教授用資料

理科通信

第87号

サイエンスネット

物化生地…

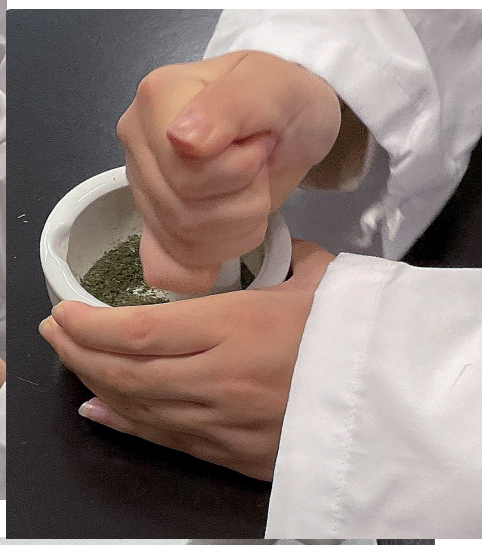
数研出版株式会社

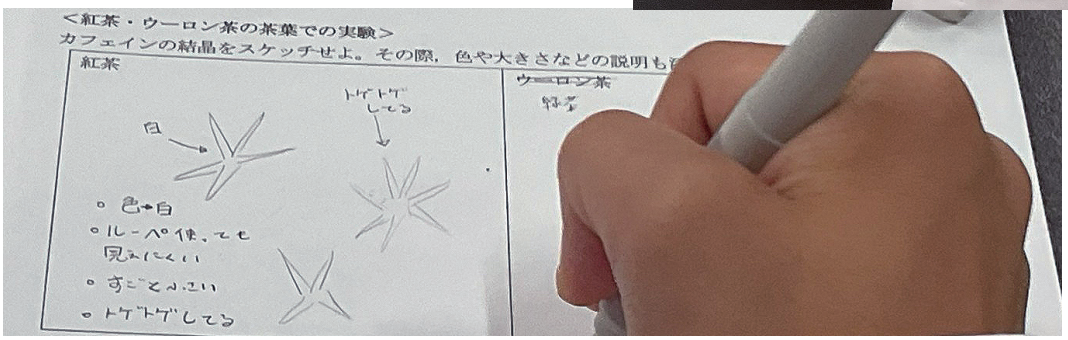
SCIENCE NET

Contents

▶ 特集1 ／廣瀬里佳 …2
▶ 特集2 ／数研出版 編集部 …6
▶ 特集3 ／数研出版 編集部 …8
▶ 特集4 ／松本　崇 …10
▶ コラム ／守屋和佳 …14







「茶葉から簡便にカフェインの結晶を取り出す実験」の様子　山脇学園中学校・高等学校・廣瀬里佳

化学基礎で初めに学習する内容として，物質の分離がある。抽出，蒸留，昇華法はその代表例だ。これらの分離方法は，私たちの生活に広く根付いている。お酒造り・フリーズドライ・食品製造など枚挙にいとまがない。物質の分離実験は，多くの先生方が各学校で実施されていることだろう。それらを踏まえて今回，簡易装置を用いた蒸留と昇華の実験を紹介する。上の写真は，本学の中学生が夏期講習で行った，カフェイン結晶の取り出し実験の様子である。本文に紹介した，昇華法によるカフェイン結晶の取り出しは，家庭でも再現できるので，色んな学生におすすめしたい。

特集 1

簡易装置を用いた蒸留と昇華の実験

山脇学園中学校・高等学校　教諭　廣瀬里佳

1. はじめに

高等学校の化学基礎で初めに学習する内容として，物質の分離が挙げられる[1]。抽出，蒸留，昇華法などはその代表例ともいえる。これらの分離方法は，私たちの生活に広く根付いている。抽出は紅茶やコーヒーを入れる操作として知られ，さらにティーバッグやフィルターがろ過の操作を同時に併せて行っている。蒸留はお酒造りだけでなく，海水から真水を得ることや香料をつくることなどに利用される。

