

高等学校における教科指導の充実

理 科  
《 生物領域 》

学ぶ手応えを実感できる生物教材の工夫  
〔 微生物編 〕

栃木県総合教育センター  
平成21年3月

# 学ぶ手応えを実感できる生物教材の工夫【微生物編】

## 目 次

はじめに -----	1
事前指導 -----	3
(1) 顕微鏡の操作技術の習熟「珪藻類の顕微鏡観察」	
(2) 菌類の培養法の習得「長ネギ黒斑病菌の培養と胞子の観察」	
(3) 微生物の生物現象と系統分類の理解「微生物のなかまわけ」	
事例    微生物の大きさの違いを実感 -----	12
実験「原核生物と真核生物、単細胞生物と多細胞生物の比較」	
事例    微生物の生命の連続性を実感 -----	16
実験「ゾウリムシの接合」	
事例    微生物の存在とはたらきを実感 -----	20
実験「フィルターユニットを用いた乳酸発酵」	
事例    微生物の産業への応用を実感 -----	24
実験「バイオリアクターを用いたアルコール発酵」	
事例    生態系内でのつながりと役割を実感 -----	29
実験「シロアリの腸内微生物の観察」	
おわりに -----	32
参考資料サイト	
参考文献	

本資料は、栃木県総合教育センターのホームページ「とちぎ学びの杜」内、「調査研究」と「教材研究のひろば」のコーナーにも掲載しています。

「とちぎ学びの杜」 <http://www.tochigi-edu.ed.jp/center/>

## はじめに

本冊子は、生物に対する親しみと学ぶ手応えを実感できる授業を展開するための、教師向け参考資料である。平成18年度の「動物編」、平成19年度の「植物・情報活用編」につづき、今年度は、「微生物編」として五つの事例を紹介する。

調査研究を進めるに当たっては、次に示すように、「OECD生徒の学習到達度調査(PISA)」や「国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)」の結果分析及び「高等学校生物教育に関する全国調査(国立教育政策研究所 鳩貝・平成18年3月)」の観察・実験の実施状況を踏まえて、事例を作成する方向性や、事例で取り上げる教材生物を選定する方針を明確にした。

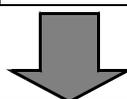
資料1 PISA調査(2003)、TIMSS調査(2003)の結果分析と事例作成の方向性

PISA調査(2003)、TIMSS調査(2003)の結果分析			事例作成の方向性
領域	課題	改善の方向性	
読解力	テキストの解釈、 熟考・評価に課題がある。  自由記述(論述)の設問に課題がある。	テキストを理解・評価しながら読む力を高めること。  テキストに基づいて自分の考えを書く力を高めること。  様々な文章や資料を読む機会や、自分の意見を述べたり書いたりする機会を充実すること。	<p><b>(1)活用場面に広がりをもてるようにすること</b> 食や生活と関連させるために、生物の実験・観察の試料として、身近な微生物を活用できる。 観察や実験の計画を重視し、目的に応じた観察や実験の工夫が大切であることに気付く。 課題追究型学習の展開を目指し、仮説やモデル図をもとに予想して、生物現象について探究する。</p> <p><b>(2)育成を目指す基礎的スキルを明確化すること</b> 身の回りの生物や生命現象に関心を持ち、疑問を持ったたり、特徴を指摘したりすることができる。 観点を決めて、生物どうしを比較し、しくみを調べることができる。 着目した特徴をもとに、図鑑やインターネットの情報を利用できる。 生物と人間生活との関わりを説明できる。</p>
科学的リテラシー 理科	科学的な解釈や論述形式の設問に課題がある。  日常生活と関連の深い設問に課題がある。	科学的に解釈する力や表現する力の育成を目指した指導を充実すること。  日常生活に見られる自然事象との関連や他教科等との関連を図った指導を充実すること。	
質問紙調査	学習意欲、学習習慣等に課題がある。	実験・観察や実生活との関連を重視した指導、目標設定や評価の工夫等により、学習意欲を高める指導を充実すること。  宿題や課題を適切に与えることや、学習ガイダンスの充実等を通じて、学習習慣や学習規律を確立すること。	

資料2 観察・実験の実施状況と事例で取り上げる教材生物選定の方針

〔「高等学校生物教育に関する全国調査(鳩貝.平成18年3月)」より  
回答:高校教員654名(理科総合B、生物I、生物、理数生物、学校設定科目)〕

順位	観察・実験名	単元	実施数	実施割合(%)
1	植物細胞の観察	細胞・組織	500	78.2
2	原形質流動の観察	細胞・組織	389	62.2
3	酵素の実験	細胞・代謝	388	60.5
4	体細胞分裂の観察	細胞・組織	370	59.1
5	浸透圧の実験	細胞・組織	368	58.6
6	葉の色素の分離	光合成	313	49.7
7	動物細胞の観察	細胞・組織	301	48.6
8	だ液腺染色体の観察	生殖・遺伝	290	46.4
9	植物組織の観察	細胞・組織	267	42.7
10	単細胞の観察	細胞・組織	239	38.6
11	ウニの発生	生殖・発生	212	34.0
12	DNAの抽出実験	生殖・遺伝	192	30.6
13	嫌気呼吸の実験	代謝	182	29.1
14	動物組織の観察	細胞・組織	169	27.4
15	脱水素酵素の実験	代謝	119	19.1



< 事例で取り上げる教材生物の選定方針 >

微生物のもつ負のイメージに対して嫌悪感を抱かないように、生活の中で身近な教材となりうる微生物、食品、微生物関連産業を積極的に取り上げた。

仮説設定やモデルの理解、実験方法の工夫等、探究的活動に適した微生物を取り入れた。

事例で取り上げた教材/生物	観察・実験のテーマ
珪藻土/ケイソウ類	プレパラート作成、顕微鏡操作の習熟
長ネギ/黒斑病菌	菌類の培養と観察
ゾウリムシ	大きさの把握、有性生殖のしくみ
ヒト/口腔粘膜上皮細胞	大きさの把握
ヨーグルト/乳酸菌	大きさの把握、乳酸発酵
調理用乾燥酵母/酵母菌	アルコール発酵、産業への応用
ヤマトシロアリ/腸内の原生動物	生態系内でのつながり・役割

研究協力委員

栃木県立真岡女子高等学校 教諭 鈴木 広子

研究委員

栃木県総合教育センター 研究調査部 指導主事 滝田 博之

## 事前指導

### 指導の手引き

現行の学習指導要領に示された高等学校理科の各科目において、微生物が関連する単元は以下の表に示すとおりである。

< 理科基礎 >

単元	内容・実験例を示すキーワード
顕微鏡の進歩・観察法の進歩	細胞 ウイルス
自然発生説の否定	パスツール(Pasteur)の白鳥の頸フラスコ
発酵・腐敗	低温殺菌法 ( Pasteurization )
伝染病	狂犬病 ニワトリ・カイコガの伝染病研究

< 理科総合 B >

単元	内容・実験例を示すキーワード
自然の探究	物の大きさ 10 <sup>n</sup> 単位換算
地球上の初期の生物	35億年前の化石 深海細菌 ラン細菌 ストロマトライト
物質循環とI細胞 <sup>+</sup> の移動	根粒菌

< 生物 >

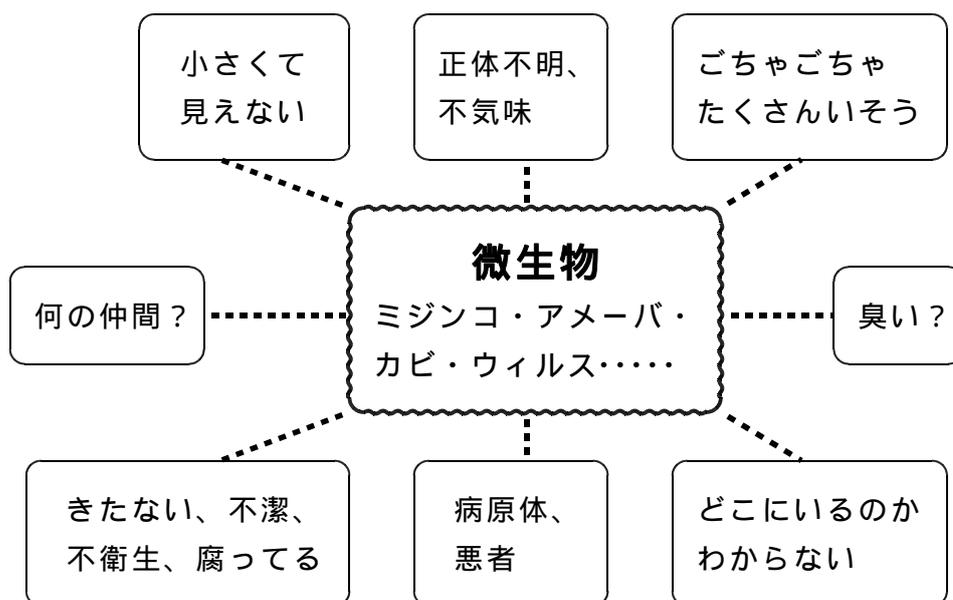
単元	内容・実験例を示すキーワード
細胞	物の大きさ
R.フック	顕微鏡観察
細胞の運動	アメーバ運動 原形質流動
単細胞・多細胞	細胞群体 多細胞への組織化 ゾウリムシ クラミドモナス ユードリヤ
生殖	無性生殖法 有性生殖法
DNA量の比較	マイコプラズマ 大腸菌 酵母菌 センチュウ
遺伝子の本体	肺炎双球菌の形質転換 バクテリオファージ

< 生物 >

単元	内容・実験例を示すキーワード
嫌気呼吸	酵母菌・乳酸菌
一遺伝子一酵素説	アカパンカビ
遺伝子操作	大腸菌 遺伝子組換え
突然変異	アオカビ X線照射 ペニシリン生産量の増大
捕食・被食	ゾウリムシ ミズケムシ
窒素循環	腐敗菌 硝化細菌 脱窒素菌 窒素固定細菌
深海の生態系	化学合成細菌
水質変化	汚水の自然浄化 富栄養化 水の華 (アオコ) 赤潮
原核生物	ストロマトライト
真核生物	共生説
初期生物進化	嫌気性生物 藍藻 好気性生物
系統分類	原核生物 原生生物 菌類

また、新学習指導要領（平成24年度より学年進行で先行実施）では、「生物基礎」（標準2単位）において、「生物の共通性と多様性」の単元で、「生物が共通性を保ちながら進化し多様化してきたこと、その共通性は起源の共有に由来することを扱うこと。その際、原核生物と真核生物の観察を行うこと。」となっている。

これらの単元を学習するにあたり、生徒は微生物について下の図のような負のイメージをもっていることが多く、微生物を敬遠して、身近な学習対象となっていない。



< 生徒がもっている微生物のイメージの例 >

これらのイメージを少しでも払拭し、生物の学習に不可欠な存在として微生物を生徒に受容させたい。そこで、生徒の達成目標として、本調査研究では次の3点をねらいとした。

微生物をモデル化・可視化して、身近な生命体として関心をもつ。  
 微生物の生物現象が人間の日常生活で活用されていることを理解する。  
 微生物が生態系内で不可欠な役割を担っていることを理解する。

### 事前指導の要点

微生物が関連する単元の授業を展開するにあたり、生徒に事前に習得させておきたい技術・予備知識については、以下の3点があげられる。

- (1) 顕微鏡の操作技術の習熟
- (2) 菌類の培養法の習得
- (3) 微生物の生物現象と系統分類の理解

これらについて、次のページから指導事例を紹介する。微生物が日常生活のあらゆる場面で存在していることを体験できるように、教材としては池・土壌・農地・食品・疾病等に関わる微生物を取り上げた。

### 協力者

事前指導の資料の作成にあたり、次の方々の協力をいただいた。

宇都宮大学教育学部 理科教育 松居 誠一郎 教授  
 宇都宮大学バイオサイエンス教育研究センター所長 夏秋 知英 教授

## 事前指導（１） 顕微鏡の操作技術の習熟

微生物の観察に顕微鏡の的確な操作は欠かすことができない。生徒は的確に操作できないことから“面倒くさい”“よく見えない”と言って、微生物を敬遠するようになってしまう傾向がある。

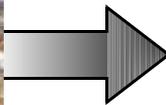
また、ピント合わせができるようになったとしても、特に動物プランクトン等は、水中で移動するため、追跡観察に技術を要する。したがって、次の3点が微生物学習の入門編としての指導のポイントとなる。

