

スポットライト

～第5回「高校生・高専学生ポスター発表」優秀賞～

アルミニウム缶を原料とした人工宝石の合成

福島県立福島高等学校

廣居桜子 三澤春果 溝井敬大

ルビーは高い硬度と抗切削性から工業的需要が高い一方で産出量が少ないという問題があります。ルビーは酸化アルミニウムの結晶に1質量%程のクロム(Ⅲ)イオンが入ることで生成します。私たちはルビーの主な構成元素がアルミニウムであることに着目して、アルミニウム缶からルビーを合成できると考えました。前年度、フラックス法⁽¹⁾と、ベルスーイ法⁽²⁾の原理を利用してルビーの合成を試みました。どちらも、アルミニウム缶を原料とした酸化アルミニウムからルビーの合成は確認出来ませんでした。しかし、純粋な酸化アルミニウムでは、ベルスーイ法を用いて合成できませんでした。そこで、ルビー合成失敗の原因がアルミニウム缶に含まれる不純物であると考え、研究を進めました。

本研究で使用したアルミニウム缶の胴部分にはアルミニウム-マンガン合金が使われています。アルミニウム-マンガン合金に含まれる不純物の中で割合が高く、比較的取り除きやすい鉄に着目し、その除去を試みました。塗装を削ったアルミニウム缶に水酸化ナトリウム水溶液を加え、アルミニウム缶に含まれるアルミニウムを完全に溶解させました。しかし、その溶液は濁っていたため、溶液を濾別し、その残渣を塩酸に溶かして、ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液とチオシアン酸カリウム水溶液をそれぞれ加えたところ、鉄(Ⅲ)イオン特有の反応が確認できたため、残渣の主体が水酸

化鉄(Ⅲ)であると考えました(図1)。一度の濾別ではまだ溶液に濁りが見られたため、溶液に対して濾別と試薬を用いた鉄成分の確認を繰り返し行いました。5回目の濾別による残渣において、試薬を用いても全く呈色しなかったことから、5回の濾別により、溶液から鉄成分を取り除く事ができたと考えました。以上の操作により、鉄成分を除去したアルミニウム溶液を作製することができ、これを硝酸に溶解後、アンモニア水を用いて沈殿させ、空气中で乾燥することでアルミニウム缶を原料とした酸化アルミニウムを得ました。

次に、電子レンジでのアーク放電の発生条件を特定するために市販の酸化アルミニウムを用いて確認しました。酸化アルミニウムと酸化クロム(Ⅲ)を100:1の質量比で混合し、アルミニウム箔に包んで先端をねじりました。これを、電子レンジの中に立てて加熱しました。私たちが使用している電子レンジでは、手前から10 cm、左端から5 cmの位置で、酸化アルミニウムを包んだアルミニウム箔のねじった部分の長さを3 cmにした時に、アーク放電が安定して発生しました(図2)。

また、確認したアーク放電の発生条件のもと、ベルスーイ法での実験を行いました。純粋な酸化アルミニウムとアルミ



図2 アーク放電発生の様子(酸化アルミニウムと酸化クロム(Ⅲ)を質量比100:1で混合した粉末)。

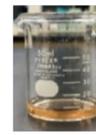
指示薬	濾別分離の回数				
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液					
チオシアン酸カリウム					

図1 濾別の回数と指示薬の反応の変化。

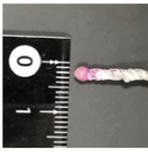
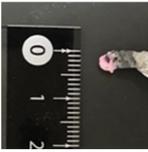
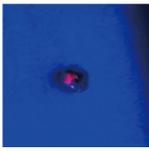
原料	先端	全体	ブラックライト照射時
純粋な酸化アルミニウム			
アルミニウム缶原料の酸化アルミニウム			

図3 生成物の外観およびブラックライトによる発光の比較.

ニウム缶を原料とした酸化アルミニウム、それぞれでルビーの合成を試みました。合成には酸化アルミニウムと酸化クロム(Ⅲ)の質量比を100 : 1 に混合した粉末と500 W の電子レンジを用いました。また試料によってアーク放電が発生するまでの時間が異なるため、発生してから終わるまでの時間を加熱時間(1~5分程度)としました。

結果として、どちらの粉末でもブラックライトを当てたときに、ルビーと同様の蛍光反応⁽³⁾を示す物質が合成できました。これは、不純物を取り除き酸化アルミニウムの純度が上がったためだと考えられます(図3)。しかし、肉眼で見るとほとんどの物質が白色に近いものでした。また、硬度は、どちらも手で砕けてしまうほど脆いものでした。これは単結晶が得られなかったためだと考えられます。

また、これまでは加熱後すぐに結晶を取り出していましたが、冷却時間を長くすることで結晶がより大きくなると考え、アーク放電発生後、試料を電子レンジに置いたまま動かさない時間を5分、10分、15分と比較しました。結果は私たちの仮説通り、冷却時間が長くなればなるほど結晶の大きさは大きくなることが目視で確認できました。

今回、不純物である鉄を取り除いたことで、ルビーと思われる物質を合成できました。今後は、今回生成した物質がルビーであるかを偏光顕微鏡で確認し、より大きなルビーの合成を検討しようと考えています。

今回、私たちは、金属学会に初めて参加しました。たくさんの質問をいただき、とても良い経験となりました。「アルミニウム缶の代わりにアルミニウム箔で行ってみては」という助言のもと、現在、アルミニウム箔での実験を行っています。また、フラックス法でのルビー合成も試みています。新しい視点からの助言をいただけただけでなく、ポスター賞をいただけてとても嬉しいです。これからも研究に励みたいと思います。

文 献

- (1) 長谷川修三：鉱物学雑誌, 8(1968), 397-406.
- (2) 中住謙秀：応用物理, 54(1986), 581-582.
- (3) 池田光治：化学と教育, 55(2006), 114-115.
(2021年6月18日受理)[doi:10.2320/materia.60.667]
(連絡先：〒960-8002 福島市森合町5-72)