

1. 氏名	安達 真聡
2. 所属機関	京都大学大学院工学研究科・機械理工学専攻
3. 研究題目	振動と組み合わせた太陽光発電パネル用の静電砂塵クリーニングシステム

4. 研究の目的:

持続可能な開発目標（SDGs）を達成するためにクリーンなエネルギー源として太陽光発電技術の重要性が高まっており、発電を効率的に行うために、日射量も多く、降雨の少ない砂漠地域における大規模発電設備の建設が進められている。そのような地域の課題として、砂嵐により舞い上がった砂が太陽光発電パネル表面に堆積し、太陽光の入射を妨げて発電量を低下させるという問題がある。砂漠のような過酷な環境下では、貴重な資源である水の利用を抑制し、ダスト清掃を実施する人やロボットへの負担を軽減するようなクリーニング技術が求められている。本研究の目的は、太陽光発電パネル表面に堆積した砂を静電気力により自動除去するシステムについて、振動と組み合わせた機構を開発し、その除去性能についての基礎特性を明らかにするものである。これまでの研究で、静電気力のみを使用した場合に付着力の影響が強い小粒径粒子や凝集した粒子が除去できないという課題が確認された。本研究では、静電場に加えて振動を与えることにより、それら粒子の除去率向上を目指す。また、振幅や周波数などの各種振動条件を個々に変化させた状態で試験を行うことにより、どの振動条件が静電場を利用した粒子除去に効果的なのかについても調査を行う。

5. 研究の内容(手法、経過、評価など。書ききれない場合には、同一様式のページを追加してください。):

静電砂塵クリーニング機構は、進行波電圧出力用電源とクリーニング基板によって構成される。クリーニング基板には透明電極によるパターンが形成されており、そこに電圧を印加することで進行波の電場が基板上に形成され、その上に堆積した粒子を外側へ除去することができる。本研究では、図 1 に示すような水平方向と鉛直方向の加振台を製作し、その上に静電砂塵クリーニングシステムの基板を乗せて試験を行った。これらの加振台はリニアステージやブッシュに拘束されており、水平・鉛直のそれぞれの方向にのみ振動する。この加振台は、積層 Piezo アクチュエータによって加振され、その振幅や周波数は積層 Piezo アクチュエータに印加する電圧やその周波数によって制御することができる。この実験では試料として、自然の砂である月の模擬砂を使用した。この粒子を各粒径に分類したものをクリーニング基板上に堆積させ、静電場と振動条件を変化させた際の試験前後の粒子堆積量を除去効率として評価した。本研究では試験の都合上、今回の加振台を用いているが、加振方法の工夫によって小型・軽量の装置を作製することができ、その基板を砂が付着する面上に設置することで様々な機器のクリーニングに応用することができる。

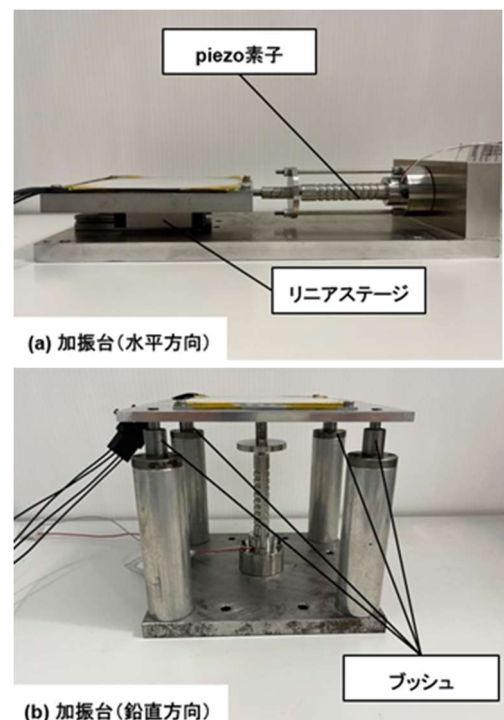


図 1 実験装置の写真。水平方向と鉛直方向の加振台上で静電砂塵クリーニングシステムの実験を行う。

6. 研究の成果と結論、今後の課題:

図 2 と図 3 に水平方向と鉛直方向の振動条件を変化させた際の各粒径に対する除去効率を示す。それぞれの方向の振動について、振動強度 ( $1G = 9.8m/s^2$ ) と振動周波数を条件として変化させている。また振動を与えずに静電場のみを与えた場合の結果も参考として併記している。この結果より、鉛直方向よりも水平方向の振動を与えた際に、どの粒径であっても除去効率が改善していることが確認できる。大粒径の粒子については、慣性の効果が大きいいため振動によって基板の外側へ移動するための力が大きく働いたためと考えられる。小粒径と中粒径の粒子に対しては、水平方向の振動によって粒子と基板間にせん断力が発生し、基板との付着力低減や凝集低減によって、静電気力で除去できる粒子量が増加したと考えられる。また、振動振動強度が大きくなるにつれて除去効率が向上することも確認できた。

