# 圧電素子を使って発電するには

**北海道札幌啓成高等学校　理数科(2021 年入学) 9班**

**高橋陽土　浅野賀史　佐藤彩夏　古川悠実**

Piezoelectric is a dielectric , and it generate electricity when it is applied with pressure such as hit or pushed. We thought that we may be able to generate electricity from daily activities using the piezoelectric element and researched about how to generate and store electricity using piezoelectric element. We thought that the LED would light up by dropping an iron ball on the piezoelectric element so we dropped an iron ball(60g) from 83cm high to the floor , while changing the number of iron balls and piezoelectric element. As a result , LED would light up when we applied 3 iron balls and 4 piezoelectric element. We found that as applied pressure increases electricity was generated , however the electricity which is generated by piezoelectric element is too small to use. Therefore, we need to use more piezoelectric elements to generate a huge amount of electricity.

## １．はじめに

私たちは「日常生活で必要不可欠な電気を身近なものから発電することはできないのか」という疑問から、圧電素子を用いた振動発電に着目し、様々な条件のもと実験を行った。

圧電素子とは叩いたり押したりして圧力を加えると電圧が発生する誘電体のことで電極と電極の間に、水晶などの圧電体を挟む構造をしている。[1)]

この特性を生かし 2008 年、JR 東日本は試験的に改札の下に大量の圧電素子をひき改札利用者の歩行の圧力を使い改札を動かそうと試みた。しかし、発電量が微小なことや耐久性に乏しいことなどから本格的な導入は見送られた。[2)]

私たちは本研究を通して圧電素子から電荷を発生させることに成功した。

**図1 ． 私たちが実験に使用した圧電素子（ピエゾ素子）**

## ２．実験①

2-1 実験道具

・圧電素子(直径 3 ㎝)1 個　（図１）
・鉄球(500ｇ 直径 3 ㎝)
・電子マルチメータ
・導線２本
・円筒(高さ 83 ㎝ 直径 3 ㎝)

2-2 実験方法

電子マルチメータとつなげた圧電素子の上に円筒を置き高さ 83 ㎝から、鉄球を円筒の内側に触れないよう注意しながら落とす施行を 30 回行った。

この実験では、本校の物理室にあった円筒を使用したため 83 ㎝という高さに特に意図はない。

電子マルチメータとは微小な電圧、電流を計測する機械。

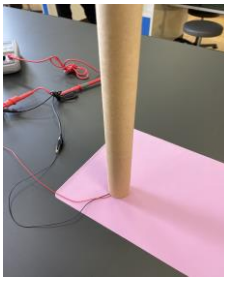

**図2 ． 実験の様子**　**図3 ． 電子マルチメータ**

2-３．実験①の結果

**表1 ． 圧電素子1 個から生じた電流の数値**

| 回数 | 電流(μA) | 回数 | 電流(μA) |
|---|---|---|---|
| 1 | 7.3 | 16 | 1.7 |
| 2 | 8.6 | 17 | 10.1 |
| 3 | 1.2 | 18 | 9.2 |
| 4 | 2.2 | 19 | 1.2 |
| 5 | 12.3 | 20 | 2.5 |
| 6 | 2.3 | 21 | 2.3 |
| 7 | 2.2 | 22 | 4.5 |
| 8 | 3.5 | 23 | 1.3 |
| 9 | 1.2 | 24 | 1.4 |
| 10 | 1.0 | 25 | 1.9 |
| 11 | 10.2 | 26 | 1.0 |
| 12 | 1.5 | 27 | 2.2 |
| 13 | 4.5 | 28 | 8.3 |
| 14 | 6.2 | 29 | 2.0 |
| 15 | 1.3 | 30 | 7.6 |

**表2 ． 圧電素子1 個から生じた電圧の数値**

| 回数 | 電圧(V) | 回数 | 電圧(V) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.021 | 16 | 0.004 |
| 2 | 0.009 | 17 | 0.005 |
| 3 | 0.003 | 18 | 0.032 |
| 4 | 0.012 | 19 | 0.005 |
| 5 | 0.004 | 20 | 0.006 |
| 6 | 0.032 | 21 | 0.006 |
| 7 | 0.014 | 22 | 0.042 |
| 8 | 0.005 | 23 | 0.008 |
| 9 | 0.007 | 24 | 0.015 |
| 10 | 0.005 | 25 | 0.022 |
| 11 | 0.082 | 26 | 0.008 |
| 12 | 0.004 | 27 | 0.078 |
| 13 | 0.020 | 28 | 0.021 |
| 14 | 0.054 | 29 | 0.005 |
| 15 | 0.005 | 30 | 0.006 |

