

2022年度 学校設定科目

iC インキュベーションラボ

岡山県立岡山一宮高等学校

目次

A. 計測と不確かさ	.....	1
B. 中和滴定	.....	17
C. ミクロの世界	.....	33
D. 電気基礎	.....	61
E. 吸光分析	.....	90
F. バイオテクノロジーの基礎	.....	113

学校設定科目

iC インキュベーションラボ

A, 物理計測と不確かさ

班

組 番 氏名

—物理量の計測①—

年 月 日

1.1 測定誤差と有効数字 (10分)

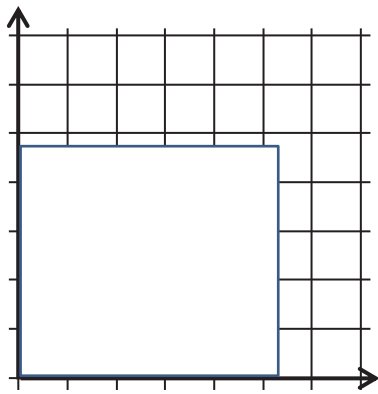
「計測値」の扱い方

ある値を目盛の1/10まで読んで、例えば「3.6」と読み取ったとする。この「3.6」という「計測値」は、「ぴったり3.6」ではない。目盛の1/10の部分は目分量だからである（デジタル機器でも同様で、それ以上細かくは測定できない「限界」がある）。

そこで、この3.6という「計測値」を、ある「誤差の幅」を持った値として考える。どの程度の誤差があるかは、計測した人の個人差や計測器の目盛の精度など様々な要因があるが、ここでは便宜上、「3.55~3.65の間の値」として考える。

このように科学の世界では、「ある精度の範囲」での値を扱うことがよくある。

■下の長方形の面積を求めてみよう（メモリの1/10まで読む）



・横の長さの「計測値」 $(\quad.\quad)$ ^a
誤差の幅は $(\quad.\quad)$ ^b ~ $(\quad.\quad)$ ^c

・縦の長さの「計測値」 $(\quad.\quad)$ ^d
誤差の幅は $(\quad.\quad)$ ^e ~ $(\quad.\quad)$ ^f

・面積は、「計測値」を使って計算すると
 $(\quad.\quad)$ ^a × $(\quad.\quad)$ ^d = $(\quad.\quad)$ ^g

しかし、「計測値」は、ぴったりその値ではなく誤差の幅がある。そこで、誤差の幅の「最小値同士」と、「最大値同士」で計算してみる。

・横の最小値と、縦の最小値

$(\quad.\quad)$ ^b × $(\quad.\quad)$ ^e = $(\quad.\quad)$ ^h ←考えられる最小の面積

・横の最大値と、縦の最大値

$(\quad.\quad)$ ^c × $(\quad.\quad)$ ^f = $(\quad.\quad)$ ⁱ ←考えられる最大の面積

このように、 $(\quad.\quad)$ ^gと $(\quad.\quad)$ ^hと $(\quad.\quad)$ ⁱを比べると、せいぜい二桁程度しかあっていないことが分かる。

つまり、三桁目を細かく計算する意味はないということである。

そこで、二桁の「計測値」を元に、掛け算や割り算をする場合は、計算結果を四捨五入して二桁にそろえることにする（実際には1や2付近の二桁と、8や9付近の二桁とでは誤差が10倍程度異なるが、便宜上そのように値を扱う。）

※なお計算の途中では一桁多い三桁で計算し、最後の値が出てから四捨五入するとよい。

1.2 測定の演習「円柱の体積の計測①」(30分)

誤差の種類

実験や観察に伴う誤差には、計測器の精度の限界による誤差、計測する人による癖の違いによる誤差、現象の揺らぎによる誤差など、様々な誤差がある。
より正確なことを知りたければ、これらの誤差を減らすことが重要である。

■円柱の体積の計測

【目的】円柱形のおもりの体積を、底面の直径と高さを測定することによって求める。

使用する道具① ものさし、円柱形のおもり

1-2-1 ものさしで底面の直径と高さを測定し、下の表に書き入れよ

☆ポイント：目盛りの間隔は1〔 〕→その1/10まで目分量で読み取れる！

測定回数	底面の直径 2r (cm)	高さ h (cm)
1		
2		
3		
4		
5		
平均		

☆ポイント：平均値を記入するときは、測定値と有効数字を合わせることに。

※この表を見ればわかるように、測定するたびに値が異なるのが普通である。何度も測ることで、「測定ごとの誤差」は減らせる。

1-2-2 上の表の「平均値」を使い、「円柱形」のおもりの体積を計算せよ

$$V = h\pi r^2$$

※なお、 π の値は3.14159265359...であるが、この値は有効数字に合わせずに、多目の桁を使用した方がよい（ π の値は桁が多ければ多いほど誤差が少なくなるから）。

(答) []

1-2-3 他の人の体積と比較してみよう（10分）

測定者	体積 (cm ³)	測定者	体積 (cm ³)	測定者	体積 (cm ³)

※この表を見ればわかるように、個人ごとの誤差は減らせたにもかかわらず、測定者により値が異なるのが普通である。大勢が測ることで、測定する人ごとの誤差は減らせる。

では、この値がどのくらいばらついているかを計算してみる

平均値 _____

※平均値だけ見ていては、どの程度の「ばらつき」があるのかは分からない。

最大値 _____

最小値 _____

最大値－最小値 _____

この最大値と最小値の差がどの程度の大きさなのかを考えるために、計測したいおおよその値（平均値）との比を計算してみる。

(最大値－最小値) / 平均値 = (_____) → (_____ %)

※「計測したい値」に対する「ばらつき」の割合は、その値の信頼性を示す指標となるが、実際にはもっと複雑な統計処理をした計算（標準偏差など）を用いる。

1-2-4 ディスカッションしよう（10分）

以下の点について、色々意見を出し合おう。

※ディスカッションをする時には、スクール形式ではなく、円形や会議形式に座り、お互いの顔を全員が見える位置に座ることがポイント。

ディスカッションの内容（以下の点のどれかについて、一人一つずつ以上出し合う）

- ・値を見て気が付くことは？
- ・なぜ誤差が生じるのか、誤差が出る原因は何か？
- ・誤差を少なくするためには、どのような工夫・改善が考えられるか？

（ここでの工夫・改善点は荒唐無稽でも構わない）

1.3 測定の演習「円柱の体積の計測②」(20分)

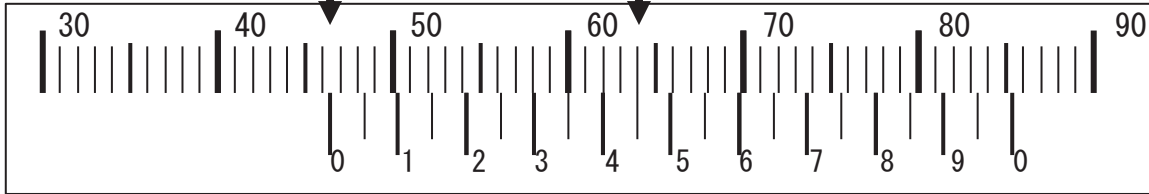
使用する道具② ノギス、先ほどと同じ円柱形のおもり

■ノギスの使い方(5分)

①「副尺」の「0」の目盛があるのが「本尺」の「46.** (mm)」

②「副尺」と「本尺」が一致「0.45 (mm)」

③、①+②で「46.45 (mm)」



1-3-1 ノギスで底面の直径と高さを測定し、下の表に書き入れよ(15分)

測定回数	底面の直径 $2r$ (cm)	高さ h (cm)
1		
2		
3		
4		
5		
平均		

1-3-2 上の表の「平均値」を使って、「円柱形」のおもりの体積を計算せよ

(答) []

1-3-3 他の人の体積と比較してみよう

測定者	体積 (cm ³)	測定者	体積 (cm ³)	測定者	体積 (cm ³)

平均値 _____ 最大値 _____ 最小値 _____ 最大値-最小値 _____
 (最大値-最小値)/平均値 = () → (%)

1-3-4 今日の授業を振り返って、考えたこと、感じたことを書こう(5分)

—物理量の計測②—

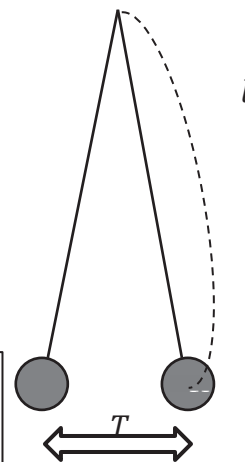
年 月 日

2-1 重力加速度と振り子の周期の関係

【目的】 振り子の周期を計測し、重力加速度 g [m/s²] の値を求める。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

(周期 T [s], 糸の長さ l [m], 重力加速度 g [m/s²])



2-1-1 上の式を変形して、「 $g =$ 」の形に直せ

$$g =$$

2-1-2 $l =$ (糸の長さ + α) を測定せよ

_____ (m)

2-1-3 1 往復の時間を計って周期を求めよ

測定回数	1 往復の時間 [s]
1	
2	
3	
4	
5	
平均	$T =$

2-1-4 重力加速度を計算せよ

(答) []

2-1-5 他の人の重力加速度と比較してみよう

測定者	重力加速度	測定者	重力加速度	測定者	重力加速度

平均値 _____ 最大値 _____ 最小値 _____ 最大値-最小値 _____
 (最大値-最小値) / 平均値 = (_____) → (_____ %)

2-1-6 ディスカッションしよう (10分)

ディスカッションの内容 (以下の点のどれかについて、一人一つずつ以上出し合う)

- ・ 値を見て気が付くことは？
- ・ そもそも、なぜ誤差が生じるのか、誤差が出る原因は何か？
- ・ 誤差を少なくするためには、どのような工夫・改善が考えられるか？
 (ここでの工夫・改善点は荒唐無稽でも構わない)

メモ欄

2-2-1 10 往復の時間を計って 1 周期の時間を求めよ

測定回数	10 往復の時間 [s]
1	
2	
3	
4	
5	
平均	

周期 $T =$

2-2-2 重力加速度を計算せよ

(答) []

2-2-3 他の人の重力加速度と比較してみよう

測定者	重力加速度	測定者	重力加速度	測定者	重力加速度

平均値 _____ 最大値 _____ 最小値 _____ 最大値-最小値 _____
 (最大値-最小値) / 平均値 = (_____) → (_____ %)

2-2-4 ディスカッションしよう (10 分)

ディスカッションの内容 (以下の点のどれかについて、一人一つずつ以上出し合う)

- ・ 値を見て気が付くこと、1 往復と 10 往復の違いはなぜ?
- ・ そもそも、なぜ誤差が生じるのか、誤差が出る原因は何か?
- ・ 誤差を少なくするためには、どのような工夫・改善が考えられるか?
(ここでの工夫・改善点は荒唐無稽でも構わない)

——物理量の計測③——

年 月 日

前回の公式を確かめてみよう。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

(周期 T [s], 糸の長さ l [m], 重力加速度 g [m/s²])

参考: 岡山の重力加速度 = 9.797

振り子の周期を 1 s にするためにはどうすればよいか、考えよう。

各班で長さを測定し直して 10 往復の時間を計って 1 周期の時間を求めよ。

	測定者 1	測定者 2	測定者 3	測定者 4
測定回数	10 往復の時間 [s]	10 往復の時間 [s]	10 往復の時間 [s]	10 往復の時間 [s]
1 回目				
2 回目				
3 回目				
平均				
周期				

3-1 班ごとに実験装置・方法を考えて重力加速度を求め、実験レポートを作成し、実験について発表をしてみよう。

【目的】グループごとに、実験措置や測定方法を変えて、振り子の周期を計測し、重力加速度 g [m/s²] の値を求める。仮説を立て、検証し、その結果について、議論する。

仮説	
実験方法	
結果	
まとめ	

3-1-1 他の班の発表を聞いて、メモをとろう！

1 班	
2 班	
3 班	
4 班	
5 班	
6 班	
7 班	

3-1-2 今日の授業を振り返って議論しよう【ディスカッションタイム】

--

--物理量の計測④--

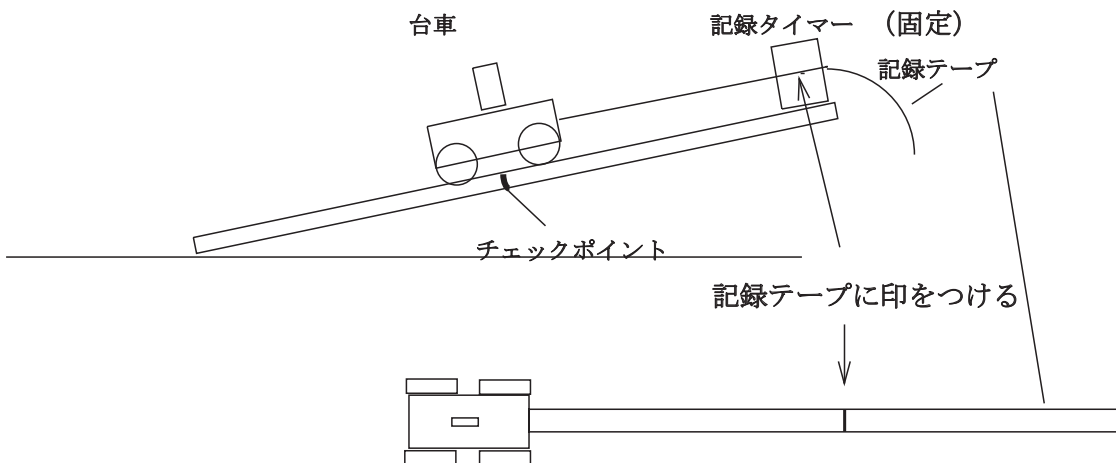
年 月 日

3-1 速さの測定 (平均の速さと瞬間の速さ)

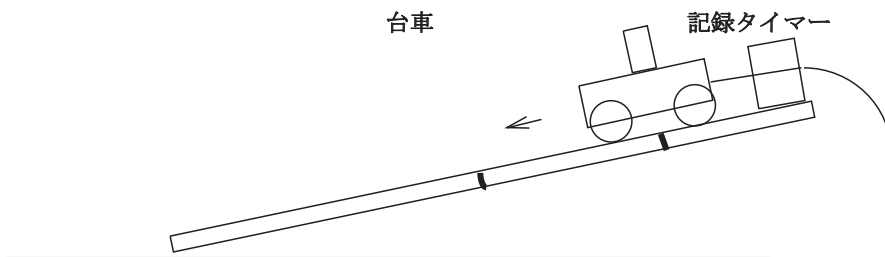
斜面上のある地点を通過する台車の速さを計測する。

実験① 記録タイマーを使用した実験

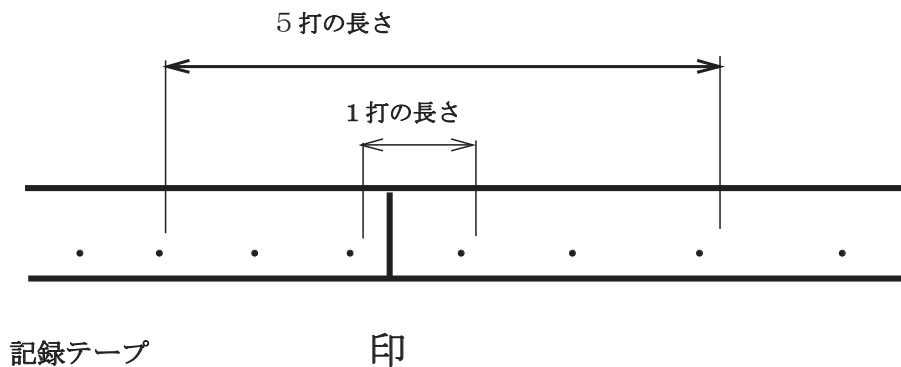
台車に記録テープを取り付け、あらかじめテープにチェックポイントを通過するときの位置に印をつけておく。



台車をスタート地点まであげてから放ち、記録タイマーで打点する。



記録タイマーは1秒間に10回打点する。



印付近の10打、5打、1打の長さをものさしで測定し、印付近の台車の平均の速さを計算する。
(ふさわしい有効数字を考えて表に記入しよう)

	長さ	区間に要した時間	平均の速さ
10打の場合			
5打の場合			
1打の場合			

同じ班の他の人の結果 (平均の速さ)

	A	B	C	平均
10打の場合				
5打の場合				
1打の場合				

考察

正確にものさしで測定でき、測定誤差がなかったとすると、上のデータの3パターンのうち、どの場合がチェックポイントにおける瞬間の速さに近いと考えることができるか、考えてディスカッションしよう。

どの場合か

その理由

測定誤差があるとするば、その影響が最も小さいのはどの場合か考えてみよう。

どの場合か

その理由

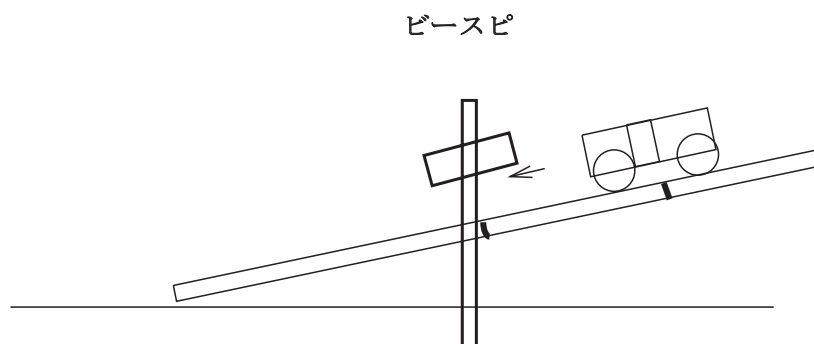
これらを踏まえて、どのデータがより適切で、瞬間の速さを測定するという目的にあったものなのかをディスカッションしよう。

どの場合か

その理由

実験② ビースピを使用した実験

同じ実験をビースピを用いて測定する。



実験結果

考察

1回目	
2	
3	
4	
平均	

ビースピはどのようにして速さを測定しているのか考えてみよう。

実験①とどのように違うか、また違う理由について考えよう。

今までのことを踏まえて、より適切な実験結果を得るためにはどうすればよいか、どのような工夫が必要なのかディスカッションして書いてみよう。



iC インキュベーションラボ講座「中和滴定」

第1回 中和滴定の基礎 (p1~p4)

- (1)中和とは (酸性・アルカリ性・中性)
- (2)pH とは (水素イオン濃度)
- (3)pH の測定法 (pH メーターの取扱い)
- (4)課題：英文読解

第2回 中和滴定曲線 (p5~p8)

- (1)塩酸と水酸化ナトリウムの中和滴定曲線
- (2)中和滴定用ガラス器具
- (3)正確なデータの取り方

第3回 食酢中の酸濃度の測定 (p9~p11)

- (1)中和滴定による食酢中の酢酸濃度の分析
- (2)濃度計算 (モル濃度・質量パーセント濃度)
- (3)まとめ (中和反応・酸・塩基)
- (4)課題：中和滴定に関する専門用語★

第4回 リンゴ酢中の酢酸濃度の測定(p12~p14)

- (1)実験操作手順書の作成
- (2)中和滴定によるリンゴ酢中の酢酸濃度の分析
- (3)濃度計算 (モル濃度)
- (4)まとめ (中和反応・酸・塩基)

レポート提出：

第1回~第4回の講座終了後

翌週の月曜日 17:00

提出場所：化学準備室前提出箱

(祝日の場合は次の授業日)

1年	組	番	
----	---	---	--

第1回 「中和滴定の基礎」

1 はじめに

問1 下の言葉について、あなたがもっているイメージを自由に書きなさい。

(1)酸 acid

(2)酸性 acidity

(3)アルカリ alkali(塩基 base)

(4)アルカリ性 alkaline(塩基性 basicity)

(5)中和 neutralization

2 pH

(1) pH の概念

pH : 溶液の酸性やアルカリ性の強さを表す数値 (水素イオン指数ともいう)

(pHはフランス語の *pouvoir hydrogène* = power of hydrogen に由来する)

	強 ← 酸性						中性	塩基性 → 強					
pH	0	1	2	...	5	6	7	8	9	...	13	14	
[H ⁺](mol/L)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²		10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹		10 ⁻¹³	10 ⁻¹⁴	
[OH ⁻](mol/L)	10 ⁻¹⁴	10 ⁻¹³	10 ⁻¹²		10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵		10 ⁻¹	1	

※ 指数 $10^{-2} = 1/10^2 = 1/100 = 0.01$

mol(モル) : 物質量の単位(モル=6×10²³個の粒子集団)

mol/L(モル/リットル) : モル濃度

問2 上の表を見て、気づいたことを書きなさい。

(2) 溶液の性質の調べ方

pH 指示薬 indicator の色で調べる

指示薬	色		
	酸性水溶液 HCl	精製水 (中性)	塩基性水溶液 NaOH
BTB			
フェノールフタレイン			

3 実験と観察

実験1 濃度とpHの関係

目的 塩酸の濃度を水で10倍、100倍、1000倍…に薄めていくと、pHはどのように変化するか確認する。

準備

[器具]	pHメーター	ビーカー(50 mL)	廃液入れ	メートルガラス	キムワイプ
	安全めがね (ゴーグル)				
[薬品]	0.1 mol/L 塩酸 精製水				

[pHメーターの使い方]

- (1) 電極部の保護キャップを外し、スイッチ●を入れる。
- (2) 電極部を測定する溶液に浸けるとpHを測定することができる。ゆっくりと攪拌して十秒ほど待つ。(湿液範囲より上に測定液を浸けると故障するので、取り扱いに注意する。)
- (3) 測定後はpHメーターの電極部を水洗し、キムワイプで軽く拭く。
- (4) 電極部を乾燥させないようにするため、使用しないときは水などに浸しておく。使用後は、保護キャップをして片付ける。

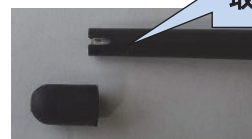
注意

- ・塩酸が皮膚についた場合は、速やかに多量の水で洗浄すること。
- ・廃液は廃液入れに移し、流さないこと。

液晶ディスプレイ



電極部分の取り扱い注意!



電極を乾燥させないように
コニカルビーカーに浸しておく!!



メートルガラス

- 操作**
- [1] 精製水を30mL コニカルビーカーに取り、pHを測定する。
 - [2] 水道水を30mL 三角フラスコに取り、pHを測定する。
 - [3] ビーカーに入れて配布された 0.10 mol/L 塩酸のpHを測定する。
 - [4] 塩酸を10倍に薄める(希釈する)。薄めた溶液を別のビーカーに移しpHを測定する。(溶液2.0mLをとり、精製水を加えて全量を20mLとする。)
 - [5] [4]の操作を繰り返す。

結果

塩酸の濃度とpH

塩酸	濃度(mol/L)	0.1	0.01	0.001
	濃度比	1	1/10倍	1/100倍
	pH			

考察 実験で分かったこと(気づいたこと、疑問に思ったこと)を書きなさい。

実験2 pHメーターによるpHの測定

目的 日常生活にあるもののpHを測定し、酸性・塩基性の強弱について確かめる。

準備

[器具] pHメーター キムワイプ スタンド

[薬品] 精製水 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

0.1 mol/L アンモニア水 食酢 炭酸水 水道水 レモン

注意

水酸化ナトリウム水溶液は強塩基性であり、皮膚のタンパク質を分解する。目に入ると失明する危険性があるので、保護メガネをして実験すること。皮膚についた場合は、速やかに多量の水で洗浄すること。

操作

各試料のpHをpHメーターで測定する。測定後はpHメーターの電極部を水洗し、キムワイプで軽く拭く。

結果

日常生活とpH

試料	pH	試料	pH
① 精製水		⑥ アンモニア水	
② 水道水		⑦ 水酸化ナトリウム水溶液	
③ 炭酸水		⑧ コーヒー	
④ 食酢		⑨ セッケン水	
⑤ レモン果汁		⑩ 合成洗剤水溶液(台所用)	

考察

実験で分かったこと（気づいたこと、疑問に思ったこと）を書きなさい。

4 まとめ（下記の項目に答えなさい。）

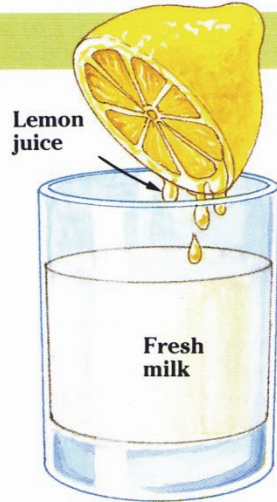
1. 身についた知識

2. 身についた実験操作

課題 次の英文を読み、質問に答えなさい。

Adding acid

Food and drinks which contain a lot of acid have a sour taste. If an acid is added to another substance it can make it sour too. See what happens when you add lemon juice, which contains citric acid, to a glass of fresh milk, which is only very slightly acidic.



1 Taste the milk. Then add drops of lemon juice and stir the milk until it begins to thicken. How does it taste now?

2 Keep adding lemon juice and stirring the mixture. What happens to the milk?

What the acid does

When you add citric acid to fresh milk, it makes it strongly acidic. That is why the milk turned sour. As you add more acid, it changes the chemicals in the milk so they separate into solid curds and liquid whey.

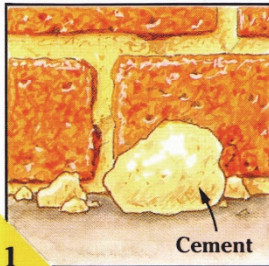
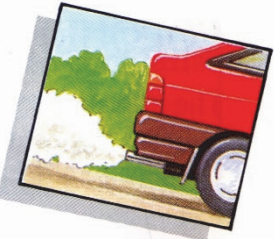
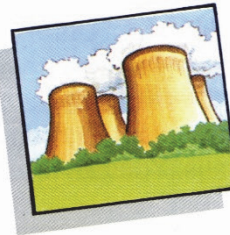
1

2

Acid attack

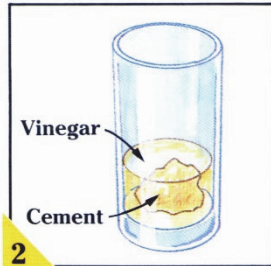
Did you know that many buildings are attacked or corroded by acid? Fumes from factories, power stations and traffic all contain acids

that are released into the atmosphere and fall as acid rain. Try this test to see how acid affects building materials.



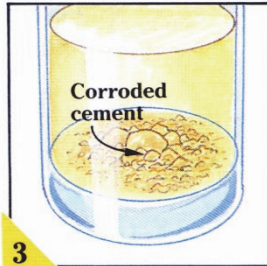
1

Look for a small lump of cement on a path or at the bottom of an old brick wall.



2

Put the cement in a glass and pour in vinegar (ethanoic acid), to cover the cement.



3

Leave your experiment for two to three days. What happens to the cement?



