

「植物の水の通り道」の単元で活用できる身近な植物と維管束のつくりを学ぶための線画による教育素材の開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-03-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 西沢, 徹, 大野, 未由季, 林, 雅恵, 大山, 利夫 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/10110

「植物の水の通り道」の単元で活用できる身近な植物と 維管束のつくりを学ぶための線画による教育素材の開発

福井大学教育学部 西 沢 徹
福井大学教育地域科学部 大 野 未由季*
福井大学教育学部 林 雅 恵
福井大学教育学部 大 山 利 夫

小学校第6学年および中学校第1学年の内容である「植物の水の通り道」の単元で活用可能な生物教材について、身近な環境から入手が可能な植物を対象に選定を行い、教材としての適性を評価した。野生もしくは植栽されている11種の植物を福井大学文京キャンパスの構内から採取し、理科授業における観察材料の確保に際して参考となるような生物学的な特徴や、観察に適した試料を調整するための条件を検討した。本研究では茎の維管束を対象を絞り、植物の通道組織を染色する用途に開発され、教材用に市販されている「植物染色液（ナリカ）」を使用し、染色液の濃度と吸水させる時間を変え、維管束の組織が容易に認識できる条件を調べた。さらに、水の通り道のつくりとはたらきについて関心を深め、実感を伴った理解を図ることができるように、茎の横断面の特徴を線画で表したイラストを作成し、観察に基づく理解や学習内容の定着を助ける補助教材への活用法について考察した。

キーワード：生物教材、維管束、植物の水の通り道、植物染色液、小中学校理科、線画教材

I. はじめに

I-1. 単元内容の概要と課題

小学校第6学年および中学校第1学年において、植物の体には根から吸い上げられた水の通り道があり、植物の体全体に水が行きわたるつくりがあることを学習する。平成20年3月に公示された小学校学習指導要領（理科）では、「第2 各学年の目標及び内容」の第6学年の内容「B 生命・地球(2) 植物の養分と水の通り道」において、「植物を観察し、植物の体内の水などの行方や葉で養分をつくる働きを調べ、植物の体のつくりと働きについての考えをもつことができるようにする。」とされている¹⁾。同時に公示された中学校学習指導要領（理科）では、「第2 各分野の目標及び内容」の第2分野の内容「(1) 植物の生活と種類 イ 植物の体のつくりと働き (イ)葉・茎・根のつくりと働き」において、「いろいろな植物の葉、茎、根のつくりの観察を行い、その観察記録に基づいて、葉、茎、根のつくりの基本的な特徴を見いだすとともに、それらを光合成、呼吸、蒸散に関する実験結果と関連付けてとらえること。」とされている²⁾。植物の体のつくりと働きを関連付けてとらえ、植物についての理解を深めさせるために、小中学校どちらの内容においても「観察、実験を通して」理解の充実を図ることが求められている。実際にこれらの単元では、材料となる植物を食紅や赤インクで着色した色水に挿して吸水させ、水の通り道となる部分（正確には維管束の木部組

織）に染色を行った上で、葉や茎の断面を観察する。この色水を使って維管束を染める方法は古くから一般的に行われているが、その一方で、理科を担当する教員からは、次に述べるような2つの難しさが指摘されることが多い。一つは「植物の染まりが悪い（色水の吸い上げが悪い）、あるいは色水を吸わせると植物がすぐに萎れてしまう」ことである^{3,4)}。実際に、食紅の色素成分であるブリラントスカーレット3R（赤色102号）やブリラントブルーFCF（青色1号）は分子量が大きく、細胞膜の透過性が低いことから、思うような染色効果が得られない場合が多い。さらに市販の食紅には大量のデキストリンが添加物として加えられており、植物細胞に比べて色素液の浸透圧が大きくなる点も、色素の浸透を妨げている。またインクの成分には、顔料以外に溶剤やキレート剤（EDTA）、防カビ剤などが含まれている。色水に挿した植物がすぐに萎れてしまうのは、これらの添加物がもたらす毒性による影響が大きいことによる。

教員が感じているもう一つの難しさは、教科書で採り上げられている材料が入手できない場合に、どのような植物で代用できるのかという点である。教科書とは異なる植物を栽培に活用していたり、本単元の実施時期において、観察に適した大きさまで植物が成長していなかったりする場合など、適切な材料の調達が難しい場合がある。このため、生物教育においては、教科書と同じ材料が入手できない状況を想定して、代用品となるさまざまな材料（生物種）とその入手方法を把握しておくことが大変重要になってくる。

*平成27年度理科サブコース卒業生（現 鯖江市立鯖江東小学校）

教員免許状更新講習時のアンケートや地域のブロック単位で自主的に行われている教員研修会などにおいて、特に小学校の教員からこのような材料の入手に関する質問が寄せられている⁴⁾。小学校の教科書では、成長を観察する目的で栽培しているホウセンカを利用している例が圧倒的に多く、福井県下の公立小学校で採用されている教科書（東京書籍）でもホウセンカが紹介されている⁵⁾。中学校では、単子葉類と双子葉類³⁾における体のつくりの違いを学習することが目的の一つとなっている。このため、福井県下の公立中学校で採用されている教科書（東京書籍）では、ヒマワリとトウモロコシの苗を材料として使用し、それぞれの維管束のつくりについて、比較しながら観察を行っている⁶⁾。植物の体のつくりには「根、くき、葉」があることを、ホウセンカやヒマワリなどの栽培を通じて小学校第3学年で学習している⁷⁾。自分たちで栽培し、観察を行った経験がある植物を、第6学年の本単元で用いることは、これまでに学んできた植物の体のつくりが、植物の生命活動とどのようにかかわっているのかについて、同じ生物種で学習することになり、内容の系統性の観点からも意義がある。一方、栽培されている植物ばかりではなく、日常生活の中で目にする機会がある、身近な植物にも目を向けることは、生物の多様性に気付くためには大変重要な経験である。したがって、教科書に採り上げられていない植物を教材として活用することにもそれなりの意義がある。しかしこの場合には、「根、くき、葉」という基本的な体のつくりが教科書で紹介されている植物と同じである、という共通性をまず理解させることが前提となる。

