

# 高等学校「生物基礎」における 観察，実験サポート資料



節足動物門クモ綱カニムシ目的一种  
（「土壌動物の観察」で採取したもの）

岩手県立総合教育センター

# 「生物基礎」 観察， 実験サポート資料 目次

はじめに	2
観察， 実験サポート資料早見表	3

## [サポート資料の見方]

観察， 実験サポート資料の見方	6
-----------------	---

## [顕微鏡の使い方]

1 顕微鏡の使い方	10
2 ミクロメーターの使い方	22

## [生物の特徴]

3 植物の色の観察	34
4 原核生物と真核生物の観察	44
5 いろいろな細胞の観察	56
6 カタラーゼの性質	68
7 葉緑体と光合成	78
8 果実と光合成	90

## [遺伝情報とDNA]

9 DNAの抽出	102
10 体細胞分裂の観察	114
11 細胞周期の推測	126
12 パフの観察	134

## [生物の体内環境の維持]

13	血球の観察	146
14	腎臓の観察	156
15	白血球の食作用	174

## [生物の多様性と生態系]

16	方形区法による植生調査	188
17	暖かさの指数	198
18	土壌動物の調査	208
19	菌根菌の観察	222
20	アサリの水質浄化作用	234

## [巻末資料]

観察, 実験を行う上で	242
調製集	247
参考文献・参考 web ページ	252

### <付録>プレゼンテーションソフトを活用した付録 DVD-R に収録

- 本サポート資料は、「Microsoft Word 2010」で作成しています。以下、「Word」と記述します。
- プレゼンテーションソフトを活用した付録は、「Microsoft PowerPoint 2010」で作成しています。以下、「PowerPoint」と記述します。
- 本サポート資料及び付録は、Microsoft Corporation と提携しているものではなく、また、Microsoft Corporation が許諾、後援、その他の承認をするものではありません。
- Word, PowerPoint は米国 Microsoft Corporation の登録商標です。

## はじめに

新学習指導要領に基づく理科の教育課程は、平成24年度から先行実施されています。新学習指導要領では、物理、化学、生物、地学の4領域のうちから3領域以上を学ばせることや、目的意識をもって観察、実験を行うよう指導することを重視しています。

しかしながら、教科書だけでは観察、実験に必要な基礎知識や基本技能の十分な情報が得られない中、市販の実験書はあまりないため、観察、実験の指導に困難をきたす場合が多い状況です。

そのため、高等学校「生物基礎」の学習内容において実験、観察の指導に役立つものとして、本サポート資料を作成しました。本サポート資料のねらいは、観察、実験の教材研究や準備の効率化を図れるように支援することです。

サポート資料の作成に当たっては、次のような観点で内容を構成しています。

- ・観察、実験の基本事項及びねらいが理解できること
- ・効率よく観察、実験の準備ができること
- ・観察、実験の過程や操作が分かること
- ・その他の観察、実験にかかわる情報

このサポート資料は、20項目の観察、実験についてまとめ、その内容は本資料の p. 6（サポート資料の見方）に記載しています。加えて、巻末資料として安全上の注意などを p. 242（観察、実験を行う上で）に、染色液の調製のプロトコルを p. 247（調製集）にまとめています。

このサポート資料が、「生物基礎」の指導に携わる先生方にとって、少しでも役に立つものになることを願っています。

平成 25 年 2 月 15 日



# 観察, 実験サポート資料早見表

実験番号	1	2	3	4	5	6	7	8	
実験名	顕微鏡の使い方	ミクロメーターの使い方	植物の色の観察	原核生物と真核生物の観察	いろいろな細胞の観察	カタラーゼの性質	葉緑体と光合成	果実と光合成	
内容	高校の単元名	—	—	(1)生物と遺伝子					
	小単元名	—	—	ア 生物の特徴					
		—	—	(7) 生物の共通性と多様性	(イ) 細胞とエネルギー				
	中学の単元名	—	—	(3) 動物の生活と生物の変遷 (5) 生命の連続性	(1) 植物の生活と種類 (3) 動物の生活と生物の変遷				
実験準備	必要とされる教材	カラー印刷物, バナナ	オオカナダモ	様々な色の花や果実	原核生物(乳酸菌, ネンジュモなど) 真核生物(オオカナダモ, タマネギなど)	バナナ, トマト, 口腔上皮細胞など	カタラーゼを多く含んだもの(レバーなど)	ネギ(ハボタンの代用)	いろいろな色の果実(黄パプリカ, 赤パプリカ, ピーマンなど)
	実施可能時期	一年中	一年中	一年中	春～秋	一年中	一年中	一年中	一年中
	主となる設備器具等	光学顕微鏡	光学顕微鏡 接眼ミクロメーター 対物ミクロメーター	光学顕微鏡	光学顕微鏡	光学顕微鏡	試験管	光学顕微鏡 試験管	光学顕微鏡 試験管
	事前準備時間(材料調達の日数)	1日	1日	1日	1日	1日	1日	1日	1日
	準備時間	30分	30分	30分	30分	30分	30分	40分	40分
	実験時間	40分	40分	40分	40分	40分	40分	40分	40分
実験	要求される実験技術レベル	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★
	探究活動としての扱い			○		○			○
	各教科書との対応	高等学校生物基礎(第一学習社) p16-p18	p19-p20 p9	p68-71 p38-p40	p39 p13	(p37-p38) (p13)	p102((1)イ(ウ)) (p26)	p54 p29	(p53) (p29)
	生物基礎(東京書籍) p204-p205	p206	(p15)	p16	(p14)	(p20)	p27	(p27)	
	新編生物基礎(東京書籍) 見開きp5-p6	見開きp6	(p10)	p12	(p10-p11)	(p18)	p21	(p21)	
	生物基礎(啓林館) 見開きp5-p6	見開きp4	p51-p54	p22	p35	p43	p44	(p44)	
	新編生物基礎(啓林館) 見開きp5-p6	見開きp4	p38-p40	p19	p24-25, p27	p33	(p34)	(p34)	
	生物基礎(数研出版) p11-p13	p17-p18	(p27)	p32	p30	p39	(p44)	p52-p55	
	新編生物基礎(数研出版) p11	p15	(p24)	p25	p40-p43	p32	(p34)	(p34)	
	生物基礎(実教出版) p14-p15	p16	p56-57	p30-p31	p30-p31	(p40)	(p52)	(p52)	
	高校生物基礎(実教出版) 見開きp1-p2	見開きp3	(p12)	p14	p32-p33	p24	(p28)	(p28)	

※( )は実験として取り扱っていないが, その学習内容が掲載されているページを示す。

# 観察，実験サポート資料早見表

実験番号	9	10	11	12	13	14	15	
実験名	DNAの抽出	体細胞分裂の観察	細胞周期の推測	パフの観察	血球の観察	腎臓の観察	白血球の食作用	
内容	高校の単元名	(1)生物と遺伝子			(2)生物の体内環境の維持			
	小単元名	イ 遺伝子とその働き			ア 生物の体内環境			
		(ア) 遺伝情報とDNA	(イ) 遺伝情報の分配	(ウ) 遺伝情報とタンパク質の合成	(ア) 体内環境	(イ) 体内環境の維持の仕組み	(ウ) 免疫	
	中学の単元名	(5) 生命の連続性		—	(3) 動物の生活と生物の変遷		—	
実験準備	必要とされる教材	細胞数が多いもの(ブロッコリー)	タマネギの根端細胞(ネギの根端細胞で代用可)	体細胞分裂のプレパレート	ユスリカの幼虫	脊椎動物の血液	ブタの腎臓	昆虫(カイコ、イナゴ、コオロギなど)
	実施可能時期	一年中	一年中	10の実験後	一年中	一年中	一年中	一年中
	主となる設備器具等	冷凍庫	光学顕微鏡	光学顕微鏡 デジタルカメラ	光学顕微鏡	光学顕微鏡	光学顕微鏡 注射器	光学顕微鏡 注射器
	事前準備時間(材料調達の日数)	1日	1週間～	1日	1週間～	1週間～	3～5日	1ヶ月～
	準備時間	30分	3日～	30分	30分	30分	1時間、 20分	前日1時間
実験	実験時間	40分	40分	40分	40分	40分	計80分	40分
	要求される実験技術レベル	★★★	★★☆	★★☆	★★☆	★★☆	★★☆	★★☆
	探究活動としての扱い			○	○		○	
各教科書との対応	高等学校生物基礎(第一学習社)	p83	(p94-p95)	p94-p95	p132-p133	p141	(p157-p159)	p162
	高等学校新生物基礎(第一学習社)	p49	p53	(p52)	p61	p75	(p78)	p97
	生物基礎(東京書籍)	p45	p56	p72-p73	p70	p91	(p94-p96)	p116
	新編生物基礎(東京書籍)	p35	p45	p60-p61	p57	p71	p77	p96
	生物基礎(啓林館)	(p63)	p73	p86	p77	p93	p140-p144	p129-p130
	新編生物基礎(啓林館)	(p45)	p56	p65	p59	p71	p97-p99	p90
	生物基礎(数研出版)	(p59)	p82	p82	p76	(p95)	p106	p127
	新編生物基礎(数研出版)	(p49)	(p65)	p65	p69	p80	(p86-p87)	p102
生物基礎(実教出版)	p67	p80	(p80)	p95	p106	p116	(p139)	
高校生物基礎(実教出版)	p42	p54	(p54)	p65	(p74)	p79	p94	

※( )は実験として取り扱っていないが、その学習内容が掲載されているページを示す。

# 観察, 実験サポート資料早見表

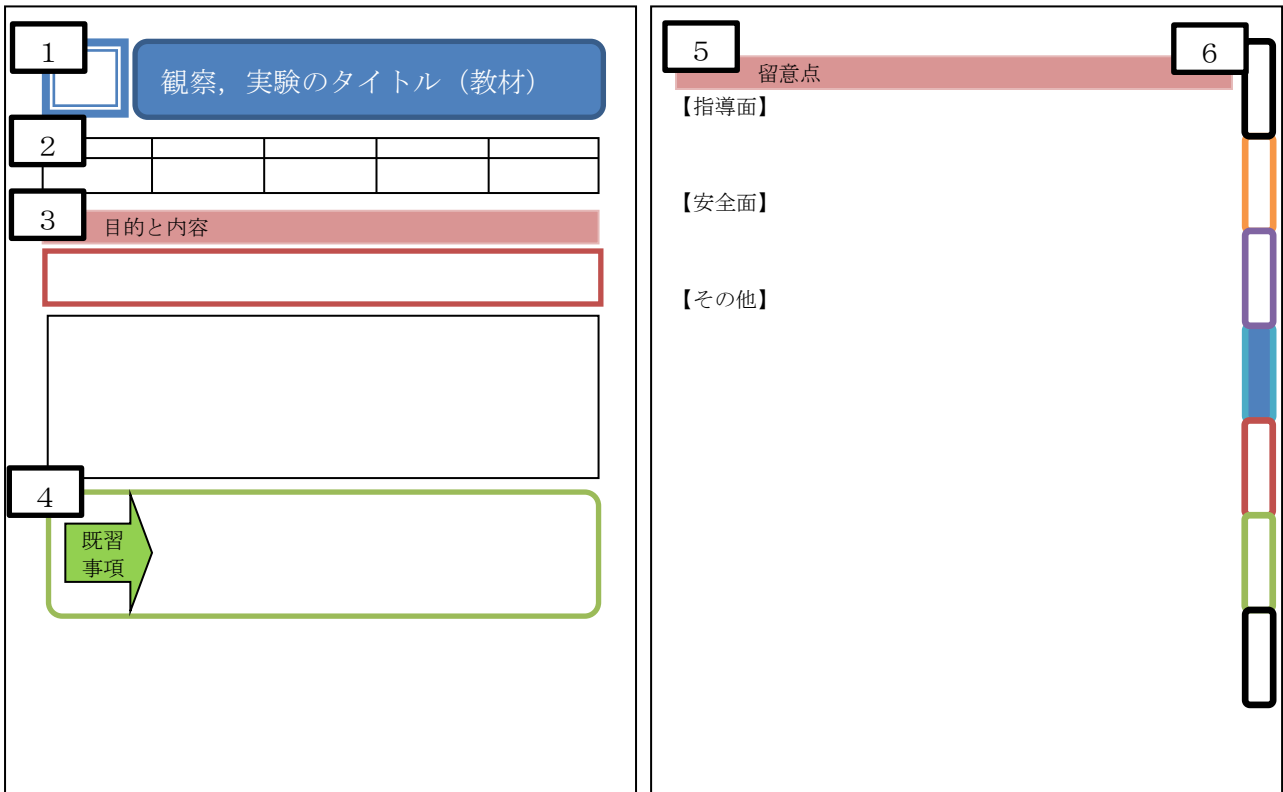
実験番号	16	17	18	19	20	
実験名	方形区法による植生調査	暖かさの指数	土壌動物の調査	菌根菌の観察	アサリの水質浄化作用	
内容						
高校の単元名	(3)生物の多様性と生態系					
小単元名	ア 植生の多様性と生態系		イ 生態系とその保全			
	(ア) 植生と遷移	(イ) 気候とバイオーム	(ア) 生態系と物質循環	(イ) 生態系のバランスと保全		
中学の単元名	-	-	(7) 自然と人間			
実験準備	必要とされる教材	草原	Webページ	草原や林の土壌	草本類(シロツメクサ, オオバコなど)の根	アサリ
	実施可能時期	春～秋	一年中	春～秋	春～秋	春～秋
	主となる設備器具等	紐, 杭	PCインターネット接続環境	実体顕微鏡ツルグレン装置 サンプラー	光学顕微鏡 移植ペラ	デジタルカメラ 大きい容器 エアポンプ
	事前準備時間(材料調達の日数)	1日	なし	1日	1時間	1日
	準備時間	1時間	1時間	1時間	30分	1日(1時間毎)
実験	実験時間	40分	40分	計80分	40分	演示10分
	要求される実験技術レベル	★☆☆	★☆☆	★★☆	★☆☆	★☆☆
	探究活動としての扱い					
各教科書との対応	高等学校生物基礎(第一学習社)	p213	(p238)	(p252)	p261	(p269-p270)
	高等学校新生物基礎(第一学習社)	p138-p139	(p125)	p167	(p148-p149)	(p153)
	生物基礎(東京書籍)	(p144)	p167	(p176)	(p172-p175)	p182
	新編生物基礎(東京書籍)	(p120)	p140	(p146)	(p144-p147)	p151
	生物基礎(啓林館)	(p148)	(p166)	(p176)	(p178-p180)	(p184)
	新編生物基礎(啓林館)	(p103)	(p121)	(p128)	(p129-p131)	(p134)
	生物基礎(数研出版)	(p140)	(p163)	(p177)	(p180-p183)	(p189)
	新編生物基礎(数研出版)	p117	p132	(p138)	(p140-p143)	(p148)
生物基礎(実教出版)	(p166-p167)	(p185)	p195	(p200-p201)	(p204)	
高校生物基礎(実教出版)	p113	p125	p133	(p130-p131)	(p136)	

※( )は実験として取り扱っていないが, その学習内容が掲載されているページを示す。

# 観察，実験サポート資料の見方

「概要」，「準備」，「観察，実験」の順番でページ構成し，「その他の情報」を途中や最後に追加しています。

「概要」 基本事項とねらいを把握するページです。



- 1 タイトル及び主な生物教材を示しました。
- 2 観察，実験の難易度，実施可能な時期，生物教材の入手に必要な日数，準備に必要な時間，実施に要する時間を表で示しました。  
難易度：★☆☆   ★★☆   ★★★  
          易しい   やや難しい   難しい
- 3 目的と内容に加え，簡単な解説を示しました。
- 4 関係する中学校での学習内容を示しました。

- 5 留意点を，指導面，安全面，その他に分類して示しました。  
【指導面】  
学習指導要領の単元の目標を明記し，観察，実験を行うねらいを把握しやすくしました。各校の実態に合わせて授業計画を立てやすいように，特に生徒にさせたい手順を示しました。また，目的意識を持たせる工夫，指導の視点，評価の視点の例を示しました。  
【安全面】  
予想される怪我や事故について示しました。  
【その他】  
配慮すべき内容を示しました。
- 6 右ページにインデックスを表示しました。

「準備」 観察, 実験の準備をスムーズに進めるためのページです。

◎準備

7 準備の流れ ~前日  
1ヶ月前~ 当日

8 ☆教材の入手方法

9 準備

当日のセット 準備に必要な用具

☆生徒用

★教員用

セットの写真

①前日まで  
②当日

7 準備にかかわる大まかな流れを時系列に示しました。

8 使用する, 生物教材の岩手県での入手に関する方法, 時期, 場所, 価格などの情報を示しました。  
また, 別枠に教材や薬品にかかわる情報を必要に応じて加えました。

9 使用する用具を示し, 準備の過程を時系列に記しました。  
準備の過程で, 観察, 実験を成功させる上でのコツやポイントなどにアイコンを加えました。

- ・当日のセット  
班の数, 個人で行う場合は生徒数に合わせてセット数を用意できるように, 観察, 実験を行う際に必要な器具, 材料, 試薬などの1回分のセットを示しました。  
示したもののうち, 代替できないものはゴシック体で, 代替できるものは明朝体で表記しました。代替できるものについては, どのような目的の用具なのか記しました。  
また, 全体で使用する用具は教員用に記しました。
- ・準備に必要な用具  
セットを用意するために必要な教員の用具を, セットに対応させて示しました。

サポート資料の見方

顕微鏡の使い方

生物の特徴

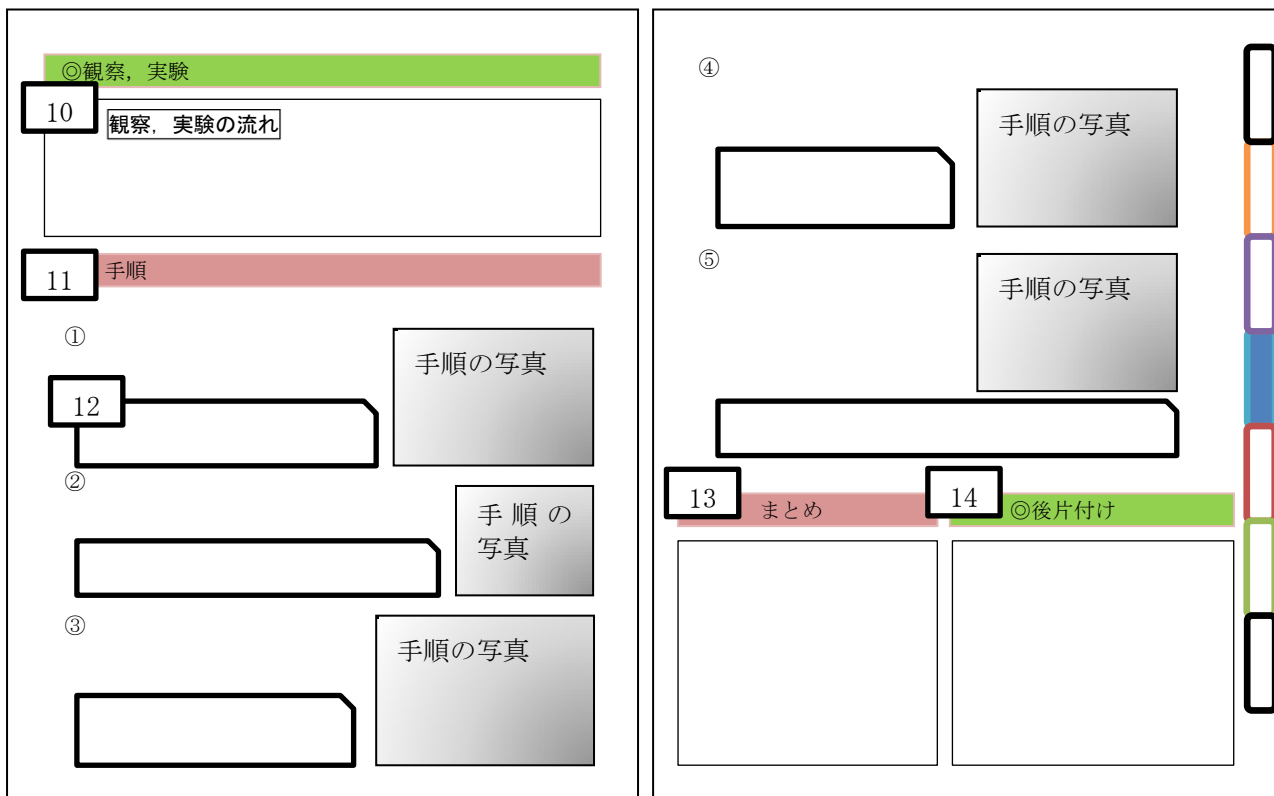
遺伝子とDNA

生物の体内環境の維持

生物の多様性と生態系

巻末資料

「観察，実験」 観察，実験の過程や操作を理解するためのページです。



10 大まかな流れを時系列に示しました。発問例については、その答えを併記しました。

11 観察，実験の過程を各操作内容に分け、およその時間と具体的な作業内容を示し、その操作がイメージしやすいように写真を加えました。

12 操作内容についての指導のポイントを示しました。  
操作の意味や失敗しやすい注意すべき点などを解説し、特に大切な部分は赤字で表記するとともに、下線を付けました。

13 観察，実験のまとめを示しました。

14 片付ける際の、生徒への指導と教員側の確認事項を示しました。

※注意 本サポート資料に掲載している写真は、あくまでも参考例です。  
すべて写真のような材料に限るわけではなく、また、過程，結果は写真のようになるとは限りません。

「その他の情報」 観察, 実験の理解を深めるためのものです。

15

トピック

16 失敗例


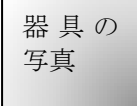
- 状態 1
  - 原因 1
  - 原因 2
- 状態 2
  - 原因 1
  - 原因 2

17 別法

別法①

別法②

18 器具の取り扱い

- ・○○○ 
- ・△△△ 








15 関連する話題をトピックとして示しました。掲載する位置は固定とせず、余白を利用して示しました。

17 同じ学習内容で実施できる、取り扱ったもの以外の観察, 実験について示しました。

16 失敗の回避や生徒への助言に役立てるために、失敗の状態から予想される原因とその対策を示しまとめました。

18 使用する器具の取り扱いについて示しました。

このサポート資料に使用しているアイコン

-  操作の理由
-  失敗例にまとめていることの印
-  観察, 実験を成功させるために押さえておきたい教員のコツ
-  特に指導しなければならない操作
-  代わりに使用できるもの
-  各校の実態に合わせて計画する際省くことが可能な操作
-  動画があることの印

# 1

## 顕微鏡の使い方

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

印刷物とバナナの細胞の簡単な観察を行い、光学顕微鏡の基本操作を身に付ける。また、スケッチの基本技術を確認する。

生徒達は、小学校や中学校でも顕微鏡での観察を行ってきているが、熟練度は低い。生物の観察、実験において、もっともよく使われる実験装置なので、今後の観察、実験をスムーズに進めるためにも、各生徒が顕微鏡に触れ、操作に慣れるように指導する。

顕微鏡がしっかり整備されていないと、観察、実験に支障が出るため、生徒用の各顕微鏡の年度初めの点検や観察後のメンテナンスなどを行う必要がある。

既習  
事項

中学校：

顕微鏡の基本操作を扱っている。

高等学校で取り扱う内容と同じものを学習している。



## 留意点

### 【指導面】

- ・顕微鏡操作はすべての教科書で扱っている基本の技能であり、生物学的に探究する方法の習得が目標である。観察の基礎となる顕微鏡操作が未熟であることが多いため、今後の観察をスムーズに進めるためにも各生徒が顕微鏡に触れ、操作に慣れるようにすることを意識して指導する。
- ・観察の中心となる光学顕微鏡の基本操作を身に付け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。

- 
- ・小さくプリントされた文字、カラー広告の断片、紙幣、ちぎった紙の端など、必ず見ることができる教材を選び、生徒自身が自信をもち主体的に観察に取り組むように指導する。
  - ・反射鏡やしぼりの扱いに慣れていないことが多いので、バナナをこすり付けて作成したプレパラートなどを使って、視野の明るさの調節やコントラストの調節に慣れさせるように指導する。
  - ・「顕微鏡では物体がどのように見えるか」「プレパラートを左に動かすと像はどちらに動くか」「倍率を上げると視野の広さはどうなるか」「しぼりを絞るとコントラストはどうなるか」など、観察でどこに注目すべきか生徒が意識するように指導する。
  - ・倍率を変えるときにはレボルバーを回すことに慣れさせる。ただし、40倍に変える時はプレパラートと接触しないか横から確認しながらレボルバーを回し、接触しそうな対物レンズを遠ざけて改めてピントを合わせるように指導する。
  - ・高倍率ではカバーガラスを割る可能性が高くなるので、調節ねじをどちらに回せば近づくのか意識しながら観察するように指導する。
  - ・「持ち運び方、使用場所など適切に顕微鏡を扱っているか」「視野の明るさを均一にしているか」「一度近づけてから遠ざけるようにしてピントを合わせているか」「見たいものを中央に移動しているか」「しぼりを使って、観察したいものが適切に見えるようにしているか」「高倍率への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から描いているか、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】

- ・顕微鏡で、太陽の光を直接反射させることは絶対にしてはいけない。失明する危険性が高い。反射鏡に日光の直接当たらない、明るいところで観察させる。明るさが足りなければ光源装置を用意する。
- ・接眼レンズをのぞきながら対物レンズをプレパラートに近づけさせない。特に高倍率では対物レンズがカバーガラスと近いので、カバーガラスを割る危険性がある。
- ・カミソリを使う場合、手を切らないように注意を促す。
- ・ガラスは水中で見えなくなるので、洗う際にはカバーガラスなどでケガをしないように注意を促す。
- ・破損ガラス入れを用意し、カバーガラスを割った場合、むやみに触れさせず教員が速やかに片付ける。

### 【その他】

- ・可能な限り、少人数の班を構成し、一人一人の生徒が顕微鏡操作に熟練できるようにする。

## ◎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

- バナナの購入, カラー印刷物の確保
- 実験プリント作成・印刷
- 器具・教材の分配

#### 当日

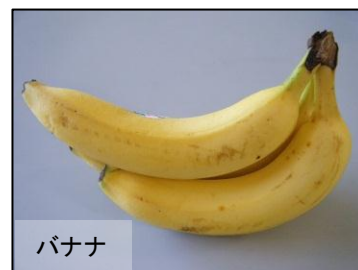
- バナナ, カラー印刷物の小分け
- 器具・教材・薬品の分配

## ☆教材の入手方法

### ・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緑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、クラスにつき数本で間に合う。

1房 300円前後



バナナ

### ・印刷物の入手方法

新聞などの折り込み広告でよい。5mm四方の中に様々な色が入るようなものがよい。可能であれば裏が白地のものが、印刷が透けて現れないので好ましい。手に入らない場合は、ファッション雑誌などがカラフルで使いやすい。切手や紙幣もよい材料になる。プリンターでのカラー印刷は、色がドットの集まりで表現されていないので、顕微鏡観察の材料には向かない。

## 準備

### 当日のセット

☆生徒用		
□光学顕微鏡	1台	
□スライドガラス	10枚程度	
□カバーガラス	1箱	
□光源装置	1台	
□先尖ピンセット	1つ	
□柄付き針	1つ	
□ろ紙（2つまたは4つ切り）	数枚	
□スポイト	1つ	
□50mL ビーカー	1つ	
□印刷物（カラー広告の断片、雑誌など）	1枚	
□バナナ	1切れ	

### ★教員用

□生徒用と同じもの 1組

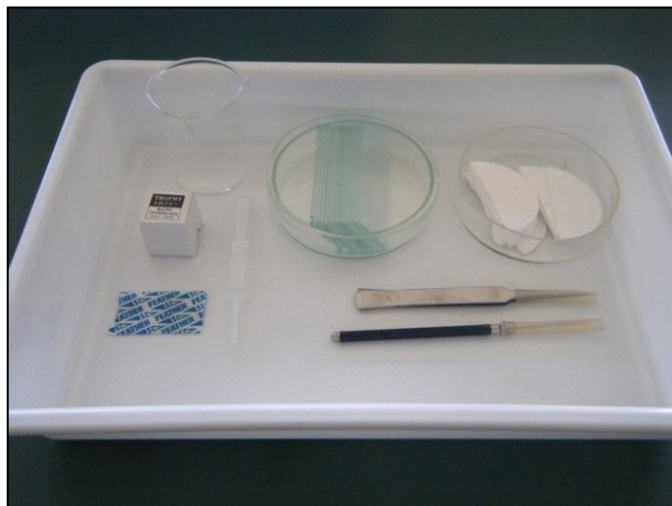


代替

光源、バナナを切る用具、印刷物、容器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
- ・9 cm ペトリ皿
- ・はさみ
- ・包丁



### ①前日まで

印刷物、ろ紙を用意する。

カラー印刷物は5mm四方程度に切る。

文字を印刷する場合は、左右上下非対称で複雑ではない文字をフォントサイズ3～4ポイント程度にし、性能のよいプリンターで印刷したものを使用する。  フォントサイズ3ポイント以下は文字がつぶれ認識できない。大きすぎると字が視野に収まらない。

紙幣を使う場合は、生徒に持参するように連絡をしておく。

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

器具・教材・薬品を分配してセットを用意する。

バナナは1cm程度の厚さで輪切りにする。

## ◎観察，実験

### 観察，実験の流れ

#### □導入

- ・顕微鏡観察の重要性を話す 答) ミクロの世界を観察することができ，構造を知ることができる
- ・顕微鏡を操作する技術の必要性を話す 答) 用具があっても使えなければ観察できない
- ・既習事項の確認

#### □目的を理解させる

#### □観察，実験

- ・手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面の注意
- ・顕微鏡の使い方を確認する（本実験）

#### □結果のまとめ，考察

- ・観察からわかったこと
- ・細胞の大きさを知るにはどうすればよいか 答) ミクロメーターを使う

#### □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「01 顕微鏡の使い方.pptx」を参照

### ① 光学顕微鏡の説明（15分）

光学顕微鏡の各部名称とそのはたらき，光学顕微鏡の基本操作，スケッチの仕方を確認する。



光学顕微鏡の基本操作は「器具の取り扱い」をもとに確認する。 事前に指導し，実際に扱う前の確認程度にする。



## ☆スケッチの仕方



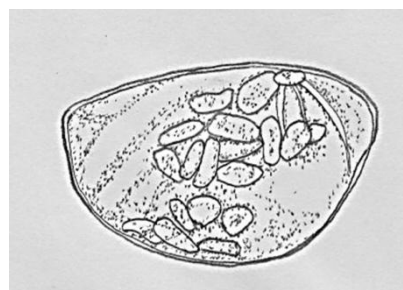
生物スケッチは，できるだけ大きく見えたとおりに描く作業を通して，細部をよく観察し記録するものである。一本の同じ太さの線で描き，周囲の線は必ず閉じる。デッサンのように，斜線や塗りつぶしなどによる影を付けたりしない。陰影や濃淡は，大きさや濃さが同じ点の密度の違いで描く。

#### 悪い例



斜線で描かれ，線が繋がっていない。  
陰影を塗りつぶしで描いてある。


#### よい例



一本の線で描き，周囲の線は必ず閉じる。  
陰影を点描の密度で描いてある。



② 操作練習（5分）

小さく書かれた文字やカラー広告の断片などをスライドガラスの上に載せ、顕微鏡を基本操作に従って低倍率でピントを合わせる。見え方を確認した後、レボルバーを回し倍率を上げ、低倍率との見え方の違いを確認する。 →状態1～状態7（p.17, p.18）



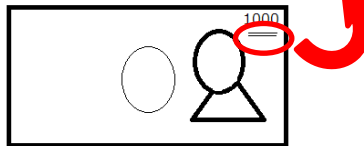
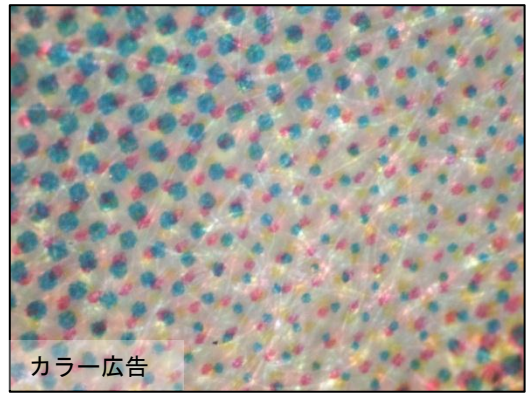
**顕微鏡では、載せた物体が180度回転して見え、プレパラートを左に動かすと像は右に動く。また、倍率を上げると視野の中の広さは狭くなり、明るさは面積あたりの光の量は変わらないため暗くなる。**



調節ねじには可動域があり、スライドガラスを使わずそのまま紙幣を観察しようとしても、対物レンズはピントの合うところまで下がらない。このため、観察物がスライドガラス上にないとピントが合わない。



紙幣を観察する場合は、スライドガラスで挟み込むなど、観察物が動かないような工夫が必要である。人物像の右上の額面の下にある「NIPPONGINKO」の文字が練習に適している。




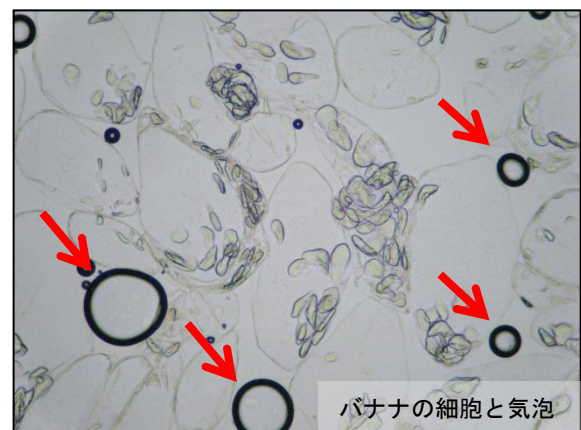
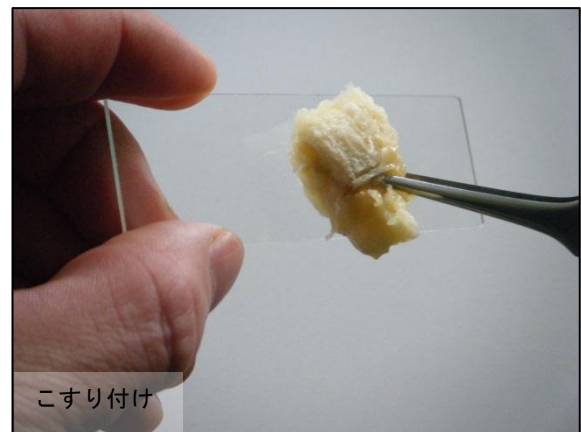
③ プレパラートの作成（5分）

バナナの果肉をスライドガラスにこすり付ける。ビーカーに水を入れ、スポイトで水を滴下してから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に弱いので、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。

細胞間に空気を含んでいることが多く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、 のように丸く抜けて見える。

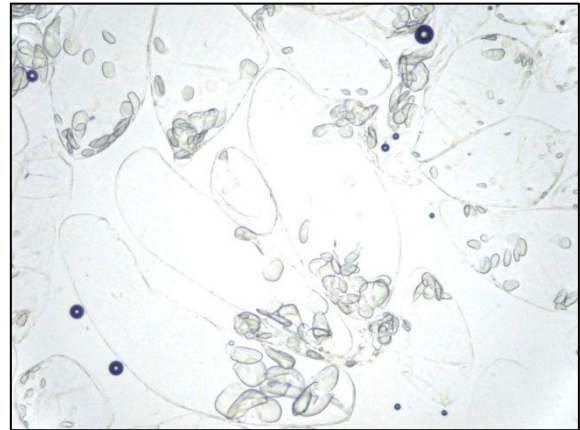


#### ④ 観察, スケッチ (15分)

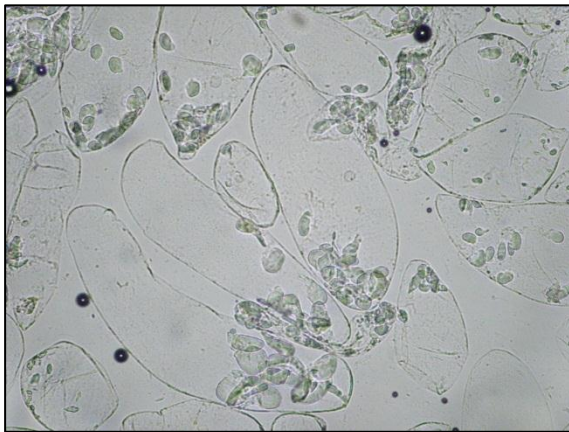
顕微鏡を基本操作に従って低倍率でピントを合わせる。しぼりを絞ってコントラスト調節を確認した後、レボルバーを回し倍率を上げ、プレパラートを観察し、スケッチする。  →状態1～状態4 (p. 17, p. 18)



しぼりを開いて観察すると、右のように明るい  
が濃淡がわかりにくい。細部が識別しや  
すい程度にしぼりを絞る。高倍率では暗くな  
るので凹面鏡を使い、しぼりは開く。  
スケッチは、1つの細胞を詳しく描く。



しぼりを開いたもの



しぼりを絞ったもの



バナナの細胞の高倍率

### まとめ

- ① 光学顕微鏡の基本操作や注意すべき点があった。
- ② 光学顕微鏡での像の見え方が分かった。
- ③ しぼりの使い方が分かった。
- ④ スケッチの仕方が分かった。

### ◎後片付け

#### ■後片付けのさせ方

- ・ 固形の材料は、燃えるゴミとして捨てさせる。
- ・ バットを水洗いさせてから、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 暗くてよく見えない

原因1 環境や装置が悪い

- ①光源側に遮るものがある→自然光を光源としている場合、物や人が遮らないようにする。しっかりと自然光を取り入れるか光源装置を使う。
- ②光源装置が悪い→電源が入っていない場合、電源を入れる（コンセントを入れる、電池を交換するなど）。電球や蛍光灯が切れている場合、新しい物と交換する。これらで直らなければ、光源装置が故障している可能性が高いので、修理する。
- ③対物レンズが汚れている→レンズ用のクリーニングペーパーにレンズクリーニング液をふくませ、中心から外側へ螺旋状にゆっくりふき、すぐに乾いたクリーニングペーパーで拭く。
- ④顕微鏡内にゴミや異物が入っている→取り除く。

原因2 操作が悪い

- ①反射鏡の角度が悪い→角度を正しく調節する。
- ②しぼりを絞りすぎている→しぼりを開く。
- ③ダイヤル式のしぼりが途中で止まっている→正しく、動かした時にカチッと止まる所に回す。
- ④レボルバーが途中で止まっている→正しく、動かした時にカチッと止まる所に回す。
- ⑤プレパラートの試料が厚すぎて光が透過しない→試料が薄くなるようにプレパラートを作り直す。
- ⑥プレパラートの染色液が多すぎる→余分な染色液をろ紙で吸う。

### ●状態2 ピントが合わない

原因 顕微鏡が悪い、技術的に未熟である

- ①調節ねじの可動域がピントの合う所とずれている→調節ねじの可動域を調節するねじを、正しく直す。
- ②対物レンズが取り付けられていない→対物レンズを取り付ける。
- ③しぼりを開き過ぎている→明るすぎて像が不鮮明なので、しぼりを絞る。
- ④調節ねじが緩んでいるため、鏡筒（またはステージ）が動いてしまう→調節ねじを締める。
- ⑤ピントが合っていない→低倍率で確実にピントを合わせ、見たい物を中央に移動してからレボルバーを回して高倍率にしていく。

### ●状態3 ピントは合うが、像が見えない

原因 プレパラートに問題がある

- ①試料が視野に入っていない→低倍率で確実にピントを合わせ、見たいものを中央に移動してからレボルバーを回して高倍率にしていく。
- ②プレパラートに試料が入っていないか、非常に少ない→プレパラートを作り直す。
- ③プレパラートの試料の染色が不十分→プレパラートを作り直す。
- ④プレパラートの試料が厚い→プレパラートを作り直す。
- ⑤原生動物など生きた観察物をつかった場合に、動きを追うことができず見失ってしまう。→動きを抑制する方法を施してプレパラートを作り直す。脱脂綿を少量ほぐして物理的に動きにくくする、粘性の高いメチルセルロース水溶液を用いて、物理的に動きにくくするなどがある。



●状態4 ピントは合うが、ゴミのような物が見え、プレパラートとともに動く

原因 プレパラートに問題がある

スライドガラス、カバーガラスが汚れている→新品またはよく洗ったスライドガラスやカバーガラスでプレパラートを作り直す。

●状態5 ピントは合うが、ゴミのような物が見え、接眼レンズを回すととともに動く

原因 接眼レンズに問題がある

①接眼レンズが汚れている→接眼レンズをきれいにする。

②接眼マイクロメーターが汚れている→接眼マイクロメーターをきれいにする。

●状態6 ピントは合うが、ゴミのような物が見え、倍率を変えるとゴミが無くなる

原因 対物レンズに問題がある

対物レンズが汚れている→対物レンズをきれいにする。

●状態7 ピントは合うが、ゴミのような物が見え、ゴミが動かない

原因 接眼レンズ、対物レンズ以外に問題がある

①自分がかけている眼鏡が汚れている→眼鏡をきれいにする。

②顕微鏡内部にゴミが入っている→顕微鏡内部をきれいにする。顕微鏡は精密なので、壊す危険性がある。顕微鏡整備を業者に頼んだ方がよい。

## 別法

別法は特にないが、顕微鏡操作の基本を指導した上で、観察の機会を多くし慣れることが基本操作を身に付けることにつながる。プレパラートにするために手をあまり加える必要のない教材を考え、様々試すとよい。



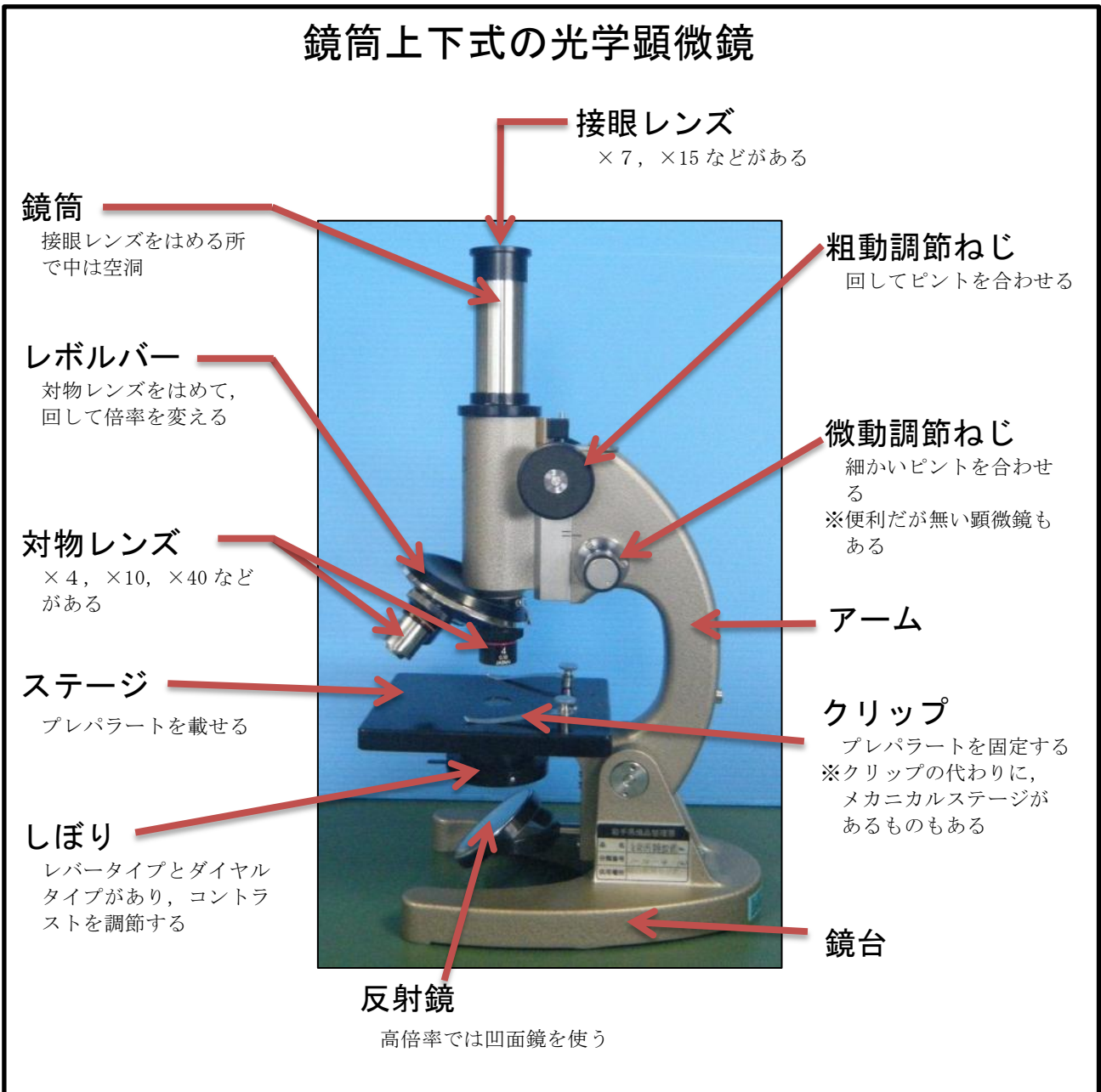
# 器具の取り扱い

・光学顕微鏡

## ☆光学顕微鏡の各部名称

顕微鏡は、対物レンズと接眼レンズによって像を拡大して観察する装置である。このとき、物体は倒立像（180度回転した像）として観察される。

光学顕微鏡は、鏡筒上下式の顕微鏡とステージ上下式の顕微鏡の2つのタイプがある。



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

# ☆光学顕微鏡の基本操作

## 観察前の注意事項

- ・カビの発生しにくい、乾燥した場所に保管しておく。流しの下などは、湿度が高いため避ける。
- ・顕微鏡が箱に入っている場合、戸の部分の部分を体に向け、両手で箱を抱える。上部に取手があっても、戸のカギが閉まってないこともあるため、片手で振り回さない。
- ・顕微鏡本体は、一方の手でアームを握り、もう一方の手で鏡台を支えて両手で持ち運ぶ。本体を直射日光の当たらない明るく水平で安定した場所に置く。
- ・最初に低倍率の接眼レンズを鏡筒にはめ、次に対物レンズをレボルバーにねじ込んで取り付ける。

※順番の理由は、ホコリが対物レンズに入らないようにするため。学校現場では、対物レンズ、接眼レンズを付けたまま、保管していることが多い。

## 操作手順

顕微鏡の基本操作は次の通りである。

### ①光の取り入れ

レボルバーを静かに回して、対物レンズを低倍率にしてから、しぼりを開き、接眼レンズをのぞきながら反射鏡を動かして視野をむらなく明るくする（光源装置付きの顕微鏡は不要）。

※反射鏡には平面鏡と凹面鏡があり、明るさに応じて使い分ける。一般的に、低倍率で観察する時には平面鏡を使用し、高倍率で視野が暗い時には凹面鏡を使用する。

### ②観察物の移動

プレパラートをステージに載せ、観察したいところがおおよそステージの中央にくるようにする。

### ③ピント合わせの準備

横から見ながら調節ねじを回して、対物レンズをプレパラートに近づける。

※ねじをどちらに回せば近づくのかあらかじめ確認しておく。

### ④ピント合わせ

接眼レンズを覗きながら、対物レンズをプレパラートから遠ざけるように調節ねじを回してピントを合わせる。

### ⑤しぼりの調節

観察物が視野の中央になるようにプレパラートを動かし、しぼりを調節して、鮮明な像が見えるようにする。しぼりを開きすぎると像が不鮮明に、絞りすぎると視野が暗くなる。低倍率では絞ったほうがピントを合わせやすい。

開いた状態



絞った状態

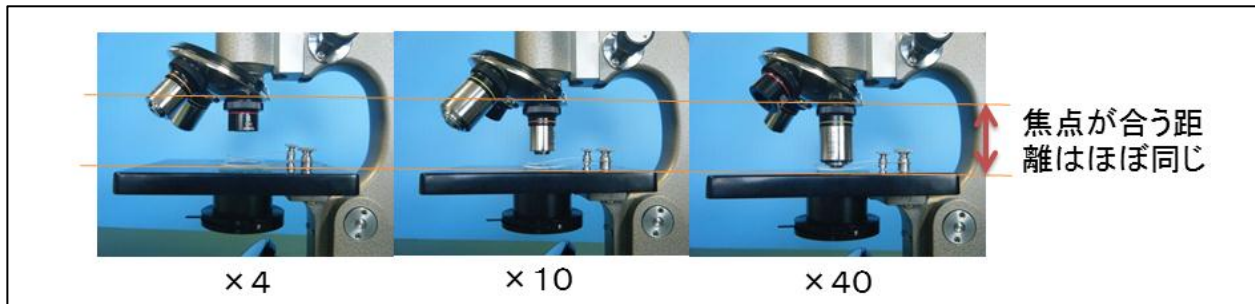


## ⑥倍率の変更

レボルバーを静かに回して、対物レンズの倍率を変える。必要に応じて、しぼりを調節する。

※焦点が合う距離は、どの対物レンズを使ってもほぼ同じなので、レボルバーを回転して微調整するだけでよいが、 $\times 40$  の対物レンズはプレパラートすれすれなので横から確認しながらレボルバーを回し、接触しそうならば鏡筒を遠ざけてからレボルバーを回し③からの操作をする。

接眼レンズを交換することでも、倍率が変わる。鏡筒に埃が入らないように素早く交換する。



## ⑦記録

観察したものを記録（スケッチ，写真撮影）する。

## ☆顕微鏡の整備の仕方

顕微鏡のレンズは、顕微鏡の命ともいえる大切なところである。レンズ面を、指で触ることはもちろん、息を吹きかけたり、ティッシュペーパーで拭いたりするのも厳禁である。観察後のメンテナンスを行う習慣をつけるとレンズの状態を悪化させにくい。年度毎に業者の点検を受けるとなおよい。

整備用具は、主にカメラ用品店で購入できる。用具は、眼鏡レンズ拭き、繊維が出ない紙（クリーニングペーパー、キムワイプなど）、レンズクリーニング液、ブロアー、柔らかい毛の小筆、爪楊枝である。

手に付いている油分で汚すことがあるので、整備の前に手をよく洗っておく。

傷を付けないように、レンズは強くこすらない。埃などは、ブロアーで空気を吹き付ける、柔らかい毛の小筆でそっと払う、乾いたクリーニングペーパーで拭くなどする。汚れがひどい場合、レンズ用のクリーニングペーパーにレンズクリーニング液を含ませ、中心から外側へ螺旋状にゆっくり拭き、すぐに乾いたクリーニングペーパーで拭く。細かい部分を拭くときは、爪楊枝の先にクリーニングペーパーを巻き付けて使う。

## 2

## マイクロメーターの使い方

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

光学顕微鏡観察で使用する、マイクロメーターの使い方を身に付ける。また、プレパラート作成の基本技術を確認する。

生徒達は、小学校、中学校でも顕微鏡での観察を行ってきているが、熟練度は低い。高等学校では、細胞などの大きさを測定する器具としてマイクロメーターを使用する。今後の観察、実験をスムーズに進めるためにも、各生徒がマイクロメーターに触れ、使い方に慣れるように指導する。

観察物と対物マイクロメーターのピントを同時に合わせることができないため、接眼マイクロメーターを使って間接的に対象物の大きさを測定する。練習として、オオカナダモを使って、プレパラート作成の基本技術とマイクロメーターの使い方を確認する。

既習  
事項

なし

## 留意点

### 【指導面】

- ・マイクロメーターの使い方はすべての教科書で扱っている基本の技能であり、生物学的に探究する方法の習得が目標である。観察の基礎となる顕微鏡操作が未熟であることが多いため、今後の観察をスムーズに進めるためにも各生徒が顕微鏡に触れ、操作に慣れるようにすることを意識して指導する。
- ・光学顕微鏡での大きさの測定に使うマイクロメーターの使い方を身に付け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。接眼マイクロメーター1目盛りを測定するものを限定したり、時間を制限したりすることで時間短縮が可能である。

- 
- ・大きさを測定できることが、大きさの比較や速度の測定などの基本となるため、生徒自身がマイクロメーターを使えることの大切さを感じ、主体的に観察に取り組むように指導する。例えば、大きさが異なるA・B・Cの顕微鏡写真を見せ、実物はどれが大きいか考えさせて、画像だけでは大きさは分からないことに気付かせる。
  - ・直接、長さを測ることが難しい場合どうするかなど、生徒自身に考えさせ、マイクロメーターの原理を理解できるように指導する。例えば、机の大きさを定規以外のものを使って生徒に長さを測らせ、そのものの長さが分かれば、机の大きさが測定できることに気付かせる。
  - ・「マイクロメーターの表と裏の違いは何か」「数字が書かれているのはどちらのマイクロメーターか」「どうして直接ではなく、接眼マイクロメーターで測定するのか」「どうして接眼マイクロメーター1目盛りの長さが求められるのか」「プレパラートはどんな方法でつくるか」「観察しやすいプレパラートはどのようなものか」「空気を入れないようにするためにどうすればよいか」など、注目すべき点を生徒が意識するように指導する。
  - ・「適切に顕微鏡を扱っているか」「正しく接眼マイクロメーターを設置しているか」「目盛りの向きをしっかりと合わせているか」「目盛りを正しく読み取っているか」「接眼マイクロメーター1目盛りの長さを正しく求めているか」「プレパラートを正しく作成しているか」「観察物の大きさを求めているか」などの観察にかかわる操作ができているか、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】

- ・顕微鏡の基本操作に従って、正しく扱うように注意を促す。
- ・ガラスは水中で見えなくなるので、洗う際にはカバーガラスなどでケガをしないように注意を促す。
- ・破損ガラス入れを用意し、カバーガラスを割った場合、むやみに触らせず速やかに片付ける。

### 【その他】

- ・マイクロメーターや顕微鏡のレンズに指紋や汚れなどが付かないように取り扱いに注意させる。
- ・スライドガラスやカバーガラスに指紋や汚れなどが付かないように取り扱いに注意させる。
- ・可能な限り、少人数の班を構成し、一人一人の生徒が顕微鏡操作に熟練できるようにする。



## ◎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

- オオカナダモの入手
- 実験プリント作成・印刷

#### 当日

- 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

### ・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。実験室に置いている高校が多いので、近隣の高校から分けてもらってもよい。 1束 150円前後



オオカナダモ

### 教材の情報

#### ・オオカナダモ

オオカナダモの葉の細胞は2層になっており、そのままプレパラートが作れるため、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。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

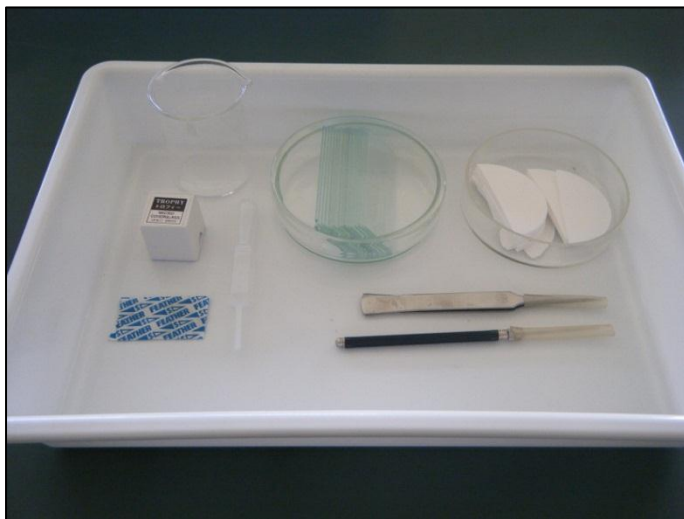
## 準備

### 当日のセット

☆生徒用	
□光学顕微鏡	1台
□接眼マイクロメーター	1つ
□対物マイクロメーター	1つ
□スライドガラス	10枚程度
□カバーガラス	1箱
□光源装置	1台
□先尖ピンセット	1つ
□柄付き針	1つ
□スポイト	1つ
□50mL ビーカー	1つ
□カミソリ	1つ
□ろ紙（2つまたは4つ切り）	数枚
□オオカナダモ	1輪生葉

