



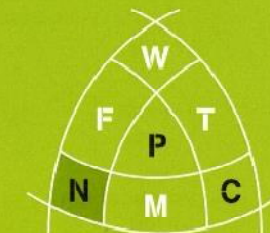
▲みんなで！文字ずつ染めました！

植物の知恵を生活に活かす

N1

■ 基本学習プログラム自然誌（N）

これは自然誌（N）と文化誌（C）をつなぐ学習教材で、
実習にあたってはワークシートや種子、農機具、肥料、
染色関係の道具などを用意する。



Ⅰ 中西史（東京学芸大学基礎自然科学講座理科教育分野）

index

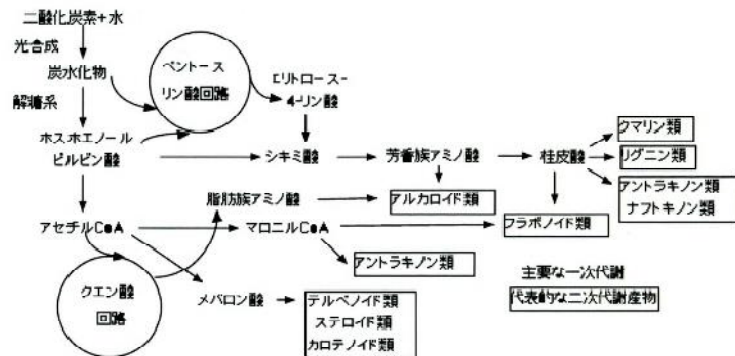
1. 生物がつくる物質
2. 植物がつくる二次代謝産物
3. 植物における二次代謝産物の機能
4. 草木染めについて
5. 草木染 ～藍染めに挑戦！～

1. 生物がつくる物質

生物の体を構成し、生命活動を維持するために機能する様々な有機物質は、もとをたどれば、そのほとんどが二酸化炭素と水から光合成によって作られる簡単な糖を原料としています。生物が作る有機物質のうち、糖質・脂質・タンパク質・核酸などの、生命にとって不可欠な、従って生物界に普遍的に存在するたぐいの有機物質は一次代謝産物と呼ばれ、それらの代謝経路（一次代謝経路）はどの生物でも似通っています。その一方で、特定の生物群や部位、成長段階、環境条件において見いだされる物質は二次代謝産物とよべます。

2. 植物がつくる二次代謝産物

植物の代表的な二次代謝産物としては、アルカロイド、カロテノイド、フラボノイド、テルペノイド、ステロイドなどがあります。それらの代謝経路（二次代謝経路）は一次代謝経路から派生しています。図1は、被子植物の代謝経路を模式的に示したものです。植物は、多様な二次代謝産物を作りだし、過酷な環境への適応や、草食動物、カビ、細菌に対する防御、また、植物間の生存競争のために利用しています。われわれ人間は、植物が生産するそれらの物質を、数千年の昔から生活にうまく取り入れ、医薬品、染料、香辛料などとして活用してきました（表1）。



