

高等学校における教科指導の充実

理 科
《 生物領域 》

科学的な思考力・表現力を
育成するための取り組み

栃木県総合教育センター
平成22年 3 月

ま え が き

総合教育センターでは、基礎・基本の確実な定着を図る教科指導の在り方について研究するとともに、その成果を普及することで生徒の学力の向上に資することを目的に、平成17年度より、「高等学校における教科指導の充実に関する調査研究」に取り組んでいます。

近年の教育課程実施状況調査や学力に関する国際的な調査では、日本の児童生徒の学力の状況や学習に対する意識などが明らかにされ、文部科学省等からも学力向上のための様々な対策が打ち出されたり提言がなされたりしています。平成19年12月に公表された、OECD生徒の学習到達度調査（PISA2006年）では、科学的リテラシーをはじめ、数学的リテラシー、読解力のそれぞれについて問題点が指摘されています。平成20年12月には、国際教育到達度評価学会（IEA）が行った国際数学・理科教育動向調査の2007年調査（TIMSS2007）の結果が公表され、学力低下に歯止めがかかったという分析がある一方で、パターン化された指導の弊害とも見られる結果も一部に見られ、思考力の育成に課題があることも指摘されています。

これらの調査の分析結果を踏まえて、中央教育審議会答申で改善の方向性が示され、平成21年3月には、高等学校の新学習指導要領が告示されました。数学と理科が平成24年度から、国語、地理歴史、公民、外国語が平成25年度から学年進行で実施されます。今回の改訂の主な改善事項として、「言語活動の充実」、「理数教育の充実」が示されました。これらは、先に挙げた各種調査で、思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式の問題、知識・技能を活用する問題に課題が見られたことなどに対する改善策でもあります。

今年度の調査研究においては、新学習指導要領の改訂の趣旨を踏まえるとともに、各種調査の結果から指摘されている課題の解決を図るための授業改善について、国語科、地理歴史科、数学科、理科、外国語科（英語）の各教科で取り組みました。調査研究を進めるにあたり、御協力いただきました研究協力委員の方々に、深く感謝申し上げます。

今後、研究の成果をまとめた本冊子を有効に御活用いただければ幸いです。

平成22年3月

栃木県総合教育センター所長

瓦 井 千 尋

目 次

はじめに -----	1
調査研究の背景	
理科（生物領域）における指導の工夫	
事例Ⅰ 細胞膜の性質とはたらき -----	5
討論：日常生活に見られる浸透現象	
実験：浸透現象	
演習：課題文・グラフの読解	
事例Ⅱ 細胞内外の酵素のはたらき -----	15
実験：酵素カタラーゼの性質	
実験：酵素ブロメライン（システインプロテアーゼ）の性質	
討論：課題解決のための考察	
事例Ⅲ 体細胞分裂と減数分裂 -----	21
討論：体細胞分裂の意義	
実習：モールを用いた染色体モデルの活用	
事例Ⅳ 動物の発生 -----	29
討論：実験試料の選択	
実験：ウニの初期発生	
実験：カエルの器官形成	
事例Ⅴ 遺伝の法則 -----	37
実験：一遺伝子雑種の交雑モデル実験	
事例Ⅵ 身近な自然環境 -----	43
観察：校庭の植物	
おわりに -----	48
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

1. 調査研究の背景

平成21年3月9日に、新しい高等学校学習指導要領が告示された。今回の改訂のポイントとして、次のように、**言語活動の充実、学習習慣の確立**が挙げられる。

＜高等学校学習指導要領 第1章 総則（抜粋）＞

第1款 1 学校の教育活動を進めるに当たっては、各学校において、生徒に生きる力をはぐくむことを目指し、創意工夫を生かした特色ある教育活動を展開する中で、基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させ、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくむとともに、主体的に学習に取り組む態度を養い、個性を生かす教育の充実に努めなければならない。その際、生徒の発達の段階を考慮して、生徒の言語活動を充実するとともに、家庭との連携を図りながら、生徒の学習習慣が確立するよう配慮しなければならない。

第5款 5 教育課程の実施等に当たって配慮すべき事項

(1) 各教科・科目等の指導に当たっては、生徒の思考力、判断力、表現力等をはぐくむ観点から、基礎的・基本的な知識及び技能の活用を図る学習活動を重視するとともに、言語に対する関心や理解を深め、言語に関する能力の育成を図る上で必要な言語環境を整え、生徒の言語活動を充実すること。

新学習指導要領の改訂に際しては、「OECD生徒の学習到達度調査（PISA調査）」や、文部科学省が小学校第6学年と中学校第3学年を対象に行った「全国学力・学習状況調査」など、各種の調査から明らかにされた、次のような課題が反映されている。

- ①思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式問題、知識・技能を活用する問題に課題（無答率が高い）が見られる。
- ②読解力で成績分布の分散が拡大（成績中位層が減り、低位層が増加）している。
- ③家庭での学習時間の減少など、学習意欲、学習習慣・生活習慣に課題が見られる。
- ④自分への自信の欠如や自らの将来への不安、体力の低下といった課題が見られる。

特に、教科の指導においては、基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させること、知識及び技能を活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等を育成することが重視されている。その実現のためには、「**習得・活用・探究**」の**バランスを取った学習活動の展開**が重要である。このことについて、新学習指導要領には、改訂の基本方針として次のように述べられている。

＜高等学校学習指導要領解説 第1章 総説 第2節 改訂の基本方針（抜粋）＞

②知識・技能の習得と思考力・判断力・表現力等の育成のバランスを重視すること。

確かな学力を育成するためには、基礎的・基本的な知識・技能を確実に習得させること、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくむことの双方が重要であり、これらのバランスを重視する必要がある。

このため、各教科において基礎的・基本的な知識・技能の習得を重視するとともに、観察・実験やレポートの作成、論述など知識・技能の活用を図る学習活動を充実すること、さらに総合的な学習の時間を中心として行われる、教科等の枠を超えた横断的・総合的な課題について各教科等で習得した知識・技能を相互に関連付けながら解決するといった探究活動の質的な充実を図ることなどにより思考力・判断力・表現力等を育成することとしている。

また、これらの学習を通じて、その基盤となるのは言語に関する能力であり、国語科のみならず、各教科等においてその育成を重視している。さらに、学習意欲を向上させ、主体的に学習に取り組む態度を養うとともに、家庭との連携を図りながら、学習習慣を確立することを重視している。

なお、学習指導要領の改訂に先立って発表された中央教育審議会答申には、言語に関する能力を育成するための、各教科における言語活動として、以下のような具体例が示されている。

＜平成20年1月中央教育審議会答申（抜粋）＞

- ・観察・実験や社会見学のレポート作成において、視点を明確にして、観察したり見学したりした事象の差異点や共通点をとらえて記録・報告する。（理・社）
- ・比較や分類、関連付けといった考えるための技法、帰納的な考え方や演繹的な考え方などを活用して説明する。（数・理）
- ・仮説を立てて観察・実験を行い、その結果を評価し、まとめて表現する。（理）
- ・体験活動を振り返り、そこから学んだことを記述し、まとめたものを発表し合う。
(特別活動・総合的な学習の時間)
- ・討論・討議などにより意見の異なる人を説得したり、協同的に議論して集団としての意見をまとめたりする。（特別活動・総合的な学習の時間）

これらのことから、学習指導要領の改訂の趣旨を踏まえるとともに、各種調査等から指摘されている課題について、その解決を図るための教科指導の工夫改善を目指して調査研究に取り組んだ。3回の調査研究委員会を通して、評価の観点を踏まえた教科指導の在り方について、各教科ごとに研究協議を行った。本書はそれらの取り組みについて、授業実践を中心に報告するものである。

※本冊子の中では、平成11年3月に告示された学習指導要領を「現行の学習指導要領」、平成21年3月に告示された学習指導要領を「新学習指導要領」として記す。

2. 理科（生物領域）における指導の工夫

2006年のPISA調査の中心分野であった科学的リテラシーについては、「科学的証拠を用いること」は好成績であるのに対し、与えられた課題が科学的に調査可能な問題かを判断するといった「科学的な疑問を認識すること」や、温室効果に影響を及ぼす可能性のある二酸化炭素以外の要因について述べるなどの「現象を科学的に説明すること」に課題があることが明らかになった。

また、上記調査の「高等学校理科の授業に関する生徒の意識調査」では、日本とOECD参加国との比較が次のようにまとめられている。

質問項目	日本	参加国平均
授業ではクラス全体でディベートしたり討論したりする。	4 %	3 4 %
先生は、科学の考えが実生活に密接に関わっていることを解説してくれる。	1 9 %	4 6 %
生徒は、実験したことからどんな結論が得られたか考えるよう求められる。	2 6 %	5 1 %
先生は理科で習った考え方が、多くの異なる現象に応用できることを教えてくれる。	2 6 %	5 9 %
生徒には自分の考えを発表する機会が与えられている。	3 4 %	6 1 %

上記の結果から、日本の授業においては、生徒の「考え」や「意見」を聞く発問に比べ、「知識」を求めるような発問をしていることが多いことが推測される。そういった授業展開に慣れた生徒は、下記のような反応を見せることが多い。

- ・発問後に指名されると、まず最初に教科書やノートを見て、正解を探そうとする。
- ・「このことについてどう思いますか？」という発問であっても、教科書やノートに答えを探す。
- ・答えが分かっている時でも、自信が持てない場合はそれを口にするのを躊躇する。
- ・正解を答えた場合でも、「なぜ？」とその理由を聞くと沈黙してしまう。

これらから、生徒が常に「正解」を探そうとし、「不正解」を恐れるようになっていると考えられる。自分の考えを表現することが苦手な生徒への対応として、まずはじっくりと科学的に思考させ、それを言葉で表現させる機会を設けることが必要である。

さらに、実験内容やグラフの読み取り、結果の解釈等ができずに「何を問われているのかが理解できない」状態となったり、与えられた資料や複数の文章を比較読解して科学的に考察できずに「自分の意見を表現できない」状態になったりすることは、知識を詰め込む指導や、様々なタイプの問題に慣れさせるだけの演習だけでは回避できない。「知識の量はどれくらいあるか」から「知識をどれだけ活用できるか」の方向へ、指導方法を改善する必要がある。そこで、科学的な思考力・表現力の育成に有効と考えられる「言語活動の充実」について、活動例を以下に列挙する。

＜思考力・表現力を育成する学習活動の例＞

○事実を正確に理解して伝達する。

- ・自然事象を記述し、未知の第三者に伝える説明文を作成する。

○概念・原理・法則・意図などを解釈し、説明したり活用したりする。

- ・ある具体的な現象について、それに関係した科学的用語や数式、図を適切に用いて説明する。
(← 伝えたい内容を生徒が的確に理解しているかが図れる。)

○実験結果や情報を分析・評価し、論述する。

- ・数値をグラフ化して、物事の間を読み取る。
- ・グラフの形の根拠を示す。
- ・結果と考察を書き分ける。

結果：・・・という操作をしたら、・・・という結果となった。

考察：・・・という結果だったので、・・・と考えた。その根拠は・・・だからである。 ○課題について、構想や実験計画を立てて実践し、評価・改善する。 ・じっくりと思考・表現する機会と十分な時間を持つ。 ○互いの考えを伝え合い、自らの考えや集団の考えを発展させる。 ・ワークショップ型グループ協議、ジグソー学習、ディベート、ポスターセッション、パネルディスカッションなどに取り組み、討議の結論も記録しておく。 （ ← 討論活動を通して、自分の考えを整理し、理解をより深めることができる。） <授業展開上の工夫点> ○協議に値する課題をよく練って設定し、明確に提示する。 ○多面的な事象の分析活動や、正解が複数ある課題の提示により、多面的な見方を育成する。 ○言葉、グラフ、モデル、イメージ図で表現させる機会を設ける。 ○論理的で分かりやすい文章の書き方を指導する。 ・定型文（意見・結論、理由、具体例、補足説明）を示し、それに沿って書かせる。 ・論理的まとまりを意識してパラグラフ（段落）化させる。 → 結論先行型（トップ・ヘビー）により、冒頭文をキーセンテンス化させる。 → パラグラフの配置から、論文形式の長文記述に慣れさせる。 ・本時の授業内容を、授業の終わりに簡潔にまとめる活動を繰り返す。 ・長文（報告書など）の要約に取り組ませる。 ・新聞や科学雑誌など、様々な分野・構成・スタイルの読み物に親しめるよう取り組ませる。
--

以上の事項を参考にして立てた指導計画に基づいて、研究協力委員の所属校において授業を実践した。それを踏まえて、次に示す事例Ⅰ～Ⅵにまとめた。

学習活動	能力育成のための具体策	本調査研究で該当する事例
基礎的・基本的な知識・技能の習得	結果と考察を分ける	事例Ⅰ、事例Ⅱ
	課題発見型実験	事例Ⅱ
	モデル化による知識の整理	事例Ⅲ、事例Ⅴ
	数学的思考	事例Ⅴ
知識・技能の活用による課題解決	読解力を育成する問題演習	事例Ⅰ
	判断力を育成する知識活用実験	事例Ⅱ、事例Ⅳ
	表現力を育成するグループ討論	事例Ⅰ、事例Ⅲ、事例Ⅵ
教科等の枠を超えた横断的・総合的な課題の解決 自然界の事象の理解・探究	実生活の現象理解・課題解決	事例Ⅰ、事例Ⅱ
	調査結果の発表と意見交換	事例Ⅵ

なお、各事例内のワークシート中の「 斜字体 」は、解答例・生徒の発言例である。

<研究協力委員>

栃 木 県 立 小 山 西 高 等 学 校 教 諭 橋 本 瑠 美 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

事例Ⅰ 細胞膜の性質とはたらき

指導のポイント

「細胞」については、「生徒にとって理解しやすい」と教師が考えている一方で、「よくわかった」という生徒がそれほど多くないなど、内容によって教師と生徒の意識の違いが見られる（平成17年度高等学校教育課程実施状況調査の結果より）。特に浸透現象については、溶質の熱運動、水溶液の濃度、膜の仕組みなどを総合的に組み立てて理解する必要があるため、生徒が敬遠しがちな分野である。

そこで、生徒の理解を促し、科学的な思考力・表現力の育成に取り組む6つの授業展開例を作成し、ワークシートとして示した。これには、PISA調査で「連続型テキスト」と呼ばれている文章で表されたものだけでなく、「非連続型テキスト」と呼ばれているデータを視覚的に表現したもの（図、グラフなど）も含まれている。また、読解の過程においては、単なる「テキストの中の情報の取り出し」だけではなく、書かれた情報から推論して意味を理解する「テキストの解釈」、書かれた情報を自らの知識や経験に位置付ける「熟考・評価」の3つの観点を設定し、課題が構成されている。各シートのねらいと概要は以下の通りである。

ワークシート1：身近な現象を説明しよう

単元導入部において、身近な現象の中に見られる浸透現象を考察し、説明させる。

正確な知識は持っていない段階であるので、結果と考察を分けて記述させ、自由な発想を大切に取り上げ、分子レベルでの生命現象についての関心を高めさせる。

ワークシート2：浸透現象

実験結果の分析から、溶質の熱運動と膜の透過性に着目させて、浸透現象の理解を促す。定型文の穴埋めによる考察で、表現力の基礎を養う。

ワークシート3：浸透現象の応用

家庭科（調理分野）で見られる浸透現象について、生徒の知識や考えを出し合って話し合うグループ討論による授業展開を意図している。口伝による情報（〇〇は△△すると良い。）の科学的裏付けを知り、関心を高めることで探究的な活動につなげる。

