

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

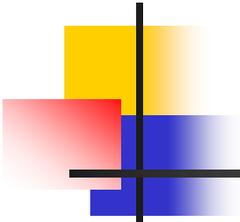
研究の動機

- 私たちは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。



固形燃料から謎の褐色の球体が生成





研究の目的

- 生成した球体の成分および生成の過程を明らかにする。
- 生成した物質を何かに利用できないかを検討する。
- ここから先、褐色の球体を**球体A**と記す。

固形燃料の作り方

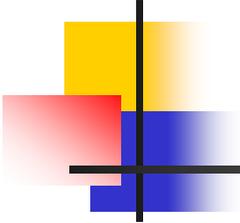
1. ステアリン酸と塩類とメタノールを1:1:20の割合で用意する。
2. それらをビーカーに入れ、70°Cで湯せんし、混ぜながら溶かす。
3. 2で作ったものを半分に切ったスチール缶に注ぎ、冷ます。



固形燃料

- 球体Aを生成したのは、塩化銅(Ⅱ)を加えた、青緑色の炎色のものだった。
- アルミ缶では溶けて穴が開いてしまうので、スチール缶を使用した。

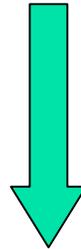




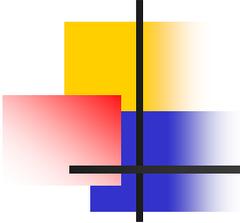
仮説1 FeCl₃ではないか

- 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。

Cl⁻とスチール缶のFe³⁺が反応



FeCl₃であると考えた



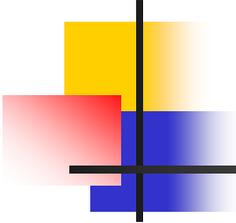
仮説1の検証方法

1. 水に溶かす
→ FeCl_3 ならば、水に溶けるはずである。
2. 1の検証が正しい場合、試薬を用いて成分イオンを調べる。使用する試薬は、 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]\text{aq}$ 、 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]\text{aq}$ である。

仮説1の検証結果・考察

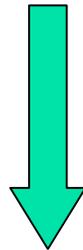
- 水には溶けなかった。
つまり、**球体AはFeCl₃ではない**ということが分かった。



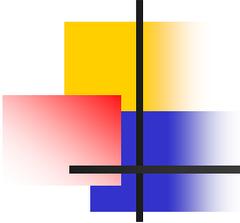


仮説2 ステアリン酸鉄(Ⅲ)ではないか

- 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は石鹼のような手触りである。



ステアリン酸鉄(Ⅲ)であると考えた

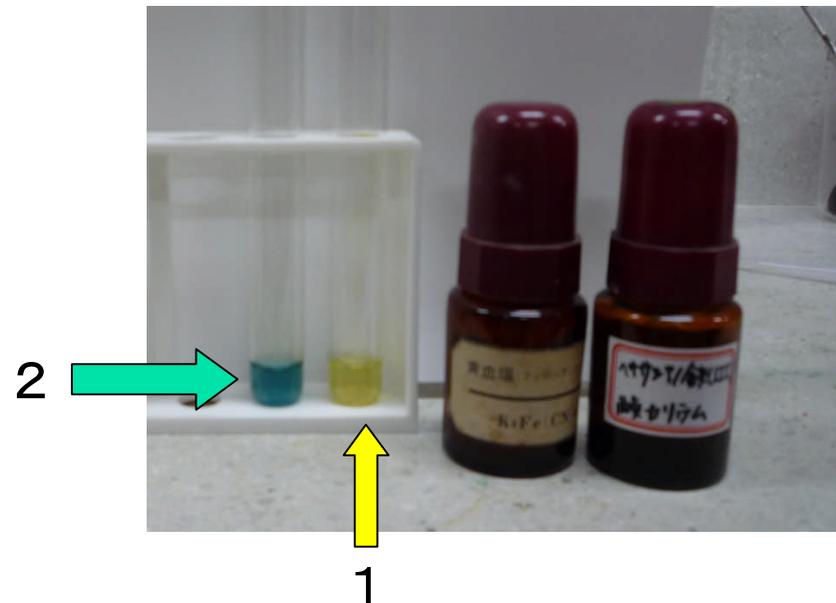


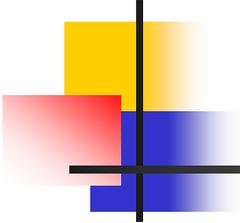
仮説2の検証方法

1. 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調べる。試薬は仮説1で使用したのと同じである。
2. 有機物であるステアリン酸の存在を確認するため、火に入れて燃やす。

