

植物色素の教材化

－ pHの違いによるアントシアン系色素の色の変化を見る －

橘 淳治*

1. はじめに

植物はいろいろな色素を持っている。例えば、光合成を行う植物の葉は緑色を、また、花を咲かせる植物の花弁の色は、赤色、黄色、紫色、青色など多様な色である。

特に花弁の色は植物の種類によっても様々であり、同一の植物であっても季節や土壌のほか、植物の成長段階によって異なる。

今回は、植物色素のうちで条件によって色調が大きく変化するアントシアン系色素の教材化と研修を行ったので報告する。

2. アントシアンとは

アントシアンとは単独の物質を指すのではなく、植物の花弁、果実、根、茎、葉において美しい色を発色している一群の色素の総称である。マーカートがヤグルマギクの花の青い色素をギリシャ語の花 (anthos) と青い (kyanos) を表す言葉からアントシアニジン (anthocyanidin) と名付けたのに始まると言われている。

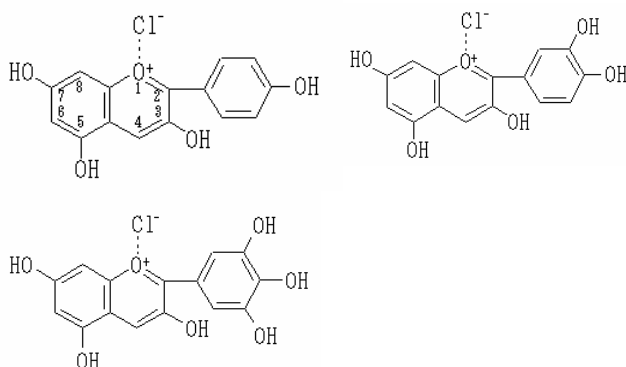


図1 代表的なアントシアニジン（ペラルゴニジン、シアニジン、デルフィニジン）の構造式

これら一群の色素は配糖体として存在し、色素本体はペラルゴニジン、シアニジン、デルフィニジンの3種およびその誘導体である¹⁾。

3. アントシアン系色素の教材化

(1) pH 緩衝液の作成

強酸、強アルカリを蒸留水で薄めても、中性付近の pH に近づくと緩衝力が低いいため正しい pH の溶液を作ることが難しい。そこで、pH 測定用比色管に用いられる緩衝液を作製する。

0.2mol/L 濃度の、塩化カリウム (KCl) 溶液、希塩酸 (HCl)、酸性オルソフタル酸カリウム $[\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOK})(\text{COOH})]$ 溶液、水酸化ナトリウム (NaOH) 溶液、リン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) 溶液、ホウ酸 (H_3BO_4) と塩化カリウム (KCl) 溶液を作製し、これらを一定の割合で混合し、最終的に蒸留水で 200mL にマスアップすることにより pH 緩衝液ができる (表 1)。

表 1 pH 緩衝液の作製方法

pH	試薬 1	試薬 2	比率
1.2	0.2mol/L KCl	0.2mol/L HCl	50ml+64.5ml/200ml
2	0.2mol/L KCl	0.2mol/L HCl	50ml+10.6ml/200ml
3	0.2mol/L フタル酸カリウム	0.2mol/L HCl	50ml+20.4ml/200ml
4	0.2mol/L フタル酸カリウム	0.2mol/L NaOH	50ml+0.4ml/200ml
5	0.2mol/L フタル酸カリウム	0.2mol/L NaOH	50ml+23.65ml/200ml
6	0.2mol/L フタル酸カリウム	0.2mol/L NaOH	50ml+45.4ml/200ml
7	0.2mol/L KH_2PO_4	0.2mol/L NaOH	50ml+29.45ml/200ml
8	0.2mol/L KH_2PO_4	0.2mol/L NaOH	50ml+46.85ml/200ml
9	0.2mol H_3BO_4 +KCl /L	0.2mol/L NaOH	50ml+21.46ml/200ml
10	0.2mol H_3BO_4 +KCl /L	0.2mol/L NaOH	50ml+43.90ml/200ml