### ★教員用

□生徒用と同じもの 1組



### 準備に必要な用具

- ・はさみ
- ・9 cm ペトリ皿
- ・ピンセット
- ・小分け用容器



光源、容器などは代わりになるものを工夫してかまわない。

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

オオカナダモ、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

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。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

- ・直接，長さを測ることが難しい場合どうするか      答) 別の用具を使って間接的に測定する
- ・細胞の大きさを知るにはどうすればよいか  
    答) 直接測定することができないため，マイクロメーターを使って間接的に測定する

#### ・既習事項の確認

#### □目的を理解させる

#### □観察，実験

- ・手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面の注意
- ・マイクロメーターの使い方を確認する（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「02 マイクロメーターの使い方.pptx」「02 プレパラートの作成.pptx」を参照

### ① マイクロメーターの種類，原理，基本操作（10分）

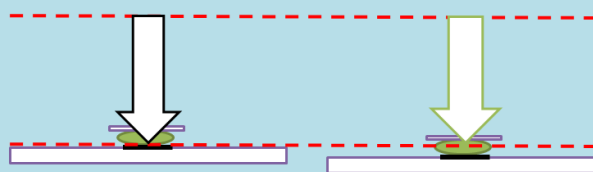
マイクロメーターの種類，原理を確認する。対物マイクロメーターを，ステージに載せ低倍率でピントを合わせる。レボルバーを回し，高倍率に変えて対物マイクロメーターの見え方の違いを確認する。

接眼マイクロメーターを接眼レンズの中に入れる。対物マイクロメーターを外してから低倍率と高倍率でのぞき，目盛りの見え方に変化がないことを確認する。

再度，対物マイクロメーターをステージに載せ低倍率でピントを合わせる。接眼レンズを回して対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターの目盛りを平行にする。 →状態 1～状態 4（p. 30）

### マイクロメーターの原理

対物マイクロメーターの目盛りと試料の両方同時には焦点が合わないため，直接使用できない。



顕微鏡は，焦点が合う距離がほぼ一定になっている。そのため，位置の変わらない接眼マイクロメーターに置き換えて長さを測定する。生徒はマイクロメーターに馴染みがないので，実物を使いながら確認する。

対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターの目盛りを平行にする際，接眼レンズを回すことを周知させる。



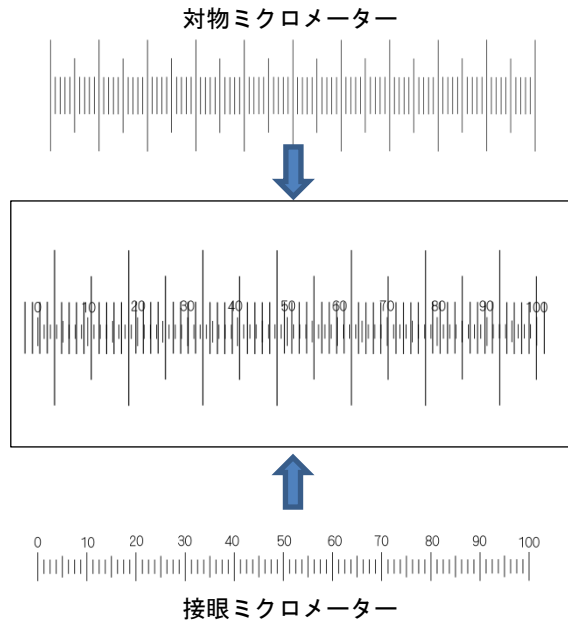
## ② 接眼マイクロメーター1目盛りの測定 (15分)

対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターの目盛り的一致した2点のそれぞれの目盛りを読み取り、接眼マイクロメーター1目盛りの長さを計算する。他の倍率についても同様に計算する。



**大事** 2点間のそれぞれの目盛りの読み取り、接眼マイクロメーター1目盛りの計算に十分に時間を与える。

対物マイクロメーター1目盛りは $10\mu\text{m}$ である。数字が書いてあるほうが接眼マイクロメーターである。



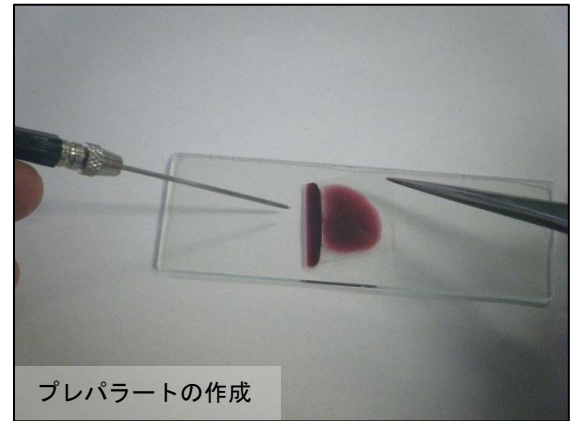
## ③ プレパラートの作成 (5分)

プレパラートの基本的な作成の仕方を確認する。練習として、オオカナダモの葉を1枚スライドガラスに載せ、水を滴下しカバーガラスを載せる。余分な水はろ紙で取り除く。

対物マイクロメーターは、以後使用しないのでケースに戻す。

このプレパラートの作成は、水で封じているため後片付けが楽である。

ただし、図はマウント液が分かるように染色液を使ったものである。



## ☆プレパラートの作成

光学顕微鏡の性質上、プレパラートは光を通す薄さの試料を用いる必要がある。そのため、試料の性質に応じて、そのまま載せる、はがす、こすり付ける、薄片に切る、押しつぶすなどの操作を行う。また、細胞が変形・変質しないように、酸やアルコールなどで生命活動を停止させる「固定」という操作が必要な場合がある。植物細胞の細胞壁はペクチンで接着していることが多く、根端分裂組織の観察などでは、塩酸などでペクチンを溶かす「解離」という処理が必要になる。さらに、観察しやすくするため、色素で選択的に着色する「染色」という操作を行うことが多い。

プレパラートを作成するには、観察の妨げになるため、中に気泡やゴミが入らないようにしたほうがよいが、熟練が必要なのでこだわりすぎず経験を積んだほうがよい。

スライドガラス、カバーガラスはきれいに洗ったものを用意し、指紋などで汚れないように必ず側面を持つようにする。また、先尖ピンセット、柄付き針、スポイト、ろ紙など必要な用具をそろえる。

プレパラートの作成の基本技術は次の通りである。

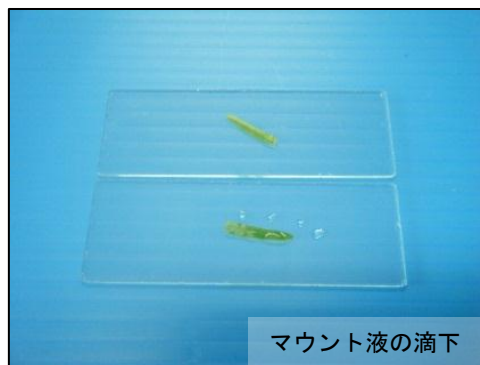
#### ①試料の準備

観察の目的に応じて、試料を準備する。生きた細胞を観察する以外は、基本的に固定の操作を行っておく。特に、解離をする場合は固定が必要である。酢酸オルセインなどのように滴下時に固定と染色を兼ねて行う場合もある。

#### ②マウント液の滴下

乾いた花粉などを観察する場合はマウント液は使用しない。マウント液とは、水や染色液などの封入剤のことである。

スライドガラス上に試料を置き、スポイトなどでマウント液を滴下する。この順番は逆でもかまわないが、試料の上下に空気が入らないように気を付ける。また、試料が重なっている場合はピンセットや柄付き針で広げる。



マウント液の滴下

#### ③カバーガラスによる被覆

カバーガラスを気泡ができないように静かに載せる。カバーガラスを載せる際には、利き手にはピンセットを、もう片方の手には柄付き針を持つ。利き手のピンセットでカバーガラスを軽くはさみ一边をスライドガラスに付け、柄付き針の先端でカバーガラスの一边を支えながら、気泡を追い出すようにゆっくり試料の片側からカバーガラスを倒していく。

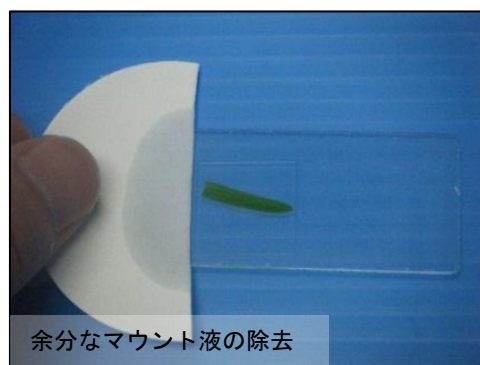
簡易的な方法として、図のようにカバーガラスの側面を指ではさみ、ゆっくりと指を降ろしながら離すものがある。



カバーガラスによる被覆（簡易法）

#### ④余分なマウント液の除去

マウント液が過剰にあるとカバーガラスが水平方向に動くため、カバーガラスの側面にろ紙を付けて余分なマウント液を吸い取る。ただし、吸い取りすぎると気泡がカバーガラスの下に入ることがあるので注意する。



余分なマウント液の除去

#### ⑤細胞の展開

必要に応じて、押しつぶし法などで展開する。押しつぶし法とは、重なった細胞を押しつぶして、薄く広げるものである。展開は、カバーガラスを載せる前に行う場合もある。

#### ④ 細胞の大きさの測定 (10分)

顕微鏡を基本操作に従って低倍率でピントを合わせる。測定したいものを中央に移動させ、レボルバーを回し倍率を上げる。接眼レンズを回し、測定したい部分を目盛りと合わせて測定する。

細部が識別しやすい程度にしぼりを絞る。接眼レンズの倍率と対物レンズの倍率を確認し、②で求めた接眼マイクロメーター1目盛りの長さと接眼マイクロメーターの目盛り数を掛け合わせて大きさを測定する。



### まとめ

- ① マイクロメーターの原理が分かり、接眼マイクロメーターで1目盛りを求めることができた。
- ② プレパラートの作成方法が分かった。
- ③ 細胞の大きさを求めることができた。

### ◎後片付け

#### ■後片付けのさせ方

- ・ 固形の材料は、燃えるゴミとして捨てさせる。
- ・ バットを水洗いさせてから、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 接眼マイクロメーターが入れられない

原因 接眼レンズ内に接眼マイクロメーターを載せる台がない

接眼マイクロメーターを載せる台がない顕微鏡もあるので、事前に確認しておく。入れられる顕微鏡を購入する。

### ●状態2 接眼マイクロメーターがよくみえない

原因 接眼マイクロメーターの設置がおかしい

①接眼マイクロメーターが裏になっている。正しく入れ直す。

②接眼マイクロメーターを載せる台に傾いて入れてしまった。正しく入れ直す。

③接眼マイクロメーターを載せる台自体が下がっている。修理に出す。

原因2 目盛りが見えにくい

古くなったものは、目盛りのインクが薄れ見えにくくなることもある。新しいものを購入する。

### ●状態3 対物マイクロメーターのピントが合わない

原因1 技術的に未熟である

目盛りが中央にない。低倍率で確実にピントを合わせ、目盛りを中央に移動してからレボルバーを回して高倍率にしていく。

原因2 顕微鏡が不備である

調節ねじの可動域がピントの合うところとずれている。調節ねじの可動域を決めているねじを調節する。

### ●状態4 対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターの目盛りが平行にならない

原因 技術的に未熟である

対物マイクロメーターの目盛りを中央に移動した上で、接眼レンズを回して接眼マイクロメーターを対物マイクロメーターの目盛りに合わせる。

## 別法

別法は特にないが、顕微鏡操作の基本を指導した上で、観察の機会を多くし慣れることが基本操作を身に付けることにつながる。プレパラートにするために手をあまり加える必要のない教材を考え、様々試すとよい。

## 器具の取り扱い

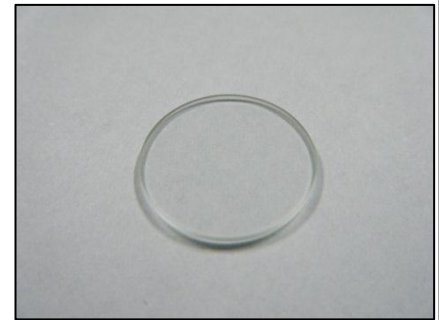
・マイクロメーター

### ☆マイクロメーターの種類

マイクロメーターは、接眼レンズに入れる接眼マイクロメーターと、スライドガラスに目盛りが刻まれた対物マイクロメーターがあり、これらを組み合わせて使う。

#### ①接眼マイクロメーター

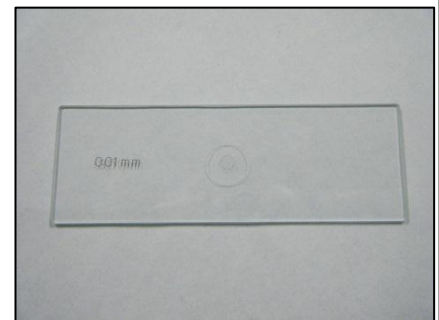
接眼マイクロメーターは円形をしており、中央部には普通1 cm を100等分した目盛りが刻んである。10目盛りごとに数字が書かれており、普通に読める側が上になる。接眼レンズの筒の中に入れて使用する。測定前に対物マイクロメーターと組み合わせることで接眼マイクロメーター1目盛りの長さを求めておき、実際の測定に使用するのは接眼マイクロメーターのみである。



接眼マイクロメーター

#### ②対物マイクロメーター

対物マイクロメーター中央の円内には1 mm を100等分した目盛りが刻んであり、数字は書かれていない。左に「0.01mm」と書かれていて、これが読める側が上になる。この対物マイクロメーターに直接観察物を載せて観察すれば、細胞などの大きさを測定できそうだが、観察物と対物マイクロメーターの両方にピントを合わせることができない。接眼マイクロメーターを使って間接的に対象物の大きさを測定する。対物マイクロメーターは1枚4,200円程度と高価であり、スライドガラスとして使用させないように注意する。

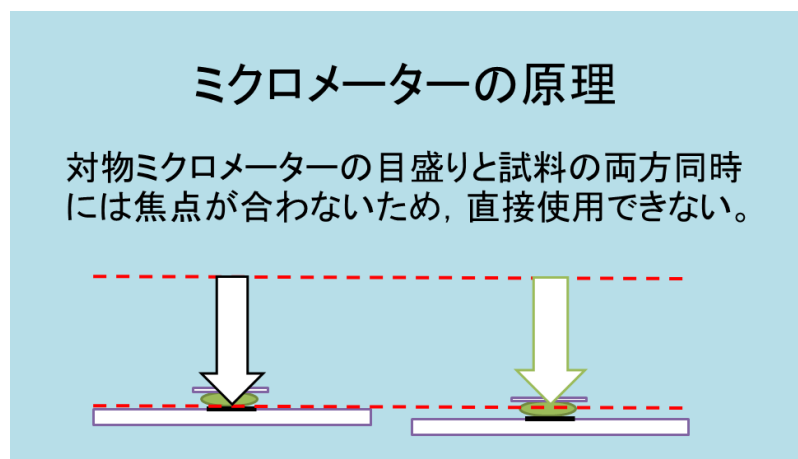


対物マイクロメーター

### ☆マイクロメーターの原理

対物マイクロメーターの目盛りと観察物の両方には同時に焦点が合わないため、対物マイクロメーターのみでの測定はできない。測定前に接眼マイクロメーター1目盛りの長さを求め、間接的に対象物の大きさを測定する。

接眼レンズは同じものを使用し、対物レンズの倍率を変える。すると、接眼マイクロメーターの見え方は変わらないが、接眼マイクロメーターの1目盛りが表す長さは変わる。一方、対物マイクロメーターの見え方は変わるが、対物マイクロメーターの1目盛りの長さは変化しない。

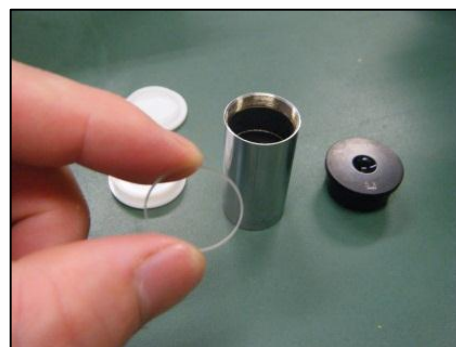




## ☆マイクロメーターの使い方

### ①接眼マイクロメーターの設置

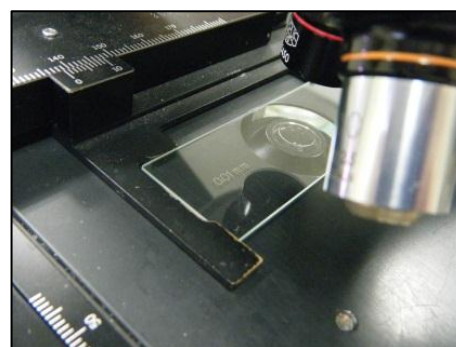
接眼レンズの上側のレンズは回すとはずれるようになって  
いる。内部には接眼マイクロメーターを載せる台があり（ない  
ために接眼マイクロメーターを入れられないものもある）、表  
側を上にして台に載せる。入れる際は、目盛りに汚れが付か  
ないように端をつまむ。接眼レンズの上側のレンズを元に戻  
して、顕微鏡にセットする。



接眼マイクロメーターの設置

### ②対物マイクロメーターの設置

対物マイクロメーターをステージに載せ、中央の円がおおよ  
そステージの中央にくるようにする。



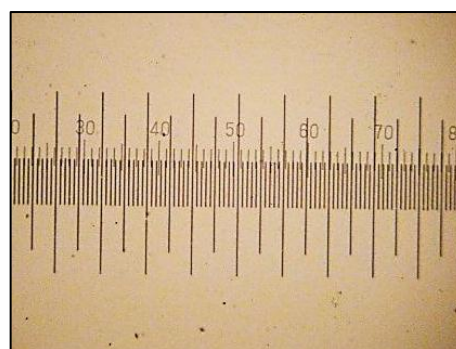
対物マイクロメーターの設置

### ③目盛りのそろえ

対物マイクロメーターにピントを合わせてから、接眼レンズ  
を回して、対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターの目盛  
りの向きをそろえ、両方の目盛りが重なっているところを2  
点探す。誤差が少なくなるようにできるだけ離れた2点を選ぶ。

### ④目盛りの読み取り

重なっている2点の間の、対物マイクロメーターの目盛りの  
数と接眼マイクロメーターの目盛りの数を数える。数字の書か  
れている目盛りのほうが接眼マイクロメーターの目盛りなので、  
間違えないように注意する。



目盛りのそろえと読み取り

### ⑤接眼マイクロメーター1目盛りの長さの計算

読み取った目盛りの数から、接眼マイクロメーター1目盛りの長さ（ $x$ ）を計算する。対物マイクロメーターの1目盛りは $10\mu\text{m}$ なので、2点間の長さは、対物マイクロメーターの目盛りの数 $\times 10\mu\text{m}$ である。これは、接眼マイクロメーターの目盛りの数 $\times$ 接眼マイクロメーター1目盛りの長さ（ $x$ ） $\mu\text{m}$ と同じ長さだから、次の式で求めることができる。

$$\text{接眼マイクロメーター1目盛りの長さ (x) } \mu\text{m} = \frac{\text{対物マイクロメーターの目盛りの数} \times 10\mu\text{m}}{\text{接眼マイクロメーターの目盛りの数}}$$

⑥それぞれの倍率での接眼マイクロメーター1目盛りの長さの計算

理論的には、例えば対物レンズ4倍のとき接眼マイクロメーター1目盛りの長さが  $16\mu\text{m}$  と読み取ったとき、対物レンズを10倍にすれば接眼マイクロメーター1目盛りは  $6.4\mu\text{m}$ 、対物レンズを40倍にすれば接眼マイクロメーター1目盛りは  $1.6\mu\text{m}$  となるはずである。実際には、ピントがわずかに違うことが多いため、それぞれの倍率について接眼マイクロメーター1目盛りの長さを求め、顕微鏡ごとに表にまとめておく。  
まとめ方の例：接眼マイクロメーター1目盛りの長さ

接眼レンズの倍率	対物レンズの倍率		
	4倍	10倍	40倍
7倍	$41.7\mu\text{m}$	$16.4\mu\text{m}$	$4.1\mu\text{m}$
15倍	$25.5\mu\text{m}$	$10.0\mu\text{m}$	$2.5\mu\text{m}$

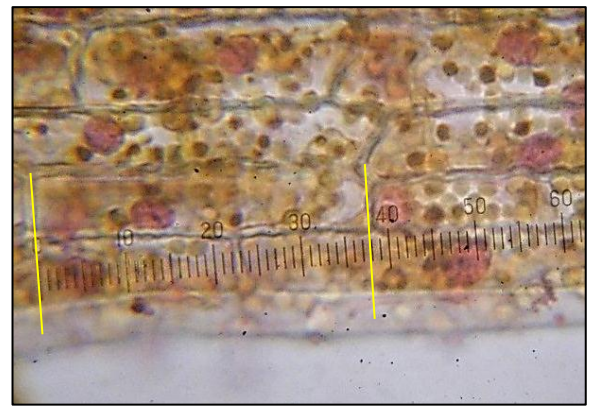
⑦大きさの測定

実際の測定に使用するのは接眼マイクロメーターのみである。対物マイクロメーターをはずして、測定するプレパラートを置く。ピントを合わせ、観察物を中央に移動する。接眼レンズを回して接眼マイクロメーターの目盛りを測定する方向にそろえる。目盛りを数え、観察物の大きさを求める。

例：オオカナダモ細胞の長径

接眼レンズ7倍×対物レンズ40倍で測定

接眼マイクロメーター38目盛り× $4.1\mu\text{m}$ = $155.8\mu\text{m}$



## 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
- ・ 9 cm 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でできた薄片を、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レートを作成する。




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)

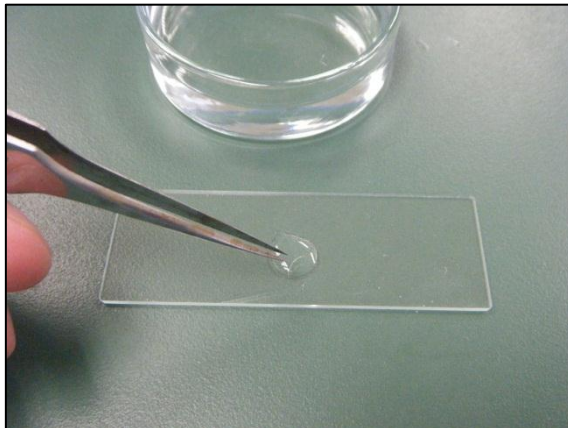



果実の断面

 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レートを作成する。

② プレパレートの作成

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レートをつくったほうがよい。

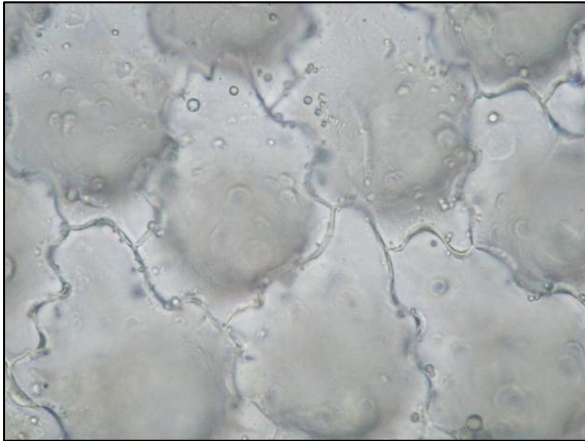
③ 観察・スケッチ (15分)

それぞれのプレパラートを観察し、スケッチする。

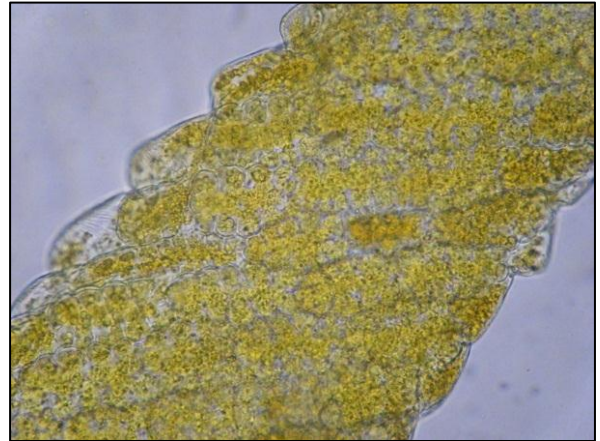
それぞれのプレパラートを観察し、表皮、表皮近く、内部のそれぞれで葉緑体、色素体、色素がある液胞の有無を確認する。特徴ある細胞をスケッチする。



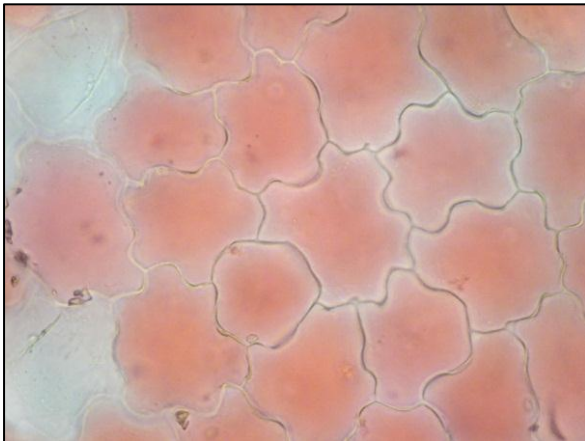
観察したすべてをスケッチする時間はない。スケッチするものを限定する、特徴をプリントにまとめスケッチはしないなどの方法がある。



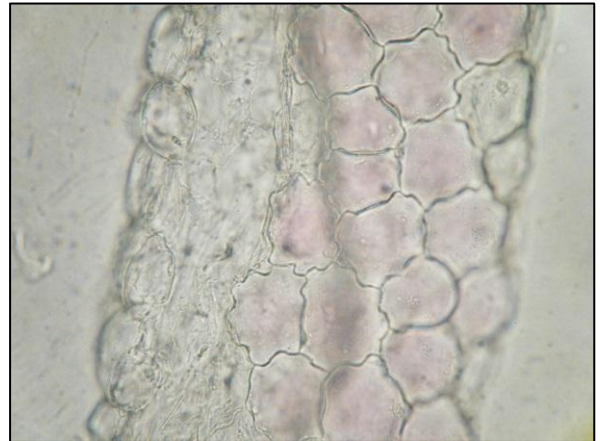
フランスギクの花 (白)



ブタナの花 (黄)



ハウセンカの花 (橙)



インパチエンスの花 (桃)

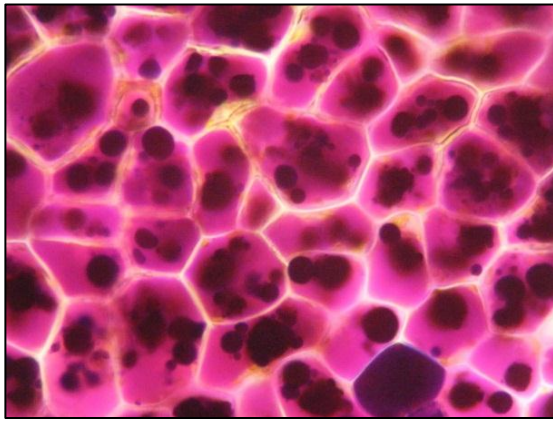


インパチエンスの花 (橙)

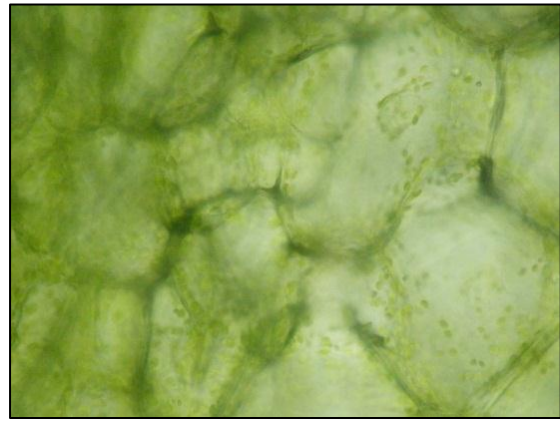


インパチエンスの花 (赤)

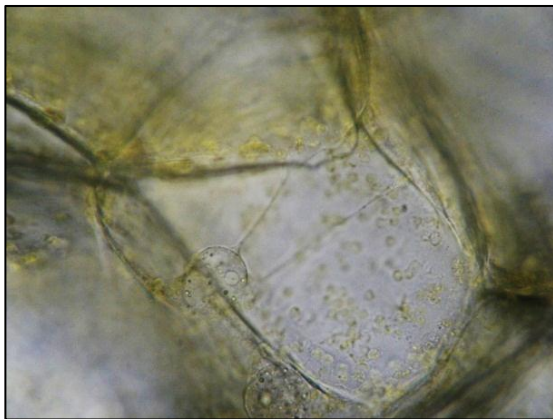




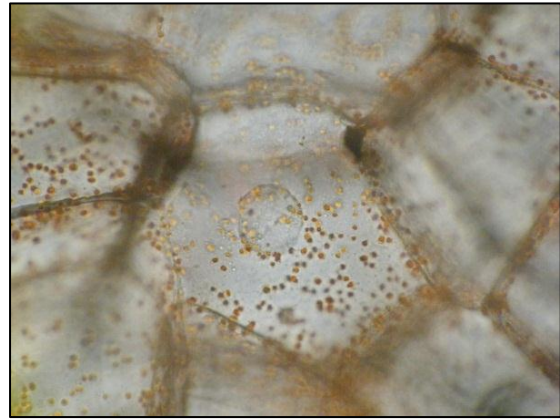
ナスの表皮（紫）



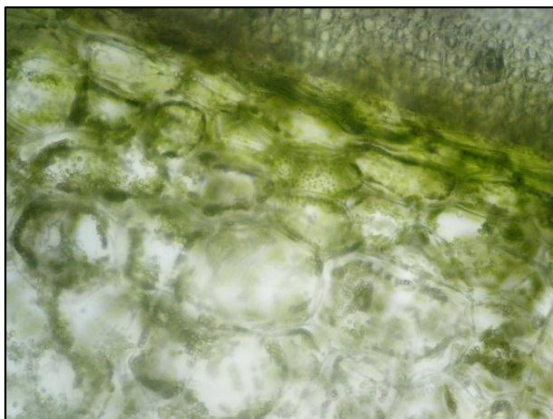
ピーマンの果肉（緑）



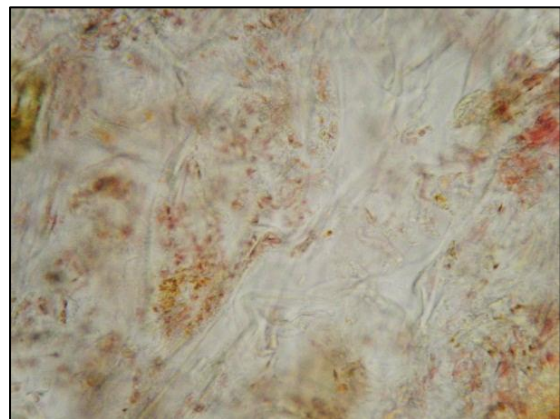
パプリカの果肉（黄）



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）

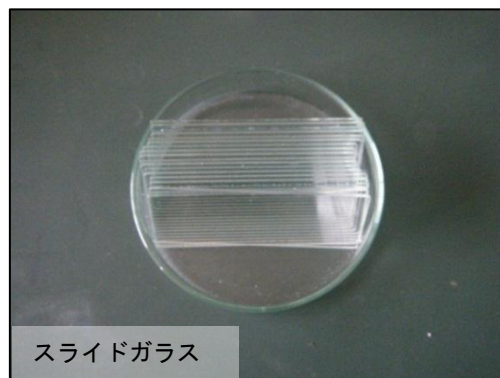
色素体由来の色素と、液胞に含まれる色素のアントシアンを抽出し、それぞれ pH を変化させ、色の変化を観察する。色素体由来の色素は pH の影響はほとんどないが、液胞に含まれる色素のアントシアンは pH によって色が変化することが確認できる。



## 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。

## 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

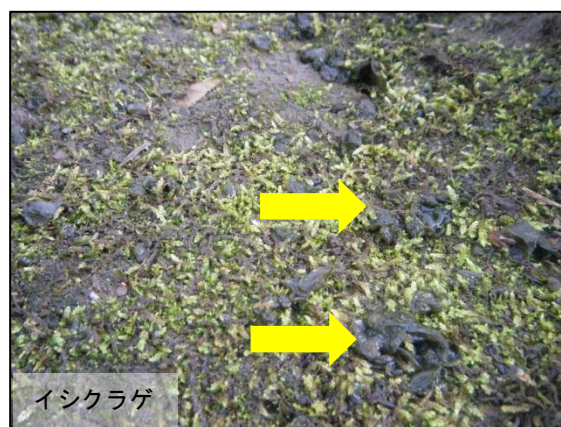
- イシクラゲ, オオカナダモの小分け
- ヨーグルトまたは漬け物の小分け
- 器具・教材・薬品の分配

## ☆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てもおもしろい。



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)

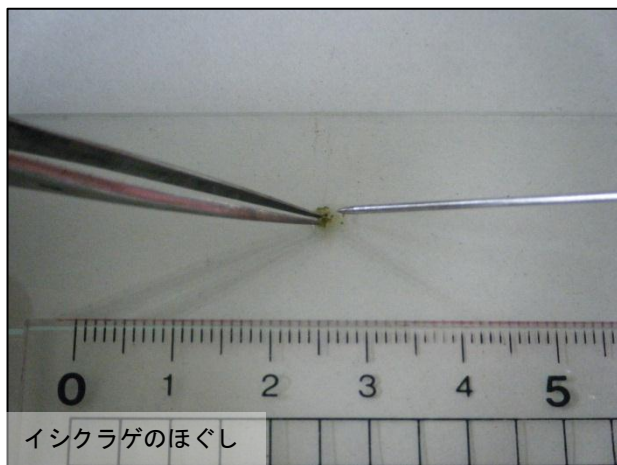
※詳しい手順は付録「04 原核生物と真核生物の観察.pptx」を参照

### ① プレパラートの作成 (15分)

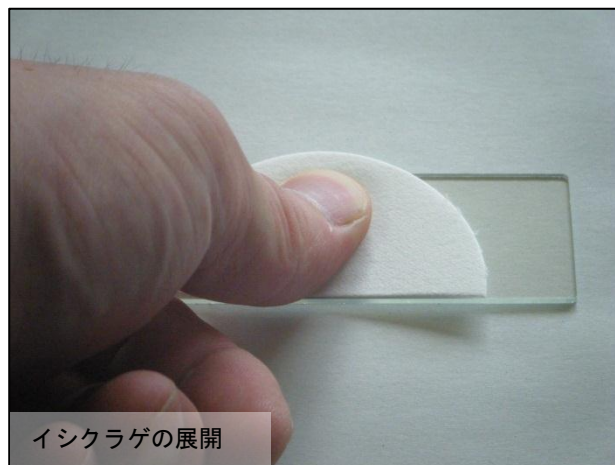
それぞれの生物のプレパラートを作成する。  →状態1 (p. 54)

#### ・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



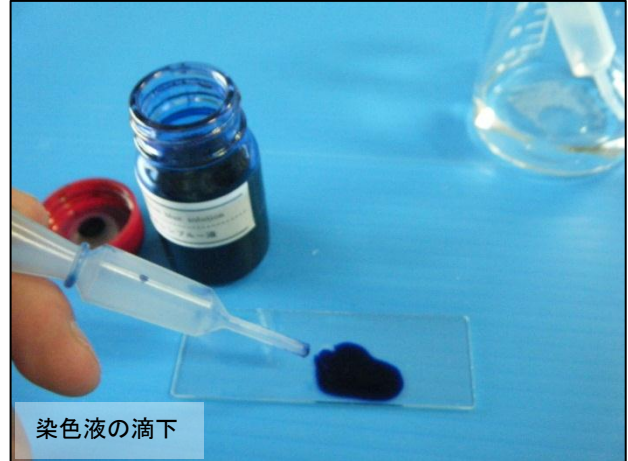
1枚のプレパラートには2mm角程度の小片で十分である。水を多めに滴下したほうがほぐしやすい。顕微鏡で観察すると細胞が重なっている場合が多いため, ろ紙の上からカバーガラスをずらすようにして小片を広げると観察しやすいものをつくりやすい。

・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。

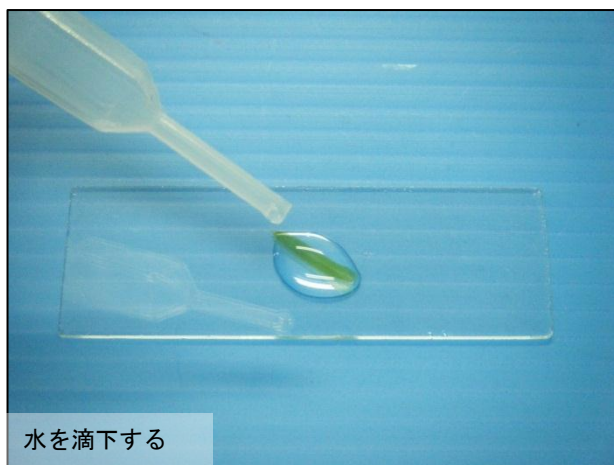


一状態

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



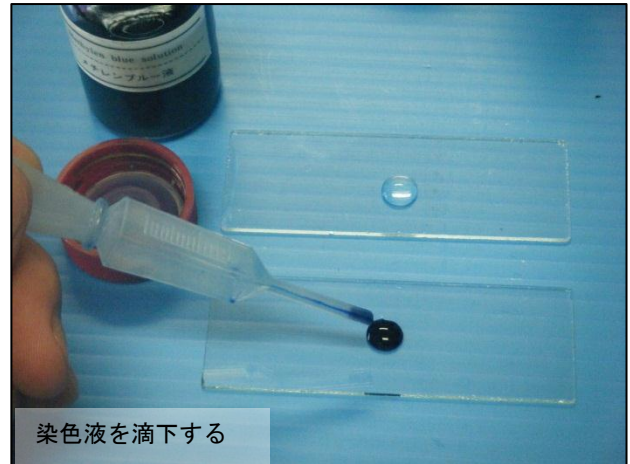
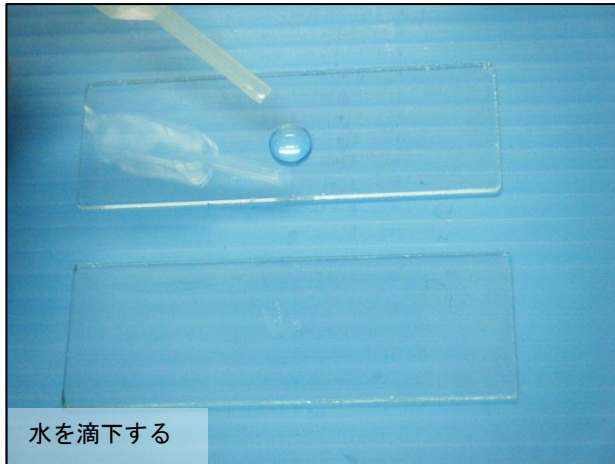
染色液を滴下する

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。

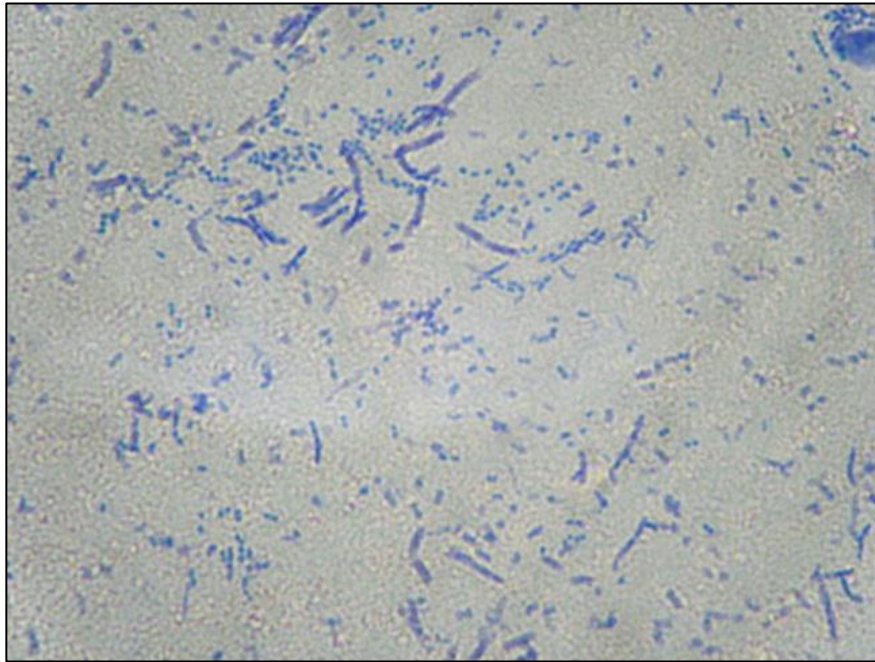


しぼりは絞ったほうがピントを合わせやすい。原核細胞はピントを合わせにくい。

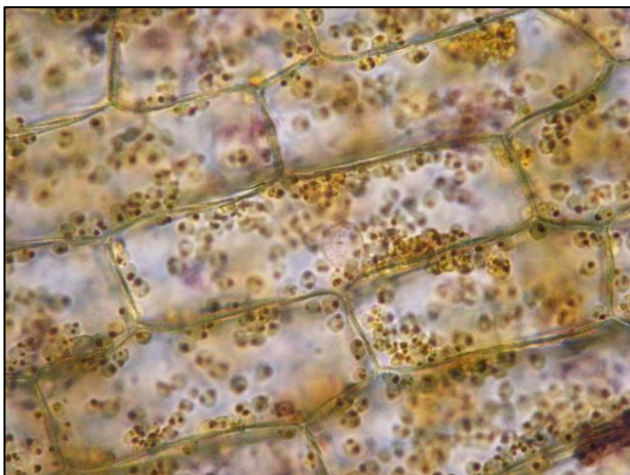
・イシクラゲ (無染色)



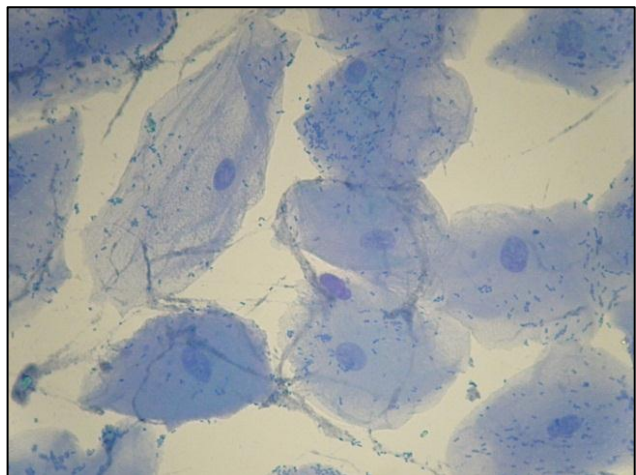
・乳酸菌（メチレンブルー染色）



・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 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

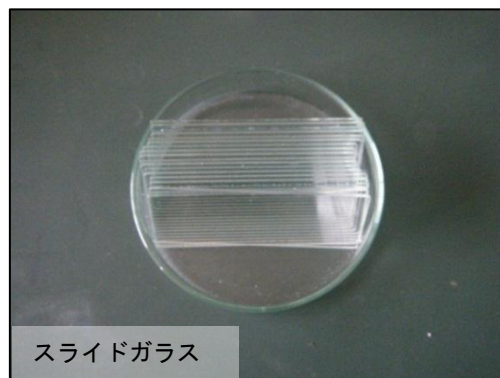
別法は特にないが、生物は原核生物か真核生物のいずれかであるため、様々な材料を使うことができる。プレパラートの作成方法は、材料や部位によって異なるので、観察に適したものを考えて作成する。



## 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。

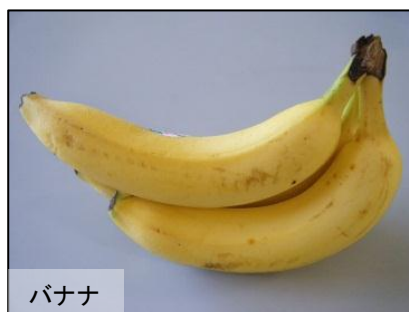
1個 30円前後

### ・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)



## 準備

### 当日のセット

☆生徒用

□光学顕微鏡	1台
□スライドガラス	10枚程度
□カバーガラス	1箱
□光源装置	1台
□先尖ピンセット	1つ
□柄付き針	1つ
□スポイト	2つ
□ろ紙（2つまたは4つ切り）	多め
□9cmペトリ皿	1組
□爪楊枝	1つ
□タマネギ	1かけら
□バナナ	1cm程度
□オオカナダモ	1輪生葉
□酢酸オルセイン染色液または酢酸カーミン染色液	1つ
□メチレンブルー染色液	1つ
□ヨウ素溶液	1つ

★教員用

□生ゴミ用の回収容器 1つ



#### ①前日まで

タマネギ、バナナ、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。

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、ヨウ素溶液を用意する。ヨウ素溶液は原液のまま使うと、デンプンが黒く染まるため10倍程度に希釈する必要がある。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。

### 準備に必要な用具

- ・はさみ
- ・9cmペトリ皿
- ・包丁
- ・包丁
- ・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
- ・スポイト瓶またはプチボトル



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。

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



## 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。



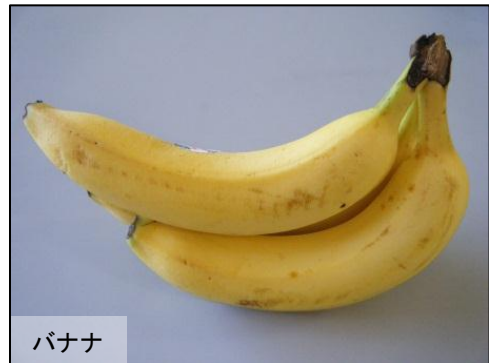
タマネギ

#### ・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)

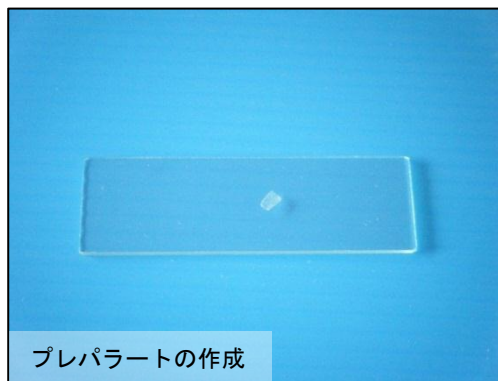
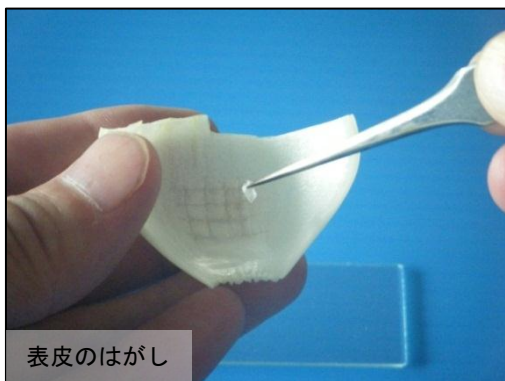
※詳しい手順は付録「05 いろいろな細胞の観察.pptx」を参照

### 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

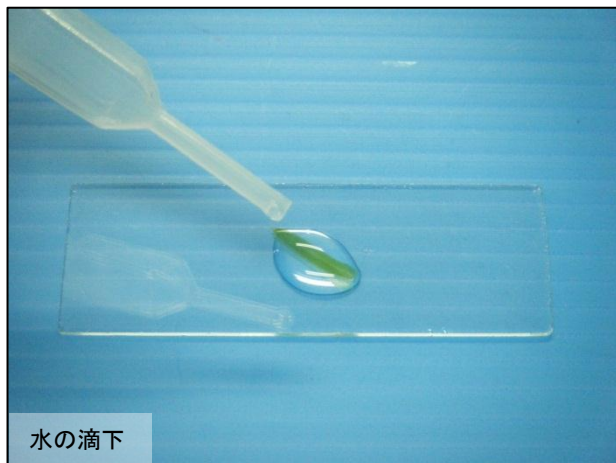
バナナの果肉をスライドガラスにこすり付ける。1つは水を滴下してから、別の1つは酢酸ヨウ素溶液をしてから、それぞれ空気が入らないようにカバーガラスを載せる。ろ紙でカバーガラスを覆った上から指で軽く押し広げる。

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

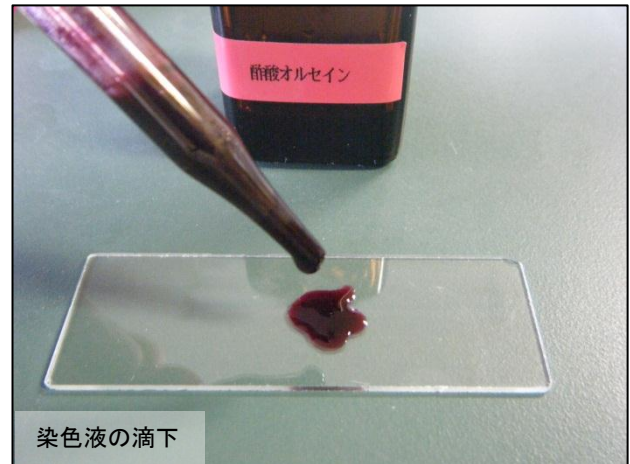
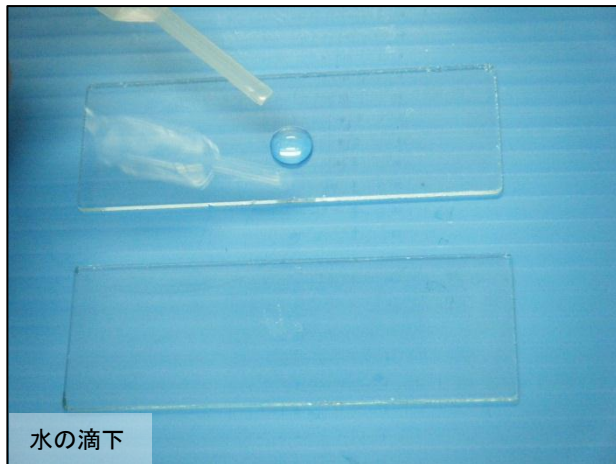
葉を一枚ピンセットでつまみ取り、スライドガラスに載せる。1つは水を滴下してから、別の1つは酢酸オルセイン染色液を滴下して5分程度してから、それぞれ空気が入らないようにカバーガラスを載せる。余分な水や酢酸オルセイン染色液はろ紙で吸い取る。



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。



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。

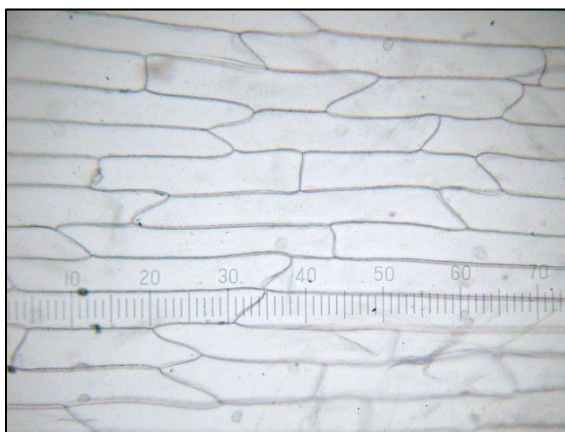
② 観察・スケッチ (25分)

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。

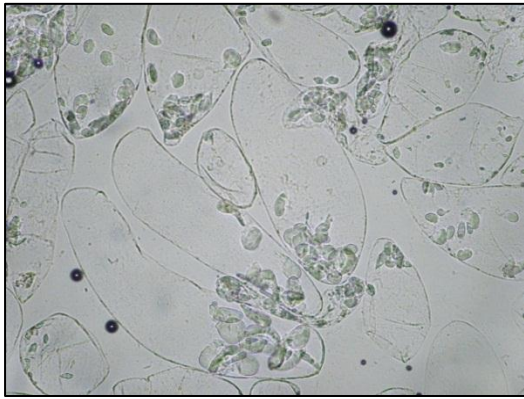


タマネギの表皮 (水封)

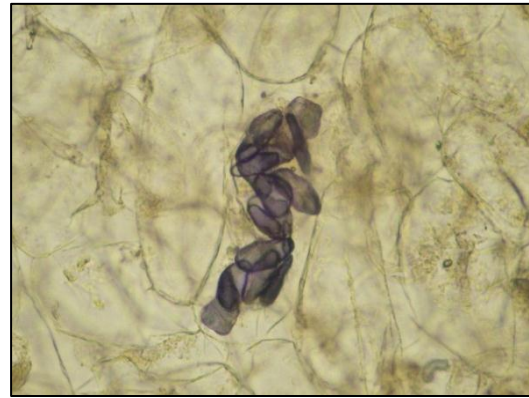


タマネギの表皮 (酢酸オルセイン染色)

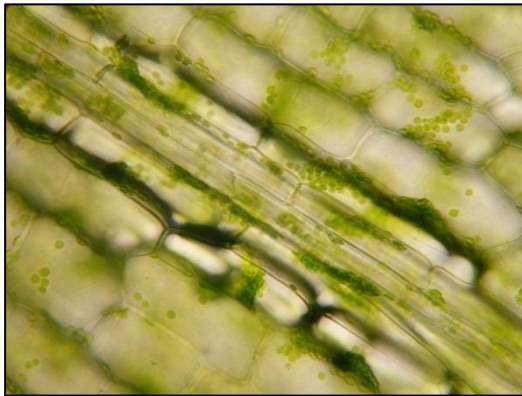




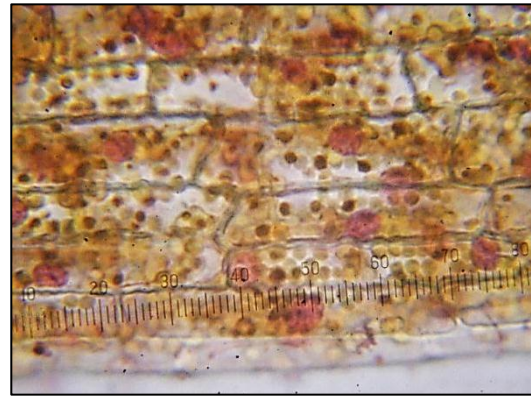
バナナの細胞（水封）



バナナの細胞（ヨウ素溶液染色）



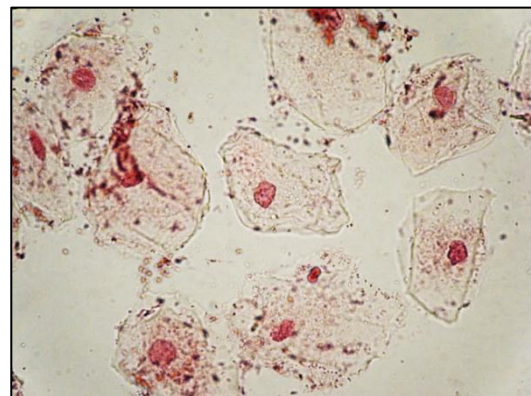
オオカナダモ（水封）



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。
- ・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

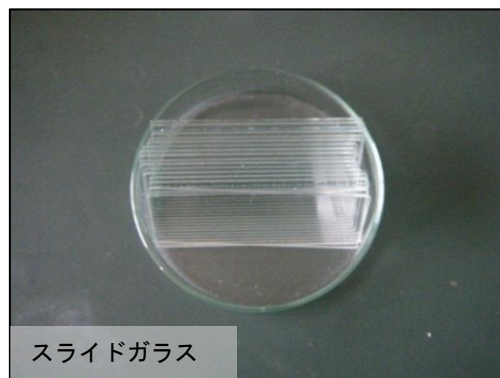
- ・様々な材料や染色液を用意し、観察させるもの

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 の正方形のことが多い。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っ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。

