



Tokyo Gakugei University Repository

東京学芸大学リポジトリ

<http://ir.u-gakugei.ac.jp/>

Title	ホウセンカは小学校3年理科の「植物の育ち方」の教材として不適當(fulltext)
Author(s)	犀川,政稔
Citation	東京学芸大学紀要. 自然科学系, 61: 81-87
Issue Date	2009-09-00
URL	http://hdl.handle.net/2309/107118
Publisher	東京学芸大学学術情報委員会
Rights	

ホウセンカは小学校3年理科の「植物の育ち方」の教材として不適當

犀川 政稔*

環境科学分野

(2009年5月20日受理)

SAIKAWA, M.: The garden balsam is inappropriate for use by third graders in the article, 'plant growth' in the textbook of science. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Division of Natur. Sci., 61: 81-87. (2009) ISSN 1880-4330

Abstract

The garden balsam (touch-me-not) was found to be used in elementary- and junior-high schools in Japan since the year 1911 as one of the materials in the scientific education. School children can easily understand the water uptake by the plant when the plant is put into the water containing the red ink. Currently, the plant has also been used as the educational material in the article 'plant growth' for third graders. However, most teachers are not able to explain its unusual flower morphology. The garden balsam should be replaced by other plant species, even if it not the plant shown in this article. In the present study, the chemical pigment, 'fantasy' that changes flower colors instantly was shown as a superior agency to show the water uptake by the garden balsam in schools.

Key words: flower, garden balsam, *Impatiens balsamina*, morphology

Department of Environmental Sciences, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

要旨: わが国ではホウセンカは明治44年以来小中学校の理科教材の1つとして使われてきたことがわかった。子どもたちは赤インキを入れた水が茎を上昇することを理解できた。そのホウセンカは今では小学校3年理科の1項目「植物の育ち方」の材料としても使われている。しかし、ほとんどの教師はホウセンカの花の形態を正確に説明できないと思われるので、たとえ「植物の育ち方」の教材であってもそこでホウセンカを使用すべきではない。本研究では、中学生が行うホウセンカを用いた吸水実験には切り花着色剤「ファンタジー」が今まで使われてきたどの色素よりもきわめて優れていることも示した。

1. はじめに

わが国では理科は小学校3年生から学習する。小学校学習指導要領によると、第3学年の理科の目標は「自然に親しみ、目通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を図り、科学的な見方や考

え方を養う」とある（小学校学習指導要領第2章各教科、第4節理科第1目標; 文部科学省, 2007）。「内容」の1つに「生物とその環境」があり、ここでは「身近な昆虫や植物を探したり育てたりして、成長の過程や体のつくりを調べ、それらの成長のきまりや体のつくり及び昆虫と植物のかかわりについての考えをもつようにする」と述べている。植物については子どもたちに「植物の育

* 東京学芸大学 (184-8501 小金井市貫井北町 4-1-1)

ち方には一定の順序があり、その体は根、茎及び葉からできていること」を学習させる。ホウセンカはどの教科書にも「植物の育ち方」を観察するための教材として選ばれている。ホウセンカの採用は上記の第3学年理科の目標には適当であるかもしれないが、私は少なくともその植物は「科学的な見方や考え方を養う」の教材としては不適當ではないかと考える。なぜならその花の構造がきわめて一般的でないため、もし、児童からその花についての質問を受けた場合、小学校3年生を担当する教師のどれほどが的確に対応できるだろうか。

浅野 (1981) は子ども向けの著書「子どもの科学図書館. ホウセンカの科学」で以下のように述べている。「ホウセンカの花は、ふつうの花の感じとは違います。ふつうの花は、花びらが開くと、中心にめしべがあり、そのまわりを何本かのおしべが取りかこんでいます。しかしホウセンカの花は、花びらが開いている感じはなく、めしべ、おしべも見えません。船がぶらさがっているような、つり下げられている姿です。ホウセンカは、ツリフネソウ属のなかまなのです」とある。さらに12行下には、「ホウセンカの花びら (花弁) は、3枚です。しかし、両側の2枚は二重にさけています。これは、2枚の花びらがいっしょになったものと考えられます。ですから、なかには、ホウセンカの花びらは5枚と書いてある本もあります。後方の花びらは、花が開くと幅が広がって直立してきます。おしべを数えてみようとしたのですが、数えられません。めしべも見つかりません。めしべとおしべがいっしょになっているのかなあ、と思いました」。著者は自身顕微鏡で雄しべを調べ、5つの葯が互にくっついていること、葯をささえている花糸が5つに離れていることを確認した (浅野, 1981)。浅野はこのようにホウセンカの花がふつうではない、すなわち一般的でないとして述べている。

