

B Z 反応について

About BZ reaction

片川 祐之介 千秋 凜太郎 田中 宏樹
Yunosuke Katakawa Rintaro Senshu Hiroki Tanaka

Abstract

We investigated the changes in the way the solution reacts in Belousov-Zhbotinsky reaction (hereafter BZ reaction) when we changed the temperature and the concentration of the solution. When the temperature of the solution was changed, the cycle interval became shorter, and when the concentration of the solution was halved, the duration of each color became longer. From these experiments, it was found that the changes in the conditions to cause the BZ reaction are related to the length of reaction time of each color and which color the solution turns into.

要約

私たちは、Belousov-Zhbotinsky 反応(以下 B Z 反応)の溶液の温度や濃度を変えた場合の反応の仕方の違いについて調べた。温度を変えた時、周期間隔が短くなり、溶液の濃度を半分にした時は、各色の継続時間が変化した。これらの実験から、B Z 反応を起こす上での濃度と温度の変化は、各色の反応時間の長さや、どの色になるかに関わることが分かった。

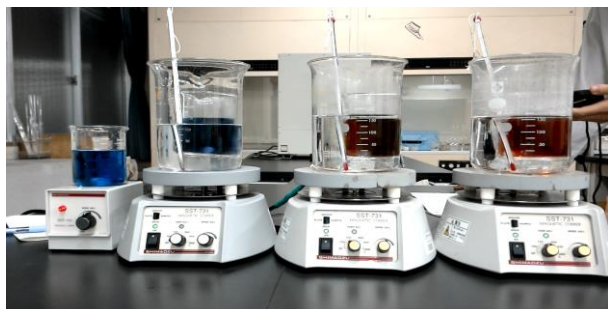
はじめに

B Z 反応とは酸化還元状態の時間差を使った実験で、赤から始まり、緑、青、紫、再び赤と色が周期的に変化するものである。

マグネチックスターラーの上に回転子を入れたビーカーを載せ、溶液 A を 25mL と溶液 B を 25mL ビーカーに注ぐ。回転子を回し溶液が無色になったら、溶液 C を 25mL と溶液 D を 3mL 加える。次に、この溶液をお湯で温めながら回転させる。

研究動機

2011 年、Journal of Physical Chemistry A 誌に茨城県水戸第二高等学校の生徒による B Z 反応についての研究が掲載され、話題になった。B Z 反応は色が周期的に変化することから実験の題材として人気があるが、詳しいことはあまり分かっていなかった。そのような中、彼女たちがこの反応が「どのようにして終わるのか」について発見すると、一躍 B Z 反応が注目されるようになった。今回、私たちも B Z 反応に興味を持ち「反応時間」について調べることにした。



I-B. 結果

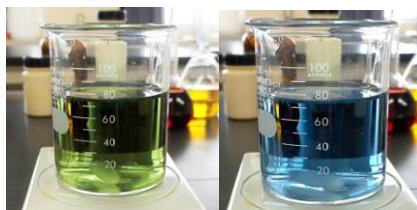
全ての溶液を混ぜた瞬間緑色になり、1 分後には青色に変わり、その後は紫、そして赤色になった。

