

# 葉脈のつながり方と蒸散による水の移動を見る実験



成城学園中学校高等学校 中村雅浩\*

## 目的

植物と水に関する内容は、小学校から高等学校まで取り上げられる大切な学習項目であり、これまでも、葉脈の観察（葉脈標本の作製）や、蒸散に関する実験など、多数の工夫がなされ、広く学校現場で教材として取り上げられてきている。その中でも、植物に色素液を吸わせて維管束（道管）を染色し観察する方法は、古くから行われている。

本作品では、この方法に新しい発想を加え、葉を様々な条件において、色素液を吸わせた場合、水の移動の様子（染色のされ方）に、明瞭な変化が生じることを見いだした。そして、これをもとに、いくつかの単純な実験を組み合わせていくことにより、蒸散や維管束のつながり方を、わかりやすく、楽しく学習できるような教材の開発を目的とした。さらに、広く学校現場で実施可能な扱いやすいものとなるように心がけて工夫をした。

## 概要

シリコンチューブなどを利用し、葉に色素液を吸わせて、ライトボックス上で観察すると、時間経過とともに色素液が移動し葉脈が染色されていく様子を、手軽に見ることができる（写真1）。



写真1 サクラの葉に色素液を吸わせる実験

この方法に様々な工夫を加えた本作品では、その目的とするところを、大きく二つ「蒸散に伴う水の移動」と「葉脈のつながり方」に分けて整理していくこととした。

蒸散に関する実験では、いろいろな操作を加えて蒸散がおこらなくした（おこりにくくした）葉を用いた。たとえば、ワセリンを塗った葉では、その部分への色素液の移動がおこりにくくなった。ここから、気孔の分布状態（サクラなどでは裏面に多く分布）を知ることができる。さらに、気孔は、光によって開き、植物ホルモンの一種（アブシジン酸）によって閉じることが知られている（図1）。こうした条件の変化にともなう気孔の開閉に関しても、生徒たちの実験結果から、考察ができるようになった。

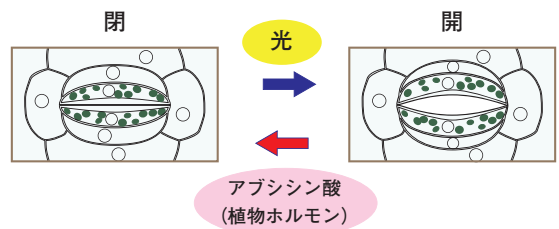


図1 気孔の開閉

一方、葉脈のつながり方を見る実験では、葉柄の部分をつ二つに分けるなどの操作を加えた葉に色素液を吸わせることにより、葉脈が細い多数の管から構成されていることを意識させ、そのつながり方を考察させることができるようにした。

## 教材・教具の製作方法

### I. 実験材料（植物）

本作品では、サクラ、サザンカ、エンドウ、ポインセチア、ヨモギなど、様々な種類の植物を材料として実験を行った。多くの植物種で観察が可能で、学校の状況に応じて材料を選ぶことができる。ただし、葉柄がないものや短いものは扱いにくかった。

### II. 色素液およびシリコンチューブなど

今回用いた色素液は、赤インク（パイロット社製を5~10倍に薄めたもの）、植物染色液（切り花用着色剤）である。また、葉に色素液を吸わせる際に用いたシリコンチューブは、サクラやツバキの葉では、内径

\* なかむら まさひろ 成城学園中学校高等学校 教諭 〒157-8511 東京都世田谷区成城 6-1-20

☎(03)3482-2173 E-mail m-nakamura28@seijogakuen.jp

1mm のものを、その他では、葉柄の太さに応じて異なる径のものを使い分けた。

### Ⅲ. おもな手順

#### 1. 色素液の準備

透明なプラスチック板などを適当な大きさ（約1cm × 10cm）に切り、適当な長さに切ったシリコンチューブをセロハンテープ等で固定した。次に、ピペットなどを利用して、シリコンチューブに、色素液を入れた（図2）。

#### 2. 葉への実験操作

ワセリンを塗る、暗所におく、葉柄を切り分けるなど、目的とする実験に合わせた葉を準備した。

#### 3. 観察

色素液の入ったシリコンチューブを葉につけてライトボックス上で観察した。この際、葉は透明な下敷きの上におくと扱いやすかった。さらに、ライトボックスがない場合は、顕微鏡用の照明などで代用して観察した。

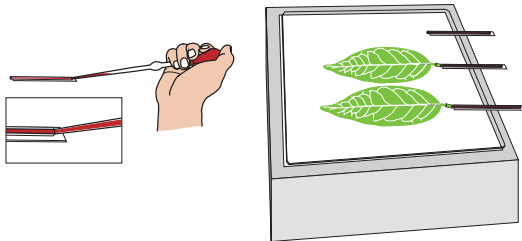


図2 実験方法

#### 4. 顕微鏡観察

葉脈の顕微鏡観察は、筆者が考案した超簡単ミクロトーム（実用新案 3147841 号）<sup>1)</sup> を用いて切片を作った。この方法は、柔らかい葉でも比較的簡単に切片を作ることが可能である。



