

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/17/2013

専攻名 (専門分野) Department	機械科学	氏名 Name	柴田 拓也	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	5111C053-8 CD		
研究題目 Title	太陽電池パネルに堆積する砂の静電クリーニング				

1. 研究背景

エネルギー問題の観点から、太陽光発電が大きく注目を浴びている。太陽エネルギーを電気に変換する太陽電池の発電量は、設置場所の天候に大きく左右されるため、日射量の多い砂漠で多くの発電所の建設が計画されている。しかし、発電の際に砂漠の砂(ダスト)が図 1 のように太陽電池パネルの上に堆積し、発電量が低下してしまうことが問題視されている。降雨の少ない砂漠地域での太陽光発電には、砂がパネル上に堆積しにくくなるデバイスが必要となる。

そこで本研究では、太陽電池パネルの表面ガラスに電極を埋め込み、静電気力で砂を吹き飛ばす「静電クリーニング」を考案し、その基礎的な特性の把握と数値計算を行った。

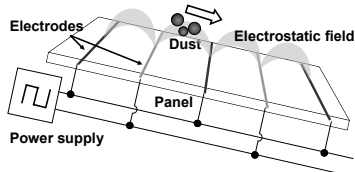
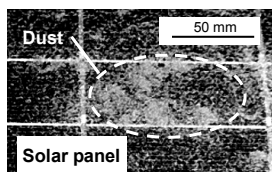


Fig. 1 Dust on solar panels. Fig. 2 Principle of the electrostatic cleaning system.

2. 静電クリーニングの原理

静電クリーニングとは、位相が π ずれた 2 種類の交流電圧を、平行に並べられた電極に印加して、隣り合った電極間に電界を発生させてパネル上の砂をクーロン力や分極力で移動させるものである。パネルは傾斜をつけて設置するため、静電力に加えて重力も作用し、砂は図 2 のように下方向に落下する。この原理は構造が単純で、消費電力が小さい等の特徴がある。

3. 研究成果

試作したクリーナーを用いて静電クリーニングの基礎的な特性を把握した。パネルを傾斜角度 20 deg で設置して、電圧を印加した状態で砂を散布して実験した。図 3 に静電クリーニング前後の写真を示す。図 3 の左半分には静電力が作用し、クリーニング後に砂が堆積していないことがわかる。

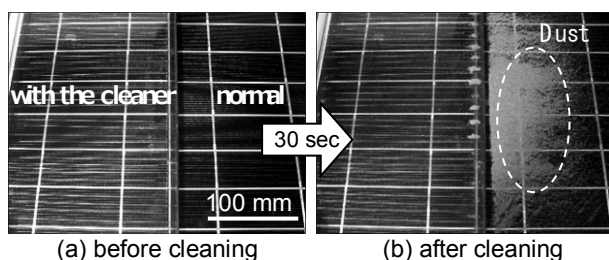


Fig. 3 Demonstration of the electrostatic cleaning system. (7 mm pitch, 6 kV_{p-p}, 1 Hz, Dust 100 g/m²)

試作したクリーナーの性能は、砂の散布量とクリーニング後のパネル上の堆積量の比で評価した。結果を図 4 に示す。印加電圧は高く、周波数は低い方がクリーナーの性能は良く、最適な条件で、散布量 100 g/m^2 のうち 8 割以上の砂をクリーニングできることが確認できた。

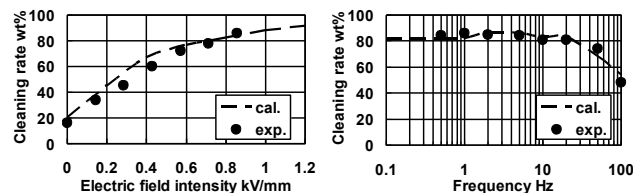


Fig. 4 Performance characteristic of the electrostatic cleaner.

砂を剛体球と見なして、個別要素法で運動方程式をルンゲクッタ法により解き、数値計算を行った。クーロン力・分極力の算出に必要な電界計算には有限要素法を用いた。図 5 に電極付近での砂の挙動の実験と計算の比較を示す。砂全体の動きはおおよそ一致しており、実験の定性的な再現が確認された。また、図 4 より静電クリーニングの基礎的な特性の実験値と計算値もよく一致しており、定量的な再現も確認された。

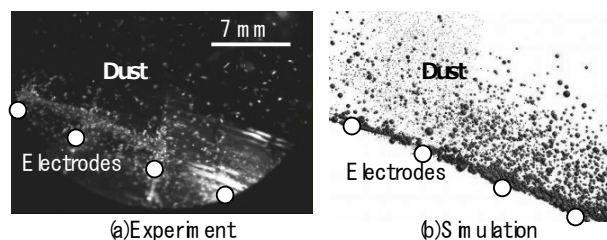


Fig. 5 Observed and calculated motion of dust on the panel. (7 mm pitch, 6 kV_{p-p}, 1 Hz, Dust 100 g/m²)

実用化に向けて、太陽電池パネル大のクリーナーを作成し、屋外で太陽光を当てて実験した。一定時間後に砂を散布し、クリーナーがある場合とない場合で発電量を比較した。結果を図 6 に示す。クリーナーがある場合はパネルへの堆積が防げるため、ない場合に比べて 10% 程度太陽電池の発電量が高く、静電クリーニングの有効性が確認できた。このシステムは低コストで大型化が可能であり、砂漠環境下におけるメガソーラーの効率向上が期待できる。

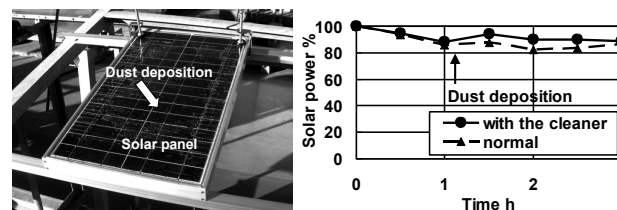


Fig. 6 Solar panel response to dust deposition with the cleaner. (7 mm pitch, 6 kV_{p-p}, 1 Hz, Dust 100 g/m²)

発表論文

- H.Kawamoto and T.Shibata, "Electrostatic Cleaner of Dust on Solar Panels", *IIP2011* (2011).
- H.Kawamoto and T.Shibata, "Electrostatic Cleaning System for Removing Sand on Solar Panels", *39th IEEE* (2013).