▲図1 植物の代謝経路の模式図

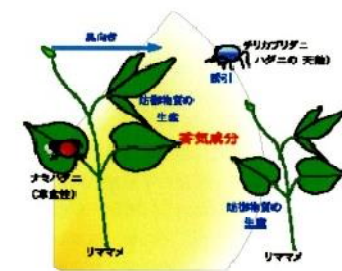
用途	物質名 (主な原料植物・科)	利用例・特徴
嗜好品	ニコチン (タバコ: ナス科)	煙草の成分で副交感神経末梢興奮作用を示す。農薬としても用いられる。
	カフェイン (コーヒー: アカネ科)	茶やコーヒーに多く含まれ、中枢神経、心臓、腎臓の興奮作用を示す。覚醒、利尿、偏頭痛薬としても用いられる。
香料	バニリン (バニラ: ラン科)	洋菓子の香料として一般的。工業的には、バニラ酸から合成される。
	メントール (ハッカ: シソ科)	ハッカ、ミントの香りとして一般的。殺菌力もある。皮膚から吸収されて、知覚神経を一時的に刺激後、軽く麻痺させるため、かゆみ止めや、鎮痛剤としても用いられる。
	シナナムアルデヒド (シナモン: クスノキ科)	食品香料として、様々な用途に使用される。生薬のクエイ油の主成分でもある。
色素	アントシアニン類 (ブルーベリー: ツツジ科)	食用色素として用いられる他、その高い抗酸化活性から、健康増進作用も期待されている。
	シコニン (ムラサキ: ムラサキ科)	絨系の染料で、藍・黄色系とともに日本の三大染料として用いられてきた。抗菌、抗炎症、抗腫瘍、育毛などの効果も示すため、現在では髪としての需要の方が多い。
	インディゴ (アイ: タブコ科)	芳香族アミノ酸から誘導される含窒素化合物。藍色の染料としてなじみ深い。現在では合成品が多く使用されている。
	アリザリン (セイヨウアカネ: アカネ科)	アントラキノン的一种で赤色の染料。世界最古の染料の一つで、合成された最初の天然色素でもある。
医薬品	モルヒネ (ケシ: ケシ科)	アルカロイドの一種で、アヘンの主成分。鎮痛、鎮咳、催眠に処方される。麻薬、毒薬でもある。
	エフェドリン (マオウ: マオウ科)	アルカロイドの一種で、交感神経末梢興奮作用を示し、気管支喘息やアレルギー症の治療に用いられる。
	アトロピン (ベタダシ: ナス科)	アルカロイドの一種で、副交感神経末梢麻痺作用を示し、不整脈治療、麻酔薬に用いられる他、鎮痛・鎮痙にも処方される。
	コカイン (コカノキ: コカノキ科)	アルカロイドの一種で、麻薬の一つである。局所知覚神経末梢麻痺作用があり、表血行促進、鎮痛薬に用いられる。
	ルチン (ソバ: タデ科)	フラボノイドの一種で、毛細血管の透過性抑制と酸化防止効果を示し、高血圧、動脈硬化、糖尿病、糖尿病などの治療に用いられている。
	ベルベリン (オウレン: キンボウグサ科)	アルカロイドの一種で、抗菌、抗炎症、血圧降下作用があり、腸内殺菌による整腸、止瀉薬に用いられる。
防虫剤	ピレトリン (シロバナシヨケギク: キク科)	テルペノイドの一種で、蚊取り線香の主要成分。神経細胞のナトリウムイオンチャネルの作用を阻害する。
	カンファー (クスノキ: クスノキ科)	テルペノイドの一種で、樟脳として古くから防虫・防臭剤として用いられてきた。消炎鎮痛薬、皮膚刺激薬としても用いられる。

▲表1 植物が作る二次代謝産物の利用

夏の風物詩である蚊取り線香も、もとはといえば、シロバナシヨケギク(除虫菊)の花に含まれる殺虫成分を利用したものです。現在では、シロバナシヨケギクに含まれる天然の殺虫成分の化学構造をもとに、様々な合成殺虫剤が開発され、その中でより商品化に適した化合物が殺虫剤や農薬として利用されています。その一方で、カやハエなどの衛生害虫に対して忌避活性(遠ざける作用)を示す天然成分を利用した製品が「環境に優しい虫除け製品」として店頭に並ぶようになりました。このように、生物間の相互作用や、それを仲介している物質について理解することは、人間生活をより快適にする様々な場面で役立っています。

3. 植物における二次代謝産物の機能

被子植物の特徴の1つに、量ならびに種類において非常に多くの二次代謝産物を生産し、それらを体内に蓄積することがあげられます。コケ植物やシダ植物、裸子植物に比べ、被子植物は植物体の色や香り、味の多様性が大きいことからこの事が容易に理解できるでしょう。一昔前には、植物にとっての二次代謝産物は老廃物でしかないと考えられていました。しかし現在では、生物間の相互作用(微生物や動物に対する防御・誘引、植物同士の情報交換など)や環境に対する適応(紫外線・大気汚染物質に対する防御、低温耐性)など、環境変動が大きい陸上で、移動能を持たずに生活する植物が、より有利に生きるための重要な機能を担っていると考えられています。例えば、日本料理に欠かせない「山葵(わさび)」の辛み成分(イソチオシアネート)が、殺菌効果や昆虫・動物に対する忌避活性(遠ざける作用)を示すことは良く知られていますが、この辛み成分は、山葵という植物の根茎が、食害を受けたときに作り出す、生体防御物質と考えることができます。二次代謝産物を利用した植物の生体防御の凝ったものとして、動物を利用する例がいろいろと知られています。例えば、リママメというマメ科の植物は、草食性のナミハダニから食害を受けると、その傷口から数種類の揮発性の二次代謝産物(香氣成分)を放出して、ナミハダニを捕食する肉食性のチリカブリダニを引き寄せます。この揮発成分は、まだ攻撃されていない葉や、別の植物体に対して、「今のうちから防御物質をつくれ!」というメッセージにもなります。動くことのできない植物ですが、やられっぱなしではないのです(図2)。



