

生物分野の実験教材のコツ[†] —教員免許状更新講習「生物分野の実験教材を体得する」に代えて—

石井 照久*
秋田大学教育文化学部*

「生物分野の実験教材を体得する」は、秋田大学が主体となって開設した教員免許状更新講習の選択講習の一つであり、2014年から実施してきたが、コロナ禍により2020年と2021年は閉講となった。その後、免許の更新講習制度そのものが廃止となったことで本講習は2019年の開講が最後となった。本稿では講習で培ったノウハウをもとに、生物分野の実験教材のコツを紹介し、今後の新たな研修の資料としたい。

キーワード：生物実験のコツ，教員免許状更新講習，顕微鏡観察，食，食育，解剖，教員研修

はじめに

2022年7月1日をもって教員免許状の更新制度が廃止された。それに伴い2009年度から実施されてきた教員免許状更新講習も終止符をうった。

教員免許状更新講習の実践報告はたくさんある。ほんのすこし例示すると、石井(2013)はDNAに関する講習を実施し報告している。さらに、石井(2021)では同じく「食・食育を生物学から考える—自ら食材を解剖・観察する—」講習の実践報告を行うとともに遠隔での実施方法をも模索していた。

新学習指導要領が施行された後も、小学校・中学校・高等学校における生活科・理科・生物での実験・観察の重要度に変化はない(文部科学省, 2018a, 2018b, 2019)。

全国学力・学習状況調査における理科の調査において、秋田県はいずれも好成績を収めている(石井・佐藤, 2015; 石井・石丸, 2017)。小中学校では、実験・

観察を含めた理科の授業が充実していたと考えられる。

その一方で、高等学校の生物系の科目において、実験の実施に困難を感じている教員が多いことも判明している(石井・松崎, 2014)。

著者は、教員免許状更新講習において、2014年度から選択科目「生物分野の実験教材を体得する」を秋田大学で担当していた(石井, 2021)。

2020年度と2021年度、秋田大学が開講する教員免許状更新講習はすべて遠隔スタイル(=通信式講習)となった。実験や解剖を伴う「生物分野の実験教材を体得する」講習は遠隔スタイルにそぐわないため、その2年の間を中止とした。再開となるはずだった2022年度からは、更新制度そのものが廃止となり、再び開講することはなくなった。

そのため「生物分野の実験教材を体得する」講習は2019年の開講が最後となった。

今回、2014年度から2019年度までの教員免許状更新講習の実践で得た知見を活かし、生物分野の実験教材を扱う際のコツを紹介したい。

また、本報告が少しでも教員免許状更新講習「生物分野の実験教材を体得する」の代替的な役割を担い、今後の教員研修などの資料として利用されることも期待したい。

2023年1月6日受理

[†]Teruhisa ISHII*, Report of knacks in biological experimental subjects, as substitute for "Learn by experience of biological experimental subjects" in Courses for Teachers' License Renewal in Akita University

*Combined Courses for English, Mathematics and Science Teachers, Faculty of Education and Human Studies, Akita University

秋田大学教員免許状更新講習選択科目「生物分野の実験教材を体得する」で取り扱った内容

2019年に実施した18時間分（3日間で実施）の講習で配布・使用したテキストの内容のうち、時間配分と授業内容を中心に抜粋・改変して以下に掲載した。以下は、授業者の授業メモとして作成した箇条書きが中心であり、加えて理科における大切な授業内容や実験項目を含んでいる。以下において、実験教材の扱い等に関するコツを、後ほど説明を加える項目については*印を付している。

第一日目の授業の主な内容

100分のコンテンツ

- ・ガイダンス
- ・タバコの害について（最悪のものです） 食品でない！ 生き物由来の毒物。
- ・未成年にタバコの害を伝え、触れさせない教育の重要性。
- ・教育者がまず見本・手本になってタバコを避けるべき。
- ・タバコのヤニは顕微鏡にも有害。喫煙者は遺伝子DNAを扱う実験に失敗しやすいといわれている。
- ・先生が実際に作った教材のほうが、児童・生徒の反応がよい。また、こちらも教材を作り、調べる過程でいろいろ知ると伝えたい。
- ・*1 校内から、校庭から、スーパーマーケットから、観察材料を調達する。

実体顕微鏡を解説する

- ・実体顕微鏡はルーペ（虫メガネ）を強力にしたもので落斜式照明が主。操作が比較的簡単である。
- ・*2 実体顕微鏡のメンテナンスを解説する。やっではいけないメンテナンスについても。
- ・*3 やっではいけない観察方法について。

90分のコンテンツ

- ・実際に実体顕微鏡のメンテナンスを体得する。
- ・実体顕微鏡の操作方法・観察方法を解説する。ルーペについても。
- ・実体顕微鏡でピントあわせをする（*4 お札、プリント物、砂とその他）。
- ・スケールについて解説する。
- ・土壌中の微小生物を採集する方法のうち、*5 簡

易バールマン装置と*6 簡易ツルグレン装置を解説する。

- ・*7 デジタル教材作成のコツを解説する（対象物、スケール、構図）。

85分のコンテンツ

- ・外に出て、実体顕微鏡で観察したい対象を採集してくる（花、昆虫、腐葉土、土壌、コケなど）。
- ・簡易バールマン装置（and/or簡易ツルグレン装置）にコケ等をセットする。
- ・採集したものを実体顕微鏡で観察し教材を作成する（ルーペも活用する。2-3枚重ねも可能）。
- ・簡易バールマン装置で得られた生物（*8 クマムシは比較的容易に採集できる）を実体顕微鏡で観察し教材を作成する。
- ・時間があればダンゴムシの行動について、解説する。