I-2. 植物染色液の活用と問題点

植物の染まりが悪い点を改善する方法として、通道組織を染色するために開発された専用の色素液を利用する方法が、近年は教育現場でも推奨されている^{3,5)}。元々はフラワーアレンジメントなどの生体展示用に開発された染色剤であることから、植物がよく染まることに加えて、生体へのダメージが少なく萎れにくい点が優れている。筆者らは、大学における教員養成のカリキュラムや、教員免許状更新講習などの機会を通じて、教材用の植物染色液の活用方法を積極的に紹介している。本学で小学校免許取得に必要な必修科目として開講している「理科実験観察法」では、ナリカ社製の「植物染色液（赤）」を活用して維管束の観察実験を行う方法を採り上げている。また、福井大学教員免許状更新講習「小学校理科教育の授業づくりと実習」（平成26年8月7日実施）、同「生命と粒子」（平成28年7月9日実施）、福井県坂井地区小学校教育研究会理科部会夏季研修会（平成28年8月8日実施）等の、現職向けの講習会においても導入しており、講習会等の終了時アンケートからは、植物染色液の有効性を実感した教員が多いことがわかっている⁴⁾。一方で、この「植物染色液」は、食紅や赤イン

クに比べるとコストがかかることから（カタログ税込価格¥2,052/500mL）、導入を躊躇しているという声も聞かれる。しかし、メーカー添付の使用説明書には、染色液を2倍に希釈して染色時間を10分ほど延長しても使用できることが記載されている。したがって、ある程度希釈しても使用できる許容範囲を明らかにすることができれば、コストダウンの実現によって、教育現場での導入がさらに進むことが期待される。

加えて筆者らは、大学のカリキュラムや教員研修会等の機会では、ホウセンカやヒマワリなどの教材植物として馴染み深い種ではなく、さまざまな野草や、植栽されている植物を維管束の観察材料に活用している。それは、教科書で扱われている材料が入手できない場合には、校内の圃場、学校の敷地や子どもたちの通学路沿いなど、身近な環境から入手できる植物にも、教材として活用できる素材がたくさん存在していることを伝えておきたいからである。しかし、「植物染色液」を使用する際には、植物種の違いによって最適な染色時間には違いがあり、事前の予備実験を丁寧に行うことが必要である。

一方、維管束のつくりとはたらきを学習するこれらの単元では、組織レベルの構造が観察対象となる。このため、小学校では虫めがねや解剖顕微鏡を、中学校では双眼実体顕微鏡を用いて観察を行う。このような場面では、顕微鏡などの限られた視野の中にある対象について、子どもや生徒が実際にどの部分を見ているのか、教師は直接確認することができない。さらに、観察対象に注目させる際にも、視野の中の試料を直接指し示すことも困難である。大学で開講している「理科実験観察法」を受講している大学生の中にも、茎の断面の「どの部分が維管束であるか」を理解できずに、漠然と双眼実体顕微鏡を覗いている例が、毎年少なからず見受けられる。したがって、微小な対象の観察を目的とした授業においては、試料の「どの部分」が目的とする観察対象であるのかを確実に伝えることに加えて（e.g. 教師用顕微鏡の視野の提示や電子黒板の活用など）、子どもや生徒の理解を助け、学習内容の定着を図る効果的な補助教材を工夫することも大切である。

そこで本研究では、比較的大きく、その配列の仕方をとらえやすい“茎”の維管束を対象を絞り、次の3つの観点から研究を行った。植物の体には水の通り道があることを学習する単元において、ナリカ社製の「植物染色液」を活用する場合に、(1) 身近な野草や植栽されている植物の中から観察に適した材料を選定すること、(2) それらの植物を使用した最適な観察条件、特に染色時間と染色液の希釈許容範囲を明らかにすること、(3) 維管束横断面の線画によるイラストを作成し、“水の通り道”の部分を実際に着目させることに有効な教育用素材について検討すること、の3点である⁸⁾。

表1 実験材料として選定した植物のリスト

分類群	科名	種名	入手環境
双子葉類 (真正双子葉類)	タデ科	イヌタデ <i>Persicaria longiseta</i>	野生
	ヒユ科	ヒナタイノコヅチ <i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>fauriei</i>	野生
	ツリフネソウ科	ホウセンカ <i>Impatiens balsamina</i>	栽培
	シソ科	イヌハッカ <i>Nepeta cataria</i>	植栽(栽培)
	キク科	ヨモギ <i>Artemisia indica</i> var. <i>maximowiczii</i>	野生
		ヒメジョオン <i>Erigeron annuus</i>	野生
		オオアレチノギク <i>Erigeron sumatrensis</i>	野生
		キクイモ <i>Helianthus tuberosus</i>	植栽(栽培)
	セイタカアワダチソウ <i>Solidago altissima</i>	野生	
単子葉類	ツククサ科	ツククサ <i>Commelina communis</i>	野生
	イネ科	アキノエノコログサ <i>Setaria faberi</i>	野生

