

第27回衛星設計コンテスト

アイデア概要説明書

応募区分 ジュニアの部

1. 作品情報・応募者情報

作品名（20文字以内）	熱電発電による火星での最良発電
副題（自由記入）	
学校名	山口県立山口高等学校

2. ミッションの概要（プレスリリース等で使用するので、200字程度でわかりやすく表現して下さい。）

火星での人類の生活を可能にするため、効率の良い発電方法を見つけることを目的とする。火星に発電装置を輸送し、組み立てるのに適している方法について検討した結果、軽くて構造の簡単な熱電素子（ペルティエ素子）に注目した。火星に存在するドライアイス（CO₂）を低温側に、太陽の光を高温側の熱源として利用し、これらの温度差を熱電素子に与えて発電するシステムを火星に構築する。

3. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

(a) 目的（今回考えたアイデアを何に利用するか等）

人類が火星へ移住するためには、火星の環境における効率の良い発電技術を確立することが不可欠である。火星における発電方法について検討し、火星への移住を可能にすることを目的とする。

(b) 重要性・技術的意義等（ex: 宇宙空間で利用する理由、他にない技術など）

熱電素子は薄い板状であり、軽量で装置の仕組みが比較的簡単である。そのため、宇宙への輸送や、発電装置の組み立てに有利である。また二つの面の温度差により、電力が発生するという性質を持っている。この性質を用いれば、火星の地下に豊富に存在するとされる、ドライアイスや氷を利用した温度差発電ができるという点で、火星での利用に最適であると考えられる。また、原子力発電よりも安全であるという長所も持っている。この性質を利用すれば安全で効率の良い発電ができると思う。

4. アイデアの概要

私たちは、低温側に火星の地表のドライアイス、高温側は太陽光を使って持続的に温度差を与えることとした。高温側の加熱に、山口高校の生徒が考案した太陽光のリフレクターを応用したソーラークッカーを利用しようと考えた。

太陽光を集め、熱電素子の片面を加熱し、もう一方の面をドライアイスに接触させることで、熱電素子の両面に温度差を与えれば、熱電素子で効率的に発電できると考えた。また、先行研究（山口高校2018年）では本校グラウンド上で、太陽の照度90.9~110.2kluxで集光開始から1時間後に表面温度が気温より約40℃高くなった。この仕組みを利用すれば、安定した発電量を維持できると考えた。

【効率の良い光の集め方】

火星には豊富なドライアイスがあると考えられているため、熱電素子の低温側については十分であるが、高温側は工夫してより熱を集めることが必要だと思った。山口高校で昨年開発した太陽光リフ

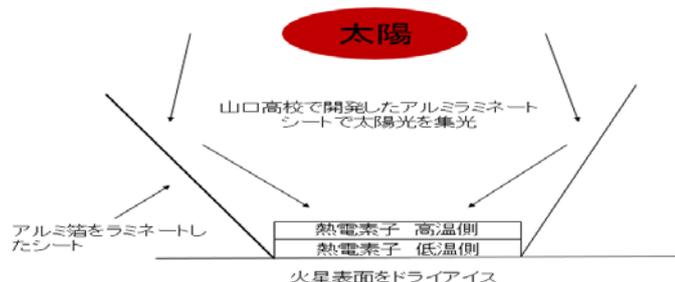


図1 火星のドライアイスと太陽光を利用した熱電素子による発電

レクターでは、正午あたりでしか効率よく光を集めることができず、太陽と連動して動く太陽光リフレクターを考案する必要があった。火星の気温変化に応じて体積が変化する物質を注射器に入れ、その体積変化によって、太陽の一日の移動に対応する装置を考えた。また、注射器は直接日光を受けるのではなく、地表からの熱を受けると考えた

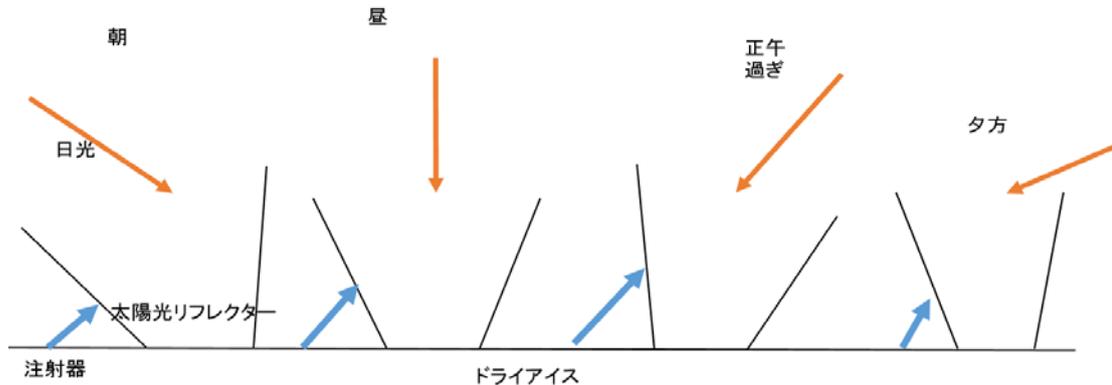


図2 日光の向きとそれに対応する太陽光リフレクターの一日の推移

- [朝] 夜間の気温の低下により、注射器の体積が小さくなるため、注射器と接続している太陽光リフレクターの面が下がり、それに応じて棒で接続された反対側のリフレクター面が上がる。これにより、太陽が上がってすぐに太陽の光を熱電素子にあてることができる。
- [昼] 温度上昇に伴って注射器の体積が増え、二面の高さが等しくなる。太陽高度が最も高くなる正午頃には、熱電素子が直接受ける太陽光が最大になり、加えて、太陽光リフレクターによる反射光も熱電素子に届く。
- [1時頃] 気温が最も高くなり、注射器中の気体の体積は最大となる。この時、注射器にあたっている面が地面に対してほぼ垂直になる。
- [1時頃～日没] 太陽光をもっとも効率よく集光することはできないが、太陽の動きを後で追うように気温が推移するため、日没までは発電することができる。
- [補足事項] ドライアイスを入れた注射器を太陽光リフレクターに接続し、ドライアイスの昇華に伴ってリフレクターが移動するか確認した。すると、注射器中のドライアイスが昇華し、ピストンが押し出され、太陽光リフレクターを持ち上げることに成功した。

