

「ウインディー」を用いた
エネルギー環境教育のための授業実践

Class for the energy and environment education using "Windy"

福田 豊
Yutaka FUKUDA

秋重 幸邦
Yukikuni AKISHIGE

島根大学教育学部附属教育支援センター紀要第5号

平成18年6月

「ウインディー」を用いたエネルギー環境教育のための授業実践

Class for the energy and environment education using “Windy”

福田 豊¹ 秋重 幸邦²
Yutaka FUKUDA Yukikuni AKISHIGE

要 旨

電磁誘導を教えるための教材として、市販の四極磁石とソレノイド型円形コイルを用いて、風力発電型電磁誘導実験装置を開発した。地元企業との共同で「ウインディー」という商品名の理科教材として製品化し、販売することとなった。エネルギー教育、環境教育用の教材として、この装置が有効であるかどうか確認するため、授業実践を試みた。

[キーワード] エネルギー教育、環境教育、電磁誘導実験装置、風力発電、授業実践

I はじめに

21世紀の人類に科せられた最大の課題であるエネルギー環境問題を解決するためには、資源・エネルギー問題を含むエネルギー環境教育の一層の普及が望まれる。その実践面においては、エネルギー環境教育の推進に役立つ適切な教材やそれを用いた教育プログラムを開発することが極めて重要な課題となっている。島根大学教育学部は、(財)社会経済生産性本部・エネルギー環境情報センターからの資金援助を受け¹⁾、2005年からの3年計画で、エネルギー環境教育拠点大学としての活動を開始し、「山陰エネルギー環境教育研究会」を発足させた²⁾。本研究は、この研究会の教材開発部門で行った研究活動の一つである。

発電の根幹をなす電磁誘導現象に関しては、中学校理科、高等学校物理ⅠA、物理Ⅱなどで取り上げられているものの、十分な定着をみない、分かりづらい物理現象の一つになっている。電磁誘導実験装置は市販品を含め数多くのもものが提案されている。高橋は³⁾、文献にある方法・装置を調査分類した結果、どの方法も永久磁石の磁場を用いているために、その強さを自由に変えられず、また定量化も簡単でないとして、大型のヘルムホルツコイルで磁場を発生させ、その中央でコイルを回転させる発電機型の電磁誘導実験装置を試作した。可変磁場や持続した交流起電力が得られ、測定結果と理論との比較も容易であるなど、完成度の高いすばらしい装置となっている。2002年、我々は、市販の四極磁石回転子とソレノイド型円形コイルを用いて安価で精度の高い電磁誘導実験装置を開発し、応用物理教育誌に発表した⁴⁾。その試作機を元

¹ 島根県立矢上高等学校

² 島根大学教育学部

に、県下の企業である(有)清友エンジニアリングや島根電工KKとの共同で、風力発電型電磁誘導実験装置の製品開発を試みた。現在、本装置は島根電工KKから「ウインディー」という商品名で販売されている。本研究は、この風力発電型電磁誘導実験装置の試作機を用いて、2002年から2003年に松江工業高等学校や島根大学教育学部で行った授業実践活動をまとめたものである。

II 実験装置の紹介

図1に「ウインディー」の写真を示す。本装置は、風車の回転による発電と駆動モーターの回転による発電ができ、教師の演示実験だけでなく学生実験用装置としての利用が可能な多目的実験装置である。主な構成は、①風車部分、②電磁誘導に関する発電実験の部分、③風力による発電部、④安全装置からなる。各部分の特徴を簡単に紹介する。

1. 風車部分：(1) 装置に取り付けられた風車は実験者が羽根の角度を任意にダブルナットで固定し実験できる。(2) 実験者の創意工夫した羽根の取り付けが可能である。
2. 電磁誘導に関する発電実験部分：(1) 四極磁石回転子の回転数を駆動モーターで制御する事で、連続的に任意の回転数に対する発電の実験ができる。(0～500rpm)。(2) 四極磁石回転子とソレノイド型円形コイルとの距離を変えることで、発生電圧の変化を調べる事ができる。上下操作はネジ機構で、0.01 mmの精度である。(3) ソレノイド型円形コイルの中心部分に、金属材料を挿入する事ができ、金属の種類による発生電圧の比較が可能である。(4) オプションのコイルを2個付加すれば、三相交流の発電実験ができる。(5) オシロスコープ用の端子を備えているので、手持ちのオシロスコープに接続すると波形観察が、簡単にできる。
3. 風力による発電部分：駆動モーターによる回転と風車による回転の切り替えは、クラッチ機構により簡単にでき、風力発電実験ではLEDが点灯する。
4. 安全装置：実験者が、風車を取り付けたままで、誤って駆動モーター利用の電磁誘導実験ができないように、風車のロック機構が備えられている。

