

簡易吸光度計の製作と利用

勢井春香 清家湖子 十川彩乃

【概要】

近年、環境問題が話題となっている。その中でも、私たちは水質汚染に注目した。私たちの学校には、分光光度計という光の透過率を測定できる機械がある。そのため、水の汚染度を測定することができ、水質調査にも応用されている。しかし、持ち運びには適さないという欠点があるため、その場で測定することができない。だから、それを改善するために、持ち運びができ簡易な構造で、分光光度計と精度も変わらない簡易吸光度計を製作しようと考えた。

A spectrophotometer is a machine that can measure river pollution. A portable spectrophotometer would be useful because professional machines are too heavy. Our purpose was to make a simple spectrophotometer, with a simple chamber and make it portable.

【研究動機・目的】

私たちの学校には、UV-VIS 分光光度計があるため定量分析が可能である。しかしそれは決まった場所に設置しておくべきものであり持ち運びに適さない。溶液を持ち帰ることもできるが、持ち運んでいる間に溶液の性質が変わってしまうことがあると考えられる。そこで、持ち運びが出来て正確な簡易吸光度計を製作することにした。また、分光光度計は大変高価な機械のため、持っている学校が少ない。だから、分光光度計を使用した実験をしたくてもできない人たちにも、私たちが製作した簡易吸光度計と同等なものを作って、使ってほしい。

【仮説】

分光光度計は、川の水を持ち帰って学校で測ることは可能だが、それでは輸送時の振動で溶存酸素量が変わったり、温度変化で一部の成分が何らかの変化を起こしたり、沈殿、生物体の影響などさまざまな性質変化の恐れがあるのではないかと考えた。また、分光光度計は低濃度では、吸光度が2を超える濃い濃度では正確に測れなくなる。フォトトランジスタの抵抗値を測定するため、UV-VIS 分光光度計では測りにくい高濃度も測定できるのではないかと考えた。

【実験器具・材料】

- ・LED・フォトトランジスタ・抵抗器
- ・駒込ピペット・テスター・ディスプレイ
- ・分光光度計・メスフラスコ
- ・コネクタ・ホールピペット・ビーカー
- ・樹脂製茶筒・木材（マホガニー、ノキ）・木工用ボンド

【製作方法】

1. 接続の方法

測定部、電源安定部は自作で、テスター、直流電源(ACアダプター)は市販のものを使用した。その後持ち運べるように組み込みの電池式に変える。ブロック図は図1、回路図は図2のようになっている。

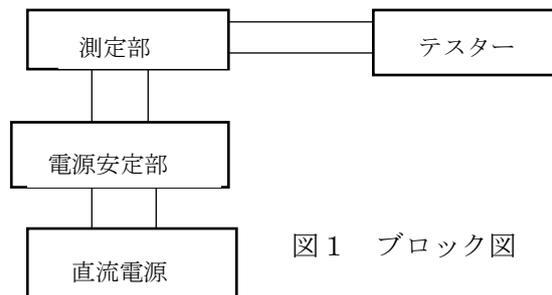


図1 ブロック図

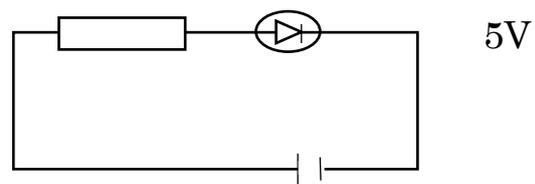


図2 LEDを発光させるための回路図

電流 20mA、電圧 5V のものを使用したため、抵抗器は 250Ω を用いた。

2. 測定部の製作

測定部には、電源用コネクタ、テスター接続コネクタを取り付ける穴を茶筒に開ける。電源部とテスターの差込部分の直径を計り、差込やすさを考慮した結果、外側 0.8mm、内側 0.6mm の二重層の穴を開けた。上から見て二つの穴が直角になるように開けた。そうすることにより、接続の際にコードがかさばることを解決できるのではないかと考えた。

まず、測定部を固定するための土台を作る。私たちは今回 4 本の脚のテーブル状の土台を作った。どちらとも桧を使用して次の大きさにした。

上部の天板；直径 60mm・厚さ 5mm

脚；縦 5mm・横 5mm・高さ 3.5mm

次に、測定部を作る。セルを一定の向きに安定して入れられるようにするのに固定するために三角形の木材を置く。三角形の木材は幅 10mm で、もう一方の木材は幅 30mm・厚さ 5mm である。どちらとも桧を使用している。

