

<論文>

地域の特性を生かした新エネルギー教育カリキュラムの開発

茨城県行方郡玉造町立玉造中学校

教諭 板橋夏樹

研究の概要

現在のエネルギー問題を語る上で新エネルギーの重要性が叫ばれている。それは、地球環境をこれ以上悪化させることのないエネルギー資源を用い、持続可能な社会を目指すためである。よって、将来を担う生徒たちに新エネルギーを理解させることは重要なことである。現在の中学校でのこの問題の扱いは、各教科の関連が少なく、またトピック的に扱われていることが多い。そこで、本研究では、各教科でどのように扱われているかを明確にし、特に理科においてこの問題をどのように扱っていくべきか検討し、実践した。結論として、理科と選択理科（2、3年生）を対象に試行授業を行った結果、生徒の大部分はエネルギー問題を理解し、新エネルギーの重要性を理解できたと考えられる。しかしながら、教材開発に課題も残しており、今後の検討課題も明らかになった。

キーワード：理科、選択理科、新エネルギー、風力、太陽、バイオマス、

1. 問題の所在

現在、エネルギー問題を語る上で新エネルギーの重要性が叫ばれている。このような社会をこれから生きていく子ども達に対し、義務教育段階でこの問題を扱うことは大切である。中学校段階では、理科では発電の原理を、社会科では環境や倫理面の問題を、技術家庭科では実際のエネルギーの取り扱い方について学習している。しかしながら、特に理科での扱いにおいては、カリキュラムの最後に位置づけられ、授業の中であまり重要視されていないのが現状である¹⁾。

本校周辺は、広大な霞ヶ浦を見渡せる高台に位置し、レンコン畑や田園に囲まれており、大変自然環境に恵まれている。この自然環境の豊かさ故に、生徒たちは現在問題となっているエネルギー問題をあまり実感することがない。そこで、本校では生徒がエネルギー問題に関心を持つことが出来るように、平成16年1月に校舎屋上に風力発電機を設置した。

これまでのエネルギーに関する研究は、エネルギー概念についてのものが多い。しかし、これからはエネルギー利用に関する実践的な授業のあり方を深く研究する必要があると考える。総合的な学習の時間としてではなく、理科の中でこの「利用」について具体的にどのように扱っていくべきかを考えることは、教科の意義を考慮しても重要な問題である。

従って、本研究では、エネルギー利用に関する意識を高めるカリキュラム、中でも特に新エネルギーを扱うカリキュラムのあり方を考えた。具体的には、さまざまな発電方法を実体験を通し学んでいく中で、地域の環境の特色を再認識し、その特徴を生かしたエネルギー利用を考える態度を生徒が身につけることができるような授業を開発した。

2. 目的

理科及び選択理科を履修する生徒を対象とした新エネルギー教育カリキュラムを開発・試行する。また、生徒のエネルギーに対する意識を高めるとともに、導入する際の問題点等を明らかにする。

3. 方法

- ・新エネルギーを学習するための教材の開発，及び収集を行う。
- ・太陽光・風力・バイオマス等の新エネルギーに関する授業案の開発，及び試行を行う。
- ・上述した授業の評価を行い，生徒のエネルギーに対する認識の変化を調べる。

4. 実践内容

(1) 現行のカリキュラムにおける新エネルギーの取り扱いについて

本校における各教科の実践の中で、エネルギーに関する内容を精査し、表にまとめた(表1)。「エネルギー」の定義は、中学3年の理科(単元「運動とエネルギー」)で初めて学ぶものである。しかし実際には、中学1年の技術・家庭科でもの作りを通したエネルギー変換(主に、電気エネルギー→運動エネルギー)を学び、中学2年の社会で日本を取り巻くエネルギー資源の現状・課題を学んでいる。