- ①観察対象が確実に見つけられる。
- ②試料が動かず、じっくり観察できる。
- ③生命の造形の美しさに感動できる素材を与えられる。

これらの条件を満たす素材として、珪藻類の観察を紹介する。

珪藻類は細胞壁に沈着した非晶質シリカ（オパール）が地層の中で残りやすいため、化石として産出することが多い。地層を作る堆積岩や池の底に堆積した泥の中等に珪藻遺骸が含まれており、試料が得やすい。

那須塩原市の要害公園の箒川河岸の露頭では、白色と灰色の薄層が厚さ1mm程度で交互にかつ規則的に重なった明瞭な葉理として認められる。白色層はほとんどが淡水性の珪藻類の化石からなっているので、この地層の破片を採集すると、容易に試料が得られる。



### 顕微鏡操作の習熟ポイント

時期	生徒が行いやすい操作ミス	指導のポイント
低倍率でピントを合わせた後	観察対象物の像を探したり、視野の中央に移動させる際に、移動させたい向きにプレパラートを動かし、観察対象物を見失ってしまう。	倒立像が見えていることを実感させ（例；文字の拡大像）、プレパラートを通常感覚とは逆に動かすように、生徒の意識付けを図る。
レボルバーを回す前に	プレパラートと対物レンズの間の作業距離を広げてしまい、高倍率で微妙なピント合わせができない。	レボルバーを回す際に、プレパラートと対物レンズの間の作業距離は変えず、機器の誤差の分の微動調節でピントが合うことを実感させる。
観察時	像の大きさの見当がつかず、観察対象物が視野に入っているにもかかわらず、対象として認識できず、右往左往する。	観察対象物の形態的特徴と併せて、各観察倍率における視野の円形枠中での相対的大きさに留意させる。

- 目 的 ①微生物の観察に必要な顕微鏡の操作技術を習得する。  
②微生物の一つである珪藻類を観察し、その形態の多様性を知る。

### 準 備

- 【試料】ア) 川や池の底の石についている藻類をかきとる。  
イ) 露頭の珪藻土を採取する。  
ウ) 市販の塗り壁用珪藻土をホームセンターで購入する。(1坪用¥3,680~)
- 【器具】スライドガラス、カバーガラス、シャーレ、300mL ビーカー、ビニール手袋、ゴーグル、アルミ板、ホットプレート、光学顕微鏡
- 【薬品】過酸化水素水(35%)、6 mol/L 塩酸、アルコールランプ、爪楊枝、微生物プレパラート作成用封入剤(\*1)、排水パイプ用洗剤(\*2)

### プレパラート作成法

#### 1. 一時プレパラート

- ・下記A~Dのいずれかの方法で懸濁液を作成し、それをスライドガラスに一滴落とし、カバーガラスをかけて検鏡する。
- A. 未固結の堆積物で、有機物の少ない泥(珪藻土等)は、耳掻き程度の少量をシャーレにとり、水約1 mLを加え、軽くゆすって分散する。
- B. 有機物の多い泥(河原の水垢等)は、少量の試料をビーカーにとり、過酸化水素水を加えて酸化処理(ビニール手袋・ゴーグル着用、湯煎)し、発泡が収まるまで待つ。沈殿物が茶色(水酸化鉄)を示す場合、塩酸を加えて加熱し、鉄分を溶解する。水を加えて珪藻を沈殿させ、上澄みを捨てることを繰り返す。
- C. 湖底堆積物等は、少量の試料をビーカーにとり、排水パイプ用洗剤を0.5mL 加えて30分間放置し、水をビーカーの容量まで加えて2時間放置し、上澄みを捨てる。
- D. 固結した岩石は、過酸化水素水、塩酸で順に分解処理する。水を加えて珪藻を沈殿させ、上澄みを捨てることを繰り返す。

#### 2. 永久プレパラート

- (1)アルミ板の上にカバーガラスを置き、1で作成した懸濁液を一滴落とし、1~2分放置する。
- (2)カバーガラスののったアルミ板をホットプレートに置き、水分を蒸発させる。  
(アルミ板が熱いので、ホットプレートから下ろす時に注意)
- (3)試料が付いている側のカバーガラスに封入剤を1~2滴たらす。
- (4)封入剤にスライドガラスを押し付け、ひっくり返す。
- (5)(4)を動かしながらアルコールランプで加熱し、封入剤から発泡させる。
- (6)発泡が穏やかになったら、スライドガラスを火から離し、机上に置く。カバーガラス内の泡を爪楊枝で押し出す。

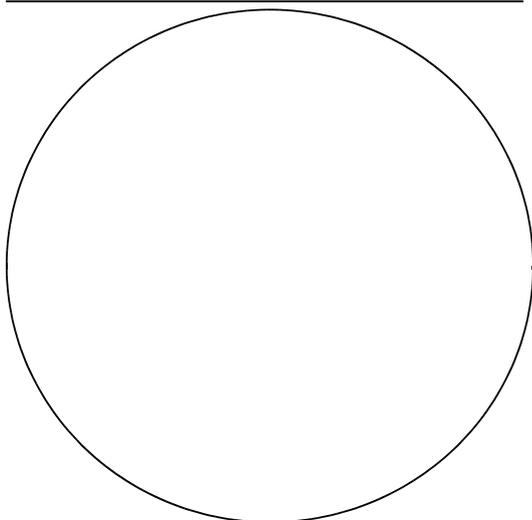
※封入剤がない場合、スライドガラスの上に、乾燥した珪藻が載っている(実際は張り付いている)面を下にして、カバーガラスをかぶせる。次に、カバーガラスの両側にビニールテープを貼り、スライドガラス上に固定し、検鏡する。(封入剤として水ではなく空気を使うことで、空気とガラスの屈折率の差がきれいな像を生み出す。カバーガラスから珪藻殻が次第にはがれ落ちてくるので注意する。)

(\*1) ブルーラックス; 商品名「マウントメディア」和光純薬工業株式会社 等

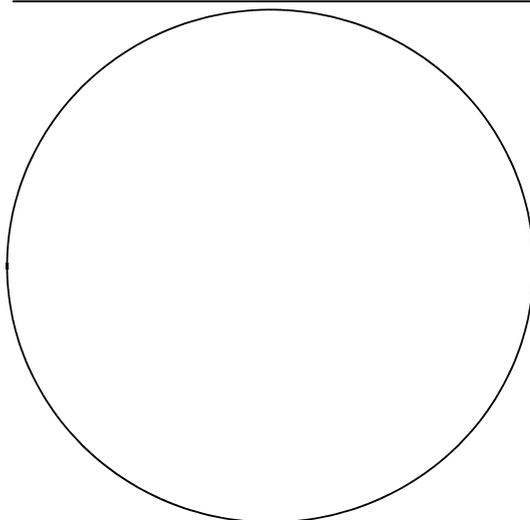
(\*2) 塩素系洗剤; 商品名「パイプユニッシュ」ジョンソン株式会社 等

**観察結果** 視野の円形枠の大きさに合わせてドットィング（点描法）でスケッチする。

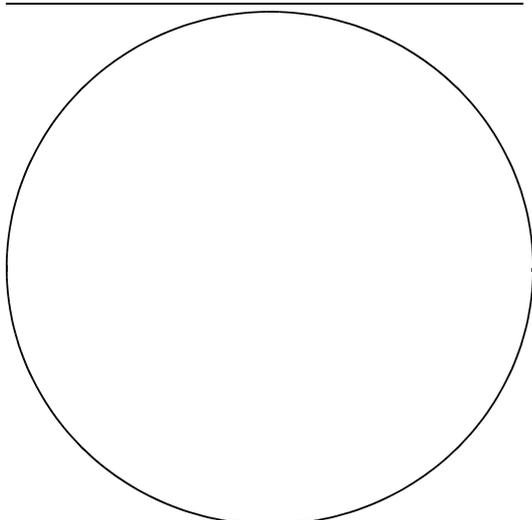
( × )



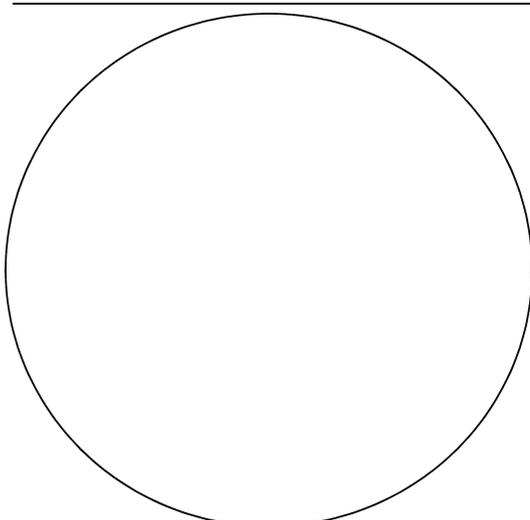
( × )



( × )



( × )



**顕微鏡操作チェックリスト**

(◎：完全にマスターした。 △：操作に不安が残る。 ×：できない。)

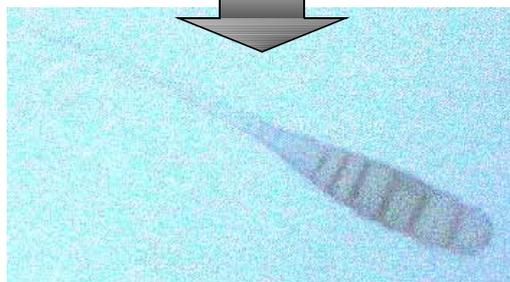
チェック	操 作	注意事項
	低倍率でピントを合わせられる。	対物レンズとプレパラートを遠ざけながら合わせる。
	観察対象物を見つけられる。	倒立像を見ているので、通常感覚とは逆に（観察対象物を視野の外へ出す方向へ）プレパラートを動かす。
	観察対象物を視野の中央に移動できる。	
	高倍率でピントを合わせられる。	レボルバーを回す前に、プレパラートと対物レンズの間の距離を変えない。
	視野の明るさを調整できる。	ステージ下の絞りの開閉や、照明のコンデンサー（または反射鏡）を調整する。
	コントラストをはっきりさせられる。	
	観察対象物をドットィング（点描法）で正確にスケッチできる。	観察した構造物のみを正確に記載する。陰影はつけない。

## 事前指導（２）菌類の培養法の習得

目に見えない微生物の学習において、微生物の存在や生物現象を確認するためには、抽出・培養法の習得は不可欠である。しかし、培養実験を経験したことのない教員にとっては、準備や実験手順が煩雑に感じられ、授業に実験を取り入れない展開が多い。学習内容に現実感をもたせるために、生徒には培養実験を是非体験させたい。

培養においては雑菌の混入（contamination）を防ぐため、オートクレーブ（または圧力がま）、滅菌シャーレ、恒温器等の実験機材を必要とするが、部活動や探究活動の一環としても活用度は高いので、整備しておくといよい。

家庭の台所で保存中の野菜や、家庭菜園で自ら育てた野菜に黒斑が見られたり、腐らせて無駄にしてしまった経験があれば、植物の病気も身近な教材になると思われる。本事例では、長ネギにつく黒斑病を取り上げる。日常生活の中の微生物を意識させた展開としたい。



*Alternaria alternata* の孢子

### ワークシート

### < 長ネギ黒斑病菌の孢子の観察 >

年 組 番・氏名

目 的 菌類の培養法を習得する。

長ネギの黒斑病の原因菌（*Alternaria alternata*）を特定し、孢子を観察する。

### 準 備

【試料】黒斑病が発生している長ネギ、ジャガイモ、

【器具】オートクレーブ、滅菌シャーレ、ガラス棒、恒温器、光学顕微鏡

【薬品】デキストロース、寒天、20%乳酸水溶液

(1) 寒天培地を作成する。

ジャガイモ（水 1 L あたり 200 g の割合）を細かく切り、20分間煮る。

を布巾で濾し、濾液にデキストロース（グルコース、サッカロース、デキストリン等の糖類でも可）20 g と寒天20 g を溶かす。

の溶液をオートクレーブ（または圧力がま）で滅菌する。（約 50 の湯浴で固化を抑制しておく。）

寒天を湯浴で溶かしてから試験管に10mL ずつ分注してオートクレーブに入れてもよい。この場合、使用直前に湯浴で溶かしてからシャーレに流し込む。

滅菌シャーレに20%乳酸水溶液を 2 ~ 3 滴たらし（雑菌の繁殖を防ぐため）、の溶液を10mL 流し込み、ふたをして冷ます。



(2)黒斑病菌を培養する。

長ネギの表面に黒斑（カビ）が見られるものを採集する。

黒斑部をガラス棒でかるく叩いて胞子を落とし、寒天培地の上に蒔く。

約30 度の恒温器中で数日培養し、コロニーを形成させる。

## 実 験

(1)長ネギの黒斑部をガラス棒でかるく叩いて、スライドガラスの上に胞子を落とし、検鏡する。（または、黒斑部を5 mm 四方に切りだし、滅菌水3 mLに入れてよく振り、数滴取って検鏡する。）

