

専攻名 (専門分野) Department	機械科学	氏名 Name	西岡 慎之介	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	5115C061-4		
研究題目 Title	太陽電池パネル上に堆積する砂の除去機構				

1. 研究背景

近年地球温暖化や資源エネルギー問題が注目されている中で、原子力発電や火力発電にとって代わる再生可能エネルギーが注目を浴びている。数ある再生可能エネルギーの中でも温室効果ガスを排出せず、日光のみで手軽に発電できる太陽光発電が世界中で普及してきている。太陽光発電では、日射量が多く広大な土地が必要となるので砂漠での大規模発電がおこなわれている。しかし砂漠で太陽光発電を行う際に、風で舞った砂漠の砂が太陽光パネルに堆積することが原因で発電量が低下することが問題となっている。降水量の多い地域であれば雨によるクリーニングが可能であるが、砂漠という雨が少ない環境下では砂が除去されずに発電量が低下したままの状態になってしまう。この問題の解決策として人為で掃除を行っているが、人件費などのコストがかかってしまう。そのためこの問題に対する自動化が求められている。太陽電池パネル上に電極を組み込んだガラスを搭載し、進行波電界を利用し砂を除去しよう考えた。現段階では、静電クリーニングシステムを用いて堆積した砂を8割程度までクリーニングすることに成功した。しかし、砂の堆積量が増加すると砂の除去効率が大きく減少することや、大型化する上でコストが高くなるため砂漠環境下での開発までには至っていない。これを受けて、本研究では試作基板の作成、堆積物対策へのアプローチ、実使用環境を想定した実験、システムの性能向上を目的としている。

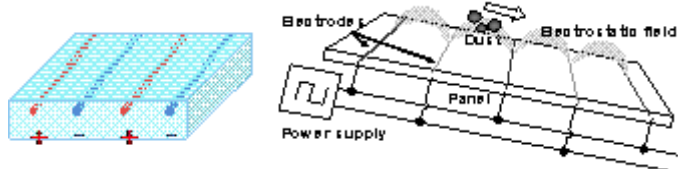
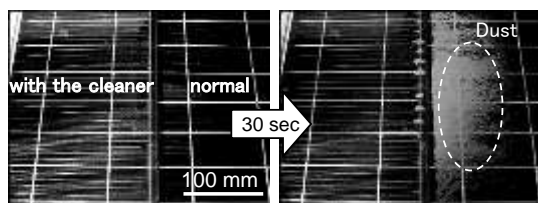


図1 静電クリーニングシステム(2相)原理図

2. 静電クリーニングの原理

本研究では、図1のような静電クリーニングシステムを用いている。この原理を以下に示す。電極に位相の π ずれた交流電圧を印加すると、隣合う電極に電位差が生じる。その電位差によって、電界が形成される。この電界から基板上にある粒子がクーロン力や分極力を受け移動する。これを平らな状態で設置しても、粒子は左右に移動するだけになるが、太陽電池パネルは通常 20 deg の傾斜をつけて設置しているため、静電力に加え重力も作用し、粒子は下方向に落下する。以上が静電クリーニングの原理である。



(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)

3. 研究成果

今回用いた砂はカタールの砂で、試作した基板を用いて静電クリーニングシステムの性能評価をおこなった。クリーナー基板全体が均一になるように砂を堆積させ、交流電圧を印加し静電クリーナーを稼働させる実験(堆積方式)である。おこなった実験は全て、印加電圧波形が方形波となっている。実験の様子を図2に示す。左側半分は静電力が作用し、クリーニング後に砂が除去されているのがわかる。クリーニング効率の評価方法は、砂の堆積量をクリーニング後の堆積量の比で算出した。実験結果を図3に示す。印加電圧は高く、周波数域は低い方がクリーナーの性能が良くなり、また最適条件下においては、クリーニング効率は80%を超えることが確認できた。

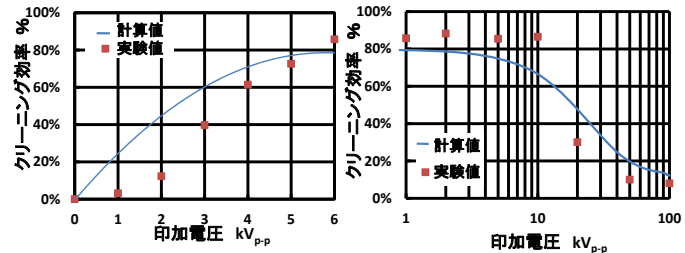


図3 静電クリーナー基板の基礎特性 (カタールの砂, 堆積方式, 1 Hz, 10 g/m²)

静電クリーニングシステムの性能評価をおこなうため、剛体球モデルの個別要素法を用い、挙動計算をおこなった。各々の粒子に対して成り立つ運動方程式をルンゲクッタ法により微小時間毎に解き、粒子の挙動を求めた。運動方程式で考慮した力は、クーロン力、分極力、鏡像力、付着力、空気抵抗、重力である。運動方程式を式(1)に示す。

$$m_i \ddot{x}_i = F_{coulomb} + F_{polarization} + F_{airdrag} + F_{adhesion} + F_{gravity} \quad (1)$$

$$I_i \ddot{\theta}_i = 0$$

図4に基板上的の砂の様子を実験と計算で比較する。数値計算によって傾向、値ともに実験を再現できており、実験の定性的な一致が確認できた。

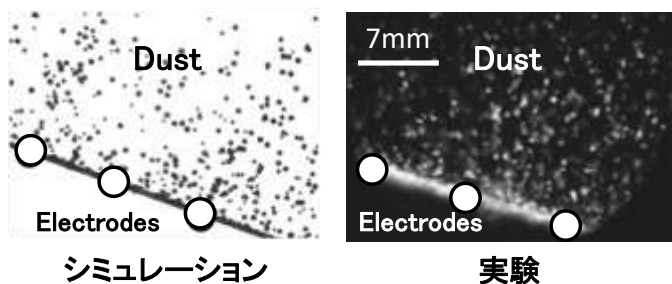


図4 実験と計算の挙動の比較 (電極間ピッチ 7 mm, 6 kV_{p-p}, 1 Hz, 10 g/m², 粒子数 5000 個)