表1 各学年でエネルギーについて学習する教科及び内容

学 年	教 科	内 容
1 年 生	技術・家庭科 単元「技術とものづくり」	エネルギーの変換方法や力の伝達の仕組みを知り，それらを利用したおもちゃの製作を行う。
2 年 生	社会 単元「世界の中の日本」	日本は，エネルギー資源・鉱物資源に乏しいこと，環境やエネルギーに関する課題を抱えていることを学ぶ。
	理科 単元「電流とその利用」	<ul style="list-style-type: none"> ・電磁誘導 ・モーターの製作 ・直流と交流発電 ・水の電気分解
	選択理科	エネルギーに関する課題研究
3 年 生	理科 単元「運動とエネルギー」	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギーの定義 ・さまざまな形態のエネルギー(運動エネルギー，位置エネルギー，電気エネルギー，太陽エネルギー，etc)の理解 ・エネルギー保存と変換について
	単元「科学技術と人間」	<ul style="list-style-type: none"> ・暮らしとエネルギーの関係 ・エネルギー利用の問題点
	選択理科	エネルギーに関する課題研究

表1のように、エネルギーについては現在のところ3教科(+選択理科)の中でスパイラルに学習している。しかし、これらの教科間の連携は必ずしも十分ではない。教員同士が情報を伝達・共有し合い、それぞれの教科の特徴を生かした授業を行うことが理想であるが、現実に

板橋：地域の特性を生かした新エネルギー教育カリキュラムの開発

は多忙さという問題で教員同士の話し合いの場を設けるのは難しい。

本研究では、理科及び選択理科におけるエネルギーの授業を中心に考え、特に「新エネルギーの利用」という側面からカリキュラムをつくり、以下のように実践した。

(2) 理科授業における「新エネルギー」教育の実践について

① 発電の基礎、燃料電池の原理についての実践

単元「電流とその利用」(中2)

< 発電の基礎について >

- ・「電流とそのまわりに生じる磁界」を学ぶ。コイルのまわりに生じる磁界を砂鉄・方位磁針を使って確かめることにより、電流が流れると磁界が生じることを理解する。さらに、電気ブランコの実験や、モーターの製作を通して、磁界と電流の相互作用を理解する。
- ・電磁誘導について学習する。コイル中に磁石を出し入れする実験を通して、検流計の針が振れ、発電が行われていることを学ぶ。

< 水の電気分解の発展：燃料電池について >

この中では、電流の電気分解を学ぶ。水に電流を流すと酸素と水素に分解される。



教科書では、この電気分解までしか扱っていない。しかしながら、新エネルギーとして燃料電池が注目されている現在、この話題に結びつけられない手はない。そこで、先の化学反応の発展として燃料電池の原理を学ぶことができる。



そこで、水の電気分解を行う実験から発生した酸素と水素を反応させて、電流を取り出す実験を行った。この反応では、電気が発生する際に水が生成されるだけで、環境に有害な影響を与えない。この利点を押さえた上で、実験活動を行った。なお、この実験には(株)ケニスの実験機器DCN-TD(電極：ステンレス棒(パラジウムメッキ済ニッケル金網付))を用いた。1つの燃料電池では電子メロディーを作動させるほどしかできないが、各班で作った燃料電池を直列に接続することでLEDを点灯させることができた。

燃料電池の歴史は、グローブ(イギリス)の燃料電池についての研究(1839年)に端を発している(図1)。ここから発展し、NASA(アメリカ航空宇宙局)がアポロ計画で宇宙船の電源として採用し発展したこと、環境問題を考える今日においてクリーンな発電であることから急速に重要視されてきた。これらの経緯を実験後に説明した。

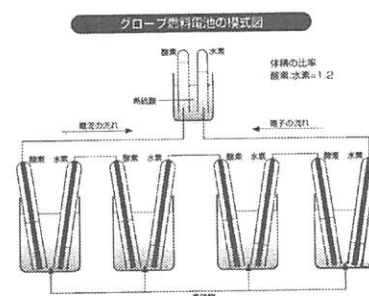


図1 初期の燃料電池²⁾

② エネルギー変換についての実践

単元「運動とエネルギー」(中3)

この単元で、初めて「エネルギー」の定義を学ぶ。教科書でエネルギーは「仕事をする能力」と定義されており、位置エネルギーや運動エネルギーの総和として「力学的エネルギー保存」について学習する。また発展として、電気エネルギーや熱エネルギーとなどの