II. 材料と方法

II-1. 植物種の選定と入手方法

材料とする植物種の選定にあたっては、身近な環境から容易に調達できるかどうかを最も重視した。小中学校では複数のクラスがあることや、理想は一人1個、もしくは二人一組で1個の材料を観察できるように考慮して、植物体が大きく一度に複数の試料を調整できるような種や、豊富に生育していて大量に採取できる種を中心に選定した。その結果、福井大学文京キャンパスの構内で4月～9月にかけて採集できる植物の中から、イヌタデ、ヒナタイノコヅチ、オオアレチノギク、セイタカアワダチソウ、ヒメジョオン、ヨモギ、ツククサ、アキノエノコログサを選んだ。さらに、伝統的に教材として利用されているホウセンカと、圃場や花壇で栽培が容易なイヌハッカとキクイモも対象とした(表1)。

ホウセンカは、市販の「椿咲ほうせん花(アタリヤ農園)」の種子を、6月上旬にパーミキュライトに播種し、草丈が30～40cmに成長したものを観察に使用した。イヌハッカとキクイモは、福井大学文京キャンパス構内の生物学教室温室に隣接した圃場に植栽されているものから採取した。

キクイモとイヌハッカは茎を園芸用剪定バサミで切り取り、他の植物は、小型シャベルで根ごと掘り採って採取した。植物が萎れることを極力回避するために、切り取りもしくは掘り採った植物は、採取直後に茎または根を水の入った容器に入れて保管した。

II-2. 維管束の染色と顕微鏡観察

維管束の染色にはナリカ社製の「植物染色液(赤)」Cat.No.G40-5704-10を使用した。ナリカ社からは溶液が青色の製品(Cat.No.G40-5704-11)も販売されているが、今回は赤色の溶液のみを使用した。規格は500mLサイズのものを購入し、4段階の希釈濃度系列を作成して観察に使用した。染色を行う「植物染色液」の濃度は、原液、2倍希釈、4倍希釈、8倍希釈の4段階とした。染色液の希釈は、学校現場の理科室で広く利用される状況

を想定し、水道水で行った。各濃度の染色液は250mLのガラスメデイウム瓶に入れて保存した。

材料の植物を染色する際には、根ごと掘り上げた試料は根の部分、茎から採取した試料は茎の切り口を、それぞれ染色液に挿して一定時間吸水させた。吸水(染色)時間は30分～24時間の範囲に設定し、吸水開始から1時間後、2時間後、4時間後、24時間後に観察することを基本とした。これは、小中学校の理科授業において、1コマの授業時間内に染色から観察までを完結させる、あるいは観察を行う授業時間の前時や前日などに染色を開始する、などの状況を想定して設定した。さらに、染色液の濃度や植物種の違いによって、染色されるスピードには差があったことから、試料によっては30分や26時間などの条件でも観察を行った。

維管束の観察は、ハンドセクション法で茎の薄片試料を作成して検鏡を行い、写真撮影を行った。吸水による染色を開始後、規定の時間に達した材料の茎を園芸用剪定バサミで切り、その切り口から両刃剃刀(フェザー ハイ・ステンレス 両刃)で横断面を切り出し、薄片試料とした。材料の植物を切る操作には、小学校の単元ではカッターナイフを、中学校の単元ではカッターナイフと剃刀の刃を使用する。材料とする植物によって茎の硬さが異なることから、「小中学生でも観察がしやすいように、ある程度茎が太い部分」であることと、「剃刀で薄片が切り出せる程度には柔らかい部分」であることを考慮しながら、材料ごとに茎を切断する部位を判断した。薄片試料の観察及び写真撮影には、OLYMPUS製三眼実体顕微鏡SZX7-TR2-APO-CKを使用し、一眼レフカメラ用アダプター(ミカンイメージング社製NY1S-MOFA)を装着したデジタル一眼レフカメラSONY α55またはPEN E-P5で写真撮影を行った。撮影モードは絞り優先に設定し、ISO感度とホワイトバランスはオートモードを使用した。

II-3. 観察材料としての適性の評価

染色液を含む水を吸水させた植物を観察する方法に

よって、植物の体内には水の通り道があることを、子どもや生徒に確実にとらえさせるためには、水の通り道である部分とそれ以外の組織が明瞭に「染め分け」されている必要がある。植物染色液は植物体への浸透能力に優れていることから、吸水による染色時間が長すぎると、維管束の道管（木部組織）から色素が滲み出てしまい、「水の通り道以外の部分」である柔組織まで着色されてしまう場合がある。茎の断面全体が均一に染められてしまうと「茎そのものが1本の維管束」ととらえてしまう誤概念に結びつく恐れがある。中学校第1学年で学習するように、茎の維管束は輪状（主に双子葉類）や散在（主に単子葉類）などの配列様式を保ちながら、複数個存在している。したがって、植物染色液を吸水させて木部組織を着色した観察用試料には、茎の断面に複数の着色部位が分布している様子が染め分けされている状態が求められる。このような意図を踏まえて、本研究では表2に示す3段階の評価基準を設定して、維管束の観察材料としての適性を評価した。

表2 観察材料としての適性の評価基準

評価	判断基準
A	観察に適している
B	最適な観察条件ではない
C	観察に不適である

Ⅲ. 結果と考察

Ⅲ-1. 維管束の染色結果と観察材料としての適性

維管束の観察と観察材料の適性の評価はすべて大野が行い、評価結果と材料の特徴を表3に示した。

根や茎の切り口からの水の吸い上げは、植物の蒸散量に大きく依存するため、葉面積や活発な成長期にあるかどうかなどの要因も茎の染まり具合には影響を与える。したがって、今回と同じ植物種でも、生活史段階や実験を実施する季節などが異なる場合には、必ずしも今回の結果とは一致しないことが考えられる。しかし、身近な環境から本単元で使用する材料を調達する場合には、材料の選択に際して、参考情報の一つとなるであろう。

