

摩擦で電気を作る

秋田県立横手高校 物理1班

担当教員 瀬々 将吏

リーダー 壽松木 拓真 高橋 暖 高橋 馳広

高橋 真啓 山下 弘介 島田 果凜

1. 研究背景・目的

TENGとは摩擦帯電型ナノ発電機(Tribo electric Nano Generator)の略称である。摩擦帯電効果と静電誘導の組み合わせによって、外界の力学的エネルギーを電気エネルギーに変換するエネルギーハーベスティングデバイスのことを指す。その動作原理は、互いに逆の摩擦電荷を帯びた二枚の膜が接触と分離を繰り返すことで、電位差が周期的に変化するというものである。(図1)

電荷はシートの表面に分布するため、シートの表面積が大きいほど発電量が大きくなると考えられる。この考え方に基づき、昨年度(2022年度)の本校生による先行研究では、発電シートの表面積と発電量の関係についての研究が行われた。シートの面積そのものは変えず、表面加工を施して表面積を増加させた。しかしながら、正確な表面積を得るのが難しく、また実験の再現性にも課題がみられたことなどから、表面積と発電量の関係を明らかにすることができなかった。

そこで、本研究ではまず基本に立ち返り、表面加工を施さずにシートの面積を変えた場合の発電量について研究を行うことにした。最終的に、表面加工を施して、より効率的に発電できるシートを作成することが目的である。

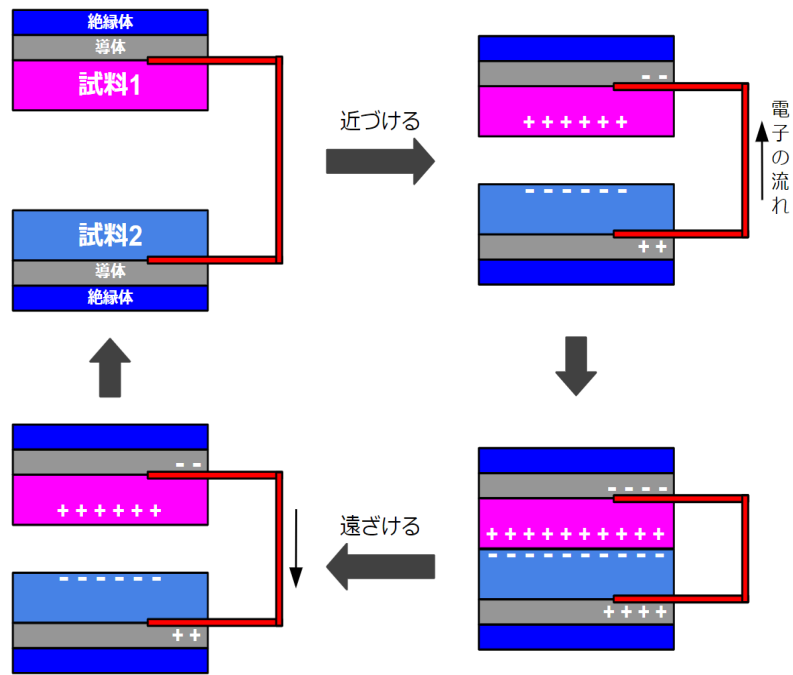


図1:TENGの動作原理

2.研究方法

今回の研究では、垂直接触-分離モードの発電シートを作成し、自作の装置を用いて実験を行った。

【発電シートについて】(写真1)

