

サボニウス型風車を用いたエネルギー環境教育の授業実践について

～持続可能な社会の実現に向けて生徒たちの意識を高める研究～

小林 昭智 神戸山手女子中学校高等学校

1. はじめに

世界規模で進んでいる経済成長や深刻化しつつある環境問題などを考えると、色々と物事が分かってくる青少年の段階から「持続可能な発展」について客観的に理解できる能力を身に付けることが、非常に大切になる。かつて、北欧をはじめとする欧州各国では「持続可能な発展」に向けた活動を教育界に取り入れられている動きがあった。そこから活動がスタートし、近年、教育現場においても持続可能な開発目標

(SDGs : Sustainable Development Goals) の実現が叫ばれているが、7 番目の目標である「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」を知らない生徒も多い。授業やHR など現代および将来のエネルギー問題に対する理解を深めることによって、将来のあるべき産業活動や人々の暮らし方を考えさせることになる。

「持続可能な発展」は、グローバルかつ長期的な視点から経済・資源・環境問題をいかに解決していくかが鍵になる。問題はかなり複雑に絡み合っているだけに一つの方法だけで解決できない。可能な限り、何枚も何枚も解決に向けた処方箋を作っていくことが重要となる。「開発と成長」をモットーに発展し続けてきた世界に、「持続と調和」を重視する質的な転換が求められ続けている。

一方、学習指導要領では、自然の事物・現象に主体的に関わり、理科の見方・考え方にに基づき、仮説を立てるなど見通しをもって観察、実験を行うこと、観察や実験を通して、科学的に深く探究する力や態度を養うこと、生徒自身が授業や実験で学んだ知識や技能が社会でどのように役立つかを確認し、それらへの意識を高めることができるようにすることが求められている。

本研究では、実際に教育現場においてリアリティーをもって風力発電実験を生徒に体験させ、学習効果が高い授業を行うためのエネルギー環境教材の開発を行った。持続可能な社会の実現に向けて、生徒たちの意識を高めるきっかけ作りとして本研究を実践した。

2. 研究目的と方法

2.1 目的

学校での理科学習や環境学習において、風力発電は学習教材としてよく扱われるが実際に低価格で身近な材料を用いて、風力発電実験機を製作し、発電を体感することはなかなかできるものではない。学習者自らが風力発電実験機を製作することによって、次の5点が期待できると思われる。

- ① 環境問題について生徒ひとりひとりに主体性をもって考えさせることができる。
- ② 授業で周りと相談しながら風車を作成することによって「主体的・対話的で深い学び」を実現することができる。
- ③ 理科の面白さと不思議さを感動と共に伝えることができる。
- ④ 自然のエネルギーに興味・関心を持つことができる。
- ⑤ エネルギー問題や環境保護について継続的な取り組みをするように促すことができる。

本研究では上記のような風力発電実験機を開発して実践授業を行い、学習効果を測定し、女子高校生の理系選択生徒の増加、私立学校の中高一貫教育と女子校教育の発展を目的としている。

2.2 方法

全国どの学校現場でも使用可能な教材を開発し、環境教育の要素を取り入れた授業を行うために、次の3つの段階で研究を進めた。

1. サボニウス型風車を用いたエネルギー環境教育教材を開発・研究する。
2. 開発した教材を用いて授業実践を行う。
3. 授業実践の前後で学習者にアンケート形式の評価問題に取り組ませ、学習面と情意面での変化が見られたか調査をし、対応のあるt検定で分析する。

3. 実践報告

3.1 小型のサボニウス型風車風力発電実験機の開発

まず、100円ショップやホームセンターなどで購入した材料を写真1に示す。具体的には①タッパー、②消しゴム、③ワニクリップケーブル、④ムギ球、⑤輪ゴム、⑥半分に切った円筒形プラスチック容器、⑦竹串、⑧発泡スチロール製の土台、⑨発泡スチロール製のプーリー、⑩モーター、⑪両面テープ、⑫セロハンテープであった。小型のサボニウス型風車風力発電実験機の作製方法を以下に述べる。