観察に適した状態に染色されるまでにかかる時間は、染色液の濃度が同じでも、植物種によって大きく異なっていた。維管束の染まり具合は原液が最も成績が良く、希釈率が大きくなるにしたがって低下する傾向にある（表3）。しかし、今回実験を行った中で最も希釈した条件である8倍希釈の染色液でも、イヌハッカでは1.5時間、ククイモでは25時間以上の染色時間を確保すれば、維管

束の観察に適した状態に染色できることがわかった。授業の前時や1日前などから色素液を吸水させる操作を開始できれば、希釈した染色液を使用しても観察試料が準備できる可能性が示された。イヌハッカやククイモの活用は、コストダウンを図りながら植物染色液の導入を検討する際にも有効な検討材料といえるだろう。

今回の研究で条件検討を行ったヨモギ、ヒメジョオン、オオアレチノギク、ククイモ、セイタカアワダチソウの5種は、いずれもククイ科に分類されている植物である。これらに共通する特徴として、個々の維管束が大きく、環状に配列するパターンが非常に認識しやすいことが挙げられる（図1：5-8；図2）。表3に示されているように、観察を行いやすい最適条件は種によって異なるが、特にヨモギ、ヒメジョオン、ククイモでは、植物染色液の利用によって、維管束とそれ以外の組織が明瞭に染め分けできる（図1）。したがって、これらの植物は「植物の水の通り道」の単元で活用できる優良な教材植物となり得ることが分かった。一方、今回の研究では、オオアレチノギクを用いた実験が成長期を過ぎた10月にずれ込んだことから、十分なデータを取ることができなかった。以前に行った実験材料の準備の際に初夏の成長期の個体を用いたところ、2~3倍に希釈した染色液でも、30分程度で観察可能な状態に染色できることが分かっている（図2）。このオオアレチノギクも、大型で茎が太く、維管束も大きくて観察が容易である。成長期の若い茎は柔らかく、切片も切りやすいので、本単元における観察材料として有望な植物である。今後、本種については成長期の材料を用いて詳細な条件検討と適性評価を行い、別な機会にその結果を報告したい。

今回の研究では、双子葉類9種、単子葉類2種の計11種の被子植物について条件検討を行った。維管束の配列パターンをみると、双子葉類の9種ではいずれも環状に配列しており、双子葉類に最も一般的な真正中心柱であることがわかる（図1）。また単子葉類の2種では、典型的な配列パターンである不整中心柱を認識することができた。分類群特有の共通パターンばかりではなく、それぞれの種に特徴的な配列パターンも容易に認識することができ、「植物染色液」を利用した効果は大きかった。

植物の体には水の通り道が存在していることへの気付きは、染色液によって維管束の部分とそれ以外の組織が明瞭に染め分けされた試料の観察を実施すれば、概ね達成できると考えられる。実際に、小学校第6学年の教科書では、観察を行う対象としてホウセンカ1種のみが紹介されていることから、「水の通り道の存在」への気付きが第一の目的であることがわかる⁵⁾。しかし、今回の研究からも明らかになったように、維管束の配列には多様性があり、それぞれの種に特徴的な配列が存在している。特に4稜形の茎をもつイヌハッカやヒナタイノコヅチは、「植物の茎は円い」という一般的な概念に対する驚きから、子どもたちの関心を惹く効果が大きい期待で

