

高等学校 理科（化学） 学習指導案  
単元名 「サレンの合成を通して粗収率を求める実験」

令和6年10月 第2学年 指導者 鈴木 悠一

## I 単元の構想

### 1 単元観

#### ○単元設定の理由

この単元（実験）を設定した理由は二つある。

一つ目は、生徒にとっての探究的な学習を促すことができると考えたからである。現行の教科書に記載されている実験は、定性的なものが多く、定量的な実験は少ない。数少ない定量的な実験である中和滴定は、実験結果が容易に予想でき、さらにその予想と結果が異なる場合は少なく、生徒にとって探究的な学びの題材になりにくい。探究的な学習活動が少ない中で、思考力を問われる課題を解くことが非常に困難であるのが現状である。

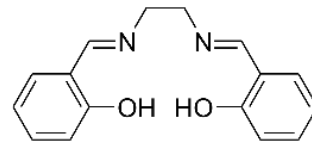
二つ目は、「収率」の概念を取り扱うのに適していると考えたからである。高等学校における化学反応は、平衡の分野以外では不可逆反応を用いる。「過不足のない不可逆反応であれば、反応物はすべて生成物になるように進行する。」と捉えている生徒が多い。そのため、化学反応において目的とする物質以外の副生成物が生成されることや、反応が完全に進行せずに未反応の原料が残ることを考慮できないまま実験を行うことになる。加えて、先にも触れたとおり定量的な実験を行う機会が少ないため、収率に関する問題に対して、難易度に対する正答率が非常に低くなる傾向にある。

以上より、授業時間内に簡便に合成を行うことができ、かつ生徒にとって未知な化学反応を用いた合成実験を行い、その収率を実際に求めさせる活動を行うことで、探究的な学習につながるのではないかと考えた。

#### ○使用教材の価値

高等学校の化学で学習する物質の中で、収率を求める実験を行うことができる可能性があるものはサリチル酸とそのアセチル化合物、メチル化合物であると考えられる。ただしこれらの実験にはいくつかの課題点がある。それは、サリチル酸自体の合成が高等学校の実験室では困難であることである。教科書には「ナトリウムフェノキシドを高温・高圧下で二酸化炭素と反応させる」とあり、高等学校の実験室下では到底再現できない。常圧で合成可能なコルベ法等を用いても、温度は150℃以上、反応時間は60分以上とこちらも現実的ではない。また、サリチル酸のアセチル化合物、メチル化合物の合成実験は濃硫酸を扱うことや、目的物の単離が難しく、収量を求めることが困難であるなど、実験の操作面や安全面において課題が見られる。

そこで着目した物質がサレン[N,N'-ビス(2-ヒドロキシベンジリデン)エチレンジアミン] (化合物1) である。サレンは、サリチルアルデヒドとエチレンジアミンを物質質量比2:1で、エタノール中で穏やかに加熱することで簡単に合成することができる。



化合物1 サレン

この物質の合成実験では、以下の(1)、(2)の利点がある。

#### (1) 合成上の利点

- ① 反応速度が非常に速いため、反応を5～10分で完結させることができる。
- ② 反応条件が非常に穏やかであり、室温～50℃程度、常圧でよい。
- ③ 液状の原料2種類を、エタノールなどの極性溶媒中で攪拌させるだけでよいので、特別な実験器具が必要ない。
- ④ サレンが黄色の板状結晶であるため、目的物の生成が視認しやすい。
- ⑤ 目的物の単離がろ過のみで行うことができる。

## (2) 探究的な学習に対する利点

- ① 原料二つが両方とも液状であるため、質量を体積で量り取るためには密度を考慮する必要がある。
- ② 収率を上げるための手段として、温度を上げる、等量計算を正確に行うなどの要因を思考する必要がある。これらの要因は、生徒にとっての既習事項であり、生徒が無理なく考えることができる。

以上の点から、今回の実験を計画し、実践を行うこととした。

## 2 研究との関わり

1回目の授業実践において、ステアリン酸の単分子膜を用いたアボガドロ定数の算出実験を行い、実験により算出された数値を批判的に考察し、なぜその結果が得られたかを深く考察することができる生徒の育成を目標とした。班ごとに得られたデータが理論値とずれている場合、ステアリン酸分子が水面にどのように並んでいるかという課題を生徒に投げかけることによって、理論値との差が分子の配列にどのように影響しているかを考えることができた生徒が半数程度見られた。これにより、実験によって得られたデータと実際の分子の様子を結び付けるきっかけが掴めたのではないかと考える。その一方で、原子・分子の様子と実験データを深く結び付けることに抵抗がある生徒も一定数見受けられた。

