

音力発電

～最も優れた形状のパラボラを目指して～

宮城県仙台第三高等学校

昨今の急速な科学技術の発展に伴い、化石燃料の枯渇が心配され、環境汚染が問題視される中、再生可能エネルギーの需要が高まっている。太陽光発電、風力発電、水力発電などが代表例として挙げられるが、そこに新たな発電方法として、音エネルギーを利用したのが音力発電だ。騒音の多い工事現場や、電車・地下鉄のホームなど、消音とともに発電もできる画期的な発電方法と言えよう。しかし、そのエネルギー量があまりにも小さく発電効率が悪いというのが音力発電の大きな課題である。先行研究(1)では、パラボラ反射板を用いて、音のエネルギーを一点に集めることで発電効率が良くなることがわかっている。さらに、別の先行研究(3)(4)では、パラボラ反射板の素材を固くすることでも発電効率を良くすることに成功している。しかし、現状は厳しく、実用化できるまでには至っていない。そこで、本研究では、パラボラ反射板の形状に着目し、実験を行うことで、音力発電を実用化することを目的とした。実験では、それぞれ焦点距離が異なる5種類のパラボラ反射板を作成し、音を圧電素子に集め、オシロスコープで発電量を測定した。さらに、発電量の推移をグラフ化し、焦点距離と発電量の関係性を調べた。その結果、パラボラ反射板の焦点距離が大きければ大きいほど、発電量が多いという結論に至った。

1 背景

今現在、再生可能エネルギーとして確立しているものというと、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスなど、数多く挙げられる。しかし、すべての再生可能エネルギーの発電量を合わせたとしても、2023年現在、日本の総発電量において、四分の一にも満たないのが現状である。そこで、新たなエネルギー源として今回私達が注目したのが音エネルギーだ。音は波であり、振動する。その力を圧電素子を用いて電気に変えるのが音力発電である。

圧電素子とは、圧電体が外部からの力により変形するとで電気を発生させる装置である(図1)。身の回りでは、ガスコンロやライターなどに利用されている。



図1 圧電素子

先行研究では、パラボラ反射板により、焦点に設置した圧電素子に音を集めることで、発電効率が上がることがわかっている。

パラボラ反射板とは、(図2)のような形状で、平行波を一点に集めることができるものである。ある点(図2だと点F)を焦点といい、パラボラ反射板の中心の点から焦点までの距離を焦点距離という。

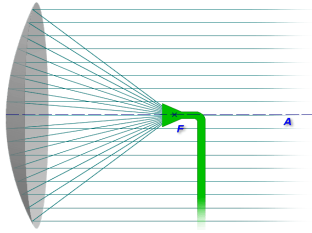


図2 パラボラ反射板

2-1 目的1・実験1

目的1:先行研究では、パラボラ反射板の素材は固い方が発電効率が良いことが明らかにされているが、焦点距離の変動による発電効率の変化については明らかにされていない。そこで、焦点距離が7.5cm、10.0cm、15.0cmであるパラボラを用いて実験することで、発電効率の変動を探ることを目的とした。

