

糖類やアミノ酸・タンパク質は、生物の構成成分やエネルギー源として重要な物質である。これらの天然高分子化合物（およびその単量体）の水溶液を、種々の検出反応により識別する。本実験の大きな特徴は、教科書では羅列的に扱われる天然高分子化合物の性質の観察や検出反応を、課題解決型の探究活動として結びつけたことにある。

この実験を行うには、あらかじめこれらの化合物に関する基礎知識が必要であり、検出反応の方法についても事前に提示しておく必要がある。そのため、生徒の「探究」できる範囲はせまくなるが、各化合物の性質から仮説を立て、効率的な実験手順を考えたり、実験結果から化合物の種類を考察するための論理的な思考力を鍛えることができる。しかも、各検出反応の実験操作そのものは簡単なもので、失敗が少ないのも大きな特徴である。

準備

器具：試験管、ガスバーナー、三脚、金網、ガスマッチ、ビーカー、レーザー光源、沸騰石、試験管はさみ

試薬：グルコース（ブドウ糖）・スクロース（ショ糖）・デンプン^{*1}・グルタミン酸 1 ナトリウム（味の素）・アスパルテーム（甘味料 X）^{*2} …… 各 1% 水溶液、0.5%ゼラチン^{*1}水溶液、5%卵白^{*3}水溶液フェーリング A・B 液、0.1 mol/l 硝酸銀水溶液、濃硝酸、1 mol/l アンモニア水、うすいヨウ素ヨウ化カリウム

^{*1} 沸騰水に加えて溶解させ、冷ましておく。

^{*2} L アスパルチル L フェニルアラニンメチルエステル。「パルスweet」の商品名で、味の素 KK から発売されている。粉末と錠剤があるが、粉末は還元麦芽糖水飴を多量に含むので、錠剤を用いる。錠剤にも、アスパルテーム 33%の他、シクロデキストリン 21%、L パリン 6%、発泡剤（炭酸水素ナトリウム、酒石酸）が含まれる。

^{*3} 少量の塩化ナトリウムを加え、完全に溶解しておく。タンパク質などの水溶液をつくる時、少量の塩類を加えると溶解度が増加することがある。塩溶とよばれる。

水溶液、1 mol/l 水酸化ナトリウム水溶液、6 mol/l 水酸化ナトリウム水溶液、0.1 mol/l 硫酸銅(II)水溶液、1%ニンヒドリン水溶液、1 mol/l 硫酸、塩化ナトリウム、炭酸ナトリウム

実験操作（授業展開）

1 課題の提示

生徒に、次のような課題 I・II を提示する。

課題 I

水溶液 A ~ F は、グルコース・スクロース・デンプン・グルタミン酸 1 ナトリウム・ゼラチン・卵白、のいずれかの水溶液である。これらの水溶液を、10 ml ずつ試験管に取って班に持ち帰り、これまでに学んだ各種の検出反応によって識別してみよう。

グルタミン酸 1 ナトリウム、ゼラチン、卵白については、それぞれアミノ酸やタンパク質であること、ゼラチンは構成アミノ酸に、芳香族アミノ酸をほとんど含まないことを説明しておく。

課題 II

課題 I が終了した班は、謎の甘味料 X を用意したので課題 I で用いた検出反応により、その成分を推定してみよう。

甘味料 X は、あらかじめ水溶液にしておいてもよいが、錠剤のまま班の人数分 + 1 個を渡し、1 個は各自で甘味を確認し、残りの 1 個を水 10 ml に溶かして実験に用いるようにすると楽しい。

両方の課題を行わせるには、授業時間 2 時間分が必要である。1 時間で実施したいときは課題 I のみとし、場合によっては、3 **生徒の活動**に示したようなフローチャート（反応結果・物質名は消して空欄にしておく）を配布し、識別手順を指定してもよい。

2 検出反応の提示

実験を始める前に、次のような検出反応が利用できることをプリントで示す。また各反応について、実験前の授業で、一通りの説明をしておく。それぞれの試薬を加えてどのような変化が起これば、何がわかるのかを、実験前に確認してもよい。検出反応に用いる試薬（水溶液）は、点滴