ホウセンカの花は開花直後、(1) 雌しべの大部分が集葯となった雄しべの葯に包まれていて見えないこと、(2) 花糸がよく識別できないため雄しべの数や状態がわからないこと、(3) 花冠がいくつに裂けているかがよくわからないこと、(4) 3枚のがく片のうちの1枚が距をもっていて特に大きく、しかも花被に近い色に着色されていてがく片に見えないこと、(5) 雌しべと雄しべは顕微鏡を用いないと構造がわからないこと、そしてやや専門的になるが、(6) 花柄が開花前に180度ねじれ (resupination)、花の上下が逆になることなどのきわめて一般的ではない特徴がある。また開花してしばらくすると、雄しべは5つの葯が融合したまま離脱するので、離脱後の花を雄しべのない雌花と見誤る恐れもある。このような一般的ではない特殊な花を教師が的確に3年生に説明できるとは思えない。

2. 材料と方法

本研究で用いた植物はアフリカホウセンカ (*Impatiens walleriana*)、キツリフネ (*I. noli-tangere*)、ツリフネソウ (*I. textori*) とホウセンカ (*I. balsamina*) である。アフリカホウセンカは自宅 (東京都府中市若松町; 2008年9月24日)、キツリフネとツリフネソウは筑波大学の農林技術センター八ヶ岳演習林 (長野県南佐久郡南牧村野辺山; 2008年8月21, 22日)、そしてホウセンカは東京学芸大学構内 (2008年9月27日) で採取したものであった。植物はカメラボディー (Canon EOS 5D) にマクロレンズ (Canon EF 100 mm または Canon MP-E 65 mm) を装着して撮影した。ホウセンカの吸水実験には切り花着色剤「ファンタジー」 (神奈川県横浜市金沢区福浦) の原液 (赤色) を用いた。

3. 結果および考察

本研究ではまず、このような特殊な花の構造をもつホウセンカがどのようにして理科の教科書に取り上げられるようになったのかについて調べてみた。私が調べた限りではホウセンカは明治44年に出版された高等女学校のための「女子理科植物教科書 (藤井, 1911) の第41図にはじめて採用されていた (図1)。この植物はそれ以前に出版されておもに植物を扱った理科や博物学の教科書 (鳥, 1876; 松村, 1881a, 1881b; 宮崎, 1883; 能勢, 1884; 朝夷, 1888; 佐野, 1894; 大渡, 1899; 普及社編輯所, 1900; 角田, 1901; 文学社編輯所, 1901; 三好, 1901a, 1901b, 1909; 吉原, 1901; 藤井, 1904) には見当たらなかったし、同時代に出版された教科書 (齋田, 1911; 佐藤, 1912) にも採用されていなかった。藤井によるホウセンカについての記述は以下のとおりであった。「ほうせんくわ」。「ほうせんくわ (鳳仙花) は夏の草花にて、花は紅、白など種種あり、形珍し。熟したる実に触れば、忽ち崩れて、種子を弾き散らす。その様面白し、この植物も蟻植物にて、葉の本の方に蜜槽あり。茎の透れること他に類少し」とあり、茎を赤インキが上昇している図41がある (図1)。この図は赤と緑の2色刷りとなっていた。この教科書で2色刷りとなっている図はもう1つあったが、それはツユクサの第45図であった (本論文中図の引用はない)。その説明は、「ばうしばな (ツユクサのこと) の茎を赤インキの中にさしおきて、インキが茎を上りて葉脈の全体に行きわたりたるを示す実験」となっていた。著者は赤インキの上昇がよほど気に入ったのであろう。私の所蔵するその教科書は表紙や見開きなどが広範囲に赤く染まっており、当時の所有者の女学生

も実際にこの実験を行ったことは確実である。ホウセンカはこの教科書出版以来もっぱら茎を赤インキが上昇することを示す教材となったのであった（安東, 1912; 藤井, 1923, 1925; 小泉, 1930）。

