

日産科学振興財団 理科／環境教育助成 成果報告書

回次：第 **5** 回 助成期間：平成20年11月1日～平成21年10月31日（期間1年間）
テーマ：環境教育のための手作り比色計の教材化に関する研究
氏名：江口 啓 所属：静岡大学 登録番号：08011

1. 課題の主旨

環境教育の一環として、小・中学校においては近隣の河川の水質調査が広く行われている。この水質調査においては、児童にも取り扱いが簡単であることや、比較的安価であることから、水質調査キットであるパックテストが一般的に利用されている。パックテストとは、試薬が封入されているポリエチレン製のチューブ中に試験水を吸い込ませ、指定時間後に吸い込んだ水の変色の度合いを標準色シートと比較することで、水質の調査を行うものである。しかしながら、パックテストは水の変色によって水質の度合いを判断するため、色盲の児童・生徒は利用できない。先天赤緑色盲は、男性20人につき1人以上存在すると言われており、この問題を解決することは環境教育の推進のみならず、ハンディキャップをもつ児童・生徒に対する教育環境の平等化という観点からも重要である。

以上の理由を鑑み、本研究においては、パックテストの水の変色の度合いを数値に変換する手作り比色計を開発し、小学校の図工や、中学校の技術・家庭科における教材として活用する。提案する比色計は、試薬と試験水を注入した廃プラスチックカップに光をあて、その光の透過度を電圧値として取り出すものであり、ハンディキャップ児童・生徒に対する教育補助ツールとして活用できる。また、廃プラスチックを再利用するので、水質調査という面だけでなく、リサイクルという面でも環境教育を行うことが可能である。

2. 準備

本研究は、教材の設計開発、“ものづくり”教育に係る実践研究、環境教育に係る実践研究で構成されている。

- 1) 手作り比色計の設計と、その教材化の検討： 使用材料、設計方法など
- 2) “ものづくり”教育を目指した、手作り比色計製作に関する実践研究： 教育学部の大学1年生1クラス、教育学部の大学4年生1クラスの合計2クラス
- 3) 手作り比色計を用いた水質調査を通じての環境教育の実践研究： 近隣河川における水質調査

3. 指導方法

1) 教材の設計開発

作製する比色計に関して、①動作電圧範囲、最適な構成素子の値などの詳細な設計条件と、②小中学校の生徒でも容易かつ安全に作製できるような方法と作製手順を明らかにした。手作り比色計の教材化にあたっては、申請者が教育学部所属という地の利を生かし、大学附属の小・中学校に勤める現場教員の意見を参考にし、内容の検討を行った。

2) “ものづくり”教育に係る実践研究

1) の結果をもとに、小中学校の教員を志望する教育学部在籍の大学生に対して、手作り比色計の製作に関する実践授業を行った。この実践授業を通じて将来教師となる学生に、科学技術や“ものづくり”の重要性を伝えた。また、プリンカップなどの廃プラスチックを利用した製作を体験させることで、“継続可能な社会”を実現するためにはどうするかを考えさせると共に、製品を作る際には環境に配慮した“ものづくり”を行わなければならないことを学ばせた。

3) 環境教育に係る実践研究

2) で作製した手作り比色計を用いることにより、近隣の河川において水質調査を行った。調査によって得られた水質データについてまとめさせた後、地球環境についての発表会を行わせることで、今後の地球環境とエコロジーについて考えさせる相互学習を実施した。また、①比色計の作製についての“ものづくり”に係わる内容、②水質調査体験についての“環境教育”に係わる内容、③実践授業の実施方法に関する内容、の3つの項目に関してアンケートを実施することで、手作り比色計の改良と実践授業の改善方法について検討を行った。

4. 実践内容

1) 参加者

国立大学（教育学部教員養成課程）1年生1クラス（11名）と4年生1クラス（10名）に対して、実践授業を実施した。

2) 授業手続き

実践授業においては、①電気回路の基礎と比色計の構造についての学習、②手作り比色計の製作、③製作後の討議（“ものづくり”の重要性と、“継続可能な社会”を実現するためにはどうあるべきかを考えさせる）、④近隣の河川における水質調査、⑤環境学習後の討議（今後の地球環境とエコロジーについて考えさせる）、⑥アンケートの実施、の順に実施した。

