

研究種目：若手研究 (B)  
 研究期間：2008～2009  
 課題番号：20700622  
 研究課題名 (和文) 使用済みボールペンを利用した手作り濁度計の教材開発  
 研究課題名 (英文) Development of a Hand-Made Color Comparator  
 Using Waste Plastics  
 研究代表者  
 江口 啓 (EGUCHI KEI)  
 静岡大学・教育学部・准教授  
 研究者番号：00321521

研究成果の概要 (和文)：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比色計を開発した。提案の比色計は、試薬と試験水を注入した廃品の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、色覚異常というハンディキャップを背負った生徒に対する環境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しているため、水質調査だけでなく再利用という面でも環境教育を行うことができる。提案教材については、試作評価と実践授業を行うことで、その有効性を明らかにした。

研究成果の概要 (英文)：Aimed at manufacturing education, environmental education, and welfare support, a hand-made color comparator using waste plastic cups is proposed. Unlike conventional color comparators, the proposed comparator is realized by cascading three waste plastic cups. Therefore, teachers can perform environmental education not only by a water quality test but also by reuse of plastic wastes. Furthermore, by covering the color comparator with paper clay, students can make a color comparator without soldering. The validity of circuit design is confirmed by experimental classes. The experiments show that 1. students can learn the basic of electricity, reuse, and manufacturing and 2. even the students with color-blindness can receive environmental education such as a water quality test by using the proposed color comparator.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：教育学

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：教材開発、ものづくり、比色計、色覚異常、環境教育、再利用

## 1. 研究開始当初の背景

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。水質調査を行うための機材としては、様々な計測機器メーカーからPH計やCOD計等のデジタル測定器が販売されているが、教育現場では生徒にも取り扱いが簡単であることや、安価に入手できることから、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、パックテストにおいては試験水の変色によって水質の度合いを判断するため、色覚異常をもつ生徒にとっては利用が困難である。日本においては、先天赤緑色盲が男性の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生徒に対する教育環境の平等化という観点からも非常に重要である。

## 2. 研究の目的

本研究においては、パックテストにおける試験水の変色の度合いを電子的な数値に変換する手作り比色計の教材開発を行う。提案の比色計は、試験水と試薬の入った廃品のプラスチックカップに発光ダイオードの光を照射し、その透過度を受光素子であるCdSとテスト（デジタルマルチメータ）によって電圧値として数値化する。すなわち、試験水の変色の度合いによって変化する光の透過度を、電圧値として表示するものである。本研究は、提案教材によって、色覚異常というハンディキャップを背負った生徒に対する環

境教育補助ツールを提供するとともに、水質調査だけでなく、“ものづくり”と再利用という面でも科学技術教育を行うことができる教材の開発を目的としている。

## 3. 研究の方法

本研究においては、(1)教材の設計と開発、(2)実験による比色計動作の検証、(3)実践授業による教材としての有効性の検証、の3段階で研究を推進した。

### (1)教材の設計と開発

教材化する手作り比色計に関して、①比色計の動作電圧範囲、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)実験による比色計の動作検証

提案する比色計の有効性を、色覚異常者を含む12名の被験者に対する動作試験によって確認した。動作実験においては、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濃度値の測定が可能であることを検証した。具体的には、従来のパックテストと提案の比色計の測定結果の比較を行うことで、提案の比色計の優位性を検証した。

### (3)実践授業による教材としての有効性の検証

提案の比色計をテーマとした実践授業を

行うことで、提案の比色計の教材としての有効性の検証を行った。具体的には、小・中学校の教員を志望する教育学部在籍の11名の大学生に対して、比色計の製作体験と授業後アンケートを行うことで検証を行った。

#### 4. 研究成果

本研究によって得られた成果は、下記の通りである。

(1) 図1に示すように3つの廃プラスチックカップを重ねて比色計の本体外殻を構成することで、以下に示す特長をもつ手作り比色計を実現できた。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、フィルムケース等を利用した従来の手作り比色計よりも測定精度にばらつきの少ない比色計が製作可能となる。

