

# 紫外可視分光光度計の改良と可搬性を持った分析機器製作

新田 悠貴 河村 さつき 玉野 弘人

## 【概要】

連続する吸光度の変化を測定する分析機器と、吸光度の違いを判定する簡易比色計を自分たちで製作した。その信頼性を確かめるため、前者を用いてメチレンブルーの反応(A)を測定し、後者を用いていくつかの試料溶液の吸光度(B)を測定した。どちらの実験でも、期待していた測定結果を得ることができた。

We made an analytical instrument to measure the change in absorbance continuously and a simple Colorimeter to judge the difference in absorbance. In order to check the reliability, we did a performance test by using both analyzers. Through both tests, we got a data which we had hoped.



『外部から温水を流し、光学セルの周囲を循環させることで、任意の溶液温度を実現できる』との触れ込みで販売されている付属部品です。しかし、外部から循環させている温水の水温の変化の可能性や、間接的な加熱による水温調整の能力に不安を覚え、使用を控えました。また、測定途中の試薬の投入などより高度な分析を行うため、自作の付属部品および分析機器の製作を開始しました。



人間の目視で色を見分け、結果を得るバックテストですが、屋外での分析による見え方の差(例 | 日光の量の差に由来)や、容器の光路長が一定でないことに由来する結果のずれを解決するために、自作の分析機器の製作を開始しました。市販されている測定機器はいずれも高額であるため、コスト面にも気を配りました。

光路長の差が生じる。

測定を行った園瀬川(徳島)です。

## 【研究動機・目的】

研究テーマの一つである『紫外可視分光光度計の改良』を目指すきっかけとなったのは、先輩方や私たちの研究において課題となった、『変色を伴う化学反応の温度と吸光度の同時測定』を可能にしたいという思いである。先輩方の先行研究では、反応速度の変化を吸光度の変化をもとに測定することが一つの目的であった。しかし、既存の分析機器である紫外可視分光光度計では、先輩方の求めた測定は行えず、志半ばで研究を終了する

こととなった。私たちは、先輩方に託された思いを引き継ぎ、課題を解決し、先輩方の研究を進めることで、食品の保存法の向上に貢献し、その他の変色を伴う化学反応についての研究を進めたいと考えた。

もう一つの研究テーマである『可搬性を持った分析機器製作』を目指すきっかけとなったのは、例年7月に、地元河川にて行っているバックテストの評価に分析機器を使用したいという思いである。分析機器を用い、定量的な分析を行おうと考

えた私たちは、研究を始めるにあたり、先輩方の先行研究で製作された簡易比色計に注目した。これは、もし製作がうまくいけば、大掛かりな分析機器を用いずとも、精度の高い分析を行うことのできる可能性を秘めている。しかし、既存の簡易比色計には課題があったため、新たな簡易比色計を製作しようと考えた。また、そのノウハウを活用して、様々な分析機器を製作したいと考えている。

【研究の仮説】

- 1) 光ファイバーを用いれば、UV-vis の外部で吸光度の測定を行える付属部品を製作できる。
- 2) LED とフォトトランジスタを活用すれば、精度の高い簡易比色計を製作できる。
- 3) 重箱を活用した簡易比色計を製作すれば、可搬性を高めることができる。
- 4) 簡易比色計のノウハウを活用すれば、温度を保ちながら吸光度を測定できる機器を製作できる。
- 5) 回折格子またはプリズムを使用し、Microcomputer を活用すれば、分光光度計を製作できる。

【実験器具】

- ・紫外可視分光光度計・SM240・L6470
- ・Microcomputer(Arduino uno)
- ・Microcomputer(Raspberry Pi 3 Model B)
- ・LED(RGB/R/G/B/W)
- ・Phototransistor・テスター・白熱電球
- ・回折格子・光ファイバー・電池
- ・半円筒型レンズ・水晶玉・ステッピングモータ
- ・光学セル・マグネティックスターラー
- ・電源装置

〈実験 I〉

研究では一貫して紫外可視分光光度計の活用を前提としていた。しかし、課題『変色を伴う化学反応の温度と吸光度の同時測定』を解決するためには、従来の形式では問題が多いと判断した。そこで、もう一つの研究テーマで製作する予定の分光光度計と同時進行で、新たな形式の分析機器を製

