

色素増感太陽電池を取り入れた中学校における授業実践

星野 由雅* 根津正二郎**

(平成25年10月31日受理)

Practice for Science Class Using Dye-sensitized Solar Cell in Junior High School

Yoshimasa HOSHINO* Syojiro NEZU**

(Received October 31, 2013)

1 はじめに

教育現場(小学校・中学校・高等学校)の理科におけるエネルギーの扱いは、力学的エネルギー、電気エネルギー、化学エネルギー、光エネルギー、そして原子力エネルギーに大別される。このうち、原子力エネルギーは2011年3月11日の東日本大震災時の福島第1原子力発電所事故により、一般社会人のみならず、児童・生徒にも、その利用と将来のエネルギー需給に関して不安感を生み、その後の事故の収束の困難さは、科学の限界を印象付けた。今、教育現場ではこれらの不安感が科学に対する不信感につながらないようにする努力が求められている。これらの問題を解決する糸口が、実は科学の中にあることを示すことにより、児童・生徒のもつ不安感を払拭し、未来に希望を見いださせることが必要である。特にエネルギー学習については、これまでに実用化されている装置を用いた学習だけでなく、近未来に実用化が期待される装置を提示することで、児童・生徒の目を未来に向ける未来志向のエネルギー学習を展開する必要がある。そこで、本研究では、先端科学の一つである色素増感太陽電池を中学校の正規のカリキュラムに取り入れた授業実践を行い、その効果と課題を明らかにすることを目的とする。

2 授業実践

2-1 対象及び実践日

長崎県下の中学校1校の第3学年の4学級(A組:35名, B組:35名, C組:35名, D組:35名, 計140名)を対象にした。授業は、2013年1月19日~26日の間に各組2時限ずつ(50分×2)の実践を行った。

2-2 指導計画と目標

授業は、中学校第3学年の「科学技術と人間」の単元全14時間分の後半(2)科学技術の発展7時間分の3時間目と4時間目に行った。この単元は、エネルギーについての理解を深め、エネルギー資源の有効な利用の重要性を認識すること、また科学技術の発展の過程や人間生活に貢献してきたことを認識することを通して、自然環境の保全や科学技術の

*長崎大学大学院教育学研究科 **佐世保市立広田中学校

利用について、生徒自身が科学的に考察し、正しい判断をする態度を育てることが主なねらいである。

学習指導要領の小・中学校の関連を見たとき、小学校第6学年で「電気の利用」、中学校第2学年で「電流とその利用」、「化学変化と原子・分子」、第3学年で「運動とエネルギー」、「化学変化とイオン」と系統的に学習している。これらの学習を踏まえて、この単元では、調べ学習やものづくりを通して、生徒の科学技術に対する興味・関心を高め、これまでに理科の学習で習得した知識などを活用して、科学的な思考力や表現力を育成することをねらいとし、エネルギー資源の利用や科学技術の発展と人間生活との関わりについて認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し判断する態度を養うことをこの単元の目標とした。

授業（4時間目）の目標は、色素増感型太陽電池を製作し、電池のはたらきを調べることを通して、科学技術が人間の生活を豊かで便利にしていることを認識させる、こととした。授業の指導案とワークシートを資料として添付する。

2-3 実践方法

色素増感太陽電池の作製方法については、既報¹⁾に述べているが、授業後の生徒のアンケート結果を分析するために再掲しておく。3時間目の授業では、前半の酸化チタンの固定化までを、4時間目の授業では後半の色素増感太陽電池の完成及び電池としての働きを調べるところまでの手順をそれぞれ教員がスライドを用いて説明してから、生徒の作業に移った。実験に用いる色素増感型太陽電池の材料は、再現性の高い市販キット“花力発電[®]”（西野田電工）を用いた。

作製は9班編制で行なうこととした。1班用の実験準備物を、以下に示す。

- | | |
|----------------------|---------------------|
| ・色素固定化用ITO導電性ガラス（2枚） | ・炭素用導電性ガラス（2枚） |
| ・酸化チタン塗布用ペースト | ・ファイルホルダー |
| ・スライドガラス（2枚） | ・メンディングテープ |
| ・使い捨てスポイト（2個） | ・染色用シャーレ（色素抽出液入り） |
| ・ヨウ素電解質溶液（点眼式ボトル入り） | ・6B鉛筆（4本） |
| ・アルミホイル（適量） | ・目玉クリップ（4個） |
| ・ピンセット（3本） | ・ピーカー（300 mL） |
| ・実験用ペーパー（キッチンペーパーで可） | ・電子オルゴール（動作電圧1.2 V） |
| ・ミノムシクリップ付き導線（4本） | ・白熱電球 |
| ・ドライヤー | ・デジタルマルチメーター |

尚、酸化チタン固定化ガラス電極及び炭素膜用電極の非導電面のガラスにそれぞれシールを貼付させた。

また、教卓の側に次のものを準備した。

- ・家庭用ホットプレート
- ・作製済みの色素増感型太陽電池

作製方法の手順は、概ね次のように行なった。

2枚の導電性ガラス電極（ITO電極、2 cm × 4 cm）を準備した。

ガラス電極の導電面をデジタルマルチメーターを使って確認した。

1枚のガラス電極の導電面を表にしてファイルホルダーにメンディングテープで両

端を貼り付けた。

使い捨てスポットで酸化チタンペーストを線を引くように導電面に塗布した。

スライドグラスでペーストがガラス電極全体に行き渡るように2, 3度手早く引き延ばした。

酸化チタンを塗布したガラス電極をファイルホルダーごと鉄で切り取り、ホットプレート上で乾燥した。この時、ガラス電極の表面が45℃位になるように赤外線放射温度計で表面温度を確認しながら行なった。