ホウセンカの属名の '*Impatiens*' はツリフネソウ属のことである。英名は garden balsam であるが, touch-me-not とも呼ばれ, いずれの種 (species) も果実に触ると我慢ができず, 果実は一瞬にして変形して裂け, 種子を弾く。*Impatiens* はヒドロケラ属 (*Hydrocera*) とともにツリフネソウ科 (Blsaminaceae) の1属であるが, *Hydrocera* は *H. triflora* の1種が知られているだけであるため (秋山, 1994), 現在までのところこの1種を除くすべてがツリフネソウ科の植物である。植物図鑑の記述によるとツリフネソウ科の特徴は, 「1年生。葉は互生または対生し托葉はない。花は左右相称で両性, 5数。がくは3個, まれに5個で大きさは不同, ふく瓦状にならび下のものは距がある。花弁は5個であるが通常側面の各2個はそれぞれ合生。雄ずいは5個, 花糸は子房をつつみ上部は互に合成。子房は上位5室, 中軸胎座で倒生, 多数。さく果はさわると急にはじけ, 胞背裂開して種子を飛ばす。種子は胚乳がなく真直な胚がある。世界に2属, 約400種ある」となっていた (北村・村田, 1962)。

図2は5枚のがく片をもつ *I. roylei* (現在は *I. glandulifera* のシノニムとされている) の花式図で, Engler and Gilg (1912) の図を私が描き直したものである。

Impatiens のほとんどの種では花柄が180度ねじれており (Weberling, 1992), 花の上下が逆になっているのでこの花式図も私が上下を逆にした。図中の s1 ~ s5 はがく片の, また p1 ~ p5 は花弁の茎頂における発生順を示している。図の上部にある蓋のような形のは前出葉を, また, がく片 s4 の中央部の空所は距があることを示している。*Hydrocera triflora* は完全な離弁で原始的な種 (species) とされているが (清水, 1994), *Impatiens* では p1 と p4, それに p3 と p5 とが多少かた少なかれ合着して側花弁となっている (図2)。*Impatiens roylei* では図2に示したようにながく片の数は5枚であるが, 多くの種では3枚である。*Impatiens* のうち, よく鉢植えとなっているアフリカホウセンカ (*I. walleriana*) もやや原始的な種のようなのである。花を解剖してみたところ側花弁の p1 と p4, p3 と p5 が基部でのみ合着しており, あたかも5枚の花弁があるように見えた (図3)。開花直後の雌しべを集薬雄ずいが覆っていることや (図4), がく片が3枚であることなどは今回観察したその他の *Impatiens* 各種の花と同様であった。わが国の湿地によく生息するキツリフネ (*I. noli-tangere* = 図5-8) とツリフネソウ (*I. textori* = 図9, 10) についても花の構造がどうなっているかを調べてみた。図5は開花少し前のつぼみを横から見たものである。花弁は唇弁と呼ばれる p2 のみが確認され, 残りの側花弁はがく片 s4 にまだ包まれている。花の後方には s4 の距も見える。この時がく片 s1 と s2 (裏側に

