

教科「科学技術」の実践 ーエネルギー・環境とものづくりー

川村 康文 信州大学教育学部 380-8544 長野市西長野 6-ロ

エネルギー・環境学習とものづくりに焦点化した独自科目「科学技術」を新たに設置し、その実践を行った。設置の動機は、青少年のための科学の祭典では、小学生は自ら理科実験を楽しみ喜び、また彼らの先生役をしている中高生も、理科実験を指導しながら心の底から楽しんでいる。この気持ちを学校教育現場につなぎたいという思いからである。実験工作の楽しさを通して、エネルギー・環境学習や物理領域の学習を中心に理科学習を行った。その結果、学習者の満足度も高かったので、この実践を報告する。

1. はじめに

青少年のための科学の祭典では、小学生が楽しそうに理科実験や実験工作を行っている場面に出会う。会場によっては、中高生が小学生の先生役となって、楽しそうに実験工作の指導を行っている姿を目の当たりにする。一方、高校の物理では、選択者そのものが少ないのが現状で、青少年のための科学の祭典などでみる子ども達の笑顔とのギャップはぬぐいざることができない。高校生は、中学校の段階ですでに物理嫌いを生じているため、高校では物理の選択を避けるという傾向がある^{1),2)}。

このような状況を少しでも緩和することができるように、高校1年生に、物理学習の導入的な独自科目をおくことを検討し、実施した。その実践を報告する。

2. 「科学技術」授業の構成のコンセプト

物理離れを少しでも緩和し、物理学習に興味・関心を持たせるような試みとして、京都教育大学附属高校の高校1年次に独自科目「科学技術」を設置した。ただし、教科理科の中の科目なので、理科全体の下承を得る必要があるため、物理にのみ特化した授業内容ではなく、物理・化学・生物・地学の学習内容と関係がある学習内容についても学習することとなった。

また、この検討と同時に、文部科学省のスーパーサイエンスハイスクール構想³⁾への応募の準備もあり、それへの申請とも整合性を持たせる必要があった。なお、京都教育大学附属高校では、スーパーサイエンスハイスクールの研究指定を受けることができない場合でも、独自に自然科学コースを設定することになっていた。

このような状況のもとで、どのような観点から、物理・化学・生物・地学の学習内容を選び出し、1単位の授業を構成すればよいか問題となった。

そこで、この科目を構成するキー概念として、「エネルギー・環境学習とものづくり」を提案した。

「ものづくり」を選んだ理由の1つには、青少年のための科学の祭典では、中高生が、小学生相手に、理科実験や実験工作进行指導し、心の底から楽しんでいるという事実があった。この気持ちを、青少年のための科学の祭典の会場に終わらせるのではなく、学校教育現場につなぐことはできないかと考えた。

また、このような観点から、科学技術の授業を受けた高校生達が、青少年のための科学の祭典や、その他科学実験教室のスタッフとして参加ができるように、そのような場で行われる理科実験を豊富に取り入れることとした。また、このことは、多くの理科教師が実際に行っている。各先生方が、青少年のための科学の祭典の会場で学んだ実験を学校に持ち帰り、1年間の授業を構成することまではないとしても、各先生方の理科授業や、総合的な学習の時間の教材として、広く利用されている。

「ものづくり」というと、精密工作機器を設置して行うというイメージが先行するかも知れないが、この授業ではそうではなく、手作り実験工作に主眼を置いた。ハンダ付けができない大学生や、ノコギリ、ペンチなどの基本的道具さえも使い方を知らない高校生が蔓延している現状をふまえ、このような技術を習得させることも目標の1つとなった。さらに上位の目標として、プロダクトを製作する前段階のデザインの部分に力点をおいた授業とし、実験工作を通して、創造性や独創性までを磨くことを目指した。

大学進学を考える高校生は、塾通いなどで、自分の時間を持っている生徒が少ない^{4),5)}。読書や趣味に没頭する時間が許されていないともいえる状況のなかでは、創造性や独創性を視野に入れた課題を自主的に制作して提出しなさいという指導だけでは、もはやそのようなこと

の実現は困難なのではないかと考え始めていた。むしろ、授業のなかでプロトタイプを示し、それをクラスの生徒達がどのように料理し直すか。また、料理し直されたものをクラス全体に返す指導を行うことにより、生徒達の新たな知的好奇心をあおることができればと考えた。

