

固形燃料から生成した物質の定性分析
および利用法の検討

兵庫県立神戸高等学校 自然科学研究会化学班
2年 渋谷英太郎、曾谷太一、田原寛文
柁井啓貴、松本翔太

1. 研究目的
「青少年のための科学の祭典」で、炎色反応をする固形燃料を製作した。そのうち、塩化銅(Ⅱ)を含んだ固形燃料から、褐色の球体が複数生成した。「球体の成分は何か。」「どのようにしてできるのか。」「利用方法はあるのか。」このような疑問を持った私たちは、この物質の定性分析を行い、利用法の検討を行うことにした。以降、褐色の球体のことを、球体Aと記す。



(左) 塩化銅(Ⅱ)の固形燃料 (右) 球体Aが生成する様子

2. 球体Aの特徴
色は褐色をしており、手触りは石鹸状である。また水には溶けない。球状になるとは限らず、底に張り付くように生成されたり、半球状に生成されることもあった。

3. 固形燃料の作成方法
① スチール缶の上から半分ほどを金切バサミで切り取る。
切り取ったところで手を切らないように、縦に切れ込みを少しいれ、ニッパーなどで内側に折り曲げる。
② (ステアリン酸) : (炎色反応を示す塩類) : (メタノール) = 1 : 1 : 20 の質量比で計りとり、ビーカーに入れる。
③ それを 70℃前後で湯煎し、ステアリン酸と塩類を完全に溶解する。そして、溶液を①で作ったスチール缶に入れ自然に冷まし、固まればできあがり。

4. 成分の定性分析
• 仮説 ステアリン酸鉄(Ⅲ)ではないか
[根拠] 手触りが石鹸状であることと、水に溶けないこと

とである。
[検証] 濃塩酸に溶かして、硝酸銀、ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム、ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウムで成分イオンを確かめた。また、可燃かどうか調べた。
[結果] 下の表から、生成物には Fe^{3+} が含まれていて、可燃であることが分かった。よって、生成物はステアリン酸鉄(Ⅲ)であろうということが分かった。

	生成してすぐの物質の懸濁液	生成した物質の一週間後の抽出液
硝酸銀	わずかに白色沈澱	わずかに白色沈澱
ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム	変化なし	変化なし
ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム	わずかに濃青色	濃青色の沈澱

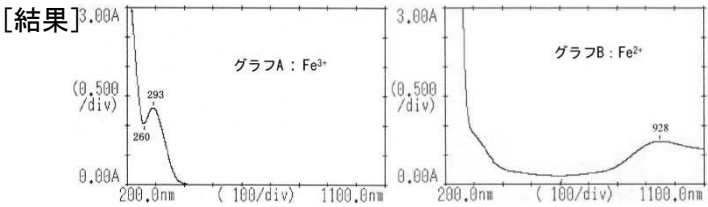
5. 純粋なステアリン酸鉄(Ⅲ)との比較
[仮説] 球体Aがステアリン酸鉄(Ⅲ)であれば、純粋なものと同じ融点であり、混融実験をしても融点に変化が見られないはずである。
[検証] 塩化銅(Ⅱ)ではなく、塩化鉄(Ⅲ)を使用した固形燃料をつくり、それを点火と消火を繰り返し合成する。こうして合成した固体は、純粋なステアリン酸鉄(Ⅲ)であるはずである。これと融点の比較を行う。
[結果] 下の表から、合成したステアリン酸鉄(Ⅲ)と球体Aの融点が一致していることが分かる。また、混融実験をしても融点に変わりがなかった。このことから、生成物はステアリン酸鉄(Ⅲ)であると実証された。

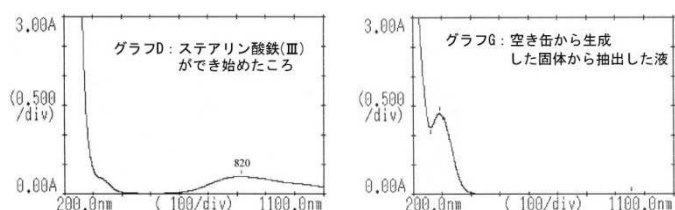


← 合成した
ステアリン酸鉄(Ⅲ)

