

小中学校教員のための理科実験教材：酸塩基指示薬としての ムラサキイモパウダーの活用

The science experimental teaching materials for elementary and junior high school teachers: applications of the purple sweet potato powder as acid-base indicators

鎌田 正喜*, 早川 潤*

Masaki KAMATA* · Jun HAYAKAWA*

Key words: purple sweet potato powder, acid-base indicator, experimental teaching materials for school teachers, experimental teaching materials for science, science of schools, science of daily life

1 はじめに

平成29年3月に公示された新学習指導要領（理科）では、自然の事物・現象に関する問題を科学的に解決（あるいは探究）するために必要な3つの資質・能力を育成することが教育目標として掲げられている。その3つの資質・能力の育成とは具体的には以下である。

＜小学校＞[1]

- ① 自然の事物・現象についての理解を図り、観察・実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
- ② 観察、実験などを行い、問題解決の力を養う。
- ③ 自然を愛する心情や主体的に問題解決しようとする態度を養う。

＜中学校＞[2]

- ① 自然の事物・現象についての理解を深め、科学的に探究するために必要な観察・実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
- ② 観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う。
- ③ 自然の事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようという態度を養う。

簡潔に言えば、小中学校ともに、①は「知識および技能」の習得、②は「思考力、判断力、表現力」の育成、③は「主体的に学習に取り組む態度」の涵養ということであり、学校教育法30条2項に記された学力の3要素を理科という教科に合わせて表現したものになっている[3]。

今回の指導要領改訂では、現行学習指導要領の枠組みや教育内容を維持したまま、「知識の理解の質を高め資質・能力を育む主体的・対話的で深い学び」を獲得させようというのがポイントである。「主体的・対話的で深い学び」や「深い学び」がキーワードのようだ。

一方、著者らが注目していた「日常生活や社会との関わり」の部分については、以下のように変わった。
＜小学校：「理科の改善の基本方針及び具体的事項(1)(i)(オ)」平成20年9月抜粋＞[4]

2017.6.26 受理

*新潟大学教育学部化学教室：Department of Chemistry, Faculty of Education, Niigata University, Niigata 950-2102, Japan

「理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせ、科学への関心を高める観点から、実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する方向で改善を図る。また、持続可能な社会の構築が求められている状況に鑑み、理科についても、環境教育の充実を図る方向で改善する。」

＜小学校：「指導計画の作成と内容の取扱い3.2.(5)」平成29年3月公示抜粋＞[1]

「個々の児童が主体的に問題解決の活動を進めるとともに、日常生活や他教科等との関連を図った学習活動、目的を設定し、計測して制御するという考え方に基づいた学習活動が充実するようにすること。」

＜中学校：「理科の改善の具体的事項(2)(ii)(ウ)及び(エ)」平成20年9月抜粋＞[2]

「(ウ)科学的な知識や概念の定着を図り、科学的な見方や考え方を育成するために、原理や法則の理解等を目的としたものづくり、理科で学習したことを野外で確認し、野外での発見や気づきを学習に生かす自然観察など、科学的な体験や自然体験の充実を図る。」

「(エ)理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせ、また、持続可能な社会の構築が求められている状況に鑑み、環境教育の充実を図る方向で内容を見直す。科学への関心を高める観点から、これらを踏まえ、例えば、第1分野の科学技術と人間、第2分野の自然と人間についての学習の充実を図る。」

＜中学校：「指導計画の作成と内容の取扱い3.2.(6)及び(10)」平成29年3月公示抜粋＞[5]

「(6)原理や法則の理解を深めるためのものづくりを、各内容の特質に応じて適宜行うようにすること。」

「(10)科学技術が日常生活や社会を豊かにしていることや安全性の向上に役立っていることに触れること。また、理科で学習することが様々な職業などに関係していることにも触れること。」

新学習指導要領では理数教育の充実という観点から、「日常生活等から問題を見いだす活動や見通しをもった観察・実験などの充実によりさらに学習の質を向上」させることが改善ポイントとして示されているが、指導計画の作成と内容の取扱いの部分では、現行よりもトーンダウンしている。小学校では「実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する」が消え、中学校では「～適宜行うようにすること」、「～触れること」に変わり、新学習指導要領で謳っている「主体的で対話的な深い学び」というスローガンからはさらに乖離している。「日常生活の科学」に「学校の理科」の基礎基本が生かされていることをアクティブに取り上げ教えて行かなければ、「学校の理科」と「科学」のつながりだけでなく、「科学」そのものの重要性さえ認識してもらえないであろう。科学に関する知識を集積させるだけでなく、「学校の理科」と「日常生活の科学」のつながりを実感できる学習教材や学習活動、授業の開発が教員には求められる。学校教育法21条の7においても、理科については「生活にかかわる自然現象について、観察及び実験を通して、科学的に理解し、処理する基礎的な能力を養うこと。」が達成目標として掲げられている。

OECD（経済協力開発機構）のPISA調査では、日本の児童・生徒に関して、『知識・技能を活用する能力に課題』があることが以前から指摘されている[6]。小中学生が、身近や生活の中で起こる科学的事象・現象に対して興味や関心、問題意識が不十分で、理科の授業で得た知識と日常生活の中の科学との繋がりを理解できていないことに原因があると著者らは考えている。一方で教師自身が日常生活の科学に理解が不十分なため、子どもたちに「学校の理科」と「日常生活の科学」の繋がりを教えられていないという懸念もある。改善のためには、小中学校の理科教材として身のまわりの事物・現象を活用した「ものづくり」を教師自らが主体的に行い、理科や科学の知識が役立つことを実感させられる教材の開発が必要である。「理科は何のために学ぶのか」、「理科を学習したら何ができるのか」が実感できなければ、子どもたちに「学校の理科」や「科学」を学ぶ意義や大切さ、楽しさは理解してもらえないであろう。

本研究では、小中学校の理科、「水溶液の性質」の単元から、身近なものを用いた酸塩基指示薬の教材開発に焦点をあてることにした。

小中学校の理科教科書には、身近の酸塩基指示薬の例として紫キャベツ色素が典型例として登場する[7-9]。紫キャベツ色素のアントシアニンは、酸性領域では色素が分解することなく安定であるが、塩基性領域ではその安定性はやや弱い。ただ、塩基性領域でも20分間程度であれば色調を保持するので、理科実験の教材としてはまったく支障はない[7]。しかし、紫キャベツは季節によって入手することが困難なことや比較的値段が高いことなど、年間を通じて使える指示薬としては不向きである。色素としての利用も指示薬