このようにして作製した pH 緩衝液を 18mm 径の試験管にそれぞれ 10mL 程度ずつ分注しておく。

(2) アントシアン系色素の抽出

アントシアン系色素は、熱には比較的強いがアルカリには不安定である。したがって、一般的には熱水抽出を行う。

アントシアン系色素を多く含む植物としては、アサガオの花弁、パンジーの花弁、ムラサキキャベツ、

* 大阪府教育センター

ブルーベリーの実、ナス、ブドウ果実、マロウなどがある。

ムラサキキャベツなどは教材としてよく用いられ、熱水で抽出して用いる。ここでは、ハーブティーで用いられるマロウ（アオイ科に属し別名をウズベニアオイ「学名は *Malva sylvestris*」）を用いる。これは、水で簡単に抽出できるほか、乾燥した状態で市販されており、常温で長期間保存できるので教材生物としては好都合である。

指示薬として用いるには、比較的颜色が濃い方が使いやすいので、小さなビーカーにひとつかみのマロウを入れて、マロウが浸る程度の蒸留水を加えてガラス棒や薬さじで軽く押さえるようにして抽出する。この抽出液の上澄みを指示薬として用いる。

(3) 標準色列の作製

pH に限らず、比色法（色の濃さや色調によって定量を行う方法）によって、物質を調べる場合には、その「ものさし」となるものが必要である。その「ものさし」になるものを標準色列という（図2）。

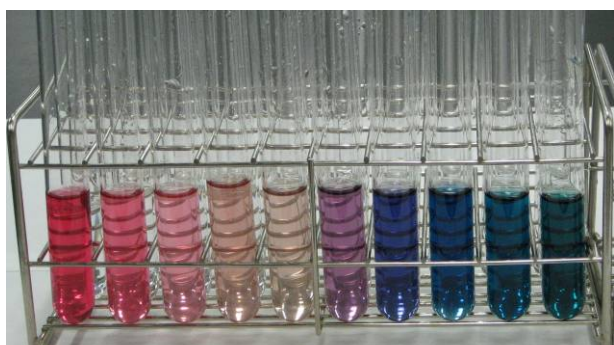


図2 マロウを指示薬とした pH1.2～pH10 までの標準色列

標準色列は、調べたい試料と濃度などが既知の試料に同じ試薬を同量加え、同じ条件で発色させて比較するための「ものさし」である。

具体的な作成方法としては、3-(1)で作製した pH の緩衝液と調べたい試料に、3-(2)で抽出したアントシアニン系色素を同量加えて、その色の変化を比較する。その際、色素抽出液が多すぎると緩衝力の低い試料（例えば、雨水や河川、湖沼水）などは色素抽出液の緩衝作用により pH が色素抽出液の pH 近くに移動し、正しい pH の測定ができない。また、色素抽出液が少なすぎると、色が薄くなりすぎて比較が困難になるので、予備実験をしておくのが原則である。

また、アントシアニン系色素は天然有機物であり、また、金属イオンとの錯塩を作っている関係上、不安定な側面があり、時間とともに色が薄くなってし

まうので、作製した標準色列を長時間保存するのは困難である。

(4) 植物色素の変色を利用した身の回りの水の pH 測定

pH メーターでは測定が困難である、緩衝力の低い水として雨水、蒸留水、イオン交換水、水道水などがある。これらを、標準色列を作製する pH 緩衝液と同様に 18mm 径の試験管にそれぞれ 10mL 程度ずつ分注しておく。

これに 3-(2)で抽出したアントシアニン系色素を同量加えて試料の色を標準色列と比較して pH を測定する。

表2は、実習助手研修で行ったときの試料水の pH を示したものである。

蒸留水とイオン交換水は製造後、直ぐにポリビンに入れて、可能な限り実験まで外気に触れないようにした。また、雨水は教育センターにある雨水タンクから 12 月 12 日の研修当日に採取し、水道水は研修時に採取したものをを用いた。マロウを指示薬とした比色法では、標準色列の pH の刻み幅が 1 であるため、試料水が標準色列の間の色になった場合はその間の値を読むこととした。

なお、比較のため堀場製作所のガラス電極 pH メーター（pH METER F-11）を用いて試料水の pH を測定した。

表2 各種試料水の pH

	蒸留水	イオン交換水	雨水	水道水
マロウ	5.5	7.0	5.0	8.0
ガラス電極 pH 計	5.4	6.9	4.6	8.4

このように、pH 試験紙などでは測定することのできない、緩衝力の小さな希薄溶液においても、マロウ等のアントシアニン系色素で、比較的正確に pH の測定ができることが分かった。

