

ルミノール発光

3513 後藤唯花 3612 熊崎なつみ 3617 新野彩乃 3619 鈴木梨那

要旨

私たちは、ルミノール反応で起こる化学発光が強い光で長時間続く条件について興味をもち、研究を行った。まず触媒の濃度に着目し、1～9%の値で実験を行ったところ触媒濃度が低いほど強い光で長時間発光した。次にルミノール溶液の液温に着目し、0℃～60℃にて実験を行ったところ、温度が低いほど強く発光した。

1. 目的

- i ルミノール反応において、触媒であるヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液の濃度を変えることで、より強く長い時間発光させることを目的とする。(実験①～④)
- ii ルミノール溶液の温度を変えることで、より強く長い時間発光させることを目的とする。(実験⑤～⑦)

2. 使用した器具・装置

- ・ビーカー ・三角フラスコ ・試験管 ・メスシリンダー ・スターラー ・駒込ピペット
- ・マイクロピペット ・ガラス棒 ・薬包紙 ・照度計 ・カメラ ・加熱攪拌機

3. 実験の手順

実験①

《ルミノール溶液の調整》

- ・電子天秤で水酸化ナトリウム 3.0 g とルミノール 0.1 g をそれぞれ量り取り、水 300mL に溶かす。
- ・メスシリンダーで量った 3.0%過酸化水素水 150mL に、上記の溶液に加える。

《触媒溶液の調整》

- ・電子天秤で量り取ったヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム 2.5 g を入れたビーカーに、蒸留水を 50mL 加えて濃度 5%の触媒溶液とする。同様にして 10%、15%、20%、25%も作る。

《実験方法》

- ・ルミノール溶液 10mL を 5本の試験管に入れる。
- ・各試験管に 5%、10%、15%、20%、25%の触媒溶液 1.0mL を加え、段ボールで作成した暗室の中に入れる。(図1)
- ・段ボールに開けた穴からカメラで発光の様子を撮影するとともにストップウォッチで発光時間を測り、最も強い光で発光した溶液の濃度と、最も長時間発光した溶液の濃度を調べる。



図1 段ボールで作成した暗室

実験②

《実験方法》

- ・試験管に実験①と同様にして生成したルミノール溶液 10mL を入れたものを 5本用意する。
- ・用意した 5本の試験管に 1%、2%、3%、4%、5%の触媒溶液 1.0ml を加えて実験①で使用した段ボールの暗室の中に入れる。
- ・実験①と同様に発光の様子を調べる。

実験③

《ルミノール溶液の調整》

- ・電子天秤で水酸化ナトリウム 1.0 g を量り、水 100mL に溶かして水酸化ナトリウム水溶液とする。

- ・電子天秤でルミノール 0.1 g を量り、メスシリンダーで量った 3.0%過酸化水素水 15mL とともに上記水酸化ナトリウム水溶液に溶かす。

《触媒溶液の調整》

- ・電子天秤でヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム 0.5 g を量り、蒸留水 50mL に溶かす。(濃度 1%の触媒溶液とする)
- ・同様に 2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9% も作る。

《実験方法》

- ・三角フラスコに入れたルミノール溶液 50mL と、触媒溶液 5.0mL を用意する。
- ・暗室で、ルミノール溶液の入った三角フラスコ内に触媒溶液を加える。
- ・発光の様子を撮影し、照度計、ストップウォッチを使用して光の強さと発光時間を調べる。

実験④

《実験方法》

- ・実験③と同様に調整したルミノール溶液 30mL と触媒溶液 3.0mL を三角フラスコとメスシリンダーに用意する。
- ・暗室で、ルミノール溶液の入った三角フラスコ内に触媒溶液を加える。
- ・発光の様子を撮影し、照度計、ストップウォッチを使用して光の強さと発光時間を調べる。
*なお、実験①～④は繰り返し同じ実験をした。

実験⑤

《ルミノール溶液の調整》

- ・実験③と同様に調整したルミノール溶液を調整する。

《触媒溶液の調整》

- ・電子天秤でヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム 0.5 g を量り、蒸留水 25mL に溶かし濃度 2%の触媒溶液を調整する。