表１より発生した電流の平均は4.09μAだった。表２より発生した電圧の平均は0.018Vだった。
左記より今回の実験方法での圧電素子 1個から発生する１試行あたりの電流は4.09μA、電圧は0.018Vとわかった。

2-４．考察

実験①の結果から私たちは圧電素子と鉄球の個数を増やせばより大きな電流･電圧を発生させられるのではないか。

また発生した電荷で LED を点灯させることが出来るのではないか。

一般的に LED を点灯させるためには電流 20mA、電圧 2.0V が必要とされており比較的簡単に点灯させることができるため圧電素子で発電できる微少な電力でも点灯させられるのではないかと考え、実験②を行った

３．実験②

３-1 実験道具

・圧電素子(直径３㎝)4 個
・鉄球(500ｇ 直径３㎝)3 個
・デジタルマルチメータ
・導線２本
・円筒(高さ 83 ㎝ 直径３㎝)
・LED

３-2 実験方法

圧電素子を４個重ね、それらの配線をプラス、マイナスに分けてねじり並列にして電子マルチメータとつないだ。

また実験①と同様に鉄球を落としたが、この際鉄球３個が互いに触れないよう少し間隔をあけ連続で落とした。

鉄球の数を３個にした理由としては、個数を４個以上にすると鉄球を落とす際円筒の内側に触れてしまうことが多く、正確なデータがとりにくかったためである。この試行を実験①同様 30 回行った。

3 - 3．実験②の結果

**表3 ．圧電素子 4 個から生じた電流の数値**

| 回数 | 電流(μA) | 回数2 | 電流(μA)2 |
|---|---|---|---|
| 1 | 50.6 | 16 | 59.9 |
| 2 | 60.5 | 17 | 103.2 |
| 3 | 44.1 | 18 | 60.3 |
| 4 | 42.4 | 19 | 74.3 |
| 5 | 79.9 | 20 | 28.4 |
| 6 | 10.4 | 21 | 12.9 |
| 7 | 52.5 | 22 | 40.8 |
| 8 | 76.8 | 23 | 30.8 |
| 9 | 63.1 | 24 | 28.9 |
| 10 | 39.8 | 25 | 78.3 |
| 11 | 40.6 | 26 | 53.9 |
| 12 | 53.0 | 27 | 101.8 |
| 13 | 57.2 | 28 | 84.2 |
| 14 | 63.3 | 29 | 34.6 |
| 15 | 30.7 | 30 | 19.3 |

**表4 ．圧電素子 4 個から生じた電圧の数値**

| 回数 | 電圧(V) | 回数 | 電圧(V) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.226 | 16 | 0.598 |
| 2 | 0.455 | 17 | 0.223 |
| 3 | 0.134 | 18 | 0.096 |
| 4 | 0.011 | 19 | 0.034 |
| 5 | 0.024 | 20 | 0.209 |
| 6 | 0.624 | 21 | 0.530 |
| 7 | 0.581 | 22 | 0.241 |
| 8 | 0.460 | 23 | 0.220 |
| 9 | 0.389 | 24 | 0.451 |
| 10 | 0.103 | 25 | 0.387 |
| 11 | 0.123 | 26 | 0.211 |
| 12 | 0.083 | 27 | 0.109 |
| 13 | 0.091 | 28 | 0.073 |
| 14 | 0.225 | 29 | 0.432 |

実験結果②から 1 試行あたりの発生した電流の平均は 52.55μA、電圧の平均は 0.281V となり電流、電圧ともに実験①より増えたが LED は点灯しなかった。

3 - 4．考察

このことから圧電素子から生じた電荷をコンデンサ溜めることで LED を点灯させることができるのではないかと考えた。

この際 1 回の試行での貯蓄量は発電量から大幅に減少するため、ブリッジ整流回路という並列回路の交流電圧を直流電圧にすることができる回路を用いることで効率良く電荷を溜めることができるのではないかと考えた。