仮説2の結果

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

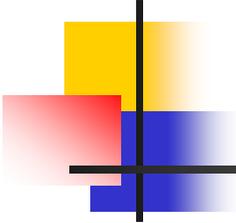




仮説2の考察

- 1・2より、この物質には Fe^{3+} が含まれていることが分かる。
- また、3より球体Aにはステアリン酸が含まれていると考えられる。

したがって、**球体Aはステアリン酸鉄(Ⅲ)**だといえる。

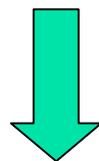


純粋なステアリン酸鉄(Ⅲ)との比較

- 純粋なステアリン酸鉄(Ⅲ)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(Ⅲ)の合成方法

- ステアリン酸鉄(Ⅲ)の試薬は安価のもの
は販売されていない。



自分たちで生成することにした

自分たちで生成した
ステアリン酸鉄(Ⅲ)



純粋なステアリン酸鉄(Ⅲ)の合成方法

- スチール缶ではなくビーカーを使い、塩化銅(Ⅱ)ではなく塩化鉄(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。

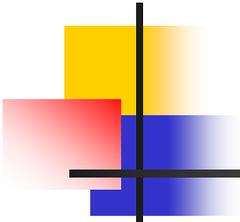


検証方法

- 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。

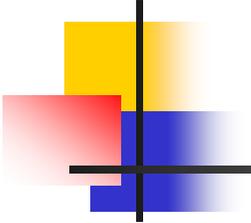
→融点と同じならば
同じ物質といえる





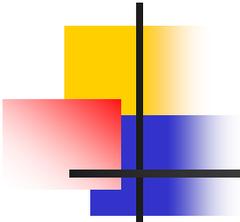
結果

	合成した ステアリン酸鉄(Ⅲ)	球体A
融点	58.5°C	58.5°C
溶け終わり	60.4°C	76.5°C



考察

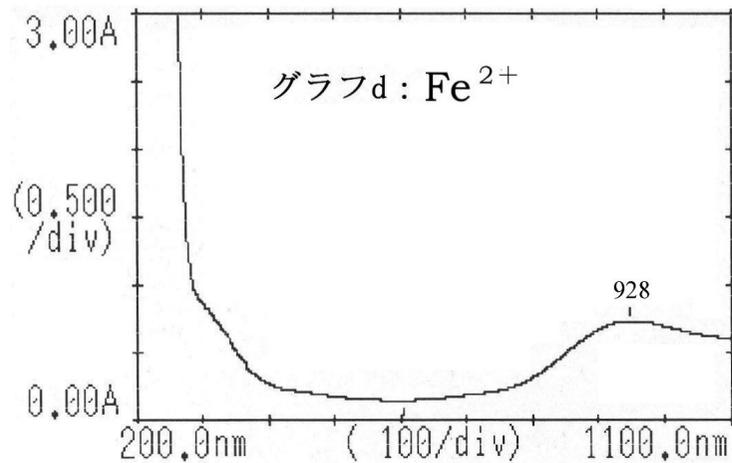
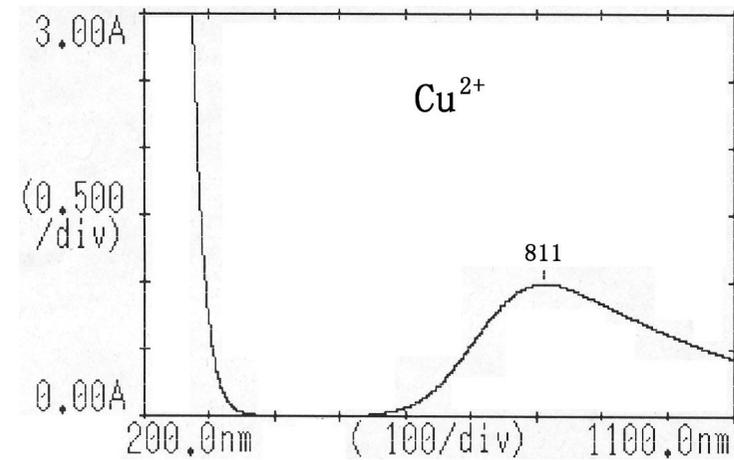
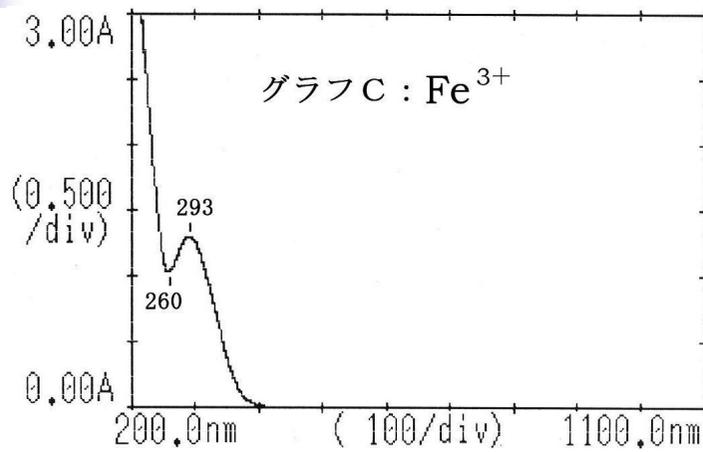
- 結果の表より、合成したステアリン酸鉄(Ⅲ)と球体Aは融点と同じであるので、同じ物質であると言える。
- 溶け終わりの温度が違うのは、不純物が含まれているからだと考えられる。
- また、混合物の融点はそれぞれの物質の融点と同じであった。
- このことから、同じ物質であると確認された。