固定の前に木材に LED とフォトランジスタを、光軸を合わせるように穴を開ける。次に、先ほど製作した木材に差し金を用い、直角に測り左右の木材を平行に並べる。セルが外寸 12.5mm のため、15mm の間隔をあける。このときに LED 用の穴とフォトランジスタ用の穴の中心が合うように慎重に組み立てる。使用した木材はマホガニーで厚さ 5mm・幅 20mm である。先ほど作った土台に測定部を取り付け、茶筒の中に入れる。

3. 電池と三端子レギュレーターによる補助電源

電池では電圧が一定にならないため、可搬性を増すために三端子レギュレーターを使用した。最初は組み込む予定だったが時間がなかったため AC 電源の代わりにアルカリ電池 2 本と三端子レギュレーターを外付けにした。アルカリ電池 2 本で 3.0V なので三端子レギュレーターを使用することで一定に 3.0V の電圧を送ることができる。

【研究の手順】

硫酸銅

(手順 1) 簡易吸光度計の製作

(手順 2) 硫酸銅水溶液の調整

100mL のメスフラスコを用いて 1.0mol/L 標準液を作り、それをさらにメスフラスコとホールピペットで薄めて 0.500、0.300、0.100、0.050、0.025mol/L を得る。

(手順 3) 検量線を引く

(手順 4) 信頼度評価

カーブフィットを行い、各データを評価し、互いに比べる。

過マンガン酸カリウム

(手順 5) 過マンガン酸カリウムの調整

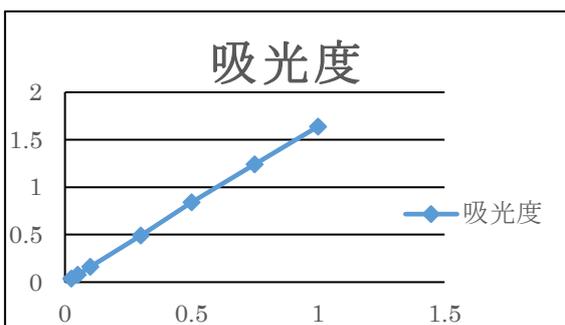
(手順 2) と同様に、100mL のメスフラスコを用いて 1.0mol/L 標準液を作り、それをさらにメスフラスコとホールピペットでうすめて 0.40、0.02、0.10、0.02mol/L を得る。

(手順 6) (手順 7) も硫酸銅の (手順 3) (手順 4) と同様

【結果】

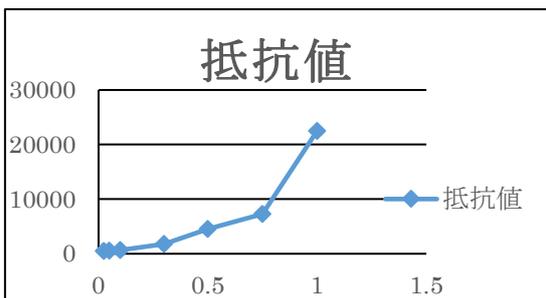
(硫酸銅で測定した結果)

硫酸銅の濃度を 1.00、0.50、0.30、0.10、0.050、0.025mol/L と変えて、分光光度計で吸光度を測定。それをグラフに示した (グラフ 1)。



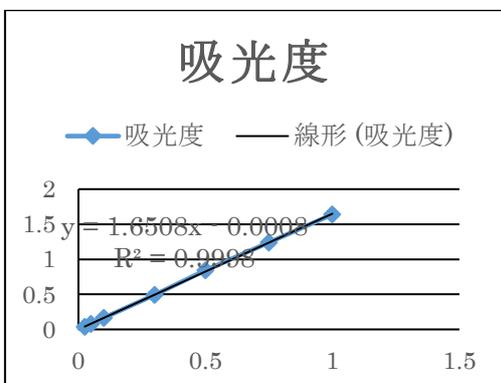
グラフ 1 硫酸銅の吸光度

同様に自作の簡易吸光度計で抵抗値を測定。それをグラフに示した (グラフ 2)。



グラフ 2 硫酸銅の抵抗値

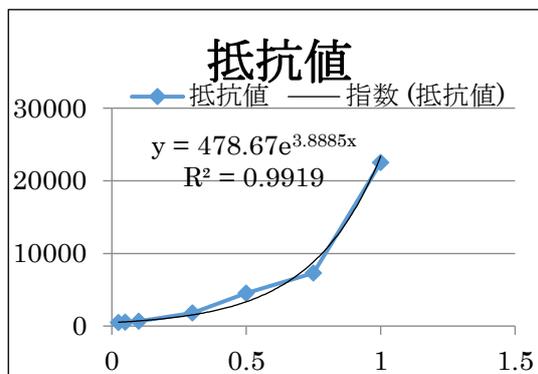
直線的に近似曲線をかけたもの (グラフ 3)。ランベルト=ベールの法則より直線的になる。