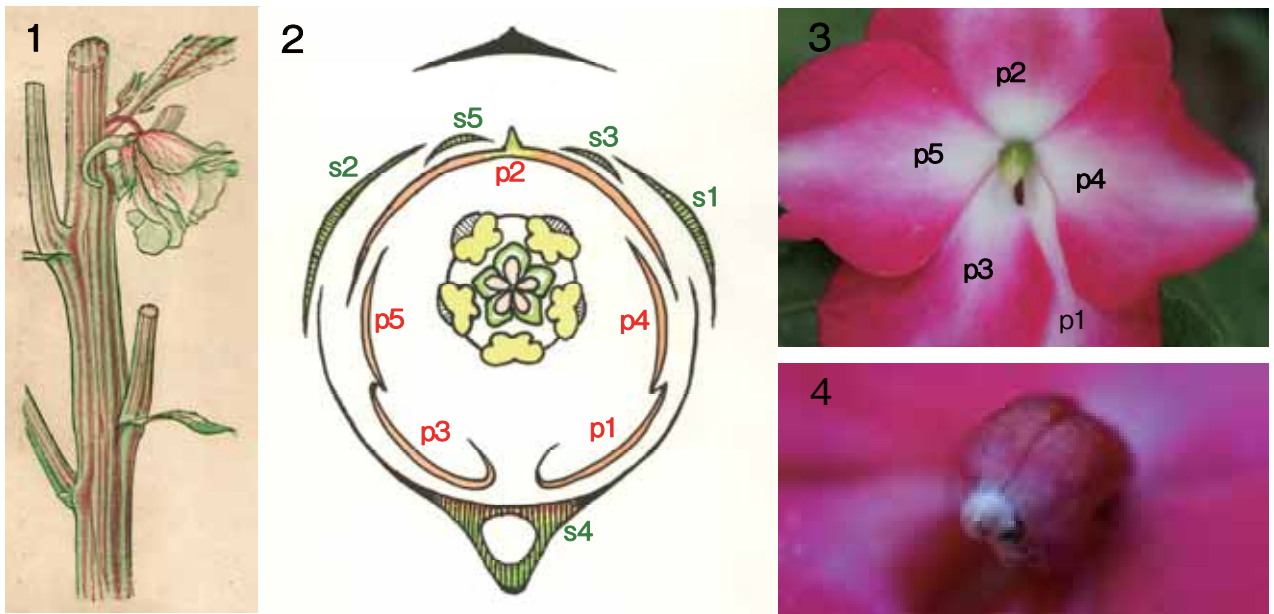


図1-4. ホウセンカの吸水と花の基本的構造。1. 教科書に掲載されたホウセンカの吸水図 (藤井, 1911)。水の通ったところが赤インキによって染まっている。2. *Impatiens roylei* の花式図。*Impatiens* 各種の花の基本的な構造を示す。ただし, ホウセンカなど多くの種はがく片の s3 と s5 を欠く。3. アフリカホウセンカの花。5枚の花弁が離弁に見える。中央に子房が見える。すでに集薬雄ずいは脱落している。X2。4. アフリカホウセンカの花の中央。子房は集薬雄ずいに包まれていて見えない。X8。

あって見えない) はすでに成長を止めている。図6は開花した花を上から見たものである。がく片のs4が大きくなり、その中に納まっていたp2以外の側花弁が展開している(図の右側部分で、焦点は合っていない)。図7は花を横から見たものである。ただし、すでに唇弁のp2と側花弁のp3とp5は除去してある。除去によって側花弁のp1とp4が合着した様子、とくにp4がきわめて小さいことがよくわかる。図には集約雄ずいが認められるが、

その中に隠れている子房が熟すと種子を弾き飛ばすさく果となる(図8)。花の形態はツリフネソウもキツリフネとよく似ていた(図9, 10)。集約雄ずいに覆われた子房が成熟するとさく果となること(図9), 花弁p1とp3は重複することはほとんどなく花弁の下の縁のところ互いに触れ合っていることなど同様であった。図10は花を横から見た図である。がく片のs1とs2の先端部が前方を指していること、また、側花弁となっている花弁p4と

