

SL I portfolio

第5, 6回

化学のサイエンス

テーマ1 『量る・測る』

－頭を働かせ、腕を磨け！－

1年次 組 番 氏名

SL I 化学のサイエンス テーマ I

『量る・測る』－頭を働かせ、腕を磨け！－

はじめに

この講座では、これから君たちが化学分野での探究活動（SL II、III）を行っていく上での基礎・基本となる理論や方法・操作を学びます。化学の定量的な考え方を理解し、計算問題が解けるだけでなく、実際にその取扱いに慣れることが大切です。

今回の実習では、化学オリンピックの予選課題や大学 1・2 年次の基礎化学実験で取り上げられる内容を実験テーマとして選んでいます。

さて、実験の理論が理解できることと、その実験を適切に実行できることは異なります。「頭で理解できたこと」は「簡単にできること」ではありません。優れた職人は、技能を磨くだけでなく常に考え工夫しています。優れた科学者は、理論や法則を考察するだけでなく、それを検証する実験技術の向上にも努力しています。未来の研究者・科学者を志す君たちには、「理論と実験」「頭を働かせることと、実際に身体を使い、腕を磨くこと」の両面を大切にしてほしいと考えています。

参考文献：●全国化学グランプリ 2006 二次選考問題 ●イラストで見る化学の基礎知識（丸善）

★当日持参する物★

●白衣（白衣を着用しない者は実験を認めない） ●SL I port folio

<事前学習課題>

次の 2 つの動画を視聴し、(1)～(3)の課題に取り組みなさい。

①「京都大学 化学実験操作法：操作法 1: 3. 容量フラスコによる標準溶液の調製」

URL:<https://www.youtube.com/watch?v=uG2pdQdNXfM>

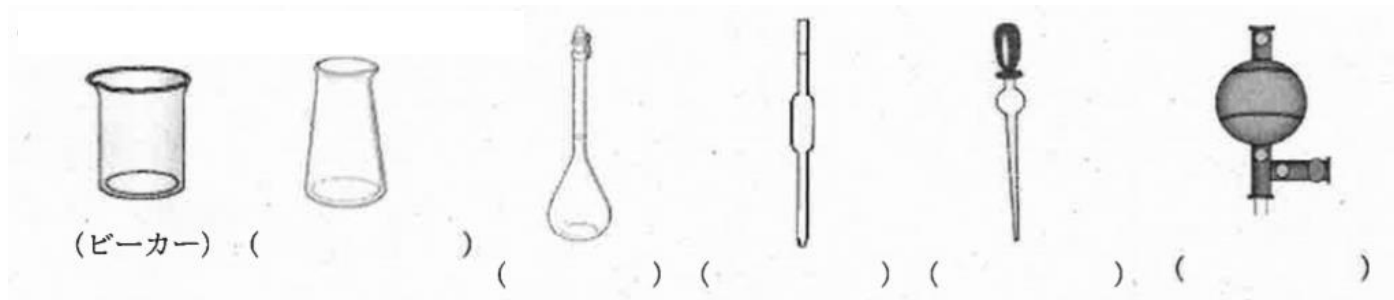


②「京都大学 化学実験操作法：操作法 1: 4. ホールピペットと安全ピペッターの使用法」

URL:<https://www.youtube.com/watch?v=hrAWIPjwrCw>



(1)次の器具の名称を空欄に記入せよ



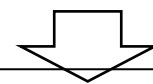
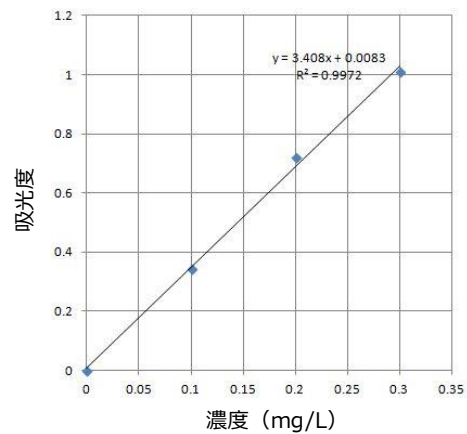
省略

