

3

植物の色の観察（花，果実）

難易度	可能時期	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	一年中	1日	30分	40分

目的と内容

様々な色の花や果実を観察し，その色に関わる細胞内構造を調べる。

生徒達は，葉の緑色は葉緑体に関係していることを学習している。身の回りにある植物には色のついているものが多いが，何によってその色に見えるのか知っている生徒は少ない。植物の色がどこから来ているのかを調べるこの観察は，操作が比較的簡単であり顕微鏡操作の練習と熟達にも適している。

材料は，様々な色の花や果実であれば何でもかまわない。この実験では，花としてフランスギク（白），ブタナ（黄），インパチェンス（桃，橙，赤），ハウセンカ（橙），果実としてミニトマト（緑，赤），ピーマン（緑），パプリカ（黄，赤），ナス（紫）を材料とする。

中学校：動物の生活と生物の変遷

既習事項

生物が長い年月をかけて変化してきたことについて学習している。

生命の連続性

体細胞分裂や遺伝について学習している。

オオカナダモの葉の細胞や，ヒトの口腔上皮細胞などを観察している中学校が多い。

留意点

【指導面】

- ・「生物は多様でありながら共通性をもっていることを理解すること」がこの単元の目標である。様々な色に見える花や果実もその色が色素体や液胞の色素に由来するという、共通性と多様性を意識して指導する。なお、白い花は白い色素があるわけではなく、組織中に空気が含まれているため光が全反射されて白く見える。
- ・花や果実を観察し、その色に関わる細胞内構造を調べることがねらいであるので、すべての手順を生徒に実習させたい。手順③はスケッチの数を減らすことで時間短縮が可能である。

- ・「花や果実も細胞でできているから、色のもとが細胞にあるはず」「花や果実の色は何に由来するものだろう」のように疑問を投げかけるなど導入を工夫し、生徒自身が主体的に実験に取り組むように指導する。
- ・顕微鏡の使い方、プレパラートのつくり方、スケッチの仕方などに十分に時間を与え、しっかりと技術を身に付けるように指導する。
- ・「適切なプレパラートを作成しているか」「顕微鏡の操作を手際よく行っているか」などの観察にかかわる操作ができているか、スケッチはスケッチの仕方に従って描いているか、プリントやレポートなどに過程や結果の記録、整理をしているかなどを机間巡視して適宜指導する。

【安全面】

- ・顕微鏡操作に慣れていない生徒もいると考えられるため、太陽を見てはいけないことなど、基本事項を再確認する。
- ・カバーガラスを割らないように注意する。

【その他】

- ・複数のプレパラートを作成するため、それぞれ何か分かるように順番に並べるように指導する。
- ・可能な限り、少人数の班を構成し、一人一人の生徒が実験に取り組めるようにする。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注、調製、代替の検討時間含む)

- 器具の在庫確認
- 実験室の備品確認

～前日

- 花、果実の採集、購入
- 実験プリント作成・印刷

当日

- 花、果実の小分け
- 器具・教材・薬品の分配

☆教材の入手方法

・花の入手方法

花卉が大きい花の方が、引き裂きやすくプレパラートをつくりやすい。種名が分かる植物で、花の色が白、黄、赤、紫など様々なものを集める。

①校庭や庭先などで咲いている花を採集する。季節によって入手できるものが異なる。

例：ブタナ、ホウセンカ、フランスギクなど

②ホームセンターや花屋などで購入する。同じ種類で、色の異なる花が好ましい。冬でも入手できるものがあるが、高価になる。

例：インパチェンス 1株 300円程度、パンジー 1株 200円程度



・果実の入手方法

スーパーマーケットで年中入手できる。種名が分かる植物で、果実の色が緑、黄、赤、紫など様々なものを集める。安いものを選んでよい。

教材の情報

- ・トマト *Solanum lycopersicum* (染色体数 $2n=24$)

リコペン (リコピンはドイツ語読みであり、英語読みのリコペンと同じ物質) を多く含む。リコペンは鮮やかな赤色のカロテノイドで、着色料としても利用される。外果皮の色が黄色のため赤色に見えるのが赤系トマト、外果皮が透明の場合は桃色系トマトという。プチトマトは赤系トマトである。

ナス科ナス属の多年生植物 (日本では冬に枯死するため一年生植物)。

南アメリカ原産。子房が大きく発育してできた果実を食用とする。トマトのめしべの子房は花の中に隠れていて見えない。

果実の構成は、外側の果皮と内部の胎座とに分かれる。果皮のうち、外側の外果皮は硬くて内部を保護する役目をしている。中果皮は厚みのあるやわらかい組織で、果皮の内側を内果皮という。果実の中心部とその周りを胎座といい、この組織の表面にタネが着いている。果実の発育中に胎座の外側にできてくる組織を胎座増生部といい、トマトではゼリー状で、内果皮とくっついており、普通の場合タネも含めて外果皮から胎座の中心まで全部の組織を食べている。グルタミン酸を多く含むため、うま味強い。



準備

当日のセット

☆生徒用

<input type="checkbox"/> 光学顕微鏡	1台
<input type="checkbox"/> スライドガラス	10枚程度
<input type="checkbox"/> カバーガラス	1箱
<input type="checkbox"/> 光源装置	1台
<input type="checkbox"/> 先尖ピンセット	1つ
<input type="checkbox"/> カミソリ	1つ
<input type="checkbox"/> 柄付き針	1つ
<input type="checkbox"/> ろ紙（2つまたは4つ切り）	多め（10枚以上）
<input type="checkbox"/> 9cmペトリ皿や50mLビーカー	1つ以上
<input type="checkbox"/> スポイト	1つ
<input type="checkbox"/> 材料（様々な色の花、果実）	1組

★教員用

生ゴミ用の回収容器 1つ



容器、水を加える用具などは代わりに
なるものを工夫してかまわない。

準備に必要な用具

- ・はさみ
- ・9cmペトリ皿
- ・包丁など材料を切るもの

サポート資料の見方

顕微鏡の使い方

生物の特徴

遺伝子とDNA

生物の体内環境の維持

生物の多様性と生態系

巻末資料

①前日まで

様々な色の花や果実、ろ紙を用意する。
ろ紙はペトリ皿に入る大きさに2つまたは4つ切りにする。

②当日

花や果実を、小さなものは1つずつ、大きいものは切り分けて小分けする。
器具・教材・薬品を分配してセットを用意する。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入

- ・花や果実の色はもともと何の色か

答) 白は，白い色素が存在するわけではなく，組織に空気を含み光が拡散した色
その他は色素体に含まれる色素や，液胞全体に広がった色素の色

- ・既習事項の確認

□目的を理解させる

□観察，実験

- ・実験手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面への注意
- ・植物の色を確認する（本実験）

□結果のまとめ，考察

- ・観察からわかったこと

- ・同じ種類の植物なら，色が違って同じ細胞内構造（液胞または色素体）に色素は含まれるか

答) そうとは限らない（同じ種類の植物でも，色素が含まれる細胞内構造が異なる場合がある）

- ・同じ色に見える植物は，異なった種類でも同じ細胞内構造か

答) そうとは限らない（色素がある場所が液胞の場合と色素体の場合がある）

□後片付けの指示

手順

時間のめど（およそ 40 分）

※詳しい手順は付録「03 植物の色の観察.pptx」を参照

① 薄片の作成（15分）

それぞれの植物の薄片から，プレパラートを作成する。

- ・花の表皮

引き裂いて細胞が1層になったところをプレパラートにする。薄い花弁は引き裂かなくても，そのままプレパラートにできる。

- ・果実の表皮

表面にカミソリで傷を付け，その部分をピンセットでつまみ表皮を薄くはがす。



花や葉を引き裂くと，裂けたところの一部の表皮が剥がれた状態になる。観察には数 mm あれば十分足りるので，その部分をカミソリなどで切り取り，薄片とする。



花の表皮



果実の表皮

・花の断面

両刃のカミソリを2つに折り、この2枚を重ねて、厚紙の上で花を切る。カミソリとカミソリの間にできた薄片を、水を入れておいたペトリ皿に浮かべる。  →状態1 (p. 42)

カミソリを2枚重ねる方法が、ピスの切れ込みにはさんでピスとともに切る方法よりも簡単で薄い切片をつくることができる。いくつか切片をつくり、うまく切れたものでプレパラートを作成する。



両刃カミソリを折る



カミソリを重ねて切る

・果実の断面

組織片をカミソリで薄く切る。ピーマン、パプリカなど厚く堅さのある果実は1cm程度の幅にした組織片が薄片をつくりやすい。薄片を、水を入れておいたペトリ皿に浮かべる。  →状態1 (p. 42)

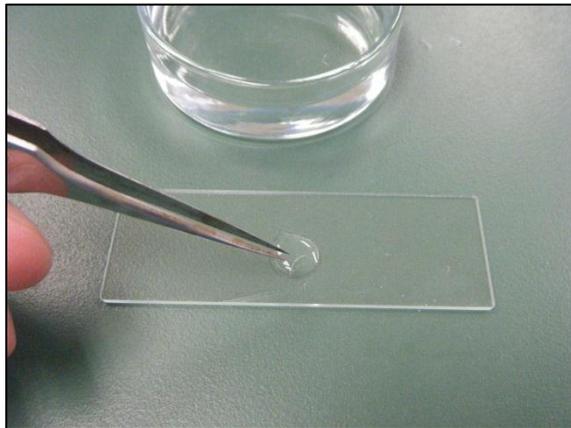


果実の断面

 それぞれの組織の断面を観察する。利き手に持ったカミソリを手前に引いて薄い切片をつくる。いくつか切片をつくり、うまく切れたものでプレパラートを作成する。

② プレパラートの作成

それぞれの薄片をスライドガラスに載せ、水を滴下してから、空気が入らないようにカバーガラスを載せる。余分な水はろ紙で吸い取る。  →状態2, 状態3 (p. 42)



 薄片が重なると観察しにくいので、ピンセットと柄付き針を使って薄片を広げる。薄い花の断面の場合、切断面が上下にならないことがあるので複数プレパラートをつくったほうがよい。

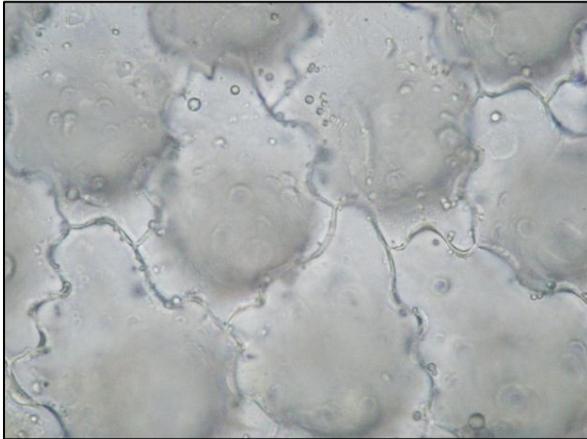
③ 観察・スケッチ (15分)

それぞれのプレパラートを観察し、スケッチする。

それぞれのプレパラートを観察し、表皮、表皮近く、内部のそれぞれで葉緑体、色素体、色素がある液胞の有無を確認する。特徴ある細胞をスケッチする。



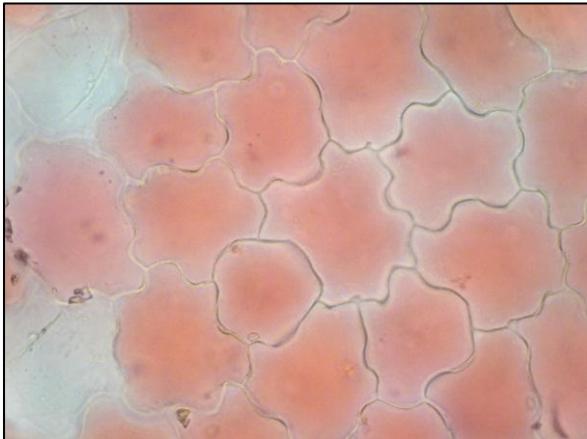
観察したすべてをスケッチする時間はない。スケッチするものを限定する、特徴をプリントにまとめスケッチはしないなどの方法がある。



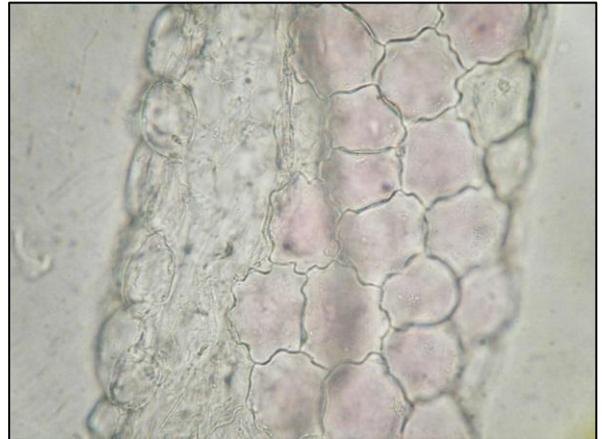
フランスギクの花 (白)



ブタナの花 (黄)



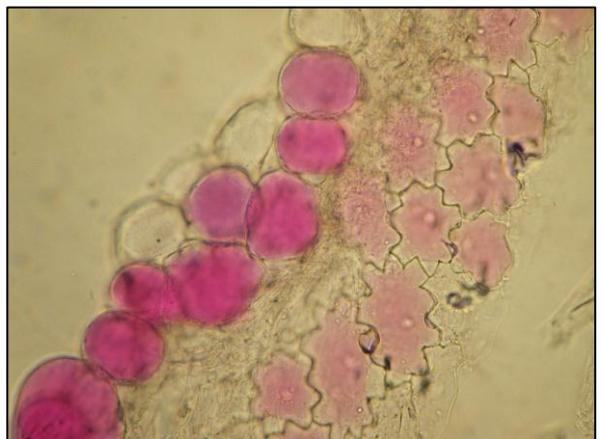
ホウセンカの花 (橙)



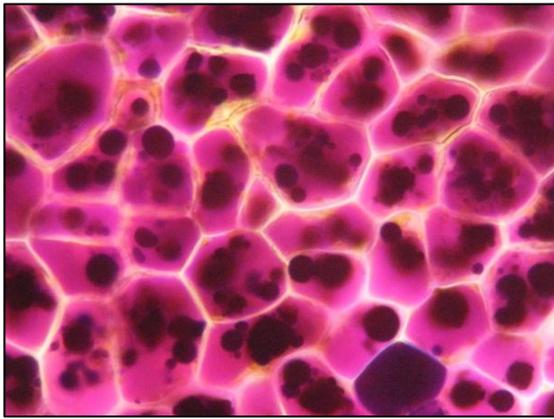
インパチェンスの花 (桃)



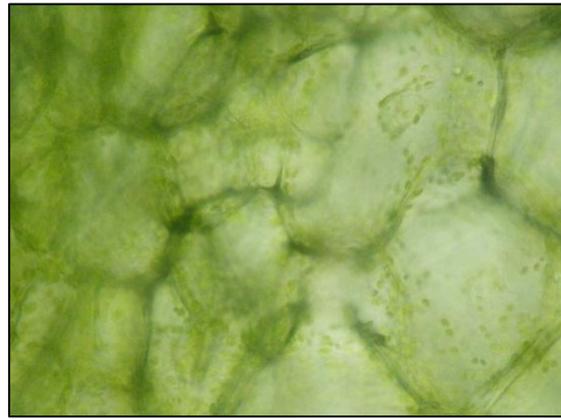
インパチェンスの花 (橙)



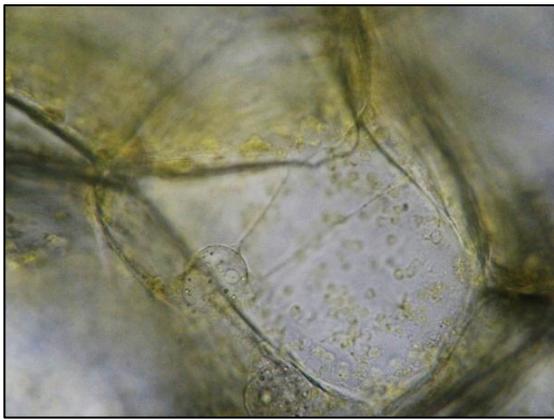
インパチェンスの花 (赤)



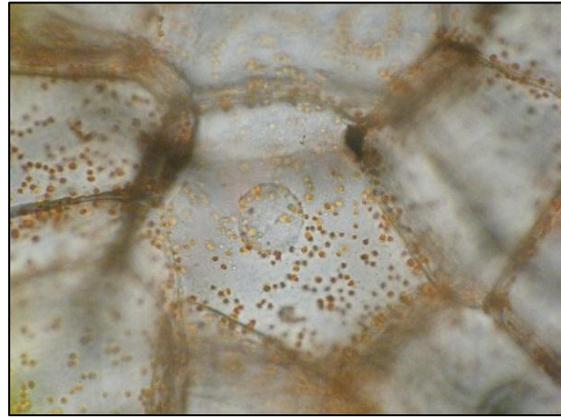
ナスの表皮（紫）



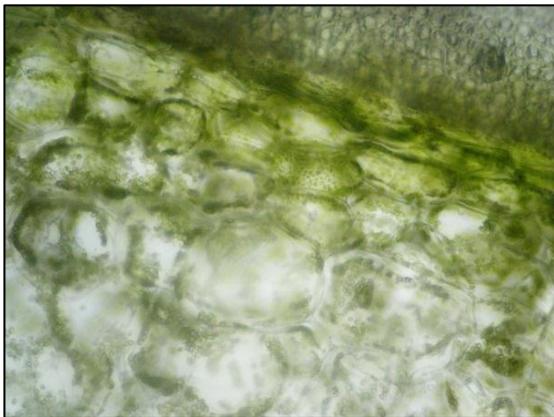
ピーマンの果肉（緑）



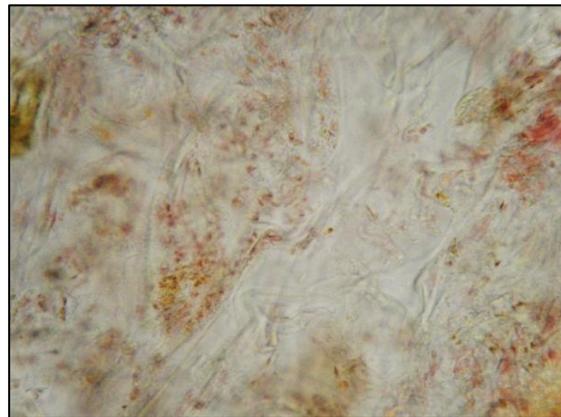
パプリカの果肉（黄）



パプリカの果肉（赤）



ミニトマトの果肉（緑）



ミニトマトの果肉（赤）

まとめ

- ① 白い花は、白い色素がなく透明な細胞できている。
- ② 緑色、黄色、赤色の細胞小器官や、橙色、赤色などの色素が液胞全体に広がって色が決まっている。

◎後片付け

■後片付けのさせ方

- ・使用した材料は、集めて生ゴミとして捨てさせる。教卓に回収容器を準備しておくといよい。
- ・バットを水洗いしてから、中に洗ったものを入れさせる。
- ・スライドガラス、カバーガラスなどは洗剤で洗わせ、回収する。
- ・洗った器具は回収し、洗い方が不十分なものは再提出させる。
- ・異臭の原因になるため流しをきれいにさせ、十分な水で流させる。
- ・実験後、石けんで手を洗わせる。