この授業のもう1つのキー概念が「エネルギー・環境学習」である。環境教育の必要性は、広く認識されているところであるが、環境についてじっくりと考えながら取り組む授業実践の具体例は多くはない。環境学習の現状は、実験を通して科学的に学ばれるというよりも、インターネットなどの情報ツールを用いて情報収集したり、環境関係の施設見学と専門家の話を聞いて終わるというものが少なくはない。そこで、この授業では実験や実習を通して環境問題に関することを科学的に学ぶことにした。

したがって、地球の温暖化や紫外線の問題、エネルギーに関する問題などを、実験を通して学ぶプログラムを準備した。またあわせて、そのような実験器については、なるべく授業の中で製作していく過程を取り入れることで、ものづくりとの関連性を持たせた。

3. 「科学技術」の授業の形態と設置の時間帯

科学技術の授業では、第2章で述べた授業の構成のコンセプトを生かすために、実験・実習が中心となる授業とした。また、学習内容で高度な内容もあり、外部講師による出前指導を受けた。一方、日常的な授業における実験のサポートを地域の環境NGOサイエンスEネット⁶⁾から、ティーチング・アシスタントの協力を得た。

京都教育大学附属高校の普通コースの授業は、すべて6時間で終わるが、自然科学コース（スーパーサイエンスハイスクールの研究指定を受けたコース）では、月・火・水・金の4日間、数学と理科の授業が7時間目に配置され、科学技術の授業は、火曜日の7時間目におかれた。7時間目に置かれた授業は、基本は50分で行われる授業としながらも、実験・実習が中心となるため最大70分で行うことができると設定された。

4. 2002年度における「科学技術」の授業実践

以下に、2002年度に行った授業を紹介する。

4.1 ペットボトル顕微鏡とペットボトル偏光顕微鏡 (創意・工夫を高める教育)

ペットボトル顕微鏡とペットボトル偏光顕微鏡は、どちらもペットボトルを利用して行う工作である⁷⁾。この2つの教材を利用して、生徒に一度作った実験器は、それで終わりというのではなく、その実験器をベースに別の

実験器に改良することができることを体験させた。

ペットボトル顕微鏡工作では、ペットボトルを利用して、生徒に自作の顕微鏡を作らせ、身近なミクロの世界を体験させた。直径2mmのガラス玉をキャップの中央に埋め込み、これを凸レンズとして利用した。ピントの調節には、ペットボトルのキャップがネジになっているのを利用した。試料としては、玉ねぎの細胞などを観察させた。これをプロトタイプとして、その後、いろいろな材料で、顕微鏡を作るように指導した。この中で、ピントを合わせる機構をもったものでないと、やみくもに作ってみても顕微鏡として機能しないことが生徒により発表された⁸⁾。

ところでペットボトル顕微鏡は、一度工作を終えると、生徒はひとつの完成した実験器と受け止められてしまう傾向がみられる。生徒に創意・工夫をさせるには、生徒が一度は完成したものと思うものを、さらにバージョンアップさせていくプロセスを体験することが重要であると考えた。そこで、別のその後の授業時間に、ペットボトル顕微鏡を、偏光板などの新しい材料を付加することにより、ペットボトル偏光顕微鏡に作り変える体験をさせた。このことによって、現行実験器が、工夫により新たな機能を有した別の実験器に改良されることに気付かせることができた。

4.2 環境負荷を数値でとらえる学習

生徒はこれまで、環境問題に対する関心は高いが、何が正しいものの見方・考え方なのかということを学んできてはいない。そこで、製品の環境負荷を、生産の段階から廃棄の段階までを追跡調査し、科学的、客観的に評価するLCA（ライフサイクル・アセスメント）を学習課題に選び、2回にわたって外部講師の協力を得、共に授業を行った。

第1回目はLCAについての講義を、第2回目はLCAの演習の指導を行った。

講義では、LCAは、ある製品のゆりかごから墓場までを追いかけて、その製品に関する環境負荷を数値で示すものであることが示された。環境負荷を論じるのに、万全なものではないが、あるものさしを設定し、そのものさしで計った場合に、どのようなことがいえるのかを議論するというものである。そのため、LCAは万全のものではなく、ある条件のもとでの議論であることが強調された。

