

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	野崎 紘之	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	5117C082-1 ^D		
研究題目 Title	静電力を利用した月レゴリスの分級機構の開発				

1. 緒言

近年、地球外生命の探索や人類の存在領域拡大などの観点から宇宙探査が活発になっており、その中で月は地球から最も近い天体であることから、人類の次なる居住地や新たな資源調達の候補地、宇宙探査の前進基地としての利用が期待されている。月面での有人ミッションに向けて、NASAをはじめとする各国の宇宙関連機関は現地の資源やエネルギーを有効利用するISRU (In-Situ Resource Utilization) という月面開発計画を検討している。月面上に大量に存在する月レゴリスと呼ばれる粉体には鉄、マグネシウムなどの鉱物や酸素など、多くの資源が含まれており、ISRUへの様々な利用が期待されている。また、月レゴリスの特に粒径数 μm 以下の粒子中に白金族が多く含まれているように、粒径により組成や化学成分が異なることが報告されているので、これらを有効利用するには用途に合わせ粒径を選別する分級技術が必要となる。しかし現在地球上で利用されている分級機構は気体や液体を使用するため月面利用に適しておらず、地球からの輸送も膨大なコストがかかるため非現実的である。そこで本研究では、月面上でも利用可能な静電力に注目し、新たな分級機構の開発を行った。

2. 原理

本研究では静電気力によって粒子を搬送する、静電搬送の原理を利用している。静電搬送とは、図1のように縞状電極がプリントされた基板に、位相を $\pi/2$ ずつずらした4相の交流電圧を印加することで、基板表面に進行波電界を発生させ粒子を一方方向に搬送するシステムである。粒子の質量は粒径の3乗に比例するが、粒子の帯電量は表面積に依存するため粒径の2乗に比例する。そのため、小粒子ほど静電力が支配的に働き、大粒子には重力などの慣性力が支配的に働く。本研究で開発した分級機構は、静電力と重力の差を利用することで小粒子と大粒子を選別する。

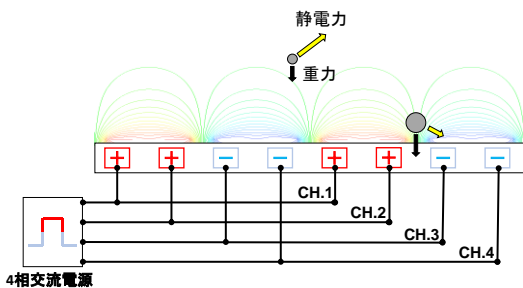


図1 静電搬送の原理

3. 研究方法

3.1. 実験装置・方法

実験装置を図2に示す。この分級機構では、2枚の搬送基板を対面させた状態で進行波電界を上向きに発生させ、上方に飛翔した粒子を回収ボックスで回収する。粒子は月レゴリスの組成等を模擬して作られた模擬砂を使用した。なお実験は全て真空チャンバー内気圧 0.1 Pa の真空環境で行い、電圧印加時間は30分とした。

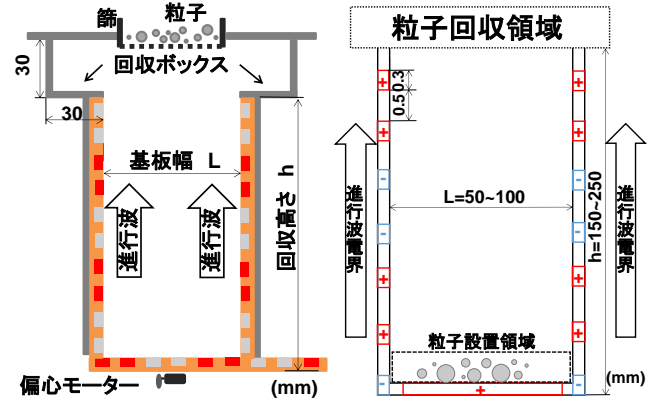


図2 実験装置概略図(左)と計算条件概略図(右)

3.2. 数値解析による挙動シミュレーション

本研究では月面上での性能を予測するために数値解析を行った。図2に計算条件の概略図を示す。電界は2次元の差分法を用いて求め、粒子の挙動は剛体球モデルの個別要素法を用いて計算した。考慮した外力は F_c : クーロン力, F_p : 誘電泳動力, F_{ad} : 付着力, F_g : 重力であり、帯電量, 付着力, 誘電率は実際に測定されたものを使用した。式(1)に示す運動方程式を用い、4次のルンゲクッタ法で解いた。

$$ma = Fc + Fp + Fad + Fg \quad (1)$$

4. 研究成果

図2の分級機構を用い、基板幅 $L = 70 \text{ mm}$ のとき印加電圧を変化させて行った実験結果を図3(a)に、計算結果を図3(b)に示す。図3より、実験、計算ともに印加電圧が上昇すると平均粒径、収率ともに値が大きくなるという結果が得られた。また平均粒径については、実験値と計算値で定量的な一致が確認できた。印加電圧が 0.8 kV_{p-p} のとき、実験においては平均粒径 $16 \mu\text{m}$ 、収率5%であり、計算においては平均粒径 $18 \mu\text{m}$ 、収率2.5%であった。

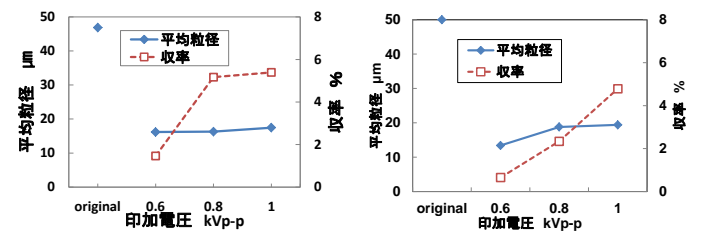


図3 印加電圧と平均粒径及び収率の関係

発表論文

- 安達, 野崎, 諸岡, 川本, 進行波を利用した月レゴリスの分級機構, 第40回静電気学会全国大会 (2016) pp.23-24.
- 野崎, 諸岡, 安達, 川本, 進行波電界を利用した月レゴリスの静電分級機構の開発, MoVIC2017 (2017).
- 市川, 諸岡, 野崎, 川本, 真空中における静電分級機構の開発, SEAD30 (2018) pp382-385.