

より分かりやすいサイエンスショーを目ざして

愛知県立岡崎北高校 サイエンス部サイエンスショー班

要旨

より分かりやすいサイエンスショーを目指し、演目の完成度を高める研究を行った。ダイラタンシー現象を利用した演目では、水温が20.0℃程度で最適だと分かった。また、BR反応を利用した演目では水温が30℃程度で最適だと分かった。

1. 研究の背景・目的

私たち岡崎北高校サイエンス部では部員の出身中学校へ訪問し、自然科学に対する興味関心を高めてもらうためサイエンスショーを実施する活動を行っている。しかし、回数を重ねると、うまくいかないことや、改善できそうな点を見つけることがあった。そこで、各演目の完成度を上げ、サイエンスショーをより充実したものにするため、研究を行った。今回は、ダイラタンシー現象(研究Ⅰ)とBR反応(研究Ⅱ)について報告する。

2. 研究Ⅰ：温度によるダイラタンシー流体の抵抗の大きさの違い

《ダイラタンシー現象について》

ダイラタンシー現象とは粒子同士の摩擦により、大きな力を加えるとダイラタンシー流体が固体のようにふるまい、逆に小さな力を加えるとダイラタンシー流体が液体のようにふるまう現象である。

【1】目的

ダイラタンシー現象を利用したショーにおけるダイラタンシー流体を容器ごと持ち上げるパフォーマンスで、容器が持ちあがっている時間を延ばすための温度条件を研究する。

【2】仮説

ダイラタンシー現象は粒子同士の運動のしかたによって発生するため、温度による粒子の運動の変化から、温度を上昇させると抵抗が小さくなるため持ち上がっている時間が短くなり、低下させると抵抗が大きくなるため持ち上がっている時間が長くなる。

【3】方法

※ダイラタンシー流体の濃度を均一にするために直前までスプーンで混ぜる。

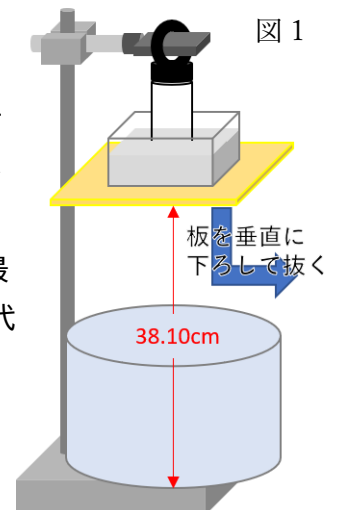
①容器の中で水と片栗粉を 2:3(180g:270g)の割合で混ぜダイラタンシー流体を作る。

②スタンドに円柱を固定し、たらいの底から円柱の底面までの距離を測定する。

③容器の底に円柱の底が触れるようにダイラタンシー流体の入った容器を板で上向きにおさえておく。(図1)

④板を垂直におろし、重力によってダイラタンシー流体の入った容器が落下し、たらいの底に着くまでの秒数を3回測定する(動画を撮り、コマ単位で秒数を測定する)。(図1)

※ほかの記録から大きく外れた記録(最小値から-3.0秒以下、または、最大値から+3.0秒以上)があった場合それを抜いた平均をその温度の代表値とする。



⑤ダイラタンシー流体の温度を変え③から④を繰り返し、容器がたらいの底に着くまでの秒数の変化を観察する。

表 1

【4】結果

(表1)は、実験において容器がたらいの底に着くまでの秒数を流体の温度と試行回数ごとに表にまとめたものである。

20.0℃と40.0℃の代表値を比較すると、40.0℃の値の方が20.0℃の値より5.15秒小さく、20.0℃と5.0℃の代表値を比較すると、5.0℃の値の方20.0℃の値より17.98秒大きいことがわかる。

流体の温度(℃) 試行回数(回)	5.0	20.0	40.0
1	24.7秒	(20.1秒)	(6.1秒)
2	32.9秒	16.0秒	10.7秒
3	43.6秒	15.5秒	10.5秒
代表値	33.73秒	15.75秒	10.60秒

【5】考察

結果から、ダイラタンシー流体の温度が上昇するとダイラタンシー流体の円柱に対する抵抗が小さくなり、ダイラタンシー流体の温度が低下するとダイラタンシー流体の円柱に対する抵抗が大きくなるとわかった。温度による粒子の運動の変化から、温度が上昇すると片栗粉も水も運動が激しくなるため抵抗が小さくなり、低下すると運動が穏やかになるため抵抗が大きくなったと考えられる。

【6】結論・まとめ

結果から、ダイラタンシー流体の抵抗の大きさに温度が関係していることが確認できた。はじめに述べた通り片栗粉は水に溶解しないため、この結果は溶解度の変化によるものではない。ゆえに、粒子の運動の変化によるものだと考えられる。

また、サイエンスショーのパフォーマンス向上の観点から、温度条件5.0℃の場合は抵抗が大きいいためか液体感があまり感じられず、液体が持ち上がるように見えるという面白さが損なわれてしまう。逆に、温度条件40.0℃の場合は抵抗が小さく流体が持ち上がっている時間が短くなってしまったためこの研究の目的に即さない。よって、今回の研究結果からは温度条件20.0℃のダイラタンシー流体が最もサイエンスショーに適しているといえる。

3. 研究 II :BR反応の温度による変化

《BR反応について》

〈振動反応〉

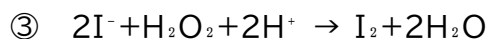
この反応は振動反応と呼ばれ、通常、化学反応は反応物が一方的に生成物に変化してしまうか、あるいは、ある平衡状態になってしまう。ところが、この振動反応は反応物が生成物となり、さらに、生成物が反応物に戻り、というように反応がフィードバック機構となり、振動する。

