

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 1/16/2014

専攻名(専門分野) Department	機械科学	氏名 Name	小林 悠矢	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	5112C038-4 ^{CD}		
研究題目 Title	自然風を利用した太陽光発電パネル上に堆積する砂の静電クリーニング				

1. 研究背景

近年、二酸化炭素を排出しないエネルギー源として、太陽光発電が注目されている。太陽光発電で多量の電力を生み出すためには、安定した日射量と多くのパネルを設置する土地が必要となり、条件を満たす土地として砂漠があげられる。しかし砂漠での太陽光発電では、舞い上がった砂がパネル上に降り積もり、発電量を低下させるという問題がある。本研究は静電気力を用いてパネル上の砂を飛散させる静電クリーニングシステム(以下静電クリーナー)に関するものである。この装置は人の手を必要とせず砂を除去できるうえ、機械的駆動部を持たないため信頼性も高い。しかし現状では静電クリーナー単体で砂の除去を行った場合、砂が凝集して電極間に堆積してしまふことがある。この問題に対し本研究では、静電クリーナーにスリットを搭載し、砂の除去に自然風を利用することでより大きい発電量を得ることを目指した。

2. 試験装置

2.1 静電クリーナー

このシステムは人の手を必要とせず、省電力で稼働する砂の除去機構として考案された。図1に示すように、ガラス板上に並行電極を並べ、透明な樹脂とカバーガラスで保護した簡単な構造で、太陽光発電パネルの上に載せて使用する。並行電極にそれぞれ互い違いになるように2相交流電圧を印加し、それによるクーロン力と分極力で砂を除去する仕組みとなっている。

2.2 スリット

本研究では自然風を取り込み静電クリーナー基板上に流すため、スリットを太陽電池パネルに取り付けて砂の除去を試みた。このスリットは入口、出口の高さを調節できるように設計しており、またスリット自体が作る影が発電の妨げにならないようにパネルの外部に取り付けた。実際に使用したスリットの写真を図2に示す。本研究では予備実験の結果から、最も大きい風速で風を基板上に流すことのできる入口高さ 20 mm, 出口高さ 10 mm で実験を行った。

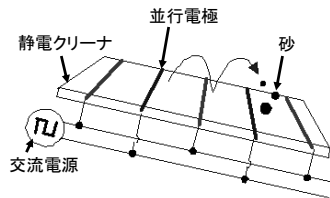


図1 静電クリーナー模式図

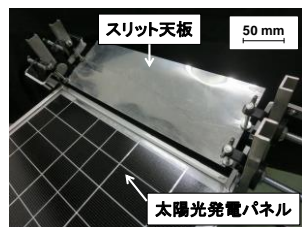


図2 スリット外観

3. 実験

本研究では、基板上に砂を堆積させた状態でクリーナーに電圧を印加し、その前後の発電量からクリーニング効率(=クリーニング後の発電量/砂が堆積する前の発電量)を測定した。その際、予備実験からクリーナー稼働条件として 6 kV_{p-p}, 1 Hz とした。図3に実験結果を示す。図3(a)を見ると、初期堆積量が低下していくのに対し、スリットを併用することでその低下が抑えられていることが確認できる。特に初期堆積量 250 g/m²では約 8%の差が生じている。また図3(b)に、2 m/sの風を流した場合と 4

m/sの風を流した場合の結果の比較、またともに 2.0 m/sの風で静電クリーナーの印加電圧の切替周波数を 1 Hz から 2 Hz に変化させた場合の比較を示す。どちらの場合でも、スリットに一定の効果が確認された。

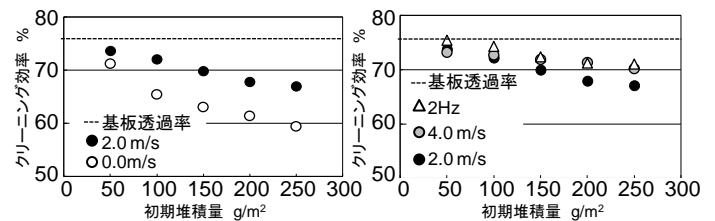


図3 クリーニング効率 左(a) 右(b)

4. 数値計算

より効率的な砂の除去の研究のため、数値計算によるシミュレーションを行った。本研究では砂の粒子を剛体球モデルとして、個別要素法を用いて計算を行った。

$$m_i \ddot{\mathbf{u}}_i = \mathbf{F}_q + \mathbf{F}_{dipole} + \mathbf{F}_{adhesion} + \mathbf{F}_{airdrag} + \mathbf{F}_g, I_i \ddot{\boldsymbol{\theta}}_i = 0$$

ここで、 m は粒子の質量、 i は粒子番号、 \mathbf{u} は粒子の並進ベクトル、 \mathbf{F}_q はクーロン力、 \mathbf{F}_{dipole} は分極力、 $\mathbf{F}_{adhesion}$ は付着力、 $\mathbf{F}_{airdrag}$ は流体抗力、 \mathbf{F}_g は重力、 I は粒子の回転慣性モーメント、 $\boldsymbol{\theta}$ は回転ベクトルである。スリットによって基板上に流された風については、流体抗力 $\mathbf{F}_{airdrag}$ に流速を反映させて計算した。図4に計算結果を示す。左側が計算結果。右側が実際の実験を高速カメラでとらえた写真である。図4(a)の風がない場合をみると、粒子が放射状に飛散しているのに対して、図4(b)の風がある場合では、流体抗力を受けた粒子が風の方向に流れていることが確認できた。また定量的には初期堆積量 250 g/m²でおよそ 7%の差となった。

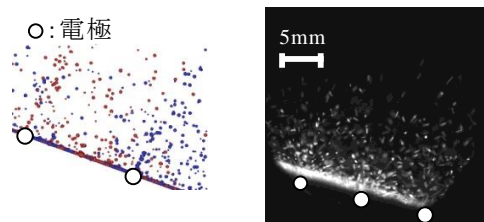


図4(a) スリットによる流体抗力無し

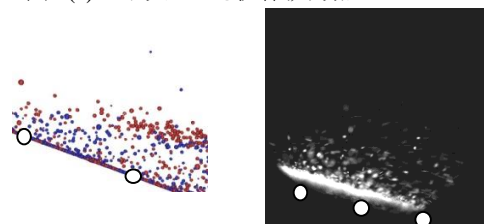


図4(b) スリットによる流体抗力有り

発表論文

- 川本, 小林, 貝沼, 柴田, 高橋, 木谷, 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, 電磁力関連のダイナミクス SEAD25 (2013) pp.12-15.