演習では、ペットボトル、ガラスビン、アルミ缶の環境負荷を、生産の段階から廃棄の段階までを追跡調査し、どの飲料容器の環境負荷が最小であるか評価する課題が設定された。とくにその授業では、二酸化炭素排出量の観点で、3者の比較を行った。結果、ガラスビンによる二

酸化炭素の排出量が0.192 (kg/1本), アルミ缶が0.169 (kg/1本), ペットボトルが0.134 (kg/1本)であった。この基準でみた場合には, ペットボトルが一番, 二酸化炭素の排出が少ないことが確認された。

生徒は, LCAに興味・関心を示し, これまで人間活動の環境に対する影響について漠然と感じていたことがLCAの手法を通してみると, 環境負荷をある程度, 客観的に数値化して捉えることを体験し, エネルギー・環境問題について, 新たなものの見方を学んだ。

4.3 ものづくりと発電に関する一連の実験

発電に関する実験の学習では, 次のような目標を設置した。エネルギーとして利用する電気は, もともと存在するのではなく, 人間が工夫して発電しなければならないことに気づかせる。また人類は, その電気を利用して現代の便利な生活を送っており, 21世紀は化石燃料を用いた大規模集中型発電社会から, 分散型電源社会へと移行することに気づかせる。

21世紀は分散型電源社会へと移行するが, 具体的にはどのようなものが使われるのか。それらには, 太陽電池や燃料電池や風力発電の利用が考えられている。現在, 化石燃料を利用して大部分の電気エネルギーを得ているため, 二酸化炭素を大量に排出し, 地球の温暖化を引き起こしている。二酸化炭素の排出を抑えながら電気エネルギーを得るためには, これらの利用が必要となってくる。そこで授業では, 燃料電池, 風力発電, 太陽電池と順に学習を行った。

4.3.1 手回し発電機の製作と発電実験

発電に関する実験では, 最初に手回し発電器を生徒に製作させた。クラス40人を5班に分けた。各班をプロジェクトチームとし, 各班に1台ずつ, 合計5台を製作させた。完成したものをういて発電させ, トランジスタラジオを作動させたり, 電子メロディを鳴らさせたりした。生徒はこれにより, 電気はもともと何もしないでも存在しているものではなく, 人間が工夫して発電しなければならないことを学んだ。

4.3.2 燃料電池の製作と発電実験

手回し発電器の実験工作を行ってから, その次の回の授業で燃料電池の実験工作を行った¹⁴⁾。燃料電池の原理が, 水の電気分解の逆の化学反応であることを実体験させた。

事前の授業で製作した手回し発電機と, 協力団体から5台を借り, 合わせて10台準備した。クラス40人を10班に分け, 各班に1台の手回し発電機を準備した。燃料電池の製作は, 個別に一人ずつさせた。

まず, 手回し発電機を利用して, 燃料電池内の電解液の電気分解を行い, 電極に用いた鉛筆の芯などの多孔質の電極のそれぞれに, 水素と酸素を蓄積した。その後,

電極に電子メロディを接続し, これが鳴るのを確認した。電解液には, 水酸化ナトリウムなどの実験室内で使う薬品類は用いず, 逆に身近な紅茶やコーヒーなどを用いて, より身近に燃料電池を捉えることができるように工夫した。この授業では, もちいた素材に紅茶などが含まれているため, 女子の興味・関心が高かった

4.3.3 サボニウス型風車風力発電機の製作と発電実験

風力発電では, 生徒は大きなプロペラ型の風力発電機の写真などを見たことはあるが, 実際に風力発電機を製作し, 自分たちで製作した発電機を用いて, 自然に吹く風で発電実験をしたことがなかった。そこで, サボニウス型風車風力発電機が, 微風でも回転を始める原理を簡単に説明し (図1), その後製作させ (図2), 自然に吹く風による発電実験を体験させた (図3)^{14) 15)}。

