総合的学習としての種子からのろうそくづくり

巻本彰一[1)]，川上貴之[2)]

1）京都教育大学理学科 makimoto@kyokyo-u.ac.jp

2）兵庫県姫路市役所

キーワード：ろうそくづくり，油脂，種子，抽出実験，基本操作

（受付：2018年1月22日）

Ⅰ．はじめに

伊藤（2014）によると「ものづくりを扱った授業では，子どもたちの関心・意欲が高まり，生き生きとした学習活動になる。」と述べている。このことから興味関心を高めるには授業でものづくりを行うことが有効であると考えられる。それゆえ，化学（理科）実験で事故を防ぐための基本的操作を身に付けさせられ，さらに，内容としてものづくりを取り入れて子どもたちの関心・意欲を高められるものがあると，学校現場では非常に役立つであろう。

本研究では，ものづくりを通して実験の基本的操作を安全かつ網羅的に学ぶことができ，さらに関心・意欲を高めることができる実験例として，「ピーナッツから油脂の抽出実験」（齋藤ほか，2007）と理科の教材をつくろうHP「サラダ油でろうそくづくり」（http://rika-kyouzai.sakura.ne.jp/kyouzai30.html）を参考にし，実験の基本操作について学ぶとともに，この内容を総合的学習の実験授業にも使える形に発展させた実験例を考案する。

Ⅱ．実験方法とその結果

啓林館の高等学校化学Ⅱ改訂版に掲載されていた「種子から油脂を取り出す」という実験例（齋藤ほか，2007）は，種子に多量に含まれている脂質を溶媒で抽出するというものであるが，その抽出された油脂に対して，その後は色々な展開が考えられる。例えば，油脂を油固め剤で固化することによりろうそくを作成したり，油脂に着色したり，油脂の成分を分析したりと楽しみが非常に多い。また，実験における一連の操作には基本操作が多く含まれており，ものづくりの楽しさとともに基本操作を再確認することができる。そこで，ここでの実験内容は，前半の「種子から油脂の抽出」と後半の「抽出した油脂を利用した教材」の２つに分けた。時間が少ない場合は前半部分だけからも，種子には発芽のために大量の脂肪をため込んでいることが理解できるし，また後半では高等学校で習うコロイドに関連づけることができ，少量の分散質である油固め剤が網目構造を取り，多量にある油脂の分散媒を捉えていることを示すことができる。前半と後半は続けて行うことで考案されているが，時間に応じて取捨選択することができる。もちろん実験の前段階として，対象者が初心者である場合や練習で行う場合には，具体的な

操作に入る前に器具の安全な取り扱い方，各操作の注意事項などを説明し，理解させた上で実験を行わせることが必要である。

１．種子から油脂の抽出

［実験１］「マカダミアナッツからの油脂の抽出」

教科書の実験で使われていた種子はピーナッツであったが，マカダミアナッツは約 2/3 以上の質量を油脂が占めていて，飽和脂肪酸が 100 g 当たり 10g，不飽和脂肪酸が 59.8g 含まれている（オーストラリア・マカダミア協会 HP：http://australian-macadamias.jp/about/nutrients）。そのため多くの油脂が抽出できると考え，合同会社西友 SFK07 が販売しているマカダミアナッツ（Lot 番号：P3567423）を用いた。栄養成分表示によると 50g 当たり脂質が 37.3g 含まれている。

＜試薬および必要な器具＞（数量は１グループ分で示す）

マカダミアナッツ，ヘキサン，メスコーン（２個），100mL ビーカー，300mL ビーカー，撹拌棒，ろ紙，吸引びん，ブフナー漏斗，乳鉢，乳棒，試験管（４本），ウォーターバス，温度計，蒸発皿，薬さじ，電子天秤，ピペット（２本）

＜実験操作＞

操作１：マカダミアナッツ 5.0g を乳鉢に入れ，乳棒ですりつぶす（図 1）。

操作２：乳鉢ですりつぶしたものに，ヘキサン 10mL を加え，５分間すりつぶしながら撹拌する（図 2）。

操作３：ブフナーろうとを吸引びんにセットし，ろ紙をのせ，ヘキサン 4mL でそのろ紙を濡らし，操作２で５分間撹拌したものを吸引ろ過する（図 3）。ろ過後ヘキサン 3mL で沈殿物を洗い，試薬さじ等でこしとるように沈殿物を押さえ脂分をこしとる（図 4）。その後，沈殿物を洗う操作を２回行う。



図1 マカダミアナッツの粉砕



図2 沈殿の洗浄



図3 吸引ろ過

操作４：沸騰した湯を 300mL ビーカーに入れその上に蒸発皿を置き，ろ液のヘキサンを蒸発させる（図 5）。その際にウォーターバスを使用しても良い。ヘキサン蒸発後，メスコーンで油脂の体積を測定する。

