

アルミ缶を原料とした人工宝石の合成

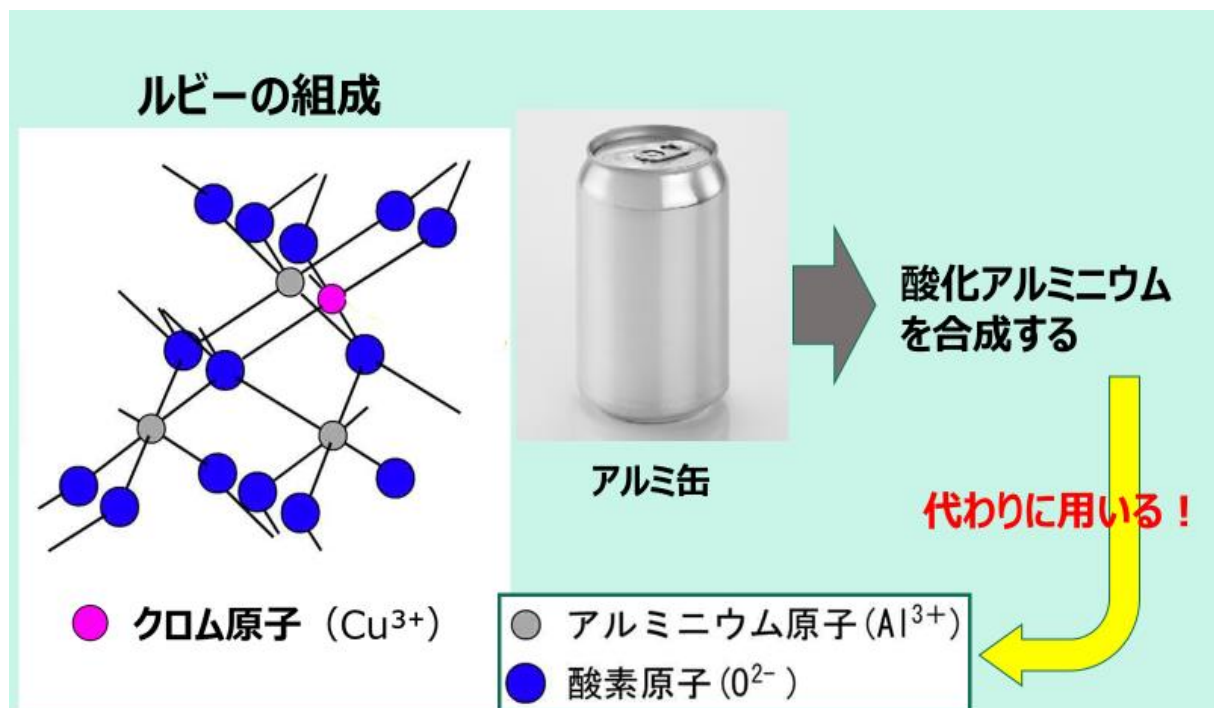
福島県立福島高等学校

溝井敬大

指導教員：佐藤琢磨

研究概要

近年の鉱物資源の枯渇を解消する一手段として、ルビーが酸化アルミニウムの結晶であることに着目し、身近な資源ごみであるアルミ缶からルビーを人工的に合成することを目指した。先行研究ではフラックス法とベルヌーイ法を用いてアルミ缶を原料とした Al_2O_3 で実験を行ったが、どちらも合成できなかった。純粋な Al_2O_3 では合成できたことから、失敗の原因はアルミ缶を原料とした Al_2O_3 に含まれる不純物にあると考えた。今年度は不純物の特定と除去、アーク放電の発生条件の特定、アルミ缶を原料とした Al_2O_3 からのルビーの合成を目的に実験を行った。結果は、5回のろ過で鉄を取り除き、ベルヌーイ法で合成した物質はブラックライトで蛍光反応を示すものの白色に近いものであった。また、フラックス法で合成した物質は赤色でブラックライトによる蛍光反応が見られたが、白金線に付着した物質は透明な結晶であり、結晶の大きさも小さかった。



1. 背景と目的

現在、鉱物資源の工業的需要が高まっている一方で、資源の枯渇が世界的な問題となっている。資源の少ない日本の状況を考え合わせても、資源を再生・活用することが、発展を続ける社会の需要に応えながら、地球環境保全を実現するために必要であると考えた。ルビーは酸化アルミニウムと数%のクロムで構成される赤色の結晶であり、ダイヤモンドに次ぐモース硬度9という硬さから、工業的にはトラックボールや時計の軸受などに利用されている。また、アルミ缶は約99%がアルミニウムである。これらに着目し、アルミ缶から精製した酸化アルミニウムを原料としてルビーを合成できるのではないかと考えた。

2. 実験

1. 不純物の特定と除去

今回はアルミ缶の胴部分であるAl-Mn合金を用いたため、比較的多く含まれている鉄に着目して実験を行った。(表1)

実験手順

- ① アルミ缶をNaOH水溶液に溶かし、溶液が透明になるまで吸引ろ過する。
- ② 吸引ろ過した残渣をHCl水溶液に溶かし、 $K_4[Fe(CN)_6]$ 、KSCNを加え、ろ過の回数ごとに反応を調べる。

結果

ろ過の回数が増えるにつれて、試薬が徐々に反応しなくなっていった。(図1) また、5回目には試薬が完全に反応しなかったことから、5回のろ過で鉄は取り除くことが出来たと考えられる。

表1：アルミ缶に含まれる不純物.