乾燥したガラス電極をホルダーから剥がし、セラミック付き金網に載せ、ガスバーナーの弱火で加熱して酸化チタンを固定化した。表面温度が450℃を超えないように赤外線放射温度計で確認しながら、表面が褐色を経て白色となるまで加熱した。

ガラス電極が十分冷めてから、予め12時間かけて水で抽出しておいたハイビスカスの花の色素液に浸した。

約30分間浸した後、電極を取り出して水で軽く洗った。

水で洗った電極をドライヤーの弱風で乾燥した。

乾燥した色素吸着電極にヨウ素電解質溶液を1滴滴下し、予め6Bの鉛筆で導電面を塗りつぶしておいた導電性ガラス電極（炭素膜電極）を導電面同士が合わさるように少しずらして重ねた。

端子としない両側を豆クリップで固定し、端子となる側をアルミホイルで巻いて色素増感太陽電池を完成させた。

これらの作業にかかる時間は約90分間であるので、3時間目の授業で～までの操作を行ない、昼休みを利用して色素の吸着を行なった。4時間目に作製作業の～までを行なった。4時間目の授業ではさらに、白熱電球下で光を照射した状態での色素増感太陽電池の電圧をデジタルマルチメーターで測定させた。その後、動作電圧1.2Vの電子オルゴールを鳴らすために、どのような工夫をすればよいかを生徒に問いかけた。生徒から、答えが出たら実際に3班で協力させて3個の太陽電池を直列に繋がせ電子オルゴールを鳴らした。最後にワークシートに感想を記入するところまでを行なった。色素増感太陽電池を取り入れた理科授業に関するアンケートは、授業終了後、あるいは2日以内に3学級に対して実施した。

2-4 授業実践の結果と考察

ものづくりを中心とした授業の展開にあたって、2時間の計画で中学生が色素増感太陽電池を完成することができるのか、が課題であった。事前に行なった小・中学校理科部会研修会の「色素増感型太陽電池の教材化」では、完成した電池を3つ繋いでも電子オルゴールが上手く鳴らなかったからである。しかし、予備実験の結果、太陽電池の電圧は0.31V～0.35Vくらいであったので、授業では3～4個の太陽電池を直列につなぐ計画を立てた。また製作した太陽電池に直射日光を当てても、500Wのハロゲンランプの光を当てても、100Wの白熱電球の光を当てても、電圧値にあまり差がないこと

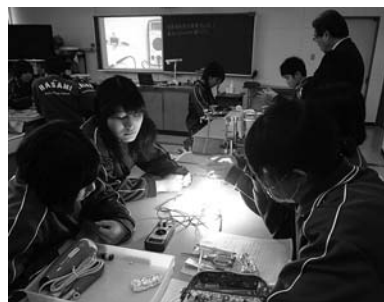


図1 白熱電球の光を太陽電池に当てて電圧を測定しているようす

もわかった。そこで、「地球と宇宙」の単元用にホームセンターで安価に購入して自作した白熱電灯を光源として使用した(図1)。ガラス電極に酸化チタンを焼きつける際に、赤外線放射温度計で温度を確認しながら作業を進めていくのだが、数をこなしてくるとガスバーナーの火加減に注意すれば、赤外線放射温度計を使用しなくても酸化チタンの固定化が確実にできることがわかった。このことは、色素増感太陽電池を製作する場合に、必ずしも赤外線放射温度計を必要とせず、あまりお金をかけないで済むことを意味している。

次の表1は、生徒が製作した色素増感太陽電池の電圧を測定した結果である(光源は100Vの白熱電球)。

表1 アントシアニン色素を用いた色素増感太陽電池の電圧値(光源:100V白熱電球)

	3年A組	3年B組	3年C組	3年D組
1 班	0.40V	0.40V	0.42V	0.40V
2 班	0.41V	0.46V	0.39V	0.41V
3 班	0.44V	0.40V	0.41V	0.44V
4 班	0.40V	0.42V	0.41V	0.43V
5 班	0.44V	0.42V	0.41V	0.41V
6 班	0.47V	0.42V	0.40V	0.42V
7 班	0.44V	0.36V	0.41V	0.42V
8 班	0.44V	0.40V	0.40V	0.40V
9 班	0.42V	0.42V	0.42V	0.43V
平均	0.43V	0.41V	0.41V	0.42V

表1の平均電圧値からわかるように、ほとんどの班が0.4V以上の電圧を示していたので、3個の太陽電池を直列に繋がれば動作電圧1.2Vの電子オルゴールを鳴らすことができた。