主な材料:銅(プラスに帯電しやすい)、シリコン(マイナスに帯電しやすい)、アルミホイル、セロハンテープ、プラ板、接着剤

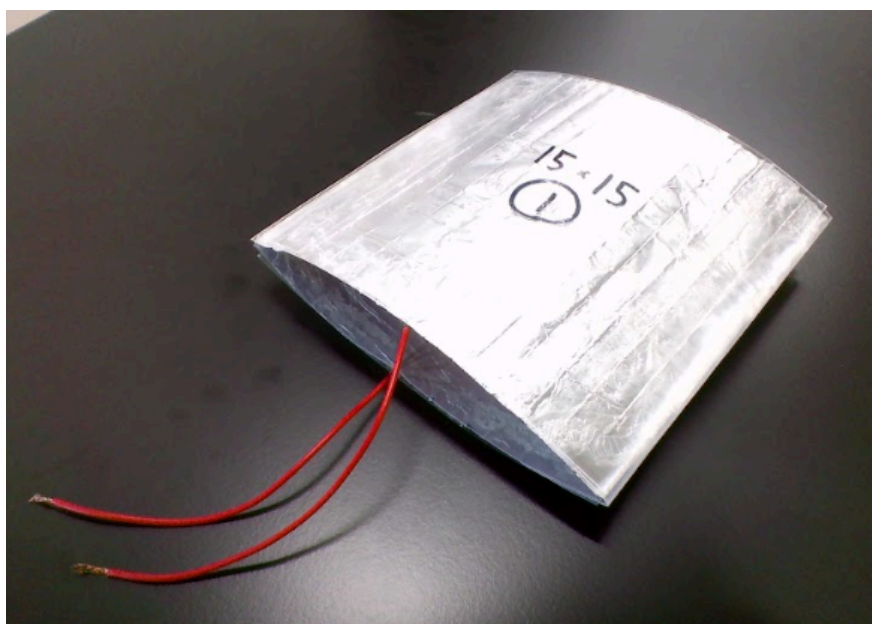


写真1:発電シート

【装置について】(写真2)

写真のように、シーソーのような形をしている。片方を手で押すことで、もう片方についてある重りが10cmほど持ち上がる。手を離すと重りが自由落下し、下に固定された発電シートを叩く。重りについてある板は、一辺が15cmの正方形である。

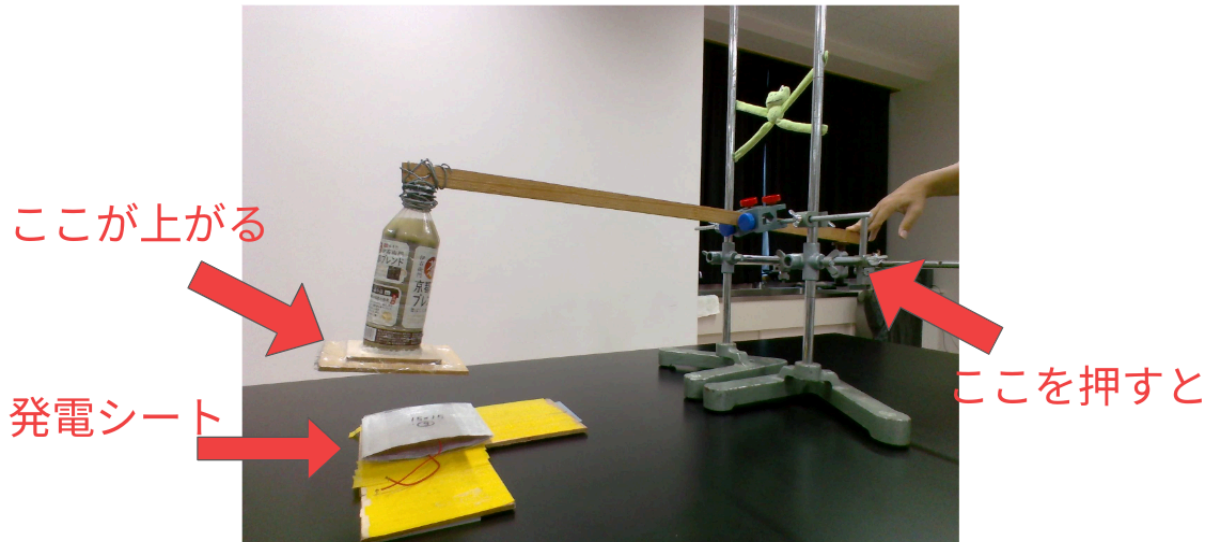


写真2:装置

【測定方法】

- ① 発電シートと抵抗(1M Ω)をオシロスコープに並列につなぐ。
- ② 装置を利用して発電シートを叩き(※)、波形を保存する。
- ③ 保存した波形から、電圧の最大値を求める。
- ④ 各シートにつき10回測定し、平均値を取る。