金属	ボディ部分Al-Mn合金 (アルミマンガン合金) (%)
Si	0.6
Fe	0.7
Cu	0.05-0.25
Mn	0.8-1.3
Mg	0.8-1.3
Cr	0
Zn	0.25以下
Ti	0
合計	0.15以下
Al	残部











指示薬	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液					
チオシアン酸カリウム水溶液					

図1 濾過の回数と試薬の反応の変化.

2. ベルヌーイ法での合成

実験1で鉄を取り除いた Al_2O_3 を原料に、ベルヌーイ法でルビーを合成した。

実験手順

- ①アルミ缶原料の Al_2O_3 と Cr_2O_3 を 100 : 1 の割合で混合する。
- ②アルミホイルに①を包み、先端をねじって電子レンジで加熱する。(図2)



図2 試料.

結果

	上から見た写真	横から見た写真	ブラックライトの反応
純粋な Al_2O_3			
アルミ缶原料の鉄を取り除いた Al_2O_3			

図3 合成した物質の比較.

写真から、ブラックライトを当てた際は、どちらの物質でもルビーと同様の反応である桃色の蛍光反応が確認できたが、アルミ缶原料の Al_2O_3 から合成した物質の色は純粋な Al_2O_3 から合成した物質と比べ白色に近いものだった。(図3)

3. フラックス法での合成

実験1で鉄を取り除いた Al_2O_3 を原料に、フラックス法を用いてルビーを合成した。

実験手順

- ① Al_2O_3 (4.00g) と Cr_2O_3 (0.38g) を混合した。
- ②①の粉末(1.00g) と Na_3AlF_6 (4.00g) を混合した。
- ③るつぼに入れ、白金線を入れて電気炉で加熱した。(図4)

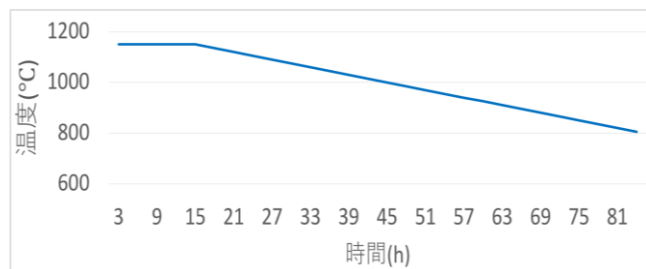


図4 加熱時間と温度.

結果

純粋な Al_2O_3 、アルミ缶原料の鉄を取り除いた Al_2O_3 どちらの粉末でもブラックライトを当てた際の蛍光反応が確認できた。白金線を顕微鏡で観察したところ、いずれの粉末でも透明な微結晶が線の表面に付着するのを確認した。(図5)

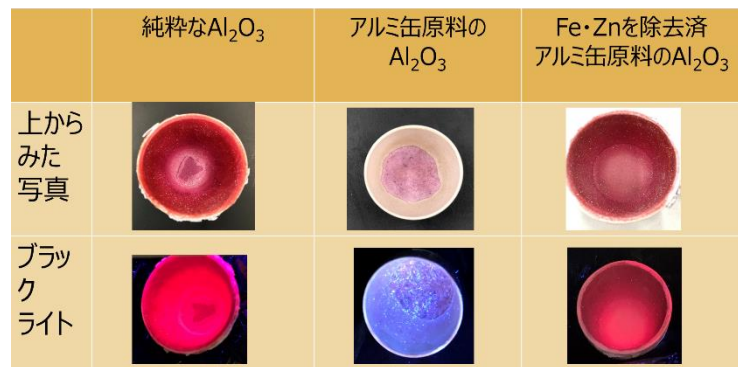


図5 フラックス法で合成した物質の比較.

3. 考察

今回の実験で鉄を取り除き、フラックス法とベルヌーイ法の2つの方法でアルミ缶を原料とした Al_2O_3 でルビーと思われる物質の合成を確認した。これは鉄を取り除くことで Al_2O_3 の純度が上がり、合成できたと考えられる。しかし、ベルヌーイ法で合成したアルミ缶原料の Al_2O_3 から合成した物質のほとんどが桃色の固体ではなく、白色に近かった。これは合成した物質が多結晶であるか、ほかの不純物としてアルミ缶に含まれる物質の影響があると考えられる。また、フラックス法で白金線に付着した物質が微結晶であったのは白金線の太さが細すぎたためだと考える。

4. 今後の展望

アルミ缶原料の Al_2O_3 からベルヌーイ法で合成した物質がブラックライトでは反応したものの白色に近かったことから、ルビーであるかどうかをブラックライト以外の方法で確認する。また、ルビーの合成できる最適な条件を、単結晶合成に重要な冷却時間を含めて検討する。また、鉄以外の不純物を除去する方法を検討し、より純粋な Al_2O_3 生成を検討する。

フラックス法の実験について参考文献から、実験で使う白金線の太さを太くすることで、白金線に付着する結晶を現行よりも大きな種結晶を合成する。また、合成した物質が透明であったことから Cr_2O_3 の割合を増やし、実験を行う。

5. 参考文献

- ① 「電子レンジで宝石を作ろう」 平松優太ほか(兵庫県立明石高校)
- ② 「アルミニウム 3000 系 (Al-Mn 系:アルミマンガン合金) の種類と特性
- ③ 「ルビーとブルーサファイアの合成」 吉川里奈ほか (岐阜県立恵那高等学校)
- ④ 「ルビー結晶のフラックス育成」 大石修治 近藤人資
- ⑤ 「ルビーの合成」

<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H23ssh/sc3/31135.pdf>