

光れ! ケミカルライト

都立小石川中等教育学校 4年

研究動機

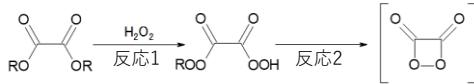
私が所属する化学研究会では、文化祭でケミカルライトの発光量が温度により変わることを示す実験ショーを行っている。私は、この活動を通して、ケミカルライトの化学反応に興味をもち、研究を始めた。より明るく光り、また文化祭で来場者の目を引く発光体を作成するために、適切な反応物の種類と濃度を探すことを目的とし、実験を行った。



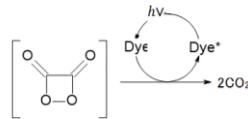
原理

ケミカルライトは、シュウ酸エステル、酸化剤、触媒、蛍光物質の4種類の反応物から成る。

シュウ酸エステルが酸化され、過酸化物を作る(反応1)。過酸化物は環状のジオキセタン誘導体になる(反応2)。



ジオキセタン誘導体は不安定で、蛍光色素を励起させる。励起した蛍光色素(Dye*)は基底状態に戻る過程で光としてエネルギーを放出する。

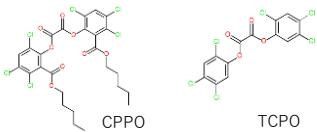


参考：大場茂、向井知大「化学発光の実験でのライトスティックの利用」、慶應義塾大学日記紀要、自然科学No.49(2011.3),p.1-18

実験1 シュウ酸エステル

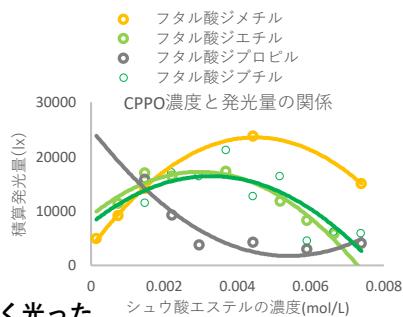
ルミキットのシュウ酸エステル溶液をCPPO(TCPO)溶液に代替する。

溶媒：t-ブタノール 2 mL + フタル酸エステル 8 mL



CPPOの濃度が0.005 mol/Lのとき最もよく光った。

しかし、ルミキットよりも発光量が著しく小さい。→ルミキットのシュウ酸エステルはCPPOやTCPOではない。



研究方法

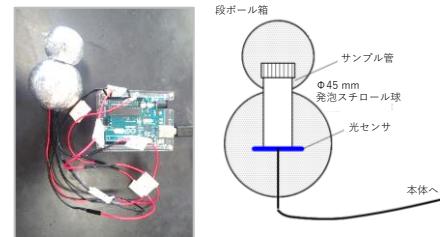
発光に関する4種類の物質の働きを調べるために、市販のルミキットを基準とした。

ルミキット「エレメンタリーキット」4種の溶液で構成されている。それぞれの溶液の成分表示には総称が記されており、物質名は明らかにされていない。



また、発光量の測定には、ワンボードマイコン「Arduino」と照度計測モジュールを利用した。

右の装置を用いて256秒間で2000回のサンプリングを行い、照度の合計を積算発光量(Ix)として考察に用いた。



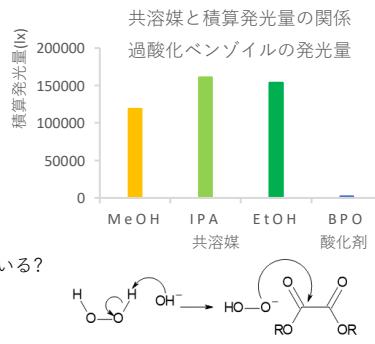
1. 4種類の溶液を氷で冷やす。
2. サンプル管に4種類の溶液を0.5 mLずつ入れ、ふたをする。
3. サンプル管を素早く発泡スチロール球の凹みにはめ込み、ダンボール箱の暗室に入れる。
4. Arduinoを接続したPCで、照度を測定する。