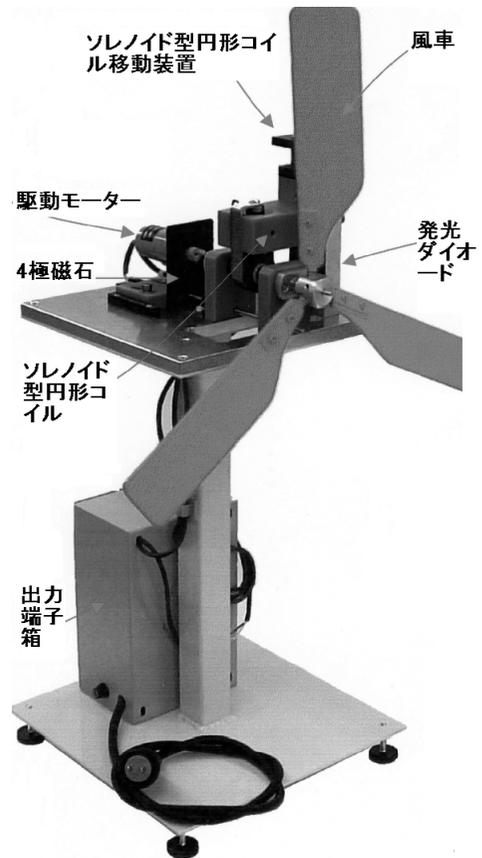


図1 風力発電型電磁誘導実験装置「ウインディー」

Ⅲ 授業実践に向けて

本実験装置を使用して、高校で実際に授業を行うことを想定し、①授業前のアンケート調査用紙、②実験指導書、③授業後のアンケート調査用紙などを作成した。この内容について説明する。

1. 授業前のアンケート調査用紙：中学校理科第1分野で電磁誘導に関しては教科書の中で取り扱われており、一応の理解はなされていると考えられる。授業前にどの程度の理解がなされているかを調査して授業に入るために、2種類のアンケート用紙、アンケート調査（1）^{付1)}、アンケート調査（2）^{付2)}、を作成した。
2. 実験指導書：実験指導書「風力発電と電磁誘導に関する実験」は、1.目的、2.原理、3.装置、4.準備するものと配線図、5.実験方法、6.実験結果、7.課題、8.感想、等の項目からなる。実験指導書の詳細についてはここでは紹介しないが、大学では180分間（90分×2）授業用で、最初の90分は、教師が電磁誘導の解説を行い、オシロスコープの使用方法を説明し、「ウインディー」を用いての演示実験などを行う。後半で、実際に学生たちが「ウインディー」に触れ、「回転数と起電力の関係」や「磁石とコイルの距離と起電力の関係」をオシロスコープの波形を見ながら指導書に従い測定する。この実験指導書には、レポート作成のための課題や磁場強度の補正法に関する詳しい記述もあり、家に帰ってからもう一度勉強し直すことができるように配慮されている。高等学校は、200分間（50分×4）を想定した内容である。
3. 授業後のアンケート調査および個人面接の内容：授業を行った後の感想などを含めて4項目についてアンケート（3）^{付3)}で確認する。又、高校生は文章力がなく紙面には書けない生徒もいるので、個人面接や全体討論で意見を聞く必要があると考える。

表1 松江工業高校電気科でのアンケート調査（1）^{付1)} 及び（2）^{付2)} の集計結果

学 年	質 問	調査人数	(1) 磁石の上下運動		(2) 磁石の回転運動	
			正解者数	正解者の割合	正解者数	正解者の割合
1 年生	質問 1.	38	26	68.4%	30	78.9%
	質問 2.	38	26	68.4%	28	73.7%
	質問 3.	38	25	65.8%	29	76.3%
2 年生	質問 1.	39	27	69.2%	28	71.8%
	質問 2.	39	33	84.6%	30	76.9%
	質問 3.	39	28	71.8%	25	64.1%
3 年生	質問 1.	35	28	80.0%	30	85.7%
	質問 2.	35	26	74.3%	24	68.6%
	質問 3.	35	25	71.4%	23	65.7%