## 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。生物は消化酵素以外にも様々な酵素を持ち、酵素のはたらきで穏やかな条件の中でも様々な化学反応を行うことができる。生物の光合成や呼吸を含め様々な反応が酵素の触媒作用によって進むという共通性を意識して指導する。
- ・カタラーゼの性質を調べることとおして酵素や無機触媒の性質を確認することがねらいであり、比較的簡単な実験であるため、すべての手順を生徒に実習させたい。復習内容である手順①の演示を省略する、発展内容である煮たレバー及び煮た酸化マンガン（IV）の試験管を用意しないなどで準備の軽減、時間短縮が可能である。

- ・「生物が生きるための化学反応は、なぜ常温で行えるのだろうか」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。
- ・「A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」など比較することが実験の基本であることを伝え、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」「マッチや線香を適切に扱っているか」などの実験にかかわる操作ができているか、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】

- ・過酸化水素水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。
- ・過酸化水素が分解される反応は発熱反応なので、試験管は熱くなることがあるので注意するように指導する。
- ・マッチが上手に擦れない生徒、火を付けたマッチを安全に持てない生徒もいるので、事前にマッチの使い方を指導する。
- ・燃えさし入れはマッチを擦る生徒の近くに置かせるようにし、火を付け炎を消した線香は、やけどの原因になるので、ふざけたりしないように指導する。気体の確認後は、確実に線香を消させる。

### 【その他】

- ・各試験管の比較がしやすいように、①～⑥の試験管を順番に並べるように指導する。
- ・レバー片を入れるとき、試験管の壁面にできるだけ付着しないようにしながら、底の方に入れるように指導する。ピンセットが届かないところで壁面に付着したレバーは、試験管を振るなどして底に落とす。
- ・過酸化水素水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ことを指導する。
- ・レバー片を入れた試験管から、酸素を含んだ泡があふれ出すことがあるので、バットの中に試験管立てを置くように指導する。



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



## ◎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
- ・50mL ビーカー
- ・ピンセット
- ・冷凍庫
- ・ピンセット
- ・薬包紙
- ・ペン
- ・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。





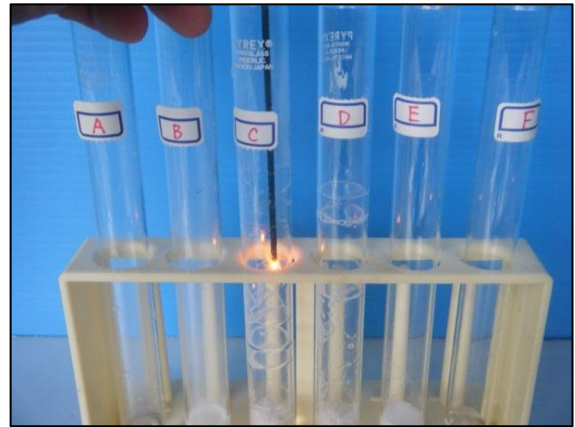
## ④ 線香の挿入（5分）

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）

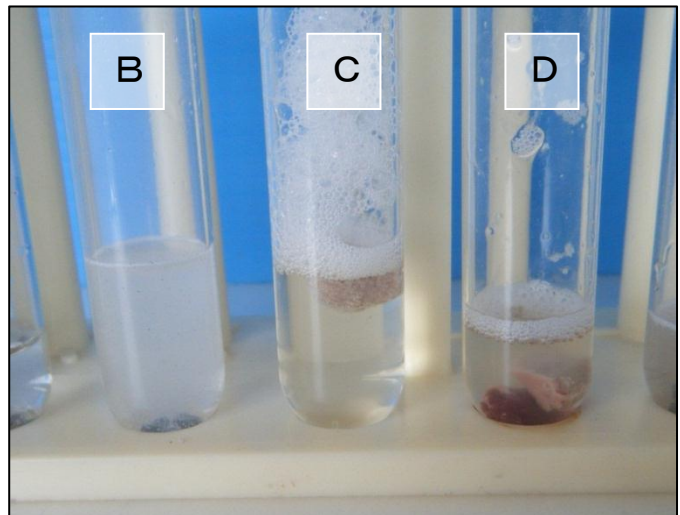
Dの試験管に生のレバーを1つ追加する。  
C, Dを比較した後、B, Cの試験管に3%過酸化水素水を2mLずつ入れる。

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すことができるが、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られないことから、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ないか、スケッチはスケッチの仕方から描いているか、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



ネギ

### 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

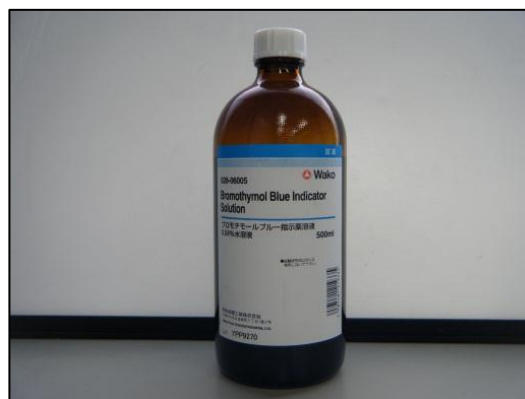
#### ・B T B溶液

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

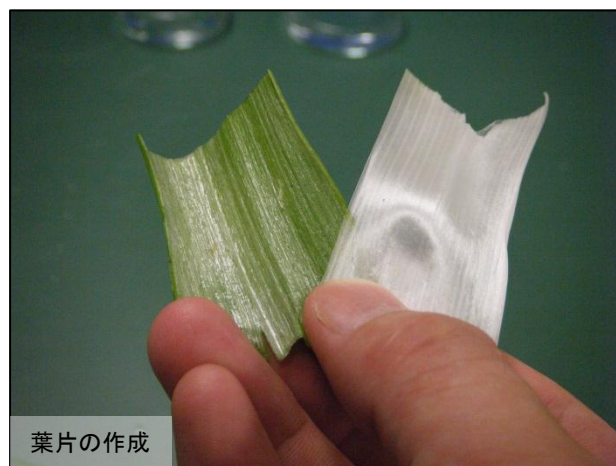
#### □後片付けの指示

## 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、BTB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。

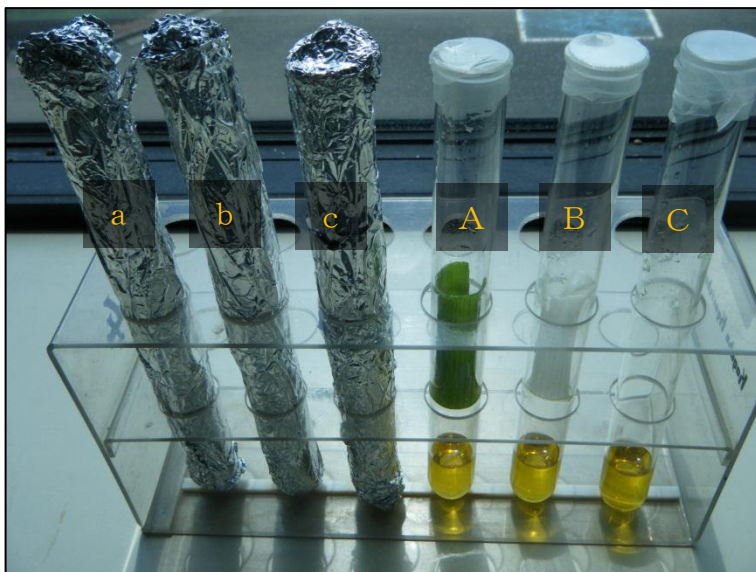
BTB溶液への呼気の吹込は演示として、授業者が行い、色が変化したものを生徒に分配してもよい。

### ③ 試験管の設置 (5分)

6本の試験管に黄色にしたBTB溶液を5mLずつ入れる。BTB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BTB溶液の色が変化したのではないことがわかるように、BTB溶液に入れない。実際には、BTB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)

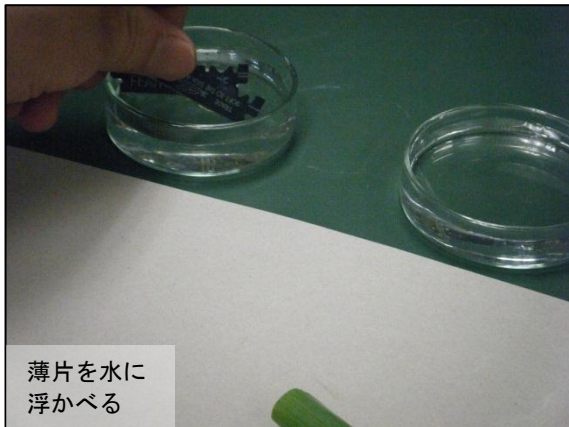
 **カミソリを2枚重ねる方法が、ピスの切れ込みにはさんでピスとともに切る方法よりも簡単で薄い切片をつくることができる。緑色部分と白色部分の葉の断面を観察するため、いくつか切片をつくり、うまく切れたものでプレパラートを作成する。**



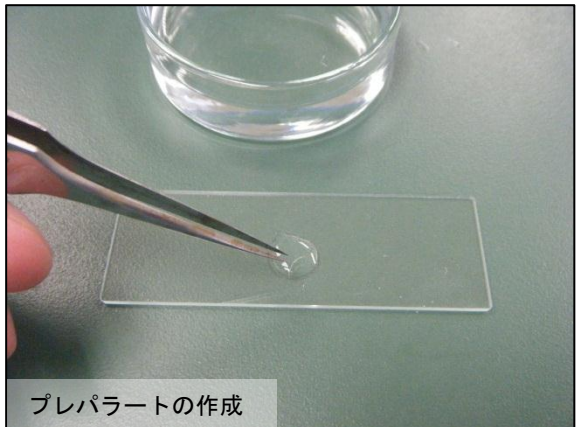
両刃カミソリを折る



カミソリを重ねて切る




薄片を水に浮かべる

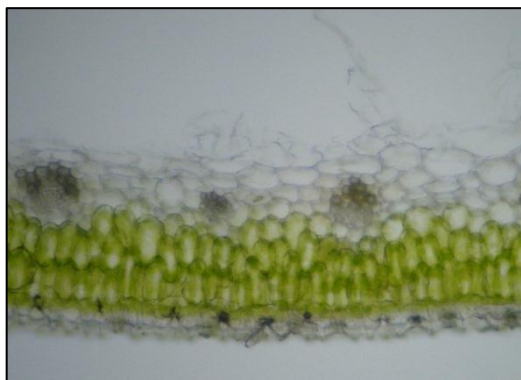


プレパラートの作成

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

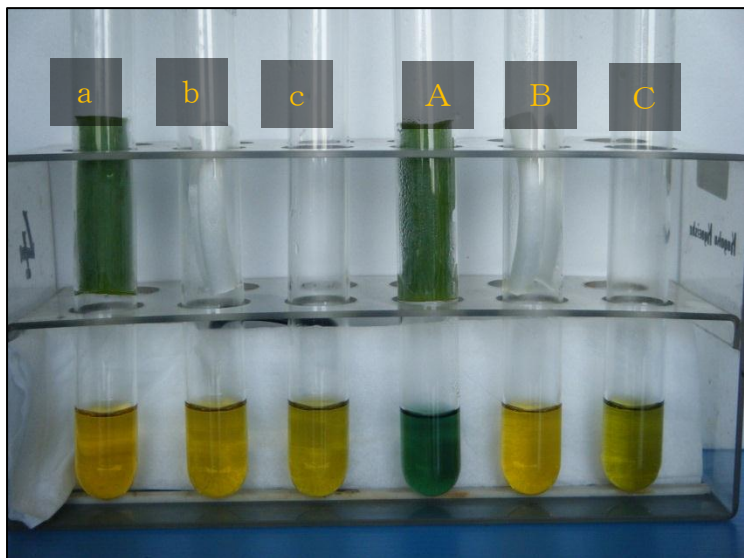
外側



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

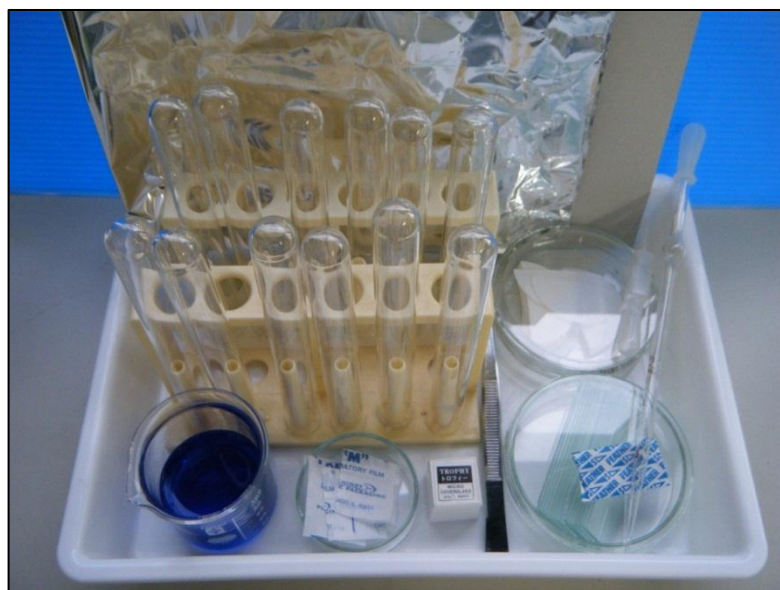
#### ※検鏡セット

- ・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

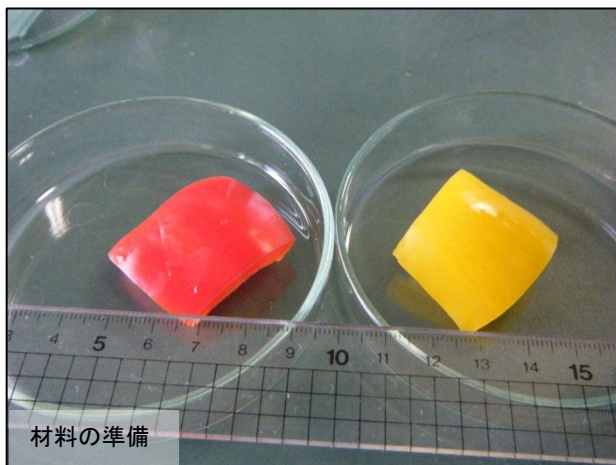
#### □後片付けの指示

## 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




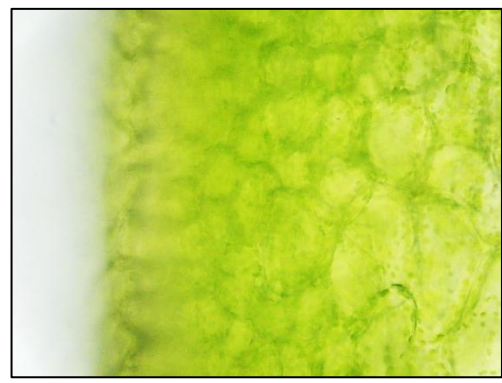
薄片を水に浮かべる

### ⑤ 観察・スケッチ (15分)

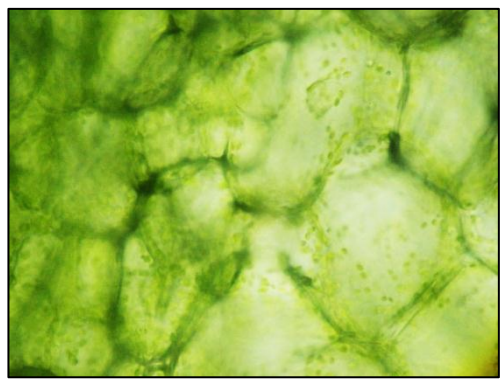
それぞれのプレパラートを観察し、スケッチする。

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。

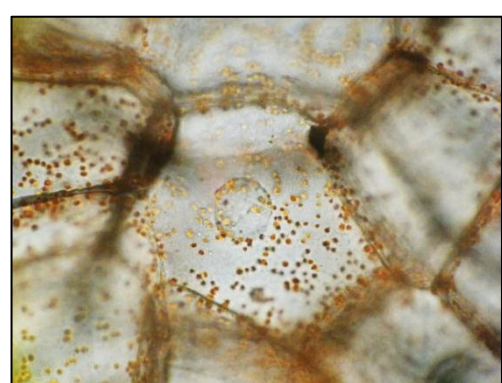
 →状態4 (p. 99)



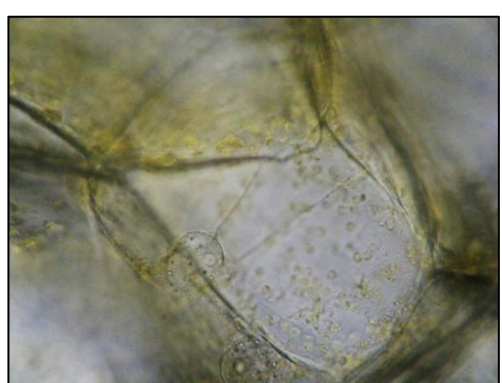
ピーマン (低倍率)



ピーマン (高倍率)



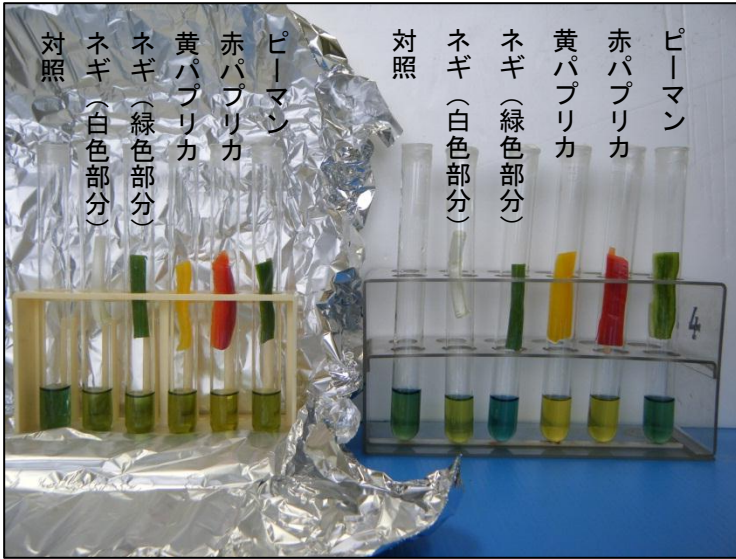
赤パプリカ (高倍率)



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。

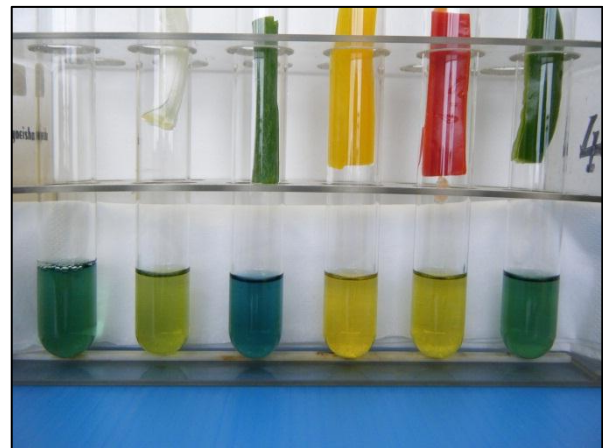
暗所の試験管を見ると、すべての試験管で対照より酸性よりを示し、暗所で光合成が行われず、呼吸のみ行われたと考えられる。

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 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

## 9

## DNAの抽出（ブロッコリー）

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	前日 50分	40分

## 目的と内容

DNAの性質を利用して、実際に生物の細胞から遺伝子の本体であるDNAを抽出し、観察する。また、抽出した物体がDNAであることを確かめる。

生徒はDNAを、とうてい肉眼では見られないものという印象をもちやすいが、エタノールによって沈殿したDNAは、十分肉眼で見たり触ったりすることができ、物質としてDNAを認識できる。多様なすべての生物は、共通した物質であるDNAが遺伝情報を担っているという、「共通性と多様性」を実際に感じることができる実験である。

DNAは核に多く含まれるため、少量の材料からDNAを目に見えるくらいの収量を得るためには、十分な数の核を必要とする。核は同じ生物であれば大きさはあまり変わらないため、細胞が小さいほうが材料中の核の割合が高くなる。さらに、植物はDNA抽出の妨げになりやすいタンパク質が少ないため、簡易的な方法でも再現性が高い。ここでは、細胞が小さく入手も容易なブロッコリーを材料として用いる。

既習事項

中学校：生命の連続性

遺伝子の本体がDNAであること、遺伝子に変化が起きて形質が変化することがあることについて学習している。

中学校の教科書にはブロッコリーから抽出したDNAの写真が掲載されている。

## 留意点

### 【指導面】

- ・「遺伝情報を担う物質としてのDNAの特徴について理解すること」がこの単元の目標である。遺伝子は情報であり、DNAは物質である。遺伝子とDNAの違いを意識して指導する。
- ・細胞から遺伝子の本体であるDNAを抽出し、観察することがねらいであるので、手順①～手順⑥は生徒に実習させたい。手順⑦は演示で時間短縮が可能である。

- 
- ・DNAは見ることができるか、DNAの色・形はどうかを発言させるなど導入を工夫し、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。
  - ・「DNAは1～2mol/Lの塩化ナトリウム水溶液に良く溶ける」「中性洗剤は細胞膜や核膜を破壊する」「常温ではDNA分解酵素がはたらく」「静かにかき混ぜないと、DNAが切断される」「DNAは冷えたエタノールに沈殿する」ことなど、操作の意味を生徒が理解するように指導する。
  - ・「花芽のつぶしが十分か、手際よく手早く行っているか」「抽出液を入れてからの操作が丁寧か」「アルコールを入れる操作で、上手に2層に分けられているか」「繊維状のDNAを得ることができたか」「DNAの確認操作を手際よく行っているか」などのDNAの抽出にかかわる操作ができているか、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】

- ・材料をすりつぶす際に、乳鉢をしっかりと押さえ、手を滑らせないように注意を促す。
- ・高純度のエタノールを使うので、火気に注意する。

### 【その他】

- ・染色液は落ちにくいので、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

DNAの太さや長さほどのくらい？

DNAの太さは0.2nm、塩基間の距離は0.34nmである。(1nm=10<sup>-9</sup>m)

ヒトの体細胞1つに含まれる総塩基対は約60億対(=ゲノム約30億対×2組)なので、長さを計算する(※1)と、約2mになる。また、ヒトの染色体数は2n=46だから、1つの染色体に含まれるDNAの長さは平均約4.4cm(=204cm÷46)になる。

DNAの太さを髪の毛(0.1mm)に例えると、核の大きさ(直径)は約5～10μmなので、直径25cm～50cmのバスケットボールくらいの中に100kmの長さのひもが入っている計算になる(※2)。

ブロッコリーの体細胞1つに含まれる総塩基対は約12億対(=ゲノム約6億対×2組)なので、長さを計算する(※3)と、約41cmになる。また、ブロッコリーの染色体数は2n=18だから、1つの染色体に含まれるDNAの長さは平均約2.3cm(=41cm÷18)になる。

※1 60億×0.34nm=6.0×10<sup>9</sup>×0.34×10<sup>-9</sup>m=2.04m

※2 DNA：髪の毛=0.2nm：0.1mm=2m：100km=核：ボール=5μm：25cm=10μm：50cm

※3 12億×0.34nm=1.2×10<sup>9</sup>×0.34×10<sup>-9</sup>m=0.408m=40.8cm

実験で析出したDNAはそれらがからまった集まりなので肉眼で確認できるが、光学顕微鏡では観察できない。

## ◎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
- 塩化ナトリウム (食塩), エタノール, 中性洗剤, 染色液の在庫確認
- 実験室の備品確認

#### ～前日

- ブロッコリーの購入, 小分け, 冷凍
- 実験プリント作成・印刷
- 無水エタノールの小分け, 冷凍庫保管

#### 当日

- 器具・教材・薬品の分配
- 熱湯の準備

## ☆教材の入手方法

### ・ブロッコリーの入手方法

- ①スーパーマーケットで年中入手できる。大きさによるが1株で約2～4袋分の花芽が得られる。季節毎で値段の差が大きい。1株 80～300円程度
- ②種から育てる(岩手県)。春まきでは, 3月中旬～4月中旬に種をまき, 7月から収穫できる。夏まきでは, 7月に種をまき, 10月下旬から収穫できる。



ブロッコリー

### 教材の情報

#### ・ブロッコリー

ブロッコリーの蕾には小さい細胞が多く存在するために, 同質量の他の部位に比べ核が多いためDNAも多く, 抽出の材料として適している。

アブラナ科アブラナ属のヤセイカンラン

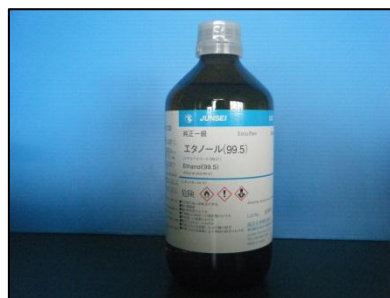
キャベツの変種の1つで, 別変種としてカリフラワーがある。

ブロッコリーは頂花蕾だけでなく, 側枝からも収穫できるのに対し, カリフラワーは頂花蕾だけを食用とできる。ブロッコリーは結球がカリフラワーほど密集しておらず, 伸びた茎の先端に密集した蕾をつくるのに対して, カリフラワーは蕾が一つの塊のように堅く結び付いている。

### 薬品の情報

#### ・無水エタノール

無水エタノールは冷凍庫に入れても融点が $-114.3^{\circ}\text{C}$ のため凍らない。エタノールが低温のほうがDNAは溶解度が下がり, DNA収率が上がる。



無水エタノール

#### ・染色液

酢酸カーミン染色液, 酢酸オルセイン染色液, ヘマトキシリン染色液など, 細胞観察で染色体を染色する液があれば調製する必要はない。



## 準備

### 当日のセット

☆生徒用

<input type="checkbox"/> ブロッコリー	約 30 g (1/4~1/2 株分)
<input type="checkbox"/> 無水エタノール (冷凍庫で冷やしたもの)	100mL
<input type="checkbox"/> 塩化ナトリウム	4.0 g
<input type="checkbox"/> スポイト (または割箸)	1 つ
<input type="checkbox"/> ろ紙	1 枚/人
<input type="checkbox"/> 100mL ビーカー	1 つ
<input type="checkbox"/> 水 (水道水で可)	50mL
<input type="checkbox"/> 中性洗剤	1 つ
<input type="checkbox"/> 乳鉢・乳棒	1 組
<input type="checkbox"/> 茶こし (またはガーゼ)	1 つ
<input type="checkbox"/> ガラス棒 (またはピペット)	1 つ
<input type="checkbox"/> ピンセット	1 つ
<input type="checkbox"/> 9 cm ペトリ皿	1 組
<input type="checkbox"/> 染色液	1 つ
<input type="checkbox"/> キッチンペーパー (または新聞紙)	1 枚

★教員用

<input type="checkbox"/> 熱湯	適量
<input type="checkbox"/> ドライヤー	



### 準備に必要な用具

- ・切ったブロッコリーを入れる袋
- ・解剖ばさみなど蕾部分を切るもの
- ・はかり
- ・冷凍庫
- ・冷凍庫
- ・プラスチック容器
- ・薬さじ
- ・薬包紙
- ・はかり
- ・50mL ビーカー
- ・ラップ
- ・くぎ
- ・熱湯
- ・はさみ

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




容器, 抽出液を得るための用具, エタノールを入れる用具, DNAを取り出す用具, 乾かしやすくするための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

ブロッコリー、無水エタノール、塩化ナトリウム（食塩）、中性洗剤、染色液、ろ紙を用意する。

 茎部分は少ない方が細胞を粉碎しやすいため、ブロッコリーの蕾部分を切り取り、約 30g ずつ小分けして冷凍する。



 凍らせることで乳棒で細胞が壊れやすくなり、また、DNA分解酵素のはたらきを抑えることができる。




ブロッコリーの蕾部分の切り取り



ブロッコリーの冷凍

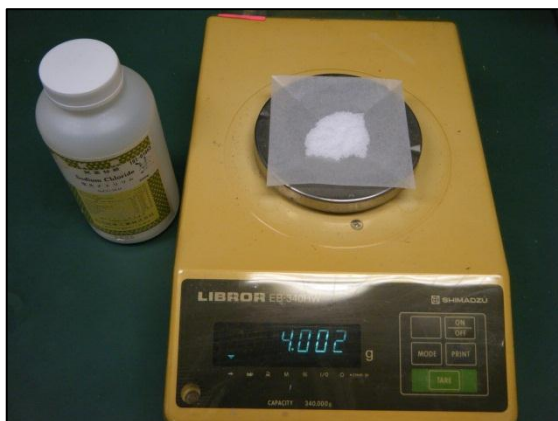
 無水エタノール（99.5%）は容量の少ないポリ容器に約 100mL ずつ分けて、実験の直前まで冷凍庫（普通-20℃程度）でよく冷やしておく。  ガラス容器に入れてしまうと冷たくて持てない。

塩化ナトリウムは 50mL ビーカーの中に 4.0g ずつ取り分けておく。吸湿性があるため、ラップ等で上部を覆う。  実験直前に水溶液にしたほうがつくり置きした水溶液よりDNAとヒストンタンパク質が離れやすい。

染色液がなければ、調製（巻末資料「調製集」を参照）後、小分けする。

ろ紙をはさみで2つに切っておく。

スポイトでDNAを取り出す場合、温めた釘をスポイトの吸い口に入れて内径を広げておくと、DNAを吸い取りやすく便利である。



塩化ナトリウムの計量



無水エタノールの冷却

## ②当日

器具・薬品を分配してセットを用意する。冷凍庫に入れているブロッコリー、エタノールはセットに入れない。熱湯の準備をする。

ブロッコリー、エタノールは実際に使う直前に冷凍庫から取り出し、配付する。

## ◎観察, 実験

### 観察, 実験の流れ

#### □導入

- ・ DNA を見る ことができるか 答) エタノール沈殿によって見る ことができる
- ・ 色・形はどうか 答) 溶解しているときは無色透明, エタノールによって白い繊維状で析出する
- ・ なぜブロッコリーを材料に使うのか 答) 細胞が多いためDNAが得やすい,  
DNA抽出の妨げになるタンパク質が少ない
- ・ DNAを確認する方法はどんなものがあるか 答) 酢酸オルセイン染色液などを使う,  
ジフェニルアミン反応などで検出する

#### ・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
- ・ DNAを抽出し, DNAであることを確認させる (本実験)

#### □結果のまとめ, 考察

- ・ 観察からわかったこと
- ・ タンパク質の多い動物でDNAを抽出するにはどのようにすればいいか  
答) タンパク質分解酵素や熱などによる変性を利用して, タンパク質を除去して抽出する


#### □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「09 DNAの抽出.pptx」を参照

### ① 抽出液の作成 (3分)

塩化ナトリウム (食塩) 4.0g が入った 50mL ビーカーに水 50mL を溶かし, 中性洗剤を 2 滴ほど加える。  →状態 1 の原因 3 (p. 111)



**1 ~ 2 mol/L の塩化ナトリウム水溶液がDNAをよく溶かす。** DNAは染色体の中でヒストンタンパク質と結合しているが, この濃度で離れやすくなる。水 50mL に塩化ナトリウム 4.0g を溶かすと, 約 1.4 mol/L の塩化ナトリウム水溶液になる。



**中性洗剤は細胞膜や核膜を破壊する。** DNAは細胞内の核にあり, 細胞膜や核膜の主成分はリン脂質であるため, 中性洗剤中の界面活性剤のはたらきで膜が壊れる。





## ② 細胞の粉碎（5分）

凍ったままのブロッコリーの蕾部分を乳鉢に入れ、蕾が確認できないくらいまで乳棒ですりつぶす。



常温ではDNA分解酵素がはたたくので、手順

②～⑤の操作を15分以内に行う。



→状態2の原因1 (p. 111)




細胞の粉碎



粉碎のめど

## ③ DNAの抽出（1分）

②に①の抽出液を加え、乳棒で静かにかき混ぜる。 →状態2の原因2 (p. 111)



静かにかき混ぜないと、DNAが切断されるので注意する。



## ④ DNAの抽出液のろ過（3分）

茶こし（なければガーゼ）で③をろ過する。

ろ液の中にDNAが含まれている。多少の混入は気にせず、乳棒で上から軽く押すようにして多くのろ液を得たほうがよい。




→状態1の原因1 (p. 111)






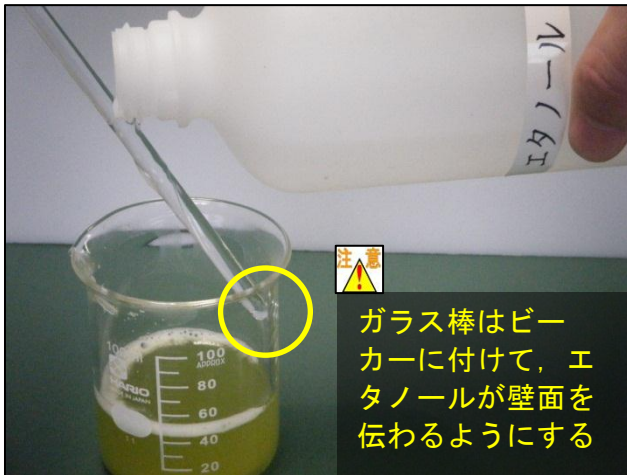
### ⑤ DNAの析出（5分）

ガラス棒を使って、④のろ液にろ液と同量程度の冷エタノールを、エタノールの層がろ液の上部にできるように静かに注ぐ。  →状態3の原因1 (p. 111)



付録資料のスライド17

 動画ファイル「エタノール入れ」に動画あり



**DNAは冷えたエタノールに難溶性で析出、沈殿する。**析出したDNAは白い物質である。

エタノールは水より比重が軽いいため、静かに注ぐと、上からエタノールと水の2層になり、ろ液との接触面からDNAが析出し、エタノール層に沈殿が浮かんでくる。エタノールは高価なため同量程度としたが、加える量は多くてもよい。

DNAが析出する際、気泡を含んだものが現れることがある。この気泡は、エタノールにもともと溶けていた空気が、水と混合した際に溶けきれなくなったものがDNAに付いたものである。



生徒の技量に応じて、エタノールを壁面にピペットを使って静かに加えてもよい。

### ⑥ DNAの回収（5分）


白い繊維状になったDNAをスポイトや割箸などで取り出す。




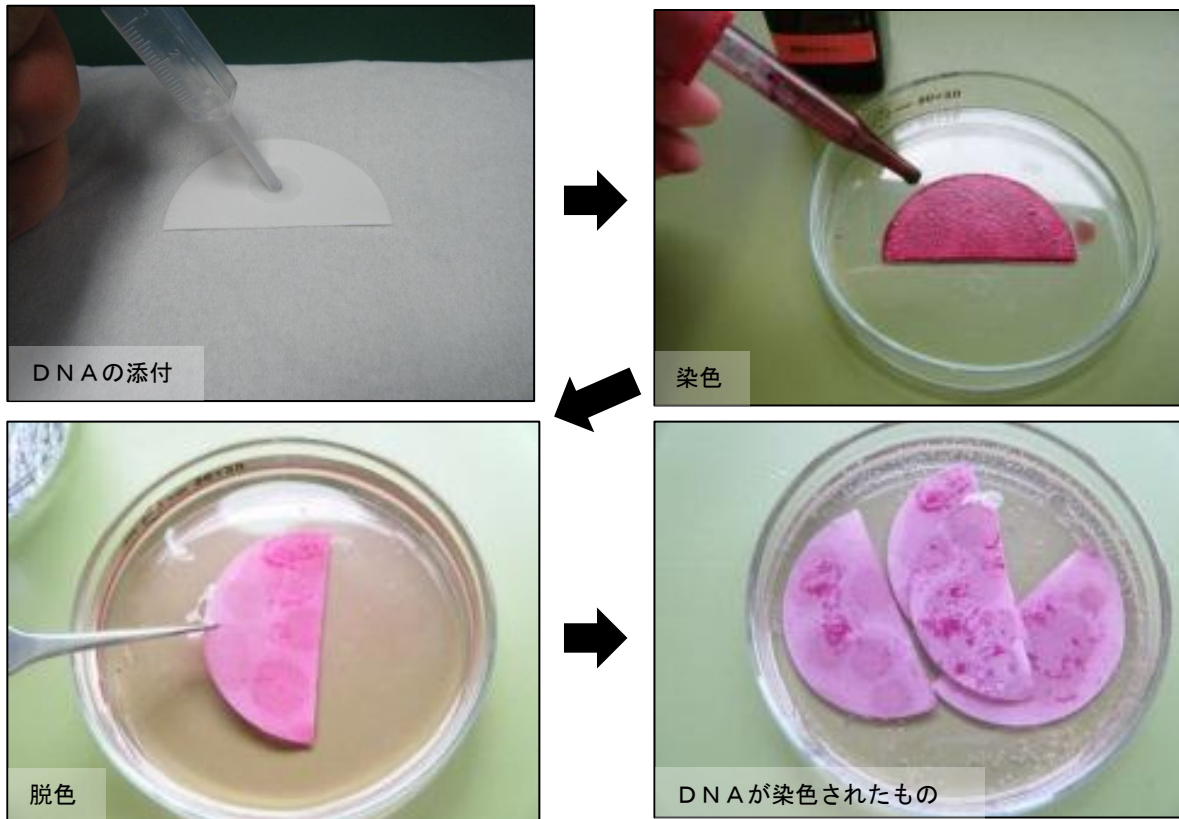
教科書ではガラス棒で巻き取るものが多いが、ガラス棒では絡みにくいため取り出しにくい。

スポイトはDNAを回収しやすい、次の手順で思った所に置きやすいというメリットがある反面、エタノールを含みやすいため、ろ紙が乾きにくい。割箸はガラス棒よりDNAを回収しやすい、エタノールをあまり含まないというメリットがある反面、DNAを置く位置が思い通りになりにくい。




⑦ DNAの確認 (18分) 

取り出したDNAをろ紙の上に置き、ドライヤーなどで風を送ってエタノールをとばす。ろ紙の下にキッチンペーパーを敷いた方が乾きやすい。乾燥後、染色液に3分程度浸してから、ペトリ皿の中に、ろ紙に直接かからないように熱湯を注ぎ、ろ紙を静かにゆするよう脱色して確認する。



**注意** 熱湯は、ろ紙に直接かけないこと。

生徒実験でのDNA検出方法として、酢酸カーミン染色液や酢酸オルセイン染色液などでの染色がある。核や染色体の染色液として生徒も使っているため、理解しやすい。ろ紙にDNAを置くとき、●や▲などの記号や簡単な字を書かせるとよい。スポイトの場合、吸い取りやすいがにじみやすいので細かいものは難しい。水を交換し脱色を念入りしてから乾かすと差がわかりやすい。

## まとめ

- ① DNAは1～2 mol/Lの塩化ナトリウム水溶液に溶けやすい、冷えたエタノールには難溶性で白く沈殿するなどの性質を利用して、遺伝子の本体であるDNAを生物の細胞から抽出できた。
- ② また、核を染める染色液を利用した方法で、抽出できたものがDNAであることを確認できた。

## ◎後片付け

### ■後片付けのさせ方

- ・流しに捨てて問題になる薬品を使用していないので、ビーカーのろ液などは洗い流してよい。ただし、細かいブロッコリーが残ると悪臭の原因になるため、しっかり水で流させる。
- ・茶こしの中のブロッコリーの粉碎物は、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よい。ろ紙は、燃えるゴミに捨てさせる。
- ・解剖ばさみ、ビーカー、乳鉢、乳棒、茶こし(ガーゼ)、ガラス棒、スポイトなどは水で洗わせる。
- ・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。

### ■器具等の管理

- ・回収したものは種類毎に分け、再点検した上で乾かし、所定の器具置き場に戻す。

## 失敗例

### ●状態1 最後に何も出てこない

#### 原因1 収量が少なすぎる

最大の原因はDNAが途中で無くなってしまうことである。純度よりも収量を多くすることを目指すことよい。

- (1) 部位：茎の部分をあまり入れず、花芽を多くする。
- (2) 総量：すりつぶす材料を多くする。
- (3) 操作：実験手順③で、しっかりすりつぶす。（しかし、時間をかけ過ぎない。）
- (4) 操作：実験手順④で、しっかり抽出液を取り出す。

#### 原因2 温度が高すぎる

エタノールによるDNAの沈殿は温度が高いとうまくいかないの、エタノールをよく冷やしておくこと。さらに、DNA抽出液も冷やすとよい。

#### 原因3 食塩水濃度が下がりすぎる

1～2mol/Lの食塩水がDNAを良く溶かすので、食塩水の終濃度が1mol/Lより下がらないように食塩の量を調整すること。

#### 原因4 実験操作を間違えている

中性洗剤を入れたか、エタノールを十分加えたかなど確認すること。

### ●状態2 白く濁って、糸状のものが出てこない

#### 原因1 最初にすりつぶすときに時間をかけすぎる

DNA分解酵素がはたらくので、時間をかけすぎると分解されてしまう。長くても10分以内にする。

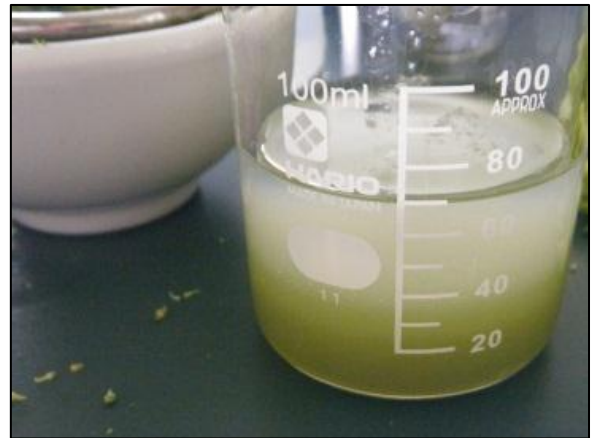
DNA分解酵素がはたらきにくいように、また、細胞を破壊しやすいように、材料を凍らせること。

#### 原因2 抽出液を入れてから強くかき混ぜすぎる

抽出液を入れると、DNAを守るように結合しているヒストンというタンパク質が離れるために、DNAが切れやすくなっている。

抽出液を入れてからは、静かに優しくかき混ぜること。

※生徒がDNAを判別できないだけの場合もあるので、確認すること。



断片になり白く見えるDNA

### ●状態3 DNAがどれか分からない

#### 原因 ろ液とエタノールを混合させた

ろ液に勢いよくエタノールを注ぐと、ろ液とエタノールが混合する。エタノール量を増やすとDNAは沈殿するが、DNAにブロッコリーの組織片がからまりわかりにくくなる。

エタノールをろ液の上に層になるように注ぐと、ろ液との接触面からDNAが析出し、エタノール層に沈殿が浮かんでくる。

## 別法 ※別法②については、概略のみ掲載（別ファイルに詳しく記述）

### 別法①

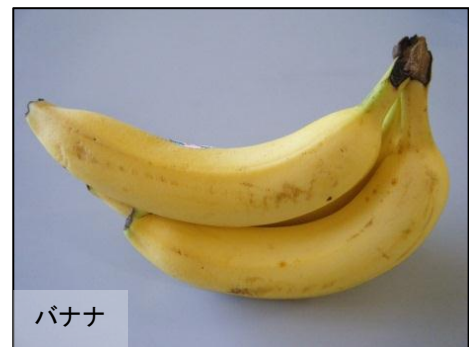
- ・材料に同じくブロッコリーを使うが、乳鉢、乳棒を使わず、ミキサーを利用するもの
- ・材料にタマネギなどを使い、ミキサーを利用するもの
- ・材料にバナナを利用するもの

ミキサーを粉砕用を使う場合、材料を氷とともに粉砕する。このペースト状のものを数班に分け、生徒は抽出液作成、DNAの抽出、ろ液の収集、DNAの沈殿、DNAの確認を行う。抽出液の塩化ナトリウム濃度は最終濃度が1～2 mol/Lになるように、少し高濃度の抽出液をつくる必要がある。

バナナは、細胞間の結びつきが弱くすりつぶしやすいが、細胞が大きいため量が必要なこと、ペースト状になるためろ過は重ねたガーゼを使うことや後片付けが手間なこと、糖度が高いため器具の水洗いや実験台の清掃を念入りにする必要がある。




タマネギ



バナナ

### 別法②

- ・動物性のトリノレバーを材料とするもの
- ・魚（タラなど）の白子を材料とするもの
- ・口腔上皮細胞を材料とするもの

動物性の材料をDNA抽出に使う場合、タンパク質が多いためタンパク質分解酵素（ コンタクトレンズ用タンパク除去剤）を使い、DNA分解酵素があるため加熱して熱変性させ、その後DNA沈殿のためろ液を冷やすなど、手間が多いため1単位時間には収まりにくい。また、ブロッコリーに比べ臭いが強い。

2時間続きの実験とし、植物と動物のDNAを抽出する探究活動として取り組ませるとよい。



## 器具の取り扱い

### ・解剖ばさみ（準備で使用）

生物実験で、生物の組織を切るための器具。留め金が固定されているタイプと分離するタイプがある。普通のはさみと同様に使うが、生物の組織を切るため、洗浄後に水気をしっかり取らないとサビの原因となる。分離するタイプでは、ペアを間違えると切れないことがあるので、注意する。



### ・乳鉢、乳棒

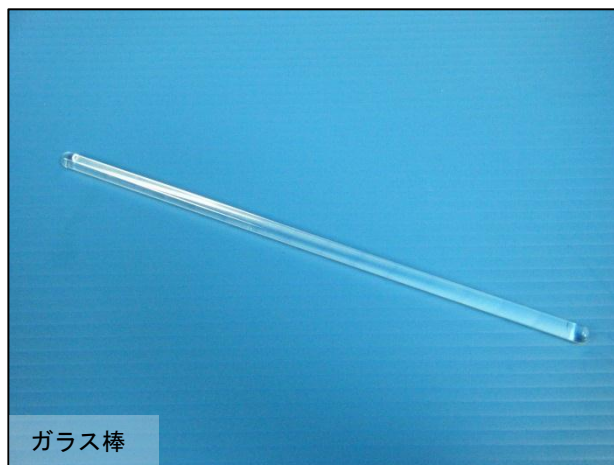
試料を細かくすりつぶしたり、混ぜ合わせたりするための器具。壊れやすいので、乳棒をたたきつけるなどはしない。試料を押し付けるように回転を加え、圧搾粉碎する。乳鉢を直接、机の上に置かず、ゴムマットや本の上などにおいて使ったほうがよい。

9 cm のもので実験できる分量にしたが、大きい乳鉢のほうがつぶしやすい。



### ・ガラス棒

エタノールを注ぐ際に、ビーカーのろ液より上部の壁面にガラス棒を付け、静かにガラス棒に伝えるようにする。抽出液の上層にエタノールの層をつくると、境界付近から比較的純度の高いDNAが沈殿してくる。



## 10

## 体細胞分裂の観察（タマネギ）

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週間～	3日～	40分

## 目的と内容

根端分裂組織を用いて、核や染色体を染色することによって、体細胞分裂の各時期を観察し、体細胞分裂でDNAが分配されることを理解する。

生徒達は、中学校で根の細胞のようすを観察しているが、分裂期の細胞を観察できないままに終わっているケースがかなりあると思われる。プレパレート作成と顕微鏡操作の技能がともに必要であるが、分裂像を見付けられたときの感動は大きい。

以前はタマネギの鱗茎から発根させる方法が主流だったが、ここでは数が揃えやすく、根端が見分けやすいタマネギの種子から発根させる方法とした。観察時間の確保のため固定処理まで準備し、解離処理から生徒に操作させる。

既習事項

中学校：生命の連続性

体細胞分裂の過程で染色体が複製されることについて学習している。  
中学校でも体細胞分裂の観察を行っている。

## 留意点

### 【指導面】

- ・「DNAが複製され分配されることにより。遺伝情報が伝えられることを理解すること」がこの単元の目標である。体細胞分裂の前後で遺伝情報の同一性が保たれることを理解させることを意識して指導する。
- ・核や染色体を染色することによって、体細胞分裂の各時期を観察し、体細胞分裂でDNAが分配されることを理解することがねらいであるので、少なくとも手順③～手順⑥は生徒に実習させたい。解離処理の手順①，手順②を直前に済ませたものを配付すると時間短縮が可能である。染色時間を十分に確保する必要があるため実験前の手順説明を最小限にし、染色をしている間に詳しい説明をするなど時間の使い方を工夫するとよい。

- 
- ・生物の体は細胞が集まって出来ている。「分裂で増えるときに均等にわかれているのだろうか」「細胞の大きさはどうなっているのだろうか」「分裂の様子はどうなっているのだろうか」「分裂期の各期は同じように観察されるだろうか」など導入を工夫し、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。
  - ・「なぜ固定するのか」「なぜ解離するのか」「なぜ水洗いする必要があるのか」「なぜ染色するのか」「どうして染色できるのか」「なぜ押しつぶすのか」「操作の中で、やってはいけないこと（勢いよく水で洗う、カバーガラスをずらすなど）の理由は何か」など操作の意味を生徒が理解するように指導する。
  - ・「解離の操作や塩酸の除去を行っているか」「根端の分裂組織を取り出しているか」「染色はしっかりと行っているか」「押しつぶしは適切に行っているか」「顕微鏡の操作を手際よく行っているか」「細胞や核を見付け観察しているか」「体細胞分裂を見付け観察しているか」などの体細胞分裂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】

- ・塩酸を皮膚や衣服に付着させないように注意する。
- ・カバーガラスを割らないように注意する。

### 【その他】

- ・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。
- ・事前に体細胞分裂が観察できるプレパラートをつくり、顕微鏡でピントを合わせたものを用意しておき、投影するなど例を示すとよい。

## ◎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
- 染色液の在庫確認
- 実験室の備品確認

#### ～1週間

- タマネギの入手, 発根

#### 発根後

- 固定液の作成, 根の固定, 根の保存

#### ～前日

- 実験プリント作成・印刷
- 塩酸, 染色液の小分け
- 根の小分け

#### 当日

- 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

①タマネギの種子は、夏～秋にホームセンターなどで入手できる。しかし、時期がずれるとまったく入手できなくなる。

1袋 300円前後



タマネギの種子



タマネギ

②タマネギはスーパーマーケットでほぼ年中入手可能。体細胞分裂を観察する場合、新タマネギは発根しにくく、一番外の皮が茶色になってから使える。 1個 30円前後

### ・ネギの入手方法

タマネギの種子が入手できない時期は、ネギ類の種子がホームセンターなどでほぼ年中入手でき代用可能である。発根させたときの細胞の大きさはタマネギの細胞より少し小さいといわれているが、染色体数は同じ  $2n=16$  であり、顕微鏡観察ではタマネギと同様に観察できる。 1袋 300円前後

### ・種子の発根方法

ペトリ皿に数枚のろ紙を敷いて、その上に種子をまき、水を吸わせる。日をずらして種子をまくと、適当なものを毎日得やすい。まいた種子が水没したり乾燥したりしないように水加減に注意する。蓋をして温かい暗所に置き、毎日水を適度に与え、発根を待つ。20℃前後では、種をまいてから3、4日すると適度に発根した種子が現れる。固定する直前に、固定液（ファーマー液やカルノア液）を調製する。固定する時間帯は、午前9時前後に分裂が盛んなため適しているといわれており、午前中に根が1～2cm程度発根したものを固定する。

### ・固定及び保存方法

固定液で10分以上固定する。そのまま数日おけるが、固定液が変質するため長くはおけない。70%エタノールに材料を移して保管すると1年間は使える。時間のある温かい季節に多量に発根させ、観察に適した長さに伸びた根を固定し保存しておく、必要なときにすぐ使える。



# 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"/> 両刃カミソリ                  | 1つ     |
| <input type="checkbox"/> 爪楊枝またはマッチ棒              | 1つ以上   |
| <input type="checkbox"/> 9 cm ペトリ皿               | 1組     |
| <input type="checkbox"/> 500mL ビーカー              | 1つ     |
| <input type="checkbox"/> ろ紙 (2つまたは4つ切り)          | 多め     |
| <input type="checkbox"/> タマネギの根端                 | 約 10 個 |
| <br>   |        |
| <input type="checkbox"/> 1 mol/L 塩酸              | 1つ     |
| <br>   |        |
| <input type="checkbox"/> 染色液 (酢酸カーミン, 酢酸オルセインなど) | 1つ     |

★教員用

- |                                    |    |
|------------------------------------|----|
| <input type="checkbox"/> 生徒用と同じもの  | 1組 |
| <input type="checkbox"/> 熱湯を入れたポット | 適量 |

## 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 |

- |                |            |
|----------------|------------|
| ・はさみ           |            |
| ・タマネギの種        | ・9 cm ペトリ皿 |
| ・ろ紙            | ・水         |
| ・氷酢酸           | ・無水エタノール   |
| ・ビーカー          | ・メスシリンダー   |
| ・ピンセット         | ・管ビン       |
| ・50mL ビーカー     | ・パラフィルム    |
| ・ビーカー          | ・メスシリンダー   |
| ・蒸留水           | ・駒込ピペット    |
| ・試薬ビン          | ・ラベル       |
| ・駒込ピペット        | ・ラベル       |
| ・プチボトルまたはスポイト瓶 |            |



光源, 根端を切る用具, 展開の用具, 容器などは代わりにするものを工夫してかまわない。

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

## 教材の情報

### ・タマネギ

根端分裂組織は体細胞分裂の観察の材料としてよく使われる。タマネギから発根させたものは太く扱いやすい反面、数を集めるのが大変で、種を発根させる方法が主流となってきている。

ネギ科ネギ属 *Allium cepa* ( $2n=16$ )

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。

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。

### ・ネギ

タマネギ ( $2n=16$ ) と同属のため、体細胞分裂の観察の材料として使用できる。

ネギ科ネギ属 *Allium fistulosum* ( $2n=16$ )

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。この場合、包皮がまだ破けていない状態のものを取って(4~5月)固定しておくといよい。

## 薬品の情報

### ・1 mol/L 塩酸

濃塩酸は、劇物なので取り扱いには十分に注意する。特に、蓋を開けた際に塩化水素が揮発する危険性が高いので、ドラフト内で作業する。質量パーセント濃度 37%、密度 1.19g/mL であることから、モル濃度は約 12mol/L である。蒸留水 110mL に塩酸 10mL の割合で希釈すると 1 mol/L 塩酸が得られる。毒物及び劇物取締法により 10%を超える塩酸は劇物に指定される。

塩酸 (NaRiKa 500mL 1,300 円) 劇物



塩酸

### ・染色液

オルセイン (メルク 5 g 27,400 円, NaRiKa 1 g 4,200 円)

カーミン (メルク 5 g 21,100 円, 合成 NaRiKa 25 g 3,400 円)

ゲンチアナバイオレット (和光純薬 25 g 3,700 円)

※調製法について、詳しくは巻末資料「調製集」を参照。

## ①〜一週間前

タマネギの根を発根させる。



ペトリ皿に2枚のろ紙を敷いて、その上にタマネギの種子をまく。まいた種子が水没したり乾燥したりしないように水加減に注意し、ペトリ皿に水を加える。蓋をして温かい暗所に置き、毎日水を適度に与え、発根を待つ。20°C前後では、種をまいてから3、4日すると1~2 cm 程度発根した種子が現れる。日をずらして同様に別のペトリ皿に種子をまくと、適当なものを毎日得ることができる。



タマネギの種子をまいたもの

## ②発根後



固定は生きているときに近い状態で細胞のはたらきを止めるための処理である。根が1~2 cm 程度発根したものを固定液に入れて10分以上固定する。  →状態1の原因1 (p.123)

固定する直前に、固定液(カルノア液やファーマー液)を調製する。固定する時間帯は、午前9時前後に分裂が盛んなため適しているといわれており、少なくとも午前中に行う。固定したものはそのまま数日