＜結果＞

抽出した油脂の質量は４回の平均値で 2.43g，体積は 2.7mL となった。一般的なマカダミアナッツの栄養成分表示では，種子 5.0g 中には 3.7g が油脂とあるため，収率は 66%となった。



図4 沈殿物の洗浄



図5 溶媒ヘキサンの蒸発

［実験２］「ツバキ油の抽出」

マカダミアナッツ以外にツバキでも油脂の抽出を行った。食用として既に殻を取り除いて販売されているマカダミアナッツとは異なり，ツバキの種は殻を割り，薄皮をむくのに時間を要するのと，硬いため粉砕しにくいという欠点はあるが，古来より椿油として美容等に珍重されてきたことや校庭等の植樹としても多く，身近なところから材料を採取できる利点がある。また近年は加工して市販されているものが，自然界でどのような姿をしているか知らない子どもたちが増えていることもあり，この実験でも学内で採取したツバキの種子を用いている（図 6）。

試薬および必要な器具は前述の実験１と同様であるが，殻を取り除くためにペンチ，ウオーターポンププライヤーあるいは小さな卓上万力が必要である。

＜実験操作＞

操作１：ツバキの種子の殻を割る（図 7）。

操作２：殻をむいたものをホットプレートで加熱し，薄皮をむく（図 8～10）

操作 ３：薄皮をむいたものを用いて，実験１の方法で油脂を抽出する（図 11）。



図6 ツバキの種子



図7 ツバキの殻割り



図8 殻を割った後の種子


図9 ツバキの種子を炒る


図10 ツバキの皮をむく

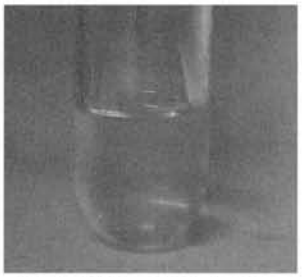
図11 抽出したツバキ油

＜結果＞

種子 5.0g から油脂 2.65g 抽出でき，体積は 3.1mL となった。それゆえ，ツバキの種子からは油脂がマカダミアナッツより多く抽出することができた。ツバキの種子 20 粒は 33.53g だが，皮をむくと 20.65g になる。皮をむいた種子 5.0g は，およそ５粒である。

２．抽出した油脂を利用した教材

［実験３］「油固め剤によるろうそく作成」

ウエブサイトの「理科の教材をつくろう：サラダ油でろうそくづくり」を参考にマカダミアナッツから抽出した油脂を用いてろうそくづくりを行った。油固め剤は，ジョンソン株式会社の「固めるテンプル」を用いた。「固めるテンプル」は唐ゴマ（ヒマ）から抽出したヒマシ油を原料にしている。分子構造による名称は 12-ヒドロキシステアリン酸で，ヒマシ硬化油をケン化分解して得られる融点約 75℃のワックス状のヒドロキシ脂肪酸である（伊藤製油株式会社 HP：http://www.itoh-oilchem.co.jp/ product/pdct02.html）。テンプルは油の中に溶けると冷却過程で，油を閉じ込めるような「カゴ状の三次元構造」を作る。液状の油がその組織の中に抱き込まれ，動けなくなっているのが固まった状態であり，油と油固め剤とは直接に化学変化を起こさないので，温度が上がるとカゴ状組織が壊れ，再び液状に戻る。

＜試薬および必要な器具＞（数量は１グループ分で示す）

アルミカップ，タコ糸，試験管（大），ピペット，ガスバーナー，ビュレット立て，三脚，金網，マッチ，25mL ビーカー，300mL ビーカー，ホットプレート，温度計，テンプル，薬さじ，電子天秤，軍手，抽出した油脂 2mL

＜実験操作＞

操作１：抽出実験で抽出した油脂の 2mL を湯浴し，80℃まで加熱をする。

操作２：テンプル 0.05g を計り蒸発皿に入れ，ガスバーナーを用いて蒸発皿上で油固め剤が溶けるまで加熱をする。油固め剤が溶解したら，操作１で加熱した油脂を蒸発皿の中に注ぎ撹拌を行う（図 12）。

