

	太陽電池パネル上に堆積する砂の静電クリーニング
047 井上 裕介, 424 若松 寿明	
<p>世界の人口増加に伴いエネルギー需要も増加している。そして、石油などの有限な地下資源の枯渇の懸念や、大量に排出される二酸化炭素による地球温暖化への影響などが問題として挙げられている。そこで、再生可能なエネルギーを利用した発電方法の中でも、メンテナンスが容易、太陽光のみで手軽に発電できるなどの理由から太陽光発電が注目を浴びている。継続的に高い日射量が確保できる、広大な土地を利用した大規模な発電が可能であるという点から砂漠に太陽電池を設置する大規模発電プロジェクトが多く進行している。</p> <p>しかし、太陽電池上に砂が堆積して発電量が低下するという問題がある。現在は人為で定期的なクリーニングを行っているが、高温下での長時間に及ぶ清掃作業でることや人件費などのコストが問題となっている。そこで、この問題を解決するべく駆動部がない、自動のクリーニング機構として静電力を用いた砂のクリーニング機構を提案する。本研究では平行線電極間に交流電圧を印加し、発生する静電定在波によってダストを排出するものである。電極への印加電圧、砂の堆積量や堆積方法、実際の運用を想定した実験など様々なパラメータを変化させ実験を行い、静電クリーニングシステムの性能を評価した。その結果以下の知見が得られた。</p> <p>(1) 1日稼働時の性能は電界強度に大きく影響されるが、電極形状は大きな影響は与えない。 (2) 砂漠に発生する朝露により、ダストがセメント化し、クリーニング効率が低下する。 (3) システムが複数日連続で稼働する場合、電極形状を波型とする方が平行型より性能がよい。 (4) 波型のシステムは加振により1日、複数日の両方で性能が向上する。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>	

	火星環境における電気集塵機構の開発
098 荻野 雄輝	
<p>人類が火星上に長期滞在し、安全かつ効率よく作業を行うためには、酸素の存在が必要不可欠となる。火星大気のおおよそ95%が二酸化炭素で構成されていることから、二酸化炭素を電気分解することにより酸素を生成する装置が必要となる。酸素を生成することで、人間の生命維持だけでなく帰還時のエネルギー源にもなることが期待される。しかし、火星大気中には粒径約10 μmの微小なダストが浮遊しており、酸素生成装置内に混入することで装置の故障、あるいは実際に火星上で作業する宇宙飛行士への健康被害へと繋がる可能性がある。そこで我々は、火星上に存在するダストの除去を目的とした電気集塵技術の研究を行った。本研究では、より実際の火星に見立てた環境で実験を行い、装置内に二酸化炭素を充填させた状態で同軸円筒型集塵機構、および線対平行板型集塵機構の性能評価を行った。また、砂の組成の違い、粒径の違いによる集塵率の違いについても調査した。本研究では以下の知見が得られた。</p> <p>(1) 大気圧下において、主に火星砂を構成する三要素(二酸化ケイ素、酸化鉄、酸化アルミニウム)それぞれにおける集塵率の傾向は定性的に一致した。 (2) 同軸円筒型集塵機構における集塵率の印加電圧特性に関して、空気環境と二酸化炭素環境とで結果はほぼ変わらなかったが、二酸化炭素環境では空気環境に比べて、放電限界電圧が高いため、より高い集塵率を実現できることが分かった。 (3) 大粒径粒子は、圧力に関係なく比較的集塵されにくい傾向にあることが確認できた。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>	