5. 成果・効果

図1に示すように3つの廃プラスチックカップを重ねることで比色計の本体外殻を構成することで、①構成部品の一部として廃プラスチックカップを再利用しているため、水質調査という面だけでなく、再利用やリサイクルという観点においても環境教育を行うことが可能となる、②廃カップを重ねるだけで本体部分を歪みなく構成できるために製作が容易であり、精度にばらつきが少ない比色計を製作可能となる、③発光ダイオード、CdS素子、紙粘土などの安価な材料のみで実現できるため、高価な実験機材を備えていない小・中学校においても、同比色計の作製を授業の一部として児童・生徒に体験させることができる、という特徴をもつ手作り比色計を実現できた。

提案する手作り比色計の設計の妥当性を検証するために、比色表では測定が困難な中間濃度の試験水の場合でも、提案の比色計を用いることによって中間濃度値の測定が可能であることを検証した。本実験においては、11名の健常者(Student A~K)と1名の第2色覚異常をもつ生徒(Student L)に、従来のパックテストと提案の比色計を用いた水質調査を行ってもらった。図2に、比色表の最高濃度から最低濃度までの試験水の色を10段階に分割した試験水を任意に提示し、生徒の測定値における誤差を求めた結果を示す。図2から

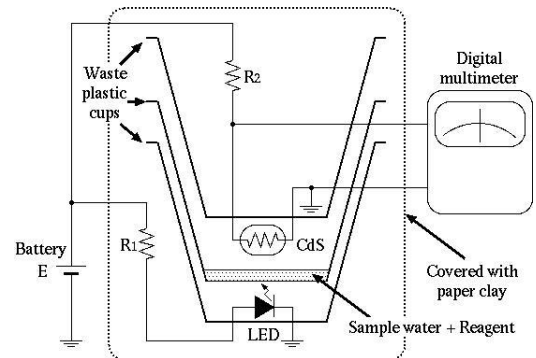
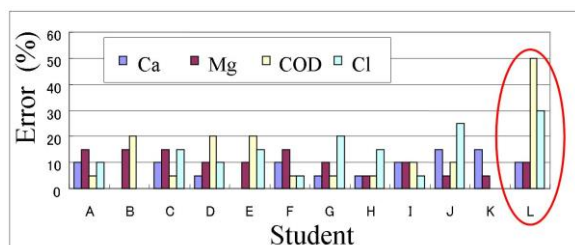
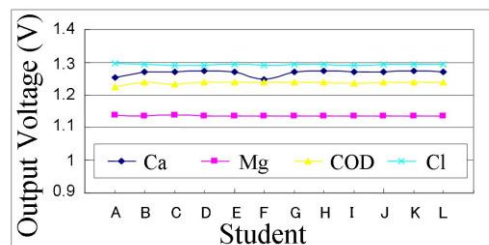


図1 手作り比色計の構成

明らかなように、パックテストの場合とは異なり、提案の比色計によって得られた測定電圧値は全ての被験者においてほぼ一定の値を示しており、ばらつきの少ない測定値が得られていることがわかる。以上の結果より、提案の比色計は色覚異常の生徒が水質調査を行う際の支援ツールとして有効であることが検証できた。さらに、比色計を紙粘土で包み、回路配線を行うことで、廃品を利用した“ものづくり”にありがちな製作物がごみになりやすいという欠点を回避でき、実践授業においても環境教育教材として有効であることが確認できた。



(a) パックテストの場合



(b) 手作り比色計の場合

図2 検証実験の結果

6. 所感

提案の手作り比色計は、次のような学習効果が期待できると思われる。

- ①色覚異常の生徒でもパックテストと同様の水質調査を行うことが可能となり、教育機会の平等化と体験的な環境教育の更なる促進が期待できる。
- ②試験水の変色の度合いを連続的な電圧値に変換できるため、パックテストの比色表では測定できない中間濃度における値を測定できる。
- ③廃プラスチックカップを再利用しており、水質調査という面だけでなく、再利用やリサイクルなどの省資源化という面においても環境教育を行うことが可能である。
- ④発光ダイオード、CdS 素子、紙粘土などの安価な材料のみで回路ブロックが構成されており、また、粘土細工のように比色計の形状を自由に工作できるため、技術・家庭教育や図画工作教育における“ものづくり”教材として活用できる。

