

音や物体の振動と発電量に関する研究

秋田県立秋田中央高等学校 小笠原 充宏 伊藤 海 及川 怜央
指導者 一ノ関 拓郎

1 はじめに

1-1 研究の目的と研究背景

近年、再生可能エネルギーの活用が注目されているが、その中でも、未だに大々的に利用されていないエネルギーが音のエネルギーである。我々の日常生活には電車や工事現場の音などの「騒音」と名付けられる音が存在する。それらの音を「音力」というエネルギー源として発電に活用し、同時に「騒音」を軽減することができれば、非常に効率的なエネルギー資源となるだろうと考えたのが、研究のきっかけである。

音力発電には、「圧電素子を用いた発電方法」と「電磁誘導を用いた発電方法」が存在する。我々は、「圧電素子」を用いた発電方法に着目し、圧電素子で発生させる電圧の測定を行った。電圧の測定を通して、発電に適した音質の解明と、音のエネルギーを有効に捕らえるための最適な装置の製作を進めていきたい。

今回の研究では、「騒音」のような波形が不均一な音源を使わず、波形のきれいな音波(波形が正弦波の音波)を用いて、音波のどの要素が発電に強く影響するのかを確認した。

1-2 圧電素子について

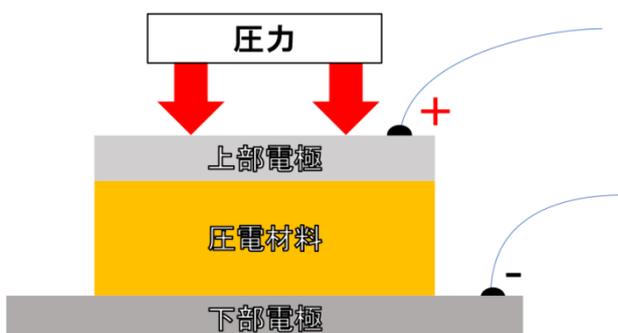


図1 圧電素子の模式図

圧電素子とは「圧電効果」と呼ばれる、物質に圧力を加えると、圧力に比例した表面電荷が現れる現象を利用した素子である。圧電素子は、図1のように圧力を加えることで電圧が生じる。また、逆に変化する電圧を加えることで、その電圧の変化に応じた振動が生じ、主にスピーカーやイヤホンなどに使用されている。

本研究では、圧電素子として円形の圧電振動板(ムラタ 7BB-41-2L0)を使用した。

2 実験

2-1 使用機材

本研究では、圧電素子で生じた電気エネルギーの大きさを測定するためにオシロスコープ(図2)を使用して圧電素子に生じる電圧を測定した。

今回は物体に圧電素子を接着して圧電素子を固定した。圧電素子自体に直接与えられる振動に加えて、圧電素子の周囲の音のエネルギー



図2 使用機材

も捕らえることができ、音波の振動をより確実に圧電素子に加わることができる。また、圧電素子自体の揺れによる影響を小さくすることもできる。この方法により、電圧の大小や変化が読み取りやすくなり、圧電素子だけを使って、音波を捕らえるときよりも計

測が容易になった。

2-2 実験①について

最初に、音の性質の違いによる発電量の違いを計測した。実験①で着目する音の性質は、「振動数」、「音量」、「倍音」の3つである。前者2つは、音の三要素のうちの「音の高さ」「音の大きさ」にあたる。倍音(基準とする音に対して、2倍以上の整数倍の振動数を持つ音)については、3種類の倍音を重ねて音源を作り、発電量への影響を調べることにした。

2-3 実験①の方法

図3は、振動数ごとの発電量の違いを計測するための装置である。フレキシブルスタンドに圧電素子を接着させた物体を固定し、異なる振動数の音源として「ATG Lite」というスマートフォンのアプリを用いた。このアプリによって任意の振動数の音を物体に向けて発することができる。実験①では、メガホンのように音の振動を効率よく捕らえる目的で、振動させる物体を筒状に加工し、圧電素子を筒の底に接着した。また、加工のしやすさから材質を紙にした。