安全ピペッターの装着と使用法 残存液の排出 共洗いの仕方 の図

(2) 本実験では、測定データを検量線法で処理をする。検量線法について調べ、理解せよ。

また、以下の仮想測定データによる検量線グラフ作成法（「5. 結果」のページに詳細有り）を理解し、実験書の「6. 考察」に応用せよ。

X : 濃度 (mg/L)	Y : 吸光度
0	0
0.100	0.345
0.200	0.723
0.300	1.01



$Y = aX + b$ を求めた

$$a = 3.408$$

$$b = 0.0083$$

$$R^2 = 0.9972$$

※原点を通るとは限らない

Excel で作成する方法 <参考>

X

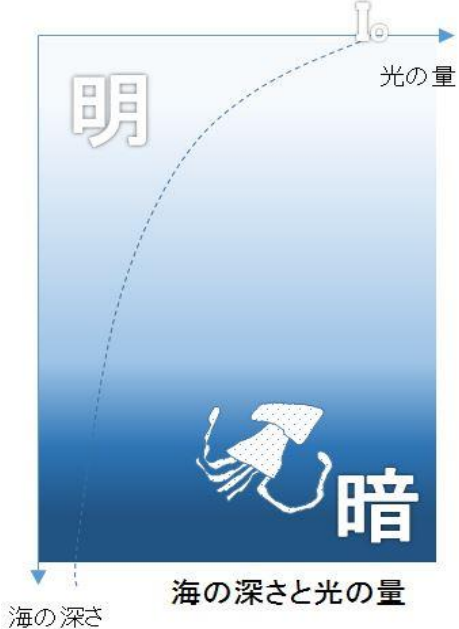
- ① X、Y 値をセルに入力し、データ範囲をドラックする。
- ② 挿入→グラフを「散布図」で作成する。
- ③ プロットされた点の上で右クリック
- ④ 近似曲線の追加
- ⑤ 近似曲線の追加から線形(一次)近似
- ⑥ グラフに数式を追加するをチェック
- ⑦ グラフに R 2 乗値を表示するをチェック

問題 濃度未知の試料 X がある。この試料の吸光度を、分光光度計を用いて計測したところ吸光度が 0.891 であった。上で求めた直線の式 ($Y = aX + b$) を利用して濃度 C を求めなさい。

(3) 光吸収の原理と法則について次の文章を読み進めて空欄を埋めなさい。光の吸収についての理論展開を追体験し、その利用について理解を深めるべし。

自分の体験や知識をもとにして、理想的な条件下での光の吸収について
公式を導いてみよう。

- 生活体験 ①色セロハン紙を重ねるほど、透過する光は少なくなり暗い像になる。
- 事前の知識 ②深海に光はほとんど届かない。海水面表層から深くなるにつれて光は吸収され、徐々に暗くなる。

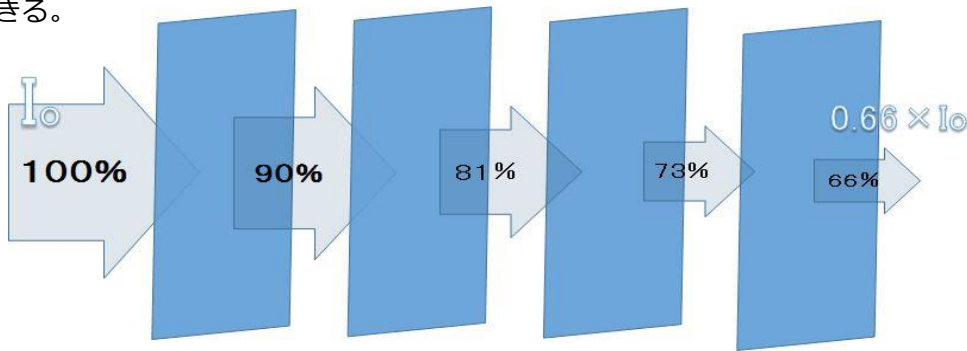


理想化のための条件

- ①光が溶液を進行する途中で、光の吸収以外の「反射」や「散乱」は無視できると仮定する。
- ②光を吸収する溶質（色素）は濃度が変化してもその作用は変わらないと仮定する。