日常生活に関連させ、エネルギーが相互に変換できエネルギーが保存されることの見方や考え方を学ぶ。

そもそも「仕事をする能力」という定義は、中学生にとって非常に抽象的な概念であり、理解することが大変難しい。そこで、エネルギー保存の概念を学ぶ一連の授業では、可能な限り、各種の実験を行い、実感を伴うことで理解を深めることができる内容を工夫した。

a. 位置エネルギー・運動エネルギーとの関係

斜面を転がるボールにおける位置エネルギーと運動エネルギーの関係から力学的エネルギーの保存を学ぶ授業。

b. さまざまなエネルギー変換について

手回し発電機、火起こし器、ソーラーカー等を使い、電気エネルギー、熱エネルギー、運動エネルギー、光のエネルギー等の間に成り立つエネルギー変換を実感する授業。

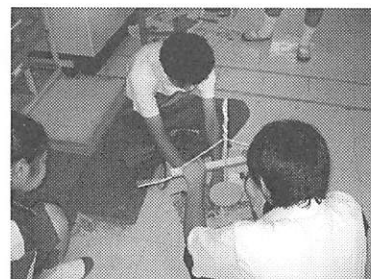


写真1 火起こし器を用いたエネルギー変換の実験

いろいろな器具を用いて実験することにより、より具体的にエネルギーについての理解、さらに、エネルギー変換について理解を深めることができたと考えられる。

さらに次節「エネルギーの利用」では、化学反応により発生する熱利用（カイロの原理：鉄の酸化による発熱反応）について学習する。

③新エネルギーについての実践

単元「科学技術と人間（第1分野）」（中3）

理科の最後の単元が「科学技術と人間」である。ここでは、日本を取り巻くエネルギー資源やエネルギー問題について学ぶ。化石燃料の枯渇が予測される現在、エネルギーの有効な利用の大切さとともに、風力・太陽・バイオマス等の再生可能な新エネルギーの重要性を生徒に投げかける必要があると考えた。このような視点から、以下の7時間の授業をつくり実践した。

表1 エネルギー資源とその利用方法について授業（全7時間）

時 数	内 容
第1時	講義 「身の回りのエネルギー資源と発電，日本の現状」
第2時	講義・実験 「原子力発電の仕組み」 「はかるくんを用いた自然放射線の測定」
第3時	講義・実験 「霧箱を用いた放射線の観察」
第4時	実験 「さまざまなエネルギーを体験しよう！」
第5時	講義 「いろいろな発電の長所・短所」
第6時	話し合い活動 「省エネ・地球環境にやさしい“新”玉造中を考えよう」
第7時	発表会・まとめ

板橋：地域の特性を生かした新エネルギー教育カリキュラムの開発

・第1時「身の回りのエネルギー資源と発電，日本の現状」

日常生活に使われる電気が、どのように発電されているか解説した。次に、日本の総発電量の約30%を占める火力発電の仕組みを演示実験により説明した（写真2）。この実験から、

燃料を燃やす → 水を沸騰させ蒸気にする → 蒸気力でタービンを回す
→ 発電機を回す → 電気が生じる

という一連の流れを理解することができる。さらに生徒は、火力発電で発電されることが実感できるとともに、発電するためには燃料を燃やし続けなければならないことを理解した。ここで使われる燃料の話から、国際関係の不安定さと化石燃料の輸入の問題、燃料の燃焼により生じる二酸化炭素と地球温暖化の問題を含めた話題に内容が深まった。また、このような問題を回避する発電方法に原子力発電があり、これが現在の日本の一翼を担っていることを話した。

※使用した教材：火力発電モデル実験器、

簡易型火力発電実験器（ケニス）



写真2 火力発電モデルを用いた授業の様子

・第2時「原子力発電のしくみ、自然放射線の測定」

本時は、原子力発電の仕組みと自然界に存在する自然放射線について講義・実験を行った。原子の構造は中学では学ばないため、映像教材で核分裂のイメージを持たせた。原子力発電の大まかな仕組みを説明し、二酸化炭素を放出しないという長所と、放射性廃棄物がでるといふ短所を説明した。

また、「放射線は原子力発電所でしか生じない」という誤概念を改める取り組みとして簡易放射線測定器「はかるくん」（放射線計測協会）を用い、自然放射線（ γ 線）の存在を確かめる実験を行った。生徒2人1組で、理科室や外で測定される放射線を測定することにより、身のまわりに存在する放射線の存在を知ることができた。