また，蒸留の一部である分留は石油精製に欠かせない。2026 年はナフサ不足が問題となり，石油(原油)に関して今までに以上に注目が集まった。図 1 に示すような，石油の分留方法を目にする機会が増えたのではないだろうか。石油の分留は，2025 年の共通テスト化学[2]にも出題されており，「誰もが知っておくべき知識」となりつつある。

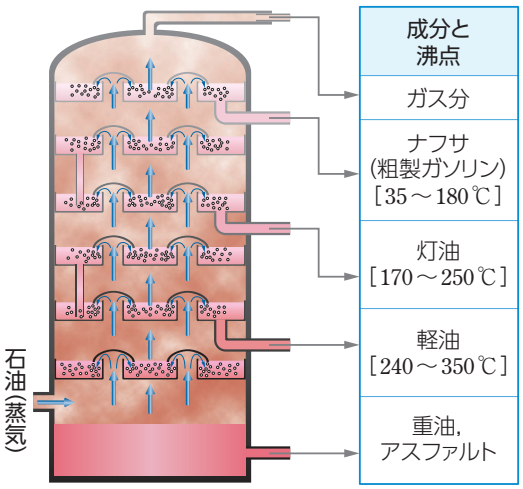


図 1　石油の分留

物質の分離の実験は，多くの先生方が各学校で実施されていると思われる。それらを踏まえて今回，筆者が提案するのは次の 2 つの実験である。

① 枝付きフラスコやリービッヒ冷却器を使用しない，簡易蒸留装置の実験
② 昇華法を利用した，茶葉から簡便にカフェインの結晶を取り出す実験

①は新規性があることや試薬が少量ですむこと，そして装置がコンパクトであることを主眼においた。

②は①で茶葉を扱うことを利用し，その茶葉で昇華法を簡単に行えることを実感してもらう目的である。

以上のように，大きな装置を扱わず，物質の分離を学習する 1 つの手段になればと考えている。

2. 簡易蒸留装置の実験[3]

2-1 実験準備

器具: 枝付き試験管，温度計付きゴム栓，シリコーン管，ガラス管，セラミック付金網，三脚，2 mL 駒込ピペット，試験管，ピンセット，300 mL ビーカー，100 mL ビーカー，沸騰石，ガスバーナー，氷水，軍手，スタンド，着火物

試薬: 紅茶のティーバッグ，コーヒードリップパック，イオン交換水，塩化コバルト紙

2-2 実験操作

① 100 mL ビーカーにイオン交換水を約 50 mL 入れて沸騰させる。その後，ビーカーの中にティーバッグを入れて，様子を観察する。このとき，濃いめの抽出液を作る。

授業で「抽出」や「ろ過」の原理を既習していれば，再びその内容を実験という形で振り返ることが可能である。紅茶やコーヒーは抽出で得るものと考えやすいが，「茶葉とお茶が混ざった状態からお茶だけを取り出す作業」がろ過というのは盲点になりやすい。教員が簡単に説明を加えるとより丁寧だろう。

蒸留実験は班によって終了時間に開きが出てしまう可能性がある。よって，この実験操作を事前に教員側が行い，抽出液を準備した状態で行ってもよい。

② 図 2 のような蒸留装置を組む。紅茶の抽出液を，駒込ピペットを使用して，枝付き試験管の底から約 3 cm の高さまで加える。沸騰石も忘れずに入れる。このとき，試験管に入れる抽出液が多

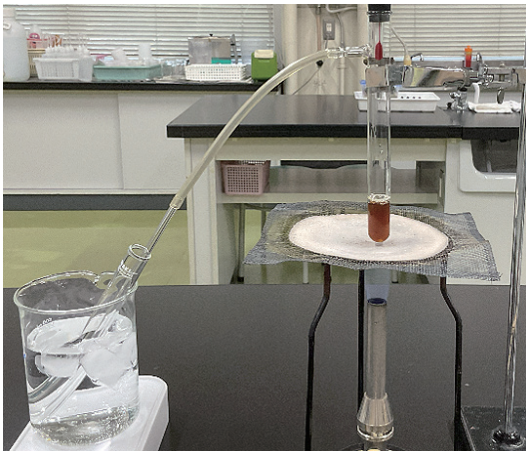


図２　簡易蒸留装置

いと，加熱時に枝の部分まで到達し，シリコーン管の方に液が入るので気を付ける。また，試験管の底と金網のセラミック部分の距離が遠くならないようにする。

③ ガスバーナーに火をつけ，金網のセラミック越しに加熱する。炎は金網にあたる程度に調整する。ガラス管の先端は，試験管の底につかないように調節する。

④ 30 秒ごとに温度を記録しながら留出液を集める。留出液が試験管に約 1 cm 溜まったところで加熱を止め，ガラス管を引き抜く。このとき，金網や三脚，シリコーン管が熱くなっているのでやけどに注意する。