以下、この装置を「装置1」とする。

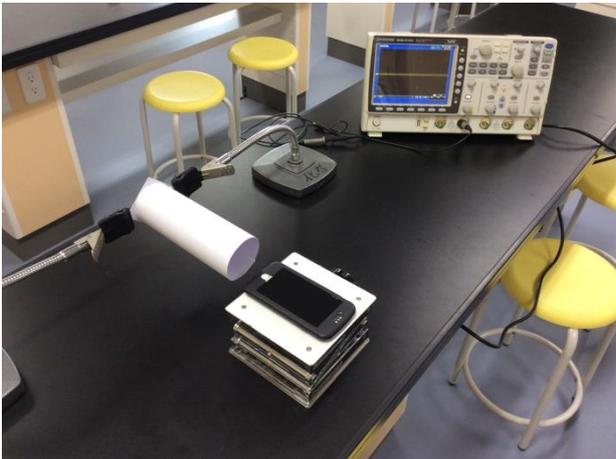


図3 装置1の全体図

装置1を用いて、「振動数」、「音量」、「倍音」を変えた時の発電量の違いを計測した。

(1) 「振動数」の違いによる発電量の違いを計測す

る時は、アプリの限界であった 20Hz~20000Hz の音での結果を記録した。

(2) 「音量」の違いによる発電量の違いは、振動数を固定し、スマートフォンのボリュームで音量を変化させて、その結果を記録した。

(3) 倍音は、基本音(1000Hz)を物体に向け発した場合と3つの倍音(1000Hzと2000Hzと3000Hzと4000Hz)を持つ音を発した場合で記録した。音量を等しくするために、パソコンの「Sound Wave」というソフトを用いた。

2-4 実験①の結果

実験の結果、以下のことが分かった。

(1) 音の振動数の大小による差は見られなかったが、ある特定の振動数を圧電素子に当てたときに電圧が高くなった。

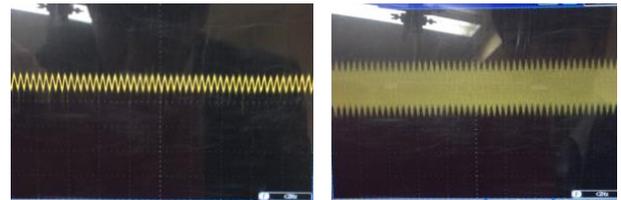


図4 振動数による電圧の違い

左上: 20~2300Hz 以下
右上: 2300~2400Hz
左下: 2400~20000Hz

(2) 音量が大きいほど電圧が高くなる。

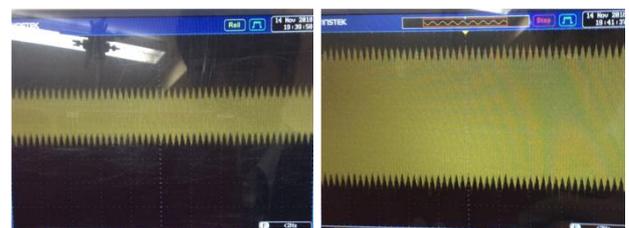


図5 音量による電圧の違い

左: 音量小 右: 音量大

(3) 倍音が多いほど、わずかではあるが電圧が高くなる。

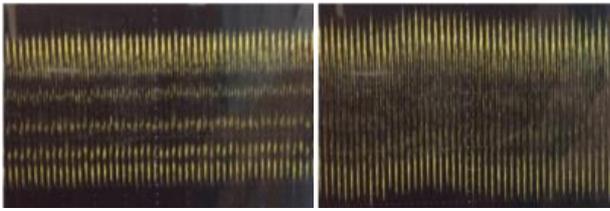


図6 倍音による発電量の違い
左:倍音なし 右:倍音あり

2-5 実験②について

実験①では音の性質(振動数、音量、倍音)による発電量の違いを調べたが、圧電素子が捕らえる音は、圧電素子に直接伝わる音以外に圧電素子を設置している材質や環境による影響が大きくなってしまっているのではないかと考えた。そこで、圧電素子を貼り付けた素材の種類の違いが発電量にどのような影響を与えているのかを調べることにした。実験②では圧電素子を接着する物体の材質の違いによる発電量の違いを計測した。

今回はホームセンターで購入したアルミ板、紙、ゴム、プラスチックの発電量を計測した。またこれらの素材を200×200×1(mm)の板状に加工した。

2-6 実験②の方法

装置1では筒とスマートフォンを使用したが、筒を板に、スマートフォンを音叉に置き換えた。図7は、実験に使用した音叉である。実験②では、音源をアプリではなく音叉にした。その理由は、一定の振動数の音を出すことができること、そして、アプリの音よりも音叉の音のほうが大きく、音叉で発電量を計測した方が計測が容易になるためである。音叉は学校の授業で使用している341Hzのものである。



図7 使用した音叉

音叉は板の中央に音を発することができるように角度を調節した。また、音叉を一律の力で叩くため、音叉の横に支柱から吊るしたハンマーを設置した。設置の様子は図8である。以下、装置2とする。支柱から吊るしたハンマーを支柱を中心に90度回転させ、ハンマーが水平になる位置まで持ち上げる。そして、そこからそのまま手を離し、最下点でハンマーが音叉に衝突するようにした。また、圧電素子は板の中央に接着した。