▲図2 リママメの二次代謝産物を利用した防衛戦略

4. 草木染めについて

表1に示したとおり、植物の二次代謝産物には色素として、繊維や食品などの染色に用いられるものがたくさんあります。その歴史は古く、古代エジプトの都市テーベで発掘された遺跡からは、紀元前2500年頃作られたと思われる藍染めの衣服が、また同じくテーベのツタンカーメンの墓（紀元前1353年没）からは、茜染めの帯が発見されています。植物成分を染色に利用するようになった起源ははっきりしませんが、おそらくは植物を調理する過程で、染色への利用が考えられるようになったのではないかと推測されます。また、染色に使われる植物の多くは薬効を示すため、薬として煎じられたり、湿布として利用される中で、染料としての利用法が発見されたものもあるでしょう。例えば、藍染めに用いられるタデアイやヨーロッパタイセイの葉は、小さな傷や皮膚病に効くとされていますし、茜染めに使用されていたアカネ（昔は日本の国旗の日の丸はアカネの根で染色されていたそうです）や、栽培品種であるセイヨウアカネの根は、利尿薬や腎結石の薬として用いられていました（現在セイヨウアカネの根は発ガン物質が含まれていることが明らかになったため、薬用には用いられていません）。

世界各地で、植物を染色に用いるための様々な技法が開発され、日本でも固有の染色方法が開発されました。衣裳の色で位を表していた飛鳥時代、平安時代の十二単衣、江戸時代の友禅染めなどこれらはすべて植物染料が多く使われています。三島市立郷土資料館のふるさととの暮らしと道具の展示コーナーでは、江戸時代に駿河湾周辺で発達した型染めに用いられた型紙や、植物により染められた絹糸や、布地を見ることができます（図4）。

しかし、明治の中頃になるとヨーロッパで開発された安価な化学（合成）染料が機械産業化の波とともに日本中に広がり、天然染料を用いた染色技術はほとんど廃れてしまいました。「草木染（くさきぞめ）」という言葉は、天然染料を用いた染色方法の復興を目指した動きの中で、化学染料を一切使わず植物染料などの天然染料のみで染色したものに對し、昭和5年に山崎文武（あきら）が命名しました。その後、草木染の研究は工芸家や芸術家などの一部の専門家や研究家によって受けつがれてきましたが、近年は安全と環境保全に対する意識の拡大に伴い、様々な場面で草木染の見直



▲図3 セイヨウアカネの植物体



▲型染めに用いられた型紙



▲染色材料と製品

図4 三島市立郷土資料館 ふるさと暮らしと道具の展示

しが行われています。この流れは世界的なものであり、2006年11月にはインドのハイデラバードで、ユネスコ国際天然染料シンポジウムとワークショップが開催されました。

5. 草木染 ～藍染めに挑戦！～

タデアイやベニバナ、アカネなど、草木染によく使われる植物はありますが、ほとんどの植物が草木染めに使えます。ヨモギやタンポポ、セイタカアワダチソウなどの身近な草本や、ウメやケヤキ、ミズキなどの樹木、タマネギやピーナツの皮やコーヒーなどの台所の常連も草木染の材料になります。同じ植物でも採取の季節や、生育環境などにより色合いや色の濃さが変わってきます。また、鉄やアルミニウム、銅などの金属の化合物（媒染剤）を用いることにより色合いを工夫し、布への定着を良くすることができます。思った通りの色を出すには経験を通じて得た様々なコツが必要ですが、まずは「どんな色に染まるか」を楽しむことから始めると良いでしょう。