(5) より簡便な植物色素を利用した pH 測定

ムラサキキャベツ等ではアントシアニン系色素の抽出には熱水抽出しなければならず、それに比べればマロウは水で簡単に抽出できるため簡便である。

学校での教材化を考えた場合、実験は簡単である方が教育効果が高く効率が良い。

そこで、抽出をせずに pH をより簡便に測定できる方法を紹介する。

市販の紫イモは、近年の健康ブームで八百屋やス

スーパーマーケットでも比較的簡単に入手することができ、しかも安価である。

この紫イモはアントシアン系色素を多量に含むため、抽出操作をするまでもなく、小片に切って試料水の入った試験管等に入れると、色素が溶け出してくる。

図3は、この紫イモを約5mm×5mm×15mm程度の小片に切り、それを表1の緩衝液に入れたものである。マロウやムラサキキャベツの抽出液とほぼ同様の発色で標準色列を作ることができる。

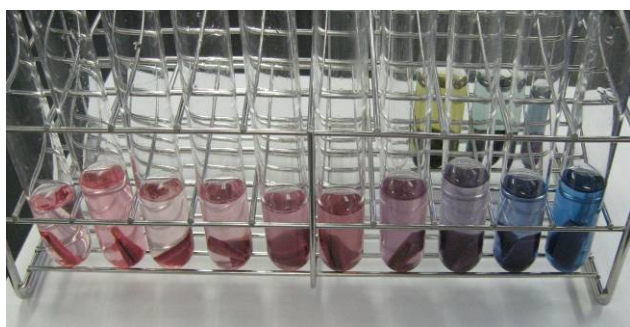


図3 紫イモの小片によるpH1.2～pH10までの標準色列

さらに、定性的になるが小学校や中学校での簡便な酸・アルカリの測定用の教材としては、紫イモを薄く輪切りにして、それを試料水の入った紙コップやスチロールコップに入れて、抽出されてくる色素の色を観察するとよい。

アントシアン系色素は、酸性側では赤系統の色に、中性では紫色に、アルカリ性側では青系統の色になることを押さえておけば、酸・アルカリの指示薬として利用可能である。

図4は、紙コップに水道水と雨水を試料水として入れ、そこに、輪切りにした紫イモを入れたものである。水道水の入っている方は青紫色に、雨水の入っている方は赤紫色に変化した。



図4 輪切りにした紫イモによる水道水と雨水の酸性・アルカリ性判定

また、紫イモの入手や保存が困難な場合は、和菓子の材料として紫イモの粉が市販されている。これは、デンプンが入っているため、試料水に紫イモ粉を入れると試料水が濁るが、5～10分程度放置するとデンプンが沈殿して上澄みが澄み、色の識別が容易になる。

図5は、透明スチロールコップに水道水と雨水を試料水として入れ、そこに、紫イモ粉を入れたものである。水道水の入っている方は青紫色に、雨水の入っている方は赤紫色に変化した。



図5 紫イモ粉による水道水と雨水の酸性・アルカリ性判定

紫イモや紫イモ粉に限らず、アントシアン系色素を用いて希薄溶液のpHを測定するときの注意点は、一般のpH指示薬と同様に、これらの色素自体が緩衝作用を持つため、指示薬として用いる時は、可能な限り少量しか加えないことが大切である。大量に加えると中性色（紫色）に近づいてしまう。

また、BTBなどに比べて天然色素であるため安定性が悪い欠点もある。発色させて長時間放置すると色素が分解されて色が褪せてくる。

さらに、アルカリ性になると色素の分解が著しくなり、アルカリ性側のpHの測定は10程度までに留めた方がよい。それ以上pHが高くなると色素が分解され黄色から緑色になってしまう。

4. まとめ

植物色素は光合成、染色など教材として利用されるが、中でもアントシアン系色素は色が「きれい」であり、生徒の興味を引く教材として優れている。

引用文献

- 1) 日立システムアンドサービス(1999)：世界大百科辞典