ワークシート4：＜演習1＞観察・実験における浸透現象の説明

観察・実験に見られる浸透現象に対し、知識をもとに論述する力を養う。その際、自分の経験を叙述するだけでなく、目的や条件を明確にして自分なりの考えを書かせる。

ワークシート5：＜演習2＞グラフの読み取りと内容の説明

問題演習において、グラフが示す内容の正確な読解力と、読解内容の正しい表現力を養う。まずは、縦軸と横軸が表す事項を把握し、次に、グラフの傾きが意味することを読み取るため、状態が変化した時間ごとに区切って考えさせる。

ワークシート6：＜演習3＞課題文の読解

問題演習において、課題文の読解力を養う。物質移動の異なるしくみを文章中から読み取り、求められている課題について考察する。

- (1) ナメクジに塩をかけると、ナメクジはどうなるか？また、砂糖をかけた場合はどうなるか？なぜそうなるのか、理由を説明せよ。

結果： 水分が出て、体が縮む。どろどろに溶けてしまう。砂糖の場合も同じように縮む。・・・等

理由： 体の外側が体液より高張となり、水分が体外に出てしまう。

- (2) シャキッとした食感のサラダを作るためには、野菜をどのようにしておくと良いか？ また、その理由を説明せよ。

方法： 氷水に浸しておく。お湯に浸しておく。・・・等

理由： しおれ気味の野菜は、蒸散により細胞内が高張となっている。真水に浸すことで細胞内に水が入って膨らみ、瑞々しい食感が得られる。

- (3) 植木鉢の植物に濃い肥料を与えたら良く成長するか？ また、その理由を説明せよ。

結果： 枯れてしまう。／ × たくさんの肥料でどんどん育つ。・・・等

理由： 濃い肥料を撒くと、地中の水が根の細胞より高張となり、根が吸水するどころか細胞中の水が出てしまう（根焼け）。そのため水不足でしおれて枯れてしまう。

- (4) スポーツドリンクは、水や他の飲み物と比べてどんな特徴があるか？ また、それはどんな点が体によいのか説明せよ。

特徴： スポーツドリンクは、浸透圧（濃度）を体液とほぼ同じ大きさに調整してある。・・・等

理由： 「体液に似たミネラル成分のスポーツドリンクを飲めば、水分の吸収速度も速く、かつ無理なく行える。同時に、汗と一緒に出ていったミネラルも補給できるから。」

* 発汗で失われた水分を満たすのに、浸透圧の関係からいえば、浸透圧の低い真水からのほうがより効果的に水分を補給できそう。ただの水ではいけないのだろうか？

「もちろん、真水でも水分の補給はできますが、より早く体への水分補給ができるのです。つまり水分だけが入っていくと、一定のミネラル濃度で保たれている体液の浸透圧が崩れてしまう。そのため、これ以上水は飲めませんよ、という指令がでるので、不足した水分を十分補えない場合もあるのです。」（ポカリスエットの大家製薬㈱広報より）
「外科医がハードな手術後、点滴液を飲んでいるのは関係者ではよく知られた話であった。しかし、点滴液はしょ

っぱい。そこで、医学的に必要な成分を破壊しないようにしながら、微妙な味を加えれば、一般の人にも体にいい飲み物となる」という開発秘話がある。

(5) イチゴなどのジャムは、長期間腐りにくい。その理由を説明せよ。

理由： 多量の砂糖を加えることでジャムが高張になり、腐敗菌の増殖が妨げられる。

<実験：酢卵の変化>

準備

【試料】 ほぼ同じ大きさの鶏卵 3 個

* 卵殻は主成分が炭酸カルシウムであるため、以下の反応により分解される。



【器具】 ビーカー 2 個、メスシリンダー、電子天秤

【薬品】 20%酢酸水溶液（食酢でも可）、1mol/L スクロース水溶液

方法

- (1) 鶏卵 2 個を酢酸に浸し、卵殻を分解する。1～2 日後、残っていた卵殻を軽く水洗いして取る。（食酢を使用した場合は数日かかる。）
- (2) 1 個の卵殻除去卵は水に 1 日浸す。・・・ A
もう 1 個の卵殻除去卵はスクロース水溶液に 1 日浸す。・・・ B
- (3) 卵殻つき鶏卵と A、B を比較する。

結果

	卵殻つき鶏卵との大きさの比較	卵殻膜の様子	質量
卵殻つき鶏卵			* g
A			g
B			g

*（全体質量－卵殻質量）

考察： A、B の様子から、鶏卵の卵殻膜の性質について説明せよ。

ワークシート 2

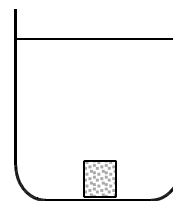
浸透現象

＜予備実験：水溶液の性質＞

方法：角砂糖を水中に静かに入れて放置する。

結果：砂糖は（ 溶けて見えなく ）なる。

考察：なぜそうなるのか？



まとめ：物質を構成する粒子は（ 熱運動 ）しているため、水分子とともに砂糖（スクロース）分子は（ 移動 ）して、全体の濃度は（ 均一 ）になる。
このような現象を「 拡散 」という。

＜実験 1：膜の透過性の違い＞

準備

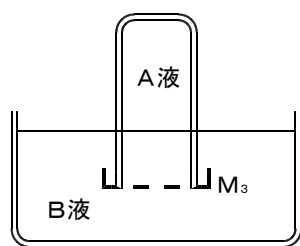
【器具】試験管 3 本、ビーカー 4 個、ラップフィルム（ M_1 ）、セロファン（ M_2 ）、濾紙（ M_3 ）、輪ゴム 3 個

【薬品】蒸留水 + フェノールフタレイン（ $C_{20}H_{14}O_4$ 分子量318）液 数滴：A液
5%アンモニア水（ $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$ ）：B液

方法

- (1) 各試験管にA液をほぼいっぱい入れ、口をそれぞれ M_1 、 M_2 、 M_3 でおおい、輪ゴムで縛る。
- (2) ビーカーにB液を入れ、下の図のようにセットし、A液とB液の色の変化を観察する。

＜結果＞	＜考察＞
色の変化が見られた部分を赤色で塗りつぶせ。	溶液中の粒子（分子やイオン）の動きに着目し、空欄に適する語句を記入し、見られた現象が起きた理由を説明せよ。
	・フェノールフタレインは、（ アンモニア ・ NH_4^+ ・ OH^- ）と混合すると赤紫色に変わる。
	・A液の色が変化（ しない ）ことから、アンモニア（NH_4^+ ・ OH^-）は、M_1を通過（ しない ）。 ・B液の色が変化（ しない ）ことから、フェノールフタレインは、M_1を通過（ しない ）。 ∴ M_1 は、（ 溶質を通さない ）性質をもつ膜、つまり「 不透膜 」と考えられる。
	・A液の色が変化（ した ）ことから、アンモニア（NH_4^+ ・ OH^-）は、M_2を通過（ した ）。 ・B液の色が変化（ しない ）ことから、フェノールフタレインは、M_2を通過（ しない ）。 ∴ M_2 は、（ 物質（粒子の大きさ・分子量）によって通したり通さなかったりする ）性質をもつ膜、つまり「 半透膜 」と考えられる。



- ・ A液の色が変化（ した ）ことから、アンモニア（ $\text{NH}_4^+ \cdot \text{OH}^-$ ）は、 M_3 を通過（ した ）。
- ・ B液の色が変化（ した ）ことから、フェノールフタレインは、 M_3 を通過（ した ）。

∴ M_3 は、（ 溶質を通す ）性質をもつ膜、つまり「 全透膜 」と考えられる。

以上の実験結果をもとに、下記の各設定ではどのように考えられるか、空欄に記述してみよう。

(1) M_1 : ラップフィルム … 「不透膜」	溶質はM_1を 溶媒はM_1を	したがって左右の水位は、			
(2) M_2 : セロファン … 「半透膜」	溶質はM_2を 溶媒はM_2を	したがって左右の水位は、			
(3) M_3 : 濾紙 … 「全透膜」	溶質はM_3を 溶媒はM_3を	したがって左右の水位は、			
(4) <table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">A</th> <th style="text-align: center;">B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> </tbody> </table> M_2 : セロファン	A	B			AとBを比較すると、水位の差は、 このことから、
A	B				

< 参考：浸透圧解説用モデルによる理解 >

作り方 (1) ペットボトルを中央で切断する。

(2) 洗濯ネットを挟んで、再びはめ込む。

(3) 径と色の異なる発泡スチロールビーズをボトルの口から入れる。

（大粒—青色：溶質分子、小粒—白色：水分子 を表す。）

方法 1 分間程度激しく振る。

結果 粒子がランダムな方向に激しく動くことで、液面を表すビーズの高さが変化し、小さなビーズ（水分子）が高張液側に移動したことがわかる。

- (1) アズキなどの煮豆をおいしく作るには、砂糖をいつ（初めに・途中で・最後に）入れて煮ると良いか。また、その理由は何か。話し合ってみよう。

砂糖は最後に入れると良い。なぜならば、乾燥したマメは水に入れるとふやけてきて、マメの中の細胞膜が半透膜の性質を表すようになる。マメがやわらかく煮上がるためには、中心部まで水がよく浸み込まなくてはならないので、初めはたくさん水で十分に時間をかけてよく煮ることが大切である。しかし、初めから調味料を加えていると、半透膜を境にして濃度の異なる溶液が接していることになり、濃度の低い（薄い）細胞内から高い（濃い）細胞外へと水の移動が起こり、芯が固く味も浸み込みにくい煮豆となってしまう。中心まで火が通ると、細胞膜は半透性を失うことになり、この時に砂糖などの調味料を加えると、中まで味の浸み込んだ煮豆ができることになる。

* 古いマメでは、細胞壁が乾き切っていてなかなか元に戻らないから、煮るのには新しいものよりもずっと時間がかかる。このため、盛岡や八戸などの旧南部領には、なかなか寝つかない子どもを指して『ふるあずき』ということばがあった。実際にあずき餡を古アズキでつくってみると、なかなかねない（煮えない）。

- (2) 梅酒を作る時に使う砂糖は、グラニュー糖、上白糖、氷砂糖のどれが良いか。また、その理由は何か。話し合ってみよう。

氷砂糖が良い。なぜならば、ウメの果皮は、不完全な半透膜と見なすことができる。青ウメを焼酎に漬けたとき、初めは、ウメの果実の内部のほうが浸透圧が大きく、外部から水やアルコールが果肉のほうへ入って行く。氷砂糖は質量に比べて表面積が小さいために溶ける速度も遅いので、外側の砂糖の濃度はなかなか高く（濃く）ならないが、やがて外部の砂糖の濃度が十分に高く（濃く）なって、浸透圧がウメの内部よりも大きくなると、今度は果皮の内側にあったアルコール分が外側へ出てくる。この時、果肉の中で長時間かかってアルコール等と反応して生じたエキス分も、果皮が不完全な半透膜であるために、いっしょに抽出されてくる。梅酒独特の香りやコクはこのようにして生じるので、作り方の本に、よく「傷のない青ウメと氷砂糖を・・・」と書いてあるのは、それなりの理由がある。グラニュー糖や上白糖は、結晶が小さいために表面積がずっと大きく、溶解速度も著しく早くなる。そのため、外側の焼酎の中の砂糖の濃度もたちまちに高く（濃く）なり、ウメにアルコールが浸透するよりも先に、初めから内部の水分が出てしまい、しわくちゃのウメが沈んだ、コクの乏しい梅酒ができることになる。

- (3) 浸透現象を利用している事例を医療・食品・工業分野などからあげてみよう。

例：糖尿病患者の血液の人工透析

浅漬けのもと

逆浸透（Reverse Osmosis：高張液側から低張液側へ圧力をかけることによる水分子の移動）を用いた R.O. システム

→ 海水の淡水化プラント（日本の離島、中東の砂漠地帯、イギリスの豪華客船クイーンエリザベス号 等）

浄水システム（NASA スペースシャトル・コロンビア号、日本の PKO（国連平和維持活動）カンボジア派兵やイラク派兵 等）

＜演習 1＞観察・実験における浸透現象の説明

- (1) 良く晴れた日が続いたときに、庭で育てていた植物に水を与えるのを忘れていたら葉がしおれてきた。この時、その植物の根の細胞に何が起きているかを、次の言葉をすべて使用して説明せよ。 「細胞膜・浸透圧・土壌水・半透性」

('07神戸大^[2])

土壌中の水が不足することで土壌水の浸透圧が上昇し、根の細胞の半透性の細胞膜を介しての水の吸収が起こらなくなった。

- (2) 植物細胞の細胞膜は、細胞壁に押しつけられているため、光学顕微鏡で観察されにくい。植物組織にどのような処理をすると、光学顕微鏡で細胞膜の存在を確認できるか。具体的な方法を説明せよ。

('07奈良女子大^[1])

植物組織を薄く切り出して、高張のショ糖液などに数分間浸す。その後、その細胞を光学顕微鏡で観察すると、細胞膜が細胞壁から離れてくる現象（原形質分離）が見られるので、その存在を確認できる。

- (3) 赤血球を高張液に浸した場合、どのような変化が見られるか。また、溶血とは何か。説明せよ。

赤血球を高張液に浸すと、細胞内外の浸透圧差により水が細胞外に出て、収縮する。

溶血とは、蒸留水または非常に低張な溶液に浸された赤血球が、細胞内外の浸透圧差により吸水して破裂し、ヘモグロビンが流出する現象である。

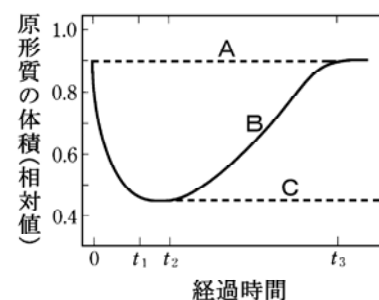
＜演習 2＞グラフの読み取りと内容の説明

次の文章を読み、下の(1)～(6)の問いに答えよ。

('06大阪薬大 改題)

植物細胞の細胞膜の外側には、丈夫で弾力性のある細胞壁がある。植物細胞を高張液に浸すと、水が細胞外へ移動して原形質の体積が小さくなるが、細胞壁はほとんど収縮しないので原形質が細胞から離れる。このような現象を (a) という。この状態の細胞を等張液中に戻すと細胞内に水が移動し、原形質の体積が元に戻る。このような現象を (b) という。

右の図は、ほぼ同じ浸透圧になるように調整したエタノール水溶液 (A)、エチレングリコール水溶液 (B)、およびスクロース溶液 (C) に、ある植物細胞を浸し、それぞれについて原形質の体積の時間変化を調べた結果のグラフである。ただし、この条件下では、どの場合でも原形質流動が観察された。



(1) 文中の a、b に入る最も適切な語は何か。それぞれ答えよ。

a : (原形質分離) b : (原形質復帰)

