

固形燃料による炎色反応の利用

～ファイヤーアート～

秋田県立由利高等学校 課題研究化学班

佐々木康希 小松麗子 齋藤智佳 佐藤藍 鈴木南美 鈴木結 畠山健人

動機

化学の授業で炎色反応について学習した際、長く反応を見ることができなかったため、反応を長くするとともに色もわかりやすくしたいと思った。また、これを用いてファイヤーアートを作りたいと考えた。

〈固形燃料の作り方〉

ステアリン酸 (4.0g) とエタノール (20mL) を約 60℃ で湯せんする。これに、金属塩水溶液 (4.0mL) を加えて、ビーカーの中で固まるまで放置冷却する。

ステアリン酸とは、高級脂肪酸の 1 つで、牛脂、大豆油から作られる。ロウソク、石鹸、化粧クリームの材料としても使われている。

示性式: $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$

予備実験

- ・エタノールを用いた固形燃料を燃やしたときの炎に色はついていないため、この固形燃料に金属塩水溶液を加えたものを燃やす。
- ・日付、天気、気温、湿度などの実験した日の環境を記録する。
- ・炎の色、燃え方、燃えている時間などの燃やした時の様子や気づいたことを記録する。

結果

①塩化ストロンチウム水溶液を加えたとき

- ・液体を燃やした時よりも、燃える時間が長かった。
- ・最初はあまり色の変化が見られず、終わりに近づくと赤色が目立ち始めた。

②硫酸銅水溶液を加えたとき

- ・炎の色が緑色のため、塩化ストロンチウム水溶液を加えたときよりも色が分かりやすかった。
- ・最初はあまり色の変化が見られず、終わりに近づくと青緑色が目立ち始めた。



考察

仮説で考えたように、固形燃料を用いると、液体を燃やした時よりも燃える時間が長くなったが、色が現れるまで時間がかかってしまった。固形燃料の厚さを薄く作り、金属塩が下に溜まらないように均一に冷ますと、最初から色の変化が見られるのではないかと考えた。また、塩化ストロンチウムを燃やした時に出る赤色の炎は、色の変化が分かりにくかったが、硫酸銅を燃やした時に出る青緑色の炎は、赤色と比べ色の変化が分かりやすかった。そのため、今後の実験では、硫酸銅水溶液を用いて固形燃料を作りたい。

仮説①

固形燃料を薄く作ると、金属塩水溶液の濃度が均一になり、燃やした時に最初から色が現れる。

実験方法

- ・ 予備実験と同じ量で固形燃料を作り、硫酸銅水溶液を加える。固まる前にバッドへ移し薄い厚さにする。これを、一か所に固まらないように均一に冷ます。固まったら、バッドの中で燃やす。
- ・ 観察・記録項目は予備実験と同様とする。



結果

- ・ 燃える時間が短くなった。
- ・ 最初はあまり色の変化が見られず、終わりに近づくと青緑色が目立ち始めた。



考察

固形燃料の厚さを薄く作ると、最初から色の変化が見られると考えたが、色が目立つのは終わりのほうだった。そのため、薄く作ったとしても、加えた金属塩が底に溜まっている可能性があると考えた。

仮説②

蒸発皿で作った固形燃料の底を切って燃やすと、早い段階から色のついた炎が出る。

実験方法

- ・ 予備実験と同じ量で固形燃料を作り、硝酸銅水溶液を加え、蒸発皿の中で固まるまで冷ます。固まったら固形燃料の底を切って燃やす。
- ・ 観察・記録項目は予備実験と同様とする。

結果

- ・ 1～2 分間燃えた。
- ・ 燃える時間が短くなった。
- ・ 最初はあまり色の変化が見られず、終わりに近づくと青緑色が目立ち始めた。

考察

最初から色の変化が見られなかったのは、エタノールが先に燃えて、後から金属塩が燃えたからだと考えた。

仮説③

金属塩の量を増やすと、燃やした時に最初から色が現れる。

実験方法

- ・ 30℃の蒸留水 50mL に硫酸銅を溶けるだけ溶かす。
- ・ 青色（硫酸銅）の溶け残りが生じるまで溶かし、硫酸銅の飽和水溶液を作る。その水溶液を含んだ固形燃料を室温で放置冷却して、固まってから燃やす。
- ・ 観察・記録項目は予備実験と同様とする。

結果

- ・ 7 分 3 0 秒燃えた。
- ・ 終わりの方に色のついた炎が現れた。

考察

固形燃料を作る時に硫酸銅の溶け残りが出てしまったため、早い段階で色のついた炎が現れなかったと考えた。そのため次の実験では、溶け残りが出ないように固形燃料を作りたい。

