

固形燃料から生成した物質の定性分析

兵庫県立神戸高等学校 自然科学研究会 化学班 田原寛文 曾谷太一
渋谷英太郎 柊井啓貴 松本翔太

1. 研究の動機

青少年のための科学の祭典で、炎色反応する固形燃料を紹介していた。すると、塩化銅(Ⅱ)の固形燃料から謎の球体が発生した。これに興味を持った私たちは、定性分析を行うことにした。

2. 研究の目的

- 生成した球体の成分・生成過程を明らかにする。
- 生成した物質の利用法の検討

3. 固形燃料の作り方

- ステアリン酸、塩類、メタノールを 1:1:20 の割合で用意する
- それらをビーカーに入れ、70℃で湯せんする
- ②で作ったものを、半分に切ったスチール缶に入れ冷ます

4. 仮説 1

- ✓ 球体の色が褐色である
 - ✓ 固形燃料の中に、 Cl^- が含まれている
- この 2 点から塩化鉄(Ⅲ)だと考えた。

• 検証方法

- 水に溶かす → FeCl_3 ならば、水に溶けるはずである。
- ①の検証方法が正しい場合、試薬を用いて成分イオンを調べる。
(使用した試薬は、 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]\text{aq}$ 、 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]\text{aq}$)

- 仮説 1 の結果・考察
水には溶けなかった。

5. 仮説 2

- ✓ 色が褐色である
 - ✓ 固形燃料にステアリン酸が含まれている
 - ✓ 球体 A は石鹸状の手触りである
- この 3 点からステアリン酸鉄(Ⅲ)だと考えた。

• 検証方法

- 水に不溶なため、濃塩酸で金属イオンを抽出し成分イオンを試薬で調べる。
- ステアリン酸の存在を確かめるため、火に入れて燃やす。

• 仮説 2 の結果

- $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]\text{aq}$ …変化なし
- $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]\text{aq}$ …濃青色沈殿
- 球体 A を火に入れると燃えた。

• 仮説 2 の考察

- 結果の 1・2 より、球体 A には Fe^{3+} が含まれている。
- 結果 3 より、球体 A にはステアリン酸が含まれている。

したがって、球体 A はステアリン酸鉄(Ⅲ)だと考える。

6. 純粋なステアリン酸鉄(Ⅲ)との比較

純粋なステアリン酸鉄と比較することで、考察で述べた球体 A が、ステアリン酸鉄(Ⅲ)であると確定できる。

• 純粋なステアリン酸鉄の合成方法

- ビーカーを使い、塩化鉄(Ⅲ)を使用した固形燃料で、点火・消火を繰り返し、合成する。
- 合成した固体は純粋なステアリン酸鉄(Ⅲ)であるはずである。

• 検証方法

- 合成したステアリン酸鉄(Ⅲ)と球体 A の融点を比較する。
- 合成したステアリン酸鉄(Ⅲ)と球体 A を混合して融点を測定する。 → 融点と同じならば同じ物質といえる

• 結果

	合成したステアリン酸鉄	球体 A
融点	58.5℃	58.5℃
溶け終わり	60.4℃	76.5℃

• 考察

- 結果の表より、合成したステアリン酸鉄(Ⅲ)と球体 A は融点と同じであるので、同じ物質であると言える。
- 溶け終わりの温度が違うのは、不純物が含まれているからだと考えられる。
- また、混合物の融点はそれぞれの物質の融点と同じであった。

7. 球体 A の生成過程の検証

- Fe^{3+} ・ Fe^{2+} ・ Cu^{2+} のそれぞれのスペクトルをあらかじめ計測しておく。
- 固形燃料の点火・消火を繰り返す。その後、上澄み液を採取し、塩酸を加え、ろ過する。
- 上澄み液のスペクトルをあらかじめ計測しておいた結果と比較する

• 結果

- グラフ a・d の比較より、初めの液中に Fe^{2+} が含まれている。
- グラフ b より Fe^{2+} がほとんど含まれていないことが、また、グラフ e より、 Fe^{2+} が検出されていることから、スチール缶の Fe が継続して溶けている。
- グラフ a・b・e では、 Fe^{3+} は含まれていないが、グラフ f より、生成した Fe^{3+} はすぐにステアリン酸鉄(Ⅲ)になっている。

7. 結論

ステアリン酸鉄(Ⅲ)の生成過程は、次のようになっている。

- 鉄は銅よりイオン化傾向が大きいため、 $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$ の反応が起き、 Fe^{2+} が生成する。
- Fe^{2+} が空気中の酸素で酸化され、 $4\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$
 $12\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH} + 4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{Fe}(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_3 + 8\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$ の反応が起きる
→ 生成したステアリン酸鉄はメタノールに溶解している。
- 一日経過後、点火と消火を繰り返すと、メタノールが徐々に減少する。
→ メタノールが減少し、ステアリン酸鉄が溶けきれずに析出する。

8. 今後の課題

- ステアリン酸鉄(Ⅲ)が多数の球体となって固形燃料に現れる仕組みはまだ分からないので、今後研究したい。
- 生成されたステアリン酸鉄(Ⅲ)の利用法を模索する。