**マテリアル工学実験　　　　　　　　　 　　7班**

# 実　験　報　告　書

**題　目　　　　　　A4.化学反応速度**

**実 験 実 施 日 　　　 　　　(西暦)　　　　２０２４年　４月１９日**

**提 出 日　　 　 　　　(西暦)　　　　2024年　４月　２５日**

**(再 提 出 日　 　　　　(西暦)　　　　年　　月　　日)**

**報告書作成者**

**学籍番号　　８２２３０３６　　氏名　　　　　　　栗山淳**

**共同実験者**

**学籍番号　　　8223014　　氏名　　　　　　遠藤碧海**

**学籍番号　　　8223069　　氏名　　　　　　陳毅雷**

**学籍番号　　　8223040　　氏名　　　　　　小杉温子**

**学籍番号　　　　　　　　　　　氏名**

**学籍番号　　　　　　　　　　　氏名**

**東 京 理 科 大 学 先 進 工 学 部 マ テ リ ア ル 創 成 工 学 科**

|  |  |
| --- | --- |
| **実験指導者記入欄** | |
| **提　 出　 日　　/** | **署名** |
| **再提出指定日　　/** |  |
| **再 提 出 日　　 /** | **署名** |

# **チェックリスト**

☑「結論」が的確にまとめられているか。

☑「結論」の長さは適切か。日本語に誤りがないか(論旨，文法，単語)。

☑「結論」と「実験結果」の整合性がとれているか。

☑「結論」を導くために必要十分かつ適切な「実験結果」の表現が過不足なくされているか。

☑「実験結果」はわかりやすく，見やすく，正確に表現されているか。

☑ グラフの軸，表の項目，グラフや表のタイトルに漏れはないか，適切か。

☑ 有効数字は適切か。単位が漏れていないか。

☑（写真を用いる場合）写真の明るさやコントラストは適切か。

☑「実験結果」を得るために必要な「方法」が過不足なく表現されているか。

☑「目的」が明記されているか。「目的」と「結論」の整合性がとれているか。日本語が適切か。

☑「なぜこの目的で実験をしたか」が「背景」に的確に表現されているか。日本語が適切か。

☑ 必要に応じて適切に参考文献の引用情報が記述されているか。

参考文献：議論の裏付けを与えるものであるから，実験題目に関係がある文献を偏りがないようにできる限り引用する。文献の表記方法を参考として下記に記述しておく。

1) 著者名，書籍名，発行所，ページ，発行年

2) 著者名，雑誌名，巻，号，ページ，発行年

☑ 全体としてわかりやすいか。

☑「背景」が１ページを超えていないか。

☑「実験方法」が１ページを超えていないか。

☑「結論」が100字程度で記されているか。

1. 背景、目的

化学とは物質がどのように構成され、変化するかを研究する学問だ。身近な現象では調理や燃焼などが挙げられる。調理においては例えば鶏肉などの肉の表面に塩をまぶすと塩化ナトリウムと肉のたんぱく質が反応して表面が焼けるときにうまみが生じる。また、砂糖をまぶした場合は砂糖が加熱されて分解し、その際にたんぱく質と反応することで甘みと香ばしさが加わる。燃焼では例えばろうそくをともした時に、ろうそくの炭素と酸素が反応して二酸化炭素と水に変化し、炎と熱が生じる。このように身近な事象でも、化学的な変化は起こっている。ここでの反応のことは化学反応と呼ばれる。化学反応とは原子や分子といった化学物質が互いに結合したり、結合が切れたりして新しい物質が生成される過程です。化学反応には酸と塩基の中和反応や金属と酸の反応などがある。これらの反応は原子や分子の結合が変化することで起こり、反応の速さや進行方向は、温度や圧力、反応物の濃度などの条件によって変化する。あらゆる化学反応には反応速度と呼ばれるものが存在し、反応速度が変化することによってすぐに反応するものや長い時間をかけて反応するものもある。例えば、ニトリグリセリンのような爆薬類はほとんど瞬間的に爆発する。すなわち、この物質は1秒間の100万分の1の間に、完全に二酸化炭素、窒素、酸素、および水蒸気に分解する。これに反して自然界に起こる地質学的変化に関する反応は何百万年という非常に長い時間の中で起こる。なぜこれらの反応はすべて同じ速度で起こらず、異なる速度で起こるのだろうか。これらの疑問を解決するためにはその反応が分子の段階でどのようにして起こるかが分かればよい。