85分のコンテンツ

- ・実体顕微鏡のクリーニングほか

第二日目の授業の主な内容

100分のコンテンツ

生物顕微鏡を解説する

- ・普通の生物顕微鏡は作ったプレパラートをみるためのもので、透過式照明が主。操作方法が複雑で、使いこなすにはかなり慣れが必要となる。
- ・*2 生物顕微鏡のメンテナンスを解説する。やっではいけないメンテナンスについても。
- ・*3 やっではいけない観察方法について。
- ・実際に生物顕微鏡のメンテナンスを体得する。
- ・生物顕微鏡の操作方法・観察方法を解説する。
- ・生物顕微鏡でピントあわせをする（用意したプレパラート2種）。
- ・スケールについて解説し、接眼マイクロメーターと対物マイクロメーターを実際に使ってみる。
- ・[*7 対物マイクロメーターは、1mmを100等分したものです。そのため、1目盛は10 μ m（ミクロン=マイクロメーター、マイクローメーターともいう）（1mm=1000 μ m）となります。同じ倍率でマイクロメーターと観察対象をそれぞれ2つの写真にとり、2つの写真を見比べて対物マイクロメーターの目盛を使って観

察対象の大きさを測定できます（実際にはパソコンの画面上で行うことが多いです）。」

- ・「観察中に直接測定するには、対物マイクロメーターに加えて、接眼マイクロメーターというのを接眼レンズ部に装着し、対物マイクロメーターの目盛を接眼マイクロメーターにおきかえる作業をあらかじめ行っておきます。そうすると接眼マイクロメーターのみで大きさを測定できます（接眼マイクロメーターにも細かい目盛が入っています）。」
- ・*7 デジタル教材作成のコツを解説する（対象物、スケール、構図）。

220分のコンテンツ

- ・普通の生物顕微鏡観察では、良いプレパラート作成が肝心。対物マイクロメーターの撮影は必須。
- ・生物顕微鏡で教材作りを体得する。
- ・顕微鏡はこまめにクリーニングする。

「各自、自分で適切なプレパラートを作成して観察してください。」

*9 染色液は、

- ・酢酸オルセイン、酢酸カーミン、トルイジンブルー、メチレンブルー（核を一様に染める）
- ・メチルグリーン・ピロニン（DNAとRNAを染め分ける）
- ・ヨウ素液（デンプンと反応する）
- ・[*10ファンタジー（水の通り道を染める）のうち本日は口頭でお知らせするものを用意しています。]
- ・バナナ（果肉細胞をスライドグラスになすりつけて生をそのまま封入、もう一つはヨウ素液で封入しヨウ素デンプン反応をみる）
- ・*11タマネギ（生を水で封入、染色液で封入しDNAとRNAを染め分ける）
- ・*12サンチュ（生を水で封入）
- ・*13自分の細胞（口腔内上皮細胞）（核染色）（メチレンブルーを洗い流してから封入）。
- ・*14納豆（生をそのまま封入）。
- ・*15ヨーグルト（生をそのまま封入）。
- ・*16酵母菌（生を水とともに封入）。
- ・*17ワカメ（塩蔵を水で戻し、水とともに封入）。
- ・切花染色剤（ファンタジー）による道管の染色と観察（*18アスパラガス）。←肉眼での観察。

可能なら、切片をつくり、水で封入。

- ・花粉（生）。花粉はノーカバー観察（カバーをかけないプレパラートを観察する。対物レンズ40倍を使用する際でもノーカバーで大丈夫である。花粉の観察はDNAの塩基配列分析による新しい分類体系（APGIII, IV）において重要である。原始的双子葉植物（＝基部被子植物）の花粉の溝は基本的に1つであり、単子葉植物の花粉の溝も1つである。そのため石井・井田（2020）は、花粉の観察を中学校の授業に取り入れることを推奨している）。
- ・*19ユスリカの唾液腺染色体（染色）（フリーズドライを利活用）（酢酸カーミンで封入し押す）。
- ・*20水槽中の水生微小生物（生）（時計皿でみる場合＝スライドグラス＋時計皿；ただし対物10倍まで）（プレパラートでみる場合は対物40倍まで可能）。

40分のコンテンツ

- ・[*21いのちをいただく]より 絵本＋高校生が鶏を自分で飼育して・・・
- ・ありがたくいただく、もったいないの復活。
- ・生物の特徴は共通性と多様性。

第三日目の授業の主な内容

100分のコンテンツ

解剖教材に関して

- ・食と食材（生き物）との距離を縮めたい。解剖教材の復活を目指したい。
- ・食物（食材）はすべて生き物（由来）。生き物（由来）以外のものは食べていない。
- ・人は生き物（命）を襲って奪って食べている、を自覚する。
- ・生き物を知り、なぜ食う・食われるが成立するかを知ることは重要。「いただく」の意味。
- ・生物（細胞）の組成 基本的に全生物共通（理由は・・・） 生き方も共通
- ・始原生物（始原細胞）の誕生（約40億年前、きっと地球上で。生命は一度も絶えていない）
- ・3大栄養素（タンパク質、糖質（＝炭水化物）、脂質（脂）、核酸、ビタミン、無機塩類など
- ・ベジタリアンという言い方はずるい？（野菜も生き物、サラダは生き物の踊り食い）
- ・（生命操作、生物の大絶滅、生きた化石、の言葉のもつ危うさと生物の進化の本当の意味。）