1. ①のタッパーの底に千枚通しで穴を開け、その穴の真上の蓋に両面テープで消しゴムを貼り付ける。(写真2)
2. 加工したタッパーの、穴を開けたほうに近い側面に両面テープを用いて、モーターを貼り付ける。(写真3)
3. 写真1の⑥を風車の羽とし⑧の発泡スチロール製の土台に、セロハンテープを用いて1つずつ固定する。(写真4)
4. 発泡スチロール製の土台の下に、両面テープを用いて⑨のプーリーを取り付ける。(写真5)
5. 発泡スチロール製の土台とプーリーの中心を貫くように竹串を刺す。(写真5)
6. 羽の上面をセロハンテープで固定する。(写真6)
7. 貫いた竹串は5mm程度羽の上面側に残るようにして、竹串と羽もセロハンテープで固定して羽の完成。(写真7)

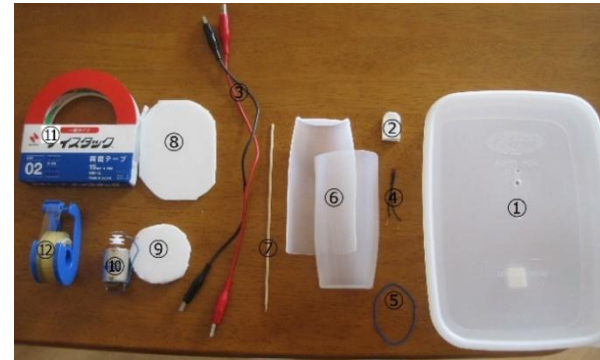


写真1 材料



写真2 加工したタッパー 写真3 モーター付きタッパー



写真4 作製中の羽 写真5 土台とプーリーに竹串を刺した様子



写真6 羽の上面の様子



写真7 完成した羽

- 8.7で完成した羽を1で加工したタッパーに取り付ける。その際消しゴムの中央に千枚通しで何回か刺して穴を開け、竹串が回りやすいようにしておく。(写真8)
9. 写真9のように、モーターの軸とプーリーに輪ゴムをかける。この時モーターの軸とプーリーの高さを合わせるように竹串の貫き具合を調整する。
10. モーターの銅線に、ワニクリップケーブルとムギ球を取り付けて完成。(写真10)