球体の生成過程の検証

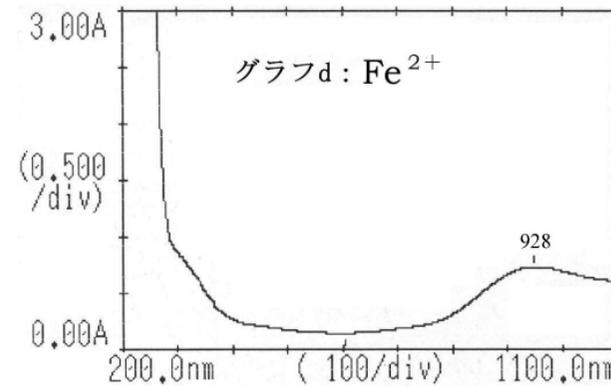
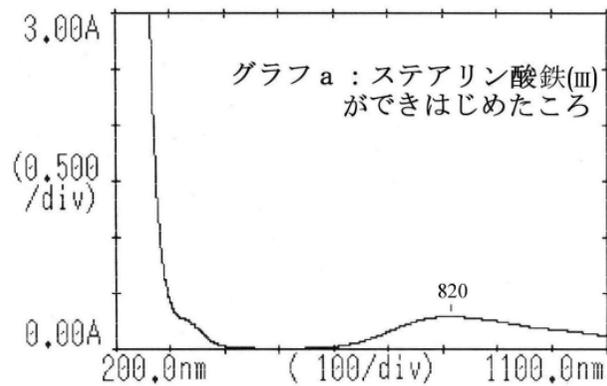
- Fe^{3+} ・ Fe^{2+} ・ Cu^{2+} のそれぞれのスペクトルをあらかじめ計測しておく。
- 固形燃料の点火・消火を繰り返す。その後、上澄み液を採取し、塩酸を加え、ろ過する。
- 上澄み液のスペクトルをあらかじめ計測しておいた結果と比較する。

Fe³⁺・Fe²⁺・Cu²⁺のスペクトル



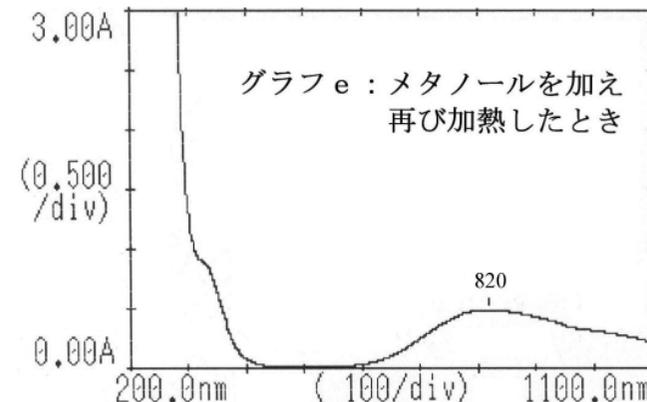
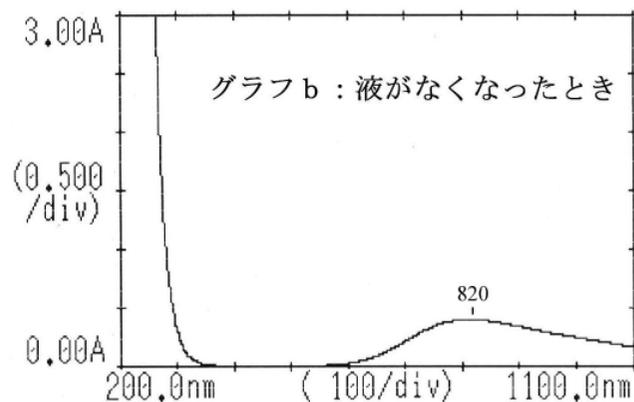
結果・考察1

