

探究活動についての効果的指導法

～酢酸エチルの合成実験を通して～

1 探究活動の位置づけ

高等学校理科の目標は「自然に対する関心や探究心を高め、観察・実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的に自然観を育成する」となっている。従前と今回の目標の違いは、「探究心を高め」という言葉が付け加えられた

ことである。

この目標を達成するためには、生徒が問題意識をもって取り組むことが重要である。問題意識をもたせるために、教師は生徒に様々な疑問を投げかけていくことが求められる。的確な問題提起は生徒の学ぶ意欲の向上に必要な不可欠と考える。

教師のサポートⅠ

生徒はピペットを水で洗って使おうとする。水で洗うと、ピペットに水滴が残る。その水が場合によっては不純物になったり、溶液は濃度の変化につながる。したがって実験の時は常に1本のピペットは1つの薬品専用にならなければならない。このことを徹底できるよう指導する。

教師のサポートⅡ

官能基と物質の性質が関連しており、低級カルボン酸と低級アルコールが水に溶けやすいのは、官能基の特徴であることを理解させる。さらにエステルになると水に溶けなくなるのも、官能基の影響であることも理解させる。

「酢酸エチルの合成」実験の手引き

1 この実験の目的と意義

- (1) 酢酸エチルは「ストローで膨らませる風船」などに用いられる身近なエステルである。
- (2) 教科書でも取り上げられる代表的なエステルである。
- (3) 硫酸の溶解熱を利用しているため、加熱の必要がなく操作が簡単である。

2 実験準備上の留意点・注意事項

(1) 薬品

- ア 氷酢酸は寒い時期は酢酸が凍っているため、湯浴して使う。したがって、湯を用意しておく。200ml 三角フラスコに 30ml 程度入れる。これは2班で使う。
- イ エタノールは 200ml 三角フラスコに 30ml 程度入れる。これは2班で使う。
- ウ 濃硫酸は 200ml 三角フラスコに 30ml 程度入れる。これは2班で使う。
- エ 無水炭酸ナトリウムは 50ml ビーカーに 20g 程度入れておく。これは2班で使う。

三角フラスコを用いるのは底が広く安定しているため倒れにくいからである。

ア～ウの薬品をはっきり区別するために、それぞれの薬品を入れた三角フラスコに色テープを貼る。さらに薬品を取り扱う5ml 駒込ピペットに同じ色のテープを貼り、ピペットを併用することを防ぐ。

1 種類の薬品を入れる三角フラスコを5個ずつ用意する。1種類ずつバットに入れて、試薬バットを5セット用意し、試薬バットは2班で共有する。無水炭酸ナトリウムは 50ml ビーカーに入れておき、試薬バットに入れる。

(2) 器具

- ア 簡易冷却管はゴム栓に約 15cm のガラス管を差し込んだもの。
- イ 広告紙は印刷を消すときに用いる。光沢のあるすべすべした紙が破れにくくてよい。
- ウ 脱脂綿は酢酸を染み込ませるために用いる。3cm×3cm の大きさが適当。

(3) 実験の準備

ア 試薬の準備

氷酢酸・エタノール・濃硫酸を適量入れた三角フラスコを5個ずつ用意する。無水炭酸ナトリウムを適量入れた 50ml ビーカーも5個用意する。それらをバットに1種類ずつ入れていく。このように試薬をまとめて入れた試薬バットを5セット用意し、2班で共有する。

イ 各班分の準備

- 大型試験管1本
- 簡易冷却管1本
- 300ml ビーカー1個
- 2ml 駒込ピペット1本
- 脱脂綿2～3枚
- 広告紙1～2枚

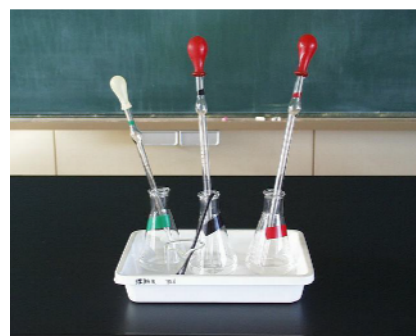


写真1 試薬バット (2班共用)