<思考実験>

色セロハン1枚を光が通過すると10%の光が吸収されるとしよう。(透過率 0.9=90%)
セロハン2枚重ねると、1枚目を透過した90%の光が、更に2枚目を通過するうちにその10%が吸収されてしまうので、10枚重ねても光の透過量は0%にはならず、およそ 値 % と計算できる。



これは光の吸収が単に引き算でなく掛け算で計算されるからだ。

初めに入射した光量を I_0 、1枚のセロハンの透過率を t_1 とすると、 n 枚のセロハンを通過した後の透過した光量 I_n は、右の式で表せるはずだ。

(ランベルトの法則)

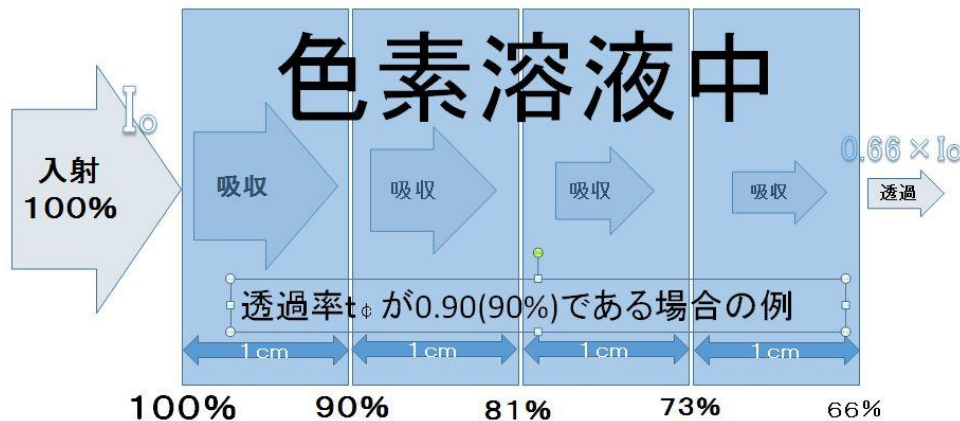
式1) $I_n =$

では色素を含む溶液による光の吸収ではどうなるだろうか？

濃度 ϕ (mg/L) の色素を含む溶液中で光が長さ 1 cm 通過したときの透過率が t_ϕ である溶液を考える。

入射した光量を I_0 、1 cm 通過した後の光量を I_ϕ とすると I_0 と I_ϕ の関係は、次式で表されるだろう。

$$I_\phi = t_\phi \times I_0 \quad (\text{部分の量} = \text{割合} \times \text{全体の量})$$



更に色素濃度が x 倍濃い、濃度 $x\phi$ (mg/L) 溶液中を、同じ長さ 1 cm だけ通過したときの透過率 $t_{x\phi}$ を考えてみる。溶液濃度が x 倍であることは、色セロハンで例えれば x 枚のセロハンを重ねたことと等価であると考えられないだろうか。とすると透過率 $t_{x\phi}$ は

式 2)

t_ϕ を用いて、右の式 2) のように表せるから、

$$I_{x\phi} = (t_\phi)^x \times I_0 \quad (\text{式 3}) \text{ と考えられるだろう。}$$

ここで、溶液の光吸収による入射光と透過光の比 ($I_{x\phi} / I_0$) を $(t_\phi)^y$ と置くと、(式 3) より

$$I_{x\phi} / I_0 = (t_\phi)^y = (t_\phi)^x \text{ となるので、} y = x \text{ である。}$$

x は濃度 ϕ (mg/L) の倍率であるから、色素溶液の濃度 C に比例するので、比例定数 k を用いて $y = kC$ の関係であることが導かれた。(ベールの法則)

光の吸収について法則を利用してみよう。

吸光光度計は一定の厚さの溶液を貫く入射光と透過光の光量比 ($I_{x\phi} / I_0$) を計測する機械であって、光量比 ($I_{x\phi} / I_0$) がある定数 (t_ϕ) の何乗であるか (y に相当する) を計算する機能が付いている。