授業実践上の課題の一つは、の操作でホルダーからガラス電極を外すことなく、ホルダーごとガスバーナーによる加熱をしようとした班があったことである。原因は、ホルダーからガラス電極を外すことを明確に指示していなかったことによると考え、以降は明確に指示を出すようにし、改善できた。また、事前の予備実験を十分行っていたが、ある学級の授業では理科室の生徒用機の電気容量が全体で20Aしかないことを事前に調べていなかったため、ヘアードライヤーを弱にして9台を同時に使用すると、ブレーカーが落ちてしまった。結局、他の学級の授業時には生徒用機で5台、壁のコンセントから延長コードを使って4台のヘアードライヤーを使用することで改善した。

この授業で工夫したことは、ものづくりが中心となる授業なので、製作の見通しをもたせるために、パワーポイントのスライドを使用して、授業の流れを生徒に示したことである。また、班ごとにパワーポイントのスライド一覧をカラー印刷して1部配布した。見通しをもたせたことで、9つ



図2 教材提示装置で教師の手元の作業を拡大して表示しているようす

の班が同じように製作を進めることができた。1つの班が突出して進んだり遅れたりすることがなかったことで、各班の製作の状況をしっかり把握することができた。このような工夫を行えば、生徒が混乱することなく、観察・実験を進めていくことができる。さらにパワーポイントのスライドだけでなく、教師の手元を教材提示装置で拡大して、実際にどんな作業をしているのかを、生徒に見せたことは効果的であった(図2)。教師がどんなことに注意しながら製作をしているのかを生徒が理解することにつながったと考える。完成し



図3 3つの班が協力して電子オルゴールを鳴らすようす

た色素増感太陽電池のはたらきを調べる段階では、時間の関係で電子オルゴールを鳴らすことに限定した。理想をいえば、この時間の授業では太陽電池のはたらきを調べる方法を話し合せて、次の時間では生徒自身が考えた方法で実験を進めていくことが良いのではないだろうか。電子オルゴールに限定してしまっただが、各班で話し合った結果、完成した太陽電池を3個直列につないでみることを生徒は試みた(図3)。また、自分たちで製作した色素増感太陽電池の電圧を高くする方法を考え、実際に測定しながらグループ対抗で競わせることも、生徒の科学的思考力を高めるのに有効ではないかと考える。

本単元は、高等学校の入学試験期間中に学習するため、日によっては生徒が半分もいないときがあった。生徒の出席状況を考えながら、今まで以上に注意しながら計画的に学習を進めていかなければならなかった。実際に色素増感太陽電池の製作は、全生徒が製作に関われるように、私立高校の入試と入試の間に製作を行うようにした。その調整のため、インターネットで調べる授業を取りやめなければならなかった。うまく進めることが難しい単元である。しかし、本単元は、下記のような事項について生徒の関心や意欲を伸ばすことができる最適な単元であると言える。

科学や自然について疑問を持ち、その疑問について人に質問したり、調べたりする。

理科の授業で、自分の考えや考察を周りの人に説明したり発表したりする。

理科の授業で、自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てる。

理科の授業で学習したことを普段の生活の中で活用できないか考える。

将来、理科や科学技術に関係する職業に就きたいと思う。

今回の授業で扱った色素増感太陽電池の製作は、「理科の授業で学習したことを普段の生活の中で活用できないか考える。」を実感させるのに最適な題材であったと考えている。本単元の学習の最後に行った章テストでは、エネルギー問題や科学技術の発展について、生徒はしっかりと自分の考えを表現することができた。本単元は中学校3年間の総まとめとして、題材を工夫することによって生徒の能力を伸ばすことができると考えられるので、これからも教材研究をしていく必要がある。

3 質問紙による調査と授業評価

中学校理科の正規のカリキュラムに組込んで行なった色素増感電池を用いた授業の評価を行なう目的で、授業後に3組の生徒96名に対して質問紙による調査を行なった。なお、本報告では主に質問紙による調査結果の概略について報告し、詳細な分析は色素にクロロフィルを用いた色素増感太陽電池を用いた授業の調査結果と合わせて行なう予定である。質問に対する回答を表2に示す。

表2 色素増感太陽電池を取り入れた理科授業に関する質問紙調査の結果

No.	質問項目	回答(%) (7は回答数)
1	あなたの学年を教えてください。	中学3年生 100
2	あなたの性別を教えてください。	男 44 女 56
3	あなたは、授業を受ける前に「色素増感型太陽電池」のことを知っていましたか？	知っていた 3.1 知らなかった 96.9
4	この色素増感型太陽電池を製作する実験は、全体をとおして楽しかったですか？最も良くあてはまるものを一つだけ選んで下さい。	ア とても楽しかった。 61.5 イ 楽しかった。 30.2 ウ 少しだけ楽しかった。 8.3 エ あまり楽しくなかった。 0 オ まったく楽しくなかった。 0
5	製作した色素増感型太陽電池を使って、電子オルゴールを鳴らすことができましたか？一つだけ選んで下さい。	ア 何の曲かわかるぐらい、しっかりとしたメロディーを鳴らすことができた。 37.5 イ 少し音程が外れることはあるが、何の曲かわかるぐらい鳴らすことができた。 59.4 ウ 何の曲かはわかりづらいが、何となくメロディーを鳴らすことができた。 2.1 エ メロディーにはなっていないが、「ジージー」という音を鳴らすことができた。 0 オ かすかに、何かの音は鳴らすことができた。 0 カ 全く音はでなかった。 1.0
6	「色素増感型太陽電池」は何エネルギーを何エネルギーに変換する装置ですか？ ()エネルギーを()エネルギーに変換する。	: 化学 7.3, 太陽 7.3, 太陽光 1.0, 電気 10.4, 電池 1.0, 熱 9.4, 光 60.4, 物質 1.0, 無回答 1.0 : 運動 5.2, 音 14.6, 化学 2.1, 色素 1.0, 太陽 1.0, 電気 64.6, 電池 2.1, 動力 1.0, 熱 2.1, 光 3.1, 無回答 3.1
7	色素増感型太陽電池を製作する過程(操作)でむずかしかったところは、どこの過程ですか？当てはまる過程(操作)全てにをつけて下さい。	ア ガラス電極の電流が流れる面(表の面)をデジタルマルチメーターで確認する。 3 イ クリアホルダーにガラス電極の表の面を上にして、メンディングテープではりつける。 9