のみに限られ、食卓にもほとんど上らないため身近との関連が希薄である。

一方、著者らは前研究で、赤紫蘇が天然の指示薬として小中学校の理科授業に利用できることを報告した[10]。赤紫蘇は紫キャベツと同様にアントシアニン色素を含み、梅干の製造には欠かせない食材である。梅が塩漬される過程で梅に含まれるクエン酸などの有機酸によって梅酢は酸性となり、溶けだした赤紫蘇のアントシアニンが反応して鮮やかな赤色に変化する。そのため緑色であった梅が赤紫蘇のおかげで赤く着色される。紫キャベツとは違い赤紫蘇は安価で大量に入手できるうえ、乾燥したものを冷凍すれば長期保存が可能になるため、季節を問わず使用できるというメリットがある。前研究では、赤紫蘇からの色素抽出方法や指示薬としての使用方法について、紫キャベツ色素との比較を行って以下のことを明らかにした。(1) 呈色後の指示薬としての色調の持続性や耐久性は、塩基性では赤紫蘇よりも紫キャベツのほうがやや優れている。ただし、理科実験での使用には問題ない。(2) 原料の保存、調製など授業前の準備の簡便さでは赤紫蘇の方が優れている。(3) 「理科の学習」と「身近の科学現象」が関係していることを理解させるのには赤紫蘇の方が優れた教材である。(4) 乾燥や粉末化などは子どもたちと一緒にできるので赤紫蘇が「ものづくり」教材として優れている。

本研究では、身近に使われていて、紫キャベツ色素と同等以上の色素耐久性を持ち、赤紫蘇色素に代わる酸塩基指示薬の候補として、ムラサキイモ（サツマイモ）色素に着目した。ムラサキイモはタルトやパン、お菓子の材料として使われているが、「かき氷シロップ（いちご）」の赤い着色料としても利用されている。健康ブームで合成色素よりも天然の色素が好まれるためであろう。「かき氷シロップ（赤）」を直接に酸塩基指示薬に使用するという短絡的な方法もあるが、糖類他にもpHに影響する添加物が混じっていることや、「ものづくり」という観点からは素材がはっきりしないため適当とは言えない。そこで、「ムラサキイモ」をインターネット上で検索したところ、食材としてムラサキイモパウダーが多種多様に販売されていることがわかった。ムラサキイモを焼成・乾燥・粉末化したものである。紫色の粉末で100g単位の小袋で販売され、324円から安価に入手できる（図1）。1年ほどの賞味期限があり通信販売でいつでもどこでも購入できるため、赤紫蘇や紫キャベツよりも入手が容易である。また、乾燥・粉末状態でジップバック包装されているので赤紫蘇や紫キャベツのように冷凍保存は不要で、室温保存でも全く問題がない。以下、ムラサキイモパウダーからの色素の抽出方法や調整方法、抽出後の色素溶液の耐久性、理科教材としての利用方法について、紫キャベツ色素や赤紫蘇色素との比較も交えて報告する。

2 ムラサキイモ色素を酸塩基指示薬として用いたこれまでの研究例

ムラサキイモ色素を酸塩基指示薬として利用することを研究した文献を調査した。沖縄特産の紅いも乾燥粉（別名：紫いも、品種：アヤムラサキ）を用いたものがあった[11]。色素の抽出は、紅いも粉を水と混ぜて上澄み液を使用するというものであった。pH2～12の緩衝溶液や身近な物質を用いて色素溶液の変色を調べ、紅いもから作った団子の変色や紅いも色素を使った染色も行っており、色素の抽出方法とものづくりという観点から大変参考になった。一方、生のムラサキイモから直接に色素を抽出して、pHの違いによる色素の変色を調べたものもあった[12]。その他、ネット上にはムラサキイモパウダーから簡便な方法で（濾過せずに上澄みなどを使う）色素を取り出し、指示薬として用いる実験など数件ほどが検索できたが、使用するパウダーや水の重量、抽出される色素量（濃度）など、色素の抽出・調整方法について詳しくは書かれておらず、定性的な実験にとどまっていた。

3 ムラサキイモパウダーからの酸塩基指示薬の調製とその使用方法

3.1 準備

ムラサキイモパウダー（図1(1)のS&B製を使用した, 375円）、蒸留水（または水道水でも可）、ピーカー（100 ml x 5）、プフナー漏斗（直径:90 mm）、濾紙（直径:90 mm, ADVANTEC社製定性濾紙No.2）、吸引びん（200 ml x 2）、アスピレーター、三角フラスコ（100 ml x 5）、漏斗（直径:75 mm x 2）、濾紙（直径:150 mm, ADVANTEC社製定性濾紙No.2）、濾過台、電子天秤、薬さじ。

3.2 ムラサキイモパウダーからの酸塩基指示薬の調製（吸引濾過の場合）

ムラサキイモパウダー 1～5 gを電子天秤で秤量し、ビーカー（100 ml）に入れた（図2）。これに水100 mlを加えて、ムラサキイモパウダーの浮遊粉末やダマがなくなって均一に分散するまで薬さじで数分間攪拌した（図3）。濾紙3枚を重ねて敷いたブフナー漏斗（図4(1)）にムラサキイモパウダーの懸濁液を注いで吸引濾過した（図5）。ムラサキイモパウダーの粒子が細かいため濾紙を通過してくる場合は、吸引びんだけを別のものに交換して、同じブフナー漏斗（ムラサキイモパウダーが付着している濾紙も交換しない）で濾液（色素抽出液）を再度濾過すれば問題は解決する。濾過で得られたムラサキイモ抽出液は透明な赤紫色を呈していた。これを三角フラスコ（100 ml）に移し替え（図6）、ゴム栓をして、遮光のためアルミホイルで三角フラスコ全体を包み、冷蔵庫（5～6℃）に保管した（図7）。この色素抽出液を酸塩基指示薬として使用することにした。これを使用する際には、サンプルびん（5 ml用）に色素抽出液を3 ml量りとり、そこにpHを調べたい液体を1 ml加えることにした。吸引濾過装置のない小中（高等）学校では、時間はかかるが、次の3.3に示した自然濾過の方法を使ってもムラサキイモ色素の抽出が可能である。

3.3 ムラサキイモパウダーからの酸塩基指示薬の調製（自然濾過の場合）

ムラサキイモパウダー 1～5 gを電子天秤で秤量し、ビーカー（100 ml）に入れた。これに水100 mlを加えて、ムラサキイモパウダーの浮遊粉末やダマがなくなって均一に分散するまで薬さじで数分間攪拌した。2枚重ねの濾紙（直径：150 mm）を四つ折りにして漏斗（直径：75 mm）にセットしたものを2セット使用して、ムラサキイモパウダーの懸濁液を2つに分けて自然濾過した。12時間前後で濾過が完了し、透明な赤紫色の色素抽出液が85 ml得られた（図8）。ゴム栓をして、遮光のためアルミホイルで三角フラスコ全体を包み、冷蔵庫（5～6℃）に保管した（図7）。この色素抽出液を酸塩基指示薬として使用することにした。これを使用する際には、サンプルびん（5 ml用）に色素抽出液を3 ml量りとり、そこにpHを調べたい液体を1 ml加えることにした。