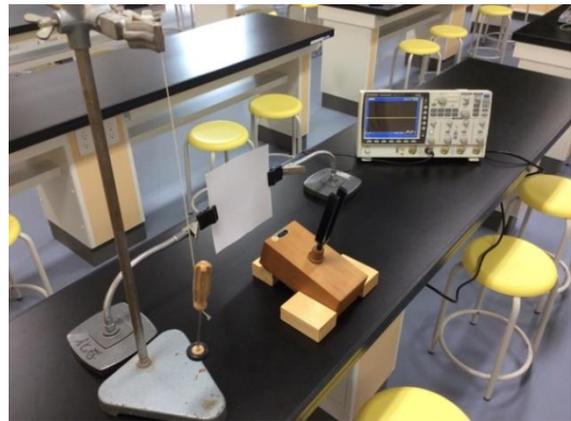


図8 装置2の全体図

2-7 実験②の結果

表1 素材と圧電素子で生じる電圧の関係

実験②で計測した数値を表1にまとめた。各素材について20回ずつ測定した。

[mV]

素材 回数	アルミ板	紙	ゴム	プラスチック
1	15	5	5	20
2	25	5	10	20
3	17	5	5	15
4	18	5	2	15
5	20	5	5	10
6	17	5	5	15
7	15	7	8	18

8	20	7	2	15
9	19	4	5	20
10	15	7	5	15
11	14	7	3	20
12	20	6	5	20
13	17	7	5	18
14	25	5	8	20
15	16	4	5	20
16	23	5	5	15
17	26	5	5	10
18	28	6	10	18
19	25	6	5	15
20	30	7	8	12
平均	20.25	5.65	5.55	16.55

計測の結果、アルミ板を使用した時、電圧が最も高くなる。このように、圧電素子を設置した材質による違いが確認された。

3 考察

実験①で作った紙の筒をアルミの筒に置き換え、電圧を計測した際、実験①の結果とは異なる振動数で電圧が最も高くなった。このことから、実験①で電圧が大きくなった特定の振動数は、紙の筒の固有振動数であると考えられる。実験②においてアルミ板が他の素材よりも電圧が高かったのは、使用した素材の中で最も密度が高かったためであると考えた。

以上のことから、今回の実験において発電量が高くなる条件として、以下の4点にまとめることができる。

- ①圧電素子を接着する物体もしくは圧電素子自体の固有振動数に近い振動数の音
- ②音量が大きい音
- ③倍音が多い音
- ④圧電素子を接着する物体の密度が大きいとき

である。

4 今後の展望

音には音楽のように人間生活に有益なものと、騒音のような有害なものが存在している。この研究では、その有害なものを無害に、かつ有益にするということを最終目標にしている。具体例としては、工事現場や線路の周辺に、音のエネルギーから電気エネルギーへの変換効率の高い発電装置を設置し、より多くの騒音のエネルギーを電気エネルギーに変換することで、騒音の軽減を図ることが挙げられる。騒音を発電によって軽減することで、有害なものを無害に、そして有益なものに変えられるはずである。

この目標を実現するためにも、今回導き出した考察が正しいのかどうかを再度調査したい。特に物体の密度と発電量の違いについてももっと詳しく研究を行なっていきたい。そして、アルミ板以外の金属や様々な非金属などについて計測し、最も発電に適している素材を特定するための研究を継続していく。また、筒だけでなく、様々な形状での発電量の違いについても計測していきたい。さらに、今回は人工的に発した音だけ用いたが、今後は身の回りに存在する自然界の音や生活の中で発せられる音などを発電に利用したい。また、可聴音(20Hz~20kHz)だけでなく、可聴音以外の低周波音や超音波が発電にどのように関係するのかも計測したいと考えている。

いずれは、この研究で判明したことを生かして、本格的な音力発電装置を製作していきたいと考えており、身近に存在する自然界のあらゆる振動や音のエネルギーを電気エネルギーに変えることで、音のエネルギーを有効活用できる変換をしていきたい。音だけでなく、地表付近の微弱な振動や地震動、体内の鼓動などの振動を活用することも期待できるだろう。そして、「音力発電」を再生可能エネルギーの一つと

して発展させていきたいと考えている。

5 参考文献

- 1) 速水浩平著 「振動力発電」のすべて
（株）日本実業出版社 2008 年
- 2) 中村健太郎著 図解雑学「音のしくみ」
ナツメ社 1999 年

6 謝辞

本研究を進めるにあたり、本校の先生方に検証方法や考察などについて指導いただきました。この研究に関わってくださった皆様に心から感謝申し上げます。