おけるが、固定液が変質するため長くはおけない。70%エタノールに材料を移して保管すると1年間は使える。

・固定液（カルノア液、ファーマー液など）の調製

固定液は、調製しておいたものは変質しやすいため、固定する直前に調製する。ファーマー液がクロロホルムを使用しておらず、調製しやすい。

※ファーマー液（酢酸アルコール）の一般的な組成

無水エタノール：氷酢酸＝3：1

カルノア液の一般的な組成

無水エタノール：クロロホルム：氷酢酸＝6：3：1

・保存液（70%エタノール）の調製

濃度を厳密にする必要はないので、蒸留水 30mL に無水エタノール 70mL の割合で希釈して 70%エタノールにする。



ファーマー液

③前日まで

固定した根、塩酸、染色液を用意し、1 mol/L 塩酸、染色液をそれぞれ小分けする。ろ紙を切る。

固定済みの発根した根は 50mL ビーカーに 70%エタノールとともに小分けし、蒸発しないようにパラフィルムなどで覆っておく。

1 mol/L 塩酸を試薬ビンに小分けする。濃度を厳密にする必要はないので、蒸留水 110mL に濃塩酸 10mL の割合で希釈して 1 mol/L 塩酸にする。

染色液（酢酸オルセイン、酢酸カーミンなど）を用意し、プチボトルまたはスポイト瓶に小分けする。

④当日

器具・教材・薬品を分配してセットを用意する。

トピック

染色体の豆知識

生物によって染色体の数は決まっている。また、分裂時に見られるそれぞれの染色体の形や大きさも、生物によって決まっている。これを核型といい、コルヒチンなどの薬品を使って紡錘体の形成を阻害して細胞分裂を中期で止めることで、核型を調べるのに適した染色体が観察できる。植物の場合は根端分裂組織が、動物の場合は骨髄が、分裂が盛んなため利用されることが多い。

間期では染色体が分散してクロマチン繊維の状態で、すべてのDNAが切れたり絡まったりせず核内に収まっている。ヒトでは、直径5～10μmの核に総計2mのDNAが収まっている。前期のわずかな時間に、それぞれの染色体に収納されていく。

動物の多くは、遺伝子量補償という雌雄の遺伝子量の調節がはたらいっている。例えば、哺乳類では性染色体が雄はXY、雌はXXであり、雄では1本しかないX染色体で生存に必要な遺伝子を発現させている。一方、雌では2本のX染色体からの過剰な量の遺伝子の発現を避けるために片方のX染色体を不活性化している。

黒と茶のまだらの猫は雌で、黒と茶を決める遺伝子がそれぞれX染色体にある対立遺伝子であり、細胞毎に一方のX染色体がランダムに不活性化される。

## 観察，実験

### 観察，実験の流れ

#### □導入

- ・既習事項の確認
- ・一番多く観察できるのはどの時期か，次に多く観察できるのはどの時期か

答) 一番多く観察できるのは間期，次に多く観察できるのは前期

- ・染色体は，分裂によって数や形はどうなっているか

答) 染色体は，分裂によって数は変わらないが，それぞれ二つに分かれて娘細胞に分配される

#### □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
- ・安全面の注意
- ・核や染色体を染色することによって，体細胞分裂の各時期を観察する（本実験）

#### □結果のまとめ，考察

- ・観察からわかったこと
- ・各期の長さを正しくはかるにはどうしたらよいか

答) 生きている分裂組織の細胞を追跡して実測する

#### □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「10 体細胞分裂の観察.pptx」を参照

### ① 塩酸による解離処理（5分）

固定した根を水道水で洗い，小ビーカーに根だけを残す。大きめのビーカーにお湯（80℃程度）を2cm程度の深さに注ぐ。小ビーカーが倒れない程度の量の1mol/L（約3.5%）塩酸を浸し，2分湯せんする。



**解離は細胞間の結合を弱めるための処理である。解離に適した温度は60℃である。**ポットに熱湯を入れておき，以上の処理をすると1mol/L塩酸の入ったビーカーは約60℃になる。加熱はしない。


解離時間が短いと細胞間の結合が強くなり，染色液が内部に入りにくい，押しつぶしがしにくいなどの原因になる。逆に，解離時間が長くと塩酸が抜けにくくなり，染色されにくくなる。




→状態1原因2 (p. 123)



### ② 塩酸の除去（2分）

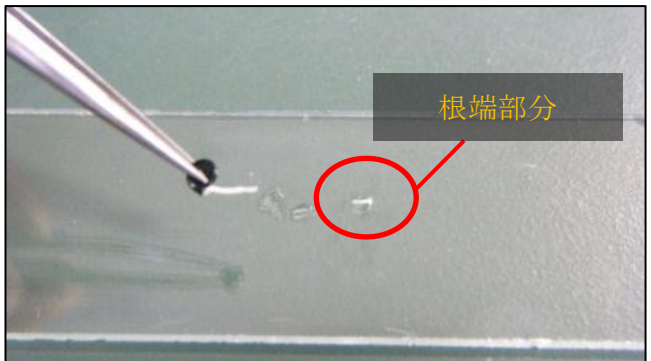
根が流れないように塩酸を捨てる。ビーカーに静かに水道水を加え、軽くゆすってから水を捨てる作業を、2回繰り返し、根を洗う。→状態1の原因3 (p.123)





 **組織がかなり柔らかくなっているので丁寧に作業を行う。**  
**塩酸が残っていると、染色液で染まりにくい。** 静かに、多めの水で根を洗う。水を捨てる際に流さないようにネットや茶こしなどを使ってもよい。


### ③ 根端分裂組織以外の除去（2分）

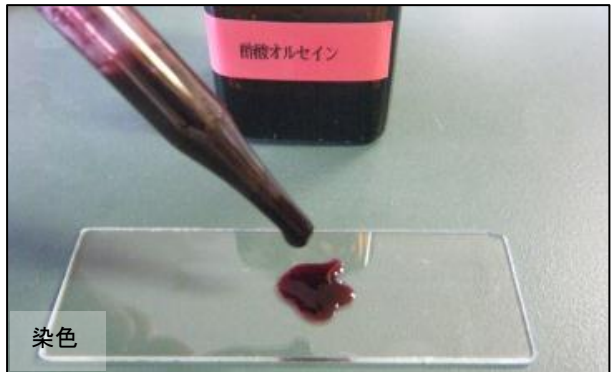
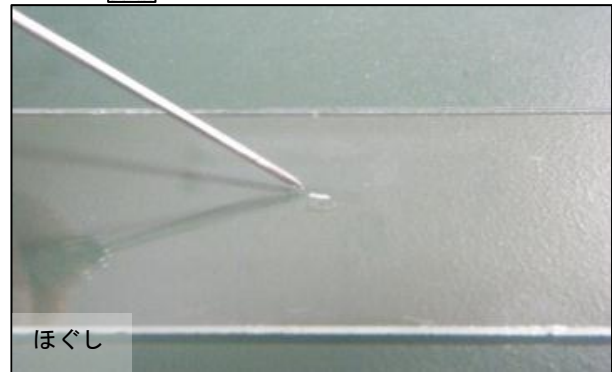
洗った根を1つ選び、スライドガラスに載せる。根の先端から2mm程度（白く濁った部分）を切り取る。種子側は取り除く。




 種皮を残した方が、根端がどちらか判別しやすい。分裂が盛んなところは細胞が集まって白く濁って見える。分裂像を探しやすいように2mm以上は残さない。  
 →状態1の原因1 (p.123)

### ④ 染色（12分）

根端を柄付き針でほぐす。染色液を滴下し、10分置く。待つ間に、2枚分③④の行程を行い、予備をつくる。→状態1の原因4 (p.123)



 **染色時間は長いほどよく、最低10分はかけたほうがよい。**  
染色液が内部に入り込むように、カバーガラスを載せ、上から軽く爪楊枝でたたく方法もある。

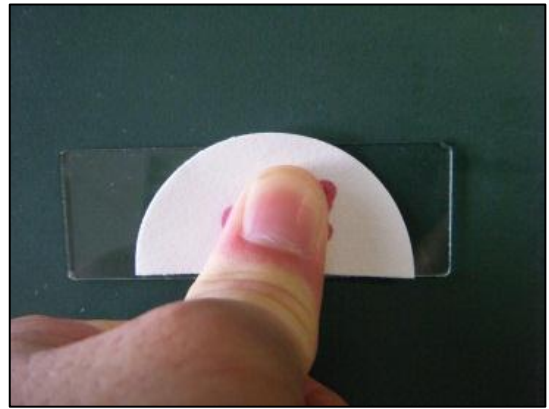
⑤ 押しつぶし（4分）

カバーガラスの一边をスライドガラスに付ける。ゆっくりカバーガラスを載せる。ろ紙を載せて指で押さえ、余分な染色液を除く。ろ紙を取り替え、指で垂直にゆっくりと強く押しつぶす。さらにカバーガラスを爪楊枝でたたいて、細胞を一層に広げる。予備2枚分も同様にする。失敗 → 状態1の原因5 (p.123)



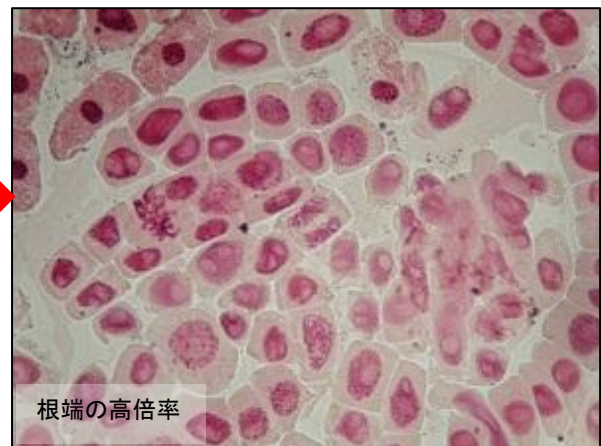
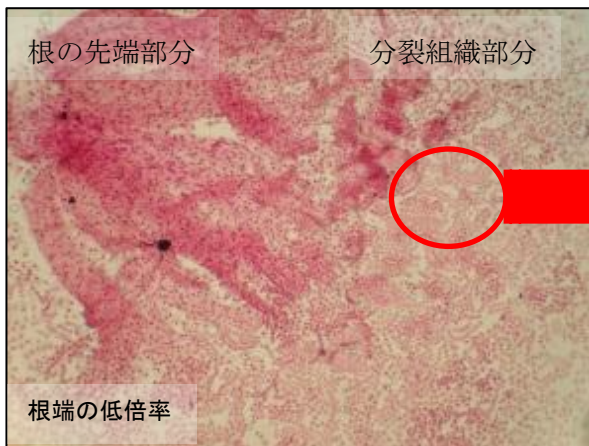
**押しつぶしは重なった細胞を広げ観察しやすくするために行う。**押しつぶしが弱いと染色体が広がらない。逆に、強すぎたり、カバーガラスをずらしたりすると細胞が壊れてしまう。

余分な染色液を追い出すことで、カバーガラスを滑りにくくする。検鏡後、展開が足りない場合はさらにたたいて展開するとよい。



⑥ 観察・スケッチ（15分）

低倍率（15×4）でピントを合わせる。中倍率（15×10）で分裂組織を探す。高倍率（15×40）で色々な時期の細胞を探し、スケッチする。失敗 → 状態1の原因6, 原因7 (p.123)



プレパラートが上手に出来ても探す場所が正しくないと、観察できない。基本に従って、低倍率から観察させる。小さい細胞が集まっているところが分裂組織である。染色や展開がよくない場合は、別のプレパラートを観察する。

まとめ

- ① 間期の細胞が多く、分裂期では前期の細胞が一番多いことが確認できた。
- ② 染色体の後期以降の様子から、均等に娘細胞に分配されていることが確認できた。

◎後片付け

■後片付けのさせ方

- ・ろ紙やタマネギの根端は、燃えるゴミに捨てさせる。
- ・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。
- ・実験後、薬用石けんで手を洗わせる。

■器具等の管理

- ・回収したものは種類毎に分け、再点検した上で乾かし、それぞれの器具置き場に戻す。
- ・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片付けるようにする。
- ・塩酸は実験室に放置せず、授業が終わったらすぐに薬品庫に戻す。
- ・染色液は、暗所に保管する。

## 失敗例

### ●状態 分裂像が見られない

原因1 材料に問題がある

#### ①固定した時間帯が悪い

固定した時間帯によっては分裂が盛んではないため、見付けにくくなる。分裂が盛んといわれる午前中に固定をする。

#### ②固定処理が悪い

固定液の調製は割合を正しく守り、毎回固定直前に行う。固定後は70%エタノールに移して保管する。

#### ③根端ではないところを観察している

黒い種皮は根端分裂組織を取るまで残しておく、根端の位置がわかりやすい。水洗いの際に、根端がちぎれていることがあるので、先端が尖っている材料でプレパラートを作成する。

原因2 解離に問題がある

解離時間が短いと細胞間の結合が強く、染色液が内部に入りにくい、細胞が広がらないなどの原因になる。逆に、解離時間が長くと塩酸が抜けにくくなり、染色されにくい。

原因3 水洗いに問題がある

塩酸が残っているとうまく染色できないので、最低2回水洗いする。塩酸で柔らかくなっているため、ちぎれないように静かに洗う。

原因4 染色に問題がある

「別法」に示した、染色液を変える方法や固定・解離・染色を同時に行ってしまう方法なども検討するとよい。

#### ①染色液に問題がある

染色液は古いと染色力が落ちることがあり、また、市販の調製済みの染色液は濃度が薄く、染色に時間が必要である。予備実験を行い、染色液が古くなって染色力が落ちていないか確認し、必要であれば作り直す。酢酸オルセインは酢酸カーミンより高価であるが染色がよい。

#### ②染色時間が短い

染色液の状態や気温によって染色時間を長くする。

原因5 押しつぶしが悪い

余分な染色液が多いとスライドガラスがずれやすい。軽くろ紙をあてて吸い取った後、ずらさないように強く押しつぶす。

原因6 顕微鏡の操作が未熟である

基本的な操作を確認した上で観察する。

原因7 顕微鏡が整備不良である

レンズ汚れの除去などの手入れは日頃から行う必要がある。特に、高倍率の対物レンズは汚れやすいため、カビや錆が発生しないように注意する。1年毎に業者に顕微鏡のクリーニングを頼んだ方がよい。

## 別法

### 別法①

#### ・染色液を変えるもの

一般的な染色液である酢酸カーミン染色液、酢酸オルセイン染色液ではなく、酢酸ダーリアバイオレット染色液、酢酸ゲンチアナバイオレット染色液などを用いる。ただし、ダーリアバイオレットは製造中止になったため、在庫のある学校に限る。

これらの染色液は、染色力が強く細胞質まで染色されることがあるが、短時間（2～3分）で染色でき、染色による失敗が少ない。



酢酸ゲンチアナバイオレット染色液

### 別法②

#### ・固定・解離・染色を同時に行うもの

酢酸オルセイン染色液：塩酸＝7：3混合液に30分以上浸した後、水で2分程度脱色する。根端を切り出し、柄付き針で解し、押しつぶし法で細胞を広げ観察する。

簡単に観察でき失敗は少ないが、実際の操作が本来のものとは異なるため、固定・解離・染色の操作の意味を理解させにくい。また、顕微鏡像も正しい手順によるものに比べるとしまりがない。うまく染色ができず、プレパラートがつかれない生徒に対する材料として用意してもよい。

### 発展

#### ・間期と分裂期の時間を推定するもの（詳しくは「11 細胞周期の推測」）

体細胞分裂が同調しないで行われていると仮定すると、ある時間帯に観察した各期の細胞数の割合と細胞周期に占める各期の時間は比例の関係にある。そのため、細胞周期の時間がわかると、各期の細胞数の割合から、細胞周期に占める各期の時間が推定できる。

根端分裂組織の顕微鏡像を中倍率（15×10）以上の倍率でデジタルカメラなどで撮影する。その映像を基に間期と分裂期の細胞に印を付け、数を数える。全体数から間期と分裂期の割合を求める。

細胞周期は気温によって異なるため、資料集などから適当な時間（例：24h）を細胞周期の長さとして計算する。細胞周期と間期の割合をかけ合わせると間期の長さ（h）が、細胞周期と分裂期の割合をかけ合わせると分裂期の長さ（h）が求められる。



## 器具の取り扱い

### ・スポイト瓶

中にスポイトがついている染色液などを入れる瓶。光によって染色液が変質しないように遮光性のものを使用することが多い。容量が多いため、使用頻度の高い酢酸オルセイン染色液などの容器として適している。

染色液を滴下する際には、スポイトと容器が結合しているねじを回してから適量をスポイトで吸い取る。使用後にスポイトのねじを締めないと染色液がこぼれるため注意が必要である。



### ・プチボトル（点眼瓶）

目薬などを入れる容器。プラスチック製で遮光性ではないため、長期的に使う容器としては適さない。少量の試薬を多数に分けられ便利である。高価な染色液を使用するときや個人や少人数のグループに試薬を配りたいときの容器として適している。

染色液を滴下する際には、強く押しすぎないように注意する。



### ・柄付き針

生物の実験などに使う、持ちやすいように柄のついた針。解剖などの際に細かい部分を操作したり、広げて固定したりといった使い方がある。プレパラートをつくる時なども材料を移す、広げる、押さえる、取り出す、ほぐすなど様々な用途に使える。

プレパラートをつくる際には、利き手にはピンセットを、もう片方の手には柄付き針を持つ。利き手のピンセットでカバーガラスを軽くはさみ、柄付き針の先端でカバーガラスの1辺を支えながら、気泡を追い出すように試料の片側からカバーガラスを倒していく。



## 11

## 細胞周期の推測（体細胞分裂の写真）

難易度	可能時期	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★★☆	10の実験後	1日	30分	40分

## 目的と内容

各期の細胞の数と各期に要する時間がほぼ比例することを理解し、体細胞分裂の各時期を観察した写真を利用して、各期に要する時間を推測する。

教室で実施できる発展的内容になる。根端分裂組織の細胞を観察（サポート資料「10 体細胞分裂の観察」）して写真を撮っていることが条件になる。

生徒達は、分裂期の細胞を観察し、各期の細胞のうち間期が多く存在することはわかっているが、各期の細胞の数と各期に要する時間がほぼ比例すると考えているものは少ない。

分裂が同調していない場合、各期の細胞の数と各期に要する時間がほぼ比例することを実験で確認し、根端分裂組織の細胞の様子を観察した写真から各期の細胞数から各期に要する時間を推測する。

既習事項

中学校：生命の連続性

体細胞分裂の過程で染色体が複製されることについて学習している。

中学校でも体細胞分裂の観察を行っている。

## 留意点

### 【指導面】

- ・「DNAが複製され分配されることにより。遺伝情報が伝えられることを理解すること」がこの単元の目標である。体細胞分裂の前後で遺伝情報の同一性が保たれることを理解させることを意識して指導する。
- ・各期の細胞の数と各期に要する時間がほぼ比例することを理解し、体細胞分裂の各時期を観察した写真を利用して、各期に要する時間を推測す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。検証プリントの測定数を減らす、体細胞分裂の計測する分類を間期と分裂期にする、体細胞分裂の写真を拡大して含まれる細胞数を減らすなどで時間短縮が可能である。

- 
- ・「体細胞分裂の各期の長さを知るにはどうすればいいだろうか」「細胞数の割合と分裂期の長さとの関係はどうなっているだろうか」など導入を工夫し、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。
  - ・プリントやレポートなどに過程や結果の記録、整理がしているかなどを机間巡視して適宜指導する。

### 【安全面】

特になし

### 【その他】

- ・正しく数え計算することの必要性とともに、状況による誤差や人為的な誤差があることを伝える。
- ・細かい作業で目が疲れるため、時々遠くを眺めさせるなどの配慮をする。

## ◎準備

### 準備の流れ

#### ～前日

- 実験プリント作成・印刷
- 体細胞分裂写真の準備、印刷
- 検証プリントの作成・印刷

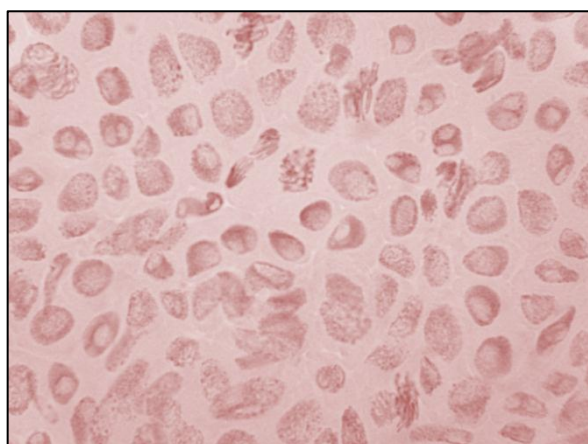
## ☆教材の入手方法

### ・体細胞分裂の写真

体細胞分裂の観察を行った際に、分裂像を写真などに記録しておく。各班で異なる写真だと望ましい。

### ・検証プリント

分裂が同調していない場合、各期の細胞の数と各期に要する時間がほぼ比例することを実験で確認するため、モデル化実験を行うためにコンピュータなどで作成する



体細胞分裂の写真

検証プリントの作成

## 準備

### 当日のセット

#### ☆生徒用

- 検証プリント 1枚/人
- 分裂像写真の印刷物 1枚
- 色ペン（生徒持参） 2色
- 定規（生徒持参） 1つ

### 準備に必要な用具

- ・表計算ソフトウェア
- ・パソコン
- ・カメラ
- ・プリンター
- ・プリンター



## ①前日まで

体細胞分裂の観察を行った際に、分裂像を写真などに記録しておく。

表計算ソフトを利用して作成し印刷する。例として作成した検証プリントは p.133 に掲載した。これは、細胞周期が3つの時期に分けられると仮定して、「1」「2」「3」で示した。また、「1」の時期が4時間、「2」の時期が6時間、「3」の時期が8時間と仮定した。各行が各細胞に、各列が各時間帯のそれぞれの細胞の時期にあたる。

※詳しい作成過程は付録「1 1 細胞周期の推測.pptx」を参照

(1) 列幅を20ピクセルに狭め、行の上下に罫線を入れておく。1行目のセルの一つずつに1を4つ、2を6つ、3を8つ並べる。数字毎に網掛けの種類を変えておくと、各時期が区別しやすい。

(3) 行のコピー

(2) 入力した18個のセルをコピーし、同じ行の続き(S1のセル)に貼り付ける。

(3) 1行目をコピーし18行まで貼り付ける。

(4) 行の最後の3の数字が階段状になるように左側のセルを削除する。

(4) セルの削除

(5) 印刷設定を横方向にしておく。A1~R18までをコピーし、重ならないように周りの領域に順序よく貼り付ける。

(6) 作成した行をランダムに並べる。この例で使った入れ変える方法は、列の最初に新たな列を挿入してから、それぞれの行の先頭に1~36までの数字を重ならないようにランダムに入力し、昇順で並べた。

(7) 細胞周期(この例では18)の倍数と同じ行数であれば、1・2・3の分離比はどの時間帯に測定しても、2:3:4になる。モデル実験で多少のばらつきを与えるためには、細胞周期の倍数から数行多く又は少なくしたプリントを作成するとよい。

(6) 行のランダム化

## ◎観察，実験

### 観察，実験の流れ

#### □導入

- ・既習事項の確認
- ・体細胞分裂の各期の長さを知るにはどうすればいいだろうか  
答) 生きている分裂組織の細胞を追跡して実測する  
観察した各期の細胞数の割合から推測する など
- ・細胞数の割合と分裂期の長さとの関係はどうなっているだろうか  
答) 体細胞分裂が同調していなければ，比例の関係にある

#### □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
- ・安全面の注意
- ・モデル実験で，細胞数と分裂期の長さとの関係を検証した後，体細胞分裂像から各期の長さを推測する（本実験）

#### □結果のまとめ，考察

- ・実験からわかったこと
- ・各期の長さを正しくはかるにはどうしたらよいか  
答) 生きている分裂組織の細胞を追跡して実測する方法を考える  
(プロトプラストにして追跡，薬品で同調させてから時間をずらして固定し観察 など)

## 手順 時間のめど (およそ 40 分)

※詳しい手順は付録「1 1 細胞周期の推測.pptx」を参照

### ① 検証プリントの確認 (3分)

例のプリントは各行 (細胞に相当) が 18 の周期で，「1」が 4 つ，「2」が 6 つ，「3」が 8 つを繰り返していることを確認する。

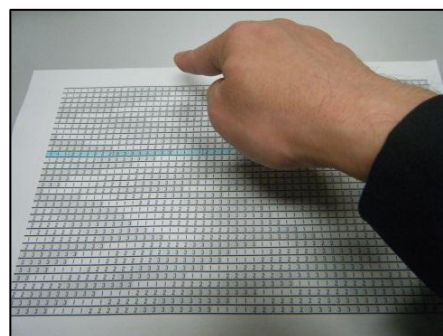
配付したプリントの好きな行をペンでなぞらせ，列はランダムに配置されているが，各行は周期的になっていることを確認させる。  
相対値にばらつきを与えるため，行数は 35 のものを使った。



### ② 計測地点の決定 (2分)

ランダムに生徒が指を動かして，合図のあったとき指さしていた場所を，計測地点とし，ペンで印をする。

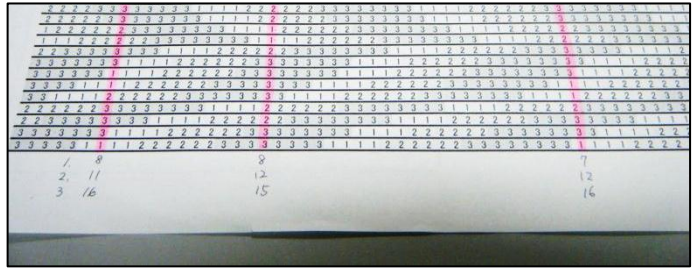
無作為に計測地点を選ぶように，プリントの上のあたりを左右に動かして，3点ほど観測地点を決める。  
生徒を指名し，合図をさせてもよい。



③ 各期の計測 (5分)


それぞれの地点について、「1」、「2」、  
「3」の数を数える。

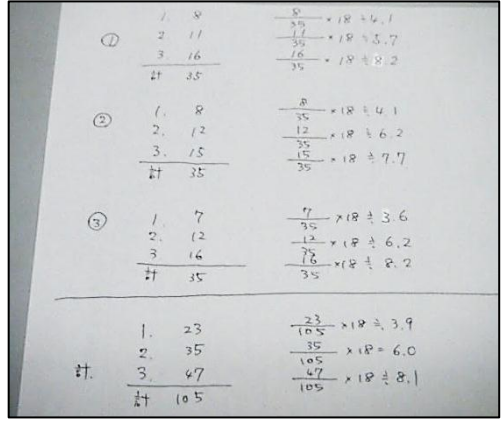
このプリントでは、各期の合計が  
35になるので、それぞれの数を求め  
たら足して確認する。




④ 相対値の計算 (5分)


相対値を計算し、実際の周期と比較する。相対値は実測  
値を合計 (このプリントでは 35) で割り、全体の細胞周期  
(このプリントでは 18) をかけて求める。

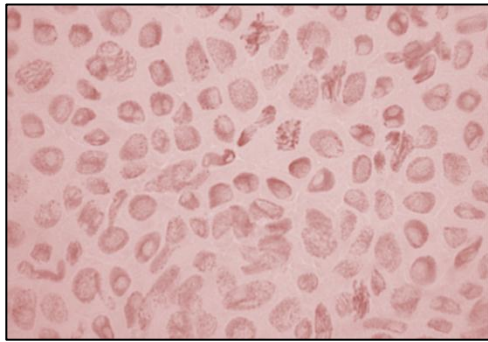
 このプリントでの実際の周期は、1が4、2が  
6、3が8、合計18である。  
相対値を求めると、3カ所それぞれにずれがある  
が、ほぼ実際の細胞周期の値と同じになる。  
さらに3カ所の合計から相対値を求めることで、  
測定する数を増やすことによって、より実際の値に  
近づくことに気付かせる。



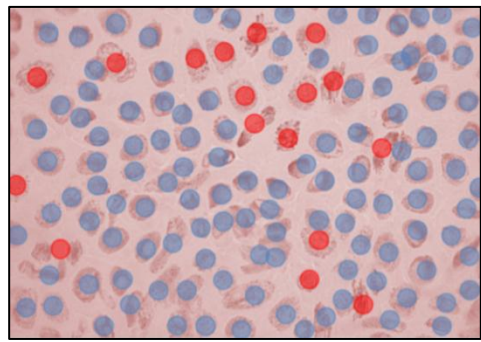
⑤ 体細胞分裂の各期の計測 (20分)

写真の中の分裂期と間期の細胞に印を付ける。  →状態1 (p. 132)

 誤差が大きくなるように細胞数は多い方がよいが、写真に含まれる細胞の数は時間と  
生徒の能力を配慮して適切なものを用意する。分裂期を、前期、中期、後期、終期と分ける  
と難易度が上がるため、ここでは分裂期と間期の2つに分けた。



体細胞分裂の写真



分裂期・間期の分類

⑥ 分裂期の長さの推測 (5分)

細胞周期を24時間とし、間期と分裂期を数えそれぞれの長さを推定する。

この例の場合、分裂期17、間期118、全細胞135より、間期約21時間、分裂期約3時間の  
計算になる。

**まとめ**

①各期の細胞の数と各期に要する時間がほぼ比例することを理解できた。  
②体細胞分裂の写真を利用して、各期に要する時間を推測できた。

**◎後片付け**

特になし



## 失敗例

### ●状態 時期を判断できない

#### 原因1 写真に問題がある

分裂像がはっきりとわかるように、大きく、ピントの合ったものを用意する。

#### 原因2 生徒の知識が不足している

間期や分裂期の各期の特徴を確認する。分類する範囲を、間期と分裂期と大きく分けてもよい。細胞や核の大きさ、形などから、間期かどうかを判断し、間期ではない場合、染色体の状態から分裂期の時期を決めていく。

## 別法

### 別法①

- ・ウニの受精卵を使って細胞周期を調べるもの（東京書籍の探究で採用）

ウニの卵割の様子を動画で撮影しながら連続的に観察することで、細胞周期を調べる。細胞周期が90～120分程なのを、撮影したものを再生して観察する。生物基礎から「発生」が外れているため、生物のときに発生の観察とともに実施するのが妥当である。実際に生徒に実施するには、まとめて時間が確保できる学校に限る。

### 別法②

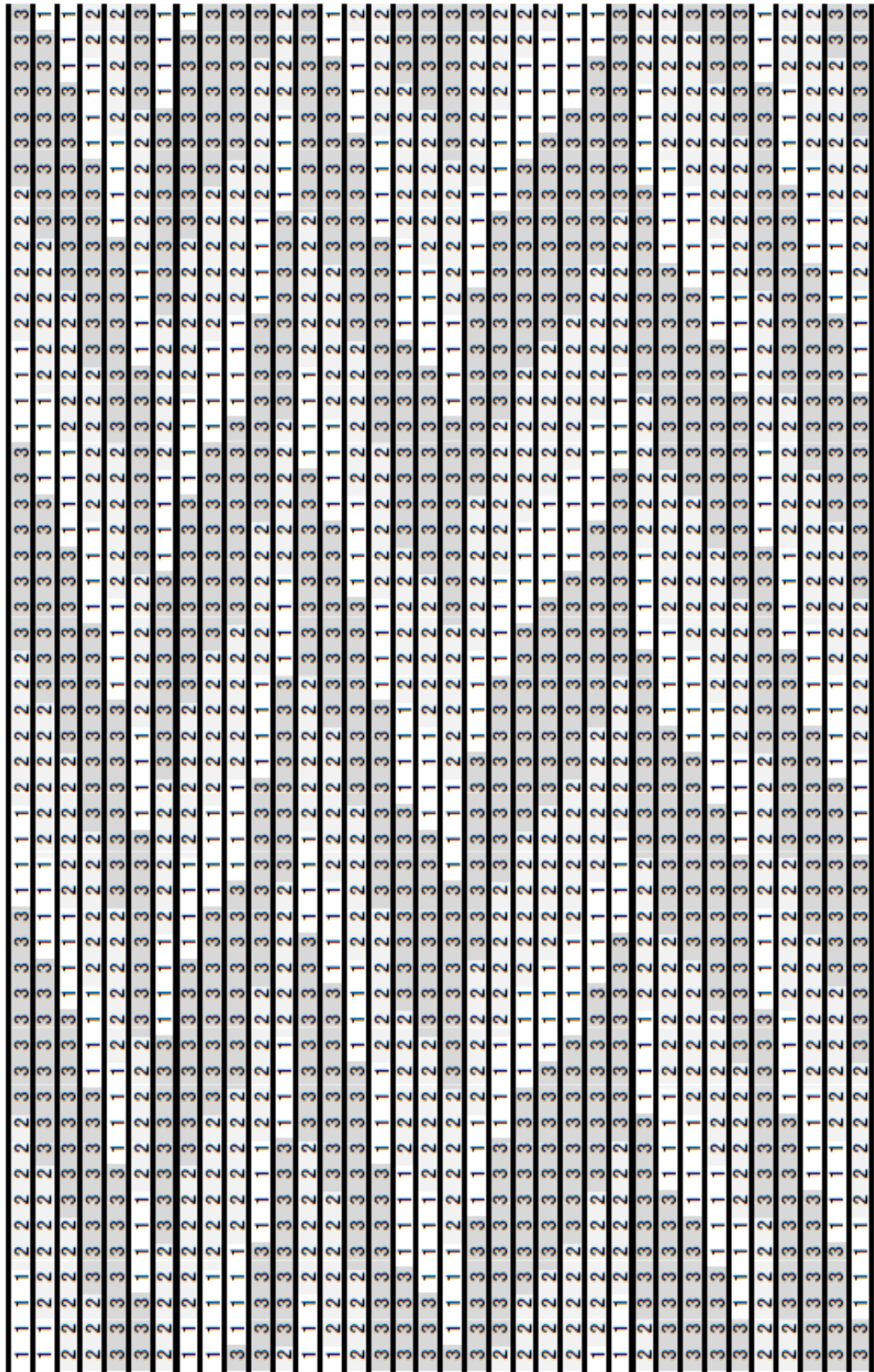
- ・ミズヒラタムシを使って細胞周期を調べるもの（啓林館の探究で採用）

ミズヒラタムシ（ユープロテス）は池などにすむ単細胞生物で、ゾウリムシと同じ繊毛虫の仲間である。核の形が細胞周期の時期によって異なる特徴を利用して細胞周期における各時期に要する時間の割合を推定する。核の特徴が、なじみのある動物細胞や植物細胞のものと全く異なるため、生徒によっては混乱させる可能性がある。ミズヒラタムシはなじみが薄く、採集できても単離培養の技術が必要になる。細胞周期観察実験キット（マイクロ生物館）が1,575円で販売されている。観察手順は、ミズヒラタムシ浮遊液1滴にファーマー液と酢酸オルセイン溶液を1：1で混合した固定染色液を加えてプレパラートをつくり観察する。

## 器具の取り扱い

実験器具は使用しない。





検証プリントの例

## 12

## パフの観察（ユスリカ）

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週間～	30分	40分

## 目的と内容

巨大染色体であるだ腺染色体を利用して、DNAとRNAを染め分けし、パフとそれ以外の部分の染色の様子を観察し、RNA合成がパフで盛んであることを理解する。

生徒達は、DNAが遺伝子の本体であること、細胞の核の中にある染色体に存在することを学習している。このDNAからRNAが転写されていくという遺伝情報の発現の道筋を、染色体の観察によって感じることができる実験である。

昆虫の双翅（ハエ）目の幼虫のだ腺細胞に見られるだ腺染色体は、通常の染色体の100～150倍の大きさがある巨大染色体で、観察しやすい。個体の大きさが手頃なユスリカが材料として適している。

既習  
事項

なし

## 留意点

### 【指導面】

- ・「DNAの情報に基づいてタンパク質が合成されることを理解すること」がこの単元の目標である。DNAは真核細胞の場合、核内の染色体にある。遺伝情報をもつDNAの二重らせんがほどけたところで、DNAからmRNAが合成（転写）され、mRNAの塩基配列からアミノ酸配列に変換（翻訳）されタンパク質が合成されることを意識して指導する。
- ・DNAとRNAを染め分けし、パフとそれ以外の部分の染色の様子を観察し、RNA合成がパフで盛んであることを理解することがねらいであるので、手順①、手順④～手順⑥は生徒に実習させたい。手順②、手順③はきれいに染色するための作業なので、省略することで時間短縮が可能である。

- 
- ・「細胞の中で特定の遺伝子だけが発現している様子を観察するのは難しいが、だ腺染色体という特別な染色体では観察できる」などこの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。
  - ・「だ腺染色体は何本観察できるか」「RNAはどこで観察されるか」「パフでは何が行われているか」など観察の視点に触れ、生徒自身が目的意識をもって実験に取り組むように指導する。
  - ・「なぜ固定するのか」「どうして固定できるのか」「なぜ水で洗浄する必要があるのか」「なぜ染色するのか」「どうして染色できるのか」「なぜ押しつぶすのか」「操作の中で、やってはいけないこと（だ腺以外を残す、カバーガラスをずらすなど）の理由は何か」など、操作の意味を生徒が理解するように指導する。
  - ・「頭部と尾部は間違っていないか」「だ腺を上手に取り出しているか」「固定や洗浄はしっかりと行っているか」「染色はしっかりと行っているか」「押しつぶしは適切に行っているか」「顕微鏡の操作を手際よく行っているか」「だ腺染色体を見付け観察しているか」「パフを見付け観察しているか」などのパフ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から見て描いているか、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】

- ・動物に触れた後は必ず手を洗うように注意する。
- ・塩酸を皮膚や衣服に付着させないように注意する。
- ・カバーガラスを割らないように注意する。

### 【その他】

- ・見た目や生きた生物を扱うために、嫌悪感や抵抗感をもつ生徒もでるが、あまり騒がず、巨大染色体の不思議や自分で観察できた時の感動に触れながら進めていくと、大抵の生徒は実習に自然と参加する。
- ・メチルグリーン・ピロニン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
- メチルグリーン・ピロニン染色液の在庫確認
- 実験室の備品確認

#### 1週間～

- ユスリカの入手

#### ～前日

- ユスリカの小分け
- 実験プリント作成・印刷
- 塩酸, メチルグリーン・ピロニン染色液の小分け

#### 当日

- 器具・教材・薬品の分配

## ☆教材の入手方法

### ・ユスリカの入手方法

#### (アカムシユスリカ)

冷凍アカムシが魚の餌としてあるが, 生徒用には難しい。生きたものを使う。

①釣具屋で入手する。ワカサギ釣りのシーズンは店頭にある。それ以外は取り寄せ(2～7日必要)になるがほぼ年中手に入る。 10g (300匹～) 210円程度

②教材会社から購入する。高価だが, 状態のいいものが一週間程度で手に入る。

150匹 (酢酸カーミン 10mL 付き) 3,800円程度 (ケニス)

#### (セスジユスリカ)

②春～秋にかけて田や水路から採集する。

生活排水などにより, 富栄養化が進んだ河川や水路の底泥に生息することが多い。数や大きさの点で, 9月くらいに採集した方が観察に適している。アカムシユスリカに比べ, 小さく細い。

### ・ユスリカの保管方法

短期間であれば, 湿らせた新聞紙にくるみ冷蔵庫で保管する。長期間であれば, 空気と触れる面の大きなバットなどに入れ, 冷蔵庫で保管し, 2, 3日に一度水をかえる。死んだ個体は取り除く。エサはなくても1ヶ月は生き残るものが多い。微量のヨーグルトを水で溶いたものを与えてもよい。



アカムシユスリカ



セスジユスリカ

### 教材の情報

- ・アカムシユスリカ *Propilocerus akamusi* (染色体数  $2n=6$ ) の幼虫

双翅目ユスリカ科

岩手県では自然にはあまり生息していない(岩洞湖などでワカサギ釣りのエサとして使った残りを放棄したものが生き残り, 生息していることがある)。「エリスロクルオリン」という, ヘモグロビンのような色素タンパク質を体液に含むため, 赤色に見える。

- ・セスジユスリカ *Chironomus yoshimatsui* (染色体数  $2n=8$ ) の幼虫

双翅目ユスリカ科

岩手県では汚濁した河川, 用水路などで普通に見られ, 幼虫の体長は約8～10mm程度になる。

多くのユスリカ科全体に共通した特徴として, 成虫は蚊によく似た大きさや姿をしているが刺すことはない。また蚊のような鱗粉も持たないため, 黒っぽい粉のようなものが肌に付くことはない。しばしば川や池の近くで蚊柱と呼ばれる群れをつくる。



## 薬品の情報

### ・ 1 mol/L 塩酸

濃塩酸は、劇物なので取り扱いには十分に注意する。特に、蓋を開けた際に塩化水素が揮発する危険性が高いので、ドラフト内で作業する。質量パーセント濃度 37%、密度 1.19g/mL であることから、モル濃度は約 12mol/L である。毒物及び劇物取締法により 10%を超える塩酸は劇物に指定される。

塩酸 (NaRiKa 500mL 1,300 円) 劇物



1 mol/L 塩酸

### ・ メチルグリーン・ピロニン染色液

メチルグリーンはDNAを青緑色に、ピロニンはRNAを赤桃色に染色する。メチルグリーン・ピロニン染色液は1ヶ月程度で染色力が落ちるなど保存が利かないので、調製されたものをその都度買うよりは、粉末のそれぞれの試薬を買って、調製した方が長い目で見ると経済的である。

メチルグリーン (ケニス 10g 21,400 円)

ピロニンG (ケニス 10g 18,300 円)

メチルグリーン・ピロニン染色液 (UCHIDA 100mL 4,500 円)

※調製法について、詳しくは巻末資料「調製集」を参照。



メチルグリーン・ピロニン染色液

## トピック

### 「ネムリユスリカ」について

アフリカ中央部の半乾燥地帯に生息するネムリユスリカは、極度の乾燥条件に耐える能力、クリプトビオシス (Cryptobiosis, 隠された生命という意味) をもつ高等な大型生物である。

他に、自らが乾燥状態に反応してクリプトビオシスを行う生物として、ワムシ、センチュウ、クマムシ、イシクラゲなども知られる。


体内の水分が 3%以下になるまで乾燥するが、無代謝の状態で生き続けることが出来、吸水すると 1 時間程度で動き回る。

参考HP

「Sleeping Chironomid 【ネムリユスリカのHPによろこそ！】」

## 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	1組	
<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	2つ	 1つは柄付き
<input type="checkbox"/> 柄付き針	1つ	針でも可
<input type="checkbox"/> 爪楊枝またはマッチ棒	1つ以上	
<input type="checkbox"/> 9 cm ペトリ皿	1組	
<input type="checkbox"/> ろ紙 (2つまたは4つ切り)	多め	
<input type="checkbox"/> ピペット (塩酸用)	1つ	
<input type="checkbox"/> スポイト (水用)	1つ	
<input type="checkbox"/> 50mL ビーカー	1つ	
<input type="checkbox"/> アカムシユスリカ	約 10 匹	
<input type="checkbox"/> 1 mol/L 塩酸	1つ	
<input type="checkbox"/> メチルグリーン・ピロニン染色液	1つ	

### ★教員用

生徒用と同じもの 1組



### 準備に必要な用具

- ・ はさみ
- ・ ピンセット
- ・ 冷蔵庫
- ・ 水
- ・ 容器 (小さなペトリ皿やビーカー)
- ・ 濃塩酸
- ・ 蒸留水
- ・ ビーカー
- ・ メスシリンダー
- ・ メスフラスコ
- ・ 駒込ピペット
- ・ 試薬ビン
- ・ ラベル
- ・ プチボトル
- ・ 調製済染色液 (※)
- ・ 駒込ピペット
- ・ ラベル
- ・ 冷蔵庫



代替

光源，ユスリカを押さえる用具，容器，液体を入れるビンなどは代わりになるものを工夫してかまわない。

※メチルグリーン・ピロニン染色液を調製する場合は、次の用具が必要になる。

- ・試薬（メチルグリーン、ピロニン）
- ・薬さじ           ・薬包紙           ・はかり           ・蒸留水
- ・ビーカー       ・三角フラスコ   ・加熱器（ガスバーナー）
- ・三脚            ・金網

（簡易法で作成する場合以下は不要）

- ・クロロホルム
- ・分液ろうと   ・スタンド       ・ろうと台



### ①前日まで

ユスリカ、塩酸、染色液、ろ紙を用意する。




10 匹前後ずつ小さな容器に小分けし、冷蔵庫で保管する。



アカムシの幼虫を冷蔵庫で冷やして

おくと、暴れずに作業させやすい。

1 mol/L 塩酸を試薬ビンに小分けする。濃度を厳密にする必要はないので、蒸留水 110mL に濃塩酸 10mL の割合で希釈して 1 mol/L 塩酸にする。

メチルグリーン・ピロニン染色液を用意し、プチボトルに入れる。 新しい方がきれいに染色できるため、実験が近くなってから調製（巻末資料「調製集」を参照）して冷蔵庫で保管する。調製済みの製品も販売されている。

ろ紙を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。

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

## ◎観察, 実験

### 観察, 実験の流れ

#### □導入

- ・前時までの確認
- ・だ腺染色体は何本観察できるか  
答) アカムシユスリカは3本, セスジユスリカは4本  
(相同染色体が対合しているため, 染色体数の半数見える)
- ・RNAはどこで観察されるか  
答) 核の核小体や染色体のパフ
- ・パフでは何が行われているか  
答) RNAがあることから転写が行われている

#### □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
- ・安全面の注意
- ・だ腺染色体を観察し, パフでRNAが合成されていることを確認させる (本実験)

#### □結果のまとめ, 考察

- ・観察からわかったこと
- ・観察するものによってパフの位置が異なっているが, パフの位置の違いは何を意味しているか  
答) 発現している遺伝子が異なっている

#### □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「1 2 パフの観察.pptx」を参照

### ① だ腺の取り出し (2分)


スライドガラスにユスリカの幼虫を載せ, 頭部の確認をする。胴体をピンセットでつかみ, 頭部をもう一つのピンセットでしっかりと押さえ引き抜く。だ腺以外の不要な部分を取り除く。

 →状態 1 の原因 1, 3 (p. 143)



**消化管に付いた2つの1mm程度の透明な塊がだ腺である。**消化管や脂肪は不透明なので, 色の付いた紙を下に敷くなどすると判断しやすい。

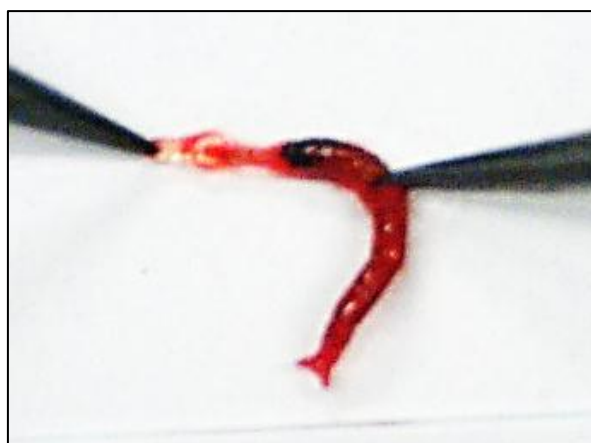


うまく引き出せずにだ腺を胴体に残した場合は, 柄付き針でしごいて中身を全て出し, 透明なだ腺を探す。 →状態 1 の原因 2 (p. 143)

頭部は非常に固く, 残すとカバーガラスが割れる原因になるので, 必ず取り除くようにする。



→状態 2 の原因 1 (p. 143)





## ② 塩酸固定（2分）



だ腺を塩酸で1分固定した後、塩酸をろ紙で吸い取る。



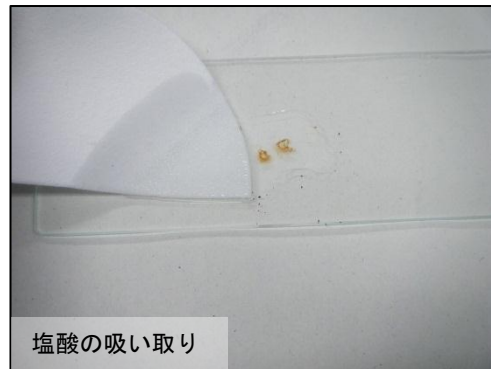
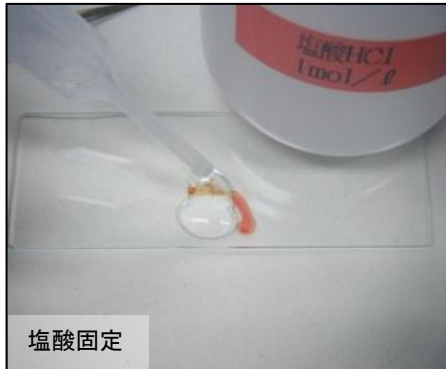
塩酸で固定すると、染色体が締まってきれいに染色される。



無水エタノール、ファーマー液で固定する例もあり、固定後に液をろ紙で吸い取るだけで簡単であるが、塩酸の方がきれいに観察できる。



固定しないと、横縞は不鮮明だがDNAとRNAの染め分けはできるため、省略可能である。



## ③ 塩酸の除去（2分）



水をかけ、水をろ紙で吸い取る。

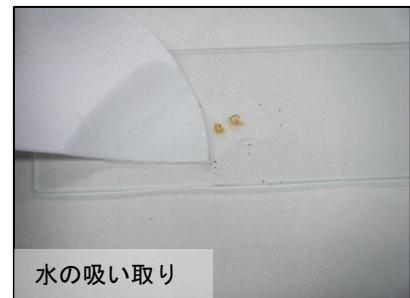
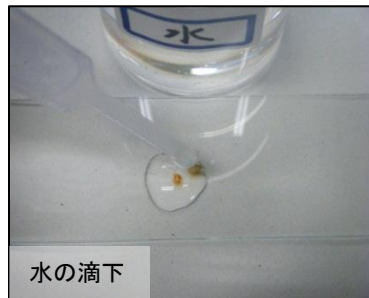
2回以上繰り返す。



**塩酸を完全に取り去らないと、酸性で桃色にしかなかったら、水で染まらない。**水を吸い取る際、ろ紙がだ腺につかないように注意する。



②を省略した場合、不要である。



## ④ 二重染色（12分）

メチルグリーン・ピロニン染色液を滴下し、8分前後置く。

待つ間に、2枚分①～④の行程を行い、予備をつくる。



**染色時間が短いと、きれいに染色できないので注意する。**濃く染まりすぎた場合は、ブタノールを滴下することで脱色することができるが脱色時間の判断が難しい。染色時間を調整する方が現実的である。

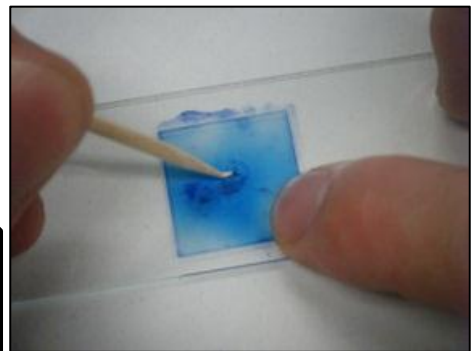
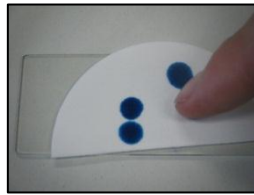
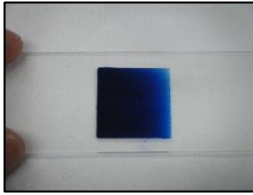



よいプレパラートが得られない可能性があるため、必ず予備のプレパラートを作成させる。



### ⑤ 染色体の展開（5分）

空気が入らないようにカバーガラスを載せる。ろ紙を載せて指で押さえ、余分な染色液を除く。カバーガラスを爪楊枝など比較的やわらかい素材で垂直にたたいて、染色体を展開する。予備2枚分も同様に展開する。



**注意** 押しつぶしが弱いと染色体が広がらない。逆に、強すぎたり、カバーガラスをずらしたりすると染色体が切れてしまう。余分な染色液を追い出すように押しつぶした後、だ腺のあった部分を展開する。 →状態2の原因2 (p.143)  
検鏡後、展開が足りなかった場合は、さらにたたいて展開するとよい。

### ⑥ 観察・スケッチ（17分）

低倍率で検鏡し、だ腺染色体を見付ける。だ腺染色体が広がっているものを探し、高倍率でパフや横縞の様子を観察・スケッチする。

**注意** だ腺染色体は多くの横縞が見られ、パフでは横縞が不鮮明になり膨らんでいる。メチルグリーンはDNAを青緑色に、ピロニンがRNAを赤桃色に染色する。組織が桃色に染まっているため、パフのピロニン染色されたRNAが目立ちにくいですが、横縞の状態と桃色の濃さで判断する。



## まとめ

- ① 巨大染色体であるだ腺染色体を利用して、パフを観察し、実際に染色体がほどけて横縞がはっきりせず膨らんでいることが確認できた。
- ② 二重染色によってだ腺染色体がメチルグリーンによって青緑色に、パフがピロニンで赤桃色に染色されたことから、パフでRNAが合成されていることを確認できた。

## ◎後片付け

### ■後片付けのさせ方

- ・使用しなかったユスリカは、ペトリ皿に入れたまま回収する。
- ・ろ紙やユスリカの残骸は、燃えるゴミに捨てさせる。
- ・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。
- ・実験後、薬用石けんで手を洗わせる。

### ■器具等の管理

- ・残ったユスリカは、魚の餌にするなどして野外に流出させない。
- ・回収したものは種類毎に分け、再点検した上で乾かし、それぞれの器具置き場に戻す。
- ・スライドガラスは染色液が取れていない場合があるので、70%エタノールで拭いてから片付けるようにする。
- ・塩酸は実験室に放置せず、授業が終わったらすぐに薬品庫に戻す。
- ・メチルグリーン・ピロニン染色液は、冷蔵庫に保管する。

## 失敗例

### ●状態1 だ腺が得られない

原因1 頭部と尾部を間違っている

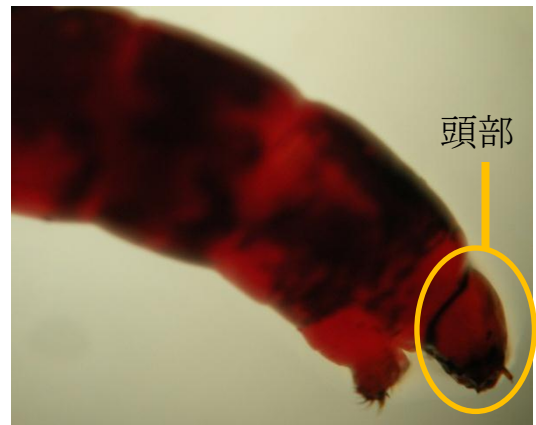
頭部と見誤って尾部を引っ張っても、だ腺は取り出せない。肉眼で判断が出来ない場合は、ルーペなどを使って頭部を確認した上で頭部を引き抜くとよい。

原因2 頭部が押さえられない、だ腺が胴体に残っている

頭部を上手く押さえられない場合、頭部近くをちぎり、胴体の5節目あたりから前方に柄付き針でしごいて中身を全て出し、透明なだ腺を探す方法を用いる。だ腺を胴体に残した場合も同様にする。

原因3 だ腺とそれ以外の区別がつかず、取り除いている

だ腺は、透明なハート型をしていて目立ちにくい。黒い紙などをスライドガラスの下に置く、光にかざすなどして他と区別する。



アカムシスリカの頭、胸部

### ●状態2 カバーガラスが割れてしまう

原因1 頭部が残っている

頭部は非常に固く、残すとカバーガラスが割れる原因になる。だ腺は透明なのに対し、頭部は丸く色が付いているため判断しやすい。必ず取り除くようにする。

原因2 固いもので展開した

一点に強い力がかかるとカバーガラスが割れてしまう。爪楊枝やマッチ棒の軸など柔らかい木材を使用し、カバーガラスをたたく前に角がないようにしてから展開するとよい。

### ●状態3 うまくだ腺染色体が観察できない

原因1 塩酸が残っている

酸性のままだと桃色にしか染色しないので、しっかりと水で塩酸を除去する。質は落ちるが簡単な固定方法の、無水エタノールで固定する方法や固定しないで染色する方法を用いる。