表3 観察材料としての適性の評価結果

植物名 (観察時期, 吸水形態)	染色時間 (h)	染色液の希釈率				植物種ごとの特徴
		原液	2倍	4倍	8倍	
イヌタデ 10月 (根)	1	-*	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ・表皮細胞の一部にアントシアニンが含まれており、「植物染色液(赤)」で未染色の状態でも、赤く染色されているように見える。したがって、赤色の色素で染色を行った場合には、本来の細胞内色素の局在部分と区別が難しい。今後、赤以外の色素での検討が必要。 ・8倍希釈で4時間染色した試料では、維管束部分が染色されているが、アントシアニンが含まれている表皮細胞との境界が不明瞭な細胞もあった。
	2	-	-	-	-	
	4	-	-	-	A?	
	24	-	-	-	-	
ヒナタイノコヅチ 10月 (根)	1	A	B	C	-	<ul style="list-style-type: none"> ・茎の断面が4稜形をしており、維管束は周辺部に輪状に配列しているものと、髓の中に2本大きなものが分布していた。 ・一部の表皮細胞にアントシアニンが含まれており、表皮が赤く見える部分があるが、イヌタデとは異なり、赤色の染色液を使用しても維管束部分は明瞭に染め分けが可能であった。
	2	A	C	C	C	
	4	-	-	-	C	
	24	-	A	-	-	
ハウセンカ 8月 (根)	1	B	B	C	-	<ul style="list-style-type: none"> ・希釈した染色液でも維管束部分は染まるが、茎の切り口から染み出る水分とともに染色液が滲んでしまい、明瞭な染め分け部分を認識しにくかった。 ・この傾向は切片の厚さが薄くなるほど顕著であり、1cm程度の厚さに切った茎では染みが少なく、染色された維管束部分は容易に認識できた。
	2	B	B	C	C	
	4	-	-	-	C	
	24	B	B	C	C	
イヌハッカ 5月・6月 (茎)	0.5	A	A	B	C	<ul style="list-style-type: none"> ・茎の断面はシソ科の特徴でもある4稜形をしており、ヒナタイノコヅチと同様に特徴的な維管束の配置をもつ。中心部には大きな髓腔があり、この部分には維管束が存在しない点でヒナタイノコヅチとは異なる。 ・葉が稜形の角に付くことから、大きな維管束が角に、小さな維管束が辺の部分に配列していることも特徴的である。 ・特徴的な維管束の配列を持ち、染色の成績も良い、とても優良な材料といえる。
	1	A	A	A	B	
	1.5	A	A	A	A	
	2	A	-	-	-	
ヨモギ 9月 (根)	1	A	B	C	-	<ul style="list-style-type: none"> ・キク科に共通する特徴として、維管束が大きいことから、どこが観察すべき部分であるのかを認識しやすい。 ・茎が非常に堅く、切りにくい。剃刀を用いた切片の作成時には怪我への注意が必要である。 ・根ごと掘取る際に、浅い部分で根を切ってしまうと、植物体が急速に萎れてしまう。できるだけ深く掘って、根を多く残すように掘り取ると良い。
	2	A	B	B	C	
	4	-	-	-	C	
	24	-	B	-	-	
	27	-	-	A	-	
ヒメジョオン 10月 (根)	1	A	C	C	-	<ul style="list-style-type: none"> ・キク科に共通する特徴として、維管束が大きいことから、どこが観察すべき部分であるのかを認識しやすい。 ・今回は10月に観察を行ったことから、活発な成長シーズンを過ぎており、蒸散量は高くなかったと考えられる。春から夏にかけての成長が盛んな時期の試料では、もっと短時間で染色できる可能性がある。
	2	A	C	B	C	
	4	-	-	-	B	
	24	-	A	-	-	
オオアレチノギク 10月(根)	24	-	B?	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ・今回は、オオアレチノギクが枯れ始める10月に材料を採取したことから、既に活発な蒸散が行われておらず、水の吸い上げが極めて悪かった。
キクイモ 5月 (茎・根)	0.5	C ²	B ¹	B ¹	-	<ul style="list-style-type: none"> ・キク科に共通する特徴として、維管束が大きいことから、どこが観察すべき部分であるのかを認識しやすい。また、花芽が付く前の春から夏前までの若い植物体では、茎も柔らかく剃刀でも切りやすい。 ・茎を切るとすぐに萎れてしまうことから、水切り(茎の切り口を水中で斜めに切りなす)をしてしばらく放置し、萎れていない状態にしてから染色液に挿すと良い。表中の添え字は採取・水切りしてから染色液に挿すまでに要した日数で、0は採取日当日に、1は1日後、2は2日後に挿したことを意味している。 ・添え字Rは、根ごと掘り上げてその日のうちに染色液に挿したものを。 ・生育が旺盛な多年生植物で、塊茎で越冬して毎年地上部を展開する。花壇や圃場の一角に植えておけば毎年活用できる。殖えすぎるので、間引き管理が必要。
	1	C ²	B ⁰	B ¹	C ¹	
	1.5	A ²	C ¹	C ¹	C ¹	
	2	A ⁰	B ¹	C ¹	C ¹	
	25	-	A ^R	-	-	
	26	-	-	A ^R	A ^R	
	28	-	-	-	A ^R	
セイトカアワダチソウ 9月 (根)	1	B	B	C	-	<ul style="list-style-type: none"> ・色素液の吸い上げはあまり効率が良くない。また、茎が非常に堅く、剃刀を用いた切片の作成には不向きである。 ・キク科に共通する特徴として、維管束が大きいことから、どこが観察すべき部分であるのかを認識しやすい。したがって、中学校において、カッターナイフで切った試料を、光学顕微鏡で観察する材料としては活用が可能である。
	2	B	B	C	C	
	4	-	-	-	C	
	24	-	A	-	-	
ツユクサ 9月 (根)	1	C	C	C	-	<ul style="list-style-type: none"> ・茎を切ると粘性のある液が大量に出てくるために、維管束内の色素が切り口で滲んでしまい、維管束部位の染め分け結果が非常に確認しにくかった。 ・2倍の希釈液で24時間染色した試料ではこの点が改善されることから、前日に準備が可能場合には活用が見込まれる。 ・茎が柔らかく剃刀でも容易に切片を作成できることから、光学顕微鏡での観察に必要な薄片試料の作成には便利である。中学校での活用が見込まれる。
	2	C	B	B	C	
	4	-	-	-	C	
	24	-	A	-	-	
アキノエノコログサ 9月 (根)	1	B	C	C	-	<ul style="list-style-type: none"> ・夏から秋にかけて利用できる点では、野生の材料が少なくなってくる秋に重宝する材料とはいえるかもしれない。 ・茎が細いことから、子どもたちが薄片試料を作成することは難しい。教師が作成した試料をツユクサなどと比較観察をさせて、単子葉類の中にも、維管束の配列には多様性があることを気付かせる教材としては活用が見込まれる。
	2	B	B	C	C	
	4	-	-	-	C	
	24	-	A	-	-	