この授業では、藍染めに用いられるタデアイの栽培とその生葉を用いた染色について紹介したいと思います。

（1）藍染めとは

a. 藍とは

ある種の植物の中に含まれている成分が変化して生じた、藍色の色素を含む染料のことをさします。また、その植物（藍草ともいいます）や色を意味する場合もあります。藍の色素は、インジゴと呼ばれ、これを繊維に染め付けることで藍色に染色できます。身近なものでは、ジーンズの青い色は、インジゴの色です。ジーンズのインジゴは、現在化学合成されていますが、構造は天然のものと全く同じ物質です。

b. 藍染めの仕組み

タデアイの葉の細胞中には、インジカンという無色の物質が含まれています。インジカンは、葉が傷ついたり、枯れると細胞中の酵素が働きインドキシルという物質にかわります。2分子のインドキシルが空気酸化とともに結合することによってインジゴという青い色素ができます（図5）。インジゴは水に不溶性であるため、布を染めることはできません。インドキシルの状態か、もしくはインジゴを還元したロイコインジゴの状態に、布に浸透させ、その後酸化によりインジゴに変換し、布に定着させます。

c. 世界の藍

藍染めは古代から世界各地で行われてきましたが、用いる植物（藍、藍草）は、地域によって異なります。下に代表的なものをあげておきましたが、多様な科でインジカンが合成されていることが分かります。

インド藍 植物名：キアイ、ナンバンコマツナギ（マメ科）
大青タイセイ（ヨーロッパ、アイヌ） 植物名：ウオード（アブラナ科）

琉球藍 植物名：リュウキュウアイ（キツネノゴマ科）

タデ藍（日本） 植物名：タデアイ（タデ科）

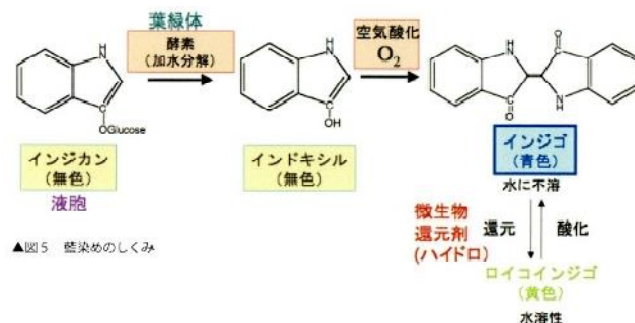
d. タデアイ (*Polygonum tinctorium* Lour.)

日本でも古来より藍染めが行われていましたが、近世になって本綿が広がったことに伴って、全国で盛んにタデアイが栽培され、染められるようになりました。江戸時代には、阿波の国（現在の徳島県）が最大の生産地でした。タデアイ以外のタデ科の植物にはソバ、イタドリ、ママコノシリメグイ（茎に小さなとげがある植物です）などがあります。タデ科の植物には打撲骨折、関節炎、利尿、虫下し、解毒などの薬としても用いられるものがあります。

e. タデアイの品種

日本で栽培されるタデアイにはさまざまな品種がありますが、現在日本で最も多く栽培されているのは小上粉赤花種（こじょうこあかばなしゅ）、もしくは小上粉白花種（こじょうこしらばなしゅ）です。この品種は明治30年以降に広がったもので、腋芽が良く出て茂り収穫量が多いのが特徴です。1番刈りの後すぐ新しい枝が伸びてくるので、2番刈りの収穫量も多くなります。枝が横に広がるため、あまり背は高くなりません。虫や病気に強く栽培しやすい品種です。

他にも、百貫（ひゃっかん）や赤茎小千本（あかくきこせんぽん）などの品種があります。



(2) タデアイの栽培

タデアイは根を深くはるため地植えの方が適していますが、大きめのプランターや鉢でも育てることができます。乾燥を嫌うので、水枯れしないよう充分気をつける必要があります。しかし、水のやりすぎもよくありません。萎れない程度に乾燥気味に育てると、根の張りが良くなります。植物や土の状態をよく観察しながら栽培して下さい。日当たりの良い場所を確保して、栽培に挑戦してみましょう。

a. 播種

播種は、一般に3月から4月にかけて行います。霜に当たると弱ってしまうので、霜の心配が無くなったことを確認しましょう。

播種の1週間前、畑の一部やプランターの上に石灰、肥料（油かす／鶏糞／鉢用化学肥料）を処理し、良く混ぜ込んでおきます。土は目の細かいものの方が適していますが、野菜や花が育つものなら特に選びません。

