

時計反応

3620 曾我羽菜 3636 水野結衣

要旨

混ぜると色が変わる水溶液の実験動画を見て興味を持ち研究を始めた。デンプンを含んだヨウ素酸カリウム水溶液と亜硫酸水素ナトリウム水溶液を混合し、ヨウ素が生成されるまでの時間が変化する要因について調べた。実験の結果、反応時間は水溶液の濃度・温度に反比例し、pHは一定の割合で変化することが確認できた。また、実験をしていく中で亜硫酸水素ナトリウムイオンが消費されるとヨウ素が生成されるのではなく、pHが2.5程度まで下がると反応が起こるのではないかという推論に至った。

1. 目的

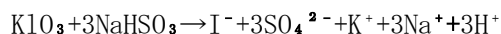
ヨウ素酸カリウム水溶液と亜硫酸水素ナトリウム水溶液を混合し、ビーカー内の色が変わるまでの時間をコントロールできるようにする。

- ・亜硫酸水素ナトリウム (NaHSO₃)
- ・可溶性デンプン
- ・ビーカー
- ・マグネチックスターラー
- ・デジタルサーモメーター
- ・ウォーターバス
- ・卓上pHメーター

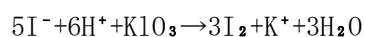
〈時計反応について〉

2種類の溶液を混合すると、数秒経ってから溶液の色が変わる反応。私たちが研究した2つの水溶液では、以下の反応が起きている。

KI₃とNaHSO₃が反応



HSO₃⁻が消費されると



I₂が生成されるとデンプンと反応し、青紫色を呈する。

2. 仮説

反応時間が変わる要因として①質量②濃度③温度が関わっていると考えた。

①質量を増やすほど、反応しやすくなるが、ある量からは変化しなくなる。

②濃度を高くするほど反応しやすくなり、色が変わるまでの時間が短くなる。

③水溶液の温度を高くするほど粒子の運動が活発になり、色が変わるまでの時間が短くなる。

3. 使用した器具・装置

- ・ヨウ素酸カリウム (KI₃)



4. 各実験の手順と結果・考察

【実験①】

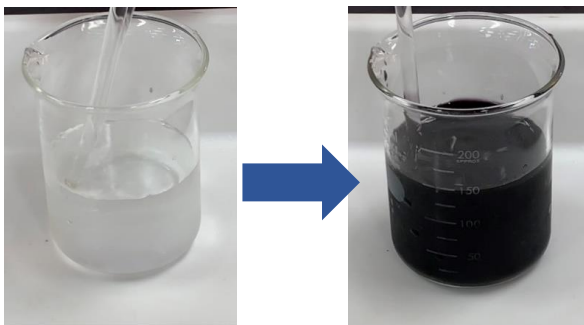
時計反応の確認

○手順

1. ヨウ素酸カリウム 4.3 g を純水に溶かして 1L にし、A 液とする。(KI₃ 0.020mol/L)
2. 純水 100mL に可溶性デンプンを 4 g 加えて加熱しながら攪拌する。
3. 別の容器に亜硫酸水素ナトリウム 5.2 g を純水 500mL に溶解する。
4. 2 と 3 を混合し、さらに純水を加えて 1L にし、B 液とする。(NaHSO₃ 0.050mol/L)
5. A 液 50mL と B 液 50mL を混合し、色の変化を観察する。

○結果

混合して少し時間がたってから、混ぜ棒で混ぜようとビーカーの中に入れた瞬間、透明だった水溶液が一気に青紫色に変化した。



○考察

- ・色が変化するまでに数秒かかったことからヨウ素が生成されるまでの反応に少し時間がかかることが分かった。
- ・攪拌していないのに、ビーカー全体の色が一気に変化したことから、反応がビーカー全体で同時に起こっていると考えられる。
- ・濃度を変化させていくと反応までの時間も変化するのではないかと考えた。

【実験②】

B 液の量を変化させる

○手順

1. 実験①の 1~4 と同様の手順で水溶液を用意する。
 2. A 液を 50mL ずつ用意する
 3. B 液を 5.0mL から 5.0mL ずつ増やしていき、50mL までの溶液を用意する。
 4. 一方をマグネチックスターラーに載せ、もう一方を加えて色が変化するまでの時間を調べる。
- 水溶液を加え始めた瞬間からビーカー全体の色が変化するまでの時間を測定し、これを反応時間と呼ぶことにする。