*(-)は染色未処理区を表す。; : 観察に適したA評価の条件。

きる。維管束のつくりを、これらの植物と円い茎をもつハウセンカなどとの間で比較しながら観察させることは、植物のつくりの面白さに気付き、学習内容の定着を

図る上でも効果が期待できるのではないだろうか。また、1本の維管束の構造という点では、ハウセンカがもつ維管束は植物の中でも希な構造しており、典型的な維

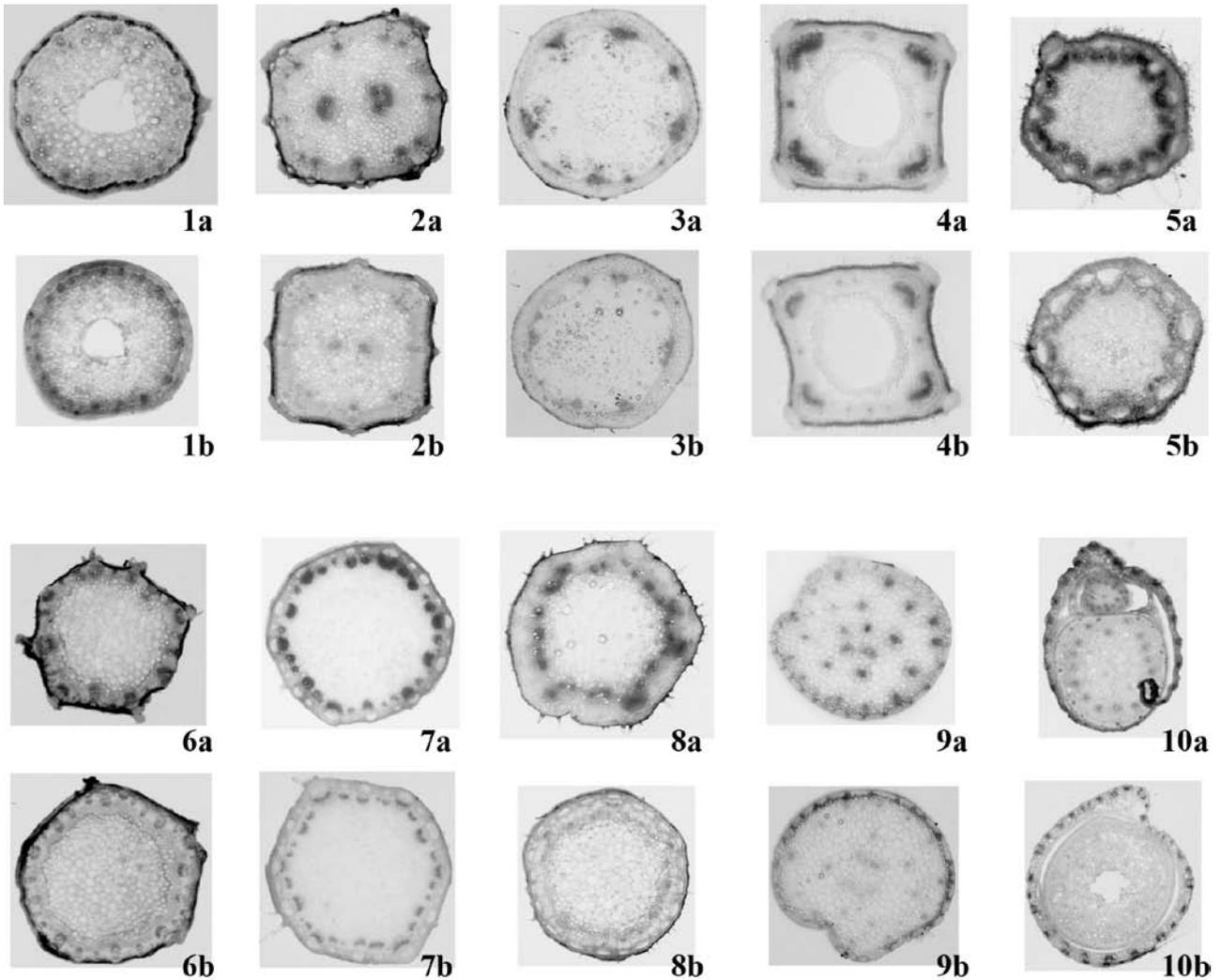


図1 茎の横断面の顕微鏡写真。上段 (a)：植物染色液による染色効果が良好な状態。下段 (b)：植物染色液による染色効果が発揮されていない状態。1：イヌタデ (a：8倍/4時間, b：未染色だが細胞内に含まれているアントシアニンによって赤く染まっているように見える)。2：ヒナタイノコヅチ (a：2倍/24時間, b：8倍/2時間)。3：ホウセンカ (a：原液/2時間, b：8倍/2時間)。4：イヌハッカ (a：2倍/1時間, b：8倍/1時間)。5：ヨモギ (a：原液/2時間, b：8倍/4時間)。6：ヒメジョオン (a：原液/1時間, b：2倍/2時間)。7：キクイモ (a：2倍/1.5時間, b：8倍/1時間)。8：セイタカアワダチソウ (a：8倍/24時間, b：4倍/2時間)。9：ツユクサ (a：2倍/24時間, b：4倍/1時間)。10：アキノエノコログサ (a：2倍/24時間, b：4倍/1時間)。

管束のつくりを学習する教材としては不向きであるとする報告もある⁹⁾。こういった点からも、ホウセンカ以外の、複数の植物を観察させる意義は大きいといえる。

Ⅲ-2. 線画によるイラスト教材の有効性について

生物の観察では、観察した内容を記録するためにスケッチが行われることが多い。本来のスケッチの目的は、正確なスケッチを描くために、より詳細に生物の体のつくりを観察して知ることにある。観察した内容を描き記録する操作を自身の手で行うことは、実感を伴った理解を図る上でも大切な手段である。しかしながら、小中学校の1コマの授業時間内では、本来のスケッチに必要な十分な時間が確保できないことが多い。さらに、生物学におけるスケッチの目的と意義に関して十分に理解させた上で実施しないと、「上手な絵画」を描くことに集中してしまい、「生物学的な特徴を正確にとらえる」とい

