

風力エネルギーを利用した教材開発と評価

—新エネルギーによる問題解決型教材・教具—

松井ひかり*・尾高広昭**

* 山県市立美山中学校 ** 岐阜大学教育学部技術教育講座

Development of Teaching Material Using Wind Energy —Teaching Material of Problem Solving by Alternative Energy—

Hikari MATSUI, Hiroaki ODAKA

1. はじめに

現在、限定された条件下でシステムが操作を行う自動運転システムが搭載された自動車が販売されるなど、現代社会は想像できないほどに急激な発展を遂げている。近い将来、いかなる条件下でもシステムがすべての操作を行う完全自動運転システムが搭載された自動車が日本各地を走る日を迎える可能性もあると考えられる。コンピュータの発展によって、これまでは人間にしかできないとされていた仕事が、ロボットなどの機械に代われようとしている。現在の児童生徒が就職する約10年後には社会の構造も大きく変化しているため、生徒に身に付けさせるべき力も時代とともに変化しなければならない。私は、その変化し続ける社会を生きぬくために必要な力は、既存の知識や技能、最新の先端技術を正確に理解する力と、変わりゆく社会の変化に柔軟に対応できる問題解決能力だと考える。

また、人工知能やコンピュータが情報を処理するための動力になるのは電力であり、それは今後も変わらず人々の生活に欠かせないものであり続けると考えられる。そして、時代の変化とともに発電のためのエネルギーの構成も大きく変化している。かつては、再生産不可能な化石燃料に依存してきた。その後、原子力発電が発達するも、東日本大震災後に起きた原子力発電所の稼働停止に伴う、火力発電の焼き増しにより火力発電への依存度は益々高まっている。今、世界のエネルギー情勢は大きな転換期を迎えている。その象徴は脱酸素化の流れである。つまり、温室効果ガスの人為的な排出と森林が吸収する除去量のバランスをとるために、温室効果ガスの排出量を抑えなければならない。このことから、生徒は化石燃料の使用を抑え、再生可能エネルギーを使用するという発電について考える必要があると考えられる。

以上のことをふまえ、本研究では再生可能エネルギーを取り上げ、生徒が問題解決的な学習を行う中で、将来のエネルギー利用の方法について考えることができる教材・教具の開発と評価を行った。

2. 研究の基盤

2.1 問題解決学習

問題解決学習とは、アメリカのJ.デューイの提唱した、経験をもとに学習活動を行うという教育理論がもとになっている。この学習法は、子どもが生活の中で生じる具体的な問題を子ども自身が解決していくことで、問題解決の技法や思考力の習得を図ることができる。また、子どもたちが興味・関心をもって課題に取り組むことができるという利点がある。また、問題解決学習ではただ体験することだけではなく、体験を振り返る活動や体験をもとに新たな知見を見いだす活動を取り入れることが

大切である。中学校学習指導要領において、技術分野での育成を目指す資質・能力は、単に何かをつくる力ではなく、技術に関する原理や法則、基礎的な技術の仕組みを理解した上で生活や社会の中から問題を見いだして課題を設定し、解決策が最適なものとなるよう設計・計画し、製作・制作・育成を行い、その解決結果や解決過程を評価・改善することができるという力である。これは、今後の社会における技術の在り方について考えるといった学習過程を経ることで効果的に育成できるとされている。また、このような学習過程は一方向に進むわけではなく、設計・計画の段階や製作・制作・育成の段階で問題が発生したときには、その原因を探るだけではなく、問題の程度によっては再び課題を設定する段階に戻り、新たな課題について検討が必要になる場合もあるため、生徒の学習の状況によって各段階間を繰り返すこともあると考えられる。このことから、問題解決学習を中学校技術分野の学習に取り入れることは有効であると考えた。

2.2 完全習得学習

問題解決学習では、問題を解決する学習過程の中で、問題解決の技法を身に付けることができる一方で、事実や現象の理解や、その仕組み等の基礎的な知識の習得ができにくいという課題がある。また、問題解決の学習過程において、生徒の土台となるのは既存の技術の理解であると考えられる。つまり、生徒が問題解決学習を行うためには、生徒の土台となる知識を十分に習得させることが前提となると考えられる。そこで、本研究では、完全習得学習を取り入れ、生徒が問題を解決するための知識を十分に習得できるような手立てを考えた。