(2) A、B、C の各水溶液に浸した植物細胞の体積の時間変化をグラフから読み取り、下の表に記述せよ。また、その現象が起きた理由から、その時間帯での原形質内外の濃度差を考察して、() に記号 [<、=、>] を記入せよ。

		0 ～ t ₁ までの時間帯	t ₂ ～ t ₃ までの時間帯
A エタノール 水溶液	読み取り 結果	原形質の大きさに変化はなかった。	原形質の大きさに変化はなかった。
	考察	原形質内の濃度 (=) 原形質外の濃度	原形質内の濃度 (=) 原形質外の濃度
B エチレングリコール 水溶液	読み取り 結果	原形質から水が出て、小さくなった。	原形質に水が入って、大きくなった。
	考察	原形質内の濃度 (<) 原形質外の濃度	原形質内の濃度 (>) 原形質外の濃度
C スクロース 水溶液	読み取り 結果	原形質から水が出て、小さくなった。	原形質の大きさに変化はなかった。
	考察	原形質内の濃度 (<) 原形質外の濃度	原形質内の濃度 (=) 原形質外の濃度

(3) 図中のスクロース水溶液の場合 (C) について、原形質の体積が時間とともに小さくなり、その後一定になったのはなぜか。説明せよ。

細胞を浸したスクロース水溶液は高張液であるので、細胞から水が出て、原形質の体積が減少した。その後、細胞内の浸透圧が大きくなって細胞外のスクロース水溶液と等張になったため、水の出入りがなくなったため (原形質の体積は一定になった)。

- (4) 図中のエチレングリコール水溶液の場合（B）について、原形質の体積が時間とともに小さくなり、その後大きくなって、元に戻ったのはなぜか。説明せよ。

エチレングリコール水溶液も高張液であるので、細胞から水が出て原形質の体積が減少したが、エチレングリコールは徐々に細胞内に透過するので、それに伴って細胞内の浸透圧が細胞外より大きくなって吸水したため（原形質の体積が元に戻った（原形質復帰した））。

- (5) 図中のエタノール水溶液の場合（A）について、原形質の体積が変化しなかったのはなぜか。考えられることを簡潔に述べよ。

エタノールは水とほぼ同じ速度で細胞膜を透過することができるので、細胞から水が出る速度と、細胞内に透過するエタノールと水の速度が等しいため（原形質の体積は変化しなかった）。

- (6) 結果の違いから、3種類の物質と水に対する細胞膜の透過性の違いを不等号で示せ。

エタノール>エチレングリコール>スクロース

<発展>

エチレングリコールと同様に、細胞膜をゆっくりと透過する物質として尿素がある。ヒトの体内における尿素生成のしくみや、尿素の性質を利用した例を調べてみよう。

タンパク質など窒素化合物の代謝で生じた有毒なアンモニアは、肝臓でオルニチン回路の反応により無毒の尿素となり、血液や筋肉などの組織中に存在している。血液中の尿素は、腎臓において濾過され、尿中の成分として体外に排出される。

尿素は、乾燥して荒れた肌で保湿因子としてはたらく。これは、体内に尿素があることで高張になって吸水することと、尿素の「水素結合」の性質による。酸素や窒素についた水素はプラスの電気を帯び、酸素原子はマイナスの電気を帯びているため、通常の結合（共有結合）の10分の1程度の強さで、2つ分子間で互いに引き合うことになる。尿素は6ヶ所の水素結合サイト、また、水の分子は4ヶ所のサイトを持っており、両者は水素結合を介してくっつき合い、混じり合うことができる。このため、皮膚に尿素配合剤を塗ると、尿素が水分子をつかまえ、肌の乾燥を防ぐことができる。

また、尿素は皮膚表面の余分な角質を除く働きもある。角質を作るタンパク質の分子はCO-NHというペプチド構造をたくさん持っており、分子同士が水素結合でくっつきあっている。ここに尿素を加えるとタンパク質同士の水素結合の間に割り込んでその構造を破壊してしまう。

つまり尿素は潤いを保つだけでなく、肌をツルツルにする作用も合わせ持っていることになる。また、もともとが生体成分なので、毒性などの心配がなく安心して使えるというメリットもあるため、尿素を20%程度配合したクリームやローション、入浴剤などが開発され、使用されている。

次の表は、ヒトの血しょうと赤血球に含まれる物質の濃度を相対値で示したもので、ヒトの赤血球では、a の濃度は細胞外の血しょうよりも高く、b の濃度は血しょうよりも低い。これは、細胞膜が能動輸送によって b を排出し、a を細胞内に取り入れているからである。

	a	b	c	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
血しょう	5	144	3	1	11	28
赤血球	150	2~20	0.001以下	3	74	27

血液を採取し、凝固しないようにして4℃に置くと、① a は赤血球内から流出し、b は赤血球内に流入してきた。次に、温度を37℃にまでもどすと、② a と b の細胞内の濃度がしだいに回復してきた。

一方、採取した血液を37℃に置いておくと、血しょう中の酸素濃度が減少しても、③ a と b の細胞内濃度には変化がなかった。ところが、同様に37℃で酸素濃度が低下した条件で、呼吸（酸素を必要としない呼吸）の反応を妨げる薬剤を加えると、④ a は赤血球内から流出し、b は赤血球内に流入してきた。

なお、物質 c は赤血球細胞内に微量に存在し、細胞外に排出されている。

- (1) 上の文と表に示されている a ~ c の組合せとして、最も適当なものを次のア～カのうちから一つ選べ。 (イ)

	a	b	c		a	b	c		a	b	c
ア	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	イ	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	ウ	Na ⁺	Ca ²⁺	K ⁺
エ	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	オ	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺	カ	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺

- (2) 細胞膜における受動輸送と能動輸送を比較して、両者の相違点を述べよ。

受動輸送では、溶質が高濃度の側から低濃度の側へエネルギーの消費なしに移動するが、能動輸送では、溶質が低濃度の側から高濃度の側へエネルギーを使って移動する。

- (3) 上の文中の下線①～④は、拡散（受動輸送）か、能動輸送か。

① (拡散) ② (能動輸送) ③ (能動輸送) ④ (拡散)

- (4) 上の文と表の説明として誤っているものはどれか。次のア～カのうちから二つ選べ。

ア 赤血球における物質の能動輸送には、酸素を必要としない呼吸によるエネルギーが利用される。

イ 赤血球では、温度を4℃に下げると原形質流動が低下し、細胞内のイオン濃度が変化する。

ウ 赤血球では、温度を4℃に下げると能動輸送が低下し、細胞内のイオン濃度が変化する。

エ 赤血球では、温度を4℃に下げるとエネルギー生産に関与する酵素の活性が低下する。

オ Cl⁻は、赤血球から血しょうへ排出されている。

カ 赤血球における細胞内のイオン濃度は、能動輸送によって維持され、受動輸送（拡散による輸送）は関与していない。

(イ、カ)

事例Ⅱ 細胞内外の酵素のはたらき

指導のポイント

生命現象を生化学の視点から考えるにあたっては、分子レベルでの理解に先駆けて、可視レベルからの導入が効果的である。また、実生活の現象と関連させて考察させることで、知識の活用がより促進される。そこで、下の3つの授業展開例を作成し、ワークシートとして示した。

実践に際しては、教員の“一人走り”や、生徒の“体験あって知識なし”にならないように、一人一人の生徒が実験の目的を明確に把握し、見通しを持って実験を主体的に行うように指導する。その一つとして、実験プリントに実験目的を事前に印刷しておくのではなく、生徒との対話の中から目的を明確化して記入させることが効果的である。

各シートのねらいと概要は以下の通りである。

ワークシート1：酵素（カタラーゼ）の性質

過酸化水素の分解を促進する触媒であるカタラーゼおよび酸化マンガン(IV)を用いて、酵素（生体触媒）と無機触媒の性質の違いを見出し、酵素の性質（熱変性、酸による変性）について理解を深める。実験結果をもとに、そこから言えることを考察する作業を通して科学的なものの見方を養うことを目的とする。そのため、着目すべき実験結果や対照実験の意義、酸素が発生したと言える根拠などについて班毎にじっくり思考させる時間を設けたい。（「考察③～⑤」は定型文による穴埋めで記入、「考察①、②、⑥」は文章で論述するトレーニングとする。）

ワークシート2：酵素（ブロメライン）の性質

パイナップルに含まれるタンパク質分解酵素（ブロメライン＝システインプロテアーゼ）を利用して、酵素の性質（基質特異性、熱変性）について確認する。目的意識を持たせるための実験であり、既習事項をもとに実験結果を予想させ、その判断理由を記述する活動を通して、科学的なものの見方を養う。また、実験結果をもとに何が言えるのかを考察させ、穴埋め形式の文章にまとめる活動を通して、論理的な記述のトレーニングとする。

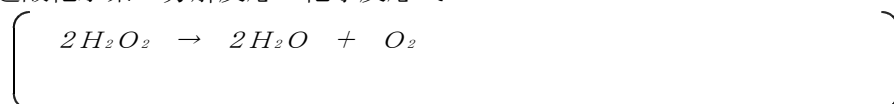
ワークシート3：科学的根拠をもとに考察しよう

消費生活の中で想定した新たな課題に対して、科学的根拠をもとに考察し、論述させる活動を通して科学的な思考力・表現力の育成に取り組む。

目的

酵素（生体触媒）「カタラーゼ」や、無機触媒「酸化マンガン(IV)」は、過酸化水素の分解を促進する。「カタラーゼ」と「酸化マンガン(IV)」のはたらきを比較し、酵素の特性についてまとめる。

* 過酸化水素の分解反応の化学反応式



準備

【試料】肝臓片（レバー）、煮沸肝臓片（煮沸レバー）

【器具】駒込ビペット（2～5mL）3本、試験管8本、試験管立て、マッチ、線香、ピンセット1本（毎回洗って使用）、

【薬品】3% 過酸化水素水 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ 、酸化マンガン(IV) $[\text{MnO}_2]$ 、煮沸酸化マンガン(IV)、10% 塩酸 $[\text{HCl}]$ 、蒸留水

方法

(1) 下表の A ～ H の試験管を用意し、触媒を加えて気体発生の有無を記録する。

(2) 気体の発生した試験管内に線香を入れ、炎の様子を記録する。

(3) 反応終了後の試験管 C に、再び H_2O_2 を加え観察する。

激しく燃焼→「++」
燃焼した→「+」
燃焼しない→「-」

大量に発生→「++」
少し発生→「+」
発生しない→「-」

結果

試験管	内容		触媒		気体発生	線香の炎
A	H_2O_2 3mL	蒸留水 2mL	なし			
B	なし	蒸留水 2mL	肝臓片			
C	H_2O_2 3mL	蒸留水 2mL	肝臓片	酵素 (生体触媒)		
D	H_2O_2 3mL	蒸留水 2mL	煮沸肝臓片			
E	H_2O_2 3mL	塩酸 2mL	肝臓片			
F	H_2O_2 3mL	蒸留水 2mL	MnO_2	無機 触媒		
G	H_2O_2 3mL	蒸留水 2mL	煮沸 MnO_2			
H	H_2O_2 3mL	塩酸 2mL	MnO_2			

考察

- ① A、B の実験を行った理由を記入しなさい。また、このような実験を何というか。

理由	対照実験
過酸化水素水だけでは自ら気体を発生しないこと (A)、肝臓片は自ら気体を発生しないこと (B) を確認するために行った。	

- ② 発生した気体は何か。 また、そう判断した理由を述べよ。

気体	判断理由
酸素	発生した気体中では、線香の火が激しく燃えたため。

- ③ 酵素・無機触媒のはたらき ……[A]・[B]・[C]・[F]の比較

- ・肝臓片に含まれる酵素「カタラーゼ」は、 H_2O_2 の分解を（ 促進 ）する。
- ・無機触媒「酸化マンガン(IV)」は、 H_2O_2 の分解を（ 促進 ）する。

- ④ 酵素・無機触媒と熱の関係 ……[C]・[F]と[D]・[G]との比較

- ・酵素および無機触媒のうち、熱の影響を受けるのは（ 酵素 ）である。

- ⑤ 酵素・無機触媒と酸の関係 ……[C]・[F]と[E]・[H]との比較

- ・酵素および無機触媒のうち、酸の影響を受けるのは（ 酵素 ）である。

- ⑥ 反応終了後の試験管 C に再び H_2O_2 を加えると、どのような変化が観察されたか。
また、そのような反応が起こった理由を考察し、記述しなさい。

変化	気体が発生した。
理由	酵素カタラーゼは化学反応を促進するが、自らは変化しないで試験管中に残っていたと考えられる。

まとめ

この実験から分かった酵素カタラーゼの特性を説明しなさい。

目的

パイナップルにはタンパク質分解酵素（ブロメライン）が含まれる。パイナップルゼリー作りにおいて、既に学習した「酵素の特性」の知識を活用して実験結果を予想し、その知識を確認する。

復習

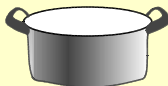
- ・ 酵素は生体内で起こる化学反応を促進する（ 触媒 ）としての機能をもつ。
- ・ 酵素の主成分は（ タンパク質 ）である。そのため、加熱や強酸・強塩基により（ 変性 ）し、（ 失活 ）するといった特性をもつ。
- ・ また酵素の分子構造はとても複雑で、特定の（ 基質／立体構造 ）としか結合しない。この性質を（ 基質特異性 ）という。

方法 （1クラス12名、4人1組） 1cup 150mL

- (1) 下記の作り方を参考にして、A～Dの4種類のゼリーを作る。
- (2) A～Dのゼリーが固まるか否かを予想し、理由と共に記入する。→〈予想〉
- (3) 冷蔵庫に入れ、翌日結果を確認し結果を記入する。→〈結果〉

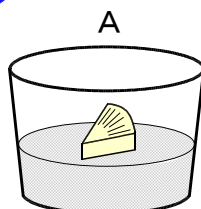
寒天ゼリーの作り方（6人分）

- ① 水1Lに寒天8g（2袋）と砂糖（適量）を入れ、かき混ぜながら溶かす。
- ② 沸騰後さらに2分間かき混ぜる。
- ③ 寒天をカップに入れ、パイナップルを加えて冷蔵庫で冷やす。

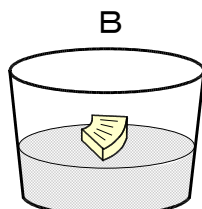


ゼラチンゼリーの作り方（6人分）

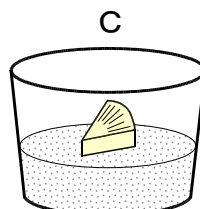
- ① 60℃以上の熱湯1Lにゼラチン20g（4袋）と砂糖（適量）を入れ、混ぜて溶かす。
- ② ゼラチンをカップに入れ、パイナップルを加えて冷蔵庫で冷やす。