〈現象〉

青紫色,透明,黄色が一定期間繰り返され、この色は酸化還元反応に伴うヨウ素の状態に依存する。

以下に、BR反応全体の反応式を示す。ただし、BR反応の反応式は、完全に確定されていないためか、いくつかの種類がある。

- ① $2\text{IO}_3^- + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + 5\text{O}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$
- ② $\text{CH}_2(\text{COOH})_2 + \text{I}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{HCOOH} + \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{I}^-$
- ② $\text{I}_2 + \text{HCOOH} \rightarrow 2\text{I}^- + \text{CO}_2 + 2\text{H}^+$
- ③ $5\text{I}^- + \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ \rightarrow 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$



※同一番号は、同時に反応が進行していることを示す。

(参照:<http://www.hikonehg-h.shiga-ec.ed.jp/blog/wp-content/uploads/2020/08/0765daf40c7ddb7dbe631260fa600100.pdf>)

【1】目的

上記の反応式より、反応が終わる要因としては H_2O_2 、 $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$ 、 H^+ の不足が考えられる。これに要する時間は温度、濃度など、の条件で異なるため、サイエンスショーでより長く、反応が持続する最適温度を調べる。

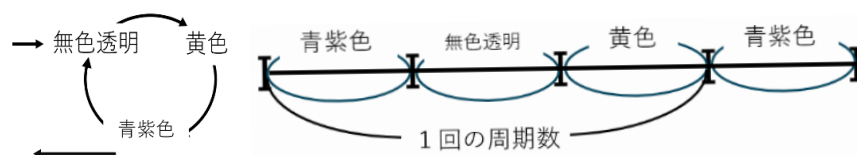
なお一回の周期をBR反応液が青紫色から透明、黄色と変化し次の青紫色に変わる直前までとする

※周期数とは、反応が始まってから終わるまで何回周期を繰り返したかをいう。

周期時間とは、一回の周期にかかった時間をいう。

総反応時間とは、反応が始まってから終わるまでの時間をいう。

反応は透明から始まる。3つの液の混ぜた瞬間を反応の始めとし、次の周期が始まる直前までを一回目の周期とする。



【2】仮説

温度が低くなるほど反応周期が長くなり、周期数が減る。また、温度が高くなると反応周期が短くなり、周期数が増える。総反応時間は20℃の時に最も長くなる。

【3】使用薬品

溶液 A 水[H_2O]、30%過酸化水素水[H_2O_2]

溶液 B 水[H_2O]、澱粉[$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$]

マロン酸[$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$]、硫酸マンガン[MnSO_4]

溶液 C 水[H_2O]、濃硫酸[H_2SO_4]

ヨウ素酸カリウム[KIO_3]

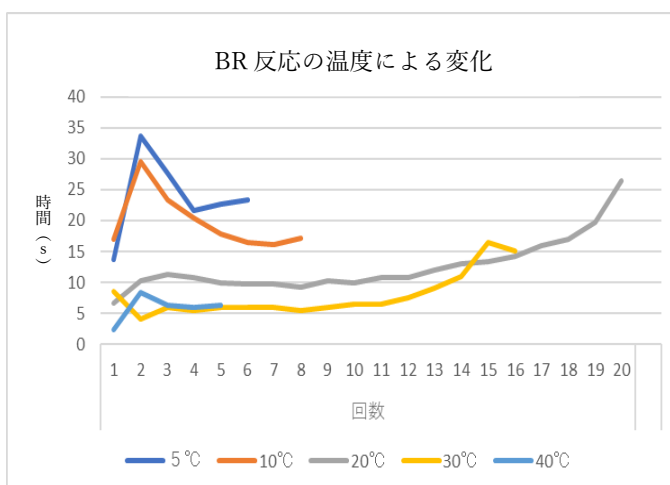
※後述で溶液A、B、Cとする。

【4】方法

- ① 5℃、10℃、20℃、40℃、50℃ にした A、B、C の溶液を用意し、別の1つのフラスコにA、B、Cの順で混ぜた。このとき、攪拌は同時並行している。
- ② 反応の様子を反応開始から反応終了まで録画し、その録画を元に周期数と周期時間を調べる。

【5】結果

	平均周期時間[s]	平均周期数〔回〕
5℃	28.56	5.0
10℃	19.80	8.0
20℃	12.56	20.3
30℃	7.63	15.5
40℃	5.84	5.0



※50℃の場合、無色透明から黄色になる変化は周期的にみられたが、青紫色になる反応は繰り返されなかった。

※1 周期目は透明の場合から計測しているため時間が短くなっている

【6】考察

結果より、温度と、反応周期数・反応時間は比例の関係ではないと考察できる。また、平均周期時間は温度が上がるにつれて短くなるといえる。20℃を超えると周期数が少なくなるのは過酸化水素が温度が高くなるほど分解されやすい性質を持つからだと考えられる

【7】結論・まとめ

5℃、10℃、20℃、30℃、40℃の中で最も長く反応するのは20℃であるが、パフォーマンス上の見栄えを考えると、20℃より短い時間で周期を繰り返しかつ十分な反応時間を持つ30℃のほうがサイエンスショーに適していると言える。

4. 結論・まとめ

研究Ⅰの結果からダイラタンシー現象の演目を行う場合の最適温度は20℃、研究Ⅱの結果からBR反応の演目を行う場合の最適温度は30℃であると分かった。今回の研究結果を生かし、よりわかりやすく、おもしろいサイエンスショーを実施できるよう尽力したい。

5. 参考文献

BR反応における Mn^{2+} による反応挙動への影響

<http://www.hikonehg-h.shiga-ec.ed.jp/blog/wp-content/uploads/2020/08/0765daf40c7ddb7dbe631260fa600100.pdf>