⑤ 元の抽出液，蒸留後の抽出液，留出液の色を観察して比較する。その後，留出液が入っている試験管を少し傾け，塩化コバルト紙を入れる。色が変化するか確認する。

⑥ 紅茶と同様に，ドリップコーヒーに関しても操作②～⑤を行う。

2-3 実験結果

操作①では，紅茶やコーヒーの成分がお湯に抽出される様子を，匂いや色の広がりで観察できた。操作④で得られた留出液は，図 3 と図 4 に示した通り，紅茶･コーヒーとも無色透明の液体であった。塩化コバルト紙を留出液につけると，青色から赤色へと変化した。これより，留出液が水であると確認できた。紅茶の蒸留の様子を表 1 に，ドリップコーヒーのものを表 2 に示す。

表１　紅茶の蒸留の様子

時間	温度〔℃〕	蒸留の様子
2 分 50 秒	62	温度計球部に水滴がつき始める
3 分 20 秒	68	抽出液に沸騰の兆候が見られる
3 分 30 秒	74	抽出液が沸騰する
3 分 50 秒	90	枝付き試験管の枝付近に多くの水滴がつく
5 分 20 秒	94	試験管に留出液が数滴たまる
12 分 30 秒	94	留出液を 1 mL 採取

表２　コーヒーの蒸留の様子

時間	温度〔℃〕	蒸留の様子
3 分 20 秒	40	温度計球部に水滴がつき始める
3 分 30 秒	43	抽出液に沸騰の兆候が見られる
3 分 50 秒	45	抽出液が沸騰する
5 分　0 秒	83	枝付き試験管の枝付近に多くの水滴がつく
6 分 30 秒	91	試験管に留出液が数滴たまる
16 分 30 秒	94	留出液を 1 mL 採取

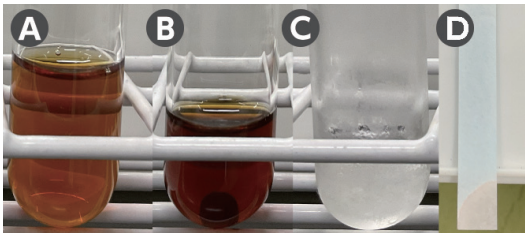


図３　紅茶の蒸留

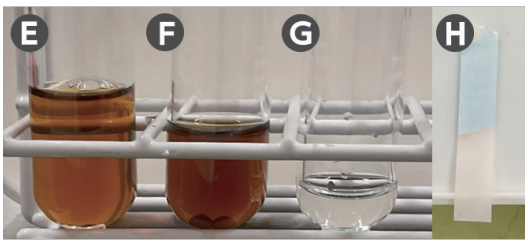


図４　コーヒーの蒸留
（それぞれ左から抽出液，蒸留後の溶液，留出液，塩化コバルト紙の変化）

2-4 解説

本実験では，図 3 と図 4 から溶液の色の違いで，紅茶やコーヒーの成分が分離できることを確認できた。特に蒸留後の抽出液が，水が失われた分だけ，濃くなっていることが顕著である。

抽出液と留出液のそれぞれの匂いを比較すると，抽出液では紅茶やコーヒーの匂いは明瞭だが，留出液の方では，ゴム栓の匂いが強く残り，匂い成分が確認できなかった。また，抽出液からの匂い成分が