- ・いろいろな生き物の違いに気づき、観察する楽しみを知る。
- ・興味をもつ→生き物について知る→粗末にしなくなる。無駄にしない、感謝の気持ちを持つ→生命のつながりを知るにつながる。
- ・人は食わないと生きていけない。エネルギーを作って動くが、エネルギーを作る道具はすり減る。
- ・エネルギーを作る道具こそがタンパク。食べ物を消化（酵素）するのもタンパク。
- ・食べたものを消化し、部品とする。部品から自分の体を作る。部品からエネルギーを得る。
- ・だからマグロを食べても赤身にならず、鶏を食べても飛べないし、牛を食べても牛肉にならない。
- ・すべて人は自分で人肉を作っている（これができないと病状状態）。
- ・生き物は自分に必要なタンパクを自前で作らないといけないのが生き物共通ルール。
- ・タンパクが生命現象の主役、その設計図がDNA、一時設計図（DNAのコピー）がRNA。
- ・だからDNAは遺伝子の正体と言われている。
- ・童謡「*22ぞうさん」。

190分のコンテンツ

- ・生き物を解剖・観察する。子どもたちに実践させてほしい。
- ・*23アジ煮干しとイワシ煮干し（耳石、脳、鰓、心臓、内臓などを見たい）。
- ・アサリ（*24心臓の拍動を見たい）。
- ・イカ（心臓が3つ）。
- ・*25シラス干しの観察（子どもたちに実践させてほしい）（ありがたくいただく）。

70分のコンテンツ

- ・*26バナナや野菜から簡易にDNAを抽出する。

生物分野の実験教材を扱う上でのコツと考察

本章では、教員免許状更新講習「生物分野の実験教材を体得する」の項目内容に加味して、著者の実験の経験等から得たコツを紹介し、あわせて考察する。著者のオリジナルだけでなく、さまざまな知見をもとに工夫を加えたものもある。おおいにまねをしていただけると幸いである。

前章のアスタリスクを付与した項目について

*1 本稿で扱っている生物材料の多くは、身近な小売店で購入できるものが多い。生物分野に詳しくなくても容易に入手できる材料や1年間を通じて入手できる材料を確保するために、ぜひ小売店を活用してほしい。学校の校庭からも調達することも有効である。

教員あるいは児童生徒が、観察するための生物を飼育することも、石井・茨木（2016）が指摘するように重要である。生物を飼育すると、いのちのことをより深く理解できる。百聞は一見に如かず、である。飼育の実体験・目の前の実物は、何にも代えがたい学習・教材であり、本物の迫力・教育効果である。

*2 顕微鏡の使い方・メンテナンス方法（新旧の顕微鏡に使える方法）、実体顕微鏡でも透過式の生物顕微鏡でも同じ方法が使える。

ボディは70-99.5%のエチルアルコール（エタノール）でガーゼや脱脂綿を使ってふく。使ったガーゼや脱脂綿は捨てる。

レンズは、石油ベンジン（普通のベンジンでも可）を綿棒にしみこませてやさしくふく。使った綿棒は捨てる。

レンズをキシレンやエタノールでふくのは決してやってはいけない。昔の顕微鏡と違ってレンズが接着剤でとめられている機種がほとんどであり、キシレンやエタノールを使うと接着剤が溶けてしまいレンズが緩んでくるからである。油浸レンズのクリーニングも同様である。

*3 片目で顕微鏡をのぞいて、もう片目でスケッチをする、のも決してやってはいけない。視力低下を引き起こすからである。古い資料だと片目で顕微鏡をのぞいて、もう片目でスケッチをすることが当然のように記載されているが、現在では、それは間違いであったことがわかっている。

*4 お札（1000円札、2000円札、5000円札、1万円札などの日本の紙幣）を実体顕微鏡で観察すると、その精巧な印刷に驚愕する。子どもたちは、その美しさに感激するとともに顕微鏡の世界のすばらしさを知ると思うので、お札の観察はお勧めである。

さらに、日本の印刷技術の高さも実感できるので、今後のキャリア教育にも好適な観察材料である。

ただ、観察するお札の準備と管理には配慮（もちろん紛失に注意；児童生徒に観察してもらうときは、教員が準備するのがよい）が重要である。またお札をコピーすることは違法なので決してやらないほしい。

*5 土壌中に生息する生物を観察する場合、もちろん生物を採集することが必要になる。土を掘って探す場合、肉眼サイズの生物は土をどかしながら目視で探し出すことができるので難しさはない。

一方で顕微鏡サイズの微小生物を探し出すときに用いる装置が、ベールマン装置とツルグレン装置である。まずはベールマン装置であるが、これはいわゆる水中での加熱あぶり出し方式である。

ドイツの動物学者のベールマンが、線虫などの湿生動物を土壌から抽出するために考案した装置である。ガラス漏斗の下にゴム管をつなぎ、漏斗のなかに細かい目の網を敷き、そのなかに生き物を含む土壌と一緒に水を入れ、上から電球で照らすのである。

土を浸している水が徐々に温められてくると、虫たちは水温のより低い下の方に移動してくるので、ゴム管の下で生物を抽出できる。

市販の装置が販売されているが、クマムシ研究者の鈴木氏の方法（鈴木、2012）を参考にすると、簡易版を容易に作成することができる。図1では鈴木氏の方法を参考に、約200cc容量のプラスチック製カップと茶こしを用いて作成したものである。

抽出方法は、いたって簡単であり加熱しなくてよい。土壌やコケを茶こしにに入れておく。一方でプラスチック製カップに水をはっておく。土壌などが入った茶こしを、そっと水がはってあるカップに水