- 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。



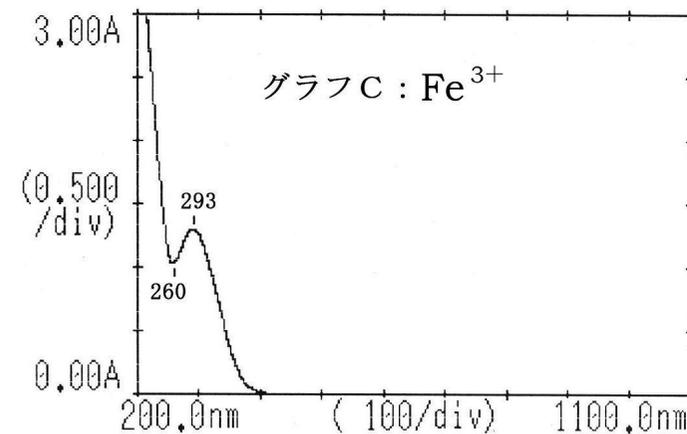
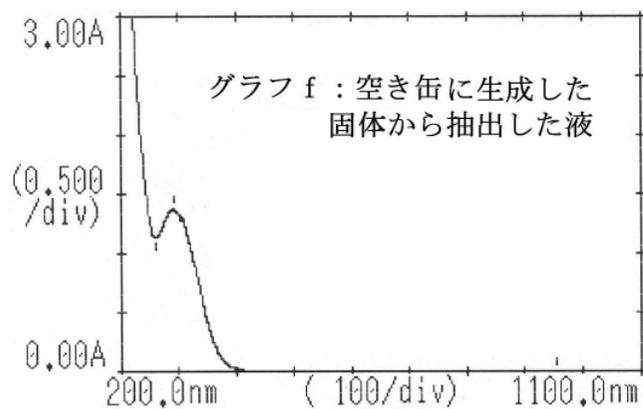
結果・考察2

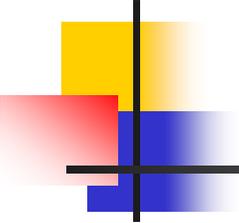
- グラフbより Fe^{2+} がほとんど含まれていないことがわかる。また、グラフeより、 Fe^{2+} が検出されていることから、スチール缶のFeが継続して溶けていることが分かる。



結果・考察3

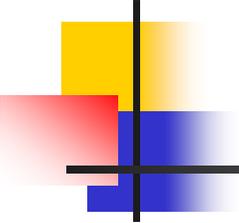
- グラフa・b・eでは、 Fe^{3+} は含まれていないが、グラフfより、生成した Fe^{3+} はすぐにステアリン酸鉄(Ⅲ)になっていることが分かる。





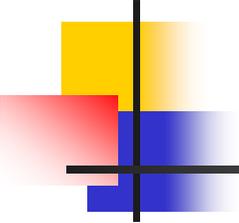
結論

- よって、ステアリン酸鉄(Ⅲ)の生成過程は、次のようになっていると言える。



結論

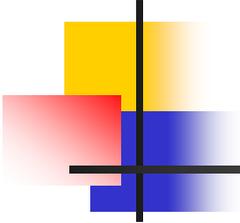
- スチール缶に CuCl_2 を含んだ固形燃料を入れ、一度点火すると、炎の熱により内面のプラスチックコーティングが燃え、はがれることにより、スチール缶の鉄がむき出しになる。



結論

- 鉄は銅よりイオン化傾向が大きいいため、
$$\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$$

の反応が起き、 Fe^{2+} が生成する。



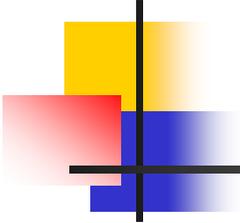
結論

- Fe²⁺が空気中の酸素で酸化され、



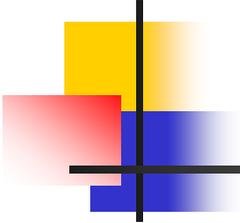
の反応が起きる

このとき、生成したステアリン酸鉄(Ⅲ)は、メタノールに溶解している。



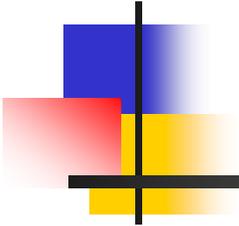
結論

- 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た分、ステアリン酸鉄(Ⅲ)が溶けきれずに析出する。



今後の課題

- ステアリン酸鉄(Ⅲ)が結晶ではなくて、多数の球体となって固形燃料中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)の画期的な利用法を模索する。



ご清聴ありがとうございました
