

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。



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ル分類体系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。エングラール分類体系は、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
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 | |



1辺1mの
方形枠

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
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～



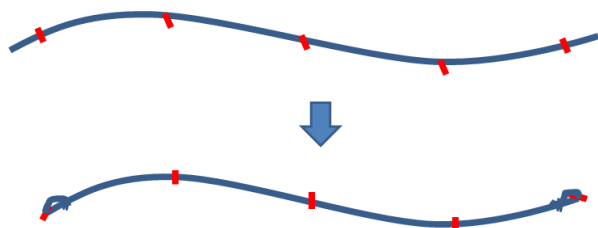
調査地の予備調査を行う。

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°)、バラ科のサクラが $2/5$ (144°)、アブラナ科のダイコンが $3/8$ (135°) 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。

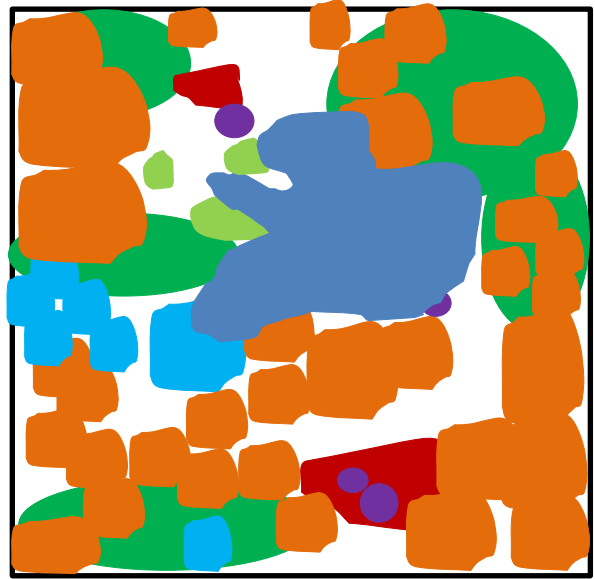
他に、ラウンケルの生活形による分類は生活様式に基づく生態的な分類であるが、土のふみつけとの関連があるため学校敷地内での調査に役立つ。大まかにふみつけに強い順から、ロゼット型（オオバコやタンポポなど）、そう生型（シバなど）、分枝型（ヤハズソウなど）、ほふく型（シロツメクサなど）、直立型（ヨモギなど）、つる型（ヒルガオなど）となっている。

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

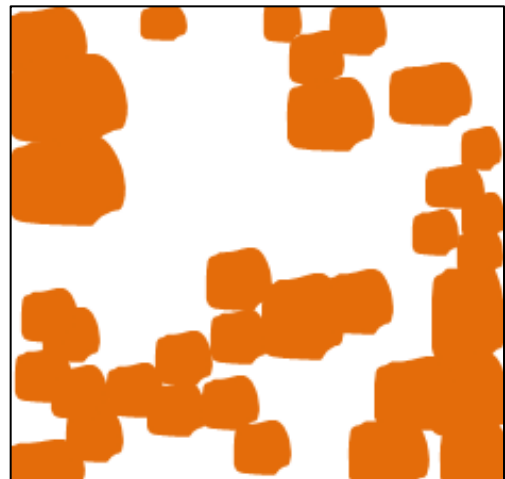
⑤ 被度の測定と被度階級の換算 (7分)