この y を吸光度と呼べるなら (注) 吸光度は色素濃度 C に比例するのだから、濃度 C が確定している溶液の吸光度 y を吸光光度計で計測して比例定数 k を求めておいて、濃度が未知の試料の吸光度を計れば、 k の値から未知試料の濃度が算出できる。

注) 正しい吸光度の定義を補足しておきますので、指数と対数 (log) についての学習が

終わったら (3 学期の数学 I) 復習しておいてください。

吸光度 A は $A = -\log_{10} (I / I_0)$ で定義されます。(I は透過光の量)

吸光度 A に単位はありません。

これを指数表示すれば、 $10^{-A} = (I / I_0)$ となります。

これでは文章中の y と異なるように見えますが、 $I_{x\phi} / I_0 = (t_\phi)^y$ より、

$$(\text{添え字を省略して}) \text{両編の対数をとると } y = \log t (I / I_0) \quad \therefore y = \log_{10} (I / I_0) \div \log_{10} t$$

よって $y \cdot \log_{10} t = \log_{10} (I / I_0)$ となるので、 $y = aA$

すなわち y は吸光度 A の定数 a 倍の指標ということが出来ます。

対数 log は掛け算を足し算に替える魔法の道具 (関数) だと思ってください。

実験書

1. 目的

●化学実験における目的

①実験に対する心構え ②実験環境の整備 ③実験器具・試薬の準備 ④試薬の採取と秤量（質量を量る） ⑤試薬の溶解と正確な濃度溶液の調製（体積を量る） ⑥検量線法による結果の整理と考察 ⑦片付けと廃液・廃棄物の処理
化学実験を通し、これらを理解すると共に、技術を身に付ける。

●本実験の目的

本校教員が用意した、濃度未知試料の濃度を、検量線法にて決定する。

2. 理論

- ・色素粉末（赤2号、アマランス）の標準試料溶液を調製し、分光光度計を用いて吸光度を測定する。
- ・検量線法によって、与えられた濃度未知試料の濃度を決定する。

アマランス(Amaranth)は、赤色に着色することのできる着色料。食用タール色素に分類されるが、合成着色料である。常温では赤褐色粉末状の固体で、無臭である。分子式は $C_{20}H_{11}N_2Na_3O_{10}S_3$ 分子量は 604.5。光や酸には強いが、熱や塩基に弱く変色しやすい。

3. 準備

試薬：色素粉末（赤色2号）、濃度未知色素溶液、純水

器具：ホールピペット（10mL）、メスフラスコ（100mL×3、250mL）、ビーカー（色素溶解用 50mL、純水用 100mL、廃液用 300mL）、コニカルビーカー（色素原液分取用 100mL）、測定用セル×3、ガラス棒、駒込ピペット、純水洗浄ビン、安全ピペッター、保護（安全）メガネ、漏斗、秤量用トレイ、キムワイブ

装置・機器：電子天秤、分光光度計（UV—島津製作所）

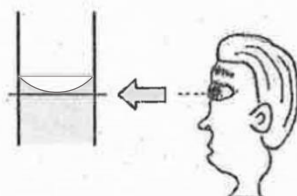
※事前に安全ピペッターとホールピペットの使い方を純水で練習する

※ホールピペットは、洗浄したものを自然乾燥させているものが望ましいが、内部に水が残っているようであれば、試料溶液の濃度変化を防ぐために、使用する液で共洗いして用いる。

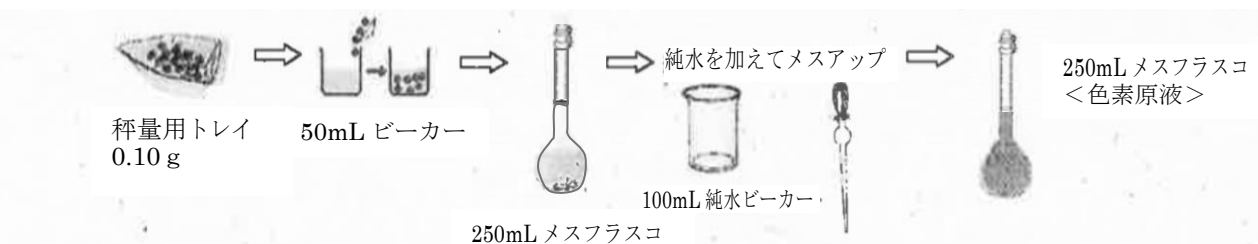
※（使用する液で）共洗いが必要：ホールピペット、色素原液分取用コニカルビーカー、測定用セル

