

環境・エネルギー教育を題材にした科学・ものづくり教室の実践 —色素増感太陽電池の教育実践から高大連携による学生主体の地域貢献活動—

京都市立洛陽工業・伏見工業・京都工学院高等学校 創造技術科電気コース 松田 拓未
京都工芸繊維大学工芸科学部先端科学技術課程 平成28年度 Kyo Tech Lab. 代表 野本 健一郎

1. はじめに

平成21年3月に告示された高等学校学習指導要領「工業」では、環境・エネルギーに配慮した教育を施すことを教科の目標に示している。これにより、地球規模の課題である環境問題やエネルギー制約の一層の深刻化などについて、ものづくりを通じて考えさせる適切な教育実践が求められている。そこで平成21年度から科目「課題研究」において、環境・エネルギー教育として、材料が容易に入手でき、作製が簡単でチューニングができる「色素増感太陽電池」を生徒たちとともに調査・研究してきた。研究成果は、大学主催の研究発表や論文大会等に報告し、取組成果をプレゼンテーションする機会を設定している。

これらの取組から地域連携に派生し、平成28年度からは国立大学法人京都工芸繊維大学の学生が主体となって環境・エネルギー教育普及に取り組んでいる公認プロジェクト“Kyo Tech Lab.”と高大連携を行っている。高校生と大学生が興味のあるテーマでグループを作り、お互いに協力することで調査・研究を進め、研究発表や地域貢献として環境・エネルギー教室を展開するなど多彩な教育実践を展開している。

本報告では、はじめに環境・エネルギー教育実践として最初に取り組んだ色素増感太陽電池の教育実践について報告する。色素増感太陽電池を用いて学校の実習等で実践できるようにした実習教材の製作や科学・ものづくり教室教材

の開発を目指して生徒たちと取り組んだ各種データ（各種検討結果からビジュアル化した実習資料、A県内の工業高校5校を対象に行った教育実践の授業検証）を報告する。

次に、平成28年度から取り組んでいる高大連携による学生主体の地域貢献活動として実践した色素増感太陽電池を用いた科学・ものづくり教室の実践事例を報告する。

2. 再現性高く作製するための各種実験

色素増感太陽電池（図1）は有機系の太陽電池であるため、再現性高く実現することが難しい。気温や湿度、作製手順によって、完成度が全く違ってしまふ。



図1 色素増感太陽電池の発電例

そこで、生徒たちとどうすれば環境・エネルギー実習教材として幅広い校種の児童・生徒が再現性高く色素増感太陽電池を作製できるか検証した。

(1) TiO_2 ペーストの塗布について

本項目では、色素増感太陽電池を作製するにあたり、光電効果を起こす TiO_2 ペーストを「スキージ法」で塗布する角度を変化し、その出力

電圧値及び電流値を測定することで最適な塗布角度を選定することを目的とした。

表1は試行回数各5回の平均電圧及び電流、電圧分散及び電流分散値である。結果として平均電圧・電流は0°のときが高いことがいえる。しかし、どの角度も分散値が高い。また、塗布角度30°の電圧値や60°の電流値が分散していないことがデータから見られるが、30°の電流値及び60°の電圧値を見ると分散値が大きい。よって、スキージ法では、再現性の高い太陽電池の作製は難しいことがいえる。

表1 TiO₂ペーストの塗布角度による電圧・電流

電圧(平均値と電圧)				
グループ	試行数	合計	平均電圧(mV)	分散
0°	5.0	3307.6	267.5	3112.4
30°	5.0	1247.4	249.5	745.6
60°	5.0	1194.4	238.9	1184.1
90°	5.0	1174.0	235.0	5950.3
ガラス様	5.0	1369.5	273.7	1352.5

電流(平均値と電流)				
グループ	試行数	合計	平均電流(μA)	分散
0°	5.0	211.7	42.3	1944.7
30°	5.0	202.5	40.5	1187.0
60°	5.0	199.0	39.8	1000.5
90°	5.0	47.9	9.6	70.4
ガラス様	5.0	160.2	32.0	487.6