実験 I 水温の違いによる反応時間への影響

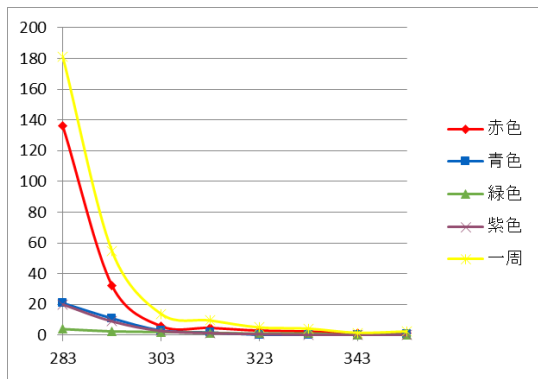
水温によって、1 周期にかかる時間がどれくらい変わるか調べてみた。

I-A. 溶質および実験方法

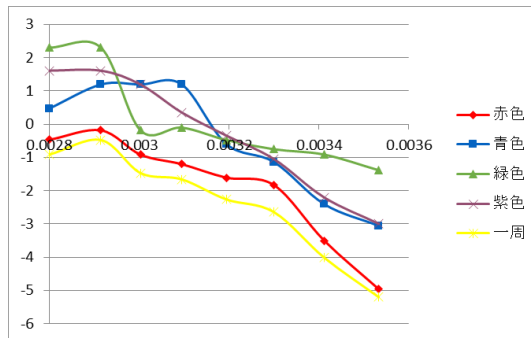
- (溶液 A) 臭素酸カリウム (0.23mol/L)
- (溶液 B) マロン酸 (0.31mol/L)
臭化カリウム (0.06mol/L)
- (溶液 C) 硫酸 (3.0mol/L)
硝酸セリウムアンモニウム (0.02mol/L)
- (溶液 D) 硫酸鉄七水和物 (0.008mol/L)
フェナントロリン (0.023mol/L)



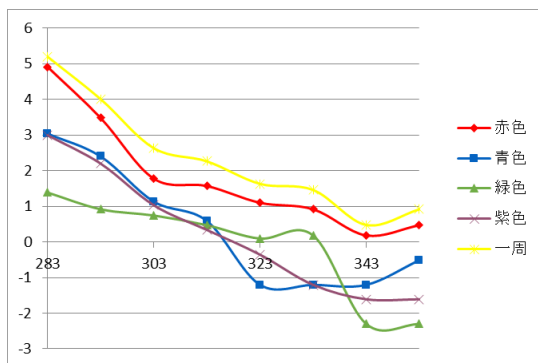
色ごとの周期 $t(s)$ と反応温度 $T(K)$ との関係を考えるため、いくつかのグラフを示す。



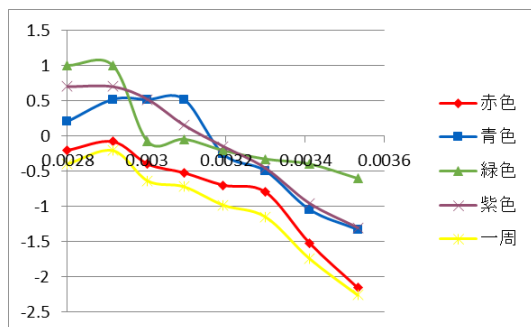
〔図 1〕 色ごとの周期と温度の関係
横軸： $T(K)$ ，縦軸： $t(s)$



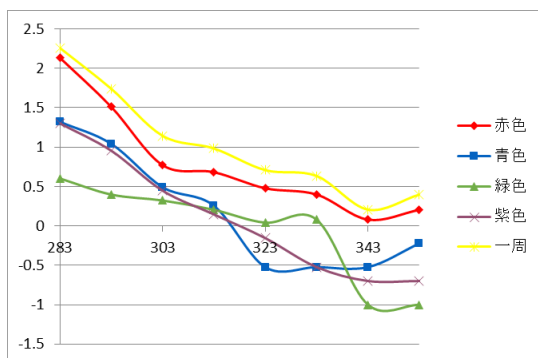
〔図 5〕 色ごとの周期の自然対数と温度の逆数の関係
横軸： $1/T$ ，縦軸： $\log_e t$



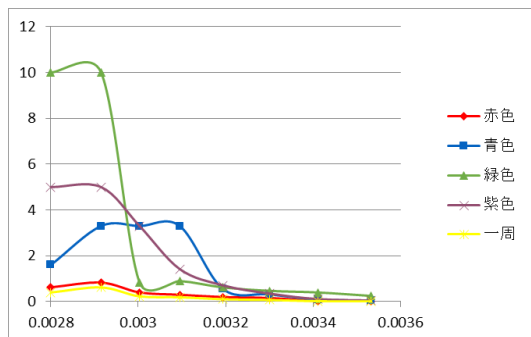
〔図 2〕 色ごとの周期の自然対数と温度の関係
横軸： $T(K)$ ，縦軸： $\log_{10} t$



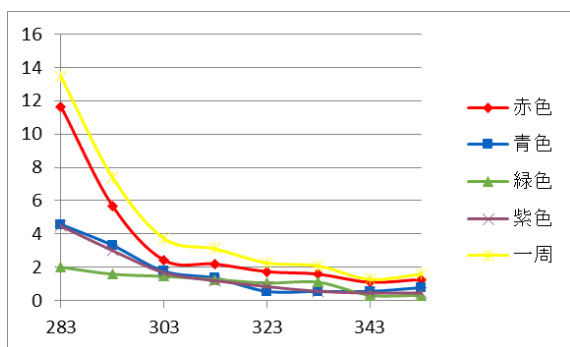
〔図 6〕 色ごとの周期の常用対数と温度の逆数の関係
横軸： $1/T$ ，縦軸： $\log_{10} t$