4 ムラサキイモ色素抽出液の濃度と安定性：紫外可視吸収スペクトル測定による検証

4.1 準備

ムラサキイモパウダー（図1(1)のS&B製を使用した、375円）、蒸留水（または水道水でも可）、ビーカー（100 ml x 5）、ブフナー漏斗（直径：90 mm）、吸引びん（200 ml x 2）、濾紙（直径：90 mm, ADVANTEC社製定性濾紙No.2）、アスピレーター、三角フラスコ（100 ml x 5）、電子天秤、薬さじ、紫外可視分光光度計（JASCO U-best-30）、UVセル。

4.2 ムラサキイモパウダーの重量変化に伴う色素抽出濃度の検証

3.2でムラサキイモパウダー 1～5 gから抽出した色素液は、ムラサキイモパウダーの重量が増えるにつれ目視でも色素濃度が高くなることがわかった（図6）。抽出した色素溶液の吸収波長と濃度を知る目的で紫外可視吸収スペクトル（UVスペクトル）を測定した。抽出した色素溶液の3 mlを希釈せずにUVセルに入れ、UVスペクトルの測定を行った。ムラサキイモ色素の紫色の呈色に相当する吸収極大は約534 nm付近に出現することがわかった（図9）。吸光度からムラサキイモパウダーの重量に比例してムラサキイモ色素が抽出されていることがわかった（図9の下表）。

4.3 ムラサキイモ色素抽出液の安定性の検証

ムラサキイモパウダーの重量を3.0 gにして、3.2の手順で色素の抽出を行った。得られた抽出液を三角フラスコ（100 ml）に移し替え（図6）、ゴム栓をして、遮光のためアルミホイルで三角フラスコ全体を包み、冷蔵庫（5～6℃）に保管した（図7）。この抽出液の色素安定性を調べるためUVスペクトルによる経時変化を追跡した。色素抽出後から0時間後、3時間後、5時間後、1日後、6日後、7日後、10日経過後の色素抽出液を冷蔵庫から取り出し（各3 ml）、UVスペクトルを測定した（図10）。ムラサキイモ色素の赤紫色に対

応する吸収極大波長（534 nm）の吸光度の変化やスペクトル全体を観察することにより、抽出した色素の安定性が判別できた。抽出後7日までは吸収極大波長（534nm 付近）の吸光度がほとんど変化せず、色素は分解していないと判断できた。しかし、抽出後10日では目視によっても白濁が認められ、その吸収極大波長（534 nm 付近）の吸光度やスペクトル全体の吸光度が大きく上昇し、色素の分解が進行していることがわかった。色素抽出液を抽出直後にすぐに冷蔵庫に保存すれば、1週間までは十分に使用に耐えることがわかった。小中（高等）学校の理科授業に使用する場合、数日前に色素の抽出を行っても冷蔵庫にさえ保管しておけば、1週間以内なら問題なく使用できることがわかった。ただし、室温では色素の分解が早いので注意を要する。

5 ムラサキイモ色素抽出液（ムラサキイモ指示薬）の酸塩基指示薬としての評価

5.1 準備

ムラサキイモ色素抽出液（ムラサキイモ指示薬）、ポータブルpHメーター（HANNA instruments）、サンポール（pH 0.32）、ポッカレモン（pH 2.27）、ミツカン穀物酢（pH 2.47）、ファミリーフレッシュ（pH 6.71）、エマール（pH 6.90）、部屋干しトップ（pH 7.50）、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液（pH 8.77）、キレイキレイ（pH 10.49）、食器洗いセッケン（pH 11.24）、飽和炭酸ナトリウム水溶液（pH 11.71）、カビキラー（pH 12.34）、ハイター（pH 12.95）、0.1 M 水酸化ナトリウム水溶液（pH 13.31）、サンプルびん（5 ml用）。

5.2 ムラサキイモ指示薬の酸塩基指示薬としての性能評価

3.2で調整した濃度の異なる5種類のムラサキイモ色素抽出液（ムラサキイモ指示薬：それぞれムラサキイモパウダー 1.0 g, 2.0 g, 3.0 g, 4.0 g, 5.0 g を使用して水 100 ml で抽出した色素溶液）3 ml に対して、①サンポール（pH 0.32）、②ミツカン酢（pH 2.47）、③水（pH 7.50）、④食器洗いセッケン（pH 11.24）、⑤ハイター（pH 12.95）を添加した時のムラサキイモ指示薬の色調の変化を示した（図11）。ムラサキイモ指示薬それ自身の濃度変化を示したものが図11-1から図11-5の上段の写真である。図11-1から図11-5に進むにしたがって赤紫色の色調が徐々に濃くなるのがわかる。ムラサキイモパウダー 1.0 g, 2.0 g を用いて抽出した指示薬は少し薄い色調をしているが、ムラサキイモパウダー 3.0 g, 4.0 g, 5.0 g から抽出したものは色調的に全く問題がないことがわかった。図11-1から図11-5の下段の写真は、①サンポール（pH 0.32）、②ミツカン酢（pH 2.47）、③水（pH 7.50）、④食器洗いセッケン（pH 11.24）、⑤ハイター（pH 12.95）をそれぞれ1 ml 添加した時の指示薬の色調の変化を示した。酸性領域では、①、②のように酸性の強弱に対応して赤く色調が変化している。一方、塩基性領域では、④、⑤のように青緑および黄色に変化している。ハイターは酸化力のある次亜塩素酸ナトリウムが含まれ、アントシアニン色素が酸化されるためこのような黄色の呈色を示す。さらに時間が経つにつれて徐々に無色へと変化し、色素が完全に別の物質に変化してしまう。紫キャベツ色素を指示薬に使った場合にも同様の変化が起こるので、特別にムラサキイモ色素の欠点ということではない。酸性および塩基性領域での色調の変化やその鋭敏性、pH 変化に対する広い適応性、色調の持続性という観点から見ても、ムラサキイモ色素には紫キャベツ色素以上の評価を与えることができる。

5.3 ムラサキイモ指示薬を用いた身近にある食品や薬品の液性評価

図12に身近にある食品や薬品と、ムラサキイモ指示薬を添加した際の色の変化を示した。表1にはこれら食品や薬品のpHと色調をまとめた。ムラサキイモ指示薬は3.0 g のムラサキイモパウダーを水 100 ml で抽出したものを使用した。