図2 ソーラシミュレータ

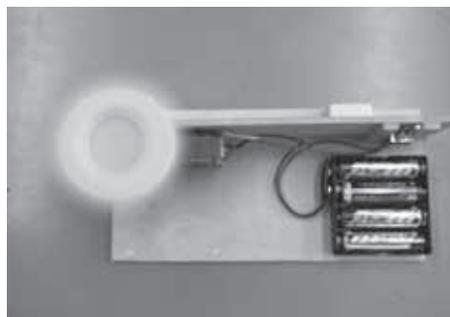


図3 自作スピコート

(2) 自作スピコートの製作

電子回路製作に使用するフォトレジストの塗布や太陽電池の作製に使用する各種液体を塗布する際に、薄く均一に塗布することを目的に「スピコート法」を採用していることが多い。「スピコート法」は、TiO₂ペーストを電極用導電性ガラスに滴下し、「スピコート」という装置で遠心力により均等に塗布する方法である。

この装置を使用して色素増感太陽電池を作製し、ソーラシミュレータ(図2)で光起電力特性を測定することで、「スキージ法」と自作スピコート(図3)を用いた「スピコート法」のどちらが「再現性」の観点から良い太陽電池が作製できるかを検討した。光起電力特性の結果を図4に示す。開放電圧Voc及び短絡電流Iscともにスピコート法で作製した太陽電池が大きい値を示した。また、V-I特性グラフの面積が大きいほど、光起電力特性が高いといえるため、スキージ法で作製するよりもスピコート法で作製した太陽電池の方が発電効率にお

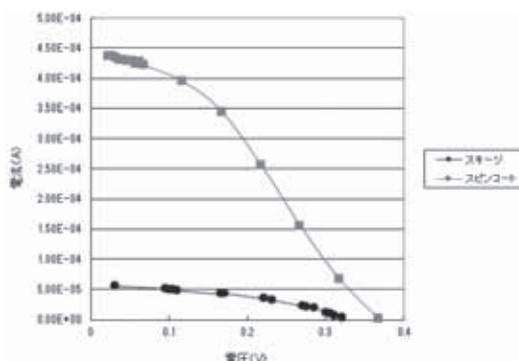


図4 作製法の違いによる光起電力特性

いて高いといえる。また、再現性の観点でも自作スピコートを用いた「スピコート法」で作製することで何度でも同じ光起電力特性が実現できることがわかった。

(3) 再現性の高いビジュアル実習資料の作成

各種実験データを基に、実習教材及びものづくり教室教材として使用できるように、幅広い校種の児童・生徒に理解でき、太陽電池を作製できる「再現性」に焦点を当てた実習資料を作成した。実習資料はPowerPointで作成するこ

とで、教育の情報化に対応した「iPad」や「電子黒板」を用いた教育実践において使用できるようにした。これらのデータを1ページ6スライドにまとめた(図5)。



図5 教育実践で使用した実習資料の一例

(4) 色素増感太陽電池作製の使用材料・器具

色素増感太陽電池を作製するにあたり、表2に示すような材料・器具を準備した。学校の理科室や実習室等で用意できるものが多いが、それ以外はホームセンターで入手が可能である。

表2 作製に使用する材料・器具の一覧

材料	器具
FTOガラス：2×3cm	デジタルテスタ：1台
酸化チタン(TiO ₂)：3g	乳鉢、乳棒：1セット
ポリエチレングリコール：1g	ガラス棒：1本
水(水道水)：7g	メンディングテープ：1個
蒸留水：適量	シャーレ、ピーカ：1セット
電解質溶液(ヨウ素)：適量	ホットプレート：1台
ハイビスカスの花：2個	ガスコンロ：1台
鉛筆(HB)：各1本	ハロゲンランプ：1台

(5) 工業高校における教育実践

工業高校生を対象に実習教材を用いた教育実践を行うことで、工業科における教育実践が可能か検証を行った。図6に示す学習アンケートを受講生徒に行い、環境・エネルギーやものづくりへの関心・意欲・態度、知識・理解を中心に学習効果を検証した。

授業検証において、担当教員には以下のよう

な条件下で実践するようお願いした。

- ・50分授業2時間の中で授業検証する。
- ・図5に示す実習資料及び表2に示す実習材料・器具のみで授業を行う。
- ・授業後は、図6に示すアンケート項目が記載された用紙を配布し、受講生徒に回答させる。