共洗いが不必要：色素溶解用 50mL ビーカー、メスフラスコ

標線の合わせ方
(三日月形曲面 = メニスカス)



4.方法

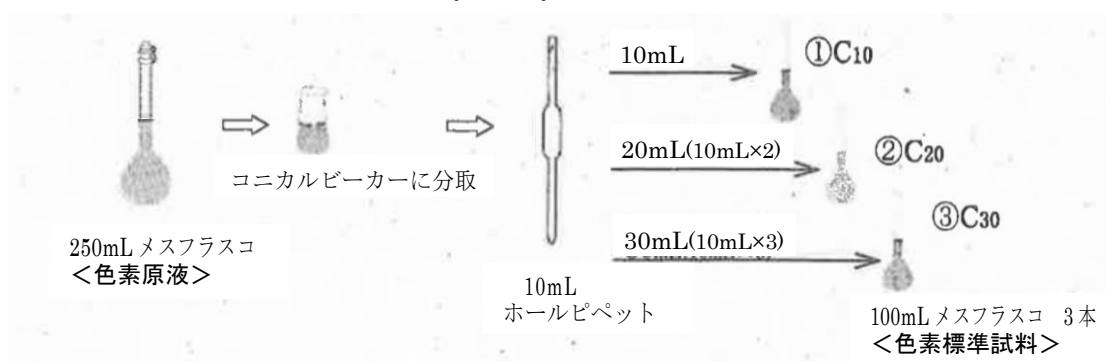


4-1 色素原液の調製

- (1) 色素粉末 100mg (1.00×10^{-1} g) を電子天秤で正確に秤量用トレイに量り取る。
- (2) 量り取った色素粉末の全量を 50mL ビーカーに入れ、秤量用トレイに残った粉末も洗浄ピンの純水ですすぎながらすべての色素をビーカーに移す。
- (3) ビーカーの色素液を漏斗を用いて、250mL メスフラスコに移す。(このときできる限り泡立てないように注意し、ビーカーや漏斗に残った色素液を純水ですすぎながらすべて流し込む)
- (4) メスフラスコに洗浄ピンで標線近くまで純水を加える。その後、純水用 100mL ビーカーから駒込ピペットを使って標線まで静かに 1 滴ずつ純水を加える。(メスアップをする)
- (5) メスアップが終わったらメスフラスコに栓をし、逆さにしてよく振り混ぜる→この溶液を<色素原液 C (mg/L)>とする。
 $C=400(\text{mg/L})$

4-2 色素標準試料の調製

- (1) 色素原液を少量取り、コニカルビーカーの内面を洗うように 2 回共洗いをする。(廃液は廃液ビーカーへ)
- (2) 色素原液を適量コニカルビーカーに取る。
- (3) 安全ピペッターを用いて、10mL ホールピペットを 2 回共洗いする。(廃液は廃液ビーカーへ)
- (4) 色素原液を 10mL ホールピペットで正確にとり、100mL メスフラスコに移す。
- (5) 100mL に洗浄ピンで標線近くまで純水を加える。その後、純水用 100mL ビーカーから駒込ピペットを使って標線まで静かに 1 滴ずつ純水を加える。(メスアップする) →この溶液を<色素標準試料① C_{10} (mg/L) >とする。
- (6) それぞれ色素原液 20mL、30mL を取り同様に (4) (5) を繰り返して色素標準試料②③を作る。
→それぞれ<色素標準試料② C_{20} 、③ C_{30} (mol/L)>とする。

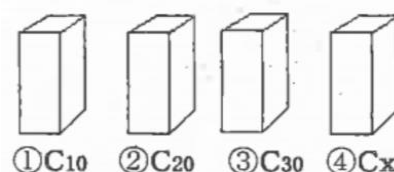


$$C_{10} = 40 \text{ (mg/L)}、C_{20} = 80 \text{ (mg/L)}、C_{30} = 120 \text{ (mg/L)}$$