原因2 染色時間が短い

染色液の状態や気温によって染色時間を長くする。

原因3 押しつぶしが悪い

ずらさないようにスライドガラスの端を指で押さえた状態で、爪楊枝などで垂直に力を加えて展開する。

原因4 顕微鏡の操作が未熟である

基本的な操作を確認した上で観察する。

## 別法

### 別法①

- ・ユスリカの幼虫ではなく、キイロショウジョウバエの幼虫，ギンバエの幼虫（サシ）などを使うもの  
キイロショウジョウバエは，遺伝の実験動物としてよく知られており，発生過程とパフの大きさと位置関係などよく研究されている。しかし，幼虫も2～3mmと小さいために，だ腺を得ることが難しい。  
サシは1cm程度と大きい，ギンバエの幼虫であるため生理的な拒絶が強い。また，脂肪が多く，だ腺を見付け出すのが難しい。  
ユスリカ以外の双翅類からもだ腺染色体が観察できるという，発展実験として扱う場合に実施するとよい。

### 別法②

- ・RNAが合成されている場所は確認出来なくても，パフや横縞の観察に重点を置くもの  
核や染色体を染色する，一般的な染色液である酢酸カーミン染色液，酢酸オルセイン染色液などを用いる。単純に，パフや横縞を観察するだけであれば，これらの染色液での染色の方がパフや横縞が判断しやすく，操作も簡単である。  
生物基礎で扱う内容が「遺伝情報の発現」であるため，観察からパフでRNAが転写されていると推定できるメチルグリーン・ピロニン染色が望ましい。しかし，メチルグリーン・ピロニン染色液が手に入られなかった場合は，この方法でだ腺染色体の横縞とパフを観察させる。



## 器具の取り扱い

### ・メスフラスコ（準備で使用）

正確に定められた濃度と容量の溶液を調製するとき用いるフラスコ。メスフラスコの容量とは、標線まで液体を満したとき、その中にある液体の容量である。

溶液を調製するときは、フラスコ内で溶解するのではなく、あらかじめ別の容器で溶解してからメスフラスコに移す。少量の蒸留水を用いて試料溶液が入っていた容器を洗い、これもメスフラスコに入れる。

試料と蒸留水が混ざる際に体積変化が起こることがあるため、一度に標線の近くまで希釈すると体積が不正確になるおそれがある。

液面を標線に合わせた後、溶液全体を攪拌するときは左右に振るだけではよく混ざらない。転倒を繰り返してよく振り混ぜる。

メスフラスコもホールピペット、ビュレットと同じく加熱乾燥してはいけない。水溶液をつくる時は水で希釈するので、水で濡れていても問題はない。蒸留水で洗って、乾燥させることなくそのまま用いる。



メスフラスコ

### ・分液ろうと（試薬調製で使用）

上部投入口に栓を持ち、ろうとの足の付け根に二方コックがあるろうと。互いに交じり合わない液体を分離する為に使用される。ドラフト内または換気設備の整った場所で使用し、有機溶媒の蒸気を吸わないようにする。

使用手順は次の通りである。

- ① 栓やコック等のガラスの擦り合わせ部分は、あらかじめ水で濡らしてから使用する。コックが開いていたり、栓の孔と溝が合っていないと、内部の溶液がこぼれるので、注意すること。分液ろうとの下に三角フラスコ等の受け器を置く。コックが閉じていることを確認する。
- ② 試料溶液を分液ろうとに注ぐ。続いて有機溶媒を入れる。少量の溶媒を用いて試料溶液が入っていた容器を洗い、これも分液ろうとに入れる。分液ろうとに入れる溶液の全量は容積の6割程度までとする。これ以上入れると有機相と水相をよく混ぜ合わせることができない。
- ③ 圧力抜き穴を閉じる。手のひらで栓を押さえて逆さにし、直ちにコックを開けて内部の圧力を開放する。コックを開けるとき、内圧によって先端部から溶液が吹き飛ぶことがあるので、これを周りの人や自分に向けないこと。
- ④ 分液ろうとを振って溶液を混ぜ合わせる。内圧の上昇に注意し、時々コックを開けて内部の圧力を開放する。
- ⑤ 分液ろうとをろうと台に戻して静置し、有機相と水相がわかれたら栓を外す。比重が大きい溶媒が下になるので、有機溶媒の密度に注意し、間違えないようにする。
- ⑥ コックを開けて、下相を下の受け器に入れる。上相を上の方の口から別の容器に移す。



分液ろうと

## 13

## 血球の観察（哺乳類）

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週間～	1時間	40分

## 目的と内容

哺乳類の血球を観察し、血球の特徴について理解する。

生徒の多くは中学校でメダカを使った血流の観察を行っているが、この観察では血管を流れる赤血球を主に見ているだけである。血液の中に、赤血球以外にも白血球や血小板といった有形成分があることを実際に見ることができる実験である。

ヒトの血液が観察材料として使用されなくなり、マウスなどから血液を採集する方法が教科書では扱われているが、現実的には難しい。ここでは市販の血液を用いた。無染色のプレパラートとギムザ染色したプレパラートを作成し観察する。

既習  
事項

中学校：動物の生活と生物の変遷

循環系とそのはたらき、血液の成分とそのはたらき及び腎臓と肝臓のはたらきについての概要を学習している。

血流の観察を行っている。

## 留意点

### 【指導面】

- ・「体内環境が保たれていることを理解すること」がこの単元の目標である。体内環境を維持するうえで重要なはたらきをしている血液の成分について理解させることを意識して指導する。
- ・脊椎動物の血球を観察し、血球の特徴について理解することがねらいであるので、全ての手順を生徒に実習させたい。染色の待ち時間の活用や血球のスケッチを省くなどの工夫で時間短縮が可能である。

- 
- ・「血液の有形成分はどのようなものがあるだろうか」「血球の形や数はどうだろうか」など導入を工夫し、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。
  - ・「なぜ乾燥させてから操作するのか」「なぜ固定するのか」「なぜ染色するのか」「なぜ裏面から水を流す必要があるのか」など、操作の意味を生徒が理解するように指導する。
  - ・「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」「血球を見付け観察しているか」などの血球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よって描いているか、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】

- ・感染症予防のためゴム手袋を着用し、血液に直接触れないように注意する。
- ・メタノールを使うので火気を扱わないように注意する。
- ・カバーガラスを割らないように注意する。
- ・実験後は石けんで手洗いをするように注意する。

### 【その他】

- ・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
- メタノール, ギムザ染色液の在庫確認
- 実験室の備品確認

#### 1週間前～

- 血液の発注

#### ～前日

- 実験プリント作成・印刷
- 血液, メタノール, ギムザ染色液の小分け

#### 当日

- 器具・教材・薬品の分配

## ☆教材の入手方法

### ・血液の入手方法

①教材業者などが販売している凝固防止処理したものを購入する。血液は, そのままだと赤血球が多すぎて観察しにくいいため, 生理食塩水で薄めて使用する。

豚の血 (ケニス 1L 0.03%クエン酸入り  
4,800円)

馬保存血液 (コージンバイオ 50mL アルセ  
バー液 1:1混合 2,500円) など

②飼育しているマウスなどから採集する。

ジエチルエーテルなどの麻酔剤で麻酔したうえで, 尾部など体の一部を傷付け少量出血させたものを採取する。



豚の血

### 薬品の情報

#### ・ギムザ染色液

血液標本染色法の1つ。ギムザ液 (メチレンブルー, エオシン, azure B の混合液) は使用直前に水で希釈して使う。マラリア研究の先駆である医学者, グスタフ・フォン・ギムザの名を取って「ギムザ染色」と呼ぶ。ドイツ・ハンブルクの熱帯病研究所にて, マラリア原虫の染色法として開発された。現在も臨床現場で広く用いられている。

ギムザ染色液 (NaRiKa 100mL 2,400円, ケニス 100mL 2,600円)

染色されるものは以下の通り。

- 赤血球 (青味がかった赤)
- 血小板 (青)
- 好中球 (赤紫)
- 好酸球 (赤)
- 好塩基球 (青紫)



ギムザ染色液



## 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"/> スポイト	2つ
<input type="checkbox"/> ピペット（染色液用）	1つ
<input type="checkbox"/> 50mL ビーカー	1つ
<input type="checkbox"/> ゴム手袋	1組
<input type="checkbox"/> 血液	1mL 程度
<input type="checkbox"/> メタノール	1つ
<input type="checkbox"/> ギムザ染色液	1つ

★教員用

<input type="checkbox"/> 消毒液入りバット	1つ
<input type="checkbox"/> 熱湯	適量
<input type="checkbox"/> ビーカー	1つ



動物、光源、容器、液体を入れる用具などは  
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

※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
・ビーカー	・生理食塩水
・スポイト	・3cm ペトリ皿
・試薬ビン	・ラベル
・プチボトル	・ラベル



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 1週間前～

血液の発注をする。メタノール、ギムザ染色液、生理食塩水を用意する。

岩手県では(株)岩手畜産流通センターがウシやブタの解体を行っているが、衛生上の理由から血液を譲ってもらうことができない（平成 24 年度現在）。教材業者などに凝固阻止の処理をしたウマ、ヒツジ、ブタなど哺乳類の血液を実験前日または当日実験前に届くように発注する。マウスなどを飼育している場合は、それらから実験の直前に血液を採集する。

発注した血液が届いたら、すぐに冷蔵庫で保管する。  →状態 1（p. 153）

メタノールは、試薬ビンなどに小分けする。ギムザ染色液は、プチボトルなどに入れる。

生理食塩水は水 100mL に塩化ナトリウム 0.9g の割合で溶かす。

#### ② 当日

血液は直前に冷蔵庫から取り出し、生理食塩水で 10～20 倍程度に薄めて、小ペトリ皿などに小分けする。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

- ・既習事項の確認
- ・血液の有形成分はどのようなものがあるか  
答) 白血球，赤血球，血小板
- ・血球の形や数はどうだろうか  
答) 白血球・・・大きく有核，6000～8000/mm<sup>3</sup>  
赤血球・・・白血球より小さく円板型で無核，男性 500 万/mm<sup>3</sup>・女性 450 万/mm<sup>3</sup>  
血小板・・・小さく無核，15 万～35 万/mm<sup>3</sup>

#### □目的を理解させる

#### □観察，実験

- ・観察手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面の注意
- ・哺乳類の血球を観察し，血球の特徴について理解する（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「13 血球の観察.pptx」を参照

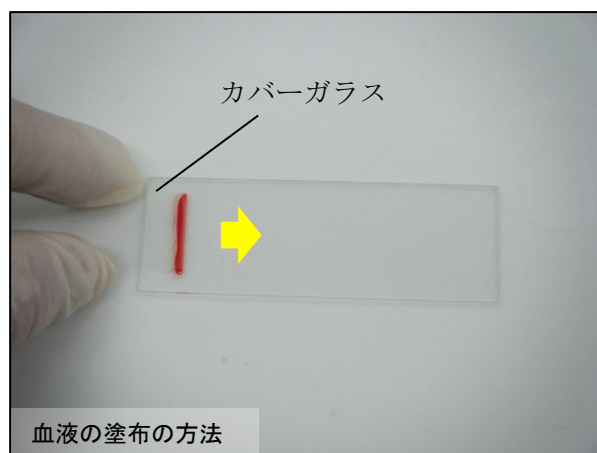
### ① プレパラートの作成（5分）

そのまま観察するプレパラートは，血液をカバーガラスの角を使って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，血液をカバーガラスの一边を使ってスライドガラス2枚以上に塗り，乾燥させる。

 付録資料スライド6

 動画ファイル「動物血液の塗布」に動画あり



そのまま観察するプレパラートの血液は，スライドガラスの中央に滴下する。




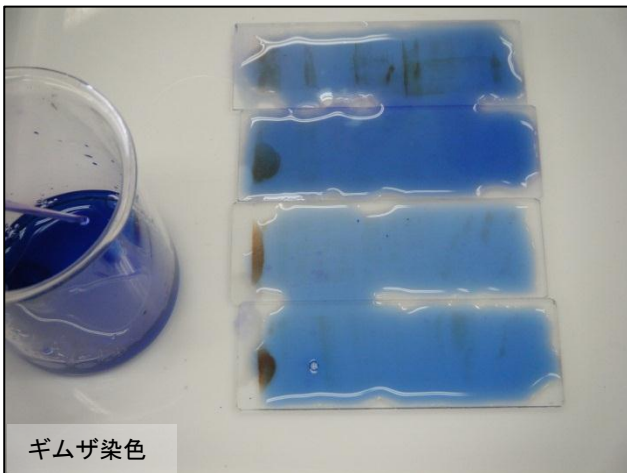
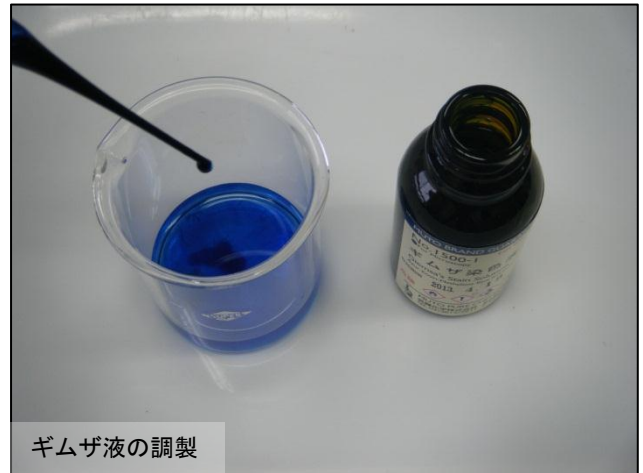
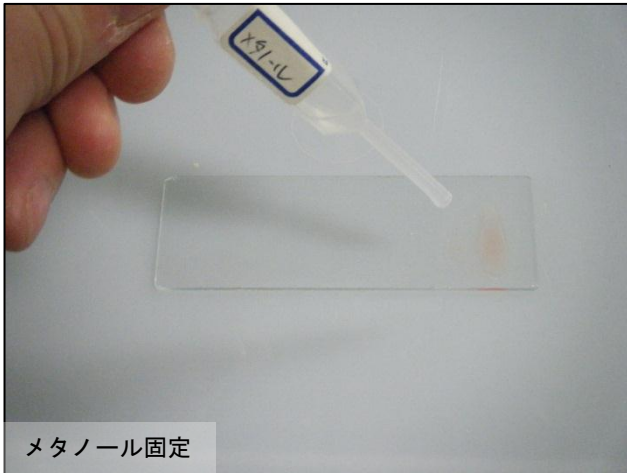
ギムザ染色をするプレパラートの血液は，スライドガラスの端に付け，カバーガラスを使って，血液を薄く塗り広げ乾燥させる。


スライドガラスとカバーガラスとの角度は 30°～45° 程度が適当である。一定の速さで塗布する。速いと薄く，遅いと厚くなる傾向がある。



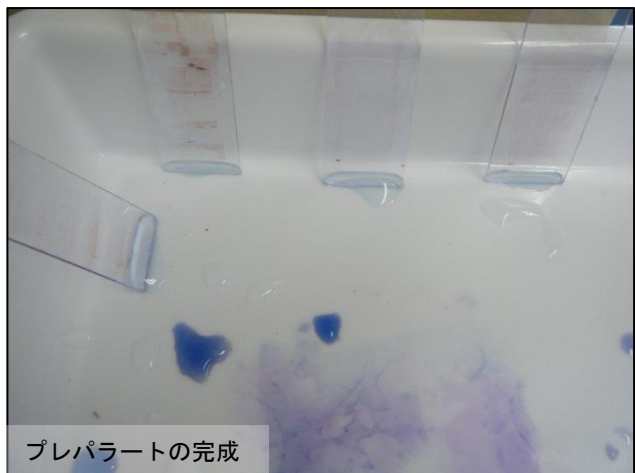
## ② プレパラートの作成2 (20分)

・ギムザ染色するものは、乾燥させた後に固定のためメタノールを滴下し2分程度置く。水1 mL にギムザ染色液1滴の割合で希釈してギムザ液をつくる。メタノールを乾燥させた後、ギムザ液をかけ、10分以上放置して染色する。  →状態2 (p. 153)



 **固定や染色を行う前は、しっかりと乾かしておく。**乾燥していないと細胞剥離しやすい。  
血液の塗布にムラがあっても細胞剥離しやすい。

・染色後、裏返し直接水が当たらないように裏面に流水をかけ余分なギムザ液を静かに洗い流す。まわりの水分を取ってから、カバーガラスを載せプレパラートとする。



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

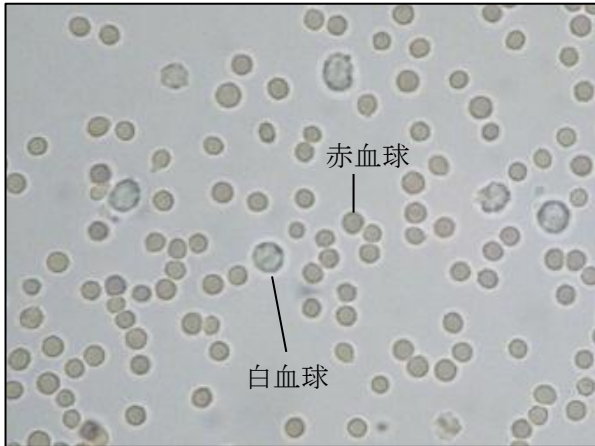
生物の体内環境の維持

生物の多様性と生態系

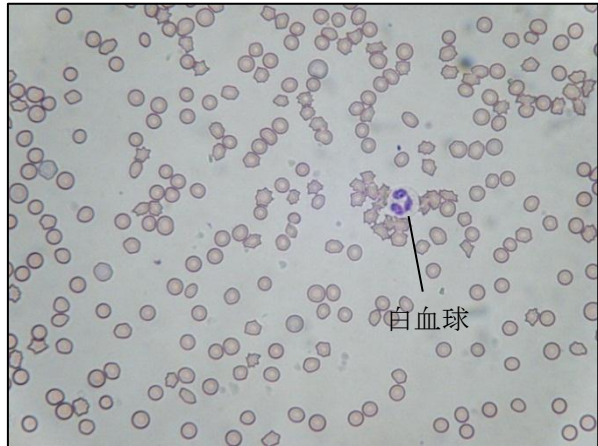
巻末資料

### ③ 血球の観察・スケッチ (15分)

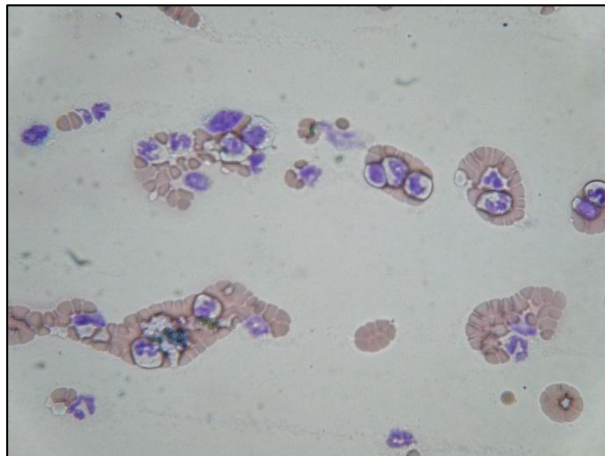
そのままのプレパラートと、ギムザ染色したプレパラートを観察する。しぼりを絞って、低倍率(15×4)でピントを合わせる。倍率を上げ、どのような形、色の血球が観察できたかスケッチする。



ブタの血球 (無染色)



ブタの血球 (ギムザ染色) 塗布の始点付近



ブタの血球 (ギムザ染色) 塗布の終点付近



血液を付けたところを中央におき、低倍率から観察させる。

そのままのプレパラートでは、血液を薄めないと赤血球が塊をつくって観察しにくい。白血球は赤血球より少し大きく、無色で観察される。

ギムザ染色のプレパラートでは青みがある部分に白血球があるため、その部分を観察させる。カバーガラスを使って塗布した場合、塗布の終点に大きな細胞である白血球が集まる傾向がある。

## まとめ

- ① 血液の有形成分の特徴を確認できた。
- ② 哺乳類では白血球だけ有核であることが確認できた。
- ③ 有形成分の中で赤血球が一番多いことが確認できた。

## ◎後片付け

### ■後片付けのさせ方

- ・スライドガラスはそのまま、熱湯を入れたビーカーに回収する。
- ・血液を入れたペトリ皿は、洗わずに教卓に用意した消毒液を入れた容器に回収する。
- ・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。
- ・実験後、石けんで手を洗わせる。

### ■器具等の管理

- ・回収したものは種類毎に分け、再点検した上で乾かし、所定の器具置き場に戻す。
- ・固定で使用したスライドガラスは細胞が落ちにくいので、お湯につけ時間を置いてから洗う。スライドガラスは染色液が取れていない場合があるので、アルコールで拭いてから片付けるようにする。
- ・染色液は、暗所に保管する。
- ・メタノールは、火気のないところに保管する。
- ・感染症予防のため、実験台に消毒液を噴霧し拭き取る。



## 失敗例

### ●状態1 細菌が繁殖している

原因1 常温で放置した

教材会社で扱っている血液は、食肉用に解体した動物からの副産物であるため細菌が混入していることが多い。血液を無菌状態で採取した細菌培養用のものでも、封を開けると細菌が混入してしまう。細菌を増殖させないため、冷蔵庫で保管する。

原因2 入手から日数がたった

細菌は、冷蔵庫で保管してもスピードが遅いながらも増殖する。入手から日数を置かないようにする。

### ●状態2 血球が見られない

原因1 血液の塗布を失敗した

血液の塗布は、適した角度で一定の速さで行わないと、ムラができて細胞剥離が起こりやすくなる。スライドガラスとカバーガラスとの角度は  $45^\circ$  程度にし、2秒程度で塗布するつもりでカバーガラスを一定の速さで滑らせるとよい。

原因2 染色の操作が未熟である

乾燥が不十分だったり、流水を直接当ててしまったりすると、細胞がはがれてしまう。しっかりと乾燥する、裏側から流水をかけるなど、基本手順を守る。

原因3 顕微鏡の操作が未熟である

基本的な操作を確認した上で観察する。特に対照の無染色のプレパラートにある透明な細胞は、ピントを合わせにくいので、しぼりを絞ってコントラストを高めて観察する。

### トピック

#### 脊椎動物の血液

脊椎動物の場合、血液のなかの血球はすべて、骨髄にある造血幹細胞（血球芽細胞）から分化してつくられている。血球は赤血球、血小板、白血球に大別される。

白血球は通常、好中球・好酸球・好塩基球・リンパ球・単球の5種類とされる。

好中球、好酸球、好塩基球は、細胞質に殺菌作用を持つ顆粒が存在するため顆粒球というが、ギムザ染色による染色のされ方の違いによって分類される。主に好中球が食作用にはたらき、抗原提示は行わない。単球は異物が侵入すると組織へ移動し、自由に変形できるマクロファージや樹状細胞となって、食作用にはたらく。主に樹状細胞がヘルパーT細胞に抗原提示を行い、獲得免疫が行われる。

## 別法

### 別法①

- ・市販のプレパラートで観察するもの

プレパラートが市販されているため、確実に観察でき失敗がない。ヒトの赤血球のプレパラートは、10枚組で4,500円程度である。しかし、血液を観察するためのプレパラートをつくる過程も大切であるため、プレパラート作成から行わせたい。

### 別法②

- ・哺乳類以外の脊椎動物を使って観察するもの

鳥類、爬虫類、魚類などの血液を用いる。スーパーマーケットで手に入る新鮮なニワトリの心臓やアジ、ペットショップで手に入る金魚、湖沼で採集できるカエルなどが利用可能である。哺乳類と異なり、赤血球が有核であることに留意しておく。

### 別法③

- ・血餅を観察するもの（数研出版で採用）

クエン酸ナトリウムを血液凝固防止剤として加えられた血液に、塩化カルシウム水溶液を加えることで血液を凝固させ観察する。

### 別法④

- ・フィブリンを観察するもの（数研出版で発展として紹介）

凝固防止処理された血液を低温で静置し、血球の層と血しょうの層に分かれる。血しょうの層を取り出し、塩化カルシウム水溶液を加えることで、フィブリンをつくり観察する。

### 別法⑤

- ・血液に酸素や二酸化炭素を送り込んで、赤血球のヘモグロビンの変化による色を観察するもの

ヘモグロビンはそのままでは暗紅色、酸素と結び付いた酸素ヘモグロビンで鮮紅色となるため、生理食塩水で薄めた血液に酸素や二酸化炭素を送り込んで、その色の変化を観察する。

### 別法⑥

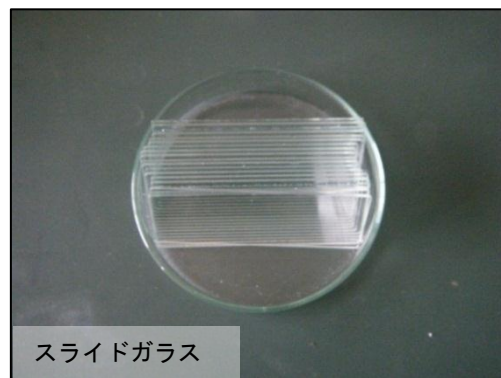
- ・体液濃度の変化が赤血球に与える影響を調べるもの（各教科書会社の探究活動で採用）

濃度が異なる塩化ナトリウム水溶液やスクロース水溶液に血液を入れ、赤血球がどのような影響を受けるかを調べる。等張液、低張液、高張液を用意して観察するもの、濃度変化を細かく分けてそれぞれを観察するものなど可能である。遠心分離器があれば、それぞれの濃度で上澄みと沈殿物を分けて観察したり、試験管で濃度毎の溶血の度合いを比べたりなど様々な工夫ができる。

## 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。



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。

## 14

## 腎臓の観察（ブタ）

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	3～5日	1時間 20分	40分 40分

## 目的と内容

哺乳類の腎臓を解剖することによって、腎臓の構造を観察し、血管と尿生成のしくみとの関係を理解する。

生徒の多くは解剖に抵抗感をもつが、血液から尿が腎臓でつくられるという知識は、観察することによって実感できる。さらに、実物の臓器に触れることで、その構造の複雑さと巧妙さ、さらには生物の神秘や尊さを実際に感じることができるものである。

生徒実験の材料としては、安価であること、数がそろうことが必要である。ここでは、食肉用の「マメ」として流通しているため、ブタの腎臓を採用した。

生徒に実習させたい操作と観察を1単位時間で終えるのが難しいため、2単位時間で構成した。観察、実験を行う時数が不足している場合は、留意点や別法を基に構成し直せるように配慮している。

既習  
事項

中学校：動物の生活と生物の変遷

循環系とそのはたらき、血液の成分とそのはたらき及び腎臓と肝臓のはたらきについての概要を学習している。

血流の観察を行っている。



## 留意点

### 【指導面】

- ・「生物の体内環境が保たれていることを理解すること」がこの単元の目標である。腎臓のはたらきによって体液中の塩類などの濃度が保たれることを理解させることを意識して指導する。
- ・腎臓の構造を観察し、血管と尿生成のしくみとの関係を理解することがねらいであるので、少なくとも1校時目の手順⑤、手順⑥と2校時目の内容は生徒に実習させたい。被膜を取り除いておく、腎動脈を爪楊枝などで示しておく、外観などのスケッチを省く、注入を演示にして注入済みの腎臓片を前もってつくっておくなどの工夫で時間短縮が可能である。過程は探究する能力と態度を育てるために大切であるが、達成感をもたせるため腎臓や糸球体の観察の時間を十分に確保する。

- 
- ・液体をきれいにするという共通点がある浄水装置と腎臓の違いや、もしも、腎臓を悪くしたり失ったりした場合どうなるかなどを考えさせ、腎臓の巧妙さや大切さを意識させるなど、事前指導を工夫し、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。
  - ・教科書では腎臓内部の肉眼で見ることができる構造について、あまり記載がないが、実物をみた時に特徴的な構造 (p. 166 参照) について指導する。
  - ・「腎門にある管をどう見分けるか」「皮質、髄質、腎うの様子やその境目はどうなっているか」「尿はどうやって集められるか」「黒い粒々やそのまわりは顕微鏡で見るとどうなっているか」「尿はどうやってつくられるか」など、観察でどこに注目すべきか生徒が意識するように指導する。
  - ・「腎門の管を見付けているか、腎動脈を的確に判断しているか」「墨汁の注入を手際よく丁寧に行っているか。」「腎臓を上手に2つに分けているか」「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」などの腎臓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から描いているか、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】

- ・感染症予防のため、ゴム手袋をして作業を行う。
- ・消毒液を準備し、直接触れた場合や作業後に使用する。
- ・解剖ばさみやメス、カミソリで手を傷付けないように注意する。解剖ばさみは刃先に丸みがある方を腎臓側にして切る。

### 【その他】

- ・見た目や臭いのために、嫌悪感や抵抗感をもつ生徒もでるが、あまり騒がず、腎臓のはたらきの大切さや構造の複雑さと巧妙さなどに触れながら進めていくと、大抵の生徒は自然と実習に参加する。
- ・気持ち悪くなった生徒、どうしても出来ない生徒は、申し出るように配慮する。
- ・墨汁などが飛び散ることがあるので、実験衣やエプロンを用意させる。
- ・可能な限り、班の人数を減らして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
- 墨汁の在庫確認
- 実験室の備品確認

#### ～3日前

- ブタの腎臓の在庫確認, 発注

#### ～前日

- 実験プリント作成・印刷
- 実験衣持参の連絡
- 墨汁の在庫確認
- 腎臓の選別
- 生理食塩水の作成
- 注入用のガラス管の作成

#### 1校時目当日

- 墨汁の小分け
- 器具・教材・薬品の分配

#### 1校時目終了後

- 腎臓片の切り出し, 凍結

#### 2校時目当日

- 器具・薬品の分配
- (直前) 冷凍腎臓片の配付

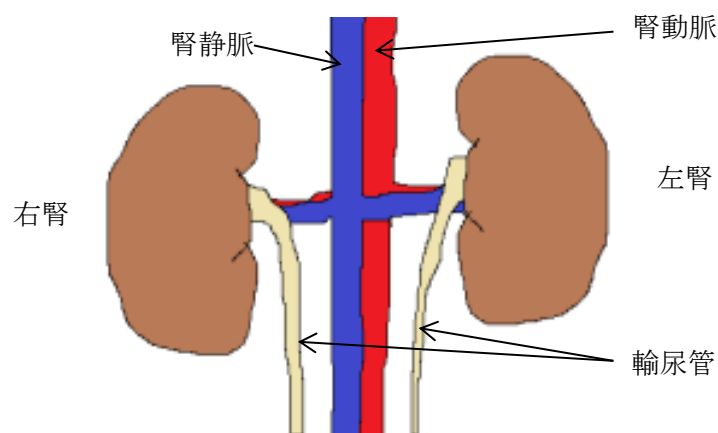
### トピック

#### 腎臓に関する豆知識①

ウシやブタの腎臓は、「マメ」と呼ばれる食材である。日本ではあまり食べられていないが、欧米では一般的に食べられている。

哺乳類の腎臓は中胚葉の腎節から分化し、は虫類、鳥類と同じく後腎由来である。魚類、両生類は中腎由来、円口類は前腎由来である。

肝臓によって圧迫されるため、右腎は左腎よりやや低い位置にある。



ヒトの腎臓の大きさは、約 150g, 縦約 12cm, 幅約 6cm, 厚さ約 3cm である。

## ☆教材の入手方法

### ・ブタの腎臓の入手方法

①食肉店から購入する。

腎臓 100 円程度/個

②(株)岩手畜産流通センター商品三課から購入する。

(電話 019-XXX-XXXX FAX 019- XXX-XXXX)

100 円程度/kg (平成 24 年現在)

腎臓 1 個 (150~300 g) 当たり 15~30 円相当

最低でも3日前までに(株)岩手畜産流通センター商品三課に電話し、申し込み者名、FAX 番号、納期、必要数を伝え、入手可能か確認する。加えて、血管が残っているものが欲しいことを伝える（しかし、食肉用に解体しているので希望通りにならないこともある）。

確認後、「検体採取申込書」（次ページ参考）が FAX で送られてくるので、必要事項を記入し、血管が残っているものが欲しいこと、受け取り方法、受け取り日時、代金の支払い方法を余白に書き加え、FAX で送信する。

※その日の解体数、注文数によって、入手できない場合もあるので、注文前に必ず、電話で確認する必要がある。平日の午後に直接受け取りに行く方法で注文すると、その日に解体された新鮮な腎臓が入手できる可能性が高い。また、火曜日から金曜日の昼受け取りであれば、前日に解体された腎臓を宅配便（冷蔵）で受け取ることが可能である。

冷凍してあっても解凍を上手に行えば普通に使える。早めに取りよせて学校で冷凍保存してもいい。



### 事前確認

- ・希望期日までに必要数が入手可能か電話で問い合わせる
- ・申し込み者名、FAX番号、納期、必要数を伝える
- 血管が残っているものが欲しいことも伝える

### 発注

- ・送信されてきた「検体採取申込書」に必要事項を記入しFAX送信する
- ・受け取り方法、受け取り日時、代金の支払い方法を余白に書き加える
- 血管が残っているものが欲しいことも記入する

### 受け取り

- ・直接受け取る（腎臓代金のみ）
- ・宅配便（冷蔵）で受け取る（腎臓代金+宅配便代金1,000円前後）

### 保管

- ・受け取りの次の日までに実験する → 冷蔵庫
- ・しばらく期間をおいてから実験 → ビニール袋に入れて冷凍庫  
→ 実験の数時間前に、ビニール袋にいれたまま流水解凍

平成 ○年 □月 △日

岩手県紫波食肉衛生検査所長 様

申込者 所在地 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○  
所 属 □□□□□高等学校  
職 名 教諭  
氏 名 △△ △△

連絡先電話； ▼▼▼▼-▼▼-▼▼▼▼  
F A X ； ▼▼▼▼-▼▼-□□□□

## 検体採取申込書

このことについて、下記のとおり採取したいので、よろしくお取り計らい願います。

### 記

1. 採取目的 腎臓観察のため
2. 採取年月日 平成 ○年 □月 ▼日
3. 採取場所 (株)岩手畜産流通センター食肉処理場
4. 検体部位及び数量 ○ 頭分 血管を長めに残した  
( □ 個) ものを希望します
5. 採取者氏名

以 上

(株)岩手畜産流通センター 担当；商品三課 まで  
電話 019-XXX-XXXX FAX；019-XXX-XXXX

直接、□月▼日○時に受け取りに行き、代金を支払います

〔 受取り方法、受け取り日時、代金の支払い方法  
などを記入する 〕



## 準備

### 当日のセット（1校時目）

☆生徒用		
□解剖ばさみ	1つ	
□メス	1つ	
□ゴム手袋	1組	
□爪楊枝	5本程度	
□注射器（10mL程度）	1つ	先をペンチで 切った注射針 (別法①)
□ゴム管（15cm程度）	1本	
□先を細くしたガラス管	1本	
□クリップ	1つ	
□ピンセット	1つ	
□バット	1つ	
□ブタの腎臓	1つ	
□墨汁	2mL	

### ★教員用

□生理食塩水	1L程度
□消毒液（0.05%オスパン，70%エタノールなど）	
□消毒液入りバット	
□回収用容器	
□生ゴミ袋	

### 準備に必要な用具

- ・ガスバーナー
- ・ガラス管切り
- ・解剖ばさみ
- ・冷蔵庫
- ・50mL ビーカー
- ・水
- ・塩化ナトリウム



切開用具，墨汁の注入用具，目印，注入場所を押さえる用具，容器などは代わりになるものを工夫してかまわない。



## 当日のセット（2校時目）

### ☆生徒用

<input type="checkbox"/> 光学顕微鏡	1台
<input type="checkbox"/> スライドガラス	1組
<input type="checkbox"/> カバーガラス	1組
<input type="checkbox"/> 先尖ピンセット	1つ
<input type="checkbox"/> 柄付き針	1つ
<input type="checkbox"/> 光源装置	1台
<input type="checkbox"/> 両刃カミソリ	1つ
<input type="checkbox"/> ゴム手袋	1組
<input type="checkbox"/> 冷凍腎臓片	1つ

### ★教員用

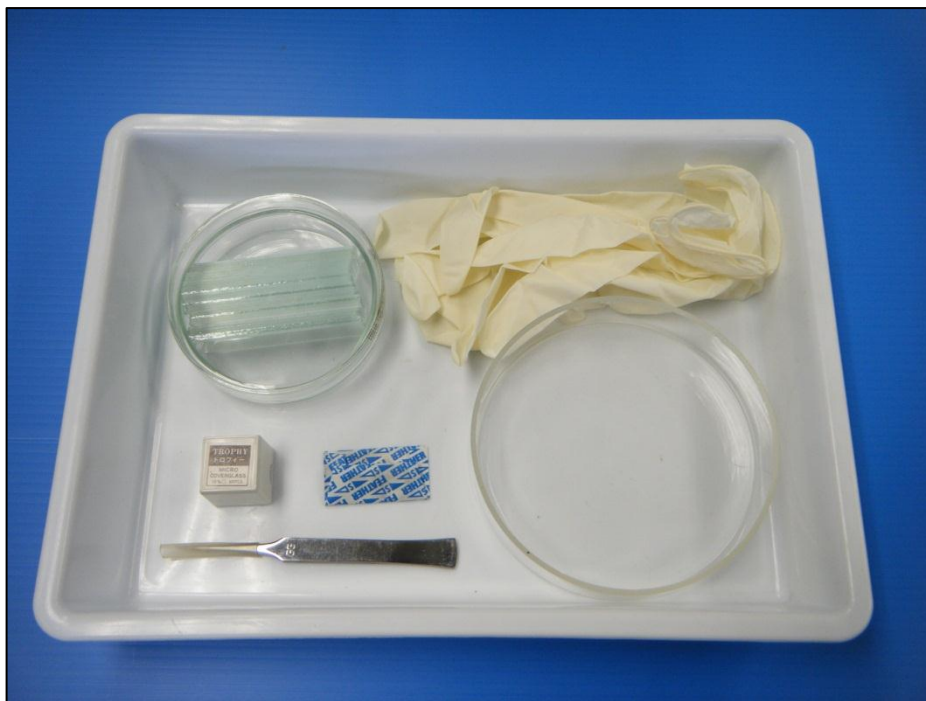
- 消毒液（0.05%オスバン，70%エタノールなど）
- 回収用容器
- 生ゴミ袋

## 準備に必要な用具

- ・解剖ばさみ
- ・ビニール袋
- ・冷凍庫
- ・9cmペトリ皿



光源，腎臓片を切る用具，容器など，代わりになるものを工夫してかまわない。



### 教材の情報

#### ・ブタ

ヒトとブタの腎臓の大きさは同じくらいと言われるが，品種によってヒトの倍ほどになる。ブタは哺乳綱ウシ目（偶蹄目）イノシシ科の動物で，イノシシを家畜化したものである。類人猿以上に体重や皮膚の状態，内臓の大きさなどが人間に近い動物である。そのため現在，異種間移植の臓器提供用動物として，研究が続けられている。

## 薬品の情報

### ・消毒液

0.05%オスバンや 70%エタノールなど、適当な消毒液を用意する。

### ・墨汁



化学的には墨汁の状態はアモルファス炭素の分散したコロイド溶液である。

消毒液



## ①～3日前

ブタの腎臓の発注をする。

岩手県では(株)岩手畜産流通センターがブタの解体を行っており、商品三課が担当である。  血管が短い場合注入が困難になるので、血管が長いものが欲しいことを伝えるとともに予備を多めに発注する必要がある。  →状態1の原因1 (p. 170)

## ②前日まで

実験衣持参の連絡、墨汁の用意をする。届いた腎臓の選別をする。注入用のガラス管を作成する。生理食塩水をつくる。

届いた腎臓は血管、輸尿管を確認し短いものを除く。短いものが多く生徒には困難な場合は、事前に腎動脈の位置に爪楊枝などを差しておく必要がある。逆に、血管、輸尿管が長すぎる場合は、生徒が血管を扱える程度残して解剖ばさみで取り除いておく。輸尿管の中に尿が残っていることがあるため注意する。

注入用のガラス管は、ビニール管の内径に適当なもので作成する。作成方法は、次ページの「☆ガラス管からパストツールピペットや毛細管針を作成する方法」に従って作成するとよい。毛細管にする必要はないため、ガラス管を引く際は少し間をおいてから引くようにする。

漏れ出した墨汁で観察しにくい場合があるため、洗浄用に生理食塩水をつくる。生理食塩水の濃度は0.9%であるため、塩化ナトリウム9 gに水991 gの割合で溶かす。

## ③1校時目当日

墨汁を分配する。器具・教材・薬品を分配してセットを用意する。

## ④1校時目終了後

回収した腎臓のうち、腎臓の皮質が黒ずんだものを選び、皮質と髄質を含んだ部分を3 cm 角程度の大きさに小分けし、ビニール袋に入れ冷凍庫で完全に凍らせる。残りの腎臓は、各自治体の処理方法に従って破棄する。

凍結させる目的は2つある。1つは、腐敗させないため、もう1つは、血管観察用の切片をつくる際、凍結していた方が薄い切片を簡単につくりやすいためである。薄片作成には少量で十分である。



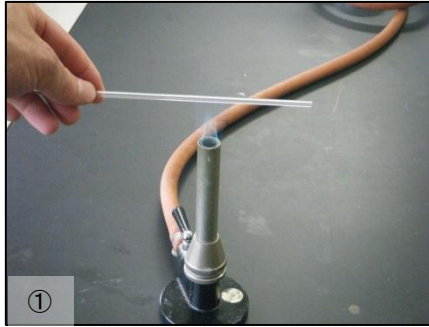
⑤ 2校時目当日

器具・薬品を分配してセットを用意する。腎臓片セットに入れない。

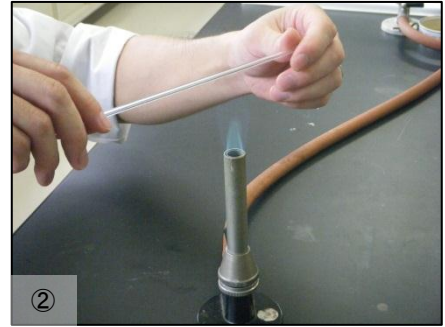
冷凍した腎臓片は、実際に操作をする直前に冷凍庫から出し配付するようにする。

## ☆ガラス管からパスツールピペットや毛細管針を作成する方法

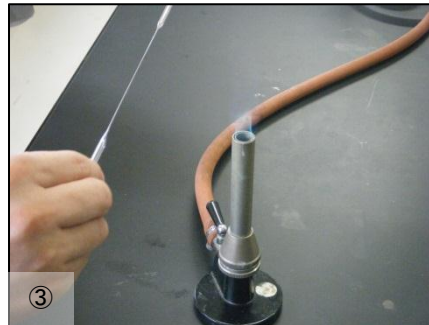
① ガスバーナーでガラス管の引き延ばしたいところをまんべんなく熱する。



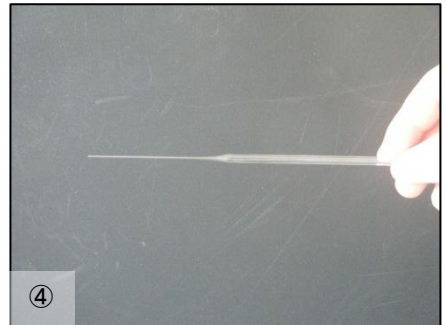
② ガラス管を回しながら熱し、柔らかくなるのを待つ。



③ 1本の管としての手応えがなくなったら、火から出して同じ力で外側に引き延ばす。



④ 冷えたら、引き延ばした部分を適当な長さで折る。



⑤ ガラス管部分は、適当な長さにガラス管切（ヤスリで代用可能）で傷を付けて折る。





## ◎観察, 実験

### 観察, 実験の流れ

#### 1 校時目

##### □導入

- ・既習事項の確認
- ・(腎臓を見せる前に) ヒトとブタの腎臓の大きさは同じくらいだが, どのくらいの大きさか  
答) 腎臓の大きさは, ヒトの成人で約 150g, 縦約 12cm, 幅約 6cm, 厚さ約 3cm
- ・腎臓の構造を観察するにはどうすればよいか  
答) 切って内部を肉眼で観察する  
血管に墨汁を注入して血液の流れがわかるようにして顕微鏡で観察する

##### □目的を理解させる

##### □観察, 実験

- ・観察手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面の注意
- ・腎臓を解剖し, 観察する(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

#### 2 校時目

##### □導入

- ・既習事項の確認
- ・どうして塩濃度が高いと腎臓に負担がかかるのか  
答) 薄めるために体液量が多くなり, 糸球体にかかる圧力が大きくなる  
また, 通常以上に水を再吸収しナトリウムイオンを排出する必要がある

##### □目的を理解させる

##### □観察, 実験

- ・観察手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面の注意
- ・腎臓の切片を作成し, 観察する(本実験)

##### □結果のまとめ, 考察(設問例)

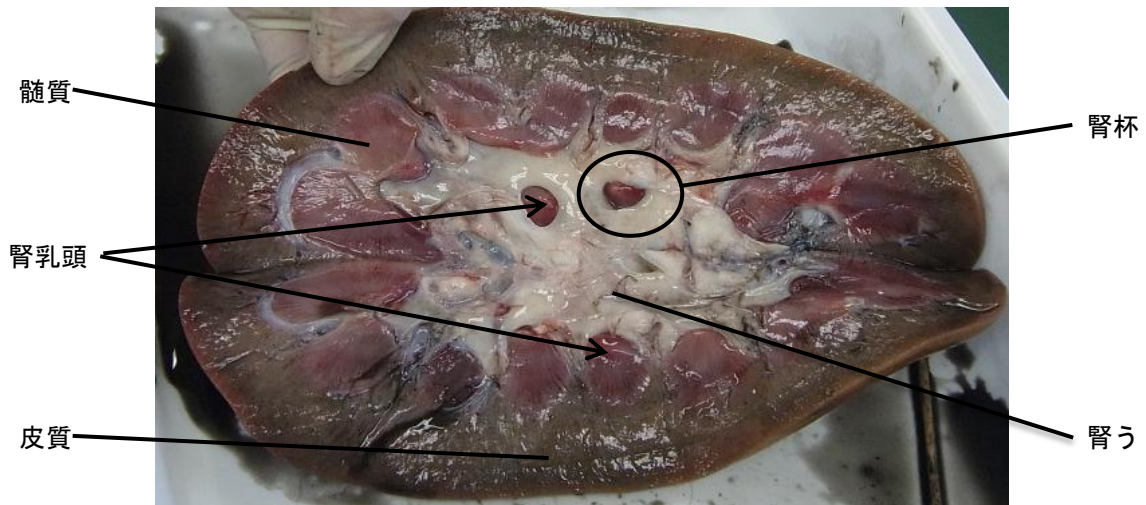
- ・観察からわかったこと
- ・血管と尿生成のしくみとの関係  
答) 血管が糸球体のように急に細くなることで圧力が高まり, 原尿がつくられる  
原尿は細尿管を通る過程で周囲の毛細血管に再吸収され, 残ったものが尿になる

##### □後片付けの指示

## 手順

時間のめど (およそ 80 分)

### 腎臓内部構造の名称



※詳しい手順は付録「1 4 腎臓の観察.pptx」を参照

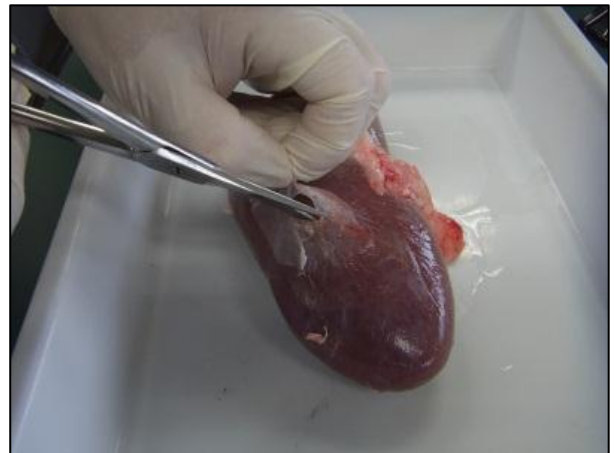
### 1 校時目

#### ① 被膜の除去 (2分)

腎臓の被膜を指でつまみ、解剖バサミで切れ込みを入れる。被膜をはぐと腎門 (中央内側のくぼんだ部分) 付近で繋がっているの、余分な脂肪と共に取り去る。



**感染症予防のため、ゴム手袋をして作業をする。解剖ばさみは刃先に丸みがある方を腎臓側にして切る。食肉処理場では、腎臓内部の検査で傷を付けたものがあるので、傷の所から被膜を剥いてもよい。切れ込みが入ると簡単に膜をむける。**




#### ② 外形の観察, スケッチ (10分)

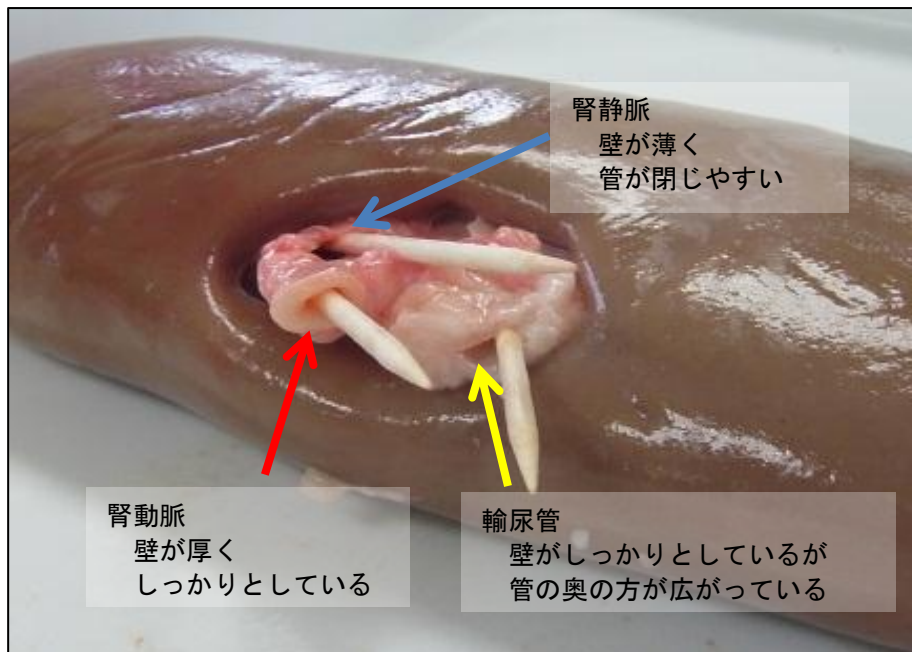
腎臓の大きさを測り、外形を観察し、スケッチする。

縦, 横, 高さの長さや質量を測る。スケッチすることによって, 細部を観察する。



## ③ 血管、輸尿管の確認（3分）


腎門の管を探し、爪楊枝で目印を付ける。管を見比べ、腎動脈を見きわめる。輸尿管の奥は腎うとなるため広がりがあるが、血管の奥は逆に細くなる。腎静脈に比べ、腎動脈は血管壁が厚い。  →状態1 (p.170)

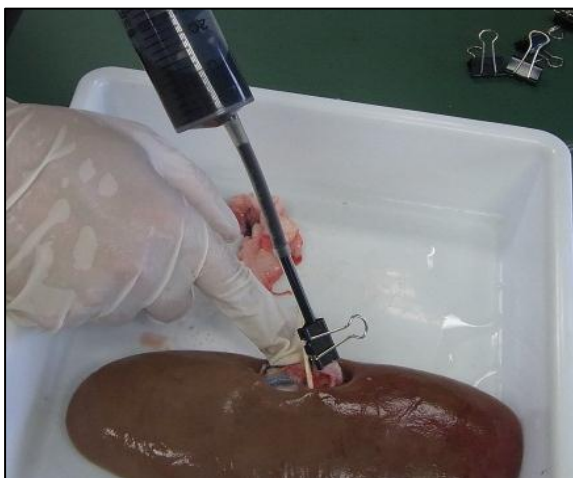


管を傷付けないために、爪楊枝は尖っていない方を差し込む。血管が短く切断されているために、腎動脈、腎静脈ともに複数見つかることがある。


血液が腎動脈から腎臓に入り、腎臓から腎静脈に出てくる間に、血液中の不要なものから尿が生成されて、輸尿管を通して出てくるという関係を理解するのに大切である。

## ④ 墨汁の注入（5分）

注射器とガラス管をゴム管でつなぐ。墨汁を水で10倍程度に薄め、それを注射器に入れ腎動脈に差し込む。腎動脈の目印の爪楊枝をはずし、接続部をクリップでとめるか指で押さえる。墨汁が漏れないように、ゆっくりと注入する。腎臓の表面が黒ずんできたなら、注入をやめる。  別法①



無理に注入すると墨汁が飛び散ることがある。

腎動脈であること、血管に対してまっすぐ入っていることを確認しながら、ゆっくり注入する。腎動脈は上部・中部・下部の3本の動脈に分かれ腎臓内部に入るため、分岐後の動脈に注入することで部分的に墨汁によって黒ずむことが確認できる。  →状態2 (p.170)

糸球体に墨汁の粒子がつくことで黒くなり、観察しやすくなる。市販の墨汁の原液は濃すぎため詰まりやすく、注入が難しいため薄めて使う。空気を入れないように注意する。

腎臓に検査の傷がある場合、そこから墨汁が漏れることがあるが、かまわず注入する。



### ⑤ 腎臓の切開（5分）

腎門と反対側の縁に沿って切れ込みを入れる。腎うで繋がった状態まで切り開く。腎うと輸尿管の繋がりを確認する。

柔らかく切りにくいので手を切らないように注意する。メスがなければカッターナイフでもよい。腎うと輸尿管が繋がっていることを確認するために、腎うを切り離さない。開いた腎う側からピンセットなどを差し込むと輸尿管に抜けるので、確認できる。



### ⑥ 断面の観察・スケッチ（15分）

皮質，髓質，腎うの違いに注意して観察し，スケッチする。それぞれの境界や黒い点にも注目する。

皮質と髓質は，感触や色調の違いで判断できる。皮質は柔らかく，墨汁の注入によって黒みを帯びた中に黒い粒々（糸球体）が観察される。髓質は，弾力があり，放射状のすじが見られ，墨汁の注入によってあまり変色しない。髓質には内側に尖った腎乳頭という構造が集まっている。尿が腎乳頭の尖った先端から腎杯という部分で腎うに集められ，輸尿管を通っていく。腎うや輸尿管は白く伸縮性がある。



## まとめ

- ① 哺乳類の腎臓を解剖することで，内部の構造を観察できた。
- ② 血管，皮質，髓質，腎う，輸尿管などの観察から，腎臓のはたらきを理解できた。

## ◎後片付け

### ■後片付けのさせ方

- ・腎臓は，教卓に用意した回収容器にまとめて回収する。ゴム手袋，爪楊枝は燃えるゴミとして捨てさせる。
- ・解剖ばさみ，メス，ピンセット，クリップは洗わずに教卓に用意したオスバン消毒液を入れたバットに回収する。
- ・ビーカー，注射器などは水で洗わせる。
- ・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。
- ・実験後，薬用石けんで手を洗わせる。

### ■器具等の管理

- ・回収したものは種類毎に分け，再点検した上で乾かし，所定の器具置き場に戻す。
- ・使用した金属製の器具は，水気を取ってからアルコールで拭き錆びないようにする。
- ・感染症予防のため，実験台にオスバンを噴霧し拭き取る。