■器具等の管理

- ・スライドガラス、カバーガラスは乾かし、所定の器具置き場に戻す。

失敗例

●状態1 切片がうまくつくれない

原因 カミソリが古い

両刃カミソリは新しいものを使う。薄片をつくる組織片の幅は5～10mm程度でよい。利き手でカミソリを手前に引くように切るとよい。透き通って見える程度に薄ければ、観察に使える。刃の上に切片があるので、水の上でカミソリをゆすぐ。

●状態2 プレパラートがうまくつくれない

原因 作成技術が未熟である

プレパラート作成には慣れが必要である。作成の手順を確認した上で複数つくりその中からよいものを選ぶとよい。

●状態3 細胞が観察できない

原因1 材料が古い

細胞が生きている必要がある。新鮮なものを入手する。

原因2 顕微鏡の操作が未熟である

顕微鏡操作が未熟なために観察ができない。基本的な操作を確認した上で観察する。色の付いている細胞は低倍率でも存在がわかるので、比較的観察しやすい。

別法

別法①

- ・同じ種類の植物で黄色と紫色があるもの（啓林館の教科書で採用されているもの）

パンジー、チューリップ、バラ、キンギョソウなど、同じ種類の植物でも黄色と紫色があるものを観察すると、同じ種類の花でも色素が異なった細胞内構造に含まれていることを確認できる。プレパラートの作成方法は、材料や部位によって異なるので、手順①を参考に観察に適したものを考えて作成する。

別法②

- ・色素を抽出して、pHを変化させるもの（啓林館、実教出版の教科書で採用されているもの）

色素体由来の色素と、液胞に含まれる色素のアントシアンを抽出し、それぞれ pH を変化させ、色の変化を観察する。色素体由来の色素は pH の影響はほとんどないが、液胞に含まれる色素のアントシアンは pH によって色が変化することが確認できる。

器具の取り扱い

・スライドガラス

プレパラートを作成する際に、試料を上に乗せる薄い長方形のガラス。通常、短辺 26mm、長辺 76mm、厚さ 1.2mm 程度である。スライドグラスともいう。水縁磨という、薄緑色に着色している通常のソーダ石灰ガラスなどを使用し、端面を面取り・研磨した、50 枚 480 円程度のもので一般的である。生物の観察ではよく使うものなので、多めにあったほうがよい。9 cm ペトリ皿に 20 枚前後を入れておくと、観察する面が汚れにくく、班に配りやすい。



スライドガラス

水や洗剤での洗浄では染色液が完全に落ちていないことが多い。観察に支障がないように、キムワイブ (200 枚 200 円程度) などの低発塵タイプの紙に 70%エタノールを含めて磨くとよい。

・カバーガラス

プレパラートを作成する際に、封入剤の上に乗せる薄く四角いガラス。カバーグラスともいう。割れにくいプラスチック製のものもあるが、高価である。一辺 18mm の正方形のものが多い。ガラス製で 100 枚 380 円、プラスチック製で 100 枚 860 円程度である。



カバーガラス

カバーガラスは薄く割れやすいため、洗っても汚れが落ちていないことが多い。洗浄度を高めるために使う実験用アルコールは価格が高いため、カバーガラスを割り切って使い捨てにしたほうが現実的である。

再利用する場合には、乾いたとき白く不純物が出てくることが多いため、仕上げのすすぎは蒸留水を使いよく水切りをし、最後にアルコールですすいでから乾かす。

・ピンセット

人間の手や指では困難な程度の、緻密な作業を行うために用いられる道具。先端の形状としては、図の上のもののように先端部に滑り止めのギザギザの加工がされているものが一般的であるが、図の下の先尖ピンセットのように極細で尖ったものもある。生物の顕微鏡観察では細かい作業をするため、先尖ピンセットが使用されることが多い。尖った形状のピンセットも、AA (標準), GG (極細), RR (先端ロング) などの型に分けられる。値段は 160 円～4,000 円程度と様々である。



ピンセット

先端がしっかりと合うように整備する必要がある。落としたり、ぶついたりすると使えなくなることがあるので注意する。保護のため、先端部にエアポンプチューブを 5 cm 程度に切ったものを付けると、怪我の防止にもなる。

4

原核生物と真核生物の観察（イシクラゲ他）

難易度	可能時期	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	春～秋	1日	30分	40分

目的と内容

身の回りの原核生物や真核生物を観察し、その形や大きさから共通点や相違点を調べる。

生徒達は、中学校までに真核生物の細胞や組織の観察を行っているが、原核生物については行っていない。この実験は身の回りにある原核生物を観察し、真核生物との共通点や相違点を実感できるものである。観察までの操作が比較的簡単であり、顕微鏡操作の練習と熟達に適している。

高等学校にある光学顕微鏡は、最高倍率 600 倍のものが一般的である。多くの原核生物は光学顕微鏡では細部が観察できないのに対し、ラン藻類のネンジュモは比較的大きく観察しやすい。その群体であるイシクラゲは肉眼で見ることができ意外性をもった材料である。また、ヨーグルトや漬け物に存在する乳酸菌も材料とした。真核生物の材料としては観察が簡単なオオカナダモ、ヒトの口腔上皮細胞を選んだ。

既習
事項

中学校：動物の生活と生物の変遷

生物が長い年月をかけて変化してきたことについて学習している。

生命の連続性

体細胞分裂や遺伝について学習している。

オオカナダモの葉の細胞や、ヒトの口腔上皮細胞などを観察している中学校が多い。

留意点

【指導面】

- ・「生物は多様でありながら共通性をもっていることを理解すること」がこの単元の目標である。原核生物、真核生物ともに細胞膜に囲まれているという共通性や原核生物、真核生物の中でも種によって細胞の様子は様々であるという多様性を意識して指導する。
- ・身の回りの原核生物や真核生物を観察し、その形や大きさから共通点や相違点を調べることがねらいであり、顕微鏡操作の練習と熟達も兼ねることからすべての手順を生徒に実習させたい。各グループで材料を限定し、隣のグループと見せ合う方法などで時間短縮が可能である。

- ・「ミクロの世界はどうなっているのだろう」「顕微鏡は肉眼では見ることができない世界を見ることが出来る」など観察の意義に触れるように導入を工夫し、生徒自身が主体的に実験に取り組むように指導する。
- ・「すべての生物で細胞の大きさは同じだろうか」「細胞の内部はどうなっているだろうか」など、観察の視点に触れて、生徒自身が目的をもち主体的に実験に取り組むように指導する。
- ・十分に時間を与え、顕微鏡の使い方、プレパラートのつくり方、スケッチの仕方などに慣れるように指導する。
- ・「適切なプレパラートを作成しているか」「顕微鏡の操作を手際よく行っているか」などの観察にかかわる操作ができていないか、スケッチはスケッチの仕方に従って描いているか、プリントやレポートなどに過程や結果の記録、整理をしているかなどを机間巡視して適宜指導する。

【安全面】

- ・顕微鏡操作に慣れていないと考えられるため、太陽を見てはいけないことなど、基本事項を確認する。
- ・カバーガラスを割らないように注意する。

【その他】

- ・複数のプレパラートを作成するため、それぞれ何か分かるように順番に並べるように指導する。
- ・染色液は落ちにくいので、染色液が皮膚や衣服に付着しないように注意する。
- ・可能な限り、少人数の班を構成し、一人一人の生徒が実験に取り組めるようにする。

トピック イシクラゲって何？

ラン藻類（＝シアノバクテリア）の仲間では光合成色素にクロロフィルa（青緑色）とフィコビリンのフィコエリトリン（紅色）とフィコシアニン（青色）をもち、藍色に見えることから藍藻（らんそう）と呼ばれる。

イシクラゲは、ネンジュモの多数の個体がくっつきあって集合構造を形成した群体である。ネンジュモの名称は1列に連なった細胞系が数珠状に見えることに由来している。細胞系の細胞列には通常の細胞より一回り大きく、窒素固定をするために分化した異型細胞（ヘテロシスト）が見られる。よく洗って土などの異物を取り除き、湯がいて酢の物にして食べることもできる。

名前の基になっている、クラゲは刺胞動物類であり、イシクラゲ（ラン藻類）やキクラゲ（真菌類）とはまったく異なるものである。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- 器具の在庫確認
- 実験室の備品確認

～前日

- イシクラゲの採集, オオカナダモの入手
- ヨーグルトまたは漬け物の購入
- 実験プリント作成・印刷

当日

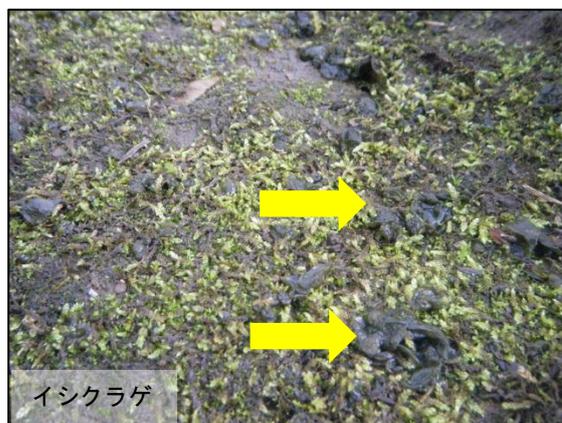
- イシクラゲ, オオカナダモの小分け
- ヨーグルトまたは漬け物の小分け
- 器具・教材・薬品の分配

☆教材の入手方法

・イシクラゲの入手方法

校庭や庭先などの比較的乾燥しやすい裸地の地表で入手できる。春～秋に入手可。

雨が降った後に、キクラゲのような寒天質の膨潤した藍緑色の群体を探す。雨がしばらく降らない時は地面にへばりついた黒いかさぶたのように見え、壊れやすい。慣れないと見付けにくい。



・乳酸菌の入手方法

スーパーマーケットで年中入手できる。

①プレーンヨーグルトを購入する。 1個 150円前後

②乳酸菌飲料を購入する。 1個 100円前後

③浅漬けやキムチなどの漬け物を購入する。季節や量, 素材で値段の差がある。酵母菌も一緒に観察できるものが多い。 1袋 200円前後

・オオカナダモ (またはコカナダモ) の入手方法

ペットショップ等で購入する。「アナカリス」の名前で売られている。多くの高校で所有しているので、近隣の高校からもらってもよい。 1束 150円前後

教材の情報

・イシクラゲ

ラン藻類（原核生物）のネンジュモの仲間です。寒天状の群体を形成。イシクラゲは乾燥状態で無代謝状態となり生命を維持する能力（クリプトビオシス）を示すことが知られているため、他の植物が生育しにくい裸地でも生育できる。



イシクラゲ

・乳酸菌

乳酸をつくり、その他悪臭の原因になる腐敗物質をつくらない細菌の総称。酸素を用いない嫌気呼吸の一つである乳酸発酵により、グルコースを乳酸に分解してエネルギーを得ている。球菌（ラクトコッカス属など）や桿菌（ラクトバシラス属、ビフィドバクテリウム属など）などがあり、比較的低いpH条件下でよく増殖し、すべてグラム陽性菌である。特に、ビフィドバクテリウム属はビフィズス菌と呼ばれ、増殖の際しばしばV字型、Y字型などに分岐した形態を示す。

・オオカナダモ

オオカナダモの葉の細胞は2層になっているため、とても観察しやすい。葉の表側の細胞はやや大きく、裏側の細胞は細長く小さい。

被子植物門トチカガミ科の沈水植物（ $2n=46$ ）

南アメリカ原産。葉は濃緑色で、よじれは少なくやわらかく折れにくく、輪生葉の数は3～6枚である。安価で入手しやすく、悪環境でも成長する。近縁種としてコカナダモ（ $2n=52$ ）があり、これは輪生葉が3枚でねじれていることが多い。

※両種とも外来生物法の「要注外来生物」に指定されているため、野外への逸出に十分留意する。



オオカナダモ

薬品の情報

・メタノール

アルコールランプなどに使用される。危険物第四類アルコール類に指定されているなど、引火の危険性の高い液体である。揮発性が高く、保管場所・使用場所における火気や電気火花について念入りに注意しなければならない。

・メチレンブルー染色液

核の染色、細菌、ペクチン細胞壁の染色、液胞の生体染色などに用いられる。水溶液は美しい青色を示す。光変性があるため、遮光ビンで保存する。塩基性染色液であるメチレンブルーは、カルボキシル基に対しては著しく親和性が高まり濃色に染色される。他の酸性基とも結合する。メチレンブルー（和光純薬 25g 2,600円）



メチレンブルー染色液

準備

当日のセット

☆生徒用

<input type="checkbox"/> 光学顕微鏡	1台
<input type="checkbox"/> スライドガラス	10枚程度
<input type="checkbox"/> カバーガラス	1箱
<input type="checkbox"/> 光源装置	1台
<input type="checkbox"/> 先尖ピンセット	1つ
<input type="checkbox"/> 柄付き針	1つ
<input type="checkbox"/> スポイト	2つ
<input type="checkbox"/> ろ紙（2つまたは4つ切り）	多め
<input type="checkbox"/> 9cmペトリ皿	1組
<input type="checkbox"/> 爪楊枝	1つ
<input type="checkbox"/> イシクラゲ	5mm四方
<input type="checkbox"/> ヨーグルトまたは漬け物	少量
<input type="checkbox"/> オオカナダモ	少量
<input type="checkbox"/> 酢酸オルセイン染色液または酢酸カーミン染色液	1つ
<input type="checkbox"/> メチレンブルー染色液	1つ

★教員用

<input type="checkbox"/> メタノール	1つ
<input type="checkbox"/> ピペット	1つ
<input type="checkbox"/> 生ゴミ用の回収容器	1つ

準備に必要な用具

- ・はさみ
- ・9cmペトリ皿
- ・採集用袋
- ・9cmペトリ皿
- ・ピンセット
- ・小分け用容器
- ・スプーン
- ・小分け用容器
- ・ピンセット
- ・小分け用容器
- ・スポイト瓶またはプチボトル
- ・スポイト瓶またはプチボトル



代替

容器、水を加える用具などは代わりに
なるものを工夫してかまわない。



①前日まで

イシクラゲ、ヨーグルトまたは浅漬の漬け物、オオカナダモ、酢酸オルセイン染色液または酢酸カーミン染色液、メチレンブルー染色液、ろ紙を用意する。

前日までにイシクラゲを採集し、ペトリ皿などを用いて水で戻すため一晩置く。5mm 四方あればプレパートを複数つくれることを考えに入れて、水で戻す量を調整する。注意して観察したことがない生徒も多いため、一部を乾燥している状態で残し、乾燥している状態と水を吸収した状態を見せようとする。



イシクラゲ (乾燥)



イシクラゲ (湿潤)

酢酸オルセイン染色液または酢酸カーミン染色液、メチレンブルー染色液がなければ、調製（巻末資料を参考）後、小分けする。

ろ紙はペトリ皿に入る大きさに2つまたは4つ切りにする。

②当日

教材を小分けし、それぞれ乾燥させないように注意する。器具・教材・薬品を分配してセットをつくる。教卓に乳酸菌を固定するためのメタノールと滴下のためのピペットを用意する。

イシクラゲは、小さなペトリ皿などの容器に水とともに5mm 四方程度ずつ小分けする。

ヨーグルトの場合は、乳清が少ないときは水を少量加えてから液体部分を含めて小さなペトリ皿などの容器に少量ずつ小分けする。浅漬の漬け物の場合は、汁とともに小さなペトリ皿などの容器に少量ずつ小分けする。

オオカナダモは、ピンセットなどで輪生葉の間の茎を折り小分けする。小さなペトリ皿などの容器に水とともに入れ、乾燥させないように注意する。

◎観察, 実験

観察, 実験の流れ

□導入

- ・すべての生物で細胞の大きさは同じだろうか
答)異なっており, 原核細胞は小さく, 真核細胞の細胞小器官に近い大きさである
- ・細胞の内部はどうなっているだろうか
答)原核細胞は, 細胞膜で囲まれていることは分かるが, 内部構造は見えない
真核細胞は, 細胞膜で囲まれ, 核膜に囲まれた核, 葉緑体などの細胞小器官が見える

・既習事項の確認

□目的を理解させる

□観察, 実験

- ・実験手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面への注意
- ・原核生物や真核生物を観察し, その形や大きさから共通点や相違点を調べる (本実験)

□結果のまとめ, 考察

- ・観察からわかったこと
- ・イシクラゲの1個の細胞は, 大きさや色などから, オオカナダモのどれに近いといえるか
答)色が緑色で大きさも似ていることから, 葉緑体に近い

□後片付けの指示

手順 時間のめど (およそ 40 分)

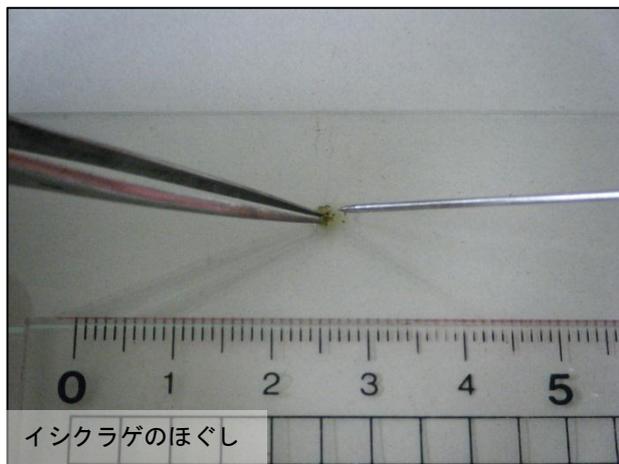
※詳しい手順は付録「04 原核生物と真核生物の観察.pptx」を参照

① プレパラートの作成 (15分)