〔図 3〕 色ごとの周期の常用対数と温度の関係
横軸： $T(K)$ ，縦軸： $\log_{10} t$



〔図 7〕 色ごとの周期の平方根と温度の逆数の関係
横軸： $1/T$ ，縦軸： \sqrt{t}



〔図 4〕 色ごとの周期の平方根と温度の関係
横軸： $T(K)$ ，縦軸： \sqrt{t}

I-C. 考察

図 1 より溶液の温度が高くなるにつれ周期は短くなり、少し温度を上げただけで 1 周期にかかる時間が極端に短くなった。また、赤色の継続時間が、BZ 反応の周期時間に深く関わっていることが分かった。反応速度定数を求めるために、結果をもとに様々なグラフを作成し、より直線に近いグラフの作成を試みた。その結果、図 2 のように定数 e を底とした各周期の自然対数と温度とのグラフが最も直線に近くなったが、各値のばらつきが大きすぎて、近似直線を作成することができなかった。このため、反応速度定数は求められな

った。また、図7のように、横軸に逆数をとるとさらに値にばらつきが現れたため、グラフからの考察で十分なことは分からなかった。

実験Ⅱ 溶液の濃度による色の継続時間について

実験を観察していると、観察される色ごとに継続時間が違うことに気づいたため、どの溶液がどの色に対応しているのかを調べる。

Ⅱ-A. 使用する溶液

- (1) 標準溶液を使用したもの
- (2) 溶液Aだけの濃度を半分にしたもの
- (3) 溶液Bだけの濃度を半分にしたもの
- (4) 溶液Cだけの濃度を半分にしたもの
- (5) 溶液Dだけの濃度を半分にしたもの

Ⅱ-B. 結果

表の数字は各色の継続時間を示す。

	緑	青	紫	赤
(1)	14 秒	26 秒	18 秒	23 秒
(2)	61 秒	237 秒		
(3)	380 秒 ※1			
(4)		37 秒 ※2		赤色を維持
(5)	65 秒	23 秒	15 秒	64 秒

※1 B 半分では緑色の濃淡反応のみを示したため、ここでは薄緑から次の薄緑までの継続時間を記してある。

※2 C 半分での青色の反応は、すべて溶液を混ぜた直後の一度だけであった。

Ⅱ-C. 考察

通常時と比べ、全体的に各溶液の濃度を半分にした時に、各色の継続時間は長くなった。Bの溶液と、Cの溶液の濃度を半分にしたときは振動反応さえも起こらなかった。よってBとCの溶液に含まれる成分には、BZ反応が起こる条件において、特に重要な成分が含まれていると考えられる。

また、Dの溶液を加えた際に、Dの溶液に含まれているフェロインの作用により($[Ce^{4+}]/[Ce^{3+}]$)比の高さを踏まえて振動反応を起こすことは参考文献から分かったが、Dの溶液の濃度を半分にした際には、他の溶液の濃度を半分にした際と比べて反

応が半透明であったため、Dの溶液に含まれている溶質の中に色をはっきりとさせる成分が含まれているのではないのだろうかと考察した。

今後の課題

実験1で反応速度定数を求めようとしたが、どの物質がどの物質と反応しているか分からなかった。そのため反応速度定数を求めることができなかった。今後は各値のばらつきが小さく、より直線に近いグラフを作成することを研究課題とする。また、溶液Dに色をはっきりとさせる性質を持つ物質が含まれているかどうか今後の研究課題にする。

Dの溶液の濃度を半分にした際には、通常時との継続時間の差は見られたものの、通常時と同じ振動反応を示した。しかし、A、B、Cの溶液の濃度を半分にした際は、いずれかの色の反応が見られなかったため、どの溶質がどの色の出現に関わっているのかも今後の研究課題である。

参考文献

- ・ 「おもしろい化学の実験」 武田 一美 著
東洋館出版社
- ・ 「楽しい化学の実験室」 日本科学会編
東京化学同人
- ・ <http://bussei-kenkyu.jp/pdf/02/1/0031-021101.pdf>