

固形燃料より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

しぶやえいたろう そたにたいち たはらひろふみ ますいひろき まつもとしょうた
○渋谷英太郎 ○曾谷太一 ○田原寛文 ○柘井啓貴 ○松本翔太

1. 動機

我々は青少年のための科学の祭典にて、炎色反応する固形燃料の実験を紹介していた。その際、塩化銅(II)が入った固形燃料の中で、赤褐色の球体が生成した。これに興味を持った我々はこの球体について定性分析を行うことにした(ここから先、この褐色の球体を球体Aと記す)。

2. 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。

3. 炎色反応する固形燃料の作成方法

ステアリン酸、塩化銅(II)、メタノールを1:1:20の割合で用意する。これらをビーカーに入れ、70°Cで湯せんし混ぜて溶かす。それを半分にしたスチール缶に注ぎ、冷やして固める。

4. 仮説 I 塩化鉄(III)ではないか

私たちは、球体Aは固形燃料中の塩化銅(II)と、スチール缶の主成分である鉄が反応して、塩化鉄(III)ができていると考えた。

● 根拠

まず、球体Aの色が赤褐色であることから、 Fe^{3+} の化合物であると考えた。また、「メタノールの燃焼により、缶の内側のコーティングがはがれて、スチール缶のFeがむき出しの状態になる。そして、そのFeは Cu^{2+} と電子の交換により Fe^{2+} となる。さらに、空気中の O_2 によって酸化され、 Fe^{3+} が生成し、 $FeCl_3$ ができている」と考えた。

● 検証方法 I

水に溶かし、球体Aが水に可溶か調べる。 $FeCl_3$ ならば、水に溶けるはずである。

● 結果 I

水には溶けずに、浮いていた。

● 考察 I

この物質は水に不溶であるため、 $FeCl_3$ ではない。

5. 仮説 II ステアリン酸鉄(III)ではないか

仮説 I の結果を踏まえて、球体Aは、固形燃料中のステアリン酸と鉄が反応して、ステアリン酸鉄(III)ができていると考えた。

● 根拠

仮説 I の結果より、球体Aは水に浮いている。固形燃料の中で、水に不溶で浮く物質は、 $C_{17}H_{35}COOH$ である。そして、Feと $C_{17}H_{35}COOH$ が化合して、 $Fe(C_{17}H_{35}COO)_3$ が生成したと考えた。

● 検証方法 I

水には不溶なので濃塩酸で金属イオンを抽出し成分イオンを調べる。使用した試薬は、 $K_3[Fe(CN)_6]$ 、 $K_4[Fe(CN)_6]$ の水溶液である。

● 結果 I

$K_3[Fe(CN)_6]$ を加えても変化がなく、 $K_4[Fe(CN)_6]$ を加えると濃青色沈殿が生じた。

● 検証方法 II

有機物であるステアリン酸の存在を確かめるため、可燃かどうか調べる。

● 結果 II

この物質を火に入れると燃えた。

● 考察 II

結果 I より、この物質に Fe^{3+} が含まれていることがわかる。また、結果 II より、球体Aにはステアリン酸が含まれていることが分かる。したがって、仮説が正しく球体Aはステアリン酸鉄(III)であると言える。

6. 純粋なステアリン酸鉄(III)との比較

ある発表会場で大学の先生から、確証を得るために純粋なステアリン酸鉄(III)と球体Aとの比較をするべきではないかと、指摘を受けた。そこで、この比較を行うことにした。

● 検証方法 I

ステアリン酸鉄(III)は安価のものは市販されていないので、自分たちでステアリン酸鉄(III)を合成した。次に、その生成した純粋なステアリン酸鉄(III)と球体A[ステアリン酸鉄(III)と思われるもの]の融点を比較した。

● 純粋なステアリン酸鉄(III)の生成

純粋なステアリン酸鉄(III)は、スチール缶ではなくビーカーを使って、塩化銅(II)ではなく塩化鉄(III)を使用した固形燃料で、点火・消火を繰り返して合成する。こうして生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。

● 融点の比較の結果

	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は融点と同じなので同じ物質だと言える。両者の混合物の融点もほぼ同じであった。球体Aの溶け始めから溶け終わりの温度の差が大きいのは、不純物が少しあるためだと考えられる。

7. 球体の生成過程の検証

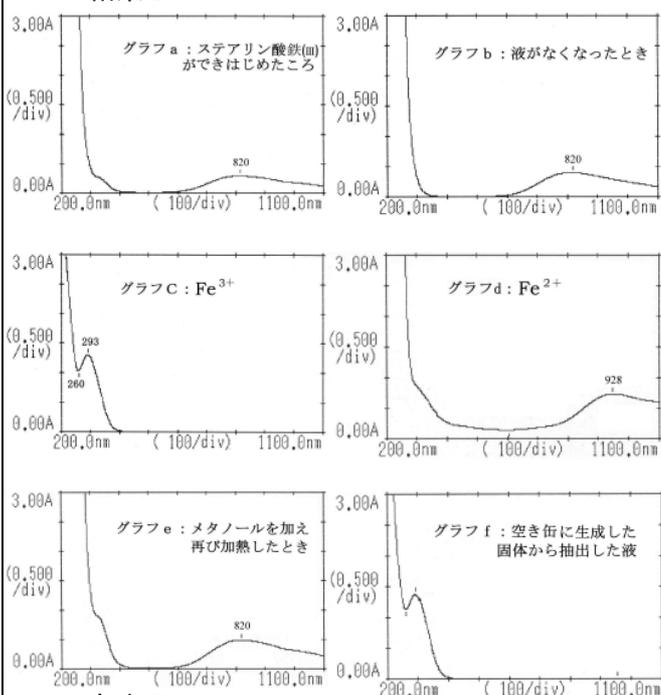
また、ある発表会場で別の大学の先生から、 Cu^{2+} と Fe^{2+} との電子の交換の過程の検証をするとよいのではと、指摘を受けた。そこで、この検証を行うことにした。

● 検証方法 I

Fe^{2+} ・ Fe^{3+} ・ 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。そして、固形燃料の点

火、消火の後、上澄み液を採取して塩酸と純水を加え、ろ過する。この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。この作業を何度か繰り返す。また、メタノールがなくなった場合には、最初に作った量と同じ(今回は100mL)になるように加え、反応を継続させる。

● 結果 I



● 考察 II

グラフ a・dの比較より、初めの液中に Fe^{2+} が含まれていることが分かる。また、グラフ b では Fe^{2+} が含まれていないことと、グラフ e で Fe^{2+} が検出されることから、スチール缶の鉄が継続して溶け出していることが分かる。また、グラフ a・b・e では、 Fe^{3+} が含まれていないが、グラフ f より、生成した Fe^{3+} はすぐにステアリン酸鉄(III)つまり球体Aになっていることが分かる。

8. 結論

以上の結果・考察から、球体Aはステアリン酸鉄(III)だということがほぼ確定された。なぜ、そのステアリン酸鉄(III)が結晶ではなく多数の球体となって固形燃料中に現れたのか、その仕組みについてはまだ分からないことがあるので、今後研究したい。