No.	質問項目	回答(%) (7, 8は回答数)	
		ウ スポイトを使って、線を引くようにガラス電極の一方の端(はし)にペーストを流す。	19
		エ スライドガラスを使って、ガラス電極の全体にペーストが行き渡るようにのばす。	46
		オ クリアフォルダごとガラス電極を切り取り、ホットプレートにのせ、ガラス電極の表面が45 になるまで乾燥させる。	8
		カ クリアフォルダからガラス電極をはがして、セラミック付き金網にのせ、ガスバーナーで焼きつける。	22
		キ 6Bの鉛筆でもう一方のガラス電極の表面をぬりつぶす。	6
		ク 酸化チタンを焼きつけたガラス電極をハイビスカスの色素液につけ、その後取り出す。	22
		ケ 色素のついたガラス電極を精製水で洗い、ドライヤーで乾燥させる。	5
		コ 色素のついたガラス電極にヨウ素電解質溶液を1滴たらす。	6
		サ 色素のついたガラス電極の上に炭素を塗布したガラス電極の表の面を下にして重ねる。	14
		シ 重ねたガラスを豆クリップではさみ、電極になる部分にアルミホイルをかぶせて太陽電池を完成する。	23
		回答なし	16
8	色素増感型太陽電池の製作以外の過程(操作)でむずかしかったところは、どこの過程ですか?当てはまる過程(操作)全てに をつけて下さい。	ア デジタルマルチメーターの使い方。	19
		イ 完成した太陽電池に光を当てて、デジタルマルチメーターで電圧を測定する。	10
		ウ 電子オルゴール(動作電圧1.2V)を鳴らすために、完成した太陽電池をうまくつなぐこと。	42
		回答なし	30

No.	質問項目	回答(%)	
9	製作した色素増感型太陽電池の中のハイビスカスの花から取り出した色素の役割は、何だと思いますか？最も良くあてはまるものを一つだけ選んで下さい。	<p>ア 色があったほうがきれいに見えるので、デザイン性を高める役割。</p> <p>イ ガラス電極と酸化チタンの接着性を良くする役割。</p> <p>ウ 光を受けて、チタンを発生させる役割。</p> <p>エ 光を受けて、ヨウ素を発生させる役割。</p> <p>オ 光を受けて、電流のもとになる電子を始めに出す役割。</p> <p>カ 光を受けて、電圧を高める役割。</p>	<p>3.2</p> <p>4.2</p> <p>17.9</p> <p>10.5</p> <p>47.4</p> <p>16.8</p>
10	科学技術に対して、現在どのように感じていますか？最も良くあてはまるものを一つだけ選んで下さい。	<p>ア 科学技術全体に対して、不安を感じている。</p> <p>イ 科学技術全体に対して、少し不安を感じている。</p> <p>ウ 一部の科学技術に対して、不安を感じている。</p> <p>エ 一部の科学技術に対して、少し不安を感じている。</p> <p>オ この授業を受ける前は、科学技術全体に対して不安を感じていたが、今は少し期待が持てる気がする。</p> <p>カ この授業をうける前は、科学技術全体に対して少し不安を感じていたが、今は期待が持てる気がする。</p> <p>キ この授業をうける前から、科学技術に対して期待を抱いていたが、授業を受けてからますます将来への期待が膨らんだ気がする。</p>	<p>2</p> <p>4</p> <p>6</p> <p>16</p> <p>15</p> <p>24</p> <p>29</p>
11	これまで科学技術は、人間の生活を豊かで便利にしてきましたが、今後も科学技術が人間の生活を豊かで便利にしていくと思いますか？	<p>ア 今後も、科学技術は人間の生活をおおいに豊かで便利にしていくと思う。</p> <p>イ 今後も、科学技術は人間の生活を少し豊かで便利にしていくと思う。</p> <p>ウ 今後は、科学技術はあまり人間の生活を豊かで便利にしないと思う。</p> <p>エ 今後は、科学技術の負の側面が人間の生活に支障を与えるようになると思う。</p>	<p>57</p> <p>28</p> <p>1</p> <p>10</p>