実験2 酸化剤

ルミキットの過酸化水素溶液の酸化剤や共溶媒を他の物質に代替する。

共溶媒：過酸化水素の水を溶かすために加える溶媒

1. 様々な溶媒の水溶解性を調べた。
MeOH、IPA、EtOHが適していた。
2. これらを共溶媒に用いて発光量を調べた。
IPAが適していた。
しかし、ルミキットよりも発光量が著しく小さい。
→ルミキットに使用されているt-ブタノールが適している?
3. 過酸化水素に代わる酸化剤としてBPOを検討した。
BPOは適していなかった。



実験3 触媒

ルミキットのサリチル酸ナトリウム溶液を他の触媒溶液に代替する。

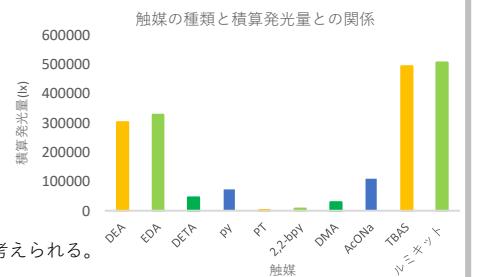
触媒：塩基は過酸化水素を活性化させ、反応1、反応2を触媒する。



TBAS、EDA、DEAが適しており、特にTBASが適していた。
TBASはルミキットに近い発光量だった。また、第一級アミンも触媒として適している。

TBASは0.003 mol/Lが適していた。
触媒濃度が高すぎると、熱失活しやすくなると考えられる。

DEA : ジエチルアミン
EDA : エチレンジアミン
DETA : ジエチレントリアミン
py : ピリジン
PT : p-トルイジン
2,2-bpy : 2,2-ビスピリジン
DMA : ジメチルホルムアミド
AcONa : 酢酸ナトリウム



実験4 蛍光物質

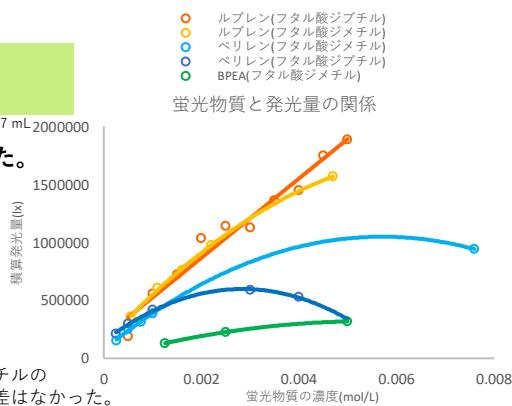
ルミキットの蛍光剤溶液の蛍光物質を他の物質に代替する。

溶媒：THF 1 mL + t-ブタノール 2 mL + フタル酸エステル 7 mL 2000000

ルブレン、ペリレンが適していた。
これらの蛍光物質を用いたとき、発光量はルミキットを超えた。

ペリレンは濃度が高いと消光してしまった。
一方、BPEAとルブレンは同じ濃度でも消光しなかった。

また、フタル酸ジメチル、フタル酸ジブチルのどちらの溶媒を使っても発光量に大きな差はなかった。

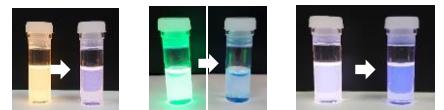


実験5 ケミカルライトの応用

今までの成果をもとに、ケミカルライトの新たな見せ方を考案する。

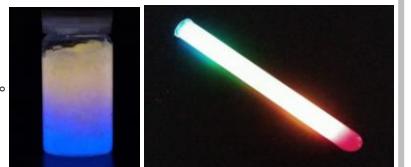
時間経過により色が変わる発光体を作成した。

酸化されて分解しやすい蛍光物質と、分解されにくい蛍光物質を組み合わせた。



虹色に光る固体のケミカルライトを作成した。

ケミカルライトに水を加えて分散させ、水吸水性ポリマーを加えることで固体の発光体を作成できた。これは溶液が漏れないという利点を持つ。また、様々な色の固体の発光体を積み重ねることで、虹色のケミカルライトを作成した。



結論

この研究では、ケミカルライトに含まれるそれぞれの物質の種類や濃度を変えて繰り返し実験を行い、よりよく光る条件を調べた。その結果、蛍光物質の種類と濃度を変えることで市販のケミカルライトよりもよく発光する発光体を作成できた。また、時間がたつと発光色が変わるケミカルライトや、虹色に光る固体のケミカルライトに応用することができた。