※外界の影響によって発電シート内部に溜まっていた電子の分を無視するため、複数回叩いてから波形を回収した。

3. 結果と考察

【実験1】試料の面積について

先行研究にあるように、発電シートの面積を大きくすると、計測される電圧も大きくなることを確認するために次の仮説を立てて実験を行った。

○方法

一辺が5cm、7.5cm、10cm、12.5cm、15cmの正方形の発電シートを用いた(写真3)。個体差を考慮し、1つの大きさにつき、3個ずつ発電シートを作成した。

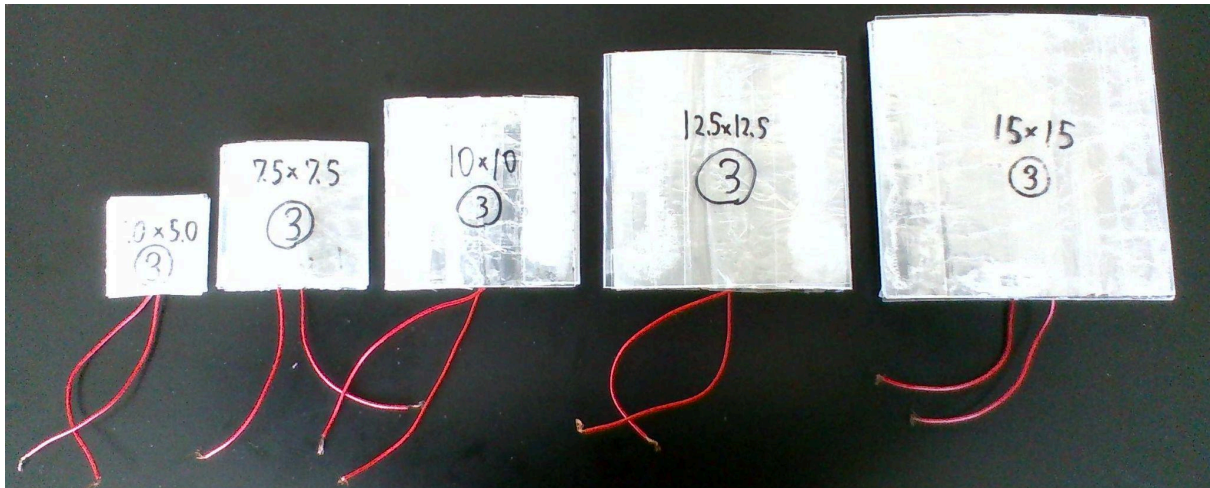


写真3:実験1で使用した発電シート

○仮説

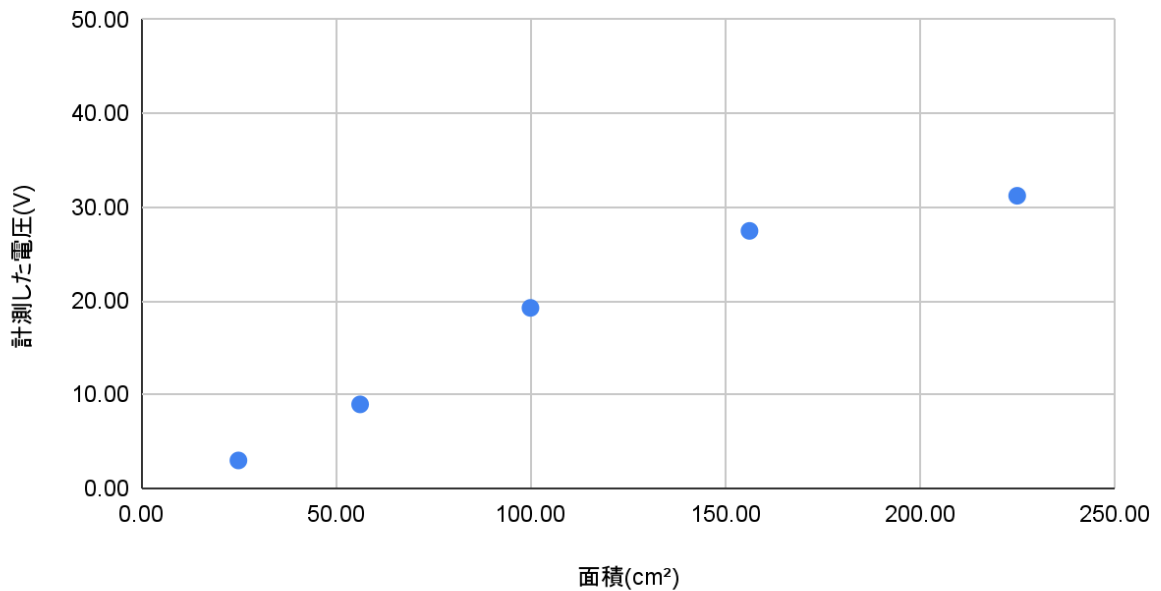
発電シートの面積と計測できる電圧には、比例関係がある。

○結果

結果はグラフのようになった。(グラフ1)

発電シートの面積が大きくなるほど、計測できる電圧は大きくなった。

計測した電圧(V) と 面積(cm²)