No.	質問項目	回答(%)
12	今回の授業（実験）に対する感想・意見があれば、記入してください。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽電池など科学によっていろいろ発明されてきたけれど、最近は環境に対するもの（太陽光電池など）が増えて来てこれからの未来がおおいに発展していくと思う。 ・ 光電池が自分の手で作れるとは思っていなかったので今回の授業でつくることができ、とても良い経験になりました。今までより科学が好きになった。 ・ 白いペーストを引きのばす作業が難しかった。なぜ光を受けると電子が発生するのか不思議だった。こんな簡単に電池がつくれて楽しかった。もっと数や量を増やしてやってみたかった。他に、どんな電池があるのかと思った。 ・ 初めて太陽電池をつくってみて自分たちでもつくれるんだ！と思いきや思いやいなーと思いました。つくるのは思っていたより手間がかかって、だからこそオルゴールが鳴ったときはうれしくなりました。とても、楽しかったです。 ・ 身の回りの物を使って科学技術に関係するものを作ったことで、科学技術に少し親しみがわくようになりました。いろいろな材料を使って1つの道具を作ることができて楽しかったです。ガスバーナーで加熱したときクラスで異臭騒ぎがあり面白かったです。実験も準備も楽しかったのでまた機会があればぜひやりたいです。

質問3の回答から、ほとんどの生徒が授業実施前には色素増感太陽電池のことを知らなかった。色素増感太陽電池は、新聞にも記事²⁾が掲載されるなど、最近一般にも広く知られているが、まだ中学生には認知度が低いことがわかる。質問4で、色素増感型太陽電池を製作する実験について聞いたが、「とても楽しかった」と「楽しかった」を合わせる

と9割以上の生徒が実験を楽しんだことがわかる。質問5では、製作した色素増感太陽電池の性能について問うたが、約97%の生徒が電子オルゴールのメロディーを認識することができており、教材としての必要条件は満たしたことがわかる。質問6では、この授業から得た知識について問うている。には、約6割の生徒が「光」あるいは「太陽光」エネルギーと回答し、では約65%の生徒が「電気」エネルギーと回答しており、本教材がエネルギー変換デバイスであることは約6割の生徒が認識できたと言える。質問7では、製作過程のなかで難しい操作を聞いた。回答が最も多かったのは、酸化チタンペーストをガラス電極に塗布する操作であった。この操作の良否が太陽電池の性能を大きく左右するので、回答結果は性能に与える影響を少なくした上で操作の簡便化を図る必要性があることを示している。質問8では、製作過程以外の操作で難しかった操作を聞いた。無回答も30件あり、それほど困難さを感じなかった生徒も約3割いる一方で、3個の太陽電池を繋げる操作に困難さを感じた生徒も多くいた。質問9では、色素の科学的役割を問うた。約5割の生徒が「光を受けて、電流のもとになる電子を始めに出す役割」を選択しており、太陽電池の原理を理解できたと考えられる。しかし、半数の生徒の理解が不十分であることを考えると、振り返りの時間を設けて理解を深める必要がある。質問10では、科学技術に対する不安と期待を問うた。「オ この授業を受ける前は、科学技術全体に対して不安を感じていたが、今は少し期待が持てる気がする。」と「カ この授業をうける前は、科学技術全体に対して少し不安を感じていたが、今は期待が持てる気がする。」を合わせると約4割の生徒が本授業によって科学技術に対する不安を期待へと変えたことがわかる。これは、今ある技術ではなく、将来あるいは近未来の技術である色素増感太陽電池を授業で取り上げたことが生徒に未来への期待を抱かせたことに繋がったと考えられる。問11では、科学技術が今後も人間の生活を豊かで便利にしてくれるかどうかを問うた。「ア 今後も、科学技術は人間の生活をおおいに豊かで便利にしていくと思う。」と「イ 今後も、科学技術は人間の生活を少し豊かで便利にしていくと思う。」を合わせると85%の生徒が科学技術へ期待を持っていることがわかる。問12では、自由に感想・意見を述べてもらった。いくつか代表的な記述を示したが、本授業については、ほとんどが肯定的な内容であった。実験についても、ものづくりを主体とした内容であったため、同様の実験を行なってみたい、という者が多くいた。

4 おわりに

色素増感型太陽電池を取り入れた授業実践例は、中学校・高等学校では報告例³⁾があるが、小学校での詳細な授業実践報告例は著者らが行なった例¹⁾のみである。中学校・高等学校で行なわれたものも、「総合的な学習の時間」や「選択理科」の範疇で、正規のカリキュラム中に組込んだ例(「物理」や「理科総合A」の例^{3c)})は、わずかしかない。中林らの報告⁴⁾の中に、色素増感太陽電池を理科学習用教材として扱った教員研修講座の後に、小学校・中学校・高等学校の教員に、その後の授業での実践状況を調べた例があり、15名の受講者のうち小学校では50%、中学校・高等学校では60%を越える教員が授業や放課後に実践したという記述はあるが、詳細な実践例の報告はされていない。

質問紙による調査結果から、本授業が科学技術に対する不安を未来への期待に変えることができる授業であることが明らかになった。その意味では、先端技術である色素増感太

陽電池の製作とその機能の確認を正規のカリキュラムに取り入れた意義は大きい。また、本授業は、科学技術振興機構の支援を受けて長崎大学と長崎県教育委員会が共同で実施している理数系教員養成拠点構築事業のコア・サイエンス・ティーチャー（CST）養成プログラムの評価授業の一つとして行なわれたが、授業評価者やCST認定委員会の委員からも高い評価を得た。例えば、認定委員会では、本授業を「長崎県で全県的に取組むべき授業である。」と高く評価された委員もおられた。今後も、正規のカリキュラムに取り入れやすい実験方法と授業方法の改善に取組みたい。