完全習得学習とは、ブルームらによって提唱された教授法で、形成的評価の計画的実施と評価結果に基づく補充的指導により、大多数の学習者における授業内容の完全習得を図ろうとするものである。これは、「生徒が課題を学習するのに必要とする時間を十分に与えさえすれば、生徒は誰でもその課題を達成することができる」という考え方を基本としている。完全習得学習の方法はさまざまな見解があるが、基本的には以下の手順で行う。

- ①目標設定：授業目標を設定するとともに、最低到達基準を明確にする。
- ②診断的評価：学習者が、授業理解の前提となる基礎的な知識等を保持しているかどうかを調べ、さらに必要に応じて補充処理をとる。
- ③打業計画立案：上記の①②に基づき、授業計画を具体的に立案する。
- ④授業の実施：概ね一斉授業という従来の方法で学習内容を提示する。
- ⑤形成的評価：それまでの授業内容を理解できているかを調べるための評価を行う。
- ⑥総括的評価：授業目標への到達度を調べるための評価を行う。

この完全習得学習を図式化したものを、図1に示す。

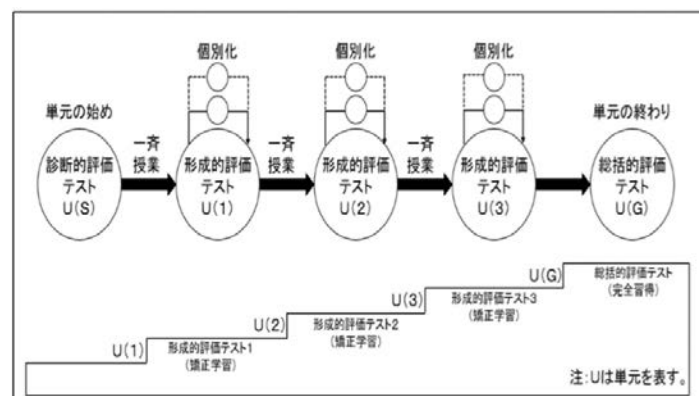


図1 完全習得学習の図式化（東，1987）

学校での授業内容は積み重ね式のものも多く、理解不十分なままで次々と授業が進められていくと、その内容の理解は益々困難なものになると考えられる。よって、今日の学校の学習過程において、完

全習得学習を用いて生徒に学習内容を1つずつ確実に理解させるという方法は適していると考えられる。

2.3 新エネルギーの定義

新エネルギーとは、日本においては新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法で「技術的に実用化段階に達しつつあるが、経済性の面での制約から普及が十分でないもので、石油代替エネルギーの導入を図るために特に必要なもの」と定義されている。発電分野では、太陽光発電や風力発電、バイオマス発電など10種類が指定されており、新エネルギーの多くが純国産エネルギーで、資源の貧しい日本にとってその技術開発の推進には大きな価値があると考えられる。図2に新エネルギーの図式化を示す。

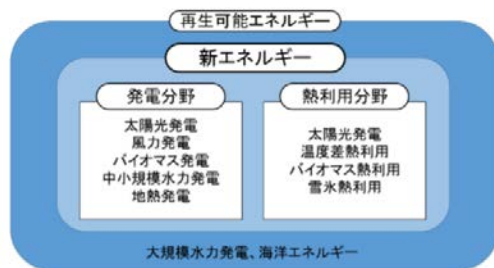


図2 新エネルギーの図式化

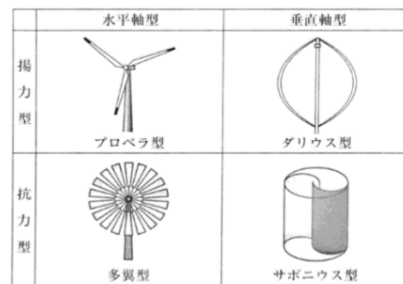


図3 風車の種類 (牛山泉, 風力エネルギー読本)