没させるように載せる。そのまま30分以上放置する。そうすると土壌中の微小湿生動物が、カップの底にたまるのである。

自作の簡易ベールマン装置を用いて、これまでに線虫、アザミウマ、トビムシ、ダニ、さらに後述するクマムシなどが容易に抽出できている。

なお、土壌動物の調査方法については、青木氏による著書（青木、2005）がとてもわかりやすい手引き書である。

*6 ツルグレン装置も土壌生物を採集する装置だが、ベールマン装置で抽出できるものよりもややサイズが大きい動物であることが多い。そして、水中で抽出しない。

スウェーデンの動物学者ツルグレンが、イタリアのベルレーゼという昆虫学者が考案したベルレーゼ装置を改良したものである。こちらは乾燥によるあぶり出し法である。

土壌、枯葉や腐葉土などに電球の照明をあて、その乾燥を嫌う生物が下へ下へと逃げる性質を利用している。

教材を扱っているメーカーから、数種類のツルグレン装置が販売されている。乾燥を引き起こすために、電球の照明を使うものと、使い捨てカイロを使うものがある。

今回は、使い捨てカイロを使うタイプのツルグレン装置を参考に、簡単に自作した簡易ツルグレン装置を紹介する。

ホームセンターなどで配管に使う塩ビの幅広の漏斗型の管（図2Aの1）、網（図2Aの2、これを管の内部に置く）、カップ（図2Aの3）を入手して作成



図1 簡易ベールマン装置

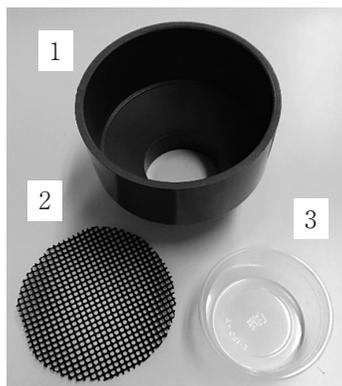


図2A 簡易ツルグレン装置



図2B 組み立てた簡易ツルグレン装置

する。図2Bは、組み立てた簡易ツルグレン装置を横から見たものである。実際には、図2Bの状態において、土壌や腐葉土などを、漏斗型の管の中の網の上に入れ、土壌や腐葉土に直接使い捨てカイロをのせて12時間以上放置する。また、下のカップの中には、70%エタノールを適量入れておく。

そうすると乾燥を嫌う生物が下へ逃げて網目を潜り抜け、筒からエタノール液の中に落ち込む、という算段である。

図2の簡易ツルグレン装置を用いて、土壌や腐葉土からきちんと生物が抽出できているので、ぜひ試していただきたい。

*7 デジタル教材を作成する際に、デジタル写真をとるのは容易だが、対象となる生物のスケールをきちんと表現することは大変である。

生物を接写するときは、物差しと一緒に撮影しておくことと便利である。そのままサイズがわかる写真となる。

顕微鏡撮影の場合は、対象の生物を撮影した時と同倍率で対物マイクロメーターを必ず別写真で撮影しておき、対象生物の写真にスケールを組み入れることが重要である。

*8 図1の簡易バールマン装置を使うことによって、容易に採集できるのが、クマムシである。ただ、クマムシを採集するコツがある。

まずは採集してきたコケの泥をできるだけ落として茶こしにぎゅうぎゅうにセットする。そして、30分以上たってから、カップの底をパスツールピペット（先がとても細くなっていて細い部分が5cmくらいあるガラス製のピペット）を使って、ゆっくりすくって、すくったものを、水ごと実体顕微鏡を用いて観察するとクマムシを発見できる確率があがる。

これまでの著者の経験では、なぜかパスツールピペット以外を使うとクマムシを発見できていない。鈴木（2012）では、パスツールピペットを使うことを必須とは述べていないが、パスツールピペットを使うことがコツである。

*9 細胞の中の核を染める染色液で有名なのが酢酸オルセインと酢酸カーミンであるのだが、逆に、これ以外の染色液でも核を染めることができること

については、あまり知られていないと思われる。上述した染色液も研究分野では、一般的な染色的であり、取り扱いが比較的容易なので、ぜひ使ってみてほしい。

さらに染色液については、石井ら（2012）に情報があるので、参照していただければと思う。

*10 植物体における水の通り道を確認する実験では、これまで導管が染まりにくく、苦戦することが多かったが、切花着色剤「ファンタジー」（パレス化学K.K.（横浜市）社製）を使うととてもよく導管が染まるので、お勧めである。

お試しセット（5色入り）だと、数千円で購入できる。また、購入した液を2倍から3倍に希釈して使えるのと何度も同じ希釈した液（捨てずにそのまま保管する）を使えるので、一度購入すると長期間使える。ファンタジーは、教育現場ですでに普及し始めている。

*11 食用タマネギは、入手が容易なこと、そして、細胞を観察することにおいてとても便利である。

細胞分裂を観察したい場合には、タマネギの種から発芽・発根させるよりも、食用タマネギから根を生やさせて分裂像を探したほうがとても楽である。

また、DNAを抽出することにも適しており（後述する）、さらに、核内の核小体（=仁）がピロニン液によってきれいに染色されるので、とてもよい観察対象である。

核内のDNAとRNAを染め分ける方法として、メチルグリーン（DNAを青っぽく染める）とピロニン（RNAを赤っぽく染める）による2重染色法があり、その際、無水エタノールやブタノールを使うことが一般的である。ここでは、とても作業を簡単にした方法を紹介する。

タマネギの鱗片葉の内側の表皮を、一般的に観察するときと同様に5ミリメートル四方に切り出し、スライドグラスにのせる。その上に、99.5%のエタノールを数滴、たらし数分待つ。

エタノールがある程度乾燥したら、その上から、5倍に希釈したメチルグリーン・ピロニン混合液（自分で調合する場合は、クロロホルムが必要となるので、すでに調合済みの試薬を購入したほうが便利である）を数滴たらし。そしてカバーグラスをかけて、はみ出た液を、ろ紙などで吸い取って、顕微鏡で観