種子の表面の茶色の殻は、発芽を妨げるので、指先でつまんで軽くこすりあわせて、予め取り除いておきましょう。40cm四方に200～300粒の種をまき、3mm程度土をかぶせてから水をたっぷり撒きます。水やりは、土の表面を乱さないようにじょうろを使って丁寧に行います。

b. 苗作り

土の表面が乾かないように水をやります。気温にもよりますが、1～2週間で芽が出ます。本葉が2、3枚になったら、2cm四方に2～3本を残して間引きします。この頃から、水やりは土の表面から2cm程度奥の深さまで乾いたら行うようにし、少し回数を控えます。一度の水やりの量はこれまで同様たっぷりの量を与えます。

c. 定植とその後の管理

苗が5～7cm位に育ったら定植します。その1週間前に水持ちの良い土に石灰、肥料を撒いて土作りをしておきます。畑で育てる場合、畝幅を80cm程度に整え、3、4本ずつ50cm間隔で植え付けます。プランターで育てる場合は、2、3cmで1本の間隔になるように間引きをします。間引きした苗は、新たなプランターに植えかえて育てましょう。

植え換え後、1週間程度は今までと同様に水やりを行います。その後は表面から3cm程度奥まで土が乾



▲図6 小上粉赤花種

いたら水をやるようにします。定植後1週間から2週間後、さらに1カ月ごとに、肥料を施します。

タデアイにはナメクジやアブラムシなどがつくので、普段からよく観察しましょう。早めに気がつくことが、一番の対策です。駆除の際には薬剤の使用は必要最小限とし、できるだけ手で取ったり、自然に負荷の少ない方法を探してみましょう。ナメクジ対策としてはビールを用いる方法が有名ですし、殺虫剤にもデンブレンなど植物成分を利用した製品を見つけることができます。

d. 収穫と種子の保存

葉が繁り、染色に必要な量がそろえば、花が咲く頃までいつでも葉を収穫できます。一般には6月下旬から、7月中旬に1番刈りを行い、その後、9月下旬までに2番刈りを行います。6月上旬の若い葉や、花が咲いた後の葉では色が濃く染まりません。1番刈りが最もきれいな色に染色できるようです。

収穫の際には、地際から2 cm 程度の位置で、茎をばさり刈り取ります。タデアイは、わき芽が出やすいので、1月もすると、次の収穫を行うことができます。

花が咲きはじめたら収穫はやめて、種子が熟すのを待ちましょう。実が褐色になったら、晴れの日が続いて良く乾燥した状態の種子を花茎からしごき落としします。集めた種子は数日陰干ししてからビニール袋に入れて冷暗所（冷蔵庫でも構いません）で保存します。種子は暑さと湿度に弱く、発芽率が低下するので気をつけて下さい。また、古いタデアイの種子の発芽率は非常に低くなるため、毎年新しい種子を確保することが大切です。

3) 生葉を利用した染め ～生葉染めと叩き染め～

育っている植物から刈り取ってすぐの新鮮な葉を利用して染めるものです。傷が付いたり、乾燥して青く変色した部分は利用できません。



▲図7 タデアイの芽の生え



▲図8 一番刈り



▲図9 生葉染めを行った作品の乾燥風景

生葉染め

図10、11は生葉を用いて染めた作品です。図11ではいずれも絹のスカーフを染めています。左側の2枚はどちらも生葉染めを行ったものですが、同じ方法にもかかわらず、浅藍色と薄緑色のはっきりした違いができました。左端はインジゴを還元剤でロイコインジゴにして染色を行ったもの（図5）、左から2番目は、生葉染めにより薄緑に染まったものをさらに左端と同様な方法で重ね染めを行ったものです。それぞれ、味のある色が出ていると思います。



