

スポットライト

～第11回 「高校生・高専学生ポスター発表」優秀賞～

電子レンジを用いたルビーの生成

福井県立武生高等学校

城戸良太郎 増永優太 此永士朗

1. はじめに

ルビーとは、組成式 Al_2O_3 で表される鉱物で、コランダム中の Al の一部が Cr に置き換わることで赤色になったものである。ルビーはサファイアとほぼ同じ組成を有する物質で、赤色はルビー、それ以外の色はサファイアと定義されている。ルビーのモース硬度は9であり、モース硬度が最大であるダイヤモンドについてモース硬度が高い。そのため、摩擦係数が小さく、耐摩耗性に優れる。ルビーの融点は 2050°C であり、優れた耐熱性を有する。また、熱伝導性が高い、化学的安定性が高い、紫外光を受けても劣化しづらく、耐プラズマ性が高い、誘電率が高いといった特性も有する。そのため、ルビーは工業的に利用価値が高い鉱物とされ、医療用レーザーや腕時計の部品として使われている。ルビーは限られた地域でしか産出しない。加えて、鉱産資源の枯渇が危惧され始め、天然のルビーの希少性は今後高くなることが予想される。

人工ルビーの性質は、天然ルビーと変わらないが、モース硬度においては天然ルビーよりも人工ルビーのほうが高い値を示すことが多い。それはルビーに含まれる不純物量の差によるものと言われている。ルビーは紫外線を照射すると蛍光を発する性質を持ち、その強弱で不純物量を定性的に推定することができ、天然ルビーかどうかの識別が可能である。人工ルビー最大の特長は安価であることで、天然ルビーと比較するとその価格は1000分の1程度である。

これらを踏まえ、本研究では人工ルビーを合成する実験を通し、人工ルビー回収率を高める方法を検討した。

人工ルビーの合成方法はベルヌーイ法とフラックス法が知られているが、これらの方法は専用設備が必要であるためコストがかかる。そこで、身近な家電である電子レンジに着目した⁽¹⁾。電子レンジ内部でアーク放電を起こし、酸化アルミニウムを融解させることで、人工ルビーの合成が可能であると考えた。

2. 検証方法

(1) 手順

まず Al_2O_3 と Cr_2O_3 を質量比 $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Cr}_2\text{O}_3 = 100 : 1$ で混合粉末(以下、混合物)を作成する。混合物と導体(シャープ

ペンシルの芯・アルミホイル)を交互に磁製のつぼに入れ、混合物の層間を導体で仕切る。混合物は下から順に 8 g, 2 g, 2 g と入れる。これを電子レンジ内のマイクロ波が集中する箇所に置き加熱する。この位置は電子レンジ毎の特性により異なるため、最適な位置を予備実験で決める必要がある。加熱後、メッシュ(100メッシュ(目開き 0.15 mm))で混合物からルビーを分離する。このとき、ブラックライトで蛍光する性質を利用した。分離したルビーと、るつぼの質量を測定し、人工ルビー回収率を算出する。人工ルビー回収率は以下の式を用いて算出した。

$$\begin{aligned} & \text{(人工ルビー回収率)} \\ & = (\text{ルビーの質量}) / \{ (\text{総質量}) - (\text{るつぼの質量}) \} \times 100 (\%) \end{aligned}$$

(2) 条件

(a) 導体の種類依存性

シャープペンシルの芯(黒鉛)のみ、アルミホイル(アルミ)のみ、両方の3通りを行う。

(b) 入熱量依存性

電子レンジの出力を 500 W で統一して、加熱時間を 30～150 s まで 30 s ずつ変化させる。

(c) 電子レンジの高周波出力依存性

総入熱量が 60000 J になるように出力と加熱時間を変化させる。高周波出力は 500 W, 600 W, 700 W とし、加熱時間をそれぞれ 120 s, 100 s, 85.7 s とする。