2

3

第2回 「実験器具の扱い方」

1 中和滴定に用いる器具と扱い方

- メスフラスコ
- ホールピペット
- ビュレット
- コニカルビーカー

measuring flask
whole pipet
buret
conical beaker

正確な濃度の溶液を調製するガラス器具。
 溶液の体積を正確に測りとるガラス器具。
 溶液を正確に滴下するガラス器具。
 滴定に使用するビーカー。



- ①() ②() ③()
 ④() ⑤() ⑥() ⑦()

2 実験と観察

実験1 溶液の調整とホールピペットの使い方

目的 メスフラスコを用いて正確な濃度の水溶液をつくり、ホールピペットの使い方を習得する。

準備 [器具] メスフラスコ(100 mL) 薬さじ ビーカー (50 mL) 漏斗 ホールピペット(10 mL)
 コニカルビーカー
 [薬品] 塩化ナトリウム 精製水

操作 本日は、操作 [3] [4] をしてください。

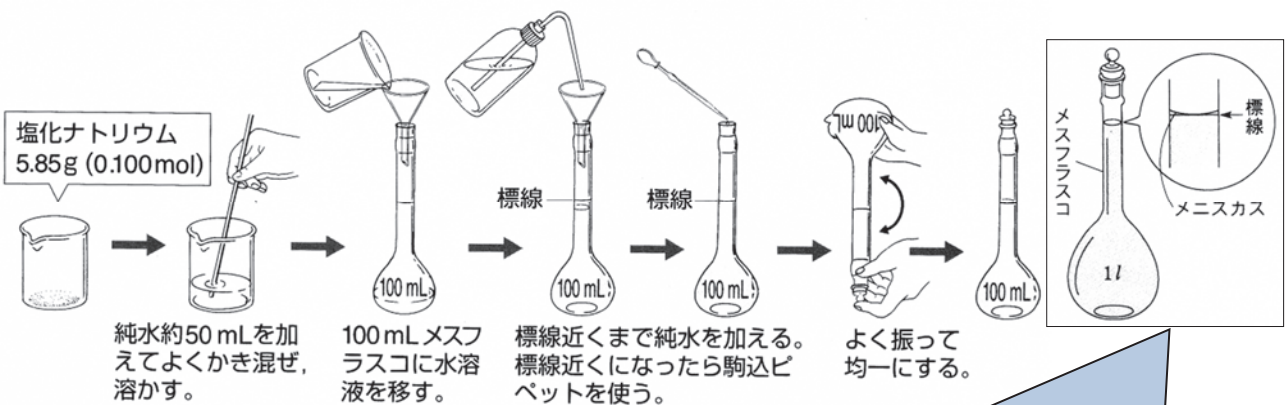
[1] 塩化ナトリウムをビーカーに 5.85 g はかり取り、電子天秤で質量を測定・記録する。

※電子天秤の使い方：ビーカーを電子天秤にのせ、**F** または **TARE** ボタンを押すと、**0g 表示**になる。

[2] ビーカーに精製水を少し加え食塩を溶かす。

[3] 漏斗を使ってメスフラスコに食塩水を注ぐ。このときビーカーの壁や漏斗を精製水で洗い、洗った水もメスフラスコに注ぐ。

[4] 精製水をメスフラスコの**標線**まで加え(標線の近くでは慎重に)栓をする。栓をしっかり持ったまま、逆さまにしてよく振り混ぜる。



※液面の下部をメニスカス meniscus といい、へこんだ部分を真横から見る。

発展事項 モル濃度 molarity の計算

食塩の質量 (¹)g

食塩の式量は、 $\text{NaCl}=58.5$ より、(¹)g $\div 58.5=($)mol $\div ($)mol

有効数字3桁

モル濃度 = $\frac{\text{溶質}^{(2)} \text{ (mol)}}{\text{溶液}^{(3)} \text{ (L)}} = ($)mol/L の塩化ナトリウム水溶液が調整できたことになる。

問1 濃度の正確な水溶液を作るとき、水で濡れたままメスフラスコを使用しても良い。この理由を答えなさい。

参考：溶液 solution 水溶液 aqueous solution 濃度 concentration 質量 mass 体積 volume 漏斗 funnel

[ホールピペットの使い方]

- (1)ホールピペットで溶液の体積を正確に量り取る
- (2)ホールピペットの先を溶液の中に入れて、標線の上まで吸い上げる。すばやく人差し指を吸い口に当て、指先の力を少し緩めて余分の溶液を流し出し、液面を標線に合わせる。
- (3)ホールピペットの先に少し溶液が残るので、吸い口を指で押さえたまま、ホールピペットの太い部分を手で握って温めると出てくる。



- 操作** [1] 食塩水を別のビーカーに移し、ホールピペットの共洗いをする。
[2] 量り取った食塩水をコニカルビーカーに入れる。

問2 水で濡れたホールピペットは使用する溶液で共洗いしたあと使用しなければならない。この理由を答えよ。

実験2 ビュレットの使い方

目的 ビュレットの使い方、目盛りの読み方を習得する。同じ実験を繰り返し行うことの重要性(再現性)や測定誤差について考える。

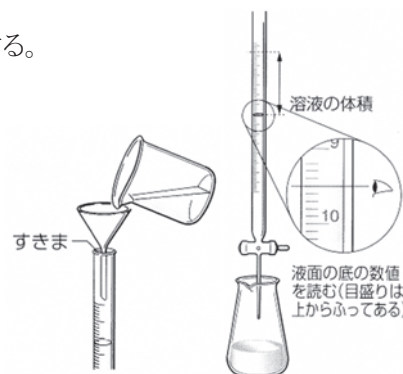
準備 [器具] ビュレット ビュレット台 コニカルビーカー 漏斗 保護めがね 廃液入れ
[薬品] 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 精製水

注意

水酸化ナトリウム水溶液は強塩基性であり、皮膚などのタンパク質を分解する。目に入ると失明する危険性があるので、保護めがねをして実験を行うこと。皮膚についた場合は、速やかに多量の水で洗うこと。

[ビュレットの使い方]

- (1)ホールピペットで溶液の体積を正確に量り取る
- (2)ビュレットに溶液を入れるときは漏斗を用い、使用後は取り外すこと。
- (3)ビュレットのコックの開閉は両手で扱うこと。



操作

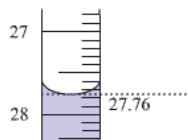
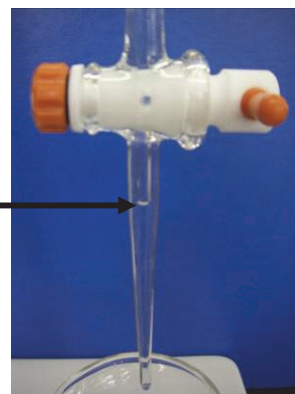
[1] 水酸化ナトリウム水溶液をビュレットに少し注ぎ、共洗いする。

[2] ビュレットに水酸化ナトリウム水溶液を満たし、コックを開いて溶液を勢いよく流し、先端の空気を追い出す。

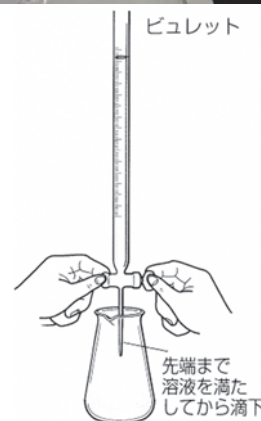
[3] 始めのビュレットの目盛りを読み、10滴滴下後、終わりの目盛りを読む。

最小目盛りの1/10は目分量で読み取ること。

つまりこの実験では()mLまで読むこと。



液の湾部の接線にあたる部分を、最小目盛りの1/10まで読む。



結果 10滴の容量から1滴の容量を計算

			結果
初めの目盛り	A	(mL)	
終わりの目盛り	B	(mL)	
10滴の容量	B - A	(mL)	
1滴の容量	平均	(mL)	

実験3 中和とpHの変化

目的 塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加えていくとpHはどのように変化するか測定する。

準備

[器具] pHメーター ビュレット ビュレット台 コニカルビーカー 漏斗 廃液入れ
ホールピペット キムワイプ 保護メガネ 安全ピペット

[薬品] 0.1 mol/L 塩酸 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 フェノールフタレイン溶液 精製水

注意 [pHメーターの使い方]

- [1] 電極部の保護キャップを外し、スイッチを入れる。
- [2] 電極部を測定する溶液に浸けるとpHを測定することができる。ゆっくりと攪拌して十秒程度待つ。
- [3] 測定後はpHメーターの電極部を水洗し、キムワイプで軽く拭く。
- [4] 使用しないときは、電極部を水などに浸しておく。使用後は、保護キャップをして片付ける。
- [5] 溶液が皮膚についた場合は、速やかに多量の水で洗浄すること。廃液は廃液入れに移し、流さないこと。

操作

[1] 0.10 mol/L 塩酸 10 mL をホールピペットでコニカルビーカーにとる。フェノールフタレイン溶液を

1滴加える。(ここまで操作したものを、供託で配布する。) pHを測定する。

[2] ビュレットに水酸化ナトリウム水溶液を注ぐ。pHメーターの電極を溶液に浸したまま、水酸化ナトリウム水溶液を次の表のように加え、pHを測定していく。電極を傷つけないように軽く振り混ぜる。

結果

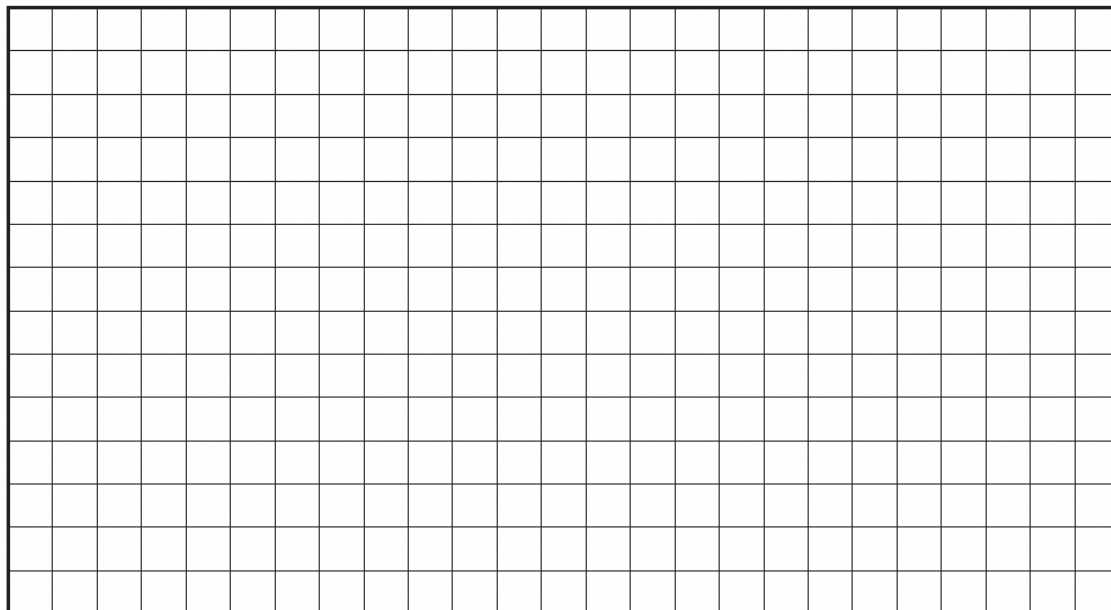
(1)加えた水酸化ナトリウム水溶液の体積(mL)と混合水溶液のpH変化

滴下量 NaOH(mL)	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0
pHの値											

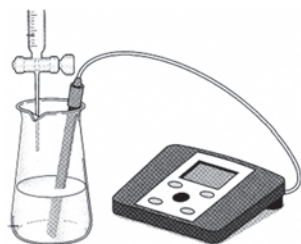
滴下量 NaOH(mL)	10.2	10.4	10.6	10.8	11.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	
pHの値											

(2)水酸化ナトリウム水溶液の滴下量(mL)と pH について, グラフに表しなさい。

混合水溶液の pH



水酸化ナトリウム水溶液の滴下量 (mL)



考察 実験で分かったこと (気づいたこと, 疑問に思ったこと) を書きなさい。

3 まとめ (下記の項目に答えなさい。)

1. 身についた知識

2. 身についた実験操作

第3回「食酢中の酸の濃度測定」

1 はじめに

(1) 滴定 titration

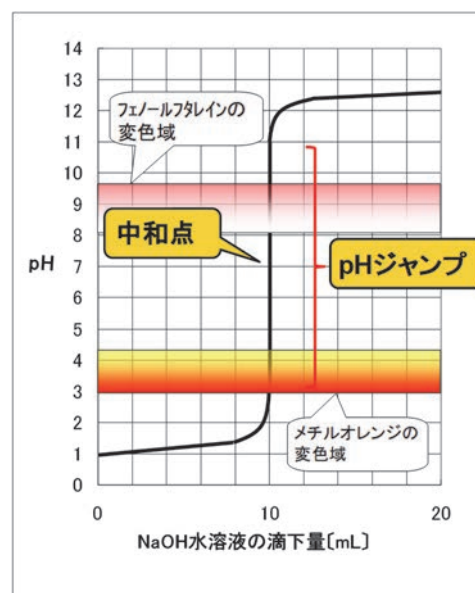
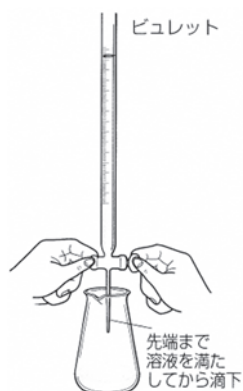
濃度が分かっている溶液を用いて、濃度不明の溶液の濃度を決定する。

(2) 中和滴定 neutralization titration

中和反応を利用し、濃度不明の溶液の濃度を決定する実験。

(3) 中和滴定のしくみ

H^+ と OH^- の物質量が等しくなったところを中和点 point of neutralization という。



2 実験と観察

実験 中和滴定による食酢中の酸濃度の決定

目的 酸・塩基の中和により、食酢に含まれる酸の濃度を調べる。中和滴定の実験操作・技術を習得し、実験データの解析を行う。

準備

[器具] メスフラスコ(100 mL) ホールピペット(10 mL) ビーカー ビュレット ビュレット台
 コニカルビーカー 漏斗
[薬品] 食酢 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 フェノールフタレイン溶液 精製水

操作

[1] 試料の食酢 10.0 mL をホールピペットで 100 mL メスフラスコに取り、精製水を加えて（標線の近くでは、慎重に加えて）標線ぴったりに合わせる。これをよく振り混ぜる。

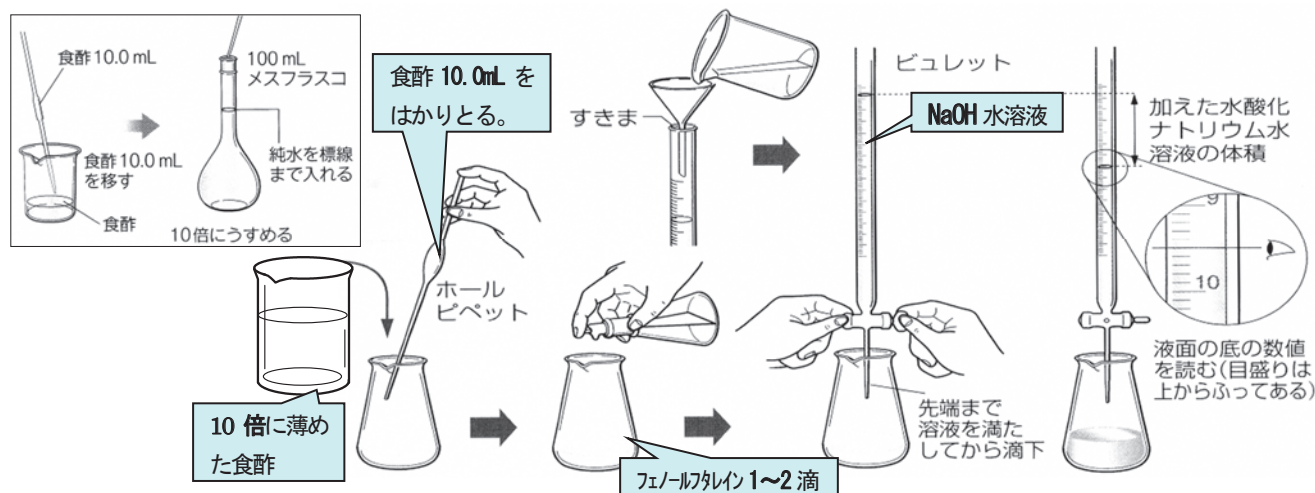
※希釈する＝溶液を薄める dilute

[2] 操作 [1] で薄めた食酢を別のホールピペットで 10.0 mL 取り、コニカルビーカーに移す。

フェノールフタレイン溶液を 1~2 滴加える。

[3] ビュレットの水酸化ナトリウム溶液の目盛り(A)を小数第2位まで読み、操作 [2] のコニカルビーカー中に滴下し、振り混ぜてもごく薄い赤色が消えないところ(終点)まで加え、そのときの目盛り(B)を小数第2位まで読む。

[4] 1 回目の滴定が終わったら、ビュレットの水酸化ナトリウム水溶液を少し流し捨てる。操作 [2], [3] を繰り返して、2 回目、3 回目の滴定を行う。2 回目からは終点より約 1 mL 手前までは、コック全開にし、その後は 1 滴ずつ滴下し、最後の 1 滴でうすい赤色になったときの目盛りを読む。



注意 [1] コニカルビーカーは精製水で洗ってそのまま使ってよいが、ビュレット、ホールピペットが濡れている場合は、使用する溶液で洗ってから使用する。(共洗い)

[2] 漏斗を用いてビュレットに水酸化ナトリウム水溶液を入れ、漏斗は使用後取り外しておく。滴定前にビュレットの先の空気を追い出す。

ビュレットの目盛は **0.01 mL** の単位まで読み、記録すること。
20 →× **20.0** →× **20.00** →○

結果

回	終わりの読み (B)	始めの読み (A)	滴下量 (B-A)
1	mL	mL	mL
2	mL	mL	mL
3	mL	mL	mL
滴下量の平均			mL

※滴下量の平均値を求めるときには、著しく離れた値は除く。

計算 食酢中の酸濃度を計算する。

測定結果の滴下量から、薄めた食酢のモル濃度を求めよう。

食酢の中に含まれている酸のすべてが酢酸 CH_3COOH であるものとする。

		モル濃度 [mol/L]	体積 (滴下量) [mL]	価数
塩基	水酸化ナトリウム水溶液	mol/L	mL	
酸	薄めた食酢	x mol/L	mL	

※価数・・・酸・塩基に含まれる H^+ , OH^- の数

酢酸と水酸化ナトリウムとの中和の化学反応式は次のようになる。



中和反応は⁽¹⁾) になった時終了するので、次の関係式に代入すればよい。

[酸の濃度] [酸の体積] [酸の価数] [塩基の濃度] [塩基の体積] [塩基の価数]
⁽²⁾)mol/L × ⁽³⁾)L × ⁽⁴⁾) = ⁽⁵⁾)mol/L × ⁽⁶⁾)L × ⁽⁷⁾)
 ∴ 薄めた食酢のモル濃度 $x =$ ⁽⁸⁾)mol/L

操作[1]で食酢を⁽⁹⁾) 倍に薄めたことになるので、もとの食酢のモル濃度は⁽¹⁰⁾)mol/L となる。

発展事項なので、参考にしてください。

(2) 薄めた食酢のモル濃度から、もとの食酢の質量パーセント濃度を求めよう。

酢酸の分子量は $\text{CH}_3\text{COOH}=60$ (酢酸 1 mol=60 g), 食酢の密度 density は 1.01 g/cm^3 とする。

溶液 1 L=(¹¹) mL=(¹¹) cm^3 について考える。

溶液 密度(¹²) $\text{g/cm}^3 \times$ 体積(¹¹) $\text{cm}^3 =$ 質量(¹³) g

溶質 モル濃度(¹⁰) mol/L \times 1 L = 物質質量(¹⁴) mol

\rightarrow (¹⁴) mol \times 60 = (¹⁵) g

質量パーセント濃度(%) = $\frac{\text{溶質(g)}}{\text{溶液(g)}} \times 100 = \frac{(\text{¹⁵}) \text{g}}{(\text{¹³}) \text{g}} \times 100 = (\quad)\%$

\div () % (有効数字3桁)

考察 食酢を10倍に薄めて滴定したのはなぜか。(ヒント)薄めず実験するとどうなるか?

考察 コニカルビーカーは水で濡れたまま用いてもよい。その理由を答えなさい。

考察 実験で分かったこと(気づいたこと、疑問に思ったこと)を書きなさい。

3 まとめ(下記の項目に答えなさい。)

1. 身についた知識

2. 身についた実験操作

第4回「リンゴ酢中の酸の濃度測定」

1 実験手順書の作製

目的 これまでの学習や実験活動を振り返り、実験手順書の作製を通じて知識の定着を図る。

実験 中和滴定によるリンゴ酢中の酸濃度の決定

準備

[器具]

[薬品]

操作

- 1 10倍に希釈したリンゴ酢の作製手順。
(必要な器具、体積などは必ず記入する。イラスト等で表現してもよい)

2 中和滴定の操作手順（必要な器具，体積などは必ず記入する。イラスト等で表現してもよい）

結果

回	終わりの読み (B)	始めの読み (A)	滴下量 (B-A)
1	mL	mL	mL
2	mL	mL	mL
3	mL	mL	mL
滴下量の平均			mL

※滴下量の平均値を求めるときには，著しく離れた値は除く。

計 算 リンゴ酢中の酸濃度を計算する。

測定結果の滴下量から、薄めたリンゴ酢のモル濃度を求めよう。

リンゴ酢の中に含まれている酸のすべてが酢酸 CH_3COOH であるものとする。

		モル濃度 [mol/L]	体積 (滴下量) [mL]	価数
塩基	水酸化ナトリウム水溶液	mol/L	mL	
酸	薄めたリンゴ酢	x mol/L	mL	

※価数 \cdot 酸 \cdot 塩基に含まれる H^+ , OH^- の数

酢酸と水酸化ナトリウムとの中和の化学反応式は次のようになる。



中和反応は(H^+ mol = OH^- mol)なった時終了するので、次の関係式に代入すればよい。

[酸の濃度]	[酸の体積]	[酸の価数]	[塩基の濃度]	[塩基の体積]	[塩基の価数]
()	()	()	()	()	()
mol/L \times () L \times () = () mol/L \times () L \times ()					
\therefore 薄めたリンゴ酢のモル濃度 $x =$ () mol/L					

3 まとめ (下記の項目に答えなさい。)

1. 身についた知識

2. 身についた実験操作

4 アンケート

※次年度の参考にします。評価には関係しないので、自由に教えてください。

Q1. 「pH」について説明できますか。

<u>事前</u>	できる	5	4	3	2	1	できない
<u>事後</u>	できる	5	4	3	2	1	できない

Q2. 「中和滴定」の原理について説明できますか。

<u>事前</u>	できる	5	4	3	2	1	できない
<u>事後</u>	できる	5	4	3	2	1	できない

Q3. 「中和滴定」の実験器具を正しく取り扱うことができますか。

<u>事前</u>	できる	5	4	3	2	1	できない
<u>事後</u>	できる	5	4	3	2	1	できない

Q4. 「中和滴定」の実験操作を正しく行うことができますか。

<u>事前</u>	できる	5	4	3	2	1	できない
<u>事後</u>	できる	5	4	3	2	1	できない

Q5. 「中和滴定」の実験をした後のデータ処理を正しく行うことができますか。

<u>事前</u>	できる	5	4	3	2	1	できない
<u>事後</u>	できる	5	4	3	2	1	できない

Q6. 4回の講座を通して、化学に対する興味・関心は高まりましたか。

<u>事後</u>	とても	5	4	3	2	1	まったく
-----------	-----	---	---	---	---	---	------

Q7. 「中和滴定」講座での知識・実験技術・データ解析は、来年度の課題研究に役立つと思いますか。

<u>事後</u>	役に立つと思う	5	4	3	2	1	役に立たないと思う
-----------	---------	---	---	---	---	---	-----------

Q8. 授業の内容は理解できましたか。

<u>事後</u>	できた	5	4	3	2	1	できなかった
-----------	-----	---	---	---	---	---	--------

Q9. 「中和滴定」講座で良かったと思う点、改善すべき点があれば書いてください。

1. 良かった点

2. 改善すべき点

ミクロの世界

第1回

I. 光学顕微鏡の操作（マイクロメーターの使い方）

II. 双眼実体顕微鏡の操作（煮干しの解剖・スケッチ）



ルリビタキ（漂鳥）

全長 14.5cm。オスは青いからだ、メスは尾だけわずかに青色です。日本では北海道と本州・四国の高地に繁殖し、冬は主として関東地方よりも南の地方の山地か、低い山地の林に移ります。繁殖期には木の中や時に枝先で高く澄んだ丸みのある声で、「キョロ キョロ キョロリ」とさえずったりします。冬も 1 羽ずつで生活しています。明るい林よりも暗い林を好みます。オスの色彩は生まれて 2 年で完成しますが、1 年目でも繁殖します。幼鳥はオスもメスによく似た色彩なので、メスだけで繁殖？などに見間違いすることもあるようです。

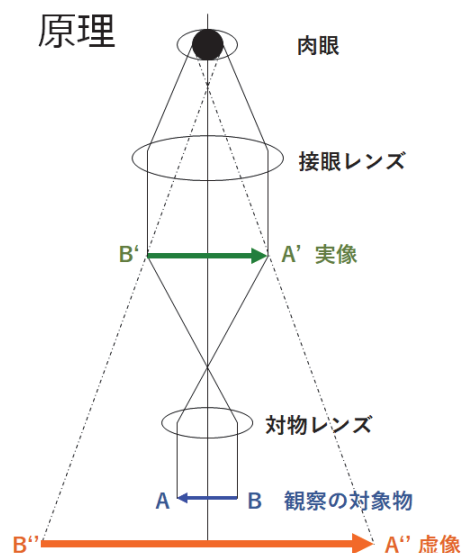
引用：サントリー愛鳥週間

(<https://www.suntory.co.jp/eco/birds/encyclopedia/detail/1360.html>)

組 番 氏名 _____

A. 光学（複式）顕微鏡の使用法

光学顕微鏡は生物学において重要なツールであり、これを正しく使うための技術を身につけることは必須である。高倍率の複式顕微鏡（対物レンズでできた実像を、接眼レンズで拡大する構成の顕微鏡）では、レンズの組み合わせによって数百倍にまで対象物（試料）を拡大できる。このタイプの顕微鏡で試料を観察する場合、試料は薄く、光が透過するくらい透明でなければならない。試料が厚かったり、不透明であったりすると、細部を見ることはできない。



対象物 AB は対物レンズで実像（倒立像） $A' B'$ となる。この実像（倒立像） $A' B'$ が接眼レンズで拡大される。観察者は、この接眼レンズで拡大された虚像（ $A'' B''$ ）をみることになる。そのため、複式顕微鏡の観察像は上下反対したもの になる。

【使用方法】

① 最も低倍率の対物レンズが光軸に入るように、レボルバーを回転する。

※対物レンズをつまんで回さないこと。

② ランプを点灯し、調光ダイヤルを回して適当な明るさにする。

③ クリップを広げ、メカニカルステージ上にプレパラートをセットする。

④ 右目で右の接眼レンズをのぞき、試料にピントを合わせる。粗動ネジを回転させてピントをだいたい合わせてから、微動ネジを回転させて正確にピントを合わせる。

⑤ 左目で左の接眼レンズをのぞき、視度補正環を回し、試料にピントを合わせる。

⑥ 2つの接眼レンズの間隔を調整し、左目と右目の視野が一つに重なって見えるようにする。

⑦ 観察したい部分を視野の中央にもってくる。

⑧ レボルバーを回転させて、対物レンズを高倍率のレンズに切り替える。

※低倍率の対物レンズでピントがあてれば、切り替えた高倍率の対物レンズでも、ステージを上下させなくてもピントは合っている（微動ねじで微調節は必要）。

⑨ Q. 倍率とは何か？

倍率は、実際の大きさに比べ対象物が何倍に見えるのかを示す。

（対物レンズの倍率）×（接眼レンズの倍率）

Q. 分解能とは・・・

分解能は、近接した2つの物体を識別する能力。

高分解能

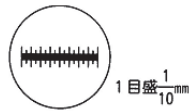


低分解能



B. ミクロメーターの使用法

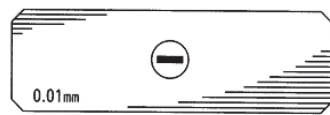
接眼ミクロメーター



等間隔の目盛りと数字が刻まれた板。

対象物の長さを測定する物差しとして使う。

対物ミクロメーター



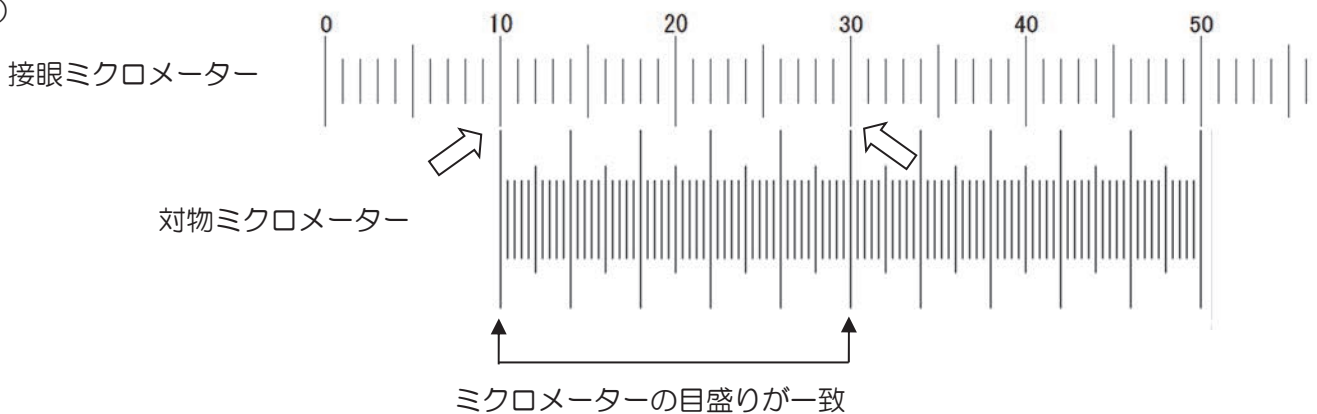
0.01mm(10 μ m)間隔の目盛りが刻まれた板。

接眼ミクロメーターの1目盛りの長さを測定するために用いる。

【使用方法】

- ① 接眼ミクロメーターを、接眼レンズの中に、数字が正しく見える側を上にして入れる。
- ② 対物ミクロメーターをステージにセットする。
- ③ 対物ミクロメーターの目盛りにピントをあわせる。
- ④ 接眼ミクロメーターの目盛りと、対物ミクロメーターの目盛りが並行に重なるようにし、両方の目盛りが一致している場所を2カ所探す。

(例)



- ⑤ ④にある目盛り数をそれぞれのミクロメーターについて数える。
上の例では、接眼ミクロメーターの目盛り10の位置と30の位置の2点で一致。この2点間の目盛り数を数える(接眼ミクロメーター20目盛り 対物ミクロメーター50目盛り)。
- ⑥ 接眼ミクロメーターの1目盛りが示す長さ(μ m)を算出する。

対物ミクロメーターの目盛り数 $\times 10\mu$ m が2点間の長さ(実寸)となる。

$$\text{接眼ミクロメーターの1目盛りの長さ}(\mu\text{m}) = \frac{\text{対物ミクロメーターの目盛り数} \times 10\mu\text{m}}{\text{接眼ミクロメーターの目盛り数}}$$

上の例では、

$$\text{接眼ミクロメーター1目盛りの長さ} = \frac{50 \times 10\mu\text{m}(\text{実寸})}{20} = 25\mu\text{m}$$

- ⑦ 対物ミクロメーターをはずして、かわりに試料をのせて大きさを測定する。

C. 双眼実体顕微鏡の使用法

1つの対物レンズと2つの接眼レンズを使い、左右の目で試料を観察する。片目ずつに対応する2つの分離したレンズ系をもち、試料を奥行のある立体像として見ることができる。また、試料の姿形を正立像（上下左右の配列が同じもの。反対のものが倒立像）でみることができるので、試料に対してピンセットなどを操作することができ、解剖なども行うことができる。

【使用方法】

- ① 双眼実体顕微鏡を光源の前に置く。
- ② ステージ板は白と黒の面がある。試料は背景となるステージの色によって見えやすさが異なるので、試料に応じ使い分ける。
- ③ 試料をステージ中央に置く。
- ④ ピント調節は、左右の目でそれぞれ行う。
 - 1) 右目で右接眼レンズ（視度調節リングが付いていない方）をのぞき、焦準ハンドルを回して試料にピントを合わせる。
 - 2) 左目で左接眼レンズをのぞき、視度調節リングを回して試料にピントを合わせる。
- ⑤ 2つの接眼レンズの間の幅を広げたり狭めたりし、左右の視野が重なり1つに見えるように調整する。
- ⑥ 最後に、両目で試料を見てピントが合っていることを確認する。



ピンセットやパスツールピペットなどを操作するときは、器具を下から持ち、手首を固定して操作する。

【練習課題】

- ① 1.5cm 角に切ったキッチンペーパー4枚を水で湿らせる。
- ② 1枚を指で小さく丸め、2枚目に乗せる。
- ③ 1枚目のだんごを2枚目でくるんで丸める。
- ④ 次々にくるんで丸め、4重の団子をつくる。
- ⑤ 双眼実体顕微鏡下でピンセットを操作して、キッチンペーパーを破らないように広げていく。エンボス加工のキッチンペーパーは2枚仕立てになっているので、4枚バラバラにしたら、1枚を2枚に分けていく。8枚の薄い紙に広げられたら完了。

実習レポート

B-1. ミクロメーターの使用法

器具：光学顕微鏡、接眼ミクロメーター、対物ミクロメーター、プレパラート

手順：

①接眼ミクロメーターのセット

※a 接眼ミクロメーターは縁を指ではさんでもつ。ガラス面に指紋をつけない。

※b ガラス面が汚れている場合は、やわらかいガーゼなどできれいにふく。

※c 数字が正しく見える側を上にして接眼レンズに入れる。

※d 目盛りが斜めを向いている場合は、接眼レンズを回して水平にする。

②対物ミクロメーターのセット

※a ガラス面に指紋をつけないようにもつ。

※b 目盛り間隔を示す数字が正しく見える側を上にして、ステージにセットする。

③各対物レンズでの接眼ミクロメーター1目盛りの長さを測定し、下表を完成させる。[知・技]

接眼 レンズ	対物 レンズ	総合 倍率	一致する2カ所間の目盛り数		接眼ミクロメーター 1目盛りの長さ
			対物ミクロメーター	接眼ミクロメーター	
10×	4×		目盛り	目盛り	
	10×		目盛り	目盛り	
	40×		目盛り	目盛り	

(1) 上表にまとめた対物レンズの倍率と、接眼ミクロメーター1目盛りの長さの関係を踏まえて、接眼レンズ10×、対物レンズ100×のときの、接眼ミクロメーター1目盛りの長さを考えなさい。

[思・判・表]

B-2. ミクロメーターを用いた測定

材料：トリの羽毛

器具：検鏡器具、両面テープ

手順：

①両面テープを貼り付けたスライドガラスに羽毛を置く。

②3種類の対物レンズで羽毛の軸の太さを求める。[知・技]