## 2校時目

## ① 皮質の薄片作成 (10分)

一部を大きく切り取り、凍結している面を出す。そこから髄質側に向かって組織を薄く切る。薄片にそのままカバーガラスを載せてプレパラートをつくる。

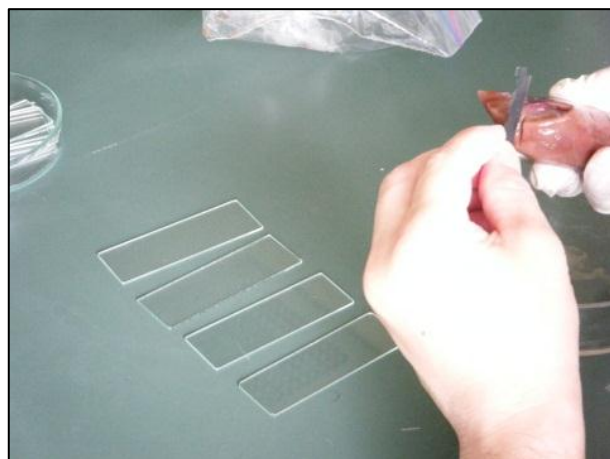


別法②

手を切らないように注意する。室温が高いと短時間で溶けてくる。作業直前に冷凍庫から出し、配付した方がよい。また、溶けにくくするために、氷を配付する。



凍結した面は、適度に固く薄く切り取りやすいが、すぐ解凍されるので、プレパラートを並べておき、切片を次々に載せていった方がよい。



補助資料スライド 32

動画ファイル「皮質の薄片作成」に動画あり

## ② 糸球体の観察・スケッチ (30分)

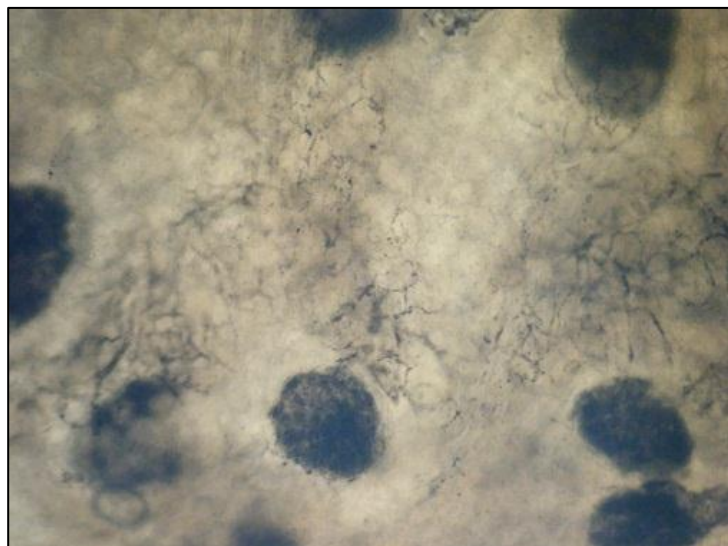
顕微鏡で黒い点付近がよくわかるものを探して観察し、スケッチする。



黒く見えるところが血管である。肉眼で黒い点として見えていた部分が糸球体である。低倍率～中倍率(7×4～15×10)程度で十分観察できる。また、糸球体のまわりにうっすらとボーマン嚢があることも観察できる。さらに糸球体から出た血管が毛細血管となって広がっている様子も観察できることがある。



→状態3 (p. 171)



## まとめ

顕微鏡観察により、糸球体付近の血管の走行を観察して血管と尿生成のしくみとの関係を理解できた。

## ◎後片付け

## ■後片付けのさせ方

- ・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。
- ・プレパラートは洗わず、教卓に用意した水を入れたビーカーにそのまま入れさせる。
- ・実験後、薬用石けんで手を洗わせる。

## ■器具等の管理

- ・回収したものは種類毎に分け、再点検した上で乾かし、所定の器具置き場に戻す。
- ・使用した金属製の器具は、水気を取ってからアルコールで拭き錆びないようにする。
- ・感染症予防のため、実験台にオスバンを噴霧し拭き取る。
- ・プレパラートは、熱湯消毒した上で洗浄する。

## 失敗例

### ●状態1 血管を探せない

原因1 材料の血管が短く切られている

購入の申し込みをする際に、血管が残っているものが欲しいことを伝える。ブタの腎臓は食肉用なので、解体業者は血管の長さを考えながら解体していない。希望通りにならないこともあるが、血管が探しやすいものを分けてくれる。

また、予備の腎臓を多めに頼み、できる限り血管の短いものを材料として使わないようにする。

原因2 腎動脈や腎静脈を見付けられない

輸尿管は見付けやすいが、腎動脈や腎静脈は見付けにくい。輸尿管付近の膜をピンセットで持ち上げて、太さがほぼ一様な管があれば血管である。腎動脈は血管壁が厚くしっかりとしているが、腎静脈は血管壁が薄いため閉じていくことが多く管として判断するのが難しい。

腎静脈が見つからなくても操作を進めることができるので、墨汁の注入に必要な腎動脈を見付けることを最優先し、この操作に作業時間を取られないようにする。生徒の技量によっては、事前に腎動脈に爪楊枝を差し込み、後の操作に支障がないように配慮する必要がある。

### ●状態2 腎臓の表面がうまく墨汁で染まらない

原因1 墨汁が古い

墨汁は新しいものを使うこと。古い墨汁は墨の粒子が結合していることが多く、薄めても毛細血管に届く前に目詰まりを起こしやすい。

原因2 墨汁が濃すぎる、薄すぎる

墨汁が濃すぎると、墨の粒子が目詰まりを起こし糸球体がうまく黒くならない。また、薄すぎても墨の粒子が足らず、糸球体がうまく黒くならない。墨汁の製品によって濃度は異なるが、5～10倍に薄めると適した濃度になる。

原因3 腎動脈ではないところに墨汁を入れている

はじめから墨汁があふれる場合、管に墨汁が入っていない可能性が高い。

腎静脈に間違っって注入した場合、逆流を防ぐ弁が静脈にあるために抵抗が強く、腎臓表面も黒く染まらない。また、輸尿管に間違っって注入した場合、抵抗があまりなく墨汁が入るが、腎臓表面も黒く染まらない。10mL程度しか腎動脈には入らないので、墨汁を10mL入れても腎臓表面が黒くならない場合は、腎動脈を再度探し、墨汁を注入し直す。

原因4 注入しているところに隙間がある

腎臓内部で腎動脈は分岐し細くなるために、墨汁を注入する際抵抗が強くなる。注射器と腎動脈がしっかりとつながっていないと墨汁が漏れ出してしまう。グリップでしっかりと止めるか、ゴム手袋をした手で注入部をしっかりと押さえる。

原因5 腎動脈が途中で切断されている

検査で腎臓に傷があり、そこで腎動脈が切断されているため、糸球体まで墨汁が届かない。傷のところに墨汁を入れるか、別の腎動脈を探して墨汁を入れなおす。

### ●状態3 黒く染まった糸球体が観察できない

#### 原因1 切片が厚すぎる

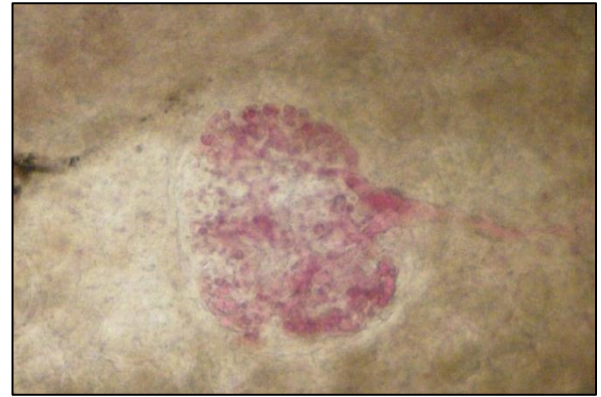
切片が厚すぎると、光が透過せず組織が観察しにくい。複数のプレパラートを作成し、切片の薄いものを観察する。凍結した面を切る、切片作成装置を使うなど切片の薄いものを得る工夫をする。

#### 原因2 組織を切る方向が間違っている

切片をつくる面は、皮質から髄質に向かった皮質の縦断面である。方向が間違っていると、薄い切片でもうまく見えないことがある。

#### 原因3 墨汁が入っていない領域を観察している

肉眼で黒い粒々が観察できるプレパラートを観察する。腎動脈は腎臓内部で分岐するため、墨汁が入らない部位が出ることもある。墨汁が入っていない糸球体は赤血球によって赤く見えることがある。



墨汁が入っていない糸球体

#### 原因4 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ていない。基本的な操作を確認した上で観察する。

### トピック 腎臓に関する豆知識②

左右の腎臓はそれぞれ約 120 万個のネフロン（腎単位）を持つが、ネフロンに含まれる糸球体は壊れても再生しないため、腎臓に負担をかけすぎると腎不全を起こし人工透析が必要となることがある。

成人男性の腎臓でろ過されできる原尿は、1日あたり約 180L。このうち大半が再吸収され、残ってできる尿は1日あたり約 1.5Lである。

通常、血球やタンパク質などの大きい物質はろ過されず、ろ過されたグルコースはすべて再吸収される。このため、血球、タンパク質、グルコースは尿には含まれない。

腎臓に大きく関係するホルモンは2種類。間脳視床下部の神経分泌細胞で生産、脳下垂体後葉から分泌される「バソプレシン」は水の再吸収を促進し、尿の量を抑え、副腎皮質で生産、分泌される「鉱質コルチコイド」はナトリウムイオンの吸収とカリウムイオンの排出を促進する。

## 別法

### 別法①

- ・墨汁を注射器で注入するもの

多くの教科書では注射針（安全のため針先をベンチで切断したもの）を注射器につないだものが示されている。先を細くしたガラス管にゴム管をつないだ注射器は、腎動脈に密着しやすく注入もしやすい。

### 別法②

- ・腎臓の薄片作成を変えたもの

※2時間連続で観察する場合やスケッチなどを省いて1時間で糸球体まで観察する場合は、凍結させる方法以外で切片を作成する必要がある。この場合、次のように切片作成装置をつくと比較的薄い切片を得ることができる。

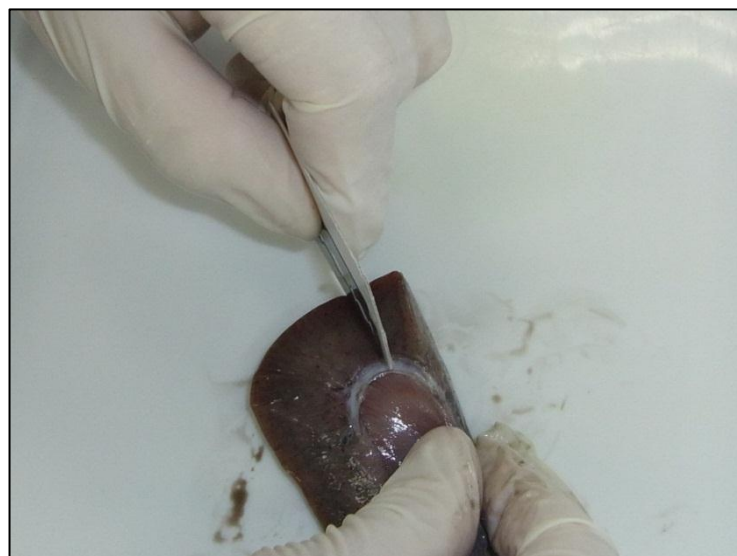
生の腎臓から切片をつくる場合、柔らかく弾力があり薄片をつくりにくい。カミソリとカミソリの間にプラ板（下敷きなど）や厚紙を切ったものをはさんで、2枚歯の切片作成装置を作成すると薄片がつくりやすい。



切片作成装置の材料



切片作成装置



切片作成の様子

### 発展

皮質部分の一部を解剖ばさみで細かく刻んだ上で、金網を使って越す。目の粗さを細かくして、ろ過していくと、多量の糸球体を分離することができる。切り取った量と、皮質全体の量の関係から、全体の糸球体の推定もできる。



## 器具の取り扱い

### ・注射筒と注射針

注射筒は注射する際に使用するガラス製やプラスチック製の容器。プラスチック製のディスポーザブル注射器は1 mL～100mLの様々な容量のものがあり、安価である。

(NaRiKa 1 mL のもの 45 円～100mL のもの 500 円)

注射する際に使用する針。すべての注射筒に使用できるが、腎臓への墨汁の注入に使用する場合は、針の先端をペンチで切断して刺さらないようにして使用する。



注射筒と注射針

### ・解剖ばさみ

生物実験で、生物の組織を切るための器具。留め金が固定されているタイプと分離するタイプがある。普通のハサミと同様に使うが、生物の組織を切るため、洗浄後に水気をしっかりと取らないとサビの原因となる。分離するタイプでは、ペアを間違えると切れないことがあるので、注意する。



解剖ばさみ

### ・メス

ステンレス製のものや刃先だけ取り変えるもの、使い捨てのものなどさまざまなタイプがある。切れ味が鋭いので、手を傷付けないように注意する。



メス

### ・カミソリ

両刃のものが他の実験でも使えて汎用性が高い。切れ味が鋭いので、手を傷付けないように注意する。



カミソリ

## 15

## 食作用の観察（昆虫）

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 カ月～	前日 1 時間	40 分

## 目的と内容

昆虫の体液を用いて、体内に侵入した異物が食作用によって血球にとり込まれることを観察し、自然免疫について理解する。

生徒の多くは、ケガなどで異物が入ったところが翌日赤くはれることを経験しているが、それが白血球の食作用による結果だと気付いていない。生まれもっている自然免疫（先天性免疫）の1つとして、食作用が昆虫にもあるという共通性を知ることができる実験である。

ある程度大きい個体の昆虫であれば観察が可能であるが、入手のしやすさ、数のそろえやすさ、価格の安さ、実験のしやすさ、可能時期など材料により一長一短がある。異物を注入し免疫反応が起こるのを待つ必要があるため、異物の注入まで準備し、プレパラート作成から生徒に操作させる。

既習  
事項

なし

## 留意点

### 【指導面】

- ・「免疫とそれにかかわる細胞のはたらきについて理解すること」がこの単元の目標である。病原菌などの異物を認識，排除して体内環境を保つ仕組みを理解させることを意識して指導する。自分ではない異物を排除するという自然免疫は，多くの生物に生まれつき備わっている。食作用のしくみに加えて，食作用が昆虫にもあるという共通性を伝えたい。
- ・体内に侵入した異物が食作用によって血球にとり込まれることを観察し，自然免疫について理解することがねらいである。血球を観察しやすくする手順③のギムザ染色を省く，血球のスケッチを省くなどの工夫で時間短縮が可能である。

- 
- ・「体内に進入した異物はどうやって取り除かれるのだろうか」「昆虫の生活環境は，ヒトの生活環境よりきれいではないがどうしているのだろうか」など導入を工夫し，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。
  - ・「なぜ乾燥させてから操作するのか」「なぜ固定するのか」「なぜ染色するのか」「なぜ裏面から水を流す必要があるのか」など，操作の意味を生徒が理解するように指導する。
  - ・「血液の採取をしているか」「墨汁の注入を，手際よく丁寧に行っているか」「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」「血球を見付け観察しているか」などの食作用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】

- ・カミソリや眼科ばさみなどでけがをしないように注意する。
- ・メタノールを使うので火気を扱わないように注意する。
- ・カバーガラスを割らないように注意する。
- ・昆虫を触るので，実験後は石けんで手洗いをするように注意する。

### 【その他】

- ・比較的大きい昆虫を材料とするため嫌悪感や抵抗感をもつ生徒もでるが，あまり騒がず命を奪うものではないことを説明し進めていくと，大抵の生徒は自然と実習に参加する。
- ・気持ち悪くなった生徒，どうしても出来ない生徒は，申し出るように配慮する。
- ・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

□（カイコ購入の場合）カイコの発注

#### 1ヶ月前～

（発注，調製，代替の検討時間含む）

□器具の在庫確認

□メタノール，ギムザ染色液の在庫確認

□実験室の備品確認

#### 1週間前～

□（コオロギ購入の場合）コオロギの発注

#### ～前日

□実験プリント作成・印刷

□墨汁の在庫確認

□教材の入手

□メタノール，ギムザ染色液の小分け

□注入用のガラス管の作成

#### 前日

□墨汁の注入

#### 当日

□器具・教材・薬品の分配

## ☆教材の入手方法

### ・コオロギの入手方法

①野外で採集する。岩手県ではエンマコオロギなどが採集できる。成虫は8月～10月に見られ，畑や草地，道端などに広く分布する。夜行性のため，夜間に物陰から出てきたところが捕獲しやすい。日中は大きめの石や積んだ枯れ草の下にいることが多い。雑食性で煮干しやかつお節などを入れたペットボトルでトラップ採集もできるが，捕獲できないこともある。数を集めるのに時間がかかるので，早めに捕獲することが準備の負担軽減になる。金魚やメダカのエサ，ドッグフードなどで飼育ができる。



②エサとして販売しているものを購入する。一年中，は虫類や魚類などのエサ用として，ヨーロッパイエコオロギやフタホシコオロギなどがホームセンター内のペットショップやインターネットで購入できる。岩手県では取り扱っていないところが多く，あまり数をそろえられない。値段の上でも，インターネットで購入した方が安い。生き物のため入手できない場合があるため，早めに確認する。

ホームセンターで購入（成虫） 300円前後／10個体

インターネットで購入（成虫） 800円前後／100個体 2～4日で配送

例)

### ・イナゴの入手方法

野外で採集する。主に，岩手県ではコバネイナゴが採集できる。成虫は8月～10月に見られ，イネ科の植物を食草とするので，水田でよく観察される。水田で採集する場合，出穂時期には畦畔を歩くと米のカメムシ吸汁害を招くため，水田所有者に確認する必要がある。昼行性で，動きが活発であるため捕虫網を用いた方がよいが，早朝は動きが鈍く素手でも捕獲できる。メスが大きく，材料に適している。



・ オンブバッタの入手方法

野外で採集する。主に、成虫は8月～10月に見られ、シソ科、ナス科などの双子葉類を食草とするので、草地や畑でよく観察される。昼行性で、飛翔しないので捕獲しやすい。メスが大きく、材料に適している。



コバネイナゴ



オンブバッタ

・ カイコの入手方法

①岩手大学や養蚕農家から譲ってもらう。養蚕農家では5月～10月の桑の葉が出ている時期に年5回ほど養蚕している。カイコは人工飼料や桑の葉を用意して飼育する必要があるが、桑の葉を食べたものは桑の葉以外食べない、また、農薬、たばこの花粉、朝露などがついた桑の葉を食べると死んでしまうので注意する。観察、実験では終令幼虫を使うため、適した時期が5日程度と短く、カイコの状態に合わせて計画する必要がある。



カイコ終令幼虫

岩手大学農学部 TEL 019-XXX-XXXX

②インターネットで購入する。眠とよばれる脱皮する前の状態で購入するが、おおよそ3令幼虫の眠から2週間、4令幼虫の眠から1週間でマユをつくる。配送する日が決まっていることが多いため、観察、実験の予定週から逆算して1ヶ月以上前に確認する。

インターネットで購入 (4眠発送5令飼育) 2,500円前後/20個体例)

材料の選定の参考として、この資料で扱った昆虫の特徴を簡単にまとめた。

	コオロギ	イナゴ	オンブバッタ	カイコ
可能時期	8～10月 (購入は一年中)	8～10月	8～10月	5～10月初旬 (購入は一年中)
材料の特徴	購入するものはエンマコオロギより小型で、異物注入で死にやすい。単価は安い。	比較的捕まえやすい。出穂時期の水田はやめておく。可能な時期が限られている。	生息場所がわかれば、比較的捕まえやすい。可能な時期が限られている。	異物注入に丈夫である。実験に使用できる期間が短い。単価が高い。
血液の取り方	後肢の切断 血液量が少ない	後肢の切断 血液量が少ない	後肢の切断 血液量が少ない	尾角の切断 血液量が多い

## 教材の情報

- ・エンマコオロギ (学名 : *Teleogryllus emma*)  
コオロギ科エンマコオロギ属
- ・ヨーロッパイエコオロギ (学名 : *Acheta domestica*)  
コオロギ科 Acheta 属
- ・コバネイナゴ (学名 : *Oxya yezoensis*)  
バッタ科イナゴ属

湿った環境を好み、イネ科植物の葉を食べる。そのため水田に多く生息し、イネの葉を食べるので害虫として扱われる。

天敵の存在を感じると、止まっている草などの反対側に回り込んで身を隠そうとする習性がある。

- ・オンブバッタ (学名 : *Atractomorpha lata*)  
オンブバッタ科オンブバッタ属
- ・カイコ (学名 : *Bombyx mori*)  
カイコガ科カイコガ属

家畜化された昆虫で、人の手なしでは生きていけない。

## 薬品の情報

- ・ギムザ染色液

血液標本染色法の1つ。ギムザ液 (メチレンブルー, エオシン, azure B の混合液) は使用直前に水で希釈して使う。マラリア研究の先駆である医学者、グスタフ・フォン・ギムザの名を取って「ギムザ染色」と呼ぶ。ドイツ・ハンブルクの熱帯病研究所にて、マラリア原虫の染色法として開発された。現在も臨床現場で広く用いられている。

ギムザ染色液 (NaRiKa 100mL 2,400円, ケニス 100mL 2,600円)

染色されるものは以下の通り。

- 赤血球 (青味がかかった赤)
- 血小板 (青)
- 好中球 (赤紫)
- 好酸球 (赤)
- 好塩基球 (青紫)



## トピック 昆虫の血液

昆虫の循環器系は開放血管系といい、閉じた血管系をもたないので、血液とリンパ液、組織液の区別はない。正式には「血リンパ」と呼び、透明またはうすい黄色や緑色をしている。昆虫の血球細胞は通常2～数種類存在し、原白血球、プラズマ細胞、顆粒細胞、小球細胞、エノシトイドなどに分類される。これらの血球細胞の中で原白血球細胞以外は異物侵入に対する生体防御の一翼を担っていることが解明されている。

- ・原白血球は大きさが6～12 $\mu\text{m}$ で、球形をしており、原始的な血球とされる。
- ・プラズマ細胞は体に入ってきた異物を食べるか、包み込んで退治する細胞である。16～30 $\mu\text{m}$ で紡錘形をしている。
- ・顆粒細胞はプラズマ細胞同様、体に入ってきた異物を退治する細胞である。直径8～16 $\mu\text{m}$ の細胞で、比較的小さな核と細胞質に小さな顆粒を持つ。
- ・小球細胞は8～20 $\mu\text{m}$ ほどで、細胞質に1.5～6 $\mu\text{m}$ の小球が1細胞に1～20個含まれている。
- ・エノシトイドは球型で12～25 $\mu\text{m}$ と血球としては大きい血球である。

## 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"/> 眼科ばさみ（または解剖ばさみ、カミソリ） | 1つ  | 1つ |
| <input type="checkbox"/> 9 cm ペトリ皿            | 1組  |    |
| <input type="checkbox"/> スポイト（エタノール用）         | 1つ  |    |
| <input type="checkbox"/> ピペット（染色液用）           | 1つ  |    |
| <input type="checkbox"/> 50mL ビーカー            | 1つ  |    |
| <input type="checkbox"/> 保冷剤                  | 1つ  |    |
| <input type="checkbox"/> メタノール                | 1つ  |    |
| <input type="checkbox"/> ギムザ染色液               | 1つ  |    |
| <input type="checkbox"/> 異物注入済み昆虫             | 1個体 |    |

- |                                |     |
|--------------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> 無処理昆虫 | 1個体 |
|--------------------------------|-----|

### 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 |

- |        |            |
|--------|------------|
| ・試薬ビン  | ・ラベル       |
| ・プチボトル | ・ラベル       |
| ・容器    | ・水         |
| ・紙     | ・毛細管針      |
| ・ビニール管 | ・墨汁        |
| ・ビーカー  | ・9 cm ペトリ皿 |
| ・容器    | ・水         |
| ・ペトリ皿  |            |

★教員用

- 昆虫を入れる容器
- 熱湯
- ビーカー



光源、麻酔に使う用具、墨汁の代わりに異物、異物の注入用具、容器などは代わりにするものを工夫してかまわない。



### ① 1ヶ月前～

昆虫の発注をする。

岩手県ではコバネイナゴが採集しやすく数もそろえやすいが、観察に適した時期が限られるため、時期のずれがある場合や昆虫の採集が難しい場合はあらかじめ注文して入手した方がよい。昆虫を選定したうえで、墨汁を注入することによって死亡する可能性があるため予備を多めに発注する必要がある。

### ② 前日まで

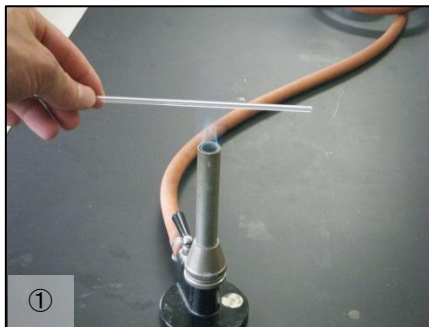
昆虫を入手する。メタノール、ギムザ染色液を小分けする。注入用のガラス管を作成する。

メタノールを試薬ビンに小分けする。ギムザ染色液を用意し、プチボトルに入れる。

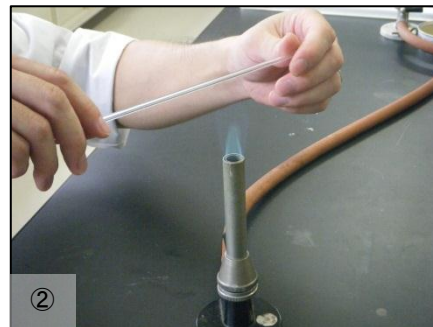
注入用のガラス管は、ビニール管の内径に適当なもので作成する。作成方法は、次の「☆ガラス管からパスツールピペットや毛細管針を作成する方法」に従って作成するとよい。毛細管針にするため、ガラス管を引いて細くなったものを再度温めて引くようにする。

## ☆ガラス管からパスツールピペットや毛細管針を作成する方法

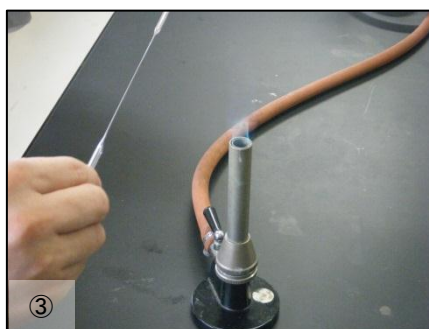
① ガスバーナーでガラス管の引き伸ばしたいところをまんべんなく熱する。



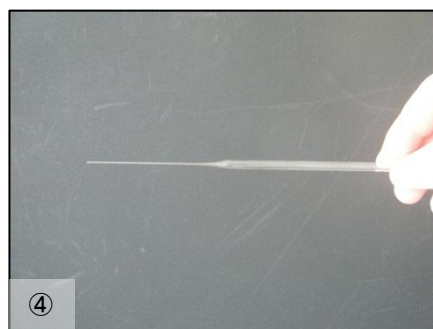
② ガラス管を回しながら熱し、柔らかくなるのを待つ。



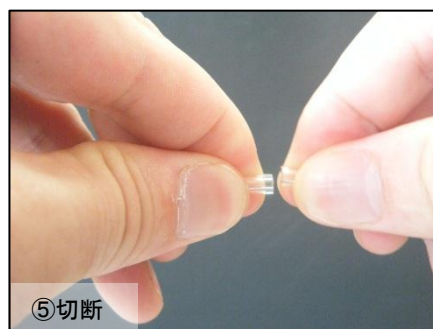
③ 1本の管としての手応えがなくなったら、火から出して同じ力で外側に引き延ばす。



④ 冷えたら、引き伸ばした部分を適当な長さで折る。



⑤ ガラス管部分は、適当な長さにガラス管切（ヤスリで代用可能）で傷を付けて折る。





## ③前日

昆虫に墨汁を注入する。  →状態 1, 状態 3 (p.185)

注入操作の前に、昆虫が暴れないように氷上麻酔する。氷上麻酔の仕方は、容器に氷を引き詰め、紙を氷の上に敷く。その上に昆虫を置き、逃げないように蓋で覆うなどして動かなくなるまで(10分～)放置する。

氷上麻酔をしたものに、墨汁 0.05mL 程度を注入し1日置く。中央部は内臓などの器官があるため、左右どちらかに片寄ったところで、コオロギ、イナゴ、バッタなどは腹部の体節と体節の間、カイコは腹脚の付け根に注入する。昆虫の血球細胞が墨汁の粒子を異物として認識し、食作用のよって細胞に取り込む。

前日に作業ができなかった場合でも注射後3時間経っていれば食作用が見られるため、朝に注入すれば午後に観察することは可能である。注入後は、餌を与え体力を回復させる。



注入に用いる器具は注射器でもよいが針が太く昆虫に負担が大きいため、死亡する割合が高くなる。ガラス管から毛细管針をつかって、それにビニール管をつないだ注入器を作成すると、昆虫の負担を減らすことができる。ただし、注入操作は注射器を用いた方が簡単である。



注射器での注入 (カイコ)



毛细管針での注入 (エンマコオロギ)

## ④当日

器具・薬品を分配してセットを用意する。昆虫はセットに入れない。

昆虫は授業の直前に氷上麻酔し、実際に操作をする直前に配付するようにする。

## ◎観察，実験

### 観察，実験の流れ

1 校時目

□ 導入

- ・ 既習事項の確認
- ・ 昆虫の血液はヒトと同じだろうか  
答) 異なるが，血球も存在する
- ・ 細菌などが身の回りに多い中で，昆虫が無事に生きているのは何か自然免疫がはたらいっているのではないか  
答) ヒトの白血球に相当する自然免疫にかかわる血球がある

□ 目的を理解させる

□ 観察，実験

- ・ 観察手順の指導
- ・ 生徒へのアドバイス
- ・ 安全面の注意
- ・ 体内に侵入した異物が食作用によって血球に取り込まれることを観察する（本実験）

□ 結果のまとめ，考察

- ・ 観察からわかったこと
- ・ 脊椎動物との相違点はないだろうか  
答) 高度な生体防御である免疫は持たない

□ 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「15 食作用の観察.pptx」を参照


### ① 血液の採取（5分）

麻酔しておいた墨汁を注入した個体と対照の墨汁を注入しない個体を用意し，それぞれから血液を採取する。スライドガラスを並べ，コオロギやイナゴなどは後肢を切断する。カイコは尾角を切る。



大きめの昆虫であるため，躊躇する生徒が多いと予想されるが，命を奪うものではないことを説明し，割り切って行わせる。腹部は臓器があり，血液以外が含まれやすいため避ける。

バッタ類の後肢からはあまり血液が出ない。

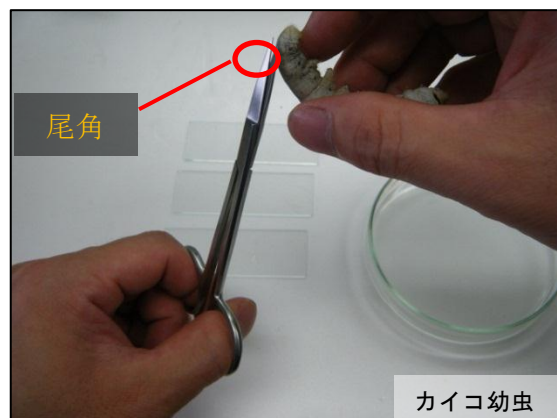
カイコは第 11 体節の背面にある尾角を傷付けると血液があふれてくるため，すぐに少量ずつスライドガラスに付けていく。  → 状態 2，状態 4（p. 185）



カイコ幼虫



エンマコオロギ



尾角

カイコ幼虫

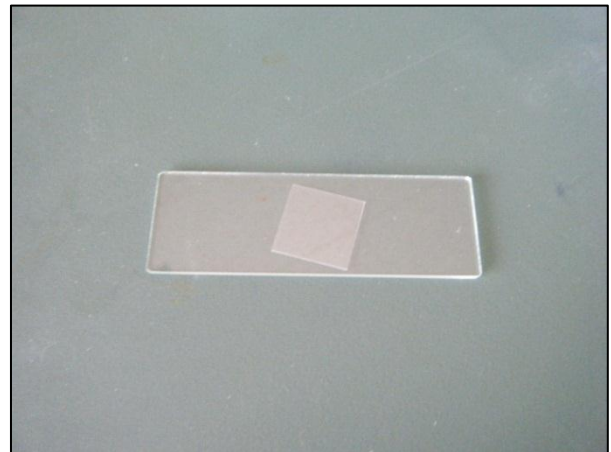
## ② プレパラートの作成（1分）

血液をスライドガラス2枚以上に塗る。1枚はそのまま、カバーガラスを載せプレパラートとする。




バッタ類の後肢からはあまり血液が出ないため、太い部分を押し血液をスライドガラスに絞り出してから、カバーガラスを載せる。

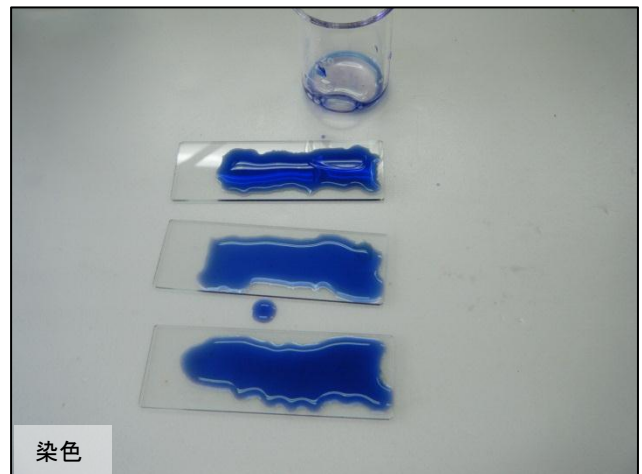
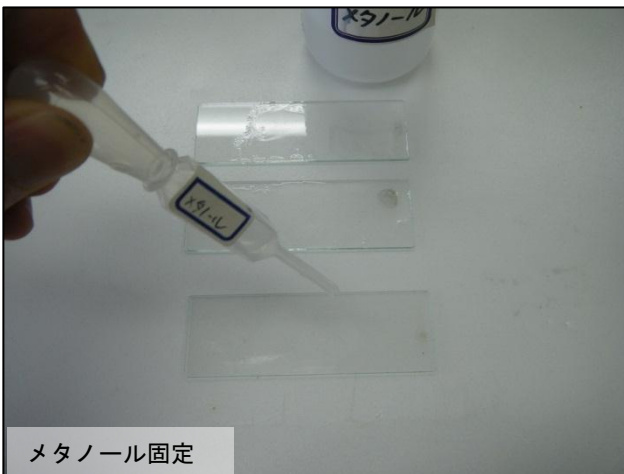
カイコで血液量が多くなった場合、カバーガラスがずれるので、カバーガラスを載せたあと、ろ紙で上から押さえる。



## ③ プレパラートの作成2（19分）



・もう1枚はスライドガラスに薄く塗ってから乾燥させた後、固定のためメタノールを滴下し2分程度置く。メタノールを乾燥させた後、水1mLにギムザ染色液1滴の割合に希釈したギムザ液をかけ、10分以上放置して染色する。  →状態4の原因2（p.185）



・染色後、裏返し直接水が当たらないように裏面に流水をかけ余分な染色液を静かに洗い流す。まわりの水分をろ紙などで取ってから、カバーガラスを載せプレパラートとする。



ギムザ染色によるプレパラート作成は、省略してもよい。



カイコの場合は血液量が多いため、血球観察と同様にカバーガラスを使って、血液を薄く塗り広げた方がよい。



付録資料スライド22


動画ファイル「昆虫血液の塗布」に動画あり

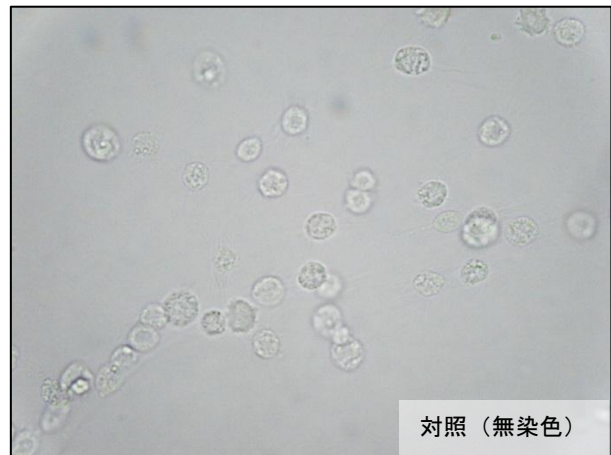


固定や染色の際は、乾燥していないと細胞がはがれやすいため、しっかりと乾かしてから行う。

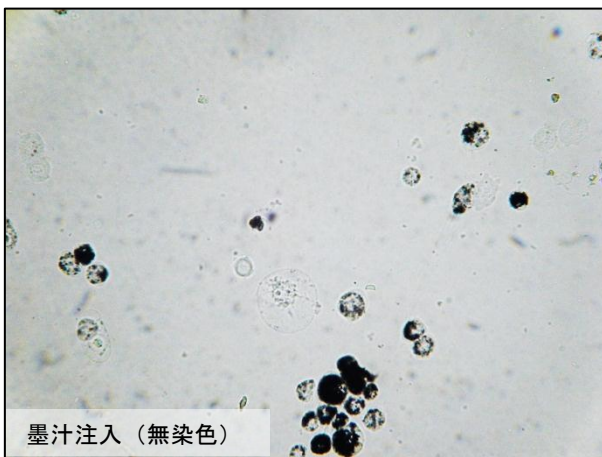


#### ④ 食作用の観察・スケッチ（15分）

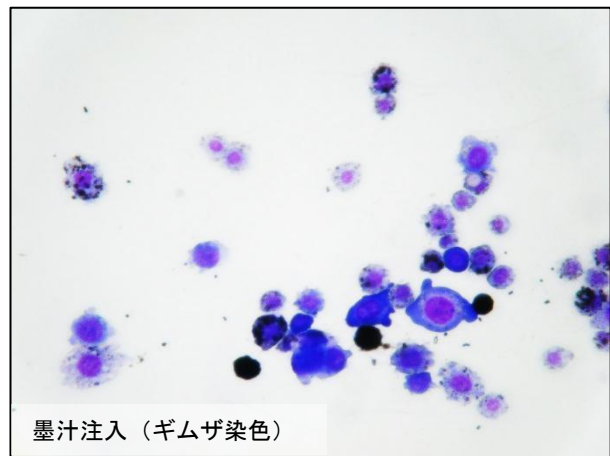
墨汁を注入した個体と対照の墨汁を注入しない個体のそれぞれについて、そのままのプレパラートと、ギムザ染色したプレパラートを観察する。しぼりを絞って、低倍率（15×4）でピントを合わせる。倍率を上げ、どのような形、色の血球が観察できたかスケッチする。墨汁が取り込まれた血球を探す。すべての血球で墨汁が取り込まれているのか観察する。また、固定していないプレパラートの白血球の動きを観察する。  →状態3，状態4（p.185）



対照（無染色）



墨汁注入（無染色）



墨汁注入（ギムザ染色）



対照の血球と比較することで、墨汁が血球に取り込まれていることがはっきりとわかる。血球に墨汁を取り込んでいない血球はほぼ透明で、しぼりを絞らないと観察しにくい。血液を付けたところを中央におき、低倍率から観察させる。ギムザ染色では青みがある部分に細胞があるため、その部分を観察させる。カイコのように塗布した場合、塗布の終点に大きな細胞が集まる傾向がある。

### まとめ

- ①食作用によって体内に侵入した異物が血球に取り込まれていることが確認できた。
- ②すべての血球で食作用が見られるわけではないことが確認できた。
- ③自然免疫による異物の排除の仕方について理解できた。

### ◎後片付け

#### ■後片付けのさせ方

- ・昆虫は回収し、後肢やろ紙などは燃えるゴミに捨てさせる。
- ・スライドガラスはそのまま、熱湯を入れたビーカーに回収する。
- ・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。
- ・実験後、薬用石けんで手を洗わせる。

#### ■器具等の管理

- ・回収したものは種類毎に分け、再点検した上で乾かし、所定の器具置き場に戻す。
- ・固定で使用したスライドガラスは細胞が落ちにくいので、お湯につけ時間を置いてから洗う。スライドガラスは染色液が取れていない場合があるので、アルコールで拭いてから片付けるようにする。
- ・染色液は、暗所に保管する。
- ・メタノールは、火気のないところに保管する。



## 失敗例

### ●状態1 昆虫が死んでしまう

#### 原因1 注射針が太い

昆虫にとって注射針は太い。毛細管針も作成によっては太い可能性がある。細くした毛細管針での注射は死亡率が少ないためよいが、かなり手間がかかるので、死亡することを計算に入れて多めに注射する。

#### 原因2 麻酔が効いていない

麻酔が効いていないと、強く暴れて体液が漏れ出すことがある。注射前には完全に動きがなくなるまで麻酔し、体温で暖まらないように素早く注射する。

#### 原因3 異物の量が多すぎる

異物が少ないと血球に取り込まれたものが観察しにくい、多すぎると抵抗力が弱まり死んでしまうことがある。注射する量(0.05mL程度)を守り、注射後は餌を与え静かなところに置く。

#### 原因4 注射した場所が悪い

正中線上には、臓器が集中しているので、深い傷を与えると死んでしまう。正中線からずれた腹部や脚の付け根に注射する。バッタ類の注射場所で、羽の付け根という文献もあるので試してみてもよい。

### ●状態2 血液を採取できない

#### 原因1 血液の採取に問題がある

バッタ類の後肢からはあまり血液が出ない。切った後肢の太い部分を指でつぶしながら、切断面をスライドガラスにこすり付けて血液を採取する。

#### 原因2 抵抗感が強い

生徒によって、虫に対する嫌悪感や生物を傷付けることへの抵抗感が強く操作ができないことがある。個体は生徒に配付せず、胸部から取り離れたバッタ類の後肢を配付するなど配慮する。

### ●状態3 異物が入った血球が見られない

#### 原因 準備に問題がある

異物が少ないと血球に取り込まれたものが観察しにくい。注射する量(0.05mL程度)を守り、注射後は餌を与え静かなところに置く。

### ●状態4 血球が見られない

#### 原因1 血液の採取に問題がある

昆虫には体液の少ないものが多く、バッタ類の後肢からもあまり血液が出ない。乾燥しやすいため後肢切断後は速やかに血液を採取し、そのまま観察するものはすぐにカバーガラスを載せる。

#### 原因2 染色の操作が未熟である

乾燥が不十分だったり、流水を直接当ててしまったりすると、細胞がはがれてしまう。しっかりと乾燥する、裏側から流水をかけるなど、基本手順を守る。

#### 原因3 顕微鏡の操作が未熟である

基本的な操作を確認した上で観察する。特に対照の無染色のプレパラートにある透明な細胞は、ピントを合わせにくいので、しぼりを絞ってコントラストを高めて観察する。

## 別法

### 別法

- ・ブタの血液をつかうもの（啓林館の教科書で採用しているもの）

実際に白血球が納豆菌を捕食する様子が観察でき、食作用の観察には最も適している。しかし、遠心分離機が欲しいこと、ブタの新鮮な血液が必要なこと、白色層を得にくいこと、染色しないので顕微鏡操作がかなり難しいことなどから、多くの高校では実施しにくいと考えられる。

手順は、簡単に次の通りである。感染症予防のため、ゴム手袋を着用し、直接血液に触れないようにする。材料は、納豆、豚の新鮮な血液（クエン酸ナトリウムで血液凝固を阻止したもの）、ゴム手袋、時計皿、毛細ガラス管、パテ、ガラスカッター、遠心分離機、検鏡セットを用意する。

- ①スライドガラスの表面にカバーガラスを利用して、線状に納豆菌を付ける。
- ②ブタの血液を、毛細ガラス管にとり、底をパテで封じてから 2000 回転/分で 20 分間遠心分離した後、赤い層と透明な層の間の白色層のすぐ下をガラスカッターで傷付けてから折る。
- ③毛細ガラス管中の白色層と血しょうと一緒に納豆菌が付いたスライドガラスに出し、カバーガラスを載せて検鏡する。
- ④じっくり観察すると、納豆菌を捕食する白血球が観察できる。ただし、白血球の動きは非常にゆっくりしているため、動きをとらえにくい。一定時間ごとにスケッチや写真で記録し変化を見るとわかりやすい。

## 器具の取り扱い

### ・注射筒と注射針

注射筒は注射する際に使用するガラス製やプラスチック製の容器。プラスチック製のディスプレイ注射器は1 mL～100mL の様々な容量のものがあり、安価である。(NaRiKa 1 mL のもの 45 円～100mL のもの 500 円)

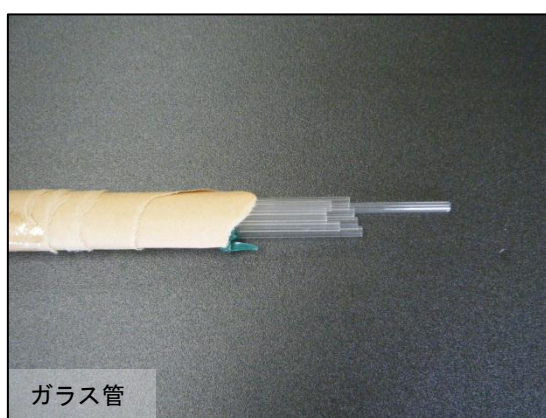
注射する際に使用する針。すべての注射筒に使用できるが、昆虫に注射する場合、太さが1 mm 程度と太く昆虫の負担が大きくなる。



注射筒と注射針

### ・ガラス管

ガラスの管。内径は外径から2 mm 程度少ないものが一般的である。外径は1 mm 刻みで4 mm～10mm，長さ38cm 及び外径5 mm と6 mm，長さ120cm のガラス管が販売されており，価格は650 円～2,300 円程度と様々である。このサポート資料では，外径4 mm，長さ38cm (価格650 円程度) のガラス管を使用した。



ガラス管

### ・ガラス管切

ガラス管を切る装置。Vの字のへこみにガラス管を置き，円形の刃の付いた部分ではさんでからガラス管をまわすと傷がつく。



ガラス管切

### ・ビニール管など

ビニール，ゴム，ポリエチレンなどでできた柔らかい管。材質によって異なるが内径は1 mm 刻みで3 mm～25mm と様々であり，目的によって使い分ける。内径6 mm のものを5 cm 程度に切って，ピンセットや柄付き針のカバーなどにするとうい。

注入での利用はガラス管の外径に合わせる。長い方が操作は楽であるが，長すぎると圧力がかからないため，長くても20cm 程度にした方がよい。



ビニール管

## 16

## 方形区法による植生調査（草原）

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	1時間	40分

## 目的と内容

方形区法を用いて植生を調べ、被度や高さなどから優占種を求める。また、その種の特徴と環境条件との関係を考える。

生徒の多くは、身の回りの野外に様々な植物が存在していても、これらについて詳しく観察していない。この調査は校内でも可能であり、すべての植物種の同定にこだわらなければ一単位時間でも実施できる。この調査によって、植生の成り立ちには光や土壌などが関係することについて考えることができる。

調査自体は簡単で、植物種を識別できれば調査の失敗はないため、指導者の予備調査が重要である。各グループが別々な環境の場所を調査しまとめることで、校舎近辺の環境と植生の関係をクラス全体で考えることができる。また、連続二単位時間で実施できれば同じグループが環境を変えた数カ所の調査、植物種の同定などゆとりをもって行える。

既習事項

なし



## 留意点

### 【指導面】

- ・「陸上には様々な植生が見られ、植生は長期的に移り変わっていくことを理解すること」がこの単元の目標である。植生の成り立ちには光や土壌などが関係することについて理解させることを意識して指導する。
- ・植生を調べ、環境条件との関係を考え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。集合場所を調査場所付近にするなどして、時間の無駄が生じないように配慮する。植物種の同定を厳密にしなければ一単位時間で生徒実験が可能である。
- ・事前に予備調査を行い、よく出現する植物種名などを判別できるようになっていれば、指導がスムーズになる。本格的に同定するには、デジタルカメラなどを用いて地上部の生活形、葉・花の形や付き方などの特徴がわかるように記録し、植物図鑑で同定する必要がある。

- 
- ・「植生の外観上の特徴は何によってわかるだろうか」「光条件が異なる場所でも同じような植物が見られるだろうか」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。
  - ・「なぜ方形区を用いるのか」「なぜ環境調査が必要なのか」「それぞれの植物種の被度を調べることで何がわかるか」など、操作の意味を生徒が理解するように指導する。
  - ・「適切に環境調査をしているか」「適切な方形区を得ているか」「適切に植物種の識別をしているか」「植物図鑑などで植物種を同定しているか」などの植生調査にかかわる操作ができているか、それぞれの植物が地表を覆う度合いをスケッチしているか、プリントやレポートなどに調査の過程や結果の記録、整理をしているかなどを巡視して適宜指導する。

### 【安全面】

- ・調査する際にけがをしないように注意する。
- ・野外の虫に刺されないように注意する。
- ・夏の場合は、熱中症などにも注意する。
- ・土壌に触れた後は必ず石けんで手を洗うように注意する。

### 【その他】

- ・植物種の同定に時間をかけすぎ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
- 植物図鑑の在庫確認
- 実験室の備品確認
- 調査地の予備調査

#### ～前日

- 実験プリント作成・印刷
- 方形枠の準備 (作成)

#### 当日

- 器具・植物図鑑の分配
- 集合場所の指示

## ☆教材の入手方法

学校の敷地以外では、事前に調査する予定の土地の管理者・所有者に確認した上、予備調査をする。無用のトラブルを避けるため、前もって許可を得ることが必要である。

種の同定に手間取ると一単位時間内に終わられない。主にどんな種があるか、予備調査の段階で確認しておけば生徒に教えることができ、スムーズに進められる。



土手の草原

### トピック 最近の被子植物の分類体系

被子植物の分類体系に、DNA解析(葉緑体DNA解析)による系統学手法が導入されたAPG植物分類体系が発表されている。この新しい分類を実行する植物学者の団体名がAngiosperm Phylogeny Group (APG:被子植物系統発生グループ)である。この手法の進展により欧米では植物図鑑などに新しい体系が変わってきている。日本でも、特に植物の進化を扱う分野ではこの分類系統が主流である。

従来分類法は、リンネの自然の体系から、生物を科、属といった分類体系が生まれた。これにダーウインの進化論が取り入れられ、花や葉を基にした類縁関係を基にしたエングラークラシフィケーションなどのマクロ形態的な分類体系が定着し、現在の教科書や図鑑ではこの分類方法が採用されている。エングラークラシフィケーションは、双子葉植物と単子葉植物に二分し、双子葉植物を離弁花類と合弁花類に二分する。この方法は、少数の容易に判断できる特徴に基づいているため、誰でも直感的にわかりやすく実際に種類を調べるときに便利である。

APG植物分類体系は、従来の植物分類体系に対し一部の植物で外部形態と分類群に違和感があるものの、多くの分類群はおおよそ一致している。種についてはこれまでの分類体系で用いられてきた特徴で把握できる。

## 準備

### 当日のセット

- |                                      |    |                |
|--------------------------------------|----|----------------|
| ☆生徒用                                 |    |                |
| <input type="checkbox"/> 白紐 (4.2m程度) | 1本 | } 1辺1mの<br>方形枠 |
| <input type="checkbox"/> 杭 (4本)      | 1組 |                |
| <input type="checkbox"/> ハンマー        | 1つ |                |
| <input type="checkbox"/> 温度計         | 1つ |                |
| <input type="checkbox"/> メジャー        | 1つ |                |
| <input type="checkbox"/> 植物の図鑑       | 1つ |                |

### 準備に必要な用具

- ・メジャー
- ・マジックペン



杭, ハンマーなどは代わりにするものを工夫してかまわない。

#### ★教員用

- 植物の図鑑



#### ※参考 植物の図鑑例

- ・「野草～自然の中で楽しむ里・野・林・海岸の野草 500種」平野隆久著
- ・「日本の野草・雑草～低山や野原に咲く 471種」日野東, 平野隆久著
- ・「身近な野草・雑草」菱山忠三郎著
- ・「野外観察ハンドブック形とくらしの雑草図鑑～見分ける, 身近な 280種」岩瀬徹著
- ・「ミニ雑草図鑑～雑草の見分けかた」広田伸七編著
- ・「街でよく見かける雑草や野草がよーくわかる」岩槻秀明著 など

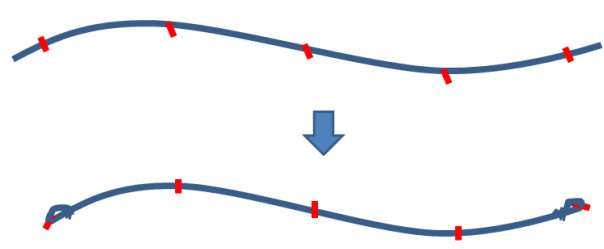
#### ① 1ヶ月前～

調査地の予備調査を行う。

主にどんな植物種が生育しているか、植物図鑑で確認しておく。照度計があればそれぞれの調査場所の照度を測定し、一番明るいところを 100 とした相対照度をまとめておく。

#### ② 前日まで

- 方形枠用の白紐を用意する。
- 4.2m程度の紐に端から 10cm に印を付ける。そこから 1m毎にマジックで印を付け、両端の部分を結んでおく。



#### ③ 当日

器具・植物図鑑のセットを用意する。集合場所の指示をする。

## ◎観察，実験

### 観察，実験の流れ

#### □導入

- ・既習事項の確認
- ・植生の外観上の特徴は何によってわかるだろうか 答) 優占種によってわかる
- ・光条件が異なる場所でも同じような植物が見られるだろうか  
答) 陽生植物，陰生植物があるため，光条件が異なる場所では構成種が異なる植生が見られる
- ・被子植物の分類の視点  
答) 大きくは，葉が単子葉か双子葉か，双子葉であれば花が離弁か合弁か  
細かくは，地上部の生活形，葉・花などの形・付き方・数などの特徴などに注目する

#### □目的を理解させる

#### □観察，実験

- ・観察手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面の注意
- ・植生を調査する（本実験）

#### □結果のまとめ，考察

- ・観察からわかったこと
- ・光以外に植生に影響がある環境条件は何だろうか 答) 土壌，温度など

#### □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「16 方形区法による植生調査.pptx」を参照

### ① 調査地点の環境調査（3分）

調査地点の気温，地温を測定する。

環境要因等を記録する。調査地名，調査者名，調査年月日と時間，気温，地温，照度，天候，標高など，情報は詳しいほどよい。

照度計があれば，照度が大切な環境要因であるため測定させるか，事前に測定した値を基に相対照度を示しておく。なければ，日当たり具合を統一した基準で示す。





### ② 方形枠の設置（3分）

方形区の1つの角に杭（テント用のペグなど）を立て、杭に紐の結んだ輪の部分を通す。紐の印を基に、2本目の杭を立てる。紐がほぼ直角になるように、紐の印を基に3本目の杭を立てる。結んだ輪を通した初めの杭に、もう一端の結んだ輪を通す。最後の杭を、紐の印を基に立て、杭の位置を微調節して正方形にする。紐の近くの植物を、生えている場所によって内外に振り分ける。

材料費の安さ、保管や持ち運びの容易さなどから方形区を紐で作る方法にしている。



木材や金属などを使った1辺1mの正方形の方形枠を用意するのであれば、方形枠を置くだけでよい。



杭への紐の設置



方形枠の角部分



方形枠の微調節

### ③ 方形枠内の種の識別（7分）

方形枠内の植物を、地上部の生活形、葉・花などの特徴から種毎に識別する。



図鑑などを使ってわかるものは種名まで記入する。わからない場合はa, bなどとし、時間をあまり費やさないように指導が必要である。 →状態1 (p.197)



次の手順④のスケッチと並行して行ってよい。図で見えている葉の多くはブタナのものである。



種の識別

## ☆被子植物の分類（エングラールの分類）のおおまかな視点

### ・葉

葉は、科や属毎に葉脈の様子、葉全体やへりの形、葉のつき方などに特徴があり、植物を分類する大きな情報となる。

#### ①葉脈

大きくは、網状脈であれば双子葉植物、平行脈であれば単子葉植物で、一部に例外がある。

#### ②葉全体やへりの形

葉の葉身の他に先端、基部の形に注目する。

また、葉脈が中央脈から側脈がでていく羽状葉か、葉身の基部から数本の葉脈がでていく掌状葉か、さらに、葉が切れ込みの少ない単葉か、中央脈まで切れ込んで小葉が集まって見える複葉か注目する。単葉であれば切れ込みの大きさから浅裂・中裂・深裂に、複葉であれば枝分かれの回数が一回・二回・三回に分類できる。

#### ③葉のつき方（葉序）

茎に対して互い違いに葉がつく互生、2つの葉が対になってつく対生、3枚以上の葉が対になってつく輪生などがある。互生の場合、分母に重なる葉が出るまでの数、分子にその回転数で示した角度を開度といい、例えばイネ科が  $1/2$  ( $180^\circ$ )、バラ科のサクラが  $2/5$  ( $144^\circ$ )、アブラナ科のダイコンが  $3/8$  ( $135^\circ$ ) など科や属毎に決まっている。