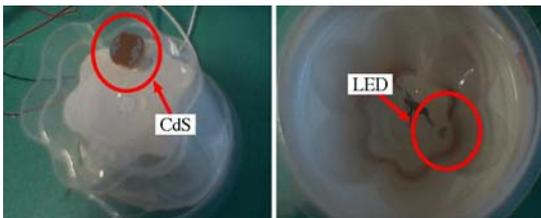
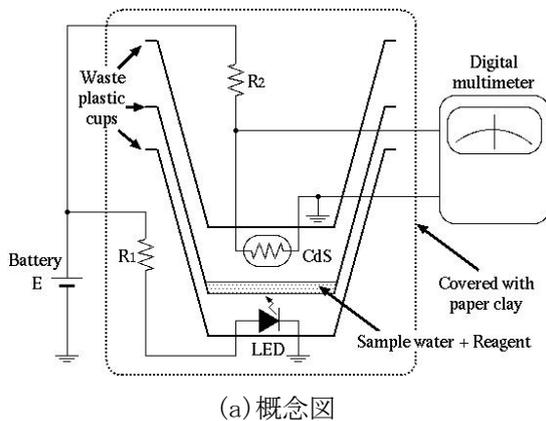
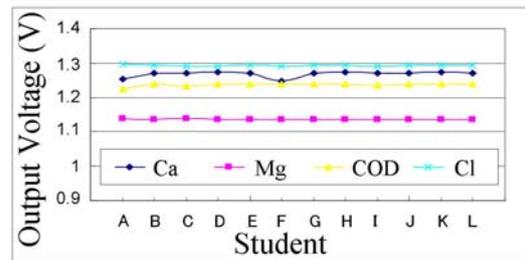
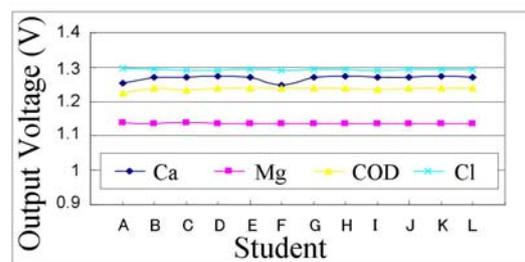


図1 提案する手作り比色計

(2) 実験による比色計の動作検証においては、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。図2に実験結果を示す。図2の実験においては、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から明らかなように、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。



(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

(3) 図3に実践授業の様子を示す。実践授業においては、はじめに、電気回路の基礎と比色計の構造を座学において2時間学習した後、手作り比色計の作製を行った。実践授

業においてアンケートを行った結果、大学1年次までに半田付けの作業を行った経験のある学生の数は11人中わずかに3名であった。本実践授業において、半田付けの経験がない受講学生が比色計の作製に要した時間は3時間であることから、小・中学校の理科や技術・家庭科の授業時間において、提案教材を十分に作製可能であることが明らかとなった。また、比色計の作製に用いた部品とその個数は表1に示す通りであり、発光ダイオード、CdS素子、紙粘土などの安価な材料のみで比色計を実現できた。このため、高価な実験機材を配備していない教育機関においても、提案の比色計の作製を授業の一部として体験できることが明らかとなった。さらに、授業後のアンケートの結果から、提案教材によって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”の実現と、環境に配慮した“ものづくり”を学習できることが明らかとなった。



(a) 製作風景



(b) 製作物の一例

図3 実践授業

表1 比色計の作製に用いる材料

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	————

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 江口 啓, 須藤達也, 杉村竜也, 西ヶ谷浩史, 紅林秀治, 小・中学校における“ものづくり”教育のための手作り比色計の開発、電気学会論文誌A、査読有、vol.130-A, no.1, 2010, pp.59-66

[学会発表] (計3件)

- ① 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、日本産業技術教育学会第52回全国大会、2009年8月22日、新潟大学
- ② 江口 啓, 杉村竜也, 紅林秀治, ものづくり教育のための手作り比色計の教材開発、電気学会教育フロンティア研究会、2009年3月6日、千葉大学
- ③ 須藤達也, 高橋和希, 江口 啓, 使用済みボールペンを利用した手作り比色計の教材開発、日本産業技術教育学会第51回全国大会、2008年8月23日、宮城教育大学

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

江口 啓 (EGUCHI KEI)  
静岡大学・教育学部・准教授  
研究者番号：00321521

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 連携研究者

なし