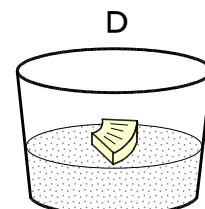
A
寒天
生パイナップル



B
寒天
缶詰パイナップル



C
ゼラチン
生パイナップル



D
ゼラチン
缶詰パイナップル

固まる→○ 固まらない→×

	＜予想＞	判断理由	＜結果＞
A			○
B			○
C		パイナップルに含まれている酵素によって、ゼラチンが分解される。	×
D			○

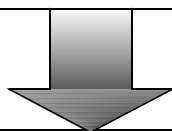
＜ヒント＞

I 寒天とゼラチンの主成分の違い

- ・ 寒天の主成分＝（ 多糖類 ）
- ・ ゼラチンの主成分＝（ タンパク質 ）

II 生のパイナップルと缶詰のパイナップルの違い

- ・ 生のパイナップルには（ タンパク質分解 ）酵素が含まれている。
- ・ 缶詰のパイナップルは、製造段階で（ 加熱 ）されている。



考察

・ A、Bは・・・

酵素は特定の基質のみに作用する。・・・(a 基質特異)性

生のパイナップルに含まれる(b タンパク質分解)酵素は、寒天の主成分である(c 多糖類)を分解(d する・しない)ので、A、Bのゼリーは(e 固まる・固まらない)。

・ C、Dは・・・

Cでは、(b)酵素のはたらきにより、ゼラチンの主成分である(f タンパク質)が分解(i される・されない)ので、Cのゼリーは(h 固まる・固まらない)。

Dでは、パイナップルに含まれる(b)酵素が(j 加熱)によって(k 失活)したため、(f)が分解(l される・されない)。そのため、Dのゼリーは(h 固まる・固まらない)。

問題：かまぼこ製造会社が、「購入したかまぼこに昆虫が混入していた」と消費者からクレームを受けたとする。この昆虫は製造過程で混入したものか、消費者の手元にある段階で混入したものかを調べるにはどうしたらよいか。その方法と理由を記述し、話し合ってみよう。

方法：昆虫を解剖し、3%過酸化水素水を添加して酸素発生の有無を確認する。

理由：もし製造過程で混入したものであれば、加熱処理により酵素(カタラーゼ)は失活するので、過酸化水素水を添加しても酸素は発生しないはずである。逆に、酸素が発生すれば、この昆虫は加熱処理されていないことになるので、消費者の手元にある段階で混入したと考えられる。

事例Ⅲ 体細胞分裂と減数分裂

指導のポイント

「細胞分裂」の授業展開では、過程図の提示に下記の2つの例のどちらかが行われていることが多く、それぞれのメリット・デメリットが挙げられる。

例1) 教員が板書して説明、または生徒が分裂過程を黒板上で再現する

→ 板書された図や文字をノート・プリントへ記入しながら知識を整理する

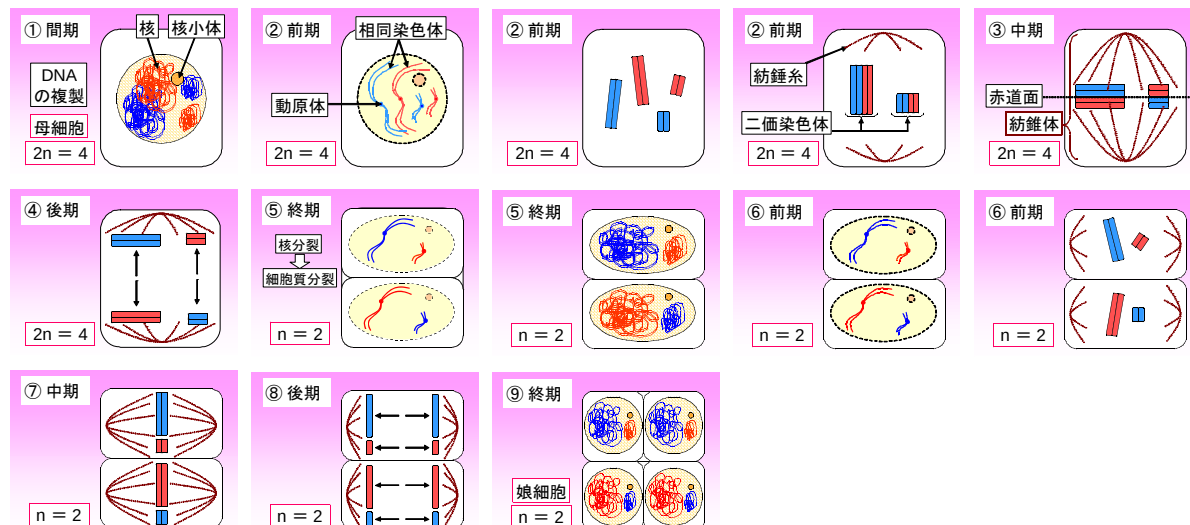
メリット	デメリット
分裂過程の全体の図が板書として残る	- 連続した動きが分かりにくい (→ 知識の定着が困難) - 繰り返し復習することが困難 (毎回書き直すのに時間がかかる)

例2 映像教材 (PowerPointなど) を提示する → 生徒の思考活動

→ ノート・プリントへ記入しながら知識を整理する

メリット	デメリット
- 連続した動きが分かりやすい - 復習時などに繰り返し利用できる	分裂過程の全体の図が残らない (→ 知識の定着が困難)

(減数分裂における提示映像の例)



また、調査研究委員による授業後の試験結果の分析から、以下のような傾向が見られた。

- 体細胞分裂の過程図の並び替え → 正解92% (完全解答のみ)、無解答 0%
- 体細胞分裂中期に関する論述問題 → 正解21% (部分点も含む)、無解答 8%
- 体細胞分裂中期を図に描いて表現 → 正解21% (部分点も含む)、無解答30%
- 減数分裂中期を図に描いて表現 → 正解13% (部分点も含む)、無解答21%

以上から、これまでの授業展開では染色体の動きや核相の変化について、知識の定着が不確実であることや、論述・図示による表現力が不足していることが分かる。そこで、細

胞分裂の意義、染色体の動き、核相の変化等について、科学的な思考力・表現力の育成のための2つの授業展開例を作成し、ワークシートとして示した。各シートのねらいと概要は以下の通りである。

ワークシート1：体細胞分裂の意義

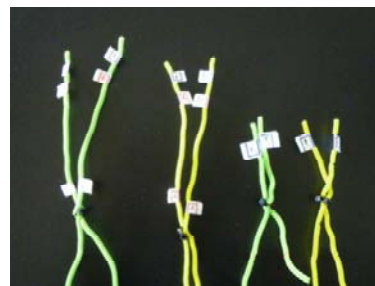
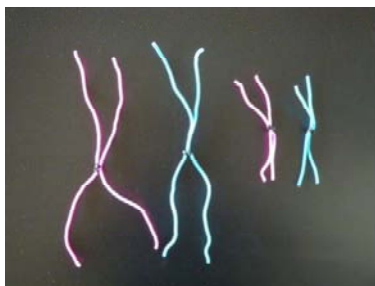
進化の過程を追いながら、体細胞分裂が行われる意義を考察させることで、染色体の動きを理解させる。生徒の多面的な見方を大切に、課題追求型の討論形式をとることで、科学的な思考力・表現力を高める。

ワークシート2：モールを用いた染色体モデルの活用

工作用モールを用いて染色体モデルを作成し、細胞分裂における染色体の様子に関する知識を整理・定着させるとともに、図示による表現力を高める。この活動のメリットとして、次のようなことが挙げられる。

- ・ 染色体の動きが分かりやすい
- ・ 生徒が学習活動に繰り返し利用できる
- ・ 2人1組になり、動かしながらその現象を言葉で説明することで、正しく理解しているかを確認することができる
- ・ 染色体の形の変化（糸状→棒状）も再現できる

一方、変化した過程の図が手元に残らない点や、作業および記録に時間がかかる点も考慮して、他の方法と組み合わせて授業を展開する。



＜モデル使用後の生徒の感想＞

（プラス評価）

- ・ モールがあった方が、自分で考えて動かすので理解しやすいと思う。
- ・ 今までと違ったやり方で、想像力のない人にはとてもいいと思う。私は、今まで分からなかったところが今回で分かった。
- ・ イメージしやすく分かった。
- ・ モールを使った方が理解できた。ノートに書くよりも実際に自分でやった方が頭に入ると思う。
- ・ モールだと楽しいし、その上頭に入るから、とても効率がよいと思う。
- ・ 少し忘れかけているときにやったから思い出せて良かった。

（マイナス評価）

- ・ モールを外したり組んだりするところが少し面倒で混乱した。
- ・ 図を描いたほうが個人的には分かりやすいと思った。

（改善意見）

- ・ 紡錘糸などを加えた方がよい。

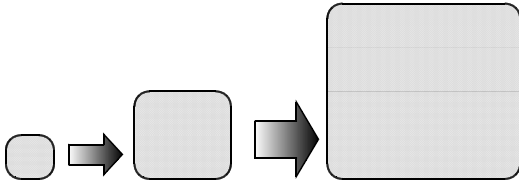
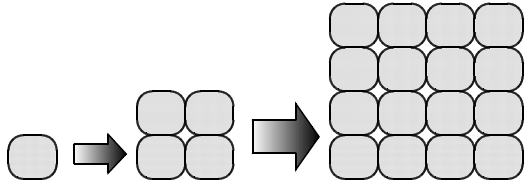
体細胞分裂の意義

課題1：生物が生存するにあたり、大型個体と小型個体の一般的なメリット・デメリットを考察し、下の表に箇条書きで記述し、話し合ってみよう。

	大型個体	小型個体
メリット	- 動物の捕食行動 - 自己防衛行動 - 雄個体の配偶者獲得競争 - 体温維持 - 植物における環境要因（光など）の獲得競争 - など	- 移動のしやすさ - 隠れやすさ - 生活圏の狭さ - など
デメリット		

＊ 生物を体の大小の視点で見ると、一般的に（ 大型個体 ）の方が有利であり、進化すると考えられる。

課題2：体を大型化するには、以下の2つの方法が考えられる。それぞれの方法のメリット・デメリットを考察して、下の表に箇条書きで記述し、話し合ってみよう。

大型化の方法	①細胞の大型化	②多細胞化
		
メリット		
デメリット		

考察

課題 2 について、次の(1)、(2)の視点で考えてみよう。

(1) 細胞の表面積と体積の比

方法①の場合、基準の細胞を一辺が 1 cm の立方体として考えてみると・・・

一辺の長さ	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	・・・ n cm
表面積	6 cm ²	24 cm ²	54 cm ²	96 cm ²	6n ²
体積	1 cm ³	8 cm ³	27 cm ³	64 cm ³	n ³
表面積／体積	6	3	2	1.5	6/n $\div 0$ (n $\rightarrow\infty$)

表面積＝（細胞膜）の総面積＝細胞内外の物質の授受量

体 積＝（細胞質）の総量＝細胞内の生化学反応の量 とすると・・・

∴

個体の大型化に対して、細胞膜の総面積の増加率が伴わないため、生化学反応に関わる物質（栄養物や老廃物）の授受が不足していき、生命を維持することが困難になっていく。

(2) 細胞の中心から周辺までの距離

方法①の場合：個体の大型化に伴い、細胞の中心からの距離は（長く）なる。

方法②の場合：個体の大型化に伴い、細胞の中心からの距離は（同じに）なる。

＝個体が大型化しても、どの細胞も（同じ距離を保てる）。

中心＝細胞の（核）＝生化学反応情報の発信源

周辺＝（細胞質）＝生化学反応の場

細胞内の核の大きさは等しいとすると・・・

∴

個体の大型化に伴い、方法①では核からの情報が周辺の細胞質まで伝えられにくくなり、生化学反応に支障をきたすことが考えられる。

方法②では核内の情報が周辺まで短時間で伝えられ、速やかに生化学反応が行われる。

まとめ

生物はある程度の大きさまでは（①／②）の方法で大型化を図ったが、それ以上には（①／②）の方法が有利であり、多細胞化による大型化へと進化したと考えられる。

（例：単細胞生物の分裂増殖 → 細胞群体 → 多細胞生物）

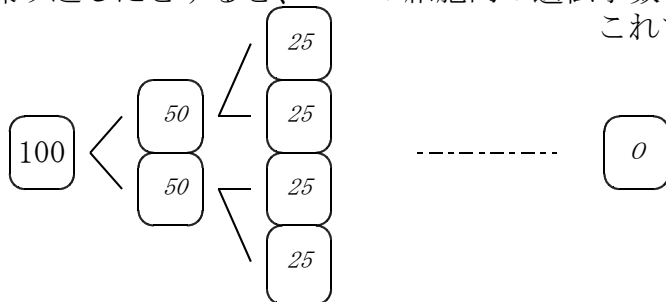
＜遺伝子と染色体＞

次の(1)、(2)の空欄に適する語句・数値を記入して、体細胞分裂の仕組みについて考えてみよう。

- (1) 情報の詰まった一冊の本（100ページ）をそのまま二分したとすると、一冊あたりは（ 50 ）ページ。二分を繰り返していくとすると…一冊あたりの情報量 $\div$ （ 0 ）
→これを細胞に例えると…

一つの細胞の遺伝子（細胞の設計図）の総数を100とする。細胞がそのまま二分分裂を繰り返したとすると、一つの細胞内の遺伝子数 $\div$ （ 0 ）

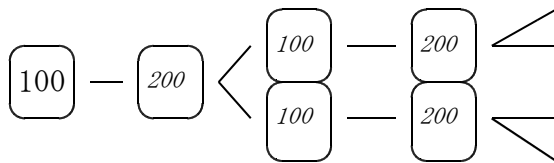
これでは生命活動は営めない。



分裂前（母細胞）と分裂後（娘細胞）で同じ情報量を受け継ぐ（同じ数の遺伝子を持つ）ためには、分裂前に情報（遺伝子）を（複製）し、その後均等に分ければよい。

[S 期 ; Synthesis]

[M 期 ; Mitosis]



- (2) 遺伝子は、DNAという物質内に暗号化された情報として存在している。DNAは酢酸オルセイン液（または酢酸カーミン液）に染色されやすく、この性質を利用して細胞を観察すると、DNAは（核）内の染色体に含まれていることが分かる。

また、一般的に細胞内には同じような形・大きさの染色体が2本ずつ存在していることも分かる。これらの対になる染色体を（相同染色体）といい、有性生殖によって遺伝子が両親から受け継がれていることが分かる。一方の親から受け継いだ全染色体1セットを n とすると、通常、体細胞中には2セットの染色体があるので（ $2n$ ）と表せる。 n は、その生物の生存に必要な遺伝子を含む染色体の最小のセットで、（ゲノム）とよばれる。

核の染色体構成を（核相）といい、染色体を対に持つ細胞の核相を（複相）、染色体を対に持たない細胞の核相を（単相）という。

n に含まれる染色体の数は生物の種によって一定である。例えば、一方の親から受け継いだ全染色体（生存に必要な全遺伝子が分かれて含まれている染色体）が2本の場合、 $n=2$ と表すとすると、その体細胞中の染色体の状態は（ $2n=4$ ）と表される。ヒトの生殖細胞（卵・精子）では $n=23$ なので、体細胞では（ $2n=46$ ）と表せる。