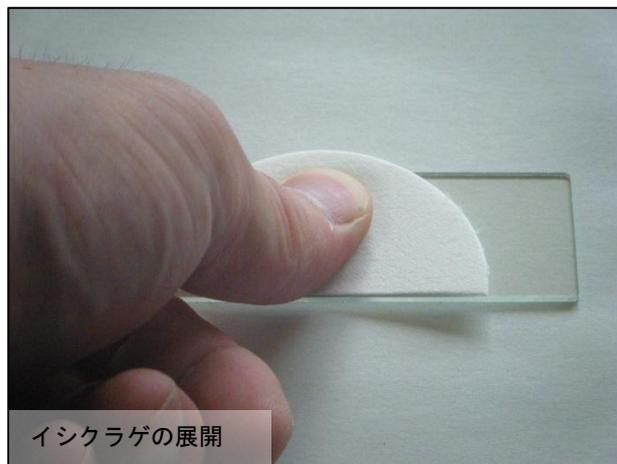
それぞれの生物のプレパラートを作成する。  →状態1 (p. 54)

・イシクラゲ

スライドガラスにイシクラゲの小片を取り, 水を滴下する。ピンセットや柄付き針の先でよくほぐしてからカバーガラスを載せる。ろ紙を載せ, 指を軽く押さえながら小さく左右に動かし, 小片を広げる。



イシクラゲのほぐし



イシクラゲの展開



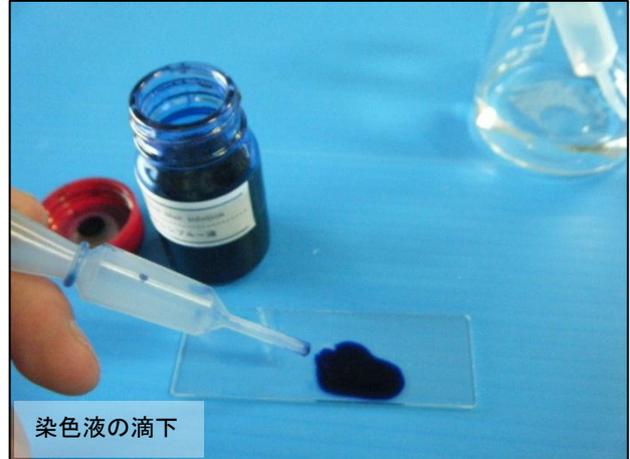
1枚のプレパラートには2mm角程度の小片で十分である。水を多めに滴下したほうがほぐしやすい。顕微鏡で観察すると細胞が重なっている場合が多いため, ろ紙の上からカバーガラスをずらすようにして小片を広げると観察しやすいものをつくりやすい。

・乳酸菌

乳清（上澄み部分）をスライドガラスに滴下し、カバーガラスを載せる。これとは別に、乳酸菌を染色するため乳清をスライドガラスに載せ、乾かしてからメタノールを滴下し固定する。メタノールが乾いた後、メチレンブルー染色液を滴下し、カバーガラスを載せる。余分なメチレンブルー染色液は、ろ紙で吸い取る。



乳清の滴下



染色液の滴下

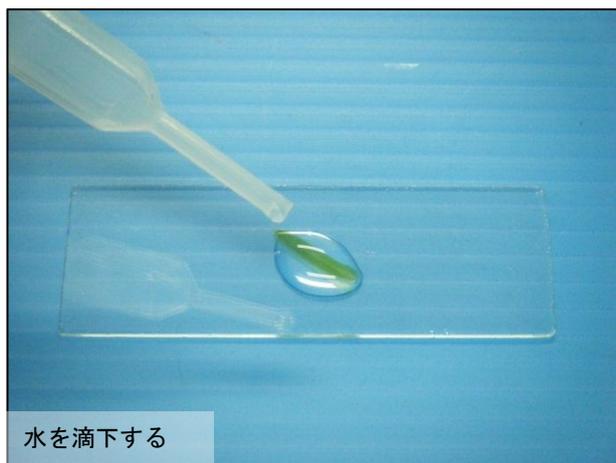


乳成分があると、乳酸菌は観察しにくいいため乳清部分を用いる。  ヨーグルトでなく、漬け物でもよい。漬け物の場合は、真核細胞の酵母菌も観察できる。

メチレンブルー染色液の場合、細菌は死菌でないと染色されない。メタノールで固定してからメチレンブルー染色液で染色すると青く染色され乳酸菌の存在を確認しやすい。  一状態1の失敗2 (p.54)

・オオカナダモ

葉を一枚ピンセットでつまみ取り、スライドガラスに載せる。水を滴下し、カバーガラスを載せる。水封とは別に、酢酸オルセイン（カーミン）染色液を滴下し、5分以上置いてからカバーガラスを載せる。



水を滴下する

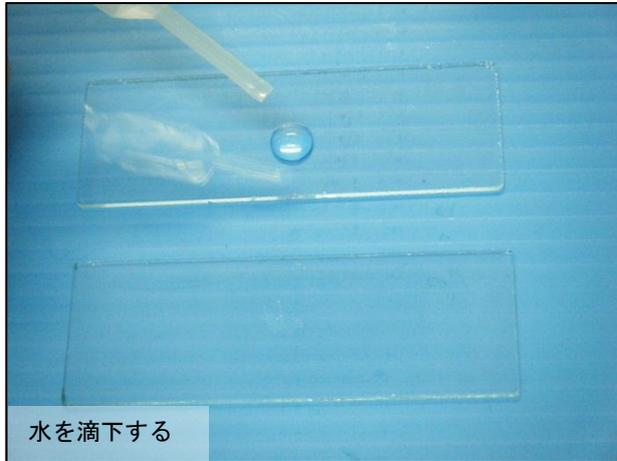


染色液を滴下する

オオカナダモの葉の細胞は2層になっているため、とても観察しやすい。表側の細胞はやや大きく、裏側の細胞は細長く小さい。葉を一枚ピンセットでつまみ取り、観察したい面が上になるようにする。

・口腔上皮細胞

爪楊枝の頭でほほの内側を軽くこすり、スライドガラス2枚に付ける。一方のスライドガラスに水を滴下する。もう一方にメチレンブルー染色液を滴下する。それぞれのスライドガラスに、カバーガラスを載せる。



ほほの内側の上皮細胞は非常にはがれやすいため、強くこする必要はない。染色は酢酸オルセイン染色液でもかまわないが、メチレンブルー液を用いると死んだ細菌も染色されるので、口腔上皮細胞に口内細菌が付着しているのも観察できる。

② 観察・スケッチ (25分)

それぞれのプレパラートを観察し、スケッチする。



→状態2 (p.54)

細胞の大きさ、形などに注意してそれぞれのプレパラートを観察する。

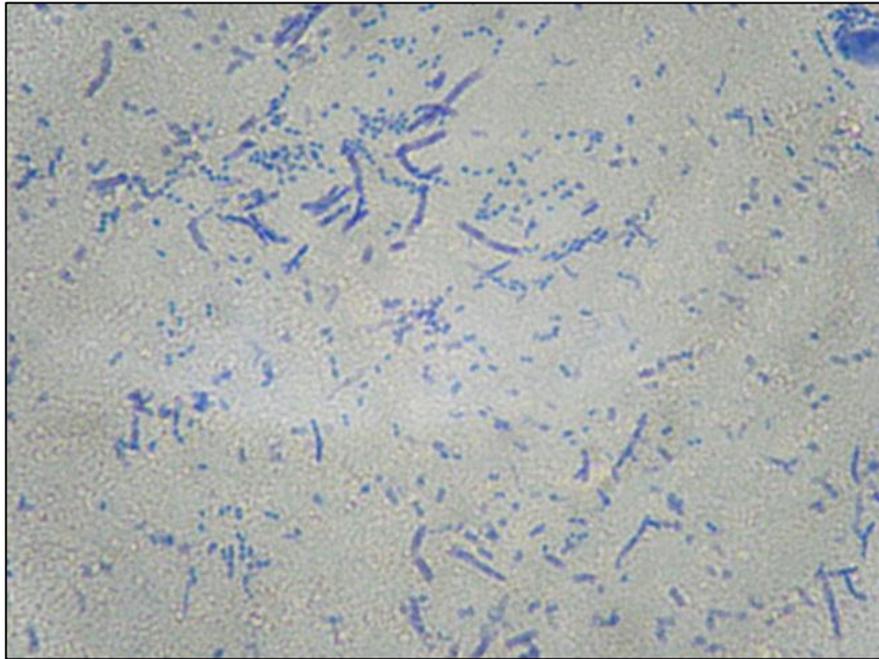


しぼりは絞ったほうがピントを合わせやすい。原核細胞はピントを合わせにくい。

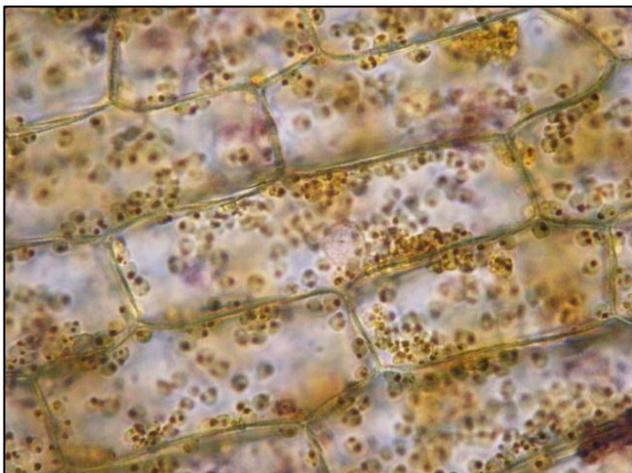
・イシクラゲ (無染色)



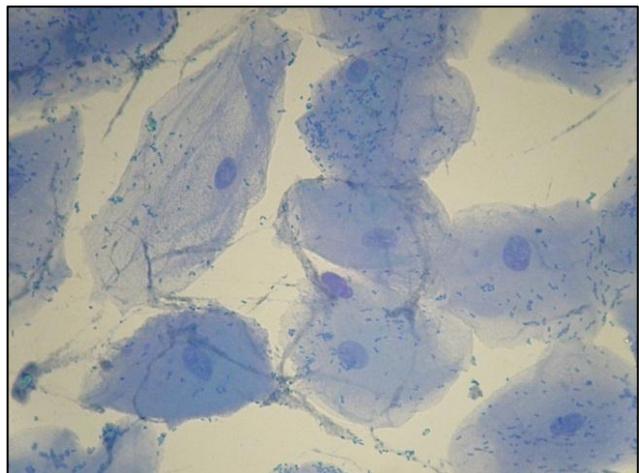
・乳酸菌（メチレンブルー染色）



・オオカナダモ（酢酸オルセイン染色）



・口腔上皮細胞（メチレンブルー染色）



まとめ

- ① 原核細胞と真核細胞はともに細胞膜によって囲われている。
- ② 真核細胞のほうが大きく、原核細胞は小さい。原核細胞の大きさは葉緑体やミトコンドリアに近い。
- ③ 真核細胞は細胞内構造が観察できたが、原核細胞では観察できなかった。

◎後片付け

■後片付けのさせ方

- ・使用した材料は、集めて生ゴミとして捨てさせる。教卓に回収容器を準備しておくとうい。
- ・バットを水洗いしてから、中に洗ったものを入れさせる。
- ・スライドガラス、カバーガラスなどは洗剤で洗わせ、回収する。
- ・洗った器具は回収し、洗いが不十分なものは再提出させる。
- ・異臭の原因になるため流しをきれいにさせ、十分な水で流させる。
- ・実験後、石けんで手を洗わせる。

■器具等の管理

- ・スライドガラス、カバーガラスは乾かし、所定の器具置き場に戻す。

失敗例

●状態1 プレパラートがうまくつくれない

原因1 作成技術が未熟である

プレパラート作成には慣れが必要である。作成の手順を確認した上で複数つくるとよい。

原因2 乳酸菌の固定がうまくいかない

スライドガラスが乾かないうちにメタノール固定や染色を行うと乳酸菌が流れてしまう。それぞれ乾いてから、固定や染色を行う。

別の固定方法として、火炎固定という方法 ( 付録のスライド 14 に動画あり) がある。試料を載せたスライドガラスを、火の上をゆっくり往復させ温めてから、スライドガラスの下を1～2秒ほどあぶる。火を使うため、やけどをすることや試料を焦がすことがないように留意する。

原因3 染色液がおかしい

古かったり、適切な濃度でなかったりすると染色がうまくいかないことがある。また、酢酸オルセイン染色液などは染色時間が短い。メチレンブルー液は、核以外も染色するのに加え、生菌は染色しない特徴がある。それぞれの染色液の性質を知った上で正しく調製された染色液を用意する。

●状態2 細胞が観察できない

原因1 顕微鏡の操作が未熟である

観察に適したプレパラートは作成できているが、顕微鏡操作が未熟なために観察ができない。基本的な操作を確認した上で観察する。乳酸菌以外は低倍率でも存在がわかるので、比較的観察しやすい。

乳酸菌は高倍率でないと存在がわかりにくく、難易度が高い。特に、染色しないものはピントを合わせにくい。乳成分の白い塊にピントを合わせてから、しぼりを絞ってコントラストを強くし、プレパラートを動かし液部分を観察すると見付けやすい。

原因2 スライドガラスやカバーガラスが汚れている

スライドガラスやカバーガラスが汚れていると、原核細胞なのか、ゴミなのか判断ができない。スライドガラスやカバーガラスは、塵の出にくい紙にアルコールを含ませて磨くか、新品を使用する。

原因3 乳成分が多い

乳成分中にも乳酸菌は存在するが、乳酸菌は無色に近いためわからない。プレーンヨーグルトなど、上部に乳清がでしやすいものを選び、乳清部分を使用する。

逆に、固定した後にメチレンブルー液で染色したものは、白い乳成分の中に青く乳酸菌が染まっているので存在が分かりやすい。

別法

別法は特にないが、生物は原核生物か真核生物のいずれかであるため、様々な材料を使うことができる。プレパラートの作成方法は、材料や部位によって異なるので、観察に適したものを考えて作成する。

器具の取り扱い

・スライドガラス

プレパラートを作成する際に、試料を上に乗せる薄い長方形のガラス。通常、短辺 26mm、長辺 76mm、厚さ 1.2mm 程度である。スライドグラスともいう。水縁磨という、薄緑色に着色している通常のソーダ石灰ガラスなどを使用し、端面を面取り・研磨した、50 枚 480 円程度のものが一般的である。生物の観察ではよく使うものなので、多めにあったほうがよい。9 cm ペトリ皿に 20 枚前後を入れておくと、観察する面が汚れにくく、班に配りやすい。



スライドガラス

水や洗剤での洗浄では染色液が完全に落ちていないことが多い。観察に支障がないように、キムワイブ (200 枚 200 円程度) などの低発塵タイプの紙に 70%エタノールを含めて磨くとよい。

・カバーガラス

プレパラートを作成する際に、封入剤の上に乗せる薄く四角いガラス。カバーグラスともいう。割れにくいプラスチック製のものもあるが、高価である。一辺 18mm の正方形のものが多い。ガラス製で 100 枚 380 円、プラスチック製で 100 枚 860 円程度である。



カバーガラス

カバーガラスは薄く割れやすいため、洗っても汚れが落ちていないことが多い。洗浄度を高めるために使う実験用アルコールは価格が高いため、カバーガラスを割り切って使い捨てにしたほうが現実的である。

再利用する場合には、乾いたとき白く不純物が出てくることが多いため、仕上げのすすぎは蒸留水を使いよく水切りをし、最後にアルコールですすいでから乾かす。

・ピンセット

人間の手や指では困難な程度の、緻密な作業を行うために用いられる道具。先端の形状としては、図の上のもののように先端部に滑り止めのギザギザの加工がされているものが一般的であるが、図の下の先尖ピンセットのように極細で尖ったものもある。生物の顕微鏡観察では細かい作業をするため、先尖ピンセットが使用されることが多い。尖った形状のピンセットも、AA (標準), GG (極細), RR (先端ロング) などの型に分けられる。値段は 160 円～4,000 円程度と様々である。



ピンセット

先端がしっかりと合うように整備する必要がある。落としたり、ぶついたりすると使えなくなることがあるので注意する。保護のため、先端部にエアポンプチューブを 5 cm 程度に切ったものを付けると、怪我の防止にもなる。

5

いろいろな細胞の観察（タマネギ他）

難易度	可能時期	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	一年中	1日	30分	40分

目的と内容

いろいろな細胞を顕微鏡で観察し，細胞の形や構造を調べる。

生徒達は，生物の体は細胞からできていることを中学校で学習しているが，顕微鏡操作やプレパラート作成の熟練度は低い。染色液を使いさまざまな方法でプレパラートをつくり，顕微鏡で観察するこの内容は，これらの熟練度を高めることにも適している。

材料は何でもかまわないが，プレパラートのつくりやすさから，タマネギ，バナナ，オオカナダモ，ヒトの口腔上皮細胞とした。

既習事項

中学校：動物の生活と生物の変遷

生物が長い年月をかけて変化してきたことについて学習している。

生命の連続性

体細胞分裂や遺伝について学習している。

オオカナダモの葉の細胞や，ヒトの口腔上皮細胞などを観察している中学校が多い。

留意点

【指導面】

- ・「生物は多様でありながら共通性をもっていることを理解すること」がこの単元の目標である。真核細胞は動物、植物ともに核膜に囲まれている核をもつという共通性や細胞の形や細胞内の構造は様々であるという多様性を意識して指導する。
- ・いろいろな細胞を顕微鏡で観察し、細胞の形や構造を調べ、共通点や相違点を探ることがねらいであり、顕微鏡操作の練習と熟達も兼ねることからすべての手順を生徒に実習させたい。各グループで材料を限定し、隣のグループと見せ合う方法などで時間短縮が可能である。