操作３：図 13 のように綿糸（タコ糸）を垂らしたものを用意し，その中に加熱したままガラス棒で３回ほど円を書くように撹拌し型枠中に流し込む。

なお，あらかじめアルミカップの底に瞬間接着剤等でタコ糸を接着する。その後，約 10 分間放冷を行う（図 14）。

操作 4：ろうそくを燃やす（図 15）。



図12 油固め剤との加熱混合

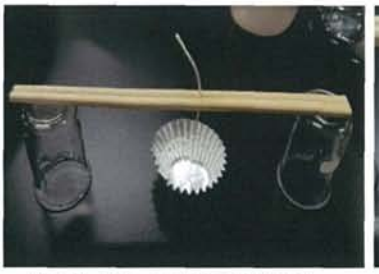

図13 ろうそく作成の治具



図14 油脂を流し込んだ様子



図15 燃焼させている状態のろうそく

＜結果＞

ろうそくは約 10 分間燃え続けた。また，図 13 に示す型を使うことで操作性が向上し，芯が真っ直ぐ立ち燃焼時間が安定するようになった。

[実験 4]「油性色素での着色」

ろうそくは極端な疎水性であるため油性色素で着色できる。クレヨンでの着色例（http://rika-kyouzai.sakura.ne.jp/kyouzai30.html）もあるが，油性色素であるメチルイエローで着色したところ油脂は着色し（図 16），この油脂でろうそく作成を行うと黄色のろうそくを作ることができた（図 17）。このように疎水性の色素で着色した油脂でもろうそくを作り，同様に燃焼させることが可能であることが分かった。油脂に溶ける染料を用いて着色することで生徒の興味・関心をより高めることができると考えられる。



図16 メチルイエローで着色した油脂



図17 着色した油脂で作ったろうそく

Ⅲ．実験操作上の注意点

実験 1 では，教科書の図や記述から種子の量を決定すると，結果的に多すぎることになる。それで，マカダミアナッツ 5g からの開始となっている。ろ過の方法を

自然ろ過から吸引ろ過に変更すると，5分程度でろ過は完了するが，もし吸引ろ過の設備がない場合は，自然ろ過で行ってもよい。ヘキサンの総量は10mLであるため，約15分でろ過は完了する。

実験3の操作3では，油固め剤を混合した油脂を型枠に注ぎ込むが，同体積の油脂を流し込んだとしても型枠が横に広い（底面積が大きい）場合は，操作4でろうそくに火を灯しても，芯の近くだけしか燃焼に使われずに直ぐに火が消えることがある。一方，それを避けるために型枠の口径を小さくすると，油脂の流し込み操作が非常にやりにくくなる。そこで，使うアルミカップ口径を小さくしても型枠の中へ油を注ぎ易くするために，あらかじめアルミカップの底に瞬間接着剤等でタコ糸を接着することにした。ただし，瞬間接着剤を多く用いるとタコ糸に接着剤がしみ込み，ろうが芯を伝わらなくなるため極少量（半滴程度）にする。タコ糸を垂らしてしばらく放置し，余分な糸の部分をハサミで切り取るとよい。

Ⅳ．総合的学習への展開

前半部分だけの実験でも，身近にある種子が，発芽・成長に必要なエネルギーや同化のための素材として脂肪を大量に含んでいることは，生物での代謝過程を理解させる実験例ともなる。一般に好気呼吸をする生物は，通常糖をエネルギーや同化のための素材として使うが，植物ではTCAサイクルをバイパスするグリオキシル酸サイクルを持っているため，脂肪から糖を生成することができる。そのこともあり，生徒が興味や関心を持ちやすい教材であると考えられる。高校生に教える場合であれば，総合的学習として発展させることができる。1つの発展は，植物の脂肪は不飽和の二重結合を持っているため，二重結合を持つ分子の割合を調べることである。これは定量的には一塩化ヨウ素と反応させるが，脂肪のヨウ素価として知られている。次の発展は，アルカリでけん化を行うことで，脂肪の平均分子量を知る方法である。これは脂肪のけん化価として知られている。またこの測定は，石鹸作りとも関係させることができるだろう。さらに油脂は貯蔵中に酸敗を起こすので，存在する遊離酸を定量することによって鮮度と質を調べることができる。

文献

伊藤直子 2014．理科教育におけるものづくり活動の目的と効果．三重大学教育学部・教育学研究科，理数・生活系教育修士論文，1-29.

伊藤製油株式会社ウエブサイト，http://www.itoh-oilchem.co.jp/product/pdct02.html

ジョンソン株式会社ウエブサイト，http://johnson.co.jp/customer/faq/tempuru.html#num1_1

オーストラリア・マカダミア協会ウエブサイト，http://australian-macadamias.jp/about/nutrients

齋藤 烈・山本隆一ほか19名　2007．高等学校化学Ⅱ 改訂版．新興出版社啓林館 大阪，157pp.

サラダ油でろうそくづくり，http://rika-kyouzai.sakura.ne.jp/kyouzai30.html