問題：次の用語をそれぞれ説明せよ。「相同染色体」「核相」「複相」「単相」「ゲノム」

ねらい

- ・細胞分裂時の染色体の動き・変化に関する正しい知識を身につける。
- ・細胞分裂時の染色体の動き・変化について言葉で説明し、表現力の向上を図る。

準備

【材料】（1人分）

- ・モール*¹（約27cm） 8本
（青色4本、赤色4本）
- ・結束バンド*² 8本

青 27cm
青 13cm
赤 13cm
赤 27cm



動原体

【作り方】（1人分）

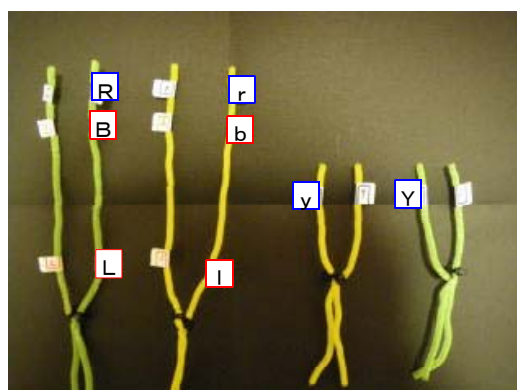
- ① 青・赤のモール各2本ずつを切断し、短い染色体（約13cm）とする。
（残り4本は切断せず、長い染色体とする。）
- ② それぞれのモールの中央部に結束バンドを付け、これを動原体とする。

方法

- (1) 染色体モデルを使用し、体細胞分裂および減数分裂時の染色体の動きを全体で確認する。この際、モールを鉛筆に巻き付けてカールさせることで、染色体の形の変化（糸状→棒状）も確認する。
- (2) 2人1組となり、「説明係」と「記録係」を決める。（記録用紙を配布する。）
- (3) まず、説明係は「体細胞分裂」について、染色体モデルを動かしながら（→図1）言葉で説明する。記録係は、説明係の説明を正確にプリントに記録（→表1）する。
- (4) 次に、役割を交代し、「減数分裂」について、説明係は染色体モデルを動かしながら（→図2）言葉で説明し、記録係は、説明を正確にプリントに記録（→表2）する。

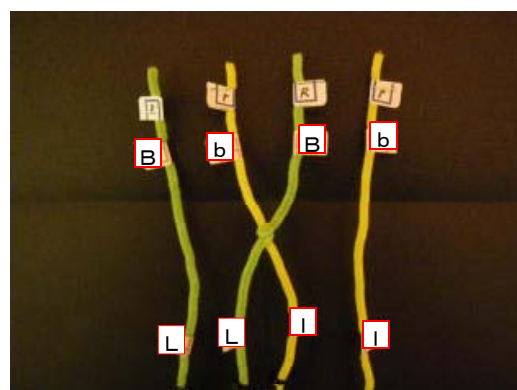
その他の活用例

「遺伝」分野において、モールにアルファベットを記入したラベルを貼り付け、「独立と連鎖」や「染色体の乗換えと遺伝子の組換え」について、理解を助ける作業に活用する。



相同染色体

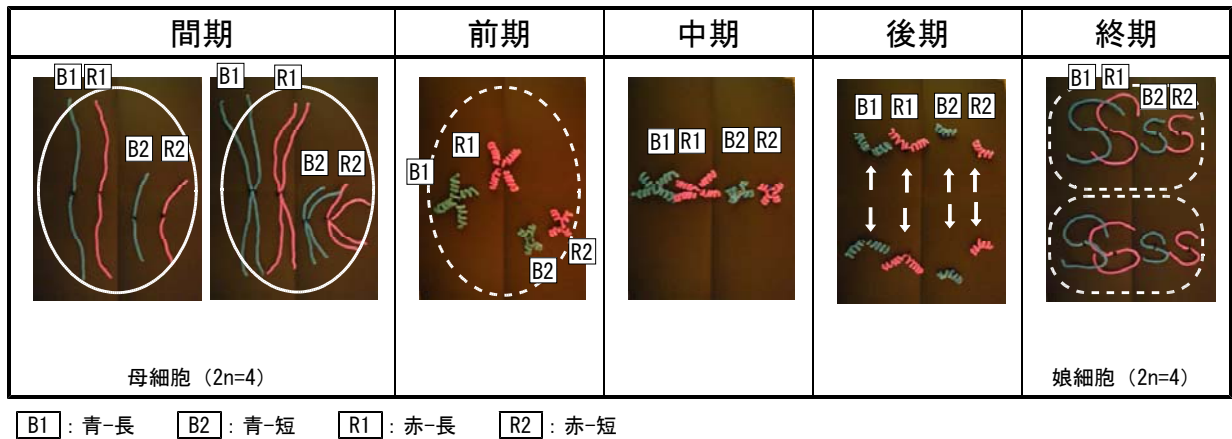
相同染色体



* 1 : 20本で¥100程度

* 2 : 100本で¥150程度 ホームセンター等で購入

<図 1> 体細胞分裂時の染色体の変化



<表 1> 記録用紙

体細胞分裂		染色体の数・形態・動きに着目して、各時期に見られる現象を説明せよ。
分裂期	間期	染色体複製 あり
	前期	染色体が太くなる時期
	中期	太くなった染色体が赤道面に並ぶ 紡錘糸が動原体にかかるとつきます
	後期	紡錘糸によって 半分に離れる
	終期	太くなった染色体が細くなり 2個の細胞のふちあがり
間期		また複製にかかっている

<図 2> 減数分裂時の染色体の変化

間期		第一分裂 前期	第一分裂 中期	第一分裂 後期
細胞 (2n=4)		二価染色体		
第一分裂 終期	第二分裂 前期	第二分裂 中期	第二分裂 後期	第二分裂 終期
(n=2)				娘細胞 (n=2)

B1 : 青-長
 B2 : 青-短
 R1 : 赤-長
 R2 : 赤-短

<表 2> 記録用紙

減数分裂		染色体の数・形態・動きに着目して、各時期に見られる現象を説明せよ。
間期		DNA複製して仲間を増やした
第一分裂	前期	複製した染色体を対合させて二価染色体をつくる
	中期	赤道面に並べて紡錘糸をついて紡錘体をつくる
	後期	紡錘糸にくっついた紡錘糸が两极に引き寄せられる
	終期	n=2の形になる
第二分裂	前期	染色体を太くする
	中期	赤道面に並べる
	後期	两极に分かれる
	終期	全部で4つの細胞ができ、n=2の形になる

事例Ⅳ 動物の発生

指導のポイント

平成17年度高等学校教育課程実施状況調査によれば、「自分の考えで予想して実験や観察をしているか」という質問に対し、肯定的な回答をする生徒は約3割、「実験を積極的に取り入れた授業を行っているか」という質問に対し、肯定的な回答をする教師は約4割であった。この調査結果から、実験や観察を積極的に授業に取り入れ、ねらいや視点を明確にし、生徒が目的意識をもって取り組むことができるようにすることが指摘された。

そこで、科学的な思考力・表現力を育成していくために、「動物の発生」における言語活動の事例として、次のような展開を設定する。

- ①条件を明確にして自分なりの考えを記述する機会を意図的に作っていく。
- ②目的意識をもった効果的な観察や実験を行う指導の中で、生徒に自分の考えで予想を立てさせ、目的に適った実験方法を計画させるとともに、実験や観察をさせる。

これらを踏まえた次の3つの授業展開例を作成し、ワークシートとして示した。各シートのねらいと概要は以下の通りである。

ワークシート1：実験試料の選択

生命現象の解明には、それぞれの実験目的に適した生物試料の選択が必要である。試料として採用できるかどうかの検討を通して、科学的な思考力・表現力を養う。

次に、生物試料の認識を深めるため、高校生物で取り上げられる無脊椎動物の例が「ウニ」、脊椎動物の例が「カエル（イモリ）」である理由について、自分の考えを表現し、班毎に話し合うなどの活動をさせる。

ワークシート2：ウニの初期発生

文章の記述に苦手意識を持つ生徒にとって、言葉で表現するより、図示の方が取り組みやすいため、観察前に、各発生段階にあるウニの様子をプリントに図示して確認させる。また、映像教材により、実物をイメージさせる。

次に、5種類の発生プレパラートを観察し、スケッチおよび発生段階をプリントに記入させる。（プレパラートは受精卵、4～16細胞期、胞胚期、原腸胚期、プルテウス幼生期の何れかであるが、発生段階は記入していないので生徒に観察させて判断させる。）

さらに、判断の根拠となった構造上の特徴やその時期に起こる変化等を文章で記述させる。

最後に、教科書や資料集に記載されている文章を参照し、その特徴を言葉で伝えるには、どのような表現が分かりやすいかを確認させる。ただ正解を書き写すよりも、自分で書いた方が、間違いに気付くことができるため、有益であることも実感させる。

ワークシート3：両生類の器官形成

カエル（もしくはイモリ）の胚を見せ、大きさ・柔らかさをイメージさせ、胚内部の現実的な観察方法を考えさせる。

次の2つの方法で観察させて、それぞれの方法が実験目的に適っているかを確認させる。

I. 寒天包埋法で観察

各発生段階のカエルの胚を寒天に包埋したものを配布し、まずはルーペで外形を観察させる。そしてどの発生段階の胚か班毎に予想を立てさせ、判断理由とともにプリントに記入させる。

次に、胚をカミソリで切断し、その内部をライトスコープで観察させる。この際、どのように切断すれば観察したい向きの切断面となるかを考えさせ、切断した方向についてもプリントに記入させる。

最後に、各発生段階の胚の構造上の特徴を記述させる。

II. 班毎のアイディアで観察

各自のアイディアをプリントに記入させた後、班毎に話し合わせ、実施するプランを決定して発表させる。次に、班毎に検討した方法でカエル（もしくはイモリ）の胚の内部を観察させ、Iの方法と比較させる。

ワークシート 1

実験試料の選択

課題1 脊椎動物の発生過程の観察に適しているのは、どのような生物の胚か。次にあげる視点から特徴を考えて記述し、検討し合ってみよう。

分類 生物名	魚類 例：サケ	両生類 サンショウウオ	爬虫類 トカゲ	鳥類 ニワトリ	哺乳類 マウス
入手しやすさ					
飼育しやすさ					
購入や飼育の コスト					
胚の大きさ					
形態					
観察しやすさ					
その他					

課題2 高校生物の「動物の発生」では、「ウニ」、「イモリまたはカエル」を取り上げて観察・実験を行い、発生のしくみを学ぶ。次にあげる視点でそれぞれの特徴を記入して、取り上げる理由を考えよう。

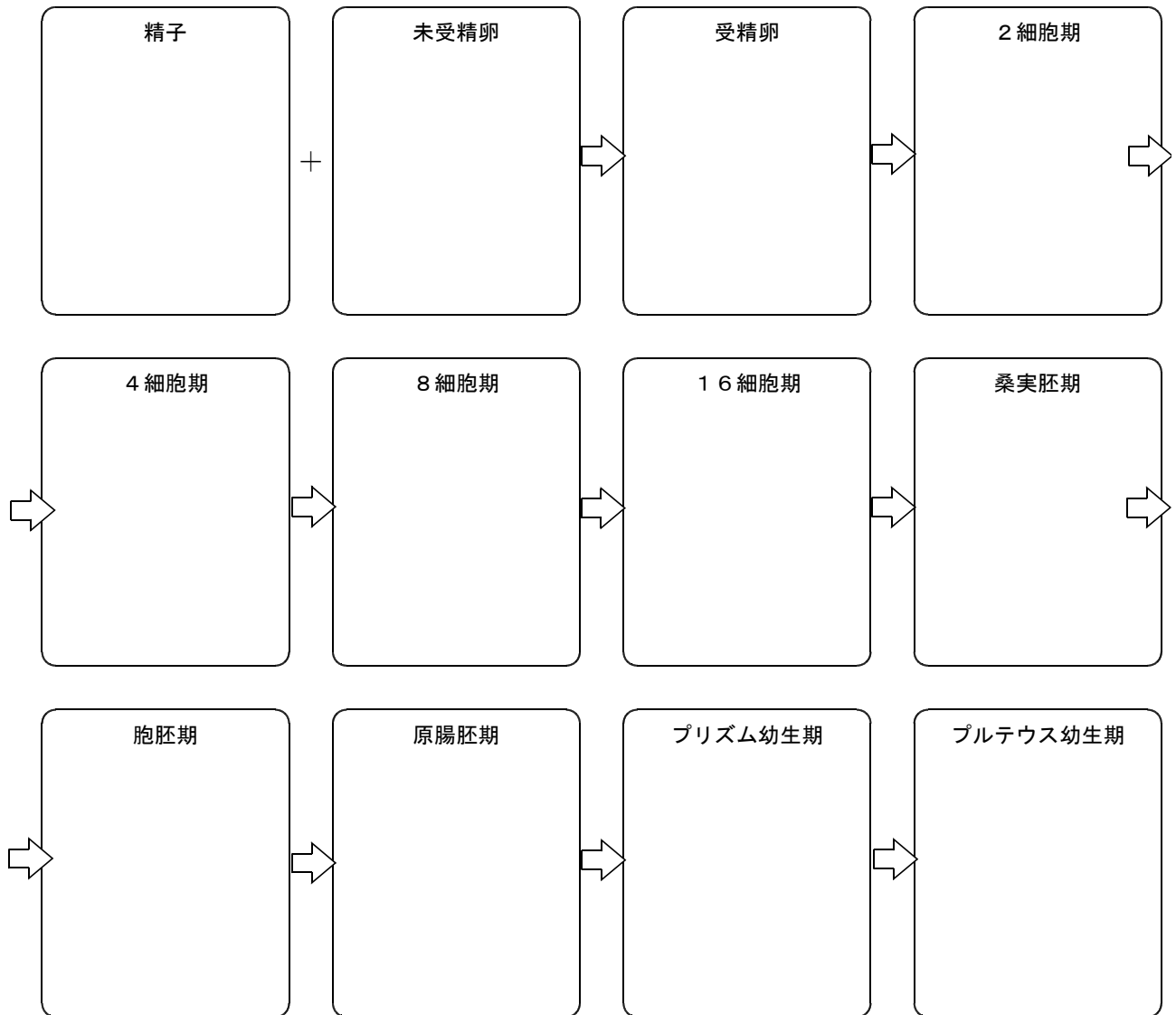
分類 生物名	無脊椎動物（棘皮動物） ウニ	脊椎動物（両生類） イモリ・カエル
入手しやすさ		
飼育しやすさ		
購入や飼育の コスト		
胚の大きさ		
形態		
観察しやすさ		
ヒトの発生過程との類似点		

課題3 高校生物の教科書で取り上げる生物を挙げて、その生物の特徴と、試料として扱う実験を調べてみよう。

生物名	試料としての特徴	実験目的
オオカナダモ	葉の細胞が観察しやすい。水槽中で容易に育成。	原形質流動の観察
ゾウリムシ	単細胞生物。田んぼ等の水中で容易に捕獲可。	繊毛・収縮胞・食胞のはたらき
ユキノシタ	液胞に色素を含む。栽培が容易。	原形質分離・復帰の観察
タマネギ	鱗茎の細胞が大きい。容易に発根。	細胞のしくみ、体細胞分裂の観察、DNA抽出
長ネギ	種子が容易に発根。	体細胞分裂の観察
ニワトリ	安価で年中購入可（手羽先、鶏頭）。	組織・器官の観察
トレニアなど	園芸店から容易に購入可。	花粉管の伸長の観察
アフリカツメガエル	水槽中で容易に飼育可。ホルモン注射で年中人工授精可。幼生が透明で器官が観察しやすい。	初期発生の観察、器官形成の観察
エンドウ	一年草で容易に育成。自家受精で純系を得やすい。形質が見やすい。	交雑実験
キイロショウジョウバエ	飼育が容易で、世代交代が早い。形質が見やすい。幼虫の唾腺染色体が巨大。	交雑実験、唾腺染色体の観察
ユスリカ	幼虫の唾腺染色体が巨大。	唾腺染色体の観察