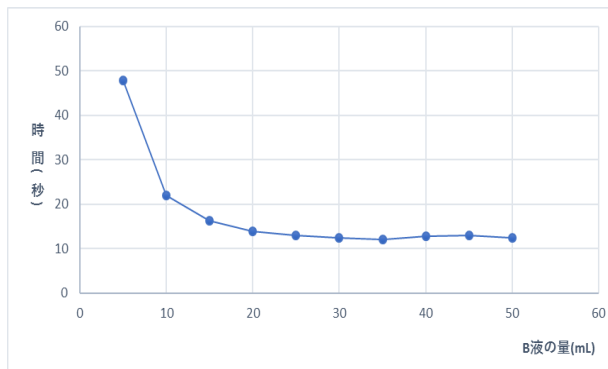


○結果

B 液の量 (mL)	反応時間 (秒)
5.0	47" 85
10	21" 90
15	16" 36
20	13" 86
25	13" 06
30	12" 50
35	12" 05
40	12" 76
45	13" 00
50	12" 40

B 液の量を増やすほど反応時間が短くなった。

○考察



・B 液の量が 25mL~50mL でほぼ横ばいになっていることから、さらに B 液を増やしても反応時間はあまり変化しないといえる。

【実験③】

B 液の濃度を変化させる

○手順

1. 実験①の 1~4 と同様の手順で水溶液を用意する。
2. A 液 (0.0020mol/L) を 50mL ずつ用意する。

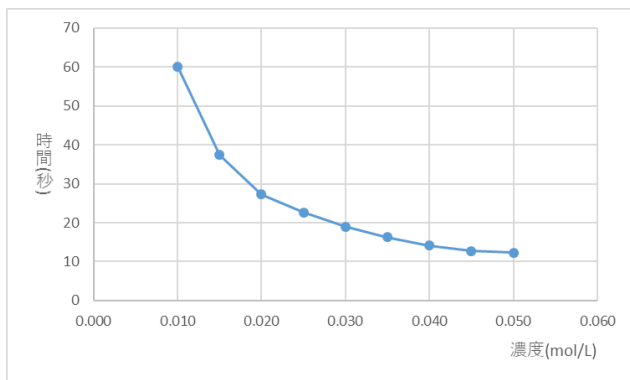
- B 液の濃度を 0.010mol/L から 0.0050mol/L ずつ高くしていき、0.040mol/L までの溶液をそれぞれ 50mL 用意する。
- 一方をマグネチックスターラーに載せ、もう一方を加えて色が変わるまでの時間を調べる。

○結果

B 液の濃度(mol/L)	反応時間(秒)
0.010	60" 01
0.015	37" 40
0.020	27" 30
0.025	22" 60
0.030	19" 00
0.035	16" 03
0.040	14" 01
0.045	12" 70
0.050	12" 30

B 液の濃度を高くするほど反応時間が短くなった。

○考察



・グラフより反応時間が B 液の濃度に反比例する。

【実験④】

A 液の濃度を变化させる

○手順

- 実験①の 1~4 と同様の手順で水溶液を用意する。
- B 液(0.050mol/L)を 50mL ずつ用意する。
- A 液の濃度を 0.0020mol/L から 0.0020mol/L ずつ高くしていき 0.020mol/L までの溶液をそれぞれ 50mL 用意する。

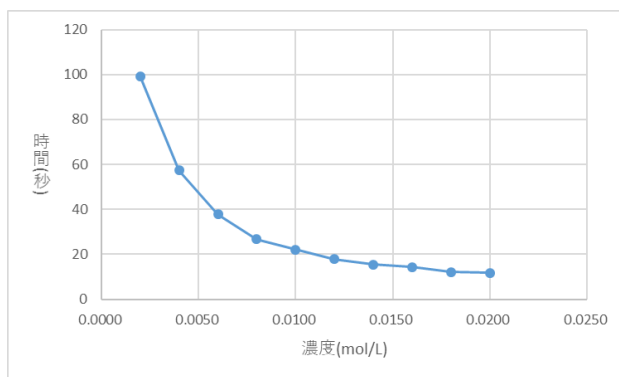
- 一方をマグネチックスターラーの上に載せ、もう一方を加えて色が変わるまでの時間を調べる。

