

二種類の金属塩を用いたホウ砂球反応

～硫酸ニッケルと塩化鉄で特有の星色がおこる理由の検討～

宮城県仙台第三高等学校 理数科

本研究では二種類の金属塩を用いてホウ砂球反応の実験を行った際、先行研究¹⁾にて発見された法則に従わず特異な星色が起こる金属塩の組み合わせについて研究した。同じ金属イオンを持つ試薬を組み合わせて実験し原因となる物質を探った結果、NiSO₄とFeCl₃のホウ砂球反応の場合、Fe³⁺とCl⁻は関係せず、SO₄²⁻の濃度が影響する可能性が示唆された。

1 背景

ホウ砂球反応とは、融解したホウ砂(Na₂[B₄O₅(OH)₄]·8H₂O)に金属化合物を付着させるとホウ砂が各金属特有の色に着色される²⁾反応のことである。先行研究¹⁾より2種類の金属塩を混ぜてホウ砂球反応を行った際に、生じた星色がある法則に従うことが判明した。2種類の金属塩が混合する際はそれぞれの色が混ざった星色をし、星色の強さは濃度と金属塩の種類に依存する。我々は硫酸ニッケル(NiSO₄)と塩化鉄(FeCl₃)を用いたとき法則から外れた星色をすることを発見した。

2 目的

NiSO₄とFeCl₃を用いたホウ砂球反応の星色は、NiSO₄(1.0×10⁻¹mol/L)単体の灰色とFeCl₃(1.0×10⁻¹mol/L)単体の無色の2色を混ぜた色とは異なり赤みのある星色を示す。NiSO₄とFeCl₃が特定の濃度の場合のみ法則から外れた星色を示す原理を検討することを目的として研究を行った。

3 仮説

NiSO₄(5.0×10⁻²mol/L)単体の灰色の星色とNiSO₄(1.0×10⁻¹mol/L)とFeCl₃(1.0×10⁻¹mol/L)を混合した際の星色(図1)が酷似していたため、Fe³⁺またはCl⁻がNi²⁺の濃度を下げたと考えた。



図1 NiSO₄(5.0×10⁻²mol/L)単体の灰色の星色(左)とNiSO₄(1.0×10⁻¹mol/L)とFeCl₃(1.0×10⁻¹mol/L)を混合した際の星色(右)

4 実験方法

本研究で行う実験は先行研究を参考に、すべて以下の方法で行う。

- 1) ホウ砂 0.15g をスライドガラス(ソーダ石灰ガラス)の3点に置く。
- 2) マイクロピペットを用いてスライドガラス上のホウ砂に使用する溶液のうちNiSO₄を100 μLで固定し、もう一方を3点にそれぞれ50 μL、150 μL、200 μL滴下。
- 3) 電気炉で室温(約25°C)からホウ砂の融点である741°Cまで分かけて温度を上げ741°Cで1分加熱、その後分かけて室温まで冷却。
- 4) 試料を十分に冷まして色を観察する。

5 実験1

本反応におけるCl⁻の影響を確認するため次の実験を行った。

1) 試料

- NiSO₄水溶液(1.0×10⁻¹mol/L)
- HCl水溶液(1.0×10⁻¹mol/L)
- ホウ砂

2)結果・考察

図1よりHClの濃度が変化しても各呈色に変化は見られなかった。さらに、図2の呈色がNiSO₄の灰色の呈色に酷似しているため、Cl⁻は今回の研究対象の呈色に影響していないと考える。

	50μL	100μL	200μL
HCl			

図2 実験1の結果

6 実験2

本反応におけるFe³⁺の影響を確認するため次の実験を行った。

1)試料

- NiSO₄水溶液(1.0×10^{-1} mol/L)
- Fe(NO₃)₃水溶液(1.0×10^{-1} mol/L)
- ホウ砂

2)結果

図3より、赤茶色の呈色がみられた。この原因について、使用した試薬の影響を考え、次の追加実験を行なった。

	50μL	100μL	200μL
Fe(NO ₃) ₃			

図3 実験2の結果

・追加実験1

使用溶液をFe(NO₃)₃水溶液からFeSO₄水溶液に変え、同実験を行なった。結果は図4より、呈色が現れなかった。

	50μL	100μL	200μL
Fe ₂ (SO ₄) ₃			

図4 追加実験1の結果

・追加実験2

参考文献³⁾より、FeSO₄は高温下で酸化鉄へ変化することが判明しているため、実験環境で酸化鉄へ変化しないことを確かめる実験を行った。使用溶液をFeSO₄水溶液(1.0×10^{-1} mol/L)とFeCl₃水溶液に変え、硫酸を加えて実験を行った結果、図5より、実験環境では酸化鉄が生

成しないことが判明した。

Fe(NO ₃) ₃	FeCl ₃

図5 追加実験2の結果

3)考察

酸化鉄の赤色が研究対象の呈色に影響を与えたと考察したが、追加実験1, 2より実験環境では酸化鉄が生成しないことが判明したため、呈色の原因は酸化鉄ではないと分かった。また、追加実験1より異なる種類の鉄化合物を加えても特異な呈色が発生しなかつたため、Fe³⁺は研究対象の呈色に影響を与えていないと考える。

7 結論

NiSO₄とFeCl₃が特定の濃度の場合示す法則から外れた呈色に、Fe³⁺とCl⁻は影響を与えていないことがわかった。よって、Fe³⁺またはCl⁻がNi²⁺の濃度を下げたという仮説は棄却された。

8 展望

以上の実験結果より、SO₄²⁻の濃度が関係しているのではないかと考えられるので、SO₄²⁻を含む物質を用いて濃度変化を含めた実験を行いたい。

参考文献

- 1)仙台第三高等学校12班、「ホウ砂球反応を用いた混色ガラスの作製」,
https://sensan.myswan.ed.jp/cabinets/cabinet_files/download/15714/f9d80f325468c7f39c2db0ebb7a6583f?frame_id=504(2025年7月6日閲覧)
- 2)日本分析化学会、「なるほど！化学実験 ホウ砂球反応」,
<https://www.bunseki.ac.jp/naruhodo/experiment/pop.php?id=258>(2025年7月6日閲覧)
- 3)久保輝一郎, 谷口雅男, 白崎信一, 「硫酸鉄の熱分解における酸化鉄(FeSO₄)粉末の生成反応」, 工業化学雑誌, 64(2), 256-261 (1959).

https://www.jstage.jst.go.jp/article/nikkashi1898/64/2/64_2_256/_pdf(2025年7月6日閲覧)