グラフ1:発電シートの面積と計測した電圧

○考察

- ・発電シートの面積と計測できる電圧には、比例関係があると考えられる。
- ・発電シートの面積を大きくすると、試料に含むことのできる電荷が大きくなるため、計測できる電圧が大きくなったと考えられる。

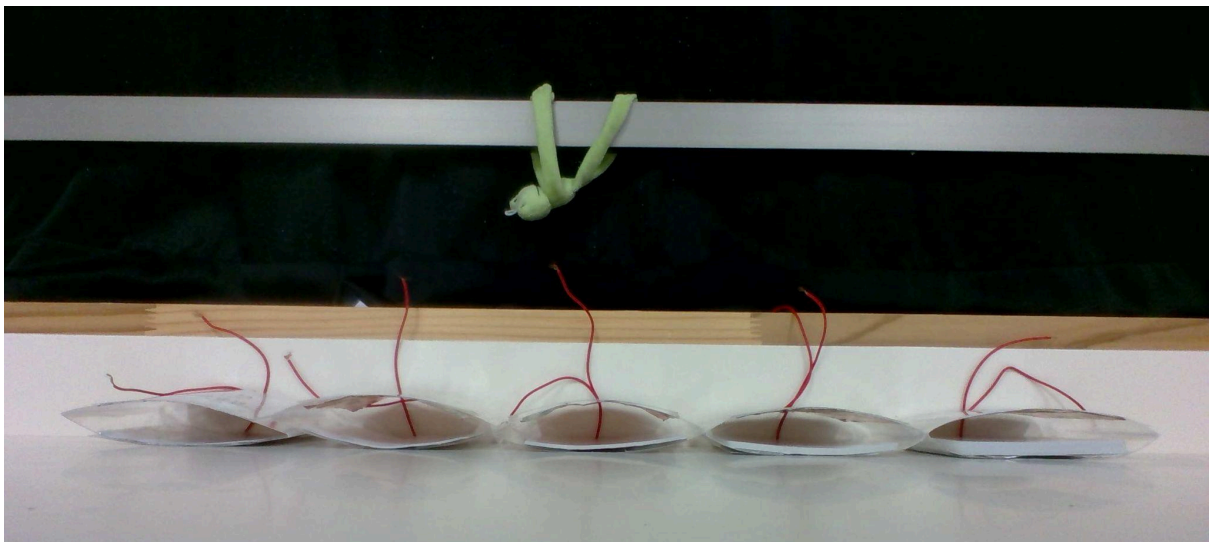
【実験2】試料の体積と電圧について

実験で表面加工をしようとする、試料の表面積だけでなく、体積も変わってしまうのではないかと考えた。そこで、表面加工をする際に試料の体積を揃える必要があるのか調べるため、試料の厚さを変えて実験を行うことにした。実験1より、試料の厚さが厚くなると試料に含むことのできる電荷が大きくなるため、計測できる電圧が大きくなると考えた。

○方法

利用した発電シートは 全て一辺が10cmの正方形に統一し、試料であるシリコーンの厚さを0.5mm、1mm、2mm、4mm、8mmに変更したものを各3個ずつ用意した。(写真4)