作することとした。その際重要となるのが Microcomputer である。測定や温度制御など、課題解決に必要な機能を実現するには、プログラムを活用する必要がある。班員はいずれもプログラムを行ったことがないため、1 つずつ機能を確立するものとした。なお、この実験では、測定方法の検討を行った。固まった基本のシステム案は、簡易比色計のシステムをベースとし、分圧回路を用いて電圧値を測定、その値をもとに吸光度を求めるといものである。そして製作した部品を実際に測定に用いた。

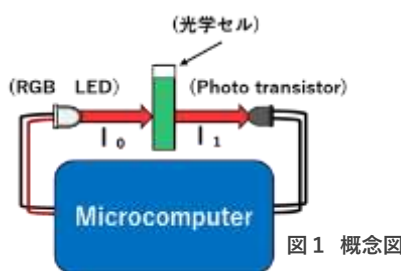


図 1 概念図

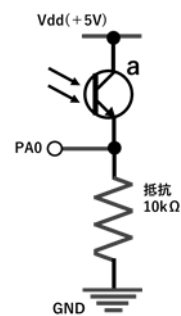


図 2 回路図



図 3 試作品

〈実験 II〉

試験を行った温度制御システムが確立されたため、実際に製作した分析機器と組み合わせて測定試験を行った。測定する内容は、先輩方の先行研究『ブルーボトル反応と溶液劣化の研究』から、メチレンブルーがメチレンバイオレットに変化する反応を選んだ。なお、先行研究ではメチレンブルーからメチルバイオレットができると言われていたが、他の研究および構造変化を検討した結果、メチレンバイオレットができる結論付けた。

図 4 反応

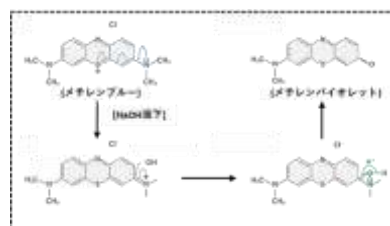
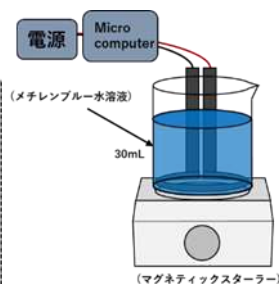


図 5 模式図



(マグネティックスターラー)

### 〈実験Ⅲ〉

試作 2 号で使用していたレジンが最終的に溶け出し、データが不安定になっていったことから、エポキシ樹脂を使用することを検討した。また、設計を見直し、製作を行った。そして、紫外可視分光光度計の測定と同時に試作 3 号を用いた測定試験を行った。

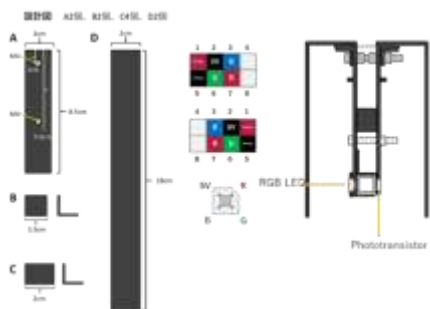


図 6 設計図

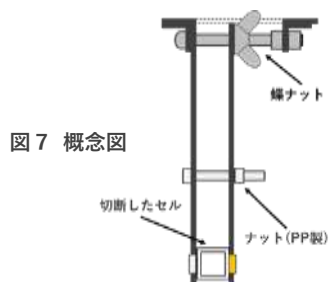


図 7 概念図

### 〈実験Ⅳ〉

園瀬川の調査の際、先輩方の先行研究において製作された簡易比色計をパックテストの評価に使用したが、値が不安定で、部品自体も多少ぐらつきがあった。また、テスターや電池、測定部分がそれぞれ独立していて持ち運びがしづらいという問題もあった。簡易比色計を高精度かつ小型に製作することができれば、よりパックテストの評価がしやすくなり、その他の用途にも使用できると考えた。ぐらつきを抑え、サイズを抑えるために、市販の重箱を枠として製作を進めた。製作には、赤色 LED(624nm)・フォトトランジスタ・テスターを用い、完成したものをを用いて試験を行った。



図 8 簡易比色計

### 〈実験Ⅴ〉

Microcomputer を分光光度計製作にも活用しようと考えた。今まで分光にはプリズムを使用していたが、回折格子を活用する方式に変更し、光源も白熱電球を使用するようにした。また、任意の波長を取り出すための機構として、ステッピングモータを使用した平行移動部を製作した。