接眼 レンズ	対物 レンズ	接眼ミクロメーター 1目盛りの長さ	接眼ミクロメーター の目盛り数	軸の太さ (μm)
10×	4×			
	10×			
	40×			

(2) 羽毛の軸のより正確な太さ(直径)を求めるには、どの対物レンズを用いたらよいか考えなさい。

[思・判・表]

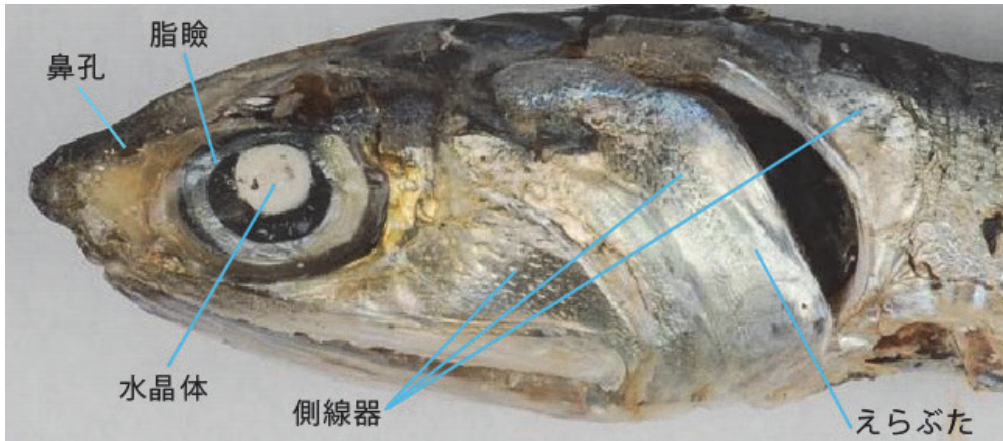
D. 双眼実体顕微鏡下で煮干しの解剖

材料：カタクチイワシ（水でもどした煮干）

器具：実体顕微鏡、光源、ピンセット2本、柄付き針1本、水を入れたビーカー

(1) 頭部の観察 (時間の目安 12分) (※ 空欄に適する語を調べ、補充する) **主体的**

① 次の a~d までの観察・操作を行う。(時間の目安 6分)



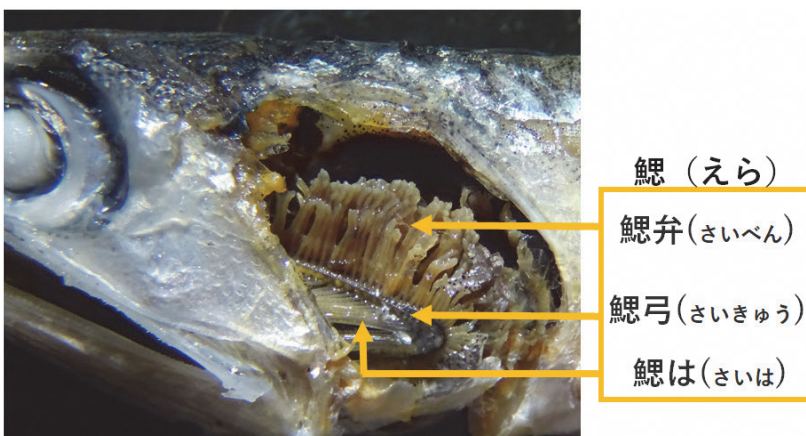
a) 目：内側の黒丸、外側の白丸の二重丸のように見える。黒丸の内側にある「白い球体」をピンセットでつまみ出しててみよう。これが、レンズの役目をする水晶体である。水晶体の細胞には (a) というタンパク質が多く含まれ、生きていたときは無色透明な球体である。白くなっているのは、煮干す際にタンパク質が (b) したためである。

b) 鼻孔：口吻の先端部を見てみよう。左右一対の孔がある。これが鼻である。この中を水が通り、水中の物質を捉えて臭いを感じる。

c) えらぶた：泳いでいるときに口から入った水は、えらぶたの隙間から外へ流れ出る。えらぶたをピンセットで持ち上げ、すき間から内側をのぞいたときに見えるのが、えらである。

d) 側線：えらぶたの周りの点線のように見える模様を側線といい、(c) を感じるセンサーである。

② 左 (右) 片面の「えらぶた」をピンセットではぎ取り、えらを確認する。「えらぶた」の裏に「えら」が4対ある。えらは、「さい弁」「さい弓」「さいは」の3つの部分に分かれる。(時間の目安 6分)



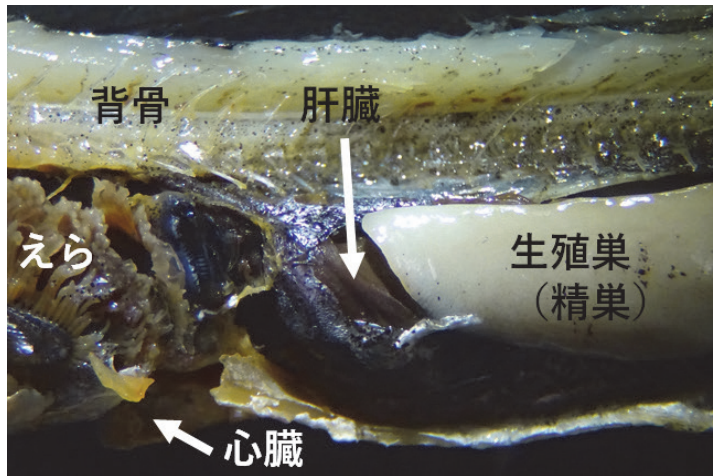
a) さい弁：血管が通り赤みを帯びている。水にとけた (d) を取り込み、二酸化炭素を排出するガス交換を行う。また塩類細胞が Na イオンや Cl イオンの出入りを調節し、体液中の塩類濃度を一定に維持している。

b) さい弓：えらを支える弓状の骨で、外側にさい弁、内側にさいはが付く。

c) さいは：口から吸い込んだものを、固形物と水とに分離する。

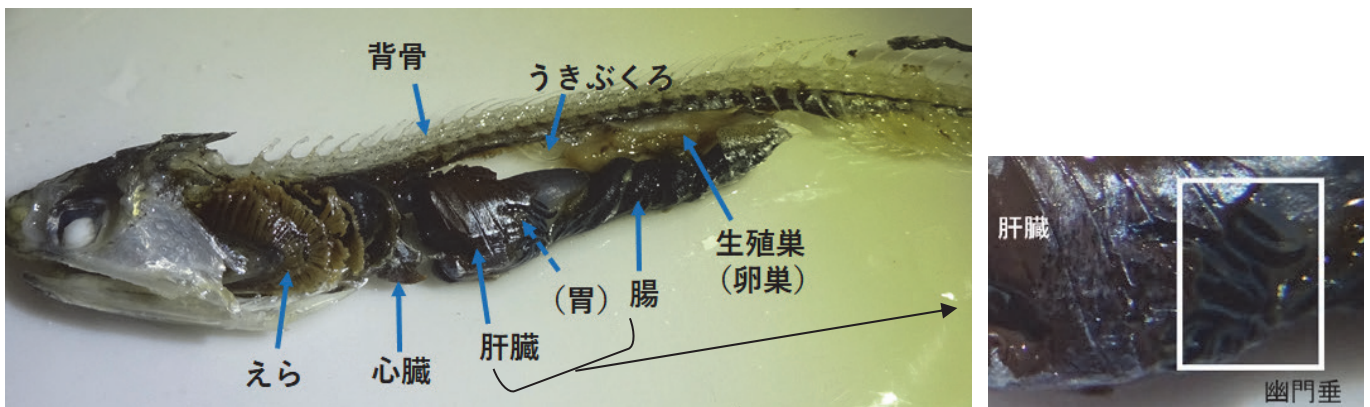
(2) 内臓・消化器官の観察 (時間の目安 12分) (※ 空欄に適する語を調べ、補充する) **主体的**

③ピンセットで左(右)半身の身(筋肉)をはぎ取る。背骨、えらのすぐ後方に心臓、心臓の後方に肝臓、生殖巣(精巣または卵巣)が見えるのを確認する。(時間の目安6分)



- a) 生殖巣：内臓をはさむ位置に左右1対ある。
卵巣は、赤みを帯びた細長いかたまり。小さな卵がぎっしり詰まっている。
精巣は、縁の厚みが薄く、表面がつるつるしている。精子をつくる器官。
- b) 肝臓：茶褐色の塊が肝臓。肝臓には栄養を蓄えるはたらきのほか、脂肪分の消化を助ける (e)
 をつくるはたらき、毒物質を解毒するはたらきもある。

④ピンセットで残りの右(左)半身の身(筋肉)もはぎ取る。えらのすぐ近くに心臓、その後ろに肝臓、らせん状に巻いた腸を確認する。腸と背骨の間に透明な袋(うきぶくろ)も見ることがある。(腎臓、脾臓、胆のう等、人間と共通する臓器ももっている) (時間の目安6分)



- a) 心臓：心臓は (f) 心房 (g) 心室。全身から戻った血液をえらに押し出すことになるので、心房心室内は (h) 血が流れる。えらで二酸化炭素などの老廃物が捨てられ、酸素たっぷりの血液が、えらからでる血管で全身に送り出される。
- b) 胃：肝臓につつまれるように配置している。肝臓を除くと、その内側に薄い茶色の胃がある。
- c) 幽門垂(ゆうもんすい)：胃から出て腸が始まる付近にあるバナナの房のような形の先の閉じた管。消化酵素を分泌する。
- d) 腸：胃の出口から肛門までの部分が腸である。栄養を吸収し、残りは糞(ふん)となる。
- e) うきぶくろ：気体が入っている細長い風船のようなもので、大きさを変えることで浮き沈みしやすくする、浮力の調節を行う。うきぶくろの起源としては、「酸素の少ない淡水で肺呼吸を始めた魚が海に戻り、不要になった肺が浮袋に進化した」という説が有力。

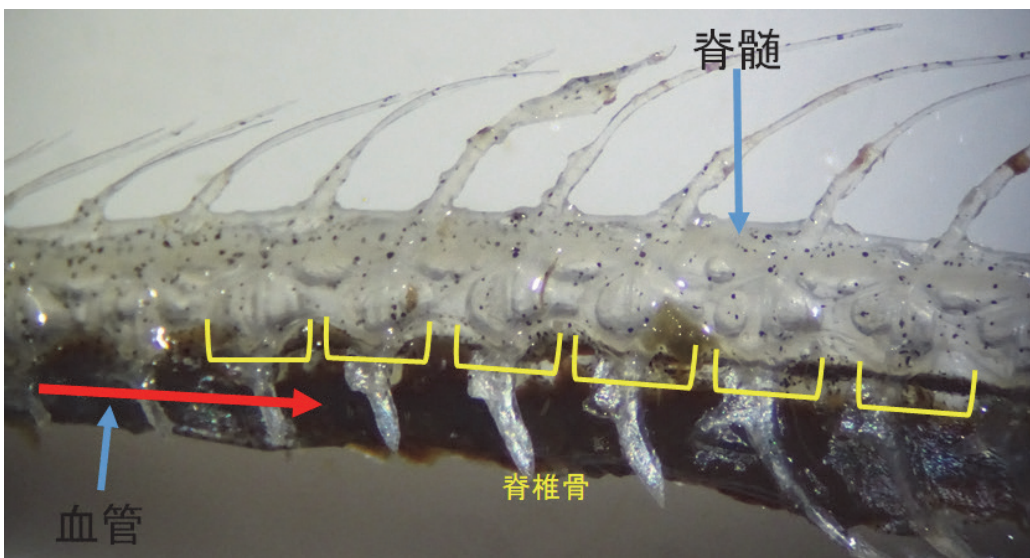
(3) 背骨の観察 (時間の目安12分) (※ 空欄に適する語を調べ、補充する) 主体的

⑤内臓を取り外す。ピンセットでえらの根元にある食道をつまんで引けば、内臓が外れる。



- a) 食道：口から胃につながる、食物の通路となる細長い筒状の管。
- b) 血液の流れ：心臓からえらに静脈血が送られ、えらから全身に (j) 血が送られる。背骨の腹側に、えらから送り出された血液が流れる血管がある。
- c) 脊(せき)髄：背骨の背中側を通る、細い糸のように見えるもの。脊椎(せきつい)骨の脊髄腔を通る。脳と脊髄を合わせて (j) 神経系という。
- d) 背骨(脊椎)：背骨は短い小さな骨(脊椎骨)がたくさんつながって出来ている。

⑥両手のピンセットで背骨をもち、折り曲げて脊椎骨(下写真の黄色枠の一つ一つ)を1つ外す。背骨を折り曲げたとき、背骨の背側に、頭から尾ひれまで伸びている糸状のものを確認できる。これが脊髄である。外した脊椎骨1つを双眼実体顕微鏡で観察する。



【振り返り】 主体的

1. カタクチイワシの体のつくりについて、あなたが新たに知ったことを3つ具体的に述べなさい。

2. この解剖で実体顕微鏡を用いることの利点は何ですか？思・判・表

--

3. 解剖で難しかったことは何ですか？主体的

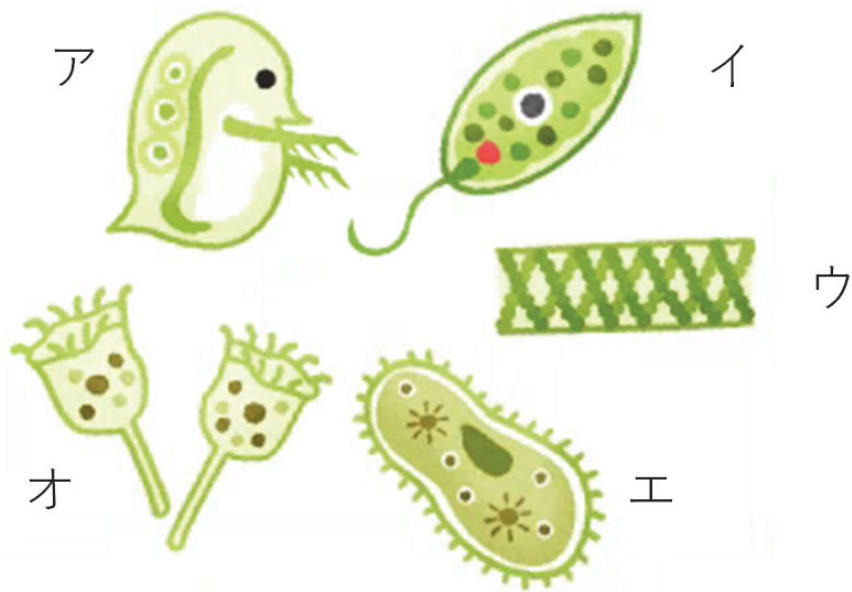
--

第1回ミクロの世界 自己評価

	当てはまる	当てはまらない
1. 光学顕微鏡の特徴を理解し、正しく操作して使うことができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
2. 実体顕微鏡の特徴を理解し、正しく操作して使うことができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
3. 光学顕微鏡と実体顕微鏡をどのように使い分けるのか、説明できる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
4. ミクロメーターを自在に操り、対称物の長さを測定できる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
5. 実体顕微鏡下でピンセットを自在に操り、作業できる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	

ミクロの世界

第2回



Q. 一つの細胞が一つの体となっているのはどの生物だろう？

- A. 走査型電子顕微鏡の操作と観察
- B. グラム染色による細菌（大腸菌 *Escherichia coli*、納豆菌 *Bacillus natto*）の形態観察

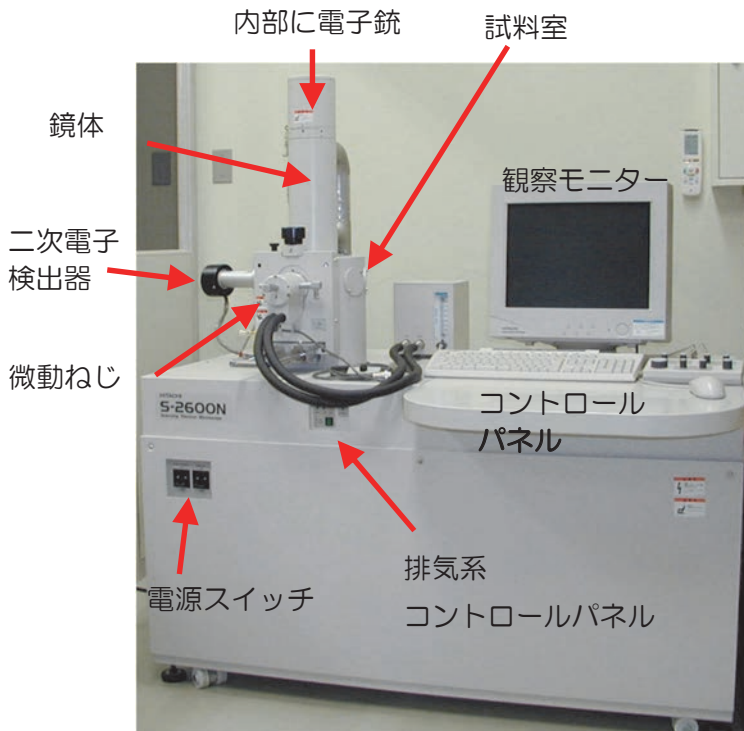
組 番 氏名 _____

A. 電子顕微鏡について

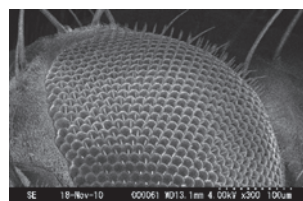
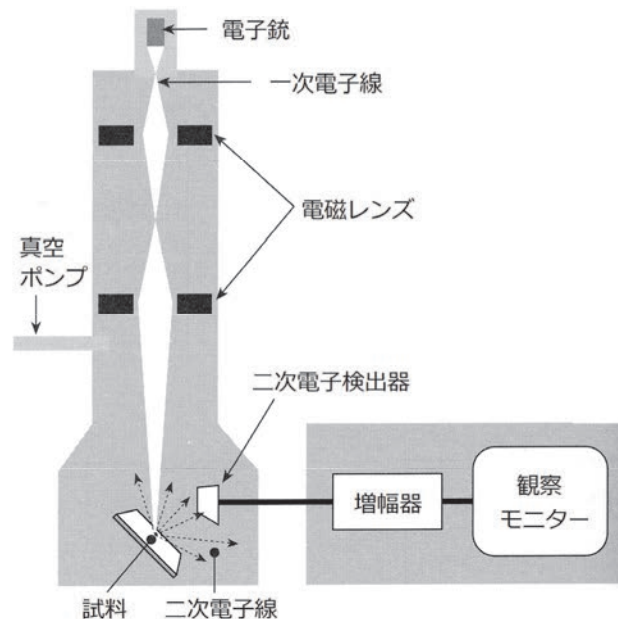
電子顕微鏡は、像を得るために光の代わりに電子線を使う。電子の波長は光より短いため、光学顕微鏡よりも高い分解能で像を得ることができる。電子顕微鏡には、走査型電子顕微鏡（SEM）と透過型電子顕微鏡（TEM）の2つのタイプがある。SEMは、電子線が試料の表面からはね返り、外観に関する詳細な像を得る。TEMは、非常に薄い切片を用いて鮮明な像を得る。

（1）走査型電子顕微鏡（SEM：Scanning Electron Microscopeの略）の仕組み

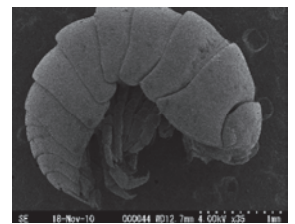
電子線（一次電子線）で試料を走査（スキャン）し、表面からはね返ってきた二次電子線を検出器で集め、増幅し、観察モニターに写して、きれいな三次元像を得る。試料の表面構造を観察することができる。



走査型電子顕微鏡 日立S-2600N



ショウジョウバエの複眼



ダンゴムシ

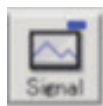
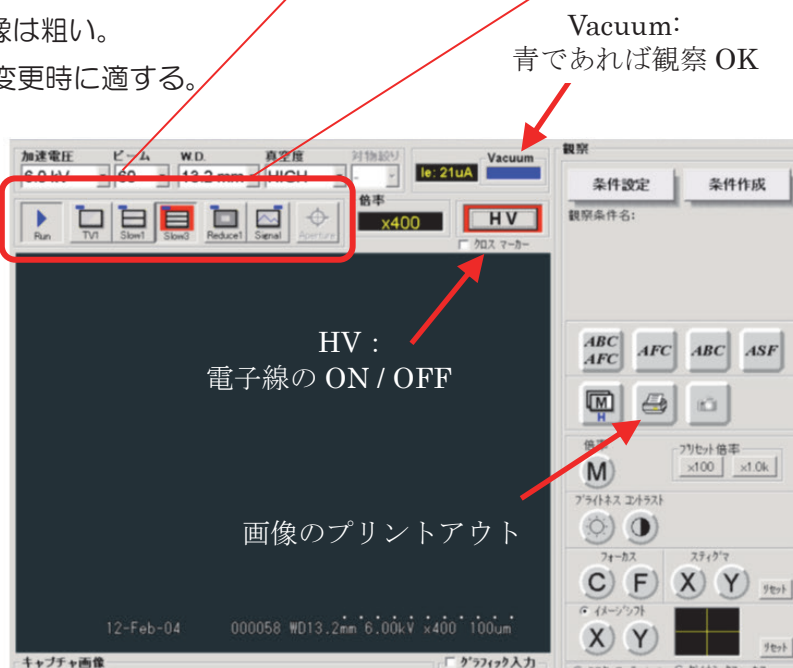
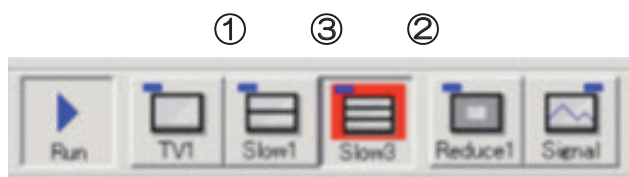
表) 顕微鏡の比較

	光学顕微鏡	走査型電子顕微鏡	透過型電子顕微鏡
線源	光	電子線	電子線
波長	400~700nm	0.005nm	0.005nm
レンズ	ガラス	電磁	電磁
最大分解能	200nm	10nm	1nm
最大倍率	1,000倍	~数十万倍	~100万倍
像	カラー	モノクロ	モノクロ

(2) 走査型電子顕微鏡の基本操作
3つのモード (①②③) を使い分ける

電子 HV OFF スイッチ

- ① **Slow 1** スキャン速度が速く、画像は粗い。
観察部位の移動や倍率の変更時に適する。
 - ② **Reduce1** 画面が縮小されるため、
画質もやや向上。
ピントの調節に適する。
 - ③ **Slow3** スキャン速度が遅く、
画像は鮮明。
試料の観察に適する
- ↓
プリントアウト



(Contrast, Brightness を調節し、5本の線内に収める)
電子線の状態をグラフ化する。5本の線内にグラフを収める。

(3) 走査型電子顕微鏡の観察試料の作成

○ 無処理で観察

比較的低倍率で観察する場合は、たいていのものは何も処理せずに観察できる。試料台の表面に両面テープを貼り付け、観察する試料を試料台に固定する。

○ 金属コーティング (イオンスパッタを使用) して観察

電子線を反射しにくいもの、高倍率で細部まで観察する場合には、試料を金属 (プラチナ) コーティングしてから観察する。

○ 凍結乾燥 (t-ブタノール凍結乾燥装置を使用) して観察

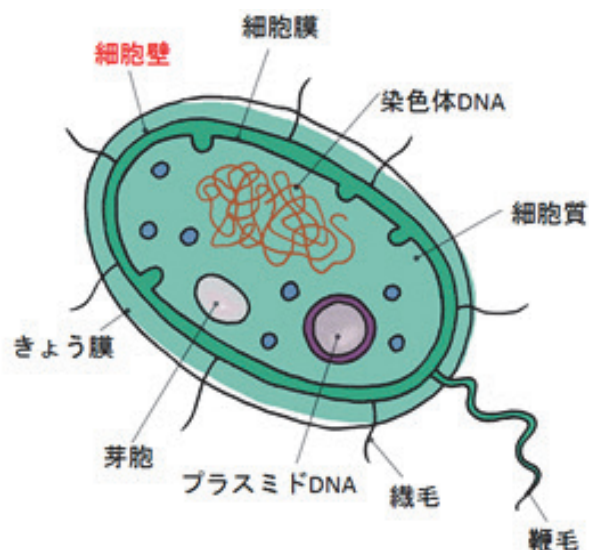
高含水率で変形しやすいものを観察する場合は、試料を凍結乾燥してから観察する。

B. 細菌の光学顕微鏡観察

(1) 細菌の染色法

細菌は細胞のサイズが小さく(0.5×1.0~3.0μm)、色もないので、そのまま観察するのは難しい。そのため試薬を使って細菌を着色し、観察する方法がとられている。

染色の最も一般的な方法が「グラム染色」である。この染色法は、細胞壁のつくりの違いにより「青紫色」と「赤色」に細菌を染め分けることができ、細菌を分類する方法としてよく利用されている。



細菌とは

○発見されて名前のついたものが1万種、これ以外に自然界には100万種以上いると考えられている。

○()生物である。

○()生物である。

○細胞のサイズ

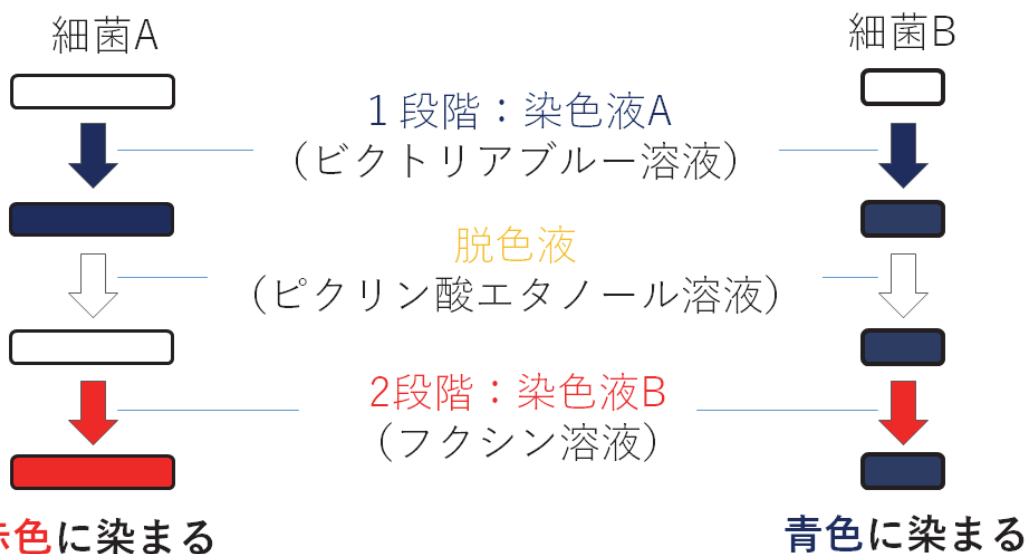
真核細胞より()。

○細胞のつくり

真核細胞より()。

〔グラム染色〕

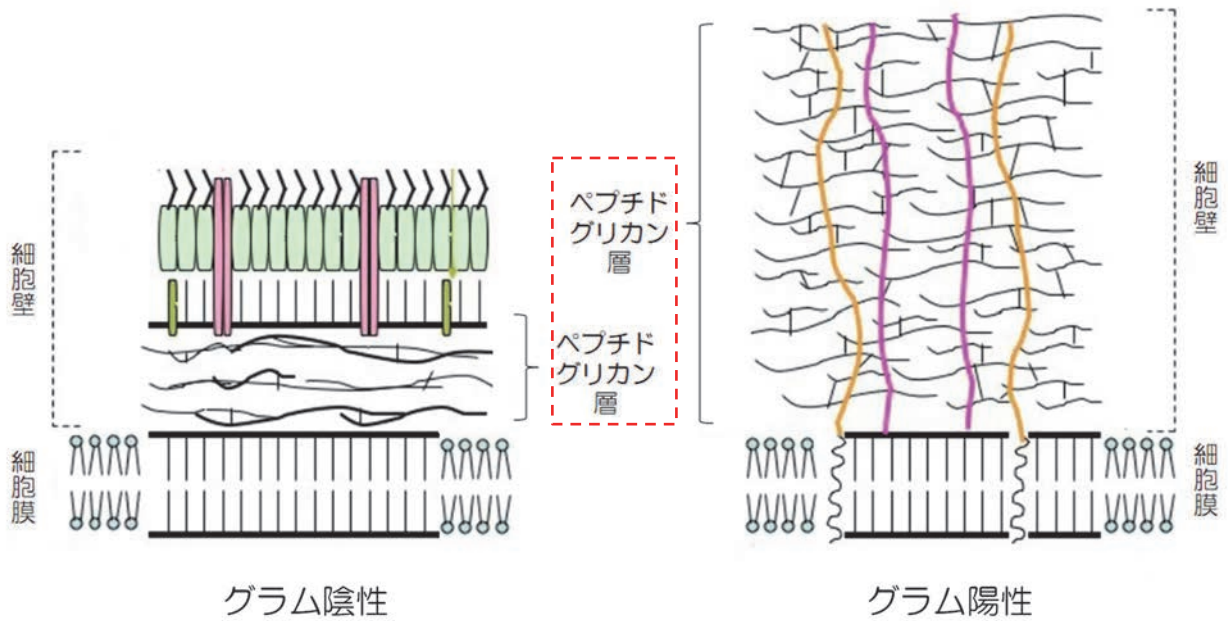
細菌の分類や同定をする際、最初に用いられる染色法で、デンマークの Christian Gram によって1884年に開発された。この染色法によって、青(紫色に染色されるグラム陽性菌と、薄い赤色に染まるグラム陰性菌に染め分けることが出来る。グラム陽性と陰性は、細胞壁の構造の違いに基づいている。(細菌の細胞壁に含まれるペプチドグリカン構造の厚さ：グラム陽性 20-80nm、グラム陰性 7-8nm) による。



染色液Aが(抜ける・抜けない)
〔グラム陰性〕

染色液Aが(抜ける・抜けない)
〔グラム陽性〕

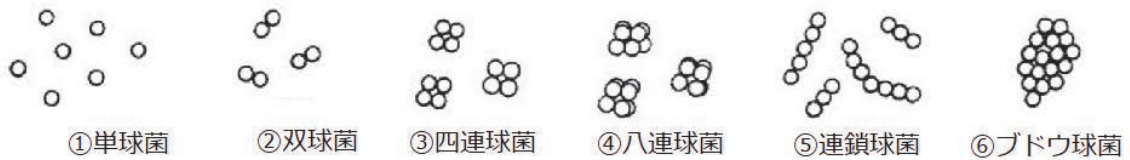
[グラム陰性菌,グラム陽性菌の細胞壁の構造]



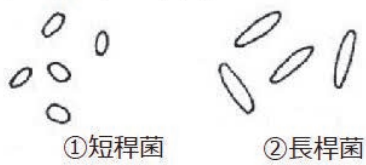
(2) 細菌の形状

細菌を分類するとき、形も重要な情報になる。細菌は大きく分けて、球状の球菌と棒状の桿菌にわかれ、桿菌には細長いもの、短いものなど、さまざまなものがある。また、球状、棒状のどちらにも当てはまらないものもある。