このことが分かれば反応速度が早くなったり遅くなったりする原理が分かり、反応の起こる速度を容易にコントロールできる。このことは化学工業上の利益だけを考えても極めて大きく、もし生化学的反応の速度を制御することができたとすれば、直ちに傷を治すことができ、また、悪性腫瘍の成長のような経過を遅らせることも可能になるかもしれない。しかし、残念ながら化学反応は単純に理解できるような過程ではないため、化学のこの分野での要求に答えるためには、さらに数多くの研究が必要だ。ただ、今までの研究の過程で化学反応の速度に影響を与える諸要素(触媒など)に関してはかなりのことが知られている。また、ルシャトリエの原理のような平衡反応を望む方向に移動させる方法が知られている。すなわち、反応の生成物を作用させ、それによって元の反応物質を生成させることもできる。それらの原理をよく理解すれば、与えられた反応を我々の利益に向くように制御する方法が根本的にわかってくる。1)今回の実験では反応がどのような要素の影響をどの程度受けるのか、どのような過程を経て起きるのかを調べるのに重要な分野である反応について必要な化合物をできるだけ効率よく短い時間で合成し、副反応ができるだけ起こらない反応条件を知るために、温度が異なる場合での化学反応における溶液中の濃度を測り、それによって反応速度を求めるための反応速度定数を出し、反応速度定数が何によってどのように変化するのかを具体的に調べることが目的である。

1. 実験操作

(1)酢酸エチル水溶液の調整

　ビーカーに酢酸エチルをホールピペットで計って加え、すぐに蒸留水を加えた。その後ビーカー内の酢酸エチル水溶液をビーカーに酢酸エチルが残らないように蒸留水で洗いながらのメスフラスコへ移した。メスフラスコ内の8分目まで蒸留水を注いだ後、ホールピペットを使ってメスフラスコの標線まで蒸留水を加え良く撹拌した。この操作を3回行い、3つの酢酸エチル水溶液を作った。

(2)約水酸化ナトリウム水溶液の調整

　ビーカー内に蒸留水を加え、その中に0.1055 gの水酸化ナトリウムを溶解させた。次にのメスフラスコにビーカー内の水酸化ナトリウム水溶液をを加え、メスフラスコ内の8分目まで蒸留水を注いだ後、ホールピペットを使ってメスフラスコの標線まで蒸留水を加えて水酸化ナトリウム水溶液を10倍希釈した。

　この操作を3回行い、3つの水酸化ナトリウム水溶液を作った。

(3)酢酸エチルの加水分解速度の測定

　ウォーターバスをに設定し、水温を安定させた。その後(1)で調製した酢酸エチル水溶液を入れた反応用ビーカーと(2)で調製した水酸化ナトリウム水溶液が入っているフラスコをウォーターバスに入れ温度を一定にした。温度が一定になった後、メスフラスコ内の水酸化ナトリウム水溶液を酢酸エチル水溶液が入っている反応用ビーカーに加え、スターラーバーとphメーターを反応用ビーカーにセットした。酢酸エチル水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えた時刻を0秒として以後1分ごとにphを測定し、30分が立ったところで測定を終了した。。

　この操作をで同様にして行い、それぞれの温度でのアレニウスプロットを作成した。

1. 結果

　それぞれの温度におけるphの測定値とphの測定値から水素イオン,水酸化物イオン,反応した水酸化ナトリウム,反応した酢酸エチルの濃度、そして1次反応と2次反応の値をそれぞれ次の式(4.1)、(4.2)、(4.3)、(4.4)、(4.5)、(4.6)で求め、表4.1、表4.2、表4.3で表した。2)

*図形

中程度の精度で自動的に生成された説明*

表4.1　24.1℃における測定値とそれから得られる値

図形

中程度の精度で自動的に生成された説明

表4.2　34.6℃における測定値とそれから得られる値

図形

低い精度で自動的に生成された説明

表4.3　43.8℃における測定値とそれから得られる値

ここでエステルのアルカリ加水分解の反応機構を表すと下の図4.1のようになる

図4.1　エステルのアルカリ加水分解の反応機構

ホワイトボードに書かれた文字

自動的に生成された説明

表4.1、4.2、4.3から得られた各温度における1次反応と2次反応の値をそれぞれグラフに表すと次のグラフ4.1、4.2のようになった。この時、グラフ4.2の二次反応の直線の傾きは速度定数kと等しくなる。