写真3 気孔が暗条件で閉じて明条件で開くことに関連した実験

## 学習指導方法

### Ⅰ. 蒸散に伴う葉の中の水の移動は、どのようにおこるのか

#### 1. ワセリンを塗る実験

あらかじめ市販のワセリンを塗り、蒸散がおこりにくくした葉に、色素液を吸わせると、色素液の移動の様子に変化が生じた（写真2）。

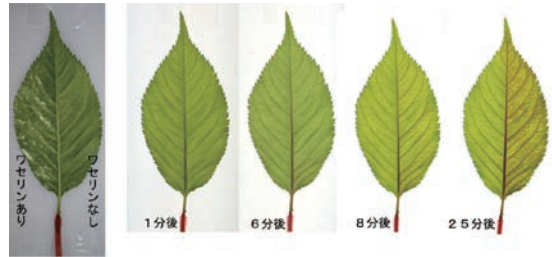


写真2 葉の裏面半分にワセリンを塗る実験

この際、葉の表面、裏面、両面など、ワセリンの塗り方を変えていくと、色素液の移動の様子に違いが出た。この結果は、葉に存在する気孔の分布状態と関連づけて考察させることができる。また、葉の半面に塗ることにより、塗らなかった部分が対照実験となる。

#### 2. 暗所で気孔が閉じることを見る実験

あらかじめ一晩、暗条件においた葉を使い、実験開始とともに半面だけに光が当たるようにすると、その部分で気孔が開き、蒸散がおこるようになり、光が当たらない側との間で差が見られるようになる（写真3）。

この実験からは、普段、見落としがちの蒸散に関する大切なポイントを解説することができる。つまり、気孔は光により開いて光合成の材料となる二酸化炭素を取り入れ、その際、葉の内部から水分が蒸発する現象（蒸散）がおこるのである。

### 3. アブシシン酸の効果を見る実験

高等学校で扱われる内容だが、植物が乾燥などのストレスにさらされると合成する植物ホルモンにアブシシン酸がある。このアブシシン酸は気孔を閉じる作用をもつ。アブシシン酸をあらかじめ（約1時間）吸わせておいた葉を準備して、その後、色素液を吸わせる実験を行うと、光を当ておいても、色素液の移動がほとんどおこらなくなった。このことから、これまでほとんど扱われてこなかったアブシシン酸の作用を、学校現場で、比較的手軽に示すことができるようになった（写真4）。