A. 球菌



B. 桿(かん)菌



C. ラセン菌



実習レポート

A. 走査型電子顕微鏡（SEM）による観察

結果 知識・技能

観察画像貼付

【振り返り】

(1) 電子顕微鏡は、光学顕微鏡とどのような点で違いますか、説明しなさい。 思考・判断・表現

(2) 走査型電子顕微鏡では対象物がどのように見えますか、特徴を説明しなさい。 思考・判断・表現

(3) 走査型電子顕微鏡を使って見たいものを、具体的に2つ挙げなさい。 主体的

B. グラム染色による細菌（大腸菌 *Escherichia coli*、納豆菌 *Bacillus natto*）の形態観察
手順：

- ①キムワイプでスライドガラスをきれいにふく。
 - ②プレート培地から極少量の菌体をループでとり、スライドガラスの表面に薄く広げ、乾かす。
 - ③塗抹した面を上にしてガスバーナーの炎を2～3回くぐらせ、固定する（火炎固定）。
 - ④**染色液 A**（ピクトリアブルー染色液）を固定した菌体の上にもれなく載せ、1分間染色する。
 - ⑤塗抹した面を下にして（菌体に直接水流を当てないようにして）染色液を水道水で洗い流す。
 - ⑥水をよく切り、菌体上に**脱色液**をもれなく載せ、洗い流す。
- 最初の染色液の青色がにじみ出さなくなるまで何回か（3回程度）繰り返す。
- ⑦水を切り、菌体上に**染色液 B**（サフラニン液）をもれなく載せ、1分間染色する。
 - ⑧塗抹した面を下にして（菌体に直接水流を当てないようにして）染色液を水道水で洗い流す。
 - ⑨水分を飛ばしてから光学顕微鏡で観察し、大きさを測定する（対物レンズ40倍）。
 - ⑩油浸レンズを用いて1000倍で観察する。

結果：知識・技能

	大腸菌 <i>Escherichia coli</i>	納豆菌 <i>Bacillus natto</i>
染色結果	写真貼付 (グラム陽性・グラム陰性)	写真貼付 (グラム陽性・グラム陰性)
大きさ		
細胞の形態		

【振り返り】

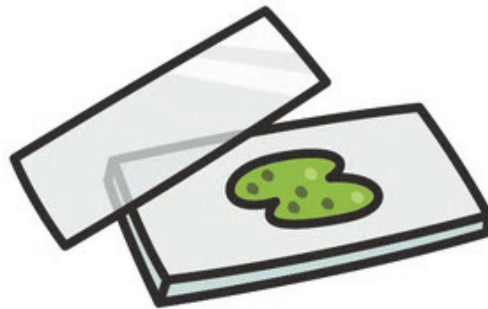
(1) 100 倍の対物レンズの視野は、40 倍の対物レンズの視野の面積の何%か求めなさい。 知識・技能(2) 細菌の観察を通して、あなたが新たに知ったことを具体的に述べなさい。 主体的(3) 同じスライドガラスの上で大腸菌と納豆菌を染色した理由を述べなさい。 思考・判断・表現

第2回ミクロの世界 自己評価

	当てはまる	当てはまらない
1. 走査型電子顕微鏡の特徴を理解し、正しく操作して使うことができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
2. 走査型電子顕微鏡では、対象物がどのように見えるかを説明することができ、観察に適したものかどうかを判断することができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	
3. グラム染色の手順において、それぞれの操作が何のために行われるのかを理解しており、プレパラートを作成する際の注意点を説明することができる。	4 ・ 3 ・ 2 ・ 1	

ミクロの世界

第3回



I. ミクロトームを使った植物組織切片の作成・観察・記録

II. 蛍光顕微鏡による観察（プレパラート作成）

____組 ____番 氏名_____

A. ミクロトームを用いた植物組織の観察

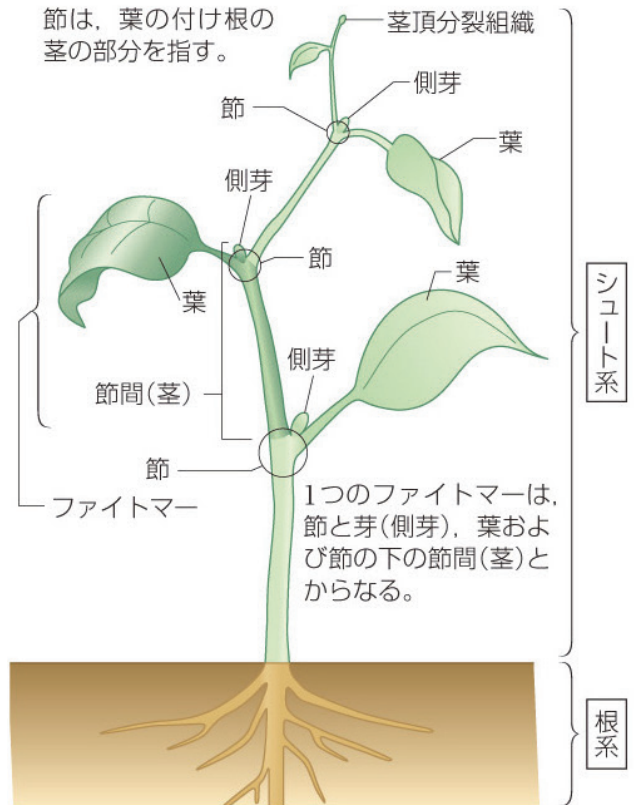
顕微鏡で観察する試料を極薄い切片にする器具をミクロトームという。本日は、刃を前後に動かす滑走式のミクロトームを用い、植物の茎断面・葉の中肋断面の切片を作成する。切片をサフランインで染色し、その後、光学顕微鏡で観察する。

〔植物の成り立ち〕

植物は一生、茎の分裂組織の細胞が分裂し続け、茎や葉を作り続ける。この結果、被子植物の体は茎、葉、芽の繰り返し構造をとる。この単位をファイトマーという。

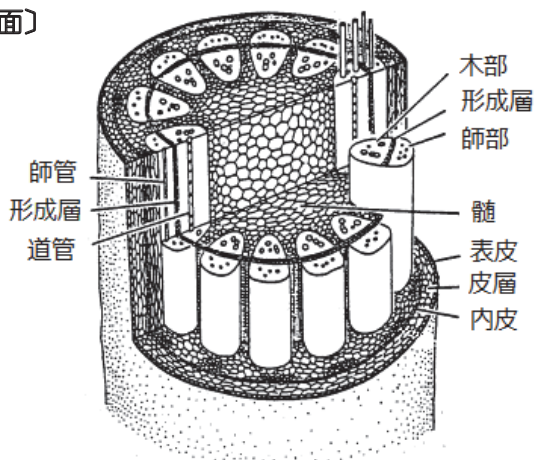
植物の機能的な単位としては、各器官を連結して、決まったはたらきを行う「組織系」が重要である。植物の組織系には表皮系、維管束系、基本組織系の3つがある。

茎とそれに付く葉をあわせ、シュートという。根はまとめて根系と呼ばれる。

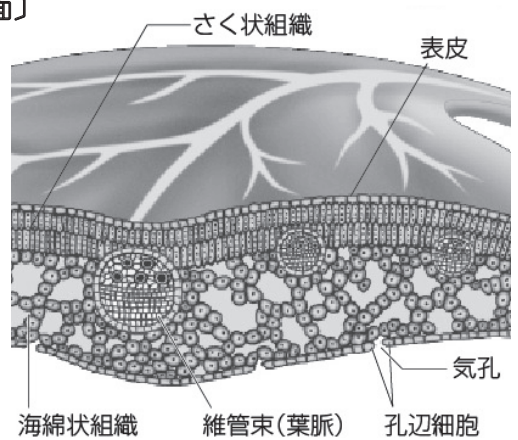


分裂組織		茎頂分裂組織、根端分裂組織、形成層	
分化した組織	表皮系	表皮組織(各器官の保護) 表皮、孔辺細胞、毛、根毛	
	維管束系	師部	師管(同化産物の輸送) 供細胞、師部柔組織、師部繊維
		木部	道管(水、無機塩類などの輸送)、木部柔組織、木部繊維
	基本組織系	皮層(茎・根)	柔組織(同化産物の貯蔵、維管束の保護) 機械組織(植物体の支持・保護)
葉肉(葉)		柔組織(光合成、窒素同化) 柵状組織、海綿状組織	

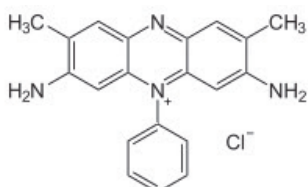
〔茎断面〕



〔葉の中肋断面〕



染色色素 サフラン



- ・赤色の合成染料。アミノ基をもち、塩基性を示す。
- ・リグニンと反応する。リグニンは木化した細胞壁に多く含まれ、そのような細胞壁からなる道管の染色に用いられる。
- ・細胞内部の染色にも用いることがある。

B. 生物スケッチの描き方

写真による記録は全体像あるいは局所像を手軽に短時間で捉えることができる極めて有効な手段である。その一方で、写真では識別しがたい特徴あるいは特に重要な特徴を選択的に示すためにスケッチは欠かせない。スケッチでは、標本の輪郭を明確に描画することはもちろんであるが、標本の凹凸や色調も黒点の密度を変えてスケッチに付すことで、より立体的に示すこともある（点描画）。

【スケッチのポイント】

1. スケッチは「絵」ではない

スケッチは、より細かく観察し、観察で確認したことを記録するためのものです。自分で見た実物をどれだけ丁寧に、詳しく、間違いなく描けるかが大切なポイントです。

2. 鉛筆を使う

2Bなどの柔らかめの鉛筆とHや2Hの硬めの鉛筆を使います。細かい線は硬めの鉛筆で細部を描くのに使います。

3. 線と点で描く

斜線や塗りつぶして陰影をつけることはしません。色がついていても塗りつぶしてはいけません。ものの輪郭は、連続した一定の太さの線で描きます。凹凸や色調の濃淡は、点の密度を変えることによって表します。線と点で表せない部分は説明を書き入れます。

4. なるべく大きくはっきり描く

対象を大きく描きます。大きく描くことで、見つけたことを多く描き込める余地がうまれるからです。全体と部分に分けて描くと分かりやすくなります。立体的なものは複数の方向から描くようにします。

5. 説明を書きこむ

点と線で表現しきれないことは説明文で補います。部分の名称や気が付いたこと、大きさなどは、引き出し線を用いて描き込みます。説明が多く書かれていることは、それだけよく観察している証拠にもなります。

6. 必要な部分だけをきちんと描く

同じ形が繰り返される場合は、最も平均的な一か所を詳しく描き、以下同様と略してもよい。顕微鏡の視野で見えるすべてを描く必要はありません。視野の円も描かない。

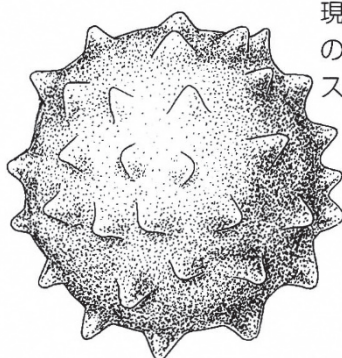
7. ウソは描かない、想像で描かない

知識として知っていても、見えていないことは描かない。自分の目でしっかり確認したことだけを描く。

8. 最低限の情報は必ず記載する

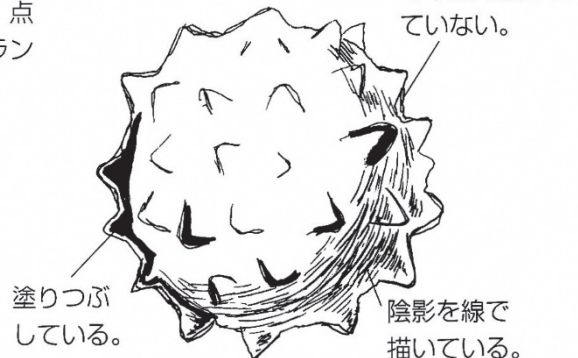
生物名、生物の採集地、生物の一部をスケッチする場合はその部位、日付。スケール（倍率）、スケッチで表しにくい情報や気づいたことなどが該当します。

よいスケッチの例



陰影を点描で表現しており、点の疎密もバランス良い。

悪いスケッチの例



1本線で描かれていない。

塗りつぶしている。

陰影を線で描いている。

実習レポート

I. ミクロトームを用いた切片の作成と顕微鏡観察

〔材料〕アオキ

〔器具〕光学顕微鏡, ミクロトーム, サフラニン溶液, パスツールピペット, ピンセット, 筆

〔手順〕

- ①アオキの葉（中肋の部分）をミクロトームの試料台に挟む。
- ②ミクロトームを用いて 80 μ m の切片を作成する。切片は筆で取って、スライドガラスに置く。
- ③サフラニン溶液で30秒間染色し、余分な染色液を水で洗い落とす。
- ④切片に適量の水を滴下してカバーガラスをかけ、検鏡しスケッチする。

〔結果・考察〕

(1) サフラニンの色は？ 結合する物質は何か？ 染色される構造は何か？ 知識・技能
 色 () 物質 () 染色される構造 ()

(2) 葉（中肋の部分）の断面をスケッチし、次の部分を指摘しなさい。

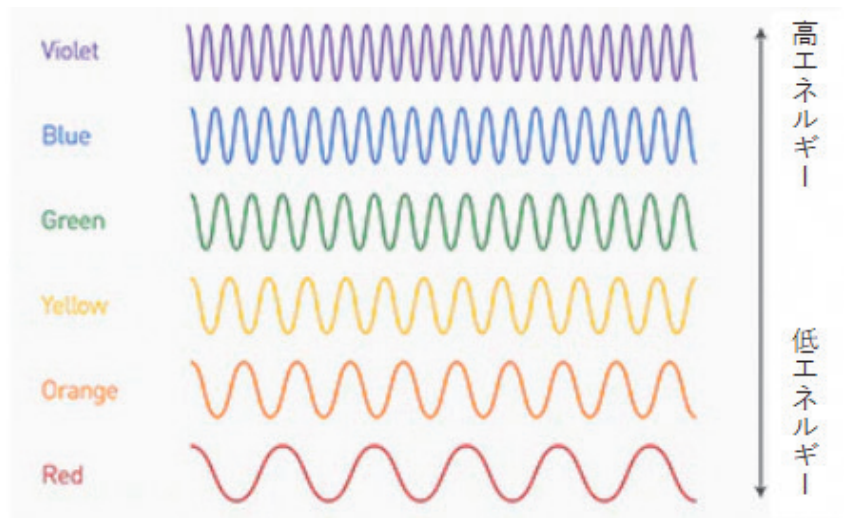
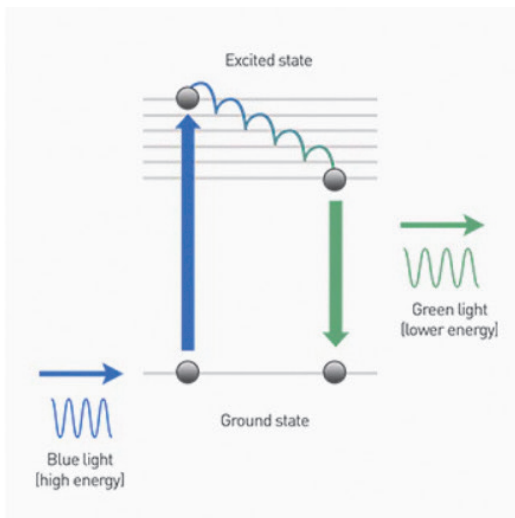
- ①クチクラ層 ②表皮組織 ③柵状組織 ④海綿状組織 ⑤木部と師部 知識・技能

スケッチの評価	自己評価	教員評価	総合評価
①大きくはっきりと描けていますか？	(はい・いいえ)	1・2・3	
②1本の線で描けていますか？	(はい・いいえ)	1・2・3	
③説明が書きこまれていますか？	(はい・いいえ)	1・2・3	
④必要な情報(材料、スケールなど)は記載されていますか？	(はい・いいえ)	1・2・3	

C. 蛍光顕微鏡

蛍光顕微鏡とは、光源として水銀ランプ等を用いて励起光（紫外線など）を発生させ、この励起光を試料に照射したときに生じる蛍光を観察する顕微鏡のことをいう。あらかじめ蛍光色素で試料を染色しておけば、その試料から発する蛍光を観察することができる。

蛍光とは…物体に光をあてると（励起光）、あてた光とは異なる波長の光（より波長の長い光）を発することがある。これを蛍光といい、蛍光を発生する物質を蛍光物質（蛍光色素）という。通常、蛍光物質が放出する波長は、吸収した光よりも低エネルギーである。例えば青色の光を吸収して緑色の光を発する、緑色の光を吸収して赤色光を発するということである。



(1) 落射蛍光顕微鏡

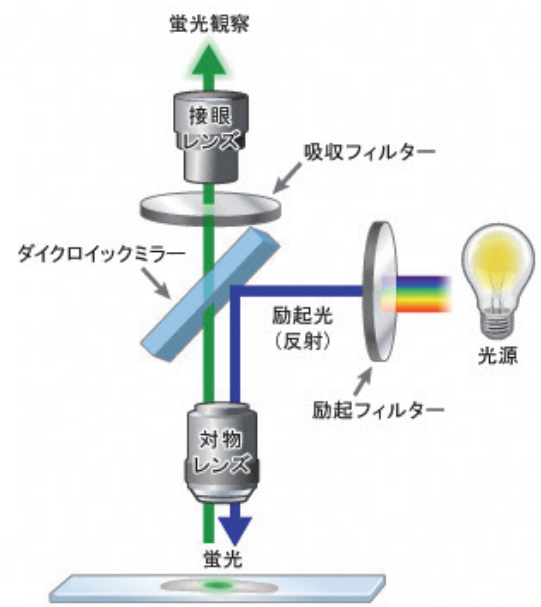
- ①ステージの上に試料をセットする。
- ②ターゲットを回し、適切なキューブをセットする。
- ③落射照明で試料に励起光を照射する。

光源からの光が励起フィルターを通り、励起光のみとなる。
ダイクロイックミラーに反射し、励起光が試料にあたる。

- ④試料で生じた蛍光が接眼部に向かう。

試料で生じた蛍光はダイクロイックミラーを透過し、さらに
吸収フィルターを経て、接眼部に蛍光が届く。

- ⑤接眼レンズをのぞき、蛍光観察を行なう。



※ ダイクロイックミラー

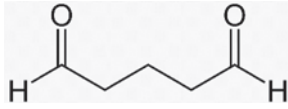
特殊な光学素材を用いて作成された鏡の一種で、特定の波長の光は反射し、その他の波長の光は透過する性質をもつ（励起光を反射し、蛍光を透過させる）。

※ キューブ

励起フィルター、ダイクロイックミラー、吸収フィルターは、特定の蛍光物質にあうように組み合わせられ、キューブとなっている。キューブは、蛍光顕微鏡のターゲット（円盤部分）に納められており、観察時は適切なキューブを選択する。

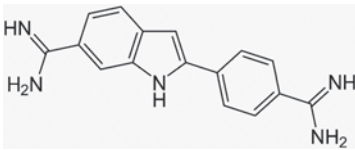
(2) 蛍光染色に用いる試薬

固定に用いる液：グルタルアルデヒド (1,5-Pentanedial $C_5H_8O_2$)

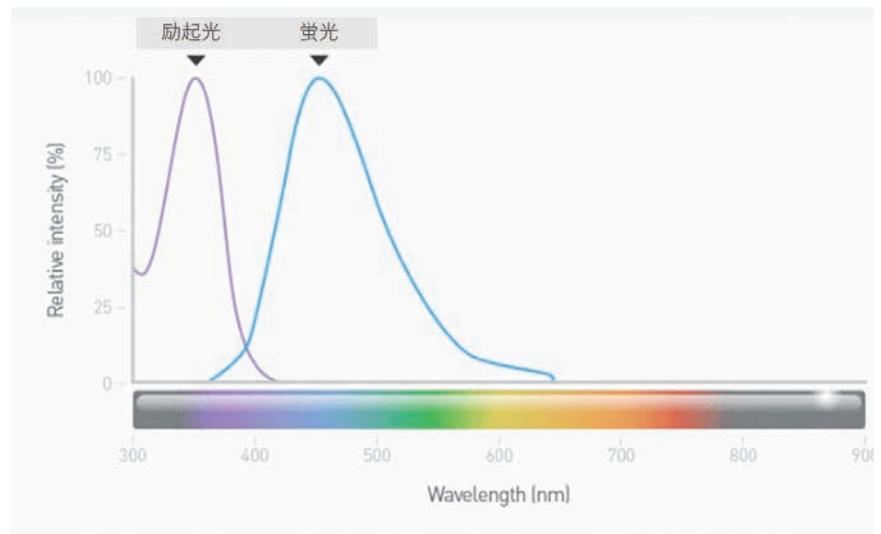
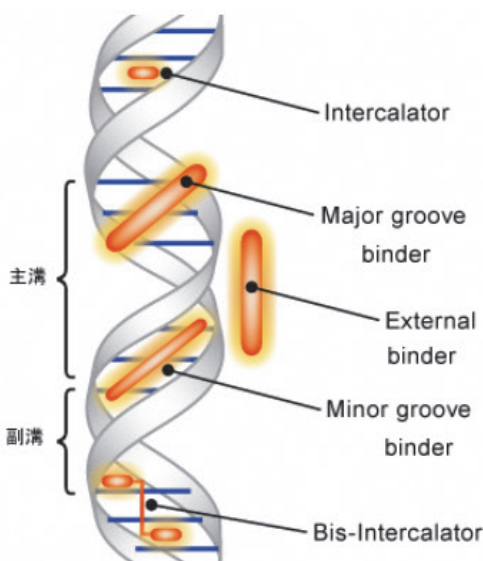


- 生物標本の固定に使われる。
- ホルマリンよりも細胞内への浸透は遅いが、固定力は強い。
- タンパク質の分子間に架橋を形成する。
- 毒性が強いため、使い捨て手袋を着用して取り扱うこと。

蛍光色素：DAPI (だび、4',6-diamidino-2-phenylindole $C_{16}H_{15}N_5$)



- 生細胞の細胞膜は一般的には透過しない。固定された細胞では、細胞膜が破損しているため、細胞内に透過できる。
- DNA の二重らせんの小さな溝 (副溝)、特にアデニン、チミンに富む領域に結合する。
- DAPI の励起波長は 360nm (紫外線)、二本鎖 DNA に結合した DAPI の放出する蛍光波長は 460nm (極大) である。



DAPI の励起および蛍光スペクトラム。色素が吸収する一定範囲の波長 (励起光、紫色で表示) と色素が発する一定範囲の波長 (蛍光、青色で表示) を示している。

引用および参考文献)

サーモフィッシャーサイエンティフィック HP [蛍光顕微鏡の基礎 | Thermo Fisher Scientific - JP](#)

株式会社エイアンドティー HP [8. 必然性が高まる微生物検査の蛍光染色 I. 蛍光染色の基礎知識 |](#)

ミクロの世界

第4回

ミニ探究

〔進め方〕

2人班をつくる。各班で1つテーマ（下記1～4）を選び、それについてレポートを作成する。

〔テーマ〕

1. 煮干しの原料となる魚（カタクチイワシの稚魚）は、何を食べているのだろうか？
2. 発酵食品のヨーグルトには、どんな微生物が含まれているのだろうか？
3. タマネギの細胞（りん葉表皮）の核の大きさは、細胞がある場所によって違うのだろうか？
4. 葉緑体は、ツバキ（植物）の葉のどの細胞にも含まれているのだろうか？

（ ）組（ ）番 氏名（ ）

選択したテーマ（表紙にある）：

（ ）組 氏名（ ） 共同実験者（ ）

観察を行った日 202（ ）年（ ）月（ ）日 天気（ ）気温（ ）

1～4は、実験を始める前に書く（順番：1、2を書き→4を書きながら3を書く）。
それぞれどのように書くのかは、生物基礎の教科書の表紙裏見開きのページ、
p232-234, p37-38などを参考にすること。

1. 仮説の設定（その根拠も示す）

2. 実験の計画（1. の仮説を検証する方法）

3. 準備するもの（←実験方法・手順を考えながら書きだす）

4. 実験の方法・手順

※①、②、③・・・と番号をふり分かりやすく書く。

※ここで作成した手順に従って実験の操作を行う。途中で変えた場合は、実際の操作を改めて書き加える。(気がついたことや思いついたことも、記録する。)

5. 実験の結果（表にまとめたり、スケッチしたりして、分かりやすく書く）

6. 考察（結果から考えて、最初に設定した仮説は正しかったのか？誤っていたのか？具体的に根拠を挙げて書く）

7. 振り返り（実験から分かったこと、疑問に思ったこと、次に調べたい課題を書く。）

第4回ミクロの世界 自己評価

	当てはまる	当てはまらない
1. 仮説を、根拠を明らかにして立てることができた。	4	3
2. 仮説を検証するための方法を、見通しをもって考えることができた。	4	3
3. 観察対象に応じて、顕微鏡を使い分けることができた。	4	3
4. 実験・観察を通して、仮説を検証することができた。	4	3
5. 必要な情報を集めながら、レポートを作成することができた。	4	3
6. 振り返りを通して、新たに分かったことは何か、疑問点は何かを具体的に認識することができた。	4	3

インキュベーションラボ

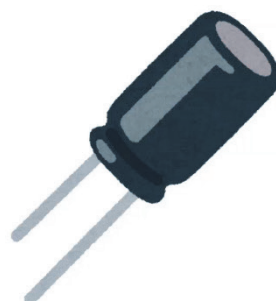
「電気基礎」テキスト

【はじめに】

理数物理の教科書、「物理基礎」の静電気と電流の単元では、「わたしたちの生活は、電気に支えられて成り立っている。テレビや冷蔵庫、洗濯機など、身のまわりにある多くの電化製品は、電気がなければ使うことさえできない。ここでは、静電気や、導線を流れる電流の性質について学習する。また、電気とエネルギーの関係も考察する。」とあります。

実際、我々の身の回りには、テレビや冷蔵庫、洗濯機以外にも、パソコン、スマートフォン、デジタルカメラなどの家電製品で溢れています。これらは、抵抗器やコンデンサーやコイル、ダイオード、トランジスタ、ICなどの様々な電気部品からできあがっています。

この講座では、抵抗器やダイオードなどの電気部品に触れながら、電圧計や電流計、の正しい接続の仕方、測定方法を学んでいき、身近な電気についての基本的な知識と測定技術の習得を目指します。



1年	組	番	氏名	
----	---	---	----	--

まず最初に

図1のように電池と豆電球を導線で接続すると、導線中の電子は電池の正極（+）に引き寄せられる。また、負極（-）からは、電子が供給され、連続的に電子が移動する。この電子の移動を電流という。図からわかるように、電子の流れの向きと電流の向きは逆である。

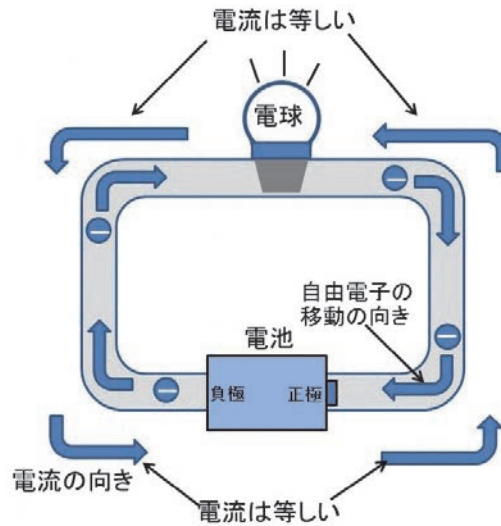


図1 自由電子の移動と電流の向き

電流、電圧、抵抗は、図2、表1のように、水流、ポンプ、管に置き換えて考えるとわかりやすい。

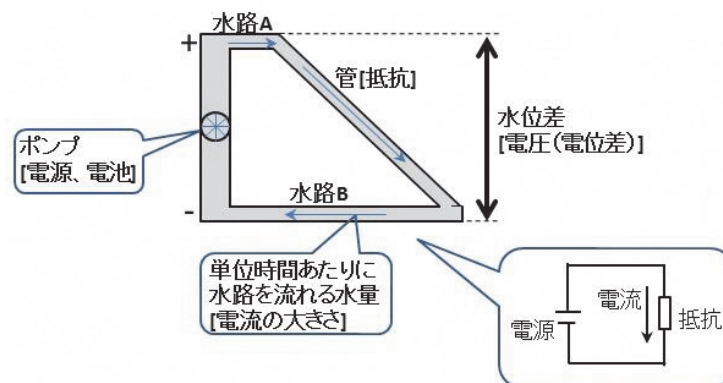


図2 電気回路と電流・電圧の概念

ポンプ	⇔	電池（電源）
水位	⇔	電位
水位差	⇔	電位差（電圧）
水流	⇔	電流
管	⇔	負荷（抵抗器，豆電球，…）

表1 電気回路と電流・電圧の概念

1. 抵抗器

① 抵抗（器）

抵抗（器）は、使用される物質固有の、電気を通しにくくする「抵抗」の性質を利用しており、電子回路などで多く使われている。電源の電圧が高いと、回路に流れる電流が大きくなり、ショートすることがある。そこで、電気を通しにくくする抵抗を挟むことによって回路に合わせた電流に調整することが可能となる。

炭素皮膜抵抗（器）は最も一般的で、安価な抵抗である。金属被膜抵抗（器）は炭素皮膜抵抗（器）より精度の高い抵抗値が必要なときに使われる抵抗である。

炭素皮膜抵抗や金属被膜抵抗では、図3のように、色表示による抵抗値、許容差などの定格を表示したものがある。表2に抵抗の色表示を示す。

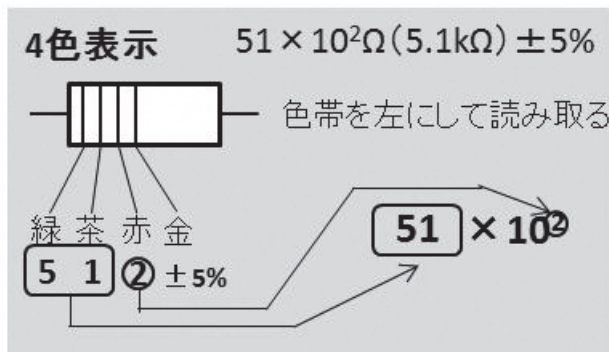


図3 4色表示

※ $10^2 = 10 \times 10 = 100$

$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$

$10^4 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10000$

色	数字	抵抗値の許容差 [%]
黒	0	—
茶	1	±1
赤	2	±2
橙	3	±0.05
黄	4	—
緑	5	±0.5
青	6	±0.25
紫	7	±0.1
灰	8	—
白	9	—
銀	—	±10
金	—	±5
無	—	±20

表2 抵抗器の色表示

(単位の接頭語)