察する。

高倍率で核を観察すると、核全体が青っぽく染まり、その中に、1から3個くらいの赤っぽく染まった核小体(=仁)が観察できる。

メチルグリーン・ピロニン混合液と99.5%エタノールがあれば、RNAの存在を確認できるので簡単である。タマネギの表皮細胞では、細胞によって核小体の数が異なることも観察できる。

細胞分裂の観察方法でのコツは、石井ら(2012)に詳細がある。石井ら(2012)は、発根させたタマネギの根を(エタノールと酢酸で)固定して(70%エタノール中で)保存し、使用直前に塩酸(固定しているため常温の塩酸でよい)処理をするとういことを述べている。石井ら(2012)に加えて、固定し塩酸処理を終えたタマネギの根は、酢酸カーミンや酢酸オルセインによってでも、きれいに分裂像を染め出すことができることをここで追加して述べておきたい。つまり、石井ら(2012)が述べている方法である、サフラニンとファーストグリーンの2重染色をすることは必須ではない。

*12 サンチュはレタスの1種であるが、サンチュは入手が容易であり、なおかつ、表皮細胞の形がとてもユニークで、ジグソーパズルのピースのような形をしている。

サンチュの表皮細胞のプレパラートを作るのには、すこし慣れが必要で、サンチュの葉をちぎって薄皮がとれたら、それを水で封入してプレパラートとする。

ただし、葉の中心に近い部分の細胞は、直方体や立方体に近い形をしており、観察しても感動は少ない。葉の周辺の部分の表皮細胞を、まずは孔辺細胞を手掛かりに観察をすると、同じピントでジグソーパズルの形をした細胞を観察することができる。児童生徒はサンチュの表皮細胞をみるととてもびっくりする。

児童が自力でサンチュの表皮細胞のプレパラートを作るのは大変なので、教員が準備し、ピント合わせまで行っておくとよい。細胞の形が面白く、生物の魅力をアピールできる。

サンチュでなくても、レタス、サニーレタスやリーフレタスでも大丈夫である。

*13 自分の口の中の口腔内上皮細胞を観察するの

は、手法としては、簡単である。綿棒を用意し、綿棒で菌茎のところを数度こすり、その綿棒をスライドグラスになすりつける。最近では、この方法が主流になりつつある。

その後、1分ほど放置してから、メチレンブルーなどの染色液をのせ、染色液を洗い流さずにカバーガラスをのせてプレパラートとする。

このプレパラートを観察すると、核が青く染色された口腔内上皮細胞が容易に観察することができる。あわせて、細胞内にいるバクテリアも染色されることが多く、バクテリアも観察できる。

従来は、つまようじなどを使って頬の内側をこすり取る方法が一般的であったが、その方法では出血することが多かったり、うまく細胞を採取できなかったり、していた。そこで、綿棒を使い菌茎をこすることが安全であるし、確実に細胞を採取できる。ただ、コロナ禍の場合は、感染に十分に注意を払って実施してほしい。

*14 納豆菌は、原核細胞からなる原核生物である。身近で観察しやすい原核細胞の代表ともいえる。納豆自体は、年間を通じて簡単に入手できる。納豆菌を観察する場合、1粒の納豆をスライドグラスになすりつける。これを2つ作っておく。その後、1つはそのままカバーガラスをかけ、もう1つはメチレンブルーなどの染色液をかけてからカバーガラスをかける。

染色をしていない生のものでは、納豆菌が探しづらいので、まずは、染色をしたもので納豆菌を確認するとよい。そして、2つのプレパラートを比較するとよい。

納豆菌を観察するには、400倍くらいの倍率は必要である。

*15 ヨーグルトも入手が容易であり、ヨーグルトのなかには、原核細胞である乳酸菌の仲間が数種入っているのが普通である。球菌の仲間、連鎖球菌の仲間、桿菌の仲間などである。入手したヨーグルトにより種類は様々であるので注意してほしい。

ヨーグルトに含まれている細菌をみる場合は、ヨーグルトをすこしとり、スライドグラスにのせ、そのままカバーガラスをかける。そして、やや色が薄いところを、重点的に観察すると、ヨーグルト成分の隙間において、下からの照明の熱で温められて

対流により流されている細菌を確認できる。

ただし、納豆菌と同じくらい小さいのと、ヨーグルト成分に紛れていて、なかなか見つけにくい。これには慣れが必要である。またメチレンブルーなどで染色しても生と比較して、あまり見え方は改善されない。400倍くらいの倍率が必要である。

*16 酵母菌（イースト菌）をみるためには、パンなどを作るために市販されているドライイーストがよい。ドライイーストは、イースト菌を文字通り乾燥させているが、たくさんのイースト菌を集めて顆粒状に乾燥させているため、肉眼だとさらさらな粒である。

児童生徒は誤って、この顆粒がイースト菌の1つの大きさだと思うことがあるので注意が必要である。

ドライイーストの顆粒を適量にとり、そこに水を加えて10分位経つと、もとのばらばらなイースト菌に戻る。これを水ごとすくいと、プレパラートにして観察するとよい。

イースト菌は、真核細胞であり、納豆菌やヨーグルト菌などよりもサイズが大きいことが実感できる。

*17 塩蔵・乾燥などのワカメを水にもどし、適度な大きさに切ってから水で封入してプレパラートとすると、ワカメの細胞が容易に観察できる。一度入手すると、数年以上保管が可能である。

*18 水の通り道を観察するのに、ファンタジーを用いることを勧めたが、その観察植物としてお勧めなのが、アスパラガスである。

1年中入手でき、茎が太いので、導管がきれいに染まり、染めた後の横断面では、維管束がバラバラに配置していることが肉眼でも観察できる。

また、縦切りにすると水の通り道がきちんとつながっていることを直感できる。

アスパラガスは単子葉植物であるが、双子葉植物を用いたいときは、セロリがお勧めである。入手が容易で、ファンタジーの染色で、維管束が輪状に配置していることが一目瞭然となる。