○結果

A 液の濃度(mol/L)	反応時間(秒)
0.0020	99" 19
0.0040	57" 40
0.0060	37" 80
0.0080	26" 80
0.010	22" 20
0.012	17" 90
0.014	15" 40
0.016	14" 30
0.018	12" 10
0.020	11" 70

A 液の濃度を高くするほど反応時間は短くなった。

○考察



・グラフより反応時間が A 液の濃度に反比例する。

【実験⑤】

水溶液の温度を变化させる

○手順

- 実験①の 1~4 と同様の手順で水溶液を用意する。
- A 液、B 液ともに 30mL ずつ用意する。
- ウォーターバスを使用して、水溶液を加熱する。
- 一方をマグネチックスターラーに載せ、もう一方を加え、色が変わるまでの時間を調べる。

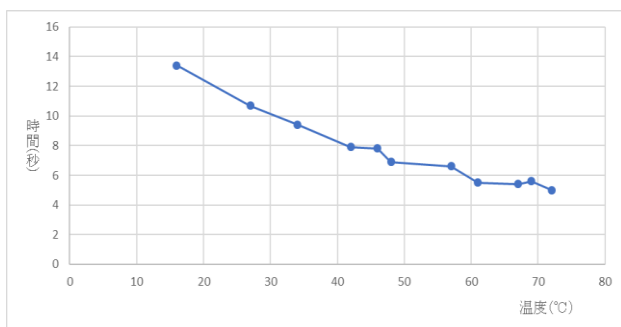


○結果

温度(°C)	反応時間(秒)
16	13" 40
27	10" 70
34	9" 42
42	7" 90
46	7" 80
48	6" 90
57	6" 60
61	5" 50
67	5" 40
69	5" 59
72	5" 00

温度を高くするほど反応時間が短くなった。

○考察



・温度を一定に保つことが難しく、誤差のある結果となったが、グラフより反応時間と水溶液の温度は反比例に近い。

【実験⑥】

水溶液の温度と A 液の濃度を変化させる

○手順

1. 実験①の 1~4 と同様の手順で水溶液を準備する。

2. A 液の濃度を 0.0040mol/L から 0.01mol/L ずつ高くしていき、0.040mol/L までの溶液をそれぞれ 50mL ずつ用意する。
3. B 液(0.050mol/L) を 50mL ずつ用意する。
4. ウォーターバスを使用して、水溶液を加熱する。
5. 一方をマグネチックスターラーに載せ、もう一方を加え、色が変わるまでの時間を調べる。

○結果

30°C

A 液の濃度(mol/L)	反応時間(秒)
0.010	58" 30
0.020	24" 00
0.030	15" 30
0.040	12" 70

50°C

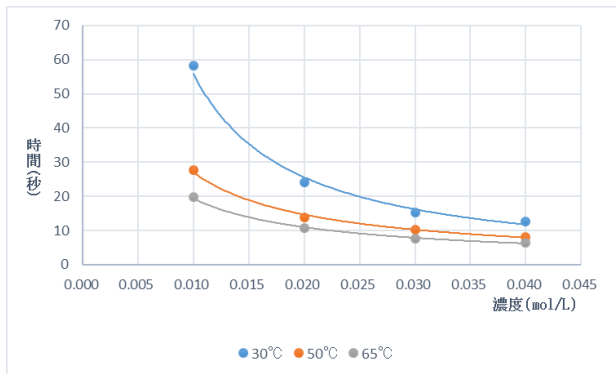
A 液の濃度(mol/L)	反応時間(秒)
0.010	27" 80
0.020	13" 90
0.030	10" 20
0.040	8" 20

65°C

A 液の濃度(mol/L)	反応時間(秒)
0.010	19" 70
0.020	10" 70
0.030	7" 69
0.040	6" 40

濃度・濃度を互いに高くするほど反応時間は短くなった。

○考察



・グラフより、右下がりの曲線であることから 0.040mol/L よりも高い濃度の時に同じ反応時間を示すのではないかと考えた。

【実験⑦】

水溶液の温度と B 液の濃度を変化させる

○手順

1. 実験①の 1~4 と同様の手順で水溶液を準備する。
2. B の濃度を 0.040mol/L から 0.010mol/L ずつ高くしていき、0.040mol/L までの溶液をそれぞれ 50mL ずつ用意する。
3. A 液 (0.020mol/L) を 50mL ずつ用意する。
4. ウォーターバスを使用して、水溶液を加熱する。
5. 一方をマグネチックスターラーに載せ、もう一方を加え、色が変わるまでの時間を調べる。