5 謝 辞

本稿での授業実践に協力いただいた長崎県内の公立中学校の生徒の皆さんと学校関係者に深く感謝の意をここに記します。また、授業時の写真撮影と学習指導案の作成に助言をいただいた長崎大学地域教育連携・支援センターの菅原康夫コーディネーター、宮崎 勉コーディネーター及び質問紙調査のデータ整理に協力してくれた長崎大学教育学部学校教育教員養成課程中学校教育コース理科専攻4年次生の宮原里実さんに感謝いたします。最後に、本授業は独立行政法人科学技術振興機構（JST）理数系教員（コア・サイエンス・ティーチャー）養成拠点構築事業（プログラム）及び科学研究費補助金 基盤研究（C）「先端科学を取り入れた未来志向の光エネルギー学習用教材の開発と実践」（No. 24501060）（研究代表者：星野由雅）の研究授業として行なわれたものです。これらの支援に感謝いたします。

6 参考文献

- 1) 小川直仁・星野由雅・菅原康夫・宮崎 勉，長崎大学教育学部附属教育実践総合センター紀要 第12号，pp.221-236(2013)。
- 2) 朝日新聞2011年11月17日朝刊（環境面）
- 3) 例えば，中学校の技術科の授業実践例として a) 紅林秀治・松永泰弘・中川鉄夫，静岡大学教育学部研究報告（教科教育学篇）第38号，pp.131-142(2007)； b) 高等学校の実践例として：川村康文・吉田加津哉・島田英俊・藤原清，物理教育56巻(1)，pp.21-24(2008)； c) 池田昌子・堀川理介・伊藤美代子・宮本憲武・山本勝博，茨城大学教育学部紀要（教育科学）57，pp.29-43(2008)。
- 4) 中林健一・小八重宏樹・横山育生，日本理科教育学会理科教育学研究 第52巻(3)，pp.121-129(2012)。

資料 1

I 学習指導案

3 年 理 科 学 習 指 導 案

平成 25 年 1 月 23 日 (水) 5 校時 14:00~14:50

指導学級：3 年 A 組 男子 15 名,女子 20 名,計 35 名

場 所：県内中学校第 3 理科室

指 導 者：教諭 根津 正二郎

1 単元名 「科学技術と人間」

2. 単元について

(1) 単元観

本単元は、エネルギーについての理解を深め、エネルギー資源の有効な利用の重要性を認識すること、また科学技術の発展の過程や人間生活に貢献してきたことを認識することを通して、自然環境の保全や科学技術の利用について、生徒自身が科学的に考察し、正しい判断をする態度を育てることが主なねらいである。

学習指導要領の小・中学校の関連を見たとき、小学校第 6 学年で「電気の利用」、中学校第 2 学年で「電流とその利用」、「化学変化と原子・分子」、第 3 学年で「運動とエネルギー」、「化学変化とイオン」と系統的に学習している。これらの学習を踏まえて、本単元では、調べ学習やものづくりを通して、生徒の科学技術に対する興味・関心を高め、これまでに理科の学習で習得した知識などを活用して、科学的な思考力や表現力を育成することをねらいとしている。

また、エネルギー問題について、生徒が主体的に学習することは、地球環境を保全し、地球上に住む全ての生き物を守ることに繋がっていくものと考えられる。

(2) 生徒観

本学級の生徒は、理科に対して興味・関心が高く、観察、実験には意欲的に取り組むことができる生徒がほとんどである。4 月に実施した平成 24 年度の全国学力・学習状況調査の結果から、84.5%の生徒が「観察、実験を行うことが好きである」と答えていることからわかる。

しかし、同調査の結果では、「科学や自然について疑問を持ち、その疑問について人に質問したり、調べたりすることがある。」(44.7%)、「理科の授業で、自分の考えや考察を周りの人に説明したり発表したりする。」(23.3%)、「理科の授業で、自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てている。」(45.7%)の項目での肯定的解答の割合が低かった。調査の前にこの学年を受け持ったときから、観察、実験にあたっては、予想を立てて計画を行い、観察、実験の結果を整理し、考察する学習を大切にしてきた。具体的には、観察、実験の結果を考察する際に、個人で考え、班で話し合い、学級全体での発表という各段階を通して、各自に自分なりの考えを持たせることで、生徒の科学的な思考力を伸ばしていけるのではないかと考えた。この取り組みは、調査で低い数値が見られた項目を改善するものと考えられる。

また、同調査の結果の「理科の授業で学習したことを普段の生活の中で活用できないか考える。」(35.9%)、「将来、理科や科学技術に関係する職業に就きたいと思う。」(18.5%)の項目でも肯定的回答の割合が低かった。これは理科の学習が、単に理科室や教室の中で帰結していることを意味している。このことについては、進路学習の一環として、さまざまな職業で理科の学習が活用されていることを紹介したり、身近なもので観察、実験を行うように工夫してきた。

本学級の生徒は、章末テストにおいて学年では常に上位である。基本的事項の定着が向上するように取り組んでいる音読でも、各自が積極的に取り組んでいる。更に、観察、実験には班員が協力して意欲的に取り組んでいる。この取り組みを大切にしながら、本単元では、ホワイトボードを使っての取り組みで科学的思考力や表現力を高めるように学習を進めていくものとする。