IV 授業展開と結果

上記教材を用いて、松江工業高校全日制電気科1～3年生で、実際に授業を行った。授業前に行ったアンケート（1）及びアンケート（2）の結果を表1に示す。正解率は、学年に余り関係なく65%～85%であった。アンケート後、聞き取り面接を行ったところ、正答を出した学生でも、確実に理解しているのではなく、感覚的に何となく分かっているような感じであった。従って、本教材を使用しての実験は最も基本的な事を説明してから、実験に入る必要があると思われる。

アンケート（3）の記述による調査結果は下記のようにまとめられる。但し14～20は実験後の個人面接や全体討論での発言内容である。

1. とてもあいまいな知識が実験を通して身近に感じる事ができた。
2. 手作りの風車で電気が起こり、クリーンエネルギーについて考えさせられた。風力以外のクリーンエネルギーについて考える機会を得た。
3. 電磁誘導については、今までは言葉でなんとなく知っているだけだったが、頭の中で四極磁石が回っているのが浮かんでくる。
4. 風車は簡単につくれる構造だが、それでも電気を作る事ができるのはすごいと思う。
5. 初めての事をたくさん実際に自分でやる事ができて楽しかった。
6. 実験をして物理の中の現象から自分の身近な現象へと変化して、より親しみを感じる事ができた。風車は地域にあったものが使用され、環境によいエネルギーを生み出している事を知った。
7. 電気基礎の授業時間よりわかりやすかった。
8. 風力発電に興味を持てた。
9. 自分の中で環境に優しいエネルギーについて考えることができた。
10. 自分でエネルギーや環境問題を解決する方法を考える第一歩となった。
11. 以前よりも発電に対して関心が持てた。
12. 風力発電が環境に良いことがわかった。
13. 風で本当に電気ができるとは思わなかったのでびっくりした。
14. 空気汚染がない（風が環境問題に大切な循環型のエネルギーだと気付いた。）
15. 自然破壊をしていない（排気ガスの発生がない。）
16. 風力発電をきっかけとして他の発電方式との比較で環境問題を考えた。
17. 電気を作るためには電磁誘導で種々なエネルギーを電気に変換しなければならない。実際に発電をしてみて電気を作る事の苦勞が解ったので無駄な電気を使わないようにしたいと思った。
18. 風力発電で作った電気なら、空気を汚さない。風力発電機でバッテリーを充電しておいて自動車を走らせたなら排気ガスが出ないのだから自分で作って走ってみたい。
19. 実験をしてみて自分でも風力発電機が作れそうなので、自分で作った電気で蛍光灯の光を灯して生活したい。

20. 電磁誘導の原理で発電する風力発電機で電気を発生させた。効率を考えて自分ならもっと材料などを工夫して大きい電圧を発生させられるような気がした。作り方の苦労した点などを教えてもらいたい。

「ウインディー」を用いて授業を実際に行って感じたことは、学生それぞれに関心や知識に大きな差があることである。特に実験の原理などを説明するのに必要な言語、例えば周波数、周期の意味やヘルツ (Hz)、ミリボルト (mV) などの単位を知らない生徒もいた。生徒個人の環境問題やエネルギー問題に対する関心や知識にも大きな差があった。日常生活で使用している電気に対する関心にも大きな差があることを実感した。

生徒自身が、風の力を利用して四極磁石を回転させ、円形コイルに発生した電圧をオシロスコープで観測してみると、風の力を弱くすると電圧値が下がり、周波数も減ることに気づき、風の力の強弱で電圧や周波数が変化する事を自分で確かめる事ができた。難解と思われる物理的用語や目に見えない電気との関係を自分自身の感覚として確かめられた事を感想として述べていた。このように、目に見えて感覚的に知っている風と視覚的に捕らえられずにわかりにくいとされている電気が同じエネルギーであることに気づき、電気をより身近なものとして感じた事が、アンケートや個人面接を通じて明らかになった。

以上のようなアンケート調査、個人面接、学級討論を通じて分かった生徒の意識の変化を図2にまとめる。図2に示すように、生徒たちの意識が、「ウインディー」を用いた実験と教師との対話の過程で、電磁誘導や発電に関する知識の段階からエネルギーや環境問題を考える実践の段階へと展開していった。以上の結果は、電磁誘導実験用に開発した「ウインディー」が理科教育用としてだけでなく、エネルギー教育、環境教育にも役立つ事を示していると思われる。生徒の意識を知識だけでなく実践的段階へと発展させる事ができた点に本教材の有効性を感じる。

