

# 修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 2/17/2013

専攻名 (専門分野) Department	機械科学	氏名 Name	貝沼 佑亮	指導員 Advisor	川本 広行 印 Seal
研究指導名 Research guidance	精密工学	学籍番号 Student ID number	5111C030-8		
研究題目 Title	プラズマアクチュエータを併用した太陽電池パネルに堆積する砂の静電クリーニング				

## 1. まえがき

静電力を用いたダストのクリーニング(静電クリーニング)は、月面探査の際に太陽電池パネル上に堆積して発電効率を下げる要因となるダストのクリーニングに効果的である。この技術は地球上の太陽電池パネルにおいても有用である。砂漠などの雨が降らない乾燥地域で太陽電池パネルを用いて発電を行う際に、風などによって運ばれた砂塵が太陽電池パネル上に積もることで発電効率が著しく低下することがある。そこで、静電クリーナーを用いれば、砂塵の堆積を防いで電気を安定的に供給することができる。当研究室が開発した静電クリーナーの昨年度までの研究からも、地球上での有用性は既に確認されているが、砂の堆積量が多い時には砂がクリーニングされないといった課題が残っていた。そこでこの課題を解決するために、静電クリーナーにプラズマアクチュエータを併用し、砂のクリーニングの実験と数値計算を行った。

## 2. 静電クリーナー

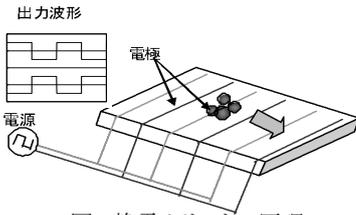


図1 静電クリーナー原理

電極に位相がずれた交流電圧を印加すると、隣あった電極間に電位差が生じる。その電位差によって電界が形成され、基板上の粒子はこの電界からクーロン力や分極力を受け移動する(図1)。太陽電池の標準的な傾斜角度は約10~40度であり、静電クリーナーを太陽電池上に設置することを想定していると同様の傾斜がついている。クーロン力、分極力、重力を受けて砂は太陽電池上から除去される。

## 3. プラズマアクチュエータ

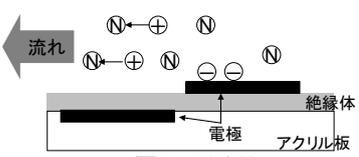


図2 PA原理

プラズマアクチュエータ(PA)は電極と絶縁体の積層からなる単純な構造で、信頼性劣化の要因となる機械的駆動部を有しないなどの特徴を備えている。図2に原理を示す。電極に交流で高電圧を印加することにより、電極間の空気が電離しプラズマが発生する。このプラズマが、電場の作用により周囲の中性粒子に運動量を与え風が発生する。今回作製したPAの風速は約0.5m/sであった。

## 4. 実験

図3にPAを併用した静電クリーナーと、実験結果を示す。クリーニング効率=(クリーニング後の発電量/砂が堆積する前の発電量)を縦軸にとり比較をした。実験は、静電クリーナーを設置した太陽電池パネル上に砂100~500g/m<sup>2</sup>を均等に散布し開始した。PAを併用しない場合は、その後静電クリーナーのみのスイッチを入れ、併用する場合はPAも同時にスイッチを入れた。但し、PAは最初の20秒間のみ稼働させた。砂の移動が観測されなくなった後に、クリーニング効率を算出した。実験結果から約300g/m<sup>2</sup>以上で静電クリーナーのみの場合とPAを併用した場合の差が出始め、堆積量が増える程その差も大きくなった。

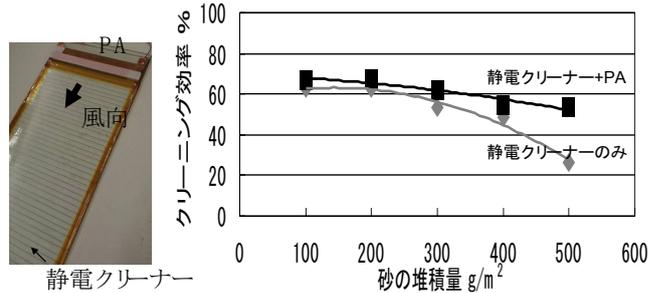


図3 (左)PAを併用した静電クリーナー (右)実験結果

## 5. 数値計算

クリーニング効率をより高めるために、数値計算を行ってクリーニングのメカニズムを分析した。今までの研究では、静電クリーナーのみの場合の数値計算を剛体球モデルによる個別要素法で行ってきた。そこで、PAを併用した静電クリーナーでは、この数値計算モデルにPAの風による影響を流体抗力として組み込み計算を行う。数値計算に用いた式を(1)、(2)に示す。

$$m_i \ddot{\mathbf{u}}_i = \mathbf{F}_q + \mathbf{F}_{dipole} + \mathbf{F}_{adhesion} + \mathbf{F}_{air} + \mathbf{F}_g, \quad I_i \ddot{\boldsymbol{\theta}}_i = 0 \quad (1)$$

$$\dot{\mathbf{u}}_i^* = \dot{\mathbf{u}}_i + \mathbf{J} / m_i, \quad \dot{\boldsymbol{\theta}}_i^* = \dot{\boldsymbol{\theta}}_i + r \mathbf{n} \times \mathbf{J} / I \quad (2)$$

但し、 $\mathbf{F}_q$ :クーロン力、 $\mathbf{F}_{dipole}$ :分極力、 $\mathbf{F}_{adhesion}$ :付着力、 $\mathbf{F}_{air}$ :流体抗力、 $\mathbf{F}_g$ :重力、 $i$ :粒子番号、 $m_i$ :粒子の質量、 $\mathbf{u}_i = (x, y, z)$ :粒子の並進ベクトル、 $\boldsymbol{\theta}_i = (\theta_x, \theta_y, \theta_z)$ :回転ベクトル、 $I$ :粒子の回転慣性モーメント、 $r$ :粒子半径、 $\mathbf{n}$ :法線方向単位ベクトル、 $\mathbf{J}$ :粒子  $i$  に働く衝撃力である。また、衝突後の状態については\*を添えている。PAによる流れの数値計算にはMAC法を用いた。

図4に計算結果を示す。交流が切り替わる時に粒子が飛び様子を確認でき、高速度カメラで撮影した実験結果との比較からも定性的に一致していることが分かる。また、砂の体積量が100g/m<sup>2</sup>の条件下で、PAによる流れを考慮した場合、しなかった場合と比べてクリーニング効率は約5%増加した。

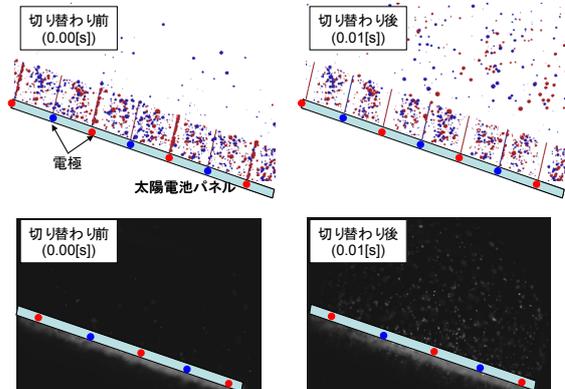


図4 計算結果  
(上)計算 (下)実験

## 6. 発表論文

小林, 貝沼, 木谷, 川本, 強制対流を併用した太陽電池パネルの静電クリーニング, 日本機械学会 SEAD25(2013)