有効成分が塩酸の①サンポール（pH 0.32）は強酸、有効成分が有機酸の②ポッカレモン（pH 2.27）、③ミツカン酢（pH 2.47）は弱酸、⑤ファミリーフレッシュ（pH 6.71）、⑥エマール（pH 6.90）は中性、塩基性成分が含まれている⑦部屋干しトップ（pH 7.50）、弱塩基性の⑧飽和炭酸水素ナトリウム水溶液（重曹：pH 8.77）、水酸化カリウムが含まれている⑨キレイキレイ（pH 10.49）、高級脂肪酸カリウム塩の⑩食器洗いセッケン（pH 11.24）、⑪飽和炭酸ナトリウム水溶液（pH 11.71）は弱塩基、塩基性が高く有効成分に水酸化ナトリウムと次亜塩素酸ナトリウムが含まれる⑫カビキラー（pH 12.34）、⑬ハイター（pH 12.95）、⑭0.1 M

水酸化ナトリウム水溶液 (pH 13.31) は強塩基として区分した。

ムラサキイモ指示薬に液性の異なる食品や薬品を添加した際の変化は、強酸の①サンポール (pH 0.32) は濃赤色になり、弱酸の②ポッカレモン (pH 2.27) と③ミツカン酢 (pH 2.47) は赤色となった。中性と区分した⑤ファミリーフレッシュ (pH 6.71)、⑥エマール (pH 6.90) は赤紫色のままで、ムラサキイモ指示薬そのものの色の違いはさほどなかった。弱塩基の⑦部屋干しトップ (pH 7.50) は紫色へ変色し、⑧飽和炭酸水素ナトリウム水溶液 (重曹: pH 8.77) は青色へと変色した。⑨キレイキレイ (pH 10.49) は青色、⑩食器洗いセッケン (pH 11.24) は青緑色、⑪飽和炭酸ナトリウム水溶液 (pH 11.71) は緑色となり、2時間後には徐々に黄色へと変化した。強塩基性の⑭0.1 M 水酸化ナトリウム水溶液 (pH 13.31) は緑色から10分後には徐々に黄色へと変色し、2時間では完全に濃黄色に変化した。⑫カビキラー (pH 12.34) と⑬ハイター (pH 12.95) は、添加した瞬間は黄色と青色を混ぜたような呈色を示したが、数秒後には黄色へ、10分後には薄い黄色、2時間後には完全に無色となった。5.2でも言及したが、カビキラーやハイターは、次亜塩素酸ナトリウムが含まれ、ムラサキイモ指示薬のアントシアニン色素が酸化され別の物質に変化してしまうため、他の食品や薬品とは異なり色調が持続せず、可逆的な呈色も示さなかった。ムラサキイモ指示薬に各被検査溶液①～⑭を添加した際の色の变化を時間経過とともに図12に示した。①サンポール (pH 0.32) から⑪飽和炭酸ナトリウム水溶液 (pH 11.71) までは広範なpH領域で変色すると同時に、10分間経過後もその色調を完全に維持した。さすがに強塩基性の⑭0.1 M 水酸化ナトリウム水溶液 (pH 13.31) では、飽和炭酸ナトリウム水溶液 (pH 11.71) と同様に添加直後は緑色に変化したのが、10分後までには黄色へと変色してしまった。強塩基性ではアントシアニン色素が緑色を示す状態からさらに黄色を示す別段階の構造に変化したものと考えられる。

ムラサキイモ指示薬にカビキラーやハイターを加えたものは、20分経過後に水溶液はすでに薄い黄色へと変色していたが、これをドラフト内で注意深く硫酸酸性にしてみた (塩素発生に要注意! 真似しないこと!)。図13 (①, ②) に示したように溶液は赤色に戻ることもなく、ムラサキイモ指示薬 (アントシアニン色素) が分解していることが明確になった。一方、ムラサキイモ指示薬に0.1 M 水酸化ナトリウム水溶液 (pH 13.31) を添加して20分間経過後の緑色溶液と2時間経過後の濃黄色のものについて、それぞれを硫酸酸性にしてみたところ、図13 (③, ④) に示したようにいずれも赤色となり、アントシアニン色素が生き残っていることがわかった。

6 ムラサキイモ色素指示薬を用いた実践例

本研究で得られた成果を生かして、小中 (高等) 学校の理科授業に利用できる「ムラサキイモパウダーから指示薬を作成しよう (資料1)」と「ムラサキイモ指示薬を使って身のまわりの物質の液性をしらべよう (資料2)」を作成した。教育現場で利用していただければ幸いである。

7 まとめ

生のムラサキイモを使うには年間を通しての入手は困難であるが、ムラサキイモパウダーはオールシーズン安価で容易に購入することができる。多種多様に販売されているムラサキイモパウダーは焼成・乾燥・粉末化された状態にあり、保存も取扱いも容易である。食品のため安全性にも問題がないところがさらに良い。指示薬の調製過程を比較すると、赤紫蘇を用いる場合は事前に生葉を乾燥・冷凍保存しておく必要があり、紫キャベツを用いる場合は紫キャベツを細かく刻んでおく (包丁を使う) という作業が必要になる。ムラサキイモパウダーの場合はそのまま水と混ぜて一晩かけて濾過するだけで済む (自然濾過の場合)。抽出や濾過という実験技能の学習にもなる。帰り際に自然濾過をしかけておけば、翌日には色素溶液ができ上がっている。色素溶液は冷蔵庫で1週間は保存できるので (遮光して冷蔵保存することがポイント!), ものづくり体験と実験準備が計画的にできる。

ムラサキイモ色素抽出液は赤紫蘇色素抽出よりも耐久性があり、紫キャベツ色素抽出液と同様にpHに対応した色調変化と持続性がある上に、塩基性領域にも耐久性があるため紫キャベツ色素以上の性能であると

評価できる。

ムラサキイモパウダーは、菓子やパン、シロップに姿を変えて身のまわりで使われている。材料の入手が容易で小中学校の理科実験教材（高等学校の化学教材）として最適である。実際に授業でこれを使用することで、学校での理科学習と自然の産物、身近の科学現象が密接に関係していることを学習することができる。「ものづくり」という観点からも、ムラサキイモ指示薬は子どもたちと一緒に作れる楽しい実験教材になる。夏になると、かき氷シロップは毎日のように食べるのに、そこに自然の色素が使われ我々の生活を豊かにしていることに気がつかない。pH指示薬になることなど知るはずもない。しかし、「学校の理科」と「生活の科学」がつながる学習をした後に、シロップの成分表示に書かれた「有機酸」という文字を見れば、シロップがなぜ鮮やかな赤になっているかに気づくはずである。シロップを直接に指示薬には使えないことに気づくはずである。深い学びにつながるはずである。

8 薬品処理の注意事項

塩酸が主成分であるサンポールと、次亜塩素酸ナトリウムが含まれているカビキラーやハイターを混ぜると塩素が発生する。廃棄の際には「絶対に混ぜない」よう十分注意する必要がある。