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

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

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。

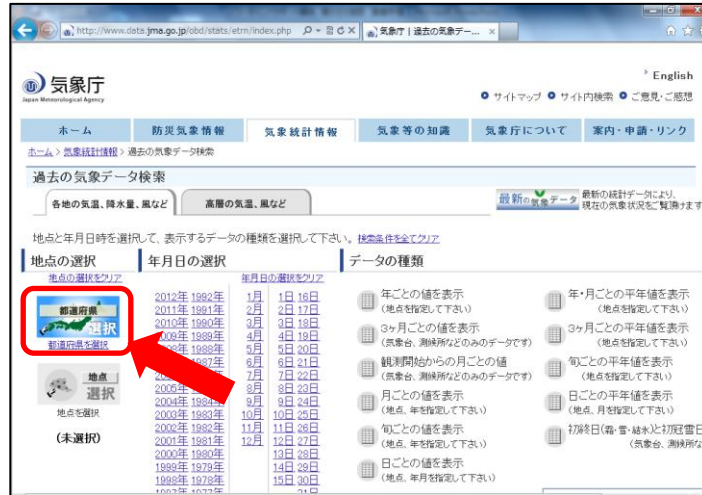


国土交通省気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/>

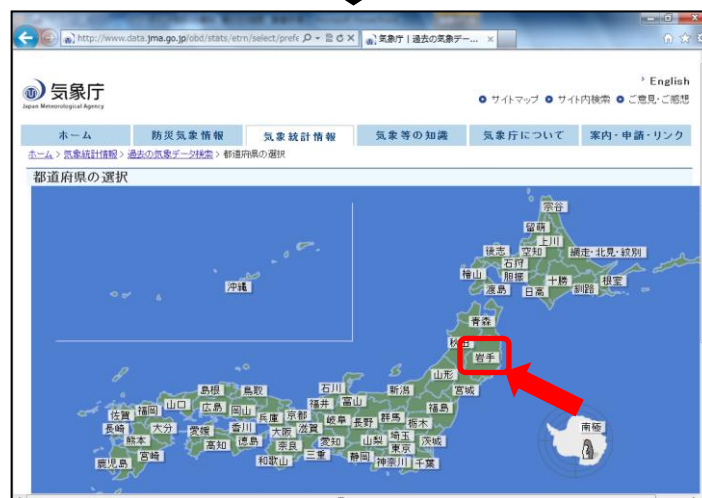


<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>

- 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/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=



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=

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

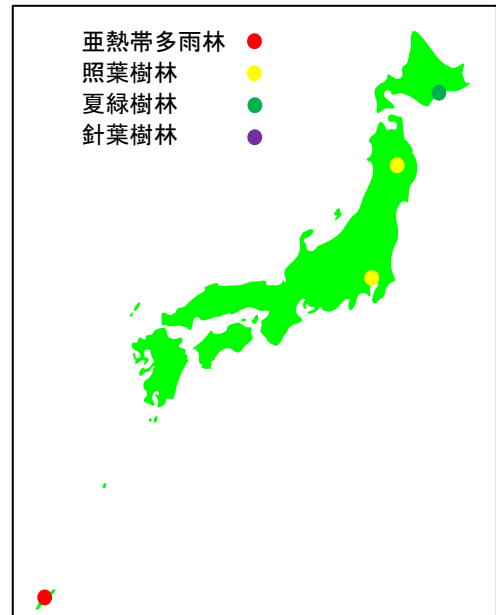
盛岡	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均	
1980	-2.3	-3.6	1.1	7	14.4	19.8	19.6	19.8	17.6	11.5	6.4	0.1	9.3	
				2	9.4	14.8	14.6	14.8	12.6	6.5	1.4			76.1

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ないか、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

※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。

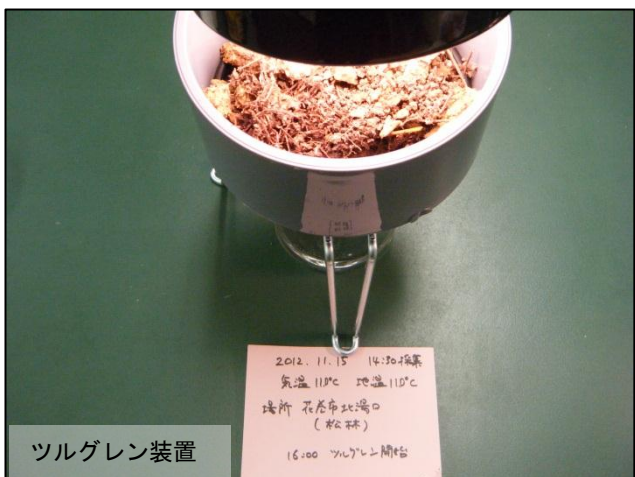
ベールマン装置での抽出は、室温が低いと土壌動物が活動しにくいいため、寒い季節は恒温器に置いた方がよい。