(2)培養したコロニーの一部を少量取り、検鏡する。

(3)(1)と(2)で同じ胞子が観察されれば、培養は成功したことになる。

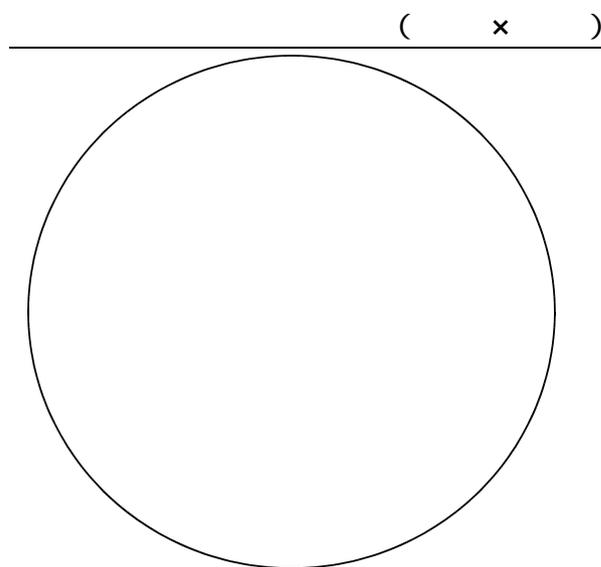
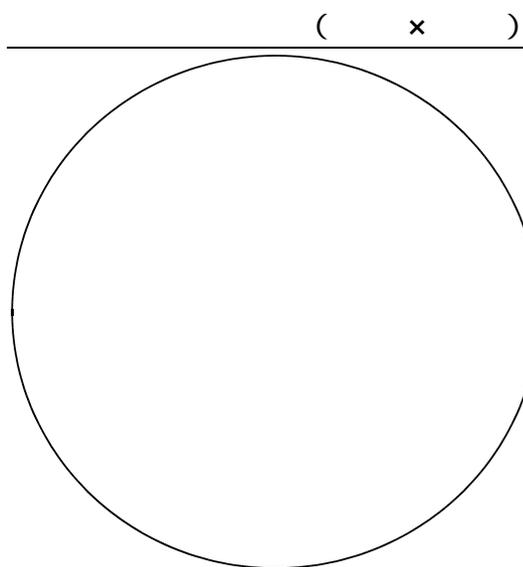
（コロニーの一部を少量取って長ネギの表面に塗布し、数日後に黒斑病が見られれば病原性も確認できる。）

## 考 察

雑菌の混入（contamination）が見られた場合、原因となった操作ミスを考えてみよう。

[ ]

観察結果 観察したものをドットィング（点描法）でスケッチする。



探究活動 「保存していた野菜が軟らかくなって腐ってしまったら・・・」

（例）保存していたジャガイモが軟らかくなって腐っていく部位から、ジャガイモ軟腐病の病原体をとり、同様の方法で培養する。

病原体と考えられるコロニーを形成した後、ジャガイモ、ダイコン、ニンジンなどに塗布して、病原性を確認する。

### 事前指導（３）微生物の生物現象と系統分類の理解

生物の系統分類は、高校生物の後半で学習することが多く、試験への出題頻度も低いため、生徒には軽視されやすい。しかし、発生や代謝等、各単元で学習する生物現象の関連性を理解するためには、系統分類の知識が必要である。生物現象の背景にある進化の視点を、日頃の指導の中に意識的に取り入れたい。

目に見えない微生物は、その正体をとらえることが難しく、類縁関係を正しく理解できない生徒が多い。特に、名称に“〇〇菌”とつくものやカビ・きのこにおいて、細菌類と菌類の分類が難しい。細胞の構造（核膜で囲まれた核を持つか持たないか）、好気呼吸の有無（ミトコンドリアを持つか持たないか）といった視点で分類するが、これらが未習の場合はこの定義が当てはめられない。各単元の学習段階に応じて、教員からの情報提供や生徒の調べ学習を行うことで、系統分類の意識付けを図りたい。

また、病原体はカビ、細菌のほか、ウイルスもある。生物の定義を話題にしつつ、健康管理の意識を形成する一助とするためにも、正しい分類ができるように指導したい。

そこで、生活の中で身近な教材となりうる微生物、食品、感染症や、教科書に掲載している生物現象に関連する微生物を取り上げ、系統分類の調べ学習の事例を以下に紹介する。

#### ワークシート

#### < 微生物のなかまわけ >

年 組 番・氏名

Q 1. 次にあげる食品はどんな微生物と関連があるだろうか。またどんな生物の仲間か。その微生物のはたらきと特徴を調べて次の表に記入しよう。

食品	生物名	系統分類群	はたらき・特徴
パン		菌類	
ワイン			
納豆			菌の表面に付着し、耐熱性がある。タンパク質分解を促す。
ヨーグルト			
日本酒	コウジカビ		
味噌			
食酢			

Q 2. 次にあげるものが関連する微生物はどの生物のなかまか。資料から調べて、系統分類表の中に記入しよう。

(食材) マツタケ シイタケ アカパンカビ

(ヒトの病気) O-157大腸菌 はしか 水疱瘡 おたふくかぜ 結核/ペニシリン

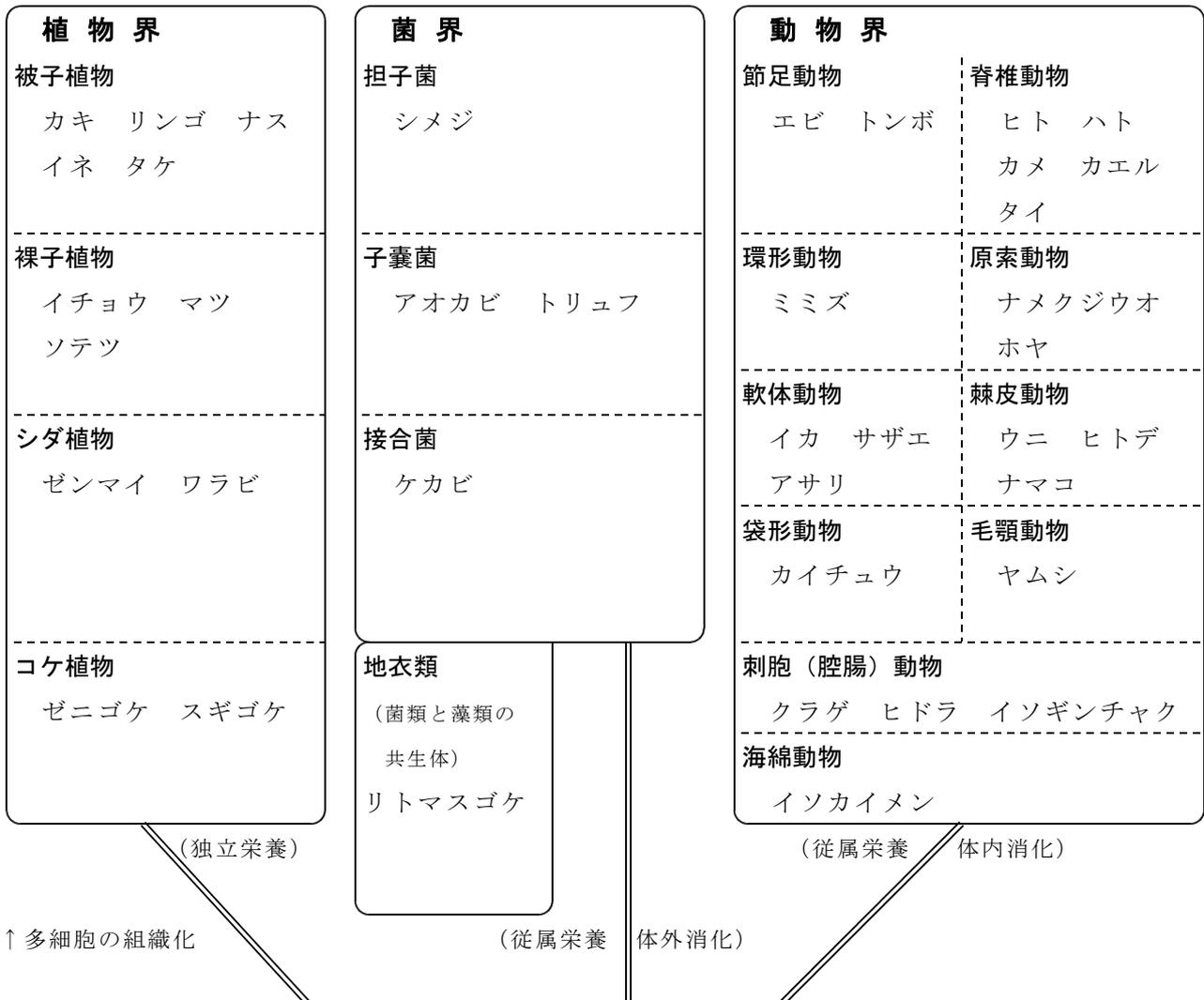
赤痢 風疹 百日ぜき 破傷風 梅毒 インフルエンザ AIDS コレラ

(池の中) ゾウリムシ ミドリムシ ハネケイソウ ミジンコ ワムシ ミズカビ

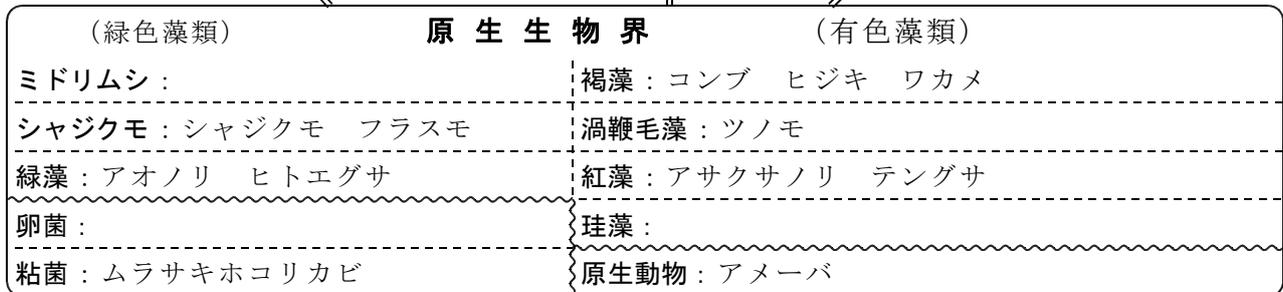
(土壌中) 硝酸菌 亜硝酸菌 根粒菌 アゾトバクター クロストリジウム

(植物体に付着) 天狗巢病 ネギ黒斑病

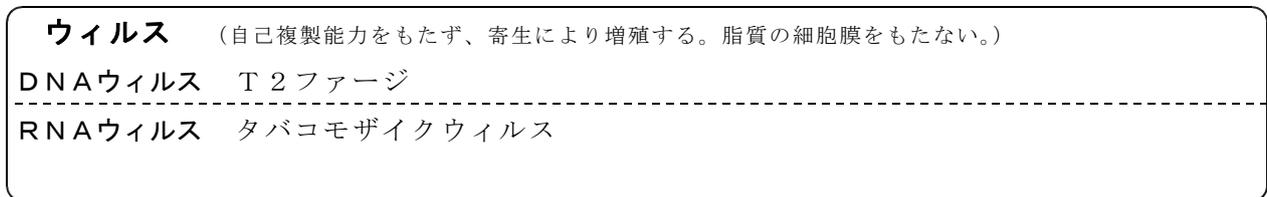
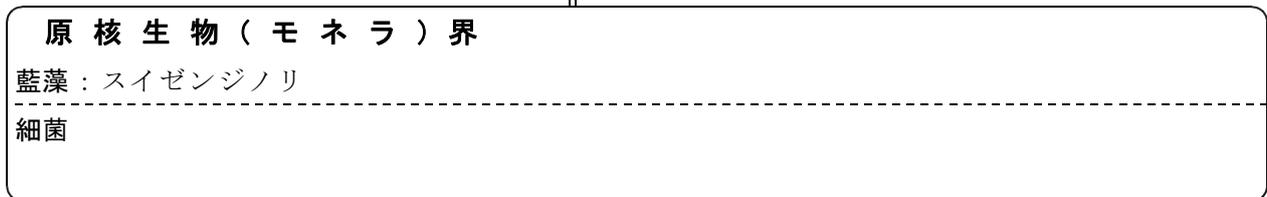
＜主な系統分類表（五界説）＞