目的 ウニの発生について、未受精卵～プルテウス幼生までどのように変化していくか、各時期の特徴を捉える。

復習 次の発生段階にあるウニの外観上の特徴を図示せよ。



準備

光学顕微鏡
プレパラート

* それぞれのプレパラートには、
[オレンジ], [紫], [黄緑], [茶],
[ベージュ] のいずれかの色テープ
が貼ってある。

- ・ 受精卵
- ・ 4～16細胞期
- ・ 胞胚期
- ・ 原腸胚期
- ・ プルテウス幼生期

<参考>

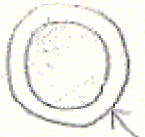
各ステージ10枚組で
¥6,500～8,000程度

方法

各プレパラートを検鏡し(100倍→400倍)、結果を次の表にまとめる。

- ① 5枚のプレパラートについて、各発生段階の名称を記入する。
- ② 簡単なスケッチ(400倍)および各部位の名称を記入する。
- ③ 各時期の特徴を簡潔に記述する。
- ④ 教科書や資料集を参照し、③の記述で特徴を正しく伝えられているか確認する。

まとめ

① 発生段階	② スケッチ	③ 特徴
【オレンジ】 (胞胚期)		絨毛を使い回転しながら動物極側へ前進する。植物極側から細胞が胞胚腔内へ高層脱している。
【紫】 (プルテウス期)		骨片 → 骨格 が形成。それにしたがって外形が後方に発達し、腕が伸びてくる。口、食道、腸、肛門などが分化している。絨毛をきっかけにうごき回る。
【黄緑】 (原腸胚期)		外胚葉、中胚葉、内胚葉に分化する。 骨片ができてはじめる。
【茶】 (4細胞期)		・ 等い大きさの4つの割球。 ・ 透明層は割球がバラバラになるのを防いでいる。
【ベージュ】 (受精卵)		受精すると、精子が進入した点から盛り上がり、やがて全体がもちよがり受精膜になる。

目的

脊椎動物の代表としてカエルの胚の発生過程を観察し、胚葉分化と器官形成についての理解を深める。

準備

【試料】カエルの固定胚^{*1}（A～E…様々な発生段階のものを含む。寒天中に封入済。）

【器具】ルーペ、ライトスコープ（30倍）^{*2}、カミソリ、スポイト、ろ紙、^{はさみ}鋏、スライドガラス、OHPシート

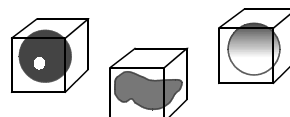
手順

- (1) A～Eの胚の外形をルーペで観察し、どの発生段階の胚か予想を立てる。またそのように判断した理由も記述する。（外形からは判断できなかったものは空欄でよい。）

【予想】

	名称	判断理由
A		
B		
C		
D		
E		

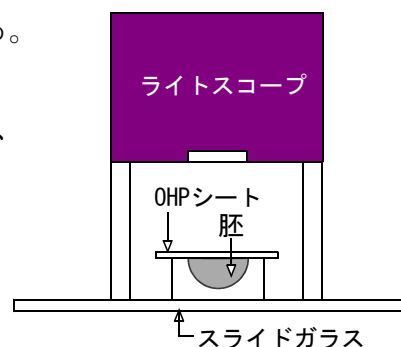
- (2) 各胚をどのような向きで切断するかよく考えた後、カミソリの刃で寒天を一边が約1cmの立方体に切り出す。



- (3) (2)の寒天ブロックを水で濡らしたろ紙の上に置き、観察したい向き（縦断面 or 横断面）を考えて、カミソリの刃を一方向に引いて胚を切断する。

- (4) 切断面を上にして寒天ブロックをスライドガラスにのせ、スポイトで水を滴下し、OHPシートをかける。

- (5) ライトスコープで胚の内部を観察し、スケッチする。
確認できた部分の名称（「胞胚腔」、「原腸」、「内胚葉」、「神経管」等）も記入する。

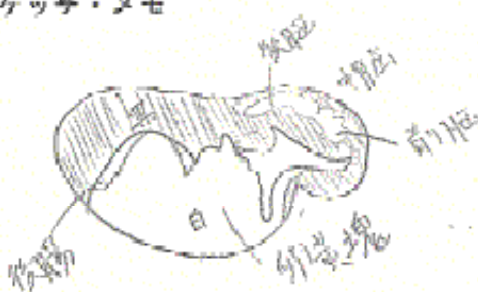


* 1 カエルの固定胚：5段階に分類、各段階10粒入りで¥7,000程度で教材業者より購入。

実験室内でイモリを繁殖させて、固定胚を自作しても良い。

* 2 ライトスコープ：1台¥3,000程度

まとめ

A 胚発胚 切り方 横から見ずから下から縦に切った スケッチ・メモ 	B 芽生胚 切り方 横から見ずから下から縦に切った スケッチ・メモ 
C 原腸胚 初月 切り方 横口が観察できるように縦に切った スケッチ・メモ 	D 神経 期 切り方 横口が観察できるように縦に切った スケッチ・メモ 
E 切り方 スケッチ・メモ	グループのアイディアで試してみた方法 テープで台を作って、孫でゼリー層を取ってカミソリで切った。 やってみて気づいたこと、改善点など 寒天のほうが切りやすい！ セロテープと、台をつくるのが面倒。 器用な人のがでる。

＜実験方法のアイディアを出そう＞

両生類の器官形成の仕組みを学ぶ際に、胚内部の観察においてどのような方法が適しているか、アイディアを記述して検討し合い、実験してみよう。

＜生徒プリントより（一部抜粋）＞

- ・カエルの胚を毛髪で切断

→胚を固定できないので切るのが難しい。カミソリよりも細いので切断しても胚が潰れず、胞胚腔などがはっきり見えた。

- ・イモリの胚をカミソリで切断（胚は学校で飼育中のイモリから）

→イモリの胚は周りの膜が硬く、ゼリーみたいなものを取るが大変だった。

- ・カエルの胚を湿らせたガーゼで凹みを作り、そこに胚を置いて切断。

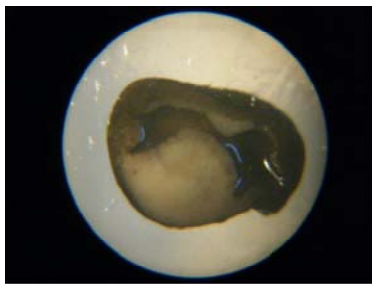
→寒天に包埋したものの方が断面がきれいで観察しやすい。

- ・カエルの胚を、冷凍庫で凍らせてから切断。

→しっかり凍らなかった。寒天に包埋した方がきれいに見えるが、準備は凍らせるだけの方が簡単。

- ・セロファンテープで固定シートを作り、その上に胚を置いて切断。

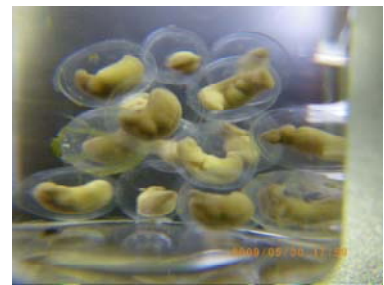
→セロファンテープの台を作るのが面倒。器用な人でないとできないので、寒天に包埋した方がよい。



切断時に潰れたカエル胚



観察の様子



自作アカハライモリ固定胚

事例Ⅴ 遺伝の法則

指導のポイント

平成17年度高等学校教育課程実施状況調査では、遺伝分野の課題が次のように指摘された。

- 「遺伝の法則」、「表現型と遺伝子型の関係」、「遺伝子と染色体の位置関係」についての基礎的事項や基本的な概念で、十分身に付いているとはいえない部分がある。
- 実験結果を基に考察したり、グラフに表現したりすることに課題がある。

「遺伝の法則」の知識を活用するには、科学的な思考力、特に数学的な理論に基づく論理的な思考力を必要とする。例えば、次のやり取りは、真である命題の逆は必ずしも真ではない（生徒Bの疑問）という基本的な論理が身に付いていないことを示している。

- 教師の発問：AB型とO型の兄弟がいる。この兄弟の両親の遺伝子型の組み合わせは何か。
- 生徒Aの回答：AOとBOです。
- 生徒Bの疑問：両親がAOとBOの組み合わせだったら、A型とB型の子もいるはずでは？

上記の疑問に対しては、この両親から多数の子どもが生まれた場合にA型、B型、AB型、O型の子が同じ割合でいる可能性があることを理解させる必要がある。メンデルによるエンドウの交配実験において、表現型の分離比は、あくまで確率論に基づく理論値であり、実験値には当然誤差がある。したがって統計的に意味のある大きさをもった集団でないと傾向値が出てこない（大数の法則）。メンデルは多数の種子を得てカウントしたからこそ、そこに一定の法則を見出せたのである。

遺伝現象が確率論に基づくことを体験できる実習としては、トウモロコシ（*Zea Mays*：通称ピーターコーン）の胚乳の色の比（黄色：白色 3：1）を確認する下記の方法がある。

- ①トウモロコシを各班に配布し、黄色の種子と白色の種子の数をカウントさせる。
- ②種子1列分、1本分それぞれのデータを発表させ、比のバラツキが大きい（黄色：白色=3：1とならない）ことを確認させる。
- ③各班のデータを合計して母数を大きくすると理論値（黄色：白色=3：1）に近づくことを確認させる。

しかし、「トウモロコシの種子を数えるのは時間がかかり進行しづらい」、「胚乳の色の判別が困難な種子やかなり小さい種子も含まれるため、カウントしづらい」、「F₂の表現型とその分離比しか確認できない」、「コストが高く（1本約200円）、長期間繰り返し使用できない」等の課題がある。

そこで、上記の課題を解消し、コンピュータの活用を通じて、確率論に基づく理解を導く指導方法を設定し、次のワークシートにまとめた。ねらいと概要は以下の通りである。

ワークシート：一遺伝子雑種の交雑モデル実験

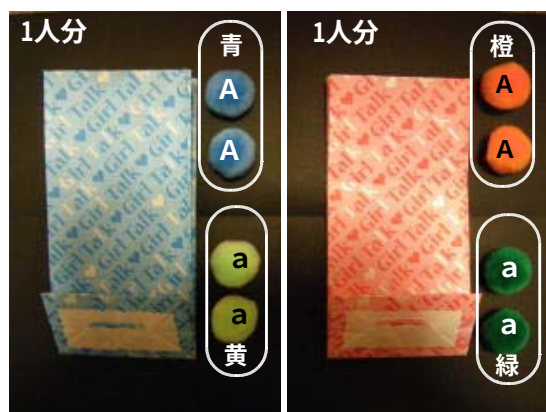
一遺伝子雑種で配偶子の分離比および子の分離比を求める場合、統計的に意味のある大きさをもった集団である必要があることを実感させるために、母数が小さいと誤差が大きいことを確認させた後、どのようにしたら誤差が小さくなるかについて思考させる。また、実験データを分かりやすく表現する方法（グラフの作成）について思考させる。

目的

- ・ 遺伝の問題で分離比（配偶子の分離比および子の分離比）を求める場合、統計的に意味のある大きさをもった集団である必要があることを実感する。
- ・ 実験データを分かりやすく表現する方法について思考する。

準備（2人分）

- ・ 手芸用ボール*¹ 8個
 - 青・黄・橙・緑の4色×2個
 - 直径30mm程度で、柔らかく転がりにくいものがよい。
 - （コインやおはじきは落とすと音がする。）
- ・ 紙袋*² 2枚
 - 赤・青2色
 - 縦175mm 横90mm マチ50mm



配偶子モデル

方法

1) 遺伝子型Aaの個体がつくる配偶子の遺伝子型とその分離比

- ① 袋の中にAのボール2個とaのボール2個を入れる。
（減数分裂で1つの母細胞から生じた4つの配偶子に相当する）
- ② 袋の中に手を入れ、中のボールを無作為に1つ取り出し、結果（A or a）を記録する。
（受精する配偶子に相当する）
- ③ ボールを袋の中に戻す。
- ④ ①～③を計10回繰り返す。

＊ここで、データの集計方法と効果的な表記の仕方を考える。

（事前にExcelなどで集計表を作成しておき、プロジェクターで投影する。）

- ⑤ 各自で求めた10回分のデータをPCに入力する。

〈発問1〉表のデータを見て分かることは何か？

→ 生徒はここで、“データにバラツキがある”ことに気付く。

〈発問1〉なぜ理論値の「1：1」とならないのか？どのようにしたら理論値に近づくか？

→ 生徒から「母数を増やせば誤差が小さくなる」との意見が発表されるとよい。

- ⑥ 隣の生徒のデータと合わせて、20回分の分離比を求め、発表する。（→データ入力）
- ⑦ 4人分のデータを合わせて、40回分の分離比を求め、発表する。（→データ入力）
- ⑧ 更に母数を増やし、次第に理論値（A：a=1：1）に近づいていくことを確認する。
（→グラフ作成）

＊1 手芸用ボール：14個入りで¥100程度

＊2 紙袋：12枚入りで¥100程度

II) 遺伝子型 A a の個体の自家受精により得られる子の遺伝子型とその分離比

- ① 袋の中に A のボール 2 個と a のボール 2 個を入れる。
- ② 2 人 1 組となり、各自の袋から無作為に取り出したボール（受精する配偶子）を 1 つずつ示し、組み合わせてできた子の遺伝子型（AA or Aa or aa）を記録する。
- ③ ボールを袋の中に戻す。
- ④ ①～③を計10回繰り返す。
- ⑤ 2 人 1 組で求めた10回分の分離比を求め、発表する。（→データ入力）
（I と同様に、生徒はバラツキが大きいことに気付く。）
- ⑥ 次第に母数を増やし、理論値（AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1）に近づくことを確認する。（→グラフ作成）