今回の授業では、実験によって得られるデータと既習事項を関連付けて、探究的に思考するきっかけを作ることを目的としている。そのために、実験を行う時と実験後のレポートについての二つの場面において仕掛けを行う。実験を行う場面では、実験操作について「サリチルアルデヒドとエチレンジアミンをエタノール中で2：1の割合で混合させる」という指示のみを行う。これにより、生徒は用意された実験器具のどれを用いるのか、体積比で行うにはどのような点に注意したらよいかを考える。この時、既習事項を活用し、実験を行うために様々な工夫が必要とされたと考えられる。また、実験後のレポートについては、課題として「サレンの収率を上げるにはどうしたらよいか」という問いを提示するとともに、レポートの提出日を実験終了から2週間後に設定する。その間に、自ら考えた収率を挙げる方法を追実験を通して確かめることができるように配慮することで、生徒が試行錯誤する場面を増やすことができ、探究的な学習につながるのではないかと考える。

## 3 単元の目標及び生徒の実態

	目 標	生徒の実態
知識及び技能	・収率の概念を導入し、化学反応が完全に進行しない場合があることを理解する。また、例題や実験結果を用いて、収率を正しく求めることができるとともに、実験などに関する技能を身に付けること。	・化学基礎において定性的、定量的な実験を数回行っており、基本的な実験操作は身に付いている。また、化学反応式と物質量を関連付けた計算に関しては、7割程度の生徒が問題なく行うことができる。
思考力、判断力、表現力等	・サレンの合成実験を通して、探究し、液体の密度や化学平衡、化学反応式の量的関係を関連付けて扱い、収率について根拠を持って求め、表現すること。	・化学現象の理由を説明する場面では、周囲の生徒と話し合ったり、自分の考えをスライドにまとめたりすることもある。
学びに向かう力、人間性等	・サレンの合成実験を行い、収率を求めていく過程を通して、化学反応についての関心を高め、科学的に探究しようとする態度を養うこと。	・演示実験を行った際には、「どうしてそうなるのか」や「もっとこうしたらどうなるのか」など、化学現象に対する高い関心を示す生徒はいる。

#### 4 評価規準

知識・技能	・ 化学反応が完全に進行しない場合があることを理解し、正しく収率を求めることができるとともに、実験などに関する技能を身に付けている。
思考・判断・表現	・ 化学反応式の量的関係や原料の密度を用いて、科学的に考察し、収率を正しく捉えて表現している。
主体的に学習に取り組む態度	・ サレンの合成実験における必要な操作、実験で留意すべき点について調べ、科学的に探究しようとしている。

#### 5 単元の指導及び評価（全6時間：本時第6時）

時間	■ねらい □学習活動	知	思	態	◆評価項目<方法（観点）> ○指導に生かす評価 ●評定に用いる評価
1	<p>■化学反応には、可逆反応と不可逆反応の2種類があることを理解する。</p> <p>□可逆反応と不可逆反応の例を挙げ、世の中には可逆反応の方が多くあることを実感する。</p>	○			<p>◆可逆反応と不可逆反応の違いを理解し、両者の具体例を挙げることができるか。〈ワークシートの記述、授業内の発言(知)〉</p>
<p>[単元の学習課題]</p> <p>化学平衡と収率について正しく理解する。</p>					
2	<p>■可逆反応には平衡状態が存在し、反応物と生成物の濃度の比である平衡定数によって平衡時の物質の存在比が決まることを理解する。</p> <p>■平衡定数が温度によって変化することを理解する。</p> <p>□可逆反応の平衡時の物質量の計算を、平衡定数から求める計算をする。</p>	○			<p>◆可逆反応の平衡時の物質量計算を溶液中や個体が存在している条件ごとに正しく行うことができるか。〈ワークシートの記述、授業内の発言(知)〉</p>
3	<p>■ある平衡状態にある可逆反応の温度、圧力、濃度条件を変化させたときに、その変化の影響を和らげる方向に反応が進行し、新たな平衡状態をとることを理解する。</p> <p>□濃度変化と平衡移動の関係を具体的な反応式とともに確認する。</p> <p>□圧力変化と平衡移動の関係を具体的な反応式とともに確認する。</p> <p>□温度変化と平衡移動の関係を具体的な反応式とともに確認する。</p>	●			<p>◆可逆反応の温度、圧力、濃度条件を変化させたときの平衡の移動の向きを正しく理解することができるか。〈ワークシートの記述、(知)〉</p>