2.3.1 風力発電

新エネルギーの1つに風力がある。本研究では、中学生が発電について考えるなかで、学校現場でも再現がしやすいという点から風力発電を取り上げた。風力発電に使用される風車には、様々な種類があり、その動作原理から揚力型と効力型に文りいされる。図3に風車の分類を示す。

水平型風車は、風向に対して平行な回転軸を有する風車であり、風車の回転面が常に風の吹く方向を向く必要がある。また、水平軸型風車のなかで回転面がタワーの風上側にある風車をアップウインド型風車といい、アップウインド型風車では方位制御装置の働きによって、その回転面が常に風の吹く方向を向くようにされている。一方で、回転面がタワーの風下側にある風車をダウンウインド型風車といい、ダウンウインド型風車では、風向きが変わったとき、その回転面が自動的に風の吹く方向を向くような力を作用するため、特に小型風車では方位制御装置を必要としない場合が多い。垂直型風車は、風向きに対して直角方法の回転軸を有する風車であり、どの方向から風を受けても回転することができる。設置する風車の種類や、大きさ、発電の仕組みは、設置環境や社会との関わりによって、最適化している。

3. 教材・教具の開発と分析

3.1 完全習得学習を取り入れたワークシートの作成

3.1.1 知識理解の調査

完全習得学習の理論をもとに、授業内に形成的評価を取り入れることで、生徒の理解度にはどの程度の差が生じるのかを明らかにするために調査を行った。対象は、G大学教育学部技術教育講座の第1学年11名を被験者とし、中学2年生を想定したエネルギー変換に関する技術について11名のうち、形成的評価を行った後に総括的評価を行う6名の班と、形成的評価を行わずに総括的評価を行う5名の班に分け、形成的評価の有無とその結果を比較した。図4に調査のために行った授業の展開を示す。

時間	学習内容	指導上の留意点
10分	○速度伝達比の公式について理解する。 授業用の穴埋めワークシートにメモをとる。	・学生には、ワークシートに穴埋めで公式を書き込ませながら授業を行う。 ・速度伝達比のうち、回転速度の比以外の直径の比、歯数の比についての公式に関しては、2つの円の円周を比較するという図を用いて説明を行うことで、理解を促す。
(15分)	(○時間を測定し、形成的評価を行う。問題を解いたのちに理解が不十分な点を質疑応答での解説を聞き、理解を深める。)	(・机間指導を行う。全学生が解き終わったら、理解が不十分な問の説明を行い、学生が基礎基本が理解できているかを確認する。)
10分	○時間を測定し、総括的評価を行う。	・机間指導を行う。

図4 調査のために行った大学生用の授業展開

授業構成は、各班とも授業開始 10 分間で速度伝達比の公式とその導き方についての説明をし、学生には授業用のワークシートを配布し、穴埋め方式で記入をさせる。また、各班に形成的評価の有無以外の条件をそろえるため、授業内容等の説明は同じものとする。また、今回は速度伝達比を求める公式を導き出すために、2つの円を用意して円周の比を考えるとという方法を取り入れた。その後、形成的評価を行う班には、形成的評価のワークシートの回答をさせ、見直し等を終わらせた段階での各時間を計測する。その間、授業者は机間指導を行い、困りを感じている学生には随時指導を行う。そして、全員が回答を終えた段階で、解説、質疑応答の時間を設け、理解が不足している学生への対応を行なう。最後に、各班とも総括的評価のワークシートの回答をし、形成的評価と同様に見直し等を終わらせた段階での時間を計測する。その間、指導者は机間指導を行い、困りを感じている生徒には随時指導を行う。次に図5に形成的評価用のワークシートを示す。形成的評価では、生徒が事前の授業の内容をどれほど理解できているのかを把握するという目的のために、問題の難易度は、教科書に掲載している文言や例題の数値を変更した基礎レベルに設定した。また、問題の構成は大問1で速度伝達比の公式を確認し、大問2で公式を用いての計算とその結果をもとに回転力との関係について確認する。大問1、大問2どちらも穴埋め方式として、学生が考えやすいようにした。そして、ワークシート全体の空白の部分を多く設けたことで、計算スペースの確保と、その後の解答解説や質疑応答の内容を自分なりにメモをとりやすいようにした。図6に総括的評価用のワークシートを示す。総括的評価では、学生が歯車の仕組みや速度伝達比についてどの程度まで理解できているのかという知識の習得状況を把握するために、難易度の異なる大問を3問設けた。問題の構成は、大問1は基礎レベルとし、速度伝達比を求める計算問題を2問設け、1つは歯車の半径をもとに計算し、もう2つは歯数をもとに計算するものとした。大問2では、複数の歯車が組み合わさっている場合の速度伝達比を求める計算問題を設けた。大問3では、授業及びその後の問題を踏まえ、学生が学んだことを自身の生活に生かす力が身に付いているかということを確認するために、自転車のペダルと後輪の歯数が異なる場合の最も回転力がある組み合わせと、もっとも速い回転の組み合わせを求める問題を設けた。ここでは、計算ができるだけでなく、自転車の形状を想像し、ペダル側と後輪側の歯数を組み合わせなければならないという点に関して、難易度が高くなっていると考えられる。なお、採点する際には、大問1は各5点、大問2、大問3は各10点の合計30点満点として評価した。さらに、上記の調査の3週間後に図6の総括的評価の数値のみ変更したワークシートによる調査を行い、時間の経過と形式的評価の有無の関係を研究する。同様に、大問1は各5点、大問2、大問3は各10点の合計30点満点として評価した。