接頭語	k	M	G	T
読み方				
大きさ				

課題1: 抵抗のカラーコードを読み取り、デジタルマルチメーターで抵抗値を確認してみよう。

課題2: 未知なものをデジタルマルチメーターで測定等を行い、結果等をまとめて、発表しよう。

② 可変抵抗（器）

端子間の抵抗値を変えることのできる抵抗を可変抵抗（器）とよんでいる。半固定抵抗（器）は、電子部品のばらつきによる動作状態を調整するために用いられる。1度設定したらそのままの値で使用される抵抗である。

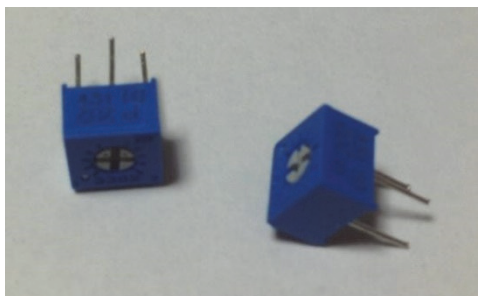


図4a 半固定抵抗器

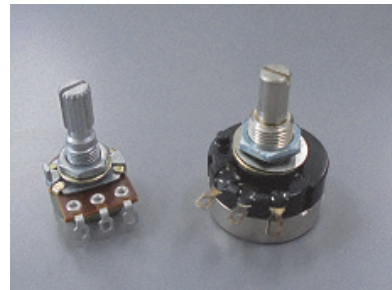


図4b 可変抵抗器（ボリューム）

デジタルマルチメーター

デジタルマルチメーターは（DMM）とも呼ばれ、半導体技術の発達により、安価で高性能な製品が急速に普及している。測定量を直読でき、読取り誤差が無いなどの特徴がある。

2. 抵抗の接続と合成抵抗

抵抗は電流の流れにくさのことである。 図2において、管の水の流れにくさをあらわしていると考えればよい。

下記のような2つの抵抗の接続の仕方を直列接続という。



図5 抵抗の直列接続

下記のような2つの抵抗の接続の仕方を並列接続という。

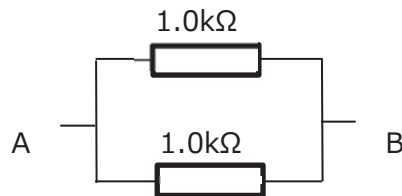


図6 抵抗の並列接続

3. 直流電流, 直流電圧の測定, オームの法則, 電圧降下

① 直流電流, 直流電圧の測定

直流電流, 直流電圧を測定するためには, 電流計, 電圧計を図7, 図8のように接続する。

電流を図2の水流と考えると, 水流を測るためには計器を経路の中に入れる必要がある。すなわち電流を測定するには電流計を測定したい部分に**直列**に経路の中に入れて測定をする。

電圧は図2で水位差と考えられるので, 経路の外から2点の水位の差を測定するように測定したい部分に**並列**に電圧計を接続する。

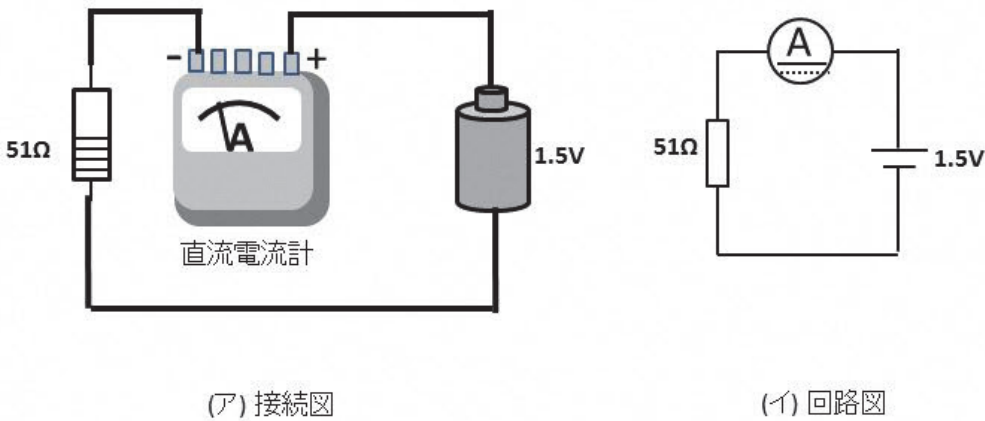


図7 直流電流計の接続方法

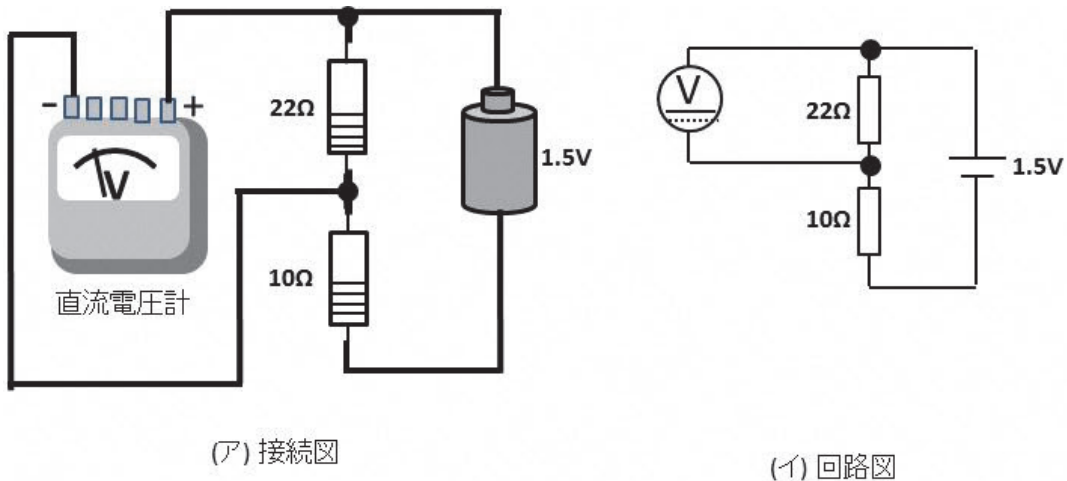


図8 直流電圧計の接続方法

② オームの法則

1826年にオームは実験によって電流、電圧および抵抗の関係を発見した。その関係をオームの法則といい、電気理論を学ぶときの重要な公式となっている。図9のように、抵抗 R を流れる電流を I 、その両端の電圧を V として、これらの関係を式で表すと次のようになる。

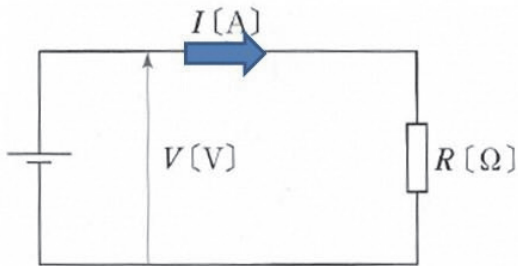


図9 オームの法則

$$I = \frac{V}{R} \quad [A]$$

$$V = RI \quad [V]$$

$$R = \frac{V}{I} \quad [\Omega]$$

③ 電圧降下

電池 E は図2のポンプの働きをしており、 c から a へ電位を V_0 [V] だけ引き上げる。

$$V_a = E$$

$$V_b = E - V_{ab}$$

$$V_c = V_b - V_{bc}$$

ここで、

$$V_{ab} = R_1 I$$

$$V_{bc} = R_2 I$$

回路に加えられた電圧は、各部分の抵抗に生じる電圧降下によって次第に小さくなり、回路を一巡すると0になる。

4. 電圧・電流測定回路

D-6 ページの電流・電圧の測定を参考に、物体に流れる電流・電圧特性を測定してグラフに表してよう。

物体の例 電流をよく流すもの 豆電球, シャーペンの芯, 抵抗器, 食塩水, 人体
電流を流しにくいもの ガラス, 木片

課題3: 抵抗器に0Vから3Vまで電圧を加えていき, そのときの物体に流れる電流を測定して, グラフを書いてみよう。

課題4: 豆電球に0Vから3Vまで電圧を加えていき, そのときの物体に流れる電流を測定して, グラフを書いてみよう。

5. ダイオード

① ダイオード

電流を一方向にしか流さない（電流が一方向には流れやすいが、その逆方向には流れにくい）電子部品である。電流を流す方向によって電気抵抗の値が大きく異なる。

電流がよく流れる向きを「順方向」、流れにくい向きを「逆方向」と言う。流れる電流をそれぞれ「順電流（順方向電流）」、「逆電流（逆方向電流）」という。ダイオードの図記号、電流の方向を図12に示す。

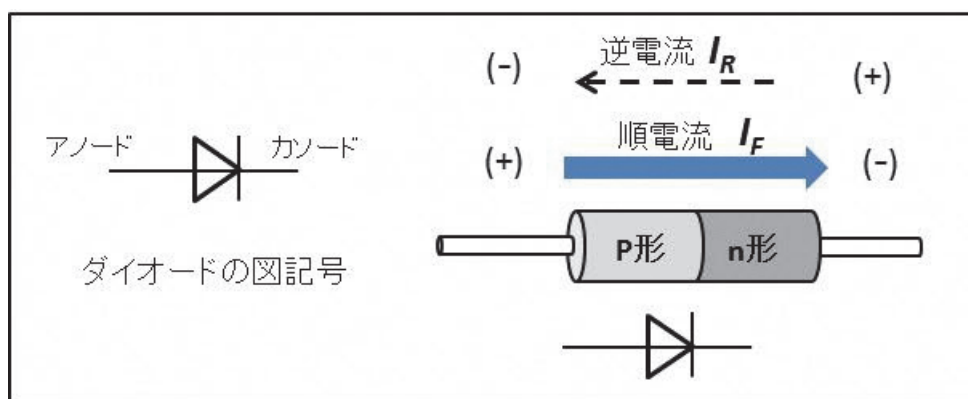


図10 ダイオードの図記号と電流の方向

また、順方向に電流を流すと、光を発生させるものがある。このタイプのダイオードを発光ダイオード(LED)という。発光ダイオードの図記号と概観を図11に示す。

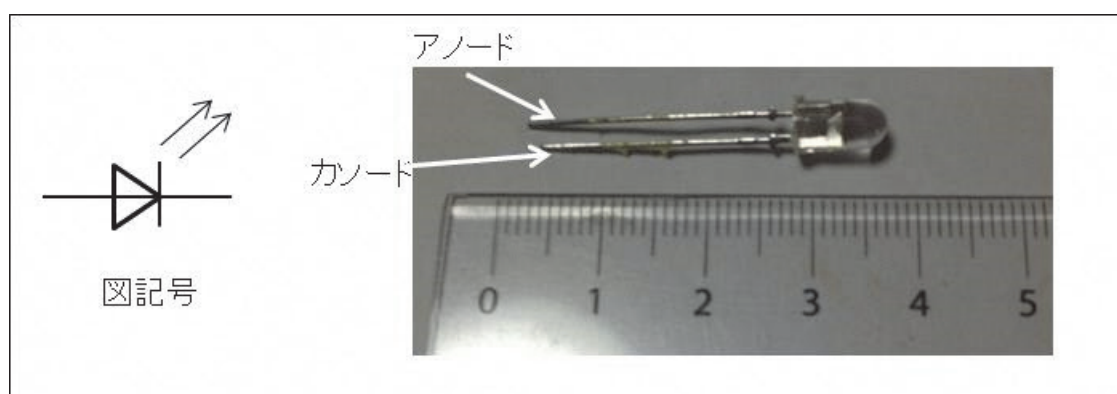


図11 発光ダイオードの図記号と構造、概観

② ダイオードの構造と図記号, 極性表示

pn 接合ダイオードは図 14 (ア) のような構造をもち, pn 接合の p 形側をアノード, n 形側をカソードという。pn 接合ダイオードの図記号を図 14 (イ) に示す。また, 図 14 (ウ) は極性表示の例である。

図 15 に, pn 接合ダイオードの外観の例を示す。

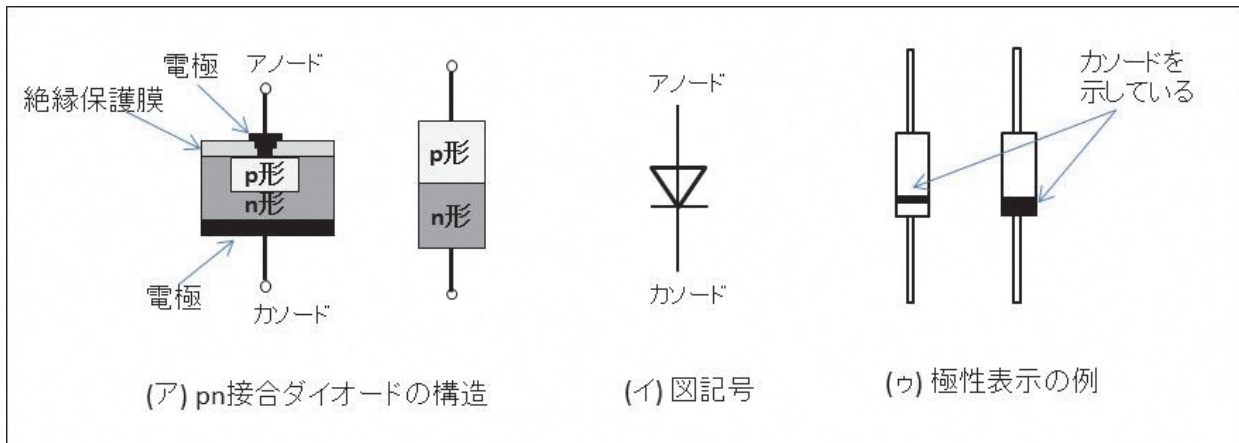


図 12 pn 接合ダイオード

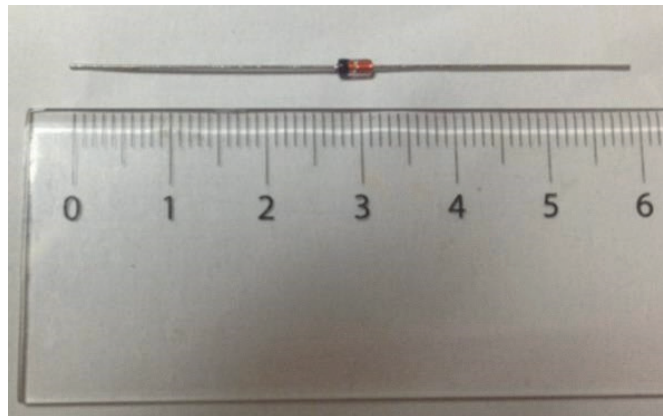


図 13 pn 接合ダイオードの概観例

③ 順電流・逆電流・特性

A) 順電圧・順電流

図 16 のように、pn 接合の p 形が正、n 形が負となるような電圧を順電圧という。順電圧（順方向電圧） V_F を加えると、シリコンの場合、およそ 0.6V 程度で空乏層が消滅し、正孔は p 形領域から n 形領域へ移動し、自由電子は n 形領域から p 形領域へ移動する。このため、矢印の方向に電流 I_F が流れはじめる。

さらに順電圧（順方向電圧）を増加していくと、それに従い電流も増加する。この電流を順電流（順方向電流）という。ここで重要なことは、p 形、n 形それぞれの領域の多数キャリアが移動するため、大きな電流が流れることである。

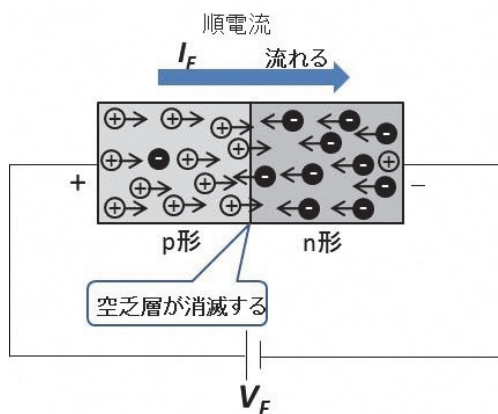


図 14 順電圧

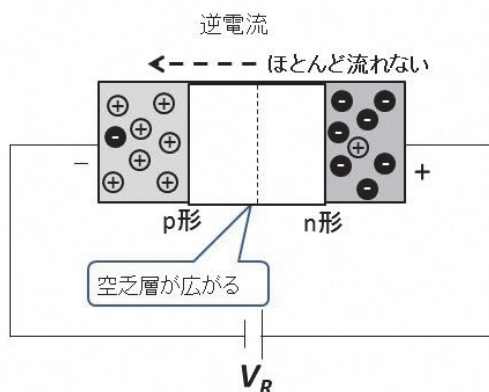


図 15 逆電圧

B) 逆方向電圧（逆電圧）・逆方向電流（逆電流）

図 17 のように、n 形が正、p 形が負となるような電圧を逆電圧（逆方向電圧）という。逆電圧 V_R を加えると、pn 接合面付近の空乏層の幅が広がる。このため、多数のキャリアの移動は起こらず、多数キャリアによる電流は流れない。しかし、n 形、p 形それぞれの領域の少数キャリアは、逆電圧によって移動することになるので、きわめてわずかな電流が流れる。これを逆電流（逆方向電流）という。このように pn 接合には、順電流が流れやすく、逆電流は流れにくい性質がある。これを整流作用という。

C) 特性図 図 12 に、ダイオードに流れる電流の方向を示した。図 18 は電圧・電流特性である。pn 接合ダイオードは、わずかな順電圧で大きな順電流を流すことができるが、逆電圧ではほとんど電流が流れない。

図 19 は、順電流が流れはじめる電圧を示したもので、ゲルマニウムダイオードが約 0.2V、シリコンダイオードが約 0.6V である。

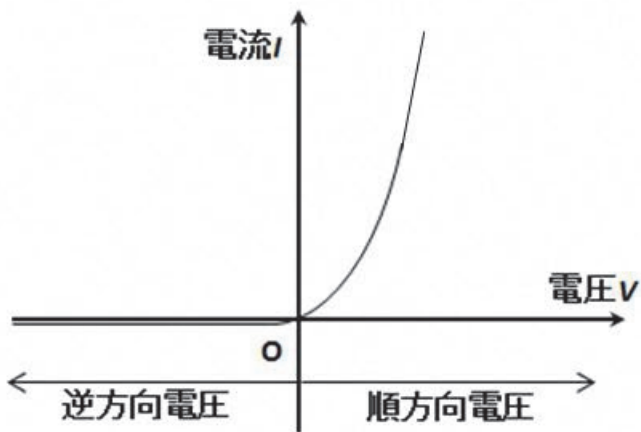


図 16 ダイオードの電流－電圧関係の例

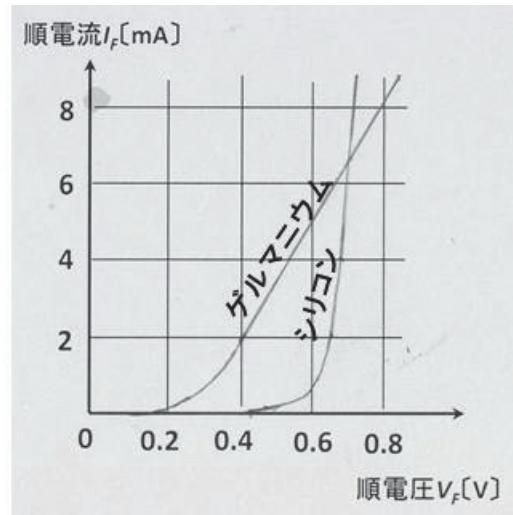


図 17 順方向特性

課題 5: 青色・赤色・緑色の LED の光り始める電圧を比べよう。また、ダイオードの電流－電圧特性を測定してみよう。

6 コンデンサー

① コンデンサーとは

コンデンサーは、電荷を蓄えることができる素子で、電子機器や電気機器に広く使用されている。電気を充電したり放電したりすることができる。蓄えられる電荷 Q は電圧 V に比例し、 $Q = CV$ の関係があり、比例定数 C を「電気容量」といい、その単位は〔F〕（ファラド）である。コンデンサーは、回路図上で、下記のように表す。



（セラミックコンデンサーやフィルムコンデンサーの）静電容量表示について

下記の図 11 のように表す。

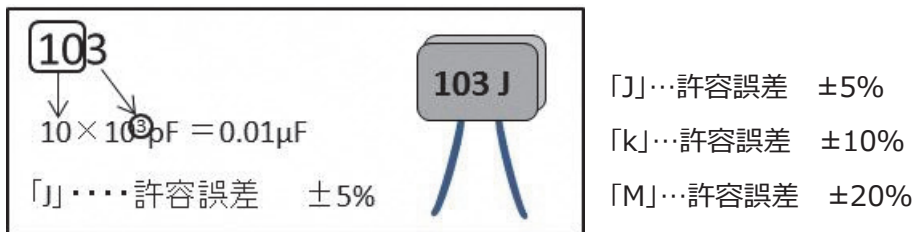


図 18 コンデンサーの静電容量の表示

（単位の接頭語）

接頭語	m	μ	n	p
読み方				
大きさ				

<数字が 3 桁で記載されている場合>

（473 の場合）

$$47 \times 10^3 \text{ pF} = 47 \times 1000 = 47000 \text{ pF} = 0.047 \mu\text{F}$$

（ただし、1 桁目が 3 以上の数字の場合は、pF ではなく μF とするほうが一般的）

<数字が 2 桁しか記載されていない場合>

（22 の場合）

そのまま「22pF」と読めばよい

課題 6：コンデンサーの静電容量表示を読み取り、で電気容量を確認してみよう。

7 電池

① 電池とは

電池は化学反応により、極板間に電圧を作り出す。電流が流れていない状態での、電池の電極間の電圧を電池の起電力 E という。また、電池には内部に抵抗をもつ（内部抵抗 r ）。電池に電流が流れると、内部抵抗による電圧降下により、端子電圧が小さくなる。

図のように電池を接続し、可変抵抗器の抵抗値を変えながら端子電圧 V を測ると、 E 、 V 、 I 、 r には以下のような関係がある。

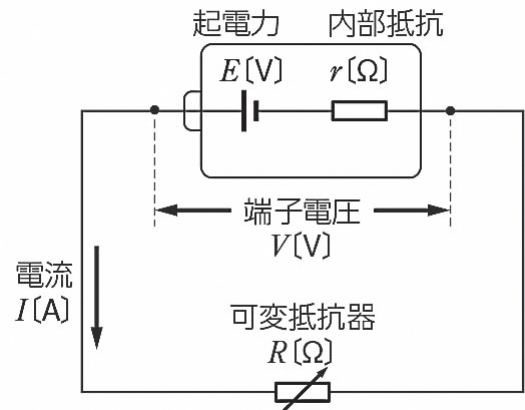
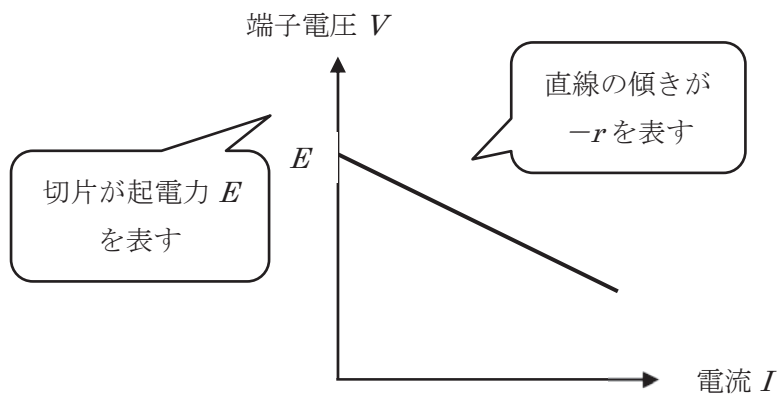


図 19 電池の起電力と内部抵抗

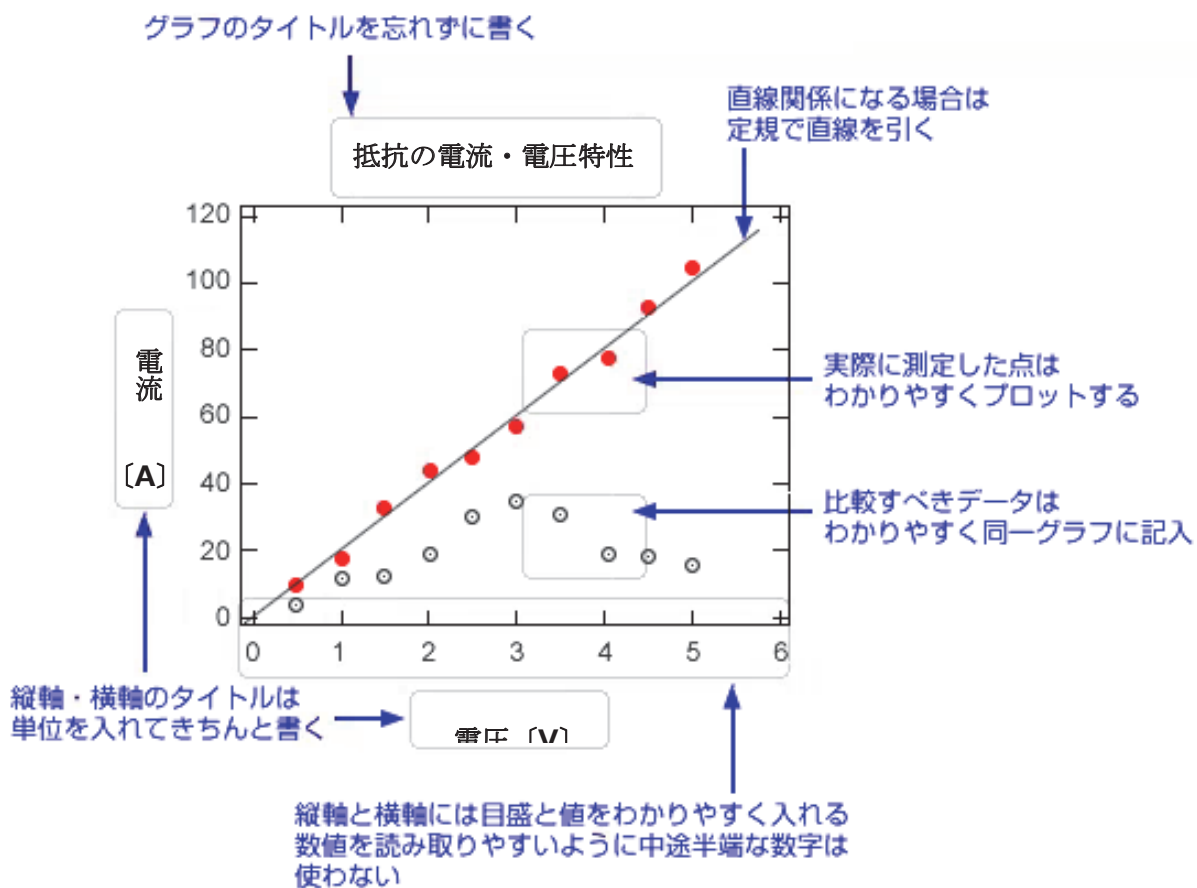
$$V = E - rI$$



つまり、回路に流れる電流と電圧の関係を調べてグラフ書き、直線の切片と傾きを求めることで、電池の起電力と内部抵抗を求めることができる。

課題 7： 単 1 電池と単 3 電池の起電力を比較しよう。また、新しい電池と古い電池の起電力、内部抵抗を求め、古い電池と新しい電池の違いは何か調べよう。

<補足資料> グラフの書き方



電気基礎 （課題2「未知なものをデジタルマルチメーターで測定等を行い，結果をまとめて発表しよう」）

実施日 _____ 年 月 日 グループ _____

1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

課題2．未知なものをデジタルマルチメーターで測定等を行い，結果をまとめて，発表しよう。

電気基礎（課題 3－1 「抵抗器の電流－電圧特性を調べてみよう」）

実施日 _____ 年 月 日 グループ _____

1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

課題 3：抵抗器に 0V から 3V まで電圧を加えていき、そのときの物体に流れる電流を測定して、グラフにしてみよう。

【準備物】抵抗器，電源，デジタルマルチメーター 2 つ，導線

【手順】

① 測定回路をどうすればよいか。回路図を書いて各机でお互いに確かめる。

(回路図記号) 電圧計 電流計 抵抗器 電源

② 回路図どおりに配線し、電源の電圧を 0V からゆっくり上げて、電圧、電流が正しく表示されるか確認し、上手く行かない場合は修正する。配線のコードはなるべく少なく、すっきりした配線を心がける。

③ データを取り、グラフにする。単位は必ず記入すること。データの桁数にも注意を配ること。

【結果】

① 抵抗器の電圧、電流のデータを下の表にメモしなさい。

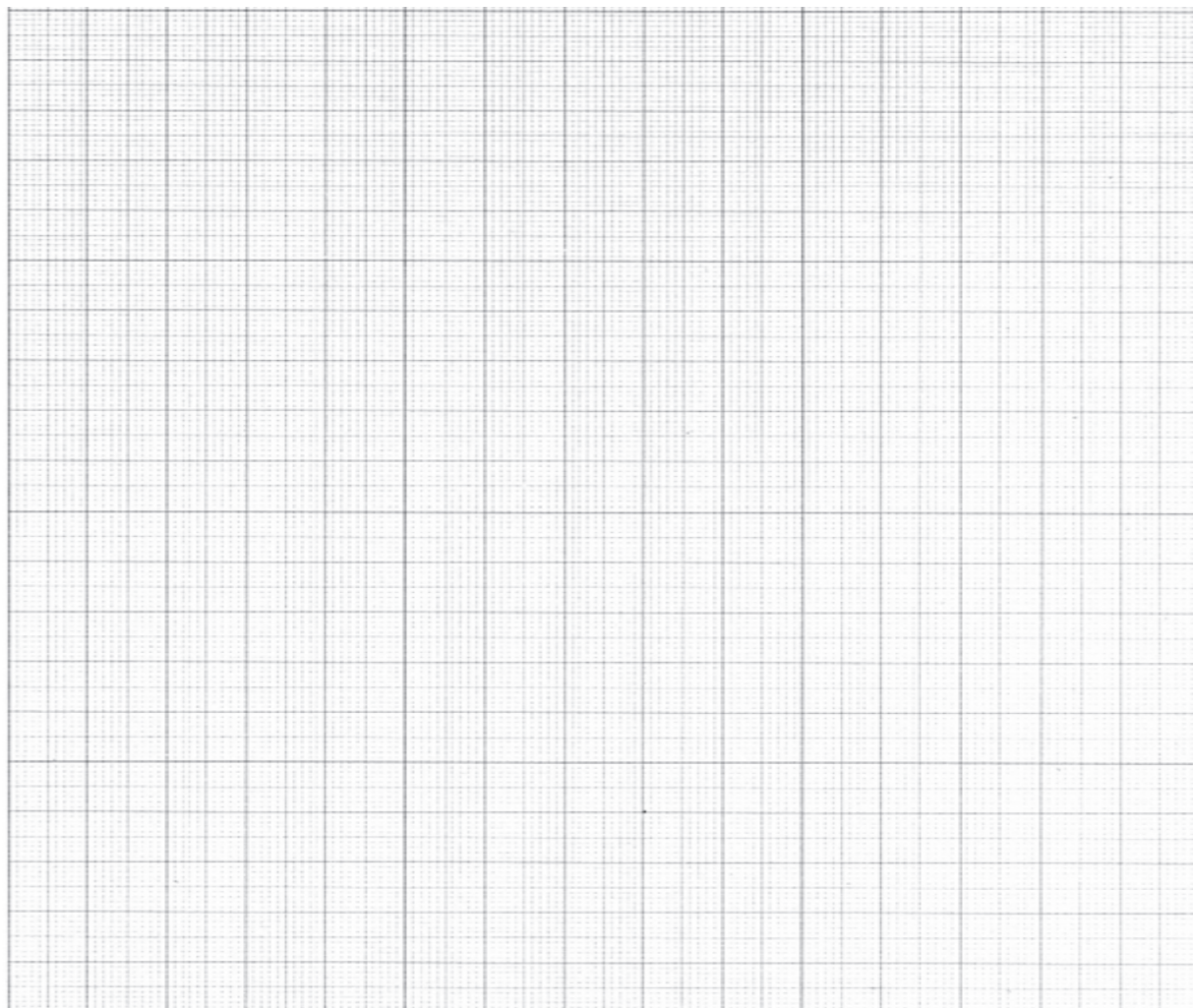
電圧〔 〕	電流〔 〕	電圧〔 〕	電流〔 〕	電圧〔 〕	電流〔 〕	電圧〔 〕	電流〔 〕

