

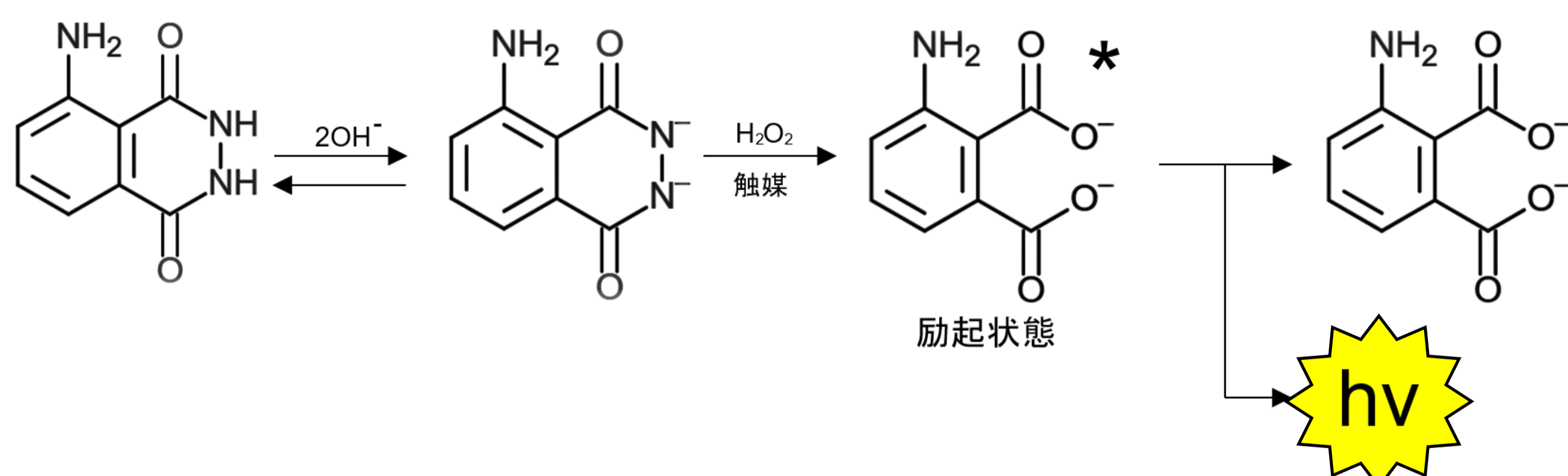


ルミノール反応に影響を与える新たな条件の探索

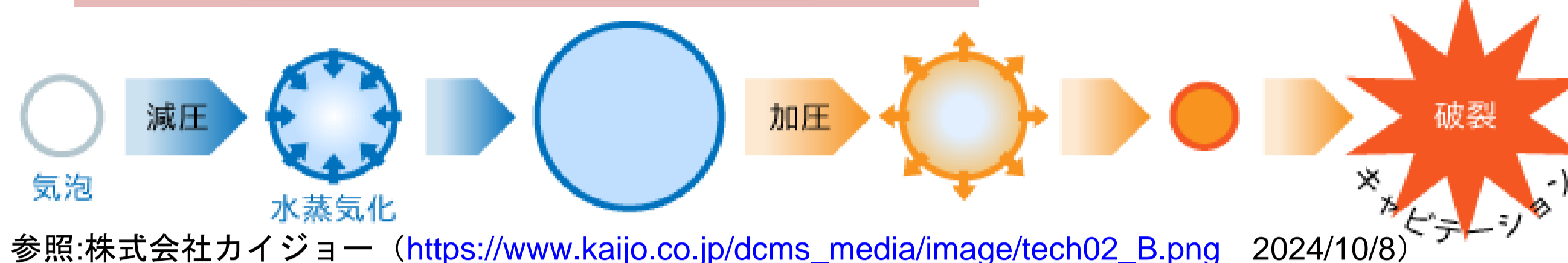
はじめに

ルミノール反応は、ヒドロキシラジカルやスーパーオキシドによって酸化されて起こる。そこで、私たちは塩素ラジカルという別のラジカルによってルミノール反応を起こすことが可能ではないかと考えた。また、ルミノールは構造上、塩基性水溶液にしか溶けない。この時、塩素とルミノール水溶液を反応させようとする、先に水と反応し、水素イオンが生成され、ルミノールに反応する前に塩基性条件から変わるため、pHにおいて、ルミノール反応の拡張を試みた。また、先行研究により超音波をルミノール水溶液に当てることで発光が起きるということを知ったため周波数の小さい超音波でも同じことが起きるか確かめた。

ルミノール反応の機構