実験台の広範囲にまで及んでいたので，蒸留により匂い成分も分離できたのか判断することは難しいと考えられる。

その他注意点として，2 点取りあげる。2 点とも実験操作④に関するものである。

1 点目は記録である。30 秒ごとに記録を取らせると，その 30 秒の間で沸騰が生じてしまう。温度が急激に上昇することがあるので，記録が難しい場合がある。実験前に班員の役割分担を明確にすること，iPad などの電子機器を使用して実験を録画することが望ましい。

2 点目は留出液の採取である。1mL 採取するまでの時間に，班によって開きがある。本実験では，長いシリコーン管を使用しているのが原因であると考えられるが，留出液の水滴が，入りそうで入らないという場面が何度も見られた。このとき，冷却部分である 300 mL ビーカーへ，さらに氷を追加するなどの工夫が必要である。氷が融解する時間が短い場合もあるので，状況に応じて冷却を強める作業を行う。それでも採取時間が長く，片付けなどに影響がでると判断できそうな場合は，1mL 以下の採取でも打ち切ることをおすすめする。

3. 昇華法を利用した，茶葉から簡便にカフェインの結晶を取り出す実験[4~6)]

本実験は，授業が 2 時間連続でとれる場合，簡易蒸留装置の実験とセットで行うとよい。1 時間しか取れない場合でも，単独で行える実験であるため，授業進度に合わせて扱うとよいだろう。昇華法を用いた簡便な実験であるため，正確な定性･定量分析を行うものではないということは留意しておきたい。

3-1 実験準備

器具: 乳鉢，乳棒，ホットプレート，大き目のアルミカップ，薬さじ，薬包紙，電子天秤，2mL 駒込ピペット，時計皿，ルーペ，双眼実体顕微鏡(学校にあれば)，軍手

試薬: 紅茶，緑茶の茶葉(その他ウーロン茶などカフェインが含まれている茶葉を利用してもよい)，3% 過酸化水素水，2mol/L 塩酸，2mol/L アンモニア水

3-2 実験操作

① 紅茶の茶葉を 5g 電子天秤で計りとり，乳鉢に全量入れる。

② 図 5 のように，乳棒で茶葉を粉状になるまですり潰す。

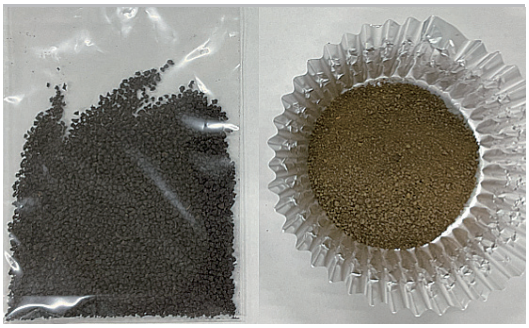


図 5　紅茶の茶葉
(左がすり潰す前の茶葉，右がすり潰した茶葉)

③ ②をアルミカップに入れ，薬さじを使ってなるべく薄くのばす。 薄くのばさないと，次の④の操作に時間がかかる。

④ 約 180 ～ 200 ℃に加熱したホットプレートの上に③を載せる。数分加熱すると，茶葉が熱せられて白い煙が発生する。

⑤ 白い結晶が見えてきたら，加熱を止めてさます。十分に冷めてから結晶を観察する。ホットプレートからアルミカップをおろす際，茶葉をこぼさないよう注意する。

⑥ 紅茶と同様に，緑茶に関しても操作①～⑤を行う。緑茶の場合，茶葉の中に茎なども多く含まれるため，すり潰す前に茎を数本残しておく。この残しておいた茎をすり潰した葉の上に置いてから加熱を開始する。細長い茎があることによって，昇華したカフェインが付着しやすくなるからである。

3-3 実験結果

操作④では，紅茶や緑茶でも加熱から約 1 分～ 1 分 30 秒経過したところで，それぞれの茶葉の匂いが立ちのぼった。また，加熱から約 2 分で白い煙が発生し，そのまま茶葉の様子を観察すると，加熱から約 5 分で白い結晶が確認できるようになった。次ページの図 6 には紅茶の様子を，図 7 には緑茶の様子を示す。