参考文献

- [1] 小学校学習指導要領（理科），平成29年3月，文部科学省．
- [2] 中学校学習指導要領（理科），平成29年3月，文部科学省．
- [3] 学校教育法．
- [4] 小学校学習指導要領解説，理科編，平成20年9月，文部科学省．
- [5] 中学校学習指導要領解説，理科編，平成20年9月，文部科学省．
- [6] OECD生徒の学習到達度調査（PISA2009）文部科学省．
- [7] M. Foster, J. Chem. Edu., 55, 107 (1978).
- [8] みんなと学ぶ，小学校理科6年，p159，学校図書，平成26年3月7日検定済．
- [9] 科学3，中学校理科3年，pp92-93，学校図書，平成27年3月6日検定済．
- [10] “アカジソ由来の酸塩基指示薬の作成と小中学校理科教材への応用”，早川 潤，鎌田正喜，新潟大学教育学部研究紀要，自然科学編，4 (2)，pp59-66 (2012)．
- [11] “紅いも粉を利用した身近な実験”，瀧口公夫，化学と教育，48，pp264-265 (2000)．
- [12] “植物色素の教材化-pHの違いによるアントシアニン系色素の色の変化を見る”，橘淳治，大阪と科学教育，23，pp55-57 (2009)．



図1 袋入りムラサキイモパウダー：(1)紫いもパウダー 100g S&B 製；(2)紫いも粉 100g 都食品製

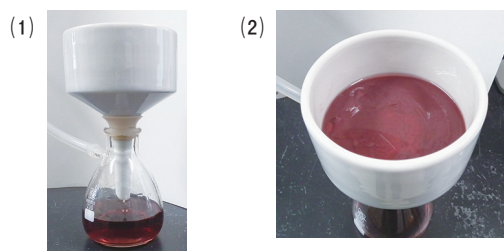


図5 (1)吸引濾過器具全体の様子；(2)濾過途中のブフナー漏斗の中の様子；吸引濾過の1回目に濾液に細かいムラサキイモパウダーが出てしまうことがあるので、ブフナー漏斗も濾紙も変えずに濾液を再度吸引濾過を行った。

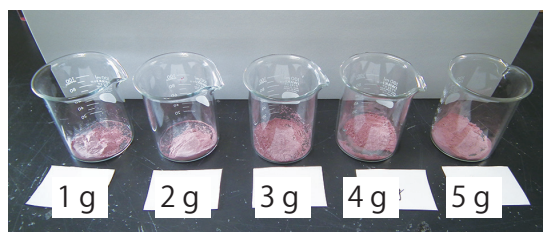


図2 ムラサキイモパウダーを1, 2, 3, 4, 5 g ずつ 100ml ビーカーに取り分けた。

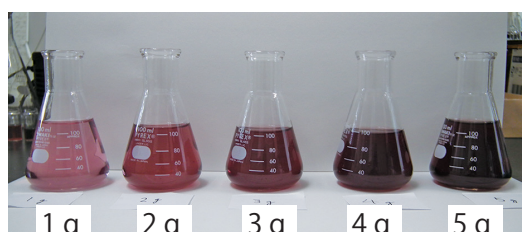


図6 抽出したムラサキイモ指示薬：ムラサキイモパウダーを1g, 2g, 3g, 4g, 5gから抽出した指示薬。

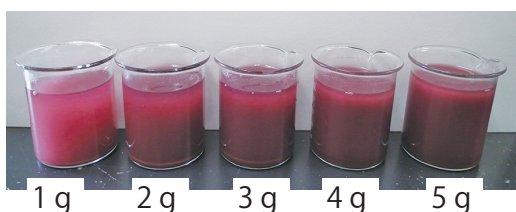


図3 各ビーカーに100ml 水を加えた後の様子：写真は水を加えた直後（0分）



図7 ムラサキイモ色素抽出液（指示薬）の入った三角フラスコは栓をしてアルミホイルで包んで冷蔵庫内に保存した。

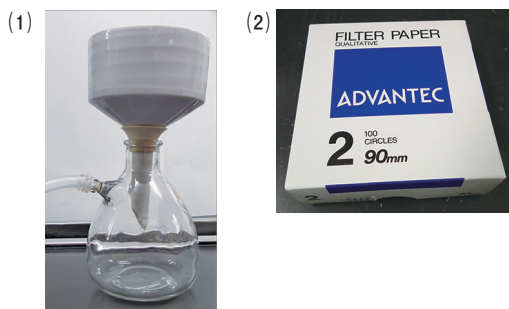


図4 吸引濾過：(1)ブフナー漏斗（直径：90mm）と200ml吸引びんを使用した；濾紙は、ADVANTEC 社製定性濾紙No.2（直径：90mm）を使用した。

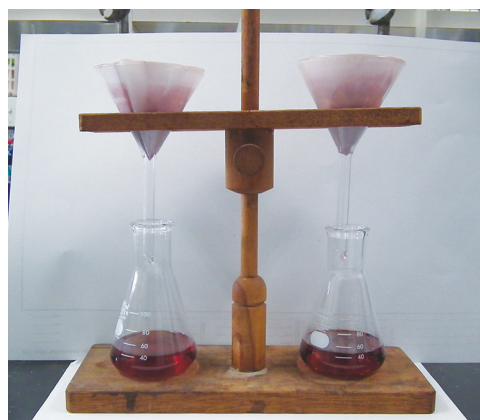
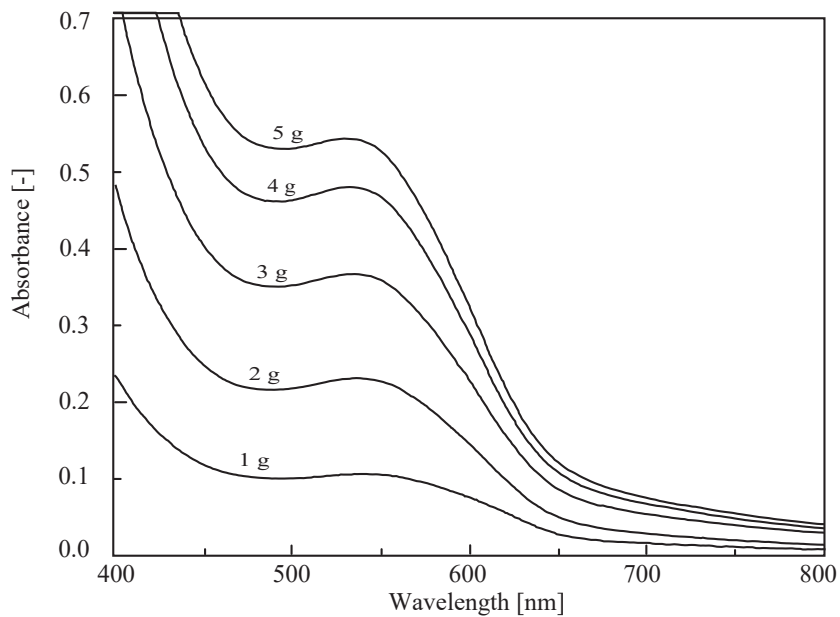