(3) 指導観

上記の単元観、生徒観を踏まえて、次のような学習活動を仕組んでいく。

まず調べ学習では、パソコンを生徒一人ひとりが操作し、インターネット上から必要な情報を取り出しまとめられるようにする。次に考察の場面では、ワークシートに生徒一人ひとりが自分の考えを書き、その後班で自分の考えを出し合い、ホワイトボードに班の考えをまとめていく。班でまとめた考えを学級全体に発表し、練り合うことで話し合い活動を深めていく。こういった活動を通して、生徒の思考力・表現力を培っていかうと考えている。思考を伴う活動には個人差があるので、班内の話し合いにホワイトボードを用い、お互いの考えの交流を図っていく。

さらに、生徒が、理科を学習することの意義を実感し、科学への関心を高め、科学技術が身近なものとしてとらえられるように、色素増感型太陽電池の製作に取り組む。色素増感型太陽電池は、植物の色素を取り出したものに、手を加えることで電気エネルギーに変換できる。本教材は、科学技術の一端に触れることができる教材であると考え。ここでは、製作することが主な活動になるが、班の中で学び合い、教え合いなどの活動を仕組んでいく。そして、科学技術の進歩が人間の生活を豊かしていることを実感させる。

エネルギー資源の有効利用、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方については、生徒が興味を持つことができるように、NHKの10min.BOX 理科などの視聴覚教材を有効に利用する。

学習支援を要する生徒が読みで困らないようにするために、授業の中に音読を取り入れる。また、全生徒が音読をすることを通して、五感を生かした学習が大切であることを理解させ、基礎・基本の習得につなげる。更に、学習支援を要する生徒に対しては、個別に支援するとともに、班活動の中で生き活きと活動できるように、班の中での役割分担を明確にして授業に取り組ませる。

3. 単元の目標

エネルギー資源の利用や科学技術の発展と人間生活との関わりについて認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し判断する態度を養う。

4. 単元の指導計画（全14時間）

(1) いろいろなエネルギー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7時間

(2) 科学技術の発展・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7時間（本時4／7時間）

時数	学習内容	関心	思考	技能	知識	観点別評価基準	評価方法
1	情報・通信技術と私たちの生活 ・インターネットの危険性や問題点について調べ、インターネットをどのように使用していくのか議論する。		◎		○	・インターネットの危険性や問題点について調べたことをもとに自分の考えをまとめることができる。 ・インターネットの危険性や問題点を説明できる。	行動観察 発表内容 ワークシートの 記入状況

2	動力源や交通技術と私たちの生活 ・エネルギーの総使用量や交通技術の変化について調べ、人間の生活がどのように変化したのかまとめる。	◎		○	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギーの総使用量や交通技術の変化について、意欲的に調べることができる。 ・人間の生活の変化について説明できる。 	行動観察 ワークシートの 記入状況
3	物質資源とその利用(1) ・色素増感型太陽電池を制作する。 (前半)			◎	<ul style="list-style-type: none"> ・班員と協力して、色素増感型太陽電池を正確に製作できる。 	行動観察
4	物質資源とその利用(2) ・色素増感型太陽電池を制作する。 (後半)・・・本時			◎	<ul style="list-style-type: none"> ・班員と協力して、色素増感型太陽電池を正確に製作できる。 	行動観察
5	物質資源とその利用(3) ・科学技術が人間の生活にどのような影響を与えているか調べる。	◎		○	<ul style="list-style-type: none"> ・科学技術が人間の生活にどのような影響を与えているのか、意欲的に調べることができる。 	行動観察 ワークシートの 記入状況
6	循環型社会の構築に向けて ・物質資源の有効利用について話し合う。		◎		<ul style="list-style-type: none"> ・物質資源の有効利用について、今までに学習してきたことをもとに自分の考えをまとめることができる。 	行動観察 発表内容
7	まとめ ・章末テストを実施する。			◎		章末テスト

5. 本時の授業

(1) 本時の題材：「新素材の利用」

(2) 本時の目標：色素増感型太陽電池を製作し、電池のはたらきを調べるを通して、科学技術が人間の生活を豊かで便利にしていることを認識させる。

(3) 本時の観点別評価規準

	評価規準	十分に満足できる (A基準)	おおむね満足できる (B基準)	B基準に至らない場合の支援
観察能 、 実 験 の	班員と協力して、色素増感型太陽電池を正確に製作し、電池のはたらきを調べることができる。	班員をリードして、色素増感型太陽電池を正確に製作し、意欲的に電池のはたらきを調べることができる。	班員と協力して、色素増感型太陽電池を正確に製作するよう取り組み、電池のはたらきを調べることができる。	机間指導の際に、その都度指示する。