写真8 完成した羽をタッパーに取り付けた様子

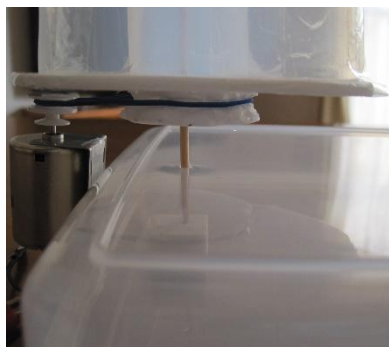


写真9 輪ゴムをプーリーに取り付けた様子

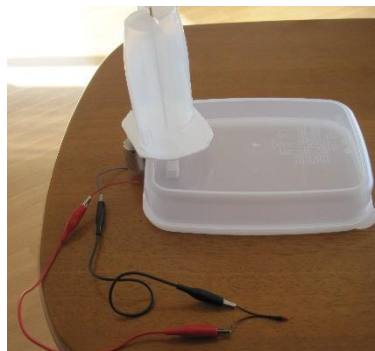


写真10 完成図

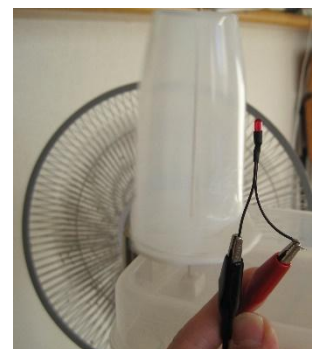


写真11 風車が回転している様子

3.2 小型のサボニウス型風車風力発電実験機の性能

開発した小型のサボニウス型風車風力発電実験機の性能を表1に示す。ただし、表1のデータは測定を10回行って平均値をとったものである。

表1 風速に対する回転数と電力

風速 [m/s]	回転数 [r p m]	電力 [W×10 ⁻⁵]
0.0	0	0
0.5	0	0
1.0	0	0
1.5	0	0
2.0	0	0
2.5	55.5	0.64
3.0	101.2	1.35
3.5	158.3	1.91
4.0	196.0	2.30
4.5	211.0	2.63

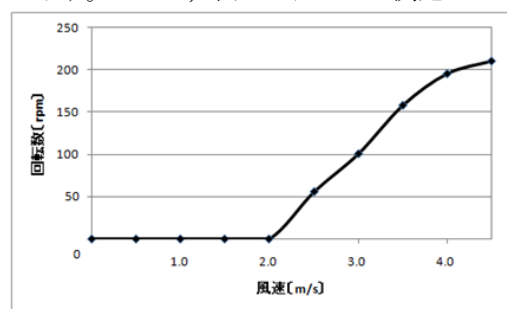


図12 風速と回転数の関係

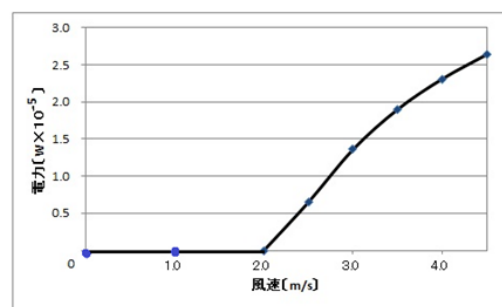


図13 風速と電力の関係

図13のグラフによって、今回製作した小型のサボニウス型風車風力発電実験機は風速2.5m/sから回転し始め、風速が上がるにつれて電力の増加量が減少し、もっと風速を上げていくと電力が増加しなくなるのではないかと考えられる。可能であれば今回の測定で風速5.0m/s以上の電力も測りたかったのだが、今回製作した小型のサボニウス型風車風力発電実験機では測定不能であった。

3.3 小型のサボニウス型風車風力発電実験機を用いた授業実践

授業実践は神戸山手女子高等学校の授業「物理基礎」で行った。2024 年 12 月 16 日（月）6, 7 限は高校 1 年生グローバル選抜探究コースと選抜コースの生徒 41 名対象に授業実践を行い、2024 年 12 月 19 日（木）2, 3 限は高校 1 年生未来探究コースの生徒 15 名対象に授業実践を行った。授業では、まず、事前アンケートをとってから生徒全員に環境問題や SDGs, サボニウス型風車の理論と簡単な作成手順を解説したあと、56 名の生徒に対して 1 名に 1 台風車の工作材料を渡し、高校生がお互いに協力して工作や発電実験を行った。実際に高校 1 年生の生徒に小型のサボニウス型風車風力発電実験機を作製してもらったのだがその様子を見ていると、みんな最初は見たこともない風車に戸惑っているようであったが、次第に風車製作に没頭していく様子が見受けられた。そして、完成した実験機を持って大型扇風機の前に行ってもらい、ムギ球が点灯したり、電圧や電流を測定して実際に発電する様子を目の当たりにしてもらった。そしてその後他にも色んな種類の風車が存在することや、色々な発電方法のメリットやデメリットを説明して、事後アンケートに協力してもらった。アンケートの詳しい内容や分析結果については 3.4.2 と 3.4.3 に示す。

事後アンケートの自由記述欄を見ると、生徒たちは試行錯誤して自作した小型のサボニウス型風力発電実験機が発電する様子を目の当たりにしたことでエネルギーを生み出すことの大変さやエネルギー資源の大切さを実感してくれたように感じる。自由記述欄についての詳細は 3.4.4 に示す。写真 14 から写真 15 のように生徒たちがすごく楽しそうに風力発電実験に取り組む様子を見て、この実験機なら中学生から高校生までが楽しんで学べると考えた。



