

振動発電の活用場所と条件の提案と検証 ～振動発電をもっと身近に～

宮城県仙台第三高等学校 33 班

私達は先行研究でこれからの日本の課題として再生可能エネルギーの普及率を上げなければ、限られた資源が枯渇してしまうことを知った。そこでこの問題を解決するために、持続可能なエネルギーであり、まだまだ発展の余地がある振動発電に目をつけた。そして、これからの再生可能エネルギーの効率的な利用方法を検討し、社会に貢献するための案を練った。結果としては、振動発電は生み出すことができる発電量がどうしても少なくなってしまうため、瞬間的に電気を使用する場面で使ったり、コンデンサーに貯めたりすることが有効だと感じた。今後、大規模な範囲で振動発電床を設置し発電効率を調べ、全国への普及の目処を立てることが必要である。

キーワード：振動発電、発電量、再生可能エネルギー

I. はじめに

現在、日本の発電量の大半が火力発電によって賄われている。2022 年には、日本国内の全発電電力量の 72.4%が火力発電によるものであった。それに対し自然エネルギーによる発電量は 22.7%で、年々増加してはいるものの、まだ少ないというのが現状である。水力発電や風力発電は自然エネルギーを用いる有効な手段となりうるものの、設備を整えるためにお金や土地がかなり必要になってしまう。そこで、私達はエネルギーハーベストに着目した。それは身近なものから発電するという発電の仕方、振動発電もそのうちの一つである。振動発電は、人が歩行したときなどに起こる振動を電気に変えるもので、マイナーなものである。しかしながら、普段の生活に取り入れるだけで発電をすることができるという強みを持っている。その一方で、振動発電に関わらず、エネルギーハーベストはそもそも微小なエネルギーを電気に変えるものであるから、発電量が少なくなってしまう。そこで私達は、振動発電を普及するためにはどうしたらいいのかを探求することにした。

II. 研究方法

最初に振動発電の現状を知るべく、先行研究について調べた。

i) 東京駅での実験について

東京駅で行われたのは、2008 年 1 月 19 日から 2008 年 3 月初旬までの約 2 ヶ月間、八重洲北口改札及びコンコース部分、階段部分に計 90 m²の振動発電板を設置したというものであった。用いた振動板の圧電素子は直径が 35mm で、1 m²あたりに約 600 個が敷き詰められている。圧電素子とは、力を加えるとそれを電気に変える円

盤状の部品のことである。発電効率や耐久性の調査のために行われた。図 1 は JR 東京駅八重洲北口改札口に設置された振動発電床による実験の様子である。

ii) 圧電効果について

今回の実験では振動発電の方法として圧電効果を用いた。圧電効果とは、水晶や特定のセラミックス材料において力を加えることで歪が生じ、電圧が生じる現象のことである。ライターやガス台の点火などに用いられている。圧電効果の仕組みは静電誘導や逆磁歪効果など、その他の振動発電の方法より比較的簡素である。圧電方式では、加えた力に比例して電圧が得られるが、その分内部抵抗が大きく耐久性に欠ける。図 2 は圧電効果の仕組みを表したものである。



図 1 東京駅での実験の様子

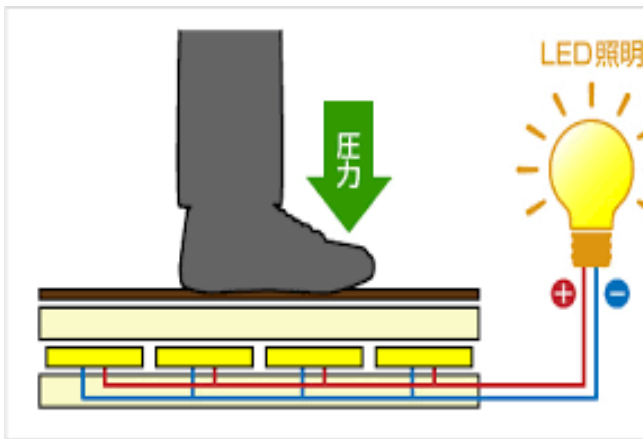


図2 圧電効果の仕組み

iii) 実験の手順について

次に、実験の手順について説明する。最初に行った実験はペットボトルを用いた簡素な振動発電機による実験である。500mlのペットボトルの中に、直径3.5cmの圧電素子1つと振動発電モジュール、25mAのLED豆電球を銅線で繋いでそれぞれを固定し、ビー玉をペットボトルの中に入れた。それを振ることでビー玉が圧電素子に衝突し、一定の電流が流ればLEDが光るという仕組みである。