仮説④

今回の実験では、学校の試薬が不足してきたため、スモールスケールで実験をした。硫酸銅飽和水溶液を用いた固形燃料を作るときに、溶け残りが出ないようにエタノールと硫酸銅飽和水溶液の分量を2倍にして作ることにする。硫酸銅がすべて溶けると早い段階で色のついた炎が現れる。

実験方法

- ・エタノール：硫酸銅飽和水溶液：ステアリン酸＝20mL：4.0mL：4.0g

↓ 簡単な比にする

5.0mL：1.0mL：1.0g

- ・エタノールを2倍にしたものを10mL：1.0mL：1.0gとして固形燃料を作り、燃やす。
- ・硫酸銅飽和水溶液を2倍にしたものを5.0mL：2.0mL：1.0gとして固形燃料を作り、燃やす。
- ・観察・記録項目は予備実験と同様とする。

結果

- ・エタノールを2倍にしたものは溶け残りが出た。
- ・2分59秒燃えた。
- ・終わりの方に色のついた炎が現れた。
- ・硫酸銅飽和水溶液を2倍にしたものは溶け残りが出た。
- ・2分28秒燃えた。
- ・終わりの方に色のついた炎が現れた。

考察

エタノールと硫酸銅飽和水溶液の量を変えて固形燃料を作っても溶け残りがでてしまったため、量を変えても早い段階で色のついた炎は出ないと分かった。また、どの金属塩水溶液を使って固形燃料を作ると炎の色が分かりやすくなるかも調べたい。

仮説⑤

今まで実験に用いたストロンチウムや銅は炎色反応が分かりやすかったため、色が同系統のリチウムやバリウムも分かりやすい。

実験方法

- ・予備実験と同じ量で、①塩化カルシウム ②塩化リチウム ③塩化バリウム ④塩化カリウムの固形燃料を作り、燃やし、炎色反応が分かりやすい資料を探す。
- ・観察・記録項目は予備実験と同様とする。

結果

塩化カルシウム（橙赤色）

- ・ 7 分 5 0 秒で燃えた。
- ・ 最初はあまり色が出なかった。
- ・ 終わりの方から色が出てきたが、色の変化が分かりにくかった。

加えた金属塩水溶液	燃えた時間	色のついた時間
塩化カルシウム 1 回目	9 分 3 9 秒	8 分 4 1 秒
塩化カルシウム 2 回目	9 分 2 5 秒	8 分 2 2 秒
塩化カルシウム 3 回目	9 分 1 8 秒	8 分 2 0 秒

塩化リチウム（赤色）

- ・ 7 分 5 5 秒で燃えた。
- ・ 最初はあまり色が出なかった。
- ・ 途中から色が出てきた。色の変化が分かりやすかった。

加えた金属塩水溶液	燃えた時間	色のついた時間
塩化リチウム 1 回目	9 分 3 7 秒	8 分 3 1 秒
塩化リチウム 2 回目	9 分 2 0 秒	8 分 2 3 秒
塩化リチウム 3 回目	9 分 0 1 秒	8 分 2 2 秒

塩化バリウム（黄緑色）

- ・ 8 分 9 秒で燃えた。
- ・ 初めの方から色が出た。
- ・ 色は分かりやすかったが、銅を燃やした時に出る青緑色の炎と比べると、銅の方が分かりやすかった。

加えた金属塩水溶液	燃えた時間	色のついた時間
塩化バリウム 1 回目	9 分 3 6 秒	8 分 3 3 秒
塩化バリウム 2 回目	8 分 3 0 秒	5 分 2 9 秒
塩化バリウム 3 回目	9 分 1 7 秒	8 分 1 1 秒

塩化カリウム（紫色）

- ・ 8 分 1 5 秒燃えた。
- ・ 初めの方から色が出た。
- ・ 色が分かりやすかった。

加えた金属塩水溶液	燃えた時間	色のついた時間
塩化カリウム 1回目	9分28秒	8分28秒
塩化カリウム 2回目	9分37秒	8分36秒
塩化カリウム 3回目	8分37秒	6分41秒

考察

学校にある金属塩溶液の中で、今まで固形燃料を作っていない金属塩で色が分かりやすかったのは、リチウム、バリウム、カリウムだった。また、金属塩水溶液を加えない固形燃料の場合、青色も出ると分かった。そのため、アートの使う金属塩はリチウム、カリウム、バリウム、銅と、金属塩水溶液を加えずに作った固形燃料にしたい。次の実験では、これらの色を使い、身近にあって、形成しやすく、固めやすいものを用いて固形燃料を作りたい。