### ・花

花を構成しているがく、花冠、おしべ、めしべなどの種類や数、子房の位置などから科や属毎に花の基本的な構造が決まっており、植物図鑑などでは花式や花式図で示されていることがある。

#### ①花卉の形

大きく、花卉が離れている離弁花類、花卉が融合している合弁花類である。クロンキストの分類やAPG植物分類では扱っていないが、観察から分類するには注目しやすい特徴である。

#### ②がくや花卉の数

単子葉植物は3数性、双子葉植物の多くは4数性、5数性で一部3数性ものがある。双子葉植物の3数性のものは、APG植物分類では単子葉植物が分かれる前に分かれた基部双子葉植物とされる。

#### ③花のつき方（花序）

花のつき方に注目する。総状、頭状、散房、散形、複総状、穂状、互散、二出集散など色々なタイプがある。

### ・茎


双子葉植物は形成層があり維管束が放射状に並んでいるが、単子葉植物は形成層がなく維管束が散在して並んでいる。また、茎の内部は多くの植物は中のつまった中実であるが、中空のものがある。イネ科やキク科のタンポポなどは中空で、タケ・イネなどの茎は節だけが中実である。

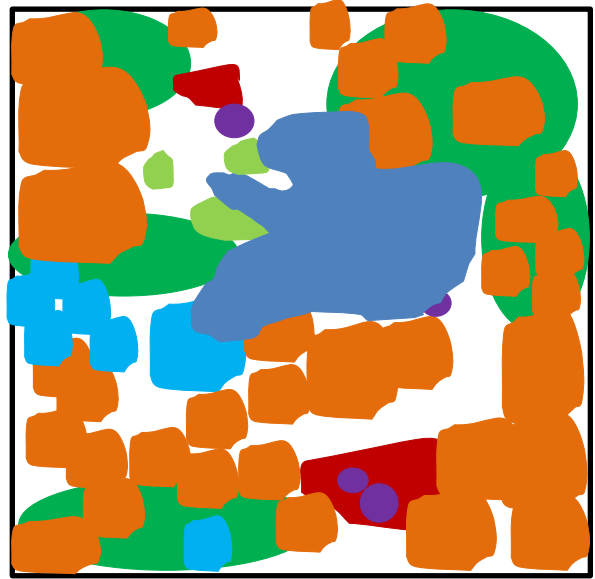
他に、ラウンケルの生活形による分類は生活様式に基づく生態的な分類であるが、土のふみつけとの関連があるため学校敷地内での調査に役立つ。大まかにふみつけに強い順から、ロゼット型（オオバコやタンポポなど）、そう生型（シバなど）、分枝型（ヤハズソウなど）、ほふく型（シロツメクサなど）、直立型（ヨモギなど）、つる型（ヒルガオなど）となっている。



④ 方形枠内のスケッチ (15分)

真上から見て、種毎に区別し植物の葉の広がり  
の範囲を簡単にスケッチする。葉が広がりの範囲とは、  
各個体の一番外側にある葉をつないだ領域とする。

 個体の大きいもの、数の多いものから  
スケッチすると見逃しが少なくなる。  
  
色鉛筆などを用いると、種毎の区別が  
しやすい。




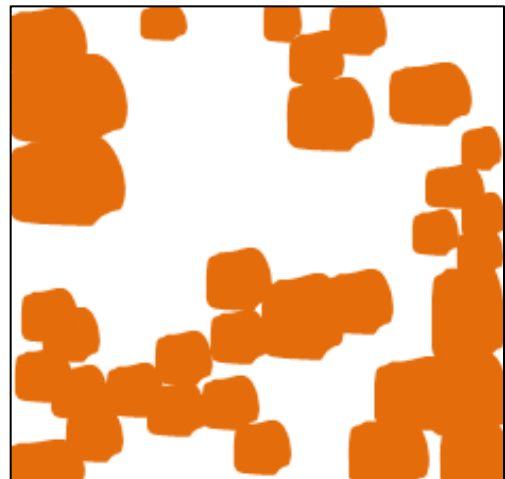
スケッチ例

⑤ 被度の測定と被度階級の換算 (7分)







スケッチを基に種別の枠の中で占める割合 (被度) を目  
算で求める。調べた被度から、次の表を基に被度階級を求  
める。

例：ブタナ 被度 55% → 被度階級 4

 10cm × 10cm の面積が 1% に相当する。  
  
スケッチした領域を寄せて合計した面積を目算  
で求めるため、個人差が出やすい。グループ内の  
それぞれが被度を計算した平均値から被度階級を  
求めるなど、誤差が少なくなるようにする。



被度の測定例

被度階級	+	1	2	3	4	5
スケッチ						
被度 (%)	1未満	1~10	10~25	25~50	50~75	75以上

被度階級

## ⑥ 種別の最高草高の測定（5分）

メジャーを使って、種ごとに最も草高が高い個体の高さを測定し記録する。

植物の葉の最も高いところを測定する。葉がたれていても伸ばさない。グループ内で分担し、種の識別が終わり次第並行して行ってよい。



調査枠数を増やして、被度の最も高い種を100とした相対被度、草高の最も高い種を100とした相対高さを平均した値が相対積算優占度（SDR）となり、優占度が最も高いものを優占種とする。本格的には、相対頻度も求め、先の2つとこれを加え平均した3要素の相対積算優占度（SDR3）を求め優占種を決める。



最高草高の測定

## まとめ

- ① 植生を調査し、被度や草高から優占種を求めることができた。
- ② 植生と光条件との関係を考えることができた。

## ◎後片付け

### ■後片付けのさせ方

- ・ 杭は土を落としてきれいにさせる。紐はきれいに折って束ねさせる。
- ・ グループ毎に器具をまとめたものを回収し、きれいになっていないものは再提出させる。
- ・ 実験後、石けんで手を洗わせる。

### ■器具等の管理

- ・ 回収したものは種類毎に分け、再点検した上で所定の器具置き場に戻す。



## 失敗例

### ●状態 植物種が識別できない

原因 識別する視点がわからない

種名はわからなくても科や属レベルの識別はできるように、地上部の生活形、葉全体の形、葉縁の形、葉脈の様子、毛の有無、葉の付き方、花の形や色、花の付き方などで分類できることを指導する。予備調査で、優占種や優占種に近い植物については生徒に指導できるように調べておく。

## 別法

### 別法①

- ・学校周辺の植生調査を行うもの

啓林館の教科書で採用されている。地形図と空中写真を基に野外調査の準備をした上で、グループ毎に地域を分担し植生を構成する主な植物を調べる。調査の結果を基に農地、草原、林など植生を決め、さらに細かく分類しまとめる。

### 別法②

- ・土壌のふみしめとの植物の高さ・植被率との関連を調べるもの

数研出版の教科書で採用されている。方形区法によって、土壌のふみしめと植生の関係が調べやすい場所を調査地点とし、連続した調査区を土壌の硬さとともに、植物の高さ・植被率を調べ、その結果をまとめ考察する。

### 別法③

- ・土壌のふみしめとの特定の種の植被率に占める割合との関連を調べるもの

数研出版の教科書で採用されている。方形区法によって、土壌のふみしめと植生の関係が調べやすい場所を調査地点とし、連続した調査区を土壌の硬さとともに、特定の種の植被率に占める割合を調べ、その結果をまとめ考察する。

## 器具の取り扱い

特になし

## 17

## 暖かさの指数（コンピュータ）

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	なし	1 時間	40 分

## 目的と内容

インターネットを利用して、月平均気温から暖かさの指数を求めてバイオームを推測し、実際のその場所で成り立っているバイオームと比較する。

生徒の中には、照葉樹林を実際に見る機会が少ないため、日本の森林が岩手県で見られる夏緑樹林や針葉樹林であると考えていることがある。気温や降水量といった気候条件に応じた特定の相観をもつ生物の集団であるバイオームが、南北に長く連なる日本では多様である。このことについて、比較的簡単に求めることができる暖かさの指数を基に自分で推測し、実際のバイオームの分布と比較できるため、理解を深めることができる。

また、理科でもコンピュータや情報通信ネットワークなどのICT活用を図ることになっているが、活用する場面が少ない。この実習は、理科と関連づけて情報の収集・検索を行うことができる。

コンピュータや情報通信ネットワークの使い方は中学校や高等学校の情報の授業で学んでいることが多いため、使い方がわかっていることを前提とし、月平均気温のデータは気象庁の Web ページのものとした。

既習  
事項

なし

## 留意点

### 【指導面】

- ・「気温と降水量の違いによって様々なバイオームが成立していることを理解すること」がこの単元の目標である。気温と降水量の違いによって陸上には植物を基盤とした様々なバイオームが成立し、日本では主に気温の違いによって幾つかのバイオームが成立していることを理解させることを意識して指導する。
- ・暖かさの指数を求めてバイオームを推測し、実際のその場所で成り立っているバイオームと比較す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。各個人が調べる調査都市を限定すると一単位時間で生徒実験が可能である。

- 
- ・「バイオームは何によって決まっているだろうか」「日本ではどんなバイオームが見られるだろうか」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。
  - ・「なぜ暖かさの指数を用いるのか」など、調査の意味を生徒が理解するように指導する。
  - ・「月平均気温の収集・検索をしているか」「暖かさの指数を求めているか」「実際のバイオームを調べているか」などのバイオームの推測にかかわる操作ができているか、プリントやレポートなどに調査の過程や結果の記録、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】

特になし

### 【その他】

- ・トラブルに備え、コンピュータや情報処理室の使い方を事前に理解しておく。
- ・コンピュータの操作が苦手な生徒もいることを配慮しながら、一人一人の生徒が実験に取り組めるようにする。

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

## ◎準備

### 準備の流れ

#### 1ヶ月前～

- (発注、調製、代替の検討時間含む)
- 情報処理室の確認

#### ～前日

- 都道府県カードの作成
- 日本地図の用意
- 実験プリント作成・印刷

## ☆教材の入手方法

### ・月別平均気温のデータ

①理科年表から調べる。冊子で調べることができるが、得られるデータは主要な都市に限定される。

「理科年表」 ポケット版 1,400円(税別)

机上版 2,800円(税別)

②気象庁の Web ページに接続し入手する。そのため、インターネット環境が必要である。

国土交通省気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/>



気象庁の Web ページ

### トピック 暖かさの指数とは？

生態学者の吉良竜夫が提唱した、植生の変化と気温との相関関係を表すための指標である。本来は降水量の大小も植生と大きな関係があるはずであるが、日本ではどこでも十分な降水量があるため条件の差としては意味をもたない。一般的に、植物の生育には月平均気温で5℃以上が必要とされる。このことから、植生の分布には5℃より高温になる期間とその温度の高さがどの程度になるかが大きく影響すると考えられるので、それを定量化することを試みたものである。具体的には、ある地域の各月の平均気温を取り、月平均気温5℃を基準として各月の平均気温の5℃との差を累積する。平均気温が5℃より高い月の累積が暖かさの指数である。温度の差によるバイオームの推測に有効である。

暖かさの指数と同様に、寒さの指数も存在する。暖かさの指数とは逆に、平均気温が5℃より低い月の5℃との差の累積が暖かさの指数である。暖地に分布する植物の分布北限や寒冷地に分布する植物の分布南限の解析に有効である。



## 準備

### 当日のセット

☆生徒用

インターネット環境のコンピュータ 1台

★教員用

都道府県カード 1組

日本地図 1枚

インターネット環境のコンピュータ 1台

### 準備に必要な用具



代替

カード、地図などは代わりになるものを工夫してかまわない。

- ・コンピュータ
- ・プリンター
- ・模造紙
- ・マジックペン

#### ① 1ヶ月前～



情報処理室がインターネットを利用できるか確認する。コンピュータや情報処理室の利用の仕方などを情報担当者に確認する。実験を予定している日時の情報処理室を確保する。

#### ② 前日まで



代替

都道府県カード、日本地図を用意する。

都道府県カードは、例のようにコンピュータで作成し印刷したものを切るか、カードに都道府県名を書き込んで準備する。

日本地図は、全員で1つの地図を用いる場合は模造紙などにできるだけ正確に書き込むか、大型プリンターで印刷する。

プリントなどを作成してグループや個人に配付して書き込ませる、コンピュータ上で地図を共有するなど工夫してよい。



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

## ◎観察，実験

### 観察，実験の流れ

#### □導入

- ・既習事項の確認
- ・バイオームは何によって決まっているだろうか 答) 気温と降水量によって決まる
- ・日本ではどんなバイオームが見られるだろうか 答) 亜熱帯多雨林，照葉樹林，夏緑樹林，針葉樹林などが見られる
- ・なぜ暖かさの指数を用いるのか 答) 日本は降水量が十分なため，気温によって植物のバイオームが決まるから。  
詳しくは，トピック「暖かさの指数とは？」参照

#### □目的を理解させる

#### □観察，実験

- ・実験手順の指導
- ・コンピュータ使用上の注意
- ・月平均気温から暖かさの指数を求めてバイオームを推測する（本実験）

#### □結果のまとめ，考察

- ・観察からわかったこと
- ・バイオームは推測した結果と実際ものと一致したか 答) おおよそ一致したが，一致しない所もある  
実際のバイオームは，年間の温度変化も影響しているためと考えられる

## 手順 時間のめど（およそ 40 分）

※詳しい手順は付録「17 暖かさの指数.pptx」を参照

### ① 月別平均気温データの入手（10分）

・都道府県カードを1枚ずつ配付し，各自の調査地を決める。調べる年を決める（例：2010年）。気象庁のWebページに接続し，「気象統計情報」タブの中の「過去の気象データ検索」を選択する。

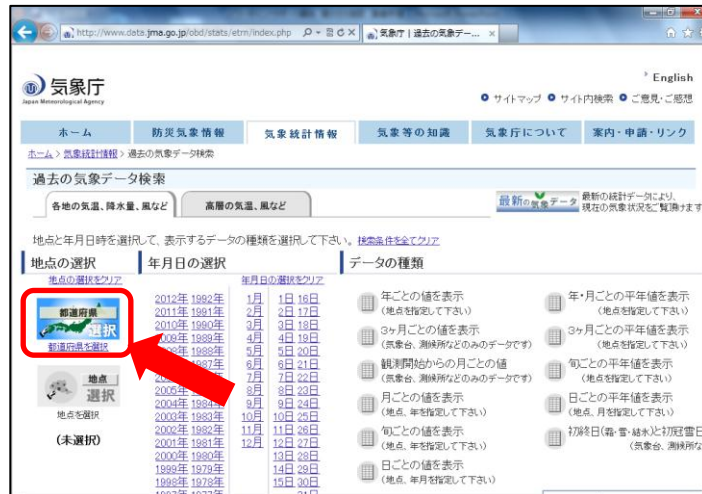


国土交通省気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/>

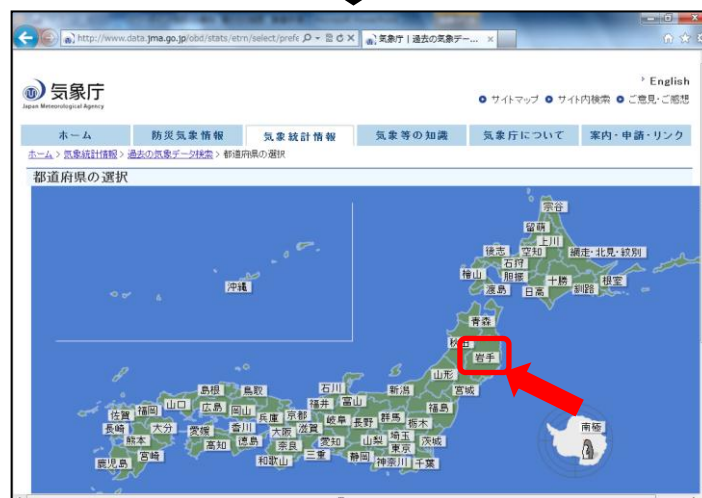


<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>

- 都道府県を選択し、赤◎の地点から1つ選択する。練習として岩手県、盛岡を選択する。



<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>



[http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/select/prefecture00.php?prec\\_no=&block\\_no=&year=&month=&day=&view=](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/select/prefecture00.php?prec_no=&block_no=&year=&month=&day=&view=)



[http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/select/prefecture.php?prec\\_no=33&block\\_no=&year=&month=&day=&view=](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/select/prefecture.php?prec_no=33&block_no=&year=&month=&day=&view=)

サポート資料の見方

顕微鏡の使い方

生物の特徴

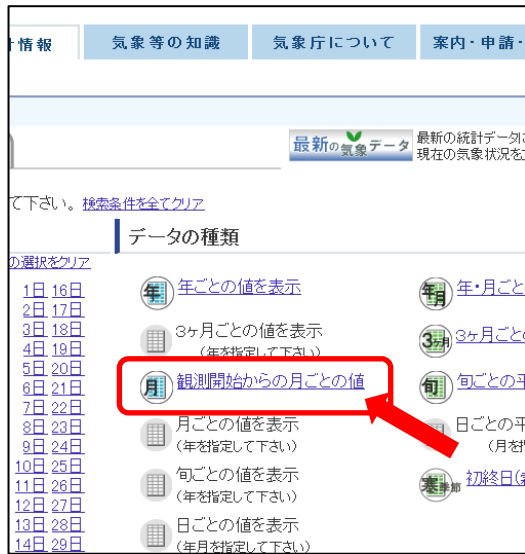
遺伝子とDNA

生物の体内環境の維持

生物の多様性と生態系

巻末資料

・地点選択後、「観測開始からの月ごとの値」を選択し、調べる年の日平均気温の月平均値を記録する。



観測開始からの毎月の値

日平均気温 日最高気温 日最低気温 平均風速 海面気圧 現地気圧  
 相対湿度 蒸気圧 霧量 日照率 全日射量  
 日照時間 降水量 降雪の深さ

盛岡 日平均気温の月平均値(°C)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年の値
1924	-3.3	-3.1	-2.1	9.9	12.7	16.6	24.1	24.0	17.7	10.0	5.1	-1.0	9.2
1925	-3.3	-3.6	-0.7	7.1	12.8	18.0	20.3	23.4	19.1	11.7	6.1	1.4	9.4
1926	-3.3	-1.7	0.9	5.8	13.4	16.1	21.2	21.7	18.5	9.4	4.5	-1.5	8.8
1927	-3.8	-4.6	0.1	8.5	12.2	17.2	22.8	22.8	16.8	11.4	5.7	-0.4	9.1
1928	-3.3	-3.2	1.1	7.8	13.9	16.7	21.4	22.6	20.6	12.0	6.1	-1.9	9.5
1929	-4.5	-3.6	0.9	6.9	12.4	16.7	23.8	23.6	16.8	12.2	5.8	2.0	9.4

[http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly\\_s3.php?prec\\_no=33&block\\_no=47584&year=&month=&day=&view=](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_s3.php?prec_no=33&block_no=47584&year=&month=&day=&view=)



地点の選択の赤◎は気象台・測候所（特別地域気象観測所を含む）を示す。年毎の月平均気温データは、赤◎以外の地点は記録がないので注意する。

[http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec\\_no=33&block\\_no=47584&year=&month=&day=&view=](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=33&block_no=47584&year=&month=&day=&view=)

② 暖かさの指数の計算（3分）

データから、月平均気温が5℃以上の月について、月平均気温から5℃を引いた値を求め、その値の総計を暖かさの指数とする。

例

盛岡	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均	
2010	-1.3	-1.1	1.5	6.5	13.8	20.6	24.4	26.2	19.8	13.4	6.4	1.9	11	
				1.5	8.8	15.6	19.4	21.2	14.8	8.4	1.4			91.1



次の関数を使って、表計算ソフトで月平均気温から5℃を引いた値を計算できる。  
 =IF(月平均気温>=5, 月平均気温-5, "")

③ バイオームの推定（2分）

暖かさの指数とバイオームの関係の表から、バイオームを推定する。

暖かさの指数	バイオーム
240以上	熱帯多雨林
240~180	亜熱帯多雨林
180~ 85	照葉樹林
85~(45~55)	夏緑樹林
(45~55)~15	針葉樹林
15未満	ツンドラ・高山帯

上の例では、暖かさの指数が91.1からバイオームは照葉樹林となる。

④ 過去のデータとの比較（5分）

同じ地点で、過去の暖かさの指数を求める（例：30年前）。

例

盛岡	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均	
1980	-2.3	-3.6	1.1	7	14.4	19.8	19.6	19.8	17.6	11.5	6.4	0.1	9.3	
				2	9.4	14.8	14.6	14.8	12.6	6.5	1.4			76.1

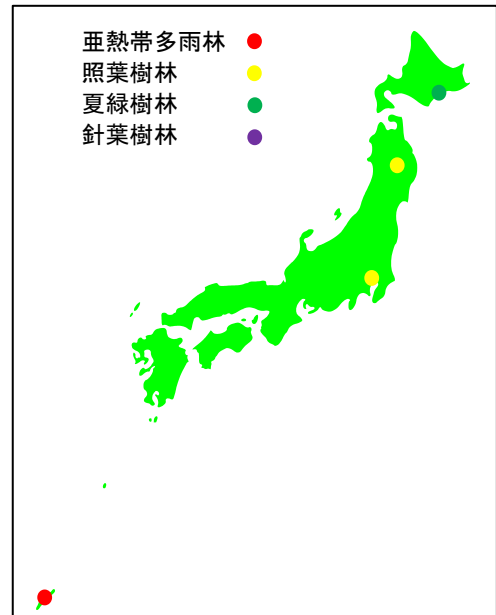


## ⑤ 他地域のデータとの比較（15分）

各自の都道府県カードの地域の暖かさの指数を求めバイオームを推定する。割り当たった都道府県について、用意した日本地図に、推定した地域のバイオームを色マジックなどで示す。記入後、推定された日本のバイオームを全員で確認する。



1カ所以上の気象台・測候所（特別地域気象観測所を含む）を調べさせ、その都市の位置に書き込ませる。調べる都市の数は多いほどよい。



バイオームの推定例

## ⑥ バイオームの確認（5分）

インターネットや資料集などで、実際のバイオームを調べ、推測したものと比較する。



インターネットを使う場合は、暖かさの指数を調べた都市の衛星画像を探して実際のバイオームを確認するとよい。教科書や資料集で日本の水平分布の図と比較してもよい。



暖かさの指数では照葉樹林でも、実際は夏緑樹林である場合がある。暖かさの指数にない、冬の寒さの厳しさなどの要因が関係していると考えられる。

## まとめ

- ① 月平均気温から暖かさの指数を求めてバイオームを推測することができた。
- ② 過去のデータとの比較から、温暖化の傾向があることがわかった。
- ③ 気温の違いによって様々なバイオームが成立していることを理解できた。

## ◎後片付け

- 後片付けのさせ方
  - ・ コンピュータを適切な方法で電源を落とさせる。
- 情報処理室の管理
  - ・ 生徒の使用したコンピュータの電源がついていないことを確認する。
  - ・ 情報処理室の使い方に従って、情報処理室を元の状態に戻す。

## トピック 生態系に関連する用語の扱い

誤解の生じやすい生態系に関連する用語を簡単にまとめた。

**バイオーム** 新学習指導要領から、「生物群系」ではなく「バイオーム」という用語を用いるようになった。これは、「群系」という用語が「植物群系」と同義に用いられることが多いので、「群系」を含む「生物群系」を避けたためである。基盤となる植生を構成する植物とそこに生息する動物や微生物を含むすべての集まりを意味し、生物群系のことである。バイオームの分布と気候の関係は、植物を中心に研究されている。バイオームは陸上バイオームの他に、海洋、湖沼、河川などの水界バイオームがある。

**植生** 生物基礎では群系、群落などと区別せずに「植生」を用いている。植物が生育している集団の全体のことをいう。しばしば混用されているが、植生は抽象的な概念で数えられない実態をさすのに対し、群落は数えることができる実体をさす。

**群落** 生物基礎ではこの用語を用いていない。単独または複数の種類の植物が生育し、その相観（群落の外観のこと）や構成種の組成が他と区別され、しかも数えることができるような実体のある植物集団をいう。ススキ群落、アカマツ群落などと、優占種で区別して名づけることもできる。

**群系** 生物基礎ではこの用語を用いていない。相観に着目して区別した群落をとくに群系という。植物群落ともいうが、群系が植物の集団をさすので、教育用語としては群系とする。

**生物群集** ある一定区域に生息する生物種をまとめて考えるとき、これを生物群集あるいは単に群集と呼ぶ。

**生態系** 生物群集とそれを取り巻く無機的自然（大気、水、土壌など）との間におけるエネルギーの流れや物質の循環などをいう。ある程度の大きさをもった地域範囲では、ある程度のまとまりをもった独立性を認めることが可能であり、それらを一つの系とみなして生態現象の解明を進める研究方法が成立する。

**環境要因** 生物を取り巻く環境を構成する要素を環境要因という。環境は、生物的環境と非生物的環境に分けられる。

**生物的環境** 生物的環境の要素は、その生物に影響を与える他の生物である。

**非生物的環境** 非生物的環境の要素は、大気、温度、水、光、土壌など無機的自然である。

**生産者** 生態系あるいは生物群集内において、無機物から有機物を合成し、系内の全生物にエネルギーと物質を供給する生物。緑色植物が中心だが、化学独立栄養細菌も含む。

**消費者** 生物群集や生態系でのエネルギーの流れと物質の循環において、独立栄養生物の生産物を消費する役割を果たしている従属栄養生物をさす。消費は有機物の無機物への分解を常に伴っているので、分解者との区別は不明確であるが、通常、生きている生物を摂取する生物に対して用いる。

**分解者** 生物の遺体や排出物を分解することでエネルギーを得て生活し、有機物を再度生産者が利用できる簡単な化合物に戻す役割を果たしている生物。生産者、消費者と並び、生態系の一員を構成している。狭義には細菌、糸状菌（カビはその俗称）、原生動物などの微生物で、死んだ生物体や排出物を分解して生活するものをさすが、広義にはミミズやシロアリなど植物の遺体を食べる土壌中の小動物も含める。

## 失敗例

特になし

## 別法

### 別法①

- ・学校周辺のバイオーム調査を行うもの（第一学習社の教科書で採用されているもの）

年平均気温と年降水量を調べ、教科書の世界のバイオームと気候の図からバイオームを推定する。身近な森林の優占種を観察し種名を調べる。それがどのバイオームに生育するものか、インターネットなどで調べる。

### 別法②

- ・世界のバイオームを調べるもの（啓林館や実教出版の教科書で採用されているもの）

啓林館の教科書で採用されている方法は次の通りである。気温・降水量・緯度・経度のデータブックを使って、世界の色々な地点のバイオームを、教科書の世界のバイオームと気候の図からバイオームを推定する。さらに、インターネットを使って、緯度・経度のデータから衛星画像で実際のバイオームを調べる。

また、実教出版の教科書で採用されている方法は、次の通りである。インターネットを使って、衛星画像で実際のバイオームを調べる。調べた地域の気温や降水量などを調べ、各地域のバイオームの特徴を比較する。

### 別法③

- ・垂直分布の植生調査を行うもの（実教出版の教科書で採用されているもの）

調査地の地図，GPSまたはコンパスなど位置を調べるための機器，観察記録用紙，フィールドノート，カメラ，環境測定計，双眼鏡などを準備し，登山する。標高 300～500m間隔で，温度，湿度，気圧，風速などを測定する。また，測定場所の土壌の状況，相観，生息している主な植物などを記録する。

## 器具の取り扱い

特になし

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

## 18

## 土壌動物の調査（林）

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	1時間	40分 40分

## 目的と内容

土壌を採集し、生息する中型土壌動物を観察し、土壌動物の種類や数などから環境との関係を考える。

生徒は小学校で昆虫の観察を行っているが、肉眼でわかる大きめの昆虫の観察がほとんどで、土壌動物にはなじみが薄い。冬になると寒さを避けて深いところに潜ってしまうものが多いが、ほぼ一年中、どこでも簡単に採集できる。土壌動物の存在に気づき、土壌動物の数の多さや多様さ、面白さから生物の多様性を、また生態系の物質循環に大きな役割を果たしていることなどを考えることができる。

環境を変えた数カ所から土壌を採集することで、環境の調査に発展させることができるが、この観察、実験では多くの土壌生物が得やすい林を調査場所とした。林は林床に落ち葉が多く積もっているところが適している。教科書で紹介されているツルグレン装置による土壌動物の抽出に加えて、パールマン法による土壌動物の抽出を紹介する。

既習  
事項

中学校：自然と人間

自然界のつり合い、炭素循環について学習している。

土中の微生物のはたらきや落ち葉の分解を調べている。



## 留意点

### 【指導面】

- ・「生態系では、物質が循環するとともにエネルギーが移動することを理解すること」がこの単元の目標である。生態系において物質が循環すること及び物質循環にかかわる生物の関係や役割を理解させることを意識して指導する。
- ・土壌を採集し、生息する中型土壌動物を観察し、土壌動物の種類などから環境との関係を考えることがねらいであるので、少なくとも2日目の手順①、手順②は生徒に実習させたい。1日目の手順①～手順③を事前準備で済ませると1日で生徒実験が可能である。
- ・事前に予備調査を行い、よく出現するダニやトビムシなどを判別できるようになっていれば、指導がスムーズになる。本格的に同定するには、2日目の手順②で永久プレパラートをつくり、後日光学顕微鏡で観察し同定する必要がある。

- 
- ・「土壌動物はどのような種類のものがあるか」「土壌動物はバイオームでどんな役割があるか」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。
  - ・「なぜ定量の広さ、深さ、体積の土壌を採取するのか」「なぜツルグレン装置で土壌動物が得られるのか」「なぜベールマン装置で土壌動物が得られるのか」「ピペットはどう握るべきか」「土壌を元の場所に戻すのはなぜか」など、操作の意味を生徒が理解するように指導する。
  - ・「適切に環境調査をしているか」「適切な土壌試料を得ているか」「抽出装置への設置は正しいか」「土壌動物の選別を手際よく行っているか」「土壌動物の観察を手際よく行っているか」などの土壌動物の調査にかかわる操作ができているか、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巡視して適宜指導する。

### 【安全面】

- ・土壌を採取する際にけがをしないように注意する。
- ・林の中の虫に刺されないように注意する。
- ・夏の場合は、熱中症などにも注意する。
- ・土壌に触れた後は必ず石けんで手を洗うように注意する。
- ・双眼顕微鏡やルーペで太陽を見ないように注意する。

### 【その他】

- ・固定用エタノールに土壌を極力入れないように注意する。
- ・選別に時間をかけすぎ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
- 染色液の在庫確認
- 実験室の備品確認
- 林の予備調査

#### ～前日

- 実験プリント作成・印刷
- 土壌サンプラーの準備 (作成)
- ツルグレン装置の準備 (作成)
- 70%エタノールの調製

#### 1日目当日

- 70%エタノールの小分け
- 器具・教材・薬品の分配
- 熱湯の準備

#### 2日目当日

- 器具・教材・薬品の分配

## ☆教材の入手方法

学校の敷地外は, 事前に土壌を採集する予定の土地の管理者・所有者に確認した上, 予備調査をする。無用のトラブルを避けるため, 前もって許可を得ることが必要である。

種の同定に手間取ると時間内に終わられない。どんな種があるか, 予備調査の段階で確認しておけば生徒に教えることができ, スムーズに進められる。

近くに林がない, 採集させる時間がないなどの場合は, 事前に前日か当日に落ち葉や土を採集し, ツルグレン装置への設置から始めてもよい。



針葉樹 (スギ) の林

### 薬品の情報

- ・70%エタノール

蒸留水 30mL に無水エタノールを 70mL の割合で混合すると 70%エタノールが得られる。固定した試料の保存以外に, 殺菌力が高いため消毒にも使用される。逆に無水エタノールは殺菌力が落ちる。

無水エタノール (ケニス 500mL 2,900 円, UCHIDA, NaRiKa 500mL 3,500 円)



エタノール

# 準備

## 当日のセット

### ☆生徒用

#### 1日目

- 電気スタンド (40W~60W) 1つ
- 土壌サンプラー 1つ
- 土壌採取用袋 2つ
- 移植ベラ 1つ
- 温度計 1つ
- 腰高シャーレ 1組
- 水切りネット 1つ
- 100mL ビーカー 1つ
- ツルグレン装置 1つ
- 70%エタノール 50mL 程度

#### 2日目

- 双眼顕微鏡 1台
- 先尖ピンセット 1つ
- パスツールピペット, キャップ 1つ
- 9 cm ペトリ皿 1組
- 管ビン 1つ
- 土壌生物の図鑑 1つ

### ★教員用

- ゴミ袋
- 土壌生物の図鑑



## 準備に必要な用具

### 空き缶サンプラー作成の場合

- ・直径 5 cm のスチール缶
- ・缶切り
- ・定規
- ・ビニールテープ

### 自作ツルグレン装置の例

- ・大型ロート
- ・2 mm 程度の網目のふるい
- ・スタンド
- ・60W 白熱灯

- ・ピペット
- ・ビーカー
- ・ラベル
- ・メスシリンダー
- ・試薬ビン

### 永久プレパラート作成の場合

- ・ホイヤー氏液 1つ
- ・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
- ・ろ紙 多め



光源, 採取に使う用具, 腰高シャーレなどは代わりになるものを工夫してかまわない。

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

※参考 土壌生物の図鑑例

- ・「だれでもできるやさしい土壌動物のしらべかた―採集・標本・分類の基礎知識」青木淳一著
- ・「野外観察ハンドブック校庭のクモ・ダニ・アブラムシ」浅間茂，石井規雄・松本嘉幸共著
- ・「土の中の小さな生き物ハンドブック」渡辺弘之(監修)，皆越ようせい著 など

①前日まで

土壌サンプラー，電気スタンド，ツルグレン装置，エタノールを用意する。

土壌サンプラーは，サンプル体積が同じになるように統一する。球根植え器などが利用可能で，なければコーヒーの空き缶で作成する。

ツルグレン装置は，市販のものがなければ自作する。ツルグレン装置は土壌動物が乾燥を嫌う性質を利用して抽出するものである。土壌を乾燥させるために，白熱灯の電気スタンドを使用する。落ち葉や土壌を押さえるために2mm程度の網目のもの，土壌動物を集めるためにろうと状のものがあればよい。大きなペットボトルを切り，注ぎ口を逆さにして2mm程度の網目のものを置くなどしても代用できる。

70%エタノールは，濃度を厳密にする必要はないので，蒸留水30mLに無水エタノール70mLの割合で希釈する。70%エタノールは試薬ビンやポリ容器に入れエタノールが蒸発しないようにする。

・空き缶サンプラーの作成

サンプラーがなければ空き缶で作成する。185mL，250mLのスチール缶は直径が約5cmなので，5cmの高さにすると，容量が約100mL ( $3.14 \times 2.5 \times 2.5 \times 5 = 98.125 \div 100$ )になる。底を確認し，切りやすいスチール缶を用意する。底が側面と一体になっているものは，缶切りが掛からず切ることができない。スチール缶の上下を缶切りで切る。切り口が鋭くなっているため，手や指を傷付けないように注意する。底から5cmのところをビニールテープを貼る，空き缶サンプラーを完成させる。



スチール缶と缶切り



缶の上下を切断したもの



完成した空き缶サンプラー

②1日目当日

70%エタノールを50mL程度100mLビーカーに小分けする。器具・教材・薬品のセットを用意する。

③2日目当日

器具・教材・薬品のセットを用意する。



## ◎観察，実験

### 観察，実験の流れ

#### 1日目

##### □導入

- ・既習事項の確認
- ・土壤動物はどのようなものがあるか 答) ミミズ，ダンゴムシ，ワラジムシ，ダニ，トビムシなど
- ・土壤動物はバイオームでどんな役割があるか  
答) 枯死した植物を分解者が分解しやすいものになっているなど

##### □目的を理解させる

##### □観察，実験

- ・採取手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面の注意
- ・土壤を採集し，抽出する（本実験）

##### □後片付けの指示

#### 2日目

##### □導入

- ・既習事項の確認
- ・土壤動物の性質はどうか 答) 乾燥を嫌うものが多い

##### □目的を理解させる

##### □観察，実験

- ・観察手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面の注意
- ・土壤動物を観察する（本実験）

##### □結果のまとめ，考察

- ・観察からわかったこと
- ・土壤動物の多様性，環境評価 答) 土壤動物が多様であるほどバランスのよい生態系である

##### □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「18 土壤動物の調査.pptx」を参照

#### 1日目

##### ① 調査地点の環境調査（10分）


調査地点の植生，気温，地温などを記録する。

土壤動物は乾燥を嫌うものが多く，調査地点は乾燥しているところを避ける。

環境要因等を記録する。調査地名，調査者名，調査年月日と時間，気温，地温（地表，深さ5cm及び10cm），植生，天候，標高，リター層（落葉落枝層）からA層（上層土）の厚さなど，情報は詳しいほどよい。



## ② 土壌の採取（10分）

腐食していない落ち葉をビニール袋に採取し、袋に採取場所を記入する。土壌サンプラーで、落ち葉を除いた深さ5cmまでの土壌を採取し、同様に記入する。  →状態1 (p. 219)



一定のところまで、土壌サンプラーを押し込む。円形の土壌サンプラーは手で回しながら押し込めるので作業がしやすい。入りにくい場合は、移植ベラやカタナナイフなどで、側面に沿って切りながら押し込む。

採取する際は、周りの土を移植ベラで除いてからサンプラーの底を押さえて取り出すと、定量を得られる。


## ③ 抽出装置への設置（20分）

簡易的なベールマン装置として、落ち葉は水切り網に入れ、浸る程度の水を入れた腰高シャーレに1日浸ける。土壌をツルグレン装置に載せる際は紙やバットの上で作業し、金網の上に静かに均等に置く。下に落ちた土も土壌試料の上に静かに載せてから、ツルグレン装置を設置する。ツルグレン装置の下に、70%エタノールを入れた容器を設置する。安全のため電球は土壌から10cm程度離し、24時間熱し抽出する。

図の左が簡易的なベールマン装置、右がツルグレン装置である。

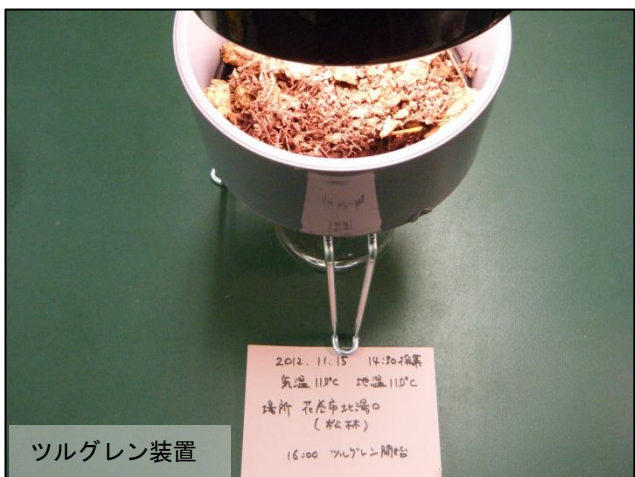
ベールマン装置での抽出は、室温が低いと土壌動物が活動しにくいいため、寒い季節は恒温器に置いた方がよい。



ツルグレン装置の抽出では、選別が難しくなるため、ツルグレン装置の下の70%エタノールに土が極力入らないように静かに設置し、振動を与えないように注意する。また、1日中点灯する必要があるので、事務室や警備員に伝え、夜間に消されないようにする。  →状態2 (p. 219)



簡易的なベールマン装置



ツルグレン装置


① 土壤動物の選別 (15分)

ルーペや実体顕微鏡を用いてツルグレン法で抽出された土壤動物を選別する。比較的大きいものはピンセット，小さいものはパスツールピペットを使って選別する。



土壤動物を壊さないように注意して選別する。ピペットはガラス部分を小指，薬指で固定し，キャップ部分を親指と人差し指で押すように使うと安定する。選別に時間をかけると観察の時間がなくなるので時間を決めて行った方がよい。



エタノールで白くなった土壤動物が多いため，実体顕微鏡のステージ板は，黒い面を使うと選別しやすい。しかし，色のある土壤動物は白い面の方が選別しやすいため，交互にステージ板を変えて探すとよい。土壤が多く落ちていると選別効率が悪いので，前日の設置に十分気を配る。  →状態3 (p. 219)

② 土壤動物の同定と記録 (25分)

実体顕微鏡やルーペを用いてべールマン法で抽出された土壤動物を観察する。また，ツルグレン法の選別した土壤動物を観察する。

それぞれの土壤動物は図鑑などで同定する。わからない動物は目，科，属などの分類群で記録する。



土壤動物の分類は難しいため，無理に種名まで同定しない。簡単な方法として，脚の有無及び数で綱の段階まで分類できるので，下表を参考に分類群でまとめる。

本格的に同定するには，永久プレパラートを作成し，光学顕微鏡で観察する。

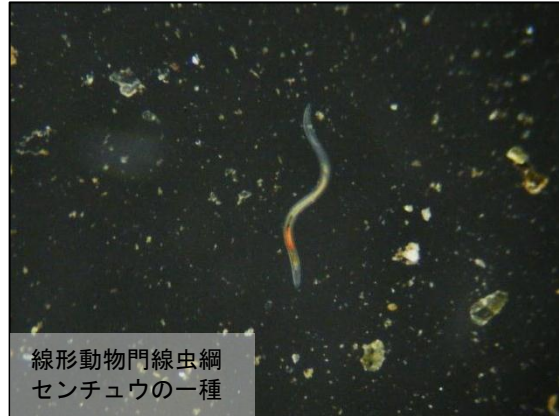
分類	脚の有無・数				
	脚なし	脚3対	脚4対	脚7対	脚多数
軟体動物門		節足動物門	節足動物門	節足動物門	節足動物門
		内顎綱	クモ綱	甲殻(軟甲)綱	少脚(ヤスデモドキ)綱
環形動物門		カマアシムシ目	カニムシ目	ワラジムシ目	ヤスデモドキ目
		トビムシ目	ザトウムシ目	オカダンゴムシ科	ヤスデモドキ科
線形動物門		コムシ目	ダニ目	ワラジムシ科	倍脚(ヤスデ)綱
センチュウ綱		昆虫綱	クモ目	フナムシ科	オビヤスデ目
		アザミウマ目		ヨコエビ目	唇脚(ムカデ)綱
節足動物門		甲虫目	緩歩動物門	ヨコエビ科	イシムカデ目
昆虫綱		チョウ目	真クマムシ目	など	ジムカデ目
ハエ目の幼虫		ハチ目	など		結合(コムカデ)綱
など		など			コムカデ目
					ナミコムカデ科
					など

脚の有無及び数でのおおまかな分類



<土壌動物の例>

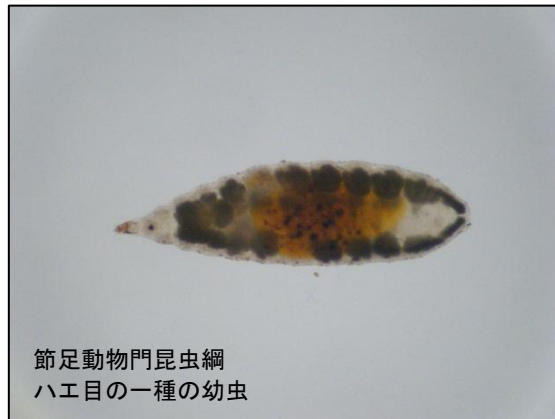
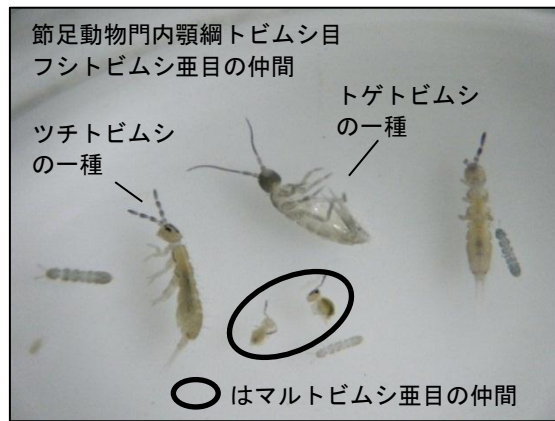
- ・ベールマン法で得られやすい土壌動物



- ・ツルグレン法で得られやすい土壌動物







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

## ☆土壤動物の永久プレパラートの作成方法

プレパレート作成には、スライドガラスは普通のものを使用するが、やや大きな厚みのある土壤動物は浅いくぼみのあるホールスライドガラスを使用する。時間とコストがかかるため、同定のためであれば複数の土壤動物を1つのスライドガラスにまとめて作成してもかまわない。

①採集した試料をアルコールごとペトリ皿にあけ、柄付き針などでゴミをどけて、土壤動物だけを吸いやすいようにする。

②ペトリ皿を実体顕微鏡でのぞき、ピペットで少量のアルコールと対象物だけを吸い上げ、スライドガラスに落とす。ピペットを正しく使わないと作業が難しい。

③柄付き針でスライドガラス上の土壤動物を中央に集め、ろ紙やティッシュペーパーの端でアルコールを吸い取る。

④スライドガラス上に封入剤のホイヤー氏液（またはガム・クロール液）を適量加える。適量とはカバーガラスを掛けたとき、全体に液が行き渡ってほとんど外にはみ出さない量である。カバーガラスをピンセットでゆっくりと掛け、気泡が入らないようにする。液が足りなかった場合は、端に液を1滴垂らすとカバーガラスの下に取り込まれる。気泡が入った場合は、柄付き針で気泡を端の方に寄せて取り除く。

⑤水平な場所で放置し乾かす。乾燥中にカバーガラスに空気が入った場合は、液を端に加え補修する。数日してカバーガラスが動かなくなったら完成であるが、さらに、カバーガラスの周囲にマニキュアを塗ると保存性を高めることができる。

⑥採集データを記入したラベルを貼る。同定したものは、種名も記入する。

### まとめ

- ①土壤を採取し、土壤動物が生息することを確認できた。
- ②土壤動物を観察し、生態系内での役割や種類数から環境との関係を考えることができた。

### ◎後片付け

#### ■後片付けのさせ方

- ・ペトリ皿や器具は土や土壤動物が残らないように、洗剤で洗わせる。
- ・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。
- ・実験後、石けんで手を洗わせる。
- ・落ち葉や土は用意したゴミ袋に入れさせ、人為的なバイオームの攪乱をさけるため採取した場所に戻す。

#### ■器具等の管理

- ・回収したものは種類毎に分け、再点検した上で乾かし、それぞれの器具置き場に戻す。
- ・スライドガラスはアルコールで拭いてから片付けるようにする。

## 失敗例

### ●状態1 土壌の採取がうまく行かない

#### 原因1 サンプラーがうまく入らない

円形のサンプラーは回しながら押し込むと入っていく。土が硬い場合は、移植ベラでまわりを切るようにして補助する。石や植物の根があった場合は、採取場所を変える。

#### 原因2 定量を採取できない

移植ベラでサンプラーのまわりの土を除いてから、サンプラーの底に移植ベラを押し込んで採取する。そのまま引き抜こうとすると、底の土壌は取り出せず残ってしまう。

### ●状態2 うまく抽出できない

#### 原因1 電球の発熱が弱い

ツルグレン装置の電球は 60Wの白熱灯を使う。乾燥を目的とするため、発熱の少ない蛍光灯や LED は適さない。

#### 原因2 時間が短い

1時間程度でも土壌動物は抽出できるが、移動の遅いものもいるため 24時間置いた方がよい。は 60Wの白熱灯を使う。乾燥を目的とするため、発熱の少ない蛍光灯やLEDは適さない。

### ●状態3 うまく選別や観察ができない

#### 原因1 土壌が多く選別できない

土壌動物が埋もれてしまって選別しにくい。ツルグレン装置に土壌を設置する際に、網に近いところは大きな塊のものを置く、振動を加えないなど、土壌が極力落ちてこないように工夫する。

#### 原因2 個体数が少なく選別できない

多くの種類の土壌動物を観察させたい場合は、林の林床の土壌を採取する。畑など、土壌に有機物が少ない場所では土壌動物が種類、個体数ともに少ない。また、乾燥していたり寒い時期だったりすると土壌の深いところに逃げる場合が多い。また、夏は暑さにより個体数が減る傾向にある。

#### 原因3 双眼顕微鏡やルーペの操作が未熟である

慣れが必要である。ステージ板の白い面、黒い面をうまく使い分ける。土壌動物は、白い個体が多いためステージ板の黒い面が見分けやすいが、有色のものを選別する場合や細部を見たい場合は白い面が観察しやすい。ピントの合わせ方など、基本的な操作を確認した上で観察する。

## 別法

### 別法①

・大型土壌動物を調査対象としたもの

※参考 大型土壌動物による土壌環境の豊かさの評価（青木，1989；原田，1996）

1 地点で3 サンプル（1 サンプル 50cm×50cm×深さ 20cm）採取し，その中の土壌動物をハンドソーティング法で採集し，ルーペや実体顕微鏡を使って観察し，名前を調べ記録する。

土壌動物のうち，32 群の動物を対照として，これらの分類群を環境の破壊に対する抵抗性によって次のA，B，Cの3 グループに区分する。更にA，B，Cにそれぞれ点数を与える。32 群の動物がすべて出現すると100 点になる。

環境の評価点 = (A群の出現数×5点) + (B群の出現数×3点) + (C群の出現数×1点)

区分	動物群
A群：人為的な影響を敏感に受ける (5点) ×10 群	アリヅカムシ イシノミ オオムカデ コムカデ ザトウムシ ジムカデ ヒメフナムシ ヤスデ ヨコエビ 陸貝
B群：人為的な影響を少し受ける (3点) ×14 群	アザミウマ イシムカデ ガ(幼虫) カニムシ カメムシ 甲虫 甲虫(幼虫) ゴミムシ シロアリ ゾウムシ ナガコムシ ハサミムシ ワラジムシ ミミズ
C群：人為的な影響を受けにくい (1点) ×8 群	アリ クモ ダニ ダンゴムシ トビムシ ハエ・アブ(幼虫) ハネカクシ ヒメミミズ

### 別法②

・生きた土壌動物を観察するもの

※参考 「土壌動物学への招待—採集からデータ解析まで」土壌動物かんたん実験観察法（平内，2007）

大きい自作ツルグレン装置の下に，からの大きなボウルを設置して，2時間程度抽出する。2時間程度にする理由は，乾燥に弱いものが死んでしまったり，捕食性の動物が食べてしまったりするためである。落ちた土壌動物は生きているので，シリンダールーペや観察カップなどを使って，ダニが動き回る様子やトビムシが飛び跳ねる様子など形態だけでなく動きも見せることができる。採集した土壌動物を詳しく観察する場合，70%エタノールに入れると固定できる。



## 器具の取り扱い

### ・ピペット

土壌動物の選別や同定では、ピンセットは力加減が難しく土壌動物を傷付ける可能性が高いため、主にピペットを移動道具として使用する。誤った持ち方をすると、ピペットの先がふるえて目的の土壌動物を吸うことが出来ないため、ピペットの持ち方に気を付ける。ピペットはガラス部分を小指、薬指で固定し、キャップ部分を親指と人差し指で押すように使うと安定する。キャップの操作はゆっくり行い、液を攪拌したり、土壌動物を傷付けたりしないように注意する。



ピペットの持ち方

### トピック 土壌動物の抽出法

土壌動物はサイズによって、大型土壌動物、中型土壌動物、小型土壌動物に分類される。大型土壌動物は2mm以上のもの、中型土壌動物は0.2mm～2mmのもの、小型土壌動物は0.2mm以下のものである。肉眼の分解能は0.2mm程度なので肉眼で確認できないものは小型土壌動物になる。

「ハンドソーティング法」と呼ばれる方法は、採取した土壌から直接採集するものである。シフター（ふるいによってリター（落葉落枝）や土を除去する装置）を使用すると、採集しやすい。ピンセットや吸虫管を用いるため野外で簡単に行えるが、小さい動物の採集には適さないため、主に大型土壌動物の抽出に利用される。

「ツルグレン法」と呼ばれる方法は、土壌動物が乾燥を嫌う性質を利用して抽出するものである。土壌を乾燥させるために、白熱灯を使用する。ツルグレン装置は市販されているが、2mm程度の網目のものと、土壌動物を集めようと状のものがあれば代用できるので自作してもよい。主に中型土壌動物の抽出に利用される。土壌サンプル量は10cm×10cm×深さ5cmの500mL、抽出時間は72時間が標準である。授業で扱う場合は、24時間照射するとほとんどの土壌動物が抽出されるため、土壌サンプル量を統一にし、前日にツルグレン装置にセットすればよい。

「ベールマン法」と呼ばれる方法は、乾燥に弱く水に浸された環境でないと移動できない、水分依存性の高い土壌動物を抽出するものである。センチウヤクマムシなどが抽出される。ろうとの足（管状の部分）に取り付けたゴム管をピンチコックで閉じた器具に、土壌をガーゼなどに包んでろうとの口に入れ、土壌が浸るところまで水を加える。24時間程度抽出し、ゴム管のピンチコックを開きそこに溜まったものを回収する。簡易的に、シャーレなどにガーゼなどに包んだ土壌を入れ、土壌が浸るところまで水を加えたものでも抽出できる。

## 19

## 菌根菌の観察（植物の根）

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時間	30分	40分

## 目的と内容

植物の根を採取し、その根に共生する菌根菌を観察し、生態系内での植物と菌根菌との関係や役割を理解する。

生徒は小学校から植物の観察を行っているが、葉、茎、花の観察がほとんどで、根は双子葉類と単子葉類の根の違い程度しか観察していない。根が水や無機塩類を吸い上げるという知識によって、植物だけで水や無機塩類の吸い上げを行っていると考えている生徒も多い。観察することで、異種の生物が協力して生態系が成り立っていることの一部を感じることができ、さらに、物質循環の中で菌根菌に代表されるエンドファイトが大きな助けになっていることを考えることができる。エンドファイトとは、生きている植物体の組織や細胞内で生活する生物のことである。

アブラナ科など一部を除いた野外の多くの植物は、菌根菌を共生させているため、材料を植物の根としたが、シロツメクサ、オオバコなどが身近で教材にしやすい。

第一学習社『高等学校生物基礎』の観察、実験で紹介しているラクトフクシン溶液はあまり一般的な染色液ではなく、原料の酸性フクシンも高価である。文献での菌根菌の染色液もアニリンブルーやトリパンブルーといった高等学校理科ではなじみの薄い染色液である。そのため、代わりになる染色液を様々試し、菌糸が識別できるメチレンブルー染色液にした。臨床検査で使用されているレフレルのメチレンブルー染色液は水酸化カリウムの添加によって染色性を増したもので、細菌や真菌の証明に使用されているため、メチレンブルー染色液をこの観察、実験の簡易な染色液として採用した。

既習事項

中学校：自然と人間

自然界のつり合い、炭素循環について学習している。

土中の微生物のはたらきや落ち葉の分解を調べている。

## 留意点

### 【指導面】

- ・「生態系では、物質が循環するとともにエネルギーが移動することを理解すること」がこの単元の目標である。生態系において物質が循環すること及び物質循環にかかわる生物の関係や役割を理解させることを意識して指導する。
- ・植物の根に共生する菌根菌を観察し、生態系内での植物と菌根菌との関係や役割を理解することがねらいであるので、少なくとも手順④、手順⑤は生徒に実習させたい。手順①～手順③を済ませたものを配付すると時間短縮が可能である。

-----

- ・「栄養のない土壌に育つ植物は、実は他の生物と協力しているが、どのように協力しているのだろうか」「根の表面から内部に載せてよく注意して観察してみよう」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。
- ・「なぜ水酸化カリウム水溶液を加えるのか」「なぜ水で洗浄する必要があるのか」「なぜ染色するのか」「なぜ押しつぶすのか」「操作の中で、やってはいけないこと（塩酸や水酸化カリウム水溶液を触るなど）の理由は何か」など、操作の意味を生徒が理解するように指導する。
- ・「適切な試料を得ているか」「水酸化カリウム処理をしているか」「染色や脱色をしているか」「プレパラートの作成を手際よく行っているか」「菌糸を見付け観察しているか」などの菌根菌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よって描いているか、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】