実験②ではブリッジ整流回路を使用していなかった。

4．実験③

4 -1 実験道具

・電解コンデンサ(1000μF)

・ブリッジ整流回路

他は実験②と同様。

4 -2 実験方法

前述の通り、LED を点灯させるには一般的に 20mA の電流、2.0V の電圧が必要とされているため、実験②と同様の試行をコンデンサに 2.0V の電荷が溜まるまで繰り返した。

この時、電流によってコンデンサに溜まる電気エネルギーは計測できなかった。

なぜなら電子マルチメータで一度に記録できるのは電流、電圧どちらかの値のみだからである。

4-3．実験③の結果

**表5 ．コンデンサの電圧**

| 回数 | 溜まった電圧(V) | 回数 | 溜まった電圧(V) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.029 | 21 | 0.062 |
| 2 | 0.051 | 22 | 0.076 |
| 3 | 0.014 | 23 | 0.045 |
| 4 | 0.005 | 24 | 0.065 |
| 5 | 0.048 | 25 | 0.087 |
| 6 | 0.013 | 26 | 0.079 |
| 7 | 0.007 | 27 | 0.088 |
| 8 | 0.045 | 28 | 0.054 |
| 9 | 0.047 | 29 | 0.042 |
| 10 | 0.069 | 30 | 0.055 |
| 11 | 0.077 | 31 | 0.073 |
| 12 | 0.089 | 32 | 0.029 |
| 13 | 0.043 | 33 | 0.086 |
| 14 | 0.063 | 34 | 0.044 |
| 15 | 0.042 | 35 | 0.051 |
| 16 | 0.023 | 36 | 0.096 |
| 17 | 0.053 | 37 | 0.021 |
| 18 | 0.049 | 38 | 0.015 |
| 19 | 0.084 | 39 | 0.014 |
| 20 | 0.058 | 40 | 0.047 |

上の表より溜まった電圧の合計は2.038V、平均は0.05095Vだった。
実験②の試行を 40 回行いコンデンサの電圧を約2.0Vにすることができた。

この際、1 回の試行でのコンデンサの電圧は約0.051Vであることがわかる。
そしてコンデンサを LED につなぐとLEDが点灯した。

このことから実際に2.0VでLEDを点灯させることができると証明することができた。また、LEDが点灯したということはこの時に必要な電流を発生させることができていたことを表す。

5．まとめと考察

本研究では圧電素子の個数が少なく、加えることのできる圧力にも限界があったが個数を何百個単位で増やし、同時に連続して全圧電素子に強い圧力を加えることができれば、発電量が増え「日常生活」に活かすことができるのではないかと考える。

6．結論

圧電素子単体の力のみで LED を点灯させることができ、圧電素子の個数を増やし均等に圧力を加えることができれば確実に発電量は増えることがわかった。
そして当初のテーマであった「日常生活」の中から発電するということはできなかったが、それにつながる有意義な研究を行えた。

7．謝辞

実験①を行うにあたり、〈株式会社グローバルエナジーハーベスト様〉にご教授いただきました。ありがとうございます。

野中先生をはじめとした札幌啓成高校の先生方ありがとうございました。

8．参考文献

1）圧電（ピエゾ）素子とは？圧力をかけるとどうなるの？
https://www.matsusada.co.jp/column/whats_piezo.html
1）LED を圧電素子で光らせる
https://www.osaka-c.ed.jp/kishiwada/KeM/pdf/researchPaper2017-2.pdf
2）株式会社グローバルエナジーハーベスト様
https://globalenergyharvest.co.jp/

14. 使用器具

・ピエゾ素子
Atpwonz ギターピックアップアクセサリー用ピエゾ素子27㎜ピエゾディスクエレメント
・電子マルチメータ
custom 型番 CDM-6000 JANコード 4983621106008
・ブリッジ整流回路
(ブリッジ整流回路について http://www.mizunaga.jp/rectify.html)

株式会社グローバルエナジーハーベスト様
https://globalenergyharvest.co.jp/
圧電（ピエゾ）素子とは？圧力をかけるとどうなるの？
https://www.matsusada.co.jp/column/whats_piezo.html
LED を圧電素子で光らせる
https://www.osaka-c.ed.jp/kishiwada/KeM/pdf/researchPaper2017-2.pdf