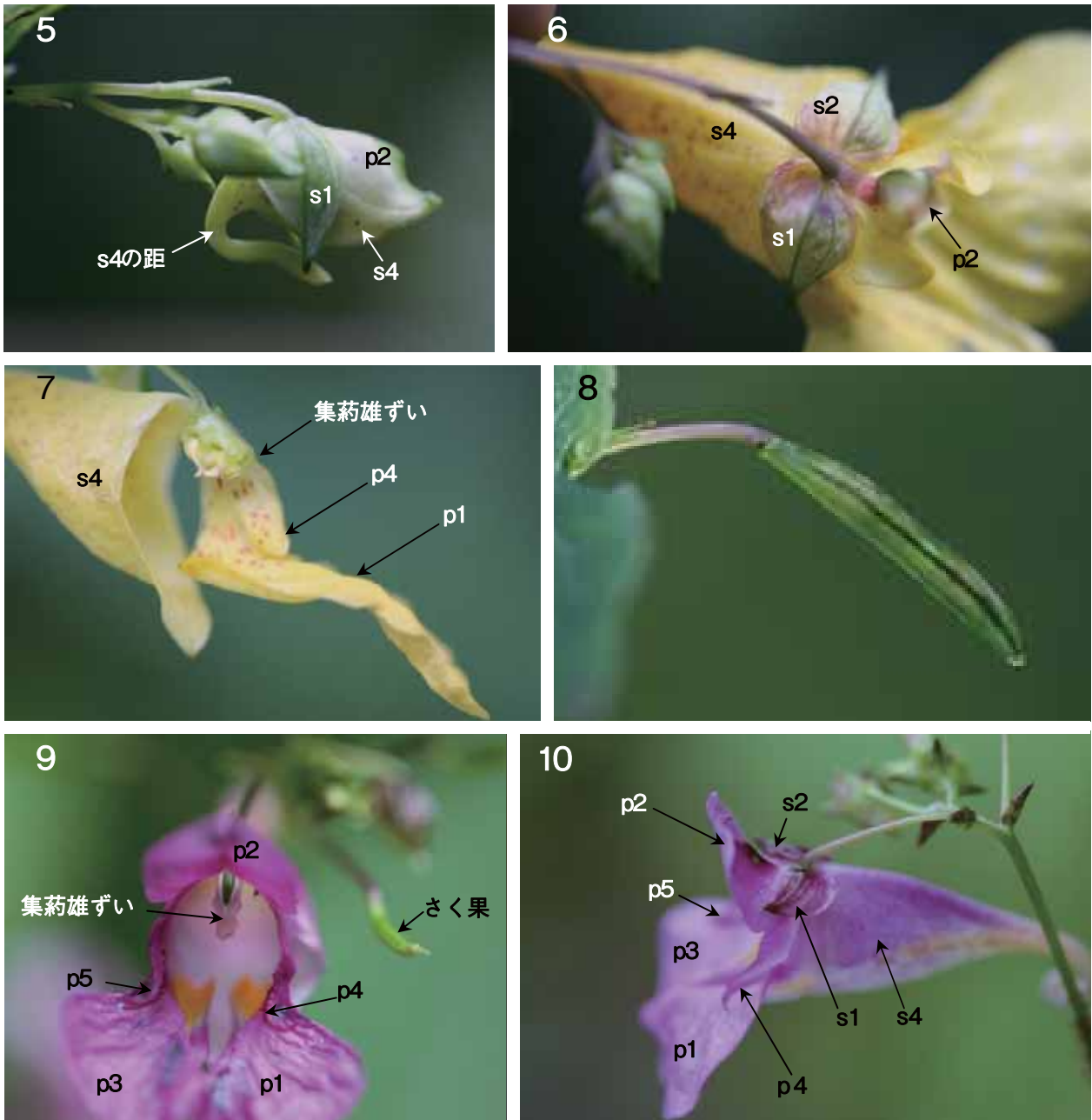


図5-10. キツリフネとツリフネソウの花とさく果。5-8. キツリフネの花。5. 開花前。5枚の花弁のうち唇弁p2だけががく片s4の外に出ている。s4には距がある。X3.7。6. 上から見た図。焦点が合っていないが側花弁が展開していることがわかる(図の右側部分)。X3。7. 横から見た唇弁p2と側花弁のp3とp5を除去した花。側花弁p1とp4の関係がわかる。集約雄ずいが子房を覆っている。X3。8. さく果。X3.5。9, 10. ツリフネソウ。9. 花とさく果。集約雄ずいの隙間に緑色の子房が見える。側花弁のうちp1とp3は触れ合っている。X1.6。10. 花を横から見た図。側花弁のp4はキツリフネのp4よりも発達している。X1.4。

p5の先端が尖形となっていることなどはキツリフネの場合とは異なっていた。

ホウセンカにおいても中心に集葯雄ずいに包まれた子房があること(図11, 12), その上を唇弁 p2 が覆っていること(図11), がく片 s4 に距があること(図12-14)などはキツリフネおよびツリフネソウと同じであった。しかし, がく片の s1 と s2 がきわめて小さいことと(図12), その反対に側花卉の p1 と p3 がきわめて大きいことが特徴で(図11), その上, p1 と p3 は深々と重なっており, しかもそれぞれの中央には大きい切れ込みも認められた(図11)。しかし, 植物によって花の形態変異は著しく, 切れ込みがより深く入って八重咲きに見えたり, あるいは大きくなった p2 が二又になったりして同じく八重咲きに見える花もあった。図12は図11の花から p1 と p2 と p4 を除去した花を花の左側から見たものである。図では側花卉となっている p5 がキツリフネやツリフネソウのものと比較すると大きいことがわかるが, 花によってはこの p5 ともう1つ反対側にある p4 部分が著しく発達することもあり, その場合も八重咲きに見えた。

小学校3年理科教科書の中の「植物の育ち方」のところで採用されている植物を調べてみた。植物は「オクラとホウセンカ(戸田・有馬他, 2004)」、「ホウセンカとヒマワリ(日高他, 2008)」、「ホウセンカとマリーゴールド(大隅・石浦・鎌田他, 2008)」、「ホウセンカ, オクラ, フウセンカズラとヒマワリ(養老・角屋他, 2008)」、「ホウセンカとヒヤクニチソウ(三浦・奥井・毛利他, 2006)」であった。このようにホウセンカだけがどの教科書にも採用されていた。しかし, その「植物の育ち方」の項目中, 花についての記述はごくわずかで, その部分を引用すると, 「オクラやホウセンカは, 花がさいたあとに実ができます」(戸田・有馬他, 2004), 「花がさいているか, しらべる」(日高他, 2008), 「ホウセンカなどで, 花や, 花がさいたあとのようすをしらべる。実はどこにできているか。」(大隅・石浦・鎌田他, 2008), 「花の形や色, 大きさを調べる」(養老・角屋他, 2008), 「花や, 花がさいたあとのようすをかんさつして, 記ろくしましょう」(三浦・奥井・毛利他, 2006)となっていた。「植物の育ち方」の項目なので花についてはこの程度の扱いでよいが, もし, 熱心に観察した児童が教師に花の形態について質問した場合, はたして的確に答えられる教師はいるだろうか。私は「植物の育ち方」においても教師が答えやすいよう雌しべや雄しべがはっきりと確認できる別の植物を採用すべきであると考えた。

