

反応物の反応した割合を調べる方法の開発

～エチレングリコールの酸化反応を追いかけて～

里見 洋祐 西中 勇貴 板野 安也花 山田 星奈

指導者：中尾 浩

要 旨

私たちは授業で酸化還元反応を学んだことにより、酸化還元反応に興味を持った。そこで硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を用いてシュウ酸を酸化すると、二酸化炭素を発生することから、エチレングリコールを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を用いて酸化し、二酸化炭素を発生させることにした。この反応で発生した二酸化炭素による質量の変化を使って、反応して二酸化炭素になったエチレングリコールの割合を求めることを試みた。その結果を考察する。

We learned about oxidation-reduction reaction in class, so we have been interested in it. Carbon dioxide is released when we oxidize oxalic acid using potassium dichromate. Sulfuric acid makes potassium dichromate acidic. Then, we were able to release carbon dioxide by oxidizing ethylene glycol using potassium dichromate. In this experiment, we tried to find the percentages of oxidized ethylene glycol based on the change of weight of carbon dioxide.

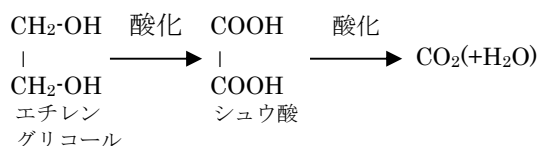
キーワード：エチレングリコール，二クロム酸カリウム，酸化反応，二酸化炭素，反応した割合

1. 序論

私たちは授業で、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を用いてシュウ酸を酸化すると二酸化炭素を発生することを学び、酸化還元反応に興味を持った。

また、炭酸カルシウムと塩酸が反応して二酸化炭素を発生させる実験で、発生した二酸化炭素の質量から反応した塩化水素の量を求めることができることを学んだ。

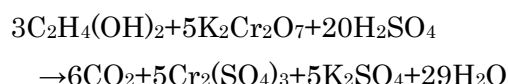
これらのことを応用し、酸化還元反応で発生した二酸化炭素の量がわかれば、反応物の量や、反応した割合を知ることができるのではないかと考えた。具体的な反応としては、エチレングリコールの硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液による酸化反応を設定した。



これら一連の反応において、反応の前後の質量変化から発生した二酸化炭素の質量が分かり、発生した二酸化炭素の質量から反応したエチレングリコールの質量が分かり、初めのエチレングリコールの質量から反応したエチレングリコールの割合が分かるのではないかと考えた。

2. 反応したエチレングリコールの割合の求め方

硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液によるエチレングリコールの酸化の化学反応式は次の通りである。



この反応式から、発生した二酸化炭素と反応したエチレングリコールの物質質量比は 2:1 であ

るから、反応して二酸化炭素に変化したエチレングリコールの割合は次式で求めることができる。

$$\begin{aligned} & (\text{反応したエチレングリコールの割合}[\%]) \\ &= (\text{二酸化炭素の質量}[\text{g}]) \div 44 \div 2 \times 62 \\ & \div (\text{エチレングリコールの質量}[\text{g}]) \times 100 \\ & \text{※} \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2=62 \quad \text{CO}_2=44 \end{aligned}$$

3. 実験

<目的>

エチレングリコールの量を少しずつ増やして、酸化されて二酸化炭素に変化したエチレングリコールの割合を調べる。

<仮説>

エチレングリコールの量を少しずつ増やしていくと、はじめはエチレングリコールの反応割合が100%になるが、その後、二クロム酸カリウムが消費されてなくなると未反応のエチレングリコールの量が増え、エチレングリコールの反応した割合は次第に下がる。

<薬品・器具>

(1) 薬品

- ・エチレングリコール $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$
- ・二クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- ・希硫酸 H_2SO_4 (9mol/L)

(2) 器具

- ・ふたまた試験管
- ・ガラス管 (ゴム栓付き)
- ・こまごめピペット
- ・恒温槽
- ・電子てんびん
- ・鉄製スタンド

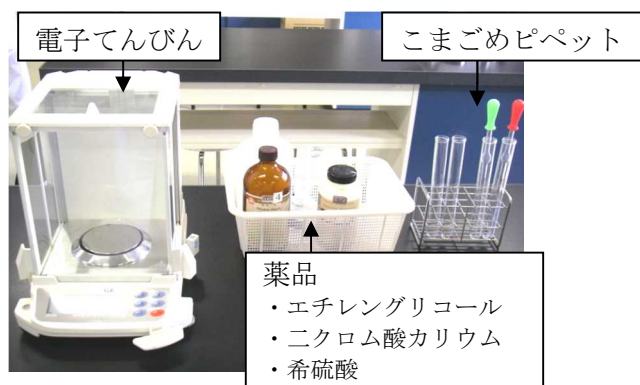


図1 使用した薬品と器具

<実験方法>

1. ふたまた試験管の一方に電子てんびんで量りながらエチレングリコールを入れる。
2. 二クロム酸カリウム 1.00 g を量りとり、操作 1. のふたまた試験管の他方に入れる。
3. 操作 2. のふたまた試験管の二クロム酸カリウムに希硫酸(約 2.7mL)を追加する。
4. ガラス管(ゴム栓付き)でふたをする。
※これは反応時に生成する水蒸気を逃がさないためである。
5. 反応前の全体の質量を測定する。
6. ふたまた試験管の中身を混合し、よくかき混ぜる。
7. 60°Cの温湯に一昼夜つける。
8. 反応後の全体の質量を測定する。