《実験方法》

- ・調整したルミノール溶液から 30ml 試験管に量り取る。
- ・残ったルミノール溶液を加熱攪拌機で 40℃まで加熱する。
- ・加熱したルミノール溶液から 30ml ずつ 2本の試験管に量りとり、一方の試験管を常温までさます。
- ・触媒溶液 3.0mL を三角フラスコに量り取る。
- ・暗室で、ルミノール溶液の入った三角フラスコ内に触媒溶液を加える。
- ・発光の様子を撮影し、照度計、ストップウォッチを使用して光の強さと発光時間を調べる。

実験⑥

《ルミノール溶液の調整》

- ・実験③と同様の割合で調整したルミノール溶液を 400ml 調整する。

《触媒溶液の調整》

- ・電子天秤でヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム 0.8 g を量り、蒸留水 4.8mL に溶かし濃度 2%の触媒溶液を調整する。

《実験方法》

- ・調整したルミノール溶液から 50ml ずつ 2本の試験管に量り取る。
- ・氷と食塩を入れたビーカーに一方の試験管を入れ、ルミノール溶液を 0℃まで冷やす。
- ・残ったルミノール溶液を加熱攪拌機で 40℃まで加熱する。
- ・40℃に加熱したルミノール溶液から 50ml を試験管に量り取る。
- ・残ったルミノール溶液を加熱攪拌機で 60℃まで加熱する。
- ・60℃に加熱したルミノール溶液から 50ml を試験管に量り取る。
- ・触媒溶液 5.0mL を三角フラスコに量り取る。
- ・暗室で、ルミノール溶液の入った三角フラスコ内に触媒溶液を加える。

- ・発光の様子を撮影し、照度計、ストップウォッチを使用して光の強さと発光時間を調べる。

実験⑦

《ルミノール溶液の調整》

- ・実験③と同様に調整したルミノール溶液を調整する。

《触媒溶液の調整》

- ・電子天秤でヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム 0.5 g を量り、蒸留水 25mL に溶かし濃度 2%の触媒溶液を調整する。

《実験方法》

- ・調整したルミノール溶液から 50ml ずつ 2 本の試験管に量りとる。
- ・氷と食塩を入れたビーカーに一方の試験管を入れ、ルミノール溶液を約 3℃まで冷やす。
- ・暗室で、ルミノール溶液の入った三角フラスコ内に触媒溶液を加える。
- ・発光の様子を撮影し、照度計、ストップウォッチを使用して光の強さと発光時間を調べる。

4. 結果

結果①

- ・触媒溶液の濃度が低いほど強い光で長時間発光した。(図 2)
- ・25 秒後には最も触媒溶液の濃度が低い 25%のものの発光が完全に終了し、さらに 35 秒後には 20%のものの発光が完全に終了した。
- ・45 秒後には 15%のものの発光が完全に終了し、5%、10%のものは、カメラで確認できる程度に弱く発光している様子がみられた。

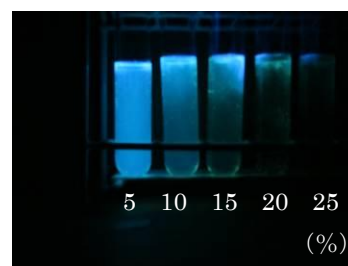


図 2 発光の様子

結果②

- ・触媒溶液の濃度が 1%を除くと、濃度が低いほど一時的に強い発光がみられた。(図 3、4)
- ・35 秒後には 1%、2%、3%のものは完全に発光が終了したが、4%、5%のものはまだ発光が確認できた。(図 5)
- ・45 秒後には 5%のものの発光がカメラで確認できる程度の弱い光として確認できた。