3 実験展開上の留意点

(1) 導入

ア 復習

酢酸、エタノールの構造式が書けるかどうか復習する。

カルボン酸とアルコールからカルボン酸エステルが生成する縮合反応を理解しているか復習する。

低級カルボン酸と低級アルコールは水に溶けやすいが、エステルは水に溶けにくいことを分かっているか復習する。

イ 実験操作の説明

2 有機化合物の学習を通じて

我々が身近に使う材料に有機化合物は数多い。高等学校の有機化合物の学習は暗記中心になりがちであるが、いろいろな日用品の中に使われている有機化合物を調べることで、有機化合物を身近に感じ、その重要性に気付くことができる。それが、生徒の学ぶ意欲の向上につながると思われる。

3 酢酸エチルの合成実験を用いた探究の進め方

探究活動の第1段階は、医薬品・化粧品・食品

などの成分表示を見て、用いられている有機化合物をいくつか調べさせる。

例

医薬品・・・鎮痛解熱剤・筋肉消炎剤・胃腸薬など
化粧品・・・マニキュア・せっけん・化粧水など
食品・・・菓子・ジュース・しょうゆなど調味料

挙げられた有機化合物の構造式を調べさせる。また、その物質の働きを調べる。これから、有機化合物は身近に用いられていることが実感できるとよい。

第2段階として、エステルを学習する。低分子量のエステルは果実のエッセンスに用いられることを

- ① 乾いた大型試験管に、氷酢酸8mlと濃硫酸4mlをこの順に入れる。

氷酢酸を採るのに10ml 駒込ピペットを使う。濃硫酸は5ml 駒込ピペットが適当である。ピペットだと手についたりする危険を減らすことができる。

最初のところで、氷酢酸と濃硫酸を入れる。順番を間違えないように注意する。濃硫酸に水を加えると、溶解熱によって急激に沸騰して熱くなった溶液が飛び散ることがある。これと同じようなことが起こる危険がある。

氷酢酸を入れて、エタノールを入れ最後に濃硫酸を加えても構わない。

- ② ①の大型試験管にエタノール8mlを加える。簡易冷却管をつけ、よく振り混ぜて1分間反応させる。

エタノールを入れるにも10ml ピペットを用いる。加熱の必要がないのは、濃硫酸の溶解熱を利用するためである。思いの外、熱くなるので注意を要する。酢酸エチルは揮発性であるが、簡易冷却管は外気温が低いときならば、無くてもある程度の酢酸エチルは得られる。夏など気温が高いときは、使用した方がよい。

- ③ 300ml ビーカーに水30mlと氷1つ(約10g)を入れる。

水の体積はだいたいよい。ビーカーのメモリを参考に目分量で入れる。氷は液を冷やすために用いている。

氷を入れないと酢酸エチルの収率が3割ほど少なくなる。

- ④ 反応後、反応液をビーカーに入れる。勢いよく入れると、硫酸が飛び散るので、ゆっくり入れていく。

- ⑤ ④のビーカーに無水炭酸ナトリウム8gを少しずつ入れていく。

泡の高さが2cm以上にならないようにする。激しく泡が発生してしまうと、酢酸エチルが逃げてしまい、収率が悪くなる。

- ⑥ 泡の発生が収まってきたら、溶液をもとの大型試験管に戻す。

未反応の炭酸ナトリウムが入っても構わない。泡の発生が完全に収まるまで待っていると時間が足らなくなるので、泡発生のピークが過ぎれば、試験管に戻して構わない。

氷酢酸・エタノール・濃硫酸の混合液は1層であるが、酢酸エチルが生成すると2層になる。ここでの様子を観察させる。2層に分かれることが、生徒にとって印象的なようだ。



写真2 簡易冷却管をつけるところ



写真3 上層が酢酸エチル



写真4 酢酸エチルで印刷を消したところ

教師のサポートIII

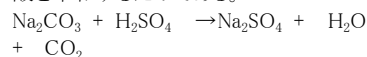
酢酸とエタノールの臭いをあらかじめ覚えておく。酢酸エチルを作ったときに明らかににおいが異なる。