V まとめ

エネルギー環境教育のための電磁誘導に関する教材開発を目的に、風力発電型電磁誘導実験装置を開発し、その教材化を図った。発電部をつかさどる電磁誘導の心臓部には回転子型四極磁石とソレノイド型円形コイルを用いた。地元の企業との協力で「ウインディー」という教材として製品化できた。さらに、高等学校、大学の授業で使用できる教材として使うために、実験指導書などを作成し、授業を実践した。結論として、電磁誘導実験用に開発した「ウインディー」が理科教育用としてだけでなく、エネルギー教育、環境教育にも十分役立つ事が分かった。

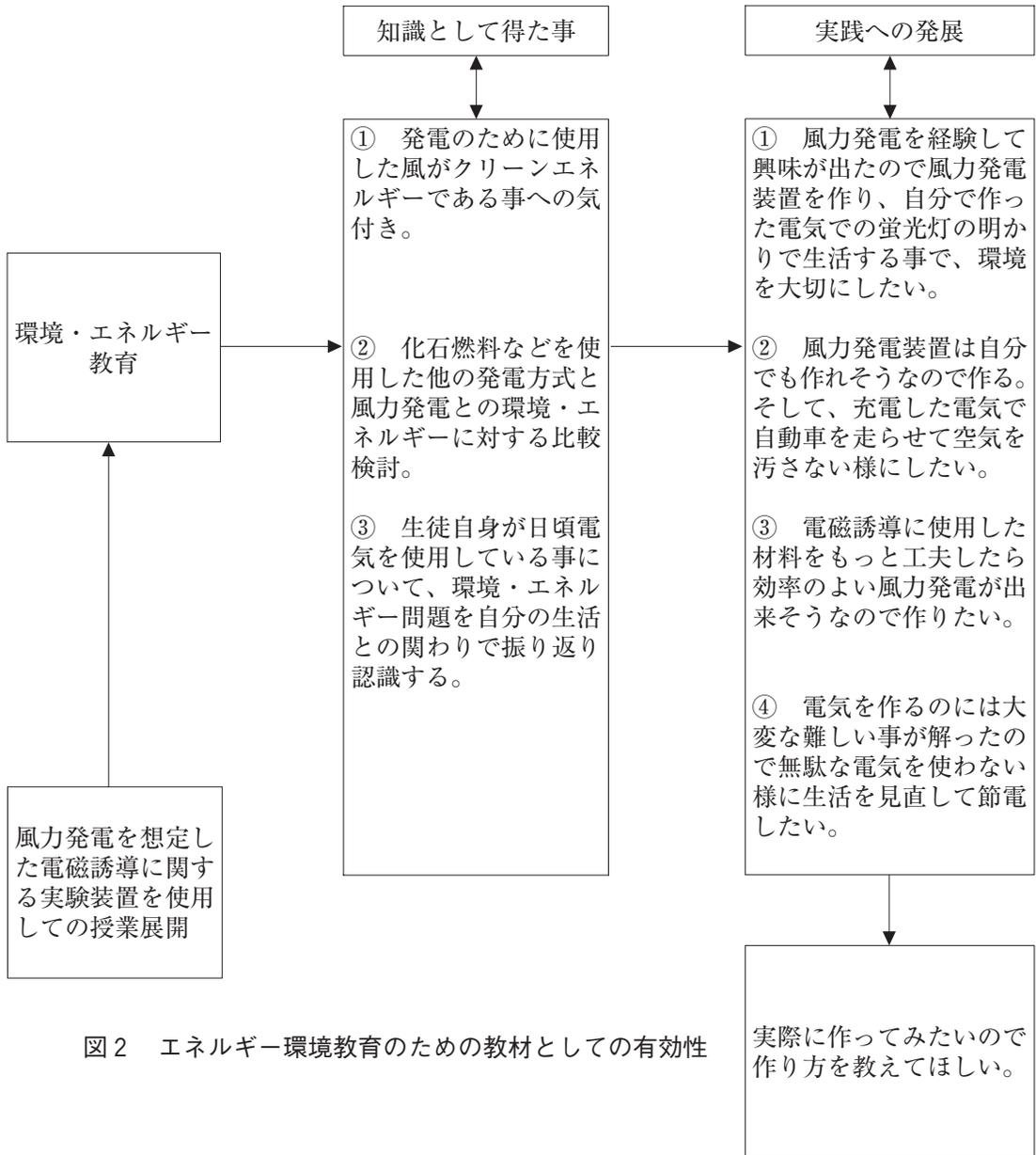


図2 エネルギー環境教育のための教材としての有効性

謝辞

授業実践結果のとりまとめでは、鳥根大学教育学部助教授平野俊英博士にご助言を頂いた。風力発電型電磁誘導実験装置の購入に当たっては、(財)社会経済生産性本部・エネルギー環境教育情報センターから援助を頂いた。紙面を借りて、厚くお礼申し上げます。