(4) 指導過程

過程	学習活動	形態	指導上の留意点	備考
導入 (聞く・知る) 10分	1. 前時の取り組みでできたものを確認する。 2. 本時の学習について理解する。	全体 全体	<ul style="list-style-type: none"> ・酸化チタンを焼き付けたガラス電極と炭素を塗布したガラス電極ができているか確認する。炭素を塗布していない面に事前に赤いシールを貼らせておく。 ・本時の授業の流れを、パワーポイントを使って示す。 	<ul style="list-style-type: none"> ・パソコン ・黒板用スクリーン ・液晶プロジェクタ ・学習プリント
課題：色素増感型太陽電池を作って、電池のはたらきを調べよう。				
展開 (つくる) (調べる)	3. 色素増感型太陽電池を製作する。 (1)酸化チタンを焼き付けたガラス電極をハイビスカスの色素液から取り出す。 (2)色素のついたガラス電極を精製水で洗い、ドライヤーで乾燥させる。 (3)色素のついたガラス電極にヨウ素電解質溶液を滴下し、炭素を塗布したガラス電極の表面を重ねる。 (4)重ねたガラスを豆クリップではさみ、電極になる部分にアルミホイルをかぶせて太陽電池を完成する。 4. 完成した太陽電池に光を当てて、デジタルマルチメーターで電圧を測定する。	班 班	<ul style="list-style-type: none"> ・酸化チタンを焼き付けたガラス電極は、昼休みにハイビスカスの色素液につけさせておく。 ・ドライヤーはブレーカーの関係で弱風を使用させる。 ・ガラス電極の重ね方については、教材提示装置を使って説明する。 ・班の中で教え合いをしながら、作業を進めるようにさせる。 ・デジタルマルチメーターの使い方を、教材提示装置を使って説明する。 ・班の中で協力し合って電圧を測定させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・学習プリント ・ドライヤー ・教材提示装置 ・教材提示装置 ・デジタルマルチメーター

展開 (考える) 35分	5. 電子オルゴールを鳴らすためには、完成した太陽電池を、どのようにつなぐか考える。	班	・動作電圧1.2Vの電子オルゴールを鳴らすためには、最低でも3個の太陽電池を直列につなぐことが必要であることに気づかせる。	
	6. 電子オルゴールを鳴らしてみる。	全体	・いくつかの班が協力して、電子オルゴールを鳴らすように工夫させる。	
整理 5分	7. 色素増感型太陽電池の製作を通して、気づいたこと、感じたことを感想用紙に記入する。	個人	・感想記入の視点を示し、感想を書きやすいように、黒板用スクリーンに提示する。	・学習プリント ・パソコン ・黒板用スクリーン ・液晶プロジェクタ
	8. 次時の予告を聞く。	全体		

(5) 生徒座席表 (省略)

(6) 本時の板書計画

黒板用スクリーン

○色素増感型太陽電池の製作手順を示したパワーポイントのスライドを投影する。

パワーポイントのスライド

〈新素材の利用〉

課題 色素増感型太陽電池を完成して、電池のはたらきを調べてみよう。

(7) 本時の評価

色素増感型太陽電池を製作し、電池のはたらきを調べることができたか、行動観察から評価する。【観察、実験の技能】

(8) ワークシート

「科学技術と人間」学習プリント

() 組 () 番・氏名

色素増感型太陽電池を製作しよう

1. () 月 () 日の作業 作業が終わったら□にチェックを入れよう。
- (1) 炭素をガラス電極に塗布する
- ①ガラス電極の電流が流れる面(表の面)をデジタルマルチメーターで確認する。
 - ②クリアフォルダにガラス電極の表の面を上にして、メンディングテープではりつける。
 - ③6Bの鉛筆でガラス電極の表面をぬりつぶす。
- (2) 酸化チタンをガラス電極に焼きつける。
- ①ガラス電極の電流が流れる面(表の面)をデジタルマルチメーターで確認する。
 - ②クリアホルダーにガラス電極の表の面を上にして、メンディングテープではりつける。
 - ③スポイトを使って、線を引くようにガラス電極の一方の端(はし)に流す。
 - ④スライドガラスを使って、ガラス電極の全体にペーストが行き渡るようにのばす。
 - ⑤クリアフォルダごとガラス電極を切り取り、ホットプレートにのせる。赤外線放射温度計でガラス電極の表面が45℃になるまで乾燥させる。
 - ⑥クリアフォルダからガラス電極をはがして、セラミック付き金網にのせ、ガスバーナーで焼きつける。
- ※弱火で全体が褐色になるように加熱する。赤外線放射温度計で表面が400℃を超えないように加熱する。ガラス電極の表面が白くなったら火を止める。
2. () 月 () 日の作業
- (1) 色素増感型太陽電池を完成させる
- ①昼休みに酸化チタンを焼きつけたガラス電極をハイビスカスの色素液につける。
 - ②酸化チタンを焼き付けたガラス電極をハイビスカスの色素液から取り出す。
 - ③色素のついたガラス電極を精製水で洗い、ドライヤーで乾燥させる。(注意!弱風で)
 - ④色素のついたガラス電極にヨウ素電解質溶液を1滴たらす。
 - ⑤④の上に炭素を塗布したガラス電極の表の面を下にして重ねる。(先生の作業をよく見てから行う)
 - ⑥重ねたガラスを豆クリップではさみ、電極になる部分にアルミホイルをかぶせて太陽電池を完成する。
- (2) 完成した太陽電池に光を当てて、デジタルマルチメーターで電圧を測定する。□ V
- (3) 電子オルゴール(動作電圧1.2V)を鳴らすためには、完成した太陽電池を、どのようにつなげばよいだろうか。

〔感想を書こう〕

.....
.....
.....

○自己評価

A : よく取り組んだ

B : 取り組んだ

C : 取り組めなかった