自然に吹いてきた風によって, 風車が回りだし, 発電機が駆動しラジオから音楽が流れてきたときには, 感動の渦が巻き起こった。

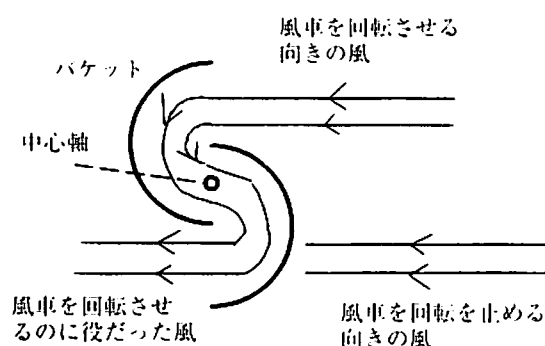


図1 サボニウス型風車の特徴



図2 サボニウス型風車風力発電機

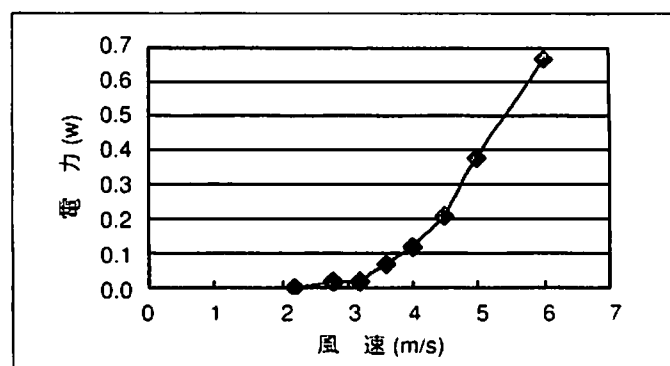


図3 図2のサボニウス型風車風力発電機の性能

4.3.4 色素増感太陽電池の製作と発電実験

太陽電池の実験工作では、次世代太陽電池として期待されている色素増感太陽電池の原理や活用法について、大阪大学大学院工学研究科柳田祥三教授に講義を受けた(図4)。その講義を受けて、その次の授業で、実際に色素増感太陽電池を工作し発電実験を行った(図5)^{12)・13)}。

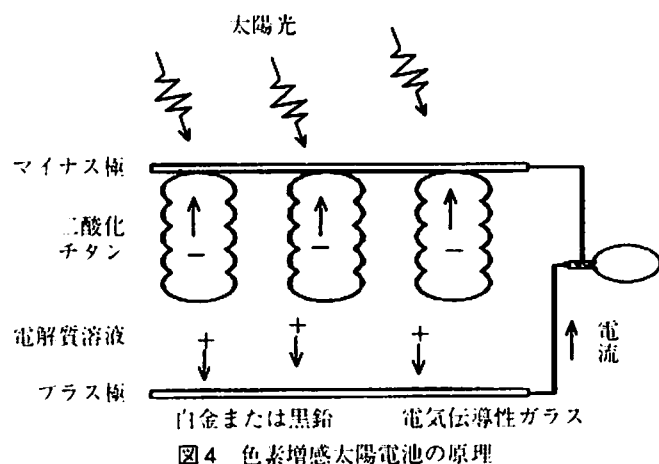


図4 色素増感太陽電池の原理

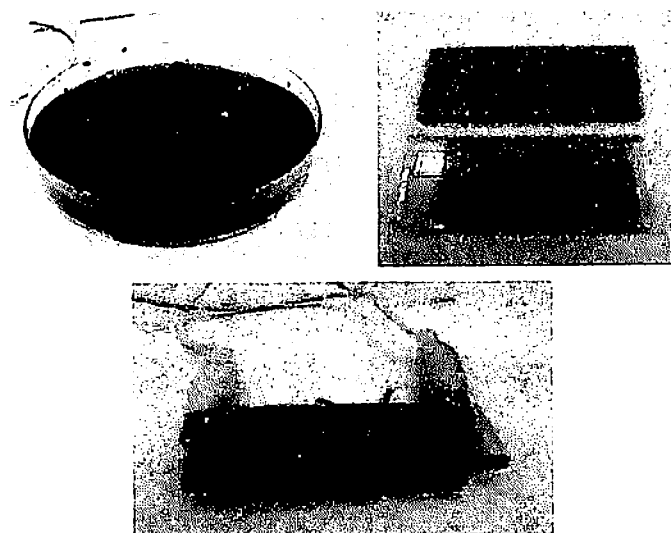


図5 色素増感太陽電池の工作手順

右上図では、電気伝導性ガラスに二酸化チタンを焼結したものを、ハイビスカスの花の色素で、染めているところ、左上図では、上側が電気伝導性ガラス面に鉛筆で炭素を付着させたもので、下側が花の色素で染まったもの、下図は、完成した状態である。