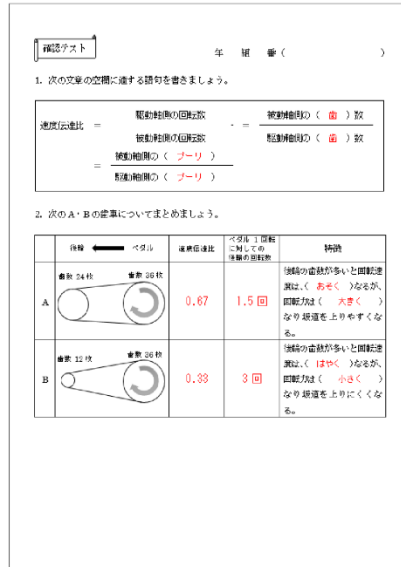


図5 形成的評価に用いたワークシート

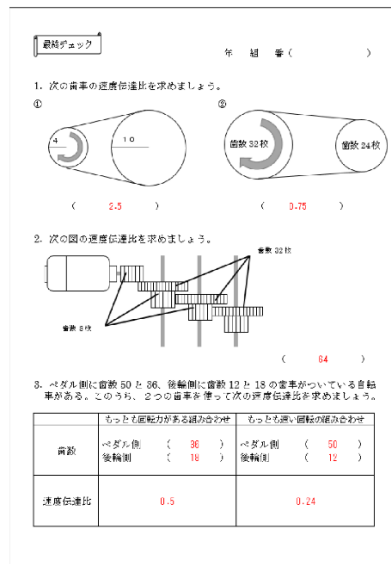


図6 総括的評価に用いたワークシート

3.1.2 知識理解の調査結果及び考察

以降の表、グラフ等に示す番号は、対象の被験者の学生番号等とは一切関係ない。

(1) 診断的評価における結果と考察

授業開始時に、速度伝達比に関する理解度を把握するための問いかけを行ったところ、エネルギー変換の技術における歯車の知識に関して、11名に差異はなかった。

(2) 形成的評価における結果と考察

表1に形成的評価のワークシートの回答時間を示す。

表1 形成的評価のワークシートの回答時間

	1	2	3	4	5	6	平均
時間	2分24秒	2分25秒	2分32秒	2分42秒	2分8秒	2分43秒	2分29秒

このことより、形成的評価を行う時間は多少の個人差はあるものの、3分以内で解くことができ

いと分かる。また、今回の調査において、解答後の自己採点、解説、質疑応答に要した時間は約 4 分であった。よって、大学生を対象に約 7 分がかかっているため、中学校での 50 分を想定しても、授業内に形成的評価の時間を設けることは、現実的に可能であると考えられる。