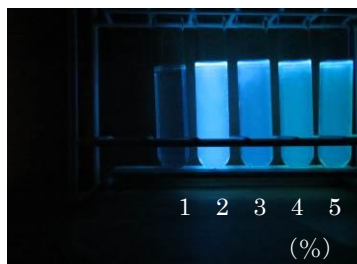


図 3 15 秒後の発光の様子

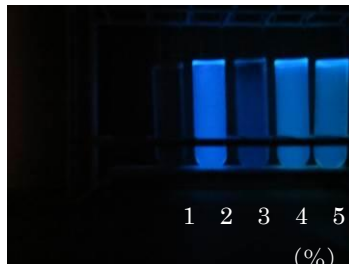


図 4 25 秒後の発光の様子



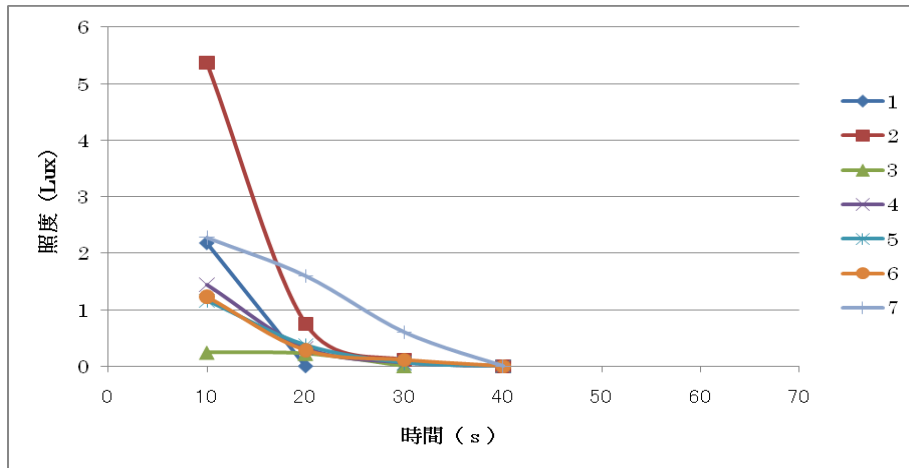
図 5 35 秒後の発光の様子

結果③

- ・表 1 及びグラフ 1 に結果を示す。
- ・触媒溶液の濃度が低いほど強い光がみられた (図 6) が、発光時間の長さとの関係については、この実験の結果からは不明である。

時間(s) \ %	1	2	3	4	5	6	7
10	2.18	5.37	0.24	1.44	1.16	1.23	2.28
20	0	0.75	0.22	0.32	0.37	0.28	1.6
30		0.11	0	0.06	0.06	0.11	0.6
40		0		0	0	0	0
消えた時間	約 20s	34s	24s	35s	37s	37s	32s

表 1 濃度別発光時間と照度



グラフ 1 濃度別発光時間と照度



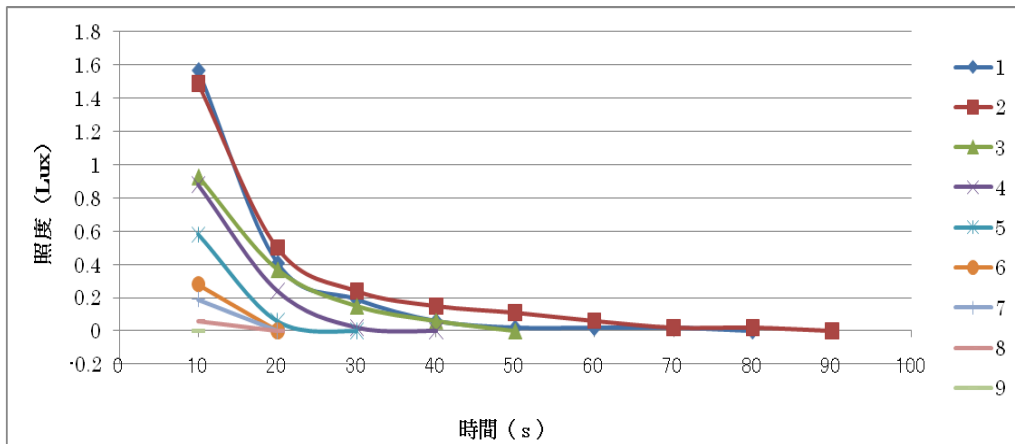
図 6 濃度 1%の時間による発光の変化

結果④

- ・今までの実験から予想されるとおり、触媒溶液の濃度が低いほど照度も大きく、また発光時間も長かった。また、関係には規則性が見られた。

時間(s) \ %	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1.57	1.49	0.93	0.88	0.58	0.28	0.19	0.06	0
20	0.41	0.5	0.37	0.24	0.06	0	0	0	
30	0.19	0.24	0.15	0.02	0				
40	0.06	0.15	0.06	0					
50	0.02	0.11	0						
60	0.02	0.06							
70	0.02	0.02							
80	0	0.02							
消えた時間		84s	48s	36s	25s	15s	12s	10s	