キャビテーション



参照:株式会社カイジョー (https://www.kaijo.co.jp/dcms_media/image/tech02_B.png) 2024/10/8

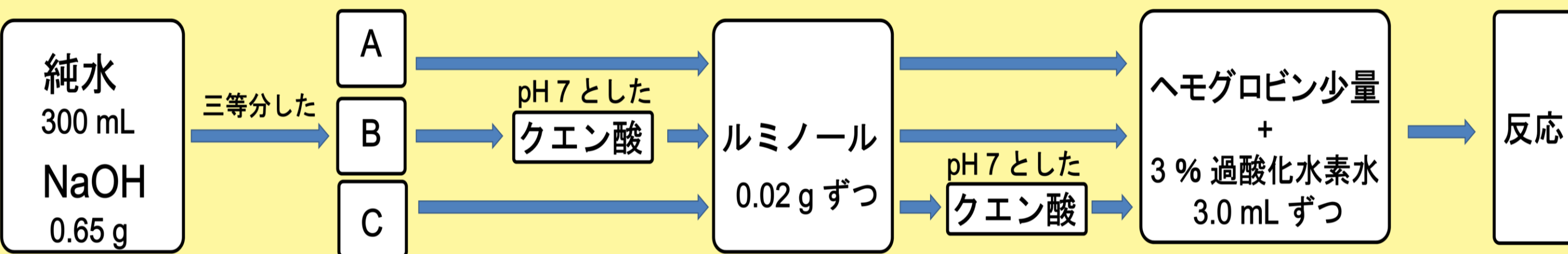
超音波を液体に照射することによりキャビテーションと呼ばれる気泡の発生、圧縮、崩壊が起こり、水分子が熱分解されてヒドロキシラジカルが生じる。

実験 1. ルミノールと水酸化物イオンの関係性

【実験1-1】

目的 塩基性条件下でルミノールの構造を変化させた後、中和しても構造が変化したままであるかを調べる。

方法 ビーカーに純水とNaOHを入れ、この溶液を3等分してA,B,Cとした。A,Cはそのまま、Bはクエン酸を入れて、中和した後、全てにルミノールを入れ、Cにクエン酸を入れて中和した。その後、それぞれにヘモグロビンと過酸化水素水を加え、ルミノール反応が起こるか観察した。