実験1:パラボラ反射板の作成手順を説明。

①焦点距離が7.5cm、10.0cm、15.0cmである二次曲線を作成(図3)。

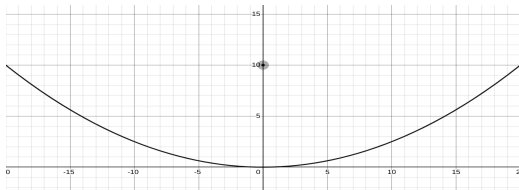


図3 焦点距離が10.0cmの場合の二次曲線

②手順①で作成した二次曲線をx座標[-20,20]までの範囲で切り取り、ダンボールに写し切り取った。それぞれ4つずつ作成(図4)。

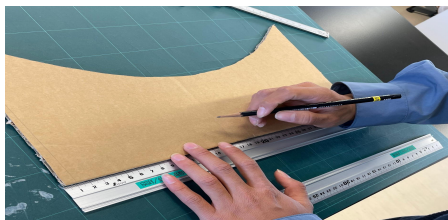


図4 切り取ったダンボール

③手順②で作成した4つのダンボールの中心を合わせ組み合わせる(図5)。

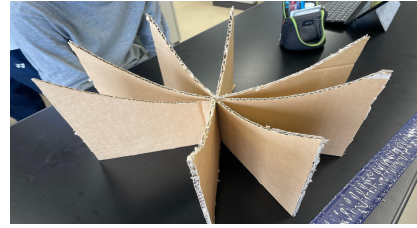


図5 パラボラ反射板の骨組み

④ダンボールを手順③で作成した骨組みの隙間に、なめらかな曲線を描くように敷き詰める(図5)。(この際、表面の素材を均一にするためにガムテープを表面全体に貼り付けた。)



図6 パラボラ反射板の完成図

実験方法:パラボラ反射板の焦点に圧電素子を設置し、圧電素子から20.0cmの地点に音源の端を合わせるように設置。音源から10秒間、大きき1000Hzの音を出し、オシロスコープを用いて発電量を測定。この手順をそれぞれ3回ずつ行った。

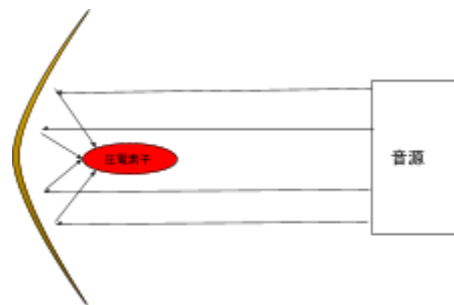


図7 実験図

仮説1:図3より、焦点距離10.0cmのとき、焦点の位置がパラボラ反射板の端と端を結んだ線と重なるため、15.0cmなどの焦点距離が大ききとき、音が反射し圧電素子に当たるまでの距離が大きくなりすぎて音が減衰しない。また、

7.5cmなどの焦点距離が小さいとき、反射した音の振動が逆から当たる音の振動と打ち消し合ってしまうこともないと推測する。よって、「焦点距離が10.0cmのとき、最も発電効率が良くなる」と仮説を立てた。

2-2 実験1の結果と考察

結果:仮説とは異なり、10.0cmではなく15.0cmのときに最も発電量が大きくなった(表1)。

焦点距離 試行回数 \	7.5cm	10.0cm	15.0cm
1回目	4.0mV	20.0mV	16.0mV
2回目	8.0mV	8.0mV	16.0mV
3回目	4.0mV	12.0mV	12.0mV
平均	5.3mV	13.3mV	14.7mV

表1 3つのパラボラの焦点距離と発電量
(表の値は10秒間で測定した中の最大値)

考察:結果より、15.0cmのパラボラ反射板が最も発電効率が高く、焦点距離が大きくなるにつれ、発電効率が良くなっていることから、発電量の最大値は15.0cm以上にあると推測した。7.5cm、15.0cmの値の幅は4.0mVであるのに対し、10.0cmの値の幅は12.0mVであるため、明らかに不自然であり、実験に不備があったと考える。主な原因としては、圧電素子に何かか触れ、値が大きくなってしまったと考えられる。

3-1 目的2・実験2

目的2:実験1では、焦点距離が大きくなるにつれて発電効率は良くなる事が推測できた。よって、実験2では、より焦点距離の大きい17.5cmのパラボラ反射板を作成し、実験を行い、発電量の最大値をとる焦点距離を探ることを目的と

した。さらに、焦点距離と発電量の関係性をより明確にするために、12.5cmのパラボラ反射板も作成し、実験を行った。

実験2:実験1と同様の手順で行い、それぞれ五回測定した。また、実験1では、実験の不備により正確な値が取れなかった。そこで、実験2では対策として、実験前には圧電素子が止まっているかを確認し、実験中には実験器具と距離を取った。また、実験2では、音源からでる音の大きさをより大きくし、より安定した実験を目指した。