↑多細胞の組織化



↑核膜・細胞小器官の形成



## 事例 微生物の大きさの違いを実感

### 指導の手引き

生徒にとって、肉眼で見えない(0.2mm以下)ものはどれも同じくらいの大きさといった感覚になりやすい。また、実生活では体験しにくい指数表示によるスケールの認識が難しい。微生物や細胞といっても大きさは様々であり、生細胞なしには増殖しないウイルスとの関係を認識する上でも、それぞれの大きさの違いを感覚的につかんでおくことが必要である。この感覚をつかむ方法として、次のようなクイズ形式でのやりとりが、生徒の関心を喚起するのに有効である。

#### Q 1. (5千倍の世界の比喩)

ヒト(1.6m)を5千倍すると世界最高峰のエベレストぐらいの大きさになります。このとき、次の微生物はどの位の大きさでしょうか。下の選択肢から選びなさい。

原生生物(ミドリムシ; 0.08mm) ( )

真菌(酵母; 0.01mm) ( )

細菌(腸チフス菌; 0.002mm) ( )

ア 10階建てビルより大きい    イ 一軒家    ウ ビーチボール

エ テニスボール    オ 大豆    カ タラコの卵一粒より小さい

#### Q 2. (10<sup>6</sup>倍の計算に慣れる = 単位換算)

ニワトリの卵黄(直径3 cm)を10<sup>6</sup>倍(=100万倍)すると大きさは30kmです。それでは、次のものを10<sup>6</sup>倍すると大きさは何mになりますか。

ヒトの卵(0.14mm) ( ) m

ヒトの精子(60μm) ( ) m

インフルエンザウイルス(100nm) ( ) m

#### < 解答 >

Q 1.    ウ    エ    オ                    カはウイルス

Q 2.    140m    60m    0.1m

10<sup>3</sup>倍(=千倍)すると、14cm    6 cm    0.1mmとなり、手頃なモデルサイズとなる。

次に示す事例は、乳酸菌(原核細胞・モネラ)、ゾウリムシ(真核細胞・単細胞の原生生物)、ヒトの口腔粘膜上皮細胞(真核細胞・多細胞の脊椎動物)を観察して比較することで、“微生物”とひとくくりにされがちな生物の大きさを正しく認識させることをねらいとした実験である。ゾウリムシは、教材業者から購入したものをワラの煮汁で飼育し、ほどよく増殖したものを観察した。乳酸菌は、市販の植物性乳酸菌飲料(\*1)を使用し、*Lactobacillus brevis* KB290(\*2)を観察した。顕微鏡のピント合わせさえ正しくできれば、どの試料も観察は比較的容易である。

ゾウリムシの大きさをビーチボールに例えると、ヒトの細胞はハンドボールぐらい、細菌類は大豆ぐらいと例えられる。実際に観察したものを身近なものに置き換える思考活動により、微生物の大きさの認識がより深まると考えられる。

(\*1) 商品名「ラブレ」 カゴメ株式会社

(\*2) 京都の伝統的な食べ物「すぎき漬け」から見つかったラブレ菌(100億個/130ml)

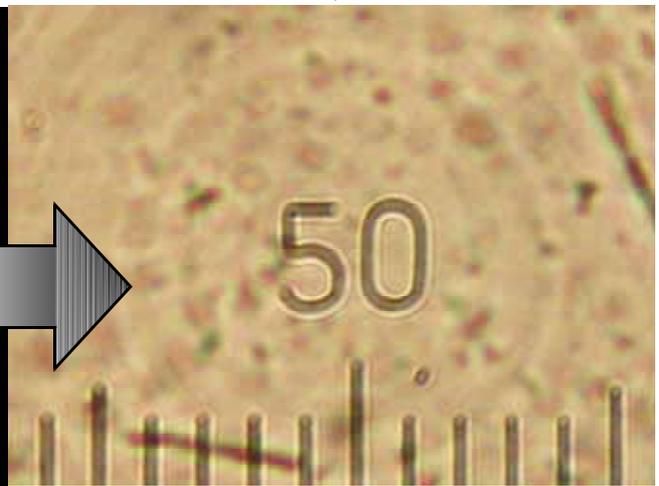
以下に、倍率600倍で検鏡した観察結果を細胞の大きな順に示す。



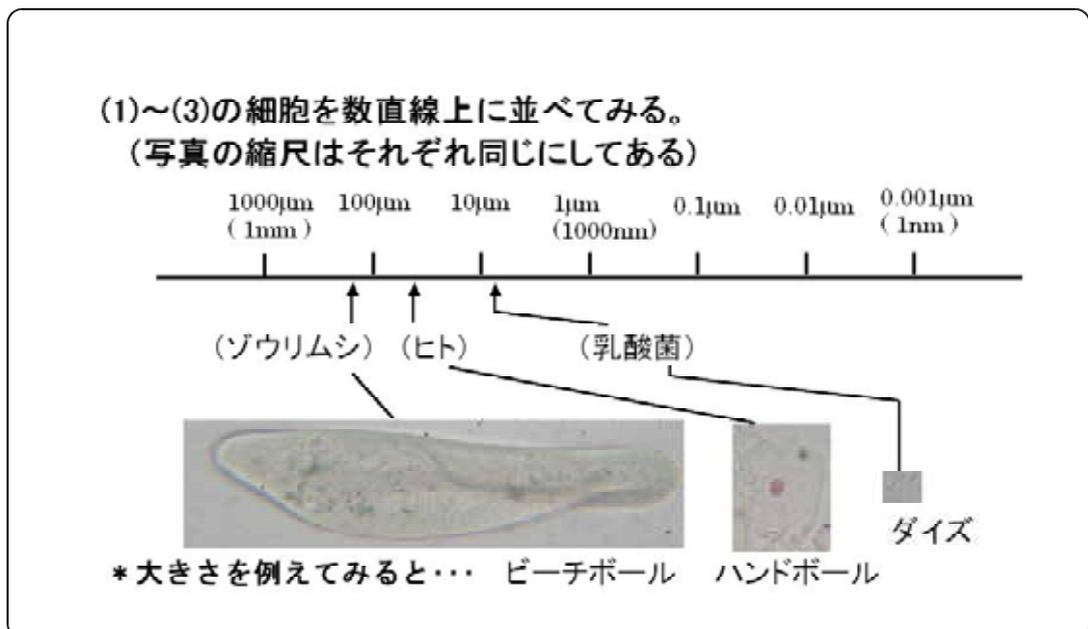
(1) ゾウリムシの顕微鏡写真  
大きさは約400 $\mu$ mである。



(2) ヒトの口腔上皮細胞の顕微鏡写真  
大きさは約60~80 $\mu$ mである。



(3) 植物性乳酸菌飲料の顕微鏡写真 (○の中に桿菌がある。) (拡大図)  
乳酸菌の大きさは約8 $\mu$ m。絞りをしばってコントラストをはっきりさせること。



## ワークシート

### < 原核細胞と真核細胞、単細胞生物と多細胞生物の比較 >

年 組 番・氏名

目的 原核生物と真核生物の細胞を観察して比較することで、各生物の個々の細胞の大きさの違いを認識する。

#### 準備

【試料】乳酸菌（原核細胞；植物性乳酸菌飲料）、ゾウリムシ（真核細胞の単細胞生物）  
ヒトの口腔上皮細胞（真核細胞の多細胞生物）

【器具】光学顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、ピンセット、スポイト、ろ紙、シャーレ

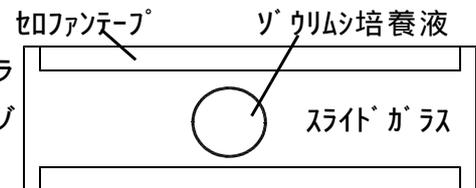
【薬品】酢酸オルセイン溶液、0.01%塩化ニッケル水溶液\*（麻酔作用）

\* 高い粘性を持つメチルセルロース溶液も可

#### 方法

##### (1) ゾウリムシの観察

ゾウリムシがつぶれるのを防ぐためにスライドガラスの両長辺にセロファンテープを貼り、スポイトでゾウリムシの培養液を1滴スライドガラスにたらす。



に、0.01%塩化ニッケル水溶液を1滴加える。

カバーガラスをかけ、はみ出した液をろ紙で吸い取り、検鏡する。

##### (2) ヒトの口腔の上皮細胞（口腔粘膜上皮細胞）の観察

つまようじの丸い部分でほおの内側を軽くかき取り、スライドガラスになすりつける。  
酢酸オルセイン溶液を1滴たらして5分後、カバーガラスをかけて検鏡する。

##### (3) 乳酸菌の観察

スポイトで乳酸菌飲料を1滴スライドガラスにたらす。

カバーガラスをかけ、はみ出した液をろ紙で吸い取り、検鏡する。

##### (4) 大きさの比較

それぞれを検鏡後、

観察したそれぞれの生物の細胞の大きさを測定する。

注) 倍率は600倍（接眼レンズ15倍、対物レンズ40倍のセット）を用い、その視野での接眼マイクロメーターは1目盛りが4  $\mu\text{m}$ として計算せよ。

視野の枠を目安にして、観察した大きさをなるべく忠実にスケッチで表現する。

#### 観察結果

##### マイクロメーターによる測定

(1) ゾウリムシ ( )  $\mu\text{m}$

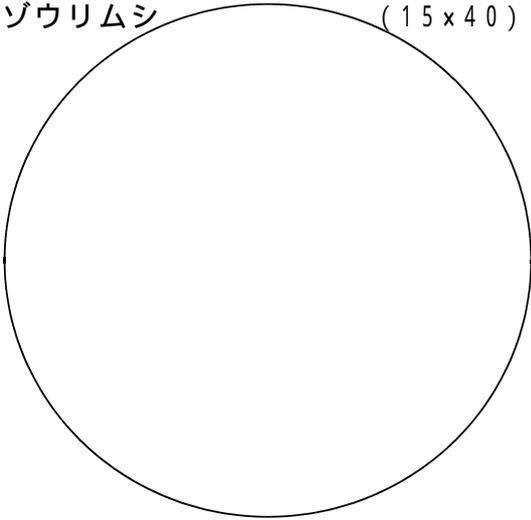
(2) ヒトの細胞 ( )  $\mu\text{m}$

(3) 乳酸菌 ( )  $\mu\text{m}$

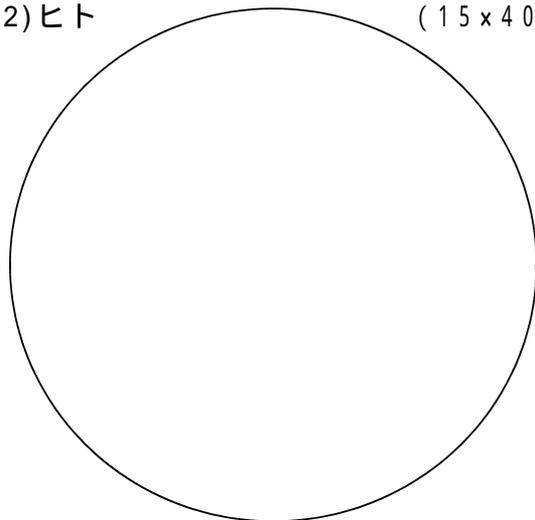
スケッチによる大きさの比較

\* 視野の円形枠の大きさに合わせて描く。

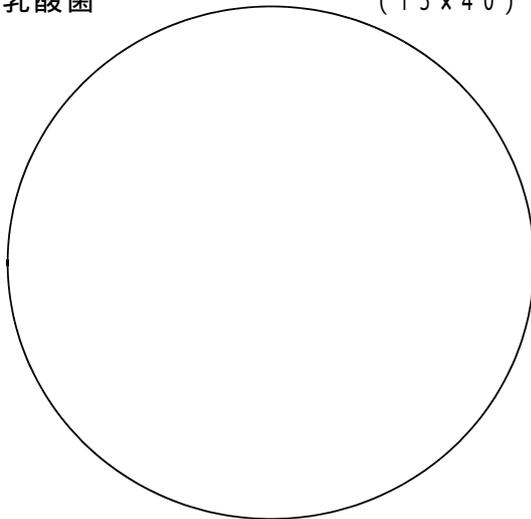
(1) ゾウリムシ (15 x 40)