グラフ 3 硫酸銅の吸光度

直線的に表したグラフ 4 の R^2 値が 0.9998 より濃度が正確ということが分かる。

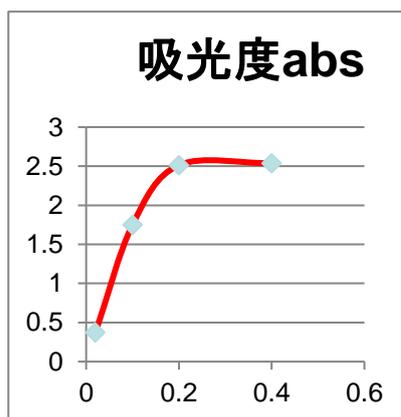
同様にグラフ 2 に近似曲線をかけた。指数的に近似曲線をかけたもの (グラフ 4)。



グラフ 4 硫酸銅の抵抗値

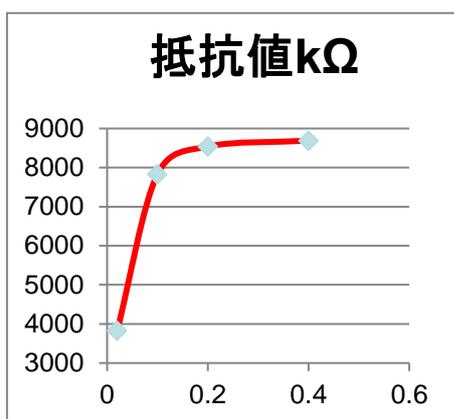
指数的に表したグラフ 4 の R^2 値が 0.9869 より、私たちの製作した簡易吸光度計が正確に製作できていることがわかる。

(過マンガン酸カリウムで測定した結果)
過マンガン酸カリウムの濃度を 0.4、0.2、0.1、0.02mol/L と変えて、分光光度計で吸光度を測定。それをグラフに示した (グラフ 5)。



グラフ 5

同様に自作の簡易吸光度計で抵抗値を測定。それをグラフにしめた (グラフ 6)。



グラフ 6

グラフ 5 のグラフでは 0.2mol/L から 0.4mol/L で、濃度は濃くなっているのに値があまり変わっていない。しかし、グラフ 6 の自作の簡易吸光度計では、0.2mol/L から 0.4mol/L の濃い濃度でも抵抗値があがっている。さらに、ランベルト=ベールの法則から、分光光度計では Abs の値が 2 以上はあまり使わないのが一般的である。しかし、0.2mol/L から 0.4mol/L では Abs の値が、2 を超えていることから、濃い濃度では正確に測れていないことが分かる。このことから、分光光度計では正確に測ることが出来ないような濃い濃度まで自作の簡易吸光度計では測ることが出来ることがわかった。

濃度 (mol/L)	吸光度 (A)	抵抗値 (kΩ)
0.00	0.008	100.9
0.02	0.372	3830
0.10	1.750	7830
0.20	2.513	8540
0.40	2.538	8690

表 1 より吸光度は 0.20mol/L から 0.40mol/L で値がほとんど変わっていないのに対して、抵抗値は少し変わっていることが分かる。一般的に吸光度の値は 2 を超

えたら正確ではないことから、分光光度計で測れない濃い濃度まで、自作の簡易吸光度計は測れることが分かった。

【考察】

① 吸光度について

ランベルト・ベールの法則から、濃度と吸光度のグラフは正比例の直線のグラフとなるはず。また、透過光の強さで考えると測定では、水のみをいれたセルと試料溶液を入れたセルの透過光の強さの測定位置の比の対数を取ったものである。吸光度 2 以上の測定値での差はあまり意味を持たない。濃度を変えて吸光度を測ると、直線のグラフになり R^2 値が 1 に近いことから検量線を利用して未知試料の吸光度から濃度の測定ができることと溶液の調整や希釈の方法に問題がないことがわかる。

② 抵抗値について

フォトトランジスタは、光により電流を生じる。今回の実験では、直接抵抗値の変化を測定した。これは、OP アンプ動作には電源が必要であり、今回は現地での測定が目的のため、部品点数を減らしたり、装置の電源を用いる部品を減らしたりして、装置の簡素化と省電力のために精度は犠牲にした。それでも、濃度に応じて変化し、実用性はあるものと判断した。調整法と吸光度測定から濃度が確からしい溶液について抵抗値を測定して検量線を引こうとしている。指数的に変化するであろうという予想にほぼあった結果となっている。

【参考文献】

『よくわかる最新分析化学の基本と仕組み』津村ゆかり著
秀和システム 2009年4月9日
ランベルト・ベールの法則