※使用した教材：簡易放射線測定器「はかるくん」（放射線計測協会よりレンタル）、

映像DVD教材「Mic Go Go」（サイエンスチャンネルの番組）

・第3時「霧箱を用いた放射線の観察」

2時間目の授業で、生徒は放射線の存在を知ることができた。簡易型霧箱キットを用いた放射線の観察を行うことにより、生徒自身の目で放射線の存在を間接的に知ることができる。ドライアイスで冷やした霧箱（中はアルコールの過飽和状態）に放射線源を入れ、そこから飛行機雲のように飛び出す放射線（ α 線）の奇跡を見ることができる。班毎に実験をに行い、その存在を知ることができた。

※使用した教材：簡易型霧箱キット

・第4時「さまざまなエネルギーを体験しよう！」

これまで学習したエネルギー源も含め、これから実用化されていく新エネルギーについて学習することは重要である。そこで、本授業では、火力発電、風力発電、バイオマス、太陽熱、太陽光発電、燃料電池の仕組みを実験を通して学習した。またそれらの長所・短所をワークシートにまとめた。実験器具は理科室内に図2のように配置し、生徒が自由に手にとって体験できるようにした。

<実験内容>

- a. 火力発電：火力発電モデル実験器、簡易型火力発電実験器を用いて、発電される様子を観察する。
- b. バイオマス：雑草から水素が生じる反応を展示。(オリジナル教材使用)
- c. 風力発電：扇風機の風を受けたプロペラ付きモーターが発電し、電子メロディーやLEDを点灯させる。
- d. 燃料電池：燃料電池実験器(ケニス)を用い、水の電気分解を行い発生した酸素・水素を反応させて、電子メロディーを鳴らす。
- e. 太陽電池：太陽電池自動車模型を用い、太陽の光を受けて模型が走らせる。
- f. 太陽光：集熱炉(ケニス)や、ソーラークッカーを展示し、その利用法を考えさせる。
- g. 風力発電の映像：私が茨城県波崎町にある風力発電施設で撮り編集したビデオを放映する。

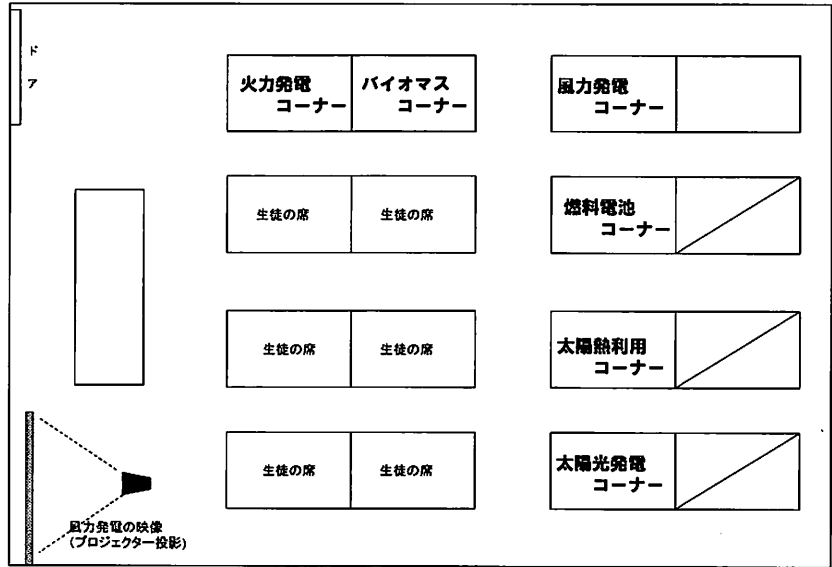


図2 理科室での実験装置の配置

・第5時「いろいろな発電の長所・短所」

前回の授業で生徒が書いたワークシートを基に、まとめを行った。それぞれの長所・短所をまとめ、環境面に注目した新エネルギーの利点と意義を生徒に意識づけた。

・第6時「省エネ・地球環境にやさしい“新”玉造中を考えよう」

これまでの授業で学んだ新エネルギーについてまとめ、省エネを意識した生活の必要性と具体的な取り組み方について考えさせた。省エネ家電についても言及するとともに、電球と蛍光灯の消費電力の違いについても実験を通して学習した。