(2) ヒト (15 x 40)



(3) 乳酸菌 (15 x 40)



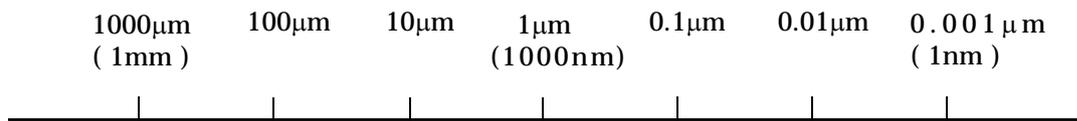
実験の感想

考 察

(1) 観察した細胞のそれぞれの大きさを次の数直線の下に矢印で示し、名称を記入せよ。



(2) 観察した細胞のそれぞれの大きさを次の数直線の下に矢印で示し、名称を記入せよ。



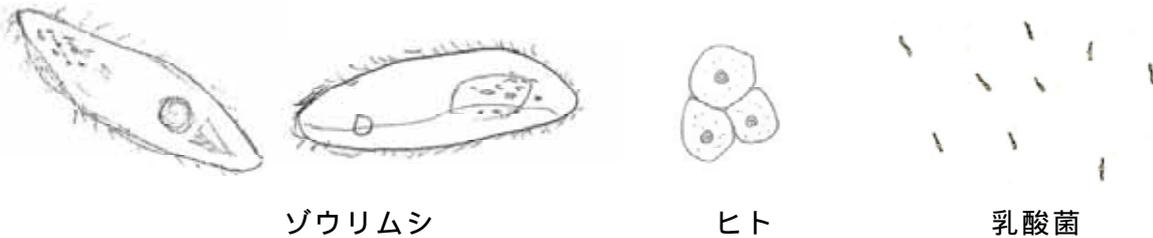
(3) ゾウリムシの大きさを直径40cm のビーチボールに例えると、ヒトの口腔の上皮細胞と乳酸菌はどのくらいの大きさと考えられるか。身の回りのもので表現せよ。

- ・ ヒトの口腔上皮細胞 ( )
- ・ 乳酸菌 ( )

【生徒の感想】

- ・ゾウリムシがはっきり見えてすごかったです。繊毛まで見えてうれしかったです。
- ・ゾウリムシを初めて見ました。小さいので探すのになかなか苦労しました。
- ・乳酸菌が繊維のように細くて見つけるのが大変でした。ゾウリムシとの大きさの違いにびっくりしました。
- ・乳酸菌にすごく興味があって、今朝もラブレを飲んできたので、乳酸菌を見られてすごく感動しました。

【生徒のスケッチ】



事例 微生物の生命の連続性を実感

指導の手引き

生命の連続性を扱う単元では、いくつかの生物の生殖法を取り上げ、それらを関連させていくことで、生殖法の進化を考えさせる授業展開が考えられる。その例を次の表に示す。

生物名	良好環境下	飢餓・低温・乾燥等の環境変化への対応
ゾウリムシ	横分裂	他個体との接合（小核の分裂 交換 核合体）
アオミドロ	分裂成長	他個体との体細胞接合（接合子が減数分裂して新個体）
クラミドモナス	分裂	同形配偶子接合（休眠孢子）
アオサ	分裂成長	異形配偶子接合
ヒドラ	出芽	受精

2つの生殖法のメリット・デメリットは次の表のようにまとめられる。

	メリット	デメリット	生物の事例
無性生殖	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新個体は親の遺伝子をそのまま受け継ぐ（クローン）。</li> <li>・増殖の効率は良い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環境の変化に弱い。（絶滅しやすい）</li> <li>・ウイルスに侵入されやすい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アメーバの分裂</li> <li>・酵母菌の出芽</li> <li>・カビの孢子生殖</li> <li>・イチゴの栄養生殖</li> </ul>
有性生殖	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2個体から遺伝子を受け継ぐので、親個体とは異なった多様な遺伝子の組み合わせができる。</li> <li>・環境の変化に適応しやすい。</li> <li>・ウイルスに侵入されにくい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・親のすべての遺伝子は受け継げない。</li> <li>・増殖の効率は悪い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同形配偶子接合</li> <li>・異形配偶子接合</li> <li>・ウニの受精</li> <li>・ミツバチ単為発生</li> </ul>

※どちらかが一方的に優れているわけではない。使い分けている生物も多い。

上記の点を生徒に考察させて、生殖法の進化に気付かせたい。

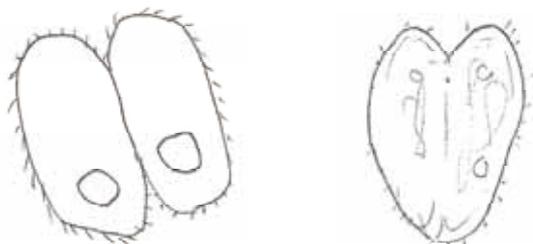
ここでは教科書・資料集の写真やデジタル教材の動画を提示する方法が一般的である。しかし、実物が生殖行動をリアルタイムで行っている観察は印象度が大きく、生徒は学ぶ手応えを実感することができる。

容易に生殖行動を観察できる実験事例として、飢餓状態のゾウリムシの接合を取り上げる。ゾウリムシは、接合（有性生殖）において小核の交換を行うので、性的に成熟した（減数分裂後）ゾウリムシ自体は配偶子と考えてもよい。

【生徒の感想】

- ・本当にくっついていました。ゾウリムシが生きていて、生命をつないでいることを実感しました。
- ・なかなか見つけられなかったけれど、接合しているゾウリムシが見つけられてすごくうれしかったです。
- ・ゾウリムシがかわいく見えました。すごく不思議です。

【生徒のスケッチ】



\* 今回の実験で用いる試料は、京都科学スタディキット（SK-18；¥9,600）より購入した。接合型の異なるゾウリムシ2タイプ各1びん、エサ用バクテリア1本、乾燥レタス1g、観察用リング5枚がセットになっており、接合が容易に観察できるように、ゾウリムシは飢餓状態で届けられる。



## 目 的

生物には無性生殖と有性生殖を使い分けるものがあることを、ゾウリムシの接合の観察を通して理解する。また、無性生殖と有性生殖の意義を理解する。

## 準 備

【試料】ゾウリムシ（接合型の異なるもの）

\*接合は、接合型の異なるゾウリムシ同士で行われる。この接合型はメンデル遺伝に従う遺伝的なもので、繊毛に含まれる糖タンパク質の種類が異なる。異なる接合型のゾウリムシ同士は、互いの繊毛を接着させることで接合を開始する。

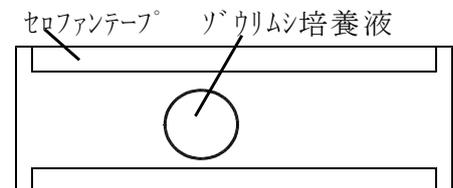
【器具】光学顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、ピンセット、スポイト、ろ紙、小シャーレ

【薬品】0.01%塩化ニッケル水溶液\*（麻酔作用）

\*高い粘性を持つメチルセルロース溶液も可

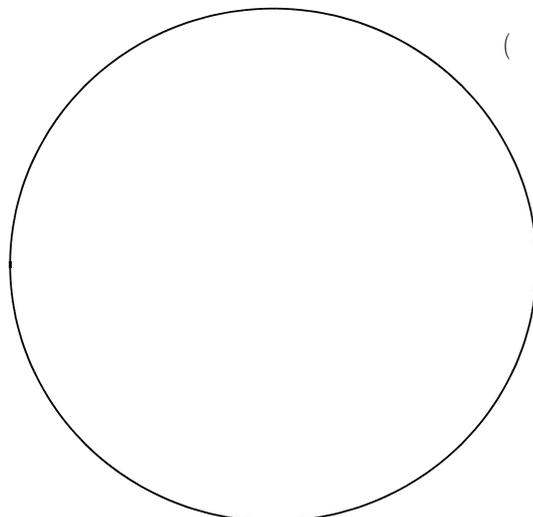
## 方 法

- (1)接合型の異なるゾウリムシを2種類準備する。
- (2)餌を何日か与えずに飢餓状態にする。
- (3)2種類のゾウリムシの入った培養液を混ぜ合わせ、1日そのまま置いておく。
- (4)小シャーレに分ける。
- (5)ゾウリムシがつぶれるのを防ぐために、スライドガラスの両長辺にセロファンテープを貼り、(4)の底の方を静かにスポイトで吸い取り、スライドガラスに1滴たらし。
- (6)塩化ニッケル水溶液を1滴たらし。
- (7)カバーガラスをかけて、顕微鏡で観察する。



観察結果 接合しているゾウリムシの外部形態や核の状態等をスケッチする。

( X )



## 考 察

(1) ゾウリムシは、環境の変化に応じて生殖法を変えることができる。空欄に無性生殖、有性生殖のいずれかを記入せよ。

- ・安定した環境（豊富な餌・適温） → ( )
- ・環境の変化（餌の欠乏等） → ( )

(2) 空欄に適する語を記入せよ。

ゾウリムシの有性生殖の方法… ( )  
 → 性的に成熟したゾウリムシ自体を ( ) と考えてよい。

### <詳説>ゾウリムシの接合法

- ①接合開始とともに小核（生殖核： $2n$ ）が2回分裂して4個（ $n$ ）になる。  
 （この減数分裂の過程で相同染色体どうしの遺伝的組み換えが起きる。）  
 \*大核（栄養核）は消失する。
- ②4個のうちの3個は消失し、残った1個が分裂して2核になる。
- ③2個体それぞれから1つずつ核を交換する。
- ④2つの核が融合する（ $2n$ ）ことによって、もとのゾウリムシとは異なる遺伝子の組み合わせをもった新しい個体になる。 \*核は分裂して大核と小核になる。

(3) それぞれの生殖法のメリット・デメリットを次の表中に記入せよ。

	メリット	デメリット	他の生物の事例
無性生殖			
有性生殖			

## 実験の感想

## 事例 微生物の存在とはたらきを実感

### 指導の手引き

微生物の存在とはたらきを実感させるための実験としては、発酵食品作りが有効である。今回は数多くある発酵食品の中から、生徒が家庭でも手作りのものを食べていることが多い、市販のヨーグルトを種菌（\*1）としたヨーグルト作りを取り上げる。完成したヨーグルトを試食することまで考えると、器具を熱湯消毒したり、手をよく洗ったりと、細かい配慮が必要であるが、試験管ではなく使い捨てのチューブ等を使用すれば、試食も可能になる。他の雑菌の混入を防ぐため、試験管にふたをし、恒温槽で40℃に保ち、一晩静置する。



乳酸菌が存在して発酵すると牛乳がヨーグルトに変化し、乳酸菌が存在しないと牛乳はさらさらの液体のままであるので、実験結果が肉眼ではっきりと観察できる。本事例では、乳酸菌をフィルターユニットでろ過することで、乳酸菌の大きさとはたらきを認識する。

< 発展課題 > 微生物の世界における「共生作用・相互作用」を説明する題材（\*2）

（1）二種類の菌を混ぜる二つの理由

ア）芳醇な風味（主にブルガリア菌）と絶妙な食感（主にサーモフィラス菌）を生み出す。

イ）単独よりも一緒のほうが乳酸生成が活発化する。正常な細胞分裂のために蟻酸（サーモフィラス菌が代謝の副産物として生成する酸）を必要とするブルガリア菌と、牛乳のタンパク質分解力が弱いサーモフィラス菌は、互いの弱点を補いあって増殖し、互いの乳酸発酵を高め合う。

（2）ヨーグルトが、そして乳酸菌がカラダによい理由

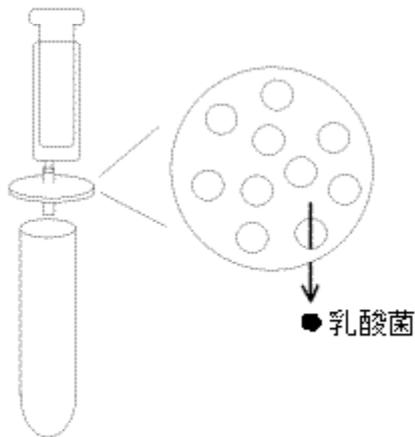
“腸内菌叢<sup>きんそう</sup>のバランスを整える”からである。人の腸内にはおよそ100種類、100兆個の細菌がいて、それらは善玉菌、悪玉菌、日和見菌と大きく3種類に分類され、その腸内菌の集合を腸内菌叢という。“腸内菌叢のバランスを整える”とは善玉菌と悪玉菌の力関係を、善玉菌が優勢な状態に保つことである。