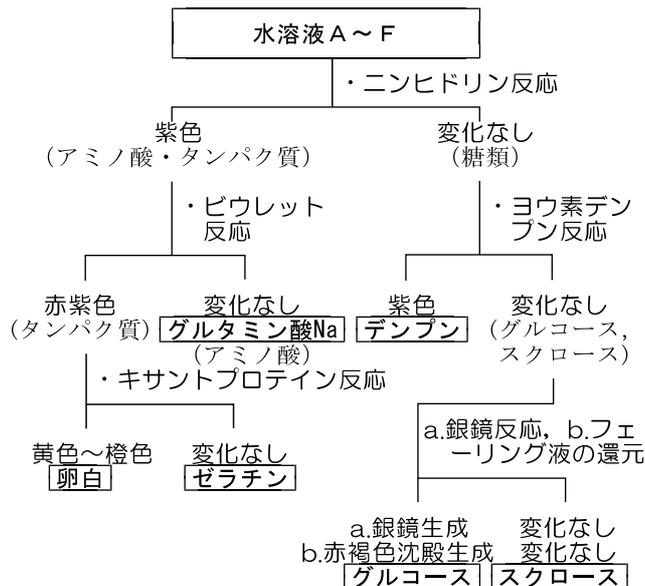
びん(本誌, 49 頁33 1999)で紹介)や目薬びん(本誌, 50, 37(2002)で紹介)などを利用して, 各班の分を用意しておく。

検出反応一覧

- ・ヨウ素デンプン反応
ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を1~2滴加える。
- ・銀鏡反応
0.1 mol/l硝酸銀水溶液に, 1 mol/lアンモニア水を少量ずつかくはんしながら滴下する。はじめ褐色の沈殿を生じるが, やがて沈殿が消えるので, その時点で滴下をやめる。
きれいに洗った試験管に, で作ったアンモニア性硝酸銀水溶液 1 ml を取り, 試料溶液 1 ml を加え, 60~80 の湯浴中に静置する。
- ・フェーリング液の還元
試験管に, フェーリング A 液と B 液を等量混合した溶液 1 ml を取り, 試料溶液 1 ml を加えて, 沸騰した湯浴中で加熱する。
- ・ニンヒドリン反応
試料溶液 2 ml に, 1%ニンヒドリン水溶液を2~3滴加え, ガスバーナーでおだやかに加熱する。発色まで, やや時間がかかることがあるので注意する。
- ・ビウレット反応
試料溶液 1 ml に, 1 mol/l水酸化ナトリウム水溶液を 1 ml 加え, さらに 0.1 mol/l硫酸銅()水溶液を2~3滴加える。
- ・キサントプロテイン反応
試料溶液 1 ml に, 濃硝酸を 0.5 ml 加える。さらに 6 mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を, 色の変化が見られるまで加える。
- ・チンダル現象
試料溶液に, レーザー光線を当ててみる。
- ・スクロースの加水分解
スクロース水溶液 3 ml に 1 mol/l硫酸 1.5 ml を加え, 沸騰石を入れて約 1 分煮沸する。その後, 炭酸ナトリウム粉末を泡が出なくなるまで加えて, 硫酸を中和する。

3 生徒の活動

ここから先は, 生徒の活動にまかせられるが, 実験手順を示さない探究型の実験のため, 生徒の能力によっては, ある程度こちらが誘導する必要がある。たとえば, 識別手順と予想される結果を, 右上図のようなフローチャートにまとめてみるよう指示する。また, 加熱の不要なヨウ素デンプン反応やビウレット反応, キサントプロテイン反応を先に行い, 対象物質を絞ってから, 手間のかかる反応を試みる方法もある。いずれにせよ, 実験中はこまめに各班の



課題 I フローチャートの一例。

ようすを観察し, 行きづまっている班にはヒントを与える。上図に, 課題 I のフローチャート(実験手順と結果)の例を示す。

課題 I で, スクロースはいずれの反応も示さないので, 加水分解(検出反応一覧参照)後, 銀鏡反応またはフェーリング液の還元により確認する。

課題 II では, 甘味料 X はニンヒドリン反応により紫色, ビウレット反応により青紫色に発色する。ビウレット反応の呈色は本来赤紫色だが, 一応タンパク質(ペプチド)の一種と推定される。

解説

次ページの表に, 水溶液 A~F(例)と甘味料 X について, すべての検出反応を行った場合に予想される結果を示す。生徒は, すべての反応を試すわけではないが, 教員側は, すべての結果を確認し, 質問に対応できるようにしておく。

グルコース: 単糖類のため還元性をもつので, 銀鏡反応・フェーリング液の還元反応を示す。これらの反応は両方向う必要はないが, 各反応を自分の目で確認するという意味で, 時間に余裕があれば両方試させたい。

スクロース: グルコースとフルクトースが縮合した二糖類だが, 還元性をもつ部位がその結合に使われているため還元性を示さない。そのため, 今回の実験では, どの検出反応も陰性である。しかし, 硫酸により加水分解すると, グルコースとフルクトースを生じ, 銀鏡反応やフェーリング液の還元反応を示すようになる。