このように21世紀において我々人類は、種々の分散型電源を利用して、二酸化炭素の排出を抑えながら電気エネルギーを得ていかなければならず、そのような科学技術を進歩させていかなければならないことを、この一連の授業における実験工作を通して多面的に学習をさせた。

4.4 生徒による研究発表会（1年間にわたって行ってきた生徒たちの学習を振り返る）

科学技術の授業の1年間を反省し振り返るために、生徒による研究発表会（表1）を行った。

科学技術の授業では、1年間に、授業で学習したものを以

表1 授業展開

段階	指導内容	生徒の活動	指導上の留意点
導入 5分	発表会の開始宣言	司会者「本日の発表について、発表時間は7分、質疑応答は3分とします。5分で1鈴、7分で2鈴、10分で3鈴を鳴らしますので時間厳守をお願いします。」	司会の生徒が、はきはきと発表会を進行させる
展開1 10分	発表者Aによる発表と質疑応答	発表テーマ：「湿度計」 毛髪を用いた湿度計を工作した。空気中に含まれる水分量によって、毛髪に含まれる水分量が変化し、その変化に応じて毛髪の長さが増えることを利用して製作した。	実物と発表者Aのホームページを用いての発表
展開2 10分	発表者Bによる発表と質疑応答	発表テーマ：「スンプ法による葉の気孔の観察」 授業で行ったスンプ法を利用して、いろいろな葉の気孔の観察を行った。 発表テーマ：「ポテトチップスの筒カメラ」 授業で用いた教科書「サイエンスE ネットの親子でできる科学実験工作」に掲載されている望遠鏡の作り方をみて、生物の授業で習った、針穴写真機やイカの眼などに相当する望遠鏡を工作した。	実物と発表者Bのホームページを用いての発表
展開3 10分	発表者Cによる発表と質疑応答	発表テーマ：「かみなり」 圧電素子により高電圧を発生させ、電気火花がどのように観測されるかを、実験により確かめる実験器を工作した。上空には、雲になぞらえたアルミ箔が貼られ、地上には、高層ビルや、鉄塔になぞらえたアルミ箔が貼られている。また、縫い針を利用して、避雷針のシミュレーションが行われた。	実物と発表者Cのホームページを用いての発表
展開4 10分	発表者Dによる発表と質疑応答	発表テーマ：「黄砂は温暖化に影響するか」 2学期の授業で行った、エアロゾルによる地球温暖化・冷却化デモンストレーション実験器を用いて、エアロゾル粒子の代わりに黄砂を用いた場合、冷却化が生じることを発表した。	パワーポイントでの発表
まとめ 5分	講評	このクラスの担任の先生からの講評を聞き、自分の人生の将来の糧とした。 最後に、授業者から講評を行った。	授業者以外の教師からの講評

外に、自らの創意工夫を生かして、実験を開発したり、実験工作を行うことを課題とした。研究発表会は、それらの作品の発表会と位置づけた。

生徒が運営する研究発表会を行う目標は、生徒のプレゼンテーション能力を高め、さらに発表された作品の創意・工夫された点を明確にすることにより、生徒全体の創造性を高める。また、発表された作品について、評価する力を身につけさせるである。

また、発表会当日は、京都教育大学附属高校の実践授業研究会があり、著者が担当するこの授業を公開授業として実施した。発表者BとDは、立候補であった。発表者AとCは、著者が優れた実験工作と評価した生徒に発表するよう指導した。

発表者A, B, Cは、ものづくりの観点からの発表である。特に立候補者のBの発表は、科学技術の授業で学んだものづくりのノウハウと、生物の授業で学んだ学習内容を、生徒の中で昇華し、一体化させることにより生まれたものであった。