結果

I 遺伝子型 A a の個体がつくる配偶子の
遺伝子型とその分離比を答えよ。

$$A : a = 1 : 1$$

II 遺伝子型 A a の自家受精により得られる
子の遺伝子型とその分離比を答えよ。

$$AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1$$

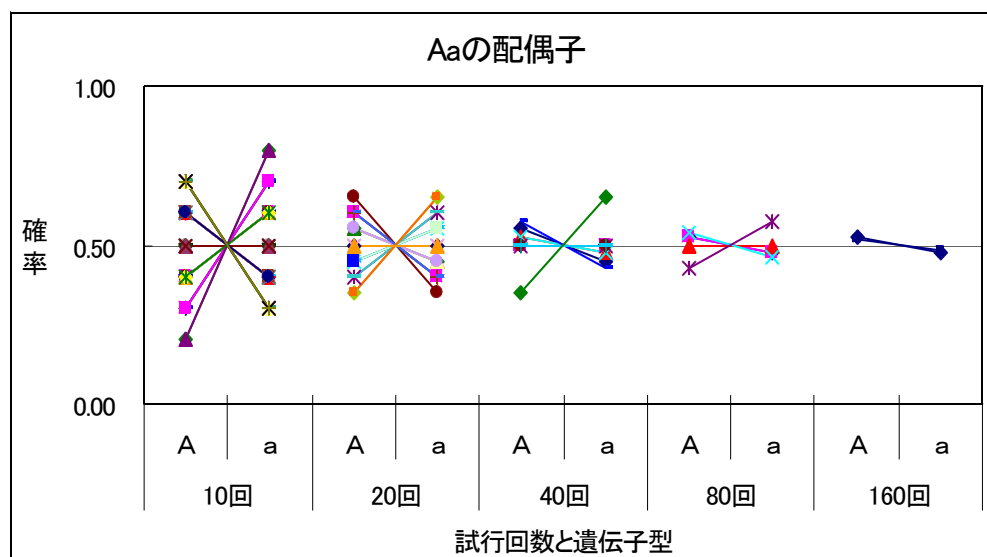
(例)

配偶子の遺伝子型	A	a
1回目	✓	
2回目	✓	
3回目		✓
4回目	✓	
5回目		✓
6回目	✓	
7回目	✓	
8回目	✓	
9回目	✓	
10回目		✓
計	7	3

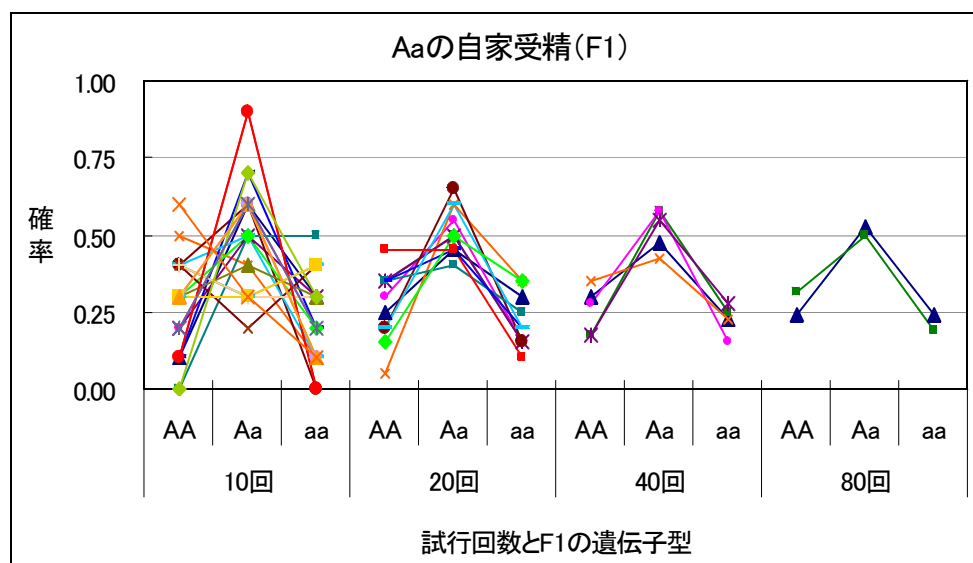
子の遺伝子型	AA	Aa	aa
1回目		✓	
2回目			✓
3回目			✓
4回目	✓		
5回目			✓
6回目		✓	
7回目		✓	
8回目	✓		
9回目		✓	
10回目		✓	
計	2	5	3

<集計方法1>

I) 遺伝子型A aの個体がつくる配偶子の遺伝子型とその分離比

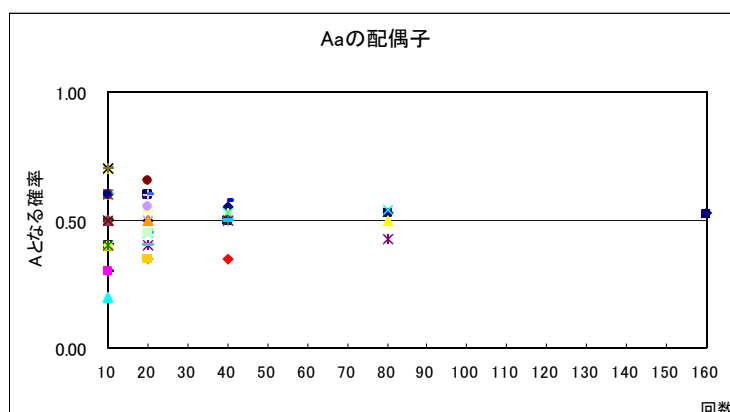


II) 遺伝子型A aの個体の自家受精により得られる子の遺伝子型とその分離比



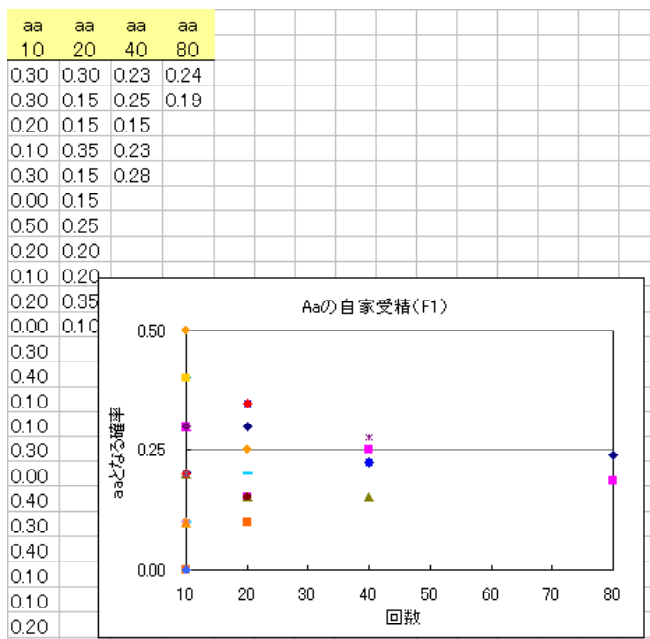
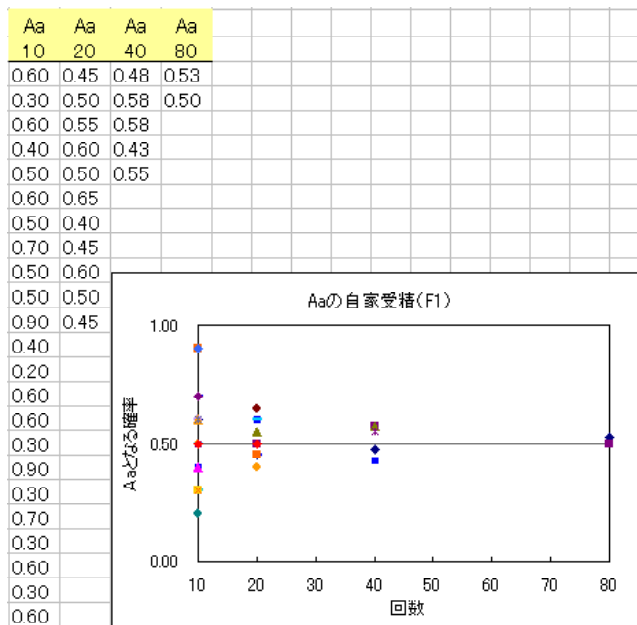
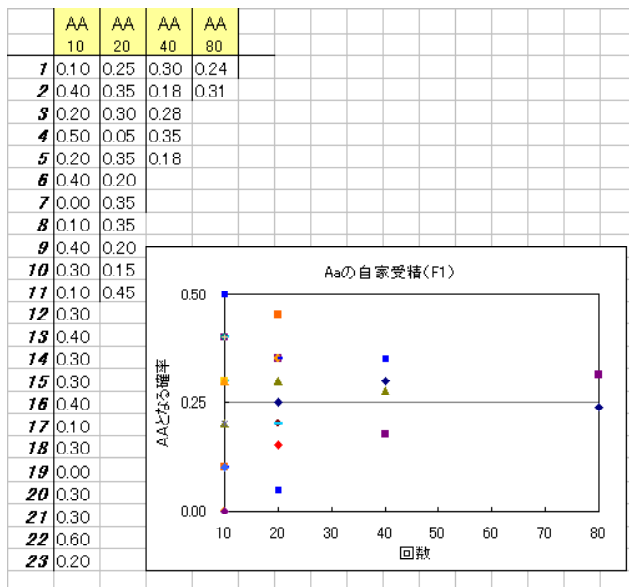
<集計方法2>

I) 遺伝子型A aの個体がつくる配偶子の遺伝子型とその分離比



II) 遺伝子型Aaの個体の自家受精により得られる子の遺伝子型とその分離比

班	10回			20回			40回			80回		
	AA	Aa	aa	AA	Aa	aa	AA	Aa	aa	AA	Aa	aa
1	1	6	3	5	9	6	12	19	9	19	42	19
2	4	3	3									
3	2	6	2	7	10	3						
4	5	4	1									
5	2	5	3	6	11	3	7	23	10			
6	4	6	0									
7	0	5	5	1	12	7						
8	1	7	2									
9	4	5	1	7	10	3	11	23	6	25	40	15
10	3	5	2									
11	1	9	0	4	13	3						
12	3	4	3									
13	4	2	4	7	8	5	14	17	9			
14	3	6	1									
15	3	6	1	7	9	4						
16	4	3	3									
17	1	9	0	4	12	4	7	22	11			
18	3	3	4									
19	0	7	3	3	10	7						
20	3	3	4									
21	3	6	1	9	9	2						
22	6	3	1									
23	2	6	2									



事例Ⅵ 身近な自然環境

指導のポイント

平成20年1月の中央教育審議会答申において、思考力・判断力・表現力等をはぐくむための例として、次のことが挙げられている。

○事実を正確に理解し伝達する

(例) 身近な動植物の観察や地域の公共施設等の見学の結果を記述・報告する

“身近な植物”として、校庭には多くの種類の植物が植えられている。自生種に対して、特に人とのかかわりの深い植物から関心を持ち、「緑」という漠然とした視点ではなく、種のレベルに目を向け、それぞれが特徴を持っていることを知るには、格好的教育資源である。また、校庭は実験試料の育成や見本林などの教材園としての役割も持つほか、稀少種の発見・保全、在来種と帰化植物の関係など、植物生態学や環境問題についても考えることができる場である。

校庭にある植物に関心を持たせる学習活動として、オリエンテーリング形式の授業展開がある。各植物に問題番号のプレート表示をつけ、種の特徴や同定ポイント、人とのかかわりや環境に関するトピック等について、クイズ形式にまとめた問題用紙、場所を示した平面図、解答用紙、クリップボード等を準備しておく。活動内容の説明を受けた生徒は数名のグループを編成し、校内の植物を観察して廻りながら、意見を出し合い、問題を解いていく。植物に関心を持ってきた後は、いろいろな媒体（図鑑、新聞、インターネット）から情報を収集し、校内植物図鑑や植物マップを作成する等の発展的な活動も考えられる。

本事例では、校庭の植物を題材にして、継続的な観察、結果の発表、意見交換を行うことにより、科学的な思考力・表現力の育成に取り組む授業展開例を作成し、ワークシートとして示した。ねらいと概要は以下の通りである。

ワークシート：校庭の植物

一年間を通して校内の特定の植物の観察を行い、季節変化等の生存戦略について資料をまとめ、発表させる。

目的

- ・ 自然と親しみ、生物を直接見たり触れたりする機会を増やし、自然を大切に感じる感性を養う。
- ・ 一年間を通して特定の植物の観察を行うことで、季節毎の植物の変化に気付く。また他の種との比較により、落葉・常緑、開花時期、雌雄の有無など、植物ごとに様々な生存戦略があることに気付く。
- ・ 観察した植物の様子を言葉で記述することで、表現力を向上させる。

準備

- ① クリップボード
- ② 植物マップ
- ③ 植物リスト
- ④ 植物用語の図解
- ⑤ 記録用紙
- ⑥ デジタルカメラ
- ⑦ 写真プリンター
- ⑧ 写真用紙
- ⑨ フックピン（掲示板用）
- ⑩ 二重リング（②・③・④の連結用）



①～④

<参考>

- ① A4サイズ ¥300程度
- ⑦ ¥18,000程度
- ⑧ Lサイズ100枚入り
¥2,500程度
- ⑨ 10本入り ¥100程度
- ⑩ 13号20本入り ¥100程度

方法

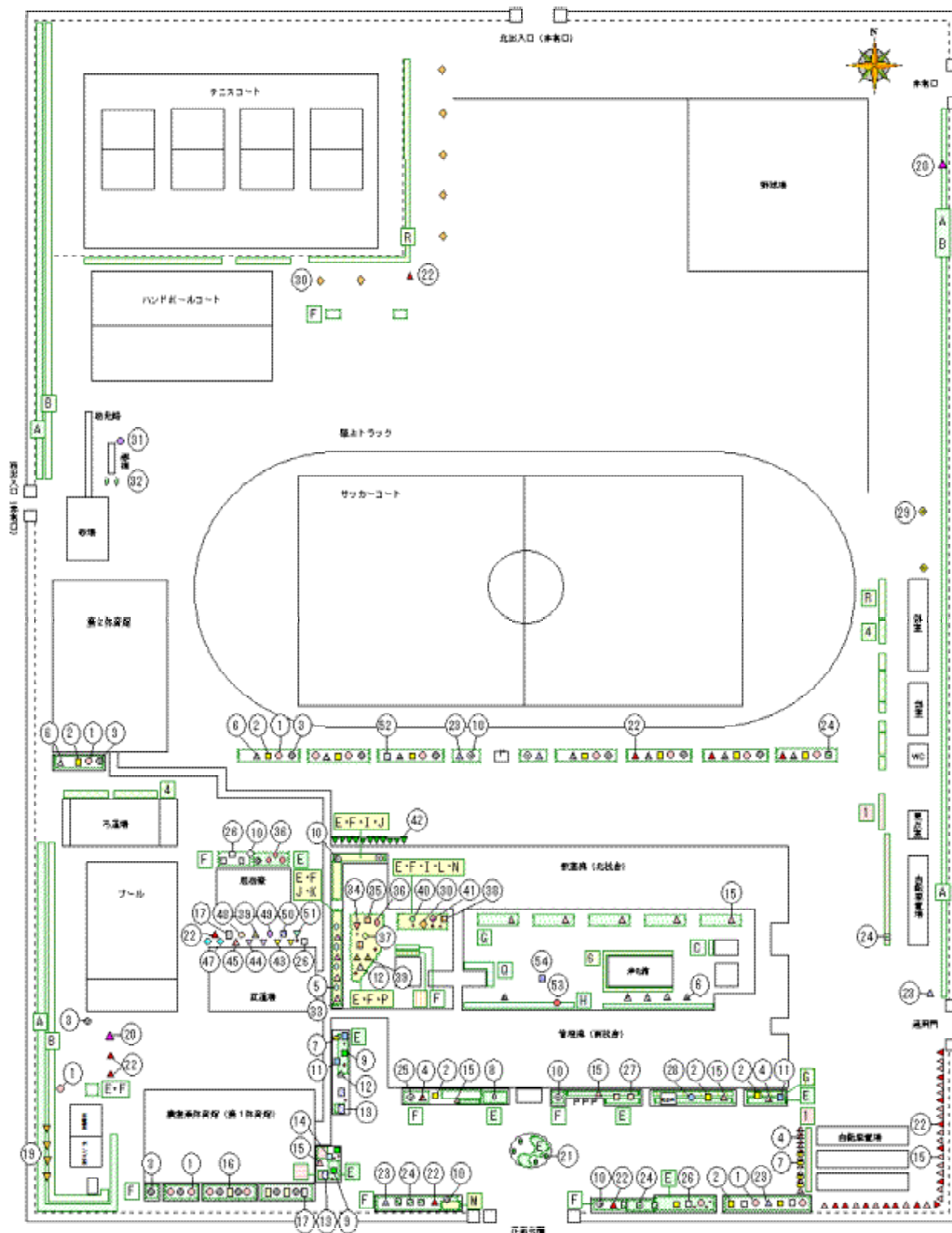
- (1) 初回の授業時に、別紙の「校庭の植物リスト」および「植物マップ」を見て、一年間を通して観察する担当植物（木本）を決める。
(第三希望まで記入し、希望が重なる場合は振り分けて分担する。振り分ける際は、裸子植物・被子植物、常緑樹・落葉樹など偏らないようにする。)
- (2) 2回目の授業時に、担当する植物、記録用紙の記入方法や観察のポイント、デジタルカメラやプリンターの使用方法等について確認する。その後、実際に校庭へ行き、各自が担当する植物を観察し、記録カードに特徴を記述する。
* 記述する際のポイントは、掲示された記録カードを見た人が、どのような植物であるかイメージできる（校庭で見かけたときに『コレのことだ!』と分かる）ような「分かりやすく具体的な記述」であること。
記入した記録用紙と写真は掲示板に張り出す。
- (3) その後は、各自で時間を見つけて継続観察する。1ヶ月に1回程度のペースで記録用紙と写真を提出し、定期的に掲示物を更新する。

