

フェーリング反応で黄色沈殿を生成する条件

京都府立洛北高等学校3年(2023年3月卒業)

松田理歩 高木優月 前川万貴子

1. はじめに

本研究では、 Cu^{2+} の錯イオンを含む深青色の塩基性溶液であるフェーリング液の還元反応($\text{R-CHO} + 2\text{Cu}^{2+} + 5\text{OH}^- \rightarrow \text{R-COO}^- + 3\text{H}_2\text{O} + \text{Cu}_2\text{O}$, 以下、フェーリング反応)において、黄色沈殿が生成する条件を調べました。フェーリング反応は、一般に糖類などの還元性を確認する際に使われます。フェーリング反応で生成する沈殿は、条件により赤褐～黄色にわたるさまざまな色があることが知られています⁽¹⁾。フェーリング液とグルコース水溶液の混合液のpHが12以上では赤色系、pHが低いと橙色沈殿が生成し、pHが6以下では沈殿は生成しません。また、温度が低い時は、粒子の小さいコロイド状態である Cu_2O の黄色沈殿が生成する、と報告されています⁽²⁾が、黄色沈殿が生成する具体的な条件は明示されていません。これらの先行研究の結果から、フェーリング反応の進行初期に黄色沈殿が生成するのではないかと考え、反応速度を小さくし、反応があまり進んでいない状態を作り出すことができれば、一定時間の反応によって黄色沈殿が生成するのではないかと考えました。そこで、反応速度に着目し、反応温度、反応時間、混合液の水酸化ナトリウムの濃度(pH)を変化させてフェーリング反応を起こし、沈殿の色を観察し、黄色沈殿が生成する条件を調べました。

2. 実験方法

以下、mass%は溶液に対する溶質の質量パーセント濃度を表します。

【実験1】

温度と反応時間に着目して実験を行いました。

フェーリングA液(6.71 mass%硫酸銅(II)五水和物水溶液)2 mL, フェーリングB液(28.6 mass%酒石酸カリウムナトリウム, 8.26 mass%水酸化ナトリウムの混合溶液)2 mL, 1.05 mass%グルコース水溶液2 mLを混合し、25°C, 40°Cにおいてそれぞれ30秒, 1分, 3分, 5分, 15分, 30分, 1時間反応させました。また、フェーリングA液, B液とグルコース水溶液の混合液のpHは、13.6でした。反応後、遠心分離によって沈殿を集め、その色を観察しました。また、光学顕微鏡を用い、倍率600倍で粒子の大きさを測定しました。粒子の大きさは、写真から大小5個ずつ(写真中に5個未満しかない場合は全て)取り出し共同研究者3人が測定した値を平均しました。

【実験2】

フェーリングB液を29.8 mass%酒石酸カリウム水溶液2 mLと10.1 mass%水酸化ナトリウム水溶液0.5 mLにすることによりpHを11.0にし、30°C, 35°C, 40°Cにおいてそれぞれ3分, 5分, 10分反応させました。1回の反応で生成した沈殿の量が少なかったため、3回分の沈殿を集めて色を観察しました。

3. 実験結果

【実験1】

25°Cの反応では、30秒, 1分で沈殿がほとんど生成しませんでした。3分, 5分で橙色沈殿が、30分, 1時間で赤色沈殿が生成しました。40°Cの反応では、すべてで赤色沈殿が生成しました。(図1, 表1)

どちらの温度の場合でも、反応時間が長くなるにつれおのおの生成物の粒子が大きくなる傾向がありました。(図2, 表2)40°Cにおいて30分反応させた時に粒子の大きさがいったん小さくなっていますが、実験ではデータを一度しか取れ

表1 沈殿の色の変化.

	30秒	1分	3分	5分	30分	1時間
25°C	—	—	橙	橙	赤	赤
40°C	赤	赤	赤	赤	赤	赤

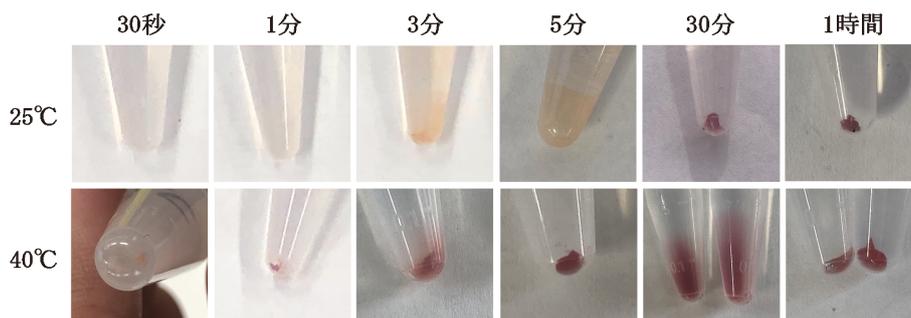


図1 反応後遠心分離したサンプルの様子 [実験1・pH13.6]. (オンラインカラー)

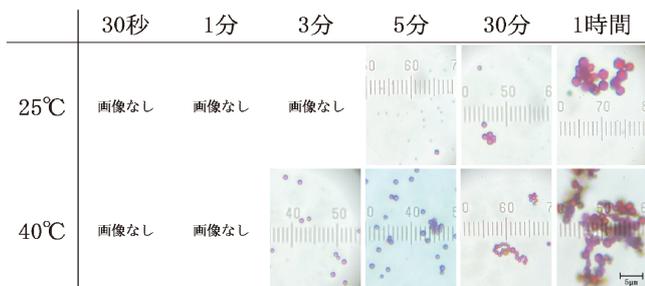


図2 生成物の粒子の大きさ。「画像なし」は粒子が小さく、観察できなかったことを示します。(オンラインカラー)

表2 生成物の粒子の大きさ.