- ・「細胞の形や構造はどうなっているだろうか」など、観察の視点に触れて、生徒自身が目的をもち主体的に実験に取り組むように指導する。
- ・「細胞を観察するために、適したプレパラートはどのようなものか」のように疑問に投げかけるなど導入を工夫し、生徒自身が主体的に実験に取り組むように指導する。
- ・「なぜ染色液を使うか」「なぜ染色液を使わないか」「観察に適した試料はどのように得ればよいか」など、プレパラート作成の視点に触れて、生徒自身が主体的に実験に取り組むように指導する。
- ・十分に時間を与え、顕微鏡の使い方、プレパラートのつくり方、スケッチの仕方などに慣れるように指導する。
- ・「適切なプレパラートを作成しているか」「顕微鏡の操作を手際よく行っているか」などの観察にかかわる操作ができているか、スケッチはスケッチの仕方に従って描いているか、プリントやレポートなどに過程や結果の記録、整理をしているかなどを机間巡視して適宜指導する。

【安全面】

- ・顕微鏡操作に慣れていないと考えられるため、太陽を見てはいけないことなど、基本事項を確認する。
- ・カバーガラスを割らないように注意する。

【その他】

- ・複数のプレパラートを作成するため、それぞれ何かわかるように順番に並べるように指導する。
- ・染色液は落ちにくいので、染色液が皮膚や衣服に付着しないように注意する。
- ・可能な限り、少人数の班を構成し、一人一人の生徒が実験に取り組めるようにする。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- 器具の在庫確認
- 実験室の備品確認

～前日

- タマネギ, バナナ, オオカナダモの入手
- 染色液の小分け
- 実験プリント作成・印刷

当日

- タマネギ, バナナ, オオカナダモの小分け
- 器具・教材・薬品の分配

☆教材の入手方法

・タマネギの入手方法

スーパーマーケットでほぼ年中入手可能。鱗片葉の内側の表皮をはがしやすく, 内部の鱗片葉ほど細胞が小さい。切り分けて使うので, クラスにつき1～2個で間に合う。

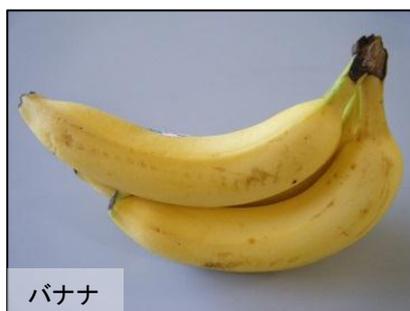
1個 30円前後

・バナナの入手方法

スーパーマーケットで年中購入できる。デンプン粒の観察には熟れていない青みがかかったものがよい。シュガースポット(黒い点)が表面に現れたものは, デンプンの多くが糖になっているので観察には向かない。切り分けて使うので, クラスにつき1～2本で間に合う。 1房 300円前後

・オオカナダモ(またはコカナダモ)の入手方法

ペットショップ等で購入する。「アナカリス」の名前で売られている。多くの高校で所有しているので, 近隣の高校から分けてもらってもよい。 1束 150円前後



薬品の情報

・ヨウ素溶液

デンプンの検出には, 市販のルゴール液を10倍に薄めたものでもよい。適度にデンプンが青紫に染まる。

ヨウ素溶液 (NaRiKa 500mL 2,900円程度)

イソジンうがい薬 (明治製菓 250mL 1,800円程度)

・酢酸オルセイン染色液

核を染める染色液で, 細胞の観察はもちろん体細胞分裂の観察や減数分裂の観察でもよく用いられる。地衣類の一種から抽出した主成分オルセインを酢酸に溶かしたものである。酢酸カーミン染色液でもよい。

酢酸オルセイン溶液 (ケニス 25mL 6,200円)



②当日

教材を小分けする。器具・教材・薬品を分配してセットを用意する。

タマネギは、包丁などで4つまたは8つに切り分け小分けする。鱗片葉は、2 cm 四方以上あったほうが表皮をはがす作業がしやすい。

バナナは、包丁などで1 cm 程度の厚さで輪切りにし小さなペトリ皿などの容器に小分けする。

オオカナダモは、ピンセットなどで茎を折り小分けし小さなペトリ皿などの容器に水とともに入れる。

教材の情報

・タマネギ

りん茎の内側の表皮細胞がはがしやすいため、細胞の観察がしやすい。しぼりを上手く調節するとミトコンドリアが流れて原形質流動も観察できる。

ネギ科ネギ属 ($2n=16$)

原形質流動は、循環型と呼ばれる液胞内を原形質が細い糸のように貫いて循環する。ムラサキツユクサなどでも見られる。



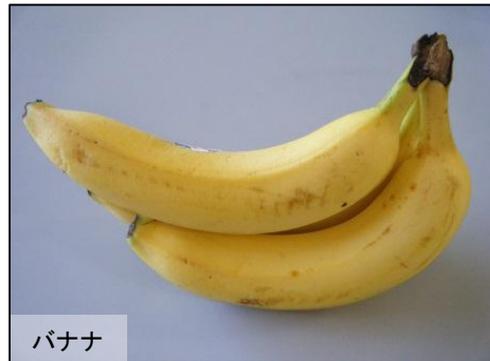
タマネギ

・バナナ

細胞間のつながりが弱く、プレパラートがつくりやすい。道管の観察も容易である。

バショウ科バショウ属のうち、果実を食用とする品種群の総称

栽培バナナは、三倍体などの奇数のゲノム構成のため、減数分裂が正常に進行せず、配偶子形成が異常になるため不稔である。



バナナ

・オオカナダモ

オオカナダモの葉の細胞は2層になっているため、とても観察しやすい。表側の細胞はやや大きく、裏側の細胞は細長く小さい。

被子植物門トチカガミ科の沈水植物 ($2n=46$)

南アメリカ原産。日本には雄株のみ存在する。葉は濃緑色で、よじれは少なくやわらかく折れにくく、輪生葉の数は3~6枚である。安価で入手しやすく、悪環境でも成長する。生育に必要な水温は10度から28度ぐらいで、夏の強い日差しで水温が上がると、生育が悪くなる事がある。近縁種としてコカナダモ ($2n=52$) があり、これは輪生葉が3枚でねじれていることが多い。

※両種とも外来生物法の「要注意外来生物」に指定されているため、野外への逸出に十分留意する。



オオカナダモ

◎観察, 実験

観察, 実験の流れ

□導入

- ・細胞の形や内部はどうなっているだろうか
答) 真核細胞は核膜に囲まれている核をもつが, 形や内部の構造は様々である
- ・細胞を観察するために適したプレパラートはどのようなものか
答) 生きているまたは生きた状態に近い, 細胞の重なりが少なく光を透過する, 気泡がない, 観察したい部分が他と区別できるなど

・既習事項の確認

□目的を理解させる

□観察, 実験

- ・実験手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面への注意
- ・いろいろな細胞を顕微鏡で観察し, 細胞の形や構造を調べる (本実験)

□結果のまとめ, 考察

- ・観察からわかったこと
- ・他の材料ならどのようにしてプレパラートを作成すればよいか
答) 薄片にする, 押しつぶすなど

□後片付けの指示

手順 時間のめど (およそ 40 分)

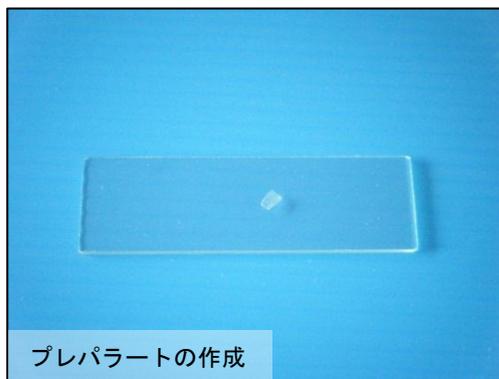
※詳しい手順は付録「05 いろいろな細胞の観察.pptx」を参照

① プレパラートの作成 (15分)

それぞれの植物の薄片をつくり, プレパラートを作成する。  →状態1, 状態2 (p.65)

・タマネギの表皮

鱗片葉の内側にカミソリでマス目状に傷を付け, 端を先尖ピンセットでつまみ表皮をはがし, スライドガラスに載せる。1つは水を滴下してから, 別の1つは酢酸オルセイン染色液を滴下して5分程度してから, それぞれ空気が入らないようにカバーガラスを載せる。余分な水や酢酸オルセイン染色液はろ紙で吸い取る。



観察には数 mm 四方あれば十分足りる。柄付き針とピンセットを使って, 表皮が重ならないように広げてプレパラートを作成する。

・バナナの細胞

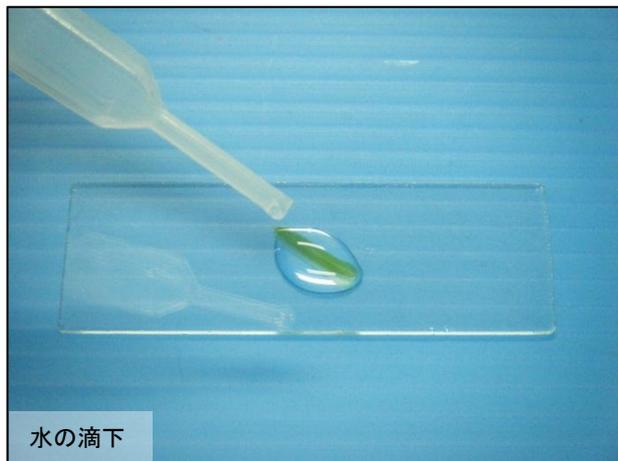
バナナの果肉をスライドガラスにこすり付ける。1つは水を滴下してから、別の1つは酢酸ヨウ素溶液をしてから、それぞれ空気が入らないようにカバーガラスを載せる。ろ紙でカバーガラスを覆った上から指で軽く押し広げる。

バナナの果肉は細胞同士の結合が比較的弱い
ため、スライドガラスにこすり付けただけで、
細胞を観察することができる。気泡ができやす
いため、気泡と細胞の構造物を区別する練習
ができる。気泡は光を散乱させ、丸く抜けて
みえる。



・オオカナダモ

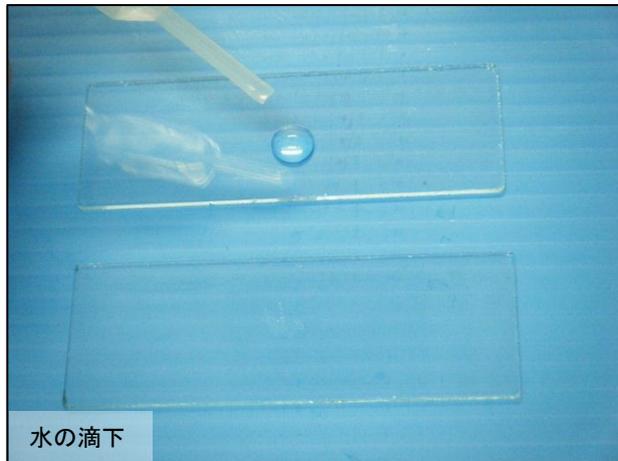
葉を一枚ピンセットでつまみ取り、スライドガラスに載せる。1つは水を滴下してから、別の1つは酢酸オルセイン染色液を滴下して5分程度してから、それぞれ空気が入らないようにカバーガラスを載せる。余分な水や酢酸オルセイン染色液はろ紙で吸い取る。



オオカナダモの葉の細胞は2層になっているため、とても観察しやすい。表側の細胞はやや大きく、裏側の細胞は細長く小さい。葉を一枚ピンセットでつまみ取り、観察したい面が上になるようにする。

・口腔上皮細胞

爪楊枝の頭でほぼの内側を軽くこすり、スライドガラス2枚に付ける。1つは水を滴下してから、別の1つは酢酸オルセイン染色液を滴下して5分程度してから、それぞれ空気が入らないようにカバーガラスを載せる。余分な水や酢酸オルセイン染色液はろ紙で吸い取る。



水の滴下



染色液の滴下



ほぼの内側の上皮細胞は非常にはがれやすいため、強くこする必要はない。染色はメチレンブルー液でもかまわない。メチレンブルー液を用いると、死んだ細菌も染色されるので、口腔上皮細胞に口内細菌が付着しているのが観察できる。

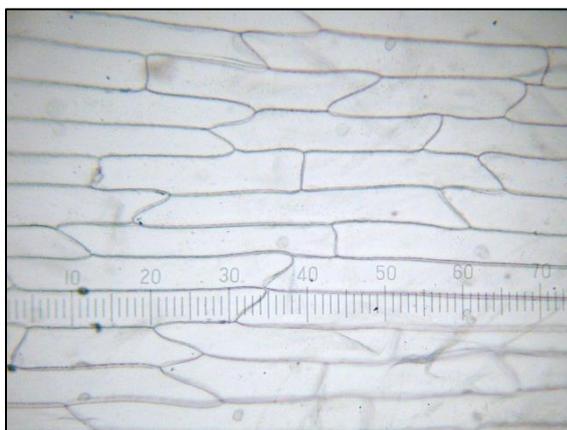
② 観察・スケッチ (25分)

それぞれのプレパラートを観察し、スケッチする。  →状態3 (p.65)



細胞の大きさ、形、見えやすさなどに注意してそれぞれのプレパラートを観察する。しぼりは絞ったほうがピントを合わせやすい。

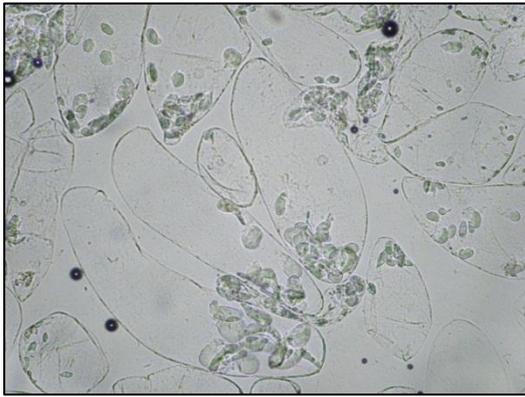
水封したプレパラートは、色が付いていない構造物はしぼりを上手に使わないと観察しにくい。生きた細胞で見られる原形質流動などの現象が観察できることがある。染色したプレパラートは、目的の核やデンプン粒などが観察しやすい。



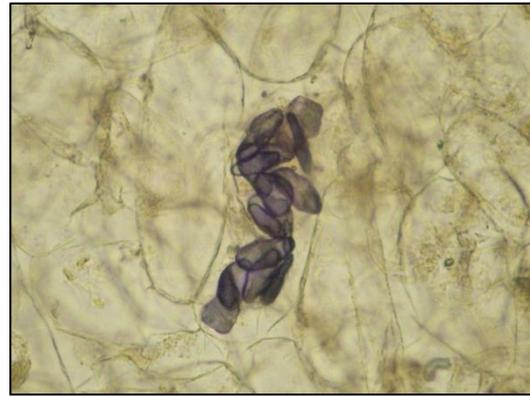
タマネギの表皮 (水封)



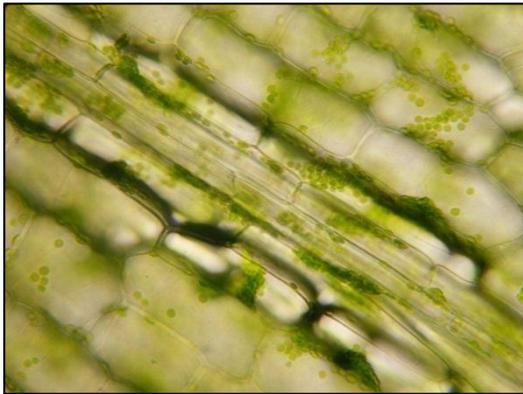
タマネギの表皮 (酢酸オルセイン染色)



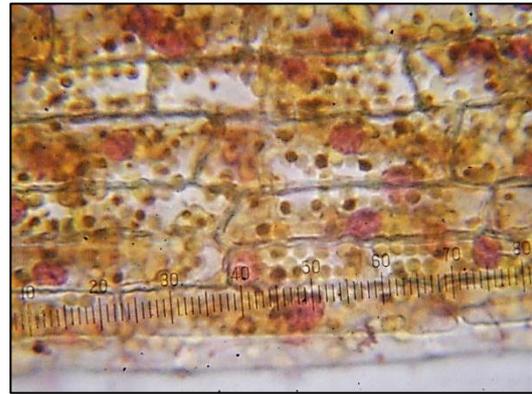
バナナの細胞（水封）



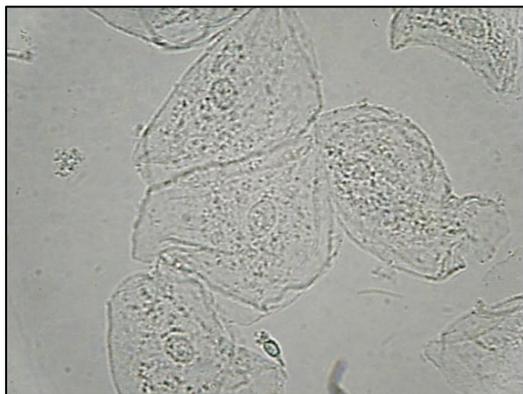
バナナの細胞（ヨウ素溶液染色）



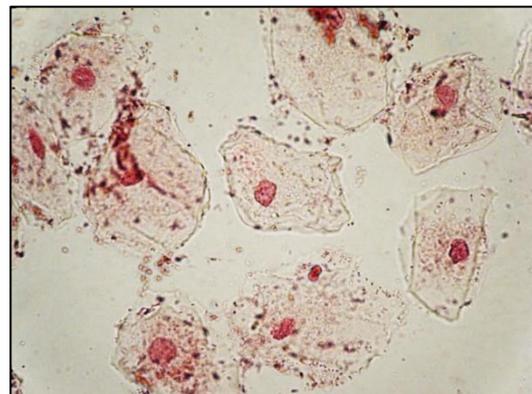
オオカナダモ（水封）



オオカナダモ（酢酸オルセイン染色）



ヒトの口腔上皮細胞（水封）



ヒトの口腔上皮細胞（酢酸オルセイン染色）

まとめ

- ① プレパラート作成には、適切な薄さの試料と目的にあったつくり方が必要である。
- ② 細胞の形や大きさは材料によっていろいろであるが、酢酸オルセイン染色液では核が赤色に、ヨウ素溶液ではデンプン粒が青紫色に染色される。