○結果

・ビーカー全体の色の変化が見られなかった。
 ・65°Cで B 液 0.040mol/L の時、一瞬だけ色の変化が見られたが、すぐに消えてしまった。

○考察

・実験②の常温で実験したときは色の変化が見られているため、なぜ変化しないのかという疑問が残った。

【実験⑧】

反応中の pH を調べる

○手順

1. 実験①の 1~4 と同様の手順で水溶液を準備する。
2. A 液、B 液をともに 50mL ずつ用意する。
 (①は A:0.020mol/L B:0.020mol/L
 ②は A:0.0020mol/L B:0.0020mol/L)
3. A 液をマグネチックスターラーの上に乗せ、卓上 pH メーカーをつける。
4. もう一方の溶液を加え、色が変わるまでの pH の変化を調べる



○結果

①

時間 (s)	pH		
0	5.22	54	3.43
3	4.78	57	3.34
6	4.68	60	3.24
9	4.59	63	3.20
12	4.55	66	3.11
15	4.45	69	3.02
18	4.36	72	2.98
21	4.26	75	2.89
24	4.23	78	2.81
27	4.14	81	2.78
30	4.05	84	2.70
33	3.96	87	2.67
36	3.92	90	2.59
39	3.83	93	2.51
42	3.74		
45	3.65		
48	3.61		
51	3.52		

②

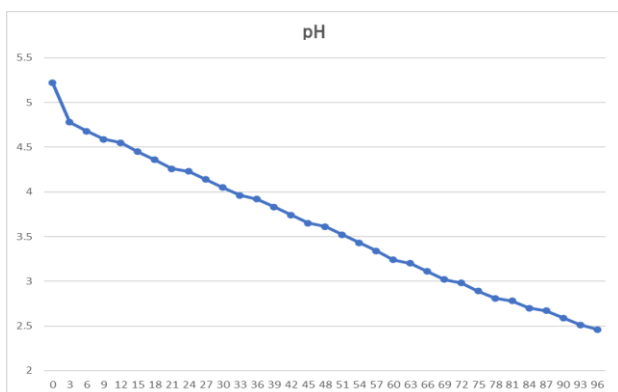
時間(s)	pH
0	3.91
3	3.85
6	3.66
9	3.38
12	3.10
15	2.90
18	2.20

溶液を攪拌し始めるとpHはほぼ一定の割合で減少していった。

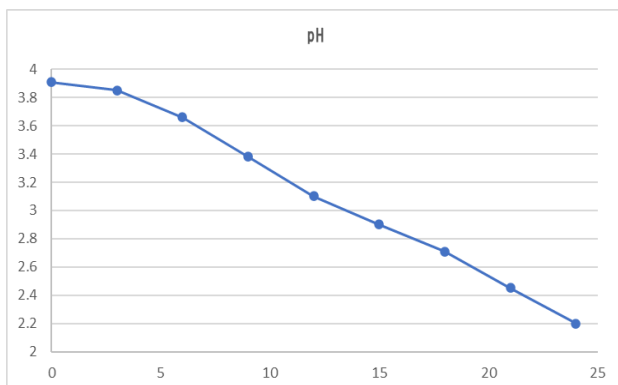
pHが約2.2~2.5になると溶液が青紫色に変化した。

○考察

①



②



5.7つの実験を通しての結果と考察

・実験③と④より、反応時間と水溶液の濃度は反比例するが、比例係数は異なっていると考えられる。

・実験③と⑥より、同じ濃度での温度と反応時間が反比例していない。

・反応速度はおおよそ一定である。

・実験④で、A液の濃度を下げても反応が起こったが、A液中の KIO_3 の量が減少すれば $NaHSO_3$ は消費されずに残り、ヨウ素は生成されないはずである。実験⑦より、pHが2.5程度になると反応が起こることから、ヨウ素生成反応はpHが2.5程度まで低下すると起こるのではないかと考えられる。(実際に計算してみると、 0.0020mol/L の時pHがおおよそ2.5になった)

6. 今後の展望

・ヨウ素生成反応がpHに依存することを確認する。

7. 謝辞

研究に協力してくださった先生方ありがとうございました。

8. 参考文献

・おもしろ科学実験室(工学のふしぎな世界)
科学反応の見える化! 山口大学工学部
<http://www.mirai-kougaku.jp>
・東京書籍 改訂 化学教科書