本校は、数年後に建て替えが計画されており、生徒もどんが学校が将来できるのかを日常会話の中で話題にしていることも多い。そこで、これまでの授業で学んだことを生かして、省エネ対策と地球環境にやさしい自分たちの学校をつくるとしたらどうしたらよいかを班ごとに考えさせた。それぞれのアイデアを画用紙に言葉やイラストを書かせてまとめさせた。

※使用した教材：蛍光灯・白熱電球エネルギー比較実験器(ケニス)

・第7時「発表会・まとめ」

前回、班ごとに考えた“新”玉造中を発表した(写真3)。各班ともに、学校屋上に大型風力発電機やソーラーパネルを取り付けることを提案した。その他に、学校を木材のみで造るというバイオマスを意識したものや、自転車通学者が多いことを生かした自転車発電、雨水を屋上に貯めて水力発電を行うなどユニークなアイデアが続出した(図3)。

板橋：地域の特性を生かした新エネルギー教育カリキュラムの開発

また、使用しない教室の照明を消すなどの省エネを提案した班もあった。

発表後、各班の利点を取り上げ、その可能性について詳しく解説した。さらに玉造町が作成した冊子「玉造町エネルギービジョン報告書」を生徒に配布し、資料として活用した。この資料を用い、自分たちの住む町が霞ヶ浦に巨大な風力発電装置を設置することや、家畜の糞尿から得るメタンガスを資源とした発電という新エネルギーを生かした事業を計画していることを学んだ。

また、人工衛星で撮影した地球の夜の夜景の写真を提示し、いかに人間が夜間も電気を使っているかを実感させ、課題意識を持たせることができた。

※使用した教材：人工衛星から見た地球の夜景写真、平成14年度玉造町エネルギービジョン報告書³⁾

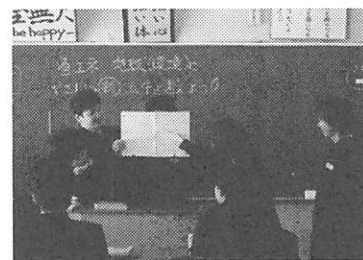


写真3 発表会の様子

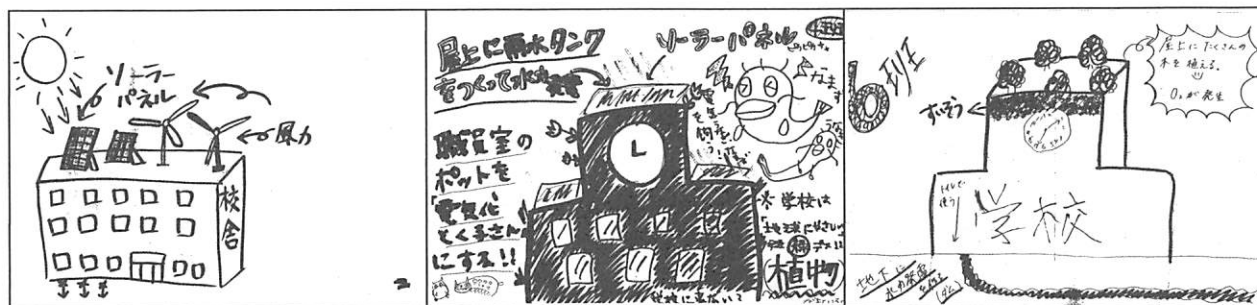


図3 生徒が考えた新玉造中のアイデア

授業後に生徒にアンケートをとり、感想を記入してもらった。ほとんどの生徒が、バイオマス・燃料電池の存在を今回の授業を通して初めて知ったと回答した。これらの新エネルギーは、最近の新聞等で盛んに報道されているとはいえ、中学生レベルには十分に認知されていないものであることが明らかとなった。生徒にとって聞き慣れないこれらに関する教材をさらに発展させていく必要を強く感じた。

また、生徒による感想（自由記述）を見ると、エネルギー資源の多様性を知ったこと、多様な発電方法の理解、省エネの必要性、バイオマス利用に興味を持った生徒が多くいることがわかった。また再生可能なエネルギーを記述した生徒も多く、一連の授業の影響を見ることができた。

以上の点から、現在のエネルギー問題と新エネルギーの重要性を具体的に理解させるという目的で今回行ったエネルギーに関する一連の授業は、成功であると考えられる。しかしながら、実践して明らかとなった教材開発、授業展開に関する課題も多数残っており、これ以後の検討が必要である。