上に述べたようにホウセンカはもともと植物の吸水を見せるために教科書に採用されたものであった(藤井, 1911)。この植物の茎はこの実験観察のためには申し分

がなく, 現在もホウセンカを使った吸水実験は中学校理科第2分野の教科書(吉川他, 2008; 細矢・養老他, 2008; 戸田他, 2008)に採用されている。しかし, 中学生が行うこの実験では着色した水の上昇が悪いことが欠点である。ある教科書では, 根ごと掘り取ったホウセンカを用いるという工夫をしている。観察期間中に植物がしおれてしまうのを防ぐためと思われる。その教科書では着色した水につけた直後, つけてから1~2時間後, それに1日後の3図を用い, 茎や葉が食紅で着色する様子を示している(戸田他, 2008)。教科書によっては赤インキや食紅のほかに, メチレンブルーやサフランなどの染色液の使用を指示している(細矢・養老他, 2008)。しかし, これらのどれもが植物体を「染色」する目的の化学物質である。それらは水とともに細胞壁などを染色しながら上昇するので遅いのである。私は以前シモバシラ(*Keiskea japonica*)による霜柱形成の実験観察において切り花着色剤「ファンタジー」を用いたが(犀川, 2007), それは植物体を染色も着色もせず, 植物体内の水分だけを着色するのである。今回もそれをホウセンカに用いてみた。その結果, 食紅で1日かかる程度の着色が, わずか約20分で完了した(図13-15)。用いた植物は寒さで枯れる寸前の9月27日に採取したものである。花もそろそろ終わりの植物であったが(図13), ファンタジーはたちまち茎や花を染めたのであった。図13は切った茎をファンタジーに浸けて約10分たったものである。図中14時21分という記録を入れた。花は白色であったが, がく片 s4 と花卉がわずかに色づいている。その14分後の14時35分には図14のようになった。これは図13の中央上方にある開花前の花と同一のものである。s4の距の先端部分を除いてどの部分も濃色となり, 網状の脈がはっきりと赤くなっている。今まで学校における食紅などを使った観察は染まりが悪く, 水の通り道を示すのみであったが, ファンタジーを使えば, まさに水が上昇するところを示すことができるのである。言い換えれば今までは水が上昇「する」ことを確かめていただけであるが, ファンタジーを使えば, 上昇「している」ことを示すことができるのである。今回はすでに弱った植物を用いてもこの速さであるから, 夏に元気なホウセンカを使えばより速やかに上昇するはずである。自然界の植物の維管束が食紅や赤インキの「のろさ」で水を上昇しているはずはない。今回示したファンタジーによる染まりかたが, 実際の上昇速度に近いものと思われる。しかし, ファンタジーにも欠点がある。色づいた茎の徒手切片をマクロレンズで見ると維管束の部分が赤くなっていたが(図16), その色は水を滴下したり, カバーガラスをかけたりするとたちまち消えてしまうのである。