◎後片付け

■後片付けのさせ方

- ・使用した材料は、集めて生ゴミとして捨てさせる。教卓に回収容器を準備しておくことよい。
- ・バットを水洗いしてから、中に洗ったものを入れさせる。
- ・スライドガラス、カバーガラスなどは洗剤で洗わせ、回収する。
- ・洗った器具は回収し、洗いが不十分なものは再提出させる。
- ・異臭の原因になるため流しをきれいにさせ、十分な水で流させる。
- ・実験後、石けんで手を洗わせる。

■器具等の管理

- ・スライドガラスは染色液が除去できていない場合があるので、アルコールで拭いてから所定の器具置き場に戻す。
- ・染色液は、暗所に保管する。

失敗例

●状態1 うまく試料が取れない

原因 ピンセットが悪い

先端がしっかりと合うものを使用する。落としたり、ぶついたりすると実験で使えなくなることがあるので注意する。新しいものを買うか、先端が合うように整備する必要がある。

●状態2 プレパラートがうまくつukれない

原因 作成技術が未熟である

プレパラート作成には慣れが必要である。P. 28 のプレパラートの作成の手順を確認した上で複数つくとよい。

●状態3 細胞が観察できない

原因1 材料が古い

細胞が生きている必要がある。新鮮なものを入手する。

原因2 顕微鏡の操作が未熟である

顕微鏡操作が未熟なために観察ができない。基本的な操作を確認した上で観察する。色の付いている観察物は低倍率でも存在がわかるので、比較的観察しやすい。

別法

別法①

- ・別の目的で観察させるもの

同じ材料で、別の目的で観察させる。例えば、バナナのすじの繊維を用いてらせん状の構造をした道管を観察する、タマネギの鱗片葉で外側と内側の細胞や核の大きさを比較する、オオカナダモの原形質流動の速度を測定するなどが考えられる。

例：バナナの道管観察



別法②

- ・様々な材料や染色液を用意し、観察させるもの

様々な材料を用意し、適したプレパラートの作成の仕方を考えさせる。染色液は、この実験で使用したもの他にサフラニン（植物の木化した組織を赤に染色）、エオシン液（細胞質を赤に染色）、ピロニン・メチルグリーン溶液（DNAを青、RNAを赤に染色）、スダンⅢ（脂肪を黄～赤に染色）などを用意するとよい。

器具の取り扱い

・スライドガラス

プレパラートを作成する際に、試料を上に乗せる薄い長方形のガラス。通常、短辺 26mm、長辺 76mm、厚さ 1.2mm 程度である。スライドグラスともいう。水縁磨という、薄緑色に着色している通常のソーダ石灰ガラスなどを使用し、端面を面取り・研磨した、50 枚 480 円程度のものが一般的である。生物の観察ではよく使うものなので、多めにあったほうがよい。9 cm ペトリ皿に 20 枚前後を入れておくと、観察する面が汚れにくく、班に配りやすい。



スライドガラス

水や洗剤での洗浄では染色液が完全に落ちていないことが多い。観察に支障がないように、キムワイブ (200 枚 200 円程度) などの低発塵タイプの紙に 70%エタノールを含めて磨くとよい。

・カバーガラス

プレパラートを作成する際に、封入剤の上に乗せる薄く四角いガラス。カバーグラスともいう。割れにくいプラスチック製のものもあるが、高価である。一辺 18mm の正方形のものが多い。ガラス製で 100 枚 380 円、プラスチック製で 100 枚 860 円程度である。



カバーガラス

カバーガラスは薄く割れやすいため、洗っても汚れが落ちていないことが多い。洗浄度を高めるために使う実験用アルコールは価格が高いため、カバーガラスを割り切って使い捨てにしたほうが現実的である。

再利用する場合には、乾いたとき白く不純物が出てくることが多いため、仕上げのすすぎは蒸留水を使いよく水切りをし、最後にアルコールですすいでから乾かす。

・ピンセット

人間の手や指では困難な程度の、緻密な作業を行うために用いられる道具。先端の形状としては、図の上のもののように先端部に滑り止めのギザギザの加工がされているものが一般的であるが、図の下の先尖ピンセットのように極細で尖ったものもある。生物の顕微鏡観察では細かい作業をするため、先尖ピンセットが使用されることが多い。尖った形状のピンセットも、AA (標準), GG (極細), RR (先端ロング) などの型に分けられる。値段は 160 円～4,000 円程度と様々である。



ピンセット

先端がしっかりと合うように整備する必要がある。落としたり、ぶついたりすると使えなくなることがあるので注意する。保護のため、先端部にエアポンプチューブを 5 cm 程度に切ったものを付けると、怪我の防止にもなる。

6

カタラーゼの性質（レバー）

難易度	可能時期	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	一年中	1日	30分	40分

目的と内容

過酸化水素水に様々な試料を入れ、酵素や無機触媒のはたらきによって化学反応が促進される様子を観察し、発生した気体が何であるかを確認する。また、実験結果を比較して酵素や無機触媒の性質を確認する。

生徒達は、それぞれの消化酵素は特定の物質だけを変化させることを中学校で学習しているため、消化にだけ酵素がはたらいている意識をもつ生徒もいる。この実験の内容は、生命活動を行ううえで酵素が広く重要な役割を担っていることに気付くきっかけになるものである。

酵素と無機触媒がともに化学反応を促進し、その物質自体は変化しない触媒であることの確認とともに、発展内容だが酵素と無機触媒の違いにも触れた。材料は入手のしやすいブタのレバーを用いた。

既習
事項

中学校：植物の生活と種類

葉において光合成が行われていることについて学習している。

動物の生活と生物の変遷

生物の体が細胞でできていること、呼吸ではエネルギーが取り出され、二酸化炭素が排出されることについて学習している。

消化酵素（アミラーゼ）の実験を行っている。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- 器具, 薬品の在庫確認
- 実験室の備品確認

～前日

- レバーの入手, 小分け
- 二酸化マンガン (IV), 煮た二酸化マンガン (IV), 石英の小分け
- 実験プリント作成・印刷

当日

- 煮たレバーの用意
- 3%過酸化水素水の小分け
- 器具・教材・薬品の分配

☆教材の入手方法

・ブタのレバーの入手方法

スーパーで1年中手に入る。スライスしたものが扱いやすい。100g あれば3～4クラス分は間に合う。 ブタのレバー (スライス) 100g 130円前後

教材の情報

・ブタのレバー (肝臓)

酵素カタラーゼの実験では, すぐ使う場合は生のものを切り分けてもいいが, 冷凍した方が扱いやすい。冷凍焼けしない間は使える。

肝臓は, 物質の合成や分解に関する酵素が他の器官より多く含まれており, 活発な化学反応が起こっている。



スライスしたブタのレバー

薬品の情報

・過酸化水素水

市販されているものは30%の過酸化水素水で, その濃度のものを皮膚に付着させると火傷するため, 必ず薄めてから使用する。若干ではあるが, 自然に分解反応が起こるため, 空気穴のあいた専用のふたを使う。間違っても普通のふたを使うと, ビンの内圧が高まり, 事故が起こることがある。古くなると過酸化水素が薄くなるため, 実験室にあまり在庫を残さないほうがよい。毒物及び劇物取締法により6%を超えるものは劇物に指定される。薬局で売っているオキシドールは約3%過酸化水素水なので, そのまま実験に使える。

過酸化水素水 (UCHIDA 500mL 1,400円) 劇物



オキシドール (3%過酸化水素水)

準備

当日のセット

☆生徒用	
□駒込ピペット, キャップ (2mL)	1本
□レバー	4mm 角3切れ
□煮たレバー	4mm 角1切れ
□二酸化マンガン (IV)	1袋
□煮た二酸化マンガン (IV)	1袋
□石英 (ケイ砂)	1袋
□3%過酸化水素水	20mL 程度
□バット	1つ
□試験管	6本
□試験管立て	1つ
□ピンセット	1本
□線香	3~4本
□マッチ (ライター)	1箱 (1つ)
□燃えさし入れ	1つ

★教員用

- ろうと, ろ紙 (酸化マンガン (IV), 石英回収用)
- ボンベ (水素, 酸素, 二酸化炭素)
- 試験管, ゴム栓3組
- 水槽 (水上置換用)
- 500mL ビーカー3つ (レバー, 酸化マンガン (IV), 石英回収用)
- 水切りネット

準備に必要な用具

- ・包丁など
- ・ラップ
- ・熱湯
- ・9cm ペトリ皿
- ・薬さじ
- ・熱湯
- ・薬包紙
- ・薬さじ
- ・薬さじ
- ・50mL ビーカー
- ・ピンセット
- ・冷凍庫
- ・ピンセット
- ・薬包紙
- ・薬さじ
- ・ペン
- ・薬包紙
- ・ペン



代替

対照用の物質, 容器, 火を付ける用具などは代わりにするものを工夫してかまわない。



①前日まで

レバー、二酸化マンガン (IV) , 石英を用意する。

レバーは、4mm 角程度に切り分けて、重ならないように3切れずつラップで密閉する。保存が必要な場合は、そのまま冷凍庫に保管する。使用前に必要な分を冷凍庫から取り出し、室温に置けば自然解凍される。

すぐに小分けしない場合は、スライスした肝臓をお互いが付かないようにラップで仕切って冷凍する。パックのまま冷凍すると塊になって切り分けにくい、仕切ったものは凍っていても容易に切り分けられる。



二酸化マンガン (IV) は粒状と粉末のものがある。過酸化水素の触媒として粒状は穏やかな、粉末は急激な反応になる。好みによるが、粒状のほうが後片付けや再利用が楽である。そのままと煮たものを薬包紙に1つ (約 0.3 g) ずつ小分けする。薬包紙には内容物名を書いておく。

酸化マンガン (IV) (粒状) 500 g 1,800 円前後, (粉末) 500 g 1,700 円前後 (教材会社)

石英砂は触媒のはたらきがない物質として用意するので、石英砂にこだわらなくてよい。別の物質を使う場合は、事前に触媒としてはたらかないか必ず確認する。薬包紙に薬さじの小1つくらい (約 0.3 g) ずつ小分けする。薬包紙には内容物名を書いておく。

石英砂 500 g 2,400 円前後 (教材会社)

②当日

煮たレバーを4mm 角程度に切り分けたものをからつくる。煮たレバーは内部まで火が通らないと、過酸化水素水を加えたとき酸素が発生するので十分加熱する。レバーを煮る際は、臭いがかなり出ること留意する。

3%過酸化水素水を小分けする。3%過酸化水素水はオキシドールがそのまま使えるので便利である。3%過酸化水素水を50mL ビーカーに20mL 程度ずつ小分けする。

調製する場合は、蒸留水 90ml に30%の過酸化水素水 10ml の割合で混合すると3%過酸化水素水ができる。薄すぎると反応がわかりづらく、濃いと激しく反応してしまう。注意点として、薬品を調製するときは、「水に」薬品を加えるのが基本である。薬品に水を加えた場合、急激な発熱等による事故の原因になる恐れがある。

過酸化水素水 (30%) 劇物 500 g 1,400 円前後 (教材会社)

器具・教材・薬品を分配してセットを用意する。

◎観察, 実験

観察, 実験の流れ

□導入

- ・生物が行っている化学反応は、なぜ常温で行えるのだろうか 答) 酵素があるため
- ・過酸化水素水から発生する気体は何か 答) 酸素
- ・違いを知るためには、何が必要か (試験管 Aは何のために用意するか)
答) 比較するもの、つまり対照実験が必要

・既習事項の確認

□目的を理解させる

□観察, 実験

- ・実験手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面への注意
- ・原核生物や真核生物を観察し、その形や大きさから共通点や相違点を調べる (本実験)

□結果のまとめ, 考察

- ・観察からわかったこと
- ・生物がカタラーゼを持っている理由は何か
答) 過酸化水素は細胞やDNAを傷付けるので、速やかに分解する必要があるため

□後片付けの指示

手順

時間のめど (およそ 40 分)

※詳しい手順は付録「06 カタラーゼの性質.pptx」を参照

① 確認演示実験 (7分)



火を付けた線香を用意し、水素、酸素、二酸化炭素を入れた試験管に差し込み、その様子を確認する。



水素



酸素



二酸化炭素



3種類の気体の性質を確認する。それぞれのボンベがあれば簡単に演示できるが、無い場合は気体を発生させて準備しておく。

<気体の発生方法>

- ・水素…水上置換で集める。亜鉛などのイオン化傾向の低い金属に薄い塩酸を加える。**水素は空気との混合物になると爆発しやすいため水上置換で集めた水素濃度が高いものを使う。最初に発生する気体は空気との混合物で爆発しやすいため捨てる。発生装置には絶対に火を近づけない。**試験管に水素をいっぱい集め、火を付ける。
- ・酸素…水上置換で集める。酸化マンガン (IV) に薄い過酸化水素水を加える。
- ・二酸化炭素…下方置換または水上置換で集める。石灰石に塩酸を加える。

② 試験管の用意 (5分)

A～Fのラベルをつくり、煮たレバーが入ったものにFのラベルを貼り、何も入っていない試験管に他のラベルを貼る。Aには石英砂、Bには酸化マンガン(IV)、C、Dには生のレバー、Eには煮た酸化マンガン(IV)を入れる。試験立てに並べ、バットの中に置く。



生レバーは壁面に付着しやすい。付着した場合、試験管を振ると下に落ちていく。



Aは対照実験。触媒以外の物質を入れることで、物質が入ったから過酸化水素が分解されたのではないことを示すもの。

Bは無機触媒、Cは酵素。ともに過酸化水素を分解する触媒であることを示すもの。また、触媒自体は反応によって減らないことを示すもの。

Dは反応終了後にレバーを加えることで、反応物がないと触媒があっても反応しないことを示すもの。

発展内容でE、Fは無機触媒と酵素との違いをみるもの。無機触媒は熱を加えても反応は同じだが、酵素は触媒の性質を失うことを示すもの。

③ 気泡の発生状況の観察 (10分)

A～Fの試験管に3%過酸化水素水を駒込ピペットで2mlずつ入れる。気泡の発生の有無や、発生の程度を観察する。 →状態1 (p.76)

(例 激しく発生++, 発生+, ほとんど発生しない-)



C、Dの試験管は反応によって大量に泡が生じレバーがあがってくることもある。ピンセットで泡をつぶすように指示をして、試験管から泡があふれる被害を小さく留める。

B、C、D、Eで気体が発生する。

B、Eの比較から無機触媒は加熱しても性質に変化がなく、C(D)、Fの比較から酵素は加熱によって性質が変わることがわかる。



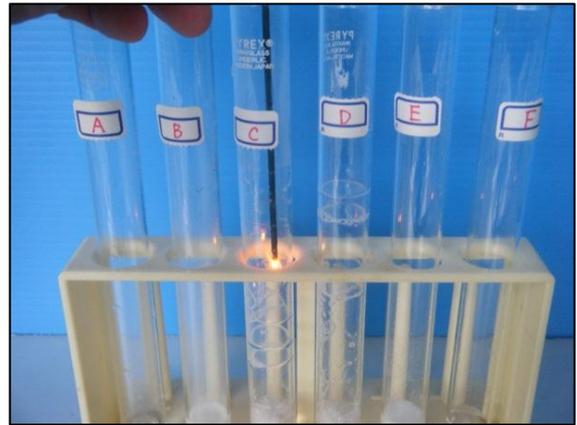
④ 線香の挿入（5分）

気泡が出なくなったら、それぞれの試験管に火を付けた線香を差し込み、様子を観察して記録する。



→状態2 (p.76)

①の演示実験の様子から、気体は酸素である。



⑤ 物質の追加投入（3分）

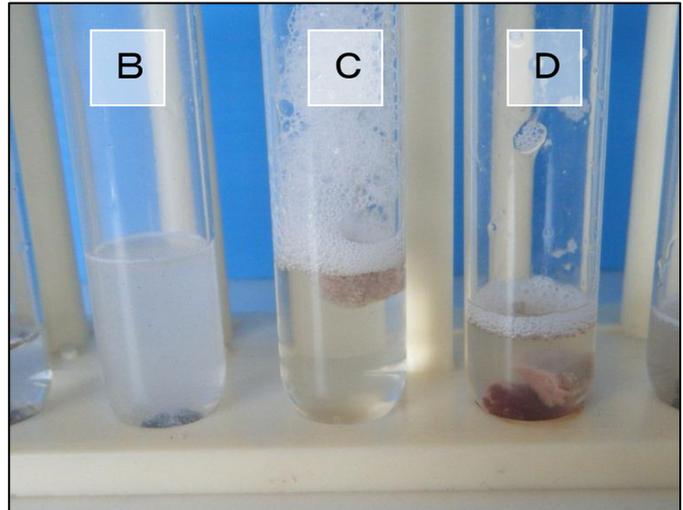
Dの試験管に生のレバーを1つ追加する。
C, Dを比較した後、B, Cの試験管に3%過酸化水素水を2mLずつ入れる。

Dは酵素が増えても基質（過酸化水素）がないため、反応は起こらない。

⑥ 気泡の発生状況の観察2（10分）

B, C, Dの試験管の気泡の発生の有無や、発生の程度を観察する。

B, Cは基質（過酸化水素）が追加されたため、反応が起こった。



まとめ

- ① 酵素は、無機触媒とともに化学反応を促進し、発生した気体は酸素である。
- ② 酵素や無機触媒自体は消費されない。
- ③ 酵素を加えても、基質がなければ反応しない。
(発展内容)
- ④ 無機触媒は熱によって活性を失わないが、酵素は活性を失う。

◎後片付け

■後片付けのさせ方

- ・ 教卓にレバー用、酸化マンガン(IV)用、石英用の3つのビーカーを用意し、試験管の中身をすべてそれぞれのビーカーに空けさせる。
- ・ 試験管は、試験管ブラシで洗わせる。
- ・ バットを水洗いしてから、中に洗ったものを入れさせる。
- ・ 薄めた過酸化水素水は、触媒がなくても自然に水と酸素に分解されるので、水とともに流しに流す。
- ・ 洗った器具は回収し、洗いが不十分なものは再提出させる。
- ・ 異臭の原因になるため流しをきれいにさせ、十分な水で流させる。
- ・ 実験後、石けんで手を洗わせる。

■器具等の管理

- ・ 試験管、ペトリ皿、ピンセットは教員が再度洗い、種類毎に分ける。乾燥後、所定の器具置き場に戻す。
- ・ 石英砂と酸化マンガン(IV)をそれぞれろ紙で濾過して回収し、乾かして再利用する。
- ・ ガスの元栓を忘れずに閉める。
- ・ 回収したレバーを水切りして、各自治体の処理方法に従って破棄する。