次に行った実験は、ミニ発電床による実験である。最初の実験に用いたものと同じ圧電素子と振動発電モジュール、LEDライトを銅線で繋ぎ圧電素子を気泡緩衝材に包んだ。圧電素子が1つの場合と2つを直列にした場合の電流、電圧、電力を調べた。それぞれの回路図は図2、図3に示したとおりである。

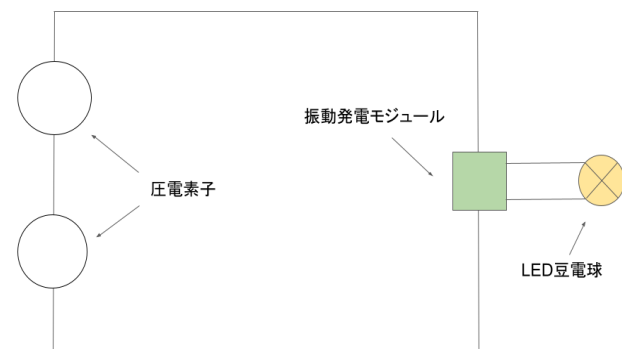


図2 圧電素子1つの場合の回路図

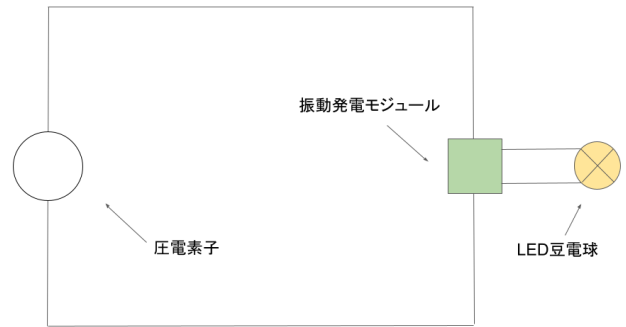


図3 圧電素子直列の場合の回路図

III.探求内容

最初に、先行研究の結果は表1の通りである。1人が振動板の上を通るときに約1.0W/s、一日あたり500kW/sの発電量が得られた。この発電量は100Wの電球が約80分間点灯する電力に相当する。また、実験開始時に比べ終了時には発電量が約3割ほど減少していた。

続いてペットボトルの実験では、ビー玉を圧電素子に衝突させるとすぐに圧電素子が傷んでしまった。さらに、銅線もすぐに取りれてしまうため、発電することさえままならなかった。

最後にミニ発電床による実験だが、結果は表2の通りである。圧電素子を直列に繋いだときのほうが、1つのときに比べ電流電圧ともに約2倍になっている。また、電流は微量であったため、LEDライトは実験を通して光ることはなかった。

表1 東京駅における床発電システムの実験結果

発電量	1人通過あたりの発電量	約1.0W/s
〃	1日あたりの発電量	約500kW/s
持続性	実験終了時の発電量（開始時との比較）	約2/3

表2 ミニ発電床実験結果

圧電素子1個			
	電流	電圧	電力
測定結果	0.144	0.167	2.4*10 ⁻⁵
単位	mA	V	W
圧電素子直列			

	電流	電圧	電力
測定結果	0.350	0.320	1.1*10 ⁻⁴
単位	mA	V	W

IV.考察

i) 圧電素子の耐久性について

ペットボトルの実験において圧電素子がすぐに傷んでしまったのはペットボトルという密閉された中で1つの圧電素子に短時間に何度もビー玉が衝突したためだと考えられる。それに対し、耐久性を上げるためにミニ発電床の実験では気泡緩衝材を用いた。すると、耐久性こそ上がったものの今度は振動が圧電素子に伝わりづらくなってしまい、十分な電気量を得られなかった。そのため、解決策としては、気泡緩衝材ほどの耐久性があり、かつ振動が伝わりやすいものを用いるのが最も良いが、そのような物質を作り出すのは困難だろう。そうすると、東京駅での実験のように多くの圧電素子を用いて表面積を大きくし、1つあたりに加わる力を分散させるのが効果的だと考える。