デンプン: グルコースが α グリコシド結合で多数縮重合してできた高分子化合物である。らせん状構造をもち, その中にヨウ素分子を取り込んで一種の包接化合物をつく

水溶液（例）	A	B	C	D	E	F	X
ヨウ素デンプン反応	×	×	○	×	×	×	△
銀鏡反応	○	×	×	×	×	△	×
フェーリング溶液の還元	○	×	×	×	×	△	×
ニンヒドリン反応	×	×	×	○	○	○	○
ビウレット反応	×	×	×	×	○	○	○
キサントプロテイン反応	×	×	×	×	×	○	×
チンダル現象	×	×	○	×	○	○	×
実際の化合物	グルコース	スクロース	デンプン	グルタミン酸 Na	ゼラチン	卵白	アスパルテーム

り、青紫～赤紫に発色する。このヨウ素デンプン反応は、高温では分子の熱運動によりデンプンのらせん構造からヨウ素分子がはずれてしまうので色が消える。

グルタミン酸 1 ナトリウム：グルタミン酸は、カルボキシル基を2つもつ酸性アミノ酸で、1908年に池田菊苗博士が昆布の旨味成分であることを発見した。味の素などの旨味調味料は、グルタミン酸のカルボキシル基の一方を中和した中性のモノナトリウム塩である。アミノ酸なので、ニンヒドリン反応を示す。

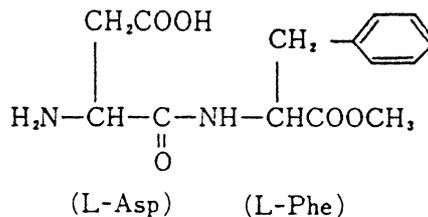
ゼラチン：コラーゲンを水と長時間煮沸することで得られる、誘導タンパク質の一種である。チロシンなどの芳香族アミノ酸の含有率が極端に低いので、芳香環がニトロ化されて起こるキサントプロテイン反応ではほとんど呈色しない。ニンヒドリン反応、ビウレット反応を示す。

卵白：ニンヒドリン反応、ビウレット反応、キサントプロテイン反応を示す。また、主成分である卵白アルブミンが糖類を含むので、還元性を示すことがある。

パルスweet：成分のアスパルテームは、L アスパラギン酸とL フェニルアラニンメチルエステルのジペプチドである。ニンヒドリン反応を示す。(ただし、パルスweetには、アミノ酸のL パリンもわずかに含まれ、こちらが発色していると考えられる。) また、青紫に発色するが、ビウレット反応を示す。一般に、トリペプチド以上でないといわれるが、ジペプチドでも注意深く観察すると反応していることが分かる。

パルスweetは、ヨウ素デンプン反応もわずかに示す。淡い褐色で、加えたヨウ化カリウム水溶液の色と区別しにくいですが、純水と対照実験を行うと確認できる。パルスweetに含まれる、シクロデキストリンによるものと考えられる。

チンダル現象は、コロイド溶液であるデンプン・ゼラチ



ン・卵白の各水溶液で見られる。ただし、使用する試験管が汚れているなどの原因で水が濁り、他の水溶液でもレーザーの光路が見えてしまうこともある。レーザー光源装置は、研究発表などに使用するレーザーポインターで充分である。今回の実験では、高分子化合物（分子コロイド）を識別する補助手段として使用した。

♪ 成功のコツ ♪

- ・識別する物質の構造や性質，検出反応について事前に復習しておく。
- ・実験を始める前に，各班で識別手順と予想される結果をフローチャートにまとめさせる。
- ・実験中は，こまめに各班のようすを観察し，適切なアドバイスを与える。
- ・試験管は，よく洗ったものを使用する。
- ・しっかりと観察させる。結果が微妙なときは，純水に試薬を加え，対照実験を試みる。

耳より情報

ギョタックル

本誌，50，374（2002）でも紹介された，ニンヒドリンをしみ込ませた和紙。直接魚に押しつけると，そのヌメリに含まれるアミノ酸やタンパク質が反応して魚拓をとることができる。試験紙程度の大きさに切って，ニンヒドリン反応に利用する。理科教材業者から購入することができる。製造元は，伏見株式会社 TEL 0795 68 1546。

参考文献

- 1) 東京都理化学教育研究会 1994・1995 年度化学専門委員会，探究する能力を養う化学探究実験集，p. 61（1996）
- 2) 小西正彦，別冊フードケミカル，食品化学新聞社，p. 109（1989）

