

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/14/2015

専攻名(専門分野) Department	機械科学専攻	氏名 Name	須田 裕紀	指導 教員 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	CD 5113C044-1		
研究題目 Title	静電力を利用した月レゴリス分級機構の開発				

1. 研究目的

今後の宇宙開発の拠点として月が注目を集めているが、月面開発を行う上で、現地の資源を利用する ISRU (In-Situ Resource Utilization) が必要不可欠である。その資源の一つとして月面に大量に存在する「月レゴリス」が注目を浴びている。これは月レゴリス中に水素や酸素を含有しているからである。しかし月レゴリスは粒径によって組成や化学成分が異なることが報告されているため、月レゴリスを粒径ごとに選別する分級という単位操作が必要となる。その中でも本研究では、粒径数 μm 以下の粒子中にプラチナ等の希少金属が多く存在することに着目し、これらを効率よく回収する分級方法を提案する。月面環境でも利用可能な分級法として、静電力を用いた分級機構の開発を行った。

2. 平行平板型分級機構原理

図 1 に平行平板型分級機構の原理図を示す。2 枚の平行平板電極に正負の異なる直流電圧を印加することにより、電極間に電位差を発生させる。そこに正負それぞれに帯電した粒子を投入し、クーロン力によって正に帯電した粒子は負の電極へ、負に帯電した粒子は正の電極へ移動する。小粒子ほど比帯電量が大きいいため移動距離も大きくなる。その移動距離に応じて粒子を回収する。

3. 数値計算手法

数値計算は電界計算と挙動計算から成り、電界計算は 2 次元の差分法を、挙動計算は剛体球モデルによる個別要素法を用いた。個々の粒子に加わる力を算出し、式 (1) の運動方程式を 4 次元ルンゲクッタ法によって解いている。

$$\begin{aligned} m_i \mathbf{a}_i &= \mathbf{F}_q + \mathbf{F}_{\text{dipole}} + \mathbf{F}_{\text{adhesion}} + \mathbf{F}_{\text{air}} + \mathbf{F}_g \\ I_i \ddot{\theta}_i &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

ここで \mathbf{F}_q :クーロン力, $\mathbf{F}_{\text{dipole}}$:分極力, $\mathbf{F}_{\text{adhesion}}$:付着力, \mathbf{F}_{air} :空気抵抗力, \mathbf{F}_g :重力である。

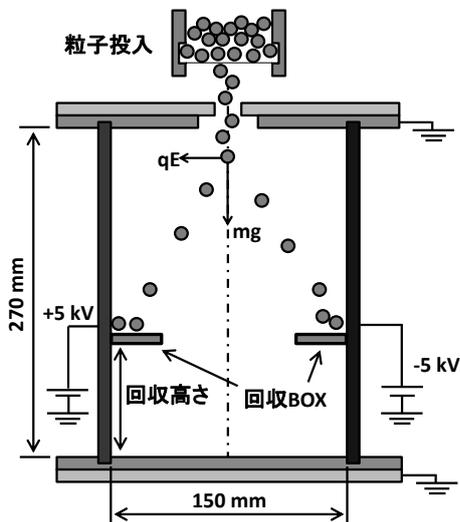


図 1 平行平板型分級機構の原理図

4. 分級性能

図 2 に地上実験と計算結果の比較を示す。実験、計算ともに分級後は初期投入粒子と比較して小粒径に分級される。また、図 3 からわかるように、実験と計算の分級結果はほぼ一致した。

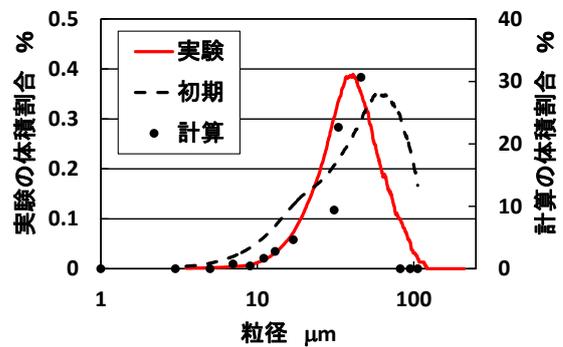


図 2 地上実験と計算結果の比較
(電圧 6 kV_{p-p}, 電極間距離 150 mm, 回収高さ 150 mm)

5. 月面での分級性能予測

上記の数値計算を用いて、月面上における本機構の性能評価を行った。収率は式 (2) を用いて算出した。図 3 に電界強度をパラメータとして計算した結果を示す。図 3 より、月面上では月面上では地上実験での印加電圧と比べ、より低電圧で高い分級性能を得ることができた。また、印加電圧が 250 V_{p-p} のとき、分級後の粒子の平均粒径は 10 μm に達した。しかし印加電圧ごとの収率を示した図 4 より、電圧を下げすぎると粒子を回収できなくなることが確認できる。これらの結果から、今後、収率の改善を行っていく必要があると考える。

$$\text{収率 \%} = \frac{\text{回収した } \mu\text{m の粒子量}}{\text{投入した } \mu\text{m の粒子量}} \times 100 \quad (2)$$

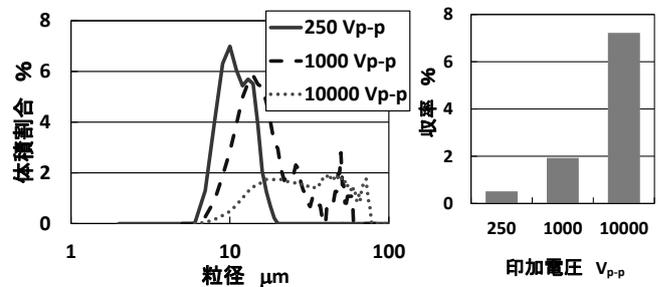


図 3 印加電圧特性 図 4 印加電圧ごとの収率
(電極間距離 150 mm, 回収高さ 150 mm)

発表論文

- 川本, 戸出, 須田, ISRU のための静電力を利用した月レゴリス分級機構の開発, SEAD25(2013).
- 静電力を利用した月レゴリス分級機構の開発, 須田, 葉賀, 安達, 川本, SEC14(2014).