<校庭の植物リスト>

小山西高 植物リスト (2007年10月調査, 2009年1月改訂)

マッ 記号	No	和名	学名	科	属	葉	花	果	備考	プレート	プレート数	支柱付	支柱なし
生垣	A	シラカシ	Quercus myrsinaefolia	ブナ科	コナラ属	常緑	高木						
生垣	B	ヒイラギモクセイ	Camellia x Fortunei	モクセイ科	モクセイ属	常緑							
生垣	C	キンモクセイ	Camellia fragrans var. aurantiaca	モクセイ科	モクセイ属	常緑	低木						
生垣	D	カンツバキ	Camellia sasagae cv. Fujikawa	ツバキ科	ツバキ属	常緑	低木						
植込み	E	サツキ	Rhododendron indicum	ウツギ科	ウツギ属	半常緑	低木						
植込み	F	ツツジ	#N/A	ツツジ科	ツツジ属								
植込み	G	トウゲ	#N/A	#N/A									
植込み	H	アオキ	Aspidistra japonica	ミズキ科	アオキ属	常緑	低木						
植込み	I	トベラ	Pittosporum tobira	トベラ科	トベラ属	常緑	低木		有		1		
植込み	J	ユキヤナギ	Spiraea thunbergii	バラ科	シモツケ属	落葉	低木						
植込み	K	シモツケ	Spiraea japonica	バラ科	シモツケ属	落葉	低木						
植込み	L	コウチナシ	Gardenia jasminoides var. radicans	アカネ科	クチナシ属	常緑	低木						
植込み	M	シンチョウグ	Daphne odora	シンチョウグ科	シンチョウグ属	常緑	低木						
植込み	N	ビオマナギ	#N/A	#N/A									
植込み	O	ヒイラギナンテン	Mahonia japonica	メギ科	ナンテン属	常緑	低木						
植込み	P	ヤマブキ	Kalmia japonica	バラ科									
植込み	Q	アジサイ	Hydrangea macrophylla f. macrophylla	アジサイ科									
生垣	R	ニオイヒバ	Thuja occidentalis	ヒノキ科									
	1	サングジュ	Klammia adriaticum	スイカズラ科	ガマズミ属	常緑	高木	17	有		2		2
	2	マテバシイ	Lithocarpus edulis	ブナ科	マテバシイ属	常緑	高木	14	有				4
	3	トチノキ	Aspidistra furcata	トチノキ科	トチノキ属	落葉	高木	14	有				2
	4	サザナカ	Camellia sasagae	ツバキ科	ツバキ属	常緑	小高木	12	有		4		
	5	タチカンツバキ	Camellia sasagae cv. Minata	ツバキ科	ツバキ属	常緑	低木	4					
	6	ツバキ	Camellia japonica	ツバキ科				13					
	7	ハナカイドウ	Malus halliana	バラ科	リンゴ属	落葉	高木	5					
	8	ヤシオククツ	#N/A	ウツギ科	ウツギ属	落葉	低木	1					
	9	クロマン	Pinus thunbergii	マツ科	マン属	常緑	高木	3	有				1
	10	キンモクセイ	Camellia fragrans var. aurantiaca	モクセイ科	モクセイ属	常緑	小高木	10	有		3		
	11	モクレン	Magnolia liliana	モクレン科	モクレン属	落葉	低木	3	有				2
	12	モッコク	Torreya gymnanthera	ツバキ科	モッコク属	常緑	高木	2					
	13	イトヒバ	Chamaecyparis pisifera cv. nana	ヒノキ科				3	有		1		
	14	ダイオウショウ	Pinus palustris	マツ科				1					
	15	ナンツバキ	Stewartia pseudocarnegiei	ツバキ科	ナンツバキ属	落葉	高木	31	有				6
	16	クスノキ	Cinnamomum camphora	クスノキ科	コウキ属	常緑	高木	2					
	17	グツグツ	Laurus nobilis	クスノキ科	グツグツ属	常緑	中高木	3					
	18	ササキ	Rubus argenteo-velutinus	バラ科				2					
	19	カキノキ	Disopynia kaki	カキノキ科	カキノキ属	落葉	高木	4					
	20	オオシマザクラ	Prunus lanceolata var. speciosa	バラ科	サクラ属	落葉	高木	2					
	21	キタヤマスキ	Cryptomeria japonica (L. fil.) D. Don var. radicans	スギ科	スギ属	常緑	高木	5	有		1		
	22	オモイロザクラ	#N/A	バラ科	サクラ属			23	有				4
	23	ソメイヨシノ	Prunus x yedoensis	バラ科	サクラ属	落葉	高木	5	有				3
	24	ヒマラヤスギ	Cedrus deodora	マツ科				8					
	25	ヤマボウシ	Banisteria japonica	ミズキ科	ヤマボウシ属	落葉	高木	1					
	26	シラカシ	Quercus myrsinaefolia	ブナ科	コナラ属	常緑	高木	7					
	27	ラカンマキ	Podocarpus chinensis	マキ科	マキ属	常緑	高木	2					
	28	ハナミズキ	Banisteria floribunda	ミズキ科	ヤマボウシ属	落葉	高木	1	有				1
	29	キズナモミ	Asplenium japonicum	モクセイ科	イボタノキ属	常緑	小高木	2					
	30	ケヤキ	Zelkova serrata	ニレ科	ケヤキ属	落葉	大高木	8					
	31	フジ	Heterocentria japonica	マメ科	フジ属	落葉	つる性	1					
	32	キウイ	Actinidia chinensis	マタタビ科	マタタビ属	落葉	つる性	2					
	33	ヤエザクラ	Prunus laurocerasus	バラ科	サクラ属	落葉	高木	5	有				1
	34	アカシデ	Carpinus laxiflora	カバノキ科	クマシデ属	落葉	高木	1					
	35	ユズリハ	Daphniphyllum macrocarpum	ユズリハ科	ユズリハ属	常緑	高木	1					
	36	モミジ?	#N/A	カエデ科		落葉		4					
	37	イマセデ	Quercus robur	ミズキ科	イマセデ属	常緑	高木	1					
	38	イザイ	Pinus cuspidata	イザイ科	イザイ属	常緑	高木	3					
	39	ウメ	Prunus mume	バラ科	サクラ属	落葉	小高木	3					
	40	ナンキンハゼ	Sapindus saponaria	トウダイグサ科	シラキ属	落葉	高木	1					
	41	モチノキ	Ilex integrifolia	モチノキ科	モチノキ属	常緑	高木	1					
	42	チャボヒバ	Chamaecyparis obtusa cv. densinervis	ヒノキ科				11					
	43	イチョウ	Ginkgo biloba	イチョウ科	イチョウ属	落葉	高木	2					
	44	シュロ	Tachycarpus fortunei	ヤシ科	シュロ属	常緑	高木	2					
	45	ヒガンザクラ	Prunus pendula f. ascendens	バラ科	サクラ属	落葉	小高木	1					
	46	タリ	Casuarina arborescens	ゴケ科				1					
	47	ハゼノキ	Pinus ascendens	ウルシ科	ウルシ属	落葉	高木	2					
	48	ミツマタ	Edgeworthia chrysantha	シンチョウグ科	ミツマタ属	落葉	低木	1					
	49	シュガーブルー	#N/A	バラ科	サクラ属			1					
	50	コウゾ	Broussonetia kazunohi	クワ科	カシノキ属	落葉	低木	1					
	51	シラカバ	Betula platyphylla var. japonica	カバノキ科	カバノキ属	落葉	高木	1					
	52	タイサンボク	Magnolia grandiflora	モクレン科	モクレン属	常緑	高木	1					
	53	ヤツデ	Fatsia japonica	ウラボシ科	ヤツデ属	常緑	低木	1					
	54	コナラ	Magnolia kobus	モクレン科	モクレン属	落葉	高木	1	有				1
	55	タマフウダン	#N/A	#N/A				17					

<植物マップ>



*上記の植物リスト・植物マップは、栃木県立小山西高等学校技査 上野正成 氏による平成19年10月の調査結果をもとに作成した。

<記録カード> (生徒の記入例)

(1枚目)

No. 49	日付(H21. 4. 27. 火) (2時頃) (天気 晴れ) (気温 20℃)	2 / 28
植物名 (和名・科名)	シュガー・プルーン バラ科	(1枚目)
特徴 (サイズ、根、茎、幹、葉、花、芽などの有無、構造、色、形など) シュガー・プルーンは 名前にあるように木の表面から樹液らしきものを 出している。(「サメグサ」or「カダツムリ」の跡や「あつ」)と関係にあっていて。 花が咲き終った跡や「あつ」(ウメの実)が散らばっていた。 ミドリ色のフモカ「タタ」いた。 葉の付き方：束生 花の形：2重雄蕊 葉の形：卵状長形 葉先：凸頭、葉の形：卵形 葉の裂け方：浅裂		
生育場所の様子 (日当たり、気温、水分条件など) 日差しが1時頃と当たる場所、土壌面は芝で少し乾燥していた。		
その他		

(2枚目)

No. 49	日付(H21. 6. 4) (1時頃) (天気 晴) (気温 20℃)	2 / 28
植物名 (和名・科名)	シュガー・プルーン	(2枚目)
観察記録 4月との変化点 ① 木の实ができていた。 ② 葉のサイズ up ③ アカイサシロトリスの虫の食い跡があった。 樹液量も減っていた。(木に付着している) その色は以前と変化がなかった。		

(3枚目)

No. 49	日付(H21. 7. 17) (14時頃) (天気 晴) (気温 29.5℃)	2 / 28
植物名 (和名・科名)	シュガー・プルーン バラ科	(3枚目)
観察記録 葉：灰化 果実：実が以前より大きくなっていて。 全体：木からたくさん固形樹液が分泌されていた。 樹液は樹液 ゴムのような感触 前回の観察のときとほとんど変化はなかったが、葉が青々としていた。 果実にはまだ緑色の蜜の目玉のようなものができていた。 果実の分布は枝の先		

(4枚目)

No. 49	日付(H21. 9. 16) (1時頃) (天気 晴) (気温 20℃)	2 / 28
植物名 (和名・科名)	シュガー・プルーン バラ科	(4枚目)
観察記録 葉の様子：以前より葉の枚数が減っていた。(虫食いも多かった) 実の様子：以前からの観察のときに見かけた実が1つだけ落ちていた。 土壌面にも木の実は落ちていた。 ◎ 前回との変化 全体的に葉が減るようになっていたが、木のいえるところから樹液が 分泌されていた。虫(例：アゲハ、アゲハ、アゲハ、アゲハ)のよう にも多く集まっていた。		

<掲示の様子>



おわりに

教師は、教えるべきことを伝えなければならない一心で、“一方通行”で“教え過ぎ”をしてしまい、かえって逆効果になることがある。各生徒の持っている知識、理解度に応じて、じっくり思考して記述させる時間を確保したり、各生徒の意見発表や生徒同士による討論を適宜取り入れたりすることで、学習意欲の向上が図れ、理解が進み、より効果的な授業展開が期待できる。長文の自由記述や生徒同士による教え合いは、時間がかかり、遠回り感があるので、取り組むには躊躇しがちである。しかし、科学的な思考力・表現力の育成のためには、それらを効果的に授業に取り入れたいものである。

また、そうした活動を授業だけでなく、家庭などでの自主学習において取り組む課題として提案しても良い。探究的な内容が含まれた課題の提示は、学習意欲の高揚や、学習内容の深化、学習習慣の確立にもつながる。教師は、科学的な思考力・表現力を高める活動に、生徒自らが生涯にわたって取り組むようになる工夫をしたい。

参考資料サイト

新しい高等学校学習指導要領

http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/kou/kou.pdf

高等学校学習指導要領解説（理科編）

http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2009/11/30/1282000_3.pdf

平成17年度高等学校教育課程実施状況調査

http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h17_h/index.htm

有機化学美術館

<http://www.org-chem.org/yuuki/urea/urea.html>

興和株式会社

<http://hc.kowa.co.jp/>

佐藤製薬株式会社

<http://www.sato-seiyaku.co.jp/>

Intel® Teach プログラム

http://www.intel.co.jp/jp/education/unitplans/high_005.htm

参考文献

PISA2006年調査 評価の枠組み OECD生徒の学習到達度調査 国立教育政策研究所監訳

TIMSS2007 理科教育の国際比較 国立教育政策研究所編

文部科学省 全国学力・学習状況調査

中等教育資料（平成17年12月） 国立教育政策研究所 教育課程調査官 田代直幸

中央教育審議会答申（平成20年1月）

思考力育成への方略 ―メタ認知・自己学習・言語論理― 井上尚美 明治図書

改訂版 高等学校生物Ⅰ 数研出版

チェック&演習生物Ⅰ 数研出版

全国大学入試問題正解生物 旺文社

ニューグローバル生物Ⅰ・Ⅱ 東京書籍

科学・178の大疑問 Quark & 高橋素子 講談社ブルーバックス

化学なんでも相談室 山崎 昶 講談社ブルーバックス

新しい高校生物の教科書 栃内 新・佐巻健男 講談社ブルーバックス

たのしくわかる生物100時間 千葉県高校生物授業研究会 あゆみ出版

高等学校における教科指導の充実
理 科《生物領域》
科学的な思考力・表現力を育成するための取り組み

発 行 平成22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/>