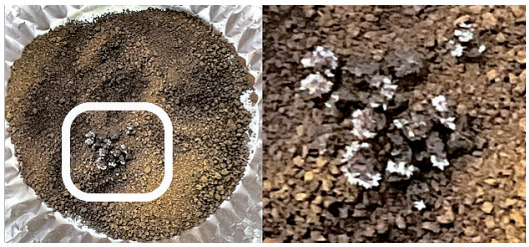


図６　紅茶から得られたカフェイン結晶



図７　緑茶から得られたカフェイン結晶
（それぞれ左が全体，右が結晶部分を拡大したもの）

3-4 解説

カフェインは眠気覚ましなどに利用され，茶類やチョコレートといった食品に含まれていることはよく知られている。カフェインは図８に示す構造をした白い針状結晶で，昇華性を持つ。

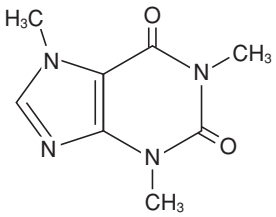


図８　カフェインの構造式

本実験では，図６と図７のようなカフェインの白い結晶が，ホットプレートを使用して短時間で得られることが確認できた。その他注意点と検出反応について，２点取りあげる。

１点目はホットプレートの台数である。各校理科という教科で１台は持っていると思われるが，１クラス 40 人，４人１班で考えると最低でも５台（２班で１台を共有する）は欲しいところだ。先生の私物や家庭科から借りるという協力体制を整えたい。代替方法としてガスバーナーの使用もあるが，ガスバーナーの場合，火力が強く，茶葉を焦がしすぎる可能性がある。様子を見ながら火力の調整を行うので，生徒たちにガスバーナーの扱いを慣れさせておくことが重要である。

２点目は結晶の検出反応である。取り出した結晶がカフェインであるかを確認するにはムレキシド反応を利用するとよい。ムレキシド反応とは，カフェインが過酸化水素で酸化されてアマリン酸となり，これがアンモニアによりイミノ化されて赤紫色のムレキソインが生成する反応である。しかし，茶葉に析出したカフェインをすべてかき集めるのは不可能なため，別途実験が必要である。方法は 3-2 の実験操作③の後に，時計皿をアルミカップにかぶせてからホットプレート上で約 20 分加熱する。その後，時計皿に塩酸と過酸化水素を駒込ピペットでそれぞれ５滴ほど加え，ホットプレートで液体が蒸発するまで加熱する。さらに，アンモニア水を数滴加えて，赤紫色に変化すれば，カフェインが得られたことが分かる（図 9）。

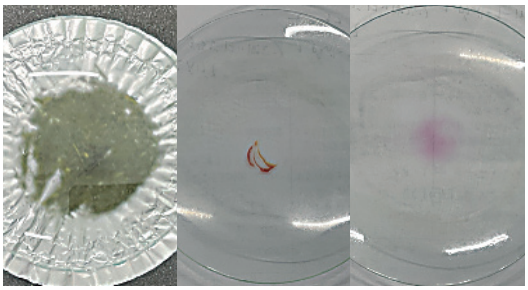


図９　カフェインの検出
（左が時計皿をかぶせて加熱している様子，中央が塩酸と過酸化水素を加えた様子，右がアンモニア水を加えた様子）

4. おわりに

今回，簡易装置を用いた蒸留実験と茶葉からカフェイン結晶を取り出す実験を紹介した。装置が小型であることや手間がかからないことを長所として取り上げたが，逆に改善すべき点はどういう点があるかを考察させてもよい。他にも，ウーロン茶や玄米茶など違う茶葉を使って比較することも面白い。各学校で工夫して行って頂ければ幸いである。

参考文献
1）改訂版 化学基礎 数研出版，2026，p.27.
2）https://www.dnc.ac.jp/kyotsu/kakomondai/r/r7_honshiken_mondai.html（2026 年 8 月現在）
3）廣瀬里佳，化学と教育，2026，74，2.
4）尾嶋好美 監修，学研の中学生の理科『自由研究』差がつく編，Gakken，2024，pp.126-127.
5）https://apec.aichic.ed.jp/kyouka/rika/kagaku/2018/bunri/cafein/cafein.htm（2026 年 8 月現在）
6）広部千恵子，功刀彰，田部井克己，化学と教育，1993，41，7.