失敗例

●状態1 酸素が発生しないはずの試験管で発生してしまう

原因1 試験管が汚れていた

試験管がしっかりと洗われておらず、触媒が残っていると過酸化水素が分解されてしまう。また、実験内でも生徒が間違っ​​て生レバーを入れた試験管を、軽く洗ってそのまま使う場合も酸素が発生する。しっかりと洗ったものを使用する。

原因2 煮たレバーが中まで火が通っていなかった

火が通っているように見えても、中が生の場合、カタラーゼがはたらき過酸化水素を分解してしまう。火が通っていることを確認してから分配する。

●状態2 酸素がうまく確認できない

原因1 過酸化水素水の濃度が薄い

古くなった過酸化水素水は、自然分解して濃度が薄くなっている。希釈を間違えた可能性もある。また、薄めた過酸化水素水は自然分解しやすい。小分けする前に予備実験で適切な濃度か確認し、調節する。

原因2 酸素濃度が足りない

急いで線香で酸素の確認を使用とすると、線香を激しく燃やすほどの酸素が発生していないことがある。また、生レバーの試験管では割れにくい泡をつくり、試験管の外にレバーを追い出してしまうこともある。ピンセットなどで泡をつぶさせ、反応が落ち着いてから気体の確認をさせる。

別法

別法

- ・教材をレバーではなく、ダイコン、ジャガイモなどの植物を使うもの

レバー同様、過酸化水素を分解するが、レバーに比べて反応が弱い。両方使うことで、動物だけでなく植物もカタラーゼを持っているということを確認できる。

トピック

生レバーを食べてはいけなくて、火を通せばよい理由

レバーは肝臓であり、胆管で小腸と繋がっているために、細菌が入り込むことがある。食べた人の消化機能が弱い状態にあれば、細菌のはたらきで食中毒になる危険性が高い。

タンパク質に火が通ると立体構造が変化し、性質が変わる。酵素の主成分はタンパク質なので、変性し活性を失うため、細菌も代謝ができず殺菌できる。

トピック

牛乳の「低温殺菌」って？

低温殺菌とは 65℃、30 分加熱することで菌を殺すもの。タンパク質の変性は少なく、牛乳本来の風味をいかにすることができるが、一部菌が残るため消費期限が高温殺菌のものより短い。

器具の取り扱い

・メスシリンダー（準備で使用）

主に液体の体積を量るときに用いる、円筒形で目盛りが付いている計量器。倒れないように、机の上のほぼ中央に置くようにする。目盛りを読むときには、水平に見通す位置に目を置き、目盛りの1/10まで正確に読み取る。

正確な計量ができなくなるため、メスシリンダー内で固形物を溶かす、液を混ぜる、高温な液体を入れる、長い時間液を入れたままにするなどは行ってはならない。

溶液の調製は、ビーカーで混合するようにし、メスシリンダーの内側に付いた液体は蒸留水で洗ってビーカーに加える。



メスシリンダー

・ピンセット

人間の手や指では困難な程度の、緻密な作業を行うために用いられる道具。先端の形状としては、図の上のもののように先端部に滑り止めのギザギザの加工がされているものが一般的であるが、図の下の先尖ピンセットのように極細で尖ったものもある。生物の顕微鏡観察では細かい作業をするため、先尖ピンセットが使用されることが多い。尖った形状のピンセットも、AA（標準）、GG（極細）、RR（先端ロング）などの型に分けられる。値段は160円～4,000円程度と様々である。

先端がしっかりと合うように整備する必要がある。落としたり、ぶついたりすると使えなくなることがあるので注意する。保護のため、先端部にエアポンプチューブを5cm程度に切ったものを付けると、怪我の防止にもなる。



ピンセット

7

葉緑体と光合成（ネギ）

難易度	可能時期	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★★☆	一年中	1日	40分	40分

目的と内容

ネギの葉の緑色部分と白色部分を用いて、葉緑体と光合成の関係を確認する。

生徒達は、葉には葉緑体があること、緑色の葉に光を当てると、二酸化炭素を吸収し酸素を放出してデンプンがつくられることを小学校や中学校で学習している。葉緑体が光合成にはたっていることがこれらの知識から予想できるが、それが観察、実験によって実感できるものである。葉の切片の観察から葉緑体の有無が確認でき、BTB溶液の色の変化から光合成による二酸化炭素の吸収が葉緑体によって行われていることがわかる。

第一学習社の教科書にはハボタンを材料にして実験が紹介されているが、5月以降の学習時期にハボタンを用意するのは困難である。ネギはほぼ年中入手できること、葉の光が当たっていないところが白くなっており、長時間光を当てなければクロロフィルがつかれないことから、実験の材料として適している。

既習事項

中学校：植物の生活と種類

葉において光合成が行われていることについて学習している。

動物の生活と生物の変遷

生物の体が細胞でできていること、呼吸ではエネルギーが取り出され、二酸化炭素が排出されることを学習している。

オオカナダモの葉緑体を観察している中学校が多い。

留意点

【指導面】

- ・「生命活動に必要なエネルギーと代謝について理解すること」がこの単元の目標である。光合成によって光エネルギーを用いて有機物がつくられ、呼吸によって有機物からエネルギーが取り出されることを意識して指導する。
- ・葉緑体がある葉とない葉を用いて、葉緑体と光合成の関係を確認することがねらいである。顕微鏡操作やプレパラート作成の練習と熟達も兼ねて、葉の切片の観察を含めた手順④～手順⑥は生徒に実習させたい。手順①～手順③を演示することで時間短縮も可能である。
- ・当日の光量不足により単位時間内に試験管のBTB溶液の色に変化が見られない可能性が高いため、教員があらかじめ手順①～手順③を行い、十分な光を当てておいたものを別に用意するとよい。生徒のものに変化が見られなかった場合に見せると正しい認識を与えることができる。

-
- ・「葉緑体で光合成が行われていることを確認するにはどのような方法があるか」など実験の意義に触れるように導入を工夫し、生徒自身が疑問をもち主体的に実験に取り組むように指導する。
 - ・BTB溶液の性質と二酸化炭素が溶け込むと酸性になることをわかっていることが、この観察、実験の前提になる。理解していない場合に備えて、酸、塩基の水溶液を用意して演示する。
 - ・「Cを用意する意味は何だろうか」「絵の間違い探しでは、2枚の絵が用意されている、なぜだろうか」「AとB、AとC、BとC、Aとa、Bとb、Cとcを比較すると、何かがわかる」など、比較することが実験の基本であることに気付かせ、用意した試験管の意味を生徒が理解するように指導する。
 - ・「駒込ピペットを適切に操作しているか」「試験管へ正しく投入しているか」「試験管の栓や、遮光は適切に行っているか」「適切なプレパラートを作成しているか」「顕微鏡の操作を手際よく行っているか」などの観察にかかわる操作ができているか、スケッチはスケッチの仕方に従って描いているか、プリントやレポートなどに過程や結果の記録、整理をしているかなどを机間巡視して適宜指導する。

【安全面】

- ・BTB溶液を駒込ピペットで入れる際、試験管を倒さないように注意する。
- ・葉の切片をつくる際、カミソリで手や指を傷付けないように注意する。
- ・顕微鏡操作に慣れていないと考えられる場合、太陽を見てはいけないことなど、基本事項を確認する。
- ・カバーガラスを割らないように注意する。

【その他】

- ・各試験管の比較がしやすいように、試験管を順番に並べるように指導する。
- ・BTB溶液を駒込ピペットで入れる際、試験管に駒込ピペットが接触しないように注意するように指導する。
- ・葉片を試験管に入れる際、BTB溶液に付かないようにしながら、試験管の底の方に入れるように指導する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- 器具の在庫確認
- 実験室の備品確認

～前日

- ネギの入手
- BTB溶液の調製, 小分け
- 実験プリント作成・印刷

当日

- ネギの小分け
- 器具・教材・薬品の分配

☆教材の入手方法

・ネギの入手方法

ネギの茎は根から上 1cm 程度までで, そこから上は, 白い部分も青い部分も全て葉である。白ネギと呼ばれる, 葉に白い部分を多くさせたものが材料に適している。緑色部分と白色部分がそれぞれあるものが望ましい。収穫から時間のあまり経過しないものがよく, 可能であれば土の付いたネギを購入する。畑がある家庭では育てている場合が多いため, 生徒に班で 1 本持参させてもよい。

- ①スーパーマーケットで 1 年中手に入る。季節により値段が変動する。 1 本 50 円前後
- ②種から育てる。 1 袋 300 円前後
- ③苗から育てる。 1 束 (50 本程度) 500 円前後



教材の情報

・ネギ

ネギ科ネギ属 ($2n=16$)

4～5月に出るネギの花を「ねぎ坊主」といい, 減数分裂の観察に利用できるが, この時のネギは固くなりこの観察, 実験には向かない。畑のネギに雪をかぶせ低温にしておくことで, ねぎ坊主が出る時期を遅くできる。



ネギの花 (ねぎ坊主)

準備

当日のセット

- ☆生徒用
- 検鏡セット 1組
- 光源装置 1台
- 9 cm ペトリ皿 1組
- 両刃カミソリ 1つ
- 厚紙 1枚
- バット 1つ
- 試験管 6本
- ゴム栓 (またはパラフィルム) 6個
- 試験管立て 1つ
- 駒込ピペット, キャップ (2mL) 1本
- ストロー 1本
- アルミホイル (30cm×10cm 程度) 3枚
- (晴れていない場合) 電気スタンド 1つ
- ネギ 1本
- ろ紙 (2つまたは4つ切り) 多め
- BTB 溶液 35mL 程度

準備に必要な用具

- ※検鏡セット
- ・ 光学顕微鏡 1台
 - ・ スライドガラス 1組
 - ・ カバーガラス 1箱
 - ・ 先尖ピンセット 1つ
 - ・ 柄付き針 1つ



代替
容器, 試験管を密閉するもの, 遮光するものなどは代わりになるものを工夫してかまわない。

- ・ はさみ
- ・ 9 cm ペトリ皿
- ・ メスシリンダー
- ・ 駒込ピペット
- ・ 1L ビーカー
- ・ 50mL ビーカー
- ・ 水酸化カリウム水溶液
- ・ 蒸留水

★教員用

- 生徒用と同じもの 1組

(生徒のBTB溶液の理解が弱い場合)

- 中性のBTB溶液
- 酸, 塩基の水溶液
- 駒込ピペット, キャップ
- 250mL ビーカー



①前日まで

ネギ，B T B溶液，ろ紙を用意する。

市販のB T B溶液の濃度は実験に用いるには高いため，水で希釈し 0.002%程度のB T B溶液をつくる。この実験は二酸化炭素の溶解量によって，光合成に二酸化炭素が使われていることを示すため，B T B溶液の初めの状態を塩基性にする必要がある。水酸化カリウム水溶液や水酸化ナトリウム水溶液など，塩基性水溶液を微量加え，緑色のB T B溶液を青色に変色させる。青色にしたB T B溶液を 50mL ビーカーに 35mL 程度ずつ小分けする。塩基性水溶液を加えすぎると，息を吹き込んで黄色にする際，変色しにくい。 →状態 1 (p. 87)



青色にしたB T B溶液

ろ紙を切りペトリ皿に入る大きさに2つまたは4つ切りにする。

②当日

器具・教材・薬品を分配してセットを用意する。

ネギは，班毎に緑色部分の葉と白色部分の葉が必要になる。時間内で明らかな結果を得るために，葉片は大きめの方がよい。可能であれば班に1本，少なくとも葉全体1枚以上を分配する。

薬品の情報

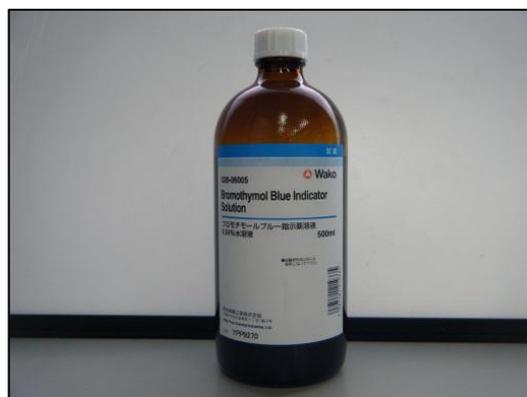
・B T B溶液

ブロモチモールブルーの頭文字をとって，B T Bという。pH 指示薬のひとつで，色の変化は酸性 (pH6.0 以下) で黄色，中性 (pH6.0~7.8) で緑，アルカリ性 (pH7.8 以上) で青色を示す。

B T Bは水に非常に溶けにくく，淡黄色または淡紅色の粉末である。B T B溶液は，粉末B T B 0.1g ~ 1g を 90~95%エタノール 20mL に溶かし，水を加えて 100mL にした液である。光で変性するため，遮光容器に保存する。

B T B 溶液 (UCHIDA, NaRiKa, ケニス 500mL 2,900 円)

B T B (粉末) (ケニス 1g 2,500 円)



B T B溶液

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入

- ・ B T B 溶液の性質はどうだったか 答) 酸性で黄色，中性で緑色，塩基性で青色を示す
- ・ 葉緑体で光合成が行われていることを確認するにはどのような方法があるか
答) デンプンを確認する，二酸化炭素の増減を調べる，酸素の発生を調べるなど
- ・ 違いを知るためには，何が必要か (試験管 C, c は何のために用意するか) 答) 対照実験が必要
- ・ 既習事項の確認

□目的を理解させる

□観察，実験

- ・ 実験手順の指導
- ・ 生徒へのアドバイス
- ・ 安全面への注意
- ・ 葉緑体と光合成の関係を確認する (本実験)

□結果のまとめ，考察

- ・ 観察からわかったこと
- ・ ネギの外側は葉の表側か，裏側か 答) 裏側

□後片付けの指示

手順 時間のめど (およそ 40 分)

※詳しい手順は付録「07 葉緑体と光合成.pptx」を参照

① 葉片の採取 (4分)

ネギの葉をきれいにむき取り，緑色部分と白色部分に分けそれぞれから同面積程度の葉片を2枚ずつつくる。



葉は，葉が付いている側から外側に引くと1枚ずつ外すことができる。白い部分はきれいに裂けにくいので，指の爪で傷を付けてからむくとよい。緑色部分と白色部分に分けてから，環状になっている緑色部分の内部を開くようにして板状にする。板状にすることで，同面積程度の葉片が作りやすい。また，試験管の中で広がりやすくなり B T B 溶液に落ちにくくなる。葉片が5～10cm程度の長さで2枚ずつできるように，ネギを用意する。

② B T B溶液への吹込 (3分)

呼気を吹き込んで黄色にする。 → 状態 1, 状態 2 の原因 1 (p. 87)



付録のスライド 11

動画ファイル「呼気の吹込」に動画あり



泡がまわりに飛ぶ可能性が高いので、近くに物を置かないように指示する。

呼気によって、B T B溶液を青色から黄色にするが、準備で加えた塩基性水溶液が強いと、全く色が変化しないので調製が大切である。呼気を入れてしばらくすると緑色に変化し、さらに呼気を吹き込むと黄色になる。緑色から黄色に変わった時点で呼気を入れるのを止めないと、時間内で色の変化が分からない可能性が高くなる。

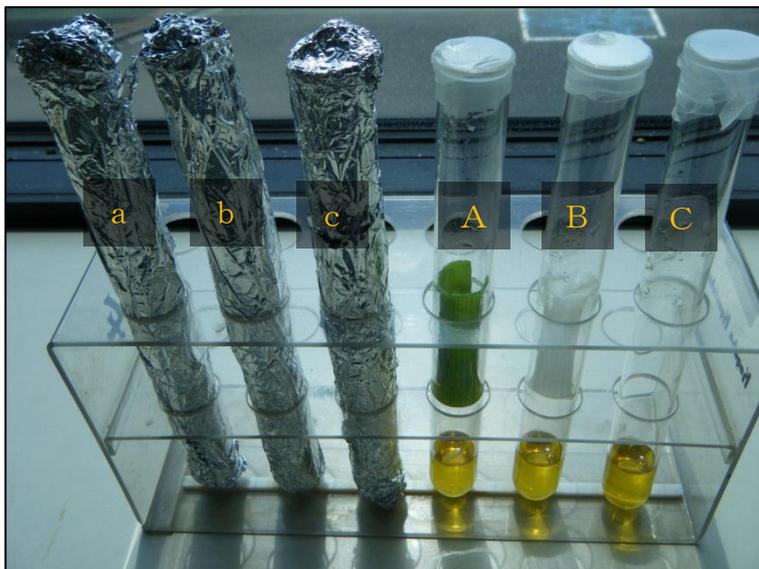
B T B溶液への呼気の吹込は演示として、授業者が行い、色が変化したものを生徒に分配してもよい。

③ 試験管の設置 (5分)

6本の試験管に黄色にしたB T B溶液を5mLずつ入れる。B T B溶液に入らないように、A, aに緑葉片, B, bに白葉片を試験管に入れる。それぞれの試験管をゴム栓 (図はパラフィルム) で閉じる。a, b, cの3本の試験管をアルミホイルで遮光し、試験管立てを窓際などの明所に置く。



→ 状態 2 (p. 87)



天候が悪い場合は、電気スタンドなどで光を当てる必要がある。

葉片によってB T B溶液の色が変化したのではないことがわかるように、B T B溶液に入れない。実際には、B T B溶液に葉片が付いても影響はない。

試験管に合うゴム栓があればいいが、無い場合はパラフィンなど気密性の高いものでガスの出入りを無くす。ラップは水や空気を通すため使えない。

A, aに緑葉片, B, bに白葉片を入れ, C, cは何も入れない。C, cは対照実験でA, Bで葉緑体の有無により光合成が葉緑体で行われることを確認する。a, b, cは光を当てない場合の比較である。

④ プレパラートの作成 (10分)

両刃のカミソリを2つに折る。折ったカミソリを重ねて、厚紙の上で緑色部分の葉を切る。カミソリとカミソリの間でできた薄片を、水を入れておいたペトリ皿に浮かべる。白色部分の葉も同様に薄片をつくり、別のペトリ皿の水に浮かべる。薄片をスライドガラスに移し、空気が入らないようにカバーガラスをかける。余分な水はろ紙で吸い取る。  →状態3 (p.87)