分析結果	合成したステアリン酸鉄(Ⅲ)	球体A
融点	58.5℃	58.5℃
溶け終わり	60.4℃	76.5℃

6. ステアリン酸鉄(Ⅲ)の生成過程
[仮説] 球体Aの生成過程は、まずスチール缶が溶け Fe^{2+} が溶出、それが酸素で酸化され Fe^{3+} になりステアリン酸鉄(Ⅲ)として析出すると考えられる。
[検証] Fe^{2+} ・ Fe^{3+} ・ Cu^{2+} のそれぞれのスペクトルと、ステアリン酸鉄(Ⅲ)が生成する過程でとったスペクトルとを比較した。





〔考察〕 グラフDは固形燃料の入ったスチール缶の内部にステアリン酸鉄(Ⅲ)がはじめて確認されたときのスペクトルである。グラフDは 250 nm～400 nm にかけて「段差」のあるグラフが描かれており、 Fe^{2+} のスペクトルと類似している。よって固形燃料を燃やすことによってスチール缶から Fe^{2+} が溶け出していることがわかる。グラフFには 250 nm～300 nm にかけて特徴的な「波」のようなグラフが描かれており、 Fe^{3+} のスペクトルと類似している。よってスチール缶から溶け出した Fe^{2+} は、しばらくして Fe^{3+} になりステアリン酸鉄(Ⅲ)として析出していることが分かる。

7. ステアリン酸鉄(Ⅲ)の抗細菌作用

〔仮説〕 Fe^{3+} には抗菌効果があることが報告されている(文献4)。ステアリン酸(Ⅲ)は Fe^{3+} を含んでいるため、抗細菌作用があるのではないかと考え実験を行った。

〔検証〕 粒の大きさを 0.149 mm～0.297 mm にそろえ試料とする。大腸菌をコロニーから1つとりLB培地に溶かし、それを培地にまき、恒温器に入れ 37℃で 20 時間培養する。次にその写真を撮り、B4 サイズに拡大印刷したものに 5 mm 角で格子を描くと、各格子にコロニーが平均して 10 個あった。そこで各シャーレについて、大腸菌が格子を占める面積の割合が 8 割以上をコロニー数が 10 個、3 割から 7 割をが 5 個、2 割以下をが 0 個として計数した。それぞれを 3 枚培養し平均をとった。

〔結果〕



条件	大腸菌のみ	ステアリン酸	ステアリン酸鉄(Ⅲ)
コロニー数	2300	996	801

〔考察〕

大腸菌のみとステアリン酸の差から、ステアリン酸自体

に抗細菌作用があることが分かる。またステアリン酸鉄(Ⅲ)のコロニー数がステアリン酸よりも 2 割ほどすくないことから、ある程度 Fe^{3+} の抗細菌作用が働いていることがわかった。つまり、ステアリン酸鉄(Ⅲ)は抗細菌作用があることが分かった。

8. まとめ

- 銅の炎色反応をする固形燃料から生成する球体は、成分の検出・確認からステアリン酸鉄(Ⅲ)であると推定した。
- 純粋なステアリン酸鉄(Ⅲ)との混融実験の結果から球体Aはステアリン酸鉄(Ⅲ)と実証できた。
- スチール缶の固形燃料からステアリン酸鉄(Ⅲ)が生成する過程が明らかになった。
- ステアリン酸鉄(Ⅲ)に、抗細菌作用があることが分かった。

9. 今後の課題

- 固形燃料のなかでステアリン酸鉄(Ⅲ)がなぜ球体になるのか。メタノールを用いて作ったステアリン酸鉄(Ⅲ)が強い酸性を示したが、これはなぜなのか。

10. 参考文献

- 1) 「理化学辞典」岩波書店 (1998)
- 2) 「化学大辞典」東京化学同人 (1989)
- 3) Harmon B. Abrahamson, Henry C. Lukaski (1994) 「Synthesis and characterization of iron stearate compounds」
- 4) 岡山県立岡山一宮高等学校(2010): 「金属イオンの抗菌作用 銀イオン以外の金属イオンにも抗菌作用はあるのか」(2010), SSH 課題研究報告書, https://ssh.jst.go.jp/ssh/research_detail.asp

11. 謝辞

研究をするにあたって、顧問の中澤克行先生には様々なご指導をいただきました。また、繁戸克彦先生、稲葉浩介先生には抗細菌作用の実験に関して大変お世話になりました。この場を借りてお礼を述べさせていただきます。ありがとうございました。