(3) 選択理科における「新エネルギー」教育の実践について

本校における中2・中3のそれぞれの選択理科において、「新エネルギー」についての自由課題研究を行った。選択理科は、独自のカリキュラムを組み、発展的内容を取り扱うこと

ができる科目である。その特徴を生かし、「ものづくりから新エネルギーを学ぶ」というテーマで教師側から幾つかの具体例を提示し、その中から興味のある実験を生徒に選択させた。自らの手で太陽熱や風の力を利用した装置を製作することにより、自然のエネルギーをより実感を伴いつつ理解を深めることができたと考える。

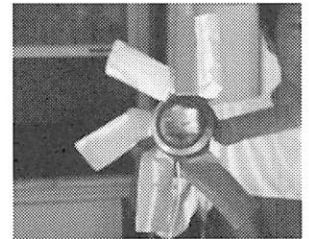
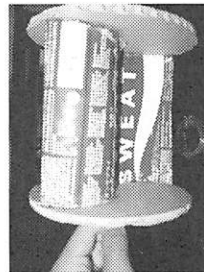
対象：中2選択理科履修者10名、中3選択理科履修者10名

期間：4月～8月

研究内容：①風力発電、
②太陽光発電
③太陽熱の利用（ソーラークッカーの製作）

①風力発電について

校舎屋上に取り付けている風力発電機を参考にして、生徒が身のまわりにある空き缶を使って風力発電の実験を行った。風力発電の仕組みを調べるとともに、どんなタイプのものが存在するか文献調査を行った。



ブレード(羽根)の形も様々なものがあることがわかり、アルミ缶を利用して2種類のブレードを作成した(写真4はサボニウス型、写真5は一般的なもの)。これらをモーター(低電圧用)に取り付け、自然の風や扇風機に当てどのように回転し発電するかを調べた。生徒は、ブレードの角度や枚数を変えて、よりスムーズに回転するように工夫していた。

②太陽光発電について

太陽電池を用いて、その発電について調べた。手のひらサイズのものや、畳一畳サイズの太陽電池を用意し、どれだけ発電できるのかについて実験を行った。また、モーターの動力源として太陽電池を使用した自動車模型を作り、日光のよく当たる校庭で走らせることができた。

自然のエネルギーを用いて、身近な機械の動力源として使用できることを実感することができたようである。

③ソーラークッカーについて

これは、別名「太陽熱炊事器」ともいう。屋外で太陽熱を集光し、その熱を利用して調理を行うことのできる器具である。日本では馴染みがないが、赤道近くの発展途上国など日々燃料が手に入りにくい国々では、この装置が日常の炊事に利用されているそうである。ソーラークッカーには熱箱タイプと反射鏡タイプが知られており⁴⁾、両者を製作した(写真6、7参照)。この装置を製作し実際に調理に用いることで、太陽熱のエネルギー利用の可能性を調べた。

板橋：地域の特性を生かした新エネルギー教育カリキュラムの開発



写真6 熱箱タイプの作成例



写真7 反射鏡タイプの作成

両者を用いて、太陽高度が高い夏休み期間中の晴天の日に、目玉焼きが作れるかどうかを実験した。熱箱タイプは、壁面の熱反射の角度が甘いためか保温程度の効果は発揮したが、目玉焼きを作るまでの熱量を得ることはできなかった。反射鏡タイプは、その骨組みを生徒のアイデアで傘を使っていたが、焦点を正確に計算によって求めていていたわけではないので、これも期待したほどの熱量を得ることはできなかった。しかしながら、両者とも保温性は優れており、生徒たちは太陽熱の大きさに驚いていた。

文献を調べると、製作したものより大きな装置、板の材質等で、さらに効率のよいものを作ることができることが分かった。

5. まとめ

本研究では、まず本校が行っている教科毎のエネルギーに関する取り扱いを再度見直すことから始まった。調査より、エネルギーに関する内容は理科・社会・技術家庭科であり、それぞれが独自に扱っている現状と教科間の連携が不足しているために、効果的な取り組みにならない現状が明らかになった。