写真4:実験2で使用した発電シート



(左からシリコーンの厚さが0.5mm,1mm,2mm,4mm,8mm)

○仮説

発電シートの試料の厚さと計測できる電圧には、比例関係がある。

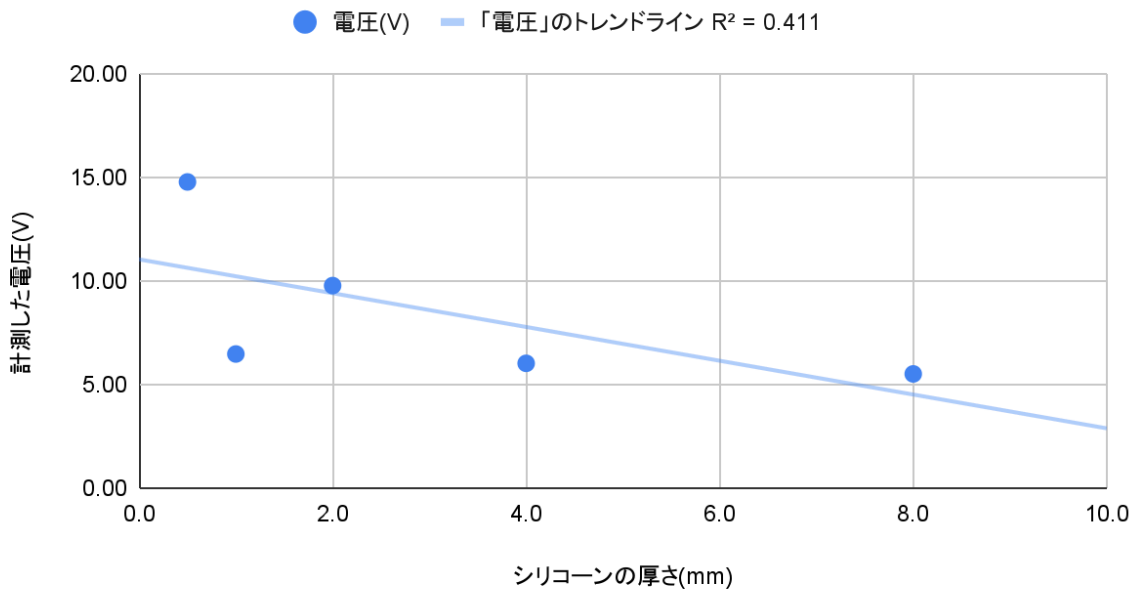
○結果

結果はグラフのようになった。(グラフ2)

はじめに、厚さ1mmのシートについて、叩いても電圧が計測されなかったシートが1つあったため、1mmの時のみ試行回数が20回となっている。

グラフより、概ねシリコーンの厚さが大きくなると、計測できる電圧が小さくなることがわかる。そこで、グラフの関係性を確かめるため、相関係数を求めた。すると、 -0.641 となり、負の相関があることがわかった。

計測した電圧(V) とシリコンの厚さ(mm)



グラフ2:シリコンの厚さと計測した電圧

○考察

・試料の厚さと計測できる電圧には、負の相関があると考えられる。

【実験2】の考察をうけて

TENGをコンデンサ(*)とみなすと、公式より、計測できる電圧は極板間の距離に比例する。このことから、試料を厚くすると試料同士の距離が近づくため、計測できる電圧が小さくなったのではないかと考えられる。

※コンデンサとは、面積が等しい2枚の金属板を向かい合わせ、それぞれを正と負に帯電させて電荷を蓄えることができる装置である。TENGとコンデンサはどちらも2枚の極板を使用しており、静電誘導によって電荷を蓄えたり電気エネルギーを取り出したりできるという点が類似していると考えた。また、次のコンデンサの公式から、計測される電圧が極板間の距離に比例することがわかる。

$$Q = CV \dots ① \quad C = \epsilon \frac{S}{d} \dots ②$$

$$\textcircled{1}, \textcircled{2} \text{より、} V = \frac{Q}{\epsilon S} d$$

(Q :コンデンサの電気量 C :コンデンサの電気容量

V :試料間の電位差 ϵ :誘電率 S :試料の面積 d :試料間の距離)