教師のサポートIV

反応させる時間が長くなると、酢酸エチルは揮発して収率が悪くなる。

教師のサポートV

無水炭酸ナトリウムを加えるのは、硫酸を中和するためである。



こうしておく、脱脂綿にしみ込ませて広告印刷を消すとき、手で触れても安全である。

生徒の活動の観察I

発生する泡は二酸化炭素であることが分かっているか。

生徒の活動の観察II

反応液が2層に分かれることから、酢酸エチルが水に溶けにくいことに気付くか。

生徒の活動の観察III

酢酸エチルのにおいを確認したか。さらに何の臭いと似ているのかを記録しているか。

教師のサポートVI

官能基の種類と物質の性質に密接な関連があることを理解させる。

教師のサポートVII

疎水性のエステルにインクが溶けることから、インクも疎水性であることに気付かせる。

教師のサポートVIII

疎水性のエステルにインクが溶けることから、インクも疎水性であることに気付かせる。

学習する。そして実際に酢酸エチルの合成実験を行う。酢酸エチルを用いるのは教科書にも取り上げられる代表的なエステルであり、合成が比較的容易なためである。

実験後はその他のエステルについて、どんな香りがするか調べさせる。インターネットを利用するとよい。また、それらのエステルを合成する方法を考えさせる。酢酸エチルが酢酸とエタノールを材料として用いたことから、推測できる。エステルの例とそのにおいについて表にまとめる。

表1 エステルと香り

エステル名	沸点(°C)	においの例
酢酸メチル	56.3	りんご・パイナップル
酢酸エチル	76.8	柑橘類
酢酸ペンチル	142	バナナ・梨
酢酸ベンジル	213	ジャスミン
酢酸プロピル	101.6	西洋梨
酪酸メチル	102.3	パイナップル
酪酸エチル	119.9	パイナップル
酪酸イソアミル	179	梨
ヘプタン酸エチル	189	桃・いちご
桂皮酸メチル	261.9	マツタケ

- ⑦ 上層に生成した酢酸エチルの臭いをかいでみる。
 ⑧ 酢酸エチルを2ml ピペットでとり、脱脂綿にしみ込ませる。カラー印刷をふき取るように消してみる。

酢酸エチルのピペットを2ml にするのは、薬品用の5ml のピペットとの区別をはっきりさせるためである。

- ⑨ 後片付け

大型試験管・ビーカーに残った物質は、水道水を流しながら流しに捨てる。酢酸エチルのほとんどを脱脂綿に染み込ませておくと、片付けが楽になる。

4 評価方法

- (1) 酢酸エチルが生成する反応を化学反応式で書けるか。
 (2) これ以外のカルボン酸とアルコールを用いて合成できるエステルの構造式が書けるか。
 例えば、ギ酸とメタノール、酢酸と2-プロパノールなど
 (3) (2)とは逆にエステルの構造式を見て構成するカルボン酸とアルコールの構造式が書けるか。
 (4) 濃硫酸の働きを理解しているか。
 (5) 低級カルボン酸と低級アルコールは水に溶けやすいことが分かったか。
 (6) 広告紙に用いられるインクに疎水性の物質が多いことに気付いたか。

5 発展実験

エステルは食品に添加する香料としても利用されている。また、分子量の小さいエステルは、果実の臭いの成分にもなっている。様々なカルボン酸とアルコールからカルボン酸エステルを合成してみて、果実の臭いを作ってみる。

6 実験操作

大型試験管にカルボン酸8mlに濃硫酸4mlを加え、よくかき混ぜる。次にアルコール8mlを加え、簡易冷却管をつけて1分間反応させる。300ml ビーカーに水 30ml と氷 1 個(約 10g)を入れる。1分間反応させた後、反応液を前述の300mlビーカーに入れる。硫酸を取り除くため、炭酸ナトリウム8gを加える。二酸化炭素の発生が収まったら、大型試験管に戻す。上層がエステルである。

次の表は実際に合成してみた結果である。

表2 エステルの合成結果

エステル	カルボン酸	アルコール	コメント
酢酸メチル	氷酢酸	メタノール	揮発性が強いので収率は悪い。接着剤の臭いが強く、果実の香りは分かりにくい。
酪酸プロピル	酪酸	2-プロパノール	一瞬パイナップル様な香りがする。酪酸は臭いが強いので6mlにした。
酢酸プロピル	氷酢酸	2-プロパノール	接着剤の臭いが強く、果実の香りは分かりにくい
酪酸エチル	酪酸	エタノール	パイナップルまたはキウイの香りがする。一番香りが分りやすい。酪酸は臭いが強いので6mlにした。
酢酸アミル	氷酢酸	アミルアルコール	西洋なし様な香りがしないでもないが、接着剤の臭いが強く分かりにくい。
吉草酸アミル	吉草酸	アミルアルコール	りんご様な香りがする。吉草酸は臭いがきついたのでドラフト内で実験したが、ドラフト外でも構わない。

