

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 1/10/2019

専攻名 (専門分野) Department	機械科学	氏名 Name	尤 涵青	指 導 員 Advisor	川本 広行 印 Seal
研究指導名 Research guidance	精密工学研究	学籍番号 Student ID number	5117C105-1		
研究題目 Title	月面環境における進行波電界を用いたルナダスト除去機構				

1. 研究背景

近年、月探査に関する研究開発が世界中で行われている。しかし、ルナダストと呼ばれる月土壌に含まれる微小な粒子が、探査機のソーラパネルやレンズに堆積し、探査活動に障害を与えることが懸念されている。そのため、我々は進行波電界と呼ばれる静電力により粒子を搬送・除去する機構の開発を行ってきた。本年度の研究では、実際の月面環境下での除去率向上を目標に、地上において月面の真空環境、温度環境などの条件を可能な限り模擬し、機構の性能測定と改良を行った。同時に、実際のルナダストは、宇宙線等により帯電していると考えられるため、帯電量の観点からも可能な限り模擬し、実験とシミュレーションを用いて月面環境下における機構の性能を予測し、影響を調査した。

2. 進行波電界による除去原理

進行波電界を利用したルナダスト除去装置の概略図を図1に示す。この装置は、位相を $\pi/2$ ずつずらした4相の方形波電圧を電極に順に印加することで、基板表面に進行波電界を発生させる。進行波電界によって基板表面の粒子にクーロン力や誘電泳動力が作用することにより、電圧が切り替わる度に粒子が斥力により飛翔するまたは、引力により隣の電極に引き寄せられる。基板上に堆積するルナダストの除去は、その過程を繰り返すことで行う。

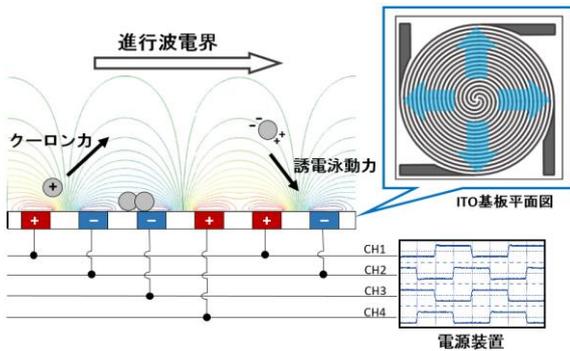


図1 実験装置概略図

3. 振動子による除去性能の改善

機構の除去性能の向上を目的とし、低周波数かつ大振幅の振動を発生させる小型振動子を利用して、図2のような振動機構を取り付けた基板を作製した。この装置を利用して、大気圧環境と0.015 Paの高真空環境における重量除去率を測定し、除去性能に対する影響を考察した。

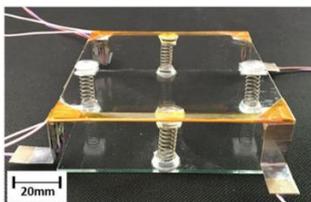


図2 振動子付き基板

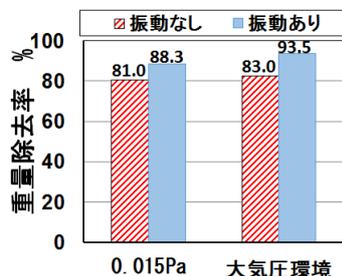


図3 振動子の有無による影響

大気圧と真空中それぞれ振動の有無に対する重量除去率の結果を図3に示す。この結果より、高真空環境において本機構に振動を与えた場合、凝集を崩しやすくなり、除去性能が向上することが分かった。

4. 除去性能の温度による影響

月面環境には高真空環境に加え、 $-170\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ の極端な温度環境が存在する。そのため、今回の研究は温度変化に注目し、装置の除去性能を調査した。しかし、実験室内で $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ の極低温を再現することが難しいため、 $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ までの範囲で除去性能への影響を調査した。また、高真空環境での低温維持においても今回の実験設備で再現することが難しいため、今回の実験では高真空及び高温環境での除去率を個別に測定することで、除去性能への影響について考察した。

温度に対する除去性能の結果を図4に示す。結果より、 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ から温度を下げると、除去性能が低下し始めたが、これは空間の飽和水蒸気による水粒子の凝着が原因と考えられる。水が存在しない宇宙空間では、常温と同じ除去性能が発揮できることが期待できる。高温環境においては、加熱した直後の分子放出が起きている状態で除去を行うと除去性能が低下することが分かった。しかし、高真空で長時間加熱保持を行うと除去性能の低下は発生せず、高い除去性能を維持できることが分かった。

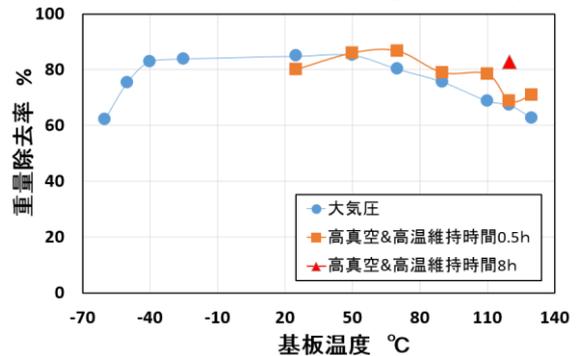


図4 温度変化による除去性能への影響

5. 粒子の帯電量測定及び数値解析

粒子の帯電量と除去性能の関係を調査するため、粒子の帯電量測定を行った。測定方法として、平板間の電位差が1.5 kVになるよう左右の電極に高圧電源からそれぞれ正と負の電圧を印加した後、測定粒子をスリット経由で投入した。その後、粒子の粒径と落下位置を解析装置で測定した。その値を用いてプログラムにより各粒子の帯電量を算出した。プログラムは実測した粒径と同じ粒径の単粒子モデルを作成し、帯電量を変えながら落下位置の予測の試行を繰り返し、実測した落下位置と一致したときの値を帯電量として返すものである。

測定した帯電量で粒子挙動シミュレーションを行い、得られた結果と実験で得られた結果を比較したことで、解析値と実験値が定量的に一致していることが確認できた。

発表論文

橋目, 尤, 川本, 光学機器に堆積するルナダストの進行波電界を利用したクリーニング機構, SEAD29 (2017) p.543-546.