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。

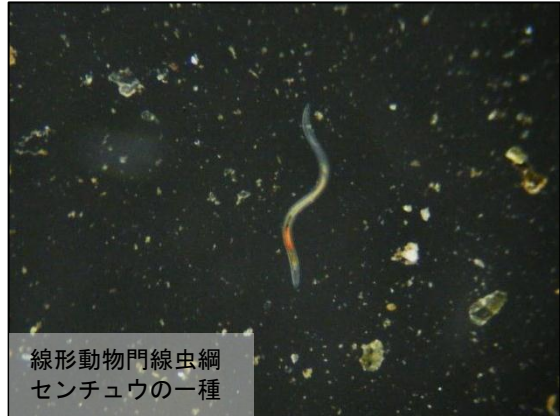
本格的に同定するには，永久プレパラートを作成し，光学顕微鏡で観察する。

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
環形動物門		内顎綱	クモ綱	甲殻(軟甲)綱	少脚(ヤスデモドキ)綱
線形動物門		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
センチュウ綱		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
昆虫綱		コムシ目	ダニ目	ワラジムシ科	倍脚(ヤスデ)綱
節足動物門		昆虫綱	クモ目	フナムシ科	オビヤスデ目
昆虫綱		アザミウマ目	緩歩動物門	ヨコエビ目	唇脚(ムカデ)綱
ハエ目の幼虫		甲虫目	真クマムシ目	ヨコエビ科	イシムカデ目
など		チョウ目	など	など	ジムカデ目
		ハチ目			結合(コムカデ)綱
		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

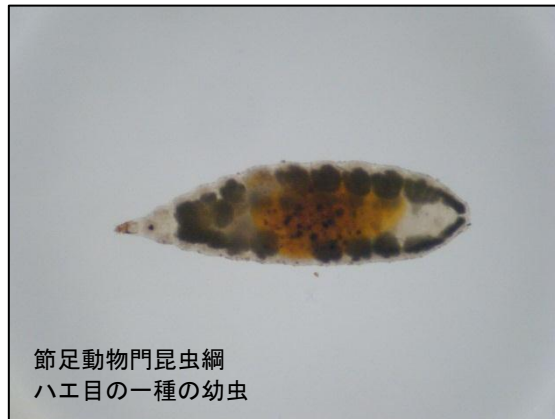
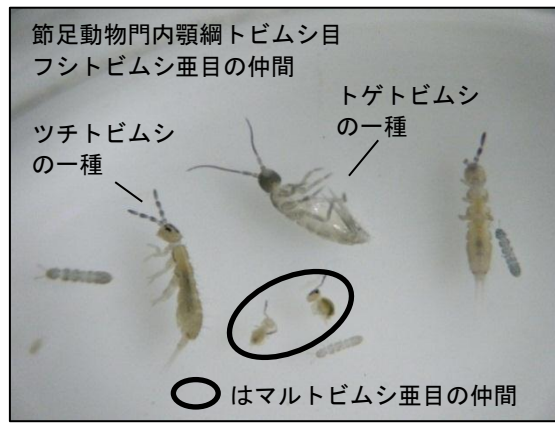
<土壌動物の例>

- ・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、土壌動物を集めるろ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ないか、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、ものによっては囊状体とを形成する。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、囊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孢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
- ・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 1 mm 未満の細い側根を 1 cm 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 1 cm 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。