 **カミソリを2枚重ねる方法が、ピスの切れ込みにはさんでピスとともに切る方法よりも簡単で薄い切片をつくることができる。緑色部分と白色部分の葉の断面を観察するため、いくつか切片をつくり、うまく切れたものでプレパラートを作成する。**



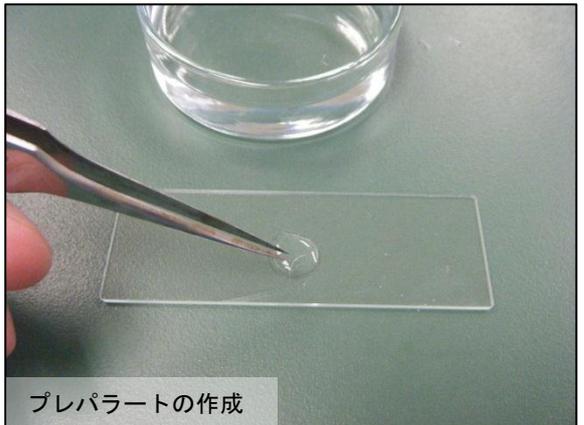
両刃カミソリを折る



カミソリを重ねて切る



薄片を水に浮かべる



プレパラートの作成

⑤ 観察・スケッチ (15分)

それぞれのプレパラートを観察し、スケッチする。  →状態4 (p.87)

葉緑体の有無を確認する。さらに、木部、師部の位置から表裏を確認する。丸みのある側が外側である。



緑色部分の葉の断面

内側

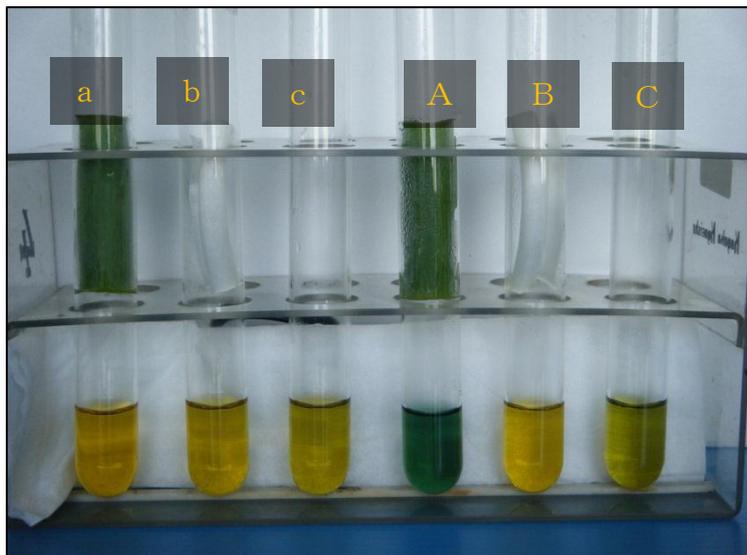
外側



白色部分の葉の断面

⑥ 試験管の観察（3分）

アルミホイルを巻いた試験管からアルミホイルを取る。
明所に置いた試験管のBTB溶液の色の変化を確認する。



強い光を長い時間当てる方が、変化が現れやすい。

C, cは黄緑色。とけ込んだ二酸化炭素が空気中に移動し、中性寄りになった。

B, b, aは黄色。B, bは白葉片が呼吸によって二酸化炭素を出したため、C, cに比べ酸性になった。aは緑葉片であっても、暗所で光合成が行われず、呼吸のみ行われたため、白葉片と同じになった。

Aは青緑色。光合成を行い二酸化炭素を吸収したため、弱塩基性になった。

また、A, aの結果から、ネギの緑色がBTB溶液を着色したことが否定できる。

まとめ

- ① 光合成によって、二酸化炭素が吸収されることがわかった。
- ② 光合成には光が必要であることがわかった。
- ③ 光合成には植物の葉緑体が必要であることがわかった。

◎後片付け

■後片付けのさせ方

- ・使用しなかったネギは回収する。切片にしたネギは、燃えるゴミに捨てさせる。
- ・バットを水洗いしてから、中に洗ったものを入れさせる。
- ・試験管は、試験管ブラシで洗わせる。
- ・スライドガラス、カバーガラスなどは洗剤で洗わせ、回収する。
- ・洗った器具は回収し、洗い方が不十分なものは再提出させる。
- ・異臭の原因になるため流しをきれいにさせ、十分な水で流させる。
- ・実験後、石けんで手を洗わせる。

■器具等の管理

- ・試験管、ピンセットは教員が再度洗い、種類毎に分ける。乾燥後、所定の器具置き場に戻す。
- ・スライドガラス、カバーガラスは乾かし回収する。

失敗例

●状態1 呼気で、BTB溶液の色が青色から黄色に変化しなかった

原因 BTB溶液に塩基性水溶液を加えすぎた

酸性水溶液を加え中和してから、改めて微量のBTB溶液で塩基化する。呼気の二酸化炭素による酸性化は時間がかかるので、pH7.8の青色の状態がこの観察、実験に適している。

●状態2 光合成で、BTB溶液の色が黄色から青色に変化しなかった

原因1 BTB溶液に呼気を加えすぎた

呼気を加えて、緑色に変わったら呼気を入れる量を加減して黄色になったところで止める必要がある。

水溶液中に二酸化炭素が多すぎると、短時間の光合成ではまだ酸性の状態で見ることができない。

原因2 光が弱い

晴れた日に直射日光が当たるところに置か、電気スタンドで強い光を当てる必要がある。弱い光では、光合成が十分進まず、授業時間内で観察できない。

原因3 光を当てる時間が短い

できるだけ授業開始から早い段階で光を当てるようにする。同じ日に2回授業を行い初めの時間で設置して次の時間で確認する、導入を簡単にして設置がすんでから説明するなど、時間の使い方を工夫する。

原因4 ネギが古い

ネギの葉が生きている必要がある。新鮮なもの入手する。

原因5 操作がに問題がある

試験管は密閉する必要がある。密閉されていないと空気の出入りがあり、色が変わらないことがある。大きさの合ったゴム栓を用意する。パラフィンの場合は、何度も覆って密閉度を高める。

●状態3 切片がつかれない

原因 カミソリが古い

両刃カミソリは新しいものを使う。薄片をつくる葉の幅は5~10mm程度でよい。折った刃をしっかりとそろえ厚紙の上で切ると、刃と刃の間に切片があるので、水の上でカミソリをゆすいで切片を得る。

●状態4 葉の断面を観察できない

原因1 切片の向きが悪い

葉の切片が断面を観察できる向きになっていないことがある。向きを変えるようにつくり直すよりも、数枚プレパラートを作成して観察できるものを選ぶほうが早い。

原因2 顕微鏡の操作が未熟である

顕微鏡操作が未熟なために観察ができない。基本的な操作を確認した上で観察する。低倍率で観察できるので、比較的観察しやすい。

別法

別法①

- ・オオカナダモを使ったもの（数研出版の教科書で採用しているもの）

二つのペットボトルに暗所に置いていたオオカナダモを入れ、二酸化炭素供給源として炭酸水素ナトリウムを溶解した水で満たす。一方のペットボトルは光を数時間当てた後、線香で酸素の発生を確認する。このペットボトルからオオカナダモの葉を取り出し、漂白後、ヨウ素液でデンプンの存在を確認する。もう一方は暗所に置いたままにし、同様に葉を取り出し、漂白後、ヨウ素液でデンプンの存在を確認する。中学校の教科書で紹介されている実験を組み合わせたもので、葉緑体と光合成の関係は分からないが、光合成によって生成された物質が酸素、デンプンであることが確認できる。

別法②

- ・アジサイなど葉の柔らかいものを使ったもの（東京書籍の教科書で採用しているもの）

岩手県のすべての中学校で採用されている教科書でも紹介されている実験である。アジサイの葉の一部をアルミホイルで覆い、直射日光下で半日放置する。この葉を脱色し、ヨウ素液に浸す。ヨウ素デンプン反応から、遮光していないところでデンプンが生成され、遮光した部分でデンプンがつくられなかったことから、光が光合成に必要で光合成によってデンプンが生成されることが確認できる。

別法③

- ・ハボタンを使ったもの（第一学習社の教科書で採用している）

教材をネギではなく、ハボタンを用いる実験である。

トピック ネギの葉の表ってどっち？

ツバキのような標準的な葉は「背腹性葉」といい、表と裏がはっきりしている。外見上の表裏の区別が困難な葉は、ハナショウブのような「剣状葉」やネギのような「単面葉」がある。

しかし、ネギの葉脈の断面を木部と師部の配列を顕微鏡で見ると表がどちらかがすぐにわかる。普通の葉は表に木部、裏に師部がある。ネギの葉は道管のある木部が内側、師管のある師部が外側になっている。つまり、裏が外側で、表が内側である。

また、普通の植物では、新しくできた葉は茎に沿って付いていて、この葉が開くと茎側にあった面が上になり葉の表になる。開く前に外側にあった面は葉が開くと下になり葉の裏になる。ネギの葉は、内側に丸まった葉の先がつながって円筒状になったものと考えられ、円筒形の外側が裏になり、内側が表になる。

器具の取り扱い

・メスシリンダー（準備で使用）

主に液体の体積を量るときに用いる、円筒形で目盛りが付いている計量器。倒れないように、机の上のほぼ中央に置くようにする。目盛りを読むときには、水平に見通す位置に目を置き、目盛りの1/10まで正確に読み取る。

正確な計量ができなくなるため、メスシリンダー内で固形物を溶かす、液を混ぜる、高温な液体を入れる、長い時間液を入れたままにするなどは行ってはならない。

溶液の調製は、ビーカーで混合するようにし、メスシリンダーの内側に付いた液体は蒸留水で洗ってビーカーに加える。



メスシリンダー

・ピンセット

人間の手や指では困難な程度の、緻密な作業を行うために用いられる道具。先端の形状としては、図の上のもののように先端部に滑り止めのギザギザの加工がされているものが一般的であるが、図の下の先尖ピンセットのように極細で尖ったものもある。生物の顕微鏡観察では細かい作業をするため、先尖ピンセットが使用されることが多い。尖った形状のピンセットも、AA（標準）、GG（極細）、RR（先端ロング）などの型に分けられる。値段は160円～4,000円程度と様々である。

先端がしっかりと合うように整備する必要がある。落としたり、ぶついたりすると使えなくなることがあるので注意する。保護のため、先端部にエアポンプチューブを5cm程度に切ったものを付けると、怪我の防止にもなる。



ピンセット

8

果実と光合成（パプリカ）

難易度	可能時期	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★★☆	一年中	1日	40分	40分

目的と内容

葉緑体があれば葉でなくても光合成するか、また、緑色以外の色素をもつ材料でも光合成は行われているか確認する。

生徒達は、葉緑体が主に葉に存在し、葉で光合成が行われていることを学習している。そのため、光合成は葉でしか行われていないと考える生徒もいる可能性が高い。葉以外の果実にも葉緑体が存在し光合成をすること、また、葉緑体以外の色素も存在するが光合成は行われていないことを確認できるものである。

「葉緑体と光合成」の応用にあたる。数研出版の光合成に関する探究を参考にこの観察、実験を構成した。果実の切片の観察から葉緑体の有無が確認でき、BTB溶液の色の変化から光合成による二酸化炭素の吸収が葉緑体によって行われていることがわかる。緑色のピーマンと黄色や赤色のパプリカが同じ種で比較しやすいため材料としたが、別の材料でも問題はない。

既習事項

中学校：植物の生活と種類

葉において光合成が行われていることについて学習している。

動物の生活と生物の変遷

生物の体が細胞でできていること、呼吸ではエネルギーが取り出され、二酸化炭素が排出されることを学習している。

オオカナダモの葉緑体を観察している中学校が多い。

留意点

【指導面】

- ・「生命活動に必要なエネルギーと代謝について理解すること」がこの単元の目標である。光合成によって光エネルギーを用いて有機物がつくられ、呼吸によって有機物からエネルギーが取り出されることを意識して指導する。
- ・葉緑体があれば葉でなくても光合成するか、また、緑色以外の色素をもつ材料でも光合成は行われているか確認することがねらいである。顕微鏡操作やプレパラート作成の練習と熟達も兼ねて、果実の切片の観察を含めた手順④～手順⑥は生徒に実習させたい。手順①～手順③を演示することで時間短縮も可能である。試験管やゴム栓、試験管立てなど多く使うので、学校の状況に合わせて班編成を変える、比較する試験管の数を少なくするなど工夫が必要である。
- ・当日の光量不足により単位時間内に試験管のBTB溶液の色に変化が見られない可能性が高いため、教員があらかじめ手順①～手順③を行い、十分な光を当てておいたものを別に用意するとよい。生徒のものに変化が見られなかった場合に見せると正しい認識を与えることができる。

-
- ・「葉でなくとも、緑色をした果実などには葉緑体が存在するだろうか」「葉以外の部分でも光合成が行われていることだろうか」など実験の意義に触れるように導入を工夫し、生徒自身が疑問をもち主体的に実験に取り組むように指導する。
 - ・BTB溶液の性質と二酸化炭素が溶け込むと酸性になることをわかっていることが、この観察、実験の前提になる。理解していない場合に備えて、酸、塩基の水溶液を用意して演示する。
 - ・「対照実験を用意する意味は何だろうか」「絵の間違い探しでは、2枚の絵が用意されている、なぜだろうか」「明所と暗所に分けるのは、どうして必要だろうか」など、比較することが実験の基本であることに気付かせ、用意した試験管の意味を生徒が理解するように指導する。
 - ・「駒込ピペットを適切に操作しているか」「試験管へ正しく投入しているか」「試験管の栓や、遮光は適切に行っているか」「適切なプレパラートを作成しているか」「顕微鏡の操作を手際よく行っているか」などの観察にかかわる操作ができているか、スケッチはスケッチの仕方に従って描いているか、プリントやレポートなどに過程や結果の記録、整理をしているかなどを机間巡視して適宜指導する。

【安全面】

- ・BTB溶液を駒込ピペットで入れる際、試験管を倒さないように注意する。
- ・試料の切片をつくる際、カミソリで手や指を傷付けないように注意する。
- ・顕微鏡操作に慣れていないと考えられる場合、太陽を見てはいけないことなど、基本事項を確認する。
- ・カバーガラスを割らないように注意する。

【その他】

- ・各試験管の比較がしやすいように、試験管を順番に並べるように指導する。
- ・BTB溶液を駒込ピペットで入れる際、試験管に駒込ピペットが接触しないように注意するように指導する。
- ・試料片を試験管に入れる際、BTB溶液に付かないようにしながら、試験管の底の方に入れるように指導する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- 器具の在庫確認
- 実験室の備品確認

～前日

- ピーマン, パプリカの購入
- BTB溶液の調製, 小分け
- 実験プリント作成・印刷

当日

- ピーマン, パプリカの小分け
- 器具・教材・薬品の分配

☆教材の入手方法

・ピーマンの入手方法

①スーパーマーケットで1年中手に入る。季節により値段が変動する。

1個 20円前後

②種または苗から育てる。春にホームセンターや種苗店の店頭に並ぶ。

1袋 300円前後



ピーマン



赤パプリカ

・パプリカの入手方法

スーパーマーケットで入手する。ほぼ1年中手に入るが置いていないことがあるので、確保してから観察, 実験を行う必要がある。

1個 100円前後



黄パプリカ

・葉の入手方法

この観察, 実験例ではネギを用いたが, 緑色で大きめの葉片が得られるものであればなんでもよい。他に入手しやすいものとしてホウレンソウ, 小松菜などがある。

スーパーマーケットで1年中手に入る。材料や季節により値段が変動する。

教材の情報

・ピーマン

ナス科トウガラシ属トウガラシ科 (2n=24)

学名は *Capsicum annuum* var. *angulosum* であり, トウガラシの変種である。果肉は種子以外ほとんど空洞である。緑色は未成熟の果実のためであり, 成熟すると一般的なものは赤色のほか黄色, 橙色に変わるものもある。

・パプリカ

ナス科トウガラシ属トウガラシ科 (2n=24)

学名は *Capsicum annuum* cv. であり, トウガラシの栽培品種に分類され, ピーマンとともに種の分類上はトウガラシとなる。パプリカは肉厚で柔らかく甘みがあり, 部屋数が3-4室に分かれた綺麗なベル形を形成する品種である。「パプリカ」はトウガラシを指すハンガリー語で, パプリカの品種をつくり育てたのはハンガリーである。

準備

当日のセット

☆生徒用		
<input type="checkbox"/> 検鏡セット	1組	
<input type="checkbox"/> 光源装置	1台	
<input type="checkbox"/> 9cm ペトリ皿	1組	
<input type="checkbox"/> 両刃カミソリ	1本	
<input type="checkbox"/> 厚紙	1枚	
<input type="checkbox"/> バット	1つ	
<input type="checkbox"/> 試験管	12本	
<input type="checkbox"/> ゴム栓 (またはパラフィルム)	12つ	
<input type="checkbox"/> 試験管立て	2つ	
<input type="checkbox"/> 駒込ピペット, キャップ (2mL)		1本
<input type="checkbox"/> ストロー	1本	
<input type="checkbox"/> 定規	1つ	
<input type="checkbox"/> アルミホイル (30cm×60cm程度)		1枚
<input type="checkbox"/> 材料 (ピーマン, パプリカ (赤, 黄), 葉)		1組
<input type="checkbox"/> (晴れていない場合) 電気スタンド		1つ
<input type="checkbox"/> ろ紙 (2つまたは4つ切り)	多め	
<input type="checkbox"/> B T B 溶液	70mL 程度	

★教員用

生徒用と同じもの 1組

(生徒の B T B 溶液の理解が弱い場合)