表 2 濃度別発光時間と照度



グラフ 2 濃度別発光時間と照度

結果⑤

- ・表 3 に結果を示す。
- ・実験時のルミノール溶液の液温が同じであれば一度加熱しても結果にあまり影響がでなかった。

時間(s) \ %	40℃	40℃→常温	常温
10	0	1.27	1.92
20		0.06	0.06

表 3 温度別発光時間と照度

結果⑥

- ・表 4 に結果を示す。
- ・実験時のルミノール溶液の液温が低いほど照度も大きく、また発光時間も長かった。

時間(s) % \	0℃	常温(24℃)	40℃	60℃
10	2.05	0.58	0.58	0
20	0.08			
30	0.02			
消えた時間	33s	17s	13s	9s

表 4 温度別発光時間と照度

結果⑦

- ・表 5 に結果を示す。
- ・実験時のルミノール溶液の液温が低いほど照度も大きく、また発光時間も長かった。

時間(s) \ %	3℃	常温
10	3.51	2.26
20	0.50	0.06
30	0.02	
消えた時間	32s	23s

表 5 温度別発光時間と照度

5. 考察

- ・実験①、②は、目視による測定であったが、実験結果より触媒溶液の濃度が低いもののほうが強い光で長時間発光したことから、さらに触媒の濃度を低くすれば強い光で長時間発光すると考えられる。
- ・実験③では、照度計を用いて実験①、②より低濃度の範囲で光の強さを測定し、触媒溶液の濃度と照度及び発光時間との関係を調べようとしたが、結果からは照度、発光時間も触媒溶液の濃度との関係に規則性は見られなかった。考えられる原因として試薬の変質が挙げられる。冷暗所に各溶液は保管してあったものの、ルミノール溶液は過酸化水素が分解し酸素が噴出し、触媒溶液は沈殿が生じていた(図7)ため、正確なデータが得られなかったと考える。
- ・実験④では、グラフ2で示すように、触媒溶液の濃度がと照度及び発光時間に規則性が見られた。実験③、④の結果から、溶液を調整したら直ぐに実験を行わなければならないことがよくわかった。

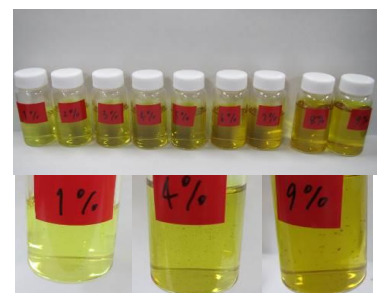


図 7 沈殿した触媒溶液

- ・実験⑤では、実験時のルミノール溶液の液温が変わることで照度及び発光時間に違いが生まれるのであり、溶液が実験までの過程で加熱され液温が変化していても結果に影響はないことが分かった。
- ・実験⑥では表 4 で示すように、実験時のルミノール溶液の液温が低いほど強く発光することが分かった。しかし、ルミノール溶液の液温が 0℃の時、触媒を混合させたあとの溶液の一部が凍っていた（図 8）ため濃度が等しかったとは言えない。
- ・実験⑦では実験⑥の反省を生かして混合後の溶液が凍らないようにルミノール溶液の液温を 3℃に変えて実験したところ、液温が低いほうが強く発光するとわかった。
- ・実験⑤～⑦では、実験④で使用した触媒溶液と濃度を変えていないにも関わらず全体的に発光時間が短くなってしまった。これは、実験④を行ったのが 11 月であるのに対し、実験⑤～⑦は 4 月や 6 月と比較的暖かい時期に実験した影響だと考えられる。そのため、機材や触媒溶液を冷やすことで長く発光するのではないかと考えられる。

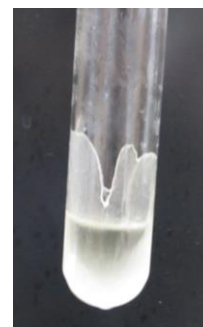


図 8
ルミノール溶液
の凍った溶媒

6. 今後の課題

実験④と実験⑤～⑦の比較により発光時間の違いがなぜ起きたのかを調べ、より長く発光する条件を探る。

また本実験では、照度及び発光時間と触媒溶液の濃度、ルミノール溶液の液温との関係を調べるにとどまってしまったので、今後はルミノール溶液以外の反応液や機材の温度や過酸化水素水の濃度などとの関係を調べ、より強くそして長く発光する条件を調べたい。

7. 参考文献、引用文献

東京理科大学 I 部化学研究部 2012 年度秋輪講書
第 11 回高校化学グランドコンテスト要旨集