発表者Dは、身近にやってくる黄砂と、科学技術の授業で行った地球の温暖化・冷却化の実験とを組み合わせ、独自の研究に至ったものの発表であった。

5. 「科学技術」の授業の評価

「科学技術」の授業では、エネルギー・環境学習とものづくりに焦点をおいた。このことが、授業として果たしてなしたのかどうかを評価することは大切である。この授業を1年間受けた生徒の感想には、「一般に体験のできない特別な実験をたくさんできた」、「理論だけの授業でなく、ものづくりなど自分で確認しながらできた」、「大学に入ってから学ぶことを、いま、実感しながら学べた」、「地球環境問題の学習ができた」などと、肯定的なものが多かった。

生徒のこれらの感想から、指導者が目指していた、エネルギー・環境学習とものづくりに焦点化した授業は、行なうことができたのではないかと考える。

また、この授業を受けた高校生のこの授業に対する満足度を調べたところ、表2のようになった。

表2 科学技術の授業の満足度 (%) () 内の数値は、実人数

大変よかった	まあよかった	あまりよくなかった	よくなかった
25(10)	72.5(29)	2.5(1)	0(0)

調査の結果、「大変よかった」と「まあよかった」をあわせて約98%の高校生がよかったと回答した。

6. おわりに

ここで展開された科学技術の授業は、いくつかのことを

示唆している。

このような授業は、教師一人の思いだけでは行うことはできず、学校体制の中で、学校からサポートされることによって初めて可能となる実践である。では、そのような状況をどのようにして作ればよいのかが問題となるが、ここに解決方法がある。京都教育大学附属高校は、スーパーサイエンスハイスクールの研究指定を受け、その枠組みを利用して、科学技術の授業を行うことができたといえる。しかし、スーパーサイエンスハイスクールの研修指定を受けなくても、SPP(サイエンス・パートナーシップ・プログラム)などを利用することができる¹⁴⁾。例えば、大学の研究者と授業の打ち合わせを行い、「エネルギー・環境学習」というテーマで、8時間程度の授業を総合的な学習の時間などに組み込むことができると考えられる。

ここで実践報告を行ったそのままの授業を行うことが難しくても、そのような観点で構成された授業を、SPPなどを利用することにより、広く行うことは可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 川村康文「高校生にみられる小・中学校理科学習の実態と問題点」物理教育 Vol.44, No.4, 1996, pp.393-396
- 2) 川村康文「中学校新教育課程で学んだ高校生の小・中学校理科学習の実態と問題点」物理教育 Vol.45, No.4, 1997, pp.213-217
- 3) 文部科学省ホームページ (URL http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/daisuki/index.htm)
- 4) 川村康文「生きがいについて—H・R活動の中でのとりくみ—その1」京都教育大学教育実践研究年報第4号, 1988, pp.181-196
- 5) 川村康文「生きがいについて—H・R活動の中でのとりくみ—その2」京都教育大学教育実践研究年報第13号, 1997, pp.233-246
- 6) 川村康文「環境NGOサイエンスEネットの2000年度の活動」京都教育大学環境教育研究年報第9号, 2001, pp.109-122
- 7) 村田直之「ペットボトルで作る顕微鏡」『サイエンスEネットの親子でできる科学実験工作2』かもがわ出版, 2001, pp.68-69
- 8) 毎日新聞科学環境部「理系白書」講談社, 2003, pp.100-103
- 9) 川村康文「燃料電池を作ろう!」『サイエンスEネットの親子でできる科学実験工作2』かもがわ出版, 2001, pp.126-127
- 10) 川村康文「サボニウス型風車を作って風力発電をしよう」『理科の教育』日本理科教育学会編集, Vol.51, No.5, 2002, pp.61-63
- 11) 川村康文「エネルギー・環境教育のカンボジアにおける実践」物理教育 Vol.50, No.6, 2002, pp.385-389
- 12) 柳田祥三「くだもの色素で太陽電池を作ろう」川村康文編著『サイエンスEネットの親子でできる科学実験工作』かもがわ出版, 2000, pp.118-121
- 13) 三浦登・川村康文ら「高等学校理科用文部科学省検定済教科書 高校物理I」東京書籍, 2002, p.242
- 14) 文部科学省ホームページ (URL http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/daisuki/index.htm)

(2003年9月30日受理)