

圧力発電はなぜ使われないのか

3513 日下部夢月 3615 鈴木康平 3527 平峯光珠 3638 山下広貴

歩く、座るといった日常的な行動から発電する方法について調べたところ、圧力を電気に変換する圧力発電に興味を持った。しかし、圧力発電は現在広く使われる発電方法となっていないことが分かった。そこから、自分たちは圧力発電が現在、有用な発電方法となっていない理由について調べることを目的にして、実験を行った。実験では、測定が上手くできなかったことが多かった。失敗の原因について考えたところ、電圧が圧力を加えるごとに小さくなってしまっているのではないかと考え、それを調べるために実験を行った。

1. 目的

圧力発電が現在、有用な発電方法となっていない理由を調べる。

2. 圧力発電とは

この論文では圧力を電気に変換して発電することを圧力発電とする。

今回作った発電機では、ユニモルフ型の圧電素子を用いた。

ユニモルフ型圧電素子（図 1）とは上部電極と下部電極で圧電材料と呼ばれるものを挟んだもので、上部電極の上から圧力を加え、圧電材料の中にあるプラスイオンがずれることによって電荷の偏りができ、電圧が生じる。



図 1 圧電素子

3. 今回作成した発電機

回路図は次の図である。（図 2）

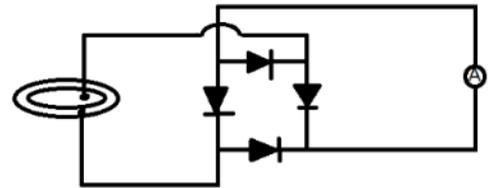


図 2 回路図

圧電素子は交流発電であるので直流に変換するために、電流を一方向にしか流さないダイオードを用いた整流回路を用いて直流に変換する。

4. 仮説

圧力発電が有用な発電方法となっていないのは、貯められる電気量が少ないからであると考えた。

5. 今回行った実験について

これまで自分たちは予備実験と 3 つの実験を行った。

6. 予備実験

圧力発電機を用いた電圧、電流測定を行った。予備実験 1 の目的は発電機を実際に作り、発電できるかどうか調べることである。

7. 使用器具

実験に使用した器具は以下の通りである。

- ・圧電素子

- ・整流ダイオード
- ・導線
- ・電圧計（テスター）
- ・マイクロアンペア計

8. 実験方法

測定方法は以下の通りである。

- ・数回圧電素子を手で叩く。
- ・マイクロアンペア計を取り付け、測定する。
- ・電圧計を取り付け、測定する。

9. 実験結果

結果は以下の表である。（表 1）

表 1 実験結果

結果	数値
電流	10 μA ~ 15 μA
電圧	10V 以上

電圧は測定器の仕様上、10V までしか測定できなかった。

以上の結果から、この発電機で発電可能であることを確認できた。

10. 次に行った実験

次に自分たちは、日常生活の中で、長時間の発電を行うことに決め、その中でも多くの圧力が取り出せる足に注目して実験を行った。

11. 仮説

仮説は、豆電球を数秒間光らせる程度の電力が得られるとした。

12. 実験器具

測定器具は以下の通りである。

- ・発電機
- ・コンデンサ（47 μF 、耐電圧 16V）
- ・スリッパ

- ・滑り止め用マット
- ・豆電球
- ・電圧計（テスター）
- ・電流計

13. 実験方法

実験 1 で用いた発電機と同じ仕組みで圧電素子を 6 つ並列回路で取り付けた発電機（図 3）に電気を貯められるようにコンデンサを取り付け、発電機を写真のようにスリッパに貼った（図 4）。