写真 14 生徒が羽を作製している様子



写真 15 生徒が羽を土台に貼り付けている様子

3.4 「物理基礎」における授業実践の評価

3.4.1 授業実践の評価方法

授業実践の評価は、アンケート形式の評価問題にて行った。評価問題を作成する際に以下の 6 点に注意し実施した。

- ① 評価問題であることを意識させないために、アンケートという形式で行った。
- ② 評価問題を解きながら今回行った授業の復習ができる内容にした。
- ③ 回答者の集中力を考慮し、質問数を 12 個に抑え、選択肢を選ぶという簡単な評価問題とした。
- ④ 事前と事後に分けてアンケートをとることで対応のある t 検定を行った。
- ⑤ 事後のみの評価問題を 1 項目アンケートに組み込んだ。
- ⑥ 授業を受けてくれた生徒たちの生の声が聞きたかったので、自由記述欄を設けた。

3.4.2 アンケート形式による評価問題

表 2 は、開発した教材および授業実践の評価のために使用した評価項目である。5 段階評価を採用し得点化し、集計した。各評価問題の回答はとてもそう思うを 5 点、まあまあそう思うを 4 点、どちらともいえないを 3 点、あまりそう思わないを 2 点、全くそう思わないを 1 点とした。ただし、評価項目 5 は、石油などのエネルギー資源は有限なので、とてもそう思うを 1 点、まあまあそう思うを 2 点、どちらともいえないを 3 点、あまりそう思わないを 4 点、全くそう思わないを 5 点とした。評価項目 1 から 2 は、事前事後の評価問題で理科に対する情意面の項目である。項目 3 はサボニウス型風車の工作に関する項目（事後のみ）、5 から 9 は環境や風力発電に関する学習面に関する項目、4 と 10 がエネルギー・環境問題に対する情意面の項目、11 は風力発電に対する情意面の項目、12 が自由記述欄（事後のみ）である。ただし、学習効果の測定の際に情意面の項目として 1 と 2 と 4 と 10 と 11 を用いた。3 はただ単に、工作の難易度を知りたいだけだったので学習効果の測定には用いていない。

学習者に対し、この評価項目に従ったアンケートを授業の事前事後に実施し、学習者の学習面と情意面の変化を調べた。なお、学習効果の測定は事前事後の差異を知るために最も有効な t 検定という手段を用いた。今回の分析はエクセルを利用した。

表 2. 授業実践でのアンケート形式の評価問題

	事前	事後
1	理科の授業は好きですか	
2	理科の実験は好きですか	
3		サボニウス型風車実験機を作るのは簡単でしたか
4	SDGs の 7 番目の目標である「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」を意識していますか	
5	石油・石炭・ウランなどのエネルギー資源は無限にあると思いますか	
6	風車（風力発電）は、風の力を電気に変える装置だと思いますか	
7	サボニウス型風車は、弱い風でも回りやすい風車だと思いますか	
8	風力発電は火力発電と比べて二酸化炭素が出る量が少ない発電方法だと思いますか	
9	風力発電を行うと、発電をしている周辺の環境や動植物に影響が少ないと思いますか	
10	環境問題の解決のためにできることを何かしようと思いますか	
11	風力発電のメリットとデメリットを意識していますか	
12		今日の授業・実験の感想など自由に書いて下さい

3.4.3 学習効果の測定方法とその結果

ロイロノートでとったアンケート結果を csv ファイルにして、データを抽出してから、事前と事後の点数を情意面と学習面とに分けてエクセルに入力し、対応のある t 検定を行った。情意面と学習面の t 値と p 値を求めて、表にまとめると以下のようになる。ただし、N を標本数（生徒数）、Mean を学習面（25 点満点）、または情意面（25 点満点）の生徒が獲得した点数の平均とする。

