

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	氏名 Name	木谷 圭	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	5113C025-6 CD		
研究題目 Title	太陽電池パネル上に堆積する砂の静電クリーニング機構				

1. 研究背景

近年,地球温暖化問題などを背景に再生可能エネルギーが脚光を浴びている. その一つである太陽光発電は, 温室効果ガスを排出しない, エネルギーが枯渇する心配がない, 設置場所を選ばないなど多くのメリットを有する. そのため太陽光発電は火力や原子力の補助となり得る再生可能エネルギーの一種として注目を集めている. しかし太陽電池パネルを砂漠に設置した場合, 砂がパネル上に堆積し発電量が低下する問題がある. この問題に対し, 現在は人の手で砂を取り除く以外の対策がない. そこで本研究では実用化を視野に入れ, 現存する太陽電池パネルに実装可能な静電クリーニングシステムを開発した. 静電クリーニングシステムを用いるとパネル上の砂を人の手を使わずにクリーニングすることが可能である. また消費電力は発電量と比較して小さい. さらにこの装置には機械的な駆動部がないため砂漠での微細粒子による故障の恐れも少なく, 水も必要としないことから信頼性が高い. そのため経済性の向上が期待できる. 本研究では静電クリーニングシステムの基礎特性を明らかにしたうえで除去しにくい粒子の原因を解明し, 本機構を実際に適用できる粒子条件を調査した.

2. 静電クリーニングの原理

透明なガラス板に電極を埋め込んだ構造のクリーナー基板を試作した. 電極は平行に配置されており, この電極部に位相が π ずれた 2 相の交流電圧を印加することで隣り合った電極間に電界が形成される. その電界によって粒子はクーロン力や分極力を受け移動する. 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 1 のように下方方向に落下する.

3. 研究手法

3.1 静電クリーナー基板

電極配置形状の異なる 3 種類のクリーナー基板を試作した. 平行型クリーナー基板 α , 平行型クリーナー基板 β , V 字型クリーナー基板ともに電極間ピッチは 7 mm とした.

3.2 実験方法

クリーナー基板に電圧を印加し電界カーテンを形成した状態

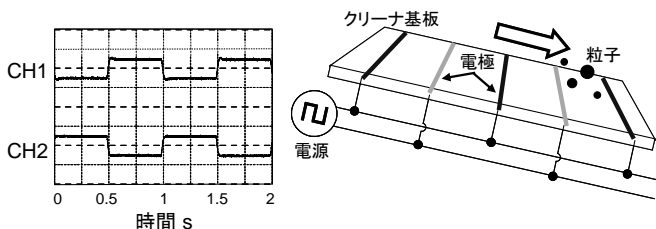
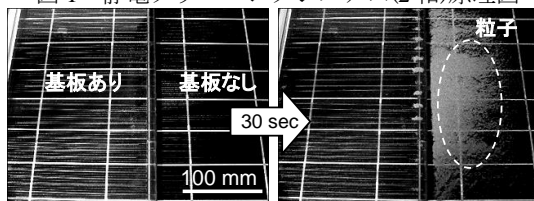


図 1 静電クリーニングシステム(2相)原理図



(a) クリーニング前 (b) クリーニング後

図 2 クリーニングの様子
(6 kV_{p-p}, 1 Hz, 100 g/m²)

で砂を散布する散布方式, 砂をクリーナー基板に均一に堆積させたのちにクリーナー基板に電圧を印加する堆積方式の 2 通りの方法で砂の除去実験を行った. 実験にはナミブサンド, オーストラリアの砂を使用した. クリーナー基板の性能は, 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ある除去効率, 砂の散布前とクリーニング後の発電量の比である発電効率の 2 通りで評価した.

3.3 シミュレーション

実験における粒子の挙動を再現するため, 剛体球モデルの個別要素法によるシミュレーションを行った. 電界計算には二次元有限差分法を用いた. 粒子に作用する外力として, クーロン力, 分極力, 鏡像力, 粒子間クーロン力, 付着力, 空気抵抗, 重力を考慮した.

4. 研究成果

試作したクリーナー基板を用いてナミブサンドとオーストラリアの砂の除去を行うことで基礎特性を明らかにした. 実験の様子を図 2 に示し, 基礎特性を図 3 に示す. その後, ナミブサンドにおいて除去されにくい粒子に関する原因調査を行った. ナミブサンドでは組成の違いにより付着力が大きく異なる粒子が存在し, また粒子ごとの初期帯電量の違いも除去のしやすさに大きく関わることがわかった. またオーストラリアの砂に関しては分極力が強く働くことが原因でクリーニング効率が低下していることが判明した. 次に砂の凝集現象についての調査も行った. その結果粒子の凝集現象は大粒径粒子が原因となり生じることが明らかになった. 最後に以上の実験結果を数値計算によって再現しようと試みた. 結果, 数値計算によって傾向, 値ともに実験を良好に再現でき, 実験の妥当性を示せた. 実験とシミュレーションの粒子挙動の比較を図 4 に示す.

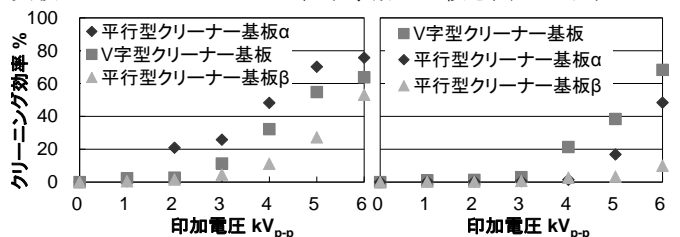


図 3 静電クリーナー基板の基礎特性
(ナミブサンド, 堆積方式, 1 Hz, 100 g/m²)

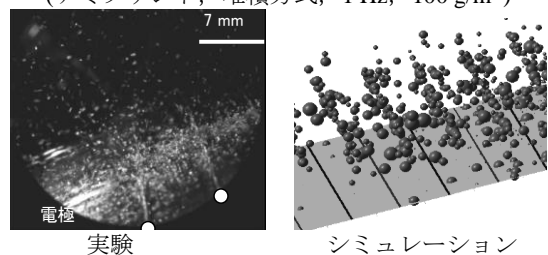


図 4 粒子挙動

(7 mm, 6 kV_{p-p}, 1 Hz, 50 g/m², 20 deg, 粒子数 5000 個)

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.