	イオン風を利用した火星環境下でのガス導入技術の開発
360 丸山 大二郎	
<p>近年、惑星の有人探査が注目されている。惑星の有人宇宙探査において必要となるのが、現地で活動をする宇宙飛行士が安全で効率よく作業できる環境である。NASA では、火星大気の 96 % を占める二酸化炭素から電気分解により酸素を生成する装置(MOXIE)の開発を進めている。MOXIE は火星大気中の二酸化炭素を蓄積、圧縮し、酸素を生成する。火星上で酸素を生成できれば、人間の生命維持活動や帰還時の燃料として利用することができ、材料や輸送に関するコストの削減につながる。MOXIE では二酸化炭素を吸入するためにスクロールポンプが採用、開発されているが、火星大気中には非常にダストが多く舞っており、そのまま吸入すると装置の故障や宇宙飛行士への健康被害につながる可能性がある。従ってスクロールポンプに吸入する前に大気中のダストを取り除く機構が必要である。そこでダストを取り除く機構に吸入する技術としてイオン風を利用したシステムを考案している。このシステムは駆動部を持たなく、単純な構造・制御で運用できるという利点を有している。このシステムは、針状電極に電圧を印加し、不平等電界が著しく、局部的に電界が強くなる箇所で行われるコロナ放電を利用しイオン風を発生させることによって空気の流れを作る。本研究では火星環境 700 Pa において使用可能か検討した。本研究で得られた知見を以下に示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 電極間距離 0 mm で風速が最も大きくなる。 2. 風速は印加電圧の正負による影響を受けないが、印加電圧の増加に伴い風速が大きくなる。 3. イオン風の大きさは放電極の形状に依存する。 4. 圧力 700 Pa においてもイオン風は発生するため、火星での使用も可能であると考えられる。 <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>	

	磁気力を用いた月・火星土壌のサンプリングシステム
069 江川 理恵子	
<p>地球外天体に存在する資源や未知の生命体の発見を目的として、月や火星の探査を行う計画がある。この計画を達成するには、天体上の土壌試料の調査、分析が重要であり、試料を回収する機構が不可欠となる。現在、月および火星の土壌試料の回収機構として、ドリルやスコップを用いた掘削方式が主に用いられている。しかし、この掘削方式は機械的な遠隔操作で実行されるため、正確な制御が必要であり、故障のリスクが高く、かつ複雑な駆動部が多く存在するというデメリットがある。そこでわれわれは、制御や構造がシンプルであり、より信頼性の高い回収機構の開発をするために、月および火星の土壌が磁性を持つことに着目し、磁気力を用いて試料を捕捉・搬送することが可能なサンプリングシステムを開発した。これらを踏まえ、本研究では試料を 1m 搬送することを目標に、コイルを複数用いた多段式磁気サンプリング・搬送システムの開発を検討した。また、実際の宇宙環境で使用の際に求められる条件である、システム全体の軽量化と低消費電力化を考慮し、コイル、電源電圧、コイル間インターバル時間を選定した。この機構を利用して試料の搬送実験を行った結果、以下の知見を得られた。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 磁界中の粒子の挙動は、磁束密度と静電容量に大きく依存し、両者の適切な組み合わせにより、大量の粒子の搬送が可能となる。 (2) 2 段コイル間のインターバル時間の適正值は、コイル間隔に依存する。 (3) 1m の長距離搬送において、コイルの段数を増やすと、粒子の最大搬送距離が長くなる。 (4) 直線型の搬送機構と比べて、階段型搬送機構のほうが粒子搬送性能が高い。 <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>	

	<p style="text-align: center;"> piezoアクチュエータを用いた月レゴリスの振動搬送機構</p>
	<p style="text-align: center;"> 096 小川 隼人</p>
	<p>現在、宇宙開発計画において月が注目されており、月に長期滞在する人間が必要な物資を現地で調達する ISRU という構想がある。月面上に存在するレゴリスから物資を精製できることが報告されているためそのレゴリスを搬送する機構が必要である。そのため搬送装置は機械的駆動部の構造はシンプルであることが求められるため、振動搬送機構を開発している。先行研究では誘電性エラストマアクチュエータを加振源として使用していたが性能の劣化が早いことが問題であった。そこで我々は性能が安定し、消費電力の少ない piezoアクチュエータを加振源として使用することを考えた。 piezoアクチュエータは逆圧電効果により電圧を印加すると変位が生じる。したがって交流電圧を印加することにより振動が生じ、加振源として利用できる。しかしながら、加振源としての使用を検討した際、変位量が小さいことが問題となるため変位量を増幅させる必要がある。本研究では piezoアクチュエータの変位を増幅させる機構の調査及びその機構を用いて粒子搬送実験を行った。以下が本研究で得られた知見である。</p> <p>(1)変位増幅機構を用いることにより変位を増幅させることが可能であり、その増幅率は約 4.25 倍であった。</p> <p>(2) piezoアクチュエータを用いた変位増幅機構を加振源として組み込んだ搬送装置で粒子を搬送することが可能である。</p> <p>(3)加振角度が 45° で粒子の搬送速度は最大 39mm/s となり計測した中で最も良い値となった。</p> <p>(4)周波数を上げることにより搬送板の振動加速度が上がり搬送性能は上がっていくが、高周波域では振動が不安定なため装置の改善が必要である。(指導教員 川本 広行)</p>