各校における学習アンケートの一例を図7に示す。

- ① あなたの性別は？
- ② あなたの何年生ですか？
- ③ ハイビスカスは見たことはありますか？
- ④ ハイビスカスの色素を使った色の変化を見てどうでしたか？
- ⑤ ハイビスカスの花以外に太陽電池でできるような花を教えてください。
- ⑥ 太陽電池はどこで使われているか知っていますか？
- ⑦ ⑥で はいと答えた人はどこに使われているか書いてください。
- ⑧ ハイビスカスの色素を使って太陽電池を作ってみようとしたか？
- ⑨ 今日のことを家や学校でやりたいと思いますか？
- ⑩ ものづくりは楽しいと思いますか？
- ⑪ ⑩でなぜそう思いましたか？ 素敵な気持ちを教えてください。
- ⑫ 学習前に比べて「ものづくり」は楽しいと思うようになりましたか？
- ⑬ 学習前に比べて「ものづくり」に対する考え方は変わりましたか？
- ⑭ ⑬でなぜそう思いましたか？ 素敵な気持ちを教えてください。
- ⑮ この学習で学んだことは、これからの生活で役立つと思いますか？
- ⑯ ⑮で 思うと答えた人はどのような場面が役立つと思いますか？
- ⑰ ⑮で 思わないと答えた人はその理由を教えてください。
- ⑱ 「花の色素を使って太陽電池を作ろう！」を体験した感想を自由に書いてください。

図6 学習アンケートの項目一覧

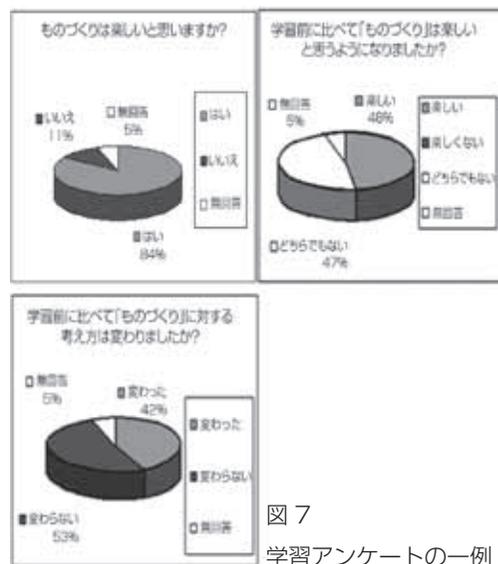


図7

学習アンケートの一例

色素増感太陽電池を用いた環境・エネルギー教育の実践において、工業高校生に教育実践を行った結果、「ものづくりは楽しい」という生徒が増加し、「ものづくりに対する考え方」が多数の生徒にとって良い方向に変わる教材にな

ったと言える。

3. 高大連携による科学・ものづくり教室の実践

平成28年度からは、科学技術で地域貢献をする新設工学系高校の方針により、高大連携先である京都工芸繊維大学公認学生プロジェクト“Kyo Tech Lab.”の大学生らとともに高校生が協力し合って、環境・エネルギーに関する数多くの科学・ものづくり教室を企画・運営した。

(1) ゼストサマーフェア2016 ゼスト寺子屋

京都市青少年科学センター主催おもしろサイエンス教室（御池地下街ゼスト）「ハーブティーでつくる次世代太陽電池」を平成28年8月10日に開催した。保育園～大人まで約50名の幅広い参加者が集まり好評を得た（図8）。



図8 おもしろサイエンス教室の風景

(2) 滋賀ものづくりフェア2016

滋賀県職業能力開発協会及び滋賀県庁産業振興コーナー主催滋賀ものづくりフェア2016（滋賀県立高等技術専門校草津校舎）「ハーブティーで作る次世代太陽電池」を平成28年10月1日・2日に開催した。2日間で小学生～中学生とその保護者30組60名に高校生と大学生が協力して科学的な講義を交えながらものづくり教室実践し、好評を得ることができた（図9）。

(3) 第21回 青少年のための科学の祭典京都大会

京都市青少年科学センター主催青少年のための科学の祭典京都大会（主催センター）「植物を



図9 滋賀ものづくりフェア2016の風景



図10 科学の祭典京都大会の風景

使った太陽電池を作ろう！」を平成28年11月12日・13日に開催した。小学生を中心に2日間で70名が参加し、太陽電池が作れる面白さを高校生と大学生に教えてもらいながら体験していた（図10）。

4. 結言

環境・エネルギー教育を目的に「色素増感太陽電池」を題材に簡易作製手法の研究から高大連携による科学・ものづくり教室の企画・運営までを生徒たちと長期間にわたって取り組んできた。平成29年度も科目「課題研究」では新たな環境・エネルギーを題材にした科学・ものづくり教室を高校生と大学生が一緒になって開発している。生徒らの意欲的な取組は年齢の近い大学生が一緒に取り組むことで活動を促進していると思われる。

本教育活動が環境・エネルギー教育の一例として教育現場の参考になれば大変嬉しく思う。