方式、もう一つは、フェルト材を軸受内輪としゅう動させるフェルトシール方式である。どちらも材料の選定が重要であり、カラーシールについては、PTFEやPEEK系の複合材のしゅう動特性を把握し、最適材料を抽出した。フェルトシールについては、材料そのもののシール性やアウトガス特性なども踏まえて、評価・選定をした。フッ素樹脂製のフェルト材による優れたシール性能を確認しており、シール一体型軸受の開発を進めている(図左側)。

2. 回転軸用粉塵シールの研究開発

回転軸用の粉塵シールについては、軸を締め付けてシ

ールする方式(ラジアルシール)では、摩擦によりトルクが大きくなる他、温度の影響を受けやすいことから、円板やリングにリング状のものを押し付けてシールする方式(フェイスシール)が有効である。軸用のシールとしては、シールメーカーと共同で金属製のベローズを使用したメカニカルシール(図右側)の開発を進めている。シール面には耐摩耗性と低摩擦を考え、セラミックスと固体潤滑剤の組合せを選択した。この方式による粉塵シールについて、月極域環境を模擬した真空極低温環境において、シールを粉塵に埋没させる形で、シール性と抵抗トルクを評価した。その結果、ラジアルシールでは温度によってトルクが大きく変動したのに対し、このメカニカルシールでは、いずれの温度域においても低いトルクで推移した。また、長期試験においても、粉塵の侵入は見られず、極めて良好な結果が得られている。この成果を踏まえ、月面ローバの駆動輪やロボットの間節等に使用される減速機のシールとして適用できるよう、シールの大型化、軽量化に向けた研究を引き続き進めている。

今後、月面探査等のプロジェクトの活性化に合わせ、適材適所のシール方式・材料の選定と軸径等に合わせた最適化を進め、月面ローバやサンプルリターンミッションの駆動機器への適用を進めていく予定である。

■ 関連情報等(試験設備)

真空中で粉塵を扱った試験を行うには、それ専用設計した真空槽と試験機が必要となる。真空排気の過程で、粉塵が吹き出すことがあり、真空ポンプや真空計へ影響が出ないよう、細心の注意を払う。JAXAの研究開発部門では、筑波宇宙センターと調布航空宇宙センターに設置した専用の試験機を用い、粉塵対策に関する研究開発を進めている。



フェルト材を用いたシール一体型軸受(左)とメカニカルシール(右)

代表発表者 松本 康司(まつもと こうじ)
所 属 宇宙航空研究開発機構
研究開発部門 第二研究ユニット
問合せ先 〒305-8505 つくば市千現 2-1-1
TEL:070-3117-7401 FAX:029-868-5969
matsumoto.koji@jaxa.jp

■キーワード: (1) 月面環境
(2) 粉塵
(3) シール

■共同研究者: 草部 将吾
宇宙航空研究開発機構
研究開発部門 第二研究ユニット