電気基礎（課題 3-1 「抵抗器の電流-電圧特性を調べてみよう」）

実施日 _____ 年 _____ 月 _____ 日 グループ _____

1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

② 抵抗器の電圧・電流特性のグラフを書きなさい。



④ 抵抗器のカラーコードを読み取り，抵抗値を求めよう。

カラーコード（ _____ ） 抵抗値（ _____ ）

⑤ グラフから，抵抗器の抵抗値を求めよ。

（求め方）近似曲線の通る線上で正確に値が分かる 2 点を見つけ，その 2 点間の傾きを求め，抵抗値を計算する。

計算式

$$V = IR \quad \rightarrow \quad I = \frac{V}{R}$$

↑
傾き

抵抗値（ _____ ）

電気基礎（課題 3－2 「豆電球の電流－電圧特性を調べてみよう」）

実施日 _____ 年 _____ 月 _____ 日 _____ グループ _____

1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

課題 3－2：豆電球に 0V から 3V まで電圧を加えていき、そのときの物体に流れる電流を測定して、グラフにしてみよう。

【準備物】豆電球，電源，デジタルマルチメーター 2 つ，導線

【手順】

- ① 回路を配線し、電源の電圧を 0V からゆっくり上げて、電圧、電流が正しく表示されるか確認し、上手く行かない場合は修正する。配線のコードはなるべく少なく、すっきりした配線を心がける。
- ② データを取りグラフにする。単位は必ず記入すること。データの桁数にも注意を配ること。

【結果】

- ① 豆電球の電圧、電流のデータを下の表にメモしなさい。

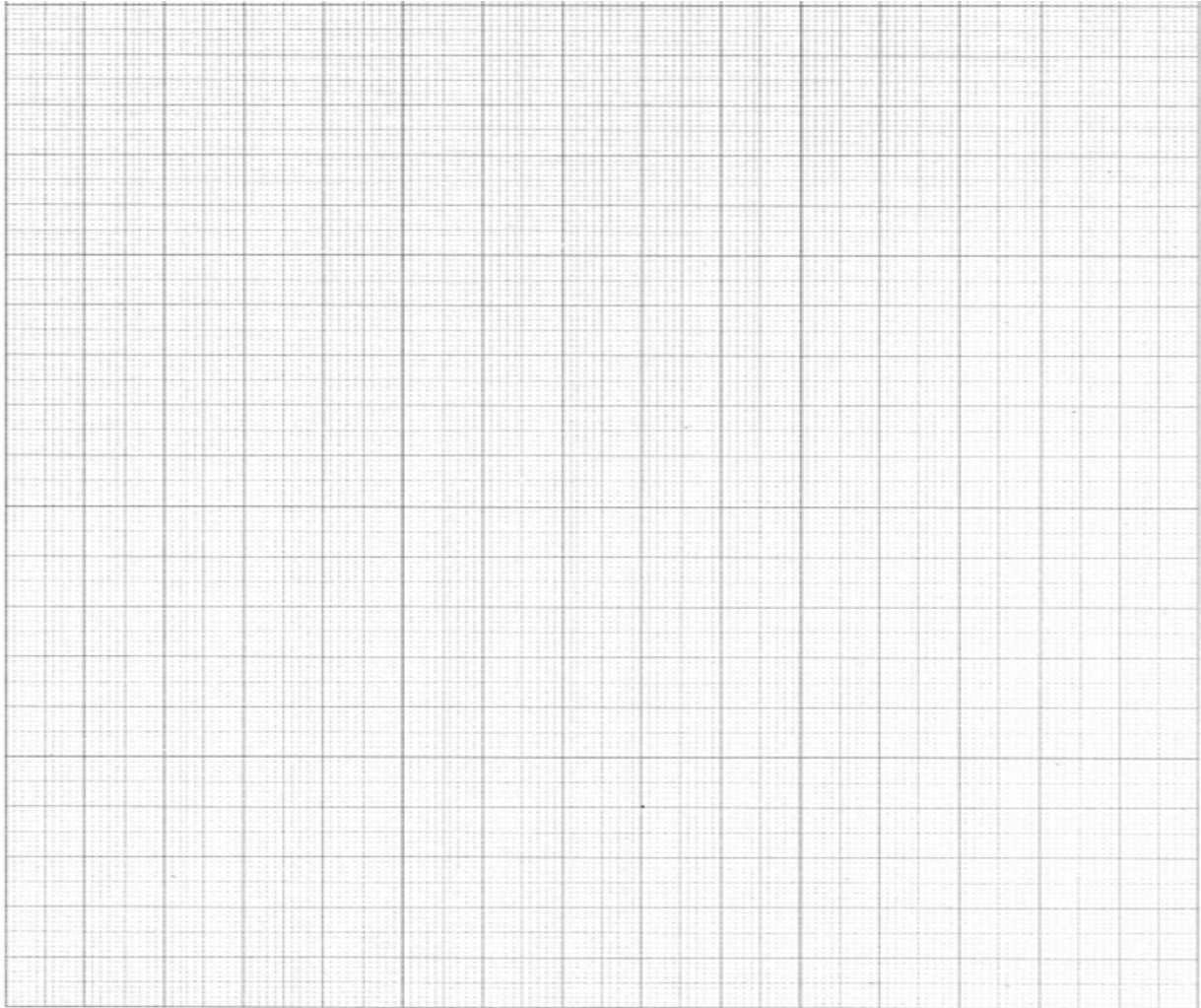
電圧〔 〕	電流〔 〕	電圧〔 〕	電流〔 〕	電圧〔 〕	電流〔 〕	電圧〔 〕	電流〔 〕

電気基礎（課題 3-2 「豆電球の電流－電圧特性を調べてみよう」）

実施日 _____ 年 月 日 グループ _____

1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

- ② 豆電球の電圧・電流特性のグラフを書きなさい。



電気基礎（課題4-1「ダイオードの電流・電圧特性」）

実施日 _____ 年 _____ 月 _____ 日 _____ グループ _____

1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

課題5：青色・赤色・緑色のLEDの光り始める電圧を比べよう。また、ダイオードの電流－電圧特性を測定してみよう。

【手順】

ダイオードは発光ダイオードを用いて行う。

① 発光ダイオードを順方向に接続し、光り始める電圧を測定し、記録する。赤色、青色、緑色の3つのLEDが光り始める電圧を比較する。

※ ダイオードに50mA以上の電流を流さないこと。

② デジタルマルチメーターの電流と電圧をモニターしながら、発光ダイオードに加える電圧を変化させたときの、電流を測定する。

※ ダイオードに50mA以上の電流を流さないこと。

③ データを取り、グラフにする。単位は必ず記入すること。データの桁数にも注意を配ること。

【結果】

① LEDの色による発光を始める電圧を記入しなさい。

赤色（ ） 青色（ ） 緑色（ ）

② LEDの電流と電圧を下の表にメモしなさい。

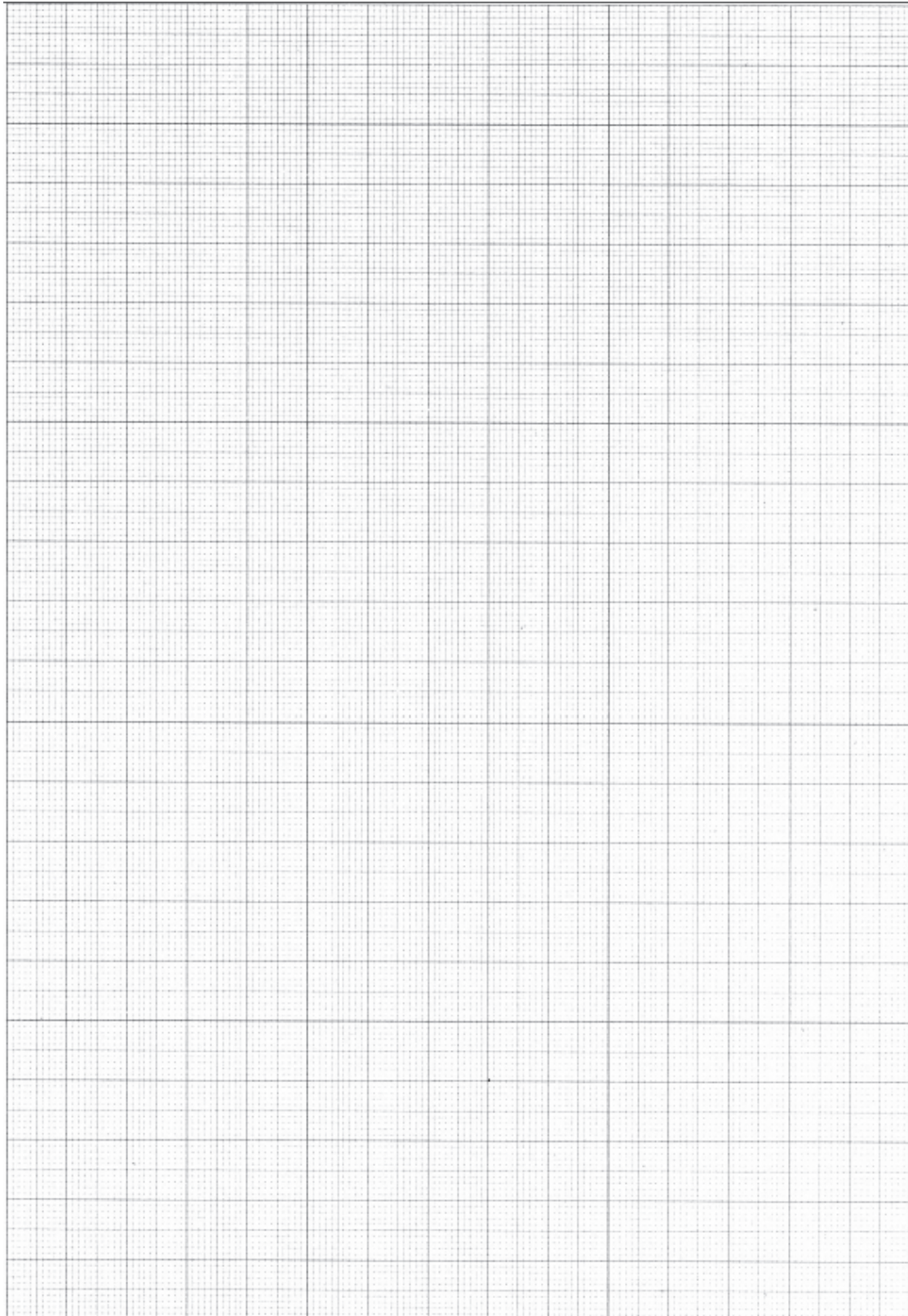
電圧〔 〕	電流〔 〕	電圧〔 〕	電流〔 〕	電圧〔 〕	電流〔 〕	電圧〔 〕	電流〔 〕

電気基礎（課題4-1「ダイオードの電流・電圧特性」）

実施日 _____ 年 月 日 グループ _____

1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

② LEDの電流と電圧のグラフを書きなさい。



電気基礎（課題４－１「ダイオードの電流・電圧特性」）

実施日 _____ 年 月 日 グループ _____

1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

【考察】

抵抗器, 豆電球, ダイオードのグラフと比較し, それぞれどのような特徴があるかまとめなさい。また, その違いが生じる理由を調べてまとめなさい。

電気基礎(課題4-2「コンデンサーの静電容量を計算し,測定してみよう」)

実施日 _____ 年 月 日 グループ _____

1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

課題6: コンデンサーの静電容量表示を読み取り, で電気容量を確認してみよう。

次のコンデンサーの静電容量表示から静電容量を読み取りなさい。また, を用いて, 静電容量を測定しなさい。

①  104J

- 計算方法

計算値 _____

許容差 _____ ~ _____

- 測定値

測定値 _____

②  223J

- 計算方法

計算値 _____

許容差 _____ ~ _____

- 測定値

測定値 _____

電気基礎（課題5「電池の特性」）

実施日 _____ 年 _____ 月 _____ 日 グループ _____

1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

課題7：単1電池と単3電池の起電力を比較しよう。また、新しい電池と古い電池の起電力、内部抵抗を求め、古い電池と新しい電池の違いは何か調べよう。

【予想】

① 単1電池と単3電池の起電力は何V？

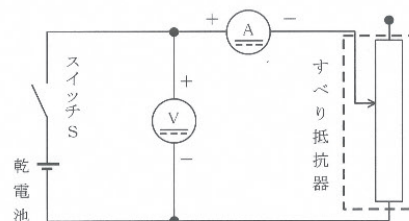
単1電池（ ） 単3電池（ ）

② 電池が古くなると起電力と内部抵抗はどうなる？



【手順】

- ① すべり抵抗器の抵抗を変えるには、どこに導線を接続すればいいかマルチメーターを使って調べる。
- ② 右の回路図のように、新しい乾電池、電流計、電圧計、すべり抵抗器、スイッチをリード線で接続する。
- ③ すべり抵抗器の抵抗値を最大にし、少しずつ小さくさせ、その時の電圧 V [V] と電流 A [mA] を読み取り、表に値を記入する。
- ④ 表の測定値をもとに、電圧 V と電流 I のグラフをそれぞれ書く。



<注意点>

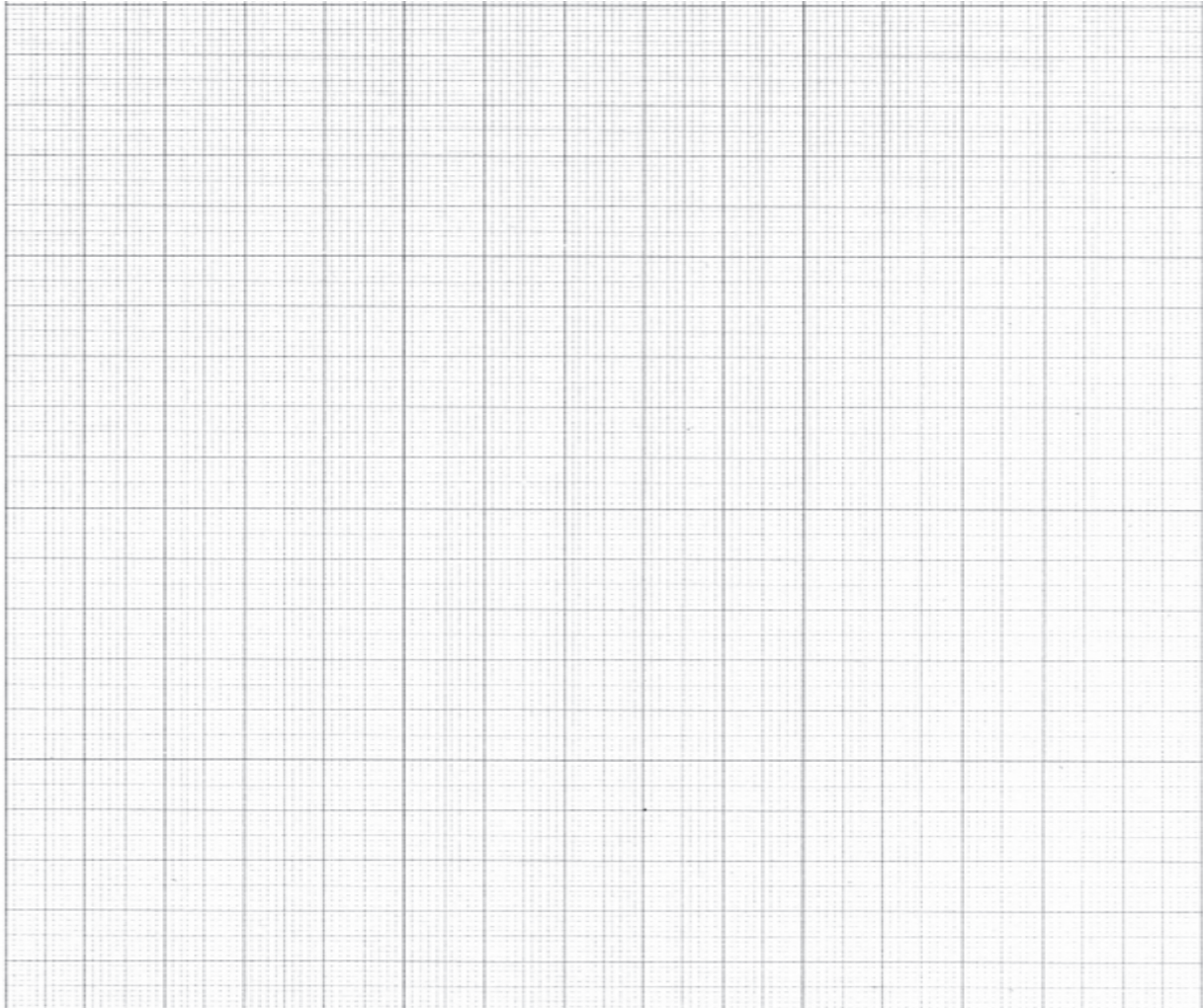
- ・電池を回路につないでいると電池が消費されていきます。電圧・電流の値の読み取りは素早く行い、その都度、電池を外すこと。
- ・電圧計と電流計のホールドボタンを同時に押すと、その瞬間の値が固定されて表示できます。

電気基礎（課題5「電池の特性」）

実施日 _____ 年 _____ 月 _____ 日 グループ _____

1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

③ 新しい電池と古い電池の電流と電圧のグラフを書きなさい。



④ グラフから、新しい電池と古い電池の起電力と内部抵抗を求めよう。ただし、内部抵抗については導入過程を記述せよ。

（新しい電池） 起電力 _____ 内部抵抗 _____
<内部抵抗の導入過程>

（古い電池） 起電力 _____ 内部抵抗 _____
<内部抵抗の導入過程>

電気基礎（課題5「電池の特性」）

実施日 _____ 年 月 日 グループ _____

1年 _____ 組 _____ 番 氏名 _____

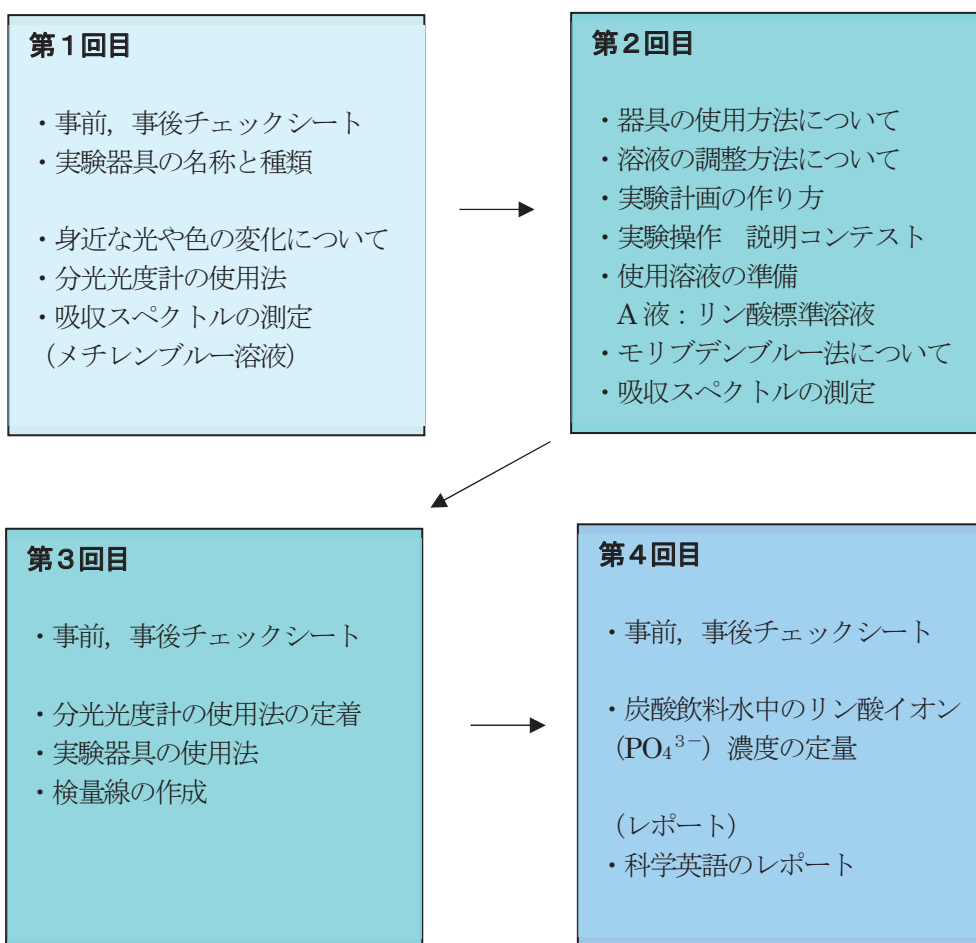
【考察】

新しい電池と古い電池の起電力と内部抵抗をそれぞれ比較し、どのようなことが言えるか。また、その理由を調べてまとめなさい。

令和4年度(2022年度)

IC インキュベーションラボ

E. 吸光分析



レポート提出

講座実施日の翌日(金)

17:00 までに化学準備室前カゴに提出

1年

組

番氏名

チェックシート

1-1. 色が見える原理を友達に正しく説明することができますか。

授業前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

授業後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

1-2. モリブデンブルー法について、友達に正しく説明することができますか。

授業前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

授業後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

1-3. 吸収スペクトルについて、友達に正しく説明することができますか。

授業前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

授業後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

身に付けたいこと
授業後の振り返り (達成できたことと課題)

1. 身近な光や色の説明

(1) 光の性質 I

①光とは何か

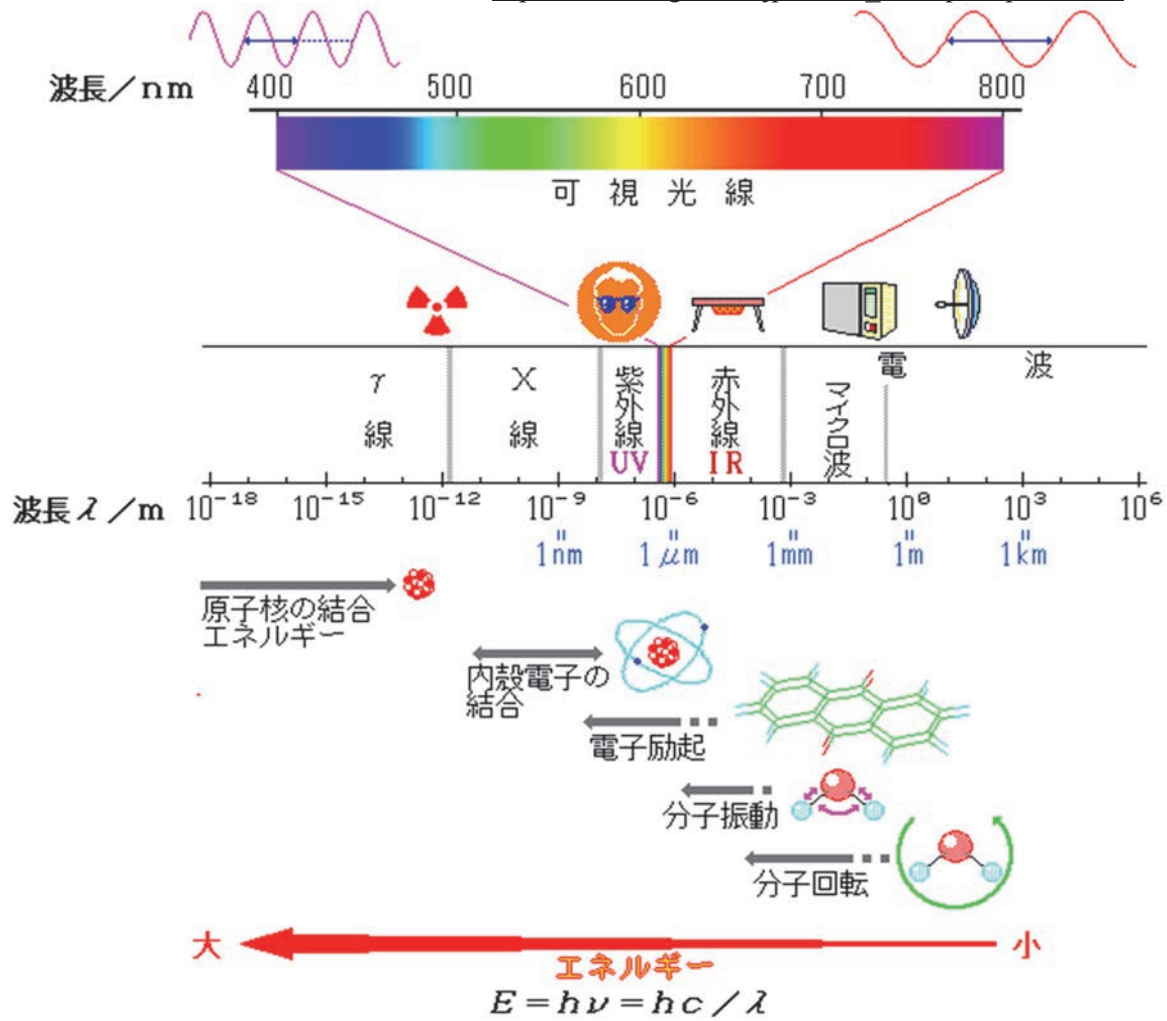
あたり前のように私たちの周りがある「光」はラジオ、テレビの電波やレントゲンに使われる X 線と同じ電磁波の一種であり、特定の波長をもっている。

呼 称	波長	波数 (cm ⁻¹)
短波	50 m	
超短波	10 m	
マイクロ波	1 m	
遠赤外	4 mm	2.5
赤外	25 μm	400
近赤外	2.5 μm	4000
赤	750 nm	1.33 × 10 ⁴
可視	400 nm	2.5 × 10 ⁴
紫	200 nm	5 × 10 ⁴
近紫外	500 Å	2 × 10 ⁴
X 線	0.05 Å	
γ 線		

予備知識！

$$\frac{1}{10} = 0.1 = 10^{-1}$$

1 mm = 10⁻³ m
 1 μm = 10⁻⁶ m
 1 nm = 10⁻⁹ m
 1 pm = 10⁻¹² m
 1 Å = 10⁻¹⁰ m



電磁波（光）の波長とエネルギー

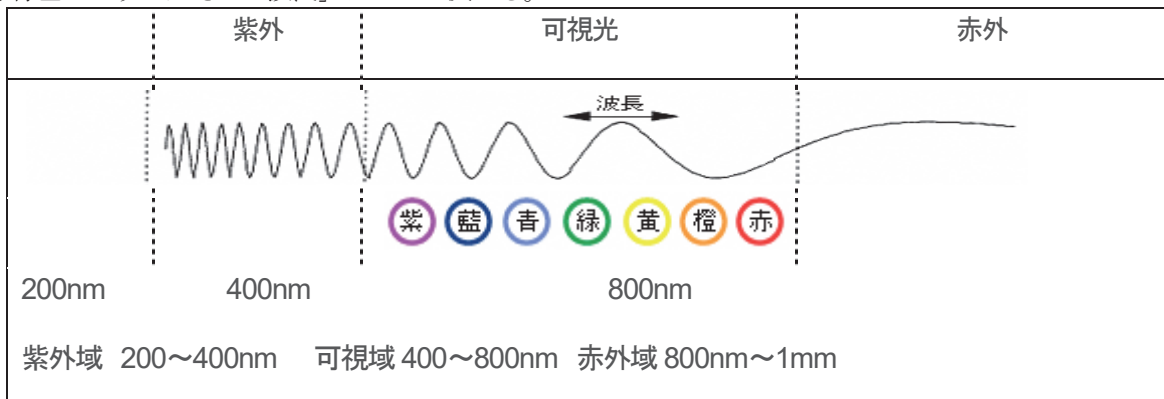
②光と光の波長線

光のうち、波長が

- 200～400nm の範囲を 紫外 (UV ; ULtra VioLet)
- 400～800nm の範囲を 可視 (VIS ; VisibLe)
- 800nm～1mm 付近を 赤外 (IR ; Infra Red) と呼んでいる。

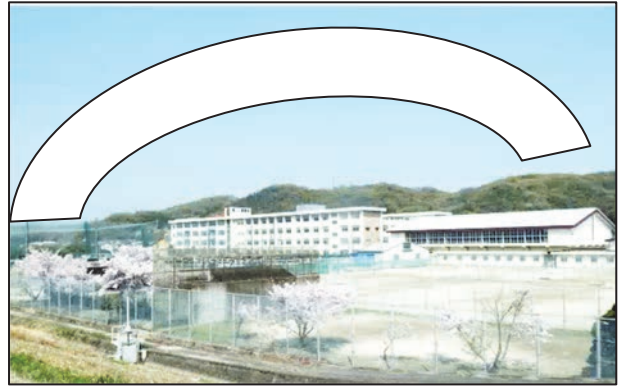
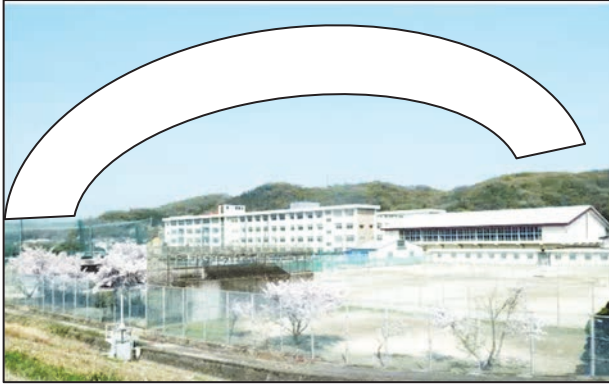
この中でも、その名のとおり可視光線だけが私たちの目に「色」として見ることができる。

赤色や青色というのはその「波長」によって決まる。



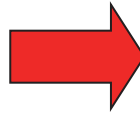
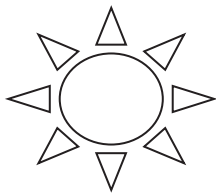
質問 虹の色の並び方はどうだった？

友達と相談せずに左側に虹の絵を描いてみましょう。



(2) なぜ色が見える？

太陽光は白色だが.....