日常生活において、加齢や偏った食生活・ストレス・肉体疲労等、善玉菌が減少して腸内菌叢のバランスを崩す要因がたくさんあるが、その状況に負けずに腸内菌叢の状態を改善する方法の一つがヨーグルトを食べることである。ヨーグルトに含まれている乳糖が腸内にいる乳酸菌のえさになるので、腸内の乳酸菌の全体量を増やすことになる。腸内菌叢のバランスが健全で、善玉菌が優勢な状態であれば、免疫力も高まり、またそれらがつくり出す多量の有機酸（乳酸、酢酸）によって、腸内は酸性になる。その結果、酸性に弱い悪玉菌の増殖が抑えられ、腸内腐敗が防止される。

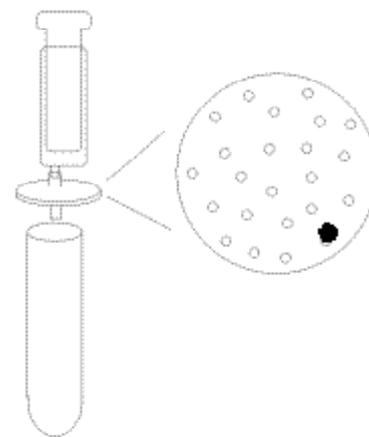
（\*1）本事例では、明治乳業社製「ブルガリア」のLB81[*Lactobacillus bulgaricus*（桿菌）と *Streptococcus thermophilus*（球菌）]を用いた。試料は無糖・無固化のものであれば他の製品を用いて比較してもよい。

（\*2）明治乳業社ホームページより作成

フィルターユニット(\*3)は使い捨てで、多少高価であるが、今回は 5.00 $\mu\text{m}$  孔径のフィルターと 0.45 $\mu\text{m}$  孔径のフィルターを両方用いて実験を行う。5.00 $\mu\text{m}$  孔径のフィルターでろ過すると、孔径より小さい乳酸菌はフィルターをすり抜け、ろ液に入る。しかし、0.45 $\mu\text{m}$  孔径のフィルターでろ過すると、孔径より大きい乳酸菌はフィルターを通り抜けることができない。したがって、乳酸菌が入り込んだ試験管は乳酸発酵が行われるが、乳酸菌が存在しない試験管では乳酸発酵がほとんど行われないことになる。



( 5.00 $\mu\text{m}$  孔径のフィルター )



( 0.45 $\mu\text{m}$  孔径のフィルター )



加えたる液中の乳酸菌のはたらきで乳酸発酵がすすみ、牛乳が固化しており、振っても逆さまにしても形を保っている。



加えたる液中の乳酸により牛乳が多少だまになっているが、乳酸発酵は起こらず、一晩置いても液状である。

【生徒の感想】

- ・乳酸菌がないと発酵しないことがわかりました。ヨーグルトってすごい。
- ・こんなに違うものができて驚いた。食べられなくて残念だった。
- ・簡単にヨーグルトができてびっくりしました。
- ・どちらも固まると思っていたので意外だった。未経験の実験で楽しかった。

( \* 3 ) 商品名「Minisart」 Sartorius Stedim Biotech 社製 ￥8,500 ( 50個 )

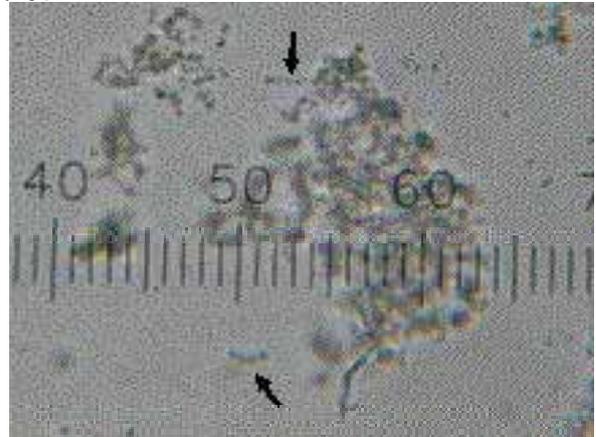
## 目 的

乳酸発酵とは、乳酸菌が行う嫌気呼吸である。市販の牛乳とヨーグルトを用いて乳酸発酵を行うことで、発酵現象についての理解を深める。また、乳酸菌をフィルターユニットでろ過することで、微生物の大きさとはたらきを認識する。

## 準 備

【器具】ビーカー、試験管、ろうと、ろ紙、薬さじ、シリンジ、恒温槽、  
0.45  $\mu\text{m}$  孔径フィルター、5.00  $\mu\text{m}$  孔径フィルター

【試料】市販のヨーグルト（無糖のもの）、牛乳



(15 × 40)

## 方 法

- (1)ヨーグルトを2倍量の水に溶かし、よくかき混ぜる。
- (2)(1)をろ紙でろ過する。
- (3)2本の試験管を用意し、牛乳を10mLずつ入れる。(以下、試験管A・Bとする。)
- (4)各試験管に以下のものを入れていく。  
試験管A：ろ液を5.00  $\mu\text{m}$  フィルターでろ過した液を5 mL加える。  
試験管B：ろ液を0.45  $\mu\text{m}$  フィルターでろ過した液を5 mL加える。
- (5)牛乳とろ液をよく混ぜる。
- (6)試験管AとBを恒温槽で40 に保ち、一晩静置する。
- (7)試験管AとBの結果を観察する。



## 結 果

- ・試験管 A の様子

[ ]

- ・試験管 B の様子

[ ]

## 考 察

- (1) 試験管 A と B の結果が違った理由を記入せよ。

[ ]

- (2) 試験管 A で起こった反応を化学反応式で示せ。

[ ]

## 実験の感想

[ ]

## 発展課題

- (1) 本実験では、乳酸菌として *Lactobacillus bulgaricus* (桿菌) と *Streptococcus thermophilus* (球菌) を用いた。ヨーグルトの製造に二種の菌を混ぜるのはなぜか、調べてみよう。

[ ]

- (2) ヨーグルトが、そして乳酸菌がからだに良いのはなぜか。“腸内菌叢のバランス”をキーワードとして調べてみよう。

[ ]

## 事例 微生物の産業への応用を実感

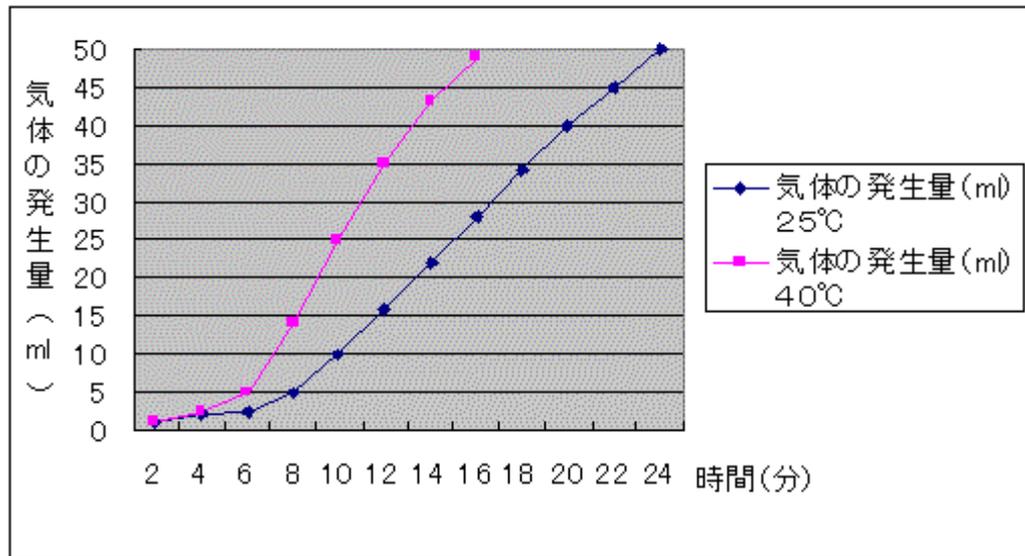
### 指導の手引き

酒類、チーズ、納豆等の食品から調味料、栄養補助食品、医薬品、化粧品、洗剤の酵素に至るまで、発酵の作用を広く利用して多くの製品が作られている。これら微生物の代謝の学習としては、まず酵母菌のアルコール発酵について学び、古典的な「キューネ発酵管を用いた実験」を取り入れることが多い。この方法で行った実験結果を下に示す。

\* 乾燥酵母1.5g + 10%ショ糖水溶液20mL

	時間(分)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
気体の発生量(ml)	2 5	1.0	2.0	2.5	5.0	10	16	22	28	34	40	45	50
生量(ml)	4 0	1.0	2.5	5.0	14	25	35	43	49	*	*	*	*

\* 超過により測定不能



#### 【生徒の感想】

- ・ 温度によって反応の速さがすごく違って驚いた。
- ・ 予想していたよりも二酸化炭素が短時間で多く発生していた。40の方では目盛りがなくなって最後は計測できなかった。
- ・ 酵母液が臭かったけれど、発酵してくれてよかった。
- ・ 親指が吸い付けられてびっくりした。二酸化炭素が発生していることがわかった。

上記の実験は、アルコール発酵において定性・定量の両面を調べることができる優れたものである。しかし、この実験設定のままでは菌と生成物の分離が容易ではなく、生成物(アルコール)の製品化という産業面への応用を考えると、コストがかかって難しい。そこで、微生物の発酵産業への利用法を考察させる実験として、バイオリアクターの作製を体験させたい。この実験を紹介する本事例の目標は、次の2点である。

- (1) 微生物のはたらきの利用方法を考え、産業面でのコスト感覚を生徒に意識させる。
- (2) 固定化酵素や固定化細菌を用いたバイオリアクターが、身近な食品や化粧品等の製造に利用されていることを知り、関心を高めさせる。

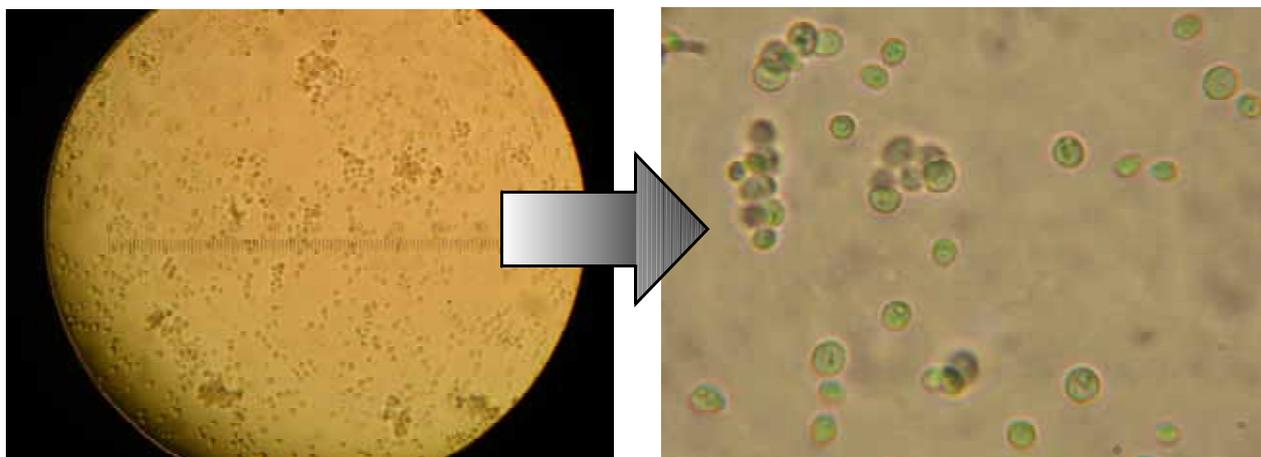
(1)については、微生物や酵素を人工イクラと同じ作り方のビーズで固定化するメリットとして、次の2点を生徒に考えさせる機会を持ちたい。