う目的が達成されない恐れがある。顕微鏡写真の撮影は、記録を目的とする場合には有効であるが、小中学校の理科授業において、子どもや生徒一人一人の理解を助け、学習内容の定着を図るという目的では必ずしも有効な手段ではない。したがって、スケッチや顕微鏡写真に代わって、1コマの授業時間内に収まるような、学習内容の記録と定着をコンパクトに実施できる補助教材を工夫する必要がある。こうした背景の中で、スケッチには及ばないものの、植物組織の特徴を正確にとらえて理解する方法として、高等学校の生物で塗り絵を活用する手法が紹介されている¹⁰⁾。そこで本研究では、ワークシートなどの補助教材に貼り込んで利用することを想定し、スケッチに代わる理解を助ける手段として活用できるような、塗り絵用の線画イラストの作成を試みた。

線画の作成は、植物染色液で観察に適した状態に染色された茎の横断面顕微鏡写真を基に行った。維管束の部

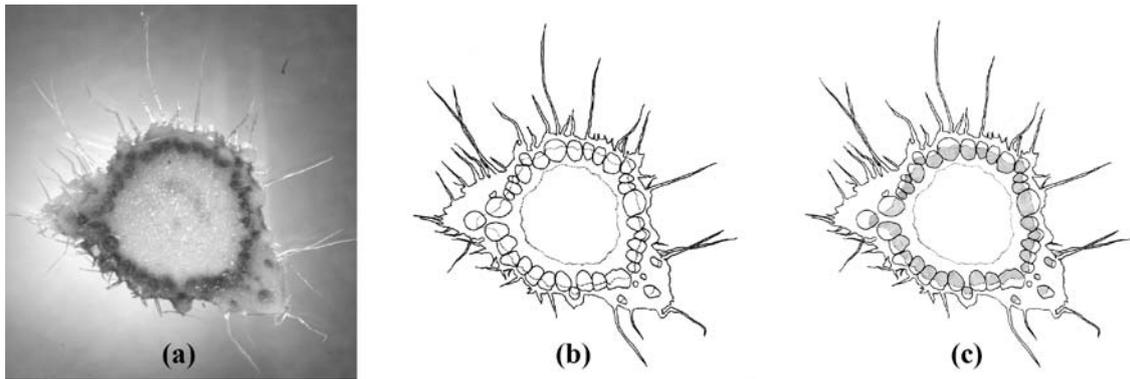


図2 線画によるイラストを活用した教材用素材の作成。(a) オオアレチノギクの茎の維管束断面写真(2倍希釈染色液/1時間染色)。(b) 顕微鏡写真を基にトレーシングペーパーに作成した線画。(c) 授業で活用する塗り絵のイメージ(染色された部位を鉛筆で塗ってある)。

位が明瞭に染め分けされた試料の顕微鏡写真を拡大印刷してトレーシングペーパーを重ね、横断面の輪郭および維管束の位置を実線で描いた(図2)。トレーシングを鉛筆で行った後、黒色の水性顔料ペンで輪郭を描いた。このようにして、今回調べた植物の中から、広く教科書で扱われているハウセンカを含め、維管束が大きく観察しやすい植物、または特徴的な茎の形と維管束の配置をもち、多様性への関心に目を向けさせることができそうな植物6種を例に、塗り絵用の線画イラストを作成した(図3)。小中学校における理科の学習内容としては、水

の通り道の存在への気付きと、その配置には多様性があることを認識させる点を第一の目的としたい。このため、柔細胞や表皮細胞などの詳細な組織の構造については省略して図を単純化し、子どもたちが容易に維管束に着目できるように配慮した。

IV. 課題と展望

今回の研究では、身近な野生植物の中から観察に適した植物を選定することを第一の目的としたことから、観察する器官を茎に限定し、教材としての適性と観察条件の検討を行った。しかし、「植物の水の通り道」に関する小学校および中学校の単元では、いずれも「根」から吸い上げられた水が、「茎」や「葉」などの体内を通過し、主に葉から蒸散によって大気中に放出されていることを学習する。葉・茎・根という植物の基本的な器官のつくりとはたらきを関連付けてとらえさせることが目的であることから、根と葉についても茎と同時に観察を実施することが大切である。今回の研究では、「茎」について見た場合に、その維管束の配置に特徴的なパターンをもち、教材として魅力的な植物を身近な環境から見いだすことができた。今後はこれらの植物を対象に、「根」や「葉」を対象とした観察授業の内容と効果的な学習教材の検討を進めていきたい。また、今回作成した線画イラストは、補助教材などでの活用を想定した素材としての段階に留まっている。今後は、附属学校園との連携の中で、線画イラストを教材に活用した授業実践にも取り組み、観察授業における塗り絵の学習効果についても検証を行いたいと考えている。

中学校では、「植物の水の通り道」に関連する構造を、単子葉類と双子葉類で比較し、その違いを見いだすことが学習目的の一つとなっている。教科書では、単子葉類の材料としてトウモロコシの芽生えを活用する例が多いが、目的で述べたように、身近な植物を活用する意義も大きい。今回の研究では、扱うことができた単子葉類は2種のみであった。したがって、今後はさらに多くの植物で条件検討を行い、単子葉類についても観察条件に対