トマトやリンゴが赤い理由

ある物質にいろいろな色を含む光（白色光）を当てたとき、

物質はその中から特定の波長の光（色）だけを取り込んで（吸収して）、残りの色が私たちの目にその物質の色として見える。

このとき、吸収した光の**補色**が見えている。

補色と色相環



トマトやリンゴの場合は白色光が当たると青緑色を吸収し、私たちには補色である赤色が見える。

物質は特定の波長の光を吸収し、目に見える色はその補色（余色）である

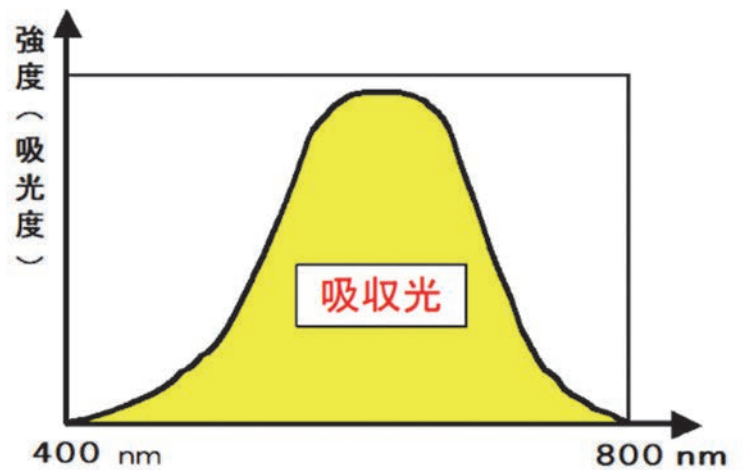
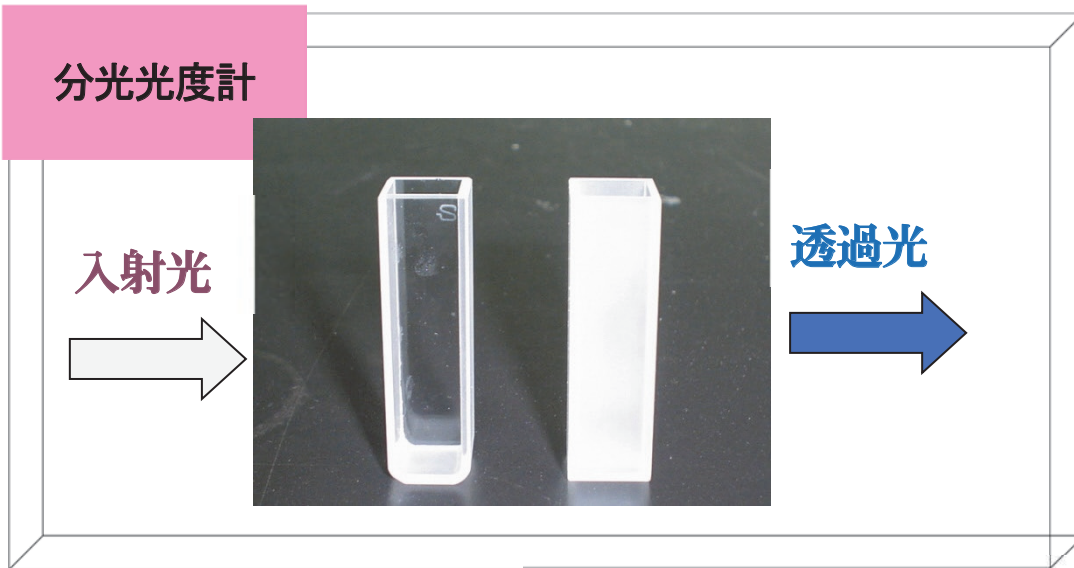
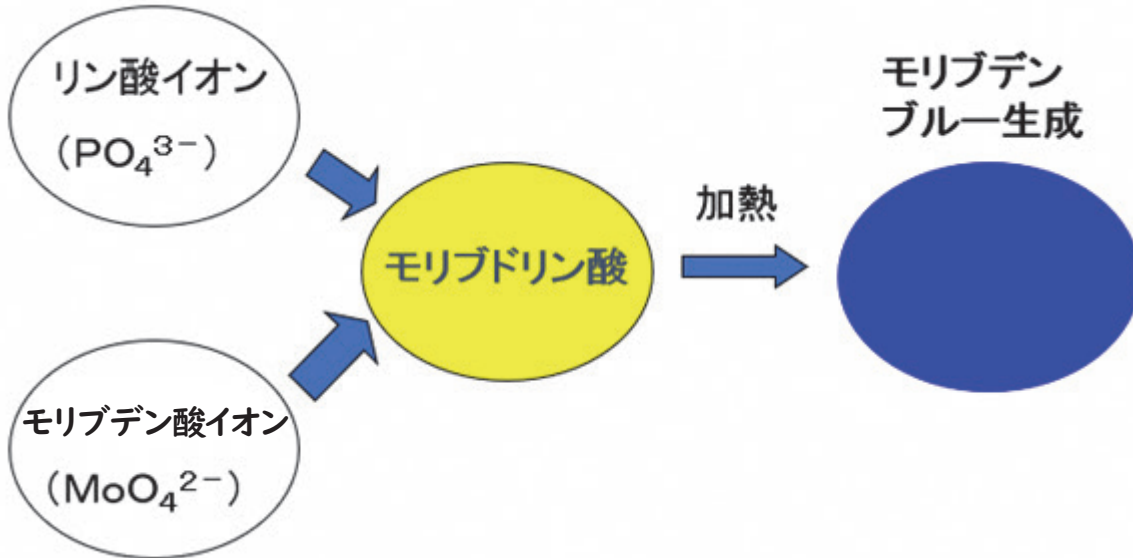
2. モリブデンブルー法の原理

Mo : モリブデン

MoO_4^{2-} : モリブデン酸イオン

※Mn : マンガン

MnO_4^- : 過マンガン酸イオン



3. 実習1：吸収スペクトルの測定

目的：試薬を測定できる濃度に薄める。

分光光度計を使用して、メチレンブルー溶液の吸収スペクトルを測定する。

準備

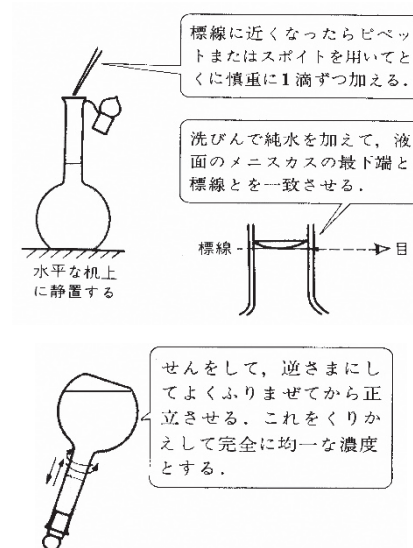
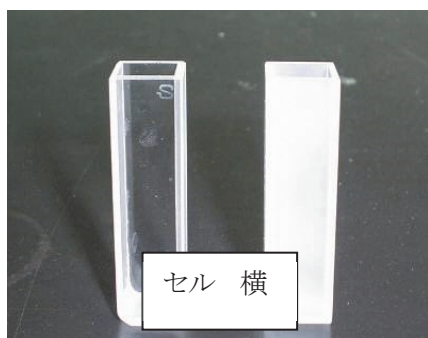
器具 □ビーカー(50mL, 100mL) □メスフラスコ(100mL)
□ホールピペット(10mL) □安全ピペッター □駒込ピペット(2mL) × 2
□比色定量用プラセル(光路長 10mm) × 3 □分光光度計 □保護メガネ
材料 □メチレンブルー溶液 □精製水

ホールピペット, メスフラスコ, 駒込ピペットの使い方をマスターしよう!

(実験操作)

1. ホールピペットでメチレンブルー溶液を 10mL はかり取り, メスフラスコに入れる。
メスフラスコに精製水を加えて 100mL に薄める。(操作方法を身につける。)

2. ブランク用(空試験用)として, 精製水を比色定量用セルにとる。2個。



3. 薄めたメチレンブルー溶液を比色定量用セルにとる。1個

4. ブランク用セルを分光光度計のブランク値用ホルダーと測定用ホルダーに入れ, ゼロ合わせをする。

5. メチレンブルー溶液のセルを吸収スペクトル測定用ホルダー(手前側)に入れ測定(スペクトル測定)する。
得られたデータをアクティブシートに替えて, ピーク値を検出する。

7. データを印刷し, 最大吸収スペクトルの波長(nm)を読みとる。



nm

(吸収スペクトルのデータを貼る。)

チェックシート

2-1. 溶液の調製の仕方の注意点を正しく説明することができますか。

事前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

事後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

2-2. マイクロピペットの使い方を正しく説明することができますか。

事前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

事後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

2-3. モリブデンブルー法の原理を友達に正しく説明することができますか。

事前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

事後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

身に付けたいこと
授業後の振り返り（達成できたことと課題） <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

i C インキュベーションラボ E 「吸光分析」 第2回

1. ホールピペット, メスフラスコ, マイクロピペットの使い方をマスターしよう!
2. 溶液の調製の仕方をマスターしよう。
3. モリブデンブルー法でリン酸イオンの吸収スペクトルを測定してみよう。

探究1 リン酸標準溶液の調製

リン酸標準溶液 (10 $\mu\text{g}/\text{mL}$) の準備方法を検討する。

リン酸標準溶液 (10 $\mu\text{g}/\text{mL}$) とはリン酸イオン PO_4^{3-} が 1mL 中に 10 μg 含まれている溶液。・・・ A液

1 μg = _____ g

10 μg = _____ g

メモ:

調整手順

1. リン酸二水素ナトリウム NaH_2PO_4 6.316 g を 200mL のビーカーを用いて水に溶かす。
2. 溶かした溶液をメスフラスコにすべて入れ, 精製水を加えてちょうど 1 L にする。
3. この溶液 2mL をホールピペットで取り, 別の 1L メスフラスコに入れ, 精製水を加えてちょうど 1 L にする。

実験操作 説明コンテスト

メンバー:

試薬 (リン酸標準溶液 (10 $\mu\text{g}/\text{mL}$)) の準備・方法を, 「どう説明すればわかりやすいか」 検討する。

調製手順は次のとおり。

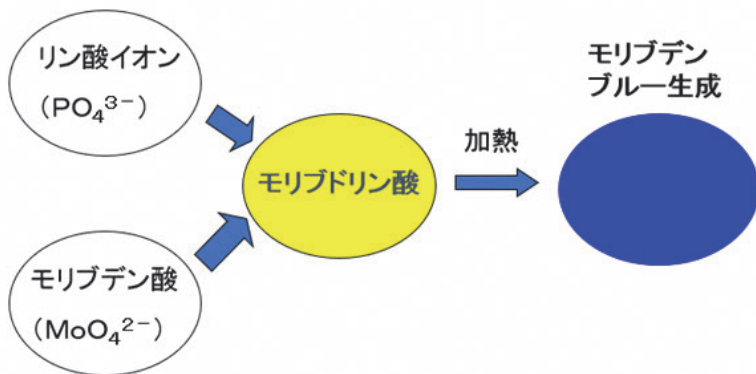
1. リン酸二水素ナトリウム NaH_2PO_4 6.316 g を 200mL のビーカーを用いて水に溶かす。
2. 溶かした溶液をメスフラスコにすべて入れ, 精製水を加えてちょうど 1 L にする。
3. この溶液 2mL をホールピペットで取り, 別の 1L メスフラスコに入れ, 精製水を加えてちょうど 1 L にするとリン酸標準溶液 (10 $\mu\text{g}/\text{mL}$) ができる。

※プレゼン資料のコピーを折って貼る

探究2 モリブデンブルー法

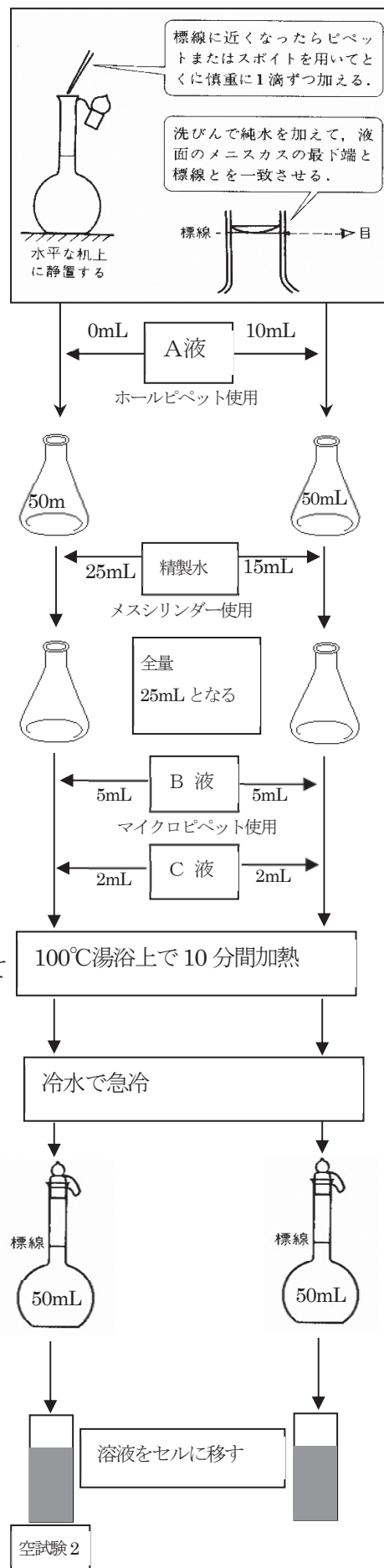
Mo : モリブデン

MoO_4^{2-} : モリブデン酸



(実験操作)

- 2個の50mL三角フラスコ(印付)にホールピペットでA液を0mL 10mLとり(片方は入れない),液量がいずれも25mLになるように精製水を,それぞれメスシリンダーを用いて,25mL,15mL加える。(A液(0mL+精製水25mLの溶液)は空試験(ブランク)である)。
- 1の三角フラスコにそれぞれ,マイクロピペットでB液を5mL, C液を2mL加える。
- 100°C湯浴上で10分間加熱反応させる。
- 冷水(氷水)で急冷する。
- 2個の三角フラスコ中の各溶液を,2個の50mLメスフラスコにすべて移し,水を加えて標線に合わせ,ふたをしてよく振り混ぜる。
- 各溶液を,駒込ピペットで比色定量用セルにとる。空試験は2個,測定用は1つでよい。
空試験のセルを用いて,ゼロ合わせをしたのち,測定試料のセルを測定用ホルダーに入れ,モリブデンブルー溶液の吸収スペクトルを測定する。
- 最大吸収スペクトルの波長(nm)を読みとる。



操作I フローチャート

(モリブデンブルー溶液の吸収スペクトルを貼る。)

i C インキュベーションラボ E 「吸光分析」 第3回

チェックシート

3-1. 吸光分析法の原理を友達に正しく説明することができますか。

事前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

事後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

3-2. 検量線について、友達に正しく説明することができますか。

事前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

事後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

身に付けたいこと
授業後の振り返り（達成できたことと課題）

i C インキュベーションラボ E 「吸光分析」 第3回

実習3回目：検量線の作成

1. 分光光度計を用いた測定方法をマスターしよう。
2. 実験器具の使用法を完全にマスターしよう。
3. 検量線の作成を試みよう。

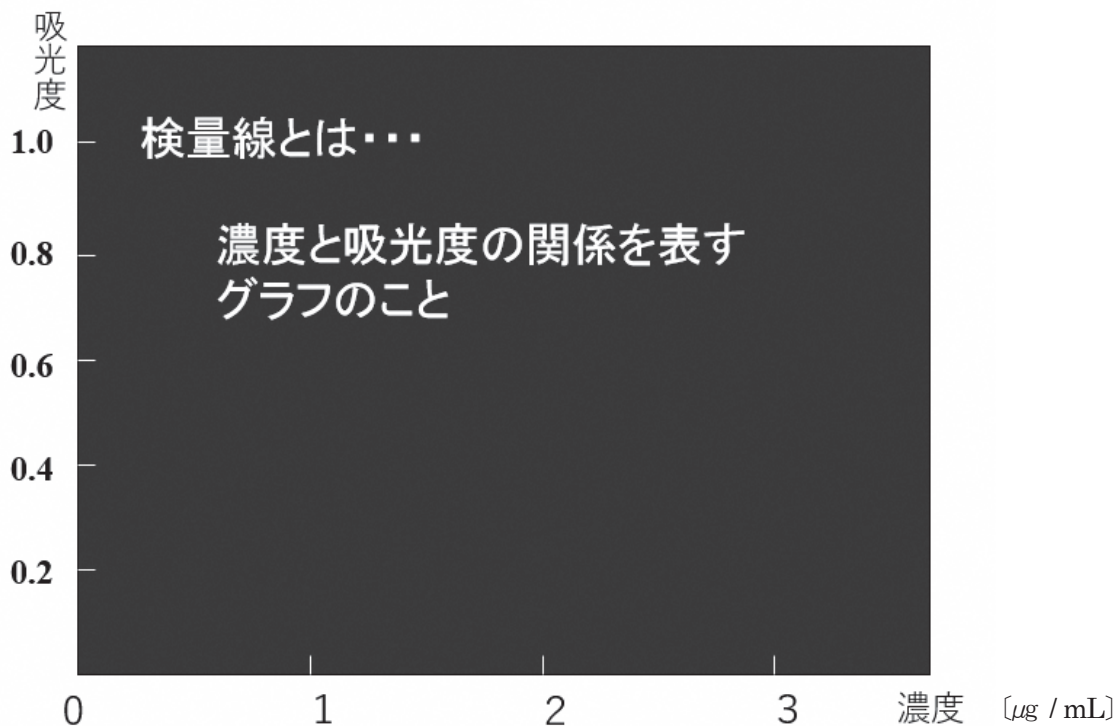
0. 分光光度計を用いた分析・・・濃度測定

吸光度と溶液の濃度の関係を明らかにすると、吸光度を測定するだけで、溶液の濃度がわかる。そのために検量線の作成が不可欠である。

1. 検量線とは

吸光度と溶液の濃度の関係を明らかにした濃度の基準となる検量線を作ろう。

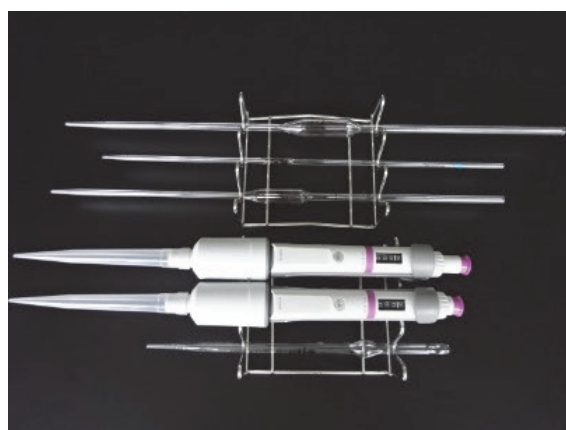
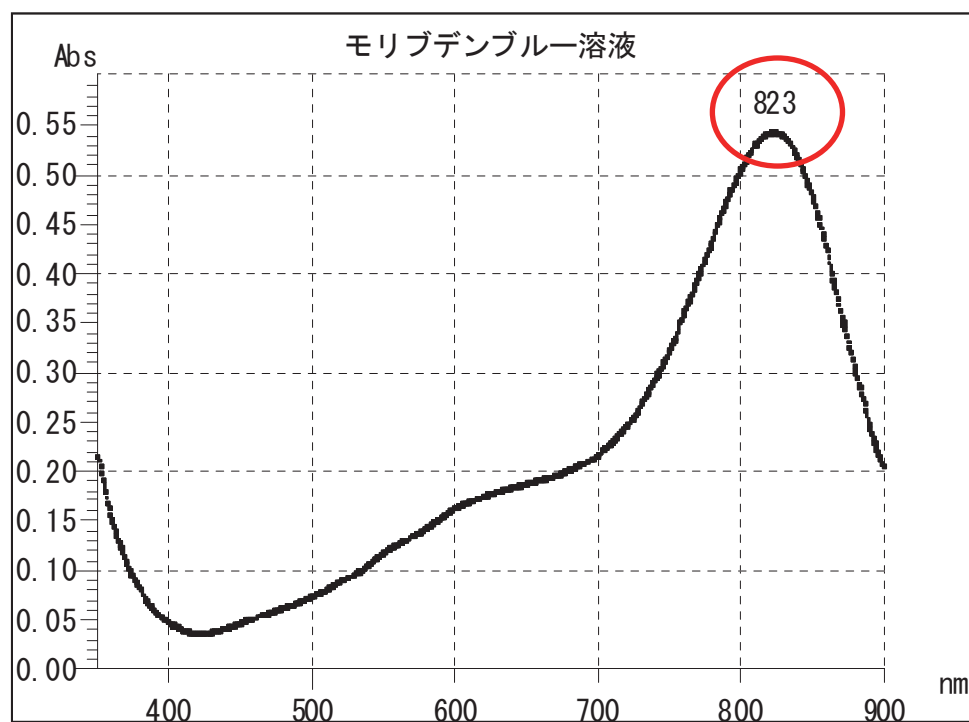
目的：縦軸に**吸光度 (A)** 横軸に溶液の**濃度 (C)** [$\mu\text{g}/\text{mL}$] をとり、グラフ (検量線) を書く。



準備：モリブデンブルーの濃度 $0 \mu\text{g}/\text{mL}$ $1 \mu\text{g}/\text{mL}$ $2 \mu\text{g}/\text{mL}$ $3 \mu\text{g}/\text{mL}$ の溶液
これらの吸光度を測定する。

※ $1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{g}$

最大吸収波長の光で測定する必要がある！



器具をきちんと整頓！

溶液が机やレポートに付着しないように注意！

2. 検量線の作成実習

実習3：検量線の作成

目的：分光光度計を用いて、検量線を作成する。

(実験操作)

1. 4個の50mL三角フラスコに、ホールピペットでそれぞれ、A液を0, 5, 10, 15mLとり、液量がいずれも25mLになるように精製水を、それぞれメスシリンダーで、25, 20, 15, 10mL加える。
(A液0mL+精製水25mLの溶液は空試験である)。
2. 各溶液に、マイクロピペットでB液を5mL, C液を2mL加える。
3. 100°Cの湯浴上で10分間加熱反応させる。
4. 冷水で急冷する。
5. 各溶液を、4個の50mLメスフラスコにそれぞれ定量的に移し標線に合わせ、ふたをしてよく振り混ぜる。

6. 比色定量用セルに、駒込ピペットで各溶液をとり、空試験の

溶液を空白値ホルダーに入れ、n mに

おける各溶液の吸光度測定を行う。

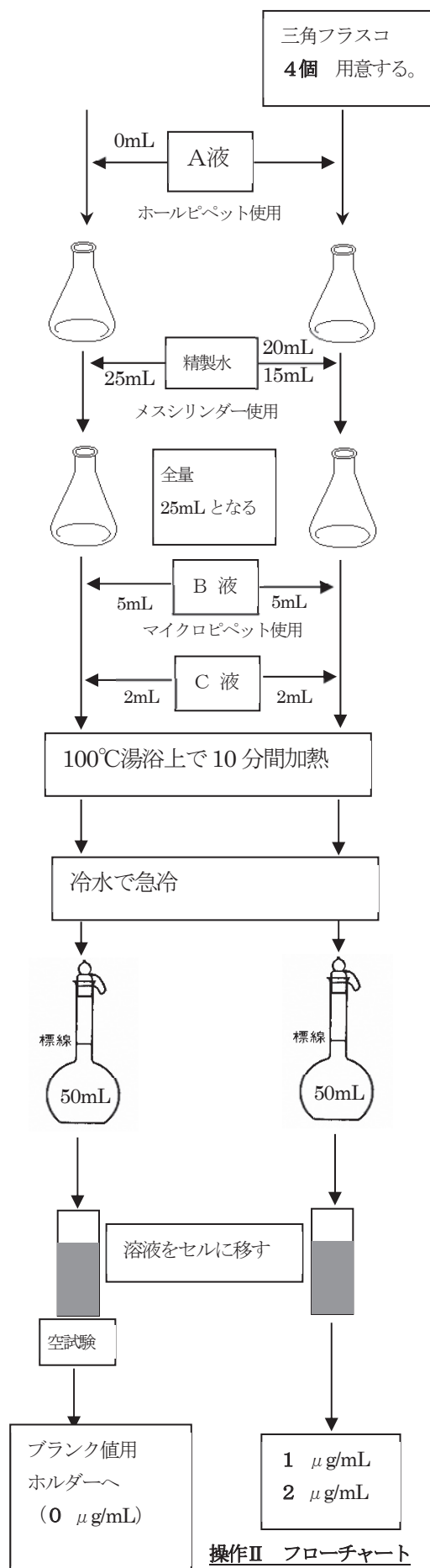
7. リン酸イオン濃度は、それぞれ、0, 1, 2, 3 $\mu\text{g/mL}$ である。

測定した吸光度を転記する↓

リン酸イオン濃度 ($\mu\text{g/mL}$)	吸光度 (Absorbance)
0 $\mu\text{g/mL}$	
1 $\mu\text{g/mL}$	
2 $\mu\text{g/mL}$	
3 $\mu\text{g/mL}$	

吸光度より、グラフ用紙に検量線を作成する。

8. 7の各溶液の



(測定したデータ用紙と，作成した検量線のグラフを貼る。)

i C インキュベーションラボ E 「吸光分析」 第4回
チェックシート

4-1. 前回作成した検量線を活用することができるか。

事前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

事後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

4-2. 吸光分析を利用して、さまざまな物質の目的物の濃度を求めることができる。

事前 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

事後 できる ← 5 4 3 2 1 → できない

身に付けたいこと
授業後の振り返り（達成できたことと課題）

実習4：炭酸飲料中のリン酸イオン濃度の定量

1. 分光光度計を用いた測定方法をマスターしよう。
2. 実験器具の使用法を完全にマスターしよう。
3. 検量線からリン酸イオンの濃度を決定しよう。

100°C湯浴上で5分間加熱
(溶存炭酸ガスを追い出す)

ホールピペット使用

目的：炭酸飲料水中のリン酸イオン濃度を測定する。

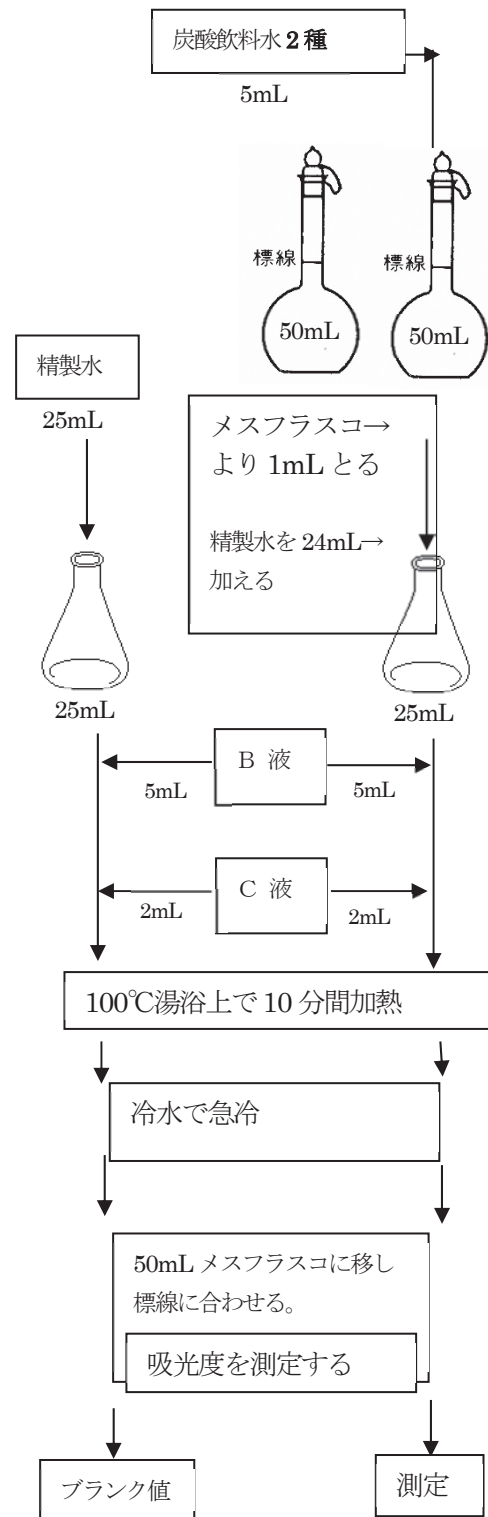
1. 50 mL メスフラスコを2個用意し、あらかじめ100°C湯浴上で5分間加熱し、溶存炭酸ガスを追い出しておいた2種類の炭酸飲料水をそれぞれホールピペットで5 mL 入れ、精製水を加えて標線に合わせた後、ふたをして振り混ぜる。
2. 1の溶液をそれぞれホールピペットで1 mL とり、50 mL 三角フラスコ2個に入れる。次に精製水をメスシリンダーで24 mL 加え、液量を25 mL とする。別の三角フラスコに精製水25 mL を入れ、ブランクとする。
3. 各溶液に、マイクロピペットでB液を5 mL、C液を2 mL 加える。
4. 100°Cの湯浴上で10分間加熱反応させる。
5. 冷水で急冷する。
6. 各溶液を、3個の50 mL メスフラスコに定量的に移し、標線に合わせる。
7. 比色定量用セルに駒込ピペットで、各溶液をとり、空試験の溶液をブランク値ホルダーに入れ、 n m における溶液の吸光度測定を行う。

ブランクセル×2、飲料A (コカコーラ)、飲料B (ペプシコーラ) の4本のセルを準備すること。

吸光度をそれぞれ記録する。(次ページ)

8. 得られた吸光度からリン酸イオン濃度を、作成した検量線により求める。(次ページ)

9. 市販の炭酸飲料水は最終的に500倍に薄めたことになるので実際のリン酸イオン濃度は 操作8 で得られた値の500倍である。(次ページ)



結果と考察

	実測値 (吸光度)	リン酸イオン濃度($\mu\text{g/mL}$) (第3回検量線より算出)	$\times 500$ 実際の濃度
炭酸飲料 I コココーラ			
炭酸飲料 II ペプシコーラ			

φ(..)メモメモ

チェックシート

4-1. この授業を受けて化学に対する興味・関心は高まりましたか。

事後 とても ←—— 5 4 3 2 1 —→ まったく

4-2. この実習は2年生の課題研究に役立ちそうですか。

事後 とても ←—— 5 4 3 2 1 —→ まったく

4-3. この授業の内容が理解できましたか。

事後 とても ←—— 5 4 3 2 1 —→ まったく

4-4. この授業を通して、身についた、もしくは高まったと思われることは何ですか。次から選んで、○をつけてください。
(複数回答可)