仮説2:実験1より、最も焦点距離の大きい焦点距離17.5cmのパラボラ反射板が最も発電量が大きいと考えた。

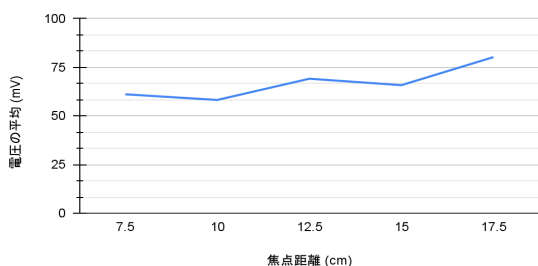
3-2 実験2の結果と考察

結果:仮説通り、焦点距離17.5cmのとき最も発電量が大きくなった。グラフ1より発電量は焦点距離が大きくなると共に、緩やかに上昇していることが分かる。

焦点距離 試行回数 \	7.5cm	10.0cm	12.5cm	15.0cm	17.5cm
1回目	61.6 mV	53.6 mV	69.6 mV	57.6 mV	78.4 mV
2回目	60.0 mV	56.8 mV	68.0 mV	63.2 mV	81.6 mV
3回目	62.4 mV	60.0 mV	68.0 mV	70.4 mV	82.4 mV
4回目	60.8 mV	60.0 mV	70.4 mV	68.8 mV	78.4 mV
5回目	60.8 mV	60.8 mV	69.6 mV	68.8 mV	80.0 mV
平均	61.1 mV	58.2 mV	69.1 mV	65.8 mV	80.2 mV

表2 5つのパラボラの焦点距離と発電量
(表の値は10秒間で測定した中の最大値)

焦点距離と電圧のグラフ



グラフ1 焦点距離による発電量の推移

考察:結果より、やはり焦点距離と発電量には比例の関係があることが分かった。要因としては次のように推測した。

- ・焦点距離が小さいとき反射した音の振動が逆から当たる音の振動と打ち消し合ってしまうのではないかと推測した。
- ・焦点距離が大きくなることでより波が平行に近づくため、より大きい合成波が圧電素子に当たっているのではないかと推測した。だが、焦点距離が大きくなればなるほど、パラボラの形は平らになっていく。従って、理論上は、パラボラ反射板が平らであればあるほど発電効率は良くなるということになる。しかし、これは、音が減衰・散乱しないときに限ると考えられる。

4 結論

- ・パラボラ反射板の焦点距離が大きいほど、発電効率は良いことが分かった。
- ・発電量は良くても80mV程度であり、音力発電の実用化は困難であることが再認識された。

5 展望

以上より展望として次のことを調べたい。

- ・さらに焦点距離の大きくしていった場合、どのように発電量は変化するのか。
- ・なぜ、グラフが増減を繰り返しながら緩やかに増加する形になっているのか。

・振動数を変えたときにどのような変化が起きるのか。

・先行研究を踏まえて材質を硬い物質、形状の焦点距離を大きくした時に電圧はどのような値を取るのか。

6 参考文献

- (1)「音力発電 sound power generation」、株式会社グローバルエナジーハーベスト、閲覧日:2022年5月
<https://globalenergyharvest.co.jp/sound-power-generation/>
- (2)「圧電(ピエゾ)素子とは?圧力をかけるとどうなるの?」、松定プレジジョン株式会社、閲覧日:2022年5月
https://www.matsusada.co.jp/column/what_s_piezo.html
- (3)「床発電システム」の実証実験について JR東日本、閲覧日:2022年5月
https://www.jreast.co.jp/development/the_me/pdf/yukahatsuden.pdf
- (4)仙台三高『知の博物館』～課題研究・探究活動データベース～ 宮城県仙台第三高等学校、閲覧日:2022年5月
https://sengan.myswan.ed.jp/cabinets/cabinet_files/download/15714/793cf6631c559587ee7dd36cb93b8a43?frame_id=504