



# 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呈色がおこる理由の検討～

宮城県仙台第三高等学校 理数科9班

## 概要

### ホウ砂球反応とは？

ホウ砂に金属塩の水溶液を加えて高い温度で熱すると、その金属元素によって異なる色に着色したガラスができる  
色によって金属塩の種類を特定することができる<sup>1)</sup>

Cr 0.05mol/L Au 0.0025mol/L

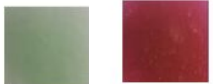


図1 ホウ砂反応の例<sup>1)</sup>

## 先行研究

本校自然科学部の先行研究<sup>1)</sup>では、2種類の金属塩を用いた場合どのような呈色が見られるかを調べ、2つの法則を発見した

- ①2種類の金属塩ではそれぞれの ②金属塩によって呈色の強さが異なる  
色が混ざった色を呈する

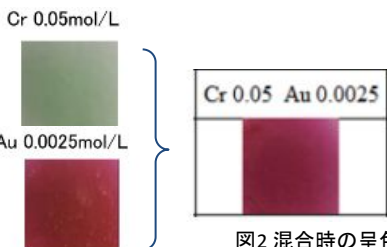


図2 混合時の呈色<sup>1)</sup>

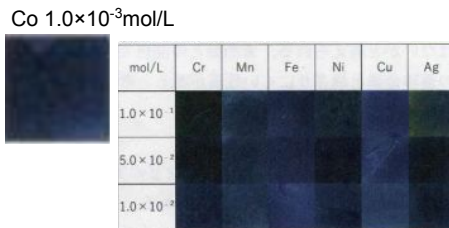


図3 様々な金属塩と混合時の呈色

## 研究内容

先行研究のデータの中で先行研究に示された法則から外れた呈色を発見

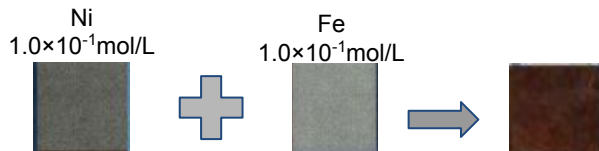


図4 硫酸ニッケル (NiSO<sub>4</sub>) と塩化鉄 (FeCl<sub>2</sub>) 単体と混合時の呈色<sup>1)</sup>

元の金属塩で見られる呈色とは異なる

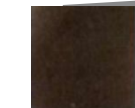
## 目的: 硫酸ニッケルと塩化鉄でのホウ砂球反応で特異な呈色が起こる原理の解明

## 仮説

2つを混ぜたときの呈色が硫酸ニッケルの5.0×10<sup>-2</sup>mol/Lの濃度での呈色に似ている



硫酸ニッケル  
+  
塩化鉄



硫酸ニッケル  
5.0×10<sup>-2</sup>mol/L

図5 硫酸ニッケルと塩化鉄の混合時の呈色

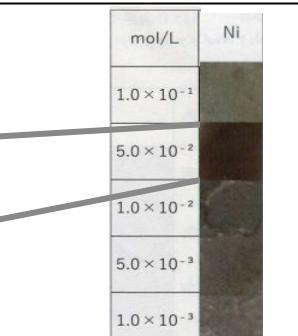
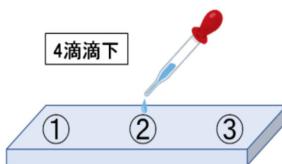


図6 ニッケルの濃度別の呈色<sup>1)</sup>

## 仮説: 鉄イオンまたは塩化物イオンがニッケルイオンと結びついたことで硫酸ニッケルの濃度が下がった

## 実験方法

- ホウ砂を0.15gずつスライドガラスに添加①②③)
- マイクロピペットを使い溶液をホウ砂に添加
- 電気炉に入れ741℃になった後1分間加熱する



スライドガラス  
図7 実験方法<sup>1)</sup>

## 実験1

塩化物イオンが呈色に与える影響

### 使用溶液

・塩酸 (HCl) 1.0×10<sup>-1</sup>mol/Lと  
硫酸ニッケル (NiSO<sub>4</sub>・6H<sub>2</sub>O) 1.0×10<sup>-1</sup>mol/L

### 結果

	50μm	100μm	200μm
HCl			

図8 塩酸と硫酸ニッケルの混合時の呈色

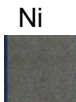


図9 ニッケルの呈色<sup>1)</sup>

### 考察

ニッケルのみを用いて実験をしたときの呈色に近い

→塩化物イオンは特異な呈色に影響を与えていない

## 実験2

鉄イオンが呈色に与える影響

### 使用溶液

①硫酸ニッケル(NiSO<sub>4</sub>・6H<sub>2</sub>O) 1.0×10<sup>-1</sup>mol/L と  
硝酸鉄(Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>・9H<sub>2</sub>O) 1.0×10<sup>-1</sup>mol/L

②硫酸ニッケル(NiSO<sub>4</sub>・6H<sub>2</sub>O) 1.0×10<sup>-1</sup>mol/L と  
硫酸鉄(FeSO<sub>4</sub>・7H<sub>2</sub>O) 1.0×10<sup>-1</sup>mol/L

### 結果

	50μL	100μL	200μL
①Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ・9H <sub>2</sub> O			
②FeSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O			

図10 硫酸ニッケルと硝酸鉄、硫酸鉄の混合時の呈色

### 考察

①の呈色について、酸化鉄(III)Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>に色が似ていることに注目した

硫酸鉄は高温で酸化鉄に変化する<sup>2)</sup>

→実験中の高温条件下で硝酸鉄中の鉄イオンと硫酸ニッケル中の硫酸イオンが反応して硫酸鉄が生成され、酸化鉄となり、この呈色が起こったと考えた



図11 酸化鉄(III)Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

②でガラスに呈色はなかった



①から考察した酸化鉄が生成する仮説と矛盾

## 実験3

鉄イオンが酸化鉄を生成する仮説の検証

実験環境の温度で酸化鉄が生成するか実験

### 使用溶液

・硫酸鉄 (FeSO<sub>4</sub>・7H<sub>2</sub>O) 1.0×10<sup>-1</sup>mol/L  
・塩化鉄 (FeCl<sub>3</sub>・6H<sub>2</sub>O) 1.0×10<sup>-1</sup>mol/L

### 結果

FeSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O	FeCl <sub>3</sub> ・6H <sub>2</sub> O

図12 硝酸鉄と硫酸の混合時の呈色

### 考察

酸化鉄の赤茶色はなかった→酸化鉄は生成されない

### 実験2,3

→鉄イオンはこの反応に影響を与えていない

## まとめ

硫酸ニッケルと塩化鉄のホウ砂球反応において、鉄イオン及び塩化物イオンは特異な呈色に影響しない



仮説は棄却

## 展望

- ・使用したスライドガラス(ホウケイ酸ガラスソーダライムガラス)の成分が影響している可能性を考え、石英ガラス等の他種類のガラスを用いて実験する
- ・実験環境(温度や滴下方法)を見直し、要因を探る

### 参考文献

- 1) 仙台第三高校 上川名琉人 矢戸勇太 畠山瑞規 松本駿 ホウ砂級反応の研究～色ガラスの定量化を目指して～
- 2) 久保輝一郎 谷口雅男 白崎信一, (1959). 硫酸鉄の熱分解における酸化鉄(FeSO<sub>4</sub>) 粉末の生成反応. 工業科学雑誌, 64(2), 256-261.  
[https://www.istage.ist.go.jp/article/nikkashi1898/64/2/64\\_2\\_256/pdf](https://www.istage.ist.go.jp/article/nikkashi1898/64/2/64_2_256/pdf)