	<p style="text-align: center;">真空中における月レゴリスの静電分級機構の開発</p>
	<p style="text-align: center;"> 034 市川 諒</p>
	<p>月は地球から最も近い天体で、宇宙探査の前進基地として再度注目を浴びており、長期間の月面探査を行う上で、 ISRU(In-Situ Resource Utilization)と呼ばれる現地の資源を有効利用する計画が検討されている。これは、月面上に核融合の原料となるヘリウム 3 や鉄などの鉱物が豊富に存在することに由来する。また、月面上には月レゴリスが大量に存在し、その表面に希少金属を含むという特徴がある。豊富な資源を有効利用する上で、体積に対する表面積の割合が大きい小粒径粒子を選別し分級することは重要である。地球上では気体や液体を利用した分級が主であるが、月面上で上記の媒体を入手することは困難な上、地球から輸送するにもコストを要する。そこで、月面環境でも使用可能な静電力を利用した分級機構を開発した。本機構は、位相をずらした 2 相の交流電圧を縞状に配置した電極に印加することで、電極表面に不平等電界を発生させ、静電力によって繰り返し粒子を飛翔させるものである。小粒径粒子ほど慣性力よりも静電力が支配的になり高く飛翔すると考えられる。これを利用して、電極基板上方部に回収ボックスを設置し、小粒径粒子の分級を行った。印加電圧や回収高さをパラメータに高真空下で性能試験を行ったところ、以下の知見を得た。</p> <p>(1)これまでに開発した分級機構では 10 μm 以下の粒子の収率が 0.1 % 未満であったのに対して、飛翔した粒子を機構内に残留させることで、収率が大きく向上した。</p> <p>(2)小粒径粒子を分級するには、印加電圧を下げることで回収する高さを高くすることが有効である。</p> <p>(3)印加電圧 0.6 kVp-p、回収高さ 90 mm のとき 10 μm 程度の平均粒径で 8 % の収率が得られた。(指導教員 川本 広行)</p>

	宇宙環境における進行波電界を用いたルナダスト除去機構
--	----------------------------

307 秦 一弘

"月面にはルナダストと呼ばれる微小な月土壌が存在し、それが太陽電池パネルや光学系レンズ上に堆積することによる機能の低下や探索活動への障害が懸念されている。そのため、堆積したルナダストの除去は月面探査機の研究開発する上での重要な技術的課題である。また、月面には低重力や高真空、放射線場等の特異な環境に加え、赤道上では $-130\sim 120$ °C の温度サイクルが存在する。そこで、われわれは進行波電界を用いたルナダスト除去機構の開発を行い、月面環境での本機構の有効性について研究してきた。本機構は、静電力や誘電泳動力により帯電粒子を搬送する技術を応用しており、渦巻き状の ITO 透明電極をパターン印刷したガラス基板に電極間絶縁材と表面保護のガラス板から成る 3 層構造で透明性を確保している。本研究では、様々な月面環境因子の中で真空と温度に注目し、それぞれの因子を変数に本機構の除去性能を評価した。さらに、月面環境での除去性能向上を目的に、高振幅・低振動数の加振機構を付与した機構の改良や、電極間絶縁材を変更したときの除去実験を行った。本研究で得られた知見を以下に示す。

(1) 10^{-2} Pa の高真空中では、大気圧中と比べて除去できない残留粒子の平均粒径が大きいため、光透過率における性能は大気圧中に比べて向上することが分かった。

(2) 振動除去では、凝集の解消により高真空中と大気圧中共に除去率が向上した。

(3) 高真空中では大気圧中に比べて温度上昇による除去性能低下が緩やかであり、 100 °C 程度までは常温と同程度の除去性能が維持できることが分かった。

(指導教員 川本 広行)