7. 今後の課題や発展性について

今後の課題としては、手作り比色計による学習効果の理論的な検証が挙げられる。

8. 発表論文、投稿記事、メディアなどの掲載記事

口頭発表

1. 須藤達也・高橋和希・江口啓：環境教育のための手作り光度計の教材開発、日本産業技術教育学会第26回東海支部研究発表会、三重大学、2008年12月
2. 鈴木健・渡邊肇也・須藤達也・江口啓：廃プラスチックを利用した手作り比色計の一設計、第52回日本産業技術教育学会全国大会、新潟大学、2009年8月

【教材制作方法】

- ・実施内容が教材開発の場合、ここから1～2ページ使って、教材の制作方法を記載願います
- ・実施内容が教材開発でない場合、このページ以降を削除願います

比色計の作製に用いる部品とその個数を表1に示す。

表1 比色計の作製に用いる材料

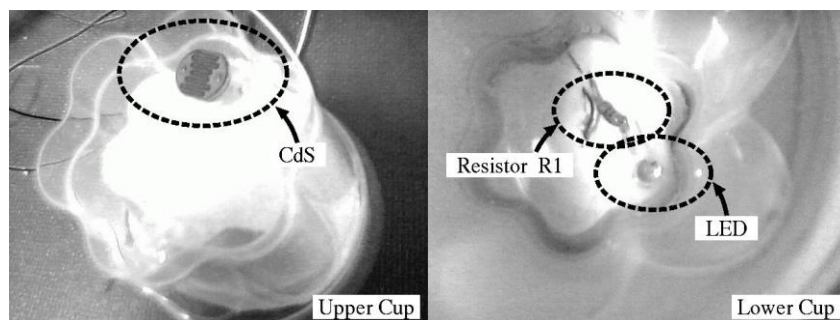
発光ダイオード(LED)は、透過率の高い発光ダイオードを使用し、CdS は受光できる面積の大きい直径 10mm の CdS を使用する。図1中の抵抗 R1 の値は、発光ダイオードの規格表の特性値より求める。具体的には、標準電流に近い値の電流が発光ダイオードに流れこむように R1 の抵抗値を決定する。一方、抵抗 R2 は CdS に光が照射される場合と全く照射されない場合において、CdS の出力電圧の差が最も大きくなるように抵抗値を設定する。光が照射された場合と照射されない場合の出力電圧の差が大きいほど、試験水中の測定したい化学物質の濃度が測定しやすくなる。

部品名称	個数
LED	1
CdS (10mm)	1
抵抗 180Ω (R1)	1
抵抗 2kΩ (R2)	1
単三電池	2
電池ボックス	1
紙粘土	1
廃プラスチックカップ	3
アルミテープ	—————
ラッピングワイヤ	—————
ニス	—————

素子間の配線にはラッピングワイヤを使用し、アルミテープによって結線する。その表面を紙粘土によって覆うことで固定する。これにより、小学生にとっては敷居が高い

半田付けという作業が不要となり、半田付けの際に問題となる火傷の危険を回避し、素子間の接触不良による誤動作を軽減できる。また、紙粘土によって回路全体を覆うことで CdS を外部の光から遮断し、発光ダイオードの光のみが照射されるように遮光できる。さらに、本体の形状を自由に加工できるため、粘土細工を通しての創造性の育成にも寄与できる。

試験水の容器には、プリンカップなどの廃プラスチックカップを3つ使用する。提案の比色計は、図3に示すように、底面に上向きに発光ダイオードを取り付けたプラスチックカップを準備し、そのカップに試験水を抽入したプラスチックカップを、続いて、底面に下向きに CdS を取り付けたプラスチックカップを重ねた3層構造になっている。手作り比色計の完成例を図4に示す。図4においては、遮光性を高くするために表面に色を塗り、その上から防水用のためのニスが塗ってある。



(a) 上部カップの底部 (b) 下部カップの内部

図3 素子の取り付け位置



図4 手作り比色計の一例