(3) 総括的評価における結果と考察

表 2 に形成的評価の有無と総括的評価の得点、その回答時間を示し、図 7 にその分布図を示す。

表 2 形成的評価の有無と総括的評価の点数・時間

		得点		時間		
		平均	標準偏差	平均		
形成的評価あり	1	15	23.3	5.5	3分50秒	4分32秒
	2	20			5分1秒	
	3	20			7分13秒	
	4	25			7分1秒	
	5	30			4分7秒	
	6	30			6分53秒	
形成的評価なし	7	30	13	8.7	9分52秒	17分45秒
	8	5			22分42秒	
	9	10			11分3秒	
	10	10			22分25秒	
	11	10			22分45秒	

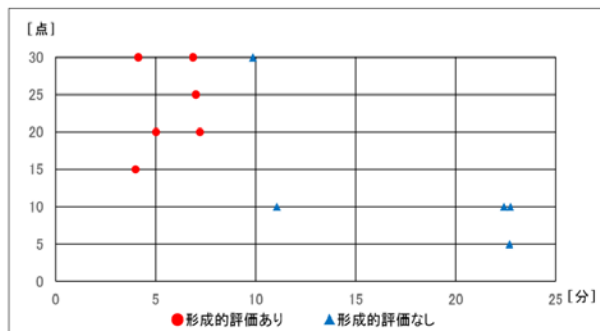


図 7 形成的評価の有無と総括的評価の関係

このことより、形成的評価を行った班は形成的評価を行っていない班より、短時間で問題を解くことができしており、高得点を得ることができているということが明らかである。よって、形成的評価を行うことによって、理解度が高まっているといえる。さらに、標準偏差を比較すると、形成的評価を行った班は、形成的評価を行っていない班よりも点数と回答時間にばらつきが少ないことがわかる。このことから、形成的評価を行うことで、学生の理解度のばらつきを減らし、一定基準にまで高めることができたと考えられる。

次に、総括的評価のワークシートにおける大問ごとの得点を表 3 に示す。

表 3 総括的評価における各大問の得点

		大問 1	大問 2	大問 3
形成的評価あり	1	5	10	0
	2	10	0	10
	3	10	0	10
	4	5	10	10
	5	10	10	10
	6	10	10	10
形成的評価なし	7	10	10	10
	8	5	0	0
	9	10	0	0
	10	10	0	0
	11	10	0	0

このことより、大問 1 の基礎レベルの問題では、形成的評価の有無に関わらず 10 点満点を獲得している学生が多いということが分かる。しかし、難易度が高い大問 2 と大問 3 に着目すると、形成的評価を行った班は大問 2 と大問 3 のどちらかを正答している学生が 3 名、どちらも正答している学生が 3 名であった。しかし、形成的評価を行っていない班は、大問 2 と大問 3 のどちらも正答していない学生が 4 名であった。よって、形成的評価を行うことによって、学生の理解の基礎レベルだけでなく、応用レベルに活用できる水準まで養わせることができるということが考えられる。また、学生の解答用紙から、形成的評価を行った班は形成的評価を行っていない班よりも、計算間違いによる減点が多く見られた。その要因として、学習内容が理解できていることによる慎重さの欠如が考えられる。そのため、指導者は机間指導の際に生徒の考え方だけではなく、計算間違い等の細かな間違いがないかまで確認しながら指導にあたる必要があるということが分かった。

(4) 3 週間後の総括的評価の結果と考察

表 4 に 3 週間後の総括的評価の得点と回答時間の結果、図 8 にその分布図を示す。

表4 3週間後の総括的評価の得点・回答時間

		得点	平均	標準偏差	時間	平均
形成的評価あり	1	20	20	5.8	6分18秒	4分14秒
	2	20			4分8秒	
	3	30			3分35秒	
	4	20			3分39秒	
	5	20			3分18秒	
	6	10			4分28秒	
形成的評価なし	7	20	20	6.3	11分40秒	6分26秒
	8	30			4分5秒	
	9	20			4分16秒	
	10	20			6分10秒	
	11	10			5分59秒	