図8 自然濾過の装置写真



	ムラサキイモパウダー [g]				
	1	2	3	4	5
吸収極大波長 [nm]	540.5	539.5	534.0	534.0	531.5
その吸光度	0.1067	0.2303	0.3668	0.4796	0.5440

図9 ムラサキイモパウダーより調整したムラサキイモ色素抽出液（指示薬）のUVスペクトルおよび吸収極大波長と吸光度（パウダー1,2,3,4,5gに対して水100mlで調製した抽出液）

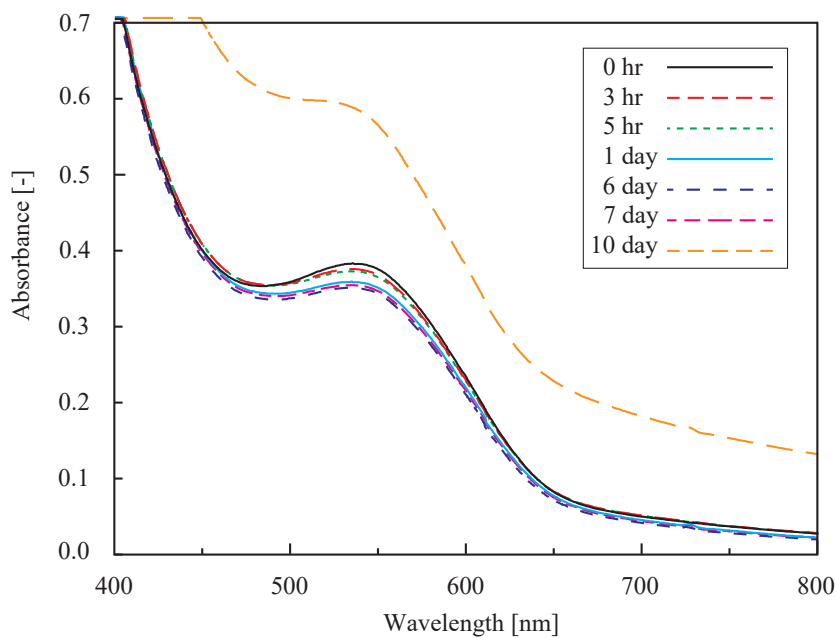


図10 ムラサキイモ色素抽出液のUV スペクトルによる経時変化の追跡



図 11-1 上段は、ムラサキイモパウダー 1 g から水 100 ml で抽出した指示薬 3 ml のみ。下段①はサンポール, ②はミツカン酢, ③は水, ④は食器洗いせっけん, ⑤はハイターを 1 ml 加えたものである。

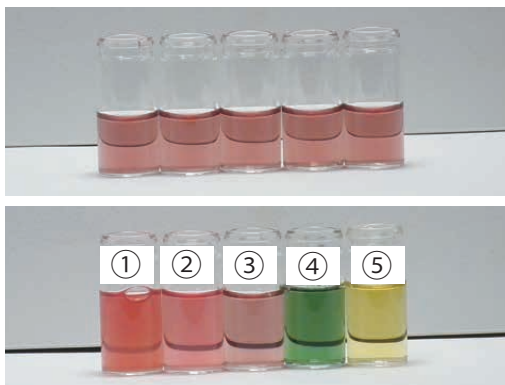


図 11-4 上段は、ムラサキイモパウダー 4 g から水 100 ml で抽出した指示薬 3 ml のみ。下段①はサンポール, ②はミツカン酢, ③は水, ④は食器洗いせっけん, ⑤はハイターを 1 ml 加えたものである。

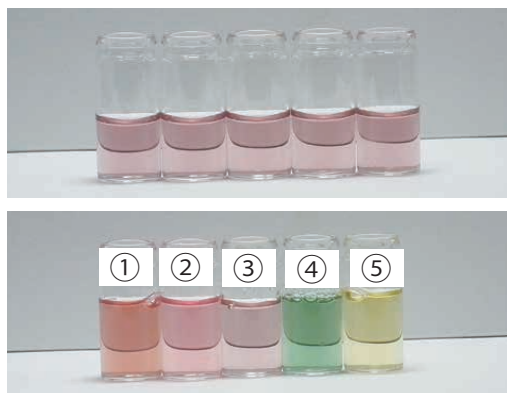


図 11-2 上段は、ムラサキイモパウダー 2 g から水 100 ml で抽出した指示薬 3 ml のみ。下段①はサンポール, ②はミツカン酢, ③は水, ④は食器洗いせっけん, ⑤はハイターを 1 ml 加えたものである。

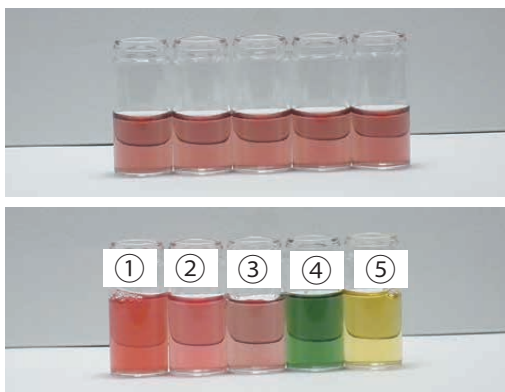


図 11-5 上段は、ムラサキイモパウダー 5 g から水 100 ml で抽出した指示薬 3 ml のみ。下段①はサンポール, ②はミツカン酢, ③は水, ④は食器洗いせっけん, ⑤はハイターを 1 ml 加えたものである。

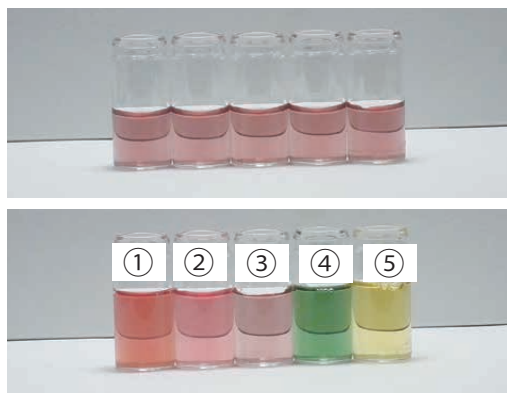


図 11-3 上段は、ムラサキイモパウダー 3 g から水 100 ml で抽出した指示薬 3 ml のみ。下段①はサンポール, ②はミツカン酢, ③は水, ④は食器洗いせっけん, ⑤はハイターを 1 ml 加えたものである。