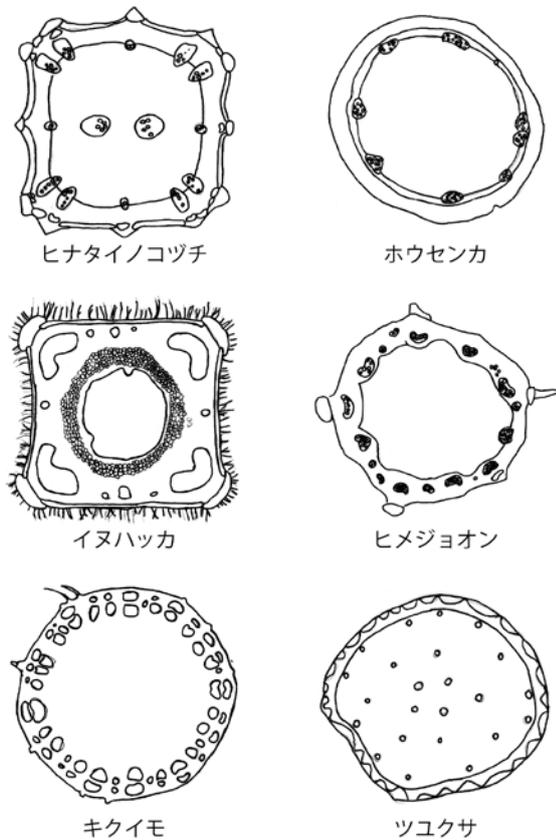


図3 維管束の観察時に塗り絵として活用できる線画イラスト(作画:大野未由季)。

する知見を集めていきたいと考えている。

V. 引用文献

- 1) 文部科学省, 小学校学習指導要領解説理科編, 大日本図書, p85 (2008).
- 2) 文部科学省, 中学校学習指導要領解説理科編, 大日本図書, p130 (2008).
- 3) 福井県教育委員会, 小学校理科 観察・実験レシビ集 教師用指導書 6年生, p45 (2012).
- 4) 浅原雅浩・西沢徹・平田幸憲・齋藤実紀夫・甲斐和浩, 小学校理科における粒子および生命領域の教員研修, 福井大学教育実践研究, 第41号, (2016). (in press).
- 5) 毛利衛・黒田玲子・他32名, 新編 新しい理科6年, 東京書籍, pp.50-52 (2015).
- 6) 岡村定矩・藤嶋昭・他49名, 新編 新しい科学1, 東京書籍, pp.45-48 (2015).
- 7) 毛利衛・黒田玲子・他32名, 新編 新しい理科3年, 東京書籍, pp.32-37 (2015).
- 8) 大野未由季, 植物の維管束の観察に適した生物教材と授業内容の検討について, 平成27年度福井大学教育地域科学部卒業論文, 51pp. (2016).
- 9) 犀川政稔, ホウセンカの維管束図を双子葉植物一般の図として教科書に用いることは不適当, 東京学芸大学紀要. 自然科学系, 66:pp. 159-180 (2014).
- 10) 鈴木雅大, 植物組織の観察と教育-塗り絵の活用-, 生物教育, 第51巻 第4号, p169. (2011).
- 11) The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161 pp. 105-121. (2009).
- 12) 新しい科学編集委員会・東京書籍株式会社編集部, 新しい科学 1年 教師用指導書 研究編, 東京書籍, pp.72-74 (2012).
- 13) 邑田仁・米倉浩司 編, APG原色牧野植物大図鑑 I [ソテツ科~バラ科], 北隆館, 647pp. (2012).
- 14) 邑田仁・米倉浩司 編, APG原色牧野植物大図鑑 II [グミ科~セリ科], 北隆館, 887pp. (2013).
- 15) 大橋広好・門田裕一・木原浩・邑田仁・米倉浩司 編, 改訂新版 日本の野生植物1 ソテツ科~カヤツリグサ科, 平凡社, 391pp. (2015).
- 16) 大橋広好・門田裕一・木原浩・邑田仁・米倉浩司 編, 改訂新版 日本の野生植物2 イネ科~イラクサ科, 平凡社, 381pp. (2016).

注) DNAの塩基配列情報を活用した分子系統解析の結果, 従来から用いられてきた「双子葉類」という分類群は単系統群ではなく, 複数の系統群から構成されていることが明らかになっている。このため「双子葉類」というグループは, 分岐分類学では正式な分類群としては認めることができない¹¹⁾。被子植物の初期分化過程で分岐した一部の種群を除けば, 従来から「双子葉類」とされてきたほとんどの種群は一つの系統群を構成する。現在ではこの系統群に対して「真正双子葉類」という名称が用いられている。この最新の成果については, 例えば, 東京書籍の中学校用教科書「新編 新しい科学1」の教師用指導書(研究編)に解説があるほか¹²⁾, 新たな分類体系(APG分類体系)に基づいた植物図鑑の出版も進んでいる¹³⁻¹⁶⁾。

中学校第1学年で学習する, 子葉の数に基づいた植物の分類法は, 直感的に理解がしやすいことに加えて, 旧来の分類体系(新エングレー体系及びクロンキスト体系)に基づいて記述された植物図鑑等の書籍がまだ多く利用されている現状がある。このため, 現在の学習指導要領に基づいた学校教育用の教科書でも「双子葉類」の記述が使用されている。本稿では, 現在使用されている学校教育の教科書の記述に倣い「双子葉類」の記述を採用したが, 本研究で使用した, 単子葉類であるツユクサとアキノエノコログサを除く9種の植物は, いずれも真正双子葉類に含まれる植物である。

Application of familiar plants to the unit of “water-conducting tissue in land plants” and development of material for biological education using a lineal drawing

Toru NISHIZAWA, Miyuki OHNO, Masae HAYASHI, and Toshio OHYAMA

Key words : materials for biological education, vascular system, water-conducting tissue in land plants, staining solution for plant tissue, science education in elementary school and junior high school, application of lineal drawing to educational material