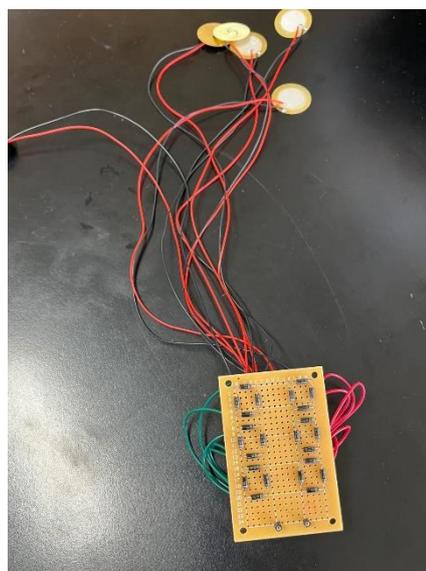


図 3 発電機



図 4 発電機を取り付けたスリッパ

朝、学校に着いてから測定を開始し、このスリッパをはいて 8 時から 14 時 40 分（学校に到着してから課題研究の時間）まで生活した。（図 5）

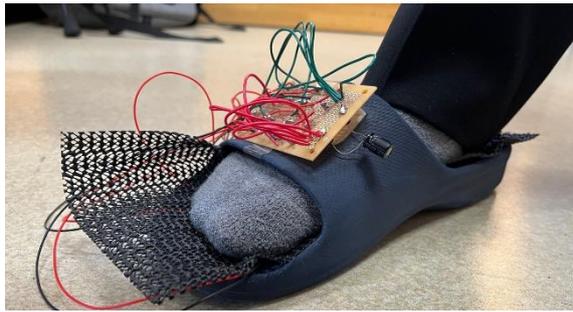


図5 履いた様子

コンデンサを取り外し、豆電球、測定器具に繋ぎ、放電を行った。

1.4. 実験結果

仮説では豆電球、測定器具に放電し、測定することを考えていたが、豆電球は光らず、さらに電圧計、マイクロアンペア計も反応しなかったため、予備実験で測定できていたことから測定失敗であると判断した。

1.5. 考察

考えられる原因として、班員で考えた結果、

- ・そもそも豆電球を光らせる電流量が貯められなかった。
- ・実験中に圧電素子の線が外れてしまった(図6)。
- ・コンデンサの選択を間違えてしまった。
- ・電圧が大きすぎて、コンデンサが壊れてしまった。
- ・自然放電によって貯められなかった。
- ・予備実験との圧力のかけ方が違った。
- ・実験前に発電できるかどうかしっかり確かめなかった。

以上のことが挙げられた。

これを踏まえて現状で自分たちが考えられる改善案として、

- ・オシロスコープを使って電圧、電流をより正確に測定する。
- それをもとにコンデンサを選び直す。
- ・足での実験を行う前に実際に発電できるかどうか調べる。

- ・圧電素子をセロハンテープで覆い、リード線が外れないようにする。
- ・回路を丁寧に作る。
- ・豆電球をワットの小さいLEDに変えて測定してみる。

以上のことが挙げられた。

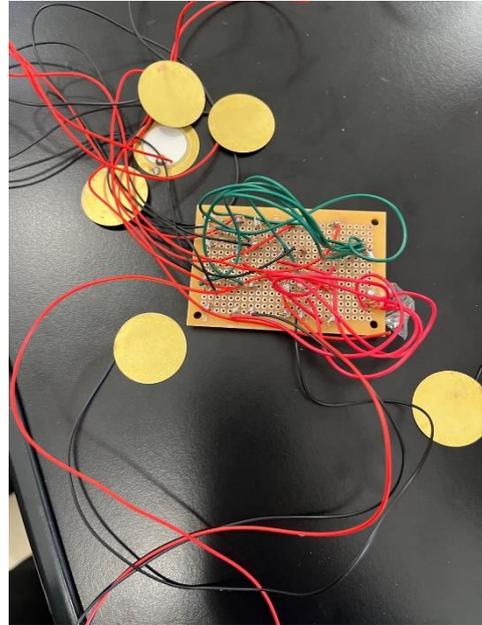


図6 壊れた発電機

1.6. 次にに行った実験

前回の実験の失敗から、生活の中で発電し、生活の中での導入を見越した実験を諦め、決められた歩数踏んでコンデンサに貯め、電圧を測定し、歩数と貯められる電圧の関係をグラフにして求め、コンデンサの電力の公式 ($U = \frac{1}{2}CV^2$: U…エネルギー (J)、V…電圧 (V)、C…静電容量 (F)) から、歩いたらどのくらいのエネルギーが貯められるのか調べられると考え、実験を行った。