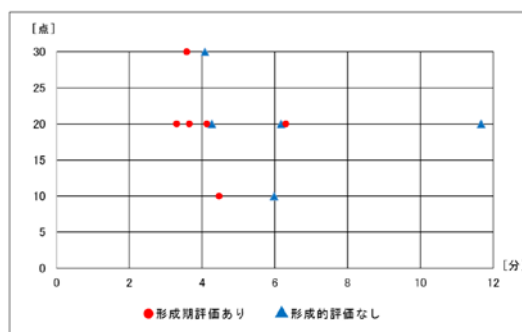


図8 3週間後の総括的評価の分布

以上から形成的評価の有無による得点の変化はなかったが、回答時間の平均を比較すると、形成的評価を行った班のほうが約2分早く解くことができているということが分かる。よって、形成的評価を行うことで学習内容を記憶からアウトプットするために必要な時間が短くなったと考えられる。つまり、形成的評価を行うことで学習者の記憶に残りやすくし、理解した記憶を長期的保持し、さらにその情報が必要なときに思い出しやすくする効果がある。

(5) まとめ

大学生を対象にした調査によって、形成的評価によって知識の理解度は大きく向上するということがわかった。これは、中学生を想定しても、同様に理解度の向上につながると考えられる。さらに、形成的評価を行うことで、授業後に時間が経過しても記憶が保持されやすく、アウトプットにつながっているということが分かった。また、分散の比較より、形成的評価によって多数の生徒を一定の基準まで理解度をそろえることができるため、個人差を少なくすることができるということから、多数で授業を受ける中学生に有効である。

3.2 問題解決能力の育成を目指した教材・教具の開発と分析

生徒が問題解決学習の中で、自身の創意工夫を活かしながらエネルギー変換について学ぶことができる教材・教具の開発を行った。また、創意工夫のほかに題材として次の2つの条件を考えた上で開発を進めた。1つ目に、生徒が体系的に学ぶことができるということである。生徒が体系的に学ぶことができるためにも、生徒が実験や製作などを取り入れる必要があると考えた。2つ目に、どの学校でも利用できる低価格なものであるということである。学校の設置されている地域格差や、設備環境によって学び方に差が出るのではなく、どの学校でもどの生徒でも同様に学ぶことができることが大切だと考えた。本研究では、第1項の意図より、風力発電を取り上げた。そして、教員の準備が容易であるという点から、風力発電の市販教材の一部を利用した。市販教材に関しては、工夫する余地があると考えた TAMIYA 製のループウイング風力発電工作キットを用いて検討を行った。

(1) 風車のプロペラ部分

図9にキット付属のプロペラ部とモータ部を示す。この教材は歯車の組み合わせによって、2倍速、3倍速に変速が可能であり、回転軸を差し替えるという簡易な方法で変速ができる。図10に回転軸の接続部分を示す。この図9に示した付属のプロペラ部を参考に、生徒は様々な条件下で最も効率よく発電できる羽根の形状を工夫することができるようにした。

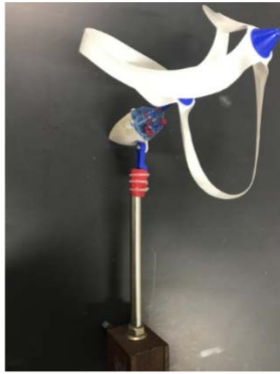


図9 キット付属の羽根と発電部分



図10 回転軸の接続部分

生徒が製作するプロペラ部は、ペットボトルで作れるようにした。ペットボトルはどの学校でも手に入れやすく、生徒が作り替え可能であり、失敗をしても低価格で実験を行うことができるという利点がある。なお、図11、図12にペットボトル製のプロペラ部を示す。これは、ペットボトルの切り方や曲げる傾斜を自由に設定することができる。ペットボトルのキャップに穴をあけ、図10に軸を差し込み、瞬間接着剤で固定するという簡単な製作を行ったところ、実験中に抜ける危険もなく安全に実験を行うことができた。また、500mlのペットボトルを2つに切断し、ペットボトルの上部と底部をはめ込み製作をしたところ、風力を強くしてもペットボトルが変形することなく実験ができたため、実験器具の故障によって生徒が考えた風力条件を実験できないという問題を解決することができた。