図 11 被検査液をムラサキイモ指示薬に加えた際の色調の変化

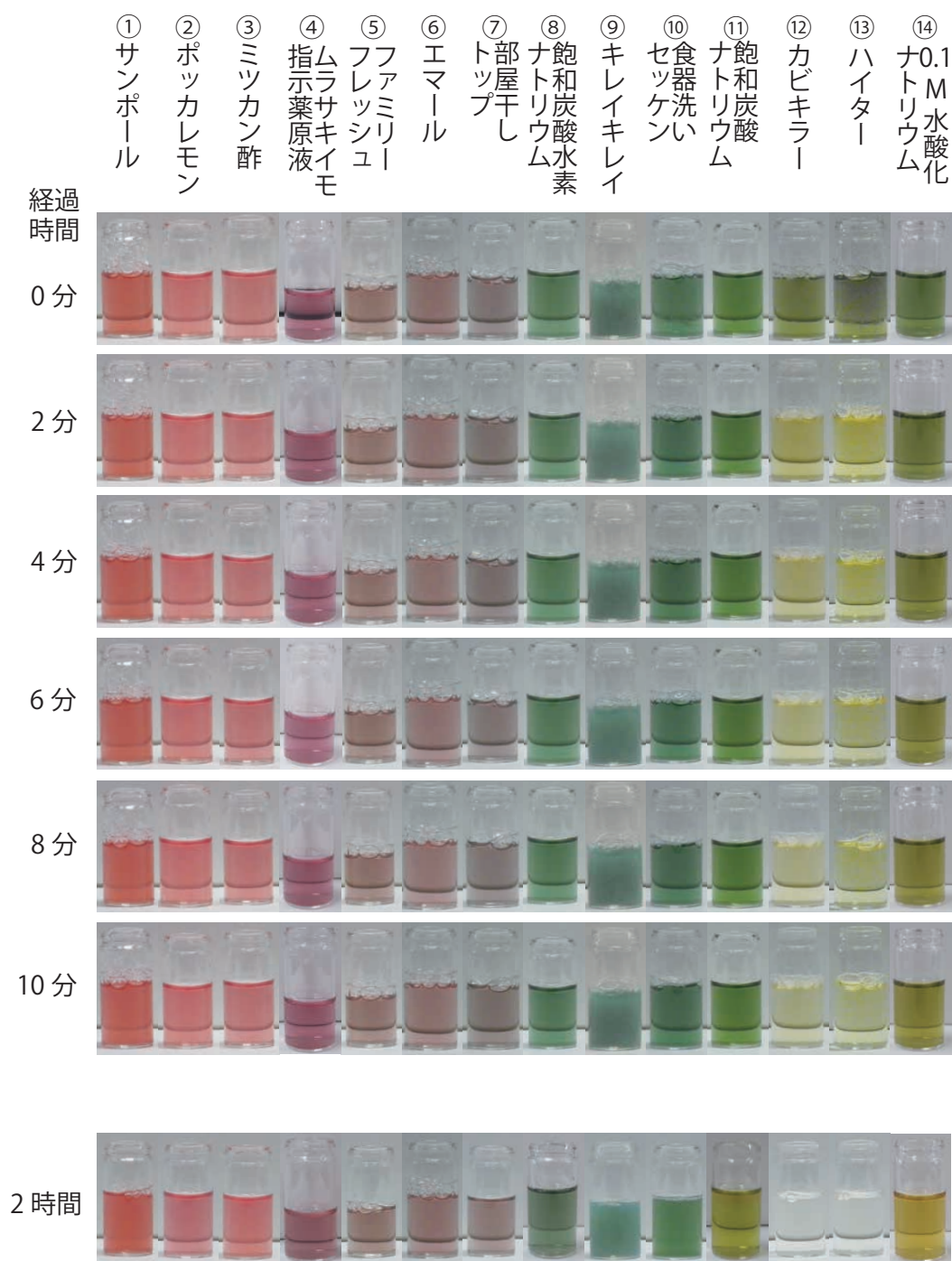
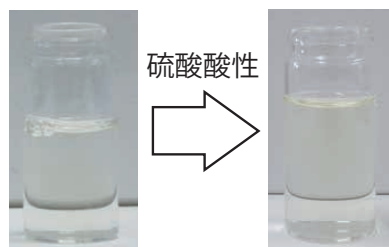


図 12 ムラサキイモ指示薬 3ml に、各被検査溶液 1 ml を加えた際の色調変化と経時変化

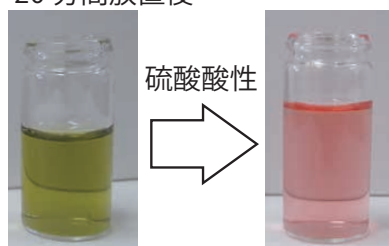
① カビキラー, 20 分間放置後



② ハイター, 20 分間放置後



③ 0.1 M 水酸化ナトリウム, 20 分間放置後



④ 0.1 M 水酸化ナトリウム, 2 時間放置後

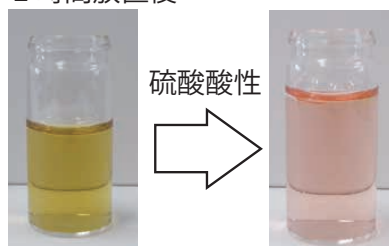


図 13 ムラサキイモ色素の失活の確認：

ムラサキイモ指示薬 3 ml に各被検査溶液(カビキラー, ハイター, 0.1 M NaOH) 1ml を加え, 所定時間経過後(20 分間, 2 時間)に, 液性を硫酸酸性にした時の変化

表 1 身近な食品や薬品の pH と、ムラサキイモ指示薬を添加した際の色の変化

原液			pH	酸アルカリ 指示薬添加後 色
商品名	成分			
強酸	① サンポール		塩酸(9.5%), 界面活性剤(アルキルトリメチルアンモニウム), 洗浄助剤	0.32 濃赤
弱酸	② ポッカレモン		レモン, 香料	2.27 淡赤
	③ ミツカン穀物酢			2.47 淡赤
中性	④ ムラサキイモ指示薬原液		3 g のムラサキイモパウダーを 100 ml の水で抽出したもの	6.33 赤紫
	⑤ ファミリーフレッシュ		界面活性剤 (18 % 高級アルコール系 (陰イオン)), 安定化剤	6.71 赤紫
	⑥ エマール 中性		界面活性剤 (18 % ポリオキシエチレンアルキルエーテル), 安定化剤, 分散剤	6.90 赤紫
	⑦ 部屋干し トップ		界面活性剤 (31 % ポリオキシエチレンアルキルエーテル, 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩), 安定化剤, 酵素	7.50 紫
弱塩基	⑧ 飽和炭酸水素ナトリウム		NaHCO_3 飽和水溶液	8.77 青
	⑨ キレイキレイ		有効成分: イソプロピルメチルフェノール その他の成分: グリセリン, ラウリン酸, ミリスチン酸, 水酸化 K, ラウリルジメチルアミノオキシド液, アクリル塩アルキル共重合体エマルジョン・2, モノエタノールアミン, EDTA, 安息香酸塩, 黄 4, 青 1	10.49 青
	⑩ 食器洗いせっけん		純石けん分 (28 % 脂肪酸カリウム)	11.24 青緑
	⑪ 飽和炭酸ナトリウム		Na_2CO_3 飽和水溶液	11.71 緑
強塩基	⑫ カビキラー		次亜塩素酸塩, 水酸化ナトリウム (0.5 %), 界面活性剤(アルキルアミノオキシド), 安定化剤	12.34 黄
	⑬ ハイター		次亜塩素酸塩, 水酸化ナトリウム (0.8%), 界面活性剤(アルキルアミノオキシド)	12.95 黄
	⑭ 0.1 M 水酸化ナトリウム		0.1 M NaOH 水溶液	13.31 緑