1.7. 仮説

ある程度の比例関係があるが、コンデンサを最大まで貯めるにはとても多くの歩数が必要であると考えた。

また、1Fのコンデンサを利用することで、より多くのエネルギーが計算で求められるようにした。

理想値は圧電素子の電圧が最低でも10Vある

ことから最小値である 10V で考えてもコンデンサの静電エネルギーの公式から、

$$U = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^2 \text{より}$$

$U=50$ [J] であるのでこの発電機を使って発電し続けられれば少なくとも 50J 以上は貯められると考えた。

1 8. 実験器具

実験器具は以下の通りである。

- ・発電機
- ・オシロスコープ
- ・コンデンサ (1F)

1 9. 実験方法

発電機を足で、100 回、200 回、300 回と分けて足で踏み、回数ごとにオシロスコープに繋げて、電圧を測定した。

2 0. 結果

今回もうまく測定ができなかった。

圧電素子の電圧が踏むごとに徐々に小さくなってしまい、数値が安定せず、正しいデータが測定できなかった。

2 1. 考察

前回と今回の結果から、圧電素子はすぐに電圧が小さくなってしまい、そのため、長時間の発電に向いていないのではないかと考えた。だから、圧力発電は現在有用な発電方法になっていないと推定できる。

2 2. 次にに行った実験

考察より、電圧の低下がこの発電における弱点であると考え、圧電素子をどれだけ踏めば電圧が小さくなるのかについて調べることを決めた。

2 3. 仮説

今までの実験から 500 歩程度踏むと電圧が小さくなると考えた。

2 4. 実験器具

実験器具は以下の通りである。

- ・発電機 (圧電素子 1 つ)
- ・コンデンサ (4.7 μ F)
- ・オシロスコープ

今回は 4.7 μ F のコンデンサを使用した。

静電容量が小さくなれば放電圧が大きくなり、測定しやすくなると考えた。

2 5. 実験方法

1 つの圧電素子を 25 歩踏み、コンデンサに貯め、オシロスコープに繋ぎ、電圧を測定することを繰り返し、その電圧の変化を記録した。また、連続して踏まれることで数値がどのように変化するかを調べるため、50 歩ごとでも実験を行った。

2 6. 結果

2 5 回ごとの結果は表 2 の通りである。空白は測定に失敗したことを示す。

また、これらをグラフで表すと、人の踏み足でやっているため、測定値が純粋に低下しているわけではないが、初めから低下傾向があり、仮説とは異なったが、1000 歩ほどで元の半分の電圧しか取り出せなくなっていることが分かった。

また、表 3 は 50 歩の時の結果であり、図 8 はそのグラフである。

どちらにしても低下傾向があるが、50 歩の方がそもそもの踏む回数が多いのでより多くの電圧が取り出せた。

表 2 踏んだ回数と貯めたコンデンサの電圧

回数(歩)	電圧(V)	回数(歩)	電圧(V)
25	1.9	575	1
50	1.2	600	0.6
75	1	625	0.8
100	1.5	650	1
125	1.4	675	1.4
150	1.6	700	1
175	1.4	725	0.8
200	1.6	750	1
225		775	
250		800	
275		825	0.4
300		850	0.7
325	1.8	875	0.6
350	1.2	900	0.7
375	1.4	925	0.8
400	1.6	950	0.8
425	1.6	975	0.8
450	2.2	1000	0.7
475	2.2	1025	0.7
500	2	1050	0.8
525	0.6	1075	0.8
550		1100	0.8