4-3 分光光度計による吸光度の測定

① <測定用セルの調製>

- (1) 色素標準試料①を測定用セルに少量取り、2 回共洗いする。
- (2) 色素標準試料①を測定セルの八分目まで入れる。
- (3) 色素標準試料②、③について (1) (2) を行う。
→合計で、測定用セル 3 本調製する。



② <吸光度の測定>

- (1) 分光光度計で吸光度を測定する。
- (2) 測定した吸光度 (ABS) を【5-2 の表 1】に記録しておく。

4-4 片付け及び廃液処理

- (1) 色素液の廃液は廃液ビーカーにまとめ、廃液用ポリタンクに入れる。
- (2) ガラス器具は水道水で十分に注ぎ、最後に純水で器具全体を洗い流す。

5. 結果

5-1 色素原液及び色素標準試料の濃度計算

(1) 色素原液の濃度の計算

色素粉末 (分子量 604.5) を 1.00×10^2 mg 量りとった。

【色素粉末のモル(mol) = mol】

250mL にメスアップしているため、質量濃度(mg/L) = mg/L ※有効数字 3 桁

【モル濃度(mol/L) = mol/L ※有効数字 3 桁】

(2) 色素標準試料①②③の濃度

①は色素原液 C を 10mL 計り取り、純水で 100mL にメスアップしたので 10 倍希釈したことになる。

よって、 $C_{10} =$ mg/L 【 $C'_{10} =$ mol/L】

同様に $C_{20} =$ mg/L 【 $C'_{20} =$ mol/L】

$C_{30} =$ mg/L 【 $C'_{30} =$ mol/L】

5-2 吸光度の測定値

表 1

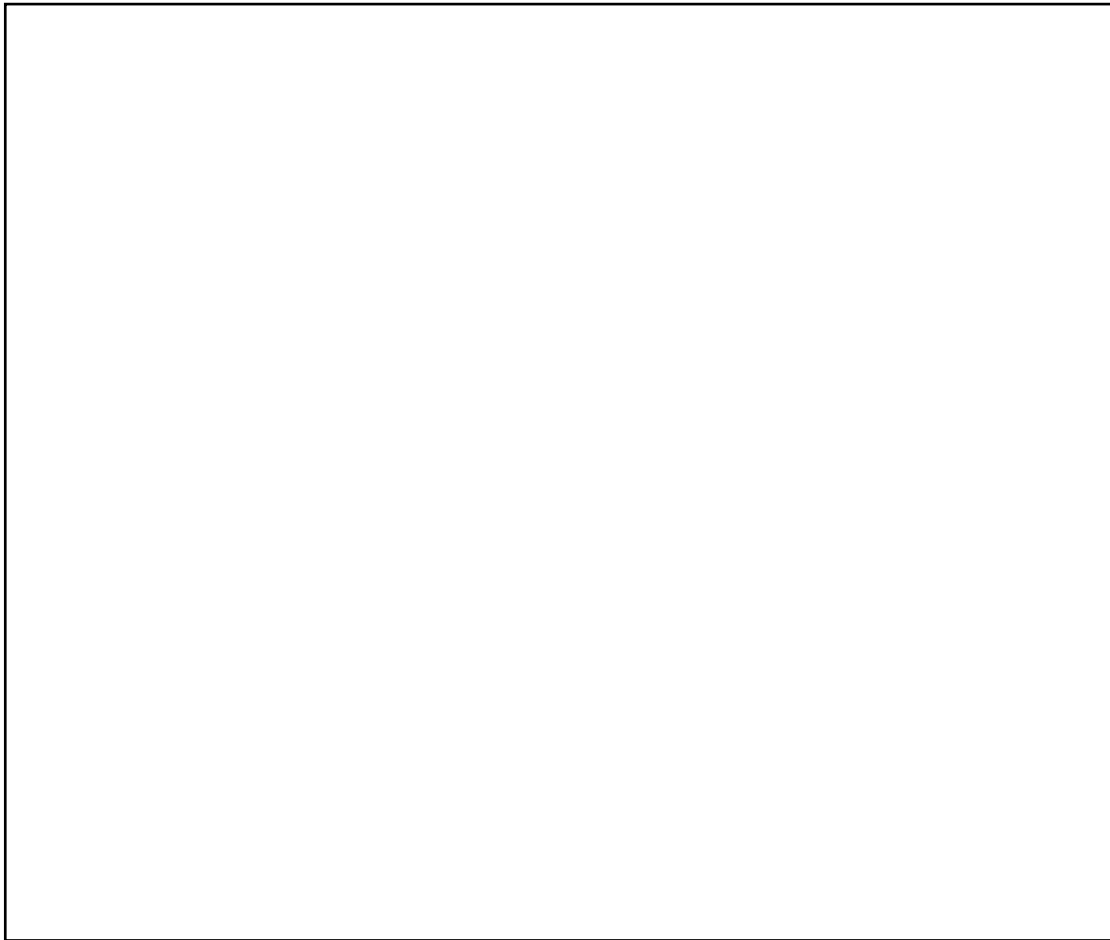
試料名	X : 濃度 [mg/L]	Y : 吸光度 [ABS]	【 X' : 濃度 [mol/L] 】
純水	0	0	0
色素標準試料①	$C_{10} =$		$C'_{10} =$
色素標準試料②	$C_{20} =$		$C'_{20} =$
色素標準試料③	$C_{30} =$		$C'_{30} =$

