

サファイアの色の変化についての研究

研究の動機

兵庫県立神戸高等学校 自然科学研究会化学班 2年 木村和郎・伊勢尚輝

サファイアとは、酸化アルミニウム(Al_2O_3)の結晶からなる鉱物であるコランダムに、不純物として遷移元素の金属イオンが含まれ、色がついたものであり、含まれる不純物によって様々な発色を示す。私たちは、含まれる不純物の色とサファイアの色の変化に興味を持ち、研究をすることにした。なお、本研究では生成したサファイアの結晶を合成結晶、遷移元素の酸化物を単に酸化物と呼ぶことにする。

実験1 合成結晶の生成

実験方法

図1の薬品を乳鉢ですりつぶして試料を作った。試料10gを量りとりアルミナ製のるつぽに入れたものをマッフル炉に入れ、アサヒ理化製作所(株)の電気炉Separation Temperature Controller AMF-2Pを用いて加熱・冷却した。また、酸化物なしの試料でも実験を行った。

結果・考察

結果は表1のようになった。また、図4のように最大で直径が約1mmの六角平面状の結晶が確認できた。

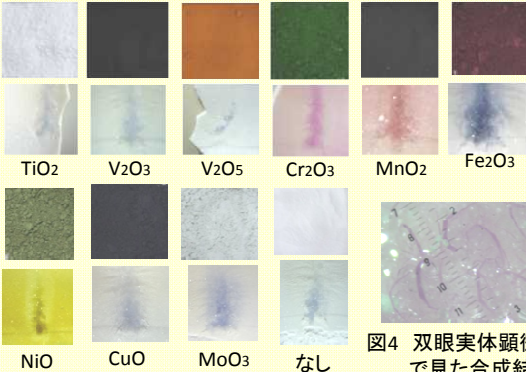


図3 酸化物(上)と合成結晶(下)の写真

- ・酸化アルミニウム 10g (Al_2O_3)
- ・氷晶石 40g (Na_3AlF_6)
- ・酸化物 0.10g

図1 試料に用いた薬品

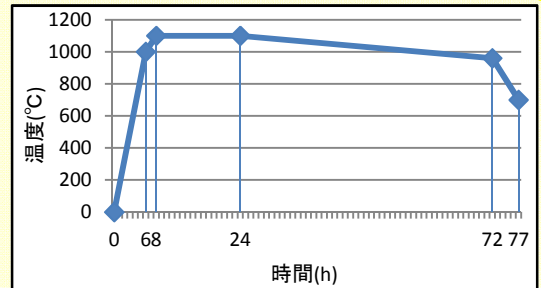


図2 時間と温度設定のグラフ

表1 用いた酸化物と合成結晶の色

用いた酸化物	TiO ₂	V ₂ O ₃	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO ₂	Fe ₂ O ₃
酸化物の色	白色	黒色	赤褐色	緑色	黒色	褐色
合成結晶の色	淡青色	淡青色	淡青色	赤色	赤橙色	深青色

用いた酸化物	Co ₂ O ₃	NiO	CuO	Y ₂ O ₃	MoO ₃	なし
酸化物の色	黒色	薄緑色	黒色	白色	白色	—
合成結晶の色	×	黄緑色	淡青色	×	淡青色	淡青色

図4 双眼実体顕微鏡で見た合成結晶

実験2 淡青色の合成結晶の比較

実験方法

淡青色の合成結晶の反射スペクトルを測定し、比較した。測定にはK-MAC社のLab Junior kit-SV2100を用いた。

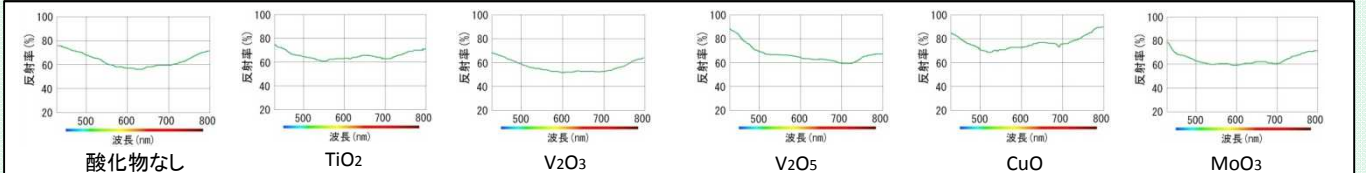


図5 淡青色の合成結晶の反射スペクトル

結果・考察

結果は図5のようになり、全て同様の波形を示していた。そこで、淡青色の合成結晶は今回の研究結果から除外することにした。

実験3 法則性の調査

実験方法

反射スペクトルを測定し、仮説が成り立つかどうかを調べた。

仮説: 不純物イオンと酸化物イオンの原子間距離がAl-Oの原子間距離よりも大きければ、吸収される光が短波長側にずれるのでは?

結果

酸化ニッケル(II)と酸化クロム(III)には仮説が成り立っていたが、酸化鉄(III)については成り立っていないように見えた。

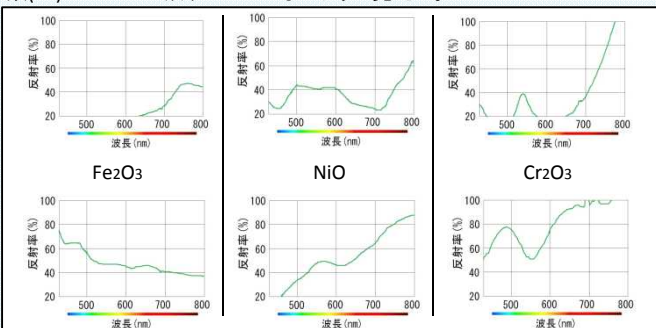


図6 酸化物(上)と合成結晶(下)の反射スペクトル

考察

- ① 試料中に不純物としてTiが微量に含まれていたのではないかな。
- ② 何らかの要因で生じた鉄(II)イオンによる影響ではないかな。

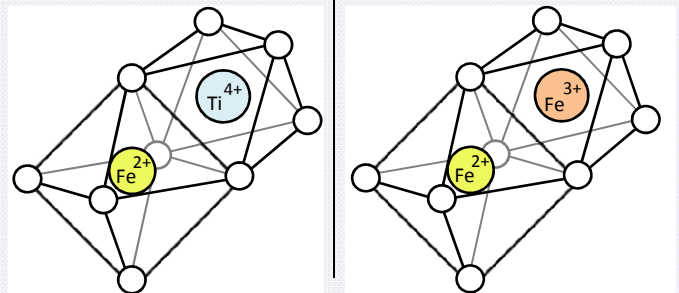


表2 氷晶石に含まれる化学成分

化学成分	F	Al	Na	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₄	P ₂ O ₅
特級	53	13	32	0.25	0.05	0.7	0.02
一級	53	13	32	0.36	0.08	1.0	0.03

結論

酸化鉄(III)が含まれている場合を除くと、不純物イオンと酸化物イオンの原子間距離がAl-Oの原子間距離よりも大きければ吸収される光が短波長側にずれると言える。

今後の課題

純度の高い試料を用いて実験を行い、結晶の色の濃さを調べたい。また、試料の配合を変えて実験を行いたい。

出典

- ・金森寛「なぜいろんな色の宝石があるの?」,化学と教育 2010,58,170
- ・日本化学会,化学便覧 基礎編Ⅱ,4版,1993
- ・宝石と鉱物の科学 発色の不思議
<http://homepage3.nifty.com/such/shumi/shumi2/color.html> (2012/11/08)