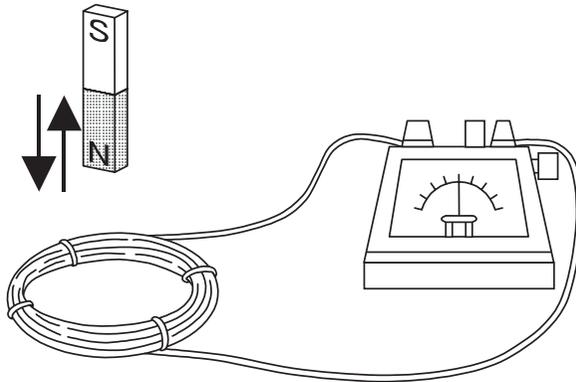
参考文献

- 1) (財)社会経済生産性本部・エネルギー環境教育情報センター：<http://www.icee.gr.jp/>
- 2) 山陰エネルギー環境教育研究会：<http://physics.edu.shimane-u.ac.jp/energy/>
- 3) 高橋成和：物理教育 33巻(4号) 293頁 (1985)。
- 4) 福田豊、秋重幸邦：応用物理教育 26巻(1号) 9頁 (2001)。



試作機を用いての学生実験（島根大学教育学部）

付1) アンケート調査 (1)



上図のように、コイルに検流計を接続して磁石をコイルに近づけたり遠ざけたりすると検流計の針が振れました。この事について、下記の質問の答えを一つ選んでください。

質問1. 磁石をより早く動かすと検流計の振れはどうなると思いますか。

1) 大きく振れる、2) 変わらない、3) 小さく振れる。(理由)

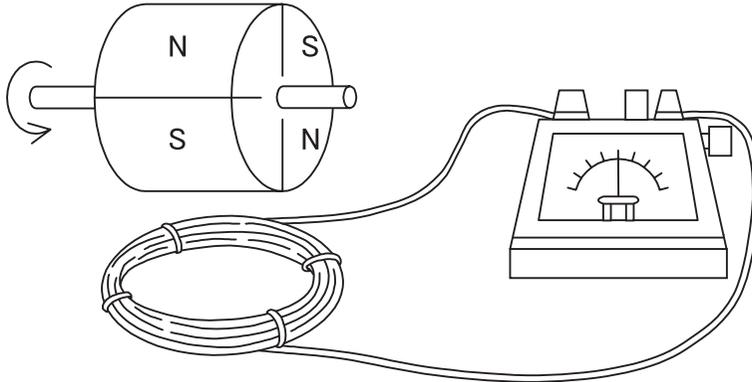
質問2. 磁石をコイルからさらに少し遠ざけて動かすと検流計の振れはどうなると思いますか。

1) 大きく振れる、2) 変わらない、3) 小さく振れる。(理由)

質問3. コイルの巻数を多くして磁石を動かすと検流計の振れはどうなると思いますか。

1) 大きく振れる、2) 変わらない、3) 小さく振れる。(理由)

付2) アンケート調査(2)



上図のように、コイルに検流計を接続して四極磁石を回転させたら、検流計の針が振れました。この事について、下記の質問の答えを一つ選んでください。

質問1. 磁石の回転をより早くすると検流計の振れはどうなると思いますか。

- 1) 大きく振れる、2) 変わらない、3) 小さく振れる。(理由)

質問2. 磁石をコイルからさらに少し遠ざけて回転させると検流計の振れはどうなると思いますか。

- 1) 大きく振れる、2) 変わらない、3) 小さく振れる。(理由)

質問3. コイルの巻数を多くして磁石を回転させると検流計の振れはどうなると思いますか。

- 1) 大きく振れる、2) 変わらない、3) 小さく振れる。(理由)

付3) アンケート調査(3)

質問1. 風が電気に変換される事を実験で確認できましたか。

質問2. 実験したことで風力発電と環境問題を考える事ができましたか。

質問3. 電磁誘導という現象について実験する前と後でどのように変わりましたか。

質問4. 全体の感想