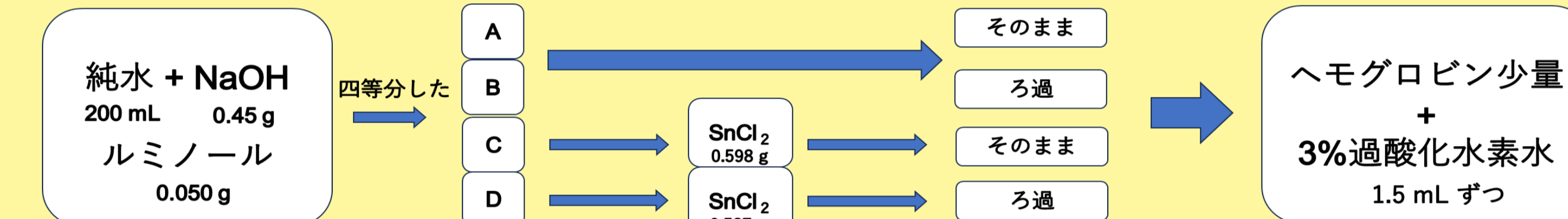


結果 Aは発光し、BとCは発光しなかった。

【実験1-2】

目的 塩基性条件下でルミノールの構造を変化させた後、SnCl₂を加え、水酸化物イオンをSn(OH)₂として沈殿させても構造が変化したままであるかを調べる。

方法 ビーカーに純水 200 mL、NaOH 0.45g、ルミノール 0.050 g を入れ、この溶液を4等分してA,B,C,Dとした。C,DにそれぞれSnCl₂を 0.598 g、0.587 g 加え、B、Dをろ過する。A,B,C,Dにヘモグロビン少量、3%過酸化水素水 1.5 mLを加え、ルミノール反応が発生するか観察した。



結果 A、Bは発光し、C、Dは発光しなかった。

考察 1

実験1 より、ルミノールは水酸化物イオンによって構造が変化した後、水素イオンが加わると構造が元に戻る、つまり、可逆的な反応であることが分かる。

実験2 より、水素イオンの添加だけでなく、水酸化物イオン濃度の減少によっても、ルミノールの構造は元に戻ることが分かる。また、SnCl₂の加える量が理論値より多かったのは、SnCl₂の溶解平衡の影響であると考えられる。

よって、水酸化物イオンからのアプローチは難しいため、塩素ラジカルを使う方針から、超音波からのアプローチに変更する。

実験 2. ルミノールとキャビテーション

【実験2-1】

目的 超音波によって起こるキャビテーションによって水が分解され、ヒドロキシラジカルが発生してルミノール反応が起こることを確かめる。

方法 ビーカーに純水 300 mL、NaOH 1.26 g、ルミノール0.060 gを入れ、超音波発生装置(38 kHz)に入れる。

結果 光らなかった。

【実験2-2】

目的 実験3に同じ。

方法 ビーカーに純水 300 ml、NaOH 1.262 g、ルミノール0.060 gを入れ、50℃まで温め、超音波発生装置に入れる。

結果 光らなかった。



考察 2

実験3,4で、光らなかった理由として、音響インピーダンス(密度×音速)をガラスと溶液について計算したところガラスは1.26×10⁴ kg/m²/s 溶液は1.50×10³ kg/m²/s となり、音響インピーダンスの差が大きいと超音波の反射が強くなるので、反射によって溶液中に超音波が十分に伝わらなかったことが考えられる。

実験4より高温状態で実験を行いたい、機械の上限が50℃までであるため、内部で温度を上げて実験を行いたい。機械の耐熱性の懸念より、検討中。

結論

水酸化物イオンや超音波、ラジカルなどのアプローチからルミノール反応に影響を寄与する条件、物質を探求したが、今回の研究では見つからなかった。ルミノールの構造は水酸化物イオンに依存し、塩素ラジカルを利用したルミノール反応は水酸化物イオン濃度が減少するため、難しいと考えられる。

今後の展望

超音波によるルミノール反応を成功させるために、音響インピーダンスの差が小さくなるような素材を模索したい。そして発展して、ルミノール反応が起こるかどうかで、その物質がどの程度超音波を透過させるか調べたい。

また、ルミノールの構造を変化させて、ルミノールの中での発光に影響する部位を特定したい。

実験1-2でのSnCl₂の理論値のズレの原因を調べる実験を行いたい。

参考文献

<https://www.shinshu-u.ac.jp/faculty/science/quest/research/post-30.php> 2024/9/4閲覧

9.1 材料音速一覧表 | Olympus IMS (olympus-ims.com) 2024/10/8閲覧

超音波の原理 10 「音響インピーダンス」 (us-ism.com) 2024/10/8閲覧

キャビテーションの基礎知識 | 耐熱ポンプドットコム (eichitwo.com) 2024/10/8閲覧