アスパラガスとセロリを用いることも教育現場で広がりつつあると思われる。

*19 だ液腺染色体を観察するのに、一般的材料がユスリカ幼虫であるが、現在、生きたユスリカ幼虫の入手は困難である。そこで、ペットの飼料として販売されている、冷凍かフリーズドライのユスリカ幼虫を用いることをお勧めする。

用意したユスリカ幼虫において、だ液腺染色体を観察できるかどうかを確かめておく必要がある。これまでの経験だと、冷凍材料でうまくいく場合とない場合があった。フリーズドライ材料でも同じであった。購入したロットみたいなものに（製造期間）依存しているのかもしれない。

そのため、入手できた場合は、事前に冷凍材料とフリーズドライ材料の両方を試すことをお勧めしたい。

観察方法は、一般的な押しつぶし方法で大丈夫である。

*20 生物顕微鏡では、一般的にプレパラートを作って観察する。一方で、水中の厚みのある生物を生きたまま、そのまま観察したい場合は、実体顕微鏡を用いて、時計皿やシャーレに厚みのある生物を水と一緒にに入れて観察する。

しかし、もっと高倍率で観察したいこともある。そのときは、生物顕微鏡を用いる。観察の方法は、新品のスライドグラス1枚を生物顕微鏡のステージにのせて、その上に、時計皿を載せて観察する。

時計皿には、厚みのある生物と水と一緒に入っている。このようにすると、生物顕微鏡の縦送りハンドルと横送りハンドルによって、時計皿の位置を動かすことができ、高倍率で観察できる。ただし、対物レンズは10倍までしか使えない。40倍の対物レンズを使おうとすると、レンズが水没してしまうので、やらないでほしい。

教育の現場では、シャーレや時計皿を高倍率でそのまま観察することができる倒立顕微鏡はないのが普通であるので、このようにすると厚みのある水中の生物を生きたまま高倍率で観察可能となる。

*21 「いのちをいただく」は内田美智子氏による実話をもとにしたお話である（内田ら、2009）。食肉加工センターで働く坂本さんが出会った牛の、みいちゃんとひとりの女の子の感動実話である。坂本さんのご家族も登場している。食べることをとても深く考えさせられるものである。「いのちをいただく」

は絵本（坂本ら，2013）としても発行されている。どちらでもよいので，ぜひ一読していただきたい。食育に最適な教材である。

*22 まどみちお氏による童謡「ぞうさん」には，実は，お互いの多様性を認め合おう，というメッセージがこめられている。

ストーリーの真実は以下である。ながい鼻を他の動物に馬鹿にされた小さなゾウが，胸をはって，それが遺伝であること，よって恥じることは無用なこと，さらに自分を生んでくれた母が大好きであること，を主張するのである。

この詩は，自己肯定の詩であり，他人を肯定する詩でもある。この詩の真相を子どもたちに大いに語りたいものである。

*23 石井と五十嵐（2020）は入手可能な小魚を使った教材例を示しており，石井（2022）は煮干しを乾燥したまま使った実践報告を行っている。煮干しのうち，マジ煮干しが入手できると，とても解剖しやすいので，お勧めである。

石井（2022）の実践にあるように，煮干しの魚から，脳，耳石，レンズ，心臓などを取り出し観察することを目標に解剖を実施すると，児童生徒の積極性が引き出せると思われる。

岩間ら（2008；2009），西川・鶴岡（2007），鳩貝（2004）が指摘するように，教育現場では，解剖教材の使用が極端に少なくなっているが，解剖教材は，生命尊重の意識を醸成するために，とても重要なものである。石井（2022）には，解剖の手順図も掲載されているので，ぜひ活用していただきたい。

食材となっている生物を観察し，体のつくりを理解することは，食育そのものであるとともに，人間である自分の理解にもつながるはずである。また，食べることについても思いがめぐるはずである。

*24 生きたままの生物を入手し，上手に解剖し心臓が拍動していることを目視で観察することには，前述のようにとっても意義がある。そのため，高等学校用の生物の教科書には，海産動物のマガキの心臓を観察することが掲載されていることがある。ただし，鮮度のよいマガキを入手することは困難である。

マガキを除外すると，個体のサイズから，心臓を観察するのに適しているのはハマグリであるが，こ

れも入手が困難である。そこでアサリをお勧めしたい。アサリは容易に，多数入手できる。そのため，1つでうまくいかなくても何個体も使うことが可能である。

アサリの心臓を観察する場合，なるべくダメージを与えないように2つの貝柱の各片側をはずして，片側の殻を開ける。そうして心臓部分を注意深く観察していると，心臓が拍動するのがわかる。片側の殻を全部開けなくても，心臓部分だけを開けてもよい。ただし，片側の殻をあけるのにヘラなどを用いるのだが，怪我に十分注意して（軍手などを着用するのがよい），実施する。殻を開けるのは難しいので慣れも必要である。

何個体も挑戦していると，徐々に慣れてくるのでうまく開くことができる。アサリ自体が弱っていないければ，かなりの高確率で心臓の拍動が観察できる。

1年を通して小売店から入手可能な生物で，心臓の拍動を観察できるのは，アサリくらいだと思うので，解剖はやや難しいが，ぜひ，教材として活用していただきたい。

*25 シラス干しは，カタクチイワシなどの稚魚（シラスという）を釜茹でし，干したものである。水分がほとんどなくなるまで乾燥させたものを，チリメンジャコあるいは単にジャコという。