仮説⑥

ゼラチンを使うと、形成しやすく、固めやすい固形燃料ができる。

ゼライスとは、「豚」由来のコラーゲンで作られる。80℃でお湯に溶ける。

原材料：ゼラチン、コラーゲンペプチド、動物性タンパク質

実験方法Ⅰ

①硝酸銅(10ml)と粉末状のゼライス(1.0g)とエタノール(50ml)をビーカーに入れる。

80℃だとエタノールが蒸発してしまうため、70℃のお湯(50ml)で湯せんする。

②よくかき混ぜる。

③ラップをして冷蔵庫の中に保存する。

④固まったら燃やす。

・観察・記録項目は予備実験と同様とする。

実験方法Ⅱ

①金属塩水溶液(10ml)と粉末状のゼライス(1.0g)をビーカーに入れ、70℃のお湯(50ml)で湯せんしたものにエタノール(50ml)を加える。

②ダマができないように金属塩水溶液を10mL増量させ、20mLにした。

③固まりやすくするためにゼライスは最初に10gずつ入れ、湯せんしながら0.10gずつ増量させ、計1.4g入れる。

④ラップをして冷蔵庫の中に保存する。

⑤固まったら燃やす。

- ・観察・記録項目は予備実験と同様とする。

結果

実験方法Ⅰ 1回目

- ・よく混ぜたがゼライスが溶けきらず、ダマができた。

実験方法Ⅰ 2回目

- ・エタノールが少量蒸発しても良いように 10mL 増量し、60mL にしたがダマができてしまったためダマが溶けるまで 1.0mL ずつお湯を加えた。お湯を 13mL 程加えるとゼライスは全て溶けきったが固まらなかった。

実験方法Ⅱ 1回目

- ・金属塩を硝酸銅（青緑色）にした。
- ・ゼライスが全て溶け、冷やした後は綺麗に固まった。
- ・燃やすと、燃えたが色は分かりにくかった。

加えた金属塩水溶液	燃えた時間	色のついた時間
硝酸銅 1回目	1 0分2 9秒	1分1 5秒
硝酸銅 2回目	1 2分0 6秒	1分2 0秒
硝酸銅 3回目	1 2分0 8秒	4分2 1秒

燃えた時間の平均 約 1 1分3 0秒 色のついた時間の平均 約 2分1 9秒

実験方法Ⅱ 2回目

- ・金属塩をリチウムにして1回目と同じ要領で実験すると、ゼライスが全て溶けた。しかし、冷蔵庫に保存したが固まらなかった。
- ・水色の物質が沈殿した。
- ・上部に液体が残った。
- ・燃やすと、燃えて色も分かりやすかった。

実験方法Ⅱ 3回目

- ・金属塩を飽和水溶液の硝酸カリウム（紫色）にして1回目と同じ要領で実験すると、エタノールを入れた際に白い沈殿ができて、少し解け残った。しかし、冷蔵庫に保存したら固まった。
- ・燃やすと、燃えて色のついた炎は少し確認できた。

加えた金属塩飽和水溶液	燃えた時間	色のついた時間
硝酸カリウム 1回目	3分0 4秒	2分5 8秒
硝酸カリウム 2回目	4分2 9秒	2分2 9秒

燃えた時間の平均 約 3分4 8秒 色のついた時間の平均 約 2分4 4秒

考察

実験方法Ⅰ

ゼライスを溶かす際に、初めからエタノールが含まれていたため、70℃で湯せんした。そのため、ゼライスが少ししか溶けなかったと考えた。また、ダマができるためお湯を加えると溶けた。エタノールを増やしてもゼリーはできなかったためエタノールを溶媒としてもしてもあまり溶けないと考えた。

実験方法Ⅱ

エタノールを入れずに、先にお湯で湯せんしながらゼライスを溶かしていったため、溶け残りが無く固まったと考えた。また、加える金属塩水溶液は飽和水溶液だと溶け残りが生じるが、固さの違いはあるが、ゼリーを作ることができ、炎色反応も確認することができた。

今後の流れ

- ・リチウムの赤色、カリウムの紫色、バリウムの黄緑色、銅の青緑色、金属塩水溶液を加えない固形燃料の青を使ってアートを作る。
- ・作る絵の形を決める。
- ・絵の形が決まったら、型を作るか買うか決める。買う場合は、ステンレス製などの燃えにくい素材の型を買う。

引用

固形燃料による炎色反応

<http://www.hst.titech.ac.jp/~meb/2000/enshoku.htm>

光と色の不思議な世界

<http://contest.japias.jp/tqj14/140303/enshoku.html>

教科書 化学 数研出版

謝辞

実験や話し合いに協力してくださった先生方ありがとうございました。