シモバシラの場合も同じであったが(犀川, 2007), ファンタジーは植物体を染めず, 水を染めているだけなので

このようになる。この点取り扱いには注意が必要である。

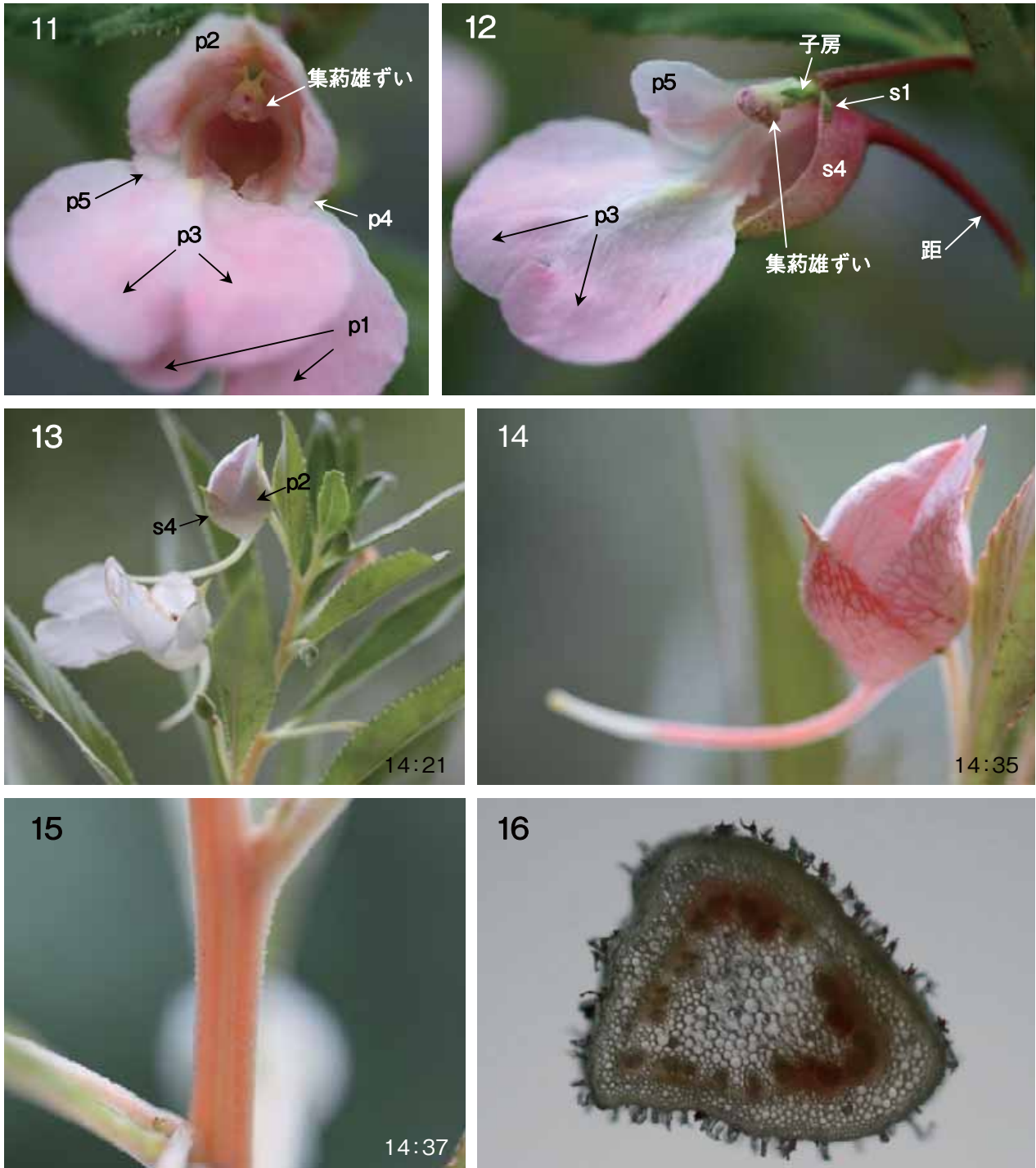


図11-16. ホウセンカの花と茎。11. ホウセンカの花。この花では側花弁のp1とp3は横に大きく広がっており、互いに重なっている。しかもそれぞれの中央先端は切れ込んでいる。X1.8。12. 前の図の花からp1, p2, p4を除去した図。側花弁p3とp5の関係がわかる。X1.8。13-16. ホウセンカの吸水実験。13. 切り取って切り花着色剤「ファンタジー」に挿した白い花をつけたホウセンカ。挿して約10分経過している。花弁p2とがく片s4がうすく着色している。時間は14時21分である。X0.8。14. 14分後の14時35分である。p2とs4はより濃色となり、網状脈が赤くなった。X2。15. 着色した茎のようす。はっきりとした筋とならなかった。X3。16. 前の図の茎の徒手切片。マクロレンズ (MP-E 65 mm) で撮影した。維管束の部分が赤い。X18。