図 9 試作品



図 10 ステッピングモーター



図 11 自作分光光度計

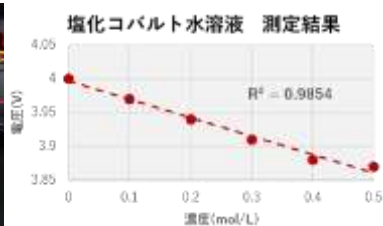
### 【研究結果】

#### 〈結果Ⅰ〉

塩化コバルト水溶液の測定結果(グラフ 1)では、高い測定精度を得ることができた。



図 12 試作品



グラフ 1

#### 〈結果Ⅱ〉

メチレンブルーを温め、メチレンバイオレットに変化する反応を製作した部品で測定した結果、測定データは得られたが、高温状態で測定を続けたため、途中で導電を覆っていた UV レジンが溶け出し、導線がむき出しになった。その影響からか、電圧の変化のグラフに、ノイズが発生した。



図13 メチレンブルーの変化

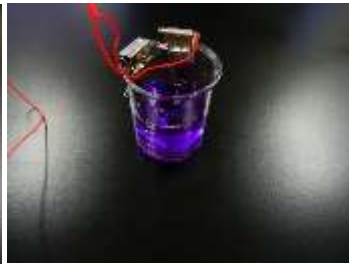
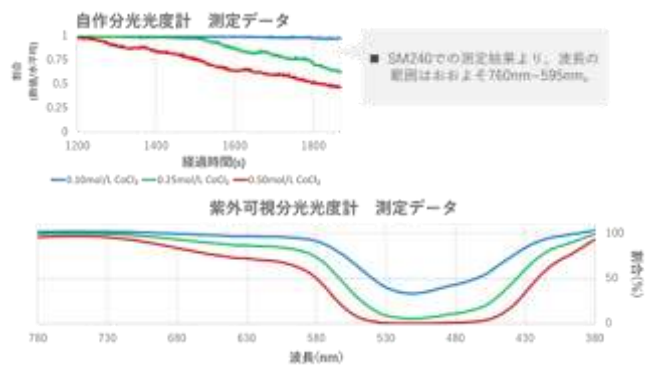


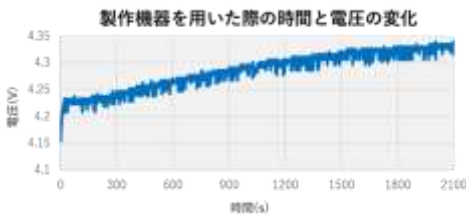
図14 メチレンバイオレット



グラフ4

〈結果III〉

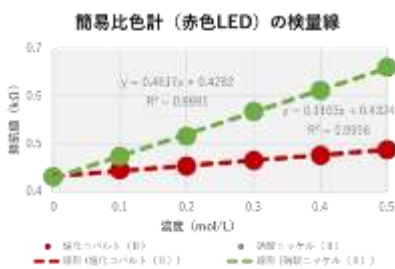
30°Cにおけるメチレンブルーからメチレンバイオレットへの変化を測定することができた。(グラフ2)



グラフ2

〈結果IV〉

測定できた値を濃度順に並べると、吸光度の値を高精度で分析可能であることが分かった。(グラフ3)



グラフ3

〈結果V〉

製作した分光光度計で、三種類の濃度の塩化コバルト水溶液を測定した。その結果、760nm から 595nm の波長の光について、測定データを得られた。(グラフ4)

【今後の展望】

今後の研究課題であるが、今回実験で製作した分析機器については測定精度の分析を進めているところである。また、少量の試料でも測定が行えるように分析機器自体をさらに小型化し、より汎用性を高め、他の研究分析へと応用をさせていこうと考えている。また、実験で製作した簡易比色計は2000円以下で製作できることもあり、他の高等学校とも共同して製作を行える機会を設ける予定である。実験で製作した分光光度計については、光源の改良、分光距離の変更など今後も検討する予定であり、実験で製作した分析機器の改良(全可視光領域での測定実現など)にも応用を考えている。本研究を継続してくれる後輩もいるため、連携して研究を進めていく予定である。

【参考文献】

ト部吉庸『化学の新研究』三省堂、2016年、25-27,30,48-50,104,177,365-366,404,446-450頁。  
井上晴夫・高木克彦・佐々木政子・朴鐘震『光化学I』丸善出版、1999年  
JOHN McMURRY『マクマリー有機化学(上)』東京化学同人、2017年、416-419頁。  
荻原博『基本無機化学』東京化学同人、2017年  
辻和秀『これからはじめる量子化学』オーム社、2013年  
他。