表 2

試料名	X : 濃度 [mg/L]	Y : 吸光度 [ABS]	X' : 濃度 [mol/L]
濃度未知試料④	$C_x =$ *****		$C'_x =$ *****

5-3 検量線の作成と濃度未知試料の濃度決定

表 1 より、検量線を作成



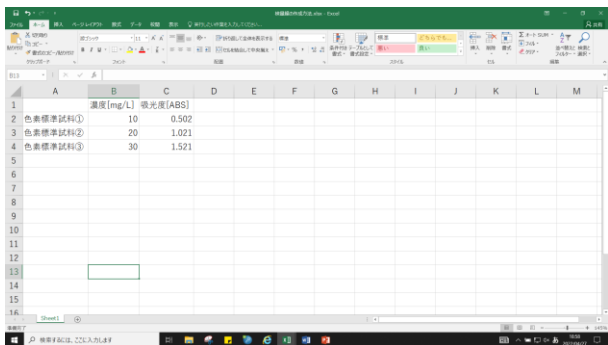
↑ 検量線貼り付けエリア ↑
印刷ができない人は手書きの写しでも可

$Y = aX + b$ $a =$ $b =$ $R^2 =$ 小数点第 4 位

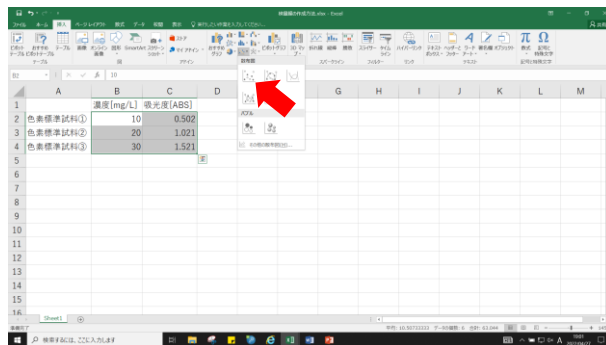
よって表 2 より

濃度未知試料④の質量濃度 $C_x =$ [mg/L] 有効数字 3 桁
【モル濃度 $C'_x =$ [mol/L] 有効数字 3 桁】

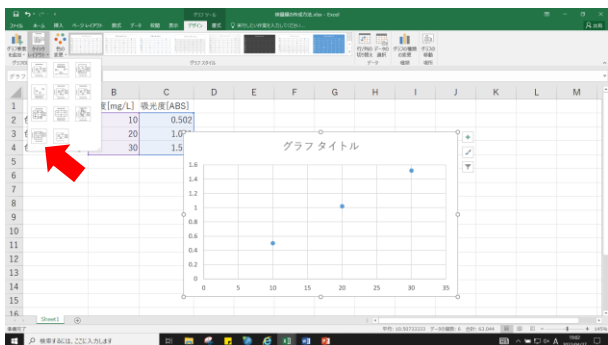
検量線の作成方法



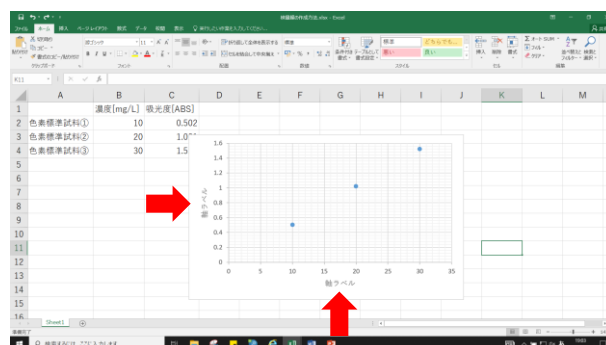
まずは Excel にデータを打ち込みましょう。