図11 ペットボトル製のプロペラ部



図12 プロペラ部の傾斜

(2) 風車のモータ部分の検討

次に、より単純な構造にすることで、より低価格にさせることを目指した。そして、変速のための歯車を省き、モータとプロペラ部を直接接続する方法について、ArTeC製の風力発電工作キットを参考に検討した。図13にモータとプロペラ部の接続部分を、図14に風車の全体の様子を示す。

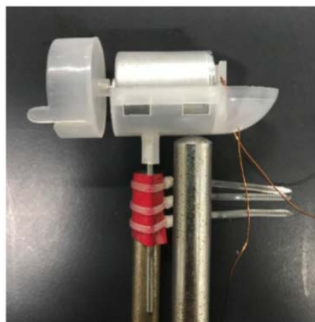


図13 モータとプロペラ部の接続部分



図14 モータ直結の風車

図13に示す接続部分は、ペットボトルキャップをはめ込むことで回転軸にすることができるので、TAMIYA製のキットに接続するために製作したペットボトル製のプロペラ部と互換性がある。そのため、モータ直結の風車と、変速可能な風車の比較等の併用ができる。そのため、学校現場ではモータ

直結の風車を主として利用し、変速可能な風車を共有という方法で準備することで、低価格で生徒の学びを実現することができると思う。

(3) 風力発電実験とその結果

モータ直結の風車と変速可能な風車を用いて、風力発電を行い風の強さと発電された電圧の値を計測した。ペットボトル製の羽根は、本研究では、傾斜付きの3枚羽、傾斜付きの6枚羽、傾斜なしの6枚羽を製作した。風速は、2.5m、4.3m、5.5mの3つの場合を想定し、それぞれの風車を風洞実験装置から40cmの位置に設置して実験を行った。図15、図16に実験の様子を示す。



図15 風力発電実験の様子①



図16 風力発電実験の様子②

表5にモータ直結の風力発電の測定結果、表6に2倍速の風力発電の測定結果、表7に3倍速の風力発電の測定結果を示す。

表5 モータ直結の風力発電の測定結果

		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
風速 2.5 m	傾斜付き3枚羽[V]	0.68	0.60	0.77	0.64	0.72	0.68
	傾斜付き6枚羽[V]	0.58	1.16	1.21	1.28	1.20	1.09
	傾斜なし6枚羽[V]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
風速 4.3 m	傾斜付き3枚羽[V]	1.61	1.50	1.69	1.73	1.73	1.65
	傾斜付き6枚羽[V]	2.10	1.95	1.94	1.86	2.15	2.00
	傾斜なし6枚羽[V]	0.61	0.68	0.61	0.77	0.79	0.69
風速 5.5 m	傾斜付き3枚羽[V]	2.10	2.14	2.11	2.26	2.08	2.14
	傾斜付き6枚羽[V]	2.20	2.68	2.97	3.04	2.99	2.78
	傾斜なし6枚羽[V]	1.72	1.65	1.55	1.60	1.75	1.65

表6 2倍速の風力発電の測定結果

		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
風速 2.5 m	傾斜付き3枚羽[V]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	傾斜付き6枚羽[V]	0.65	0.85	0.78	0.83	0.88	0.80
	傾斜なし6枚羽[V]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
風速 4.3 m	TAMIYA製の羽根[V]	1.60	1.78	1.80	1.85	1.83	1.77
	傾斜付き3枚羽[V]	1.46	1.42	1.47	1.47	1.48	1.46
	傾斜付き6枚羽[V]	1.91	1.97	1.94	1.97	2.03	1.96
風速 5.5 m	傾斜なし6枚羽[V]	0.72	0.71	0.70	0.72	0.72	0.71
	TAMIYA製の羽根[V]	4.02	3.99	3.93	4.03	4.02	4.00
	傾斜付き3枚羽[V]	2.11	2.12	2.11	2.07	2.10	2.10
風速 5.5 m	傾斜付き6枚羽[V]	2.77	2.81	2.80	2.84	2.86	2.81
	傾斜なし6枚羽[V]	1.51	1.50	1.52	1.52	1.48	1.51
TAMIYA製の羽根[V]		測定不可能					