表 3 授業実践の t 検定の結果(学習面)

		N	Mean
学習面	事前	56	17.7
	事後	56	21.6

差の標準偏差=4.63 t=-6.27 p=2.99×10⁻⁸

表 4 授業実践の t 検定の結果(情意面)

		N	Mean
情意面	事前	56	16.2
	事後	56	19.6

差の標準偏差=6.00 t=4.21 p=4.83×10⁻⁵

事前と事後の点数を計算した結果、学習面の p 値は 2.99×10^{-8} で情意面の p 値は 4.83×10^{-5} 、自由度は $56-1=55$ であった。今回は、授業前と授業後で評価項目の点数が上がったかどうかを見るので片側検定の p 値に着目した。今回のアンケート結果から得られた p 値は非常に小さい値で 0.05 より小さいため、授業前と授業後に学習面と情意面それぞれで有意差はないという帰無仮説が棄却できる。よって t 検定の結果、学習面も情意面も 5% 水準で有意差があり、事後で点数が上がっていることが分かる。ゆえに今回の授業実践は、学習効果があったと言える。

3.4.4 自由記述欄に関する評価

「実験前でははっきりとしなかったことが、実際に風力について触れたことでエネルギーについての関心が深まり、環境問題についても深く考えることができた。」「近年世間でエコの意識が高まってきたてはいたが具体的に何をやっていいのかが分からなかった。しかし、何が原因で地球がどのような状態に陥っているかがやっと少し理解できたので、明日から *reduce, reuse, refuse, recycle* を心掛けて日々生活していきたい」「風力発電はとても遠いものに感じていたけど、この実験を通して身近に感じた。また、自分で風力発電の装置を作り出すことができることに驚いた。」「作るのが難しくなく、簡単に作れたのでエネルギーを作る装置を作るのは簡単だけど、そこからエネルギーを作るのは難しいと思った。」「色々な発電方法のメリットだけでなくデメリットにも目を向けていく必要があると思った。」などの結果が得られたことから、環境問題に対する意識を高めることができたと考えられる。これらの結果から、風力発電だけに限らず、ある物事を生徒に教授する際には、メリットだけでなくデメリットも伝え、自ら判断できる人材の育成を目標にすることが特に環境教育では重要であると考えられる。

4. まとめと今後の展望

本研究で開発したエネルギー環境教育教材は、身近な材料を活用しており、コストを抑えつつ生徒が個別に実験を行うことを可能にしている。これにより、生徒たちは風力発電について実践的に学び、さらに教材を自宅に持ち帰ることで、風力発電に関する知識を継続的に深めることが期待される。また、工作や実験の手順が簡易であるため、理科専任の教員でなくとも授業で容易に指導できる点も特徴である。

アンケートではSDGsの7番目の目標である「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」を意識していますかという問いに対して、事前より事後の方が回答の点数が高い生徒が46名であった。サボニウス型風車を用いた発電実験を通じて、生徒たちは科学技術を活用することでエネルギー問題や環境問題の解決に貢献できるという実感を得たと考えられる。この成功体験が、環境に優しいエネルギーへの興味・関心を喚起し、持続的な学びに繋がることが期待される。さらに、こうした地道な取り組みが、私立女子校における理系志向の女子生徒の増加にも寄与すると考える。今後もこのような教材を活用し、生徒たちの科学技術に対する関心を高めるための活動を継続していきたい。

5. 参考文献

- 牛山泉, 2007, 『風と風車のはなし』成山堂書店, 1-25.
- 川村康文・小林昭智・松林昭・藤原清, 2008, 「“ぶち発明”をいかした教材としてのサボニウス型風車風力発電実験機」『エネルギー環境教育研究』Vol.3, No1: 78-83.
- 国際連合広報センターホームページ (最終閲覧日: 2025年1月17日)

https://www.unic.or.jp/news_press/features_backgrounders/3173/