4	<p>■化学平衡が、実際の工業的にどのように扱われているかをハーバー・ボッシュ法の例を用いて考察する。</p> <p>□アンモニアの生成エンタルピーが負であるため、ルシャトリエの原理を用いると反応系を冷却した方がよりアンモニアを多く得ることができるが、実際の工業的製法では高温・高圧下で反応させていることを確認する。</p>	○	○	<p>◆ルシャトリエの原理的に目的物を多く得るための反応条件の変化と、反応速度等も考慮してより効率的に多くの目的物を得るための反応条件の変化は必ずしも一致しないことを、データを根拠にして考察し、表現することができるか。〈ワークシートの記述、授業内の発言(思)〉</p> <p>◆化学平衡について振り返り、条件変化に伴う量的変化について探究しようとしているか。〈ワークシートの記述、(態)〉</p>
5	<p>■不可逆反応における「収率」の考え方を理解する。</p> <p>■次回の実験計画を立案する。</p> <p>□不可逆反応の中にも、反応が完全に終了せず、副反応が起こってしまうことを例から確認する。</p> <p>□収率に関する練習問題に取り組む。</p> <p>□「原料2種類をエタノール中で2：1で混合する」という情報から、用いる試薬の分量を考える。</p>	○	●	<p>◆収率について正しく理解し、思考錯誤し考察、表現することができるか。〈ワークシートの記述(思)〉</p> <p>◆実験計画について根拠をもって立案して探究しようとしているか。〈ワークシートの記述、(態)〉</p>
6 (本時)	<p>■サレンの合成実験を行い、単離したサレンから収率を求める。</p> <p>■サレンの収率を向上させる手段を考察する。</p> <p>□前時に立案した計画を基にサレンの合成実験を行い、サレンを単離して収率を計算する。</p> <p>□既習事項をもとに、温度や等量の観点から収率を向上させる方法を考察する。</p>	○	●	<p>◆サレンの収量を基にして、化学反応式の量的関係から、収率を正しく求めることができるか。〈ワークシートの記述、授業内の発言(知)〉</p> <p>◆サレンの収率を向上させるための方法を考察しようとしている。〈ワークシートの記述(思)〉</p>
<p>[本時の課題]</p> <p>合成されたサレンを単離して、サレンの収率を算出し、その収率を向上させるためにはどのような工夫ができるかを考える。</p>				

## II 第6時の学習

1 ねらい サレンの合成実験を通して、サレンの収率を正しく求めることができるようになるとともに、サレンの収率を向上させる方法を考えられるようにする。

### 2 展開

<p>主な学習活動 予想される児童(生徒)の反応〔S〕</p>	<p>◎研究上の手立て ○指導上の留意点 ◆評価項目(観点)</p>
<p>1 前時の学習を振り返り、実験の原理と実験の流れを確認する。(導入7分) S: サリチルアルデヒドとエチレンジアミンをどのくらいの量で反応させればよかったのかな。 S: 用いる実験器具と実験手順を確認しよう。</p> <p>&lt;課題&gt; 合成されたサレンを単離して、サレンの収率を算出し、その収率を向上させるためにはどのような工夫ができるかを考える。</p>	<p>◎化学反応式の量的関係に着目させて使用する試薬量の計算を行うようにする。 ○班ごとに立案した実験計画を振り返らせ、スムーズに実験が行えるようにする。 ○実験中に気付いたことを、些細なことでも必ずメモや記録に残すよう伝える。</p>
<p>2 サレンの合成実験を行い、単離したサレンの収率を算出する。(展開38分) S: 単離されたサレンの収量や収率の計算方法をもとに、サレンの粗収率を算出すればいいのだな。</p>	<p>○実験操作に関する注意事項は予め板書しておくことで、実験中にいつでも振り返ることができるようにする。 ◎収率を求めることで、予想と実際に合成された質量の差に対して、なぜ?という疑問をもてるようにする。</p>
<p>3 サレンの収率を向上させるためには、どのような方法があるかを考察する。(終末10分) S: 求めた収率は51%であったけど、正しく計算できているのかな。 S: 試料が液体だから、密度を考える必要があるのかもしれない。 S: 反応条件をどのように変えれば収率を上げることができるかな。 S: 反応条件をどのように変えれば、収率を上げることができるかな。</p>	<p>○収率を向上させる方法を、既習事項と関連付けることができるように声掛けを行う。</p> <p>◆サレンの収量を基にして、化学反応式の量的関係から、収率を正しく求めようとしているか。〈ワークシートの記述(知)〉 ◆サレンの収率を向上させるための方法を考察しようとしている。〈ワークシートの記述(思)〉</p>

### 3 板書計画

<p>実験の注意事項</p>	<p>実験結果の共有スペース</p>
----------------	--------------------