- 生成物（商品）を容易に分離回収できる。
- 微生物に繰り返し生化学反応をさせることで、連続的に生成物を得られる。

(2)については、実験後に具体的な商品、企業、研究機関の例を紹介をする授業展開を図りたい。（P.28参照）

また、実験中には酵母菌を顕微鏡で観察し、酵母菌が存在すること（実際はアルコール発酵の酵素が存在すること）でアルコール発酵が起こることを視覚的にも理解させたい。この実験では、乾燥酵母によるアルコール発酵を行う。生酵母でも同様の結果が期待できるが、乾燥酵母は入手や保存がやすく安価なため、手軽に扱える。

下の写真は、乾燥酵母の水溶液を600倍で検鏡した様子である。生酵母も乾燥酵母も見た目では区別がつかない。



#### 【生徒の感想】

- ・ビーズができておもしろかった。すごい臭いがして、パンを作っている感じだった。
- ・酵母菌が見られたときは感動した。それとビーズをつくったときも感動した！
- ・酵母菌は顕微鏡で観察すると、丸いのがばあーっと並んでいて鳥肌がたった。
- ・理化部の活動でやったことのある人工イクラに、こんな使い道があるなんてびっくりしました。気泡がたくさんついていてすごかったです。



## 目 的

アルコール発酵等、微生物を利用した食品の製造業では、近年になり装置の小型化、工程の連続化、省力化、コストの削減を目的として、固定化酵素や固定化細菌を用いたバイオリアクターの開発が活発に行われている。バイオリアクターを用いてアルコール発酵を行い、酵母菌の嫌気呼吸について理解を深め、産業への応用について考える。

## 準 備

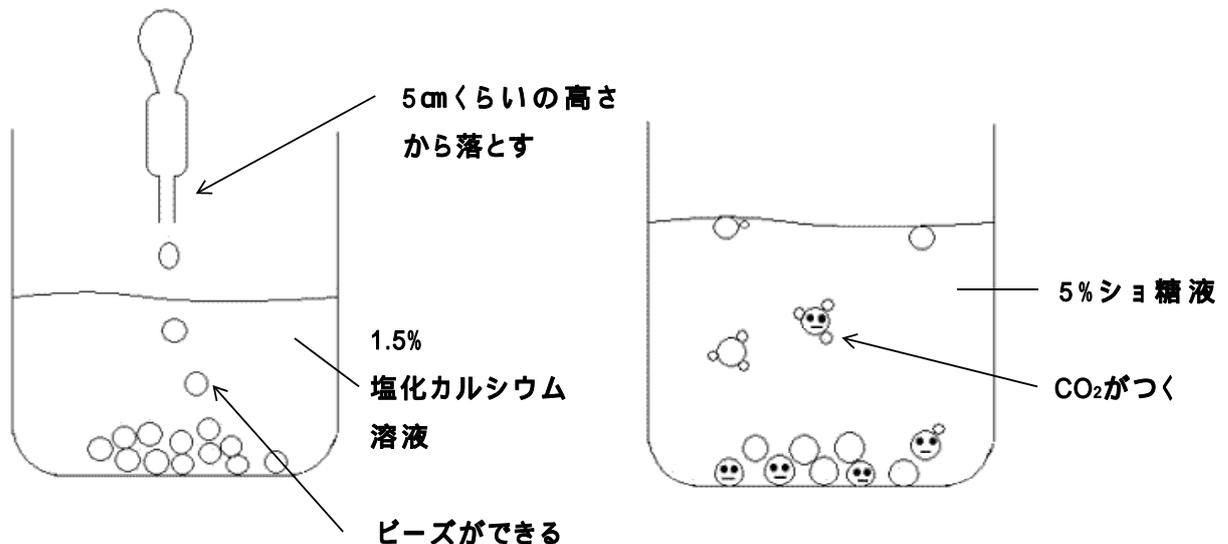
【試料】酵母菌（ドライイースト）

【器具】100mL・200mL ビーカー、2 mL 駒込ピペット（またはスポイト）

【薬品】アルギン酸ナトリウム、塩化カルシウム、5%シヨ糖溶液

## 方 法

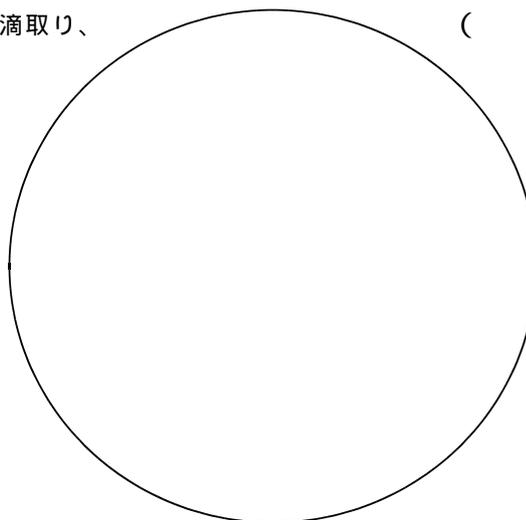
- (1)アルギン酸ナトリウム 1 g を80 くらいの水60mL に溶かす。
- (2)ドライイースト 3 g を水60mL に溶かす。
- (3)(1)の液を38 以下に冷ましてから(2)の液に入れ、よく混ぜる。
- (4)100mL ビーカーに1.5%塩化カルシウム水溶液を50mL 入れる。
- (5)(3)を2mL の駒込ピペット（またはスポイト）に取り、5 cm くらいの高さから(4)に1 滴ずつ落としていくと、アルコール発酵用のイーストのビーズ（アルギン酸カルシウムのゲル状カプセル）ができる。
- (6)できたビーズをガーゼを使って濾過し、水で2~3回洗浄する。
- (7)200mL ビーカーに5%シヨ糖液を100mL 加え、洗浄したビーズをその中に入れる。
- (8)ビーズの様子、シヨ糖液の状態を観察し、結果に記入する。



## 酵母菌の観察

ドライイーストの懸濁液をスライドガラスに1滴取り、  
カバーガラスをかけて検鏡し、スケッチする。

( × )



実験結果 (五感を使って確認し、記述する。)

・ビーズの様子

[ ]

・シヨ糖液の変化の様子

[ ]

## 考 察

(1)この実験で起きた反応を化学反応式で表せ。

[ ]

(2)酵母菌と糖の混合液での反応よりバイオリクターによる反応のほうが、産業として成り立つ理由を挙げよ

[ ]

## 実験の感想

[ ]

## < 産業への応用を意識させる授業展開 >

### 進路研究・キャリア教育の視点を取り入れた生物教育

実験・観察後に、学習内容に関連する商品、産業、先端研究の内容を教員が紹介すると、生徒はその学習内容に現実味や有用性を感じ、教科の学習意欲が高まることがある。また、生徒は関心をもった商品、産業、研究の情報を集めるうちに、その職業への道を知り、必要な資格取得や進路選択を自主的に考えるようになる。授業者によるこういった進路研究のきっかけ作りは、時に学級担任以上の影響力を持つこともある。教員自身の専門科目に関連した進路を生徒が目指すようになるのは、授業者としての醍醐味の一つではないだろうか。

商品、産業、先端研究の内容を紹介するにあたり、それらに関連する企業・研究機関等が東京近郊や政令指定都市に多いため、生徒の志望する進路は都会に向きがちになる。しかし、栃木県は自然環境や首都圏に位置する地理的優位性があり、それらを生かした製造業・研究機関が県内にたくさんある。これらを授業中に紹介することで、地元を見直すことにつながり、進路選択の幅を広げることにもなるのではないだろうか。（栃木県高等学校教育研究会理科部会の平成20年度理科研究集録に、県内企業・研究機関の事例紹介（担当；滝田）がある。）

いくつかの企業・研究機関では事業見学ルートが設置されていたり、学校現場への講師派遣等の体制が整っていたりする。生物の授業のほかに、総合的な学習の時間や校内での特別授業、長期休業中の校外研修活動等、キャリア教育としての活用が考えられるので、企画段階で各企業・研究機関と相談してほしい。

また、実際の活用事例の情報を教員間で共有できれば、企画段階での負担も軽減し、各校の教育活動が効率よく行われることにもなる。今後、こういった教育資源の情報を広く活用できるようにデータベース化していきたいと考えている。様々な情報をお寄せいただきたい。

#### < 問合せ・連絡先 >

栃木県総合教育センター 研究調査部

〒320-0002 宇都宮市瓦谷町1070

TEL：028（665）7204

FAX：028（665）7303

e-mail：takita-h01@tochigi-edu.ed.jp

生物科担当 滝田博之

## 事例 生態系内でのつながりと役割を実感

### 指導の手引き

自然界では、炭素や窒素を含む物質がエネルギーの出入りとともに形を変えて循環している。特に、有機化合物の分解による環境浄化は微生物のはたらきに依存している。

多くの植物食性動物は、腸内にいる微生物との共生関係により、セルロースを分解して栄養源にしている。この生物現象の例として、ヤマトシロアリの腸内に共生している原生動物を観察し、地球上に多量に存在するセルロースをめぐる植物・微生物・動物の相互作用について理解させる。

この実習では、まず素材であるシロアリの形態や行動をじっくり観察させる。さらに発展的な話として、社会性昆虫の話題を取り上げ興味をもってもらおう。その後共生生物である腸内原虫の説明をし、観察に入る。ここでも、共生（相利共生）について説明し、動機づけを行う。

腸内原虫はおびただしい個体数が存在するので、観察に失敗することはほとんどない。また顕微鏡での観察実習は、原生動物のミドリムシやゾウリムシ等の観察と比較しても、腸内原虫の動きがゆっくりなので、視野を素早く動かす必要がなく、原虫の繊毛等の観察もしっかりでき、顕微鏡操作にも慣れ親しむことができる。

栃木県内には、今回実習で取り上げたヤマトシロアリ (*Reticulitermes speratus*) のみが分布している（このシロアリは、北海道北部を除いて日本全土に分布している）。このシロアリは、下等なグループに属し、木材部を食している。生息場所としては、雑木林内の適度に湿った落枝（枝の直径が5 cm 以上のものがよい）内に穿孔している。生息しているかどうかは、落枝を割ってみればわかる。落枝の表面がスポンジのような状態になっているものを見つければ、営巣している確率は高い。太さ5 cm、長さが30cmほどの枝を持ち帰れば十分にシロアリの個体数を確保できる。

シロアリは、室温で適度な湿り気と餌になる材を入れておけば数か月飼育することができる。最も簡便な飼育法としては、一辺20cmほどの家庭用タッパウェアの底にキッチンタオルを敷き、湿らせて（余分な水分は捨てておく）飼育容器として用いる。この容器に、餌になる木片（営巣していた材を崩して餌に用いるのがよい）を入れてシロア리를飼育する。キッチンタオルが乾いてきたら水分をピペット等で補給する。冬場等で乾燥しやすいときは脱脂綿に水分を含ませてシャーレに入れておくとよい。水分の状態のみ管理すればシロアリは順調に飼育できる。もし逃げ出しても、飼育環境下では個体数が少ないことと外部環境の乾燥等の要因で増殖することはあまりないので、安心して飼育することができる。

シロアリを観察する場合は、シャーレの外から観察させ、メモをとらせる。例えば、シャーレを軽くたたいてやると、危険を感じたシロアリは頭部を縦に振り仲間に危険を知らせる行動をとる。観察後は、シャーレからシロアリを取り出してはたらきアリと兵隊アリの形態の違いを観察させ、階級分化の様子を確認させる。動きが活発で観察しにくい場合は、取り出す前にシャーレ内に二酸化炭素ガスを吹き込んで麻酔するとよい（数分で麻酔から覚める）。

腸内原虫を観察するためのプレパラートを作成する場合、カバーガラスを強めに押すことによって、原虫の動きを抑制することができる。

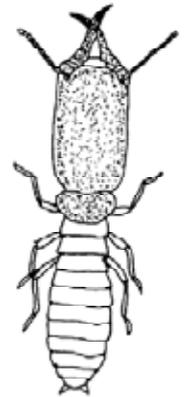
### 協力者

この資料の作成にあたり、次の方の協力をいただいた。

栃木県立鹿沼東高等学校 敦見和徳 教諭



はたらきアリ



兵隊アリ

## 目 的

ヤマトシロアリの観察とその腸内に生息する微生物（原生動物）の観察を行い、微生物の存在と役割を考える。

## 準 備

【試料】 ヤマトシロアリ（公園の街路樹の落枝、雑木林の朽ち木等より採集）

【器具】 光学顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、ピンセット、スポイト、ろ紙、シャーレ、柄付き針