発展学習として、酢酸エチル以外のエステルをいくつか合成してみてもよいことを確認する。

4 実践報告

身近な有機化合物が含まれている日用品を選び、調べさせた。調べ学習を行う時期は、ある程度有機化合物を学習した後に行ったほうがよいと判断した。それは有機化合物の知識がないと、有機化合物が日用品に多く含まれていることを実感できなかつたり、成分表示を見ても有機化合物に気付かないかもしれないと考えたためである。実際には調べ学習のプリント配布をカルボン酸を学ぶ辺りの時期にした。提出はプリント配布してから1週間後にした。調べる日用品は、口腔洗浄剤・食器用洗剤・洗濯用洗剤・頭痛薬・化粧品・鎮痛消炎剤・防虫剤の7種類を選んだ。対象生徒は3年生生理系2クラス84名である。

1週間でのプリント提出は約8割であった。ほとんどの生徒は、日用品の成分表示を調べることができた。わずかだが、1, 2種類の日用品を調べられなかった生徒がいた。一方、構造式を調べることには手間がかかったようである。調べることでできた日用品の成分の数と生徒数、調べた構造式の数と生徒数を表にまとめた。

日用品の数	人数	構造式の数	人数	構造式の数	人数
0	0	0	8	8	1
1	0	1	13	9	1
2	0	2	15	10	0
3	2	3	16	11	0
4	1	4	3	12	0
5	2	5	5	13	0
6	6	6	1	14	1
7	53	7	0	15以上	0

生徒にとって日用品の成分表示を調べることは容易である。多くの生徒は調べることができた。しかし、成分表示に出てくる物質の構造式や化学式を調べることは容易ではない。多くの生徒は教科書と参考書程度しか持っておらず、それだけでは限界がある。調べ学習をしたときの生徒の感想にも特徴がみられた。比較的理解度の高い生徒は、知っている(学習した)物質が意外に多くあることに気付いたという意味の感想が多かったのに対して、理解度の高くない生徒の感想は、知らない物質が多いというものが多かった。

調べた日用品の数	評価	調べた構造式の数	評価
7~6	a	5以上	a
5~4	b	2~4	b
3以下(含む未提出)	c	1以下(含む未提出)	c

調べ学習を評価するには、調べた日用品の数と、調べた構造式の数でそれぞれa、b、cをつけ、aaをA、abとbbとacをB、bcとccをCとした。Cだっ

た生徒には実物を提示したり、幾つか調べる手段を提示して、再提出させた。

酢酸エチルの実験後の授業で、エステルについて次の設問をして、発展学習への展開につなげた。

- 次のエステルを加水分解したときに生成する酸と、アルコールを答えよ。
(1)ギ酸メチル (2)プロピオン酸エチル
(3)酢酸プロピル
- 次のカルボン酸とアルコールを縮合反応したときに生成するエステルの構造式を答えよ。
(1)ギ酸とエタノール (2)酢酸と2-プロパノール
(3)プロピオン酸と1-ブタノール

5 まとめ

調べ学習は、総合的な学習の時間を利用すると、より発展的な展開ができるであろう。例えば、成分表示に書かれている物質がどんな働きをもっているか調べたり、その物質が発見された歴史を調べるなどすれば、物質に対する興味・関心がより深まるであろう。調べ学習を評価することは、テストで評価しづらい「関心・意欲・態度」の観点を得点化する一方法となる。

今回はできなかったが、さらに以下の展開を行うことによって、この実践は探究活動として深まっていこうと考える。

- エステルの種類と果実の香りについて、調べ学習を行う。
- そのエステルが生成するための、酸とアルコールの種類を考える。
- 調べた酸とアルコールを用いて、酢酸エチルの合成と同じ要領で実験を行いエステルを合成し、実際その香りがするかどうか確かめる。
このような探究活動は生徒の興味を引き出し、さらに意欲的に学習活動を進める手掛かりとなるであろう。

参考文献

- 大木道則 大沢利昭 田中元治 千原秀昭
1989 化学大辞典 東京化学同人
- 井口洋夫 木下實 2003 化学I 教科書(実教出版)

日用品	商品名	成分表示
口腔洗淨剤		
食器用洗剤		
洗濯用洗剤		
頭痛薬		
化粧品		
筋肉消炎剤		
防虫剤		

()組()番氏名()

成分表示に記載されていた物質の構造式(化学式)を調べよう

(名称と構造式・化学式を記入)

--

感想

--

()組()番 氏名()