	30秒	1分	3分	5分	30分	1時間
25°C	—	—	—	1.2	2.9	5.2
40°C	—	—	2.3	2.5	2.0	3.6

ていないためこれは外れ値である可能性が高いと考え、上記のような傾向にあると考えました。

実験1では、25°Cで3分、5分反応させると橙色沈殿が得られましたが、黄色沈殿は得られませんでした。

【実験2】

30°Cの反応では、3分で沈殿がほとんど生成しませんが、5分で黄色沈殿、10分で橙色沈殿が生成しました。

35°Cの反応では、3分で黄色沈殿が生成しました。5分で黄～橙色沈殿、10分で橙色沈殿が生成しました。40°Cの反応では、すべてで赤色沈殿が生成しました。(図3, 表3)

また、粒子の大きさは30°Cで5分の反応の時0.5 μm, 35°Cで3分の反応の時0.8 μmといずれも小さいものでした。

顕微鏡で観察した際に肉眼では粒子を観察することができましたが、撮影機器の性能の問題か写真に収めることができませんでした。

4. 考 察

以上の実験より、フェーリング反応では、pH13.6においては反応温度を40°Cから25°Cに下げ、pH11.0においては反応温度を40°Cから35°C, 30°Cと下げることで反応速度を小さくし、短い反応時間で観察すると、生成物の粒子が小さくなるために、黄色沈殿が生成すると考えられます。

なぜ、生成物の粒子の大きさが小さくなると、沈殿の色が赤→橙→黄と変化したのでしょうか。粒子の大きさが小さい時、波長が長く曲がりやすい赤色の光は粒子の間を透過するため反射せず、波長が赤色の光よりも短い黄色の光が反射して見えたのではないかと考えています。

今回の実験では、光学顕微鏡を用いたため、小さい粒子の大きさを測定できませんでした。電子顕微鏡を用いることで、粒子の大きさを正確に測定するとともに、実験結果に客観性を持たせるために色を数値化し、生じた粒子の大きさと色の関係を詳細に調べることが今後の課題です。また、フェ

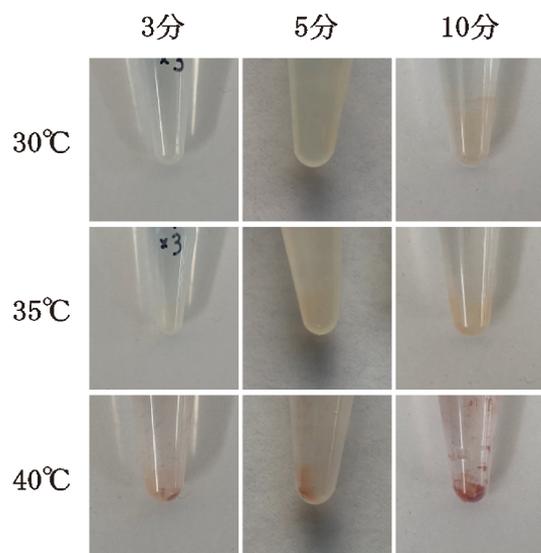


図3 反応後遠心分離したサンプルの様子[実験2・pH11.0]. (オンラインカラー)

表3 沈殿の色の変化.

	3分	5分	10分
30°C	—	黄	橙
35°C	黄	黄～橙	橙
40°C	赤	赤	赤

ーリング反応は糖類などの還元性に由来する化学反応であるので、グルコース水溶液の濃度や糖の種類を変えると反応速度が変わると考えられ、結果がどのように変わるのか調べたいと思います。

5. 結 論

今回行った研究で、フェーリング反応で黄色沈殿を生成する一条件を見つけることができました。また、黄色沈殿の生成と粒子の大きさに相関があると考えられ、黄色沈殿の生成において生成物の粒子の大きさを小さくすることが重要であると分かりました。研究を進めていくことは、還元性を有する糖類などの定性的な試験において、その正確度を上げたり、新たな方法を考案したりすることにつながると思います。

今回の発表を通して様々なご指摘、アドバイスを頂きました。我々の視点とは異なる様々な視点からご指摘を頂き、大変貴重な時間を過ごさせていただきました。ここで得た経験を糧に今後も邁進していきたいと思っています。

文 献

- (1) 中村宣子, 内川澄雄: 昭和41年度九州地区化学教育研究協議会, 化学教育関係研究発表の講演要旨(1967), 162.
- (2) 山本英十: 茨城大学教育学部紀要, **20**(1970), 161-173.
- (3) 渡辺洋子: 化学と教育, **58**(2010), 414-415.
(2023年1月19日受理)[doi:10.2320/materia.62.315]
(先住所〒606-0851 京都市左京区下鴨梅ノ木町59)