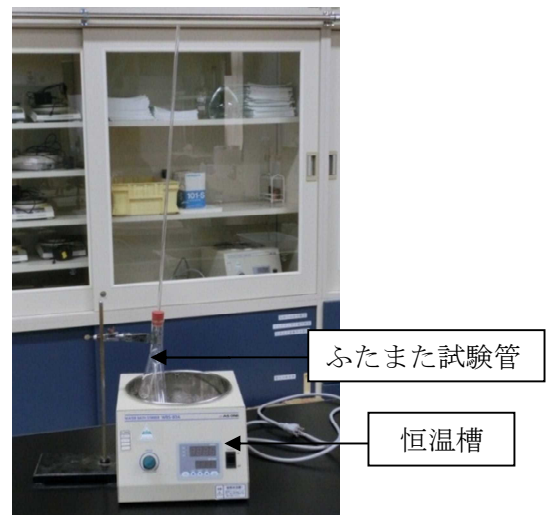


図2 実験の様子

4. 結果

エチレングリコールの質量(g)	反応前の全体の質量(g)	反応後の全体の質量(g)	発生したCO ₂ (g) (前-後)	反応したエチレングリコールの割合(%)
0.05	① 136.70	136.60	0.10	140.9
	② 134.12	134.04	0.08	117.4
	③ 121.57	121.36	0.21	250.8
0.10	① 129.78	129.47	0.31	218.4
	② 143.87	143.72	0.15	71.4
	③ 135.69	135.55	0.14	66.6
0.15	① 133.08	132.92	0.16	72.3
	② 111.67	111.48	0.19	65.0
	③ 116.26	116.09	0.17	58.7
0.20	① 104.03	103.86	0.17	61.7
	② 118.34	118.14	0.20	57.0
	③ 94.63	94.47	0.16	44.4
0.25	① 103.04	102.88	0.16	46.0

表1 エチレングリコールの質量を変えた時の反応したエチレングリコールの割合

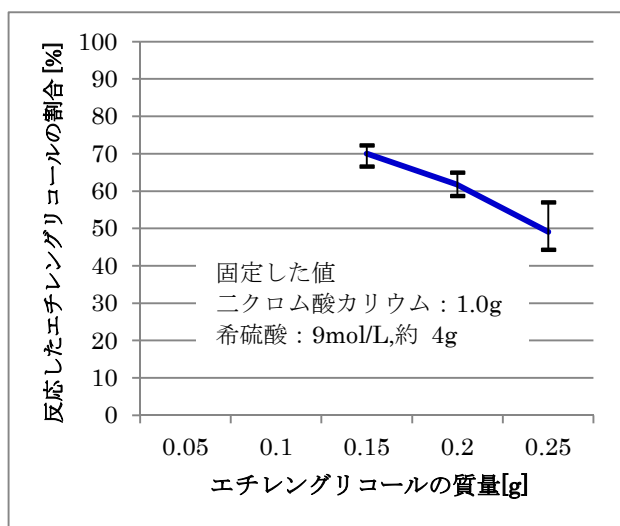


図3 エチレングリコールの質量を変えた時の反応したエチレングリコールの割合
 ※0.05gと0.10gのときの割合は100%を超えたため表示していない。

エチレングリコールが0.050gと0.10gのとき反応した割合が100%を超えてしまった。0.15g以上では、反応した割合は次第に減少した。

5. 考察

化学反応式より、二クロム酸カリウム 1.00g とちょうど反応するエチレングリコールの質量は 0.126g であるから、エチレングリコールが 0.05g と 0.10g のときにはエチレングリコールが完全に反応して反応した割合は 100% になるはずであるが、実際にやってみると 100% を超えてしまった。この理由については観察した範囲内ではわからなかった。また、エチレングリコールが 0.15g 以上では未反応のエチレングリコールが生じるため、反応した割合は次第に減少していると考えられ、この部分に限って言えば仮説を立証することができた。

ちなみに、エチレングリコールが 0.15g 以上のとき、二クロム酸カリウム 1.0g が完全に反応したと仮定すると、これを基準として次式から反応したエチレングリコールの割合を求めてみると、

$$\begin{aligned} & (\text{反応したエチレングリコールの割合} [\%]) \\ & = 0.126 [\text{g}] \div (\text{エチレングリコールの質量} [\text{g}]) \\ & \times 100 \end{aligned}$$

エチレングリコール 0.15g では 84.0%

エチレングリコール 0.20g では 63.0%

エチレングリコール 0.25g では 50.4%

となる。0.15g のときを除けば両者はほぼ一致するが、0.15g のときに値がずれた理由についてはわからなかった。

6. 結論

エチレングリコールを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を用いて酸化し、発生した二酸化炭素の質量から反応して二酸化炭素に変化したエチレングリコールの割合を求めることを試みたが、加えたエチレングリコールが二クロム酸カリウムで完全に酸化されてしまう場合の反応の割合が 100% を超えてしまった。したがって、反応した反応物の割合をうまく求めることはできなかった。

7. 今後の課題

反応の前後での質量変化の原因として、本研究では二酸化炭素の発生のみを考えたが、厳密には反応熱や恒温槽を使った長時間の加熱により水溶液からの水の蒸発もある。本研究ではガラス管をつけることにより水蒸気の流出を防ごうとしたが、結果的には十分ではなかったかもしれない。ただ、温度を下げれば水蒸気の発生は抑えることができるが、同時に反応の活性化も抑えることになる。もともとこの反応物は粘性が高く、反応を活性化するために加熱や攪拌を十分に行う必要がある。この問題を解決するためには、常に反応物を攪拌できる装置の工夫が必要である。例えば、実験器具の洗浄に用いられている超音波洗浄機を使い、過剰な加熱を抑えながら反応物を攪拌することが考えられる。

【文献】

- ・実教出版編修部：サイエンスビュー化学総合資料，実教出版株式会社（2013）
- ・竹内敬人，著者 他 16 名：化学．東京書籍株式会社(2013)