ii) 振動発電の使い道について

今回私達が行った実験から分かる通り、振動発電によって得られる電気量はほんの僅かである。もちろん、今回用いたのは圧電素子1つや2つであるから微小なのは最もであるが、東京駅の実験からも明らかなように、振動発電で得られる発電量は決して多いと言えるものではない。当然、圧電素子を多く用いれば用いるほど発電量は増えるが、費用がかなりかかってしまう。私達が実験に使用した振動発電モジュールと圧電素子2つずつでも約3,000円の費用がかかった。そこで、振動発電を普及させるために私たちが考える案は2つである。1つ目は瞬間的に使うということである。例えば、学校やビルなどの避難経路に振動発電床を設置し、踏むと避難経路を示すランプがつくようにする。そうすれば、微量な発電量でも活用することができる。2つ目はコンデンサーに貯めるということである。私達が行ったような実験では電気があまりにも微量で貯められないが、東京駅で行ったようなものであれば貯めることは可能である。よって、コンデンサーを用いるのならば、人通りの多い駅や学校等に振動発電機を設置するのが最適だろう。それらに対し、私は各家庭で

使うとしたらどうしたら良いのかについて考えた。押したときの振動でリモコンが使えたり、靴に振動発電機をつけたりというのは画期的なアイデアだと思う。それらを応用して、楽しめるゲームを作ってみてはどうかと感じた。体を動かしたり、リズムに乗ったりするのであれば、振動発電を利用できる。そうすれば、家庭での振動発電の普及も見えてくるだろう。以上3つのことを示したが、総じて言いたいことは、発電量が微量で耐久性が決して強くない振動発電であるが、利用できる場面は身の回りにたくさんあるため、工夫次第で応用が効くということだ。

V.まとめ

今回の実験では、振動発電には発電量や耐久性など様々な観点で多くの課題があるということがわかった。そして、それを解決するには常に工夫と最先端の技術がどうしても必要になってくる。そうすると、私達にできることは最大限に振動発電を利用できるようなアイデアを見出すことである。現在、東京大学や大阪公立大学などでは振動発電の超小型化や発電性能を飛躍的に高めるなど、振動発電は進歩しつつある。だからこそ、今後さらなる発展の余地がある振動発電をどう普及させるのか、常に新たな考えを練ることが必要不可欠であると言えるだろう。また、振動発電の強みはなんとといっても再生可能エネルギーであって、環境に優しいところである。そして、身近な振動で効率よく発電できたなら、日本のみならず、世界中どこでも誰でも利用できる、画期的な発電方法となる。振動発電が普及すれば、化石燃料の枯渇も火力発電による二酸化炭素の放出も防げるかもしれない。技術が急速に進歩している今、多くの人が振動発電を利用すれば、エネルギー問題の解決に近づくはずだ。

参考文献

- JR 東日本 2008年 「床発電システム」の実証実験について
- 環境エネルギー政策研究所 2023年 2022年の自然エネルギー電力の割合（暦年・速報）
- Orbray株式会社 2022年 振動発電とは 原理と実用例を解説

電気学会 2020年 用語解説 第114回テーマ：振動発電

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

<https://globalenergyharvest.co.jp/>

<https://www.isep.or.jp/archives/library/14364>

<https://orbray.com/magazine/archives/2610>

<https://univ-journal.jp/194056/>

<http://www.mesl.t.u->

[tokyo.ac.jp/Doc/doene09_edamoto.pdf](http://www.mesl.t.u-tokyo.ac.jp/Doc/doene09_edamoto.pdf)

https://www.iee.jp/pes/termb_114/