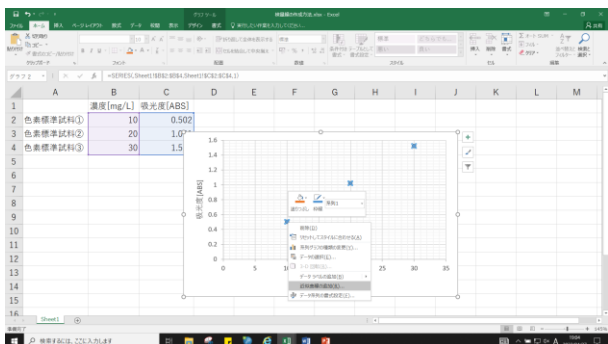
打ち込んだデータを選択して、「挿入」タブの散布図を選択しましょう。



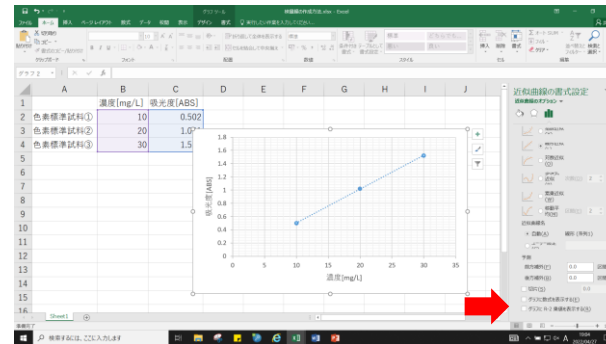
デザインのクイックレイアウトで縦軸・横軸をつけましょう。



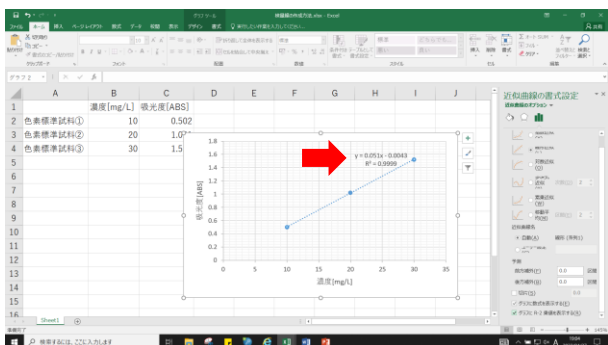
縦軸・横軸の名前を変えましょう



グラフ内の点を右クリックして、「近似曲線の追加」を選択しましょう。



近似曲線の書式設定で「グラフに数式を追加する」「グラフに R-2 乗値を表示する」を選択しましょう。



完成です！

検量線の式から濃度未知試料の濃度を求めてみましょう。

6. 考察

実験結果に対する考察を次の視点から行い、簡潔に項目ごとに記入しなさい。

- ① 今回の実験結果を基に、吸光度と物質の濃度の関係性を説明せよ。
- ② 調製した標準試料の濃度および測定した吸光度の精度について、検量線の結果を踏まえて述べよ。
- ③ 実験中成功または失敗したと思われる点や工夫点、その改善方法を述べよ

感想・反省