ムラサキイモパウダーから指示薬を作成しよう

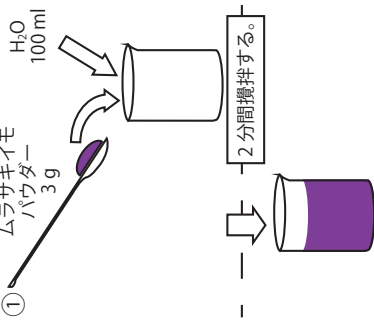
(資料1)

吸引濾過による抽出方法

準備

- ・ムラサキイモパウダー
- ・100 ml ビーカー
- ・薬さじ
- ・フナー漏斗 (直径：90 mm×2)
- ・吸引びん (200 ml)
- ・アスピレーター
- ・濾紙 (直径：90 mm)

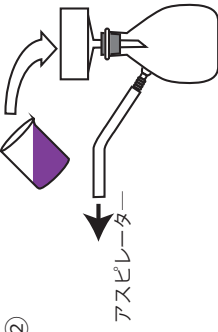
①



ムラサキイモパウダー 3g
H₂O 100 ml
2分間撪拌する。

ムラサキイモパウダー 3g と H₂O 100 ml を 100 ml ビーカーに取り分け、2分間撪拌する。

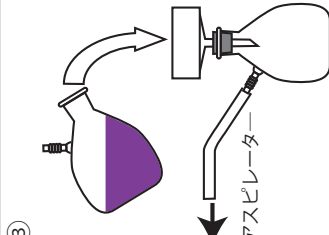
②



アスピレーター

①で抽出した溶液をフナー漏斗 (直径：90 mm) と 200 ml 吸引びんを用いて吸引濾過を行う。
この時、濾紙を3枚使用する。
ここで得られた液がムラサキイモ抽出液となる。抽出したムラサキイモ指示薬は使用するまで栓をして冷蔵庫に保管する (1週間以内に使用する)。
もし、濾液にムラサキイモパウダーが少しでも混入した場合は③へ。

③



アスピレーター

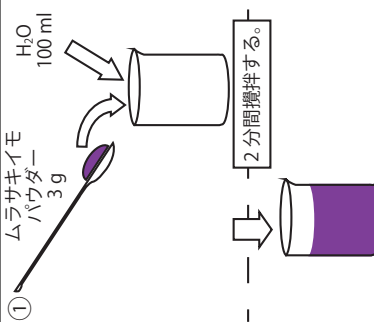
②で濾過した溶液を②のフナー漏斗 (直径：90 mm) と別の吸引びんを用いて再度吸引濾過を行う。

自然濾過による抽出方法

準備

- ・ムラサキイモパウダー
- ・100 ml ビーカー
- ・薬さじ
- ・漏斗 (直径：75 mm×2)
- ・濾過台
- ・三角フラスコ (100 ml×2)
- ・濾紙 (直径：90 mm)

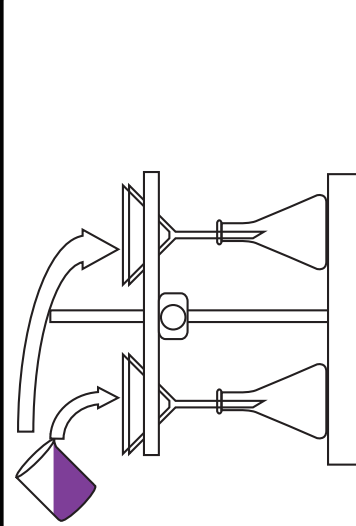
①



ムラサキイモパウダー 3g
H₂O 100 ml
2分間撪拌する。

ムラサキイモパウダー 3g と H₂O 100 ml を 100 ml ビーカーに取り分け、2分間撪拌する。

②



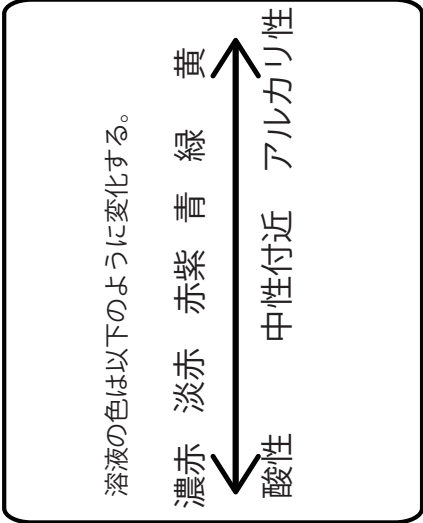
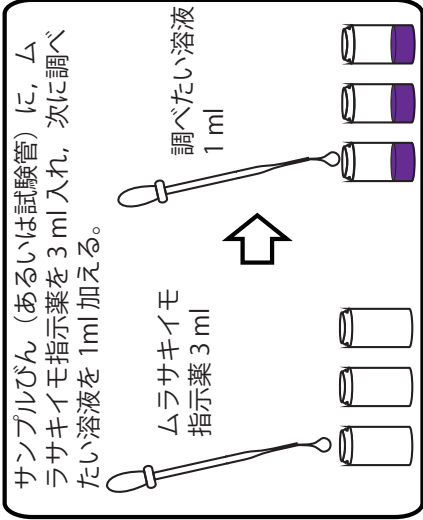
①で抽出した溶液を 50 ml ずつ漏斗に分け自然濾過を行う。
12時間かけて合わせて 85 ml ムラサキイモ抽出液が得られる。
抽出したムラサキイモ指示薬は使用するまで栓をして冷蔵庫に保管する (1週間以内に使用する)。

(資料 2)

ムラサキイモ指示薬を使って身のまわりの物質の液性を調べよう

ムラサキイモ指示薬の使い方

- 準備
- 駒込ピペット (3 ml)
 - サンプルびん, または試験管
 - 身のまわりの物質



調べた結果をまとめよう。

調べる液									
変化した色									
液の性質									

わかったことをまとめよう。