3. 結果

• 条件(a)の結果

表1において、成功しやすさは複数回実験を行い、すべての実験でルビーが確認できた場合「○」とした。大きさはメッシュで落ちないサイズの人工ルビーが生成されていた場合「○」とした。導体が黒鉛のみのとき、黒鉛の黒色がルビーに汚れとして残った。アルミのみのときはルビーが生成されなかった。そのため、条件(b)以降の実験ではアルミと黒鉛の両方を導体として用いる。

• 条件(b)の結果

図1より人工ルビー回収率は加熱時間と比例関係になり、加熱時間が増えると回収率が多くなっていくことがわかる。加熱時間を増やすことは加える熱量を増やすことであるので、加える熱量が増えるほど回収率が増えることが明らかとなった。

• 条件(c)の結果(図2)

表1 導体の種類と回収された人工ルビーの関係。

	成功しやすさ	色	大きさ
黒鉛	○	×	○
アルミ	×		
両方	○	○	○

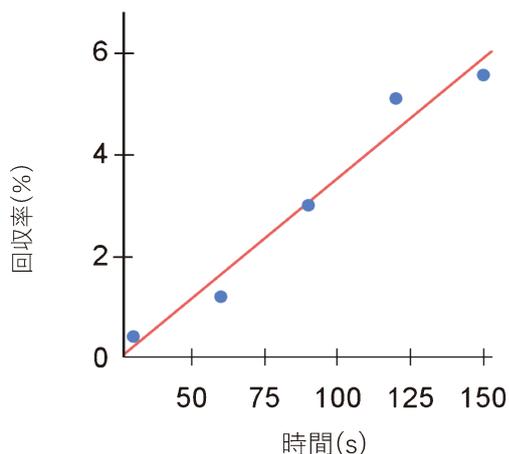


図1 ルビーの回収率と加熱時間の関係。(オンラインカラー)

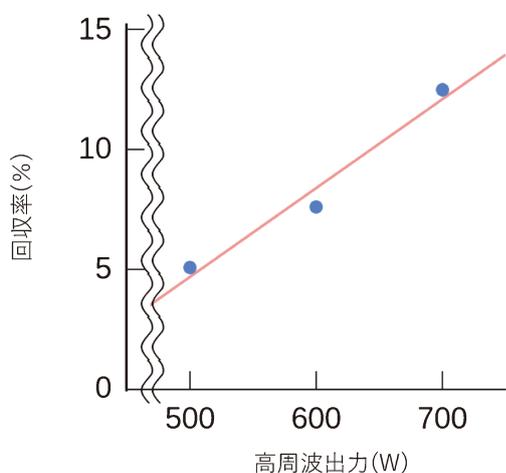


図2 ルビーの回収率と出力(W)の関係。(オンラインカラー)

図2よりルビーの回収率は出力と比例関係になり出力(ワット数)が増えると回収率が多くなっていくことがわかる。加える熱量は変えていないことから、加えた総熱量が同じでも出力が異なると人工ルビー回収率が変化すると考えられる。

4. 考 察

アルミだけのときも混合物の溶融反応は起きていたので、加える熱量が多ければ、ルビーが生成され则认为られる。また、ルビーは導体や導体付近に生成されていたことから、導体の間隔が狭ければルビーが生成されやすく、結晶が大きくなりやすいと考えた。本実験の結果より、高ワット数かつ高熱量であるほど人工ルビー回収率が高まると考えられる。

5. 今後の課題

混合物の割合が人工ルビー回収率および生成された人工ルビーの色や大きさに与える影響を調査するとともに、黒鉛による汚れがつかない方法の検討をする。また、サファイアを生成する実験も行いたいと考えている。

文 献

- (1) 平松優太, 苔縄直樹, 山野井雄理, 越智輝耶, 池田文智, 石埜文椰, 加藤良輔, 早川匡生: 第41回兵庫県高等学校総合文化祭自然科学部門発表会発表論文集, (2017), <https://www.hyogo-c.ed.jp/~sizenkagakubu/cn3/hyogo2017.html>

(2024年7月31日受理)[doi:10.2320/materia.63.860]
(連絡先: 〒915-0085 越前市八幡 1-25-15)