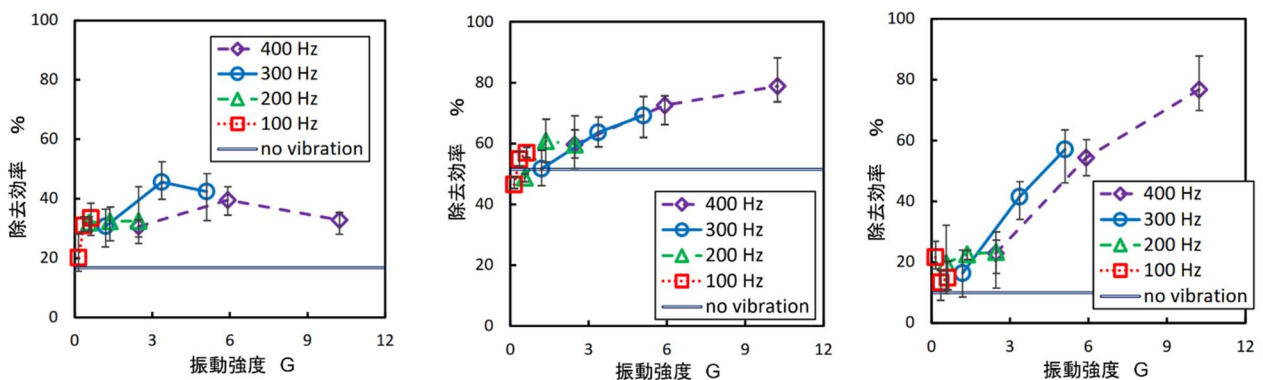


図2 水平方向に振動を与えた場合の各粒径粒子の除去効率

(左) 小粒径:25μm以下, (中央) 中粒径:50-75μm以下, (右) 大粒径:250-500μm

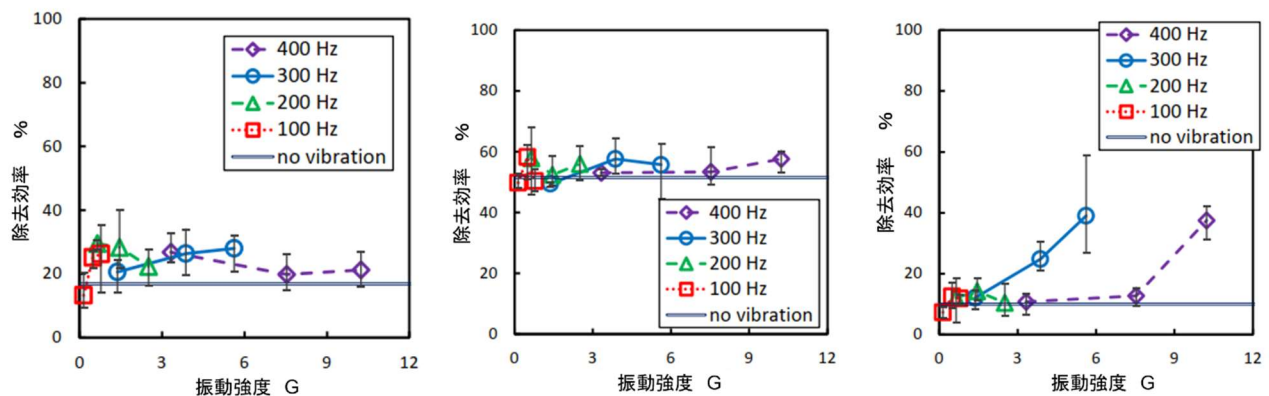


図3 鉛直方向に振動を与えた場合の各粒径粒子の除去効率

(左) 小粒径:25μm以下, (中央) 中粒径:50-75μm以下, (右) 大粒径:250-500μm

以上のように、静電砂塵クリーニングシステムに振動機構を組み合わせた場合の、各振動条件が粒子除去に及ぼす影響について明らかにすることができた。今回使用した振動は比較的低周波数のものであり、今後は超音波振動などの高周波数条件下での影響についても調査を行いたい。

## 7. 成果の価値

### 7.1\_学術的価値:

本研究はいわば静電粒子ダイナミクスとでも称する現象を扱うものであり、粒子除去を達成するためには粒子に加わる外力バランスと粒子運動の制御が重要となる。本研究のように、静電場に振動を加えて粒子運動を制御するという試みは過去にも行われているが、各種振動条件を変化させた際の静電場中の粒子ダイナミクスについて調査・報告されたものは殆どない。粒子除去効率を向上させる振動条件を明らかにできたことに本研究成果の価値がある。

### 7.2\_社会的価値:

本研究で着目した静電砂塵クリーニングシステムを応用して、地球上陸地の1/4を占める砂漠中の太陽光発電パネルの性能回復を達成することは、世界中の発電量比率における再生可能エネルギーの比重を大きくすることに直結し、それはSDGsの課題でもあるクリーンなエネルギーで豊かな生活を実現することに他ならない。また、粉体は至る所に存在する基本的材料であり、それらのハンドリングにも応用できることから本研究成果の応用範囲は広い。

### 7.3\_研究成果:

#### ・「研究論文(原著)」

本研究成果について2件の論文投稿を準備中である。

#### ・「国際会議発表」

- Masato Adachi, Shunsuke Mitsunaga, Naoya Hatano, Electrodynamic Dust Shield for Cleaning Lunar Regolith under the Effect of Vibration., 34th International Symposium on Space Technology and Science, 2023-k-7, 6 pages, 2023年6月
- Masato Adachi, Electrodynamic Dust Shield Using Active Particle Charging., Electrostatics 2023, Session 13, 2023年9月