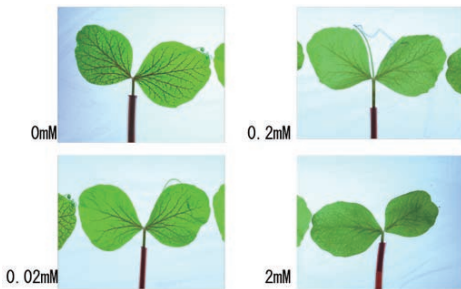


写真4 アブシシン酸の効果を見る実験

## II. 葉脈は、どのようにつながっているのか

### 1. 葉柄を切り分ける実験

カミソリなどを使って葉柄を縦に二つに分け、間に少量のワセリンをつけた。これにそれぞれ異なる色の色素液を吸わせると、左右に染め分けができた（写真5）。

さらに、これを三つに分けると、葉の基部と先端部を異なる色に染め分けができた（写真6）。

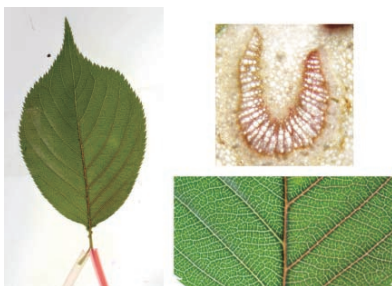


写真5 葉柄を二つに分ける実験

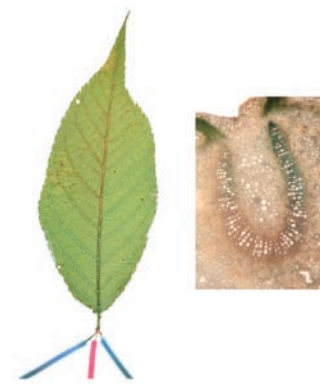


写真6 葉柄を三つに分ける実験

### 2. 主脈の先端から色素液を逆に吸わせる実験

葉の先端部分を適当に切り主脈の部分から色素液を逆に吸わせる実験を行った。この実験では色素液は側脈に広がっていかなかった（写真7）。

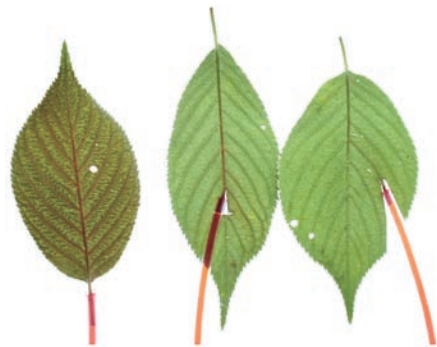


写真7 逆方向から色素液を吸わせる実験

### 3. 茎と葉の維管束が、どのようにつながっているかを調べる実験

数枚の葉がついた枝から2枚の葉を切り取り、茎に残った葉柄部分から染色液を吸わせた。残った葉には、様々な染色のパターンが現れた（写真8）。これは、茎の維管束と葉の葉脈のつながり方を反映しているものだと考えられる。これを応用して白いポインセチアを使って実験すると、きれいな染め分けがおこった（写真9）。

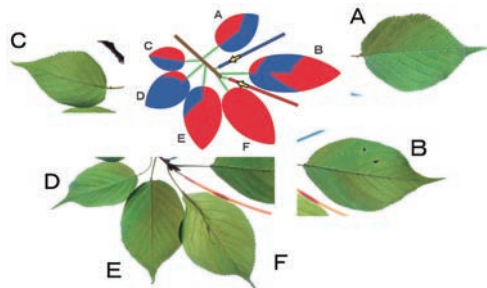


写真8 2枚の葉を切り取り、残った葉柄から色素液を吸わせる実験



写真9 ポインセチアを使った実験

その後、結果をスケッチさせ、内容をまとめさせたところ、多くの生徒が、ワセリンの塗り方（気孔の分布）と色素液の移動の関係について理解した。



写真11 生徒による実験結果

## 実践効果

### I. 授業での実践例

中学校1年生を対象とした理科第二分野、植物単元の中の「葉のつくりとはたらき」「植物と水」に関する内容の一つとして、以下のような形で授業に取り入れ実施した。

#### 1. 教員による演示

授業計画の中で短時間しかとれない場合については、教員による次のような演示実験を行った。

- (1) ワセリンを塗った部分と塗らない部分で、差があることを示す。
- (2) 暗条件にしておいた場合の結果を予測させる。  
→多くの生徒が、はっきりとした予測ができない。
- (3) 光を当てた部分と光を当てない部分の違いを見せさせて考えさせる。

このような流れから、生徒は、気孔が開くということと光（光合成）との関連に気付き、二酸化炭素を取り入れるために開いた気孔から蒸散がおこることを理解するようになる。

#### 2. 生徒による実験

授業時間と材料に余裕がある場合は、生徒による実験実習を行った。生徒に、葉を配布し、「ワセリンを塗らないもの」「裏面に塗るもの」「表面に塗るもの」「自由に塗るもの」などを作らせて、これに色素液を入れておいたシリコンチューブにつけて観察させた。

### II. 実践効果のまとめ

これらの結果を通し、これまで見られてこなかった、もしくは見るのが難しかった、以下のような項目について、生徒に考察させ理解してもらうことができるようになった。

1. 色素液を吸わせることにより、短時間で葉脈を観察することができるようになった。生徒たちは、「X線写真のようだ」という感想を述べていた。
2. 蒸散については、これまでより短時間で、かつ、視覚的に内容をとらえることができるようになり、生徒一人一人の工夫が生きる場面を作りだす余地ができた。
3. 光と気孔の開閉の関係を、簡単に示すことが可能となった。
4. アブシシン酸の効果を比較的簡単に示すことができるようになり、高等学校の学習でも用いることができる発展的な教材となった。
5. 主脈から枝分かれして広がっていく葉脈の姿とつながり方をわかりやすくとらえることができるようになった。これは、教科書などに書かれている単純な図に見られる誤りを修正する上で有効な手段となる（図3）。



写真10 授業風景

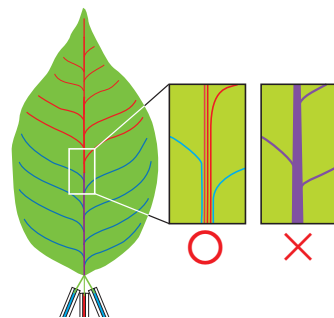


図3 葉の葉脈を構成する維管束（道管）



6. 茎の維管束は、分岐し、葉隙をつくって、葉に入り込んでいる。今回の実験から、茎と葉の維管束のつながり方が、予想以上に複雑で面白いものであることがわかるようになった（写真12）。



写真12 茎から葉への維管束つながり方の模型

## その他補遺事項

### 謝辞

本作品の実施にあたり、東京大学 種子田春彦先生、名古屋大学 木下俊則先生に、多くの意義深いご助言をいただきました。厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 中村雅浩：超簡単マイクロームの工夫と応用，遺伝，Vol.63，No.5，103-108（2009）.