【実験】

太陽光リフレクターを付けることの効果を検証することを実験の目的とした

<方法>

1. 底面が4 cm × 4 cmの大きさの太陽光リフレクター装置を作成した。
2. 太陽の代わりに50Wの電球を用いた。一日の太陽の動きを考えるため、電球とリフレクター、地面のなす角度が、30度、60度、90度、120度、150度の5段階となるように設置した。
3. 電力が安定したら、その値を記録し、それぞれの条件でこれを10回繰り返す。

<結果>

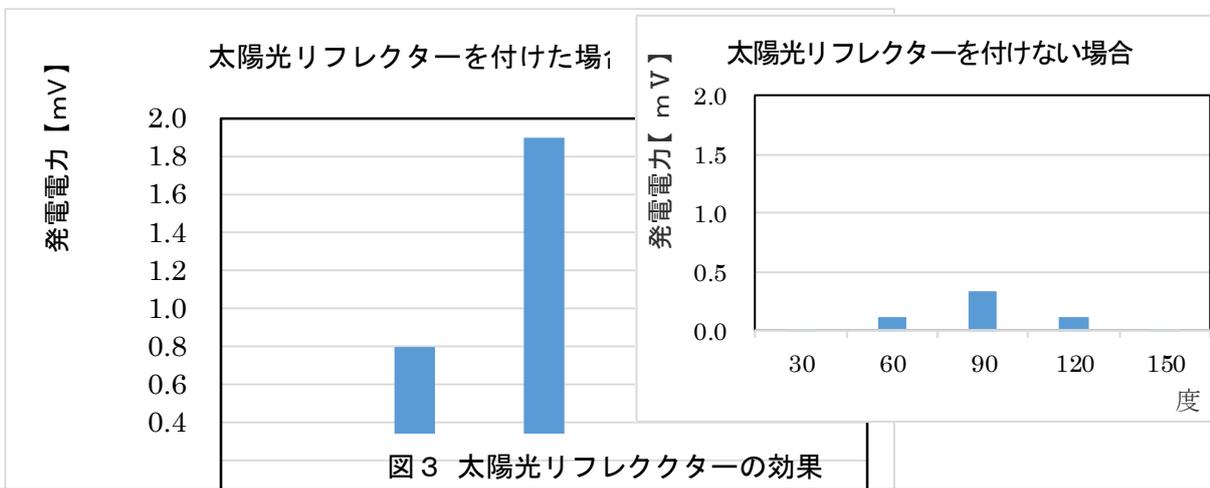


図3 太陽光リフレクターの効果

<考察>

私たちが考案した太陽光リフレクターを使用した場合は、太陽光リフレクターを用いない場合に比べて、一日の平均で約7倍高かった。これにより、太陽光リフレクターは火星において、効率よく熱を確保するためにふさわしいと考える。

【火星での発電量の予想】

地球の太陽定数は $1336\text{w}/\text{m}^2$ であり、そこから地球大気などによっておよそ50%が失われ、地球の表面に届く太陽エネルギーは約 $683\text{w}/\text{m}^2$ となる。また、火星の太陽定数は $593\text{w}/\text{m}^2$ で火星での大気は地球の大気の密度の100分の1のため火星の表面に届く太陽エネルギーは失われないものと仮定し、 $593\text{w}/\text{m}^2$ とする。これより火星上での太陽エネルギーは地球の0.87倍である。熱電素子（参照：熱電素子KELKの熱電発電モジュール、質量 $4.7 \times 10^{-2}\text{kg}$ の場合）は、250度の温度差をつくると24W発電する。また、私たちが製作した太陽光リフレクターを用いた場合、約40度の温度差を作ることができたため、これを火星での条件に当てはめて計算すると、ひとつの熱電素子で1日に3.1W発電できると考えられる。

【太陽光発電との比較】

先ほどの太陽定数の考えにより、地球上で250W発電する太陽光パネルは218W発電すると予想される。（参照：太陽パネル：三菱PV-MA2500N、質量16kgの場合）ここで、同質量あたり発電量を求めると、熱電素子は16kgあたり、709W発電することができ、太陽光発電の約3.3倍の電力を同質量から得られると考える。

5. 得られる成果

軽量で輸送に便利な熱電素子を利用した最良の発電が可能となり、火星での電力供給に困らなくなると考えられる。また、原子力発電や太陽光発電と比較して、大きな電力を安全に生み出せる可能性がある。

6. 主張したい独創性または社会的な効果

宇宙への物資の輸送は、現在の技術では莫大なコストがかかることが大きな課題となっている。そのため、非常に軽量で、一定の条件下では安定した電力を供給できる熱電素子を利用した発電は、火星等で非常に有効に利用できると考える。さらに、現在の地球では、工業化の進行等により地球温暖化を始め様々な環境問題が起こっている。熱電素子による発電では、温室効果ガスを全く排出しない。そのため、この技術は地球の環境保全にも役立つと考える。

以上