グラフ4.1　それぞれの温度における1次反応の変化

グラフ が含まれている画像

自動的に生成された説明

グラフ4.2　それぞれの温度における2次反応の変化

グラフ

自動的に生成された説明

実験系の温度が高いと分子運動が活発になるので反応速度が大きくなることを数式化したものはアレニウスの式と呼ばれる。この式は式(4.7)または(4.8)のように表される。3)

ここでは気体定数、は絶対温度である。は温度に無関係の定数でを頻度因子、を活性化エネルギーである。

をグラフの縦軸、絶対温度の逆数を横軸としたアレニウスプロットは次のグラフ4.3のようになった。

グラフ4.3　アレニウスプロット

ダイアグラム が含まれている画像

自動的に生成された説明

1. 考察

4.1　活性化エネルギーと頻度因子

結果で得られたアレニウスプロットと式(4.7)、式(4.8)を用いて活性化エネルギーと頻度因子の値を求めると次のようになる。

グラフ4.3のアレニウスプロットの直線の式はで直線の傾きが-4555.4なので式(4.8)と比べると,また直線のy切片はなので式(4.8)よりの値を取るため、,であることを考えるととなる。またも算出される。水酸化ナトリウムによる酢酸エチルの加水分解反応の文献値は25℃での速度定数:,活性化エネルギー:であり、文献値と今回の実験で得た値では誤差が生じている。この誤差の原因は4.4において考察したいと思う。4)

4.2　1次反応、2次反応の決定因子

　1次反応と2次反応の決定因子は温度と時間であると考えられる。1次反応と2次反応のどちらでも反応してからの時間が経過すればするほど反応物の量は少なくなり、反応に使われた反応物の量が増加し、生成物が増える。また温度については後述の温度と速度定数の関係で考察する。

4.3　温度と速度定数の関係

　グラフ4.2よりこの実験において2次反応では温度が上がれば上がるほど、速度定数は大きくなっている。この原因は以下のことが考えられる。熱エネルギーを加えると液体中に存在する分子の運動エネルギーが増加して分子同士での結合の組み換えつまり化学反応が起こりやすいエネルギーが高い状態になる。この時、温度が高ければ活性化状態になるまでの熱エネルギーを加える時間が短くて良いため速度定数も大きくなると考えた。5)

4.4　実験における誤差

　今回の実験では酢酸エチル水溶液を調整するときに酢酸エチルが揮発性のため実際の測ったものよりも少なくなっており、そのため酢酸エチルの濃度が実際は薄いと考えられる。また、水酸化ナトリウム水溶液を調整するときは水酸化ナトリウムの潮解性により、空気中の水分と反応して測るときに水酸化ナトリウムのみの質量を測れていなかったので実際の水酸化ナトリウム水溶液の濃度も低くなっていると考えられる。酢酸エチルと水酸化ナトリウム水溶液を反応用ビーカーで反応させるときも反応用ビーカーをアルミホイルで蓋をして揮発性の高い酢酸エチル水溶液が蒸発して空気中に放出しないように対策をしたが、それでも完全に防ぐことはできなかったので実験で測ったphの値は塩基性よりになっている可能性が高い。これによって速度定数ｋや活性化エネルギーが文献値と異なっていると私は考えた。

1. 結論

　今回の実験で、それぞれの温度における酢酸エチル水溶液と水酸化ナトリウム水溶液の反応における速度定数を求めることができた。また、実験結果から得られる考察として速度定数は温度によって変化することが分かった。

1. 引用文献

1)　ユージン・メーヤー著、崎川範行/小林三二 訳、現代科学入門、P348、1986

2)　斎藤勝裕、よくわかる最新物理化学の基本と仕組み、P209、2022

3)　斎藤勝裕、よくわかる最新物理化学の基本と仕組み、P216、2022

4)　アトキンス、第10版物理化学、東京化学同人、2017

5)　 ユージン・メーヤー著、崎川範行/小林三二 訳、現代科学入門、P351~352、1986