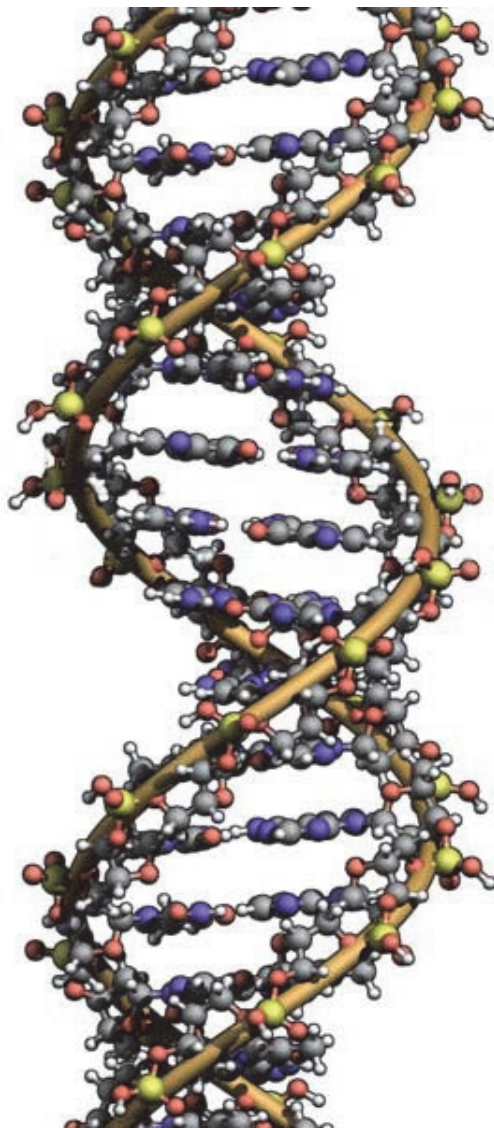
自主性	独創性	好奇心	探求心	やる気	発想力
問題解決力	洞察力	論理的思考力	観察力	リーダーシップ	
プレゼンテーション能力		表現力	コミュニケーション能力	数学力	
英語力	応用力	国際感覚	文章力	レポート作成能力	
その他 ()		

3-5. この実習を受けてどう成長できましたか。感想を含め書いてください。

2022 年度

iCインキュベーションラボ

「バイオテクノロジーの基礎」



DNA 二重らせんモデル

1 年	組	番	班
-----	---	---	---

バイオテクノロジーの基礎 指導計画

題材名		教材		
バイオテクノロジーの基礎		教材プリント		
題材の目標	生命科学を活用する様々な技術を、実習を通して体験する。 目的に応じて、仮説を立て、実験を計画し、協力して実験を行い、結果を処理し、考察し、まとめ、発表する力を養う。			
評価の観点	1. 知識・技能 2. 思考・判断・表現 3. 主体的に学習に取り組む態度 実習に取り組む態度や活動状況、ポスター発表、ワークシート(実習レポート)、確認テストにより評価する。			
題材名	事項名	時数	具体的な学習到達目標	評価基準
バイオテクノロジーの基礎	第1回目 遺伝子組換えの原理と実際 (1)遺伝子組換えの原理 (2)遺伝子導入のしくみ (3)実習Ⅰ「遺伝子組換えとその原理」	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 遺伝子組換えの原理を理解する。 (知識・思考) ・ 遺伝子組換え細胞の選別や導入遺伝子の発現のしくみを理解する。 (思考・判断) ・ 実習に意欲的に参加し、班で協力して実験操作を行う。 (主体・技能) ・ 微生物を扱う実験操作に細心の注意をはらうことができる。 (技能・表現) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 積極的に授業に取り組む。 ・ 積極的に実習に取り組む。 ・ 実習の注意事項を理解し、正しく実践できる。
	第2回目 バイオリアクターを用いたバイオエタノールの生成(1) (1)バイオリアクター (2)実習Ⅱ「バイオリアクターを用いたアルコール発酵」 (3)アルコール発酵活性の測定方法を確認する。 (4)各グループで活性を高める方法を考え、実験計画を立てる。	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオリアクターの意義を理解する。 (知識・思考) ・ 実習に意欲的に参加し、班で協力して実験操作を行う。 (主体・技能・判断) ・ 指示に従い、試薬を計量、調合できる。 (知識・技能・判断) ・ 仮説を立て、目的に応じた実験方法を考案できる。 (思考・判断・表現) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 積極的に授業に取り組む。 ・ 積極的に実習に取り組む。 ・ 実習の注意事項を理解し、正しく実践できる。 ・ 実験の趣旨を理解し、実験計画を立てることができる。

<p>第3回目 バイオリアクターを用いたバイオエタノールの生成(2) (1)前時の学習内容を確認 (2)計画に従って実験を行う。</p>	<p>2</p>	<p>・アルコール発酵の活性状況を測定する方法を理解する。(知識・思考) ・実習に意欲的に参加し、班で協力して実験操作を行う。 (主体・知識・技能) ・自分たちで立てた計画に従い、試薬を計量、調合できる。 (知識・技能・表現) ・仮説を立て、目的に応じた実験方法を考案できる。 (思考・判断・表現)</p>	<p>・積極的に実習に取り組む。 ・実習の注意事項を理解し、正しく実践できる。 ・実験の趣旨を理解し、実験計画を立てることができる。</p>
<p>第4回目 バイオリアクターを用いたバイオエタノールの生成(3) (1)計画に従って実験を行う。 (2)実験結果をポスターにまとめる。 (3)ポスターの考察部分を発表する。 (4)確認テスト。 (5)実習書のまとめを行う。</p>	<p>2</p>	<p>・実習に意欲的に参加し、班で協力して実験操作、ポスター制作を行う。 (主体・判断・表現) ・自分たちで立てた計画に従い、試薬を計量、調合できる。 ポスターを使い、結果、考察を伝えることができる。 (主体・思考・判断・表現) ・扱ってきた内容に関する知識を整理する。 (知識・思考・表現)</p>	<p>・実習の注意事項を理解し、正しく実践できる。 ・グループで協力してポスターを制作し、発表することができる。 ・他のグループの発表を評価することができる。</p>
<p>時数計</p>	<p>8</p>		

【講座のねらい】

生命科学を活用する様々な技術を、実習を通して体験する。遺伝子操作の実習を通して、遺伝子について興味・関心を高めるとともに、遺伝子と形質発現に関する正しい理解と知識・技能を習得することを目標とする。また、バイオリクターの作成を通して、生命活動に対する理解を深めるとともに、環境問題への興味・関心を高める。さらに、テーマを与え、考える時間をとることによって、自分たちで問題を解決する方法を見つけたり、新しい気付きや課題を発見したりする力を養う。同時に、実習を通して、培養技術や無菌操作の手法など、実験技術を習得することにより課題研究に必要な素養を身に付ける。

【講座の展開】

第1回目：遺伝子組換えの原理と実際

第2回目：バイオリクターを用いたバイオエタノールの生成

第3回目：バイオリクターを用いた実験の計画と実践。

第4回目：バイオリクターを用いた実験の実践とまとめ、発表。

【参 考】「バイオテクノロジーの基礎」で出てくる単位

1 *L* (リットル) = 1,000 *mL* (ミリリットル)

1 *mL* (ミリリットル) = 1,000 μ *L* (マイクロリットル)

1 μ *L* (マイクロリットル) = 1,000 *nL* (ナノリットル)

* *m* (ミリ); 1/1,000

* μ (マイクロ); 1/1,000,000

* *n* (ナノ); 1/1,000,000,000

$1\text{ m} = 1,000\text{ mm}$
$= 1,000,000\mu\text{m}$
$= 1,000,000,000\text{ nm}$

第1回目：遺伝子組換えの原理と実際

〔到達目標〕

- (1) 遺伝子組換えの原理について正しく理解し、実験に積極的に取り組むことができる。
- (2) 遺伝子組換えの簡易的な操作の技能が身に付いている。
- (3) 遺伝子組換えの応用に興味・関心をもち、先端技術を理解しようとする。

〔解説〕

I. 遺伝子組換えの原理と実際

(1) 遺伝子組換えとは？

- ある生物から取り出した特定の遺伝子を、他の生物の細胞に組み込むことによって、形質を発現させることを遺伝子組換えという。
- 遺伝子を導入するには、有用遺伝子をベクターに運ばせる方法や直接細胞に打ち込む方法などが知られている。

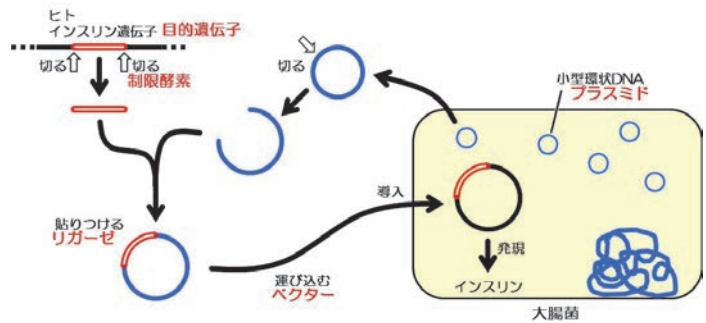


図 ヒト遺伝子を大腸菌に組換える方法

(2) 遺伝子組換えの利用

- 医薬品（ヒト由来の遺伝子を、動物細胞や大腸菌に導入して培養生産）
成長ホルモン・インスリン・インターフェロンなど
- 酵素類（微生物由来の遺伝子を他の微生物に導入して培養生産）
洗剤用酵素など

(3) 遺伝子組換えの基本用語

- 1 ()・・・導入したい有用遺伝子
- 2 ()・・・遺伝子の運び屋。ウイルスのDNAを使うこともあるが、大腸菌を使う場合は、プラスミドが使われる。
- 3 ()・・・細菌などがもつ主のDNAとは別のDNA、環状のものが多い。
- 4 ()・・・DNAを切るはさみの働きをする酵素。多数の種類があり、それぞれがDNAの特定の塩基配列を切断する。
- 5 ()・・・DNAを接合するのりの働きをする酵素、結合酵素ともいう。
- 6 ()・・・遺伝子が組み換わって発現する形質が換わる。

(4) 遺伝子組換えの基本原理

- 1 導入したい遺伝子を制限酵素の作用を使って切り出す。
- 2 プラスミドを1.と同じ制限酵素で切り出す。
- 3 導入したい遺伝子とプラスミドをリガーゼの作用を使って結合させる。
- 4 プラスミドを目的の生物の細胞に取り込ませる。
- 5 遺伝子を組換えた細胞を培養して目的物質を産生させる。

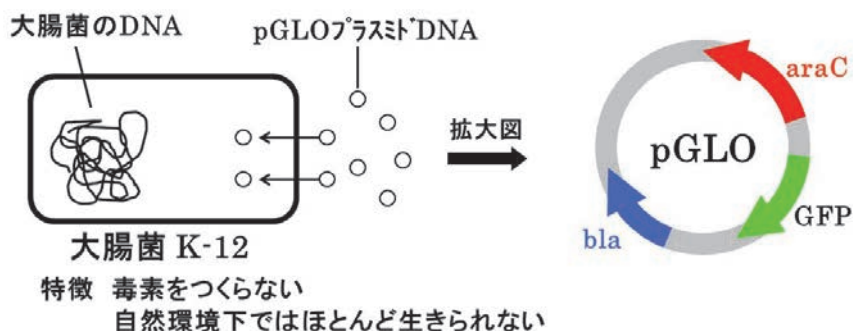
II. 遺伝子組換え実験

(1) 実験材料の選定…なぜ大腸菌がよく使われるのか。

- 単細胞の生物で、短時間（約 20 分）で増殖する。
- 毒性がなく、研究室の外では生きられない系統があきらかである。

(2) 遺伝子導入のしくみ

1 遺伝子の運び屋（ベクター）は、pGLO と呼ばれるプラスミド



pGLOプラスミドDNA

GFP 緑色の蛍光タンパク質をつくらせる遺伝子

bla アンピシリン(抗生物質)分解酵素をつくらせる遺伝子

今回は、オワンクラゲの蛍光タンパク質遺伝子(Green Fluorescent Protein ; GFP 遺伝子)、アンピシリン(抗生物質)分解酵素遺伝子(bla)、アラビノース分解酵素をつくらせる遺伝子(araC)を組み込んだプラスミド DNA(pGLO)を用いて、3つの遺伝子は大腸菌に導入する。

2 アラビノースが遺伝子のスイッチを入れる。

すべての生物の遺伝子発現は、環境に適応するために不要なタンパク質が生産されないような調節がされている。pGLO プラスミドに組み込んだ遺伝子は、アラビノースがスイッチを入れることで発現する。

3 形質転換した大腸菌の特徴

1) 本来大腸菌は、GFP 遺伝子をもっていないので、

→蛍光タンパク質を作ることが(できる できない)

また、bla 遺伝子をもっていないので

→アンピシリンを(分解できる 分解できない)

→アンピシリンの入った培地で生育(できる できない)

2) 形質転換した大腸菌は、GFP 遺伝子をもっているため

→蛍光タンパク質を作ることが(できる できない)

また、bla 遺伝子をもっているため

→アンピシリンを(分解できる 分解できない)

→アンピシリンの入った培地で生育(できる できない)

3) 形質転換した大腸菌は、アラビノースが培地に入っていると

→生育して蛍光タンパク質を(作る 作らない)

→紫外線の下で(光る 光らない)

実習1：遺伝子組換えとその発現

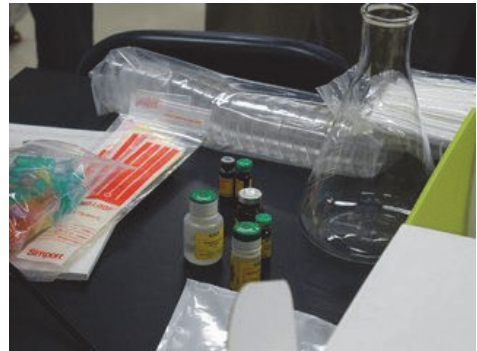
[目標] 大腸菌にオワンクラゲの遺伝子を導入し、蛍光発色させる。

[仮説] オワンクラゲの蛍光発色遺伝子は、大腸菌に組み込まれ、発現する。

[準備]

【実験器具】

(1班あたり) 大腸菌スタープレート(LB) 1枚,
寒天培地(LB×1, LB/amp×2, LB/amp/ara×1)計4枚,
形質転換用溶液(Bu) 1本, LB培地(液体) 1本, 植付け用
ループ1パック, ピペット5本, 緑チューブと青チューブ
各1個, チューブ立て1つ, 氷(適量), 油性ペン1本
(各班共通使用するもの) pGLOプラスミド溶液1本,
ウォーターバス(42℃), 温度計1本, 37℃インキュベーター。

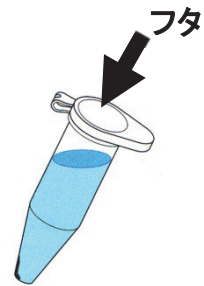


[方法]

(1) 緑と青チューブのフタに以下のように記入する。

緑チューブ:「+DNA」, 青チューブ:「-DNA」

(2) 緑と青チューブに形質転換用溶液(Bu)を250 μ Lずつ加え,
氷冷する。 *両方同じピペットを使用できる。



(3) 形質転換させる大腸菌を, 緑と青チューブに溶解させ, 氷冷する。

大腸菌スタープレート(LB)のコロニーを植付けループで1つすくい取り, 緑チューブ
に溶かし入れる。青チューブも同様に行う。 *同じループを使用できる。

【重要】大腸菌を溶かし入れたら, 液層をさわらないこと! また, 温めないようにする。

(4) pGLOプラスミド溶液を緑チューブ(+DNA)のみに加える。

新しい植付けループをpGLOプラスミド溶液に浸し, O部分に膜を張る。そのままの状態
で, 緑チューブに浸し, 攪拌する。

【注】pGLOプラスミドは, オワンクラゲの蛍光タンパク質遺伝子を導入させるベクター

(5) 緑チューブと青チューブを10分間氷冷する。 *チューブ全体を冷却する。

(6) 成分の異なる寒天培地のシャーレ(4枚)のフタに, 以下のサンプル名を記入する。

(A) +DNA LB/amp	(B) +DNA LB/amp/ara
(C) -DNA LB/amp	(D) -DNA LB

(7) 緑と青チューブをチューブ立てに入れ, ウォーターバス(42℃)に50秒浸ける。

50秒後, すぐに氷中に戻して2分間冷やす。

【注】「ヒートショック→冷却」により, プラスミドの細胞膜を通り抜ける割合を
増加させて, 遺伝子の導入を促す。

- (8) 水中から緑・青チューブを取り出し、LB培地(液体)をそれぞれ250 μ Lずつ加える。
 *緑・青チューブの中身は全く異なるものになっているので、それぞれ別のピペットを使用する。
 *タッピング等で混合しなくて良い。
- (9) 10分間、室温で静置する。
- (10) 緑・青チューブの大腸菌を、それぞれ寒天培地に移す。
 両チューブとも、フタが閉まっていることを堪忍し、タッピングで溶液を混合する。
 各チューブの大腸菌を、以下のように各寒天培地の中央付近に1滴、滴下する。
 緑チューブ→[(A) +DNA LB/amp]と[(B) +DNA LB/amp/ara]
 青チューブ→[(C) -DNA LB/amp]と[(D) -DNA LB]
- (11) 滴下した大腸菌を塗布する。
 植付けループを使って、大腸菌を培地の表面に塗り広げる。(mの字を連続して書くように)
 *培地ごとに、別の植付けループを使う。
- (12) 4枚のシャーレを重ね、全体をラップで包んで、班名を記入する。
 *培養は、シャーレを裏返した状態で行うが、大腸菌を塗布した直後に裏返すと、大腸菌が流れてしまうことがあるので、しばらく表向きのまま静置する。
 *37 $^{\circ}$ Cのインキュベータで1週間、培養する。
- (13) 仮説をたて、結果の予想を考える。
 結果の観察は1週間後になる。

【結果の予想】

(A) +DNA LB/amp	(B) +DNA LB/amp/ara
コロニー , 蛍光 有・無	コロニー , 蛍光 有・無
(C) -DNA LB/amp	(D) -DNA LB
コロニー , 蛍光 有・無	コロニー , 蛍光 有・無

ワークシート1 (実習1: 遺伝子組換えとその発現)

目標 大腸菌にオワンクラゲの遺伝子を導入し、蛍光発色させる。

仮説 オワンクラゲの蛍光発色遺伝子は、大腸菌に組み込まれ、発現する。

結果 プレートを実験室の光の下でよく観察した後、紫外線ランプを照射して観察する。

培養条件 °C, 培養期間 日 (時間)

(A) +DNA LB/amp	(B) +DNA LB/amp/ara
コロニー , 蛍光 有・無	コロニー , 蛍光 有・無
(C) -DNA LB/amp	(D) -DNA LB
コロニー , 蛍光 有・無	コロニー , 蛍光 有・無

仮説の検証

- 考察**
- ① コロニーが出現しなかったのはどのプレートか。なぜ、出現しなかったと考えられるか。
 - ② コロニーが出現したが、光らなかったのはどのプレートか。また、なぜ光らなかったと考えられるか。
 - ③ 実験材料として大腸菌を選んだ理由を説明せよ。
 - ④ ヒートショックで大腸菌にどのような変化が起こると考えられるか。
 - ⑤ ヒートショックの後で、LB培地を加えるのはなぜか。
 - ⑥ 操作1 1) で、培地ごとに植付け用ループを交換するのはなぜか。

*この実験を通して遺伝子に関する興味は、(高まった 変わらない)。

*この実験を通して遺伝子組換え技術に関する理解は、(高まった 変わらない)。

感想・反省等

月	日	科	年	組	番	氏名
---	---	---	---	---	---	----

第2回目：バイオリアクターとバイオエタノールの生成（1）

【到達目標】

- （1）バイオリアクターの原理について正しく理解し，実験に積極的に取り組むことができる。
- （2）バイオリアクターの作成やアルコール発酵実験の操作の技能が身についている。
- （3）バイオリアクターに興味・関心を持ち，先端技術を理解しようとする。

【解説】

（1）バイオリアクター

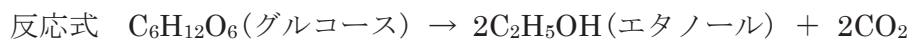
生物体（バイオマス）の生化学反応を利用して生産されるアルコール燃料や合成ガスのことをバイオマスエネルギーといい，石炭石油などの枯渇性資源に代わる生産可能なエネルギーとして近年注目されている。

バイオマスエネルギーが生産される方法の一つにアルコール発酵がある。アルコール発酵にあたり，酵母菌が利用される。そこで挙げられるのが酵母菌を固定化したバイオリアクターである。

バイオリアクターとは酵素反応などの生物の特性を利用した反応装置である。有用物質の生産・エネルギーの発生・環境汚染物質の分解などに応用される。「リアクター」と言われる通り再利用可能であるため，廃棄量や経費を削減でき，環境にも配慮した反応装置ともいえる。

（2）アルコール発酵のバイオリアクター

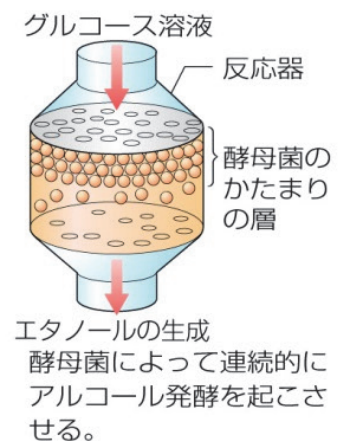
①アルコール発酵は，酵母菌が行う嫌気呼吸である。



*バイオエタノールはアルコール飲料やバイオマスエネルギーとして，ヒトが利用できる。

②アルコール発酵のバイオリアクター

酵母菌を水に溶けない高分子のカプセルに包む。このカプセルを反応器に入れ，グルコース溶液を流す。酵母菌によって連続的にアルコール発酵が行われる。何回も使用でき，効率よくエタノールを生成することができる。



実習2：バイオリアクターを用いたアルコール発酵

[目標] パン酵母をアルギン酸で包み込んだビーズカプセルで、アルコール発酵のバイオリアクターを作り、エタノールを生成する。

[仮説] バイオリアクターを用いて、エタノールを生成することができる。

[準備]

試料 酵母菌（ドライイースト）

器具 100mL・200mL・300mL ビーカー，スポイト，ガラス棒，茶こし，温度計，目盛り付き試験管

薬品 アルギン酸ナトリウム，乳酸カルシウム，10%グルコース溶液，5%NaOH 溶液，ヨウ素液

[方法]

(1) 100mL ビーカーに，アルギン酸ナトリウム 1g と 80℃位の水 40mL を入れ，よく溶かす。

80℃の水に，アルギン酸ナトリウムを少しずつ加えながら，しっかりかき混ぜる。

(2) 100mL ビーカーに，ドライイースト 5g と水 40mL を入れ，よく溶かす。

(3) (1)の液を 38℃以下に冷ましてから(2)の液に入れ，よく混ぜる。

(4) 300mL ビーカーに乳酸カルシウム 2g と水 200mL を入れ，よく混ぜる。

(5) (3)をスポイトに取り，5 cm くらいの高さから(4)に1滴ずつ落としていくと，アルコール発酵用の酵母菌ビーズ（アルギン酸ナトリウムのゲル状カプセル）ができる。

乳酸カルシウム溶液は，軽くかき混ぜて緩やかな流れができていない状態にしておく。

(6) できたビーズを，茶こしを使って濾過し，水で2～3回洗浄する。

こし取ったビーズをビーカーに入れ，水を加えて攪拌する。

(7) 200mL ビーカーに，10%グルコース溶液を 100mL 加え，洗浄したビーズをその中に入れる。

(8) ビーズの様子とグルコース溶液の状態を観察し，結果を記録する。

(9) 図2のA付近の溶液 (10mL) と，5% NaOH 溶液 (2mL) およびヨウ素液 (1mL) を目盛り付き試験管にとり，70～80℃の温水で湯煎する。数分間保温した後，溶液の色を確認する。また，溶液のにおいにかぐ。

(ヨードホルム反応の有無の確認)



図1 (5)の様子

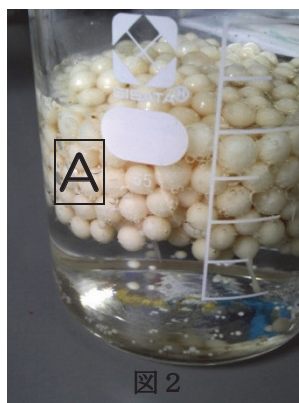


図2

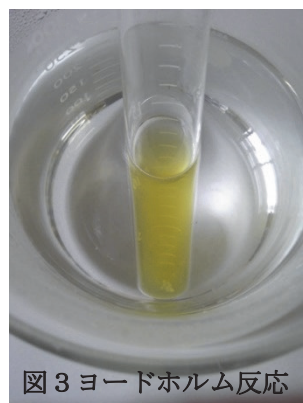


図3 ヨードホルム反応

*発酵の待ち時間（約 10 分）とヨードホルム反応の待ち時間（約 10 分）を利用して，アルコール発酵の活性を定量的に測定する方法を考え，学ぶ。

*各グループでアルコール発酵の活性を高める方法を考え，実験計画を立て，実験計画書に必要な実験器具，薬品，材料を書き申請する。

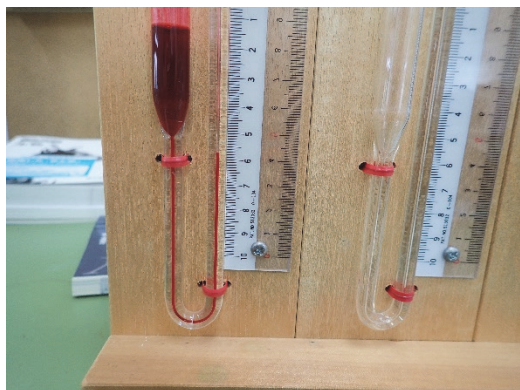
第3回目：バイオリアクターを用いたバイオエタノールの生成（3）

[目標]バイオリアクターを用いて，アルコール発酵を行い，その活性を高める条件をグループで設定し，実験を通して比較し，科学的に考察することができる。（設定・実験）

実験計画立案：実験計画書に従って実験を行う。

温度に着目するグループ，液性に着目するグループ，ビーズの数（酵素濃度）や基質濃度に着目するグループ，その他に着目するグループに分かれ，それぞれ，比較する条件を設定し，測定する。

[測定方法]（例）ガラス管の中の色水が二酸化炭素の発生による体積の増加で設定時間あたり何mm移動したかを測定する。



第4回目：バイオリアクターを用いたバイオエタノールの生成（4）

[目標]バイオリアクターを用いて，アルコール発酵を行い，その活性を高める条件をグループで設定し，実験を通して比較し，科学的に考察することができる。（実験・考察）

各グループごとに測定結果を実習書にまとめ，分析・考察を行い，発表用ポスターを作成する。各グループごとに，着目点，考察部分を中心にポスター発表を行う。それぞれのグループの発表を互いに評価する。

確認テスト

実習書のまとめ

ワークシート2 (実習2 : バイオリアクターを用いたアルコール発酵)

目的 パン酵母をアルギン酸で包み込んだビーズカプセルで、アルコール発酵のバイオリアクターを作り、エタノールを生成する。

仮説 バイオリアクターを用いて、エタノールを生成することができる。

結果 ①ビーズの様子

②ヨードホルム反応の様子

仮説の検証 ; _____

考察 ① この実験で起きた反応を化学式で表せ。

② 酵母菌と糖の混合液での反応より、バイオリアクターによる反応の方が、産業として成り立つ理由を挙げよ。

*この実験を通して、バイオリアクターに対する興味は、(高まった 変わらない)。

*この実験を通して、バイオリアクターに関して分かったことをまとめよう。

感想・反省等

月	日	科	年	組	番	氏名
---	---	---	---	---	---	----

第3回目「実験計画立案」

ミッション：「酵母菌（アルコール発酵）の活性が最大になる条件を探れ！」

《酵母菌の能力を最大限引きだそう！》

1. グループ協議

- (1) 司会者の決定（ ）
- (2) 前の時間に行った実験条件の確認

温度（ ℃）	液性（ 性）	酵素濃度（ビーズカプセルの量）
（ ぐらい）	基質濃度（ %）	*液性…酸性・中性・アルカリ性

- (3) 仮説設定；酵素反応の速度が最大になる条件について

班員の意見

名前 (姓のみ)	温度 (℃)	液性	酵素濃度	基質濃度・その他

協議ででた意見（条件の根拠や質疑応答の内容、実験上の工夫など）

例) ・圧力を上げると反応速度が上がるのではないか。(Aさん)
→圧力を上げると発生した気体の物質量が同じでも体積が小さくなるからだめだよ。(B君)

斑としての仮説

温度 (°C)	液性	酵素濃度	基質濃度・その他

実験群

フラスコ	温度 (°C)	液性	酵素濃度	その他
A				
B				
C				
D				
E				
F				

結果

フラスコ	mm / 分
A	
B	
C	
D	
E	
F	

実験で使用可能な器具・薬品等（実験 2 で使用した器具に加えて）

[器 具] メートルグラス こまごめピペット（酸・アルカリ用：共用） ポリビーカー
 pH試験紙(共用) 100mL ビーカー 温度計 三角フラスコ ストップウォッチ
 ものさし
 [薬品等] 精製水 1%塩酸 1%水酸化ナトリウム 湯(90°C：ポット) 氷 グルコース

酵素活性が最大になる条件

○組 ○班 ○○○○ ○○○○ ○○○○ ○○○○ ○○○○

目的

仮説

実験内容

実験結果

考察

まとめ

I, 知識・理解 解答は()に記入。

1. DNA の正式名称を記せ。 ()
2. 遺伝子操作において有用遺伝子を運ぶものを何とよいか。 ()
3. 遺伝子が組換わって発現する形質が換わることを何とよいか。 ()
4. DNA の特定の部位を切断する酵素を何とよいか。 ()
5. DNA を結合する「のり」の働きをする酵素を何とよいか。 ()
6. 酵素反応などの生物の特性を利用した反応装置を何とよいか。 ()

II, 思考・判断

1. 遺伝子組換えの実験で大腸菌がよく使われるのは何故か。次の①～⑤より間違っているものを1つ選べ。 ()
 - ① いろいろな系統があきらかになっている。
 - ② 培養しやすい。
 - ③ 増殖速度が速い。
 - ④ 毒性がある系統はなく、どの大腸菌も安全である。
 - ⑤ 入手が容易である。
2. DNA に関する次の記述のうち正しいものを2つ選べ。 ()
 - ① DNA すべてが遺伝子として働く。
 - ② DNA の簡易的な抽出は食塩・消毒用エタノール・台所用洗剤・材料と水があれば家庭でもできる。
 - ③ すべての生物の DNA は核の中に存在する。
 - ④ DNA を扱う実験を行うときには、実験台や手指を消毒しなければいけない。
 - ⑤ ヒトの涙や手には生物由来のDNAが付着している可能性はない。
3. バイオリアクターを用いる利点を記せ。
()

Ⅲ、技能・表現

1. アルコールを検出する方法を一つ挙げ、簡単に説明せよ。

()

2. i Cラボ「バイオテクノロジーの基礎」の実習内容について、今後の**活用の展望**や感想などを自由に書いてください。

月	日	科	年	組	番	氏名
---	---	---	---	---	---	----