- ・塩酸や水酸化カリウム水溶液を皮膚や衣服に付着させないように注意する。
- ・カバーガラスを割らないように注意する。

### 【その他】

- ・メチレンブルー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。
- ・事前に菌糸を観察できるプレパラートをつくり、顕微鏡でピントを合わせたものを用意しておき、投影するなど例を示すとよい。

## ◎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
- 染色液の在庫確認
- 実験室の備品確認
- 野原, 草原の予備調査

#### ～前日

- 実験プリント作成・印刷
- マイクロチューブ置き作成
- 水酸化カリウム水溶液, 塩酸, 染色液の小分け

#### 当日

- 植物の根の採集, 水洗い
- 器具・教材・薬品の分配
- 熱湯の準備

## ☆教材の入手方法

### ・植物の根の入手方法

土壌に無機塩類が多くない野原や草原を事前に確認しておく。菌根菌は根の細胞壁に入るのに数週間以上必要なため、若過ぎる根は使わない。根は良く洗い、付着物を取る必要がある。

比較的どの季節でも見付けられ種名がわかりやすい、シロツメクサやオオバコなどが手頃である。種名がわかるのであれば、様々な植物で菌根菌が見られるか、班毎に観察する植物種を変えてもよい。



シロツメクサ

### 薬品の情報

#### ・10%水酸化カリウム水溶液

蒸留水 90mL に水酸化カリウム 10g の割合で溶解すると水酸化カリウム水溶液が得られる。強塩基であり、皮膚に付くとタンパク質が溶けるため、取り扱いに十分注意する。

#### ・1 mol/L 塩酸

濃塩酸は、劇物なので取り扱いには十分に注意する。特に、蓋を開けた際に塩化水素が揮発する危険性が高いので、ドラフト内で作業する。質量パーセント濃度 37%, 密度 1.19g/mL であることから、モル濃度は約 12mol/L である。蒸留水 110mL に塩酸 10mL の割合で希釈すると 1 mol/L 塩酸が得られる。

#### ・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)

※調製法について、詳しくは「調製集」を参照



## トピック 菌根菌の種類

菌根菌は、菌糸が根の内部で伸長する内生菌根菌と、菌糸が根を包んで菌糸鞘を形成する外生菌根菌に大別される。

内生菌根菌のアーバスキュラー菌根は、菌根のうち大多数の陸上植物の根に見られるもの。菌の種類はごく少ないが、共生相手の植物は非常に多岐にわたる。アーバスキュラー菌根の機能としては、リン等の吸収促進、耐病性の向上、水分吸収の促進の3つが挙げられる。

根の外部形態には大きな変化は起こらず、根の細胞内に侵入した菌糸が樹枝状体と、ものによっては嚢状体とを形成する。根の外部には根外菌糸がまとわりつき、周囲に胞子を形成することも多い。この菌根は、かつては構造的特徴からVA菌根と呼ばれていたが、嚢状体は見られないこともあるので、現在ではアーバスキュラー菌根（“AM”と略す）と呼ばれる。

菌糸には隔壁がなく、物質の輸送能力が高いものと考えられている。根の周辺に形成される胞子嚢胞子は種類によっては肉眼ではっきりとわかるほどの大きさで、非常に耐久性が高く、緑化・農業資材としての菌根菌接種源に利用されている。

アーバスキュラー菌根はさらに二つのサブタイプに分けられ、それぞれアラム型、パリス型と呼ばれる。アラム型では表皮細胞に侵入した菌糸は軽くコイルを形成し、ついで皮層の細胞の間に菌糸を伸ばしつつあちこちの細胞に分枝した菌糸を侵入させて樹枝状体を形成する。そのため比較的早く広い範囲に広がることができる。これに対し、パリス型は皮層の細胞の間に菌糸を伸ばすことはせず、侵入した細胞内でコイルを形成しつつ細胞から細胞へと侵入しながら広がる。このタイプでは菌糸が細胞を貫いて伸びるため発達は遅い。なお、細胞内に侵入するときも宿主の細胞膜は破れず、宿主細胞も生きのまま保たれる。

外菌根とは、植物の根と菌類との共生体である菌根の一種であり、菌糸が根の細胞壁の内側に侵入しないタイプである。典型的には樹木ときのこの菌とによって形成される。外生菌根と呼ばれることも多い。

一般に外菌根は、植物の短根（吸収根）の表面を覆う菌鞘、根の細胞の間に侵入した菌糸が異形化して形成するハルティヒネットと呼ばれる迷路状構造、菌鞘から周囲の土壌へ伸びる根外菌糸体を備える。菌鞘は根を包み込むように形成された菌糸による構造である。ハルティヒネットは針葉樹では皮層の大部分に形成されるが、広葉樹では表皮のみにとどまることが多い。根外菌糸体は外部菌糸体とも呼ばれ、土壌中に広がる。

外見上は、外菌根では短根の表面を菌鞘が覆うため全体として直径が増し、特有の様式による分枝を起こすことが多い。分枝様式としては、魚の骨ないしシダの葉のような単軸羽状になるもの、クリスマスツリーのような単軸錐状になるもの、二叉分枝になるものや高密度に二叉分枝してサンゴ状になるもの、不規則に分枝するもの、外皮を形成し結節状になるものが主なパターンである。

## 準備

### 当日のセット

☆生徒用

<input type="checkbox"/> 検鏡セット	1組
<input type="checkbox"/> マイクロチューブ	1つ
<input type="checkbox"/> 駒込ピペット, キャップ (2mL)	2つ
<input type="checkbox"/> スポイト	2つ
<input type="checkbox"/> 小ペトリ皿	1組
<input type="checkbox"/> 眼科ばさみ	1つ
<input type="checkbox"/> 500mL ビーカー	1つ
<input type="checkbox"/> 50mL ビーカー	1つ
<input type="checkbox"/> マイクロチューブ置き	1つ
<input type="checkbox"/> 10%水酸化カリウム水溶液	1つ
<input type="checkbox"/> 1 mol/L (約 3.5%) 塩酸	1つ
<input type="checkbox"/> メチレンブルー染色液	1つ
<input type="checkbox"/> 植物の根	1株

★教員用

<input type="checkbox"/> 生徒用と同じもの	1組
<input type="checkbox"/> 熱湯を入れたポット	適量



### 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
・ろ紙	数枚

- ・定規
- ・5mm厚スチレンボード
- ・ビーカー
- ・はかり
- ・ポリ容器
- ・ピーカー
- ・蒸留水
- ・ポリ容器
- ・遮光の試薬ビン
- ・駒込ピペット
- ・移植ごて
- ・コルクボーラー
- ・薬包紙
- ・蒸留水
- ・ラベル
- ・メスシリンダー
- ・駒込ピペット
- ・ラベル
- ・ビニール袋

- ・熱湯
- ・ポット



光源, 側根を切る用具, 展開の用具, 容器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

水酸化カリウム、塩酸、メチレンブルー染色液、ろ紙を用意する。マイクロチューブ置きを作成する。

10%水酸化カリウム水溶液は、容量の少ないポリ容器に小分けする。蒸留水 90mL に水酸化カリウム 10g の割合で溶解すると 10%水酸化カリウム水溶液が得られる。

1 mol/L 塩酸は、容量の少ないポリ容器に小分けする。濃度を厳密にする必要はないので、蒸留水 110mL に濃塩酸 10mL の割合で希釈して 1 mol/L 塩酸にする。

メチレンブルー染色液は、遮光の試薬ビンに小分けする。

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。

## ・マイクロチューブ置きの作成

必要な数のマイクロチューブ置きを作成する。水に浮かすことが出来るし、小ペトリ皿などに置いて使用できる。5 mm 厚スチレンボードを 5 cm 四方に切り、コルクボーラーの 5 番で、さいころの 4 の形に穴を開ける。500mL 以上のビーカーの中で液体に浮かべて使用できる。



コルクボーラーでの穴開け



穴を開けたもの



完成したマイクロチューブ置き

## ②当日

根の付いた植物を用意する。器具・教材・薬品を分配してセットを用意する。観察、実験の直前に、熱湯を準備する。

植物は、できる限り根を切らないように移植ごてなどを使って採集する。適度に成長した太さが 1 mm 未満の細い根を切らないように土を落としてから、根をきれいに洗う。



## ◎観察, 実験

### 観察, 実験の流れ

#### □導入

- ・既習事項の確認
- ・植物は、なぜ栄養の少ない土壌でなぜ生育できるのだろうか  
答) 根に共生した他の生物(菌根菌など)と協力しているから
- ・根の表面から内部にかけてよく注意して観察してみよう  
答) 細胞と細胞の間に強く染色された菌糸が観察できる

#### □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
- ・安全面の注意
- ・根を染色し、観察する(本実験)

#### □結果のまとめ, 考察

- ・観察からわかったこと
- ・生態系内での植物と菌根菌との関係や役割はどうか  
答) 物質循環の中で植物は重要なはたらきをしているが、植物に共生した菌根菌に代表されるエンドファイトが大きな助けになっている

#### □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「19 菌根菌の観察.pptx」を参照

### ① 根の切り取り(3分)

適度に成長した、太さが1mm未満の細い側根を1cm程度に5本程度切る。切った根(試料)をマイクロチューブの奥に入れる。



→状態1の原因1 (p. 231)

植物の根は、作業前に根の付着物を洗い流しておく。根を切り取る前に生徒に更に洗わせてもよい。光学顕微鏡で観察するため1cmより短くてもいいが、短すぎると洗浄などの作業がしにくい。



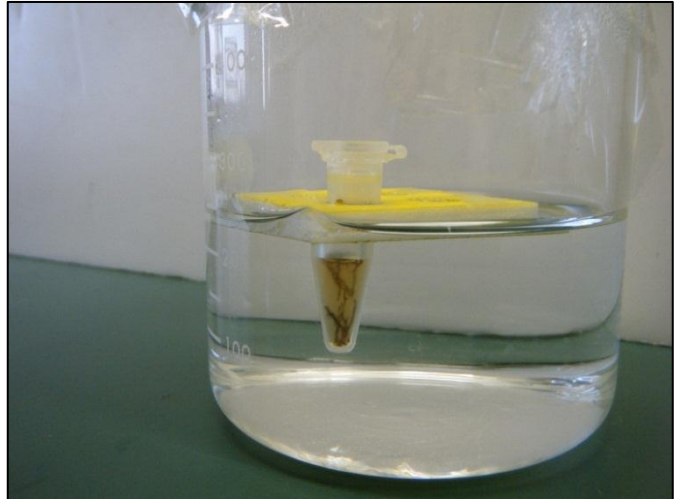
マイクロチューブ内は静電気によって試料が壁面に張り付きやすいので、ピンセットで奥に入れる必要がある。






## ② 水酸化カリウム処理 (12分)

試料を入れたマイクロチューブに、10%水酸化カリウム水溶液を試料が完全に浸る程度(500 $\mu$ L程度)加える。蓋を閉めてマイクロチューブ置きに差し込み、熱湯を注いだ500mLビーカーで湯せんし、10分程度置く。



**水酸化カリウムによって、細胞質や核を取り除く。**

90 $^{\circ}$ C以上の熱水に1時間以上置いた方がよいが、単位時間内で行うため10分程度とした。加熱や保温をするとなおよい。  →状態1 (p. 231)

## ③ 中和と洗浄 (2分)

マイクロチューブに1.5倍程度(750 $\mu$ L程度)の塩酸を加え中和し、試料をマイクロチューブから取り出し、水で洗う。マイクロチューブは水で軽く洗い、空いたマイクロチューブの奥に洗浄した試料を戻す。

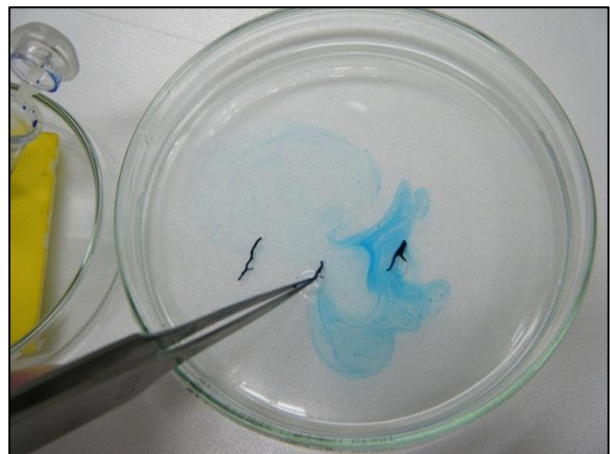


10%水酸化カリウム水溶液は強塩基なので、手に付かないように注意する。手に付いた場合は、すぐに大量の水で洗い流す。


1.5倍程度の塩酸を加えることで、厳密な中和ではないが水に流せる程度に安全になる。

## ④ 染色と脱色 (3分)

試料を入れたマイクロチューブに、メチレンブルー染色液を2滴加えて浸し、1分置く。試料を、水を張ったペトリ皿に取り、余分な染色液を除く。



マイクロチューブの蓋を閉じた上で底の部分の指ではじくと、試料がメチレンブルー染色液に浸りやすい。

そのまま観察すると、植物の根の細胞もメチレンブルー染色液に強く染色されるため、水の中で、青色が出なくなるまでピンセットをゆすって脱色する。  →状態2 (p. 231)

## ⑤ プレパラートの観察 (20分)

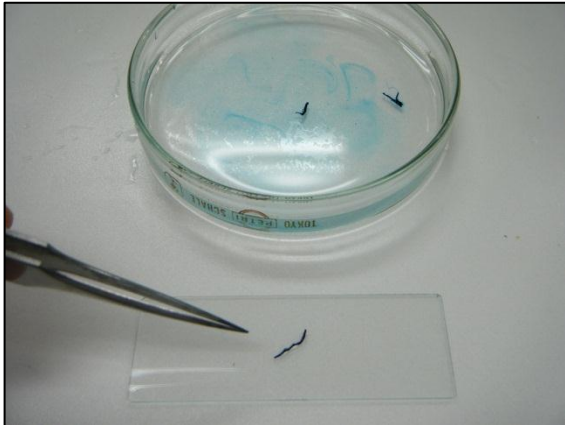
試料をスライドガラスの上に置き、水を滴下する。カバーガラスを載せて、ろ紙を載せ親指で押しつぶす。作成したプレパラートを低倍率で検鏡する。皮層を高倍率で検鏡し、菌糸を探す。



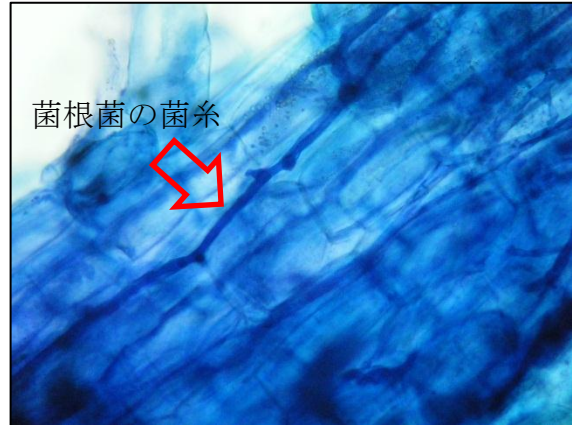
→状態 1, 状態 2 (p. 231)



うまく見つからない場合、別な試料でプレパラートをつくり観察する。低倍率で、植物の根の細胞にピントを合わせ、組織の中に細胞壁に沿って糸状に濃く染色されているところを見付ける。さらに拡大すると紐状の菌糸を見ることができる。



プレパラートの作成



細胞壁の間に見られた菌根菌の菌糸

## まとめ

- ① 植物の根を薬品で処理し、顕微鏡で観察することで、根に共生する菌根菌を確認することができた。
- ② 菌根菌の観察から、生態系内での植物と菌根菌との関係や役割を理解できた。

## ◎後片付け

### ■後片付けのさせ方

- ・ろ紙や根は、燃えるゴミに捨てさせる。
- ・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。
- ・実験後、石けんで手を洗わせる。

### ■器具等の管理

- ・回収したものは種類毎に分け、再点検した上で乾かし、それぞれの器具置き場に戻す。
- ・スライドガラスは染色液が取れていない場合があるので、アルコールで拭いてから片付けるようにする。
- ・塩酸や水酸化カリウム水溶液は実験室に放置せず、授業が終わったらすぐに薬品庫に戻す。

## 失敗例

### ●状態1 根がつぶれない

原因1 試料とした根が太い

1 mm 未満の太さの細い根にする。根が太いと、水酸化カリウム処理に時間がかかる。加熱や処理時間の延長が可能であれば、太い根でも柔らかくなる。

原因2 水酸化カリウム水溶液に問題がある

濃度が低いと効果が低いため、濃度が10%程度のものか確認する。濃度が高すぎると危険である。

原因3 処理時間が短い

10 分でも実際には短い処理時間である。作業させてから、水酸化カリウム処理の時間に操作の説明をするなど、処理時間を10分以上取る。

原因4 熱湯の温度が低い

この観察、実験は、寒い時期に実施するケースが多いと予想される。ビーカーのお湯が冷めないように加熱器具で沸騰しないように温める。

### ●状態2 うまく観察できない

原因1 青く染まって識別できない

しっかりと脱色してから観察する。メチレンブルー染色液で染色したものをそのまま観察すると、全体的によく染まってよくわからない。

原因2 菌糸が共生していない

教材の植物は、荒れた野原などから採集する。畑など、土壌に栄養分が十分ある場所では菌根菌が少なく、あまり共生もしない。事前に共生していることを確認しておくが確実である。

原因3 共生した根を見ていない

すべての根に菌糸が共生しているとは限らない。別の試料でプレパラートをつくり観察する。

原因4 顕微鏡の操作が未熟である

基本的な操作を確認した上で観察する。

## 別法

### 別法①

- ・染色液を変えたもの（酸性染色液を使用しているため、酸性条件下で染色する）

第一学習社「高等学校生物基礎」版 3%ラクトフクシンを使用

酸性フクシン3gを乳酸に溶かし100gにしたものを染色液として使う。

- ①菌根の部分を5mm程度に切った試料を、マイクロチューブに入れる
- ②10%水酸化ナトリウム水溶液を加え、100℃で10分間加熱する
- ③試料を氷酢酸に数秒間浸す
- ④試料を取り出し、ラクトフクシン溶液で3分間染色する
- ⑤カバーガラスを載せてる紙を載せ、押しつぶし法でプレパラートを作成する

### 別法②

- ・染色液を変えたもの（酸性染色液を使用しているため、酸性条件下で染色する）

V A 菌根菌資材の試験方法版 0.1%アニリンブルーまたは0.1%トリパンブルーを使用

農林水産省での表示基準を求める方法を紹介する。処理に時間がかかり、授業内では難しい。

試験植物の根（以下「植物根」という）を分離し、水洗いする。植物根のみ入った試験管に10%水酸化カリウム溶液を植物根が完全に浸るまで入れ、90℃以上の熱水中に試験管を浸し、温度を保ちながら植物根が透きとおるようになるまで放置する。水酸化カリウム溶液を除去し、水洗い後、試験管内に5%塩酸を植物根が完全に浸るまで入れ、常温で10分程度放置する。塩酸除去後、染色液（アニリンブルーまたはトリパンブルーを0.1%）を植物根が完全に浸るまで入れ、90℃以上の熱水中に30分程度放置する。植物根を、1cm程度の間隔のグリッドライン入りのシャーレに移し、顕微鏡下で共生率を測定する。



## 器具の取り扱い

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

### ・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。



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5cm程度に切ったものを付けると、怪我の防止にもなる。

### ・マイクロチューブ

エッペンドルフ（代表的な企業名）チューブともいう。1.5mLの容量のものが一般的である。少量の試料を少量の薬品で処理できるため、安全面や経済面で優れている。試験管や小ビーカーでもこの観察、実験の処理ができるが、試験管に比べ深さがないため試料が取り出しやすく、小ビーカーに比べ小さいので水酸化ナトリウムの量が少なくすむ。 1.5mL 1000個 4,850円 (UCHIDA)



マイクロチューブ

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	1日 (1時間毎)	演示 10分

## 目的と内容

アサリを用いて、干潟に生息する二枚貝などが干潟に流れ込む有機物などを体内に取り入れて、水を浄化していることを理解する。

生徒達は、中学校でマツの気孔の観察、水生生物の調査など自然環境の調査方法に触れている。これは時間の経過とともに水が浄化されていく様子から、生態系にある自然浄化のはたらきや、生態系のバランスを保つしくみをもつものの一つである干潟の保全の重要性を考えさせられる観察である。

観察は難しくないが、1時間毎など定期的にデジタルカメラで記録する必要があるため、授業での生徒実験は行いにくい。しかし、調査の方法や水が浄化されていく様子は触れさせたい内容である。教員による演示を前提に作成したが、長期休業中などに生徒に行わせてもよい。

### 既習事項

中学校：自然と人間

自然界では生物がつり合いを保って生活していること、様々な要因が自然界のつり合いに影響していることを学習している。

マツの気孔の観察、水生生物の調査を行っている場合がある。

## 留意点

### 【指導面】

- ・「生態系のバランスについて理解し、生態系の保全の重要性を認識すること」がこの単元の目標である。生態系は常に変動しているが変動の幅は一定の範囲内に保たれていること、人間の活動による影響によって生態系が攪乱されたことを理解させ、生態系の保全の重要性を認識させることを意識して指導する。
- ・干潟に生息する二枚貝などが干潟に流れ込む有機物などを体内に取り入れて、水を浄化していることを理解することがねらいであるので、手順④の記録操作以外を生徒に示したい。

-----

- ・「川に運ばれた有機物はどうなるのだろうか」「有機物が過剰になると海はどうなるだろうか」など導入を工夫し、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。
- ・「なぜ条件を同じにするのか」「エアレーションはなぜ必要なのか」「なぜ定期的に記録するのか」など操作の意味を生徒が理解するように指導する。
- ・プリン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】

- ・エアレーション装置に海水がかからないように注意する。
- ・貝を触るので、実験後は石けんで手洗いするように注意する。

### 【その他】

- ・死んだアサリは浄化作用がないだけでなく水質を悪化させるため、死にそうなアサリは使用しない。

## ◎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

#### 当日

- 演示のための器具・教材の用意
- 映像投影設備の準備

#### ～前日

- 海水（または食塩水）の準備
- アサリの入手
- 実験及び定期的な記録
- 写真の編集
- 実験プリント作成・印刷

## ☆教材の入手方法

### ・アサリの入手方法

スーパーマーケットでほぼ年中入手可能。元気なアサリが必要なため、消費期限を調べ新鮮なものを購入する。季節や産地により価格が変動する。

1パック 100円～



アサリ

### 教材の情報

#### ・アサリ

濾過摂食者であり、稚貝・成貝は珪藻類・デトリタス（細かな有機物）等を餌としている。成貝の濾水量は1個体1日あたり10L程度もあり水質浄化作用が大きい。

二枚貝綱マルスダレガイ科アサリ属に属する二枚貝の一種。最大殻長6cmほどになる二枚貝で、貝殻の様子は非常に変異に富んでいる。

汽水状態を好み、成貝は浅くて塩分の薄く流れが穏やかで渦流の生じやすい、干出時間が2時間以内の砂あるいは砂泥層に着底することが多い。干潟の減少などで、日本のアサリの漁獲量は以前より減少し、海外からの輸入も多い。沖側に棲息する、薄く平べったいものが美味とされる。また、秋～早春のアサリは身が痩せ、品質が落ちる。



## 準備

### 当日のセット

☆生徒用

なし（生徒に実験させる場合は教員用と同じもの）

★教員用

<input type="checkbox"/> 2L ビーカー（または水槽）	2つ
<input type="checkbox"/> 海水または 3.5%食塩水	2L 程度
<input type="checkbox"/> アサリ	約 10 個
<input type="checkbox"/> エアポンプ	1 組
<input type="checkbox"/> ビニール管	2 本
<input type="checkbox"/> エアーストーン	2つ
<input type="checkbox"/> 牛乳	10mL 程度
<input type="checkbox"/> 駒込ピペット, キャップ	1つ
<input type="checkbox"/> ラップ (30mm×30mm 程度)	2 枚
<input type="checkbox"/> デジタルカメラ	1つ
<input type="checkbox"/> 映像投影設備	1 組



海水を入れる容器、映像を見せる機器の内容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

- ・容器
- ・メスシリンダー
- ・冷蔵庫
- ・海水
- ・チューブコネクター（T型やY型）
- ・ビニール管



#### ①前日まで

海水または 3.5%食塩水、アサリ、牛乳を用意する。器具・教材を準備し、観察、実験の手順に従い設置する。設置後、ビーカーを 1 時間毎など定期的にデジタルカメラで記録する。記録したものをまとめる。

デジタルカメラはインターバル機能があると自動で撮影でき便利である。無い場合、実験は朝に設置した方がよい。記録はデジタルカメラは定位置から同じズームで撮影する。三脚を用いるとずれが少ない。

海水がなければ 3.5%食塩水を調製する。70 g の塩化ナトリウムを水に溶かして 2L にすれば 3.5%食塩水になる。

#### ②当日

器具・教材を準備する。まとめた記録を見せるため、テレビやプロジェクターなどを準備する。

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

## ◎観察，実験

### 観察，実験の流れ

#### □導入

- ・既習事項の確認
- ・川に運ばれた有機物はどうなるのだろうか  
答) プランクトンや様々な生物によって分解され無機物になり，自然浄化が進む
- ・有機物が過剰になると海はどうなるだろうか  
答) 海が富栄養化になると，赤潮による酸素不足が起こって，生物を死滅させ生態系を破壊する

#### □目的を理解させる

#### □観察，実験

- ・実験手順の指導
- ・アサリの水質浄化作用を観察する（本実験）

#### □結果のまとめ，考察

- ・観察からわかったこと
- ・アサリなどがすむ，干潟はどんな役割をしているか  
答) 干潟やその近くにすむ生物の食物連鎖によって，水が浄化され，栄養塩類や有機物の一部が干潟から持ち出されるなどして減少することで，生態系のバランスを保っている

## 手順 時間のめど（演示およそ10分）

※詳しい手順は付録「20 アサリの水質浄化作用.pptx」を参照

### ① エアレーション（2分）

2つの2L ビーカーに1L ずつ海水を入れ，アサリを入れる5分以上前からエアレーションを行う。


中に入れるアサリが容器に対し多いため酸欠になりやすい。

アサリを入れないものは対照実験であるため，アサリの有無以外は同じ条件になるようにする。



### ② アサリの投入（2分）

片方のビーカーにアサリを入れる。

アサリは，冷蔵庫から直前に出して入れるのではなく，事前に使用するものと同濃度の海水に入れておき，生きている元気なものを使用する。  →状態1 (p. 240)



## ③ 牛乳の滴下（2分）

両方のビーカーに、牛乳を駒込ピペットで計量して2 mL 滴下する。アサリは海水を排出するので、ビーカーの外にはき出さないようにラップで蓋をする。

アサリが入らない対照実験のビーカーも同じ条件になるように、2 mL の牛乳を入れてラップで蓋をする。



## ④ 濁り具合の記録

1 時間毎に、水槽の様子をデジタルカメラで記録する。



演示の場合、事前にこの手順④を行い、記録を集める。記録は、インターバル機能があるデジタルカメラが便利である。



その都度撮影する場合は、朝に設置する。はじめの数時間が変化がわかりやすく、後半は変化がわかりにくい。設置後、はじめの8時間分と24時間後を記録すると、浄化されていく様子が示すことができる。

## ⑤ 浄化作用の確認（2分）

記録をまとめたものを基に、水質浄化作用を確認する。

浄化されていく様子は、パラパラ漫画のように写真を1枚ずつ提示した方が理解させやすい。

付録のスライド10のように、写真をアニメーションで加工して提示する方法などが考えられる。



## まとめ

- ①アサリが有機物を体内に取り入れて、水を浄化していることが確認できた。
- ②干潟のような生態系のバランスを保つしくみをもつものを保全することの重要性が認識できた。

## ◎後片付け

## ■後片付けの仕方

- ・死んだアサリは、燃えるゴミに捨てる。
- ・海水は、大量の水で十分に薄めて洗い流す。
- ・使用した器具は、不純物が残らないように丁寧に洗う。
- ・エアストーンは水洗いした後、水を入れたビーカーでエアレーションし、塩分を取り除く。
- ・実験後、石けんで手を洗う。

## ■器具等の管理

- ・洗った器具は乾かし、所定の器具置き場に戻す。

## 失敗例

### ●状態 アサリが死んでしまう

原因1 弱ったものを購入してしまった

消費期限まで期間がある新鮮なものを購入する。購入後は速やかに冷蔵庫に入れる。

原因2 水温が高い

気温が高いと水温が高くなってアサリが死にやすくなる。夏などに行う場合は、水槽を広い容器に入れて水を循環させるなどの熱を奪う工夫や低温定温器に設置するなどの水温を上げない工夫が必要になる。

原因3 牛乳が多かった

牛乳は海水1Lに対し2mL程度がよい。これより少ないと濁りが少ないため浄化されていく様子がわかりにくく、多すぎるとよく濁ってわかりやすいが、アサリへの負担が大きくなり死にやすくなる。

原因4 食塩水の濃度を間違えた

海水を使えば問題ないが、食塩水で代用する場合は濃度計算を大きく間違えない。干潟にいる生物のため、1Lの中に塩化ナトリウムが30~40gの範囲から外れなければ多少の濃度の大小は関係ない。

原因5 エアポンプの調子が悪い

牛乳が加わることでアサリへの負担が大きくなり、酸素も必要になる。エアポンプを使わないならば空気との接触面が増えるように大きな容器にする、水温をあまり上げないなどして海水に酸素が溶けやすい環境にする。

## 別法

特になし



## 器具の取り扱い

### ・エアポンプ

水槽内に酸素を供給する目的で使用する器具。

送風口径が直径5mmで、エアポンプ用の管として販売されているものは、内径4mmのビニール管が多い。吐出口が1個のもの、2個のもの、4個のものがある。ペットショップなどでも販売されているが、教材会社で扱っているものの価格は2,000円～7,200円程度である。



エアポンプ

### ・エアストーン

エアポンプの先に接続し、気泡を発生させ水槽内に酸素を供給する目的で使用する器具。

材質は一般的には石のようなものからできているが、中にはラバーのような材質にして水槽内で自由に折り曲げて使えるものやそれ以外の材質で作られているものもある。価格は1個110円程度から様々である。



エアストーン

### ・二又分岐、チューブコネクター

1つの管を2つに分岐したり、管を接続したりする器具。同程度の太さの2つの管をつなぐI型、1つの管を2つに分岐させるY型やT型、太さの違う管を繋げる異型などがある。

図は金属製の二又分岐で1個260円程度である。プラスチック製のチューブコネクターを教材会社で扱っており、10個組で管の内径にあわせてそれぞれ数種類販売され、310円～800円程度である。



二又分岐

# 巻末資料一 観察，実験を行う上で

## 指導の留意点

### 事故防止

- ・実験室内では落ち着いて行動する。
- ・火の近くに可燃物は置かない。机上に不要な物を置かない。
- ・加熱機器は正しい使い方をする。保管箱・棚には、常に同じ場所に同じ物を置く。
- ・わからないことは事前に質問させる。
- ・室内に消火器，消火用の砂を置く。
- ・廃液は決められた容器に入れる。

### 注意点（生徒向け）

#### A 実験を行う前の注意

- ①実験の計画を練るとともに、目的、内容、方法を十分に理解しておく。
- ②実験に使用する薬品や器具類は、事前に準備しておく。薬品や器具類の使用に当たっては、指導者の指示に従う。
- ③使用する薬品の取り扱い上の注意を理解しておく。
- ④使用する器具や計測機器などの正しい取り扱い方を理解し、十分に慣れておく。
- ⑤あらかじめ、消火用の砂や消火器が置かれている場所を確認しておく。

#### B 実験中の注意

- ①安全第一を心がけ、指導者の指示に従う。
- ②薬品が飛び散ることなどを防ぐためにも、保護眼鏡、白衣、足の甲を覆う靴など、実験にふさわしい身だしなみを心がけること。
- ③ガラス器具は破損しやすいので、取り扱いに注意する。
- ④薬品は、直接手で触れたり、口に入れたりしない。
- ⑤ホールピペットなどを扱うときには、必ず安全ピペッターを用いる。
- ⑥ガスバーナーを使うときには、燃えやすい物質などを近くに置かない。また、衣服や毛髪などに火が付かないように注意する。
- ⑦試験管を加熱する場合は、突沸することがあるので、試験管の口を人に向けない。また、加熱中は、試験管に顔を近づけないこと。
- ⑧においがかぐときは、手で気体をあおぎよせてかぐこと。
- ⑨有毒または悪臭のある気体は、必ずドラフト（通気室）内で扱う。
- ⑩薬品類は、必要以上に用いない。
- ⑪気分が悪くなったとき、器具を破損したとき、薬品をこぼしたときなどは、すみやかに指導者に報告し、指示を仰ぐ。
- ⑫事故の防止を心がけること。
- ⑬机上は整理・整頓し、不要なものは置かないこと。
- ⑭わからないことがあったら指導者に質問すること。

## C 実験後の注意

- ①ガスバーナーは火を消し、ガスの元栓を必ず締めること。
- ②薬品類などの廃液は最小限にとどめるように努め、流しに流さず、指導者の指示に従い所定の容器に回収すること。
- ③廃棄物は、ガラス、金属、可燃物などに分類して容器に入れる。
- ④使用した薬品、器具、測定機器類は、所定の場所に返却する。
- ⑤使用した器具の洗浄、机上やそのまわりの清掃を行う。

### 廃液の処理

- ・実験後に出た廃液や余った薬品などには、有害なものや環境を汚染するものもあるので、不用意に流しに捨てず、指定された場所に回収する。
- ・酸やアルカリの廃液は中和してから多量の水で薄めながら流す。
- ・重金属イオンを含む廃液は、金属イオン毎に分別し、容器に回収・保管して、処分は廃棄物処理業者に委託する。
- ・有機溶媒の廃液も回収・保管して、処分は廃棄物処理業者に委託する。

### 容器の洗浄

- ・試験管は、試験管ブラシに洗剤を付けて洗う。他のガラス器具は、ブラシやスポンジなどで洗った後、水で4～5回念入りにすすぐ。

### 片付け

- ・洗い終わったガラス器具は、水をよく切り、乾燥棚に置くか、乾燥機に入れて乾燥させる。
- ・実験で使った器具・試薬を所定の場所に戻して、流しや実験台の上を整理する。
- ・実験で出たゴミはその地域の分別方法のゴミ箱を設け、そこに捨てるようにする。
- ・実験台に薬品が残っていることもあるので、実験終了後、雑巾で拭く。

### 事故が起こったときの応急処置

#### ①薬品が引火して燃えだしたとき

- ・ガス栓を閉じ、周辺の燃えやすいものを遠ざける。
- ・薬品が少量なら、それが燃えつきるのをまつ。
- ・薬品が多量の場合は砂をかけるか、消化器を使う。
- ・衣服に火が付いたときは湿らせた雑巾などでたたいて消すか、床に転がってもみ消す。

#### ②火傷をしたとき

- ・患部をすぐに多量の冷水に入れて、十分に冷やす。

#### ③手を切ったとき

- ・ガラスによる傷の場合は、消毒したピンセットでガラスの破片を除く。傷口をきれいに消毒してから止血する。

#### ④酸やアルカリが皮膚や衣服に付いたとき

- ・水で十分に洗い流す。
- ・酸の場合は、炭酸水素ナトリウム溶液か薄いアンモニア水で中和して、水でよく洗う。
- ・アルカリの場合は、薄い酢酸溶液で中和して、水でよく洗う。
- ・目に入った場合は、多量の水で洗い流してから、医師の診断を受ける。

## 危険な薬品と事故防止のための留意点

生物基礎で扱う薬品の中で、代表的な4つを取り上げた。

### ①塩酸

- ・市販の濃塩酸の濃度は、約36%を標準としている。
- ・希塩酸をつくるときは、濃塩酸をガラス棒に伝わらせて、水を入れたビーカーへ静かに流し込む。
- ・濃塩酸の蒸気は呼吸器の粘膜をおかすので、吸い込まないように注意する。
- ・皮膚や衣服に付いた場合は、まずその部分を水でよく洗って、アルカリで中和する。

### ②水酸化ナトリウム

- ・白色半透明の固体で、ふつうは粒状になっている。
- ・空気中に放置しておくと、次第に空気中の水分を吸収して溶けるので、水酸化ナトリウムの入っている容器の蓋はしっかり閉める。
- ・水に溶かすと発熱して容器を壊すことがあるので注意する。
- ・皮膚や衣服に付いた場合は、まずその部分を水でよく洗って、酸で中和する。特に目に入らないように気を付ける。

### ③過酸化水素水

- ・市販の過酸化水素水の濃度は30%である。その濃度のものを皮膚に付けると火傷するため、必ず薄めてから使用する。（蒸留水90mLに濃度が30%の過酸化水素水10mLを加えると3%になる）
- ・過酸化水素水のビンには、発生した酸素で内部の圧力が高くなっていることがあるので、栓を開けるときは飛散に注意する。
- ★過酸化水素水のビンの蓋は穴のある特別なものである。間違って普通の蓋をしない。希釈したものは分解されやすいので早めに使用する。
- ・保管は冷暗所で行う。

### ④エタノール

- ・一級の無水エタノールは濃度99.5%であるが、濃度100%エタノールにするには無水硫酸銅を入れて脱水させる。
- ・引火しやすいので、加熱時には十分に注意する。決して直火では加熱しない。
- ・脱水作用があるので、高濃度のエタノールを皮膚に付けないようにする。



# 試薬のラベルの読み方

試薬は、試験室や研究室などで専門家が使用することを想定した仕様になっている。限られたスペースの試薬ラベルに表示できる記載事項は最低限の情報であり、法律により規定される場合をのぞき、詳細な注意事項を省略することがある。

主な記載事項は、以下の通り。

- ・規格（等級）
- ・カタログ番号
- ・試薬名
- ・化学式
- ・式量
- ・含有量
- ・品質表
- ・内容量
- ・労働安全衛生法による取扱い注意事項
- ・毒物及び劇物取締法による劇物表示
- ・消防法による危険物表示
- ・シンボルマーク（GHS分類基準による表示など）
- ・製造業者名，製造業者住所
- ・製造番号（ロット番号）

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

## 観察，実験を行う上での工夫

### ①安全

- ・各流しには、洗剤、薬用石けんを常備する。教卓には、消毒液（オズバン、70%アルコールなど）を常備し、衛生面に配慮する。
- ・机上に雑巾などを常備し、薬品など汚れはすぐ拭き取るようにする。
- ・ピンセット、柄付き針など先端の尖っているものは、安全と器具保護のため、ビニール管やポリエチレン管を先端がはみ出ない適当な長さに切って付ける。

### ②観察，実験の時間確保

- ・バットを用意し班毎に器具をまとめたものを持たせるか、班の机にあらかじめ配る。
- ・始業前に説明に必要な板書を済ませ、プリントは各班に配付する。
- ・顕微鏡などを始業前に準備させるように習慣付ける。
- ・必要な器具を判断させるため、バットだけを各班に渡し、それぞれの班員が実験に必要な器具を、 unnecessary 器具もまとめられている所から探して集める。
- ・染色や保温など一定時間放置する手順がある場合は、初めの説明は最低限で済ませ、その時間に詳しい説明を加える。
- ・片付けを効率よくする。プレパラートは汚れが落ちにくいため、教員が洗い直すことが多い。湯を張った大きいビーカーを用意しその中に入れさせ、後でまとめて洗う。

※観察，実験前に、班毎に器具・教材・薬品の分配を済ませる。バットを購入しておくで各班で器具等をまとめられ、手際よく進めることができる。



### ③運用

- ・10mL 程度の小ビーカーやマイクロチューブがあると、使う薬品が少量ですんで便利である。
- ・試験管は試験管立てに入る大きさの中で、一番大きいものを使う。細い物は薬品が少量で済むが、試料が入れにくい。
- ・染色液などの試薬は、プチボトル（点眼ビン）を用いると便利である。ただし、遮光ビンに入れるべき試薬も多いことから、長期的に使うことは避ける。
- ・カバーガラスは薄く割れやすいため、染色液などの汚れが取れにくい。普通に洗い集めたものを小ビーカーに入れ、無水エタノールを加えてゆすぎ染色液を抜く。汚れた無水エタノールを捨て、カバーガラスをペトリ皿に置き蓋をする。自然に無水エタノールが飛んで乾いたカバーガラスを使用する。（カバーガラスの値段と無水エタノールの値段の比較から、カバーガラスは使い捨てる消耗品として割り切った方がいいという意見もある。）
- ・スライドガラスを洗った後乾かす方法として、バネのように針金を巻いたものを使うと、場所を取らず、水を切りやすく便利である。また、洗いカゴの水切りの溝を利用してたてかける方法も知られている。

## 染色液

### 酢酸カーミン染色液

エンジムシという熱帯昆虫から抽出したコヒネアールを精製したもの。最近では人為的に合成することもできる。**核を赤く染色**する染色液で、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ている。

カーミン (メルク 5 g 21,100 円) (NaRiKa 天然 5 g 9,300 円, 人工 25 g 3,400 円)  
酢酸カーミン溶液 (ケニス 25mL 3,100 円)

45%酢酸 50mL に 0.5~1 g のカーミンを加え、煮沸して飽和溶液をつくる。冷却後にろ過する。  
1%鉄ミョウバンを数滴加えると染色状態が向上する。

### 酢酸オルセイン染色液

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。**核を赤く染色**する染色液で、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ている。

オルセイン (メルク 5 g 27,400 円) (NaRiKa 1 g 4,200 円)  
酢酸オルセイン溶液 (ケニス 25mL 6,200 円)

氷酢酸 90mL に 2g のオルセインを加えて還流しながら湯せん加熱し、よく振り混ぜて溶かす。加熱の際、酢酸が揮発し過ぎないようにして還流する。冷却後、蒸留水を加えて全体を 200mL にし、よく混ぜろ過する。

(別法)

オルセインを 2~4g (濃い方が良染色) を 45%酢酸 50mL に加え、煮沸して飽和溶液をつくる。冷却後にろ過する。

### ギムザ染色液

**血球の染色**に用いる。酸性色素 (エオシン) と塩基性色素 (アズール II, メチレンブルーなど) との混合物。アズール II は、好塩基性物質 (核の DNA, 細胞質の RNA, アズール顆粒など) を青紫色に染める。一方、エオジンは、好酸性物質 (ヘモグロビン, 好酸性顆粒など) を赤橙色に染める。調製されているものを買うのが、現在の主流になっている。

※ギムザ液 (Wako 250mL 3,500 円)

エオシン 1 g を水 100mL に溶かした液 1 mL と、アズール II 1 g を水 100mL に溶かした液 1 mL と水 10mL を混合する。これをギムザ液といい、使用時に水 1 mL にギムザ液 1~2 滴加えてすぐに染色する。

### メチルグリーン・ピロニン染色液

メチルグリーンはDNAを青緑色に、ピロニンはRNAを赤桃色に染色する。メチルグリーン・ピロニン染色液はあまり保存が利かない（冷蔵庫保管で1ヶ月程度）ので、調製されたものをその都度買うよりは、粉末のそれぞれの試薬を買って、調製した方が長い目でみると安くつく。

メチルグリーン（ケニス 10g 21,400円）

ピロニンG（ケニス 10g 18,300円）ピロニンY（和光純薬工業 5g 9,500円）

メチルグリーン・ピロニン染色液（UCHIDA 100mL 4,500円）

#### （兵庫バージョン）

メチルグリーン	75mg
ピロニン	12.5mg
ウンナーパッペンハイム溶媒	50mL
96%アルコール	1mL
グリセリン	10mL
0.5%フェノール溶液	40mL

ウンナーパッペンハイム溶媒に、メチルグリーン、ピロニンを溶解する。調製後は冷蔵保存する。劣化しやすい。

#### （浜島書店バージョン）

A液：0.5%ピロニン溶液

B液：0.3%メチルグリーン溶液とクロロホルムの混合液の水溶液部分

体積比A液：B液＝1：2.5で混合する。

#### （啓林館バージョン）

加熱した100mLの蒸留水に0.5gのメチルグリーンを加えて溶かし、しばらく放置して冷ます。冷えたら、30mLのクロロホルムを加えて容器を激しく振る。しばらく静置すると、下層にクロロホルム、上層に水が分離するので、上層の水を注意深く別の容器に移す。これに、0.08gのピロニンY（G）を加えて溶かす。

### ヘマトキシリン染色液

ヘマトキシリンは主に細胞核、軟骨などを青紫色に染色し、塩基性色素と呼ばれている。調製方法により数種類のヘマトキシリン液があり、それぞれ染色方法も若干異なるが、この中でも最も代表的なマイヤーのヘマトキシリン液について以下に示す。

#### マイヤーのヘマトキシリン液（代表的なもの）

ヘマトキシリン	1.0g
ヨウ素酸ナトリウム	0.2g
カリウムミョウバン	50g
抱水クロラール	50g
結晶性クエン酸（1水和物）	1.0g

蒸留水約100mLにヘマトキシリンを加え、加温しながら攪拌・溶解する。完全に溶解したら、ただちに蒸留水約300mLを加えて速やかに液温を下げ、ただちにヨウ素酸ナトリウムを加えて攪拌・溶解する。蒸留水約300mLを加えた後、細かく粉碎したカリウムミョウバンを加えて攪拌・溶解する。カリウムミョウバンおよび抱水クロラールを一度に全量加え、速やかに攪拌・溶解する。蒸留水を加えて全量を1000mLにメスアップする。



## 酢酸ゲンチアナバイオレット染色液

塩基性色素でクリスタルバイオレットとメチルバイオレットの混合物。細菌のグラム染色や花粉の染色に使われる色素だが、核酸と結びつくカーミンやオルセインとは異なり、**核や細胞質を短時間で染色**する。カーミンやオルセインの方がコントラストよく染色されるが、ゲンチアナバイオレットはほぼ確実に染色され、染色が原因の失敗は少ない。「ゲンチアナ」はリンドウのこと。粉末は緑色をしているが、水溶液は美しい紫色を示す。

ゲンチアナバイオレット (NaRiKa 25g 2,900円, 和光純薬 25g 3,700円, ケニス 25g 7,000円)

30%酢酸 100mL にゲンチアナバイオレット 0.75g を加え、沸騰させて溶かし、冷却後ろ過する。

## ズダンⅢ染色液

弱酸性色素。スダンⅢともいう。水に溶けにくいアルコールには溶けやすい。アゾ色素（スダンⅢ、オイルレッドO、ズダン黒等）は、無極性かつ脂溶性であるため、組織に触れると組織内脂質という溶媒に溶け込み、結果として**脂肪を橙黄色～橙赤色に染色**できる。

70%エタノール 100mL (別法 70%エタノール 50mL, アセトン 50mL)

ズダンⅢ 2g

上記を混和し、50～60℃の恒温槽に一晩置き、十分に飽和した溶液とする。室温に冷却後（粗目の濾紙で）すばやくろ過する。

## ラクトフクシン溶液

酸性フクシンは酸性色素で**細胞質の染色**に広く用いられ、細菌、植物病害組織の染色にも用いられる。

乳酸 (和光純薬 500mL 2,500円, NaRiKa 500mL 4,100円, ケニス 500mL 4,300円)

酸性フクシン (和光純薬 25g 6,700円, UCHIDA 25g 14,500円, ケニス 25g 12,500円)

乳酸 100mL に酸性フクシン 3g を混和する。(第一学習社)

## ヨウ素溶液 (ヨウ素ヨウ化カリウム溶液)

**デンプンの検出**に用いる。ヨウ素は水に溶けにくいため、ヨウ化カリウム水溶液にヨウ素を溶かす。調製方法がまちまちであるため、特定のところからヨウ素溶液を購入したほうが安定した結果が得られる。簡易的には市販のルゴール液（ザイフェルト液ともいわれる。1000mL 中組成は、ヨウ素 12g, ヨウ化カリウム 24g, グリセリン 900mL, ハッカ水 45mL, 液状フェノール 5mL および精製水）を10倍に薄めると、適度にデンプンが青紫に染まる。

0.1mol/L ヨウ素溶液 (NaRiKa 500mL 2,900円, ケニス 500mL 2,100円)

ヨウ化カリウム 1g を水に溶かし、ヨウ素 1g を加え 100mL とする。他にも調製法多数あり。

#### メチレンブルー溶液

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，遮光ビンに入れて保存する。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。酸化還元色素でもあるため酸化型が青色（メチレンブルー），還元型が無色（ロイコメチレンブルー）で可逆的に変化し，脱水素酵素実験に用いられる。乳酸菌などの染色に用いる際は，生きた菌は染色されないため，必ず固定してから染色する必要がある。ギムザ染色はメチレンブルーとエオシンを混合した染色液を用いている。また，酸化還元作用によって活性酸素を発生するために，殺菌消毒作用を示し，病魚の治療でよく用いられる。そのための希薄水溶液や，粉末が添加された薬剤がホームセンターなどで入手可能である。

メチレンブルー（和光純薬 25g 2,600 円，NaRiKa 25g 3,000 円，UCHIDA 25g 3,100 円，ケニス 25g 6,300 円）

メチレンブルー原液（和光純薬 500mL 3,500 円）

メチレンブルー溶液（ケニス 500mL 7,200 円）

メチレンブルー0.3gを95%エタノール30mLに溶かし，蒸留水100mLを加える。（浜島書店）

#### ※レフレルのメチレンブルー染色液

細菌類，菌類の染色に使う。メチレンブルー1.5gを純エタノール30mLに溶かし，0.01%水酸化カリウム溶液100mLを加えて混和する。古くなると酸化されて，染色性がよくなる。

#### サフラニン液

主に植物の木化した組織の染色に用い，赤色に染まる。

サフラニン（NaRiKa 25g 3,800 円，ケニス 25g 9,500 円）

サフラニン0.25gを95%エタノール1mLに溶かしたものを，精製水200mLに混合する。他にも調製法多数ある。

# 固定液

## カルノア液

細胞や組織の標本を作るときの一般的な固定液である。クロロホルムを用いないファーマー液もカルノア液ということがある。

無水エタノール (ケニス 500mL 2,900 円, UCHIDA, NaRiKa 500mL 3,500 円)

クロロホルム (ケニス 500mL 1,600 円, UCHIDA 500mL 2,100 円, NaRiKa 500mL 2,200 円)

氷酢酸 (ケニス 500mL 1,400 円, UCHIDA, NaRiKa 500mL 1,700 円)

### カルノア液の一般的な組成

無水エタノール : クロロホルム : 氷酢酸 = 6 : 3 : 1

(別法)

無水エタノール : クロロホルム : 氷酢酸 = 2 : 1 : 1 など

## ファーマー液

細胞や組織の標本を作るときの一般的な固定液である。クロロホルムを用いないため、カルノア液より安全で調製しやすい。ファーマー液をカルノア液ということがある。

無水エタノール (ケニス 500mL 2,900 円, UCHIDA, NaRiKa 500mL 3,500 円)

氷酢酸 (ケニス 500mL 1,400 円, UCHIDA, NaRiKa 500mL 1,700 円)

### ファーマー液の一般的な組成

無水エタノール : 氷酢酸 = 3 : 1

## 【参考文献】

- 浅島誠ほか (2011), 「生物基礎」, 東京書籍
- 浅島誠ほか (2011), 「新編生物基礎」, 東京書籍
- 馬場昭次ほか (2011), 「高校生物基礎」, 実教出版
- 本川達雄・谷本英一ほか (2011), 「生物基礎」, 新興出版社啓林館
- 本川達雄・谷本英一ほか (2011), 「新編生物基礎」, 新興出版社啓林館
- 嶋田正和ほか (2011), 「生物基礎」, 数研出版
- 嶋田正和ほか (2011), 「新編生物基礎」, 数研出版
- 吉里勝利ほか (2011), 「高等学校生物基礎」, 第一学習社
- 吉里勝利ほか (2011), 「高等学校新生物基礎」, 第一学習社
- 庄野邦彦ほか (2012), 「生物基礎」, 実教出版
- 浜島書店編集部 (2007), 「ニューステージ新訂生物図表」, 浜島書店
- 長野敬・牛木辰男ほか (2009), 「増補四訂版サイエンスビュー生物総合資料」, 実教出版
- 岩手県立総合教育センター科学産業教育担当 (2012), 「中学校理科観察・実験書一学習指導要領改訂に伴う中学校理科観察・実験指導資料一」, 岩手県立総合教育センター
- 岩手県高等学校教育研究会理科部会生物部会生物実験書編集委員会 (2012), 「生物実験書 2012」
- 日本動物学会・日本植物学会 (1998), 「生物教育用語集」, 東京大学出版会
- 佐藤重平 (1955), 「大学実習生物学実験」, 裳華房
- 株式会社ナリカ (2012), 「平成 24 年度版サイボックス理科消耗品カタログ」
- ケニス株式会社 (2012), 「2012 年度サイエンスマップ理科消耗品カタログ」
- 株式会社内田洋行 (2011), 「りかもーる (ウチダ理科消耗品カタログ) 2011-2012 (平成 23 年度版) 第 109 版」
- 野村和弘 (2004), 「生体防御の効果的な指導法の研究」, 愛媛県総合教育センター
- 鹿児島県総合教育センター (2012), 「指導資料理科第 289 号」
- 平野隆久 (1996), 「野草一自然の中で楽しむ里・野・林・海岸の野草 500 種」, 永岡書店
- 日野東・平野隆久 (2000), 「日本の野草・雑草一低山や野原に咲く 471 種」, 成美堂出版
- 菱山忠三郎 (2009), 「身近な野草・雑草」, 主婦の友社
- 岩瀬徹 (2007), 「野外観察ハンドブック一形とくらしの雑草図鑑～見分ける, 身近な 280 種」, 全国農村教育協会
- 広田伸七 (1996), 「ミニ雑草図鑑一雑草の見分けかた」, 全国農村教育協会
- 岩槻秀明 (2006), 「街でよく見かける雑草や野草がよーくわかる」, 秀和システム
- 青木淳一 (2005), 「だれでもできるやさしい土壌動物のしらべかた一採集・標本・分類の基礎知識」, 合同出版
- 浅間茂・石井規雄・松本嘉幸 (2001), 「野外観察ハンドブック一校庭のクモ・ダニ・アブラムシ」, 全国農村教育協会
- 渡辺弘之・皆越ようせい (2005), 「土の中の小さな生き物ハンドブック」, 文一総合出版
- 日本土壌動物学会 (2007), 「土壌動物学への招待一採集からデータ解析まで」, 東海大学出版会
- 成澤才彦 (2011), 「作物を守る共生微生物一エンドファイトの働きと使い方」, 農林漁村文化協会



【参考 Web ページ】

ウィキペディア財団, フリー百科事典「Wikipedia」

和光純薬工業株式会社, 「Siyaku.Com」

NCBI, 「Genome List」

森田泰久, 「森田保久の高校生物関係の部屋」

池田博明, 「池田博明HOME」

矢嶋正博, 「高校生物実験HP」

北海道立教育研究所附属理科教育センター, 「北海道立教育研究所附属理科教育センターHP」

岡山県総合教育センター, 「岡山県総合教育センター」

愛知県総合教育センター, 「理科の広場」

兵庫県理化学会, 「兵庫県理化学会」

独立行政法人農業生物資源研究所昆虫科学研究領域乾燥耐性研究ユニット, 「Sleeping Chironomid

【ネムリユスリカのHPによろこそ!】」

環境省自然環境局, 「外来生物法」

独立行政法人国立環境研究所, 「侵入生物データベース」

飯島和重, 「ブタ腎臓の解剖と組織の観察」

国土交通省気象庁, 「気象庁ホームページ」

農林水産省, 「農林水産省 土壌改良資材品質表示基準」

福原達人, 「植物形態学」

京都大学, 「全学共通教育基礎化学実験」

慶應義塾大学, 「生物学実験 - 慶應義塾大学日吉キャンパス 特色G P 文系学生への実験を重視した自然科学教育」

(URL は省略)

高等学校「生物基礎」  
観察，実験サポート資料

平成 25 年 2 月 15 日発行

著 者 岩手県立総合教育センター  
平成 24 年度長期研修生  
千 田 和 則

発行者 岩手県立総合教育センター  
花巻市北湯口 2-82-1  
〒025-0395 TEL0198-27-2711