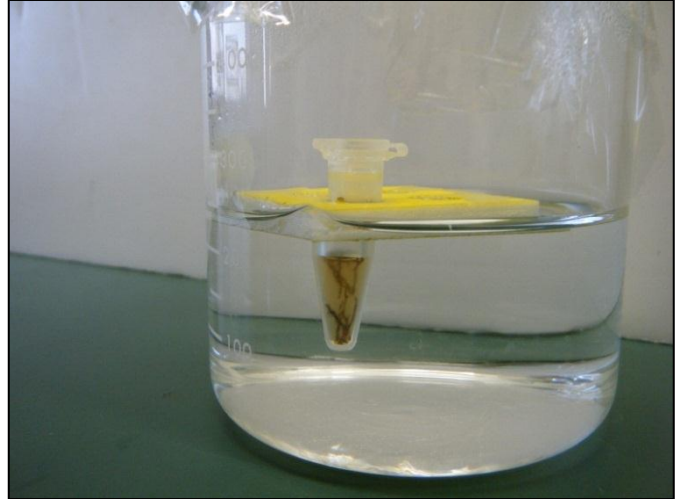


マイクロチューブ内は静電気によって試料が壁面に張り付きやすいので，ピンセットで奥に入れる必要がある。




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 μ 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℃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 μ 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。

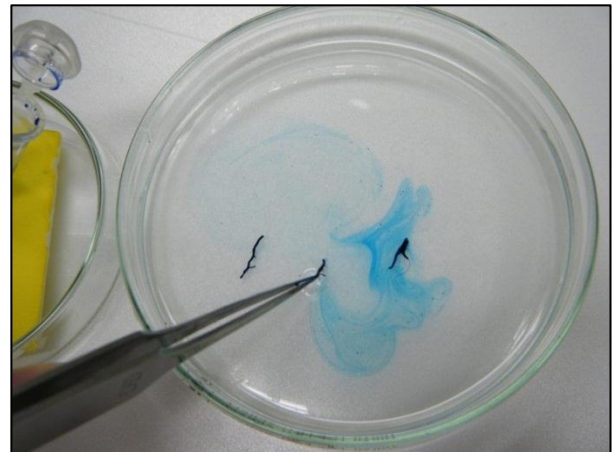


10%水酸化カリウム水溶液は強塩基なので、手に付かないように注意する。手に付いた場合は、すぐに大量の水で洗い流す。


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を指ではじくと、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)

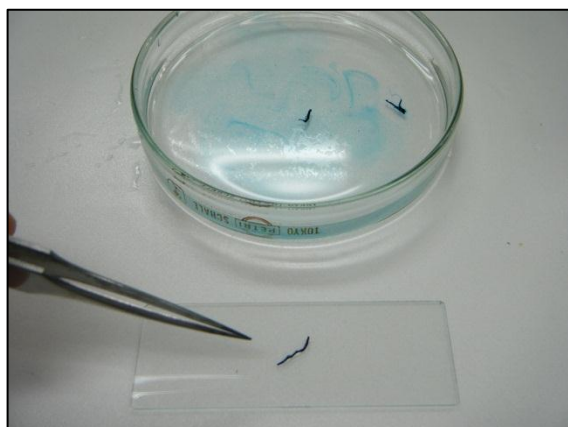
試料をスライドガラスの上に置き、水を滴下する。カバーガラスを載せて、ろ紙を載せ親指で押しつぶす。作成したプレパラートを低倍率で検鏡する。皮層を高倍率で検鏡し、菌糸を探す。



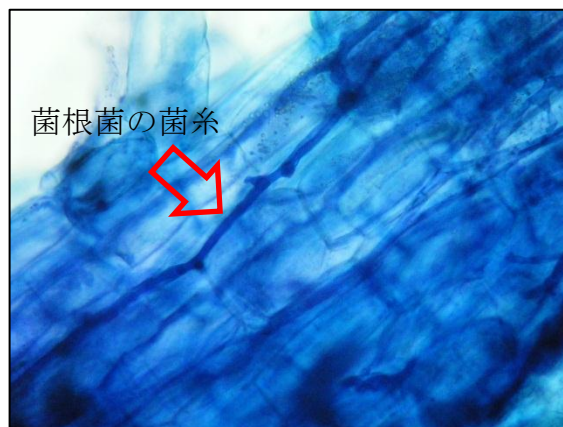
→状態1, 状態2 (p. 231)



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少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（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。

◎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