表7 3倍速の風力発電の測定結果

		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
風速 2.5 m	傾斜付き3枚羽[V]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	傾斜付き6枚羽[V]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	傾斜なし6枚羽[V]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
風速 4.3 m	TAMIYA製の羽根[V]	1.97	2.06	2.19	2.13	2.15	2.10
	傾斜付き3枚羽[V]	2.04	2.11	2.16	2.15	2.08	2.11
	傾斜付き6枚羽[V]	3.03	3.03	3.05	2.90	2.84	2.97
風速 5.5 m	傾斜なし6枚羽[V]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TAMIYA製の羽根[V]	5.18	5.32	5.25	5.29	5.28	5.26
	傾斜付き3枚羽[V]	3.08	3.08	3.09	3.05	3.02	3.06
風速 5.5 m	傾斜付き6枚羽[V]	4.07	4.12	4.12	4.06	4.02	4.08
	傾斜なし6枚羽[V]	1.29	1.26	1.27	1.29	1.25	1.27
TAMIYA製の羽根[V]		測定不可能					

TAMIYA製のキットに付属していたプロペラ部は、強風に対して破損する恐れがあったため計測ができなかった。一方で、ペットボトル製のプロペラ部は、強風の場合も変形や破損をすることなく計測することができたため、実験を行う上で安全性がすぐれているということが分かった。プロペラ部の形状を変更すると、測定できる電圧も異なり、生徒がプロペラの形状を工夫することでより効率よく発電できる形状が生まれることが想定できる。そのため、生徒が様々な条件下でより効率よく発電するための問題解決の過程を学ぶために、この教具は活用できると考えられる。さらに、教具の前提

として挙げた、どの学校でも使えるという点において、同実験を風洞実験装置ではなく、風の強さを調節することができる通常の扇風機に変更して行ったところ、同様の実験結果が得られたため、多くの中学校で利用できると思う。

4. 研究成果および課題

4.1 研究成果

本研究において、「問題解決の基盤となる知識の習得」と「問題解決の技法の育成」を目指し、教材・教具の開発を実施した。

知識の習得においては、完全習得学習に着目し、形成的評価を授業のなかに取り入れることによって、学習の理解度の向上とアウトプットの時間の短縮をすることができるということを明らかにすることができた。また、形成的評価を行うことによって、生徒の理解度のばらつきを少なくし、個人差を抑えることができる可能性があるということがわかり、集団での授業に有効であると考えられる。

問題解決の技法の育成においては、生徒が問題を解決するために創意工夫をいかすことができる風車の製作を行った。生徒が、風車を実際に製作し、実験を行うなかで、試行錯誤や点検、修復などを繰り返しながら問題を解決するという過程を体系的に学ぶことができる教具を製作することができた。

4.2 今後の課題

第一に、問題解決の技法の育成に関する実践の不足である。生徒の創意工夫を活かすためには、生徒がどのような工夫をするのか、多くのデータを得る必要がある。本研究では3つの形状のプロペラ部を用いて実験を行ったが、授業実践において生徒に製作をさせ、様々な測定結果から、この風車の活用方法を十分に考えていくことが大切である。

第二に、他の新エネルギーの学習を取り入れることである。本研究では、風力を取り上げたが、生徒の生活の中には、多くの新エネルギーが存在している。そこで、様々な新エネルギーについて学習することができる場を設けることで、生徒がより生活と結びつけながら、社会をよりよくしていこうと考えることができるようになると思う。

5. 参考文献

- ・経済産業省：エネルギーに関する年次報告，pp.269-271（2018）
- ・文部科学省：学習指導要領（平成29年度告示）解説 技術・家庭編，開隆堂（2018）
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構：NEDO再生可能エネルギー技術白書（2018）
- ・中西信男，三川俊樹：新教職課程の教育心理学，pp.35-36，ナカニシヤ出版（2002）
- ・辰野千寿：教育心理学—現代教育課程全書，pp.302-304，国土社（1977）
- ・櫻井茂男：たのしく学べる最新教育心理学，p98，図書文化社（2017）
- ・経済産業省：平成29年度エネルギーに関する年次報告，pp.232-236（2017）
- ・牛山泉：風力エネルギー読本，pp.49-50，オーム社（2005）