シラスを目当てに漁をすると，一緒に他の動物の幼生や成体が混ざって網に入ることが多い。もちろん漁に使う網目サイズにも依存する。

チリメンジャコに混ざってくるほかの生物をチリメンジャコモンスター（単にチリモン）と呼ぶ風習もあるようだ。

海の近くでなくても，シラス干しは1年を通して，全国の小売店で販売されるので，とても入手しやすい。しかも，シラス以外の海の生物を観察できる絶好な材料である。

混じってくる生物は，もちろん漁場，季節にも依存するが，網目サイズに大きく依存する。そこで，シラス干しを購入するときは，シラス自体のサイズが小さいものを選ぶようにすると，おのずと混じっている生物の数も種類も豊富になる傾向がある。

ただ，最近では，シラス以外の生物を人為的に除去したシラス干しも販売されているので注意が必要である。

シラス干しは，小・中・高・大のいずれの教育段

階でも、学習目的を変えることで教育効果をあげることでできる優れた教材である。小学校では、観察に慣れたり、多様性を知ったりできる。中学校では、無脊椎動物および食物連鎖を学ぶことができる。高等学校では、動物門の概念や発生過程（幼生など）を学ぶことができる。大学では、プランクトン・ベントス・ネクトンを学び、さらにマイクロプラスチック問題を扱うことができる。

石井ら（2016）が指摘する、小・中・高・大の連携教育の重要性という点において、とても活用できる教材なのである。さらには、生涯教育の場でも、すなわち、対象年齢を問わず、楽しんで観察できる教材である。

*26 バナナは果肉細胞をスライドガラスになすりつけて、ヨウ素液をかけると、容易にデンプン粒の存在を確認することのできる優れた材料である。1年を通して簡単に安価にバナナを手に入れることが可能である。

DNAを抽出するにもバナナは適している。ただし、ろ過する際に注意が必要である。茶こしにペーパーフィルターをセットしてからろ過することが必要なのと、ろ過中に決して上から押し下りしないことである。

抽出する際の道具も楽である。ブロッコリーやタマネギをすりつぶすには、乳棒（すりこぎ棒で可）と乳鉢（すり鉢で可）が必要だが、バナナの場合は、スプーンと紙コップがあればすりつぶすことができる。

バナナからDNAを抽出すると、多少の雑味が混ざるため収量が多くみえる。すなわち抽出できたものがすべてDNAではないので、抽出実験にバナナを用いるのは不適である、との指摘もあるかもしれない。しかし、ろ紙などになすりつけて染色液で確認すると、きちんとDNAであることから、問題はないと考えている。

DNAを抽出するには、水、食器洗剤、塩、エタノール、があればよく、エタノールは消毒用でよいが、使用直前まで冷やしておくことが重要である。

実際のバナナ・ブロッコリー・タマネギでの抽出方法（著者による簡略版）を下記する。

他の野菜でも基本的に下記の方法で抽出可能である。野菜によって茶こしにペーパーフィルターを入れるかどうか試してほしい。

もし、ニワトリなどのレバーから抽出する場合は、レバーを冷凍し、まずすりおろすとよい。そして、ろ過する前に2、3分電子レンジ処理をしてタンパクを熱変性させるとよい。

DNAの抽出方法

○全体の下準備：500ccのビーカーに水500cc（あるいは200cc）を入れ、そこに食塩を60g（あるいは24g）、台所用合成洗剤を大さじ1杯=15cc（あるいは6cc）、それぞれ混ぜながら溶かす。これがDNA抽出液となる。

1) ブロッコリーの先端の2-3房分を乳鉢にいれて、それぞれよく乳棒ですりおろす。タマネギの場合は、みじん切りにしたものを電子レンジで適宜処理して、すりつぶしやすくすること。ただしこの場合電子レンジで乳鉢が熱くなっているので、やけどに十分注意すること。バナナは1/3くらいを紙コップにいれてスプーンですりつぶす。

2) 十分にすりおろした中に、DNA抽出液を大さじ2杯分（=30cc）加えた後、ゆっくり静かに乳棒等で混ぜる。その後DNA抽出液をさらに70ccくらい加えた後、ゆっくり静かに乳棒等で混ぜる。

3) 20分放置。

4) 透明なコップに茶漉しをセットし、茶漉しで乳鉢の中身をこし、透明なコップに入れる。バナナのほうは、茶漉しにペーパーフィルターをセットして、ろ過する。

5) 茶漉しをはずし、4)の2倍量のエタノールをコップの内面伝いに、ゆっくりと層になるように注ぎ、しばらく放置する。（エタノールはあらかじめ冷やしておく）

6) エタノール層（上）に白いふわふわしたものがあらわれる。これがDNAである。

上記以外の実験教材に関するコッ

・花粉管を伸長させて観察したいが、これがなかなかの難題実験である。石井ら（2012）は、花粉管の観察に適した植物をあげているが、入手しやすい野草でも適したものがある。

セイヨウタンポポ、ヒメオドリコソウ、ドウダンツツジ、ナナカマド、シロツメクサ、ツバキ、ハルジオン、などの校庭で入手可能な植物たちである。

これらの植物の花粉を、固まった寒天（砂糖入り）

上にまくのだが、端の方にめしべのスライスをおくほうが、花粉管が伸長しやすい。

ただし、石井ら(2012)で紹介しているハウセンカ、ムラサキツユクサ、インパチェンスなどと比較すると花粉管が伸びるのに要する時間は長い。

前述の野草を使うと1時間位を要する。もともと花粉管を伸長させるのは、とても難しいので、身近な野草で花粉管の伸長を観察できるだけでもよしとしたい。

・コウジカビなどを生物顕微鏡(透過式の照明)で観察すると、どうしてもプレパラートの下から光が通過してくるため、観察対象が黒っぽくなってしまってみづらい。

高倍率の実体顕微鏡があれば、上から光を当てる落射式照明のため、とてもきれいにコウジカビの花(胞子の集合部)の様子が観察できる。

しかし、高倍率の実体顕微鏡を保有している教育現場は少ないため、次の方法をお勧めしたい。

生物顕微鏡でコウジカビのプレパラートを対物レンズ10倍とか40倍で観察するのだが、この時、顕微鏡の照明を最小にするかオフにして、そのかわりに、懐中電灯(できるだけ照度が高いもの)の光を斜め上からプレパラートにあてて観察する。