その中で、理科・選択理科に焦点をあて、現行のカリキュラムの中で、新エネルギーを扱う教育カリキュラムをどのように位置づけることができるか検討し、試行した。

中学2年の理科「電流とその利用」では水の電気分解の逆反応とである燃料電池の原理を、電磁誘導の話題からモーターの原理を実験を通して学ぶことができた。中学3年の理科では、単元「運動とエネルギー」ではエネルギー変換を、「科学技術と人間」では7時間のカリキュラムを組み、エネルギーに関する様々な装置を用いた授業を行い、実感を伴う多角的なエネルギーの知識を広げることができた。

選択理科（中学2・3年）では、個人または班毎に風力・太陽熱・太陽電池・発電・モーターの原理といったエネルギーに関するテーマを持ち、課題研究を行った。

また本校は、(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より、平成15年から3年間「エネルギー教育実践校」として指定された。この事業の一環として、学校屋上に風力・太陽光発電装置を屋上に設置して約1年が経過した。「環境教育と新エネルギー教育の一体化」という視点で、理科室で飼育した「ホタル」の水槽用ポンプ駆動用電源として自然エネルギーを使用した(写真8)。生徒は水槽の中のをのぞきながら、自然エネルギーがポンプを動かしていることを実感することができた。

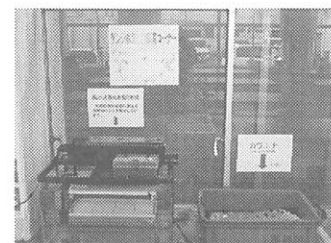


写真8 自然エネルギーを利用した蛍の飼育

これら一連の活動により、生徒の新エネルギーへの関心を高めることができたと考えている。また、理科(中3)で行った未来の新校舎について話し合う活動や選択理科での課題研究を通

して、生徒が自然環境の豊かな玉造町の自然が新エネルギーの資源として有効利用できることを発見することができ、「地域の特性を生かしたエネルギー教育」をある程度実現できたと考えている。

6. 今後の課題

(1) 新エネルギーの発電量の小ささ

選択理科において、空き缶を利用した風力発電、ソーラーカー、ソーラークッカーを作り、それらがどれだけの発電、熱を発生することができるかを実験した。一応の成果を得ることができたものの、生徒たちは自然エネルギーを利用することの難しさを実感したようであった。自然のエネルギーを電気に変換したときの発電量が小さいことから、実際の生活に役立つのか疑問を持った生徒が多くいた。従って、より生徒にインパクトを与えることができる教材を開発する必要があることが分かった。

(2) バイオマスの教材化

昨年度、雑草から水素を発生することができることを知り、これを燃料電池の話題に関連した教材にできないものか研究した。(株)東京ガスフロンティア研究所がこの開発を行っており⁵⁾、研究員の方にその仕組みを教えていただいた。

それを参考に装置をつくり(写真9)、発生する水素で燃料電池車を走らせることができた。しかし水素の発生量は少量で、発生に要する時間がかかる(植物にもよるが約15時間で数十mlの気体が発生した)ことが分かった。農業主体の玉造町としては、その資源を生かした有効なものであるので、この教材化を来年度につなげていきたと考えている。

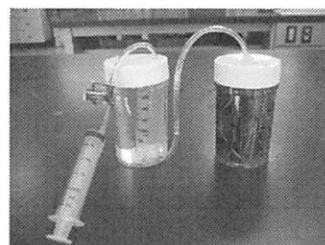


写真9 バイオマス教材の作成例

(3) 省エネルギーへの意識を高める授業の構築

社会科で現状を学び、理科で仕組みを知り、技術家庭科で省エネを実践する方法を考える、というように教科毎の特徴を生かして学習することが、生徒にとって望ましい。従って、これらの教科内容の連絡を密にし、連携を深めていきたい。

<引用文献>

- 1) 日本理科教育学会編(1992)「理科教育講座 第1巻 理科の目標と教育課程」東洋館出版、p 337.
- 2) 燃料電池研究会(2001)「トコトンやさしい燃料電池の本」、B&T ブックス、p9.
- 3) 玉造町(2003)「玉造町エネルギービジョン報告書」.
- 4) クリーンエネルギー利用研究会編(1995)「ソーラークッカー」、パワー社、pp. 12~17.
- 5) http://www.netdecheck.com/sensing_tech/incubation/zassoH2/ (2005年3月現在)