▲図10 タデアイから生まれたさまざまな色

a. 準備

絹製品（被染物） ハンカチ1枚で4 g程度。

＊絹製品は、還元剤（ハイドロサルファイト）・アルカリ剤（消石灰）などを使用しないとはっきり染まらない。

タデアイの生葉・・・約20 gから60 g（被染物の5倍から15倍、茎をとって葉だけ摘んだもの）。生葉の量で濃さが変わります。

水・・・・・・被染物の100倍程度。

目の詰んだ洗濯ネット、生ゴミネット・・・・・・1枚

ボール・・・・・・1個

b. 方法

① 生葉（葉を取って葉だけ摘んだもの）を軽く水洗いした後、はさみでなるべく細かく刻み、目の細かい洗濯ネットや生ゴミネットの中に入れ、口を閉じて中の葉が出ないようにする。

② ボールに染めたい材料の100倍量の水（4 g程度のハンカチの場合400 mL）を入れ、①の生葉を水中で10分程度力を入れて揉み出す。生葉や絞り汁ができるだけ空気に触れないように注意する。

＊水の一部を氷に置き換えて冷やしながらかき混ぜる

すと、破碎中の酵素反応によるインドキシル、さらにはその酸化によるインジゴの形成を抑制することができる（破碎中に形成したインジゴは染色には無効）。

③ 染料液が黄緑になりどろっとした感じになったら、生葉の入った袋をよく絞って染色液から取り出す。

④ 水で濡らして良く絞った絹のハンカチを染色液の中に入れ、5～10分程度染色する。この時、ムラにならないように布を染色液中でよく動かす。空気中には出さないようにする。染色時間があまりにも長いとくすんだ色になる。

⑤ 染色液からハンカチを取り出して軽く絞ったのち、広げて空気に十分さらす。すぐに青く発色してくる。さらに空气中で15分程度広げてしっかり酸化させる。一度の染色で色が薄い場合は、染色と酸化を繰り返す。染色を繰り返すと、染色液中のインドキシルの酸化が進み、染色液の色が青く変わる（図11）。液全体が青くなった染色液は、染色には使用できない（表面だけ青くなっている場合は使用に差し支えない）。

⑥ 水洗後中性洗剤で洗い、乾燥させる。

※大量の生葉を扱う場合は、ミキサーで生葉と水を加えて粉碎し、網目の細かい生ゴミ用ネットなどを用いて濾して染色液を作ることができる。葉のカスが入るとくすんだ色に仕上がるので、注意する。



▲図11 染色に使用する前（上）
と使用した後（下）の染色液

叩き染め

木綿をはじめ、麻、絹、ナイロン、レーヨンを手軽に藍染めする方法が叩き染めです。生葉を布上で叩くことにより、藍の色素の前駆体であるインジカン（無色）を繊維にしみ込ませて、繊維中でインジゴを生成させます。複数の葉を並べたり、いろいろな形に切り抜くことで予想以上にポップな模様を染め出すことができます。小学生から大人まで楽しめますが、指の怪我にはくれぐれも注意して下さい。

<準備>

被染物 木綿、麻、絹、ナイロン、レーヨン

※薄いと破ける心配がある。厚いと叩くのにかなり力が必要。

タデアイの生葉・・・適宜

金槌（木槌）

<方法>

① 生葉のゴミや水気を良く取り除く。水気が残っていると、模様がにじんでしまう。

② 机の上に厚紙（硬いもの。段ボールは良くない）を敷き、その上に生葉を並べて、布をかぶせる。2枚の布で生葉を挟むようにしても良い。布の上に生葉を並べてその上をラップフィルムで覆っても良い。

③ 葉をつぶすように、布の上、またはラップフィルムの上から金槌等で叩く。布が厚いとかなり力を要する。葉の形が緑色に浮き出てきたら、そのまま数時間放置する。

④ 葉の残骸を取り除き、十分酸化させる。その後、中性洗剤でよく洗うと緑色は落ちて、インジゴの青い色が布に残る。

*藍染め製品の洗濯の注意

中性洗剤（木綿や麻は石けんでもOK!）を使用します。できるだけ単独で洗い（他の洗濯物に色が移らないよう）、長時間のつけ置きは避けて下さい。大事に扱って、長い期間楽しみましょう。



▲図12