このようにすると、落射式の照明となり、コウジカビの花が白いことが観察できる。

なお、コウジカビの花を準備することは意外と簡単である。市販の麴を入手し(1年中入手可能)、炊いた米に混ぜて軽くふたをして、数日、室温で放置するとよい。それだけで、炊いた米を覆うようにたくさんのコウジカビの花が咲く。

以上、実験についてのコツと考察を、詳細に述べてきた。教員免許状更新講習が廃止されたので、これらのことを更新講習の実験の場で伝授することは困難となったが、ぜひ上述を参考にして、実施していただきたい。

そして、もし不明な部分、もっと知りたい部分、等等があれば、著者にご連絡いただければ、できる限りお応えしたいと考えている。

謝辞

本稿で取り扱った教員免許状更新講習の選択講習科目「生物分野の実験教材を体得する」の実施・運

営に関しては秋田大学教員免許状更新講習推進センターの事務室の方々に大変お世話になりました。ここに御礼申し上げます。

文 献

- 青木淳一(2005);だれでもできるやさしい土壤動物のしらべかた. 合同出版株式会社 東京都千代田区
- 石井照久(2013);教員免許状更新講習「実験で学ぶ生物の遺伝子DNA-自らDNAを抽出する-」-in 秋田大学-実践報告. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要35:165-174.
- 石井照久(2021);「食・食育を生物学から考える-自ら食材を解剖・観察する-」-教員免許状更新講習in秋田大学-. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要43:53-61.
- 石井照久(2022);コロナ禍での乾燥した煮干しをそのまま用いた中学校での解剖授業の実践報告. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要44:43-50.
- 石井照久・五十嵐弘輔(2020);小学生を対象にした新規解剖教材の開発. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要42:39-47.
- 石井照久・石丸杏子(2017);全国学力・学習状況調査の平成27年度の理科について-秋田県と千葉県の場合を中心に-. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要39:93-106.
- 石井照久・井田秀奈美(2020);APGIII・IV体系に基づいた中学校理科の被子植物に関する授業開発について. 秋田大学教育文化学部研究紀要教育学75:7-15.
- 石井照久・茨木智裕(2016);秋田県産トウホクサンショウウオを用いた中学校理科教材の開発-鰓に注目して-. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要38:79-90.
- 石井照久・佐藤彩弥佳(2015);平成24年度全国学力・学習状況調査の理科について-秋田県の結果を含めて-. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要37:55-68.
- 石井照久・佐藤美千代・柳谷 諒・佐藤 信(2016);大学のライフサイエンス系教養教育科目への小学校・中学校・高等学校からの接続を考える. 秋田大学教養基礎教育研究年報18:19-32.
- 石井照久・保坂 学・佐藤宏紀・三浦益子(2012);

- 中学校理科の生物分野と高校生物で指導上難しさを感じる事項と改善方法に関する考察. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要34: 145-156.
- 石井照久・松崎加奈 (2014); 秋田県内の高等学校の生物分野における教科書記載の実験項目の実施状況に関する研究. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要36: 161-176.
- 岩間淳子・鳩貝太郎・松原静郎・下条隆嗣 (2009); 小学校理科における生命観育成及び科学的概念形成のための生物教材の分析－「魚の解剖」を例にして－. 科学教育研究 33(2): 118-130.
- 岩間淳子・鳩貝太郎・松原静郎・山岸諒子・下条隆嗣 (2008); 小学校理科「魚の解剖」とその教育的意義の分析－科学的概念形成と生命観育成をめざして－. 日本科学教育学会第33回年会論文集 465-466.
- 内田美智子・諸江和美 (2009); いのちをいただく. 西日本新聞社 福岡市
- 坂本義喜・内田美智子・魚戸おさむとゆかいななかまたち (2013); 絵本いのちをいただく. 株式会社講談社 東京都文京区
- 鈴木 忠 (2012); クマムシ. 研究者が教える動物飼育 (共立出版株式会社 東京都文京区) 第1巻: 91-98.
- 西川浩輔・鶴岡義彦 (2007); 小・中学校理科授業における動物解剖の現状. 生物教育47(4): 146-156.
- 鳩貝太郎 (代表) (2004); 生命尊重の態度育成に関わる生物教材の構成と評価に関する調査研究. 科学研究費研究成果報告書 (課題番号13680219) 19 文部科学省 (2018a); 小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編. 株式会社東洋館出版社 東京都文京区
- 文部科学省 (2018b); 中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編. 学校図書株式会社 東京都北区
- 文部科学省 (2019); 高等学校学習指導要領 (平成30年告示) 解説理科編理数編. 実教出版株式会社 東京都千代田区

Summary

Teachers' License Renewal classes in Akita University were already finished. One of them "Learn by experience of biological experimental subjects" practically was also finished in 2019. In this report, knacks in biological experimental subjects are mentioned as a substitute of "Learn by experience of biological experimental subjects".

Key Words : knacks in biological experimental subjects, teachers' license renewal course, observation by microscope, food, food education, dissection, training for teacher

(Received January 6 2023)