- 中性の B T B 溶液
- 酸, 塩基の水溶液
- 駒込ピペット
- 250mL ビーカー

準備に必要な用具

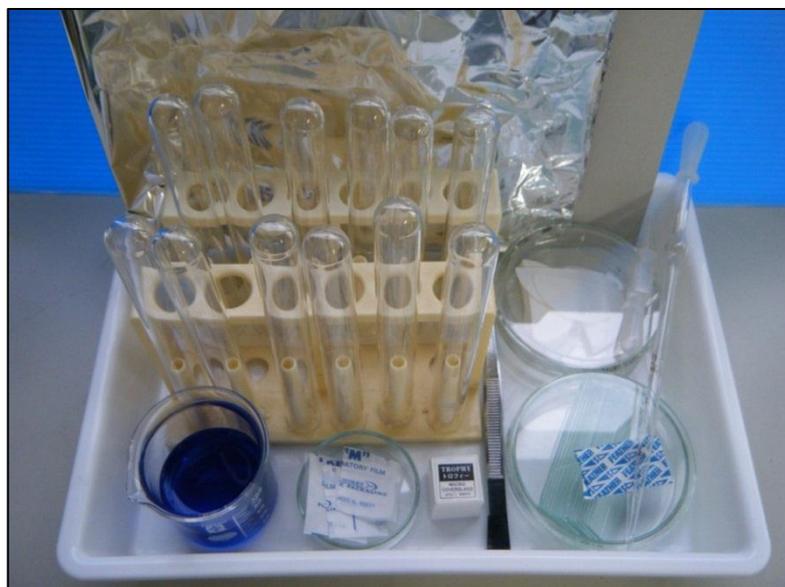
※検鏡セット

- ・光学顕微鏡 1台
- ・スライドガラス 1組
- ・カバーガラス 1箱
- ・先尖ピンセット 1つ
- ・柄付き針 1つ



容器, 試験管を密閉するもの, 遮光するものなどは代わりにするものを工夫してかまわない。

- ・包丁
- ・容器
- ・はさみ
- ・9cm ペトリ皿
- ・メスシリンダー
- ・駒込ピペット
- ・2L ビーカー
- ・100mL ビーカー
- ・水酸化カリウム水溶液
- ・蒸留水



①前日まで

ピーマン、パプリカ、B T B 溶液、ろ紙を用意する。

市販の B T B 溶液の濃度は実験に用いるには高いため、水で希釈し 0.002% 程度の B T B 溶液をつくる。この実験は二酸化炭素の溶解量によって、光合成に二酸化炭素が使われていることを示すため、B T B 溶液の初めの状態を塩基性にする必要がある。水酸化カリウム水溶液や水酸化ナトリウム水溶液など、塩基性水溶液を微量加え、緑色の B T B 溶液を青色に変色させる。青色にした B T B 溶液を 50mL ビーカーに 35mL 程度ずつ小分けする。塩基性水溶液を加えすぎると、息を吹き込んで黄色にする際、変色しにくい。 → 状態 1 (p.99)



青色にした B T B 溶液

ろ紙を切りペトリ皿に入る大きさに 2 つまたは 4 つ切りにする。

②当日

器具・教材・薬品を分配してセットを用意する。

果実は 1 / 8 ~ 1 / 2 個 (組織片は 2 つずつつくることになるので、試験管の太さと材料の大きさとで判断する) に切り分ける。葉は、葉片が果実の切片と同じ大きさに 2 つずつつくることができる量に分ける。

薬品の情報

・ B T B 溶液

ブロモチモールブルーの頭文字をとって、B T B という。pH 指示薬のひとつで、色の変化は酸性 (pH6.0 以下) で黄色、中性 (pH6.0~7.8) で緑、アルカリ性 (pH7.8 以上) で青色を示す。

B T B は水に非常に溶けにくく、淡黄色または淡紅色の粉末である。B T B 溶液は、粉末 B T B 0.1g ~ 1g を 90~95% エタノール 20mL に溶かし、水を加えて 100mL にした液である。光で変性するため、遮光容器に保存する。

B T B 溶液 (UCHIDA, NaRiKa, ケニス 500mL 2,900 円)

B T B (粉末) (ケニス 1g 2,500 円)



B T B 溶液

◎観察, 実験

観察, 実験の流れ

□導入

- ・ B T B 溶液の性質はどうだったか 答) 酸性で黄色, 中性で緑色, 塩基性で青色を示す
- ・ 葉でなくとも, 緑色をした果実などには葉緑体が存在するだろうか 答) 存在する
- ・ 葉以外の部分でも光合成が行われているだろうか 答) 葉緑体があれば光合成は行われている
- ・ 違いを知るためには, 何が必要か 答) 対照実験が必要
- ・ 既習事項の確認

□目的を理解させる

□観察, 実験

- ・ 実験手順の指導
- ・ 生徒へのアドバイス
- ・ 安全面への注意
- ・ 果実と光合成の関係を確認する (本実験)

□結果のまとめ, 考察

- ・ 観察からわかったこと

□後片付けの指示

手順 時間のめど (およそ 40 分)

※詳しい手順は付録「08 果実と光合成.pptx」を参照

① 組織片の採取 (4分)

それぞれの材料をちょうど試験管に入る太さに両刃カミソリで切り, 同じ長さにそろえた同面積程度のものを2本ずつ, 葉片を2枚ずつつくる。



カミソリで手や指を傷付けないように注意する。試験管より細い材料だと, B T B 溶液に入ってしまうので, 試験管の外径に合わせて組織片をつくる。定規を使うと, 同じ大きさにそろえやすい。

同面積程度の葉片が2枚ずつできるように, 5 cm 程度の長さで用意する。

② B T B溶液への吹込（3分）

呼気を吹き込んで黄色にする。 →状態1，状態2
の原因1（p.99）

 付録のスライド9に動画あり

 動画ファイル「呼気の吹込」に動画あり



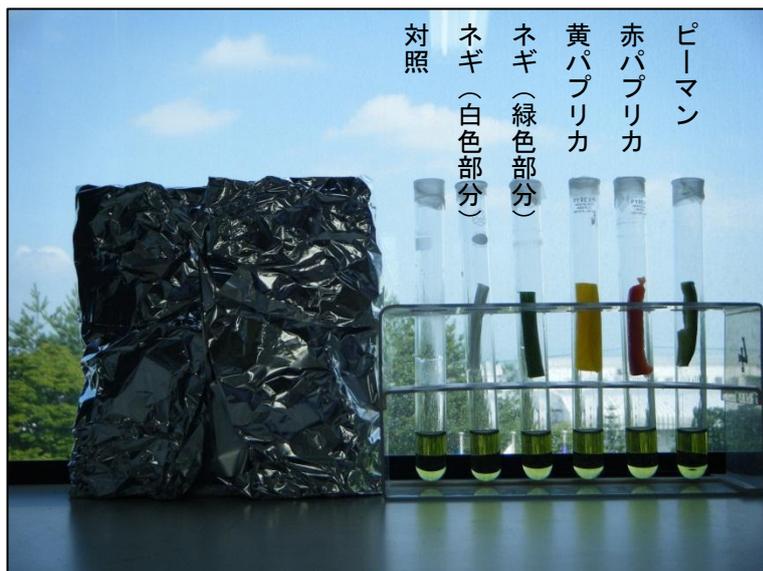
泡がまわりに飛ぶ可能性が高いので、近くに物を置かないように指示する。

呼気によって、B T B溶液を青色から黄色にするが、準備で加えた塩基性水溶液が強いと、全く色が変わらないので調製が大切である。呼気を入れてしばらくすると緑色に変化し、さらに呼気を吹き込むと黄色になる。緑色から黄色に変わった時点で呼気を入れるのを止めないと、時間内で色の変化がわからない可能性が高くなる。

B T B溶液への呼気の吹込は演示として、授業者が行い、色が変わったものを生徒に分配してもよい。

③ 試験管の設置（5分）

12本の試験管に黄色にしたB T B溶液を5 mLずつ入れる。
2つの試験管立てに6本ずつ試験管を並べ、B T B溶液に入らないように、それぞれの組織片を試験管立ての同じ位置の試験管に入れる。それぞれの試験管をゴム栓（図はパラフィルム）で閉じる。一方の試験管立てをアルミホイルで遮光し、試験管立てを窓際などの明所に置く。 →状態2（p.99）



試験管の1つは何も入れず、対照実験とする。この例では、右からピーマン、赤パプリカ、黄パプリカ、ネギの緑色部分、ネギの白色部分、対照である。

天候が悪い場合は、電気スタンドなどで光を当てる必要がある。

ピンセットで試験管の中頃まで押し込む。きつすぎる場合はカミソリで少し削って入れる。

組織片によってB T B溶液の色が変わったのではないことがわかるように、B T B溶液に入れない。実際には、B T B溶液に組織片が付いてもあまり影響はない。

試験管に合うゴム栓があればいいが、無い場合はパラフィンなど気密性の高いものでガスの出入りをなくす。ラップは水や空気を通すため使えない。

④ プレパラートの作成 (10分)

1 cm 程度の太さにしたピーマン、パプリカの組織片をカミソリで薄く切る。薄片を、水を入れておいたペトリ皿に浮かべる。白色部分の葉も同様に薄片をつくり、別のペトリ皿の水に浮かべる。薄片をスライドガラスに移し、空気が入らないようにカバーガラスをかける。余分な水はろ紙で吸い取る。

大事 それぞれの組織の断面を観察する。ピーマンやパプリカの組織は適度に固く、カミソリを手前に引いて簡単に薄い切片をつくることのできる。いくつか切片をつくり、うまく切れたものでプレパラートを作成する。 →状態3 (p. 99)



薄片の作成



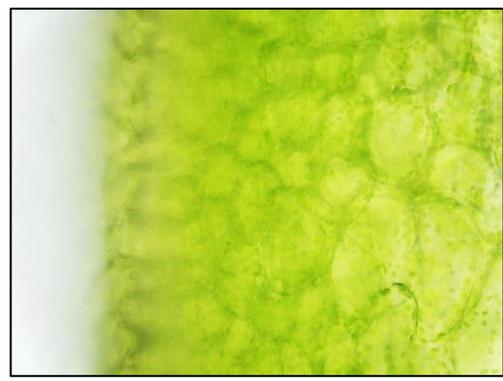
薄片を水に浮かべる

⑤ 観察・スケッチ (15分)

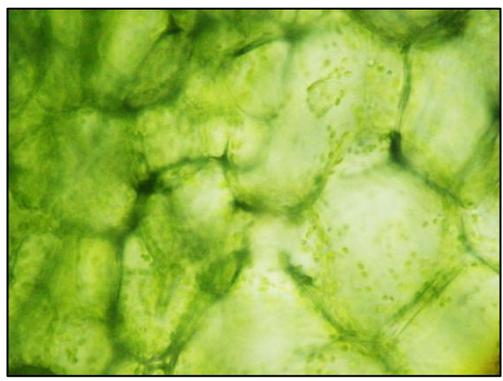
それぞれのプレパラートを観察し、スケッチする。

それぞれのプレパラートで表皮、表皮近く、内部のように構造とともに葉緑体や有色体の有無を確認する。特徴ある細胞をスケッチする。

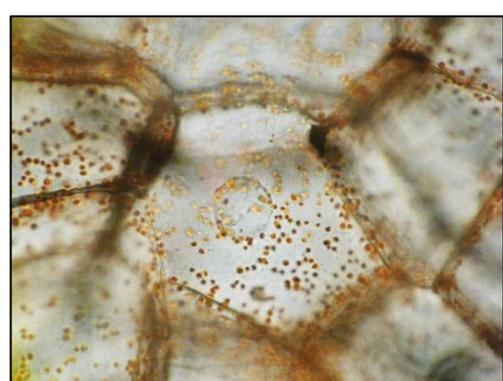
 →状態4 (p. 99)



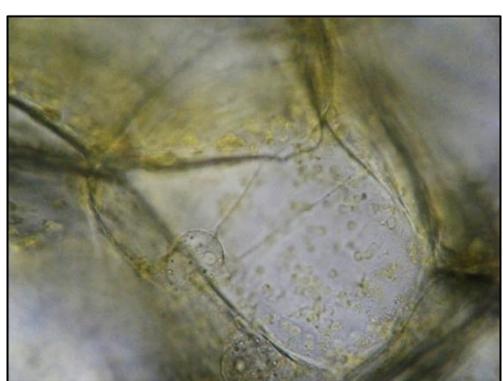
ピーマン (低倍率)



ピーマン (高倍率)



赤パプリカ (高倍率)



黄パプリカ (高倍率)

⑥ 試験管の観察（3分）

アルミホイルを巻いた試験管からアルミホイルを取る。
明所に置いた試験管のBTB溶液の色の変化を確認する。



試験管の比較



対照実験が実験開始に比べ、緑色に変化している。これは暖かかったため、二酸化炭素がBTB溶液から抜けたためと思われる。

暗所の試験管を見ると、すべての試験管で対照より酸性よりを示し、暗所で光合成が行われず、呼吸のみ行われたと考えられる。

比較とした葉（ネギの緑色部分）が光合成を行い二酸化炭素を吸収したため、青色に変化した。

緑色のピーマンでは、ネギほどではないが、暗所の試験管よりも二酸化炭素を吸収したと考えられる。赤や黄のパプリカでは対象に比べ酸性を示したことから、二酸化炭素が放出され、光合成は行われなかったと考えられる。



暗所の試験管



明所の試験管

まとめ

- ① 緑の果実には葉緑体が、赤や黄の果実には葉緑体と同じくらいの大きさの有色体が含まれていることがわかった。
- ② 緑の果実は葉緑体があるため、光合成によって、二酸化炭素が吸収されることがわかった。
- ③ 有色体のある果実は、二酸化炭素が放出され光合成が行われていないことがわかった。

◎後片付け

■後片付けのさせ方

- ・切片にした材料は、生ゴミとして回収する。
- ・バットを水洗いしてから、中に洗ったものを入れさせる。
- ・試験管は、試験管ブラシで洗わせる。
- ・スライドガラス、カバーガラスなどは洗剤で洗わせ、回収する。
- ・洗った器具は回収し、洗い方が不十分なものは再提出させる。
- ・異臭の原因になるため流しをきれいにさせ、十分な水で流させる。
- ・実験後、石けんで手を洗わせる。

■器具等の管理

- ・学校の処理に従ってゴミを捨てる。
- ・試験管、ピンセットは教員で再度洗い、種類毎に分ける。乾燥後、所定の器具置き場に戻す。
- ・スライドガラス、カバーガラスは乾かし回収する。

失敗例

●状態1 呼気で、BTB溶液の色が青色から黄色に変化しなかった

原因 BTB溶液に塩基性水溶液を加えすぎた

酸性水溶液を加え中和してから、改めて微量のBTB溶液で塩基化する。呼気の二酸化炭素による酸性化は時間がかかるので、pH7.8の青色の状態がこの観察、実験に適している。

●状態2 光合成で、BTB溶液の色が黄色から青色に変化しなかった

原因1 BTB溶液に呼気を加えすぎた

呼気を加えて、緑色に変わったら呼気を入れる量を加減して黄色になったところで止める必要がある。

水溶液中に二酸化炭素が多すぎると、短時間の光合成ではまだ酸性の状態に変化を見ることができない。

原因2 光が弱い

晴れた日に直射日光が当たるところに置か、電気スタンドで強い光を当てる必要がある。弱い光では、光合成が十分進まず、授業時間内で観察できない。

原因3 光を当てる時間が短い

できるだけ授業開始から早い段階で光を当てるようにする。同じ日に2回授業を行い初めの時間で設置して次の時間で確認する、導入を簡単にして設置がすんでから説明するなど、時間の使い方を工夫する。

原因4 材料が古い

材料が生きている必要がある。新鮮なものを入手する。

原因5 操作に問題がある

試験管は密閉する必要がある。密閉されていないと空気の出入りがあり、色が変わらないことがある。大きさの合ったゴム栓を用意する。パラフィンの場合は、何度も覆って密閉度を高める。

●状態3 切片がつかれない

原因 カミソリが古い

両刃カミソリは新しいものを使う。薄片をつくる組織片の幅は5~10mm程度でよい。カミソリを手前に引くように切るとよい。カミソリが透き通って見える程度に薄ければ、観察に使える。刃の上に切片があるので、水の上でカミソリをゆすいで切片を得る。

●状態4 果実の断面を観察できない

原因1 切片の向きが悪い

果実の切片が断面を観察できる向きになっていないことがある。向きを変えるように作り直すよりも、数枚プレパラートを作成して観察できるものを選ぶほうが早い。

原因2 顕微鏡の操作が未熟である

顕微鏡操作が未熟なために観察ができない。基本的な操作を確認した上で観察する。低倍率で観察できるので、比較的観察しやすい。

別法

別法は特にはないが、材料を様々に変えてもよい。ゆでた材料を用いれば、植物が生きていないと変化が起きないことも確認できる。また、BTB溶液以外のpH指示薬を使ってもよい。

トピック 辛みの無いトウガラシ

ピーマン、パプリカ、シシトウガラシはすべて「トウガラシ」（学名 *Capsicum annuum*）という同じ種であり、お互いに交配できる栽培品種である。しかし、これらは果実に辛みをもたない。

唐辛子の主な辛み成分はカプサイシンという物質である。このカプサイシンは劣性遺伝子であるために、劣性ホモでなければ発現しない。

カプサイシンは種子の付く胎座に最も多く含まれる。トウガラシは胎座でカプサイシンをつくり出している。トウガラシの種子にはカプサイシンがほとんど含まれていないため、種子だけを食べてまったく辛味を感じない。カプサイシンは果皮にも含まれるが、胎座ほど多くない。

ちなみに、島唐辛子、タバスコペッパーは別種キダチトウガラシの品種、ハバネロは別種シネンセの品種である。

器具の取り扱い

・メスシリンダー（準備で使用）

主に液体の体積を量るときに用いる、円筒形で目盛りが付いている計量器。倒れないように、机の上のほぼ中央に置くようにする。目盛りを読むときには、水平に見通す位置に目を置き、目盛りの1/10まで正確に読み取る。

正確な計量ができなくなるため、メスシリンダー内で固形物を溶かす、液を混ぜる、高温な液体を入れる、長い時間液を入れたままにするなどは行ってはならない。

溶液の調製は、ビーカーで混合するようにし、メスシリンダーの内側に付いた液体は蒸留水で洗ってビーカーに加える。



メスシリンダー

・ピンセット

人間の手や指では困難な程度の、緻密な作業を行うために用いられる道具。先端の形状としては、図の上のもののように先端部に滑り止めのギザギザの加工がされているものが一般的であるが、図の下の先尖ピンセットのように極細で尖ったものもある。生物の顕微鏡観察では細かい作業をするため、先尖ピンセットが使用されることが多い。尖った形状のピンセットも、AA（標準）、GG（極細）、RR（先端ロング）などの型に分けられる。値段は160円～4,000円程度と様々である。

先端がしっかりと合うように整備する必要がある。落としたり、ぶついたりすると使えなくなることがあるので注意する。保護のため、先端部にエアポンプチューブを5cm程度に切ったものを付けると、怪我の防止にもなる。



ピンセット