引用文献

- Engler, A. and Gilg, E. 1912. Syllabus der Pflanzenfamilien. Eine Übersicht über das gesamte Pflanzensystem mit besonderer Berücksichtigung der Medizinal- und Nutzpflanzen nebst einer Übersicht über die Florenreiche und Florengebiete der Erde zum Gebrauch bei Vorlesungen und Studien über spezielle und medizinisch-pharmazeutische Botanik. Verlag von Gebrüder Borntraeger. Berlin, pp. 249-250.
- Weberling, F. 1992. Morphology of flowers and inflorescences. Paperback edition. University Press, Cambridge, UK, p. 52.
- 朝山忍. 1994. ツリフネソウ科. In: 週刊朝日百科, 植物の世界. 朝日新聞社, 3: 146-147.
- 朝夷六郎. 1888. 小学校用理科, 植物編全. 普及社, 77 p.
- 浅野明. 1981. 子どもの科学図書館. ハウセンカの科学. 大日本図書, 35 p.
- 安東伊三次郎. 1912. 中等植物教科書. 光風館書店, 138 p.
- 大隅良典・石浦章一・鎌田正裕他. 2008. わくわく理科3. 啓林館, pp. 38-41.
- 大渡忠太郎. 1899. 近世植物学教科書. 中西屋邦太, 150 p.
- 北村四郎・村田源. 1962. 原色日本植物図鑑, 草本編 (2) 離弁花類. 保育社, 390 p.
- 小泉源一. 1930. 最新中等植物学教科書. 精華房, 342 p.
- 犀川政総. 2007. シモバシラによる霜柱形成と木部にできる二次的な水の通路. 東京学芸大学紀要自然科学系, 59: 55-59.
- 齋田功太郎. 1911. 普通植物教科書. 集成堂, 110 p.
- 佐藤禮介. 1912. 実業教育植物教科書. 六盟館, 104 p.
- 佐野喜代吉. 1894. 高等小学新理科, 卷一. 八尾新助書店, 107 p.
- 佐野喜代吉. 1894. 高等小学新理科, 卷二. 八尾新助書店, 116 p.
- 島次三郎. 1876. 博物教授法, 植物之部, 卷之一. 北尾禹三郎, 45 p.
- 清水建美. 1994. ヒドロケラ・トリフロラ. In: 週刊朝日百科, 植物の世界. 朝日新聞社, 3: 146.
- 角田政治. 1901. 植物学講義. 芙蓉館, 120 p.
- 戸田盛和・有馬朗人他. 2004. 新版たのしい理科3. 大日本図書, pp. 46-47.
- 戸田盛和他. 2008. 新版中学校理科, 2分野上. 大日本図書, pp. 29-35.
- 能勢栄. 1884. 小学博物学階梯. 熊谷久栄堂, 43 p.
- 日高敏隆他. 2008. みんなと学ぶ小学校理科3年. 学校図書, pp. 42-43.
- 普及社編輯所. 1900. 小学理科, 卷一. 普及社, 74 p.
- 普及社編輯所. 1900. 小学理科, 卷二. 普及社, 82 p.
- 藤井健次郎. 1904. 普通教育植物学教科書. 東京開成館・大阪開成館, 186 p.
- 藤井健次郎. 1911. 女子理科植物教科書. 開成館, 98 p.
- 藤井健次郎. 1923. 女子理科植物教科書. 東京開成館, 116 p.
- 藤井健次郎. 1925. 女子理科植物教科書. 東京開成館, 118 p.
- 文学社編輯所. 1901. 小学新理科. 文学社, 40 p.
- 細矢治夫・養老猛司他. 2008. 理科2分野上, 観察から自然のしくみを見つける. 教育出版, pp. 21-22.
- 松村任三. 1881a. 植物小学, 卷上. 石川治兵衛, 34 p.
- 松村任三. 1881b. 植物小学, 卷下. 石川治兵衛, 34 p.
- 三浦登・奥井智久・毛利衛他. 2006. 新編新しい理科3. 東京書籍, pp. 38-41.
- 宮崎柳條. 1883. 植物小誌. 牧野善兵衛, 51 p.
- 三好学. 1901a. 中等教育植物学教科書, 上巻. 敬業社, 343 p.
- 三好学. 1901b. 中等教育植物学教科書, 下巻. 敬業社, 264 p.
- 三好学. 1909. 訂正中学植物教科書. 金港堂書籍, 170 p.
- 文部科学省. 2007. 小学校学習指導要領解説. 理科編, pp. 92-94.
- 養老孟司・角屋重樹他. 2008. 小学理科3. 教育出版, pp. 42-44.
- 吉川弘之他. 2008. 未来へひろがるサイエンス, 第2分野上, 啓林館, pp. 34-40.
- 吉原千代吉. 1901. 小学理科書, 卷一. 育英社, 47 p.