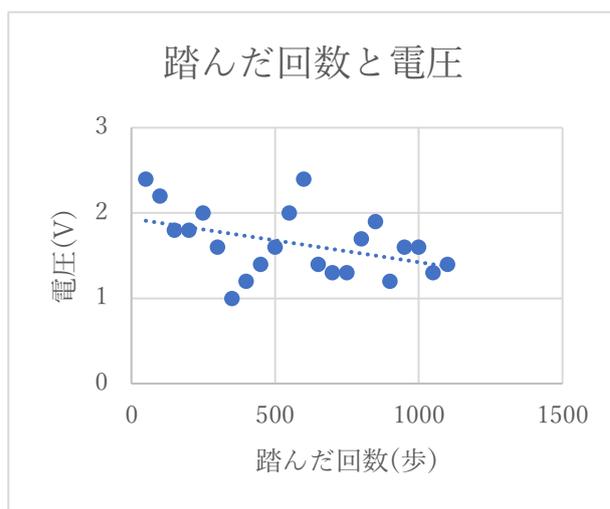


図 8 表 3 をグラフにしたもの

27. 考察

電圧の低下がなぜ起きるのかについて自分たちで考えたところ、圧電素子の仕組みにあるのではないかという意見が出た。

最初に書いた通り、圧力発電はプラスイオンが圧力を加えられて、ずれることで電荷の偏りが生じて電圧が発生している。ユニモルフ型の圧電素子において、その現象を生み出す圧電材料は調べたところ水晶や強誘電性セラミックスが代表的であることが分かった。

しかし、それらには弾力性はなく、何度も踏むことで、押されたプラスイオンが戻らなくなり、圧力を加えた際にプラスイオンが動かなくなる。その結果、電圧がどんどん小さくなり、発電効率が下がっていってしまうと考えられる。

また、圧力発電を用いた発電は過去東京駅にて行われていたが、うまくいっていなかった。報告書には耐久性の低下と書かれていたが、上記のようなことが起きていたのではないかと自分たちは考える。

28. 結論

圧力発電は現時点では、発電効率の低下が早いという観点から、有用な発電方法にはならない。

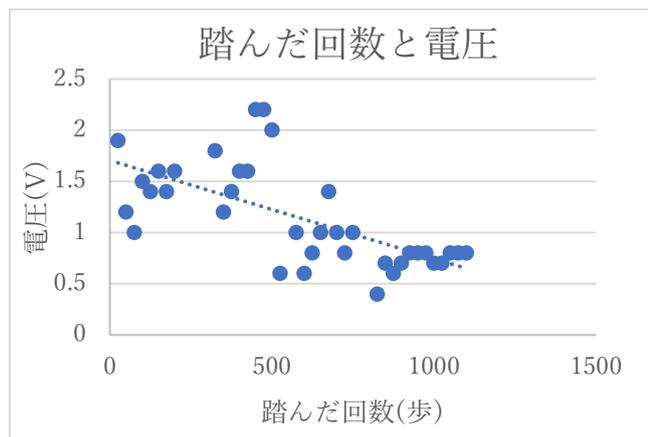


図 7 表 2 をグラフにしたもの

表 3 50 歩ごとに測定したとき

回数(歩)	電圧(V)	回数(歩)	電圧(V)
50	2.4	600	2.4
100	2.2	650	1.4
150	1.8	700	1.3
200	1.8	750	1.3
250	2	800	1.7
300	1.6	850	1.9
350	1	900	1.2
400	1.2	950	1.6
450	1.4	1000	1.6
500	1.6	1050	1.3
550	2	1100	1.4

29. 展望

発電効率をよくするために、圧力発電に使われる圧電材料はどのようなものが良いか考える。

また、圧電素子には、他の種類のものもあるので、それらについても調べたい。

30. 謝辞

今までの実験にあたり、多くの助言を下された原田先生、佐々木先生、そして論文の校正をしてくださった花田先生に感謝します。

31. 参考文献

https://www.iee.jp/assets/pes/pdf/award/student/h24_1.pdf

「圧電素子と電磁誘導で得られる電気エネルギーの比較研究」最終閲覧日 2024年6月16日

http://eneene7.blogspot.com/2015/10/blog-post_37.html?m=1

「ワクワク電気の実験教室『圧電素子発電』」最終閲覧日 2024年6月16日

http://aichikouken.kir.jp/kouken/H22/pdf/07_09.pdf

「振動発電の研究と制作」最終閲覧日 2024年6月16日

<https://uwajimahigashih.esnet.ed.jp/uploads/r12nen06.pdf>

「圧電素子を用いた振動による発電装置の研究」最終閲覧日 2024年6月16日

<https://www.jreast.co.jp/development/theme/pdf/yukahatsuden.pdf>

「床発電システムの実証実験について」最終閲覧日 2024年6月16日