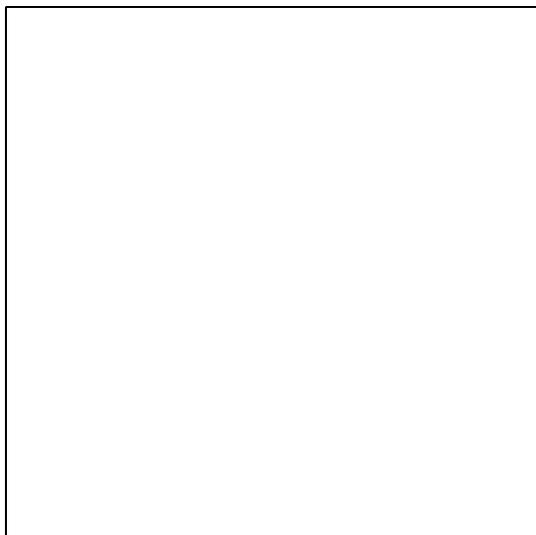
【薬品】 0.3%塩化ナトリウム水溶液、CO<sub>2</sub>ガス

## 実 験

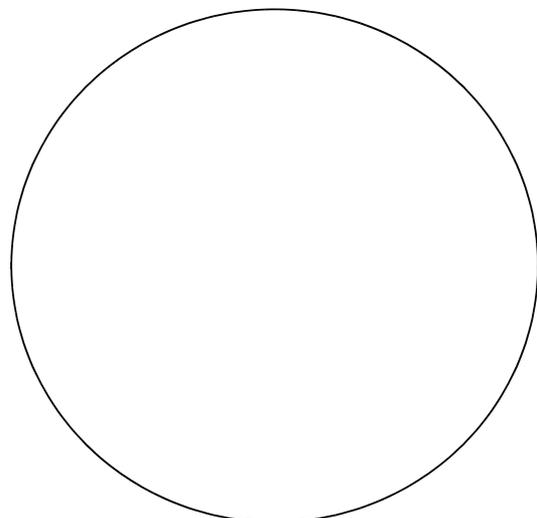
- (1)シャーレに入れたヤマトシロアリの体構造を観察し、スケッチする。  
(はたらきアリと兵隊アリを区別する。)
- (2)ヤマトシロアリのはたらきアリを CO<sub>2</sub>ガスを用いて麻酔をかける。スライドガラスの上に一匹取り、ピンセットと柄付き針で胸部と腹部の間を引き裂き、腹部より腸を取り出す。不要な部分はスライドガラスの端に置く。
- (3)腸の上に0.3%塩化ナトリウム水溶液を1滴落とし、さらに柄付き針で腸をつぶす。
- (4)カバーガラスをかけ、ろ紙で覆って軽く押しつぶす。
- (5)まず低倍率で観察し、原生動物が確認できたら高倍率にしてピントを合わせ、スケッチする。
- (6)ヤマトシロアリと腸内微生物のそれぞれの大きさを測定する。

## 結 果 観察結果をスケッチしよう

〈ヤマトシロアリ〉 ( X )

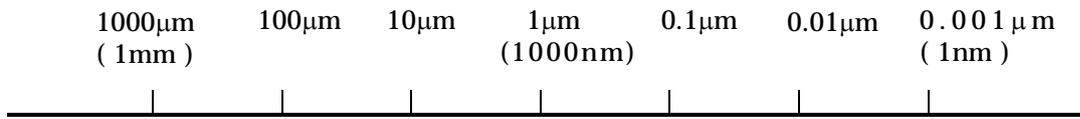


〈ヤマトシロアリの腸内微生物〉 ( X )



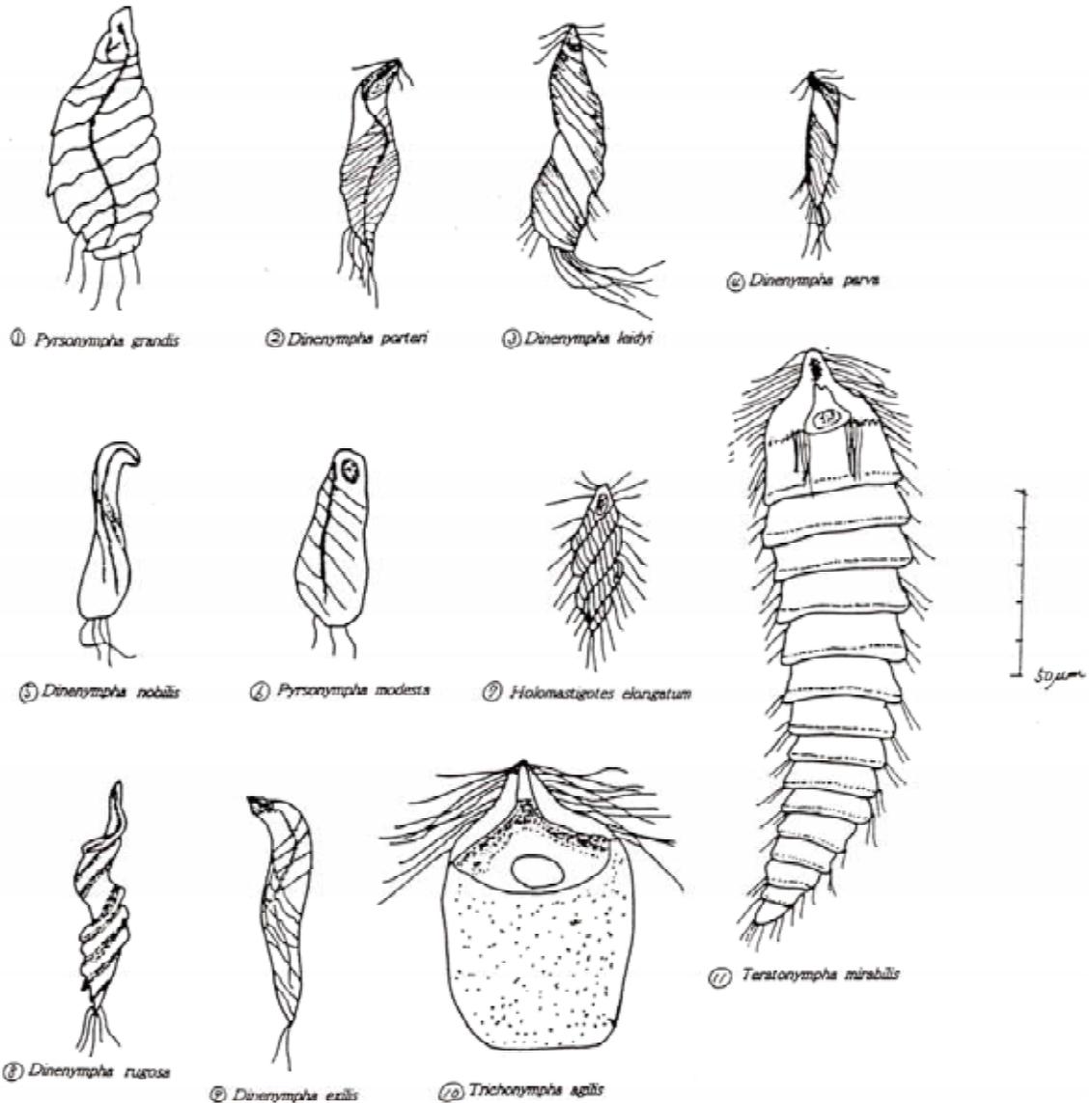
考 察

- ① ヤマトシロアリは何を食べて生活しているか。 → ( )
- ② ヤマトシロアリの腸内微生物の役割は何か。 → ( )
- ③ ヤマトシロアリと腸内微生物のそれぞれの大きさを次の数直線の下に矢印で示せ。



参考資料 シロアリの腸内にいる主な原生動物

\* 今回の実験で何種観察できたか。



実験の感想

### 【生徒の感想】

- ・ヤマトシロアリは意外とかわいかった。顔の先に歯のようなものがあったけれど、とても小さかったから、これが家を食べってしまうなんて驚いた。
- ・腸内にいろいろな微生物がいるのに驚きました。どうやって入ったのか、不思議でした。
- ・お腹の中の微生物は、あんなに小さいシロアリの中でよく生きているなと思いました。

### 【生徒のスケッチ】



ヤマトシロアリ



腸内微生物 (15×40)

## おわりに

平成18年度から3か年にわたり、“学ぶ手応えを実感できる”をキーワードとして、「動物編」「植物・情報活用編」「微生物編」とに分けて、観察や実験を中心とした事例を紹介した。しかし、最終的には、生徒の知識や理解の定着に結びつかなければ、「分かった」「身に付いた」という実感は得られない。

この課題を解決する一助として、授業中に提示するデジタル教材の工夫が挙げられる。発問や課題提示の効果を高めたり、アニメーションの効果を生かして模式図の理解を容易にしたりする等、多様な活用法が考えられる。生徒との対話を生かした授業を展開したり、生徒に操作させたりすることで、最終的には、生徒の知識や理解の定着に結びつくことが期待される。

なお、本年度から本格運用になった「栃木県立学校間情報ネットワーク」によって、学校間の情報ネットワーク環境が強化される。このネットワーク環境では、「掲示板」や「電子会議室」の機能を用いて、デジタル教材、授業案、教育情報等を教員間で共有しやすくなる。

栃木県総合教育センターでは、先生方一人一人のアイディアを、県内の多くの先生方が共有して指導力の向上に生かすために、ホームページ内の「教材研究のひろば」のコーナーで、教材キットの登録を進めている。積極的な活用を期待する。

## < 参考資料サイト >

- 仙台市科学館「原生生物図鑑」 宮城教育大学監修  
<http://www.kagakukan.sendai-c.ed.jp/gensei/default.htm>
- 筑波大学生物科学系植物系統分類学研究室「藻類画像データ」  
<http://db.cerp.shiga-u.ac.jp/biwako/>
- 宇都宮大学教育学部 理科教育 松居誠一郎 教授  
<http://ks001.kj.utsunomiya-u.ac.jp/~minami/SPP/17/unan/matsui.pdf>
- 東京学芸大学「珪藻の世界」  
<http://www.u-gakugei.ac.jp/%7Emayama/diatoms/Diatom.htm>
- 日本における生物多様性関連 Web サイト一覧「微生物」 法政大学  
[http://protist.i.hosei.ac.jp/GBIF/DB\\_list/list\\_1.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/GBIF/DB_list/list_1.html)
- 法政大学「原生生物図鑑」  
<http://protist.i.hosei.ac.jp/taxonomy/menu.html>
- 東京都下水道局「微生物図鑑」  
<http://www.gesui.metro.tokyo.jp/kids/biozukan/biozukan.htm>
- 滋賀大学教育学部生物学研究室「琵琶湖プランクトン世界」  
<http://db.cerp.shiga-u.ac.jp/biwako/>
- 理科ねっとわーく  
<http://www.rikanet.jst.go.jp/>
- 啓林館 教科学習情報 高校理科 生物授業実践記録「シロアリの腸内原虫の観察実習」  
栃木県立宇都宮高等学校 敦見和徳（現栃木県立鹿沼東高等学校）  
<http://www.shinko-keirin.co.jp/kori/science/seibutu/10.html>

## < 参考文献 >

- 「Q&A で学ぶやさしい微生物学」 浜本哲郎・浜本牧子著 講談社サイエンティフィック
- 「ビジュアル図解よくわかる菌のはなし」 青木臯著 同文舘出版
- 「もやしもん」 石川雅之著 講談社イブニング KC
- 「発酵 ミクロの巨人たちの神秘」 小泉武夫著 中公新書
- 「改稿応用微生物」 小崎道雄・谷村和八郎共著 建帛社
- 「改訂醸造学」 野白喜久雄・小崎道雄・好井久雄・小泉武夫編
- 「やさしい日本の淡水プランクトン図解ハンドブック」 合同出版
- 監修：滋賀県立衛生環境センター・一瀬 諭・若林徹哉
- 編集：滋賀の理科教材研究委員会

高等学校における教科指導の充実  
理 科《生物領域》  
学ぶ手応えを実感できる生物教材の工夫  
〔微生物編〕

発 行 平成 21 年 3 月  
栃木県総合教育センター 研究調査部  
〒 320-0002 栃木県宇都宮市瓦谷町 1070  
TEL 028-665-7204 FAX 028-665-7303  
URL <http://www.tochigi-edu.ed.jp/center/>