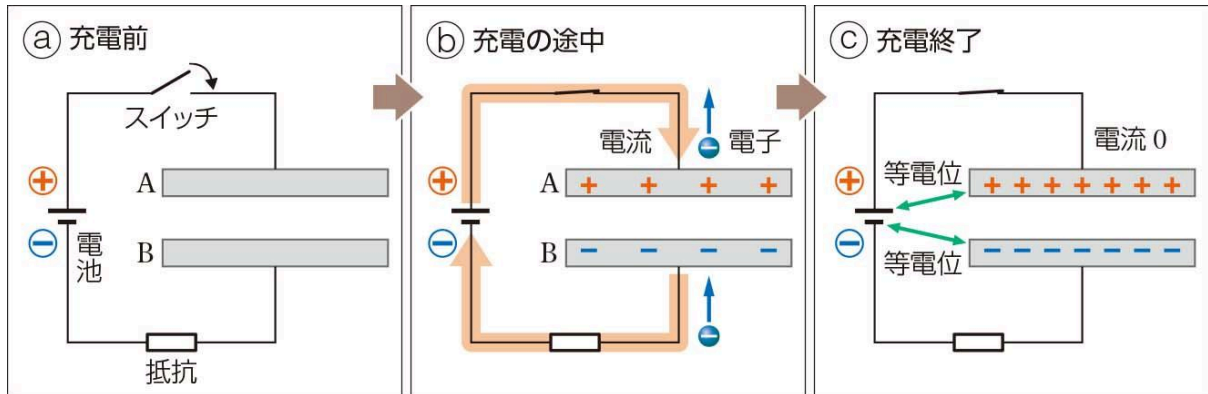


図2:コンデンサのしくみ

4. 今後の課題

今回は、表面加工を施しての実験までを行うことができなかった。今後は、これまでの結果をもとに、昨年度の課題であった、発電シートの表面積と発電量の関係についての実験を行いたい。

- ・発電シートの面積
- ・試料の厚さ
- ・試料に使用する物質の量
- ・試料同士の距離

これらの条件を揃えることで、発電シートに表面加工を施しても、より厳密な実験を行える
と考える。

5. 参考文献

- ウィキペディア

○前年度の研究成果

「摩擦で電気をつくる」

6.謝辞

秋田県立大学 岡本洋 先生

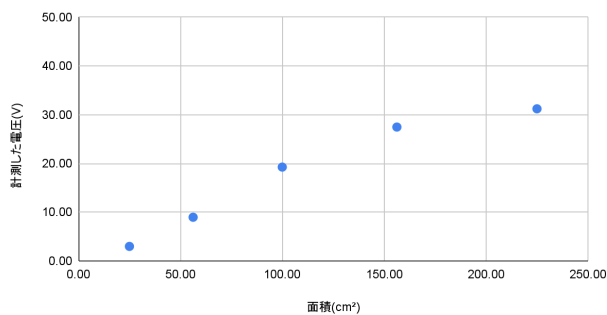
横手高校 瀬々将吏 先生

淡路紗恵子 先輩 佐々木奏音 先輩 鈴木太一 先輩 日沼和子 先輩

この研究は公益財団法人 齋藤憲三・山崎貞一 顕彰会の助成を受けました。

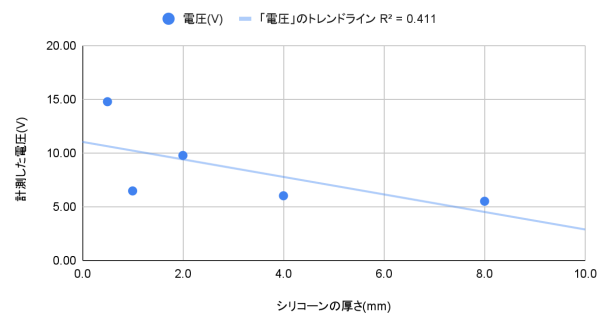
7.まとめ

計測した電圧(V)と面積(cm²)



グラフ1

計測した電圧(V)とシリコンの厚さ(mm)



グラフ2

- ・試料の面積と電圧には正の相関がある。
- ・試料の厚さと電圧には負の相関がある。

