

簡易比色計の作製とその教育的実践の報告

熊本県立第二高等学校 臨時実習教師 木庭 雄二郎

本校の理数科の生徒は課題研究、江津湖の水質調査、学校設定科目である科学家庭など分光光度計を使って定量実験をすることが多い。本校には分光光度計が1台あるが、授業中に1人あたりが分光光度計を操作する時間は短い。そこで、安価で高校生でも作製できるLEDを用いた簡易比色計を設計した。理数科1年生を対象にした「科学的能力開発ゼミ」の中で、生徒が簡易比色計を作製して吸光光度法の原理や最小二乗法による検量線の作成方法について学び、過マンガン酸カリウム水溶液の濃度を定量する実験や唾液アミラーゼの最適pHについて調べる実験をした。

1 簡易比色計の作製

光源には発光ダイオード(LED)、受光器にホトトランジスタを用いた。LEDは単独の波長の光を放出する。光が全く入射されない時、絶縁体に近くなり、受光するとその量に対応して抵抗値が小さくなる。すなわち、試料の光吸収が大きくなり、光の透過率が小さくなるとホトトランジスタの抵抗値が大きくなる。この抵抗値をデジタルマルチメーターで測定した。



図1. LEDを用いた簡易比色計

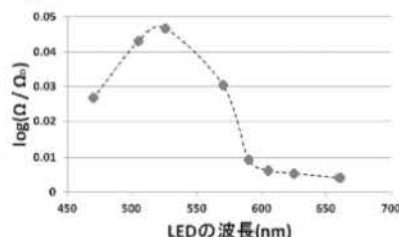


図2. 過マンガン酸カリウム水溶液の各波長における吸光度

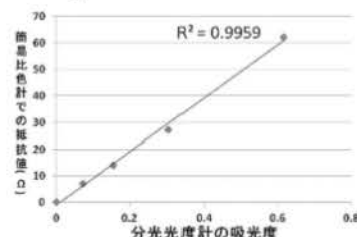


図3. 簡易比色計と分光光度計の測定値の相関

20mg/L過マンガン酸カリウム水溶液の吸光度を調べた。吸光度は $\log(\Omega/\Omega_0)$ で算出した。 Ω_0 は精製水、 Ω は試料の測定値である。その結果、吸光度は525nmで最も高い値を示した(図2)。次に、精製水および5、10、20、40mg/L過マンガン酸カリウム水溶液の525nmにおける吸光度を分光光度計(島津UVmini 1240)および簡易比色計で測定してその相関を調べた(図3)。その結果、相関係数が0.9959となり、簡易比色計は分析機器として用いることができると考えられる。

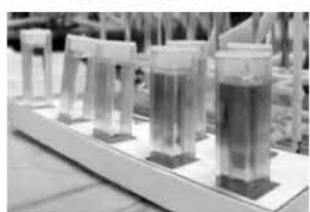
2 教育的実践

第1回では、光と色について説明をして、生徒が4人1組で簡易比色計1台を作製した。LEDは青(470nm)、緑(525nm)、赤(625nm)を用いた。



第2回では、吸光光度法の原理や最小二乗法による検量線の作成方法を説明して、物質の種類によって吸収する光の波長が異なることを理解する実験や過マンガン酸カリウムの濃度を定量する実

験をした。検量線の式を求める方法はパソコンを用いず、手計算で求めることができるワークシートを用いた。



ワークシート②

No.	反応時間 (分)	検量線 (Y)	X ²	Y ²	XY
1	0	2.5	0	6.25	0
2	5	2.5	25	6.25	12.5
3	10	2.5	100	6.25	25
4	20	2.5	400	6.25	50
5	40	2.5	1600	6.25	100
合計	A: 75	B: 12.5	C: 2125	D: 31.25	E: 187.5

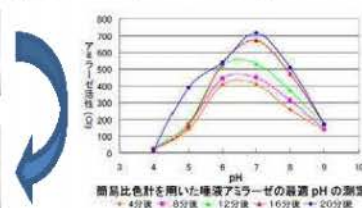
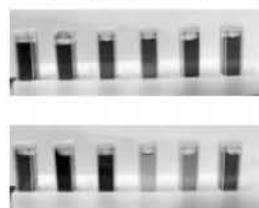
最小二乗法による簡単な
検量線 $y=ax+b$ の求め方

$$a = \frac{5 \times D - A \times B}{5 \times C - (A)^2} = \frac{37.5}{1500} = 0.025$$

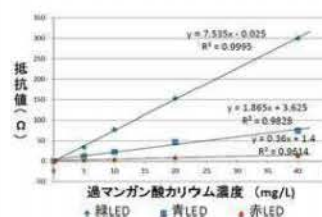
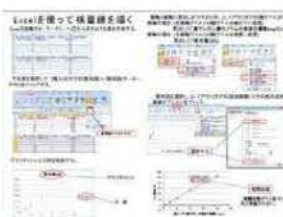
$$b = \frac{C \times B - D \times A}{5 \times C - (A)^2} = \frac{12.5}{1500} = 0.0083$$

⇒ $y = 0.025x + 0.0083$

第3回では、生徒が唾液アミラーゼの最適pHを求めた。pH 4、5、6、7、8および9の緩衝液にデンプン水溶液と唾液希釈液を加えて反応させた。反応4、8、12、16および20分後に、ヨウ素-ヨウ化カリウム溶液を加えて発色させた。これを簡易比色計で測定してグラフにした。

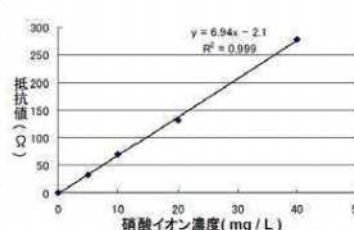
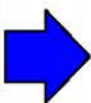


第4回では、これまで測定した実験の結果をグラフにした。また、第2回の過マンガン酸カリウムの濃度を定量する実験で用いた検量線をExcelで作成した。



3 応 用

水質調査でバックテストがよく用いられている。しかし、バックテストは半定量的な分析であり、詳細な測定値を得ることはできない。そこで、簡易比色計を改良してバックテストでも詳細な分析ができるようにした。



従来使っていたセルだけでなく、バックテスト用セルも使えるように、試料室のセル立てを改良した。硝酸カリウムで硝酸標準溶液を調製した。硝酸を測定するバックテストを発色剤にして、簡易比色計で測定した。その結果、検量線を描くことができた。従来の視覚による分析に比べて、より詳細な測定値が得ることができると考えられる。

4 ま と め

簡易比色計の材料費は1台あたり1,000円程度であった。デジタルマルチメーターが必要であるが、1,500円程度のものでも十分である。また、ホトトランジスタ、プラスチックセル以外の材料はホームセンターで揃えることができる。本研究の簡易比色計のように安価で、高校生でも作製できる分析機器があれば理数科や科学系クラブ活動などの研究の幅を広げることができると考えられる。